

# Srovnání vybraných parametrů sladovnické jakosti v genofondu ozimého ječmene

(The comparison of chosen characters of malting quality index in the collection of winter barley genetic resources)

Nesvadba Z., Leišová-Svobodová L.

Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i. Praha – Ruzyně

**Souhrn:** Kolekce genetických zdrojů ječmene ozimého (*Hordeum L.*) je každoročně rozšiřována o nové položky. Cílem této studie bylo vyhodnotit 14 nových odrůd ozimého ječmene s potenciálem sladovnické kvality podle biologických a hospodářských znaků. Odrůdy byly testovány v polních podmínkách ve tříletých školkách základního hodnocení. Po sklizni zrna bylo v průběhu 2 let provedeno sladování a byly analyzovány vybrané znaky ukazatele sladovnické jakosti. Shluková analýza vypočtená na základě dat analýzy mikrosatelitů rozdělila 56 studovaných genotypů do čtyř skupin. Výsledky ukazují na široký genepool ozimých odrůd ječmene s potencionálním využitím ve sladovnictví.

**Klíčová slova:** genetické zdroje, ozimý ječmen, biologické a hospodářské znaky, sladovnická jakost, analýza mikrosatelitů

**Abstract:** New accessions are included into the collection of winter barley (*Hordeum L.*) genetic resources every year. The objective of the present study was the evaluation of 14 new cultivars of winter barley genetic resources with potential of malting quality according to biological and agronomic characters. These characters are used for basic description of the different genotypes in the collection in the field trials during three years. After harvest of grain were analyzed during 2 years chosen characters of malting quality index. Cluster analysis based on data of microsatellite analysis divided 56 selected genotypes into four groups. Results pointed at a wide genepool of winter barley varieties with potential use in malting.

**Key Words:** genetic resources, winter barley, biological and agronomic characters, malting quality, microsatellite analysis

## Úvod

V kolekci ozimého ječmene vedené na pracovišti Genové banky v Praze – Ruzyni bylo k datu 31. 10. 2018 evidováno v IS GRIN Czech 2126 aktivních položek ozimého ječmene. Z tohoto počtu je 1710 genetických zdrojů víceřadého ječmene (80,4 %) a 416 položek dvouřadého ječmene (19,6 %). U zbývajících počtu vzorků není uvedena řadovost klasu.

Přestože se ozimý ječmen ve většině zemí světa standardně nevyužívá pro výrobu sladu a piva, i tak se již delší dobu objevují snahy o vyšlechtění odrůd ozimého ječmene vhodných pro tyto účely. Jedním z důvodů je to, že ozimý ječmen má schopnost dát až o 40 % vyšší výnos než jarní ječmen. Díky prodloužené vegetační době nashromáždí ozimé formy mnohem více biomasy a vyprodukují více odnoží vedoucí k vyššímu počtu kvítků, vyššímu počtu zrn na klas a vyšší hmotnosti zrna. Dalšími důvody pro využití ozimého ječmene pro sladovnické účely jsou především podstatně z hlediska současných i budoucích potřeb spojených se vzrůstající lidskou populací a zvyšujícími se globálními nároky na potraviny a suroviny. Je to jednak v důsledku tlaku chorob, které tady před několika lety ještě neexistovaly a také obavy z negativních dopadů klimatických změn na zemědělskou produkci. Pokud se vyšlechtí a budou existovat odrůdy ozimého ječmene s vysokou sladovnickou kvalitou, tak tyto potom mohou stabilizovat potřeby trhu a zajistit flexibilitu v procesu konečného využití (Stockinger, 2012).

Důraz na existenci ozimých ječmenů, které mají vysokou sladovnickou jakost lze již vystopovat v práci rakouského botanika, genetika a šlechtitele Ericha von Tschermaka – Seysenegga, který začátkem 20. století vyšlechtil raný, zimovzdorný dvouřadý ozimý ječmen – Tschermaks zweizeilige. Křížením dvouřadých jarních ječmenů z oblasti Hané a zimovzdorných dvouřadých a šestiřadých ječmenů a následným zpětným křížením vytvořil dvouřadé ozimé formy, které byly extrémně zimovzdorné. Díky kratšímu stéblu se vyznačovaly větší odolností k poléhání a obsah bílkovin se pohyboval v rozmezí 8–10 %, což bylo více než u linií jarních ječmenů pocházejících z Hané a také více než u ostatních

ozimých ječmenů. V roce 1933 dr. G. Bell z Plant Breeding Institute v Cambridge křížil odrůdu Tschermaks zweizeilige s odrůdou Spratt-Archer, jednou z nejvýznamnějších sladovnických odrůd jarního ječmene ve Velké Británii, což vedlo k vyšlechtění odrůdy Pioneer. Odrůda Pioneer znamenala významný pokrok ve šlechtění, protože se vyznačovala vysokou sladovnickou jakostí a tento znak byl přenesen do genetického pozadí dalších ozimých odrůd. O mnoho výrazněji se geny odrůdy Pioneer zapsaly do odrůdy jarního ječmene Proctor, která měla vynikající sladovnickou kvalitu a genetické kořeny v krajových odrůdách Velké Británie, Skandinávie a hanáckého regionu. Křížením odrůd Proctor x Pioneer byla vyšlechtěna odrůda Maris Otter s vynikající sladovnickou kvalitou, která byla poprvé popsána v roce 1965 v National Institute of Agricultural Botany (NIAB) a doporučena k pěstování v dalších letech ve Velké Británii. Šlechtění odrůd ozimých ječmenů s vyšší výnosovou úrovní a vhodných pro moderní sladovnické postupy ve Velké Británii pokračuje i nadále. Odrůda Maris Otter je stále preferována mnohými pivovarníky a do současné doby je nejúspěšnější odrůdou ozimého ječmene pro sladovnické využití (Stockinger, 2012).

V USA se možností produkce ozimých ječmenů vhodných pro sladování zabýval dr. J. Poehlman, šlechtitel ječmene a pšenice na Universitě v Missouri. V roce 1961 přeorientoval svůj šlechtitelský program ječmene z šestiřadého ozimého krmeného na dvouřadý ozimý sladovnický ječmen. Změna šlechtitelského programu byla výsledkem zájmu firmy Anheuser Bush Inc. o tvorbu dvouřadých sladovnických odrůd ječmene ozimého charakteru. V té době měl dr. Poehlman obrovský úspěch se šlechtěním šestiřadých ozimých ječmenů s vynikající zimovzdorností využitelných pro krmené účely, které byly uplatňovány v severních oblastech státu Missouri. První ozimý ječmen v USA, který lze považovat podle American Malting Barley Association, Inc. (AMBA) za sladovnický je odrůda Charles, kterou vyšlechtil Dr. D. Obert z USDA Aberdeen, Idaho. Obert následně vyšlechtil odrůdu Endeavor, jako další dvouřadý sladovnický ječmen. Obě odrůdy se vyznačují střední úrovní zimovzdornosti ve srovnání s jinými odrůdami ozimého ječmene (Obert et al., 2006, 2009). Šlechtitelské programy v USA

ve veřejných výzkumných institucích s cílem tvorby sladovnických ozimých ječmenů v současné době probíhají na Oregon State University (Prof. Patrick Hayes), USDA Aberdeen, Idaho (Dr. Gonghse Hu) a University of Minnesota (Prof. Kevin Smith).

Největší evropští producenti ozimého ječmene za rok 2016 – Německo, Francie a Velká Británie, kteří dohromady vyprodukovali celkem 19 819 tisíc tun ozimého ječmene, patří rovněž mezi největší vývozce sladu, avšak svou potřebu ječmene mohou také pokrýt plně ze své produkce jarního ječmene (<http://www.euromalt.be>).

Z jakého množství ozimého ječmene je nakonec opravdu vyroben slad není zřejmé. Francouzský katalog registrovaných odrůd GEVES (Variety and Seed Study and Control Group) například aktuálně uvádí 43 odrůd šestiřadého ozimého ječmene a 35 odrůd dvouřadého ozimého ječmene pro sladovnické využití a výrobu piva ([http://cat.geves.info/Page\\_en/ListeNationale](http://cat.geves.info/Page_en/ListeNationale)).

Využití ozimého ječmene v České republice je výrazně ovlivněno tradicí, kde se slad vyrábí z odrůd jarního ječmene, na což jsou navyklí zpracovatelé i zákazníci. Kvalitativní parametry, a to především v oblasti cytologického rozluštění nedosahují hodnot jarních ječmenů (Psota, 2001). Jak uvádí Chloupek (2008), týká se to zejména parametrů relativního extraktu, friability a obsahu beta-glukanů. Ozimý ječmen se v ČR k výrobě sladu nepoužíval. V roce 1999 byla zaregistrována odrůda Tiffany – první odrůda ozimého ječmene, která splňovala parametry sladovnické odrůdy. Velké uplatnění v praxi nenašla a v roce 2009 její registrace skončila. V téže roce byla zaregistrována dvouřadá odrůda ozimého ječmene Wintmalt (USJ 3,2). V následujících třech letech to byla jedna z nejvíce množných odrůd v ČR a požadovaná některými sladovny. Po raketovém vzestupu následoval v roce 2013 útlum a od roku 2014 se u nás již nemnoží. Na jaře 2015 byla zaregistrována další sladovnická odrůda KWS Ariane (USJ 3,6), kterou některé sladovny vykupují. Na jaře 2018 byla zaregistrována další sladovnická odrůda KWS Donau (USJ 3,2) (Psota et al., 2018).

## Materiál a metody

Studovaný soubor 14 genetických zdrojů ozimého ječmene (10 kultivarů dvouřadých a 4 odrůdy víceřadé) byl pěstován ve tříletých školkách základního hodnocení v letech 2014–2016, 2015–2017 a 2016–2018 v polních podmínkách lokality Praha – Ruzyně na parcelách o velikosti 4,5 m<sup>2</sup> v jednom opakování standardními pěstebními postupy v režimu s nízkým uplatněním intenzifikačních zásahů (bez použití fungicidů a morforegulatorů). Předplodinou byl hrách polní. Výsev byl proveden bezzbytkovým secím strojem Oyord. Pokusná lokalita je zařazena do výrobní oblasti řepařské, typu řepařsko-pšeničného, s půdním typem degradovaná černozem. Oblast Praha-Ruzyně (340 m n. m.) má průměrný roční úhrn srážek 526 mm. Dlouhodobá průměrná roční teplota vzduchu je 7,9 °C.

V průběhu vegetace byla prováděna hodnocení biologických a hospodářských znaků podle platného Klasifikátoru pro genus *Hordeum L.* (Lekeš et al., 1986). Úroveň projevu jednotlivých znaků byla hodnocena na stupnici 1–9, kde je 1 nejnižší a 9 nejvyšší úroveň daného znaku, vyjadřující průměrnou hodnotu znaku ve víceletém hodnocení. Sklizeň byla provedena maloparcelním kombajnem Wintersteiger, výnos byl přepočten na t/ha a procenticky srovnán s průměrem kontrolní odrůdy Sandra u dvouřadých ječmenů a k odrůdě Lester u víceřadých typů.

Sklizené zrno bylo přečištěno na laboratorní mlátičce, byla stanovena hmotnost tisíce zrn a metodou NIR byl stanoven obsah N látek a škrobu. Pro potřeby sladování bylo zrno vytříděno na síť 2,4 mm. Vzorky zrna byly předány firmě Agrotest fyto, s.r.o., kde bylo v letech 2015–2018 provedeno sladování a stanovení vybraných parametrů sladovnické jakosti (extrakt, relativní extrakt, Kolbachovo číslo, friabilita a obsah beta-glukanů) podle metodiky Basařová et al., (1992).

DNA vybraných 56 genetických zdrojů ozimého ječmene (odrůdy s deklarovanou sladovnickou kvalitou, šlechtitelské linie s potenciálem sladovnického využití a odrůdy využívané ve světě na sladování a vaření piva) byla extrahována z mladých listů klíčnicích rostlin ve fázi 2. listu metodou extrakce pomocí detergentu CTAB dle Saghai-Maroofoa et al. (1984). Kvalita a koncentrace DNA byly ověřeny elektroforeticky v agarózovém gelu a spektrofotometricky. Pro posouzení míry variability studovaného souboru genotypů ječmene byla zvolena metoda analýzy mikrosatelitů. Bylo vybráno 43 mikrosatelitních lokusů a příslušných publikovaných primerových párů (Becker a Heun, 1995; Liu et al., 1996; Russel et al., 1997; Ramsay et al., 2000) tak, aby analýza pokrývala všechny chromozomy ječmene. PCR s fluorescenčně značenými primery byly prováděny podle optimalizovaného protokolu v cykleru SensoQuest Labcycler (Goettingen, Germany). Produkty PCR byly separovány elektroforeticky pomocí kapilární elektroforézy v přístroji ABI PRISM 3130 v multiplexovém uspořádání 4 reakcí a interního velikostního standardu LIZ500. Elektroforetogramy byly zpracovány v programu GeneMapper a poté v MS Excel do podoby tabulky alel. Data byla dále statisticky zpracována. Nejprve byly vypočteny genetické vzdálenosti a na základě matice nepodobnosti byla provedena shluková analýza v programu Darwin.

## Výsledky a diskuze

K základním činnostem při práci s genetickými zdroji rostlin patří jejich hodnocení, které navazuje na jejich získávání, množení a dokumentaci pasportních dat. Základním cílem hodnocení je získání informací o genetických, biologických, agronomických a hospodářských znacích, které jsou významné pro uživatele genetických zdrojů a pro efektivní tvorbu a management kolekcí. Významnou součástí hodnocení kolekcí je charakterizace genetických zdrojů. Cílem je jednak jejich identifikace pomocí morfologických či jiných znaků, zejména ale využitím genetických markerů. V případě DNA markerů lze navíc posuzovat genetickou odlišnost mezi jednotlivými položkami a genetickou diverzitu v kolekci. Toho je možné využít při výběru nových genotypů do kolekce, jejich doporučování do hybridizačních programů a popřípadě k identifikaci některých genotypů v kolekci s uživatelsky významnými znaky (Holubec et al., 2015).



Tab. 1: Hodnocení vybraných biologických a hospodářských znaků genetických zdrojů ozimého ječmene

Odrůda	Přezimování	Datum metání	Padlí travní	Komplex list. skvrn.	Spála ječmene	Poléhání	Poč. plod. stébel	Výška	Plná zralost	Výnos	% ke K	HTZ
	(9-1)	od 1.1. (dny)	(9-1)	(9-1)	(9-1)	(9-1)	m <sup>2</sup>	(cm)	od 1.1. (dny)	(t/ha)		(g)
KWS Joy	9	142	9	8	6	9	704	86	188	8,50	106,3	49,4
Talisman	8	139	9	7	9	9	660	89	185	9,00	112,6	51,3
Sayra	9	135	8	9	7	9	803	84	181	8,59	99,7	42,6
Etincel	9	137	8	9	8	8	455	91	180	9,35	91,8	38,7
Isocel	9	136	8	9	9	8	521	91	181	9,36	91,8	38,4
KWS Liga	9	144	9	9	9	9	555	85	185	9,28	107,7	49,7
KWS Ariane	9	143	9	9	9	9	769	82	184	9,90	114,8	47,9
KWS Scala	9	144	9	9	5	9	645	79	186	8,62	100,1	46,2
Cassiopee	8	139	9	9	8	9	628	73	179	7,51	82,7	43,4
Bagatel	9	146	8	8	8	9	464	77	183	7,45	89,6	34,9
Casino	8	135	7	8	9	8	532	84	174	7,76	110,5	35,8
Monroe	8	141	6	8	9	8	630	79	179	6,47	92,2	41,2
Maltesse	8	138	8	9	9	9	824	74	178	6,64	94,6	43,3
Atlantick	8	135	5	7	9	6	578	83	173	6,49	92,5	31,2
Průměr	9	140	8	8	8	9	626	83	181	8,21	99,1	42,4

Tab. 2: Korelační koeficienty mezi vybranými biologickými a hospodářskými znaky

	VD	V	PPS	P	PT	KLS	SJ	VZ	HTZ	NL	Š
VD											
V	-0,324										
PPS	-0,045	-0,329									
P	0,548*	-0,243	0,390								
PT	0,476	0,032	0,228	0,871**							
KLS	0,123	-0,157	0,176	0,476	0,492						
SJ	-0,302	0,090	-0,166	-0,348	-0,384	-0,225					
VZ	0,163	0,642*	-0,054	0,393	0,678**	0,397	-0,153				
HTZ	0,441	0,071	0,515	0,727**	0,773**	0,219	-0,254	0,511			
NL	0,042	-0,791**	-0,031	-0,180	-0,440	-0,175	0,327	-0,804**	-0,439		
Š	0,242	0,255	0,191	0,429	0,568*	0,404	-0,499	0,564*	0,649*	-0,512	

Pozn.: **VD** - vegetační doba od 1.1. do metání; **V** - výška rostlin; **PPS** - počet plodných stébel; **P** - poléhání; **PT** - padlí travní,  $P^* = 0,05$ ,  $P^{**} = 0,01$   
**KLS** - komplex listových skvrnitostí; **SJ** - spála ječmene; **VZ** - výnos zrna; **HTZ** - hmotnost 1000 zrn; **NL** - dusíkaté látky; **Š** - škrob

Tab. 4: Korelační koeficienty mezi vybranými ukazateli sladovnické jakosti

	NL	Š	E	RE45	K	F	BGw
NL							
Š	-0,211						
E	-0,300	0,583**					
RE45	0,529**	-0,308	0,040				
K	0,189	0,343	0,667**	0,050			
F	-0,367*	0,006	0,334	0,088	0,215		
BGw	0,284	-0,466*	-0,611**	-0,050	-0,513**	-0,725**	

Pozn.: **NL** - dusíkaté látky; **Š** - škrob; **E** - extrakt sladu; **RE45** - relativní extrakt při 45°C,  $P^* = 0,05$ ,  $P^{**} = 0,01$   
**K** - Kolbachovo číslo; **F** - friabilita; **BGw** - obsah beta-glukanů

Všechny testované odrůdy ve všech sledovaných letech bez problémů přezimovaly (Tab. 1) Z hlediska délky vegetační doby od 1. ledna do metání lze mezi rané genotypy zařadit odrůdy Sayra, Isocel, Casino a Atlantick (135 a 136 dnů). K pozdějším odrůdám patřily KWS Ariane, KWS Liga, KWS Scala a Bagatel, které metaly o 8 až 11 dní později než rané kultivary.

Další významnou charakteristikou bylo hodnocení zdravotního stavu jednotlivých genotypů, protože listové choroby ovlivňují

výnos, podíly na sítích, ale i obsah bílkovin. K původci padlí travního prokázala odolnost (hodnocení stupněm 9-8) většina genotypů. Odrůda Monroe byla středně odolná (6) a odrůda Atlantick byla hodnocena stupněm 5 jako méně odolná. V souboru byla nalezena statisticky vysoce průkazná kladná korelace ( $r=0,871^{**}$ ) mezi odolností k padlí travnímu a poléháním (Tab. 2). Statisticky vysoce průkazná pozitivní korelace byla nalezena i mezi odolností k padlí travnímu a výnosem zrna ( $r=0,678^{**}$ ) a také mezi odolností



k padlí travnímu a hmotností 1000 zrn ( $r=0,773^{**}$ ), což koresponduje se sdělením Zimolka (2006). V odolnosti ke komplexu listových skvrnitostí ječmene (síťovitá skvrnitost – *Pyrenophora teres* a vršetenovitá hnědá skvrnitost – *Cochliobolus sativus*) byla většina položek hodnocena jako odolná, pouze odrůdy Talisman a Atlantick byly bonitovány jako středně odolné (7). V rezistenci ke spále ječmene (rhynchosporiová skvrnitost – *Rhynchosporium secalis*) byla odrůda KWS Scala hodnocena jako méně odolná (5) a odrůdy KWS Joy a Sayra jako středně odolné. Všechny ostatní se jevily jako odolné.

Ve znaku poléhání byla pouze odrůda Atlantick bodována stupněm 6 jako středně odolná. V souboru byla vypočtena statisticky vysoce průkazná kladná korelace mezi poléháním a hmotností 1000 zrn ( $r=0,727^{**}$ ). Ve studovaném souboru byl průměrný počet produktivních stébel 626 ks/m<sup>2</sup>. Nejvyšší počet klasů u dvouřadých forem byl zjištěn u odrůdy Maltesse (824) a naopak nejnižší počet klasů byl odpočten u odrůdy KWS Liga (555). U víceřadých forem byla nejvyšší hustota porostu u odrůdy Atlantick (578 klasů) a naopak nejnižší u odrůdy Etincel (455 klasů). Průměrná výška rostlin v daném souboru byla 83 cm. Nejkratší výška rostlin byla naměřena u odrůdy Cassiopee (73 cm) a podle klasifikátoru hodnocena jako nízká.

Střední výškou rostlin můžeme charakterizovat dvě odrůdy – Etincel a Isocel (shodně 91 cm). Ve znaku plná zralost od 1. ledna byla mezi nejranější odrůdou Atlantick a nejpozdnější odrůdou KWS Joy časová prodleva 15 dní.

Nejvýnosnější odrůdou byla v tříletém průměru dvouřadá odrůda KWS Ariane s produkcí 9,90 t/ha zrna. Naopak nejnižší výnos dosáhla dvouřadá odrůda Monroe (6,47 t/ha) a za ní velmi těsně víceřadá odrůda Atlantick (6,49 t/ha). Hmotnost 1000 zrn má přímý vztah ke třídění ječmene a vyšší hodnoty poukazují na vyšší podíl předního zrna. Velká zrna s větší hustotou mají obvykle větší hodnotu poměru endospermu k ostatním morfológickým (obalovým) částem zrna. Se stoupajícími hodnotami HTZ ječmene lze dosáhnout i při vyšším obsahu bílkovin (nad 11,5 %) dobré extraktivnosti sladu.

Toto kritérium je jedním z faktorů pro předpověď extraktu ječmene. Čím je slad lépe rozluštěn, tím je nižší jeho průměrná hmotnost 1000 zrn (Basařová et al., 1992). Průměrná hmotnost 1000 zrn v testovaném souboru byla 42,4 g. V rámci sledovaného souboru bylo rozpětí tohoto znaku od 31,2 g (Atlantick) až do 51,3 g u odrůdy Talisman.

Dusíkaté látky ječmene jsou důležitými nosiči biologických změn v průběhu výroby sladu a piva. Produkty štěpení bílkovin, které se vytvoří během klíčení při sladování ječmene, představují širokou škálu makropeptidů, polypeptidů, nižších peptidů a aminokyselin, které mají zásadní pozitivní i negativní technologický význam

Tab. 3: Hodnocení vybraných ukazatelů sladovnické jakosti ozimého ječmene

Odrůda	Rok sladování	NL	Škrob	Extrakt	Rel. extrakt	Kolbachovo číslo	Friabilita	Beta-glukany
		(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(mg/l)
KWS Joy	2015	9,0	63,0	81,7	27,6	36,5	88,8	86
	2016	12,2	64,1	80,8	28,00	51,1	75,2	76
Talisman	2015	9,1	63,0	80,2	23,5	37,5	83,8	155
	2016	12,0	63,2	80,6	23,6	50,5	69,5	175
Sayra	2015	8,8	62,4	79,9	32,3	41,4	60,4	228
	2016	12,8	64,2	78,2	26,2	39,6	33,5	306
Etincel	2015	9,9	63,3	78,4	26,2	34,8	60,9	187
	2016	11,4	63,7	80,0	28,9	42,8	58,5	209
Isocel	2015	9,7	63,3	78,9	25,8	37,2	68,1	183
	2016	11,1	62,7	79,8	27,2	43,5	56,1	234
KWS Liga	2015	9,9	61,4	81,7	28,5	42,5	85,5	99
	2016	11,9	64,4	81,7	29,4	46,6	73,6	87
KWS Ariane	2015	10,5	62,9	80,6	28,8	47,0	90,4	74
	2016	11,7	63,0	82,4	29,1	51,8	79,3	67
KWS Scala	2015	9,4	64,5	82,3	31,8	46,1	92,2	48
	2016	11,6	63,1	82,3	30,2	47,0	81,1	23
Cassiopee	2016	12,5	64,8	82,3	29,9	36,9	66,2	184
	2017	11,2	61,9	77,2	29,7	35,2	75,5	144
Bagatel	2017	11,0	61,5	75,2	30,8	36,6	72,8	155
	2018	14,5	60,8	78,2	39,2	41,4	71,1	160
Casino	2017	9,6	61,0	75,0	24,8	35,0	74,2	225
	2018	13,4	60,2	77,8	30,7	36,5	57,5	421
Monroe	2017	11,2	63,9	77,3	29,7	34,7	75,7	196
	2018	13,1	62,2	80,5	40,4	41,8	79,8	85
Maltesse	2017	10,6	61,8	76,4	30,4	37,2	67,8	297
	2018	12,9	60,8	78,4	33,9	40,0	66,3	281
Atlantick	2017	10,5	61,4	75,9	26,1	35,8	76,4	204
	2018	13,3	60,6	77,6	31,9	39,1	67,5	337

v závislosti na svých fyzikálně-chemických vlastnostech ve zpracovatelnosti ječmene na slad, v technologii a kvalitě piva. Přispívají k plnosti chuti piva, podílejí se na pěnivosti a stabilitě pěny, působí jako tlumivé složky piva (Basařová a Paulů, 2015). Psota a Kosař (2002) uvádějí limitní hodnoty a váhy kvalitativních znaků zařazených do ukazatele sladovnické jakosti. Optimální hranici by ve znaku N-látky v zrnu ječmene (10,2–11,0 %) splnily v testovaném souboru jen 4 odrůdy – KWS Ariane (v roce 2015), Bagatel, Maltesse a Atlantick v roce 2017.

Škrob je základní organickou polysacharidovou sloučeninou ječmene (60–65 % sušiny). Skládá se z molekuly amylosy (20–25 %) a amylopektinu (75–80 %). Škrob má v ječmeni funkci rezervního polysacharidu a zásobárny živin pro klíček v době vývinu. Škrob je zpřístupněn pro působení amylolytických enzymů, ke kterému dochází v průběhu rmutování při přípravě mladiny (Basařová, 2015). Při analýze obsahu škrobu pomocí NIR byla zjištěna maximální hodnota 64,8 % u odrůdy Cassiopee a minimální hodnota 60,2 % u odrůdy Casino.

Pomocí korelační analýzy byly hodnoceny také vybrané parametry ukazatele sladovnické jakosti (Tab. 4). Byla zjištěna statisticky neprůkazná negativní korelace ( $r=-0,211$ ) mezi obsahem dusíkatých látek a obsahem škrobu v ječmeni. Hartman et al. (2010) ve své práci uvádí, že mezi těmito dvěma znaky je statisticky vysoce významná negativní korelace. A ke stejnému závěru dospěli i Hřivna et al. (2009). Extrakt sladu je nejen důležitým ekonomickým



Obr. 1: Dendrogram sestavený na základě matice nepodobnosti vypočtené pomocí koeficientů SM z výsledků analýzy mikrosatelitů; čísla u větví dendrogramu jsou reprezentací věrohodnosti a byly vypočteny pomocí bootstrapové analýzy

kritériem této suroviny, ale i předpokladem pozitivního vlivu na kvalitu finálního produktu. Ovlivňuje výsledky kvašení, chemické složení hotového piva i jeho organoleptické vlastnosti. Extrakt sladu je silně ovlivňován odrudou stejně jako obsahem škrobu a dusíkatých látek (Basařová a Paulů, 2015). Optimální hranici 83 % nedosáhla žádná z testovaných odrud, ale nepřijatelnou hranici 81,5 % nepřekročily odrůdy KWS Joy, KWS Liga, KWS Ariane, KWS Scala a Cassiopee.

Statisticky vysoce průkazná pozitivní korelace byla nalezena mezi extraktem a Kolbachovým číslem ( $r=0,667^{**}$ ). Ke stejným závěrům dospěli i Kosař et al. (1997) a Špunarová a Prokeš (1998). Statisticky vysoce průkazná negativní korelace byla vypočtena mezi extraktem v sušině sladu a obsahem beta-glukanů ( $r=-0,611^{**}$ ). U znaku relativní extrakt dosáhla optimální hranice (40–48 %) pouze odrůda Monroe. Všechny ostatní kultivary měly podlimitní hodnoty. Kolbachovo číslo vyjadřuje nepřímo aktivitu proteolytických

enzymů. Optimální hranice (42–48 %) dosáhly ve studované kolekci ozimých ječmenů odrůdy Etincel, Isocel, KWS Liga, KWS Ariane a KWS Scala. Korelační analýzou byl zjištěn negativní statisticky vysoce průkazný vztah mezi hodnotou Kolbachova čísla a obsahem beta-glukanů ( $r=-0,513^{**}$ ). Friabilita, nebo-li křehkost, představuje schopnost sladu se rozdrobit. Charakterizuje úroveň rozluštění (modifikace) zejména buněčných stěn a bílkovin (Psota et al., 2018). Optimální hranici 86 % překonala pouze odrůda KWS Joy. Všechny ostatní genotypy dosáhly podlimitních hodnot. Beta-glukany ovlivňují průběh scezování a filtraci sladin a jsou důležitým ekonomickým ukazatelem výroby piva. Optimální hranici 100 mg/l nepřekročily v obou letech hodnocení odrůdy KWS Joy, KWS Liga, KWS Ariane, KWS Scala a Monroe v roce 2018. Statisticky vysoce průkazná negativní korelace byla vypočtena mezi friabilitou a obsahem beta-glukanů ( $r=-0,725^{**}$ ).

Shlukovou analýzou výsledků mikrosatelitní analýzy byly ve studovaném souboru 56 odrud ozimého ječmene s potenciálem sladovnické kvality identifikovány 4 skupiny odrud (Obr. 1). V první skupině se vyskytují odrůdy ozimé sladovnické KWS Ariane a Wintmalt a řada jim geneticky podobných. Do druhé skupiny byly zařazeny ozimé sladovnické odrůdy Charles, Endeavor a Maris Otter a řada dalších studovaných odrud. Třetí skupina je značně početná, zahrnuje odrůdy jako Isocel a Etincel, které jsou pravděpodobně sesterskými liniemi. Poslední skupina je nepočtená a je v ní zařazena odrůda Tiffany a čtyři další jí geneticky podobné odrůdy. Sesterská linie Regina, která vznikla křížením odrud Labea x Marinka. Kroměřížská novošlechtění KM 2718 a KM 2497 mají v pedigree jako jednoho z rodičů odrůdu Tiffany. Z výsledků vyplývá značná míra variability a široký genepool šlechtěných odrud.

## Závěr

Pro udržitelnost produkce kvalitního sladu a zachování konkurenceschopnosti na mezinárodních trzích je klíčové zachovat udržitelnou produkci sladovnického ječmene. Sezónní problémy, zejména sucho, v mnoha částech Evropy má za následek jak snížení výnosu, tak i snížení kvality zvýšením obsahu dusíkatých látek. Tyto problémy jsou v podmínkách České republiky nejvýraznější v tradičních oblastech pěstování sladovnického ječmene, jako je Haná a Polabí. Výhledy budoucího vývoje klimatu se dosti liší, vesměs ale mají jeden společný očekávaný jev, a to je zvýšení pravděpodobnosti výskytů extrémů, jako jsou např. suché a velmi teplé sezóny. Jarní sladovnický ječmen jako plodina s krátkou vegetační dobou a malým kořenovým systémem těmito klimatickými změnami bude výrazně postižen, přičemž již dnes je považován za rizikovou plodinu. Proto se dá předpokládat, že v souvislosti se změnami klimatu začne narůstat využívání ozimých odrud ječmene pro sladovnické využití. Získané poznatky a hodnocené genetické zdroje ozimého ječmene budou využity při řešení nového projektu „Strategie minimalizace dopadu sucha na udržitelnou produkci a sladovnickou kvalitu ječmene“ (QK1910197), který byl doporučen k podpoře a je financován v rámci VS MZe, ZEMĚ pro období 2019–2023 a kde VÚRV, v.v.i. je koordinátorem tohoto projektu.

## Poděkování

Článek byl zpracován v rámci řešení projektu „Národní program konzervace a využívání genetických zdrojů rostlin, zvířat a mikroorganismů významných pro výživu a zemědělství“ č.j. 51834/2017-MZE-17253/6.2.14. a institucionálního projektu MZE RO0418.

/Recenzováno/

## Použitá literatura

- Basařová, G., Čepička, J., Doležalová, A., Kahler, M., Kubíček, J., Poledníková, M., Voborský, 1992: Pivovarsko-sladařská analytika 1: 385 s.
- Basařová, G., 2015: Vlastnosti sladovnického ječmene. In: Basařová et al., Sladařství. Teorie a praxe výroby sladu. 626 s.
- Basařová, G., Paulů, R., 2015: Stručná historie a současnost výroby sladu. In: Basařová et al., Sladařství. Teorie a praxe výroby sladu. 626 s.
- GEVES (Variety and Seed Study and Control Group), 2016: [http://cat.geves.info/Page\\_en/ListeNationale](http://cat.geves.info/Page_en/ListeNationale)
- Becker J., Heun M., 1995: Barley microsatellites: allele variation and mapping. *Plant Molecular Biology* 27: 835-845.
- Hartman, I., Prokeš, J., Helánová, A., Hartmann, J., 2010: Vztah mezi obsahem škrobu v ječmeni a extraktem sladu. *Kvasný Prům.*, 56 (11-12): 423-427.
- Holubec, V., Papoušková, L., Faberová, I., Zedek, V., Dotlačil, L., 2015: Rámcová metodika Národního programu konzervace a využívání genetických zdrojů rostlin a agrobiodiversity. *VÚRV Praha – Ruzyně*: 386 s.
- Hřivna, L., Ryant, P., Homola, L., Radoch T., 2009: Hodnocení obsahu N-látek a škrobu v zrnu ječmene po aplikaci dusíku a síry. Konference "Sladovnický ječmen - přiměřená ekonomika, vysoký výnos a kvalita zrna". Nový výzkum a komplexní poznatky pro uplatnění v praxi: Kompendium 2009 ke konferencím: 41-42
- Chloupek, O., 2008: Genetická diverzita, šlechtění a semenářství. *Academia*, Praha: 312 s.
- Kosař, K. et al. 1997: Kvalita sladovnického ječmene a technologie jeho pěstování. In: Metodiky pro zemědělskou praxi. Praha: Ústav zemědělských a potravinářských technologií, č. 3, 48 s.
- Lekeš, J., Zezulová, P., Bareš, I., Sehnalová, J., Vlasák, M., 1986: Klasifikátor – genus *Hordeum L.*, *VÚRV Praha – Ruzyně*, „Genové zdroje“ č. 27: 46 s.
- Liu Z.W., Biyashev R.M., Saghai Maroof M.A., 1996: Development of simple sequence repeat DNA markers and their integration into a barley linkage map. *Theoretical and Applied Genetics* 93: 869-873.
- Obert, D.E., Wesenberg, D.M., Burrup, D.E., Jones, B.L., Erickson, C.A., 2006: Registration of 'Charles' barley. *Crop Science* 46, 468-469.
- Obert, D.E., Evans, C.P., Windes, J.M., Wesenberg, D.M., Ulrich, S.E., Budde, A., Chen, X., Jackson, E.W., 2009: Registration of 'Endeavor' winter barley. *Journal of Plant Registrations* 3, 124-126.
- Psota, V., 2001: Ozimý ječmen z hlediska sladovnického. *Kvasný Prům.*, 47 (3): 66-68.
- Psota, V., Dvořáčková, O., Sachambula, L., Nečas, M., Musilová, M., 2018: Ječmen a slad. In: Ječmenářská ročenka 2018, VÚPS, a.s.: 268 s.
- Psota, V., Kosař, K., 2002: Ukazatel sladovnické jakosti. *Kvasný průmysl*, 48; č. 6, s. 142-148.
- Ramsay L., Macaulay M., Ivanissevich S., MacLean K., Cardle L., Fuller J., Edwards K.J. Tuvešson S., Morgante M., Massari A., Maestri E., Marmiroli N., Sjakste T., Ganai M., Powell W., Waugh R., 2000: A simple sequence repeat-based linkage map of barley. *Genetics* 156: 1997-2005.
- Russell J., Fuller J., Young G., Thomas B., Taramino G., Macaulay M., Waugh R., Powell W., 1997: Discriminating between barley genotypes using microsatellite markers. *Genome* 40: 442-450.
- Saghai-Marooof M.A., Soliman K.M., Jorgensen R.A., Allard R.W., 1984: Ribosomal DNA spacer-length polymorphisms in barley: Mendelian inheritance, chromosomal locations, and population dynamics. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 81: 8014-8018.
- Stockinger, E.J., 2012: <http://www.craftmalting.com/cereal-history-of-winter-malting-barley-2-of-6/>
- Špunarová, M., Prokeš, J., 1998: Jakost sladu v závislosti na odrůdě, ročníku a technologii sladování u jarního ječmene. *Rostlinná výroba* 44(2): 45-50.
- Zimolka, J. et al., 2006: Ječmen, formy a užitkové směry v České republice. *Profi Press, s.r.o.*: 200 s.

**Kontaktní adresa:** Ing. Zdeněk Nesvadba, Ph.D., Genová banka, Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i., Drnovská 507, 161 06 Praha 6 – Ruzyně; nesvadba@vurv.cz

## Aktuální poznatky ze 7. Mezinárodního symposia o půdní organické hmotě v Adelaide

Látal O., Agrovýzkum Rapotín s.r.o., Výzkumníků 267 Rapotín

Již 7. ročník mezinárodního symposia o Půdní organické hmotě (7th International Symposium on Soil Organic Matter) hostila ve dnech 6.–11. října 2019 Organizace vědeckého a průmyslového výzkumu Commonwealth (Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation; zkratka CSIRO), který se konala v hotelu Hilton v australském Adelaide.

CSIRO je federální vládní agentura vědeckého výzkumu v Austrálii, která byla založena z iniciativy australského premiéra Billa Hughese v roce 1916. Základním posláním je formulování cílů a závazků ze strany australské vlády a hledání nových cest pro růst blahobytu společnosti, stejně jako podpora a účast na ekonomických a sociálních programech řady hospodářských odvětví prostřednictvím vědy a rozvoje. Agentura spolupracuje s předními světovými odbornými organizacemi, má vlastní nakladatelství „CSIRO Publishing“, které vydává vědecké časopisy indexované v mezinárodních databázích. Agentura sídlí v hlavním městě Canberra, má více jak 50 poboček po celé Austrálii, dále aktivně spolupracuje s vědeckou stanicí biologické kontroly v Mexiku a Francii a sdružuje více jak 5000 zaměstnanců. Oblast výzkumu je koncipována do 10 vědeckých oblastí včetně zemědělství. Po přivítání účastníků symposia organizátory a po krátkém seznámením s jeho programem se úvodního slova ujal konvenor dr. Mark Farrell (CSIRO). Půda a její složky, jak bylo již mnohokrát řečeno, přímo podporují pozemský život na Zemi. Představuje nejsložitější biologický systém na planetě, který skrývá, udržuje a vykazuje obrovskou rozmanitost jak pod zemí, tak nad zemí. Mezi hlavní složky půdy patří půdní organická hmota, komplexní a různorodé prostředí neživých organických látek, které usnadňuje a doplňuje širokou škálu chemických, fyzikálních a biologických funkcí.

Motem symposia byla v roce 2019 půdní organická hmota ve stresovaném světě „Soil organic matter in a stressed world“

- lepší porozumění a kvantifikace funkcí, které půdní organická hmota udržuje v přírodních i řízených systémech;
- pochopení stresorů, které mají dopad na jeho stabilitu a schopnost pokračovat k zajištění těchto klíčových funkcí ekosystému.