

Variabilita vybraných polních charakteristik a kvalitativních ukazatelů zrna u kolekce moderních pšeničných odrůd

(Variability of selected field characteristics and grain quality parameters in collection of modern wheat cultivars)

Dvořáček V., Hermuth J., Prohasková A.

Výzkumný ústav rostlinné výroby, Praha 6 – Ruzyně, Drnovská 507

Souhrn: U vybraného souboru 71 odrůd ozimé pšenice (*T. aestivum* L.) uchovávaných v rámci světové kolekce Genové banky byla v letech 2012 a 2013 provedena u 11 morfologicko-fenologických charakteristik a jakostních parametrů zrna hlubší statistická analýza s posouzením jejich vzájemné odlišnosti a stability. Dosažené výsledky potvrdily u ukrajinských odrůd ,Khersonskaya 99', ,Kiriya', ,Driada 1' a ,Bilosnizhka' vysokou hodnotu pekařských parametrů i vysokou stabilitu. Stabilní a současně i vysoké výnosy (nad 8 tun.ha⁻¹) vykazovaly např. české odrůdy ,Matylda', ,Golem' a ,Diadem' a francouzské odrůdy ,Altigo' a ,Fermi'. Aplikace moderních statistických postupů PCA analýzy a sledování individuální odrůdové stability znaků významně rozšiřují poznatky o vlastnostech testovaných odrůd a jsou podnětem pro možnou inkorporaci těchto informací do současné elektronické databáze genetických zdrojů EVIGEZ.

Klíčová slova: pšenice setá, moderní odrůdy, polní a technologické ukazatele

Abstract: The set of selected 71 cultivars of winter wheat (*T. aestivum* L.) preserved in a world wheat collection of the Gene Bank was evaluated using deeper statistical methods in 2012 and 2013. There were analysed mutual varietal differences and stability in selected 11 morphological and phenological characteristics and grain quality parameters. The obtained results confirmed high value of bread-making parameters and their high stability in Ukrainian cultivars ,Khersonskaya 99', ,Kiriya', ,Driada 1' and ,Bilosnizhka'. The Czech cultivars ,Matylda', ,Golem' and ,Diadem' and French cultivars ,Altigo' and ,Fermi' showed stable and high yields (above 8 t.ha⁻¹). The use of the progressive statistical procedures based on PCA analysis and evaluation of the individual varietal parameter stability significantly broadened knowledge about properties of tested cultivars and brought a stimulus for the incorporation of this information into the current electronic database of genetic resources EVIGEZ.

Key Words: common wheat, modern cultivars, field and technological parameters

Úvod

Systematická péče o genofondy rostlin začala v ČR v padesátých letech minulého století a je spojena se vznikem výzkumných zemědělských ústavů. V této době bylo v českých kolekcích shromážděno cca 6 tisíc položek. Koncem osmdesátých let se na péči o genofondy podílelo v Československu cca 25 institucí a v kolekcích bylo shromážděno celkem 42 tisíc položek GZ. V současnosti v České republice spolupracuje na práci s genofondy 12 institucí a k počátku roku 2014 bylo shromážděno 53232 genetických zdrojů (GZ) zahrnující kulturní i některé plané druhy rostlin s převahou semeny se množící genotypy, jež tvoří 81,2 % celé kolekce GZ (Dotlačil et al. 2014).

Strategie rozšiřování kolekcí o nové GZ se zaměřuje zejména na GZ domácího původu a na nárůst kolekcí o zdroje nové genetické diversity, požadované uživateli. Např. v roce 2013 bylo nově získáno 1186 GZ od domácích a zahraničních dárců a ze sběrových expedic. Dlouhodobě jsou hlavním zdrojem pro rozšiřování kolekcí GZ zahraniční dárci (genové banky, výzkumná pracoviště, šlechtitelské firmy), následují domácí dárci a sběry doma i v zahraničí. Kolekce obilnin tvoří v současnosti celých 42 % z celkového počtu shromážděných GZ. Pšenice setá s rozsahem přes deset tisíc položek je pak nejpočetněji zastoupeným druhem v našich kolekcích. Pro odbornou i laickou veřejnost je aktuální stav GZ přístupný on-line v českém informačním systému GZ (EVIGEZ: <http://genbank.vurv.cz/genetic/resources/>), kde jsou u všech GZ v národních kolekcích evidována pasportní data (taxon, dárcé, udržovatel aj.). Popisná data charakterizující řadu polních (morfologicko-fenologických a kvalitativních parametrů zrna) jsou v různém rozsahu k dispozici u cca 37,3 tis. GZ (tj. 70,7 % položek). Tímto podílem se tak ČR řadí ke státům s relativně vysokým stupněm zhodnocení národních kolekcí. V současnosti jsou i tyto informace volně zpřístupňovány prostřednictvím výše uvedené databáze EVIGEZ. Rozdíly mezi kolekcemi jednotlivých účastníků NP jsou však dosud značné od 45 %

do 100 % popsaných GZ. V posledních letech jsou rovněž popisná data velmi intenzivně rozšiřována rovněž o genetické charakteristiky zahrnující identifikované geny, genetické markéry, které užitnou hodnotu kolekcí významně zvyšují (Dotlačil et al. 2014, Dotlačil et al. 2008).

U pšenice seté je dnes standardně hodnoceno zhruba 35 znaků zahrnujících polní a vybrané jakostní ukazatele zrna s převahou parametrů pro predikci pekařské jakosti (např. obsah hrubých bílkovin, škrobu, obsah mokrého lepku, gluten index či Zelenyho sedimentační test). Tyto ukazatele vycházejí z historického navržení sledovaných znaků již v počátcích práce s GZ a v zájmu kontinuity hodnocení jsou takto vyhodnocovány i nově získané GZ. V důsledku zpřístupňování popisných dat v on-line databázi GZ EVIGEZ je tak nyní možné vyhledávat vhodné pšeničné materiály s požadovanými parametry resp. jejich kombinací. Na druhé straně se z databáze nedozvíme případnou variabilitu parametru v jednotlivých ročníchích ani vzájemné vazby sledovaných parametrů. Cílem této práce tak bylo na aktuálním souboru vybrané světové kolekce moderních pšeničných odrůd poukázat na další možnosti hlubšího statistického zpracování získaných polních a kvalitativních dat prováděných v GB s identifikací perspektivních odrůd s vysokou jakostí a stabilitou sledovaných znaků.

Materiál a metody

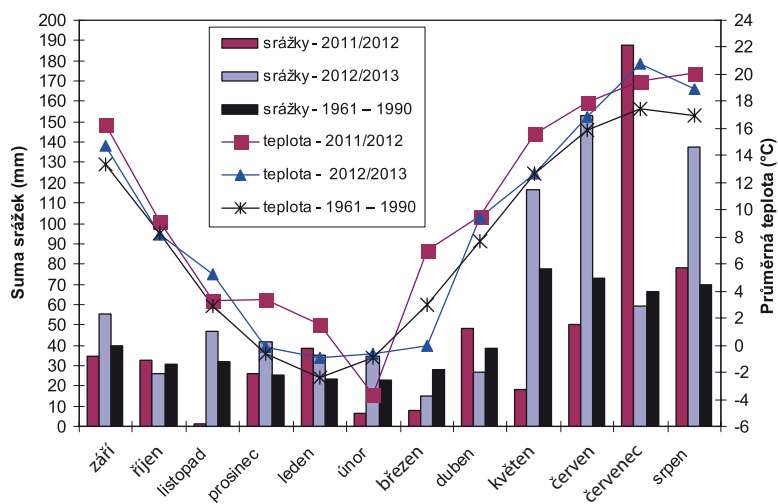
V letech 2012 a 2013 bylo vybráno a v polních pokusech VÚRV, v.v.i. Praha Ruzyně hodnoceno 71 odrůd (genotypů) ozimé pšenice seté (*Triticum aestivum* L.) s důrazem na modernější (prošlechtěnější) materiály vyvíjené po roce 1980 s původem v 16 různých zemích celého světa. Nejčteněji zastoupeny byly francouzské odrůdy (FRA) s 15 zástupci, dále pak bulharské (BGR) s 13 a české (CZE) odrůdy s 8 položkami následovanými 7 zástupci německého původu (DEU). Soubor dále zahrnoval 5 položek z Ukrajiny (UKR), po 4 zástupcích z Ruska (RUS),

Nizozemí (NLD) a Velké Británie (GBR), po 2 materiálech ze Spojených států (USA), Slovenska (SVK) a Chorvatska (HRV) a konečně po jednom zástupci z Belgie (BEL), Švédska (SWE), Běloruska (BLR), Nového Zélandu (NLZ) a Švýcarska (SWE).

Polní pokusy probíhaly dle standardní interní metodiky Genové banky s pokusnými parcelkami o velikosti 4,5m² s výsevkem 400 zrn na m². Předseťově byl aplikován superfosfát a draselná sůl (60%) na základě AZP. Anorganické dusíkaté hnojení ledkem amonným s vápencem bylo použito pouze k jarní regeneraci porostů a to v dávce 100 kg/ha. V ochraně proti plevelům a škůdcům byla postemergentně aplikována směs přípravků Maraton (4l . ha⁻¹) a Glean 75 WG (7 g.ha⁻¹) a insekticid Decis mega v dávce (0,15 l⁻¹) proti přenašečům viróz.

Během vegetačního období (2012 a 2013) byly v této práci hodnoceny následující polní ukazatele: výška rostlin, bonitačně výskyt padlí travního (1: vysoce náchylné - 9: rezistentní), počet dní do kvetení (počítáno vždy od 1.1.), počet dní do dosažení voskové zralosti (počítáno vždy od 1.1.) HTS, a přepočtený výnos zrna. Jakostní ukazatele pšeničného zrna zahrnovaly stanovení obsahu hrubých bílkovin dle Kjeldahla - NL (ČSN ISO 1878), obsahu mokrého lepku - ML a hodnoty gluten indexu - GI (AACC 38-12 r. 2000), hodnoty Zeleného sedimentačního testu - ZS (ČSN ISO 5529) a obsahu škrobu polarimetricky (CSN EN ISO 10520).

Během hodnocení byly rovněž sledovány měsíční průměrné teplotní a úhrnné srážkové charakteristiky (viz Obr. 1). Statistické analýzy zahrnovaly kalkulaci základních statistických metod (průměr, směrodatná odchylka, standardní chyba, variační koeficient - vk), dále regresní a korelační analýzu, analýzu rozptylu (ANOVA - hlavních efektů) a analýzu hlavních komponent (PCA) s využitím softwaru Statistika 7.0.



Obrázek 1: Teplotní a srážkové charakteristiky pokusné lokality

Výsledky a diskuze

Dosažené průměrné hodnocení sledovaných parametrů z obou ročníků 2012 a 2013 je uvedeno v tabulce č. 1. Jako statisticky neprůkazné diference byly potvrzeny pouze odrůdové rozdíly u výnosu zrna a ročníkové rozdíly u parametrů HTS a gluten index (GI). Všechny další odrůdové i ročníkové diference u sledovaných parametrů byly vysoce statisticky průkazné. Statisticky neprůkazné rozdíly ve výnosu zrna, byť mezi nejméně výnosnou odrůdou 'Verne' (5,4 t.ha⁻¹) a nejnýsnější odrůdou

'Akilin' (8,9 t.ha⁻¹) byl rozdíl více jak 3 tuny, lze vysvětlit především vysokou ročníkovou oscilací tohoto znaku u jednotlivých odrůd. Výnos zrna je vysoce komplexní znak, jehož projev je ve srovnání s řadou dalších parametrů nejvíce ovlivněn skupinou negenetických, externích faktorů zahrnující jak biotické (škůdci, choroby) tak i abiotické (povětrnostní podmínky) stresory. Velmi cenné pro hodnocení GZ jsou naopak znaky s vysokou ročníkovou stabilitou (Bordes et al. 2008). V našem případě lze zdůraznit výše uvedené parametry HTS a hodnoty GI vykazující jinak významnou meziodrůdovou variabilitu (vk = 10 resp. téměř 20 %). Výrazně odlišný vliv povětrnostních podmínek s významně teplejším a srážkově průměrným ročníkem 2011/2012 ve srovnání s ročníkem 2012/2013 (viz Obr. 1) se významně promítl v rozdílné úrovni ostatních parametrů. Dokonce i parametr ZS, považovaný za vysoce genotypově vázaný ukazatel (Bushuk 1998), propadl v ročníku 2013 o více jak 10 ml vlivem vysokých srážkových úhrnů a průměrně nižší teplotě. Rovněž pro další pekařské ukazatele zrna nebyl průběh tohoto ročníku příznivý a byly zaznamenány významné propady v obsahu NL a ML. Naopak obsah škrobu v zrna za těchto podmínek stoupal. Nižší teplota v kombinaci s vyšší srážkovou činností (v sumě o téměř 220 mm) významně prodloužila jak obě vegetační fáze, tak i výšku rostlin. Nárůst výskytu padlí v ročníku 2013 byl sice signifikantní, ale nikterak dramatický. Ve svém důsledku se pak prodloužení obou vegetačních fází pozitivně odrazilo ve zvýšené fertilitě resp. celkovém výnosu zrna ovšem s významně horší pekařskou jakostí. Tuto skutečnost lze velmi pravděpodobně vysvětlit vysokou intenzitou růstu porostu vyžadující pro dosažení srovnatelné průměrné hodnoty pekařských parametrů jako v ročníku 2012 signifikantně vyšší úroveň přihnojení dusíkatými hnojivy, než jaká je standardně poskytována v rámci pouze jednoho regeneračního přihnojení. Svou roli zde mohlo rovněž sehrát i možné částečné vyplavení půdního dusíku vlivem vysokých srážkových úhrnů.

Korelační analýza hodnotící vztahy mezi polními a jakostními ukazateli potvrdila řadu středně silných korelací (0,4 - 0,6) s vysokou statistickou signifikancí (Tab. 2). Prodloužení vegetační doby tak vedlo k vyššímu výnosu, současně se však významně snižovala pekařská jakost zrna především závislá na obsahu a kvalitě hrubých bílkovin a lepku (Ortiz et al 2008). Naopak výška odrůdy pozitivně korelovala s úrovní pekařských parametrů zrna. Tuto skutečnost jsme potvrdili i v našich předchozích výsledcích u krajo- vých odrůd pšenic (Dvořáček et al. 2011).

Zajímavé je i zjištění negativní korelace mezi úrovní rezistence k padlí travnímu a kvalitativními parametry zrna (NL a ML). Znalost těchto obecnějších vztahů dává šlechtitelům do rukou určité vodítko pro selekci vhodných rodičovských materiálů pro dosažení požadovaných parametrů zrna. Na druhé straně pouze střední úroveň korelačních vztahů poskytuje i určitý prostor k nalezení genotypů, jež se těmito vztahům vymykají. V důsledku specifických požadavků šlechtitelů i přetrvávající hrozby zužování genetického základu v průběhu prošlechťování moderních odrůd zmiňované autory Martynov et al. (1997) tak mohou být pro šlechtitele rovněž velmi zajímavé.

Takovým příkladem může být odrůda 'Arlas' (CHE), která s průměrnou výškou 88 cm vykazovala nadstandardně vyšší obsah NL 14,16 %. V případě platnosti regresního vztahu s deklarovanou korelací mezi výškou a obsahem NL (r = 0,38, viz Tab. 2) by se měla hodnota obsahu NL při této výšce pohybovat jen kolem 12 %.

Parametr	Rozsah souboru	Průměr	Min.	Max.	Sm. odch.	Var. koeficient (%)	Ročník 2012	Ročník 2013
Výnos zrna (t.ha ⁻¹)	71	7,12	5,36	8,88	0,87	12,17	6,85 ^a	7,41 ^b
Výška rostl. (cm)*	71	83,38	66,00	117,50	9,98	11,97	77,76 ^a	89,15 ^b
Kvetení (dny) ^{1*}	71	155,80	150,00	161,50	3,02	1,94	148,06 ^a	163,66 ^b
Vosk. zralost (dny) ^{1*}	71	191,04	184,50	195,50	2,60	1,36	182,77 ^a	199,40 ^b
HTS (g)*	71	42,88	33,75	53,60	4,32	10,08	43,12 ^a	42,55 ^a
Padlí (1-9b)*	71	6,59	3,00	8,00	1,05	15,93	6,44 ^a	6,78 ^b
Obsah NL (%)*	71	11,73	9,96	14,37	0,97	8,29	12,71 ^a	10,70 ^b
Obsah ML (%) *	71	23,55	17,08	33,95	3,14	13,32	25,21 ^a	21,65 ^b
Gluten index (%)*	71	86,24	31,26	99,58	16,91	19,61	86,78 ^a	86,41 ^a
Zelený sedim. (ml)*	71	33,73	11,50	59,25	10,13	30,04	39,22 ^a	28,29 ^b
Obsah škrobu (%)*	71	66,43	63,70	67,98	0,90	1,35	65,51 ^a	67,40 ^b

¹ Dosažení doby kvetení (počítáno od 1.1.)

*Odrůdově statisticky signifikantní parametry pro $p \leq 0,05$

Ročníkové průměry s rozdílnou písmennou indexací (a,b) jsou statisticky signifikantní pro $p \leq 0,05$

Tab. 1: Souhrnné statistické vyhodnocení sledovaných znaků u vybraných moderních odrůd pšenice seté (2012-2013)

Hodnocení úrovně variability (stability) sledovaných znaků u hodnocených GZ doposud nehraje významnou úlohu při jejich charakterizaci. Důvodem jsou omezené metodické možnosti Genové banky, kdy vzhledem k potřebám hodnotit rozsáhlé počty vzorků je možné zajistit pouze jejich neopákané výsevy na jednom stanovišti ve dvouletém cyklu. Je tak zřejmé, že oba uvedené příklady oscilací vybraných parametrů výnosu zrna a hodnoty ZS (Obr. 2 a 3) je nutné chápat pouze orientačně. Ovšem vzhledem k velmi kontrastním povětrnostním podmínkám obou ročníků nelze odrůdy s prokázanou vysokou hodnotou parametru a současně jeho vysokou stabilitou zcela ignorovat. Příkladem vysokého (nad 8 t.ha⁻¹) a současně stabilního výnosu tak jsou v tomto souboru např. české odrůdy ‚Matylda‘, ‚Golem‘ a ‚Diadem‘. Z francouzských odrůd lze zmínit ‚Altigo‘ a ‚Fermi‘. Podobně v případě vysoké hodnoty (nad 45 ml) a stability parametru ZS lze zdůraznit především ukrajinské odrůdy ‚Khersonskaya 99‘, ‚Kiriya‘, ‚Driada 1‘ a ‚Bilosnizhka‘. Význam stability znaků a jistoty jejich predikce si v současnosti plně uvědomuje i GB a v minulém roce tak byla přijata metodická změna pro standardní hodnocení kolekcí GZ, jež prodlužuje cyklus hodnocení na 3 roky.

Příklad využití vícerozměrné statistické metody (PCA analýza) umožňující promítnutí zjištěných morfologicko-fenologických a současně i jakostních parametrů do tzv. faktorové roviny je na obrázku č. 4. Současně je do grafu vektorově znázorněn i vzájemný vztah a působení jednotlivých parametrů (proměnných), jež prostorovou distribuci jednotlivých odrůd ovlivnily.

Toto sofistikované grafické vyhodnocení umožňuje při dané úrovni vysvětlujících faktorů (F1 a F2) současně posoudit jak vzájemné vztahy jednotlivých parametrů, tak i vzájemnou podobnost resp. odlišnost sledovaných odrůd ve směru působení jednot-

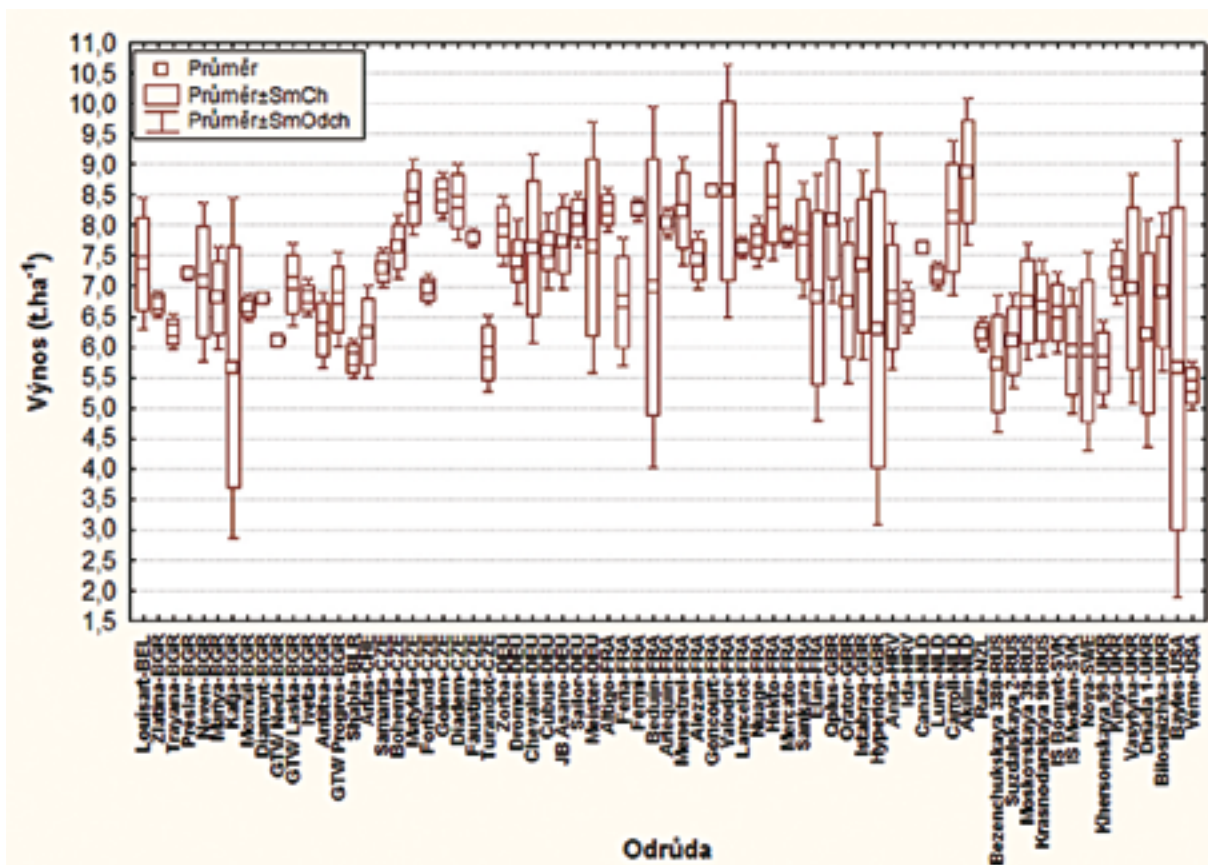
livých znaků. O efektivitě tohoto statistického přístupu vypovídá i práce francouzských autorů, kteří ji s úspěchem využili pro porovnání polních a pekařských parametrů u vytvořené světové kolekce 371 pšeníc pocházející ze 70 zemí (Bordes et al. 2008).

V našem případě byly zjištěny 2 výrazně soliterně se nacházející odrůdy ‚Verne‘ (USA) a ‚Canari‘ (NLD). V případě americké odrůdy se ve srovnání s průměrem souboru jednalo o materiál s výrazně nižším výnosem (5,36 t.ha⁻¹), vyšším vzrůstem, vysokou citlivostí k padlí (3b) a s vyšším obsahem NL (14,37 %) a ML (33,9 %), ale nižší kvalitou lepkových bílkovin (GI = 62,2 a ZS = 30,8 ml). Odrůda ‚Canari‘ opět vykazovala vyšší habitus, průměrný výnos i obsah NL s relativně dobrou rezistencí k padlí (7b), ovšem výrazně horší kvalitou lepkových bílkovin (GI = 62,2 a ZS = 30,8 ml). Pekařsky vysoce kvalitní odrůdy s hodnotami ZS nad 47 ml a pevným lepem (GI > 80) je pak nutno hledat v levém spodním kvadrantu, kterým prochází směrnice charakterizující působení parametru ZS (Obr. 4). Mimo jiné se zde nacházejí i výše zmiňované 4 ukrajinské odrůdy s vysokou hodnotou a stabilitou ZS. Naopak vysoce výnosné a současně škrobnaté odrůdy lze identifikovat v pravém spodním kvadrantu, jímž prochází jak vektory výnosu zrna, tak obsahu škrobu. V tomto kvadrantu lze např. zdůraznit francouzské odrůdy ‚Goncourt‘, ‚Nuage‘, ‚Hecto‘ a ‚Mercato‘ s přepočtenými výnosy kolem 8 – 8,5 tun.ha⁻¹ a obsahem škrobu v rozmezí 67 – 68 %.

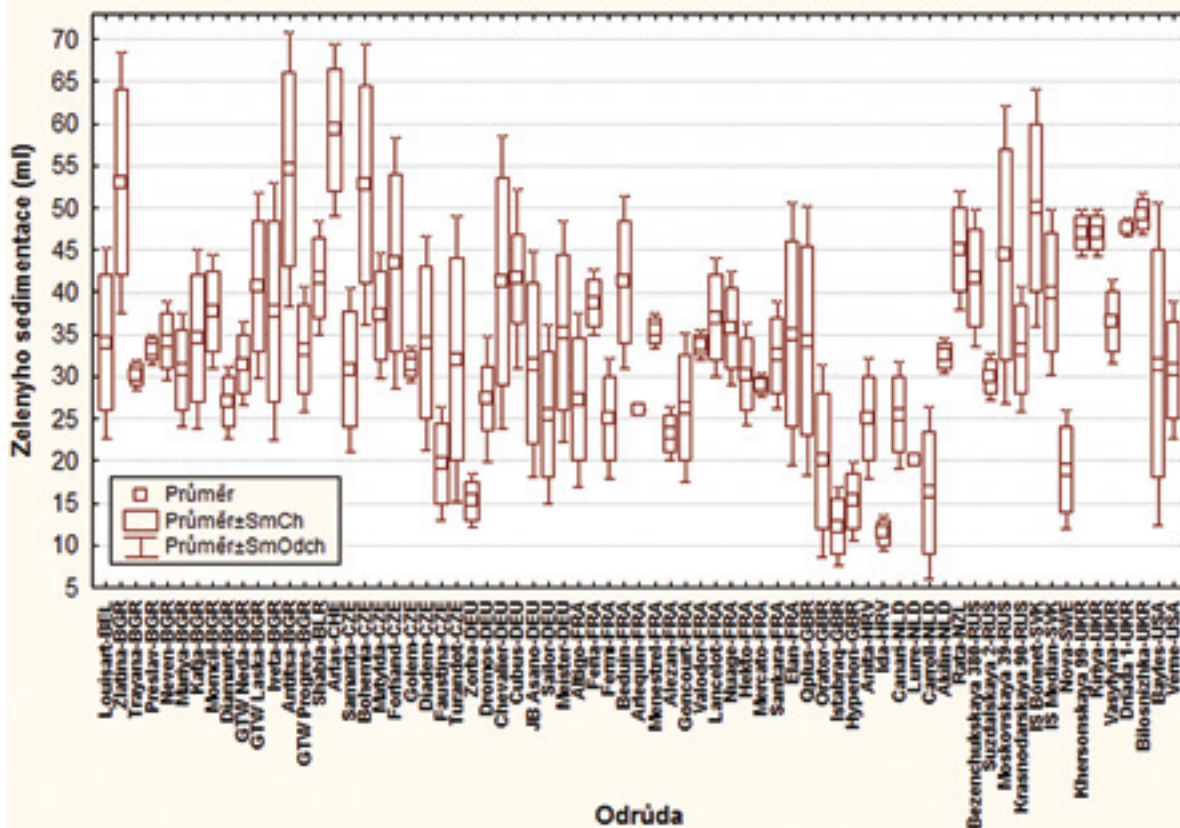
Parametr	NL	ML	GI	Zelený sed.	Škrob
Výnos	-0.55**	-0.60**	0.16	-0.25*	0.62**
Výška	0.38**	0.52**	-0.26*	0.13	-0.26*
Kvetení	-0.33**	-0.12	-0.27*	-0.39**	0.21
Vosková zral.	-0.30*	-0.09	-0.30*	-0.41**	0.16
HTS (g)	0.28*	0.23	0.12	0.29*	-0.22
Padlí	-0.41**	-0.43**	0.11	-0.13	0.39**

* pro $p \leq 0,05$; ** pro $p \leq 0,01$

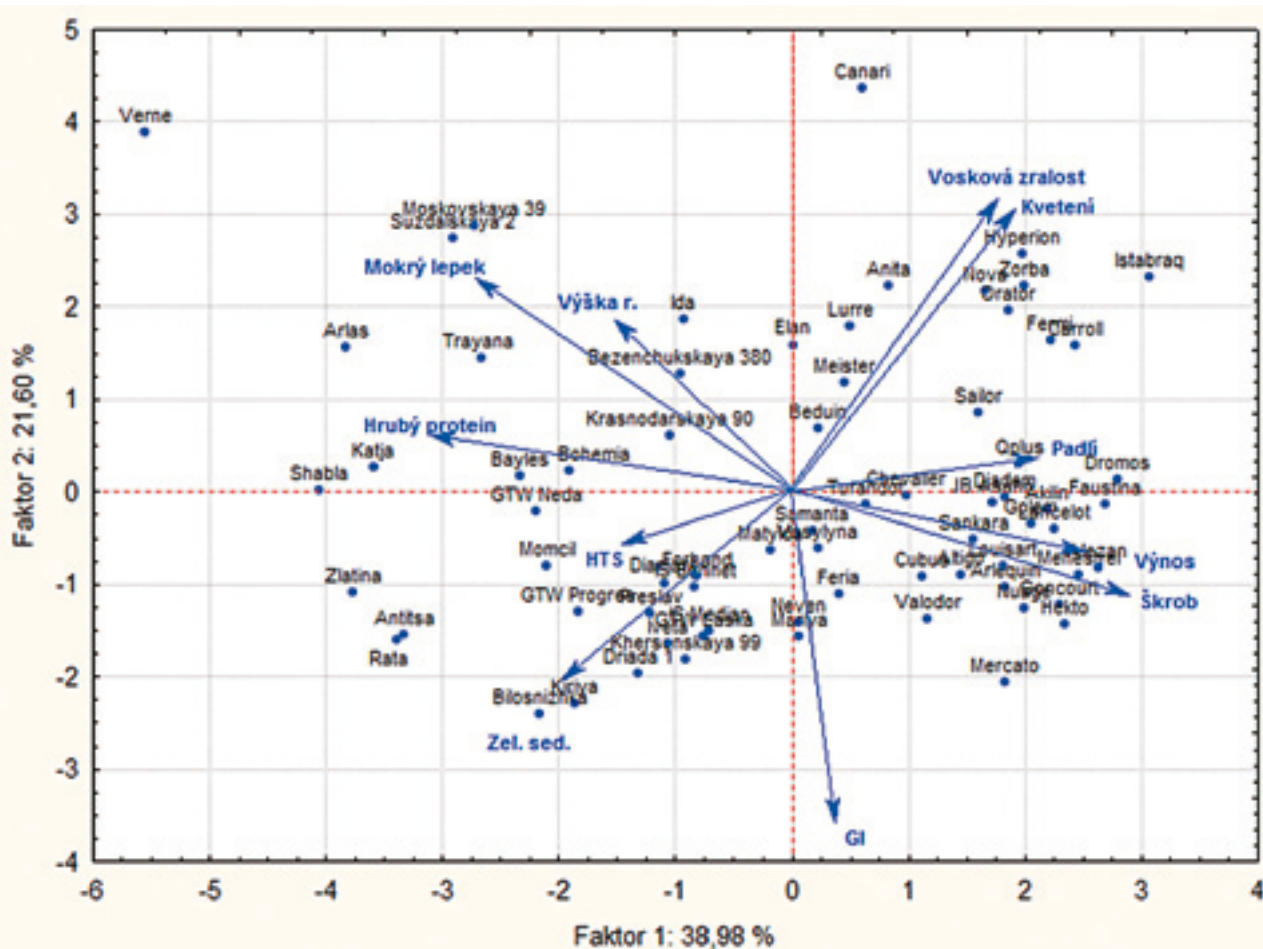
Tab. 2: Získané vzájemné vztahy mezi vybranými polními a kvalitativními ukazateli zrna



Obrázek 2: Variabilita zjištěných výnosů zrna u jednotlivých odrůd (2012 – 2013)



Obrázek 3: Variabilita dosažených hodnot Zeleného sedimentace u testovaných odrůd (2012 – 2013)



Obrázek 4: Vzájemná projekce proměnných (parametry) a případů (odrůdy) do faktorové roviny (PCA analýza)

Závěr

Aplikace hlubších statistických metod umožnila odkrýt řadu specifických vztahů a charakteristik v testované kolekci moderních pšeničných odrůd. Hodnocení poukázala na význam sledování stability vlastností, která může být v závislosti na prostředí a lokalitě u jednotlivých odrůd velmi individuální. Prodloužení testovacího cyklu na tříleté období a doplnění této informace u testovaných odrůd pro jednotlivé ukazatele do databáze EVIGEZ by tak měla dále prohloubit její užitnou hodnotu. Při komplexu hodnocení řady znaků a parametrů přispěla PCA analýza k posouzení celkové vzájemné variability testovaných odrůd, což vedle detailní znalosti genetické informace může být velmi užitečné například ve šlechtění při sestavování výchozích rodičovských kombinací.

Literatura

- Bordes J., Branlard G., Oury F.X., Charmet G., Balfourier F. (2008): Agronomic characteristics, grain quality and flour rheology of 372 bread wheats in a worldwide core collection. *Journal of Cereal Science*, 48: 569 - 579.
- Bushuk W. (1998): Wheat breeding for end-product use. *Euphytica* 100: 137–145
- Dotlačil L., Faberová I., Stehno Z. (2008): Plant genetic resources in the Czech Republic, *Czech J. Genet. Plant Breed.*, 44(4): 129–139.
- Dotlačil L., Holubec V., Papoušková L. (2014): Genetické zdroje rostlin v ČR – historie a současnost. Sborník referátů ze semináře: „Genetické zdroje rostlin po 20 letech existence

Národního programu“ Znojmo 4.12. 2013. VÚRV,v.v.i. Praha, str. 10 - 19.

- Dvořáček, V. Dotlačil L., Hermuth J., Prohaskova A., Stehno Z., Svobodová L. (2011): The Utilization of Wheat Genetic Resources in Breeding for Bread-making Quality. *Czech J. Genet. Plant Breed.*, 47, (Special Issue): 71 - 76.
- Martynov S.P., Dobrotvorskaya T.V., Stehno Z., Dotlačil L. (1997): Genetic diversity of Czech and Slovak wheat cultivars in the period 1954 -1994. *Czech J. of Genetics Pl. Breeding*. 33: 1–12
- Ortiz R., Braun H.-J, Crossa J. et al. (2008): Wheat genetic resources enhancement by the International Maize and Wheat Improvement Center (CIMMYT). *Genetic Resources and Crop Evolution*, 55: 1095–1140.

Poděkování

Příspěvek vznikl za finanční podpory MZE ČR v rámci institucionální podpory MZE RO0414. (Recenzováno)

Kontaktní adresy:

dvoracek@vurv.cz
hermuth@vurv.cz
prohaskova@vurv.cz

Výzkumný ústav rostlinné výroby,v.v.i., Drnovská 507, Praha 6 – Ruzyně, 161 06