

Nejnovější poznatky v ochraně rostlin

OBSAH

ÚVODNÍ SLOVO

CO DĚLAT PROTI SNĚTÍM MAZLAVÝM?

Veronika Dumalasová

STEWARDSHIPOVÉ PROJEKTY - PRODEJEM TO NEKONČÍ

Miluše Dvoržáková

OCHRANA JABLONÍ V EKOLOGICKÉ PRODUKCI

Vladan Falta

PODPORA BIODIVERZITY V ZEMĚDĚLSKÉ KRAJINĚ

Hana Vašková

SYSTÉMY CÍLENÉ REGULACE ZAPLEVELENÍ PRO PRECIZNÍ ZEMĚDĚLSTVÍ

Pavel Hamouz a Adam Hruška

NOVINKY V OBLASTI ZAŘÍZENÍ PRO APLIKACI PŘÍPRAVKŮ NA OCHRANU ROSTLIN

Petr Harašta

VYUŽITÍ TECHNOLOGIE INTERFERENCE RNA V OCHRANĚ ROSTLIN

Jaroslav Salava

SOUČASNÉ PROBLÉMY V OBLASTI ZAPLEVELENÍ ZEMĚDĚLSKÉ PŮDY

Jan Štrobach a Jan Mikulka

ÚVODNÍ SLOVO

Vážení čtenáři,

máte před sebou publikaci, která navazuje na webináře pořádané Českou technologickou platformou pro zemědělství v minulých letech zaměřené na novinky v ochraně rostlin.

Svět nadále potřebuje vysokou úroveň rostlinné produkce. Plodiny je třeba chránit udržitelným způsobem před různými hrozbami, které snižují jejich výnosy a kvalitu produkce. Hrozby jsou jak biologické (škůdci, choroby a plevel) tak nebiologické (klima a půda). Požadavky a hrozby jsou vyšší než kdykoli předtím v historii lidstva, stejně jako naše chápání negativních dopadů chemické ochrany proti škodlivým organismům (např. biologickou rozmanitost, kvalitu vody a rezistenci vůči pesticidům). V této souvislosti se kontroly chemických pesticidů neustále zvyšují a mnoho účinných látek, které byly běžné před deseti lety, již není k dispozici. V nadcházejících letech pravděpodobně dojde k dalšímu snížení rozsahu používaných látek. Za této situace se bude muset ochrana rostlin v budoucnu spoléhat na kombinaci zavedených a inovativních technologií.

Postupy používané v ochraně rostlin se neustále vyvíjejí a mají potenciál v budoucnu zlepšit ochranu plodin. Poptávku po změně vytvářejí společenský tlak a potřeby zemědělců. Tento vývoj je důležitý, ale bude účinný pouze tehdy, pokud změny zavedou zemědělci a přijmou je ostatní zúčastněné strany.

Příležitosti pro zlepšení metod ochrany plodin vytvářejí základní a aplikovaný výzkum na univerzitách a výzkumných ústavech spolu s průmyslovými inovacemi.

Do společné publikace jsem se snažil vybrat témata, kterými jsme se v minulých letech nezabývali. Zaměřili jsme se na ochranu pšenice proti mazlavým snětím, stewardshipové (dohledové) projekty na správné a bezpečné používání přípravků na ochranu rostlin, ochranu jabloní proti škodlivým organismům v ekologické produkci, podporu biodiverzity v zemědělské krajině, systémy cílené regulace zaplevelení v precizním zemědělství, novinky v oblasti aplikace přípravků na ochranu rostlin, využití technologie interference RNA v ochraně rostlin a současné problémy v oblasti zaplevelení zemědělské půdy.

Doufám, že vás příspěvky zaujmou a že si z nich odnesete nové informace.

Jaroslav Salava, vedoucí autorského kolektivu

Co dělat proti snětím mazlavým?

RNDr. Veronika Dumalasová, Ph.D.

Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i., Drnovská 507/73, 161 00 Praha 6 - Ruzyně

ÚVOD

Sněti mazlavé jsou příčinou významné choroby obilnin. Jejich význam roste s rozšiřováním ekologického zemědělství a zemědělských systémů s nízkými vstupy. Mazlavá sněť pšeničná *Tilletia caries* (syn. *T. tritici*) a mazlavá sněť hladká *Tilletia laevis* (syn. *T. foetida*) jsou původci mazlavé snětivosti pšenice. Sněť zakrslá *T. controversa* je původcem zakrslé snětivosti pšenice.

PREVENTIVNÍ OPATŘENÍ

Prevence je neoptimálnějším prostředkem ochrany proti snětím mazlavým. Ve chvíli, kdy zjistíme přítomnost snětí mazlavých v porostu, jejich výskyt už není možné omezit žádným fungicidním ošetřením či jiným opatřením. Můžeme jediné jednotlivé napadené odnože vytrhat, což si lze jen těžko představit jako řešení pro praxi. Pokud je výskyt zaznamenán až při sklizni nebo dokonce až při výkupu, musí se obtížně hledat možnosti, jak naložit s kontaminovaným zrnem. Nastávají také další komplikace jako je dezinfekce prostorů a zařízení, které přišly do kontaktu se sporami snětí mazlavých. Půda není v následujících letech vhodná k pěstování plodin náchylných ke snětím mazlavým.

Prevence v konvenčním zemědělství spočívá v používání kvalitního a dobře namořeného certifikovaného osiva.

V ekologickém zemědělství jde zejména o střídání plodin, pěstování méně citlivých odrůd, prohlídky porostu, testování osiva, a pokud testy osiva provedeny být nemohou, ošetření osiva prostředky registrovanými pro ekologické zemědělství.

OŠETŘENÍ OSIVA

V konvenčním zemědělství se běžně provádí moření osiva fungicidními přípravky proti snětím mazlavým. Většina registrovaných přípravků má účinek proti mazlavé sněti hladké a mazlavé sněti pšeničné a proti přenosu sněti zakrslé s osivem na nová stanoviště, ale na infekci sporami z půdy nemá vliv. Infekce z půdy je typická pro sněť zakrslou, ale může nastat i u mazlavé sněti hladké a mazlavé sněti pšeničné, zejména v suchých letech, kdy spory v půdě snáze přežívají. Proti sněti zakrslé jsou registrovány speciální přípravky obsahující účinné látky s dlouhodobým systémovým účinkem. Tyto látky zabraňují infekci z půdy, která může nastat i v průběhu zimních měsíců. Kromě déle známého a používaného difenokonazolu má nověji proti sněti zakrslé registrovaný účinek také mefentriflukonazol. Obě účinné látky patří do chemické skupiny triazolů. Blokují biosyntézu ergosterolu, což vede k inhibici růstu a narušení houbových buněčných membrán hub. Působí jako demetylační

inhibitory (DMI). Spotřeba difenokonazolu v roce 2021 na zemědělské půdě v ČR na obilninách byla 7071,73 kg, u mefentriflukonazolu to bylo 6433,58 kg.

V ekologickém zemědělství je podle Registru přípravků na ochranu rostlin (<https://eagri.cz/public/web/ukzuz/portal/>) proti původcům mazlavé snětivosti pšenice registrován biopreparát Polyversum a základní látky ocet a prášek z hořčičných semen. Některá ošetření osiva použitelná v ekologickém zemědělství proti snětím mazlavým mohou mít dostatečný účinek pouze při nižším infekčním tlaku patogenu. V ekologickém zemědělství nemáme dosud k dispozici žádné ošetření proti sněti zakrslé.

Základní látka prášek z hořčičných semen je registrovaná proti mazlavé sněti pšeničné a mazlavé sněti hladké na pšenici. Používá se 1,5 kg prášku z hořčičných semen s 4,5 l vody na 100 kg osiva. Prášek z hořčičných semen je rovněž obsažen v přípravku Tillecur, registrovaném na podporu zdravotního stavu rostlin v dávce 1-1,5 kg/100 kg osiva.

Ocet je registrovaný jako základní látka, fungicid a herbicid. U pšenice vysévané na podzim má registrovaný účinek proti mazlavé sněti hladké a mazlavé sněti pšeničné. K moření osiva se používá roztok vody a octa (max. 10%) v poměru 1 : 1 v dávce 1 l/100 kg osiva. K aplikaci roztoku octa na menší objemy osiva může posloužit stavební míchačka na beton a maltu. Účinnost inhibice klíčení spor sněti se zvyšuje s koncentrací kyseliny octové, aplikace vyšších koncentrací ale zároveň může vést k poškození klíčivosti osiva.

Biopreparát Polyversum obsahuje kmen *Pythium oligandrum* M1 v koncentraci 1 milion ks/g. *P. oligandrum* patří mezi „houbám podobné organismy“ - peronospy (nebo také oomycety či řasovky, jak jsou nověji nazývány dle příbuznosti s řasami). Přípravek je registrovaný na pšenici, ječmenu, žitě a tritikale v systémech ekologického zemědělství proti fuzariózám a mazlavé sněti pšeničné v dávce 0,5-1 kg/t osiva.

STŘÍDÁNÍ PLODIN

Spory uvolněné při sklizni mohou zůstat v půdě infekční 3-5 let. Po tuto dobu by se na zasažených pozemcích neměly pěstovat náchylné plodiny, aby se udržela nízká zásoba spor v půdě. V suché půdě zůstávají spory déle klíčivé. Pokud je půda dostatečně vlhká, u mazlavé sněti hladké a mazlavé sněti pšeničné velká část spor, které zůstávají blízko povrchu půdy, vyklíčí do 2 až 4 měsíců po sklizni pšenice a nepředstavuje nadále riziko pro pěstování náchylných plodin. Mikrobiální rozklad spor rovněž napomáhá snížení výskytu životaschopných spor snětí mazlavých v půdě. Je podporován pěstováním jetelovin a luskovin nebo dobře zaoraným zeleným hnojením.

K náchylným plodinám se obvykle řadí pšenice ozimá a jarní, pšenice tvrdá, špalda, jednozrnka, dvouzrnka, tritikale, ječmen a žito. Různé druhy obilnin byly v letech 2021-2022 hodnoceny na reakci k mazlavé sněti pšeničné v infekčních pokusech ve VÚRV, v.v.i.. Naprostá většina hodnocených odrůd pšenice ozimé byla náchylná k mazlavé sněti pšeničné.

U pšenice tvrdé nebyla žádná odrůda bez napadení v polních pokusech ani ve skleníku, ale napadení u pšenice tvrdé dosahovalo nižších hodnot než u náchylných odrůd pšenice ozimé.

U pšenice jarní vyšeté na jaře měly obě testované odrůdy v polních pokusech nízké napadení do 10 %, zatímco ve skleníkovém pokuse to bylo 60 %. Důvodem nízkého napadení pšenice jarní v polních podmínkách tedy pravděpodobně ve většině případů není geneticky založená rezistence, ale podmínky prostředí. Přesto se odolnost u pšenice jarní vyskytuje, např. německá firma Landbauschule Dottenfelderhof e.V. uvádí u nabízené odrůdy Saludos odolnost k mazlavé sněti pšeničné.

U pšenice špaldy do značné míry záleží na přítomnosti semenných obalů, které slouží jako mechanická ochrana, žádná odrůda pšenice špaldy ale nebyla v polních pokusech v letech 2021-2022 zcela bez napadení.

U jednozrnky se ve skleníkových pokusech potvrdila příslušnost pšenice k hostitelským druhům mazlavé sněti pšeničné, ale v polních pokusech byla pozorována odolnost odrůdy Rumona.

Většina testovaných odrůd tritikale byla bez napadení, ze 13 odrůd tritikale byla mírně napadená pouze jedna odrůda.

U testovaných 5 odrůd ječmene infekce dosaženo nebylo, což odpovídá literárním údajům, podle kterých je ječmen považován za hostitele, ale jen velmi málo genotypů ječmene je náchylných a i ty nejagresivnější patotypy mazlavých snětí jsou na ječmeni jen slabě patogenní.

Také u žita nebyla napadená mazlavou snětí pšeničnou žádná z 5 testovaných odrůd.

PĚSTOVÁNÍ MÉNĚ CITLIVÝCH ODRŮD

Pěstování odolných odrůd je efektivní a ekonomicky výhodný způsob ochrany proti snětím mazlavým, šetrný k životnímu prostředí. Dlouhodobě trvalé odolnosti odrůd je šlechtěním možné dosáhnout a uplatňuje se po desetiletí při pěstování pšenice v extenzivní technologii v USA a Kanadě. Otázkou je, zda jsou k dispozici odolné odrůdy i pro naše podmínky.

Pokud je odolnost založena pouze na účinku jediného specifického genu, může se snáze vyskytnout v populaci patogenu rasa, která tuto odolnost dokáže překonat. Z tohoto důvodu mají geny rezistence u řady evropských odrůd účinnost pouze regionálně. Z hlediska trvalosti rezistence je vhodnější kombinace několika specifických genů rezistence, případně kombinace specifických genů rezistence a genů pro kvantitativně založenou rezistenci.

Odolnost k snětím mazlavým v konvenčním zemědělství v Evropě dlouho nebyla běžným cílem šlechtění obilnin, fungicidní ošetření osiva bylo považováno za řešení problému. Přesto se však objevily některé evropské odrůdy nesoucí geny rezistence k mazlavým snětím, například Spontan, Genius a Florian.

Ve větší míře se odolné odrůdy začaly objevovat až s rozvojem šlechtění pro ekologické zemědělství. V EU byly registrovány některé odrůdy, které podle údajů šlechtitelů mají odolnost k snětím mazlavým:

Odrůdy Tillexus a Tillstop, vyvinuté Saatzucht Donau GesmbH & Co KG (Rakousko), byly vyselektovány z křížení odrůdy Weston nesoucí gen rezistence k mazlavým snětím *Bt10* a místních vysoce kvalitních odrůd pšenice. Gen *Bt10* bohužel neposkytoval při testech s větším počtem různých izolátů mazlavé sněti pšeničné dostatečnou ochranu, některé izoláty dokázaly odolnost genu *Bt10* překonat. Proto nebylo vhodné tyto odrůdy doporučovat pěstitelům. Jejich registrace byla ukončena.

Probstdorfer Saatzucht GmbH & Co KG (Rakousko) popisuje stabilní toleranci k mazlavé sněti pšeničné u odrůdy Tillsano. Této odolnosti nebylo dosaženo cíleným šlechtěním, byla identifikována „náhodou“ a pravděpodobně je založená na genu rezistence *Bt5*. V pokusech VÚRV, v.v.i. byla testována odrůda Hohenheimer, která rovněž nese gen rezistence *Bt5*. Tato odrůda však byla některými izoláty mazlavé sněti pšeničné napadená.

Cultivari Getreidezüchtungsforchung Darzau gGmbH (Německo) udává odolnost k mazlavé sněti pšeničné u odrůd Roderik, Trebelir, Tilliko a Sarastro. U odrůdy Tilliko uvádí navíc odolnost k sněti zakrslé. Tilliko je nositelem genu *BtZ* původem od odrůdy Zarya. Odolnost k sněti zakrslé lze údajně předpokládat i u odrůdy Sarastro, která má odrůdu Zarya rovněž v rodokmenu. I v tomto případě ale jde o odolnost založenou na jediném specifickém genu, což znamená zvýšené riziko překonání rezistence patogenem. Napadení odrůdy Tilliko některými izoláty mazlavé sněti pšeničné již bylo zaznamenáno v polních pokusech v rámci mezinárodního projektu ECOBREED.

Landbauschule Dottenfelderhof eV (Německo) uvádí odolnost k mazlavé sněti pšeničné u odrůd ozimé pšenice Aristaro, Butaro, Curier, Grannosos, Graziaro, Thomaro a u registrovaných populací Brandex a Liocharls. Odrůdy Aristaro, Butaro, Graziaro a Thomaro byly testovány v polních pokusech projektu ECOBREED. Pouze odrůda Aristaro byla ve všech testech odolná k mazlavé sněti pšeničné a dokonce měla i velmi nízké napadení snětí zakrslou.

Lantmännen Seed (Švédsko) má také odrůdy s rezistencí k snětím mazlavým, vyšlechtěné zejména pro ekologické zemědělství, příkladem je odrůda SW Magnifik.

PROHLÍDKY POROSTU

Do doby zralosti se sněti mazlavé viditelně neprojevují. Mohou se pouze objevit roztroušené listové chlorózy, které nejsou vhodné k určení choroby, protože možných příčin vzniku podobných skvrn je celá řada a u jednotlivých odrůd se objevují s nestejnou intenzitou.

Spolehlivě rozpoznat sněti mazlavé v porostu lze nejdříve ve fázi mléčné zralosti. Po rozmáčknutí „obilky“ nehtem se pod tenkou zelenou slupkou ukážou páchnoucí černé spory. Napadené odnože bývají kratší, nezralé snětivé klasy mohou mít modrozelený odstín. Kulatý tvar hálek nahrazujících obilky vede k neuspořádanému vzhledu snětivých klasů.

TESTOVÁNÍ OSIVA

Používat by se mělo pouze ošetřené nebo testované osivo. Pokud 1 hálka obsahuje 4-5 milionů spor, znamená to zamoření poměrně velkého množství osiva, množství spor v 1 hálce by mohlo postačit na infekci 1,5 kg osiva 100 sporami na obilku. Infekce se údajně může rozvinout už při velmi nízké koncentraci 1-5 spor na obilku. Preventivní ošetření osiva přípravky registrovanými pro ekologické zemědělství se obvykle doporučuje, pokud je na obilce více než 10-20 spor sněti. Podle výstupů mezinárodního projektu LIVESEED je 50 spor na obilku limit, kdy má ještě smysl osivo ošetřit přípravky registrovanými pro ekologické zemědělství. Při jeho překročení využití zrna jako osivo není doporučeno. Jiné zdroje uvádí smysl ošetření do maximálního napadení 100-300 spor na obilku.

U rychle vzcházejícího zrna je nižší riziko napadení. Kromě přítomnosti spor je proto dobré znát klíčivost osiva, která by měla být vyšší než 80%.

ŠKODY PŘI VÝSKYTU SNĚTÍ MAZLAVÝCH

Při výskytu snětí mazlavých dochází k poškození výnosu. Místo obilky se v klasech tvoří ložiska spor zvaná hálky sněti. Postižen bývá ve většině případů celý klas. Sněti mazlavé mohou způsobit ztráty na výnosu přesahující 80 %.

Vlivem snětí mazlavých dochází také k poškození kvality. I malý podíl snětivých hálek (0,1 %) ve sklizni postačí k vzniku zápachu připomínajícího zkažené ryby. Zápach souvisí s přítomností trimethylaminu, což je látka způsobující zápach spojovaný s hnitím masa a některými infekcemi.

Přítomnost spor mazlavých snětí může vést k neprodejnosti sklizně. Zrno kontaminované sporami snětí mazlavých nelze využít nebo jen v omezené míře. K ekonomickým ztrátám dochází, ať už bylo plánované využití zrna jako osivo, potravina či krmivo. Určité náklady jsou spojeny také s nutností dezinfekce zemědělské techniky a prostorů, které přišly do kontaktu se sporami.

Sněti mazlavé mohou být příčinou zamítnutí žádosti o uznání množitelského porostu nebo rozmnožovacího materiálu. Požadavky na vlastnosti množitelských porostů jsou stanoveny v Příloze 1 Vyhlášky č. 369/2009 Sb., o podrobnostech uvádění osiva a sadby pěstovaných rostlin do oběhu. Nejvyšší dovolený počet rostlin napadených mazlavou snětí hladkou nebo mazlavou snětí pšeničnou na 100 m² porostu u pšenice seté, tvrdé a u špaldy je pro kategorii C 1 rostlina, u kategorie SE a E se nesmí vyskytovat. Sněť zakrslá se nesmí vyskytovat v žádné kategorii.

Požadavky na vlastnosti rozmnožovacího materiálu uvádí u pšenice seté, tvrdé a špaldy, tritikale a žita u kategorií SE, E i C nejvyšší povolený výskyt 10 spor na 1 obilku v pracovním vzorku 300 semen. Vyskytuje-li se ve zkušebním vzorku hálka sněti *Tilletia* spp., partie se neuzná.

MOŽNOSTI VYUŽITÍ

Možnost potravinářského zpracování je snížena v důsledku produkce páchnoucího trimethylaminu. Kvalita zrna může být ovlivněna i při velmi nízké úrovni infekce.

Zkrmování je potřeba důkladně zvážit. S ohledem na zdravotní stav hospodářských zvířat se nedoporučuje. Jako krmivo není vhodné používat kontaminované zrno ani slámu. Objevují se údaje o negativním vlivu na plodnost hospodářských zvířat a poškození trávicího traktu. U selat bylo popsáno snížení váhových přírůstků při překročení obsahu spor v krmivu 0,2 %. Nižší přírůstky na váze mohou být způsobeny i nechutí k potravě. Zápach může přecházet také do vajec a mléka. Spory mohou zůstat po projití trávicím traktem hospodářských zvířat životaschopné.

Optimální postup při výskytu snětí mazlavých není snadné najít. Možnosti jsou omezené. V úvahu připadá výroba bioplynu, bioetanolu, siláž celých rostlin, případně zkrmování rybami nebo po důkladném přečištění a v omezené míře zkrmování hospodářskými zvířaty.

PŘÍČINY VÝSKYTU

K výskytu mazlavé sněti pšeničné a mazlavé sněti hladké vede přítomnost spor na osivu. Spory se zachytávají hlavně v podélné rýze a na jemných chloupkách na konci obilky.

Častou příčinou výskytu mazlavé sněti pšeničné a mazlavé sněti hladké je pěstování farmářského osiva bez předchozího vyšetření na přítomnost spor. Přehlížení šíření spor osivem má za následek zvýšený výskyt v porostu. Několik napadených klasů není snadné odhalit, ale v následujícím roce mohou vést k velkým problémům.

K napadení mohou vést také spory nahromaděné v předchozích letech v půdě. Přítomnost spor v půdě je primární příčinou výskytu hlavně u sněti zakrslé. Inokulum ale může pocházet z půdy i u mazlavé sněti pšeničné a mazlavé sněti hladké, především v suchých letech, kdy se jejich spory lépe zachovávají. Při mlácení napadených partií se spory uvolňují a dostávají se na osivo a na ornou půdu postižených i sousedních oblastí, kontaminují zemědělskou techniku, slámu a skladovací plochy.

Zdrojem infekce může být kontaminovaná vypůjčená nebo i vlastní zemědělská technika, nevyčištěná po sklizni snětivé parcely.

Infekci podporuje pomalejší vzcházení, snížená vitalita a menší obilky. Čím déle počáteční náchylná fáze rostlin trvá, tím větší šanci na úspěšnou infekci houba má. Ke zvýšenému výskytu v důsledku pomalejšího vzcházení dochází např., pokud nastává suchý podzim nebo při nižších teplotách v období po vysetí. Všechna pěstební opatření, která zajišťují rychlé vzejití na poli, snižují riziko výskytu mazlavé sněti pšeničné a mazlavé sněti hladké.

CYKLUS A SYMPTOMY

Pro účinná ochranná opatření je nutná znalost životního cyklu snětí mazlavých. Spory mazlavé sněti pšeničné a mazlavé sněti hladké klíčí současně s obilkou po výsevu osiva kontaminovaného spory. Infekční hyfa napadá mladou rostlinku brzy po vzejití, později

infekce není možná. Optimální teplota půdy pro infekci mazlavou snětí pšeničnou a mazlavou snětí hladkou je 5-10 °C.

U snětí zakrslé mohou být rostliny infikovány z půdy v průběhu celé zimy. Klíčení spor snětí zakrslé trvá 3-6 týdnů a vyžaduje nízké teploty (15 °C maximum).

Houba prorůstá do vegetačního vrcholu a později kolonizuje tvořící se klasy pšenice. Napadené klasy jsou vizuálně nenápadné. V porostu jsou rozeznatelné teprve od fáze mléčné zralosti. Postižené odnože jsou často kratší než zdravé exempláře. Místo obilek se v klasech tvoří snětivé hálky, kulovitá ložiska spor obalená tenkou slupkou. Slupka je počátku zelená a šedočerný obsah hálky mazlavý, později po zaschnutí má slupka hnědou barvu a hálka skrývá černý prášek. Semenné obaly odstávají a klasy mají neuspořádaný, rozvolněný vzhled. Nezralé klasy mohou mít zpočátku modrozelený odstín. Napadení klasů provází charakteristický rybí zápach. Ve zralosti se mohou spory působením deště uvolňovat z hálek, černé zbarvení klasů v porostu ale často způsobují spíše černě obilnin, jejichž původci jsou zejména houby rodů *Alternaria*, *Cladosporium* a *Stemphylium*. Při detekci snětí mazlavých pomůže obilku rozmáčknot. Během sklizně se spory snětí mazlavých uvolňují, vytváří oblak spor kontaminující okolí, ulpívají na povrchu obilek a dostávají se do půdy.

ROZLIŠENÍ SNĚTI ZAKRSLÉ

Všechny tři druhy snětí mazlavých vyskytující se na pšenici u nás jsou si blízce příbuzné a morfologicky podobné. Některé znaky a charakteristiky ale mohou pomoci snět zakrslou odlišit.

Odnože napadené snětí zakrslou jsou výrazně kratší než u mazlavé snětí hladké a mazlavé snětí pšeničné. Výrazné zkrácení napadených odnoží přispívá k jejich nenápadnosti, některé mohou mít jen 10-15 cm a snětivé klasy navíc bývají skryté v listové pochvě. Hálky snětí zakrslé jsou tvrdší a menší. Snětivé rostliny tvoří více odnoží.

Sítovitá struktura na povrchu spor snětí zakrslé viditelná pod mikroskopem je výraznější. Spory mají průsvitný želatinózní obal a jejich schopnost přežít v půdě je až 10 let.

Snět zakrslá se vyskytuje především ve vyšších nadmořských výškách, kde déle leží sněhová pokrývka. Klíčení snětí zakrslé probíhá při nižších teplotách do 15 °C, je stimulováno světlem a trvá 3-6 týdnů. K infekci dochází v delším časovém úseku, může nastat dokonce až v březnu, přičemž možnosti ošetření osiva pro ekologické zemědělství nemají dlouhodobý účinek potřebný proti infekci pocházející z půdy.

TESTOVACÍ METODY

Oficiálním testem pro zjištění spor je filtrační metoda. Filtrační metoda spočívá v opakovaném protřepávání zkušební vzorku 300 zrn v horké vodě, a následné filtraci přes celulózo-nitrátový filtr. Pod mikroskopem se pak zjišťuje počet přítomných spor a určují se druhy snětí mazlavých.

Pro detekci a identifikaci vybraných druhů rodu *Tilletia* metodou světelné mikroskopie v rostlinném materiálu a v osivu jsou akreditované diagnostické laboratoře Ústředního kontrolního a zkušebního ústavu zemědělského v Olomouci, Havlíčkově Brodě, Praze a Opavě.

Pro hrubou detekci přítomnosti hálek sněti mezi zrnem je možné provést jednoduchý test: nasypat 5 kg obilí do nádoby naplněné vodou, zamíchat a sebrat na hladině plovoucí zrna. Nasbíraná zrna jednotlivě prozkoumat jedno po druhém a určit, zda se jedná o sněť. Spory ulpívající na zrně takto nelze detekovat a tento test nemůže být považován za náhradu laboratorních analýz.

VLIV AGROTECHNICKÝCH OPATŘENÍ

Pěstební opatření, která zajišťují rychlé vzcházení, snižují riziko, že infekční hyfy mazlavé sněti pšeničné a mazlavé sněti hladké včas infikují mladé rostliny pšenice. Patří k nim setí zdravých semen s vysokou vitalitou a výsev při optimální teplotě a vlhkosti půdy. Vzlínání vlhkosti napomáhá správně připravené seťové lůžko a válcování.

Časnější či pozdnější termín setí může ovlivnit výskyt některého druhu snětí mazlavých. Mazlavé sněti pšeničné a mazlavé sněti hladké vyhovuje pomalejší vývoj rostlin, ke kterému zpravidla dochází při nižších teplotách při pozdějším setí. Setí do teplé půdy (22 °C) jejich výskyt snižuje. Ke snížení výskytu sněti zakrslé se doporučuje velmi časně nebo velmi pozdní setí, aby se infekce vyhnula nejnáchylnějším fázím vývoje rostliny. Posouváním termínu setí se ale zároveň zvýší rizika výskytu jiných chorob a dalších nežádoucích jevů.

Význam hloubky setí pro ochranu je v praxi sporný. Výskyt mazlavé sněti pšeničné a mazlavé sněti hladké totiž podporuje hlubší setí (cca 7 cm), výskyt sněti zakrslé naopak podporuje mělké setí (1 cm).

K vlivu orby na výskyt snětí mazlavých existují protichůdné postoje. Jeden z přístupů je první rok po výskytu zaorat spory co nehlouběji a další roky provádět jen mělkou orbu, aby spory nebyly vyneseny zpět k povrchu. Z jiného úhlu pohledu je však žádoucí se hlubokému zapravení spor do půdy vyhnout, protože hluboko v půdě se lépe zakonzervují a zůstávají déle klíčivé a po sklizni se doporučuje provádět pouze mělké zpracování půdy, aby se podpořil co nejlepší rozklad spor.

Rozklad spor může urychlit podpora mikrobiální aktivity v půdě hnojením chlévskou mrvou, pěstováním jetelovin, luskovin a dobře zapravených meziplodin. Hnůj sice může obsahovat životaschopné spory, ale napomáhá jejich rozkladu.

Doporučuje se partii s výskytem snětí mazlavých sklízet jako poslední. Kromě kontrol porostu a osiva je vhodné kontrolovat také sklízecí techniku. Před sklizením pšenice na osivo vypůjčenou sklízecí technikou je možné snížit riziko přenosu snětí mazlavých sklizením napřed několika partií plodiny, která není hostitelem snětí mazlavých.

NOVĚ SE OBJEVUJÍCÍ METODY OŠETŘENÍ

Pro ekologické zemědělství se v Evropě stále hledají další nové metody ošetření proti snětím mazlavým. Pro ošetření certifikovaného osiva lze ale používat jen ty metody, které jsou v ČR registrované. Z tohoto důvodu se jiné metody mohou použít pouze u osiva, které z hlediska legislativy nepodléhá povinnému moření. Nevýhodou dosud známých metod ošetření osiva vhodných pro ekologické zemědělství je, že nemají vliv na infekci z půdy a využití proti sněti zakrslé.

Většinu neporušených hálek snětí a část spor je možné odstranit čištěním osiva proudem vzduchu. Pro další snížení počtu spor je účinné následné kartáčování osiva.

Dnes je v mnoha zemích EU registrovaný bakteriální preparát *Pseudomonas chlororaphis* kmen MA342. Pod obchodním názvem Cerall je schválen pro ozimou a jarní pšenici a má účinek proti mazlavé sněti hladké a mazlavé sněti pšeničné a dalším chorobám vzcházejících rostlin. U nás registrovaný zatím není.

V některých zemích se používají také fyzikální metody ošetření obilí proti osivem přenosným chorobám. Mezi ně patří například ošetření proudem nízkoenergetických elektronů (zařízení E-PURA, e-ventus, E-VITA) nebo tepelné ošetření (pasterizace horkou párou technologií ThermoSeed). V některých zemích je také stále povoleno ošetření na bázi mědi, jako například produkt COPSEED.

Výsledek vznikl za podpory Ministerstva zemědělství, institucionální podpora MZE-RO0418.

Stewardshipové projekty - prodejem to nekončí

Ing. Miluše Dvoržáková

CropLife Česká republika, Generála Strankmüllera 1533, 250 01 Brandýs nad Labem

Tak, jako se správný stevard se na lodi stará o to, aby vše fungovalo, jak má, tak se i stewardshipové/dohledové projekty starají o to, aby byly přípravky na ochranu rostlin použity správně a bezpečně.

Cesta přípravků na ochranu rostlin (POR) od vývoje na trh trvá přibližně 10-12 let. Během tohoto procesu musí všechny přípravky projít komplexním evropským systémem povolování, který zajišťuje jejich maximální možnou bezpečnost pro lidi i životní prostředí. Zdálo by se tedy, že prodejem péče či dohled pro výrobce končí, opak je však pravdou. Pokud se v praxi vyskytnou problémy s přípravkem, jedná se ve většině případů o problémy, které nevznikly na základě jeho podstaty, ale z jeho nesprávného použití. Cílem stewardshipových projektů průmyslu je proto zajistit, aby přípravky byly používány bezpečně, odpovědně a správně.

Zodpovědné a bezpečné používání přípravků na ochranu rostlin, od jejich vývoje a použití až po likvidaci odpadu, je pro členy CropLife Česká republika (dříve Česká asociace ochrany rostlin) jednou z klíčových priorit. Stewardshipové projekty, které jsou realizovány buď prostřednictvím členských firem, partnerských organizací, jako je např. Česká společnost rostlinolékařská, nebo přímo CropLife Česká republika, mají za úkol zvyšovat bezpečnost používání přípravků a snižovat vznik možných rizik při jejich používání, pomáhat zemědělcům uvádět nová opatření do praxe a v různých oblastech provázet produkty jejich celým životním cyklem.

Nejvyšší prioritou je bezpečnost

Ochrana zdraví a bezpečnost zemědělců, kteří s přípravky pracují, je zásadní. Evropský projekt „**Iniciativa za bezpečné používání přípravků na ochranu rostlin (SUI)**“, poskytuje zemědělcům potřebné informace, odbornou přípravu a doporučení pro bezpečné používání přípravků, a to včetně návodů pro dopravu a skladování, přípravu postřiku a jeho aplikace či užívání ochranných pomůcek.

Přípravky jsou látky, které prošly náročným procesem povolování, příslušný místní kompetentní úřad (ÚKZÚZ) rozhodl o jejich používání a zároveň také stanovil přesné podmínky používání, které jsou uvedené na etiketě, kterou je třeba důsledně dodržovat, k čemuž program SUI přispívá.

Vzdělávání je k dispozici širokému okruhu lidí podle jejich potřeb, od zemědělců až po odborné školitele.

Obr. 1 Pravidla SUI

Zdroj: CropLife Česká republika

Dalším projektem zvyšující bezpečnost používání POR je zavádění **systémů uzavřeného plnění postřikovačů** (Close Transfer System, CTS). Cílem těchto systémů je zcela eliminovat rizika úniku přípravků při jejich plnění do postřikovačů, což zvyšuje ochranu pracovníků

manipulujícími s přípravky, snižuje možnost kontaminace vod z bodových zdrojů znečištění, čímž se omezuje negativní dopad POR na životní prostředí a kvalitu vod, eliminuje se zápach při plnění a umožňuje kvalitní a rychlý výplach obalů.

V současnosti je v praxi v ČR již používán systém **easyFlow**, který byl prvním uzavřeným bezodkapovým plnicím systémem na kapalné POR s možností částečného nebo plného vypuštění kanystru a jeho následného výplachu.

Dalším systémem, jehož vývoj původně iniciovala společnost BASF, ale v současnosti je podporován otevřenou skupinou výrobců, která zastupuje více než polovinu evropského trhu POR, je systém uzavřeného plnění postřikovačů **easyconnect**. Kompatibilitu kanystrů výrobců podporujících tento systém zajistí specificky upravený easyconnect uzávěr. Po odstranění prachové ochrany lze kanystr snadno připojit k systému a zahájit rychlé vypouštění. Díky unikátnímu znovu uzavíratelnému víčku je možné také pouze částečné vypouštění. Systém obsahuje vnitřní integrovanou trysku, která umožní buď kompletní výplach kanystru nebo pouze opláchnutí víčka. V případě kompletního výplachu je po odpojení kanystr připravený k likvidaci, případně k recyklaci.

Česká republika patří mezi pilotní země pro testování a budoucí rozšíření systému easyconnect v rámci střední Evropy. Od roku 2021 je tento systém zkoušen v praxi na několika farmách. Cenné lokální zkušenosti tak přispějí nejen k rozšíření povědomí o systému easyconnect, ale poslouží i k případné optimalizaci této technologie do budoucna.

Některé evropské země uvažují o tom, že po roce 2025 zavedou používání systémů uzavřeného nakládání přípravky na ochranu rostlin jako povinné.

Obr. 2 – Easyconnect uzávěr

Zdroj: CropLife Europe

Obr. 3 – Easyconnect instalace

Zdroj: CropLife Europe

Klíčem je udržitelnost

Zemědělci dnes hospodaří jiným způsobem než jejich předchůdci a jejich následovníci budou hospodařit zase jiným, pravděpodobně lepším způsobem, který bude odpovídat aktuální úrovni poznání, dostupnosti nových technologií atd. Celosvětový tlak na zvyšování udržitelnosti života na Zemi probíhá napříč všemi sektory hospodářství, zemědělství nevyjímaje. V EU je tato snaha o změny v zemědělství směrem k udržitelnějšímu hospodaření vytyčena ve strategii „Z farmy na vidličku“ a Biodiverzita 2030. V této oblasti nás jistě ještě čeká mnoho diskuzí o reálnosti požadovaných opatření v čase, o pomalém zavádění inovací do zemědělství, které není způsobeno neochotou zemědělců měnit svoje postupy hospodaření, ale zkosnatělými a neflexibilními regulatorními opatřeními, které nedovolují evropským zemědělcům využívat technologie, které jsou v mnoha částech světa široce používané, jejichž bezpečnost je dlouhodobě prokázána, a bez nichž není možno ambiciózní cíle vytyčené Evropskou komisí splnit. V tomto turbulentním čase nesmíme však zapomínat, co je cílem navrhovaných změn.

Jako zástupci průmyslu ochrany rostlin chápeme svoji odpovědnost a podporujeme zajištění větší udržitelnosti zemědělské výroby a k tomu směřují i naše další stewardshipové programy.

Jednorázové plastové kanystry, ve kterých jsou POR dodávány, jsou většinou likvidovány ve spalovnách nebo končí na skládkách. Materiál, ze kterého jsou vyrobeny, je však ceněnou druhotnou surovinou vhodnou pro další zpracování. Recyklace obalů pesticidů je zásadním krokem, který pomůže snížit znečištění životního prostředí, a proto se členské firmy CropLife Europe se zavázaly, že do roku 2025 zajistí, aby byl v každé členské zemi EU zaveden systém sběru a recyklace plastových nádob – program CleanFarms.

Odhaduje se, že celosvětově je recyklováno pouze 9 % z celkově vyrobených plastů. Údaje ze zemí EU, kde již byl projekt CleanFarms zaveden, ukazují, že průměrná míra sběru a recyklace plastů, ve kterých jsou dodávány POR, činí 60 %. Cílem projektu je do roku 2025 ambiciózních 75 %.

V současnosti se zavedení projektu CleanFarms, se zohledněním místních podmínek, připravuje i v ČR. V roce 2021 bylo provedeno šetření mezi zemědělci, distributory a specializovanými odpadovými společnostmi, ze kterého vyplývá, že nehlédě na velikost farmy či způsobu hospodaření, téměř všechny obaly od POR jsou správně sesbírány a zlikvidovány (spalovna nebo skládka), ale nic z toho se nevrací do systému recyklace, což není příznivá zpráva. Na druhou stranu je třeba si uvědomit, že současná klasifikace tohoto odpadu jako „nebezpečný“ a pokyny, které jsou uvedeny na etiketě přípravků, zemědělcům ani jinou možnost prakticky nedávají.

Z výsledků studie proveditelnosti také vyplývá, že téměř 92 % zemědělců obaly po použití vyplachuje a z toho 98 % ihned po použití přípravku, což obecně zvyšuje efektivitu výplachu. Z dostupných studií, které se problematikou vyplachování obalů zabývají, vyplývá, že správné vypláchnutí může odstranit více než 99,99 % původního obsahu, a proto může být obal použit jako materiál vhodný pro recyklaci.

CropLife ČR se nyní intenzivně zabývá možnostmi překlasifikace obalů od POR tak, aby bylo možno vypláchnuté obaly recyklovat nejpozději od roku 2025.

V rámci provedené studie jsme na téma sběru a likvidace plastových odpadů dostali mnoho dotazů a podnětů, které jednoznačně vedou k otázce, jakým způsobem by měl být nastavena recyklace pro všechny plastové odpady ze zemědělské výroby, kterých opravdu není málo. Vyvstává tedy otázka, zda toto téma neuchopit z pohledu celé zemědělské výroby a pokusit se to vyřešit v rámci širší spolupráce patřičných organizací.

Obr. 4, 5, 6

Zdroj. CropLife Česká republika

Voda je základní podmínkou života na Zemi

Zemědělství je na vodě bytostně závislé a na druhou stranu svou činností také významně její kvalitu ovlivňuje. Je proto nezbytné, aby v průběhu všech zemědělských činností byli zemědělci pozorní a důsledně aplikovali principy správné zemědělské praxe a soustředili se zejména na níže uvedené činnosti, které tvoří uzavřený cyklus.

Graf:

Zdroj: CropLife Europe

Ochrana vody dlouhodobě stojí vysoko na žebříčku priorit průmyslu ochrany rostlin. Nejvýznamnějším projektem v této oblasti, který je zaveden ve většině evropských států, je projekt **TOPPS** (Train Operators to Promote best Practices and Sustainability), což lze přeložit jako „Školení obsluhy postřikovačů s cílem podpory dodržování zásad správné praxe k zajištění udržitelnosti ochrany rostlin“. Tento projekt se zaměřuje na snižování rizik znečišťování vody při používání přípravků na ochranu rostlin a nabízí širokou řadu zásad správné praxe v ochraně rostlin pokrývající vstupní cesty znečištění vod z bodových a difúzních zdrojů. Zahrnuta jsou také hlediska kvality postřikovačů, jejich nastavení a údržby a také projekty na zlepšení infrastruktury v souvislostech možností snižování znečišťování vod úniky přípravků na ochranu rostlin.

Hlavním partnerem tohoto projektu v České republice je Česká společnost rostlinolékařská, jejímž prostřednictvím je TOPPS v praxi realizován, a to zejména v rámci školení odborné způsobilosti pro nakládání s přípravky. K projektu vzniklo několik publikací, které jsou spolu s dalšími důležitými informacemi volně ke stažení na našich webových stránkách.

Obr. 8 Správná praxe v ochraně rostlin - splach

Dalšími projekty, které jsou rozvíjeny v rámci firemního stewardshipu našimi členy v oblasti ochrany vod, jsou 2 systémy, které se zaměřují na nakládání se zbytkovými odpadními vodami obsahujícími přípravky na ochranu rostlin na farmách. Systém **Phytobag™** je jednoduchý vysoce účinný systém biologického odbourávání kontaminované vody přímo na farmách. Systém **RemDry™** byl vyvinut pro nakládání se zbytkovými odpadními vodami obsahujícími přípravky na ochranu rostlin, kdy po odpaření kapaliny zůstávají pouze suché zbytky, čímž se minimalizuje jejich množství k následné likvidaci.

Zemědělství a příroda musí jít ruku v ruce

Hledání kompromisu mezi intenzitou zemědělské produkce a podporou zdravých ekosystémů je dalším okruhem, na který se zaměřují naše stewardshipové projekty.

Ve spolupráci se zemědělci a výzkumnými organizacemi se naši členové dlouhodobě věnují rozvoji projektů na podporu opylovačů a zakládání nektarodárných biopásů. Tyto porosty však přirozeně slouží i dalším účelům, jako je vznik úkrytů pro drobnou zvěř a ptáky, zlepšení půdní struktury či zvýšení obsahu živin a organické hmoty v půdě.

Obr. 9 Nektarodárné pásy – pastva pro hmyz i oči

Zdroj: Pixabay

Podrobnější informace o projektech naleznete na webových stránkách croplifeczech.com.

Ochrana jabloní v ekologické produkci

Ing. Vladan Falta, Ph.D.

BIOCONT LABORATORY, spol. s r.o., Mayerova 784, 664 42 Modřice

Úvod

Jablka představují v našich zeměpisných šířkách nejvíce pěstované ovoce a jsou významnou složkou našeho jídelníčku. K uplatnění ovoce na trhu vede ale složitá a náročná cesta vyžadující mnoho zkušeností a velké úsilí během celé sezóny. Pokud chceme docílit vypěstování jablek v konzumní kvalitě, musíme kromě celkové agrotechniky a péče zvládat velmi náročnou ochranou proti patogenům a škůdcům. V první polovině sezóny, to znamená do začátku léta, s postřikovačem do porostu vstupujeme minimálně 1x za týden, někdy i častěji. Nejvíce zásahů vyžadují strupovitost jabloně, padlí jabloně a obaleč jablečný. V některých letech náklady na ochranu vzrostou díky mšicím, vlnatce krvavé nebo i štítenkám. V součtu pak provádíme 20 i více postřiků, přičemž v jednotlivých aplikacích často kombinujeme více pesticidů a také listová hnojiva. V posledních letech se ale postupně zmenšuje spektrum pesticidů, což vede k opakovaným aplikacím některých účinných látek (např. acetamipridu) a obtížnějšímu zvládnutí ochrany proti některým škodlivým organismům. Do celého procesu ještě vstupuje zvyšující se tlak na minimalizaci reziduí v produkci jako po stránce obsahu, tak i počtu nalézaných látek. Pěstitelé se proto stále více přiklání k využívání přípravků určených do ekologické produkce. Ta je u jabloní v současné době vypracována velmi dobré úrovni, jež umožňuje dosáhnout výsledků srovnatelných s integrovanými systémy. Nyní se pokusme v pár řádcích popsat principy ochrany v ekologických výsadbách.

Přínosy a principy ochrany v ekologické produkci

Hlavní předností ekologické produkce ovoce jsou následující:

- minimalizace rizik ve vztahu k životnímu prostředí
- zabránění výskytu reziduí v ovoci
- omezení vedlejších účinků přípravků na necílové organismy
- eliminace vedlejších účinků herbicidů na edafon a jejich hromadění v půdě
- udržování a podpora života v půdě

Principy ochrany jsou v ekologické produkci v zásadě stejné jako v integrovaných systémech s tím, že zde musíme mnohem více myslet na přímou podporu funkční biodiverzity. U řady škůdců jsme do značné míry závislí na pomoci přirozených nepřátel. Výhodou je, že ovocné

výsadby (včetně jabloňových) umožňují vytvoření poměrně pestrého agroekosystému s rozvinutými vztahy mezi organizmy na různých trofických úrovních a jsou proto pro tyto účely příznivým prostředím. V ekologických sadech se vyplatí při zakládání a údržbě meziřadí myslet na zastoupení nektarodárných bylin, které představují alternativní potravu i útočiště pro mnoho užitečných živočichů. Jejich přítomnost je nezbytná hlavně v ochraně proti škůdcům s vysokým reprodukčním potenciálem, jako jsou třeba mšice. Významnou roli v ochraně také hrají preventivní opatření, jimž musíme věnovat mnohem větší pozornost, než v běžné produkci. Účinnost prostředků povolených do ekologické produkce přímé ochrany bývá v nižší nebo pomalejší a proto musíme zasahovat před vznikem kalamitních situací ošetření cílit na raná stádia škůdců. Důležitou roli hraje pečlivý a pravidelný monitoring škůdců i patogenů přímo v sadech a v signalizaci se neobejdeme bez využití modelů. Ekologická produkce zároveň vyžaduje větší rozsah informací, takže se neobejde bez poradenského systému. To platí zejména pro pěstitele, kteří s ekologickým pěstováním začínají.

Ochrana proti živočišným škůdcům. Pokud hovoříme o roli přirozených nepřátel, tak jedním z příkladů je ochrana proti fytofágním roztočům, zejména sviluškám. Prostředky přímé ochrany jsou k dispozici jen omezené míře. V tomto případě se neobejdeme bez dravých roztočů, jejichž populaci je vhodné posílit introdukcí roztoče ***Typhlodrumus pyri***. Introdukce je sice nákladnější záležitostí, ale jedná se o jednorázovou investici, neboť roztoč setrvává v sadech po celou dobu jejich životnosti. Namnožení roztoče v sadech trvá několik let, takže jeho vysazování ekonomicky vychází lépe hlavně v nových nebo v mladších výsadbách. Do sadů jej umísťujeme většinou během zimy nebo v předjaří a v prvních dvou letech po introdukci musíme aplikovat nižší dávky síry či polysulfidu vápenatého. Sezónu vždy zahajujeme zimní kontrolou, kdy provádíme průzkum výskytu přezimujících stádií škůdců, proti kterým později zasahujeme pomocí olejů. Přelom zimy a jara je příležitostí pro ošetření proti **vlnatce krvavé** (*Eriosoma lanigerum*) ve výsadbách, kde s ní v sadech pravidelně bývají problémy. Pro tento účel využíváme vysokých dávek polysulfidu vápenatého a oleje aplikovaných v objemu 1000 l/ha. Tato směs zároveň pomáhá potlačit i **vlnovníka jabloňového** (*Aculus schlechtendali*) a stádia dalších přezimujících škůdců. Pokud zásah proti vlnatce neprovádíme, tak tradiční ošetření oleji přesouváme na pozdější období, přibližně na rozhraní fází myšího ouška a zeleného poupěte. Předtím se ale musíme věnovat pozornost na **květopasu jabloňovému** (*Anthonomus pomorum*), který na samém počátku rašení absolvuje úživný žír. Bývá aktivní za slunných dnů, kdy teploty vzrostou k 15°C a jeho populační hustotu zjišťujeme pomocí sklepařadla. Brouky musíme zasáhnout ještě předtím, než dojde ke kladení, takže aplikační okno je poměrně úzké a načasování aplikace vyžaduje pravidelný monitoring. Využíváme požerového i kontaktního účinku spinosadu; v zahraničí je k dispozici také přírodní pyrethrum, na jehož registraci se nyní pracuje. V dlouhodobém průměru se květopas jabloňový ve většině regionů v ČR probouzí z diapauzy od poloviny března až do počátku dubna. V návaznosti na ošetření proti květopasu jabloňovému se postupně začíná z diapauzních vajíček líhnout zakladatelky **mšice jitrocelové** (*Dysaphis plantaginea*). Jejich přítomnost prozrazují červené puchýřky na rašících listech, uvnitř kterých nacházíme jednotlivé mšice a později začínající menší kolonie. Vrchol líhnutí mšic

probíhá většinou mezi zeleným a růžovým poupětem a zasahujeme pomocí azadirachtinu. Tímto ošetřením zároveň zredukujeme i housenky **slupkových a pupenových obalečů a pídálek**, pokud jsou v dané období v sadech přítomny. Pokud je rozlézání zmíněných listožravých housenek rozvleklé nebo je napadení extrémní, je třeba ještě zasáhnout přípravkem na bázi *Bacillus thuringiensis*. S květem jabloní přichází na řadu **pilatka jablečná** (*Hoplocampa testudinea*), jež většinou napadá hlavně raně kvetoucí odrůdy (Idared, Šampion, Julia, aj.). Pokud v době květu přetrvává chladné počasí, mohou se pilatky zaměřit i na pozdnější odrůdy. Zasahujeme larvicidně ve fázi červených očí pomocí výluhu ze dřeva *Quassia amara*. Proces přípravy výluhu je poměrně náročný, takže u větších výsadeb se vyplatí provést těsně před koncem květu kontrolu kladení podle jednotlivých odrůd a ošetřovat selektivně. V signalizaci můžeme využít model RIMpro, který zobrazuje fenologický vývoj pilatek a termín ošetření. V programu je však třeba správně nastavit Biofix (= počátek květu, úlovky na bílých lepových deskách), aby výpočet odpovídal skutečnému vývoji embryí ve vajíčkách. V období rašení, během květu a na počátku růstu plůdků sady pravidelně navštěvují zobonosky, jmenovitě **zobonoska jablečná** (*Coenorhinus aequatus*) a **zobonoska ovocná** (*Rhynchites bacchus*). I když většinou zobonosky nenacházíme v daný okamžik ve velkém množství, díky dlouhodobému nalétávání dochází někdy k dost velkým škodám na rašících listech, květech i plůdcích. V boji se zobonoskami jsme nyní odkázáni pouze na spinosad, což není ideální stav. Tuto látku potřebujeme mít k dispozici v letním období proti obalečům a její nadměrné využívání může vést k narušení přirozené rovnováhy v sadech. Po odkvětu jabloní se v sadech objevuje první generace **podkopníčka spirálového** (*Leucoptera malifolia*), jehož housenky vytváří charakteristické miny v parenchymu listů. V ochraně lze využít botanický insekticid na bázi azadirachtinu, jenž je díky systémovému účinku schopen proniknout do pletiv listů. Druhá generace se objevuje v červenci a později ještě částečná třetí generace. Ve druhé polovině května většinou zahajuje svůj let hlavní škůdce jabloní - **obaleč jablečný** (*Cydia pomonella*). První letovou vlnu obaleče spojenou s kladením zaznamenáváme pomocí feromonových lapáků přibližně v polovině května. Obaleč tvoří dvě či méně oddělené generace, bývá aktivní až do sklizně podzimních odrůd a poslední vajíčka nebo čerstvé závrtky s malými housenkami nacházíme ještě v průběhu září. V ochraně proti obaleči jablečnému se v ekologických sadech opíráme o přípravky na bázi viru granulózy jablečného (CpGV) a metodu feromonového matení. Odparníky pro metodu matení instalujeme do sadů v předstihu před letem (ideálně ještě před květem), CpGv a spinosad jsou využívány v režimu larvicidních zásahů na L1 housenky těsně před jejich líhnutím. Zatímco CpGv přednostně využíváme na první generaci škůdce, na druhou generaci je lepší upřednostnit spinosad. Důvodem je skutečnost, že housenka po pozření viru způsobí rány na plodu, které se již do sklizně nestačí zhojit. Obaleč klade tehdy, kdy večerní teploty ve 21:00 SEČ dosahují alespoň 16,5°C a nejsou srážky. Aplikace obou zmíněných bioinsekticidů provádíme na základě výpočtu teplotních sum ($BSTE_{10(h)} = 2100^{\circ}C$) od počátku kladení. V signalizaci můžeme využít také některého z modelů, např. RIMPro. Zhruba s týdenním opožděním za obalečem jablečným začíná létat a klást **obaleč zimolezový** (*Adoxophyes orana*). Na rozdíl od obaleče jablečného nemá tak úzkou vazbu na teploty, a tak dosud nemáme pro tohoto škůdce spolehlivý teplotní model. Na druhé straně první generace obaleče zimolezového létá v mnohem užší časové periodě, takže termín ošetření snadno určíme podle úlovků na lapácích. Problematická bývá druhá generace, neboť

housenky a požerky na plodech mnohdy nacházíme těsně před sklizní nebo dokonce ve skladech. V ochraně využíváme *B. thuringiensis*, spinosad a metodu matení. Z řádu motýlů je významným škůdcem **nesytka jabloňová** (*Synanthedon myopaeformis*). Nesytka prodělává dvouletý vývoj a její housenky narušují vodivá pletiva a oslabují růst stromů. Ochrana proti nesytce je obtížná, takže jsme odkázáni na preventivní opatření zaměřených na ošetřování větších ran po řezu. Nesytky lze také metodou „mass trapping“ odchyťovat do nádobových feromonových lapáků naplněných potravním atraktantem. V zahraničí je proti nesytkám také k dispozici feromonové matení. Během pozdního jara a s nástupem letních měsíců se k životu opět mohou probudit **mšice**, hlavně mšice jabloňová (*Aphis pomi*), m. jitrocelová a hlavně vlnatka krvavá. Proti mšici jitrocelové i mšici jabloňové opět aplikujeme azadirachtin a vzhledem ke zvýšenému objemu korun volíme i větší objem vody. K přímé ochraně proti vlnatce v ekologické produkci zatím účinné prostředky bohužel nemáme k dispozici, takže se musíme spoléhat na systém preventivních opatření. K těm patří hlavně vyvážený řez, jarní ošetření, udržování stromů v plodnosti a podpora přirozených nepřátel. V zahraničí je v období rozlézání přezimujících nymf využívána entomopatogenní houba *Beauveria bassiana*. Hlavním regulátorem vlnatky je parazitická vosička **mšicovník vlnatkový** (*Aphleinus mali*), který dokáže ve spolupráci se slunéčky a dalšími afidofágy kolonie vlnatky udržet pod kontrolou. U kolonií můžeme pomocí draselného kokosového mýdla narušovat voskové povlaky vlnatky a tím usnadnit přístup přirozených nepřátel ke mšicím. Experimentálně byla ověřena i účinnost pomerančového oleje po omytí voskových povlaků draselným mýdlem, ovšem efekt je pouze kontaktní a krátkodobý. Z agrotechnického hlediska se před aplikací draselného mýdla vyplatí i prosvětlení korun prostřednictvím letního řezu. V sadech napadených vlnatkou musíme opatrně zacházet se spinosadem, jenž je bohužel toxický ke mšicovníku vlnatkovému. Starší výsadby jabloní bývají stále více napadány **štítenkou zhoubnou** (*Quadraspidiotus perniciosus*) i **štítenkou čárkovitou** (*Mytilococcus ulmi*) nebo jinými druhy štítenek. Ochrana je založena na ošetření oleji na přezimující stádía v době rašení a pak na larvicidních ošetřeních na pohyblivé L1 nymfy. Zatímco nymfy první generace štítenky zhoubné se rozlézají zhruba od poloviny června do počátku července, nymfy štítenky čárkovité se líhnou krátce po květu, zhruba po ošetření na pilátku. Jako larvicid využíváme spinosad a experimentálně byla prokázána i velmi dobrá účinnost biopreparátu na bázi houby *Beauveria bassiana*.

Hlavním úkolem v oblasti ochrany proti patogenům v jabloňových výsadbách je zvládnutí **strupovitosti jabloně** (*Venturia inaequalis*), **padlí jabloně** (*Podosphaera leucotricha*), komplexu **skládkových chorob**, **bakteriální spály růžokvětých** (*Erwinia amylovora*), event. **moniliové spály** (*Monilinia laxa*). Ochranu proti **strupovitosti jabloně** zahajujeme ve fázi myšího ouška, kdy se začínají uvolňovat askospory. V tomto období využíváme aplikací mědi ve vyšších dávkách, kterými zároveň řešíme i otázku korových nekróz a bakterióz. S nárůstem teplot postupně dávky mědi snižujeme a alternujeme je s koloidní sírou. Jabloně jsou primárními infekcemi strupovitosti nejvíce ohroženy od fáze růžového poupěte do lískového oříšku, což vyplývá z vnímavosti pletiva z velké zásoby askospor. Nebezpečné primární infekce vznikají především během srážek (přesněji ovlhčení listů) po delším období sucha. Askospory jsou mechanicky „vystřelovány“, takže se do výsadeb mohou šířit i z okolních zdrojů. Pokud se nám podaří zvládnutí primárních askosporových infekcí, máme víceméně

„vyhráno“, neboť k šíření konidií při následných sekundárních infekcích dochází jen lokálně pomocí stékajících kapek vody. Systém ochrany proti strupovitosti během vegetace je především postaven na preventivních aplikacích síry a mědi (možnost kombinace obou látek), aplikacích polysulfidu vápenatého za mokra a na kurativním ošetření pomocí hydrogenuhlčitanu draselného. Systém funguje tak, že při déle trvajících deštích preventivní postřik doplňujeme využitím polysulfidu vápenatého aplikovaného na mokrý list jako tzv. STOP aplikace. Aplikační okno pro polysulfid vápenatý trvá do oschnutí listů a je také vymezeno rozpětím sum aktivních teplot 120-300°C od počátku infekce. Pokud aplikaci na mokrý list nestihneme, anebo porost během jejího uskutečňování uschne, přistupujeme ke kurativnímu ošetření pomocí hydrogenuhlčitanu draselného doplněného koloidní sírou. Období pro aplikaci pro hydrogenuhlčitanu draselného je vymezeno SAT=300-430°C od počátku infekce Pro aplikaci polysulfidu je ale podstatné ovlhčení porostu, aby mohlo dojít k rovnoměrnému uschnutí polysulfidu a optimálnímu pokryvu listů i plodů. Popsaným způsobem dokážeme udržet „čisté“ i odrůdy velmi citlivé ke strupovitosti, jakými jsou Golden Delicious, Idared, Gala, Jonagold, Jonagored a další. Na druhé straně i ve výsadbách většiny běžných rezistentních odrůd (Topaz, Rubinola, Rajka, Goldstar, aj.) musíme v současné době provádět plnou fungicidní ochranu, neboť většinou již svou původní odolnost proti patogenu ztratily. Výbornou pomůckou v signalizaci ochrany proti strupovitosti je program RIMpro, který zobrazuje nejen průběh a intenzitu infekcí, ale také fenologii patogenu a délku pokrytí dané infekce zvoleným fungicidem. Dalším významným patogenem v jabloních je **padlí jabloně**, které začíná být aktivní během rašení obdobně jako strupovitost. Zdrojem primárních infekcí je mycelium přezimující v pupenech, odkud se šíří na květní růžice a květy. Příznaky napadení padlím proto pozorujeme mnohem dříve, než u strupovitosti - většinou již před květem. Padlí má oproti strupovitosti trochu jiné nároky na vznik infekcí a šíření, neboť mu vyhovuje spíše suché slunné počasí s výkyvy denních a nočních teplot. Na jaře se ve fungicidní ochraně často soustředujeme hlavně na strupovitost a řídíme se hlavně průběhem infekcí této choroby a na někdy padlí zapomínáme. K potlačení primárních infekcí padlí na začátku vegetace je třeba ošetření mědí proti strupovitosti alternovat s polysulfidem vápenatým, jenž funguje i za nízkých teplot a padlí je k němu citlivé. Později v ochraně využíváme rovněž polysulfid vápenatý a koloidní síru. Při velkém napadení se také doporučuje smytí povlaků padlí pomocí smáčedel na bázi pomerančového oleje nebo draselným mýdlem. V signalizaci v ochraně proti padlí nám rovněž může posloužit program RIMpro.

Dalším důležitým tématem je komplex **skládkových chorob**. Na jabloních jsou zastoupeny rody *Neofabrea* spp., *Alternaria* spp., *Monilinia* spp., *Fusarium* spp. aj. Základem v ochraně je systematická fungicidní ochrana během vegetace, dále vyvážená výživa dusíkem a s dostatečným příjmem vápníku. Odolnost plodů se snižuje i při nižší násadě, kdy jablka přerůstají. Pro standardní fungicidní ošetření na skládkové choroby před sklizní je po zastavení výroby přípravku MycoSin nyní k dispozici pouze hydrogenuhlčitan draselný. Ten ale nemá potřebnou odolnost proti dešti, takže aplikace je třeba k dosažení uspokojivé účinnosti častěji opakovat.

Pokud během květu jabloní přetrvává chladné a vlhké počasí, mohou být napadány **bakteriální spálou růžokvětých** (*Erwinia amylovora*) nebo dokonce i „jabloňovou“ variantou

moniliové spály (*Monilinia laxa* f. sp. *mali*). Příznaky obou chorob se mohou překrývat, jako tomu bylo např. v loňském roce. V obou případech zasahujeme pomocí mědi nebo přípravků na bázi *Bacillus subtilis* v době květu, ovšem v případě přítomnosti bakteriální spály musíme pokračovat v ošetřeních i po odkvětu. Pro strategii v další ochraně proti bakteriální spále je vhodné odebrat vzorky a nechat analyzovat v některé z diagnostických laboratoří.

Závěr

Pro jabloně je na velmi dobré úrovni vypracován systém ochrany pro ekologickou produkci. Díky tomu jsem zde schopni vypěstovat ovoce v konzumní kvalitě a dosáhnout i solidních výnosů. Jeho součástí není jenom využívání nechemických přípravků a metod, ale jde celkový přístup, který se v některých aspektech liší od běžné integrované ochrany. V ochraně musíme počítat s pomalejším nástupem účinnosti některých přípravků a je třeba preferovat zásahy na co nejranější stádia škůdců. Zvýšenou pozornost proto vyžaduje monitoring, kde využíváme moderních varovných systémů a důležitou roli hrají preventivní opatření a také podpora funkční biodiverzity. U jednotlivých fungicidů sice nedosahujeme takové perzistence a účinnosti, jako u syntetických fungicidů, ale v dobře sestaveném systému můžeme dosáhnout výsledků srovnatelných s ochranou chemickou. V ekologické produkci ale zůstávají otevřená některá témata, jako například vlnatka krvavá nebo skládkové patogeny, takže v méně příznivých letech nebo při určitých chybách v agrotechnice může dojít k vyšším ztrátám na výnosu a kvalitě. Tyto nevýhody jsou však většinou vyváženy benefity v podobě nabídky ovoce bez reziduí pesticidů a také příznivějším dopadem pěstování ovoce na životní prostředí.

Tab. 2: Seznam přípravků a metod ochrany v ekologických proti hlavním škůdcům jabloní

Organismus	Cílené stádium	Metoda, účinná látka	Termín aplikace
Vlnatka krvavá	Přezimující kolonie	Olej + polysulfid vápenatý	BBCH 00
Květopas jabloňový	dospělci	Spinosad, přírodní pyrethrum*	Počátek rašení – BBCH 52-53 dle sklepávání
Přezimující škůdci	Vajíčka a další diapauzní stádia	Olej řepkový	BBCH 52-55
Mšice jitrocelová	Zakladatelky líhnoucí se z diapauzních vajíček	azadirachtin	BBCH 55-56 dle vizuální kontroly
Zobonosky	dospělci	Spinosad, přírodní pyrethrum*	Od rašení až do BBCH 72-73 dle sklepávání

Pilatka jablečná	Líhnoucí se housenice	Výluh ze dřeva Quassia amara, Q. amara extrakt*	Fáze červených očí
Obaleč jablečný	L1 housenky	CpGV, spinosad	Od druhé poloviny května do konce srpna, při splnění SET10(h)=2100°C od kladení
Obaleč jablečný	Dospělci – zabránění páření	Metoda feromonového matení	Před květem
Obaleč zimolezový	housenky	<i>Bacillus thuringiensis</i> ssp. <i>kurstaki</i> , spinosad	Během rašení, později během vegetace jako u obaleče jablečného
Obaleč zimolezový	Dospělci – zabránění páření	Metoda feromonového matení	Před květem
Mšice	kolonie	azadirachtin	Dle situace během vegetace
Vlnatka krvavá	Kolonie-odstranění voskových povlaků	Draselné kokosové mýdlo	Dle situace během vegetace, před sklizní
Štítenka zhoubná	L1 pohyblivé nymfy	Spinosad, <i>Beauveria bassiana</i> *	Druhá polovina června (1. gen.), druhá polovina srpna (2. gen.)

*) povoleno v zahraničí nebo účinnost prokázána experimentálně

Tab. 3: Seznam přípravků a metod ochrany v ekologických proti hlavním patogenům v jabloních

Organismus	Cílené stádium	Metoda, účinná látka	Termín aplikace
Korové nekrózy a bakteriózy	Spory	Přípravka na bázi mědi	BBCH 54
Strupovitost jabloně	Askospory	Měď	BBCH 54-56

Strupovitost jabloně	Askospory, konidie	Koloidní síra	BBCH 56 až do sklizně, preventivně
Strupovitost jabloně	Askospory, konidie	Polysulfid vápenatý	STOP aplikace na mokrý list při BSAT=120-300°C
Strupovitost jabloně	Askospory, konidie	Hydrogenuhlíčitan draselný	Kurativní ošetření na suchý list při BSAT=300-430°C
Padlí jabloně	Spory	Koloidní síry, polysulfid vápenatý	Od rašení až do poloviny léta
Bakteriální spála růžokvětých	Baktérie	Měď, <i>Bacillus subtilis</i>	V době květu a krátce po odkvětu a dle příznaků do konce července
Moniliová spála	Spory	Měď, <i>Bacillus subtilis</i>	V době květu
Skládkové choroby	spory	Síra, měď hydrogenuhlíčitan draselný	Během vegetace a před sklizní

Příspěvek byl zpracován s podporou projektu NAZV QK1910296 “Efektivita nových postupů regulace škodlivých činitelů v ovocnářství”.

Podpora biodiverzity v zemědělské krajině

Ing. Hana Vašková, Ph.D.

Výzkumný ústav rostlinné výroby, v. v. i., Drnovská 507/73, 161 00 Praha 6 - Ruzyně

V dnešní době se stále častěji setkáváme s informacemi o poklesu biodiverzity v zemědělské krajině. Dříve než se dostaneme k tomuto tématu, je důležité si připomenout, co biodiverzita vlastně je. Jedná se o biologickou rozmanitost tzv. variabilitu všech živých organismů na daném území. Biodiverzitu můžeme dělit na α -diverzitu, β -diverzitu, γ -diverzitu nebo na funkční diverzitu. První tři jmenované dělíme podle místa výskytu a určujeme počet druhů na jednotlivých lokalitách. α -diverzita se zajímá o rozmanitost na úrovni stanoviště, β -diverzita se zabývá mírou rozdílnosti diverzity mezi společenstvy různých biotopů a γ -diverzita vyznačuje biodiverzitu na největší ploše tedy na úrovni krajiny. Funkční biodiverzita se pak zajímá o ekologické funkce, nikoliv o počet druhů na dané lokalitě. S rostoucí druhovou diverzitou roste i funkční diverzita a s tím i její regulační schopnost – klesá riziko přemnožení škůdců a plevelů. Tato schopnost biodiverzity je pro zemědělství nesmírně důležitá.

Biodiverzitu dané lokality můžeme zjišťovat stanovením početnosti (nejčastěji u živočichů) nebo pokryvnosti (u rostlin, v zemědělství především u plevelů). Můžeme využít individuální (odchyt jedinců) nebo systematické metody sběru. K tomu nám mohou posloužit smyky, sklepávání, zemní pasti, prosevy, lepové pásy, světelné lapače, různobarevné misky, transektové sčítání, ornitologické sítě, vegetační snímky nebo občanská věda. Občanská věda je v dnešní době na vzestupu. Jedná se o metodu, kdy se do hledání a života organismů zapojuje veřejnost. Ta hledá předem určené organismy a následně dává vědcům podněty (fotografie, vzorky aj.). Více o občanské vědě je možné najít na příklad na webové stránce www.najdiJe.cz.

Jak už bylo na začátku zmíněno, druhová biodiverzita klesá celosvětově a není tomu jinak ani v České republice. Dochází k poklesu diverzity, jak u zvířat, tak rostlin, ale i mikroorganismů. Živočichové (především ptáci) ubývají s úbytkem neobhospodařovaných ploch a nižším zastoupením neprodukcčních ploch. V Německu byl zaznamenán 75 % pokles biomasy (těl) hmyzu (Hallmann et al. 2017). Proto se dnes v médiích vyskytují články s titulky „Šesté vymírání druhů, Hmyzí Armagedon“. Co ale dělat, aby biodiverzita v zemědělské krajině nezmizela, není tak zřejmé. Nejdůležitější je si uvědomit, že pokud chceme mít vysokou biodiverzitu, musíme se i my lidé o biodiverzitu starat a používat nástroje, které mohou diverzifikovat zemědělství.

Biodiverzita není jen o počtu druhů, ale i o přínosu pro lidstvo, které nám biodiverzita dává. Benefitem pro lidstvo jsou ekosystémové služby, tedy služby ekosystému (funkční soustavy živých i neživých složek životního prostředí) nám lidem. Mnohé z ekosystémových služeb vnímáme jako samozřejmé a všude přítomné. Existují čtyři hlavní skupiny ekosystémových služeb – regulační, podpůrná, zásobující a kulturní. Regulační složka má na starosti regulaci škodlivých činitelů například predací a parazitismem, regulací plevelů (defoliace vzešlých rostlin nebo predace semen). Podporující složka čítá opylování, půdotvornou složku nebo koloběh živin. Zásobující složka dává potravu pro zvířata i lidi, vytváří materiály pro lidskou

výrobu (dřevo, léčiva, vosky, látky) a genetické zdroje. Kulturní složka se pak stará o estetickou krajinu. O řadu těchto složek z důvodu poklesu biodiverzity přicházíme.

Důvodů, proč celosvětová biodiverzita klesá, je mnoho. Podíváme-li se, co ohrožuje biodiverzitu globálně, je to především stále větší intenzifikace krajiny a zemědělství, dochází ke stále většímu znečištění krajiny, zvyšuje se světelný smog, dochází k degradaci přirozených biotopů nebo k invazím nepůvodních druhů.

Díky intenzifikaci krajiny a narušování původních přirozených biotopů, ať už zemědělstvím nebo zástavbou (např. pro průmyslové zóny), dochází ke ztrátě původních biotopů, na které je biodiverzita vázaná. Bylo zjištěno, že abundance počtu druhů klesá s rostoucí mírou intenzifikace zemědělské krajiny. Intenzifikace krajiny je problém, který je nejvíce vidět v produkčních plochách. Ty jsou jednotné, velkoplošné, velmi často v těchto velkých lánech dochází k synchronizovaným zásahům přípravky na ochranu rostlin nebo jinými agrotechnickými postupy. Pro biodiverzitu v zemědělství jsou velmi důležité mimoprodukční plochy. Ty se však ze zemědělské krajiny vytratily především díky zvětšování parcel (a to i díky kolektivizaci zemědělství). Přitom mimoprodukční plochy mají nezastupitelný význam a vyskytuje se v nich celá řada druhů. Je třeba je udržovat a především obnovovat. Mezi nejčastější mimoprodukční plochy v zemědělské krajině patří polní mokřady, křoviny na remízích, biopásy nebo travnaté plochy při okraji polí.

Tyto neprodukční plochy velmi často zůstávají bez údržby. V minulosti se na neprodukčních lokalitách vyskytovala pastva nebo docházelo k sečení těchto lokalit. Díky pastvě a sekání docházelo k regulaci konkurenčně silných trav, které dnes na okrajích polí, luk nebo i lesů převládají. V minulosti se o mimoprodukční plochy starali lidé, kteří zde sekali trávu na seno pro domácí zvířata. Dnes již není běžné, že každá rodina má doma krávu nebo alespoň králíky. Nedochozí tedy k potřebě výroby sena pro domácí produkci a díky nesečení těchto lokalit dochází k přemnožení konkurenčně silných rostlin, které zahubí ostatní rostliny, které by se na dané lokalitě mohly vyskytovat. V lesích se stále častěji setkáváme s netýkavkami, na mezích jsou to pak konkurenčně silné trávy (např. ovsík vyvýšený). Kromě narušování podmínek seči či pastvou nedochozí ani k drobným disturbancím půdy. K té v minulosti docházelo za pomoci dobytka, který procházel lokalitami a vytvářel tak důlky, do kterých zapadala semena druhů, které pro klíčení potřebují tmu (především lesní druhy).

Podíváme-li se na systémy obhospodařování, zjistíme, že se velmi často setkáváme s jednotnou mechanizací napříč celou lokalitou. Je zřejmé, že jeden zemědělský podnik používá stejnou mechanizaci, ale bylo by dobré si uvědomit, že diverzita by neměla být jen v přírodě, ale i v technice, kterou používáme pro pěstování. Předpokládám, že si všichni uvědomujeme, že každá metoda má svoje plusy a minusy. Pokud budeme používat stejné metody všude, budeme mít jedny a tytéž potíže. Stejně tak je tomu u přípravků na ochranu rostlin, každý přípravek má svoje dobré stránky ale i ty stinné. Od počátku tohoto tisíciletí na úbytek hmyzu v zemědělství překvapivě nemají takový vliv insekticidy jako herbicidy. Stálé omezování insekticidů s přímým účinkem na hmyz (např. organofosfáty, karbamáty, DTT), které byly nebezpečné pro necílové organismy, vedlo k tomu, že velké množství látek bylo zakázáno. Díky tomu nedochozí již k takovému ohrožení hmyzu. Herbicidy, které jsou v dnešní době používány, jsou velmi precizní, což je vzhledem k potřebám velkého výnosu

skvělé, ale na druhou stranu vzniká v polích takzvaná zelená poušť. Jedná se o monokulturu jedné rostliny, kde se nenachází jiné rostliny. To je pro většinu organismů nevyhovující. Bylo zjištěno, že na jedné kvetoucí bylině je v průměru 10 druhů bezobratlých, z těchto bezobratlých je většina prospěšných a pomáhají nám ekosystémovými službami. V polích sice máme byliny, které jsou kvetoucí, ale většina z nich kvete ve stejnou dobu a pak není v porostech žádný alternativní zdroj potravy.

Dále je to zjednodušený osevní postup, který může snížit biodiverzitu. Je zřejmé, že do krajiny již nevrátíme velké množství jetelovin a dalších bobovitých rostlin, které navyšují množství biomasy i druhové diverzity opylovačů. S úbytkem dobytka je zřejmé, že jsou tyto rostliny málo využívány. Možností jak tyto chybějící rostliny doplnit mohou být biopásy (ať už nektarodárné nebo krmné) nebo využívání meziplodin.

Biopásy mají být také ostrůvky biodiverzity v polích. Jedná se o plochu, na kterou jsou vysety přesně definované druhy rostlin, které slouží jako potrava pro bezobratlé, ptáky i savce. Biopásy jsou vhodné pro rozdělení velkých parcel na menší podjednotky a díky nim může docházet k migraci organismů. Zároveň je vhodné biopásy využívat na plochy, kde dochází k defektům. Například tam, kde je půda moc vysušená nebo naopak hrozí částečné zamokření, nebo na místa, kde je nízký výnosový potenciál. Díky biopásům si tak může půda odpočinout a v následujících letech je možné, že se výnos opět navýší.

Pokud se člověk více zabývá problematikou biopásů zjistí, že se o složení biopásu (jaké druhy rostlin se mají v biopásu vyskytovat, aby nejlépe podpořili biodiverzitu) a managementu se vedou velké diskuze. V dotačním titulu je přesně nadefinováno, jaké druhy se smějí používat do biopásu, a jaký je jejich výsěvek, přitom se ale nedíváme na regionální variabilitu. Určitě by neměl být vyséván stejný biopás v Polabí jako v Podkrkonoší, neboť původní rostliny se mezi těmito dvěma lokalitami liší. Z ekologického hlediska by bylo nejlepší využívat lokální směsi sesbírané na blízkých lokalitách, kde se bude biopás vysévat. To zatím není možné. Co se týče managementu, nespátřuji nejlepší nastavení v přesévání biopásu každým rokem. Přesévání je poměrně velká disturbance, která může znemožnit vývoj některých druhů, které se v daném biopásu právě vyskytují. Kvůli disturbancím zřejmě není dovoleno vjet do porostu biopásu, přitom vjezd do biopásu není příliš velkým zásahem a věřím, že by při mnoha manipulacích na polích byla možnost vjezdu do porostu biopásu ulehčením práce.

Mnoho zemědělců se obává zaplevelení polí z biopásu nebo velkého množství semen v půdní zásobě po zrušení biopásu. Biopás by se měl vždy vysévat na pozemky, kde nehrozí riziko zaplevelení z půdní banky. V dnešní době se v polích poměrně často vyskytuje hulevník Loeselův (*Sisymbrium loeselii*) a úhorník mnohohlávkový (*Descurainia sophia*). Tyto rostliny při větším počtu semen na jednom metru čtverečním mohou způsobit proměnu biopásu na monokulturu těchto rostlin (obr. 1), a s takovýmto porostem se již špatně pracuje. Dalším problémem, který se často konstatován při využívání biopásů je „únik“ rostlin z biopásu do pole, nicméně při správném managementu polí k těmto „únikům“ nedochází.



Obr.1. Nektarodárný biopás zaplevelený hulevníkem Loeselůvým (*Sisymbrium loeselii*)

V neposlední řadě může být problémem pro zakládání biopásů vztah s vlastníky půdy. Tento vztah je problematický pro většinu opatření na ochranu biodiverzity v zemědělské krajině. Mnoho pozemků je propachtováno a vlastníci jsou mnohdy od svých pozemků vzdáleni několik set kilometrů a nejeví o pozemek velký zájem. Pokud se však dozvědí, že jejich pozemek je pod dotačním titulem, jen těžko se jim vysvětluje, že peníze, které zemědělec dostává, putují do pozemků, a ne do jejich kapsy.

Mimo zmíněné biopásky je v dotačním titulu AEKO také titul pro ochranu čejky chocholaté. Jde o opatření, které je primárně určeno pro tohoto vzácného polního ptáka, nicméně tento biopás přispívá celkové biodiverzitě na lokalitě, neboť jsou ve směsi různé druhy rostlin a to především dvouděložných.

Kromě biopásů se v dotačních titulech AEKO dá také zažádat o pod opatření s názvem Mezplodiny. Jedná se o výsev směsi, která je vysetá na pozemek ideálně hned po sklizni. Směsi mohou být různě kombinované, nicméně nejčastěji se v nich vyskytuje hořčice, ředkev a svazanka, ale mohou se v nich vyskytovat i rostliny, které byly v minulosti plodinami (např. len setý) (obr.2). Tento titul primárně cílí na ochranu půdy před erozí a vysycháním. Dále cílí na pomoc proti utužování půdy. Přestože biodiverzita zde není hlavním motorem dotačního titulu i tak tento dotační titul napomáhá k potřebám biodiverzity. V osevních směsích je celá řada rostlin, která se vyskytuje i v biopásech, takže je zřejmé, že budou napomáhat podobně jako v nich. Kromě nadzemní biomasy je zde důležitá i podzemní biomasa, která napomáhá

navyšovat biodiverzitu půdních organismů nejen živočichů, ale i hub a dalších mikroorganismů. Mikroorganismy žijící v půdě velmi často opomíjené, neboť je mnohdy nejsme schopni vidět pouhým okem, ale jsou nesmírně důležití pro koloběh živin. Pro podpoření biodiverzity v půdě je zároveň důležité dodávat zpět do půdy organickou hmotu, ideální by byla ve formě vyzrálých statkových hnojiv, jenže těch v dnešní době již není tolik, je tedy zapotřebí využít dalších možností jako je kompost nebo zelené hnojení.



Obr.2 Vzešlý porost mezipločin.

Další možností na podporu biodiverzity jsou trvalé travní porosty (také z dotačního titulu AEKO). Ty byly v minulosti považovány za jedno z míst, kde biodiverzita vzkvétá. Bohužel tomu tak úplně není. V trvalých travních porostech rostou nejvíce trávy, které nemají atraktivní květy pro opylovače. V trvalých travních porostech by bylo zapotřebí mít i nějakou část dvouděložných rostlin, které by nalákaly opylovače a poskytly úkryt přirozeným nepřítelům škodlivých organismů. Dalším důležitým faktorem, jak zachovat biodiverzitu v trvale travních porostech, ale i v biopásech je seč. Při ní bychom neměli zapomínat, že

v porostu žijí živočichové, kteří nejsou tak mobilní, aby utekli z posekané biomasy během několika minut. Velmi často se stává, že se poseká porost najednou, což není pro tyto živočichy výhodné, neboť se nemají kam ukrýt v následující době, proto bychom k seči měli vždy přistupovat mozaikově.

Všechny zmíněné dotační tituly AEKO jsou mimo jiné zaměřené na vytvoření tzv. refugií tedy úkrytů pro živočichy, rostliny nebo mikroorganismy, kde mohu přežívat a rozmnožovat se. Dalšími možnostmi, které je dobré využívat pro vytvoření refugií je vytváření a udržování polních mokřadů. Ty mohou vznikat samovolně při velkých deštích nebo mohou být vytvořeny uměle na vlhčích místech. V jednom zkoumaném přirozeném polním mokřadu bylo nalezeno 250 druhů opylovačů a z nich 37 druhů patřilo mezi ohrožené druhy. Mokřady však přinášejí kromě místa pro navýšení biodiverzity i další benefity (např. zadržování vody v krajině). Asi nemusím připomínat, jak zadržování vody v krajině je v dnešní době důležité. Problémy s realizací polních mokřadů jsou především vlastnické vztahy. Momentálně dochází ke snahám, aby polní mokřady byly součástí dotačních titulů.

Další možnost, jak podpořit biodiverzitu jsou agrolesnické systémy. Ty jsou v Čechách zatím nepovoleny, nicméně v Americe jsou stále častější. Jde o systém hospodaření, kde se spojuje pěstování stromů s pěstováním plodin. V USA je nejběžnější systém pěstování ořechovce pekanového a sóji. V těchto systémech se musí velmi dbát, aby nedocházelo ke konkurenci o živiny a vodu, ale také aby stromy nezastiňovaly rostliny pod nimi. V Evropě se můžeme setkat se starými agrolesnickými systémy, kde v sadech dochází k pastvě. Ve Španělsku nebo v Portugalsku se chovají prasata nebo býci pod korkovými duby v systémech nazývanými Dehesa nebo Montado. V ČR je lesní pastva zakázána, může probíhat jen za specifických podmínek v národních parcích. Nicméně v následujících letech by mělo dojít k zavedení dotačního titulu na agrolesnické systémy.

Biodiverzitu je možné podpořit i v trvalých kulturách jako jsou sady nebo vinice. V České republice má sadařství velkou tradici, aby část krajinotvorných sadů přetrvala, je možné na ně získat dotaci z dotačního titulu AEKO, který nese stejné jméno. Sady mají v krajině neodmyslitelnou funkci. Podíváme-li se na ně z ekologického hlediska, svou strukturou připomínají původní lesostep, ve které se střídají rozvolněné dřeviny s trvalým travním porostem. Staré, ale i odumřelé části stromů mohou být domovem pro celou řadu živočichů (savců, ptáků ale i bezpočetně hmyzu) a hub. Tyto krajinotvorné sady se z české krajiny vytratily během kolektivizace, nicméně v posledních letech se do krajiny opět vrací a věřím, že tomu bude i nadále.

Kromě krajinotvorných sadů se z krajiny vytratila celá řada krajinných prvků, jako jsou zídky, kupy kamení nebo trávy, travnaté údolnice mezi poli, shluky stromů nebo jednotlivé solitéry. I tato místa mají efekt podpory biodiverzity. I když se zdá, že se jedná o malý ostrůvek v polích, na těchto místech se vyskytují jiné druhy hmyzu ale i rostlin nebo mikroorganismů. Neměli bychom zapomínat i na estetickou funkci těchto krajinných prvků.

Jak již bylo řečeno, v zemědělské krajině se nesetkáváme jen s poklesem biodiverzity živočichů, ale i rostlin. Mnoho druhů rostlin, které běžně na polích potkávaly naše prarodiče, se dostaly postupně na červený seznam ohrožených druhů rostlin. Mezi tyto rostliny řadíme

například chrpu modrou (*Centaurea cyanus*), koukol polní (*Agrostemma githago*) nebo sveřep stoklasu (*Bromus secalinus*). K dnešnímu dni je na tomto seznamu 170 taxonů polních rostlin. To je možná jeden z důvodů, proč se v letošním roce se stal rostlinou roku hlaváček letní (*Adonis aestivalis*), který býval poměrně častým plevelem v polních v teplých oblastech, nicméně díky změnám v managementu polí tato, ale i další rostliny zaznamenávají pokles v početnosti a jejich početnost se stává méně a méně častá. Změnou managementu myslíme setí na menší vzdálenosti, precizní setí, používání precizních herbicidů, čištění osiva, změnu v hloubce orby nebo změnu skladby pěstovaných rostlin. Mnohé změny přispěly k zvýšení výnosu plodin, což je primární zájem zemědělství, avšak neměli bychom zapomínat na to, že i druhy, které v dnešní době považujeme za plevelné, mohou být v budoucnu využívány jako produkční. U mnohých rostlin do dnešní doby nevíme, jaké obsahují látky a mohli by se nakonec stát rostlinami pěstované pro léčivé látky nebo okrasu. Pokud máme v polích malou diverzitu plevelů, převládají tam vysoce kompetitivní plevele, které velmi konkurují plodivě a tím snižují námi kýžený výnos. Pokud by v polích byla vyšší diverzita plevelných druhů riziko toho, že by začal dominovat jeden druh, je nižší. Pokles biodiverzity (počtu druhů ale i pokryvnosti pleveli) není tak markantní v ekologickém zemědělství, kde je výskyt druhů vyšší. V jednom z našich projektů jsme mimo jiné zkoumaly i výskyt druhů plevelů v polích. Podíváme-li se na sousední Rakousko, kde v oblasti okolo Innsbrucku převládá ekologické zemědělství, bylo v polích s ozimou pšenicí nalezeno 76 druhů plevelů, oproti tomu v České republice, kde bylo pouze zastoupené konvenční hospodaření, na 15 polích bylo zaznamenáno jen 58 druhů.

V Německu existuje záchranný program pro plevele. Nachází se v oblasti zvané Langenzuber. aby došlo k podpoření ohrožených druhů plevelů, začali zde hospodařit ve stylu dob minulých. Mají tedy kulturní plodiny dál od sebe, nepoužívají zde pesticidní přípravky, do osevních postupů vybírají staré odrůdy, hnojí pouze organickými hnojivy a v osevním sledu se nachází více druhů plodin. Tento systém hospodaření je jistě vhodný pro konzervaci dané lokality a pro udržení biodiverzity v polích, ale asi všichni tušíme, že se takto nemůže hospodařit na všech parcelách, neboť by došlo ke ztrátě výnosu a nejspíše by nebylo možné uživit celé lidstvo.

Na plevelné rostliny jsou vázány mnohé druhy živočichů. Pokud klesá počet plevelných druhů, samozřejmě klesá i počet druhů ptáků a především opylovačů, kteří si na nich hledají potravu. Stále častěji se setkáváme s tvrzeními, že je potřeba podporovat opylovače, což je samozřejmě dobrý postoj a věřím, že postupným vzděláváním veřejnosti může opravdu dojít k ochraně opylovačů, jen je potřebné nezapomínat na to, že opylovači nejsou jen všude známé včely medonosné ale i další druhy včel (především samotářské), čmeláci, pestřenky a další mouchy, motýli a můry, brouci a celá řada málo skloňovaných skupin.

Na první pohled je jasné, že cena těchto opatření je vysoká, ale za přihlédnutí k dotačním titulům, které je možné v dnešní době využít, tyto opatření tak prodělečné nejsou. Přihlédneme-li k tomu, že při využití těchto opatření dodáme do půdy organickou hmotu, která napříč naší republikou v půdě chybí, a připomeneme si, že můžeme navýšit biodiverzitu v krajině, jistě najdeme mnoho výhod proč tato opatření zařadit do zemědělské praxe. V neposlední řadě jsou to právě zemědělci a lesníci, kteří tvoří vzhled naší krajiny. Jsem si

jistá, že široká veřejnost ocení kvetoucí biopásky, meziplodiny, mokřady a další opatření, která v krajině velmi dobře vypadají.

Systémy cílené regulace zaplevelení pro precizní zemědělství

Ing. Pavel Hamouz, Ph.D. a Adam Hruška, Bc.

Česká zemědělská univerzita v Praze, Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů, Kamýcká 129, 165 00 Praha-Suchbát

Úvod

Přípravky na ochranu rostlin používané v intenzivní zemědělské výrobě napomáhají k dosažení vysokých a stabilních výnosů plodin, avšak představují riziko pro životní prostředí a pro lidské zdraví. Tyto přípravky jsou dosud obvykle aplikovány plošně na celý pozemek bez ohledu na prostorovou variabilitu výskytu daného škodlivého činitele. Cílem Evropské komise je snížení spotřeby přípravků na ochranu rostlin nejméně o 50 % do roku 2030. Pro dosažení tohoto cíle je třeba hledat a využít nové přístupy k ochraně rostlin.

Rozvoj informačních a navigačních technologií umožnil cílené zásahy v ochraně rostlin založené na principech precizního zemědělství. V případě cílené regulace zaplevelení je zjišťována aktuální distribuce rostlin plevelů a následně je zohledněna při regulačním zásahu. Regulace je uskutečněna jen v těch částech pozemku, na nichž plevele mohou způsobit významnou ztrátu výnosu. V ostatních částech plochy nemusí být regulační zásah proveden, což představuje významný ekonomický i ekologický potenciál, zejména v případě aplikace herbicidů. Experimentální mapování výskytu plevelů v kombinaci s cíleným herbicidním zásahem v obilninách a dalších polních plodinách vedlo k úsporám herbicidu převážně v rozsahu 30 - 80 % (Gerhards & Oebel 2006, Berge a kol. 2012, Gutjahr a kol. 2012).

Využití cílené regulace však vyžaduje splnění několika předpokladů. První podmínkou je spolehlivé rozpoznání a určení polohy rostlin plevelů. V některých případech postačuje odlišení plevelů od plodiny, ale často je také nutné odlišení jednotlivých druhů plevelů vzájemně. Druhým předpokladem je schopnost prostorově přesného uplatnění regulačního zásahu, který bývá obvykle chemický, nebo, v případě ekologického zemědělství, mechanický.

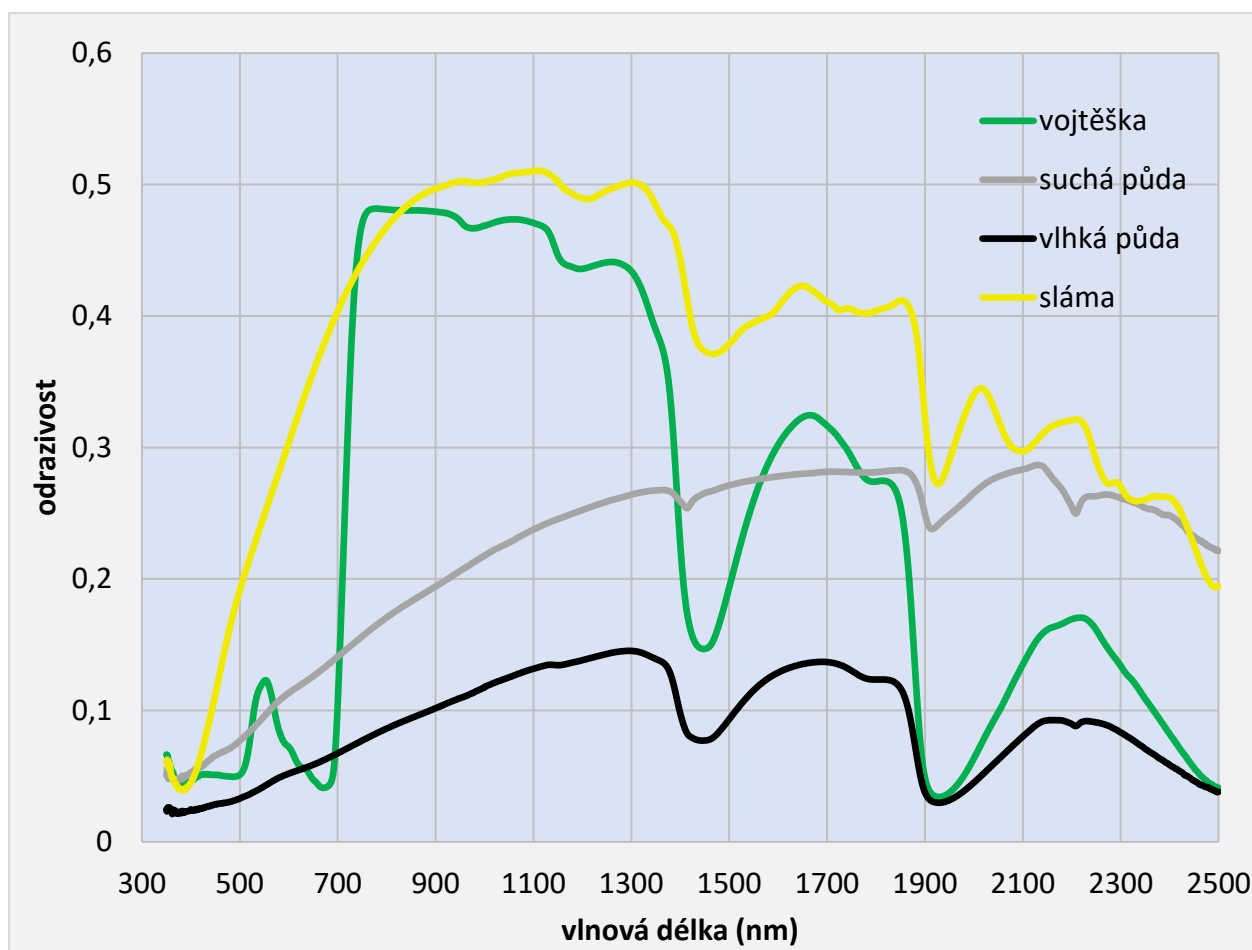
Tato publikace popisuje postupy a technická řešení prostředků pro automatizované rozpoznání plevelů v porostech polních plodin a dále prostředků pro cílenou regulaci zaplevelení v podobě chemických i nechemických metod.

Metody detekce plevelů

Pro rychlou a efektivní detekce rostlin plevelů na pozemku je nutné využít senzorovou techniku nesenou na různých platformách. Plevelé mohou být na zemědělské půdě detekovány na základě spektrálních nebo tvarových vlastností, případně jejich kombinace. Využití spektrálních charakteristik je doménou zejména dálkového průzkumu, kde kvůli větší vzdálenosti senzoru od povrchu země obvykle není zajištěno dostatečné prostorové rozlišení snímků k rozpoznání tvaru jednotlivých rostlin. Ten je naopak možné snadno zachytit pozemními kamerovými systémy.

Dálkový průzkum země (DPZ)

Metody dálkového průzkumu využívají oblast vlnových délek záření převážně v rozmezí od 400 do 2500 nm, přičemž pro rozpoznání vegetace od pozadí je významná spektrální odrazivost zejména v červeném pásmu, které odpovídá vlnovým dĺlkám přibližně mezi 600 a 720 nm, a dále NIR pásmu, které je definováno vlnovými dĺlkami od 720 do 1500 nm. Zatímco půda vykazuje podobnou odrazivost v obou těchto pásmech, v případě rostlinné vegetace je většina červeného záření pohlcena a NIR záření naopak z velké části odraženo (viz obr. 1). Silná absorpce červeného záření vegetujícími rostlinami je dána jeho využitím při fotosyntéze (Lillesand a kol. 2004, Scottford & Miller 2005). U rostlin dochází k silné absorpci také v případě modrého záření (400 - 500 nm), avšak to je pohlcováno v podobné míře i půdou a pro odlišení vegetace je tedy méně vhodné.



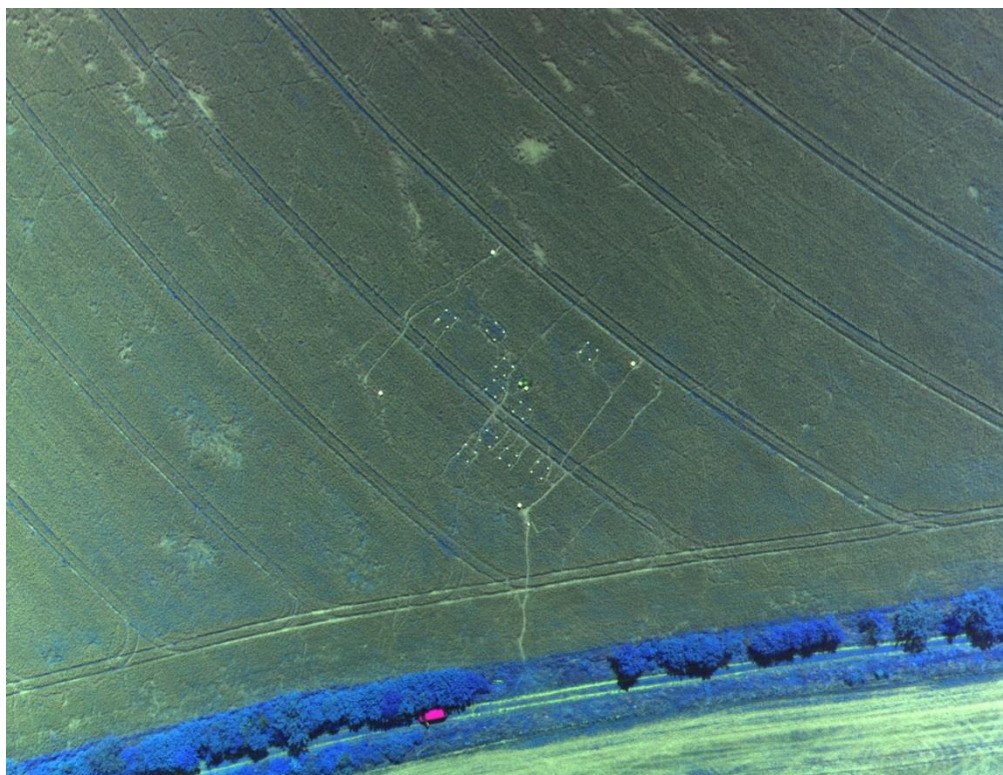
Obr. 1. Křivka spektrální odrazivosti půdy, zelené vegetace (vojtěška) a odumřelé vegetace (sláma obilnin).

Pro identifikaci vegetace a tedy i plevelů na základě spektrálních vlastností jsou obvykle využívány tzv. vegetační indexy, tedy matematické kombinace hodnot odrazivosti v jednotlivých spektrálních pásmech. Právě významný rozdíl v odrazivosti (λ) mezi NIR a červeným pásmem je základem výpočtu tzv. NDVI indexu (Normalized Difference Vegetation Index):

$$NDVI = \frac{\lambda_{NIR} - \lambda_{RED}}{\lambda_{NIR} + \lambda_{RED}}$$

Díky normalizaci zajištěné součtem obou pásem ve jmenovateli je zajištěna relativní odolnost NDVI ke změnám světelných podmínek při snímkování. NDVI nabývá vždy hodnot v rozsahu od -1 do +1, přičemž zelená vegetace obvykle překračuje hodnotu +0,5 (Ashley & Rea 1975). Na bázi NDVI byly později vytvořeny další indexy omezující vliv půdy na spektrální odezvu porostu, např. SAVI, OSAVI apod. (Huete 1988, Baret a kol. 1989, Qi a kol. 1994), avšak stále se jedná o indexy vhodné převážně pro odlišení zelené vegetace od nevegetačního pozadí nebo do odumřelé vegetace. V případě detekce plevelů jsou tedy tyto indexy využitelné zejména pro rozpoznání plevelů na strništi, na podmítce, nebo v porostech dozrávajících plodin, kdy plodina už ztrácí vysoké hodnoty NDVI. Příkladem může být relativně snadná

detekce pcháče v porostu dozrávající obilniny na základě multispektrálního snímku (Obr. 2). Odlišení plevelů v zelené, vegetující plodině (např. na počátku vegetace) je mnohem náročnější úkol. Předpokládá buď existenci významného rozdílu ve spektrálních vlastnostech mezi plevelem a plodinou, nebo využití tvarových charakteristik rostlin.



Obr. 2. Snímek multispektrální kamery zobrazující výskyt plevelů (modré zbarvení) v porostu dozrávající obilniny.

Hlavními faktory, které určují použitelnost dálkového průzkumu pro detekci plevelů, jsou tedy prostorové a spektrální rozlišení získaných dat. Prostorové rozlišení je dáno jednak fyzickým rozlišením použitého senzoru, ale zejména jeho výškou nad porostem. Pro snímkování může být využito buď leteckých, nebo satelitních platforem. Obecně platí, že letecké snímky poskytují vyšší prostorové rozlišení než satelitní data. V případě satelitních platforem se prostorové rozlišení pohybuje obvykle mezi 1 - 50 m/pixel, přičemž platformy poskytující rozlišení alespoň 3 pixel mohou být za určitých podmínek využité pro detekci větších ohnisek plevelů vyskytujících se na zemědělské půdě. Např. Jacobi a kol. (2006) použili data ze satelitního systému QuickBird pro detekci ohnisek plevelů v cukrové řepě. Kvůli nízkému prostorovému rozlišení bylo možné detekovat pouze ohniska pcháče osetu větší než 2 m. Vyššího prostorového rozlišení může být dosaženo leteckým snímkováním, Lamb a kol. (1999) použil multispektrální snímkování s pomocí letadla pro identifikaci ovsa hluchého v porostu triticales. Prostorové rozlišení 0,5 m umožnilo rozpoznat ohniska s hustotou tohoto plevelu vyšší než 16 rostlin/m². V případě použití vrtulníku nebo bezpilotních platforem lze díky malé letové výšce a nízké letové rychlosti získat kvalitní snímky s podstatně vyšším prostorovým rozlišením. Při letových výškách v řádu několika desítek metrů nad porostem se prostorové rozlišení snímků pohybuje obvykle v jednotkách centimetrů. Vlastní odlišení

roślin ve snímcích probíhá obvykle na základě spektrálních charakteristik, s výjimkou nejpokročilejších systémů, kde jsou využívány i vlastnosti tvarové (např. SAM-Dimension 2022).

Spektrální rozlišení je dáno počtem spektrálních pásem, která jsou samostatně snímána a zaznamenávána pro každý pixel snímku. Multispektrální data pokrývají jen několik spektrálních pásem a poskytují tedy zjednodušenou informaci o spektrálních vlastnostech snímkaných objektů. Hodí se zejména pro situace, kdy jsou plevely snadno spektrálně odlišitelné od pozadí. Naproti tomu hyperspektrální senzory měří odrazivost pro velký počet úzkých spektrálních pásem a poskytují tak přesnější informaci o průběhu spektrální křivky objektu. Pomocí těchto senzorů lze nalézt i relativně malé spektrální rozdíly mezi jednotlivými rostlinnými druhy a využít je pro detekční algoritmus. Problémem hyperspektrálních senzorů je obecně jejich vysoká cena a hmotnost, v kombinaci s nižším prostorovým rozlišením. Aktuálně jsou však již k dispozici hyperspektrální kamery s relativně nízkou hmotností, které je možné montovat na vrtulové bezpilotní platformy střední velikosti (např. Cubert 2022, Senop 2022). Na základě dat z hyperspektrálních senzorů lze vyhledávat konkrétní vlnové délky, v nich se vzájemně liší odrazivost u jednotlivých rostlinných druhů a vytvářet nepřehledné množství úzkopásmových vegetačních indexů. Lze také použít pokročilejších metod klasifikace, jako jsou LDA (lineární diskriminační analýza), SVM (support vector machines) nebo neuronové sítě.

Dálkový průzkum má v současné době pro cílenou regulaci zaplevelení zatím omezený význam. Rozlišení satelitních snímků není dostačující k tomu, aby bylo schopné zachytit plevely v časných růstových fázích. Kromě toho hrozí rušení snímků atmosférickými vlivy, zejména oblačností. Pro detekci plevelů v současné době představují značný potenciál zejména bezpilotní letecké platformy, a to zejména díky nízkým provozním nákladům, malé letové výšce a tím možnosti dosažení vysokého prostorového rozlišení dat. Rozsáhlejší využití těchto platforem zatím limituje jejich nižší výkonnost daná zejména nedostatečnou výdrží akumulátorů a tím nutností opakovaných startů při snímkování větších pozemků.

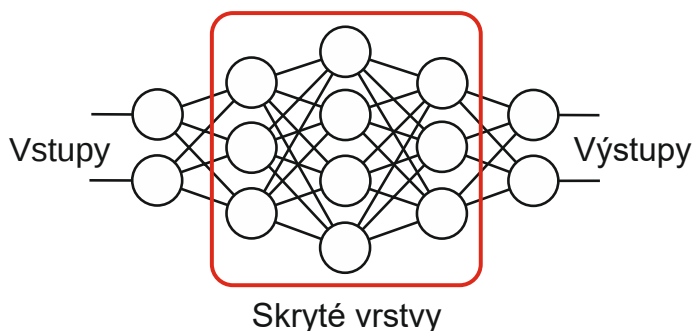
Pozemní senzorová technika

Pozemní systémy pro detekci plevelů lze rozdělit do dvou základních skupin. Na jedné straně stojí metody, které pomocí senzorů jsou schopny pouze rozlišit, zda se na určité ploše nalézá odpovídající množství biomasy a podle toho otevřít či uzavřít trysky postřikovače (např. Weed seeker). Tato technika funguje jednoduše a rychle, je cenově poměrně výhodná a v praxi snadno použitelná. Nevýhodou však je, že nelze odlišit plevely od plodiny a lze tedy hodnotit zaplevelení jen v mezíporostním období (např. na strništi) nebo v meziřádcích širokořádkových plodin.

Na druhé straně je vyvíjena celá řada metod uplatňujících komplexnější senzorové systémy, schopné sběru podrobných dat o rostlinném spektru na pozemku. S rozvojem pozemních senzorových platforem je spojená dvojice přístupů. Na jedné straně se podobně jako u výše

zmíněných metod jedná o cestu k zpřesnění jednotlivých operací, ovšem na straně druhé jsou platformy neodmyslitelně napojeny na koncepci autonomní agrární roboty. Mezi příklady zpřesnění zásahů proti plevelům lze zmínit intra-řádkovou plečku (Pallotino a kol. 2018), využívající kamerového systému snímajícího spektrum viditelného světla, či detekční systémy pro postřikovače postavené na užití multispektrálních kamer (Sharma a kol. 2020). U koncepčních autonomních robotů se pak jedná o kombinace senzorů umožňujících vedle detekce plevelných rostlin i praktickou orientaci v prostoru. Obecně se jedná o pomalu se rozvíjející disciplínu, která do svého fungování postupně zařazuje pokročilejší přístupy umělé inteligence.

Základem výše zmíněných algoritmů je disciplína umělé inteligence zvaná strojové učení. Rámcově se jedná o technologii užívající mnohočetných sítí neuronů inspirovaných strukturou lidského mozku (viz Obrázek 1.), které skrze opakovanou expozici vybraným informacím získávají schopnost nacházet tvarové, či barevné vzory (Le Cun a kol. 2015). Samotný proces tréninku neuronových sítí se v případě detekce objektů staví především na bázi prezentace mnoha snímků vybraných druhů, které mohou využívat vícero spektrálních pásem. V návaznosti na trénink vybrané neuronové sítě dochází k evaluaci a testování výstupních hodnot. Procesy jsou realizovány srovnáním klasifikační úspěšnosti modelu na náhodně vybraných datech, jejichž zaznamenaný obsah je následně statisticky srovnáván s výstupem testované sítě.



Obr. 3. Schématické znázornění neuronové sítě

Ačkoliv neuronové sítě umožňují poměrně širokou škálu možností pro identifikaci jednotlivých druhů, nejširšího zastoupení se obecně dostává lehčím (méně komplexním) modelům, které jsou schopny rozpoznat plodinu od plevelných rostlin. Pro podobnou prakticky binární detekci je dle možné použít běžné RGB (viditelné spektrum) snímky získané komerčně dostupným dronem (Dos Santos Ferreira a kol. 2017). V rámci komplexnějších modelů, schopných rozpoznání jednotlivých plevelných druhů nachází své uplatnění multispektrální a hyperspektrální kamery. Užití multispektrální kamery pro úspěšnou klasifikaci mezi 22 druhy plevelných rostlin validuje např. Dyrmann a kol. (2016), dosahující 86 % přesnosti. Většina navazujících experimentálních přístupů dosahuje stabilní klasifikační přesnosti přesahující 95 % při užití rozličných dat a spektrálních pásem (Farooq a kol. 2017; Alam a kol. 2020).

Obecně lze říci, že význam pokroku v experimentálním prostředí bezpochyby směřuje správným směrem, ovšem reálnost implementace do praktického prostředí zůstává značně limitovaná. Na jedné straně brání většímu rozšíření do praxe pořizovací cena komplexních systémů, nutných pro úspěšnou implementaci. Ovšem na straně druhé zůstává primárním problémem integrace technologie na existující nástroje a dostatek kvalifikovaných operátorů pro běžné fungování v prostředí praxe. Pro další rozvoj autonomního fungování zemědělství je zařazení strojového učení do praxe zcela jednoznačně zásadním elementem úspěchu, ovšem jeho realita zůstává nadále věcí budoucnosti.

Metody a technika pro cílené regulační zásahy

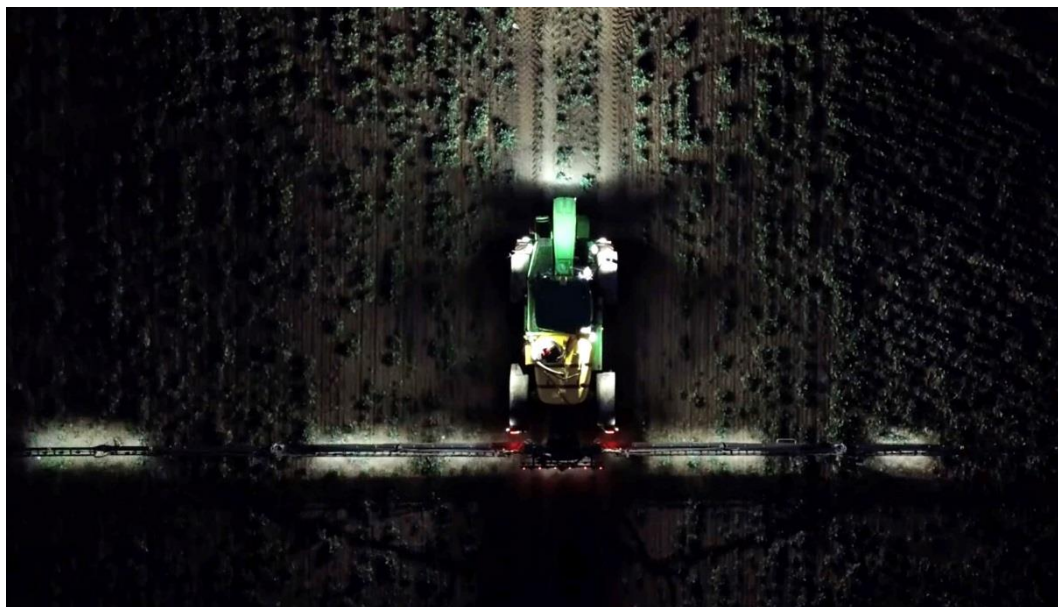
Z ekologického hlediska je racionální rozdělit zásahy proti plevelům na chemické a nechemické. Chemické regulační zásahy velmi účinné a v porovnání s ostatními způsoby regulace plevelů také levné. Hrozí však kontaminace půdy a někdy také sklizeného produktu rezidui herbicidů. Jsou tedy využívány zejména v případě plodin pěstovaných v režimu konvenčního zemědělství. Ekologické zemědělství spoléhá převážně na mechanické způsoby odstraňování plevelů. Mezi ostatní nechemické způsoby regulace plevelů patří např. metody termické, elektrické, biologické. Experimentálně jsou tyto metody podrobně studovány, v praxi se však dosud jedná o minoritně využívané možnosti.

Technika pro variabilní aplikaci herbicidů

Postřikovače umožňující aplikaci jedné postřikové kapaliny

Pro jednodušší formu variabilní aplikace herbicidů postačuje běžný postřikovač vybavený automatickým ovládáním jednotlivých sekcí a navigačním systémem. Tato technika umožní rychlé otevírání a uzavírání sekcí postřikovače na základě aplikační mapy bez nutnosti další investice. Nevýhodou však je, že není možné v průběhu aplikace měnit dávkování pro jednotlivé sekce v závislosti na intenzitě výskytu plevelů. Tento problém řeší tzv. pulzní modulace trysek (Obr. 4.). Systémy s pulsní modulací umožňují krátkými pulsy docílit snížení průtoku tryskami, aniž by došlo k výraznému ovlivnění kapénkového spektra kapaliny procházející tryskou. V kombinaci s automatickým přepínáním trysek o různé velikosti tak lze docílit širokého rozsahu regulace dávky. Systém pulzní modulace má v současné době v nabídce již většina předních výrobců aplikační techniky. Do této kategorie je možné zařadit také technologii Blue River nabízenou společností John Deere. Jedná se o aplikační systém, který na základě kamerového detekčního systému dokáže rozpoznat rostliny plevelů v porostu plodiny a s vysokou přesností zacílit aplikaci na tyto plevele.

Společným nedostatkem výše uvedených systémů však zůstává nemožnost nezávislé aplikace více herbicidních látek. V případě potřeby ošetření více přípravy je tedy nutné uskutečnit jejich aplikaci samostatně (opakovaným přejezdem pozemku) nebo použitím tank-mixu více přípravků. V takovém případě však dojde ke snížení úspory přípravků, protože aplikace jedné herbicidní látky automaticky znamená aplikaci všech přípravků v tank-mixu. Některé herbicidní látky tedy budou aplikovány i na místa, kde jejich aplikace není potřebná a často ani žádoucí.



Obr. 4. Aplikace s využitím pulzní modulace trysek (foto: Kroulík)

Postřikovače umožňující současnou aplikaci více postřikových kapalin

Pro umožnění nezávislé aplikace více pesticidních látek jsou vyvíjeny aplikační systémy obsahující více hydraulických okruhů včetně samostatných nádrží na postřikovou kapalinu. Např. Gerhards & Oebel (2006) vyvinuli experimentální postřikovač pro nezávislou aplikaci tří postřikových kapalin. Každý okruh postřikovače je ovládán samostatnou aplikační mapou. Tento počet je pro běžné praktické použití dostačující a oproti standardním postřikovačům zajistí úsporu času při cílené aplikaci. Na druhou stranu složitost konstrukce výrazně zvýší cenu stroje a také jeho poruchovost. To je pravděpodobně důvodem, proč takovýto postřikovač není ani v současné době komerčně dostupný.

Přímá injektáž přípravků

Systémy přímé injektáže přinášejí v základním principu řešení vhodné pro cílené pesticidní zásahy, kdy nemusí být předem známa spotřeba postřikové jichy. K mísení přípravků s vodou zde dochází až v průběhu aplikace. Přípravky jsou čerpány obvykle přímo z původních obalů a dávkování přípravku je zajištěno pomocí mikročerpadel nebo elektromagnetických ventilů. V nádrži postřikovače je tedy pouze voda a po ukončení aplikace nezůstávají žádné zbytky

postřikové jíchy. Další výhodou je možnost změny dávky jednotlivých přípravků v průběhu aplikace, přičemž počet aplikovaných přípravků je kromě jejich mísitelnosti omezen jen počtem dávkovacích mikročerpadel.

Výrazným nedostatkem, který v současné době limituje použití těchto systémů je zpoždění skutečné aplikace přípravku oproti signálu k aplikaci. Toto zpoždění je způsobeno zejména nutností dopravy namíchané postřikové jíchy k aplikačním tryskám. V závislosti na místu přípravy postřikové jíchy je možné vymezit tři základní uspořádání tohoto systému. Nejjednodušší formou je centrální aplikace do hlavního potrubí, kdy jsou přípravky injektovány do systému obvykle ještě před filtrační jednotkou. To zajišťuje velmi dobrou homogenizaci postřikové kapaliny, avšak kvůli značné vzdálenosti trysek od místa injektáže vykazuje tento typ značné zpoždění aplikace, které může činit i desítky vteřin. V přepočtu na vzdálenost tak může horizontální posun aplikace dosahovat desítek nebo v některých situacích i stovek metrů. Z tohoto důvodu není takovýto systém pro cílenou aplikaci herbicidů v praxi použitelný.

Další variantou je injektáž přípravků do jednotlivých sekcí postřikovače. Tím jsou výrazně zkráceny dopravní vzdálenosti postřikové kapaliny, a tedy i snížena chyba aplikace, která může klesnout pod 20 m. V takovém případě by systém mohl být využitelný pro aplikace prováděné na základě předem známé mapy, kde je možné při ovládání sekcí toto zpoždění do jisté míry zohlednit. Řešení je však stále nevhodné pro on-line použití, kdy trysky postřikovače musí bezprostředně reagovat na situaci vyhodnocenou pomocí senzorů.

Poslední variantou je injektáž přípravků přímo k jednotlivým tryskám. Takto lze dále významně zkrátit čas potřebný k přípravě postřikové kapaliny a její aplikaci na méně než jednu vteřinu, což může dostačující i pro některé on-line aplikace. Takovéto uspořádání však vyžaduje montáž několika elektromagnetických ventilů před každou aplikační trysku spolu s přívodem koncentrovaných přípravků k těmto ventilům. Zkrácení vzdálenosti mezi ventilem a tryskou kromě toho způsobuje značné problémy s homogenizací postřikové jíchy. Je třeba zajistit dodatečnou dispergaci přípravků pomocí mísících komůrek umístěných před trysku (Vondříčka & Schulze Lammers 2009). Značná složitost takové konstrukce a tím i vysoká cena zatím brání praktickému využití při variabilní aplikaci. Stroje umožňující přímou injektáž přípravků k jednotlivým tryskám jsou dosud spíše předmětem vývoje.

Technika pro mechanickou regulaci plevelů

Stroje pro cílené mechanické zásahy proti plevelům jsou vhodné zejména pro pěstební systémy se sníženými nebo nulovými herbicidními vstupy. V západní Evropě jsou již poměrně často využívány zejména v ekologickém zemědělství. Z hlediska operačních schopností je možné tuto techniku rozdělit do třech základních skupin.

První skupinu představují plečky naváděné v meziřádku plodin pomocí navigačního systému nebo optických senzorů. Algoritmy využívané pro detekci řádků mohou být v tomto případě poměrně jednoduché a rychle pracující. Oproti manuálnímu navádění plečky je možné se

více přiblížit k rostlinám pěstované plodiny a zvýšit pracovní rychlost bez rizika jejího poškození, což vede k významnému nárůstu účinnosti regulačního zásahu (např. Kunz a kol. 2018). Je také možné tyto systémy využít pro plodiny pěstované v úzkých řádcích. Přesto je třeba počítat s tím, že plevel uvnitř řádku nejsou zasaženy a v případě zelenin, okopanin a dalších plodin s nižší konkurenční schopností mohou způsobit významnou ztrátu výnosu. Je tedy nutné plečkování doplnit dalšími regulačními zásahy, např. pásovou aplikací herbicidu, manuálním dočištěním porostu nebo v případě pravidelného sponu rostlin i dalším plečkováním v kolmém směru.



Obr. 5. Plečka pro zpracování meziřádků naváděná pomocí optických senzorů (foto: Brant)

Vyšší účinnosti je možné dosáhnout systémy určenými pro plečkování uvnitř řádku, to znamená odstranění plevelů mezi jednotlivými rostlinami pěstované plodiny. Z komerčních systémů je možné zmínit např. K.U.L.T. Robovator, který pracuje na principu dvou protilehlých nožů, které se v blízkosti plodiny rozevírají tak, aby nedošlo k jejímu poškození (Robovator 2022). Dalším systémem je Garford Robocrop InRow Weeder (Obr. 6), u něhož nože vykonávají krouživý pohyb na vertikálním excentru a během jízdy tak z boku vstupují mezi jednotlivé rostliny (Garford 2022). Tyto systémy předpokládají dostatečnou vzdálenost

mezi rostlinami a hodí se tedy zejména pro plečkování vzrůstnějších druhů zelenin, jako např. hlávkového salátu nebo zelí. Další podmínkou je velmi přesné navádění pracovních orgánů, které je zajištěno obvykle optickým systémem vybaveným pokročilými algoritmy umělé inteligence, nebo kombinací navigačního a optického systému. Nevýhodou těchto strojů je kromě ceny také nižší pracovní rychlost, což vede k poměrně vysoké potřebě práce.



Obr. 6. Plečka Garford umožňující zásah proti plevelům i uvnitř řádků plodiny (foto: Kroulík)

Tuto nevýhodu se snaží odstranit robotické plečky. Jedná se v principu o předcházející kategorii pleček, které jsou navíc umístěny na autonomní platformě schopné samostatného pohybu po pozemku. Potřeba lidské práce se tedy omezuje na operační kontrolu a údržbu stroje. V Evropě je vyvíjeno několik systémů pro mechanickou regulaci zaplevelení, které jsou v různé fázi komercializace (např. citace). Mezi nejpokročilejší systémy, které jsou již významně uplatněny v zelinářských provozech patří např. robot DINO od společnosti Naïo Technologies (Obr. 7), dále systém Remo weed vyvíjený společností Ferrari Costruzioni a v neposlední řadě také platforma Robotti společnosti Agrointelli (Obr. 8).

Kromě robotických pleček jsou vyvíjeny i robotické platformy pro jiné způsoby regulace plevelů, např. robotický postřikovač nebo platformy založené na principu laserového paprsku či vysokého napětí. Tyto systémy se však v praxi zatím významně neuplatnily.



Obr. 7. Polní robot Naïo DINO (foto: Kroulík)



Obr. 8. Polní robot Agrobot Robotti (foto: Kroulík)

Závěr

Metody cílené regulace zaplevelení mají významný potenciál při snižování pesticidních vstupů při výrobě potravin. Je předpoklad, že tyto trendy budou silně prosazovány ve snaze dosažení cílů vytyčených Evropskou komisí. Přestože některé technologie jsou již prakticky

využívány, jedná se zatím spíše o omezené nasazení ve specifických podmínkách. Aby bylo dosaženo jejich praktické použitelnosti v širokém měřítku, je třeba zajistit větší přesnost, robustnost a rychlost detekčních algoritmů, jednodušší obsluhu a standardizované komunikační platformy umožňující snadnější výměnu dat. V případě postřikovačů je dále nutné vyvinout systémy umožňující nezávislou aplikaci více herbicidních látek.

Novinky v oblasti zařízení pro aplikaci přípravků na ochranu rostlin

Ing. Petr Harašta, Ph.D.

Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský, Zemědělská 1752/1a, 613 00 Brno

Omezování úletů, moderní design, snadné ovládání, ale zejména prvky precizního zemědělství a informační technologie v současné době ovlivňují i aplikaci přípravků na ochranu rostlin (POR). Inovace v oblasti přímé injektáže, příčné i podélné distribuce postřiku, vertikální distribuce postřiku, cílené (bodové) nebo pásové (řádkové) aplikace, zkvalitnění komfortu pro obsluhu, míchání postřiku, přesné aplikace za využití GPS a bezkontaktní plnění POR-to je jen několik příkladů. Velký vliv na zavádění a využívání těchto trendů mají zejména evropské strategie a ruku v ruce s nimi jdou aktivity v ochraně životního prostředí. Výrobci hledají také alternativní řešení, tzn. jakou technologií nahradit aplikaci POR, nejčastěji herbicidů.

Přesnost, efektivnost a bezpečnost při aplikaci

Inovace v aplikační technice se dnes zaměřují na postupy, které omezují nežádoucí úlety postřiku, zlepšují funkce zařízení pro aplikaci. Ztráty způsobené úletem sice nejsou velké, ale mohou způsobit znečištění necílových ploch a mohou také zasáhnout vodní zdroje.

Problematika udržování konstantní dávky postřiku na ošetřované ploše je mnohaletým problémem. Řeší se úpravou a zpřesňováním dávkovacích systémů postřikovačů. Možnosti využívání bodové nebo pásové aplikace, Nejzákladnějším pravidlem je dodržování pojezdové rychlosti a nastaveného pracovního tlaku.

Trysky

Výrobci trysek zvyšují protiúletové vlastnosti svých trysek a také reagují na současné trendy. Firma AGROTOP se také zabývá vývojem nových inovativních aplikačních technologií. Pásový a bodový postřik jsou technologie, na které je v současnosti zacílena pozornost odborníků, zaměřujících se na snížení celkového používání POR, a to buď ošetřením pouze části pole, nebo bodovým postřikem řízeným senzory.

Každá z těchto technologií vyžaduje trysky s úzkým úhlem výstřiku, které produkují směrovaný postřik do cílové oblasti. To vše v kombinaci s rychle reagující tryskou, schopnou vyrovnat se s intervaly okruhu tvořeného solenoidovým ventilem a hrubý postřik pro nejlepší kontrolu úletu, čímž se minimalizují aplikace mimo cílovou plochu.

Tyto trysky nesou označení AGROTOP RowFan nebo SpotFan s úhlem výstřiku 40° (např. RowFan 40-01 E; SpotFan 40-02)

Trysky pro pásový a bodový postřik

Pásový a bodový postřik jsou techniky, na které je v současnosti zacílena pozornost všech, kdo se zajímá o aplikaci POR s důrazem na snížení celkového používaného množství. Jednou z možností je ošetření pouze části pole (pásový postřik nebo bodový postřikem řízeným senzory). Každá z těchto technologií vyžaduje trysky s úzkým úhlem výstřiku, které produkují směrovaný postřik do cílové oblasti. Tyto trysky nesou označení např. RowFan nebo SpotFan s úhlem výstřiku 40° (např. RowFan 40-01 E; SpotFan 40-02) – výrobce AGROTOP GmbH.

Nechemické technologie – cesta ke snížení používání POR?

Výrobci aplikační techniky aktivně pracují na vylepšeních a funkcích zpřesňujících aplikaci a snižujících spotřebu POR. Zabývají se však také nechemickými technologiemi, které by mohly nahradit používání POR, zejména pak herbicidů. Ošetřování polních plodin nebo prostorových kultur proti plevelům nebo nežádoucí zeleni nebo údržba veřejných ploch (hlavně chodníků a cest v obcích nebo dalších veřejně přístupných plochách. Pro tyto činnosti nabízejí výrobci různé technologie a možnosti. Od čisté vody (aplikované vysokým tlakem), přes horkou vodu, horkou páru, plamen až po elektrický proud a další jsou určitě ve vývoji.

Crop.Zone

Hybrid Herbicide™ elektrochemické řešení nahrazující chemické herbicidy. Proces Crop.Zone kombinuje chemickou a fyzikální ochranu rostlin a vytváří tak účinný způsob hubení plevelů. Předběžnou úpravou rostlin látkami, které jsou vysoce přijatelné pro zemědělství, jsou rostliny ošetřovány s mnohem vyšším stupněm účinnosti a nižší spotřebou energie.

Adaptabilita aplikace procesu Crop.Zone je obecně vždy dána, protože modulární konstrukce vysokonapěťových jednotek, systémů trysek a elektrických aplikátorů umožňuje umístění stejných jednotek vedle sebe v závislosti na pracovní šířce.

Elektrická plečka-Elektro fyzikální ošetření plus vodivá kapalina. Toto zařízení je navrženo pro zvýšení herbicidního účinku elektro fyzikální ochrany rostlin šířením netoxických, vodivých kapalných látek a směsí látek.

Caffinni Weed Killer

Caffini Weed Killer je aplikátor, jehož čerpadlo vytváří tlak až 1000 barů a voda aplikovaná pod tímto tlakem ničí plevely nad i pod zemí. V důsledku toho se listy, stonky a kořeny plevelů sekají až do několika centimetrů pod povrch-POUŽÍVÁ POUZE VODU! Caffini má v kontaktu s rostlinami inovativní lalokový rotor. To znamená, že rostliny jsou chráněny před poškozením.

Grasskiller je synonymem pro revoluci v sektoru plevelů. Inovativní systém, který je jeho základem, plně navržený společností Caffini, umožňuje zničení plevelů díky přítomnosti pístového čerpadla. To pracuje při tlaku 1000 barů, aby bylo zajištěno optimální odplevelení bez použití chemických nebo mechanických způsobů, ale pouze s použitím silného proudu vody. Vodní odplevelovací stroj je ideální nejen pro biologické zemědělství, ale i pro tradiční zemědělství, které využívá herbicidy v procesu hubení plevelů. Ekologický herbicidní systém byl patentován v celé Evropě a má dvojí verzi: MONO (s jednou aplikační hlavou) a TWIN (se dvěma aplikačními jednotkami).

Bodová aplikace

Skupina Exel Industries, která zastřešuje značky postřikovačů Agrifac, Apache, Berthoud, Evrard, Hardi a Tecnomat, bude od konce roku 2022 zavádět u svých postřikovačů nový systém bodového postřiku pod názvem 3S Spot Spray Sensor.

Společnost Exxact Robotics vyvinula technologické řešení pro sběr a analýzu snímků v reálném čase prostřednictvím umělé inteligence. Řešení umožňuje odhalit škodlivé organismy, jako jsou plevely, choroby a škůdci, a také stanovit požadavky na jejich postřik. Vysoce přesné senzory používané systémem 3S Spot Spray Sensor umožňují odesílat tyto informace do řídicí jednotky postřikovače, která zabezpečuje správnou dávku postřikové kapaliny na detekované místo na ošetřovaném pozemku.

Společnosti se podařilo vyvinout plně integrovanou technologii v postřikovacím rámu postřikovače. Technologie je účinná v jakýchkoliv podmínkách, ve dne i v noci a při aplikaci postřiku vyššími pracovními rychlostmi.

První postřikovací ramena s výše uvedenou technologií se dostanou na trh v letošním roce. Technologie bude dále vyvíjena, aby bylo možné v roce 2024 cíleně aplikovat hnojiva a další živiny. Firma předpokládá, že v roce 2025 bude systém schopen cíleně aplikovat fungicidní a v roce 2026 insekticidní přípravky.

Výbava pro ochranu životního prostředí a bezpečnost obsluhy

Ne vždy je však jednoduchost zařízení tím nejvhodnějším řešením. Zde je potřeba brát v úvahu rozšiřující se požadavky na výbavu postřikovačů, zejména vzhledem k ochraně životního prostředí a zdraví obsluhy; jako jsou např. **systémy proplachu, plnicí násypky** (= **přimíchávací zařízení, ekomixér**) nebo **systémy bezkontaktního plnění POR**.

Důležitým parametrem u všech postřikovačů je tzv. **technický zbytek** kapaliny v nádrži po aplikaci.

Také je třeba vědět, jakou výbavu pro postřikovače uvádějí platné technické normy. Zejména se jedná o **mezinárodní harmonizovanou normu ČSN EN ISO 16119**. O uvedených funkcích se dnes hovoří podstatně méně ve srovnání s diskusemi např. o systémech PWM, bodové aplikace nebo ovládání jednotlivých trysek na rámu postřikovače při aplikaci. Jejich přítomnost a funkce je však nezanedbatelná právě pro minimalizaci rizik pro životní prostředí i zdraví obsluhy.

Systém proplachu/oplachu postřikovače by měl být v současné době již samozřejmostí stroje. Nádrž na čistou vodu, která slouží právě k provedení výplachu postřikovače po aplikaci nebo jeho vnější očištění (jak to uvádí vyhláška č. 207/2012 Sb.) je běžnou výbavou moderních strojů. Ovládání a funkce proplachu/oplachu závisí na provedení tohoto systému jednotlivými výrobci. Druhá věc je, zda a jak jsou tyto systémy používány.

Plnicí násypky (nebo také ekomixéry, přimíchávací zařízení atp.) dnes patří k běžné výbavě každého postřikovače. Jsou určeny pro kvalitní a správné vpravení POR do nádrže postřikovače a jejich důkladné rozmíchání. Tyto násypky jsou vybaveny také rotační oplachovou tryskou uvnitř nádržky, kterou lze vyplachovat prázdné obaly od použitých POR. Jejich použití je také součástí pravidel pro přípravu postřikové kapaliny uvedených ve vyhlášce č. 207/2012 Sb.

CTS (Closed Transfer System) - bezkontaktní plnění

Výbava postřikovačů, která v současné době diskutována zejména ve spojení s použitím některých POR, je tzv. **bezkontaktní plnění POR**. Jedná se o vybavení-adaptéry, které umožňují plnění POR z originálních obalů, ať jen části nebo celého obsahu obalu, do nádrže postřikovače nebo nádržky plnicí násypky způsobem, který úplně eliminuje kontakt obsluhy s POR.

Jejich konkrétní použití se řídí pokyny výrobců těchto systémů stejně jako kterýkoliv jiný stroj nebo zařízení. Mezi tyto lze zařadit např. systém Easy Flow od Agrotop GmbH., systém od firmy Polmac (tento se montuje na víko přimíchávacího zařízení), od firmy BASF a CleanLoad Nexus od firmy Pentair, který je v současné době nejvíce diskutován nebo třeba GoatThroat Pump – CTS pro velké obaly (barely, IBC atp.). V některých zemích je vedena diskuse o používání těchto systémů jako povinné výbavě postřikovače nebo místa pro plnění nádrže POR a přípravu postřikové kapaliny.

Je potřeba v první řadě hovořit o tom, co všechno lze pod pojmem CTS (Close Transfer System) nalézt. Pouze EasyFlow and CleanLoad Nexus? Nebo i další systémy, které byly nebo jsou za tímto účelem vyvíjeny, nabízeny a je přezkušována jejich účinnost?

V JKI v Braunschweigu provádí ověřování použití takových systémů a podrobuje je důkladnému prověření i z hlediska rizik plynoucích z použití CTS pro obsluhu.

U nás se k používání těchto systémů přistupuje poněkud nesystémově. Jejich použitím je podmíněno nakládání s některými POR, ale při vydávání/stanovování těchto podmínek se neuvažuje o tom, zda jsou na trhu nebo již v používání.

V první řadě by měly být tyto systémy jednotně pojmenovány. U nás se můžeme setkat s pojmy: „uzavřený přepravní systém“, „uzavřený přečerpávací systém“, „uzavřený plnicí systém“ atp. Jedná se vždy o CTS? Splňují stejné minimální požadavky?

Některé systémy jsou dostupné již řadu let (EasyFlow, Polmac), ale postřikovačů vybavených tímto systémem není mnoho. Tyto systémy (EasyFlow, CleanLoad Nexus) jsou vyvinuty pro plnění POR do postřikovače z obalů do velikosti 10 l (max. 15 l-uvádí některé firmy). Otvory všech obalů, pro které bychom chtěli použít CTS musejí mít průměr hrdla/otvoru 63 mm. Avšak POR z větších obalů - 20 l a více, nelze pomocí těchto systémů do postřikovače plnit. Je to dáno způsobem použití těchto CTS, také konstrukcí obalů, průměrem otvoru/hrdla (většinou je menší než požadovaný průměr 63 mm, ale hlavně hmotností těchto velkobalení, se kterými je nesnadné manipulovat.

Systém EasyFlow montuje na postřikovače firma AGRIO MZS s.r.o. Systém CleanLoad Nexus bude distribuovat firma AKP s.r.o. U tohoto systému je důležité vybavení obalů POR speciálními uzávěry EasyConnect, které umožňují použití tohoto systému pro plnění POR do nádrže. Řešením pro přepravu POR z větších obalů (20 l a více) se může jevit např. systém Goat Throat Pump, který je montován na hrdla velkých obalů a z nich je obsah (POR nebo jiné tekutiny) odměřován v požadovaném množství a přečerpáván např. do nádrže postřikovače, či nádrže ekomixéru. Ale i zde platí podmínka, aby hrdlo obalu mělo průměr 63 mm. Tento systém sice není podporován výrobcí POR, ale splňuje požadavky na CTS podle ISO 21191 a je využíván pro bezpečnou přepravu kapalin z původních, většinou velkoobjemových obalů.

Komfort a maximální produktivita

Inovace v aplikační technice se dnes zaměřují na postupy, které omezují nežádoucí úlety postřiku, zlepšují funkce zařízení pro aplikaci.

Problematika udržování konstantní dávky postřiku na ošetřované ploše je mnohaletým problémem. Řeší se úpravou a zpřesňováním dávkovacích systémů postřikovačů. Nejzákladnějším pravidlem je dodržování pojezdové rychlosti a nastaveného pracovního tlaku.

Výrobci aplikační techniky aktivně pracují na vylepšeních a funkcích zpřesňujících aplikaci a snižujících spotřebu POR.

AMAZONE, německé postřikovače vyráběné stejnojmennou firmou, zejména řada tažených postřikovačů UX a samochodných postřikovačů Pantera.

Extrémně lehká a odolná konstrukce ramen. Nádrže od 900 až do 11 200 litrů, pracovní záběry od 12 do 40 m. Ramena rozložíte až do 3 variabilních záběrů, což ocení zejména podniky poskytující služby. Zavěšení ramen zajišťuje dokonalou stabilitu. Preciznost aplikace díky systémům AmaSelect – automatická volba trysek podle dávky a vypínání každé trysky. Přednostmi jsou ergonomie a promyšlená konstrukce.

Mezi jeden z inovativních systémů výbavy lze zařadit výše uvedený systém AmaSelect. Jedná se o elektronické spínání jednotlivých trysek a jejich kombinace, které jsou umístěny na držáku v počtu čtyř trysek. Spínání jednotlivých trysek AmaSelect se skládá ze 4násobného držáku trysky s elektrickým zapínáním a vypínáním a dodatečným přepínáním kombinací trysek. Znamená to, že dle přednastavených hodnot dokáže systém AmaSelect přepnout nebo zapnout další trysku dle tlakového rozsahu dané trysky. Jednotlivé držáky s tryskami jsou standardně na postřikovacích ramenech umístěny ve vzdálenosti 50 cm od sebe, pro speciální potřeby je k dostání výbava pro přesazení držáků do vzdálenosti 25 cm od sebe.

Systém prochází neustálou inovací. O tom svědčí i fakt, že pro letošní rok je tento systém na postřikovacích UX a Pantera obohacen o další tři funkce se specifickými názvy AmaSelect Spot (cílená aplikace postřiku), AmaSelect Row (řádková aplikace postřiku) a AmaSelect CurveControl (optimalizace postřiku při jízdě v zatáčkách). Všechny tyto funkce tak primárně přispívají k lepší aplikaci postřiku, optimalizaci dávek, úspoře nákladů a ochraně životního prostředí.

Funkce AmaSelect Spot představuje cílenou aplikaci herbicidu pouze na místo na pozemku, kde se nachází plevel. Software pro tuto funkci byl vyvinut společností AMAZONE s jejím partnerem DroneLink, který pro mapování stavu o zaplevelení pozemku využívá dron.

Další neméně zajímavou funkci představuje AmaSelect Row neboli funkce řádkové aplikace postřiku. Pro využívání této funkce je nezbytné, aby byl postřikovač osazen speciálními tryskami SpotFan. Tyto trysky pracují bez překrývání a aplikují 100 % postřiku po celé šířce kužele. Trysky jsou standardně umístěny ve vzdálenosti 50 cm a 75 cm, dodatečnou výbavou pak lze trysky umístit na libovolnou meziřádkovou vzdálenost. Při zadání meziřádkové rozteče do ovládacího terminálu se automaticky aktivují příslušné trysky.

DynamicDosePlus od firmy AGRIFAC umožňuje upravit dávku pro každou rostlinu individuálně pomocí nové technologie jako součásti NEED Farming-u. To je koncept řízení zemědělství na základě sledování, měření v porostu a na polích a reagování na jejich variabilitu a další proměnné a na přizpůsobování se potřebám každé rostliny individuálně. Je to cesta zpět k základům zemědělství, ale s nejnovějšími technologiemi, které zajistí, že každá rostlina dostane péči, kterou potřebuje. NEED Farming je vlastně péče o specifické potřeby každé rostliny, jakož o potřebu celého pole. DynamicDosePlus zajišťuje, že každá rostlina dostane přesné množství postřiku, které potřebuje. Už se nemusíte rozhodovat, jaké je nejlepší ošetření pro všechny rostliny, ale můžete každou z rostlin ošetřit přesně tak, jak to potřebuje.

Složení půdy, výškový profil, střídání plodin a mnoho dalších proměnných představují obrovskou heterogenitu napříč polem. Postřikovač Agrifac Condor používá aplikační mapu na určení optimální dávky a zajištění správného množství postřiku aplikovaného na to správné místo. Veškerá práce se provádí plně automaticky. Řidič nemusí věnovat pozornost dávkování a může se více soustředit na řízení stroje a kontrolu plodin.

Firma JOHNDEERE vyvinula dva nové tažené postřikovače řady R700i. Oba nové modely, jak R732i, tak R740i jsou vybaveny precizními a inteligentními technologiemi, přičemž si zachovávají osvědčené vlastnosti doposud vyráběných postřikovačů John Deere.

Firma proto implementovala osvědčené funkce z větších tažených postřikovačů řady R900i a samojízdných postřikovačů řady R4100 do postřikovačů střední kategorie. Modely R732i a R740i jsou k dispozici s objemem nádrže 3 200, respektive 4 000 litrů a s rameny s pracovním záběrem od 18 do 30 metrů.

Oba postřikovače disponují prémiovými funkcemi včetně osvědčeného systému PowrSpray. „U systému PowrSpray je plně automatický systém proplachu, plnicí čerpadlo zde dodává do hlavní postřikové nádrže čistou vodu přes oplachové rotační trysky. Postřikové čerpadlo pak tuto vodu rozvádí dál do ramen a přes trysky ven. Automatický systém proplachu může být nastaven v několika režimech, jako například v kontinuálním či krokovém. Jednoduchost nastavení proplachu podtrhuje fakt, že obsluha jej nastaví na dotykovém displeji v pěti logických krocích. Celý systém PowrSpray je navržen tak, aby zjednodušil ovládání, zvýšil postřikový výkon a posunul standard strojů užívaných v chemické ochraně na novou hranici,“ vysvětluje společnost Strom Praha. PowrSpray má dvě hydraulicky poháněná čerpadla. Plnicí čerpadlo plní nádrž rychlostí až 600 l/min, zatímco čerpadlo pro aplikaci postřiku má průtok 750 l/min.

Postřikovače se ovládají přes novou multifunkční páku. K dispozici je i funkce Solution Command pro přesné a snadné plnění, aplikaci a oplach. Postřikovače jsou připraveny na ISOBUS a lze je ovládat pomocí displejů GreenStar 4240 a 4640. Data z provozu lze bezdrátově přenášet až do kanceláře nebo dokonce sdílet s třetími stranami.

Postřikovače je možné dodat se systémem CTS, který zvyšuje bezpečnost obsluhy tím, že umožňuje manipulovat s chemikáliemi, aniž by hrozilo, že se obsluha dostane do styku se škodlivými látkami.

Firma HARDI A/S přišla s novou řadou postřikovačů AEON CENTURA. Stroje byly vyvinuty s ohledem na komfort obsluhy. Do tzv. Work zony byly soustředěny všechny ovládací prvky; obsluha může z jednoho místa kontrolovat všechny potřebné funkce. Nový FluidBox 8000 seskupuje všechny operace na jednu obrazovku; AutoNozzle Control zajišťující automatické řízení jednotlivých trysek a nové přimíchávací zařízení TurboFiller s integrovaným pracovním stolcem usnadňuje plnění. Platforma HARDI SmartCom má nové funkce, systém řízení ComfortTrack s dálkově ovládaným kapalinovým systémem.

Automatické řízení jednotlivých trysek AutoSelect „vyměňuje trysky za chodu“. Programový systém je vybaven funkcí AutoWash, pomocí které zajišťuje vysokou účinnost čištění stroje.

Firma HORSCH vyvíjí nový nesený postřikovač. Nádrž bude mít objem nádrže 1 400 až 1800 litrů a 2 200 litrů – kapacitu bude možné rozšířit použitím [čelní nádrže](#) (uchytí se do předního závěsu traktoru). Postřikovač ponese označení Leeb CS a jeho ramena budou mít pracovní záběr až 30 metrů. Ramena budou vybavena systémem Boom Control, pomocí kterého je ovládána/udržována výšky postřikovacích ramen ultrazvukovými senzory. Čerpadlo bude mít průtok 400 l/min. Firma HORSCH přidala ke svým strojům typ Leeb AX a nový samojízdný typ PT. Nový je rovněž typ Leeb 12 TD vybavený tandemovou nápravou a nádrží s objemem 12000 litrů z nerezové oceli. Standardem u tandemového postřikovače je hydraulické odpružení. Na přání byl dodán postřikovač s aktivním řízením obou náprav. Na přání zákazníka byl postřikovač dodán na pneumatikách 620/70 R 42. Pracovní záběr postřikovač je 36/24/12 m s tou nejvyšší výbavou ramen BoomControl PRO PLUS se 6 ultrazvukovými senzory. Každá část ramene se může nastavit samostatně, aby bylo dosaženo co největší přesnosti při aplikaci a zároveň byl eliminován úlet. Celý záběr byl osazen pulzním systémem PrecisionSpray s držáky trysek 25 cm. Pulzní systém dokáže aktivně řídit množství kapaliny, které proteče každou jednotlivou tryskou. Každý držák trysky je zároveň i samostatná sekce, a tak se po celém záběru nachází 144 sekcí + krajové trysky. Ovládání postřikovače probíhá z terminálu v kabině nebo na boku postřikovače, jak to již známe u systému CCS PRO, kdy je postřikovač vybaven kombinací hlavního odstředivého čerpadla o výkonu 1.000 l/min, a v našem případě si zákazník objednal nerezové odstředivé čerpadlo, s písto-membránovým čerpadlem.

TECNOMA LASER 52300 L3X je samojízdný stroj, který výbavou následuje trendy precizního zemědělství. Systém OSS přepíná mezi dvěma až čtyřmi tryskami a upravuje dávku podle aktuální rychlosti. Standardně se využívá pro dvě trysky, které jsou schopny pokrýt pracovní rychlost od 5 do 25 km.h⁻¹ a dávku od 50 do 250 l. ha⁻¹.

IndividualNozzle ControlSystem (INCS) zapíná a vypíná trysky individuálně, což zvyšuje přesnost postřiku. Spojením tohoto systému s OSS je práce s tímto strojem ještě přesnější.

Český výrobce AGRIO MZS s.r.o. soustřeďující se na návěsné a samojízdné postřikovače dodává návěsný typ Gigant a samojízdný Gecon. U samojízdného stroje lze využít rozchod v pevných šířkách od 180 do 225 cm, nebo s měnitelným rozchodem od 225 do 300 cm. Gigant je dvounápravový stroj s nádrží o velikosti až 13 500 l a rameny o délce až 36 m. Díky extrémně velké nádrži se minimalizuje počet přerušení práce kvůli naplnění postřikovače vodou či navážení vody cisternou. Tím se snižují provozní náklady. Postřikovač je nabízen v novém vylepšeném provedení s novou nádrží s přepracovaným dnem pro minimalizaci zbytkové kapaliny. Další velkou předností postřikovače Gigant je jeho transportní výška, která nepřesahuje 4 m, nebo zadní řiditelná náprava.

Firma TECNOMA uvedla na trh nové rameno TecLine-L, které se vyznačuje zejména kompaktností. Je k dispozici s pracovním záběrem od 30 do 39 metrů a je určeno pro tažené postřikovače řady Tecnis s objemem nádrže 3500 až 6000 litrů.

Rameno bylo prezentováno již na veletrhu Agritechnica v roce 2017, ale až nedávno uvedeno na trh. Díky mechanismu skládání se poskládá tak, že postřikovač má šířku pouze 2,55 m. Postřikovač s tímto ramenem se tak stává kompaktnější, stabilnější a bezpečnější na silnici. Jízda by měla být také méně náročná ve srovnání s postřikovači s konvenčními rameny. Riziko kontaktu ramene s kabinou traktoru je nulové. I ve složené pozici je snadný přístup ke všem částem postřikovače.

Při výrobě TecLine-L bylo použito více vrstev materiálu jako je ocel a hliník. Rameno je stabilnější a robustnější. Díky konstrukci není na konci rameno těžké, tím se snižuje mechanické namáhání hlavního závěsu.

Úrovně aplikace:

- 1) vypínání sekci (počet sekcí 5-15 dle pracovního záběru nebo až individuální ovládání trysek, 1 tryska = 1 sekce) - snížení překrytí a tím ztrátu a poškození pěstované plodiny
- 2) variabilní aplikace – aplikace pouze tam, kde to je nutné v potřebné dávce – např. na části pozemku s menším napadením ŠO a naopak – tímto zajišťuje optimalizaci/zvýšení produkce a snižuje náklady na postřik
- 3) pásová aplikace-aplikace tam, kde je v plodině škodlivý organismus
- 4) bodová aplikace-cílená aplikace se zásahem pouze škodlivého organismu a jeho nezbytného okolí.

Takové zařízení pro aplikaci POR je díky svému vybavení schopno ušetřit 30 % - 90 % postřikové kapaliny na daném pozemku, čímž jsou dále snižovány emise CO₂ při aplikaci postřikové kapaliny, při výrobě, distribuci i vlastní aplikaci.

Závěr

Přes všechny inovace a technické novinky je stále třeba hovořit také o správném používání aplikační techniky a správných postupech aplikace. Nejmodernější technika bez adekvátní obsluhy, pozornosti a zohledňování správných postupů a pravidel tak nedosáhne požadovaného výsledku, který by mohl napomoci zlepšit situaci v oblasti používání POR. Kvalitní a správná obsluha postřikovačů je jednou z cest k větší bezpečnosti a omezování rizik, která mohou být způsobena jejich nesprávným používáním.

Využití technologie interference RNA v ochraně rostlin

Doc. Dr. Ing. Jaroslav Salava

Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i., Drnovská 507/73, 161 00 Praha 6 - Ruzyně

Úvod

Vzhledem k tomu, že celosvětová populace a její životní úroveň roste, je produkce dostatku, vysoce kvalitních a bezpečných potravin stále důležitější. Škůdci a patogeny však vážně ohrožují zemědělství. Ochrana zemědělských produktů před škodlivými organismy chemickými pesticidy hraje ústřední roli při zajišťování zdrojů potravin. Objevily se však různé nevýhody mnoha konvenčních chemických pesticidů. Například díky svému širokému spektru účinku, mají negativní dopad na užitečný hmyz, jako jsou opylovači a dravá slunéčka, a to představuje nebezpečí pro biodiverzitu. Obecně platí, že se syntetické chemické pesticidy v přirozeném prostředí rozkládají pomalu, a proto existují obavy o zdraví ekosystémů, kvůli zbytkům chemických pesticidů. Používání velkého množství chemických pesticidů po dlouhou dobu vedlo ke vzniku škůdců se získanou rezistencí k těmto chemikáliím. Kromě toho byly syntetické chemické pesticidy rozsáhle studovány a komercializovány, takže vývoj inovativních syntetických pesticidů s novými chemickými strukturami již není tak snadný jako dříve. Proto jsou vyhledávány ekologičtější prostředky pro regulaci chorob. Ve světle této situace zpráva Evropské unie z roku 2020 “Farm to Fork Strategy” (Anonym, 2020), vyzvala ke snížení celkového používání chemických pesticidů, a používání antibiotik u hospodářských zvířat na polovinu do roku 2030 (Michael *et al.*, 2021; Montanarella and Panagos, 2021). Jednou z nejslibnějších alternativ jsou pesticidy a léčiva proti virovým onemocněním na bázi interference RNAi (RNAi).

I když se umlčování RNA stalo široce známým poté, co byl jeho mechanismus objeven u háďátka *Caenorhabditis elegans*, tento jev byl poprvé popsán u rostlin ve článku publikovaném již v roce 1928 (Wingard, 1928). V tomto článku Wingard popsal zotavení se rostlin tabáku (*Nicotiana tabacum*) infikovaných virem kroužkovitosti tabáku (TRSV) ze symptomů, u kterých byly nekrotické pouze spodní infikované listy, zatímco horní listy se vyvinuly bez symptomů. V té době nebyly žádné informace o mechanismu umlčování RNA, ale tento příklad ilustroval jeho roli v obraně proti virům, která může být jednou z jeho původních funkcí u primitivních eukaryotů. Později v jiném zásadním článku Napoli *et al.* (1990) uvedli, že nadměrná exprese enzymu chalkonsyntázy v rostlinách petúnie produkuje pestré květy a ne očekávané tmavě fialové květy (Obr. 1). Tento jev byl poté nazván ‘post-translational gene silencing’ (PTGS, co-suppression), a nyní je považován za jeden z prvních úspěchů výzkumu interference RNA. Podobný jev byl pozorován u několika dalších eukaryotických organismů, včetně hub, kde byl nazván potlačení (‘quelling’) (Romano and Macino, 1992). Studie Fire a Mello (Fire *et al.*, 1991) u háďátka *C. elegans* (Obr. 2) sjednotila všechna předchozí pozorování a zavedla termín ‘interference RNA’. Tato práce je

považována za jeden z nejvýznamnějších vědeckých průlomů za posledních 20 let, a za svůj přínos byla jeho autorům v roce 2006 společně udělena Nobelova cena za fyziologii a medicínu za odhalení mechanismu RNAi v eukaryotech. Tento objev nakonec vedl ke zrodu nové disciplíny biologického výzkumu, a to studia nekódujících RNA, tedy molekul RNA, které nejsou překládány do proteinů. Odhalení jejich mechanismu mělo velký dopad na pochopení regulace genů, jejich funkce a obrany proti virům.

RNAi mechanismus (Obr. 3) je spouštěn dvouvláknovou RNA (dsRNA) a RNA vlásenkového typu (hpRNA). Poté, co jsou dsRNA a hpRNA absorbovány do buňky, jsou fragmentovány endoribonukleázou Dicer za vzniku malých interferujících RNA (siRNA). siRNA se váže na protein Argonaute (AGO) za vzniku RNA indukovaného umlčovacího komplexu (RISC). V procesu tvorby RISC je dvouvláknová siRNA rozvázána do jednotlivých vláken, která rozpoznávají a vážou se na cílovou mRNA se sekvencí komplementární k sekvenci jednovláknové. V důsledku toho je indukována degradace a inhibice translace cílové mRNA.

Pesticidy a antivirová činidla na bázi RNAi lze rozdělit do dvou kategorií: založené na geneticky modifikovaných rostlinách exprimujících dsRNA, které působí na cílové škůdce, a exogenní (topické) aplikace dsRNA (např. prostřednictvím postřiku, máčením kořenů, zálivky nebo injekce do kmenů). První způsob ochrany proti škůdcům je pomocí transgenních plodin a druhý netransformativním dodáním dsRNA. Další způsoby, jako je obalování semen nebo práškové a granulované formulace, vyžadují další studie. V mnoha případech není použití transgenních plodin vždy reálné. Může to být z politických nebo legislativních důvodů nebo proto, že je technicky obtížné nebo nemožné transformovat dotyčnou plodinu. Proto byly navrženy alternativní cesty dodávání dsRNA, které nezahrnují transformaci rostlin.

Výhody RNAi využívané k regulaci škodlivých organismů jsou: (1) vzhledem k vysoké specifičnosti dsRNA, má tato technology malý vliv na necílové organismy, (2) jelikož se RNAi přirozeně vyskytuje v prostředí nebo organismech a je biologicky odbouratelná, potenciál toxicity RNA pesticidů je nižší než u chemických pesticidů, (3) RNA pesticidy mohou být vyvinuty pro regulaci všech druhů škodlivých organismů. Při srovnání těchto produktů s technologií Bt, vědci například zjistili, že Bt plodiny poskytují omezenou regulaci svého hmyzu, protože Bt toxiny na ně nemají téměř žádný účinek, zatímco RNAi může nabídnout alternativní řešení.

Využití RNAi v ochraně rostlin proti škodlivým organismům

Viry

Genetické inženýrství založené na malých RNA bylo aplikováno při úpravě rezistence k virům u mnoha plodin, včetně hlavních tržních plodin, zelenin, ovocných a okrasných druhů.

Několik studií uvádí, že foliární aplikace dsRNA indukují odolnost rostlin vůči cílovým virům ((Tenllado and Diaz-Ruiz, 2001; Carbonell *et al.*, 2008; Konakalla *et al.*, 2016; Kaldis *et al.*, 2018; Worrall *et al.*, 2019; Vadlamudi *et al.*, 2020). Účinky exogenně aplikované dsRNA na udělování rezistence vůči virům byly publikovány u různých hostitelských druhů, včetně rajčete, tabáku, kukuřice, papáji, cizrny, okurky, melounu a tykve proti různým virům jako

jsou virus kroužkovitosti papáji (PRSV) a virus žluté mozaiky cukety (ZYMV) (Dubrovina and Kiselev, 2019). Tyto studie ukázaly, že rostliny ošetřené dsRNA jsou schopné spouštět procesy zprostředkované RNAi ke snížení nebo oddálení virové infekce umlčením cílových genů virů.

Jedním z největších úspěchů transgenní rezistence k virům založené na RNAi je geneticky upravená papája rezistentní k viru kroužkovitosti papáji (PRSV) (Obr. 4), která byla vyvinuta, když nebyly k dispozici žádné jiné možnosti ochrany proti PRSV (Gonsalves, 2006). Transgenní papája rezistentní vůči virům v podstatě to zachránila pěstování papáji na Havaji a dnes dominuje na trhu s havajskou papájou (Anonym, 2017).

Švestka je jedním z nejstarších ovocných druhů s všestranným využitím. Hlavním virovým patogenem švestky je virus šarky švestky (PPV). S-PTGS (sense gene induced posttranscriptional gene silencing) zprostředkovaná rezistence vůči PPV byla poprvé prokázána u tabáku (*Nicotiana benthamiana*) (Guo *et al.*, 1998; Wittner *et al.*, 1998) a později u švestky (Scorza *et al.*, 2001). Švestka rezistentní k PPV byla také získána pomocí mechanismu hp-PTGS (hairpin RNA induced PTGS) cíleného na gen obalového proteinu viru (CP) (Hily *et al.*, 2007; Ravelonandro *et al.*, 2014). Švestka 'HoneySweet' rezistentní na bázi S-PTGS vůči PPV byla povolena pro komerční pěstování v USA v roce 2011.

Tykve, okurky a melouny jsou běžnými zeleninami patřícími do čeledi *Cucurbitaceae*, které jsou napadány různými virovými patogeny (Romay *et al.*, 2014). V Kanadě a v USA bylo povoleno pěstování dvou transgenních linií tykví (*Cucurbita pepo*) odolných vůči viru mozaiky okurky (CMV) a viru žluté mozaiky cukety (ZYMV). Současná rezistence na bázi RNAi vůči více než jednomu viru byla úspěšně použita u tykve (*Cucurbita pepo*) Destiny III se silnou RNAi rezistencí vůči ZYMV, viru mozaiky vodního melounu (WMMV) a CMV (Fuchs *et al.*, 1998).

Houby (Rezistence vůči fytopatogenním houbám zprostředkovaná RNAi)

Až na vzácné výjimky jsou dráha RNAi a její hlavní složky, jako je Dicer, Argonaut a RdRP (RNA dependentní RNA polymeráza), přítomny ve většině druhů hub, což naznačuje, že většina hub může být také cílena RNAi (Yin *et al.* 2011).

Topické aplikace induktorů RNAi byly úspěšné proti dvěma nepříbuzným fytopatogenním houbám, *Botrytis cinerea* a *Fusarium graminearum* (Wang *et al.*, 2016; Ostrý *et al.*, 2010). Mycelium *B. cinerea* přijímalo, jak externě aplikované siRNA, tak dsRNA, což vedlo ke snížení transkripce genů *B. cinerea* Dicer-like 1 (Bc-DCL1) a Bc-DCL2. Snížená akumulace transkriptů Bc-DCL1 a Bc-DCL2 vedla k oslabení patogenity *B. cinerea* v rostlinách huseníčku rolního (*Arabidopsis thaliana*) a rajčat. Ukázalo se také, že topické aplikace induktorů RNAi účinně ovlivňují infekce *F. graminearum* na rostlinách ječmenu (Koch *et al.*, 2016). Koch *et al.* (2016) již dříve ukázali, že postřik dlouhými nekódujícími dsRNA (zaměřujícími se na transkripty tří genů houby potřebných pro biosyntézu ergosterolu hub) inhiboval růst *F. graminearum* nejen v přímo postříkaných pletivech listů, ale také v nepostříkaných listech. Ukázalo se, že účinky v nepostříkaných distálních pletivech vyžadovaly transport dsRNA anebo siRNA přes

vodivá pletiva rostliny, po které následoval příjem *F. graminearum* z rostliny (Koch *et al.*, 2016).

Nowara *et al.* (2010) zkonstruovali rostliny ječmenu produkující vlásenkové RNA homologní s mRNA pro geny kódující kofaktory patogenity (efektory Avra10 a AvrK1) u původce choroby padlí u mnoha obilnin *Blumeria graminis*. Když naočkovali upravené rostliny *B. graminis*, rostliny vykazovaly snížený vývoj haustorií (specializované hyfy přitlačující se těsně k plazmatickým membránám epidermálních buněk listů hostitelské rostlin, ze kterých absorbují živiny) a houby. Jejich interpretace je taková, že si transgenní rostlina vytvořila interferující RNA (s největší pravděpodobností siRNA), které byly dostupné pro příjem prostřednictvím haustorií *B. graminis* a byly schopny vyvolat účinky RNAi na cílové mRNA. Bylo popsáno několik dalších příkladů použití hostitelem vyvolaného umlčení genu (HIGS) zacílených na patogenní houby rostlin (Sang and Kim, 2020).

Několik chorob postihujících obilniny, jako jsou fuzariózy klasů obilnin (Obr. 5) a fuzariózy mladých rostlin způsobované nekrotrofními houbami rodu *Fusarium*, bylo úspěšně potlačeno pomocí RNAi. Koch *et al.* (2013) prokázali, že postřik *in vitro* kultury *F. graminearum* dsRNA komplementární ke genům cytochromu P450 CYP51A, CYP51B a CYP51C, které jsou zodpovědné za biosyntézu ergosterolu, vedl k inhibici růstu a morfologickým změnám podobným těm, které produkují azolové fungicidy. Také se ukázalo, že transgenní rostliny huseníčku rolního a ječmenu exprimující stejnou dsRNA (CYP51), jsou vysoce odolné vůči infekci *F. graminearum*. Podobně dsRNA cílená na CYP3 zapojený do biosyntézy houbového ergosterolu aplikovaná exogenně na listy ječmenu pro ochranu regulovala infekci *F. graminearum*, jak v místě aplikace dsRNA, tak i systémově (Koch *et al.*, 2013). Aplikovaná dsRNA se nejprve dostala do apoplastu, včetně xylému, a pak byla translokována neznámým mechanismem do symplastu (Koch *et al.*, 2013).

Aplikace *in vitro* syntetizované dsRNA nebo sRNA zacílené na geny Dicer-like (DCL1/2) endoribonukleázy *B. cinerea*, které se podílejí na biogenezi malých RNA a jsou považovány za klíčové složky dráhy RNAi, na povrch ovoce (rajčata, jahody a hrozny), zelenin (salát a cibule) a květin (růže) také potlačovaly plíseň šedou (Obr. 6) (Wang *et al.* 2016). To ukazuje, že dsRNA lze použít k regulaci posklizňových chorob ovoce a zelenin.

Háďátka

Kořenová hálkotvorná háďátka způsobují v zemědělství významné ztráty úrody u mnoha druhů rostlin po celém světě. Mohou vyvolávat slabý růst, tvorbu kořenových hálek, nízkou fixaci dusíku a někdy naprostou neúrodu (Zotti *et al.*, 2018). RNAi může být navržena pro rezistenci vůči háďátkům. Pokusy Huang *et al.* (2006) například prokázaly, že příjem dsRNA proti 16D10 dsRNA (tj. zacílení na gen zodpovědný za integraci háďátka a hostitele) vedl ke snížení infekčnosti háďátek. Následně rostliny huseníčku rolního upravené tak, aby produkovaly dsRNA zacílené na stejný gen, prokázaly účinnou rezistenci proti čtyřem druhům rodu *Meloidogyne* (*M. incognita*, *M. javanica*, *M. arenaria* a *M. hapla*) (Huang *et al.*, 2006). Transgenní linie 16D10 dsRNA vykazovaly snížení počtu vajíček *Meloidogyne* až o 93% na gram kořenů v porovnání s infikovanými kontrolními rostlinami. Tento přístup tedy může být

používán v ochraně plodin pro vývoj transgenních plodin jako ochranná strategie k zajištění účinné odolnosti hostitele proti těmto důležitým škůdcům.

Podobným případem hostitelem vyvolaného umlčení genu, pomocí vlásenkových umlčovacích konstruktů s kmenovou sekvencí 42 bp (pART27-42) nebo 271 bp (pART27-271) také zaměřené na gen 16D10, byla transformace jejich do vlásečnicových kořenů vinné révy (*Vitis* sp.). To vedlo ke snížení infekce hádátkem *M. incognita* (Yang *et al.*, 2013) (Obr. 7) a poskytlo důkaz, že lze vytvořit transgenní vinnou révu rezistentní k hádátkům prostřednictvím přístupu RNAi. Použití RNAi k regulaci parazitických kořenových hádátek bylo také účinné u jiných cílových genů u rodu *Meloidogyne*, jako jsou geny pro Phe-met-arg-phe (FMRF)amidu-podobné peptidy [kódující FMRF podobné peptidy (flp)-14 a flp-18 řídící nervovou respektive svalovou aktivitu (Papolu *et al.*, 2013) i u dalších rodů jako *Pratylenchus* a *Heterodera* (Youssef *et al.*, 2013; Walawage *et al.*, 2013). Všechny tyto příklady poskytují důkazy o potenciálu geneticky upravené rezistence vůči široké škále kořenových hádátek u řady zemědělsky významných druhů rostlin.

Členovci (Hmyz)

RNAi je zvláště účinná u některých druhů hmyzu, zejména těch, které patří do řádu brouci (Coleoptera). Mandelinka bramborová (*Leptinotarsa decemlineata*) (Obr. 8) je významným škůdcem brambor a lilkovitých zelenin v Severní Americe, Evropě a Asii, který si vyvinul rezistenci prakticky ke všem známým třídám chemických insekticidů (Alyokhin *et al.* 2008). Ledprona, vyvinutá společností GreenLight Biosciences, Inc. je postřikový dsRNA biopesticid s novým mechanismem účinku, který spouští dráhu RNAi. Ledprona (dsPSMB5) je 490 bp dlouhá dsRNA, která je homologní s mRNA proteázomové podjednotky beta typu 5 (PSMB5) mandelinky bramborové. Expozice Ledproně po dobu 6 hodin způsobila mortalitu larev mandelinky a snížila expresi cílové mRNA. Ledprona, účinná látka bioinsekticidu Calantha™ představuje novou třídu biopesticidů pro integrovanou ochranu proti škůdcům a antirezistentní programy u mandelinky bramborové (Rodrigues *et al.*, 2021). Očekává se, že Ledprona bude letos v USA registrována jako první RNAi postřikový produkt.

Bázlivec kukuřičný (*Diabrotica virgifera virgifera*) (Obr. 9) je jedním z nejvýznamnějších škůdců kukuřice. Bázlivec pochází ze Severní Ameriky, v Evropě byl poprvé objeven v roce 1992 v Surcinu nedaleko Bělehradu v bývalé Jugoslávii a odtud se rozšířil dále do Evropy (Zotti *et al.*, 2018). Společnost Bayer (dříve Monsanto) vyvinula GM kukuřici MON 87411, která poskytuje ochranu proti bázlivci kukuřičnému a toleranci k herbicidu glyfosát. MON87411 je prvním komerčně dostupným produktem založeným na RNAi. V roce 2016 bylo v Kanadě povoleno pěstování této kukuřice, která má komerční název SmartStax® PRO (Obr. 10) a exprimuje tři *cry* geny z *Bacillus thuringiensis* (*Bt*), dsRNA obsahující 240 bp dlouhý fragment sacharózu nefermentujícího genu 7 *D. virgifera* (*DvSnf7*) a gen *Agrobacterium* sp. *cp4 epsps* (Head *et al.*, 2017). V roce 2017 bylo povoleno pěstování této kukuřice v USA. Přidání *DvSnf7* do SmartStax PRO® snížilo poškození kořenů kukuřice při velkých výskytech bázlivce a může prodloužit účinnost Cry3Bb1 a Cry34Ab1/Cry35Ab1. Farmářům v USA by měla tato kukuřice být k dispozici v roce 2022 a od roku 2023 v Kanadě.

V Evropě byla povolena pro všechna použití kromě pěstování. Hlavním účelem kombinace obou mechanismů (Bt a RNAi) je snížení výskytu hmyzu rezistentního k technologii Bt.

Jednou z nejzávažnějších hrozeb pěstování řepky v celé Evropě je blýskáček řepkový (*Brassicogethes aeneus*, syn. *Meligethes aeneus*). Willow *et al.* (2021) zkoumali schopnost indukovat interferenci RNA (RNAi) u blýskáčka řepkového prostřednictvím krmení prašníky a porovnávali krátkodobé (3 dny) a chronické (17dnů) krmení různými koncentracemi dsRNA cílené na gen α COP (ds α COP). Při krátkodobém podávání ds α COP pouze nejvyšší koncentrace vedla k významnému snížení přežívání blýskáčka, zatímco při chronickém krmení ds α COP měly všechny koncentrace za následek významnou mortalitu. Tyto výsledky jsou důležité pro ekonomiku a vývoj postřiků dsRNA pro ochranu plodin proti škůdcům, protože vícenásobné ošetření postřikem dsRNA s nižší koncentrací v různých fázích růstu plodin může vést k vyšší účinnosti ochrany proti škůdcům ve srovnání s jediným ošetřením používajícím vyšší koncentrace dsRNA.

RNAi proti chorobám a parazitům užitečného hmyzu

Kromě potenciálu potlačovat důležité hmyzí škůdce a patogeny rostlin, jsou přístupy založené na RNAi dostupné pro léčbu virových onemocnění včel a dalšího užitečného hmyzu. Tyto přístupy jsou logické, přirozená funkce RNAi je chránit buňky před invazivními viry. Studie prokázaly, že infekce včely medonosné izraelským virem akutní paralýzy (IAPV) může být odstraněna orálně podávanou dsRNA odpovídající dvěma různým sekvencím genomu IAPV. S ohledem na to a za účelem ochrany včel před infekcí IAPV byl v rozsáhlých polních pokusech použit produkt "Remebee" založený na dsRNA (Hunter *et al.*, 2010). Ošetření "Remebee" vedlo ke zvýšenému přežívání včel (dvojnásobný počet včel) a třikrát vyšší produkci medu ve srovnání s úly infikovanými IAPV. Podobně injekce a krmení čmeláků zemních (*Bombus terrestris*) virově specifickými dsRNA indukovalo umlčení specifického genu IAPV a snížilo úhyn dělnic (Piot *et al.*, 2015).

RNAi je také využívána ke zlepšení zdraví včel medonosných zacílením na parazity, jako jsou roztoč kleštík zhoubný (*Varroa destructor*) (Campbell *et al.*, 2010) (Obr. 11) a parazitická žaludeční mikrosporidie *Nosema ceranae*, která způsobuje nose mózu, jež je rozšířeným onemocněním dospělých včel (Paldi *et al.*, 2010). Tito parazité mají kompletní aparát pro RNAi, kterou lze snadno vyvolat požitím dsRNA (Scott, *et al.* 2013). A tak krmení včel dsRNA zacílenou na gen zodpovědný za energetický metabolismus (přenašeč ADP/ATP) v *N. ceranae* vedlo ke snížení množství parazita (Paldi *et al.*, 2010). Podobně byla RNAi použita proti kleštíkovi, který je obligátním parazitem živícím se hemolymfou vyvíjejících se a dospělých včel. Když byly včely krmeny směsí specifických dsRNA proti několika genům kleštíka, které se podílejí na sestavování cytoskeletu, přenosu energie a transkripci (např. alfa-tubulin a RNA polymeráza III), došlo ke snížení napadení roztoči až o 50% (Garbian *et al.*, 2012). Vzhledem k tomu, že včelaři používají k regulaci kleštíka chemikálie jako např. organofosfáty a že se u tohoto roztoče vyvinula rezistence vůči mnoha z těchto chemických produktů, představuje RNAi technologie alternativní ochrannou strategii, ačkoli je její účinnost nižší než u chemických pesticidů.

V roce 2019 předložila společnost Bayer žádost o registraci přípravku Biodirect™, založeného na dsRNA. Produkt byl vyvinut pro regulaci kleštíka. Byla to první žádost u US EPA (Environmental Protection Agency) pro exogenně aplikovanou dsRNA biopesticidní aktivní látku.

Potlačení genů zapojených ve vývoji rezistence u plevelů

Vzhledem k tomu, že se seznam plevelů rezistentních vůči herbicidům rychle rozrůstá, existuje také rostoucí zájem o vývoj produktů na bázi dsRNA jako represorů rezistence (non plant-incorporated protectants, non-PIPs) zacílených na geny, které jsou spojeny s rezistencí vůči herbicidům, které mohou být použity k prodloužení životnosti stávajících chemických látek (Mao *et al.*, 2007; Tao *et al.*, 2012; Hollomon, 2012; Shaner and Beckie, 2014).

Postřikem indukované umlčování genů (SIGS) je zvažováno i pro regulaci plevelů cílením na specifické geny v plevelech, které se nevyskytují v plodinách nebo jiných rodech plevelů. Tato strategie by byla velmi užitečná pro regulaci trávovitých plevelů v řadě lipnicovitých plodin, jako je pšenice a rýže. V současnosti se hledají formulace a techniky, které umožňují vstup do buněk plevelů (Jiang *et al.* 2014; Dalakouras *et al.* 2016).

Technologie 'BioDirect™' společnosti Bayer využívá syntetickou cDNA, která je po transkripci komplementární k fragmentům RNA, které přímo inhibují produkci proteinu enolpyruvylšikimát-3-fosfát syntázy (EPSPS) v plevelech. Po postřiku běžným herbicidem může potencionálně obnovit účinnost glyfosátu u plevelů rezistentních k glyfosátu. (např. s rezistencí způsobenou amplifikací genu *epsps*) prostřednictvím kombinovaného působení obou mechanismů (Zotti *et al.*, 2018).

RNAi může být také potencionálně využita v regulaci k herbicidům rezistentních plevelů ke snížení aktivity enzymů degradujících herbicidy, a tím k obnovení účinnosti herbicidů u rezistentních biotypů plevelů (Hollomon, 2012; Shaner and Beckie, 2014).

Vyhlídky RNAi produktů

Zásadní kroky pro pesticidy na bázi RNAi zahrnují identifikaci správných cílových genů a zlepšení efektivnosti použití produktů. Velkého pokroku bylo v posledních letech dosaženo v jejich aplikaci.

Komerční potenciál RNAi pro regulaci škodlivých organismů závisí hlavně na účinnosti příjmu dsRNA cílovými škodlivými organismy, stabilitě dsRNA v těle těchto organismů a koncentraci dsRNA v pestcidu. Tyto faktory mají vliv na cenu produktu.

Velkou výzvou pro mnoho výrobců je degradace RNA. RNA může být snadno degradována po postřiku na poli. Jeho účinnost proto nemusí trvat dostatečně dlouho a může být nutná častá opakovaná aplikace. To může mít za následek vysoké náklady pro pěstitele.

Od objevu RNAi vědci výrazně pokročili ve zlepšování této technologie. Tým z University of Queensland vyvinul postřik jílovými nanočásticemi (BioClay), který se používá k uvolňování

dsRNA. BioClay obsahuje dsRNA a je rozkládán kombinací vody a CO₂, což vede k pomalému uvolňování dsRNA během několika týdnů a vysoké účinnosti RNA při regulaci škůdců (Mitter *et al.*, 2017).

Do dnešního dne schválily pesticidy na bázi RNAi nejméně dva regulační úřady (Canadian Food Inspection Agency a United States Environmental Protection Agency). Technologie RNAi je nový a inovativní přístup na trhu ochrany rostlin. Může nahradit nebo být kombinována s používáním chemických pesticidů a snížit nebezpečí z nich vyplývající. Tato technologie otevírá nový pohled na regulaci škodlivých organismů a je velkým příslibem do budoucna.

Současné problémy v oblasti zaplevelení zemědělské půdy

Ing. Jan Štrobach, Ph.D. a Doc. Ing. Jan Mikulka, CSc., Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i.,
Drnovská 507/73, 161 00 Praha 6 - Ruzyně

Autor fotografií: autoři

Současná zemědělská produkce se potýká s různými problémy. Jedním z hlavních problémů je i zaplevelení porostů polních plodin. Z tohoto pohledu patří mezi zásadní problémy především zaplevelení vytrvalými druhy, zaplevelení jednoletými trávovitými plevely a samozřejmě zavlékání a šíření nových druhů plevelů.

Vytrvalé plevely

Vytrvalé plevely se rozmnožují především pomocí orgánů vegetativní reprodukce. Intenzivně se rozrůstají a šíří po pozemku do okolí mateřské rostliny. Jsou schopny se ovšem množit oběma způsoby, tj. vegetativní a generativní (pohlavní) cestou. Podle stanovištních podmínek jeden ze způsobů převažuje. Prostředí periodického zpracování půdy vyhovuje zpravidla vegetativní reprodukci, na ulehých a neobhospodařovaných pozemcích převažuje generativní způsob rozmnožování. Příkladem je rozmnožování pýru plazivého nebo pcháče rolního. Tyto druhy se na pravidelně zpracované půdě šíří především vegetativní cestou, ale v prostředí extenzivně obhospodařovaných trvalých travních porostů dominuje generativní reprodukce.

Podle orgánů vegetativní reprodukce rozdělujeme vytrvalé plevely na plevely se šlahouny (ostružiník ježiník), oddenky (pýr plazivý, čirok halabský), křehkými oddenky (máta rolní), cibulemi (česnek viničný), hlízami (kamyšníky, hrachor hlíznatý), popř. na plevely s kořenovými výběžky (pcháč rolní, mleč rolní) aj.

Postupný nárůst výskytu vytrvalých plevelů na orné půdě je možné pozorovat již od začátku devadesátých let. Příčin je mnoho, ale mezi nejvýznamnější patří především nedostatky ve zpracování půdy a agrotechnice, nedodržování pravidel střídání plodin ale i pokles používání herbicidů. Kromě všeobecně známého plevelu pcháče rolního byl zaznamenán nárůst výskytu i u některých dalších plevelů. Jde zejména o mleč rolní, pelyněk černobýl, čistec bahenní, rukev rolní, mléč rolní, přesličku rolní, pýr plazivý a rdesno obojživelné. Na orné půdě se od 90. let minulého stol. dále šíří i dříve neznámé plevely jako jsou kamyšníky, především kamyšník polní a kamyšník širokoplodý.

Šíření vytrvalých plevelů podporují i technologie minimálního zpracování půdy (Štrobach a Mikulka 2019). Snahy o minimální zpracování půdy vedly k podstatnému snížení nákladů, ale po zavedení minimalizace zpravidla již ve druhém roce a v dalších letech dochází k nárůstu zaplevelení, jehož míra je odvislá od použití herbicidní ochrany. *Podle Mikulky (1999) při*

používání minimalizačních technologií klesá počet druhů. Naproti tomu Gill a Arshad (1995) uvádějí, že druhová diverzita u víceletých druhů se zvyšovala s klesající intenzitou zpracování půdy. Dopad minimalizačních technologií na plevelová společenstva se velmi liší mezi regiony a jednotlivými druhy. Obecně jsou ale plevelová společenstva v takovýchto podmínkách sice v řadě případů druhově chudší, ale nárůst počtu plevelů na polích má stoupající tendenci.

Příklady významných vytrvalých plevelů

Mezi nejvýznamnější vytrvalý plevel patří **pcháč rolní**. Jedná se o nejrozšířenější a nejškodlivější plevel na celém světě (Holm a kol. 1991). V České republice je klasifikován jako velmi nebezpečný, jak na zemědělské, tak i nezemědělské půdě (Mikulka a Kneifelová 2004). Vyskytuje se nejen na orné půdě, ale také na intenzivně obhospodařovaných pastvinách (Pavlů a kol. 2006), loukách (Honsová a kol. 2007) a na neobhospodařovaných trvalých travních porostech (Pavlů a kol. 2007), ve kterých je také považován za bioindikátor extenzivního obhospodařování pozemku. Škodí jak odebíráním světla, prostoru a vody ze svého okolí, tak také vylučováním alelopatických látek do půdy (Pilipavicius 2008). Pcháč rolní se rozmnožuje jak vegetativně pomocí kořenových výběžků, tak i nažkami. Nažky jsou opatřeny chmýrem, který pomáhá osídlovat i nová, dosud nezaplevelená stanoviště (Zwenger 1996). Vegetativní rozmnožování, které silně převládá na orné půdě, probíhá pomocí kořenových výběžků. Rozrušování výběžků vyvolává aktivaci dosud [spících pupenů](#), ze kterých vyrůstají noví jedinci s vysokou konkurenční schopností. Jarní čerstvé lodyhy se rychle prosazují i v hustě setých plodinách, jako jsou obilniny, luštěniny i ozimá řepka, nejvíce však poškozují širokořádkové [plodiny](#) s malou schopností jim konkurovat, jako jsou [brambory](#), [řepa](#), [zelenina](#) a [kukuřice](#).

Podobnou vytrvalou rostlinou, ale s nižším potenciálem vegetativní reprodukce je **mleč rolní** (*Sonchus arvensis*). Mleč rolní se množí obdobně jako pcháč rolní. Kořenové výběžky jsou v půdním profilu uloženy, jak horizontálně, tak vertikálně. Šíření pomocí kořenových výběžků se může lišit od 0,5 do 2,8 m za rok. Nažky jsou okřídleny a stejně tak jako u pcháče rolního se mohou šířit anemochorní cestou na velké vzdálenosti (Lemna a kol. 2019). Regenerující kořenové výběžky z podzimu dokáží v příští sezóně vytvořit 10-15 m nových výběžků (Tørresen a kol. 2010). Kořenové výběžky jsou umístěny 5-12 cm pod povrchem půdy, na povrchu vytváří růžice a dlouhé vertikální výběžky ze spících pupenů (Brandsæter a kol. 2010, Andersson a Boström 2013). Tyto kořeny bývají mechanicky narušovány zpracováním půdy. I když lze životaschopnost kořenů snížit zpracováním půdy, fragmenty kořenů, které jsou alespoň 2,5 cm dlouhé, mohou stále regenerovat. Kořenové výběžky mohou dobře přezimovat. Na podzim mleč rolní brzy upadá do vegetačního klidu, a proto je podzimní zpracování půdy pro tento plevel méně účinné. Tento druh je také citlivý na nedostatek světla a konkurenci plodin (Vanhala 2006).

Regulace pcháče a mleče rolního je velice problematická a dlouhodobá. Zaplevelení těmito druhy nesmíme podceňovat a dbát na prevenci. Účinnost metod regulace závisí na využití

jak mechanické tak i herbicidní ochrany, porosty pěstovat zapojené v dobrém zdravotním a výživovém stavu, nepodceňovat lokální ohniska zaplevelení (CABI 2019).



Mleč rolní vytváří kořenové výběžky

Pýr plazivý patří mezi nejvýznamnější vytrvalé plevelné druhy na zemědělské půdě mírného pásma (Hyvönen a kol. 2003). Především od roku 1990 dochází k postupnému nárůstu výskytu, zvláště na orné půdě, od nížin až do podhorských oblastí. Také na nevhodně ošetřovaných trvalých travních porostech s extenzivním způsobem obhospodařování (Gaisler a kol. 2004) nebo na plochách, kde byla ukončena pastva, můžeme sledovat vyšší podíl tohoto druhu. Ale vzhledem k jeho optimálním nutričním hodnotám v krmivu pro hospodářská zvířata není v trvalých travních porostech považován za nežádoucí druh. Oddenky jsou uloženy pouze v povrchových vrstvách půdy, a proto lze předcházet silnému zaplevelení kvalitní hlubokou orbou. Oddenky vykazují vysokou regenerační schopnost, zvláště ve vlhkých a chladných periodách, jsou schopny obrůstat a tvořit nové odnože z osních pupenů uložených do hloubky 20 cm v půdě. Oddenky velmi rychle přirůstají, např. Kavoliunaite a Paliulyte (2004) uvádí, že z jednoho 15 cm oddenku se vytvoří 695,5 cm nových oddenků během jedné vegetační sezony. Růst oddenků a regenerace jejich osních pupenů probíhá během celé vegetace, avšak s různou intenzitou. Můžeme sledovat dvě období intenzivnějšího růstu – na začátku léta a na podzim. Staré oddenky jsou nejvíce aktivní v květnu a červnu, kdy dochází k výraznému prodlužování a tvorbě nových odnoží, zatímco mladé oddenky jsou aktivní v druhé polovině léta a na podzim. Na tato období by měla být zaměřena jeho regulace. Regulace pýru je velice problematická, založená především na prevenci. Při vlastní regulaci platí obecné zásady jako u již výše zmiňovaných druhů.



Pýr plazivý - oddenky

Rdesno obojživelné (*Persicaria amphibia*) z čeledi rdesnovitých (*Polygonaceae*), patří obdobně jako čistec bahenní, mezi vytrvalé hluboce kořenící plevely. Vyskytuje se po celém území státu od nížin až po podhorské oblasti, především na vlhčích stanovištích. U rdesna obojživelného na orné půdě převládá vegetativní způsob rozmnožování pomocí silných oddenků, které v půdě bývají uloženy jak vertikálně, tak horizontálně. Tyto oddenky se také vyznačují velkou regenerační schopností. Lodyhy jsou hustě olistěné, až 80 cm vysoké. Listy jsou řapíkaté a kopinaté. Rostliny jsou přizpůsobeny jak životu ve vodě, tak životu na souši. Vodní typ rostliny dokáže vytvářet růžové květy, typ suchozemský vytváří květy pouze při dostatku vláhy. Suchozemský typ má většinou lodyhy sterilní, a proto na orné půdě převládá vegetativní reprodukce. Rdesno dokáže zaplevelit téměř všechny pěstované plodiny. Na pole proniká z okolí vod. Rdesno také dokáže svým kořenovým systémem pronikat hluboko do podorníčních vrstev, ze kterých využívá vláhu a živiny. V praxi jsou známy případy, kdy rdesno obojživelné proniklo svými kořeny tak hluboko, že způsobilo ucpání odvodňovacích systémů. Regulace rdesna je značně problematická. Zpracování půdy naopak podporuje jeho šíření. K herbicidům je značně tolerantní a rychle regeneruje. Nejúčinnější opatření spočívá ve změnách vodního režimu, odstraněním zdrojů podmáčení a odvodnění pozemků.

Čistec bahenní (*Stachys palustris*) z čeledi hluchavkovitých (*Lamiaceae*) také patří mezi druhy s vynikající regenerační schopností. Na orné půdě se množí především vegetativně pomocí hlízkovitě ztlustělých kořenů, ve kterých si rostlina ukládá velké množství zásob, pomocí hustých horizontálních oddenků, ze kterých vyrůstají oddenky vertikální a pomocí plazivých kořenících lodyh. Např. čtyřměsíční rostlina čistce bahenního dokáže vytvořit oddenky dlouhé až 18 m, které mají výbornou regenerační schopnost, při vhodných

podmínkách (vlhko) dokáží růst i ze segmentů o velikosti 0,5 cm. Ve starší literatuře (Korsmo a kol 1930) je uváděn příklad zaplevelení ovsu setého (*Avena sativa*) čistcem, kdy na 1m² porostu bylo zjištěno 528 hlízek se 7009 adventivními pupeny o váze 1079 g, které se při zpracování půdy od mateřské rostliny oddělují a rozšiřují se po poli. Mimo ornou půdu převažuje reprodukce generativní. Květenství čistce bahenního se nazývá lichopřesleny, které jsou složeny ze čtyř až deseti purpurově fialových květů velkých 1 až 1,5 cm. Kvetení probíhá od června do konce září. Plodem je tvrdka. Během vegetace je rostlina schopna vyprodukovat až 350 semen. Vzcházení je nepravidelné. Po přezimování klíčivost stoupá. Semena dokáží vzcházet až z hloubky 6 cm a životná v půdě vydrží i několik let (Mikulka 2014). Čistec se vyskytuje jak na zemědělsky obhospodařované půdě, tak na půdě nezemědělské. Poměrně rychle se dokáže rozšířit na podmačených plochách. Např. v Kanadě je častým plevelem na špatně odvodněné zemědělské půdě (Darbyshire 2014). Z těchto ploch se dokáže šířit i na sušší stanoviště. Zapleveluje širokořádkové plodiny, včetně cukrové řepy a dalších plodin. Jeho zvýšený výskyt v posledních letech je přičítán poklesu úrovně zpracování půdy a nedodržování osevních sledů. K nárůstu výskytu dochází také na plochách s minimalizačním zpracováním půdy, kde není uplatňována dostatečná herbicidní ochrana (Mikulka a kol. 2009). Základním opatřením při regulaci čistce bahenního je jeho důsledná regulace v předplodinách, ve kterých je jeho herbicidní regulace vysoce účinná (obilniny, kukuřice). Z cukrovkových herbicidů vykazuje na čistec částečnou účinnost pouze *triflurosulfuron* (Jursík a kol. 2007).



Čistec bahenní spolu s přesličkou rolní

Dalšími významnými vytrvalými druhy jsou **kamyšníky (*Bolboschoenus* spp.)** z čeledi šáchorovitých (*Cyperaceae*), kteří patří do skupiny vytrvalých plevelů mělčeji kořenících s hlízami. V České republice v místech s vysokou úrovní podzemní vody, v závlahových oblastech nebo v oblastech s pěstováním širokořádkových plodin bývají v porostech zastoupeny druhy - **kamyšník širokoploď (*Bolboschoenus laticarpus*)** a **kamyšník polní (*B. planiculmis*)**. Rozmnožují se především vegetativní cestou pomocí hlízek. Během jedné

vegetační sezony dokáže z jedné hlízky vyrůst rostlina, která může vyprodukovat téměř stovku hlízek. Hlízky v půdě přečkávají nepříznivé období ve stavu dormance tak, že dojde k přerušení oddenku, který hlízku spojuje s mateřskou rostlinou. V této podobě hlízka uložená v půdním profilu vydrží životná i několik let. Proto hlízky, které jsou dormantní, tedy nejsou funkčně propojeny s mateřskou rostlinou a nevegetují, nelze postihnout a zahubit herbicidem. Tyto druhy sice kořenovým systémem pronikají hluboko do podorničních vrstev, ale hlízky zůstávají pouze v povrchové vrstvě půdy. Kamyšníky se nerozmnožují jen vegetativní cestou, významná je i generativní cesta, tj. semeny. Proto, aby semena vyklíčila, musí projít mrazem. Kamyšníky v našich podmínkách rostou převážně v teplých oblastech. Nejvíce jsou rozšířeny v oblasti Polabí a jižní Moravy, ale roztroušeně se vyskytují na polích celého státu. Zaplevelují především širokořádkové plodiny jako je řepa cukrová, kukuřice a polní zelenina. Při regulaci kamyšníků se významně uplatňuje střídání konkurenčně silných plodin. Nejvhodnější je zaplevelené plochy kamyšníkem osít víceletou pícninou. Pravidelná seč a vysoká konkurenční schopnost plodiny po několik let kamyšníky potlačuje. K herbicidům jsou poměrně tolerantní.

Rukev obecná (*Rorippa sylvestris*) z čeledi brukvovitých (*Brassicaceae*), patří mezi mělce kořenící plevel s hlízkami. Obvykle se rozmnožuje jak generativní, tak vegetativní cestou. Kvete od června do srpna, ale regenerující rostliny obvykle kvetou i v září nebo v říjnu. Semena mají po dozrání dobrou klíčivost. V poslední době se hojně vyskytuje i na orné půdě na vlhčích stanovištích. Rychle se šíří na podmáčených pozemcích. Na podmáčených plochách vytváří až monodominantní porosty označované jako hnízda, obdobně jako u pcháče rolního. Vzhledem k rozsáhlému kořenovému systému po zásahu herbicidem velice rychle regeneruje, a proto je její regulace velice obtížná. Často pomůže jen změna plodiny na víceletou pícninu s častým sečením, které rukev oslabuje – obdobně jako u kamyšníků.

Jednoleté jednoděložné plevely

Mezi významné plevely, které způsobují velké škody zemědělcům, patří v současnosti skupina jednoděložných jednoletých druhů. Narůst jednoletých jednoděložných druhů byl zaznamenán spolu s nárůstem ploch obhospodařovaných minimalizačními technologiemi zpracování půdy s omezeným střídáním ozimů. Při klasické orbě dojde k zaklopení semen nebo vzešlých rostlinek. Při technologiích minimálního zpracování půdy jsou diaspory rozptýlené v celém profilu půdy, které mohou bez problémů vzházet.

Současným fenoménem je i pozdní zaplevelení zejména prosovitými trávami patřící do skupiny pozdně jarních plevelů (jezatky, béry, rosičky, miličky aj.), které se v posledním desetiletí poměrně rychle šíří jak, na orné, tak i na nezemědělské půdě. Některé prosovité trávy jsou i vytrvalé (čirok halabský nebo troskut prstnatý). Hojně se vyskytují podél dálnic, silnic a železnic. Důvodem vzestupu jejich výskytu je především jejich silná konkurenční schopnost a klimatické změny posledních let. Prosovité trávy potřebují ke svému růstu poměrně vysoké teploty v průběhu vegetace a dostatek dešťových srážek. Reprodukční

schopnost těchto plevelů je obrovská, jejich semena (obilky) mají dlouhou životnost a silnou dormanci. To umožňuje těmto plevelům velmi snadno přežívat v agroekosystémech.

Celá řada jednoděložných plevelů patří i mezi kosmopolitně rozšířené a nebezpečné zástupce, jako je např. oves hluchý, psárka rolní nebo ježatka kuří noha. Rozmnožování těchto plevelů probíhá pouze generativní cestou. Plevely jsou schopny vyprodukovat ohromné množství semen, které obohacují půdní zásobu. Z hlediska regulace je důležitá jejich životnost v půdě, dormance a etapovitě vcházení. Podle jejich biologických vlastností můžeme tyto plevely rozdělit na plevely časně jarní, pozdně jarní a plevely ozimé.

Časně jarní rostliny začínají svůj vývoj velmi brzy na jaře. Klíčení probíhá již při teplotě mírně nad 0°C, ale jsou schopny vcházet i později, prakticky během celé vegetační doby. Zaplevelují jarní plodiny, převážně obilniny, ale také okopaniny a zeleninu. Plevely jsou na orné půdě ničeny již předseťovou přípravou půdy, vláčením nebo plečkováním během vegetace. Rostliny odumírají nejpozději před zimou. Mezi zástupce jednoděložných časně jarních plevelů patří oves hluchý.

Pozdně jarní plevely vzchází až při vyšších teplotách půdy, zpravidla nad 10°C. Vzcházejí 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, řepa cukrová, kukuřice, polní zelenina aj. a také prořídle porosty jarních obilnin. Plevely jsou potlačovány agrotechnickými zásahy v průběhu vegetace (plečkováním). Patří sem např. ježatka kuří noha, béry, rosičky a méně známé proso vláskovité.

Mezi ozimé plevely patří většina plevelů. Rostliny vzcházejí na konci léta nebo na podzim a do zimy jednoděložné plevely vytváří sterilní rostlinky s několika listy nebo odnožemi. Po překonání chladových podmínek pokračují ve vývoji v následující vegetační sezóně. Rostliny vytvářejí během vegetace plody či semena, která jsou schopna klíčit během celé vegetační sezóny. To jim umožňuje zaplevelovat všechny pěstované plodiny. Mezi ozimé jednoděložné plevely patří např. chundelka metlice, psárka rolní, sverepy, mrvka myší ocásek aj.

Pro regulaci plevelů je samozřejmě účelné **střídání plodin**, které omezuje reprodukci určitých plevelných druhů. Při dodržování správného střídání plodin dochází k postupnému potlačování některých plevelů v plevelových společenstvech. Některé plevelné druhy jsou potlačovány více, jiné méně. Klasický střídavý osevní postup udržuje vyrovnaný poměr mezi ozimými a jarními plevely a mezi jednoděložnými a dvouděložnými druhy, které jsou vázány na určitou plodinu. Díky tomu došlo k výrazné selekci plevelového spektra konkrétně vázaného na určitou plodinu. Ještě před příchodem plošného používání herbicidů v první polovině 20. stol. patřily osevní postupy k hlavním faktorům, které významně potlačovaly plevely. Plevelná společenstva zde byla velice pestrá, ale jelikož si jednotlivé druhy plevelů silně konkurovaly, nedocházelo k jejich jednotlivému přemnožení. Podle historických zdrojů doprovázelo jednu polní plodinu i několik stovek druhů plevelů (Baudyš 1931).

Jakýkoliv posun ve struktuře osevního sledu ve prospěch obilnin či ve prospěch ozimých nebo jarních plodin má za následek rychlou reakci plevelných společenstev. V případech

výskytu ozimých obilnin a ozimých plodin (např. ozimá řepka), se rychle přemnoží následující druhy plevelů: chundelka metlice, heřmánkovec nevonný, svízel přitula, máky, hluchavky, violka roní aj. V případě stálého opakování těchto sledů dochází k vytvoření značné zásoby diaspor plevelů v půdě, což komplikuje hubení plevelů v následujícím období. Stejná situace nastane při převaze jarních plodin. V tomto případě dochází k přemnožení jarních plevelů, např. hořčice rolní, ředkev ohnice, oves hluchý, merlík bílý, rdesno blešník a rdesno červivec aj. Z toho vyplývá opodstatněnost správného střídání plodin.

Obdobně jako střídání plodin je při regulaci jednoděložných jednoletých plevelů důležité zpracování půdy. Změny druhového spektra plevelů se mění např. při minimalizačních technologiích zpracování půdy, proto je také zaznamenán stoupající význam jednoletých ozimých trávovitých plevelů, především na orné půdě obhospodařované technologiemi minimálního zpracování půdy s minimálním střídáním ozimů. Mezi nejvýznamnější druhy patří chundelka metlice, stále stoupající trend je zaznamenáván u ozimých trav, jako je psárka polní, sveřepy nebo lipnice roční. Mohutná expanze na zemědělskou půdu byla zaznamenána u druhu mrvka myší ocásek, která stále častěji kalamitně zapleveluje celou řadu plodin. Vysoká zaplevelenost ozimých obilnin jednoděložnými plevely může podle řady studií snížit výnos až o 50%, monodominantní porosty mrvky myší ocásek mohou ohniskově potlačit i celé plochy porostů různých plodin i plevelů (Štrobach a Mikulka 2019).

Příklady významných jednoletých jednoděložných plevelů

Oves hluchý (*Avena fatua*) jako významný plevel jarních obilnin po celém světě, patří do skupiny jednoletých časně jarních plevelů. Jedná se trsnatou nebo jednotlivě rostoucí travu, která může dorůst výšky od 50 do 100 cm, ale i 150 cm. Oves hluchý můžeme zastihnout především na orné půdě, ale také na úhorech, rumištích a nezemědělské půdě. V našich podmínkách je oves hluchý rozšířen převážně v nižších oblastech na těžkých půdách, kde se stává hlavním plevelem. Na polích zapleveluje především jarní obilniny, luskoviny, ale také širokořádkové plodiny, jako je kukuřice nebo řepa cukrová. Vzácně může zaplevelovat triticales nebo porosty řepky. Významným plevelem je i v zelinářských oblastech, kde se šíří závlahovou vodou. Oves hluchý patří i mezi významné plevele v travosemenných porostech. Jeho přítomnost v množitelských porostech trav je důvodem pro neuznání osiva.

Oves hluchý se šíří vysemeňováním obilek na stanovišti. V agroekosystémech, především na orné půdě, může docházet k šíření špatně vyčištěným osivem obilnin, statkovými hnojivy i přejezdy zemědělskou technikou nebo slámou. Výjimkou není ani zoochorní šíření pomocí volně žijících živočichů. Přenos semen je také podporován anemochorně (Bajwa a kol. 2017). Rostliny metají od konce června až do září. Dozrávání obilek probíhá postupně. Nejprve dozrávají semena na hlavních latách. Dozrávání na latě probíhá od vrcholu směrem dolů. Obilky na latách z odnoží dozrávají déle než obilky na latách hlavních. Z jedné obilky se dokáže vyvinout rostlina o 15 stéblech (latách), která je schopna během vegetace vyprodukovat až 1200 obilek. Po dozrání dochází k vysemeňování, po kterém jsou obilky dormantní. Dormance semen přetrvává asi 5 měsíců. V polních

podmínkách k narušení dormance napomáhá střídavé zimní počasí. Obilky ovsu hluchého dokáží vzcházet i z poměrně velkých hloubek.

Svojí vysokou konkurenční schopností patří oves hluchý mezi velmi nebezpečné plevely zaplevelující hlavně porosty jarních obilnin. Prahovou hodnotou pro ekologické i integrované zemědělství je 10 rostlin ovsu hluchého na 1m² porostu obilnin. Jedná se o hodnotu, při které dochází ke snížení výnosu zemědělské plodiny a tím k ekonomické ztrátě. Doporučené hodnoty pro cílenou regulaci vzhledem k vysoké reprodukční schopnosti, se pohybují do 3 rostlin na 1m² (Daugovish a kol. 2002).

K regulaci v současnosti mezi běžně používanou metodu patří meziřádkové kypření půdy, kterým lze oves hluchý udržet na přijatelné míře, především v okopaninách. Oves hluchý je schopen vzcházet z poměrně velké hloubky, přesto i hluboká orba pomáhá snížit zásobu obilí v půdě. Minimální zpracování však způsobuje nárůst zásoby obilí v půdě především v povrchových vrstvách půdy, což se při nedokonalé herbicidní ochraně projevuje vyšším zaplevelením. Na plochách zaplevelených ovsem hluchým je vhodné provádět výsev jarních obilnin v závěru agrotechnické lhůty, jelikož vzcházející rostliny jsou potlačeny předseťovým zpracováním půdy.

Značně problematické je využívání herbicidní ochrany. Současně používané postemergentní graminicidy aplikovatelné v obilninách jsou finančně náročné, proto ochrana proti ovsu hluchému bývá z ekonomického hlediska podceňována, což podporuje jeho šíření. Při regulaci zaplevelení ovsem hluchým se uplatňuje střídání jarních obilnin s ozimy nebo pěstování okopanin, popř. jiných širokolistých plodin, ve kterých je chemická ochrana snadnější. Oves hluchý je poměrně citlivý na postemergentní herbicidy používané v dvouděložných plodinách. Současné nebezpečí představuje vedle psárky rolní i chundelky metlice prokázaná rezistence některých populací ovsu hluchého vůči herbicidům ze skupiny listových herbicidů (inhibitory ACCasy) (Beckie a kol. 1999, Beckie a Kirkland 2003).



Oves hluchý

Rod bér (*Setaria* sp.) patří do [čeledi lipnicovitých](#) (*Poaceae*). Jedná se o jednoleté nebo vytrvalé [byliny](#). Mohou být trsnaté nebo výběžkaté, či s oddenky nebo poléhavé. Je známo asi 110 druhů, které jsou rozšířeny v [tropech](#), [subtropech](#) a teplejších částech [mírného pásu](#), často i zavlečené. V [České republice](#) se vyskytuje 6 [druhů](#) bérů, které jsou řazeny mezi pozdně jarní plevely. Všechny druhy se vyskytují na polích nebo na ruderálních stanovištích, podél komunikací nebo v intravilánech obcí. Rostou hlavně v teplejších oblastech, od nížin po střední polohy. Nejvýznamnějším druhem z rodu je [bér zelený](#) (*Setaria viridis*) a [bér sivý](#) (*Setaria pumila*). Méně častý je [bér přeslenitý](#) (*Setaria verticillata*).

V teplejších oblastech četnost výskytu bérů významně stoupá. Béry jsou snadno regulovatelné všemi běžnými postupy zpracování půdy. Na orné půdě jsou potlačovány správným střídáním plodin a kultivací v průběhu vegetace. Velmi vhodná je podzimní podmítka strniště, jelikož zasáhne rostliny bérů v době jejich nejvyššího výskytu. Tam, kde to nestačí a jsou zapotřebí jiné nechemické metody, je hlavní možností časné setí, protože obilniny jsou schopny vzcházet při nižších teplotách než béry (Douglas a kol. 1985). Další možností je porosty udržovat husté v dobrém zdravotním a výživovém stavu. Vyšší hustota se také navrhuje pro pěstování kukuřice bez použití herbicidů, které je běžně praktikované na Ukrajině (Bobro a kol. 1994).

Béry jsou poměrně citlivé k celé škále běžně používaných herbicidů, kterých je do plodin registrováno poměrně velké množství. Dobrou účinnost vykazují především obecně postemergentní graminicidy. I přes to došlo u bérů zeleného ke vzniku rezistentních populací. V r. 1993 a 1995 byla v Evropě a v USA popsána první zjištěná rezistence na atrazin (Wang a Dekker 1995). Rezistence na atrazin také zahrnuje určitý stupeň křížové rezistence k příbuzným herbicidům. V Severní Americe se také vyvinula rezistence na inhibitory ACCasy a na trifluralin. Rezistence na trifluralin byla spojena s křížovou rezistencí na všechny ostatní dinitroanilinové herbicidy a na některé další herbicidy inhibující mitózu (McAlister a kol. 1995).



Bér přeslenitý je hojný v intravilánech měst

Chundelka metlice (*Apera spica venti*) patří mezi ozimé obtížné plevely, které zaplevelují hlavně ozimé obilniny, ozimou řepku, víceleté píce a zeleninu od nížin až do horských oblastí. V současnosti nejsou výjimkou ani zaplevelené porosty jařin. I přes to, že chundelka metlice patří v České republice k významným plevelným druhům, její výskyt ve světě je pouze okrajový. Původním areálem rozšíření je kontinentální Evropa se zasahujícím výběžkem až do střední Sibiře. Zavlečena byla například do severní Afriky nebo do některých částí Severní Ameriky, ale v nových areálech nepatří mezi významné plevelné druhy i přes to, že se jedná téměř o kosmopolitní druh.

Chundelka patří mezi volně trsnaté trávy se svazčitými kořeny. Stébla jsou přímá až kolénkatě vystoupavá, hladká, lesklá, chudě olistěná, až 150 cm vysoká. Pochva listů je charakteristická až 6 mm dlouhým, dřívátkem jazýčkem bez oušek. Listové čepele jsou ploché, asi 5 mm široké. Lata je jehlanovitá, rozkladitá, bohatě větvená. Chundelka tvoří klásky, které jsou jednokvěté, leskle nafialovělé. Plevy nemají osiny, plucha je osinatá, ale pluška je menší a bezosinná. Obilka je 2 – 3 mm dlouhá, kopinatá, ostře zašpičatělá. Obilky jsou lehké (HTS je pouze 1,9 g) a proto se mohou šířit větrem i na velké vzdálenosti.

Chundelka metlice zapleveluje především ozimé obilniny a ozimou řepku, ale na mnoha polích je stále častěji pozorován trend zaplevelování jarních obilnin. V posledních letech byla také zaznamenána její postupná expanze do nových oblastí, např. Prostějovska, Olomoucka aj., kde doposud nebývala obvyklým plevelem.

Regulace chundelky metlice je poměrně obtížná a pro zdárný výsledek je nutné do ochrany plodiny zahrnout celý komplex opatření. Pro regulaci v jařinách je nutná kvalitní předseťová příprava půdy, která postihuje již vzešlé rostlinky, které na rozdíl od lipnice roční špatně regenerují. Pro regulaci chundelky lze využít také sled jařin několik let po sobě se zapojením okopaniny, nebo využít pěstování víceletých píceň na orné půdě. Na chundelku metlici existuje poměrně široká škála herbicidních přípravků s různým mechanismem působení. Jelikož u chundelky metlice byly popsány rezistentní populace, které v mnohých oblastech převládají vůči inhibitorům ALS, je nutné při regulaci obměňovat přípravky, které mají různou účinnou látku. Nutností je regulace již v podzimních měsících, v jarních měsících v případě potřeby porosty pouze dočistíme.

Šíření nových invazivních plevelů

Působení člověka na krajinu má pochopitelně významný vliv i na zemědělství, a tedy sekundárně i na plevelná společenstva. Je dlouhodobé a zásahy do životního prostředí bývají zpravidla velkoplošné. Urbanizace krajiny, přesuny materiálů, těžba surovin, velkoplošné skládky a výsypky ovlivnily výskyt rostlin a existenci vhodných podmínek pro většinu rostlinných druhů. Regulace plevelů na takovýchto plochách je poměrně složitým problémem. Zejména rozsáhlé plochy železnic, plochy v přístavech a manipulačních skladech bývají zpravidla ošetřovány herbicidy. Používány jsou totální, zpravidla perzistentní herbicidy v podstatně vyšších dávkách, nežli jsou používány v zemědělství. Tyto plochy bývají zdrojem rezistentních populací plevelů, které se následně mohou šířit na zemědělskou půdu. Největším problémem je jejich šíření po železnici po celé republice. K rychlému šíření dochází v současnosti především podél rychlostních komunikací a dálnic. Rychlý proces šíření některých plevelných druhů napříč Evropou je zřetelný zejména u plevelů šířících se anemochorní cestou, vodou nebo pomocí stepních běžců. Vzhledem k budování řady nových dálnic lze předpokládat, že šíření plevelů podél nich bude nabývat na významu.

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

Příklady zavlečených neofytů

V současnosti se setkáváme s novými druhy, které se mohou invazivně šířit na naše území a expandovat na zemědělskou půdu. Obvykle jsou k nám zavlečány vlivem nezemědělské činnosti. Česká republika je vůči invazím rostlinných druhů poměrně náchylná, což je dáno relativně velkou hustotou osídlení i hustou sítí řek, silnic a železnic. Vodní toky a komunikační síť podporují šíření nepůvodních druhů, protože semena a další typy diaspor se krajinou často šíří právě podél nich.

Ambrozie peřenolistá (*Ambrosia artemisiifolia*) patří do čeledi hvězdnicovitých (*Asteraceae*). Původním druhem je v Severní Americe, kde roste v USA a v jižní Kanadě na suchých i vlhkých půdách, a to v prériích, na březích vod a na neobdělávané půdě. Z původní domoviny se postupně rozšířila do Střední a Jižní Ameriky, do Evropy, Afriky a místy se vzácně objevuje v Asii, Austrálii, na Novém Zélandě a v Tichomoří.

Do Evropy byla zavlečena v druhé polovině 19. století, kde byla poprvé zjištěna v Německu. Dnes obývá téměř celou Evropu s výjimkou severnějších a chladnějších oblastí, kde je její výskyt přechodný a to pouze v obvodech městských aglomerací. Ve střední Evropě zcela zdomácněla a stává se zde součástí ruderalní flóry. Evropsky významnou oblastí výskytu ambrozie peřenolisté je území jižního Slovenska a Maďarska. Zcela také zdomácněla v jižních oblastech Evropy až k Podunajské nížině. V těchto oblastech je již ambrozie řazena mezi významné plevely. Do České republiky se ambrozie peřenolistá dostává především tzv. „Labskou cestou adventivů“, která je považována za jednu z hlavních migračních cest rostlin a živočichů ve střední Evropě. Tato cesta je též typická pro zavlečení především severoamerických druhů. K dalšímu pronikání ambrozie na naše území dochází z jihovýchodu z oblasti jižního Slovenska a severního Maďarska především automobilovou a vlakovou dopravou. Na rozšiřování se podílí znečištěné obilí, sójové boby a sójový odpad nebo jsou známy případy zavlečení semen s dovozem amerického osiva jetelovin.

Na zemědělské půdě je ambrozie peřenolistá významným plevem v oblasti jižní Evropy. V České republice jde pouze o invazní druh plevel prozatím pouze lokálního významu, který je na zemědělské půdě zastoupen jen okrajově. Ale vzhledem k mohutnému rozšíření v oblasti jižního Slovenska, lze očekávat expanzi na orné půdě v teplých oblastech České republiky a to v kukuřičné a řepařské výrobní oblasti.

Ambrozie patří mezi rostliny s vysokou produkcí pylu, který má alergenní účinky. Proteiny obsažené v pylových zrnech jsou nebezpečnými alergeny. V Maďarsku vykazuje většina alergiků vůči pylu ambrozie zvýšenou citlivost a také doba květu této rostliny se zde kryje s nejčastějším výskytem a nejtěžším průběhem alergií. Na druhé straně obsahuje látky, které mají antibakteriální a antivirové účinky.

Obdobně jako ambrozie byl k nám zavlečen **mračňák Theophrastův (*Abutilon theophrasti*)**. Jehlík (1998) uvádí jako jeho původní domovinu teplejší části Asie, kde roste na polích, v zahradách, parcích, u řek a v křovinách. V oblastech původního výskytu se vyskytuje na polích jako plevel bavlníku a sóji. Druhotně se lidskou činností rozšířil prakticky do celého

světa. Ve střední Evropě se začíná častěji objevovat od osmdesátých let dvacátého století a hlavně v teplejších částech se stává typickým plevem okopanin. V jižnějších oblastech kontinentu je už klasifikovaný jako agresivní plevel uplatňující se převážně v kukuřici. Lodní dopravou se mračňák dostává do České republiky labsko-vltavskou vodní cestou, která je typická pro zavlékání především severoamerických druhů, kde mračňák patří k nejnebezpečnějším plevelům.



Zaplevelení řepy cukrové mračňákem

Spolu s ovčí vlnou byl k nám z Austrálie zavlečen **merlík trpasličí (*Dysphania pumilio*)**, který je v České republice znám již z konce 19. století. V původní domovině je častý na rumištích a u periodicky vysychajících vodních toků a nádrží. Na zemědělské půdě je hojný především na pastvinách a na orné půdě především jako plevel strnišť. Charakteristický je jeho výskyt také na víceúčelových pozemcích poblíž hospodářských usedlostí.

Druhotně se rozšířil do mnoha oblastí. V České republice byl zaznamenán jako jeden z prvních v Evropě již v roce 1890 v Nosislavy v [okrese Brno-venkov](#). Merlík trpasličí patří mezi pozdně jarní plevele. Velká generativní reprodukční schopnost a nenáročnost na půdní podmínky umožnila tomuto druhu zdomácnět v teplých oblastech České republiky. I přes to, že nárůst lokalit s tímto druhem je pouze pozvolný, dlouhodobý, v chladnějších oblastech přechodný, můžeme v tomto druhu nalézt určitý potenciál méně významného plevele. Prozatím se ale jedná o konkurenčně slabý druh, který se stal neškodnou součástí naší flóry.



Merlík trpasličí

Čirok halabský (*Sorghum halepense*) je expanzivní vytrvalá rostlina s hlouběji kořenícími oddenky, která k nám byla v minulosti zavlékána různými způsoby, v současné době se přizpůsobuje našim podmínkám spíše na nezemědělských plochách (Jehlík 1998). Ve světě se u tohoto druhu uplatňuje široká škála jeho negativních vlastností jako je toxicita pro pastvu herbivory, vysoká konkurenční schopnost vůči plodinám i původním rostlinám, snižuje úrodnost půdy, působí jako hostitel patogenů plodin a je známým alergenem. Díky rozsáhlému systému oddenků a výhonků a vysoké produkci semen je extrémně invazivní a obtížně regulovatelný.

Čirok halabský pochází z východního Středomoří, Malé Asie, Střední Asie, Kavkazu a okolí Černého moře. Dnes je již zdomácnělý v celé jižní Evropě a u nás se vyskytuje v nejteplejších oblastech státu (jižní Morava).

Rostlina vytváří až 8 000 obilek. Obilky klíčí až v průběhu května, vyhovují jim střídavé teploty. Klíčí velmi pozvolna, ale udržují si dlouhodobou klíčivost. Obilky se šíří větrem, vodou, živočichy, pracovní činností člověka. V našich podmínkách je produkce obilek často snížena, proto se šíří spíše vegetativně – plazivými oddenky. Velmi silně odnožuje, kořenový systém sahá hluboko do půdy (až 1 m).

Teplomilný plevel s tendencí se přizpůsobovat novým podmínkám a expandovat na další lokality. V teplých oblastech světa je uváděn jako velmi nebezpečný plevel. Vůči postemergentním graminicidům je citlivý pouze při používání vysokých dávek. Vhodná je ohnisková aplikace totálních herbicidů typu glyphosate.



Počátek růstu oddenku (čirok halabský)

Rukevník východní (*Bunias orientalis* L.) jako dvouletý či vytrvalý plevel patří do čeledi brukvovitých (*Brassicaceae*). Původní domovinou tohoto druhu je pravděpodobně Arménská vysočina odkud byl nejspíše zavlečen na Kavkaz, do Evropy, na západní Sibiř, také na Dálný východ a přes Atlantik do Severní Ameriky. Do střední Evropy se rukevník dostal ve druhé polovině 19. století, pravděpodobně byl náhodně zavlečen s dovezenými plodinami z Ruska, železniční a lodní dopravou. V Rusku a na Ukrajině byl pokusně pěstován, jako dosud opomíjená cenná pícnina, což mohlo usnadnit další invazi druhu do nových oblastí.

V České republice je znám již v polovině 19. století, ale jeho výskyt začal narůstat až v současnosti především ve středních Čechách a v okolí Prahy. V místech původního areálu rozšíření roste na loukách, při okraji polí, v blízkosti lidských sídel a u komunikací. U nás se objevuje na ruderalních stanovištích, na železničních náspech, kolem silnic a cest, na mezích i úhorech, odkud místy expanduje na zemědělskou půdu. Obvyklý bývá na souvratích, kde je jeho výskyt patrný v době kvetení. Místy má jeho šíření až invazivní charakter, při kterém zapleveluje celé plochy porostů. Nejčastěji zapleveluje ozimy, jako je ozimá řepka a ozimá pšenice. Někdy se objevuje i ve víceletých pícninách pěstovaných na orné půdě a v trvalých travních porostech.

Rukevník kvete od května do srpna. Semena dozrávají od července do září. Rostlina je samosprašná. Jedna rostlina produkuje v průměru 5000 semen, která tvoří velkou, dlouho životaschopnou semennou banku v půdě. Klíčivost semen je vysoká. Rostliny rukevníku jsou dvouleté nebo víceleté. V druhém případě mohou dožívat věku více než 10 let. Rukevník je také schopný regenerovat ze segmentů kořenů, nejlépe z kořenového krčku, obdobně jako je tomu známo u pampelišky lékařské nebo širokolistých šťovíků.

Rukevník je ruderalní druh, který se vyskytuje hlavně v časných sukcesních fázích rostlinného společenstva. Druh často tvoří až monodominantní, husté porosty s nízkým podílem ostatních ruderalních, nebo travních druhů. Rukevník potlačuje hluboká orba, minimální zpracování půdy tento druh podporuje vzhledem k jeho dobré regenerační schopnosti ze

segmentů kořenů. Rostliny jsou citlivé na glyfosát, 2,4-D a metsulfuron, ale vzhledem k tomu, že rostliny se na orné půdě vyskytují krátce, je zapotřebí získat více informací o účinné aplikaci herbicidů.



Rukevník východní v porostu ozimé pšenice

Použitá literatura

- Andersson L. - Boström U. (2013): Sprouting capacity from intact root systems of *Cirsium arvense* and *Sonchus arvensis* decrease in autumn. *Weed Research* (53):183-191.
- Bajwa A.A. - Akhter, M.J. - Iqbal N. - Peerzada A.M. - Hanif Z. - Manalil S. - Hashim S. - Ali H.H. - Kebaso L. - Frimpong D. - Namubiru H. - Chauhan B.S. (2017): Biology and management of *Avena fatua* and *Avena ludoviciana*: two noxious weed species of agro-ecosystems. *Environ. Sci. Pollut. Res.* (24):19465–19479.
- Baudyš E. (1931): Hospodářská fytopatologie. Brno.
- Brandsæter L.O. - Fogelfors H. - Fykse H. - Graglia E. - Jensen R.K. - Melander B. - Salonen J. - Vanhala, P. (2010): Seasonal restrictions of bud growth on roots of *Cirsium arvense* and *Sonchus arvensis* and rhizomes of *Elymus repens*. *Weed Research*, 50(2): 102-109.
- Beckie H.J. - Kirkland K.J. (2003): Implication of reduced herbicide rates on resistance enrichment in wild oat (*Avena fatua*). *Weed. Technol.* (17): 138–148.
- Beckie H.J. - Thomas A.G. - Legere A. - Kelner D.J. - Van Acker R.C. - Meers S. (1999): Nature, occurrence, and cost of herbicide-resistant wild oat (*Avena fatua*) in small-grain production areas. *Weed. Technol.* (13): 612–625.
- Bobro M.A. - Bachassi A. (1994): Sowing date, plant density and hybrid as the basis of technology for growing maize without herbicides. Seleksionno-geneticheskie i biotekhnologicheskie priemy povysheniya produktivnosti sel'skokhozyaistvennykh rastenii., (8 ref.):77-82.
- CABI (2019): Invasive Species Compendium. Wallingford, UK: CAB International. www.cabi.org/isc.
- Darbyshire S.J. a kol. (2014): The Biology of Canadian Weeds. 153. *Stachys palustris* L. *Can. J. Plant. Sci.* (94): 709–722.
- Daugovish O. - Thill D.C. - Shafii B. (2002): Competition between wild oat (*Avena fatua*) and yellow mustard (*Sinapis alba*) orcanola (*Brassica napus*). *Weed. Sci.* (50):587–594.
- Douglas B.J. - Thomas A.G. - Morrison I.N. - Maw M.G. (1985): The biology of Canadian weeds. 70. *Setaria viridis* (L.) Beauv. *Canadian Journal of Plant Science* 65(3):669-690.
- Gaisler J. - Pavlů V. - Hejcman M. (2004): Effect of mulching frequency on legumes cover in Sard, pp. 161–165. In: Produkčné, ekologické a krajnotvorné funkcie trávnych ekosystémov a krmných plodín. Nitra, Slovakia.
- Gill K.S. - Arshad M.A. (1995): Weed flora in the early growth period of spring crops under conventional, reduced, and zero tillage systems on a clay soil in northern Alberta, Canada. *Soil and Tillage Research*, 1 (33): 65–79; 20 ref..
- Holm I. G. - Pancho J. V. - Herberger J. P. - Plucknett D. L. (1991): The World's Worst Weeds. Distribution and Biology. Krieger Publishing Company Malabar, Florida, USA: 609 pp.
- Honsová D. - Hejcman M. - Klaudisová M. - Pavlů V. - Kocurková D. - Hakl J. (2007): Species composition of an alluvial meadow after 40 years of applying nitrogen, phosphorus and potassium fertilizer. *Preslia* (79): 245 - 258.
- Hyvonen T. - Ketoja E.J. - Jalli H. -Tiainen J. (2003): Weed species diversity and community composition in organic and conventional cropping of spring cereals. *Agriculture Ecosystems & Environment* (97): 131 - 149.
- Jehlík V. a kol. (1998): Cizí expanzní plevelé České republiky a Slovenské republiky. Academia, Praha.
- Jursík M. a kol. (2007): Čistec bahenní – *Stachys palustris*. *Listy cukrov. řepař.* 123(2): 50-53.
- Kavoliunaite I. - Paliulyte E. (2004): Investigation of growth dynamics. *Agriculture* (87): 106 - 115.
- Korsmo E. a kol. (1930): Unkräuter im Ackerbau der Neuzeit. Berlín.

- Lemna W.K. - Messersmith C.G. (1990): The biology of Canadian weeds. 94. *Sonchus arvensis* L. *Canadian Journal of Plant Science* (79): 509-532.
- McAlister F.M. - Holtum J.A.M. - Powles S.B. (1995): Dinitroaniline herbicide resistance in rigid ryegrass (*Lolium rigidum*). *Weed Science* 43(1): 55-62.
- Mikulka J. - Kneifelová M. (2004): Changes in Weed Species Spectrum of Perennial Weeds on Arable Land. 12th International Conference on Weed Biology, Dijon, France: 219- 224.
- Mikulka J. (2014): Plevelé polních plodin. Profi press, Praha.
- Mikulka J. a kol. (2009): Changes in weed species spectrum of perennial weeds on arableland, meadows and pastures. *Plant Protect. Sci.* 45, (Special issue): 63 - 66.
- Pavlů V. - Hejzman M. - Pavlů L. - Gaisler J. - Nežerková P. (2006): Effect of continuous grazing on forage quality, quantity and animal performance. *Agric. Ecosys. Environ.* (113): 349 - 355.
- Pavlů V. - Hejzman M. - Pavlů L. - Gaisler J. (2007): Restoration of grazing management and its effect on vegetation in an upland grassland. *App. Veg. Sci.* (10): 375 - 382.
- Pilipavicius V. (2008): Allelopathic effect of grounded *Cirsium arvense* L. seeds on spring barley germination. *J. Plant Dis. Protect. Special Issue* (21): 341 - 343.
- Štrobach J. - Mikulka J. (2018): Regenerace čistce bahenního (*Stachys palustris* L.), významného plevelé řepy cukrové. *Listy cukrov. řepář.* 134 (4): 134-139.
- Štrobach J. - Mikulka J. (2019): Významné jednoleté ozimé trávy v obilninách. *Úroda* (67): 20-22.
- Tørresen K.S. - Fykse H. - Rafoss T. (2010): Autumn growth of *Elytrigia repens*, *Cirsium arvense* and *Sonchus arvensis* at high latitudes in an outdoor pot experiment. *Weed Research* (50): 353- 363.
- Vanhala, P. - Lötjönen, T. - Hurme T. - Salonen, J. (2006): Managing *Sonchus arvensis* using mechanical and cultural methods. *Agricultural and Food Science* (15): 444-458.
- Wang R.L. - Dekker J. (1995): Weedy adaptation in *Setaria* spp. III. Variation in herbicide resistance in *Setaria* spp. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 51(2):99-116.
- Zwerger P. (1996): Zur Samenproduktion der Acker-Kratzdistel (*Cirsium arvense* (L.) Scop.). *J. Plant Dis. Protect. Special Issue* (15): 91 - 98.
- Alyokhin A., Baker M., Mota-Sanchez D. *et al.* (2008): Colorado potato beetle resistance to insecticides. *Am. J. Pot. Res.*, 85: 395-413.
- Anonym (2017): Business Insider. GMO papaya saved an \$11 million industry in Hawaii - and set off a political storm. Dostupné online: <https://geneticliteracyproject.org/2017/06/26/gmo-papayas-saved-11-million-industry-set-off-political-storm-hawaii/> (accessed on ...)
- Anonym (2020): Farm to Fork Strategy. A Farm to Fork Strategy for a Fair, Healthy and Environmentally-Friendly Food System. Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions. Dostupné online: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A52020DC0381> (accessed on ...).
- Campbell E.M., Budge G.E. and Bowman A.S. (2010): Gene-knockdown in the honey bee mite *Varroa destructor* by a non-invasive approach: studies on a glutathione S-transferase. *Parasit. Vectors*, 3: 73.
- Carbonell A., Martinez de Alba A. E., Flores R. and Gago S. (2008): Doublestranded RNA interferes in a sequence-specific manner with the infection of representative members of the two viroid families. *Virology*, 371: 44-53.

- Dalakouras A., McMillan J.N., Cardoza V., Maegele I., Dadami E., Runne M., Krczal G., Wassenegger M. (2016): Induction of silencing in plants by high-pressure spraying of in vitro synthesized small RNAs. *Front. Plant Sci.*, 7: 1327.
- Dubrovina A.S. and Kiselev K.V. (2019) Exogenous RNAs for gene regulation and plant resistance. *Int. J. Mol. Sci.*, 20: 2282.
- Fire A., Albertson D., Harrison S.W. and Moerman D.G. (1991): Production of antisense RNA leads to effective and specific inhibition of gene expression in *C. elegans* muscle. *Development*, 113: 503-514.
- Fuchs M., Tricoli D.M., Carney K.J., Schesser M., Mcferson J.R., Gonsalves D. (1998): Comparative virus resistance and fruit yield of transgenic squash with single and multiple coat protein genes. *Plant Dis.*, 82 (12): 1350-1356.
- Garbian Y., Maori E., Kalev H., Shafir S. and Sela I. (2012): Bidirectional transfer of RNAi between honey bee and *Varroa destructor*: Varroa gene silencing reduces Varroa population. *PLoS Pathog.*, 8: e1003035.
- Gonsalves D. (2006): Transgenic papaya: development, release, impact and challenges. *Adv. Virus Res.*, 67: 317-354.
- Guo H.S., Cervera M.T. and Garcia J. A. (1998): Plum pox potyvirus resistance associated to transgene silencing that can be stabilized after different number of plant generations. *Gene*, 206: 263-272.
- Head G.P., Carroll M.W., Evans S.P., Rule D.M., Willse A.R. et al. (2017) Evaluation of SmartStax and SmartStax PRO maize against western corn rootworm and northern corn rootworm: efficacy and resistance management. *Pest Manag. Sci.*, 73: 1883-1899.
- Huang G., Allen R., Davis E.L., Baum T.J., Hussey R.S. (2006): Engineering broad root-knot resistance in transgenic plants by RNAi silencing of a conserved and essential root-knot nematode parasitism gene. *Proc. Natl. Acad. Sci.*, 103 (39): 14302-14306.
- Hunter W., Ellis J., Vanengelsdorp D., Hayes J., Westervelt D., Glick E. et al. (2010): Large-scale field application of RNAi technology reducing Israeli acute paralysis virus disease in honey bees (*Apis mellifera*, Hymenoptera: Apidae). *PLoS Pathog.*, 6: 1-10.
- Jiang L., Ding L., He B., Shen J., Xu Z., Yin M., Zhang X. (2014): Systemic gene silencing in plants triggered by fluorescent nanoparticle delivered double-stranded RNA. *Nanoscale*, 6: 9965-9969.
- Hollomon D.W. (2012): Do we have the tools to manage resistance in the future? *Pest Manag. Sci.*, 68: 149-154.
- Kaldis A., Berbati M., Melita O., Reppa C., Holeva M. et al. (2018): Exogenously applied dsRNA molecules deriving from the Zucchini yellow mosaic virus (ZYMV) genome move systemically and protect cucurbits against ZYMV. *Mol. Plant Pathol.*, 19: 883-895.
- Koch A., Kumar N., Weber L., Keller H., Imani J. and Kogel K.-H. (2013): Host-induced gene silencing of cytochrome P450 lanosterol C14-demethylase-encoding genes confers strong resistance to *Fusarium* species. *Proc. Natl. Acad. Sci.*, 110: 19324-19329.
- Koch A., Biedenkopf D., Furch A., Weber L., Rossbach O. et al. (2016): An RNAi-based control of *Fusarium graminearum* infections through spraying of long dsRNAs involves a plant passage and is controlled by the fungal silencing machinery. *PLoS Pathog.*, 12: e1005901.
- Konakalla N. C., Kaldis A., Berbati M., Masarapu H., and Voloudakis A. E. (2016): Exogenous application of double-stranded RNA molecules from TMV p126 and CP genes confers resistance against TMV in tobacco. *Planta*, 244: 961-969.
- Mao Y.-B., Cai W.-J., Wang J.-W., Hong G.-J., Tao X.-Y. et al. (2007): Silencing a cotton bollworm P450 monooxygenase gene by plant-mediated RNAi impairs larval tolerance of gossypol. *Nat. Biotechnol.*, 25: 1307-1313.

- Michael C., Gil E., Gallart M., Stavrinides M.C. (2021): Evaluation of the effects of spray technology and volume rate on the control of grape berry moth in mountain viticulture. *Agriculture*, 11: 178.
- Mitter N., Worrall E. A., Robinson K. E., Li P., Jain R. G. et al. (2017): Clay nanosheets for topical delivery of RNAi for sustained protection against plant viruses. *Nat. Plants*, 3.
- Montanarella L., Panagos P. (2021): The relevance of sustainable soil management within the European Green Deal. *Land Use Policy*, 100: 104950.
- Napoli C., Lemieux C. and Jorgensen R. (1990): Introduction of a chimeric chalcone synthase gene into *Petunia* results in reversible co-suppression of homologous genes in trans. *Plant Cell*, 2: 279-289.
- Nowara D., Gay A, Lacomme C. et al. (2010): HIGS: host-induced gene silencing in the obligate biotrophic fungal pathogen *Blumeria graminis*. *Plant Cell*, 22 (9): 3130-3141.
- Ostrý V., Ovesná J., Škarková J., Pouchová V., Ruprich J. (2010): A review on comparative data concerning Fusarium mycotoxins in Bt maize and non-Bt isogenic maize. *Mycotoxin Res.*, 26 (3): 141-145.
- Paldi N., Glick E., Oliva M., Zilberberg Y., Aubin L. et al. (2010): Effective gene silencing in a microsporidian parasite associated with honeybee (*Apis mellifera*) colony declines. *Appl. Environ. Microbiol.*, 76: 5960—5964.
- Papolu P.K., Gantasala N.P., Kamaraju D., Banakar P., Sreevathsa R. and Rao U. (2013): Utility of host delivered RNAi of two FMRF amide like peptides, flp-14 and flp-18, for the management of root knot nematode, *Meloidogyne incognita*. *PLoS One*, 8: e80603.
- Piot N., Snoeck S., Vanlede M., Smagghe G. and Meeus I. (2015): The effect of oral administration of dsRNA on viral replication and mortality in *Bombus terrestris*. *Viruses*, 7: 3172-3185.
- Ravelonandro M., Scorza R., Michel H.J. and Briard P. (2014): The efficiency of RNA interference for conferring stable resistance to plum pox virus. *Plant Cell Tissue Organ Cult.*, 118: 347-356.
- Rodrigues T.B., Mishra S.K., Sridharan K., Barnes E.R., Alyokhin A. et al. (2021): First sprayable double stranded RNA-based biopesticide product targets proteasome subunit beta type-5 in colorado potato beetle (*Leptinotarsa decemlineata*). *Front. Plant Sci.*, 12: 728652.
- Romano N. and Macino G. (1992): Quelling: transient inactivation of gene expression in *Neurospora crassa* by transformation with homologous sequences. *Mol. Microbiol.*, 6: 3343-3353.
- Romay G., Lecoq H. and Desbiez C. (2014): Cucurbit crops and their viral diseases in Latin America and the Caribbean islands. A Review. *J. Plant Pathol.*, 96: 227-242.
- Sang H., Kim J.I. (2020): Advanced strategies to control plant pathogenic fungi by host-induced gene silencing (HIGS) and spray-induced gene silencing (SIGS). *Plant Biotechnol. Rep.*, 14: 1-8.
- Scorza R., Callahan A., Levy L., Damsteegt V., Webb K., and Ravelonandro M. (2001): Post-transcriptional gene silencing in plum pox virus resistant transgenic European plum containing the plum pox potyvirus coat protein gene. *Transgenic Res.*, 10: 201-209.
- Scott J.G., Michel K., Bartholomay L.C., Siegfried B.D., Hunter W.B. et al. (2013): Towards the elements of successful insect RNAi. *J. Insect Physiol.*, 59: 1212-1221.
- Shaner D.L. and Beckie H.J. (2014): The future for weed control and technology. *Pest Manag. Sci.*, 70: 1329-1339.
- Tao X.-Y., Xue X.-Y., Huang Y.-P., Chen X.-Y. and Mao Y.-B. (2012): Gossypol-enhanced P450 gene pool contributes to cotton bollworm tolerance to a pyrethroid insecticide. *Mol. Ecol.*, 21: 4371-4385.
- Tenllado F. and Diaz-Ruiz J. R. (2001): Double-stranded RNA-mediated interference with plant virus infection. *J. Virol.*, 75: 12288-12297.

- Vadlamudi T., Patil B.L., Kaldis A., Gopal D.V.R.S., Mishra R. et al. (2020): DsRNA-mediated protection against two isolates of Papaya ringspot virus through topical application of dsRNA in papaya. *J. Virol. Methods*, 275: 113750.
- Walawage S.L., Britton M.T., Leslie C., Uratsu S.L., Li Y. and Dandekar A.M. (2013): Stacking resistance to crown gall and nematodes in walnut rootstocks. *BMC Genomics*, 14: 668.
- Wang M., Weiberg A., Lin F.-M., Thomma B.P.H.J., Huang H.-D. and Jin H. (2016): Bidirectional cross-kingdom RNAi and fungal uptake of external RNAs confer plant protection. *Nat. Plants*, 2: 16151.
- Willow J., Soonvald L., Sulg S. et al. (2021): RNAi efficacy is enhanced by chronic dsRNA feeding in pollen beetle. *Commun. Biol.*, 4: 444.
- Wingard S.A. (1928): Host and symptoms of ring spot, a virus disease of plants. *J. Agric. Res.*, 3: 127-153.
- Wittner A., Palkovics L., and Balazs E. (1998): *Nicotiana benthamiana* plants transformed with the plum pox virus helicase gene are resistant to virus infection. *Virus Res.*, 53: 97-103.
- Worrall E.A., Bravo-Cazar A., Nilon A.T., Fletcher S.J., Robinson K.E. et al. (2019): Exogenous application of RNAi-inducing double stranded RNA inhibits aphid-mediated transmission of a plant virus. *Front. Plant Sci.*, 10: 265.
- Yang Y., Jittayasothorn Y., Chronis D., Wang X., Cousins P. and Zhong G.Y. (2013): Molecular Characteristics and Efficacy of 16D10 siRNAs in inhibiting root-knot nematode infection in transgenic grape hairy roots. *PLoS One*, 8: e69463.
- Yin C., Jurgenson J.E., Hulbert S.H. (2011): Development of a host-induced RNAi system in the wheat stripe rust fungus *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*. *Mol. Plant Microbe Interact.*, 24 (5): 554-561.
- Youssef R.M., Kim K.H., Haroon S.A. and Matthews B.F. (2013): Post-transcriptional gene silencing of the gene encoding aldolase from soybean cyst nematode by transformed soybean roots. *Exp. Parasitol.*, 134: 266-274.
- Zotti M., dos Santos E.A., Cagliari D., Christiaens O., Taningb C.N.T. and Smaggheb G. (2018): RNA interference technology in crop protection against arthropod pests, pathogens and nematodes. *Pest Manag. Sci.*, 74: 1239-1250.
- Alam, M., Alam, M. S., Roman, M., Tufail, M., Khan, M. U. & Khan M. T. 2020. Real-time machine- learning based crop/weed detection and classification for variable-rate spraying in precision agriculture. Pages 273-280 in 2020 7th International Conference on Electrical and Electronics Engineering (ICEEE). IEEE.
- Ashley, H. D., Rea, J. (1975): Seasonal vegetation differences from ERTS imagery. *Photogrammetric Engineering and Remote sensing* 41: 713-719.
- Berge, T.W., Goldberg, S., Kaspersen, K. & Netland, J. (2012). Towards machine vision based site-specific weed management in cereals. *Computers & Electronics in Agriculture* 81: 79-86.
- Cubert. 2022. Ultris X20. Cubert, Ulm, Nemecko. Dostupné z: <https://www.cubert-hyperspectral.com/products/ultris-x20>
- dos Santos Ferreira, A., Freitas, D. M., da Silva, G. G., Pistori, H. & Folhes, M. T. 2017. Weed detection in soybean crops using ConvNets. *Computers and Electronics in Agriculture* 143: 314-324.
- Farooq, A., Jia, X., Hu, J. & Zhou, J. (2019). Multi-resolution weed classification via convolutional neural network and superpixel based local binary pattern using remote sensing images. *Remote Sensing* 11: 1692.
- Garford. 2022. Robocrop InRow Weeder. Garford, Peterborough, Velká Británie. Dostupné z: <https://garford.com/products/robocrop-inrow-weeder/>
- Gerhards, R. & Oebel, H. 2006. Practical experiences with a system for site-specific weed control in arable crops using real-time image analysis and GPS-controlled patch spraying *Weed Research* 46: 85-193.

- Gutjahr, C., Sökefeld, M. & Gerhards, R. 2012. Evaluation of two patch spraying systems in winter wheat and maize. *Weed Research* 52: 510-519.
- Huete, A. R. 1988. Soil-adjusted vegetation index (SAVI). *Remote Sensing of Environment* 25: 295-309.
- Jacobi, J., Backes, M., Kühbauch, W. & Plümer, L. 2006. Identifikation von Unkräutern in Zuckerrüben anhand spektraler Reflektionsunterschiede in Fernerkundungsaufnahmen. In: *Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz*, Heft XX, 241-248,
- Kunz, C., Weber, J. F., Peteinatos, G. G., Sökefeld, M. & Gerhards, R. (2018) Camera steered mechanical weed control in sugar beet, maize and soybean. *Precision Agriculture* 19: 708-720.
- Lamb D. W., Weedon M. M. & Rew L. J. 1999. Evaluating the accuracy of mapping weeds in seedling crops using airborne digital imaging: *Avena* spp. in seedling triticale. *Weed Research* 39: 481-492.
- LeCun Y., Bengio Y. & Hinton G. 2015. Deep learning. *Nature* 521: 436-444.
- Lillesand, T. M., Kiefer, R. W. & Chipman, J. W. (2004) *Remote Sensing and Image Interpretation*. 5th Edition, John Wiley, New York.
- Pallottino F., Menesatti P., Figorilli, S., Antonucci, F., Tomasone, R., Colantoni, A., & Costa, C. 2018. Machine vision retrofit system for mechanical weed control in precision agriculture applications. *Sustainability* 10: 2209.
- Robovator. 2022. Automated Mechanical Weeding. Robovator, Salinas, Kanada. Dostupné z: <https://www.robovator.com/>
- SAM Dimension. 2022. Weniger Pestizide, mehr Präzision. SAM Dimension. Dostupné z: <https://www.sam-dimension.com/>
- Scotford, I. M. & Miller P. C. H. 2005. Applications of spectral reflectance techniques in Northern European cereal production: A Review.- *Biosystems Engineering* 90: 235-25.
- Sharma, R., Kamble, S. S., Gunasekaran, A., Kumar, V. & Kumar, A. 2020. A systematic literature review on machine learning applications for sustainable agriculture supply chain performance. *Computers & Operations Research* 119: 104926.
- Senop. 2022. Hyperspectral imaging. Senop, Kangasala, Finsko. Dostupné z: <https://senop.fi/optics-imaging/hyperspectral-imaging/>
- Vondříčka, J. & Lammers P. S. 2009. Real-time controlled direct injection system for precision farming. *Precision agriculture* 10: 421-430.
- DUMALASOVÁ, Veronika. Reakce různých druhů obilnin na mazlavou sněť pšeničnou. *Úroda*, Říjen 2022, roč. 17, č. 10, s. 19-22.
- DUMALASOVÁ, Veronika. Mezinárodní projekt ECOBREED a výzkum odolnosti k mazlavým sněťm. *Úroda*, Říjen 2022, roč. 17, č. 10, s. 24-26.
- GOATES, Blair J. Common bunt and dwarf bunt. In: WILCOXSON, Roy D a SAARI, Eugene E. *Bunt and Smut Diseases of Wheat: Concepts and Methods of Disease Management*. CIMMYT, Mexico City, 1996. pp. 12-25. ISBN: 968-6923-37-3
- MATANGUIHAN, Janet B, MURPHY, Kevin M, JONES a Stephen S. Control of Common Bunt in Organic Wheat. *Plant Disease*, 2011, roč. 95, č. 2, s. 92-103. Dostupné z: doi:10.1094/PDIS-09-10-0620
- PREUGSCHAT, Karin, KERSTEN, Susanne, ETTLE, Thomas, et al.. Effects of feeding diets containing increasing proportions of bunt-infected wheat (*Tilletia caries*) on performance and health of pigs. *Archives of Animal Nutrition*, 2014, roč. 68, č. 1, s. 55-62. Dostupné z: doi:10.1080/1745039X.2014.881065
- VOIT, Benno, DRESSLER, Markus a KILLERMANN, Berta. Warum sind Steinbrand und Zwergsteinbrand derzeit nicht nur im ökologischen Getreidebau ein Problem? In: *Tagungsband der 62. Jahrestagung der*

Vereinigung der Pflanzenzüchter und Saatgutkaufleute Österreichs, 19.-21. November 2012. Raumberg-Gumpenstein, 2013. pp. 73-76. ISBN: 978-3-902559-88-3. Dostupné z: <http://www.saatgut-austria.at/page.asp/MEDIA/27.htm>