



# Šlechtění rostlin

**UP v Olomouci, Přírodovědecká fakulta  
Katedra chemické biologie**

**Zimní semestr, 2023/24**

přednášející:

**Ing. Radoslav Koprna, Ph.D.**

Ing. Pavel Křenek, Ph.D.

Ing. Ludmila Ohnoutková, Ph.D.

# Použitá literatura

**Chloupek O. (2008):** Genetická diverzita, šlechtění a semenářství. Academia, ISBN 978-80-200-1566-2, 320 s.

**Čurn V., Graman I. (1998):** Šlechtění rostlin (Obecná část). ZF JU, České Budějovice, 133 s.

**Brown, J., Caligari, P. (2009).** *An introduction to plant breeding.* Blackwell Publishing Cornwall.

**Acquaah, G. (2012).** *Principles of Plant Genetics and Breeding, 2nd Edition.* Wiley-Blackwell

**Řepková J. (2015):** Studijní materiály -  
<https://is.muni.cz/el/sci/jaro2015/Bi7240/um/>

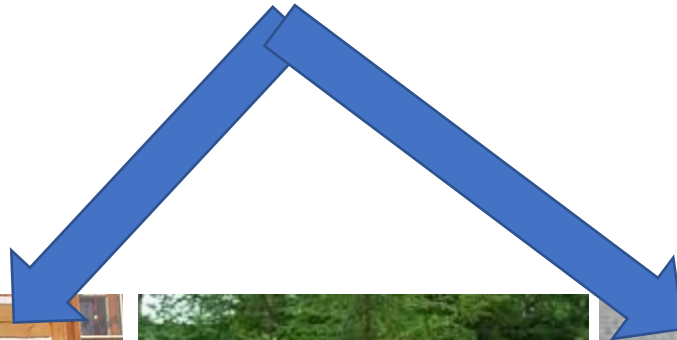
**ÚKZÚZ (2010 – 2020):** Seznamy doporučených odrůd a výsledky zkoušek užitné hodnoty, Obilniny, olejniny, brambor, píce

**Kitner M.:** Molekulární markery využívané při studiu variability rostlin, Výukový materiál, Laboratoř molekulárních markerů, Katedra botaniky PŘF UP v Olomouci

# Šlechtění rostlin

- Přizpůsobování rostlin potřebám člověka
  - Kombinace vědy, umění a citu
  - Nejdůležitější činnost pro zachování potravinové soběstačnosti
- 1) Cca do r. 1990 – **konvenční šlechtitelské metody**
  - 2) Cca od r. 1990 – rozmach **biotechnologických metod** a jejich využití ve šlechtění

Příklad využití  
genetické diverzity  
ve šlechtění  
druhu.



# Historie šlechtění rostlin

**Starověk:** výběr „zrna z největších klasů na poli“ (*Plinius*)

**Byzantská říše:** hromadná selekce.. Výběr hezkých klasů a zrn

**1562** (*Mahioli*) – v herbáři poukazuje na pěstování 12 druhů obilnin a 35 odrůd

**17. Století** (*Camera*) objev přenosu pylu na bliznu u rostlin

**1759 – 1838** (*Knight – Angl.*) – zakladatel praktického šlechtění

**1816 – 1860** (*Vilmorin – Francie*) – individuální výběr se zkoušením potomstev

**1822 – 1884** (Mendel, CZE) – publikace *Versuche über Pflanzenhybriden* – v tomto díle poukázal na to, že novou genetickou variabilitu může poskytnout jen hybridizace



## J. G. Mendel

V letech 1840 až 1843 studoval na Filozofické fakultě Univerzity Palackého

v Olomouci. Po návratu do Brna se v letech 1856–1863 věnoval křížení hrachu a sledování potomstva. Na základě svých pokusů formuloval tři pravidla,

která později vešla ve známost jako Mendelovy zákony dědičnosti. Později byla jeho experimentální data mnohokrát prověřována, protože se mnoha kritikům zdála až příliš přesná. Tomuto závěru také napovídá to, že z mnoha znaků, které Mendel sledoval, **nakonec popsal pouze ty, které jsou ovlivněny jediným genem a u kterých je dědičnost nejjednodušší.**

Problém v jeho práci byla nepřesná statistika.. ALE: v tehdejší době, kdy statistika de facto neexistovala a Mendelova práce byla jedna z prvních, která aplikovala matematické metody na biologický výzkum, lze tento postup považovat za normální.

**Johan Gregor Mendel (20. 7. 1822 Hynčice- Vražné - 6. 1. 1884 Brno)**

Své pokusy na rostlinách přednesl v roce 1865 na setkání Brněnského přírodovědeckého spolku a následně publikoval v práci „Pokusy s rostlinnými hybridy“ (1866) (*Versuche über Pflanzen-Hybriden*).

První rentgenový obraz DNA byl vytvořen v laboratoři anglického biologa Williama Astburyho v r. 1937. Dlouho však vědci spíše tápali. Objevit charakteristickou strukturu DNA se podařilo až v r. 1953 vědcům z Cambridge – Američanovi Jamesi Watsonovi a Britovi Francisu Crickovi, který studoval rentgenovou strukturní analýzu.

### **1. Zákon o uniformitě hybridů**

Zákon o uniformitě hybridů F1 generace homozygotů (Také První Mendelův zákon)

Křížíme-li dominantního homozygota s homozygotem recesivním, jsou jejich potomci F1 generace v sledovaném znaku všichni stejní. Reciproká křížení u jakýchkoliv jedinců F1 generace dávají shodné výsledky. To znamená, že při křížení červenokvětých se žlutokvětými rostlinami můžeme dostat všechny červené, všechny žluté, výjimečně též například oranžové, ale nikdy ne část žlutých a část červených.

# **Johan Gregor Mendel (20. 7. 1822 Hynčice- Vražné - 6. 1. 1884 Brno)**

Je jedno, zda je dopraven pyl hrachu s kupříkladu červeným květem na hrách kvetoucí žlutě nebo naopak.

## **2. Zákon o štěpení v potomstvu hybridů**

Při křížení heterozygotů lze genotypy a fenotypy vzniklých jedinců vyjádřit poměrem malých celých čísel. Vzniká genotypový a fenotypový štěpný poměr. např. 1:2:1, 3:1..

## **Mendelovy genotypové zákony**

### **1. Zákon o samostatnosti alel**

Genotyp je soubor samostatných genů určujících znaky. Každý znak je určen dvojicí samostatných alel.

### **2. Zákon o segregaci alel**

Dvojice samostatných alel se při zrání rozcházejí a do každé gamety přechází jedna z obou alel.

### **3. Zákon o nezávislé kombinaci alel**



# TERMINOLOGIE

- **Gen** – úsek DNA obsahující informace k syntéze mRNA a následně k syntéze daného proteinu
- **Alela** – alternativní forma genu
- **Lokus** – pozice, na které se nachází gen na chromozomu
- **Dědivost** – (heritabilita) – podíl celkové genetické variability k fenotypové variabilitě
- **Dědičnost** – schopnost přenosu genetických znaků a vlastností z rodičů na potomstvo
- **Selekce** – výběr vhodných / nevhodných jedinců v procesu šlechtění z důvodu přenosu jejich vlastností do dalších generací
- **Heterozní efekt / heteroze** – stav dominance/superdominance, kdy potomek po křížení rodičů překonává v jednom či více znacích úroveň znaku obou rodičů
- **Inbreeding** – opakované samoopylování a homozygotec /opak heteroze/

- **Heterozygot** – jedinec s různými alelami na určitém lokusu (Rf rf)
- **Homozygot** – jedinec se stejnými alelami na určitém lokusu – může být dominantní (Rf Rf), nebo recesivní (rf rf)
- **Linie** – potomstvo jedné rostliny, která vznikla samoopylením
- **Hybrid** – potomstvo získané křížením geneticky odlišných rodičů
- **Odrůda** – pěstovaná a registrovaná varieta
- **Ploidie, diploid, haploid, tetraploid** – jedinec s více než 2 základními sadami chromozomů
- **Mutace** – změna DNA rostliny (spontánně, indukovaně)
- **Genová vazba** – stav, kdy se geny nachází na chromozomu v těsné vazbě (blízkosti) a dědí se společně
- **Kombinační schopnost (všeobecná, specifická)**
- **Samosprašnost, cizosprašnost**
- **Autoinkompatibilita**

- **Geneticky modifikovaná rostlina**
- **Genetická variabilita**
- **Genetický zisk** (pokrok) – zlepšení průměrné hodnoty znaku populace za jednu generaci po selekci
- **Selekční rozdíl**
- **Populace** – soubor jedinců, kteří rostou na jednom stanovišti, jsou stejného genetického původu
- **Hybridizace** – křížení geneticky odlišných jedinců
- **Křížení** – spojení vlastností a znaků dvou geneticky odlišných rodičů v potomstvu
- **Kvalitativní znak, kvantitativní znak**
- **Koeficient heritability**
- **DUS testy**
- **PCR**

- **Biotechnologické metody šlechtění**
- **Dědičnost jaderná a mimojaderná**
- **Genetický zdroj, gene-pool**
- **Genom – soubor genetické informace (genů) rostliny**
- **Genotyp**
- **Fenotyp**
- **Registrace odrůdy**
- **Společný katalog odrůd**
- **Seznam doporučených odrůd**

# Stanovení šlechtitelských cílů při tvorbě odrůd s novou kvalitou

## Poptávka

- veřejnost (trendy ve výživě)
- zpracovatelé
- krmiváři
- chemický průmysl, biopaliva

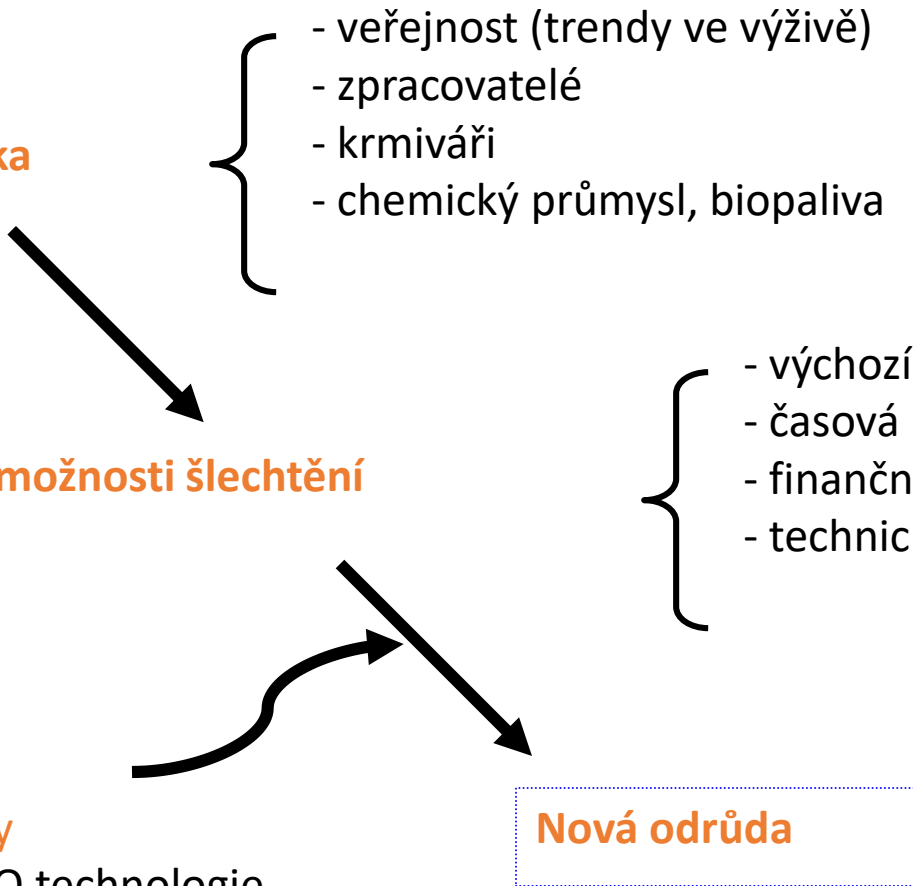
## Reálné možnosti šlechtění

- výchozí genetické zdroje
- časová náročnost
- finanční náročnost a návratnost
- technická proveditelnost

## Limity

- GMO technologie
- vysoká cena
- zájem o odrůdu
- změna požadavků v čase registrace

## Nová odrůda



# Nukleové a ribonukleové kyseliny

Nukleové kyseliny jsou nositelkami dědičné informace

Molekulární základ = DNA (kyselina deoxyribonukleová)

Lineární molekuly DNA jsou složeny z nukleotidů:

- Adeninu ( A )
- Cytozinu ( C )
- Guaninu ( G )
- Tyminu ( T )

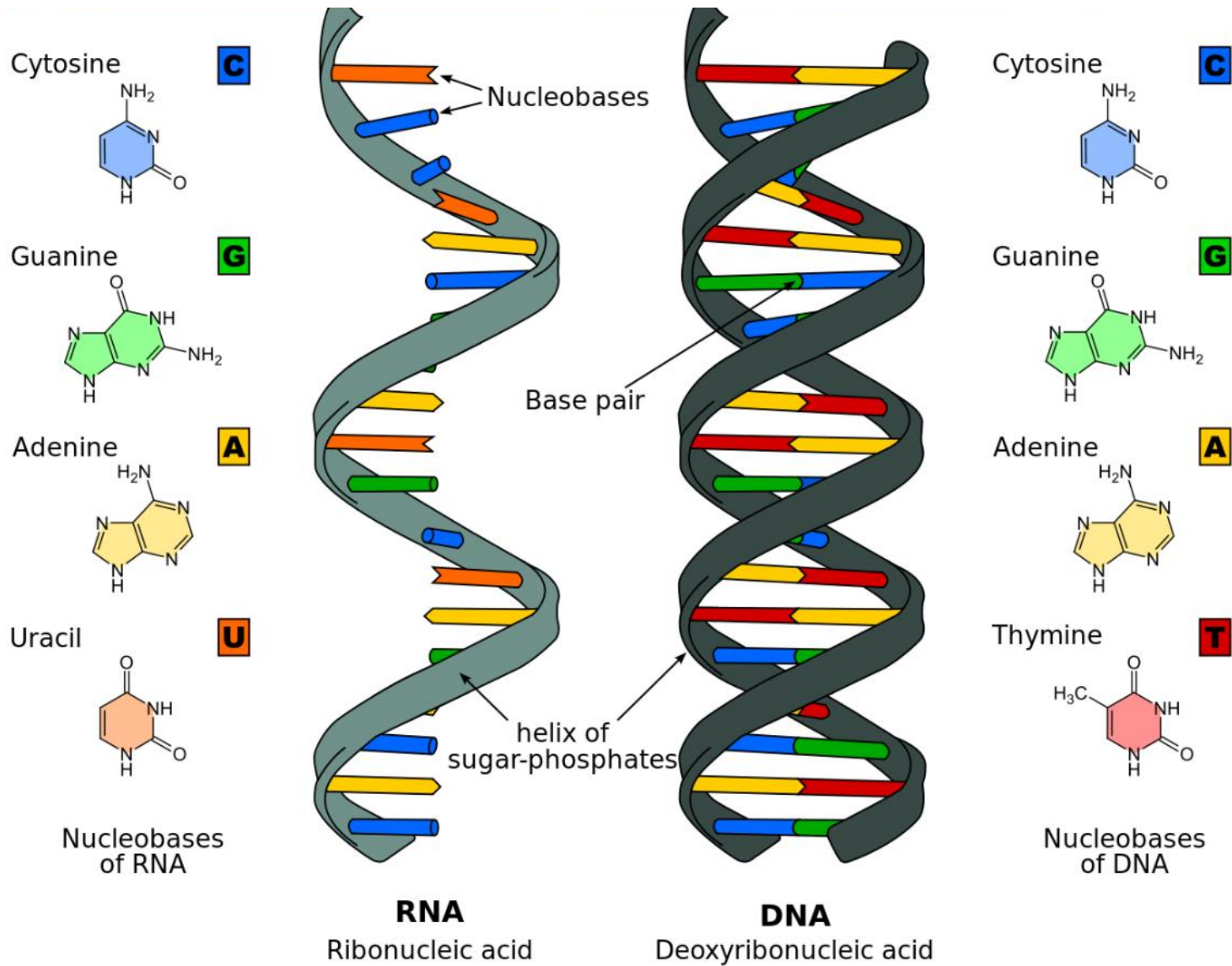
U RNA je místo tyminu ( T ) uracil ( U )

Organické báze (nukleotidy) se párují – vážou: **A–T, G–C**

Nukleotidy se skládají z:

- pětiuhlíkatého cukru (pentózy)
- zbytku kys. fosforečné (**H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>**)
- dusíkatých bází

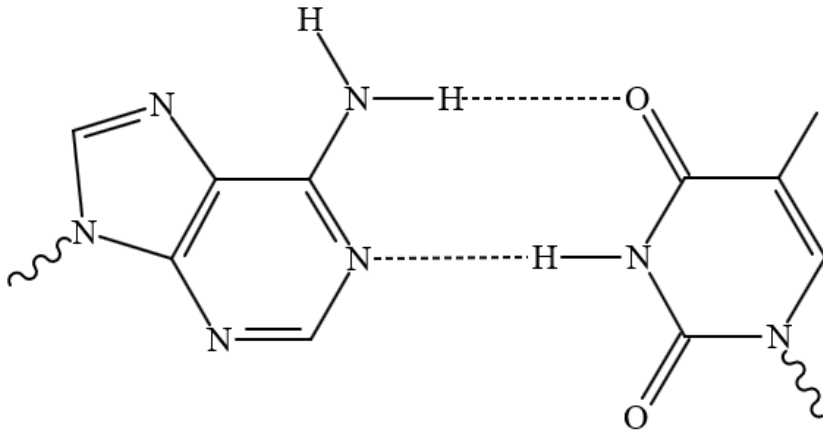
# Nukleové a ribonukleové kyseliny



# DNA

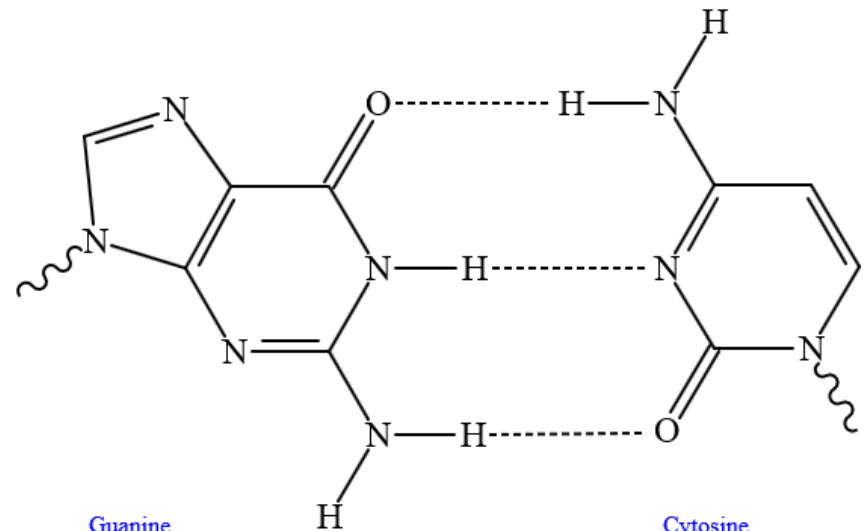
Adenin a Thymin - spojení 2 vodíkovými můstky

Cytosin a Guanin – spojení 3 vodíkovými můstky



Adenine

Thymine



Guanine

Cytosine



# Replikace DNA

Replikace DNA - schopnost zajišťující dědičnost eukaryontních buněk

Většina aktivní DNA se nachází v buněčném jádru

Kromě jádra může být DNA/RNA v mitochondriích a plastidech (v cytoplasmě)

**kb (kilobáze)** = jednotka o 1000 bází v DNA nebo RNA sekvenci.  
Jednotka délky DNA - 1kb = 1000 nukleotidů (bází)

Velikost genetické informace (genomu) – uvádí se v **kb**

- *Arabidopsis thaliana* =  $1,25 \times 10^8$

- *Brassica napus* =  $1,23 \times 10^9$

- *Zea mays* =  $2,70 \times 10^9$

- *Hordeum vulgare* =  $4,80 \times 10^9$

- *Triticum aestivum* =  $1,60 \times 10^{10}$

# Replikace DNA

Strukturní geny DNA kódují z cca 5-10 % proteinů – tzv. **strukturní geny**

Zbytek – nekódující repetitivní sekvence

**Gen** = jednotka dědičnosti - v molekulárním smyslu to je sekvence chromozomální DNA nutná k produkci proteinu (funkčního produktu)

**Alela** = jedna z alternativních verzí genu, která se může vyskytnout v daném lokusu (oblasti genu) – dominantní / recesivní

Pokud kódují v chromozomovém páru diploidního organismu obě párové alely nefunkční polypeptidový řetězec – jsou **recesivní**.

Pokud jsou v chromozomovém páru dvě alely, z nichž je jedna funkční a druhá nefunkční – **může alela kódující funkční polypeptidový funkční řetězec nahradit nefunkční alelu**

Při replikaci vzniknou z jedné mateřské molekuly DNA dvě naprosto stejné DNA dceřiné (každá s jedním vláknem z původní DNA). Klíčovou roli při replikaci DNA mají enzymy (DNA polymerázy).

# RNA – rozdělení:

- **mRNA:** messenger RNA neboli informační. Přenáší informaci o pořadí aminokyselin z jádra k místu proteosyntézy.
- **tRNA:** transferová RNA. Přináší aminokyseliny na proteosyntetický aparát buňky. Funkčně se na nich rozlišuje několik míst, nejdůležitější je antikodon se specifickou trojicí bazí (různým antikodonům odpovídají různé aminokyseliny) a místo kde je samotná aminokyselina navázána.
- **rRNA:** ribozomální RNA. Tvoří stavební složku ribozomálních podjednotek. Vyskytuje se několik velikostně odlišných typů

# Exprese genů

## 1. Replikace

- Tvorba kopií molekul nukleových kyselin z DNA do DNA. Tato tvorba je „semikonzervativní“ – molekula DNA se rozplétá a její řetězce slouží jako matrice pro novou dvoušroubovnicí

## 2. Transkripce

- přepis genetické informace z DNA do mRNA. Jedná se v drtivé většině o informaci z jednoho genu, sloužící k tvorbě 1 specifické bílkoviny, kterou buňka zrovna potřebuje. Poté, co je informace přepsána, je díky mRNA přenesena na proteosyntetický aparát, kde se podle opsaného pořadí zahájí proteosyntéza.

## 3. Translace

- přenos genetického kódu mRNA do pořadí aminokyselin v polypeptidovém vlákně. K proteosyntéze (tj. biosyntéze bílkovin) dochází na ribozomech.

# Exprese genů

Expresi genů – jejich aktivaci aktivují / inaktivují proteiny (např. proteinkinasy)- Promotory:

- **Enhancery** – aktivují proces genové exprese
- **Silencery** – inaktivují proces genové exprese

Tyto promotory aktivují genovou expresi jen v určitých orgánech (např. listech, kořenech, semenech), nebo jen za určitých podmínek (při zálivce, suchu, napadení patogeny..).

# Exprese genů

**Genetický kód** je **tripletový**, to znamená, že každá trojice bází kóduje jednu aminokyselinu.

	U		C		A		G	
<b>U</b>	UUU	fenylalanin	UCU	serin	UAU	tyrosin	UGU	cystein
	UUC	fenylalanin	UCC	serin	UAC	tyrosin	UGC	cystein
	UUA	leucin	UCA	serin	UAA	<b>stop</b>	UGA	<b>stop</b>
	UUG	leucin	UCG	serin	UAG	<b>stop</b>	UGG	tryptofan
<b>C</b>	CUU	leucin	CCU	prolin	CAU	histidin	CGU	arginin
	CUC	leucin	CCC	prolin	CAC	histidin	CGC	arginin
	CUA	leucin	CCA	prolin	CAA	glutamin	CGA	arginin
	CUG	leucin	CCG	prolin	CAG	glutamin	CGG	arginin
<b>A</b>	AUU	izoleucin	ACU	treonin	AAU	asparagin	AGU	serin
	AUC	izoleucin	ACC	treonin	AAC	asparagin	AGC	serin
	AUA	izoleucin	ACA	treonin	AAA	lysin	AGA	arginin
	AUG	<b>metionin</b>	ACG	treonin	AAG	lysin	AGG	arginin
<b>G</b>	GUU	valin	GCU	alanin	GAU	kys.	GGU	glycin
	GUC	valin	GCC	alanin	GAC	asparagová	GGC	glycin
	GUA	valin	GCA	alanin	GAA	kys.	GGA	glycin
	GUG	valin	GCG	alanin	GAG	glutamová	GGG	glycin

# Aminokyseliny - polypeptidy

**Aminokyseliny** jsou látky obsahující ve své molekule dvě speciální skupiny a to sice karboxylovou (COOH) a aminovou (NH<sub>2</sub>). Aminokyseliny tvoří základní stavební jednotku peptidů a bílkovin.

20 základních (proteinotvorných) aminokyselin.

**Alanin** - Ala (A)

**Arginin** - Arg (R)

**Asparagin** - Asn (N)

**Cystein** - Cys (C)

**Fenylalanin** - Phe (F)

**Glycin** - Gly (G)

**Glutamin** - Gln (Q)

**Histidin** - His (H)

**Isoleucin** - Ile (I)

**Kyselina asparagová** - Asp (D)

**Kyselina glutamová** - Glu (E)

**Leucin** - Leu (L)

**Lysin** - Lys (K)

**Methionin** - Met (M)

**Prolin** - Pro (P)

**Serin** - Ser (S)

**Threonin** - Thr (T)

**Tryptofan** - Trp (W)

**Tyrozín** - Tyr (Y)

**Valin** - Val (V)

# Meióza

**Meióza** (meiotické dělení, redukční dělení) je jaderné, resp. buněčné dělení, během kterého dochází k produkci buněk se zredukovaným počtem chromozómů ( $2n \rightarrow 1n$ ) = základní proces umožňující pohlavní rozmnožování a tvorbu pohlavních buněk.

**Cílem je tedy zajistit, aby buňka získala pouze polovinu genetického materiálu**

Po kvantitativní stránce dochází k relativně rovnoměrnému rozdělení jaderného genomu, počet chromozómů (resp. chromozómových sad) dceřiných jader je redukován na polovinu původního množství.

Geny dceřiných jader nemusí být kvalitativně stejné, jsou mezi ně totiž rozděleny homologické chromozomové sady (vytvořené náhodnou segregací homologických chromozómů) a nikoli identické kopie DNA.



# Meióza - fáze

## 1. Meiotické dělení (heterotypické)

### **Profáze**

Leptotenní stadium

Zygotenní stadium

Pachytenní stadium

Diplotenní stadium

Diakineze

### **Metafáze**

### **Anafáze**

### **Telofáze**

## 2. Meiotické dělení (homotypické)

### **Profáze**

### **Metafáze**

### **Anafáze**

### **Telofáze**

# 1. Meiotické dělení

**Profáze:** Dochází k redukci počtu chromozómových sad, tj. dceřiné buňky mají jen polovinu chromozómů oproti rodičovské buňce, jsou tedy jiného typu

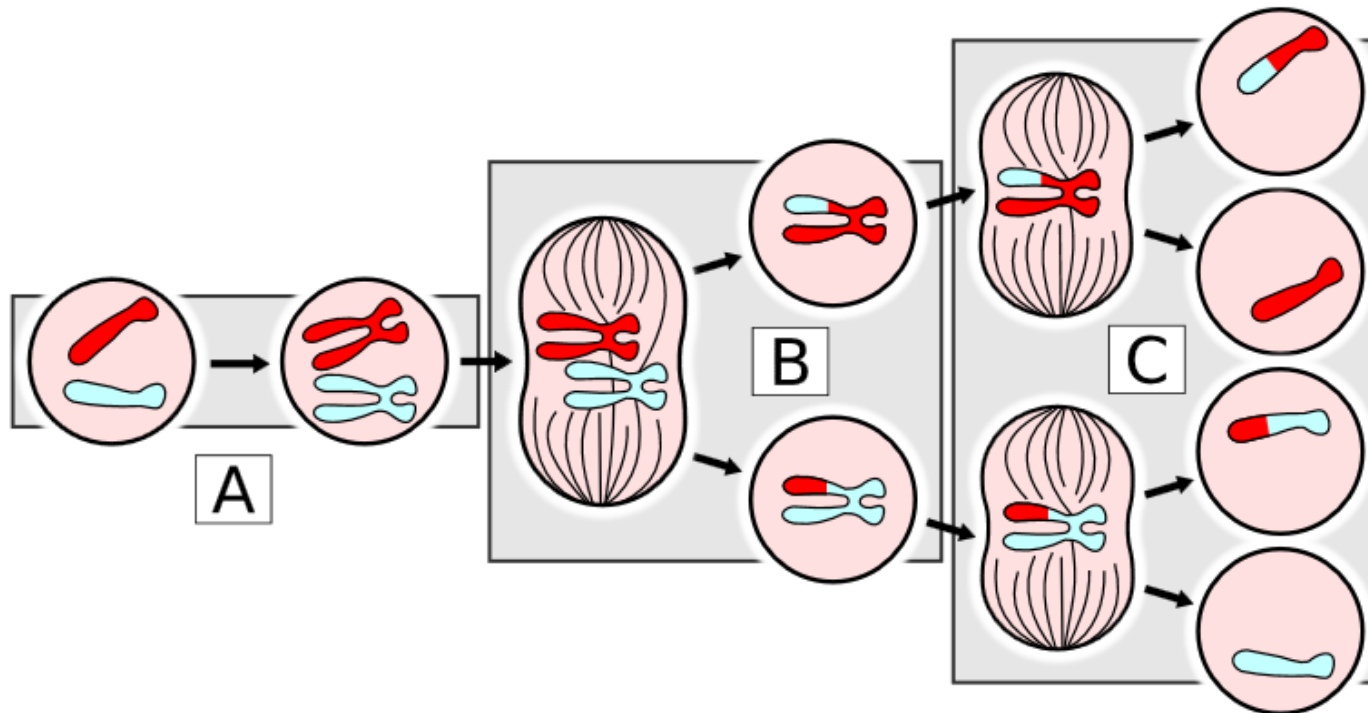
- **Leptoten** - vláknité chromozomy se začínají kondenzovat
- **Zygoten** - homologické chromozomy (chromozomy jednoho páru) se přibližují k sobě a za pomoci speciální bílkoviny se spojují v tzv. bivalent
- **Pachyten** - pokračuje kondenzace, čtveřice chromatid jsou dobře patrné jako tzv. tetrády, dochází ke **crossing-overu** - rekombinují se části homologických chromatid
- **Diploten** - tetrády se rozestupují – uvolňují se bílkovinné vazby mezi homologickými chromozomy a dochází k jejich postupnému oddalování
- **Diakineze** - dochází k přeuspořádání a rozchodu homologických chromozómů

## 2. Meiotické dělení

Navazuje na první meiotické dělení. Mezi nimi již NEDOCHÁZÍ k další replikaci DNA. Probíhá téměř stejně jako normální mitóza.

**Výsledkem jsou tedy 4 dceřinné buňky, každá s jednou polovinou genetické výbavy.**

Meiotické dělení (A - Replikace DNA; B - Meióza I; C - Meióza II)



# 1. Meiotické dělení

## Metafáze:

dochází k napojení vláken dělicího vřeténka na centromery chromozomů, vlákna z opačných pólů se napojují na centromery různých homologických chromozomů

## Anafáze:

Dvouchromatidové chromozomy se rozcházejí k opačným pólům buňky - jsou přitahovány pomocí dělicího vřeténka. Chromozomy se před tím seskupily ve středové (ekvatoriální) rovině buňky.

## Telofáze:

Má opačný průběh než profáze, podobně jako u mitózy - chromozomy v jádře buňky se prodlužují (despiralizují) - vzniká jaderná membrána a jadérko - dělicí vřeténko mizí - buňka se zaškrucuje a dělí se na dvě dceřiné buňky.

U protilehlých pólů buňky se seskupují diploidní sady chromozomů.

# **Šlechtění rostlin**

**Genetická diverzita, genofond, genové zdroje, výchozí materiál a tvorba genetické variability**

# Výchozí materiál pro šlechtění – genové zdroje:

Původy zemědělských druhů rostlin:

**1) Blízký východ:** (7000 l. př. Kr.) – pšenice, ječmen, hrách, čočka, (5000 l. př. Kr.) – vikev, len, (2000 l. př. Kr.) – cibule, hrušeň, jabloň

*Př: polymorfismus DNA prokázal původ pšenice na území dnešního Turecka z pšenice jednozrnky – liší se od dnešní pšenice v jednom (dvěma) genech pro rozpadavost klasového vřetene.*

**2) Střední východ a centrální Asie:** (4000 l. př. Kr.) – réva vinná, oliva, pohanka, vojtěška, konopí, vikev, zelí, mrkev, oves

**3) Indie:** (3000 l. př. Kr.) – palma datlová, mango, čajovník, lilek, tykev

**4) Čína:** (4000 l. př. Kr.) – sója, rýže, čirok, (1000 l. př. Kr.) – pomerančovník, broskvoň, cibule, zelí

**5) Severní Amerika:** (5000 l. př. Kr.) – fazol, tykev, slunečnice, jahodník

**6) Střední Amerika:** (6000 l. př. Kr.) – kukuřice, tykev, fazol, rajče, bavlník, slunečnice, kakao

**7) Jižní Amerika:** (2500 l. př. Kr.) – brambor, podzemnice olejná, fazol, paprika, tabák, ananas

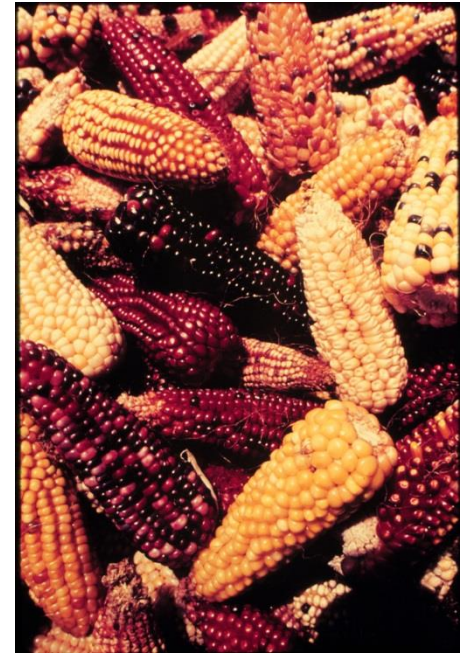
**Genetický zdroj:** genetický materiál aktuální, nebo potencionální hodnoty.

**Introgrese:** je považována za důležitý faktor domestikace. Jedná se o vnesení genů a jejich expresi z jednoho druhu do jiného druhu.

**Ochuzení genetické diverzity:** dochází k němu paradoxně vlivem moderního šlechtění (selekce jen na výnos a selekce často příbuzných genetických zdrojů)

**Centra diverzity:** geografické oblasti, ve kterých je diverzita původních druhů kulturních plodin.

**Gene-pool, genofond:** rostliny, nesoucí určité geny schopné přenášet do dalších generací a jsou potenciálně dostupné pro šlechtění daného druhu.



Příklady genetické diverzity z míst původního výskytu druhů





## Ochrana genetické diverzity:

- Botanické zahrady, polní kolekce (*omezení sběru pokud je v seznamu International. Union for the Conservation of Nature*)

Počet kvetoucích druhů rostlin: cca 200 tis.

Počet druhů používaných člověkem: 5 tis.

Počet domestikovaných druhů: 500

### *Příklady využití planých druhů ve šlechtění (**brambor**):*

- *Odolnost k Y viru brambor (ze Solanum stoloniferum)*
- *Odolnost k X viru brambor (ze Solanum acaule)*
- *Odolnost k plísni bramborové (ze Solanum demisum)*
- *Odolnost k hád'átku (ze Solanum vernei)*

## **R. 1992 – Konvence o biologické diverzitě:**

- Podle ní jsou všechny státy které přistoupili k této dohodě zodpovědné za vlastní genetické zdroje

### **Uchování genetických zdrojů:**

In situ – na původních nalezištích, celé ekosystémy

On farm – pěstováním původních druhů na farmách

Ex situ – genové banky

### **Koordinace práce s genetickými zdroji rostlin:**

FAO (Food and Agriculture Organisation of United Nations)

IBPGR (International Board for Plant Genetic Resources)

## **EX SITU konzervace:**

- Genové banky (asi 1300 po celém světě) – uchování asi 90 % všech GZ rostlin

### Genové banky:

- Cca 6,5 miliónu vzorků (cca 1/2 mohou být duplicity)
- Obilniny = 1,5 mil. vzorků, luskoviny = 0,6 mil. vzorků, trávy = 130 tis. vzorků, zeleniny = 200 tis. vzorků...
- V ČR – **Národní program konzervace a využití GZ rostlin** – cca 50 tis. vzorků
- Celkem je v Národním programu zapojeno 14 pracovišť
- Koordinátor Národního programu je VÚRV v.v.i. (genová banka Praha – Ruzyně)

## **EX SITU konzervace** - Metody konzervace:

- Suchá semena při  $-18\text{ C}^\circ$
- Zpomalený růst v *In vitro* podmínkách – vegetativně množené druhy
- Kryoprezervace při  $-196\text{ C}^\circ$  - semena, pyl, pletiva, buňky, embrya
- Knihovny DNA – neuchovává se diverzita, ale její popis (sekvence DNA)

## Výchozí materiál pro šlechtění – genové zdroje:

Pro dosažení kýžených znaků je potřebná genetická variabilita znaku – pokud není k dispozici, jsou možné 3 způsoby:

1. Mutageneze
2. Mezidruhová hybridizace
3. GMO technologie (cizí geny)

Ve světě existují tzv. „genové banky“ rostlin – mají za úlohu uchovávat v životaschopném stavu generativní a vegetativní orgány rostlin pro případnou další reprodukci a současně popisovat jejich morfologické a kvalitativní znaky a znaky odolnosti.

## Evidence genetických zdrojů rostlin - Český informační systém EVIGEZ – původní evidence GZ rostlin

- Informační systém Evidence Genetických Zdrojů rostlin (EVIGEZ) byl vyvíjen od roku 1984 ve Výzkumném ústavu rostlinné výroby v Praze jako speciální uživatelský program pro dokumentaci genetických zdrojů zemědělsky využívaných rostlin (GZR) v bývalém Československu.

## Výchozí materiál pro šlechtění – genové zdroje:

Od roku 1992 je systém využíván v České republice v síti 12 spolupracujících institucí (lokalizovaných na 15 pracovištích), které se podílejí na [Národním programu konzervace a využívání genetických zdrojů rostlin a agrobiodiversity](#). Databáze GZR sestává ze tří základních informačních okruhů:

- Pasportní data - základní informace o genetickém zdroji
- Popisná data - charakterizace a vlastní hodnocení (podrobné hodnocení morfologických, fenologických, biologických a hospodářských znaků ve stupních 1 - 9, na základě národních klasifikátorů, které jsou v současnosti vypracovány pro 28 plodin)
- Skladová dokumentace genové banky VÚRV

<http://genbank.vurv.cz/genetic/resources/>



## Genové banky:

Nahoře – centrální GB ve VÚRV v.v.i.

– Praha Ruzyně

Vpravo – GB brambor

– VÚB Havlíčkův Brod

## **Genová banka - ČR:**

Dokumentační systém GRIN (Germplasm Resources Information Network in the Czech Republic)

Tento systém pracuje v on-line režimu a umožňuje jeho uživatelům objednávání semen z genové banky prostřednictvím [webové stránky GRIN Czech](#)

## **Výzkumný ústav rostlinné výroby v.v.i. (Praha - Ruzyně – koordinátor genofondu rostlin v ČR)**

- Výzkum
- studium a využití genetické diversity v kolekcích pšenice, ozimého ječmene, tritikale, pohanky, čiroku, amarantu, planých příbuzných druhů a dalších plodin
- studium pluchatých pšenic, výběr cenných genotypů a jejich charakterizace
- identifikace nejperspektivnějších krajových odrůd pšenice seté československého původu



## Genová banka - ČR:

### Výzkumný ústav rostlinné výroby v.v.i. (Praha - Ruzyně – koordinátor genofondu rostlin v ČR)

- identifikace vhodných genotypů plodin pro potravinářské využití a pro produkci zdravých potravin, biopotravin a nápojů
- identifikace vhodných genotypů plodin pro nepotravinářské využití z hlediska pěstování v konvenčních, low-input a ekologických systémech zemědělství, produkce biomasy a využití jako meziplodin
- monitoring vybraných planých genetických zdrojů, jejichž populace jsou omezené nebo ohrožené na území ČR jako podklad pro *in situ* konzervaci
- inovace postupů *in situ* konzervace u ohrožených populací a lokalit
- identifikace starých krajových odrůd vhodných pro konzervaci on-farm
- realizace on-farm konzervace na modelových plodinách

# On-line databáze Národního programu konzervace a využití genetických zdrojů rostlin – GRIN

## **Accesories** (položky)

- Vyhledávání položek podle druhu plodiny, odrůdy, původu, dostupnosti

## **Descriptions** (popisy)

- Popisná data podle klasifikátorů

Příklad: ozimá pšenice Bohemia

<https://grinczech.vurv.cz/gringlobal/accessiondetail.aspx?id=7327>

Instituce	Počet záznamů
<a href="#">Agricultural Research Institute Kromeriz, Co. Ltd. Kromeriz</a>	5695
<a href="#">AGRITEC, Research, Breeding and Services Ltd. Sumperk</a>	4963
<a href="#">AMPELOS a.s. Znojmo-Vrbovec</a>	286
<a href="#">Botanical Inst. of The Czechosl. Academy of Sciences (Incl. Botan. Pruhonic</a>	408
<a href="#">Genebank Department - RICP Prague Vegetable Section Olomouc Olomouc - Holice</a>	10185
<a href="#">Genebank Dept.-Div. Genet. &amp; Plant Breed.- Res. Inst. Crop Production Prague 6 - Ruzyne</a>	16276
<a href="#">Hop Research Institute, Co. Ltd. Zatec</a>	371
<a href="#">Mendel Agricultural and Forestry University, Fac. of Horticulture Lednice na Morave</a>	1396
<a href="#">OSEVA PRO Ltd. Grassland Research Station Zubri</a>	2357
<a href="#">OSEVA PRO s.r.o Research Inst. of Oilseed Crops Opava</a>	1395
<a href="#">Potato Research Institute Havlickuv Brod Ltd. Havlickuv Brod</a>	2434
<a href="#">Research Inst. of Crop Production Research Station of Viticulture Karlstejn</a>	274
<a href="#">Research Institute for Pomology Ltd. Holovousy</a>	2319
<a href="#">Research Institute for Fodder Plants Ltd. Co. Troubsko</a>	2230
<a href="#">Research Institute of Ornamental Gardening Pruhonic Pruhonic</a>	1801

Plodina / rod : Obilniny

Záznam: 1 až 20 z 28

# Příklad vyhledávání položek v databázi

## - Pasporní data

Page 1/2

Plodina /rod	Crop/Genus	Počet záznamů
<a href="#">Crithopsis</a>	<a href="#">Crithopsis (Schult.) Roshev.</a>	2
<a href="#">Heterantherium</a>	<a href="#">Heterantherium HOCHST</a>	5
<a href="#">ječmen jarní</a>	<a href="#">Hordeum L. (spring)</a>	2921
<a href="#">ječmen ozimý</a>	<a href="#">Hordeum L. (winter)</a>	2044
<a href="#">ječmenice</a>	<a href="#">Leymus HOCHST.</a>	29
<a href="#">ječmenka</a>	<a href="#">Hordelymus (JESSEN) JESSEN</a>	2
<a href="#">kosmáč</a>	<a href="#">Dasypyrum (COSS. et DURIEN)T.D</a>	18
<a href="#">mnohoštět</a>	<a href="#">Aegilops L.</a>	993
<a href="#">oves jarní</a>	<a href="#">Avena L. (spring)</a>	2068
<a href="#">oves ozimý</a>	<a href="#">Avena L. (winter)</a>	19
<a href="#">Pascopyrum</a>	<a href="#">Pascopyrum LOEVE</a>	3
<a href="#">plevovka</a>	<a href="#">Monerma BEAUV.</a>	1
<a href="#">Psathyrostachys</a>	<a href="#">Psathyrostachys NEVSKI</a>	12
<a href="#">Pseudoroegneria</a>	<a href="#">Pseudoroegneria (NEVSKI) LOEVE</a>	7
<a href="#">pšenice jarní</a>	<a href="#">Triticum L. (spring)</a>	4351
<a href="#">pšenice ozimá</a>	<a href="#">Triticum L. (winter)</a>	6637
<a href="#">puštinec</a>	<a href="#">Eremopyrum (LEDEB.) J.et SP.</a>	15
<a href="#">pýr</a>	<a href="#">Elytrigia DESV.</a>	9
<a href="#">pýrovník</a>	<a href="#">Elymus L.</a>	48
<a href="#">Taeniatherum</a>	<a href="#">Taeniatherum NEVSKI</a>	9

## Příklad vyhledávání položek v databázi- popisná data

Číslo deskript oru	Název deskriptoru	Hodnot a deskript oru	Význam deskriptoru
1	Rostlina - tvar trsu	5	<b>polovzpřímený 41-55°</b>
3	Rostlina - délka	5	<b>střední 81- 95 cm</b>
9	List praporcovitý - postavení (na počátku metání)	3	<b>vzpřímený 15- 45°</b>
10	List praporcovitý - délka	3	<b>krátký 12,6-15,0 cm</b>
11	List praporcovitý - šířka	3	<b>úzký 1,3- 1,5 cm</b>
12	List druhý horní - délka	4	<b>krátký - střední 17,6-20,0 cm</b>
13	List druhý horní - šířka	3	<b>úzký 1,1- 1,3 cm</b>
15	List - ojínění	9	<b>velmi silné</b>
20	Klas - postavení (v plné zralosti)	6	<b>vodorovné až převislé</b>
24	Klas - délka	7	<b>dlouhý 10,6-12,0 cm</b>
25	Klas - hustota (počet klásků/10 cm)	3	<b>řídký 16,0-21,0 klásků/10 cm</b>
46	Vegetační doba - odrůda	5	<b>středně pozdní</b>
47	Vegetační doba - metání-zrání	6	<b>střední - dlouhá</b>
48	Vyzimování - odolnost (polní - přežívá)	9	<b>velmi vysoká &gt;90 %</b>
50	Poléhání - odolnost	9	<b>velmi vysoká</b>
58	Padlí travní (Erysiphe graminis DC.) Rostlina - odolnost	6	<b>střední (středně odolná) - vysoká (odolná-resistentní)</b>
60	Rez plevová (Puccinia striiformis WEST.) - odolnost	9	<b>velmi vysoká (odolná-imunní)</b>
61	Rez pšeničná (Puccinia persistens PLOW. var. triticina /ERIKS./ URBAN et MARKOVÁ	3	<b>nízká (náchylná)</b>
62	Rez travní (Puccinia graminis PERS. subsp. graminis) - odolnost	3	<b>nízká (náchylná)</b>
75	Porost - počet klasů	4	<b>351-450/m<sup>2</sup></b>
78	Porost - výnos zrna informační, k standardu)	4	<b>86- 95 % pluchaté: 56-65%</b>
80	Porost - hmotnost 1000 zrn	7	<b>vysoká 47-50 g</b>
82	Porost - sklizňový index	7	<b>vysoký 0,47-0,50</b>
85	Klas - hmotnost zrna	8	<b>2,4-2,6 g</b>
86	Klas - počet zrn	8	<b>43-55</b>
87	Klas - počet klásků	6	<b>20-21</b>
88	Klásek - počet zrn	5	<b>střední 2,5-3,0</b>
92	Zrno - obsah škrobu (Evers)	4	<b>nízký-střední 62,1-64%</b>
95	Zrno - obsah hrubých bílkovin	5	<b>střední 12,7-13,8 %</b>
97	Mouka - obsah mokrého lepku	4	<b>25,1-30,0 %</b>
101	Mouka - sedimentace (Zeleny)	7	<b>dobrá 37,6-46,9 ml (jakost A)</b>
104	Gluten index (reologické vlastnosti těsta) platný pro T. aestivum	9	<b>velmi vysoký (nevhodný) &gt;90% (jakost NA)</b>

# Údaje o GZ:

**1) Pasportní data:** základní údaje o původu GZ (stát, rodokmen, šlechtitel, místo sběru..)

**2) Popisná data:** popisy morfologických a kvalitativních vlastností a vlastností odolnosti, příp. další hospodářsky významné znaky

**Pro sběr popisných dat jsou vytvořeny klasifikátory:**

- Pro každou významnou skupinu plodin
- Jsou vytvořeny podle mezinárodních standardů (UPOV, FAO..)
- Pro minoritní plodiny jsou sady deskriptorů
- Jsou přístupny v on-line databázi k vyhledávání podle požadované hodnoty znaku

# Zdroje genetické variability

**Adaptované odrůdy** – registrované odrůdy, šlechtitelský materiál

**Exotický a neadaptovaný materiál** – příbuzné druhy, vzdálené genetické zdroje

**Další možnosti rozšíření genetické variability:**

- Mutageneze
- Polyploidizace
- Křížení
- Biotechnologické metody

# Mutagenese

- Náhlá změna genotypu

**Samovolné mutace** – pravděpodobnost 1 : 1 000 000

**Uměle vyvolané mutace:**

- Radiomutace (X, gama, beta, UV záření)
- Mutageny (chemické látky) –EMS, DES..

Nevýhoda: - **náhodné změny**

- **potřeba velkého počtu rostlin**

- **nízká životaschopnost rostlin**

Příklad: r. 1965 (Doc. Bouma) – mutace odrůdy jarního ječmene Valtický – vznik „Diamantové“ řady ječmenů (dnes je zněj asi 120 dalších odrůd)



# Typy mutací

**Genomová:** změna počtu chromozomů – celých chromozomových sádek, nebo jejich částí

**Chromozomová:** změny na chromozomu (aberrace, duplikace, delece, translokace)

**Genové (bodové):** změny nukleotidových bází genu – vhodné chemické mutageny a záření

**Nechromozomové:** změny v genomu mitochondrií a plastidů – např. cytoplazmatická pylová sterilita

**Dávka mutagenu: LD50** – aby přežilo alespoň 50 % rostlin

# Mutace, mutageneze

**Mutace** – změny genotypu, které nejsou způsobené segregací, ani rekombinací a které se dědí

Podle toho, jak k mutaci došlo:

- Spontánní
- Indukované (umělé)

Podle místa vzniku:

- Generativní (gametické)
- Somatické- vznikají mutagenní pletiva (chiméry)

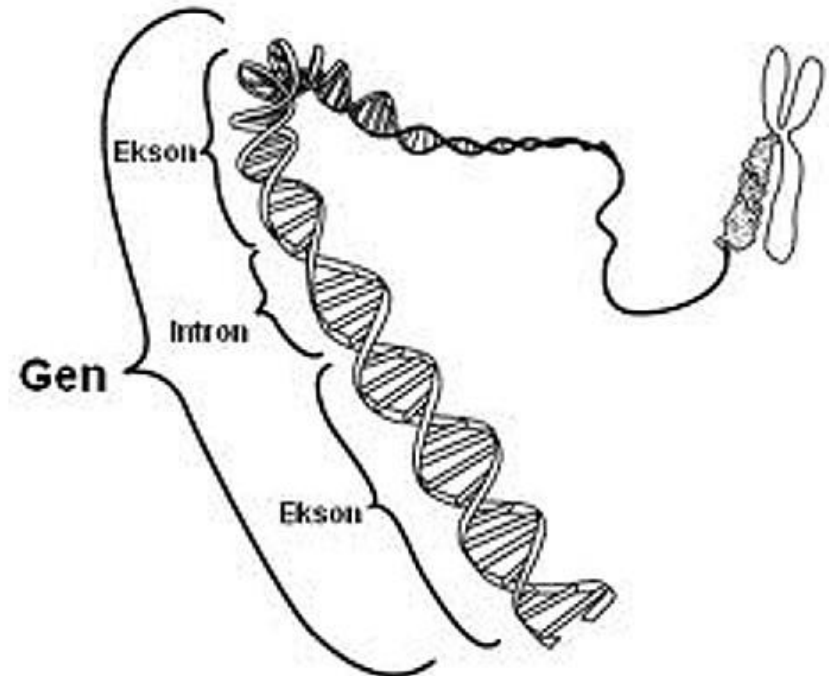
Podle životaschopnosti jedinců po mutagenezi:

- Vitální
- Letální (hranice LT50 – 50 % přeživších jedinců)

# Mutace, mutageneze

## Podle změn genotypu:

- Genové (bodové) – změna v jednom genu
- Chromozomální – týkají se větších úseků DNA, mění počet a polohu genů
- Genomové – změna počtu chromozomů (ploidie..)
- Cytoplazmatické – změny genů v cytoplazmě (plazmogenů organel...)



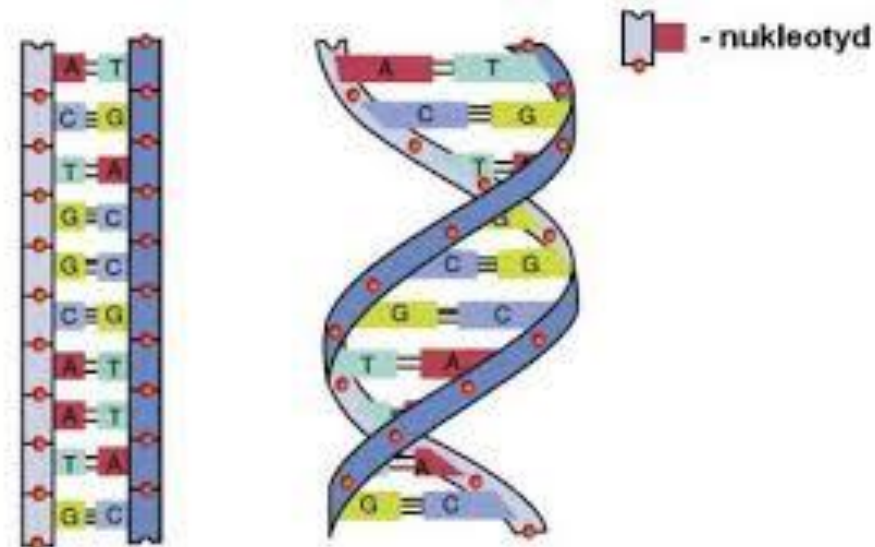
# Genové mutace

**1. Nukleotidové substituce** – *výměna nukleotidů (RNA), nebo nukleotidových párů (DNA)*

*1A. Tranzice: výměna v rámci skupin nukleotidů (purinový za purinový, pyrimidinový za pyrimidinový)*

*1B. Transverze: výměna purinového za pyrimidinový nukleotid*

Nukleotidové mutace se mohou, ale nemusí projevit ve fenotypu



**Purinové nukleotidy: A, G**

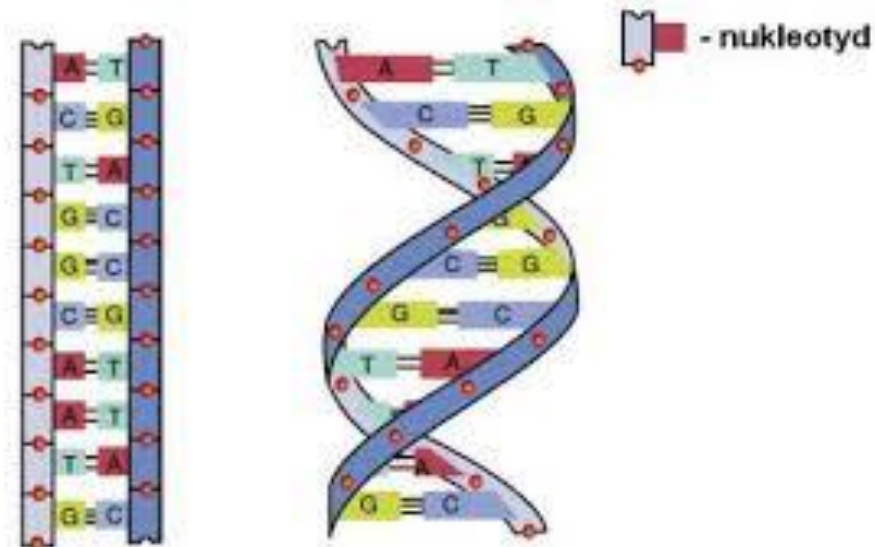
**Pyrimidinové nukleotidy: C, T, (U)**

# Genové mutace

## 2. Posunové mutace – posun čtecího rámce při proteosyntéze

1A. *Delece*: ztráta jednoho, nebo více nukleotidů v řetězci

1B. *Inzerce (adice)*: vložení jednoho, nebo více nukleotidů do řetězce



**Purinové nukleotidy: A, G**

**Pyrimidinové nukleotidy: C, T, (U)**

# Chromozomální mutace

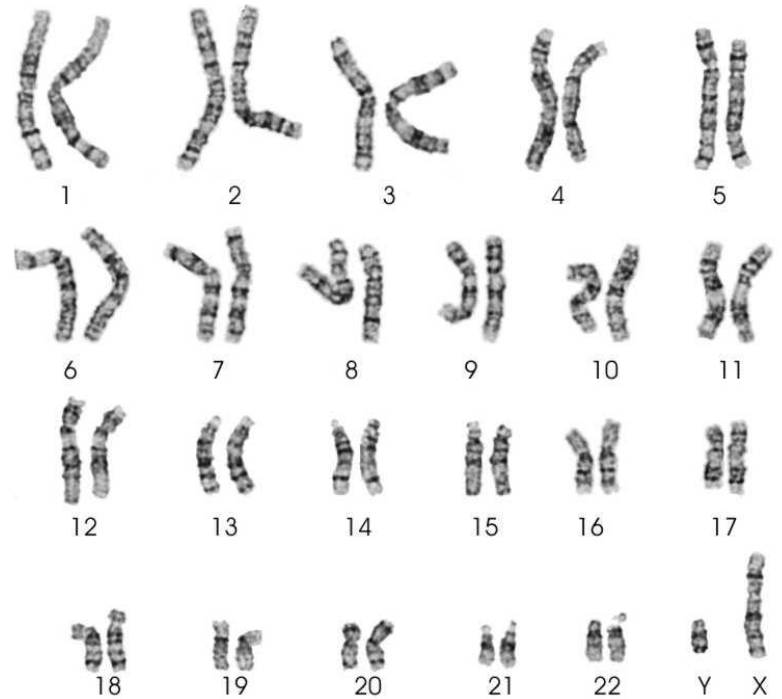
## 1. Intrachromozomové

1A. Delece – ztráta vnitřního úseku chromozomu při dělení

1B. Deficience – ztráta koncového úseku chromozomu při dělení

1C. Duplikace – zdvojení určitého úseku chromozomu

1D. Inverze – otočení úseku chromozomu při dělení



# Chromozomální mutace

## 2. Interchromozomové

*1A. Translokace – přesun úseku chromozomu na jiné místo v tomtéž, nebo jiném chromozomu*

*1B. Heterochromozomová duplikace – výměna různých částí chromozomů*

## MUTAGENY

**Fyzikální:** UV světlo, ionizující záření (X-Ray, Gama záření..)

**Chemické:** interkalační látky, analogy bází, kyselina dusitá, hydroxylamin, alkylační látky, azidy..

Většina chemických mutagenů narušuje strukturu DNA

Kolchicin – nenarušuje strukturu DNA, ale poškozuje buňečný aparát (dělicí vřeténko při mitotickém dělení buněk)

# Genomové mutace

Označení genomu rostlin: **A, B, C ....**

Příklad: pšenice setá (*Triticum aestivum* L.)

AABBDD

BB – kozí tráva *Aegilops* sp. – genom BB ( $2n = 14$ )

AA – pšenice jednozrnka – genom AA ( $2n = 14$ )

pšenice dvojzrnka (*T. dicocum*) – AABB ( $4n = 28$ )

*T. dicocum* x *Aegilops squarrosa* (divoká tráva) DD ( $2n=14$ )



*T. aestivum* a *T. durum*

hexaploidní formy ( $6n = 42$ ), tedy  $14 \times 3 = 42$



# Genomové mutace

Znásobení počtu chromozomů může být označováno jako:

- *euploidie*: násobek původního počtu chromozomů
- *aneuploidie*: počet chromozomů (sudý, nebo lichý počet), který není násobkem původního počtu chromozomů

**Autopolyploidie**: zmnožení počtu chromozomů jednoho druhu  
(autotriploid AAA, autotetraploid AAAA...)

**Alopolyploidie**: sada chromozomů od dvou a více druhů rostlin získané mezidruhovou hybridizací

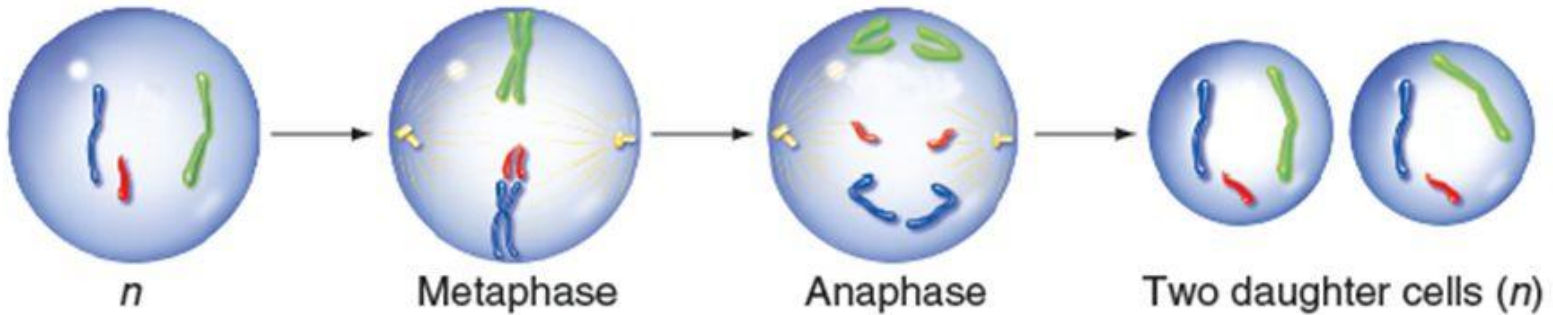
(autotetraploid AABB, autohexaploid AABBDD...)

Geneticky podmíněné štěpení u polyploidů je odlišné od štěpení diploidů, kvůli zvýšení počtu chromozomů a tím i počtem alel v každém lokusu.

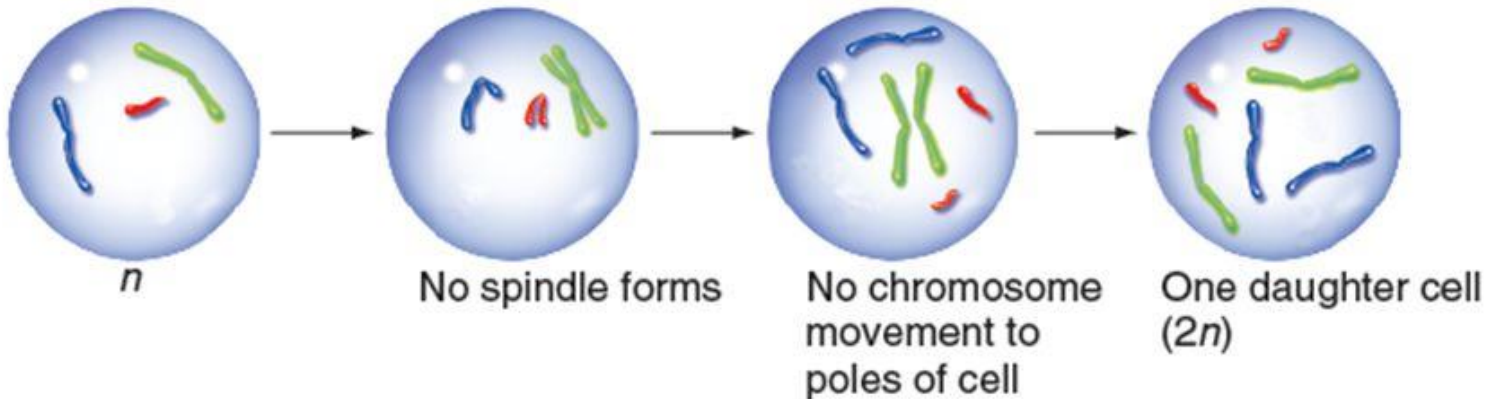
# Působení kolchicinu při mitotickém dělení

**Colchicine treatment prevents spindle formation and results in doubling of chromosome numbers**

Normal mitosis



Mitosis with colchicine treatment



# Polyploidizace

– určitý druh mutace

Princip: zvýšení počtu chromozomů v somatické buňce na:

2-násobek – Tetraploidní formy

3-násobek – Hexaploidní formy

Cca 70 % druhů trav se vyskytuje ve polyploidních formách (spontánní mutace)

Tvorba umělých polyploidů – působením kolchicinu

Formy: autopolyploidi

aneupolyploidi

# Polyploidizace

Příklady:

1) Spontánní polyploid: **pšenice**

Genom: AABBDD ( $6n = 42$ )

Původní druh: tzv. „kozí tráva“ *Aegilops sp.* ( $2n = 14$ , genom BB)

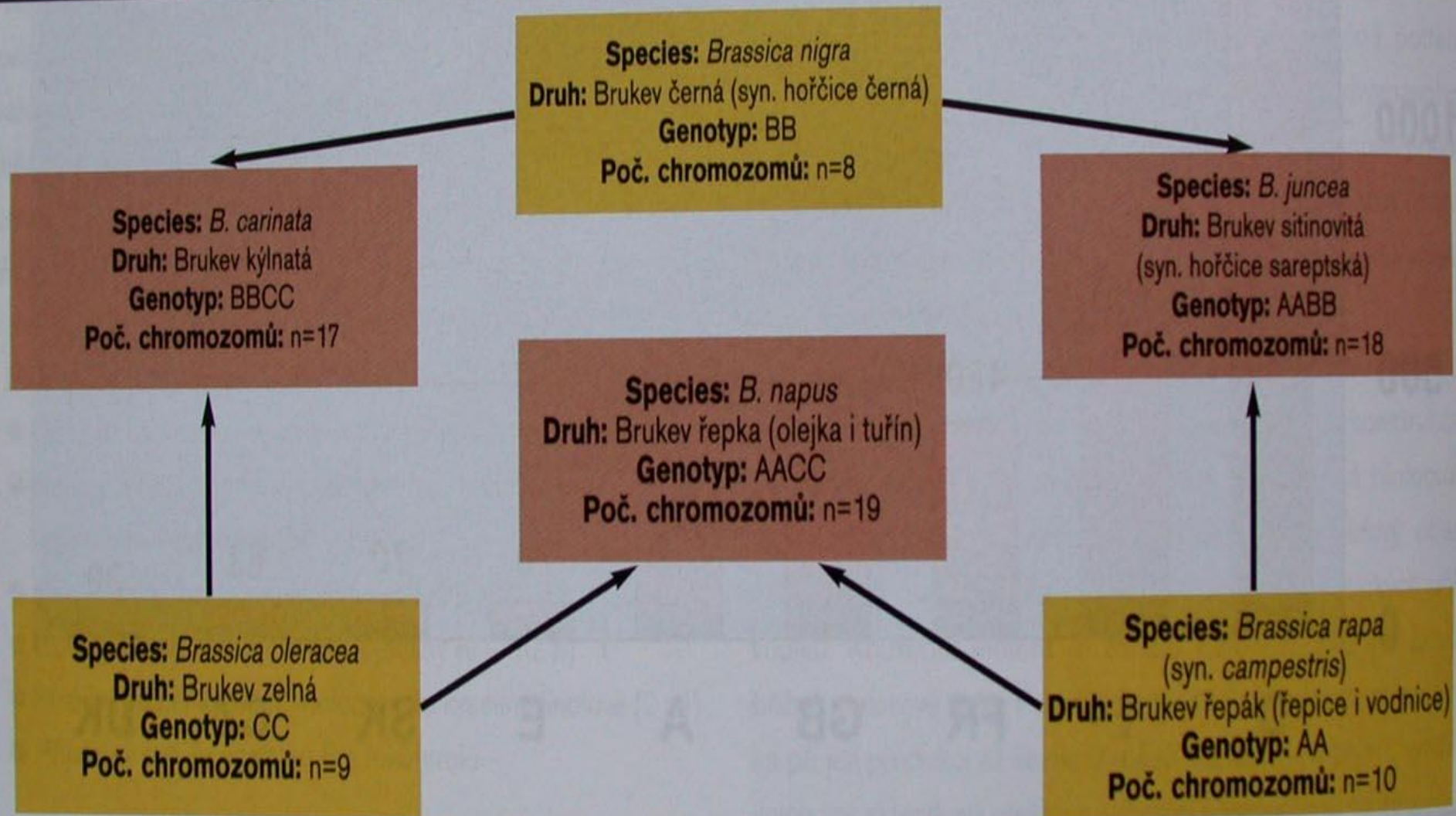
2) Spontánní polyploid: **řepka olejka**

Genom AACCC ( $2n = 48$ )

Původní druhy: brukev zelná, ředkev olejná

# Příklad resyntézy olejin z původních druhů

## Vznik a genetická příbuznost některých brukvovitých druhů



# Polyploidizace

## Detekce polyploidů:

- Mikroskopicky (větší buňky)
- Flow-cytometrie

## Vhodné druhy pro polyploidizaci:

- druhy, které mají malý počet chromozomů a cizosprašné druhy

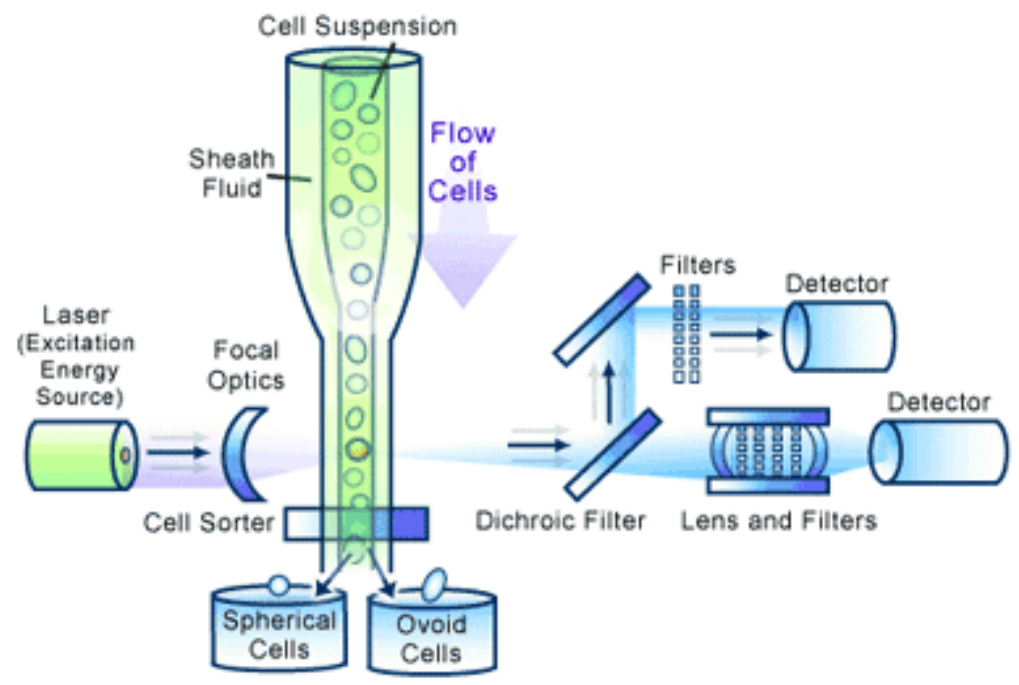
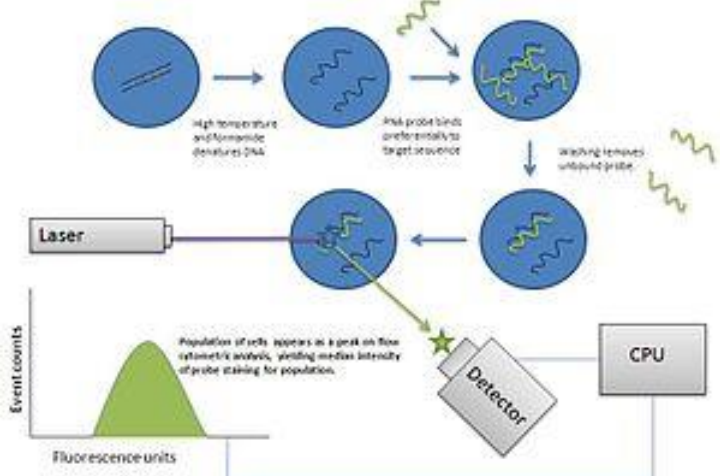
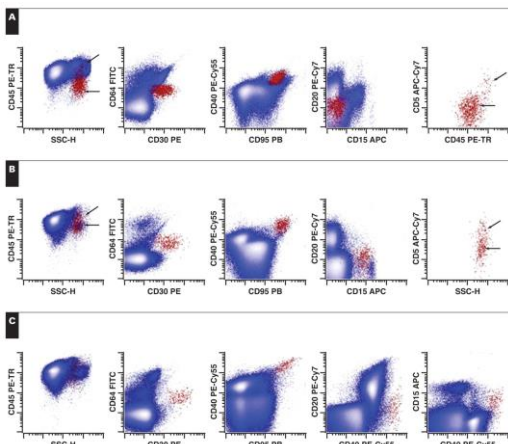
## Nevýhoda polyploidů: nižší plodnost

Triploidi: většina odrůd cukrovky (matka x otec =  $2n \times 4n$ , nebo naopak)

Tetraploidi: jetel luční, jílky

Hexaploidi: jílky, kostřavy

**Buněčná separace** založená na principu průtokové cytometrie (flow sorting, flow-cytometrie) je rychlá a efektivní metoda sloužící k separaci částic splňujících určitá kritéria z heterogenní populace. Průtokový sorting je také znám jako FACS (z anglického Fluorescence-Activated Cell Sorting). K identifikaci částic se využívá principu průtokového cytometru.



# Šlechtitelská pracoviště v ČR:

## Obiloviny:

- výzkumný a šlechtitelský ústav Kroměříž
- ŠS Stupice
- ŠS Úhřetice
- ŠS Branišovice
- ŠS Krukanice
- ŠS Hrubčice
- ŠS Čejč

## Luskoviny:

- Agritec Šumperk
- ŠS Chlumeck nad Cidlinou
- ŠS Lužany

## Olejniny:

- ŠS Slapy u Tábora
- VS olejin Opava
- ŠS Chlumeck nad Cidlinou



## **Šlechtitelská pracoviště v ČR:**

Pícniny: - VÚP Troubsko

- ŠS Červený Dvůr

- ŠS Dobromadice

- ŠS Slavice

- ŠS Želešice

- ŠS Libochovice

- ŠS Hladké Životice

- ŠS Větrov

- ŠS Zubří

Brambory: - VÚB Havlíčkův Brod

- ŠS Keřkov

- ŠS Česká Bělá

- ŠS Pacov

- ŠS Vyklantice

- ŠS Velhartice

- ŠS Bystřice nad Pernštejnem

# Šlechtitelská pracoviště v ČR:

- Řepa:
- VŠÚ řepařský Semčice
  - ŠS Kralice na Hané
  - ŠS Dobřenice

## Zelenina:

- VŠÚ zelinářský Olomouc
- ŠS Lysá nad Labem
- ŠS Dobrý voda u Hořic
- ŠS Valtice
- ŠS Turnov
- ŠS Smržice

## Ovoce:

- VŠÚ ovocnářský Holovousy
- ŠS Těchobuzice
- ŠS Velehrad
- ŠS Velké Losiny

# Šlechtitelská pracoviště v ČR:

Vinná réva:

- ŠS Znojmo – Vrbovec
- ŠS Velké Pavlovice
- ŠS Peprná
- ŠS Polešovice
- ŠS Velké Žernoseky

Květiny:

- VÚ okrasného zahradnictví Průhonice
- ŠS Česká skalice
- ŠS Jaroměř
- ŠS Heřmanův Městec

Chmel:

- VÚ chmelařský Žatec

Další velká a významná pracoviště:

- VÚ rostlinné výroby Praha - Ruzyně

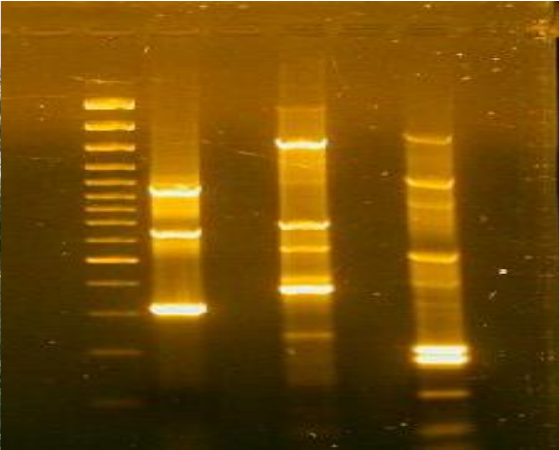
# Časová náročnost šlechtění nových odrůd

šlechtitelský cíl



metoda jak toho dosáhnout

„klasické“ šlechtitelské postupy	molekulární markerování, dihaploidizace	genové modifikace (GMO)
8 – 15 let	5 – 12 let (urychlení)	5 – 15 let (kombinace obtížně dosažitelných vlastností)



## **Konvenční metody šlechtění**

- Křížení
- Selekcce (individuální, hromadná)
- Hybridizace (druhová)

## **Biotechnologické metody**

- Molekulární markery, genetické markery, izoenzymy
- Hybridizace (mezidruhová)
- Polyploidizace
- GMO (genové transformace)
- Dihaploidizace, prašníkové kultury

## **Mezistupeň**

- Mutace

# Odrůdy v ČR a v EU

ČR:

## **Seznam doporučených odrůd**

Instituce: Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský

EU:

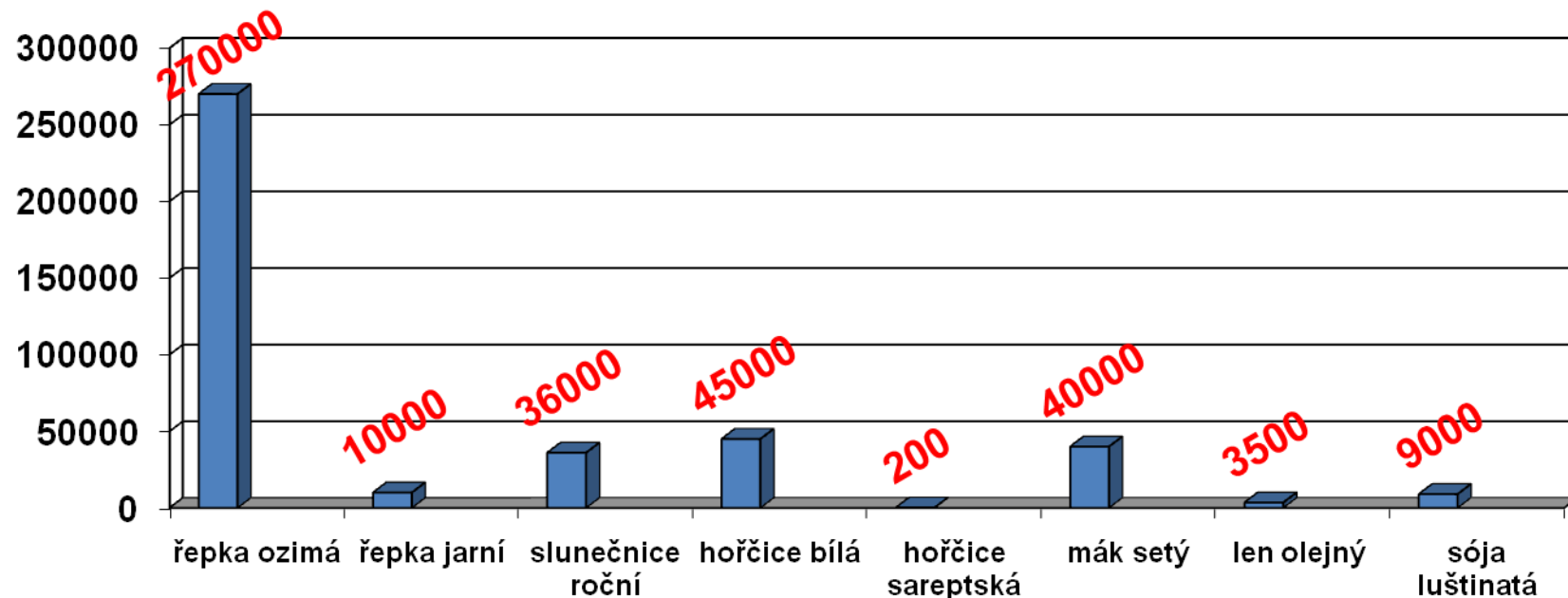
## **Společný katalog registrovaných odrůd**

Instituce: Národní odrůdové úřady v jednotlivých zemích

# Aspekty šlechtění rostlin

- Velikost zamýšleného trhu
- Agroekologické vlastnosti
- Úroveň trhu s osivem
- Náklady na vyšlechtění odrůdy
- Rychlost obměny odrůd
- Potřeby trhu v předpokládaném čase registrace
- Praktické možnosti šlechtění
- Personální a technické zázemí
- Státní podpora (podpora EU)

# Velikost zamýšleného trhu – příklad: olejniny



PLODINA	Řepka ozimá	Řepka jarní	Slunečnice roční	Hořčice bílá	Hořčice sareptská	Mák setý	Len olejný	Sója luštinatá
Počet reg. Odrůd (SDO)	49	14	12-20	5 (sem.)	2	8	4	5
Počet domácích odrůd	4	1	0	2 (sem.)	1	4	1	1



# Úroveň trhu s osivem

- Úroveň platební morálky a obměny osiva (% certifikovaného, farmářského a „černého“ osiva)
- Výška licenčních poplatků
- Zákonné normy a právní ochrana odrůd (také poplatky za farmářské osiva)

Příklad: (úroveň trhu s ozimou pšenicí):

	Jednotky	2000/2001	2001/2002	2002/2003	2003/2004	2004/2005
Semenářské plochy (ha)	% k r.2000	100	108	127	130	133
Množství uznaného osiva	% k r.2000	100	161	150	117	157
Podíl certifikovaných osiv	%	39	70	78	50	73
Podíl farmářských osiv	%	0	0	9	12	14
Nelegální osivo	%	61	30	13	38	13

# Náklady na vyšlechtění odrůdy

- Čas potřebný na vyšlechtění odrůdy (až do registrace odrůdy) = **8 – 15 let**
- Příklad: Náklady na 1 odrůdu pšenice
- PŘ: V průběhu 5ti let bylo vyšlechtěno 7 odrůd pšenice (3 šlechtitelské subjekty) – celkové náklady = 200 mil. Kč
- Tj. náklady na 1 odrůdu = **28 mil. Kč !**
- **Možnosti snížení nákladů:** sdružení více organizací, účinnější šlechtitelské postupy....

# Rychlost obměny odrůd

- Řepka ozimá: 4 - 5 let
- Řepka jarní: 4 - 6 let
- Kukuřice: 5 – 7 let
- Pšenice: 4 – 8 let
- Ječmen: 5 – 8 let
- Brambory: 7 – 15 let
- Mák setý: 5 - 20 let
- Hořčice bílá: 5 - 20 let
- Sója luštinatá: cca 5 let
- Hořčice bílá: 5 - 20 let

# Praktické možnosti šlechtění

- Výchozí genetické zdroje
- Využitelné postupy a technologie
- Akceptovatelnost GMO
- Možnosti kombinace žádoucích vlastností (nežádoucí genové vazby)
- Možnosti urychlení šlechtitelského procesu – (morální zastaralost odrůdy) – technologie: molekulární markery, dihaploidizace....

# Konvenční šlechtitelské metody

## Křížení

### - Základní šlechtitelská metoda – hybridizace

Jednoduché:  $A \times B$

Dvojité:  $(A \times B) \times (C \times D)$

Backcross:  $A \times B = C$

$C \times B$ .. opakující křížení rodičem B

**Samosprašné rostliny** (u kulturních plodin je asi 45 % samosprašných druhů):

- řepka, bob, pšenice, ječmen, oves, hrách, fazol, sója, len, rajče, brambor

**Cizosprašné rostliny:**

- kukuřice, vojtěška, žito, řepa, jetel, trávy, zelí, chmel, jabloň, hrušeň, švestka

Druhy křížení: vnitrodruhové, mezidruhové

Jistou formou křížení je hybridizace: SCA, GCA

# Život odrůdy

Rok 0: rodič AA x rodič BB

Rok 1: potomek AB (kříženec F1 – heterozygotní, homogenní)

Rok 2: štěpení potomstva AB – výběr z mnoha linií

Rok 3 – 5: selekce a tvorba nových linií

Rok 6 – 8: zkoušky výkonu a kvality

Rok 9 – 11: státní odrůdové zkoušky (Uniformita, Odlišnost, Stálost) (..následná registrace odrůdy)

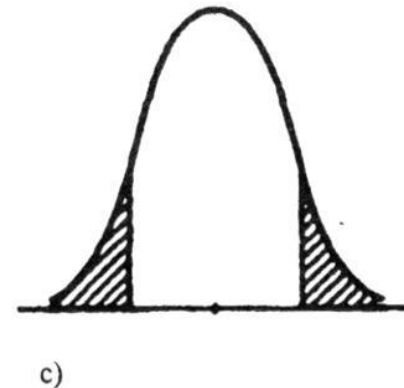
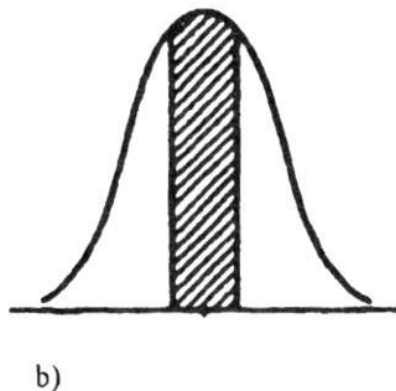
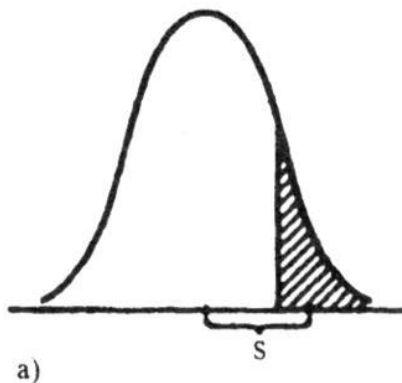
Rok 12 – 18: prodej odrůdy

Rok 19: konec odrůdy (tzv.**restrinkce**)

# Selekce

## - Základní šlechtitelská metoda

- a) **Direkcionální** – výběr znaků s extrémní hodnotou znaku, jednosměrná selekce směrem k vybranému znaku, posun Gausovy křivky v další generaci jedním směrem
- b) **Centripetální** – výběr jedinců s průměrnou hodnotou znaku, používá se na stabilizaci hodnoty znaku v populaci, odstraňují se extrémní hodnoty znaku (použ. se např. v udržovacím šlechtění)
- c) **Disruptivní** – obousměrná selekce, výběr jedinců s extrémní hodnotou selektovaného znaku v obou směrech, slouží k rozšíření genetické variability v selektované populaci



# Šlechtění odrůd typu populace

Při selekci jsou důležité:

- 1) Intenzita selekce ( $i$ ):** % rostlin vybraných z určité populace do dalšího cyklu (generace)
- 2) Seleční rozdíl ( $S$ ):** rozdíl v hodnotě znaku rodičovské populace a hodnotou znaku vybraných rostlin
- 3) Ohlas na selekci ( $r$ ):** rozdíl mezi průměrnou hodnotou znaku rodičovské populace a průměrnou hodnotou potomstva vybraných rostlin

Ohlas na selekci je přímo úměrný intenzitě selekce a heritabilitě znaku

Tedy: pokud chceme dosáhnout kýženého selektovaného znaku v dalších generacích, tak musí mít tento znak vysokou heritabilitu, nebo musí být vysoká intenzita selekce a také ohlas na selekci.



# Šlechtění odrůd typu linie

**Homogennost** – jedinci stejného genotypu (jsou fenotypově stejní)

**Homozygotnost** – jedinci nesoucí stejné alely jednoho genu ( $AA$ ,  $aa$ )

**Linie:** homozygotní a homogenní potomstvo vzniklé po samoopylování rostlin (většinou u samosprašných, fakultativně cizosprašných plodin)

**Linie:** potomstvo jedné rostliny vzniklé opakovaným samoopylováním

**Klon:** geneticky jednotné rostliny vzniklé dělením jedné buňky, nebo vegetativním množením jedné rostliny

**Populace:** vznikají především u cizosprašných rostlin. Genetický materiál se v každé další generaci rekombinuje, přenášejí se geny, ne genotypy.

**Hybridní odrůdy:** jsou heterozygotní (z hlediska genotypu) a současně homogenní (fenotypově stejní – z hlediska fenotypu)

## Desatero šlechtitele:

- 1) Stanovit jasný šlechtitelský cíl, v čem má být nová odrůda lepší než stávající a konkurenční – registrované odrůdy
- 2) Definovat, podle jakých kritérií a jakými metodami toho lze dosáhnout
- 3) Vybrat vhodné a nepříbuzné rodiče a ty nakřížit ve více kombinacích
- 4) Vytvořit rozsáhlou štěpící populaci a selektovat nejprve podle znaků s vysokou heritabilitou
- 5) Pokud možno, použít k posouzení genotypu selektovaných rostlin jejich potomstvo

## Desatero šlechtitele:

- 6) Restriktce odrůd je většinou kvůli jedné nevyhovující vlastnosti, proto je nutné pamatovat na dobrou úroveň všech sledovaných znaků při selekci
- 7) Na nové odrůdy jsou kladeny stále větší požadavky podle kvality a odolnosti k chorobám a škůdcům
- 8) Zkoušet nové kandidáty a jejich komponenty v co nejvíce prostředích a letech
- 9) Věnovat řádnou pozornost udržování a množení kultivarů, včetně jejich registrace ve státních odrůdových zkouškách
- 10) Sledovat aktuální poznatky v genetice a šlechtění (Crop Science, Genetic and Breeding, Plant Soil and Environment atd.)

# Liniové odrůdy vs. hybridní odrůdy

## LINIE

- 1) výhody:
- jednoduchá selekce i šlechtění,
  - snadná kombinace požadovaných znaků,
  - jednoduché udržování odrůd (množení)
  - nekonečné množství materiálů pro křížení
- 2) nevýhody:
- u mnoha plodin nižší výnos než hybridní odr.
  - snadná výroba farmářského osiva – horší
  - vymahatelnost licenčních poplatků
  - nižší vitalita rostlin

# Liniové odrůdy vs. hybridní odrůdy

## HYBRIDY

- 1) výhody:
- díky heteroznímu efektu vyšší výnos (kukuřice, řepka)
  - dobrá právní ochrana - vymahatelnost licenčních poplatků
  - vysoká vitalita rostlin
- 2) nevýhody:
- složitá selekce i šlechtění
  - komplikovaná kombinace požadovaných znaků
  - složité udržování odrůd (množení)
  - omezené množství materiálů pro křížení
  - nutná existence funkčního systému zábrany samosprašení a obnovy fertility

## Samosprašné plodiny (podíl cizosprašení nepřesahuje 5 %)

- pšenice, ječmen, oves, hrách, fazol, sója, len, tabák, rajče, brambor, salát, paprika, broskvoň, meruňka..

## Cizosprašné plodiny

- kukuřice, vojtěška, žito, řepa, jetel luční i plazivý, pícní trávy, zelí, chmel, mrkev, špenát, jabloň, hrušeň, švestka..

## Tzv. „fakultativně cizosprašné“ plodiny

- řepka, bob, okurka

## Princip zábrany samosprašení:

- Dřívější dozrávání blizny než prašníků
- Nutnost přenosu pylu hmyzem
- Neklíčivost pylu na blizně téhož květu (inkompatibilita)

# Charakteristiky odrůd typu „linie“

## Homogenost, homozygotnost

- Jen malá genetická variabilita uvnitř linie
- **Homozygotnost** – vyjadřuje koeficient původu (0 – 1)
  - měl by být min. 0,87 (tedy 87 % alel u rostlin typu linie by měli být stejné)
- První krok vzniku linií = křížení dvou odrůd / linií
- Další kroky:
  - uniformní  $F_1$  generace
  - vznik rekombinantní  $F_2$  generace
  - další generace  $F_3, F_4$  ..zvyšující se podíl homozygotů  
a snižující se podíl heterozygotů (na polovinu)

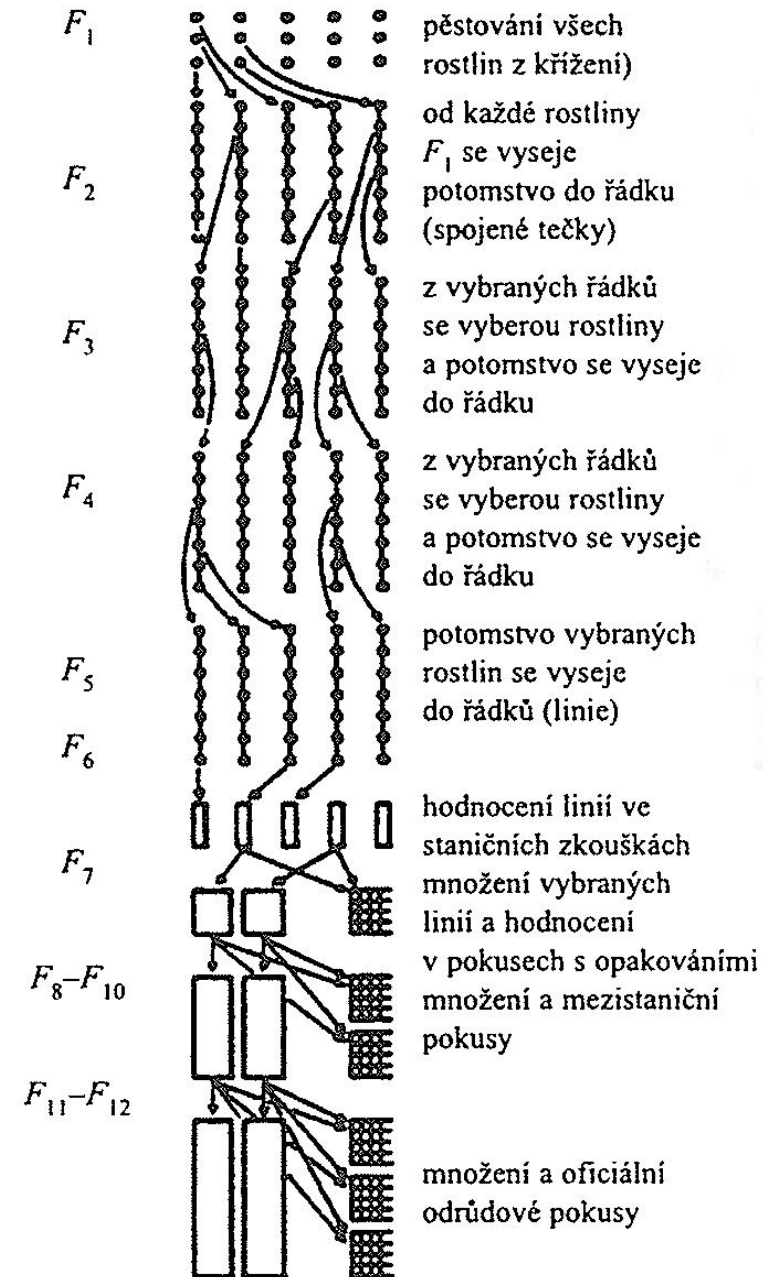
Přihlášení kandidatury do odrůdových zkoušek:  $F_6$  až  $F_8$

# Základní metody šlechtění, selekce

## odrůd typu „linie“

### Rodokmenová metoda

Generace Rodokmenová metoda





# Základní metody šlechtění, selekce odrůd typu „linie“

## Rodokmenová metoda

- Používá se u samosprašných, příp. i cizosprašných odrůd (u těch se používá nucené samoopylení)
- Selekcce začíná v  $F_2$  generaci (vyseté ve směsi)

*Př. Pokud selektujeme na 5 znaků, kterých výskyt v populaci je  $1/5$ ,  $1/10$ ,  $1/4$ ,  $1/20$  a  $1/6$ , pravděpodobnost výskytu rostliny, která splňuje všechna selekční kritéria je  $1 : 24000$  – proto musí být počet rostlin v generaci  $F_2$  dostatečný*

- Od  $F_3$  generace se potomstva vysévají do mikroparcelek (řádků) a probíhá jejich selekce
- Genetická variabilita mezi rostlinami v rámci potomstev se postupně snižuje, narůstá počet homozygotů

# Křížení

- Tvorba  $F_1$



# Homozygotace a selekce

- Tvorba  $F_2$  generace (v této generaci selektujeme zejména na znaky z vysokou heritabilitou)
- Selektce v  $F_3$  generaci (od  $F_4$  generace- selektce na ostatní znaky)



Po homozygotaci – testování výnosu ve  
výkonových zkouškách (zkoušky užité hodnoty)



# Základní metody šlechtění, selekce odrůd typu „linie“

## Rodokmenová metoda

### Výhody:

- Selekcce ve všech generacích od  $F_2$
- Selekcce je prováděna k rozdílných environmentálních podmínkách (různé ročníky selekce)
- Je známa genetická posloupnost rostlin a linií

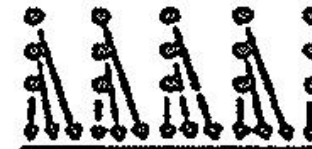
### Nevýhody:

- Nutná selekcce v zamýšlených podmínkách pěstování
- Složitá evidence
- Finanční náročnost
- Nutné zkušenosti šlechtitele

# Základní metody šlechtění, selekce odrůd typu „linie“

## Směšovací metoda

### Směšovací metoda



pěstování všech  
rostlin z křížení)



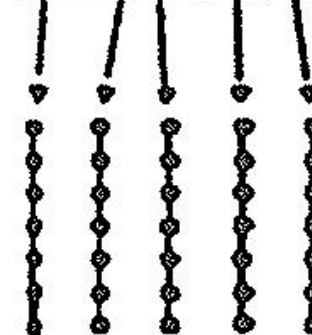
přesev všech rostlin  
ve směsi



přesev všech rostlin  
ve směsi



výběr jednotlivých  
rostlin a výsev  
jejich potomstva  
do řádků



potomstvo  
vybraných  
rostlin se vyseje  
do řádků (linie)

# Základní metody šlechtění, selekce odrůd typu „linie“

## Směšovací metoda

- Rostliny od  $F_2$  generace se sklídí všechny- ve směsi a vysévají se společně až do dosažení homozygotnosti
- Pak se vyberou jen nejvhodnější rostliny a ty se společně smíchají – toto tvoří základ kandivaru

## Výhody:

- Jednoduchost
- Využití přirozené selekce v jednotlivých generacích

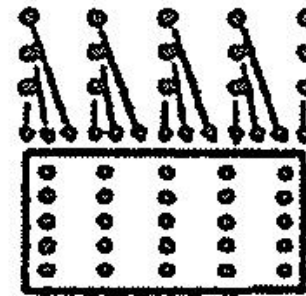
## Nevýhody:

- Reprodukce všech rostlin do dalších generací (i těch nežádoucích)
- Nevhodná pro netypické podmínky pěstování (vliv prostředí)

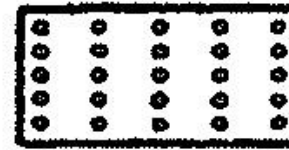
# Základní metody šlechtění, selekce odrůd typu „linie“

## Jednozrnková metoda

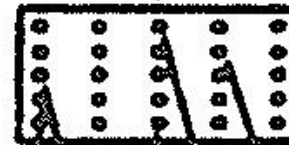
### Jednozrnková metoda



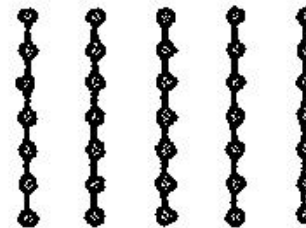
pěstování všech  
rostlin z křížení)  
od každé rostliny  
se ve směsi vyseje  
jedno zrnko



od každé rostliny  
se ve směsi vyseje  
jedno zrnko



od každé rostliny  
se ve směsi vyseje  
jedno zrnko

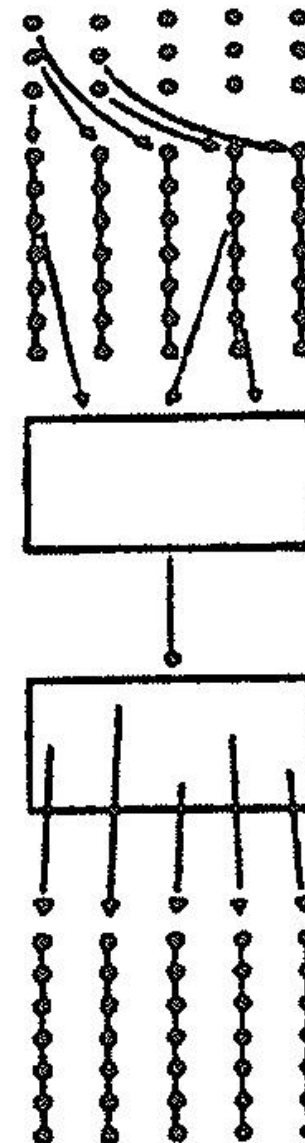


potomstvo vybra-  
ných  
rostlin se vyseje  
do řádků (linie)



# Základní metody šlechtění, selekce odrůd typu „linie“

## Kombinace rodokmenové a směšovací metody



pěstování všech rostlin  
z křížení)

viz rodokmenová metoda

z vybraných řádků se  
vyberou rostliny  
a jejich potomstvo  
se vyseje ve směsi

viz směšovací metoda

potomstvo vybraných  
rostlin se vyseje do  
řádků (linie)

# Základní metody šlechtění, selekce odrůd typu „linie“

## Zpětné křížení – backcross

- Používá se ke zlepšení jedné, příp. více vlastností opakovaným křížením s jedním z rodičů (tzv. „rekurentní“ rodič). Tento musí mít dobrou úroveň všech vlastností kromě té, která má být zlepšena křížením.
- Druhý rodič – donor (nese geny pro zlepšení chybějící vlastnosti rekurentního rodiče) – nesmí být podprůměrný

### Možnosti:

- Přenos znaku podmíněného dominantní alelou
- Přenos znaku podmíněného recesivní alelou

### Využití:

*Např. ke zlepšení odolnosti / kvalitativní vlastnosti již registrované odrůdy – nově vzniklá odrůda po backcrossu, bude mít stejné vlastnosti jako původní odrůda, ale bude zlepšena o jeden znak.*

# Zpětné křížení – backcross

Přenos znaku podmíněného dominantní alelou (RR)

P rr x RR

F<sub>1</sub> Rr rr x Rr

BC<sub>1</sub>F<sub>1</sub> Rr, rr rr x Rr

BC<sub>2</sub>F<sub>1</sub> Rr, rr rr x Rr



BC<sub>4</sub>F<sub>1</sub> Rr, rr

- Samoopylení



25 : 50 : 25 (RR : Rr : rr) – selfování RR a Rr



BC<sub>4</sub>F<sub>3</sub> . . . Ustálení a selekce - srovnání s rekurentním rodičem

# Zpětné křížení – backcross

Generace	Podíl genů z rekurentního rodiče (%)	Podíl genů z donora (%)
$F_1$	50	50
$BC_1F_1$	75	25
$BC_2F_1$	87,5	12,5
$BC_3F_1$	93,75	6,25
$BC_4F_1$	96,875	3,125
$BC_5F_1$	98,4375	1,5625

Stejné poměry podílu homozygotů a heterozygotů platí i pro selfování v jednotlivých generacích – homogenní a homozygotní materiál v generaci  $F_4$

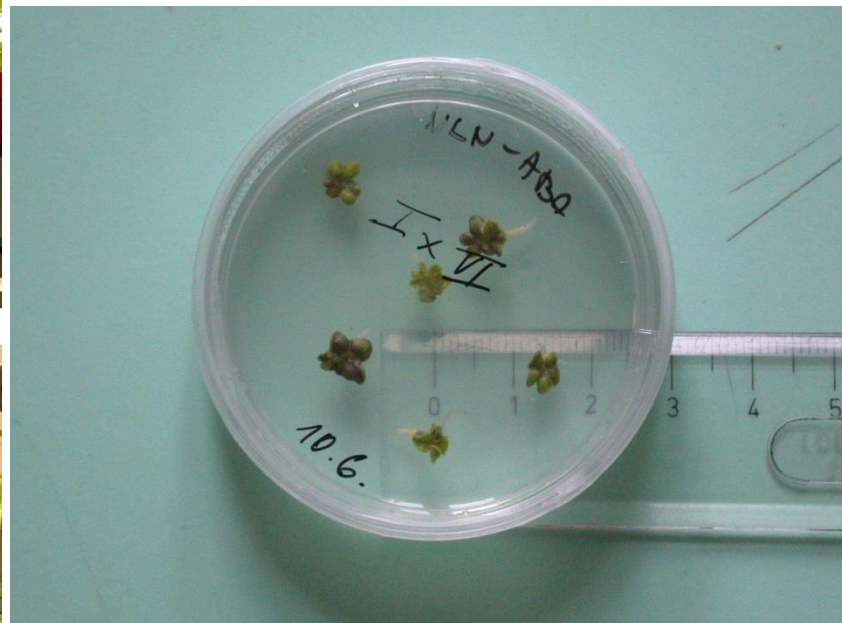
# Základní metody šlechtění, selekce odrůd typu „linie“

## **Dihaploidizace:** urychlení homozygotace

- Převedení haploidních gamet na diploidní úroveň polyploidizací-rostliny jsou homozygotní na všech lokusech
- Vychází se z generace  $F_1$ , příp.  $F_2$  aby byla postižena co nejširší genetická variabilita
- U obilnin – vyšlechtěno asi 60 DH odrůd

## Nevýhody:

- Nemožnost selektovat během homozygotace
- Nutnost speciálních postupů, laboratoří, personálu
- Projevy somaklonární proměnlivosti
- Častá nižší výkonnost DH než tradičních linií



# Šlechtění odrůd typu populace

- 1) Populace z volného opylení
- 2) Syntetické populace

# Šlechtění odrůd typu populace:

Populace z volného opylení

## **Hromadná selekce** - základní postup:

- 1) Výběr nejlepších rostlin z populace po křížení, příp. jiné populace
- 2) Smíchání semen sklizených rostlin a zásev
- 3) Opětovný výběr nejlepších rostlin

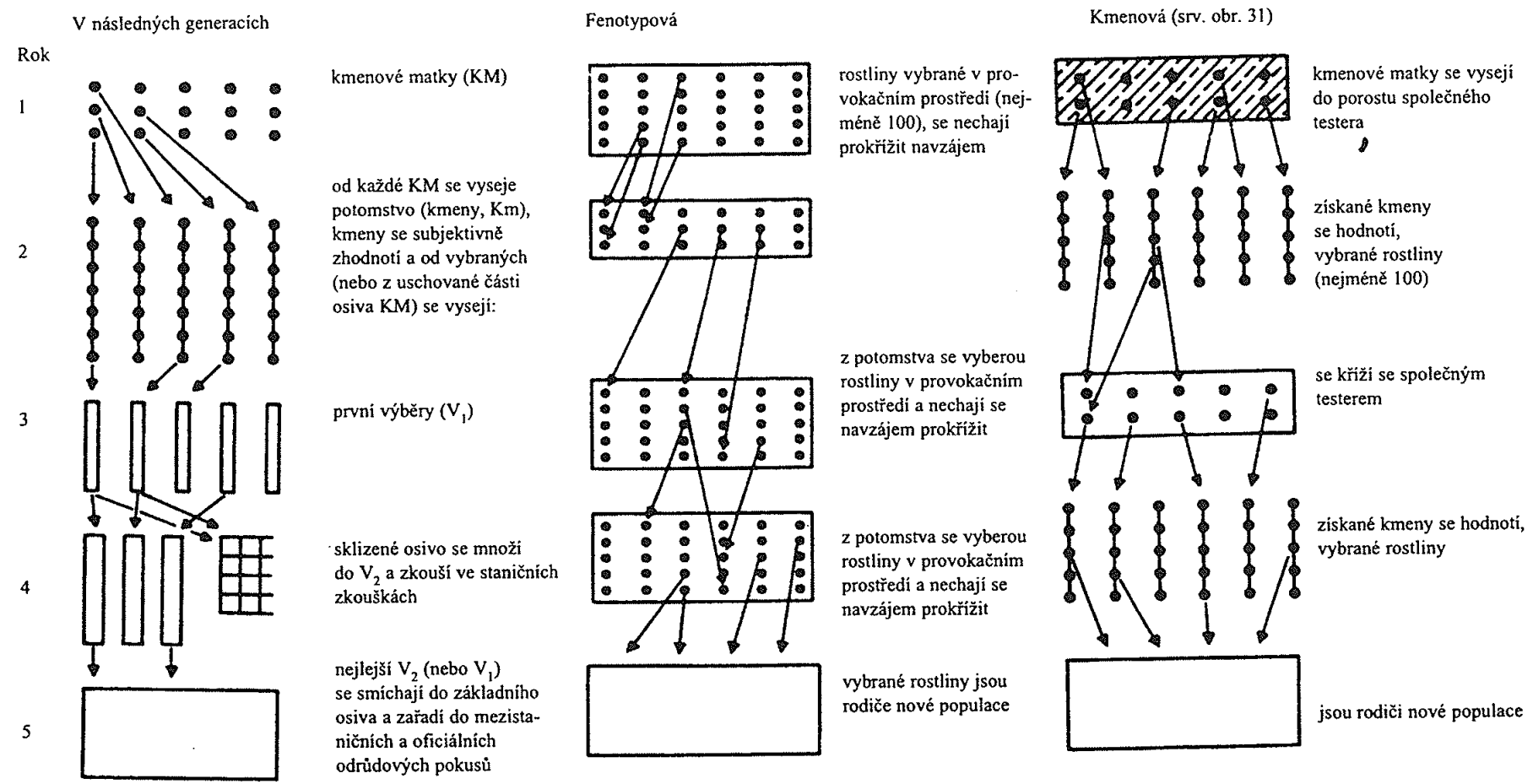
## **Individuální selekce** – základní postup:

- 1) Výběr nejlepších rostlin z populace po křížení, příp. jiné populace
- 2) Testování potomstev sklizených rostlin
- 3) Výběr nejlepších potomstev na základě výnosu...
- 4) Jejich smíchání a výsev



# Šlechtění odrůd typu populace –

## Rekurentní selekce – opakující se selekce



# Šlechtění syntetických odrůd (syntetické populace)

Vznikají z pěti a více komponent (u cizosprašných druhů) – na rozdíl od hybridních odrůd, které vznikají křížením 2 až 4 rodičovských komponent

Syntetické populace se používají ve více generacích – syn-1 až syn-3 (syn-4)

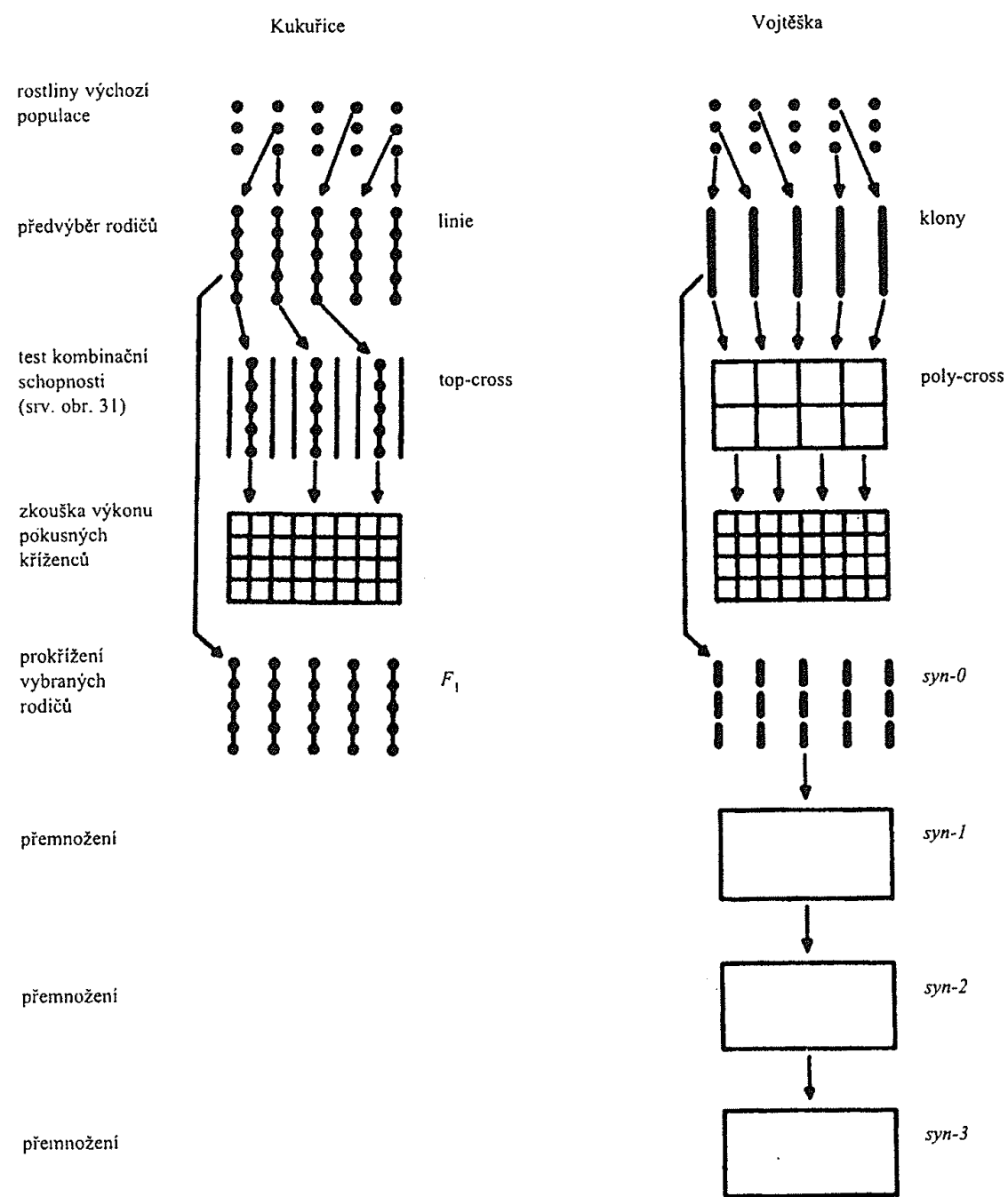
Využití:

- U druhů, které nesnáší samoopylování (jeteloviny, trávy)
- Využívá se heteroze

Další použité metody (testování kombinační schopnosti):

- Topcross
- Polycross

# Šlechtění syntetických odrůd (syntetické populace)



# Šlechtění odrůd typu klonů

- Vegetativně množené plodiny mají odrůdy tvořené klony

Postup:

- 1) Tvorba genetické variability
- 2) Výběr a hodnocení jedinců, v další generaci hodnocení klonů získaných z vybraných jedinců
- 3) Množení vybraných klonů:
  - Hlízami (brambor)
  - Cibulemi (česnek)
  - Odnožemi (jahodník)
  - Rouby (ovocné a okrasné dřeviny, réva)
  - Meristemy (brambory, česnek, orchideje)
  - Očky (ovocné dřeviny)

# Šlechtění odrůd typu klonů

TABULKA 12 Schéma šlechtění bramboru (Voral, Kameníková, 1994)

Rok	Generace	Počet kříženců
1	semenáče (ve skleníku)	180 000
2	A-ramš	80 000
3	B-ramš	25 000
4	1. klonová generace	8 000
5	2. klonová generace	2 000
6	3. klonová generace	400
7	4. klonová generace (předzkoušky, 1. rok)	80
8	5. klonová generace (předzkoušky, 2. rok)	20
9	6. klonová generace (státní odrůdové zkoušky, 1. rok)	4
10	7. klonová generace (SOZ, 2. rok)	3
11	8. klonová generace (SOZ, 3. rok)	2

# Šlechtění odrůd typu klonů

- Odrůdy typu klonu jsou již silně heterozygotní, proto po křížení rodičů lze klony selektovat již v  $F_1$  generaci po vyšetí
- Problém vegetativně množených odrůd je zdravotní stav – prevence virových chorob a vylučování odchylných typů

# Šlechtění hybridních odrůd

## Předpoklady tvorby hybridů

- Existence heterozního efektu (existence dominance a superdominance). Heteroze je vyšší výnos heterozygotů proti srovnatelným homozygotům.
- Technická proveditelnost (biologické a genetické předpoklady, cena)
- Heteroze může vzniknout, pokud mají rodiče hybrida rozdílné alely na lokusu. Pokud by platila pouze teorie dominance, rodiče z křížení by dosahovali úrovně hybrida. Protože ale hybridy překonávají i rodiče – uplatňuje se i teorie „superdominance“

Mendelovo rozdělení populace:

- a) Dominance (Alela „A“)
- b) Štěpení v F2 generaci při úplné dominanci
- c) Fenotypové štěpení

$AA \times aa$

↓ ↓

$A \times a$

↓

$Aa$

(a)

$Aa \times Aa$

↓ ↓

$A,a \quad A,a$

	$A$	$a$
$A$	$AA$	$Aa$
$a$	$Aa$	$aa$

Phenotypic ratio 3 : 1

(b)

$AABB \times aabb$

↓ ↓

$AB \times ab$

↓

$AaBb$

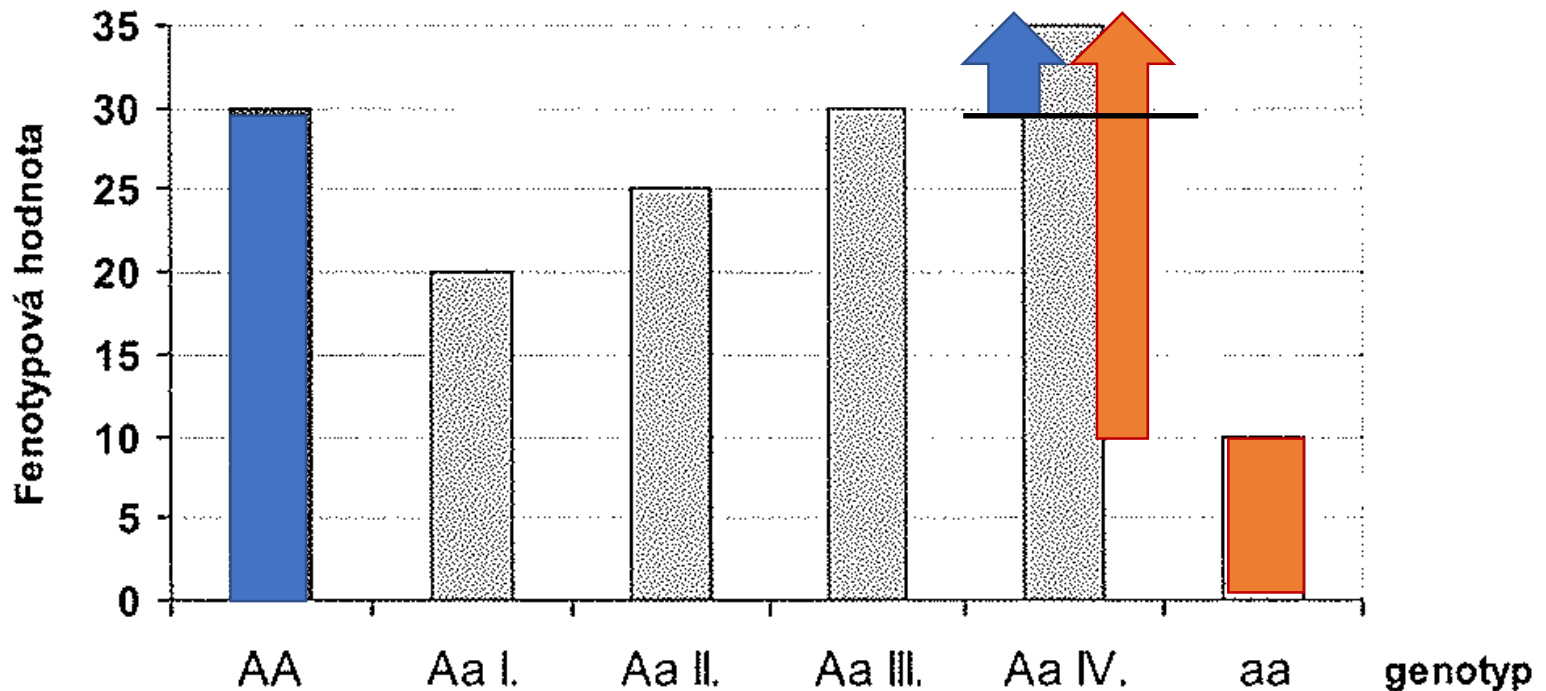
	$AB$	$aB$	$Ab$	$ab$
$AB$	$AABB$	$AaBB$	$AABb$	$AaBb$
$aB$	$AaBB$	$aaBB$	$AaBb$	$aaBb$
$Ab$	$AABb$	$AaBb$	$AAbb$	$Aabb$
$ab$	$AaBb$	$aaBb$	$Aabb$	$aabb$

Phenotypic ratio 9 : 3 : 3 : 1

(c)



# Princip hybridizace: superdominance



20 Vliv genotypu na fenotypovou hodnotu:

- při aditivním účinku genů bez dominance,
- při částečné dominanci,
- při úplné dominanci,
- při superdominanci.

# Liniové odrůdy vs. hybridní odrůdy

## HYBRIDY

- 1) výhody:
  - díky heteroznímu efektu vyšší výnos (kukuřice, řepka)
  - dobrá právní ochrana - vymahatelnost licenčních poplatků
  - vysoká vitalita rostlin
  
- 2) nevýhody:
  - složitá selekce i šlechtění
  - vyšší cena osiva (výsevní jednotky)
  - komplikovaná kombinace požadovaných znaků
  - složité udržování odrůd (množení)
  - omezené množství materiálů pro křížení
  - nutná existence funkčního systému zábrany samosprášení a obnovy fertility

# Hybridní odrůdy

- Vznikají křížením dvou až čtyř rodičů s dobrou kombinační schopností
- Certifikované osivo: vzniklo z křížení těchto rodičů
- Zejména u samosprašných druhů (ale i cizosprašných)
- Všechny rostliny hybridních odrůd jsou **heterozygotní**

V případě syntetických populací (5 a více rodičů u cizosprašných druhů) je překonání rodičů výsledkem **transgrese**

V případě hybridů (max. 4 rodiče) je překonání rodičů výsledkem **heteroze**

**Heteroze:** vyšší výnos heterozygotů proti výnosu homozygotů

# Zvýšení úrovně různých znaků vlivem heteroze u řepky ozimé (*Paulmann, 1999*)

Znak	Heteroze (ano/ne)
Výnos semene	ANO
Výnos oleje	ANO
Obsah oleje	NE
HTS	NE
Výška rostlin	ANO
Odolnost proti poléhání	NE
Rezistence	NE
Vitalita	ANO
Přezimování	(ANO)
Obsah GSL	NE

# Úroveň heteroze

Nejvyšší: kukuřice, cukrovka, žito

Střední: řepka

Nízká: pšenice, rýže (u těchto druhů plodin proto nejsou registrovány žádné, nebo minimum hybridních odrůd)

## Hybridní odrůdy podle počtu rodičů

### 2- liniové

-  $A \times B$

### 3- liniové

-  $(A \times B) \times C$

### 4- liniové

-  $(A \times B) \times (C \times D)$

# Podmínka hybridizace – funkční systém opylení ( kontroly sterility

- 1) **Mechanicky** – mechanické odstranění prašníků u oboupohlavních květů kvůli zabránění opylení, nebo odstranění samčích květů (kukuřice). *Nevýhody: časová náročnost, náklady*
- 2) **Chemicky** – chemikálie, které způsobují sterilitu – gametocydy, pollenocidy, androcidy – *Etephone, Dalapon, Hybrex...*
- 3) **Genetické mechanismy** –
  - a) Samčí sterilita
    - Cytoplazmatická (nejpoužívanější)
    - Jaderná
    - Cytoplazmaticko - jaderná
  - b) Inkompatibilita (neschopnost rostliny opylit sama sebe díky S alelám)

# Kombinační schopnost

- Vlastnost rodičů (linie, klony, odrůdy) projevující se vznikem heteroze u hybridů, nebo transgrese u syntetických populací

## Obecná kombinační schopnost

General Combining Ability (GCA) – kombinační schopnost zjištěná z několika kombinací křížení, tj. ať nakřížíme rodiče s jakýmkoliv jiným rodičem, vznikne v hybridní generaci heterozní efekt

GCA je řízena aditivním účinkem genů

Aditivní účinek genů = působení nealelických genů na kódovaný znak součtem účinků každé aditivní alely

# Kombinační schopnost

- Vlastnost rodičů (linie, klony, odrůdy) projevující se vznikem heteroze u hybridů, nebo transgrese u syntetických populací

## Specifická kombinační schopnost

Specific Combining Ability (SCA) – heterozní efekt vzniká jen v určité kombinaci rodičů

GCA je většinou řízena neaditivním účinkem genů obou rodičů, tedy interakcemi mezi geny



# Hodnocení kombinační schopnosti

Výpočet výkonnosti kříženců rodičů „a“ a „b“

$$Y_{ab} = \mu_Y + GCA_a + GCA_b + SCA_{ab}$$

$Y_{ab}$  – průměrná výkonnost kříženců rodičů „a“ a „b“

$\mu_Y$  - průměrná výkonnost kříženců

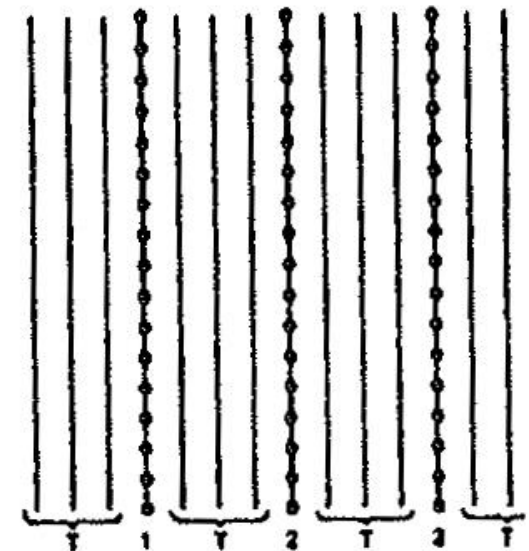
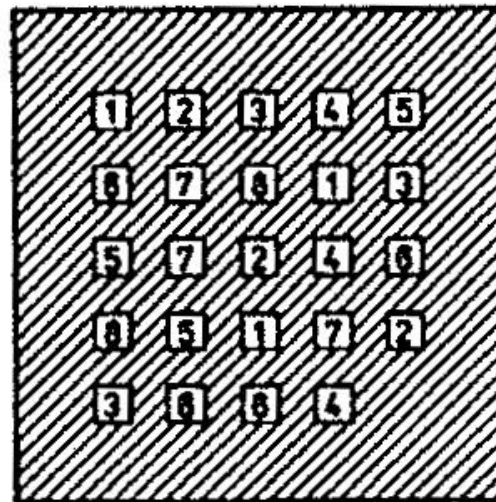
$GCA_a$  – efekt obecné kombinační schopnosti rodiče „a“

$GCA_b$  – efekt obecné kombinační schopnosti rodiče „b“

$SCA_{ab}$  – efekt specifické kombinační schopnosti křížence rodičů „a“ x „b“

# Top-cross (tzv. vrcholové křížení)

- Všechny potenciální rodičovské komponenty se nakříží s jedním rodičem (většinou otcem) – tzv. testerem
- Pokud je tester klon, nebo linie – výkonnost hybridů po nakřížení je ukazatelem SCA
- Pokud se jako tester použije odrůda z volného opylení, hybrid, nebo heterogenní materiál - výkonnost hybridů po nakřížení je ukazatelem GCA
- *Použ. – například u kukuřice (u matek se odstraní laty)*

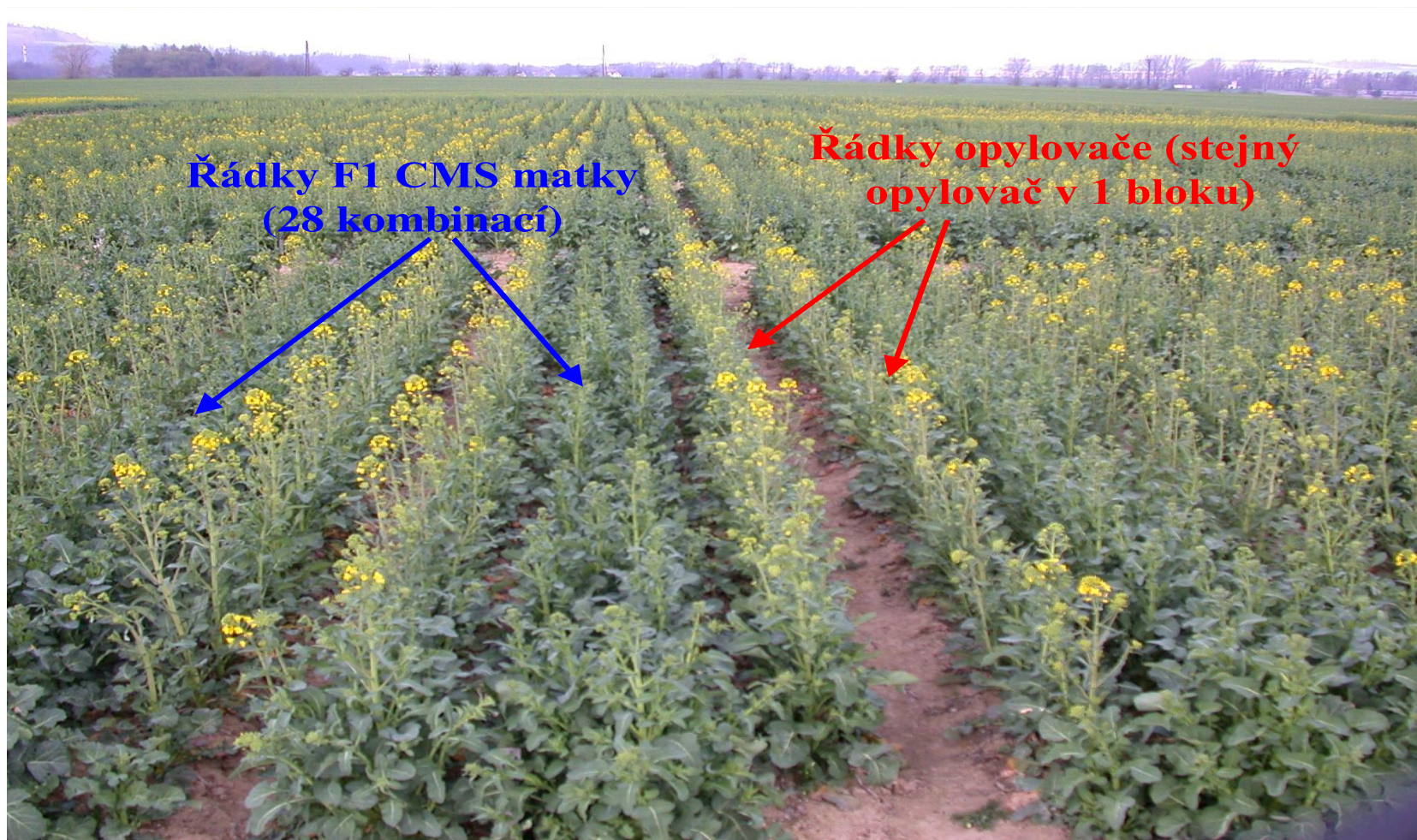


# Příklad topcrossu: *Ogu*-INRA systém hybridizace

CMS linie A115 x 28 výkonných linií (udržovatelů sterility)

↓  
 $F_1$  (S) x 7 linií obnovitelů fertility (*RfRf*)

↓  
196 restaurovaných hybridů



## Poly-cross (tzv. hromadné křížení)

- Testování kříženců vzniklých vzájemným křížením všech mateřských komponent
- Používá se například u tvorby syntetických populací
- Předpokladem poly-crossu je cizosprašnost, tedy že dojde k cizosprašení mezi rostlinami v bloku (viz. Obrázek)

3	5	7	2	4	8	1	6
8	6	4	1	7	2	3	5
2	3	8	5	6	1	4	7
4	1	6	7	3	5	8	2
5	7	2	8	1	4	6	3
6	8	1	3	2	7	5	4
7	4	5	6	8	3	2	1
1	2	3	4	5	6	7	8

# Příklad výpočtu GCA

Dialelní křížení rodičů A, B, C a D (počet semen u kříženců)

linie	A	B	C	D	E	SUM
A	-	14	18	24	30	86
B	14	-	22	26	26	88
C	8	14	-	19	30	71
D	19	28	18	-	37	102
E	16	37	26	29	-	108
SUM	57	93	84	98	123	455

Průměrný výnos všech kříženců:  $\mu = 455/20 = 22,75$

$GCA_A = (86 + 57) / 8 = (17,875 - 22,75) = -4,875$  (rodič A je výrazný zhoršovatel)

$GCA_B = (88 + 93) / 8 = -0,125$

$GCA_C = (71 + 84) / 8 = -3,375$

$GCA_D = (102 + 98) / 8 = +2,250$

$GCA_E = (108 + 123) / 8 = +6,125$  (rodič E je výrazný zlepšovatel)

$$\Sigma = 0$$

## Příklad výpočtu SCA

linie	A	B	C	D	E	SUM
A	-	14	18	24	30	86
B	14	-	22	26	26	88
C	8	14	-	19	30	71
D	19	28	18	-	37	102
E	16	37	26	29	-	108
SUM	57	93	84	98	123	455

Průměrný výnos všech  
kříženců:

$$\mu = 455/22 = 22,75$$

$$SCA_{AxB} = (14 + 14) / 2 - (22,75 - 4,875 - 0,125) = -3,75$$

$$SCA_{AxC} = (18 + 8) / 2 - (22,75 - 4,875 - 3,375) = -1,50$$

$$SCA_{AxD} = (24 + 19) / 2 - (22,75 - 4,875 + 2,25) = +1,375$$

$$SCA_{AxE} = \dots = -1,00$$

$$SCA_{BxC} = \dots = -1,25$$

$$SCA_{BxD} = \dots = +2,125$$

$$SCA_{BxE} = \dots = +2,75$$

$$SCA_{CxD} = \dots = -3,125$$

$$SCA_{CxE} = \dots = +2,50$$

$$SCA_{CxE} = \dots = +1,875$$

$$\Sigma = 0$$

## Příklad výpočtu SCA a GCA – výběr vhodných rodičů

$$Y_{D \times E} = \text{průměrný výnos všech kříženců} + GCA_D + GCA_E + SCA_{DE}$$

$$Y_{D \times E} = 22,75 + 2,25 + 6,125 + 1,875 = 33$$

Průměrný výnos všech kříženců byl 22,75 semen

Z celkové výkonnosti kombinace D x E (33), připadá rozdíl 10,25 na kombinační schopnost mezi rodiči D a E

# Typy sterility při šlechtění hybridních odrůd

Pylová sterilita se využívá u mateřské linie (jednoho z rodičů) při výrobě hybridního osiva.

## Typy pylové sterility:

- 1) Jaderná – řízena jaderným genem – obvykle jedním recesivním ***ms*** (rajče, ječmen, brambor, řepka..)
- 2) Cytoplazmatická – umístěna v mitochondriích – ***S*** (vojtěška, mrkev, řepka)
- 3) Cytoplazmaticko-jaderná – v případě, že není důležité, zdali bude finální hybrid fertillní či nikoliv (kukuřice, cukrovka, cibule)

## Autoinkompatibilita

## GMO technologie



# **Příklady tvorby hybridů při použití různých typů sterility**

# Charakteristika hybridního systému Ogu-INRA

Původ: fúze protoplastů japonské ředkve Ogura do ozimé řepky

Princip:

*samčí cytoplazmatická sterilita* - cytoplazma (S) - **DOMINANTNÍ**  
*udržovatel sterility (liniová odrůda)* - cytoplazma (F)  
*úplný obnovitel fertility* - homozygotní alela „RfRf“  
*neúplný obnovitel fertility* - heterozygotní alela „Rfrf“/„rfRf“

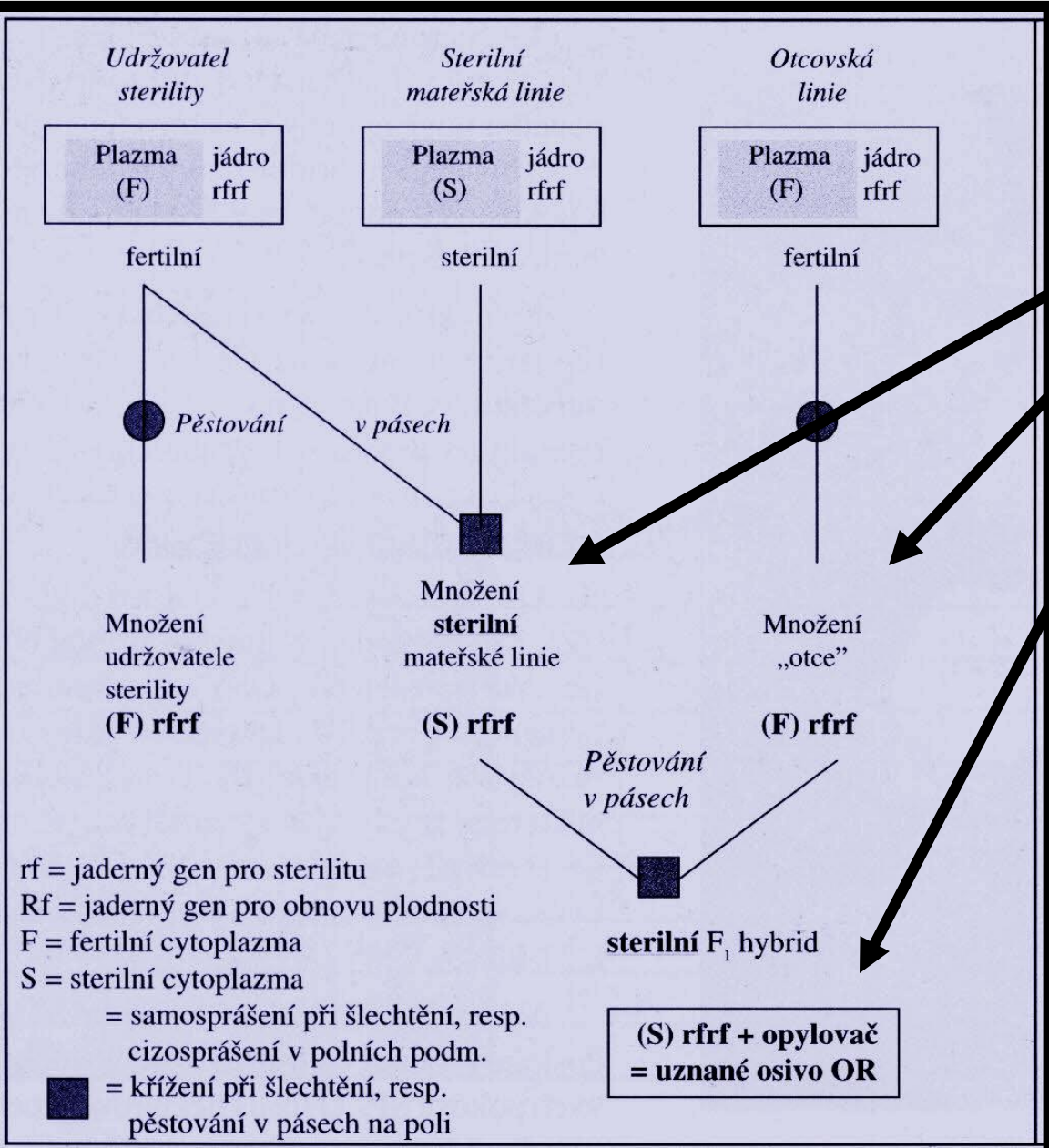
**Sterilní květ se zakrnělými prašníky**



**Fertilní květ udržovatele sterility**



# Kompozitní OGU-INRA systém



Vysoký počet možností

Osivo – C – je složeno z:  
 a) Steril. části (F1 hybrid)  
 80%, 75%

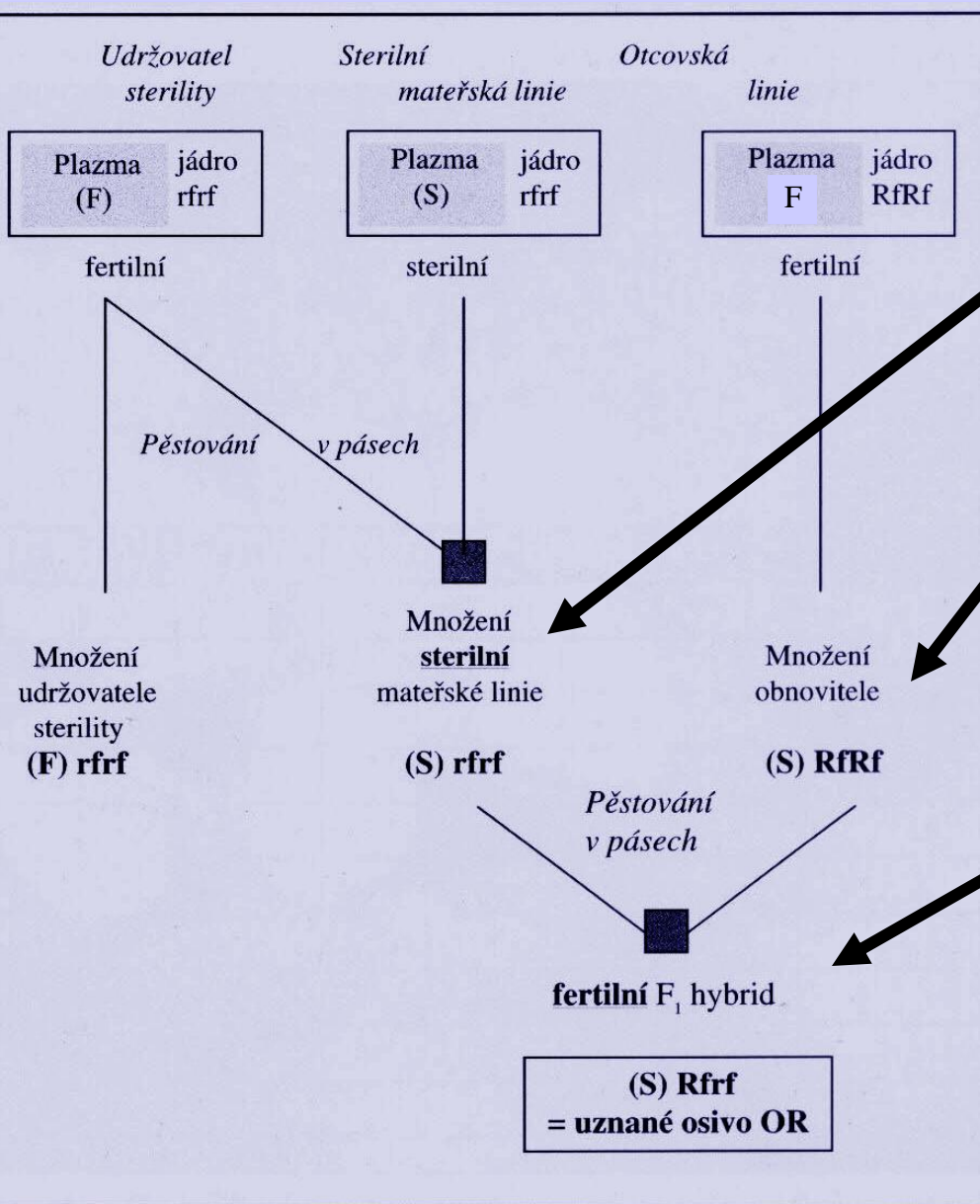
b) Fertilní části (opylovač)  
 20%, 10:10%, 15 %

**Výsledek je ovlivněn  
 Průběhem počasí !!!**

**Sterilní komponent bez produkce pylu  
(zakrnělé prašníky)**



# Restaurovaný OGU-INRA systém



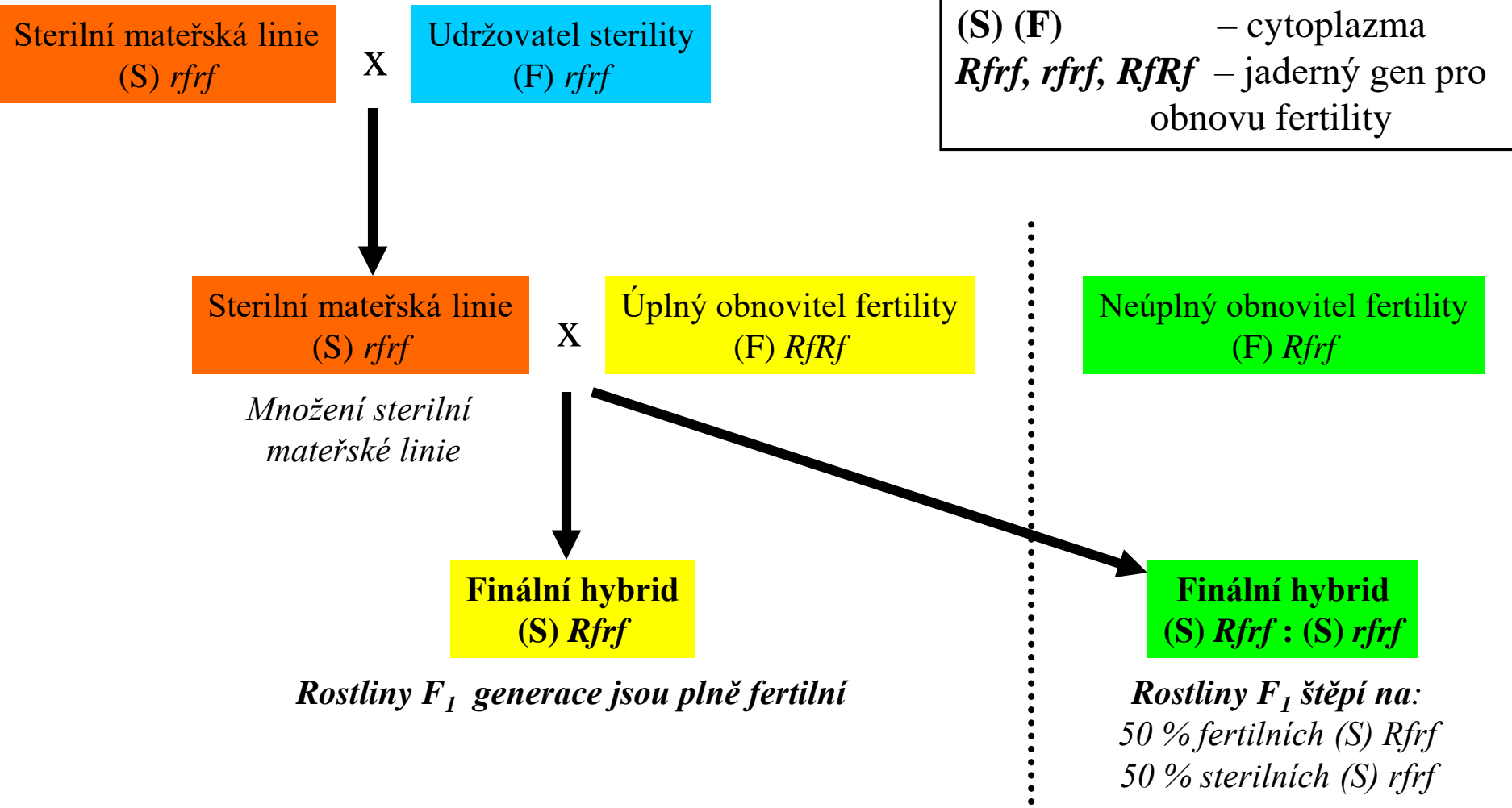
Vysoký počet možností

Omezené možnosti  
(málo genetických zdrojů)

Osivo C – je složeno ze  
100 % fertilních rostlin

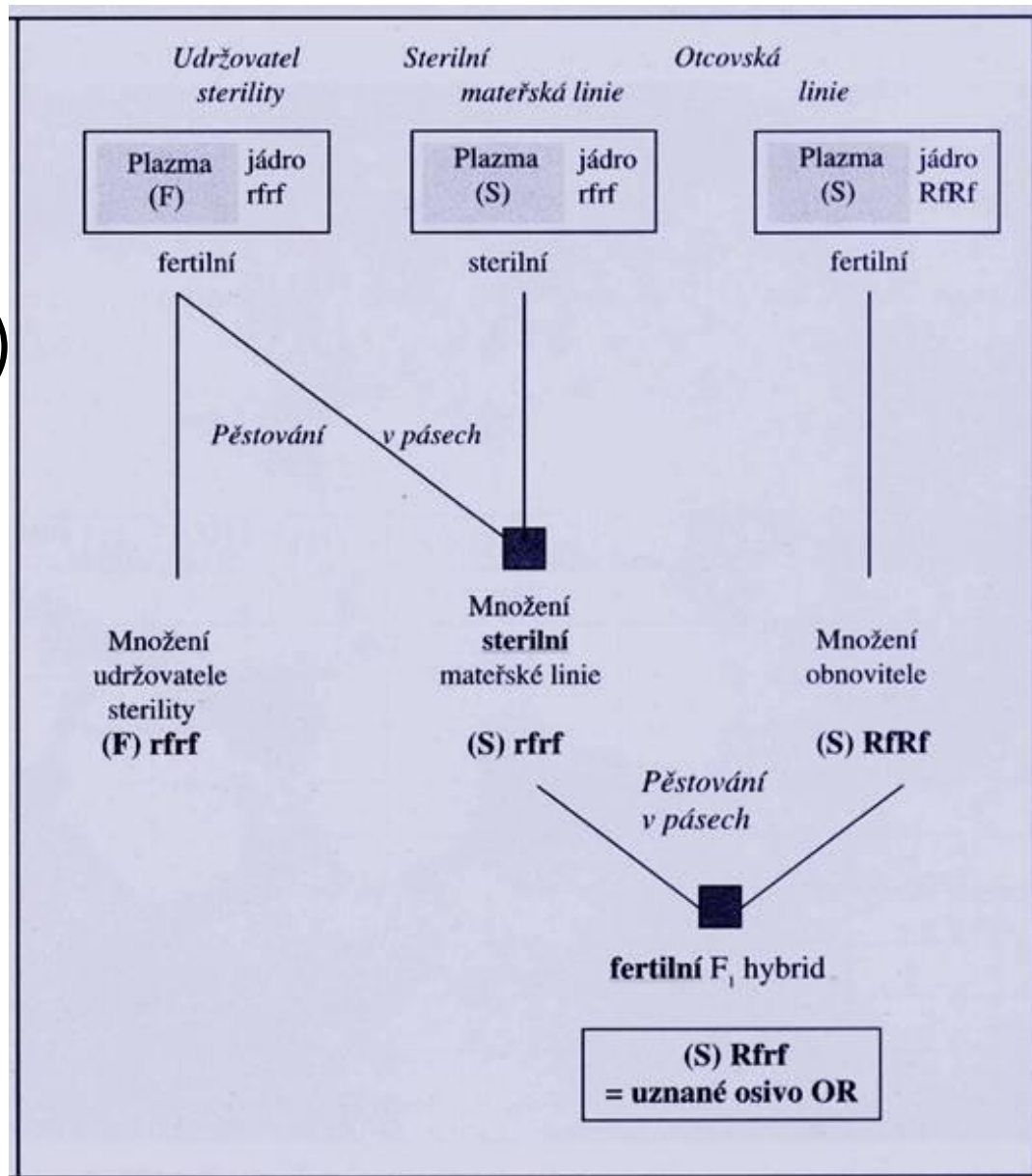
**Výsledek není ovlivněn  
průběhem počasí !!!**

# Výroba restaurovaného *Ogu*-INRA hybridu:



# System MSL - genová sterilita (Noack et al., 1999)

1. sterilní mateřská linie (produkuje hybridní osivo)
2. udržovatel sterility – „maintainer“ (fertilní linie sloužící k množení mateřské sterilní linie)
3. obnovitel fertility – „restorer“ (používá se jako opylovač pro finální výrobu hybridního osiva)



# Autoinkompatibilní systém

**Autoinkompatibilita** = zábrana proti samosprášení  
(u řepky- homomorfní, druhý typ - heteromorfní)

a) Gametofyická

b) Sporofytická (řízena allelami v pestíku při prorůstání pylové láčky)

Výhody: relativní jednoduchost, prokázán heterozní efekt

Nevýhody: malý počet kombinací, kvalita

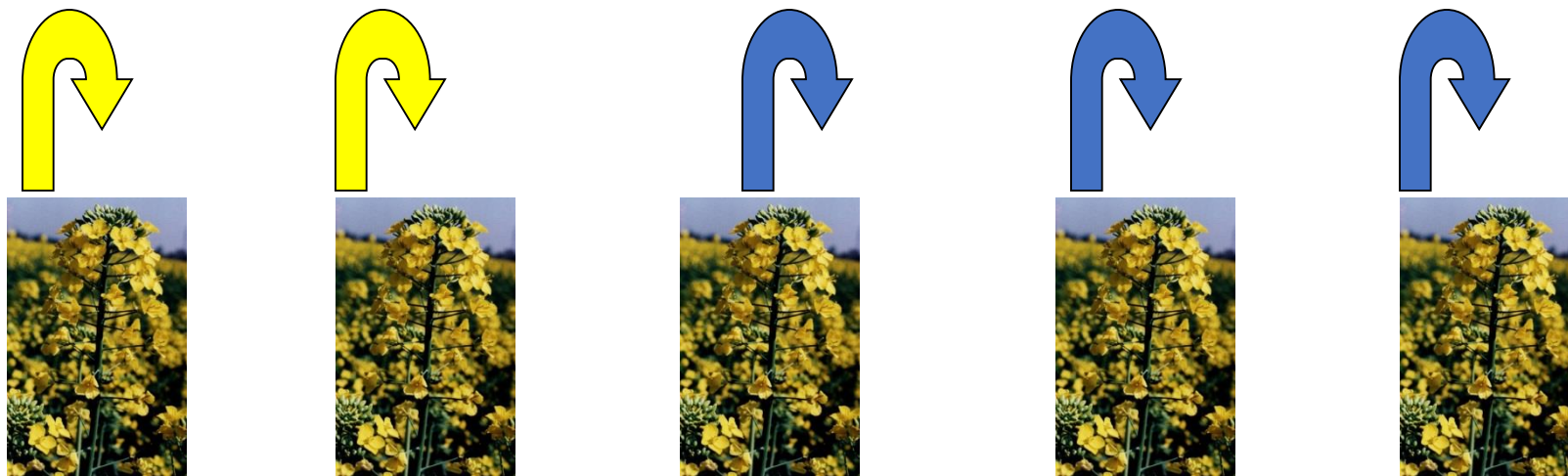
Tvorba AI hybridů →



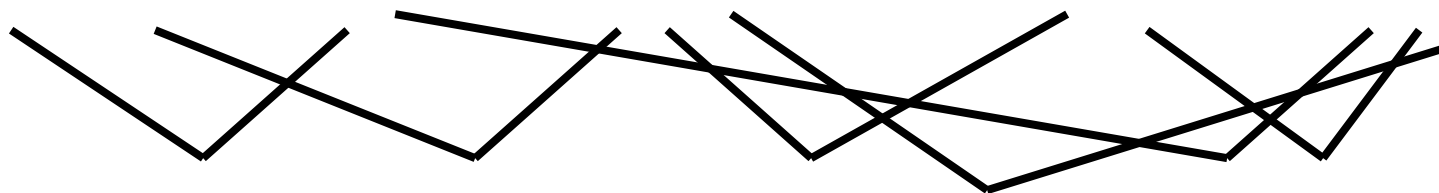


Množení (narušení autoinkompatibility:  
postřik NaCl, atmosféra s CO2...

## Samooppylení - NE



S1S1 S2S2 S3S3 S4S4 S5S5 ...atd



Opollení všech odchylných S allele !!!

# System SEEDLINK

System je používán například v Kanadě (jarní řepka)

Princip – **odolnost k účinné látce glufosinate-NH<sub>4</sub>**. Pro rostliny toxický G-NH<sub>4</sub> se enzymem detoxifikuje na neškodný N-acetyl glufosinate. (tolerance až 20 l přípravku LIBERTY)

KOMPONENTY:

- 1) rostliny, kde je aktivní gen ***barnáza*** (rostlina nevytvoří prašníky)
- 2) rostliny s genem ***barstar*** (F1 generace má vyvinuty samčí i samičí orgány)
- 3) „značkovač“ s ***PAT*** genem (odstraňuje rostliny, které nenesou ani jeden žádoucí gen)

# Postup při tvorbě hybridních odrůd

- Vytvoření segregující populace
- Inbreeding rostlin uvedené populace pro dosažení požadované homozygotnosti
- Hodnocení vlastností homozygotních linií a jejich výkonnosti
- Hodnocení kombinačních schopností vybraných linií
- Hodnocení linií – jejich použití v experimentálních hybridech podle kombinační schopnosti
- Výroba hybridního osiva, včetně osiva všech potřebných komponent a zajištění množení osiva a výroba certifikovaného hybridního osiva

# Postup při tvorbě hybridních odrůd

Možný počet hybridních kombinací podle počtu rodičů

2-liniový hybrid:

$$[ n ( n - 1 ) ] / 2$$

3-liniový hybrid:

$$[ n ( n - 1 ) ( n - 2 ) ] / 4$$

Dvojitý – tj. 4-liniový hybrid:

$$[ n ( n - 1 ) ( n - 2 ) ( n - 3 ) ] / 8$$

*U 10 rodičů je počet kombinací:*

*2-liniový hybrid: 45*

*3-liniový hybrid: 360*

*Dvojitý – tj. 4-liniový hybrid: 630*

# Rozdělení hybridů podle způsobu jejich tvorby

## *Poznámka:*

- *první je uveden mateřský rodič*
- *„S“ cytoplasma řídí pylovou sterilitu, která je dominantní nad normální cytoplasmou „N“*
- *Geny obnovitele fertility jsou „Rf“ a neobnovitele „rf“.*
- *Pokud má rostlina cytoplasmu „N“, je fertilní bez ohledu na geny o*

**1) jednoduchý hybrid** – vzniká křížením dvou linií:  $P_1$  je pylově sterilní ( $S, rfrf$ ),  $P_2$  je pylově fertilní ( $RfRf$ ), výsledný hybrid je tedy ( $S, Rfrf$ )

**2) modifikovaný jednoduchý hybrid** – získává se křížením  $[(P_1^*(S, rfrf) \times P_1(N, rfrf)] \times P_2(RfRf)$ , výsledný hybrid je pak ( $S, Rfrf$ ). V tomto případě hybrid získaný křížením  $P_1^* \times P_1$  poskytuje vyšší výnos než použití rodiče.

**3) dvojitě modifikovaný jednoduchý hybrid** – na rozdíl od předchozího případu je použit i druhý rodič  $P_2^*$ , pak je schéma tvorby hybridu  $(P_1^* \times P_1) \times (P_2^* \times P_2)$

\* v případě  $P_1$  a  $P_1^*$ , resp.  $P_2$  a  $P_2^*$  se jedná o blízké příbuzné linie *bnovy fertility*.

**4) tříliniový hybrid** – jeho tvorba je podobná jako u modifikovaného jednoduchého hybrida, ale jednotlivé linie nejsou příbuzné. Schéma je  $[(P_1(S, rfrf) \times P_2(N, rfrf))] \times P_3(RfRf)$ , výsledný hybrid je pak  $(S, Rfrf)$ .

**5) modifikovaný tříliniový hybrid** - při využití pylové sterility  $[(P_1(S, rfrf) \times P_2(N, rfrf))] \times [(P_3^*(S, rfrf) \times P_3(N, RfRf))]$  je hybrid z poloviny sterilní  $(S, Rfrf)$  a z poloviny fertillní  $(S, rfrf)$ .

**6) dvojitý hybrid** - vzniká křížením nepříbuzných rodičů  $(P_1 \times P_2) \times (P_3 \times P_4)$ , při využití pylové sterility  $[(P_1(S, rfrf) \times P_2(N, rfrf))] \times [(P_3(S, rfrf) \times P_4(N, RfRf))]$ , hybrid je z poloviny fertillní  $(S, Rfrf)$  a z poloviny sterilní  $(S, rfrf)$ .

## ***Podíl hybridních odrůd na trhu :***

Kukuřice: 100 %

Pšenice: 0 %

Ječmen: 0 %

Žito: 100 %

Řepka olejná: 80 %

Cukrová řepa: 100 %

Krmná řepa: 90 %



Snahy o využití jevu heteroze tvorbou nejvýznamnějších samosprašných obilovin, pšenice a ječmene, jsou stále spíše ve stadiu experimentů.

Hybridní odrůdy ječmene, byly brzy zcela vytlačeny lepšími a v osivu podstatně levnějšími liniovými odrůdami. Snaha o vývoj hybridních odrůd pšenice, přes značné pracovní úsilí věnované této problematice po roce 1960 v řadě zemí, nedoznala patřičného praktického ohlasu. To vedlo po roce 1970 k útlumu, či zrušení řady tuto problematiku řešících šlechtitelských projektů.

Přesto se v posledních letech opět objevují informace o možnostech vývoje hybridních odrůd pšenice při použití nových účinných gametocidů – k narušení vlivu cytoplazmatické samčí sterility u pšenice

Cena osiva hybridních odrůd je neúměrně vysoká.

Hybridy s výnosem překračující kontrolu o 11 a 15 %

# Inbreeding a heteroze

**Inbreeding:** opylování rostlin vlastním pylem

Výhody:

- Reprodukce homozygotního potomstva
- Dobré opylení bez závislosti na přenosu pylu větrem, hmyzem..

Inbreeding se využívá i ve šlechtění cizosprašných rostlin – nuceným samoopylením

Základní efekt inbreedingu:  
Zvyšování podílu homozygotů na úkor četnosti heterozygotů

Gene race	Četnost genotypů			F – podíl homozygotů
	AA	Aa	aa	
0 (F <sub>1</sub> )	0	1	0	0
1 (F <sub>2</sub> )	1 / 4	1 / 2	1 / 4	1 / 2
2 (F <sub>3</sub> )	3 / 8	1 / 4	3 / 8	3 / 4
3 (F <sub>4</sub> )	7 / 16	1 / 8	7 / 16	7 / 8
4 (F <sub>5</sub> )	15 / 32	1 / 16	15 / 32	15 / 16
5 (F <sub>6</sub> )	31 / 64	1 / 32	31 / 64	31 / 32
n	$1-(1/2)^n/2$	$(1/2)^n$		$1-(1/2)^n$

# Inbreeding a heteroze

**Inbreeding:** opylování rostlin vlastním pylem

Výhody:

- Reprodukce homozygotního potomstva
- Dobré opylení bez závislosti na přenosu pylu větrem, hmyzem..

Inbreeding se využívá i ve šlechtění cizosprašných rostlin – nuceným samoopylením

Základní efekt inbreedingu: Zvyšování podílu homozygotů na úkor četnosti heterozygotů

Generace	Četnost genotypů v %		
	AA	Aa	aa
0 (F <sub>1</sub> )	-	100	-
1 (F <sub>2</sub> )	25	50	25
2 (F <sub>3</sub> )	25,00 + 12,5 = 37,5	25	25,00 + 12,5 = 37,5
3 (F <sub>4</sub> )	37,5 + 6,25 = 43,75	12,5	37,5 + 6,25 = 43,75
4 (F <sub>5</sub> )	43,75 + 3,12 = 46,87	6,25	43,75 + 3,12 = 46,87
5 (F <sub>6</sub> )	46,87 + 1,56 = 48,43	3,12	46,87 + 1,56 = 48,43

# Inbreeding a heteroze

**V případě dihybrida AaBb – po samoopylení F<sub>1</sub> generace vznikne:**

- 1/4 homozygotů (AABB, Aabb, aaBB a aabb)
- 1/2 monohybridů (AABb, aaBb, AaBB a Aabb)
- 1/4 dihybridů (AaBb)

**Vzorec četnosti homozygotů:**

$$[(2^m - 1) / 2^m]^n$$

m – generace samoopylení

n – n-násobný hybrid (počet alelických párů)

# Typy květů a rostlin

## 1) Podle pohlaví jednotlivých květů

- Oboupohlavný květ (ve stejném květu jsou samčí i samičí pohlavní orgány)
- Jednoplavný květ (samčí a samičí pohlavní orgány jsou samostatně v oddělených květech – pestíkový květ a tyčinkový květ)

## 2) Podle pohlaví rostlin

- Jednodomé rostliny (samčí a samičí květy jsou na jedné rostlině) - *kukuřice*
- Dvoudomé rostliny (samčí a samičí květy jsou odděleně na různých rostlinách) - *vrba*

## 3) Podle způsobu opylení

- Samosprašné (blizna opylena pylem stejného květu)
- Cizosprašné (blizna opylena pylem květu jiného jedince)
- Fakultativně cizosprašné (květ je schopen samo- i cizo- sprášení)

# Šlechtění odrůd typu populace

- 1) Populace z volného opylení
- 2) Syntetické populace

# Šlechtění odrůd typu populace

## Populace z volného opylení

### **Hromadná selekce** - základní postup:

- 1) Výběr nejlepších rostlin z populace po křížení, příp. jiné populace
- 2) Smíchání semen sklizených rostlin a zásev
- 3) Opětovný výběr nejlepších rostlin

### **Individuální selekce** – základní postup:

- 1) Výběr nejlepších rostlin z populace po křížení, příp. jiné populace
- 2) Testování potomstev sklizených rostlin
- 3) Výběr nejlepších potomstev na základě výnosu...
- 4) Jejich smíchání a výsev

# Šlechtění syntetických odrůd (syntetické populace)

Vznikají z pěti a více komponent (u cizosprašných druhů) – na rozdíl od hybridních odrůd, které vznikají křížením 2 až 4 rodičovských komponent – využívá se jen 1 generace po křížení F1

Syntetické populace se používají ve více generacích – syn-1 až syn-3 (syn-4)

Využití:

- U druhů, které nesnáší samoopylování (jeteloviny, trávy)
- Využívá se heteroze

Další použité metody (testování kombinační schopnosti):

- Topcross
- Polycross



# Šlechtění syntetických odrůd (syntetické populace)

- Využívá se 4-6 rodičovských komponent (musí být určitá fenotypová podobnost)
- Využití obecné kombinační schopnosti
- Udržování odrůd formou volného opylení (v prostorové izolaci)

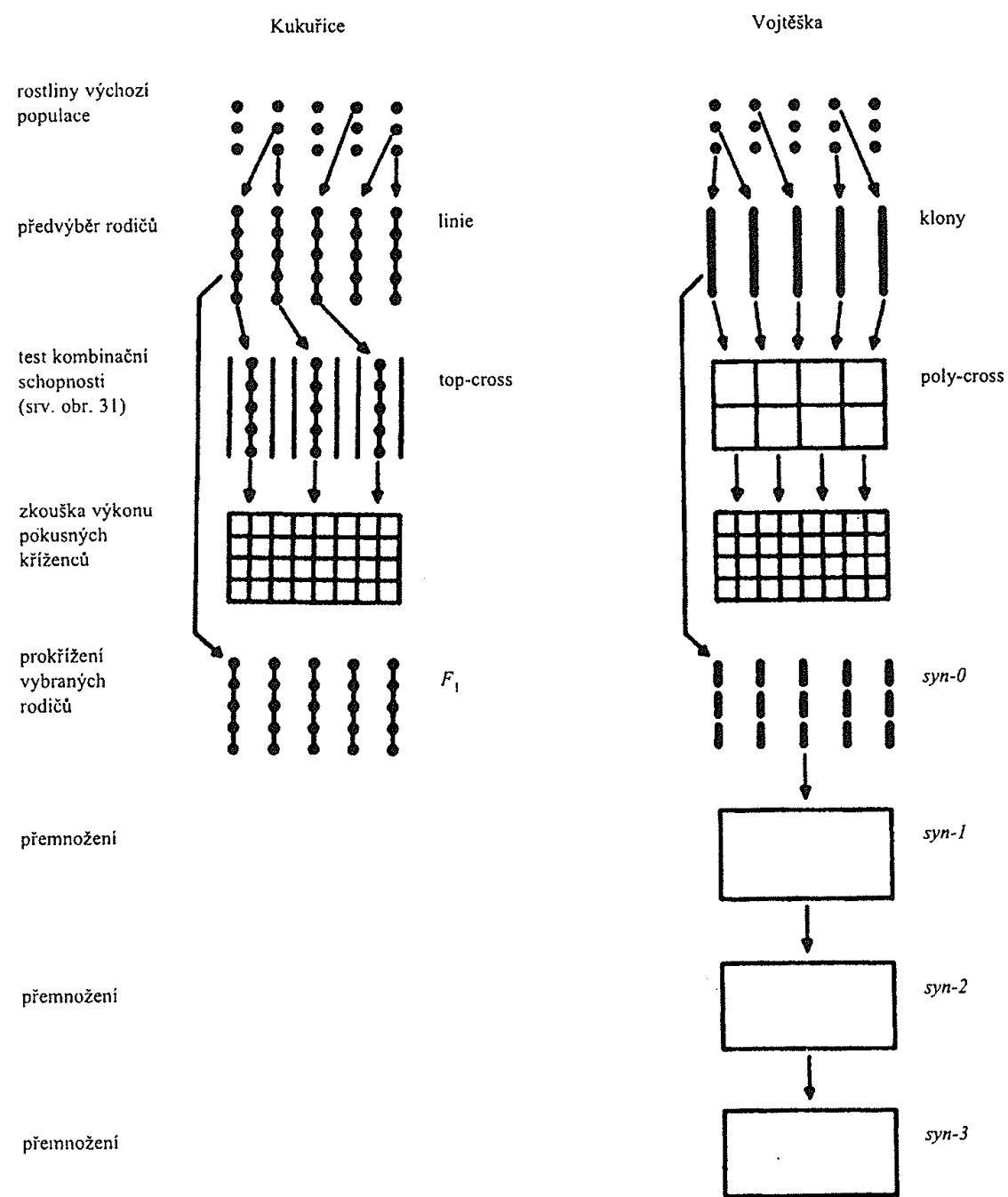
## **Výhody:**

- Nižší náklady na vyšlechtění / udržování, než u hybridů
- Lze vyrábět farmářské osivo více let po sobě
- Díky širší genetické variabilitě jsou odrůdy více odolné v průběhu měnícího se klimatu

## **Nevýhody:**

- Nižší výkonnost (využívá se jen GCA, místo SCA jako u hybridů)

# Šlechtění syntetických odrůd (syntetické populace)



# Udržování odrůd typu populace

- Udržování cizosprašných populací vyžadují takovou metodu udržování, která umožní panmiktické opylení mezi všemi komponenty populace
- Ze školek se vyberou zdravé a typické rostliny pro danou odrůdu a ty tvoří základ pro další množení
- Udržují se jednotlivé rodičovské komponenty
- Po křížení se reprodukuje v 1 až 4 generacích (označení jako *Syn-1* až *Syn-4*)

# Genetika populací – Hardy-Weinbergův zákon

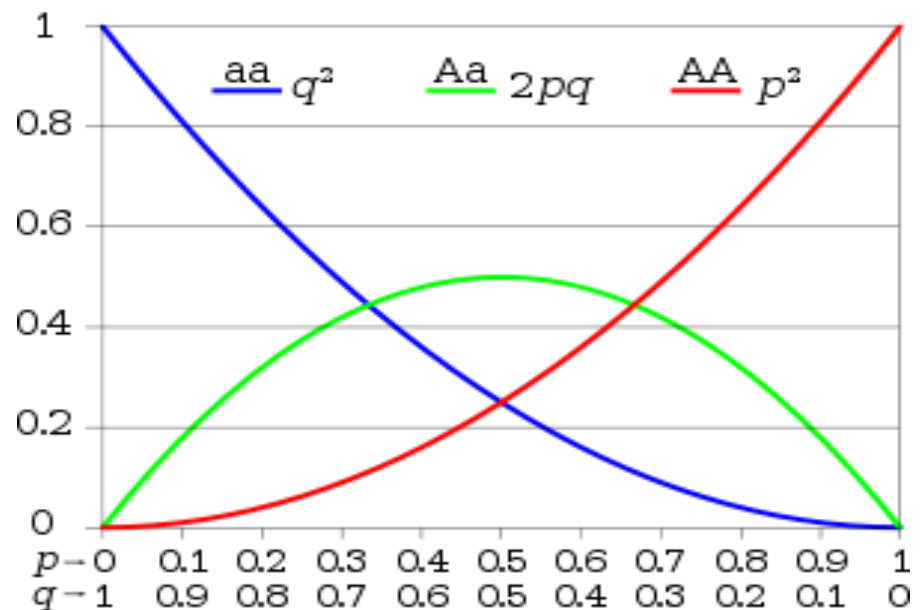
= Zákon o rovnováze alel v populaci - podíl jednotlivých alel se v panmiktické populaci nemění. V případě, že pro daný gen existuje pouze systém **dvou alel**, znamená to:

$$p + q = 1 \text{ (tj. 100 \%)}$$

Pravděpodobnost vzniku homozygota dominantního je  $p \times p$ , homozygota recesivního je  $q \times q$ ; a u heterozygota to je  $2pq$ .

Celkové genotypové složení populace tedy lze vyjádřit s pomocí vzorce:

$$p^2 + 2pq + q^2 = 1$$



# Genetika populací – Hardy-Weinbergův zákon

**V případě dvou alel:** Model byl formulován na základě několika předpokladů:

- populace je dostatečně velká, takže lze při sestavování modelu předpokládat se zjednodušujícím předpokladem nekonečně velké populace.
- V populaci neprobíhá selekce.
- V populaci neprobíhají mutace.
- Neprobíhá ani emigrace ani imigrace.
- Areál obývaný populací je takový, že se může jakýkoliv jedinec křížit s jakýmkoliv jiným jedincem.
- Jedinci jsou oboupohlavní.

# Genetika populací – Hardy-Weinbergův zákon

**Populace:** soubor jedinců, kteří se podílejí na společném genovém fondu (soubor všech genů, obsažených v gametách rostlin)

V případě, že pro daný gen existuje pouze systém **tří alel**, znamená to:

$$p + q + \dots + n = 1$$

$$(p + q + \dots + n)^2 = 1$$

Pro tři alely systému ABC bude analogicky:

$$p + q + n = 1$$

$$(A + B + C)^2 = 1$$

$$\text{tedy } A^2 + B^2 + C^2 + 2AB + 2AC + 2BC = 1$$

# Příklad - Panmiktická populace

Alely	Genotypy	Genotypová frekvence
A	AA	P
	AB	H
B	BB	Q

Alela	Genová frekvence
A	p
B	q

$$P + H + Q = 1$$

$$p + q = 1$$

$$p = P + \frac{1}{2} H$$

$$q = Q + \frac{1}{2} H$$

# Příklad - Panmiktická populace

		Samičí gamety	
		A	B
Samčí gamety	A	AA $p^2$	AB $pq$
	B	AB $pq$	BB $q^2$

## Hardy-Weinbergův zákon

$$p^2 + 2pq + q^2 = 1$$

$$p + q = 1$$

---

$$P + H + Q = 1$$

Využití: stanovení rovnováhy / nerovnováhy v reálné populaci



# Stanovení rovnováhy v populaci

$$p^2 + 2pq + q^2 = 1$$

$$p + q = 1$$

$$P + H + Q = 1$$

$$p = P + \frac{1}{2} H$$

$$q = Q + \frac{1}{2} H$$

AA - červený květ – 64 rostlin

AB - růžový květ – 27 rostlin

BB – bílý květ – 9 rostlin

**Celkem 100 rostlin**

$$AA - 64 \text{ rostlin} \rightarrow P = 0,64 \quad \rightarrow p = 0,64 + (\frac{1}{2} * 0,27) = 0,775$$

$$BB - 9 \text{ rostlin} \rightarrow Q = 0,09$$

$$AB - 27 \text{ rostlin} \rightarrow H = 0,27 \quad q = 0,09 + (\frac{1}{2} * 0,27) = 0,225$$

$$p^2 = 0,775^2 = 0,44$$

$$2pq = 2 * 0,775 * 0,225 = 0,35$$

$$q^2 = 0,225^2 = 0,051$$

# Faktory narušující rovnováhu v populacích

## A) Faktory systematické

- Migrace
- Mutace
- Selektce

## B) Faktory disperzivní

- Genetický drift

# Šlechtění odrůd typu klonů

- Vegetativně množené plodiny mají odrůdy tvořené klony

Postup:

- 1) Tvorba genetické variability
- 2) Výběr a hodnocení jedinců, v další generaci hodnocení klonů získaných z vybraných jedinců
- 3) Množení vybraných klonů:
  - Hlízami (brambor)
  - Cibulemi (česnek)
  - Odnožemi (jahodník)
  - Rouby (ovocné a okrasné dřeviny, réva)
  - Meristemy (brambory, česnek, orchideje)
  - Očky (ovocné dřeviny)

## Šlechtění odrůd typu klonů

- Odrůdy typu klonu jsou již silně heterozygotní, proto po křížení rodičů lze klony selektovat již v  $F_1$  generaci po vyšetření
- Problém vegetativně množených odrůd je zdravotní stav – prevence virových chorob a vylučování odchylných typů

# Šlechtění odrůd typu klonů

Etapy šlechtění:

- 1) Vytvoření široké genetické variability
- 2) Výběr a hodnocení jedinců (podle fenotypu i ELISA)
- 3) Množení klonů

Existuje zde vztah mezi heterozygotností a produktivitou – **vytváří se pokud možno co největší heterozygotnost**

Problém: u apomiktických druhů lze těžko dosáhnout křížení rodičů a tvorby F1 a F2 generace – využívá se metageneze, nebo mezidruhové křížení

# Klon

- Část rostliny množená asexuálně (z vegetativních částí rostliny)
- Genotyp klonu je **totožný** s rodičovskou rostlinou
- Odlišnosti v klonech nejsou způsobeny genotypem, ale vlivem prostředí (zbytek fenotypové variability)
- Klony by měli být heterozygotní, tedy nejsou náchylné na inbrední depresi

# Udržování odrůd typu klonů

- Udržování ve formě jednoho, nebo několika málo klonů (vegetativně množených)
- Hlavní problém: šíření chorob – viróz (častý důvod restrinkce odrůd)
- Udržování pomocí in-vitro/merystémových kultur:
  - 1) Z jedné části se stanoví odrůdová identita pomocí PCR
  - 2) Z druhé části se vypěstují rostliny a testují se na přítomnost viróz (za negativní selekce)
  - 3) Z další části se připraví další merystémová kultura a otestuje se na virózy

Testování na bezvirovost - ELISA

# Postup šlechtění bramboru

Rok	Generace	Počet kříženců (klonů)
1	Semenáče ve skleníku	180 000
2	A-ramš	80 000
3	B-ramš	25 000
4	1. Klonová generace	8 000
5	2. Klonová generace	2 000
6	3. Klonová generace	400
7	4. Klonová generace (předzkoušky, 1. rok)	80
8	5. Klonová generace (předzkoušky, 2. rok)	20
9	6. Klonová generace (státní odrůdové zkoušky, 1. rok)	4
10	7. Klonová generace (SOZ, 2. rok)	3
11	8. Klonová generace (SOZ, 3. rok)	2



# Šlechtění na odolnost k chorobám a škůdcům

**Patogen** - buněčný nebo nebuněčný organismus, který je schopen způsobovat chorobu na jednom hostiteli nebo na okruhu hostitelů

**Metody diagnózy rostlinných poškození (napadení patogenem):**

- 1) Symptomatická metoda – podle viditelných příznaků (symptomů) na rostlině
- 2) Mikroskopická metoda – podle morfologie původců chorob, příp. změn na rostlinných pletivech. Tato metoda je dobře aplikovatelná u háďátek a roztočů.
- 3) Chemická a biochemická metoda – využívá se např. zabarvení částí buněk, které jsou schopné rozkládat celulózu, produkovat ATB apod.

# Metody diagnózy rostlinných poškození (napadení patogenem):

4) Sérologické metody – na principu reakce bílkovin (sérum a antisérum). Základní metoda je ELISA test (Enzyme Linked Immunosorbent Assay). Využití – viry, příp. bakterie a některé houbové choroby.

5) PCR Metoda – amplifikace segmentů DNA. Vysoce přesná metoda detekce – pro stanovení přítomnosti virů, bakterií, hub, hádčátek..

# Pesticidy

Pesticidy jsou přípravky a prostředky, které jsou určeny k tlumení a hubení rostlinných a živočišných škůdců, a k ochraně rostlin, skladových zásob, technických produktů, bytů, domů, výrobních závodů nebo i zvířat a člověka. Na základě tohoto širokého spektra použití pesticidy rozdělujeme na tyto základní skupiny:

**Akaracidy** – přípravky proti roztočům

**Biocidy** – přípravky proti živočišným škůdcům

**Fungicidy** – přípravky proti houbovým chorobám a plísním

**Herbicidy** – přípravky proti plevelům

**Insekticidy** – přípravky proti hmyzu

**Moluskocidy** – přípravky proti plžům a slimákům

**Repelenty** – přípravky odpuzující škodlivé organismy

**Rodenticidy** – přípravky proti hlodavcům

## **Přípravky na ochranu rostlin:**

<https://www.agromanual.cz/>

### **Při použití pesticidů je vždy potřeba sledovat:**

- Rozsah použití (pro jako plodinu, proti jakému cílovému organismu – plevelle, škůdci, choroby..)
- Dávkování (většinou je jednotná dávka na 1 ha, nebo od-do)
- Mísitelnost (s dalšími přípravky, hnojivy)
- Ochranná lhůta (kolik dnů se nesmí od aplikace konzumovat/krmit ošetřeným porostem)
- Podmínky aplikace (vývojová fáze BBCH, vosková vrstva...)
- Spektrum účinnosti (zejména u herbicidů – rozdílná citlivost u plevelů)
- Toxicita pro necílové organismy (zejména včely u insekticidů)
- Toxicita pro člověka, vodní organismy

**Příbalový leták** – je u každého přípravku

**Bezpečnostní list** - zásady bezpečného použití, první pomoc, R a S věty ohledně toxicity, zdravotní škodlivosti...

# Účinek pesticidů

**Přípravky kontaktní** - účinná látka neproniká do rostlin, zůstává pouze na povrchu v místě aplikace. Při aplikaci je nutné důkladně ošetřit celou rostlinu. Pronikají do těla patogena a zabraňují klíčení spor. Pro dobrou ochranu je zapotřebí vytvořit souvislý film. Doba účinku je 12 dnů, při silném tlaku 5-7 dnů. Při velmi silném tlaku nejsou pro aplikaci vhodné. Po dešti se srážkami nad 25 mm jsou smyté kompletně a nejsou tak dále účinné. Nevzniká zde rezistence. Většina jich jsou pouze preventivní (měďnaté, sirnaté, atd.).

*- příklad: většina pyretroidních insekticidů*

**Přípravky s hloubkovým účinkem** - účinná látka proniká do hlubších vrstev rostlinných pletiv, ale není rozváděna v celé rostlině. Někdy také nazývané lokálně systémové. Pronikají do pletiv rostliny a mají lokální účinek, tzn. že se pohybují pouze z jedné strany či části listu na druhou stranu. Doba účinku je 12 dnů a při silném tlaku 5-7 dnů. Při velmi silném tlaku a dlouho přetrvávajících infekčních podmínkách by se musel postřik aplikovat po 4-5 dnech, což není vhodné kvůli vzniku rezistence.

# Účinek pesticidů

**Přípravky systémové** - účinná látka proniká do rostlin a je rozváděna v celé rostlině. Pronikají do pletiv rostliny a prostřednictvím rostlinných šťáv procházejí celou rostlinou a chrání tak i nové přírůstky. Používají se při velmi silných a dlouho přetrvávajících infekčních podmínkách a jejich účinek trvá 12-14 dnů a při silném tlaku 8-10 dnů. Doporučuje se použít je v bloku alespoň 2x po sobě. Nevyžadují pokrytí celé rostliny.

- *příklad: většina půdní a kontaktních herbicidů*

**Přípravky translaminární** - pronikají do pletiv translaminárně. Obvykle se uvolňují páry, které „obalí“ celou rostlinu a chrání tak i neošetřená místa. Zpravidla však vyžadují dokonalé pokrytí rostliny. Doba účinku je 12-14 dnů a při silném tlaku 8-10 dnů. Při velmi silném tlaku a dlouho přetrvávajících infekčních podmínkách 6-8 dnů.

# Herbicidy z hlediska času aplikace

**Aplikace preemergentně** - většinou se tento pojem vyskytuje u herbicidů, tj. přípravků hubící plevelé. Jedná se o aplikaci přípravku postřikem ještě před vzejitím kulturní rostliny nebo plevelé. Specifikace jsou vždy uvedené na konkrétním příbalovém letáku

**Aplikace postemergentně** - většinou se tento pojem vyskytuje u herbicidů, tj. přípravků hubící plevelé. Jedná se o aplikaci přípravku postřikem po vzejití kulturní rostliny nebo plevelé. Specifikace jsou vždy uvedené na konkrétním příbalovém letáku.

**Selektivní herbicid** - přípravek hubící určité druhy plevelů - jednoděložné nebo dvouděložné (nelze hubit obě skupiny zároveň).

**Totální herbicid** - přípravek hubící všechny druhy plevelů (jednoděložné i dvouděložné), včetně kulturních rostlin (hubí veškerou vegetaci).

# Aplikační podmínky

## Ochranná lhůta:

- Minimální doba od aplikace do bezpečného použití (krmení, konzum, semenářský porost...)

## Další podmínky:

- Vosková vrstva
- Teplota (nízké teploty –nedostatečný Účinek, vysoké- poškození)
- Vývojová fáze (musí být přesně BBCH)
- Kombinace přípravků – tank mix –  
.vždy vyšší klasifikace škodlivosti/toxicity
- Aplikace s ohledem na včelstva – min aktivní let včel!!! ..i s ohledem na kvetoucí plevelle (více než 2 kvetoucí rostliny na 1 m<sup>2</sup>)

**Tip:** Kliknutím na plodinu v tabulce můžete přejít do atlasu.

Plodina	Škůdce	Termín aplikace	OL	Dávka	Tank mix	Postřiková kapalina		Poznámka
						Pozemně	Letecky	
Brambor	Mandelinka bramborová		7	0,06 kg				max. 1x
Broskvoň	Štítenka zhoubná	podle signalizace v době hromadného rozlézání nymf	AT	0,25 kg				minor. reg. ÚKZÚZ
Cukrovka	Makadlovka řepná	31–39 BBCH	28	0,12 kg				minor. reg. ÚKZÚZ
Hrušeň	Obaleč jablečný		14	0,025 %		1000 l		max. 1x
Hrušeň	Mšice		28	0,013 %		1000 l		max. 1x
Hrušeň	Vlnatka krvavá		28	0,013 %		1000 l		max. 1x
Chmel	Mšice chmelová		42	0,008 %		200–2000 l		max. 1x
Jabloň	Obaleč jablečný		14	0,025 %		1000 l		max. 1x
Jabloň	Mšice		28	0,013 %		1000 l		max. 1x
Jabloň	Vlnatka krvavá		28	0,013 %		1000 l		max. 1x



# Vymezení pojmů

- **Rezistence (odolnost):** schopnost rostliny potlačit, nebo zabrzdit vývoj patogena, či jiného škodlivého vlivu
- **Obecná (horizontální) rezistence:** ...proti všem rasám patogena
- **Specifická (vertikální) rezistence:** ...proti určité rase patogena
- **Patogen:** organismus schopný vyvolat onemocnění rostliny
- **Tolerance:** schopnost rostliny poskytnout dostačující výnos i za přítomnosti škodlivého patogena, nebo za vývinu ve škodlivých podmínkách
- **Imunita:** absolutní stupeň rezistence, kdy patogen nemůže napadnout hostitelskou rostlinu
- **Náchylnost:** případ, kdy hostitelská rostlina není schopna potlačit nebo brzdit růst patogena, nebo není schopna vyrovnat se s jiným škodlivým vlivem
- **Virulence - patogenita:** schopnost patogena vyvolat onemocnění rostliny
- **Avirulence:** případ, kdy patogen není schopen vyvolat u rostliny onemocnění
- **Gen rezistence:** gen, jehož exprese vytváří u hostitelské rostliny odolnost

# Vymezení pojmů

- **Inokulum:** spory, bakterie nebo fragmenty mycelia patogenů, které jsou schopné infikovat hostitelskou rostlinu
- **Inokulace:** aplikace inokula na rostlinu či půdu tak, aby bylo schopné vyvolat chorobu
- **Izolát:** stejný druh, nebo kmen patogena, který má různou specifickou virulenci než jiné izoláty
- **Kvantitativní rezistence:** pokud je úroveň rezistence vyjádřena kontinuální odolností od maximální do minimální úrovně
- **Kvalitativní rezistence:** úroveň rezistence je charakterizována velkými diskontinuálními rozdíly
- **Pseudorezistence – nepravá rezistence:** je založena na principu, že se patogen nedostane do styku s rostlinou tak, aby vznikl parazitický vztah (rannost, apetalní typ květů...)

# Vymezení pojmů

- **Nehostitelská rezistence** – rostlina neumožňuje vytvořit vztah s patogenem. Má nevhodné podmínky pro rozmnožení a přežití patogena – rostliny jsou k infekci imunní
- **Hostitelská rezistence** – rostlina umožňuje rozmnožování a růst patogena
- **Rasově specifická rezistence** – jedná se o vysokou rezistenci rostlin k určitým rasám patogena
- **Rasově nespecifická rezistence** – jedná se o rezistenci rostlin ke všem rasám patogena, ale tato rezistence není úplná

# Význam šlechtění na rezistenci

- **Zvýšení ziskovosti rostlinné produkce**
  - (cena osiva : cena pesticidních vstupů)
- **Přenos chorob a škůdců**
  - (jiné hostitelské rostliny, včetně přenosu patogenů osivem)
- **Kvalita výsledných produktů**
  - (mykotoxiny, nerovnoměrné dozrávání...)
- **Ekologické aspekty**
  - (snížení aplikace účinných látek / ha)
- **Úspora posklizňových mechanizačních vstupů**
  - (výdrol)

# Zvýšení ziskovosti rostlinné produkce

Cena osiva: 700 – 2000 Kč / ha

Orientační cena fungicidů / ha

(zdroj: Agromanuál 4, 2005)

- Caramba: 825 – 1100,- Kč
- Horizon 250 EW: 825 – 1100,- Kč
- Alert S: 700,- Kč
- Alto Combi 420 SC: 795,- Kč
- Amistar: 1625,- Kč
- Ronilan WG: 2100,- Kč
- Rovlaf Flo: 1230 – 1845,- Kč
- Sportak Alpha: 555 – 830,- Kč

+ náklady na aplikaci (mzdy, PHM....)

# Kvalita výsledných produktů

**Mykotoxiny**, produkty sekundárního metabolismu mikroskopických vláknitých hub, se vyskytují zejména v zemědělských plodinách, především obilovinách (pšenice, ječmen, žito, oves), rýži, kukuřici, olejnatých semenech (mák, řepka, hořčice, sojové boby, slunečnice) a potažmo potravinářských výrobcích obsahujících tyto potravinářské suroviny. V současnosti je identifikováno více než 300 různých mykotoxinů, produkováných přibližně 350 rody mikroskopických vláknitých hub, ale pouze asi 20 mykotoxinů se přirozeně a častěji vyskytuje v potravinářských surovinách a krmivech

## Příklad - řepka olejná:

Zjištěny mykotoxiny: **aflatoxin B1** (AFB1)

**kyselina tenuazonová** (do 12 000 mg/kg)

**alternariol** (do 200 mg/kg)

**alternariol monomethyl ether** (do 200 mg/kg)

**altertoxin-I** (2-250 mg/kg)

**altertoxin-II** (2-70 mg/kg)

**ochratoxinu A** (OA)

**ochratoxinu B** (OB) (lepší růst na sem. řepky než na semenech pšenice)

# Teorie „gen proti genu“

- Interakce genu patogena a hostitele rozhoduje o napadnutí rostliny

Virulentní gen = rostlina bude napadnuta

Avirulentní gen = rostlina nebude napadnuta

Tzv. systém zámků a klíčů:

- Každý lokus v hostiteli řídí rezistenci vůči patogenu
- Zámky = dominantní alely, které zabraňují patogenu napadnout hostitelskou rostlinu
- Klíče = recesivní alely pro virulenci

*Pokud má hostitel genotyp **AABBcc**, musí mít patogen genotyp **aabb**, aby byl efektivní. Alela „cc“ může být jak dominantní, tak recesivní, protože hostitel zde nemá dominantní alelu (zámek) pro rezistenci.*

# Příklady dominantních alel pro rezistenci v rostlinách a recesivních alel pro virulenci v patogenech + výsledný projev rezistence / náchylnosti

Odrůda	Geny pro rezistenci v rostlině	Geny pro virulenci v patogenu	Projev u rostliny
1	žádný	Jakýkoliv gen virulence	<b>Náchylná</b>
2	A.	Žádný	Rezistentní
3	A.	aa	<b>Náchylná</b>
4	A.B.	aa	Rezistentní
5	A.B.	bb	Rezistentní
6	A.B.	aabb	<b>Náchylná</b>
7	A.B.C.	aabb	Rezistentní
8	A.B.C.	aabbcc	<b>Náchylná</b>



## Specifická rezistence

- Platí vztah „gen pro gen“ (*každému genu pro rezistenci v hostiteli (rostlině) odpovídá gen pro patogenitu parazita*)
- Odolnost hostitele jen k určitým rasám patogena
- **Monogenní, resp. oligogenní genetické založení rezistence**
- Tato rezistence je velmi účinná, ale málo trvalá
- Šlechtění na tuto rezistenci je jednodušší
- Překonání této rezistence je jednoduché (mutace patogena do více patotypů a ras)

## Obecná rezistence

- Neplatí vztah „gen pro gen“
- Odolnost hostitele ke všem rasám patogena
- **Poligenní založení rezistence**
- Tato rezistence je trvalého charakteru, časem se může částečně snížit
- Šlechtění na tuto rezistenci je složité a zdlouhavé
- Překonání této rezistence je komplikované (patogen by musel zmutovat v mnoha genech)

# Obecné mechanismy obrany rostlin proti patogenům

1. Rezistence k napadení patogenem
2. Rezistence k šíření patogena v rostlině
3. Tolerance rostliny k patogenu

# Rezistence k napadení patogenem je charakterizována:

- Nehostitelskou rezistencí – např. geny, které neumožňují napadení obilnin plísní bramborovou
- Specifickou rezistencí – určité rasy patogena nemohou napadnout určitou odrůdu
- Oligogenní rezistencí – ta je řízena geny velkého účinku u hostitele
- Hypersenzitivitou – napadení rostliny patogenem je zabráněno např. tak, že napadená část rostliny nekrotizuje
- Celkově vyšší úrovní rezistence, která je méně závislá na prostředí (teplotě, vlhkosti apod.), avšak vznikem nových virulentních ras bývá často překonána

## **Rezistence k šíření patogenem je charakterizována:**

- Obecnou rezistencí – dobrá rezistence hostitele vůči všem (většině) rasám patogena
- Polygenní rezistencí – ta je řízena větším počtem genů malého účinku
- Polní rezistencí – je charakteristická tím, že např. v laboratorních podmínkách patogen napadá hostitelskou rostlinu (má na to vhodné podmínky), avšak v polních podmínkách k napadení nedojde
- Poměrně nižší úrovní rezistence, která je více závislá na prostředí, avšak nebývá po vzniku nových ras patogena překonána

## **Tolerance k patogenu je charakterizována:**

- Hostitel nebrání v napadení patogenům, ani v jejich vývoji
- Výnos tolerantních rostlin je podobný výnosu rostlin bez napadení
- Tolerance nepatří mezi šlechtitelské cíle – vede k množení patogena

# Rezistence k virům

- Většinou je řízena jedním lokusem
- Asi ½ alel rezistence je dominantní, zbytek je neúplně dominantní, nebo recesivní
- Dominantní alely bývají spojeny s mechanismy lokalizace virů (projevy – lokální léze a hypersenzitivita)
- Neúplně dominantní alely + recesivní alely dovolují šíření virů, ale inhibují jejich množení a projevy symptomů
- Recesivní alely mohou být spojeny s kompletní imunitou
  
- Při šlechtění na rezistenci k virózám se osvědčila vzdálená hybridizace
  - Z *Beta vulgaris* f sp. *Maritima* k **Beet Mosaic Virus** do *Beta vulgaris*
  - Z *Brassica pekinensis* k **Turnip Mosaic Virus** do *B. Oleracea*
  - Z *Elymus mollis* k **Barley Yellow Dwarf Virus** do *Hordeum Vulgave*

# Šlechtění na rezistenci proti hmyzím škůdcům

Principy:

## 1) Nonpreference

Hmyz takové rostliny nevyhledává jako zdroj potravy, místo pro reprodukci či úkrytu, resp. se jim vyhýbá

Nonpreferenci ovlivňuje barva rostliny, ochmýření, chuť, vůně...

## 2) Antibióza

Je považována za skutečnou rezistenci proti škůdcům- inhibuje vývoj, popř. působí uhynutí hmyzu (např. odolnost proti zavíječi kukuřičnému)

## 3) Tolerance

Rostlina je po napadení škůdcem schopna vyprodukovat výnos a kompenzovat ztráty

# Příklad překonání specifické rezistence

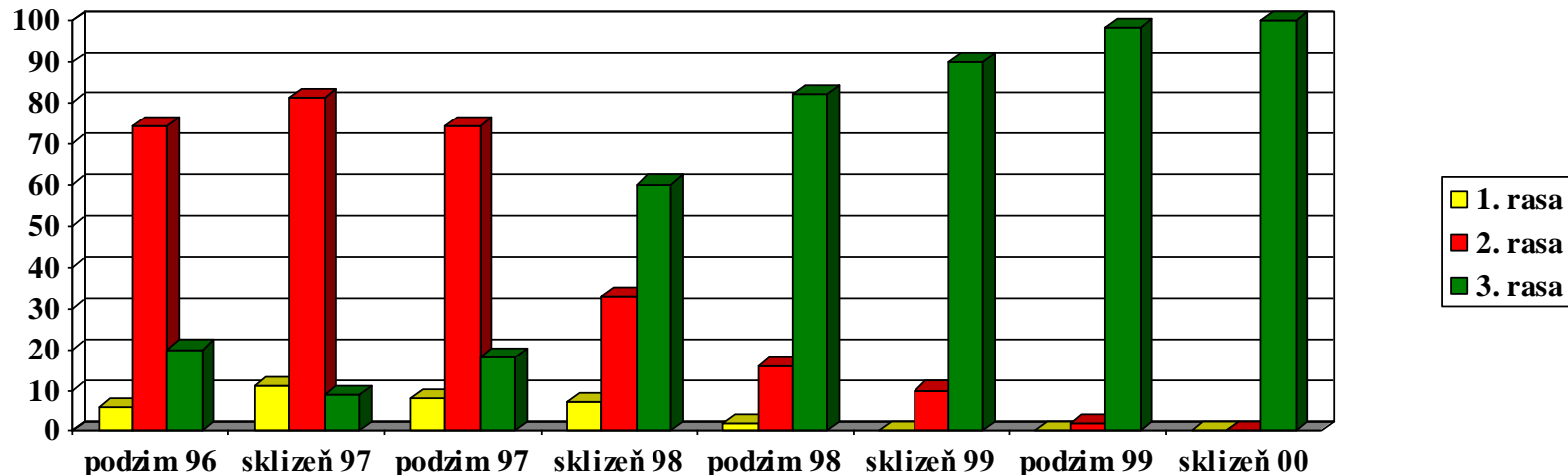
Fómové černání stonku – *Leptosphaeria maculans*, *L. biglobosa*

## Výsledky studií CETIOM:

- 1) Vynikající rezistence odrůdy Jet Neuf – nebyla nikdy překonána
- 2) Příklad specifické rezistence – odrůda Capitol (měla svůj význam v době, kdy velká část populace phomy měla vysoký podíl odpovídajícího genu avirulence)
- 3) Po „omezení“ výskytu virulentního kmene se zvýšil výskyt subpopulací houby a odolná odrůda se stala citlivou

## Možnosti dosáhnout rezistence:

- Z příbuzných druhů (hořčice, řepice)
- Využití molekulárních markerů
- Tzv. „pyramidáž“ – seskupení více genů specifické rezistence do jednoho materiálu



# Šlechtění na specifickou rezistenci

Možnosti:

- 1) Šlechtění odrůd nesoucích majorgeny rezistence k převládajícím rasám patogena**
  - princip selekce štěpící populace
  - s majorgeny lze lehce manipulovat, přenášet je a detekovat
  - ALE: genetická zranitelnost
- 2) Šlechtění víceliniových odrůd (směs izolinií) s rozdílnými majorgeny rezistence**
  - je obtížné přenést více genů do vynikajících genotypů
- 3) Pyramidální šlechtění**
  - postupné vnášení majorgenů rezistence do jedné odrůdy
  - je to náročná a časově zdlouhavá metoda

# Šlechtění na obecnou rezistenci

V praxi je více žádána

Obecná rezistence je více závislá na vnějších podmínkách (lokalita, teploty, ročník...)

Možnosti:

- 1) Rekurentní selekce při vysokém infekčním tlaku**
  - záleží na tom, jakým způsobem zvýšíme infekční tlak
    - a) infekční pole
    - b) inokulační metody
    - c) biotechnologické metody
    - d) různé lokality



# Screening na rezistenci

- **Přímá selekce**

**A) v provokačních podmínkách** – selekce po inokulaci semen, půdy, rostlin... patogenem.

Rasy patogena by měli odpovídat místu určení odrůdy.

- někdy je problematické docílit vhodný selekční tlak

A1- umělé podmínky

A2- přirozené podmínky

**B) pomocí biotechnologických metod** – využití RAPD (*Random Amplified Polymorphysm DNA*)

- tyto markery mají zpravidla dominantní dědičnost a mohou být ve vazbě buď s allelou odolnosti, nebo allelou náchylnosti

- **Nepřímá selekce**

- selekce na znaky, které jsou vázány na geny rezistence (na stejném chromozomu v genové vazbě- většinou jsou to látky obsažené v rostlinách:

- pisatin u fazolu

- wyeron u bobu

- medikarpin u vojtěšky a jetelů

- flavavon a flavon u řepy

- izokumarin u mrkve..... atd

# **Příklady již registrovaných a dostupných rezistentních odrůd:**

Brambory – hádátka, plíseň bramborová

Košťálová zelenina a řepka – Plasmodiophora (nádorovitost)

Kukuřice – bázlivec kukuřičný

Hrách – padlí, fusáriové vadnutí a vir PSbMV (Pea Seed-borne Mosaic Virus)

Slunečnice – Plíseň slunečnicová

Ječmen (zejména krmný) - virová zakrslost ječmene a žlutá virová mozaika ječmene

Řepa – rizománie, nekrotické žloutnutí žilek řepy (beet necrotic yellow vein virus, BNYVV)

Rajčata – plíseň bramborová, černání rajčat

Hořčice – antinematodní odrůdy (proti hádátku)

# Šlechtění pšenice na rezistenci k patogenům

Hodnoty rezistence ze seznamu povolených odrůd 2011

9 = vysoká odolnost, 1 = náchylnost

Patogen	Stupeň odolnosti
Padlí travní na listu	4 – 7
Padlí travní v klasu	6 – 8
Listové skvrnitosti	4 – 6
Braničnatka plevová v klasu	6 – 7
Rez pšeničná	4 – 7
Rez travní - testy	2 – 8
Rez plevová – testy	4 – 9
Běloklasost	6 – 8

# Šlechtění pšenice na rezistenci k patogenům

Známé mechanismy rezistence:

- K padlí – 9 genů (*Pm2*, *Pm6*) s projevy dominance a mnohonásobného alelismu
- Odolnost ke rzi travní – 7 genů s projevy dominance, epistáze a mnohonásobného alelismu (geny *Sr31* odvozený od žita, *Sr29*, *Sr11*)
- Odolnost ke rzi plevové – řízena major i minor geny – major gen *Yr9* z žita
- Odolnost ke rzi pšeničné – řízena geny *Lr9*, *Lr19* – ale i minorgeny
- Odolnost ke rzi travní – řízena genem *Sr*
- Odolnost k padlí – řízena genem *Pm*

# Padlí travní



# Braničnatka



# Rez travní, plevová



# Běloklasost – sněti, fuzariózy





# Šlechtění ječmene na rezistenci k patogenům

## Nejvýznamnější choroby:

- **Padlí travní** (*Blumeria graminis f. sp. Hordei*) – bylo popsáno 10 alel *Mla* lokusu (*Mlf, Mli, Mlj, mlt, mlo, Nlhb1, Nlhb2 ...*) - celkem bylo popsáno cca 120 genů odolnosti k padlí
- **Rez ječná** (*Puccinia hordei*) – geny rezistence *Pa3, Pa7* – jsou méně účinné, používá se více polní rezistence (nespecifická polní rezistence)
- **Hnědá skvrnitost** (*Pyrenospora teres*) – cca 20 známých genů rezistence – *Pta, Pt2*
- **Žlutá virová zakrslost (BYDV)** - - gen rezistence *ym4*

# Verticiliové vadnutí



- **Původce:** *Verticillium dahliae*
- **Vývojový cyklus:** Zdroj infekce představují černá mikrosclerocia, mycelium houby a konidiospóry ve zbytcích stonků a kořenů. Houba se šíří přes kořeny do celé rostliny a způsobuje suchou hnilobu hlavního stonku a větví.
- **Hostitelské rostliny:** Houba je polyfágní - napadá více rodů rostlin. Mezi kulturní hostitelské rostliny patří např.: brambory, len, řepka, okurky, jahody apod.
- **Ochranná opatření:** Fungicidní ochrana není dosud dostatečně prozkoumaná. Veškerá opatření směřující k ozdravení půdy. Biologická ochrana (Supresivit, Polyversum - dosud není u nás registrován do řepky).

# Verticiliové vadnutí



# Fomová hniloba



- **Původce:** *Phoma lingam*, pohl.forma.: *Leptosphaeria maculans*
- **Vývojový cyklus:** Rostliny jsou infikovány askosporami, které se vytvářejí na napadených posklizňových zbytcích. Rostliny mohou být infikovány z napadeného osiva. Pro infekci je potřebná dostatečná vlhkost a teplota.
- **Hostitelské rostliny:** houba parazituje na všech brukvovitých plodinách.
- **Ochranná opatření:** Fungicidní ochrana: moření osiva, postřik v době vegetace (podzim, jaro). Osevní postup 4-letý.

# Hlízenka obecná (bílá hniloba)



- **Původce:** *Sclerotinia sclerotiorum*
- **Vývojový cyklus:** k infekci dochází ze sklerocií askosporami nebo mycéliem. Životnost sklerocií v půdě je 7 - 10 let. Infekci podporuje teplo a vysoká vlhkost.
- **Hostitelské rostliny:** řepka ozimá, cukrová řepa, obilniny, kmín, brambory, slunečnice, konopí, luskoviny, rajčata ...
- **Ochranná opatření:** Fungicidní ochrana: ošetření v době plného květu. Hustota porostu 40-60 rostlin. Osevní postup 4-6 let.

# Černě



- **Původce:** *Alternaria brassicae*, *Alternaria brassicicola*, *Alternaria tenuis*
- **Vývojový cyklus:** houba je přenášena infikovaným osivem, nebo přežívá na posklizňových zbytcích. Teplé a vlhké počasí přispívá k rozvoji choroby. Zvláště napadány jsou poškozené šešule (např. krupobitím). Patří k původcům padání klíčnicích rostlin.
- **Hostitelské rostliny:** cukrová řepa, mák, obilí, řepka....
- **Ochranná opatření:** Fungicidní ochrana: moření osiva, postřik.

# Cylindrosporium



- **Původce choroby:** *Cylindrosporium concentricum*, pohl.forma: *Pyrenopeziza brassicae*
- **Vývojový cyklus:** Houba přežívá na posklizňových zbytcích. Z nich se šíří konidiosporami pomocí větru a srážek. Možný je přenos i osivem. Pro rozvoj jsou důležité střídavé teploty a vysoká vzdušná vlhkost. Na jaře dochází k tvorbě askospor v apothéciích na posklizňových zbytcích. Rozšiřuje se srážkami a větrem.
- **Ochranná opatření:** Fungicidní ošetření: preventivní na podzim konec září (možné spojit s ošetřením na regulaci růstu).

# Nepravé padlí

plíseň zelná

**Původce:**

*Peronospora parasitica*



# Pravé padlí

**Původce:**

*Erysiphe cruciferarum*





# Plíseň šedá



- **Původce:** *Botrytis cinerea*, pohl.forma: *Botrytionea fuckeliana*
- **Vývojový cyklus:** Choroba se šíří vzduchem a přežívá na zbytcích rostlin, nebo jako sklerocium ve stoncích. Chladnější vlhké počasí podporuje infekci. Infikovány jsou rostliny poškozené mrazem, přihnojením a rostliny oslabené polehnutím.
- **Ochranná opatření:** Fungicidní ochrana - neošetřuje se cíleně proti této chorobě. Hustota porostu 40-60 rostlin na m<sup>2</sup>.

# Možná redukce výnosů po napadení chorobami:

choroba	redukce výnosu
<b>Hlízenka obecná (<i>Sclerotinia sclerotiorum</i>)</b>	do 40 % Obecně 9 - 14 %
<b>Fómové černání stonku (<i>Phoma lingam</i>)</b>	20 - 50 % (obecně do 20 %)
<b>Čerň řepková (<i>Alternaria brassicae</i>)</b>	do 30 %
<b>Verticiliové vadnutí (<i>Verticillium dahliae</i>)</b>	15 - 50 %
Cylindrosporióza ( <i>Cylindrosporium concentricum</i> )	do 30 %
Hlenka kapustová ( <i>Plasmodiophora brassicae</i> )	do 10 %
Plíseň zelná ( <i>Peronospora brassiaca</i> )	do 10 %
<b>Plíseň šedá (<i>Botrytis cynerea</i>)</b>	do 20 %

# Možná redukce výnosů po napadení škůdci:

škůdce	redukce výnosu
<b>Blýskáček řepkový (<i>Meligethes aeneus</i>)</b>	11,6 - 75 %
<b>Krytonosec řepkový (<i>Ceutorrhynchus napi</i>) a krytonosec čtyřzubý (<i>Ceutorrhynchus quadridens</i>)</b>	do 50 % (nejčastěji 180 - 350 kg/ha)
<b>Krytonosec šešulový (<i>Ceutorrhynchus assimilis</i>)</b>	do 50 %
<b>Bejlmorka kapustová (<i>Dasyneura brassicae</i>)</b>	10 - 30 %
Dřepčík olejkový ( <i>Psylliodes chrysocephala</i> )	až 690 kg/ha
Mšice zelná ( <i>Brevicoryne brassicae</i> )	od 9 do 77 % *
Pilatka řepková ( <i>Athalia rosae</i> )	ohniskový výskyt
Krytonosec zelný ( <i>Ceutorrhynchus pleurostigma</i> )	1 - 2 %
<b>Slimáček sítkovaný (<i>Deroceras reticulatum</i>) a slimák polní (<i>Deroceras agreste</i>)</b>	10 - 40 % (lokálně až 100 % likvidace rostlin)

# Základy semenářství

Jedná se o produkci semen, hlíz, nebo jiných částí rostlin, které slouží jako osivo a sadba pro pěstování (založení) nové generace rostlin pro komerční využití.

Semena rostlin = úsporná a efektivní forma přenosu genetické informace z generace na generaci.

## Způsoby rozmnožování rostlin

K reprodukci rostlinného materiálu do další generace je nutný funkční systém rozmnožování.

Základní rozdělení:

- 1) **nepohlavní**, amixie (amixis),
- 2) **pohlavní**, amfimixie (amfimixis),
- 3) **apomiktické**, apomixie (apomixis)

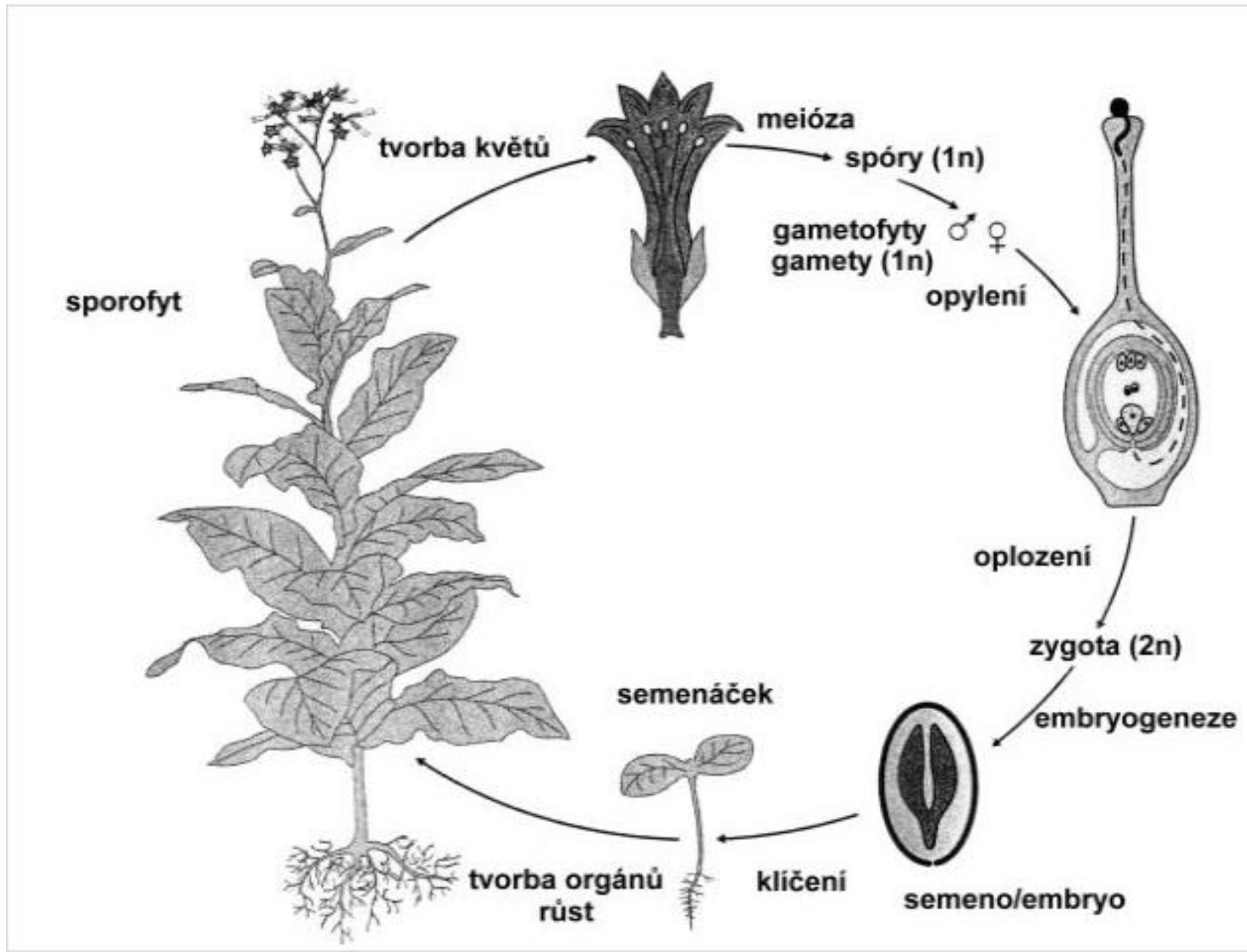


Schéma životního cyklu dvouděložné rostliny *Nicotiana tabacum*.  
 (Zdroj: Westhoff et al., 1998)

# Nepohlavní rozmnožování, amixie (amixis)

Nepohlavní rozmnožování primitivních rostlin, kde není přítomna pohlavní diferenciaci. Tento způsob rozmnožování je typický pro nejnižší organizmy.

Celistvá rostlina vzniká z:

- rozmnožovací buňky
- složitější části mateřského těla.

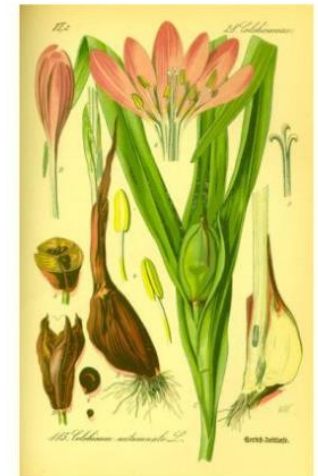
Noví jedinci, vzniklí z mateřské rostliny vznikají jen mitotickým dělením buněk - tj. jedná se o **vegetativní rozmnožování**.

Mnoho rostlin vytváří speciálně diferencované orgány, které částečně nebo zcela slouží k nepohlavnímu rozmnožování.

# Nepohlavní rozmnožování, amixie (amixis)

## Příklady

- kořenové hlízy (*Dahlia variabilis*, - Jiřinka)
- oddenky jako metamorfózy stonku (*Agrostis* – Psinček, pýr..)
- Oddenkové stonkové hlízy oddenkové (*Solanum tuberosum*, brambor)
- Bazální stonkové hlízy (*Gladiolus*, *Colchicum*, *Crocus*, *Cyclamen*)
- cibule a cibulky jako metamorfózy listů (*Allium cepa*, *Lilium*) aj.



# Nepohlavní rozmnožování, amixie (amixis)

Vegetativní potomstvo těchto rostlin = **klon**

Klony jsou geneticky stejné, ale běžně u nich dochází k **somatickým mutacím**

Využití tohoto způsobu množení:

- Ovocné dřeviny (roubování, očka..)
- Konvenční zemědělství – brambory
- *In vitro* kultury – merystémové kultury a embryokultury



# Atributy vegetativního množení ve šlechtění

- Druhy, které produkují pyl a zralá semena, lze šlechtit pomocí hybridizace
- Obtížně lze získat velké množství potomstva
- Díky této schopnosti stačí k namnožení jediná rostlina
- Takové rostliny díky heterozii nejsou vhodné pro inbreeding
- Heterozii lze v potomstvu trvale fixovat
- Vzhledem ke způsobu množení není vyžadována fertilita rostlin

# Nepohlavní rozmnožování, amixie (amixis)

Vegetativní potomstvo těchto rostlin = **klon**

Klony jsou geneticky stejné, ale běžně u nich dochází k **somatickým mutacím**

Využití tohoto způsobu množení:

- Ovocné dřeviny (roubování, očka..)
- Konvenční zemědělství – brambory
- *In vitro* kultury – merystémové kultury a embryokultury

# Pohlavní rozmnožování, amfimixie

Amfimixie je pohlavní rozmnožování, které představuje evoluční progresivnější reprodukci potomstva. Jeho předností je zajištění genetické rozmanitosti zabezpečující přizpůsobení organismů vnějšímu prostředí.

Typické znaky:

- tvorba diferencovaných reprodukčních orgánů (tyčinky, blizna)
- střídání pohlavní haploidní generace (**gametofytu**), produkující gamety, s nepohlavní diploidní generací (**sporofytem**).
- u nižších rostlin převažuje fáze gametofytu nad sporofytem, zatímco u vyšších rostlin je tomu naopak

# Pohlavní rozmnožování, amfimixie

## Makrosporogeneze a makrogametogeneze

Uvnitř semeníku se vyvíjí vajíčko/vajíčka. Základem pro vznik samičího gametofytu je diploidní tzv. archesporová buňka, ze které vznikne dělením **mateřská buňka megaspory**.

Redukčním dělením vzniká v procesu **megasporogeneze** samičí výtrus (**megaspora** neboli **primární zárodečný vak**).

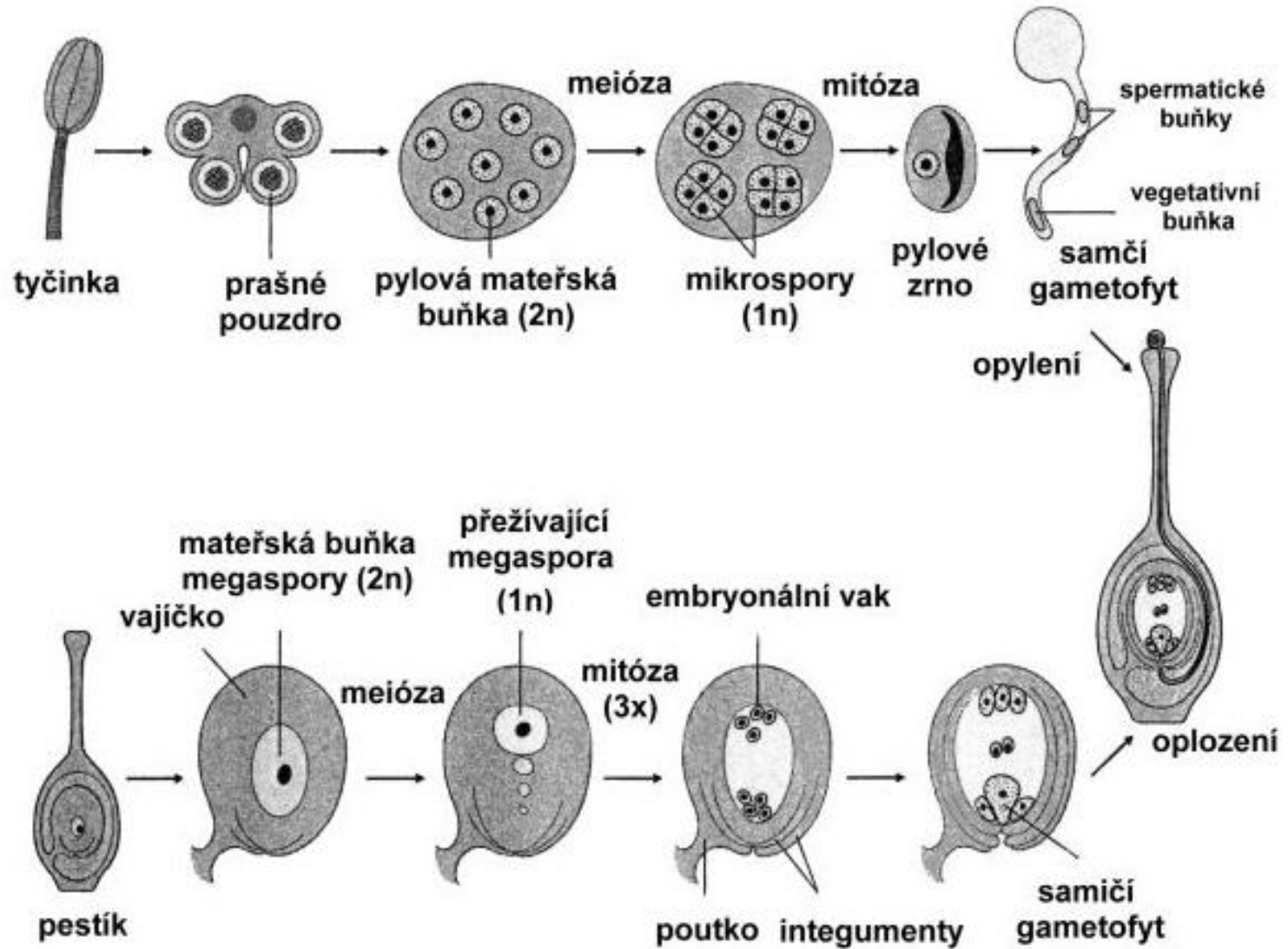
V dalším procesu se megaspora přetváří na **zralý zárodečný vak** se samičí pohlavní buňkou (oosférou). Vznik samičí gamety se označuje jako **megagametogeneze**. V zárodečném vaku se vyvíjí kromě vaječné buňky ještě dvě pomocné buňky (synergidy), které s ní společně tvoří tzv. vaječný aparát. Proti nim se formují tři buňky, tzv. protistojné (antipody).

# Pohlavní rozmnožování, amfimixie

## Mikrosporogeneze a mikrogametogeneze

Samčím pohlavním orgánem v květu je tyčinka (mikrosporofyl) tvořená **nitkou** (filamentum) a **prašníkem** (anthera). Prašník se skládá ze dvou prašných váčků, z nichž každý obsahuje dvě prašná pouzdra. Uvnitř prašných pouzder vznikají ze sporogenních buněk mitotickým dělením **pylové mateřské buňky**. V nich pak redukčním dělením vznikají v procesu **mikrosporogeneze** čtyři haploidní **mikrospory** (pylová zrna). Pylové zrno se ještě před opuštěním prašného pouzdra mitoticky dělí na malou **buňku rozmnožovací** (generativní) a větší **buňku láčkovou** (vegetativní), takže pylové zrno je pak dvoubuněčné. Generativní buňka se ještě jednou dělí na **dvě spermatické buňky (samčí gamety)**. Tento proces se nazývá **mikrogametogeneze**

# Pohlavní rozmnožování, amfimixie



Obr. 4.2 Schéma tvorby samčích a samičích spor a gamet.  
(Zdroj: Westhoff et al., 1998)

# Apomiktické rozmnožování, *Apomixis*

Apomixie je nepohlavní způsob rozmnožování semeny, při kterém nový jedinec vzniká bez splynutí samčích a samičích gamet (tj. bez syngamie) a nevyvíjí se tedy ze zygoty. Je to komplexní znak vyplývající z několika modifikací pohlavního cyklu rostlin.

Apomixis - nepohlavní způsob rozmnožování semeny, pro který jsou typické následující odchylky v porovnání s pohlavním rozmnožováním:

- modifikace nebo úplné vynechání meiózy,
- tvorba neredukovaných megaspór – **nedokončená megasporogeneze**
- partenogenetický vývoj embrya,
- autonomní (nezávislý na opylení) nebo pseudogamní (závislý na opylení) vývoj endospermu.

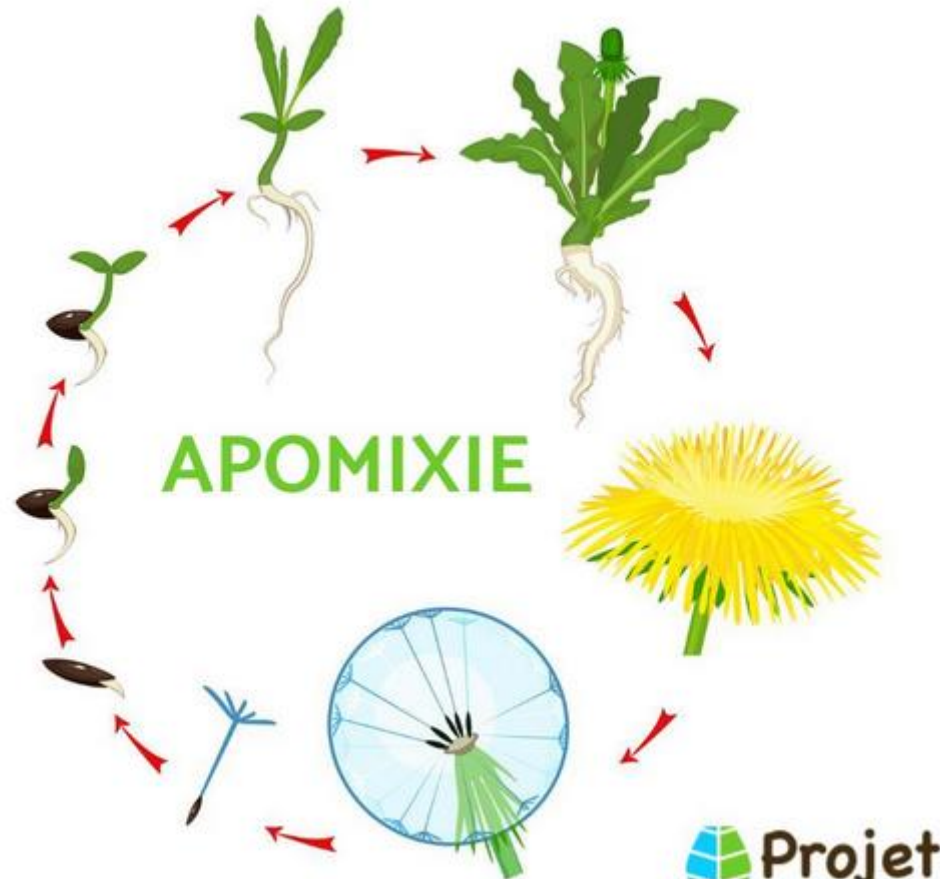
# Apomiktické rozmnožování, *Apomixis*

Příklady apomixie u krytosemenných rostlin:

*Rosaceae*

*Poaceae*

*Asteraceae*





# Mechanizmy opylení

- 1) Autogamie – samosprášení / samoopylení
- 2) Alogamie – cizosprášení / náhodné opylení

## AUTOGAMIE

- samoopylení zmenšuje možnost genetické kombinace a rekombinace

Typy autogamie:

- a) **Kleistogamie** – dozrávání pylu a blizny v uzavřeném květu (typické pro mnoho lipnicovitých)
- b) **Chasmogamie** – smíšené samo a cizo- sprášení, které je závislé na klimatických podmínkách (*Vikev, paprika, brukvovité..*)

# Podíl opylení autogamních druhů

Čeleď	Druh	% náhodného oplození	Pozn. (přenosci pylu, modifikace květu aj. )
<i>Asteraceae</i>	<i>Bellis perennis</i>		
	<i>Callistephus chinensis</i>	10	Mouchy
	<i>Cichorium endivia</i>	15	Mouchy
	<i>Lactuca sativa</i>	1 - 6	Mouchy, částečně kleistog.
<i>Poaceae</i>	<i>Avena</i> sp.	3 - 10	Vítr, většinou kleistogamní
	<i>Hordeum vulgare</i>		Většina odrůd kleistogamní
	<i>Panicum miliaceum</i>	10	Vítr
	<i>Triticum</i> sp.	až 6	Vítr, většinou kleistogamní

# Podíl opylení autogamních druhů

Čeleď	Druh	% náhodného oplození	Pozn. (přenosci pylu, modifikace květu aj. )
<i>Linaceae</i>	<i>Linum usitatissimum</i>	3	Včely
<i>Rosaceae</i>	<i>Prunus armeniaca</i>		Některé odrůdy inkompatibilní
	<i>Prunus persica</i>		Inkompatibilní
<i>Rutaceae</i>	<i>Citrus sp.</i>		Mnohé odrůdy apomiktické
<i>Solanaceae</i>	<i>Capsicum annuum</i>	5 - 10	Včely
	<i>Capsicum frutescens</i>	7 - 36	Včely
	<i>Lycopersicon esculentum</i>	2	Protogynie, trubka prašníků napomáhá samosprášení
	<i>Nicotiana tabacum</i>	2 - 3	Včely
	<i>Solanum tuberosum</i>		Mnohé odrůdy mají nefunkční pyl
<i>Vitaceae</i>	<i>Vitis vinifera</i>		Některé odrůdy částečně nebo úplně autoinkompatibilní

# Podíl opylení autogamních druhů

Čeleď	Druh	% náhodného oplození	Pozn. (přenosci pylu, modifikace květu aj. )
<i>Fabaceae</i>	<i>Arachis hypogea</i>		
	<i>Glycine max</i>		
	<i>Lens culinaris</i>		
	<i>Phaseolus lunatus</i>	0 - 80	Včely
	<i>Phaseolus vulgaris</i>	1 - 8	Včely
	<i>Pisum sativum</i>	některé odrůdy do 25	
	<i>Vicia faba</i>	30	Včely
	<i>Lupinus albus</i>	10	Včely
	<i>Lupinus luteus</i>	10 – 25	Včely
	<i>Lupinus perennis</i>		
	<i>Trifolium fragiferum</i>		
	<i>Trifolium subterraneum</i>		
	<i>Vicia pannonica</i>		

# Základy semenářství

## **Stavba obilky:**

### **Obalové vrstvy (8 %):**

- Oplodí (perikarp) – 1-vrstvá pokožka (epidermis), 1-2 vrstvy podkožních buněk, vrstva příčných a hadicovitých buněk
- Osemení (testa) – vrstva barevných a skelných buněk

### **Endosperm (89 %):**

- Aleuronová vrstva (bílkoviny)
- Vlastní endosperm (škrobová zrna)

### **Zárodek (1,5 – 3 %):**

- Štítek (Scutellum) – první děloha
- Apikální část (růstový vrchol – plumula, základy listů a listová pochva – kleoptile)
- Bazální část – zárodečný kořínek –radicula, koř.pochva a čepička

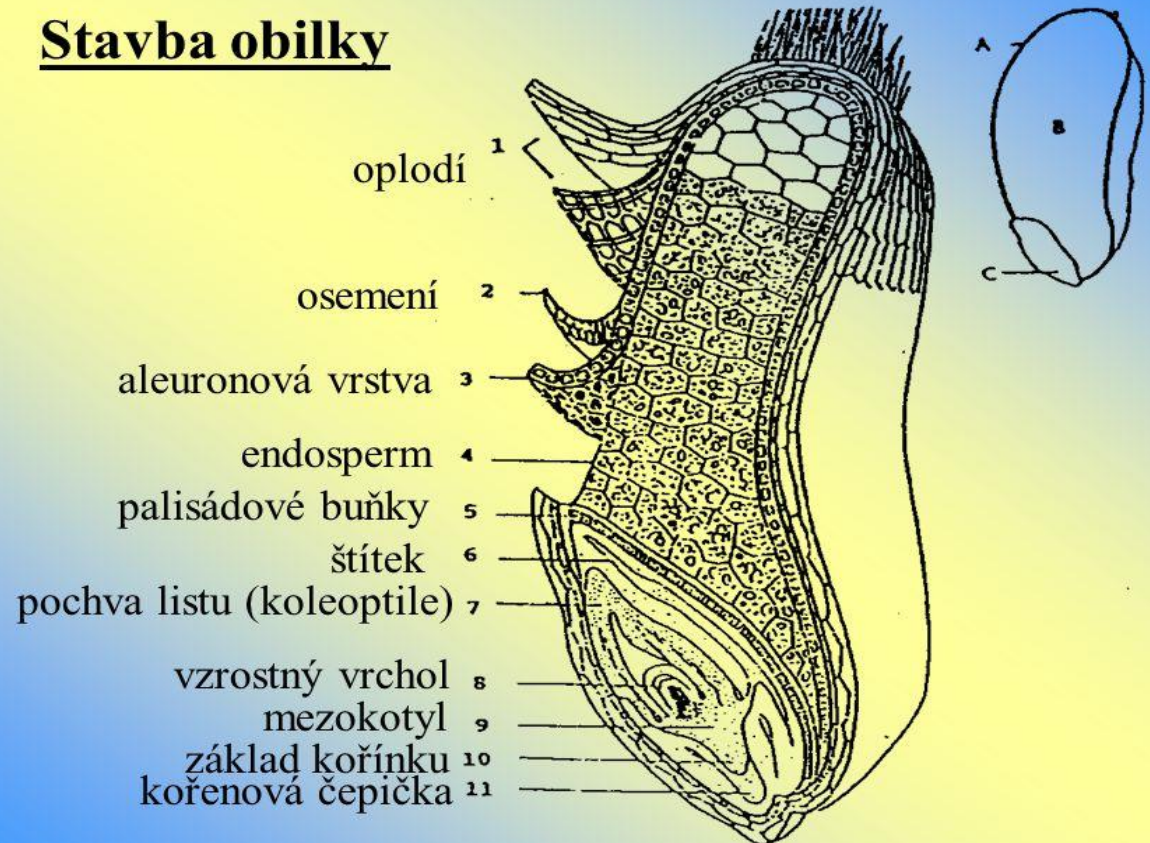
# Základy semenářství

Po oplození mateřské buňky se vyvíjí zygota a z ní během dalšího vývoje endosperm (zárodek).

**Embryo a endosperm** jsou obaleny osemením- ty mají pro embryo ochrannou a zásobní funkci.

**Obal plodu** – má ochrannou funkci (lusky, šešule, ořechy..)

## Stavba obilky



# Produkce semen – morfologie semen

**Cíl: produkce dostatečného množství osiva / sadby, s vysokou klíčivostí a nesoucích znaky genotypu, charakteristického pro danou odrůdu**

Zásobní látkou v semenech – nejčastěji **škrob** – na jeho štěpení se podílí  $\alpha$ -amyláza a  $\beta$ -amyláza, fosforylázy, nebo malzáza.

Syntéza  $\alpha$ -amylázy přímo souvisí s účinkem **kyseliny gibberelové**

Embryo uvolňuje gibbereliny do aleuronové vrstvy endospermu – zde se aktivují geny pro syntézu hydrolytických enzymů.

Tyto enzymy jsou pak transportovány z aleuronové vrstvy do endospermu

**Lipidy** – jsou rozkládány lipázami – z nich vznikají mastné kyseliny – ty se několikastupňovou syntézou mění na sacharidy

**Bílkoviny** – obsahují hlavně glutamin, arginin a asparagin – ty jsou štěpeny proteázami na aminokyseliny a amidy

# Klíčivost semen

**Klíčivost** = počet klíčících semen schopných dalšího vývoje

Mnoho rostlinných druhů klíčí až po úplném vysušení semen – **kukuřice**

Ztráta klíčivosti v závislosti na čase – v důsledku degradace DNA v semeni

Optimální teploty skladování semen – **nízká teplota a vlhkost**

Tab. 11.1 Udržení klíčivosti obilek ječmene (*Hordeum vulgare*) při různém obsahu vody v obilkách a při různé teplotě skladování. (Upraveno podle Aastrupa et al. 1990.)

Obsah vody v obilkách	Skladovací teplota			
	5 °C	20 °C	40 °C	60 °C
12 %	6,8 roku	1,2 roku	21 dní	11 h
15 %	2 roky	125 dní	6 dní	3 h
18 %	250 dní	40 dní	1,9 dne	1 h



Maximální doba  
klíčivosti jednotlivých  
druhů

Počet roků	Druh
0,5	líška ( <i>Corylus</i> ), dub ( <i>Quercus</i> ), buk ( <i>Fagus</i> ), jedle ( <i>Abies</i> )
1–2	habr ( <i>Carpinus</i> ), javor ( <i>Acer</i> ), jeřáb ( <i>Sorbus</i> ), lípa ( <i>Tilia</i> ), olše ( <i>Alnus</i> )
2	mařinka ( <i>Asperula</i> ), pastinák ( <i>Pastinaca</i> )
2–3	štírovník ( <i>Lotus</i> ), borovice vejmutovka ( <i>Pinus strobus</i> )
3–4	majoránka ( <i>Origanum majorana</i> ), borovice lesní ( <i>Pinus silvestris</i> )
4–5	trnovník ( <i>Robinia</i> ), cibule ( <i>Allium cepa</i> ), jasan ( <i>Fraxinus</i> ), mrkev ( <i>Daucus</i> ), smrk ( <i>Picea</i> )
5–6	tykev ( <i>Cucurbita</i> )
6–8	rajče ( <i>Lycopersicon esculentum</i> )
7–12	obilniny
10	brukvovité (většina)
18	jetel luční ( <i>Trifolium pratense</i> )
20	tabák ( <i>Nicotiana tabacum</i> )
40	jitrocel větší ( <i>Plantago major</i> ), laskavec ( <i>Amaranthus</i> ), mák vlčí ( <i>Papaver rhoeas</i> ), merlík bílý ( <i>Chenopodium album</i> )
50	rdesno pepník ( <i>Polygonum hydropiper</i> ), pupalka obecná ( <i>Oenothera biennis</i> )
55	lupina žlutá ( <i>Lupinus luteus</i> )
80	komonice bílá ( <i>Melilotus albus</i> )
90	úročník bolhoj ( <i>Anthyllis vulneraria</i> )
100	zemědým lékařský ( <i>Fumaria officinalis</i> )
200–400	lotos ( <i>Nelumbo</i> )

# Změny v semenech během skladování

Snižuje se obsah: - auxinů  
- giberelinů

Zvyšuje se obsah: - kyseliny abscisové

Často používaný stimulant klíčení (ve sladařství – ječmen) – **kyselina giberelová**

Po dodání vody semenům pšenice - v embryích začíná syntéza RNA již za 30 minut od začátku bobtnání.

# Základy semenářství

## Dormance:

- Umožňuje rostlinám (pupenům, hlízám, cibulím, semenům a plodům), přečkat nepříznivé období dané zeměpisné polohy a zajistit další vývoj rostlin pro vhodnější období pro jejich následný růst

## Látky ovlivňující dormanci:

Endogenní **gibereliny** – jejich vyšší hladina narušuje dormanci

**Etylen** – nízká hladina podporuje dormanci

**ABA** – inhibuje klíčení (vysoká hladina podporuje dormanci)

**Cytokininy** - jejich vyšší hladina narušuje dormanci

# Základy semenářství

Obilniny- stupně zralosti:

**Mléčná zralost** – měkký „mléčný“ endosperm, obsah vody 50 %, embryo ještě není klíčivé, DC / BBCH 71-77

**Vosková zralost** – klas i obilka jsou již typicky zbarveny, konzistence je „vosková“ – těstovitá konzistence, DC /BBCH 83-85

**Žlutá zralost**- obilka má konzistenci, že jí lze přelomit a zároveň do ní vyrýt rýhu, je již ukončen přísun zásobních látek do obilky, obilky jsou již schopny klíčit (pokud nejsou dormantní), DC/ BBCH 87

**Plná zralost**- obilka je již tvrdá, DC/ BBCH 90 – 91, vlhkost pod 14%

**Deteriorace osiva** – stárnutí osiva časem + ztráta osivové hodnoty (nejde o ztrátu klíčivosti poškozením).

**1) ortodoxní semena** –přežívají snížení obsahu vody na 5-10%

**2) rekalcitrantní semena** – dehydratace nesmí klesnout pod limit 12 – 30%

# Kategorie rozmnožovacího materiálu

Základní zdroj osiva – šlechtitelský materiál



<b>Kategorie</b>		<b>Symbol</b>
Základní	Předzákladní	SE1, SE2, SE3
	Elita	E
Certifikovaný	1. generace	C1
	2. generace	C2
Standardní		S
Obchodní		O
Směsi (druhové a odrůdové)		--

# Skupiny obilnin podle morfologie zrna

## I. skupina

Pšenice (*Triticum*)

Ječmen (*Hordeum*)

Žito (*Secale*)

Oves (*Avena*)

Tritikale (*Triticale*)

## II. skupina

Kukuřice (*Zea*)

Proso (*Panicum*)

Čirok (*Sorghum*)

Rýže (*Oryza*)

Bér (*Setaria*)- čumíza, mohár

Pohanka (*Fagopyrum*)

Laskavec (*Amaranthus*)

# Typy obilnin podle morfologie zrna

<b>I. skupina</b>	<b>II. skupina</b>
na spodní straně obilky je podélná rýha	obilka je bez rýhy
při klíčení se vytváří více zárodečných kořínků	při klíčení se vytváří pouze jeden zárodečný kořínek
stéblo je duté, pouze kolénka jsou vyplněna dřevem	stéblo je vyplněno dřevem
v klásku jsou nejvíce plodné dolní kvítky	v klásku jsou nejvíce plodné horní kvítky
vytvářejí ozimé a jarní formy	vytvářejí pouze jarní formy

# Semenářství a legislativa

Pod pojmem semenářství se rozumí:

- aktivity, spojené s výrobou osiv a sadby
- vědní disciplína, zabývající se komplexně zejména otázkami:
  - biochemie semen, sadby
  - fyziologií tvorby a zrání semen
  - čištěním a tříděním semen, sadby
  - ochranou osiv, sadby před patogeny a škůdci
  - skladováním osiv
  - klíčivostí a vzcházivostí osiv, sadby



# Semenářství a legislativa

Zákon č. 219/2003 Sb., o uvádění do oběhu osiva a sadby pěstovaných rostlin a Zákon č. 408/2000 Sb., o ochraně práv k odrůdám rostlin a o změně zákona č. 92/1996 Sb., o odrůdách, osivu a sadbě pěstovaných rostlin Zákon č. 78/2004 Sb., o nakládání s geneticky modifikovanými organismy a genetickými produkty

V ČR je prováděním zkoušek pro registraci pověřen **Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský (ÚKZÚZ)**. Ministerstvo zemědělství může pověřit ÚKZÚZ organizováním zkoušek s registrovanými odrůdami, jejichž výsledky budou zveřejňovány v Seznamu doporučených odrůd

# Semenářství a legislativa

## **Právní ochrana odrůd**

Ochrana práv k odrůdám zajišťuje držiteli šlechtitelského osvědčení výlučné právo k využívání chráněné odrůdy. Držitel šlechtitelských práv může jiné osobě poskytnout souhlas s využíváním chráněné odrůdy a stanovit výši licenčních poplatků za využívání odrůdy.

Ochranná práva lze udělit odrůdě, která splňuje podmínky novosti, odlišnosti, uniformity, stálosti a má název vyhovující zákonným požadavkům.

# Semenářství a legislativa

## Uvádění osiva na trh

Vyhláška MZe č. 191/96Sb. a to pro všechny druhy a skupiny pěstovaných plodin:

- obiloviny (Směrnice 66/402),
- olejniny a přadné rostliny (Směrnice 69/208),
- píce (Směrnice Rady 66/401),
- řepa (Směrnice 66/400),
- sadba brambor (Směrnice 66/403),
- réva vinná (Směrnice Rady 68/193),
- zelenina (Směrnice č. 70/458 a směrnice 92/33),
- ovocné plodiny (Směrnice 92/34),
- okrasné rostliny a jejich rozmnožovací materiál (Směrnice 91/682)..

# Technologie pěstování osiv

## Výběr pozemku:

- Množitelský porost nesmí být vyset na pozemku, kde byl stejný druh:
  - 2 roky – hrách, peluška
  - 4 roky – brambor, jeteloviny, bob, obilniny
  - 5 let – len, řepka, slunečnice, mák

Nedodržení časové izolace = **riziko kontaminace výdřelem** a následné kontaminace osiva

# Kvalita osiva je dána:

Odrůdovou kvalitou

Odrůdovou čistotou (pravostí odrůdy)

Klíčivostí

Vitalitou osiva

Čistotou osiva

Zdravotním stavem

Vlhkostí osiva



# Odrůdová kvalita

Jedná se o zachování frekvence požadovaných genů bez příměsí cizích genů.

Během množení může dojít ke genetické diverzi, ale i k výskytu příměsí.

*Příklad (Dorre et al., 1984):*

Osivo ječmene z certifikovaného osiva: 100 % výnosu

Totéž osivo po 1. přesevu: 98 % výnosu

Totéž osivo po 2. přesevu: 82 % výnosu

# Pravost odrůdy a čistota odrůdy

Hodnotí se podle:

- 1) Laboratorních testů (odchylná semena, DNA markery, izoenzymy  
*- např. oficiální testy ISTA – odrůdová identita pšenice a ječmene pomocí elektroforézy bílkovin*
- 2) Vegetačních zkoušek – tzv. D U S testy – *hodnotí se na parcelách podíl odlišných rostlin*
- 3) Polních přehlídek během množení porostů – zejména v době kvetení. Hodnotí se také odstup od předplodiny, prostorová izolace..

# Klíčivost

Je schopnost semen vyklíčit za vhodných podmínek po odstranění dormantních semen (*např. kyselinou giberelovou*).

Po odrůdové kvalitě je to nejdůležitější ukazatel kvality osiva.

Klíčivost ovlivňuje:

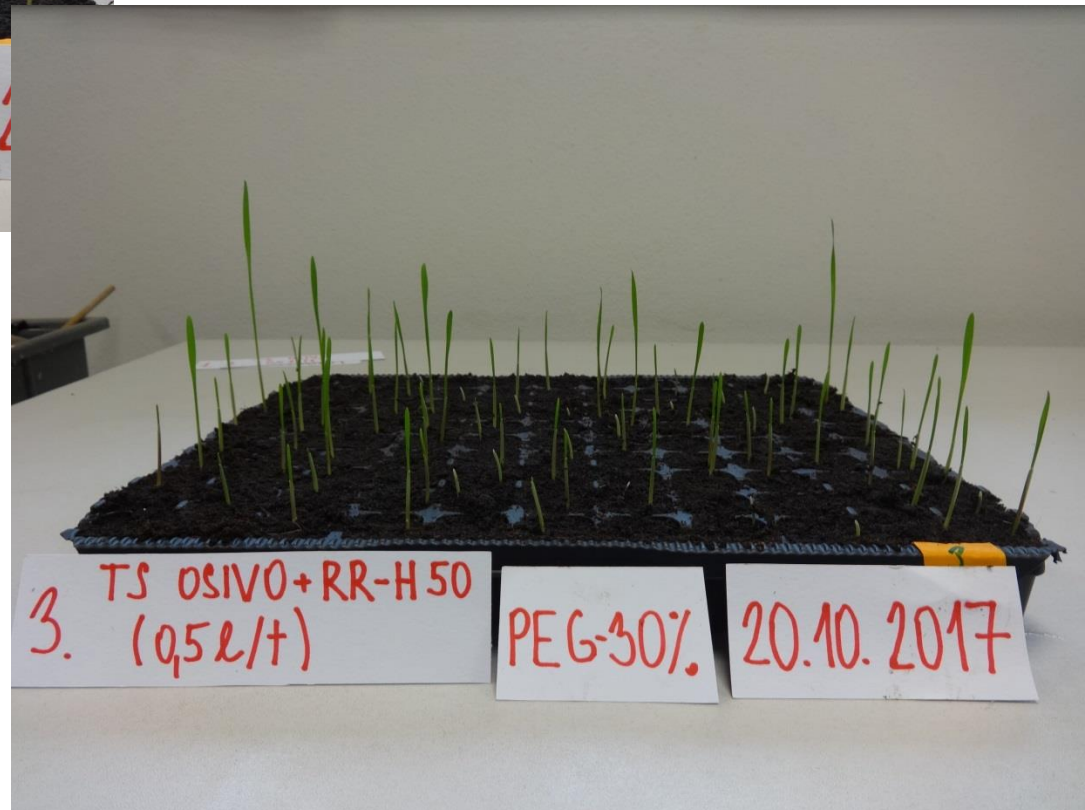
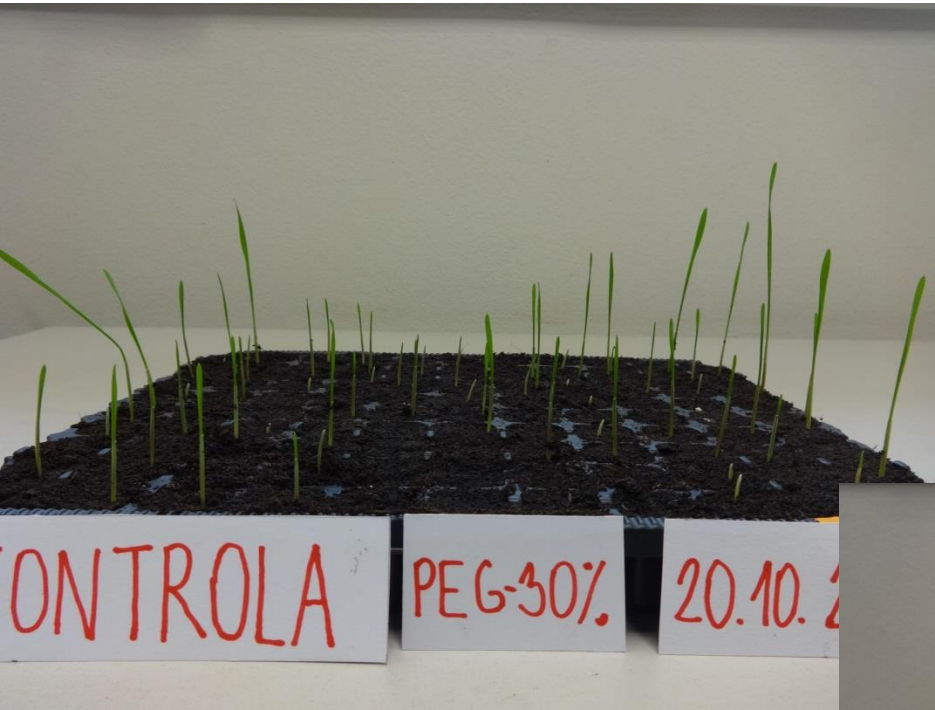
- Výživa mateřských rostlin
- Teplota a srážky během zrání
- Mechanické poškození při sklizni
- Posklizňové uskladnění a sušení

**Dormance** = neschopnost semen klíčit za optimálních teplotních a vlhkostních podmínkách a při dostatku kyslíku.

*Dormanci lze odstranit nízkými teplotami (5-10 C po dobu 1 týdne), působením GA a dusičnanu draselného*



# Klíčivost – příklad testů klíčivosti



# Vitalita

Je potenciál semene pro rychlé a uniformní vzejití a pro vývoj normálního semenáčku za širokého spektra polních podmínek

Příčiny ztráty vitality:

- *Poškození buněčných membrán*
- *Mechanické poškození*

Testování vitality:

- luskoviny: elektrická vodivost výluhu ze zkoušených semen
- Klíčivost v roztoku PEG
- Biochemické testy (stanovení aktivity kyseliny glutamové, ATP..)
- Urychlení stárnutí osiv (vyšší vlhkost a teplota)

# Čistota

Je dána množstvím příměsí – semena jiných druhů plodin, mechanických příměsí apod.

## Zdravotní stav

Mnoho chorob a někteří škůdci jsou přenosní osivem, proto se v semenářské praxi sleduje jejich přítomnost.

Jedná se o:

- Sněti
- Fuzariózy
- Antrakózy
- Braničnatku
- námel, háďátka...

# Příklad

## **Pšenice ozimá BOHEMIA:**

HTZ = 50 g

Klíčivost = 90 %

Čistota = 98 %

Výsevek: 3.500.000 klíčivých semen / ha

HTZ = 50 g

Na 1 ha je potřeba 3,5 MKS, tedy  $50 \times 3.500 = 175.000$  g  
= 175 kg / ha (pokud by byla 100 % čistota a klíčivost)

$175 : 0,90 = 194,44$  kg : 0,98 = 198,41 kg / ha

**Výsevek na 1 ha bude 198,41 kg osiva**

# Další požadavky na osivo

## **KVALITA OSIVA**

**Čistota osiva:** množství příměsí jiných druhů plodin, příměsí a nečistot

**Zdravotní stav:** sněti, fuzariózy, antrakózy, braničnatka, námel, háďátka atd.

**Klíčivost:** - min. 85 % olejnin, min. 80/85 % obilnin

**Vlhkost:** 14 – 15 % obilnin, 9 – 13 % olejnin

## **Úprava osiva:**

- Dosoušení
- Kalibrace
- Moření (fungicidy, insekticidy)
- Balení osiva – podle hmotnosti, výsevních jednotek (1 VJ)

# Dosoušení osiva

Cílem je snížení vlhkosti na 9-14 %, aby nedošlo ke ztrátě klíčivosti semen

Max. teplota vzduchu při dosoušení:

49 C u obilnin

38 C u olejnin

43 C u luskovin

# Kalibrace osiva

Sjednocení velikost semen / zrn (stejná HTZ / HTS)

- Na třídících sítích
- Flow čističky (v proudu vzduchu)
- Optické systémy třídění



**The John Deere VacuMeter seed-metering system** on MaxEmerge™ and Pro-Series row units uses vacuum suction to gently pull and hold individually selected seeds to the seed holes on a flat disk, or cells on a cell disk, for unbeatable population control and accurate spacing. Simplicity of design makes the VacuMeter consistently accurate and easy to maintain. The interchangeable seed disk is the only moving part. And you can switch crops or seed size in less than a minute per row. The VacuMeter is standard equipment on all John Deere planters.



## ProMAX 40 Flat Disk

**Accurately singulate corn seeds of different sizes or shapes with the John Deere ProMAX 40 Flat Disk.** We designed the disk as a component to the entire John Deere VacuMeter system ... which means you don't need to buy a new hopper just to make it work! The design of the ProMAX 40 Flat Disk, as well as the positioning of the disk within the meter, allow seed to be released from the optimum position above the seed tube. The Flush-Face seed tube allows seed to drop uninterrupted through the tube, so every seed is properly released into the tube, and every seed clears the tube with even spacing.

**The disk has 40 holes, so it requires fewer revolutions per minute** than a "raised" 30-hole flat disk to apply the desired population. There are two benefits of fewer revolutions. First, there's ample time for seed to be drawn to each hole, so there's less need to agitate the seed. And with less agitation, there's a reduced chance that seed will become damaged within the meter.

**When planting seeds at the opposite ends of the size spectrum** with the ProMAX 40 Flat Disk, you can use the larger or smaller setting on the double eliminator to adjust the coverage of the hole. Best of all, these settings are uniform on every row unit, so you get unbeatable accuracy across your planter. No other flat-disk planting solution offers this level of convenience and flexibility.

# Moření osiva

Chemické ošetření osiva:

- k hubení patogenů přenosných semenem
- k hubení škůdců během klíčení rostlin
- Ke stimulaci a zvýšení vitality rostlin při klíčení a zakořeňování

Příklad: moření osiva proti sněti mazlavé, sněti prašné, braničnatce plevové...

Příklad: mořené osivo kukuřice

Insekticid Force 20 CS – Cílový organizmus (drátovci, bázlivec kukuřičný)

Příklad: mořené osivo pšenice

Fungicid Kinto Plus – proti sněti prašné, Pšničné, plísni sněžné, fuzariózám..





# Moření osiva - příklady

Moření kukuřice proti drátovcům



Moření pšenice proti houbovým  
Patogenům při vzcházení rostlin



Kontrola

Systiva 100 ml + Kinto® Duo 200 ml/100 kg osiva

# Základy semenářství, legislativa

Procentní podíl jednotlivých osiv podle ČMŠSA (v letech 2003 – 2005)

	Certifikované osivo a sadba	Farmářské osivo	Ostatní osivo
Pšenice ozimá	50 - 78	9 – 14	13 – 38
Ječmen jarní	59 – 66	11 – 13	21 – 30
Tritikale	33 – 52	5 – 11	41 – 60
Hrách	76 – 82	11 – 14	5 – 14
Řepka	65 – 92	1 – 2	6 – 33
Brambor	79	1	29
Vojtěška	19 - 26	Do 1	74 - 80

# Uznávací řízení

**Uznávací řízení** je proces, kterým se uzná (certifikuje) množitelský porost a množitelský materiál, pokud pochází z uznaného porostu

Uznán může být jen rozmnožovací materiál **registrovaných odrůd**

Pěstitelé mohou ve vlastním podniku používat i **farmářské osivo** - bez licenčního poplatku držiteli šlechtitelských práv

**Hybridní odrůdy takto množit nelze**

Při použití farmářského osiva si každý zemědělec za jeho kvalitu zodpovídá sám, vyrábí si ho pouze pro svou potřebu a jeho využití je podmíněno splnění zákonem stanovených podmínek, u některých odrůd zaplacením stanoveného poplatku držiteli šlechtitelských práv. Seznam právně chráněných odrůd a ceník náhrad je uveřejněn na stránkách Družstva vlastníků odrůd, zde jsou k nalezení rovněž i příslušné formuláře, které je třeba vyplnit.

# Uznávací řízení

## Postup:

- Podání žádosti o uznání porostu u příslušného krajského pracoviště ÚKZÚZ (v případě žádosti o vydání vývozního certifikátu – ÚKZÚZ Praha)
- Přehlídka porostu a vystavení osvědčení o přehlídce
- Vydání rozhodnutí o uznání (neuznání) porostu
- Podání žádosti o uznání rozmnožovacího materiálu (osiva, sadby)
- Odběr úředního vzorku osiva či sadby
- Laboratorní a další předepsané zkoušky pro daný druh
- Vystavení rozhodnutí o uznání rozmnožovacího materiálu, příp. o neuznání, nebo o prodloužení doby platnosti již vystaveného certifikátu

# Uznávací řízení

## Další:

- Množitelský porost musí být během vegetace posouzen semenářským inspektorem (min. 1x, obvykle 2x za vegetaci, vždy před sklizní)
- Hlavní znaky pro posouzení porostu: **celkový stav porostu, předplodina, prostorová izolace, čistota druhu, pravost a čistota odrůdy, zaplevelení, zdravotní stav, mezerovitost** atd.

## Po sklizni:

- Z vyčištěného osiva se odebere vzorek na posouzení jakosti partie
- Laboratorní zkoušení: **čistota, klíčivost, vlhkost, pravosti druhu a odrůdy, HTS, zdravotní stav, kalibrace**, u brambor **přítomnost viróz (ELISA)**

# Žádost o uznání množitelského porostu

Žádost o uznání množitelského porostu podává dodavatel Ústavu.

Žádost obsahuje

- a) registrační nebo evidenční číslo žadatele přidělené podle § 16 odst. 7,
- b) název druhu a název odrůdy rozmnožovacího materiálu,
- c) kategorii rozmnožovacího materiálu a generaci, která má být vyrobena,
- d) jméno, příjmení, popřípadě obchodní firmu, místo trvalého pobytu nebo pobytu<sup>4a</sup>), místo podnikání, liší-li se od místa trvalého pobytu nebo pobytu<sup>4a</sup>), a identifikační číslo osoby, která s dodavatelem uzavřela písemnou smlouvu o výrobě rozmnožovacího materiálu, jde-li o fyzickou osobu, nebo obchodní firmu, identifikační číslo a sídlo, popřípadě umístění organizační složky na území České republiky, jde-li o právnickou osobu,
- e) výměru množitelského porostu a jeho umístění v příslušném katastrálním území,
- f) původ a množství osiva nebo sadby použité k založení porostu,
- g) sled předplodin na pozemku v předcházejících letech podle požadavků stanovených prováděcím právním předpisem,
- h) souhlas držitele šlechtitelských práv, je-li odrůda chráněna podle zvláštního právního předpisu, nebo podle přímo použitelného předpisu Evropské unie,
- i) doklady potřebné k ověření původu rozmnožovacího materiálu, které stanoví prováděcí právní předpis,
- j) označení pověřené osoby v případě, že tato osoba provede uznávací řízení množitelského porostu,
- k) číslo množitelského porostu, které stanoví prováděcí právní předpis.

# Uznávací list

Ústav nebo pověřená osoba vydá **uznávací list**, jestliže

- a) vlastnosti množitelského porostu a výsledky úředních zkoušek vyhovují požadavkům stanoveným prováděcím právním předpisem,
- b) množitelský porost splňuje podmínku minimální vzdálenosti od porostu stejného nebo příbuzného druhu, který by mohl cizosprášením, přenosem chorob nebo jiným způsobem ohrozit množitelský porost,
- c) množitelský porost splňuje požadavky na předplodiny množitelských porostů vymezených druhů v předcházejících letech, stanovené prováděcím právním předpisem.

## **Množitelský porost se neuzná pokud:**

- nejsou-li splněny podmínky podle odstavce
- vyskytují-li se v něm škodlivé organismy
- Množitelský porost, který nevyhovuje požadavkům kategorie a generace osiva uvedené v žádosti o uznání množitelského porostu, může být uznán v jiné kategorii nebo generaci, které odpovídá svými vlastnostmi

# Požadavky na označování

Obaly osiva musí být zabaleny a uzavřeny v souladu s § 19 a označeny úřední návěškou u zemědělských druhů nebo návěškou dodavatele u zeleninových druhů. Návěska je oranžové barvy a musí obsahovat následující údaje:

- a) označení orgánu odpovědného za certifikaci osiva, s výjimkou zeleninových druhů,
- b) číslo partie,
- c) měsíc a rok uzavření obalu osiva,
- d) název druhu, název odrůdy nebo návrh názvu odrůdy a úřední číslo žádosti o registraci odrůdy nebo žádosti o zapsání odrůdy do seznamu odrůd v jiném členském státě,
- e) označení "úředně nezapsaná odrůda",
- f) označení "pouze pro zkoušky a hodnocení", s výjimkou zeleninových druhů,
- g) označení "geneticky modifikovaná odrůda", v případě geneticky modifikovaných odrůd,
- h) u sadby brambor velikostní třídění,
- i) hmotnost balení, popřípadě množství čistých semen,
- j) při použití obalovací látky či granulovaných pesticidů se uvede hmotnost doplňkových látek a poměr mezi nimi a čistými semeny,
- k) označení dodavatele.



# Požadované laboratorní zkoušky - obilniny

Část V Požadavky na vlastnosti rozmnožovacího materiálu

Oddíl 1 Výčet a rozsah úředních zkoušek potřebných ke zjištění vlastností rozmnožovacího materiálu

Tabulka 5.1

Druh	Zkoušky															
	čistota osiva v %	příměs jiných rostlinných druhů	sítové třídění	Vlhkost	HTS / HMKS	klíčivost	jednoklíčkovost	konduktivita	Stanovení příměsí semen s odlišnou plodití v % <sup>1)</sup>	Biochemická zkouška životaschopnosti	Fluorescenční zkouška – zkoušky pravosti a čistoty druhu, odrůdy	mikroreliefová zkouška – zkoušky pravosti a čistoty druhu, odrůdy	elektroforéza – zkoušky pravosti a čistoty druhu, odrůdy	stanovení % hybridnosti <sup>3)</sup> vegetační zkouškou	zkoušky zdravotního stavu	zjišťování přítomnosti živočišných škůdců
Čirok, čirok súdánská tráva	■	■		■	#	■									#	■
Čirok x súdánská tráva	■	■		■	#	■									#	■
Ječmen	■	■	■	■	#	■				#			#	■	X	■
Kukuřice	■	■		■	#	■				#			#		X	■
Lesknice kanárská	■	■		■	#	■										■
Oves nahý, setý, hřebíkatý	■	■	■	■	#	■				#	■ <sup>2)</sup>		#	■	#	■
Pšenice setá, tvrdá, špalda	■	■	■	■	#	■				#			#	■	X	■
Tritikale	■	■	■	■	#	■				#			#	■	X	■
Žito	■	■	■	■	#	■				#					X	■
Pohanka obecná	■	■		■	#	■										■
Proso seté	■	■		■	#	■									#	■

Vysvětlivky:

- zkoušky, které jsou povinnou součástí uznávacího řízení
- x zkoušky prováděné jako součást uznávacího řízení u nemořených osiv
- zkouška se neprovádí
- # zkoušku lze provést na žádost dodavatele

- 1) pouze u polyploidních odrůd
- 2) neplatí pro oves nahý
- 3) pouze u hybridních odrůd

# Zákon 219/2003 Sb. (zákon o oběhu osiva a sadby)

## OBILNINY

Maximální počet generací – povolené kategorie a generace

Druh	SE1	SE2	SE3	E	C*	C1	C2
Ječmen	X	X	X	X		X	X
Kukuřice - hybridní				X	X		
Pšenice	X	X	X	X		X	X
Žito – hybridní				X	X		

Počet přehlídek obilnin

Kategorie	1. přehlídka	2. přehlídka	Množení po stejné plodině nejdříve za (počet roků)	
SE, E	Vymetání – konec kvetení	dozrávání	2	1), 2)
C - nehybridy	Vymetání -vosková zralost	-	1	1), 2)
C - hybridy	Vymetání – konec kvetení	dozrávání	1	1)

1) Jen na pozemcích, kde v předchozím roce nebyla pěstována obilnina, kromě kukuřice a čiroku

2) ..možno množit na stejných pozemcích jedné odrůdy bez časového omezení, pokud je dodržena požadovaná odrůdová čistota

# Izolační vzdálenost od množitelských porostů

Cizosprašné druhy/odrůdy/hybridy: větší vzdálenost

Samosprašné druhy/odrůdy: menší vzdálenost

Žito a tritikale: základní a certifikované osivo – 300 a 250 m

Žito – hybridní, kategorie E (komponenta) – 1000 m

Řepka: 200 m (SE, E), 100 m (C) – od jiných brassicae

500 m komponenty hybridů, 300 m hybridy – od jiných brassicae

Slunečnice: 750 m (SE, E), 500 m (C), komponenty 1500 m od jiných porostů slunečnice

# Maximální počet jiných odrůd (stejného druhu) a odlišných rostlin

Přípustný počet odchylných rostlin na 100 m<sup>2</sup>:

- Ječmen: SE, E - 20 rostlin, C – 40 rostlin
- Pšenice: SE, E – 20 rostlin, C – 100 rostlin
- Žito: SE, E – 20 rostlin, C – 100 rostlin, E komponenty – 3 rostliny, C hybrid – 10 rostlin
- Mák: SE, E – 3 rostliny, C - 10 rostlin jiných druhů brukvovitých a jiných odrůd
- Řepka: SE, E – 3 rostliny, C - 10 rostlin jiných druhů brukvovitých a jiných odrůd, komponenty hybridů – 5 rostlin

# Zákon 219/2003 Sb. (zákon o oběhu osiva a sadby)

## OLEJNINY

Maximální počet generací – povolené kategorie a generace

Druh	SE1	SE2	SE3	E	C*	C1	C2	C3
Hořčice	X	X	X	X	X			
Mák	X	X	X	X	X			
Řepka	X	X	X	X	X			
Sója	X	X	X	X		X	X	

Počet přehlídek OLEJNIN - řepka

Kategorie	1. přehlídka	2. Přehlídka 3. přehlídka	Množení po stejné plodině nejdříve za (počet roků)
SE, E, C	Tvorba listové ružice	Kvetení + dozrávání	5 Nesmí být předplodiny stejného druhu Brassica, Camlina, Raphanus, Sinapis

# Požadované laboratorní zkoušky - olejniny

Tabulka 5.1

Druh	Zkoušky															
	čistota osiva v %	příměs jiných rostlinných druhů	sítové třídění	Vlhkost	HTS / HMKS	klíčivost	jednoklíčkovost	konduktivita	Stanovení příměsí semen s odlišnou plodití v %	Biochemická zkouška životaschopnosti	Fluorescenční zkouška – zkoušky pravosti a čistoty druhu, odrůdy	mikroreliefová zkouška – zkoušky pravosti a čistoty druhu, odrůdy	elektroforéza – zkoušky pravosti a čistoty druhu, odrůdy	stanovení % hybridnosti vegetační zkouškou	zkoušky zdravotního stavu	zjišťování přítomnosti živočišných škůdců
Hořčice bílá, černá, sareptská	■	■		■	#	■						#			#	■
Kmín	■	■		■	#	■										■
Konopí seté	■	■		■	#	■									x	■
Len	■	■		■	#	■									x	■
Lnička setá	■	■		■	#	■										■
Mák	■	■		■	#	■										■
Řepice	■	■		■	#	■						#				■
Řepka <sup>13</sup>	■	■		■	#	■						#		# <sup>12</sup>	#	■
Slunečnice	■	■		■	#	■								# <sup>12</sup>	x	■
Sója	■	■		■	#	■									x	■
Světlice barviřská	■	■		■	#	■									x	■

12 - jen u hybridních odrůd

13 - stanovení obsahu glukosinolátů a kyseliny erukové (GSL + KE) je povinnou součástí uznávacího řízení, viz tabulka 5.2b

Vysvětlivky:

- zkoušky, které jsou povinnou součástí uznávacího řízení
- x zkoušky prováděné jako součást uznávacího řízení u nemořených osiv
- zkouška se neprovádí
- # zkoušku lze provést na žádost dodavatele

# Požadované laboratorní zkoušky - olejniny

Tabulka 5.1

Druh	Zkoušky															
	čistota osiva v %	příměs jiných rostlinných druhů	sítové třídění	Vlhkost	HTS / HMKS	klíčivost	jednoklíčkovost	konduktivita	Stanovení příměsí semen s odlišnou plodití v %	Biochemická zkouška životaschopnosti	Fluorescenční zkouška – zkoušky pravosti a čistoty druhu, odrůdy	mikroreliefová zkouška – zkoušky pravosti a čistoty druhu, odrůdy	elektroforéza – zkoušky pravosti a čistoty druhu, odrůdy	stanovení % hybridnosti vegetační zkouškou	zkoušky zdravotního stavu	zjišťování přítomnosti živočišných škůdců
Hořčice bílá, černá, sareptská	■	■		■	#	■						#			#	■
Kmín	■	■		■	#	■										■
Konopí seté	■	■		■	#	■									x	■
Len	■	■		■	#	■									x	■
Lnička setá	■	■		■	#	■										■
Mák	■	■		■	#	■										■
Řepice	■	■		■	#	■						#				■
Řepka <sup>13</sup>	■	■		■	#	■						#		# <sup>12</sup>	#	■
Slunečnice	■	■		■	#	■								# <sup>12</sup>	x	■
Sója	■	■		■	#	■									x	■
Světlice barviřská	■	■		■	#	■									x	■

12 - jen u hybridních odrůd

13 - stanovení obsahu glukosinolátů a kyseliny erukové (GSL + KE) je povinnou součástí uznávacího řízení, viz tabulka 5.2b

Vysvětlivky:

- zkoušky, které jsou povinnou součástí uznávacího řízení
- x zkoušky prováděné jako součást uznávacího řízení u nemořených osiv
- zkouška se neprovádí
- # zkoušku lze provést na žádost dodavatele

# ČMSŠA

## Českomoravská semenářská a šlechtitelská asociace

### Charakteristika

profesní sdružení šlechtitelských a semenářských firem. Počet členů v roce 2006 dosáhl 82

řádný člen [Agrární komory ČR](#)

řádný člen [Mezinárodní semenářské federace](#) (ISF)

řádný člen [Evropské semenářské asociace](#) (ESA)

### Činnost

- hájí práva a zájmy svých členů i celého oboru
- zastupuje obor v jednání s ústředními institucemi ([Ministerstvo zemědělství](#), [Parlament ČR](#), [Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský](#), [Státní rostlinolékařská správa](#), apod.)
- zpracovává odborná stanoviska k návrhům legislativních i odborných norem a účastní se jejich tvorby organizuje semináře a školení

Z prodaného osiva se majiteli odvádí **licenční poplatky** (spravuje ČMSŠA)



# Certifikace pro mezinárodní obchod podle OECD

**Organizace pro hospodářskou spolupráci a rozvoj** (zkráceně **OECD** z *Organisation for Economic Co-operation and Development*) je mezivládní organizace 34 ekonomicky nejrozvinutějších států na světě, které přijaly principy demokracie a tržní ekonomiky. OECD vznikla v roce 1961 transformací [Organizace pro evropskou hospodářskou spolupráci](#) (OEEC)

Platí přísnější kritéria:

- Vstupní a výstupní vegetační zkouška
- Max. přípustná odlišnost: 0,1– 1,0 % u **pšenice, ječmene a ovsa** (tj. cca 30 – 300 odlišných rostlin na 100 m<sup>2</sup>)
- Max. přípustná odlišnost: 0,3 – 2,0 % u **samosprašných odrůd tritikale** (tj. cca 90 – 600 odlišných rostlin na 100 m<sup>2</sup>)
- Max. přípustná odlišnost: 0,1– 1,0 % u **žita a cizosprašných odrůd tritikale** (tj. cca 3 – 10 odlišných rostlin na 100 m<sup>2</sup>)

# Čistící linky osiva



# Čistící linky osiva



# Techniky explantátových kultur



# Techniky explantátových kultur

Princip – cíl: dosažení regenerace celých rostlin *in vitro*

**Totipotence** = schopnost somatické rostlinné buňky nést kompletní genetickou informaci pro vývoj celistvé rostliny

**Explantátovými kulturami ve šlechtění se dosahuje:**

- Rychlé množení cenného šlechtitelského materiálu
- Ozdravení šlechtitelských materiálů od patogenů
- Překonání nekřížitelnosti
- Změna ploidity vedoucí k tvorbě nové odrůdy
- Využití předselekce v *in vitro* kulturách a tím urychlení a zkvalitnění šlechtění
- Získání nových a udržování existujících genotypů s pylovou sterilitou
- Homozygotace rostlin při tvorbě odrůd

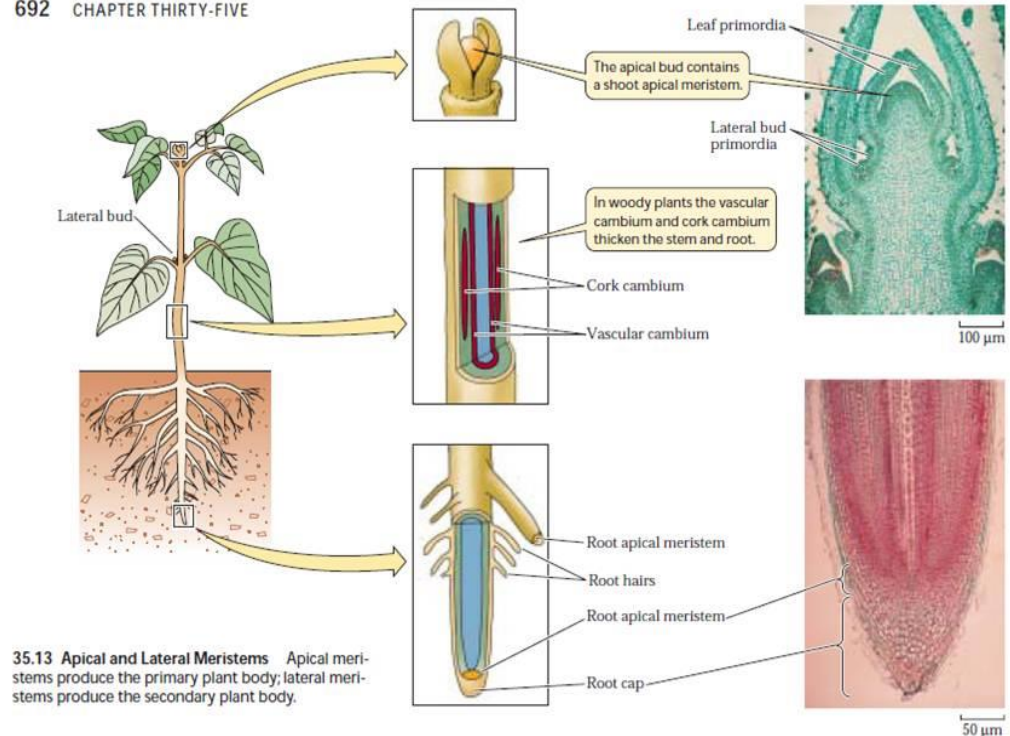
# Techniky explantátových kultur

**Techniky zachovávající původní genotyp**: slouží pro uchování rostlin v *in vitro* kultuře bez genetických změn pro potřeby vegetativního množení.

**Meristémové kultury** – kultivace izolovaných meristémů, ze kterých se získává celistvá rostlina – ta je identická s tou výchozí

Použití: hlavně pro ozdravení materiálu (od virů) – brambor, jetel, vojtěška, ovocné dřeviny..

692 CHAPTER THIRTY-FIVE

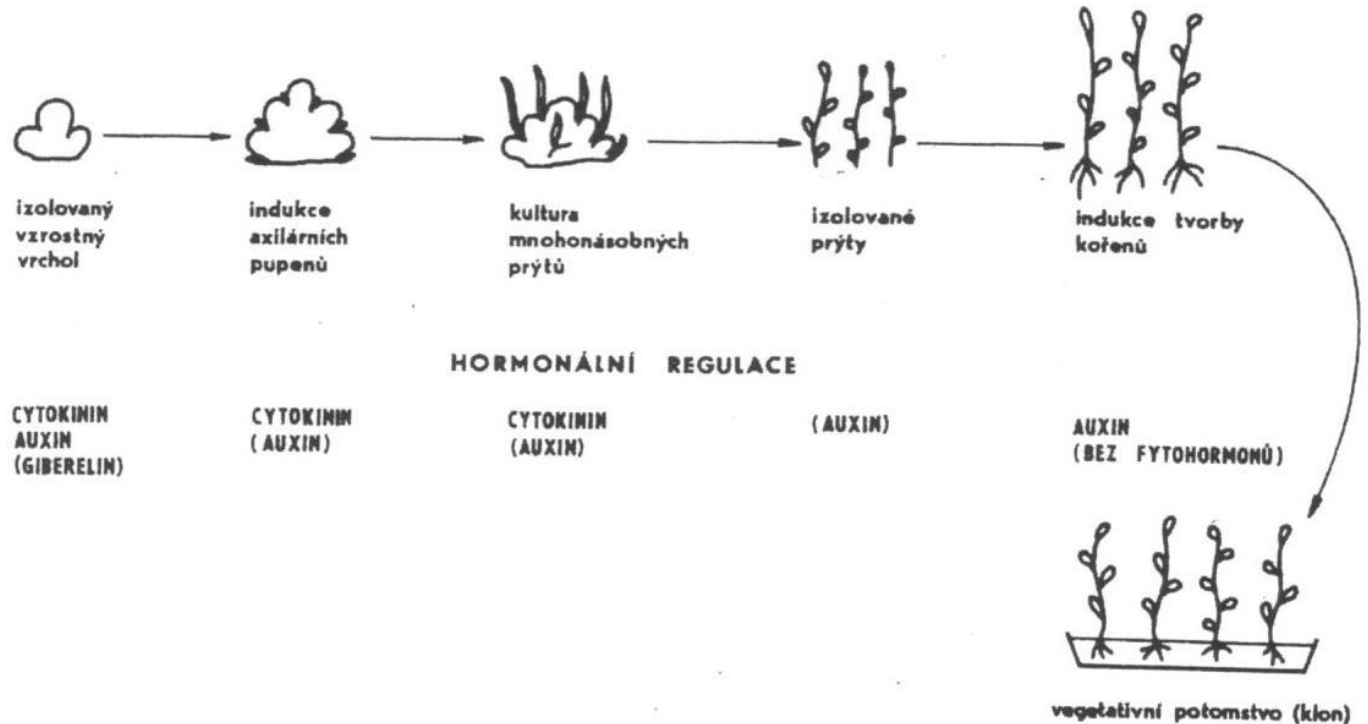


# Techniky explantátových kultur

**Techniky zachovávající původní genotyp**: slouží pro uchování rostlin v *in vitro* kultuře bez genetických změn pro potřeby vegetativního množení.

**Meristémové kultury** – kultivace izolovaných meristémů, ze kterých se získává celistvá rostlina – ta je identická s tou výchozí

Použití: hlavně pro ozdravení materiálu (od virů) – brambor, jetel, vojtěška, ovocné dřeviny..



# Techniky explantátových kultur

**Techniky zachovávající původní genotyp**: slouží pro uchovávání rostlin v *in vitro* kultuře bez genetických změn pro potřeby vegetativního množení.

**Embryokultury** – kultivace embryí v podmínkách *in vitro*

1.Kultury semenných embryí- pro kultivaci se použijí plně bipolární struktury rostlin – semen, které obsahují kořenový a stonkový systém

2.Kultury proembryí – kultivují se stádia nezralých embryí přecházející v diferenciaci děloh

3.Tvorba syntetických semen – tzv. Umělá semena – somatická embrya obalená gelem, který embryu poskytuje výživu



# Techniky explantátových kultur

**Techniky zachovávající původní genotyp**: slouží pro uchovávání rostlin v *in vitro* kultuře bez genetických změn pro potřeby vegetativního množení.

**Klonování *in vitro* (mikropropagace)** – kultivace celistvých rostlin z jedné rostliny, nebo její části – používá se nejčastěji ke komerčním účelům.

Použití:

- Množení sterilních rostlin
- Množení aneuploidů, nebo rostlin s atypickým počtem chromozomů, kdy hrozí, že se tato kombinace může při generativním množení ztratit
- Vegetativní množení mnoha rostlinných druhů

# Techniky explantátových kultur

**Techniky zvyšující genetickou variabilitu** – při těchto technikách dochází ke genetickým nestabilitám nazývaným jako ***somaklonární variabilita***

**Kalusové kultury** – lze indukovat kalusovou kulturu k každého druhu pletiv

**1. Buněčné (suspenzní) kultury** – tvoří diferencované buňky rozptýlené v médiu  
- Používají se bioreaktory



# Techniky explantátových kultur

**Techniky zvyšující genetickou variabilitu** – při těchto technikách dochází ke genetickým nestabilitám nazývaným jako **somaklonární variabilita**

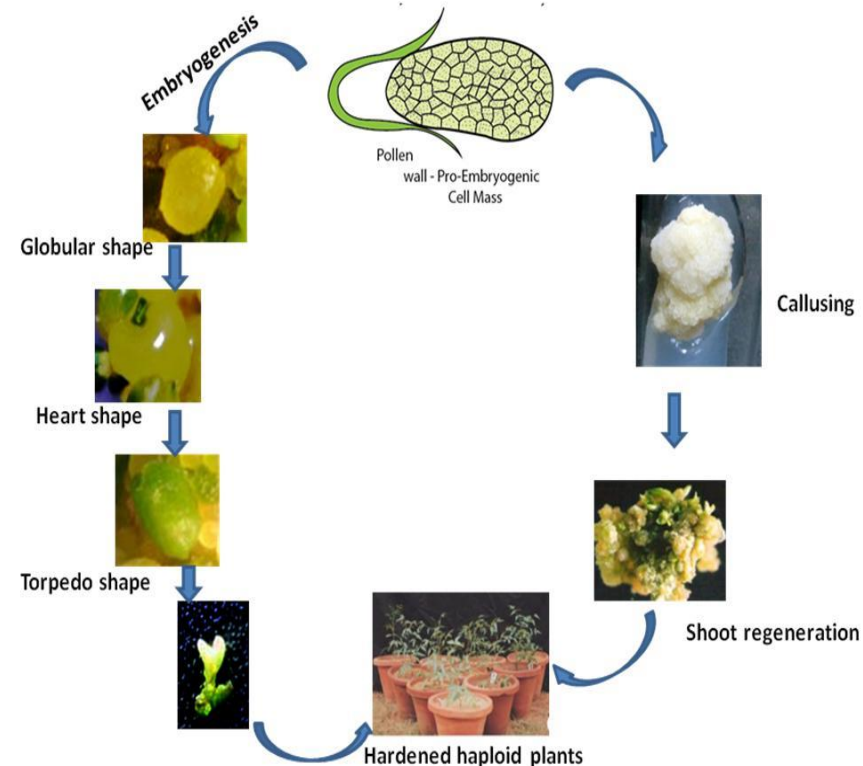
**Kalusové kultury** – lze indukovat kalusovou kulturu k každého druhu pletiv

**2. Indukce haploidů v *in vitro* kulturách** – rychlá metoda získávání homozygotních dihaploidů

**Androgeneze in vitro** – získávání rostlin ze samčí gamety (pylu)  
- Problémem je malá výtěžnost

**Kultivace ovulí** – vývoj haploidních rostlin z neoplozených vajíček

**Produkce ze vzdálených křížení** – opylení pylem, který byl chemicky ošetřen (příp. ozářen) – použ. se v mezirodové a mezidruhové hybridizaci

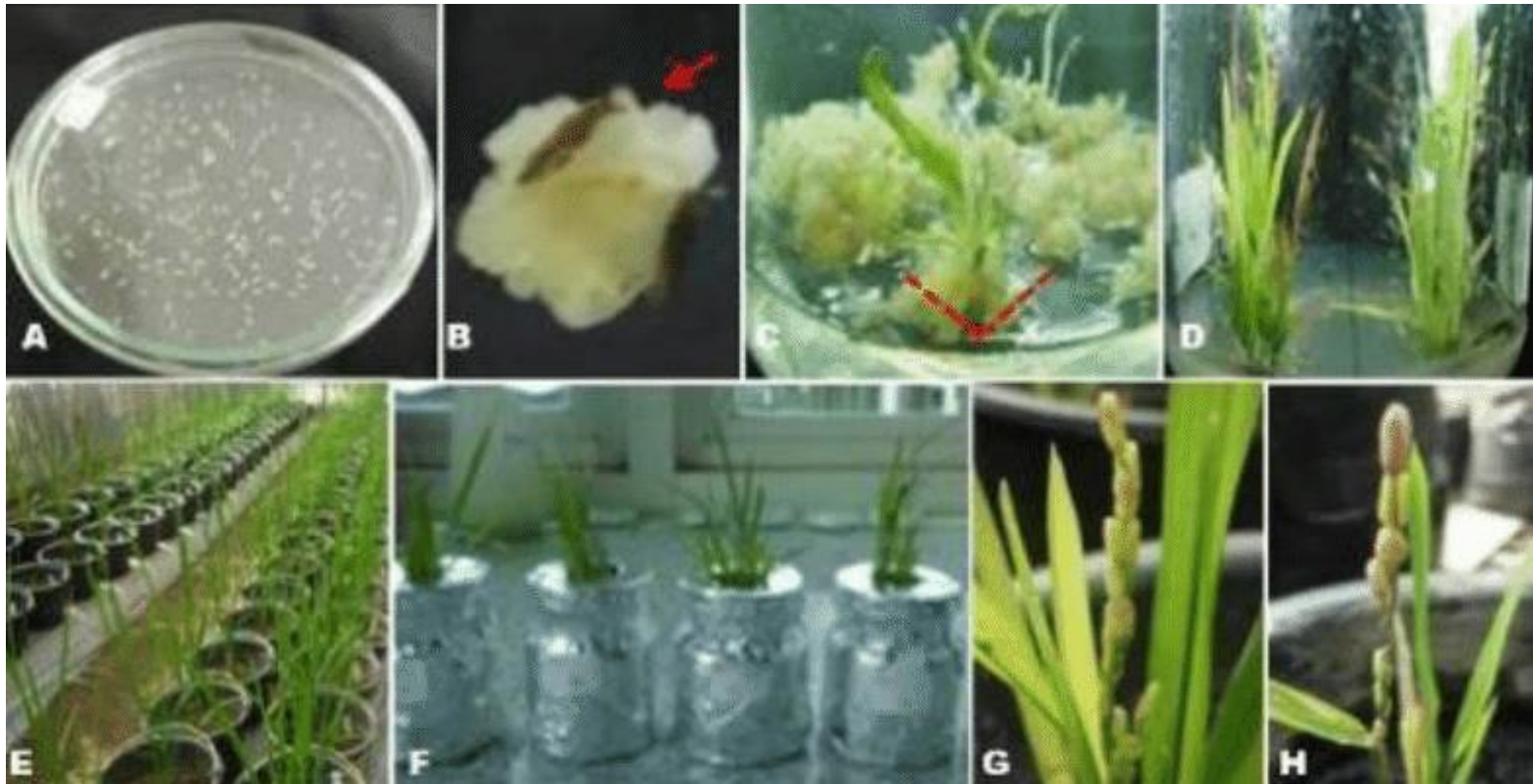


# Techniky explantátových kultur

Techniky zvyšující genetickou variabilitu – při těchto technikách dochází ke genetickým nestabilitám nazývaným jako **somaklonární variabilita**

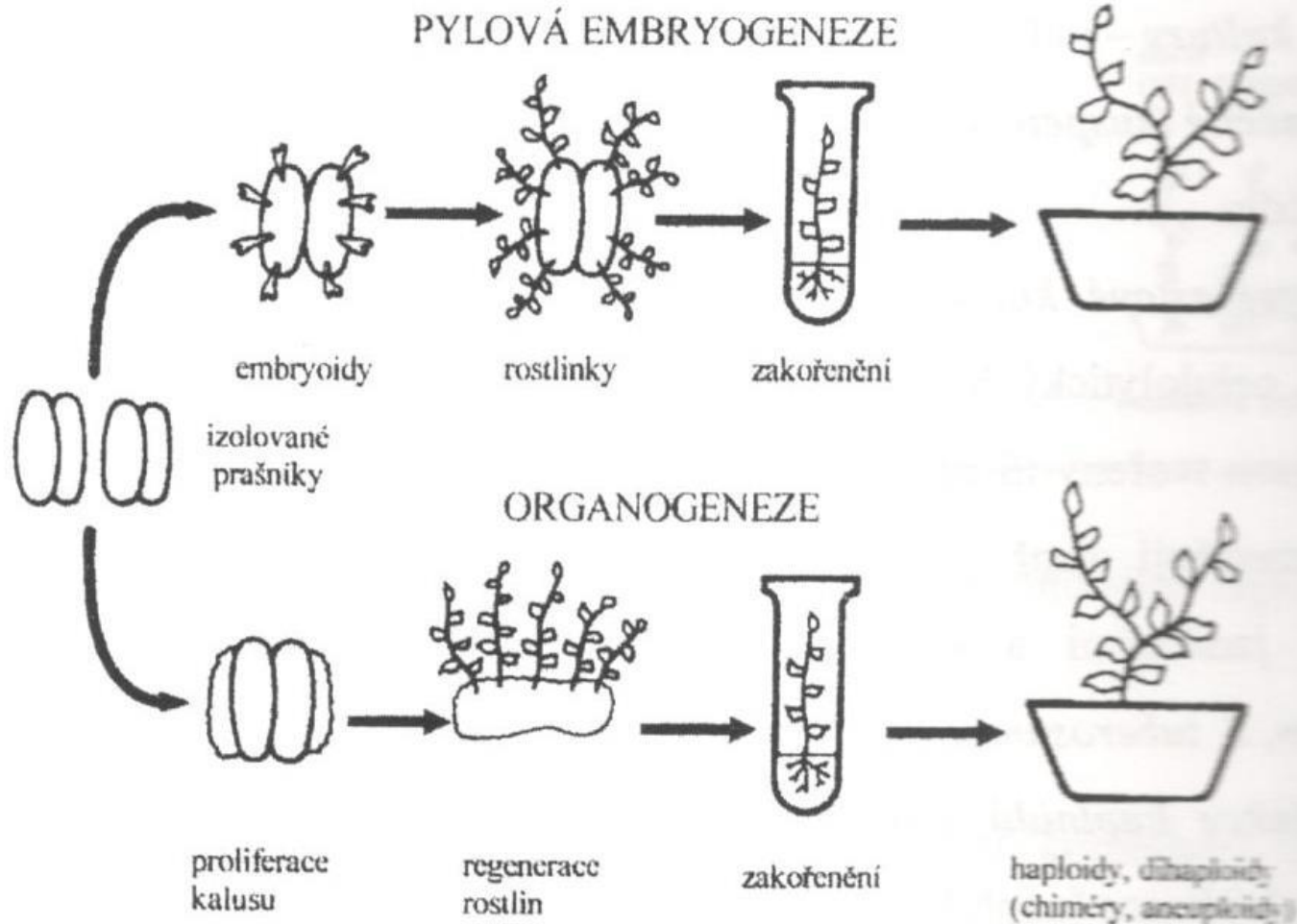
**Kalusové kultury** – lze indukovat kalusovou kulturu k každého druhu pletiv

2. Indukce haploidů v *in vitro* kulturách – rychlá metoda získávání homozygotních dihaploidů



# Techniky explantátových kultur

## 2. Indukce haploidů v *in vitro* kulturách – rychlá metoda získávání homozygotních dihaploidů



# Státní odrůdové zkoušky, ÚKZÚZ

- **ÚKZÚZ** – Ústřední Kontrolní a Zkušební Ústav Zemědělský. Je státní nezávislá organizace odpovědná za registraci a množení odrůd, hnojiv, krmiv, pomocných přípravků. Vykonává nezávislý dozor a její kompetence jsou v souladu s dalšími národními organizacemi v EU (např BundesSortenAmt)
- **Státní odrůdová kniha** – odrůdy registrované na národní úrovni
- **Společný evropský katalog odrůd** – souhrn všech odrůd zapsaných ve státních odrůdových knihách v členských státech EU
- V EU platí vzájemná uznatelnost odrůd
- **Seznam doporučených odrůd** – doporučené odrůdy po registraci

# Postup registrace odrůdy

- 1) Po homogenizaci a homozygotaci odrůdy / homogenizaci hybridu – příprava materiálu na státní odrůdové zkoušky (ÚKZÚZ)
- 2) Faktory registračního řízení
  - Množství požadovaného osiva
  - Požadované osivo pro registrační řízení
  - Délka registračního řízení
  - Kontrolní odrůdy
- 3) Vyplnění žádosti o registraci a technického dotazníku

# Žádost o registraci

- Žadatel (firma, adresa..)
- Druh
- Návrh názvu odrůdy
- Je odrůda GMO
- Stát, kde byla odrůda vyšlechtěna
- Údaje o specifických vlastnostech odrůdy (odrůda je komponent hybridů, odrůda je uchována z důvodu udržení genetické rozmanitosti, odrůda je určena pro vývoz mimo státy EU)
- Seznam příloh (technický dotazník, zmocnění zástupce, návrh názvu odrůdy, další přílohy)



# Technický dotazník

- povinná součást přihlášky k registraci odrůdy
- jsou v něm uvedeny všechny důležité vlastnosti odrůdy

**TECHNICKÝ DOTAZNÍK**  
**TECHNICAL QUESTIONNAIRE**

- [ ] Příloha k přihlášce odrůdy k ochraně práv  
In connection with an application for Plant Breeders' Rights
- [ x ] Příloha k žádosti o registraci odrůdy  
In connection with an application for entry into National List

ID |\_|\_|\_|\_| |\_|\_|\_|\_|\_|\_|\_|\_|

POO |\_|\_|\_|\_|\_|\_|\_|\_|

REG |\_|\_|\_|\_|\_|\_|\_|\_|

1. Species **Brassica napus L. (partim)** forma **ibernalis**  
(biennis) [ ] forma **aestiva** (annua)  
[ ]  
Druh : **Ř e p k a**  
**Rape seed**

2. **Žadatel(é): jméno a adresa**  
Applicant(s): Name and address

OSEVA PRO s.r.o.  
Jankovcova 18  
170 37, Praha 7

3. **Předběžné označení:** OP-BN-22  
Breeder's reference

4. **Informace o původu, rozmnožování a udržování odrůdy:**  
Information on origin, maintenance and reproduction of the variety

- 4.1 **Typ materiálu**  
Type of material

- (a) **linie / line**
- pylově fertilní linie / male fertile line [ x ]
  - pylově sterilní linie / male sterile line [ ]

**využití (jen pro pylově fertilní linie) / use (only for male fertile line)**

- jako komponent as component [ ]
- jako komerční odrůda as commercial variety [ x ]

- (b) **hybrid / hybrid**
- pylově sterilní hybrid / male sterile hybrid [ ]
  - pylově fertilní hybrid / male fertile hybrid [ ]
  - autoinkompatibilní hybrid / self incompatible hybrid [ ]

- (c) **jiný (uved'te) / other (please indicate)** [ ]

4.2

**Vzorec (pro každý komponent uveďte v příloze na samostatných listech informace k bodům 5 až 7)**  
Formula (if applicable, for each component in separate sheets, the information according to the following chapter 5 to 7 to be added)

Jednoduchý hybrid / Single hybrid

- Název nebo předběžné označení mateřské linie / denomination or breeder's reference of female parental line
- Název nebo předběžné označení otcovské linie / denomination or breeder's reference of male parental line

Tříliniový hybrid / Three-way hybrid

Název nebo předběžné označení / denomination or breeder's reference of:

- použitého jednoduchého hybridu / single hybrid used
- mateřské linie jednoduchého hybridu / female parental line of the single hybrid
- otcovské linie jednoduchého hybridu / male parental line of the single hybrid
- mateřského komponenta tříliniového hybridu / female parent of the three-way hybrid
- otcovské linie tříliniového hybridu / male parental line of the three-way hybrid

V případě použití pylové sterility uveďte název linie - udržovatele mateřské linie  
In case of use of male sterility system, indicate the name of the maintainer line of the female parental line

V případě použití autoinkompatibility uveďte názvy autokompatibilních linií  
In case of use of self-incompatibility system, indicate if applicable the name of the self-compatible lines

4.3

**Další informace o genetickém původu a metodě šlechtění**

Other information on genetic origin and breeding method

ustálená pylově fertillní linie z křížení rodičů OP-4177 x Odila

Metoda: rekurentní selekce na zdravotní stav, výnos a kvalitu po křížení ustálených rodičovských linií

4.4

**Jméno a adresa udržovatele:**

Name and address of maintainer

OSEVA PRO s.r.o., odštěpný závod Výzkumný ústav olejnin Opava, Purkyňova 10, 746 01 Opava, Česká republika

5. **Nejdůležitější znaky nutné k identifikaci odrůdy (číslo v závorce odpovídá číslování znaků v technickém protokolu CPVO TP/36/1; označte [X] stupeň projevu, který nejlépe odpovídá odrůdě)**  
 Characteristics of the variety to be indicated (the number in brackets refers to the state of expression in the CPVO protocol TP/36/1; please mark [X] the state of expression which best corresponds)

Znaky Characteristics	Odrůdy - příklady Example varieties	Známka Note
5.1 <b>Semeno: kyselina eruková</b> (1) Seed: erucic acid		
není je	absent present	Cadoma, Express Rabelais, Zeruca
		9 [ ] 1 [ x ]
5.2 <b>List: laločnatost</b> (6) Leaf: lobes		
není je	absent present	Calida; Akela Dorothy, Express
		1 [ ] 9 [ x ]
5.3 <b>Doba kvetení (uved'te průměrné datum kvetení odrůdy a dvou známých srovnatelných odrůd)</b> (9) Time of flowering (quote mean date of flowering of variety as well as of two well-known comparable varieties)		
OP-BN-22	19/4 – 14/5 (r.2006)	
Baros	14/4 – 11/5	
Digger	18/4 – 12/5	

5.4 <b>Rostlina: celková délka včetně postranních větví (uved'te délku odrůdy a dvou známých srovnatelných odrůd)</b> (15) Plant: total length including side branches (quote length of variety as well as of two well-known comparable varieties)		
OP-BN-22	155 cm (r.2006)	
Baros	152 cm	
Digger	155 cm	

6. **Podobné odrůdy a odlišnosti od těchto odrůd:**  
 Similar varieties and differences from these varieties

Název podobné odrůdy Denomination of similar variety	Znak, ve kterém je podobná odrůda odlišná *) Characteristic in which similar variety is different *)	Stupeň projevu podobné odrůdy State of expression of similar variety	Stupeň projevu přihlášované odrůdy State of expression of candidate variety
Digger	zralost odolnost proti fomovému černání odolnost proti poléhání	0 6,00 7,5	+2 dni (2006) 7,65 8,25

\*) V případě shodných stupňů projevu obou odrůd uveďte velikost rozdílu  
 In the case of identical states of expression of both varieties, please indicate the size of the difference

7. **Další informace, jež mohou přispět k odlišení odrůdy**  
Additional information which may help to distinguish the variety

7.1 **Rezistence vůči chorobám a škůdcům**  
Resistance to pests and diseases

Úroveň rezistence OP-BN-22 vůči sledovaným chorobám (fomové černání stonku, hlízenka obecná, čern řepková a plíseň šedá) je na vyšší úrovni (o cca 0,5 – 0,75 stupně) než u kontrolních odrůd Viking, Californium, Digger a Baros.

7.2 **Zvláštní podmínky pro zkoušení odrůdy**  
Special conditions for the examination of the variety

(a) Skupina / Group

- Jarní řepka na semeno / Spring oilseed rape

- Ozimá řepka na semeno / Winter oilseed rape

- Jarní krmná řepka / Spring forage rape

- Ozimá krmná řepka / Winter forage rape

(b)

- Nízký obsah glukosinolátů / Low glucosinolate content

- Vysoký obsah glukosinolátů / High glucosinolate content

(c) Jiné podmínky / Other conditions

Ano, uveďte / Yes, specify

Ne / No

7.3 **Jiné informace**  
Other information

8. **GMO**

Je odrůda geneticky modifikovaným organismem ve smyslu § 2 písm. d) zákona č. 78/2004 Sb.?

Is the variety a Genetically Modified Organism within the meaning of Article 2 (d) of Act No. 78/2004 Coll.?

Ano / Yes

Ne / No

Pokud ano, přiložte kopie následujících dokumentů:

If yes, please add a copy of the following documents:

- Rozhodnutí Komise ES o uvedení na trh v souladu se směrnicí Evropského parlamentu a Rady 2001/18/ES.
- Commission Decision concerning the placing on the market, in accordance with Directive 2001/18/EC of the European Parliament and of the Council.
- Souhlas příslušného úřadu členského státu s uvedením na trh podle výše uvedeného rozhodnutí Komise ES.
- Consent of the competent authority of the Member State to the placing on the market, in accordance with this Decision.

---

9. Datum / Date:

Podpis / Signature:

Jméno / Name:

# Registrace odrůd

## 1) Část osiva – zkoušky užitné hodnoty

- Srovnání výnosu
- Srovnání odolnosti
- Srovnání kvality
- Další vlastnosti (výška rostlin, HTZ, podíly zrna atd.)

2) DUS testy (D – Difference, U – Uniformity, S – Sustainability). V budoucnu zřejmě nahrazeny/doplněny molekulárními metodami

Délka registrace: 2 – 3 roky

# Udržování odrůd

**Přihlášení do zkoušek ÚKZÚZ** (v případě liniové odrůdy): F7 a vyšší generace, DH linie – **šlechtitelský rozmnožovací materiál**



**Super elita (SE)** – předstupeň množení (SE-1 až SE-3). Bílá návěska s fialovým příčným pruhem



**Elita (E)** – základní osivo (E). Bílá návěska.



**Certifikované osivo (C)** – osivo k prodeji (C1 až C3). Modrá a červená barva návěsky.



# Udržování odrůd

Provádí je:

- Samotný šlechtitel
- Množitel (subdodavatel)

**Počet generací** – čím větší, tím větší může být posun od registrované odrůdy

- **Obilniny, luskoviny, len:** 4 + 2 generace (základní + certifikované)
- **Hybridy (kukuřice, řepa), květiny:** 1 + 1
- **Zelenina:** 1 – 3 + 2
- **Brambory:** 3 + 2
- **Ovocné dřeviny, réva, chmel, jahodník:** 2 + 2

# Udržování liniových odrůd

- Poměrně jednoduché
- Ze šlechtitelského materiálu se vybere 100 – 1000 klasů, ty se přemnoží a tvoří základ SE, nebo se provede negativní selekce v maloparcelním pokusu v izolaci a toto tvoří základ SE

## Udržování hybridních odrůd

- Složitější, spočívá v udržování rodičovských linií
- Pěstování otcovské a mateřské linie pro výrobu F1 certifikovaného osiva – v pásech s dostatečnou prostorovou izolací (kvůli mechanizované sklizni a selekci během vegetace)

# Udržování odrůd typu populace

- Udržování cizosprašných populací vyžadují takovou metodu udržování, která umožní panmiktické opylení mezi všemi komponenty populace
- Ze školek se vyberou zdravé a typické rostliny pro danou odrůdu a ty tvoří základ pro další množení
- Udržují se jednotlivé rodičovské komponenty
- Po křížení se reprodukuje v 1 až 4 generacích (označení jako *Syn-1* až *Syn-4*)

# Udržování odrůd typu klonů

- Udržování ve formě jednoho, nebo několika málo klonů (vegetativně množených)
- Hlavní problém: šíření chorob – viróz (častý důvod restrinkce odrůd)
- Udržování pomocí in-vitro/merystémových kultur:
  - 1) Z jedné části se stanoví odrůdová identita pomocí PCR
  - 2) Z druhé části se vypěstují rostliny a testují se na přítomnost viróz (za negativní selekce)
  - 3) Z další části se připraví další merystémová kultura a otestuje se na virózy

Testování na bezvirovost - ELISA

# Šlechtění pšenice

## Formy:

- Ozimá (cca 800.000 ha)
- Jarní (cca 40.000 ha)

Podle ploidie, klasu a kvality zrna:

## Diploidní ( $2n = 14$ )

- Jednozrnka (*T. monoccicum*)
  - planá a kulturní forma

## Tetraploidní ( $2n = 28$ )

- Tvrdá (*T. durum*)
- Dvouzrnka (*T. diccicum*)
- Naduřelá (*T. turgidum*)

## Hexaploidní ( $2n = 42$ )

- Špalda (*T. spelta*)
- Setá (*T. aestivum*)





Kilian B. et al. Genetic Diversity,  
 Evolution and Domestication of  
 Wheat and Barley in the Fertile  
 Crescent  
 DO - 10.1007/978-3-642-12425-  
 9\_8  
 JO - Evolution in Action: Case  
 studies in Adaptive Radiation,  
 Speciation and the Origin of  
 Biodiversity  
 ER -

# Šlechtění pšenice

**Pšenice**- rod lipnicovité *Poaceae*

Klas je složený z vícekvětých klásků, umístěných na klasovém vřetenu

Pšenice setá – *Triticum aestivum*

Nejvíce pěstovaná forma pšenice u nás i ve světě

Typ klasu – osinatý i bez osin

Po vyklíčení zrna se tvoří adventivní kořeny a vzniká tzv. „odnožovací uzel“ (svazčitý kořenový systém) – ten tvoří základ pro vývoj dalších stébel

Tvorba stébla = přechod rostliny do generativní fáze

Na růstovém vrcholu se tvoří kláskové hrboly

# Koeficienty heritability - pšenice

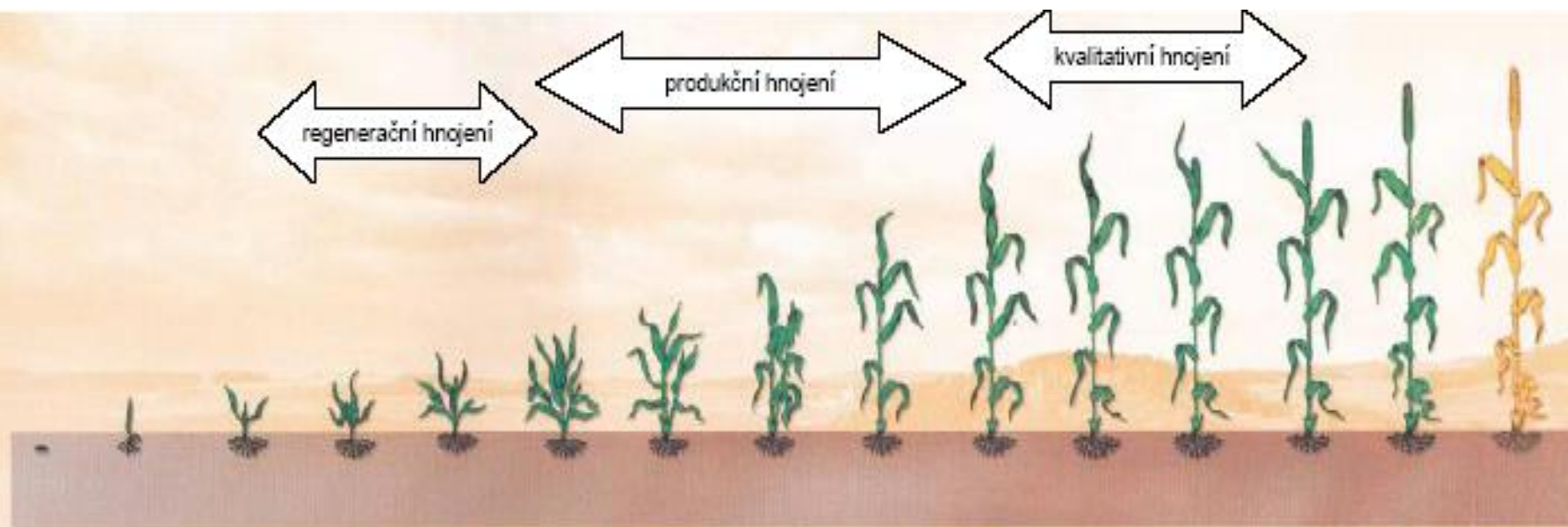
Znak	Koeficient heritability $h^2$	Koeficient heritability $h^2$ (stres suchem)
Délka rostlin	0,29249	0,1631
Délka klasu	0,5961 – 0,757	0,548
Počet klasů na rostlině	0,339	0,12
Počet zrn v klasu	0,2692 – 0,555	0,25
Datum metání	0,6269	0,75
Hmotnost 1000 zrn	0,7379	0,429
Délka vzcházení rostlin	0,559	
Datum kvetení	0,756	
Datum zralosti (ranost)	0,671	
Produktivní odnože	0,815	
Objemová hmotnost zrna	0,250	
Glutein (obsah)	0,556	
Proteiny – NL (obsah)	0,448	



# Koeficienty heritability - pšenice

Znak	Koeficient heritability $h^2$	Koeficient heritability $h^2$ (stres suchem)
Odolnost poléhání	0,87	
Počet klasů na 1 m <sup>2</sup>	0,96	
Barva obilky	0,73	
Přítomnost osin v klasech	0,27	
Barva endospermu (mouka)	0,74	
Sklovitost mouky	0,62	

# Šlechtění pšenice – fáze růstu podle BBCH



	<b>A-D</b> 10-13	<b>E</b> 21	<b>F</b> 25	<b>G</b> 29	<b>H</b> 30	<b>I</b> 31	<b>J</b> 32	<b>K</b> 37	<b>L</b> 39	<b>M</b> 49	<b>N</b> 51	<b>O</b> 59	<b>P-Q</b> 61-69	<b>R-W</b> 71-92
setí	Vzcházení až do stadia 3. listu	Počátek odnožování	Hlavní odnožování	Konec odnožování	Počátek sloupkování	Stadium 1. kolénka	Stadium 2. kolénka	Objevení se posledního listu	Objevení se jazýčku posledního listu	Otevření listové pochvy	Počátek metání	Konec metání	Počátek a konec květu	Tvorba zrna až absolutní zralost

# Fenologické fáze - BBCH

## kód popis

### Stadium 0: Klíčení

- 00 suché semeno
- 01 počátek bobtnání
- 03 konec bobtnání
- 05 kořínek vystoupil ze semene
- 07 koleoptile vystoupila ze semene
- 09 vzcházení: koleoptile proráží povrch půdy, na špičce koleoptile je již viditelný list

### Stadium 1: Vývoj listů

- 10 první list vystoupil z koleoptile
- 11 fáze 1. listu: 1. list rozvinutý
- 12 fáze 2. listu: 2. list rozvinutý

### 1 vývoj listů pokračuje

- 19 9 a více listů rozvinutých

### Stadium 2: Odnožování

- 21 první odnož viditelná: počátek odnožování
- 22 druhá odnož viditelná

### 2 vývoj odnoží pokračuje

- 29 9 a více odnoží viditelných

### Stadium 3: Sloupkování

- 30 začátek sloupkování: hlavní odnož i vedlejší odnože se zřetelně napřimují a počínají se prodlužovat, klas (lata) vzdálen od odnožovacího uzlu min. 1 cm
- 31 fáze 1. kolénka: 1. kolénko těsně nad povrchem půdy zjistitelné, vzdálené od odnožovacího uzlu min. 1 cm
- 32 fáze 2. kolénka: 2. kolénko postižitelné, vzdálené min. 2 cm od 1. kolénka
- 33 fáze 3. kolénka: 3. kolénko vzdálené min. 2 cm od 2. kolénka
- 34 fáze 4. kolénka: 4. kolénko vzdálené min. 2 cm od 3. kolénka
- 37 objevení se posledního listu (praporcový list): poslední list ještě svinutý
- 39 fáze jazýčku (liguly): jazýček praporcového listu již viditelný, praporcový list plně rozvinutý

#### **Stadium 4: Naduření listové pochvy**

- 41 pochva praporcového listu se prodlužuje
- 43 klas (lata) se ve stéble posunuje vzhůru, pochva praporcového listu začíná duřet
- 45 pochva praporcového listu naduřelá
- 47 pochva praporcového listu se otevírá
- 49 špičky osin: osiny jsou viditelné nad ligulou praporcového listu

#### **Stadium 5: Metání**

- 51 počátek metání: špička klasu (lata) vystupuje z pochvy nebo ji proráží bočně
- 55 střed metání: báze ještě v pochvě
- 59 konec metání: klas (lata) celý viditelný

#### **Stadium 6: Kvetení**

- 61 počátek kvetení: prvé prašníky viditelné
- 65 střed kvetení: 50 % prašníků zralých
- 69 konec kvetení

#### **Stadium 7: Tvorba zrn**

- 71 prvá zrna dosáhla poloviny své konečné velikosti, obsah zrn vodnatý
- 73 časná mléčná zralost
- 75 střední mléčná zralost: všechna zrna dosáhla své konečné velikosti, obsah zrn mléčný, zrna ještě zelená
- 77 pozdní mléčná zralost

#### **Stadium 8: Zrání**

- 83 časná těstovitá (vosková) zralost
- 85 těstovitá zralost: obsah zrna ještě měkký, ale suchý, deformace tlakem nehtu reverzibilní
- 87 žlutá zralost: deformace tlakem nehtu irreverzibilní
- 89 plná zralost: zrno je tvrdé, jen s obtíží je lze nehtem palce zlomit

#### **Stadium 9: Stárnutí**

- 92 mrtvá zralost: zrno již nelze nehtem palce stisknout nebo zlomit
- 93 zrna se uvolňují
- 97 rostlina plně odumřelá, stéblo se láme
- 99 sklizené zrno (vhodné pro posklizňové úpravy zrna, např. ochranné zásahy)

# Fenologické fáze - BBCH



BBCH 29 – 30 – konec odnožování  
až začátek sloupkování

BBCH 52 – 55 – začátek metání  
(viditelný klas)



# Šlechtění pšenice

**Pšenice:** autogamní rostlina, podíl cizosprášení je menší než 3 %

**Většina odrůd:** liniové – čisté linie a víceliniové, hybridy- zřídka za použití gametocidů

## **Historie:**

- Původně do 1. poloviny 20. století – výběry z krajových odrůd
- Za období 1918 – 1992 (Československo) bylo registrováno 227 ozimých a 64 jarních pšenic

Z toho:

- 30 % z krajových odrůd
- 36 % kombinačním křížením
- 20 % registrací zahraničních odrůd
- 14 % výběrem ze zahraničních odrůd, nebo šlecht. Materiálu

Za roky 1970 – 2004 činil průměrný přírůstek výnosu v odrůdových pokusech 75 kg/ha/rok.

# Šlechtění pšenice – hodnocení ÚKZÚZ

		Základní sortiment																
Kategorie doporučení	Průměr standardních odrůd (t.ha <sup>-1</sup> )	D	D	PD	D	D	D	D	D	D	PD	D	D	D	D	D	D	D
Pekařská jakost		elitní (E)		kvalitní (A)						chlebová (B)				C <sub>K</sub>	nevhodná (C)			
		Butterfly *	Genius	LG Dita *	Illusion	KWS Elementary	Asory	Fakir	Turandot	KWS Silverstone	KWS Donovan *	LG Orlice	Gordian	LG Mocca	Chevignon	RGT Sacramento	Johnson	Frisky
<b>Výnos zrna (%) neošetřená varianta pěstování</b>																		
Kukuřičná	7,90	87	90	94	93	94	94	94	89	97	99	96	97	99	101	98	100	97
Řepařská Morava	8,65	88	90	99	94	97	96	94	94	99	103	99	96	101	102	99	100	95
Řepařská Čechy	9,81	85	85	94	90	91	92	90	86	93	96	93	90	97	96	94	95	92
Bramborářská	9,34	82	84	91	89	90	93	87	86	92	98	91	91	96	96	89	96	92
<b>Výnos zrna (%) ošetřená varianta pěstování</b>																		
Kukuřičná	<b>8,32</b>	93	94	99	100	101	100	98	98	106	104	103	101	104	108	106	109	100
Řepařská Morava	<b>9,09</b>	95	94	102	101	102	101	99	98	106	105	105	100	106	105	105	107	100
Řepařská Čechy	<b>10,87</b>	97	94	102	101	101	100	98	96	106	105	104	99	107	107	106	106	99
Bramborářská	<b>10,51</b>	94	93	101	98	99	104	99	96	105	108	103	103	108	106	101	109	101
<b>Kvalita zrna:</b>																		
Objemová výtěžnost pečiva - RMT (9-1)	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>7</b>	<b>7</b>	<b>7</b>	<b>7</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>4</b>	<b>7</b>	<b>5</b>	<b>4</b>	-	<b>4</b>	<b>1</b>	<b>4</b>	<b>2</b>	
Sedimentační test Zeleny (ml)	61	61	42	44	64	47	65	50	42	41	40	42	18	41	35	33	42	
Obsah dusíkatých látek v sušině (%)	15,4	14,5	13,3	14,4	14,9	13,5	14,4	13,9	12,9	13,8	12,9	13,6	12,9	13,2	13,1	12,8	12,9	
Číslo poklesu (s)	398	431	405	313	404	402	409	313	414	361	367	401	298	385	375	329	356	
Stabilita čísla poklesu	+	+	+	0	0	0	0	0	0	+	0	+	0	0	0	-	+	
Objemová hmotnost (g.l <sup>-1</sup> )	798	808	799	806	806	797	804	802	780	808	792	792	791	782	790	760	801	
Alveograf - W - energie (10 <sup>-4</sup> J)	295	369	222	227	323	270	375	267	254	228	192	224	81	224	208	192	211	
Alveograf - P/L	0,9	1,0	0,2	0,5	0,4	0,6	1,1	0,3	0,7	0,4	0,4	0,6	0,1	0,3	0,7	0,4	0,4	
Tvrдость - PSI (%)	14	14	14	14	15	13	14	16	14	14	13	15	23	16	14	17	14	
<b>Obsah DON (mg.kg<sup>-1</sup>) - testy odolnosti proti napadení růžováním klasu pšenice (fuzariózami klasů)</b>																		
<i>Fusarium culmorum</i> - VÚRV Ruzyně, v.v.i.	77	82	93	49	127	69	78	47	104	105	124	78	74	76	77	75	124	
Testy po kukuřici - ÚKZÚZ	2,1	2,2	3,9	1,5	2,5	2,3	2,0	1,8	4,3	1,9	4,4	4,4	3,9	3,8	2,1	5,7	3,8	

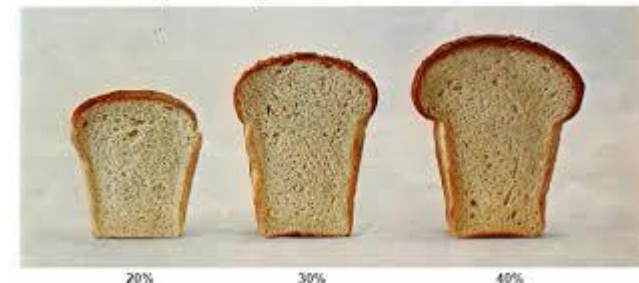
# Šlechtění pšenice

- **Výnos:** komplexní znak s nízkou až střední heritabilitou
- **Sklizňový index:** podíl zrna z celkové biomasy pšenice – důležité selekční kritérium, souvisí se zakrslostí (geny pro polozakrstost – *Rht*)
- **Zimovzdornost:** odrůdy/linie s nízkou položeným odnožovacím uzlem

## Kvalita obilí:

- Pšenice podle kvality: E, A, B, C, K
- E – velmi dobré (zlepšující) – min. 12,6 % NL (proteinu)
- A – dobré, samostatně zpracovatelné – min. 11,8 % proteinu
- B – doplňkové, zpracovatelné ve směsi – min. 11,1 % proteinu
- C – málo vhodné až nevhodné
- K – odrůdy pro keksy a sušenky (biscuit type)

Obr. 18 Vliv obsahu lepku na kvalitu pečiva





# Šlechtění pšenice

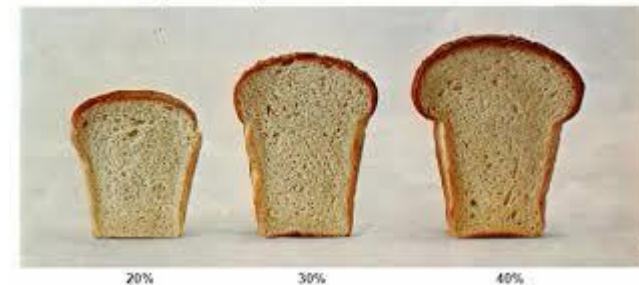
## Kvalita obilí:

- Pšenice podle kvality: E, A, B, C, K

## Pekárenské pšenice (E, A, B) - požadavky:

- vyšší obsah bílkovin nad 11 %
- Nižší obsah lepku v sušině (20 – 24 %), max. 28 %
- Vysoký glutein index (poměr lepku po odstředění z celkového lepku)
- Nižší číslo poklesu (pádové číslo) min. 220 s.
- Objemová výtěžnost – vyšší (nad 500 ml)
- Vyšší vaznost mouky – nad 52 %
- Nižší tvrdost zrna

Obr. 18 Vliv obsahu lepku na kvalitu pečiva



# Šlechtění pšenice – kvalitativní parametry

## **Číslo poklesu**

- Určuje poškození zásobních látek endospermu hydrolytickými enzymy zrna v důsledku klíčení
- Mouky s nízkým číslem poklesu tvoří lepkavé a mazlavé těsto
- Mouky s vysokým číslem poklesu mají vysokou aktivitu alfa-amylázy a vytváří suché těsto i malý objem výrobků

## **Objemová hmotnost**

- Ukazatel mlynářské jakosti a výtěžnosti mouky
- Je to odrůdový znak, vliv na tento parametr má i lokalita a ročník
- Požadovaná OH je min. 760 g/l (kvalitní odrůdy E a A mají vyšší než C)

# Šlechtění pšenice – kvalitativní parametry

## **Obsah dusíkatých látek (NL)**

- Stoupající obsah NL má pozitivní vliv na povahu těsta a objem pečiva
- Je silně ovlivněn podmínkami prostředí
- Pro pekárenské využití (chléb, kynuté pečivo) požadavek min. 11,5 %
- Pro pečivářenské využití (sušenky, oplatky, těstoviny..) – požadavek max. 11,5 %

## **Zelenyho test**

- Charakterizuje množství lepku a jeho bobtnací schopnost
- Pozitivně koreluje s obsahem NL a objemovou hmotností
- Je to výrazná odrůdová vlastnost
- Pro pekárenské využití – nejméně 30 ml
- Pro pečivářenské využití- max. 25 ml

# Šlechtění pšenice

**Metody šlechtění:** selekce podle znaků s vysokou heritabilitou v nižších generacích  $F_2$  až  $F_4$  (fotoperioda, polozakrslost, odolnost proti vypadávání obilek, sklizňový index, odolnost k chorobám a škůdcům)

- Testy adaptability v různých ročnících a prostředích v gen.  $F_5$  až  $F_7$

Možnosti využití molekulárních markerů:

- 3 geny s projevy dominance pro červenou barvu zrna
- 2 geny s projevy dominance, aditivity a mnohonásobného alelizmu pro fotoperioditu
- 5 genů pro jarovizaci, *Rht* gen pro zakrslost
- Mrazuvzdornost – geny *Gld 1D5* a *Gld 6A3*
- Odolnost k padlí – 9 genů *Pm2* a *Pm6* (s projevy dominance a mnohonásobného alelizmu)
- Odolnost ke rzi travní – 7 genů *Sr31*, *Sr29*, *Sr11* s projevy dominance, aditivity a mnohonásobného alelizmu
- Odolnost ke rzi plevové *Yr9* a rzi pšeničné *Lr9*, *Lr19*

# Šlechtění pšenice

## **Variabilita znaků v ÚKZÚZ – registrace (2007 – 2010):**

- Metání a zralost: dny od kontrolní odrůdy (-2 až +6)
- Odolnost k poléhání: 4 – 8
- Délka rostlin: 90 – 114
- Produktivní stébla na m<sup>2</sup>: 619 – 711
- Zimovzdornost (% přežití): 47 – 74 %
- Padlí travní na listu / v klasu: 4 – 7 / 6 – 8
- Listové skvrnitosti: 4 – 6
- Braničnatka plevová v klasu: 6 – 7
- Rez pšeničná: 4 – 7
- Rez travní – testy: 2 – 9
- Rez plevová – testy: 4 – 9
- Bělouklasost: 6 – 8

Kvalitativní znaky: Sedimentační test, obsah NL, číslo poklesu, objemová hmotnost, tvrdost, škrob v sušině, HTZ, alveograf – deformační energie, poměrové číslo.

# Šlechtění pšenice

## **Zadání - příklad**

Vyšlechtěte novou velmi ranou liniovou odrůdu potravinářské pšenice s vysokým výnosem zrna, dobrou zimovzdorností a odolností proti poléhání a obligátním chorobám

## Rok 0:

- Výběr rodičů
- Zdroj informací: seznam doporučených odrůd, odrůdová kniha, výsledky zkoušek výkonu odrůd
- **Rodiče Genius (E pšenice) x Tobak (B pšenice)**

## V případě potřeby:

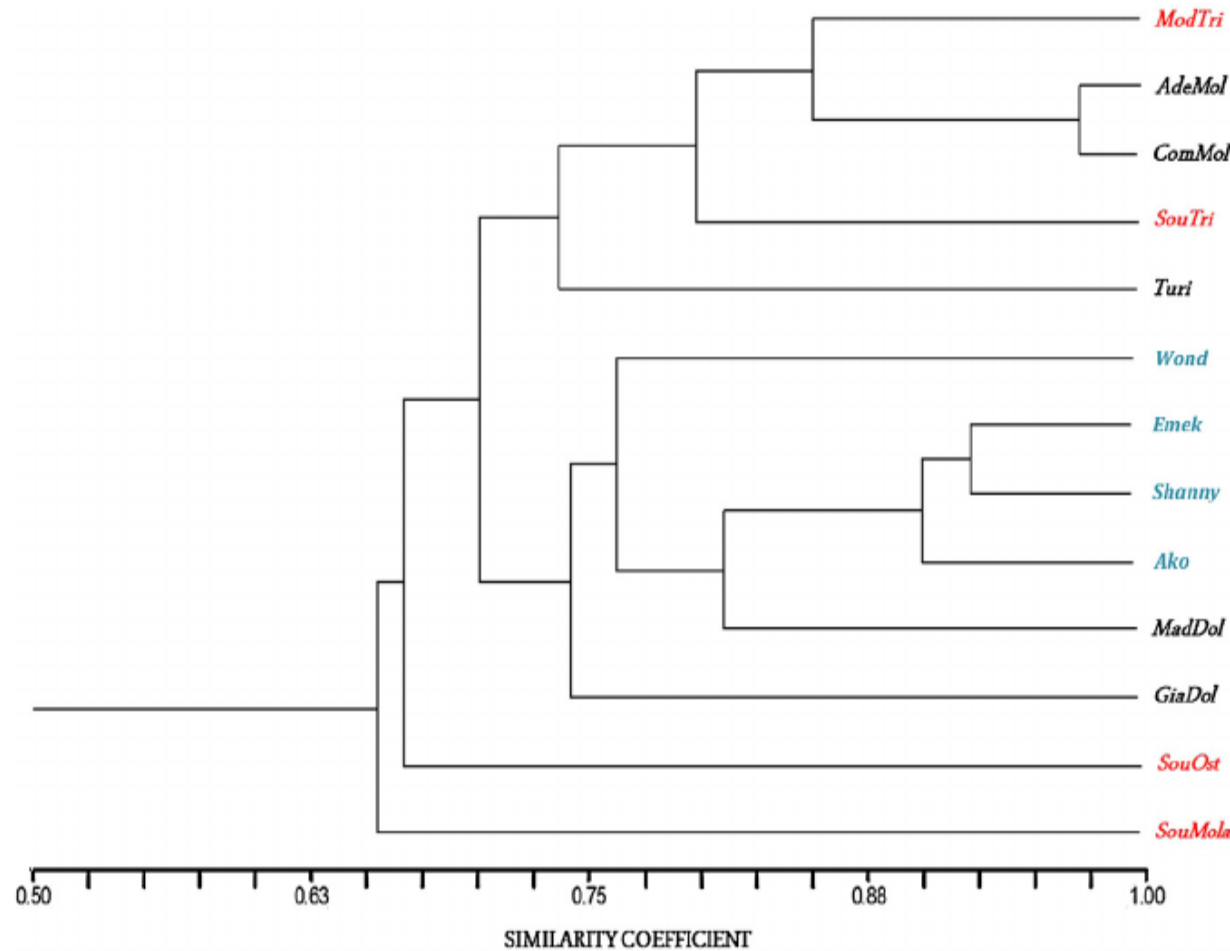
možnost provést SSR

(mikrosatelity na

příbuznost – genetickou

vzdálenost)

- Křížení rodičů



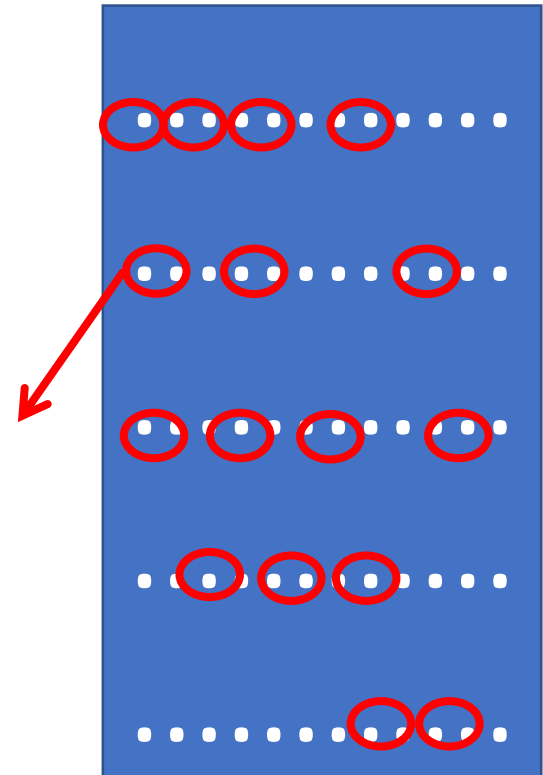
## Rok 1-2:

- Sklizeň F2 osiva – segregující (štěpící populace)
- Stanovení šlechtitelského cíle a volby metody

## Koeficienty heritability:

- Ranost 0,80
- Výška rostlin 0,97
- Délka klasu 0,14
- Počet zrn v klasu 0,95
- Počet odnoží 0,88
- Hmotnost tis.zrn 0,93
- Počet zrn na rostlině 0,77
- Odolnost ke rzi 0,45
- Mrazuvzdornost 0,51
- Obsah NL 0,67
- Odolnost k padlí 0,36

F<sub>2</sub>



1 – 4 m<sup>2</sup>



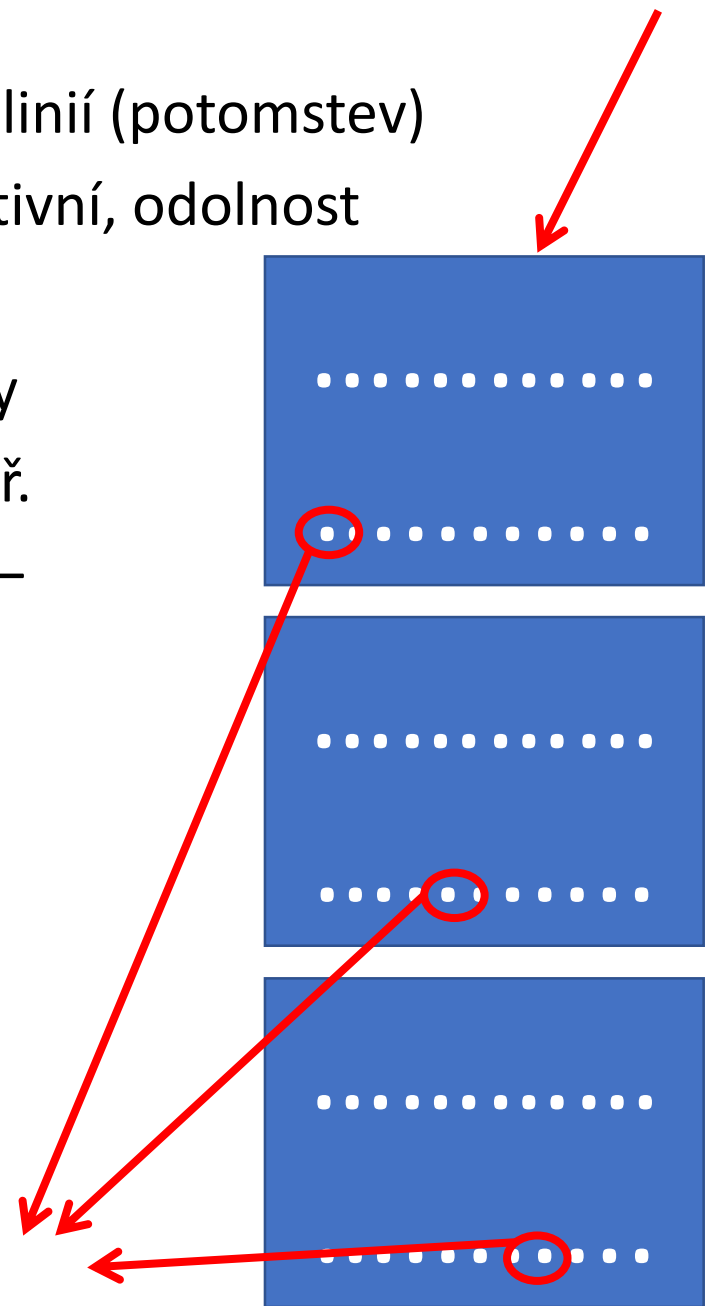
## Rok 3-5:

- Sklizeň F3 až F5 osiva – homozygotace linií (potomstev)
- Selekcce na znaky morfologické, kvalitativní, odolnost

Po sklizni každé generace – analýza kvality  
(nejlépe nedestrukčními metodami – např.  
NIRS – Near Infrared Spectroscopy, NMR –  
Nuclear Magnetic Resonance)

V každé parcele se hodnotí:

- Ranost
- Výška rostlin
- Odolnost k chorobám



## Rok 6-8:

- Sklizeň F6 – F8 osiva – pokračování homozygotace linií
- První zkoušky výkonu (ZV) – výnos zrna
- Izolace rostlin v parcelách ZV, nebo

Výsev samostatně kvůli izolacím

1. Rok ZV – jedna lokalita, 1 opakování
2. Rok ZV – více opakování
3. Rok ZV – více opakování a více lokalit  
+ příprava množení pro registrační  
zkoušky

Stále probíhající selekce na:

- ranost, výška, poléhání
- Kvalita (již přesné metody)
- Odolnost k chorobám
- Výnos zrn

10 m<sup>2</sup>



## Rok 9-12:

- Sklizeň F9 osiva – udržovací šlechtění
- Pokračování zkoušek výkonu

Státní odrůdové zkoušky  
(potřeba 10 kg osiva)

10 m<sup>2</sup>



Po 2. roce státních odrůdových zkoušek

- Založení množitelského porostu (výroba osiva SE1)

V dalších letech – výroba SE2, E, a C osiva na prodej

1000-50000 m<sup>2</sup>

# Šlechtění řepky



## 2. Nejvýznamnější olejnina

Formy – ozimá (v ČR cca 340.000 ha)  
- jarní (minimální plocha)

Řepka pravděpodobně nemá planého předka (vznik křížením brukve zelné x řepice/resp. vodnice)

### Současné cíle:

- Výnos oleje z plochy
- složení oleje (změna mastných kyselin)
- odolnost (plasmodiophora, foma ...)
- trpasliší/ polotrpasličí odrůdy

### Význam:

- **Potravinářství**
  - Kvalitní olej s příznivým obsahem mastných kyselin (nízký obsah nasycených MK 6-8 %, kys. linolenová 20 %, Kys. linolová 10 %, kys. olejová 60 %)
- **Krmivářství** – řepkový extrahovaný šrot po lisování oleje
- **Oleochemie** – MEŘO – Methylester řepkového oleje – vzniká esterifikací řepkového oleje. Povinný podíl MEŘO v motorové naftě = 6 %.

# Šlechtění řepky

- Vysoký množitel'ský potenciál
- Poměrně malá genetická diversita
- Plasticita řepky
- Potvrzen heterozní efekt (hybridy)
- Fakultativně cizosprašná plodina (samosprašná)
- Teoretický výnosový potenciál řepky je 6-8 t/ha !
- Koeficienty dědivosti vybraných znaků řepky:
  - Výnos semene:* 0,24 – 0,27
  - % oleje:* 0,59-0,76
  - Počátek kvetení:* 0,90 – 0,91
  - Výška rostlin:* 0,75 – 0,79
  - Rannost zrání:* 0,56 - 0,70
  - Obsah GSL:* 0,69 - 0,95 (BS)  
0,66 – 0,87 (NS)
  - Složení MK:* 0,89 – 0,93
  - Pukavost šešulí:* vysoký  $h^2$
  - Žlutosemennost:* velký environmentální vliv
  - Morfologické znaky:* poměrně vysoké  $h^2$

# Šlechtění řepky – fenologické fáze



# Šlechtění řepky – fenologické fáze

Obecný popis	1	2	3	4	5
<b>Klíčení</b>	0				
Suché osivo		00	00	01	01
Nabobtnalé osivo (16 – 20 % vody)		03	01	02	03
Objevení kořínku		05	05	05	
Klíček dosahuje 1/2 délky semene		09		07	
Klíček dosahuje dvojnásobné délky semen				09	
<b>Vzcházení</b>	1				
Objevuje se zahnutá osní část (hypokotyl) se složenými děložními lístky		10	07	11	11
Děložní lístky se objeví nad povrchem půdy		11	08	14	13
Děložní lístky se rozvíjejí		12	09		
Objevuje se základ epikotylu (nadděložní část) a vzrostného vrcholu		13	10		
<b>Růst vegetativních orgánů – tvorba růžice listové</b>					
Rozvinutí prvních 2 pravých listů	2,01	20	12	15	15
Rozvinutí 4 pravých listů	2,02	22	14	17	17
Rozvinutí 6 pravých listů	2,03	23	16	19	19
Rozvinutí 8 a více pravých listů	2,04	24	18	23	
Přízemní růžice listová – opak – tvorba jedinců s prodlouženou osní částí	3,00	26			
Jarní regenerace přízemních listů	4,01	29		25	25
<b>Období dlouhivého růstu</b>					
Začátek dlouhivého růstu	4,02	30	30		
Intenzivní dlouhivý růst lodyhy		31			
Vzdálenost mezi inzercí děložních listů a vzrostným vrcholem 5 – 10 cm		32	31	31	31
Vzdálenost mezi inzercí děložních listů a vzrostným vrcholem 10 – 20 cm		33	33	33	33
Vzdálenost mezi inzercí děložních listů a vzrostným vrcholem 20 – 30 cm		34			
Vzdálenost mezi inzercí děložních listů a vzrostným vrcholem nad 30 cm		35			
<b>Butonizace</b>					
Poupata vrcholového květenství částečně zakrytá lodyžními lístky		43	50	37	37
Objevují se poupata vrcholového květenství	5	50	52	52	51
Objevují se základy větví 1., 2. a dalších řádů		53		53	51
Objevují se poupata na větvích 1., 2. a dalších řádů		54		55	
Prodlužování vrcholového květenství	6	55			
První dorostlá poupata vrcholového květenství		56	55	59	

# Šlechtění řepky – fenologické fáze

Tab. 3.1 – Fenologické fáze podle původního a desetinného třídění (2. část, závěr)

Obecný popis	1	2	3	4	5
<b>Kvetení</b>					
Prosvitání korunních plátků		60	<b>59</b>		
První květy se otvírají	7	62	<b>60</b>	61,1	61
Začátek kvetení u 10 % květů vrcholového květenství		63	<b>61</b>	61,2	62
Plný květ – kvete 75 % květů vrcholového květenství a tvoří se šešule naspodu květenství	8,01	64	<b>67</b>	65	69
Odkvět – kvete méně než 10 % květů, převažují šešule nad počtem květů, šešule na spodní části květenství mají vytvořená semena	8,02	65	<b>69</b>		69
Kvetení ukončeno – ojedinělé květy, u převážné většiny šešulí jsou semena dorostlá do normální velikosti		69	<b>71</b>	69	71
					79
<b>Zrání</b>					
Zelená zralost	9,01	70	<b>79</b>	81	81
První technická (vazačová) zralost	9,02	80	<b>81</b>	85	85
Druhá technická (kombajnová) zralost	9,03	85	<b>89</b>	89	
	9,04	90	<b>99</b>	91	89
<b>Plná zralost</b>					
Přezrálost		94		94	92

1. původní třídění – Fábry A., 1963. Sb. VŠZ Praha

2. desetinné třídění – Fábry A., Vašák J., 1988. Sb. Rostlinná výroba

3. **BBCH – Společný kód firem BASF AG, Bayer AG, Ciba-Geigy AG, HOECHST AG, 1989**

4. BBA: Baudis, 1990, Bad Lauchstädt 7, s. 43 – 46

5. růstové fáze řepky (Sylvester-Bradley and Makepeace 1984, upraveno, in Diepenbrock, Becker, 1995)



# Šlechtění řepky – přehled odrůd

Výsledky z let 2019–2021							Výnos semene (%) v oblasti		Výnos oleje (%) v oblasti		Agronomická charakteristika:		
Kategorie doporučení	Typy odrůd	Zvláštní vlastnosti odrůdy	Hybridní systém	Oblast		Rok registrace	na průměr liniových odrůd:				Zralost (dny od Architecture)	Délka rostlin (cm)	Polehání (9-1)
				Průměr v t/ha			teplá	chladná	teplá	chladná			
				Minimální průkazný rozdíl (MD 0,05) v %			4,73	4,39	1,99	1,89			
				Odrůda	Udržovatel		5	5	5	6			
Předběžně doporučené (min. 1 rok pokusů pro SDO)	Hybridní - PFH*	OGU/INRA	Artemis	Limagrain	2020	118	121	121	124	0	147	7,7	
			Ambassador	Limagrain	2020	117	121	118	121	0	139	7,8	
		MSL	Akilah	Rapool	2020	117	119	123	125	0	142	8,1	
		OGU/INRA	Aurelia	Limagrain	2020	116	119	117	119	0	137	7,1	
			Duke	DSV	2020	112	120	117	125	0	142	8,2	
			LG Antigua	Limagrain	2020	114	117	116	118	-1	144	7,4	
	Liniové		Duplo	DSV	2020	112	115	117	119	0	145	7,6	
			Onca	Oseva PRO	2021	106	101	104	100	0	135	7,1	
			Corida	Selgen	2020	101	102	102	103	0	133	7,7	
			Timothy	Saatzucht Donau	2020	98	99	97	98	0	134	8,4	
Doporučené (min. 2 roky pokusů pro SDO)	Hybridní - PFH	MSL	Batis	DSV	2019	116	123	121	129	0	139	7,7	
			Dominator	Rapool	2019	117	120	124	128	0	140	8,3	
		OGU/INRA	Aganos	Limagrain	2019	117	119	117	118	-1	136	8,0	
		MSL	Keltor	DSV	2019	112	119	114	120	0	130	8,0	
		OGU/INRA	Attraction	Limagrain	2019	113	117	115	119	0	141	8,2	
			Temptation	DSV	2019	114	117	119	122	0	139	7,6	
			DK Exlibris	Monsanto	2019	113	114	114	114	-1	138	7,6	
			Absolut	Limagrain	2019	110	116	108	114	0	148	7,2	
			Hogofogo	DSV	2019	112	111	113	113	0	141	7,6	
		Architect	Limagrain	2019	109	114	111	116	203	144	8,0		
	N**	Safecross	SY Alibaba	Syngenta	2019	97	95	96	94	0	130	8,2	
	Liniové		Sněžka	SEMPRA	2019	103	104	105	105	0	137	8,3	
			Sparker	SEMPRA	2019	102	103	101	102	1	139	7,5	
			Quincy	Saatzucht Donau	2019	101	99	102	100	-1	120	7,7	
			Corzar	Selgen	2019	99	100	100	101	0	127	8,0	
Sonyx			SEMPRA	2017	96	101	95	100	0	130	8,1		
Agile (PT298)			Limagrain	2019	111	113	112	114	0	147	7,4		
min. 2 roky pokusů pro SDO)	Hybridní - PFH	OGU/INRA	DK Expat	Monsanto	2019	109	113	109	114	0	143	7,1	
			DK Exotter	Monsanto	2017	110	111	111	112	0	137	7,3	
			RGT Jakuzzi	RAGT	2019	110	108	111	109	0	138	7,8	
			Trezzor	RAGT	2017	111	107	114	109	0	138	8,2	
		MSL	ES Imperio	Furalic	2018	109	109	107	106	0	138	7,5	

# Vývoj hybridních odrůd na bázi systému *Ogu*-INRA v ČR:

## A) kompozitní hybridy:

- *Synergy* (1998)
- *Betty* (1999)

## B) 3-liniové hybridy:

- *Embleme* (2002)

## C) topcross hybridy:

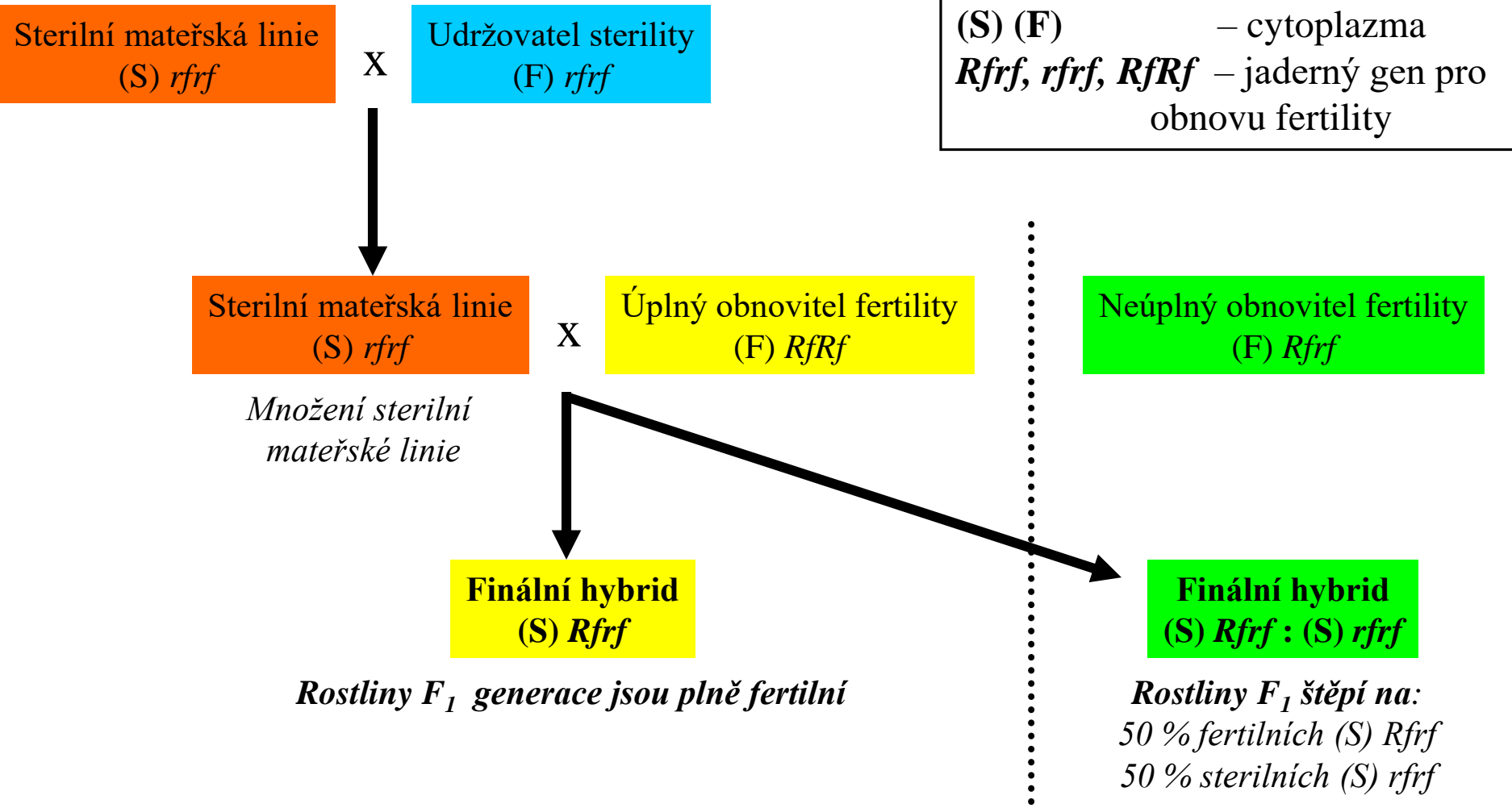
- *Spirit* (2003)

## D) restaurované hybridy:

- *Extra* (2003)
- *Executive* (2004)
- *Vectra* (2004)
- *Expander* (2007)
- *Exagone* (2007)
- *Hornet* (2007)
- *Radost* (2008)

*Heterozní efekt u řepky = nárůst výnosu o 4 - 10 % (ÚKZÚZ 2004-2006)*

# Výroba restaurovaného *Ogu*-INRA hybridu:



# Hybridní šlechtění ozimé řepky

## Předpoklady tvorby hybridů

- Existence heterozního efektu (existence dominance a superdominance). Heteroze je vyšší výnos heterozygotů proti srovnatelným homozygotům.
- Technická proveditelnost (biologické a genetické předpoklady, cena)

## Přednosti a nedostatky hybridů

- + Přínos hybridů řepky ozimé:
  - Vyšší výnos (až o 20 %)
  - Vyšší produkce oleje z jednotky plochy
  - Vyšší vitalita (nižší výsevek na 1 hektar, rychlejší podzimní růst)
  - Jistější přezimování (vyšší odolnost proti stresům)
- Negativa hybridů řepky ozimé :
  - Vyšší cena osiva (až 3-násobná oproti liniovým odrudám)
  - V současnosti u některých hybridů nižší kvalita semene (obsah GSL)
  - Technická náročnost produkce (málo ploch pro množení, nutnost selekcí...)

# Zvýšení úrovně různých znaků vlivem heteroze u řepky ozimé

Paulmann (1999)

Znak	Heteroze (ano/ne)
Výnos semene	ANO
Výnos oleje	ANO
Obsah oleje	NE
HTS	NE
Výška rostlin	ANO
Odolnost proti poléhání	NE
Rezistence	NE
Vitalita	ANO
Přezimování	(ANO)
Obsah GSL	NE

## **Problémy při tvorbě *Ogu*-INRA hybridů:**

- *vysoký obsah GSL u linií obnovitele*
- *vyšší obsah GSL v hybridním osivu (oproti liniovým odrůdám)*
- *nedostatečná genetická diverzita linií obnovitelů*
- *problematické molekulární markerování genu obnovy*
- *zdlouhavý proces přípravy mateřských linií*

## **Současné cíle u *Ogu*-INRA hybridů:**

- *zlepšit kvalitu semene finálních hybridů (snížit obsah GSL, zvýšit obsah tuku)*
- *zvýšit počet kvalitních obnovitelů fertility (rozšířit genetickou variabilitu výběrové základny)*
- *zefektivnit molekulární metody výběru obnovitelů*

Období (přibližně)	Charakteristika odrůd	Využití
do r. 1975	„EG“ odrůdy s nevyhovující kvalitou - vysoký obsah kyseliny erukové (KE) v oleji a glukosinolátů (GSL) ve šrotu	malé možnosti využití; olej hlavně pro technické účely
r .1975 až 1985	tzv. „0“ odrůdy se sníženým obsahem KE (do 5 %), ale vysokým obsahem GSL	rozšíření pro potravinářské využití; bez krmivářského využití; zvýšení osevních ploch
r. 1985 až současnost	„00“ odrůdy s minimálním obsahem KE a nízkým obsahem GSL (do 30 $\mu$ mol /g semene)	bezproblémové potravinářské využití, přidávání šrotů a výlisků do krmných směsí; zvýšení osevních ploch
od r. 1995	rozšíření hybridních odrůd (nejdříve na bázi systému MSL Lembke, později Ogu-INRA)	stejné použití jako „00“ odrůdy, využití heterozního efektu v podobě vyšších výnosů
od r. 2000	výkonné liniové odrůdy s velmi nízkým obsahem GSL, nové trendy -změněná skladba mastných kyselin v oleji, žlutosemenné odrůdy, trpasličí odrůdy, využití GMO technologií atd.	nárůst osevních ploch, šlechtění odrůd se „speciálním složením“ olejů, potravinářské účely, MEŘO pro výrobu bionafty, tolerance k herbicidům, mrazuvzdornost, odolnost k chorobám a škůdcům atd.

# Hlavní parametry kvality u současných odrůd a jejich variabilita (SDO – řepka olejná, ÚKZÚZ, 2008)

Znak	Rozpětí hodnot	Cíl
Obsah oleje (% v sušine)	43,86 – 49,07	50 %
- % kyseliny olejové	59,40 – 67,70	80 %
- % kyseliny linolové	16,10 – 22,60	20, resp. 30 – 40 %
- % kyseliny linolenové	6,80 – 9,80	2 – 3 %
- % kyseliny erukové	0,06 – 0,10	Není problém
Obsah glukosinolů (GSL) ( $\mu\text{mol/g}$ sem. při 9% vlhkosti a 46% olejnatosti)	7,16 – 16,60 (liniové odrůdy) 9,42 – 20,41 (hybridy)	pod 5 $\mu\text{mol/g}$



# Parametry kvality oleje

## Možnosti změny obsahu mastných kyselin v řepkovém oleji:

Typ modifikace	Využití
Nízký obsah kys. linolenové <i>klasicky</i>	Vyšší oxidační stability
Vysoký obsah kys. kaprilové	Intravenózní energetická výživa
Vysoký obsah kys. laurové (nad 40 %)	Výroba cukrovinek
Vysoký obsah kys. palmitové	Margarin, pokrmový tuk a cukrovinky
Vysoký obsah kys. stearové (nad 30 %)	Margarin, pokrmový tuk a cukrovinky
Vysoký obsah kys. olejové (80 %) <i>klasicky</i>	Zvýšená stability při tepelném namáhání
Vysoký obsah kys. myristové a palmitové	Náhražky másla
Vysoký obsah kys. petroselinové	Polymery, detergenty
Vysoký obsah kys. ricinoolejové	Mazadla, změkčovadla, kosmetika
Nízký obsah kys. palmitové a stearové	Salátové oleje
Vysoký obsah kys. polyhydroxymáselné	Odbouratelné plasty
Vysoký obsah kyseliny erukové <i>klasicky</i>	Biomaziva, technické účely

## Modifikace kvalitativního a kvantitativního složení řepkového semene (upraveno podle [www.europabio.org](http://www.europabio.org), 2006)

typ oleje	vlastnost	dostupnost odrůd	šlechtitelská metoda
„OO“ typ	bez kyseliny erukové a glukosinolátů	dostupné	konvenční šlechtění
„HO“ odrůdy s vysokým obsahem C18:1	obsah kyseliny olejové (C18:1) nad 80 %	dostupné, resp. v blízké době	konvenční šlechtění, GMO
vysoký obsah kyseliny laurové (C12:0)	obsah C12:0 zvýšený z 0 na 40 %	dostupné	GMO
mastné kyseliny se střední délkou řetězce	nové mastné kyseliny – kyselina kaprilová, kapriliková, myristová	dostupnost v blízké době	GMO
typ „stearin“	obsah kyseliny stearové (C18:0) nad 25 %	dostupnost v blízké době	GMO
typ „EG“	obsah kyseliny erukové (C22:1) nad 50%	dostupné	konvenční šlechtění
typ „EEE“	obsah kyseliny erukové (C22:1) nad 65%	dostupnost v blízké době	GMO
typ „PHA“	produkce polyhydroxy mastných kyselin pro výrobu bioplastů	dostupnost ve střednědobém horizontu	GMO
olej s obsahem betakarotenu	obohacení řepkového oleje o provitamin A	dostupnost v blízké době	GMO

## Parametry kvality řepkového šrotu



Hlavní parametry kvality řepkových šrotů a šlechtitelské cíle:

Znak	Současné hodnoty	Cíl
Glukosinoláty ( <i>mikromoly/g semene při 9% vlhkosti a 46 % olejnatosti</i> )	<b>8 – 20 mikromolů</b>	↓ pod 5
Sinapin (% v řepkovém šrotu)	<b>1,0 – 3,0</b>	↓ pod 1%
Fytin (% v řepkovém šrotu)	<b>0,3 – 1</b>	↓ pod 0,2 %
Taniny (% v řepkovém šrotu)	<b>2 - 3</b>	↓ pod 2 %
Vláknina (% v řepkovém šrotu)	<b>10,5 – 12</b>	↓ 5 - 6 %
Proteiny (% v řepkovém šrotu)	<b>17 – 25</b>	↑ 30 %

Většina těchto znaků má vysoký koeficient dědivosti = teoreticky lze účinně dosáhnout požadovaného cíle

Problém = zakombinovat tyto vlastnosti do jedné odrůdy + návratnost

## Parametry kvality řepkového šrotu

### Glukosinoláty ve výživě zvířat:

Kategorie hospodářských zvířat	Horní hranice doporučeného zastoupení řepkových šrotů a pokrutin
<b>Drůbež</b>	<b>5 – 15 %</b> (v krmných směsích)
<b>- z toho nosnice</b>	<b>5 %</b> (v krmných směsích)
<b>Selata</b>	<b>5 %</b> (v krmných směsích)
<b>- odchov a výkrm</b>	<b>10 %</b> (v krmných směsích)
<b>Prasnice</b>	<b>8 %</b> (v krmných směsích)
<b>Dojnice</b>	<b>2,5 kg</b>
<b>Býci</b>	<b>do 2,0 kg</b> (při hmotnosti 400 kg)

**Snížení obsahu GSL pod na 4 – 8  $\mu\text{mol/g}$  semene = zvýšení řepkových šrotů a pokrutin v krmných směsích na 2-násobné množství !!!**

## Pozornost šlechtitelů je v blízké budoucnosti zaměřena na:

Šlechtitelský cíl	Priorita	Odrůdy
Zvýšení obsahu oleje	vysoká	* Všechny nové odrůdy
Zvýšení obsahu k. olejové a snížení obsahu k. linolenové	vysoká	Spleandor
Snížení obsahu GSL	vysoká	
Žlutosemenné odrůdy	vysoká	šlechtí se
Zvýšení obsahu tokoferolů a fytosterolů	střední	šlechtí se
Zvýšení obsahu bílkovin	střední	šlechtí se
Snížení obsahu fytinu, taninu a sinapinu	střední až nízká	samostatné projekty
<b>GMO</b>	<b>vysoká</b>	<b>různá omezení ze strany EU</b>

# Šlechtění na mrazuvzdornost

Šlechtění na vyšší mrazuvzdornost:

- 1) Mrazové testy – každoročně vybrané DH linie a perspektivní genotypy
- 2) Terčíková metoda
- 3) Stanovení mrazuvzdornosti DH linií z mikrosporových kultur ovlivněných hydroxyprolinem



# Šlechtění na suchovzdornost

- Velmi aktuální směr šlechtění  
(lokality mírného pásma jsou stále častěji sužovány obdobím sucha)

Tento směr ale zatím není realizován ve formě odrůd (\* hybridy)

## **Možnosti:**

- Selekce podle izotopu uhlíku v pletivech rostlin
- Selekce podle % sušiny v pletivech (RWC – Relative Water Content)
- Selekce podle měření osmotického potenciálu rostlin
- Selekce podle měření vodní kapilarity pletiv
- Selekce podle aktivity fotosyntézy (obsah chlorofylu)
- Selekce podle bílkovin ovlivňujících stres-toleranci (prolin)
- Selekce podle transpirace, velikosti průduchů atd..

# Resyntéza řepky z původních druhů

Skupina	Počet chromozomů (n)	Genetická konstituce	Druh	Základní skupina
I.	10	<u>AA</u>	<i>B. campestris</i> syn. <i>rapa</i>	A
II.	8	BB	<i>B. nigra</i>	B
III.	9	<u>CC</u>	<i>B. oleracea</i>	C
IV.	18	AABB	<i>B. juncea</i>	amfidiploid základních skupin A a B
V.	19	<u>AACC</u>	<i>B. napus</i>	amfidiploid základních skupin A a C
VI.	17	BBCC	<i>B. carinata</i>	amfidiploid základních skupin B a C



# Resyntéza řepky z původních druhů

## **Cíle resyntézy:**

- Dosažení lepších parametrů odolnosti proti chorobám a škůdcům
- Dosažení širší genetické základny pro účely hybridního šlechtění
- Změna kvalitativních vlastností semene

## **Negativa resyntézy:**

- Rychlost dosažení cíle
- Dosažení sledované vlastnosti bez zhoršení ostatních znaků
- Náročnost (i finanční)

# Molekulární markerování

## Charakterizované geny u řepky:

- Barva květů
- Kyselina eruková
- Odolnost proti padlí (určitý kmen)
- Odolnost proti fomě (určité kmeny)
- Barva osemení
- Apetální řepka
- Typ řepky (ozimá/jarní)
- Obsah kyseliny eikosenové
- Obsah GSL v semeni (jednotlivé GSL)
- Délka šišulí
- Tvar a vykrajování listů
- Samčí sterilita Ms/ms, vč. Obnovitele
- Barva kořene
- Obnovitel fertility Rf, vč. Sterilní komponenty (cytoplasma)
- Autoinkompatibilita
- Dwarf gen (trpasličí a polotrpasličí řepka)

# Molekulární markerování

V Německu, Francii, USA, Kanadě – je běžné na každém šlechtitelském pracovišti

V ČR – není **běžnou** součástí šlechtění řepky

## Využívá se na: (v ČR)

- Autoinkompatibilitu
- Rf gen obnovy fertility
- Čistotu linií (vyrovnanost kmenů a linií)
- Kyselinu linolenovou a linolovou
- Identifikace izolátů *Phoma lingam*

## Rezervy:

- Genetická vzdálenost pro tvorbu hybridů
- Při šlechtění na rezistenci
- Značné možnosti pro získání financí z grantových projektů na šlechtění

# Původy genů u odrůd řepky se změněnou kvalitou oleje

- Kyselina eruková (62%) – pomocí fúze protoplastů řepky a brukvovité skalničky (*Physaria fendleri*)
- Kyselina stearová (45%) přenesením odpovídajícího genu z tropického stromu mangostanu (*Garcinia mangostana*)
- Kyselina palmitová – gen z topolu
- Kyselina Laurová – gen byl přenesen transgenózí ze subtropického stromu *Umbellularia californica*
- Kyselina kaprilová a kaprová – gen z hlazence (*Cuphea hookeriana*)

## Shrnutí současných trendů (i z hlediska ekonomické návratnosti):

- Hybridní odrůdy „nové generace“ (bezproblémová kvalita, vysoký obsah oleje, výnos převyšující liniové odrůdy o 5-10 %)
- Trpasličí odrůdy (Dwarf) – bez výnosové deprese
- Výzkum a využití molekulárních markerů
- Finančně zajímavé kvalitativní směry (změny obsahu mastných kyselin v oleji)
- GMO – předpoklad „uvolnění“ trhu v EU
- Rezistentní šlechtění (Fomové černání stonku, černě, proti škůdcům, na suchovzdornost)
- Žlutosemennost

# Šlechtění kukuřice



**Kukuřice - Typ dent  
(FAO 280 a více)**



**Kukuřice - Typ flint  
(FAO 280 a více)**

# Šlechtění kukuřice

- Cca 250 tis. ha na siláž, cca 100 tis. ha na zrno

## Typy odrůd:

1. **Hybridy** (2-linové Sc, 3-liniové Tc, 4-liniové Dc)
  2. **Liniové odrůdy** (dnes již se nepěstují) – silný vliv inbrední deprese
- 

1. **Silážní** – důraz kladen na stravitelnost OH
  2. **Přechodné** – lze použít na siláž i na zrno
  3. **Zrnové** – vyšší poměr zrna k celkové biomase
  4. **Bioplynové** – důraz je kladen na vhodnost pro fermentaci
- 

**Podle zralosti** (velmi důležitý parametr !!!) FAO – číslo rannosti

1. **Do FAO 220 / 250** – velmi raný hybrid (*typ FLINT*) – *tvrdý typ zrna*
2. **220 / 250 – 260 / 300** – raný hybrid
3. **260 / 300 – 300 / 350** - středně raný hybrid
4. **Nad 300 / 350** – pozdní hybrid (*typ DENT*)

# Šlechtění kukuřice

Nejproduktivnější obilnina

Výnosový potenciál: 60-80 t zelené hmoty / ha  
6 – 16 t zrna / ha při 14 % vlhkosti)

1-letá, jednodomá, různopohlavní plodina

Květy jsou uspořádány do oddělených květenství (laty a palice)

Čeleď *Poaceae*

Kořenová soustava – hloubka 1,5 – 3,0 m

Kukuřice vytváří i vzdušné kořeny

Opylení – pylová zrna se dostávají pomocí větru na bliznu a obrvené čnělky,  
tam vyklíčí a prorůstají k vajíčkům

Rostlina typu C4 (metabolizmus uhlíku)

Zralost – závislá na sumě efektivních teplot

1410 – 1430 (FAO 220)

1600 – 1630 (FAO 320)



# Koeficienty heritability - kukuřice

Znak	Koeficient heritability $h^2$
Délka rostlin	0,42
Počet listů	0,40 – 0,49
Délka / šířka listu	0,5 / 0,39
Délka palice	0,43
Hmotnost palice	0,44
Průměr palice	0,41
Počet řad zrn na palici	0,73
Počet zrn v řadě	0,58
Hmotnost 1000 zrn	0,99
Délka laty	0,27 – 0,44
Zralost	0,37
Výška rostlin	0,97

# Šlechtění kukuřice

## Základní pravidla ve šlechtění kukuřice:

- Používání nepříbuzných linií rodičů pro tvorbu hybrida
- Nutná kontrola kombinační schopnosti (GCA, SCA) – pro jejich hodnocení je nutné min. testování ve 2-3 opakováních na 4 lokalitách po 2 roky
- Důležité selekční kritérium – **adaptabilita** – vhodnost do chladnějších a sušších oblastí
- Využití iziolonií pro tvorbu víceliniových hybridů (izolinie = sesterské linie)
- Generace izolinií ( $I_2, I_3, I_4, I_5$ ) – testy kombinanční schopnosti v generaci  $I_3, I_4$
- Využití hybridního systému:
  - A) Cytoplazmaticko-jaderná sterilita (málo spolehlivá)
  - B) Ruční kastrace

# Šlechtění kukuřice

## Stay-green efekt

- Stejnoměrné dozrávání a usychání rostliny



# Šlechtění kukuřice - znaky

**Výnos celkové suché hmoty**

**Výnos celkové zelené hmoty**

**Škrob** - obsah škrobu v sušině

**ELOS** - stravitelnost (rozpustnost) OH v pepsin-HCL-celulázovém roztoku  
(De Boever 1986, 1988)

**DMS** - stravitelnost (rozpustnost) OH v pepsin-celulázovém roztoku, model  
M4(Andreu a Aufrère, 1996)

**IVDOM** – stravitelnost OH v bachorové šťávě ovce (Tilley&Terry, 1963)

**NEL** - netto energie laktace

**DINAG** - stravitelnost OH po odečtení škrobu a rozpustných cukrů, nepřímo  
vyjadřuje stravitelnost vlákniny – používá se ve Francii jako doplňkový  
ukazatel.

**Odolnost proti poléhání (9-1)**

**Sněť kukuřice**

**Výška rostlin**

**Výška nasazení palic**

# Šlechtění kukuřice – další znaky

Tyto znaky nejsou sledovány v registračních zkouškách ÚKZÚZ, ale jsou velmi důležité pro pěstitele:

- **Způsob dozrávání rostliny** – rychle dozrávající, rovnoměrně dozrávající, stay-green
- **Rychlost počátečního vývoje**
- **Tolerance k přísušku**
- **Rychlost dozrávání zrna** – rychlost uvolňování vody ze zrna při zrání rostlin
- **Fermentační zkoušky** – u bioplynových hybridů

# Šlechtění bramboru

Plocha brambor v ČR – cca 25.000 – 30.000 ha

**Původ:** oblast Peru a Bolívie

(cca 500 l. př. n.l.)

Nadmořská výška: až 3.000 m.n.m.

r. 1620 – první odrůdy v Německu

r. 1840 – napadení brambor houbou

*Phytophthora infestans* (v kombinaci s deštivým počasím) = hladomor a migrace 2 mil. Irů

Rod *Solanum*: asi 2000 druhů, z toho je jen 150 hlízotvorných

Současné odrůdy – *Solanum tuberosum*

= diploidní ( $2n = 48$  chromozomů) – cca 70 %

= tetraploidní – cca 5 % odrůd

= hexaploidní – cca 8 % odrůd

Většina odrůd – autoinkompatibilních (S-alely)



# Šlechtění bramboru

Odrůdy:

- 1) Pro přímý konzum
- 2) Na výrobu lupínků
- 3) Na výrobu hranolek
- 4) Pro výrobu škrobu (hodnotí se jen obsah a výnos škrobu)

**Sledované parametry:**

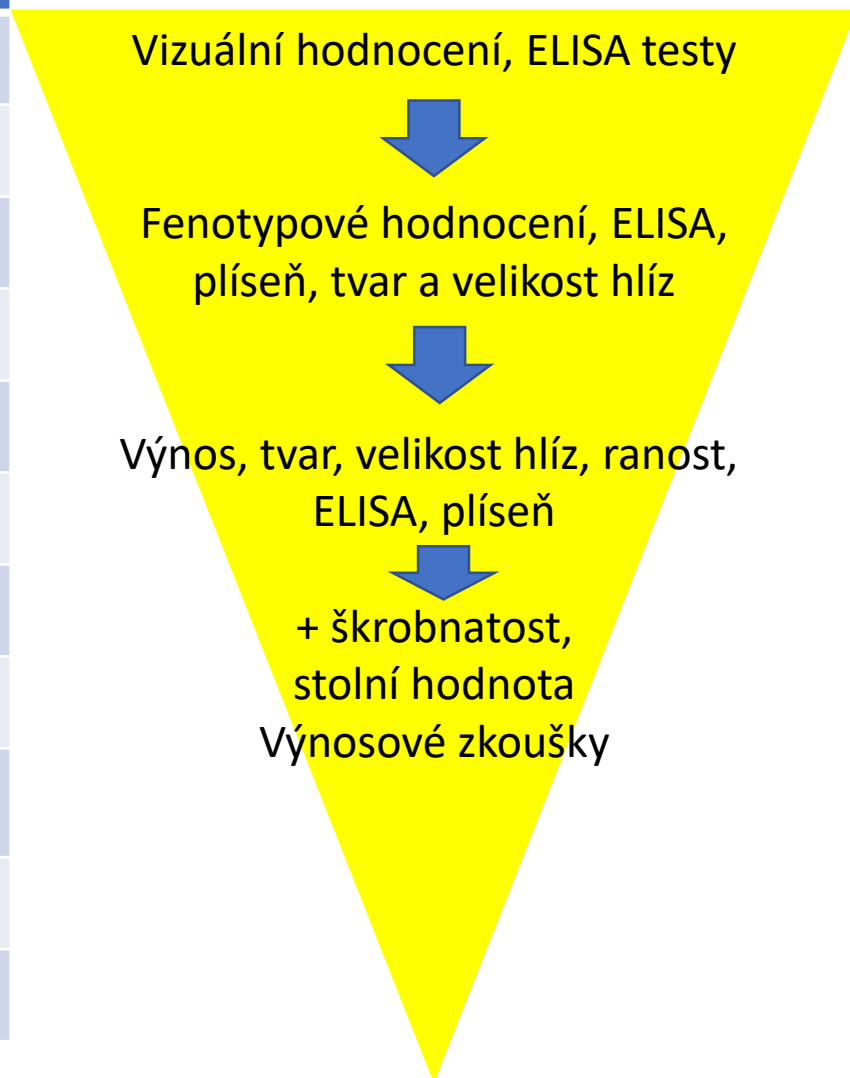
## **1) Brambory rané pro přímý konzum**

- výnos tržních hlíz
  - Výnos hlíz
  - Výnos hlíz (40 – 70 mm)
- vady hlíz
- hniloby hlíz



# Postup šlechtění brambor

Rok	Generace	Počet kříženců (klonů)
1	Semenáče ve skleníku	180 000
2	A-ramš	80 000
3	B-ramš	25 000
4	1. Klonová generace	8 000
5	2. Klonová generace	2 000
6	3. Klonová generace	400
7	4. Klonová generace (předzkoušky, 1. rok)	80
8	5. Klonová generace (předzkoušky, 2. rok)	20
9	6. Klonová generace (státní odrůdové zkoušky, 1. rok)	4
10	7. Klonová generace (SOZ, 2. rok)	3
11	8. Klonová generace (SOZ, 3. rok)	2





# Šlechtění bramboru

## 2) ostatní pro přímý konzum

- výnos tržních hlíz
- vady hlíz
- hniloby hlíz
- aktinomycetová obecná strupovitost

### Varný typ

- dlouhodobé skladování
- klíčení hlíz
- vhodnost k mytí
- hladkost slupky

### Choroby

- vločkovitost hlíz
- zduřelá nekrotická kroužkovitost
- stříbřitost slupky
- hniloby hlíz

Ostatní: pevnost slupky, změna barvy oloupaných hlíz, zelenání slupky, klíčení hlíz

# Šlechtění bramboru

## **Hodnocené znaky (obecně)**

Výnos tržních hlíz

- Hlízy o velikosti 40 – 70 mm

Škrobnatost (%):

- hodnota, hodnota důležitá pro zpracování odrůd na hranolky, lupínky, škrob

## **Hospodářské znaky:**

- Vegetační doba (odrůdy velmi rané, rané, polorané a polopozdní – pozdní)
- Rychlost počátečního růstu
- Počet hlíz pod trsem
- Klíčení na skládce (znak – skladovatelnost odrůd) – při teplotě 3-5 C
- Velikost hlíz
- Tvar hlíz (kulovitý, oválný, dlouze oválný, dlouhý, velmi dlouhý)
- Barva dužiny (bílá, krémová, žlutá, červená, modrá...)
- Vyrovnanost tvaru
- Hladkost slupky
- Barva hranolků a lupínků
- Glykoalkaloidy (solanin, chaconin..) – antinutriční látky

# Šlechtění bramboru

## Znaky pro stolní odrůdy brambor:

- Konzistence
  - varný typ A – pevná konzistence (salátové hlízy, přílohové)
  - AB, B, BC – přechodné typy – středně pevná konzistence
  - C – moučnatá konzistence (kaše, těsta)
- Struktura (jemná, hrubá)
- Vlhkost (souvisí s obsahem škrobu)
- Senzorické / chuťové vlastnosti

## Odolnost proti chorobám a škůdcům:

- Hádátka bramborové (9- odolná, 1- náchylná)
- Rakovina bramboru (*Synchytrium endobioticum*) – houbový patogen
- Virové choroby (viróza A, Y, X, M, S..)
- Plíseň bramboru (*Phytophthora infestans*)
- Aktinobakteriální vločkovitost (*Streptomyces scabies*)
- Vločkovitost hlíz (*Rhizoctonia solani*)

# Šlechtění bramboru

Požadavky na hlízy v potravinářství podle účelu zpracování:

Výrobky	Velikost hlíz (mm)	Tvar hlíz	Obsah sušiny v čerstvé hmotě (%)	Obsah redukcujících látek (%)
Sterilované	25 – 35	Kulovitý	Pod 20	Pod 0,5
Lupínky	40 – 60	Kulovitý	Nad 22	Pod 0,3
Hranolky	Nad 55	Dlouze oválný	20 – 22	Pod 0,5
Sušené	Nad 35	Není rozhodující	Nad 21	Pod 0,5

# Šlechtění bramboru

Výnos bramboru souvisí s heterozygotností – uchovává se klonováním (vegetativním množením)

Riziko klonování – přenos virových a bakteriálních chorob

Postup šlechtění – rekurentní fenotypová selekce

Pro šlechtění lze využít cca 150 druhů brambor:  $2n = 24$  (diploidy),  $2n = 48$  (tetraploidy),  $2n = 72$  (hexaploidy)

Každý cyklus ale začíná **křížením** (většinou adaptované odrůdy x zdroje rezistence) – získané semena  $F_1$



Získaná semenná generace se dopěstuje ve skleníku



Následné generace se množí vegetativně a selektují v polních a laboratorních podmínkách

# Šlechtění brambor

## Postup:

Generativní křížení výkonných rodičů  
s předpokladem nepříbuznosti (bobule)  
*sterilní apod.*

*některé odrůdy nekvetou, jsou*

**V případě problematické křížitelnosti se využívá dihaploidizace**

- Potomstvo – z pylu (místo  $4N$  je  $2N$  – bez kolchicinace)
- Potomstva se nakříží
- F1 generace se opět dihaploidizuje na  $4N$

F1 generace: přesev a získání semen

F2 generace – štěpící (co největší počet semenáčků)

Další generace – klony ( $K_1 - K_n$ )

- důležité: systém hodnocení znaků výnosu, odolnosti a kvality v každé „generaci“ klonů

# Postup šlechtění bramboru

Rok	Generace	Počet kříženců (klonů)
1	Semenáče ve skleníku	180 000
2	A-ramš	80 000
3	B-ramš	25 000
4	1. Klonová generace	8 000
5	2. Klonová generace	2 000
6	3. Klonová generace	400
7	4. Klonová generace (předzkoušky, 1. rok)	80
8	5. Klonová generace (předzkoušky, 2. rok)	20
9	6. Klonová generace (státní odrůdové zkoušky, 1. rok)	4
10	7. Klonová generace (SOZ, 2. rok)	3
11	8. Klonová generace (SOZ, 3. rok)	2

Příklad diverzity hlíz bramboru z místa původního rozšíření





# Šlechtění sladovnického ječmene

Ječmen (*Hordeum vulgare* L.) – pravděpodobně nejstarší obilnina (16.000 l př.n.l.) – Egypt

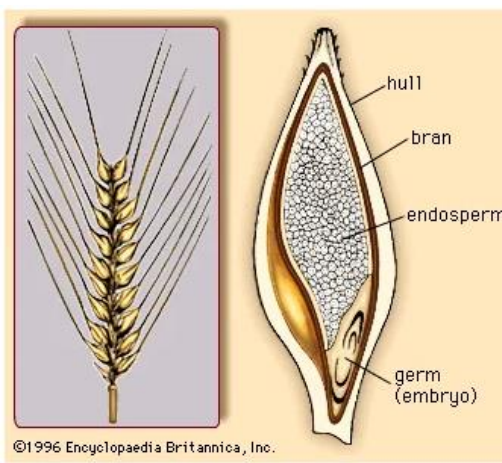
Planá forma dnešních odrůd = 2-řadý ječmen původem z *Hordeum spontaneum*

Formy:

- 2-řadý, 4-řadý, 6-řadý (patrně vznikl mutací z 2-ř.)
- Ozimý, jarní

Ječmen – silně samosprašný (99 %), odrůdy – typu **linie**

Nejpěstovanější ječmen v ČR – 2-řadý, jarní, varieta *nutans* – tedy háčkující, pluchatý (klas je zakončen osinou, v době zrání se klas ohýbá – háčkuje)



©1996 Encyclopaedia Britannica, Inc.



# Šlechtění sladovnického ječmene

## Typy a užitkové směry ječmene:

- Sladovnický
- Krmný
- Průmyslový
- Potravinářský
- Pícninářský

V ČR nejvíce pěstovaný jarní, 2-řadý sladovnický  
Pokud nesplňuje kvalitu pro sladovnický ječmen –  
sestupnění do krmivářského ječmene

Plochy: cca 220.000 ha

Ekv. Výroby sladu cca 550.000 tun



# Šlechtění sladovnického ječmene

## Požadavky na sladovnický ječmen

Vlhkost	- max. 15 %
Přepad zrna nad sítím 2,5 mm	- min. 85 %
Klíčivost	- min. 96 %
Obsah NL	- 10 – 12 %

## Sledované parametry sladovnické kvality:

parametr	Kritická hranice (min/max)	Optimální hranice	váha
Bílkoviny v zrně (NL) (%)	9,5 / 11,7	10,2 – 11,0	0,01
Extrakt v sušině sladu (%)	Min. 81,5	83,0	0,30
Relativní extrakt při 45 C (%)	35 / 53	40 - 48	0,20
Kolbachovo číslo (%)	40 / 53	42 - 48	0,10
Diastatická mohutnost (WK)	Min. 220	300	0,10
Dosažitelný stupeň prokvašení (%)	Min. 79	82	0,10
Friabilita (%)	Min. 79	86	0,10
Obsah Beta-glukanů ve sladině (mg/l)	Max. 250	100	0,10

# Šlechtění sladovnického ječmene

Plevy, které obklopují zrno, jsou zakončeny osinou (jsou i formy bez osin)

**Obilka:** Plucha s pluškou chrání zrno před vnějšími vlivy  
Zárodek (embryo) na dolní straně obilky – přiléhá k pluše, je základem nové rostliny, jsou v něm obsaženy biologicky aktivní látky (enzymy)



Látka	Obsah v obilce
Škrob	60-65 %
- z toho Amylóza	17-24 % škrobu
- z toho Amylopektin	76-83 % škrobu
β -glukany	3,3 – 4,9 %
Fytin	0,9 %
Dusíkaté látky (NL)	9,5 – 11,9 %
Albuminy, globuliny	3,5 %
Hordeiny	3-4 %
Gluteiny	3-4 %
Celulóza	4-7 %
Nízkomolekulární sacharidy	2,5 – 4 %

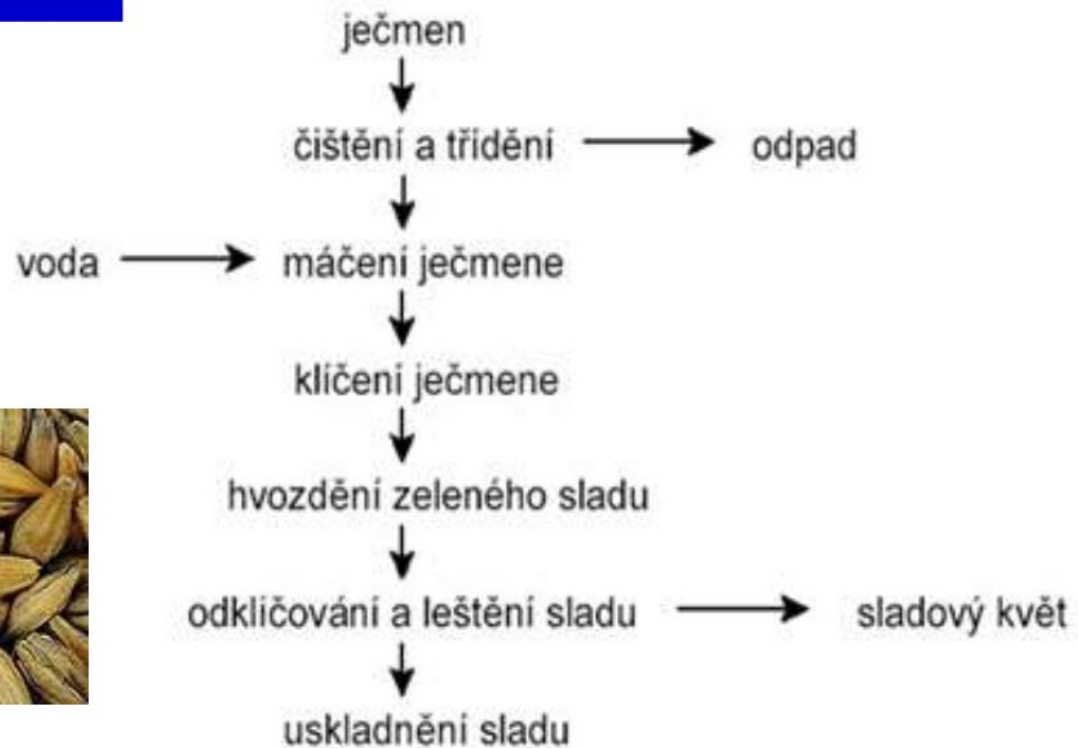
# Šlechtění sladovnického ječmene

Výroba sladu z ječmene – postup (Zdroj: 2. Fermentační biotechnologie – etanolové kvašení, Výroba sladu a piva, Marek Petřivalský, Katedra biochemie PŘF UP)

## Výroba sladu



### Schéma výroby sladu



**Současnost ČR** – 35 sladoven

- velkosladovny (Soufflet) x klasické maloprovozy

# Šlechtění sladovnického ječmene

**Postup výroby sladu:**

## **1. Čištění a třídění ječmene**

## **2. Zrání ječmene**

Cca 6 týdnů (ztráta dormance) + použití giberelinů

## **3. Máčení ječmene**

Zvýšení obsahu vody z 12-15 % na 42-48 %, důležitý je přístup vzduchu ( $O_2$ )

- Aerobní dýchání zrna – proces namáčení: 2 dny

## **4. Klíčení ječmene**

- Aktivace enzymů klíčení, vyvíjí se zárodky kořínků a listů, spotřebovávají se zásobní látky endospermu

Klíčení probíhá na tzv. „humnech“ (hladká podlaha, velké místnosti s větráním) po dobu 5-7 dní, teplota 14 C, vrstva zrna cca 80 cm. Během klíčení se musí ječmen převracet.



# Šlechtění sladovnického ječmene

## Postup výroby sladu:

### 5. Hvozdění

Přeměna zeleného sladu na hotový slad (2 dny)

Cíl: snížení obsahu vody pod 4 %, zastavení růstu při zachování enzymatické aktivity. Teploty dosoušení cca 60 C.

### 6. Odkličování a drcení

Odstranění klíčků a kořínků (tzv. sladový květ)

Hotový slad se poté zpracovává v těchto pracovních operacích:

- Šrotování (drcení sladu)
- Vystírání (promíchání sladu s vodou)
- Rmutování (postupné zahřívání na technologicky významné teploty)
  - 52 C = štěpení bílkovin
  - 63 C = škrob ( $\beta$ -amyláza)
  - 75 C = škrob ( $\alpha$ -amyláza)

# Šlechtění trav

## Pícní druhy:

- Festulolium 4n, 6n (*kostřava x jílek*)
- Jílek mnohokvětý italský 2n, 4n - luční odrůdy
- Jílek mnohokvětý jednoletý 2n, 4n - luční odrůdy
- Jílek vytrvalý 2n, 4n - luční odrůdy a pastevní
- Kostřava luční - odrůdy luční a pastevní
- Kostřava rákosovitá - odrůdy luční a pastevní
- Lipnice luční
- Peluška jarní na píci
- Trojštět žlutavý
- Vojtěška



# Šlechtění trav

- U nás pěstované druhy jsou **cizosprašné** (kromě lipnice luční – apomiktické množení bez oplodnění)
- Většina trav je schopna se množit vegetativně řízkováním

## Metody:

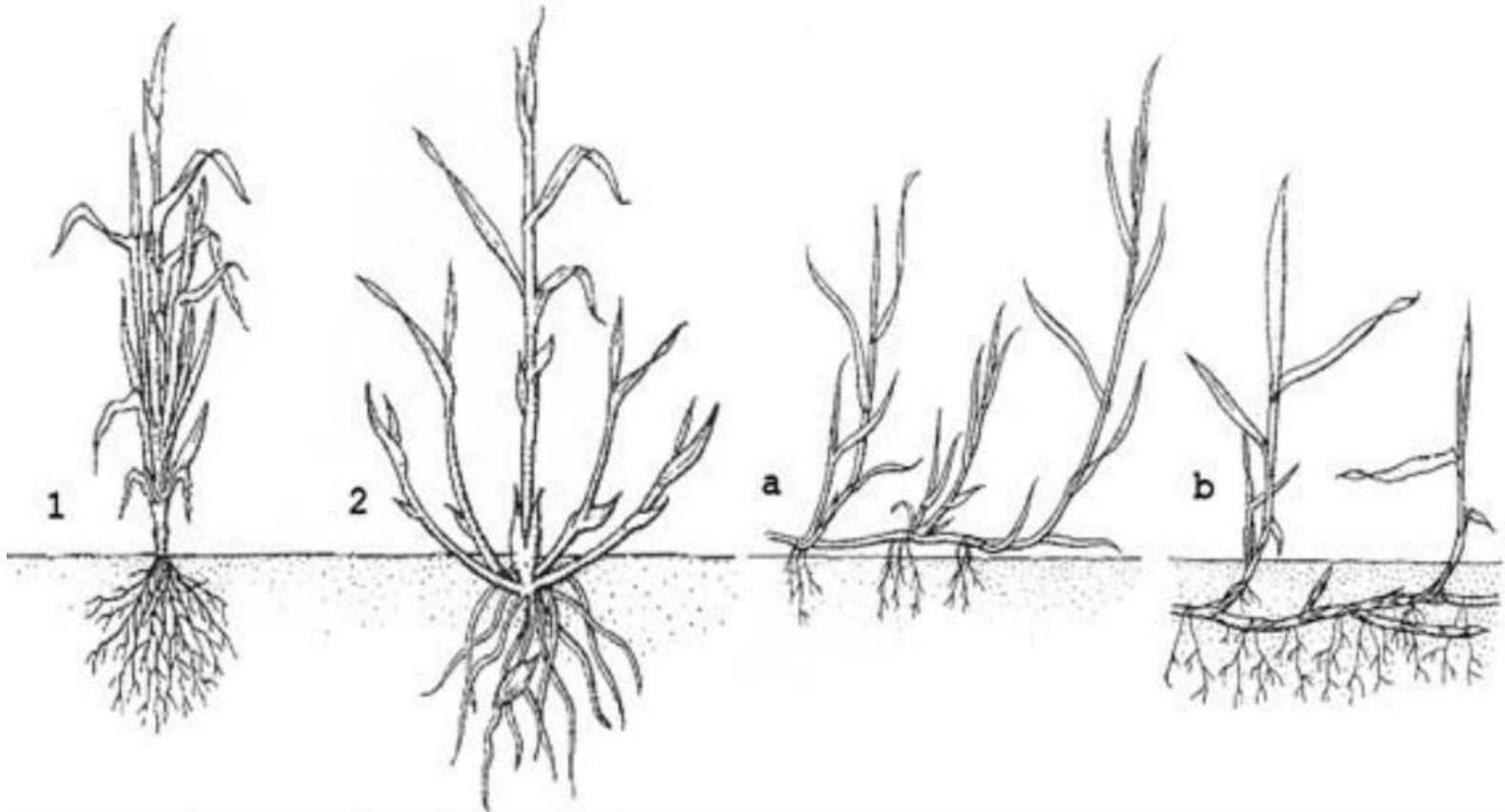
- Tvorba syntetických populací
- Populace z volného opylení
- Lze použít mezidruhové a mezirodové křížence (jako jedny z mála plodin lze použít i krajové genetické zdroje)

## Znaky na selekci:

- Výnos zelené/suché hmoty
- Adaptabilita odrůd
- Odolnost k chorobám a škůdcům
- Rychlost a vytrvalost růstu (pícní trávy pro pastevní využití – dlouhá vegetace, pozvolnější růst, pícní trávy k seči – rychlý růst a nárůst biomasy)
- Kvalita píce (stravitelnost –  $h^2 = 0,45$ ), obsah vodorozpustných cukrů, chutnost krmiva (dobrovolný příjem)..
- Obsah antinutričních látek (tanin, fytin..)

# Šlechtění trav

Rozdělení trav podle způsobu tvorby odnoží:



- *trsnaté trávy*

- *výběžkaté trávy: a) s nadzemními výběžky*

*b) s podzemními výběžky*

(HRABĚ et al., 2003; GREGOROVÁ, 2001, upraveno)

# Šlechtění trav

Rozdělení trav podle způsobu tvorby odnoží:

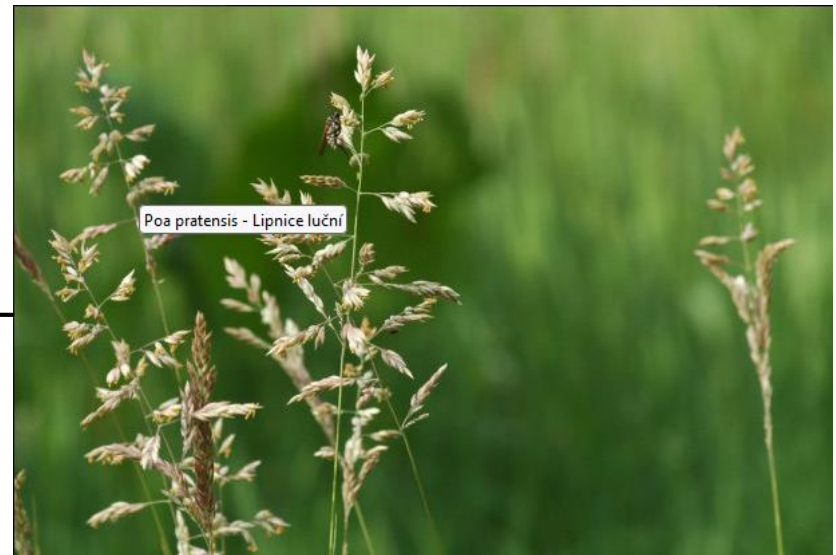
Trsnaté trávy:

- kostřava luční
- jílek vytrvalý, mnohokvětý
- bojínek luční
- srha říznačka
- ovsík vyvýšený
- trojštět žlutavý



Výběžkaté trávy:

- kostřava červená
- psárka luční
- pýr plazivý
- lipnice luční
- psinček výběžkatý



# Šlechtění trav

## **Příklad – složení travních směsí na pastvu:**

### Pastevní směs:

Bojínek luční:	20 %
Kostřava luční:	12 %
Jílek vytrvalý:	13 %
Lipnice luční:	10 %
Kostřava červená:	15 %
Jetel plazivý:	5 %



### Luční směs polopozdní:

Jílek vytrvalý:	10 %
Jílek mnohokvětý:	15 %
Kostřava luční:	25 %
Bojínek luční:	30 %
Lipnice luční:	5 %
Festulolium:	5 %
Kostřava červená:	10 %



# Šlechtění trav

## Příklad – kostřava luční – znaky (hodnocení podle ÚKZÚZ):

- Výnos zelené hmoty (t/ha)
- Výnos suché hmoty (t/ha)
- Úplnost porostu (hodnota 9 - 1)
- Rychlost jarního růstu (hodnota 1-9)
- Hustota porostu (hodnota 1 - 9)
- Začátek metání (dny)
- Výška porostu (cm)
- Výška porostu 1. seče (cm)
- Intenzita metání 1. a 2. seče (hodnota 1 - 9)
- Hustota obrůstání po 1., 2. a 3. seči (hodnota 1 - 9)
- Komplex listových skvrnitostí, rzivost trav



# Šlechtění trav

## **Příklad – jílek (*Lolium ssp.*)**

Křížení:

- Hromadné – vytváří se panmiktická populace
- Dialelní křížení dvou rodičů

Další používané metody:

- Mutageneze
- Polyploidie

**1.Hodnocení výchozích rostlin v trsech** (trávy – trsnaté – jílky, trojštět, srha),  
trávy výběžkaté (psárka, lipnice)

- *Fenotypové hodnocení, ranost..*



**2.Tvorba syntetických populací rodičů** (Syn-1 až Syn..., obvykle 4-8 SYN rodičů)

- *Důležitá je zkouška kombinační schopnosti (polycross)*



**3.Množení SYN populací ve směsi, panmixie**

# Šlechtění trav

- U nás pěstované druhy jsou **cizosprašné** (kromě lipnice luční – apomiktické množení bez oplodnění)
- Většina trav je schopna se množit vegetativně řízkováním

## Metody:

- Tvorba syntetických populací
- Populace z volného opylení

Kvalita píce – je dána stravitelností organické hmoty ( $h^2 = 0,45$ )

## Znaky na selekci:

- Výnos zelené/suché hmoty
- Adaptabilita odrůd
- Odolnost k chorobám a škůdcům
- Rychlost a vytrvalost růstu (pícní trávy pro pastevní využití – dlouhá vegetace, pozvolnější růst, pícní trávy k seči – rychlý růst a nárůst biomasy)
- Kvalita píce (stravitelnost –  $h^2 = 0,45$ ), obsah vodorozpustných cukrů, chutnost krmiva (dobrovolný příjem)..
- Obsah antinutričních látek

# Šlechtění trav

Metody šlechtění:

- Výchozí materiál: mezirodoví a mezidruhoví kříženci, polyploidi

Metody selekce: top-cross – pro stanovení kombinační schopnosti

Testy kvality:

- NIRS (na obsah NL, cukrů, vlákniny..)
- Testy krmné hodnoty na zvířatech

