**„Aplikace integrovaných systémů regulace plevelů“**

Mikulka, J.

**Úvod:**

Plevelné rostliny se na zemi objevily již v dávné minulosti současně s počátky zemědělské činnosti člověka. Rostliny, které člověk nepěstoval, se tak staly rostlinami plevelnými. Za plevelné rostliny považujeme ty, které rostou na polích, loukách a zahradách proti naší vůli. V pěstovaných plodinách se mohou vyskytovat jednak rostliny plevelné (pýr, pcháč, chrpa, laskavce, merlíky, rdesna aj.), tak rostliny zaplevelující. Rostliny zaplevelující jsou druhy pěstované, vyšlechtěné, které se vyskytují v pěstovaných plodinách jako příměs s osivem nebo se na pole dostávají při sklizni a rostou jako tzv. výdrol a zaplevelují následné plodiny. Mezi nejvýznamnější zaplevelující rostliny patří především řepka ozimá, slunečnice, obilniny, brambory, topinambur, ostropestřec mariánský aj.

 Plevelné rostliny patřily v minulosti a stále patří mezi nejvýznamnější škodlivé činitele. V minulosti byly odstraňovány převážně ruční prací, později mechanicky a v poslední době převážně chemicky pomocí herbicidů. V chudých státech třetího světa je regulace plevelů prováděna do dnešní doby převážně ruční prácí.

 Plevele způsobují každoročně obrovské ztráty na produkci a na jejich regulaci je vynakládáno mnoho finančních prostředků. V minulosti byly velmi často vypracovávány strategie boje s plevely, které měly mít za následek vyhubení plevelů na zemědělské půdě. Vyhubit plevele se však nepodařilo a víme, že se ani nepodaří. Mnohdy nadměrná opatření proti plevelům, především při aplikacích herbicidů, vedla k selekci druhového spektra plevelů nebo vzniku rezistence vůči herbicidům. Dnes je již známo, že systémy regulace plevelů mají vést ne k vyhubení plevelů, ale k celkovému snížení výskytu plevelných rostlin na polích při zachování co nejširšího spektra druhů. Cílem je tedy zachování co nejvyšší diversity plevelů na zemědělské půdě. V osmdesátých letech minulého století vlivem intenzivní zemědělské činnosti bylo druhové zastoupení na polích poměrně chudé, přičemž vyskytující se druhy byly hojně zastoupeny. V současnosti diversita plevelných druhů postupně stoupá, objevují se druhy dříve téměř vyhubené, jako například bračka rolní, ostrožka stračka, hlaváček letní, chrpa modrák, hledíček menší, mák vlčí, mák pochybný aj. To jsou příznivé trendy. Nyní by mělo pomocí správně zvolených systémů regulací dojít ke snížení celkové zaplevelenosti našich polí.

Plevelné rostliny hrají na zemědělské půdě především negativní roli. Odčerpávají z půdy značné množství živin, vody, prostorově konkurují pěstovaným plodinám, znehodnocují rostlinnou produkci, komplikují sklizeň a zvyšují ztráty na produkci. Jiné druhy jsou zdrojem alergenů (pyl), jsou jedovaté pro člověka a domácí zvířata, podporují šíření chorob a škůdců pěstovaných rostlin.

 Plevelné rostliny mají i ekologický význam. Zabraňují vodní a větrné erozi, omezují vysychání a narušení půdní struktury, jsou součástí koloběhu živin v půdě a jsou nedílnou součástí ekosystému, kdy spolu s ostatními autotrofními organismy zvyšují biodiverzitu krajiny.

 Svůj význam mají i plevele, které jsou využívány jako léčivé rostliny. Mnoho plevelných rostlin je vyhledáváno včelami anebo slouží jako významný zdroj potravy pro hmyz, ptáky a savce.

**Rozdělení plevelů**

 Existuje celá řada dělení plevelů (DEYL 1964). Například podle výskytu na jednotlivých lokalitách (plevele polní, luční, lesní, vodní), výskytu v jednotlivých plodinách (plevele obilnin, okopanin, luskovin, pícnin apod.), vazby na substrát, stupně škodlivosti (velmi nebezpečné plevele, příležitostné, méně významné plevele (MIKULKA 2015). Nejvhodnější členění z pohledu zemědělství je rozdělení plevelů podle hlavních biologických vlastností (délka života rostlin, způsob rozmnožování, rozšiřování diaspor, doba klíčení a vzcházení rostlin, hloubka zakořenění apod.) podle čehož můžeme volit i vhodnou regulaci (JURSÍK a kol. 2018).

**Jednoleté plevele**

**Efemérní plevele**

 Plevele mají velmi krátký životní cyklus. Vzcházejí na podzim, během zimy nebo brzy na jaře. V tomto období využívají špatně zapojených, prořídlých porostů plodin a dostatek půdní vláhy pro svůj růst. Zaplevelují ozimy a víceleté pícniny. Nepatří mezi významné plevele, protože setrvávají na stanovišti krátkou dobu a jsou spíše subtilního vzrůstu. Svůj vývoj ukončují na jaře. Do této skupiny patří například: osívka jarní, rozrazil břečťanolistý, huseníček rolní (MIKULKA 2015).

**Časně jarní plevele**

 Plevele začínají svůj vývoj velmi brzy na jaře. Klíčení probíhá již při teplotách mírně nad 0°C, ale jsou schopny vzcházet i později, prakticky během celé vegetační doby. Zaplevelují jarní plodiny, převážně obilniny, ale také okopaniny, zeleniny. Rostliny odumírají nejpozději před zimou. Do této skupiny patří například: drchnička rolní, opletka obecná, kolenec rolní pravý (JURSÍK 2018, MIKULKA 2015).

**Pozdně jarní plevele**

 Plevele vzcházejí až při vyšších teplotách (nad 10°C) půdy na jaře, v létě i během teplého podzimu. Na orné půdě se objevují v době, kdy jsou již porosty jarních obilnin dobře zapojeny a nemohou jim konkurovat. Naopak zaplevelují takové porosty, které mají pomalý počáteční vývoj nebo vzcházejí až později, např. brambory, cukrovka, kukuřice, polní zeleniny apod. a také prořídlé ozimy a jarní obilniny. Plevele jsou potlačovány agrotechnickými zásahy v průběhu vegetace (plečkování). Do této skupiny patří například: bytel metlatý, ježatka kuří noha, merlík bílý, laskavec srstnatý (MIKULKA 2015).

**Ozimé plevele**

 Do této skupiny patří celá řada v současné době významných plevelů. Jde o velmi variabilní druhy. Rostliny vzcházejí na konci léta nebo na podzim a do zimy vytvoří rostliny, které přezimují nejčastěji ve fázi listové růžice (JURSÍK a kol. 2018). Po přečkání vegetačního klidu pokračují na jaře v růstu. Plevele z této skupiny jsou schopny vzcházet i v jarních měsících vykvést a vytvořit plody. To jim umožňuje zaplevelovat většinu v současné době pěstovaných plodin. Do této skupiny patří například: chundelka metlice, chrpa polní, kokoška pastuší tobolka, úhorník mnohodílný, heřmánkovec nevonný, hluchavka objímavá (DEYL 1964, MIKULKA 2015).

**Dvouleté až vytrvalé plevele**

 **Dvouleté až vytrvalé plevele rozmnožující se převážně generativně**

 Plevele z této skupiny se rozmnožují převážně generativně, přičemž většina rostlin je schopna se množit i vegetativně, převážně částmi kořenů. Rostlina v roce ve kterém vyklíčí, vytvoří listovou růžici. Po přezimování pokračuje ve vývoji. Rostlina vykvete a vytvoří semena a plody. Některé druhy poté odumírají (dvouleté rostliny), ostatní pokračují ve vývoji (vytrvalé rostliny). V jednoletých plodinách zpravidla nebývají významnými plevely, protože jim zpracování půdy neumožní vytvořit semena a na polích se vyskytují pouze ve formě listových růžic. Uplatní se spíše ve víceletých plodinách. Do této skupiny patří například: pampeliška lékařská, šťovík tupolistý, jitrocel větší (MIKULKA 2015).

**Vytrvalé plevele rozmnožující se převážně vegetativně**

 Rostliny se rozmnožují převážně pomocí vegetativních orgánů. Intenzivně se rozrůstají a šíří do okolí mateřské rostliny a po pozemku. Jsou schopny se ovšem rozmnožovat oběma způsoby, tj. vegetativně i generativně. Podle stanovištních podmínek převládá způsob rozmnožování - na orné půdě zpravidla vegetativní, na ulehlých a neobhospodařovaných lokalitách generativní rozmnožování. Kořenový systém některých druhů zasahuje do značné hloubky (JURSÍK a kol. 2018).

Plevele z této skupiny rozdělujeme na:

**Plevele mělčeji kořenící**

 Rostliny mají uloženy orgány vegetativního množení v ornici nebo na povrchu půdy. Tyto plevele dělíme:

Plevele s plazivými kořenícími lodyhami – šlahouny

 Rostliny vytvářejí plazivé článkované lodyhy – šlahouny, které se rozrůstají od mateřské rostliny všemi směry. Na uzlinách lodyh se vytvářejí kořenové a stonkové pupeny, které zakořeňují a vytvářejí nové listové růžice. Do této skupiny patří například: pryskyřník plazivý, mochna husí, popenec obecný.

Plevele s tuhými pevnými oddenky

 Rostliny mají ve svrchní vrstvě půdy uložen kořenový systém složený z horizontálních či šikmě uložených oddenků. Oddenky jsou tuhé, pevné a článkované. Každá uzlina článku vytváří stonkový pupen a kořenové pupeny. Terminální pupen je krytý šupinou a umožňuje oddenku pronikat utuženou půdou, ale i různými tvrdými bariérami (např. dřevo, brambory, mrkev apod.). Na orné půdě dochází při zpracování půdy k rozrušování oddenků na menší části. Již na úlomcích oddenků velkých 1 – 2 cm jsou schopny za vlhka rašit pupeny a dát vznik novým rostlinám. Do této skupiny patří například: pýr plazivý, troskut prstnatý, psineček výběžkatý (MIKULKA 2015).

Plevele s měkkými křehkými oddenky

 Celou vrstvou ornice prostupují vertikálně i horizontálně uložené článkované, křehké oddenky. Oddenky se při zpracování půdy snadno lámou, zůstávají v půdě nebo jsou rozšiřovány dále po poli a umožňují další šíření plevelů (HUDSON 1955). Do této skupiny patří například: máta rolní.

Plevele vytvářející cibule

 V nejteplejších oblastech státu se vyskytuje plevel česnek viniční. Vytváří květní a podzemní cibule, kterými se vegetativně množí. Množství vytvořených cibulí není příliš intenzivní, avšak cibule setrvávají na stanovišti dlouhou dobu (MIKULKA 2015).

Plevele s hlízami

 Rostliny vytváří na oddencích různě ztloustlé hlízy, které jsou uloženy v různých hloubkách půdy. Hlízy uchovávají zásobní látky pro rostlinu, a proto v nepříznivých podmínkách umožňují rostlině setrvat na stanovišti. Rychlost tvorby a množství hlízek je u různých druhů odlišná. Intenzita tvorby hlízek se zvyšuje za vlhka (JURSÍK a kol. 2018). Hlízky při zpracování půdy nejsou potlačovány, naopak se rozšiřují po pozemku. Do této skupiny patří například: kamyšník polní, kamyšník širokoplodý, hrachor hlíznatý (MIKULKA 2015).

**Plevele hlouběji kořenící**

 Do této skupiny patří velmi významné plevele. Kořenový systém je složen ze sítě horizontálních a vertikálních kořenových výběžků. Vertikální výběžky často sahají do hlubokých vrstev půdy – až do podorničí, kde nejsou zasahovány zpracováním půdy. Horizontální výběžky jsou uloženy mělčeji v půdě, často patrovitě nad sebou (JURSÍK a kol. 2018).

Bylinné plevele s oddenky

 Vodorovné a svislé oddenky nesou na svých článcích osní a listové pupeny, které jsou zpravidla chráněny šupinami. Kořenové pupeny jsou rozmístěny na oddencích nepravidelně a jsou méně zřetelné. Do této skupiny patří například: bršlice kozí noha, čistec bahenní, přeslička rolní, rdesno obojživelné.

Bylinné plevele s kořenovými výběžky

 Kořenové výběžky sahají zpravidla velmi hluboko do půdy, až několik metrů (locika tatarská až 5 m). Kořenové i stonkové pupeny jsou rozloženy na kořenových výběžcích nepravidelně, jsou menší a nejsou chráněny šupinou. Kořenové výběžky nejsou článkované, jsou snadno lámavé. Do této skupiny patří například: pcháč rolní, mléč rolní, svlačec rolní (MIKULKA 2015).

Dřevinné plevele s kořenovými výběžky

 Nečlánkované kořenové výběžky spolu s nadzemními částmi dřevnatí (obsahují lignin) a jsou tuhé a pevné. Odolávají zpracování půdy, dlouhodobě setrvávají na stanovišti a mohou zhoršovat sklizeň. Do této skupiny patří například: ostružiník ježiník, bez chebdí. Tyto plevele se zpravidla nevyskytuji na orné půdě (DEYL 1964).

**Rozmnožování plevelů**

Reprodukce plevelů je přirozenou biologickou vlastností, která umožňuje přežití druhů. Plevelné rostliny se rozmnožují generativním a vegetativním způsobem, přičemž generativní způsob je vlastním pro všechny plevelné druhy (KAZDA a kol. 2010). Vegetativním způsobem se naproti tomu rozmnožují jen některé plevelné druhy (MIKULKA 2015).

**Generativní rozmnožování plevelných rostlin**

**Generativní (pohlavní)** rozmnožování se děje prostřednictvím **diaspor, mezi** které patří například výtrusy, semena či plody. Semeno je v podstatě nejméně variabilní orgán rostliny a jak do velikosti tak i do hmotnosti semen v rámci jednoho druhu. Počet semen na rostlině je veličina druhově specifická, která souvisí s ekologickými podmínkami stanoviště (podmínky půdní, klimatické a prostorové) (ROBERTS and NEILSON 1981). Nutností plevelných rostlin z hlediska přežití je vytvoření co největšího množství semen a plodů, které by bylo zárukou setrvaní druhu na dané lokalitě (ALBRECHT 2003). Počty, udávané u jednotlivých druhů, jsou zpravidla hodnoty průměrné vztažené k průměrnému stanovišti. Maximální počty semen na rostlině velmi často uváděné v literatuře se vztahují k solitérně rostoucích jedincům na stanovištích bohatých na živiny. Ze semen vytvořených na rostlině však v polních podmínkách vytvoří novou rostlinu pouze nepatrné část. Proto vysoká produkční schopnost druhu nemusí odpovídat jeho významnosti jako plevelného druhu. Pro přežití plevelného druhu na stanovišti jsou důležité i další faktory, dormance, životnost semen v půdě nebo rytmus vzcházení semen během vegetace (CHANCELLOR 1964) atd.

# Rozšiřování diaspor

Důležitým předpokladem pro zachování druhu je, aby semena, plody, případně i vegetativní rozmnožovací částice nezůstaly nahromaděny v blízkosti mateřské rostliny, ale aby se rozšířily pokud možno co nejdál a na co nejvhodnější stanoviště. V blízkosti mateřské rostliny by semenáčky byly vystaveny velké konkurenci a druh rostoucí na omezeném prostoru by byl ohrožen vyhynutím. Diaspory se mohou od mateřské rostliny šířit různými způsoby, v závislosti na jejich morfologii a charakteru. Vlastní proces šíření diaspor od zdroje se nazývá diseminace. Přísun diaspor na plochu stanoviště závisí podle Slavíkové (1986) na několika faktorech: výšce a vzdálenosti zdroje šíření, koncentraci zdroje diaspor, způsobilosti diaspor k šíření (hmotnost, přítomnost specifických morfologických útvarů) a aktivitě rozšiřujícího činitele (směr a rychlost větru nebo vody, pohyb zvěře atd.) (MIKULKA 2015).

**1. Autochorie** je rozšiřování diaspor vlastními mechanismy rostlin. Například u vikví a hrachorů vysýcháním praská zralý lusk, chlopně se prudce šroubovitě stáčejí a vymršťují semena do okolí; svíráním chlopní praskajících tobolek se prudce vymršťují semena violek. Další druhy ohýbají při dozrávání lodyhy a plodní stopky s tobolkami těsně k povrchu půdy (např. drchnička rolní, truskavec ptačí, rozrazil perský a r. břečťanolistý). Některé diaspory se posunují na různé strany od mateřské rostliny pomocí pohybů hygroskopických útvarů (osiny ovsa hluchého) (JURSÍK 2018). Jednodušším případem autochorie je barochorie, při které diaspory vlastní hmotností vypadávají na povrch půdy do blízkosti mateřské rostliny (hořčice rolní, penízek rolní, obilky ježatky kuří nohy, pýru plazivého a bérů), odkud mohou být dále šířeny vodou nebo zvířaty (MIKULKA 2015).

# 2. Anemochorie je rozšiřování diaspor větrem. Velmi lehké diaspory jsou unášeny vzdušnými proudy (přesličky, zárazy). Těžší diaspory jsou k rozšiřování přizpůsobeny vytvořením jemného chmýru (pcháče, bodláky, mléče, pampeliška) nebo blanitých křídel a lemů (šťovíky) (DEYL 1964). Některé rostliny prodlužují po odkvětu lodyhy, aby zralé ochmýřené nažky byly co nejvíce vystaveny působení větru (podběl lékařský, devětsil lékařský). Anemochorní rostliny dokáží osídlit blízké okolí velmi rychle a hustě. Zvláštní kategorií jsou stepní běžci - druhy adaptované na častý a intenzivní vítr na písčitých stanovištích. Rostliny jsou bohatě větvené a po uzrání semen jsou vytrženy z půdy a odneseny na jiné stanoviště. Současně dochází k diseminaci (srpek obecný). Vítr napomáhá i při vypadávání semen ze zralých tobolek vlčího máku rozkýváním lodyh (MIKULKA 2015).

**3. Hydrochorie** je rozšiřování diaspor vodou v podobě srážek, závlah, vodních toků nebo vodní eroze ve svažitém terénu. Šíření některých diaspor je usnadněno přítomností křídel, pluch či chmýru. Tyto morfologické útvary zvyšují plovatelnost diaspor na vodní hladině. Vodou mohou být šířeny i celé rostliny nebo jejich úlomky se semeny, případně vegetativní diaspory schopné zakořenění.

**4. Zoochorie** – šíření diaspor prostřednictvím živočichů. Zoochorie představuje velmi důležitý způsob šíření plevelných rostlin. Podle způsobu přenosu je dělena na:

- exozoochorie – spočívá v dočasném uchycení semen, plodů na povrchu těla zvířat (hlavně srsti či peří). Diaspory jsou pro tento účel vybaveny speciálními útvary v podobě ostnitých nebo háčkovitých útvarů (háčkovité ostny na souplodí řepně durkomanu nebo na nažkách svízele přítuly, háčkovitě zahnuté hroty na kulovitém plodenství lopuchů, štětinky na nažkách mrkve obecné). Diaspory též mohou ulpívat na těle živočichů pomocí slizu, vylučovaného osemením.

- endozoochorie- diaspory plevelů jsou přijímány spolu s potravou, procházejí trávicím ústrojím živočichů, trávením nejsou poškozeny, jsou vylučovány z těla spolu s exkrementy jsou roznášeny od mateřské rostliny. Mezi plevelné druhy schopné se šířit tímto způsobem patří zejména merlíky, rdesna, laskavce, ježatka, béry aj. Semena se šíří na pole chlévskou mrvou, kejdou a ostatními statkovými hnojivy (MIKULKA 2015).

Zajímavým způsobem zoochorie je myrmekochorie. Semena myrmekochorních rostlin mají na povrchu dužnaté měchýřky, které slouží mravencům za potravu. Obsahují olej, cukry, škrob a vitamíny. Semena jsou mravenci přenášena na velké vzdálenosti. Mezi takto rozšiřované rostliny patří violka rolní, hluchavka nachová a objímavá, kostival lékařský, vlaštovičník větší, zemědým lékařský, žlutošťavel růžkatý aj. Významné je i šíření plevelů prostřednictvím ptáků (ornitochorie). Například stehlík obecný vyzobává z plodenství nažky bodláků a pcháčů. Vrabec polní se živí nažkami merlíků, truskavce, ježatky, bérů a celé řady dalších plevelů. Ptáci zobáním do plodenství uvolňují další semena, která vypadávají na povrch půdy (DEYL 1964). Na šíření plevelů se podílejí i drobní hlodavci (myši, hraboši, křečci), kteří shromažďují semena i plody a tvoří si z nich zásoby (MIKULKA 2015).

**5.** Šíření plevelů člověkem se nazývá antropochorie. Zejména v posledních letech tento způsob šíření nabývá na stále větším významu. Semena a plody mnoha plevelných druhů jsou jako příměsi součástí osiv, ve vlně, bavlně, zemině, písku, rudách, substrátech atd. (JURSÍK a kol. 2018). Pro vysokou pestrost způsobů šíření plevelů člověkem jsou vytvořeny následující kategorie (MIKULKA 2015):

Speirochorie - zavlékání a šíření plevelů s osivy. Patří mezi velmi rozšířené způsoby šíření plevelů doprovázejících určitou plodinu na velké vzdálenosti. V případě obilnin se jedná o skupinu obilních (segetálních) plevelů, které se přizpůsobily vegetačnímu cyklu pěstované plodiny (chundelka metlice, chrpa polní, koukol polní, vlčí mák). Semena těchto plevelů se při nedostatečném vyčištění zrna dostávají do osiva.

Agestochorie - šíření plevelů prostřednictvím dopravy. Mezi nejdůležitější způsoby šíření plevelů patří železniční, silniční i lodní. Významně se plevele v posledních letech šíří podíl dálnic. Doprava má velký podíl na zavlečení nepůvodních druhů na území našeho státu a jejich zvýšený výskyt na nádražích, v přístavech, překladištích zboží a zpracovatelských závodech nebo šíření podél silnic a železnic.

Ergaziochorie – rozšiřování plevelů pomocí zemědělského nářadí používaných při obdělávání půdy nebo manipulaci s rostlinami. Semena se snadno uchycují spolu s ornicí na strojích a nářadí a jsou tak přemisťovány z jednoho pozemku na druhý.

Rypochorie - je šíření plevelů ze zahrad, čistících stanic, skládek a smetišť, při přemisťování zeminy, z průmyslového odpadu a ze zemědělských podniků a hnojení chlévskou mrvou, kejdou, komposty a rašelinnými substráty.

Etelochorie - vysévání a vysazování rostlin na pole, do zahrad, parků nebo do volné krajiny. Velmi často dochází k samovolnému šíření na nová stanoviště. Typickým příkladem mohou být křídlatky, netýkavka žláznatá aj.

Rostliny se mohou v agroekosystémech šířit i více způsoby. Přežívání plevelného druhu v agroekosystému přímo odvisí na reprodukčním potenciálu a schopnosti rozšiřování do okolí.

**Vegetativní reprodukce plevelných rostlin**

Hlavním způsobem rozmnožování rostlin je generativní reprodukce. Vegetativní rozmnožování představuje doplňkový způsob rozmnožování, který je často využíván některými vytrvalými druhy (NIEDERSTRASSER and GEROWITT 2008). Ty se rozmnožují prostřednictvím diaspor vegetativního původu (např. hlízami, cibulemi, pacibulkami, částmi oddenků, kořenových výběžků a kořeny s adventivními pupeny). Vegetativní rozmnožování vytrvalých plevelů převládá především na orné půdě, která je pravidelně obdělávána. Pravidelné poškozování kořenů a kořenových výběžků vyvolává rychlou regeneraci z pupenů. To má za následek vytvoření mohutného kořenového systému, který velmi agresivně konkuruje kulturním rostlinám. Zachování druhu je tak zajištěno i za nepříznivých podmínek prostředí, ve kterých se rostlina krátkodobě nebo dlouhodobě nachází. Zaplevelení může vznikat i z velmi malých orgánů vegetativního rozmnožování. V určitých případech dokonce vegetativní rozmnožování nabývá převahy nad rozmnožováním generativním, neboť poměr uvedených způsobů rozmnožování je u některých vytrvalých druhů značně závislý na podmínkách stanoviště (např. u pýru plazivého). Na půdách obdělávaných, úrodných a provzdušněných vytvářejí vytrvalé plevele jako například pýr plazivý, pcháč rolní a čistec bahenní bohatý podzemní systém oddenků nebo kořenů (převládá rozmnožování vegetativní). Naopak na půdách neobdělávaných, chudých a ulehlých se zvyšuje tvorba semen (převládá rozmnožování. generativní) (MIKULKA 2015).

Vyrašené výhony na obdělávaných půdách mají vysokou konkurenční schopnost a prosadí se i v konkurenčně silných porostech kulturních rostlin jako jsou obilniny. Velmi nebezpečná je rychlá regenerace pupenů na kořenech a kořenových výběžcích v období studených a vlhkých period v měsících červnu a červenci, kdy je konkurenční schopnost obilnin na ústupu. Rostliny plevelů pcháče rolního a dalších plevelů vytvářejí mohutný kořenový systém z horizontálních a vertikálních kořenových výběžků. Kořenový systém dosahuje do poměrně značné hloubky, udává se i několik metrů. Kořenové výběžky mají obrovskou regenerační schopnost (GUSTAVSSON 1997, HAMDAUN 1972, ZWERGER 1996). Výhony z vytrvalých plevelů z kořenových výběžků nebo oddenků raší po celou vegetační dobu v závislosti na kulturní rostlině a agrotechnických zásazích (DONALD 1994).

U některých plevelů se tvoří kořeny i na odlomených nadzemních částech rostlin v případě jejich odlomení. Takovým způsobem se rozmnožují zejména křídlatka sachalinská a křídlatka japonská podél vodních toků (JURSÍK a kol. 2018). Tento způsob jim umožnil lavinovité šíření především při lokálních povodních na velké vzdálenosti.

Vegetativní rozmnožování je možné i u některých jednoletých druhů, a to buď kořenujícími lodyhami (žabinec obecný) nebo částmi rostlin (kokotice jetelová, pěťour maloúborný)(MIKULKA 2015).

Příklady vegetativního šíření plevelných rostlin

Nadzemní:

Šlahouny a kořenující lodyhy – pryskyřník plazivý

Květní cibulky – česnek viniční

Podzemní:

Kořenové výběžky – pcháč rolní, mléč rolní

Oddenky – pýr plazi**v**ý, rákos obecný, čistec bahenní

Hlízky – hrachor hlíznatý, kamyšníky

Podzemní cibule – česnek viniční

Kůlový kořen – pampeliška lékařská, šťovík tupolistý

Regenerační schopnost vegetativních diaspor:

Regenerace plevelných rostlin z oddenků, kořenů, hlízek a dalších částí kořenového systému bývá velmi vysoká (HODGSON 1971). Je však ovlivňována celou řadou vnějších a vnitřních faktorů. Důležitá je však životnost a regenerační schopnost těchto orgánů, což závisí na mnoha faktorech, stáří orgánů, jejich zdravotním stavu, obsahu zásobních látek, podmínkách prostředí při regeneraci i na ročním období. V příznivých podmínkách regenerují i segmenty kořenových výběžků nebo oddenků vytrvalých plevelů dlouhé 2 cm. Čím jsou tyto segmenty delší a silnější, tím je pravděpodobnost regenerace v polních podmínkách větší. Některé plevelné druhy jako například kamyšníky vytvářejí hlízky. Životnost těchto hlízek je vysoká. Udává se, že hlízky si ponechají životnost, až deset let jsou-li uloženy v půdním profilu. Velkým problémem, ovlivňujícím regulaci plevelů je, že části kořenového systému (oddenky hlízky aj.) bývá v dormantním stavu. Velmi často je kořenový systém oslaben chorobami a škůdci. Potom je jeho regenerační schopnost snížena (MIKULKA 2015).

Významně ovlivňují životnost vegetativních orgánů především po zpracování půdy vláhové podmínky. Za vlhka regenerují téměř všechny části kořenového systému vytrvalých plevelů. Za sucha však odumírají velmi rychle křehké oddenky nebo kořenové výběžky a to již po několika hodinách, jsou-li vystaveny slunečnímu záření (JURSÍK a kol. 2018).

Vliv herbicidů na vegetativní reprodukci:

 Na vytrvalé plevele mají uspokojivý účinek zejména systémově působící herbicidy, které jsou translokovány z nadzemních částí rostlin do kořenového systému. Z pohledu účinné regulace je důležité, aby se účinná látka herbicidu dostala do všech částí rostliny, které jsou schopny regenerace. Z tohoto pohledu se snadněji hubí mělce kořenící vytrvalé plevelné rostliny jako například pýr plazivý než hluboko kořenící plevele jako pcháč rolní nebo přesličku rolní.

 Pro dosažení spolehlivého účinku herbicidů je vhodné aplikovat přípravky v době, kdy mají vytrvalé plevele vytvořen dostatek listové plochy, která je schopna přijmout potřebnou dávku herbicidních přípravků. Předčasné aplikace bývají neúčinné. Dokonce v některých případech mohou působit i stimulačně na regeneraci plevelů a mohou mít za následek i zvýšení zaplevelení vytrvalými plevely. Pozdní aplikace jsou méně účinné (SOUKUP et al. 2000).

 Účinek herbicidů je možné podpořit rozrušením kořenového systému vytrvalých plevelů zpracováním půdy. Zpracováním půdy se kořenový systém rozruší, rostliny se oslabí, podpoří se jejich regenerace a účinek herbicidů je vyšší. To platí však pouze při dostatku vláhy. Za sucha je regenerace vytrvalých plevelů nízká, a proto účinek herbicidů velmi často selhává. To se projeví na regeneraci plevelů zpravidla až v následné plodině (MMIKULKA 2015).

 Translokace herbicidů je významně ovlivněna teplotou vzduchu. Při nízkých teplotách probíhá translokace pomaleji, ale herbicidy neztrácejí účinek. Při vysokých teplotách je translokace herbicidů z nadzemních částí do kořenů přerušena. Herbicidní účinek se projeví velmi silně, ale pouze na nadzemních částech rostlin. Rostliny plevelů následně během jednoho měsíce velmi rychle regenerují (JURSÍK a kol. 2018).

# Změny druhového spektra plevelů na zemědělské půdě

Plevelná společenstva jsou ovlivňována celou řadou faktorů, které na ně působí krátkodobě i dlouhodobě. Proto procházejí stále poměrně složitým vývojovým cyklem. Plevelné rostliny doprovázejí plodiny od počátku zemědělství a patří mezi nejproblematičtější škodlivé činitele, na jejichž eliminaci bylo vždy vynakládáno obrovské množství úsilí. Jednotlivé plevelné druhy se postupně přizpůsobovaly měnícím se přírodním podmínkám, později technologiím pěstování. Plevelné druhy, které nebyly schopné se postupně přizpůsobovat obdělávání půdy a pěstování plodin, z polí postupně mizely. Některé druhy vymizely již v dávné době, jiné v době nedávné, v závislosti na rozvoji technologií pěstování plodin. Plevele svázané s technologií pěstování plodin se po změně technologie nebyly schopny v nových podmínkách reprodukovat a vymizely, jako např. koukol polní. Pěstování plodin je z pohledu ekologické stability nepřirozeným jevem (CRAWLEY 1997). Snahou vytvořit co nejvhodnější podmínky pro pěstované plodiny jsou ovlivňována původní rostlinná společenstva. V dávných dobách byla plevelná společenstva co do druhového spektra velmi bohatá. Na polích v jednotlivých plodinách bylo zastoupeno mnoho desítek plevelných druhů, které konkurovaly plodinám i samy sobě navzájem. Regulace plevelů byla vždy obtížná, v minulosti převládal mechanický způsob hubení (ruční práce). Druhová rozmanitost a poměrná stabilita plevelných společenstev znamenala, že se v dlouhých časových obdobích druhové spektrum plevelů a jejich poměr výrazně neměnil. Vývoj druhového spektra plevelných společenstev byl a stále bude ovlivňován celou řadou faktorů. S rozvojem intenzivního zemědělství, který začal v minulém století a pokračuje dodnes, bylo aplikováno mnoho nových poznatků. Plevelná společenstva byla ovlivněna zavedením osevních sledů, rostoucí intenzitou využívání statkových a průmyslových hnojiv, rozvojem mechanizace, která ovlivnila kvalitu agrotechniky (FRYER and MAKEPEACE 1977). V posledních padesáti letech byla ovlivněna používáním herbicidů, zaváděním nových GMO plodin, které vzhledem k rezistenci vůči některým herbicidním látkám (glyphosate) významně zasáhnou do systému regulace plevelů (MIKULKA 2015).

 **Vliv změn klimatických podmínek na druhové složení plevelů**

 Na naší Zemi dochází neustále k periodickým změnám klimatu. Jedná se o změny krátkodobé a dlouhodobé. Tyto změny probíhají poměrně pomalu, přesto se projevují i na změnách ve vegetaci a tedy i v druhovém zastoupení plevelných rostlin na jednotlivých stanovištích. V posledních letech je velmi často diskutován problém globálního oteplování. V důsledku globálního oteplování se zvyšuje teplota na celé zemi. To přináší mnohé změny v rostlinných i živočišných společenstvech. Organismy musí na tyto přeměny určitým způsobem reagovat (JURSÍK a kol 2018). Buď zaniknou, nebo se změnám přizpůsobí. Rostliny žijící původně v teplých krajích tak dostávají možnost expandovat do dalších lokalit a postupují směrem na sever, na místa pro ně v minulosti nevhodná. Bez ohledu na relevantnost globálního oteplování můžeme pozorovat v posledních dvaceti letech poměrně rychlé šíření některých teplomilných plevelů z nížin až do podhorských oblastí. Například ježatka kuří noha, béry, laskavec ohnutý, laskavec zelenoklasý, lilek černý, durman obecný a celá řada dalších. Riziko invazí teplomilných druhů k nám stále stoupá. Hranice výskytu čiroku halabského se posunuje, podobně se v našich podmínkách rychle šíří teplomilná rostlina žlutošťavel růžkatý. V Maďarsku byl zaznamenán výskyt subtropického plevele *Cyperus aesculentus* atd (MIKULKA 2015).

 **Vliv nezemědělské činnosti na změnu plevelných společenstev**

Působení člověka na krajinu má pochopitelně významný vliv i na zemědělství a tedy druhotně i na plevelná společenstva. Je dlouhodobé a zásahy do životního prostředí bývají zpravidla velkoplošné. Urbanizace krajiny, povrchová těžba surovin, velkoplošné skládky a výsypky ovlivnily výskyt rostlin a existenci vhodných podmínek pro většinu rostlinných druhů. Některé druhy rostlin však rostou i za těchto okolností a protože nemají konkurenci, velmi rychle se rozmnožují a osidlují tyto plochy. Následně potom osidlují i zemědělskou půdu. Mezi takové druhy patří především lebeda lesklá, locika kompasová, merlíky, turanka kanadská, podběl obecný, pelyněk černobýl a celá řada dalších včetně invazních plevelných druhů. Tyto zdroje zaplevelení je nutné ošetřovat, aby se zabránilo jejich dalšímu šíření. Takové lokality jsou nebezpečné i z pohledu hygienického. Rostliny zde rostoucí jsou příčinou pylových alergií (MIKULKA 2015).

Regulace plevelů na nezemědělských plochách je poměrně složitým problémem. Zejména rozsáhlé plochy železnic, plochy v přístavech a manipulačních skladech bývají pravidelně ošetřovány herbicidy. Používány jsou totální, zpravidla perzistentní herbicidy v podstatně vyšších dávkách než v zemědělství. Tyto plochy jsou zdrojem rezistentních populací plevelů, které se následně mohou šířit na zemědělskou půdu. Největším problémem je jejich šíření po železnici po celé republice (JURSÍK a kol. 2018).

 K rychlému šíření plevelných druhů dochází v posledních letech především podél dálnic a vysokorychlostních silnic. Rychlý postup šíření některých plevelných druhů napříč Evropou je zřetelný. Zejména plevele rozšiřující se anemochorně (ambrózie, bytel, starčky, zlatobýl, pelyněk černobýl, podběl lékařský atd.). Podél těchto komunikací se šíří i další plevele jako např. pupalky, laskavce, rdesna, merlíky, rosičky, ježatky, béry, štětka soukenická aj. Vzhledem k budování dalších nových dálnic lze předpokládat, že šíření plevelů podél nich bude nabývat na stále větším významu (MIKULKA 2015).

Nebezpečím jsou proto i cizokrajné plevele, které se k nám šíří po železnici, lodní dopravou s různými surovinami (obilí, zemědělské produkty, železná ruda atd.). Příkladem může být ambrózie peřenolistá a bytel metlatý. Tyto plevele v našich podmínkách již zdomácněly a jsou významným nebezpečím pro zemědělskou půdu. Podobně k nám byla zavlečena s železnou rudou locika tatarská. Problém zavlékání cizokrajných plevelů je nezanedbatelný a riziko zavlékání je stále vyšší. Proto je nutné tento problém neustále sledovat a studovat jednotlivé migrační cesty (MIKULKA 2015).

Šíření plevelů také napomáhají zahrádkáři, kteří šíří do okolí zahrad mnoho rizikových rostlin, které následně zaplevelují krajinu i zemědělskou půdu (křídlatky, netýkavky, třapatky, zlatobýly a další). Stejně negativně působí poměrně časté zavlékání rostlin z dovolených ze zahraničí a jejich pěstování na zahradách (JURSÍK 2018).

**Zásady správného používání herbicidů**

 Ze všech faktorů v posledních desetiletích nejvýznamněji ovlivnily druhové složení plevelů na orné půdě herbicidy. První používání herbicidních látek lze datovat na počátek minulého století, kdy se jednalo především o některé anorganické herbicidy. Používání organických herbicidních látek počalo po skončení druhé světové války. Po zpočátku nevýznamném rozšíření došlo v šedesátých letech minulého století k masovému používání herbicidů (HOLM et al. 1997). Vývoj nových látek byl explozivní a v současné době je používáno velké množství herbicidů s různým mechanizmem účinku. Většinu plodin na celém světě by bez používání herbicidů nebylo možné pěstovat.

 Velkoplošné a opakované používání herbicidů má však celou řadu rizik. Kromě rizik ekologických a jejich vlivu na zdraví zvířat a lidí jsou jejich dlouhodobému působení vystavena i plevelová společenstva, která na používání herbicidů bezprostředně reagují. Pravidlem zpravidla bývá, že čím účinnější herbicid se zemědělcům dostane do rukou, tím více a delší dobu jej používají. Mnohaleté opakované používání má pak za následek výrazné změny v druhovém složení plevelů. Z počátku dochází k rychlému ústupu citlivých plevelů vůči zmíněným herbicidům. Na polích po opakované několikaleté aplikaci zůstává pouze několik tolerantních plevelných druhů (např. svízel přítula, violka rolní, chundelka metlice, laskavce, rdesna aj.), které se však rychle přemnoží a silně konkurují plodinám. Další reakcí plevelů může být vznik rezistence plevelů vůči herbicidním látkám (SOUKUP et al. 2000).





 Přestože existuje velké množství herbicidních přípravků na většinu plevelných druhů, zemědělci chybují nejčastěji v tom, že v jednotlivých letech nepoužívají herbicidy s rozdílným mechanizmem účinku. Používají herbicidy, se kterými jsou spokojeni a které vykazují velmi dobrý účinek. Dlouhodobým používáním těchto herbicidů však podporují nevědomky selekci plevelných druhů. Selekce je pomalá, ale o to nebezpečnější. Již v minulosti se udělala chyba s opakovaným používáním růstových herbicidů typu MCPA aj., později opakovaným používáním sulfonylmočovin typu chlorsulfuron aj. V prvním případě došlo k přemnožení chundelky metlice (SOUKUP et al. 2000) a odolných dvouděložných plevelů (heřmánky, svízel přítula, hluchavky aj.) a druhém případě přemnožení svízelem přítulou, violkou rolní a zemědýmem lékařským. Následné řešení problému takto vyselektovaných plevelů je finančně značně náročné (MIKULKA 2015).

**Možnosti aplikace herbicidů**

**Předseťová aplikace** – herbicidem se ošetří připravená nebo i nepřipravená půda před setím nebo sázením plodin. Jde o méně rozšířený způsob, který se používá např. u půdních herbicidů, které jsou na světle nestabilní nebo špatně pronikají hlouběji ke klíčícím semenům plevelů. Prosto se po aplikaci zapravují např. kypřičem nebo bránami mělce do půdy.

**Preemergentní aplikace** – provádí se v období po zasetí plodiny, avšak ještě před jejím vzejitím. Jde buď o kontaktní preemergentní aplikaci, která se provádí po vzejití plevelů, nebo o reziduální preemergentní aplikaci, která se provádí před vzejitím plevelů.

**Postemergentní aplikace** – provádí se po vzejití plodiny. Podle typu použitého herbicidu je přesný termín aplikace zpravidla vymezen růstovou fází plodiny a plevelů. Předností postemergentních aplikací je možnost rozhodnutí se pro provedení zásahu a výběru účinných látek až podle skutečného zaplevelení. Při ojedinělém a nerovnoměrném výskytu plevelů není na pozemku při postemergentní aplikaci nutno ošetřovat celou plochu, ale lze provést pouze ohniskovou aplikaci (MIKULKA 2015). Rozvoj výpočetní a telekomunikační techniky přispěl v posledních letech k vývoji automatizovaných systémů pro ohniskovou aplikaci. Zaplevelení v jednotlivých částech pozemku je buď snímáno přímo při jízdě postřikovače kamerou a on-line vyhodnocováno informačním systémem, který vypočítá předpokládanou ztrátu na výnosu a stanoví optimální dávku přípravku pro příslušné místo, nebo je dávkování přípravku prováděno s využitím geografického informačního systému (GIS), který vytvoří mapu zaplevelení pozemku a řídí aplikační techniku podle její polohy udané družicovým globálním pozičním systémem (GPS) (JURSÍK a kol. 2018).



**Předsklizňové aplikace herbicidů** – Podstata těchto aplikací spočívá především ve vysoké herbicidní spolehlivosti na pýr plazivý, pcháč rolní, pelyněk černobýl a další plevele. Plevele mají vytvořenou velkou listovou plochu, což příznivě ovlivní množství přijaté účinné látky a její následnou translokaci do kořenů vytrvalých plevelů.

 Předpokladem úspěchu je dodržení termínu aplikace herbicidů, aby došlo k odumření nadzemních částí rostlin plevelů. Nespornou výhodou těchto aplikací je rovnoměrně vyzrálý porost obilnin a odumřelé plevele. To podstatně zjednodušuje sklizeň obilnin a výrazně sníží ztráty při sklizni i náklady na dosoušení zrna.

**klasická neboli jednorázová aplikace** – herbicid je použit jednorázově v optimální fázi růstu plevelů i zemědělské plodiny.

**dělená aplikace** – plevele mají různou vzcházivost v průběhu vegetace a aplikace herbicidů musí být provedena v takové fázi růstu plevele, aby byla co nejoptimálnější a nejúčinnější. Některé plevele ovšem vzchází během celého vegetačního roku a jedna aplikace na ně celkově nepůsobí, protože zasáhne pouze plevele vzešlé, avšak semena v půdní zásobě nejsou potlačena. Proto se v praxi někdy využívá tzv. dělených dávek herbicidů. To znamená, že se dávka herbicidu rozdělí na několik dávek nebo se použije více herbicidů na určité plevele, které postupně rostou. Přikladem jsou tzv. Betanal systémy používané v cukrové řepě (např. na mračňák Theofrastův) nebo možnost dělených aplikací například proti pýru plazivému (SOUKUP et al. 2000).



**Faktory ovlivňující účinek herbicidů**

Teplota vzduchu – s rostoucí teplotou stoupá účinek herbicidů. Při vyšších teplotách nad 22°C dochází velmi často k „popálení“ pěstovaných plodin. U vytrvalých plevelů dochází při vyšších teplotách také k rychlejšímu odumírání nadzemní hmoty. V řadě případů fytotoxicitu zvyšují i nízké teploty, proto je vhodné respektovat vlastnosti jednotlivých skupin herbicidů.

Rychlost větru – bezprostředně ovlivňuje kvalitu aplikace. Při silnějším větru dochází k úletům postřikové jíchy, což se projevuje nepravidelným účinkem nebo poškozením okolních kultur. Při větru není tedy možné ošetřovat porosty až na výjimky především při používání speciálních postřikovačů s usměrněným postřikem, tzv. twin systém.

Půdní druh – v půdách lehkých, písčitých, s malou sorpční kapacitou se herbicid velmi snadno pohybuje v půdním profilu, hrozí jeho vyplavování do podzemních vod. Herbicid se projevuje vyšší fytotoxicitou vůči plodinám. V takových půdách aplikujeme nižší dávky herbicidů. Naproti tomu půdy těžké, jílovité s vysokou sorpční kapacitou váží velmi silně herbicidy. Nehrozí nebezpečí vyplavování do podzemních vod, proto volíme dávky v horním rozpětí povolené dávky. Velmi aktivně ovlivňuje účinek herbicidů obsah humusu v půdě. Půdy s vysokým obsahem humusu poutají značné množství účinné látky herbicidů.

Vlhkost půdy – v suché půdě herbicidy zpravidla neúčinkují, naopak ve vlhčí půdě stoupá jejich aktivita. V suché půdě se poločas rozpadu velmi významně prodlužuje, ve vlhké půdě naopak klesá. To souvisí s mikrobiální aktivitou.

Dešťové srážky – v menším množství neovlivní účinek herbicidů. Naopak u preemergentních aplikací napomohou k dokonalému rozptýlení herbicidů v povrchové vrstvě půdy. U postemergentních aplikací umožňují dokonalé pokrytí listů herbicidem, rozvádí herbicid do listových pochev nebo paždí listů a umožní lepší příjem do listových pletiv. Dokonce po mírných srážkách po aplikaci je zaznamenán vyšší účinek herbicidů. Avšak při prudkých srážkách dochází k proplavení půdních herbicidů do spodních vrstev ornice, kde neovlivní vzcházející plevele. U postemergentních herbicidů dochází ke splavování účinné látky z rostlin. Doporučuje se neprovádět aplikaci před deštěm nebo při dešti.

vliv rosy – především při aplikacích na podzim při nižších teplotách dohází k pomalému příjmu herbicidů plevelnými rostlinami. Při tvorbě rosy potom dochází k opětovnému rozpuštění herbicidů a jeho stékání z listů, což může významně snížit celkový účinek herbicidů.

Intenzita světla – ovlivňuje účinek herbicidů působících na fotosyntézu. Bývá spojována i s teplotou vzduchu, která je doprovodným jevem slunečního záření. Ovšem i za doporučovaných teplot vzduchu při vysoké intenzitě slunečního záření dochází k poměrně značným projevům fytotoxicity na kulturních rostlinách. Herbicidy ovlivňující fotosyntézu ve tmě nepůsobí poškození rostlin. V polních podmínkách při silně zataženém počasí klesá účinek herbicidů.

Růstová fáze plevelů – z hlediska hubení plevelů je velmi důležité aplikovat herbicidy v termínu, kdy jsou plevelné rostliny nejcitlivější. U jednoletých plevelů platí, že menší rostlina je citlivější než rostlina vyvinutá, která zpravidla po aplikaci herbicidu snadněji regeneruje. U vytrvalých plevelů je situace složitější. Je vhodnější aplikovat herbicidy na vyvinutější rostliny, které vytvořily dostatečnou listovou plochu, na které ulpí potřebné množství účinné látky herbicidů, která je následně translokována do podzemních orgánů (MIKULKA 2015).

**Pravidla správné regulace plevelů**

Hlavní podstatou regulace je spolehlivě eliminovat plevelné rostliny, které silně konkurují plodinám již krátce po vzejití na podzim. Při zanedbání pravidel regulace plevelů dochází k nevratnému poškození porostu, kterému nezabráníme ani jarními aplikacemi účinných herbicidů. Při cílených aplikacích je důležité respektovat celou řadu zásad (ZIMDAHL 1993).

* Správná determinace plevelů včetně znalostí jejich biologie.
* Aplikace herbicidů nebo jejich kombinací se spolehlivým účinkem na vyskytující se plevele.
* Vyloučení opakovaných aplikací herbicidů se stejnými účinnými látkami po sobě. Hrozí nebezpečí selekce tolerantních plevelů, případně vzniku rezistence u plevelů a jejímu rychlému rozšíření po okolí.
* Při vyšším zaplevelení použít vždy horní hranici povolené dávky herbicidů.
* Používání přesně seřízených a otestovaných postřikovačů s vyškolenou obsluhou.
* Dodržování doporučené dávky vody. Snižování dávky vede zpravidla k vyššímu riziku selhání aplikace.
* Volba optimálního termínu aplikace herbicidů ve vztahu k citlivým fázím plevelů. Aplikace v období velkého sucha jsou rizikové.

**Rezistence plevelů vůči herbicidům**

**Historický vývoj rezistence**

První nálezy rezistentních plevelných rostlin vůči herbicidům byly odezvou na zavedení perzistentních herbicidů ze skupiny triazinů. Tyto herbicidy byly používány opakovaně především v monokulturách kukuřice a jabloňových sadů. Tam došlo poprvé k popsání vzniku rezistence vůči triazinům. Rezistence byla prokázána již koncem 60. let v USA. Starček obecný byl nalezen v ovocných školkách. V průběhu 70. – 80. let především v Severní Americe a v Evropě byly popsány nové druhy rezistentních plevelů (laskavec ohnutý, merlík bílý, merlík tuhý aj.). Rezistentní populace plevelů byly dále nalezeny v Japonsku, Číně, Jižní Koreji atd. Do dnešní doby bylo na celém světě popsáno více než 300 biotypů plevelů, které vytvořily rezistentní populace (např. laskavce, merlíky, turanka kanadská, starček obecný, lipnice roční, psárka polní, jílek tuhý, locika kompasová, psárka polní aj.). V Evropě byly již zjištěny rezistentní populace plevelů téměř ve všech státech (MIKULKA 2015).

V našich podmínkách se stala rezistence významným problémem až v 80. letech minulého století. Negativně se projevilo se velkoplošné pěstování kukuřice. Ta byla pěstována od nížin až do podhorských oblastí. Vzhledem k dostupnosti herbicidů (simazin, atrazin) bylo možné pěstovat kukuřici více let po sobě při používání vysokých dávek, až 5 kg úč.l. na hektar. Mnohdy byly používány i dávky vyšší. Podobně byly tyto herbicidy používány i v jabloňových sadech. To umožnilo rychlé přemnožení vzniklých rezistentních jedinců laskavce ohnutého, laskavce zelenoklasého, merlíku bílého, lipnice roční a dalších plevelných druhů. Odtud se tyto rezistentní populace rychle šířily prostřednictvím krmení a statkových hnojiv do okolí. K šíření rezistentních populací přispěla i křížová rezistence (cross-rezistence) (JURSÍK a kol. 2018).

Výrazně přispěla k šíření rezistentních populací na našem území i železniční a automobilová doprava. Pro odplevelování kolejišť a nádražních ploch byl používán herbicid atrazin. Používaly se nekontrolované dávky a aplikace se prováděly opakovaně více jak dvacet let. Rezistentním populacím plevelům byl tím uvolněn prostor od konkurence ostatních plevelů. Železniční doprava navíc přispěla k rozšíření rezistentních plevelů po celé republice i do oblastí, kde se dříve nevyskytovaly. Z kolejišť se pak tyto plevele rozšířily i na ornou půdu. Používání atrazinu bylo pro jeho nedostatečný účinek ukončeno. Začal se používat herbicid imazapyr, který plně nahradil atrazin. Po počátečním rozsáhlém používání se objevilo jeho nedostatečné působení na plevel bytel metlatý. U tohoto plevele byla následně prokázána rezistence vůči triazinům, imazapyru a sulfonylmočovinám. Tento plevel se již dostal z nezemědělské půdy (železnice) i na ornou půdu, kde se stal obtížně hubitelným plevelem. Herbicid imazapyr se z těchto důvodů přestal používat. Dnes se na železnici a nezemědělských plochách používá herbicid glyphosate. Vzhledem k jeho velkoplošnému a opakovanému používání na zemědělské půdě i na půdě nezemědělské lze předpokládat, že se rezistence plně rozvine i vůči tomuto herbicidu (SOUKUP et al. 2000).

 Stále častěji stoupá význam rezistence vůči dalším skupinám herbicidů. Rezistence vůči glyphosatu byla již prokázána v Austrálii v roce 1997 u plevele Lolium rigidum (jílek tuhý) a v Chile v roce 2002 a u plevele Lolium multiflorum (jílek mnohokvětý). U plevele Lolium rigidum byla rezistence vůči glyphosatu prokázána též v USA a Jižní Africe. V jižní Africe již byla v roce 2003 prokázána rezistence i u Conyza bonariensis a v roce 2000 v USA rezistence u Conyza canadensis (turanka kanadská). V Malajsii byla prokázána rezistence u plevele Eulesine indica (kalužnice indická) v roce 1997 (MIKULKA 2015).

Významné bylo prokázání rezistence v jižní Africe v roce 2003 u plevele *Plantago lanceolata* (jitrocel kopinatý). Jitrocel kopinatý by testován v různých dávkách glyphosatu: 0, 2, 4, 6, 8, 10 l/ha. Rezistentní rostliny nebyly poškozeny ani nejvyšší dávkou herbicidu (MIKULKA 2015, JURSÍK a kol. 2018).

To je jasným signálem pro uvážené používání herbicidu glyphosatu. Vznik rezistence vůči tomuto široce používanému herbicidu a šíření rezistentních rostlin na zemědělské i nezemědělské půdě je nežádoucí. Je však vysoce pravděpodobné, že rezistentní populace vůči tomuto herbicidu vzniknou i u nás. Vznik rezistence ovlivnit nemůžeme, ale můžeme významně zpomalit šíření rezistentních rostlin do okolí a toho je možné dosáhnout především střídáním rozdílných herbicidů po sobě.

 Dalším problémem je vznik rezistence vůči herbicidům ze skupiny inhibitorů ALS. Jedná se o sulfonylmočoviny a imazapyr. Ve světě již byly popsány rezistentní populace plevelů *Amaranthus retroflexus*, *Amaranthus chlorostachys, Amaranthus hybridus, Amaranthus rudis, Amaranthus blitoides, Kochia scoparia*, *Raphanus raphanistrum, Ambrosia artemisiifolia, Ambrosia trifida* a *Xanthium strumarium*.

Problémem je i vznik rezistence vůči inhibitorům ACCázy. Ve Francii již byla prokázána rezistence u *Alopecurus myosuroides* a *Setaria viridis*. V naších podmínkách lze předpokládat rezistenci u *Echinochloa cruss-galli*.

Uvedená fakta potvrzují význam problému rezistence plevelů vůči herbicidům. Vzniku rezistence nelze zabránit, vzhledem k jejímu spontánnímu vzniku mutací. Proto se musíme zaměřit na opatření vedoucí k minimalizování možnosti vytvoření semen u rezistentních jedinců a zabránit jejich dalšímu šíření (MIKULKA 2015).

**Vznik rezistence a šíření rezistentních populací**

 Herbicidy jsou chemické látky, které se používají na hubení plevelů více než 60 let. Využívá se různých mechanismů účinku, které působí na plevelnou rostlinu (inhibitory fotosystému II, inhibitory syntézy aminokyselin, inhibitory acetyl – CoA – karboxylázy aj.). Pravděpodobně díky neuváženému používání herbicidů došlo u některých rostlin k fyziologickým změnám a tyto rostliny již nereagují na herbicidní přípravky, na které dříve reagovaly. Vznik a šíření populací rezistentních plevelů bylo rychlejší při monokulturním pěstování plodin, ve vytrvalých kulturách s dlouhodobým používáním herbicidů a na nezemědělské půdě (SOUKUP et al. 2000).

„***Rezistence plevelů vznikla bez ohledu na používání herbicidů jako spontánní mutace, ale rozšířila se především v důsledku nevhodného velkoplošného používání herbicidů***“ (MIKULKA 2015)

**Definice tolerance a rezistence:**

Tolerance rostlin: Je přirozená odolnost vůči používaným herbicidům. Každý plevelný druh je různě odolný vůči spektru používaných herbicidů. Pro příklad lze uvést přirozenou odolnost laskavce ohnutého (*Amaranthus retroflexus*) vůči postemergentním graminicidům nebo svízele přítuly (*Galium aparine*) či lipnice roční (*Poa annua*) vůči MCPA a 2,4-D.

Rezistence rostlin: Rezistence je absolutní tolerance vůči takové dávce herbicidů, která daný druh plevelné rostliny normálně v porostu kulturní rostliny hubí. Jde tedy o to, že plevelný druh, který byl dříve citlivý vůči určitému herbicidu, po jeho delším používání a po opakovaných aplikacích vysokých dávek přežívá a je schopen se reprodukovat. Typickým příkladem v našich podmínkách může být mnohaleté používání atrazinu v kukuřici, kdy se vytvořily rezistentní populace plevelů laskavce ohnutého (*Amaranthus retroflexus*) a bytelu metlatého (Kochia scoparia) v Čechách i na Slovensku.

Křížová a vícenásobná rezistence**:** Křížová rezistence (cross rezistence) je problém, který ještě více komplikuje hubení rezistentních populací. Prakticky to znamená, že rostlina, u které byla zjištěna rezistence vůči jedné účinné látce je rezistentní vůči dalším účinným látkám ze stejné chemické skupiny. Cross rezistence byla prokázána u řady plevelných druhů. V České republice se jedná o laskavec zelenoklasý, laskavec ohnutý, merlík bílý, merlík tuhý, starček obecný a bytel metlatý. Většina plevelů v ČR s prokázanou cross-rezistencí je rezistentní vůči triazinům. Ve světě jsou diagnostikovány desítky plevelů s cross- rezistencí.Vícenásobná rezistence (multiple resistance) je typ rezistence, kdy je jeden plevelný druh rezistentní také vůči přípravkům z více chemických skupin. V podmínkách ČR se jedná o bytel metlatý u kterého byla prokázána rezistence vůči inhibitorům PSII a vůči inhibitorům ALS. Ve Světě je to například psárka polní (inhibitory ACC, ALS, PSII, ureázy, amidy a dinitroaniliny) a oves hluchý (inhibitory ACC, ALS, thiokarbamáty a kyselina arylaminopropionová) (MIKULKA 2015).

# Metody diagnostiky rezistence

 Vzhledem k tomu, že rezistentní a citlivé rostliny jsou od sebe pouhým okem prakticky nerozeznatelné, je nutné používat metody determinace sloužící k rozlišení rezistentních a citlivých biotypů plevelných rostlin. Metody se podle postupů a hodnocení rozdílů mohou rozlišovat na metody biologické, fyziologické a genetické (JURSÍK a kol. 2018).

# Výskyt rezistentních populací v České republice

 V druhé polovině sedmdesátých let se začalo s výzkumem rezistence plevelů ve Výzkumném ústavu rostlinné výroby v Praze - Ruzyni na základě předpokladu výskytu rezistentních populací. V té době se objevily první signály se zemědělské praxe o sníženém účinku celé řady používaných herbicidů.

 V České Republice je v současné době popsáno celkem 15 rezistentních plevelných druhů a u řady dalších, u kterých je právě na rezistenci vůči herbicidům podezření je prováděno podrobné testování na rezistenci cílený monitoring jejich výskytu. Většina rezistentních biotypů jeo odolných vůči přípravkům ze skupiny inhibitorů fotosyntézy ve fotosystému II. Tato skupina zahrnuje atrazinové herbicidy, jejichž používání je legislativně zakázané od 1. srpna 2005 na základě rozhodnutí Evropské komise 2004/248/EC. Objevují se však nové plevele s podezřením na rezistenci vůči přípravkům ze skupiny inhibitorů acetolaktátsyntázy a inhibitorů acetylkoenzymA karboxylázy.

**Výskyt rezistentních plevelných populací na území ČR**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Druh**  | **Rok nálezu nnálezu** | **systém účinku** |
| [***Amaranthus chlorostachys***](http://www.weedscience.org/Case/Case.asp?ResistID=78)- laskavec zelenoklasý | 1989 | inhibitor PSII |
| [***Amaranthus retroflexus***](http://www.weedscience.org/Case/Case.asp?ResistID=77) - laskavec ohnutý | 1985 | inhibitor PSII |
| ***Alopecurus myosuroides*** – psárka polní | 2008 | ALS |
| [***Apera spica-venti***](http://www.weedscience.org/Case/Case.asp?ResistID=5266) - chundelka metlice | 2005 | inhibitor PSII |
| [***Chenopodium album***](http://www.weedscience.org/Case/Case.asp?ResistID=81)- merlík bílý | 1986 | inhibitor PSII |
| ***Chenopodium strictum*** - merlík tuhý | 1989 | inhibitor PSII |
| [***Conyza canadensis***](http://www.weedscience.org/Case/Case.asp?ResistID=83) - turanka kanadská | 1987 | inhibitor PSII |
| [***Conyza canadensis***](http://www.weedscience.org/Case/Case.asp?ResistID=83) - turanka kanadská | 2007 | Glyciny - glyphosate |
| [***Digitaria sanguinalis***](http://www.weedscience.org/Case/Case.asp?ResistID=5263)- rosička krvavá | 2005 | inhibitor PSII |
| [***Echinochloa crus-galli***](http://www.weedscience.org/Case/Case.asp?ResistID=5052)- ježatka kuří noha | 1994 | inhibitor PSII |
| [***Kochia scoparia***](http://www.weedscience.org/Case/Case.asp?ResistID=5050)- bytel metlatý | 1996 | inhibitor PSII, ALS |
| [***Poa annua***](http://www.weedscience.org/Case/Case.asp?ResistID=85)- lipnice roční | 1988 | inhibitor PSII |
| [***Polygonum lapathifolium***](http://www.weedscience.org/Case/Case.asp?ResistID=80) - rdesno blešník | 1989 | inhibitor PSII |
| [***Polygonum persicaria***](http://www.weedscience.org/Case/Case.asp?ResistID=82) - rdesno červivec | 1989 | inhibitor PSII |
| [***Senecio vulgaris***](http://www.weedscience.org/Case/Case.asp?ResistID=84)-starček obecný | 1988 | inhibitor PSII |
| [***Solanum nigrum***](http://www.weedscience.org/Case/Case.asp?ResistID=5051)- lilek černý | 1999 | inhibitor PSII |

# Prevence šíření rezistentních plevelů a metody jejich regulace

 V současné době se rezistentní populace plevelů vyskytují roztroušeně po území našeho státu. Dříve vysoce problematická rezistence vůči triazinovým herbicidům s ohledem na jejich restrikci ustoupila do pozadí pouze zdánlivě. Rezistentní rostliny vůči triazinům mají poněkud odlišné biologické vlastnosti, kterými se liší od citlivých rostlin a proto v řadě případů komplikují i současné systémy regulace plevelů. Navíc situaci mnohdy komplikuje křížová rezistence (MIKULKA 2015).

 Základním preventivním pravidlem je pravidelné střídání plodin, dodržování základních zásad správného zpracování půdy a střídání herbicidů s různým mechanizmem účinku. Vhodné je používání kombinovaných herbicidů. Dodržením těchto zásad výrazně snížíme riziko šíření rezistentních plevelů (JURSÍK a kol. 2018).

 V případě zjištění výskytu rezistentních rostlin na polích je nutné provést podrobný průzkum na intenzitu jejich výskytu, stanovení počtu druhů rezistencích vůči herbicidům. Po stanovení rezistence vůči konkrétním herbicidům je nutné přijmout následující opatření:

1. Vyloučit herbicidní přípravky, vůči kterým byla prokázána rezistence.
2. Zabránit opakovanému pěstování plodin po sobě.
3. Používat co nejširší spektrum herbicidů
4. Pravidelně provádět průzkum na výskyt rezistentních rostlin

**Aktuální rizika rezistence v současné době**

* **Riziko rezistence vůči inhibitorům ALS** *(Amaranthus retroflexus, Amaranthus chlorostachys, Amaranthus hybridus, Amaranthus rudis, Kochia scoparia, Raphanus raphanistrum, Amaranthus blitoides, Ambrosia artemisiifolia, Ambrosia trifida a Xanthium strumarium aj).*
* **Riziko rezistence vůči inhibitorům ACCázy** *(Alopecurus myosuroides, Setaria viridis a Echinochloa cruss-galli aj).*
* **Riziko rezistence vůči glyphosatu** (*Lolium rigidum* *Lolium multiflorum,*  *Conyza canadensis,*  *Plantago lanceolata aj.)*.

 Uvedené informace potvrzují význam problému rezistence plevelů vůči herbicidům. Vzniku rezistence nelze zabránit, vzhledem k jejímu spontánnímu vzniku mutací. Proto se musíme zaměřit na opatření vedoucí k minimalizování možnosti vytvoření semen u rezistentních jedinců a zabránit jejich dalšímu šíření.

Vzhledem k výskytu rezistentních populací plevelů na našem území je nutné střídat herbicidy s rozdílným mechanizmem účinku a důsledně aplikovat systémy integrované regulace plevelů – zejména uplatnění antirezistentní strategii v souladu s Národní akčním plánem. Po aplikacích herbicidů mohou na polích zůstávat rezistentní rostliny. V případě podezření na výskyt rezistentních plevelných rostlin v pěstované plodině je potřeba provést testování na výskyt rezistence. Je nutné odebrat semena a odeslat je na testování do laboratoře zabývající se testováním rezistence plevelů. Neuplatňování antirezistentní strategie může mít významný vliv na expanzi rezistentních populací plevelů (MIKULKA 2015).

**Použitá literatura:**

Albrecht H. (2003): Suitability of arable weeds as indicator organisms to evaluate species conservation effects of management in agriculture ecosystems. agriculture ecosystems & environment 98: 201–211.

Chancellor R. J. (1964): Emergence of weed seedling in the field and the effects of different frequencies of cultivation. proceeding of british weed control conference. 7 (2): 599-606.

Crawley M. J. (1997): Plant ecology. Blackwell science ltd oxford. 717 pp.

Deyl M. (1964): Plevele polí a zahrad. Nakladatelství československé akademie věd, Praha.

Dock Gustavsson A. M. (1997): Growth and regenerative capacity of plants of cirsium arvense. Weed Res. 37: 229–236.

Donald, W.W. (1994): The biology of canada thistle (cirsium arvense). rev. of weed sci. 6: 77–101.

Fryer J. D., Makepeace R. J. (1977): Weed control – handbook. Blackwell Sci., 6 e., vol. i, ii.

Graglia E. Melander, B. Jensen, R.K. (2006): Mechanical and cultural strategies to control cirsium arvense in organic arable cropping systems. Weed Res. 46: 304–312.

Hamdoun A. M. (1972): Regenerative capacity of root fragments of cirsium arvense (l.) scop. Weed Res. 12: 128–136.

Hodgson J.M. (1971): Canada thistle and its control. u.s. dept. agric. leaflet 523, USA. Naderu.

Holm, l. and all. (1997): World weeds. natural histories and distribution. John Wiley & Sons, New York, 1129 pp.

Hudson, J. (1955): Propagation of plants by root cuttings. Journal of Horticultural Science 30: 242–251.

Jursík M.,a kol. (2018) Biologie a regulace plevelů. Kurent, s.r.o. 353 s.

Kazda J., Mikulka J., Prokinová E. (2010): Encyklopedie ochrany rostlin. ProfiPress Praha . 450 s.

Mikulka J. (2015). Plevele polních plodin. Profi Press Praha. 178 s.

Niederstrasser, J., Gerowitt, B. (2008): Studies on the response of root fragment of cirsium arvense on dryness. J. Plant Dis. Protect. special issue 21: 369-372.

Roberts, H. A., Neilson, J. E. (1981): Seed survival and periodicity of seedling emergence in twelve weedy species of compositeae. Annals of applied biology 97: 325-334.

Soukup J., Kratochvíl M. ,Třešňák, J. (2000): Control of creeping thistle (cirsium arvense (l.) scop.) by growth regulator-herbicides and their mixtures with sulfonylureas in spring barley. J. Plant Dis. Protect. special issue 17: 595–601.

Zimdahl R. L. (1993): Fundamentals of weed science. New York, 730 pp.

 Zwerger P.(1996): Zur samenproduktion der acker-kratzdistel (*cirsium arvense* (l.) scop.). J. Plant Dis. Protect. special issue 15: 91-98.

**Zpracoval:** doc. Ing. Jan Mikulka, CSc. Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i., mikulka@vurv.cz