



BIO ODRŮDY RÉVY VINNÉ

Pavel Pavloušek



BIO ODRŮDY RÉVY VINNÉ





Projekt s podporou Vinařského fondu

Upozornění pro čtenáře a uživatele této knihy

Všechna práva vyhrazena. Žádná část této tištěné či elektronické knihy nesmí být reprodukována a šířena v papírové, elektronické či jiné podobě bez předchozího písemného souhlasu nakladatele. Neoprávněné užití této knihy bude trestně stíháno.

Prof. Ing. Pavel Pavloušek, Ph.D.

Bio odrůdy révy vinné

Vydala Grada Publishing, a.s.

U Průhonu 22, Praha 7

obchod@grada.cz, www.grada.cz

tel.: +420 234 264 401, fax: +420 234 264 400

jako svou 6337. publikaci

Odborná recenze textu: Doc. Ing. Patrik Burg, Ph.D.,
Ing. Ivana Flajšingerová, Ph.D. a Ing. Lubomír Lampíř, Ph.D.

Odpovědná redaktorka: Helga Jindrová

Grafická úprava a sazba: Karolína Bendová

Návrh obálky: Michal Dusil

Fotografie v knize: Prof. Ing. Pavel Pavloušek, Ph.D.

Fotografie na obálce: Prof. Ing. Pavel Pavloušek, Ph.D.

Počet stran 320

První vydání, Praha 2016

Vytiskly Tiskárny Havlíčkův Brod, a.s.

© Grada Publishing, a.s., 2016

Cover Design © Michal Dusil, 2016

*Názvy produktů, firem apod. použité v knize mohou být ochrannými známkami
nebo registrovanými ochrannými známkami příslušných vlastníků.*

978-80-271-9387-5 (pdf)

978-80-247-4330-1 (print)

Obsah

1 Co jsou to PIWI odrůdy?	11
1.1 Proč se začaly šlechtit rezistentní odrůdy révy vinné	11
1.2 PIWI odrůdy a kvalita	12
1.3 Složité rodokmeny	15
1.4 Cesta do pěstitelské praxe = cesta do vinic	18
2 Rezistence u révy vinné	21
2.1 Rezistence u révy vinné	21
2.2 Využití rezistentních vlastností ve šlechtění a praktickém vinohradnictví	23
2.3 Obranné mechanismy u révy vinné způsobené morfologickou stavbou	27
2.3.1 Morfologická stavba listu a obranné mechanismy	28
2.3.2 Morfologická stavba bobule a hroznu a obranné mechanismy	28
2.4 Indukovaná rezistence u révy vinné	29
2.4.1 Tvorba kalózy a rezistence k houbovým patogenům	30
2.4.2 Stilbeny a rezistence k houbovým patogenům	30
2.4.3 Proteiny PR a rezistence k houbovým patogenům	31
2.5 Praktické využití zásad indukované rezistence	31
3 Způsoby hospodaření ve vinohradnictví	33
3.1 Péče o půdu	33
3.2 Ochrana proti živočišným škůdcům	33
3.3 Ochrana proti houbovým chorobám	34
3.4 Pěstování PIWI odrůd	34
3.5 Systémy pěstování révy vinné a jejich vývoj v České republice	34
3.5.1 Integrovaná produkce révy vinné	34
3.5.2 Ekologická produkce révy vinné	35
3.5.3 Biodynamické vinohradnictví	35
4 Pěstování révy vinné v podmínkách ekologického vinohradnictví	37
4.1 Fyziologické a biochemické změny v révovém keři a bobulích	37
4.1.1 Cukry	39
4.1.2 Kyseliny	40
4.1.3 Asimilovatelný dusík	40
4.1.4 Aromatické látky	42
4.1.5 Fenolové látky	46

4.2 Zelené práce u PIWI odrůd	48
4.2.1 Čištění kmínků	48
4.2.2 Podlom	50
4.2.3 Upevnění letorostů do drátěčky	51
4.2.4 Osečkování letorostů	52
4.2.5 Vylamování zálistků a odlistění zóny hroznů	54
4.2.6 Regulace násady hroznů během vegetace	61
4.3 Možnosti ovlivňování „obsahu alkoholu“ ve vinici	66
4.4 Moderní pohled na ozelenění vinic	67
4.4.1 Půdní podmínky a význam humusu pro ozelenění vinic	68
4.4.2 Možnosti zlepšení obsahu humusu a výživového stavu půdy	70
4.4.3 Význam ozelenění	71
4.4.4 Ozelenění půdy a přirozená výživa révy vinné dusíkem	72
4.4.5 Výběr druhů rostlin a složení ozeleňovacích směsí	75
4.4.6 Výsev ozeleňovacích směsí	84
4.4.7 Způsoby ošetřování ozelenění	85
4.4.8 Ozelenění nových výsadeb révy vinné	86
4.4.9 Trvalé ozelenění plodných vinic	87
4.4.10 Ozelenění přes zimu	88
5 Choroby a škůdci révy vinné	91
5.1 Plíseň révy	91
5.2 Padlí révy	94
5.3 Šedá hniloba hroznů révy	97
5.4 Ostatní hniloby hroznů	100
5.4.1 Octová hniloba	100
5.4.2 Bílá hniloba hroznů révy	101
5.4.3 Zelená hniloba hroznů révy	101
5.5. Černá hniloba révy	102
5.6 Komplex chorob dřeva	104
5.6.1 Chřadnutí a odumírání révy – ESCA	104
5.6.2 Petriho choroba révy	106
5.6.3 Eutypové odumírání révy	106
5.7 Roztoči u révy vinné	107
5.7.1 Hálčivec révový	107
5.7.2 Vlnovník révový	108

5.8 Obaleči u révy vinné	109
5.9 Ekologická ochrana proti houbovým chorobám a škůdcům	109
5.9.1 Ekologická ochrana proti houbovým chorobám	109
5.9.2 Ekologická ochrana proti škůdcům	114
6 Pěstitelské a enologické vlastnosti moštových odrůd	117
6.1 Výběr stanoviště pro pěstování PIWI odrůd	117
6.2 Ochrana proti houbovým patogenům	118
6.3 Zatížení odrůd révy vinné při zimním řezu	122
6.4 Výběr podnože pro nové výsadby	123
6.5 Termín a způsob sklizně	125
6.6 Strategie alkoholového kvašení	126
6.7 Jablečno-mléčná fermentace u PIWI odrůd	126
6.8 Využití dřevěných sudů při výrobě vína	129
7 Moštové PIWI odrůdy révy vinné registrované v České republice	131
7.1 Kvalitativní parametry nových PIWI odrůd révy vinné	132
8 Moštové PIWI odrůdy registrované v ostatních zemích EU a ve světě	167
9 Pěstitelské vlastnosti stolních odrůd	219
9.1 Charakteristika moderní stolní odrůdy	219
9.2 Intenzita růstu stolních odrůd révy vinné	219
9.3 Zimní řez révy a zatížení	220
9.4 Pěstitelské tvary pro pěstování stolních odrůd révy vinné	220
9.5 Redukce násady hroznů během vegetace u stolních odrůd révy vinné	222
9.6 Odlistění zóny hroznů u stolních odrůd révy vinné	226
9.7 Použití rostlinných hormonů při pěstování stolních odrůd	227
9.8 Kvalita stolních hroznů a termín sklizně	227
9.9 Skladování stolních hroznů	229
10 Méně pěstované PIWI odrůdy	289
10.1 Méně známé PIWI odrůdy pro výrobu bílých vín	289
10.2 Méně známé PIWI odrůdy pro výrobu červených vín	293
10.3 Méně známé stolní PIWI odrůdy	297
Rejstřík odrůd	301
Seznam použité literatury	305
Bio odrůdy révy vinné	314
Organic grape varieties	315



Úvod

Přímoplodící hybridy, interspecifické odrůdy, rezistenty, bio odrůdy a PIWI odrůdy. Takovou cestu musely projít PIWI odrůdy, než se staly pevnou součástí terminologie moderního vinohradnictví. Přímoplodící hybridy vznikaly jako biologická alternativa ochrany proti révo-kazu a houbovým chorobám. I když vynikaly vysokou odolností proti patogenům způsobujícím tyto choroby révy vinné, byla jejich pověst velmi dlouhou dobu spojována s nízkou kvalitou vína. Proto trvalo více než 100 let, než pěstitelé bio odrůdy přijali za své, začali je pěstovat a vyrábět z nich jakostní víno.

Šlechtění rezistentních odrůd se rozběhlo velmi intenzivně po 2. světové válce především v zemích bývalého Sovětského svazu, na území bývalé Jugoslávie, v Německu, Maďarsku, Rakousku a také v Československu. Šlechtitelé soustředili velké kolekce genových zdrojů, na jejichž základě intenzivně probíhalo šlechtění. Průlom v chápání přínosu PIWI odrůd nastal v Německu, kde byly registrované jako odrůdy *Vitis vinifera*. Díky tomu se z nich mohlo začít vyrábět jakostní víno a umožnilo jejich rozšíření do vinic a pěstování zejména u ekologických a biodynamických vinařů nejen v České republice, ale i v dalších zemích světa.

Nejrozšířenějšími PIWI odrůdami v našich vinicích jsou Hibernál, Malverina, Merzling, Solaris, Sevar a Laurot, svou cestu mezi vinohradníky si ale nacházejí i zcela nové odrůdy jako Donau-riesling nebo Souvignier gris.

Ještě v polovině 90. let minulého století, v době, kdy jsem začínal s prvními pokusy s PIWI odrůdami, byla vína z nich vyrobená na vinařských výstavách velmi nízko ceněná. Hodnocením pěstitelských a enologických vlastností PIWI odrůd révy vinné, jejich rezistencí a využíváním ve šlechtění se zabývám více než dvacet let. Všechny zkušenosti, poznatky a výsledky mého vědeckého zkoumání získané při každodenní práci s těmito odrůdami jsou souhrnně zpracovány v této monografii. Kniha také naznačuje nejdůležitější pěstitelské zásahy, které mají úzký vztah k pěstování PIWI odrůd a k ekologicky zaměřenému vinohradnictví.

Přál bych si, aby všechny informace uvedené v této monografii posloužily k propagaci a rozšiřování PIWI odrůd révy vinné. Snažil jsem se je proto představit velmi praktickou formou, která umožní okamžité využití v praxi. Jedná se totiž o poznatky získané přímo ve vinici při každodenním ošetřování révových keřů, při mých pokusech a hodnoceních získaných výsledků.



Hrozen odrůdy R-10 x Diamant

1 Co jsou to PIWI odrůdy?

1.1 Proč se začaly šlechtit rezistentní odrůdy révy vinné

Evropské vinohradnictví bylo až do 2. poloviny 19. století spojené výhradně s pěstováním odrůd „evropské“ révy vinné (*Vitis vinifera* L.). Pěstovaly se především tradiční a původní odrůdy jako Chrupka bílá, Tramín, Sauvignon blanc, Merlot, Carmenère, Cabernet Sauvignon nebo tzv. burgundské odrůdy – Pinot blanc, Pinot gris a Pinot noir, ve střední Evropě potom Vetlínské zelené a Neuburské.

Zásadní změnu v evropském vinohradnictví 19. století vyvolala invaze nebezpečných patogenů do vinic. Pravděpodobně s révovými sazenicemi ze Severní Ameriky se do Evropy dostaly tři nebezpečné patogeny, které způsobily hospodářsky velmi významné škody na révě vinné (*Vitis vinifera* L.). V důsledku toho, že „evropská“ réva vinná nebyla s těmito patogeny během svého evolučního vývoje v kontaktu, došlo k výraznému napadení a praktickému zničení evropských vinic.

Mezi tyto nebezpečné patogeny patří *Plasmopara viticola*, původce plísně révy, *Erysiphe necator*, původce padlí révy a nebezpečný škůdce mšička révokaz *Dactulosphaira vitifoliae*. Jako první se v Evropě objevil původce padlí révy v roce 1845 ve sklenicích anglického zahradníka Tuckera. O devět let později se na našem kontinentu objevila mšička révokaz a nakonec v roce 1878 původce plísně révy.

Evropští vinohradníci, biologové a šlechtitelé byli postaveni před úkol, jak vyřešit kritickou situaci. V roce 1878 naznačil Alexis Millardet možnou cestu v boji s těmito nebezpečnými patogeny. Přišel s myšlenkou zkombinovat kvalitativní vlastnosti hroznů a vína odrůd evropské révy vinné (*Vitis vinifera* L.) s rezistentními vlastnostmi amerických divokých *Vitis* spp. Tento okamžik znamenal počátek intenzivní šlechtitelské práce s cílem získat odrůdy odolné k houbovým patogenům a révokazu.

Šlechtitelské úsilí francouzských pěstitelů na konci 19. a začátku 20. století stále směřovalo k získání hybridů, které budou „plodit na svých vlastních kořenech“, tzn. nebude je třeba roubovat na podnože, ale budou se pěstovat jako pravokořenné. Z této doby pochází také jejich první označení „**hybrides producteurs directs**“, tzn. přímoplodé nebo přímoplodící hybridy.



Jedny z prvních významných přímoplodících hybridů byly odrůdy Baco noir a Baco blanc.

Baco noir je jednou z prvních odrůd, která se v Evropě významně rozšířila. V Čechách a na Moravě se s ní můžeme setkat i v současné době ve vinicích malovinařů, na pergolách a také u zahrádkářů. Baco noir (syn. Baco 1) je kříženec mezi Folle blanche × *Vitis riparia*. Odrůda je raná, má velmi bujný růst a je velmi dobře odolná k zimním mrazům, plísní révy a padlí révy. Víno má velmi intenzivní barvu. Kyseliny jsou však vyšší a ve víně často převažují „travnaté“ tóny.

Obr. 1.1 Baco noir – hrozen

Baco blanc je kříženec odrůd Folle blanche × Noah, přičemž Noah je potom kříženec druhů *Vitis labrusca* × *Vitis riparia*. Odrůda je pozdní a zraje v říjnu. Je citlivá k révokazu a vysokému obsahu vápna v půdě. Ve vůni a chuti vína jsou patrné „fox“ tóny. Víno má velmi vysokou kyselinu.

I přes některé své negativní vlastnosti byly tyto odrůdy první, které se začaly po révokazové kalamitě a invazi houbových chorob rozšiřovat v Evropě.



Obr. 1.2 Baco blanc – hrozen



Obr. 1.3 Baco blanc – keř

1.2 PIWI odrůdy a kvalita

Od počátku pěstování přímoplodících odrůd se však na kvalitu z nich vyrobeného vína pohlíželo velmi skepticky, a dokonce se objevovaly také názory poukazující na zdravotní nebezpečnost těchto hybridů.

Například v roce 1944 uveřejnil Vinařský obzor následující text: „Již před řadou let byl ve všech vinařských státech evropských zahájen boj proti vážnému nebezpečí, jež začalo ohrožovati samý kořen jakostního vinařství a pěstování révy ušlechtilé. Bylo to šíření různých kříženců révy podložkové a americké s odrůdami nosnými, zvanými přímoplodící hybridy, nebo správně americké plodné hybridy. Mezi ně patří nejen kříženci novější (Seibel, Gaillard, Couderc aj.), vyšlechtění v tisících různých typů a forem a často i nazvaní zvuknými jmény, ale i staré odrůdy hybridů, přinesené kdysi z Ameriky (Othello, Noah, Isabella apod.), jež se i u nás místy rozšířily. Některé z nich dostaly se k nám směrem z jihu a dostaly proto souhrnný název Chorvát, Slovák, Derek apod.“

Negativní pohled na kvalitu přímoplodících odrůd byl spojen také s americkými *Vitis* spp., zejména s druhem *Vitis labrusca*. U některých interspecifických odrůd, jejichž původ souvisí s *Vitis labrusca*, se objevovaly výrazné tóny ve vůni a chuti připomínající jahody. Pomocí plynové chro-

matografie byla v bobulích a ve víně identifikována sloučenina 2,5-dimethyl-4-hydroxy-2,3--dihydro-3-furanon (furaneol) zodpovědná za toto „jahodové aroma“. Furaneol se akumuluje v bobulích révy vinné v průběhu dozrávání. Výrazný obsah furaneolu byl zjištěn u odrůd Isabella a Noah, které se projevují výrazným „jahodovým tónem“ ve vůni a chuti (RAPP, 2001).

S druhem *Vitis labrusca* je spojená také sloučenina methylanthranilát, která je původcem „fox tónu“ neboli „liščiny“. Pro senzorické hodnocení vín je prahová hodnota methylanthranilátu asi 300 µg/l (NELSON aj., 1977).

I přes negativní pohled na kvalitu výchozího šlechtitelského materiálu bylo rozšíření přímo-plodících hybridů velmi významné. V roce 1929 jimi byla osázena plocha evropských vinic o rozloze 250 000 ha a svého vrcholu dosáhla v roce 1958, kdy se v Evropě pěstovaly na ploše 500 000 ha.

Další negativní zprávy o kvalitě přímo-plodících hybridů se objevily v 60. letech 20. století. BREIDER, WOLF, SCHMIDT (1965) prováděli pokusy s podáváním moštu z euro-amerických hybridů slepicím plemena Leghorn. V následující práci potom BREIDER a WOLF (1967) uvedli škodlivé působení moštu z těchto kultivarů a tvrdili, že sloučeniny, které nazvali biostatika, způsobovaly vývojové vady a ovlivňovaly nervový systém slepic. Toto negativní tvrzení však bylo velmi brzo vyvráceno ve studiích, které prováděli STOEWESAND aj. (1969). Ti ve své práci uvádějí, že u hybridních odrůd nejsou přítomné žádné přirozené toxické látky. Negativní působení odrůd se zvýšenou odolností k houbovým chorobám bylo proto vyvráceno.

BECKER a ZIMMERMANN (1980) uvádějí, že odrůdy révy vinné s genotypem amerických druhů (*Vitis* spp.) měly v Evropě pouze negativní image. Bylo tomu tak z několika důvodů. Staré francouzské hybridy, které byly výsledkem jednoduchého křížení amerických *Vitis* spp. s *Vitis vinifera* anebo zpětných křížení hybridů a odrůd *Vitis vinifera*, produkovaly vína nižší kvality. Na druhé straně byly tyto hybridy rezistentní k mrazu, houbovým chorobám a měly dobrý výnos. Dalším důvodem byly diskuse o zdravotní prospěšnosti vín z těchto hybridů poté, co Breider a jeho kolegové publikovali toxické působení hybridních vín na slepice.

Po 2. světové válce se šlechtění tohoto typu odrůd ve Francii téměř zastavilo, ale naopak nabralo na intenzitě v Německu a dalších zemích východní Evropy. Celá řada odrůd disponujících zvýšenou odolností k houbovým patogenům se začala objevovat v Maďarsku, Rakousku, Československu, Jugoslávii, Rusku, Ukrajině, Moldávii a v dalších zemích. Zintenzivnilo se také úsilí směřující k zavádění nových odrůd disponujících odolností k houbovým patogenům do pěstitelské praxe.

Původní označení „hybridy“ bylo postupně nahrazeno termínem „interspecifické odrůdy“, který naznačoval, že se jedná o odrůdy vytvořené křížením více druhů.

Počátek 21. století však s sebou přinesl některé další a nové problémy týkající se kvality nových „interspecifických odrůd“. GLATT (2004) ve své práci píše, že jihoevropané mají velké výhrady proti šlechtění na odolnost k houbovým chorobám. Nařízení Evropské unie uvádí, že se „interspecifické odrůdy“ mohou použít pouze pro výrobu stolního vína a jakostní víno se smí vyrábět pouze z odrůd *Vitis vinifera*. Potud by bylo všechno v pořádku, kdyby se jako klíčové neukázaly hodnoty antokyaninových barviv, jmenovitě diglucosidů. Pro odrůdy *Vitis vinifera* je hraniční hodnota malvidin-3,5-glucosidu 15 mg/l, již však mnohé nové „interspecifické odrůdy“ překračují.

Jeich zásadní výhrada tkví v tom, že tento druh barviv není přítomný u odrůd *Vitis vinifera* L. a že přítomnost tohoto barviva ovlivňuje negativně organoleptické vlastnosti vína, protože se ve víně s obsahem malvidin-3,5-diglucosidu objevují „divoké“ tóny, jež jsou typické pro hybridy.

REGNER a kol. (2004) popisují nové rakouské odrůdy Roesler a Ráthay. Přiřazují je mezi odrůdy *Vitis vinifera* určené pro výrobu jakostních vín, u nichž byla jasně prokázána nepřítomnost „fox-tónu“ a absence malvidin-3,5-diglucosidu.

REGNER (2004) však zmiňuje i problémy s novou německou odrůdou Regent, která je sice v Německu registrována pro produkci jakostního vína, kvalitativně ale této úrovně nedosahuje. V mnoha letech obsahuje jeho víno „vadné“ tóny, které sice lze odstranit pomocí „cuvée“ nebo uložením ve dřevěném sudu, ale nezlepší pověst odrůdy. Kromě toho je Regent nosičem diglucosidů, čímž spadá do oblasti hybridních vín, i když botanicky odpovídá spíše *Vitis vinifera*. Odrůdy pro výrobu červených vín, které patří k druhu *Vitis vinifera* L., totiž typicky obsahují pouze acylátované monoglukosidické antokyany, z nichž nejvíce zastoupený je malvidin-3-glucosid (GARCIA-BENEYTEZ a kol., 2002).

Diglukosidické antokyany jsou typické pro hrozny různých *Vitis* spp. (*Vitis riparia*, *Vitis labrusca*, *Vitis rupestris*, *Muscadinia rotundifolia* a další) a interspecifické odrůdy pocházející z křížení amerických *Vitis* spp. s evropskou révou vinnou (*Vitis vinifera*). Malvidin-3,5-diglucosid je možné potom považovat za indikátor hybridních odrůd révy vinné (RIBEREAU-GAYON, 1960). Antokyany jsou rozděleny podle počtu molekul cukru navázaných na antokyanidin. U většiny druhů rodu *Vitis* se vytvářejí monoglukosidy a diglukosidy. Diglukosidické antokyaniny se zdají být sice stálejší než monoglukosidy, ale jsou více citlivé k hnědnutí (ROBINSON a kol., 1966). Odrůdy *Vitis vinifera* syntetizují pouze monoglukosidické antokyaniny kvůli nedostatku dominantních alel pro tvorbu diglukosidických antokyaninů. První generace interspecifických kříženců s *Vitis vinifera* tvoří mono- i diglukosidické antokyaniny.

Komplexní hybridy, které vznikly zpětným křížením s *Vitis vinifera*, mohou tvořit pouze monoglukosidické antokyaniny, jestliže nevlastní dominantní alely pro syntézu diglukosidů (VAN BUREN a kol., 1970).

Odrůda	Monoglukosidy	Diglukosidy
Seibel 13 666	100	0
Seyve-Villard 12 481	100	0
Isabella	45	55
Leon Millot	30	70
<i>Vitis amurensis</i>	40	60

Tab. 1.1 Procentuální vyjádření mono- a diglukosidů u vybraných odrůd podle VAN BUREN a kol. (1970).

Pro české šlechtění interspecifických odrůd z uvedené tabulky vyplývá pozitivní informace, protože používaný donor resistance Seibel 13 666 je podle těchto výsledků odrůdou výhradně monoglukosidickou. Seibel 13 666 a některé křížence s touto odrůdou prokázaly pozitivní vlastnosti týkající se rezistence i kvality vína, a proto se využívá také v českém šlechtění. Negativně naopak působí informace o vyšší převaze diglukosidů u botanického druhu *Vitis amurensis*, který se rovněž hojně používá ve šlechtění.

Donor neboli nositel rezistence Seibel 13 666 se rovněž ukázal jako velmi vhodný z pohledu složení antokyaninů, protože přenáší do potomstva profil antokyaninových barviv typický pro odrůdy *Vitis vinifera* L.

Odrůdy pro výrobu červených vín byly hodnoceny na přítomnost malvidin-3,5-diglucosidu v bobulích (BALÍK et al., 2013) a ve vínech (PAVLOUŠEK, KUMŠTA, 2014).

Odrůda	Malvidin-3,5-diglucosid (mg/l) v bobulích	Malvidin-3,5-diglucosid (mg/l) ve víně
Cerason	n.d.*	1,53 ± 1,12
Laurot	n.d.	0,38 ± 0,53
Kofranka	n.d.	0,06 ± 0,08
Nativa	n.d.	0,62 ± 0,01

* nedetekovatelné množství

Tab. 1.2 Obsah malvidin-3,5-diglucosidu v bobulích (BALÍK et al., 2013) a ve vínech (PAVLOUŠEK, KUMŠTA, 2014).

1.3 Složitě rodokmeny

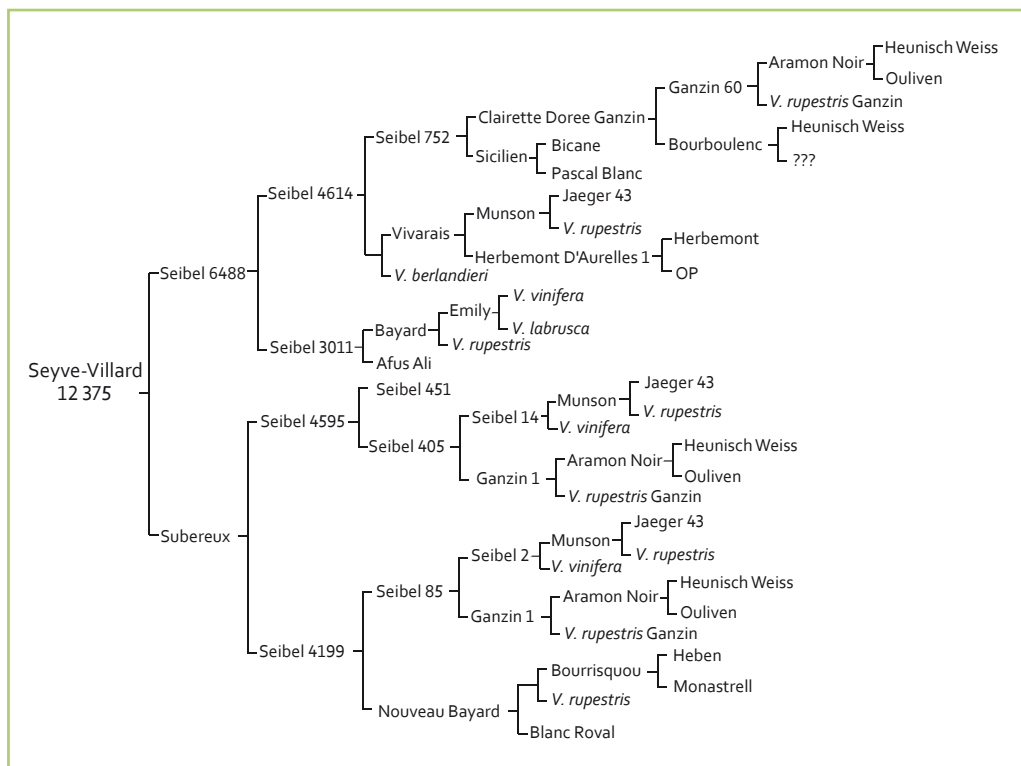
Dnešní PIWI odrůdy révy vinné jsou výsledkem intenzivní práce především francouzských pěstitelů, kteří koncem 19. a na začátku 20. století vyšlechtili nositele rezistence, jež měly potom velký význam ve šlechtění dalších rezistentních odrůd po celém světě. Z pohledu šlechtění PIWI odrůd v České republice jsou velmi významné především odrůdy Villard blanc (Seyve-Villard 12 375) a Seibel 13 666.

Oba nositelé rezistence mají velmi složité rodokmeny.

Bílá moštová odrůda **Villard blanc**, známá také pod synonymem Seyve-Villard 12 375 nebo zkratkou SV 12 375, je výsledkem práce francouzské šlechtitelské firmy Seyve-Villard. Pochází z křížení Seibel 6468 × Seibel 6905 se zastoupením následujících druhů: *Labrusca-Rupestris-Aestivalis-Cinerea-Berlandieri-Vinifera*. List je středně velký, tmavozelený, lesklý. Hrozen je středně velký, kuželovitý, s řidším uspořádáním bobulí a rozvětvenou třapinou. Bobule je malá, oválná, zlatavá. Odrůda má bujný růst a vysokou násadu hroznů, které dozrávají v polovině října. Villard blanc má velmi dobrou odolnost k plísni révy a padlí révy. Víno je jemně aromatické, kyselina vyšší, travnatá.



Obr. 1.4 Villard blanc – hrozny

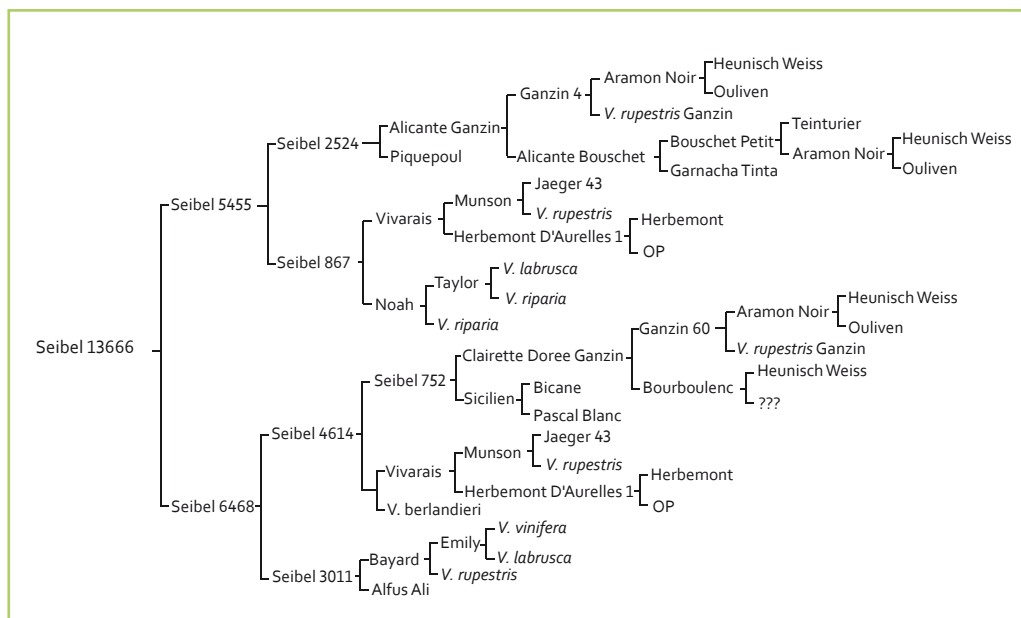


Obr. 1.5 Rodokmen odrůdy Villard blanc



Seibel 13 666 je modrá moštová odrůda pocházející od francouzského šlechtitele Alberta Seibela. Ve šlechtění se využívala především v zemích bývalého Sovětského svazu a na Moravě. Jak už bylo uvedeno v souvislosti s kvalitou hroznů, je velmi významným nositelem rezistence. Seibel 13 666 pochází z křížení Seibel 5455 × Seibel 6468, se stejným zastoupením druhů jako Villard blanc: Labrusca-Rupestris-Aestivalis-Cinerea-Berlandieri-Vinifera. List je středně velký, pětilaločnatý, výrazněji zoubkovaný. Hrozen je středně velký, rozvětvený, kuželovitý. Bobule je malá až střední, tmavomodrá, voskovitě ojiňená. Odrůda má velmi dobrou odolnost k plísni révy a padlí révy a není ani napadána šedou hnilobou. Dozrává do optimální kvality koncem září až začátkem října. Ve vínech je patrná výraznější kyselina.

Obr. 1.6 Seibel 13 666 – hrozen



Obr. 1.7 Rodokmen odrůdy Seibel 13 666

Ve složitých rodokmenech obou odrůd zaznamenáváme vysokou četnost zastoupení jednotlivých *Vitis* spp. I přesto je zcela patrné, že cílem šlechtění bylo posilovat v hybridech podíl *Vitis vinifera* při současném zachování maximální rezistence k houbovým patogenům.

Botanický druh	Používaná označení	Zastoupení jednotlivých <i>Vitis</i> spp. v rodokmenu (četnost zastoupení)	
		Villard blanc	Seibel 13 666
<i>Vitis labrusca</i>	Labrusca	4	4
<i>Vitis rupestris</i>	Rupestris	32	20
<i>Vitis aestivalis</i>	Aestivalis	9	9
<i>Vitis cinerea</i>	Cinerea	1	3
<i>Vitis berlandieri</i>	Berlandieri	8	40
<i>Vitis vinifera</i>	Vinifera	74	52

Tab. 1.3 Zastoupení jednotlivých *Vitis* spp. v rodokmenu Villard blanc a Seibel 13 666 podle GALETA (1988)

Úsilí šlechtitelů směřovalo ke zvyšování podílu *Vitis vinifera*. Důkazem jsou české PIWI odrůdy révy vinné, které disponují velmi vysokým podílem *Vitis vinifera* ve svých rodokmenech. Šlechtitelé využívali buď samostatného nositele rezistence Seibel 13 666, s jehož využitím vznikly odrůdy Laurot, Cerason, Kofranka, Marlen a Nativa, nebo kombinovali oba nositele rezistence Seibel 13 666 a Villard blanc u odrůd Malverina, Savilon nebo Vesna. V prvním případě představuje podíl *Vitis vinifera* 85,15 %, ve druhém potom 74,60 %.

Botanický druh	Používaná označení	Zastoupení jednotlivých <i>Vitis</i> spp. v rodokmenu (%)	
		Laurot Cerason Kofranka Marlen Nativa	Malverina Savilon Vesna
<i>Vitis labrusca</i>	Labrusca	0,78	1,56
<i>Vitis rupestris</i>	Rupestris	3,91	10,16
<i>Vitis aestivalis</i>	Aestivalis	1,76	3,52
<i>Vitis cinerea</i>	Cinerea	0,58	0,77
<i>Vitis berlandieri</i>	Berlandieri	7,81	9,37
<i>Vitis vinifera</i>	Vinifera	85,15	74,60

Tab. 1.4 Zastoupení jednotlivých *Vitis* spp. v rodokmenu českých PIWI odrůd révy vinné

I složité rodokmeny ukazují, že šlechtění se ubírá cestou tvorby odrůd s co nejvyšší kvalitou hroznů a vína, aby je bylo možné pěstovat v ekologickém vinohradnickém režimu.

1.4 Cesta do pěstitelské praxe = cesta do vinic

Protože moderní PIWI odrůdy dokázaly i přes nesnáze své pozitivní vlastnosti, měly již cestu do vinic otevřenou. Následoval pouze poslední, víceméně legislativní krok související s jejich klasifikací a názvoslovím.

Na schůzi expertní skupiny „Šlechtění révy vinné“ v Bordeaux v roce 1977 byla iniciována diskuse o dalším vývoji odrůd rezistentních k houbovým chorobám a révokazu. Vzhledem k celosvětovým výhradám proti „hybridům“ nebo „přímoplodým hybridům“ pokládala za nezbytné tyto rezistentní odrůdy věcně definovat. Předloženou definici uvádí ALLEWELDT (1979): „Ve šlechtitelském úsilí tvorby nových hybridů, které vedle pozitivních vlastností evropské révy = kvality vína, mají také pozitivní vlastnosti amerických druhů = vysokou rezistenci k houbovým chorobám, vysokou odolnost k révokazu, se má i přes zákaz a pochyby v mnohých zemích pokračovat. Úspěchy této šlechtitelské práce jsou prokazatelné. Označovat soubor hybridů podle jejich genealogického původu jako „vzniklý z interspecifického křížení“ je věcně správný.“ Tento typ odrůd se začal od té doby označovat termínem „**interspecifické odrůdy**“.

Práce na prosazení interspecifických odrůd do pěstitelské praxe byla stále intenzivnější. Od roku 1999 se začaly na Zahradnické fakultě Mendelovy univerzity v Brně vyrábět mikrovzorky vín z interspecifických odrůd s vyšší intenzitou a tyto odrůdy nabízet vinohradnické a vinařské praxi. U laické a odborné veřejnosti však stále přetrvával negativní pohled na kvalitu z nich vyráběných vín. Paradoxem však je, že v anonymních degustacích byla vína z interspecifických odrůd hodnocena často lépe než vína z odrůd révy vinné (*Vitis vinifera* L.).

Podle nařízení Evropské komise č. 1493/1999, článku 19, paragrafu 3, je výroba jakostního vína v zemích Evropské unie povolena pouze z odrůd, které náleží k botanickému druhu *Vitis vinifera*. Při registraci nových PIWI odrůd se zvýšenou odolností k houbovým chorobám došlo k po-

rovnání morfologických znaků jednotlivých odrůd. Rozhodnutí, jestli nově vyšlechtěná odrůda patří k botanickému druhu *Vitis vinifera*, je založeno na porovnání ampelografických znaků, které umožňují ověřit, zdali morfologické znaky této nové odrůdy patří mezi morfologické znaky existujících odrůd *Vitis vinifera*. Odrůdy jsou od té doby zařazeny do botanického druhu *Vitis vinifera* – réva vinná. Jednou z prvních byla německá PIWI odrůda Regent.

Jedním z rozhodujících morfologických znaků při rozhodování o příslušnosti odrůd k druhu *Vitis vinifera* L. je tvar vrcholku letorostu. Odrůdy *Vitis vinifera* L. mají vrchol letorostu otevřený a zřetelně odlišný od ostatních *Vitis* spp. Odrůdy se zvýšenou odolností k houbovým patogenům a otevřeným vrcholkem letorostu byly jednoznačně zařazené do druhu *Vitis vinifera* L. – réva vinná.



Obr. 1.8 Polouzavřený tvar vrcholu letorostu

bovým chorobám. Zkratka PIWI vychází z německého názvu „**p**ilz**w**ider**s**tand**s**fäh**i**g**e** **R**eb**s**orten“ a nahrazuje tak termíny „přímoploidní hybridy“ nebo „interspecifické odrůdy“, které byly často spojované s negativní kvalitou vína prvních generací tohoto typu odrůd.

V současnosti existují kultivary, které mají v pěstitelských podmínkách dostatečnou toleranci k plísni révy a padlí révy. Nynější PIWI odrůdy je možné pěstovat v podmínkách ekologického vinohradnictví buď jen s minimální ochranou, anebo i zcela bez ochrany proti houbovým chorobám. Pokud jde o stupeň existujících odrůdových rozdílů, přichází zde ke slovu vliv stanoviště, tzn. podnebí, počasí, geomorfologie stanoviště a mikroklima vinice.

V rámci odrůdových zkoušek v jednotlivých evropských zemích tyto odrůdy zřetelně prokázaly svoje pozitivní vlastnosti a vysokou kvalitu vína. V mnoha evropských zemích se staly základem biologického nebo biodynamického vinohradnictví a jsou hojně rozšířené především ve Švýcarsku, Jižním Tyrolsku nebo také Německu. V těchto německy mluvících regionech se pro ně následně vytvořilo nové označení – **PIWI odrůdy**.

PIWI odrůdy jsou odrůdy révy vinné, které disponují určitým stupněm odolnosti proti hou-



Obr. 1.9 Otevřený tvar vrcholu letorostu



Keř odrůdy Sauvignon blanc

2 Rezistence u révy vinné

2.1 Rezistence u révy vinné

Ve vinicích se vyskytuje celá řada houbových patogenů a škůdců, které mohou způsobovat hospodářsky významné škody. Mezi nejvýznamnější patří *Plasmopara viticola* (původce plísně révy), *Erysiphe necator* (původce padlí révy), *Botrytis cinerea* (původce šedé hniloby) a *Guignardia bidwellii* (původce černé hniloby révy). Mezi nejnebezpečnější škůdce patří mšička révokaz (*Dactulosphaira vitifoliae*) a hádátka. Z pohledu ekologizace vinohradnické produkce je proto velmi žádoucí využívat takových vlastností odrůd révy vinné, které umožní rostlinám se bránit výše uvedeným patogenům.

Ve vztahu rostlina × patogen může docházet buď k infekci, nebo k projevu rezistence. Na imunitu, rezistenci, toleranci a citlivost k patogenům lze pohlížet z několika úhlů. Stupeň rezistence je možné definovat na základě vzájemného vztahu mezi rostlinou a patogenem.

Charakteristiku různých úrovní rezistence dobře ukazují YU a kol. (2012) na příkladu hodnocení rezistence k *Plasmopara viticola* na listových terčích: Úroveň rezistence lze vyhodnotit podle úrovně tvorby kalózy v průduchové štěrbíně a prorůstání hyfových vláken v listu.

- Odrůdy hodnocené jako imunní vytvořily kalózu v průduchové štěrbíně a klíčení zoospor bylo zastavené ve velmi raném stadiu infekce.
- U rezistentních odrůd se při infekci zoosporami akumulovala kalóza v blízkosti průduchu. V závislosti na stupni rezistence pak došlo k minimálnímu až střednímu prorůstání hyfových vláken v listu, což se navenek projevilo různým projevem hypersenzitivní reakce.
- U citlivých odrůd bylo možné pozorovat intenzivní prorůstání listu hyfovými vlákny.

QIU a kol. (2015) uvádějí, že u rostlin se lze nejčastěji setkat s tzv. penetrační rezistencí a programovým odumíráním buněk. Penetrační rezistence blokuje porušení buněčné stěny a membrány při klíčení spory a také zabraňuje tvorbě haustoria. Programové odumírání probíhá uvnitř penetrované epidermální buňky a indukuje její odumírání. Tím dojde k omezení zásobování živinami, které potřebují houbové patogeny pro svůj růst a vývoj.

Nejčastějším způsobem projevu rezistence u rostliny je hypersenzitivní reakce (HR) způsobená aktivací R-genů. Hypersenzitivní reakce způsobuje tvorbu volných kyslíkových radikálů (ROS), z nichž je u révy vinné nejvýznamnější peroxid vodíku (H_2O_2). Tvorba H_2O_2 je hlavním prvkem v signální obranné reakci rostlin. U rezistentních odrůd révy vinné se tvorba H_2O_2 zvyšuje následující den po inokulaci (PALMIERI a kol., 2012). Peroxid vodíku ovlivňuje lokalizované odumírání buněk, které omezuje výživu patogenu a tím mu brání v růstu. H_2O_2 následně indukuje obranné reakce rostliny, jako jsou tvorba PR-proteinů (*pathogenesis-related protein*), fytoalexinů a polymerů buněčných stěn.

Podle stupně nekrotizace pletiva jako projevu hypersenzitivní reakce je možné hodnotit rezistenci odrůd. Dobrým příkladem je odolnost révy vinné k *Plasmopara viticola*, původci plísně révy. Tečkovité nekrózy je možné pozorovat u jedné z nejodolnějších odrůd – Savelonu, malé, ale četnější pak u odrůd Vesna a Bianca. Větší nekrotické skvrny se objevují u Hibernalu. Zkušenosti z praktického vinohradnictví ukazují, že úroveň reakce koresponduje se skutečným stupněm rezistence k plísní révy u těchto odrůd.

Rezistenci k patogenům je možné u révy vinné získat prostřednictvím šlechtění. Šlechtěním docílíme, že buď bude odrůda disponovat geny rezistence, anebo může být rezistence vyvola-



Obr. 2.1 Hypersenzitivní reakce k *Plasmopara viticola* u odrůdy Savilon



Obr. 2.2 Hypersenzitivní reakce k *Plasmopara viticola* u odrůdy Vesna



Obr. 2.3 Hypersenzitivní reakce k *Plasmopara viticola* u odrůdy Bianca



Obr. 2.4 Hypersenzitivní reakce k *Plasmopara viticola* u odrůdy Hibernál

ná – indukovaná vnějšími mechanismy. **Indukovaná rezistence** představuje aktivaci obranného systému rostlin prostřednictvím tzv. elicitorů. V souvislosti s ekologickým vinohradnictvím má tento typ rezistence velký význam i praktické využití.

U révy vinné jako trvalé kultury je velmi důležité získání trvalé rezistence, která zůstává efektivní po celou dobu pěstování odrůdy. Cestou k trvalé rezistenci je výběr vícenásobných zdrojů rezistence (odrůd disponujících více geny rezistence) a pyramidizace těchto genů. U révy vinné bylo identifikováno více genů rezistence (R-geny). K jejich objevení došlo díky mapování molekulárních markerů a identifikaci R-genů, jež byly umístěné na různých chromozomech v rámci genomu odrůdy.

Hlavním cílem moderního šlechtění révy vinné je vytvořit rezistenci založenou na více genech rezistence, které patogen překonává podstatně obtížněji, než rezistenci založenou pouze na jednom genu.

Monogenní rezistenci určuje jeden dominantní gen a je spojená s hypersenzitivní reakcí, která způsobuje odumření průduchu v místě infekce. **Polygenní rezistence** vyvolává omezení růstu patogenu po infekci a vede většinou k omezení chorob. Reakce genotypů s polygenní rezisten-

cí může být různá v závislosti na kmenu patogenu nebo na adaptaci patogenu (TOFFOLATTI a kol., 2012). Rezistence založená pouze na jednom genu je snadněji prolomitelná patogenem s vysokým evolučním potenciálem, jaký mají také houbové patogeny u révy vinné.

Rezistence rostlin k patogenům je způsobená modelem gen-gen, kdy přítomnost genu rezistence (R) u rostliny a příslušného avirulentního genu (Avr) u patogenu vede k aktivaci obrany rostlin a následně k projevu rezistence, který je často spojený s hypersenzitivní reakcí (PERE-SOTTI a kol., 2010).

Rezistenci je možné také hodnotit na základě vztahu k jednotlivým rasám patogenu. U rostlin se proto můžeme setkat se dvěma typy rezistence: **Horizontální rezistence** je polygenní a působí proti všem rasám jednotlivých patogenů. Odrůdy disponující tímto typem rezistence proto mají vyšší a trvalejší rezistenci. **Vertikální rezistence**, která je způsobovaná R-geny, je oligogenní a může být překonána některými rasami patogenu. Rezistence tohoto typu se proto může postupně oslabovat, a dokonce může být i zcela prolomena.

2.2 Využití rezistentních vlastností ve šlechtění

a praktickém vinohradnictví

Citlivost odrůd révy vinné k houbovým patogenům a škůdcům může být ovlivněná evolučním vývojem. Odrůdy *Vitis vinifera* pocházejí z Evropy a Asie, zatímco plíseň révy, padlí révy, černá hniloba a révokaz pocházejí z Ameriky a do Evropy byly introdukovány až v 19. století. Odrůdy *Vitis vinifera* měly proto k dispozici velmi krátkou dobu k vytvoření svých rezistentních vlastností. Výjimku představují pouze některé asijské odrůdy *Vitis vinifera*.



Obr. 2.5 Semenáče infikované houbovými patogeny ve fóliových tunelech

Cílem šlechtění je získat odrůdy s několika geny rezistence, protože pro získání trvalé rezistence nemůže být implementace pouze jednoho genu rezistence dostatečná.

Nejsou-li při šlechtění v potomstvu přítomné alely spojené s rezistencí, objevuje se vyšší četnost jedinců s vyšší citlivostí, zatímco přítomnost rezistentních alel od obou rodičů vede k potomstvu s vyšší úrovní rezistence (SCHWANDER a kol., 2012). Aby bylo možné genové zdroje s nově identifikovanými rezistentními lokusy účinně využívat ve šlechtění na rezistenci, musí být u genových zdrojů daný lokus identifikován. Pro další šlechtění je potom možné využívat širší spektrum genotypů. **Lokus** označuje přesné místo na chromozomu, kde se příslušný gen vyskytuje. V tomto případě se jedná o geny rezistence.

Šlechtění PIWI odrůd představuje neustálé hodnocení genotypových a fenotypových vlastností. Prvním šlechtitelským krokem je fenotypové hodnocení rezistence k houbovým patogenům. Ve stadiu semenáčů proto

probíhá postupná infekce houbami *Plasmopara viticola* a *Erysiphe necator*. Do dalšího hodnocení se využívají pouze genotypy disponující rezistencí k oběma patogenům.

Ve druhém kroku se potom k mapování rezistentních lokusů v selektovaných genotypech využívá tzv. MAS (*marker-assisted selection*) – nový nástroj pro šlechtitele, který umožňuje identifikovat genotypy s geny rezistence a tím výrazně zefektivnit a zrychlit šlechtitelský proces. Na základě této metody byly identifikovány geny rezistence k *Plasmopara viticola* (viz tabulka 2.1) a *Erysiphe necator* (viz tabulka 2.2).

Označení genů rezistence vychází z latinských jmen houbových patogenů. Rpv potom znamená **R**esistance**P**lasmopara**V**iticola, Run znamená **R**esistance**U**ncinula**N**ecator, podle staršího latinského jména pro původce padlí révy, a Ren je zkratkou **R**esistance**E**rysiphe**N**ecator podle jeho nového latinského pojmenování.

Označení genu	Zdroj rezistence	Chromozom	Zdroj
Rpv1	<i>Muscadinia rotundifolia</i>	12	Merdinoglu a kol. (2003)
Rpv2	<i>Muscadinia rotundifolia</i>	18	Wiedemann-Merdinoglu a kol. (2006), Bellin a kol. (2009)
Rpv3	Regent, Bianca	18	Welter a kol. (2007), Bellin a kol. (2009)
Rpv4	Regent	4	Welter a kol. (2007)
Rpv5	<i>Vitis riparia</i>	9	Marguerit a kol. (2009)
Rpv6	<i>Vitis riparia</i>	12	Marguerit a kol. (2009)
Rpv7	Bianca	7	Bellin a kol. (2009)
Rpv8	<i>Vitis amurensis</i>	14	Blasi a kol. (2011)
Rpv9	<i>Vitis riparia</i>	7	Moreira a kol. (2011)
Rpv10	<i>Vitis amurensis</i>	9	Schwander a kol. (2012)
Rpv11	Regent, Chardonnay, Solaris	5	Fischer a kol. (2004), Bellin a kol. (2009), Schwander a kol. (2011)
Rpv12	<i>Vitis amurensis</i>	14	Venuti a kol. (2013)
Rpv13	<i>Vitis riparia</i>	12	Moreira a kol. (2011)
Rpv14			Fechter a kol. (v přípravě)
Rpv15	<i>Vitis piasezkii</i>	18	Pap a kol. (v přípravě)

Tab. 2.1 Geny rezistence k plísni révy (*Plasmopara viticola*). Zdroj: www.vivc.de

Označení genu	Zdroj rezistence	Chromozom
Run1	<i>Muscadinia rotundifolia</i>	12
Run2	<i>Muscadinia rotundifolia</i>	18
Ren1	<i>Vitis vinifera</i>	13
Ren2	<i>Vitis cinerea</i>	14
Ren3	Regent	15
Ren4	<i>Vitis romanetti</i>	18
Ren5	<i>Muscadinia rotundifolia</i>	14
Ren6	<i>Vitis piasezkii</i>	9
Ren7	<i>Vitis piasezkii</i>	19

Tab. 2.2 Geny rezistence k padlí révy (*Erysiphe necator*). Zdroj: QUI a kol. (2015).

Muscadinia rotundifolia byla popsána jako druh s totální rezistencí k původcům plísně révy (*Plasmopara viticola*) a padlí révy (*Erysiphe necator*).

Rezistentní vlastnosti *Muscadinia rotundifolia* jsou známy velmi dlouhou dobu. Problémem jejich využití ve šlechtění však byl rozdílný počet chromozomů u druhů z podrodu *Euvinis* ($2n=38$) a *Muscadinia* ($2n=40$). Tato skutečnost vede k neúplnému párování chromozomů a vysoké sterilitě hybridů.

Šlechtitelská práce s *Muscadinia rotundifolia* začala v roce 1974 ve Francii v Montpellier (BOUQUET, 1980). Samičí semenáče různých odrůd *Vitis vinifera* byly opylené pylem různých rostlin *Muscadinia rotundifolia*. Díky různému počtu chromozomů mezi *Vitis vinifera* a *Muscadinia rotundifolia* byly identifikovány hybridy s 39 chromozomy, které byly využité pro zpětná křížení. Systém zpětných křížení probíhal až do generace BC₆, která ukázala vysokou rezistenci k padlí révy a dobré vinohradnické vlastnosti (BOUQUET a kol., 2000).

Rezistence k padlí révy je u botanického druhu *Muscadinia rotundifolia* kontrolována jediným dominantním genem rezistence k padlí révy (v tehdejší nomenklatuře *Uncinula necator*) s označením Run1 (BOUQUET, 1986, PAUQUET a kol., 2001). Tento gen je lokalizovaný na chromozomu LG 12. Rezistence způsobená genem Run1 vyvolává programové odumírání buněk po napadení epidermis, a to během 24–48 hodin po začátku infekce (DRY a kol., 2009).

Rostliny disponující genem Rpv2 zastaví velmi rychle vývoj *Plasmopara viticola*, úplně omezí sporulaci, tvoří velmi malé nekrotické skvrny, ale jako důsledek infekce nevyvolávají významnou tvorbu stilbenů (MERDINOGLU a kol., 2014).

V Asii byly identifikovány odrůdy révy vinné „Dzhandzhal Kara“ (FILIPENKO a STIN, 1977) a „Kishmish vatkana“ (KOZMA a kol., 2006) rezistentní k původci padlí révy (*Erysiphe necator*). Odrůda Kishmish vatkana má velký hrozen s volně uspořádanými bobulemi tmavomodrého zbarvení. Květ je oboupohlavný. Odrůda je stenospERMOKARPICKÁ (HOFFMANN a kol., 2008). Podle klasifikace ekologicko-geografických skupin révy patří do *Vitis vinifera* subsp. *sativa*, proles *orientalis*, subproles *antasiatica* (NEGRUL, 1968). U odrůdy Kishmish vatkana byl objeven gen rezistence k *Erysiphe necator* s označením Ren1, který se nachází na chromozomu LG13. Rezistence způsobená tímto genem se projevuje omezením vývoje hyfových vláken a snížením tvorby konidioforů. K aktivaci rezistence genem Ren1 dochází po napadení epider-

málních buněk. Patogen má schopnost proniknout do epidermálních buněk a odebírat živiny pro počáteční růst. Konidie obsahuje dostatek živin pro tvorbu klíčného vlákna a apresoria, ale nikoliv pro následující růst hyfových vláken (HOFFMANN a kol., 2008).

Nalezení genu Ren1 u odrůd *Vitis vinifera* představuje nové možnosti ve šlechtění. Už v hybridních F1 generacích lze získat hybridy rezistentní k padlí révy, a to bez použití amerických druhů. Proto je možné při šlechtění zachovat kvalitu odrůd *Vitis vinifera* a vyhnout se negativním senzorickým vlastnostem, které jsou spojené s některými americkými *Vitis* spp.

Gen rezistence k plísni révy (*Plasmopara viticola*) s označením Rpv3 se projevuje u odrůdy Bianca hypersenzitivní reakcí v místě infekce. Ohraničená nekrotická reakce v porovnání s projevem u citlivých odrůd je znakem rezistence (BELLIN a kol., 2009). Gen rezistence Rpv3 je umístěn na chromozomu 18 (LG18) a patří mezi hlavní geny rezistence k plísni révy. K obranné reakci zprostředkované genem Rpv3 dochází velmi brzy po kontaktu patogenu s hostitelem (CASAGRANDE a kol., 2011).

Zdroje rezistence k houbovým chorobám se obvykle nacházejí v oblastech, kde se vzájemně vyvíjely populace patogenu a hostitelské rostliny (RIAZ a kol., 2011). Přesto jsou některé *Vitis* spp. původem z Číny (*Vitis amurensis*, *Vitis romaneti*, *Vitis piasezkii*, *Vitis davidii*) zařazované do šlechtitelského programu na získání rezistence k padlí révy. Hlavní lokus pro rezistenci k padlí révy Ren4 byl zjištěn u čínského druhu *Vitis romaneti* (RIAZ a kol., 2011).

Geny rezistence umístěné na rozdílných chromozomech umožňují pyramidizaci genů rezistence s použitím MAS (EIBACH a kol., 2007). Pyramidizace genů je praktické využití poznatků o genech rezistence. Za základ pyramidizace genů se považuje *Muscadinia rotundifolia*.

Příklad pro pyramidizaci uvádějí EIBACH a TÖPFER (2014), kteří kombinovali následující genotypy:

Gf. 1984-58-988 × VRH3082-1-49
(Domina × Regent) (*Muscadinia rotundifolia*)
Rpv3 + Ren3 Run1 + Rpv1



Obr. 2.6 Odrůda Borsmenta



Obr. 2.7 Hybrid s *Muscadinia rotundifolia*
z Freiburgu

Identifikace „rezistentních lokusů“ pro plíseň révy a padlí révy ukazuje dominantně-recesivní dědičnost, tzn., že křížení mezi genotypem s heterozygotním lokusem a genotypem s homozygotně-recesivním lokusem vede ke štěpení populace 1 : 1 (rezistentní : citlivé) (EIBACH a TÖPFER, 2014).

V současném evropském sortimentu existuje několik odrůd, které nesou více genů rezistence k jednomu z obou patogenů a je možné je úspěšně využívat ve šlechtění.

Odrůda	Gen rezistence k <i>Plasmopara viticola</i>	Gen rezistence k <i>Erysiphe necator</i>
Regent	Rpv3, Rpv4, Rpv11	Ren3
Bianca	Rpv3, Rpv7, Rpv11	
Solaris	Rpv10, Rpv11	Ren3
Phoenix	Rpv3	Ren3
Orion	Rpv3	Ren3
Bronner	Rpv10	Ren3
Johanniter	Rpv3	Ren3
Helios	Rpv3	Ren3
Cabernet Carol	Rpv10	Ren3
Cabernet Cortis	Rpv10	Ren3
Prior	Rpv3	Ren3
Monarch	Rpv10	Ren3
Villaris	Rpv3	Ren3
Calandro	Rpv3	Ren3

Tab. 2.3 Zastoupení genů rezistence u některých odrůd révy vinné.

V mnohých evropských zemích jsou v registračních zkouškách nové rezistentní odrůdy révy vinné disponující geny rezistence získanými také od *Muscadinia rotundifolia*. Odrůdy vznikají pyramidizací genů, takže obsahují také původní zdroje rezistence (francouzské přímoploidní hybridy) a *Vitis amurensis*. Mezi vinohradníky je známá maďarská odrůda Borsmenta, která je vyšlechtěná na tomto základu a určená pro výrobu bílých vín. Nové odrůdy získané pyramidizací genů je možné najít také ve šlechtitelském programu Weinbauinstitut Freiburg v Německu.

2.3 Obranné mechanismy u révy vinné způsobené morfologickou stavbou

Réva vinná disponuje celou řadou morfologických zvláštností, které mohou představovat fyzikální bariéru při napadení révového keře houbovými patogeny nebo škůdci. Morfologická stavba listů, hroznů a bobulí může proto výrazným způsobem ovlivňovat odolnost révy vinné k houbovým patogenům tak, že omezí kontakt škůdce s pletivem révy vinné a tím zabrání vzniku infekce. Největší podíl obranných mechanismů je možné najít na listech a bobulích. Tyto obranné mechanismy souvisí především s odrůdou a u vícenásobných kříženců také s botanickými druhy *Vitis* spp., které byly využity jako zdroje rezistence.

2.3.1 Morfologická stavba listu a obranné mechanismy

Nejvýznamnější houbové patogeny révy napadají především listy. Obranné mechanismy na listech jsou proto indikátorem odolnosti rostlin k těmto chorobám.

Trichom je výčnělek na pokožce rostlin, vznikající z buněk pokožky. V souvislosti s trichomy se u révy vinné mluví o „ochlupení“ listové čepele, proto jsou také důležitým ampelografickým znakem, který se využívá při rozlišování jednotlivých druhů a odrůd. Trichomy ovlivňují kontakt vody s listovým pletivem a tím i ovlhčení listů, které je důležité pro rozvoj některých houbových patogenů (např. *Plasmopara viticola*, *Botrytis cinerea*). Trichomy vytvářejí hydrofobní bariéru, která umožňuje snižovat kontaktní plochu mezi kapkami vody a listem.

Typickým příkladem vztahu mezi trichomy a odolností k plísni révy (*Plasmopara viticola*) představují odrůdy založené na *Vitis labrusca*. Vysoká rezistence k plísni révy se proto projevuje u „ochlupených“ odrůd Isabella, Champion, ale také u nových odrůd Venus nebo Alden. Trichomy mohou ovlivňovat odolnost k plísni révy také u odrůd evropské révy vinné (BOSO a kol., 2010).

Průduchy, nacházející se především na spodní straně listové čepele, představují velmi důležité vstupní místo pro houbové patogeny. Jejich hustota na listu je ovlivněná odrůdou, koncentrací CO₂, intenzitou světla a teplotou vzduchu. I přesto, že se BOSO a kol. (2010) snažili vysledovat u odrůd *Vitis vinifera* souvislost mezi hustotou průduchů na listech a citlivostí k plísni révy (*Plasmopara viticola*), vzájemný vztah se jim nepodařilo prokázat.

2.3.2 Morfologická stavba bobule a hroznu a obranné mechanismy

Průduchy se nacházejí také na povrchu bobule. Jelikož se však bobule s postupujícím vývojem pokrývají voskovitou vrstvou a zanikají lenticely, k infekci houbou *Plasmopara viticola* pak dochází především přes stopku.

Kutikula, nacházející se na povrchu slupky bobule, představuje první bariéru, kterou musí patogen překonat, aby mohlo dojít k infekci rostlinného pletiva. Je tvořená vrstvou kutinu a pokrytá voskovitou vrstvou. Tloušťka a stavba kutikuly mohou ovlivňovat odolnost k houbovým patogenům, především k padlí révy (*Erysiphe necator*) a šedé hnilobě hroznů révy (*Botrytis cinerea*). Brzké odlistění zóny hroznů po odkvětu vede k tvorbě silnější voskovité vrstvy na bobulích v důsledku adaptace na podmínky slunečního záření a teploty. Tato strategie potom může zvyšovat odolnost bobulí k napadení padlím révy.

Morfologická stavba **slupky** má především vliv na odolnost k *Botrytis cinerea* a ostatním hnilobám. Voskovitá vrstva totiž ovlivňuje přilnavost vody k povrchu bobule a tím rozvoj původce šedé hniloby hroznů révy. Odrůdy s pevnou a silnou slupkou vykazují velmi dobrou odolnost k hnilobám. Typickým příkladem jsou odrůdy spojené s *Vitis labrusca*, jako jsou Isabella nebo Alden, z moderních PIWI odrůd potom Sabilon, Hibernál, Sauvignier gris nebo Vesna. Naopak mezi odrůdy s tenčí slupkou a vyšším sklonem k hnilobám patří Festivalnyj nebo Nativá.

Na zdravotní stav hroznu má výrazný vliv jeho kompaktnost. Odolnost k šedé hnilobě ovlivňuje **architektura neboli struktura hroznu**. Rozvolněné hrozny umožňují lepší proudění vzduchu, tím snížení vlhkosti uvnitř hroznu, a lepší aplikaci fungicidů. Husté hrozny mají naopak vyšší podíl „vnitřních bobulí“, které nejsou osluněné, a proto u nich nedochází ke zpevnění slupky a tvorbě obranných metabolitů.

Kompaktnost hroznu může ovlivňovat odrůda, klon, průběh počasí, zelené práce, výživa a hnojení nebo závlaha, ale také velikost bobulí. Volněji jsou uspořádané hrozny s malými bobulemi. Rozdíly v kompaktnosti hroznu lze najít také mezi PIWI odrůdami.

Kompaktnost hroznu	Příklady PIWI odrůd
hustý	Hibia, Malverina, Festivalnyj, Nativa, Cerason, Kofranka, Erilon, Muscaris
středně hustý	Souvignier gris, Monarch, Prior
volný	Savilon, Rinot, Cabernet blanc, Cabernet Cortis, Laurot

Tab. 2.4 Rozdělení PIWI odrůd podle kompaktnosti hroznu.



Obr. 2.8 Rulandské modré – klon s malými bobulemi na začátku zaměkání



Obr. 2.9 Rulandské modré – klon se vzpřímeně rostoucími letorosty

2.4 Indukovaná rezistence u révy vinné

Jednou z možností vyvolání rezistence u révy vinné a zároveň jednou z vhodných alternativních strategií k použití pesticidů je stimulace obranné reakce révy pomocí exogenních molekul. Takové látky je možné označit za elicitory (DELAUNOIS aj., 2014). **Elicitory** lze definovat jako alternativní produkty se specifickým působením. Jedná se o sloučeniny schopné indukovat specifické obranné reakce a pomáhat rostlině rozvinout rezistentní vlastnosti ve vztahu k napadení patogenem (KLARZYNSKI a FRITIG, 2001). Obranné reakce se nejčastěji projevují hypersenzitivní reakcí na úrovni buněčných stěn, tvorbou antimikrobiálních sloučenin včetně fytoalexinů a PR-proteinů, které hrají klíčovou úlohu v omezení aktivity patogenu.

Podstatou vytvoření rezistence rostliny k houbovým patogenům je aktivace jejích obranných genů, která vede k tvorbě a hromadění různých enzymů a stresových metabolitů, např. proteinů PR-1, proteinů PR-2 (glukanázy), proteinů PR-3 (chitinázy), fytoalexinů, ligninu a kalózy.

2.4.1 Tvorba kalózy a rezistence k houbovým patogenům

Kalóza je polysacharid (β -1,3-glukan) podobný tomu, který pokrývá sítko sítkovic a je syntetizován v cytoplasmě jako reakce rostliny na napadení patogenem. Tvorba kalózy představuje významnou obrannou reakci na napadení padlím révy (*Erysiphe necator*) a plísní révy (*Plasmopara viticola*). Napadení průduchů houbou *Plasmopara viticola* iniciuje tvorbu kalózy, která blokuje pronikání zoospor do listu, s následným projevem hypersenzitivní reakce. Tvorba kalózy na průduších v místě infekce je významnou vlastností rezistentních odrůd. Následně se tvořící ϵ -viniferin a δ -viniferin jsou pro *Plasmopara viticola* toxické. Obsah těchto stilbenů může být rovněž markerem pro stupeň rezistence odrůd (GINDRO a kol., 2006).

Úroveň rezistence	Hustota sporangií (sp.mm ⁻²)	Kalóza (% průduchů)	δ -viniferin ($\mu\text{mol.mg}^{-1}$ FW*)	ϵ -viniferin ($\mu\text{mol.mg}^{-1}$ FW*)
velmi rezistentní	0	≥ 30	≥ 80	> 100
rezistentní	> 0 a < 15	≥ 15 a < 30	≥ 40 a < 80	≥ 50 a < 90
méně citlivé	≥ 15 a < 50	≥ 6 a < 15	≥ 20 a < 40	≥ 25 a < 50
citlivé	≥ 50 a < 80	≥ 2 a < 6	< 20	< 25
vysoce citlivé	≥ 80	< 2	< 20	< 25

*Fresh weight (čerstvá hmotnost)

Tab. 2.5 Hustota sporangií, tvorba kalózy a obsah ϵ -viniferinu a δ -viniferinu u pěti různých skupin rezistence k *Plasmopara viticola* (GINDRO a kol., 2006).

U rezistentních odrůd infikovaných *Plasmopara viticola* se kalóza tvoří v okolí průduchové štěrby kolem invazivních hyfových vláken. Její rozvoj okolo průduchů a hyfových vláken tedy může představovat fyzikální bariéru pro penetraci buněk hostitele a růst patogenu. Rozvoj kalózy nebyl pozorován u citlivých odrůd (GINDRO a kol., 2003).

2.4.2 Stilbeny a rezistence k houbovým patogenům

Stilbeny, jejichž nejvýznamnějším představitelem je resveratrol, hrají významnou úlohu v obranných reakcích révy vinné. Jejich tvorbu je možné indukovat prostřednictvím klimatických faktorů. Nejvýznamnější indukční schopnost má UV-záření, což lze využívat při nepřímé ochraně proti houbovým chorobám prostřednictvím zelených prací, které umožňují lepší exponovanost hroznů ke slunečnímu záření.

Nejvýznamnějšími obrannými metabolity ze skupiny stilbenů jsou δ -viniferin, ϵ -viniferin a pterostilben. Samotný resveratrol totiž nevykazuje vysokou antimikrobiální aktivitu, ale tvoří se ve vysokých koncentracích vlivem aplikace elicitorů nebo jako reakce napadení patogenem a je prekurzorem výrazněji antimikrobiálně aktivních derivátů. PEZET a kol. (2004) uvádějí, že rezistence je spojená s přeměnou resveratrolu na viniferiny. Metabolismus resveratrolu proto hraje důležitou úlohu v rezistenci odrůd révy vinné. Mezi stilbeny s největší toxicitou pro *Plasmopara viticola* patří pterostilben, který se podílí na inhibici pohyblivosti zoospor. Toxicitu vůči *Plasmopara viticola* vykazuje i δ -viniferin (PEZET a kol., 2004). Rychlost a intenzita tvorby stilbenů, zejména resveratrolu a jeho derivátů, může být považována za ukazatel rezistence odrůdy k houbovým patogenům. Syntéza stilbenů je u révy indukovaná biotickými a abiotickými stresovými faktory, řasami rodu *Laminaria*, UV-zářením, chloridem hlinitým, fosfylem-Al,

ozónem, sacharózou, dimetyl- β -cyklodextrinem, metyljasmonátem, benzothiadiazolem, oligomery chitosanu, kyselinou salicylovou a kyselinou abscisovou (BAVARESCO a kol., 2012).

2.4.3 Proteiny PR a rezistence k houbovým patogenům

Akumulace a produkce proteinů PR je obranným mechanismem rostlin na napadení houbovými patogeny. Je to reakce na biotické a abiotické stresové situace nebo na aplikaci elicitorů. Nejčastěji se akumulují v buněčných stěnách a mají schopnost přímo brzdit klíčení spor nebo růst hyfových vláken houbových patogenů (MONTEIRO a kol., 2003). Proto je můžeme označit za proteiny s antimikrobiálním působením. Dokud nedojde ke vztahu mezi rostlinou a patogenem, neprojevují se. Jejich tvorba je indukována až během infekce (GOMÉS a COUTOS-THÉVENOT, 2009). U révy vinné rozeznáváme několik aktivních proteinů PR: PR-2 (β -1,3--glukanázy), PR-3 (chitinázy) a PR-5 (proteiny podobné osmotinu nebo thaumatinu).

2.5 Praktické využití zásad indukované rezistence

Obranné reakce mohou být u rostlin přirozené, tzn. vyvolané kontaktem s patogenem, nebo mohou být vyvolávané pomocí externích látek (elicitorů), například rostlinnými hormony, jako jsou kyselina salicylová, kyselina jasmínová, etylén a kyselina abscisová.

Chitosan je derivátem chitinu vytvořený působením chitin deacetylázy. Má schopnost aktivovat celou řadu obranných reakcí u rostlin, jako je tvorba a hromadění fytoalexinů nebo tvorba peroxidu vodíku (H_2O_2). Biologické působení chitosanu na rostliny závisí také na fyzikálních vlastnostech roztoku, protože vytváří povlak, který chrání rostlinu před napadením patogenem (BURKETOVÁ a kol., 2015). Elicitem obranných reakcí, který může rovněž indukovat rezistenci, je polysacharid **laminarin** izolovaný z hnědé řasy *Laminaria digitata*.

Některé rostlinné extrakty působí přímo proti houbovým patogenům, zatímco další mohou brzdit rozvoj patogenu díky stimulaci endogenních obranných mechanismů. Jako účinné se ukázaly rostlinné extrakty z reveně dlanité (*Rheum palmatum*) a z kůry krušiny olšové (*Frangula alnus*). Tyto látky stimulují obranné reakce formou tvorby δ -viniferinu (GINDRO a kol., 2007). Kapalný extrakt zlatobýlu kanadského (*Solidago canadensis*) je účinný při vyvolání obranné reakce proti širokému spektru patogenů a také proti plísni révy. Jeho účinnost způsobuje přímou inhibici *Plasmopara viticola* a také aktivuje obranné systémy révy vinné (HARM a kol., 2011).

Na principu rostlinných elicitorů fungují rovněž aromatické rostliny a byliny, které představují potenciální zdroj přirozených antimikrobiálních sloučenin. Velký podíl druhů s antimikrobiální aktivitou je možné najít v čeledi *Lamiaceae*, např. *Salvia officinalis*, *Origanum vulgare*, *Thymus vulgaris*, *Rosmarinus officinalis*, *Lavandula latifolia* nebo *Melissa officinalis* (DAGOSTIN aj., 2010). Zvýšení tvorby beta-1,3-glukanáz, chitináz a fytoalexinů po aplikaci laminarinu aktivuje obranné reakce (AZIZ aj., 2003). Jedním z možných mechanismů rezistence je tvorba fenolových sloučenin. Vysoká aktivita PAL (phenylalaninamoniolyáza) zodpovídá za aktivaci obranných mechanismů před klíčením a penetrací patogena *Plasmopara viticola*. Vliv rostlinných extraktů na syntézu stilbenů u révy vinné je způsobený pomocí SAR (*systemic acquired resistance* – systémově získané rezistence).

Thiamin indukuje rezistenci k *Plasmopara viticola* u citlivé odrůdy Chardonnay také tím, že vytváří obrannou hypersenzitivní reakci v důsledku tvorby peroxidu vodíku (BOUBAKRI a kol., 2012).

Velmi zajímavou možnost ochrany proti houbovým patogenům představuje aplikace **fosforu**, který je schopný aktivovat obranné mechanismy a podporovat tvorbu fytoalexinů. Asimilace rostliny je v přítomnosti fosforu a draslíku kvalitnější.



Ekologická vinice v Kutné Hoře