

Šlechtění zemědělských plodin

Obiloviny

Luskoviny

Vladislav Čurn

OBSAH

OBILOVINY	1
1. PŠENICE (<i>Triticum</i> L.)	5
1.1. Původ a systematické třídění.....	5
1.2. Cytogenetika, genetika, biologie kvetení a vývoje	9
1.3. Vývoj odrůdové skladby a genetické zdroje	13
1.4. Šlechtitelské cíle	17
1.3.1. Šlechtění na produkční schopnost a její stabilitu	17
1.4.2. Šlechtění na jakost	21
1.4.3. Šlechtění na délku vegetační doby	31
1.4.4. Šlechtění na odolnost k stresovým vlivům	32
1.4.5. Šlechtění na vhodnost k technologii pěstování	38
1.5. Metody šlechtění	42
2. JEČMEN (<i>Hordeum</i> L.).....	47
2.1. Původ a systematické třídění.....	47
2.2. Genetika, biologie kvetení a vývoje.....	50
2.3. Vývoj odrůdové skladby	50
2.4. Šlechtitelské cíle	53
2.4.1. Šlechtění na produkční schopnost a stabilitu	53
2.4.2. Šlechtění na jakost	56
2.4.3. Šlechtění na délku vegetační doby.....	62
2.4.4. Šlechtění na odolnost proti stresovým vlivům.....	63
2.4.4. Šlechtění na vhodnost k technologii pěstování	66
2.4.5. Šlechtění ozimého ječmene.....	68
2.5. Metody šlechtění	70
3. ŽITO (<i>Secale</i> L.).....	72
3.1. Původ a systematické třídění.....	72
3.2. Cytologie, genetika, biologie kvetení a vývoje.....	73
3.3. Vývoj odrůdové skladby	76
3.4. Šlechtitelské cíle	77
3.4.1. Šlechtění na produkční schopnost.....	78
3.4.2. Šlechtění na technologickou a nutriční kvalitu	80
3.4.3. Šlechtění na odolnost k abiotickým a biotickým vlivům.....	81
3.4.4. Šlechtění na vhodnost k technologii pěstování	82
3.5. Šlechtitelské metody a postupy.....	84
4. TRITIKALE (<i>Triticosecale</i> WITTMACK)	92
4.1. Cytologie, genetika, biologie kvetení a vývoje.....	92
4.2. Historie šlechtění a vývoj odrůdové skladby	94
4.3. Šlechtitelské cíle	95
4.3.1. Šlechtění na produkční schopnost.....	96
4.3.2. Šlechtění na jakostní ukazatele zrna	97
4.3.3. Šlechtění na odolnost k stresovým vlivům	98
4.3.4. Šlechtění na vhodnost k technologii pěstování	99
4.4. Metody šlechtění	99
5. OVES (<i>Avena</i> L.)	102
5.1. Původ a systematické třídění.....	102

5.2. Cytogenetika, genetika, biologie kvetení a vývoje	105
5.3. Vývoj odrůdové skladby a genetické zdroje.....	107
5.4. Šlechtitelské cíle	108
5.4.1. Šlechtění na produkční schopnost.....	108
5.4.2. Šlechtění na jakost	110
5.4.3. Šlechtění na délku vegetační doby.....	111
5.4.4. Šlechtění na odolnost k chorobám a škůdcům.....	112
5.4.5. Šlechtění na vhodnost k technologii pěstování.....	112
5.5. Šlechtitelské metody	113
6. KUKUŘICE (<i>Zea L.</i>).....	115
6.1. Původ a systematické třídění	115
6.2. Cytogenetika, genetika, biologie kvetení a vývoje	117
6.3. Historie šlechtění a vývoj odrůdové skladby.....	120
6.4. Šlechtitelské cíle	121
6.4.1. Šlechtění na produkční schopnost.....	122
6.4.2. Šlechtění na jakost	123
6.4.3. Šlechtění na délku vegetační doby.....	124
6.4.4. Šlechtění na odolnost ke stresům.....	126
6.4.5. Šlechtění na vhodnost k mechanizované sklizni.....	127
6.5. Metody šlechtění.....	128
7. POUŽITÁ LITERATURA	134
L U S K O V I N Y	138
1. HRÁCH (<i>Pisum L.</i>)	141
1.1. Původ a systematické třídění	141
1.2. Genetika, biologie kvetení a vývoje	143
1.3. Vývoj odrůdové skladby.....	147
1.4. Šlechtitelské cíle	151
1.4.1. Šlechtění na výnos a jistotu výnosu.....	151
1.4.2. Šlechtění na jakost	153
1.4.3. Šlechtění na délku vegetační doby.....	156
1.4.4. Šlechtění na odolnost k nízkým teplotám a k suchu.....	156
1.4.5. Šlechtění na odolnost k chorobám	156
1.4.6. Šlechtění na vhodnost k mechanizované sklizni.....	157
1.4.7. Poutání molekulárního dusíku	159
1.5. Šlechtitelské metody a postupy.....	159
2. ČOČKA (<i>Lens L.</i>).....	161
2.1. Systematické třídění a původ.....	161
2.2. Genetika, biologie kvetení	161
2.3. Vývoj odrůdové skladby.....	162
2.4. Šlechtitelské cíle	163
2.5. Metody šlechtění.....	164
3. FAZOL (<i>Phaseolus L.</i>).....	165
3.1. Systematické třídění a původ.....	165
3.2. Genetika, biologie kvetení a vývoje	166
3.3. Šlechtitelské cíle	167
3.4. Metody šlechtění.....	168

4. BOB (<i>Faba</i> L.).....	169
4.1. Systematické třídění a původ	169
4.2. Genetika, biologie kvetení a vývoje.....	170
4.3. Vývoj odrůdové skladby	173
4.4. Šlechtitelské cíle	175
4.4.1. Šlechtění na produkční schopnost a výnosovou jistotu	175
4.4.2. Šlechtění na jakostní ukazatele	177
4.4.3. Šlechtění na odolnost k chorobám a škůdcům	178
4.4.4. Šlechtění na vhodnost k technologii pěstování	179
4.5. Metody šlechtění	180
5. VIKVE (<i>Vicia</i> L.).....	182
5.1. Původ a systematické třídění.....	182
5.2. Genetika, biologie kvetení a vývoje.....	183
5.3. Vývoj odrůdové skladby	184
5.4. Šlechtitelské cíle	185
5.5. Metody šlechtění	186
6. SÓJA (<i>Glycine</i> L.).....	188
6.1. Původ a systematické třídění.....	188
6.2. Genetika, biologie kvetení a vývoje.....	189
6.3. Vývoj odrůdové skladby	190
6.4. Šlechtitelské cíle	191
6.4. Šlechtitelské metody	192
7. POUŽITÁ LITERATURA	193

SEZNAM OBRÁZKŮ A TABULEK:

<i>Tab. 1.1. Sytematické třídění hlavních druhů pšenice.</i>	6
<i>Tab. 1.2. Významné variety Tr. aestivum.</i>	9
<i>Obr. 1.1. Klas (1), klásek (2), kvítek (3-6) a vývin obilky (7-8) pšenice.</i>	11
<i>Obr. 1.2. Růst výnosové schopnosti a HTS pšenice - z maloparcelkových porovnávacích zkoušek (HANIŠOVÁ, HANIŠ, 1996).</i>	17
<i>Obr. 1.3. Hodnocení pekařské jakosti (HANIŠOVÁ, AMLER, 1997).</i>	25
<i>Obr. 1.4. Pekařský pokus (HANIŠOVÁ, 1998).</i>	26
<i>Tab 1.3. Příklady korelačních vztahů.</i>	29
<i>Tab. 1.4. Jakostní kategorie potravinářských odrůd pšenice.</i>	31
<i>Obr. 1.5. Délka stébla pšenice a odolnost proti poléhání (HANIŠ, HANIŠOVÁ, 1996).</i> 39	
<i>Obr. 1.6. Geny zakrslosti a gibberelinový test (CHRPOVÁ et al., 1996).</i>	40
<i>Obr. 2.1. Uspořádání klásků ječmene víceřadého: A - šestiřadý, B - čtyřřadý, C - dvouřadý (PETR a kol., 1997 - upraveno).</i>	49
<i>Tab. 2.1. Korelace u některých vlastností ječmene (podle FADRHONSE, cit. VÁGNEROVÁ, 1968)</i>	55
<i>Tab. 2.2. Ukazatel sladovnické jakosti -USJ (PSOTA, 1997, upraveno).</i>	60
<i>Obr. 2.2. Dynamická interakce genetických a negenetických faktorů na odolnost proti poléhání (ZENIŠČEVA, 1975).</i>	67
<i>Obr. 3.1. Porovnání 5 druhů rodu Secale L. (upraveno dle PLARRE, 1985).</i>	73
<i>Obr. 3.2. Klásek a kvítek žita (GULJAJEV a kol., 1975). 1 - osina, 2, 3 - plucha, pluška, 4 - pleva, 5 - blizna, 6, 7 - pylová tyčinka s prašníkem, 8 - lodikuly, 9 - semeník.</i>	75
<i>Obr. 3.3. Základní tvary klasů žita - I. - hranolovitý, II. - vřetenovitý, III. - rybovitý; 1. pohled přímý. 2. pohled boční (GULJAJEV a kol., 1975).</i>	79
<i>Obr. 3.4. Uzávěr pluch - 1. slabý, 2. pevný (GULJAJEV a kol., 1975).</i>	80
<i>Obr. 3.5. Schéma šlechtění syntetické odrůdy žita metodou Poly-Tc.</i>	87
<i>Obr. 3.6. Schéma produkce hybridního osiva žita (podle PETRA a kol., 1997).</i>	89
<i>Tab. 4.1. Dědičnost některých znaků tritikale (podle HRAŠKY, 1989).</i>	93
<i>Tab. 5.1. Druhové spektrum r. Avena, sekce Euavena (upraveno podle RAJHATHY, cit. FISCHBECK, 1985).</i>	102
<i>Tab. 5.2. Variety ovsa setého.</i>	103
<i>Obr. 5.1 Lata ovsa setého (1 - rozkladitá, 2 - stažená) a ovsa nahého (3).</i>	104
<i>Obr. 5.2. Kvítek ovsa v době kvetení.</i>	107
<i>Tab. 5.3. Nutričně významné látky v zrně ovsa (HÝŽA a kol., cit. KUNCL, 1989).</i>	110
<i>Obr. 5.3. Vztahy délky rostlin, nepoléhavosti a výnosu zrna u německých odrůd ovsa (FISCHBECK, 1985).</i>	113
<i>(1 = nejnižší a nejhorší, 9 = nejvyšší)</i>	113
<i>Obr. 6.1. Charakteristika obilek poddruhů kukuřice (HEPTING, OLTMANN, 1985).</i> 116	
<i>Obr. 6.2. Lata - prašnikové soukvětí a květ. 1 - klásková pleva, 2 - plucha, 3 - pluška, 4 - prašník.</i>	118
<i>Obr. 6.3. Palice - pestíkové soukvětí.</i>	119
<i>Tab. 6.1. Obsah lyzinu a tryptofanu v odtučněném endospermu (podle KUČERY, 1974).</i>	124
<i>Obr. 1.1. Květ hrachu: 1 - palist, 2 - křídla, 3 - člunek, 4 - semeník s čnělkou a tyčinkami (KONOVALOV, 1990).</i>	144

<i>Tab. 1.1. Komplexní účinek alelického páru R-r (podle KOOISTRA 1962, cit. REIMANN-PHILIPP, 1985).</i>	145
<i>Obr. 1.2. Typy listů hrachu: 1 - obvyklý, 2 - bezlístkový, 3 - akáciový, 4 - členitý (KONOVALOV, 1990).</i>	146
<i>Obr. 1.3. Tvorba lusku hrachu: 1 - opylený květ hrachu po odstranění květních lístků, tyčinek a částečně i kalichu, 2 - semeník, 3 - 6 různé fáze růstu semeníku - lusku (PETR, a kol. 1973).</i>	147
<i>Obr. 1.4. Tvar lusku hrachu setého: a - s pergamenovou blánou, b - bez pergamenové blány (hrách zahradní - cukrový) (LAHOLA, a kol. 1990).</i>	147
<i>Tab. 1.2. Vývoj odrůdové skladby hrachu setého do r. 1997 a současné registrované odrůdy domácího původu.</i>	149
<i>Tab. 1.3. Vývoj odrůdové skladby pelušky do r. 1997.</i>	150
<i>Obr. 2.1. Čočka: 1 - část rostliny, 2 - lusk, 3 - semeno.</i>	162
<i>Obr. 3.1. Fazol obecný: 1 - část rostliny s lusky s pergamenovou blánou, 2 - tvar lusku bez pergamenové blány, 3 - tvar semene: a - kulovitý, b - oválný, c - ledvinovitý, 4 - průřez zeleného lusku: a - plochý, b - elipsovité, c - okrouhlý, d - široce okrouhlý (LAHOLA a kol. 1990).</i>	166
<i>Obr. 4.1. A - bob obecný, B - bob sviňský</i>	171
<i>a/ část lodyhy s květním hroznem, b/ vřeteno květního hroznu (STŘÍDA a kol., 1962)</i>	171
<i>Obr. 4.2. Průběh tvorby květů, lusků a zrna v jednotlivých internodiích bobu koňského (průměr 1 rostliny) (STŘÍDA a kol., 1962).</i>	171
<i>Obr. 4.3. Semena bobu: a/ zahradní (sviňský), b/ koňský, c/ drobnozrný (holubí) (STŘÍDA a kol., 1962).</i>	172
<i>Tab. 4.1. Vývoj odrůdové skladby bobu obecného do r. 1997.</i>	174
<i>Obr. 4.4. Porovnání rozdílných typů bobu a významných znaků: (zóna květů -----, zóna lusků —————), (KITTLITZ, 1985).</i>	176
<i>Obr. 5.1. První pravé listy, soukvětí a semena vikve seté (1), huňaté (2) a panonské (3).</i>	183
<i>Tab. 5.1. Morfologické znaky druhů vikví (podle LEOKENE, cit. KONOVALOV, 1990).</i>	184
<i>Tab. 5.2. Vývoj odrůdové skladby vikví do r. 1997.</i>	185
<i>Obr. 6.1. Sója: a/ část rostliny, b/ list, c/ část rostliny s lusky, d/ tvar semene (STŘÍDA a kol., 1962).</i>	189

O B I L O V I N Y

Učební texty jsou věnované úkolům a problematice šlechtění jen u těch druhů obilovin, které jsou nejvíce rozšířeny a také zušlechťovány v České republice.

Tyto druhy obilovin botanicky náleží do čeledi **lipnicovitých** (*Poaceae*), k rodům **pšenice** (*Triticum* L.), **ječmen** (*Hordeum* L.), **žito** (*Secale* L.), **oves** (*Avena* L.), **kukuřice** (*Zea* L.) a k uměle připravenému konstatnímu mezirodovému hybridu **tritikale** (*Triticosecale* WITTMACK).

Úkoly ve šlechtění obilovin vycházejí:

1) Z **národohospodářského významu**, který se projevuje jednak dominantním postavením v pěstitelských plochách a v produkci zrna. Zrno obilovin je jednak potřebné pro zabezpečení výživy obyvatel a také tvoří významnou složku ve výživě zvířat. Zrno některých obilných druhů je surovinou pro potravinářská odvětví průmyslu (výroba mlýnských, pekárenských produktů, výroba sladu a piva) i pro jiná odvětví zpracovatelského průmyslu (výroba škrobu, lihu, krmivářský průmysl apod.).

2) Z **tradice šlechtění** obilovin. Největší pozornost se věnuje šlechtění pšenice. Tradice domácího ječmenářství je historicky zaměřena na šlechtění sladovnických odrůd s vysokou sladařskou a pivovarskou hodnotou. Trend pokračuje i v současné době, nově se rozvíjí šlechtění odrůd krmného ječmene. Dlouholetou tradici má i šlechtění žita a ovsa. Dlouholetou tradici nacházíme i ve šlechtění kukuřice, jak v podobě dřívějších klasických odrůd populací, tak i v moderním heterózním šlechtění. Přes dlouholetou tradici a historii šlechtění mnohých obilných druhů i vysoký stupeň prošlechtění, stále vzniká potřeba dalšího zlepšování řady vlastností a znaků šlechtitelskou cestou.

3) Z **požadavků uživatelů odrůd**. Odrůda tvoří biologický základ rostlinné produkce a je významným intenzifikačním faktorem. Rozšiřuje se prostřednictvím biologicky hodnotného a dobře připraveného osiva s ověřenou odrůdovou pravostí. Největšího pokroku ve šlechtění moderních odrůd všech druhů obilovin bylo dosaženo v posledních 20-30 letech. U většiny druhů byly vyšlechtěny odrůdy intenzivního typu s vysokou produkční schopností, s dobrou úrovní jakostních ukazatelů a technologické hodnoty, s odolností k nepříznivým vlivům, chorobám a škůdcům, a splňující požadavky

mechanizované pěstitelské technologie. Odrůda se lépe prodává, odpovídá-li požadavkům pěstitelů a uživatelů.

Z národohospodářského významu jednotlivých druhů obilovin, s ohledem na šlechtitelskou tradici a na požadavky uživatelů odrůd vyplývají **užitkové směry šlechtění a šlechtitelské cíle**, které budou blíže specifikovány u jednotlivých druhů. Šlechtitelská filosofie v současných ekonomických podmínkách je v podstatě shodná pro šlechtění odrůdy všech obilných druhů a podle HANIŠOVÉ (1998) ji lze souhrně nazvat **tržním ideotypem**.

Zmíněný ideotyp odrůdy je definován souborem žádaných znaků a vlastností, které se utvářejí řešením jednotlivých šlechtitelských cílů, které u zmíněných obilných druhů znějí velmi shodně. Za hlavní se považuje šlechtění na vysokou produkční schopnost a na žádanou úroveň jakostních ukazatelů hlavního produktu. Další cíle, jako je šlechtění na délku vegetační doby, šlechtění na odolnost vůči stresům, tj. vůči nepříznivým abiotickým a biotickým faktorům prostředí a na vhodnost k mechanizované technologii pěstování, zvyšující výnosovou jistotu a zachovávající úroveň jakostních ukazatelů, mají stabilizující úlohu. Současným světovým trendem se stává genetická ochrana rostlin šlechtěním rezistentních odrůd, které vylučují nebo redukuje chemickou ochranu a tím přispívají k ochraně životního prostředí. Vznikají i nové šlechtitelské cíle, např. šlechtění odrůd pro ekologický způsob hospodaření při nízkých energetických i materiálových vstupech apod.

Šlechtitelské cíle u užitkových směřů jednotlivých obilných druhů mohou být shodné, méně či více odlišné. Řešení šlechtitelských cílů u jednotlivých druhů (odrůd) je zpravidla rozdílné. Důležitou součástí šlechtitelského procesu jsou **metody šlechtění**. Metody genetického zlepšování závisejí na způsobu rozmnožování a na genetické specifitě druhu. Slouží k přípravě výchozího šlechtitelského materiálu s cílem rozšiřovat genetickou proměnlivost, získat kombinace a rekombinace genetických základů požadovaných znaků a vlastností, případně získat mutační změny. Nejrozšířenější šlechtitelskou metodou je křížení v jednoduchých i složitých způsobech. V některých případech se využívá i vzdálené křížení. Míra úspěchu křížení často závisí na vhodné strategii výběru rodičovských komponent. U cizosprašných druhů obilovin se upřednostňuje šlechtění hybridních odrůd a využívání heteroze. Mutační šlechtění se využívá méně, polyploidní šlechtění se využilo jen u žita. Uvedené tradiční metody šlechtění jsou nejvíce a nejčastěji používané a jsou i nadále perspektivní.

Pro selekci genotypů s požadovanými znaky a vlastnostmi se používají **výběrové postupy**. O volbě vhodného výběrového (selekčního) postupu rozhoduje způsob opylování

(samosprašnost, cizosprašnost), stupeň heterozygotnosti populace a rychlost přechodu do homozygotního stavu, genetická struktura vyšlechtěné odrůdy, rozsah výběrových kritérií a jejich zařazení v generacích. U samosprašných druhů obilovin jsou nejpoužívanější rodokmenová a směšovací metoda, případně jejich kombinace v metodě dílčích populací, případně jiné modifikace základních postupů. Tyto metody umožňují vyšlechtění liniových odrůd. U cizosprašných druhů se využívají příslušné modifikace základních výběrových postupů, které vedou k získání odrůd populací. Větší pozornost ve věnuje šlechtění hybridních odrůd (F₁ hybrid, syntetická populace) specifickými postupy.

Metody šlechtění a výběrové postupy používané u jednotlivých druhů obilovin budou v textech uvedeny jen v přehledu, s minimálně nutným doplněním. Poslání, principy a popisy metod šlechtění i výběrových postupů byly objasněny v obecné části předmětu Šlechtění a pro studium jsou k dispozici v učebních textech **GRAMAN J., ČURN V.:** Šlechtění rostlin (obecná část), vydané v r. 1997 na ZF JU Č. Budějovice.

Ve šlechtění obilovin se uplatňují i některé **netradiční** (nekonvenční) **metody šlechtění**, zpravidla jako doplněk (nikoliv náhrada) metod tradičních. Pro praktické šlechtění jsou významné zejména ty metody, které umožňují zkrácení šlechtitelského procesu. Metody lze členit do 3 oblastí:

a) Metody **rostlinných biotechnologií**, které zahrnují postupy zachovávající genetickou identitu, ale i metody zvyšující genetickou variabilitu. U obilovin jsou využitelné metody rozmnožování geneticky cenného rostlinného materiálu *in vitro* (mikropropagace) a somatické embryogeneze, větší využití má indukce haploidů a následných dihaploidních (DH) linií.

b) Metody **genetických, tj. bílkovinných a molekulárních markerů**. Genetický marker (signální gen) se používá pro označení jasně fenotypově se projevujícího znaku s jednoduchou dědičností, většinou ve spojení genovou vazbou s jinými kvalitativními i kvantitativními znaky. Nejvíce používanými genetickými markery jsou isoenzymy (molekulární formy enzymů), zásobní (neenzymatické) bílkoviny, neboť nejlépe splňují kritéria pro genetické markery. Je zájem o markery na úrovni DNA, o metody izotopového i neradioaktivního fingerprintingu aj.

Ve vztahu ke šlechtění jsou možnosti využití genetických biochemických markerů velmi široké, např. v taxonomických a populačně genetických studiích, v genetických analýzách somatických a vzdálených hybridů, v markerování morfologických a fyziologických znaků, technologické hodnoty, při konstrukci genových map, ve studiích vztahů patogen-hostitel, pro důkaz hybridnosti křížence, pro popisy genetických zdrojů,

pro účely identifikace šlechtitelského materiálu (linií) a odrůd a odrůdové čistoty v semenářství.

c) Metody získávání **transgenních rostlin** (odrůd). Transgenní rostliny jsou získávány technikou genových manipulací a představují geneticky upravený materiál obsahující „cizorodou“ DNA (rekombinantní DNA), resp. úsek DNA, vnesený do manipulovaného genotypu s cílem účelové změny genetické informace. Úsek DNA nese geny determinující utváření žádaných znaků a vlastností. Transgenní rostliny (resp. odrůdy) se zahrnují do tzv. geneticky modifikovaných organismů (GMO), o kterých se v poslední době diskutuje z hlediska různých rizik a legislativy spojených se zaváděním do pěstování. Je známá existence odrůd několika rostlinných druhů GMO např. s tolerancí k herbicidu, ke škůdcům a chorobám, s jakostními změnami, s indukovanou pylovou sterilitou aj. U obilovin se metoda zatím nejvíce uplatňuje u kukuřice.

S metodami a postupy rostlinných biotechnologií a genových manipulací se student seznámí v předmětech Biotechnologické metody, Metody genového inženýrství a Genové inženýrství. Pro studium doporučujeme učební texty (v tisku) a další odbornou literaturu (SEMAN, I. a kol.: Biotechnologické metody ve šlachteniu poľ. plodin, Příroda, 1990, NOVÁK, F.J.: Explantátové kultury a jejich využití ve šlechtění rostlin, Academia, 1990 a ONDŘEJ, M.: Genové inž. kulturních rostlin, ZF, Č. Budějovice, 1990).

Pro hlubší studium problematiky týkající se transgenních rostlin doporučujeme literární prameny: ONDŘEJ, M., RAKOUSKÝ, S.: Biologické listy 62(1):1-29,1997, ONDŘEJ M.: Gent. a šlecht., 33,1997 (3):135-160, DROBNÍK a kol.: Harmonizace pravidel práce v biologii a chemii, učební texty UK - PřF, Praha, 1997. Odborné články týkající se použití transgenních rostlin v zemědělství: OVESNÁ, J., Úroda 1997 č. 6-8, NAVRÁTIL, L.: Zemědělec z 8.10. 1997, dále redakční články v časopise Úroda, č. 6, 1998.

1. PŠENICE (*TRITICUM* L.)

Pšenice je jedna z nejstarších plodin užívaných člověkem. Začátky pěstování jsou v době kamenné, asi 7 tisíc let př.n.l. Nálezy plané pšenice pocházejí z podstatně starší doby. Pšenice dnešní doby je značně změněná v porovnání s původními a primitivními druhy.

Význam pšenice, především jako zdroj výživy lidí i zvířat, stále vzrůstá a její neustálé zušlechťování přispívá ke zvyšování a ke stabilitě produkce a jakosti. Národohospodářský význam pšenice se promítá ve šlechtění odrůd hlavních užitkových směrů.

1.1. Původ a systematické třídění

Většina druhů rodu *Triticum* má původ ve 4 genových centrech. Ve Středoasijském centru (Indie, Afgánistán, Střední Asie) se odvozuje původ druhů *Tr. aestivum*, *Tr. compactum* a *Tr. spherococcum*. V Předasijském centru (Malá Asie, Zakavkazsko, Írán) vznikly druhy *Tr. monococcum*, *Tr. dicoccoides*, *Tr. durum* a *Tr. compactum*. Pro tuto oblast je charakteristická největší druhová různorodost, s výskytem druhů blízkých k předpokládaným předkům *Tr. urartu* a *Tr. boeoticum*. Ve Středozemním centru vznikly druhy *Tr. dicoccum*, *Tr. polonicum* a *Tr. spelta*. V Etiopském centru vznikly druhy *Tr. durum*, *Tr. turgidum*, *Tr. dicoccum* a *Tr. polonicum* (HRAŠKA, 1989).

V **systematickém** třídění rod *Triticum* L. náleží do skupiny (tribus) *Triticeae*, podskupiny (subtribus) *Triticinae*, která zahrnuje ještě důležité rody *Aegilops*, *Secale*, *Agropyron* a *Haynaldia*. Rod *Triticum* L. má asi 15 druhů. Základní číslo počtu chromozomů pro všechny rody a druhy pšenice v podskupině *Triticinae* je $x = 7$.

Druhy rodu *Triticum* se podle počtu somatických chromozomů dělí do 3 (4) skupin, na diploidní ($2n = 14$), tetraploidní ($2n = 28$) a hexaploidní ($2n = 42$). Oktoploidní druhy (*Tr. fungicidum* a *Tr. timovum*) $2n = 56$ vznikly křížením a polyploidizací.

Druhy pšenice lze dále členit na plané a kulturní, podle pluchatosti obilky a lámavosti klasového větene.

Významné druhy rodu *Triticum* v systematickém třídění s fylogenetickými vztahy jsou uvedeny v tabulce 1.1.

Tab. 1.1. Sytematické třídění hlavních druhů pšenice.

Počet chromozomů genom		diploidní 2n (14) AA	tetraploidní 4n (28) AABB	hexaploidní 6n (42) AABBDD
plané	obilka plevnatá klasové větveno lámavé	<i>Tr. urartu</i> <i>Tr. boeiticum</i>	<i>Tr. dicoccoides</i> <i>Tr. araraticum</i>	
		<i>Tr. monococcum</i>	<i>Tr. dicoccum</i> <i>Tr. timopheevi</i>	<i>Tr. macha</i> <i>Tr. spelta</i> <i>Tr. vavilovii</i>
kulturní	obilka nahá klasové větveno pevné		<i>Tr. durum</i> <i>Tr. turgidum</i> <i>Tr. turanicum</i> <i>Tr. polonicum</i> <i>Tr. carthlicum</i> <i>Tr. abyssinicum</i>	<i>Tr. aestivum</i> <i>Tr. compactum</i> <i>Tr.</i> <i>spheorococcum</i>

(upraveno dle ZELLER, 1985, HRAŠKA, 1989, KONOVALOV, 1990)

Druhy ve skupinách rodu *Triticum* obsahují tři genomy: AA, BB a DD. Zdroj genomu „A“ je známý, jsou to plané druhy jednozrnky *Tr. urartu* a *Tr. boeiticum*. Původ genomu „B“ u tetraploidních druhů není jednoznačně určen a je předmětem diskuse. Někteří autoři za zdroj považují *Aegilops longissima*, zejména u druhů s původem odvozeným od *Tr. urartu*. Podle jiných autorů je zdrojem *Ae. speltoides*, který je také označován jako zdroj genomu „G“, zejména pro druhy s původem od *Tr. boeiticum* (např. *Tr. araraticum* a *Tr. timopheevi* s genomem AAGG). Za zdroj genomu „G“ je také označován druh *Tr. zhukovskiyi*, nebo je genom „G“ považován za modifikaci genomu „B“ (cit. BOHÁČ, 1990), případně za genom směsný (ZELLER, 1985). Zdrojem genomu „D“ pro hexaploidní druhy je *Ae. tauschii* (syn. *Ae. squarrosa*), experimentálně potvrzený (cit. ZELLER, 1985). Druhy s genomem „G“ v této skupině nejsou.

V evoluci rodu *Triticum* měla významnou roli alloplodie spontánních hybridů a druhy rodu *Aegilops* (viz schéma).

O cytoplazmě rodu *Triticum* došel KIHARA k závěrům, které uvádí BOHÁČ (1990):

- cytoplazma *Tr. aestivum* pochází od dárce genomu „B“. Druhy *Tr. turgidum* a *Tr. aestivum* jsou proto isoplasmatické.
- *Tr. timopheevi* vznikla z plané pšenice *Tr. araraticum*, měla by být proto dárce cytoplazmy. *Tr. araraticum* se vyskytuje ve 2 typech, přičemž s jedním typem dává sterilní potomstvo a proto dárce genomu „G“ pro *Tr. timopheevi* se považuje za nezjištěný.

Charakteristiky významných druhů pšenice:

a) Diploidní druhy (2n=14, genom AA)

- **jednozrnka planá** (*Tr. boeoticum* Bois.) - klas úzký, plochý, rozpadavý, klásky dvoukvěté, spodní je plodný.
- **jenzrnka kulturní** (*Tr. monococcum* L.) - vznikla mutací z plané jednozrnky, klas úzký, rozpadavý, klásky dvoukvěté, obvykle dozrává jedna obilka, je úzká a sklovitá. Převážně jarní forma.

b) Tetraploidní druhy (2n = 28, genom AABB)

- **dvouzrnka planá** (*Tr. dicoccoides* L.) - klas dlouze osinatý, rozpadavý, lámavý, klásky 2-3 květé, obilky pluchaté, jarní i ozimá forma.
- **dvouzrnka kulturní** (*Tr. dicoccum* Schr.) - klas hustý, rozpadavý, klásky dvoukvěté, osinaté, bezosinné, plevy prodloužené. Obilky úzké, pluchaté, většinou jarní forma.
- **Timofejevova** (*Tr. timofheevi* Zhuk.) - klas lámavý, klásky dvoukvěté, dozrávají dvě obilky, jarní forma, odolná sněti a padlí travnímu.
- **tvrdá** (*Tr. durum* Desf.) - klas nelámavý, dlouze osinatý, plevy dlouhé jako pluchy, výrazně kýlnaté. Obilky sklovité, trojhranné, s vpadlým klíčkem, neochmýřené, ozimé i jarní formy, vyniká zvýšeným obsahem bílkovin.
- **naduřelá** (*Tr. turgidum* L.) - klas nelámavý, muhtný, i větevnatý, osinatý (osina kratší než klas), plevy ochmýřené, naduřelé, kýlnaté. Obilky nahé, buclaté, oblé na průřezu, málo významný druh.
- **polská** (*Tr. polonicum* L.) - klas nelámavý, velmi dlouhý, krátce osinatý, plevy dlouhé jako pluchy. Obilky nahé, velmi dlouhé, formy ozimé i jarní, hospodářsky nevýznamné.

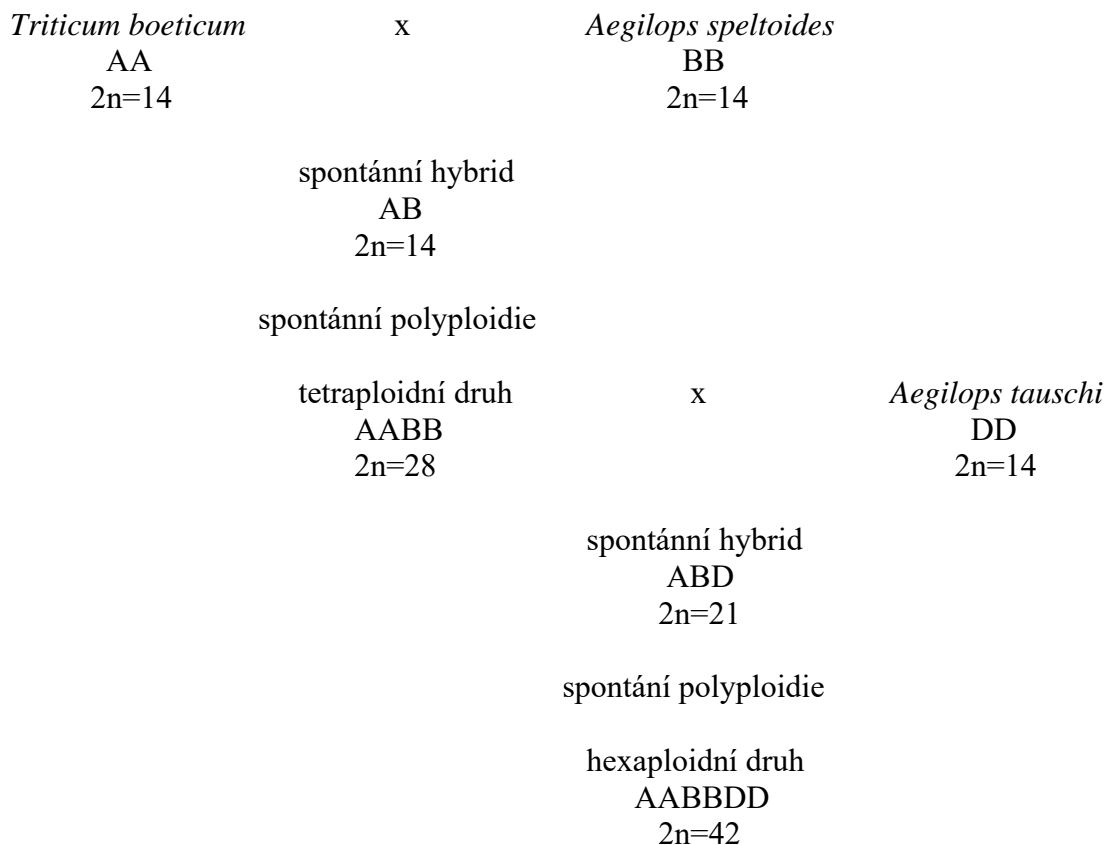
c) hexaploidní druhy (2n = 42, genom AABBDD):

- **špalda** (samopše) (*Tr. spelta* L.), kulturní druh, klas lámavý, dlouhý, velmi řídký, klásky spojeny s články klasového větene. V klásku 4 kvítky, jen dvě obilky dozrají, pevně uzavřeny v pluchách. Ozimá i jarní forma.
- **setá** (syn. obecná) *Tr. aestivum* L. emend. Fiory et Paol., syn. *Tr. sativum* Lam., *Tr. vulgare* Vill. - klas nelámavý, osinatý, bezosinný, různě hustý. Plevy a pluchy vejčité, podlouhle vejčité, kýlnaté. Obilky nahé, buclaté, na průřezu oblé, s mírně vystouplým klíčkem, ochmýřené na protější straně. Ozimé i jarní formy, nejvíce pěstovaná.

- **nahloučená** (*Tr. compactum* L.) - blízká pšenici obecné, klas kompaktní.

Pšenice vznikla spontánní mezirodovou hybridizací a následnou polyploidizací sterilních hybridů. Původ tetraploidních a hexaploidních druhů byl objasněn v r. 1959 pomocí resyntézy druhů.

Nejčastěji uváděné schéma fylogeneze rodu *Triticum*:



Rozvoj civilizace zaměřil pěstování na tři nejvýznamnější druhy pšenice, na pšenici setou (*Tr. aestivum* L.) nejrozšířenější na 92-94 % světové plochy, na pšenici tvrdou (*Tr. durum* Dest.) a omezeně na pšenici naduřelou (*Tr. turgidum* L.).

Nejrozšířenějším a pro šlechtění nejvýznamnějším druhem je **pšenice setá** (*Tr. aestivum* L.), jehož vznik se předpokládá asi 5800 let př. n.l. Proces zkulturnění nesl s sebou změny řady znaků a vlastností (prodloužení a zvětšení obilky, zvětšení listové plochy, zpomalení stárnutí horní části rostliny, změny v distribuci asimilátů aj.). Vyniká genetickou rozmanitostí ve značném počtu morfologicky i fyziologicky odlišných poddruhů a variet. Přehled o nejvýznamnějších varietách poskytuje tabulka 1.2. Je členěna na 11 ekologických skupin, z nichž jsou nejvýznamnější čtyři.

Odrůdy domácího šlechtění patří k varietám *erythrosperrum* a *lutescens* a starší odrůdy i k *ferugineum* a *milturum*.

Tab. 1.2. Významné variety *Tr. aestivum*.

Plevy	Klas	osinatý			bezosinný	
	barva osin	jako klas		černá		
	obilky klasu	bílá	červená	červená	bílá	červená
holé	bílý	<i>graecum</i>	<i>erythrospermum</i>	<i>nigriaristatum</i>	<i>albidum</i>	<i>lutescens</i>
	červený	<i>erythroleucom</i>	<i>ferugineum</i>	<i>sardoum</i>	<i>alborubrum</i>	<i>milturum</i>
ochmýřené	bílý	<i>meridionale</i>	<i>hostianum</i>		<i>leucospermum</i>	<i>velatinum</i>
	červený	<i>turcicum</i>	<i>barbarosa</i>		<i>delfi</i>	<i>pyrothoix</i>
	černý					<i>nigrum</i>

Pšenice tvrdá (*Tr. durum* Desf.) se vyskytuje v jarní formě v oblasti Středozemního moře a na jihu Ruska. Šlechtí se i ozimé formy, jsou však citlivé na vyzimování. Je odolná k mazlavé světi a ke rzím. Je vhodná pro výrobu těstovin. Lehko se kříží s ostatními tetraploidními i hexaploidními druhy. Druh reprezentuje řada variet s odlišnou osinatostí, barvou klasu, osin a zrna.

Pro naše podmínky má největší význam pšenice setá a další části učebních textů se budou týkat tohoto druhu.

1.2. Cytogenetika, genetika, biologie kvetení a vývoje

Pšenice setá patří do skupiny hexaploidních druhů, se 42 somatickými chromozomy ($n=21$), se 3 genomy A, B a D. Dříve byly chromozomy značeny římskými číslovkami (I-XXI), později se vžilo zařazení do 7 homologických řad po 3 chromozomech, vždy po jednom z jednotlivých genomů.

Hexaploidní typ pšenice umožňuje vznik úplné serie aneuploidních linií, nulizomických ($2n-2$) a monosomických ($2n-1$), existují i trisomické ($2n+1$) a tetrasomické ($2n+2$) linie. Nulizomické linie jsou životné, spíše zakrslé s úzkými listy, fertillní. Monozomické linie jsou velmi shodné s dizomickými. Životaschopnost a fertillita linií je

podmíněna přítomností analogických genů pro životně důležité funkce v ostatních genomech.

Pro studium **genetiky** znaků a vlastností pšenice seté byly přínosné hlavně práce SEARSE s využitím nulizomických a monozomických linií. Linie se využívají v genetických analýzách, při identifikaci chromozomů příslušného genomu a pro určení lokalizace genů ve vazbových skupinách. Využívají se i ve šlechtění.

Pšenice setá je často využívána v genetických studiích a dědičnost řady znaků a vlastností je dobře známá. Znalost genetického založení znaků a vlastností a lokalizace jejich genů je předpokladem úspěšného šlechtění.

Dědičnost řady morfologických znaků je většinou jednoduše založena, jedním nebo dvěma geny s dominantním nebo recesivním projevem. Přehled o dědičnosti kvalitativních znaků uvádí HRAŠKA (1989) a pro jejich obsáhlost je neuvádíme. Upozorňujeme jen na některé hospodářsky významné geny, např. geny zakrslosti stébla (*Rht*) podmiňující krátkostébelnost a některé z nich současně i zvýšenou fertilitu klásků a zlepšenou adaptabilitu. Významné jsou geny *Vrn*, které kontrolují délku tepelného (jarovizačního) období ozimých a jarních forem, dále geny pro fotoperiodickou reakci (*Ppd*), geny pro vyšší úložnou kapacitu klasu jednotně označované jako geny SFG, nebo geny podmiňující erektoidní postavení listů umožňující větší přístup světla do porostu. Dobře je známá genetika odolnosti k listovým chorobám (rzi, padlí travní). Studuje se genetika mohutnosti kořenové soustavy ve vztahu k výnosu.

Dědičnost kvantitativních znaků a vlastností pšenice je řízena polygenně, konkrétních údajů o dědičnosti znaků a vlastností je však málo. Aditivní systém dědičnosti byl prokázán u znaků výnosnosti (výška rostlin, HTS, počet zrn/rostlinu, hmotnost a počet zrn/klas), některé znaky prokázaly aditivní systém s částečnou interakcí vloh. Vysoká dědivost byla zjištěna u hodnoty sedimentace ($h^2 = 0,85 - 0,94$), u množství a jakosti lepku. Substituce chromozomů umožnila zjistit, že kvalitu zrna nejvíce ovlivňují geny na chromozomech genomu D, ale i genomů A a B. Obsah proteinu, fyzikálně-chemické vlastnosti lepku vykazují různou dědičnost. Na podrobnosti o genetice dalších kvantitativních znaků odkazujeme na výše uvedený studijní pramen.

Významný byl objev pylové sterility (CMS) pšenice, zásluhou japonských vědců KIHARY a FUKASAVY na začátku 50. let po zkřížení *Tr. aestivum* s *Aegilops* a v roce 1962 američany WILSONEM a ROSSEM po zkřížení s *Tr. timopheevi*.

Biologie kvetení, růstu a vývoje

Klas pšenice je složený z vícekvětvých klásků umístěných na článkovaném klasovém vršení a každý klásek ze 2, 3 až 6 kvítků. Ze všech kvítků v klásku se většinou plně vyvinou 2 spodní, ostatní zasychají. V kvítku je jednovaječný semeník, 2 pérové blizny a 3 tyčinky s prašníky a lodikuly. Schéma stavby klasu, klásku a kvítku je na obr. 1.1.

Obr. 1.1. Klas (1), klásek (2), kvítek (3-6) a vývin obilky (7-8) pšenice.

Kvetení začíná brzy po vymetání klasu z pochvy posledního listu. V kvítku rychle rostou tyčinky a prašníky se tím dostávají nad zrající bliznu. Asi 1/3 všeho pylu se vysype

na vlastní bliznu, což zajišťuje samoopylení. Prašníky a blizna zrají téměř současně. Lodikuly se zvětšují a rozevírají květní obaly a umožňují uvolnění pylu do prostoru.

Jednotlivé kvítky v klasu kvetou postupně. Nejdříve ve střední části klasu, pak následují v horní a spodní třetině. V klásku probíhá kvetení od spodního k vrchnímu kvítku. Kvítek kvete asi 15-25 minut, klásek asi 3 dny, klas 4-6 dnů, rostlina 9-10 dnů. Během dne jsou dvě maxima kvetení při 16°C mezi 6.-8. hod. a mezi 17.-18. hod. Při teplotě 12°C se pluchy nerozevřou, rovněž za suchého a horkého počasí převažuje kleistogamické kvetení. Pyl rychle ztrácí klíčivost, je velice vnímavý na teplotu a vlhkost vzduchu, je životný jen po dobu 1-2 hodin.

Převažuje **samosprašnost**, je možné 2-3 % opylení cizím pylem, podle povětrnostních podmínek a genotypové náchylnosti. S otevřeným kvetením souvisí odrůdová čistota. RIMPAU jako první popsal spontánní hybridy vzniklé uvnitř druhu, ale i mezi druhy s *Tr. durum* a *Tr. dicoccum*.

V jednotlivých kláscích se většinou vyvinou 2-3, případně i více obilek.

Z hlediska **vývoje** jsou u druhu *Tr. aestivum* ozimé, jarní i přesívkové formy. Základní odlišnost spočívá v požadavcích na výši teploty a dobu jejího působení v tzv. tepelném období (jarovizace). Ozimé formy jsou silně citlivé, naopak jarní jsou částečně citlivé nebo necitlivé. Přesívky jsou formy, které se mohou vysévat na podzim i na jaře.

Požadavky na jarovizaci jsou geneticky determinovány alelickou serií genů velkého účinku *Vrn*. Hlavními alelami jsou *Vrn1*, *Vrn2*, *Vrn3* a později určenými *Vrn4* a *Vrn5*. Ozimé formy jsou determinovány homozygotně recesivní sestavou 3 hlavních alel *Vrn1-3*. Odrůdové rozdíly v nárocích na jarovizaci jsou vysvětlovány buď mnohotným alelismem nebo působením genů modifikátorů (*Ivn*, *Dvn*). Jarní formy mají některé z dominantních alel, které inhibují potřeby jarovizace. Největší inhibiční účinek má alela *Vrn1*, která je epistaticky nadřazena ostatním. Výskyt jednotlivých alel je geograficky závislý. Alela *Vrn1* převažuje u evropských odrůd, *Vrn2* u australských odrůd a *Vrn3* u asijských odrůd. Uvedené alely genů *Vrn* jsou lokalizovány na chromozomech 5A, 5D a asi na 2B nebo 5B (KOŠNER, BROMOVÁ, 1993a).

Podle nároků na jarovizační teplotu a dobu lze vyčlenit 3 skupiny: typické ozimy s nároky na teplotu 0-3°C po dobu 30-70 dnů, přesívky s nároky na 3-15°C po dobu 3 až 15-25 dnů a jarní požadují teplotu 5-20°C po dobu 7-15 dnů, také jen 3-9 dnů. Domácí ozimé odrůdy náleží do skupiny se středně dlouhým tepelným obdobím (32-40 dnů).

Z hlediska fotoperiodické reakce je pšenice obecná typickou dlouhodobou plodinou s obdobím fotoperiodické citlivosti 25-50 dnů. Jednotlivé genotypy v reakci kolísají od necitlivých přes středně k silně citlivým. Citlivost k délce dne je rozdílná jak u ozimů, tak

u jařin. Fotoperiodická reakce je důležitá zejména při introdukci odrůd a výběru genetických zdrojů ke křížení. Citlivost k délce dne je geneticky řízena alelickou serií genů *Ppd1-3*. Dominantní alely v různé míře inhibují citlivost k fotoperiodě. Necitlivost je dominantní nad citlivostí. Geny jsou lokalizovány na chromozomech 2A, 2B a 2D. Významné je, že oba systémy řízení vývojových etap (růstového typu) určují ozimost či jarovost, délku růstových a vývojových fází, ranost i pozdnost kultivarů.

1.3. Vývoj odrůdové skladby a genetické zdroje

O pěstovaných odrůdách pšenice v Čechách a na Moravě jsou zprávy z poloviny minulého století. Využívaly se ozimé, jarní i přesívkové formy. Z ozimých forem (spíše poloozimých) se používaly tzv. zimní červenky. Z jarních forem se používaly hlavně cizí odrůdy. O přesívkových formách jsou zprávy starší, již ze 17. stol. Původní odrůdy byly víceliniové populace.

Zušlechtování pšenice u nás začíná koncem 19. a začátkem 20. století, má tedy 100 letou tradici. O počáteční i další rozvoj šlechtitelské práce se zasloužily především stanice v Chlumci n. C. (Dregerova), bývalé Selecty ve Stupicích (Pyšelích), v Semčicích, na Moravě v okolí Přerova (Stará Ves, Horní Moštěnice), v Židlochovicích, v Branišovicích, Valticích, na Slovensku ve Sládkovičově (Dioszék). V 30. letech se šlechtěním zabývalo na území republiky 28 šlechtitelských stanic. Dřívější sortiment odrůd vyhovoval potřebám malovýroby, odrůdy byly nenáročné, zrno se využívalo hlavně pro potravinářské účely, později i pro krmení.

Odrůdy byly šlechtěny výběrem z místních populací, v pozdější době bylo do šlechtění zavedeno kombinační křížení. Na domácí odrůdy se nakřížovaly německé, anglické a francouzské výnosné odrůdy. Ve srovnávacích pokusech byly zkoušeny západoevropské pšenice hustoklasé tzv. paličnatky, které pronikly i do šlechtění domácích odrůd. Nejrozšířenější domácí odrůda tohoto typu byla Pyšelka. V r. 1936 bylo v sortimentu 59 ozimých, 7 přesívek a 24 odrůd jarních typů. Během druhé světové války bylo šlechtění omezeno, bylo nařizováno využívání německých odrůd. Po roce 1945 se pěstovaly hlavně předválečné odrůdy. V sortimentu bylo 40 odrůd ozimé pšenice, největší význam měla např. Dregerova Chlumecká 12, Česká přesívka od Selecty, Dobrovická 10, Pyšelka a některé další. Teprve po poválečném roce 1945 se sortiment zúžil na 32 odrůd ozimých, 2 odrůdy přesívek a 14 odrůd jarních pšenic, zejména na odrůdy nejvýnosnější (VÁGNEROVÁ, 1968).

V průběhu dlouhého období šlechtění se pochopitelně měnily šlechtitelské cíle v souvislosti se stupňovanými nároky na nové odrůdy, měnily se i metody šlechtění. Moderní šlechtění přešlo od šlechtění extenzivních (vegetativních) typů odrůd ke šlechtění intenzivních (generativních) moderních odrůd. Odrůdy označené za tzv. extenzivní tvořily velkého množství vegetativní hmoty, dlouhé stéblo, nadměrně odnožovaly, vyznačovaly se velkou regenerační schopností, větší adaptabilitou k nepříznivým podmínkám. Vytvářely poměrně malý klas s nízkým počtem semen o nízké hmotnosti, většinou vysoké a tenké stéblo s nedostatečně rozvinutým sklerenchymem a byly proto náchylné k poléhání.

Šlechtění tzv. intenzivních odrůd začalo v 50. letech. Z tohoto období je známo dost rozšířených odrůd, např. Kaštická osinatka (1954), na Moravě Pavlovická (1956) a Diana I.(1960) a na Slovensku Košútská (1956) a další.

60. léta jsou hodnocena jako kvalitativní zlom v produkci zrna pšenice (i z hlediska světového), největšího pokroku bylo dosaženo právě u pšenice. Byly povoleny hustoklasé německé odrůdy tzv. „měkké pšenice“ (Jubilar, v bývalé NDR Fanal, dříve Heineho). Vynikaly vysokým výnosem zrna, ale horší jakostí. V polovině 60. let se rozšířily sovětské odrůdy, z nichž nejrozšířenější byla Mironovská 808 (1966-92), sice poléhavá, ale s dobrou mlynářskou a pekařskou jakostí, zimovzdorností a dobrou adaptabilitou. Odrůdy se využívaly ke křížení v domácím šlechtění. Na jižní Moravě a na Slovensku se využívaly jugoslávské odrůdy (Sáva, Baranka, Zlatná Dolina). Byly ale málo zimovzdorné a horší jakosti. V období 60. a začátku 70. let bylo pro domácí šlechtění pšenice dost neproduktivní a proto se využívaly zahraniční výkonné odrůdy.

První moderní domácí odrůdy byly povoleny v druhé polovině 70. let a později, známé jsou odrůdy Lena, Slavie, Istra, Mirela, po roce 1980 byly povoleny Amika, Vala, Regina, Zdar, Sabina, Selekt , Hana a řada dalších.

Intenzivní odrůdy se vyznačují několikanásobně zvýšeným výnosovým potenciálem, zvýšenou výnosovou stabilitou i zlepšenou jakostí produktu. Tvoří větší počet zrn v klasu, větší počet klásků v klasu a vyšší počet fertálních kvítků v kláscích (3-3,5) a ve střední části klasu vytváří i více obilek v klásku. Obilka má obvykle větší endosperm a často i embryonální část, vyšší HTS. Vyžadují větší množství asimilovaných živin, vyznačují se změnou v distribuci sušiny ve prospěch obilek (odtud označení generativní typy). Tvoří méně produktivních odnoží a vykazují mnohem užší poměr zrna ku slámě. Jsou krátkostébelné a nepoléhavé, snášející vyšší zahuštění porostu i vyšší dávky N, mají zvýšenou odolnost k chorobám a k výdrolu a porůstání zrna, jsou ale náročné na pěstitelské prostředí. Mezi nepříznivé vlastnosti patří např. větší náchylnost k listovým a klasovým chorobám.

V posledních dvaceti letech se v souvislosti s postupnou intenzifikací domácího šlechtění dostavily šlechtitelské úspěchy srovnatelné s evropskými státy. Byly vyšlechtěny intenzivní moderní odrůdy s výnosovým potenciálem až 10 tun zrna z ha a s požadovanou úrovní jakosti. Několik odrůd bylo povoleno v zahraničí (např. v NSR Zdar zvaná Boheme, Alka zvaná Moldau). Cílevědomá a záměrná šlechtitelská práce vedla k významným úspěchům, přesto jsou stále rezervy v jejím dalším šlechtění a možném zlepšování prostřednictvím nových konkurenčně schopných odrůd.

V období po roce 1990 se v souvislosti s nastoupenou liberalizací i v oblasti uplatnění odrůd vytvořilo silné konkurenční prostředí se zahraničními odrůdami. V současné době je registrováno v Seznamu odrůd celkem 41 odrůd pšenice obecné, z toho 5 odrůd jarních (jedna je zahraničního původu) a 36 odrůd ozimých, z nichž je 15 zahraničního původu (vč. SR). Jsou registrovány i dvě odrůdy pšenice tvrdé (*Tr. durum*) zahraničního původu.

Pšenice je jedním z nejvíce prošlechtěných druhů. Pozornost je hlavně věnována ozimým formám, které jsou pro pěstování nejvýznamnější.

Historie světového a evropského šlechtění pšenice je dost obsáhlá a její uvedení by překročilo možný rozsah učebních textů. Světové (i domácí) šlechtění čerpalo teoretické poznatky a praktické zkušenosti ze šlechtitelských škol. Ve stručnosti jen některé příklady:

- italská škola (N. STRAMPELLI a jeho škola) je významná tím, že se zasloužila o zvýšení výnosu pomocí zkráceného stébla. Mezi prvními využili japonskou odrůdu Akagomughi (s geny zakrslosti *Rht*) v kombinačním křížení s vysokými a výnosnými západoevropskými či domácími odrůdami za účelem zkrácení a zpevnění stébla, urychlení vývoje a uplatnění výkonnějšího rodiče. Nepoléhavost byla zajištěna zkrácením a zpevněním stébla, zvýšená odolnost ke rzím a snětím souvisela se zkrácenou vegetační dobou. Prokázali, že je výhodné pro vyšší produkci zkrátit období do metání a tím prodloužit generativní období, získali v jednom genotypu vysokou plodnost (v klasu 20 klásků a v klásku až 5 zrn), ranost a nízké stéblo. Odrůdy se uplanily hlavně v mexickém a jugoslávském šlechtění.
- ruská (dříve sovětská) škola přinesla cenné teoretické i praktické výsledky s možnou aplikovatelností u nás. Několik odrůd bylo využito pro přímé pěstování a ve šlechtění jako genetické zdroje. Nejznámější je odrůda Mironovská 808 (ak. REMESLA) jako příklad spojení mrazuvzdornosti s výnosem a uspokojující jakostí v jednom genotypu. Teorii šlechtění obohatil LUKJANĚNKO a přispěl k vyšlechtění krátkostébelných odrůd s využitím zakrslých mutantů (Karlik).

- mexická škola (N. E. BORLAUG, nositel Nobelovy ceny), prokázala možnost výrazného zvýšení průměrného výnosu z původních 0,75 t.ha⁻¹ v r. 1945 na 3 t.ha⁻¹ v r. 1968 pomocí výkonných odrůd. Obohatila teorii šlechtění o přednostech využívání divergentních rodičovských odrůd v kombinačním křížení, o využívání „nana“ (*Rht*) genů z japonských odrůd skupiny Norin, o využívání zdrojů odolnosti proti rzi ve spojení s výnosností a krátkostébelností, spojení odolnosti proti rzi s raností v jednoho genotypu. Mexické odrůdy jsou pro naše podmínky využitelné jen jako genetické zdroje.
- japonská škola poskytla významné zdroje genů krátkostébelnosti (*Rht* geny) v odrůdách Daruma, Akagomughi a Norin (využívané zvl. v italském, americkém a mexickém šlechtění). Zmíněné geny se využívají i v domácím šlechtění u řady odrůd.
- americká škola se vyznačuje tvorbou vysokovýnosných odrůd s využitím genů krátkostébelnosti a vysoké jakosti. Řeší i problematiku heterozního šlechtění pšenice.
- jugoslávská škola (S. BOROJEVIČ) vychází ze špičkového evropského sortimentu a vedla k vyšlechtění řady výkonných, nepoléhavých a jakostních odrůd. Některé z nich se u nás zaváděly (Sáva, Zlatná Dolina, Crvena Zvezda), avšak mají nízkou zimovzdornost.

Pro šlechtění pšenice je významné soustředování a studium **genetických zdrojů**. BAREŠ (1990) uvádí, že ve světě je shromážděno okolo 450 tisíc odrůd a forem rodu *Triticum* L., bez duplicit okolo 180-200 tisíc.

V ČR je v genové bance VÚRV Ruzyně okolo 8 tisíc odrůd pšenice. Nejčastěji využívanými genetickými zdroji ve šlechtění ozimých odrůd pšenice jsou západoevropské odrůdy, které vynikají vysokým výnosem, ale často horší jakostí zrna, vyznačují se i odolností k chorobám a k poléhání. Velký nárůst nových odrůd ozimé pšenice intenzivního typu nastal od počátku 70. let. Pronikly anglické krátkostébelné odrůdy s odolností k houbovým chorobám, italské zdroje s vyšší plodností klasu. Zdrojem jakosti byly sovětské odrůdy krasnodarského, mironovského a oděského šlechtění. Kromě vyšlechtěných odrůd, především domácího původu a zahraničního šlechtění, se s úspěchem využívají v kombinačním křížení vhodné linie i mutantní formy.

Pro řešení speciálních šlechtitelských úkolů a k rozšíření genetické variability se jako genetické zdroje využívají i polokulturní druhy (příkl. *Tr. monococcum*), kulturní druhy (*Tr. durum*) i rody (*Secale cereale*).

Na šlechtění ozimé i jarní pšenice jsou zaměřeny šlechtitelské a semenářské firmy Selgen, a.s. (ŠS Stupice, ŠS Úhřetice), Plant Select s.r.o. Hrubčice a HybriTech, a.s., dřívě Morstar, a.s. (ŠS Branišovice).

1.4. Šlechtitelské cíle

Záměrem šlechtění je tvorba intenzivních odrůd vhodných pro jednotlivé výrobní oblasti, s požadovanou úrovní jakosti zrna s ohledem na uživatelský směr, odrůdy odolné nepříznivým vlivům, chorobám a škůdcům a splňující požadavky používané technologie pěstování. Při tvorbě odrůd musí šlechtitel respektovat požadavky budoucích uživatelů.

1.3.1. Šlechtění na produkční schopnost a její stabilitu

Na 5. mezinárodní konferenci o pšenici v r. 1996 bylo konstatováno, že za posledních 50 let se světová produkce zrna zvýšila o 136 %. V roce 1995 byl světový průměrný výnos 2 t.ha^{-1} , rekordní výnos byl 14 t.ha^{-1} a za teoreticky maximální výnos se považuje 20 t.ha^{-1} zrna. Růst výnosové schopnosti a zvyšování HTS za období 50 let u nás demonstruje graf na obr. 1.2. Do roku 1960 se výnosová schopnost odrůd zvyšovala ročně o 0,2-0,3 %, od r. 1975 již v průměru o více než 1 % (HANIŠOVÁ, HANIŠ, 1996).

Obr. 1.2. Růst výnosové schopnosti a HTS pšenice - z maloparcelkových porovnávacích zkoušek (HANIŠOVÁ, HANIŠ, 1996).

Vysoká produkční schopnost odrůdy je stále hlavní kritérium hodnoty odrůdy. Šlechtění intenzivních odrůd ozimé i jarní pšenice na produkční schopnost vychází:

1) Z fyziologických základů tvorby výnosu

Základem reprodukčního procesu je fotosyntéza. Odrůdy mohou vykazovat odlišně velkou **intenzitu fotosyntézy** (např. odrůda Remo v období od 3. do 18. května vykazovala přírůstek $3,91 \text{ mg sušiny/1 cm}^2$, odrůda Haines VII pouze $2,98 \text{ mg}$). Odrůdy s vysokou produkční schopností vyžadují pro vývin většího množství generativních orgánů více asimilovaných živin, proto je žádoucí, aby rostliny měly nejen velké listy, ale i

fotosynteticky výkonné. Významné je postavení listů a uspořádání v zápoji porostu a dobrý zdravotní stav listů a klasu. Na tvorbě fyziologických základů výnosu svou asimilační činností se až z 56 % podílejí listové čepele, listové pochvy více než ze 17 % a internodia asi 15 %, nejmenším podílem se zúčastní klas, asi jen 12 %. Pro tvorbu sušiny zrna má rozhodující význam intenzita fotosyntézy klasu, podklasového internodia a 2 nejmladších listů. Určitý význam mají i osiny svou transpirační a asimilační funkcí, zejména v sušších oblastech.

Největší podíl na konečném výnosu zrna ozimých odrůd mají hlavní stébla, více než 60-70 %, odnože se podílejí méně (PETR a kol., 1997). Hustota porostu má být taková, aby zabezpečila maximální přístup světla ke všem zeleným orgánům.

Významná je změněná **distribuce sušiny** ve prospěch tvorby generativních orgánů. Nižší transpirační koeficient znamená menší spotřebu vláhy na produkci sušiny za předpokladu příznivé koncentrace živin a dostatku půdní vlhkosti.

Moderní odrůdy reagují na **zvýšené zásoby půdních živin** zvýšením výnosu. Genotypy s krátkým a pevným stéblem snášejí až 2-3 násobné množství obvyklé dávky N. Nejvíce ho asimilují ve fázi diferenciaci klasu, kdy se rozhoduje o počtu založených klásků a fertálních kvítků v klasu.

Pozornost zasluhuje i **kořenová soustava**. Dobře vyvinutý kořenový systém zajišťuje optimální využívání vody a živin pro tvorbu výnosu a tím i zvyšuje stabilitu výnosu. Kořenový systém tvoří až 20 % veškeré biomasy (u starých odrůd bylo až 40 %). Jsou genotypové rozdíly v mohutnosti kořenové soustavy ve vztahu k výnosu.

2) Ze struktury výnosu

Plošný výnos zrna je komplexní znak, na jehož utváření se podílí několik dílčích složek, tzv. **výnosových prvků**. Ty tvoří genetický základ produkční schopnosti a jsou současně významná selekční kritéria. Výnosové prvky jsou ve vzájemných korelacích a jejich spoluuplatňování na tvorbě výnosu má zákonité vztahy (zákon kompenzace).

Z výnosových složek jsou významné:

- **počet rostlin a počet klasů** na plošné jednotce, který souvisí s výsevkem a stupněm redukce jejich počtu během vegetace. Optimální hustota porostu daná počtem vysévaných klíčivých obilek na jednotku plochy u většiny odrůd je v rozmezí 400-500, u krátkostébelných až 600 na m² (nutný vyšší výsevek při nižším odnožování). Výchozím stavem pro tvorbu výnosu je optimální počet 250-350 (400) rostlin a počet

klasů 550-600 na m² u genotypů se zkráceným stéblem a více než 450 rostlin a 700 klasů/m² u krátkostébelných genotypů.

Pro zajištění žádoucího počtu rostlin na jednotce plochy je důležité **odnožování**, které je odrůdovou charakteristikou, silně modifikovanou podmínkami prostředí. Intenzivní genotypy většinou méně odnožují. Průměrný počet plodných odnoží by měl být 1,5-2,5 na rostlinu. Odnožování je významné pro tvorbu celkově mohutnější kořenové soustavy celé rostliny (odnož tvoří druhotné kořeny). Přiměřená tvorba neplodných odnoží má z toho hlediska své opodstatnění, a navíc jsou zdrojem asimilátů pro silná plodná stébla (PETR a kol., 1997). Přiměřené odnožování zajišťuje autoregulační schopnost hustoty porostu.

- **produktivita klasu**, kterou určují další složky, a to **počet klásků a kvítků** v klasu a **počet a hmotnost obilek**. Žádoucí jsou dlouhé a plodné klasy, nejméně s 2, lépe s 3 kvítky v klásku, zejména ve střední části klasu. Snaha na zlepšení produktivity klasu se zaměřuje na zvýšený počet zrn v klásku realizací založených kvítků. Klásek může tvořit vějíř s 5-7 kvítky, ale jen z 30-40 % se vyvinou obilky. Není zájem usilovat o větevnatost klasu, neboť narušuje symetrii klasu a prodlužují se vodivé dráhy.

V klasu se vytváří většinou 28-35 (45) obilek. Potenciální produktivita klasu je ale mnohem vyšší, neboť domácí odrůdy jsou schopny vytvořit přes 100 základů kvítků. U pšenice jsou známy i tzv. gigas formy, s geny SFG (Spike Fertility Genes), vytvářející větší počet klásků (až 75 zrn v klasu) a mohou být využity jako genetické zdroje pro vyšší úložnou kapacitu klasu. Celková produkce klasu by neměla být nižší než 1,2 (1,5) g zrna.

Počet obilek na m² u intenzivních krátkostébelných odrůd má být 19 - 20 tis. (SMOČEK, 1988), u odrůd se zkráceným stéblem 16 - 22 tis. obilek na m² (PETR a kol., 1997).

- **velikost (hmotnost) zrna** vyjádřená hmotností tisíce zrn (HTS) je odrůdová vlastnost s poměrně vysokou dědivostí, u pozdních odrůd více kolísá. HTS kolísá mezi 40-46 g. Vyskytují se genotypy s HTS až 60 g.
- **poměr hmotnosti zrna k hmotnosti nadzemní biomasy**, tzv. sklizňový index (HI). S přechodem na genotypy se zkráceným stéblem se poměr změnil ve prospěch vyššího zastoupení zrna z původního 1:2-2,5 na současný 1:1-1,2 (souvisí se změnou typu distribuce sušiny).

Žádoucí je vyvážená struktura výnosových prvků u produkčního porostu, výnos je nejvíce ovlivněn počtem klasů na ploše a počtem plně fertálních klásků v klasu. U jarních

forem je plošný výnos ovlivňován hlavně produktivností klasu. Vysoce výnosná odrůda vytváří optimální počet klasů na jednotce plochy, dlouhé plodné klasy a v nich vysoký počet obilek o vysoké hmotnosti. Vnější podmínky značně mění počet klasů na rostlině.

Genetika výnosu je složitá. Výnos je komplexní znak kontrolovaný polygenně s nízkou úrovní dědivosti a silným vlivem podmínek prostředí. Dílčí složky výnosu se vyznačují jednodušší dědičností.

Nejčastěji používanou **šlechtitelskou metodou** při šlechtění na výnos je kombinační křížení, většinou meziodrůdové s výběrem rodičovských odrůd vhodných z hlediska struktury výnosových prvků. Selekcí postup je zaměřen na hledání optimálních kombinací výnosových prvků a možných transgresí.

Prověrka výnosové úrovně šlechtěného materiálu se uskutečňuje na začátku selekcího postupu hodnocením výnosových složek s vyšší heritabilitou (např. HTS, počet zrn/klas) a na podkladě stanovených hranic minimálních hodnot selekcíh kriterií. Byla snaha využívat zjištěné kladné (ale slabé, $r = 0,3-0,5$) korelace mezi strukturou výnosu rostlin v generaci F_1 a výnosovu úrovní linií v generacích $F_4 - F_6$ k predikci výnosové schopnosti.

Při selekci mohou být využívány známé korelační vztahy výnosových složek, které sice nejsou zcela jednoznačné, mnohdy jen slabé a nelineární, ale mohou poskytnout jistou orientaci. Kladný vztah k výnosu prokazuje velikost listového povrchu rostliny a intenzita fotosyntézy, zpravidla i počet klasů na rostlině, počet zrn a hmotnost zrna v klasu, někdy i délka vegetační doby. Negativní je korelace mezi odnoživostí a počtem klásků v klasu a počtem zrn v klásku a velikostí zrna.

U pozdějších generací se prověřuje úroveň plošného výnosu v organizovaných výnosových zkouškách ve staničních a firemních pokusech a výsledky jsou pro selekci na výnos rozhodující. U přihlášených novošlechtění se sleduje výnos v rámci prověrky užitné hodnoty v registračních odrůdových pokusech.

Produkční schopnost registrovaných odrůd byla ve SOZ za období let 1991-93 $6,7 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$, v roce 1996 se podle oblastí pohybovala mezi $6,35 - 7,92 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ zrna.

Zvýšenou **výnosovou stabilitou** genotypu se rozumí schopnost vytvářet vysoký počet zrn na ploše, tj. zabezpečit vysokou reprodukční hodnotu genotypu i v odlišných agroekologických podmínkách ročníků a lokalit. Předpokladem je optimální struktura výnosu, dobrá přizpůsobivost k méně příznivým podmínkám a odolnost odrůdy k stresovým vlivům. Moderní odrůdy pšenice většinou vykazují vyšší odolnost k řadě významných chorob, odolnost k poléhání a k výdrolu obilek a také větší adaptabilitu a plasticitu, takže i větší výnosovou stabilitou.

1.4.2. Šlechtění na jakost

Úroveň jakostních ukazatelů pšeničného zrna určuje jeho použití, z něhož vycházejí užitkové směry ve šlechtění.

a) Šlechtění odrůd pro potravinářské účely

O vhodnosti šlechtěného materiálu pro potravinářské využití rozhodují mlynářská a pekařská jakost, vyjádřené souborem vlastností a znaků, jejichž úroveň je ovlivněna geneticky (genotypem, odrůdou) a modifikovaná podmínkami prostředí, jak výstižně znázorňuje schéma:

PETR a kol, 1997

Mlynářská jakost je určena snadností mletí a je vyjádřena vysokou výtěžností mouky (min. 70-73 %). Hodnotí se podíl hrubé mouky, krupic a další ukazatele. Vysoká výtěžnost se dosahuje u zrna buclatého, s mělkou břišní rýhou, s tenkou slupkou a s malým kompaktním klíčkem. Vliv může mít i barva zrna a stupeň spojitosti endospermu s obalovými vrstvami obilky. Pomocnými ukazateli pro odhad výtěžnosti mouky jsou velikostní vyrovnanost obilek, množství zadiny, HTS, objemová hmotnost zrna (kg/hl), sklovitost a tvrdost zrna.

Tvrdost zrna souvisí se schopnostmi bílkovin zrna uzavřít škrobová zrna v proteinové „matrix“, významně koreluje s technologickou jakostí, předurčuje použití odrůdy pro pekárenské nebo pečivářenské účely. Umožňuje odlišit tzv. tvrdé odrůdy vhodné pro zpracování na kynuté produkty od tzv. měkkých odrůd vhodných pro pečivářenské produkty (oplatky, sušenky).

Uvedené anatomicko-morfologické znaky jsou současně kritéria výběru uplatňovaná ve šlechtitelském programu.

Pekařská (pekárenská) jakost pšeničného zrna (resp. mouky) je komplexní vlastnost, která souvisí s jeho chemickým složením. Na její úrovni se podílí především celkový obsah hrubých bílkovin, obsah a kvalita lepku, obsah škrobu v endospermu a aktivita některých enzymů. Dále se posuzují fermentometrické (schopnost tvořit a udržet plyny) a farinografické ukazatele těsta (vaznost mouky, doba vývinu a stálost těsta). V konečné fázi je pekařská jakost vyjádřena výtěžností chleba (objemovou výtěžností) a jeho kvalitou.

Pro stanovení pekařské jakosti se používají nepřímé a přímé metody. Zjištěné hodnoty jsou současně použité jako selekční kritéria.

Nepřímé metody pro stanovení pekařské jakosti posuzují:

- **obsah hrubých bílkovin (HB).** U potravinářských odrůd obsah hrubých bílkovin spoluurčuje vhodnost jejich upotřebení. Pro pekárenské účely je žádoucí obsah 14-15 % (nejméně 11 %), pro těstářenské 17-18 %, pro pečivářenské účely 10-11 % hrubých bílkovin. Je významná kladná korelace mezi vysokým obsahem bílkovin v zrně a následně v mouce i v pečivu. Celkové množství bílkovin podléhá dosti silně vlivům prostředí v němž rostlina roste a hlavně tvoří zrno, je i odrůdovým znakem.

Obsah hrubých bílkovin se zjišťuje klasickou metodou (faktor přepočtu: obsah N x 5,7), v současnosti většinou pomocí vhodné přístrojové linky na bázi blízké rozsahu infračerveného záření (NIRS, NIT).

- **obsah a vlastnosti mokrého lepku.** Množství lepku zpravidla souvisí s celkovým množstvím bílkovin. Obsah (množství) lepku se zjistí izolací ze vzorku těsta (zhotoveného z mouky nebo z jemného šrotu a roztoku NaCl) vypíráním vodou ručně nebo na vypíračích. Vyjadřuje se množstvím mokrého či suchého lepku v hmotnostních procentech. Mělo by ho být nejméně 23 % v sušině zrna. Obsah lepku v závislosti na objemu a kvalitě pečiva byl nesprávně hodnocen, není vždy rozhodujícím ve vztahu k objemu pečiva. Vysoký obsah neznamena vždy vysokou pekařskou kvalitu, naopak někdy dokonce zapříčiňuje i nepoužitelnost pro kynuté těsto.

Perspektivně bude standardní metoda nahrazena Gluten indexem (GI, lepkový index) zjišťovaného na přístroji Glutomatic, který lépe vystihuje i jakost bílkovinného komplexu. GI dosahuje hodnot od 0 do 100, je v kladné korelaci s SDS-testem ($r=0,78$), stabilitou těsta ($r=0,85$), s RMT testem ($r= 0,79$) a s bobtnáním lepku (MÜHLE, 1994). Úroveň GI je průkazně ovlivněn genotypem i ročníkem.

Z vlastností lepku se stanovuje tažnost, pružnost a bobtnavost mokrého lepku, které vyjadřují jeho kvalitu.

Tažnost (v cm) a pružnost se zjišťuje manuální zkouškou nad pravítkem. Zkouška bobtnavosti lepku se zakládá na poznatku, že lepek se chová jako hygroskopický gel, který po hydrataci bobtná podle charakteru bílkovinných složek. Slabý lepek bobtná rychleji, ale snadno podléhá peptizaci, silný lepek dlouho udržuje svou konzistenci, což zaručuje dobrý tvar pečiva. Bobtnavost se zjišťuje zkouškou podle Berlinera.

Jakost lepku závisí na poměru dvou hlavních součástí zásobních bílkovin pšeničného zrna, tj. gliadinových a gluteninových frakcí. Gliadiny představují viskoznější látku, lehce peptizovatelnou, která podmiňuje tažnost a rozplývavost lepku. Gluteninová složka ovlivňuje pružnost lepku. Důležité jsou viskoelastické vlastnosti těchto bílkovin, neboť umožňují fermentační procesy v těstě.

Vlastnosti lepku jsou vysloveně dědičnou vlastností vázanou na genotyp a dobře předávanou na potomstvo.

Žádoucí je lepek středně dlouhý, s tažností 50-140 mm, elastický, s bobtnavostí nejméně 8 cm³, vhodný pro velký objem a žádanou pórovitost chleba.

- **sedimentační test (SDS-test),** který vyjadřuje viskoelastické vlastnosti lepkových bílkovin, které rozhodují o kvalitě pečiva. Test je považován za nejobjektivnější metodu stanovení pekařské jakosti. Spočívá ve stanovení výše usazeného sedimentu částí mouky ze suspenze mouky, kyseliny mléčné a izopropanolu (Zelenyho test), či mouky a kyseliny octové. Používá se modifikace s jemným šrotem ve vodné směsi s dodecylsulfátem sodným a kyselinou mléčnou, tzv. SDS-sedimentační test. V EU je

využíván přesnější Zelenyho test, který je v úzkém vztahu ($r=0,795$) k testu SDS, je však přístrojově náročnější.

Hodnota SDS je ovlivněna množstvím bílkovin, především lepkových, vysoce kladně koreluje s kvalitou těsta, s vývinem farinografické křivky a s tvrdostí zrna. Je významně ovlivněna ročníkem i genotypem (citlivostí k porůstání).

Tzv. „silné“ mouky s vysokým obsahem lepkových bílkovin, kvalitního lepku a aktivní alfa-amylázy tvoří vysoký sediment. Výše sedimentu se uvádí v ml. Minimální hranice sedimentu pro odrůdy jakostní kategorie E jsou 50,7 (ozimé) a 55,7 (jarní) ml, pro odrůdy kategorie B 41 a 42 ml.

- **číslo poklesu** (viskotest), tzv. číslo pádu (ČP), Haggbergovo číslo. Hodnota vyjadřuje rychlost štěpení škrobu. Principem je viskozimetrické měření rychle zmazovatěné vodní suspenze mouky (šrotu), připravené podle předepsaného postupu po zahřívání ve vroucí vodní lázni a následné měření ztekucení, ke kterému došlo působením enzymu alfa-amylázy na škrob obsažený ve vzorku. Čím je kratší čas (v sekundách), tím je nižší viskozita, což nasvědčuje o vyšší aktivitě enzymu a tedy o hlubším odbourávání škrobu.

Stanovení čísla poklesu je mezinárodně uznávaná metoda pro stanovení aktivity alfa-amylázy v mouce a jiných produktech obsahujících škrob. Aktivita enzymu je odrůdový znak, silný vliv mají podmínky v době zrání obilky.

Číslo poklesu umožňuje posoudit stupeň poškození sacharido-amylázového komplexu zrna vlivem aktivity hydrolytických enzymů (amyláz, proteináz) při porostlosti obilky (i při skryté porostlosti). Nízké číslo poklesu signalizuje i nízkou pekařskou jakost, především zeslabením pružnosti střídy pečiva. Těsto je lepkavé a těžko zpracovatelné, pečivo má malý objem a nevhodnou vyvážanost.

- **bílkovinné markery** gliadinů a gluteninových podjednotek s vazbou na pekařskou jakost (perspektivně i metody na molekulární bázi) jako prostředek genetického testování jakosti. Podle elektroforetických spekter markerů zásobních bílkovin lze odlišit genotypy potravinářské od tzv. krmných (ČERNÝ, ŠAŠEK, 1996). Charakteristiku podjednotek gluteninů dnes používá většina evropských šlechtitelů.

Samostatnou skupinou metod, které je možné zařadit do metod nepřímých, jsou metody zkoušení **reologických** (fyzikálních) **vlastností** těsta pomocí měřících přístrojů s registračním zařízením. Využívá se farinografu pro zjištění konzistence, vaznosti mouky (schopnosti mouky vázat vodu pro normální konzistenci těsta) a dynamických vlastností

těsta v časovém průběhu. Na podobném principu pracuje mixograf, extenzograf stanovuje tažnost a pružnost těsta (obr. 1.3).

Obr. 1.3. Hodnocení pekařské jakosti (HANIŠOVÁ, AMLER, 1997).

Přímou metodou posouzení pekařsko - technologické jakosti šlechtěného materiálu je **pekařská zkouška**. Ze vzorku mouky se podle metodiky připraví těsto, zjistí se vaznost mouky a z těsta se zhotoví bochníčky u nichž se ověřuje kynutí. Po upečení se zjistí tvar, objem a vlastnosti střídky (pórovitost a jemnost) a kůrky, chuť a vůně pečiva. Výtěžnost chleba se vyjadřuje v objemových jednotkách (cm³) a pro jakost je zavedený bonitační systém. Jakostní pečivo má mít maximální objem, kyprou, pružnou a jemně pórovitou střídku s dostatečně tlustou kůrkou a příjemnou chutí a vůní.

Za relativně nejpracovanější metodu se považuje německý test RMT (Rapid Mix Test), jehož základem je měření objemu pečiva, získaného definovaným postupem v pekařském pokusu. Zjišťuje se tzv. objemová výtěžnost (např. u kategorie E činí 550 ml, u B 477-466 ml), která je v pozitivní korelaci k hodnotám SDS-testu a k číslu poklesu. V současnosti je RMT nejpoužívanější a odpovídá směrnici EU, u nás je součástí registračních zkoušek odrůd (obr. 1.4.).

Do této skupiny lze zahrnout i šlechtění tzv. **těstárenských odrůd pro výrobu těstovin**. Vyžaduje se vysoký obsah bílkovin, pevný, krátký, tažný a tuhý lepek, který zajišťuje, že těstoviny po uvaření drží formu, jsou nerozvářivé a dostatečně tvrdé. Zrno je žádané tvrdé a sklovité, nažloutlé barvy.

Obr. 1.4. Pekařský pokus (HANIŠOVÁ, 1998).

Požadavky zcela splňuje pšenice tvrdá (*Tr. durum*), jejíž šlechtění probíhalo na Slovensku (ŠS Solary) a bylo ukončeno v r. 1964. V roce 1956 byla povolena odrůda Makaronka, která byla málo zimovzdorná a poléhala. V současné době se využívá rakouská jarní odrůda Grandur a slovenská ozimá odrůda Soldur (šlechtění obnoveno v r. 1980). Potřeba mouky se řeší i dovozem.

b) Šlechtění odrůd pro krmné účely

Pro krmné účely se spotřebuje ročně více než 60 % z celkové produkce zrna, které se neuplatnilo na trhu pro nezáměr nebo nevyhovující jakostní ukazatele. Šlechtění odrůd pro krmné účely s požadovanou krmnou jakostí v posledních 10 letech u nás ustalo.

Kriteria pro šlechtění krmných odrůd pšenice, musí vycházet z racionálních požadavků krmivářů. Hlavní záměr se soustřeďuje na **nutriční hodnotu**, kterou tvoří:

a) obsah hrubých bílkovin, měl být vyšší než 15 %,

b) biologická hodnota bílkovin, která souvisí s aminokyselinovým složením. U pšenice je všeobecně nízká v souvislosti s nízkým obsahem esenciálních aminokyselin. Žádoucí je zvýšení obsahu lyzinu nejméně na 3,2 g (opt. až 4,7) ve 100 g bílkovin, s optimálním poměrným obsahem k lyzinu u tryptofanu (1:0,2), threoninu a methioninu (1:0,6). Šlechtitelské úsilí by se mělo zaměřit na vyšší zastoupení nelepkových, rozpustných frakcí bílkovin (albuminů, globulinů), nutričně hodnotnějších s vyšším obsahem lyzinu a lepší využitelností u monogastrů. Současně na snížení obsahu lepkových frakcí prolaminů a gluteninu. Obsah rozpustných bílkovinných frakcí je výrazně podmíněn geneticky, což činí předpoklad šlechtitelského úspěchu. Spolehlivou identifikaci krmných typů umožňuje i SDS test.

c) zvýšený obsah vitaminů a minerálních látek. Největší obsah je v klíčku a v obalech zrna, při zkrmování se zcela využijí.

d) snížený obsah taninu, který negativně ovlivňuje stravitelnost bílkovin.

Hodnocení krmné jakosti v 80. letech bylo založeno na testech *in vitro* (obsah a složení bílkovin, PER, tvrdost zrna) a na krmných testech *in vivo* (potemník moučný, myši, prasata a drůbež). Testy prokázaly např. u krmné odrůdy Selektu s průměrným obsahem N-látek o 10 % vyšší přírůstky než u odrůdy Mironovská (PUCHOLT, 1986). Podle nejnovějších poznatků se v zahraničí věnuje pozornost lepivosti, která je podmíněna silným stupněm viskozity. Příčina komplexu nepříznivých krmných vlastností některých odrůd (lepivost, snížená stravitelnost bílkovin, nižší energetická hodnota) je spojována s přeneseným žitným segmentem (HANIŠOVÁ, 1998).

Vzhledem k prokázanému vlivu genotypu na krmnou jakost by se mělo šlechtění krmných odrůd obnovit s napojením na mezinárodní spolupráci a s perspektivním využitím vhodných markerovacích znaků. Účelné by bylo hodnocení krmné jakosti na úrovni registračních zkoušek odrůd. Krmné odrůdy by měly vykazovat dobrou konverzi živin a vysokou hodnotu bílkovinného produkčního indexu (PER - Protein Efficiency Ratio), vysoké přírůstky a dobrý zdravotní stav zvířat.

c) Šlechtění odrůd pro průmyslové účely

Rozumí se tím odrůdy vhodné pro výrobu škrobu a etanolu. Kvalitativním požadavkem je vysoký obsah škrobu nad 68 % pro škrobárenské účely a vysoký obsah dobře zkvasitelného škrobu minimálně 65 % v sušině pro výrobu etanolu, při nízkém obsahu bílkovin. Šlechtění těchto speciálních odrůd nebylo u nás zahájeno.

Z jakostních charakteristik potravinářských a krmných (speciálních) odrůd vyplývá, že na jejich utváření se podílí bílkovino-glycidový komplex pšeničného zrna.

Podstatný význam pro technologickou hodnotu, ale i pro krmnou hodnotu zrna pšenice obecné, má bílkovinný komplex, tedy **obsah bílkovin a aminokyselinové složení**.

Soubor bílkovin pšeničného zrna je tvořen několika frakcemi, které se dělí dle rozpustnosti a funkčního významu na protoplazmatické (dále dělené na katalytické a konstituční) a na zásobní bílkoviny.

Zastoupení, biologickou a technologickou hodnotu bílkovin pšeničného zrna lze posoudit z následujícího přehledu (cit. KUNCL, 1989):

Frakce	obsah v %	hodnota	
		biologická	technologická
albuminy	5 - 10	výborná	nevýznamná
globuliny	4 - 6	výborná	nevýznamná
gliadin	40 - 45	nejhorší	významná
glutenin	34 - 45	střední	významná

Vzhledem k významu bílkovin pro potravinářské i krmné odrůdy, by mělo být prvořadě šlechtění na zvyšování obsahu bílkovin a zlepšování jejich biologické hodnoty.

Šlechtění na vysoký obsah hrubých bílkovin není jednoduché a je ztíženo poměrně silným negativním vztahem k produkci zrna. Vysokoobsažné genotypy jsou o 10-15 % méně výnosné. Podle HANIŠOVÉ a AMLERA (1997) ani ve stoletém období šlechtění pšenice tento nepříznivý vztah se nepodařilo zcela zlomit. Za jistý úspěch posledního období lze označit snížení výnosového rozdílu mezi nejjakostnější (E) a nejméně jakostní (C) kategorií odrůd na 0,6-0,7 t.ha⁻¹. Jsou také příklady odrůd, které spojují dobrý výnos s uspokojivou jakostí (Mironovská, Hana, Danubia aj.).

Jistá obtížnost šlechtění na zvýšený obsah bílkovin vyplývá z jejich genetické determinace a značné fenotypové proměnlivosti vlivem ročníku, lokality, agrotechniky, výživy apod. V dědičnosti se uplatňuje neúplná dominance s inklinací na stranu s nižším obsahem, s převahou aditivních účinků polygenů. V polygenním systému se uplatňují geny s nižší expresí na 3-4 chromozomech 3 genomů. Je možný výskyt rostlin s vyšším obsahem než rodiče (transgrese). Jsou známé i kultivary s vysokým obsahem bílkovin (americká odrůda Atlas 66 s více než 17 %), jsou však málo výnosné a jsou použitelné jen jako genové zdroje. Při šlechtění na dobrou pekařskou jakost se u nás využívají hlavně domácí vynikající odrůdy, např. Hana a Viginta se uplatnily jako rodičovský komponent u 6 odrůd, využívají se odrůdy ruské, německé a italské.

Obsah bílkovin v znu pšenice vykazuje určitý vztah k ekologickým podmínkám oblasti vzniku odrůdy (vliv přírodního výběru), což nachází uplatnění při volbě genetických zdrojů. Genotypy z aridních a semiaridních oblastí mají vysoký obsah, ale nižší výnos, naopak je tomu u odrůd z humidních oblastí.

Šlechtění na zlepšení biologické hodnoty bílkovin, tj. na zlepšení aminokyselinové skladby, je ztíženo genetickou determinací a negativní korelací např. obsahu lyzinu s obsahem bílkovin. Ke zvýšení obsahu lyzinu šlechtitelskou cestou by mohla vést selekce na snížení obsahu biologicky málo hodnotných lepkových bílkovin (gliadinů a prolaminů) a na zvýšení syntézy nelepkových bílkovin, biologicky

hodnotnějších. Těto cesty je možné využít ve šlechtění odrůd krmné pšenice. Za účinné se považuje zvýšení hmotnosti zárodku (koncentrát bílkovin a vyvážené aminokyselinové složení), zesílení aleuronové vrstvy (více albuminů a globulinů) a zvětšení velikosti a počtu proteinových tělísek v endospermu.

Jednou z intenzifikačních metod ve šlechtění potravinářských odrůd je metoda elektroforetické analýzy bílkovinných markerů, především gliadinových a gluteninových s největším vztahem k pekařské hodnotě.

Obsah **škrobu** v obilkách se pohybuje mezi 50-70 % v závislosti na genotypu a agroekologických podmínkách. Úloha škrobu pro pekařskou jakost není zcela objasněna, mezi množstvím škrobu a jakostí lepku není žádný vztah. Hlavní složky škrobu představují spirální molekulové struktury amylosy a větvící se molekulové struktury amylopektinu. Spolu s lepkem určuje koloidně chemickou strukturu těsta. Na jeho stavu a aktivitě závisí jakost pečiva, zejména konzistence střídky a barva kůrky.

V selekčních programech lze využít informace o **korelačních vztazích** důležitých znaků a vlastností. V tab. 1.3. jsou pro příklad některé uvedeny.

Tab 1.3. Příklady korelačních vztahů.

Znak	kladný	záporný
výnos		obsah mokrého lepku kvalita lepku obsah bílkovin
obsah lepku	SDS objem pečiva	kvalita lepku obsah lyzinu
sklovitost	obsah bílkovin obsah lepku (ne vždy)	
obsah bílkovin	obsah lepku	
bobtnavost	SDS tažnost lepku	

Nejčastěji používanou **šlechtitelskou metodou** při šlechtění na jakost je kombinační křížení v jednoduché i složité podobě.

Hodnocení a selekce jakostních ukazatelů je součástí výběrových postupů šlechtitelských programů a probíhá v několika etapách. Příkladem může být řazení kritérií ve ŠS Stupice, a.s. Selgen (HANIŠOVÁ, AMLER, 1997):

1) v raných generacích (vyšší heterozygotnost, málo osiva a mnoho vzorků) zařazují: hodnocení obilek, SDS-test, obsah bílkovin, rozbory lepku, bílkovinné makréry,

2) ve fázi výnosových zkoušek: jakostní parametry lepku, (Glutenindex, % lepku) a mixografické hodnocení těsta,

3) ve fázi závěrečných zkoušek: pekařský pokus na pekařském automatu Panasonic (obr. 1.4.).

Potřebám šlechtění vyhovují jednoduché skriningové testy vhodné pro malá množství zrna a velký rozsah vzorků, které umožní třídění linií na dobré, střední a špatné. Pekárenská jakost tvoří základ současných šlechtitelských programů pšenice a je nejlépe propracována, využívá řadu metod hodnocení a vyžaduje však speciální laboratorní a přístrojové vybavení.

Kompletní mlynářsko-pekařské (technologické) hodnocení provádí speciální laboratoře ÚKZÚZ v rámci registračních zkoušek odrůd.

O **zařazení vyšlechtěné odrůdy** do příslušné jakostní kategorie rozhoduje její technologická jakost. Podle hodnotícího systému Výzkumného ústavu mlýnského a pekařského průmyslu se odrůdy dosud zařazovaly do 5 jakostních tříd (tab. 1.4.). Od roku 1998 se zavádí nový systém hodnocení a třídění potravinářských odrůd, který odpovídá požadavkům EU (směrnice EEC 2062/81) a současně i požadavkům zpracovatelů.

Technologická jakost zrna pšenice je komplexní veličina, která souvisí s jeho chemickým složením a je součástí prověrky užitné hodnoty odrůd v rámci registračních zkoušek (zákon č. 92/1996 Sb.). Klade se značný důraz na přesné stanovení jakosti ve vazbě na způsob následného využití odrůdy. Za tím účelem se vyhodnocuje soubor výsledků nepřímých metod (obsah bílkovin, SDS-test, viskotest, výtěžnost a vaznost mouky, objemová hmotnost zrna) a výsledku přímé metody hodnocení jakosti. Rozhodujícím kritériem pro posouzení pekařské hodnoty je výsledek Rapid mix testu (RMT).

Pro posouzení komplexní klasifikace odrůdy byla stanovena **hlavní kritéria** (obsah hrubých bílkovin, SDS-test, číslo poklesu, objemová hmotnost zrna a vaznost mouky), která mají vliv na zařazení odrůdy do jakostní kategorie a **doplňková kritéria** (obsah mokrého lepku, farinografické údaje, jako vývin, stálost a stupeň změknutí těsta, dále obsah popela v zrně, HTS a výtěžnost mouky), která slouží k další specifikaci jakosti odrůdy.

Odrůdy jsou zařazeny do jakostních kategorií na základě minimálních absolutních hodnot pro ukazatele technologické jakosti (průměr ze 3 letých pokusů) převedených do bodové stupnice (1-9). Jsou vyčleněny 4 kategorie (tab. 1.4.):

Tab. 1.4. Jakostní kategorie potravinářských odrůd pšenice.

třída	Současné		Nové
	body	technologická jakost	
A ₁	8 - 9	velmi dobrá, zlepšující	E - elitní
A ₂	6 - 7	dobrá, samostatně zpracovatelná	A - kvalitní
B ₁	4 - 5	doplňková, zpracovatelná ve směsi	B - chlebové
B ₂	2 - 3	nedoporučená pro pekárenské zprac.	C - ostatní
C	1	nevhodná pro potravinářský průmysl	

Kategorie C zahrnuje odrůdy nevhodné pro produkty z kynutého těsta a je dále členěna na odrůdy vhodné pro účely:

- pečivářské - pro výrobu sušenek, oplatek, keksů,
- těstovinářské - pro výrobu těstovin,
- krmné - pro krmné účely,
- zvláštní - pro získávání škrobu a etanolu.

V současné době se pro tyto skupiny odrůd připravují přesná kritéria.

V současném sortimentu registrovaných odrůd (dle SO ÚKZÚZ) je z celkového počtu 41 ozimých a jarních odrůd pšenice (z toho 15 zahraničních, vč. SR) 5 odrůd (1 zahraniční) v kategorii A₁ (E), 23 odrůd (6 zahraničních) v kategorii A₂ (A) a 11 odrůd (7 zahraničních) v kategorii B₁ (B). Přehled dokazuje vysokou jakostní úroveň domácích odrůd.

Podklady pro hodnocení technologické jakosti a zařazení odrůd podle nového systému byly čerpané z pramenů: ROSENBERG, HUBÍK (1996), NOVOTNÝ (1997), NOVOTNÝ, PAŘÍZEK (1997), JUREČKA, NOVOTNÝ (1998) a HUBÍK, TICHÝ (1998), které doporučujeme ke studiu.

1.4.3. Šlechtění na délku vegetační doby

Vegetační doba u ozimých forem se pohybuje u raných odrůd od 195 do 200 dnů, u pozdních odrůd až do 225 i více dnů. U jarních forem je vegetační doba v rozmezí od 110 do 125 dnů. Ve skupině jsou genotypy s rozdílným stupněm ranosti a rozdíly mohou být $\pm 1-5$ dnů. Délka vegetační doby kolísá i v ročnících.

Šlechtění na stupeň ranosti odrůd v našich podmínkách vymezují 2 okolnosti:

a) výskyt suchého letního období (občasné i pravidelné v oblastech jižní Moravy). Do těchto podmínek jsou vhodné rané genotypy. Kratší vegetační dobou se předchází negativním vlivům vodního deficitu na výnos a současně se zvyšuje odolnost proti zelenušce žlutopásé (*Chlorops pumilionis*). V ostatních oblastech se uplatní genotypy s delší vegetační dobou o 2-3 dny.

b) převažující negativní vztah mezi raností a výnosem, který určuje optimální délku vegetační doby s ohledem na pěstitelské podmínky. Platí, že s delší vegetační dobou se

zvětšuje zrno, které má i více škrobu, ale méně lepku. Extrémní ranost i pozdnost snižuje produkci zrna.

Je vhodné využít poznatků italské šlechtitelské školy o výhodnosti genotypů s rychlou tvorbou vegetativních orgánů a rychlým přechodem do generativní fáze, s přiměřeně dlouhým setrváním v této fázi s dostatkem času pro tvorbu obilek.

Na ranosti genotypů se do značné podílí citlivost k foroperiodě a genetický systém řídící průběh vývojových etap. Délka vegetační doby šlechtěného materiálu se posuzuje porovnáním nástupu fáze metání, event. plné zralosti se standardem.

1.4.4. Šlechtění na odolnost k stresovým vlivům

Odolnost k stresovým faktorům výrazně podmiňuje výnosovou jistotu a zahrnuje:

a) Šlechtění na odolnost proti vyzimování

Odolností k vyzimování lze rozumět odolnost proti všem nepříznivým faktorům, které ovlivňují přezimování ozimých forem pšenice. Odolnost souvisí s rychlou adaptací rostlin k přezimování (reakcí na zkracující se pozdzimní den zpomaleným růstem a ukládáním uhlohydrátů v odnožovacím uzlu), mrazuvzdorností, a celkovou odolností k podmínkám komplexu zimy (mráz, holomráz, střídání teplot, fyziologické sucho, sněhová pokrývka, ledový škraloup, vítr, jarní vymokání aj.). Požadovaná je odpovídající mrazuvzdornost v hloubce odnožovacího uzlu (3-4 cm) a vysoká regenerační schopnost na jaře.

Česká republika je v pásmu mezi přímořským a kontinentálním klimatem, často s rozdílnými podmínkami zimy. Působí i členitost a rozdílný klimatický charakter výrobních oblastí. U odrůd vhodných do nížinných oblastí s výskytem holomrazů a s kolísáním denních a nočních teplot se vyžaduje vyšší mrazuvzdornost, u odrůd vhodných pro vyšší polohy s větší a dlouhotrvající sněhovou vrstvou se vyžaduje vyšší zimovzdornost. Cílem je vyšlechtit odrůdy odolné proti vyzimování.

V selekčním procesu se zohledňuje:

- hloubka odnožovacího uzlu, která je významná pro přežití rostlin. Hlubší založení uzlu lépe vzdoruje vytahování rostlin.
- utváření trsu, rozložený trs je vhodnější, neboť je spojený s hlouběji založeným odnožovacím uzlem. Žádoucí je dobře vyvinutý kořenový systém.
- vývojový typ, s nímž souvisí adaptační proces na zimní podmínky. Vyšší jistotu pro úspěšné přezimování zajišťuje typický ozimý vývojový typ, s výraznými nároky na

nízké teploty a délku dne. Zimovzdornější odrůdy se vyznačují vyšším obsahem cukrů před příchodem zimy (má ochranný účinek plazmy), jak je patrné ze srovnání:

Mironovská zlepšená 30 % sušiny, 343 mg cukrů/g sušiny,

Sava (jarní) 24 % sušiny, 279 mg cukrů/g sušiny.

- regenerační schopnost na jaře, která souvisí s aktivitou rostlinných hormonů.

Je žádoucí, aby odrůdy měly vysokou mrazuvzdornost hned na začátku zimy a tuto si udržely až do období s teplotami nad 0°C.

Genetika odolnosti vůči vyzimování je složitá, kvantitativního charakteru, silně ovlivněna podmínkami prostředí. Je to vlastnost komplexní, ovlivněna charakterem jarovizace a citlivostí rostlin k délce dne a řadou morfologických znaků i fyziologických zvláštností. Je možný výskyt transgresí. U starších odrůd byla dost výrazná korelace mezi zimovzdorností a nízkým výnosem. U intenzivních odrůd se jí podařilo překonat.

Hlavní **metodou šlechtění** je kombinační křížení s důrazem na výběr vhodného genetického zdroje s ohledem na zimovzdornost.

Metody prověřování a testování zimovzdornosti jsou součástí selekčního procesu a jsou laboratorní, laboratorně-polní a polní. Nejvíce užívanou polní metodou je odpočet přezimovaných rostlin na fixované ploše ve šlechtitelské školce na jaře a po zimě a vyjádření odolnosti přezimovaných v procentech. Využívá se subjektivní bonitace přezimování (1-9). Hodnocení mohou ovlivnit mírné zimy.

Z laboratorních nebo laboratorně polních metod je užívaná tzv. bedničková metoda (bedničky s vyšetými vzorky se umísťují na polici 60-70 cm nad terén a zabraňuje se napadání sněhové příkrývky), nebo metoda rostlinných torz. Hodnotí se mrazuvzdornost v různých provokačních nebo umělých podmínkách. Obvykle se využívá metoda vycházející z kladného vztahu mezi mrazuvzdorností a zimovzdorností (modifikovaná Kochova metoda). Spočívá v odběru vzorků rostlin šlechtitelského materiálu ze školky ve 3 termínech (prosinec, leden, únor), a přenesení jejich torz do určitého teplotního režimu s využitím tzv. limitní teploty - LT, při které by v hloubce odnožovacího uzlu vymrzlo více než 30 % rostlin, (ÚKZÚZ stanovil LT -12°C). K testování je potřebná klimatická komora a skleník.

Schéma režimu:

1. den při 0°C

2. den při -5°C

5. den přenesení do skleníku do teploty 10°C

3. den při -8°C

4. den při -15 až -17 (12 hod)

Stupeň regenerace se hodnotí za 10 dnů a vyjádří se % přezimování. K prověřovaným vzorkům linií se přidává i kontrolní standard. Cílem je šlechtit na tzv. mezní mrazuvzdornost (nikoliv na maximální) odpovídající 60-70 % přezimování v podmínkách testu.

Současné odrůdy rozdělují HANIŠOVÁ a PRÁŠIL (1993) podle úrovně jejich odolnosti k mrazu na slaběji odolné s LT -10°C (Simona, Zdar), středně odolné s LT -12°C (Ilona, Iris, Regina, Selekt a), odolné s LT -14°C (Branka, Hana, Vega a.) a velmi odolné s LT -16°C (Sparta, Vlada).

b) Šlechtění na odolnost vůči suchu a na toleranci k pH

Odolnost k suchu se hodnotí v simulovaném postupu v laboratorním prostředí, či v polních podmínkách při nedostatku vláhy. Za nepřímé ukazatele odolnosti se považují úzké, tenké a krátké listy, chloupkaté a sivozelené listy, kratší osinatý klas (tzv. stepní typy). Ukazatelem je i výnos dosažený v suchých oblastech nebo ročnících.

Pro šlechtění na toleranci k půdní kyselosti a tím i ke zvýšené koncentraci iontů Al^{+++} a Mn^{++} se vytvářely předpoklady před 15-20 lety (SMOČEK, KLOUDOVÁ, 1985), především průzkumem metodických postupů a vhodných genetických zdrojů. Negativní vliv aluminiové toxicity se projevuje inhibicí růstu kořenů, zvýšenou citlivostí vůči suchu a v konečném důsledku sníženým výnosem. Z testacím metod je výhodné hematotoxické barvení kořenů mladých rostlinek. Vyskytly se kmeny tolerantní a slibné pro další šlechtění.

c) Šlechtění na odolnost vůči chorobám a škůdcům

Ze skupiny **virových chorob** na pšenici bylo zjištěno 8 druhů virů, které způsobují různě intenzivní onemocnění. Mezi ekonomicky závažné patří **virus zakrslosti pšenice** a méně **virus žluté zakrslosti ječmene**. Byly zjištěny odrůdové rozdíly v odolnosti, šlechtění na odolnost má opodstatnění.

Aktuální je šlechtění na odolnost vůči **houbovým chorobám**, které napadají listy, stébla a obilky:

a) Ze skupiny **chorob listů a stébel** jsou nejvýznamnější:

- **rez travní** (*Puccinia graminis* Pers., ssp. *tritici*), je obligátní parazit, rozšířený u všech druhů obilovin. Škodí hlavně na jižní Moravě (vyšší teploty). K epidemiím u nás dochází rozšířením vzdušnými proudy ze zemí jižní Evropy, panonskou nížinou a údolím Dunaje.

Bylo určeno asi 300 ras a více biotypů. Rasové složení se mění asi za 15 let. U nás jsou nejvíce rozšířeny rasy 21, 14 a 11. Bylo registrováno asi 27 genů odolnosti označovaných symbolem *Sr* (Stem rust), u některých včetně jejich lokalizace na chromozomech. Nejrozšířenější jsou geny *Sr* 5, a účinné *Sr* 11, *Sr* 29 a *Sr* 31 (umístěný na translokovaném chromozomu 1B/1R, prvně u odrůdy Salzminder Bartweizen). Perspektivní je gen přenesený z *Tr. monococcum* v 70. letech (VALKOUN aj., 1986).

- **rez plevová** (*Puccinia striiformis* West.), je choroba chladnějších oblastí, šíří se za chladnějšího a deštivého počasí, je závažná a ekonomicky nejvýznamnější. U nás přezimuje a proto se uplatňuje silný selekční tlak.

Bylo určeno na 36 ras, u nás se vyskytuje 7-8 ras. Bylo určeno 16 genů, označované symbolem *Yr* (Yellow rust), některé geny ještě určeny nebyly. Nejvíce jsou využívány geny *Yr* 5, *Yr* 7, *Yr* 8 a některé další, gen *Yr* 9 se nachází rovněž na chromozomu 1B/1R. Byly popsány i geny s aditivním účinkem. Jsou geny podmiňující odolnost mladých rostlinek a geny podmiňující odolnost v dospělosti. Přednost má především polní odolnost.

- **rez pšeničná** (*Puccinia recondita*, var. *tritricana* Rob. ex. Desm.). Je nejrozšířenější v jižní Evropě, u nás je nebezpečná v teplejších oblastech (nachází vhodnější podmínky k rozvoji). Přezimuje v uredosporách, takže se podrobuje tlaku rezistentních odrůd. Zvyšuje se význam šlechtění na rezistenci.

Druh je velmi variabilní, tvoří mnoho biotypů, u nás je nejvíce rozšířeno 9 ras. Bylo posáno 29 genů odolnosti, označují se symbolem *Lr* (Leaf rust), mnohé nebyly přesně určeny. Pro domácí šlechtění je vhodný gen *Lr* 9 (odvozený od *Aegilops umbellata*), využíván je i gen *Lr* 19 (odvozený z *Agrop. elongatum*), gen *Lr* 3, *Lr* 24 a *Lr* 26 (nachází se chromozomu 1B/1R).

- **padlí travní** (*Erysiphe graminis* DC). Nebezpečí choroby vzrostlo v souvislosti s rozšiřováním krátkostébelných odrůd, snižuje výnos o 4-7 %, při silném výskytu až o 20 %.

Choroba je dost variabilní, je známo více než 33 ras, z nichž asi 7 je na našem území. Má krátké životní období, spóry se snadno rozšiřují, prorůstají kutikulou až do epidermálních buněk u citlivé i odolné odrůdy, odolná odrůda zamezuje tvorbě haustorií.

Geny rezistence se označují symbolem *Pm* (Powdery mildew) a je jich známo několik. U domácích odrůd jsou nejvíce rozšířeny geny *Pm2*, *Pm4b*, *Pm5*, *Pm6* a *Pm8* jednotlivě i v kombinacích. Geny *Pm5* a *Pm8* jsou již neúčinné, geny *Pm2+Pm6* poskytují částečnou ochranu. Gen *Pm4b* je umístěný na translokovaném chromozomu 1B/1R. Rasová odolnost je méně účinná, je nedostatek vhodných genetických zdrojů, odolné jsou

spíše primitivní odrůdy. Je několik domácích odrůd z období 1982-88 a několik nových s vyšší odolností a se zjištěnými geny odolnosti *Pm2*, *Pm4b* *Pm6*. Perspektivní je odolnost na bázi nespecifické rezistence.

Stupeň odolnosti ke rzím a padlí se **testuje** a hodnotí v polních podmínkách při přirozené (často při uměle zvýšené) infekci a ve skleníkových podmínkách při umělých infekcích mladých rostlinek suspensí spor při teplotě a vlhkosti vhodné pro rozvoj choroby.

Přítomnost genu odolnosti k příslušné rase se zjišťuje nejčastěji pomocí mezinárodního testovacího sortimentu odrůd, u nichž je známá přítomnost příslušného genu. Využívá se analýzy hybridů v F₁ a F₂ generacích.

Ve šlechtění na odolnost vůči rzím a padlí travnímu se využívá převážně specifické (rasové) odolnosti. Úskalím je vznik nových ras. Výskyt rzi není pravidelný a je vázán na ekologické podmínky oblasti a také na povětrnostní podmínky roku. Odolné odrůdy jsou jakousi pojistkou pro případný výskyt choroby. Je prostudována genetická stránka patogenity i rezistence (častá je monogenní dědičnost), známá je lokalizace genů odolnosti a existence i genů modifikátorů a inhibitorů. Hledají se vhodné zdroje odolnosti, využívá se i ostatních druhů z rodu *Triticum* (*T. durum*, *T. monococum* aj.) ke křížení za účelem přenosu genů odolnosti.

Strategie šlechtění se orientuje na tvorbu vícegenových (multigenních) odrůd nebo víceliniových odrůd s rozdílnými geny odolnosti vůči několika rasám i chorobám. Směs odrůd s genově rozdílně založenou odolností se u nás neosvědčila.

Předpokladem pro registraci odrůdy je požadovaný stupeň polní odolnosti.

b) Ze skupiny chorob **klasů a zrna** jsou nejvýznamnější:

- **braničnatka plevová** (*Stagonospora nodurum* Berk.) a **braničnatka pšeničná** (*Septoria tritici* Rob.), škodí na listech a klasech, zejména ve vyšších a vlhčích polohách, na vlhčích lokalitách. Fyziologická rasy nebyly zjištěny, i když izoláty se liší agresivitou. Genetika odolnosti není prostudovaná, je nejspíše polygenního charakteru. Šlechtění je vedeno na toleranci, genotypově založená rezistence dosud nalezena nebyla (TVARŮŽEK, STUHLÍKOVÁ 1996).

- **sněti**: mazlavá (*Tilletia caries* Tul.), mazlavá hladká (*T. laevis* Liro), prašná (*Ustilago tritici* Jens.) jsou zhoubné choroby zrna. Více nebezpečnou je sněť zakrslá (*Tilletia controversa* Kühn), která se rozšiřuje i u nás. Ochranou proti sněťm je účinné

moření osiva a proto se šlechtění opomíjí. Je známo několik genů odolnosti *Bt1-13*, více rezistentní jsou linie a odrůdy nesoucí geny *Bt9-13*.

- **fusariózy** klasu škodí hlavně v době kvetení a zrání, znehodnocují obilky pro zpracování, pro krmné i osivářské účely. Zdrojem infekce je osivo, půda a sklizňové zbytky.

Genetika odolnosti není příliš známá, uvádí se polygenní (i oligogenní) dědičnost odolnosti. Šlechtění na odolnost je obtížné, nejsou genetické zdroje. V současné době je šlechtění na odolnost na začátku, využívá se křížení a vyvíjejí se testovací metody. Většina odrůd, včetně domácích jsou náchylné (STUHLÍKOVÁ, KOVÁČIKOVÁ, 1993). V Maďarsku údajně vyšlechtili rezistentní linie ozimé pšenice (MESTERHÁZY, 1996). Zkouší se selekce na toleranci k chorobě na úrovni prašnickových kultur a embryoidů (FADER, WENZEL, 1993).

c) Ze skupiny chorob **pat a černání stébel** jsou nejzávažnější:

- **stéblolam** (*Pseudocercospora herpotrichoides* Fron) je dispoziční choroba. Způsobuje běloklasost.

Genetika odolnosti není známá, šlechtění je obtížné, určité výsledky jsou známy z NSR a Polska. V domácím sortimentu jsou odrůdové rozdíly ve stupni odolnosti.

Využívá se negativních výběrů náchylných kmenů po umělé infekci ve skleníku (infikovanou zeminou) nebo na provokačním zamořeném pozemku.

- **černání pat stébel** (*Gaeumannomyces graminis* v. Arx., syn. *Ophiobolus graminis*) se spoluúčastí *Fusarium* sp., *Rhizoctonia* sp. Je doprovodnou chorobou stéblolamu. Šlechtění je obtížné, genetické zdroje nejsou k dispozici.

Ze **škůdců** pšenice se ve šlechtění sleduje odolnost k **bejlmorce** (*Mayetiola destructor* Say), **bodrušce** (*Cephus pygmaeus* L.). Genotypy s pevným stéblem (ev. s plným stéblem spodních internodií) trpí méně. Proti larvám **zelenušky žlutopásé** (*Clorops pumilionis* Bj.) jsou více odolné genotypy osinaté a rané proti pozdním a hustoklasým.

1.4.5. Šlechtění na vhodnost k technologii pěstování

Řešení šlechtitelského cíle zahrnuje:

a) Šlechtění na **odolnost k poléhání**

Stupeň škodlivosti poléhání souvisí s dobou, kdy k polehnutí dojde. Dochází k redukci počtu zrn v klasu a hmotnosti zrn, ke zhoršení jakosti a ke zvýšeným sklizňovým nákladům.

Při šlechtění na nepoléhavost se vychází z toho, že je podmíněna:

- anatomickými znaky stébla, např. tloušťkou stěny, mohutností sklerenchymatického prstence (podmiňuje tuhost a pružnost stébla), stupněm vývinu svazků cévních a plností či dutostí spodních internodií. Podle NÁTRA (cit. VÁGNEROVÁ, 1968) odrůdy s 33-38 až 40 svazky cévními ve stěně stébla vykazovaly velmi dobrou odolnost k poléhání.
- morfologickými znaky, které mají vliv na mechanickou pevnost stébla (výška rostlin, délka a hmotnost klasu, počet internodií, délka 1. a 2. internodia, průměr stébla zejména v bazální části, průměr kolének apod.). Stéblo má obvykle 6 internodií, z nichž je 5 nad povrchem půdy, směrem ke klasu se prodlužují. Některé genotypy mají schopnost brzy po polehnutí se vzpřimovat.
- zdravotním stavem stébla (stéblolam, černání pat),
- mohutností a způsobem utváření kořenové soustavy. Větší odolnost k tzv. kořenovému poléhání podmiňuje spíše horizontální rozložení kořenů.

Odolnost k poléhání je nejvíce spojováno s výškou rostliny, resp. s **délkou stébla** (obr. 1.5.). Kratší, pevnější stéblo podporuje nepoléhavost. Šlechtění nepoléhavých kultivarů cestou zkrácení stébla bylo zahájeno v 60. letech využitím *Rht* (Reduced height) genů zakrslosti.

Byla zjištěna 2 střediska výskytu *Rht* genů (CHRPOVÁ aj. 1996). Pravděpodobně již v 19. stol. byl využit gen v Japonsku, krajová odrůda Akagomughi byla zdrojem genu *Rht8*. Ten byl přenesen do italských krátkostébelných raných odrůd. Odrůda Mentana se stala jedním ze 3 důležitých zdrojů v mexickém programu. Gen je přítomen i v jihoevropských odrůdách a byl přenesen i do některých odrůd sovětských (Bezostá 1, Aurora, Kavkaz) a do odrůd německých a jugoslávských.

Druhým zdrojem je rovněž japonská odrůda Norin 10 (potomek po křížení místní odrůdy Daruma s americkými Fultz a Turkey), u níž byly ve 40. letech objeveny geny značené *Rht1* a *Rht2*. Odtud se dostaly do odrůd amerického Středozápadu a posléze i do

programu mexického šlechtění. Jsou známé typy s velmi krátkým stéblem 50-60 cm (dwarf) a s krátkým stéblem 65-95 cm (semidwarf). Z mexických odrůd byla u nás využívána jarní odrůda Siete Cerros jako genový zdroj genu *Rht₁* (je rodičovským komponentem 4 ozimých a jarních odrůd). Geny jsou přítomny u odrůd amerických, francouzských, anglických i německých.

Obr. 1.5. Délka stébla pšenice a odolnost proti poléhání (HANIŠ, HANIŠOVÁ, 1996).

Řada domácích odrůd intenzivního typu staršího data má geny zakrslosti, většinou *Rht₁* nebo *Rht₂* (Viginta, Iris, Ilona, Vlada, Linda Sandra aj.), některé i *Rht₈* (Slavia, Vala, Sabina). Odrůdy šlechtěné a povolené v posledním období (odrůda Šárka, Vlasta) rovněž mají geny zakrslosti. Podstata zkráceného stébla je v menší délce spodních internodií při zachování počtu internodií a tím i listů. Krátké a pevné stéblo je výrazným znakem intenzivních odrůd ozimých i jarních odrůd pšenice, jak již bylo uvedeno.

Z hlediska **genetiky** byla délka stébla pšenice vždy považována za kvantitativní znak řízený polygenně. Později bylo zjištěno, že délku stébla určují již zmíněné geny velkého účinku (major geny), tzv. geny zakrslosti (*Rht*). Vykazují kumulativní účinek. Přítomnost 3 dominantních genů podmiňuje nejnižší délku stébla (zakrslost). Dosud bylo poznáno asi 20 genů, některé s úplně dominantním, jiné s recesivním nebo neúplně dominantním projevem. U hlavních genů je známá i jejich lokalizace na chromozomech (4A - *Rht₁*, 4D - *Rht₂*, 2D - *Rht₈*). Většina genů současně vykazuje negativní vliv na výnos. Výjimkou jsou geny pocházející z japonských odrůd a ty mají ve šlechtění pšenice největší uplatnění. Mají příznivé pleiotropně podmíněné doprovodné účinky na výnos (zvyšují počet zrn v klasu, hmotnost zrna, ruší negativní korelaci mezi délkou stébla a délkou klasu, snižují účinky mezirostlinné konkurence), snižují listovou plochu a odnoživost. Byl zjištěn i negativní účinek ve snížení obsahu bílkovin (o 1 %), ve zvýšeném výskytu aneuploidů a ve zvýšené citlivosti k braničnatce plevové.

Metoda detekce *Rht* genů v klíčící rostlince podle ŠÍPA, ŠKORPÍKA a TÁBORSKÉ (1986) spočívá v reakci na exogenně dodaný roztok (10 ppm) giberelinu (GA_3). Rostlinky nesoucí geny *Rht*₁ a *Rht*₂, které podmiňují vyrazení růstových látek z procesu metabolismu, na přidaný GA_3 nereagují, jsou necitlivé (označované +). Geny *Rht* druhé skupiny (př. *Rht*₃) blokují syntézu růstových látek a rostlinky na přidaný GA_3 reagují prodlužovacím růstem (označené -). Uvedené skutečnosti se využívá k determinaci genů např. u rostlin v hybridních generacích a k selekci žádoucích (nežádoucích) genotypů (obr.1.6.). Selekcí postup rostlin s geny zakrslosti pro praktické šlechtění vypracovali ŠKORPÍK, ŠÍP, BOBKOVÁ a CHRPOVÁ (1997).

Obr. 1.6. Geny zakrslosti a giberelinový test (CHRPOVÁ et al., 1996).

Účinek genů *Rht* byl sledován u izogenních linií:

Genotyp	délka cm	zrn/klas	HTS g	výnos t.ha ⁻¹
Rht 1	102	32	32,5	6,18
Rht 2	104	30	35,7	6,30
Rht 1+2	70	31	31,6	6,15
Rht 3	60	34	30,6	5,85
rht	122	27	39,4	6,14

(CHRPOVÁ et al., 1996, zkráceno)

Ustálil se názor na šlechtění 2 typů z hlediska optimální délky stébla: odrůdy s krátkým stéblem (80-90 cm) pro teplejší oblasti a odrůdy se zkráceným stéblem (90-105 cm) pro chladnější oblasti.

Byla vypracována řada metod **pro testování** mechanické odolnosti stébla, vycházející z měření a z hmotnosti spodních částí stébla, ke zjišťování pružnosti stébla, odporu proti ohybu, stanovení stupně lignifikace stébla na úrovni jednotlivých rostlin nebo kmenů. Testy musí být doplněny zkouškami a hodnocením odolnosti k poléhání bonitací porostu šlechtěného materiálu v přirozených polních podmínkách (např. po prudkém dešti či bouřce s větrem a prudkým deštěm), často při zvýšené hustotě porostu nebo přehnojení N, případně při umělém zadešťování.

b) Šlechtění na **odolnost k výdrolu obilek**

Výdrollem označujeme náchylnost k samovolnému vypadávání (uvolňování) obilek z květních obalů. Výdrol souvisí se stavbou a s utvářením květních obalových orgánů, tj. pluch a plušky a určuje tzv. **pevnost uzávěru**, také s tvarem obilky.

Žádoucí je dobře klenutá pleva s dobře vyvinutým středovým nervem a plucha s polokruhovitým upevněním na bázi. Kulatá anebo příliš dlouhá obilka je náchylnější k výdrolu. Přílišná uzavřenost zrna v pluchách znesnadňuje výmlat.

Metody prověrky pevnosti uzávěru pluch spočívají ve vizuálním posouzení uzávěru pluch a v posouzení snadnosti uvolnění obilek při simulovaném mechanickém nárazu, např. při poklepu klasu v rozevřené dlani. V polních podmínkách podle výnosových ztrát výdrollem v postupných sklizních přezrálých porostů (např. po 7 dnech) v porovnání s výnosem dosaženým v optimální zralosti. Polní test je vhodný pro pokročilejší stupně šlechtění, zatím co subjektivně se posuzují vybrané rostliny a kmeny. Náchylné k výdrolu se z dalšího šlechtění vylučují.

c) Šlechtění na **odolnost k porůstání obilek**

Porůstáním obilek se označuje předčasné klíčení ještě v klasech před sklíní. Může být zjevné, ale i skryté. Souvisí s vlivem faktorů fyziologických (činnost enzymů), genetických (odrůdová náchylnost, např. odrůdy s ochmýřenými plevami jsou náchylnější) a s vlivem povětrnostních podmínek (teplota, vlhkost) v době dozrávání.

Předčasné porůstání obilek zhoršuje především jakostní a technologickou hodnotu obilek a mouky, způsobuje i neupotřebitelnost pro pekařské účely. Porůstání zhoršuje i

osivové vlastnosti. Ve šlechtění pšenice je odolnost k porůstání důležitým selekčním kritériem.

Odolnost k předsklizňovému porůstání obilek souvisí s tzv. **obdobím posklizňového dozrávání** (období klidu, dormance obilek), které je dáno přítomností enzymatických inhibitorů klíčení a nepropustností obalových vrstev pro vodu a kyslík. Jistý vliv má i vzpřímenost, hustota a osinatost klasu (náchylnost zvyšuje hustý, vejčitý klase).

Odolnost k porůstání se **testuje a hodnotí** na základě sledování počtu vyklíčených obilek za určitou dobu (většinou 10 dnů) v podmínkách uměle zvýšené teploty a vlhkosti u vzorků jednotlivých klasů (kytic klasů) s asi 20 cm dlouhým stéblem odebraných před sklizní. Např. v roličkách navlhčeného filtračního papíru, nebo v kyticích po 10 klasech po 2 hod. máčení při 20°C, v klimatické komoře při 95-100 % relativní vlhkosti. KUBÁNEK a HANIŠOVÁ (1990) popisují jednoduchou metodickou modifikaci spočívající v umístění vzorků klasů testovaných genotypů (po 10 klasech) v polystyrenové desce 1 x 1 m, máčených po 2 hod. v 1. a 3. dnu a uložených v kovové konstrukci o 10 patrech obalené PVC folií pro udržení vlhkosti a tepla. Každý den, po dobu 10 dnů, se zjišťuje stav v příznacích klíčení a výskytu klíčnicích kořínků. Výsledek se bonituje.

Nověji se využívají metody detekující aktivitu alfa amylázy objektivní metodou viskozitě, stanovující tzv. číslo pádu. Metoda zjistí i skrytou porostlost obilek.

1.5. Metody šlechtění

Na počátku vznikaly odrůdy **výběrem**, nejdříve hromadným a později individuálním, z místních forem a krajových odrůd. BOHÁČ (1990) uvádí, že ještě v r. 1927 téměř 85 % povolených odrůd vzniklo výběrem, jen 15 % odrůd křížením. Výběr byl postupně nahrazován progresivnějším křížením a v r. 1948 už 52 % odrůd ozimé pšenice vzniklo křížením. Za určitou výjimku lze považovat údajný vznik známé odrůdy Mironovské 808 výběrem z jarní Artěmovky po ozimém výsevu a také vznik odrůdy Bezostá 1 výběrem z Bezosté 4. Obě odrůdy byly svého času v našem sortimentu.

Nejrozšířenější šlechtitelskou metodu je **křížení**, převážně meziodrůdové (meziliniové) kombinační křížení. Používají se jednoduché i složité postupy (vícenásobné, zpětné, konvergentní, stupňovité křížení apod.), často se postupuje etapovitě. Jednoduché křížení je součástí trvalé rekurentní selekce.

Křížení se nejčastěji používá pro řešení úkolů u téměř všech šlechtitelských cílů. Úspěšnost závisí na volbě vhodných rodičovských komponentů, která vyžaduje konkrétní strategii, používají se rozličné metody zkoušení kombinační schopnosti, testy rodičů a predikce výkonu. Novodobé odrůdy mají často složitý původ, ke křížení se používají odrůdy z odlišných ekologických podmínek, z různých zemí a pod.

Technika křížení vzhledem k samosprašnosti pšenice je relativně jednoduchá. Úprava mateřských rostlin spočívá v ponechání dobře vyvinutých klasů a v odstranění přebytečných odnoží. Klas se upravuje vyštípnutím 2-3 spodních a horních méně vyvinutých klásků a odstraněním středních kvítků u klásků ve střední části klasu, nejčastěji pomocí pinzety a nůžek. V klasu zpravidla zůstává 8-10 klásků s bočními dobře vyvinutými kvítky. Kastrace spočívá ve včasném odstranění 3 prašníků (nutná kontrola) z kvítků, jejichž pluchy a pleva byly v horní třetině ustříženy pro snazší přístup k prašníkům. Kastrují se kvítky nejdříve po jedné straně klasu, potom na druhé straně klasu. Kastrovaný klas se opatří vhodným izolátorem a označí se návěskou s datem kastrace. Opyluje se za 2-3 dny sebraným pylem, vložením prašníků do květu, nebo přímým vložením klasů otcovské rostliny do izolátoru a opětným jeho uzavřením. Označí se datum opylení a zaznamená se číslo kombinace (otcovský rodič). Izolátor se ponechává na klasu do dozrání hybridních obilek. Nejvhodnější doba pro kastraci a opylování je dopoledne nebo navečer s příhodnějšími teplotními podmínkami a také pro nejmenší pravděpodobnost nežádoucího opylení pylem ze vzduchu.

Používá se i **vzdálené křížení**, a to mezidruhové i mezirodové s kombinací kultivarů s odlišným počtem i homologii chromozomů a se všemi průvodními jevy (sterilita hybridů, složité štěpení aj.).

Příkladem mezidruhového křížení je křížení druhů v rámci hexaploidní skupiny, případně mezi druhy tetraploidními s hexaploidními. *Tr. durum* se snadno kříží s odrůdami druhu *Tr. aestivum*. Je-li mateřský komponent tetraploid, je lepší oplodnění, je-li hexaploid je lepší klíčivost hybridních semen. Dalším příkladem jsou kombinace odrůd druhu *Tr. aestivum* s *Tr. timopheevi* za účelem navození CMS, nebo s *Tr. monococcum* s cílem přenosu genu odolnosti ke rzi.

Druhy rodu *Triticum* se mohou křížit s druhy všech ostatních rodů ze subtribu *Triticinae*, umožňuje to společný chromozomový základ ($x=7$). Nejznámější je hybrid triticales mezi zástupci rodů pšenice (*Tr. aestivum*, příp. *Tr. durum*) a *Secale cereale* (žito). Má značný praktický význam, jeho šlechtění má svou historii i současnost. V učebních textech je mu věnována samostatná kapitola.

Známé je křížení s rodem *Agropyron* (práce akad. Cicina v býv. SSSR) mělo za cíl spojit vyšší mrazuvzdornost, vitalitu a vytrvalost pýru s výnosností pšenice. Křížení se zástupci rodu *Aegilops* je známé z fylogenetických studií a při přenosu genů rezistence.

K selekci žádaných genotypů v hybridních populacích (i v generacích po aplikaci mutagenů), lze použít všechny **výběrové postupy** vhodné pro samosprašné plodiny.

Mutační šlechtění je další možná šlechtitelská metoda, avšak s malým uplatněním. Pšenice byla častým objektem experimentální mutagenese a využívání genových mutací. Ionizační záření se aplikuje v dávkách 7,5-20 kR ($1R=2,58 C, 10^{-4}.kg^{-1}$), používá se řada chemomutagenů. Ve spektru mutantů byly hospodářsky výhodné i nevhodné, vznikaly změny morfologického rázu (řídko a hustoklasé, osinaté, s krátkým stéblem), s chlorofylovými defekty, ale také odolnější k chorobám a k poléhání apod. Mutované rostliny se většinou využily jako genetické zdroje žádaných mutovaných znaků při křížení.

Příkladem využití chromozomové mutace u pšenice je i translokovaný chromozom 1B/1R se segmentem žitného chromozomu s geny odolnosti k padlí a ke rzím. Vyskytuje se u některých domácích odrůd pšenice.

Polyploidie u pšenice nemá smysl pro hexaploidní (resp. tetraploidní) stav. Polyploidie je opodstatněná jen při vzdálené hybridizaci pšenice k obnově fertility hybridů.

Teoretický a praktický význam má **aneuploidie**, hlavně u hexaploidní pšenice obecné. Počáteční práce zahájil SEARS na začátku 50. let nuliosomickými a monosomickými liniemi u odrůdy Chinese Spring. V posledních 15-20 letech byly získané aneuploidní linie u dalších odrůd (v Evropě více než 26 odrůd) buď přímo nebo nepřímo, mj. i u nás ve VÚRV v Ruzyni (KOŠNER, 1985).

Aneuploidní linie se ve šlechtění využívají při tvorbě adičních, substitučních a translokovaných linií, tj. linií s přidanými a zaměněnými chromozomy se žádoucími geny za účelem zlepšování vlastností stávajících odrůd (př. odolnost k chorobám). Adiční linie má přidaný chromozomový pár, např. žitný ($21''^P + 1''^R$) a tvoří mezistupeň pro vyšlechtění substituční linie, např. se žitným chromozomem ($20''^P + 1''^R$). Jsou vyvinuty postupy jak např. nuliosomické linii ($2n-2$) přidat chromozomový pár z disomika, tj. z jiné odrůdy. Postup předpokládá existenci nuliosomika recipienční odrůdy. Následuje křížení s disomickou odrůdou (donorem chromozomu), získá se monosomik se žádoucím chromozomem donora, následuje 6-7 násobné zpětné křížení získaného monosomika s cílem vytěsnit jaderný materiál donora kromě přenášeného chromozomu. Následuje samopylování a izolace disomické substituční linie obohacené o 2 chromozomy. Postup předpokládá cytologickou kontrolu.

Na bázi monosomiků ($2n-1$) lze translokovat jednotlivé chromozomy z jiných druhů (rodů) a získat linie s novými vlastnostmi. GULJAJEV (1975) uvádí příklady získané rezistence ke rzi travní od *Agropyron intermedium*, ke rzi pšeničné od *Agropyron elongatum* a od *Secale cereale* proti padlí.

Objev pylové sterility u pšenice (1951) umožnil uplatnit **heterozní šlechtění** i přes její přísnou samosprašnost. Využívá se systém CMS. Produkce hybridní odrůdy vyžaduje vyřešit celý komplex úkolů: vyšlechtění pylově sterilní linie, fertillního analoga pro její rozmnožování a analoga obnovitele fertility s geny *Rf*, který musí uvolňovat pyl do prostoru k volnému opylen, prověrku kombinační schopnosti, atd. (blíže APELTAUEROVÁ, JUSTOVÁ, 1988, HRAŠKA a kol., 1989).

Heterozní šlechtění pšenice má krátkou historii. Intenzivní práce v této oblasti začaly od r. 1965 hlavně v Japonsku, USA, Kanadě a v býv. SSSR, a také i ve Švédsku, Německu, Maďarsku, býv. NDR, u nás ve VÚRV Ruzyně a na VŠP v Nitře. Zjistila se rozdílná výše heterozního efektu v F_1 generaci (od minusových do + 150 %), jakost zrna a odolnost k chorobám má přechodný charakter a v F_2 generaci dochází k výraznému úbytku heterozního efektu. Přes náročný výzkum, metodické potíže, kolísavé a nejisté výsledky, v USA v polovině 70. let získali první hybridy, v polovině 80. let v Argentině a v Austrálii, s výnosem v F_1 o 10-20 % vyšším. Nedostatečný ekonomický přínos hybridů nedovolil větší rozvoj. Cena osiva hybridních odrůd je neúměrně vysoká.

Druhou cestou v přípravě hybridního osiva je využití gametocidů. První hybridní odrůdu na této bázi získali v INRA ve Francii v r. 1985. V současné době tento způsob přípravy hybridních odrůd obchodně využívají dvě významné francouzské firmy Hybrinova (3 odrůdy) a HybriTech (4 odrůdy) s výnosem překračující kontrolu o 11 a 15 % (MACHÁŇ et al., 1998).

Na mezinárodní konferenci o pšenici v r. 1996 bylo konstatováno, že hybridní odrůdy u pšenice nejsou perspektivní pro nízký výnosový přírůstek (11-13 %) a značně vysoké náklady na jejich vyšlechtění.

Nekonvenční metody ve šlechtění pšenice mají omezené možnosti využití. Pro metody rostlinných biotechnologií jsou limitující obtíže spojené s organogenezí a regenerací. Perspektivní pro šlechtitelskou praxi je kultivace hybridních embryí vzdálených hybridů *in vitro* a metoda indukce haploidů, resp. dihaploidních linií, jak dokazuje francouzská odrůda Florin z r. 1985. Využívá se prašnickových kultur, nebo křížení s *Hordeum bulbosum*, obě metody mají přibližně stejnou, a to nízkou účinnost.

Genetické markery gliadinových a gluteninových podjednotek se využívají k detekci pekařské jakosti, mrazuvzdornosti a odolnosti k některým houbovým chorobám. Využívají se rovněž k charakteristice, k identifikaci a ke kontrole genetické čistoty šlechtitelského materiálu a vyšlechtěných odrůd.

2. JEČMEN (*HORDEUM* L.)

Ječmen je druhou nejstarší obilovinou, v kultuře je od začátků uvědomělého zemědělství. Jeho nález je bezpečně prokázán již v 5. tis. př. n. l., jsou údaje i o starším výskytu (v Iráku v 7. tis. a v Egyptě v 8. tis. př. n. l.).

Ječmen je ve světové osevní ploše zaujímá čtvrté místo za pšenicí, rýží a kukuřicí. Využíval se k lidské výživě (známé jsou i jeho léčebné a antiseptické účinky) a jako jadrné krmivo v chovu koní. Nejznámější je jeho využití pro výrobu sladu jako suroviny pro výrobu piva.

V domácích podmínkách je ječmen druhou nejvýznamnější obilovinou, v produkci i v ploše pěstování. Ječmenářství České republiky je specificky zaměřeno hlavně na produkci sladovnického ječmene, v poslední době i pro krmné účely.

2.1. Původ a systematické třídění

Původ ječmene je v Asii, zejména na území tzv. úrodného půlměsíce (pásmo od Nilské delty přes Syrii až po Íránskou planinu) a ve východoafrické Etiopii. Další centra jsou východoasijské oblasti (Tibet, Čína, Himaláje) v místech s výskytem planého ječmene *Hordeum agriocrithon* Åberg. Podle VAVILOVA je tato oblast primárním centrem vzniku ječmene. Mezicentrem je Přední Asie (Zakavkazsko, Sýrie, Palestina) s výskytem planého dvouřadého ječmene *Hordeum spontaneum* Koch. (poprvé popsán Kochem v r. 1848). Etiopské centrum je považováno za druhotné centrum.

Vznik kulturního ječmene není zcela objasněn. Podle monofyletické hypotézy je *H. spontaneum* prarodičem jak dvouřadého, tak víceřadého ječmene. Platnost hypotézy podporuje genetická příbuznost obou forem. Podle polyfyletické hypotézy je *H. spontaneum* původním druhem pouze pro dvouřadý ječmen a šestiřadý má jiného, dosud neznámého předka (LEKEŠ a kol., 1985, KONOVALOV, 1990), kterým může být víceřadý *Hordeum agriocrithon* (FISCHBECK, 1985). Oba plané druhy jsou diploidní s lámavým klasovým vřetenem. Také se připouští, že kulturní formy vznikly křížením uvedených planých předchůdců. Jiný názor předpokládá, že ve východoasijském centru u víceřadého ječmene *H. agriocrithon* následovaly dva nezávislé mutační procesy. Jeden vedl ke vzniku šestiřadého typu s nelámavým klasovým vřetenem, druhý k redukci bočních klásků a ke vzniku intermediárních forem. Víceřadé formy se po rozšíření na východ v místech s výskytem *H. spontaneum* navzájem křížily, což bylo předpokladem pro vznik dvouřadých forem s nelámavým vřetenem (HRAŠKA, 1989).

Areál rozšíření ječmene je velmi široký, rozmanité druhy se vyskytují ve všech klimatických oblastech Země. Od arktických oblastí 70° s. š. až po oázy Sahary, na jižní

polokouli od 20° do 40° j. š. a v nadmořské výšce od úrovně moře až do 1600 m v Alpách a v Himalájích a v Tibetu do 4700 m n. m. Ječmen podle PETRA (1997) prakticky určuje vertikální i horizontální hranice rozšíření obilnin. Nejrozšířenější je však v kontinentálních oblastech Země.

Do Evropy ječmen pronikl v mladší době kamenné a podle neolitických nálezů několika směry: ze severní Afriky do západní Evropy a do Itálie, z Malé Asie přes Středomoří do střední Evropy.

Systematické třídění je neustálené pro bohatost značně odlišných forem. Rod *Hordeum* náleží ke skupině (tribus) *Triticae*, podskupině (subtribus) *Hordeinae* a zahrnuje více než 30 jednoletých i víceletých, samosprašných i cizosprašných, planých i kulturních druhů. Asi 50% druhů má diploidní počet chromozomů $2n=14$, jsou známy i druhy s tetra a hexaploidním počtem chromozomů.

Pěstované ječmeny se řadí k jednomu kulturnímu druhu **ječmenu setému** (obecnému), (*Hordeum vulgare* L.), který se dále dělí podle plodnosti klásků a postavení středního klásku na convariety (viz schéma na obr. 2.1.):

a) ječmen setý víceřadý (convar. *polystichum* L.) se všemi plodnými klásky. Rozlišují se dva typy:

- **šestiřadý** : má 3 klásky plodné, klasy se 6 podélnými řadami obilek stejnoměrně rozloženými kolem vřetene v podobě šestičlenného přeslenu.

- **čtyřřadý** : má rovněž 3 klásky plodné, klas je řidší se 6 řadami obilek, ale střední řada obilek je těsně přilehlá k vřetenu klasu a postranní obilky se částečně překrývají, takže na vřetenu tvoří zdánlivě jen 4 řady obilek. K tomuto typu náleží většina kultivarů krmného, zpravidla ozimého ječmene.

b) ječmen setý přechodný (convar. *intermedium*), střední klásky plodné, postranní částečně nebo úplně neplodné. Zahrnuje východoasijské, tibetské, některé skotské a švédské kultivary.

c) ječmen setý dvouřadý (convar. *distichum* Alef.), má sice 3 klásky ve skupině, ale jen střední je plodný. Klasy mají jen 2 podélné řady obilek na plodných lících stranách klasového vřetene, klas je plochý. Na obou stranách klasu je řada bezosinných, drobných rudimentů klásků.

Člení se do několika variet:

- **nící** (var. *nutans*), klas je 50-130 mm dlouhý, při dozrání háčkuje, osiny dlouhé, souběžně přiléhající, obilky pluchaté. Zahrnuje nejdůležitější sladovnické genotypy.

- **vzpřímený** (var. *erectum*), klas má krátký, hustý, do plné zralosti vzpřímený, osiny více odstávají.

- **paví** (var. *zeocriton*, syn. *breve*), klas má krátký, velmi hustý, u báze široký, k vrcholu se zužující, obilky odstávají od vřetene, osiny vějířovitě rozestálé.

- **nahý** (var. *nudum*), má obilku nesrostlou s pluchou a pluškou (nahou), je zpravidla bezosinný.

d) ječmen setý labilní (různotvarý) (convar. *labile*), na článku klasového vřetene s nestejným počtem (3,2,1) plodných klásků. Vyskytuje se v severovýchodní Africe a v Arábii (PETR a kol., 1997).

Obr. 2.1. Uspořádání klásků ječmene víceřadého: A - šestiřadý, B - čtyřřadý, C - dvouřadý (PETR a kol., 1997 - upraveno).

Uvedená klasifikace podle počtu řad a plodných klásků nejlépe vyhovuje praktickým potřebám.

Víceřadé i dvouřadé typy mají více variet a forem podle pluchatosti zrna (pluchaté, nahé), podle barvy pluch a osin (žluté, černé), podle přítomnosti a charakteru osin (osinaté, lopatkovité - trifurcatum, bezosinné, hladká nebo zoubkovaná osina), podle postavení klasu (vzpřímené, háčkující).

2.2. Genetika, biologie kvetení a vývoje

Kulturní druh *Hordeum vulgare* je diploidní ($2n=14$), jsou zpracované chromozomové a genové mapy. Je známo asi 400 genů, nejvíce je jich umístěno na 2., 3. a 5. chromozomu. Chromozomy č. 6 a 7 jsou satelitní. Plané i kulturní druhy po vzájemném křížení poskytují plodné potomstvo.

Kulturní formy ječmene jsou častým genetickým modelem. Genetika znaků a vlastností je dobře prostudována. Morfologické znaky mají většinou jednoduchou (i monogenní) dědičnost s dominantním nebo recesivním projevem. Některé znaky se dědí ve vazbě.

Hospodářsky významné znaky a vlastnosti, včetně technologických hodnot se většinou dědí polygenně s výrazným vlivem podmínek prostředí.

Pro obsáhlost poznatků z oblasti genetiky znaků a vlastností opouštíme od jejich uvádění a odkazujeme na příslušný literární pramen (HRAŠKA a kol., 1989).

Květní biologie je dobře prostudována. Ječmen setý kvete kleistogamicky (zvl. dvouřadé formy), což zaručuje vysoký stupeň samosprašnosti. U víceřadých forem nejdříve kvete střední kvítek, pak kvítky postranní, které mají větší sklon k otevřenému kvetení. Může nastat až 5 % cizosprašnost.

Ječmen vykazuje dvě denní vlny kvetení, s maximem mezi 6.-9. hod. při teplotě nad 10°C a mezi 15.-17. hod.

Z hlediska **vývoje** existují ozimé a jarní formy. U nás převažují dvouřadé jarní formy. Ozimé formy jsou většinou u víceřadých typů, ale vyskytují se i u dvouřadých ječmenů. Ozimé formy mají krátké nevýrazné tepelné období (asi 35 dnů) a malou citlivost ke krátkému dni. Krátké tepelné i světelné období podmiňuje všeobecně méně vyvinutý regulační systém k přezimování, včetně malé inhibice vývoje na podzim. Ječmen je rostlina dlouhodenní.

2.3. Vývoj odrůdové skladby

Ječmen je velmi prošlechtěnou plodinou a nejvíce pozornosti se věnovalo šlechtění **jarního ječmene**. Šlechtění ječmene má počátky v Anglii. V r. 1819 byla vyšlechtěna odrůda Chevalier hromadným výběrem z krajové odrůdy. Šlechtění v našich zemích začalo o 50 let později a jeho vývoj LEKEŠ (1985) rozděluje do 3-4 etap. V počátcích se využívaly původní krajové odrůdy jarního dvouřadého typu. Používaly se i zahaniční

odruďy, z nichž nejrozšířenější v Evropě v té době byly anglické odrůdy. Domácí původní odrůdy lze rozdělit na agroekotypy: staročeský (rozšířený v Polabí a v úrodnějších oblastech západních Čech), starohanácký (z oblasti Hané), jihomoravský, slovácký a staroslovenský. Původní odrůdy se vyznačovaly raností, suchovzdorností, avšak byly více poléhavé, ale nenáročné na podmínky pěstování.

O šlechtění domácích odrůd ječmene má významnou zásluhu Emanuel PROSKOWETZ, který shromáždil a porovnával krajové odrůdy, využil vynikající krajovou odrůdu z okolí Holešova, kterou r. 1875 začal zušlechťovat individuálním výběrem a získal tak v r. 1884 odrůdu Hana Pedigree. Ta se stala výchozí pro šlechtění odrůd hanáckých ječmenů. R. 1895 se začalo se šlechtěním krajového hanáckého ječmene v Přerově.

Ve Slezsku se vyskytovaly typy s kratšími buclatými obilkami (zvané „Kneifl“, asi jako spontánní mutace hanáckého typu ječmene). V Čechách se začalo se šlechtěním ječmene v H. Počernicích (Nolč) v Chlumci n. C. (Dreger), využíváním staročeských ječmenů a výběry z hanáckých ječmenů, dále na schwarzenberských statcích (Protivínský ječmen), šlechtění probíhalo i na Slovensku.

Rozvoj šlechtění ječmene byl spojený s uplatňováním účinnějších metod šlechtění, od hromadného výběru se přecházelo k individuálnímu výběru a postupně se zavádělo kombinační křížení. Začátkem 20. st. zaváděl křížení VAŇHA v Přerově, prof. TSCHERMAK zavedl klasové výběry a křížením hanáckých odrůd s maloasijskými získal typy označované jako Kargyny (př. Hanácký Kargyn). Vzniklé odrůdy se staly výchozími ve světovém šlechtění sladovnických ječmenů a byly využity při vzniku řady hlavně evropských odrůd (často s přívlastkem Hana).

Největší význam pro šlechtění sladovnických odrůd měl ekotyp starohanácký, který lze dále dělit podle charakteru rostlin a zrna na staroveský, hrubčický a jarošnůvský (LEKEŠ a kol., 1985).

V období před 2. světovou válkou existovalo mnoho odrůd. V r. 1938 z celkového počtu 59 odrůd se u 30 odvozoval původ z hanáckých odrůd, u 10 ze staročeských, u 6 z Kneiflů a u 5 ze slovenských krajových odrůd a jen 4 byly zahraniční. Všechny odrůdy byly dvouřadé a níčí (var. *nutans*), Dregerův Imperiál A náležel k var. *erectum*.

V roce 1951 po velké restrikcii zůstalo jen 8-10 povolených odrůd, z nichž nejvýznamnější byla odrůda Valtický povolena v r. 1938, vynikající výnosem a sladařskou jakostí. Byla využita pro vyšlechtění řady dalších, jednou z nich byl Boumův rentgenomutant Diamant (1965), který znamenal významnou změnu především v morfotypu a v charakteru dalších vlastností. Byl nízkého vzrůstu, odolnější poléhání, avšak

silně odnožující a s drobnějšími obilkami, ale s vynikající sladařskou jakostí. Změnil se poměr zrna ke slámě ve prospěch zrna z původního poměru 1 : 2-2,8 na 1 : 1-0,8. Odrůda Diamant se stala mezníkem v našem šlechtění ječmene a znamenala přechod na tzv. diamantový typ. Přispěla k vyšlechtění přes 115 odrůd tzv. diamantové řady, vyšlechtěných u nás i v zahraničí. Další šlechtitelskou prací se podařilo zvýšit hmotnost obilek, zlepšit zdravotní stav (se širší odolností k rasám patogenů, zejména k padlí) a zlepšit sladařskou jakost v některých ukazatelích. Značným průlomem ve šlechtění na kvalitu sladovnických odrůd bylo zavedení mikroskladovací metody v 60. letech.

Sortiment povolených odrůd jarního ječmene tvořily do nedávné doby hlavně odrůdy domácího původu. V sortimentu současně registrovaných odrůd je 13 zahraničních (včetně SR). V r. 1997 bylo registrováno 33 odrůd jarního ječmene (nejstarší odrůdou je Rubín z r. 1982, velký počet odrůd byl povolen po r. 1990). Odrůdy lze rozčlenit na sladovnické a nesladovnické. Odrůdy s vynikající sladařskou jakostí (6-9 USJ) zařazených do třídy „výběru“ jsou např. Rubín, Olbram, Akcent, Atribut, Novum aj. Domácí šlechtění má stále progresivní trend.

Šlechtění odrůd **ozimého ječmene** v domácích podmínkách má začátek v 30. letech. Odrůda Stupický šestiřadý byla povolena v r. 1932, restringována v r. 1971. Pavlovický ozimý vznikl výběrem z odrůd u nás dlouho pěstovaných. Šlechtění ozimých forem probíhalo na ŠS v Lužanech, které bylo na začátku 70. let ukončeno. Byly dováženy zahraniční odrůdy z bývalé NDR (Erfa, Borwina aj.), ze NSR (Kiruna, Sigra, Orga), některé odrůdy z Rumunska a z Bulharska. Po znovu obnoveném šlechtění byly první odrůdy domácího původu povoleny až v roce 1990 (Lunet) další v roce 1992 (Okal a Kromoz) a další 3 odrůdy (Kamil, Kromir, Luxor) byly povoleny v období 1993-96. Domácí šlechtění ozimého ječmene je perspektivní. Je registrováno celkem 13 odrůd, z toho je 8 víceřadých (2 zahraniční) a 5 dvouřadých zahraničních.

Šlechtění ječmene je v současné době soustředěno u šlechtitelských a semenářských firem Selgen, a.s. (ŠS Stupice a ŠS Lužany), HybriTech, a.s., dříve Morstar, a.s. (ŠS Branišovice), CEZEA, a.s. (ŠS Čejč), Plant Select, s.r.o. (ŠS Hrubčice) a ZVÚ Kroměříž.

2.4. Šlechtitelské cíle

Šlechtění ječmene je zaměřeno u jarních dvouřadých forem především na tvorbu odrůd pro sladovnické účely, u ozimých víceřadých forem pro krmné účely. Žádají se odrůdy výnosné, s odpovídající úrovní jakostních ukazatelů, odolné vůči nepříznivým vlivům a vhodné pro mechanizovanou technologii pěstování a sklizně.

2.4.1. Šlechtění na produkční schopnost a stabilitu

Šlechtění vychází:

1) Z **fyziologických základů** tvorby výnosu. Je známo, že ječmen se vyznačuje vysokou rychlostí fotosyntézy, dosahuje vysokých hodnot čistého výkonu asimilace (NAR) a tím i přírůstků sušiny. To tvoří podstatu vysoké produktivity, neboť za poměrně krátkou vegetační dobu vytvoří vysoký biologický a hospodářský výnos.

Významnou roli v asimilační funkci má horní část rostliny. Na celkové asimilaci se dlouhé, zdravé a zelené listy podílí z 53 %, listové pochvy ze 17 %. Žádoucí je vzpřímený praporcovitý list svírající se stéblem ostrý úhel, což zajišťuje dobrou propustnost světla do střední vrstvy porostu.

V tvorbě sušiny a v její distribuci se genotypy mohou odlišovat (PETR a kol., 1997). Pro moderní genotypy je charakteristická ekonomičtější distribuce sušiny ve prospěch obilek, což se projevuje ve vyšším poměru zrna ku slámě (1 : 0,8-0,5 proti dřívějšímu 1 : 2,1-2,3). Hanácké a staročeské odrůdy tvořily hospodářský výnos spíše výnosem hlavního stébla, nové odrůdy tvoří výnos hlavně vyšším počtem plodných odnoží, tzn. vyšším počtem klasů na jednotce plochy, při zachování reálné produktivity klasu (počtu zrn v klasu a HTS, a ta se spíše zvyšuje).

2) Ze **struktury výnosu**, kterou lze rozložit na základní prvky s detailnějším členěním, a to na:

- **počet klasů** na jednotce plochy, který je dán počtem vysetých semen, resp. počtem dospělých rostlin a plodných odnoží.
- **počet zrn** na jednotce plochy, který lze dále rozložit na **počet klasů na m²** a **počet zrn v klasu**. Počet zrn v klasu je negativně ovlivněn hustotou klasu a HTS, pozitivně délkou klasu. Počet zrn/klas se vyznačuje vyšší dědivostí ($h^2=0,58$). Vyšší počet zrn na 1 cm klasového větve mají víceřadé a u dvouřadých vzpřímené formy (var. *erectum*). Počet zrn u dvouřadé níčí formy (var. *nutans*) se pohybuje mezi 20-25. Nové odrůdy se vyznačují zvýšenou produktivitou klasu. K zvýšenému počtu zrn z jednotky plochy

přispívá i včasný výsev, při němž nižší teploty a kratší jarní den zpomalí růst a prodlužují období apikální dominance hlavního stébla, rostliny více odnožují a prodlužuje se období diferenciací základů klasu.

- **hmotnost obilky** vyjádřená HTS je odrůdovým znakem dosti stabilním a dobře se dědí. Výrazně ovlivňuje produkci rostliny, má vliv na obsah škrobu, výtěžnost extraktu a na obsah N-látek. Do jisté míry je závislá na hustotě klasu a má negativní vztah k počtu zrn v klasu. Ke snížení HTS může docházet následkem rozporu mezi zdroji (source) a úložnou kapacitou (sinkem) asimilátů. Šlechtitelská práce se snaží překonávat tento rozpor, což vede k zvyšování HTS. HTS kolísá podle typů odrůd, u drobnozrnných (japonské, severoruské) mezi 23-30 g, u velkozrnných mezi 65-70 g a u středoevropských a západoevropských typů mezi 36-50 g. HTS domácích odrůd u zrn nad sítím 2,5 mm při 14 % vlhkosti kolísá mezi 40-46 g.

Počet i hmotnost obilek v hlavním klasu je méně variabilní, než na celé rostlině ($V_k=24-34\%$), čehož se s výhodou využívá při klasových výběrech.

Důležitý je požadavek na velikostní vyrovnanost obilek zejména u sladovnických odrůd.

Ječmen tvoří výnos především počtem klasů na plošné jednotce a z tohoto hlediska je významné **odnožování**, resp. tvorba **plodných odnoží** (produktivní odnožování). Je kladná korelace mezi výnosem a produktivním odnožováním ($r=0,55$). Odnožování je odrůdovou vlastností. Moderní genotypy při řídkém porostu (např. při nižším výsevku) jsou schopny dostatečným odnožením vytvořit potřebný počet klasů na plošné jednotce, vyznačují se dobrou autoregulační schopností. Rostliny tvořící více odnoží tvoří i více kořenů. Z velkého počtu vytvořených odnoží ve fázi sloupkování (až 2000/m²) slabé postupně odumírají (mezistébelná konkurence) a některé zůstanou sterilní (hormonální regulace). Hlavní stéblo je u moderních odrůd zastoupeno v porostu 28-34 %, odnože 1. řádu 19-25 %, odnože 2. řádu 12-13 % a odnože 3. řádu 4-7 %. Z velkého počtu všech vytvořených stébel v porostu je asi 1200-1600 silných a z nich je asi 800-1000 klasů na m² (PETR *akol.*, 1997).

Nežádoucí je tzv. **podrůstání** (časté u odrůd diamantové řady), tj. dodatečné odnožování a tvorba pozdních odnoží (podporuje chladné a deštivé počasí od konce května a na začátku června), neboť vede k výskytu tzv. zelených zrn.

Byl zjištěn i příznivý vztah mezi výnosem zrna a počtem zárodečných kořínků (pohybuje se od 3 do 9 na rostlinu a $r=0,82$). Doporučuje se selekce na vyšší počet zárodečných kořínků a orientace na mohutnost a fyziologickou aktivitu kořínků.

Pro šlechtění mohou mít význam vzájemné vztahy (korelace) mezi hlavními znaky a vlastnostmi ovlivňujícími výnos. Některé obecně platné korelace jsou uvedeny v tabulce 2.1.

Tab. 2.1. Korelace u některých vlastností ječmene (podle FADRHOSE, cit. VÁGNEROVÁ, 1968)

Vlastnost znak	Korelace	
	pozitivní	negativní
Odnožování	celkový výnos vegetační doba výnos slámy pevnost sěbla	hustota klasu háčkující klas jakost zrna
Délka klasu	délka vrchního internodia počet zrn v klasu hmotnost zrn v klasu	
Hustota klasu	vzpřímený klas obsah dusíku sklovitost zrna	délka osin hmotnost klasu velikost zrna
Délka osin	velikost zrna převíslý klas	hustota klasu tloušťka pluchy
Velikost zrna	obsah škrobu výtěžek extraktu	obsah dusíku počet řad v klasu
Výnos zrna	odnožování	výnos slámy jakost zrna objem. hmotnost

Úkoly ve šlechtění na výnos v předchozím období se dařilo řešit pomocí odrůd typu tzv. diamantové řady. U nich se struktura výnosu nezměnila, ale zvýšení výnosu bylo podmíněno zlepšenou úrovní znaků stabilizující výnos.

Odrůdy klasického typu se vyznačovaly dlouhým stéblem, dominantním postavením hlavního stébla a nízkým počtem klasů/m². Odrůdy diamantové řady podle MINAŘÍKA (1990) znamenaly zvrát v morfotypu, přispěly ke zvýšení výnosového potenciálu a velikosti zrna, ke zlepšení sladovnické hodnoty a ke zvýšení odolnosti k chorobám. Nedostatkem bylo vyšší poléhání při zvýšeném počtu klasů/m², tendence ke snižování HTS a počtu zrn/klas a lámavost stébla.

Průměrná produkce zrna u klasických odrůd byla 3,84 t.ha⁻¹. Nové odrůdy přispěly ke zvýšení produkce zrna o 30 % v souvislosti se zvýšeným počtem klasů/m² o 10-43 % a počtem zrn/klas o 14-18 %, se zvýšenou HTS o 1,4-6 % a se snížením výšky rostlin o 5%. Příznivý vliv měla zvýšená odolnost k poléhání, k padlí travnímu a k hnědé skvrnitosti. Nedostatkem byla nízká adaptabilita spojená s vysokou specializací odrůd pro určité oblasti.

Projekt zvýšené produkce na 8-10 t.ha⁻¹ zrna u sladovnických odrůd (TÚ pro odrůdy r. 2000) si vyžádal změnu morfortypu rostliny ječmene a architektury porostu (ZENIŠČEVA, ŠPUNAROVÁ, 1981, LEKEŠ, 1985, MINAŘÍK, 1987). Také proto, že u odrůd diamantové řady byly možnosti včetně výnosového potenciálu již vyčerpány.

Ideotyp změněného morfortypu: zkrácené stéblo na 50-60 cm (zkrácené o 15-20 cm), vysoká produkce biomasy s rychlým nárůstem asimilačního aparátu, kratší vzpřímené a fotosynteticky aktivní listy, praporcovitý list s ostrým úhlem ke stéblu, zvýšená odnoživost s 2-2,5 plodnými odnožemi/rostlinu. Zvýšený počet klasů na 1000-1200 na m² (počet zvýšený o 200-300 klasů/m²), vysoká akumulací kapacita představovaná 23-25000 obilek na m² (tj. produkce 0,8-1,2 g zrna /klas a 18-22 obilek v klasu, vysoká HTS).

Podle RŮŽIČKY et al. (1997) je zřejmé, že velké zkrácení stébla do 65 cm délky (o 30 % nižší než u krátkostébelných odrůd diamantového typu) je hraniční a prokazuje negativní vazbu s mohutností kořenové soustavy a produktivitou klasu.

Průzkum výnosového potenciálu a struktury výnosu u linií bezpluchého krmného ječmene studovala EHRENBERGEROVÁ (1994) a zjistila, že linie vykazují většinou nižší výnos zrna, i když některé prokázaly výnos i vyšší než kontrolní pluchatá odrůda.

Z hlediska **genetického** je výnos komplexním znakem, s dědičností polygenního charakteru s interakcí genů s nízkou dědivostí, jejichž realizace je silně ovlivněná podmínkami pěstitelského prostředí. Tyto okolnosti ztěžují výběry podle produktivity rostliny, zejména v raných generacích po křížení. Dědivost dílčích výnosových prvků je zpravidla vyšší.

Nejčastěji používanou **šlechtitelskou metodou** při šlechtění na výnos je kombinační jednoduché i složité meziodrůdové křížení. K selekci výkonných rostlin podle optimální kombinace výnosových prvků s kontrolou jejich potomstev se využívá rodokmenová, případně směšovací metoda (nebo jejich kombinace) výběrového postupu.

2.4.2. Šlechtění na jakost

Požadavky a šlechtitelské úkoly spojené se šlechtěním na jakost ječmene se týkají především obilek. Jakost zrna vyjádřená technologickou, nutriční a krmnou hodnotou je významným šlechtitelským cílem, který vede ke šlechtění odrůd pro sladovnické účely, pro krmné účely, případně pro potravinářské a jiné účely.

Jakost zrna ječmene je komplexní vlastnost a je vyjádřená řadou ukazatelů. Obilka ječmene obsahuje nutričně cenné komponenty, obsahuje asi 85 % sušiny, 9-14 % proteinu,

65-68 % sacharidů, 4 % celulózy, 1,9-3,5 % tuku a 2,5 % minerálních látek a vitaminy v sušině.

Sledování a hodnocení úrovně jakostních ukazatelů je součástí selekčních postupů a souvisí s užitkovými směry šlechtění:

a) Jakostní ukazatelé sladovnických odrůd

Pro šlechtění sladovnických odrůd v našich podmínkách se využívá výhradně dvouřadých jarních forem (var. *nutans*). V některých západoevropských státech jsou i dvouřadé ozimé formy jako sladovnické. Naše odrůdy z hlediska sladovnické a pivovarské hodnoty patří k nejlepším a šlechtitelé vynakládají značné úsilí o její udržení a zlepšování. Vysoká sladovnická hodnota je dána především genetickým základem jakosti jako celku i jednotlivých dílčích složek. Jakostní ukazatele zahrnují vnější i vnitřní znaky a vlastnosti obilek, které jsou základem pro zpracování zrna pro sladařské a pivovarnické účely. Znaky jakosti jsou současně využívány jako kritéria ve šlechtitelských programech.

Z nejdůležitějších **vnějších znaků** se posuzuje:

- **tvar zrna**, který je odrůdovým znakem a ovlivňuje jednotnost vzorku. Žádoucí je zrno buclatého tvaru, k oběma koncům se pozvolna zužující, plné a středně velké. Takové se rychle sladuje a má vysoký obsah extraktu. Nevyhovuje zrno protáhlé, nebo příliš krátké a kulovité (typu Kneifl).
- **barva pluchy** (obilky) je žádoucí slámověžlutá (světležlutá), stejnoměrná po celé obilce. Nevhodná je barva příliš světlá, nebo naopak tmavá. Barva pluchy je znak dědičný, projev je ovlivněn zejména povětrnostními podmínkami v době dozrávání. Nežádoucí je výskyt zahnědlých a hnědých špiček a jiné barevné změny obilek (skvrnitost, našedlá zrna aj.), jejichž výskyt ovlivňují povětrnostní a půdní podmínky, zdravotní stav i genotyp. Náchylnější jsou odrůdy s větší citlivostí k hnědé a rhynchosporiové skvrnitosti.
- **pluchatost a jemnost pluchy**. Žádaný je nízký podíl pluch 8,5-9,5 %, plné buclaté zrno má nižší pluchatost. Pluchy mají být jemné a tenké, hustě příčně zvrásněné především v klíčkové polovině, pevně spojené s obilkou. Příliš tenké pluchy se snadno poškozují při sklizni, třepí se a jsou příčinou slupování a výskytu nahých zrn. Hrubé pluchy signalizují vyšší obsah bílkovin. Jemnost pluch je odrůdovým znakem, avšak ovlivněný výživou, suchem a polehnutím. Pluchy při výrobě piva působí jako přirozený filtr při oddělování sladiny od rmutu, ale mohou také i nepříznivě ovlivnit chuť piva obsahem hořkých látek.

- **velikost a velikostní vyrovnanost zrna.** Velikost zrna vyjadřuje HTS vytríděného zrna na sítích o otvorech 2,5 mm a má se pohybovat mezi 42-45 (50) g. Vyšší hmotnost zrn se projeví na vyšší objemové hmotnosti sladu. Velikost zrna je do značné míry odrůdovým znakem. Podíl zrna na sítu má být nad 90 %. Posuzuje se i objemová (hektolitrová) hmotnost, která má být 68-72 kg.hl⁻¹. Žádoucí je velikostní vyrovnanost obilek z hlavního stébla i odnoží. Vyrovnanost zrna je důležitá pro rovnoměrné nasycování vodou při máčení, pro jednotné klíčení a sladování.

Z **vnitřních znaků** obilek se posuzuje:

- **obsah hrubých bílkovin**, který je nejdůležitějším kritériem sladovnických kultivarů. Měl by se pohybovat od 9,5 do 11,5 % (obsah nad 12 % je nepříznivý). S obsahem bílkovin je v negativní korelaci obsah škrobu a tím i extraktu sladu. Zvýšený obsah bílkovin např. o 1 % snižuje obsah extraktu o 0,8 %, zhoršuje sladařské a pivovarské zpracování, snižuje chuť, trvanlivost i vzhled mladinky a celkově zhoršuje jakost piva.

Bílkoviny mají specifickou funkci při výrobě piva, podílí se na tvorbě pěny, podmiňují stálost, plnost a chlebnatost piva a proto se jejich obsah přísně posuzuje.

Nepřímým a orientačním ukazatelem obsahu bílkovin je charakter endospermu, který má být moučný a kyprý. Polosklovitost a sklovitost signalizuje vysoký obsah bílkovin bohatších na hordein. Předpověď je možná 10 dnů před plnou zralostí, neboť pak již nedochází ke kvantitativním změnám ve složení zrna i v obsahu bílkovin (KOUSALOVÁ, VOŇKA, 1978). Obsah bílkovin v zru je charakteristický pro ekologické skupiny odrůd, nízký obsah mají odrůdy západoevropské, vyšší obsah mají odrůdy východoevropské a asijské. Tato charakteristika je důležitá při výběru odrůd ke křížení.

Obsah bílkovin se stanovuje všeobecně známou metodou, v počátečních fázích šlechtění se využívá i nedestrukční metoda NIRS.

- **klíčivost a životaschopnost** (energie klíčivosti). Vyžaduje se vysoká energie klíčivosti a klíčivost zrna (min. 92 %), vysoká životaschopnost a vyrovnanost v klíčení. Za 3 dny po naklíčení mají být dobře znatelné kořínky minimálně dlouhé jako zrno. Energie klíčivosti se určuje podílem naklíčených zrn za 72 hod. Dosažení optimální energie a celkové klíčivosti závisí na délce tzv. posklizňového či fyziologického dozrávání. Žádané jsou typy s nízkou klíčivostí v době sklizně, ale vysokou klíčivostí 2 týdny po sklizni.
- **tvrdost zrna** je závislá na obsahu bílkovin a na struktuře sacharidového komplexu. Žádoucí je vysoký obsah škrobu neboť naznačuje vysokou extraktivnost sladu.

Průměrný obsah škrobu činí 63 %, u nejkvalitnějších genotypů až 66 %. Je žádoucí šlechtit typy s velkými škrobovými zrny velikosti 10-40 μm .

Těžiště hodnocení technologické hodnoty zrna sladovnických genotypů se přesunuje na **hodnocení jakosti sladu**. Úroveň sladovnické hodnoty je v kladné korelaci s pivovarskou jakostí.

Testy sladovnické hodnoty jsou jako šlechtitelská kritéria. Posuzují se vnější znaky na obilkách (bonitace) a nepřímé ukazatele obsahu bílkovin a škrobu (sklovitost). V pozdějších generacích se zkouší malé vzorky zrna (50-100 g) v automatických mikrosladovnách v laboratořích šlechtitelských stanic, nebo vzorky o hmotnosti 2-5 kg (v silonových sáčcích) přímo v provozu sladovny.

U **vzorků sladu** se posuzuje a hodnotí:

- **obsah extraktu** (extraktivnost), což je množství rozpustných extraktivních látek (použitelných pro výrobu piva) vzniklých činností amylolytických a proteolytických enzymů, které při sladování (rmutování) přejdou do roztoku. Je to nejdůležitější jakostní ukazatel. Měl by se pohybovat mezi 80-82 %.
- **relativní extrakt při 45°C (RE)** představuje celkovou enzymatickou aktivitu a stupeň štěpení bílkovin. Vyšší hodnoty ukazují vyšší kvalitu sladu, v současnosti jsou žádoucí hodnoty 38-39 %.
- **konečný stupeň prokvašení**, jako souhrn všech zkvasitelných látek (cukrů a extraktu sladiny pivovarskými kvasnicemi), rozhodujícím způsobem vyjadřuje zpracovatelnost sladu na pivo.
- **tvrdost sladu** se stanovuje jako odpor k rozemílání 10 g vzorku.
- **diastatická mohutnost** ukazuje v jakém množství jsou ve sladu přítomny amylolytické enzymy. Je ovlivněna genotypem a průběhem počasí v období zrání. Vyžaduje se vysoká diastatická mohutnost (je podmíněná obsahem amylázy), přes 220 (280) v j. WK.
- **obsah bílkovin** (je asi o 0,5 % nižší než u vzorku zrna).
- **Kolbachovo číslo** vyjadřuje množství N-látek přešlých do sladiny při rmutování k celkovému N ve sladu. Žádoucí jsou hodnoty 40-42.
- **viskozita** je určitým měřítkem rozluštění sladu, větší je u hůře rozluštěného sladu.
- **friabilita** (křehkost sladu) vyjadřuje hmotnostní podíl zrn, která neprojdou otvory síta, žádoucí je nad 79 %.

- **obsah beta glukanů** (rozpustné vlákniny), které působí potíže při zcezdování a filtraci piva, negativně zvyšují viskozitu sladiny, mladiny i piva. Sladovnické odrůdy obsahují v zrna asi 1,6 - 4,9 % beta glukanů, žádoucí je nízký obsah.

Hodnocení friability a obsahu beta glukanů je zavedeno od r. 1996.

Vyvstává požadavek na **snížení obsahu anthokyanů** (prekursorů koloidních zákalů piva) šlechtitelskou cestou, nejspíše indukci mutací bezanthokyanových forem a využíváním vzniklých Ant-donorů ke křížení s domácími odrůdami.

Nově se v hodnocení sladovnických odrůd bude využívat bonitační systém - **ukazatel sladovnické jakosti (USJ)**. Hodnotám posuzovaných znaků se přidělí body (1-nejhorší až 9-nejlepší), z dosažených hodnot a také z váhy jednotlivých znaků a koeficientů regresních rovnic, se podle počtu bodů vypočítá příslušný USJ (PSOTA, 1997). Při USJ nad 6,0 se odrůda považuje za sladovnickou, při nižších hodnotách za nesladovnickou. Příklady zařazení registrovaných odrůd podle USJ jsou v tab. 2.2.

Tab. 2.2. Ukazatel sladovnické jakosti -USJ (PSOTA, 1997, upraveno).

Odrůda	USJ	v LPO	Odrůda	USJ	v LPO
Krona	9,00	1996	Amulet	6,62	1991
Sladko	8,49	1992	Atribut	6,23	1982
Kompakt	8,35	1995	Rubín	6,14	1996
Olbram	7,91	1996	Stabil	6,12	1993
Forum	7,86	1993	Akcent	5,54	1992
Novum	7,57	1988	Famin	5,36	1996
Jubilant	6,77	1991	Jarek	4,45	1987

Sladovnická hodnota zrna ječmene je určována mnoha znaky, které jsou funkcí genotypu a jsou i různě citlivé na vlivy pěstitelského prostředí. Dědičnost většiny jakostních ukazatelů je polygenního charakteru s nízkou dědivostí a se značným vlivem podmínek pěstitelského prostředí. Dílčí znaky a vlastnosti vykazují zpravidla dědičnost jednodušší. Vliv genotypu (odrůdy) je největší u množství extraktu (až z 54 %), u křehkosti sladu (45 %), u diastatické mohutnosti (34 %), u objemové hmotnosti (30 %), u podílu nad sítem 2,8 mm (28 %), u RE při 45°C (28 %), nejnižší je u obsahu bílkovin (12 %) (PETR a kol., 1997). Podobně i CHLOUPEK (1995) řadí charakteristiky sladovnické hodnoty

sestupně podle stupně heritability: obsah extraktu, diastatická mohutnost, Kolbachovo číslo, stupeň prokvašení, relativní extrakt při 45°C, HTS a obsah bílkovin.

Šlechtění sladovnických odrůd na jakost se vždy rozvíjelo v souladu se sladařskými a pivovarskými požadavky. Požadavky jsou použity jako kritéria ve šlechtitelských programech. Současná odrůdová skladba dává záruku velmi dobré a u některých odrůd až špičkové jakosti sladu.

b) Jakostní ukazatele odrůd pro krmné účely

Ječmen jako krmná obilovina je ceněn velmi vysoko a proto by se měly šlechtit odrůdy pro krmné účely. Spotřeba ječmene pro krmné účely je dost vysoká, činí víc jak 65-70 % celkové produkce.

Důležitými požadavky a selekčními kritérii jsou:

- **vysoká nutriční hodnota** určená vysokým obsahem hrubých bílkovin (12-15 %) a jejich biologickou hodnotou, především vyšším obsahem aminokyseliny lyzinu. Z tohoto hlediska byl odvozen ideotyp odrůdy: obsah N-látek nejméně 11,5 %, s obsahem lyzinu 5 g na 16 g N, nejvýše 4,5 % vlákniny a minimální obsah beta glukanů (PETR a kol.,1997). Žádoucí je dobrá využitelnost živin (zhoršuje pluchatost obilek).

Vyšší obsah lyzinu je významný tím, že zvyšuje i koeficient využití bílkovin PER ($r=0,81$). Je snaha zvýšit obsah lyzinu genetickou cestou, avšak pro šlechtění je dost obtížné spojit vysoký obsah bílkovin s vyšším obsahem lyzinu a s vysokým výnosem zrna. Snažší je spojit vyšší obsah škrobu s výnosem. Nadějně jsou transgrese v hybridních populacích po křížení sladovnických odrůd s nahými formami (BOHÁČ, 1990).

Pro šlechtění jsou nadějně výchozí materiály mutantů s vysokým obsahem bílkovin (okolo 16 %) a lyzinu (0,6 % v sušině) zvané Hiproly (hight-protein-lyzin) a Hight protein. Mají ale i nedostatky, např. nízkou HTS, kratší klas, nižší odnožování a snížený výnos.

Dosud nebyly vyšlechtěny odrůdy typicky krmného ječmene. V našich podmínkách jsou presentovány odrůdami víceřadého ozimého typu (nově i dvouřadého ozimého typu) a případně dvouřadého jarního typu, tzv. nesladovnickými odrůdami. Nadějně jsou bezpluché linie s vysokým obsahem bílkovin (až 16 %) i lyzinu (5,94 g) a výrazně nižším obsahem beta glukanů (EHRENBERGEROVÁ et al. (1997).

- **snadná vizuální odlišitelnost** od sladovnických genotypů např. tvarem obilek (víceřadé typy), bezpluchostí obilek (nahý, var. *nudum*), barevností obilek (var. *nigrum*) apod., je důležitým požadavkem.

c) Jakostní ukazatele odrůd pro potravinářské účely

Pro potravinářské potřeby se zpracovává zrna ječmene na kroupy, krupky a ječnou mouku, spotřeba je zatím malá (asi 1,2-1,6 kg na osobu), lze však předpokládat zvýšení v souvislosti s příznivými dietetickými účinky. Je zájem o vyšší obsah esenciálních aminokyselin i beta glukanů, které přispívají k snižování cholesterolu v krvi aj.

K potravinářským účelům by byly vhodné bezpluché formy, které se dobře hodí pro přípravu cereálních typů müsli. Jsou však většinou méně výnosné, poléhavé, náchylné k chorobám a k výdrolu zrna.

Vhodný je mutant jarního typu označovaný „waxy“ (voskovitý, sklovitý) s vysokým obsahem beta glukanů (2,6-6,6 %), což souvisí s vysokým obsahem amylopektinu 96-100 % (proti 73-77 % u sladovnických typů). Vyšší obsah beta glukanů a vyšší viskozita předurčuje dietetickou vhodnost pro lidskou výživu. Méně vhodným je pro krmení monogastričních zvířat z důvodu nižší konverze živin v zažívacím traktu.

U průmyslového využití půjde o vhodnost k výrobě škrobu, whisky, etanolu, farmak a produktů pro kosmetický průmysl.

Úroveň jakostních ukazatelů šlechtěného materiálu se hodnotí jednak na základě subjektivního posouzení (bonitace) vnějších znaků jakosti na obilce. U většiny ukazatelů vnitřních na základě objektivních analýz, k čemuž je potřebné vhodné přístrojové a laboratorní vybavení.

S metodami stanovení jakostních kritérií se student seznámí v předmětu Hodnocení a zpracování rostlinných produktů.

2.4.3. Šlechtění na délku vegetační doby

Délka vegetační doby domácích odrůd jarních forem se pohybuje od 95 do 115 dnů, u ozimých forem asi 270-300 dnů. V délce vegetační doby jsou mezi odrůdami jen několikadenní rozdíly. Existují určité rozdíly v délce jednotlivých období růstu u jarních forem:

genotypy	vzcházení - metání	metání - zrání
severské (pozdní)	dlouhé	kratší
jižní	kratší	delší
ideotyp	kratší	delší
	(je více času na tvorbu zrna)	

Z hlediska dědičnosti dominuje ranost a kratší období do metání. S úspěchem lze využívat indukci mutací na ranost.

Délka vegetační doby, zejména ranost, často podmiňuje odolnost vůči suchu a některým škůdcům (bzunka ječná).

2.4.4. Šlechtění na odolnost proti stresovým vlivům

Stres je možné definovat jako reakci organismu na působení extrémního faktoru prostředí schopného vyvolat i poškození. Lze rozlišovat faktory abiotického a biotického charakteru.

Řešení úkolu zahrnuje:

a) Šlechtění na **suchovzdornost**, při němž se zohledňují znaky a vlastnosti zvyšující odolnost. Ječmen je citlivý na nedostatek vláhy zejména na jaře (při vzcházení a na začátku odnožování) a v době nalévání zrna (snižuje výnos a zhoršuje sladařskou jakost zrna). Žádoucí je rychlý růst na začátku vegetace, odolnější jsou typy s kratším a užším listem a s dobře vyvinutou kořenovou soustavou, se zpomaleným růstem v nepříznivých podmínkách a s aktivní reakcí na závlahu či déšť. Jako vhodné genetické zdroje se využívají domácí krajové nebo šlechtěné odrůdy.

Je řada nepřímých metod pro **testování odolnosti** rostlinného materiálu (měření vodního potenciálu pletiv a asimilační aktivity při nízké relativní vlhkosti, měření délky kořenů po 5-7 dnech klíčení v pískové kukluře aj.), z nichž pro šlechtění jsou využitelné jen některé. Nejčastěji využívanou metodou je výnosové srovnávání novošlechtění a odrůd v podmínkách suchých lokalit.

b) Šlechtění na **toleranci k půdní kyselosti**. Předpoklady se vytvářely na začátku 80. let, jednak průzkumem podstaty odolnosti (tolerance) a metodických postupů a také hledáním vhodných genetických zdrojů. V kyselých půdách škodí rostlinám hlavně sekundární vlivy, tj. zvýšená koncentrace iontů Al^{+++} a Mn^{++} , které brzdí růst, zeslabují zakořeňování a omezují odnožování, v konečném důsledku snižují HTS a výnos zrna.

Z testačních metod je použitelná metoda hematoxinového barvení kořenů mladých rostlinek, podobně jako u pšenice. Studovala se i genetika odolnosti. Průzkum genetických zdrojů prokázal existenci velmi malého množství tolerantních genotypů. Např. v Dánsku z 670 odrůd světového sortimentu jen 9 % prokázalo vyšší toleranci, v domácím sortimentu byly tolerantnější staré odrůdy s dlouhým stéblem (ŠPUNAROVÁ, ZENIŠČEVA, 1985).

c) Šlechtění na **odolnost k chorobám a škůdcům**

Rezistentní odrůda je jedním z faktorů výnosové stability a tvoří genetickou alternativu ochrany rostlin. Úspěšnost často ztěžuje omezená volná kombinovatelnost genů v souvislosti s malým počtem chromozomů a velkou proměnlivostí a přizpůsobivostí patogenů (u některých i specializované rasové spektrum) a také požadavek na komplexní rezistenci k chorobám.

Šlechtění je zaměřeno na odolnost vůči nejnebezpečnějším chorobám:

a) z **virových chorob** se věnuje pozornost odolnosti k **žluté virové zakrslosti** (BYDV) u jarních forem a k **virové mosaice** (BYMV) u ozimých forem. Uvedené virózy nejsou zatím u nás nebezpečné, ale jsou rozhodující pro uplatnění odrůd v zahraničí (Francie, Anglie, Německo).

b) z **houbových chorob** se jedná především o listové choroby:

- **padlí travní** (*Erysiphe graminis*, f. sp. *hordei* DC.), škodí hlavně na listech mladých rostlin, snižuje výnos o 5-15 % a zhoršuje jakost sladu. Je známo asi 9 fyziologických ras.

Šlechtění je založeno na rasově specifické odolnosti. Je poznána řada genových lokusů umístěných na stejných nebo různých chromozomech. Nejvíce alel je známo u genu *Mla* umístěného na krátkém rameni 5. chromozomu. Bylo známo 14 alel (*Mla*₁₋₁₄). Na V. kongresu o genetice ječmene byla podána informace o dalších alelách *Mla*₁₆₋₁₉ (Lekeš, 1987) a významné geny jsou detekovány v lokusu *Mla*₁₆ až *Mla*₃₄, další pak v populacích planě rostoucího ječmene *Hordeum spontaneum*. Je řada dalších účinných genů *Mlg*, *Mlv*, *Mlat*, *Mlp*, *Mlnn*, *Mlsn*.

U většiny domácích odrůd jsou využívány geny *Mla*₆₋₇, *Mla*₁₃ i gen *Mlg* (Denár). Nově je využíván velmi účinný gen odolnosti *mlo* s odlišným mechanismem působení. Spočívá v reakci pletiv listů při pronikání infekčního vlákna kutikulou tvorbou ve vodě nerozpustného sacharidu - kalózy. Gen podmiňuje odolnost vůči všem rasám, tedy nespecifickou odolnost (BRÜCKNER, 1993). První odrůdou s tímto typem odolnosti je Forum (1993) a dále nové odrůdy Olbram a Atribut (1996).

Šlechtění na odolnost k padlí travnímu je ztěžováno podobně geneticky založenou rezistencí u většiny odrůd, což vyvolává velký tlak a změny rasového spektra patogena. Rovněž shodný genetický základ rezistence u evropských i domácích odrůd ozimého ječmene vytváří rezervoár chorob pro jarní odrůdy. Také vysoká proměnlivost patogena umožňuje snadné překonání odolnosti.

- **rez ječná** (*Puccinia hordie* Orth.), která škodí na listech, přezimuje na ječmeni ozimém, se vyskytuje v 19 biotypech. Je známo 9 genů odolnosti na 4. chromozomu.

Nejsou známy genotypy s komplexní odolností ke všem biotypům, jsou známy jen zdroje odolnosti k rasám. U odrůdy Karát je určitou zvláštností, že např. gen *Pa7* je ve vazbě s genem odolnosti k padlí *Mla13*. Jinou zvláštností je, že některé genotypy prokazují náchylnost ke rzi ve skleníkových podmínkách a v polních podmínkách prokazují určitou odolnost např. zpomaleným rozvojem choroby, menším počtem ložisek a nižší sporulací. Podle RŮŽIČKY et al. (1997) jsou zdroje pro genetickou rezistenci poněkud omezenější a dosavadní geny *Pa3* a *Pa7* nejsou příliš efektivní. Účinnější se jeví nesespecifická polygenická odolnost (tzv. slow rusting) a nabízí se možnost využití genů odolnosti z *H. spontaneum* a *H. bulbosum*. Žádoucí je spojit odolnost padlí s odolností ke rzi.

- **rez plevová** (*Puccinia striiformis* West.) je dost rozšířená. Geneticky je rezistence podmíněna 2 geny *Pa-x* a *Pa-y*, které současně kontrolují odolnost ke rzi ječné. Je málo donorů odolnosti.

- **hnědá skvrnitost ječná** (syn. síťová skvrnitost ječná), kterou způsobuje houba *Pyrenophora teres* Dreschs., konidiové stadium *Helminthosporium teres*. Způsobuje hnědé skvrny v horních částech listů, list zasychá od vrcholu k bázi. Snižuje se HTS a tím i výnos a jakost.

Je fakultativním parazitem zvl. v chladných a vlhčích oblastech nebo ročnících, je nevýrazně specializovaným, netvoří rasy, ale kmeny s různou produkcí toxinů. To ztěžuje šlechtění, podobně jako nedostatek zdrojů odolnosti. Infekce se přenáší osivem, sekundárně během vegetace větrem.

Dosud bylo poznáno kolem 20 genů rezistence (*Pt*, *Pt2*, *Pta* aj). Choroba se vyskytuje více u krátkostébelných silně odnožujících genotypů a málo odolných k padlí travnímu.

- **rynchosporiová skvrnitost** (*Rynchosporium secalis* Oud.) tvoří nápadně lemované skvrny vejčitého a nepravidelného tvaru na listech nebo pochvách. Vyskytuje se u jarních i ozimých forem, škodí hlavně ve vlhčích a chladných lokalitách a ročnících. Napadené rostliny netvoří klasy.

Je známo 11 genů rezistence (*Rh2-7* a další) na 3. chromozomu, k dispozici budou zřejmě i zdroje odolnosti *H. v. ssp. spontaneum*. U některých odrůd je odolnost podmíněna 2 geny. Jsou známy donory odolnosti ve světovém sortimentu, kterými jsou většinou primitivní, víceřadé a dlouhostébelné odrůdy (NAVRÁTILOVÁ, 1986). Domácí odrůdy jsou velmi citlivé a selekce je zaměřena na typy u kterých dochází k napadení v pozdějších fázích vývinu.

- **sněť prašná ječmenná** (*Ustilago nuda* Rost.) se přenáší osivem, škodí v klasech, snižuje výnosy o 5-10 %, výskyt v množitelských porostech vede k zamítnutí nebo k

sestupnění. Bylo popsáno 7 dominantních genů odolnosti. Většina odrůd je středně odolná až náchylná, odolnost je ovlivněna průběhem kvetení a uzávěrem květních obalů, využívá se pseudorezistence (kleistogamie). Výskyt snětí je tlumen účinným mořením osiva.

Nejčastěji používanou **šlechtitelskou metodou** na odolnost k chorobám je kombinační křížení s genetickými zdroji, případně mutagenese. Schůdné je šlechtění multigenních, event. multiliniových odrůd s komplexní odolností více chorobám (rasám). Směsi odrůd nebo linií nevykázaly průkazně lepší výsledky (ŠPUNAR aj., 1987).

Nejčastějším způsobem **testování odolnosti** k listovým chorobám jsou skleníkové testy umělou infekcí konidiami na vzešlých rostlinkách při teplotě 20-25°C, s vyhodnocením po 10 dnech. U rzi ječné při teplotě 15-20°C při dostatečné vlhkosti.

Odolnost **proti škůdcům** souvisí s rychlostí růstu a vývinu, se znaky morfologickými a anatomickými. Proti bzunce jsou odolnější dvouřadé, rané a rychle odnožující typy.

2.4.4. Šlechtění na vhodnost k technologii pěstování

Řešení úkolu zahrnuje:

a) Šlechtění na **nepoléhavost**, což je úkol stále aktuální i přes dosažené úspěchy, neboť polehnutí porostu zvyšuje výnosové ztráty o 25-30 % a výrazně zhoršuje jakost zrna.

Nepoléhavost je komplexní vlastnost, na jejímž projevu se uplatňuje řada faktorů (viz schéma na obr. 2.2.).

Odolnost k poléhání nejvíce souvisí s délkou stébla, s pevností a pružností stébla, význam má i zvýšená mohutnost kořenové soustavy. Znaky jsou geneticky podmíněny a poměrně snadno identifikovatelné.

Šlechtění na nepoléhavost šlo cestou výrazného **zkrácení stébla**, při zachování vysoké produkční schopnosti s úzkým poměrem zrna ku slámě. Jak již bylo uvedeno, historickým mezníkem v domácím šlechtění byla mutantní odrůda Diamant, vykazující zkrácení stébla v průměru o 23 cm proti původní odrůdě Valtický. Zkrácení stébla se dobře dědí (i když genetika není známá), byla vyšlechtěna řada odrůd tzv. diamantové řady se zvýšenou odolností k poléhání.

Vyhovující výška stébla moderních odrůd je kolem 70-85 cm, která současně splňuje požadavky z hlediska vysokého výnosu a jakosti zrna. Zkrácené stéblo je v negativním vztahu s délkou podklasového internodia (délka internodia má tvořit 30-32 % z

celkové délky stébla), s délkou klasu, s tloušťkou stébla a s mohutností kořenové soustavy a v konečném důsledku snižuje produkční schopnost.

Schůdnou cestou je selekce vedená na zkrácení 2. a 3. bazálního internodia. Vysoká dědivost umožňuje selekci již v generaci F₂.

Obr. 2.2. Dynamická interakce genetických a negenetických faktorů na odolnost proti poléhání (ZENIŠČEVA, 1975).

Zesílení **pevnosti a pružnosti stébla** souvisí s anatomickou stavbou, s rozložením svazků cévních ve stěně a se silou a poměrem sklerenchymatických a parenchymatických pletiv. Projevuje se odporem stébla ke zlomu spodního internodia. Cestou je selekce na zvýšenou pevnost bazálních i horních internodií.

Důležitá je **mohutnost kořenové soustavy a zakotvení rostliny** v půdě. Je vyjádřena odporem rostliny k vytržení z půdy. Vlastnost však vykazuje značnou variabilitu a nízkou dědivost, šlechtitelsky je velmi nespolehlivá. Žádanější jsou typy s horizontálně rozloženým kořenovým systémem.

b) Šlechtění **na odolnost k výdrolu semen** při přezrání. Více náchylné k výdrolu jsou víceřadé typy. Dvouřadé typy jsou více náchylné na lámavost klasu a na lámání stébla. Odolnost se posuzuje subjektivně a náchylné kmeny se při selekci vylučují.

c) Šlechtění na **odolnost k porůstání zrn**, které souvisí s délkou posklizňového dozrávání (dormanci). Délka období, která kolísá asi od 22 do 36 dnů, je do značné míry podmíněna geneticky, je odrůdovým znakem. Podle délky období lze genotypy třídit do několika skupin. Náchylnost k porůstání snižuje jakost zrna a je proto nežádoucí.

2.4.5. Šlechtění ozimého ječmene

Začátek rozvoje šlechtění ozimého ječmene spadá do přelomu 20. století, nejstarší tradice je v Německu a v Holandsku. Šlechtění ozimých forem nebyla věnována taková pozornost jako šlechtění jarního ječmene. Přehled o vývoji sortimentu odrůd ozimého ječmene je v kap. 2.3.

Hlavní úkoly šlechtění jsou zvýšit výnos zrna a současně zlepšit zimovzdornost a zdravotní stav.

Ve šlechtění na **zvýšenou produkční schopnost** platí v podstatě stejné zákonitosti a stejné zásady jako u jarních forem, včetně tvorby biologického výnosu. Tvorba sušiny narůstá velmi brzy na jaře, nadměrné množství sušiny se redukuje odumíráním částí rostlin (žloutnutí porostu). Pozoruhodný je rychlý přechod asimilátů do klasů a vlastní fotosyntetická aktivita klasu (PETR a kol., 1997)

Víceřadé formy by měly mít 350-370 rostlin na m² na podzim, na jaře pak 250-350 rostlin na m² a 400-600 klasů na m². Dvouřadé ozimé formy se vyznačují vyšším odnožováním, vyšším počtem klasů/m² (500-750), vyšší produktivitou klasu, velkým a dobře vyvinutým zrnem. Počet zrn v klasu u víceřadého je 40-45 a u dvouřadého je 20-24. HTS u víceřadých forem se pohybuje okolo 38-40 g, u dvouřadých okolo 45-49 (52) g (FAMĚRA, 1993). Současný potenciální výnos podle MARÍKA a ŠPUNARA (1998) je na úrovni 10 t.ha⁻¹, víceřadé formy vykazují o 3-6 % vyšší výnos než dvouřadé.

Ve šlechtění na **jakost zrna** se uplatňují požadavky a kritéria využívané pro hodnocení a posuzování vhodnosti genotypů pro krmné, případně pro potravinářské účely. Víceřadé typy jsou u nás využívány pro krmné účely, zvl. pro monogastry. Dvouřadé ozimé kultivary zahraničního původu se využívají v zemích svého původu i pro výrobu sladu. U nás je šlechtění odrůd dvouřadého ozimého ječmene pro sladovnické účely ve fázi příprav.

Ve šlechtění na **délku vegetační doby** se u nás využívá doba 270-280 vegetačních dnů, která je příznivá zejména z hlediska agronomického. Genotypy s delší vegetační dobou v našich podmínkách poskytují vyšší výnos, v oblastech s letními přísuškami jsou výnosnější rané genotypy.

Významným úkolem je šlechtění **na odolnost k vyzimování**, které je důležitým stabilizačním faktorem u odrůd ozimého ječmene. Zimovzdornost i mrazuvzdornost ozimých forem je všeobecně nižší než u žita a ozimé pšenice. Kritická teplota u domácích odrůd je podle ŠTOLCOVÉ a CAPOUCHOVÉ (1995) víc než -13°C , nižší je zejména u dvouřadých forem (Marinka -11°C). Nižší zimovzdornost je podložena biologickými zvláštnostmi, především krátkým tepelným obdobím (u domácích odrůd v rozmezí 30-40 dnů) a menší citlivostí na podmínky krátkého podzimního dne. To způsobuje, že hlavní stébla a první odnože ukončují do nástupu zimy období citlivosti, ztrácí odolnost k zimě a na výnosu se pak podílejí vedlejší, ve vývoji méně pokročilé odnože. Zimovzdornost je rovněž ovlivněna stupněm vývinu samotných rostlin a jejich odnožovacích uzlů na podzim. Úkolem šlechtění na vyšší mrazuvzdornost je zaměřit se na genotypy s delší fotoperiodickou reakcí a s větší citlivostí ke krátkému dni a se schopností dobrého vývinu rostlin i ve zhoršených podmínkách (sucho, pozdní vzcházení aj.).

ŠPUNAR a MAŘÍK (1996) z hlediska mrazuvzdornosti (limitních teplot - LT) rozdělují genotypy do 4 skupin:

- 1) s nejvyšší mrazuvzdorností s LT -16°C a s dobrou regenerační schopností (odráždy Lunet, Kamil).
- 2) s dobrou mrazuvzdorností s LT -15°C a s výbornou regenerační schopností (odráždy Okal, Luxor, Kromoz, Kromir, zahraniční Borwina, Sigra).
- 3) s pouze dostatečnou mrazuvzdorností s LT -13 až -14°C (zahraniční víceřadé a všechny zahraniční dvouřadé s dobrou regenerační schopností).
- 4) se slabou mrazuvzdorností s LT -10 až -11°C (většina odrůd EU, pro naše podmínky nevhodné).

Dobrá mrazuvzdornost a regenerační schopnost domácích odrůd dávají předpoklady pro jejich vysokou konkurenční schopnost vzhelem k odrůdám zahraničním. V současné době se vyvíjí úsilí o vyšlechtění mrazuvzdorných dvouřadých odrůd.

Málo pravděpodobná je možnost využívání krajových evropských odrůd, je nutné vyhledávat transgresní kombinace. Kombinace vyšší mrazuvzdornosti s výnosem není šlechtitelsky obtížná, ale náročnější je spojení s raností. Rané odrůdy na jaře brzy ztrácejí zimovzdornost.

Mrazuvzdornost šlechtěného materiálu se **testuje** polně laboratorní metodou podle PRÁŠILA (1989) stejným způsobem jako u ozimé pšenice na základě minimální letální (kritické) teploty (LT).

Ve šlechtění na **odolnost k chorobám** převládal názor, že ozimý ječmen je zdravá obilovina, protože padlí travní ani listová skvrnitost výrazně nesnižovaly výnos. V současném sortimentu se však nevyskytuje odolná odrůda vůči hnědé skvrnitosti, naopak se zjistilo, že odrůdy s vyšší odolností vůči padlí byly více napadeny, i když méně než odrůdy dvouřadé (ŠPUNAR, MAŘÍK, 1996). Cílem je zabudovat geny specifické odolnosti k padlí travnímu a vyšší odolnosti k hnědé skvrnitosti.

2.5. Metody šlechtění

Na začátku šlechtění ječmene se využíval hromadný a později individuální výběr z krajových odrůd.

Později zavedené **křížení** se stalo a dosud stále je hlavní šlechtitelskou metodou používanou k rozšíření genetické základny pro selekci. Používá se především vnitrodruhové kombinační křížení mezi odrůdami, liniemi i kmeny v jednoduché i ve složitě podobě.

Používá se klasická **technika** křížení. Ječmen je velmi citlivý na poranění orgánů v době kastrace, kterou je nutné provádět v době kdy klas je ještě zakrytý v listové pochvě a generativní orgány jsou velmi jemné, zvláště u dvouřadých forem. Kastruje se jen 10 středních nejlépe vyvinutých klásků, kastrováný klas se izoluje. Opylení se provádí za 2-3 dny. Úspěšnost křížení často závisí na zručnosti a pečlivosti při kastraci i opylování.

Nejčastěji používaným výběrovým postupem pro zpracování hybridních generací je rodokmenová nebo směšovací metoda, případně jejich kombinace.

Další používanou metodou je **mutační šlechtění**. Ječmen byl často modelovou plodinou pro studium a uplatnění mutagenese. Získala se řada hospodářsky cenných mutantů s přímým využitím jako odrůda, častěji s využitím jako donorů žádaných mutovaných znaků a vlastností. Mutační šlechtění bylo dost rozšířené ve Švédsku, vznikly odrůdy na bázi mikromutací, erektoïdních typů, na bázi raných a rezistentních mutací. Jsou známé i mutační změny v jakostních znacích (dánská odrůda Hyproly), v pylové sterilitě, v morfologii rostliny (domácí krátkostébelná odrůda Diamant), v typu klasu a v řadě změn dalších. Používá se ionizační záření, používají se i různé chemomutageny. Indukované tetraploidy nebyly úspěšné.

Svého času se v literatuře uvádělo jako perspektivní i **heterozní šlechtění** na bázi pylové sterility. Průzkum heterozního efektu ukázal vysoké hodnoty. Hlavní problém spočívá v kleistogamickém způsobu kvetení a v řadě dosud nevyřešených otázek. Využití

heterozního osiva by bylo efektivní při 30 % heterózním efektu (BOHÁČ, 1990). V nejbližší budoucnosti se tato metoda zřejmě neuplatní.

Z **netradičních metod** stojí za zmínku snaha o indukci haploidů v kulturách prašníků a mikrospor a také technikou křížení s *H. bulbosum* (F₁ meziodrůdový hybrid x *H. bulbosum*) a jejich použití pro vyšlechtění dihaploidních linií. Častý problém je velmi nízký podíl regenerantů a vysoký výskyt albinozních jedinců (KUBÁNKOVÁ, 1987).

Ve šlechtění ječmene se využívají metody a postupy z oblasti bílkovinných **genetických markerů**, např. elektroforetickou analýzu hordeinu použili ČERNÝ et al. (1990) k zjišťování stálosti odrůdy, ŠAŠEK et al. (1992) pro zjišťování pravosti a čistoty genotypu, dále k odlišení dvouřadých forem ozimých od jarních a podobně i k odlišení víceřadých forem (ČERNÝ et al., 1993). Metodu RFLP použili JAHOR a FISCHBECK (1993) k identifikaci genů a lokusů rezistence k padlí travnímu *Mla*₂₅₋₂₈ u linií *H. spontaneum*. Nově se pro účely genetického mapování využívá techniky AFLP.

3. ŽITO (*SECALE* L.)

Žito je starou zemědělskou plodinou, i když mladší než pšenice a ječmen. Dříve patřilo k významným chlebovým obilninám. Pokles zájmu o jeho pěstování má řadu důvodů, jedním z nich je malý pokrok ve šlechtění nových odrůd, náročnější technologie pečení chleba, omezené využívání pro krmné účely aj. Zvýšený zájem o pečivo s vyšším podílem žitné mouky v rámci racionální výživy a rozšiřování žita do marginálních oblastí může přispět k rozvoji pěstování i šlechtění žita.

3.1. Původ a systematické třídění

Žito se postupně vyvinulo přirozeným výběrem z původní plevelné rostliny, která doprovázela pšenici při jejím rozšiřování do severních zeměpisných šířek. V méně příznivých podmínkách žito postupně převládlo (rozšířilo se až k 61° s. š.), došlo ke zkrácení vegetační doby, k zvětšení obilek, ke zpevnění a nelámavosti klasového vřetene. Žito získalo ozimý charakter a větší zimovzdornost.

Podle ANDROPOVA jsou dvě genetická centra vzniku druhů žita: Malá Asie a Zakavkazsko a severozápadní Írán, jako sekundární centrum pak Afgánistán a Střední Asie.

Do severní Evropy se žito rozšířilo jednak přes Turecko, Balkán a podél Dunaje, a do východní Evropy přes Černé moře a Jugoslávskou nížinu. K rozšíření kulturního žita v Evropě přispěli hlavně Slované, záhy ho poznali Germáni a obyvatelé severských zemí.

Fylogeneze rodu *Secale* L. z pohledu kulturního žita byla prokázána VAVILOVEM ve 20. a 30. letech t. st. Je známo několik systémů botanického třídění rodu na řadu druhů, přesto dodnes není na druhové složení a fylogenetické vazby jednotný názor. Nejčastěji se přijímá třídění podle ŽUKOVSKÉHO z r. 1971 a podle KOBYLJANSKÉHO (1982).

Třídění rodu *Secale* L. podle KOBYLJANSKÉHO:

I. sekce *Oplismenolepis*

1. *S. silvestre* Host
2. *S. iranicum* Kobyl.
3. *S. montanum* Guss.
subsp. *montanum*
subsp. *anatolicum*
subsp. *africanum*

II. sekce *Secale*

4. *S. cereale* L.
subsp. *cereale*
subsp. *vavilovii*
subsp. *tetraploidum*
subsp. *derzhavinii*
subsp. *tsitsinii*

Rod *Secale* L. zahrnuje plané druhy s lámavým klasovým větvenem a s pluchatými obilkami, např. vytrvalé žito horské (*S. montaneum*). Znamé je žito lesní (*S. silvestre*). V rámci druhů je řada variet. Porovnání některých znaků u druhů žita uvádí obr. 3.1.

Obr. 3.1. Porovnání 5 druhů rodu Secale L. (upraveno dle PLARRE, 1985).

Jediným kulturním druhem je **žito seté** (*Secale cereale* L.), s řadou poddruhů. Žito seté je nejvíce rozšířeným druhem v kultuře, má řadu variet lišících se v lámavosti klasového větene, v ochmýření a barvě plev a obilek.

Mezi kulturními formami má zajímavé postavení jánské žito (křibice, žito pasekové, horské, trsnaté - *S. cereale*, var. *multicaule*), s rychlým vývinem, poskytující vysokou produkci zelené hmoty. V letech 1890 bylo známé jako české horské trsnaté, později bylo využito k vyšlechtění odrůdy Dobřenické, vhodné pro pasení či sekání, dobře obrůstalo a drobné obilky se používaly pražené jako kávová náhražka.

Evropský a světový sortiment žita lze dělit do ekologických skupin. ANDROPOPOV (cit. KONOVALOV, 1990) uznává šest těchto skupin podle biologických, morfologických a hospodářských vlastností a místa původu. Odrůdy západoevropské nížinné skupiny jsou většinou výnosnější, vyznačují se dobrým odnožováním a mají pevnější stéblo. Jsou častými genovými zdroji v domácím šlechtění.

3.2. Cytologie, genetika, biologie kvetení a vývoje

Všechny druhy a poddruhy žita mají diploidní počet chromozomů $2n=14$, genomu RR (z angl. rye). Tetraploidní formy s $2n=28$ byly získány experimentální polyploidii. Chromozomy mají typickou stavbu s primární konstrikcí, liší se délkou ramen. Jeden pár (1R) je submetacentrický se sekundární konstrikcí. Vyskytují se 2-3 (5) páry satelitních

chromozomů. Vyskytují se tzv. B chromozomy (akcesorické), tvarově, funkčně i velikostně rozdílné. Přisuzuje se jim kontrola buněčného dělení i negativní působení na některé znaky, např. na snížení fertility.

Úloha cytoplasmy je málo prostudována, byly zjištěny matroklinní vlivy na velikost obilek a klasu, na odnoživost, na délku stébla, na zubatost klasu a projevy pylové sterility.

Genetika znaků a vlastností je prostudována nedostatečně. Potíže spojené se studiem dědičnosti znaků a vlastností souvisejí s výraznou cizosprašností, heterozygotností a heterogenitou rostlin i populací. Bylo lokalizováno více než 120 genů.

Je známá dědičnost některých znaků, např. zelená barva obilek ve vazbě na červeně zbarvený hypokotyl je dominantní, světle žlutá barva obilek ve vazbě se zeleným hypokotylem se dědí recesivně. Voskový povlak na klasu je dominantní. Krátkostébelnost řízená geny *Hl* (dominantní) a genem *ct* (recesivní) s pleiotropním účinkem. Odolnost k padlí travnímu je podmíněna dominantním genem *Er*, případně genem *Rm2*. Byla studována i rezistence ke rzi travní, je řízena genem *Sr* s řadou alel. Zkrácený seznam genů lokalizovaných v chromozomech uvádí MARŠÁLEK (1989).

Hospodářsky významné znaky související s produkční schopností rostlin a znaky technologické a nutriční hodnoty jsou založeny polygenně, při výrazném vlivu prostředí. Nízká alfa-amylolytická aktivita je dominantní, řízena 2 geny aditivně.

Autoinkompatibilita (AIK) žita je podmíněna 2 geny S a Z s mnoha alelami a 3 modifikačními geny.

Cytoplasmatický typ pylové sterility (CMS) se projevuje žlutými a malými prašníky a nízkou tvorbou pylu. Tzv. ruský typ „R“ (*/S/rfrf*) byl nalezen u odrůdy Vjatka. Tzv. typ „P“ podmíněný 2 páry jaderných genů (*/S/rf₁rf₁rf₂rf₂*) byl nalezen u argentinské odrůdy Pampa. Zřídka se vyskytují udržovatelé sterility, častější je výskyt obnovitelů fertility.

Krajové odrůdy a odrůdy vyšlechtěné klasickou cestou jsou z hlediska genetické struktury široké a složité populace rozličných genotypů. Mezi šlechtěnými odrůdami je poměrně malá genetická odlišnost, která souvisí se značnou příbuzností. Široká fenotypová variabilita je uvnitř populací, a ta souvisí se složitou genetickou podstatou a genetickým založením populace. Nejnižší variabilita je u délky stébla, střední je v délce klasu, v počtu klásků a v počtu zrn v klasu a celé rostliny, variabilita je v tvaru klasu nebo v barvě osin.

Z genetických a biologických zvláštností plynou některé **korelační vztahy**, využitelné ve šlechtění:

kladné	záporné
délka stébla - délka klasu vyrovnanost zrn - dobrá HTS	výnos - odolnost mrazu odnoživost- počet zrn a HTS délka stébla a spodního internodia - odolnost k poléhání obsah bílkovin i lyzinu - výnos zrna (není absol.)

Biologie kvetení a vývoje

Květenstvím žita je klas, dvoukvěté klásky (zřídka tříkvěté, střední kvítek často odumírá) přisedají ve výkrojcích klasového větene, klas je čtyřhranný, vrcholový kvítek chybí. Stavbu klásku a kvítku žita znázorňuje obr. 3.2.

Obr. 3.2. Klásek a kvítek žita (GULJAJEV a kol., 1975). 1 - osina, 2, 3 - plucha, pluška, 4 - pleva, 5 - blizna, 6, 7 - pylová tyčinka s prašníkem, 8 - lodikuly, 9 - semeník.

Žito seté je přísně **cizosprašné** (allogamní), **větrosnubné**. Cizosprašnost je podpořena alelickou serií autoinkompatibilních genů. Opylování cizím pylem je zajištěno i tím, že prašníky se nejdříve vysunou z květu na dlouhých tyčinkách a pak teprve uvolní pyl. Pyl je přenášen větrem, často na velké vzdálenosti (pylové zrno je opatřeno postranními měchýřky). V kvítku se tvoří velké množství pylu, až 60 tis. pylových zrn. Pyl je životný až 72 hod, za 30 min. proroste do zárodečného vaku.

Opylování převážně cizím pylem vede ke vzniku heterozygotních sestav nestejných genotypů, jejichž neustále vzájemné opylování tvoří podstatu genetické složitosti populací. Heterozygotní založení znaků podmiňuje plasticitu a adaptabilitu odrůd na rozdílné agroekologické podmínky.

Žito se vyznačuje značnou citlivostí k samoopylení. Literatura uvádí možnost spontánního samosprašení v rozsahu 0 - 6 % (8%), které může být posilováno vysokými teplotami v průběhu kvetení. Mluví se o pseudoautogamii. Ve stupni samosprašnosti jsou rozdíly mezi druhy, mezi kulturními odrůdami, mezi rostlinami i mezi rodinami v rámci odrůdy. Uvedených skutečností lze využít ve šlechtění inbredních linií.

Průběh kvetení a opylování žita je značně závislý na povětrnostních podmínkách během kvetení, bezvětří nebo déšť často rozhodují o ozrnění klasu. Za dobré se považuje 90 % nasazení zrn. Nejdříve kvete klas hlavní (asi za 7-10 dnů po vymetání), v dalším pořadí pak klasy odnoží. Květ je otevřen 12-30 minut, klas kvete 3-5 dnů, rostlina 7-8 dnů. Je-li teplota vzduchu 12°C začíná kvést již v 5-6 hod., pak v 10 a v 16 hod.

Z hlediska **vývoje** lze rozlišovat ozimé a jarní formy, nejrozšířenější je ozimá forma. Je typickým ozimem s vyhraněnými tepelnými nároky (vyžaduje až 45-50 dnů pro jarovizaci). Žito je rostlinou dlouhého dne. NÁTROVÁ a MACHÁŇ (1975) vypracovali postup, který umožňuje vypěstovat v teplotně a světelně řízeném prostředí 2 generace v jednom roce, čehož lze využívat ve šlechtitelském procesu.

3.3. Vývoj odrůdové skladby

Genom žita z hlediska fylogeneze, evoluce i rozsahu rozdílnosti, variability znaků a vlastností je poměrně úzký (vznik z jednoho druhu, selekční účinky podobných klimaticko-půdních areálů pěstování). Tato skutečnost měla značný vliv na rozsah a proměnlivost hospodářsky a biologicky významných znaků charakteristických pro druh.

Vědomé šlechtění žita začalo v první polovině 19. století v Německu (W. RIMPAU), pak v Rusku a v Polsku. Většina původních odrůd v minulém i na začátku tohoto století byla vyšlechtěna výběrem z krajových populací, které byly geneticky velmi heterogenní, vyznačovaly se dobrou zimovzdorností a nenáročností na vláhu a podmínky pěstování. V Německu se začalo s tzv. probštějským žitem, které bylo zlepšované primitivní selekcí (lehkým výmlatem snopů s cílem separace největších obilek, avšak s následkem současné selekce na výdrol). V Německu začal v r. 1881 plánovitě šlechtit von LOCHOW ve šlechtitelské stanici Petkus. Výchozí bylo žito pirnavské, vzniklé volným sprášením s probštějským žitem. Předmětem výběru byly rostliny s klasem

hustším, čtverhraným, dobře ozrněným plnými, středně dlouhými zrny šedozelené barvy, dále rostliny s kratším stéblem s poměrně silným stéblem pod klasem a s klasy v době zrání ve víceméně vodorovné poloze (HLAVÁČEK, 1948). Petkuské odrůdy se staly výchozí pro šlechtění většiny evropských (i světových) odrůd. Zde lze hledat důvod jejich značné příbuznosti.

Východoevropské odrůdy odvozují svůj původ od ruské odrůdy Vjatka.

V domácích podmínkách šlechtění žita začalo ke konci 80. let m. st. Byla vyšlechtěna řada odrůd (v r. 1922 byla přiznána původnost 28 odrůdám, 38 odrůdám v r. 1936 a v r. 1948 23 odrůdám), většina z nich také odvozovala původ z petkuských odrůd (přehled jejich vzniku uvádí LEKEŠ, 1990). V roce 1962 byly jen univerzální odrůdy (České, Zenit, Ratbořské) a jedna odrůda na zelenou hmotu (Dobřeničské krmné) a jedna odrůda žita jarního (Těšovské jarní). Po roce 1981 se uplatnily zahraniční odrůdy, Danae z NDR, Kutro u NSR, a polské Daňkovské Nové, ale i nová domácí odrůda Breno.

Domácí šlechtění určitou dobu stagnovalo. Významným úspěchem je nová odrůda Albedo (1991) a tetraploidní Beskyd (1991) pro krmné účely. V posledních letech se rozšiřují německé hybridní odrůdy žita (př. Marder, Rapid, Locarno).

Šlechtění žita je soustředěno do ŠS Krukanice (Selgen,a.s.) a VÚZ v Kroměříži.

V sortimentu evropských odrůd jsou vhodné **genetické zdroje** pro šlechtění na výnos (např. švédské, polské a německé odrůdy), vyšší obsah bílkovin mají drobnozrné extenzivní odrůdy, které často vykazují i vyšší odolnost k porůstání obilek. Plané formy byly využity při šlechtění na víceletost žita, také na krátkostébelnost, avšak při křížení současně přenášely lámavost klasového větene, drobnozrnnost a nevyrovnanost v odnožování.

3.4. Šlechtitelské cíle

Šlechtění žita, které je u nás svým rozsahem omezeno, je zaměřeno na tvorbu intenzivních výnosných odrůd, s požadovanými jakostními ukazateli pro potravinářské využití (mouka, výroba lihu), odrůdy odolné vůči chorobám a škůdcům a vhodné k technologii pěstování. Odrůdu krmného typu, hlavně pro zelenou hmotu, v současné době představuje tetraploidní odrůda Beskyd.

3.4.1. Šlechtění na produkční schopnost

Šlechtění je zaměřeno hlavně na produkci zrna. Z analýzy **fyziologických základů tvorby výnosu** zrna připadá ve fotosyntetické asimilaci relativně nízký podíl (asi 20-25 %) listovým čepelím (menší čepele a brzké odumírání). Vyšší podíl má klas a podklasové internodium, případně první praporcový list. Optimální je vzpřímené nebo mírně převislé postavení listových čepelí, nevhodné jsou silně převislé a není ani žádoucí zvětšování čepelí horních listů.

Genetický základ žita pro tvorbu zrna je v porovnání s pšenicí nižší, hlavně je nižší v produktivitě klasu.

Ze **struktury výnosových prvků** se sledují:

- **počet rostlin a klasů na ploše**, které spoluurčují utváření výnosu porostu a souvisí s výsevkem a autoregulační schopností v tvorbě odnoží, do jisté míry geneticky podmíněné. Pro výnos jsou rozhodující hlavní stéblo a první dvě odnože, i když rostlina je schopna vytvářet víc odnoží. Optimální počet rostlin je 200-250 (350) na m², počet klasů 420-450 (u hybridních odrůd 440-460) na m². Hybridní odrůdy pro vysokou odnoživost vyžadují výsev jen 80 - 110 kg.ha⁻¹ osiva.
- **produktivita klasu**, která je vyjádřena počtem vytvořených klásků a plodných kvítků a vyvinutých zrn (obilek). Tyto prvky mají stěžejní význam pro utváření výnosu. Potenciální produktivita klasu je vysoká, může být až 100 klásků a 200 zrn. Reálná je nižší, a tvoří asi 35 (65) procent, podle podmínek pro opylení a vývin obilek. S počtem obilek v klasu souvisí i velikost klasu.

Cílem je co největší **počet zrn v klasu** (ne méně než 60-70), avšak odpovídající výkonu asimilačního aparátu. Počet zrn je středně variabilní a uplatňuje se i vliv mateřské cytoplasmy. U odrůd se zkráceným stéblem je účelná selekce na dlouhý klas s vysokým počtem zrn.

Objevuje se tzv. zubatost klasu vzniklá nedokonalým ozrněním klasu, které je časté na bázi a na vrcholu klasu, ale také u níže postavených klasů. Může mít i genetické příčiny (poruchy meiose, snížená vitalita a nedostatek pylu), častěji se uplatňuje nedokonalé opylení v důsledku nepříznivých povětrnostních podmínek (děšť, mráz). K zubatosti klasu dochází při jednostranné selekci na velká semena. Náchylné genotypy se z dalšího šlechtění vylučují.

- **hmotnost tisíce zrn (HTS)**, rovněž rozhoduje o produktivitě klasu. Pohybuje se v rozmezí 27 - 40 g. Požaduje se její maximalizace, avšak s respektováním negativního

vztahu k počtu zrn v klasu a závislosti na délce horních internodií ($r=0,5-0,9$), jak doporučuje ČAPEK (1984).

Sleduje se i **morfologie klasu**. Poměrně stálým dědičným znakem je **hustota klasu**, je požadována střední, v rozmezí 28-35 klásků na 10 cm délky klasového větene. Nevhodný je dlouhý a velmi řídký, nebo velmi hustý klas (drobné a nevyrovnané zrno). Doporučuje se zohledňovat nezbytné proporce mezi velikostí klasu a velikostí asimilačního aparátu. Nežádoucí je větvení klasu.

Jsou rozličné **tvary** klasu (obr. 3.3.). Tvar klasu v populaci není zcela jednotný. Výhodný je větvenovitý, hranolovitý, příp. rybovitý klas. Jsou typy řídko- a hustoklasé a přechodné.

Obr. 3.3. Základní tvary klasů žita - I. - hranolovitý, II. - větvenovitý, III. - rybovitý; 1. pohled přímý. 2. pohled boční (GULJAJEV a kol., 1975).

Žádoucí je dostatečný **uzávěr pluch** (obr. 3.4.), neboť brání samovolnému vypadávání zrn. **Osinatost** klasu by měla být střední nebo větší, barva osin vykazuje jistou variabilitu v populaci.

Obr. 3.4. Uzávěr pluch - 1. slabý, 2. pevný (GULJAJEV a kol., 1975).

Významné je **postavení klasu**. V době zralosti má být klas středně převislý. U silně převislého dochází často k zalamování stébla pod klasem, vzpřímený klas ukazuje zpravidla na nízkou hmotnost obilek (lehký klas) a dochází k snadnému zatékání vody, což zvyšuje nebezpečí porůstání obilek.

Výnosová stabilita odrůd žita je dána plasticitou a nenáročností plodiny i v méně příznivých podmínkách.

Často používanou **metodou šlechtění** na výnos je kombinační křížení, nyní nastupuje heteroze u hybridních odrůd. Je obtížná přesná specifikace konkrétních požadavků na jednotlivé znaky vzhledem k jejich proměnlivosti. Určité modelové představy při selekci na výnos si stanovuje šlechtitel, např. na ŠS Krukanice jako selekční kritérium stanovili minimální hmotnost zrn/klas 2 g, počet zrn/klas 50 ks a HTS 40 g.

3.4.2. Šlechtění na technologickou a nutriční kvalitu

Technologická kvalita žita je určena mlynářskou a pekařskou hodnotou, které rozhodují o objemové hmotnosti a výtěžnosti mouky a objemu a jakosti pekařských výrobků.

Z hlediska **mlynářské hodnoty** se posuzuje zrno hlavně podle vnějších znaků. V selekčních postupech se sleduje: **plnost a tvar zrna, barva zrna a HTS**. Vyhovuje objemová hmotnost 67-75 kg a HTS 30-35 g. Nežádoucí je zrno scvrklé a příliš špičaté, vyhovuje hladká, lesklá a slabá slupka. Veliká a plná zrna mají zpravidla nižší obsah

bílkovin, vyšší HTS vede k vyšší výtěžnosti mouky. Drobnější zrno ztěžuje čištění před mletím a snižuje výtěžnost mouky. Žádaná je zelená až zelenošedá barva zrna a zrno mírně protáhlého tvaru. Zeleně zbarvené zrno má více aromatických látek, tmavě žluté má více popelovin a celulozy. Důležitý je obsah endospermu a vymílatelnost, mouka má mít světlejší barvu i při vysokém stupni vymílání.

Pekařská hodnota je určována především škrobo-amylázovým komplexem, obsahem a aktivitou amylázy. Tento komplex je často narušován porostlostí obilek, při které dochází k rozkladu škrobu amylolytickými enzymy, s důsledkem poškození jakosti mouky a chleba (lepkavá střída, slitý okraj, tzv. brousek). Mouka při pečení neváže dost vody, těsto je roztékavé a nekvalitní. Nepříznivě působí i tzv. skrytá porostlost, výrazně škodí již 2 % porostlých obilek.

Nejpřesnější stanovení pekařské jakosti žitné mouky je pekařský pokus. Odrůdové rozdíly nejsou zpravidla tak výrazné jako u pšenice.

Nutriční hodnota žitného zrna je dána obsahem a biologickou hodnotou bílkovin a obsahem dalších důležitých látek. Obsah bílkovin kolísá mezi 10-14 %, obsah lyzinu v bílkovině činí asi 4-4,5 %. Obsah bílkovin je v těsné korelaci ($r=0,9$) s výtěžností těsta a chleba. Bílkoviny mají vyšší biologickou hodnotu, ale o 10 % nižší využitelnost než u pšenice. Nižší stravitelnost způsobují žitné pentosany.

Vhodnou **metodou šlechtění** na jakost je kombinační křížení a selekce na transgresi, při respektování korelačních vztahů. Příznivě působí mateřská forma s vyšším obsahem bílkovin.

3.4.3. Šlechtění na odolnost k abiotickým a biotickým vlivům

Řešení šlechtitelského cíle zahrnuje:

a) Šlechtění na **zimovzdornost**, resp. na mrazuvzdornost. V našich podmínkách má menší význam, neboť žito je dostatečně odolné. Na podzim získává odolnost sice pomaleji (vyžaduje proto dřívější výsev), snáší mrazy -20 až -30°C (sibiřské odrůdy až -34°C), odolnost ke konci zimy pomaleji ztrácí, celkově má vyšší mrazuvzdornost než pšenice. Žitu více škodí jarní vymrzání vytahováním rostlin a tzv. vymokání.

Vyšší zimovzdornost podporuje pomalejší růst na podzim, přízemní typ listové růžice a hlubší umístění odnožovacího uzlu. Stupeň zimovzdornosti se hodnotí zpravidla jen v polních podmínkách (ve šlechtitelských školkách), zkoušky mrazuvzdornosti se neprovádějí. Odolnost k vyzimování se spojuje s odolností k plísní sněžné.

b) Šlechtění na **odolnost k chorobám** je méně problematické v porovnání s ostatními obilninami. Z houbových chorob je šlechtění zaměřeno na odolnost vůči :

- **plísní sněžné** (*Fusarium nivale*), jejíž rozvoj a tím i škodlivost je výsledkem interakce vlivu patogena a vnějších podmínek (teploty, vlhkosti, trvání a mohutnosti sněhové vrstvy). Choroba způsobuje špatné klíčení a vzcházení osiva, poškození rostlin až jejich úhyn. Napadá báze stébla a posléze i obilky. Infekce se přenáší osivem, a proto k jeho produkci jsou vhodné tzv. nefusariozní oblasti.

Šlechtění na odolnost k plísní je nutné, ale současně je obtížné jednak pro neobjasněnost podstaty odolnosti a také pro nedostatek vhodných genových zdrojů. Menší náchylnost prokázaly krajové odrůdy, mezi odolnější jsou řazeny odrůdy finské, rakouské a také domácí odrůdy. Náchylnější jsou formy s kratšími pluchami a slabším uzávěrem pluch.

- **rzi travní** (*Puccinia graminis, sp. secalis* ERIKSA et HENN.) a **rzi žitné** (*P. dispersa* EEIKSS. et HENN). Napadení se hodnotí podle stupně rozšíření na čepelích 2. a 3. listu pod klasem. Rané odrůdy jsou odolnější.

- **padlí travnímu** (*Erysiphe graminis f. sp. secale* DC.), odolnost se hodnotí asi týden po vymetání. Krátkostébelné typy jeví větší náchylnost.

- **stéblolamu** (*Cersosporella herpotrichoides a Ophiobolus*), důležitý je výběr vhodných rodičovských komponentů v kombinačním křížení (vhodné je i zpětné křížení) a následná negativní selekce náchylných původů v přirozené či při umělé infekci ve skleníku, nebo v provokačních podmínkách, např. v přehoustlém porostu.

3.4.4. Šlechtění na vhodnost k technologii pěstování

Řešení úkolu zahrnuje:

a) Šlechtění na **odolnost k poléhání** má komplexní charakter, který souvisí s délkou stébla, s pevností a pružností internodií (v závislosti na anatomické stavbě), dále s velikostí a mohutností klasu a kořenového systému. Podle HLAVÁČKA (1948) větší odolnost k poléhání vykazují rostliny s hvězdovitou formou odnoží s krátkými spodními, plocho na zemi rostoucími internodií a odtud z pevného kolénka kolmo vzhůru rostoucími stébly. Pevnost stébla souvisí i s odolností k chorobám.

Poléhání, zvl. před květem a krátce po odkvětu snižuje výnos zrna až o 20 % (snižováním počtu zrn v klasu) a má za následek i zhoršování kvalitativních parametrů.

Odolnost k poléhání je spojena s morfotypem rostliny, především s délkou stébla, i když krátkostébelnost nebývá vždy spojena s nepoléhavostí, záleží i na délce internodií a jejich síle a pevnosti.

Šlechtění na nepoléhavost se orientovalo od 60. let na krátkostébelné a zakrslé formy. Dosáhlo se jen dílčích úspěchů, zdaleka ne tak výrazných jako u pšenice. Vzniklo několik odrůd v bývalém SSSR (Čulpan, Charkovskaja 78) a v bývalé NDR (Danae, Muro). Jsou známé i další krátkostébelné odrůdy švédské, německé a polské (Kungs, Kungs II, Petkuser Kurzstroh, Dańkowske Zlóte). Vznikla představa, že intenzivní odrůda žita musí být krátkostébelná a proto byly hledány tyto genotypy. Už koncem 20. let byly získány tzv. zakrslé typy (60-100 cm délky stébla) a byly rozvinuty práce zaměřené na získávání a studium těchto genotypů. KOBYLJANSKIJ (1982) dělí šlechtitelsky využívanou krátkostébelnost žita podle genetických základů do 4 typů:

1. s intermediární dědičností, která je nejrozšířenějším a šlechtitelsky nejpoužívanějším typem. Délka stébla je daná poměrem dominantních a recesivních genů v genotypu.

2. konrolovaná jedním recesivním genem (*ct ct*) pleiotropního účinku (zkracuje i listy, osiny, pluchy, prašníky aj.), pro šlechtění je nevýhodná.

3. větevnatá, řízená jedním recesivním genem pleiotropního účinku. Ve šlechtění nemá uplatnění.

4. dominantní, řízená genem *Hl* (*humilus*). Je také nevýhodná, neboť zvyšuje nevyrovnanost v populaci vyštěpováním genotypů (*hl hl*) s dlouhým stéblem.

Podrobnější údaje o krátkostébelnosti žita jsou v publikaci LEKEŠE a kol. (1990).

Současné šlechtění se orientuje na postupné zkracování délky stébla v určitých hranicích, přitom se nejvíce využívá typ krátkostébelnosti uvedený pod bodem 1. Krátkostébelné genotypy většinou neprokazují uspokojivou výnosovou úroveň i při zvýšené nepoléhavosti.

Stupeň odolnosti k poléhání se **hodnotí** přímo i nepřímo na všech úrovních šlechtění, zejména ve zkouškách výkonu, v různých agroekologických podmínkách, v provokačních podmínkách hustého a přehnojeného porostu.

- b) Šlechtění na **odolnost k výdrolu**, která souvisí s uzávěrem pluch (obr. 3.4) a s tvarem zrna. Žádoucí je, aby zrno bylo spíše válcovité, nepřiliš dlouhé a z 1/2 až 2/3 zakryté pluchami s pevným uzávěrem, nevhodné je zrno dlouhé, nebo buclaté. Krátkostébelné typy trpí větším výdrollem. Pevnost uzávěru se hodnotí subjektivně při

selekcí jednotlivých rostlin. Na odolnost k výdrolu lze usoudit podle rozdílu ve výnosu zrna při sklizni porostu v optimální zralosti a přezrálého porostu v provokačním testu.

c) Šlechtění na **odolnost k předčasnému porůstání obilek** v klasu. Jak již bylo řečeno, porůstání obilek souvisí s obsahem a aktivitou amylolytických enzymů (alfa- amylázy).

Odolnost k porůstání souvisí s delší dobou dormance obilek, která je geneticky podmíněná. Cílem šlechtění je snížit obsah i aktivitu amylolytických enzymů a prodloužit období dormance (pohybuje se mezi 10-30 dny).

Vybírají se rostliny (rodiny) s vyšší odolností prokázanou v provokačních podmínkách a následně se rozmnožují v izolacích. Klasy odebrané na začátku plné zralosti se máčí 1-2 hod., pak se ponechají při 20°C v podmínkách vysoké vlhkosti vzduchu. Používají se speciální komory s regulovaným prostředím. Určuje se procento vyklíčených zrn za 24 hod., pak po 2, 5 a 10 dnech.

Používají se i přesnější metody, např. kolorimetrické (jodový test) nebo viskozimetrické stanovení (pomocí amylografu), nověji stanovením tzv. čísla pádu pomocí systému Falling-Number (viskotest). Žádoucí je, aby šlechtitelský materiál vykazoval nejméně 600 j. amylografu a číslo pádu přes 200 sec.

3.5. Šlechtitelské metody a postupy

Jisté obtíže, a s tím související menší přínos ve šlechtění nových odrůd, souvisejí hlavně s nedostatkem vhodných genetických zdrojů a také s cizosprašností, která si vynucuje náročnější šlechtitelské postupy. Jistý šlechtitelský pokrok lze očekávat od výnosnějších hybridních odrůd.

V historické době byl využíván pro zlepšování krajových a místních odrůd hromadný a později individuální výběr. Zpřesněný postup individuálního výběru s ohledem na cizosprašnost, a to selekcí po odkvětu metodou polovin (rezerv), kterou navrhl ROEMER, při šlechtění petkuských odrůd využil van LOCHOW od r. 1921. Mnoho odrůd bylo vyšlechtěno výběrem.

Šlechtění žita po stránce šlechtitelských metod prodělalo nebývalý rozvoj v posledních 15-20 letech. Nové metody a postupy umožnily podstatné urychlení šlechtitelského procesu a speciální testovací metody umožnily pronikavé zlepšení hospodářsky důležitých vlastností, např. zlepšení výnosových a kvalitativních ukazatelů, zlepšení nepoléhavosti a odolnosti k porůstání.

Ve šlechtění odrůd žita se využívá populační šlechtění, v poslední době se úsilí zaměřuje na šlechtění hybridních odrůd. Omezeně se využívá i polyploidie.

Podstatou **populačního šlechtění** je postupné zlepšování úrovně znaků a vlastností zvyšováním frekvencí příznivých genů a genových kombinací. Metoda, která vede k vyšlechtění klasických odrůd-populací dosud ve většině zemí převažovala, postupně ale ztrácí na významu a úsilí se zaměřuje na hybridní šlechtění.

K rozšiřování genetické variability a tvorbě nových výchozích zdrojů v populačním šlechtění se používá křížení pomocí řízeného nebo volného opylení mezi vhodně zvolenými rodičovskými odrůdami (meziodrůdové křížení), v potřebných případech se využívá i vynuceného samosprašení. Nejčastěji se uplatňuje párové křížení, klasické kombinační křížení včetně zpětného křížení.

Technika křížení má určité zvláštnosti vzhledem k cizosprašnosti a k autoinkompatibilitě. Při řízeném opylování začíná včasnou kastrací (asi 10 dnů před květem) a izolací klasu vhodným izolátorem (celofánový nebo pergamenový sáček). Při kastraci se odstraňují nedozrálé prašníky asi u poloviny kvítků v klasu hlavního stébla. Lze použít i jednodušší metodu, zvanou střížka (odstříhnou se 2/3 délky pluch se současným přestřížením ještě nedozrálých prašníků, jejichž zbytky ve spodní části kvítku posléze zaschnou). Blizna se nepoškodí, protože v té době není ještě zcela vyvinuta. Nasazení zrn je vysoké, dosahuje 80-90 %.

Při opylování se vkládají do kastrovaných květů celé prašníky těsně před jejich dozráním, nebo se pod společný izolátor umísťují klasy odstřižené těsně před kvetením, v nádobě s fyziologickým roztokem.

Při volném opylení je několik postupů. Nejjednodušší je ponechání více odrůd (populací) k vzájemnému přirozenému opylení při střídavém výsevu v samostatných řádcích, nebo ve směsích. Klasy mateřských rostlin se mohou kastrovat, nebo nemusí a využívá se vysoké AIK s přednostním opylováním cizím pylem. Nevýhodou je nekontrolované anonymní opylení a následné obtíže s identifikací a stabilizací pozitivních genotypů. Je možné rostliny mateřské odrůdy předpěstovat a v nádobách je umísťovat do porostu otcovské odrůdy, nebo se mateřské a otcovské rostliny umísťují pod společný izolátor k vzájemnému (i reciprokému) opylení. Zpřesnění výsledků křížení zajišťuje vzájemná prostorová izolace jednotlivých kombinací.

Někteří šlechtitelé využívají výhodnost **klonování** rostlin (rodin). Po důkladném zhodnocení klonů (z hlediska morfologického, biologického, zdravotního aj.), se odlišné klony mohou použít k párovému křížení za účelem vylepšení odrůdy.

Ke šlechtitelskému zpracování hybridních generací se nejčastěji využívá modifikovaná **rodokmenová metoda** s ohledem na cizosprašnost, se selekcí před květem i po odkvětu, prostřednictvím metody polovin (rezerv), s nutnou prostorovou (technickou) izolací předzkušek. Lze využít případně i prostorové (technické) izolace rodin separační metodou. Cizosprašnost je jednak podmínkou pro oplození a tvorbu semene, ale současně může být příčinou genetického znehodnocení šlechtěného materiálu a tomu musí šlechtitel předcházet volbou vhodného způsobu řízeného opylování.

Jsou známé i výsledky **vzdáleného křížení**. Všechny druhy v rámci rodu *Secale* (kromě *S. silvestre*) se vzájemně kříží a tvoří plně nebo částečně fertální potomstva. Při šlechtění víceletého žita se křížilo *S. cereale* s *S. montaneum*, V bývalém SSSR CICIN pokusně křížil žito s pýrem a získal amfiploida (s $2n = 56$) s vyšší zimovzdorností a odolností k chorobám. Z mezirodového křížení je nejznámější tritikale.

Heterozní šlechtění u žita bylo zkoušeno již v 50. letech cestou meziodrůdových hybridů. Pro malou efektivnost bylo přerušeno, intenzivní rozvoj hybridního šlechtění nastal až v 70. letech a pokračuje v současnosti s využíváním heteroze zejména v produkční schopnosti u syntetických populací a meziliniiových hybridů.

Šlechtění **syntetických populací** (odrůd) v současné době představuje hlavní a moderní šlechtitelskou metodu u žita. Využívá předem prověřené úrovně obecné kombinační schopnosti rodin (OKS). Základem je párové nebo rekombinační křížení s následným výběrem rodin s komplexem cenných znaků a vlastností a s vysokou OKS. Z rodin s nejvyšším hodnocením se sestaví syntetická odrůda.

V roce 1970 vyvinul KÖCHLING v Petkusu moderní metodu tvorby syntetické odrůdy, tzv. **polytop-cross test**, jejíž schéma je na obr. 3.5. Metoda slučuje uplatnění polycrossu i topcrossu v jednom postupu (ČAPEK, 1990).

Základem polytopcross-testu jsou potomstva (rodiny) nejlepších elitních rostlin. Tyto rodiny (50 až 200) jsou mateřským komponentem v systému založeném na principu topcrossu. Testovací otcovská komponenta je směs části osiva mateřských komponent, tzn. testovaných rodin. Směs opylovače v podmínkách podobných panmixii vede k příznivějším efektům než v klasickém polycrossu.

Jednotlivé mateřské rodiny jsou vysévány v samostatných řádcích 10-20 m dlouhých, v řídkém sponu střídavě s otcovskou komponentou, která se vysévá ve 2-3 řádcích v řídkém sponu pro zajištění dostatečného množství pylu. Otcovské řádky slouží současně k výběru nových elitních rostlin pro nový cyklus.

Obr. 3.5. Schéma šlechtění syntetické odrůdy žita metodou Poly-Tc.

Předpokládá se, že klonováním *in vitro* bude možné dlouhodobě udržet nejlepší genotypy pro sestavování výkonných syntetických odrůd.

Vyšší výnosová jistota a stabilita se docílí smícháním populací různých ročníků, nebo vedených v rozdílných lokalitách.

Šlechtění **meziliniových hybridů F₁** na bázi pylové sterility CMS (umožněno objevem „P“ cytoplazmy) se stává novodobou metodou šlechtění žita. Heterozní efekt v produkci zrna se pohybuje v rozmezí 5 - 25 % v souvislosti s vyšší produktivitou klasu (vyšší počet zrn v klasu). U jednotlivých výnosových složek uvádí KOBYLJANSKIJ (1988) tyto hodnoty heterozního efektu: počet klásků/klas 35-40 %, počet zrn/klas 5-10 %, zimovzdornost 13-35 %, počet stébel /m² 5-32 %, HTS 4-7 %. Heterozní efekt se projevuje zvýšenou energií klíčení a vzcházení, vyšší zimovzdorností a suchovzdorností, vyšší produkční odnoživostí a zvýšenou ozrněností klasu. Nevýhodou je častý výskyt námele.

Šlechtění F₁ hybridu zahrnuje: vyšlechtění mateřské linie s CMS (linie A_{st}) a současné vyšlechtění jejího fertilmního analoga (linie A_f). Dále nalezení opylovače (linie), který udržuje sterilitu a obnovuje fertilitu, ve všech případech s dobrou kombinační schopností.

Při šlechtění mateřské linie s CMS se většinou používá principu přenosu liniových genomů do cizí cytoplazmy opakovaným nasycovacím zpětným křížením. Postup vyžaduje neustálou kontrolu a selekci na stabilitu CMS a testování KS linie vůči pylovým rodičům. K prověrce KS se využívá topcrossu, polycrossu, případně dialelního křížení. K vyšlechtění linií se využívá i klasického **inzucht**, tj. několik generací opakovaného vynuceného opylování vlastním pylem. Dochází k narušení balance polygenního systému a tím i ke snížené životnosti a výkonnosti (projev inzuchtní deprese) a často k vyštěpování letálních a subletálních genů. Vyskytují se i genotypy, které nevykazují inzuchtní depresi při samoopylení a takové jsou vyhledávány a často využívány ve šlechtění žita (ČAPEK, 1990).

Technika inzuchtů spočívá v izolaci jednotlivých klasů (lépe celých rostlin) vhodnými izolátory včas před kvetením, s tím, že pod izolátory dojde k opylení pylem téhož květu nebo z květů v rámci klasu (nejpřísnější inzucht). K méně přísnému inzuchtů dochází při opylování v rámci rostliny nebo v rámci rodiny. Vyšlechtění linií často komplikuje silný projev autoinkompatibility (AIK). Reakci na inzucht lze minimalizovat střídáním inzuchtů s volným opylením.

Vyšlechtění pylových rodičů je méně pracné i časově méně náročné. Důležitá je jejich KS vůči mateřské linii, vysoká produkce funkčního pylu a spolehlivá funkce udržovatele sterility a obnovitele fertility. Vyhledávání udržovatelů pylové sterility (/N/frf)

a obnovitelů fertility (/N/RfRf) se děje vzájemným křížením s mateřskou linií (/S/rfrf) a sledováním nasazení zrn. Postačuje obnova fertility na 70-80 %. Opylující rodič mnohdy nemusí být linie, např. GEIGER (cit MACHÁŇ, 1991) používá syntetika složeného ze 2 nebo více linií nebo rodin s delší, navzájem se doplňující dobou kvetení.

Obr. 3.6. Schéma produkce hybridního osiva žita (podle PETRA a kol., 1997).

Moderní hybridní odrůdy jsou většinou tříliniové. Produkci hybridního osiva tříliniového hybridu znázorňuje obr. 3.6.

Produkce hybridního osiva zahrnuje:

- 1. Množení osiva rodičovských linií v prostorové, příp. technické izolaci. Množení sterilní linie A pomocí fertilmního analoga A₁.
- 2. Volbu vhodných rodičovských komponentů (linií), které zajistí žádanou úroveň heterozního efektu a zlepšení hospodářsky významných znaků.
- 3. Výsev mateřské linie (A_{st}) v pásech střídavě s opylovačem - udržovatelem sterility (linie B) v poměru 4:1. Opylovač po odkvetení se sklídí.
- 4. Hybridní osivo sklizené na mateřské linii A se použije k zásevu (hybrid AB) ve směsi s opylovačem a současně obnovitelem fertility (komponentem C) v poměru 95 : 5 % pro produkci hybridního osiva F₁, označovaného jako tzv. technická směs. Tímto hybridním osivem se osévají plochy běžného pěstování. Osivo F₁ generace se musí používat každoročně, přesev snižuje výnos o 15-30 % a zvyšuje se nevyrovnanost porostů v důsledku štěpení.

Největší pokrok v oblasti hybridního šlechtění žita byl dosažen v SRN vyšlechtěním několika hybridních odrůd již po roce 1984. Poskytují o 9 - 10 %, novější odrůdy až o 20 % vyšší výnos, tj. asi o 1 t.ha⁻¹ proti populačním odrůdám, při zachování předností a technologické hodnoty populačních odrůd. Vykazují vyšší osvojovací schopnost pro živiny, jsou náročnější na podmínky prostředí, vykazují vyšší toleranci k chorobám, trpí vyšším výskytem námele, jsou odolnější k poléhání (kratší stéblo), ale citlivější k výkyvům počasí.

Druhý vývojový směr v tvorbě hybridních odrůd využívá chemických činidel - gametocidů, které chemicky sterilizují prašníky mateřských rostlin. Metoda se zatím v praxi nerozšířila (MACHÁŇ et al., 1998).

Podíl hybridních odrůd na celkové osevní ploše žita byl podle MACHÁŇ (1994) v SRN 50 % (předpoklad 70-80 %), ve Švédsku a v Belgii 40 %, v Anglii a Holandsku 80 %, u nás jen 1 %. U nás jsou v současné době registrovány 3 hybridní odrůdy z NSR, a to Marder (1992), Rapid (1994), Locarno (1997).

Ve šlechtění žita se omezeně využívá i **polyploidie**. První tetraploidy počtem chromozomů (2n = 28) získal DORSEY v 30. letech tepelným šokem, BRESLAVCOVA je získala ozářením klíčenců a von SENGBUSCH působením kolchicinu.

Používanější a nejúčinnější metoda je ovlivňování suchých nebo klíčících semen (celých rostlin) slabým roztokem kolchicinu o koncentraci 0,05 - 0,25 % aplikovaného na tkáň vrcholových meristémů, nebo prostřednictvím kořenů.

Předností tetraploidů je vyšší odolnost k poléhání, účinnější využívání živin, větší uzávěr pluch, vysoká HTS, vyšší obsah bílkovin, vyšší odnožování a pomalejší stárnutí nadzemní hmoty. Negativní vlastnosti jsou častá zubatost klasu, nižší počet zrn v klasu, nižší celkový výnos zrna i nižší výtěžnost mouky, větší výskyt námele, pozdnost a někdy i nižší zimovzdornost. Tetraploidní odrůdy lze zlepšovat ve znacích a vlastnostech křížením na úrovni tetraploidie.

Bylo vyšlechtěno několik tetraploidních odrůd v bývalém SSSR (známá odrůda Belta), v Německu a v Polsku. V domácím sortimentu je registrována odrůda Beskyd (1991), vhodná pro produkci zelené hmoty, při včasné seči dobře obrůstá, je však náchylná k poléhání a k padlí travnímu.

Šlechtění i produkce osiva tetraploidní odrůdy vyžaduje potřebnou prostorovou izolační vzdálenost od diploidního šlechtitelského a množitelského materiálu. Cizosprášení by mělo za následek vznik nežádoucích triploidních a aneuploidních typů.

Z nekonvenčních šlechtitelských metod je perspektivní klonování šlechtitelského materiálu *in vitro* (mikropropagace) např. pro heterozní šlechtění. Využitelná je i metoda kultivace hybridních embryí *in vitro* po vzdáleném křížení, v budoucnu snad i získávání linií androgenezí.

4. TRITIKALE (*TRITICOSECALE* WITTMACK)

Tritikale je nový obilní druh vytvořený člověkem křížením pšenice a žita. Název zavedl v roce 1926 TSCHERMAK a je dosud názvem nejpoužívanějším. Český název **žitovec** se zatím obtížně ujímá. V polštině se používá pšenžito, v ruštině a v bulharštině pšero.

Šlechtění tritikale se v domácích podmínkách orientuje na tvorbu odrůd určených především pro krmné účely. Zrno je vhodným komponentem do krmných směsí zejména pro monogastriční zvířata. Zrno lze použít i pro výrobu etanolu. Neuvažuje se šlechtění odrůd pro potravinářské účely pro nevyhovující technologickou hodnotu mouky.

4.1. Cytologie, genetika, biologie kvetení a vývoje

Tritikale je mezirodový kříženec vzniklý vzdáleným křížením zástupců rodů pšenice (*Triticum* L. sp.) a žita (*Secale* L. sp.) a následným zdvojením počtu chromozomů. Rodové označení *Triticosecale* je složený název z latinského označení pšenice (*Triticum* sp.) a žita (*Secale* sp.).

Lze rozlišovat tyto formy:

a) podle počtu chromozomů

- **hexaploidní** ($6n$) s $2n = 42$, vzniklé křížením druhů ze skupiny tetraploidní pšenice ($2n = 28$) s druhem diploidního žita ($2n = 14$),

- **oktoploidní** ($8n$) s $2n = 56$, vzniklé křížením druhů ze skupiny hexaploidní pšenice ($2n = 42$) s druhem diploidního žita ($2n = 14$).

Vzhledem k setkávání rozdílných genomových sestav křížených rodů, lišících se počtem i genetickou strukturou chromozomů, jsou rostliny generace F_1 neplodné a neschopné generativního rozmnožování. Pro zajištění jejich fertility musí v obou případech následovat zdvojení obou sádek chromozomů a tím i zdvojení genomů pšenice a žita (amfidiploidie).

b) podle původu

- **přímé** dvou nebo třídruhové s přítomností genomů *Tr. aestivum*, *Tr. durum* a *Sec. cereale*,

- **sekundární** vzniklé tzv. valenčním křížením hexaploidních a oktoploidních forem tritikale.

Způsob získání uvedených forem tritikale je schématicky znázorněn v kap. 4.4. Tyto formy tritikale se vyznačují cytologickou nestabilitou a častým výskytem aneuploidů, které vznikají v souvislosti s poruchami redukčního dělení buněk. Cytologická stabilita nastává až v generacích F₄ - F₅, kdy lze zahájit selekci ustálených typů. Vznikají i poruchy v tvorbě semen, vyskytují se scvrklá zrna s nedostatečně vyvinutým endospermem, zejména u oktoploidních forem. Výskyt je vysvětlován vlivem cytoplasmatických faktorů a také narušenou balancí pšeničných a žitných chromozomů. Podrobnější údaje týkající se cytologie přímých a sekundárních tritikale uvádí HRAŠKA (1989).

Genetika znaků a vlastností tritikale je prostudována nedostatečně. Podle NALEPY (1984) dominantní dědičnost vykazuje ochmýření klasového větene, voskový povlak klasu, jasně zelená barva listů a stébla a vysoké stéblo.

Tritikale nemá S geny autoinkompatibility. Přehled o dědičnosti některých znaků uvádí tab. 4.1.

Tab. 4.1. Dědičnost některých znaků tritikale (podle HRAŠKY, 1989).

Intermediární	Dominantní	
	od <i>Triticum</i>	od <i>Secale</i>
délka, šířka a počet klasů stavba a tvar plev stavba zrn dřevnatost stébla délka průduchů období odnožování a dozrávání	síla stébla světlá kolénka tmavší pochvy špičatost pochev ochlupené věteno menší hustota klasu víc kvítků v klasu	ochmýření pod klasem menší úhel v nasazení zrn

Biologie kvetení a vývoje.

Květenství je klas složený z klásků, který svou stavbou je intermediární, nebo připomíná klas pšenice. Počtem klásků a délkou klasu se blíží spíše žitu. Velikost kvítků je spíše intermediární.

Způsobem opylování náleží do skupiny samosprašných (autogamních) rostlin, přesněji fakultativně samosprašných, tzn. s jistou náchylností k cizosprašení. Kvetení probíhá obdobně jako u pšenice, hlavní květní vlny jsou v 7 - 11 hod. (vykvete přes 50 % kvítků) a kolem 16. hod. Tritikale tvoří 1,5 - 3 krát více pylu než pšenice. Část pylu se

vysype do květu a zbytek se uvolní do okolí. Vzdálenost doletu těžšího pylu je výrazně menší než u žita (asi do 50 m), pylová zrna nemají postranní měchýřky. Šlechtitelská a množiteltská činnost vyžaduje dodržování potřebné prostorové izolační vzdálenosti.

Fertilita kvítků je nižší než u pšenice, může kolísat od 20 do 70 %. MOGILEVA (1986) uvádí u pšenice 80,9 %, u tritikale hexaploidního 68,2 % a u oktoploidního 60,5 % fertálních kvítků. Zejména kvítky v horní a ve spodní části klasu bývají sterilní.

U tritikale jsou jarní formy (hlavně hexaploidní) a ozimé formy (převážně oktoploidní). Stupeň ozimosti (výraznost jarovizačního období) není zpravidla tak vysoký jako u žita, někdy i nižší než u pšenice, což pak ovlivňuje stupeň zimovzdornosti.

Podle převažujících znaků a charakteristiky vývoje někteří autoři rozlišují tritikale pšeničného typu a žitného typu.

4.2. Historie šlechtění a vývoj odrůdové skladby

Tritikale je obilní druh, který nemá planého předka. Jak bylo již uvedeno, vzniklo záměrným křížením pšenice se žitem umělou cestou, historicky starší je oktoploidní forma. Sterilního křížence poprvé získal W. WILSON v roce 1876 v Anglii. Plodného křížence získal poprvé německý šlechtitel W. RIMPAU v roce 1888, později N. I. PISAREV v Rusku v roce 1918 a A. MÜNTZING ve Švédsku v roce 1930.

Výraznější vzestup šlechtitelské práce s tritikale nastal po 2. světové válce. Úspěchy byly v tehdejší SSSR (PISAREV), v USA (O'MARA), zejména v Polsku, ve Švédsku a v 50. a 60. letech v Maďarsku. V tomto období začalo šlechtění tritikale i u nás ve VÚŘ v Semčicích a ve ŠS Domoradice. Na řadě pracovišť bývalého Československa se rozvíjel genetický a šlechtitelský výzkum. Praktické šlechtění se soustředilo na ŠS Branišovice (HybriTech, a.s., býv. Morstar, a.s.) a ŠS Úhřetice (Selgen, a.s.). Byly nastoupeny 2 směry šlechtění: krátkostébelný zrnový typ s délkou stébla kolem 80 cm a krmný typ s délkou stébla kolem 120 cm.

V současné době jsou u nás v sortimentu registrovány 4 odrůdy, z nichž dvě, a to Ring (1991) a Kolor (1996) jsou domácího původu.

Renesance teoretických základů i praktického šlechtění tritikale, a rovněž i jeho pěstování, nastala v 80. letech. V roce 1982 v mezinárodních pokusech v USA (organizovaných Univerzitou v Nebrasce) dosáhla polská odrůda Lasko nejlepších výsledků. Polské odrůdy zaznamenaly velký úspěch a rychle se rošířily do řady evropských zemí. K širokému uplatnění tritikale v zemědělské praxi došlo téměř až po 100 letech po jeho vzniku. Dlouhá cesta k získání dnes známého a rozšířeného křížence byla

geneticky dost složitá a je odrazem vývoje poznání v genetice. Cílem mezirodového křížení bylo spojení příznivých vlastností dvou chlebových obilnin, a to vysoké výnosnosti a kvality pšenice se skromností a nenáročností žita. Podařilo se však spojit jen některé vlastnosti rodičovských komponent, jak je patrné z porovnání (podle PETRA, 1997):

pšenice	žito
vysoký výnos	stabilní výnos
velké plné zrna	velký počet zrn v klasu
vysoký sklizňový index (HI)	vysoká produkce biomasy
průměrné odnožování	odnožování i během zimy
krátkostébelnost	mrazuvzdornost
odolnost k porůstání	odolnost k suchu
odolnost k chorobám pšenice	odolnost k chorobám žita
vysoká kvalita zrna	vysoký obsah lyzinu
tritikale	
<i>přednosti</i>	<i>nedostatky</i>
vysoký výnosový potenciál	nižší mrazuvzdornost
určitý stupeň výnosové jistoty	sterilita kvítků
tolerantnost k zhoršeným podmínkám	poléhavost
vysoká krmná hodnota	sklon k porůstání
odolnost k chorobám	špatná pekařská hodnota
tolerance k nízkému pH a k Al ⁺⁺⁺ , k průmyslovým imisím a spadům	
vhodnost pro low-input a ekologické systémy	

Vlastnosti tritikale získané od každého z rodičovských komponent jsou natolik významné, i když mohou být i odrůdové rozdíly, že podnítily široké uplatnění vyšlechtěných odrůd v praxi. Nastíněné nedostatky je nutné odstraňovat další šlechtitelskou činností.

Ve světovém měřítku byla vyšlechtěno mnoho odrůd, které mohou být využity jako genetické zdroje. Genová banka ČR ve svých sbírkách soustřeďuje přes 400 genotypů. Světové centrum genových zdrojů tritikale je v CIMMYT (Mezinárodní ústav pro šlechtění kukuřice a pšenice) v Mexiku.

4.3. Šlechtitelské cíle

Nové odrůdy by měly být vitální, vysoce produktivní, výnosově stabilní a plastické, s požadovanou úrovní jakostních kritérií, odolné chorobám a nepoléhavé.

4.3.1. Šlechtění na produkční schopnost

Ze studií fyziologických základů tvorby výnosu vyplývá, že odrůdy tritikale tvorbou sušiny a rychlostí růstu se blíží žitu. Maximální pokryvnost listů je 7-9 m²/m², nebo mírně nižší než u žita, ale integrální listová plocha (LAD) od metání do zralosti je vyšší. Vyšší hodnoty LAD podporují produktivitu klasu, korelace mezi LAD a HTS je vysoká ($r=0,85$), podobně i mezi výnosem ($r=0,67$), jak uvádí PETR (1997).

Při šlechtění na produkci zrna se selekce zaměřuje na:

- **klasy se zvýšenou fertilitou kvítků** na úrovni blízké ozimé pšenici (na 85-95 %), na dobře ozrněné klasy.
- na genotypy tvořící zrna s **normálně vyvinutým endospermem** (nesvraskalé obilky) a s jemnou slupkou. Svráštělost zrn souvisí s poruchami v syntéze a ukládání drobných škrobových zrn, se sníženou akumulací škrobu (s 2-3 krát nižší aktivitou glukofosfatázy), s nedobře vyvinutými aleuronovými buňkami, s projevem snížené HTS, objemové hmotnosti i zhoršení osivových vlastností.
- **utváření výnosových prvků** podobně jako u ostatních obilnin, a to na:

a) **počet rostlin a produktivních odnoží**. Za optimální hustotu se považuje 400-550 klasů/m², průměrný počet odnoží činí 1,5 (1,7) na rostlinu. Odnožování zajišťuje autoregulaci výnosového potenciálu. Vyšší odnožování může být spojeno se zkrácením délky stébla.

b) **produkci zrn z klasu**, která souvisí s počtem zrn v klásku a s počtem klásků. Potenciální produktivitu klasu představuje 50 - 70 kvítků, reálná se snižuje asi na 50 %. Počet zrn v klasu je rozhodující prvek výnosu. Počet zrn/klas se pohybuje mezi 30-35 a u současných genotypů nejsou velké odlišnosti.

c) **hmotnost tisíce zrn** (HTS), která je geneticky dost pevně zakotvena, avšak do jisté míry ovlivněna podmínkami v období nalévání zrna. Pohybuje se v širokém rozmezí od 30 do více než 40 gramů.

Odrůdy tritikale jsou zpravidla výnosnější než odrůdy žita (rekordní výnos 12,6 t.ha⁻¹ na ŠS Úhřetice).

Speciální odrůdy šlechtěné na **produkci zelené hmoty** se vyznačují vysokou produkcí biomasy, která pomalu stárne a udržuje svěžest až do mléčné zralosti obilek. Jsou vhodné do ozimých směsek např. s jíllem mnohokvětým.

4.3.2. Šlechtění na jakostní ukazatele zrna

Šlechtění na jakost v domácích poměrech vychází z využívání zrna pro krmné účely, hlavně jako komponent do krmných směsí. Zrno má vyšší krmnou hodnotu než zrno pšenice nebo žito.

Ve šlechtění se sleduje:

- **nutriční hodnota zrna**, která je dána obsahem a skladbou bílkovin. Obsah bílkovin ovlivňuje genotyp, průběh počasí, zvláště tzv. hydrotermický faktor, a agrotechnika včetně výživy. Obsah bílkovin se pohybuje mezi 12-20 % a je vyšší než u pšenice. Souvisí s vyšším obsahem N-látek, oktoploidní formy mají zpravidla vyšší obsah N-látek i vyšší obsah bílkovin. Vyšší obsah N-látek je v negativní korelaci s výnosem a také se stupněm vývinu endospermu.

Vysokou nutriční hodnotu tvoří příznivá skladba bílkoviny vysokým podílem albuminové a globulinové frakce a vysokým podílem aminokyseliny lyzinu, jejíž obsah je v průměru 1,96 g/100g N-látek (pšenice má 1,79 a žito 2,12 g/100g).

- **krmná hodnota**, která se posuzuje podle spotřeby krmiva na dosažení určitého přírůstku hmotnosti. Ze srovnání s kontrolním krmivem lze vypočítat bílkovinný produkční index PER. Odrůdy tritikale vykazují PER o 40-60 % vyšší než u odrůdy potravinářské pšenice. Rovněž ve využitelné energii mají vysoké hodnoty. Obsah alkylresorcinů, které působí negativně při výkrmu, je vzhledem k vyšší HTS méně významný a také inhibiční vliv trypsinu je nízký (MACHÁŇ, KROFTA, 1993).

Současné odrůdy domácího šlechtění tritikale nejsou vhodné pro pečení chleba a pečiva (jen jako přísada do mouky pšeničné ve 20-30% podílu, nebo náhrada za žitnou mouku). Nesplňují mlynářské požadavky (nízká výtěžnost mouky a krupice) ani požadavky pro pekařské využití, podle HÁPA a PELIKÁNA (1995) nízkým obsahem mokrého lepku, nejakostním lepkem, špatnou hodnotou mouky, nevyhovujícími reologickými vlastnostmi, těsto je lepivé s rychlým poklesem konzistence. Podprůměrné pekařské vlastnosti mají zejména hexaploidní formy (chybí genom D) a uplatňuje se nízká kvalita tetraploidní tvrdé pšenice.

Jistou perspektivou úspěšného šlechtění typů s lepší pekařskou hodnotou mouky je orientace na pšeničné typy oktoploidních forem tritikale, u nichž kvalitu lepku příznivě ovlivňuje mateřský pšeničný genotyp. Některé odrůdy tritikale polského šlechtění se úspěšně využívají k přípravě cereálních produktů v Anglii a ve Francii.

Tritikale je perspektivní pro výrobu etanolu. Vyhovuje vysokým obsahem dobře zkvasitelného škrobu v endospermu, který by měl být vyšší než 65 % v sušině. Ze

statistického šetření HUBÍKA a TICHÉHO (1997) vyplynul vysoký podíl (46,2 %) odrůdy tritikale na obsahu škrobu ve zkoušených lokalitách.

4.3.3. Šlechtění na odolnost k stresovým vlivům

Řešení šlechtitelského cíle zahrnuje:

a) Šlechtění na **zimovzdornost**, která je u ozimých forem jednou z rozhodujících vlastností ovlivňující stabilitu výnosu. Je komplexním znakem zahrnující mrazuvzdornost a odolnost ke kolísání teplot během zimy a k jarnímu vymrzání.

Mrazuvzdornost je dědičná vlastnost spojená s délkou jarovizačního období, s rychlostí růstu a vývinu do nástupu zimy, ale také s utvářením rostlinného trsu, s hloubkou uložení odnožovacího uzlu před zimou i s mohutností kořenové soustavy, podobně jako u žita a pšenice.

Šlechtění se zaměřuje na zvýšení zimovzdornosti zvl. u hexaploidních forem (chybí DD genom s potřebnými geny odolnosti). Žádoucí je, aby odpovídala alespoň úrovni odrůd ozimé pšenice s letální teplotou LT -11°C (polská odrůda Lasko má LT jen -8 až -9°C). Zimovzdornost může souviset i s odolností vůči plísni sněžné.

Vhodnou metodou je kombinační a zpětné křížení s odrůdami pšenice s vysokou úrovní mrazuvzdornosti a selekce odolných rostlin a potomstev na základě provokačních testů.

b) Šlechtění na **odolnost k chorobám a škůdcům**. Zdravotní stav odrůd je zatím na celkem dobré úrovni v souvislosti s všeobecně vyšší odolností tritikale. Uplatňuje se typ žitné rezistence proti padlí travnímu a rzem.

Žádoucí je zvyšovat odolnost proti **chorobám pat stébel** a k **plísni sněžné** (jistý sklon k náchylnosti je ze žita) a také proti **námelu** (*Claviceps purpurea* Tril.). V našich podmínkách se jeví nejzávažnější **septorióza** (*Septoria triticii*) a **rez pšeničná** (*Puccinia recondita* Daan).

Z **virových** chorob jsou šlechtitelsky významné BYMV (barley yellow mosaic virus) a BSMV (barley stripe mosaic virus), i když většina linií vykazuje vysokou odolnost.

4.3.4. Šlechtění na vhodnost k technologii pěstování

Součástí šlechtitelského cíle je:

a) Šlechtění na **nepoléhavost**, které řeší důležitou vlastnost ovlivňující výnos, zvl. u žitných typů s delším stéblem. Selekcce je zaměřena na krátkostébelnost, na mechanickou pevnost a pružnost stébla a na způsob zakořeňování selektovaných rostlin a potomstev.

b) Šlechtění na **neporůstavost** obilek je významné z hlediska zajištění jakostních požadavků u zrna. Náchylnost k porůstání je zděděná vlastnost od žitného komponenta a má stejnou fyziologickou podstatu. U tritikale je podporována prodlouženou dobou mléčné a voskové zralosti. Způsob šlechtění a selekcce je stejný jako u žita nebo u pšenice.

c) Šlechtění na **odolnost k výdrolu** zrn, která souvisí s pevností uzávěru pluch a s postavením klasu v době zralosti, stejně jako u rodičovských komponent a také postupy šlechtění a selekcce jsou shodné.

4.4. Metody šlechtění

K vyšlechtění odrůd tritikale se používají:

1) metody a postupy vedoucí k tvorbě výchozího šlechtitelského materiálu **mezirodovým křížením** zástupců rodů *Triticum* sp. a *Secale* sp. Postup probíhá podle schéma pro vznik dvou forem tritikale:

- **přímé tritikale:**

oktoploidní (8n)		hexaploidní (6n)	
<i>Tr. aestivum</i>	x	<i>Tr. durum</i>	x
<i>Sec. cereale</i>		<i>Sec. cereale</i>	
2n = 42		2n = 28	2n = 14
AABBDD		AABB	RR
	F ₁		F ₁
	2n = 28		2n = 21
	ABDR		ABR
	polyploidizace		polyploidizace
	tritikale		tritikale
	2n = 56		2n = 42
	AABBDDR		AABBRR

Srovnání:

<u>oktoploidní (8n)</u>	<u>hexaploidní (6n)</u>
snažší křížení	obtížnější křížení
sterilní F ₁	sterilní F ₁
méně výnosné	výnosnější
dlouhostébelné	krátkostébelné
cytologicky méně stabilní	cytologicky stabilnější
pekařská jakost lepší (genom DD)	pekařská jakost horší
slabší zimovzdornost	slabá mrazuvzdornost
ozimé formy	jarní formy

Větší úspěšnost mezirodového křížení se zpravidla dosáhne je-li mateřský komponent zástupce rodu *Triticum* (pšenice) a otcovský komponent zástupce rodu *Secale* (žito). Reciproké kombinace (*Secalotriticum*) jsou méně úspěšné.

Teoreticky je možné i **tetraploidní** tritikale s genomy AARR, BBRR, ABRR, případně (AB)(AB)RR s $2n = 28$, pravděpodobnost výskytu je však velmi nízká. Jsou málo výnosné a vykazují špatnou jakost obilí.

2) **metody zlepšování** forem tritikale v agronomických vlastnostech pomocí - **sekundárního tritikale**, které vzniká křížením mezi odrůdami

$$\begin{array}{ccc} \text{tritikale oktoploidní} & \times & \text{tritikale hexaploidní} \\ 2n=56 & & 2n=42 \\ \text{AABBDDRR} & & \text{A}_1\text{A}_1\text{B}_1\text{B}_1\text{RR} \\ & & \text{F}_1 \\ & & \text{AA}_1\text{BB}_1\text{DRR} \end{array}$$

3 - 4 krát opakované samosprášení vede k eliminaci D genomu a lze vyselektovat

$$\begin{array}{c} \text{tritikale hexaploidní} \\ 2n=42 \\ \text{AA}_1\text{BB}_1\text{RR} \end{array}$$

Nestejně genomy A a B mohou poskytovat rekombinace žádaných vlastností.

- třídruhového tritikale z křížení

Tr. aestivum x *Sec. cereale*
2n=42 2n=14

T. durum x *Sec. cereale*
2n=28 2n=14

F₁
2n=21
A₁B₁R + kolchicinace

F₁
2n=28
ABDR

x

hexaploidní tritikale
2n=42
A₁A₁B₁B₁RR

třídruhové tritikale
2n=42
AA₁BB₁RR

- kombinované a zpětné tritikale

vzniká křížením linií v rámci oktoploidních nebo hexaploidních tritikale a křížením tritikale s původním rodičem. V Mexiku vyšlechtili řadu linií tritikale se substituovanými chromozomy pšeničného a žitného genomu.

Technika křížení je stejná jako při křížení pšenice. Zdar křížení často ovlivňuje původ mateřského rodiče. Rostliny F₁ generace jsou často neplodné (sterilita, silná aborce semen) a jejich plodnost se obnovuje amfidiploidizací, případně dopěstováním zárodků *in vitro*, zřídka zpětným křížením. Pro zpracování generací po křížení se používají výběrové postupy pro samosprašné druhy.

V poslední době se věnuje pozornost tvorbě **hybridních odrůd** tritikale za využití hybridizačního činidla (gametocidu) Genesis® (ochranná známka firmy Monsanto). Preparát se aplikuje na listový povrch mateřských rostlin v době po objevení jazýčku posledního listu, zabraňuje tvorbě pylu, přitom zachovává plodnost vajíček, takže umožňuje produkci hybridního osiva. Kombinace rodičovských komponent vyžaduje speciální opatření: rostliny mateřského komponenta musí kvést o 2-4 dny později než rostliny komponenty otcovské, které musí výškou rostlin přesahovat komponentu mateřskou pro lepší přenos pylu (MACHÁŇ et al., 1998).

5. OVES (*AVENA* L.)

Oves je jedním z nejmladších obilných druhů. Nejvíce je rozšířený oves setý se širokým využitím, zrno ovsa je cenným jaderným krmivem, využívá se i na zelenou hmotu. Vyrůstá i využívání obilek ovsa pro potravinářské účely (v ČR se spotřebuje asi 10 % z celkové produkce). Malý zájem o pěstování ovsa má řadu důvodů a odráží se i na celkově sníženém zájmu o jeho šlechtění.

5.1. Původ a systematické třídění

Oblast původu ovsa není zcela přesně známá, uvádí se Malá Asie, u některých druhů i Sev. Afrika. Plevelné druhy ovsa jsou známé z doby 7,5 - 6,5 tis. let př. n. l. První asijské a středoevropské základy ovsa se datují asi 5 tis. let př.n.l. a kulturní formy se začaly pěstovat asi 1 tis. let př. n. l., nejdříve jako potravina, později jako krmivo pro koně.

Rod *Avena* L. zahrnuje asi 70 druhů (uvádí se i 35 druhů), které se zařazují do 2 sekcí. Do sekce *Avenastrum* Koch. náleží vytrvalé druhy (luční, stepní a alpské trávy). Sekce *Euavena* Grieb. zahrnuje jednoleté plané, plevelné a kulturní druhy. Tato sekce se dělí ještě na 2 podsekcce: *Aristulatae* Malz. zahrnující druhy diploidní ($2n = 14$) a tetraploidní ($2n = 28$), vyznačují se vrchní pluchou hluboce rozštěpenou a zakončenou ostrými hroty. Podsekce *Denticulatae* Malz. zahrnuje druhy hexaploidní ($2n = 42$), které mají pluchy zakončeny krátkými zoubky.

Druhy rodu *Avena* tvoří přirozenou polyploidní řadu s počtem chromozomů $2n = 14, 28$ a 42 . Jejich přehled uvádí tab. 5.1. Základní chromozómové číslo $x = 7$.

Tab. 5.1. Druhové spektrum r. *Avena*, sekce *Euavena* (upraveno podle RAJHATHY, cit. FISCHBECK, 1985).

	2n=14	2n=28	2n=42
	<i>Aristulatae</i>		<i>Denticulatae</i>
Genom	A_s, C_p, C_v	A_s B	A_sC D
Plané	<i>A. pilosa</i> <i>A. clauda</i> <i>A. hirtula</i> <i>A. ventricosa</i>	<i>A. barbata</i> <i>A. ludoviciana</i>	<i>A. sterilis</i> <i>A. fatua</i>
Kulturní pluchaté nahé	<i>A. strigosa</i> <i>A. brevis</i> <i>A. strigosa</i>	<i>A. abyssinica</i>	<i>A. byzantina</i> <i>A. sativa</i> <i>A. sativa</i> var. <i>nuda</i>

Ve skupině **diploidních** druhů je *A. hirtula* předkem tzv. písečných kulturních druhů *A. strigosa* a *A. brevis*. *A. strigosa* se pěstuje v některých oblastech Španělska, Portugalska, ve Francii, v Anglii a na lehkých písčitéch půdách sev. Evropy, kde jiný druh ovsa by byl nejistý.

Ze skupiny **tetraploidních** druhů se *A. abyssinica* pěstuje v Etiopii a v Jemenu.

Skupina **hexaploidních** druhů zahrnuje nejvýznamnější kulturní druhy. Nejvíce je pěstovaný oves setý (*A. sativa*), oves byzantský (*A. byzantina*) a oves nahý (*A. nuda*).

Oves setý pochází z ovsa hluchého (*A. fatua*), novější údaje nasvědčují, že původní je *A. sterilis*. Někteří botanici považují oves nahý za bezpluchou formu ovsa setého (*A. sativa*, var. *nuda* Mordv.). Druhy téže skupiny se mezi sebou snadno kříží, např. oves setý s ovsem hluchým.

Se zvýšenou ploeditou nesouvisí úroveň zkulturnění, neboť ve skupině hexaploidních jsou i plané (oves jalový, *A. sterilis*) a plevelné druhy ovsa (oves hluchý, ovsaha, ovsíř, *A. fatua*). Oves hluchý má rozloženou latu, zrno osinaté, snadno opadává, je obtížným jednoletým plevem.

Zvýšená ploedita ovsa vede ke zvýšené produkční schopnosti, např. produkční schopnost ovsa hluchého je podle PETRA (1997) stejně vysoká jako u ovsa setého. Plané druhy ovsa se liší od kulturních tím, že obilky mají na bázi chlupatou jamku, podkůvku, kterou přisedají na vřetenno klásku.

Nejrozšířenějším druhem je oves setý (*Avena sativa* L.), méně rozšířený je oves byzantský (*A. byzantina* Koch.) a oves nahý (*A. nuda*).

Oves setý (*A. sativa* L.) je velmi variabilní, vytváří mnoho variet odlišných v tvaru a vlastnostech laty (obr. 5.1.), v barvě plev a pluch a osinatosti (tab. 5.2.).

Tab. 5.2. Variety ovsa setého.

Typ laty	Barva plev	Typ klásků	
		bez osin	s osinami
Rozložená (<i>diffusae</i>)	bílá	<i>mutica</i>	<i>aristata</i>
	žlutá	<i>aurea</i>	<i>clausei</i>
	šedá	<i>grisea</i>	<i>cinerea</i>
	hnědá	<i>brunnea</i>	<i>montana</i>
Jednostranná (<i>orientalis</i>)	bílá	<i>optusata</i>	<i>tartarica</i>
	žlutá	<i>flava</i>	<i>eligulata</i>
	šedá	<i>borealis</i>	<i>aruvat</i>
	hnědá	<i>tristis</i>	<i>pugnax</i>

Nejdůležitější jsou variety bezosinné *aurea* (žluté zrno) a *mutica* (bílé zrno). Žlutozrné formy jsou ranější, odolnější suchu, s drobnějším zrnem a s nižším podílem pluch (20-30 %). Bělozrné formy jsou většinou polopozdní, až pozdní, mohutnějšího vzrůstu, náročnější na vláhu. Mají větší zrno s podílem pluch 26-32 %.

Obr. 5.1 *Laty ovsa setého (1 - rozkladitá, 2 - stažená) a ovsa nahého (3).*

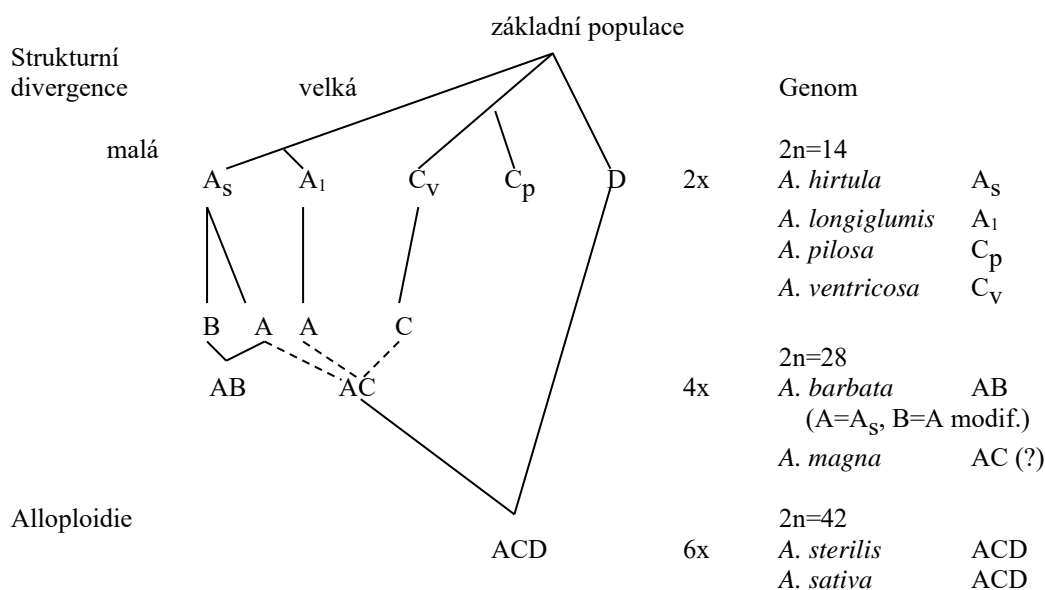
Světový sortiment krajových a šlechtěných odrůd ovsa setého lze dělit do několika navzájem odlišných ekologických skupin:

- nížinná, západoevropská skupina zahrnuje odrůdy vzrůstné, s mohutnou vegetativní hmotou, hrubou slámou, produktivní latou, s bílým velkým zrnem, málo odolné rzím a snětím.
- evopská žlutozrná skupina zahrnuje odrůdy středně vysoké, středně rané, dobře přizpůsobivé, se slámou vhodnou ke zkrmování. Jsou více náchylné ke rzím a odolné snětím a bzunce.
- stepní skupina zahrnuje odrůdy s malým vzrůstem, středně až málo olistěné a s tenkou slámou, s latou rozloženou a tenkými plevami. Mají rychlý vývoj a kratší vegetační dobu.

Oves nahý (*Avena nuda*) má v klásku 3-6 kvítků, obilku v pluchách volně uloženou, snadno oddělitelnou a trpí sprcháváním. Je pozdnější, středního až nižšího růstu, méně výnosný. Má variety *inermis* (bezosinná) a *chinensis* (osinatá), s rozložitou latou, bílé plevy.

5.2. Cytogenetika, genetika, biologie kvetení a vývoje

Byl sestaven standardní idiogram jednotlivých chromozomů a byly určeny 3 genomy. Genomová deferenciace rodu *Avena* podle RAJHATHY (1971, cit. FISCHBECK, 1985) je uvedena níže:



Genetika ova je prostudována nedostatečně. Je známá dědičnost jen některých morfologických znaků a hospodářsky významných vlastností: v barvě květních pluch dominuje hnědá nad šedou, žlutou a bílou se štěpením v F_2 3:1. Černá barva dominuje nad všemi ostatními, žlutá dominuje nad bílou. Projevují se epistatické štěpné poměry.

Osinatost je většinou recesivní k bezosinatosti. Ochmýření pluch dominuje. V pluchatosti zrna se projevuje neúplná dominance i mosaikovitost.

Polygenní dědičnost vykazuje např. délka stébla, v F_1 generaci se projevuje intermediární, ale také se sklonem na obě strany rodičů, v F_2 generaci s možností transgrese. Šířka listů u kříženců je intermediární, s náchylností k rodičovské formě se širšími listy. Odnožování v F_1 intermediární i s projevem heteroze. Rozložená lata dominuje nad jednostranou, nebo je neúplně dominantní, v délce lavy se projevuje superdominantní dědičnost v F_1 generaci a v F_2 generaci je možná i transgrese.

Hospodářsky významné vlastnosti, jako produkční schopnost, délka vegetační doby, obsah bílkovin a tuku, vykazují polygenní dědičnost s aditivními účinky polygenů a s výrazným vlivem podmínek prostředí. Obsah tuku je poměrně stabilní vlastnost. Jednodušší dědičnost vykazují jednotlivé dílčí složky komplexních znaků, např. výnosu a kvality zrna.

Nedostatečně prostudována je náchylnost k opadávání zrn, odolnost k poléhání i odolnost k chorobám.

Biologie kvetení a vývoje

Květenství ova je lata, tvořená několika přesleny větví prvního až třetího řádu. Na konci větví a větviček jsou umístěny klásky s 3-4 kvítky (u nahého s 4-10 kvítky), z nichž jsou obvykle 2 (3) plodné (obr. 5.1. a 5.2.)

Nejdříve kvete lata hlavního stébla, potom lavy odnoží. Lata kvete akropetálně, tj. od vrcholu směrem k bázi a od obvodu k ose. Stejným způsobem probíhá tvorba a zrání obilek. Rozkvétání začíná obvykle mezi 14.-15. hod., teplo a sucho kvetení urychluje. Otvírání kvítku trvá několik minut, po opylení zůstává květ otevřený asi hodinu. Plevy zůstávají mírně pootevřené (znak odkvetení). Lata kvete týden, celá rostlina asi 2 týdny.

Oves je samosprašný, s jistou náchylností k cizosprašení v 1,5 - 3 (10) %. Při křížení vyžaduje izolaci kastovaných lat, případně prostorovou izolaci. Známé jsou případy přirozených kříženců s ovsem hluchým (tzv. fatuoidní typy), které znehodnocují šlechtitelské a semenářské porosty.

Oves setý má jarní i ozimé formy, nejvíce se využívá jarních forem. Všechny u nás šlechtěné a využívané odrůdy jsou jařiny. Oves je rostlina dlouhodobní. Krátký den

podporuje vyšší tvorbu odnoží a diferenciaci většího počtu větví a klásků v latě (uplatňuje se zejména při velmi včasném výsevu na jaře).

Obr. 5.2. Kvítek ovsa v době kvetení.

Ozimé formy ovsa se pěstují v oblastech s mírnou zimou (V. Británie, Francie). Podstatou ozimosti je větší citlivost k podzimnímu krátkému dni, při kterém se zpomaluje vývin do nástupu zimy. Ozimé odrůdy při jarním výsevu vymetají, nejde ale o přesívkové formy, spíše o přezimující jaře s větší fotoperiodickou citlivostí (PETR a kol., 1997).

5.3. Vývoj odrůdové skladby a genetické zdroje

Šlechtění ovsa v našich zemích začalo v 1. dekádě 20. st. na Moravě v Drásově u Tišnova (C. Ondráček) a v Chlumci n. C. (A. Dreger). Pěstovaly se odrůdy německé a domácí krajové. U dovážených odrůd německých a švédských se prováděl individuální výběr rostlin a potomstev. Větší zájem o šlechtění odrůd nastal až po roce 1945. V domácím šlechtění byly využity zejména německé odrůdy (Český žlutý vyšlechtěn výběrem z německé odrůdy P. Flamingstreu). Známé jsou odrůdy Nalžovský, Šumavský, později Orlík, vhodné pro vyšší polohy. V roce 1936 bylo v sortimentu 36 odrůd, v roce 1947 20 odrůd, v roce 1966 jen 3 odrůdy.

V 60. letech byla vyšlechtěna odrůda nahého ovsa Krukanický nahý, která se však pro nezáměr neuplatnila. Šlechtění nahého ovsa bylo obnoveno v 80. letech. Za úspěch lze považovat povolení odrůd nahého, bezpluchého ovsa Adam a Abel, s dobrou produkční

schopností (70 % k pluchaté formě) a s vynikající nutriční hodnotou. Jsou určeny pro potravinářské využití pro výrobu ovecných vloček.

Současné domácí odrůdy jsou srovnatelné se zahraničními po všech stránkách a splňují požadavky pěstitelů. V současné době je registrováno 6 odrůd, z toho 2 jsou zahraniční.

Šlechtění je soustředěno ve ŠS Krukanice (Selgen, a.s.).

Významné **genové zdroje** žádaných znaků a vlastností jsou šlechtěné odrůdy vysoce výkonné, odolné poléhání, s požadovanou úrovní jakostních ukazatelů zrna. Tomu vyhovují odrůdy západoevropské skupiny (německé, holandské, švédské, francouzské) a také vynikající odrůdy domácího původu (MIKOŠKA, MACHÁŇ 1989). Ve světovém sortimentu jsou odrůdy xeromorfního typu, které jsou vhodné pro suché oblasti, s kratším a užším a světlezeleným listem, slabším odnožováním, méně olistěné. Odrůdy hygromorfního typu jsou vhodné do vlhčích oblastí. Jsou pozdnější v růstu i vývoji, vzrůstnější, více olistěné, listy mají širší, tmavozelené, převislé, dobře zapojují v porostu a jsou výnosnější.

5.4. Šlechtitelské cíle

Šlechtění ovsa je zaměřeno na tvorbu intenzivních výnosných odrůd, s požadovanou jakostí obilek, s kratší vegetační dobou, na odrůdy odolné k chorobám a vhodné k mechanizované sklizni.

5.4.1. Šlechtění na produkční schopnost

Z fyziologických základů tvorby výnosu vyplývá, že oves se vyznačuje větší produkcí sušiny nadzemní i podzemní biomasy, avšak méně účelnou distribucí sušiny ve prospěch hospodářsky významných orgánů. Je dokázána vysoká integrální pokryvnost listoví (LAD). Vysokou účast na fotosyntéze prokazují lata a 1. i 2. praporcový list.

Lata poskytuje vysokou potenciální produktivnost v tvorbě dalších klásků a kvítků přírůstáním větví na spodu laty. Je však silný rozpor mezi zdroji asimilátů a úložnou kapacitou rostliny (sink), tj. počtem obilek v latě. Počet vytvořených obilek nestačí pojmout vytvořené asimiláty, které pak přecházejí do slámy (podmiňují její vysokou krmnou hodnotu) a do kořenů. Při šlechtění na produkční schopnost odrůd ovsa jde v první řadě o výnos zrna (případně i slámy).

Selekce je zaměřena na hlavní výnosové prvky, a to na:

- **počet rostlin na plochu** (respektive počet lat na plochu), který je určován hlavně výsevkem a odnožováním. Odnožovací schopnost je do jisté míry odrůdovou vlastností, avšak vlivem velké redukce se produktivní odnože účastní na výnosu zrna jen z 10-40 %. V průměru se uplatní 1 až 2 produktivní odnože, tj. celkem 2-3 plodné laty na rostlině.
- **počet zrn (obilek) na plochu**, který je pro výnos zrna rozhodující a je lépe ovlivnitelný počtem produktivních odnoží a počtem zrn v latě. Rozhodující je produkce laty hlavního stébla.
- **počet zrn v klásku a v latě**. Počet zrn klásku se pohybuje od jednoho do tří, v latě je 30-50 většinou dvojrnných klásků. Počet zrn v latě závisí na délce a na stavbě laty, tj. na počtu založených pater a počtu větví a klásků (ovlivňuje hustota porostu). Počet zrn v latě rozhoduje o produktivnosti laty víc než HTS.

V klásku se vytváří 1-2 (3) obilky. Ve vícezrnném klásku jsou obilky nestejně, vnější zrno je největší, o 1/3 až o 1/2 je těžší než zrno vnitřní. Výhodnější jsou klásky dvouzrnné s vyrovnaným vývinem obou obilek. Stejněměrnost ve vývinu zrn a dobré nasazení zrn v latě je základem selekce. Nežádoucí je výskyt i tzv. nepravých dvojrnn (dědičná vlastnost).

Pozornost se také věnuje rostlinám s náchylností k redukci počtu klásků (zasycháním) především ve spodní části laty. Negativním jevem je, že čím více klásků v latě je založeno, tím větší je jejich redukce. Jednostranná selekce na produkci laty však může vést ke zvyšování celkové délky rostliny a k prodlužování vegetační doby.

- **hmotnost zrna (HTS)**, která je významným odrůdovým znakem. Pohybuje se mezi 20-40 g a závisí na velikosti zrna, na podílu vícezrnných klásků, na pluchatosti i na vlivu podmínek v době tvorby a zrání. Hmotnost zrna představuje plnost obilky, u velkých zrn je lepší poměr endospermu ku zárodku a k obalům. HTS v latě je nevyrovnaná, nejtěžší jsou zrna ve vrcholových kláscích. HTS negativně souvisí s vyšším počtem vytvořených zrn v latě, neboť při větším počtu jsou zrna drobnější. Z dalšího šlechtění se odstraňují potomstva s náchylností k tvorbě drobných a velikostně nevyrovnaných zrn.

Pro utváření produkční schopnosti laty je důležitá **morfologie laty**. Věnuje se pozornost tvaru a délce laty. Tvar laty je dědičným znakem a je odvislý na délce hlavní osy a bočních větví a od počtu pater, pevnosti a postavení větví k hlavní ose. Lata může být jehlancovitá, vejčitá, vzpřímená, uzavřená nebo smetáková (obr. 5.1.) U domácích odrůd převládá rozkladitá jehlancovitá lata. Formy se smetákovou latou jsou pozdnější, se slámou

i zrnem hrubým, méně poléhají. Dlouhé větve laty zvyšují náchylnost k vypadávání zrn při nárazech větru, snadno se navzájem splétají.

Nežádoucí vlastností je **osinatost** vnější pluchy. **Barva** pluch je bílá a žlutá, u domácích odrůd převažuje žlutá. Barva pluch může být ovlivněna povětrnostními podmínkami, spolehlivé odlišení barvy je pod křemíkovou lampou.

Významným selekčním kriteriem je poměr výnosu zrna ku slámě. Intenzivní odrůdy se vyznačují úzkým poměrem, produktivní kompaktní latou a velkým zrnem (MIKOŠKA, 1990).

Bezpluché (nahé) formy vykazují nižší výnos asi o 25-30 % v porovnání s pluchatými, což zhruba odpovídá podílu pluch na výnosu.

5.4.2. Šlechtění na jakost

Při šlechtění na jakost se sledují jakostní ukazatele obilky z pohledu jejich využívání, tj. pro krmné a pro potravinářské účely. Nutriční hodnota ovesných obilek je vysoká. Chemické složení obilek (tab. 5.3.) opravňuje zařadit oves k nejlepším krmným a potravinářským cereáliím, také pro vysoké dietetické účinky. Ovsu se přisuzují léčebné a posilující účinky, které moderní lékařství a výživa využívá. Pro potravinářské účely se používají u pluchatých odrůd obilky zbavené pluch, vhodnější je forma bezpluchá.

Tab. 5.3. Nutričně významné látky v zrně ovsa (HÝŽA a kol., cit. KUNCL, 1989).

Obsahová látka		Oves	
		nahý	pluchatý
N - látky	%	14,49	12,41
SNL	%	13,96	9,82
Lyzin	g/100 g NL	4,04	3,84
Esen. aminokys.	g/100 g NL	31,97	28,50
Škrob	%	56,27	35,38
Hr. celulosa	%	1,44	11,77
Tuk	%	8,25	3,54

Šlechtění na jakost zrna se zaměřuje:

a) Z vnějších znaků:

na velikost a vyrovnanost zrna (podle podílu na sítu s otvory 1,8 mm nebo 2,2 mm), na vyšší HTS (25-35 g), na podíl pluch (pluchatost) a na stupeň ochmýření obilek.

Pro výrobu vloček jsou vhodné buclaté, spíše kratší a vyrovnané obilky, bez nepravých dvojjzrn, neochmýřené.

b) Z **vnitřních znaků**:

na obsah a složení bílkovin, na obsah tuku a obsah glycidů. Škrob se při trávení snáze rozkládá.

Obsah bílkovin je odrůdová vlastnost, avšak značně ovlivněna podmínkami prostředí. Žlutozrnné typy mají vyšší obsah bílkovin. Se zvýšeným obsahem bílkovin se zvyšuje i obsah aminokyselin tryptofanu a methioninu, obsah lyzinu je méně korelován s obsahem bílkovin. Genotypy se zvýšeným obsahem bílkovin jsou zpravidla méně výnosné.

Mezi obsahem tuku a obsahem bílkovin není žádný vztah. Zrno obsahuje 4-7 % tuku, který má více kyseliny linolové a menší množství nežádoucí kyseliny linolenové (způsobuje žluknutí). U bezpluchých forem je selekce zaměřena spíše na nižší obsah tuku.

Významným kriteriem pro hodnocení **technologické jakosti** šlechtěného materiálu je **pluchatost** obilek a **výtěžnost ovesné rýže**. Vysoký podíl pluch snižuje nutriční hodnotu zkrmovaného ovsa. Při poztravinářském využití snižuje výtěžnost krup (ovesné rýže) a snižuje rentabilitu výroby ovesných vloček a podíl dále zpracované suroviny.

Pluchatost se stanovuje jako hmotnostní podíl pluch z navážky (2 x po 5 g) zjištěný po oloupaní pluchatých obilek. Bezpluché formy by měly mít nejméně z 97 % nahé obilky.

Pluchatost obilek u domácích pluchatých odrůd se pohybuje od 23 do 26 % (nejnižší u odrůdy Ardo), u bezpluchých (odrůda Abel) činí jen 2 %. Výtěžnost ovesné rýže se pohybuje v rozmezí 44 až 50 % u odrůd pluchatých (Zlat'ák a Ardo) a u bezpluchých (Abel) 80 až 85 % (ČERVENKA, 1997).

Nepříjemným jevem u bezpluchého ovsa (var. *nudum*) je **ochmýření** obilek (uvolněné chmýří při zpracování obilek dráždí sliznice očí a způsobuje kožní záněty). Šlechtitelské řešení spočívá ve využívání neochmýřených rodičů ke křížení a v selekci na neochmýřenost.

Nejvhodnější **metodou šlechtění** na produkční schopnost a na jakost je kombinační křížení v jednoduché i složité podobě s cílem získat i transgrese v žádaných vlastnostech.

5.4.3. Šlechtění na délku vegetační doby

Délka vegetační doby ovsa se pohybuje v rozmezí od 70 do 120 dnů, rané metají za 45 dnů po vzejití. Šlechtění odrůd pro vyšší polohy a pro sušší oblasti se zaměřuje na typy s rychlejším vývojem a kratší vegetační dobou pro větší výnosovou jistotu (předchází se hluchosti lat nedostatkem vláhy). Ranost podporuje i zvýšenou odolnost k některým

chorobám a škůdcům (bzunka ječná). U odrůd s kratší vegetační dobou se žádá vysoká produkční schopnost. Vhodné genové zdroje při křížení jsou norské, švédské a finské odrůdy.

5.4.4. Šlechtění na odolnost k chorobám a škůdcům

Šlechtění na odolnost k chorobám je u ovsa aktuální:

a) U **virových** chorob proti **virové zakrslosti** vyvolané virem *Avena Virus 1*. a **virové mosaice**. Náchylné rostliny a potomstva se z dalšího šlechtění vylučují.

b) U houbových chorob proti **sněti prašné** (*Ustilago avenae*), **sněti ovesné** (*Ustilago leavis*), **rzi ovesné (korunkové)** (*Puccinia coronifera*), **rzi černé** (*P. graminis f. avenae*), **padlí travnímu** (*Erysiphe graminis f. avenae*).

Prašná sněť a rzi travní a korunková se vyskytují ve více rasách. Ve šlechtění se uplatňuje horizontální i specifická odolnost. Používá se individuální výběr v hybridních, případně mutačních populacích v provokačních podmínkách.

Rané odrůdy jsou odolnější ke rzi ovesné, podobně také odrůdy odvozující původ z *A. byzantina* a *A. sterilis*. Odolné odrůdy vykazují zvýšený výnos o 10-20 %. Stupeň odolnosti se bonituje 12 dní po vymetání, nebo ve fázi mléčné zralosti na 2 horních listech.

V rezistentním šlechtění se využívá konvergentní křížení s odolnými odrůdami (liniemi) k vyšlechtění víceliniových odrůd, nebo zpětné křížení, případně i mutageneze.

Ze škůdců nejvíce škodí **bzunka ječná** (*Oscinella frit* L.), jejíž larvy ničí vzrostný vrchol hlavního stébla i silných odnoží. Typy s rychlejším jarním vývinem a se vzpřímeným růstem jsou odolnější.

5.4.5. Šlechtění na vhodnost k technologii pěstování

Řešení úkolu zahrnuje:

a) Šlechtění na **odolnost k poléhání**, která souvisí s některými anatomickými zvláštnostmi stébla (vyplněnost dřeviny, mohutnost mechanických tkání a sklerenchymatických buněk) a morfologickými zvláštnostmi (délka a hrubost stébla, délka internodií). Selektuje se na typy s mohutnou kořenovou soustavou, s pevným a pružným stéblem, s kratšími spodními internodiemi. Kratší stéblo je však v negativní korelaci s produkční schopností laty. Nové odrůdy tento vztah překonávají. Vztah délky

rostlin, výnosové úrovně a nepoléhavosti odrůd SRN demonstruje obr. 5.3., vztahy nejsou jednoznačné.

**Obr. 5.3. Vztahy délky rostlin, nepoléhavosti a výnosu zrna u německých odrůd ovesa (FISCHBECK, 1985).
(1 = nejnižší a nejhorší, 9 = nejvyšší)**

b) Šlechtění na **nevypadavost** (výdrol) obilek se zaměřuje na rostliny a potomstva odolných k lámání stopeček klásků a k časnému uvolnění zrna. V tomto smyslu má význam i tvar stopečky obilky, pevnější uchycení více podporuje oválný než okrouhlý tvar stopečky.

Sleduje se **rovnoměrnost dozrávání** obilek v latě a v porostu a také synchronizace dozrávání obilek a stébla. Částečně zelené stéblo budí dojem nedozrálости v době, kdy zrno může být již zralé.

5.5. Šlechtitelské metody

V počátcích šlechtění ovesa byl nejrozšířenější metodou hromadný výběr z populací krajových odrůd, později se využíval individuální výběr. Např. známá odrůda Český žlutý byla vyšlechtěna výběrem z německé odrůdy Petkuser Flämingstreue. Požadavky na dnešní odrůdy se mohou plnit s využitím účinnějších šlechtitelských metod a postupů, jakým je křížení, případně mutagenese.

Hlavní metodou šlechtění moderních odrůd je meziodrůdové (meziliniové) **křížení**, jednoduché, ale i zpětné či konvergentní. Pro řešení zvláštních šlechtitelských úkolů lze využít zpravidla výjimečně i **vzdálené křížení** s planými druhy, např. při zvyšování

obsahu bílkovin, při šlechtění na vyšší odolnost k chorobám apod. Oves byzantský ($2n=42$) byl využit na zvýšení chladuvzdornosti, obtížnější je křížení s ovsem písečným ($2n=14$). Pro vyšší výnos bílkovin a tuku byla použita i fenotypová rekurentní selekce po křížení ovsa setého s *A. sterilis*, obsah tuku se zvýšil o 1 %.

Některé zvláštnosti v **technice křížení**: oves je velmi citlivý na mechanické poškození generativních orgánů při přípravě květů ke křížení a na teplotní a vlhkostní poměry v době křížení. Doporučuje se kastrovat a opylovat v zastíněném stanovišti, nebo v chladnější části dne. Na rostlině se kastruje 10-15 květů v horní části lodyhy. S kastrací se začíná velmi brzy když z pochvy posledního listu vystupují 2-3 vrchní klásky. Celá lodyha se uvolní a odstraní se všechny vnitřní a méně hodnotné kvítky. Kastovaná lodyha se izoluje. Opyluje se za 2-3 dny po kastraci. Blizna je životná 3-6 dnů podle teploty a vlhkosti vzduchu. Nejlepších výsledků se dosahuje při opylování v době maximálního rozkvětu, tj. mezi 14.-17. hod. Opyluje se předem sebraným pylem nebo vkládáním celých prašníků do kastrovaných květů. Po opylení se izolátor opět nasazuje.

V nedávné minulosti se používala i metoda experimentální **mutageneze** k řešení některých šlechtitelsky obtížnějších úkolů. Využívá se ionizačního záření a z chemomutagenů měl největší účinnost etylmetansulfonát (EMS). Získaly se mutace odolnější vůči rzi travní, nízkým teplotám, nebo ranější typy, s kratší slámou odolnější poléhání aj.

Pro zpracování generací po křížení a po mutagenezi se používají výběrové postupy vhodné pro samosprašné plodiny.

Z **netradičních metod** se ve šlechtění ovsa v některých zemích zkoušely tkáňové kultury pro indukci variability v agronomických a biochemických vlastnostech po vzdálené hybridizaci. Je snaha využít molekulárních markerů pro identifikaci a chromozomové mapování a metod genových manipulací pro regulaci syntézy proteinu v endospermu (MACHÁŇ, ŠEBESTA 1989).

6. KUKUŘICE (*ZEA L.*)

Kukuřice je stará kulturní plodina, udává se, že byla známá již před 5,5- 7 tisíci lety a spojuje se s kulturou starých Inků, Mayů a Aztéků. Vysoké stáří plodiny prokazují jeskynní nálezy zbytků palic v její pravlasti.

Kukuřice má mnohostranný význam, z původního využívání pro lidskou výživu se stala významnou krmnou plodinou a surovinou technického a potravinářského průmyslu. Je rozšířena ve všech světadílech, ve světové ploše pěstování zaujímá 3. pořadí a 2. pořadí v produkci.

6.1. Původ a systematické třídění

Skutečné místo původu kukuřice nebylo dosud nalezeno, ale je téměř jisté, že je plodinou středoamerického původu. Pravlastí jsou náhorní planiny mexických a středoamerických výšin. Prvotním **genetickým a domestikačním centrem** jsou náhorní roviny středoamerických zemí, druhotným centrem je oblast jižního Mexika a Quatemaly.

Fylogeneze kukuřice není rovněž zcela vyjasněna. Bylo vysloveno několik hypotéz, jejichž platnost je obtížné prokázat pro značné stáří plodiny a nedochování podkladů. Nejpravděpodobnějším prapředkem kukuřice je planě rostoucí tráva teosinte (*Euchlaena mexicana*) s podobnými morfologickými znaky, o shodném počtu chromozomů a s dobrou křížitelností s kukuřicí. Příbuznost teosinte prokazuje i shoda výsledků elektroforetické analýzy bílkovin s kukuřicí.

Jiné názory jsou, že je prapředek kukuřice neznámý, nebo že prapředkem je kukuřice plevnatá. V roce 1977 pronikla zpráva, že předkem kukuřice je planá forma příbuzného druhu *Tripsacum dactyloides*.

Domestikace kukuřice přinesla v souvislosti se značnou genetickou plasticitou a citlivostí k podmínkám prostředí závažné změny na rostlině. Nejdůležitější je pravděpodobně mutace srůstu původně prstovitě rozvětveného klasového větene pestíkového květenství teosinte do dnešní podoby zkráceného a zdužnatělého větene palice a také rudimentace pluch obalující zrno. Semena pevně přirůstají k větenu, tvoří se větší počet semen, palice je obalena větším počtem listenů. Kukuřice se změnila na rostlinu plně odkázanou na člověka a neschopnou autoreprodukce, nemůže také zplánět.

V botanickém **systemu** čeledě lipnicovitých (*Poaceae*) kukuřice náleží do podskupiny *Tripsacine* C. Presl. (dříve kukuřicovité *Maydeae*) s 3 rody amerického původu: *Tripsacum*, *Euchlaena* a *Zea*.

Druhy rodu *Tripsacum* ($2n = 36$) jsou rozšířeny v zemích Střední Ameriky. Nejbližší kukuřici, avšak s některými odlišnostmi, je druh *Tr. dactyloides* ($2n = 36$ a 72).

Z rodu *Euchlaena* - teosinte jsou kukuřici příbuzné 2 druhy: *E. mexicana* Schard. ($2n = 20$, syn. *E. luxurians*), jednoletý plevel v kukuřici, silně odnožující, s nevypadavým zrnem ve dvouřadých klasech, s největší podobností a s dobrou křížitelností s kukuřicí v přirozených i v umělých podmínkách. Dalším je druh *E. perennis* Hitchc. ($2n = 40$), víceletá forma.

Do rodu *Zea* je řazen jediný druh *Zea mays* L., který se dále třídí podle charakteru endospermu zrna (podle uložení škrobu a sklovité vrstvy a schopností přeměny cukru v škrob) na poddruhy (ssp.), event. na convariety:

- **obecná** (ssp. *indurata* Sturt., syn. *vulgaris* Körn.). Zrno tvoří okrouhlé a lesklé, s moučnatým středem. Okrajová část je sklovitá, barvy bílé až po fialovou, s obsahem 7-24 % bílkovin, 63-83 % škrobu a 3-7 % oleje. Je ranější. Podle velikosti zrna se člení na var. *macrosperma* a *microsperma*.

- **koňský zub** (ssp. *indentata* Sturt., syn. *dentiformis* Körn.). Zrno má moučnatý endosperm, po stranách sklovitý, nahoře s jamkou, barvy je žluté, bílé, obsahuje 8-13 % bílkovin, 67-75 % škrobu a 4-5 % oleje. Je pozdnější a výnosnější.

- **škrobnatá** (ssp. *amylacea*). Zrno je moučné, bez sklovitých částí, obsahuje 6-12 % bílkovin, 72-82 % škrobu, 4-6 % oleje.

- **pukancová** (ssp. *everta*). Zrno má sklovité, zašpičatělé, drobné, obsahuje 10-14 % bílkovin, 62-72 % škrobu. Dělí se na var. rýžová (*oryzoides*) a perlová (*gracillina*). Používá se jako pochutina (pukance).

- **cukrová** (ssp. *sacharata*). Zrno má svraskalé, bez škrobu, obsahuje cukr (13-17 %), dextrin (přes 23 %), 18-20 % bílkovin a 8-9 % tuku.

Dalšími poddruhy jsou kukuřice **vosková** (ssp. *ceratina*) a **pluchatá** (ssp. *tunicata*).

Schématický přehled hlavních poddruhů kukuřice je na obr. 6.1.

Obr. 6.1. Charakteristika obilek poddruhů kukuřice (HEPTING, OLTMANN, 1985).

6.2. Cytogenetika, genetika, biologie kvetení a vývoje

Kukuřice má 10 párů chromozomů ($2n = 20$), které se liší délkou a polohou centroméry. Podle délky jsou číslovány v pořadí 1.-10., podle centroméry jsou akrocentrické, submetacentrické, 5. chromozom je metacentrický. Vyskytují se nadbytečné geneticky inertní B chromozomy v počtu 1 až 30. Jsou zpracované a známé chromozomové mapy všech chromozomů. Byly objeveny tzv. mobilní genetické elementy (transponovatelné elementy - transpozómy).

Dědičnost většiny hospodářsky významných znaků a vlastností je známá. Kukuřice je plodina geneticky dobře prostudovaná, neboť byla a je používána jako modelová plodina v genetickém výzkumu. Bylo popsáno více než 700 genů s lokalizací do 10 vazbových skupin. Známa je i genetika odolnosti k významným chorobám. Podrobný přehled kvalitativních genů s jejich lokalizací a fenotypovým projevem uvádí MARŠÁLEK (1989).

V dědičnosti hospodářsky významných kvantitativních znaků se projevují aditivní, dominantní a epistatické efekty a jejich kombinace. Podrobné jsou poznatky z dědičnosti ukazatelů nutriční a jakostní hodnoty zrna a biomasy. Známe jsou geny podmiňující chemickou stavbu a strukturu endospermu zrna, jedná se např. o geny *o2* (*Opaque 2*, mutace objevena v r. 1964) a *fl2* (*Floury 2*) zvyšující gluteninovou frakci bílkovin s vyšším obsahem aminokyselin lyzinu a tryptofanu, gen *su1* (*sugary*) u cukrové a gen *wx* (*waxy*) u škrobové kukuřice. Jsou mutace s geny *Lg1* a *Lg2* podmiňující ostrý úhel (vzprámenost) v postavení listů.

Kukuřice je modelovou plodinou pro výzkum a praktické uplatňování šlechtění inbredních linií a heterozního křížení s cílem využít maximálního heterozního efektu v generaci F_1 . Velký praktický význam měl objev pylové sterility. Geny serie *ms* (*rf*) podmiňují pylovou sterilitu a geny *Rf1* - *Rf3* umožňují restauraci fertility u jaderně cytoplasmatického typu pylové sterility (CMS). První hybrid s CMS byl získán v letech 1947-48.

Pro obsáhlost genetických poznatků všechny neuvádíme a zájemce odkazujeme na výše uvedený literární pramen.

Biologie kvetení a vývoje

Kukuřice je rostlina jednodomá, s odděleným pohlavím. Prašníkové (samčí) květenství je lata složená z dvoukvětých klásků (obr. 6.2.), která vyrůstá na vrcholu posledního internodia dužnatého stébla.

Obr. 6.2. Lata - prašnikové soukvětí a květ. 1 - klásková pleva, 2 - plucha, 3 - pluška, 4 - prašník.

Pestíkové (samičí) květenství je klas (palice) se zdužnatělou osou (vřetenem), vyrůstající na krátké ose (násadci) v úžlabí listu (obr. 6.3.). Je sestavena z dvoukvětvých klásků se zakrnělými pluchami, které jsou uspořádané párovitě v podélných řadách. Jen vrchní květ je plodný (event. plodný spodní květ vyvolá nepravidelnost řad). Palice je uzavřena do obalových listenů. Na rostlině se tvoří zpravidla jedna (i dvě) normálně vyvinutá palice, někdy se tvoří palice nedokonale vyvinuty.

Jako atavistická abnormalita se někdy vyskytují zdánlivě obojaká květenství v latě (vyskytují se květy samičí schopné oplození), v palicích prstovité členění na několik menších klasů, nebo normální palice zakončená krátkou latou.

Kukuřice je plodina **cizosprašná, větrosnubná**, s možností přenosu pylu na vzdálenost 500 až 3000 m. Cizosprašnost je podporována proteandrií, neboť palice téže rostliny vykvétá asi 1 až 3 dny po začátku kvetení laty. Možnost přirozeného opylení vlastním pylem je z 1 - 3 %. Na opylení vlastním pylem je velmi citlivá (inzuchtní deprese), i když je možné a využívá se při šlechtění inzuchtovaných (inbredních) linií.

Lata kvete 4 - 5 dnů, u linií vytváří okolo 25 tisíc a u hybridů přes 1 milion pylových zrn. Pyl má velké zrno, je životný asi 24 hod., životnost rychle ztrácí zejména při

vysokých teplotách. Při kvetení pronikají nitkovité čnělky listeny palice. Nejdelší čnělky jsou z nejspodnějších květů, nejkratší z horních květů. Palice kvete 5 - 10 (u hybridů 10-12) dnů, je schopna opylení do 20 dnů, oplození nastává za 17-28 hod. po opylení.

Obr. 6.3. Palice - pestíkové soukvětí.

Zrno je klínovitého tvaru, různé barvy a typu podle botanické příslušnosti. Zrna jsou v palici v podélných řadách, počet řad (8-18) je vždy sudý. Velký počet vytvořených zrn zabezpečuje vysoký množitelický koeficient plodiny.

Vyskytují se i tzv. **xenie** (změny v barvě, tvaru, rozměru a charakteru endospermu zrna) vlivem dominantních alel v pyly pro tyto znaky (př. bělozrná forma (yy) opylena žlutozrnou (YY) má zárodek hybridní (Yy) a žlutě zbarvený endosperm (Yyy).

Šlechtitelská a semenářská činnost vyžaduje dodržování přísné technické či prostorové izolace.

Z hlediska vývoje je kukuřice rostlina jednoletá, jarního charakteru, původně krátkodenní. Předpokladem pro rozšíření do severních oblastí je neutrálnost k délce dne a tolerance k nízkým teplotám při klíčení a vzházení.

6.3. Historie šlechtění a vývoj odrůdové skladby

Do Evropy kukuřici přivezli mořeplavci po objevení Ameriky, nejdříve do Španělska a Portugalska. Její pěstování se šířilo velmi rychle. Počátkem 16. stol. se pěstovala v okolí Madridu jako zahradní plodina, v r. 1535 se objevila ve středorýnské oblasti v Německu. Rozšiřovala se obchodními cestami do Asie, do Afriky a do středomořské oblasti. Rozšířila se v Číně, později v Japonsku a Polynézii.

Z Balkánu se pěstování kukuřice rozšířilo v druhé polovině 18. stol. z tehdejšího tureckého panství přes Maďarsko a Rumunsko na Slovensko a na jižní Moravu (odtud krajový název turkyně, turecká pšenice). V Čechách je známá od r. 1835 (Návod ku pěstění kukuřice c.k. hospodářské společnosti - KLEČKA, KUNC, 1948), větší rozšíření nastalo až začátkem 20. století.

S pěstováním kukuřice začalo i její šlechtění. Původní maďarské odrůdy byly po r. 1920 nahrazovány zušlechtěnými odrůdami domácími vzniklými hromadným a individuálním výběrem. Na Moravě se kukuřice šlechtila ve Velkých Pavlovicích, ve Valticích a ve Vyškově. První česká odrůda Polabanka je z r. 1905, další odrůdy jsou z období po r. 1920, např. Faryho Budyňská (později Adamcova Budyňská) a Zajíčkův koňský zub bílý (přejmenován na Český bílý koňský zub, ČBKZ). Byl vyšlechtěn výběrem z rané americké odrůdy Silver King v Lysé n. Labem. O něco později byla vyšlechtěna Stupická raná, která po r. 1955 byla využita pro liniové šlechtění. Vznikla řada odrůd na Moravě.

V Lednici prof. FRIMMEL (r. 1931) soustřeďoval krajové odrůdy a zavedl do šlechtění i křížení. V období 1946-52 byly využívány staré krajové populace, byla vyšlechtěna řada nových odrůd-populací. V r. 1947 byly dovezeny americké linie a postupně se začalo s heterózním křížením, nejdříve tvorbou meziodrůdových hybridů. Prvními byly hybrid ČBKZ x Slovenská žlutá, VHZ (Valtická x Hodonínský koňský zub) a KaZ (Kočovská raná x ČBKZ) a Lednický raný. Byly povoleny v letech 1954-56 a přinesly zvýšení výnosu zrna. Zvýšená pozornost hybridnímu šlechtění kukuřice nastala až po úspěchu dovezených amerických linií a meziliniových hybridů.

Vývoj šlechtění kukuřice v domácích podmínkách rozdělil DAMBORSKÝ (1988) do několika etap. První (období 1952-60) je charakteristická zaváděním liniového šlechtění a meziliniové hybridizace, s kterou začal šlechtitel Dr. KOPECKÝ ve ŠS Čejč. První hybridy (Čejčský raný, hybrid M 706 a další) byly povoleny po roce 1960.

Druhá etapa (1960-70) je typická tvorbou linií z domácích ale i ze zahraničních výchozích zdrojů (odrůd, hybridů), využitím zahraničních linií a vyšlechtěním řady dalších významných hybridů s odlišnou vegetační dobou u zrnových i silážních typů (CE 190, CE 250, CE 270 a další), některých i na bázi pylové sterility.

V další etapě (1970-80) se šlechtění orientovalo na zvýšení odolnosti k lámavosti stébla (v souvislosti s fusarióvou chorobou) a na šlechtění pozdnějších hybridů (CE 420, CE 425 L) v souvislosti s rozšiřováním nových způsobů využívání kukuřice.

Významným mezníkem ve šlechtění bylo využití cytoplasmatické pylové sterility s obnovou fertility a se současným vybudováním semenářské základny pro výrobu hybridního osiva.

Úspěšným šlechtěním byly vytvořeny velmi rané hybridy vhodné do chladných oblastí a vyšších poloh, vhodné pro různé krmné i průmyslové účely. O vyšlechtění řady úspěšných hybridů se přičinily ŠS Čejč, na Slovensku VÚK v Trnavě a ŠS Topoľníky.

V současné době šlechtění domácích hybridů zabezpečuje a.s. CEZEA, šlechtitelská stanice Čejč. Se šlechtěním hybridů kukuřice začali v 60. letech, do současné doby vyšlechtili celkem 43 hybridů, které tvořily a tvoří základ pěstovaného sortimentu (DAMBORSKÝ, 1997). V současné době hybridy českého šlechtění (označeny písmeny CE) zaujímají v ČR 40 % pěstovaných ploch. V Seznamu odrůd ÚKZÚZ je registrováno celkem 108 hybridů domácího a zahraničního původu (z toho 47 hybridů raných s FAO do 250, 34 hybridů s FAO 250-300, 17 hybridů s FAO do 350 a 10 hybridů s FAO nad 350). Z celkového počtu je 100 hybridů zahraničního původu (vč. SR).

Předpokladem úspěšného šlechtění je shromažďování, studium a využívání vhodných **genetických zdrojů**, zpočátku se to týkalo krajových a šlechtěných odrůd, později inzuchtovaných linií domácího i zahraničního původu. Jejich sortiment byl soustředěn od počátku v Mendeleu v Lednici, na Slovensku v ŠS Topoľníky a VÚK v Trnavě (po privatizaci a.s. ZEAINVENT Trnava).

6.4. Šlechtitelské cíle

Šlechtění kukuřice je zaměřeno na tvorbu zrnových a silážních hybridů pro krmné účely, s požadovanou úrovní výnosu a jakostních ukazatelů. Dále se zaměřuje na zlepšení odolnosti vůči stresům prostředí a k chorobám a škůdcům a na řešení některých speciálních požadavků. Uvedené šlechtitelské cíle se týkají linií i hybridů, neboť na úrovni a hodnotě použitých linií závisí i úroveň hybridů.

6.4.1. Šlechtění na produkční schopnost

Kukuřice je plodina s vysokým výnosovým potenciálem sušiny v produkci zrna i biomasy. Biologický výnos u nás se odhaduje na 43 t.ha⁻¹ sušiny a teoreticky možný výnos zrna na 21,5 t.ha⁻¹. Vysoký produkční potenciál sušiny kukuřice je podmíněný účinným typem fotosyntézy (fotosyntetický cyklus C₄ dikarbonových kyselin) a vysokou fotosyntetickou intenzitou (2,3 x vyšší než u ostatních obilnin).

Šlechtění na produkční schopnost je zaměřeno u zrnových hybridů na zvýšení produkce zrna a u silážních hybridů na zvýšení produkce nadzemní biomasy.

U **zrnových hybridů** je ekonomicky nejdůležitějším znakem **výnos zrna z plochy**, který se vyznačuje malou dědivostí ($h^2 = 0,19$) a výrazným vlivem podmínek pěstování. O výši výnosu rozhoduje a ve šlechtění se sleduje:

- **počet rostlin** na ploše. Hustota porostu významně ovlivňuje výnos a proto optimální hustotu je nutné zajistit potřebným výsevkem. Šlechtí se na toleranci k vyššímu zahuštění porostu u hybridů zrnových na 90 tis. rostlin/ha u silážních přes 100 tis. rostlin/ha. Ranější hybridy snáší větší hustotu porostu.
- **počet palic** na rostlině. Jednoklasé rostliny poskytují vyrovnanější zrno, palice jsou dlouhé. Dvě palice na rostlině (dvouklasost) může lépe zabezpečit větší výnosovou stabilitu ve zhoršených podmínkách. Nutná je však selekce na stejnoměrný vývin i kvetení obou palic (synchronní vývin). Jednoklasost podle IZAKOVIČE (1989) se jeví jako dominantní.
- **produkce palice** je dána počtem zrn v palici, který souvisí s počtem zrn v řadě a s počtem řad (vyžaduje se dokonalé ozrnění na bázi i na vrcholu palice). Počet řad vykazuje vysokou dědivost. Počet zrn v řadách více kolísá, souvisí s hustotou osazení.
- **hmotnost tisíce zrn (HTS)** je odrůdovým znakem a pohybuje se v rozmezí od 40 do 600 g (podle botanické příslušnosti). Zrno má mít povrch lesklý, barevnou jednotnost, dobře vyvinutý klíček a dobře vyvinutý endosperm.

U **palic** se sleduje: **délka násadce**, kterým přirůstá ke stéblu, **umístění** a **úhel postavení** palice ke stéblu. Žádoucí je krátký násadec a úhel do 45°, jinak se palice snadno ulamují. Žádoucí je umístění palice za 3.-4. listem u jedнокlasových rostlin a úplnost a pevnost olistění palice. **Tvar palice** je odrůdovým znakem, může být cylindrický, konusový, vřetenovitý a válcovitý o délce 10-25 cm a průměru od 2 do 5 cm. Tvar palice ovlivňuje počet zrn v řadách.

U zrnových typu je důležitý i poměr zrna k nadzemní hmotě, tzv. HI. Požadovaná nižší výška rostliny zajišťuje lepší prosvětlení porostu a zvýšenou pevnost stébla a tím i vyšší nepoléhavost. Vzpřímené horní listy podmiňují toleranci k zahuštění porostu.

U **silážních** hybridů (ev. pro sklizeň čerstvé hmoty) je šlechtění zaměřeno na vysokou **produkcí biomasy** se žádoucím 27 - 33 % obsahem sušiny ve sklizené biomase. Předpokladem pro její docílení je 40- 55 % podíl palic se zrny ve sklizené sušině a zlepšená stravitelnost zelené hmoty.

Rozhodující kritéria hodnocení hybridů na ŠS Čejč jsou výnos sušiny palic a obsah sušiny v čerstvé hmotě, neboť příznivě působí na konzervační procesy, snižují ztráty a zlepšují příjem siláže, zvyšují koncentraci živin a stravitelnost (DAMBORSKÝ, 1989).

Je snaha šlechtit zrnové typy se zelenými stébly v době sklizně zrna, tzv. remontní typy („stay green“ typy), jejichž předností je delší asimilace, vyšší obsah škrobu a prodloužené období pro sklizeň, pružnější a svěží stéblo.

Teoretickým základem pro šlechtění na zvýšený výnos zrna i biomasy je plné využití heterozygotnosti a heteróze spolu s přísnou selekcí na požadovanou úroveň výnosových prvků. Produkční schopnost se testuje u sestavených hybridních kombinací použitých linií a je i projevem kombinační schopnosti (KS) linií.

6.4.2. Šlechtění na jakost

Šlechtění na jakost je určeno užitkovým směrem. U zrnových hybridů je zaměřeno na ukazatele jakosti zrna, u silážních na ukazatele jakosti biomasy.

Zrno kukuřice obsahuje hodně škrobu (70-75 %), málo bílkovin (9-11 %, možných je i 14 %) s nízkou biologickou hodnotou. Bílkoviny kukuřice obsahují až 50 % prolaminové frakce - zeinu, chudého zejména na aminokyseliny lyzin a tryptofan. Zrno obsahuje 3-5 % tuku, v embryu je až 30 % kvalitního oleje (s 50 % kyseliny linolenové).

U zrnových hybridů je šlechtění zaměřeno na zvýšení obsahu bílkovin a na zlepšení jejich biologické hodnoty. Je negativní korelace mezi obsahem bílkovin, výnosem zrna i obsahem lyzinu. Heteroze samotný obsah nezvyšuje, podle BOHÁČE (1990) dokonce může až o 1/3 klesnout (negativní heteroze). Přesto se doporučuje používat k heteróznímu křížení mateřskou komponentu s vysokým obsahem bílkovin. Cestou ke zlepšování biologické hodnoty bílkovin je vyšlechtění linií s mutovanými geny *Opaque 2* (*o2o2*) a *Floury 2* (*fl2fl2*), které jak známo mají vliv na hodnotu bílkovin zvýšením obsahu lyzinu a tryptofanu (zjištěno v r. 1954-55), jak je zřejmé i z údajů tabulky 6.1.

Tab. 6.1. Obsah lyzinu a tryptofanu v odtučněném endospermu (podle KUČERY, 1974).

Obsah aminokyseliny v g ve 100g bílkovin	linie		
	W64 A	W64 Ao ₂	W64 Af ₂
lyzin	1,6	3,7	3,3
tryptofan	0,3	0,7	0,8
protein (%)	12,7	11,7	13,6

Linie se uplatní v heterózním křížení pro event. přípravu alternativních „lyzinových“ hybridů. Žádoucí je, aby hybrid obsahoval 4,5-5 g lyzinu a 1 g tryptofanu ve 100 g bílkovin.

Se zvýšeným obsahem lyzinu však souvisí nevhodné vlastnosti: snížený výnos zrna, snížená HTS o 10-15 %, zvýšená křehkost a lámavost zrn (zrno nemá periferní aleuronovou vrstvu a je moučnaté konzistence), snížená klíčivost, delší vegetační doba a zvýšená náchylnost k fusarioze zrn. Přes jisté obtíže byly vyšlechtěny hybridy se zvýšeným obsahem lyzinu. Nyní zájem o jejich šlechtění výrazně poklesl.

Biomasa silážních hybridů obsahuje poměrně málo bílkovin (7 %) a hodně ligninu (6-8 %). Šlechtění se zaměřuje na zlepšení, požaduje se 18-25 % hrubé vlákniny v sušině, 10-11 % N-látek a snížený obsah ligninu o 10-20 %, který by vedl ke zvýšení stravitelnosti. Největší výživnost rostliny je ve voskové zralosti zrna. Později se zvyšuje obsah škrobu, zvyšuje s obsah ligninu, listy žloutnou a stravitelnost se zhoršuje.

Silážní hybridy by měly vykazovat rychlý počáteční růst a vývin a rané kvetení. Nové poznatky ukázaly, že jsou genotypy lišící se v rychlosti tvorby sušiny, v rychlosti ztráty vegetační vody, nebo s různou dobou zachování zelených stébel s lepší stravitelností a že jsou mutanti „brown midrib“ (*bm₃*) se sníženým obsahem ligninu a tím se zvýšenou stravitelností siláže, ale mají sníženou pevnost stébla.

Pro průmyslové zpracování kukuřice jsou vhodné běžné zrnové hybridy pro potravinářské účely. Jako pochutina se využívají odrůdy kukuřice cukrové a pukancové.

6.4.3. Šlechtění na délku vegetační doby

Při řešení tohoto cíle se bere v úvahu původ plodiny, neboť náleží k plodinám teplomilným, vyžadující k dozrání vysokou sumu aktivních teplot a světlo vysoké intenzity. V našich podmínkách je u zrnových i silážních hybridů aktuální šlechtění na

určitý stupeň ranosti, neboť umožní rozšiřování kukuřice do severnějších a vyšších poloh a také umožňuje etapovou sklizeň postupně zrajících hybridů.

Délka vegetační doby se v domácích podmínkách pohybuje u hybridů velmi raných od 90-100 dnů, do 140 a více dnů u velmi pozdních. Ranost je v negativním vztahu k výnosnosti zrna i hmoty. Tento vztah se daří do jisté míry překonávat heterózním křížením.

Požadovaný stupeň ranosti je obvykle určovaný klimatickými a povětrnostními podmínkami příslušné oblasti. Pro šlechtění raných hybridů je nutné používat linie s vegetační dobou kolem 100 dnů, linie s vegetační dobou 100-120 dnů jsou použitelné pro šlechtění pozdních hybridů.

Délka vegetační doby kukuřice se vyjadřuje číslem hodnocení FAO (mezinárodní stupnice FAO s určeným standardem pro každý stupeň ranosti). Příslušnou ranost hybridu a délku vegetační doby odpovídající stupnici FAO v našich podmínkách uvádí následující přehled (kategorie podle ÚKZÚZu):

Skupina FAO	Vegetační doba-dny	Ranost
do 250	do 120	VR - velmi raný
200 - 300	121 - 127	R - raný
300 - 350	128 - 134	SR - středně raný
nad 350	135 - 140	SP - středně pozdní

Zmíněné trojčíslí se uvádělo za označením hybridu, nyní se přechází na označení hybridu názvem často i bez číselného kódu.

Délka vegetační doby linií a hybridů se může posuzovat také podle počtu listů (rané mají menší počet), podle vyžrání palic (zrna) nebo zasychání listů. Spolehlivější a přesnější způsob je stanovení některou metodou objektivního zjištění: podle obsahu sušiny zrna nebo celkové hmoty, počtem dnů od zasetí (vzcházení) do kvetení lat, nebo podle sumy průměrných nebo efektivních teplot od výsevu do metání lat, případně podle stupnice FAO.

Určitým problémem je nedostatek raných linií. Vhodnými genetickými zdroji pro šlechtění ranějších typů je ssp. *indurata*, pozdnějších ssp. *indentata*. Rané hybridy lze získat z křížení linií různého stupně ranosti (hybrid vykazuje vegetační dobu bližší k ranější linii) nebo z křížení linií stejné ranosti a hybrid je o několik dní ranější. Raný hybrid nelze získat z křížení pozdních linií. Přínosné je křížení linie rané s pozdní jen u dvouliniových hybridů.

6.4.4. Šlechtění na odolnost ke stresům

Řešení šlechtitelského cíle zahrnuje:

a) Šlechtění na **chladuvzdornost**. je aktuální pro linie a hybridy zrnových i silážních typů, a to:

- v době klíčení a vzcházení, neboť nízké teploty je zpomalují a zvyšují nebezpečí poškození osiva patogenní mikroflorou. Vyžaduje se snášenlivost k nízké teplotě půdy 6-8°C v době klíčení a vzcházení. Tolerance k nízkým jarním teplotám umožní ranější výsev a tím i lepší využití podmínek pro účinnou fotosyntézu v období letních měsíců. Cílem je spojit chladuvzdornost s odolností k patogenům. Šlechtěný materiál se proto testuje tzv. cold testem, klíčením semen při 10°C v infikované půdě (klíčivost nad 85 % signalizuje chladuvzdornost). Používají se i polní testy předčasným výsevem.

- v době vegetace, proti pozdnímu chladu zejména v období 3-4 listů, a v době mléčné zralosti a dozrávání zrna.

Je zjištěno, že jistý stupeň odolnosti je geneticky kontrolován, jsou rozdíly mezi liniemi i hybridy. Genetickými zdroji pro šlechtění odolných linií mohou být krajové odrůdy a linie, zejména ssp. *indurata*. Pro šlechtění chladuvzdorného hybrida je nutné, aby alespoň mateřská linie byla chladuvzdorná.

b) Šlechtění na **suchovzdornost**, které přichází v úvahu u linií a hybridů určených do suchých oblastí. Největší nebezpečí je v době metání a kvetení. Suchovzdornost souvisí s utvářením kořenové soustavy (náchylnější je horizontální typ), s výškou rostliny, s olistěním a charakterem listů (užší, stáječící se, ochmýřené) a s ekonomičností ve využívání vláhy (transpirační koeficient). Větší suchovzdornost vykazují hybridy vyšlechtěné na Slovensku.

Odolnost se posuzuje stupněm vadnutí rostliny, podle vývinu a ozrnění palic, podle stupně snížení HTS a snížení výnosu v podmínkách sucha a suchých ročníků.

c) Šlechtění na **odolnost proti chorobám a škůdcům**. Kukuřici napadá 40 chorob, z nichž je 30 chorob houbových, vyskytují se i virové. Šlechtí se na odolnost k :

- **fusariózám**, které způsobují lámání stébel. Odolnost je kontrolována dominantně, neúplně dominantně i polygenně. Testování se děje umělou infekcí do meziuzlí stébla pod palicí a hodnotí se před sklizní. Na rozřezaném stéble se zjišťuje stupeň rozšíření choroby. Rozšíření do více jak 2-3 internodií označuje neodolný typ.

- **sněti kukuřičné** (*Ustilago maydis*). Odolnost je podmíněna polygenně, aditivně. Testování šlechtěného materiálu se provádí umělou infekcí suspenzí spor v bazální části stonku ve fázi 3-4 listu. Hodnotí se procento napadených rostlin a stupeň rozvoje choroby.

- **helmintosporióze** (způsobuje *Helminthosporium maydis* a *H. turcicum*), která snižuje výnos zrna až o 40-60 %. Odolnost je kontrolována genem *H_t*, který lze zpětným křížením přenést do linií. Ranější linie jsou náchylnější.

V 70. letech v USA došlo k epidemickému rozšíření této choroby u hybridů na bázi texaského typu pylové sterility (T-typ CMS). K vyšlechtění odolných typů se musely použít krajové odrůdy a linie z Maďarska a Rumunska.

Ze škůdců proti **zaviječi kukuřičnému** (*Ostrinia nubilalis*), jehož larvy narušují pevnost stébla. Lze vyšlechtit linie odolné, odolnost je podmíněna přítomností flavonoidů v zelených částech.

6.4.5. Šlechtění na vhodnost k mechanizované sklizni

Uplatňuje se hlavně při šlechtění linií a zahrnuje:

a) Šlechtění na **nepoléhavost** rostlin. Odolnost souvisí s výškou rostlin, s mohutností kořenové soustavy a s morfologickou a anatomicou stavbou stébla. Kratší stéblo u zrnových typů podmiňuje vyšší odolnost. Zdrojem nízkého vzrůstu mohou být mutace známé jako brachtyc 2 (*br*), dwarf (*d₁* a *d₂*), případně brevis 2 (*br₂*), které se používají hlavně ke křížení. Odolnost se prověřuje v provokačních podmínkách přehoustlého porostu. Posuzuje se náchylnost k tzv. kořenovému poléhání (vyvracení rostliny těsně nad zemí) které úzce souvisí s hustotou porostu.

b) Šlechtění na **pevnost** (nelámavost) **stébla**. Jedná se hlavně o lámavost stébla v místě jeho zúžení pod palicí. Odolnost souvisí s délkou internodií, se šířkou stébla a s mohutností sklerenchymatického prstence, také s odolností k fuzarióze a k zaviječi kukuřičnému.

Pevnost stébla u šlechtěného materiálu se podle RYŠAVÉ a JAVORKA (1986) zjišťuje počítáním polehnutých rostlin při sklizni, nebo podle tlaku potřebného na rozdrcení vzorku 50 mm úseku internodia ($r=-0,71$), také podle síly sklerenchymu ($r=-0,80$), nebo měřením pevnosti stébla na namáhání a tlak ve spodní třetině 2. internodia. Na ŠS Čejč testují odolnost zjišťováním počtu zlomených rostlin pod klasem a subjektivním posouzením odporu stébla při jeho ohýbání do určitého úhlu. DAMBORSKÝ a

CHLOUPEK (1994) zjistili významnou korelaci ($r=0,66$) odolnosti k lámavosti stébla s výnosem.

c) hodnocení **výšky a úhlu nasazení palic**. Žádoucí je nasazení palic za 3.-4. listem (nízko nasazené se znečišťují a infikují), v úhlu do 45° , s krátkým násadcem, palice velikostně vyrovnané, celé olistěné (nezakrytý vrchol umožňuje infekci zrn a poškození ptactvem), se snadným uvolňování palice z listenů.

d) Šlechtění na vhodnost **k dělené sklizni DSK** (CCM - Corn-Cob-Mix). Hybridy vhodné pro tuto technologii by měly být nižšího vzrůstu, odolné poléhání a k lámání stébla, s vysokým výnosem a s rychlým vysycháním zrna (ovlivní ekonomiku dosoušení), s volnějším obalením palice kratšími listeny, s nízkým podílem vřetene v palici (je rezervoárem vody), s vysoký podílem zrna v palici (nad 80 hmotnostních procent), s nízkým obsahem vlákniny, a vysoce chladuvzdorné. Z uvedených hledisek více vyhovují hybridy typu koňského zubu.

6.5. Metody šlechtění

Vývoj šlechtitelských metod je spojen s historií šlechtění kukuřice. Do konce 19. st. se používal hromadný výběr podle znaků palice, později individuální výběr (systémem palice-řádek) vyhovujících jedinců z krajových odrůd, či ze zlepšených krajových odrůd.

Později se využilo **kombinační křížení** (většinou meziodrůdové) za účelem tvorby nových odrůd-populací.

Omezeně se využívá exotická plasma ve vzdáleném křížení pro rozšíření genetické proměnlivosti pro obtížnou adaptaci v mírném pásmu. IZAKOVIČ (1989) uvádí, že byl získán kříženec kukuřice s teosintou, zvaný maisinta.

Jistým mezníkem ve šlechtění kukuřice bylo zavedení **heterozního šlechtění** (heterozního křížení), které se uplatnilo ve 40. letech v USA, v domácích podmínkách po roce 1951. Heterozní šlechtění kukuřice je zaměřeno na využití heteroze v generaci F_1 hybridních odrůd (hybridů F_1), a také mělo svůj vývoj.

Nejdříve se využívalo meziodrůdového křížení pro vyšlechtění meziodrůdových hybridů, které vykazovaly zvýšenou produkci asi o 10 % proti klasickým odrůdám.

Později se přešlo na šlechtění meziliniových hybridů (hybridy F_1) křížením inzuchtovaných (inbredních) linií s prověřenou dobrou kombinační schopností. Heterozní

efekt se zvýšil na 35-40 %. Tento systém setrval do současnosti s tím, že dochází k neustálemu zdokonalování postupů.

Šlechtění syntetických odrůd (populací) u kukuřice se téměř neujalo, i když bylo zejména v USA vyšlechtěno několik odrůd.

Pro přehled uvádíme typy šlechtěných hybridů F_1 . Šlechtí se jen **meziliniové hybridy**:

- dvouliniové (single cross - Sc) - $A \times B$,
- tříliniové (three-way cross - Tc) - $(A \times B) \times C$,
- čtyřliniové (double cross - Dc) - $(A \times B) \times (C \times D)$,
(písmena A - D značí inzuchtované linie)
- kombinované odrůdoliniové (O x linie), nebo linioodrůdové (linie x O), v sestavách Sc i Tc,
- tzv. backcrossové, zpětné hybridy $(A \times B) \times A$,
- tzv. modifikované (s využitím sesterských linií na pozici mateřského, nebo otcovského komponenta, nebo na pozici obou komponentů:
u Sc $(A \times A^1) \times B$, nebo $(A \times A^1) \times (B \times B^1)$,
u Tc $(A \times B) \times (C \times C^1)$).

Heterozní šlechtění zahrnuje:

- a) vyšlechtění inzuchtovaných (inbredních) linií,
- b) zkoušení kombinační schopnosti linií (KS) a výběr linií s nejlepší KS,
- c) konstrukci hybridů vč. prověrky nejlepších kombinací.

DAMBORSKÝ (1987) člení vyšlechtění hybridu do více etap:

- vyhledání genových zdrojů pro vyšlechtění linií,
- vyšlechtění inzuchtovaných linií,
- výběr linií s nejlepší kombinační schopností,
- testování hybridů ve staničních pokusech,
- firemní zkoušky hybridů a SOZ (nyní registrační zkoušky),
- registrace hybridu.

Jednotlivé etapy se prolínají, první dvě mohou trvat 8-10 let, celková doba vyšlechtění hybridu je až 15 let.

Šlechtění inzuchtovaných linií (liniové šlechtění)

Šlechtění linií je velmi důležitou etapou celého systému heterozního šlechtění, neboť jak již bylo uvedeno, úroveň linie ve znacích a vlastnostech je rozhodující pro úroveň hybrida. Šlechtění závisí na volbě vhodného výchozího materiálu, na rozsahu a rozpracovanosti šlechtěného materiálu a na přísnosti selekce v průběhu šlechtění. Výtěžnost úspěšných linií se žádanou úrovní znaků a vlastností je dost nízká, proto šlechtitel je nucen pracovat s početně rozsáhlým souborem.

Pro vyšlechtění linií se s úspěchem využívaly krajové a šlechtěné odrůdy (označují se liniemi 1. cyklu), využívají se špičkové hybridy, nejčastěji jednoduché a zpětné hybridy (získají se linie 2. cyklu), resp. z nejlépe kombinujících linií (i zahraničních) vytvořené různé typy kříženců. Linie bylo možné i nakoupit od zahraničních renomovaných firem. Mohou se využívat i indukované mutace. Nebezpečí zužování genetického základu hybridů vzniká tehdy, používá-li se malý počet úspěšných linií pro tvorbu více hybridů, nebo se opakovaně získávají linie z téhož hybridu.

Jsou dvě cesty k vyšlechtění žádoucích inzuchtovaných linií:

- a) opakovaným samoopylováním rostlin (inzucht, inbreeding, selfing)
- b) zlepšováním stávajících linií domácího (zahraničního) původu.

Během 6-7 po sobě následujících generací opakovaného samoopylení vybraných rostlin a odpovídající selekcí na žádané znaky a vlastnosti lze získat inzuchtovanou linii. Uvádí se, že za 7 generací inzuchtů je homozygotnost až 99 %.

Technika inzuchtů spočívá ve včasné izolaci laty (pergamenovým sáčkem) pro sběr pylu a izolace palice (rovněž pergamenovým sáčkem) před nežádoucím opylením. Sebraný pyl se ve vhodnou dobu přemístí na blizny kvetoucí palice téže rostliny a ta se opětně zaizoluje. Jsou vyvinuty i technické pomůcky pro sběr pylu a opylování.

Na inzucht rostliny reagují výrazným projevem **inzuchtní deprese**, výskytem různými abnormalit a poruch. Je nutný přísný výběr vhodných rostlin pro opakované samosprašování.

Nejčastěji používaným selekčním postupem je **standardní** (rodokmenová) **metoda**, která umožňuje vedle opakovaného inzuchtování i současnou prověrku obecné kombinační schopnosti (OKS) budoucích linií již v generacích I_2 - I_3 a v pozdějších generacích i prověrku specifické kombinační schopnosti (SKS) nutnou pro sestavení hybridních kombinací.

Z dalších metod tvorby inzuchtních linií lze uvést **hnízdovou metodu** umožňující vzájemné opylování rostlin náležících ke stejnému původu (rodině).

Jinou možnou metodou je využívání **dihaploidních linií** (DH) získaných polyploidizací haploidních rostlin, které se získávají pomocí pylových nebo prašниковých kultur (androgenezí). Jejich výskyt je však velmi nízký pro slabou reakci pylových zrn na tvorbu kalusu, obtížnou regeneraci apod.

V hybridním šlechtění kukuřice se využívá geneticky podmíněná **pylová sterilita** mateřských linií, která vylučuje nutnost kastrace (odstranění lat) u mateřského komponenta při výrobě hybridního osiva a přitom zabezpečuje vysoký podíl žádoucího opylení, jakožto podmínku pro realizaci heterozního efektu. Využívá se systému obnovy fertility na úrovni posledního stupně hybridizace.

Využívání pylově sterilních forem zahrnuje:

- a/ vyhledání nebo vyšlechtění linie s geneticky podmíněnou pylovou sterilitou typu CMS ($/S/rfrf$) a sesterské linie fertlní (fertlní analog - $/N/rfrf$), která je nutná pro rozmnožování sterilní linie.
- b/ vyšlechtění linie udržující CMS (udržovatel sterility - $/S/rfrf$),
- c/ vyšlechtění linie obnovující fertilitu (obnovitel fertility- $/N/RfRf$), resp. $/N/Rfrf$), jejíž získání je zpravidla obtížnější pro malý výskyt.

U kukuřice existují dva **typy CMS**: texaský (T) projevující se sterilními prašníky a moldavský (M), který je dost nespolehlivý. Oba typy sterility jsou podmíněny mutacemi jaderných genů (u typu T dvou, u M typu jedním) a projeví se v interakci s mutovanými cytoplasmatickými faktory, které zabezpečují přenos sterility na potomstvo prostřednictvím mateřského komponenta.

Šlechtění pylově sterilních linií vyžaduje přísnou a opakovanou kontrolu a selekci na sílu projevu sterility.

Pylové sterility se v heterozním šlechtění kukuřice v poslední době využívá jen sporadicky. V našich podmínkách bylo podle DAMBORSKÉHO (1980) jen 40 % vyšlechtěných hybridů na bázi pylové sterility. V USA se tato cesta zcela opustila.

Ke **zlepšování vyšlechtěných linií** v řadě znaků a agronomických vlastností lze využít několik metod:

- a) kumulativní selekci - z linií vyšlechtěných standardní metodou a prověřených na OKS se nejlepší navzájem zkříží mezi sebou, u hybridních rostlin se inzucht a topcross opakuje (i vícekrát), získané linie se vyznačují nahromaděnými příznivými geny.

- b) kombinační, konvergentní a opakované (5-6x) zpětné křížení linií s cílem zlepšit např. obsah bílkovin a lyzinu, odolnost k chorobám, vzpřímenost listů apod.
- c) rekurentní (periodickou) selekci, která umožňuje hromadění genů s aditivním účinkem systémem opakovaných cyklů inzuchtů vybraných nejlepších rostlin a vzájemného prokřížení jejich potomstev. Rostliny a potomstva se vybírají na základě fenotypu, nebo podle OKS či SKS. Lze využít i reciprokovou rekurentní selekci při níž testerem linií populace A je populace B a opačně.

U vyšlechtěných linií se zjišťuje kombinační schopnost linií nejčastěji metodou topcrossu a nebo dialelním křížením. Současně se prověřuje vhodnost hybridních kombinací. Celý postup zahrnuje již zmíněná standardní metoda liniového šlechtění.

Byly vyvinuty i predikční postupy pro sestavu vhodných kombinací podle metod GRIFFINGA (cit. HABĚTÍNEK, GRAMAN, 1984) na základě výnosových výsledků nepřímých Sc hybridů.

Hlavním kritériem konstrukce vhodných hybridů je úroveň výnosu a hospodářských vlastností hybridů, včetně ekonomiky produkce hybridního osiva.

Úspěšné výsledky víceletých staničních a firemních zkoušek opravňují k přihlášení hybrida do státních registračních zkoušek se žádostí o jeho registraci do Státní odrůdové knihy.

Z dalších šlechtitelských metod lze pro úplnost uvést **indukovanou mutagenézi**, která se většinou využívá pro vyšlechtění linií se speciálním využitím, např. mutantních „lyzinových“ linií s geny *o2* a *fl2*, se zvýšeným obsahem bílkovin, linií s kratší vegetační dobou apod.

Polyploidní šlechtění je sice možné (poprvé byla získána 4n kukuřice v r. 1932), ale prakticky s nevyžívá. Polyploidie se projevuje větším zrnem a větším počtem řad v palici, ale velmi sníženou (na 40-52 %) ozrněností palice.

Z **nekonvenčních metod šlechtění** mají omezené využití techniky explantátových kultur pro řadu obtíží (výrazná genotypová specifická, nesnadná regenerace). Účinným doplňkem klasického postupu může být indukce haploidů androgenézí a následně indukce dihaploidních (DH) linií (HERICHOVÁ, 1986).

Rozšiřuje se tvorba transgenních odrůd na základě genových manipulací. Firma CIBA SEEDS vyšlechtila hybrida kukuřice s genem z *Bacillus thuringiensis* (Bt) produkující insekticidní toxin a podmiňující odolnost proti zavijeci kukuřičnému (*Ostrinia nubilalis*). Jsou známé výsledky s transgenním genem podmiňující odolnost, resp. toleranci k glyfosátu, který je podstatou herbicidu Roundup. V současné době je několik žádostí (Kanada, EU, USA) o uvolnění transgenních hybridů pro pěstování.

7. POUŽITÁ LITERATURA

- APELTAUEROVÁ, M., JUSTOVÁ, B.: Co nového ve šlechtění hybridních odrůd. Úroda, 36,1988 (7), s.291-293.
- BAREŠ, I.: Rozvoj šlechtění pšenice ve světě, významné zdroje šlechtění v Evropě. ÚVTIZ Praha, 5, 1990, s.60.
- BOHÁČ, J.: Špeciálne šľachtenie poľnohosp. plodín, II. vyd., VŠP Nitra, 1990, s. 270.
- BRÜCKNER, F.: Co ovlivňuje vysoké a stálé výnosy j. ječmene. Úroda, 29, 1981 (12), s.539-540.
- ČAPEK, J.: Vztah mezi hospodář. důležitými znaky rostlin žita s rozdílnou délkou stébla. Kand.P, VÚO Kroměříž,1984.
- ČERNÝ, J., ŠAŠEK, A., RADOVÁ, J., PAŘÍZEK, P.: Hodnocení stálosti odrůdy jar. ječmene Zenit pomocí elektroforézy hordeinů. ÚZPI-Rostl. výr., 36, 1990 (6), s.611-617.
- ČERNÝ, J., ŠAŠEK, A., ŠPUNAR, J.: Rozlišení oz. ječmenů jarních a víceřadých pomocí elektroforézy hordeinových bílkovin. ÚZPI-Genet. a Šlecht.29, 1993 (1), s.22-29.
- ČERNÝ, J., ŠAŠEK, A.: Bílkovinné signální geny pšenice obecné. ÚZPI, Praha, 1996, s. 62.
- ČERVENKA, J.: Jak vypěstovat kvalitní oves. Zemědělec, č.2, 1997.
- DAMBORSKÝ, F.: 30. let šlechtění kukuřice na ŠS Čejč. Zpravodaj šlecht. a semen., 1986, č. 3. (příloha Úrody).
- DAMBORSKÝ, F.: Vliv hybridů kukuřice na kvalitu siláže. Úroda, 34,1986 (10), s.451-452.
- DAMBORSKÝ, F.: Šlechtění kukuřice. Zemědělec č. 5-spec. příloha,1997.
- DAMBORSKÝ, M., CHLOUPEK, O., EHRENBERGEROVÁ, J.: Variabilita linií a dialel. hybridů kukuřice. ÚZPI-Genet. a Šlecht.,30,1994 (4),s.297-303.
- EHRENBERGEROVÁ, J.: Analýza výnosu linií odlišných genotypů jar. krmného ječmene. ÚZPI-Rostl. výr., 40,1994 (3), s.293-297.
- EHRENBERGEROVÁ, J., VACULOVÁ, K., ZIMOLKA, J.: Jakost zrna bezpluchého ječmene z odliš. způsobů pěstování. ÚZPI-Rostl. výr., 43,1997 (12), s.585-592.
- FADER, F., WENZEL, G.: *In vitro* selektion for Tolerance to Fusarium in F₁ Microspore Population of Wheat. Plant Breeding, 110,1993 (89), s.93-95.
- FAMĚRA, O.: Hodnocení tvorby výnosu dvouřadého oz. ječmene. Úroda, 41,1993 (4), s.153-154.
- FISCHBECK,G.: Gerste (*Hordeum* sp.), Hafer (*Avena* sp.). In. HOFFMANN, A., MUDRA, A., PLARRE W.: Lehrbuch der Züchtung landw. Kulturpflanzen, B. 2., 2. Aufl., Berlin, 1985, s. 435.
- GEIGER, H.H.: Breeding methods in diploid rye (Sec. cer. L.) Tag. Berlin. Akad. Lanwirt. Wissensch., DDR, Berlin, 198, 1982, s.205-332.
- GULJAJEV, G.V.: Častnaja selekcia polevyh kultur. Kolos, Moskva, 1975, s. 462.
- HABĚTÍNEK, J., GRAMAN, J.: Cvičení ze šlechtění. VŠZ Praha, 1984 (skripta).
- HANIŠOVÁ, A., HANIŠ, M.: Změny odrůd oz. pšenice. Úroda, 44,1996 (8),s.12-13.
- HANIŠOVÁ, A., AMLER, P.: Výsledky a perspektivy šlechtění pšenice na potravin. jakost. Sb. Obilnářský seminář 97, VÚRV a ČŠSA Praha, 3.12.1997.
- HANIŠOVÁ, A.: Hlavní šlechtitelské cíle u pšenice. Úroda, 46,1998(6), s.6-7.
- HANUŠOVÁ, R.: Specif. odolnost pšenice k padlí travnímu. ÚZPI-Genet. a Šlecht., 31,1995 (2), s.157-160.
- HÁP, J., PELIKÁN, M.: Technologická jakost vybraných odrůd tritikale. ÚZPI-Rostl. výr., 41,1995 (8), s.351-356.

- HEPTING, L., OLTMANN, W.: Mais. In: HOFFMANN, W., MUDRA, A., PLARRE, W.: Lehrbuch der Züchtung landw. Kulturpflanzen. B. 2, 2. Aufl., Berlin, 1985, s. 435.
- HERICHOVÁ, A.: Explantátové kultury kukuřice. Obzor šlecht. a semen., č. 3, 1986 (příloha Úrody).
- HLAVÁČEK, J.: Zušlechtování žita. Brázda, Praha, 1948, s. 120.
- HRAŠKA, Š. a kol.: Speciální genetika polnohosp. rostlin. Příroda Bratislava, 1989, s. 213.
- HUBÍK, K., TICHÝ, F.: Potravinářská jakost pšenice II. Zemědělec, č. 7, 1989.
- CHLOUPEK, O.: Genetická diverzita šlechtění a semenářství. Akademia Praha, 1995, s.180.
- CHRPOVÁ, J., ŠÍP, V., ŠKORPÍK, M.: Geny zakrslosti u pšenice a jejich využití. Úroda, 44,1996 (4), s.32-33.
- IZAKOVIČ, R.: Šlachtenie kukurice na vícešul'kovosť. Slovosivio IV,1989 (12), s.13-14.
- JAHOOR, A., FICHBECK, G.: Identifikation of New Genes for Mildew Resistance of Barley. Plant Breeding, 110, 1993 (2), s.116-122.
- JUREČKA, D., NOVOTNÝ, F.: Hodnocení jakosti. Zemědělec-zvl. příloha, č.9, 1998.
- KLEČKA, A., KUNC, E.: Kukuřice, její význam v pícn. plánu a genomii. MZ Praha, 1948.
- KOBYLJANSKIJ, V.D.: Rož. Kolos, Moskva, 1982, s.150.
- KONOVALOV, J.B.: Častnaja selekcia polevykh kultur. Agroproizdat. Moskva, 1990, s.542.
- KOŠNER, J.: Monosomická serie pšenice odrůdy Zlatka. ÚVTIZ -Genet. a Šlecht, 21,1985 (2), s.97-101.
- KOUSALOVÁ, J., VOŇKA, K.: K prognóze výnosu a obsahu bílkovin v zrn jar. ječmene. Úroda 26,1978 (3), s.22-24.
- KUBÁNKOVÁ, V.: Embryokultury jačmeňa. Obzor šlecht. a semen., č.3, 1987 (příloha Úrody).
- KUBÁNEK, J., HANIŠOVÁ, A.: Metody hodnocení porůstavosti ve šlechtění pšenice. ÚVTIZ- Genet. a Šlecht., 26,1990 (4), s.301-308.
- KUNCL., L.: Hodnocení kvality zeměd. výrobků (Produkty RV), VŠZ Praha MON, 1989 (skripta).
- LEKEŠ, J. a kol.: Ječmen.SZN Praha, 1985, s.306.
- LEKEŠ, J.: K jednání V. mezinár. symposia o genetice ječmene. Úroda, 35,1987 (7), s.332-333.
- LEKEŠ, J. a kol.: Žito. SZN Praha, 1993, s. 247.
- MACHÁŇ, F., ŠEBESTA, J.: III. mezinárodní konference o ovsu. Úroda 37,1989 (10), s.478-479.
- MACHÁŇ, F.: Genetika a šlechtění titikale. Studie VTR ÚVTIZ Praha, 1989.
- MACHÁŇ, F.: Šlechtění hybridního žita v SRN. Úroda 41,1993 (3), s. 120-122.
- MACHÁŇ, F., KROFTA, F.: Tritikale v součas. podmínkách. Zemědělec, č. 35, 1993.
- MACHÁŇ, F.: Mezinárodní konference o ovsu. ÚVTIZ Rostl. výr., 39,1993 (2), s.287-288.
- MACHÁŇ, F.: Hybridní žito pro potravinářské a krmné využití. Obiln. listy VÚO Kroměříž, 1994 (6).
- MACHÁŇ, F., NESVADBA, Z., VALÍK, J.: K hybridnímu šlechtění obilovin. Úroda, 46,1998 (6), s.10-11.
- MARŠÁLEK, L.: Kukuřice, In: HRAŠKA, S. a kol.: Speciální genetika polnohosp. rostlin. Příroda Bratislava, 1989, s. 213.
- MAŘÍK, P., ŠPUNAR, J.: Jak dál u oz. ječmene. Úroda,46,1998 (6), s.8-10.
- MESTERHÁZY, A.: Šlechtění pšenice na rezistenci k fusariózám. Sb. Obilnářský seminář 96, Praha, 4.12,1996.

- MINAŘÍK, F.: Některé aspekty šlechtění jar. ječmene na výnos zrna. Zpravodaj šlecht. a sem., č. 3, 1987 (příloha Úrody).
- MINAŘÍK, F.: Některé aspekty šlechtění jar. ječmene na výnos zrna. Zpravodaj šlecht. a semen., č. 3, 1990.
- MIKOŠKA, P., MACHÁŇ, F.: Pěstování ovsa v zemích záp. Evropy a využitelnost odrůd těchto zemí v podmín. ČSSR. ÚVTIZ Rostl. výr. 35,1989 (11), s.1201-1010.
- MIKOŠKA, P.: Výnosové prvky u ovsa. ÚVTIZ Rostl. výr., 36,1990 (6), s.627-636.
- MOGILEVA, V.I.: Perspektiva šlechtění tritikale v podmínkách ČSSR. Sb. ČSTV Uhřetice, 1986, s.6-21.
- MÜHLE, F.: Mischfuttertechnik. 131, 1994 (22), s.216.
- NALEPA, S.: Studia genetyczne nad hexaploidalnym triticales. Hodowla Ros., Aklim. i Nasien., 27,1984 (1), s.1-11.
- NÁTROVÁ, Z., MACHÁŇ, F.: Urychlené šlechtění žita získáním 2 generací během jednoho roku. Úroda, 24,1975 (8), s.20-21.
- NAVRÁTILOVÁ J.: Rynchosporiová skvrnitost ječmene. Úroda, 34,1986 (6), s.250-251.
- NOVOTNÝ, F., PAŘÍZEK, P.: Registrace odrůd a požadavky na kvalitu produkce. Úroda, 45,1997 (10), s.20-21.
- NOVOTNÝ, F.: Bonitační systém hodnocení potravinářské pšenice. Sb. Obilnářský seminář 97, VÚRV a ČMŠSA Praha, 3.12.1997.
- PETR, J., HÚSKA, J. a kol.: Speciální produkce rostlinná I. (obecná část a obilniny). ČZU Praha, 1997, s.193 (skripta).
- PLARRE, W.: Roggen (Sec. Cereale L.) In: HOFFMANN W., MUDRA, A., PLARRE, W.: Lehrbuch der Züchtung landw. Kulturpflanzen, B.2., 2. Aufl., Berlin, 1985, s.435.
- PRÁŠIL, J., VLASÁK, M., MAŘÍK, P.: Vymrzání oz. ječmene. Zemědělec, č. 19, 1993.
- PSOTA, V.: Bonitační systém hodnocení odrůd sladovnického ječmene. Sb. Obilnářský seminář 97. Praha, 3.12.1997.
- PUCHOLT, R.: Perspektivy šlechtění obilnin na krmnou jakost ve vztahu k plnění tematických úkolů. Zpravodaj šlecht. a semen. č. 6, 1989 (příloha Úrody).
- ROSENBERG, L., HUBÍK, K.: Hodnocení kvality pšenice. Úroda, 44,1996 (9), s.38-39.
- RŮŽIČKA, F., LANGR, I., SVAČINA, P.: Stav a perspektivy šlechtění sladov. ječmene v ČR. Sb. Obilnářský seminář 97, VÚRV, ČSSA Praha, 3.12.1997.
- RŮŽIČKA, F.: Novinky branišovických šlechtitelů. Zemědělec, č. 28, 1994.
- RŮŽIČKA, F.: Sladovnická kvalita na prvním místě. Úroda, 46,1998 (6), s.12.
- RYŠAVÁ, B., JAVOREK, J.: Hodnotenie pevnosti stébla kukuřice v období dozrávania. ÚVTIZ- Genet. a Šlecht., 26,1986 (1), s.385-400.
- SMOČEK, J., KLOUDOVÁ, A.: Tolerance genetických zdrojů pšenice s vyšší úložnou kapacitou klasu k hliníku. ÚVTIZ - Rostl. výr., 35,1989 (8), s.835-839.
- STUHLÍKOVÁ E., KOVAČIKOVÁ, E.: Šlechtění pšenice na odolnost k fusariózám. ÚZPI-Genet. a šlecht., 29,1993 (2), s.:138-160.
- ŠAŠEK, A., ČERNÝ, J., HOUBA, J., BRADOVÁ, M.: Stanovení odrůdové pravosti a odrůdové čistoty osiv pšenice a ječmene. Sb. problematika NL v kvalitě rostl. produktů, 1992, Kroměříž.
- ŠÍP V., ŠKORPÍK M., TÁBORSKÁ, J.: Metoda testování reakce na aplikovaný giberelin pro detekci genů zakrslosti u pšenice. ÚVTIZ-Genet. a Šlecht., 27,1986 (2), s.133-141.
- ŠKORPÍK, M., ŠÍP, V., BOBKOVÁ, L., CHRPOVÁ, J.: Možnosti výběru rostlin s geny zakrslosti v raných hybrid. generacích pšenice na základě giberelinových testů. ÚZPI-Genet. a šlecht., 33,1997 (2), s.99-106.
- ŠPUNAR, J.: Zdroje pro šlechtění ječmene ozimého na rezistenci k padlí. ÚVTIZ-Genet. a Šlecht., 23,1987 (4), s.284-286.

- ŠPUNAR, J. , MAŘÍK, P.: Letošní zkušenosti s pěstováním oz. ječmene. Zemědělec, č. 26, 1996.
- ŠPUNAROVÁ, M, ZENIŠČEVA, L.: Genotypové rozdíly jar. ječmene v reakci na vysokou půdní kyselost. ÚVTIZ, Rostl. výroba, 1985 (5), s.517-522.
- ŠPUNAROVÁ, M, ZENIŠČEVA, L.: Hodnocení vybraných genotypů jar. ječmene na toleranci k toxicitě hliník. iontů hematoxilinovou metodou. ÚVTIZ-Genet. a Šlecht., 26,1990 (2), s.137-142.
- ŠTOLCOVÁ, M., CAPOUCHOVÁ, L.: Mrazuvzdornost vybraných odrůd dvouřad. ozimých ječmenů, ÚZPI-Rostl. výr. 41,1995 (6), s.255-258.
- TVARŮŽEK, L., STUHLÍKOVÁ, E,: Problematika septorióz u pšenice a současný stav našeho šlechtění. Sb. Obilnářský seminář 96,VÚRV a ČMŠSA Praha 4.12.1996.
- VÁGNEROVÁ, V.: Šlechtění polních plodin. I. Obilniny. SPN Praha, 1968, (skripta).
- VALKOUN, J., KUČEROVÁ, D., BARTOŠ, P.: Transfer of Leaf Rust Resistance from *Tr. monococcum* L. to Haploid Wheat. Zeitschr. f. Pflanzenzücht., 96,1986, s.271-278.
- ZAJÍČEK, J.: Pěstování kukuřice. SZN Praha , 1958, s. 230.
- ZELLER, F.: Weizen (*Triticum* L.), In. HOFFMANN, W., MUDRA, A., PLARRE, W.: Lehrbuch der Züchtung landw. Kulturpflanzen, B. 2., 2. Aufl., Berlin, 1985, s. 435.
- ZENIŠČEVA, L. ŠPUNAROVÁ, M. : Využití sklizňových indexů ve šlechtění výkonných polozakrslých odrůd ječmene. ÚVTIZ-Genet. a Šlecht.,16,1981 (1), s.22-25.
- ZENIŠČEVA, L. : Závěrečná zpráva VÚO Kroměříž, 1975.

LUSKOVINY

Šlechtění luskovin v domácích podmínkách prodělalo svůj vývoj. Výraznější šlechtění významných druhů nastalo v poválečných letech. První výsledky se dostavily v průběhu padesátých let.

Šlechtitelské záměry u luskovin vycházely z racionalizace a koncentrace zemědělské výroby, z rozvoje týmového šlechtění a mezinárodní spolupráce ve šlechtění (hlavně mezi státy bývalé RVHP). Hlavním cílem šlechtění bylo přispět k řešení tzv. bílkovinného programu vyšlechtěním nových odrůd, které by vyhovovaly požadavkům velkovýrobní technologie pěstování a využívání luskovin.

Při šlechtění hlavních druhů luskovin bylo nutné řešit podle HRUBÉHO a PSOTY (1983) tyto významné úkoly: změnit tvarově a geneticky nevhodné typy, zaměřit úsilí na tvorbu ideálního tvaru a habitu rostliny, který by splňoval požadavky na výkonné rostliny a předpoklady pro velkovýrobní technologii pěstování, dále zvyšovat geneticky podmíněnou produkční schopnost a zlepšovat nutriční hodnotu u nových odrůd.

Šlechtění luskovin se v současné době setkává s obtížemi, které jsou spojeny s poklesem ploch pěstování. Snížená potřeba osiva registrovaných odrůd a tím i omezený objem lincenčních poplatků zhoršuje předpoklady dalšího rozvoje šlechtění.

Úkoly ve šlechtění všech druhů luskovin vycházejí:

1) Z národohospodářského významu luskovin, který spočívá v tom, že luskoviny jsou hlavním a nejlevnějším producentem rostlinných bílkovin pro výživu lidí i hospodářských zvířat a v nezastupitelné vysoké agronomické hodnotě (vysoká předplodinová hodnota, fyto-sanitární účinky aj.) a v možnostech víceúčelového využívání.

V lidské výživě se uplatňují druhy ze skupiny tzv. **jedlých luskovin** (hrách, čočka, fazol, případně sója), jejichž semeno se využívá buď pro přímý konzum vč. různých úprav, nebo různým způsobem konzervované. Luskovinám se v lidské výživě dostává většího významu v souvislosti s orientací na rostlinné bílkoviny (makrobiotika, vegetariánství).

Ve výživě zvířat se uplatňují druhy tzv. **krmných** či **pícních luskovin** (peluška, bob, vikve, sója) většinou jako součást krmných směsí formou šrotů a úsušků, nebo v produkci čerstvé hmoty (ev. vhodně konzervované) zpravidla ve směsných kulturách.

Způsoby využívání druhů luskovin jedlých i krmných se promítají do šlechtitelských záměrů a cílů a do řešení požadavků na odrůdy. Uvedené přednosti

luskovin se respektují a bylo by správné je nakonec zahrnout i do ekonomického hodnocení přínosu šlechtění.

2) Ze skutečnosti, že luskoviny jsou producenty biologicky hodnotných bílkovin obsažených v semeni i v nadzemní hmotě (některé obsahují 2-3 x více bílkovin než obiloviny) s úzkým poměrem k uhlohydrátům (1:3). Biologická hodnota bílkovin je dána příznivou skladbou aminokyselin, zejména vysokým obsahem lyzinu. Např. bílkovina sóji se svým složením velmi blíží bílkovině živočišné. Biologická hodnota luskovinných bílkovin je ale limitována nízkým obsahem aminokyselin, obsahující síru (cystin, methionin a tryptofan).

3) Z požadavků krmivářů na vysokou nutriční hodnotu a na snížený obsah antinutričních látek u krmných luskovin.

4) Z potřeby šlechtitelského řešení zvýšené výnosové stability, zvýšení odolnosti k chorobám a škůdcům, a odstranění nebo alespoň zmírnění dalších nežádoucích vlastností (poléhavost, pukavost lusků aj.).

Luskoviny jsou skupinou plodin druhově velmi rozmanitou, s rozdílnou dobou v kultuře, která se promítá ve stupni prošlechtěnosti a přetrvávání některých znaků planých předků (pukavost lusků, neukončený růst aj.).

Luskoviny tvoří početně velmi bohatou skupinu rodů a druhů náležejících do čeledi **bobovitých** (*Fabaceae*), syn. motýlokvěté (*Papilionaceae*), luštěninaté (*Leguminosae*), vikvovitě (*Viciaceae*). Čeleď zahrnuje asi 430 rodů a více než 1200 druhů.

Druhy luskovin se dělí do 10 skupin (tribus), z nichž nejvýznamnější jsou:

- **vikvovité** (*Vicieae*) či **bobovité** (*Fabeae*): s rody *Pisum* L., *Lens* Adans., *Lathyrus* L., *Vicia* L., *Faba* Adans. a *Cicer* L.,
- **fazolovité** (*Phaseoleae*): s rody *Phaseolus* L., *Glycine* L., a *Vigna* L.,
- **kručinkovité** (*Genisteae*): s rodem *Lupinus* L.,
- **čičorkovité** (*Coronilleae*): s rody *Arachis* L. a *Ornithopus* L.

V následujících kapitolách bude věnována pozornost problematice šlechtění odrůd jen u významných a v domácích podmínkách šlechtěných druhů. Šlechtění je rozvinuto ze skupiny vikvovitých (bobovitých) u rodů *Pisum*, *Lens*, *Vicia* a *Faba*, ze skupiny fazolovitých u rodů *Phaseolus* a *Glycine*.

Předpoklady úspěšného šlechtění odrůd uvedených druhů spočívají:

- v cíleném **shromažďování, v uchování a v přístupnosti genetických zdrojů**, včetně možnosti studia genetických, biologických a hospodářských vlastností i systematické příslušnosti genetických zdrojů (krajových a šlechtěných odrůd, novošlechtění, linií, mutantů, speciálních genotypů aj.). Genetické zdroje jsou významným výchozím materiálem a donory žádaných znaků a vlastností při tvorbě nových odrůd. Slouží také pro srovnání dosažené úrovně odrůd vyšlechtěných.

Shromažďování genetických zdrojů luskovin má u nás dlouhou historii. Počátky se podle PAVELKOVÉ (1988) datují rokem 1910. Intenzivní práce na tomto úseku začala od roku 1953 ve VÚRV v Ruzyni a v bývalém VÚO v Kroměříži. Od r. 1960 je sortiment genových zdrojů luskovin evidován v genové bance VÚRV Ruzyně, v současnosti je veden a spravován na pracovišti Agritec - výzkum, šlechtění a služby, s.r.o. v Šumperku sortiment o celkovém počtu přes 2000 vzorků, z toho 882 vzorků hrachu (vč. 90 domácího původu), 268 vzorků pelušek (vč. 40 domácího původu), 260 vzorků jarní a 81 vzorků ozimých vikví, přes 330 vzorků bobu (vč. 26 domácího původu), 321 vzorků fazolu a 214 vzorků sóje, zbytek náleží lupinám, cizrně aj.

- využívání vhodných **šlechtitelských metod a výběrových postupů**, včetně vývinu nových a účinnějších. Šlechtitelské cíle jsou většinou shodné, s odlišnostmi v řešení s ohledem na genetické, biologické a hospodářské rozdíly šlechtěných druhů a odrůd. Obdobně i klasické metody šlechtění používané pro vyšlechtění odrůd luskovin jsou většinou shodné. O volbě vhodné metody šlechtění rozhoduje řada faktorů, rozhodující je způsob opylování a dosažená úroveň šlechtění příslušné plodiny. Ve šlechtění luskovin se neuplatňuje polyploidní šlechtění. Heterozní šlechtění lze využít prakticky jen u bobu, případně u sóje.

Prověřují se možnosti uplatnění metod a postupů rostlinných biotechnologií a genového inženýrství. Luskoviny jsou z pohledu těchto metod skupinou problematickou. Nadějně jsou techniky mikropropagace, meristémových kultur (ozdravování) a somatické embryogeneze. Perspektivně se předpokládá uplatnění molekulárních metod a metod genetické transformace, zejména v rezistentním šlechtění, případně ve šlechtění na zlepšenou skladbu bílkovin apod. (GRIGA, 1993).

U jednotlivých druhů bude uveden jen stručný výčet používaných šlechtitelských metod, včetně případných odlišností, avšak bez vyjasňování jejich podstaty a principů. Jednotlivé metody šlechtění i metody výběrových postupů byly objasněny v předmětu Šlechtění rostlin a jsou popsány v učebních textech **GRAMAN J., ČURN, V. : Šlechtění rostlin (obecná část), ZF JU, Č. Budějovice 1997.**

1. HRÁCH (*PISUM* L.)

Hrách je hlavní a nejrozšířenější luskovinou s víceúčelovým využitím. Semeno hrachu se využívá pro potravinářské účely, a to k přímému konzumu nebo pro přípravu polotovarů, dále jako bílkovinný komponent krmných směsí a komponent směsných kultur na zelenou hmotu ke krmení nebo k zelenému hnojení. Zahradní hrachy nacházejí využití v konzervářenském a mrazírenském průmyslu. Hrách se stává perspektivní plodinou pro získávání škrobu s vysokým podílem amylozy, jakožto suroviny pro výrobu biologicky rozložitelných plastů.

Žádají se odrůdy s vysokou úrovní a vyrovnaností znaků a vlastností, vysoce výnosné a výnosově stabilní, s vysokou úrovní jakostních ukazatelů, odrůdy odolné k důležitým chorobám a škůdcům a s vysokou úrovní agronomických vlastností umožňující snadnou a bezztrátovou sklizeň. Šlechtění má přispět ke zlepšení nutriční hodnoty pro lidskou výživu zvýšením stravitelnosti, snížením obsahu látek způsobující nadýmání i pro výživu zvířat zlepšením stravitelnosti a snížením obsahu antinutričních látek.

1.1. Původ a systematické třídění

Hrách patří k nejstarším kulturním plodinám, je plodinou Starého Světa. Archeologické nálezy dokazují, že hrách byl v kultuře již v době kamenné a bronzové (GULJAJEV, 1975). Planý předek hrachu není přesně známý, předpokládá se, že dnešní formy vznikly spontánním křížením a mutacemi původních druhů *P. elatius* a *P. fulvum*. MARŠÁLEK (1989) uvádí, že v USA byly získány údaje na základě restriční analýzy chloroplastové DNA ve prospěch původu kulturního druhu z populací *P. syriacum*.

Na místo původu hrachu není jednotný názor. Výskyt primitivních forem a vysoká koncentrace dominantních genů dokazují původ v horských oblastech Přední a Střední Asie. Velkosemenné formy pocházejí ze Středomoří. Etiopské centrum je druhotné. Hrách je rozšířený v celém mírném pásmu až po 67° s.š., směrem na jih a v pásmech s mírnou zimou je vyséván na podzim.

Systematické třídění rodu *Pisum* L. není jednotné. Podle některých autorů zahrnuje 6 druhů (5 planých a 1 kulturní):

- *Pisum formosum* (Stev.) Boiss. - vytrvalý, s pestrobarevným květem,
- *Pisum fulvum* Sibth. et Sm.- jednoletý, lusky se zavrtávají do země,
- *Pisum elatius* (M.B.) Stev.- snad původní forma, nejvíce rozšířený, velmi variabilní morfologicky i fyziologicky, květy má fialové, semeno drobné, červenohnědé,

- *Pisum syriacum* (Beregr) Lehm. (*P. humile* BOISS. et NOE), plazivý, nízký,
- *Pisum abyssinicum* - snad hybrid *P. elatius* x *P. fulvum*,,
- *Pisum sativum* L., jediný kulturní druh nejvíce rozšířený v pěstování, má mnoho variet a forem.

Podle MAKÁŠEVA (cit. GULJAJEV, 1975) má rod *Pisum* jen čtyři druhy: *P. formosum*, *P. fulvum*, *P. syriacum* a *P. sativum*. Druh *P. sativum* se dělí na ekologicko geografické skupiny.

Kulturní druh *Pisum sativum* L. je druh polymorfní a dále se třídí na poddruhy (ssp.) a podle hospodářského využití:

- **hrách setý** - ssp. *sativum*. Zahrnuje všechny genotypy bíle kvetoucí se žlutě (růžově) nebo zeleně zbarvenými semeny.

Podle hospodářského využití má tyto formy:

- a) hrách polní (pravý), pěstovaný pro semena a zelenou hmotu,
- b) hrách zahradní se 3 varietami (convar.):
 - na vylupování (var. *leptobolus* Cam.),
 - dřevňový (var. *quadratum* Mill.),
 - cukrový (var. *sacharatum* Hort.).

Botanická charakteristika zahradního hrachu je v zásadě shodná s hrachem setým, s těmito rozdíly: lusk cukrového hrachu nemá pergamenovou vrstvu, chlopně se sesychají kolem semen, semeno je zpravidla vráscité, výjimkou je barevný květ a barevně mramorované semeno. Rozdíl je i v tvaru škrobového zrna, u zahradních hrachů je okrouhlé s radiální rýhou.

- **hrách rolní** (peluška) - ssp. *arvense*. Dříve se považoval za samostatný druh. Botanická charakteristika je v podstatě shodná s hrachem setým pravým, s rozdíly v barevném, červenofialovém, či růžovém květu (nebo jen pavéze), v přítomnosti antokyanové jednoduché nebo zdvojené skvrny v úžlabí palistu, v pigmentovaném kulovitém, hranatém či smáčklém semeni. Velikost semene a délka lodyhy je charakteristická pro genotyp. Má malolistou (evropskou) a velkolistou (asijskou) formu.

Podle DOSTÁLA (cit. LAHOLA, 1990) je rod *Pisum* L. u nás zastupuje jediný druh - **hrách setý** (*P. sativum* L.), který se člení na dva poddruhy (ssp):

- **hrách setý pravý** - ssp. *sativum* (syn. *hortense* (L.) Čelak., syn. zahradní), slučující všechny genotypy s bílým květem.
- **hrách setý rolní** (peluška) - ssp. *arvense* (L.) Čelak., s barevným květem.

1.2. Genetika, biologie kvetení a vývoje

Počet chromozomů je stejný u všech druhů, $2n=14$, v sedmi vazbových skupinách. Hrách setý je známý jako model genetických studií (T.A. Knight, J.G. Mendel) a jako model experimentální mutageneze.

Geneticky je hrách dobře prostudován, je znám velký počet genů, z nichž je 300 identifikovaných a přes 170 lokalizovaných v chromozomech, je pořízený soupis mutací (JARANOWSKI, 1976, GOTTSCHALK, 1980). Jsou zpracovány chromozomové mapy. Mnohé geny vykazují genetickou vazbu a pleiotropní účinky. Přehled hlavních genů lokalizovaných do vazbových skupin uvádí MARŠÁLEK (1989). Pro značnou obsáhlost je neuvádíme a odkazujeme na citovaný pramen.

Upozornujeme jen na některé šlechtitelsky významné geny. Např. gen *A* a jeho alelická serie (*A₁*, *A₂* .. *A_n* .. *a*) podmiňuje přítomnost (recesivní alela nepřítomnost) antokyanových skvrn na palistech s pleiotropním účinkem v barvě květu a barvě osemení (genetické odlišení ssp. *arvense* - pelušky), i když je možnost barevného květu u ssp. *hortense*. Gen *Af* podmiňuje tvorbu normálního listu a genotyp *afaf* podmiňuje přeměnu lístků na úponky (bezlístkový, úponkový typ, ařila typ), podobně gen *Leaf - leaf* s genem *Tl-tl* řídí tvorbu listu obvyklého tvaru a bez lístků. Šlechtitelsky zajímavý je komplexní účinek genu *R*, resp. alelického páru *R-r* (lokalizovaný na 7. chromozomu) na chemickou skladbu škrobu a formu škrobových zrn a na řadu dalších znaků, které geneticky odlišují variety zahradního hrachu na vylupování a cukrového (tab. 1.1.). Uvedené znaky se jeví vzájemně závislé a nelze je přenést na druhou varietu, zatímco některé znaky nezávislé lze křížením kombinovat. Např. ze zahradního hrachu lze křížením přenést tříluskost, fasciovaný a bezlístý typ.

Hospodářsky významné kvantitativní znaky, jako např. doba květu, délka lodyhy, počet internodií, HTS jsou podmíněny polygenně, u mnohých s aditivními i neaditivními efekty. Výnos semen, obsah bílkovin a obsah methioninu a tryptofanu vykazují nízkou heritabilitu s výrazným vlivem prostředí (h^2 v rozsahu 0,15- 0,44). Heritabilitu obsahu bílkovin hodnotí ZLÁMAL (1982) jako středně vysokou, slibující pravděpodobnost

selekčního zisku. Byla stanovena podstatná proměnlivost v obsahu bílkovin u jednotlivých semen v lusku, podobně i mezi lusky na rostlině.

Biologie kvetení a opylování

Květ hrachu setého má stavbu typickou pro bobovité rostliny (obr. 1.1.). Květy po 1-2 (3) jsou v soukvětí na konci osy vyrůstající v úžlabí listu (nodu) v generativní sféře. Žádané jsou nejméně 2 květy v květenství. Soukvětí soustředěné na zkrácené vrcholové ose jsou zpravidla mutace, nebo i fasciace. Květ je barvy bílé (hrách polní a zahradní) nebo je barevný celý, případně jen s barevnou pavézou. Vytvoření prvního květenství v listovém úžlabí je ve vztahu k rychlosti vývinu, u raných forem se zakládá za 8.-10. listem, u pozdních za 10.-15. listem.

Obr. 1.1. Květ hrachu: 1 - palist, 2 - křídla, 3 - člunek, 4 - semeník s čnělkou a tyčinkami (KONOVALOV, 1990).

Květy jsou obojaké, pestík i dvoubratré tyčinky (uspořádané v trubičku z 9 srostlých tyčinek a jedné volné) jsou umístěny v člunku. Kvetení probíhá ve 2 denních vlnách, v 9 hod. a pak v 11 hod. (ojediněle mezi 15-17 hod.). Nejdříve rozkvétá nejspodnější květenství, za 1 (2) dny kvete následně výše umístěné. Květ kvete 3-4 dny, rostlina 12-20 dnů.

Tab. 1.1. Komplexní účinek alelického páru R-r (podle KOOISTRA 1962, cit. REIMANN-PHILIPP, 1985).

Fenotyp	hrách	
	na vylupování	cukrový
Genotyp	RR, Rr	rr
Tvar semen	oválné, hladké	svraskalé
Tvar škrob. zrn	oválné, nepraskavé	kulaté-okrouhlé, praskavé
Škrob v sušině	cca 45 %	cca 34 %
Podíl amylopektinu	cca 62 %	cca 35 %
Podíl amylozy	cca 38 %	cca 65 %
Suchá semena	vařivá	nevařivá
Doba výsevu	během března	v dubnu
Obsah cukru v suš. čerstvého semene	cca 6 %	cca 25 %
Pohlčení vody/24 h z hmotností semene	cca 95 %	cca 140 %
Obsah bílkovin	cca 27 %	cca 24 %
Kalení konz. roztoku	možné	méně časté

Hrách setý je samosprašný, možnost spontánního cizosprašení hmyzem je větší u pelušky. Samosprašnost je zajištěna proteogynií a opylením ještě v poupěti těsně před rozkvetem. Pyl klíčí za 15-30 minut (v nepříznivých podmínkách i za 3-5 hod.), k oplození dochází za 3-6 hod.

Hrách setý je jarního charakteru s nevyhraněným tepelným obdobím, největší účinek jarovizace se projevuje při teplotách 4-7°C (zajistí včasný výsev), je dlouhodobní nebo k délce dne neutrální. Jsou i ozimé formy (spíše přesívkové, např. bývalá peluška Klatovská), se silnější citlivostí na krátký den. Ozimé formy hrachu jsou málo zimovzdorné, neboť ozimost není geneticky fixována vzhledem k původu hrachu.

Šlechtitelsky významné znaky:

- **lodyha** : lysá, nezřetelně hranatá, poléhavá nebo vystoupavá, na bázi více či méně větvená. Vyskytuje se i fasciace lodyhy (někdy vč. květenství). Lodyha je členěna internodiemi (nody) s různou délkou, geneticky kontrolovanou. Jsou typy velmi nízké a nízké (do 80 cm), středně vysoké (80-150 cm) a vysoké (i nad 150 cm).

- **list** : zpravidla sudozpeřený, 1-3 jařmý, ukončený úponky, v úžlabí listového řapíku s různě velkým palistem. Jsou genotypy (mutace) s listy lichozpeřenými (akacia typ), mnoholístkové, bezlístkové s přeměněnými lístky na úponky (úponkové typy, laefless a semileafless, afilea typy), nebo typy s redukovanými palisty. Některé typy listů znázorňuje obr. 1.2.

- **plod** : lusk 40-90 mm dlouhý a 11-18 mm široký. Chlopně mají uvnitř pergamenovou vrstvu (není u cukrového hrachu). Lusk je rovný nebo zahnutý, mečovitě či srpovitě, s tupým nebo ostrým zakončením (odrůdové znaky). Obsahují 3-8 (11) semen, která přirůstají poutkem ve hřbetní části lusku. Tvorba lusku a typy lusků znázorňují obr. 1.3. a 1.4.

- **semeno** : je většinou kulovité (u dřeňového hrachu se strany smáčklé), oválné, nebo kulovitooválné, s povrchem hladkým nebo vrásčitým (hrách cukrový). Zralé semeno je buď žlutě nebo zeleně zbarvené, (zbarvení děloh), osemení semene je bezbarvé a průsvitné (u pelušky barevné, mramorované). Tvar, povrch a barva semene jsou odrůdové znaky.

Obr. 1.2. Typy listů hrachu: 1 - obvyklý, 2 - bezlístkový, 3 - akáciový, 4 - členitý (KONOVALOV, 1990).

Obr. 1.3. Tvorba lusku hrachu: 1 - opylený květ hrachu po odstranění květních lístků, tyčinek a částečně i kalichu, 2 - semeník, 3 - 6 různé fáze růstu semeníku - lusku (PETR, a kol. 1973).

Obr. 1.4. Tvar lusku hrachu setého: a - s pergamenovou blánou, b - bez pergamenové blány (hrách zahradní - cukrový) (LAHOLA, a kol. 1990).

1.3. Vývoj odrůdové skladby

Hrách je velmi prošlechtěnou plodinou. V domácím šlechtění hrachu setého lze v období po 2. světové válce rozlišit několik vývojových etap, kterým odpovídají vyšlechtěné odrůdy s určitým morfotypem (habitem), úrovní výnosové schopnosti a hospodářskými vlastnostmi (METELKOVÁ, 1983):

1. Šlechtění vysokých typů univerzálního využití

Zahrnuje období od počátku šlechtění vysokých odrůd do jejich ukončení koncem 80. let. Odrůdy hrachu dosahovaly výšky 150-170 cm, pro silnou poléhavost vyžadovaly při pěstování na zrno podpůrnou plodinu (většinou obilovinu), měly nízký výnosový potenciál 1,8 - 2,5 t.ha⁻¹ semen. Příklady odrůd tohoto typu jsou v tabulce 1.2. Vysoké odrůdy byly postupně z pěstování vytlačeny jako nevyhovující pro mechanizovanou sklizeň. Poslední odrůda dlouhého typu Orion určená pro pěstování na zelenou hmotu byla restringována v r. 1981.

2. Šlechtění nízkých, zrnových typů

Zahrnuje období šlechtění a povolování odrůd v průběhu 60. a 70. let. a jejich setrvání v sortimentu až do poloviny 80. let. Z počátku byly využity odrůdy nízkého vzrůstu holandského původu (Rondo, Raman, Pauli aj.), ke konci období přibyly odrůdy domácího původu, např. Orlík, Meteor, Borek, Juran aj. Dosahovaly výšky 50-60 cm, vykazovaly zvýšený výnos semen o 25-35 %, dosahovaly 2,4 - 3,4 t.ha⁻¹. Nízké odrůdy v našich podmínkách vykazovaly ideální poměr zrna ke slámě, ale v suchých letech byly pro mechanizovanou sklizeň příliš krátké.

3. Šlechtění intermediárních zrnových typů

Šlechtění intermediárních zrnových typů bylo zahájeno již v 60. letech na ŠS Dětenice, pokračovalo na ŠS Lužany a trvá do současnosti. V dnešním sortimentu jsou jediným typem registrovaných odrůd. Rostliny se vyznačují délkou 70-100 cm, bohatým nasazením lusků, zvýšeným výnosem semen až o 30 %, s průměrným výnosem mezi 3,9-4,5, ale i 6-7 t.ha⁻¹. Uplatňují se odrůdy hlavně žlutosemenné, několik je i zelenosemenných. První úspěšné odrůdy tohoto typu byly Jupiter (1972), Proteus, Dalibor (1973) a další (viz tab. 1.2.), avšak nedosahovaly výnosu nízkých typů. Odrůda Bohatýr posunula výnosovou hranici asi o 6-7 %. Do současné doby byla vyšlechtěna řada odrůd intermediárního typu.

Předností těchto genotypů je vyšší nasazení prvních lusků, čímž se předchází znehodnocování lusků a semen a ztrátám při sklizni. Další významnou předností je relativně vyšší nepoléhavost v souvislosti s genetickou fixací znaku tzv. podklesnutí rostlin (zásluhou šlechtitele ing. J. Bořila). Při pěstování nevyžadují podpůrnou plodinu. Tento nový genotyp znamenal velký průlom ve šlechtění výkonných a hospodářsky výhodných odrůd hrachu.

Tab. 1.2. Vývoj odrůdové skladby hrachu setého do r. 1997 a současné registrované odrůdy domácího původu.

Odrůda	Registrace	Rok	
		Ukončení registrace	Trvání roky
a) vysoké			
Liblický Bastard	1936	1972	36
Slovenský Viktoria	1946	1968	22
Milion žlutý	1950	1972	15
Klatovský žlutý	1961	1972	11
Pyram	1965	1975	10
Klarus	1968	1974	6
Orion	1971	1981	10
b) nízké			
Orlík	1960	1968	8
Raman	1960	1974	14
Meteor	1967	1979	12
Borek	1973	1984	11
Juran	1978	1985	6
c) intermediární			
žlutozrnný:			
Jupiter	1972	1982	8
Dalibor	1973	1981	5
Proteus	1973	1980	16
Inter	1975	1978	3
Dukát	1978	1989	11
Bohatýr	1980		(17)
Tolar	1984	1990	(5)
*Junák	1985		(12)
Romeo	1990		(7)
*Trim	1990		(7)
*Janus	1991		(7)
Komet	1992		(5)
Primus	1995		(2)
Merkur	1995		(2)
Pegas	1995		(2)
Menhir	1995		(2)
Sonet	1996		(1)
zelenozrnný:			
Smaragd	1978		(29)
Tyrkys	1984		(13)
*Olivín	1984		(13)

* vyšlechtěny na ŠS Horná Streda (SR)

() dosud v sortimentu

Přehled odrůd v tab. 1.2. dokazuje, že za uvedenou dobu, zejména za posledních 25-30 let, se změnil morfortyp rostlin spolu s fortifikací celkové fyziologické aktivity rostliny směřované na tvorbu zrna. Zvýšila se geneticky podmíněná produkční schopnost semen pokračováním ve šlechtění tzv. zrnových typů se středně dlouhou lodyhou.

Odrůdy domácího původu zaznamenaly velký úspěch i v mezinárodním obchodě. Několik odrůd je registrováno v zahraničních sortimentech, v Maďarsku, Rakousku, Švédsku, v Anglii, Dánsku, Australii, na Novém Zélandě a v Kanadě.

Ve šlechtění odrůd hrachu je stále sledován světový trend. Nové odrůdy hrachu setého (i pelušky) domácího šlechtění překonávají zahraniční odrůdy a splňují vysoké nároky domácích i zahraničních a pěstitelů a zpracovatelů. Byly vyšlechtěny odrůdy moderní, nepoléhavé a výnosné, bezlístkové, resp. jen s palisty s mohutnými úponky. Je registrováno několik odrůd tohoto typu (např. domácí odrůda Menhir, zahraniční Lantra, Carrera a Profi. V současné době je u nás registrováno celkem 19 odrůd hrachu setého, z toho 7 je zahraničních.

Tab. 1.3. Vývoj odrůdové skladby pelušky do r. 1997.

Odrůda	Rok		
	Registrace	Ukončení registrace	Trvání roky
Klatovská ozimá	1952	1969	17
Klatovská jarní	1952	1967	15
Kočovská	1958	1970	12
Kapucín	1958	1965	7
Violeta	1960	1974	14
Luna	1966	1979	11
Vesna	1967	1978	11
Jubilejná	1970	1978	8
Arvika	1972		(25)
Dia	1978	1980	2
Niké	1981		(16)
*Polaris	1984		(13)
Tyla	1985		(12)
*Sirius	1987		(10)
Algera	1988		(9)
Dora	1988		(9)
Jura	1989		(8)
Andrea	1996		(1)

* vyšlechtěny na ŠS Horná Streda (SR)
() dosud v sortimentu

Rovněž ve šlechtění hrachu rolního - pelušky je zaznamenáván velký úspěch. Přehled o vývoji odrůdové skladby a o současně registrovaných odrůdách domácího

původu je v tab. 1.3. Šlechtitelský program z r. 1960 vedl k vyšlechtění intenzivních odrůd, které vykazují vysoké denní přírůstky zelené hmoty, vyznačují se vysokým obsahem N-látek ve hmotě i dobrým výnosem semen a zvýšenou odolností k chorobám. Odrůdy mají většinou univerzální využití, některé, např. odrůdy Tyla (1988) a Andrea (1996), jsou vhodné pro pícninářské využití. Registrováno je 7 odrůd, z toho 1 zahraniční.

Nově vyšlechtěné odrůdy hrachu i pelušky vykazují vyšší odolnost k chorobám a k poléhání, je snaha o zlepšování nutriční a technologické hodnoty. Novým úkolem bude vyšlechtit odrůdy hrachu, jejichž semeno bude obsahovat škrob s vysokým obsahem amylozy, který bude surovinou pro výrobu ekologicky vyhovujících plastů.

Kapitola nezahrnuje vývoj odrůdové skladby hrachu zahradního.

Šlechtění odrůd hrachu setého a rolního zajišťují šlechtitelské a semenářské firmy Selgen, a.s. (ŠS Lužany, ŠS Chlumeč n.C.) a HybriTech, dříve Morstar, a.s. (ŠS Horní Moštěnice).

1.4. Šlechtitelské cíle

Cíle ve šlechtění hrachu setého souvisejí s účelovým určením a využíváním odrůd. Všeobecně je žádaná vysoká produkční schopnost, odolnost k nepříznivým vlivům a k chorobám, vhodnost k mechanizované sklizni. Jistá odlišnost je ve šlechtění na jakostní ukazatele.

1.4.1. Šlechtění na výnos a jistotu výnosu

Základní požadovanou vlastností všech typů odrůd je vysoká produkční schopnost, která má komplexní charakter. Geneticky je kontrolovaná polygenním systémem s výrazným vlivem podmínek prostředí. Hospodářský výnos zrnových genotypů hrachu je tvořen výnosem semen, u genotypů na zelenou hmotu výnosem nadzemní biomasy.

Na utváření výnosu semen u **zrnových genotypů** polního i zahradního hrachu se podílí:

- **počet rostlin na ploše.** Základním předpokladem pro vysoký výnos semene je odpovídající hustota porostu dána především počtem jedinců na ploše, který lze zajistit vhodným výsevkem. Doporučuje se 90-100 jedinců na m² (tj. 0,9 - 1,0 MKS na ha). Vyžaduje se jistý stupeň tolerance k zahuštění porostu. Nežádoucí je nadměrné větvení, toleruje se jedna postranní větev na bázi lodyhy.

- **produkce semen na rostlině**, která souvisí s utvářením dílčích výnosových prvků, a to s počtem lusků na rostlině, počtem vyvinutých semen v lusku a s hmotností semene (HTS).

Jak bylo již uvedeno, u hrachu setého se přešlo na šlechtění odrůd zrnového typu, tedy s vysokým výnosovým potenciálem, se středně dlouhou lodyhou, tzv. intermediárních typů.

Tato cesta vyžadovala:

- docílit změnu a zdokonalení morfotypu rostlin s intermediární délkou lodyhy (70-100 cm), s krátkými internodii při zachování jejich nodů a tím i požadovaného listového a úponkového aparátu,
- řešit plodnost lodyhy, což spočívá ve zkrácení generativní sféry na 5-7 plodných internodií nejméně s 2 lusky s vyvinutými semeny v plodném úžlabí. Větší počet lusků v úžlabí zajišťuje vyšší výnos semen z rostliny i na ploše. Příliš vysoký počet lusků v úžlabí však zvyšuje jejich vzájemnou konkurenci. Je snaha o optimální rozmístění lusků na lodyze. Žádané jsou typy, které v 5 plodných nodech tvoří nejméně po 2 luscích s vyvinutými semeny.

Genotypy s fasciací v horní části lodyhy umožňují soustředěné kvetení i zrání, avšak tvoří většinou malý počet semen v lusku a při zhoršených podmínkách (sucho) tvoří málo lusků. Pro praxi nejsou vhodné.

- selekci rostlin s plně ozrněnými lusky. Počet semen v lusku kolísá v rozpětí 5 - 7, jsou genotypy s 9 - 11 zrny.

K produkci semen $10 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ je teoreticky třeba 100 rostlin na m^2 , 10 lusků na rostlině a nejméně 1 g semen v jednom lusku.

- selekci jedinců s dobře vyvinutou a pevnou lodyhou ve spodní části a s vyhovující anatomickou stavbou (podporuje nepoléhavost a odolnost k bočním tlakům sousedních rostlin v porostu) a rostlin odolných vůči chorobám, s úzkým poměrem mezi hmotností nadzemní části k hmotnosti semene.
- selekci na žádanou velikost semene, většinou vyjádřenou hmotností tisíce semen (HTS), která kolísá v rozpětí od 110 do 450 g. Žádaná HTS souvisí s účelovým určením odrůdy, u polního i zahradního hrachu je vhodná HTS 250-300 g.

Genotypy **krmného hrachu pro produkci zelené hmoty** (např. pícninové typy pelušek) mají poskytovat vysoký výnos zelené hmoty. Je žádaný vysoký denní přírůstek nadzemní biomasy, dobré olistění i více větvené lodyhy a jemné lístky. Žádá se i dobře

vyvinutý lusk zpravidla s drobnými semeny, s HTS okolo 180 g. Menší semeno usnadňuje společný výsev semen směsných kultur.

Hrách se vyznačuje kolísavostí výnosů v ročnících s odlišnými povětrnostními podmínkami a v odlišných lokalitách. Ke zvýšení **výnosové jistoty** přispívá vyšší odolnost odrůd k nepříznivým podmínkám, např. k suchu, k chorobám a škůdcům, dále odolnost k pukavosti lusků a k poléhání.

Podle HÁJKA et al. (1992) je efektivnost šlechtění hrachu v domácích podmínkách za období 20 let vysoká, nové odrůdy ve výnosu semen překonaly původní odrůdy vysokého vzrůstu o 36 %, odrůdy nízkého vzrůstu o 12 % a nejstarší odrůdu intermediárního typu o 20 %. Využívání výnosového potenciálu u zrnových odrůd se pohybuje mezi 60-67 %.

Pro tvorbu výnosných odrůd se nejvíce využívá **kombinanční křížení** s volbou vhodných rodičů, např. odrůda s vyšším počtem lusků na rostlině se kříží s odrůdou s vyšším počtem semen. S výběrem výnosných typů se doporučuje začínat v generaci F₃ nebo F₄. Podle BOHÁČE (1990) lze i **mutačním šlechtěním** získat vhodné genetické zdroje s vyšším počtem (více než 9) semen v lusku, nebo s vyšším počtem semen na rostlině.

1.4.2. Šlechtění na jakost

Ve šlechtění hrachu na jakost se sledují kritéria z hlediska účelového využívání odrůd, posuzují se vnější znaky semen, užitkové vlastnosti, nutriční a technologická hodnota semen. Záměrem šlechtění je zlepšovat hodnoty ukazatelů jakosti:

U **zrnových** odrůd hrachu polního, jehož semena se využívají jako potravina pro přímý konzum, nebo jako surovina pro přípravu polotovarů a výrobků (preparovaná mouka pro přípravu polévek a kaší aj.), nebo také jako zdroj bílkovin do krmných směsí, a odrůd zahradního hrachu s využitím semen pro přímý konzum, pro přípravu konzervovaného nebo mrazeného zeleného hrášku, je sledování a hodnocení jakostních ukazatelů zaměřeno:

a) **u zevních znaků semen** na:

- velikost semene. Žádané je spíše semeno menší o HTS v rozpětí 230 - 250 g, s vysokým stupněm (60-100 %) velikostní vyrovnanosti.
- vzhled semen. Především se hodnotí barva, intenzita a stejnoměrnost zbarvení, skvrnitost, dále tvar semen a celkový dojem.

b) u **užitkových vlastností** polního hrachu na:

- bobtnatelnost semen po 3-6 hod. máčení v destilované vodě. Žádá se rychlý a rovnoměrný a dostatečný příjem vody (na základě zkoušky 3 x 100 semen), který se vyjádří hodnotou příjmu vody v procentech.
- nepropustnost slupky, která se stanoví s bobtnatelností a je ovlivněna tloušťkou osemení, uspořádáním obalových buněk, podílem tvrdých semen (žádaný co nejnižší), místem a podmínkami pěstování.
- podíl osemení (slupkatost) vyjádřený v procentech, žádoucí je nízký podíl.
- vařivost a stejnoměrnost vaření semen. Vařivost se definuje jako průměrná doba potřebná k uvaření (projeví se prasknutím osemení). Zjišťuje se varnou zkouškou 2 hod. předmáčených semen pomocí vhodného zařízení. Vařivost se vyjádří podílem uvařených semen za určitý čas. Žádoucí je, aby maximálně do 130 min. (při zkráceném postupu do 100 min.) bylo uvařeno 99 % zkoušených semen s 80-100 % stejnoměrností. Stejnoměrnost vaření se určuje ze zkoušky vařivosti a stanoví se jako procentuální podíl stejnoměrně vařených semen. Byl prokázán pozitivní vliv vyšší koncentrace N-látek na vařivost semene (FICNAR, CHALUPOVÁ, 1992). Zkouší se i odpor vpichu do uvařeného semene.
- chuť a vůně uvařeného vzorku. Je žádána typická aromatická a čistá vůně. Zjišťuje se degustační zkouškou a hodnotí se stupnicí s 1-9 body. Nežádoucí je nepříjemná vůně a cizí příchutě.

c) u **nutriční hodnoty** na:

- obsah bílkovin v sušině semen, příp. nadzemní hmoty. Obsah kolísá v dost širokém rozmezí 22-26 %, jsou odrůdy s nižším a vyšším obsahem. Žádoucí je vysoký podíl stravitelných bílkovin, stravitelnost N-látek je vysoká (72-88 %).
- Vysoký obsah bílkovin je spojen s menším semenem, s pozdností a zpravidla i se sníženým výnosem semen. CHALUPA (1992) navrhuje, aby genotypy s vysokým obsahem až 35 % N-látek (NL), se využívaly jako genetické zdroje. Obsah bílkovin je geneticky kontrolován polygenně s výrazným vlivem prostředí. Při křížení kontrastních odrůd v obsahu bílkovin se však mohou vyskytnout jednostranné i oboustranné transgrese (BUNČEK, 1981).
- aminokyselinovou skladbu a složení bílkovin. Ve složení převládají globuliny (legumin, vicilin), albuminy zastupuje legumelin. Šlechtění by se mělo zaměřit na zvýšení podílu albuminu a na zvýšené zastoupení esenciálních aminokyselin obsahující S (cystin, methionin a tryptofan), obsah lyzinu je, příznivý, asi 6 g/100 g N-látek.

Šlechtění na žádoucí skladbu bílkoviny je podle METELKOVÉ (1986) u hrachu důležitější, než na zvýšení obsahu bílkovin.

Ve šlechtění odrůd krmného hrachu (pelušky) se zájem rovněž obrací na obsah bílkovin a jejich složení. Řešení šlechtitelského cíle je shodné jako u zrnových typů pokud se týká obsahu i složení bílkovin. Čerstvá hmota by měla mít nízký podíl vlákniny.

- obsah antinutričních látek u konzumních odrůd. Žádoucí je snížit obsah dieteticky nevýhodných složitých oligosacharidů (zejména rozpustných cukrů verbascózy, stachyózy a rafinózy, podíl činí asi 4 %), které se spolu s velkými škrobovými zrny se silným obalem (v tenkém střevě prudce kvasí) podílejí na plynatosti (střevním meteorismu). Žádoucí jsou malá škrobová zrna se slabším obalem. U krmných odrůd by mělo jít o snížení obsahu inhibitorů stravitelnosti bílkovin, které snižují využití bílkovin u monogastrů. Hořkých látek ze skupiny taninů obsahuje hrách 0,34-0,89 % (preparací se odstraňují), peluška asi 0,54-1,35 % v sušině.

d) u **technologické hodnoty** na:

- sledování a hodnocení vhodnosti genotypů pro přípravu polotovarů a výrobků. Pro přípravu předvařeného hrachu je vhodnější menší semeno o HTS 200-220 g. Malá semena rychleji bobtnají, snáze vysychají a tvoří jen malé a mělké praskliny na povrchu a malý podíl drtě po vysušení, žádaná jsou žlutá semena. Pro výrobu preparované mouky je vhodnější zelenosemenný hrách, se sytou barvou. V obou případech je žádoucí nízký (nulový) podíl tvrdých semen, velikostní vyrovnanost semen, nízká slupkatost, vysoký obsah bílkovin a vysoká úroveň degustačních hodnot.
- U odrůd pro konzervářenské a mrazírenské účely se žádá stejnoměrná dozrálост semen, s typickou hráškově zelenou barvou, s jemnou chutí a konzistencí, které se nemění po sterilizaci ani po zmrazení. Nálev nesmí kvasit a kalit se. Důležitou vlastností je nízký obsah amylopektinové složky. Pro zmrazování jsou žádanější velkosemenné formy.
- u škrobových hrachů (semeno obsahuje až 50 %, u dřeňového asi 30 % škrobu) bude přicházet v úvahu sledování obsahu škrobových frakcí, hlavně amyulózy. Poměr amylopektinu ku amyulóze je u hrachu polního asi 60:40, u zahradního 35:65 a předpokládá se, že šlechtěním lze docílit až 90 % amyulózy.

Při šlechtění na zvýšený obsah bílkovin, žádoucích aminokyselin a na zlepšování dalších ukazatelů jakosti se nejčastěji využívá **kombinačního i zpětného křížení** s následnou selekcí potomstev.

1.4.3. Šlechtění na délku vegetační doby

Vegetační doba domácích odrůd hrachu se pohybuje v rozmezí od 80 do 120 dní. Šlechtění na délku vegetační doby u hrachu je ve vztahu k uživatelskému směru a k podmínkám pěstování. Odrůdy ranější jsou vhodné pro podmínky s krátkým jarním bezmrazovým obdobím a pro podmínky s pravidelným výskytem přísušků. U konzervářských typů je výhodné šlechtění odrůd s rozdílným stupněm ranosti pro prodloužení optimálního období sklizně.

1.4.4. Šlechtění na odolnost k nízkým teplotám a k suchu

Je žádaná odolnost a tolerance k nízkým teplotám v době klíčení a vzcházení i k pozdním mrazíkům po vzejití, což umožňuje včasný výsev. Podstata odolnosti spočívá v dobré regenerační schopnosti rostlin.

Hrách jako vlhkomilná rostlina nepříznivě reaguje na nedostatek vláhy a tato citlivost může být jednou z příčin výnosové nejistoty. Odrůdy s mohutnější kořenovou soustavou lépe odolávají přísuškům. Ve šlechtění se kořenovému systému dosud věnovala malá pozornost.

Pro zvýšení chladuvzdornosti a mrazuvzdornosti i odolnosti k suchu se využívá metoda **křížení** se zdroji těchto vlastností a selekce odolnějších potomstev z velmi raných výsevů, nebo v podmínkách přísušků. Na vyšší suchovzdornost jsou pro křížení vhodné odrůdy ze středozemní ekologické skupiny.

1.4.5. Šlechtění na odolnost k chorobám a škůdcům

Rezistentní šlechtění všech typů odrůd hrachu je zaměřeno:

a) na odolnost **k virovým chorobám**, z nichž nejvíce je rozšířena obecná mosaika hrachu (PCMV), žlutá mosaika fazolu (BYMV) a svinutka hrachu (syn. vrcholové žloutnutí). Žádoucí je horizontální odolnost proti komplexu virových chorob. Šlechtění je obtížné a spočívá ve výběru odolných rodičů ke křížení, v selekci odolných potomstev v provokačních podmínkách.

b) z **houbových** chorob na **komplex kořenových hnilob**, na němž se nejvíce podílejí půdní oomycety (*Pythium ultimum*, *Aphanomyces euteichers*), kořenomorka (*Rhizoctonia solani*) a houby z rodu *Fusarium*. Způsobují odumírání kořenů a snižování výnosu až o 50 %.

Šlechtění je ztíženo komplexem více patogenů, nejméně 3-6 rozdílnými rasami a nedostatkem genetických zdrojů s komplexní odolností. Podle ONDŘEJE (1992) z 55 sledovaných genotypů jen 4 odrůdy hrachu a 1 odrůda pelušky vykázaly vyšší odolnost. Relativně jednodušší je šlechtění na odolnost např. k fusarióze, která je geneticky kontrolována monogenně. Podstata odolnosti spočívá v regeneraci kořenů.

K ekonomicky nejzávažnějším patogenům patří tzv. **komplex antraknóz**, na němž se v největší míře podílejí patogenní houby *Mycosphaerella pinoides* (hnědá skvrnitost), *Phoma medicaginis* var. *pinodella* a *Ascochyta pisi* (strupovitost a suchá kořenová spála). Choroby se většinou rozvíjejí při dozrávání, přecházejí na uzrávající semena, snižují výnos a kvalitu a zhoršují klíčivost. Podstata odolnosti je v silnějším osemení. Šlechtění na odolnost k *Ascochyta pisi* je podmíněna 3 geny a byla vyřešena pomocí holandských zdrojů. Odolnost k strupovitosti je podmíněna polygenně, šlechtění je obtížné, nejsou vhodné genetické zdroje a jsou rozdíly v náchylnosti.

Vyšší stupeň tolerance k virovým i houbovým chorobám vykazuje domácí odrůda Bohatýr. Ve šlechtění se využívá křížení a výběr v prostředí zesíleného infekčního tlaku, např. v infikované půdě.

Ze **škůdců** nejvíce škodí obaleč hrachový (*Ernarmonia nigricana*) a zrnokaz hrachový (*Bruchus pisorum*). Vyšší odolnost k poškození semen obalečem a zrnokazem hrachovým vykazují genotypy ranější a s rychlou tvorbou lusků a s rychlým zráním.

1.4.6. Šlechtění na vhodnost k mechanizované sklizni

Šlechtění na vhodnost hrachu k mechanizované sklizni, hlavně pro přímou sklizeň žací mlátičkou, má komplexní charakter a souvisí:

a) s vyšší **odolností rostlin k poléhání**. Nepoléhavost je z hlediska šlechtitelského řešení složitým problémem, neboť souvisí s výnosem (je v negativním vztahu), se zdravotním stavem rostlin, s morfologickými a anatomickými zvláštnostmi, ale také s vlivem vnějších a agrotechnických podmínek. Z výsledků výzkumu (HOFÍREK, 1990) vyplynulo, že nepoléhavost hrachu je do značné míry podmíněná zkrácenou lodyhou s kratšími internodiemi a s pevnější lodyhou ve spodní části, ale také s dobře vyvinutými listovými úponky. Optimální výška je 70-100 cm. Genotypy s vyšší odolností k poléhání domácího šlechtění se vyznačují geneticky fixovaným tzv. podklesnutím rostlin, při němž generativní sféra lodyhy v době kvetení a dozrání zůstává ve vertikální poloze. Rovněž vyšší úponkovitost zajišťuje rostlinám vzájemnou oporu.

Tomuto požadavku více vyhovují bezlístkové formy, tzv. afile typy. Další předností těchto odrůd je i efektivní využívání asimilátů a odolnost k chorobám.

Žádoucí je odolnost vůči zlomu lodyhy, která je důležitá v době dozrávání, neboť zabezpečuje, že lodyha unese tíhu dozrálých lusků se semeny. Prokazuje významnou kladnou korelaci s výnosem a s odolností k poléhání. Odolnost vůči zlomu se vyznačuje velmi nízkou heritabilitou, což ztěžuje šlechtění.

ANELIN a kol. (1991) zjistili vysoký kladný korelační vztah mezi poměrem obsahu sušiny (ukazatel tloušťky stonku) na délku 1 cm lodyhy ve spodní části a odolností k poléhání ($r=0,64$). Autoři doporučují uvedený vztah využít ve šlechtění.

Šlechtění hrachu se orientuje na tzv. otevřený habitus rostlin, který umožňuje využívání světla a dobrou aeraci porostu zejména při vlhkém počasí, což zlepšuje zdravotní stav rostlin a usnadňuje sklizeň. Těmto požadavkům vyhovují bezlístkové typy.

b) s **odolností k pukání lusků a k půlení semen**. Nepukavost lusků souvisí s přítomností, případně se stupněm vývinu vnitřní pergamenové vrstvy, která při dozrávání a vysychání lasku vnitřním pnutím zkrucuje chlopně, čímž dochází k uvolňování semen (k výdrolu). Formy bez této vrstvy mají lusky nepukavé. Závisí také na tloušťce stěny chlopní a na síle spojení svazků cévních na hřbetní i břišní straně lusků.

Lusky s tupým koncem usnadňují výmlat, hůře se mlátí lusk výrazně vyplněný semeny (napjaté chlopně).

Šlechtění na odolnost k půlení a k odírání semen při výmlatu je velmi obtížné a požadavek musí být spíše řešen volbou vhodného termínu sklizně a technologií výmlatu.

c) s **výdrolem semen**, tj. s lehkostí uvolňování zralých semen, kterou ovlivňuje i charakter poutka (funikulu), výhodnější je krátké poutko.

d) se **stejným zráním** lusků a semen, které je zvláště významné u odrůd konzervářských. Stejným dozráváním, vyrovnaností semen a současně i omezením rozvoje chorob semen byla snaha řešit pomocí tzv. determinantních (i fasciovaných) genotypů. Dosavadní výsledky jsou ale problematické pro výraznou citlivost na nepříznivé podmínky v době kvetení a zrání a poléhavost (CHALUPA, 1990).

Z výše uvedených hledisek v současné době nejlépe vyhovují genotypy se střední délkou lodyhy, tzv. intermediární, jejichž charakteristika byla již uvedena. Mechanizované sklizni nevyhovují genotypy nízké ani vysoké.

Příklad rozdílů ve vhodnosti odrůd k přímé sklizni uvádí PSOTA (1995), vhodnost je vyjádřena počtem bodů (1-9):

Tyrkys 5,8, Olivín 6,2, Pegas 6,8, Romeo 5,8, Komet 6,4, Primus 7,0, Janus 8,5.

1.4.7. Poutání molekulárního dusíku

Šlechtění genotypů schopných poutat více vzdušného dusíku lze považovat za speciální šlechtitelský cíl. Záležitost poutání dusíku je však geneticky velmi složitá, dosud ne zcela objasněná. Je prokázáný kladný vztah mezi počtem (hmotností) hlízek a výnosem semen hrachu (REIMANN-PHILIPP, 1985), čehož by se dalo ve šlechtění využít.

1.5. Šlechtitelské metody a postupy

Na počátku šlechtění odrůd hrachu se využíval hromadný a později individuální výběr především z krajových populací.

Nejvíce používanou metodou je **křížení**. Nejčastěji se používá jednoduché meziodrůdové kombinační křížení, nebo zpětné, případně složitější konvergentní křížení.

Technika křížení zahrnuje klasický postup s včasnou kastrací poupat (při zelenavě-bílé barvě), případně i jejich izolaci. Při kastraci je nutno rozpárat člunek a vybrat z něho tyčinky s prašníky. Opylování se provádí ihned po kastraci, nejpozději do 2 (3) dnů, neboť pyl má krátkou životnost. Opyluje se štětečkem nebo vložením prašníků otcovského rodiče. Kastrují se 2-3 květy na rostlině, ostatní se odstraňují. Z kombinace se kastruje 100-120 květů, úspěšnost křížení je podle podmínek 65-75 %.

Ke zpracování hybridních generací z **metod výběrových postupů** se nejčastěji používá rodokemnová metoda, případně metoda hromadných populací.

VIDLÁKOVÁ (1983) vypracovala postup umožňující zkrácení šlechtitelského procesu v klimatizovaném skleníku s umělým osvětlením: výsev hybridních semen a sklizeň lusků v období od poloviny září do prosince, dále výsev a sklizeň následné generace v období prosinec - duben a ještě v dubnu možnost výsevu v polních podmínkách.

Využívá se i **mutageneze**, avšak v omezeném rozsahu, spíše pro řešení speciálních úkolů. Mutanti se využívají většinou jako genetické zdroje.

Některé metody z oblasti **rostlinných biotechnologií** jsou a budou vhodným doplňkem konvenčních metod šlechtění. Na základě výsledků víceletého výzkumu (GRIGA, 1990) lze ve šlechtění využít:

a) meristémové kultury k ozdravení od virů, k dlouhodobému skladování genetických zdrojů, k indukci mutageneze, somatické embryogeneze a k selekci *in vitro*.

b) elektroforetickou analýzu zásobních proteinů k odlišení genotypů a ke kontrole zdatu křížení (ŠUŠKA, STEJSKAL, 1992, ŠUŠKA, 1993, KUBÁNEK, 1996) .

c) perspektivně i molekulární metody (kódování, markery, transformační systémy), techniky rekombinace DNA a metody genového inženýrství ke konstrukci transgenních (GMO) rostlin s požadovanými vlastnostmi a znaky, které konvenčními postupy jsou obtížně a nebo vůbec nejsou dosažitelné (HOCHMAN, HOSNEDL, 1997).

2. ČOČKA (*LENS* Adans.)

Čočka je stará kulturní plodina, jejíž semeno se od pradávna využívá jako plnohodnotná a oblíbená potravina. Semeno se po kuchyňské úpravě využívá k přímému konzumu nebo ke konzervaci.

Šlechtění čočky má přispět ke zvýšení výnosu semen a ke zvýšení výnosové jistoty, dále k udržení nebo zlepšení užitkových vlastností a ukazatelů nutriční hodnoty a k výraznému zlepšení vhodnosti k mechanizované sklizni.

2.1. Systematické třídění a původ

Rod. *Lens* (Tourn) Adans. má celkem 5 druhů, z toho 4 plané, a to *L. lenticula*, *L. nigricans*, *L. kotschyana* a *L. orientalis*, a jeden druh kulturní *L. esculenta*.

Plané druhy nejsou dostatečně prozkoumané z hlediska možnosti využití jako genetických zdrojů ve šlechtění kulturní čočky.

Kulturní druh *L. esculenta* tvoří několik variet:

- var. *vulgaris*, semeno tvoří středně velké o průměru 4-6 mm, HTS 40-50 g, žlutozelené barvy,
- var. *macrosperma*, má semeno velké o průměru nad 7 mm, HTS 60-100 g, nejčastěji šedozeleňé, nebo zelenožluté barvy, náročná na živiny a vláhu,
- var. *microsperma*, je drobnosemenná, semeno s průměrem 3-5 mm, HTS 30-50 g, méně náročná.

Z ekologického hlediska se dělí do 3 skupin: střeoevropská, střeozemní a střeoaasijská.

Planý předek není známý. Pravlastí čočky jsou horské oblasti jihozápadní Asie.

2.2. Genetika, biologie kvetení

Počet chromozomů u všech druhů je shodný, $2n=14$. Mezi druhy se dosud nepodařilo získat plodné hybridy.

Obr. 2.1. Čočka: 1 - část rostliny, 2 - lusk, 3 - semeno.

Z hlediska genetiky znaků je čočka velmi málo prostudovaná. Je známo, že barva květů, semenných obalů, děloh a lusků se dědí monogenně, v mnohých případech s pleiotropním účinkem (barva osemení a lusku).

Čočka je jednoletá rostlina, tvoří drobné květy po 1-4 v soukvětí. Květ je různě zbarvený (bílý, růžový, fialověmodrý), v člunku je 10 tyčinek.

Rostlina kvete velmi dlouho, téměř polovinu až třetinu vegetační doby. Dlouhé kvetení prodlužuje tvorbu lusků a zrání semen. Maximum květů se tvoří v období intenzivního růstu rostliny.

Čočka je samosprašná, opyluje se ve fázi barevného poupěte. První vlna kvetení je ve 4-5 hod, druhá maximálního rozkvětu mezi 8.-10. hod. Květ kvete 24 hod, v nepříznivých podmínkách 2-3 dny.

Čočka je rostlina dlouhodobní, je suchovzdorná a teplomilná.

2.3. Vývoj odrůdové skladby

Čočka v souvislosti s dlouhou dobou v kultuře nese znaky prošlechtěnosti, např. jemnost a nepukavost lusků. Na počátku šlechtění byly využívány stávající krajové či místní odrůdy jako výchozí populace pro výběr rostlin a potomstev, které splňovaly zvyšující se požadavky uživatelů. Vzniklé populace se dále rozmnožovaly. Nejprve se používal jednoduchý hromadný výběr, později i výběr individuální. Vznikaly tak zlepšené krajové odrůdy. Touto cestou byly vyšlechtěny drobnosemenné i velkosemenné odrůdy Hrotovická velkozrnná, Pisárecká velkozrnná, Moravská drobnozrnná. V 50.-60. letech bylo ve šlechtění odrůd čočky za účelem rozšíření genetické proměnlivosti a pro tvorbu výchozího materiálu použito meziodrůdového křížení. První odrůdy vzniklé touto šlechtitelskou metodou byla Lenka z křížení odrůd Pisárecká velkozrnná x Moravská

drobnozrná, povolena v r. 1972 a Okula z reciprokého křížení předchozích odrůd a povolena byla v r. 1973, vyšlechtěna byla ve ŠS Kaštice. Čočka se šlechtila na jižní Moravě a také na Slovensku. V současnosti jsou v sortimentu 2 registrované odrůdy, a to Nelka (1990) a Renka (1992), vyšlechtěny ve ŠS Trebišov (SR).

Šlechtění čočky u nás stagnuje a spočívá jen v udržování registrovaných odrůd.

2.4. Šlechtitelské cíle

Úkolem šlechtění je zvýšení **produkční schopnosti**, která je u domácích odrůd čočky poměrně nízká. Kolísá ve značném rozpětí, od 0,5 do 3 t.ha⁻¹ zrna. Kolísání lze spatřovat ve velké citlivosti k nepříznivým podmínkám (nízké teplotě, vlhku, suchu) i ve špatném zdravotním stavu.

Řešení spočívá v selekci typů se základy pro vyšší tvorbu dvousemenných lusků a semen. O výnosu rozhoduje (kromě počtu jedinců na ploše):

- počet vytvořených lusků na rostlině. Rostlina tvoří 15-20 lusků se 30-40 semeny.
- hmotnost tisíce semen (HTS), která u velkosemenné formy (s velikostí semene 7-9 mm) je 55- 80 g, u drobnosemenné formy 25-35 g. Drobnosemenné formy jsou výnosnější, avšak méně žádané. Žádoucí je maximální velikostní vyrovnanost semen.

V souvislosti s větší jistotou výnosu je žádoucí větší růstová intenzita zejména v počátečním období (rychlé zakrývání půdního povrchu a tvorba souvislého porostu). Vyšší výnos semen je do jisté míry spojený s kratší dobou kvetení a tím i dozrávání.

Šlechtění **na jakostní ukazatele** vychází z toho, že čočka je oblíbená a hodnotná, dobře stravitelná potravina. Z nutriční hodnoty je důležitý obsah bílkovin (činí 25 až 30 % v sušině) se žádanými aminokyselinami. Semeno obsahuje asi 53 % bezdusíkatých látek výtažkových (BNLV), 2 % tuku a 4 % vlákniny, vitaminy a minerální látky.

Semeno má být plné, dobře vyvinuté s hladkým povrchem, bledší, šedozelené nebo žlutozelené barvy, v barvě vyrovnané a s tenkým o semením.

Vyžaduje se dobrá vařivost a stejnoměrnost vaření semen a vynikající chuť. Rychleji se uvaří drobnosemenná forma, vyšší konzumní hodnotou se vyznačuje velkosemenná forma. Barva semen po uvaření musí zůstat neměnná.

Šlechtění **na délku vegetační doby** je zaměřeno na ranost. Jsou i polorané formy, rané jsou méně výnosné. Celková vegetační doba kolísá mezi 70-140 dny.

Šlechtění na **odolnost k nepříznivým vlivům** je zaměřeno hlavně na vyšší odolnost k suchu. Sleduje se i odolnost k nízkým teplotám. Čočka je teplomilná, pro klíčení snáší i nízké teploty, ale vyšší teploty vyžaduje v období zrání. Krajové odrůdy se využívají jako genetické zdroje.

Šlechtění na **odolnost k chorobám** není příliš rozvinuto. Negativní selekcí se z dalšího šlechtění vylučují náchylnější jedinci nebo potomstva, zejména k antraknóze (velkosemenné formy jsou citlivější).

Šlechtění na **vhodnost k mechanizované sklizni** je zaměřeno hlavně na nepoléhavost, dále na vyšší nasazování lusků a hromadné vyrovnané zrání lusků a semen. Pozornost se věnuje i nepukavosti lusků. Z těchto hledisek jsou vhodnými genetickými zdroji odrůdy středoevropské ekologické skupiny.

2.5. Metody šlechtění

Na počátku šlechtění s používal hromadný a později individuální výběr u výchozích krajových a místních odrůd.

Používá se i **křížení**. Technika křížení není jednoduchá pro drobné květy. Provádí se klasickým postupem, kastruje se jehlou.

Ve šlechtění čočky lze využít i **mutageneze**, zejména při zlepšování jakosti a odolnosti k chorobám.

3. FAZOL (*PHASEOLUS* L.)

Fazol je významnou jedlou luskovinou. Využívají se zralá semena, nebo nedozrálé lusky v čerstvém či v konzervovaném stavu.

Úkolem šlechtění fazolu je zvyšování výnosové schopnosti a výnosové jistoty, zlepšení jakosti produktu a zdravotního stavu rostlin a zlepšení předpokladů pro mechanizovanou sklizeň.

3.1. Systematické třídění a původ

Do rodu *Phaseolus* L. patří více než 200 druhů, z nichž okolo 20 je v kulturním pěstování. Plané druhy jsou rozšířeny hlavně v americkém genetickém centru.

Jsou uváděna dvě centra vzniku fazolu a podle toho se třídí do 2 skupin:

a) skupina **americká** : zahrnuje nejvíce planých druhů, které jsou rozšířeny v pravlasti v tropických oblastech Středoamerických zemí a v Mexiku. Vyznačují se velkými a plochými lusky zakončenými zobáčkem, velkými semeny o menším počtu v lusku. Do této skupiny patří druhy:

- **fazol obecný** (*P. vulgaris*), který má varietu keříčkovou (var. *nanus*) 25-50 cm vysokou a varietu popínavou (var. *communis*) s 5 m dlouhou pravotočivou lodyhou, se středně velkými květy různé barvy,

- **fazol měsíční** (lima) (*P. lunatus*), tvoří keříčkové i popínavé formy,

- **fazol ohnivý** (mnohokvětý) (*P. coccineus*, syn. *multiflorus*), tvoří výlučně popínavé formy, využívá se jako okrasná rostlina, je cizosprašný,

- **fazol ostrolistý** (*P. acutifolius*), tvoří keříčkové formy zakončené úponkou.

b) skupina **asijská** : zahrnuje druhy s původem v jižní Asii (Indie), tvoří drobné semeno (drobnozrné). Do skupiny náleží tyto druhy:

- **fazol zlatý** (*P. aureus*), který tvoří keříčkové formy zakončené úponky, má velké zlatožluté květy,

- **fazol mungo** (*P. mungo*), který tvoří keříčkovité formy, hroznovité květenství,

- **fazol aconitifolius** (*P. aconitifolius*).

Do Evropy byl fazol přivezen v 16. stol., nejvíce se rozšířil v jižních a teplých oblastech. Do severních oblastí se začal rozšiřovat ve 20. stol., nachází se i v podmínkách 58° s.š. Využívá hlavně fazol obecný, pro polní pěstování jeho keříčková varieta.

Obr. 3.1. Fazol obecný: 1 - část rostliny s lusky s pergamenovou blánou, 2 - tvar lusku bez pergamenové blány, 3 - tvar semene: a - kulovitý, b - oválný, c - ledvinovitý, 4 - průřez zeleného lusku: a - plochý, b - elipsovitý, c - okrouhlý, d - široce okrouhlý (LAHOLA a kol. 1990).

3.2. Genetika, biologie kvetení a vývoje

Všechny druhy jsou diploidní a počet chromozomů $2n=22$ a 24. Mezidruhové hybridy se obtížně získávají.

Genetika fazolu obecného je málo prostudována. Jen jednotlivě byla studována genetika barvy květu a semen, dominuje barevný květ nad bílým. Geny kontrolující zbarvení květu mají pleiotropní účinek i na zbarvení semen.

Fazol obecný má květy po 2-6 uspořádané v květenství na dlouhých květních osách v úžlabí listů. Morfologickou zvláštností květu je spirálovitě zakončený člunek. Je samosprašný, k opylení dochází v uzavřeném květu. Tyčinky uspořádané ve 2 prstencích na různě dlouhých tyčinkách zajišťují opylení vlastním pylem. Spirálovitě stočený člunek obtížně uvolňuje bliznu, což znemožňuje hmyzu opylení cizím pylem. Přesto se uvádí, že k cizosprašení v rozsahu 4-5 (15) % může dojít při vysoké teplotě a při dostatku vláhy v době kvetení. Kvete od spodu k vrcholu a od středu k obvodu rostliny. Hlavní vlna kvetení je od 5 do 10 hod.

Fazol obecný je jednoletá plodina jarního charakteru, výrazně teplomilná. Vyšlechtění genotypů vhodných do chladnějších oblastí umožňuje široký genetický základ krajových a místních odrůd.

3.3. Šlechtitelské cíle

Šlechtění fazolu u zrnových forem má přispět hlavně ke zvýšení **produkční schopnosti** semen i lusků a ke zvýšení výnosové stability. O produkci semen (vedle počtu rostlin na ploše) rozhodují dílčí výnosové prvky, které jsou současně hlavní selekční kritéria:

- **počet lusků na rostlině.** U raných odrůd se pohybuje v rozmezí 10-15, u pozdních v rozmezí 25-30 lusků.
- **počet semen v lusku**, resp. na rostlině. Počet semen v lusku může být u jednotlivých genotypů různý, pohybuje se většinou mezi 4-7 semeny.
- **hmotnost tisíce semen** se pohybuje od 100 do 200 g u drobnosemenných forem, od 250-350 g u velkosemenných forem.

U genotypů určených pro sklizeň lusků je žádaný vysoký výnos lusků v konzumní zralosti.

Výnosovou stabilitu zvyšuje odolnost k významným chorobám a menší citlivost k nepříznivým podmínkám.

Při šlechtění **na jakost** produktu se sleduje a hodnotí úroveň nutriční hodnoty, která souvisí především s chemickou skladbou semene. Semeno fazolu obsahuje v sušině 20-30 % bílkovin (obsah často kolísá), 50-58 % BNLV, 1-2 % tuku a 2-4 % popelovin. Bílkoviny mají příznivou aminokyselinovou skladbu.

Z užitkových vlastností je požadovaná dobrá vařivost a stejnoměrnost vaření, žádá se 100 % vyrovnanost při době vařivosti 60 min.

Sleduje se podíl osemení (slupkatost, která by měla být 7-9 %), dále jemnost, vůně a chuť. Významným kritériem je barva a vyrovnanost v zbarvení semen. Žádanější je většinou barva bílá, v poslední době jsou žádaná semena i barevných odstínů, kterých je několik (hnědá, modrá, skvrnitá apod.).

U odrůd pro sklizeň lusků má být lusk dlouhý, kruhovitého průřezu, jemný s dobře rozložitelnými svazky cévními (bezvláknitý), bez vnitřní pergamenové vrstvy, se silnou stěnou. Žádaná je žlutá nebo žlutozelená barva, lahodné chuti a vůně.

Šlechtění **na délku vegetační doby** se více zaměřuje na ranější formy. Lze rozlišit genotypy velmi rané (100 dní vegetace), rané, polorané a pozdní (nad 125 dní). Rané jsou méně výnosné, ale vhodnější do méně příznivých podmínek. Fazol na tvorbu lusků potřebuje 40-60 dnů vegetace.

Šlechtění na **odolnost k nepříznivým vlivům** je zaměřeno na zvýšení odolnosti **k suchu**, zejména v době kvetení a tvorby lusků. Šlechtění se zaměřuje také na zvýšení tolerance **k nízkým teplotám** v době klíčení. Mladé rostlinky fazolu nesnášejí teplotu klesající k 0°C, dospělé rostliny snášejí krátkodobě i malé mrazíky.

Šlechtění na odolnost k **chorobám** sleduje odolnost k virovým chorobám (virová mosaika, nekróza) vylučováním náchylných jedinců nebo potomstev. V zahraničí byly vyšlechtěny linie odolné k mosaice a tolerantní k nekróze. Z houbových chorob se šlechtí na odolnost k antraknóze, která je nejnebezpečnější. Odolnost znesnadňují početné biotypy choroby. Větší odolnost souvisí s vyšším nasazením spodních lusků. Šlechtění na odolnost proti zrnokazu fazolovému není zatím úspěšné.

Pro **mechanizovanou technologii pěstování**, kultivaci i sklizeň, nejlépe vyhovují keříčkové formy, s kompaktním charakterem rostliny, odolné poléhání, s vyšším nasazením spodních lusků, s opadem listů před sklizní a se stejnoměrným dozráváním. Uvedené požadavky jsou selekční kritéria ve výběrových postupech.

U genotypů pěstovaných pro zelené lusky je žádoucí vyrovnaná tvorba lusků a vyrovnaná technologické zralost pro strojní sklizeň.

3.4. Metody šlechtění

Z počátku byl využíván hromadný výběr z krajových populací, později se uplatnilo účinnější meziodrůdové kombinační **křížení**. Hybridní generace se šlechtitelsky zpracovávají ponejvíce rodokmenovou metodou. Využívá se i **mutageneze**, zvl. chemomutageneze.

4. BOB (*FABA* Adans.)

Bob je stará kulturní luskovina využívaná hlavně pro krmné účely jako levný zdroj bílkovin. Je rozšířený v mnoha oblastech světa, v některých zemích se využívá v lidské výživě. U bobu je nutné také cenit jeho vysokou přeploidinovou hodnotu a příznivé účinky na půdní úrodnost.

4.1. Systematické třídění a původ

Bob je v rámci skupiny vikvovitých taxonomicky nejvíce izolován od ostatních rodů a druhů (souvisí s jiným počtem chromozomů). Někteří badatelé jej proto zařazují jako samostatný podrod nebo druh (MARŠÁLEK, 1989). Přes jistou nejednotnost je nejvíce užívané následující třídění:

Rod *Faba* Adans. zahrnuje 2 druhy :

- **bob Plinia** (*Faba pliniana* Traubt.), bez praktického významu, planě rostoucí v Alžíru,

- **bob koňský** (*Faba bona* Medik., syn. *Vicia faba* L., *Faba vulgaris* Moench, *Faba sativa* Bernh.), bob obecný.

Podle MURATOVOVÉ (cit. KONOVALOV, 1990) se koňský (obecný) bob člení na dva poddruhy:

- ssp. *paucijuga* Murat. - primitivní, nízkého vzrůstu, málo výnosný, drobnosemenný, vyskytuje se v Indii a Pákistánu,

- ssp. *faba* Murat. - kulturní, hospodářsky více významný, pěstitelsky nejvyužívanější, značně polymorfní.

Podle morfologických a hospodářských znaků (mohutnosti rostliny a charakteru semen) se ssp. *faba* dál člení na variety (podle některých autorů i na ssp.):

- **velkosemenný** (var. *major* Harz, syn. zahradní, sviňský) lodyhu má vysokou 50-100 cm, velký plochý lusk, velké a ploché semeno (HTS 800 až přes 2000 g),

- **koňský** (var. *equina* Pers.) má lodyhu vysokou 70 cm, ale i až přes 150 cm, středně velké semeno válcovité, oválné až mírně zploštělé (HTS 450-650 g),

- **drobnosemenný** (var. *minor* Beck) má lodyhu vysokou okolo 100 cm, kulovité drobné semeno (HTS 200-450 g). Do skupiny patří i bob holubí.

Bob je v kultuře asi 4 tis. let. Hlavní genetické centrum velkosemenného bobu je Středozeří, drobnosemenného v oblasti Kaspického moře. Je rozšířený v mnoha oblastech světa (zejména bob zahradní), hlavně v Evropě, v zemích jihovýchodní Asie, severní Afriky, v některých zemích Jižní a Severní Ameriky. V souvislosti s velkým zeměpisným rozšířením někteří autoři bob člení na 16 ekologicko-geografických skupin. Ve střední a západní Evropě je dost rozšířený bob obecný (koňský). Následný text se vztahuje jen k tomuto poddruhu.

4.2. Genetika, biologie kvetení a vývoje

Počet chromozomů u bobu obecného je $2n=12$. Je známá morfologie chromozomů, karyotyp je dobře zmapován. Genetika hospodářsky významných znaků je celkem dobře známá. Je známo 26 genů, z nichž 19 je ve čtyřech vazbových skupinách. Mnoho znaků je v genetické vazbě. Přehled o genech, které kontrolují dědičnost kvalitativních znaků uvádí MARŠÁLEK (1989).

Genetika kvantitativních znaků je na počátku exaktního výzkumu. Uplatňuje se polygenní systém dědičnosti, byly zjištěny rozdíly v projevu mateřských efektů v době kvetení, v tvorbě vajíček, v počtu semen na lusk a v délce lodyhy.

V dědičnosti znaků nutriční hodnoty byla zjištěna částečná dominance vysokého obsahu bílkovin. Obsah antinutričních látek je pleiotropicky spjat s barevností květů, s černou medníkovou skvrnou na palistech a s hnědou barvou osemení.

Byla objevena řada mutací, velmi cenný je např. determinantní růst lodyhy s genem *ti-1*, tzv. topless formy, či *ti*-formy (získán ve Švédsku na začátku 70. let). Byla objevena cytoplasmatická pylová sterilita (CMS).

Biologie kvetení a vývoje

Květy bobu mají charakteristickou stavbu bobovitých. Květy jsou velké, po 2-5 (7) v hroznovitém květenství, které vyrůstá v listovém úžlabí na krátké květní ose. Květy jsou bílé s nápadnou tmavou skvrnou na křídlech. Rostliny vytvářejí více než 10 květenství a celkově velký počet květů, 40-60 (i přes 100), v závislosti na genotypu a na růstových podmínkách. Současně s tvorbou květenství pokračuje prodlužovací růst lodyhy a s tímto „neukončeným růstem“ souvisí i nadbytečná tvorba květů vzhledem k počtu vytvořených lusků.

Podíl plodných květů, tj. těch, které poskytují lusky, je velmi nízký, většinou jen 10-25 %. Ostatní květy opadávají bez užtku, předčasně opadávají také poupata a mladé

lusky a abortují i semena. Uspořádání květů bobu a tvorba lusku a semene je na obr. 4.1. a 4.2.

***Obr. 4.1. A - bob obecný, B - bob sviňský.
a/ část lodyhy s květním hroznem, b/ vřeteno květního hroznu (STŘÍDA
a kol., 1962)***

***Obr. 4.2. Průběh tvorby květů, lusků a zrna v jednotlivých internodiích bobu
koňského (průměr 1 rostliny) (STŘÍDA a kol., 1962).***

Rané genotypy vytvářejí první květenství v úžlabí 5.-6. listu, pozdní v úžlabí 9.-10. listu. Na lodyze lze odlišit vegetativní a generativní sféru.

Jednotlivý květ kvete 3-4 dny, rostlina kvete 14-20 dnů, porost až 30 dnů. První vlna kvetení je v 9-10 hod., s maximem mezi 10.-14. hod., ojedinělé kvetení je mezi 16.-17. hod., na noc se květy zavírají.

Způsob opylování bobu má jisté zvláštnosti. Převažuje samosprašnost, avšak s možností opylení cizím pylem, v našich podmínkách v rozmezí mezi 22-26 % (ONDRO, 1993). Stupeň cizosprašnosti narůstá s kontinentálními klimatickými podmínkami a může dosáhnout 40-60 %.

Den před otevřením květu prašníky uvolňují pyl, který se uchytí na chloupkách blizny, což zajišťuje samosprašnost. Květy bobu svou barevností, pronikavou vůní (po jasmínu) a nektarem lákají hmyz (čmeláky, včely), který jednak mechanicky narušuje povrch blizny (což stimuluje vyklíčení pylu, tzv. tripping) a současně na bliznu přináší cizí pyl. Šlechtění a semenářství bobu vyžaduje dodržování potřebné izolační vzdálenosti (250-300 m) jako ochranu před nekontrolovaným cizosprašením.

Bob obecný je jarního charakteru, v oblastech s mírnou zimou (např. Anglie, jižní Francie) se pěstuje jako ozim. Fotoperiodická reakce není zcela zjevná, je spíše dlouhodobí. Severní hranice jeho rozšíření je 65° s.š.

Šlechtitelsky významné znaky a vlastnosti

a) morfologického charakteru:

- **lodyha** bobu obecného je vzpřímeného vzrůstu, lysá, na průřezu čtyřhranná, dorůstající délky okolo 100 - 160 cm. Nežádoucí je větvení (z bočních pupenů na bázi lodyhy se tvoří vedlejší větve), není geneticky podmíněno a má nepříznivý vliv na výnos semen. Existují typy (mutace) s ukončeným růstem (zmíněné *topless*, *ti* - formy) s květentvími na vrcholu lodyhy, jsou známé i typy se zkrácenou lodyhou (*semidwarf*).

- **lusk** je nepukavý, ve zralosti kožovitý, obsahuje 3-8 semen (větší počet u var. *minor*), na průřezu oblý až mírně zploštělý. Větší nasazení lusků je u solitérních rostlin a v řídkém sponu (dostatek světla a lepší opylování).

Obr. 4.3. Semena bobu: a/ zahradní (sviňský), b/ koňský, c/ drobnozrný (holubí) (STŘÍDA a kol., 1962).

- **semeno** je různého tvaru a barvy osemení (hnědá barva stářím tmavne). Lze rozlišit tři velikostní skupiny (podle variety) a je přímý vztah mezi velikostí semene a jeho zploštěním (obr. 4.3.). Velké a ploché semeno se obtížně vysévá a při sklizni se snadno poškozuje. Drobné a kulaté semeno je žádané u pícních typů pro snažší výsev ve směsi např. s obilovinou.

b) fyziologického charakteru:

- **délka vegetační doby** se pohybuje u raných od 90 dnů do 140 dnů u velmi pozdních genotypů. Šlechtění se orientuje spíše na rané typy se slabou negativní korelaci s výnosem.

- **„neukončený růst“ a rozdělování asimilátů.** Rozdělování asimilátů je velmi nepříznivé a souvisí s ním tzv. „vegetativní luxusní spotřeba asimilátů“, kterou je obtížné překonat šlechtěním. Výživu generativních orgánů asimiláty zajišťují listy, v jejichž úžlabí je květenství (asimiláty z ostatních vodivých cest jsou nedostupné) a jejich nedostatek má za následek předčasný opad (sprchávání) generativních orgánů a nedokonalý vývin (aborci) semen (GRAMAN, 1982, 1984).

4.3. Vývoj odrůdové skladby

Šlechtění bobu obecného má u nás dlouholetou tradici a byla vyšlechtěna řada úspěšných odrůd, i když v porovnání s hrachem šlechtění bobu nebyla věnována taková pozornost. Existovalo několik krajových odrůd, které se staly výchozí pro další šlechtitelské zlepšování. Před druhou světovou válkou se využívaly odrůdy domácí, ale také i německé. Odrůdy bobu Zborovický a Gregerův (později Chlumecký) byly povoleny v r. 1928, v roce 1939 byl povolen Přerovský, v poválečných letech byl povolen Tatranský a Povážský (1959). Dosavadní setrvání starých odrůd bobu (Chlumecký a Přerovský) v sortimentu dokazuje jejich vysokou úroveň. Vysokou výnosovou úroveň a šlechtitelskou hodnotu starých odrůd vysvětluje ONDRO (1980) jejich genetickou vyrovnaností a ustáleností.

Intenzivní šlechtitelská práce u bobu u nás začala teprve na začátku 70. let, a to v souvislosti se zvýšeným významem bobu a zájmem v souvislosti s rozšiřováním ploch a s rozvojem produkce horkovzdušných úsušků. Věnovala se větší pozornost výzkumu, geneticko-šlechtitelské problematice, květní biologii i průzkumu antinutričních látek. Do jisté míry se rozvíjela i zahraniční spolupráce. Výsledky rozsáhlejšího výzkumu z této doby jsou známé hlavně z evropských zemí.

Domácí šlechtění bobu se zaměřilo na tzv. zrnové formy s kratší lodyhou, nebo s ukončeným růstem (využitím ti-forem), na výnosné typy a s vyšším obsahem N-látek. Druhým záměrem bylo šlechtění odrůd tzv. pícninového typu vhodné pro produkci hmoty. Uvedené záměry splněny nebyly, nově vyšlechtěné odrůdy jsou univerzálního typu. Důvodem je cizosprašnost bobu a s ní spojená odlišnost šlechtitelských postupů, nedostatek vhodných genetických zdrojů, malá šlechtitelská úspěšnost. Za 20 let šlechtitelské práce bylo přezkoušeno 40 novošlechtění a jen 5 bylo povolených jako nové odrůdy. Za období 25 let se podle údajů HÁJKA (1988) prostřednictvím nových odrůd zvýšil výnos zrna jen o 2-3 %.

Na začátku 80. let nastal výrazný pokles zájmu o šlechtění bobu (i celosvětově). ONDRO (1992) a CHALUPA (1992) uvádějí několik příčin, ústup od pěstování, častá změna šlechtitelských cílů a nesplněná očekávání, nedostatečné využívání genetického produkčního potenciálu (v praxi jen ze 40- 50 %), výnosová nestabilita, přecenění negativních účinků antinutričních látek v semeni (náhrada sójou), aj.

Přehled o vývoji odrůdové skladby a o současně registrovaných odrůdách domácího původu podává tabulka 4.1.

Tab. 4.1. Vývoj odrůdové skladby bobu obecného do r. 1997.

Odrůda	Registrace	Rok	
		Ukončení registrace	Trvání roky
Chlumecký	1928		(69)
Zborovický	1928	1964	36
Přerovský	1939		(56)
Tatranský	1949	1959	10
Povážský	1959	1975	16
Pluto	1967	1981	14
Milion	1970	1978	8
*Inovec	1972		(25)
Uran	1981		(16)
*Omar	1986		(11)
Stabil	1991		(6)
Borek	1993		(4)
Stan	1994		(3)
Tista	1994		(3)
Merkur	1997		(1)

* vyšlechtěny na ŠS Horná Streda (SR)
 () dosud v sortimentu

V současném sortimentu je registrováno 11 odrůd bobu, z toho jsou 3 zahraniční (vč. ze SR). V roce 1996 byla zaregistrována zahraniční bělokvětá beztaninová odrůda bobu Amazon holandské firmy CEBECO Zaden B.V. Šlechtění bobu zajišťují šlechtitelské

a semenářské firmy Selgen a.s. (ŠS Chlumeč n. C.) a HybriTech, dříve Morstar a.s. (ŠS Horní Moštěnice).

Genetické zdroje bobu tvoří domácí i zahraniční staré i současné odrůdy a mutanti (př. determinantní typy - topless formy, zajímavý je švédský mutant Sv 0560 s vysokým obsahem bílkovin 38,5 %, mutant unifoliata s redukovanými listy v horní části lodyhy). Pozornost je věnována formám ssp. *paucijuga*, které jsou však málo výnosné, vysoce samosprašné, drobnosemenné, rané a nízkého vzrůstu, s vyšším obsahem N-látek. Přes jistou variabilitu bobu, jsou podle KUSÁKA (1992) odrůdy mírného klimatického pásma velmi široké populace s blízkým původem, včetně domácích odrůd, což je jednou z příčin malého šlechtitelského úspěchu.

4.4. Šlechtitelské cíle

Šlechtění bobu se zaměřuje na zvyšování výnosu semen, uchování nebo zlepšování jakostních ukazatelů, na zvýšenou odolnost k chorobám a vhodnost k mechanizované sklizni.

4.4.1. Šlechtění na produkční schopnost a výnosovou jistotu

Požadovanou vlastností je vysoký výnos semen, případně i nadzemní biomasy, zejména u odrůd univerzálního typu. Produkční schopnost semen bobu, podobně jako u ostatních luskovin, určuje:

- počet rostlin na ploše. Optimální výsevok byl stanoven na 0,5 MKS.ha⁻¹,
- počet lusků na rostlině,
- počet semen v lusku,
- hmotnost tisíce semen (HTS).

Základní výnosové prvky tvoří genetický základ produkční schopnosti rostliny a porostu a jsou tudíž hlavní selekční kritéria. Počet lusků kolísá s hustotou porostu i v ročnících, ale vykazuje i dědičnou variabilitu. Počet semen v lusku a HTS jsou znaky málo variabilní.

Teoretický výnosový potenciál podle ŽÁKA a HUDCE (1986) odvozený od vysokého počtu květů na rostlinách je vysoký. Při počtu 35-40 rostlin na m² (při výsevu 50 semen na m²), 40-50 květů a 10-14 luscích na rostlině a po 3-4 vyvinutých semenech v lusku, při HTS 450-500 g, činí produkce semen téměř 19-40 t.ha⁻¹. Reálný výnos tvoří jen zlomek potenciálního (řádově 10-15 %) a pohybuje se mezi 4,1-4,6 t.ha⁻¹. V zemědělské praxi je výnosová schopnost odrůd využívána jen ze 40-45 %.

Další aspekt produkční schopnosti souvisí s fyziologickým základem tvorby výnosu. Při přechodu do generativní fáze, současně probíhá tzv. fáze prodlužovací (prolongační fáze) spojená s intenzivní tvorbou vegetativních orgánů, což vyvolává konkurenční vztahy ve spotřebě asimilátů. ONDRO (1993) tuto skutečnost vysvětluje tak, že vytvořené asimiláty se rozdělují podle určitého genetického kódu, ale jejich ukládání v orgánech ovlivňují povětrnostní podmínky. Při vlhčím a chladnějším počasí převládá růst vegetativních orgánů, při sušším a teplejším počasí se ale nevytváří víc generativních orgánů jak by se dalo předpokládat. Při nízké realizaci květů, a nízké skutečné spotřebě asimilátů pro tvorbu semen (asi 20 %), se nakonec celková tvorba asimilátů jeví jako luxusní a rostlina je využívá převážně na tvorbu vegetativním orgánů. Určité vztahy mezi tvorbou výnosově významných znaků u odlišných rostlinných typů bobu schématicky ukazuje obr. 4.4.

**Obr. 4.4. Porovnání rozdílných typů bobu a významných znaků:
(zóna květů -----, zóna lusků —————), (KITTLITZ, 1985).**

Šlechtitelské řešení uvedených zvláštností musí být komplexní. Musí se hledat genotypy se zlepšeným vztahem mezi biologickým výnosem a ekonomickým výnosem semen (ONDRO 1980), např. orientací na typy tvořící menší počet květů na zkrácené lodyze (semidwarf typy) a využitím typů topless s ukončeným růstem lodyhy a s nahloučenými květy (nejlépe splňuje uvedené požadavky). Determinantní topless typy mají však řadu nedostatků (nižší výnos, nežádoucí větvení, horší zdravotní stav) a vyžadují další šlechtitelské zpracování. V Anglii, Německu a v Polsku mají již povolené odrůdy uvedeného typu. Křížením a zpětným křížením naši šlechtitelé získali perspektivní šlechtitelské materiály a první domácí odrůdu ti-formy (Tista) vyšlechtili ve ŠS Horní Moštěnice a je registrována od r. 1994.

Nejvíce používanou **šlechtitelskou metodou** při šlechtění na výnos je kombinační křížení, doporučuje se používat zahraniční odrůdy z odlišných ekologických oblastí. Z praktického šlechtění je známo, že nejvyšší výnos je v generaci F₁, který se pak v generacích F₄-F₆ ustaluje na rovnovážný stav v populaci. Tím vysvětluje ONDRO (1980) i setrvávání starých, ve výnosu obtížně překonatelných, odrůd v sortimentu. Ke zvyšování výnosu by mělo přispět heterozní šlechtění, značné rezervy jsou ve zdokonalení agrotechniky.

Ke zvýšení **výnosové jistoty** mohou přispět genotypy s malou citlivostí k podmínkám klimaticky rozdílných ročníků a rozdílných stanovišť. Nepříznivé vlivy se uplatňují zejména během dlouhé doby kvetení a zrání. Odolnost k chorobám a škůdcům (mšice) zvyšuje výnosovou jistotu. Přínosem pro zvýšení výnosové jistoty by měly přispět zlepšené topless formy, případně plně autofertilní genotypy, dostatek opylovačů a také omezení sklizňových ztrát. Výnosová nejistota se projevuje značným kolísáním (až 30 %) výnosu.

4.4.2. Šlechtění na jakostní ukazatele

Šlechtění bobu na jakost je zaměřeno:

- na **udržení** ev. **zlepšení krmné hodnoty semen** (případně i zelené hmoty), která je dána vysokým a poměrně stabilním obsahem N-látek v sušině semene (29-32 % N-látek, stravitelných bílkovin 24-26 %, asi 10 % tvoří nebílkovinné N-látky). Stravitelnost N-látek u zvířat je poměrně vysoká, dosahuje až 80-84 %.

Zvyšování obsahu N-látek šlechtěním je velmi obtížné, navíc u vysokoobsažných typů (s 35-38 %, byly získané křížením a mutacemi) se projevuje výrazná záporná korelace

s výnosem. Výhodnější je selekce materiálů s obsahem do 35 % bílkovin, vykazující nižší výnosovou depresi, ale celkovou produkci bílkovin o 1-5 % vyšší (ŽÁK, HUDEC, 1986).

Podle jiných autorů je koncentrace N-látek v semeni i ve hmotě dostačující, je jen potřeba zvýšit obsah limitujících sirných aminokyselin (methionin, cystin). Variabilita jejich obsahu je dost velká a z toho se vyvozuje možnost šlechtitelského úspěchu.

- na **snížení podílu osemení** (slupky), kolísá mezi 10-11 %.

- na **snížení obsahu** tzv. hořkých, **antinutričních látek** (ANL) až o 50 %. Hořké látky tvoří celý komplex látek, z nichž byly definovány vysokomolekulární polyfenoláty ze skupiny taninů, ze skupiny glykoproteidů inhibitory trypsinu, ze skupiny glykoalkaloidů vicin a konvicin a z alfa-galaktosidů rafinóza, stachyóza a další. Hlavní příčinou nižší nutriční hodnoty bobu (šrotu) jsou taniny, neboť snižují stravitelnost a využitelnost bílkovin (v rozmezí 5-25 %) a některých aminokyselin, celkově snižují přijímání šrotu zvířaty. Inhibitory trypsinu mohou vyvolat zažívací poruchy u monogastrů. Obě skupiny jsou přítomny v osemení (ŽÁK, ŠAFRÁNEK, HUDEC, 1981).

Ve šlechtění na snížený obsah taninů se využilo vazby mezi obsahem taninu a bílou barvou květu (pleiotropně se šedou barvou osemení a barvou pupku). Bělokvěté genotypy (selekční marker) obsahují jen 10-15 mg taninů na g sušiny, tj. o 55-60 % méně než mají odrůdy s barevným květem. Nedostatkem bílekvetoucích forem je nižší výnos (o 20-30 %), vyšší napadení virovými a houbovými chorobami a mšicí makovou. Vyžadují další šlechtitelské zlepšování.

Šlechtění na snížený obsah ANL by řešilo požadavek krmivářů, pomohlo by také odstranit náročné technologické úpravy semen teplem nebo loupáním a náhradu sójového šrotu. Úkol záhy skončil na ekonomické neúčelnosti nákladného šlechtění při nakonec velmi nízkém (3-5 %) zařazování nízkotaninového šrotu do krmných směsí.

4.4.3. Šlechtění na odolnost k chorobám a škůdcům

Bob obecný je napadán řadou chorob, které snižují výnos a zhoršují jakost produkovaných semen. Odolnost k chorobám zvyšuje výnosovou jistotu. Genetika odolnosti však není známá.

Rezistentní šlechtění je zaměřeno proti nejzávažnějším chorobám:

- z **virových** chorob to jsou mosaika bobu (PEMV), svinutka bobu (BBLRV), případně výrůstková mosaika. Virus strakatosti semene se přenáší osivem.

Šlechtění na odolnost je obtížné, neboť chybí vhodné genetické zdroje a prakticky spočívá ve vyloučení náchylných jedinců a potomstev z dalšího šlechtění. Byly zjištěny i odrůdové rozdíly ve stupni odolnosti.

- z **houbových** chorob to jsou:

a) **antraknóza**, vyvolávaná houbou *Ascochyta fabae* Lib. Choroba je přenášena výlučně napadeným semenem (osivem), u kterého způsobuje tzv. hloubkové napadení. Choroba snižuje klíčivost a vzcházivost osiva a výnos sníženou tvorbou lusků. Podstata odolnosti podle ONDŘEJE (1990) spočívá ve schopnosti rostlin akumulovat fungitoxiny (fytoalexiny, izoflavonoidy) a ve stupni lignifikace napadených tkání po inokulaci postřikem suspenzí spor. Šlechtění ztěžuje nedostatek zdrojů odolnosti (z 65 analyzovaných odrůd jen 1 byla odolná) a dosud neúplně známá účinnost selekce na stupeň odolnosti.

b) **kořenová spála** vyvolávaná komplexem patogenů (*Fusarium* sp., *Rhizoctonia solani* Kühn, *Pythium debaryanum* Hesse). Ve šlechtění na odolnost se využívá selekce odolných jedinců a potomstev v infekčních polích nebo při umělé infekci ve sklenících.

Ze **škůdců** nejvíce škodí mšice maková (*Aphis fabae* Scop.) a zrnokaz černý (*Bruchus atomarius* L.). Rané odrůdy jsou odolnější.

4.4.4. Šlechtění na vhodnost k technologii pěstování

Šlechtitelské úsilí je zaměřeno hlavně na řešení požadavků pro mechanizovanou sklizeň, tj. na zvýšení pevnosti a nelámavosti lodyhy, využíváním semidwarf a topless forem s nižší lodyhou a stejnoměrným dozráváním lusků. Pro bezztrátovou sklizeň je požadovaný ostrý úhel v přisedání lusků k lodyze, který zajišťuje pevnější úchyt a odolnost k opadu dozrálých lusků. Důležitá je nepukavost lusků a odolnost osemení k praskání při výmlatu.

U odrůd určených pro produkci zelené hmoty ve směsných kulturách (většinou s obilovinou) je vhodnější drobnozrnost pro snažší výsev.

4.5. Metody šlechtění

Na počátku se využíval hromadný a později individuální výběr k vyšlechtění zlepšených krajových odrůd (Chlumecký, Přerovský aj.), výchozí byly místní a krajové populace.

Hlavní metodou šlechtění je **kombinační křížení** v jednoduché i ve složité podobě, převážně meziodrůdové. Je stále využívanou a spolehlivou metodou k rozšíření genetické proměnlivosti a k získání i žádaných kombinací znaků a vlastností.

Technika křížení postupuje klasickým způsobem. Výhodou je poměrně velký květ. Poupata se kastrují včas (při 2/3 velikosti), izolují se jemnou síťovinou (gázou). Opylení se provádí po 2-3 dnech, doporučuje se využívat organizovaného a kontrolovaného opylování hmyzem, neboť při ručním opylení je nízká úspěšnost. Na rostlině se ke křížení používají 2 (3) květenství a 2 (4) spodní květy v květenství.

Nejvíce používaný **výběrový postup** pro šlechtitelské zpracování generací po křížení je rodokmenová metoda, nebo tato metoda upravená pro cizospašné plodiny.

V literatuře je uváděno i **vzdálené křížení** s vikví narbonskou, které se ale příliš nedaří, nebo jen s malým úspěchem. LAZARIDOV a ROUPAKIAS (1993) získali větší nasazení lusků až při zpětném křížení.

Další metodou je **liniové a heterozní šlechtění**. K získání linií se využívá inzuchtů. Inzuchtované rostliny dávají přednost opylení pylem příbuzných rostlin před pylem vlastním. Vyššího nasazení lusků při inzuchtě se docílí při tzv. umělém tripingu, kterého lze docílit mírným třením pupat mezi ukazováčkem a palcem v izolovaném květenství.

V 70. letech v Anglii vyšlechtili samosprašnou odrůdu. U nás se liniové šlechtění začalo uplatňovat od r. 1977 a ve větším rozsahu v první polovině 80. let na ŠS H. Moštěnice (HUDEC, 1988) a ve ŠS Horná Streda (ONDRO, 1987) s perspektivou využít linie v heterozním křížení.

Heterozní šlechtění umožňuje určitý stupeň cizospašnosti. Výzkum prokázal až 30 % heterozní efekt v F₁ generaci meziliniových hybridů. Tento postup byl využíván v Anglii a ve Francii. Byla snaha využít mateřské linie s pylovou sterilitou.

Zkušenosti z Anglie (BOND 1982, cit. KUSÁK, 1990) však dokazují, že výhodnější uplatnění heterozního efektu u bobu je v syntetických populacích složených ze 4-6 (8) vhodně kombinujících linií. Kombinační schopnost linií se zkouší nejlépe topcrosssem.

Šlechtění syntetických odrůd u nás začalo v r. 1981. Přípravený materiál vykazoval zvýšení výnosu o 10-11 %. Ukázalo se, že nerozhoduje ani počet linií použitých k sestavení syntetika, ale jejich genetické založení. Doporučuje se používat linie získané z

více odlišných odrůd (ONDRO, 1987). Podle STELLINGA et al. (1994) vyšší heterogenita a heterozygotnost podporuje výnosovou stabilitu.

Ve šlechtěšní bobu se uplatňovala i **mutageneze** akutním ozařováním semen gama zářením. Byly získány mutantní formy s pevnější lodyhou, kratší vegetační dobou, se zvýšeným obsahem N-látek a se sníženým obsahem taninu. Velké zkušenosti s mutagenezí bobu získali ve Švédsku, u nás v 60. letech na VŠZ v Praze.

5. VIKVE (*VICIA* L.)

Vikve jarní i ozimé se využívají hlavně pro krmné účely, méně na zrno, převážně na zelenou hmotu (případně siláž) ve směsných kulturách, nejčastěji s obilovinami.

Šlechtění vikví je poměrně mladé a rostliny mají řadu znaků nízké prošlechtěnosti. Vikve jsou plodiny, které do kultury přišly nejpozději. Nejstarší je vikev setá, jejíž šlechtění v Evropě začalo na začátku 20. století.

5.1. Původ a systematické třídění

Hlavní genetické centrum vikví je v oblastech Přední Asie. Na severní polokouli se vyskytuje asi 120 druhů vikví. Z velkého počtu druhů v přírodě je jen 8 druhů kulturních. U nás roste více než dvacet druhů vikví, většinou plevelných. Z kulturních druhů jsou rozšířeny tři:

- **vikev setá** (*Vicia sativa* L.), $2n = 12$. Vikev setá je nejvíce rozšířená v pěstování. Pochází z oblasti Středozemního moře a Přední Asie, kde se vyskytuje i v plané formě. Předpokládá se, že vznikla z plevelné vikve úzkolisté (*V. angustifolia*). Vyniká velkou přizpůsobivostí, má velké množství variet, které se liší barvou květů a ochmýřeností, barvou a tvarem semen. Člení na 8 ekologickogeografických skupin, z toho 6 se váže k evropskému regionu.

- **vikev huňatá**, písečná (*Vicia villosa* Roth.), $2n = 14$, dělí se na ssp. *dasycarpa* - drsnoplodá a ssp. *envillosa* - pravá. Vikev huňatá patří k nejmladším kulturním plodinám, do kultury pronikla v 60. letech m. st. Pochází rovněž z oblasti Středozemního moře (jihovýchodní Evropy a Přední Asie). Má mnoho forem, i plevelných.

- **vikev panonská** (*Vicia pannonica* Grantz.), $2n = 12$. Vikev panonská je mladším kulturním druhem. Pochází z dolního Poddunají (panonské nížiny). Rozšířila se po celé Evropě, pronikla do Přední Asie i severní Afriky.

První listy, typy soukvětí a semen uvedených druhů jsou na obr. 5.1.

Obr. 5.1. První pravé listy, soukvětí a semena vikve seté (1), huňaté (2) a panonské (3).

5.2. Genetika, biologie kvetení a vývoje

Genetika vikví je málo probádaná. U vikve seté bylo zjištěno, že barva květů je řízena 3 geny a geny supresory, barva semen rovněž 3 geny. Okrouhlé semeno dominuje nad plochým. Výška rostlin, olistění, počet lusků a semen na rostlině jsou kontrolovány polygenně.

Základní morfologické rozdíly mezi druhy uvádí tabulka 5.1.

Tab. 5.1. Morfologické znaky druhů vikví (podle LEOKENE, cit. KONOVALOV, 1990).

Znak	Vikev		
	setá	huňatá	panonská
Počet párů lístků u prvních listů	1	2	2
Ochmýření poupat	není (slabé)	silné	velmi silné
Soukvětí	přítisklé	dlouhé	krátké
Počet květů	2 (3)	10-25	6-7
Květy	velké, fialové	malé, sploštělé	středně velké, žlutavé
Lusky	rovné, dl. 4-6 cm, slabě ochmýřené	krátké 2-3,5 cm, ploché, lysé	středně dl. 3-3,5 cm, ochmýřené
Semeno	okrouhlé-hranaté	oblé, černé, tmavě mramorov.	okrouhlé, smačklé, černé-hnědé, mramor.
Pupek	dlouhý, úzký, rovný světlý	krátký, široký, oválný, tmavý, obtížně znatelný	krátký, šikmý, světlý, znatelný
HTS v g	45 - 60	25 - 30	40 - 50

Květní biologie je více známá u vikve seté. Květy se se tvoří v 9.-11. listovém úžlabí, otevírají se odpoledne a uzavírají se večer. Je samosprašná s možností cizosprašení z 15-20 %. Lusk se vytváří za 7-10 dnů po oplození. Značnou nevýhodou vikve je dlouhá doba kvetení (10-15 dní) a s tím související prodloužené období tvorby lusků a nevyrovnané zrání semen.

Vikev huňatá je cizosprašná. Vikev panonská je samosprašná.

Neukončený růst lodyhy vikví, dlouhá doba tvorby květů, lusků a zrání semen, spolu s náchylností k pukání lusků se považují za znaky nízké prošlechtěnosti.

Vikev setá je jařina, dlouhodobní, vyžadující v době kvetení a tvorby semen dostatek vláhy a tepla. Vikev huňatá je ozimého charakteru (spíše přesívkového), dlouhodobní s větší fotoperiodickou citlivostí. Vikev panonská je více přesívkového charakteru, při jarním výsevu brzo vykvétá, je raná s kratším světelným obdobím.

5.3. Vývoj odrůdové skladby

Přehled o vývoji odrůdové skladby a o současně registrovaných odrůdách podává tabulka 5.2.

Tab. 5.2. Vývoj odrůdové skladby vikví do r. 1997.

Druh Odrůda	Rok		
	Registrace	Ukončení registrace	Trvání roky
Vikev setá			
Přerovská Astra	1948	1968	20
Třebíčská Viola	1955	1965	10
Viglášská hnědá	1958	1971	13
Torysa	1961	1973	12
Vega	1964	1968	4
Lyra	1965	1979	14
Hera	1974	1981	7
Ebena	1981		(16)
*Fatima	1981		(16)
*Toplesa	1994		(3)
Vikev huňatá			
Přerovská Nigra	1946	1960	14
Pisárecká hladká	1957	1969	12
Bruna	1969	1982	13
*Arida	1976		(21)
Negra	1976		(21)
Viola	1982		(15)
Modra	1991		(7)
Vikev panonská			
Dětenická panonská	1941		(56)
Chlumecká panonská	1956	1971	15
Solarka	1975	1986	11

* vyšlechtěny na ŠS H. Streda (SR)

() dosud v sortimentu

Nejprošlechtěnější je vikev setá. Odrůdy používané před 2. světovou válkou byly krajové a cizí (hlavně německé). V poválečných letech obohacovaly sortiment domácí odrůdy vyšlechtěné z krajových. V současnosti jsou registrovány 3 odrůdy.

U vikve huňaté jsou registrovány 4 odrůdy. U vikve panonské je dosud registrována starší odrůda Dětenická panonská.

5.4. Šlechtitelské cíle

Praktické šlechtění se zaměřuje na odstraňování nepříjemných vlastností u vikví, kterými jsou nízká produkční schopnost (zejména semen), dlouhá vegetační doba, náchylnost k chorobám a pukavosti lusků, případně k tvrdosemennosti u vikve huňaté.

Šlechtění vikve seté je zaměřeno na šlechtění tzv. **zrnových typů**, které by měly mít kratší (do 80 cm), méně větvenou a méně olistěnou lodyhu s dobrým nasazením lusků

a semen. Hlavní je ale šlechtění tzv. **pícninových typů**, které by měly mít lodyhou dlouhou až 120 cm, bočně větvenou s dobrým olistěním (až 50 % podíl), vícejařmové listy i více listů, s rychlým vývojem, sladěným s obilním druhem vhodným do směsných kultur. Ve většině případů se šlechtění zaměřuje na tvorbu odrůd univerzálních.

Šlechtění na vyšší **produkční schopnost** se orientuje na vysoký výnos zelené hmoty, odpovídající výnos semen u zrnových typů a u pícninových pro účely semenářství. Je žádoucí intenzivní růst a hromadění sušiny do sklizňové zralosti a zpomalený (lépe přerušovaný) růst v období tvorby až zrání semen. U vikve seté by v každém fertilitním úžlabí měly být vyvinuty 2 lusky se 6-7 dobře vyvinutými semeny. Šlechtění sleduje spíše kratší vegetační dobu.

Hlavním záměrem šlechtění u vikve huňaté i panonské je sladit růstový a vývojový rytmus s komponentem v ozimých směskách (většinou se žitem). Je žádoucí rychlý jarní vývin a zlepšený množitelenský koeficient.

Z **jakostních ukazatelů** je žádaný vysoký obsah bílkovin a nepostradatelných aminokyselin, zvl. methioninu, požadovaná je dobrá stravitelnost živin. Semeno vikve obsahuje asi 25-26 % N-látek (22 % stravitelných), ke krmení je však méně využíváno pro vysoký obsah glykozidů kyanovodíku.

Je žádoucí vyšší **odolnost** k suchu u vikve seté, u vikve panonské vyšší odolnost k vyzimování, které je v korelaci s purpurovým zbarvením osy a úžlabí listů. Vikev huňatá se vyznačuje dobrou zimovzdorností, snáší mrazy - 15 až - 20°C . Šlechtění na odolnost k chorobám spočívá většinou jen v negativní selekci náchylných rostlin a potomstev.

Šlechtění z hlediska **vhodnosti k technologii pěstování** je zaměřeno na zlepšení jednotného dozrání semen a na zvýšení odolnosti k pukání lusků. Neúspěšné bylo šlechtění zrnových determinantních typů u vikve seté. U pícních typů je důležitá tolerance ke komponentům ve směsných kulturách.

5.5. Metody šlechtění

Nejvíce se využíval hromadný a individuální výběr z krajových a místních odrůd. V současnosti se využívá i meziodrůdového **křížení** a v návaznosti výběrový postup pro samosprašné plodiny (u vikve seté), nejčastěji rodokmenová metoda. U vikve huňaté se používá selekční postup vhodný pro cizosprašné plodiny. Teoretické otázky meziodrůdového křížení nejsou téměř propracované, rovněž mezidruhové křížení je sporadické.

Technika křížení zahrnuje klasický postup kastrace a izolace kastrovaných poupat (u vikve seté izolace není nutná. Ke křížení se používají nejspodnější květy na lodyze i v květenství. Opylení se provádí hned po kastraci. V kombinaci se používá 50-100 květů ke křížení, což zabezpečuje asi 10 000 semen v generaci F₂.

U vikve seté bylo využita **mutageneze** s cílem získat ranější typy, s vyšším obsahem bílkovin a se zlepšenou produkcí semen (KONOVALOV, 1990).

6. SÓJA (*GLYCINE* L.)

Sója je stará kulturní zemědělská plodina světového významu a všetranného využití. Do kultury se dostala asi před 6-7 tisíci lety. Ve světě je nejvíce rozšířenou luskovinou, hlavně v teplých oblastech Asie, Afriky, Evropy i Ameriky. Je využívána jako potravina i jako krmivo. Pro velké množství oleje se využívá také jako olejnina. V podmínkách České republiky se sója šlechtí jen omezeně a hlavně pro krmné účely.

6.1. Původ a systematické třídění

Původní oblast vzniku sóji a centrum různorodosti plodiny je jihovýchodní Asie (severní a východní Čína). Odtud se rozšířila do Koreje a do Japonska. Předkem je planá forma *Glycine ussuriensis*.

Rod *Glycine* L. dělí na 3 podrody :

- *Leptocytamus* (Benth) F. Herm. se 6 druhy,
- *Glycine* L. s 2 druhy,
- *Soja* Moench. s druhem *Glycine soja* (L.) Sieb. et Zucc., syn. *Glycine hispida* Moench.
- **sója luštinatá.**

Druh *Glycine soja*, zahrnuje plané a polokulturní formy rozšířené v severní Číně a na Dálném Východě a všechny odrůdy kulturní formy. Má 5 poddruhů (ssp):

- *soja* (Sieb. et Zucc.) Kors., tvoří tenkou, silně poléhavou lodyhu, drobné fialové kvítky, krátké a pukavé lusky. Semeno je tmavěhnědé nebo černé, HTS 20-30 g.
- *gracilis* (Skv.) Kors., je polokulturní a nejprimitivnější, vyskytuje se jako plevel.
- *indochinensis* (Enk.) Kors., má polorané nebo pozdní formy, až 2 m vysokou, silně větvenou a poléhavou, vysoce olistěnou lodyhu. Semeno je tmavé a obsahuje 39-45 % bílkovin.
- *manshurica* (Enk.) Kors., mandžurský poddruh. Lodyha dorůstá střední výšky (60-95 cm), je středně větvená, s průměrným typem růstu. Vytváří málo kvítků v soukvětí, lusky středně velké, semeno velké s HTS 110-260 g, obsahuje 23-24 % oleje, 39-42,5 % bílkovin. Převládají zrnové formy. V kultuře je nejvíce rozšířený v USA, v Kanadě, na Balkáně v Evropě a na Dálném Východě.

- *korajensis* (Enk.) Kors., korejský poddruh. Tvoří pevnou, nepoléhavou lodyhu s velkými listy a semeny, lusky mají sklon k pukání. Je nejmladším poddruhem a je výsledkem staleté selekce v optimálních podmínkách.

6.2. Genetika, biologie kvetení a vývoje

Všechny formy ssp. *Glycine soja* jsou diploidní s malými chromozomy o velkém počtu, $2n=40$. Karyotyp je prostudován nedostatečně.

Je známá dědičnost mnoha morfologických a hospodářsky významných znaků a vlastností. Většinou vykazují monogenní dominantní dědičnost, nebo s dominantní tendencí. Není dokonale prostudována dědičnost kvantitativních znaků.

Zjistila se existence karyoplasmatické i cytoplasmatické pylové sterility.

Biologie kvetení a vývoje

Sója luštinatá je jednoletá, dorůstá výšky 60-110 cm (zakrslé formy do 20 cm). Podle charakteru a formy růstu se dělí na skupiny determinantní s květy na vrcholu lodyhy, nedeterminantní s neukončeným růstem lodyhy a na přechodné typy velmi rané.

Obr. 6.1. Sója: a/ část rostliny, b/ list, c/ část rostliny s lusky, d/ tvar semene (STRÍDA a kol., 1962).

Květy tvoří drobné, nenápadné barvou i vůní, uspořádané po 2-4 (15-25) v soukvětí, vyrůstají v úžlabí listů. Doba kvetení normálních forem je dlouhá, za současného růstu bočních větví a hlavní lodyhy. U determinantních je kvetení soustředěné. Začíná kvést ve 4-5 hod. (5-7 hod.), s maximem rozvětu mezi 9.-10. hod. Prašníky dozrávají během několika minut a uvolňují pyl na bliznu. Pyl prorůstá během 20-30 min.

Sója je přísně samosprašná, s 98 % kleistogamických květů. Přirozená cizosrašnost je téměř zanedbatelná (0,1-0,15 %).

Negativní vlastností je velký opad květů (14-90 %), aborce lusků i semen (často až do 40 %), zapříčiněný většinou suchem, nedostatkem živin, prodlužující se délkou dne i genotypem.

Sója je krátkodenní, při posunu do severního pásma prodlužuje nástup začátku kvetení a zvyšuje tvorbu nadzemní hmoty. Jsou i genotypy neutrální. Je teplomilná, vyžaduje zejména při klíčení 8-10°C a v době kvetení 17-25°C. Vysoké nároky na teplo omezují její využívání v našich podmínkách.

6.3. Vývoj odrůdové skladby

Šlechtění sóji luštinaté v domácích podmínkách má určitou historii a souvisí s jejím rozšiřováním v teplých oblastech jižního Slovenska a jižní Moravy, případně Hané. Velký význam mají odrůdy rané, schopné plně dozrát. ŠÍNSKÝ a RATAJ (1962) připomínají, že dřívější odrůdy zanikly, z krajových se uplatnily Hodonínská žlutá a Balvanská krajová. Tyto pak byly překonány později Kroměřížskou žlutou. V roce 1968 byla povolena první tuzemská odrůda Zora s vynikající plasticitou. V roce 1975 byla povolena odrůda Dunajka vzniklá z křížení maďarské odrůdy s Adeptou na ŠS v Topolnících. V r. 1970 začalo šlechtění sóji na ŠS Horní Moštěnice a první odrůdou z tohoto pracoviště byla Aida (1984), vyšlechtěná z ruské odrůdy Smena po ovlivnění semen etylmetansulfonátem. Vyznačuje se raností, bohatým nasazením lusků, vysokým výnosem, odolností k chorobám i k poléhání. Na pracovišti v Uherském Ostrohu, byly vyšlechtěny odrůdy Sluna (1986) a Polanka (1989). V r. 1993 byla povolena nová odrůda Rita, vyšlechtěná na ŠS H. Moštěnice. Ve šlechtění nových odrůd se většinou ke křížení využily odrůdy kanadské a z USA. Mimo domácích odrůd byly využívány odrůdy zahraniční.

Současný sortiment zahrnuje 6 registrovaných odrůd, z toho 2 jsou zahraničního původu.

6.4. Šlechtitelské cíle

Při šlechtění na **výnos semen** jsou žádoucí rostliny nižšího vzrůstu, s nepoléhavou lodyhou, determinantního typu, s dobře rozloženými listy (zabezpečí hluboké prosvětlení porostu), s plně plodnými úzlabími, při 50-60 jedincích na m².

Hlavní selekční kritéria jsou: délka lodyhy a délka meziuzlí, počet plodných úzlabí (uzlů) na hlavní lodyze, počet semen v lusku a velikost semene (HTS).

Žádoucí je příznivá reakce na dodané živiny a závlahu. Výnosová jistota je spojená s adaptabilitou na světelný, teplotní a vlhkostní režim oblasti.

Šlechtění na **jakostní ukazatele** produkovaného semene je zaměřeno na udržení a zvyšování obsahu bílkovin i aminokyselin. Obsah bílkovin je vysoký (39-40 % v sušině semene), s velmi příznivou skladbou aminokyselin. Vysoká biologická hodnota bílkovin poskytuje předpoklady pro využívání semene sóji pro lidskou výživu, pro přípravu polotovarů a potravinářských produktů. Semeno sóji je významným a vysokým zdrojem bílkovin ve výživě domácích zvířat.

Zjistilo se, že obsah bílkovin v zrně je v kladném vztahu se symbiotickou aktivitou rostlin ve fixaci dusíku.

Semeno obsahuje 19-21 % oleje, který je využíván v potravinářství. Olej má příznivé složení mastných kyselin, obsahuje žádanou nenasycenou kyselinu linolovou. Vyšší olejnatost je spojena s velkým semenem.

Z hlediska **délky vegetační doby** jsou pro domácí podmínky žádoucí rané odrůdy. Délka vegetační doby se pohybuje mezi 75-200 dny. Nejlepší spojení ranosti s vysokou produkční schopností je u poloraných až polopozdních genotypů.

V literatuře se uvádí, že přesnou charakteristiku genotypů z hlediska ranosti určuje suma aktivních teplot za období (nikoliv počet dnů vegetace). Velmi rané vyžadují méně než 1700°C (s délkou 80 dnů vegetace) velice pozdní vyžadují 3000-3500°C (s 160-170 dny vegetace). Požadavek sumy aktivních teplot je podmíněn geneticky a je stabilní.

Šlechtění na **odolnost k nepříznivým vlivům** se zaměřuje na stupňování chladuvzdornosti odrůd, neboť jsou vhodnější do méně příznivých poloh a umožňují včasný výsev. Dále na vyšší odolnost k chorobám, zejména k virovým chorobám (snižují výnos až o 25 %) a z houbových chorob na odolnost k sklerotínii a perenospoře. Náchylné rostliny a potomstva se vylučují z dalšího šlechtění. Zdroje odolnosti pro křížení se hledají v zahraničních odrůdách.

Šlechtění na **vhodnost k mechanizované sklizni** zohledňuje jednak délku lodyhy, žádoucí je středně vysoká, vzpřímená a nepoléhavá, dále neopadavost a nepukavost lusků, žádá se opadávání listů při dozrávání.

6.4. Šlechtitelské metody

Ve šlechtění nových odrůd sóje se využívá hlavně meziodrůdové **kombinační křížení** jednoduché i složité v rámci mandžurského a korejského poddruhu i mezi nimi. Techniku křížení ztěžuje postupná tvorba poupat, jejich drobnost a křehkost. KADLEC (1988) doporučuje využívat signálních znaků pro důkaz zdaru křížení, např. tmavé ochmýření řízené genem *TT*, světlé genem *tt*.

V USA se prověřovala možnost **heterozního křížení** s využitím CMS. Byl zjištěn vysoký (40-50 %) heterozní efekt ve výnosu. Problémem je kleistogamické kvetení a malé květy.

Využívá se i **mutageneze**, hlavně jako metoda tvorby vhodného výchozího materiálu a genetických zdrojů v ranosti, nepoléhavosti a odolnosti k chorobám.

Sója je častým objektem výzkumu a uplatění **biotechnologických metod a postupů**, např. somaklonální variability, somatické embryogeneze (GRIGA, HEJTMÁNKOVÁ, 1991).

7. POUŽITÁ LITERATURA

- AMELIN, A.V., OBRAZCOV, A.S., LACHANOV, V.N: O možnosti zvýšení ustoječnosti goroča k poleganiu. Sel. i semen., 1991 (2), s.924-28.
- BOHÁČ, J.: Špeciálne šľachtěníe poľnohospodárskych plodín. 2. vydání. VŠP Nitra, 1990, 270 s.
- BOND, D.A.: *In vitro* digestibility of the testa in tannin-free field beans (*V. faba* L.). J. agric. Sci., V. 86, 1976 (3), s. 561-566.
- BUNČEK, B.: K problematike zvyšovania produkce bílkovin hrachu setého. Obzor šlacht. a semen., č. 1, 1981 (příloha Úrody).
- FICNAR, S., CHALUPOVÁ, L.: Koncentrace NL v semenech ve vztahu k vařivosti hrachu. Rostl. výr., 1992 (1), s.84-68.
- GRIGA, M.: Biotechnologie ve šlechtění hrachu-stav a perspektivy. Sb. z konf. O šlech. a pěst. hrachu, Brno, 1990.
- GRIGA, M., HEJTMANKOVÁ, H.: Klonování soje využitím kultury vzrostných vrcholů a děložních nodů. Rostl. výr., 36, 1991 (3), s.287-294.
- GRIGA, M. : I. evropská konference o luskovinách. Věst. AZV, č. 11, 1993, s.658-661.
- GRAMAN, J.: Potenciální a reálná produkční schopnost semen u bobu obecného. Sbor. PEF Č. Budějovice, 1982, č. 1, s. 24-30.
- GRAMAN, J.: Abortivní a nedokonale vyvinutá semena i bobu obecného. Rostl. Výr., 30, 1984, (5), s. 453-461.
- GULJAJEV, G.V. a kol.: Častnaja selekcia polnych kultur. Selchozizdat, Moskva, 1975, s.350.
- GOTTSCHALK, W.: Improvement of the seed production of the afile mutant. The Pisum Newsletter, 12, 1980.
- HÁJEK, D.: Odrůdová skladba bobu, pelušek a vikví v ČSSR. Sb. Pícní druhy luskovin, konf. 28.-29.6.1988, s.17-32
- HÁJEK, D., MRŠKOŠ, M., SCHWARZBACH, E.: Vliv šlechtění na výnos hrachu (*Pisum sativum* L.) a bobu (*Vicia faba* L.) v ČSFR v letech 1971-1990. Rostl. výr, 38, 1992 (2), s.185-192.
- HUDEC, J.: Liniové šlechtění a využití heterozního efektu u bobu. Sbor. Pícní druhy luskovin, konf. 28.-29.6.1988, s.32-42.
- HOFÍREK, P.: Selekcce na odolnost vůči poléhání hrachu. Sb. z konf. O šlecht.a pěst. hrachu, Brno, 1990.
- HOCHMAN, M., HOSNEDL, V.: Hlavní směry výzkumu hrachu. Úroda, 1997, č. 3, s.17.
- HRUBÝ, Z., PSOTA, B.: Nové aspekty ve šlechtění luskovin. Zpravodaj šlecht. a semen., č. 3, 1998 (příloha Úrody).
- CHALUPA, A.: Výsledky a perspektivy současné šlecht. práce na úseku hrachu. Sbor. z konf. O šlech. a pěst. hrachu, Brno, 1990.
- CHALUPA, A.: Požadavky na kvalitu konzumního hrachu. Úroda, 1992, č.12, s.567-568.
- JARANOWSKI, J.K.: The effect of gamma radiation on seed and plant of different genotypes of *P. arvense*, in the M₂ generation. Genetika Polonica, 1976 (17), s.465-470.
- KADLEC, M.: Hybridizace soji. Gen. a šlecht.,1988 (1), s. 25-36.
- KITTLITZ, E.v.: Fababohne. In: HOFFMANN A., MUDRA, A., PLARRE, W.: Lehrbuch der Züchtung landw. Kulturpflanzen, B. 2, 2. Aufl. Paul Parey, Berlin,1985, 432 s.
- KONOVALOV, J.B., a kol.: Častnaja selekcia polnych kultur. Agroizdat Moskva, 1990, 420 s.
- KUBÁNEK, J.: Odlišení odrůd hrachu Komet a Celeste pomocí elektroforézy zásob. bílkovin. Genet. a šlecht., 32, 1991 (1), s.25-29.

- KUSÁK, P.: Výnosotvorné prvky syntetických směsí bělokvěťých genotypů bobu. Rostl. výr., 1990 (3), s.323-328.
- KUSÁK, P.: Forma *Paucijuga* bobu obecného jako výchozí materiál pro šlechtění. Gen. a šlecht., 28, 1992 (3), s.321-329.
- LAHOLA J. a kol.: Luskoviny - pěstování a využití. SZN Praha, 1962, 223 s.
- LAZARIDOV, F.B., ROUPAKIAS, D.G.: Intraspecific Variation in Mean Endosperm Cell Cycle Time in *V. faba*, and Interspecific Hybridization with *V. narbonnensis*. Plant breed., 1993 (110), s. 9-15.
- MARŠÁLEK, L.: kap. Hrách, Bob, Fazol. In. HRAŠKA S. a kol.: Spec. genetika poľnohospod. rastlín, Príroda, 1989, 211 s.
- METELKOVÁ, B.: Rozvoj šlechtění hrachu setého v ČSR. Zpravodaj šlecht. a semen., č. 3, 1983 (příloha Úrody).
- METELKOVÁ, B.: Šlechtitelská problematika kvality hlavních druhů luskovin. Zpravodaj šlecht. a semen., č. 5, 1986 (příloha Úrody).
- ONDRO, S.: Aktuální problémy šlechtění bobu obecného. Obzor šlecht. a semen., č. 6, 1980 (příloha Úrody).
- ONDRO, S.: Liniové šlechtění bobu obecného. Obzor šlecht. a semen., č. 1, 1987 (příloha Úrody).
- ONDRO, S.: Bôb obecný-plodina aspirující na zápis do červ. knihy ohrožených rostlín. Úroda, 1992, č. 9, s.409-410.
- ONDRO, S.: Problematika při šlechtění bobu obecného. Úroda, 1993, č. 2, s.84-85.
- ONDŘEJ, M.: Rozdíly v odrůdové odolnosti bobu proti antraknóze, Rostl. výr., 36, 1990 (3), s.315-322.
- ONDŘEJ, M.: Rozdíly v odrůdové odolnosti hrachu vůči kořenovým chorobám a hnědé skvrnitosti. Rostl. výr., 38, 1992 (2), s.157-161.
- PAVELKOVÁ, A.: Světové genetické zdroje píce druhů luskovin. Sb. z konf. Pícní druhy luskovin, 28.-29.6.1998, s.6-16.
- REIMANN-PHILIPP, R.: Erbse. In. HOFFMANN W et al.: Lehrbuch der Züchtung landw. Kulturpflanzen, B.2, 2. Aufl. Paul Parey, Berlin, 1985, 432 s.
- STELLING, D., EMMEYER, E., LINK, W.: Yield Stability in Faba Bean, *Vicia faba* L.2. Effect of Heterozygosity and Heterogeneity. Plant Breed., 1994 (11), s.30-39.
- ŠINSKÝ, T., RATAJ, K.: Sója. In: STRÍDA a kol.: Pěstování luskovin. SZN Praha 1962, 236 s.
- ŠUŠKA, M.: Izoenzymy listů hrachu (*Pisum*) a jejich využití při identifikaci odrůd. Gen. a šlecht., 1993 (1), s.55-58.
- ŠUŠKA, M., STEJSKAL, J.: The electrophoretic identification of pea (*Pisum sativum* L.) cultivars by seed protein analysis. Rostl. výr., 38, 1992 (2), s.203-208.
- VIDLÁKOVÁ, A.: Pracovní metody laboratoře jako součást šlecht. práce. Zprav. šlecht. a semen., č. 3, 1983 (příloha Úrody).
- WEBER, E.E.: Untersuchung zur Vererbung des Proteingehaltes bei Erbsen. Zeitschr. f. Pflanzenzücht., 1981 (86), s.201-219.
- ZLÁMAL, P.: Šlechtění hrachu pro velkovýrobu, vhodnost k mechan. sklizni, zvýšený obsah bílkovin a zlepšení aminokysel. skladby. Konfer. o šlecht. a semen. luskovin, Šumperk, 1982.
- ŽÁK, J., ŠAFRÁNEK, J., HUDEC, J.: Současný stav - úkoly a perspektivy v pěstování a šlechtění bobu koňského. Zpravodaj šlecht. a semen., č. 3, 1981 (příloha Úrody).
- ŽÁK, J., HUDEC, J.: Zvyšování nutriční hodnoty bobu obecného a jeho využití. Zpravodaj šlecht. a semen., č. 5, 1986 (příloha Úrody).