Problematika rezistence oomycet a houbových patogenů révy k fungicidům a antirezistentní strategie

Petr Ackermann, Ekovín, o. s. Brno

Rezistence fytopatogenních oomycet a hub je aktuální od zavedení specificky, zpravidla jednobodově, v metabolizmu patogenu působících fungicidních účinných látek (benzimidazoly, dikarboximidy, fenylamidy a postupně další). U uvedených skupin fungicidů byla zaznamenána snížená účinnost a následně prokázána rezistence i u patogenů révy již po několika letech používání.

Rezistence je definována jako snížená účinnost fungicidu na populaci oomycety nebo houby v důsledku jeho používání, případně jako dědičné přizpůsobení patogenu fungicidu, které vede ke ztrátě účinnosti. V podstatě jde o reakci patogenu na opakované použití stejné nebo příbuzné účinné látky se stejným působením. Patogen přestává být citlivý na účinnou látku a rostlina již neni dostatečně chráněna.

Rezistence může být buďto **vrozená**, která představuje dědičně fixovanou odolnost (necitlivost) patogenu k fungicidní účinné látce (např. fenylamidy a amidy kyseliny karboxylové nejsou účinné proti houbám, inhibitory biosyntézy sterolů, včetně inhibitorů demetylace nejsou účinné proti oomycetám apod.) nebo **získaná** následkem používání fungicidu (patogen byl dříve k rizikové účinné látce citlivý).

Pokud jde o rezistenci získanou, jsou velmi významné termíny cross – rezistence a multiple (multi) – rezistence.

Cross – rezistence (křížová rezistence) vyjadřuje situaci, kdy použití jedné rizikové účinné látky současně buduje rezistenci k dalším účinným látkám se stejným mechanizmem působení. Skupiny cross – rezistence jsou definovány, mají svůj kód a jejich znalost je základním předpokladem uplatnění antitezistentních strategií.

Multiple – rezistence (vícenásobná rezistence) vyjadřuje situaci, kdy vznikne současně rezistence ke dvěma nebo více účinným látkám s různým mechanizmem působení (např. rezistence plísně šedé k benzimidazolům a dikarboximidům). Příčinou jsou dvě na sobě nezávislé mutace, k nimž došlo v důsledku opakovaného použití přípravků z obou skupin fungicidů.

Hlavní předpoklady vzniku rezistence jsou:

1) Přítomnost rezistentních jedinců (genotypů) v populaci patogenu

2) Selekční tlak, který je dán četností použití, resp. dobou kontaktu účinné látky s patogenem
3) Specifické, převážně jednobodové působení fungicidu v metabolizmu patogenu
4) Predispozice patogenu k rezistenci

Ad 1) V populacích patogenu dochází trvale ke změnám (především mutacím), při kterých mohou vznikat také jedinci, kteří jsou odolní k určitým účinným látkám. Odolní jedinci se mohou v populaci patogenu vyskytovat již před prvním použitím fungicidu. Přítomnost odolných jedinců před zavedením fungicidu byla zjištěna u patogenů révy např. u fenylamidů, benzimidazolů a hydroxyanilidů. Mutanti mají často nižší životnost (fitness) a v populaci zpravidla pouze přežívají nebo postupně zanikají. Později dochází ke genetickým změnám působením rizikové účinné látky. Genetické změny umožňují také získání vyšší patogenity a životnosti patogenu. Počáteční frekvence výskytu mutantů je zpravidla velmi malá. V důsledku selekčního tlaku rizikové účinné látky se však rychle zvyšuje, až dosáhne hodnot, kdy nastávají problémy s účinností.

Ad 2) Pokud se v populaci oomycety nebo houby vyskytují jedinci se sníženou citlivostí k rizikové fungicidní účinné látce, způsobuje opakované použití této látky změny ve složení populace. Pod selekčním tlakem postupně narůstá podíl odolné části populace. Čím silnější a déle trvající je selekční tlak (především četnost používání rizikové účinné látky), tím větší je nebezpečí, že v populaci převládnou odolní jedinci a dojde k selhání fungicidu. Selekční tlak zpravidla nevytváří jen jedna riziková účinná látka, ale i příbuzné účinné látky se stejným mechanizmem působení (skupiny cross – rezistence).

Ad 3) Většina novějších a nových fungicidních účinných látek působí specificky, převážně jednobodově v metabolizmu patogenu, což vytváří významný předpoklad pro vznik rezistence (např. fenylamidy inhibují biosyntézu rRNK, DMI fungicidy inhybují demetylaci v pozici 14 lanosterolu nebo 24 methylen dihydrolanosterolu apod.)

Nebezpečí vzniku rezistence je větší u systémově nebo hloubkově a dlouhodobě působících fungicidů.

Na rozdíl od specificky působících účinných látek, fungicidy na bázi mědi a síry i kontaktní organické fungicidy, především dithiokarbamáty (mankozeb, metiram, propineb, thiram) a ftalimidy (folpet) i další, které působí vícebodově, nejsou významně ohroženy rezistencí.

Ad 4) Významná je také dispozice patogenu. Dispozici k rezistenci zvyšuje vysoká reprodukční schopnost, rychlý vývoj (více generací), pohlavní rozmnožování a variabilita patogenu. Velmi

významné je množství vytvořených reprodukčních orgánů. Čím více spor je vystaveno selekčnímu tlaku, tím větší je možnost vzniku mutací, které vedou ke změně citlivosti. Při pohlavním rozmnožování může v důsledku kombinace znaků docházet snadněji ke vzniku rezistentních jedinců. Pokud však již rezistentní jedinci existují, představuje větší riziko nepohlavní rozmnožování (identické potomstvo). Velmi variabilním a vysoce rizikovým je patogenem je např. *Botrytis cinerea*.

Pokud jde o nebezpečí vzniku rezistence, jsou *Plasmopara viticola* a *Botrytis cinerea* řazeny mezi vysoce rizikové a *Erysiphe necator* mezi středně rizikové patogeny.

Rezistence může vzniknout mutací jednoho major genu (monogenní rezistence) nebo mutací několika minor genů (polygenní rezistence).

Monogenní rezistence vzniká zpravidla mutací jediného genu velkého účinku (major genu), která zapříčiní změnu jedné aminokyseliny v cílovém místě působení fungicidu. Vznik monogenní rezistence je zpravidla velmi rychlý a často plošný, takže dochází k náhlému selhání účinnosti fungicidu. Rezistentní kmeny mají vysokou konkurence schopnost (fitness), rezistence je velmi stabilní. Při vyloučení selekčního tlaku zůstává populace patogenu dlouhodobě rezistentní a při opětovném použití rizikového fungicidu se rychle vrací na původní úroveň. Tento typ rezistence je znám např. u benzimidazolů, fenylamidů a QoI fungicidů.

Polygenní rezistence vzniká zpravidla postupnou mutací několika genů malého účinku (minor genů). V populaci patogenu se vyskytují jedinci s různým stupněm odolnosti k fungicidu založené různými geny. Čím více genů zmutovalo, tím vyšší je úroveň rezistence. Vznik rezistence je opět výsledkem selekce mutantů. Rezistentní kmeny mají obvykle malou konkurence schopnost. Ke ztrátě účinnosti dochází postupně a pozvolna a při vyloučení selekčního tlaku opět rychle převládne citlivá část populace a fungicid se stává znovu účinným. Tento typ vzniku rezistence je znám např. u DMI fungicidů a aminů.

Rezistentní populace mohou mít podle charakteru vzniku rezistence vyšší nebo nižší **fitness** (životnost) než citlivá část populace. Tato skutečnost významně ovlivňuje rychlost vzniku i stabilitu rezistence.

Mechanizmus vzniku rezistence je nejčastěji vysvětlován změnou cílového místa působení, jako další možnosti vzniku rezistence jsou uváděny zvýšená produkce cílového proteinu, vývoj nové metabolické cesty, která překlene cílové místo působení, metabolický rozklad fungicidu nebo vyloučení fungicidu transportními proteiny.

Rezistencí ohrožené skupiny fungicidů používané k ochraně révy

(skupiny cross – rezistence, kód podle FRAC)

Amidy kyseliny karboxylové (CAA fungicidy, kód 40)

Rozsáhlá a chemicky různorodá skupina účinných látek. Vykazují specifickou účinnost proti oomycetám. Dodávány jsou pouze v kombinaci s účinnými látkami s odlišným působením. U révy jsou používány k ochraně proti plísni révy. Působí kontaktně a systémově, vykazují preventivní a různě dlouhou kurativní účinnost. Narušují biosyntézu fosfolipidů a jejich ukládání do buněčných stěn. Nebezpečí vzniku rezistence je střední. Rezistence byla prokázána také u plísně révové

- dimethomorf (Acrobat MZ WG, Areva Combi, Forum Star, Forum Gold)
- iprovalikarb (Cassiopee 79 WG, Melody Combi 65,3 WG)
- mandipropamid (Pergado F)
- valifenalát (Pegaso F, Emendo M, Valis M)
- benthiavalikarb (Vincare)

Anilinopyrimidiny (AP fungicidy, kód 9)

Fungicidní účinné látky se širokým spektrem účinnosti. U révy jsou používány proti šedé hnilobě hroznů. Účinkují preventivně a krátkodobě i kurativně, působí kontaktně a hloubkově nebo lokálně systémově. Narušují biosyntézu metioninu a produkci hydrolytických enzymů. Riziko vzniku rezistence je střední. Rezistence byla prokázána také u *Botrytis cinerea*.

- pyrimethanil (Mythos 30 SC, Minos, Pyrus 400 SC)
- cyprodinil (Switch)

Azanaftaleny (AZN fungicidy, kód 13)

Účinné látky se specifickou účinností proti padlím včetně padlí révy. Účinkují preventivně a působí především kontaktně. Narušují přenos signálů (příjem a odpověď) mezi buňkami. Nebezpečí vzniku rezistence je střední. Rezistence byla zjištěna také u padlí révového

- chinoxyfen (IQ-Crystal)
- prochinazid (Talendo)

Dikarboximidy (kód 2)

Skupina fungicidních látek účinná především na houby čeledi *Sclerotiniaceae*. U révy jsou používány proti šedé hnilobě hroznů révy. Působí preventivně a účinkují především kontaktně. Narušují osmotické signální cesty přeměny histidin kinázy a MAP kinázy. Rezistentní populace mají sníženou vitalitu, při vyloučení selekčních tlaku dochází relativně rychle k obnově citlivosti populace. Riziko vzniku rezistence je střední až vysoké, rezistence vzniká rychle a byla prokázána u více patogenů. Nejčastější výskyt rezistence je u *Botrytis cinerea*. Skupina cross – rezistence s dříve používanými vinklozolinem (Rovral 50 WG) a procymidonem (Sumilex 50 WP)

- iprodion (Rovral Aquaflo)

Fenylamidy (PA fungicidy, kód 4)

Účinné látky se specifickou účinností proti oomycetám. Dodávány jsou pouze v kombinaci s účinnými látkami s odlišným působením. U révy jsou používány proti plísni révy. Působí kontaktně a systémově, vykazují preventivní a kurativní účinnost. Narušují biosyntézu nukleových kyselin (rRNA). Riziko vzniku rezistence je vysoké. Rezistence má monogenní charakter, vzniká mutací jednoho (dvou) major genů a potencionálně i několika minor genů. Vzniká rychle a plošně a je velmi stabilní, při vyloučení selekčního tlaku dochází jen pozvolna k obnově citlivosti populace patogenu. Byla prokázána u řady hospodářsky významných oomycet včetně plísně révové. Skupina cross – rezistence také s dříve používaným oxadixylem (typ Sandofan)

- metalaxyl-M /mefenoxam/ (Ridomil Gold Plus 42,5 WP, Ridomil Gold MZ Pepite, Ridomil Gold Combi Pepite)
- benalaxyl - M (Fantic F)

Inhibitory biosyntézy sterolů – SBIs (skupiny I – III)

skupina I – inhibitory demetylace (DMI fungicidy, kód 3)

Rozsáhlá skupina fungicidních účinných látek. K ochraně révy proti padlí jsou v současné době používány pouze triazoly. Účinkují preventivně a kurativně a některé účinné látky i eradikativně. Působí kontaktně a hloubkově nebo systémově. Mají velmi široké spektrum účinnosti. Nejsou účinné na oomycety. Narušují demetylaci v pozici 14 lanosterolu nebo 24 metyldihydrolanosterolu, prekurzorů tvorby sterolů u hub. Riziko vzniku rezistence je střední. Rezistence byla zjištěna u více patogenů včetně padlí révového. Stupeň rezistence je

velmi variabilní. Rezistence má polygenní charakter, dochází k mutaci několika genů malého účinku. Vzniká postupně a převážně lokálně. Rezistentní populace mají nízký fitness, při přerušení selekčního tlaku dochází k rychlé obnově citlivosti populace.

- difenokonazol (Dynali)
- flusilazol (Punch 10 EW)
- myklobutanil (Talent)
- penkonazol (Topas 100 EC)
- tetrakonazol (Domark 10 EC)
- tebuconazol (Falcon 460 EC, Impulse Super, Rombus Trio)
- triadimenol (Falcon 460 EC, Impulse Super, Rombus Trio)

skupina II – aminy (kód 5)

Různorodá skupina fungicidních účinných látek, v ochraně révy je používán proti padlí pouze spiroxamin. Působí preventivně, kurativně i eradikativně. Mají kontaktní a hloubkovou účinnost. Inhibují Δ 14 reduktázu a Δ 14 – Δ 7 izomerázu v biosyntéze sterolů. Riziko vzniku rezistence je nízké až střední. Rezistence má polygenní charakter, dochází k postupným mutacím několika genů malého účinku. Není cross – rezistence s DMI fungicidy a hydroxyanilidy.

- spiroxamin (Falcon 460 EC, Impulse Super, Prosper, Rombus Trio)

skupina III – hydroxyanilidy (kód 17)

Doposud je používána pouze jediná účinná látka fenhexamid. Působí preventivně a vykazuje kontaktní a částečnou hloubkovou účinnost. Je používán především proti houbám čeledi *Sclerotiniaceae*, u révy proti šedé hnilobě hroznů. Inhibuje 3 ketoreduktázu v biosyntéze sterolů. Rezistence byla prokázána také u *Botrytis cinerea*. Vzniká pozvolna a lokálně. Riziko vzniku rezistence je nízké až střední. Neni cross – rezistence s DMI fungicidy a aminy.

- fenhexamid (Teldor 500 SC)

Inhibitory sukcinát dehydrogenázy (SDHI fungicidy, kód 7)

Různorodá skupina fungicidních účinných látek. Vykazují široké spektrum účinnosti proti houbovým patogenům. U révy jsou používány proti padlí révy a šedé hnilobě hroznů révy. Působí preventivně a některé účinné látky i kurativně. Mají kontaktní a hloubkovou a některé účinné látky i systémovou účinnost. Působí v procesu mitochondriálního dýchaní, cílovým

místem je enzym sukcinát dehydrogenáza. Rezistence byla prokázána u více patogenů. Riziko vzniku je střední až vysoké.

- boskalid (Cantus, Collis)
- fluopyram (Luna Privilege)

Quinone outside inhibitory (QoI fungicidy, kód 21)

Rozsáhlá a chemicky různorodá skupina účinných látek. Působí preventivně a kurativně, účinkují kontaktně, hloubkově a některé i systémově. Především strobiluriny vykazují velmi širokou účinnost, jsou používány proti mnoha oomycetózám a houbovým chorobám rostlin. U révy jsou používány proti plísni révy a padlí révy, vykazují vedlejší účinnost na šedou hnilobu hroznů révy. Narušují proces dýchání. Působí v quinonovém vazebním místě (Qo) cytochromálního komplexu bc1. Jsou vysoce ohroženy rezistencí. Rezistence byla prokázána u mnoha patogenů včetně plísně révové a padlí révového. Pokud jsou strobiluriny použity proti jednomu patogenu vytvářejí při výskytu druhého (a to je velmi časté) současný selekční tlak. Vznik rezistence plísně révové je spojován s náhradou aminokyselin v cytochromu b. Rozhodující je záměna glycinu za adenin v pozici 143 (mutanti G 143 A), ostatní změny jsou méně významné. Není cross – rezistence mezi QoI fungicidy a QiI fungicidy - kyazofamid (Mildicut)

- azoxystrobin Quadris, Quadris Max)
- famoxadon (Tanos 50 WG)
- fenamidon (Verita)
- kresoxim-methyl (Collis, Discus)
- pyraklostrobin (Cabrio Top)
- trifloxystrobin (Zato 50 WG)

Omezení rizika vzniku rezistence

Vzniku rezistence patogenu lze předejít nebo ji oddálit souborem opatření, která omezují selekční tlak rizikového fungicidu a tak snižují nebezpečí vzniku odolných mutantů. Soubor těchto opatření je označován jako **antirezistentní strategie.**

Zpracování a zveřejnění antirezistentních strategií pro hlavní rizikové skupiny fungicidních účinných látek zajišťuje FRAC (Fungicide Resistance Action Committee) složený ze zástupců výrobců rizikových fungicidních účinných látek. V současné době je ustanoveno a pracuje 6 pracovních skupin (anilinopyrimidiny, azanaftaleny, amidy kyseliny karboxylové, inhibitory

biosyntézy sterolů, inhibitory sukcinát dehydrogenázy a quinone outside inhibitiry) a 3 expertní fóra (benzimidazoly, dikarboximidy a fenylamidy). FRAC také sleduje a eviduje výskyty rezistence, cíleně plánuje výzkum rezistence a vydává doporučení k problematice rezistence pro chemický průmysl, poradce a pěstitele.

Antirezistentní strategie

Cílem antirezistentních strategií je zabránit vzniku, resp. oddálit vznik rezistence. Z těchto důvodů by měla být doporučená opatření uplatňována dříve, než se rezistence projeví, a pokud možno plošně. Významné je průběžné sledování účinnosti rizikových fungicidů a v případě odůvodněného podezření na sníženou citlivost patogenu laboratorní ověření citlivosti.

Základní opatření doporučovaná k oddálení vzniku rezistence

1) regulace použití rizikového fungicidu (omezení selekčního tlaku)
   - dodržení maximálního doporučeného počtu ošeření v průběhu vegetace
   - střídání přípravků s různým mechanizmem působení
   - použití kombinací dvou nebo více účinných látek s odlišným působením (ready nebo tank – mix kombinace)
2) dodržení zásad správného použití fungicidu
   - dodržení doporučené dávky
   - upřednostnění preventivního použití
   - omezení kurativního a eradikativního použití
3) minimalizace použití rizikového fungicidu v systému integrované ochrany rostlin

Ad 1) Dosavadní zkušenosti prokazují, že vznik rezistence je vyvolán především opakovaným použitím stejné nebo příbuzné účinné látky se stejným mechanizmem působení. Z tohoto pohledu lze za zásadní opatření k oddálení vzniku rezistence považovat omezení počtu ošetření v průběhu vegetace. Doporučený maximální počet ošetření v průběhu vegetace je zpravidla součástí rozhodnutí o registraci fungicidu a je uveden na etiketě. Pěstitel by měl důsledně respektovat stanovená omezení a především u fungicidů, u nichž byla prokázána rezistence i případná další zpřísnění. Při delším období mezi aplikacemi může zejména u polygenní rezistence docházet ke zvýšení podílu citlivé části populace patogenu.

S omezením počtu aplikací v průběhu vegetace přímo souvisí doporučení střídat přípravky s různým mechanizmem působení. Obecně platí, že střídání přípravků s různým mechanizmem působení vždy oddaluje riziko vzniku rezistence.

Další významnou součástí antirezistentních strategií je použití rizikového fungicidu v kombinaci s odlišně působící účinnou látkou nebo látkami (tank – mix nebo ready- mix kombinace). Použití kombinací významně snižuje selekční tlak (do kontaktu s rizikovou účinnou látkou přichází méně jedinců patogenu) a tak oddaluje vznik rezistence. Partnerem v kombinacích jsou zpravidla vícebodově působící účinné látky (nejčastěji folpet, mankozeb nebo oxichlorid Cu). U některých vysoce rizikových i u dalších skupin účinných látek (fenylamidy a amidy kyseliny karboxylové) nemá pěstitel k dispozici samostatné účinné látky, ale jen jejich kombinace. Kombinace zpravidla také rozšiřují působení fungicidu na další patogeny, případně prodlužují účinnost. U kombinací by měla být dodržena zásada zachování dobré účinnosti obou komponentů proti stejnému patogenu.

Ad 2) Do značné míry problematický je požadavek důsledně dodržovat doporučené dávkování, který je součástí většiny antirezistentních strategií. Tyto závislosti nejsou doposud dostatečně prozkoumány a jsou ovlivňovány fungicidem i typem rezistence. Výrobci i FRAC jednoznačně preferují používání plné dávky fungicidu. Přitom bylo prokázáno, že u monogenní rezistence může použití snížené dávky v důsledku nižší účinnosti zpomalit vznik rezistence, neboť přežije více citlivých jedinců a je zpomalena selekce rezistentní části populace. U polygenní rezistence jsou názory rozdílné. Při nižší dávce mohou přežít slabě rezistentní jedinci, které hubí plná dávka, a ti mohou dále mutovat k vyšší rezistenci. Na druhé straně i zde při nižší dávce zůstane zachován větší podíl citlivých jedinců, kteří při vyšší vitalitě, což je prokázáno, omezují rozvoj rezistentní části populace. V každém případě nejde o jednoduchou závislost, ale o složitý a vyvíjející se vztah citlivé (nezasažení jedinci, imigranti z neošetřených sousedních porostů) a odolné části populace. Přítomnost citlivých jedinců zpomaluje průběh selekce k rezistenci. Obecně lze uvést, že riziko mírného snížení dávky (pokud zajistí za dané situace požadovanou účinnost) neni z hlediska nebezpečí vzniku rezistence významné. Naopak z hlediska selekce představuje použití nižší dávky nižší selekční tlak a pomalejší posun k rezistenci. Při případném rozhodování by vždy měla být zohledněna skutečnost, že v současné době je registrována nejnižší dostatečně účinná dávka přípravku.

Rizikové přípravky by měly být používány pouze preventivně. Kurativní i eradikativní použití zvyšuje nebezpečí vzniku rezistence. Při těchto použitích je selekčnímu tlaku vystaveno více

jedinců patogenu, což zvyšuje nebezpečí selekce rizikových mutantů. Z těchto důvodů by mělo být kurativní ošetření využito jen ve zdůvodněných situacích (ošetření po nepokryté infekci nebo infekční periodě).

Ad 3) V systémech integrované ochrany by měly být v maximální míře uplatněn komplex preventivních pěstebních opatření, která omezují vhodnost podmínek pro šíření patogenů a snižují vnímavost hostitelských rostlin k napadení a měly by být využívány všechny dostupné metody pro objektivizaci potřeby a stanovení optimálního termínu ošetření. Současně by měly být přednostně uplatňovány alternativní metody a prostředky ochrany rostlin. Využití těchto postupů omezuje potřebu fungicidní ochrany a tak současně minimalizuje rizika použití fungicidů včetně nebezpečí vzniku rezistence patogenů.

Pěstitel by měl dodržovat antirezistentní strategie a pravidelně sledovat a vyhodnocovat účinnost ochranných zásahů.

Ve vinařské oblasti Morava byla doposud prokázána rezistence plísně révové k fenylamidům a QoI fungicidům, padlí révového k DMI fungicidům a QoI fungicidům a původce šedé hniloby houby *Botrytis cinerea* k dikarboximidům.

Doporučené antirezistentní strategie pro hlavní rizikové skupiny fungicidních účinných látek používaných v ochraně révy (podle FRAC a dalších doporučení).

Pro všechny skupiny rezistencí ohrožených účinných látek je doporučeno

- dodržovat návody k použití
- střídat účinné látky s odlišným působením
- minimalizovat použití fungicidů v systému integrované ochrany

Amidy kyseliny karboxylové

- Používat preventivně, ne kurativně a eradikativně (výjimkou je ošetření po nepokryté infekci nebo infekční periodě)
- Zásadně používat v kombinaci s účinnými látkami s odlišným mechanizmem působení (ready-mix kombinace), partner by měl v použité dávce zajistit dobrou účinnost proti patogenu
- Použít maximálně na 50% ošetření a maximálně 4x (v integrované produkci 3x) v průběhu vegetace, po 2 ošetřeních přerušit sled přípravkem s odlišným působením

Anilinopyrimidiny

- Použít maximálně 1x v průběhu vegetace, v kombinacích (Switch) maximálně 2x v průběhu vegetace

Dikarboximidy

- Minimalizovat selekční tlak omezením počtu ošetření v průběhu vegetace, použít 1x, maximálně 2x v průběhu vegetace
- Ponechat prodloužené periody bez selekčního tlaku (obnova citlivé části populace)
- Omezit použití za vysokého infekčního tlaku

Fenylamidy

- Používat preventivně, ne kurativně a eradikativně (výjimkou je ošetření po nepokryté infekci nebo infekční periodě)
- Zásadně používat v kombinaci s účinnými látkami s odlišným mechanizmem působení (ready-mix kombinace), přičemž partner by měl být použit ve ¾ nebo v plné dávce
- Nepřekročit interval 14 dnů mezi ošetřeními (ztráta účinnosti partnera)
- Upřednostnit použití k časnějším ošetřením v období intenzivního růstu (plné využití systémového působení, možnost obnovy citlivé části populace)
- Použít 2x, maximálně 4x v průběhu vegetace, po dvou ošetřeních přerušit sled přípravkem s odlišným působením. V integrované produkci požít maximálně 2x v průběhu vegetace

Inhibitory demetylace

- Používat preventivně, ne kurativně a eradikativně (eradikativní působení proti padlí révy je v důsledku snížené citlivosti patogenu nedostatečné)
- Používat tank-mix kombinace s přípravky s odlišným mechanizmem působení, např. s přípravky na bázi elementární síry. Vhodnější je přípravky střídat než kombinovat
- Použít maximálně 4x, v integrované produkci maximálně 2x v průběhu vegetace

Inhibitory sukcinát dehydrogenázy

- Při použití kombinací musí partner zajistit plnou účinnost proti cílovému patogenu a musí mít odlišné působení
- Použít za vegetace maximálně 3x proti oběma chorobám (padlí révy, šedá hniloba hroznů révy), ne více než pro 50 % celkového počtu aplikací

- Při sólo použití striktně střídat s fungicidy s odlišným působením
- Při použití kombinací použít maximálně 2x za sebou
- Použití proti *Botrytis cinerea*
    - Sólo použití do 3 aplikací 1x, 4 – 6 aplikací 2x a 7 a více aplikací 3x
    - Kombinace do 2 aplikací 1x, 3 – 5 aplikací 2x, 6 a více aplikací 3x

QoI fungicidy

Plíseň révová

- Používat jen preventivně, ne kurativně a eradikativně
- Používat jen v kombinaci s fungicidem s odlišným mechanizmem působení
- Použít maximálně 3x v průběhu vegetace a maximálně 2x za sebou

Padlí révové

- Používat preventivně, ne eradikativně
- Použít maximálně 2x v průběhu vegetace, preferovat kombinace (tank-mix, ready-mix) s fungicidy s odlišným mechanizmem působení
- Při sólo použití striktně střídat s fungicidy s odlišným mechanizmem působení
- Kombinace možno použít 2x v bloku, pokud byla zjištěna rezistence striktně střídat s fungicidy s odlišným mechanizmem působení

Rezistencí jsou ohroženy také další skupiny, resp. účinné látky se specifickým působením používané v ochraně proti plísni révy a houbovým chorobám révy

- ✓ benzamidy (zoxamid / Electis) – nízké riziko vzniku rezistence,
- ✓ cyanoacetaminy (cymoxanil / Drago, typ Curzate, Moximate 725 WP, Tanos 50 WG) – nízké až střední riziko vzniku rezistence,
- ✓ fosfonáty (fosetyl – Al, kyselina fosforitá a její soli / Alginure, Aliette Bordeaux, Profiler, Verita) – nízké riziko vzniku rezistence
- ✓ další účinné látky, u nichž nebylo doposud nebezpečí vzniku rezistence jednoznačně definováno cyflufenamid (Dynali), fluopikolid (Profiler) a metrafenon (Vivando)

U těchto skupin a účinných látek je třeba především respektovat doporučený počet ošetření v průběhu vegetace a střídat je s účinnými látkami s odlišným mechanizmem působení.

Jak postupovat při podezření na výskyt rezistence

Nižší účinnost, případně i selhání fungicidu může mít více příčin. Mohou to být nevhodný termín aplikace nebo nevhodně zvolený fungicid, nedostatečná intenzita ochrany za extrémního infekčního tlaku, nevhodné podmínky pro aplikaci nebo účinnost (nízké nebo vysoké teploty, dešťové srážky po aplikaci aj.) nekvalitní aplikace apod. Všechny tyto možnosti by měly být posouzeny a vyloučeny. Pokud trvá podezření na sníženou citlivost patogenu k rizikovému fungicidu, je třeba kontaktovat zástupce držitele rozhodnutí o registraci a dohodnout odběry vzorků pro laboratorní testy citlivosti patogenu.