

Genetika mnohobuněčných organismů

Metody studia dědičnosti mnohobuněčných organismů

1. **Hybridizační metoda** – představuje systém křížení, který umožňuje v řadě generací vznikajících pohlavní cestou zjišťovat zákonitosti dědičnosti a projevu vloh.

- Pro genetický rozbor je nutné zkřížit mezi sebou dva jedince s odlišnou formou **znaků**.
- Pro zápis křížení se využívají písmena a indexy:

Křížení - X

Rodičovský pár - P

Potomci - F

Index - 1 až 2 (F_1 (děti) F_2 (vnuci) – F_3 atd.)

Sledované alely genotypu označujeme písmeny. Velkými písmeny **dominantní alely**, malými písmeny **recesivní**. Označení alel píšeme v blízkosti grafického zobrazení fenotypu.

2. **Genealogické metody** - jsou metodami sestavování a studia rodokmenů. Používají se hlavně v zootechnice a genetice člověka.

3. **Gemelilogické metody** - zkoumají genetiku bliženců, zvláště identických dvojčat (jednovaječných). Jejich výsledky mají význam hlavně pro medicínu.

Genetické modely

Na základě univerzálnosti genetického kódu předpokládáme, že **přenos genetické informace a její realizace probíhá u všech organismů stejným způsobem**. Každý organismus se však ke genetickým výzkumům nehodí. Modelový organismus by měl splňovat tyto požadavky:

1. **Malé rozměry – pro snadné pěstování a manipulaci.**
2. **Velká plodnost a krátká doba vývinu - rychlost**
3. **Malý počet chromozomů – přehlednost výzkumu**
4. **Snadná rozlišitelnost pohlaví**
5. **Významné, rozdílně geneticky podložené znaky**

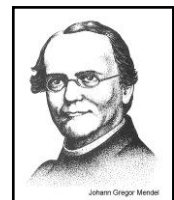


Jedním z prvních modelových organismů – muška **octomilka obecná**. Splňují všechny požadavky: **velikost 2 – 3 mm, pohlavní dimorfismus, samička schopná oplození 1. den života, následující den kladou vajíčka, vývoj cca 25 dní, ročně až 25 generací. V buňkách 4 páry lehce rozlišitelných chromozomů a ve slinných žlázách larev chromozomy polygenní.**

K pokusům se užívá také kukuřice, hrách, bakterie (Escherichia coli), bakteriofágy a viry.















Dědičnost monogenních znaků

Pod tímto pojmem si může představit takové znaky, které **jsou nejčastěji určeny jen jedním genem (gen velkého účinku) - MAJORGEN**. K takovým znakům patří např. **tvar, rohatost, barva**, a řada dalších znaků tzv. **kvalitativních znaků**. Dědí se přesně jednoduše a jejich fenotypový projev je



jen málo ovlivnitelný prostředím. Studium dědičnosti těchto znaků se zabýval **Johann Gregor Mendel**.

V letech 1854 – 1865 objasnil základní obecné zákonitosti dědičnosti přenosu znaků z rodičů na potomky. Jako

semeno		květ	lusk		stonek	
tvar	dělohy	barva	tvar	barva	umístění	velikost
						
šedý & kulatý	žluté	bílá	plný	žlutý	luský a květy podél stonku	dlouhý
						
bílý & svrasklý	zelené	fialová	příškrtený	zelený	koncové lusky, vrcholový květ	krátký
1	2	3	4	5	6	7

mnich Augustinského kláštera v Brně pracoval s rostlinnými kříženci hrachu. Sledoval 7 párů výrazných znaků: **tvár semen, barvu děloh, barva osemení, tvár lusků, barva lusků, postavení květů, délka stonku**. Tento objev byl však akceptován až o 35 let déle v roce 1900. Všechny pokusy dělal velmi pečlivě s velkým počtem rostlin a výsledky zpracovával matematicky. Je autorem myšlenky o materiální podstatě dědičnosti. Předpokládal, že v pohlavních buňkách existují hmotné struktury, nazval je faktory (dnes geny), které získává potomek od rodičů a které odpovídají za tvorbu znaků. Svě myšlenky a závěry pokusů shrnul do tří obecně platných zákonů.

Monohybridní křížení:

Monohybridní křížení vzniká, **křížíme-li mezi sebou jedince, kteří se navzájem liší jedním znakem**. Toto křížení rozlišujeme na:

a) monohybridní křížení s úplnou dominancí (dědičnost střídavá)

b) monohybridní křížení s neúplnou dominancí (dědičnost smíšená a mozaiková).

Monohybridní křížení s úplnou dominancí

➤ Křížíme mezi sebou dvě sorty hrachu, liší se fenotypově **tvarem semen**.

➤ Jedna sorta má semena **kulatá**, druhá sorta **svraštělá**. To znamená, že **rostlina s kulatými semeny má v homologických chromozomech alely pro kulatý tvar** semen a **rostlina s hranatými semeny má ve stejném páru homologických chromozomů a na stejných lokusech alely podmiňující svraštělý tvar semen**.

➤ Křížením rodičovské generace **P** vznikne potomstvo **F1**. Tito potomci budou mít v homologickém páru chromozomů alely pro **kulatý i pro hranatý** tvar semen. Fenotyp všech příslušníků **F1** je ale **kulatý** - znamená to, že alela podmiňující kulatost semen je **dominantní** a označíme ji písmenem **A**. Alela určující svraštělost je **recesivní** a značíme ji proto malým **a**.

➤ **Genotyp jedinců F1 bude heterozygotní a ponese shodné označení Aa**. Po tomto určení můžeme doplnit i genotypy rodičů. Rostlina s kulatými semeny má genotyp **AA**, rostlina s hranatými semeny **aa**. Oba rodiče jsou homozygoti, každý z nich produkuje jen jeden typ gamet: **dominantní jedinec gamety s alelou A** a **recesivní jedinec gametu s alelou a**, splynutím těchto gamet vznikají **jedinci F1 generace s genotypem Aa**.

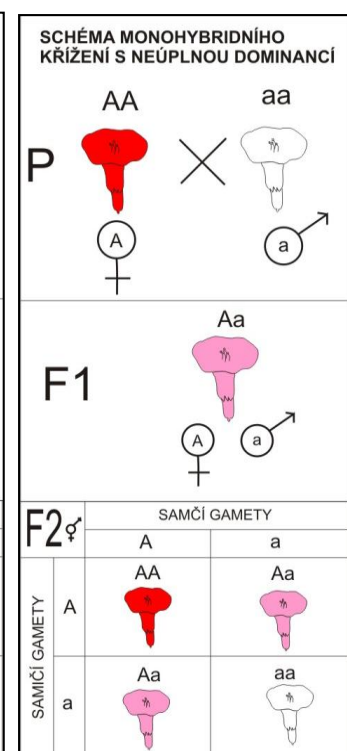
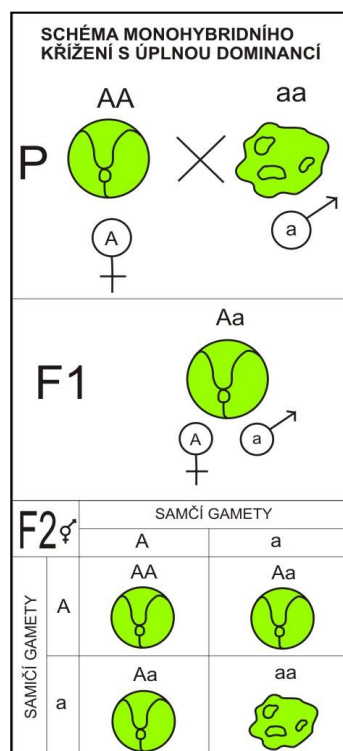
➤ **Generaci F2 získáme křížením generací F1** – u hrachu se tento proces uskuteční **samoopylením**.

➤ Protože je F1 **heterozygotní**, produkuje **dva druhy gamet – gamety s alelou A a gamety s alelou a**.

➤ Výsledky F2 budou proto složitější. Dojde k vyštěpení znaků – v našem případě tvaru semen – v určitém poměru. Pomůžeme si kombinačním čtvercem.

➤ Získáme jedince tří genotypů: **AA, 2Aa, aa**. Jedinci s genotypem AA a Aa se fenotypově projeví kulatým tvarem semen, kombinace aa hranatým tvarem.

➤ Všimněte si poměru! Genotypový poměr je **1/4 : 2/4 : 1/4**. Fenotypový poměr je však **3/4 : 1/4**.

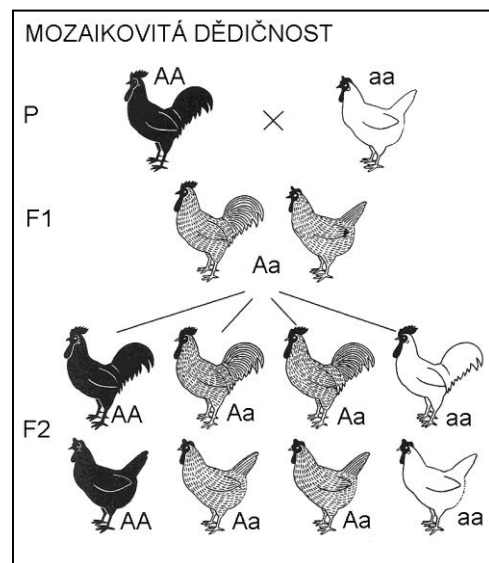


Monohybridní křížení s neúplnou dominancí

- Tato varianta nastává při rovnocennosti alel znaku získaného od rodičů.
- Jako příklad si uvedeme křížení dvou sort hrachu, lišící se fenotypově **barvou květu**.
- Jedna sorta má květy **červené**, druhá sorta **bílé**. To znamená, že **rostlina s červenými květy má v homologických chromozomech alely pro červenou barvu** květů a **rostlina s bílými květy má ve stejném páru homologických chromozomů a na stejných lokusech alely podmiňující bílou barvu květů**.
- Křížením rodičovské generace **P** vznikne potomstvo **F1**. Tito potomci nebudou shodní ani s jedním z rodičů. V homologickém páru chromozomů budou mít alely pro červenou i pro bílou barvu květů, ale fenotyp všech příslušníků **F1** bude **růžový**. Znamená to, že na fenotypu se stejnou měrou podílí obě alely (oba znaky) působí, jako by alely **smísily**.
- Ani jedna alela tedy **nemá dominantní úlohu** a jedná se tak o **neúplnou dominanci**.
- **Generaci F2 získáme křížením generací F1**, která produkuje **dva druhy gamet – gamety s alelou A a gamety s alelou a**.
- Získáme jedince tří genotypů: **AA, 2Aa, aa**. Jedinec s genotypem AA se fenotypově projeví **červenou** barvou květů, jedinci s genotypem Aa budou **růžoví** a kombinace aa se projeví **bílými** květy.
- **Genotypový a fenotypový poměr je v tomto případě stejný: 1/4 : 2/4 : 1/4 nebo-li 1:2:1**

Mozaikovitá dědičnost

- Variantou smíšené dědičnosti je **dědičnost mozaikovitá**. I zde se na fenotypu jedince podílí rovnoměrně obě alely.
- Výsledkem v **F1** bude opět hybrid nepodobný ani jednomu z rodičů. K míšení forem znaku však nedochází, **každá forma se projevuje samostatně a jednotlivé formy znaku stojí vedle sebe**. Příkladem může být křížení bílého a černého kura. Jejich potomstvo F1 nebude šedivé, ale **černobíle kropenaté**.



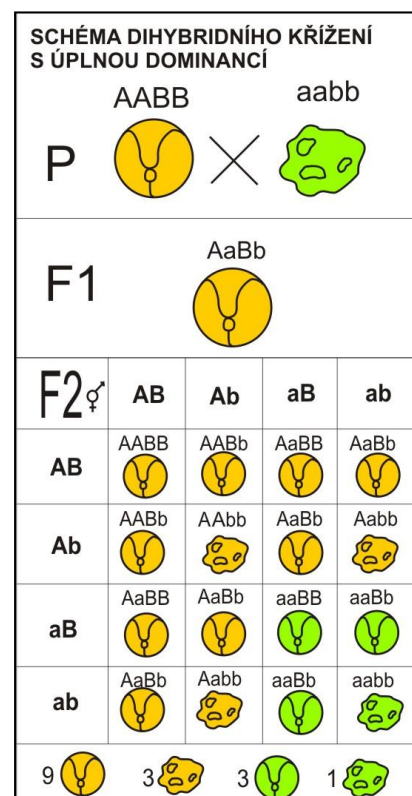
Dihybridní křížení

- Představuje křížení dvou jedinců, lišících se fenotypově dvěma znaky, které jsou v jejich **genotypu** podmíněny **dvěma páry alel** umístěných ve dvou párech homologických chromozomů.
- Kříženec se nazývá **dihybrid**. Při tomto páření mohou nastat tři různé možnosti:

1. DIHYBRIDNÍ KŘÍŽENÍ S ÚPLNOU DOMINANCÍ V OBOU ZNACÍCH
2. DIHYBRIDNÍ KŘÍŽENÍ S NEÚPLNOU DOMINANCÍ V JEDNOM ZNAKU
3. DIHYBRIDNÍ KŘÍŽENÍ S NEÚPLNOU DOMINANCÍ V OBOU ZNACÍCH.

Dihybridní křížení s úplnou dominancí v obou znacích

- V tomto případě vypadal pokus následovně:
- **Rodičovskou generací P byl hrách s dominantními znaky – žlutě zbarvená semena A a kulatý tvar semen B** – křížen s hrachem se znaky recesivními –



zeleně zbarvenými dělohami **a** a hranatými semeny **b**.

- Genotyp prvního z rodičů je **AABB** a druhého **aabb**. Jejich gamety **AB** a **ab**.
- Splynutím gamet vzniká **F₁ generace**, jejíž genotyp **AaBb** je fenotypově vyjádřen **kulatými semeny se žlutými dělohami**. Při vzniku pohlavních buněk se může do každé gamety dostat z každého genového páru jen jedna alela.
- Protože jsou u genotypu **AaBb** dva nestejně páry alel, bude generace **F₁** produkovat **4 rozdílné typy samčích a samičích gamet: AB, Ab, aB, ab**.
- Při oplození může vzniknout jakákoliv kombinace těchto alel. Zobrazíme-li to v kombinačním čtverci, vyjde **16 možných genotypových kombinací** pro **F₂** generaci.

Úhlopříčka homozygotů – tak se nazývá úhlopříčka z levého horního rohu čtverce do pravého dolního rohu. V jejím středu se objeví noví jedinci s kombinací znaků, kterou jsme neviděli ani u rodičů, ani u generace **F₁** - **aaBB** – **kulatá zelená semena**, **AAbb** – **hrnatá žlutá semena**. Protože jsou homozygoti stálí, jsou vhodným základem pěstitelských novinek.

Úhlopříčkou heterozygotů – probíhá opačně - z pravého horního rohu do levého dolního rohu. Všichni jedinci v této úhlopříčce jsou shodní s **F₁** generací – **AaBb**.

- Zbývajících 8 případů jsou **kombinace vždy v jednom alelovém páru homozygotní a ve druhém heterozygotní**.
- Výsledkem budou **čtyři** fenotypy v genotypovém poměru **9 : 3 : 3 : 1**.
- Budeme-li pozorovat každý ze sledovaných znaků odděleně, objeví se již známý genotypový štěpný poměr **3 : 1**.

Dihybridní křížení s neúplnou dominancí v 1 znaku

- Jako příklad si můžeme uvést křížení dvou ředkviček.
- **Kulovitý tvar kořene K** je neúplně dominantní nad tvarem **mrkvovitým k**, **červená** barva kořene **B** je úplně dominantní nad barvou **bílou b**.
- Křížíme mezi sebou **červenou kulatou ředkvičku KKBB** s **ředkvičkou s bílým mrkvovitým kořenem kkbb**.
- Dihybridní kříženci **F₁** budou mít genotyp **KkBb** a fenotypově to budou **červení jedinci s řepovitým tvarem kořene**. (tvar kořene je výsledkem míšení alel)
- **F₂** generace bude obsahovat **6 fenotypových projevů** s genotypovým poměrem: **3 : 1 : 6 : 2 : 3 : 1**.

I zde najdeme základní štěpné poměry, budeme-li sledovat znaky odděleně: **barva červená k bílé 3 : 1**, **tvar kulatý k řepovitému a mrkvovitému 1 : 2 : 1**.

Dihybridní křížení s neúplnou dominancí v obou znacích

Jako příklad si uvedeme křížení **pšenice s dlouhým tmavým klasem** a **pšenice s krátkým světlým klasem**.

- Dlouhý klas pšenice **D** a hnědá barva **B** jsou neúplně

SCHÉMA DIHYBRIDNÍHO KŘÍŽENÍ S NEÚPLNOU DOMINANCÍ V JEDNOM ZNAKU

P	KKBB	kkbb		
F ₁	KkBb			
F ₂ ♀	KB	Kb	kB	kb
KB	KKBB	KKBb	KkBB	KkBb
Kb	KKBb	KKbb	KkBb	Kkbb
kB	KkBB	KkBb	kkBB	kkBb
kb	KkBb	Kkbb	kkBb	kkbb
	3	1	6	2

SCHÉMA DIHYBRIDNÍHO KŘÍŽENÍ S NEÚPLNOU DOMINANCÍ V OBOU ZNACÍCH

P	DDBB	ddbb		
F ₁	DdBb			
F ₂ ♀	DB	Db	dB	db
DB	DDBB	DDBb	DdBB	DdBb
Db	DDBb	DDbb	DdBb	Ddbb
dB	DdBB	DdBb	ddBB	ddBb
db	DdBb	Ddbb	ddBb	ddbb
	1	2	1	2

dominantní nad pšenicí s krátkým klasem **d** a žlutou barvou **b**.

- Dihybrida **F₁** s genotypem **DdBb** bude odpovídat **středně dlouhý klas okrové barvy**.
- Volnou kombinací čtyř typů gamet: **BD, Db, dB, db** vznikne **F₂** generace
- Ze 16 možných genových kombinací **F₂** generace vznikne 9 různých fenotypů s 9 různými genotypy a poměrem: **1 : 2 : 1 : 2 : 4 : 2 : 1 : 2 : 1**.

MENDELOVY ZÁKONY

1. Zákon uniformity – všichni příslušníci **F₁** generace získaní křížením homozygotních rodičů jsou genotypově i fenotypově stejní.

2. Zákon o čistotě vloh a jejich štěpení – každá pohlavní buňka obsahuje z každého páru alel pouze jednu – čistou a nesmíšenou. Křížíme-li mezi sebou dva jedince **F₁** generace, dojde v **F₂** generaci k vyštěpení dominantních a recesivních znaků v určitém poměru.

- U monohybridů s úplnou dominancí v genetickém poměru **1:2:1** a fenotypově **3:1**.
- U monohybridů s neúplnou dominancí v poměru **1:2:1** - jak v genotypově, tak i fenotypově.

3. Zákon volné kombinovatelnosti vloh – u polyhybridů vzniká při tvorbě gamet tolik genotypových kombinací, kolik je jich možných mezi vlohami lokalizovatelnými v různých chromozomových párech. Tedy: Kříží-li se mezi sebou rodiče lišící se více znaky, dědí potomstvo vlohu – gen – ke každému znaku samostatně a nezávisle na vlohách dalších. Dědí se vlohy a ne jejich kombinace!

Tento zákon platí pouze, pokud jsou geny v různých párech chromozomů!!!