



## QUANTITATIVE AND QUALITATIVE TRAITS OF *TRITICUM DICOCCON* SCHRANK – CORRELATION ANALYSIS

Lacko-Bartošová Magdaléna<sup>1</sup>, Lacko-Bartošová Lucia<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Department of Sustainable Agriculture and Herbology, Faculty of Agrobiological and Food Resources, Slovak University of Agriculture in Nitra, Slovakia

<sup>2</sup>Department of Applied Informatics and Computing Technology, University of Economics in Bratislava, Slovakia

## KORELAČNÉ VZŤAHY KVANTITATÍVNYCH A KVALITATÍVNYCH ZNAKOV PŠENICE DVOJZRNOVEJ

Lacko-Bartošová Magdaléna, Lacko-Bartošová Lucia

Received 25. 6. 2017

Revised 29. 6. 2017

Published 27. 11. 2017

In the present study, the correlation analysis of agronomic and qualitative traits of emmer demonstrated negative, medium strong correlation between stem length and protein content, water absorption and sieve fraction under 2.2 mm. Higher quality traits of emmer are associated with longer stem. Productive spikelets coefficient positively correlated with the most of quality traits and therefore can be an indicator of breadmaking potential of emmer. Very important quality trait is protein content with high positive correlation between Zeleny test, wet gluten content, farinograph water absorption and also between beta-carotene. Strong negative correlation between protein content and gluten index indicated difficulties for breeders to select for high protein and its high quality at the same time. The content of zeaxanthin and beta-carotene correlated with grain size, beta-carotene with grain size of 2.2–2.5 mm, zeaxanthin with grain size higher than 2.5 and 2.8 mm. The content of lutein, free and bound phenolics did not correlated with grain size fractions, but medium strong to strong correlations were recorded between all these phytoprotective traits.

**Keywords:** *Triticum dicoccon* Schrank; correlation analysis; quantitative; qualitative traits

### Úvod

Pšenica dvojzrnová je považovaná za predchodcu väčšiny pestovaných druhov pšeníc. Patrí medzi tetraploidné druhy, jej kultúrna forma označovaná tiež ako dvojzrnka (*Triticum dicoccon* Schübl.) alebo (*Triticum dicoccon* Schrank) patrí medzi najstaršie využívané obilniny. Pestovaná forma dvojzrnky bola najvýznamnejšou plodinou takmer 7000 rokov, nálezy ako divých, tak aj domestikovaných foriem v oblasti Úrodneho polmesiaca sa datujú do obdobia 7700 – 7500 rokov pred našim letopočtom (Feldman 2001). V súčasnom období sa sporadicky pestuje v podhorských a horských oblastiach Zakaukazska, Baškyrka, na Balkánskom poloostrove, v Turecku, Iráne,

\*Corresponding author: Magdaléna Lacko-Bartošová, Department of Sustainable Agriculture and Herbology, Faculty of Agrobiological and Food Resources, Slovak University of Agriculture in Nitra, Slovakia, ✉ [magdalena.lacko-bartosova@uniag.sk](mailto:magdalena.lacko-bartosova@uniag.sk)

Jemene, Indii, Maroku, Etiópii, z európskych štátov hlavne v Taliansku, Španielsku (región Astúria), Rakúsku.

Dvojrznka bola po tisícročia základnou obilninou aj na území dnešného Slovenska, v severnej časti východného Slovenska a na Krupinskej pahorkatine sa pestovala ešte do 70. rokov 20. storočia (najmä pod ľudovým označením tenkeľ, gengel).

Pôvodný všeobecný názor predpokladal, že jej pestovanie zaniklo najneskôr v období vrcholného stredoveku. Vysievala sa na podhorské, piesočnaté alebo kamenisté pôdy, najčastejšie na lazoch ako jarina. Nepoliehala, netrpela chorobami, znášala nehnojené pôdy a neúrodné polohy. Úrody dvojrznky sa pohybovali od 2,0 do 2,5 t/ha (Hajnalová a Dreslerová 2010). Napriek pomerne značnému hospodárskemu významu, takmer nebola šľachtená. V súčasnom období nie je na Slovensku registrovaná autochtónna odroda pšenice dvojrznky. Opätovné zavedenie jej pestovania bude vyžadovať dostupnosť odrôd adaptovaných na klimatické podmienky stanovišťa, s požadovanými agronomickými a kvalitatívnymi parametrami, ktoré môžu prispieť k zvýšeniu diverzity, rozmanitejšej produkcii potravín a rozvoju miestnych trhov.

## Materiál a metódy

Maloparcelové poľné pokusy boli založené na Experimentálnej báze Fakulty agrobiológie a potravinových zdrojov SPU v Nitre Dolná Malanta, v západnej časti Žitavskej pahorkatiny. Územie je charakteristické kontinentálnou klímou, patrí do teplého agroklimatického regiónu s prevažne miernou zimou, dlhodobým úhrnom zrážok (1961 – 1990) 532,5 mm, dlhodobou priemernou teplotou vzduchu 9,8 °C, za vegetačné obdobie 16,4 °C, s nadmorskou výškou od 177 m n. m. do 180 m n. m. (Špánik a Šiška, 1996). Hlavnou pôdnou jednotkou je hnedozem pseudoglejová vyvinutá na sprašových a polygénnych hlinách. Pôda je stredne ťažká, hlinitá (Hanes, 1995).

Pokus bol založený blokovou metódou s náhodným usporiadaním v rámci osevného sledu hrach – pšenica dvojrznová – jačmeň jarný, v podmienkach ekologického hospodárenia. Veľkosť jedného opakovania bola 10 m<sup>2</sup> (8 riadkov, dĺžka 10 m, medziriadková vzdialenosť 0,125 m). Základné obrábanie pôdy pozostávalo z orby do hĺbky 0,20 m, zaburinenosť počas vegetácie bola regulovaná mechanicky. Výsevok nevyľúpaného zrna bol 170 kg/ha. V experimente boli hodnotené štyri odrody *Triticum dicoccon* (Schrank) pôvodom z Talianska a Rakúska.

V pokuse boli analyzované agronomické ukazovatele, nepriame ukazovatele mlynárskej kvality pomocou preosievacích sít typ AS200 (Retsch, Nemecko), nepriame ukazovatele pekárskej kvality: obsah mokrého lepku, gluten index podľa AACC 38-12 pomocou Glutomatic 2200 (Perten Inst., Švédsko), pádové číslo pomocou Falling number 1100 (Perten Inst., Švédsko) podľa AACC 56-81B; sedimentačná hodnota (Zelený test) pomocou Shaker – Type SDZT4 podľa ICC 116/1 (Santec, Slovensko). Reologické vlastnosti boli stanovené pomocou Brabender Farinografu – AT, typ 810151.

Fytoprotektívne kvalitatívne ukazovatele: viazané a voľné fenoly boli stanovené podľa Verma et al. (2009) a Van Hung et al. (2009) pomocou UV-VIS-1800 (Szimadzu), karotenoidy podľa modifikovanej metódy Herrero-Barbudo et al. (2005) a Ligor and Buszewski (2012) pomocou HPLC s Aligent 6410 hmotnostným spektrometrom.

Získané experimentálne údaje za štyri vegetačné obdobia 2012 – 2015 boli vyhodnotené korelačnou analýzou, korelácie sú signifikantné, ak korelačný koeficient je signifikantný na hladine  $p < 0,01$ . Na štatistickú analýzu bol využitý program STATISTICA verzia 10.0.

## Výsledky a diskusia

Korelačná analýza medzi agronomickými, nepriamymi mlynárskymi, pekárskymi a fytoprotektívnymi parametrami pšenice dvojzrnovej je významná z hľadiska šľachtenia genotypov pre prípravu funkčných potravín, avšak tieto vzťahy zostávajú do významnej miery neprebádané. Korelačné koeficienty a ich preukaznosť vyjadrujú Tabuľka 1 a Tabuľka 2. Ak  $r = \pm 0,33$  až  $\pm 0,66$  medzi príslušnými znakmi je stredne silná (kladná alebo záporná) korelácia, ak  $r = \pm 0,66$  až  $\pm 0,99$ , medzi znakmi je silná korelácia. Z korelačnej analýzy agronomických a kvalitatívnych ukazovateľov sa zistila stredne silná avšak negatívna korelácia medzi dĺžkou stebľa a obsahom hrubého proteínu, väznosťou múky ako aj frakciou zrna menšou ako 2,2 mm (Tabuľka 1). Priaznivejšie uvedené kvalitatívne parametre je možné dosiahnuť pri odrodách s kratším stebľom.

Koeficient produktívnych kláskov, vypočítaný ako podiel počtu fertílnych kláskov k celkovému počtu kláskov v klase kladne koreloval (silná závislosť) s reologickými parametrami, Zeleny testom, stredne silná kladná korelácia sa zistila s obsahom hrubého proteínu. Silná kladná korelácia medzi HTZ a zberovým indexom, ako aj medzi úrodou zrna s HTZ a zberovým indexom poukazuje na význam HTZ ako úrodotvorného prvku na formovaní úrody pšenice dvojzrnovej. Z hodnotených agronomických ukazovateľov je koeficient produktívnych kláskov významným parametrom pre predikciu pekárskych kvality a HTZ, zberový index a dĺžka stebľa významné pre výber odrôd s vyššou úrodnosťou. Plevnaté druhy pšeníc sú charakteristické vyšším obsahom proteínu v porovnaní so pšenicou letnou, avšak údaje publikované vo vedeckej literatúre významne kolíšu v rozpätí od 11,2 % do 19,05 % (Hammed and Simsek 2014).

Medzi obsahom hrubého proteínu (HP) sa zistila signifikantná, stredne silná až silná kladná korelácia s nasledovnými parametrami pekárskej kvality: mokrý lepok, Zeleny test, pádové číslo, väznosť múky (Tabuľka 2). Silná negatívna korelácia medzi hrubým proteínom a gluten indexom indikuje, že vyšší obsah hrubého proteínu bude viesť k jeho horšej pekárskej kvalite.

Silná kladná korelácia medzi HP a podielom frakcie zrna 2,2 – 2,5 mm môže potvrdzovať predpoklad, že vyšší obsah proteínu plevnatých druhov pšeníc je výsledkom vyššieho podielu povrchových vrstiev zrna, ktoré sú bohaté na proteíny a minerálne látky, k celkovému objemu zrna (Brandolini et al., 2008).

Zistená negatívna slabá korelácia medzi HP a frakciami zrna  $>2,5$  mm a  $>2,8$  mm, potvrdzuje tento predpoklad aj v prípade pšenice dvojzrnovej. Silná negatívna korelácia medzi gluten indexom a veľkostnou frakciou zrna 2,2 – 2,5 mm naznačuje, že negatívna korelácia medzi HP a gluten indexom je aj výsledkom tohto uvedeného vzťahu.

Stredne silná až silná kladná korelácia medzi Zeleny testom a väznosťou múky, vývinom cesta, číslom kvality indikuje, že Zeleny test bude vhodným parametrom pre výber odrôd s priaznivými pekárskymi vlastnosťami.

Z hodnotených parametrov fytoprotektívnej kvality zrna sa zistila stredne silná až silná kladná korelácia medzi obsahom  $\beta$ -karoténu a HP, väznosťou múky, Zeleny testom, a podielom frakcie zrna 2,2 – 2,5 mm. Negatívna stredne silná korelácia bola zaznamenaná medzi gluten indexom.

Obsah luteínu, ako najvýznamnejšej zložky karotenoidov zo skupiny xantofylov, ktorý predstavuje 80 – 90 % celkového obsahu karotenoidov v zrne, významne koreloval s obsahom  $\beta$ -karoténu, zeaxantínu, voľných aj viazaných fenolov. Zatiaľ čo  $\beta$ -karotén bol významnejšie viazaný na menšiu veľkostnú frakciu zrna (od 2,2 do 2,5 mm), zeaxantín koreloval s frakciou zrna väčšou ako 2,5 a 2,8 mm.

**Tabuľka 1** Korelačné koeficienty kvantitatívnych parametrov *Triticum dicoccon*  
**Table 1** Correlation coefficients of agronomic and quality traits of *Triticum dicoccon*

2,2 – 2,5mm	-0,58**	0,49**	0,68**	-0,68**	0,11	0,69**	0,25	-0,65**	0,32	-0,46**	-0,53**	0,09	Zeaxantín celozrn	β-karotén celozrn	Fenoly voľné	Fenoly viazané
>2,8 + >2,5mm	1,00	-0,24	0,17	0,34	-0,20	-0,30	-0,09	0,37**	-0,37	0,12	0,17	0,08	0,53**	-0,33	0,24	-0,06
Glutén index	1,00	-0,65**	-0,21	0,44**	-0,21	-0,81**	-0,52**	0,44**	0,57**	0,36	0,56**	-0,24	0,17	-0,61**	0,20	0,21
Zelený test	1,00	1,00	0,68**	-0,38**	0,68**	0,79**	0,21	0,77**	-0,19	-0,22	-0,22	0,41**	-0,10	0,62**	0,29	0,19
Väznosť múky	1,00	1,00	0,67**	-0,55**	0,67**	0,87**	0,30	0,76**	-0,21	-0,28	-0,28	0,38**	-0,24	0,74**	0,26	0,06
Číslo kvality	1,00	1,00	1,00	-0,28	1,00	0,41**	-0,16	0,79**	0,33	0,21	0,21	0,32	-0,12	0,36	0,45**	0,42**
Hrubý proteín	1,00	1,00	1,00	-0,60**	1,00	0,45**	0,45**	0,63**	-0,49**	-0,49**	-0,49**	0,38**	-0,21	0,73**	0,07	-0,08
Obsah popola	1,00	1,00	1,00	-0,18	1,00	1,00	1,00	0,08	-0,53**	-0,41**	-0,41**	0,05	0,08	0,30	-0,32	-0,27
Dĺžka stebľa	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	-0,40**	0,36	0,40**	0,40**	-0,23	0,48**	-0,60**	0,05	0,15
Koef. prod. kláskov	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,12	0,07	0,07	0,32	-0,08	0,55**	0,39**	0,36
HTZ (86% sušina)	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,78**	0,81**	0,81**	0,10	0,20	-0,27	0,49**	0,53**
Zberový index	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,69**	1,00	1,00	0,01	0,25	-0,35	0,37**	0,46**
Úroda (86% sušina)	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,19	0,25	-0,12	0,54**	0,57**
Luteín celozrn	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,46**	0,56**	0,69**	0,63**
Zeaxantín celozrn	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	-0,23	0,38**	0,55**
β-karotén celozrn	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,26	0,08
Fenoly voľné	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,68**

\*\* korelačný koeficient vysoko preukazný; \*\* correl. coefficient highly significant

**Tabuľka 2** Korelačné koeficienty kvalitatívnych parametrov *Triticum dicoccon*  
**Table 2** Correlation coefficients of quality traits of *Triticum dicoccon*

	< 2,2 mm	> 2,2 mm	> 2,8+ > 2,5 mm	Mokrý lepok	Gluten index	Zelený test	Pádové číslo	Väznosť múky	Vývin cesta	Stabilita cesta	Doba mäknutia	Číslo kvality	MTI	Hrubý proteín	Luteín	Zeaxantín	β-karotén	Fenoly voľné	Fenoly viazané
2,2 – 2,5 mm	0,13	1,00	-0,58**	0,27	-0,68**	0,49**	0,39**	0,59**	0,15	-0,09	0,33	0,11	0,24	0,69**	0,09	-0,53**	0,65**	-0,22	-0,29
<2,2 mm			-0,88**	-0,18	0,18	0,01	-0,00	-0,03	0,15	0,23	-0,39**	0,18	-0,40**	-0,03	-0,15	-0,34	0,03	-0,17	0,23
>2,8+ >2,5 mm			1,00	0,02	0,17	-0,24	-0,19	-0,26	-0,20	-0,15	0,17	-0,20	0,22	-0,30	0,08	0,53**	-0,33	0,24	-0,06
Mokrý lepok			1,00	1,00	-0,50**	0,70**	0,54**	0,68**	0,44**	0,45**	-0,19	0,57**	-0,28	0,63**	0,23	-0,16	0,45**	0,16	-0,10
Gluten index			1,00	1,00	1,00	-0,65**	-0,46**	-0,70**	-0,22	-0,03	-0,36	-0,21	-0,27	-0,81**	-0,24	0,17	0,61**	0,20	0,21
Zelený test			1,00	1,00	1,00	1,00	0,40**	0,92**	0,62**	0,48**	0,04	0,68**	-0,10	0,79**	0,41	-0,10	0,62**	0,29	0,19
Pádové číslo			1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,42**	0,10	-0,01	0,10	0,14	0,08	0,70**	0,18	-0,12	0,39**	-0,14	-0,17
Väznosť múky			1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,68**	0,44**	0,09	0,67**	-0,03	0,87**	0,38**	-0,24	0,74**	0,26	0,06
Vývin cesta			1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,84**	-0,48**	0,92**	-0,55**	0,41**	0,30	-0,12	0,39**	0,43**	0,38**
Stabilita cesta			1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	-0,77**	0,95**	-0,82**	0,18	0,24	-0,05	0,19	0,43**	0,47**
Doba mäknutia			1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	-0,61**	0,98**	0,24	0,01	0,05	0,18	-0,25	-0,38**
Číslo kvality			1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	-0,69**	0,41**	0,32	-0,12	0,36	0,45**	0,42**
MTI			1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,14	-0,05	0,09	0,09	-0,29	-0,39**
Hrubý proteín			1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,38**	-0,21	0,73**	0,07	-0,08
Luteín			1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,46**	0,56**	0,69**	0,63**
Zeaxantín			1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	-0,23	0,38**	0,55**
β-karotén			1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,26	0,08
Fenoly voľné			1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,68**

\*\* korelačný koeficient vysoko preukazný; \*\* cor. coefficient highly significant

## Závery

Korelačná analýza kvantitatívnych a kvalitatívnych parametrov *Triticum dicocco* môže byť významná z hľadiska šľachtenia odrôd vhodných na prípravu funkčných potravín. Významným kvalitatívnym parametrom je obsah hrubého proteínu, s preukaznou silnou koreláciou so Zeleny testom, obsahom mokrého lepku, väznosťou múky, avšak aj obsahom  $\beta$ -karoténu. Silná negatívna korelácia hrubého proteínu a gluten indexu indikuje možné ťažkosti pri výbere genotypov s vysokou pekárskou kvalitou. Obsah zeaxantínu a  $\beta$ -karoténu je v korelácii s veľkostnými kategóriami zrna,  $\beta$ -karotén koreluje s menším zrnom, zeaxantín s väčším. Obsah luteínu, voľných aj viazaných fenolov nie je v korelácii s veľkosťou zrna, medzi nimi navzájom je však stredne silná až silná kladná korelácia. Z kvantitatívnych ukazovateľov je koeficient produktívnych kláskov vhodným indikátorom pre predikciu pekárskej kvality. HTZ, zberový index a dĺžka stebľa sú významné pre výber odrôd s vyššou úrodnosťou.

## Podakovanie

Práca vznikla na základe výsledkov realizácie projektu ITEBIO „Podpora a inovácie technológií špeciálnych výrobkov a biopotravín pre zdravú výživu ľudí“, ITMS: 26 220 220 115 v rámci operačného programu Výskum a vývoj, financovaného z Európskeho fondu regionálneho rozvoja.

## Literatúra

- Brandolini, A., Hidalgo, A., Moscartolo, S. 2008. Chemical composition and pasting properties of einkorn (*Triticum monococcum* L. subsp. *monococcum*) whole meal flour. *J. Cereal Sci.*, no. 47, p. 599–609.
- Feldman, M. 2001. The origin of cultivated wheat. In Bonjean, A.P., Angus, W.J. (eds) *The world wheat books a history of wheat breeding*. Paris: Lavoisier Publishing, p. 3–56. ISBN 978-1898298724.
- Hajnalová, M., Dreslerová, D. 2010. Ethnobotany of einkorn and emmer in Romania and Slovakia: towards interpretation of archaeological evidence. *Památky archeologické*, vol. 101, p.169–202.
- Hammed, A.M., Simsek, S. 2014. Hulled wheats: a review of nutritional properties and processing methods. *Cereal Chemistry*, vol. 91, p. 97–104.
- Hanes, J. 1995. *Atropogénne vplyvy na vlastnosti poľnohospodárskych pôd*. Nitra: VŠP, s. 89. ISBN 80-7137-238-2.
- Herrero-Barbudo, M.C., Granado-Lorencio, F., Blanco-Navaro, I., Olmedilla-Alonso, B. 2005. Retinol,  $\alpha$ - and  $\gamma$ -tocopherol and carotenoids in natural and vitamin A- and E-fortified dairy products commercialized in Spain. *International Dairy J.*, vol. 15, p. 521–526. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2004.07.011>
- Ligor, M., Buszewski, B. 2012. Effect of kale cultivation conditions on biosynthesis of xanthophylls. *J. of Food Research*, no. 1, p. 74–84. <http://dx.doi.org/10.5539/jfr.v1n4p74>
- Špánik, F., Šiška, B. 1996. *Biometeorológia*. Nitra: VŠP, 168 s. ISBN 80-7137-259-5.
- Van Hung, P., Maeda, T., Miyatake, K., A Morita, N. 2009. Total phenolic compounds and antioxidant capacity of wheat graded flours by polishing method. *Food Research International*, no. 42, p. 185–190. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2008.10.005>
- Verma, B., Hucl, P., Chibbar, R.N. 2009. Phenolic acid composition and antioxidant capacity of acid and alkali hydrolysed wheat bran fraction. *Food Chemistry*, no. 116, p. 947–954. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.03.060>