



Zemědělská
fakulta
Faculty
of Agriculture

Jihočeská univerzita
v Českých Budějovicích
University of South Bohemia
in České Budějovice

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA

Katedra rostlinné výroby

Bakalářská práce

Šlechtění a pěstování sladovnického ječmene v ČR

Autor(ka) práce: Terezie Flašková

Vedoucí práce: Ing. Zdeněk Štěrba., Ph.D.

Konzultant práce: Tomáš Beneš

České Budějovice
2022

Prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci na téma „Šlechtění a pěstování sladovnického ječmene v ČR“ jsem vypracovala samostatně, pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury. Prohlašuji, že v souladu s § 47 b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své bakalářské práce, a to v nezkrácené podobě-v úpravě vzniklé vypuštěním vyznačených částí archivovaných Zemědělskou fakultou-elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce. Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledku obhajoby kvalifikační práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé kvalifikační práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

V Českých Budějovicích dne

.....

Podpis

Abstrakt

Šlechtění a pěstování sladovnického ječmene má v České republice svou nezastupitelnou úlohu. Sladovnický ječmen je šlechtěn a pěstován převážně pro vyprodukování kvalitního zrna, které je stěžejní komoditou pro výrobu tuzemského piva. Na kvalitu a výnos sladovnického zrna jsou kladeny čím dál větší nároky, vlivem stoupající úrovně „Českého piva“.

Cílem této bakalářské práce je zhodnotit kvalitu sladovnického ječmene v České republice v letech 2010-2022. Dále shromáždit a zhodnotit poznatky o šlechtění a pěstování sladovnického ječmene v České republice.

Práce je vytvořena formou literární rešerše a podpořená výsledky ÚKZÚZ a Českého statistického úřadu za uvedené období. První část literární rešerše je zaměřená na šlechtění ječmene a vývoj nových odrůd, tedy na zabezpečení genetického vlivu na výslednou kvalitu a výnos předního zrna sladovnického ječmene. Navazující pěstování zahrnuje popis vývoje technologií, které se rovněž podílejí na kvalitě a výnosu finální produkce.

Závěrečná část bakalářské práce je věnována shrnutí výsledků šlechtění a pěstování za uvedené období, které prokázaly nenahraditelné uplatnění a produktivní vývoj této obiloviny.

Klíčová slova: sladovnický ječmen, šlechtění, pěstování, kvalita sladovnického ječmene, odrůda

Abstract

The breeding and cultivation of malting barley has an irreplaceable role in the Czech Republic. Malting barley is bred and grown mainly to produce quality grain, which is a key commodity to produce domestic beer. Increasing demands are placed on the quality and yield of malting grain, due to the rising level of „Czech beer“.

The aim of this bachelor thesis is to evaluate the quality of malting barley in the Czech Republic in 2010-2022. Further collect and evaluate knowledge about breeding and malting barley cultivation in the Czech Republic.

The work is created in the form of a literature search and monitoring results of ÚKZÚZ and the Czech Statistical Office for the period. The first part of the literature search is focused on the breeding of barley and the development of new varieties, so to ensure

a genetic influence on the resulting quality and yield of the leading grain of malting barley. Subsequent cultivation includes a description of the development of technologies that also contribute to the quality and yield of final production.

The final part of the bachelor's thesis is devoted to a summary of the results of breeding and cultivation for the period, which showed the irreplaceable application and productive development of this cereal.

Keywords: malting barely, breeding, cultivation, quality of malting barley, variety

Poděkování

Upřímně děkuji vedoucímu mé bakalářské práce, panu Ing. Zdeňku Štěrbovi, Ph.D., za rady a připomínky, za odborné vedení a podporu při vypracování této bakalářské práce. Také velmi děkuji své rodině za trpělivost a podporu po celou dobu studia a psaní mé bakalářské práce.

Obsah

Úvod.....	8
1 Historie sladovnického ječmene	9
1.1 Historie šlechtění a pěstování sladovnického ječmene v ČR i zahraničí	9
1.2 Původ a rozšíření ječmene.....	11
2 Charakteristika sladovnického ječmene.....	12
2.1 Taxonomie rodu <i>Hordeum</i>	12
2.2 Biologická charakteristika	12
2.3 Výnos a složení zrna.....	12
2.4 Genom ječmene a biologie kvetení ječmene	13
2.5 Genetické inženýrství	15
2.6 Vymezení genu metodami genového inženýrství	15
2.7 Genetická variabilita, interakce genotypu a prostředí	16
3 Šlechtění sladovnického ječmene	18
3.1 Výchozí materiál	19
3.2 Základní etapy šlechtitelského procesu.....	21
3.3 Šlechtitelský cíl	21
3.4 Problematika šlechtění sladovnického ječmene	24
3.5 Šlechtitelské metody.....	24
3.5.1 Klasické metody šlechtění sladovnického ječmene	25
3.5.2 Metody křížení sladovnického ječmene.....	31
3.5.3 Mutace a heteroze ve šlechtění sladovnického ječmene	32
3.6 Udržovací šlechtění odrůd.....	33
4 Odrůdy sladovnického ječmene	36
4.1 Vývoj odrůdové skladby sladovnického ječmene	36
4.2 Postup při výběru odrůdy sladovnického ječmene.....	36

4.3	Označení sladovnických odrůd.....	38
4.4	Výsledky zkoušek užitné hodnoty odrůd	43
5	Pěstování a kvalita sladovnického ječmene	44
5.1	Plochy jarního ječmene v letech 2010-2020	45
5.2	Vliv agrotechnických faktorů na výnos a kvalitu sladovnického ječmene .	45
5.3	Kvalita sladovnického ječmene	51
5.4	Užitkové směry, využití sladovnického ječmene	55
5.5	Cenový vývoj sladovnického ječmene v ČR.....	56
	Závěr	57
	Seznam použité literatury.....	59
	Seznam obrázků	64
	Seznam tabulek	65
	Seznam použitých zkratk.....	66

Úvod

Sladovnický ječmen je specifickou plodinou, na kterou jsou požadovány stále větší nároky, zejména z pivovarského průmyslu, je totiž využíván pro výrobu sladu pro tuzemské i zahraniční pivovary. V České republice je při šlechtění a pěstování sladovnického ječmene kladen největší důraz na volbu odrůdy, kdy jsou důležité vlastnosti (zvláště výnos předního zrna a kvalita zrna) vybrané odrůdy.

Šlechtění je tedy činnost prováděná za účelem vytvoření nové odrůdy s použitím poznatků jiných vědních oborů, především tedy genetiky, cytogenetiky, fyziologie a biometriky. Pěstování sladovnického ječmene slouží jako podkladná vstupní i výstupní činnost při šlechtění sladovnického ječmene. Šlechtění i pěstování výrazně ovlivňuje sladovnickou kvalitu zrna, která je řízena podmínkami zpracovatelského průmyslu.

Cílem této bakalářské práce je zhodnotit kvalitu sladovnického ječmene v České republice v letech 2010-2022 a dále shromáždit a zhodnotit poznatky o šlechtění a pěstování sladovnického ječmene.

1 Historie sladovnického ječmene

1.1 Historie šlechtění a pěstování sladovnického ječmene v ČR i zahraničí

Historie počátků šlechtění sladovnického ječmene v našich zemích je součástí hospodářsko-politických změn v habsburské monarchii 19. stol. Zemědělství se ve druhé polovině 19. stol. podílelo hlavní měrou na výrobě obilovin Předlitavska. Nejpřednější průkopník pokroku a reformátor středoevropského zemědělství v 19. stol. František Horský (1801-1877) zařadil roku 1843 do osevního postupu moravský ječmen v Libějovicích u Vodňan, kde byl ředitelem Schwarzenberského panství. Po politických změnách roku 1866 dochází v Čechách i na Moravě k invazi západoevropských odrůd, jejichž představitelem byl ječmen Chevallier, rozšiřovaný pod označením různých proveniencí. Dalším představitelem rozšiřovaných ječmenů byl Imperiál, ječmen vzpřímený, též císařský imperiál (Růžička, 2004). Emanuel Proskowetz mladší (1849–1944) hospodařil na Hané, kde se ve druhé polovině 19. století rozšířily zahraniční zušlechtěné odrůdy ječmene, které v suchých letech 1872–1876 zcela zklamaly (Chloupek, 2011).

Již na podzim roku 1872 bylo shromážděno z různých částí Hané na dvacet vzorků jarního ječmene. Následujícího roku započalo šlechtění hanáckých ječmenů v Kvasicích tím, že se založily s těmito proveniencemi srovnávací pokusy spolu s ječmenem Chevalier a klasickým hanáckým ječmenem (Růžička, 2004). Nejlepší z nich byla odrůda od rolníka z Holešova, který ji získal v roce 1820 od svého dědečka. Proskowetz ji využil ke svému šlechtění v Kvasicích od roku 1875, zpočátku hromadným klasovým výběrem, od roku 1885 individuálním výběrem nejlepších linií. Tak vznikla odrůda Hanácký Pedigree, která se stala základem šlechtění hanáckých sladových odrůd, a její autor se tak stal vlastně i naším prvním šlechtitelem, pokud jako hranici začátku šlechtění v dnešním slova smyslu použijeme individuální výběr (Chloupek, 2011).

Významnou odrůdou, původem ze Slezska, se stal KNEIFEL jako typ plnozrného jarního ječmene s výbornou sladovnickou kvalitou. Byl objeven roku 1886 jako spontánní variace ve starohanáckém ječmeni Rudolfem Kneiflem (1858–1938). Za přirozenou mutaci jej považoval i prof. E. Tschermak. Naopak šlechtitel Konrád Dvorský (1882–1963) jej považoval za přirozeného křížence ječmene Starohanáckého a Imperiálu (Růžička, 2004).

Jindřich Mackovík (1876–1943) byl rovněž vynikajícím šlechtitelem sladového ječmene. Vybuřoval Zemský ústav pro šlechtění rostlin v Přerově a založil Svaz šlechtitelů rostlin (Chloupek, 2011).

V pozdějších cyklech křížení byly získány vynikající odrůdy. Jednou z významných odrůd byla odrůda Diamant, kterou vyšlechtil Josef Bouma mutagenézí v roce 1956 (Chloupek, 2008). V 60. letech 20. století byla věnována velká pozornost uměle indukovaným mutacím vyvolaným ionizujícím zářením nebo různými chemickými látkami. Bylo získáno mnoho hospodářsky cenných mutací a řada odrůd, nesoucích uměle indukovanou mutaci, byla registrována u nás i v zahraničí (Langer, 2003).

Mutace jsou změny v genotypu organismu oproti normálu. Velká většina mutací vzniká náhodnými mechanismy, cílená mutagenese se používá téměř výhradně pro vědecké účely (Šípek, 2010-2014). Snad nejvýznamnější mutantní odrůdou byl jarní ječmen Diamant, který vznikl z odrůdy Valtický po ozáření rentgenovými paprsky (Langer, 2003). Odrůdy tzv. diamantové řady vynikaly stabilnějším výnosem, odolností k poléhání a lámání stébla, odolností k padlí travnímu, k hnědé skvrnitosti, popř. i ke rzi ječmenné, ale i vyšším počtem klasů na jednotku plochy v důsledku vyššího efektivního odnožování, kratším stéblem aj. Tato odrůda se stala genetickým zdrojem pro vyšlechtění více než 100 odrůd našich i zahraničních, jak uvádí Chloupek (2008).

Komplexní pěstitelskou technologii jarního sladovnického ječmene publikoval již v roce 1864 A. Šmíd. Na tuto obsáhlou agrotechniku navázal až v roce 1948 J. Kalous, který znovu popsal celý agrotechnický systém pěstování jarního sladovnického ječmene. Rozšíření a propracování oproti Šmídově agrotechnice spočívalo především ve využití jetelovin jako předplodiny u krmného ječmene a ječmene na výrobu krup. Pro sladovnický ječmen se nově využívaly předplodiny jako čekanka a mrkev hnojené chlévským hnojem (Hájek et al., 2006). Pěstitelský systém jarního ječmene se v ČR na začátku 21. století stejně jako na počátku 20. století snaží maximálně využít všech agrotechnických možností a schopností odrůd, jak vyprodukovat maximální množství zrna sladovnického ječmene za co nejnižších nákladů při odpovídající sladovnické kvalitě požadované sladovnicemi a následně pivovary (Hájek et al., 2006).

Šlechtění ječmene v Evropě zhodnotil profesor Fischbeck z Mnichovské univerzity (1992). Jenom málo krajových odrůd jarního ječmene poskytovalo vynikající potomky v prvním cyklu křížení během prvních desetiletí minulého století. Pocházely většinou z Moravy, Dolního Bavorska, Jižního Švédska a Anglie (Chloupek, 2008).

Moravské odrůdy tedy byly v Evropě důležitým zdrojem genů pro kvalitní sladové odrůdy ječmene. V posledních desetiletích byly a jsou významné odrůdy Forum (1993) jako první odrůda s genem obecné rezistence k padlí mlo, velmi rozšířeny byly Rubín (1982), Akcent (1992) a odrůdy určené k výrobě Českého piva, zejména Malz (2002), Radekast (2005), Bojos (2005), Aksamit (2007) a Advent (2009).

1.2 Původ a rozšíření ječmene

Původem je z Přední Asie-ječmen dvouřadý a z východní Asie-ječmen víceřadý. Na území Českých zemí se šířil už s Kelty, kdy měl po pšenici druhé nejvýznamnější místo. Používal se na chléb a pivo (Černý a kol., 2007).

Současné odrůdy jarního sladovnického ječmene jsou na vrcholu evoluce druhu *Hordeum*, která probíhala po dlouhé desítky tisíc let přirozenou cestou a později, když se na scéně objevil člověk a začal pěstovat hospodářské plodiny, neuvědomělým výběrem. Teprve v posledních asi 150 letech rozvoj poznání přírodních zákonitostí vedl k uvědomělému výběru a cílevědomému šlechtění hospodářsky důležitých plodin. Dovedávna nebylo zcela jasné, odkud vlastně ječmen pochází. Nové studie, využívající metod molekulární genetiky, prokázaly, že kolébkou ječmene je tzv. úrodný půlměsíc na Středním Východě, v oblasti dnešního Izraele, Libanonu, Sýrie, Iráku, Íránu a Turecka. Nejstarší známky pěstování ječmene pocházejí z údolí Nilu (19 000 let př.n.l.), archeologické nálezy obilok kulturního ječmene v Íránu jsou datovány na dobu 8 000 let př.n.l. Na území dnešní České republiky byly nejstarší nálezy datovány již do starší doby kamenné. Ze Střední Asie se ječmen postupně šířil do okolních zemí a dále na všechny kontinenty (Langer, 2003).

2 Charakteristika sladovnického ječmene

2.1 Taxonomie rodu *Hordeum*

Rod *Hordeum* L. podle počtu chromozomů ($n=7$) rozdělujeme obdobně jako pšenici na diploidní, tetraploidní a hexaploidní, přičemž i v rámci téhož druhu se mohou vyskytovat rozdílné stupně ploidity (Zimolka a kol., 2006).

Dále doplňující Langer (2003) tvrdí, že rod *Hordeum* patří do čeledi lipnicovitých (Poaceae) a od ostatních rodů této čeledi se výrazně odlišuje stavbou klasu – jeho klásky jsou jednokvěté. Dříve se rozeznávalo kolem 150 druhů ječmene. Současné moderní metody taxonomie, využívající poznatky molekulární genetiky, umožnily daleko přesněji určit stupeň příbuznosti v rámci rodu *Hordeum* a většina dříve samostatných druhů je nyní zahrnuta do druhu *H. vulgare* nebo do jiných druhů jako poddruhy, takže počet samostatných druhů se snížil na 31 (Anonym 3, 2002). Asi polovina druhů rodu *Hordeum* je diploidních ($2n=14$), ostatní druhy jsou tetraploidní ($2n=28$) nebo hexaploidní ($2n=42$). Kulturní formy pěstovaného ječmene patří do poddruhu *H. vulgare* ssp. *vulgare*. Pro šlechtění mají význam ještě *H. vulgare* ssp. *spontaneum*, *H. bulbosum*, případně některé další druhy (Langer, 2003).

2.2 Biologická charakteristika

Na rostlině ječmene rozlišujeme část podzemní a nadzemní. Podzemní část tvoří kořeny (zárodečné a druhotné), nadzemní stébla, listy a klasy (Skládal a kol., 1959). Ječmen zakořeňuje mělce. Stéblo má 5-7 internodií, dole kratší, nahoře delší. Síla stěn stébla je odrůdový znak. Výška stébla činí 79 až 89 cm. Listy stojí střídavě ve dvou svislých řadách odkloněných od sebe o 180 stupňů. Mladý list je pravotočivý. Při metání je list 23,5 – 3,2 cm dlouhý a 0,95- 1,2 cm široký. Jazyček je krátký, ouška veliká. Klas je 5 až 13 cm dlouhý. Plevy jsou úzké. Plucha je velká, zakončená osinou nebo vidlicí, pevně srůstá s obilkou (Stehlík a kol., 1959).

2.3 Výnos a složení zrna

Obilka (zrno) je složena ze tří částí: obalů, endospermu a zárodku. U ječmenů pěstovaných v naší oblasti je barvy světle žluté, může však být i oranžová, hnědá, fialová až modročerná (Zimolka a kol., 2006).

Zrno ječmene má více vyvinuté oplodí, proto má vyšší obsah hrubé vlákniny (asi 4 %). Hlavní živinou je škrob, kterého je méně než u pšenice. Průměrný obsah

dusíkatých látek je 8-15 %, limitující aminokyselinou je lysin, i když jeho obsah je vyšší než v pšenici. Zásobní bílkovinu představuje hordein (prolamin). Zrno ječmene obsahuje asi 2 % tuku a 2 % minerálních látek. Ječmen obsahuje také antinutriční polysacharidy β -glukany (až 8 %) (Tichá a Vyzínová, 2006).

Ječné zrno obsahuje vodu a sušinu, tvořenou organickými a anorganickými složkami. Obsah vody značně kolísá podle povětrnostních podmínek při sklizni a pro dobrý průběh skladování je nutno jej snížit pod 14 %. Další snižování obsahu vody (zvláště pod 10 %) má za následek změnu fyzikálního stavu koloidní buněčné plazmy, porušení enzymatické rovnováhy a značné oslabení klíčivosti (Prugar a kol., 1977). Naopak vyšší procento vlhkosti by způsobilo problémy při skladování, doplňuje Zimolka a kol. (2006). Organickou složku zrna tvoří hlavně sacharidy, bílkoviny, lipidy, organické kyseliny, enzymy a vitamíny. Popeloviny (anorganické látky) jsou v zrnu obvykle zastoupeny v rozmezí 2-3 %. Nejvyšší podíl tvoří P_2O_5 (35 %), SiO_2 (26 %), K_2O (21 %) a MgO (9 %). Minerální látky mají značný vliv na výnos i jakost zrna (Prugar a kol., 1977).

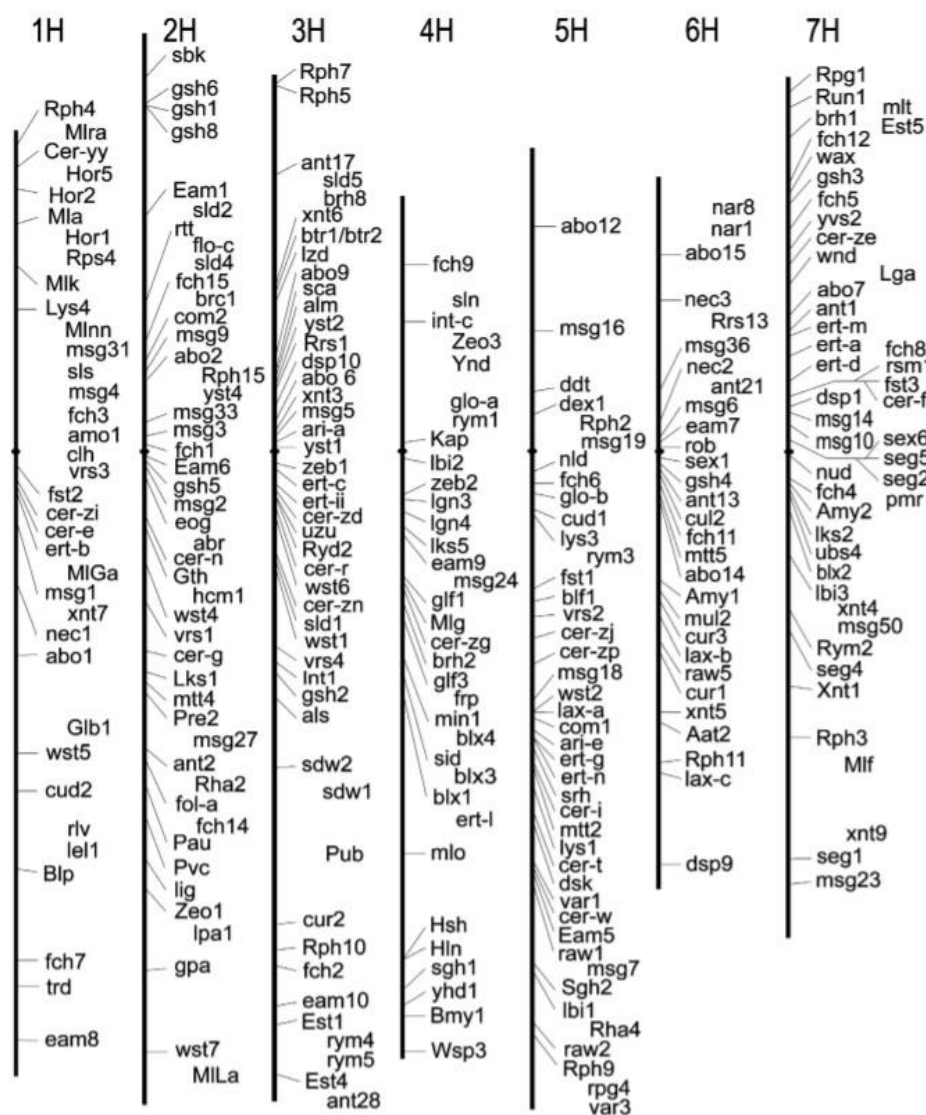
2.4 Genom ječmene a biologie kvetení ječmene

Genom ječmene má velikost 4,90 až 5,30 x 10⁹ bp a je rozdělen do sedmi vazbových skupin (Phillips a Vasil, 2001).

Kulturní ječmen *H. vulgare* ssp. *vulgare* je diploid se 7 páry chromozomů, označovaných 1 H až 7 H (Langer, 2003), dále o kulturních odrůdách ječmene uvádí Zimolka a kol. (2006), že patří do jediného diploidního druhu ($n=14$) *Hordeum vulgare* L., který se pak dále člení.

Malý počet chromozomů a diploidní stav jsou výhodné pro genetické studie, proto se ječmen stal často používanou modelovou rostlinou pro genetický výzkum. Díky tomu byly jeho chromozomy brzy velmi podrobně prozkoumány a v současnosti již je lokalizováno mnoho set genů nejrůznějších znaků a vlastností. Pokrok v molekulární genetice kromě toho umožnil i lokalizaci velkého počtu tzv. molekulárních DNA markerů využitelných ve šlechtění ječmene. Lokalizace jednotlivých genů na chromozomech je nejlépe patrna na tzv. chromozomových mapách (obr. 2.1). Biologie kvetení má zásadní důležitost pro volbu odpovídajících metod šlechtění. Ječmen je rostlina samosprašná, až na malé výjimky se opyluje pouze vlastním pylem. K opylení

dochází velmi brzy, když jsou ještě kvítky uzavřené a celý klas je ukryt v pochvě posledního listu (kleistogamie) (Langer, 2003).



Obrázek 2.1: Chromosomová mapa (Langer, 2003)

Jeden z nejnovějších přínosů pro šlechtění sladovnického ječmene je studie z roku 2017, kdy byl ječmen oskenován. Bylo zjištěno, že za dobu, kdy byl ječmen šlechtěn, jeho genom dosáhl obrovských rozměrů, a to jak s ohledem na délku DNA, která činí 5 miliard bází, tak i na počet genů, který je 39 000. Pro budoucnost českého pivovarnictví (a obecně biotechnologií) je důležité i to, že na čtení genomů ječmene i dalších obilnin se významně podílejí vědci ČR, a to hlavně členové Ústavu experimentální botaniky AV. Další pokrok dokázali vědci z Centra regionu Haná pro biotechnologický a zemědělský výzkum, geneticky upravit ječmen i tak, aby produkoval léčivý

peptid katelicidin (přírodní antibiotikum), zde se ale počítá nikoliv s výrobou léčivého piva, látka se plánuje z ječmene extrahovat a dále využívat samostatně, uvádí Houser (2017).

2.5 Genetické inženýrství

Genetické inženýrství je soubor technik, které slouží k izolaci, modifikaci, rozmnožování a rekombinaci genů z různých organismů. Umožňuje genetikům přenášet geny mezi druhy z různých biologických říší, které by se v přírodě vůbec nemohly navzájem křížit.

Genetické inženýrství vzniklo v sedmdesátých letech na základě několika zásadních objevů v molekulární genetice (Ho, 2000).

V genetickém inženýrství velmi významnou úlohu mají enzymy, které můžeme volně nazvat jako nástroje genetického inženýrství. Jsou to především: DNA-polymeráza I. a III., které jsou potřebné pro replikaci DNA, začátky syntézy, prodloužení řetězce a ukončení jeho tvorby. RNA-polymeráza zabezpečuje vytvoření počátečního bodu na DNA, na kterém začíná replikace RNA a samotnou její replikaci. ATP-áza (adenosintrifosfatáza) uvolňuje energii pro syntézu DNA, RNA. DNA-ligáza má schopnost spojit konce jednovláknového řetězce krátkých úseků DNA a vytvořit z nich kruh. Endonukleázy (restrikční enzymy) štěpí na určitém místě dvojitou molekulu DNA na menší úseky, tzv. restriktky (Hraška a kol., 1989). Endonukleázy slouží jako oddělovatelé genů.

2.6 Vymezení genu metodami genového inženýrství

Genové inženýrství pracuje s izolovanými definovanými úseky DNA, které představují jednak geny a jednak další sekvence DNA. Gen lze definovat jako úsek DNA, který se skládá z kódujících sekvencí a jím příslušejících regulačních sekvencí. Gen tedy není jen vlastní kódující sekvence, jak uvádějí některé starší definice. Začíná specifickým rozpoznávacím místem pro nasednutí RNA-polymerázy, promotorem. Pak následuje sekvence DNA, která se již přepisuje do RNA, ale tato RNA ještě nemá kódující funkci. U eukaryont jsou kódující úseky (exony) často přerušeny nekódujícími úseky (introny) (Ondřej, 1992). Sigma faktor (taktéž specifická bílkovina) se spojuje s molekulou RNA polymerázy. Tím sigma faktor pomůže najít na DNA místo,

kde začne syntéza RNA. Aktivátor je molekula specifické bílkoviny potřebná na transkripci i-RNA z DNA (Hraška a kol.,1989).

Izolovat a klonovat lze především takové geny, u nichž můžeme současně také v čistém stavu izolovat protein, který je jejich produktem a molekulu mRNA, podle níž je primární struktura proteinu čtena. Současné metody, s použitím různých specifických postupů, v některých případech umožňují klonovat i takové geny, které tyto vlastnosti nemají. Využívá se přitom obvykle transpozice transponovatelných elementů a integrace T-DNA (Ondřej, 1992).

Jak praví Hraška a kol. (1989), při přenosu genetické informace mají velký význam vektory-přenašeči. Mezi vektory patří: viry, bakteriofágy, epizómy apod. Vektor má infekční vlastnosti, a tak může pronikat do buněk hostitele a tam se buď samostatně rozmnožovat, nebo při napojení na hostitelskou DNA se rozmnožovat spolu s ní, přičemž ji můžeme přinutit k rychlejší autoreplikaci.

2.7 Genetická variabilita, interakce genotypu a prostředí

Základním šlechtitelským postupem je výběr, který může být účinný pouze v populaci s dostatečnou genetickou variabilitou. V materiálech geneticky uniformních (čistých liniích) nemá výběr žádný účinek, i když se jednotlivé rostliny v čisté linii mohou navzájem lišit v důsledku vlivu prostředí. Takové odlišnosti jsou nedědičné, v potomstvu se neprojeví. Interakce genotypu s prostředím je pro šlechtitele značným problémem, protože při výběru na různé znaky s ní musí počítat a vhodnými postupy její vliv na správnost výběru omezit. Různé znaky jsou prostředím různě silně ovlivňovány, mají různou dědivost (heritabilitu). To je nutno vzít v úvahu při volbě metody pro výběr na ten který znak. V přírodě vzniká genetická variabilita spontánními mutacemi, tj. náhodnými dědičnými změnami nejrůznějších znaků. Příčinou spontánních mutací jsou různé druhy přirozeného ionizujícího záření (rozpad radioaktivních prvků v horninách, kosmické záření), některé produkty fyziologických a biochemických procesů v buňkách, případně další vlivy. Naprostá většina mutací je pro rostlinu nevýhodná a je v průběhu přirozeného výběru z populace dříve či později eliminována. Příznivé mutace naopak jejich nositele zvýhodňují a přirozenou selekcí dochází k jejich rozšíření. U cizosprašných rostlin dále dochází ke vzájemnému křížení a vznikání nových genových kombinací. U rostlin samosprašných ke spontánnímu křížení dochází pouze sporadicky, a proto se u nich rekombinace v přirozeném vývoji nových

forem uplatňuje v menší míře. Přirozeně vzniklé genetické variability využíval člověk již od pradávna, když pro výsev vybíral vždy nejlepší klasy z nejlepších porostů, prováděl tak výběr, i když ještě neuvědomělý. Později, od druhé poloviny 19. století a na začátku 20. století, kdy byly poznány základní principy genetiky a dědičnosti, už šlechtitelé prováděli výběr uvědomělý v populacích krajových odrůd. Časem se ukázalo, že genetická variabilita krajových odrůd je v podstatě již vyčerpána a začalo se používat záměrného křížení dvou různých rodičů. V jejich potomstvu pak byla prováděna selekce na žádané vlastnosti. Křížení zůstává hlavní metodou tvorby genetické variability dodnes a naprostá většina odrůd vznikla výběrem v populacích vzniklých křížením vhodných rodičovských forem (Langer, 2003).

3 Šlechtění sladovnického ječmene

Šlechtění je tvůrčí, vědomá i intuitivní činnost, využívající vědeckých poznatků i získaných zkušeností, ke genetickému pozměňování rostlin podle požadavků a potřeb pěstitele. Genetické pozměňování je charakterizováno tím, že změny přenáší na potomstvo. Do objevení zákonů genetiky Mendelem (1865) bylo považováno jen za umění, ale i dnes je vědou jen zčásti, protože jen zčásti lze výsledky šlechtění předvídat (Chloupek, 1995).

Šlechtění rostlin můžeme v širším slova smyslu definovat jako vědu a částečně i umění, jejichž cílem je snaha o zlepšování genetického základu rostlin tak, aby se zvýšila jejich hospodářská a ekonomická hodnota. Základem tohoto procesu je proměnlivost živých organismů, kterou se šlechtitel snaží usměrnit tak, aby získal skupiny jedinců-rostlin s proměnlivostí, usměrněnou do určitých žádoucích mezí a odpovídající vytčenému hospodářskému cíli (Rod a kol., 1982). Čurn (2021) popisuje, že odlišnost šlechtění a pěstování spočívá v tom, že šlechtitel své úsilí zaměřuje na vnitřní, dědičné faktory a předpoklady pro vytvoření optimálních kombinací vhodných znaků a vlastností rostlin (odrůdy). Vytváří biologický materiál (genotyp). Pěstitel zaměřuje své úsilí na přípravu optimálních podmínek pro pěstování příslušné plodiny (odrůdy), na přípravu vhodného pěstitelského prostředí (od výběru pozemku až po ochranu a sklizeň porostu), které je potřebné pro plnou realizaci genetického základu odrůdy, uvádí.

Pro šlechtění má hlavní význam ječmen setý, který má jednoleté formy ozimé a jarní a rozděluje se na 3 poddruhy: 1. Ječmen obecný, 2. Ječmen dvouřadý, 3. Ječmen *Hordeum intermedium* (Stehlík a kol., 1959). Pro vznik nové odrůdy je zapotřebí velká dávka předvídavosti, péle, trpělivosti, času a finančních prostředků. Pěstování odrůd s vysokou sladovnickou jakostí se v praxi respektuje a při nákupu se musí odrůda deklarovat (Petr a kol, 1983).

Šlechtění a pěstování sladovnického ječmene je v naší zemi považováno za perspektivní činnosti z důvodu vhodných podmínek pěstování a následného zpracování sladovnického ječmene. Samotné pěstování sladovnického ječmene je možné ve všech výrobních oblastech, avšak opravdu kvalitní sladovnický ječmen získáme jen v určitých oblastech např.: v Polabské nížině, nižších polohách Středočeské pahorkatiny a na střední Moravě, především Hané. Ostatní oblasti jsou z pohledu dosažení vysoké sladovnické jakosti pro pěstování již rizikovější (Gallová a Šotik, 2017).

Šlechtění sladových odrůd má u nás dlouhou úspěšnou tradici již od Proskowtzových odrůd. Proto se také jako výchozí materiál používají především naše odrůdy nebo odrůdy, které mají v rodokmenu některou z našich českých odrůd. To je však příčinou malé genetické diverzity, které zvyšuje genetickou zranitelnost a může limitovat genetický pokrok šlechtěním. Proto se hledají možnosti, jak genetickou diverzitu zvětšit bez ztráty vysoké frekvence genů, příznivě ovlivňující sladovnickou hodnotu (např. rekurentní selekcí, tj. zvýšením pravděpodobnosti vyštěpení vzácných rekombinací) (Chloupek, 2008).

3.1 Výchozí materiál

Ječmen je samosprašná plodina a kvete kleistogamicky (uzavřeně). V rámci heterozního šlechtění se však podařilo vyšlechtit i typy s pylovou sterilitou, které kvetou otevřeně (chasmogamicky), a jsou tedy cizosprašné. Stupeň samosprašnosti je závislý jednak na prostředí, jednak je dědičně podmíněný. Technika kastrace a umělého opylování je u ječmene obdobná jako u ostatních samosprašných obilnin s tím rozdílem, že se ke kastraci přistupuje mnohem dříve, tj. těsně před metáním, kdy sotva 1/3 osin klasů opustila listovou pochvu. Křížení je jednou z hlavních metod tvorby výchozího materiálu. Cílem je spojit výnos a kvalitu s raností a odolností proti poléhání, chorobám a nepříznivým klimatickým činitelům. Další metodou je mutageneze, která je u ječmene důkladně propracovaná, a jejímž cílem je získání větší variační šířky výchozího materiálu, jakož i typů se zlepšnou nepoléhavostí, zvýšenou odolností proti chorobám a časným zráním. Polyploidie nenašla u ječmene uplatnění (Rod a kol., 1982).

Vznik a evoluce genotypu kulturního ječmene předurčily určitou konzervativnost genetické variability jeho hlavních znaků. To znamená, že modifikační variabilita je mnohem větší než variabilita genetická. U ječmene je dobře zpracována ekologická charakteristika vnitrodruhových jednotek, která se stále více prosazuje při hledání genetických zdrojů pro křížení. V současné době je u ječmene detekováno více než 400 znaků v genetických vazbách. K tomu používaný testovací sortiment značně převyšuje 100 odrůd-markerů. Úspěchy šlechtění u nás navazují na vhodný genetický zdroj, kterým byly krajové odrůdy (ekotypy). Základním výchozím materiálem využívaným ve šlechtitelském programu sladovnického ječmene v ČR jsou tedy tradičně

nejosvědčenější domácí odrůdy vzniklé na bázi původních hanáckých odrůd a obohacované o další hospodářsky významné znaky (Boháč a kol., 1990).

Langer (2003) uvádí, že s ohledem na cíl šlechtění šlechtitel volí vhodný výchozí materiál tak, aby jeho genetické založení dávalo předpoklad pro úspěšný výběr linií splňujících požadovaný šlechtitelský cíl. Správný výběr výchozího materiálu je zásadní podmínkou pro dosažení vytyčeného cíle, z nevhodného výchozího materiálu nelze vyšlechtit odrůdu požadovaných vlastností. Zvolit správně výchozí materiál ale není jednoduchá záležitost, protože šlechtitel pracuje s mnoha geneticky velmi komplexními znaky a vlastnostmi a spolehlivá předpověď, který výchozí materiál bude pro dosažení žádoucího výsledku nejvhodnější, není možná. Existují sice určitá doporučení a návrhy metod výběru výchozího materiálu, ale žádná z nich není použitelná bez výhrad. Proto musí být v praktickém šlechtitelském programu vždy rozpracován široký výchozí materiál s tím, že velká většina kombinací bude v průběhu selekce vyřazena. Dominující metodou vytváření genetické variability je stále křížení dvou různých genotypů. Vzhledem ke kleistogamickému kvetení je nutno ještě před vymetáním klasu kvítky kastrovat (odstranit nezralé prašníky), klasy izolovat, aby nedošlo k nežádoucímu opylení cizím pylem a po několika dnech opylit vybranou otcovskou formou. Badr a Shazly (2012) doplňují, že by měl být kladen zvláštní důraz na přínos molekulárních postupů vztažených k domestikaci ječmene, tedy historii a původu ječmene.

Výchozím materiálem pro křížení jsou tedy rodičovské formy, v jejichž potomstvu očekáváme vyštěpení žádoucí kombinace genů. Pro křížení se většinou využívají osvědčené domácí i zahraniční odrůdy s vynikajícími vlastnostmi, adaptované na dané přírodní podmínky. Pro speciální cíle, např. přenesení nějaké jednoduše geneticky založené vlastnosti (nejčastěji odolnosti proti chorobám) do výkonného genotypu, se mohou použít i ječmeny, které nejsou pro dané podmínky adaptované, např. odrůdy a genové zdroje ze světového sortimentu nebo i nekulturní příbuzný poddruh *Hordeum vulgare* ssp. *spontaneum*. Výchozí materiál je neméně důležitý i při šlechtitelských postupech využívajících indukované mutace nebo metody genetického inženýrství (Langer, 2003).

3.2 Základní etapy šlechtitelského procesu

Celý proces šlechtění můžeme rozdělit do několika hlavních etap, z nichž každá má pro dosažení konečného úspěchu podstatný význam. Nejprve musí být jasně definován cíl, kterého má být dosaženo. S ohledem na tento cíl šlechtitel volí vhodný výchozí materiál a metodu šlechtění i strategii a metody výběru na jednotlivé požadované znaky. V průběhu šlechtění je získáváno ohromné množství dat, která je nutno analyzovat, provést jejich syntézu a správně je interpretovat. Závěrem úspěšné šlechtitelské práce je potom registrace nové odrůdy a její prosazení v pěstitelské praxi a ve zpracovatelském průmyslu (Langer, 2003).

Šlechtitelský proces zahrnuje tzv. novošlechtění, jehož hlavní náplní je tvorba nových odrůd a udržování (udržovací šlechtění), které pečuje o udržení genotypu a úrovně charakteristiky vyšlechtěné odrůdy. Na proces šlechtění pak navazuje množení-semenářství. V současné době je hlavní šlechtitelskou metodou křížení (kombinační křížení, zpětné a heterozní), stále větší význam nabývá využití biotechnologických metod či metod genového inženýrství (Anonym 5, 2015).

3.3 Šlechtitelský cíl

Chloupek (1995), uvádí, že předním cílem šlechtění je výnos, který je ovlivňován odolností k poléhání, k vypadávání zrn, k chorobám aj. Výnos je kvantitativním znakem období jako odolnost k poléhání, výška rostlin, ranost, obsah proteinů v zrně, zimovzdornost, obsah extraktu (který je, jak popisuje Otero et.al (2021), nejdůležitějším parametrem popisující kvalitu sladu ječmene a diastatická mohutnost). Naproti tomu kvalitativními znaky jsou barva aleuronové vrstvy, osinatost, odolnost k vypadávání zrna, zakrslost, reakce na délku dne, dormance a rezistence k některým chorobám. Selekcí na znaky s vysokou heritabilitou je vhodné dělat v generaci F₂ nebo F₃, na znaky polygenní později dokončuje Chloupek (1995).

Výnos zrna je základní a také nejdůležitější odrůdovou vlastností, která je komplexní, polygenně založená a je dán výnosotvornými prvky, jež jsou vzájemně vázány počtem rostlin na 1 m², počtem produktivních klasů na 1 m², počtem zrn na 1 m², hmotností zrn v klasu a HTZ (Boháč a kol., 1990). Výška výnosu a jeho stabilita je ovlivňována také některými morfologickými a fyziologickými vlastnostmi (Rod a kol., 1982). Dále Boháč a kol. (1990) doplňuje fakt, že genetická proměnlivost těchto výnosotvorných prvků je však silně překrývána modifikační proměnlivostí. Nepříznivým

činitelem výnosu je tedy jeho nízká dědičnost (heritabilita = h^2), ztěžující výběry podle produktivity rostliny v raných generacích křížení. Velmi málo jsou známy možnosti zvyšování výnosového potenciálu šlechtěním na vlastnosti kořenové soustavy. Variabilita morfologie a fyziologických funkcí kořenů jistě není menší než variabilita nadzemních částí rostlin, avšak technické obtíže hodnocení kořenové soustavy až doposud neumožnily praktické využití selekce podle jejích vlastností. U různých odrůd může být stejný výnos dán různou kombinací výnosových složek. Výnos je především funkcí porostu pěstovaného za provozních podmínek, a proto konečný výběr musí být prováděn na výnos jako takový, na větších parcelkách, v pokusech s více opakováními, na mnoha lokalitách a ve více letech. Pokusy musejí být založeny tak, aby je bylo možno vyhodnotit vhodnými statistickými metodami, které dovolují stanovit mnoho důležitých charakteristik, například průměrný výnos, významnost rozdílů mezi odrůdami, velikost interakce s prostředím (stabilitu výnosu) a další cenné údaje.

Délka vegetační doby jako další významná vlastnost adaptability je v určitých oblastech úzce spjata nejen s výnosností odrůd, ale i odolností proti suchu a některým škůdcům (Boháč a kol., 1990). Rané odrůdy (110-115 dní) mají zpravidla nízké výnosy a hodí se pro kukuřičnou oblast. Šlechtěním však lze spojit relativní ranost s dobrým výnosem. Pozdní odrůdy (118-122 dní) dávají v našich podmínkách pouze střední výnosy (Rod a kol., 1982).

Odolnost proti chorobám je základním předpokladem výnosové stability ječmene (Boháč a kol., 1990). Na jarním ječmeni se vyskytuje řada chorob, které mohou podstatně snížit nejen hektarové výnosy, ale i jakost sklizeného zrna. Pěstitel má sice k dispozici mnoho pesticidních přípravků, kterými lze výskyt chorob omezit, ale prostředky samotné i jejich aplikace na poli nejsou levnou záležitostí. Pěstování odrůd odolných proti chorobám chemické ošetření eliminuje nebo podstatně omezuje, což je velmi pozitivní nejen z hlediska ekonomického, ale i ekologického (Langer, 2003).

Pro šlechtění na rezistenci proti padlí travnímu, rzi ječné, rzi plevové a prašné sněti ječné se nacházejí nejúčinnější zdroje rezistence v primitivních, často planě rostoucích ječmenech. Nejtěžším úkolem při využívání těchto zdrojů rezistence je jejich převod do genotypu výkonné a jakostní odrůdy, jelikož přenášejí četné nepříznivé znaky, které se musí eliminovat. Toho lze dosáhnout pouze opakovaným překřížováním výkonných a jakostních odrůd a důsledným výběrem nejenom na rezistenci, ale i na ostatní hospodářsky důležité vlastnosti (Rod a kol., 1982). Předpokladem úspěchu šlechtění na odolnost proti chorobám je existence a dostupnost donorů odolnosti,

znalost genetického založení rezistence, znalost biologie patogenu a použití vhodných metod selekce na odolnost. Genetickými zdroji odolností mohou být pěstované odrůdy, místní a krajové odrůdy nesoucí požadované geny rezistence (Langer, 2003).

Odolnost proti poléhání je komplexní polygenní vlastnost, na níž působí řada biotických (výška rostliny, délka a pevnost internodií, mohutnost a pevnost kořenového systému atd.) a abiotických činitelů (počasí). Dále činitelé negenetické (choroby) a agrotechnické (dávky N, norma výsevu, předplodina, hloubka orby apod.) (Boháč a kol., 1990).

Pro sladovnický ječmen je šlechtitelský cíl, pokud jde o jakost, dán požadavky sladoven a pivovarů. Hlavními ukazateli sladovnické jakosti jsou: obsah bílkovin v zrně, extrakt v sušině sladu, relativní extrakt při 45 °C, Kolbachovo číslo, diastatická mohutnost, dosažitelný stupeň prokvašení, friabilita a obsah β -glukanů ve sladince, ze kterých se pro orientační hodnocení jakosti vypočítává ukazatel sladovnické jakosti (USJ) (Langer, 2003). Za sladovnický ječmen se považují odrůdy s bodovým hodnocením ukazatele sladovnické jakosti vyšším než čtyři body, horní hranice je devět bodů. Sladovnická jakost zrna je ze 2/3 ovlivněna vnějšími podmínkami (půda, počasí, agrotechnika), zbytek tvoří vliv odrůdy (Zimolka, 2006). Různé pivovary mají odlišné požadavky na parametry sladu, vhodného pro výrobu určitého druhu piva na daném technologickém zařízení, proto nemůže být USJ univerzální mírou jakosti. V současné době u nás došlo k důležitému kroku v této oblasti: při rozhodování o registraci sladovnických odrůd ječmene se přihlíží k názoru zástupců pivovarů a sladoven a rozlišují se dvě jakostní skupiny podle požadavků na parametry sladu určeného jednak pro běžné typy piv a jednak pro vysoce jakostní piva českého typu. Uvedené parametry jakosti jsou komplexní znaky a jejich hodnota je výslednicí působení mnoha různých faktorů. Důležitý je obsah, aktivita, příp. termostabilita desítek až stovek enzymů, ale i např. velikost a struktura škrobových zrn, velikost a tvar zrna, jemnost pluchy aj.. Do pojmu sladovnická jakost patří i další znaky, jako jsou délka dormance, stejnoměrnost a rychlost klíčení, které podstatnou měrou ovlivňují proces sladování. Sladovnická odrůda ječmene musí samozřejmě splňovat celou řadu požadavků na agronomické a hospodářské znaky, jako jsou například vysoké hektarové výnosy předního zrna (zrno nad 2,5 mm), průměrná délka vegetační doby, odolnost proti poléhání a lámání stébla, odolnost proti chorobám, odolnost proti abiotickým stresům, viz. začátek kapitoly 3.3. Je nutné si uvědomit, že šlechtitelský proces je dlouhodobá záležitost, proto musí být cíl šlechtění na počátku procesu stanoven s perspektivou na delší období, protože

měnit zaměření v průběhu šlechtění je velmi problematické, často i nemožné (např. z potomstva určitých rodičovských genotypů vybraných s konkrétním cílem nelze vybrat linie s jinými, nově požadovanými vlastnostmi) (Langer, 2003).

3.4 Problematika šlechtění sladovnického ječmene

Boháč a kol. (1990) popisují, že v našich podmínkách vystupuje do popředí řešení problémů, které limitují kvalitu a kvantitu produkce ječmene:

1. Vyšlechtění odrůd s komplexní odolností proti poléhání, příznivě reagující na vysokou intenzitu agrotechniky a výživy
2. Udržení vysoké sladovnické hodnoty
3. Šlechtění na rezistenci vůči houbovým chorobám a vůči stresovým podmínkám s cílem zvýšit výnosovou stabilitu v méně příznivých pěstitelských podmínkách.

Jedním z velmi důležitých problémů šlechtění sladovnického ječmene je jeho kvalita v podmínkách vysokého hnojení, zejména dusíkem. Se zvyšujícím se obsahem N – látek klesá obsah škrobu, začne se snižovat extrakt, snižuje se Kolbachovo číslo, déle se snižuje stupeň prokvašení a další jakostní znaky. Proto je dnes zvýšená pozornost k detekci zdrojů s nízkým obsahem bílkovin v zru, pomocí nichž se dají vyšlechtit odrůdy, které by i při vyšším hnojení dusíkem měly nízký obsah bílkovin v zru.

3.5 Šlechtitelské metody

Vlastní šlechtění odrůd navazuje bezprostředně na etapu tvorby výchozího materiálu, a je zaměřeno především na rychlou kumulaci komplexu znaků do konečného genotypu. Přitom se respektuje vliv přirozené selekce jako jednoho z faktorů evoluce v odlišných agroekologických podmínkách. Ve druhé etapě jde tedy o tvorbu odrůdy na základě syntézy materiálů a metodických poznatků z etapy předcházející. Po základní selekce se vybrané linie zařazují do výnosových zkoušek na více lokalitách a také do provokačních testů s uměle navozenými podmínkami prostředí. Nejlepší z nich se pak rajonují jako nové odrůdy do nejvhodnějších podmínek (Boháč a kol., 1990).

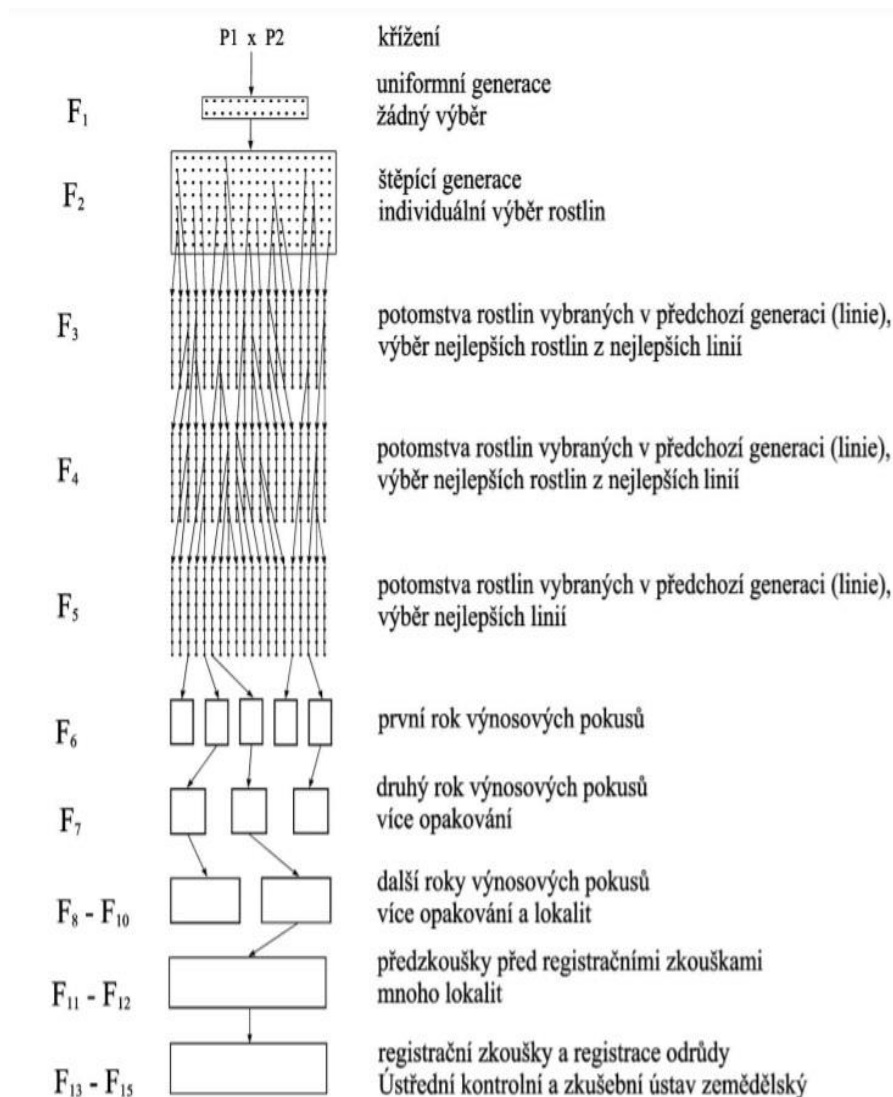
Základním kritériem pro volbu šlechtitelské metody je způsob rozmnožování šlechtěné plodiny. Ječmen je rostlinou samosprašnou, proto je nutno použít některou z metod vhodných pro tento typ rostlin. Dalšími faktory, které mají vliv na výběr šlechtitelského postupu, jsou šlechtitelský cíl, použitý výchozí materiál, technické

a ekonomické podmínky pracoviště ale i zkušenosti a názory šlechtitele. Při konvenčním šlechtění samosprašných rostlin se používá mnoho různých postupů a jejich variant, z nichž základními a podstatně se lišícími jsou metoda rodokmenová (pedigree) a metoda populační. Kromě toho existují zvláštní postupy pro různé specifické účely a pro metody mutačního šlechtění a genetického inženýrství (Langer, 2003).

3.5.1 Klasické metody šlechtění sladovnického ječmene

Rodokmenová (pedigree) metoda

Rodokmenová (pedigree), viz. obrázek 3.1, metoda je založena na opakovaném každoročním individuálním výběru rostlin nebo klasů po několika generacích s následujícími zkouškami výkonu v několika stupních (Langer, 2003). V první generaci po křížení (F_1) se rostliny pěstují individuálně, od každé rostliny jeden řádek (Anonym 4, 2022). Po křížení dvou homozygotních rodičů je generace F_1 geneticky uniformní, proto se s výběrem začíná v generaci F_2 , kdy dochází ke štěpení. V této generaci je však většina rostlin v heterozygotním stavu a teprve postupně v dalších generacích rapidně vzrůstá podíl rostlin homozygotních (Langer, 2003). V F_2 generaci se vysejí potomstva jednotlivých rostlin (kmeny) v řádcích tak, aby bylo možné znovu selektovat jednotlivé rostliny. Vyberou se nejlepší kombinace křížení, nejlepší řádky a uvnitř nich následně nejlepší rostliny. Generace F_3 se opět pěstuje v řádcích (od každé mateřské rostliny jeden řádek) tak, aby potomstva pocházející ze stejné kombinace křížení byla vedle sebe. Při selekci se vyberou nejlepší rodiny (např. potomstva určité odrůdy, tj. skupiny sousedních řádků), nejlepší řádky a nejlepší rostliny z řádků. Během homozygotizace v důsledku samoopylování se během deseti generací po křížení stále více rostliny v jednotlivých řádcích (potomstva jednotlivých rostlin) vyrovnávají a tím se rozdíly mezi řádky zvětšují. Nejlepší rostliny po selekci i v následných generacích tvoří pro rozmnožení a zkoušení základ odrůdy-linie (Anonym 4, 2022). Individuální výběr je možno ukončit až po dosažení dostatečné fenotypické i genotypické uniformity. V této čisté podobě se pedigree metoda již prakticky nepoužívá, protože je pracovně a časově náročná a v potomstvech rostlin (klasů) je obtížné provádět výběr na kvantitativní znaky. Protikladem rodokmenové metody je metoda hromadně populační (Langer, 2003).



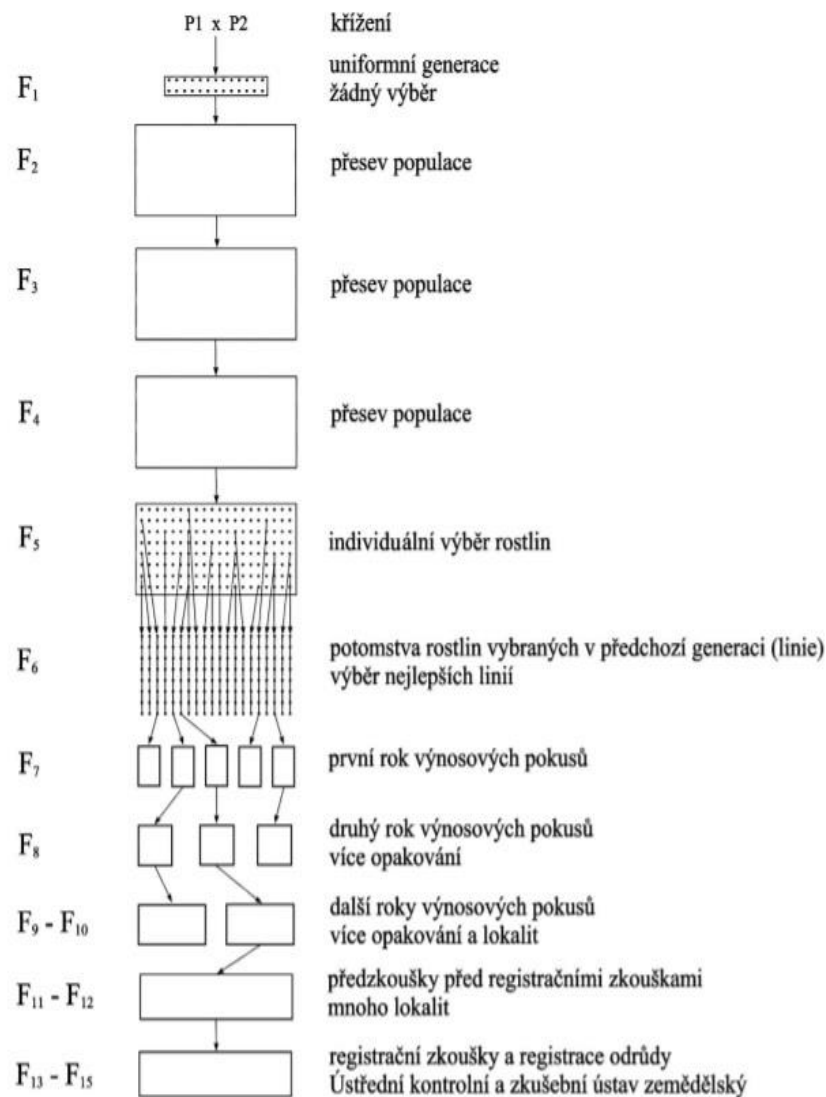
Obrázek 3.1: Rodokmenová (pedigree) metoda šlechtění ječmene (Langer, 2003)

Metoda hromadně populační

Základní rozdíl mezi hromadnou a individuální selekcí začíná hned v druhém kroku těchto výběrů. U metody hromadně populační se začíná výběrem nejlepších rostlin po křížení, případně jiné populace. Druhým krokem je smíchání obilnin sklizených rostlin a zásev. V posledním kroku dochází k opětovnému výběru nejlepších rostlin. Individuální selekce začíná stejně jako hromadná. V druhém kroku se však potomstvo sklizených rostlin testuje a dochází k výběru nejlepších potomstev na základě výnosu. Následuje jejich smíchání a výsev (Anonym 4, 2022).

U metody hromadně populační se po křížení obvykle až do generace F₅ neprovádí žádný výběr, materiál se pouze přesévá jako populace. V materiálu přibývá

homozygotních rostlin, celková variabilita zůstává zachována. Potomstva rostlin vybraných v F_5 jsou většinou již dostatečně vyrovnaná a v následujících letech je možno přistoupit k hodnocení výnosu. Tento postup je méně náročný, ale nevýhodou je fakt, že v populacích dochází vlivem konkurence mezi rostlinami k přirozenému výběru, jehož směr může být v rozporu se šlechtitelským cílem, a ke genetickému driftu, který má za následek redukci genetické variability populace (Langer, 2003).



Obrázek 3.2: Metoda hromadně populační (Langer, 2003)

Single seed descent (SSD) metoda

Tento nedostatek odstraňuje single seed descent (SSD) metoda, někdy také označovaná jako jednozrný raměš. Spočívá v tom, že počínaje F_2 se do další generace vysévá vždy pouze jedno zrnko z každé rostliny (Langer, 2003), to znamená, že se z každé rostliny ve štěpící populaci (F_2) vezme jedno zrnko, zrnka se smíchají dohromady,

společně se vysejí a tento postup se opakuje tak dlouho, než dojde k požadovanému stupni homozygotnosti v důsledku samoopylování. Pak se vyberou rostliny, odvodí se z nich linie a hodnotí se obvyklým způsobem.

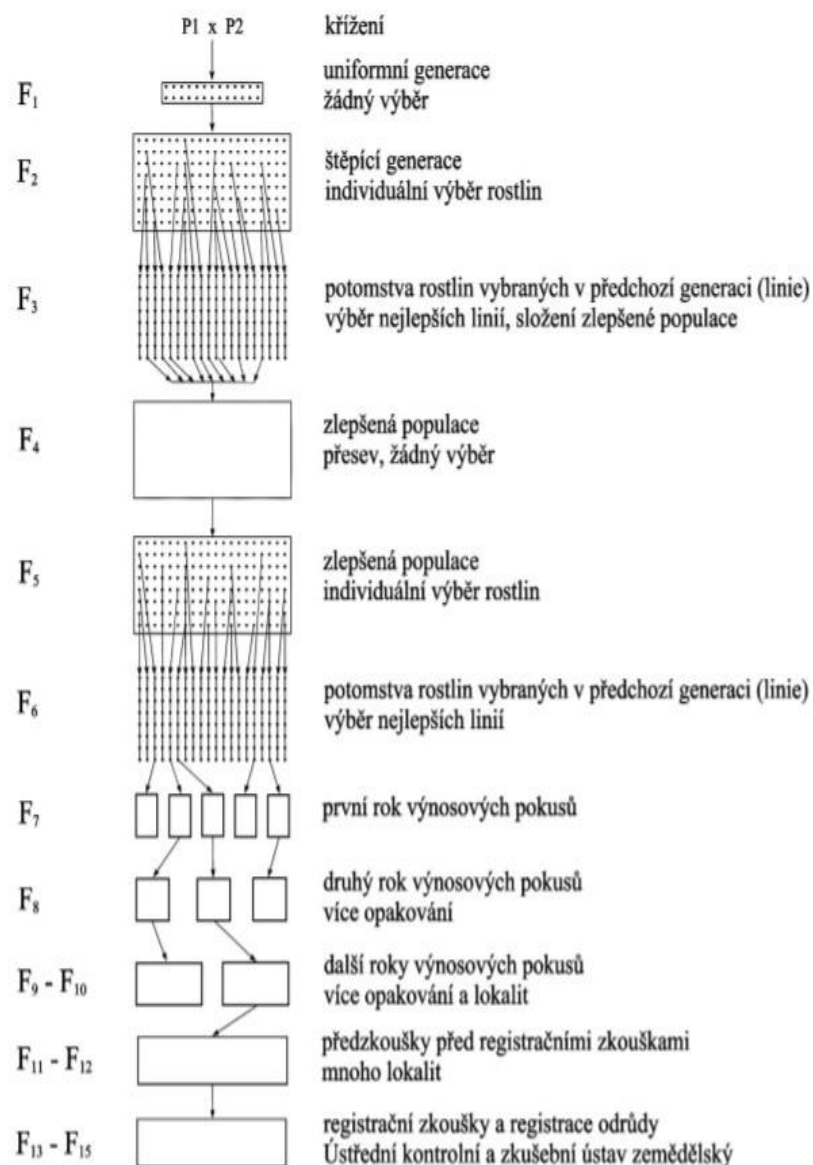
Tím je zaručeno zachování genetické variability bez vlivu přirozeného výběru a genetického driftu (Langer, 2003). Umožní se tak nalezení i vzácných rekombinací, tj. rostlin u nichž se vyskytuje více požadovaných znaků (Anonym 4, 2021).

Přesévané populace musí mít dostatečný rozsah (řádově stovky rostlin), což je podstatně méně než při hromadně populační metodě. Proto je možno celý proces výrazně urychlit pěstováním mimovegetačních generací ve skleníku nebo v lokalitách na jižní polokouli. Po několika generacích přisetých tímto způsobem se zahájí individuální výběr a zkoušení vzniklých linií. Jako příklad jedné z mnoha variant šlechtitelských postupů, používaných v praktických programech šlechtění ječmene, je tzv. metoda populačně-rodokmenová (Langer, 2003).

Metoda populačně rodokmenová

Základním rozdílem mezi výběrem v rodinách a hromadným výběrem nebo výběrem čistých linií je začlenění hybridizace pro vytvoření rozmanitosti a získání základní populace. Šlechtitel vede záznamy o předcích odrůdy-rodokmen. Základní populace je založena křížením vybraných rodičů, následuje práce se segregující populací. Dokumentace umožňuje rekonstruovat rodokmen jednotlivých rostlin F_2 (Řepková, 2019).

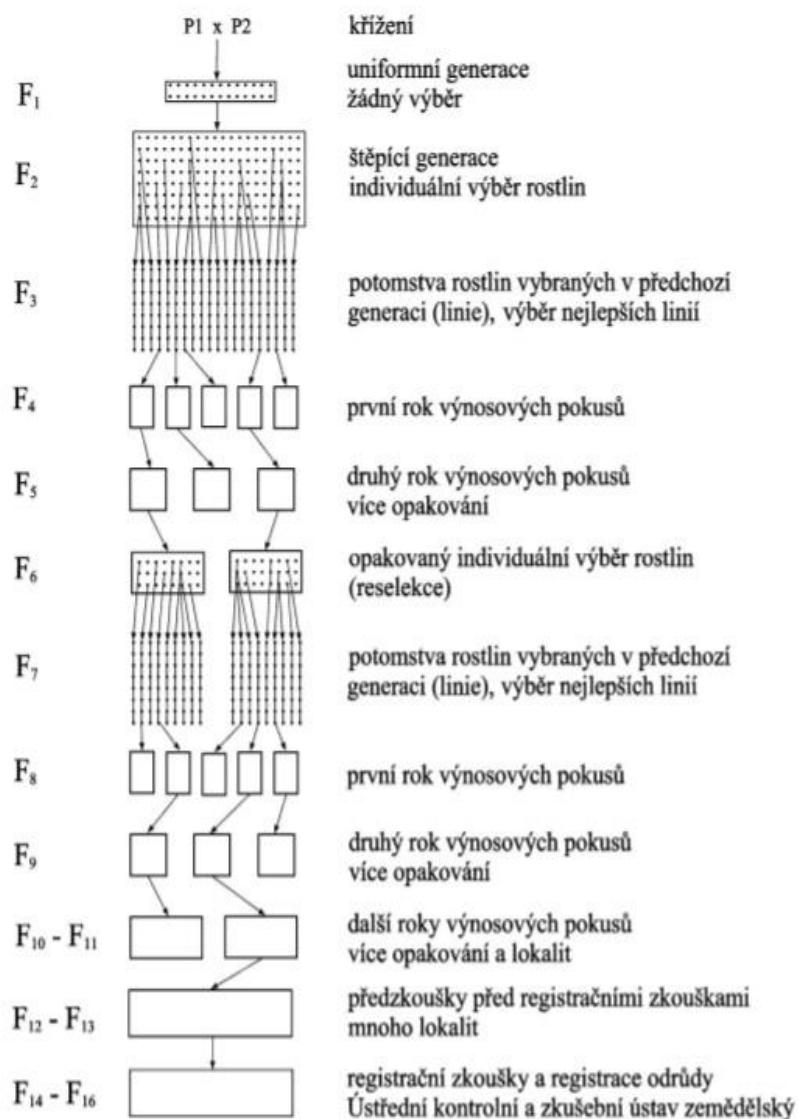
Počáteční generace F_1 až F_3 jsou stejné jako u pedigree metody, v F_3 se však již neprovádí individuální výběr, ale vybírají se nejlepší linie a v rámci nich nejlepší rostliny různého typu, aby byla zachována genetická variabilita. Počet vybraných linií a rostlin musí být dostatečně velký (desítky linií z jedné kombinace a desítky klasů z jedné linie). Sklizené zrno z jedné kombinace se smíchá dohromady a do F_4 se vyseje jako nová, zlepšená populace. V F_4 se neprovádí žádný výběr, populace se znovu vysévá v F_5 generaci. Možnou variantou je screening, např. na podíl předního zrna v populacích F_4 a F_5 tříděním na sítích. Znovu zahájí individuální výběr lze v F_5 nebo v F_6 generaci, následovaný zkoušením jednotlivých linií (Langer, 2003).



Obrázek 3.3: Metoda populačně rodokmenová (Langer, 2003)

Metoda ranného zkoušení

Metoda ranného zkoušení, viz. obrázek 3.4 (někdy též označovaná jako metoda potomstev F₂ rostlin). Při použití této metody jsou první výnosové pokusy zakládány již v F₄ generaci s tím, že v pozdějších generacích (F₅, F₆) bývá nutná reselekce, aby byly získány dostatečně vyrovnané linie (Langer, 2003).



Obrázek 3.4: Metoda ranného zkoušení (Langer, 2003)

Různých variant šlechtitelských postupů existuje nepřeberné množství. Pro některé účely se používá tzv. zpětného křížení (back crossing), konvergentního šlechtění, rekurentních metod šlechtění aj. Novější metodou rychlého dosažení teoreticky úplně homozygotních linií je metoda využití zdvojených haploidů (doubled haploids, DH). Principem je nejprve získání haploidů, ze kterých spontánním nebo umělým procesem vzniknou homozygotní diploidy. V praxi se používají dva způsoby produkce haploidů. První z nich je založen na kultivaci nezralých prašníků, resp. mateřských pylových buněk in vitro na speciálních živných médiích, na kterých dojde k diferenciaci tkání a vzniku embryoidů, ze kterých lze vypěstovat celé rostliny. Při druhém způsobu se heterozygotní rostlina výchozího genotypu opylí pylem z *Hordeum bulbosum*. Po opylení dojde v embryu ke spontánní eliminaci sedmi otcovských chromozomů a zůstane

diploidní počet chromozomů mateřských. Embryo se opět kultivuje in vitro a působením kolchicinu se vyvolá zdvojnásobení počtu chromozomů. Každá z těchto metod má své výhody a nevýhody a obě jsou stále zdokonalovány a zlepšovány. V rámci použité metody šlechtění je nutno zvolit správnou strategii výběru na jednotlivé požadované znaky. Přitom se musí přihlížet jednak ke genetickému založení toho kterého znaku, jednak k technické a ekonomické náročnosti výběru na tento znak. Na jednoduše geneticky založené znaky lze vybírat v ranějších generacích a výběr je možný mezi jednotlivými rostlinami nebo mezi potomstvy rostlin na malých parcelkách. Sem bychom mohli zařadit např. znaky ranost, délka rostliny nebo odolnost proti některým chorobám. Naproti tomu výběr na polygenně založené znaky, u kterých dochází k silné interakci s prostředím, musí být prováděn na větších parcelkách v přesných pokusech s několika opakováními, v různých lokalitách a v průběhu několika let. K takovým znakům patří především výnos, ale i např. komplex sladovnické jakosti. Výsledky výzkumu z řady oborů (genetika, biochemie, fyziologie aj.) přinášejí stále nové metody testování nejrůznějších charakteristik ječmene, některé jsou však finančně i pracovně velmi náročné, a jejich případné využití proto musí mít své opodstatnění v očekávaném přínosu k vyšlechtění nových odrůd (Langer, 2003).

3.5.2 Metody křížení sladovnického ječmene

Metody kombinačního křížení

Kombinačním křížením lze dosáhnout zlepšení kvantitativních znaků, především využitím vzniklých transgresí (Boháč a kol., 1990).

Meziodrůdové křížení

Se z uvedených metod považuje za nejúspěšnější s následným individuálním výběrem. Používá se buď jednoduché křížení dvou rodičovských odrůd, nebo složité křížení většího počtu odrůd (Rod a kol., 1982).

Zpětné křížení

Jak dále uvádí Rod a kol. (1982), zpětné křížení (backcross) se provádí především při konvergentním šlechtění, vzdálené hybridizaci, šlechtění na odolnost proti chorobám, šlechtění na jakost a využití CMS. Opakuje se až pětkrát.

Používá se ke zlepšení chybějících vlastností odrůdy opakovaným křížením s jedním (rekurentním) rodičem. Ten musí mít dobrou celkovou úroveň s výjimkou vlastností, která má být zlepšena (většinou rezistence k některé chorobě či škůdci). Druhý rodič (donor) musí mít geny pro zlepšení rekurentního rodiče (požadovaný gen

rezistence) a nesmí být výrazně podprůměrný v ostatních vlastnostech. Tak se získá výnosová úroveň a kvalita rekurentního rodiče a navíc rezistence. Rodiče se nakříží, v potomstvu se vyberou odolné rostliny, které se znovu nakříží s rekurentním (výnosovým) rodičem. Znovu se vyberou odolné rostliny a kříží s rekurentním rodičem (Anonym 4, 2022).

Vzdálené křížení

Vzdálené křížení se používá jen ve výjimečných případech, neboť vede ke zhoršení jakosti. Neobejde se však bez zpětného křížení, zejména při šlechtění na odolnost proti chorobám. Ovšem mezidruhová kříženci vykazují vysokou sterilitu. Nejslibnější cestou k jejímu překonání jsou explantátové kultury in vitro, zejména kultury izolovaných embryí na syntetických médiích, které umožňují vznik haploidů (Rod a kol., 1982).

Konvergentní (Sbližovací) křížení

Spočívá v tom, že se šlechtí ve dvou řadách pomocí zpětného křížení. Doporučuje se pro vyšlechtění vysoce rezistentních odrůd. Touto metodou lze získat víceliniovou (multiliniovou) odrůdu rezistentní proti biotypům patogena. Avšak taková odrůda není sladařsky jednotná, tvrdí (Boháč a kol., 1990).

Dialelní křížení

Jako metoda genetické analýzy je vhodné ke studiu dědičnosti a dědivosti kvantitativních znaků, umožňuje odhady kombinačních schopností a hodnocení heterozního efektu, stanoví poměr zastoupení dominantních a recesivních genů, jakož i pořadí dominance a projevy genové interakce (Rod a kol., 1982).

Evoluční šlechtění

Dále popisuje (Boháč a kol., 1990) evoluční šlechtění je další možnou šlechtitelskou metodou, jejíž podstata spočívá v tom, že se populace složitě (konvergentního) křížení vystavena po dlouhou dobu (až po F₁₃ generace) přirozenému výběru rozmnoží jako neselektovaná odrůda vcelku a uvede do provozu.

3.5.3 Mutace a heteroze ve šlechtění sladovnického ječmene

Mutační šlechtění

U ječmene jde převážně o genové (bodové) mutace, kdy jako mutagenů lze použít především X-paprsky, neutrony a gama záření (Co⁶⁰). Výskyt mutací závisí na dávce záření a jen malé procento umělé získaných mutací vykazuje šlechtitelskou hodnotu (Rod, 1982).

Použitím mutační metody šlechtění, tedy ozářením zrna (radiomutací) odrůdy Valtický typ A. Rentgenovými paprsky vznikla světoznámá odrůda Diamant (Svačina, 2013). Cílem bylo vytvořit mutace, které by vykazovaly zvýšenou odolnost vůči listovým chorobám s nepoléhavým stéblem a s ostatními hospodářskými vlastnostmi na úrovni odrůdy Valtický (Mlčochová, 2008). Genotyp odrůdy Diamant je dnes zabudovaný ve stovkách odrůd jarních ječmenů v Evropě i ve světě, doplňuje (Svačina, 2013).

Heterozní šlechtění

Dosud rozpracované metody získání hybridního osiva ječmene vycházely převážně z jaderně podmíněných zdrojů pylové sterility. V současné době jsou k tomuto účelu využívány dva nejrozšířenější způsoby (Boháč a kol., 1990). Rozvádí Rod a kol. (1982), že první je založen na principu genetické vazby mezi citlivostí rostlin k DDT (u nás zakázán od roku 1974) a pylovou sterilitou homozygotních translokačních linií. Druhý na principu vyrovnaného terciálního trisomického systému.

3.6 Udržovací šlechtění odrůd

Teoretické základy udržovacího šlechtění vycházejí z toho, že odrůda je souborem jedinců s geneticky definovaným více méně ustáleným genotypem a fenotypem a dále z toho, že odrůda je také biologickým útvarem, který v průběhu množitelské a pěstitelské praxe podléhá vlivu mnoha činitelům prostředí. Vlivem těchto činitelů může docházet k fenotypovým ale i genotypovým změnám, což ve svých důsledcích vede k zhoršování biologických a hospodářských hodnot odrůdy a k narušení její upotřebitelnosti. Narušení hodnoty odrůdy souvisí hlavně s narušením její genetické stability. Proto je nutné uplatnit soubor opatření, která umožní zachovat odrůdy z hlediska její morfologické a agrobiologické identity po celou dobu jejich existence a zabránit nebo omezit působení vlivů způsobujících znehodnocení odrůdy. Soubor těchto opatření zajišťuje systém udržovacího šlechtění s organickou návazností na jedné straně na proces novošlechtění a druhé straně na množitelský proces odrůdy (Anonym 1, 2022).

Od prvních křížení výchozích materiálů do povolení (registrace) nové odrůdy uběhne v průměru kolem 15 let (Houba, 2001). Další tři roky zabere namnožení osiva a rozšíření odrůdy na provozní plochy. Na vrcholu se nová odrůda udrží 3–5 let a potom nastává většinou rychlý pokles pěstování. Průměrná doba životnosti jednotlivých odrůd je tedy 5–10 let (Hájek et al., 2006). Přestože šlechtitelé využívají mnohé moderní principy genetiky a biologie i různá technická zařízení umožňující zkrátit celý

proces, základem zůstává výběr a ustálení všech znaků v potomstvu. Než je nová odrůda zařazena do státních odrůdových zkoušek ÚKZUZ, musí být zaručeno, že všechny vlastnosti odrůdy jsou stabilizovány a při jejím množení i v běžném pěstování nedojde ke změně charakteru, ani hospodářských vlastností (Houba, 2001).

Zákon č. 219/2003 Sb., stanovuje, že po dobu registrace musí být odrůda udržována udržovacím šlechtěním v České republice nebo v členském státě. Odrůda může být udržována v jiném státě, pokud je zabezpečena rovnocenná kontrola udržovacího šlechtění. V takovém případě musí být udržovatelem nebo udržovateli pro jednání s Ústavem zmocněn zástupce s trvalým pobytem nebo sídlem v České republice nebo v jiném členském státě. Pokud odrůdu udržují další udržovatelé, může každý z nich podat žádost o zápis jako další udržovatel odrůdy; jedná-li se o chráněnou odrůdu, musí být doložen písemný souhlas držitele šlechtitelských práv podle zákona o ochraně práv k odrůdám rostlin nebo držitele odrůdového práva podle přímo použitelného předpisu Evropské unie, další udržovatel je povinen uhradit správní poplatek za přijetí žádosti a dodat Ústavu bezplatně vzorek rozmnožovacího materiálu v množství, jakosti a termínu, které stanoví Ústav. Vyžádá-li si to Ústav, je povinen poskytnout další nezbytné informace o odrůdě. Ustanovení § 29 odst. 3 a § 30 odst. 1 písm. a) se použijí obdobně, Ústav udržovatele zapíše, pokud se na základě provedených zkoušek prokáže, že odrůda má vlastnosti, které byly podmínkou její registrace; náklady na zkušební úkony hradí žadatel o zápis jako další udržovatel odrůdy. Ustanovení § 30 odst. 1 písm. b) se použije obdobně. Ústav zapíše jako udržovatele osobu, která převzala udržovací šlechtění odrůdy od udržovatele zapsaného ve Státní odrůdové knize. Takovéto převzetí nevyžaduje provedení zkoušek podle odstavce 3 písm. c) udržovatel odrůdy je povinen vést záznamy o udržovacím šlechtění a o množství produkovaného rozmnožovacího materiálu a předložit je na požádání Ústavu. V případě odrůdy révy a chmele jsou tyto záznamy povinni vést udržovatelé každého zapsaného klonu odrůdy.

Ochrana práv k odrůdám zajišťuje držiteli šlechtitelských práv výlučné právo k využívání chráněné odrůdy (tj. výroba nebo množení, úprava za účelem množení, nabízení k prodeji, prodej nebo jiné uvádění do oběhu, vývoz, dovoz, skladování pro některý z těchto účelů). Držitel šlechtitelských práv může jiné osobě poskytnout souhlas s využíváním chráněné odrůdy a stanovit výši licenčních poplatků za využívání odrůdy. Údaje týkající se ochranných práv podle zákona 408/2000 Sb. nejsou uvedeny,

pokud je odrůdě uděleno odrůdové právo Společenství (nařízení Rady (ES) 2100/94) (Dvořáčková et al., 2020).

Podstatou udržovacího šlechtění je péče o udržení všech charakteristických znaků odpovídajících popisu odrůdy, a to prostřednictvím přesně stanovené metodiky udržovacího šlechtění. V procesu udržování je důležitý systém negativních výběrů (selekce) rostlin a potomstev, které neodpovídají charakteristickým znakům odrůdy, popřípadě jsou napadeny chorobami a škůdci apod. Úkoly udržovacího šlechtění lze vyjádřit takto: 1) uchovat pro odrůdu typické znaky a vlastnosti, a to včetně výkonnostních a jakostních ukazatelů na takové úrovni, na jaké byly v době registrace (povolení) odrůdy, případně lze jejich úroveň zlepšit, 2) produkovat potřebné množství uznaného osiva či sadby v předstupni S1, který slouží k dalšímu rozmnožování a zpravidla jen výjimečně pro zásev provozních ploch. Udržovací šlechtění charakterem prvního úkolu spadá výslovně do oblasti šlechtitelské činnosti, úzké spojení s činností v oblasti semenářství vykazuje úkol druhý (Anonym 1, 2022).

4 Odrůdy sladovnického ječmene

Odrůda je záměrně pěstovaný porost, který se vyznačuje odlišností od jiné odrůdy morfologickými, fyziologickými, cytologickými, chemickými, hospodářskými nebo jinými znaky a vlastnostmi. Množením se vlastnosti zachovávají.

Odrůdy sladovnického ječmene jsou každoročně uváděny ve Státní odrůdové knize.

Na kvalitu mají zpracovatelé řadu požadavků, které rozhodují o zařazení ječmene do kategorie sladovnický anebo nesladovnický. Za sladovnický ječmen se považují odrůdy s bodovým hodnocením ukazatele sladovnické jakosti (USJ) vyšším než čtyři body, horní hranice je devět bodů. Z hlavních kritérií jakosti je na prvním místě obsah bílkovin (N-látek), podíl předního zrna, obsah β -glukanů (neškrobových polysacharidů) zvýšená klíčivost a další. Sladovnická jakost zrna je ze 2/3 ovlivněna vnějšími podmínkami (půda, počasí, agrotechnika), zbytek tvoří vliv odrůdy. Požadavky na sladovnický ječmen uvádí ČSN 46-1100-5, která byla novelizována v roce 2006 (Zimolka a kol., 2006).

4.1 Vývoj odrůdové skladby sladovnického ječmene

Z hlediska vývoje existují ozimé a jarní formy. U nás převažují dvouřadé jarní formy (Čurn, 2021), jinde, zejména v západní Evropě, i ozimá forma dvouřadého ječmene (Zimolka a kol., 2006). 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 dlouhodobní (Čurn, 2021).

Déle Čurn (2021) uvádí, že ječmen je velmi prošlechtěnou plodinou a nejvíce pozornosti se věnuje šlechtění jarního ječmene a je v současné době soustředěno u šlechtitelských a semenářských firem Selgen, a.s. (ŠS Stupice a ŠS Lužany), Hybri-Tech, a.s., dříve Morstar, a.s. (ŠS Branišovice), CEZEA, a.s. (ŠS Čejč), Plant Select, s.r.o. (ŠS Hrubčice) a ZVÚ Kroměříž.

4.2 Postup při výběru odrůdy sladovnického ječmene

Výběr vhodné odrůdy ovlivňuje skoro všechny sledované kvalitativní i kvantitativní znaky. Odrůdová skladba se v České republice řídí seznamem doporučených odrůd

a evropským katalogem odrůd (Černý a kol., 2007). Máme tedy na výběr z odrůd označených jako Doporučené, všechny odrůdy zahrnuté do doporučených jsou sladovnické. Doporučené mohou být odrůdy na základě minimálně čtyřletých zkoušek, odrůdy mohou být i předběžně doporučené, ty procházejí minimálně tří letým zkoušením. Můžeme v této kategorii narazit na odrůdy pod označením České pivo, jedná se stále o sladovnické odrůdy, které dostaly toto prestižní označení na základě svých vlastností, které jsou pro výrobu piva v České republice stěžejní. Odrůdy označené jako Ostatní odrůdy obsahují totožné kategorie jako doporučené, jedná se však o odrůdy s horšími vlastnostmi. Ceny za odrůdy doručené i ostatní se při nákupu neliší. Liší se však cena finální vypěstované produkce (zrna pro výkup) při proději, která je u lepších odrůd vyšší.

Všechny odrůdy, zapsané v těchto parametrech se mohou u nás pěstovat. Na základě těchto logických zkoušek jsou každoročně schvalovány odrůdy s výběrovou sladovnickou jakostí, které budou preferovány pivovary a vykupovány sladovnicemi v dalších letech. Tím se výběr značně zužuje a odebírá tak pěstitelům možnost svobodné volby (Černý a kol., 2007).

Odrůdová skladba by měla být založena na odrůdách adaptovaných pro danou výrobní oblast a vhodných pro používaný osevní sled a intenzitu hospodaření. Pro mikro rajonizaci na jednotlivé hony je výhodné využívat rozdíly v dalších vlastnostech odrůd (vhodná kombinace odrůd s rozdílným genetickým založením rezistence proti chorobám, s rozdílnou raností a vhodností pro rané, respektive pozdní setí). To umožňuje snížení rizika působení škodlivých činitelů na porosty a odstranění pracovních špiček v podniku. (Křen a Míša, 2012). Musíme mít však při volbě odrůdy na paměti, že odrůdová skladba se neustále vyvíjí. Důležité při výběru odrůd je řízení se několika základními kritérii, jako jsou:

1. Adaptaci na dané půdní podmínky a klimatický normál představující odolnost proti abiotickým škodlivým činitelům (tedy činitelům, které nezahrnují živé organismy – především počasí). Je nutné vycházet a zohledňovat výsledky více let a extrémních ročníků. Adaptované odrůdy ve víceleté řadě lépe využívají vegetační faktory lokality a v daných podmínkách dosahují stabilních hospodářských výsledků.
2. Kvalitu odpovídající záměru uplatnění produkce (u sladovnického ječmene – výroba sladu (která je spjata s historickým vývojem výroby piva, která patří k nejstarším cílevědomým činnostem člověka, vysvětluje Basařová et.al (2011)), výroba

kávovinových náhražek, výroba lihu atd.). Také ukazatele kvality by měly být pro-
 věřeny v rozdílných půdně-klimatických podmínkách a ročnicích. Jedná se tedy
 o podíl předního zrna, obsah bílkovin v zrně a klíčivost.

3. Odolnost proti biotickým škodlivým činitelům – škůdci.

4. Vhodnost pro daný způsob hospodaření na půdě (osevní sled a plán, způsob
 zpracování půdy a zakládání porostů, termín setí, intenzita a volba formy hnojení
 atd.) (Křeň a Míša, 2012).

4.3 Označení sladovnických odrůd

Současnými světovými a evropskými požadavky na kvalitu sladovnického ječmene
 jsou odrůdy s vysokou enzymatickou aktivitou, s vysokým obsahem extraktu a vysoko-
 kými hodnotami dosažitelného stupně prokvašení. Tento trend vedl ke změně senzo-
 rického charakteru pív. Tento trend vedl ke změně sensorického charakteru evrop-
 ských pív. Naproti tomu pro výrobu Českého piva jsou záměrně vybírány odrůdy, které
 dosahují nižšího stupně rozluštění nižší úroveň prokvašení a přinášející zbytkový ne-
 prokvašený extrakt (Černý a kol., 2007). Vzhledem k zápisu názvu „České pivo“ do
 Rejstříku chráněných zeměpisných označení vznikla nová kategorie sladovnických
 odrůd doporučených pro výrobu Českého piva (Dvořáčková et al., 2020). Označení
 „České pivo“ je reprezentováno světlým ležákem. Rozumí se jím světlé pivo
 o koncentraci původní mladiny 11-12 %, s dobrou plností, výraznou hořkostí a dobrou
 pěnivostí (Černý a kol., 2007). Nejvýznamnějším představitelem českého piva je Pl-
 zeňský prazdroj, pro který má největší uplatnění odrůda Bojos, Laudis 550 a Malz.
 Mezi Evropským a Českým pivem jsou velké chuťové i výrobní rozdíly.

Tabulka 4.1: Charakteristika sladu pro evropské a české pivo (Černý a kol., 2007)

Charakteristika sladu z odrůd jarního ječmene pro evropské a české pivo		
Parametry	Hodnoty	
	Evropské pivo	České pivo
Extrakt v sušině sladu	83 %	min. 81,5 %
Relativní extrakt při 45 °C	40–48 %	max. 38 %
Kolbachovo číslo	42–48 %	39 %
Diastatická mohutnost	280–300 WK	min. 220 WK
Dosažitelný stupeň prokvašení	82 %	max. 80 %
Friabilita	86 %	min. 75 %
Obsah β-glukanů ve sladině	100 mg.l-1	max. 250 mg.l-1

V České republice je zaregistrováno (roku 2020) celkem 67 sladovnických odrůd,
 z toho označení České pivo nese 9 odrůd (Adam, Bojos, Francin, Kampa (která

vzhledem k menšímu zájmu sladoven byla v konvenčním SDO přeřazena do kategorie nesladovnických odrůd), Laudis 550, LG Ester, Malz, Manta, Zhana).

První sledovaný rok (2010) bylo zapsáno ve státní odrůdové knize celkem 54 odrůd, z čehož nově zaregistrované byly 4 odrůdy (Berlioz, Gladys, Lilly, Paulis) Berlioz a Gladys byly u pěstitelů nejžádanější z důvodu vysoké rezistence proti chorobám, především proti padlí (9). Výnosem předního zrna byly na prvním místě Paulis a Gladys. Ukazatelem sladovnické kvality byla nejlépe hodnocena Gladys s 7,1 bodu. Roku 2011 byl počet zapsaných odrůd 56, vyřazené byly Annabell, Spilka, Vista, nově zapsaných bylo 5 (Concerno, Delphi, Despina, Jazz, Monalisa), odolností i výnosy se dostaly do popředí Delphi a Despina, avšak nejlépe hodnocen na sladovnickou kvalitu byl Jazz se 7,7 bodu. Následující rok byl celkový počet odrůd po vyřazení Berlioz, Scarlett a zapsání čtyř nových odrůd (Explorer, Signum, Sunshine, Zeppelin) 58. Explorer a Sunshine byly pro svou výnosnost žádanější, odolnost proti chorobám byla průměrná. Zeppelin vynikal svou hodnotou sladovnické kvality (9 bodu). Roku 2013 byl počet nově zapsaných odrůd znatelně vyšší – 8 (Arthur, Danielle, Laudis 550, Olympic, Petrus, Shuffle, Vendela, Zhana), a vyřazené byly pouze 2 odrůdy (Braemar, Respekt). Odrůdy Laudis 550, a Zhana nesou nyní CHZO „České pivo“ a odrůda Petrus byla pro toto označení doporučena Výzkumným ústavem pivovarským a sladařským pro výrobu piva. Odrůda Olympic vynikala hodnotou ukazatele sladovnické kvality 7,6 bodu. Celkový počet zapsaných odrůd činil 64. V roce 2014 bylo zapsáno 68 odrůd ječmene. Nově přibylo 9 odrůd (Britney, Francin, KWS Asta, KWS Irina, Montoya, Odyssey, Overture, RGT Otakar, SU Zaza) a vyřazeno bylo 5 (Bolina, Kompakt, Nitran, Pribina, Sladar). Nejvýznamnější odrůdou byl a stále je Francin se svou vynikající odolností proti chorobám, především padlí (9), dále Overture (8,8). Overture vyniká svým vysokým výnosem předního zrna. Velký úspěch měla také Montoya se svou hodnotou ukazatele sladovnické kvality 8,3 bodu. Následující rok bylo zapsáno ve státní odrůdové knize 70 odrůd ječmene. Nově přibyly Gesine, Kampa, KWS Amadora, Prunella, Sanette a vyřazeny byly Bernstein, Monalisa a RGT Otakar. KWS Amadora vynikla svou odolností proti padlí (9) a vynikajícím výnosem předního zrna. Svou pozornost si zasloužila také Sanette svou hodnotou ukazatele sladovnické kvality (8,1 bodu). Rok 2016 by se na první pohled kvantitou nezdál tak významný, ale kvalita tento nedostatek předčila. Nově zapsané byly čtyři vynikající odrůdy Libuše (8,9 USJ, středně vysoká odolnost), Manta, Pionier (vysoká odolnost- 8,9 rezistence proti padlí, 7,9 USJ) a Tango (střední odolnost, 8,8 USJ). Vyřazeny byly Acrobat, Jazz, Tocada,

celkově zapsáno bylo 72 odrůd. Rok 2017 nebyl zápisově převratný, přibyly (Leenke, LG Monus, Soulmate) a vyřadily se Calgary, Concerno a Henley. Zapsáno v SDO bylo 70 odrůd ječmene. Velmi významnou odrůdou je LG Monus, která byla doporučena Výzkumným ústavem pivovarským a sladařským pro výrobu piva s CHZO „České pivo“. Dále jsou kladně hodnocené i Soulmate (velmi vysoký výnos předního zrna, střední odolnost, USJ 8,5) a Leenke především pro USJ 9. V roce 2018 je konečný počet 70 zapsaných odrůd v SDO. Nově bylo zapsáno 7 (Accordine, KWS Fantex, LG Nabuco, Pilote, Pop, Remark, Spitfire) a zároveň vyřazeno 7 odrůd (Advent, Akcent, Aksamit, Despina, Leenke, Nordus, Sanette). Předpolední sledovaný rok bylo zapsáno 6 odrůd (Cosmopolitan, Ismena, Klarinette, Laureate, LG Aurus, Runner) a výjimečně nedošlo k vyřazení. Celkový počet tedy činil 76 odrůd. Poslední sledovaný rok došlo k rekordnímu vyřazení celkem třinácti odrůd (Forman, Gesine, Henrike, Heris, Kontiky, Libuše, Lilly, Paulis, Remark, Signora, Signum, Streif, Wiebke), kompenzací byly nové odrůdy Adam, Avus, Fandaga, LG Ester (která nese CHZO „České pivo“), LG Tosca a tímto byl celkový počet zapsaných odrůd 67.

Tabulka 4.2: Počet odrůd zapsaných ve státní odrůdové knize v letech 2010-2020 (Vlastní zpracování, 2022)

Sledovaný rok	Počet zapsaných odrůd
2010	54
2011	56
2012	58
2013	64
2014	68
2015	70
2016	72
2017	70
2018	70
2019	76
2020	67

V průběhu deseti let (2010-2020) viz. tabulka 4.2, došlo k zapsání 60 a vyřazení 46 odrůd. Procentuálně tedy vzrostl počet nově vyšlechtěných odrůd v porovnání roku 2010 (54) a roku 2020 (68) o 25,9 %.

Nejvýznamnější a nejvíce vykupované odrůdy sladovnického ječmene v jsou:

BOJOS ^{CPG}

Sladovnická odrůda, doporučena Výzkumným ústavem pivovarským a sladařským pro výrobu piva s CHZO „České pivo“ (Dvořáčková et. al, 2020). Oceněná cenou Grand prix Techagro 2006. (Zimolka a kol., 2006) Dlouhodobě jedna z nejvíce pěstovaných odrůd v ČR, preferovaná téměř všemi sladovny. Rostliny jsou středně vysoké až vysoké, středně odolné proti poléhání. Předností je vysoký výnos předního zrna v obou variantách v kukuřičné oblasti a v neošetřené variantě v řepařské a obilnářské oblasti. Rizikem je menší odolnost proti napadení rhynchosporiovou skvrnitostí (Dvořáčková a Horáková, 2019) a nízký výnos předního zrna v ošetřené variantě pěstování v obilnářské oblasti uvádí Dvořáčková et. al (2020). Zrno je středně velké. Udržovatel: Limagrain Central Europe Cereals, s.r.o., Registrace: 2005 (Dvořáčková et al., 2020). Hodnota ukazatele sladovnické kvality je 6,7. Odrůda byla vytvořena pedigree metodou a byly vybrány homozygotní rodiče Madonna x Nordus. Odrůda je registrována pod kódem HE 8621 B.

FRANCIN ^{CPG}

Sladovnická odrůda, doporučena Výzkumným ústavem pivovarským a sladařským pro výrobu piva s CHZO „České pivo“, preferovaná některými sladovny. Rostliny jsou středně vysoké. Zrno je středně velké. Odrůda je středně odolná proti napadení padlím ječmene na listu. Přednosti: střední odolnost proti poléhání Pěstitelská rizika: menší odolnost k abiotické nekrotické skvrnitosti ječmene Udržovatel: SELGEN, a.s. Registrace: 2014 (Dvořáčková et al., 2020). Hodnota ukazatele sladovnické kvality 5,2 bodu. Odrůda byla vytvořena pedigree metodou a byly vybrány homozygotní rodiče ST 3578/04 x Sebastian. Odrůda je registrována pod kódem SG-S 391.

LAUDIS 550 ^{CPG}

Sladovnická odrůda s výběrovou sladovnickou jakostí, doporučena Výzkumným ústavem pivovarským a sladařským pro výrobu piva s CHZO „České pivo“, preferovaná téměř všemi sladovny. Rostliny jsou středně vysoké, středně odolné proti poléhání. Zrno je středně velké až malé (Dvořáčková et al., 2020). Předností je vysoký výnos předního zrna v obou variantách v kukuřičné oblasti a v neošetřené variantě v řepařské oblasti (Dvořáčková a Horáková, 2019). Dvořáčková et. al (2020) dále popisují Pěstitelská rizika: menší odolnost proti napadení komplexem listových skvrnitostí menší odolnost k abiotické nekrotické skvrnitosti ječmene Udržovatel: Limagrain Central Europe Cereals, s.r.o. Registrace: 2013. Hodnota ukazatele sladovnické kvality

7,2 bodu. Odrůda byla vytvořena pedigree metodou a byly vybrány homozygotní rodiče Bojos x Sebastian. Odrůda je registrována pod kódem HE 550 A.

BLANÍK ^{CPG}

Rostliny středně vysoké až vysoké, méně odolné proti poléhání. Zrno středně velké. Rizikem je nízký výnos předního zrna v řepařské a bramborářské oblasti, menší odolnost proti napadení hnědou skvrnitostí a rhynchosporiovou skvrnitostí. Udržovatel: Limagrain Nederland B.V., Nizozemsko Zástupce v ČR: Limagrain Central Europe Cereals, s.r.o. Registrace: 2007 (Dvořáčková a Horáková, 2019). Hodnota ukazatele sladovnické kvality 4,5 bodu. Odrůda byla vytvořena pedigree metodou a byly vybrány homozygotní rodiče NFC 495-17 x Madonna. Odrůda je registrována pod kódem Cebeco 0367.

MALZ ^{CPG}

Další významnou odrůdou uvádí (Dvořáčková et al., 2020). s výběrovou sladovnickou jakostí, doporučena Výzkumným ústavem pivovarským a sladařským pro výrobu piva s CHZO „České pivo“, preferovaná téměř všemi sladovny. Rostliny jsou středně vysoké, středně odolné proti poléhání. Zrno je středně velké. Odrůda je méně odolná proti napadení padlím ječmene na listu. Přednosti: univerzální odrůda vhodná na výrobu sladů na standardní i České pivo střední odolnost proti napadení komplexem listových skvrnitostí Pěstitelská rizika: nízký výnos předního zrna ve všech oblastech a variantách pěstování. Dalším rizikem je dle Dvořáčková a Horáková (2019), menší odolnost proti napadení padlím travním. Dvořáčková et. al (2020) dále doplňuje: Udržovatel: Limagrain Central Europe Cereals, s.r.o. Registrace: 2002. Hodnota ukazatele sladovnické kvality 6,5 bodu. Odrůda byla vytvořena pedigree metodou a byly vybrány homozygotní rodiče Famin x Scarlett. Odrůda je registrována pod kódem HE 7513.

MANTA ^{CPG}

Sladovnická odrůda s výběrovou sladovnickou jakostí, doporučena Výzkumným ústavem pivovarským a sladařským pro výrobu piva s CHZO „České pivo“. Rostliny jsou středně vysoké. Zrno je středně velké. Přednosti: střední odolnost proti poléhání tvrdí (Dvořáčková et al., 2020), další přednost odrůdy doplňuje (DEHNER, 2022) a to, že má schopnost relativně dobře udržet nižší hladinu NL v zru i v suchých ročnících. Pěstitelská rizika: nízký výnos předního zrna ve všech oblastech a variantách pěstování Udržovatel: Ackermann Saatucht GmbH & Co. KG, Německo Zástupce v ČR: SAATEN – UNION CZ s.r.o. Registrace: 2016 (Dvořáčková et al., 2020). Hodnota

ukazatele sladovnické kvality 6,4 bodu. Odrůda byla vytvořena pedigree metodou (Claire x Quench) x Lilly. Odrůda je registrována pod kódem AC 07/547/417.

OVERTURE ^{CPG}

Sladovnická odrůda s výběrovou sladovnickou jakostí. Rostliny středně vysoké, středně až méně odolné proti poléhání. Zrno středně velké. Předností je vysoký až velmi vysoký výnos předního zrna v řepařské, obilnářské a bramborářské oblasti a střední odolnost proti napadení rhynchosporiovou skvrnitostí. Rizikem je nízký výnos předního zrna v kukuřičné oblasti. Udržovatel: Limagrain Europe Zástupce v ČR: Limagrain Central Europe Cereals, s.r.o. Registrace: 2014 (Dvořáčková a Horáková, 2019). Hodnota ukazatele sladovnické kvality činí: 7,7 bodu. Odrůda byla vytvořena pedigree metodou a byly vybrány homozygotní rodiče Cornerto x Quench. Odrůda je registrována pod kódem NSL07-8120-A.

4.4 Výsledky zkoušek užitné hodnoty odrůd

Křen a Míša (2012) uvádějí, že jsou cenným zdrojem informací především o nově registrovaných odrůdách, případně perspektivních genotypech, které by mohly být registrovány v blízké budoucnosti. Výsledky jsou vztaženy k půdně-klimatickým podmínkám zkušebních oblastí a podmínkám hospodaření u nás. Odrůdy obilnin musejí před registrací projít nejméně tříletým zkoušením, zveřejňovány jsou nicméně i jednoleté výsledky zkoušek. Cenným zdrojem informací o odrůdách jsou výsledky pokusů pro Seznamy doporučených odrůd (SDO). Tyto pokusy jsou prováděny pod metodickým vedením ÚKZÚZ. Do SDO se zařazují nové nadějně odrůdy, které prošly registrací a/nebo jsou perspektivní z hlediska uplatnění v podmínkách ČR. Význam SDO spočívá především v objektivnosti výsledků dané:

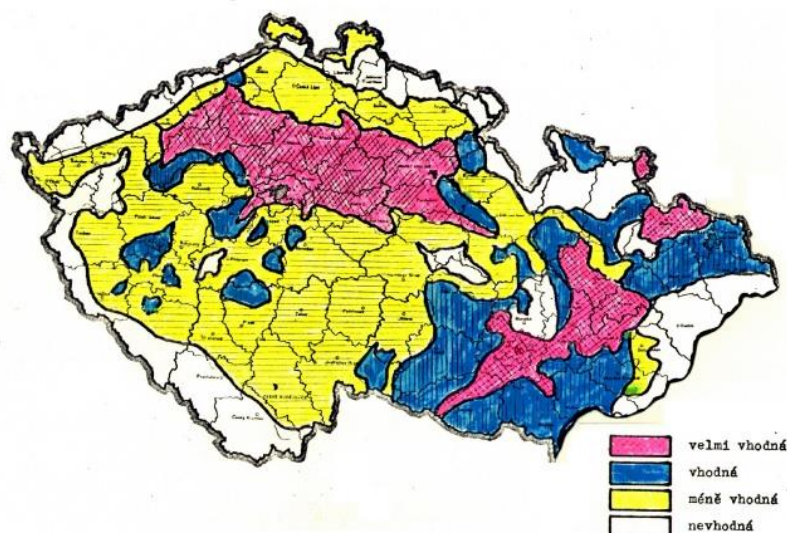
- Hodnocením a doporučováním odrůd z pozice jejich uživatelů, nikoli majitelů, kteří mají zájem na jejich uplatnění.
- Poskytováním výsledků zkoušení odrůd na dvou intenzitách vstupů za více let podle výrobních oblastí v ČR.
- Doporučování je prováděno na základě minimálně čtyřletého zkoušení.

5 Pěstování a kvalita sladovnického ječmene

Pěstování sladovnického ječmene a výroba sladu má u nás dlouholetou tradici. V současné době je Česká republika s výrobou cca 550 tisíc t sladu 5. největším producentem této suroviny v Evropské unii. Český slad má nejen v Evropě, ale i ve světě velmi dobrý zvuk a patří mezi významné exportní komodity. Každoročně se ho vyveze okolo 250 tisíc tun (Hudec, 2020).

Ječmen se k výrobě piva používá už zhruba deset tisíciletí. Má výjimečnou schopnost přežít i v extrémních teplotách, proto je velmi rozšířený ve své původní i šlechtěné podobě. V pivovarství se používají dva hlavní typy ječmene: dvouřadý a šestiřadý. Zrna šestiřadého jsou plodnější než zrna dvouřadého, jež jsou ale větší. Tato vytrvalá houževnatá rostlina je dvoudomá, což znamená, že se vyskytuje jak v samčí, tak samičí podobě, pro vaření piva se však používají pouze samičí jedinci (Kunath, 2012). Vzhledem k velice krátké vegetační době (90-130 dnů), své biologické povaze-má malou listovou plochu (praporcový list), slabšímu a málo aktivnímu kořenovému systému ječmen velmi citlivě reaguje na všechny stresové podmínky, a tedy i na každou pěstitelskou chybu (Gall, 2014). Dále doplňuje Šilha a kol. (2011), že důležitým aspektem pro sladovnický ječmen je volba předplodiny, která má vliv na zdravotní stav, odnožovací schopnost a souvisí s uvolňováním N mineralizací.

V České republice se nepěstují speciálně šlechtěné odrůdy pro ekologické zemědělství. Používají se odrůdy vyšlechtěné pro konvenční zemědělství, tedy pro hospodaření s vysokými vstupy průmyslových hnojiv a pesticidů. Pokud dojde k pěstování sladovnického ječmene ekologickým směrem, tak v těchto ekologických podmínkách nebo v režimu „low-input“ se odrůdy musí vyrovnat s nízkými obsahem živin v půdě, přítomností plevelů a tlakem chorob a škůdců a uchovat si přiměřený výnos a kvalitu. Protože se v ekologickém zemědělství nepoužívají rychle působící dusíkatá hnojiva, jsou pro rostliny mnohem důležitější živiny zpřístupněné mineralizací organických látek dodaných do půd, hlavně statkovými hnojivy a zeleným hnojením. Porosty v ekologickém zemědělství zakládají méně odnoží a jsou proto řidší. Tento fakt snižuje výskyt některých chorob, např. padlí, a riziko polehnutí. Pro odolnost vůči plevelům je důležitý rychlý růst na jaře, schopnost odnožit i při nižším obsahu dusíku v půdě a dostatečná pokryvnost. Délka vegetace bývá kratší kvůli dřívějšímu zaschnutí listů. Nižší obsah přístupného dusíku v půdě může vést k nižšímu obsahu bílkovin v zrně, což může být u sladovnického ječmene výhodou (Svobodová et.al, 2017).



Obrázek 5.1: Vhodnost oblastí pro pěstování sladovnického ječmene v ČR (Křen a Míša, 2012)

5.1 Plochy jarního ječmene v letech 2010-2020

Tabulka 5.1: Plochy jarního ječmene v ČR 2010-2020 (Vlastní zpracování, 2022, dle Český statistický úřad)

		2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Jarní ječmen	P (plocha) [ha]	278 718	271 972	284 326	242 727	247 590	261 406	221 719	230 529	222 122	211 876	217 279
	S (sklizeň) [t]	1 088 670	1 345 940	1 226 082	1 119 061	1 376 360	1 420 443	1 207 811	1 144 144	1 095 472	1 073 948	1 118 268
	V (výnos) [t/ha]	3,91	4,95	4,31	4,61	5,56	5,43	5,45	4,96	4,93	5,07	5,15

Tabulka 5.1 znázorňuje vývoj ploch a sklizní ječmene, v České republice ve sledovaných deseti letech. V České republice došlo během deseti let (2010-2020) ke snížení osevních ploch jarního ječmene o 61 439 ha, což se rovná 22 %.

5.2 Vliv agrotechnických faktorů na výnos a kvalitu sladovnického ječmene

Agrotechnická lhůta je obecně kalendářně stanovena, avšak opožděné setí není definováno datem v kalendáři, ale zpožděním proti optimálnímu termínu v příslušném ročníku (vždy záleží na podmínkách konkrétního ročníku, nástupu jara a vytvoření vhodných podmínek). Tímto zpožděním dochází jak ke snížení výnosu, tak ke zhoršení

sladovnické kvality (zvyšuje se obsah bílkovin v zrně a klesá podíl předního zrna) (Svobodová et.al, 2017).

Všeobecně se pod jarní ječmeny doporučuje provádět podzimní orbu, ať už po cukrovce nebo po horších předplodinách (obiloviny, kukuřice), aby došlo k zapravení posklizňových zbytků a snížení rizika výskytu chorob z posklizňových zbytků obilovin a kukuřice. Jarní ječmen sejeme na jaře co nejdříve, jakmile nám to podmínky dovolí, tvrdí Skládal a kol., (1959). Sladovnickému ječmeni škodí jarní orba, i když se orá mělce, přesto dochází na teplém jarním vzduchu k rychlému proschnutí celé obráčené půdní vrstvy, takže osivo po zasetí přichází do půdy silně přeschlé, kde ke klíčení chybí vláha. To ovšem neznamená, že se setí jarního ječmene musí provádět do vlhčí půdy. Jarní ječmen je náchylný na extrémně vlhkou půdy z důvodu „zamazání osiva“, doplňuje Zimolka a kol., (2006).

Jarní přípravě půdy je potřeba věnovat zvýšenou pozornost a zabezpečit pro sladovnický ječmen set'ové lůžko v hloubce 30-50 mm, protože právě předset'ová příprava vytváří předpoklady pro udržení dobrého strukturního stavu půdy po celou dobu vegetace. Používají se brány, smyky, ale stále častěji různé druhy kombinátorů (Zimolka a kol., 2006).

V roce 2010 byly podmínky pro pěstování sladovnického ječmene v ČR velmi rozdílné. V úrodných oblastech Polabí a Hané se dařilo všem odrudám. Excelentních výsledků v těchto oblastech dosahovaly více odnoživé odrůdy jako je Sebastian a Xanadu. V oblastech s dostatkem srážek (jako je Vysočina) se všechny odrůdy pěstovaly bez výrazných problémů. Problémové byly suché oblasti a oblasti ve srážkovém stínu. V takových lokalitách odrůdy reagovaly na průběh daného ročníku. V dosavadních letech byly za předpokladu ročníku s alespoň průměrnými srážkami rozdíly mezi odrůdami malé, a i méně odnoživé odrůdy dávaly uspokojivý výnos. Problém nastal při přísušku, kdy tyto odrůdy výrazně propadly, jak výnosově, tak kvalitativně. Průměry (teplotní a srážkové) ročníku 2010 s ohledem na kvalitu a výnos předního zrna byly v normě (Černý, 2010).

Bezdičková et. al (2013) popisuje, že záslužným počinem, umožňujícím srovnání nejrůznějších technologií a přístupů k agrotechnickým zásahům v technologii sladovnického ječmene, bylo zorganizování a provedení pokusů, srovnávajících nejrůznější technologie pěstování sladovnického ječmene Dr. Tvarůžkem se svým kolektivem ze ZVÚ Kroměříž v roce 2013, kde bylo použito 16 technologií u standartních odrůd sladovnického ječmene. Výsledky provedeného pokusu naznačují, že k pěstitelské

technologii sladovnického ječmene můžeme přistupovat s různým pohledem, v odůvodněných případech však zvýšené náklady na ochranu a regulaci porostů nemusí představovat pouze vyšší vynaložené náklady na hektar, ale přinesou i očekávaný benefit ve formě vyššího výnosu v požadované kvalitě. Je však třeba podotknout, že uplatňování intenzivních pěstitelských technologií klade vyšší nároky na znalosti a zkušenosti agronoma, případně poradce, odměnou za tuto náročnost však je vysoký výnos v odpovídající kvalitě, a tedy i vysoká rentabilita pěstování (Bezdičková et al., 2013).

Svobodová et. al (2017) uvádí, že v pokusech prováděných roku 2014 byla porovnávána polní vzcházivost u kategorií osiva ječmene jarního ekologického certifikovaného, ekologického farmářského z horších a lepších půdně – klimatických podmínek a konvenčního. Z pokusů vyplynulo, že ekologické farmářské osivo z lepších půdně – klimatických podmínek se může z hlediska kvality osiva vyrovnat osivu ekologickému certifikovanému. Osivo z horších farmářských podmínek může mít nižší polní vzcházivost, konvenční osivo může být (podle ročníku) i na horší úrovni než ekologické z lepších podmínek nebo ekologické certifikované. Kvalitně namořené osivo v konvenčním zemědělství má lepší vzcházivost a rostliny vzešlé z tohoto osiva mají větší odolnost vůči chorobám. V ekologickém zemědělství jsou povolena pouze dvě mořidla. Jedná se o Polyversum a Tillecur.

Pro rostliny je důležité, aby co nejdříve po zasetí vytvořily co nejvíce biomasy, tedy silné, dobře odnožené rostliny, které budou lépe odolávat stresu. Také, pokud na konci vegetace přijde přísušek (krátkodobé období sucha), aby se dusík uvolněný z půdy rozředil v narostlé rostlinné hmotě a neuložil se v zrna. Tento stav se zabezpečí tím, že rostliny budou podpořeny hned na začátku vývoje kvalitní výživou (Popelka, 2018). Jedním z moderních přípravků takové podpory je přípravek Systiva®. Po zavedení do praxe (roku 2015) došlo k zásadnímu zjednodušení agrotechniky, tedy především ochrany jarních ječmenů. V tomto roce bylo oseto cca 10–15 tis. ha ječmene se Systivou. Během následujících tří let došlo ke skokovému nárůstu používání. Roku 2017 bylo namořeno více než 30 % ječmene, bylo tedy sklizeno cca 60–70 tisíc hektarů ječmene ošetřených přípravkem Systiva®. Jedná se tedy o první nepostřikový fungicid určený k dlouhodobé ochraně obilnin před houbovými chorobami od vzcházení porostů až do fáze počátku vývoje praporcového listu. Přínosem je tedy tzv. AgCellecence® efekt, který pozitivně ovlivňuje fyziologii ošetřených rostlin, díky čemu je dosaženo vitálnějšího a mohutnějšího kořenového systému, vyššího počtu produktivních

odnoží, lepšího příjmu vláhy a živin a celkově větší odolnosti vůči stresovým faktorům prostředí, vysvětluje Klap (2017). V roce 2018 byl na pokusné stanici Mendelovy univerzity v Žabčicích proveden pokus v jarním ječmeni, kde byl zkoumán vliv moření a fungicidního ošetření na výnos. Výsledek byl velmi zajímavý, protože přípravek Systiva® dokázal zvýšit výnos o 16,8 %. Tato varianta měla lepší výsledek než klasické mořidlo + fungicidní ošetření dvěma přípravky (KintoDuo + Priaxor + Osiris). Bylo to způsobeno průběhem počasí v tomto ročníku. Díky tomu, že rostliny byly od začátku vývoje v lepší kondici, dokázaly lépe vzdorovat suchému počasí. Na této stanici napršelo od setí do sklizně pouze 106,4 mm (o 58,2 mm méně, než je dlouhodobý průměr), průměrná teplota v tomto období však byla o 3,7 °C vyšší, než je dlouhodobý normál. Z uvedeného vyplývá, že Systiva® dokáže výrazně zvýšit výnos i při nepříznivých klimatických podmínkách a zlepšit ekonomiku pěstování jarního ječmene popisuje Popelka (2018). Doporučená dávka přípravku je 0,75 l (Klap, 2017). Náklad na hektar je podle výsevku a ceny dodavatele cca 400–600 Kč/ha. Opakovaně se v praxi potvrdilo, že tento přípravek dokáže udržet porosty jarního ječmene zdravé až do fáze praporcového listu, a tím ušetřit minimálně jednu aplikaci fungicidu. Tento přípravek je mezi tradičními pěstiteli sladovnických ječmenů dobře známý, kdo si ho jednou vyzkoušel, tak ho nyní používá na celé ploše, protože jeho přínos je velmi dobře viditelný a přesvědčivý (Popelka, 2018).

Současné pěstování jarního ječmene se zásadně liší od toho minulého. Počínaje pěstitelskou oblastí. Oteplování vyvolává ztrátu vláhy. Ječmen jde za „vodou“ do bramborářské oblasti. Přesto ale úrodná a kapilárně aktivní půda, například Haná dávala roku 2019 nejvyšší výnosy a rozhodovala produkcí. Dřívější pěstitelská technologie byla velmi jednoduchá. Jarní ječmen se pěstoval skoro výlučně v řepařském výrobním typu, tedy v úrodné oblasti s dobrou kapilaritou půdy. Zařazoval se hlavně po cukrovce, hnojil se tak do 40 (60) kg N/ha. Výsev probíhal na jaře co nejdříve s myšlenkou „nezamazat“ osivo s mezířádky 125 mm (užší byly spíše prospěšné), výsevek činil podle oblastí zhruba 3–5 (MKS) milionu klíčivých zrn na hektar. Odrůdy byly domácího původu. Požadavek asi na 1000 klasů/m² se nemění. Stejně neměnné jsou požadavky na kvalitu, které jsou uvedené v následující podkapitole (5.3). Příprava půdy je možná jak orebně, tak i bezorebně. Vhodné je už na podzim provést základní přípravu půdy, jak již bylo výše zmíněno. Důležité je brát v úvahu minimalizaci, tedy, že čím více minimalizujeme, tím více musíme dbát o vyšší dávku i počet vstupů. Důležité je šetřit pojezdy. Každý přejezd empiricky znamená ztrátu 20 mm vody. Termíny

setí jarního ječmene zůstávají stálé (od 25.3. do 15.4.) stejné, pokud jsou ovšem v daném termínu vhodné podmínky (Venclová et.al, 2019).

Pro zlepšení odolnosti proti poléhání, je pro jarní ječmen registrováno několik přípravků na bázi účinné látky etephon. Využití u sladovnického ječmene se ale příliš nedoporučuje, a to z důvodu nebezpečí reziduí v zrně. Ale pro zlepšení kvality porostu a stimulaci výnosu je při vyšší intenzitě pěstování vhodné využít přípravek Sunagreen.

Roku 2019 prof. Vašák a kolektiv zkoušeli předzimní setí, které je v teplých zimách reálné. Osivo ječmene je podle autorů potřeba mořit (Sunagreen apod.). Jak dále prof. Vašák uvádí, velmi se zvýšilo hnojení dusíkem. „Chceme přeci 6–10 tun zrna na hektar, a to odebere nejméně 120–200 kg N/ha,“ připomíná. Zatímco síra je pro výnosy a kvalitu ječmene spíše zápor, u draslíku je to opačně. Skoro jím nehnojíme 30–40 let. Přitom snižuje vliv sucha. I když rozborů ukazují dobrou zásobu K v půdě, listové hnojivo s dávkami asi 3–5 kg K/ha je pro nastartování odběrů velmi důležité, doplňuje k výživě dokončuje Veclová et.al (2019). Teorie prof. Vašáka jsou ve více názorech odborníků shrnuté jako velmi nadsazené. Černý a kol. (2020) problematiku hnojení dusíkem rozvádí o poznatky z teoretického výpočtu odběru a potřeby N pro sladovnický ječmen. Tento výpočet může být odvozen z odběrového normativu, tj. potřeby dusíku na jednu tunu hlavního produktu, tedy zrna. Většina publikací se shoduje, že odběrový normativ dusíku jarním ječmenem je 22–25 kg N na jednu tunu zrna. U sladovnického ječmene se však musíme držet nižších hodnot (důvodem je vliv N na kvalitu zrna), tj. 22 kg N/t zrna, pak pro výnos 3 t/ha by měla rostlina mít k dispozici 66 kg N, pro výnos 5 t/ha 110 kg N/ha a pro výnos 7 t/ha 154 kg N/ha. Může se to zdát přehnaně vysoká dávka, ale není. Výpočet potřeby N pro ječmen lze uskutečnit i obráceně. Jestliže chceme dosáhnout maximálně 11 % dusíkatých látek v zrně (NL), pak při použití „koeficientu“ 6,25 pro přepočtení obsahu dusíku v bílkovinném komplexu zrna ječmene vypočteme obsah dusíku v zrně. 11 % NL: $6,25 = 1,76 \% \text{ N}$. Ve 100 kg zrna je tedy 1,76 kg N čili 17,6 kg N v jedné tuně. Nesmíme zapomenout, že část dusíku je na konci vegetace také ve slámě (cca 0,4 %, tedy 4 kg N/t slámy). Poměr výnosu zrna a slámy jarního ječmene je přibližně 1:0,6. Na jednu tunu zrna tak připadá přibližně 0,6 t slámy. Pokud tyto údaje přepočteme na dusík, odebere rostlina 17,6 kg N na výnos jedné tuny zrna a 2,4 kg N na výnos 0,6 t slámy. Celkem 20 kg N. Přibližně 10 % z celkového odběru dusíku nadzemní biomasou je lokalizováno v kořenech, což jsou 2 kg N. Výsledná potřeba dusíku na jednu tunu výnosu sladovnického ječmene při obsahu 11 % NL je 22 kg N. Stejně číslo, se kterým se počítalo na začátku. Dále

se v roce 2019 české pivovarnictví začalo orientovat na vysokou kvalitu produkce s ohledem na kvalitu piva i na dražší sladovnický ječmen pro „České pivo“ (Vašák, 2020).

Dbalo se na dodržení několika podmínek v pěstitelské technologii:

1. Šetření s vláhou – příprava půdy na podzim a následně na jaře příprava jen jedním přejezdem, nebo přímé setí.
2. Setí a přimoření osiva – jednoznačné setí na široko, do úzkých řádků a co nejdříve. Čím horší podmínky tím vyšší výsevek. Docházelo až ke 40 % mortalitě rostlin po vzejití, proto se přimoření osiva udělalo vždy
3. Hnojení – hnojení před setím v kombinaci s hojením pod patu. Vhodná je aplikace blendu před setím (N, P, K, S, Mg) s ohledem na předplodinu a lokalitu. Všeobecně dobré předplodiny (brambory, luskoviny, mák atd.) pak směs obsahuje 50 kg N, 50 kg P₂O₅, 60 K₂O, 30 kg S a hořčík dle potřeby.
4. Regulace porostu – pozvolná a přiměřená. Razantní, jednorázová regulace může snížit výnos až o 1 tunu/ha.
5. Využití sofistikované foliární výživy. To znamená kombinaci stimulátorů růstu s foliární výživou.
6. Uplatnění principu integrované ochrany – fungicidní ochrana je v závislosti na průběhu počasí (Černý, 2020).

V roce 2020 byl sladovnický ječmen pěstován v sušších podmínkách jižní Moravy po třech různých předplodinách. Předplodinami byla kukuřice na zrno (v modelovém pětihoonném osevním postupu při hospodaření bez živočišné výroby), cukrovka (v sedmihoonném osevním postupu s živočišnou výrobou) a jarní ječmen (v dlouhodobé monokultuře). Kromě vlivu ročníku a předplodiny byl sledován vliv dvou technologií zpracování půdy – orba na 24 cm a kypření do hloubky 15 cm. Výnosové výsledky u jarního ječmene byly v relaci s průběhem počasí ve vegetačním období. Příčinou nižších výnosů byl především častější výskyt vysokých teplot vzduchu (vyšších, než je dlouhodobý průměr) a sucha. Za takových okolností dochází ke stresovým podmínkám, kdy rostliny vytvářejí nižší počet odnoží, redukují počet klasů, případně je zrno malé (podle toho, v jaké růstové fázi dojde ke stresovým podmínkám). Jako je tomu příklad rok 2018. Kromě vlivu ročníku, který není šance ovlivnit, stojí za povšimnutí vliv předplodiny na výnos. Nejvyšší výnos byl při pěstování ječmene po sobě v dlouhodobé monokultuře, naopak k poklesu výnosu došlo po kukuřici na zrno, která zhoršovala vláhovou bilanci. Nižší výnosy jsou v posledních letech dosahovány i po

cukrovce, právě z důvodu odčerpání vody sklizní, což dokumentuje řada výsledků z provozních podmínek (Smutný a kol., 2020). Roku 2020 také došlo k zákazu některých klíčových fungicidních látek, zejména propiconazolu, fenpropimorfu, chlorothalonilu a dalších, takže jednoznačné ukotvení předešlých technologických postupů nebude v budoucích letech používáno. Zavedení nových technologií pro zachování kvality sladovnického ječmene je otázka budoucího vývoje.

V současné době se upřednostňují v technologii sladovnického ječmene talířové podmiatače a radličkové kypřiče, které půdu zejména dobře drobí. Pro lepší provokaci semen plevelů a výdrolu ke vzcházení se doporučuje, zvláště v suchých podmínkách, ošetřit podmiatku válením (Svobodová et. al, 2017)

V neposlední řadě je třeba zmínit, že se Česká republika v posledních letech setkává s opakovanými výkyvy počasí v průběhu celého pěstování sladovnického ječmene, které ovlivňují výnos i kvalitu produkce. Zvláště v posledních letech převládají delších období sucha. Jeho negativní projevy jsou částečně kompenzovány zrnitostně těžší půdou fluvizemního typu s dostupnou hladinou podzemní vody kolísající v hloubce 0,8–2,5 m pod povrchem půdy. Tyto půdní podmínky dávají předpoklad pro vysoký výnosový potenciál plodin, ale zvláště pro plodiny ozimého charakteru. Jde o podmínky zcela odlišné od stanovišť s lehkými písčitymi půdami ve stejné oblasti, kde limitní srážky a vysoké teploty spojené s velkou evapotranspirací vytvářejí extrémní stresové situace pro rostliny (Smutný a kol., 2020).

5.3 Kvalita sladovnického ječmene

Kvalita sladovnického ječmene staví své základy na kvalitě zrna, která je úzce spjatá s povětrnostními a půdně klimatickými podmínkami, lokalitou, agrotechnickými zásahy, počínaje předsetřovou přípravou půdy, hnojením, ošetřováním proti chorobám a škůdcům, sklizní a také zvláště významnou posklizňovou úpravou. Právě sklizeň je jedním ze zásadních kroků celé výroby kvalitního zrna. Jarní ječmen se sklízí po dosažení plné zralosti, tedy v 91DC. V této fázi již ustala asimilační činnost, zárodek obilky je plně vyspělý a zásobní látky v zrně jsou zpravidla v optimálním poměru, uvádí Černý a kol. (2007). Dalším z nejdůležitějších faktorů ovlivňující kvalitu sladovnického ječmene je stres v závislosti na suchu. Abiotický stres způsobuje nestabilitu a zhoršení kvality sladovnického ječmene, vysvětluje Hong a Zhang (2020).

Ke kvalitě zrna se vztahují kritéria jeho kvality při výkupu, která jsou řízená normou ČSN 461100-5. Jedná se o tři hlavní kritéria, která dále sledují kvalitativní údaje.

1. Mechanické vlastnosti zrna
2. Chemické vlastnosti zrna
3. Biologické vlastnosti zrna

Mechanické vlastnosti zahrnují tři hlavní body, prvním z nich je podíl předního zrna. Podíl předního zrna znamená podíl zrna nad sítím o velikosti 2,5 mm. Stanovuje se na sítích o velikosti 2,5 mm x 22 mm (tedy přepad) a 2,2 mm x 22 mm (zbytek tvořící odpad). Minimální hodnota podílu předního zrna je 85 %. Podíl předního zrna sladovnického ječmen je ovlivněn jak geneticky, tak prostředím a samotný ovlivňuje obsah extraktů a rovnoměrnost klíčení. Druhou z mechanických vlastností je důležitost barvy obilky. Barva by měla být ideálně slámově žlutá. Prvním signálem snížení kvality jsou zahnědlé špičky zrn. Zahnědlé špičky a estetické vady jsou důvodem neprodejného sladu. Barva obilky je ovlivněná především počasím, a to v době sklizně. Třetí mechanickou vlastností je podíl příměsí, které se rozdělují na dvě části. První z nich jsou ZPSN (zrna příměsí sladařsky nevyužitelných), zahrnující mechanicky poškozená a fyziologicky (porostlá zrna), biologické poškození (výskyt plísní), zlomky zrn nebo zrna zelená. Hodnota ZPSN musí být maximálně do 3 %. A druhou z nich jsou ZPSCV (zrna příměsí sladařsky částečně využitelné), tedy zrna s osinou, zrna se zahnědlými špičkami a zrna nahá. Hodnota ZPSCV musí být maximálně do 6 %.



Obrázek 5.2: Vizuální posouzení poškození zrn ječmene (Zimolka a kol., 2006)

Do chemických vlastností se řadí obsah bílkovin v zrně neboli obsah N – látek v sušině, který by měl být minimálně 10 % a maximálně 12 %. Pokud zrno sladovnického

ječmene obsahuje vyšší % bílkovin, zapříčiňuje tím snížení extraktivnosti, tvoří se velká srážlivost a snižuje se tvorba základů piva. Pokud je obsah bílkovin v zrně nižší, pivo má menší pěnovost a kvasinkám chybí stavební látky pro tvorbu buněk. Obsah bílkovin ovlivňuje pěstitel, a to především N hnojením.

Do biologických vlastností patří klíčivost, která by měla být minimálně 96 %. Hodnotí se po 120 hodinách a navazující energie klíčivosti, která by měla být více než 95 %. Hodnotí se po 72 hodinách. Biologická vlastnosti ovlivňuje především pěstitel, a to v závislosti na době sklizně, posklizňové úpravě a skladování.

Další analyzované parametry kvality zrna sladovnického ječmene se stanovují po provedeném mikrosladování v zrně sladu. Jsou to: extrakt, relativní extrakt, Kolbachovo číslo, diastatická mohutnost, dosažený stupeň prokvašení, friabilita a obsah beta – glukanu ve sladince. Z hodnot analyzovaných parametrů je poté vypočítáno celkové bodové ohodnocení odrůdy v rozmezí 1-9 bodů, přičemž 9 bodů znamená absolutní sladovnickou špičku. Sladovnický ječmen musí dále odpovídat požadavkům stanoveným v normě ČSN 46 1010. Sladovnický ječmen musí být tedy zdravý, vyžralý, bez škůdců a cizích pachů. Nesmí obsahovat zrna s pluchou zjevně naplesnivělou a plesnivou. Při dodávkách sladovnického ječmene musí být v průvodních dokladech deklarováno umělé sušení a odrůda sladovnického ječmene (Hubík a Mareček, 2002).

Tabulka 5.2: Průměrné hodnoty kvality sladovnického ječmene v ČR 2010-2020 (Vlastní zpracování, dle ÚKZÚZ, Kvasný průmysl, Ministerstvo zemědělství)

Rok	Vlhkost (%)	Přepad (%)	Zrnové příměsí sladařsky nevyužitelné (%)	Zrnové příměsí sladařsky částečně využitelné (%)	N – látky v sušině (%)	Klíčivost (%)
2010	13,3	87,9	1,3	4,2	11,0	98,0
2011	13,4	95,2	1,7	5,0	10,9	97,8
2012	12,1	89,4	1,4	4,1	12,1	98,1
2013	12,3	90,1	2,2	3,7	11,2	97,8
2014	13,2	91,4	1,8	4,5	10,9	98,5
2015	11,8	93,1	1,8	5,4	11,8	98,8
2016	12,8	92,0	1,4	5,2	11,6	98,4
2017	12,1	88,2	1,7	5,2	12,2	98,6
2018	12,3	83,5	1,7	4,4	13,2	98,3
2019	12,6	80,9	3,3	3,3	11,1	98,3
2020	12,5	83,2	1,9	9,9	11,8	98,0

Kvalita zrna v roce 2010 a 2011 byla ovlivněna v době žní, podobně jako tomu bylo v roce 2006 s tím rozdílem, že v roce 2006 porostl ječmen již na poli, ale v roce 2010 a 2011 byla takto kvalita ovlivněna a pár měsíců po sklizni. Překvapivý je rok 2012, který nebyl u sladovnického ječmene ve větších částech ČR výnosově hodnocen vlivem extrémně suchého počasí, kdy byly rostliny málo odnožené a zakrslé. V hodnocených oblastech byla kvalita zrna zachována.

Z posledních tří let vyplývá, že je značně zhoršená kvalita zrna sladovnického ječmene a velký rozsah hodnot hodnocených parametrů. Roku 2018 průběh počasí negativně ovlivnil výši výnosu předního zrna a technologickou jakost ječmene. Na většině lokalit byl obsah dusíkatých látek v zrně vyšší, než je pro sladování vhodné, jedná se o nejproblematictější parametr kvality ječmene ze sklizně.

V roce 2019 má zrna ječmene nízké hodnoty přepadu na síť 2,5 mm. Průměrný obsah dusíkatých látek je příznivý, i přes poměrně široký rozsah průměrovaných hodnot od 8,5 % do 14,8 %. Velmi příznivý je obsah ZPSCV. U zrnových příměsí sladařsky nevyužitelných tvoří největší podíl zlomky zrn a u zrnových příměsí částečně sladařsky využitelných připadá největší podíl na zrna bez pluchy. Roku 2020 se jedná především o nepříznivý vysoký průměrný obsah zrn se zahnědlou špičkou (5,4 %) a zrn bez pluch (3,7 %), zvýšený obsah dusíkatých látek a nižší hodnoty přepadu na síť 2,5 mm (Anonym 2, 2020). V některých letech byl dosažen vyšší obsah dusíkatých látek (NL). Patrný je zde vliv ročníku (počasí), kdy v sušších letech je obsah dusíkatých látek vyšší (dochází totiž k zaschnutí zrna) při nižším výnosu. Vysoký obsah NL (nevyhovující limitů pro sladovnickou jakost) byl zjištěn především v technologii pěstování sladovnického ječmene po cukrovce i kukuřici na zrna. V obou případech mohou být důvodem rostlinné zbytky (řepný chrást a kukuřičná sláma), které se pomaleji rozkládají v sušších podmínkách a uvolněný dusík je v dispozici v době dozrávání. Vyšší obsah NL po orbě lze dát do souvislosti s vyšší pórovitostí a provzdušněním půdy u tohoto způsobu zpracování půdy, což podporuje mineralizaci a uvolňování dusíku do půdy, jak již bylo zmíněno. Nízký podíl předního zrna po cukrovce a kukuřici na zrna je pravděpodobně důsledkem zhoršené vláhové bilance po těchto předplodinách, resp. souvislost s jejich rostlinnými zbytky, jak již bylo výše diskutováno u výnosu a obsahu NL (Smutný a kol., 2020).

Zhoršenou kvalitu sladovnického ječmene neovlivňují pouze špatně volené pěstitelské kroky (jako jsou volba předplodiny, zpracování půdy, setí a ošetřování porostu), ale i sklizeň a posklizňová úprava. Především u sladovnického ječmene je důležitý

šetrný výmlat a manipulace se zrnem. Při vyšší sklizňové vlhkosti zrna okolo 15 % je zrno méně mechanicky poškozováno než zrno přeschlé. Z toho vyplývá nutnost průběžného seřizování sklízecích mlátiček podle měnící se vlhkosti zrna. Zvláště při sklizni starší technikou je nutné posklizňové čištění a třídění zrna, protože nároky na velikostní podíly zrna jsou značné. Ke zhoršení jakosti zrna dochází při vlhkém počasí v období žní (Faměra et al., 1996). Příklady z let 2006 a 2010 tuto problematiku potvrzují. Většina pěstitelů se v těchto letech setkala s náhlými srážkami v období již započaté sklizně. Roku 2006 porostl ječmen přímo na poli, oproti tomu v roce 2010 se pěstitelé častěji setkávali se skrytou porostlostí, která byla zjištěna po sklizni. Déle doplňuje Faměra et. al (1996), že snížení vlhkosti zrna je vhodnější podle okolností aktivním větráním než horkovzdušným sušením, protože se zpravidla snižuje klíčivost zrna.

5.4 Užitékové směry, využití sladovnického ječmene

- **Produkce ječmene pro osivářské účely** – při produkci ječmene na osivářské účely jde především o dosažení co nejvyššího výnosu ohledně dodržení parametrů osiva, tedy o klíčivost, na kvalitativní parametry se větší ohled nebere.
- **Produkce ječmene pro krmné účely** – na krmné účely je u jarního ječmene požadován vysoký obsah bílkovin (asi 15 %) a esenciálních aminokyselin, nižší obsah β – glukánů (1,5-2 %) a vysoký obsah škrobu. Tyto požadavky uvádí norma ČSN 46 1200–3 (Zimolka a kol., 2006). Při pěstování ječmene jarního pro krmné účely nás bude hlavně zajímat výnos a zdravotní stav odrůdy, abychom zajistili kvalitní produkci vhodnou pro krmení, bez obsahů cizorodých látek, plísní atd. (Anonym 3, 2002).
- **Produkce ječmene pro potravinářský a sladařský průmysl** – zde chceme dosáhnout co nejvyššího výnosu při zajištění co nejvyšší sladovnické jakosti a tomu také musíme uzpůsobit agrotechniku pěstování. Musíme zajistit optimální množství dusíkatých látek v požadovaném rozmezí, co nejvyšší výtěžnost předního zrna (nad sítem 2,5 mm), co nejnižší propad (pod sítem 2,2 mm) vysokou klíčivost, ideální vlhkost, co nejnižší obsah cizích látek, příměsí a poškozených zrn, přesně podle požadavků zpracovatele (Anonym 3, 2002). Využití ječmene k technickým účelům je zatím nízké. Především se jedná o výrobu ethanolu. Speciální využití ječmene se nabízí ve škrobárenství, kde

ječmen poskytuje škrob s drobnějšími zrny a dále jako náhražka kávy – melta (Zimolka a kol., 2006).

- **Využití pro pivovarské účely** – sladovnický ječmen je pro pivovarské účely zvlášť šlechtěn a vyznačuje, jak už bylo výše uvedeno, nízkým obsahem bílkovin, a naopak vysokým obsahem škrobu. Musí mít obzvlášť vysokou klíčivost, umožňující pomocí enzymů přeměnu škrobu v cukr, které se v pozdějších výrobních fázích působením kvasinek štěpí na alkohol a oxid uhličitý (Ricken a Braaková, 2002).

5.5 Cenový vývoj sladovnického ječmene v ČR

V posledních letech roste výstav piva, a tím i spotřeba sladu. Pivovary a sladovny investují značné prostředky do modernizace sladoven a navýšení jejich výrobních kapacit. Poptávka po kvalitním sladovnickém ječmeni tedy neustále roste a tento trend se určitě udrží i do budoucna. Rostoucí poptávka vyvolává i růst výkupních cen. Cena sladovnického ječmene je v posledních letech vyšší než cena potravinářské pšenice. V roce 2019 činil rozdíl v průměru 769 Kč/t ve prospěch ječmene (Hudec, 2020). V průběhu sledovaných let 2010-2020 došlo k rapidnímu nárůstu ceny sladovnického ječmene. V roce 2010 byla výkupní cena sladovnického ječmene do sladoven 3343 Kč/t a v roce 2020 byla cena 4665 Kč/t. Rozdíl těchto deseti let činí 1323 Kč/t, znamená to tedy, že za posledních 10 let vzrostla cena ječmene o 39,6 %. Nejvyšší cenový rekord byl v roce 2014, kdy byla cena sladovnického ječmene 5173 Kč/t.

Průměrná cena certifikovaného osiva sladovnického ječmene v letech 2010-2020 je 10 500 Kč/t. Cena se v průběhu těchto deseti let měnila pouze v řádu sta korun, tzn. v roce 2010 byla cena 10 200 Kč/t a v roce 2020 byla cena 10 800 Kč/t. Rozdíl cen činí 600 Kč/t, cena certifikovaného osiva vzrostla o 5,8 % za sledované období.

Výkupní ceny sladovnického ječmene do sladoven i ceny certifikovaného osiva sladovnického ječmene vždy korespondují s vývojem cen komodit na trhu.

Jarní ječmen je plodinou s vynikající ekonomikou pěstování a jistotou dobrého prodeje v současnosti i v příštích letech. Celková produkce ječmene ale přesto v České republice klesá. Je třeba opět začít navyšovat plochy, abychom rostoucí spotřebu sladovnického ječmene pokryli v maximální míře z tuzemských zdrojů (Hudec, 2020).

Závěr

Cílem bakalářské práce bylo zhodnotit kvalitu sladovnického ječmene v České republice v letech 2010-2020. Dále shromáždit a zhodnotit poznatky o šlechtění a pěstování sladovnického ječmene.

Jarní sladovnický ječmen je citlivý na extrémní výkyvy počasí. Limitujícím faktorem byla v průběhu sledovaných let voda. Nedostatek sněhové pokrývky v zimních měsících má za následek úbytek jarní vláhy v půdě. Extrémně suché a teplé počasí v průběhu pěstování a sklizně má negativní dopad nejen na výnos, ale také kvalitu zrna sladovnického ječmene, která je důležitá pro zpracovatelský průmysl. S ohledem na nepříznivé podmínky byla v průběhu let přizpůsobena technologie pěstování ječmene, která byla podpořena jeho šlechtěním.

Z výsledků šlechtění je patrné, že i když se obecně uvádí životnost odrůdy 5-10 let, je stále v České republice na vrcholu šlechtění a pěstování nejdéle odrůda Malz (2002) a Bojos (2005), které po dobu sledovaných let 2010-2020 přinášely nejlepší hodnoty v oblasti kvality zrna. U odrůdy Malz byla zjištěná vysoká kvalita zrna, ale i přes svou kvalitu se v posledních třech letech kvůli její horší odolnosti proti chorobám, poléhání, menšímu počtu produktivních stébel, a především drobností zrna, které zapříčinilo malý výnos předního zrna zájem u pěstitelů zájem vytrácí. Malz je naopak velmi žádanou odrůdou na Slovensku. Pěstitelé tedy věnují svůj zájem odrůdám, které jsou odolnější nejen vůči chorobám a poléhání, ale v posledních letech především vůči suchu. Na špičce poptávky pěstitelů tedy stojí již zmiňovaná odrůda Bojos, dále Laudis 550, Francin, Manta a Overture (která jako jediná z uvedených odrůd nese CHZO „České pivo“).

Šlechtění sladovnického ječmene bylo zdokonaleno novým zmapováním genomu ječmene a použitím vhodné šlechtitelské metody, díky které vznikly odolnější odrůdy. V prvních letech si s odolnější rezistencí proti chorobám a suchu z větší části dokázal sladovnický ječmen zachovat svou sladovnickou kvalitu a nedošlo tak k rapidnímu zhoršení tohoto ukazatele. Ke zhoršení kvality došlo v posledních třech letech vlivem nepříznivějšího počasí a zakázáním řady účinných látek určených k výživě a ochraně sladovnického ječmene.

Za posledních deset let se pro vznik nové odrůdy nejvíce uplatnilo šlechtění rodokmenovou (pedigree) metodou, i přes to, že není tou nejjednodušší. Tato metoda se uplatnila především pro svou spolehlivost. Déle výsledky šlechtění prokázaly, že

otázka celkové rezistence proti chorobám (houbovým chorobám) se širším genetickým základem zůstává nadále stěžejním problémem zlepšování dosavadního genotypu jarního ječmene v naší zemi.

Dle studované problematiky jsou v posledních letech horší výsledky (výnos předního zrna i jeho kvalita) dosahovány po cukrové řepě či kukuřici na zrno, tedy po předplodinách, které byly dříve považovány za vhodné, či dokonce zlepšující předplodiny pro sladovnický ječmen. Důsledkem výše uvedených faktů je v České republice viditelný pokles ploch sladovnického ječmene, které jsou nahrazovány ozimým ječmenem či jinými plodinami. Úprava technologií tady nebyla založena čistě na změně postupu pěstování ječmene, ale především na použití účinnějších látek pro jeho počáteční výživu.

Jak na šlechtění, tak pěstování má velký vliv genetika a počasí. Dle výsledků šlechtění a pěstování za těchto deset let se nedá s určitostí říct, který z aspektů je pro odrůdu podstatnější. Můžeme vyšlechtit parametrově sebelepší odrůdu, ale vlivem počasí (jakými jsou názorné příklady v letech 2012 a 2018) nedostaneme od odrůdy, to, co jsme dle jejích vlastností očekávali. To samé platí i naopak, můžeme mít vynikající ročník, dostatek srážek a příznivé teploty, ale pokud zvolíme odrůdu s horšími vlastnostmi, počasí nám výsledné komodity extrémně nezvýší.

Pro dosažení vysoké a kvalitní produkce sladovnického ječmene je potřebná vzájemná, úzká spolupráce mezi šlechtiteli, odborníky zpracovatelského průmyslu a pěstiteli

Seznam použité literatury

Cítace knihy

- Basařová, G. et. al (2011). *České pivo*. Havlíček Brain Team, Praha. ISBN: 978-80-97109-25-0
- Boháč, J, a kol. (1990). *Šľ'achtenie rastlín*. Príroda, Bratislava. ISBN: 80-07-00231-6
- Černý, L. a kol. (2007). *Jarní sladovnický ječmen, pěstitelský rádce*. Kurent, s.r.o., Praha. ISBN: 978-80-87111-04-8
- Dvořáčková, O. a Horáková, V. (2019). *Seznam doporučených odrůd 2019*. Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský, Národní odrůdový úřad, Brno. ISBN: 978-80-7401-175-7
- Dvořáčková, O. et. al (2020). *Přehled odrůd 2020*. Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský, Národní odrůdový úřad, Brno. ISBN: 978-80-7401-187-0
- Faměra, O. et al. (1996). *Zamyšlení nad rostlinnou výrobou 1996: zaměřené na poznatky výzkumu a praxe pro zlepšení rostlinné výroby*. Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha, 1996. ISBN: 8021303131 9788021303133
- Gall, J. (2014). *Zásady pěstování sladovnického ječmene, vše pro sladovnické ječmeny*. Agrární obzor, Agriprint, s.r.o., Olomouc. ISSN: 1214-1291
- Gallová, L. a Šotik, M. (2017). *Vyššia efektívita pestovania jarného jačmana pomocou prípravok Galleko*. Agromanuál 1/2017, Kurent s.r.o. Č. Budějovice. ISSN: 1801-7673
- Ho, M. (2000). *Genetické inženýrství*. Nakladatelství Alternativa, Praha 5. ISBN: 80-85993-52-X
- Houba, M. (2001). *Základy semenářství polních plodin*. Institut výchovy a vzdělání Ministertstva zemědělství České republiky, Praha. ISBN: 80-7105-211-6
- Hraška, Š. a kol. (1989). *Špeciálna genetika pol'nohospodárskych rastlín*. Príroda, vydavateľstvo kníh a časopisov, n. p., Bratislava. ISBN: 80-07-00022-4
- Chloupek, O. (1995). *Genetická diverzita, šlechtění a semenářství*. CENTA, spol s r.o., Brno. ISBN: 80-200-0207-3
- Chloupek, O. (2008). *Genetická diverzita, šlechtění a semenářství*. Academia ČMT, Praha. ISBN: 978-80-200-1566-2
- Kunath, B.: *Pivní bible, Jak si uvařit skvělé pivo doma*, QuintetPublishing, Praha, 2012, ISBN:978-80-204-2665-9
-

-
- Ondřej, M. (1992). *Genové inženýrství kulturních rostlin*. Academia, Praha. ISBN: 80-200-0310-X
- Petr, J. a kol. (1983). *Intenzivní obilnářství*. Státní zemědělské nakladatelství, Praha. DT: 663.440
- Phillips, R. a Vasil, I. (2001). *DNA – Based Markers in Plants*. SpringerNature, Berlín. ISBN: 978-0-7923-6865-6
- Prugar, J. a kol. (1977). *Kvalita rostlinných produktů*. Státní zemědělské nakladatelství, Praha. ISBN: 2-0785.945
- Ricken, K. a Braaková, H. (2002). *S pivem ke zdraví*. Granit s.r.o. Praha. ISBN: 80-85805-97-9
- Rod, J. a kol. (1982). *Šlechtění rostlin*. Státní zemědělské nakladatelství, Praha. ISBN: 07-060-82
- Skládal, V. a kol. (1959). *Sladovnický ječmen*. Státní zemědělské nakladatelství, č. 918, Praha, ISBN: 49-200-496
- Stehlík, V. (1959). *Šlechtění polních plodin*. ČSAZV, Praha. D-592194
- Svobodová, I. et.al (2017). *Metodika pro pěstování sladovnického ječmene v ekologickém zemědělství*. Výzkumný ústav pivovarský a sladařský, a.s., Brno. ISBN 978-80-87555-15-6
- Šilha, J. a kol. (2016). *Ochrana proti polehnutí= základ výnosu a kvality jarního sladovnického ječmene*. Kurent s.r.o., Č.Budějovice. ISSN: 1801-7673
- Zimolka, J. a kol. (2006). *Ječmen-formy a užitkové směry v České republice*. Nakladatelství Profí Press, s.r.o., Praha. ISBN: 80-86726-18-5

Citace kapitoly v knize

- Černý, L. (2020). Jarní ječmen a sucho. In: Kolektiv autorů. *Sladovnický ječmen 2020*. První vydání, Spolek pro ječmen a slad a Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha, pp.12-59
- Vašák, J. (2020). Jarní ječmen a sucho. In: Kolektiv autorů. *Sladovnický ječmen 2020*. První vydání, Spolek pro ječmen a slad a Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha, pp. 3-59
-

Legislativní dokumenty

Zákon č. 219/ 2003 Sb., sbírka zákonů: Zákon o uvádění do oběhu osiva a sadby pěstovaných rostlin a o změně některých zákonů (zákon o oběhu osiva a sadby). In. 2003, ročník 2003, § 35

Citace vědeckých publikací

Badr, A. a Shazly, H (2012). Molecular approaches to origin, ancestry and domestication history of crop plant: Barley and clover as examples. *Journal of Genetic Engineering and Biotechnology*, 10 (1): 1-168

Hong, Y. a Zhang, G. (2020). The influence of drought stress on malt quality traits of the wild and cultivated barleys. *Journal of integrative agriculture*, 19 (8): 1-7

Chloupek, O. (2011). Historie šlechtění ječmene na území České republiky. *Kvasný průmysl*, 57 (7-8): 1-2

Langer, I. (2003). Základní principy šlechtění sladovnického ječmene. *Kvasný průmysl*, 49 (6): 1-6

Langer, I. (2003). Základní principy šlechtění sladovnického ječmene (2. část). *Kvasný průmysl*, 49 (7-8): 1-9

Mlčochová, L. (2008). Molekulární analýza a sladovnická jakost odrůd jarního ječmene (*Hordeum vulgare* L.) Valtický a Diamant. *Kvasný průmysl*, 54 (1): 1-8

Otero, E. et. al (2021). On field assessment of the environmental modulation of Malting quality in barley crops. *Field Crops Research*, 271 (2021): 1-16

Růžička, F. (2004). Historie šlechtění ječmene na území České republiky. I. Část. *Kvasný průmysl*, 50 (6): 1-2

Venclová, B. et. al (2019). Sladovnický jarní ječmen a velké změny nejen v pěstování. *Úroda*, 70 (3): 60-104

Citace článku ve sborníku z konference

Bezdíčková, A. et al. (2013). Intenzivní technologie pro sladovnický ječmen. In: Sborník z konference „*Technologie slad. ječmene – ječmen na rozcestí*“. Sdružení pro ječmen a slad, Velká Bystřice, pp. 3

Černý, L. (2010). Vhodné odrůdy sladovnického ječmene pro rok 2010. In: Sborník z konference „*Sladovnický ječmen – přiměřená ekonomika, vysoký výnos a kvalita zrna*“, 8.-11.2.2010. Česká zemědělská univerzita, Praha, pp. 77

Hájek, M. et al. (2006). Pohled do historie pěstování sladovnického ječmene. In: Sborník z konference „Úspěšné plodiny pro velký trh“ - Ječmen a cukrovka. Česká zemědělská univerzita, Praha, pp. 2

Citace webových zdrojů

Anonym 1 (2022). Biologické centrum (2022). *Udržovací šlechtění odrůd*. [online] [cit. 8. 2. 2022]. Dostupné: http://biocentrum.zf.jcu.cz/docs/ruzne/ruz-SEM_skr-01e9f8f800.pdf

Anonym 2 (2020). eAGRI.cz. (2020). *Žňové zpravodajství k 7.září 2020*. [online] [cit. 5. 3. 2022]. Dostupné z: <https://eagri.cz/public/web/mze/zemedelstvi/roslinna-vyroba/roslinne-komodity/obiloviny/prubeh-sklizne/sklizen-2020/znove-zpravodajstvi-k-7-zari-2020.html>

Anonym 3 (2002). LG Seeds (2002). *Ječmen jarní*. [online] [cit. 10. 12. 2021]. Dostupné z: <http://lc.lgseeds.cz/agrotechnika/jecmen-jarni/>

Anonym 4 (2022). web2.mendelu.cz (2022). Šlechtění a semenářství [online] [cit. 19. 2. 2022]. Dostupné z: https://web2.mendelu.cz/af_291_projekty2/vseo/print.php?page=1333&typ=html

Anonym 5 (2015). MUNI IS (2015). Klasické metody šlechtění. [online] [cit. 20. 2. 2022]. Dostupné t: https://is.muni.cz/el/sci/jaro2015/Bi7240/um/2015_Klasicke_metody__slechteni.pdf

Český statistický úřad (2021). *Vývoj ploch a sklizní zemědělských plodin v letech 2009–2020*. [online] [cit. 9. 3. 2022]. Dostupné z: <https://www.czso.cz/csu/czso/definitivni-udaje-o-sklizni-zemedelskych-plodin-2020>

Čurn, V. (2021). Šlechtění rostlin. [online] Biocentrum.zf.jcu.cz [cit. 20. 2. 2022]. Dostupné z: http://biocentrum.zf.jcu.cz/docs/ruzne/ruz-Sl_1-6b393ad758.pdf

Houser, P. (2017). Sladovnický ječmen: názory na budoucnost v ČR se různí. [online] Pivníweb [cit. 8. 3. 2022]. Dostupné z: <https://www.pivniweb.cz/cs/sladovnicky-jecmen-nazory-na-budoucnost-v-cr-se-ruzni/novinka/37/>

Hubík, K. a Mareček, J. (2002) Kvalita ječmene. [online] Úroda.cz [cit. 6. 3. 2022]. Dostupné z: <https://uroda.cz/kvalita-jecmene/>

Hudec, S. (2020). Sladovnický ječmen – plodina s jistým odbytem. [online] Agromanuál.cz [cit. 5. 3. 2022]. Dostupné: <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/ochrana-rostlin-a-pestovani/osivo-a-sadba-1/sladovnicky-jecmen-plodina-s-jistym-odbytem>

Klap, O (2017). Systiva® - novinka, která se stala standardem v ochraně jarního ječmene. [online] Basf.cz [cit. 10. 3. 2022]. Dostupné z: <https://www.agromannual.cz/cz/clanky/ochrana-rostlin-a-pestovani/choroby/systiva-novinka-ktera-se-stala-standardem-v-ochrane-jarniho-jecmene>

Popelka, P. (2018). Ochrana sladovnického ječmene od počátku vývoje. [online] Basf.cz [cit. 10. 3. 2022]. Dostupné z: https://www.agro.basf.cz/cs/Akce/zpr%C3%A1vy-a-newsletter/Regional-Advice/2018/Ochrana-jarn%C3%ADho-sladovnick%C3%A9ho-je%C4%8Dmene-od-po%C4%8D%C3%A1tku-v%C3%BDvoje/?fbclid=IwAR1qCUz9ACs5bDDIpWi-zIYSIbAzeR_hjrxoqHm1cOT97C-KQ7MV-hVOvtMsě

Svačina, P. (2013) Základy šlechtitelské práce při tvorbě odrůd jarního sladovnického ječmene. [online] web2.mendelu.cz [cit. 14. 3. 2022]. Dostupné z: https://web2.mendelu.cz/af_291_projekty/files/23/23-prezentace_svacina_mendelu-1.pdf

Šípek, A. (2010-2014) Mutace [online] Genetika-biologie [cit. 14. 11. 2021]. Dostupné z: <http://www.genetika-biologie.cz/mutace>

Tichá, M. a Vyzínová, P. (2006). Polní plodiny. [online] cit.vfu.cz- Multimediální učebnicový text (2006) [cit. 16. 3. 2022]. Dostupné z: <https://cit.vfu.cz/vegetabilie/plodiny/index.htm>

Seznam obrázků

Obrázek 2.1: Chromosomová mapa (Langer, 2003).....	14
Obrázek 3.1: Rodokmenová (pedigree) metoda šlechtění ječmene (Langer, 2003)..	26
Obrázek 3.2: Metoda hromadně populační (Langer, 2003)	27
Obrázek 3.3: Metoda populačně rodokmenová (Langer, 2003)	29
Obrázek 3.4: Metoda ranného zkoušení (Langer, 2003).....	30
Obrázek 5.1: Vhodnost oblastí pro pěstování sladovnického ječmene v ČR (Křen a Míša, 2012)	45
Obrázek 5.2: Vizuální posouzení poškození zrn ječmene (Zimolka a kol., 2006)	52

Seznam tabulek

Tabulka 4.1: Charakteristika sladu pro evropské a české pivo (Černý a kol., 2007).	38
Tabulka 4.2: Počet odrůd zapsaných ve státní odrůdové knize v letech 2010-2020 (Vlastní zpracování, 2022).....	40
Tabulka 5.1: Plochy jarního ječmene v ČR 2010-2020 (Vlastní zpracování, 2022, dle Český statistický úřad).....	45
Tabulka 5.2: Průměrné hodnoty kvality sladovnického ječmene v ČR 2010-2020 (Vlastní zpracování, dle ÚKZÚZ, Kvasný průmysl, Ministerstvo zemědělství).....	53

Seznam použitých zkratk

Aj – a jiné

Atd – a tak dále

CPA – podaná žádost o udělení odrůdových práv Společenství

CPG – udělení odrůdových práv Společenství

DC – Zadoksova stupnice

DDT – dichlordifenyiltrichloretan, je aromatická halogensloučenina (organochlorid)

DNA – dvou řetězcová nukleová kyselina (kyselina deoxyribonukleová)

CHZO – chráněné zeměpisné označení

m² – metr čtvereční

P – plocha

P – podaná žádost o udělení ochranných práv k odrůdě

PO – udělení ochranných práv k odrůdě

RNA – nukleová kyselina tvořena vláknem ribonukleotidů (ribonukleová kyselina)

S – sklizeň

Tzn – to znamená

ÚKZÚZ – Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský

V – výnos
