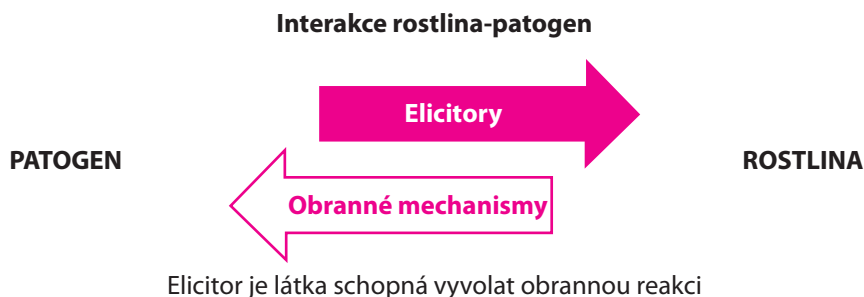
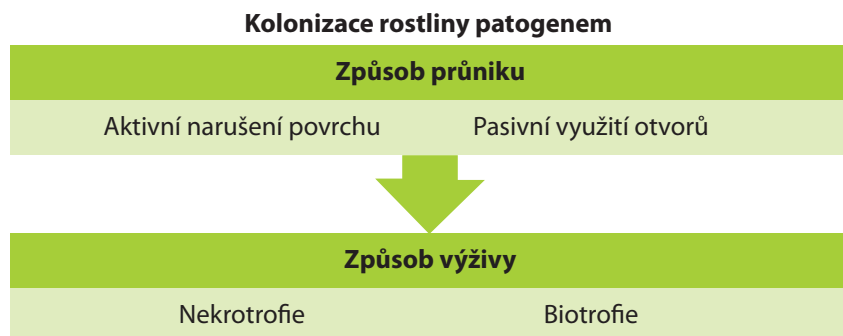


# OBRANNÁ REAKCE ROSTLIN, SLEDOVÁNÍ OBRANNÉ REAKCE RÉVY

Mgr. Kateřina Rausová, Ústav biochemie  
Masarykova univerzita

## Obsah

- Obranná reakce rostlin
  - kolonizace rostliny patogenem
  - interakce rostlina-patogen (virulence vs. rezistence)
  - formy rostlinné obrany
  - průběh obranné reakce
  - PR proteiny (pathogenesis-related proteins)
  - fytoalexiny
- Specifika obranné reakce révy vinné
- Sledování vlivu ochranných postřiků na obrannou reakci révy



Pozn.: Rostlina je schopná rozpoznat, že je napadená, a aktivně odpovědět na útok patogenu spuštěním obranné reakce. Látka, která pochází z patogenu nebo vzniká jeho působením a kterou rostlina rozpozná, se nazývá elicitor.

# OBRANNÁ REAKCE ROSTLIN

## Konstruktivní obrana

- Pasivní
  - Kutikula
  - Periderm
  - Endodermis
- Aktivní
  - Fytoanticipiny

## Indukovaná obrana

- Pasivní
  - Zesílení buněčné stěny
- Aktivní
  - Fytoalexiny (resveratrol)
  - Obranné proteiny (PR)

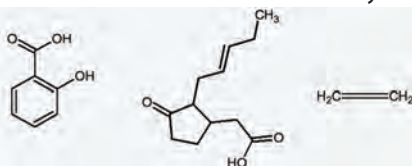
Pozn.: Po rozpoznání patogenu rostlina spustí signální dráhu indukované obranné reakce, která v konečném důsledku vede k zesílení buněčné stěny a k produkci látek, které jsou pro patogeny toxické. Mezi tyto látky patří aktivní formy kyslíku, fytoalexiny a PR (pathogenesis related) proteiny.

## SYSTÉMOVÁ REZISTENCE

Systemic acquired resistance

Induced systemic resistance

Kyselina salicylová

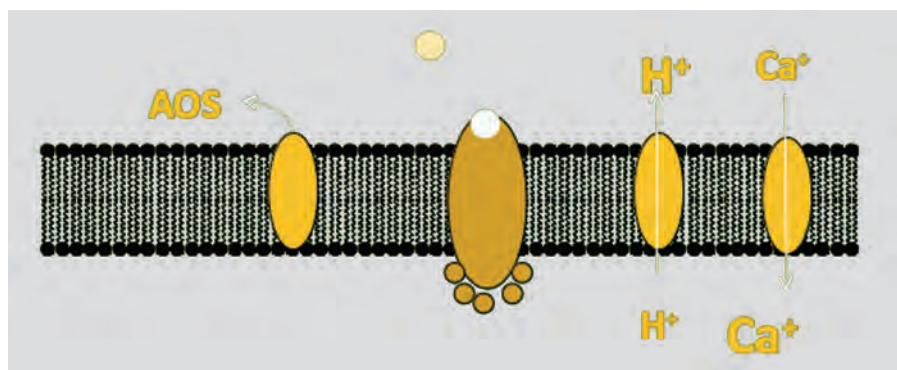


Kyselina jasmonová

Ethylen

Pozn.: Po několika hodinách od napadení se antimikrobiální látky objevují i v neinfikovaných částech rostliny. Tento jev se nazývá systémová rezistence a přenosu signálu se při něm účastní salicylát, jasmonát a ethylen.

## PRŮBĚH RANÉ FÁZE OBRANNÉ REAKCE

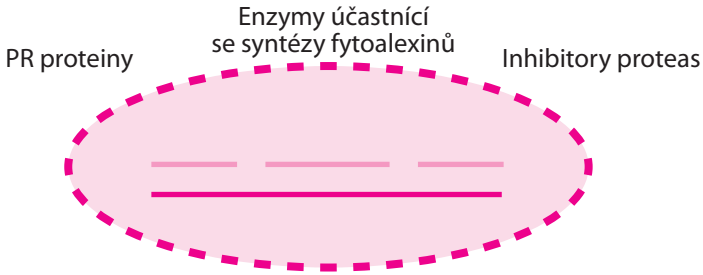


Aktivace proteinkinas

Syntéza NO

Pozn.: Raná fáze obranné reakce trvá několik minut po interakci elicitoru s rostlinným receptorem. Dochází při ní ke změnám v koncentracích iontů, k syntéze aktivních forem kyslíku a oxidu dusnatého a k aktivaci enzymů proteinkinas. Důležitou látkou patřící mezi aktivní formy kyslíku je peroxid vodíku, který je toxický pro patogeny, podílí se na zesílení buněčné stěny a na vzniku hypersenzitivní reakce.

# PRŮBĚH POZDNÍ FÁZE OBRANNÉ REAKCE



Pozn.: Pozdní fáze obranné reakce trvá několik dnů. Dochází při ní k aktivaci obranných genů a k syntéze PR proteinů, inhibitorů proteas a enzymů nezbytných pro syntézu fytoalexinů.

## PR PROTEINY

### PR-1

- Neznámá aktivita

### PR-2

- Beta-1,3-glukanasová aktivita
- Hydrolyza buněčných stěn mikroorganismů

### PR-3

- Chitinasová aktivita
- Hydrolyza buněčných stěn hub

### PR-5

- Permeabilizace membrán houbových spor

### PR-9

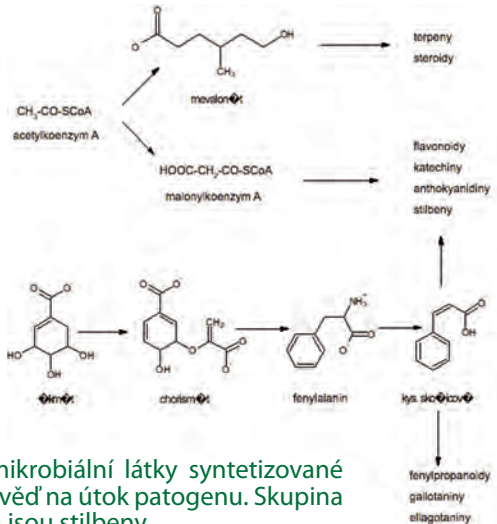
- Peroxidasová aktivita
- Zesílení rostlinné buněčné stěny

### PR-10

- Ribonukleasová aktivita

Pozn.: PR proteiny se na základě příbuznosti a biologických aktivit dělí do tříd. Dosud bylo identifikováno 17 tříd, které se vyskytují ve většině rostlinných druhů. Mnohé PR proteiny rozkládají buněčné stěny mikroorganismů.

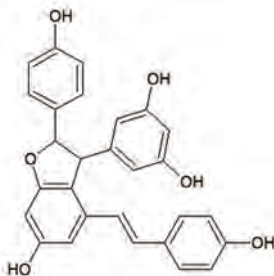
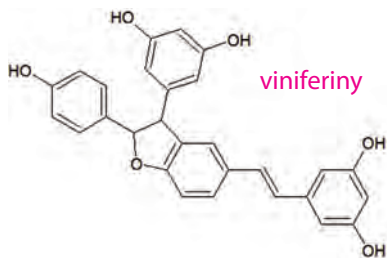
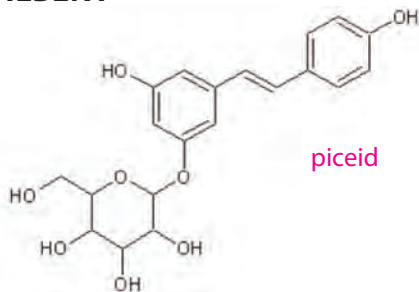
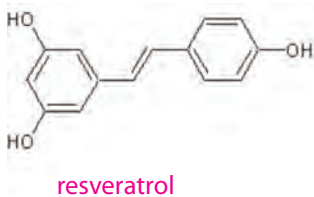
## FYTOALEXINY



- Malé antimikrobiální látky
- Typické pro daný rostlinný druh
- Např. terpenoidy, flavonoidy, stilbeny

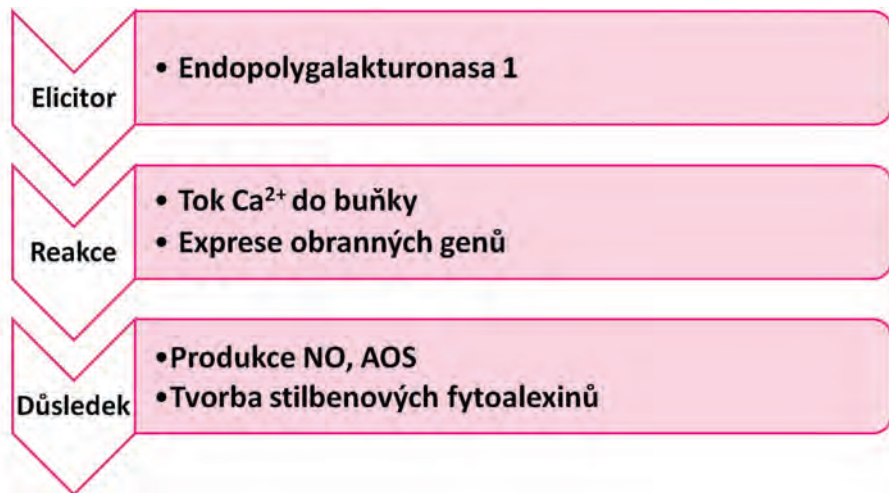
Pozn.: Fytoalexiny jsou malé antimikrobiální látky syntetizované a akumulované rostlinou jako odpověď na útok patogenu. Skupina fytoalexinů typická pro vinnou révu jsou stilbeny.

## STILBENY



Pozn.: Základní stilben je resveratrol, který omezuje růst houbových vláken. Je syntetizován rostlinou jako obecná odpověď na stres, tedy nejenom napadení patogenem, ale i např. UV záření, těžké kovy nebo poranění. Piceid je resveratrol navázaný na molekulu glukosy. Viniferiny vznikají oxidací resveratrolu.

## SPECIFIKA OBRANNÉ REAKCE RÉVY



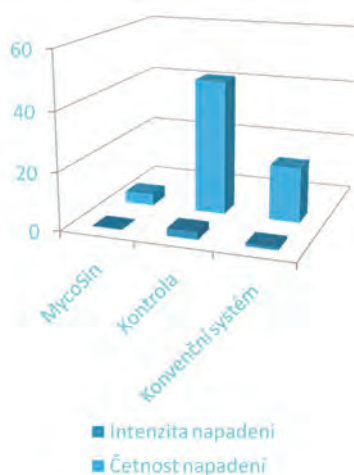
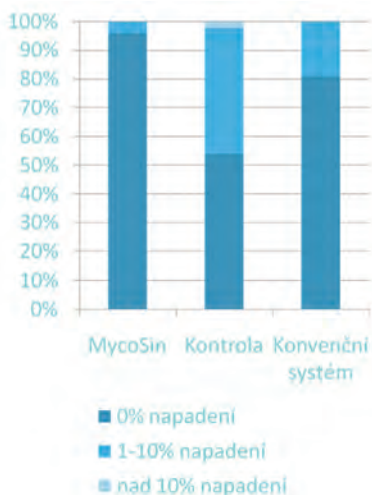
Pozn.: Enzymy polygalakturonasy vylučuje houbový patogen v rané fázi infekce, aby narušil buněčné stěny révy. Endopolygalakturonasa 1 pocházející z *Botrytis cinerea* ale funguje i jako elicitor, který vyvolává obrannou reakci.

## SPECIFIKA OBRANNÉ REAKCE RÉVY



Pozn.: Specifickým typem elicitorů jsou tzv. endogenní elicitory, např. oligogalakturonidy nebo cellodextriny. Tyto látky jsou uvolňované z rostlinných buněčných stěn během infekce vlivem působení patogenu.

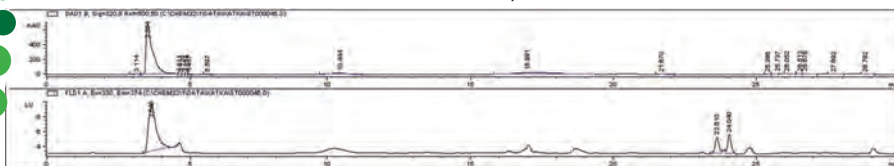
## HODNOCENÍ NAPADENÍ POKUSNÝCH ROSTLIN PLÍŠNÍ RÉVOVOU (ROK 2008)



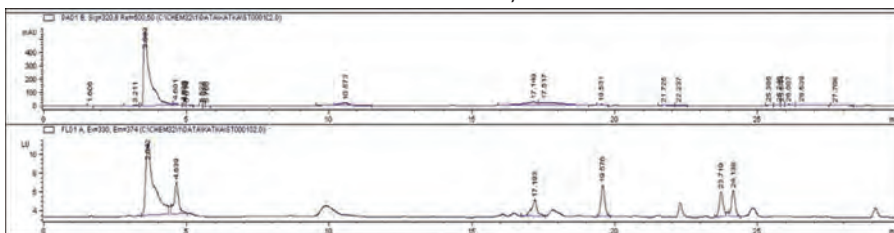
Pozn.: V roce 2008 probíhalo sledování obranné reakce révy po aplikaci MycoSinu. MycoSin je přípravek k ochraně révy na bázi jílovitých minerálů s obsahem rostlinných extraktů a kvasinkových buněčných stěn. Mechanismem účinku je pravděpodobně jednak toxicita vůči plísni révové a jednak vyvolání obranné reakce révy. Intenzita i četnost napadení byla u rostlin ošetřených MycoSinem výrazně nižší než u kontrolních rostlin.

# STANOVENÍ RESVERATROLU ZA LABORATORNÍCH PODMÍNEK

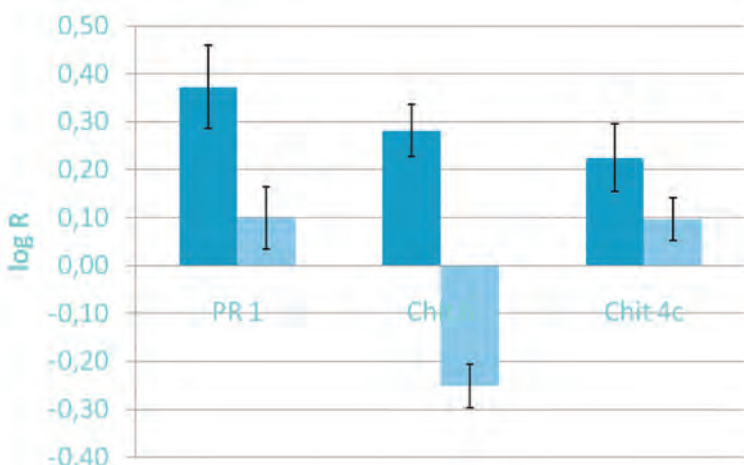
Ošetřená rostlina, den 0



Ošetřená rostlina, den 2



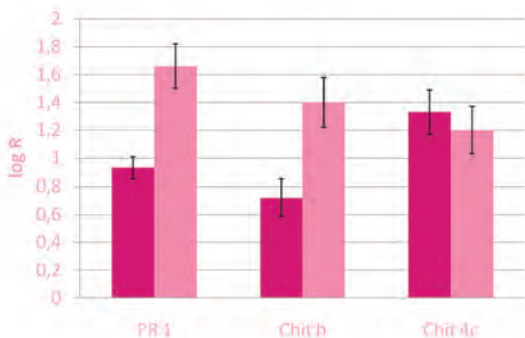
## EXPRESE OBRANNÝCH GENŮ 27.-29. 6. 2008



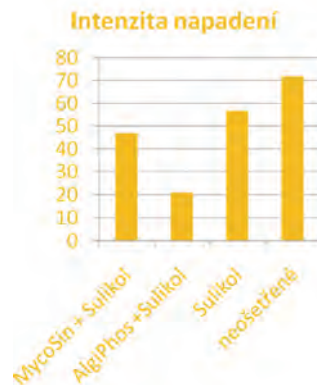
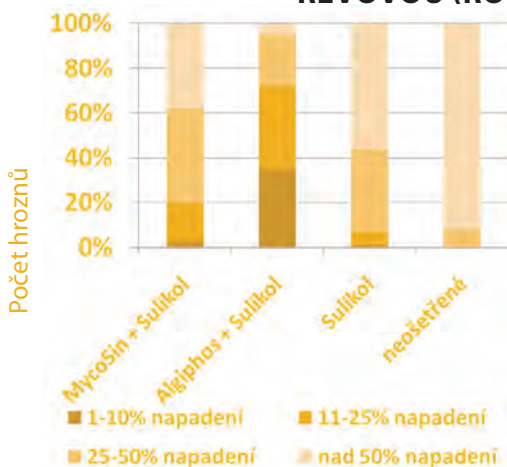
Pozn.: Na svislé ose grafu je logaritmus poměru úrovně exprese obranných genů před ošetřením a dva dny po něm. Tmavou barvou jsou vzorky z ošetřené varianty, světlou barvou z kontroly. Expresse genů v ošetřených rostlinách vzrostla přibližně dvakrát. Na kontrolní variantě zůstala expresse genů pro PR 1 a kyselou chitinasu stejná a expresse genu pro bazickou chitinasu se snížila na polovinu. MycoSin zřejmě způsobil zvýšení exprese obranných genů a tím vyšší obranyschopnost rostliny.

## EXPRESSE OBRANNÝCH GENŮ 2.-4. 6. 2008

Pozn.: Na svislé ose grafu je logaritmus poměru úrovně exprese obranných genů před ošetřením a dva dny po něm. Tmavou barvou jsou vzorky z ošetřené varianty, světlou barvou z kontroly. Došlo k pětinašobnému až padesátinásobnému zvýšení exprese obranných genů pravděpodobně vlivem infekčního tlaku. Expresse genů pro PR 1 a bazickou chitinasu vzrostla na kontrolní variantě pětkrát více než v ošetřených rostlinách. Z toho je možné usuzovat, že infekční tlak na ošetřené rostliny byl nižší vlivem toxicity MycoSinu vůči mikroorganismům.



## HODNOCENÍ NAPADENÍ POKUSNÝCH ROSTLIN PLÍŠNÍ RÉVOVOU (ROK 2009)



Pozn.: V roce 2009 a 2010 bude sledována obranná reakce révy po ošetření přípravky MycoSin a AlgiPhos. AlgiPhos je přípravek, který obsahuje mořské řasy a fosfit draselný a který vyvolává obrannou reakci révy včetně systémové rezistence.

## SLEDOVANÉ MARKERY OBRANNÉ REAKCE

- Stilbenové fytoalexiny
  - Resveratrol, piceid, viniferiny
- Expresse obranných genů
  - Geny pro PR-1, chitinasy
- Chitinasová a glukanasová aktivita
- Kyselina salicylová
  - Systémová rezistence