

**TVORBA NOVÝCH ODRÔD PŠENICE LETNEJ F. OZIMNEJ
S POTRAVINÁRSKOU KVALITOU POMOCOU MARKEROVO ASISTOVANEJ
SELEKCIE**

**DEVELOPMENT OF NEW WINTER WHEAT VARIETIES WITH BREAD-
MAKING QUALITY THROUGH MARKER ASSISTED SELECTION**

Andrea Hanková, Lubomír Rückschloss, Katarína Matúšková, Zdenka Gálová, Katarína Zirkelbachová, Edita Gregová, Darina Muchová

ABSTRACT

The aim of this study was to acquire winter wheat lines with good quality, containing untraditional HMW-GS (17+18, 13+16), for future incorporation to breeding processes for the purpose of developing new varieties with improved bread-making quality. At first, two sets of progeny were obtained by crossing. In the first set the influence of HMW-GS on bread-making quality indicators was evaluated in F₃ and F₄ generations. In F₃ generation SDT value was influenced significantly (P<0.01) by alleles at Glu-1A and Glu-1D loci, in the F₄ generation SDS test value was significantly influenced by alleles of all three loci - Glu-1A, Glu-1B (P<0.01), Glu-1D (P<0.05), respectively. Protein content in the F₃ generation was significantly influenced (P<0.01) by alleles on Glu-1A loci, while in the F₄ generation on Glu-1B loci. Hardness of corn was significantly influenced (P<0.01) by alleles at Glu-1D loci in both generations. Wet gluten content was statistically influenced (P<0.01) by alleles on Glu-1D loci. Quality of second set was not statistically evaluated in the F₃ generation.

Key words: winter wheat, HMW-GS, quality indicators, breeding process

ÚVOD

Pri tvorbe nových genetických zdrojov rastlín je cieľom zlepšiť ich produktivitu, kvalitu, rezistenciu proti chorobám a celý rad ďalších znakov a vlastností. Ako uvádzajú autori **Hanišová, Horčíčka (2002)**, v skorých generáciách šľachtenia musí šľachtiteľ pracovať s malým množstvom osiva, vyššou heterogenitou a väčším počtom vzoriek, preto je potrebné pri hodnotení na akosť používať analýzy s malou náročnosťou na množstvo osiva, pričom je možné využiť bielkovinové markery – gluteníny, gliadíny, ktoré sú zdrojom prvých informácií o pekárskej kvalite už v skorých generáciách (**Gale, 2005**). Gliadíny a gluteníny tvoria 70-75 % celkového obsahu bielkovín v zrne (**Shewry et al., 2001**). Z výsledkov svetového výskumu vyplýva, že niektoré vysokomolekulárne glutenínové podjednotky (HMW-GS) prispievajú k zlepšeniu pekárskej kvality pšenice letnej. Za zdroje vysokej pekárskej kvality sú označované odrody s HMW – Glu komplexnými alelami 1 alebo 2* (lokus Glu-1A), 7+8, 17+18, 13+16 (lokus Glu-1B), 5+10 (lokus Glu-1D) (**Payne, 1987; Shewry et al., 1992; Graybosch et al., 1994; Takata et al., 2000; Gianibelli et al., 2001; Gregová et al., 2001**). Dôležitou vlastnosťou pri selekcii šľachtiteľského materiálu do vyšších generácií je, že glutenínové gény sa dedia kodominantne, v dôsledku čoho je možné rozlíšiť genotypy heterozygotné od genotypov homozygotných (**Černý, Šašek, 1996, Gálová et al., 2002**).

Cieľom práce bolo získať kvalitné línie pšenice letnej f. ozimnej s netradičnými génmi pre HMW glutenínové podjednotky, ktoré budú zaradené do ďalšieho šľachtiteľského procesu za účelom vyšľachtenia odrôd, ktoré budú zodpovedať požiadavkám poľnohospodárskej praxe, spracovateľov a tiež spotrebiteľov.

MATERIÁL A METODIKA

Biologický materiál

V práci boli použité línie pšenice letnej formy ozimnej (*Triticum aestivum* L.), ktoré sme získali krížením odrôd s netradičnými génmi pre HMW glutenínové podjednotky 13+16 a 17+18, ktoré priaznivo ovplyvňujú pekársku kvalitu zrna pšenice. Odrody boli získané z Génovej banky SR CVRV-VÚRV v Piešťanoch a zo slovenských a zahraničných šľachtiteľských staníc. Kríženie sme realizovali v poľných podmienkach vo vegetačných ročníkoch 2003-2004 a 2004-2005. Získané zrno F₂ generácie sme analyzovali na zastúpenie HMW-GS pomocou SDS-PAGE. Na analýzu bola použitá len jedna polovica zrna, druhá polovica zrna s embryom bola na základe výsledkov analýz vysiatá v poli.

Elektroforetické delenie zásobných bielkovín

Zásobné semenné bielkoviny sme izolovali z endospermu suchých, zreých zrn. Homogenizáciu zrn sme robili mechanicky rozdrvením. Extrakciu glutenínov sme realizovali podľa štandardnej metódy ISTA (Wrigley, 1992). Pre elektroforetické separácie bielkovín v SDS-PAGE sme použili elektroforetickú jednotku Protean II (Bio-Rad). Všetky frakcie zásobných bielkovín separované v SDS-PAGE sme farbili v roztoku pripravenom zmiešaním 95 ml 10% kyseliny trichlóroctovej a 5 ml 0,5 % roztoku Coomassie Brilliant Blue R 250 v etanole. Elektroforetické profily sme vyhodnotili na denzitometri LD-01 Instrument pri vlnovej dĺžke 632,8 nm. Ako štandardy sme použili rodičovské odrody.

Analýzu alelickej zostavy v lokusoch Glu-1A, Glu-1B, Glu-1D a následný výpočet Glu hodnotenia sme robili podľa katalógu alel pre vysokomolekulárne glutenínové podjednotky (Payne, Lawrence 1983).

Laboratórne analýzy ukazovateľov pekárskej kvality

Laboratórne analýzy ukazovateľov pekárskej kvality (obsah bielkovín, tvrdosť zrna a mokrý lepok) boli realizované v laboratóriu kvality CVRV-VÚRV Piešťany na prístroji NIRSystems 6500. Hodnoty sedimentačného testu boli analyzované vo VŠS Malý Šariš modifikovanou metódou podľa Hýža (1986). Pre analýzu sme použili navážku 0,75 g šrotu. Výsledky analýz boli štatisticky vyhodnotené analýzou rozptylu v programe Statgraphic.

VÝSLEDKY PRÁCE A DISKUSIA

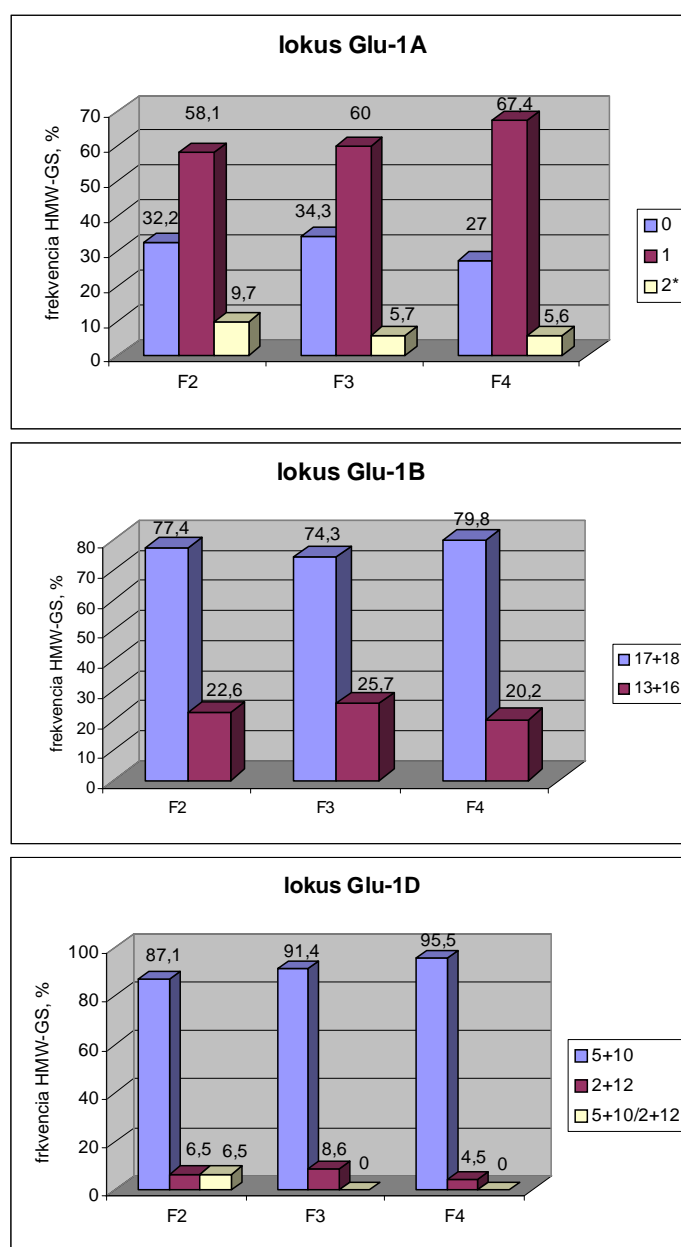
V práci bolo použitých 20 rodičovských genotypov pšenice letnej formy ozimnej (Kolomak 5, Axis, Ilias, PS – 11, PS – 24, Akteur, Sulamit, Bill, Tam 200, Ebi, Mladka, SW Topper, Shamrock, Charger, Altos, Erebus, Armelis, Aligre, Bety, Mironovská 808), ktoré boli do kríženia vyberané na základe kvality, zdravotného stavu a úrodnosti. Nakřížených bolo 22 kombinácií v prvom roku realizácie výskumnej práce a 8 kombinácií v druhom roku, čím sme získali dva súbory populácií slúžiacich ako východiskový základ výskumnej práce.

HMW-GS významne ovplyvňujú technologickú kvalitu pšenice (Ahmad, 2000; Horvat et al., 2002; Branlard et al., 2003; Schwarz et al., 2004), preto bola jedným z kritérií pri selekcii šľachtiteľského materiálu kompozícia HMW-GS. Do ďalšieho šľachtiteľského procesu sme vyberali homozygotné potomstvo s netradičnými HMW Glu- alelami 17+18 a 13+16, ktoré sú ukazovateľmi dobrej pekárskej kvality (Branlard, Dardevet, 1985; Uhlen 1990). Uvedené glutenínové podjednotky sú brazílskeho (13 + 16) a austrálskeho (17+18) pôvodu (Rabinovich et al. 2000) a v našich odrodách sa takmer nevyskytujú.

Frekvencia výskytu HMW-GS prvého súboru v F₂ – F₄ generácii je zaznamenaná na obrázku 1. Na lokuse Glu-1A sa s najväčšou frekvenciou vyskytovala podjednotka 1, ktorej podiel sa v F₄ generácii zvýšil v porovnaní s F₂ generáciou o 9 %, naopak, podiel podjednotiek 0 a 2* sa mierne znížil. V odrodách pšenice letnej f. ozimnej vyšľachtených v oblasti strednej a západnej Európy s chladnejšími klimatickými podmienkami je podjednotka 0, ako marker

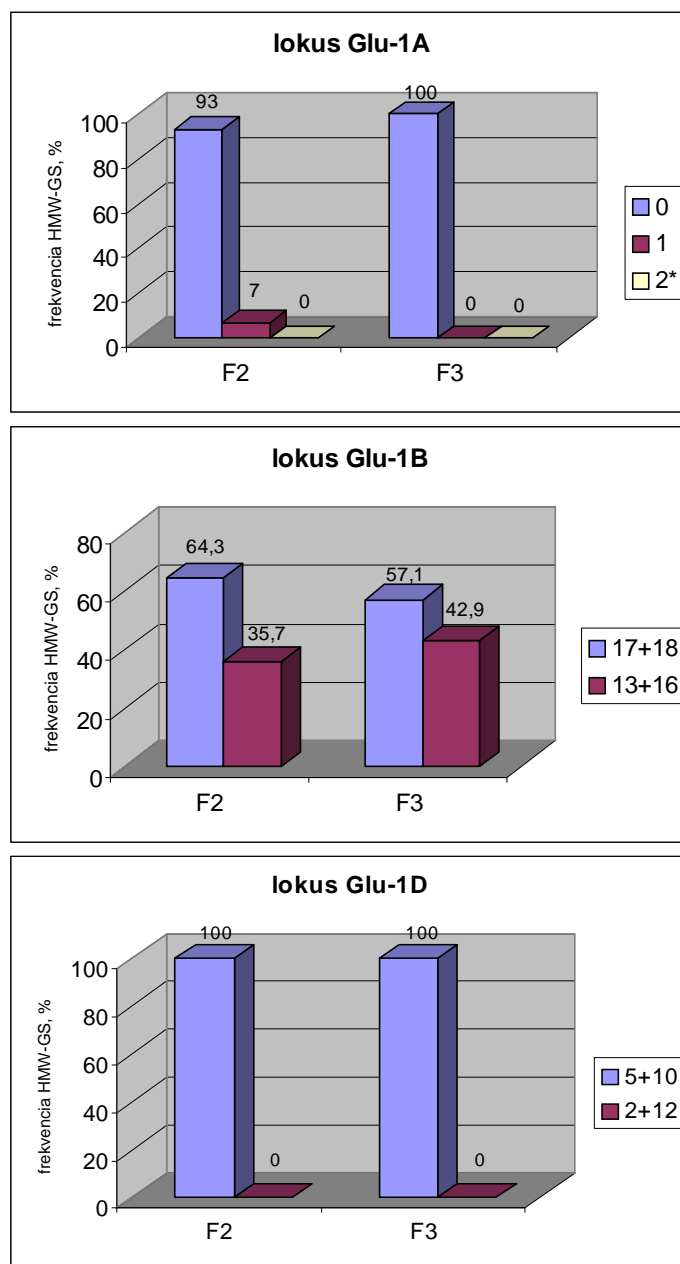
zimuvzdornosti (Witkowski et al., 2008), zastúpená s vyššou frekvenciou v porovnaní s kódujúcimi podjednotkami na lokuse Glu-1A. V posledných rokoch však zaznamenávame miernejšie zimy, čím nedochádza k tak výraznej selekcii na zimuvzdornosť ako v predchádzajúcich desaťročiach. Pre porovnanie, oblasti s miernou klímou, ako je Španielsko, Argentína, majú na lokuse Glu-1A zastúpenú prevažne podjednotku 2* (Gianibelli et al., 2002).

Na lokuse Glu-1B bol s väčšou frekvenciou zaznamenaný alelový pár 17+18. Vyšší podiel potomstva s týmto alelovým párom bol spôsobený vyšším podielom východiskového materiálu, ktorý sme získali krížením rodičov zastúpených v prevažnej miere podjednotkami 17+18. Na lokuse Glu-1D má vo všetkých sledovaných generáciách prevažné zastúpenie alelový pár 5+10 (87 – 95,5 %) pozitívne prispievajúci k pekárskkej kvalite pšeničného zrna.



Obrázok 1 Porovnanie frekvencie výskytu HMW-GS prvého súboru na lokuse Glu-1 v F₂, F₃ a F₄ generácii.

Kompozícia HMW glutenínových podjednotiek druhého súboru v F₂ – F₄ generácii je znázornená na obrázku 2. Na rozdiel od prvého súboru sa na lokuse Glu-1A s najväčšou frekvenciou vyskytovala podjednotka 0, ktorá bola zaznamenaná až v 93 % potomstva v generácii F₂, v generácii F₃ mala 100 % zastúpenie.



Obrázok 2 Porovnanie frekvencie výskytu HMW-GS druhého súboru na lokuse Glu-1 v F₂ a F₃ generácii.

Na lokuse Glu-1B sme, podobne ako v prvom súbore, s väčšou frekvenciou výskytu zaznamenali alelový pár 17+18 (64 %), alelový pár 13+16 bol zastúpený v 36 % respektíve 43 % v F₂ a F₃ generácii. Všetky odrody použité do kríženia v druhom súbore mali na lokuse Glu-1D alelový pár 5+10, v dôsledku čoho bolo v potomstve 100 %-né zastúpenie uvedeného alelového páru.

Na základe uvedených výsledkov môžeme skonštatovať, že zastúpenie HMW glutenínových podjednotiek vo väčšine získaného materiálu smeruje k vyššej frekvencii výskytu alel s priaznivým vplyvom na pekársku kvalitu.

V prvom súbore bolo na základe výsledkov vegetačných pozorovaní z F₃ generácie vyselektovaných 87 klasových potomstiev, ktoré pochádzali z 11 kombinácií. V sledovanom súbore F₃ generácie mali na hodnotu SDS testu na 99 % hladine významnosti štatisticky preukazný vplyv podjednotky na lokusoch Glu-1A a Glu-1D (Tabuľka 1). Uvedené výsledky naznačujú, že hodnota SDS testu je ovplyvnená zložením HMW-glutenínových podjednotiek. **Tarekegne et al. (2005)** skúmali súbor etiópskych pšeníc, v ktorom nemali podjednotky na lokuse Glu-1A štatisticky významný vplyv na hodnotu SDS testu. Štatisticky významný vplyv (P<0,05) alelickej premenlivosti na lokuse Glu-1D je však v súlade s našimi výsledkami. Potomstvo, ktoré malo vo svojej skladbe podjednotku 2*, malo štatisticky preukazne (P<0,01) vyšší SDS test ako potomstvo s podjednotkou 1. Podľa výsledkov prác autorov **Sontag-Strohm et al. (1996)**, **Tarekegne et al. (2005)** má potomstvo nesúce podjednotku 2* štatisticky preukazne vyššiu hodnotu SDS testu ako potomstvo s nulovou alelou, čo je v súlade s výsledkami našej práce. **Uhlen (1990)** spája podjednotky 13+16 s vyššou hodnotou sedimentačného testu, podjednotky 17+18 však, na rozdiel od nami dosiahnutých výsledkov, spája s nízkym obsahom bielkovín v zrne. Medzi uvedenými alelovými párami neboli zistené štatisticky preukazné rozdiely v hodnotách jednotlivých ukazovateľov kvality (Tabuľka 2). Obsah bielkovín bol v sledovanom súbore pšeníc štatisticky preukazne ovplyvnený (P<0,01) zastúpením HMW-glutenínových podjednotiek na lokuse Glu-1A. Najvyšší priemerný obsah bielkovín, ktorého hodnota bola 15 %, bol zaznamenaný v pšeniciach s podjednotkou 2*. V obsahu bielkovín medzi podjednotkami na lokusoch Glu-1B a Glu-1D nebol zaznamenaný štatisticky preukazný rozdiel.

Na základe zistených výsledkov môžeme skonštatovať, že HMW-Glu podjednotky nemali štatisticky preukazný vplyv na obsah mokrého lepku.

Tvrdosť zrna bola štatisticky preukazne ovplyvnená HMW glutenínovými podjednotkami na lokuse Glu-1D, najvyššia hodnota uvedeného ukazovateľa bola zaznamenaná v pšeniciach alelovým párom 5+10, čo je v rozpore s autormi **Luo et al. (2001)**, ktorí nezaznamenali štatisticky významný rozdiel vo vplyve podjednotiek 5+10 a 2+12 na tvrdosť zrna.

Tabuľka 1 Priemerné hodnoty jednotlivých ukazovateľov kvality vzhľadom na zastúpenie jednotlivých HMW-GS – prvý súbor, F₃ generácia.

HMW-GS	Bielkoviny (%)	Tvrdosť zrna (NIRS)	Mokrý lepok (%)	SDS test (ml)
Glu-1A				
0	13,6 a	73,2 a	32,1 a	55,9 a
1	14,0 a	77,2 a	33,0 a	51,2 b
2*	15,0 b	73,9 a	36,7 a	61,0 c
Glu-1B				
13+16	13,8 a	72,7 a	32,8 a	56,4 a
17+18	14,0 a	76,8 a	33,0 a	52,2 a
Glu-1D				
5+10	14,0 a	76,5 a	33,0 a	53,2 a
2+12	13,4 a	64,7 b	31,9 a	50,7 b

Rozdielne písmená v stĺpcoch pod sebou „ a, b, c“ znamenajú štatisticky preukazný rozdiel (P<0,05).

Tabuľka 2 Analýza rozptylu sledovaných ukazovateľov kvality – prvý súbor, F₃ generácia.

		Bielkoviny (%)	Tvrdosť zrna (NIRS)	Mokrý lepok (%)	SDS test (ml)
Glu-1A	F-test	5,34	1,03	2,75	15,34
	P-hodnota	**	-	-	**
Glu-1B	F-test	1,6	0,77	1,65	0,87
	P-hodnota	-	-	-	-
Glu-1D	F-test	0,54	13,79	0,01	7,85
	P-hodnota	-	**	-	**

* (P<0,05), ** (P<0,01), - (P>0,05)

Z F₄ generácie prvého súboru bolo vyselektovaných 56 línií pochádzajúcich z 11 kombinácií. Najvyšší priemerný obsah bielkovín sme zaznamenali (13,04 %) v potomstve nesúcom na lokuse Glu-1A podjednotku 1 (Tabuľka 4). Štatisticky významný vplyv HMW glutenínových podjednotiek na obsah bielkovín sme však zaznamenali len na lokuse Glu-1B (Tabuľka 3), kde mali vyšší priemerný obsah bielkovín pšenice s alelovým párom 17+18.

Tvrdosť zrna bola rovnako ako v súbore F₃ generácie štatisticky významne (P<0,01) ovplyvnená podjednotkami na lokuse Glu-1D, vyššiu priemernú tvrdosť zrna sme opäť zaznamenali v pšeniciach s alelovým párom 5+10. Na základe výsledkov analýz však bola v súbore F₄ generácie najvyššia priemerná tvrdosť zrna zaznamenaná v pšeniciach podjednotkou 2*.

Obsah mokrého lepku bol štatisticky významne ovplyvnený podjednotkami na lokuse Glu-1D. Najvyšší priemerný obsah mokrého lepku, ktorého hodnota bola 37,31 %, bol rovnako ako v súbore F₃ generácie zistený v pšeniciach s podjednotkou 2*. Uvedený ukazovateľ dosiahol najnižšiu priemernú hodnotou 29,57 % a to v pšeniciach s alelovým párom 2+12.

Na hodnotu sedimentačného testu F₄ generácie mali štatisticky významný vplyv podjednotky všetkých troch lokusov na 99 % hladine významnosti (Glu-1A, Glu-1B), respektíve na 95 % hladine významnosti (Glu-1D). Najvyššia priemerná hodnota sedimentačného testu bola, podobne ako v súbore F₃ generácie, zistená v pšeniciach, ktoré mali na lokuse Glu-1A podjednotku 2*. Medzi hodnotou sedimentačného testu pšeníc s podjednotkou 2* a podjednotkou 1 bol štatisticky významný rozdiel (P<0,01). **Witkowski et al. (2008)** v sledovanom súbore poľských pšeníc zistili, že pšenice nesúce na lokuse Glu-1A podjednotku 1 mali štatisticky významne (P<0,01) vyššiu hodnotu SDS testu ako pšenice s nekódujúcou alelou. Z výsledkov našej práce naopak vyplýva, že vyššiu hodnotu SDS testu mali pšenice s podjednotkou 0 v porovnaní s podjednotkou 1. Podjednotka 0 je všeobecne považovaná za ukazovateľa horšej pekárskej kvality. Na hodnoty kvalitatívnych ukazovateľov však vplýva okrem HMW glutenínových podjednotiek celý rad ďalších faktorov a ich vzájomné interakcie, z tohto dôvodu nie je možné hodnoverne posúdiť, prečo došlo k uvedenému rozdielu. Na lokuse Glu-1D mali, rovnako ako v súbore F₃ generácie vyššiu priemernú hodnotu SDS testu pšenice s alelovým párom 5+10, uvedená skutočnosť korešponduje s výsledkami autorov **Tarekegne et al. (2005)**, **Luo et al. (2001)**. Podľa autorov **Vinterová et al. (2003)** sú podjednotky 5+10 sú prítomné u väčšiny odrôd pšeníc s pekárskou kvalitou E.

Tabuľka 3 Priemerné hodnoty jednotlivých ukazovateľov kvality vzhľadom na zastúpenie jednotlivých HMW-GS – prvý súbor F₄ generácia.

HMW Glu- podjednotky	Bielkoviny (%)	Tvrdosť zrna (NIRS)	Mokrý lepok (%)	SDS test (ml)
Glu-1A				
0	12,71 a	69,38 a	33,92 a	52,73 a
1	13,04 a	74,26 a	36,04 a	48,17 b
2*	12,73 a	76,14 a	37,31 a	56,29 a
Glu-1B				
13+16	12,38 a	67,73 a	33,23 a	49,86 a
17+18	13,01 b	74,09 a	36,03 a	54,94 b
Glu-1D				
5+10	12,96 a	75,15 a	36,32 a	54,94 a
2+12	12,41 a	56,65 b	29,57 b	49,85 b

Rozdielne písmená v stĺpcoch pod sebou „a, b“ znamenajú štatisticky preukazný rozdiel (P<0,05).

Tabuľka 4 Analýza rozptylu sledovaných ukazovateľov kvality prvý súbor F₄ generácia.

		Bielkoviny (%)	Tvrdosť zrna (NIRS)	Mokrý lepok (%)	SDS test (ml)
Glu-1A	F-test	1,38	1,30	0,51	7,64
	P-hodnota	-	-	-	**
Glu-1B	F-test	6,34	1,53	0,84	4,31
	P-hodnota	**	-	-	**
Glu-1D	F-test	2,30	34,28	13,03	4,13
	P-hodnota	-	**	**	*

* (P<0,05), ** (P<0,01), - (P>0,05)

Z druhého súboru sme na základe výsledkov vegetačných pozorovaní vybrali z F₃ generácie na kvalitatívne analýzy 4 populácie. Vzhľadom na uvedený počet populácií nebolo možné štatisticky vyhodnotiť vplyv HMW- glutenínových podjednotiek na ich kvalitu.

ZÁVER

Využitie markerovo asistovanej selekcie sa ukazuje ako vhodný spôsob získavania nových genetických zdrojov, ktoré budú slúžiť nielen poľnohospodárskej praxi, ale budú tiež základom pre tvorbu nových genotypov s požadovanými vlastnosťami. Ide predovšetkým o tvorbu genotypov s parametrami pekárskej kvality a s dobrou rezistenciou proti chorobám, ktorá umožňuje obmedziť využívanie fungicídov. Podjednotky 13+16 a 17+18 sú v odrodách pestovaných na Slovensku zastúpené len zriedkavo, pričom ich pozitívny vplyv na technologickú kvalitu pšenice už bol dokázaný. Začlenenie týchto podjednotiek do nových odrôd bude prínosom pre zvýšenie variability odrôd a šľachtiteľských línií vytvorených krížením takýchto odrôd. Súčasne novovytvorené odrody s pekárskou kvalitou budú prispôsobené miestnym klimatickým podmienkam.

Práca vznikla v rámci riešenia rezortnej úlohy VaV: 2006 UO 27/091 05 01/091 05 11 „Biologické faktory podmieňujúce efektívnu a konkurencieschopnú rastlinnú výrobu“.

LITERATÚRA

- AHMAD, M., 2000. Molecular marker-assisted selection of HMW glutenin alleles related to wheat bread quality by PCR-generated DNA markers. In *Theoretical and Applied Genetics*, vol. 101, 2000, p. 892 – 896.
- BRANLARD, G., DARDEVET, M., 1985. Diversity of grain proteins and bread wheat quality. II. Correlation between high molecular weight subunits of glutenin and flour quality characteristic. In *J. Cereal Sci.*, 3, 1985, s. 345-357
- BRANLARD, G., DARDEVET, M., AMIOUR, N., IGREJAS, G., 2003. Allelic diversity of HMW and LMW glutenin subunits and omega-gliadins in French bread wheat (*Triticum aestivum* L.). In *Genet. Resour. And Crop Evolution*, 50, 2003, s. 669-679.
- ČERNÝ, J. - ŠAŠEK, A., 1996. *Bílkovinné signální geny pšenice obecné*, ÚZPI Praha, 1996.
- GALE, K.R., 2005. Diagnostic DNA markers for quality traits in wheat. In *Journal of Cereal Science*, vol. 41, 2005, p. 181-192.
- GÁLOVÁ, Z., MICHALÍK, I., KNOBLOCHOVÁ, H., GREGOVÁ, E., 2002. Variation in HMW glutenin subunits of different species of wheat. In *Rostlinná výroba*, roč. 48, 2002, č. 1, s. 15-19.
- GIANIBELLI, M. C., ECHAIDE, M., LARROQUE, O. R., CARILLO, J. M., DUBCOVSKY, J., 2002. Biochemical and molecular characterization of Glu-1 loci in Argentinean wheat cultivars. In *Euphytica*, vol. 128, 2002, p. 61-73.
- GRAYBOSCH, R. A., PETERSON, C. J., LEE, J.-H., SHELTON, D. R., 1994. Effects of glutenin polymorphism on breadmaking quality of winter wheats. In *Crop Sci.*, 34, 1994, s. 628-635.
- GREGOVÁ, E., MUCHOVÁ, D., KRAIC, J., ONDREJČÁK, F., 2001. Využitie štúdia bielkovinových markerov v tvorbe genotypov pšenice na VŠS Malý Šariš. In *Nové poznatky z genetiky a šľachtenia poľnohospodárskych rastlín*. Piešťany, 2001, s. 110 – 111, ISBN 80-88790-19-0
- HANIŠOVÁ, A., HORČIČKA, P., 2002. Šlechtění pšenice na jakost pro různé směry využití. In *Nové poznatky z genetiky a šľachtenia poľnohospodárskych rastlín*. Piešťany, 2002, s. 18 – 24, ISBN 80-88790-21-2
- HORVAT, D., JURKOVIĆ, Z., SUDAR, R., PAVLINIĆ, D., ŠIMMIĆ, G., 2002. The relative amounts of HMW glutenin subunits of OS wheat cultivars in relation to bread-making quality. In *Cereal Res. Commun.*, 30, 2002, s. 415-422
- HÝŽA, V., 1986. Mikrosedimentační metoda na hodnocení šlechtitelských materiálů pšenice. In *Genetika a šľachtení*, 22, 1986, 2, s. 117-122.
- LUO, C., GRIFFIN, W.B., BRANLARD, G., McNEIL, D.L., 2001. Comparison of low- and high molecular-weight wheat glutenin allele effects on flour quality. In *Theor. Appl. Genet.* 102, 2001, s. 1088-1098
- PAYNE, P. I., 1987. Genetics of wheat storage proteins and the effect of allelic variation on bread-making quality. In *Ann. Rev. Plant Physiol.* 38, 1987, p. 141-153
- PAYNE, P. I., LAWRENCE, G. J., 1983. Catalogue of alleles for the complex gene loci, Glu-A1, Glu-B1, Glu-D1, which code for high molecular weight subunits of glutenin in hexaploid wheat. In *Cereal Res. Commun.*, 11, 1983, p. 29-35
- RABINOVICH, S. V., LEONOV, O. Y., PEŇA, R.J., FEDAK, G., LUKOW, O., BONDARENKO, W. M., KUSHCHENKO A. A., 2000. The history of ancient and modern Ukrainian wheat cultivars used in breeding spring wheat cultivars of the U. S., Mexico and western and eastern Europe and an analysis of their HMW glutenin structure. In *Annual Wheat Newsletter*, vol. 46, 2000, p.157-171.
- SHEWRY, P. R., HALFORD, N. G., TATHAM, A. S., 1992. High molecular weight subunits of wheat glutenin. In *J. Cereal Sci.*, 15, 1992, p. 105-120

- SHEWRY, P.R., TATHAM, A.S., FIDO, R., JONES, H., BARCELO, P., LAZZERI, P. A., 2001. Improving the end use properties of wheat by manipulating the grain protein composition. In *Euphytica* 119, 2001, p. 45-48
- SCHWARZ, G., FELSENSTEIN, F.G., WENZEL, G., 2004. Development and validation of a PCR-based marker assay for negative selection of the HMW glutenin allele Glu-B1-1d (Bx6) in wheat. In *Theoretical and Applied Genetics*, vol. 109, 2004, p. 1064 – 1069.
- SONTAG, T., SALOVAARA, H., PAYNE P. I., 1986. The high-molecular-weight glutenin subunit composition in wheat varieties bred in Finland. In *J. Agric. Sci.* 58, 1986, p. 151-156
- TAKATA, K., YAMAUCHI, H., NISHIO, Z., KUWABARA, T., 2000. Effect of high molecular weight glutenins subunits on bread-making quality using near isogenic lines. In *Breeding Science*, 50, 2000, p. 303-308
- TAREKEGNE, A., LABUSCHAGNE, M. T., 2005. Relationship between high molecular weight glutenin subunit composition and gluten quality in Ethiopian-grown bread and durum wheat cultivars and lines. In *J. Agronomy & Crop Science*, vol. 191, 2005, p. 300-307.
- UHLEN A.K., 1990. The composition of high molecular weight glutenin subunits in Norwegian wheats and their relation to bread-making quality. In *Norwegian J. Agric. Sci* 4, 1990, p. 1-17
- VINTEROVÁ, M., BEDNÁŘ, J., JEŽÍŠKOVÁ, I., MARTÍNEK, P., 2003. DNA markers for high molecular weight glutenin subunits 5+10 used in wheat and triticale breeding. In *Czech J. of Genet. and Plant Breed.*, vol. 39, 2003, s. 69-72.
- WITKOWSKI, E., WAGA, J., WITKOWSKA, K., RAPACZ, M., GUT, M., BIELAWSKA, A., LUBER, H., LUKASZEWSKI, A. J., 2008. Association between frost tolerance and alleles of high molecular weight glutenin subunits present in Polish winter wheats. In *Euphytica*, vol. 159, 2008, p. 377–384.
- WRIGLEY, C. W., 1992. Identification of cereal varieties by gel electrophoresis of the grain proteins Heidelberg, In *Springer – Verlag*, 1992, p. 17 – 41.

Kontaktná adresa:

Ing. Andrea Hanková, PhD., CVRV-VÚRV Piešťany, Výskumno-šľachtiteľská stanica Vígláš-Pstruša, 962 12 Detva, Tel.: 045 5394541, E-mail: hankova@vurv.sk

Ing. Ľubomír Rückschloss, CVRV-VÚRV Piešťany, Výskumno-šľachtiteľská stanica Vígláš-Pstruša, 962 12 Detva, Tel.: 045 5394541, E-mail: ruckschloss@vurv.sk

Ing. Katarína Matúšková, CVRV-VÚRV Piešťany, Výskumno-šľachtiteľská stanica Vígláš-Pstruša, 962 12 Detva, Tel.: 045 5394541, E-mail: matuskova@vurv.sk

prof. RNDr. Zdenka Gálová, CSc., Katedra biochémie a biotechnológie FBP SPU v Nitre, Tr. A. Hlinku 2, 949 76 Nitre, Tel.: 037 6414596, E-mail: Zdenka.Galova@uniag.sk

Ing. Katarína Zirkelbachová, CVRV-VÚRV Piešťany, Bratislavská cesta 122, Piešťany, Tel.: 033 7722311, E-mail: zirkelbachova@vurv.sk

Ing. Edita Gregová, PhD., CVRV-VÚRV Piešťany, Bratislavská cesta 122, Piešťany, Tel.: 033 7722311, E-mail: gregova@vurv.sk

RNDr. Darina Muchová, CVRV-VÚRV Piešťany, Výskumno-šľachtiteľská stanica Malý Šariš 221, 080 01 Prešov, Tel.: 0517 711760, E-mail: muchova@vurv.sk