

## GENETIKA VZÁJEMNÉHO VZTAHU HOSTITEL - PATOGEN

- § Genetika ve fytopatologii se zabývá dědičností a proměnlivostí znaků a vlastností podmiňujících chorobu rostliny
- § Jevy, k nimž dochází v průběhu patogeneze, odrážejí kombinovanou aktivitu genetických systémů rostlin a patogenů a vliv prostředí.

## GENETICKÁ INFORMACE

- § Genetická informace hostitele i patogena je uložena v DNA (u některých virů v RNA).
- § Většina DNA je uložena v jádře (prokaryotickém nebo eukaryotickém) v chromozomech.
- § Často prokaryotické (a jednodušší eukaryotické) organismy mají plasmidy v cytoplasmě (DNA se multiplikuje nezávisle na jaderné DNA)
- § Všechny eukaryotické organismy mají mitochondrie a v mitochondriální DNA

## GENETICKÉ MECHANISMY VARIABILITY

### OBECNÉ GENETICKÉ MECHANISMY VARIABILITY NA ÚROVNI JEDINCE:

- § HYBRIDIZACE – splynutí 2 odlišných haploidních jader – vznik diploidního jádra. Variabilita je dána segregací a rekombinací genů během meiozy.
  - 1.A. Hybridizace u hostitele – šlechtění
  - 1.B. Hybridizace u patogena – následek pohlavního rozmnožování homothalické druhy, heterothalické druhy
- § 2. MUTACE – dědičné změny v genetickém materiálu (nejsou podmíněny segregací a rekombinací). Mutace lze vyvolávat uměle.
  - 2. A. Mutace u hostitele – u rostlin jsou recesivní a projeví se až v homozygotním stavu
  - 2.B. Mutace u patogena  
*U virů, bakterií, a hub s haploidním, monokaryotických myceliem se projeví ihned po svém vzniku, pokud jsou vhodné selekční podmínky*  
*U hub s diploidní stélkou se mutace mohou uchovávat bez projevu po určitou dobu*
- § 3. CYTOPLAZMATICKÁ DĚDIČNOST - je řízena aktivními složkami v cytoplasmě. Ke změnám vlastností dochází změnami v cytoplasmě.
  - 3.A. Cytoplazmatická dědičnost u rostlin - změnou vlastností cytoplazmy může dojít ke změně projevu náchylnosti a odolnosti.
  - 3.B. Cytoplazmatická dědičnost u patogena – dána existencí plazmidů, které pravděpodobně ovlivňují míru patogeneze.

### SPECIFICKÉ GENETICKÉ MECHANISMY VARIABILITY

- § 1. PARASEXUALITA – genetická rekombinace probíhající jinak než prostřednictvím meiozy a fertilizace
  - 1.A. PARASEXUÁLNÍ PROCES U VIRŮ (GENETICKÉ REKOMBINACE VIRŮ) – geneticky odlišné mutantní kmene se množí po směsné infekci v témže hostiteli. Patogenita virů se mění rekombinacemi RNA v buňce hostitelské rostliny napadené různými kmeny virů. Při směsné inokulaci mohou vzniknout částice, v nichž RNA jednoho kmene je obalena bílkovinou jiného kmene.
  - 1.B. PARASEXUÁLNÍ PROCES U BAKTERIÍ
    - § KONJUGACE - vstup části chromozómu nebo celý chromozóm donorového kmene do recipientního kmene pomocí konjugačního můstku. Vždy je to jednosměrný proces.
    - § TRANSDUKCE – část chromozómu donorové buňky přenáší do recipientní buňky bakteriofág
    - § TRANSFORMACE – přenos genetické informace do recipientních buněk prostřednictvím DNA z buněk donora.
  - 1.C. PARASEXUÁLNÍ PROCES U HUB
    - § Průběh:
      - § 1. Vznik HETEROKARYONTA v mnohojaderném myceliu a řídka, pravděpodobně nahodilá fúze haploidních haploidních jader lišících se genotypem
      - § 2. MITOTICKÝ CROSSING-OVER u diploidních splynulých jader, která se množí vedle haploidních jader
      - § 3. VEGETATIVNÍ HAPLOIDIZACE diploidních jader bez meiozy

## § 2. ADAPTACE

- § Adaptace je každá změna struktury organismu nebo jeho funkce, která mu umožní lépe se přizpůsobit podmínkám prostředí.
- § Adaptace fenotypová – změny metabolických procesů, příp. morfologické změny nedědičné povahy.
- § Adaptace genotypová – podmíněná různými genetickými mechanismy variability. Genetická adaptace patogena ovlivňuje úspěch šlechtění na rezistenci, poněvadž je hlavní příčinou „ztráty“ rezistence odrůd po určité době jejich pěstování.

## § 3. SALTACE

- § Saltace je náhlá změna v určitém organismu, jejíž genetický mechanismus nebyl určen a může být různý. Při kultivaci z jediné spory in vitro např. dochází někdy k morfologické diferenciaci kultury. Některé případy vzniku saltace byly vysvětleny cytoplazmatickými vlivy.

## § 4. DISOCIACE

- § Disociace bakterií - změna fenotypu kultury podmíněná selekcí spontánních mutantů.

## GENETIKA VIRULENCE PATOGENA A REZISTENCE HOSTITELE ROSTLINA

- § NEHOSTITELSKÁ REZISTENCE – rostlina neumožňuje vytvořit vztah s patogenem. Má nevhodné podmínky pro rozmnožování a přežití většiny patogenů. Rostliny jsou úplně imunní k infekci.
- § HOSTITELSKÁ REZISTENCE – rostlina umožňuje rozmnožování a růst patogena
  - Rasově specifická rezistence – rostliny vykazují vysokou rezistenci k jednotlivým dílčím rasám patogena
  - Rasově nespecifická rezistence – rostliny vykazují zhruba stejnou úroveň rezistence ke všem rasám, tato rezistence však není úplná

## PATOGEN

- § PATOGENITA – potenciální schopnost jednotlivých kmenů mikroorganismů způsobovat chorobu u určitých genotypů rostlin
  - Virulence – schopnost překonávat specifické geny rezistence, tedy kvalitativní aspekt patogenity
  - Agresivita – stupeň patogenity tedy kvantitativní aspekt patogenity.

## GENETIKA VIRULENCE PATOGENA A REZISTENCE HOSTITELE KONCEPCE GEN PROTI GENU (GENE-FOR-GENE)

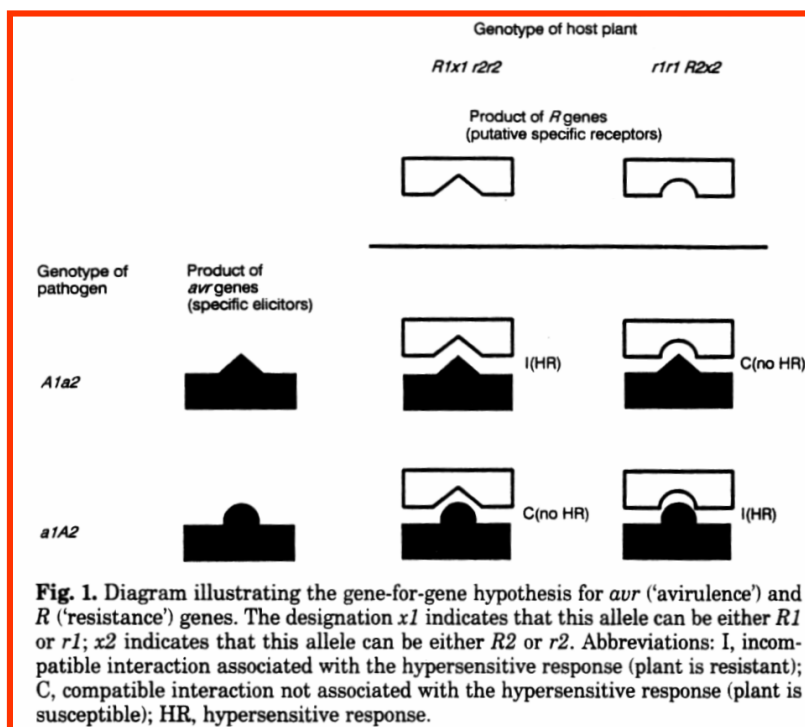
- § Každému genu, který řídí rezistenci, odpovídá specifický gen pro virulenci
- § Autor této teorie – H.H. Flor, 1947.
- § Modelový objekt: *Linum usitatissimum* – *Melampsora lini*
- § Hypotézu gen proti genu teoreticky rozvinul Person, který upozornil na různé možnosti.
- § Její aplikace umožňuje stanovit pravděpodobný počet genů rezistence a virulence a jejich kombinací ve studovaných systémech hostitel- patogen a usnadňuje genetickou analýzu faktorů rezistence.
- § Výskyt vztahu gen proti genu
- § *Triticum* – *Ustilago tritici*
- § *Hordeum* – *Erysiphe graminis*
- § *Solanum* – *Phytophthora infestans*
- § *Linum* – *Melampsora lini*
- § *Triticum* - *Puccinia graminis*

## PÁROVÝ VZTAH HOSTITEL - PATOGEN

- § Florova hypotéza gen proti genu vychází z interakce specificky si odpovídajících genů rezistence a virulence.
- § Šlechtitelské pokusy ukázaly, že většinou REZISTENCE je dominantní (R) a NÁCHYLNOST recesivní (r). Na druhou stranu AVIRULENCE je klasifikována jako dominantní (Av) a VIRULENCE recesivní (av).
- § Párový vztah jednoho genu rezistence a odpovídajícího genu virulence je možné vyjádřit čtvercovým schématem
- § Tři kombinace: R-av, r-Av a r-av mají za výsledek kompatibilní reakce a infekce je úspěšná. Pouze jedna kombinace, R-Av má za výsledek inkompatibilní reakce a neobjeví se žádná infekce (rezistence).

Genotyp hostitele	Genotyp patogena	
	Av1-	av1av1
R1 -	-	+
r1r1	+	+

- § Předpokládá se, že produktem genu rezistence je specifický proteinový RECEPTOR na rostlinném povrchu a produktem genu avirulence specifické glykoproteinové molekuly – ELICITOR- na povrchu houby.



#### KONSTITUTIVNÍ A ADAPTABILNÍ FUNKCE GENŮ REZISTENCE

- § Produkty konstitutivních genů rezistence lze zjistit bez přítomnosti patogena  
 § Produkty adaptabilních genů až v interakci s patogenem

#### GENETICKÝ SYSTÉM PRO VIRULENCI

- § 1. Jaderná dědičnost virulence
- § 1.A. Základní geny pro patogenitu
  - § ZÁKLADNÍ GENETICKÁ INFORMACE podmiňuje schopnost patogena napadat určitý druh a odpovídá genetické determinaci základní kompatibility u hostitele.
  - § 1.B. Geny pro virulenci
  - § Virulence – schopnost překonávat specifické geny rezistence, tedy kvalitativní aspekt patogenity. Často je virulence řízena majorgeny.
  - § Geny virulence patogena můžeme diferencovat jen na hostitelích s různými geny rezistence.
  - § Jejich největší koncentrace je v tzv. genových centrech původu rostliny, kde se parazit vyvíjí v kontaktu s hostitelem nejdelší dobu.
  - § 1.C. Geny pro agresivitu
  - § Agresivita – stupeň patogenity tedy kvantitativní aspekt patogenity.
  - § Agresivitu řídí polygeny.
  - § Některé typy patogenity či agresivity jsou řízeny i major geny dohromady s oligogeny nebo polygeny. I polygeny mohou být ve vztahu gen proti

genů. Interakce genů řídících virulenci a genů podmiňujících agresivitu jsou dosud málo prozkoumány.

## 2. MIMOJADERNÁ DĚDIČNOST VIRULENCE

- § MIMOJADERNOU DĚDIČNOST řídí geneticky aktivní komponenty cytoplasmy. Na cytoplazmatickou dědičnost se u patogenů usuzuje zpravidla podle odchylek fenotypu při reciprokém křížení. Rezistence patogenů k fungicidům má též extrachromozomální charakter.

## GENETICKÝ SYSTÉM PRO REZISTENCI

### § 1. JADERNÁ DĚDIČNOST REZISTENCE

- § Majorgeny – jedná se o mono- nebo oligogenní rezistenci
- § Minorgeny – jedná se o polygenní rezistenci
- § Mezi geny rezistence může docházet k různým interakcím

#### § 1.1. MONOGENNÍ DĚDIČNOST – řízena jedním genem

#### § 1.2. OLIGOGENNÍ DĚDIČNOST

- § Oligogenně založenou rezistenci řídí zpravidla geny s dominantním, řidčeji intermediárním nebo recesivním účinkem.
- § Oligogenní rezistence se často projevuje hypersenzitivitou

### § STUDIUM GENŮ REZISTENCE

- § Hybridologická analýza - křížení odrůd a sledování štěpení v F2 a F3 generaci – je časově náročné.
- § Sledování reakcí odrůd k většímu počtu ras patogena.

### § GENETICKÉ TERMÍNY

- § NEALELICKÉ GENOVÉ INTERAKCE – komplementární působení genů rezistence, působení genů modifikátorů a inhibitorů rezistence.
- § KOMPLEMENTÁRNÍ GENY – rezistence se projeví jen za přítomnosti účinných alel obou genů rezistence .
- § GENY MODIFIKÁTORY A INHIBITORY – modifikační a inhibiční účinek genů spočívá v tom, že působí na projev rezistence řízené jiným genem v pozitivním nebo negativním směru.
- § INHIBICE – potlačení rezistence
- § MODIFIKACE – pozměnění rezistence
- § MULTIPLICITA - vztah dvou či více genů pro tentýž znak nebo vlastnost, kdy účinná alela každého z nich postačuje k projevu znaku (vlastnosti).
- § EPISTÁZE - genová interakce dvou nebo více genů, kdy jeden gen potlačuje účinek druhého genu.
- § MNOHOTNÝ ALELISMUS – geny rezistence mohou být představovány buď dvěma alelami, jednou dominantní, a druhou recesivní nebo větším počtem alel (mnohotný alelismus).
- § LOKALIZACE GENŮ NA CHROMOZÓMECH
- § Monozomická analýza – křížení rezistentní odrůdy se všemi monozomickými liniemi.
- § Molekulárně-genetické studie – lokalizace genů rezistence pomocí metod molekulární genetiky
- § VAZBA GENŮ REZISTENCE – některé geny rezistence jsou uspořádány v blocích, v nichž jsou ve vazbě.
- § Někdy jsou ve vazbě geny rezistence ke stejnému patogenu, někdy k jinému patogenu, někdy jsou geny rezistence ve vazbě k genům pro určitou barvu.
- § EVOLUCE GENŮ REZISTENCE – v přírodě probíhá souběžně s vývojem genů patogenity na základě výběru spontánně vzniklých mutací u hostitele i patogena. Mutacemi vzniklé geny jsou zprvu recesivní pak se stávají dominantními.

#### § 1.3. POLYGENNÍ DĚDIČNOST REZISTENCE

- § POLYGENNÍ DĚDIČNOST řídí minorgeny (geny s malým účinkem), jejichž účinek je kumulativní – buď se sčítá (= aditivní působení), nebo násobí (= multiplikativní působení). Alely mohou být neutrální nebo aktivní.
- § Polygenně řízená rezistence se vyznačuje plynulou proměnlivostí znaku v F2 generaci po křížení odolného a náchylného rodiče.
- § Studium polygenní rezistence bylo stimulováno Vanderplankovým rozdělením rezistence na horizontální (převážně polygenní) a vertikální (převážně oligogenní).
- § Např. rezistenci bramboru k plísní bramborové, řídí jak majorgeny rezistence u nichž byl prokázán vztah gen proti genu a polygenní systém.

### § 2. MIMOJADERNÁ – CYTOPLAZMATICKÁ DĚDIČNOST REZISTENCE

- § O cytoplazmatické dědičnosti rezistence svědčí rozdíly v odolnosti některých reciprokých křížení

### § 3. PROJEV GENŮ REZISTENCE V ZÁVISLOSTI NA VNĚJŠÍCH PODMÍNKÁCH

- § Působení genů řídících reakci hostitelské rostliny, závisí na podmínkách vnějšího prostředí. Zejména teploty a světla.
- § Tento vliv je výraznější u polygenně podmíněné rezistence, ale může se vyskytovat i u oligogenů.
- § Výživa rostlin, přítomnost pesticidů, výskyt hyperparazitů. Mohou ovlivnit projev genů rezistence

### § 4. ZDROJE REZISTENCE

- § Světové sbírky odrůd kulturních rostlin i planých druhů (genové banky) jsou zdrojem výchozího materiálu pro šlechtění na odolnost
- § Vavilov – teorie o dlouhodobé koevoluci patogenů s hostiteli, vedoucí k selekci rezistentních forem v centru původních kulturních druhů, umožnila soustředit pozornost při výběru zdrojů rezistence na určité oblasti
- § Plané rostliny sice poskytují nové geny rezistence pro šlechtění na odolnost kulturních rostlin, avšak praktické zkušenosti ukázaly, že tyto geny nemusí vždy podmiňovat trvalejší ochranu než geny rezistence z kulturních rostlin.
- § Vznik zdrojů rezistence indukovanými mutacemi

### GENETICKÝ POHLED NA RŮZNÉ KATEGORIE REZISTENCE

- § Specifická a nespecifická rezistence
- § RASOVĚ NESPECIFICKÁ REZISTENCE - je rezistence ke všem rasám patogena
- § RASOVĚ SPECIFICKÁ REZISTENCE - schopnost odolávat některým, avšak ne všem fyziologickým rasám patogena.
- § Specifičnost vztahu hostitel- patogen se nemusí projevovat za všech podmínek prostředí a ve všech růstových fázích
- § Termíny rozdělující rezistenci z epidemiologického hlediska a odpovídá to grafickému zachycení šíření choroby
- § HORIZONTÁLNÍ REZISTENCE brzdí šíření patogena na rostlinách a v porostu, je trvanlivá, zpravidla polygenně zaožena, na rozdíl od
- § VERTIKÁLNÍ REZISTENCE, která sice může zcela potlačit výskyt patogena, ale virulentní rasy často způsobují její náhlou neúčinnost, většinou monogenně založena.
- § KVALITATIVNÍ REZISTENCE je charakterizována velkými a diskontinuálními rozdíly. Vnější faktory ji zpravidla výrazně neovlivňují. Většinou bývá spojována s oligogenní rezistencí
- § KVANTITATIVNÍ REZISTENCE je charakterizována kontinuální proměnlivostí mezi maximální a minimální úrovní. Její projev je často ovlivňován vnějšími faktory, je spojována s polygenní rezistencí.
- § JUVENILNÍ REZISTENCE se projevuje u mladých rostlin, zatímco ADULTIVNÍ rezistence se projevuje až v pokročilejších fázích růstu
- § Ani rezistenci juvenilní ani adultivní nelze jednoznačně charakterizovat genetickým základem. Častěji je rezistence adultivní řízeny polygeny a juvenilní majorgeny.
- § POLNÍ REZISTENCE je taková rezistence, kterou lze pozorovat v polních podmínkách za přirozené infekce patogenem, kterou však nelze zjistit v provokačním testu za vyššího infekčního tlaku.
- § TRVANLIVÁ REZISTENCE (stabilní rezistence) zůstává hospodářsky účinná a využitelná po dlouhou dobu.
  - Tento pojem označuje jakákoliv typ dlouhodobě účinné rezistence. Zpravidla je trvanlivost rezistence založena na rasově nespecifické odolnosti.
  - Trvanlivost rezistence však může být také založena na kombinaci specifické rezistence, již odpovídající kombinace genů virulence snižuje životaschopnost patogena.
  - Často se považuje za trvanlivější kvantitativní rezistence, zejména jde-li o odolnost projevující se až u dospělých rostlin.
  - Rezistence k patogenům, kteří mají nízkou reprodukci a omezené šíření má zpravidla delší trvání.