

---

**HODNOTENIE SLOVENSKÝCH KULTIVAROV *TRITICUM AESTIVUM* L. POUŽITÍM GÉNOVÝCH (PERFEKTNÝCH) MARKEROV**  
**GENOTYPING OF SLOVAK CULTIVARS OF *TRITICUM AESTIVUM* L. USING GENIC (PERFECT) MARKERS**

<sup>1</sup>Veronika Oslovičová, <sup>2</sup>James Robert Simmonds, <sup>2</sup>John William Snape, <sup>1</sup>Zdenka Gálová,

**ABSTRACT**

The main objective of the study was to evaluate 38 Slovak cultivars of *Triticum aestivum* L. using genetic (perfect) markers (Rht-D1, Rht-B1, Rht8, Ppd-D1, Pinb-D1, Vrn-1). Separations of amplified fragments were realized on 2% agarose gels (Rht-D1, Rht-B1, Ppd-D1, Pinb-D1, Vrn-1) and on 5% polyacrylamide gels (Rht8). The results showed that all the genotypes analyzed were wild type - tall for Rht-D1a (chromosome 4D) and wild type for Pinb-D1a on 5D (soft wheats). The presence of the Rht-B1b mutant allele, which causes a reduction in plant height on chromosome 4B was found in ten of the 38 wheat cultivars tested. Eighteen of the Slovak cultivars possessed a Ppd-D1a allele (2D chromosome) characterized as photoperiod sensitive genotypes, resulting in delay in flowering. Of the 36 genotypes tested, wild-type (winter) alleles for Vrn-A1, Vrn-B1 and Vrn-D1 (5A, 5B and 5D, respectively), were detected which classified them as winter wheats. Only the cultivars Krajová Brestovac and Krajová Chmelnica were classified as spring types because of the mutant gene detected on chromosome 5B. Application of these perfect markers allows us to more accurately characterize genotypes from an agronomic perspective.

**Key words:** dwarfing genes Rht-D1, Rht-B1, Rht8, „perfect“ markers, Pinb-D1, Ppd-D1, Vrn-1

---

**ÚVOD**

Pozornosť v oblasti biotechnologického výskumu poľnohospodárskych rastlín je sústredená na vypracovanie a aplikáciu objektívnych metód hodnotenia kvality produkcie. V tomto smere je výskum orientovaný na vypracovanie metód a postupov identifikácie molekulárnych markerov hospodársky významných vlastností a znakov plodín. Aplikácia molekulárnych markerov pri výbere, príprave a hodnotení rastlinných materiálov nadobúda čoraz väčší význam ako z hľadiska teoretického, tak aj v praktických aplikáciách. Zvlášť aktuálna je problematika detekcie markerov na úrovni polymorfizmu DNA a bielkovín pri cielenej tvorbe nového genetického materiálu s požadovanými kvalitatívnymi ukazovateľmi.

V oblasti šľachtenia pšenice je v ostatnom období pozornosť šľachtiteľov sústredená na zníženie výšky rastlín, pričom nižšie rastliny sú menej náchylné na agroekologické podmienky pestovania (Cheborat et al. 2001; Reynolds, Borlaug 2006). Produkcia pšenice letnej sa zvýšila pri šľachtiteľských programoch po inkorporácii génov (Rht) zodpovedných za zníženie výšky rastliny, pričom boli selektované tzv. „polo-trpasličie“ pšenice (Chapman et al. 2007). Prítomnosť génov Rht1 a Rht2 v genóme pšenice letnej mala za následok zníženie výšky rastliny ako aj množstva slamy, avšak často bez významného zníženia fytomasy (Addisu et al., 2009). Ďalšia selekcia a adaptácia novošľachtencov veľmi závisela na ich schopnosti presne regulovať prechod z vegetatívnej do generatívnej fázy rastu. Bolo pozorované, že v rastlinách sa v dôsledku uvedeného vyvinuli adaptačné mechanizmy schopné integrovať signály fotoperiód a jarovizácie pre optimalizáciu fázy kvitnutia pšenice.

Regulácia obdobia kvitnutia cereálií je najdôležitejšou funkciou v ich adaptácii na široké spektrum environmentálnych podmienok, pri ktorých rastú na celom svete (Slafen, Whitechurch, 2001). Dominantné alely Ppd-A1a, Ppd-B1a, Ppd-D1 resp. Ppd3, Ppd2, resp. Ppd1 zodpovedajú za intenzitu fotoperiód, kým ich recesívne alely ppd.A1a, ppd-B1a, ppd-D1, resp. ppd3, ppd2 resp. ppd1) za citlivosť (Law et al., 1978). Gény fotoperiodickej citlivosti (spolu s génmi jarovizácie) sú zodpovedné za adaptabilitu rastlín (Slafen, Whitechurch, 2001).

Pri určovaní požiadaviek jarovizácie pri pšenici je obzvlášť dôležitá alelická variabilita na lokusoch VRN-A1, B1-a -D1 (Barrett et al. 2002; McIntosh et al. 2003). Pomocou VRN-1 alel bolo možné kategorizovať pšenicu na jarnú a ozimnú formu.

Medzi tzv. perfektné markery zaraďujeme aj gény tvrdosti zrna. Zmena v tvrdosti zrna je najdôležitejšia vlastnosť, ktorá určuje konečné úžitkové vlastnosti pšenice (Morris a Rose 1996), pričom odrody pšenice sa kvalifikujú ako tvrdé alebo mäkké druhy. Tvrdosť zrna je významne ovplyvnená prítomnosťou alebo neprítomnosťou dvoch polypeptidov „puroindoline a“, (Pina) a „puroindoline b“ (Pinb) v pšeničnom zrne, ktoré sú kódované génmi Pina-D1 a Pinb-D1 (gény tvrdosti) nachádzajúcimi sa na krátkom ramene chromozómu 5D (Bhave a Morris, 2008b). Mäkké odrody pšenice majú formu divokého typu (WT) oboch proteínov Pin (Bhave a Morris, 2008a). Cieľom našej práce bolo charakterizovať 38 kultivarov pšenice letnej (*Triticum aestivum* L.) pomocou génových (perfektných) markerov (Rht1, Rht2, Rht8, Ppd, Pinb a Vrn), ktoré kódujú niektoré agronomicky zaujímavé vlastnosti rastlín.

## MATERIÁL A METODIKA

Analyzovaných bolo 38 genotypov pšenice letnej (*Triticum aestivum* L.), ktoré nám poskytla Génová banka semenných druhov SR SCPV VÚRV v Piešťanoch. DNA bola extrahovaná z čerstvých osem dňových listov pšenice použitím Qiagen Dneasy 96 Plant Kit ako popisuje protokol „Purification of total DNA from fresh plant tissue“ (Dneasy 96 Plant Handbook). DNA fragmenty boli amplifikované v PCR reakcii. Základná informácie o vybraných génových markerov sú uvedené v tabuľke 1.

Tabuľka 1 Informácie o vybraných génových markeroch

Marker	Anelačná teplota °C	Lokalizácia na chromozóme	Sekvencia
<b>gmw261</b>	55	2D	5' CTCCTGTACGCCTAAGGC 3' 5' CTCGCGCTACTAGCCATTG 3'
<b>Rht-B1</b>	63	4B	W: 5'TCTCCTCCCTCCCCACCCCAAC3' 5'CCATGGCCATCTCGAGCTGC3' M: 5'TCTCCTCCCTCCCCACCCCAAC3' 5'CATCCCCATGGCCATCTCGAGCT3'
<b>Rht-D1</b>	63	4D	W: 5'CGCGCAATTATGGCCAGAGATAG3' 5'CCATGGCCATCTCGAGCTGCAC3' M: 5'CGCGCAATTATGGCCAGAGATAG3' 5'CCCCATGGCCATCTCGAGCTGCTA3'
<b>Pinb</b>	60	5D	5' ATGAAGACTTATTCCTCCTA 3' 5' TCACCAGTAATAGCCACTAGGGAA 3'
<b>Ppd</b>	55	1D 2D	F10 (ACGCCTCCCCTACTG) R4 (GTTGGTTCAAACAGAGAGC)
<b>Vrn: A (3+2) B (6+7) D (9+11)</b>  <b>Vrn: A (4+5) B (6+8) D (9+10)</b>	PromA=56, B-Vrn=56, B-vrn=58, D=61	A B D	VRN promA 5'GAAAGGAAAAATTCTGCTCG3' 5'TGCACCTTCCCCGCCCAT3' 1-Vrn-A1Ex1/C/F - 5'GTTCTCCACCGAGTCATGGT3' 2-Vrn-A1Intr1/A/R3 - 5'AAGTAAGACAACACGAATGTGAGA3' 3-Vrn-A1Intr1/A/R2 - 5'AGCCTCCACGGTTTGAAGTAA3' 4-vrn-1Intr1/C/F - 5'GCACTCCTAACCCACTAACCC3' 5-vrn-1Intr1/AB/R - 5'TCATCCATCATCAAGGCAAAA3' 6-Intr1/B/F - 5'CAAGTGGAAACGGTTAGGACA3' 7-Vrn-B1 Intr1/B/R3 5' - CTCATGCCAAAAATTGAAGATGA3' 8-vrn-B1Intr1/B/R4 - 5'CAAATGAAAAGGAATGAGAGCA3' 9-Intr1/D/F - 5'GTTGTCTGCCTCATCAAATCC3' 10-VRN-D1 tdeR3 - 5'GGTCACTGGTGGTCTGTGC3' 11-vrn-D1Intr1/D/R4 - 5'AAATGAAAAGGAACGAGAGCG3'

PCR reakčná zmes (11µl ) génov Rht-B1, Rht-D1, Pinb, a génu veritalizácie obsahovala 1 µl neriedenej DNA; 5,5 µl ddH<sub>2</sub>O; 1,5µl dNTP; 1,5µl tlmivého roztoku; 1,5µl primeru a 0,07 µl Taq polymerázy. Postup PCR program pre Rht-B1 a Rht-D1 bol nasledovný: preinkubácia 95°C počas 2 minút, počet cyklov bol 38, pričom denaturácia DNA prebiehala pri 94°C 30 sekúnd, anelácia

primerov po dobu 30 sekúnd (teplota v závislosti od primera, tabuľka 1), polymerizačná reakcia pri 72°C po dobu 4 minút, záverečný predlžovací krok bol pri teplote 72°C počas 10 min. a schladenie na teplotu 10°C, ktorá sa v PCR boxe udržiavala až do vybratia vzoriek.

Pre detekciu Pinb génu bol použitý nasledujúci PCR program: preinkubácia 94°C počas 4 min., nasledovalo znižovanie teploty o 0,5°C za sekundu na 60°C, ďalej reakcia prebiehala pri 60°C po dobu 30 sekúnd. Potom nasledovalo zvýšenie teploty o 0,5°C.sec<sup>-1</sup> na teplotu 72°C, polymerizačná reakcia prebiehala pri teplote 72°C počas 45 sekúnd. Počet cyklov PCR bol 40, pričom denaturácia bola pri 94°C počas 30 sekúnd, záverečný predlžovací krok bol pri teplote 72°C počas 7 minút a schladenie na teplotu 10°C, ktorá bola v PCR boxe až do vybratia vzoriek.

PCR roztok pre Ppd gén v množstve 11µl obsahoval 1 µl neriedenej DNA; 6 µl ddH<sub>2</sub>O; 2µl dNTP; 2µl tlmivého roztoku; 3µl primeru (3 primery - 1 µl z každého) a 0,07 µl Taq polymerázy. PCR program bol nasledovný: preinkubácia 94°C počas 2 minút, počrt cyklov bol 40, pričom jeden cyklus obsahoval denaturáciu DNA pri 94°C počas 40 sekúnd, anelácia primerov pri 55°C po dobu 40 sekúnd a polymerizácia vlákna DNA pri 72°C po dobu 40 sekúnd, záverečný predlžovací krok bol pri teplote 72°C počas 10 min. a schladenie na teplotu 10°C, ktorá sa v PCR boxe udržiavala až do vybratia vzoriek.

PCR produkty boli separované a vizualizované použitím etydium bromidu v 2% agarózovom gély (Rht. B1, Rht-D1, Pinb, Ppd, Vrm). Elektroforetické delenie amplifikovaného génu Rht8 (gwm 261) prebehlo v 5% polyakrylamidovom gély pôsobením elektrického prúdu s maximálnym výkonom 90 wattov. Na vizualizáciu bola použitá technika farbenia striebrom (**Bassam et al. 1991**).

## VÝSLEDKY A DISKUSIA

Optimálna výška rastlín má veľký význam nielen na stabilitu úrody, ale aj na výšku produkcie, pričom výška rastlín je v značnej miere ovplyvnená prítomnosťou tzv. dwarfing génov (trpasličích génov) Rht-B1 (Rht1), Rht-D1(Rht2) a Rht8. Na druhej strane, detegovanie mutantných alel Rht-B1b a Rht-D1b v genóme rastliny je predpokladom zníženia výšky rastliny (**Cheborat et al. 2001; Reynolds, Borlaug 2006**).

V našich experimentoch PCR produkty mutovaného génu Rht-B1b boli separované a vizualizované použitím etydium bromidu v 2% agarózovom géle, pričom prítomnosť mutovaného génu Rht-B1b zodpovedného za zníženie výšky rastliny, bola detegovaná v genotypoch Agra, Astella, Butin, Diana I., Istar, Istra, Solara, Solaris, Solida a Viator (tabuľka 2). Gén Rht-D1 sa vo všetkých analyzovaných genotypoch vyskytoval vo forme „wildtype“ (Rht-D1a), ktorá nepôsobí na zníženie výšky rastliny. Separácia amplifikovaných fragmentov génu Rht8 bola realizovaná v 5% polyakrylamidovom géle, pričom na vizualizáciu bola použitá technika farbenia striebrom (**Bassam et al. 1991**).

Agronomická hodnota Rht8 a jeho objav (**Cheborat et al. 2001**), ako diagnostického mikrosatelitného markera Xgwm 261, urýchlila záujem šľachtiteľov o tento gén ako alternatívu trpasličieho génu. Z našich analýz vyplýva, že v kolekcii 38 odrôd pšenice letnej bolo zaznamenaných desať rôznych alel lokusu Xgwm 261, pričom najvyššiu frekvenciu z týchto mikrosatelitných alel vykázal fragment o veľkosti 192-bp (36,84 %) a fragment s veľkosťou 165-bp (23,68 %). Ako uvádza **Cheborat et al. (2001)** prítomnosť fragmentu 192 bp na lokuse Xgwm 261 koreluje so znížením výšky rastliny asi o 7 – 8 cm a nemá pleiotropický efekt na iné agronomické znaky. Na druhej strane, fragment s veľkosťou 165-bp koreluje s nárastom výšky rastliny asi o 3 - 4 cm a taktiež nemá vplyv na ďalšie agronomické znaky. Fragment o veľkosti 174-bp bol detegovaný v 7,89 % analyzovaných genotypoch *Triticum aestivum* L., ktorý ako uvádza **Cheborat et al. (2001)** pôsobí neutrálne na výšku rastliny. V rovnakom počte (7,89 %) analyzovaných pšeníc boli zistené fragmenty 198-bp a 196-bp. V menšom zastúpení (5,26 %) bol detegovaný fragment o veľkosti 214-bp. Najnižšiu frekvenciu výskytu (2,63 %) vykázali fragmenty s veľkosťou 176-bp, 165-bp + 174-bp, 165-bp + 210-bp, 174-bp + 210-bp.

Na analýzu tvrdosti pšeničného zrna bol detegovaný len Pinb gén ako ukazovateľ tvrdosti zrna. Podľa **Morris et al. (2001)** prevažná väčšina (> 95 %) tvrdej pšenice v USA obsahuje jednu z dvoch mutácií lokusu tvrdosti (Pina-D1b alebo Pinb-D1b). Transgénnou manipuláciou sa dosiahlo, že produkty génov Pina a Pinb sú faktormi limitujúcimi „mäkkosť“ v pšenici letnej, avšak gén Pinb preukazuje

vyššou mierou ovplyvňuje uvedenú vlastnosť v porovnaní s génom Pina (Swan et al. 2006). Vo všetkých analyzovaných genotypoch pšenice letnej slovenského pôvodu (*Triticum aestivum* L.) bola zistená prítomnosť alely „wild“ typu (Pinb-D1a), ktorá je typická pre mäkké pšenice (tabuľka 2).

**Tabuľka 2** Zoznam hodnotených genotypov *Triticum aestivum* L. a ich rozdelenie podľa génov Rht-B1, Rht-D1, pinb, ppd, Vrn a Xgwm261 (Rht8).

Skupiny génov Rht- B1, Rht- D1, pinb, ppd, Vrn a Xgwm261 podľa ich variability	Genotypy
Rht-B1b, Rht-D1a, pinbW, ppdD1, Vrn-b1, Rht8 192bp	AGRA, ASTELLA, BUTIN, ISTAR, SOLARA, SOLARIS, SOLIDA,
Rht-D1a, pinbW, ppdD1, Vrn-b1, Rht8 192bp	ARIDA
Rht-B1a, Rht-D1a, pinbW, ppdD1, Vrn-b1, Rht8 192bp	ATMELIS, AUBURN, AXIS, BONITA, MILA, PETRANA,
Rht-B1a, Rht-D1a, pinbW, PpdD1, Vrn-b1, Rht8 165bp	BARMA, BUCIANSKA 106, BUCIANSKA 202, KOSUTSKA, RADOSINSKA NORMA, SLOVENSKA 200, VIGLASSKA CERVENOKLSA,
Rht-B1a, Rht-D1a, pinbW, PpdD1, Vrn-b1, Rht8 165bp, 210bp	CALOVSKA
Rht-B1b, Rht-D1a, pinbW, PpdD1, Vrn-b1, Rht8 165bp	DIANA I.
Rht-B1b, Rht-D1a, pinbW, ppdD1, Vrn-b1, Rht8 165bp	ISTRA
Rht-B1a, Rht-D1a, pinbW, ppdD1, Vrn-B1, Rht8 198bp	KRAJOVA BRESTOVEC
Rht-D1a, pinbW, ppdD1, Vrn-B1, Rht8 198bp	KRAJOVA CHMELNICA
Rht-B1a, Rht-D1a, pinbW, ppdD1, Vrn-b1, Rht8 198bp	MALE KARPATY
Rht-B1a, Rht-D1a, pinbW, PpdD1, Vrn-b1, Rht8 174bp	MALYSKA, NOVY ZIVOT,
Rht-B1a, Rht-D1a, pinbW, PpdD1, Vrn-b1, Rht8 214bp	RADOSINSKA KAROLA, SLOVENSKA 2
Rht-B1a, Rht-D1a, pinbW, PpdD1, Vrn-b1, Rht8 196bp	SLOVENSKA 777, VIGLASSKA
Rht-B1a, Rht-D1a, pinbW, PpdD1, Vrn-b1, Rht8 176bp	SLOVENSKA B
Rht-B1a, Rht-D1a, pinbW, PpdD1, Vrn-b1, Rht8 165bp, 174bp	SLOVENSKA INTENZIVNA,
Rht-B1a, Rht-D1a, pinbW, ppdD1, Vrn-b1, Rht8 174bp	VANDA
Rht-B1b, Rht-D1a, pinbW, ppdD1, Vrn-b1, Rht8 196bp	VIATOR
Rht-B1a, Rht-D1a, pinbW, PpdD1, Vrn-b1, Rht8 174bp, 210bp	VRAKUNSKA

Kumar a Abbou (2001) uvádzajú, že skoré kvitnutie pšenice môže spôsobiť predĺženie reprodukčnej fázy v danom prostredí, čo môže viesť k zvýšeniu úrody prostredníctvom efektívnejšieho využívania vody koreňmi rastlín. Fotoperiodická necitlivosť detegovaná na základe prítomnosti génu ppd D1 (skôr kvitnúce) bola zistená v 52,63 % analyzovaných slovenských genotypov *Triticum aestivum* L. Ako fotoperiodicky citlivé genotypy (neskôr kvitnúce) boli na základe prítomnosti génu Ppd D1 určené odrody Barma, Bučianska106, Bučianska 202, Calovska, Diana I., Košútska, Malyska, Nový život, Radošinské Karola, Radošinské Norma, Slovenská 2, Slovenská200, Slovenská777, Slovenská B, Slovenská intenzívna, Víglášská , Víglášská červenoklasá a Vrakunská. Podľa Turnera et al. (2000) neskoro kvitnúce rastliny pestované v suchých agroklimatických oblastiach vykazujú nízku produktivitu.

Veľa druhov rastlín mierneho pásma, vrátane *Arabidopsis thaliana*, pšenice letnej a jačmeňa siateho vyžaduje určitý čas na uskutočnenie ich prechodu z vegetatívnej do reprodukčnej fázy rastu. Odrody

pšenice letnej formy ozimnej vyžadujú dlhšie pôsobenie nízkych teplôt na vyvolanie kvitnutia, kým jarné formy takúto vlastnosť nemajú.

V 36 analyzovaných genotypoch pšenice letnej boli na chromozómoch 5A, 5B a 5D detegované tzv. gény „wildtype“ označované ako *vrn-A1*, *vrn-B1*, *vrn-D1*. Prítomnosť „wildtype“ génov na všetkých troch chromozómoch zaraďuje hodnotené genotypy do skupiny pšenice letnej formy ozimnej, ktoré si nevyžadujú jarovizáciu. Vo vzorkách Krajová Chmelnica a Krajová Brestovac bola na chromozóme 5B zistená prítomnosť mutovaných génov „wildtype“ (*VRN-B1*). Na základe detegovanej kombinácie alel *vrn-A1*, *VRN-B1*, *vrn-D1* možno analyzované genotypy Krajová Chmelnica a Krajová Brestovec zaradiť do skupiny pšenice letnej formy jarnej.

Z prezentovaných výsledkov vyplýva, že 38 analyzovaných genotypov možno rozdeliť do 18 skupín (tabuľka 2) na základe rovnakých alel v jednotlivých hodnotených perfektných génoch, pričom dve skupiny vykázali najvyšší počet genotypov (7). Prvá skupina s fragmentom 192-bp detegovanom na lokuse *gwm261* (*Rht8*) a génom *Rht-B1b*, ktoré majú za následok zníženie výšky rastlín. Druhá skupina s fragmentom o veľkosti 165-bp na lokuse *gwm261* a génom *Rht-B1a*, ktoré sú asociované s nárastom výšky rastliny

## ZÁVER

V hodnotenom súbore slovenských genotypov *Triticum aestivum* L. sme na základe génových (perfektných) markerov stanovili prítomnosť vybraných diagnostických alel. Z výsledkov vyplýva, že metodika založená na detekcii perfektných markerov v 2% agarózovom géle (*Rht1*, *Rht2*, *Ppd*, *Pinb* a *Vrn*) a v 5% polyakrylamidovom gély (*Rht8*) je vhodná na zistenie charakteru pšeníc.

## LITERATÚRA

- ADDISU, M., SNAPE, J. W., SIMMONDS, J. R., GOODING, M. J., 2009. Reduced height (*Rht*) and photoperiod insensitivity (*Ppd*) allele associations with establishment and early growth of wheat in contrasting production systems, In *Euphytica*, vol. 166, 2009 p. 249–267, DOI 10.1007/s10681-008-9838-7.
- BARRETT, B., BAYRAM, M., KIDWELL, K., 2002. Identifying AFLP and microsatellite markers for vernalization response gene *Vrn-B1* in hexaploid wheat (*Triticum aestivum* L.) using reciprocal mapping populations, In *Plant Breed*, 121, 2002, s.400–406.
- BASSAM B., CAETANO ANOLLES G., GRESSHO V. P., 1991. Fast and sensitive silver staining of DNA in polyacrylamide gels, In *Anal Biochem* 196, 1991, s. 80–83.
- BHAVE, M., MORRIS, C. F., 2008a. Molecular genetics of puroindolines and related genes: allelic diversity in wheat and other grasses, In *Plant Molecular Biology*, 66, 2008, s. 205–219.
- BHAVE, M., MORRIS, C. F., 2008b. Molecular genetics of puroindolines and related genes: regulation of expression, membrane binding properties and applications, *Plant Molecular Biology* 66, 2008, s. 221–231.
- CHAPMAN, S. C., MATHEWS, K. L., TRETHOWAN, R. M., SINGH, R. P., 2007. Relationships between height and yield in near-isogenic spring wheats that contrast for major reduced height genes, In *Euphytica*, 157, 2007, s. 391–397. doi:10.1007/s10681-006-9304-3.
- CHEBORAT, S. V., KORZUN, V. N., SIVOLAP, YU. M., 2001. Allele distribution at locus *WMS261* marking the dwarfing gene *Rht8* in common wheat cultivars of Southern Ukraine, In *Russian Journal of genetics*, vol. 37, 2001, No. 8, s. 894 – 898.
- KUMAR, J., ABBO, S., 2001. Genetics of flowering time in chickpea and its bearing on productivity in semi-arid environments, In *Adv. Agron*, 72, 2001, s. 107–138.
- LAW, S. N., SUTKA, J., WORLAND, A. J., 1978. A genetic study of daylength response in wheat, In *Heredity*, 41, 1978, s. 185 – 191.
- MORRIS, C. F., ROSE, S. P., 1996. Wheat, In Henry RJ, Kettlewell PS (eds) *Cereal grain quality*, Chapman & Hall, London, 1996, s. 3–54.

- MORRIS, C. F., LILLEN, M., SIMEON, M. C., GIROUX, M. J., BABB, S. L., KIDWELL, K. K., 2001. Prevalence of Puroindoline grain hardness genotypes among historically significant North American spring and winter wheats, In *Crop Sci*, 41, 2001, s. 218–228.
- REYNOLDS, M. P., BORLAUG, N. E., 2006. Impacts of breeding on international collaborative wheat improvement, In *J Agric Sci*, 144, 2006, s. 3–17.
- MC INTOSH, R. A., YAMAZAKI, Y., DEVOS, K. M., DUBCOVSKY, J., ROGERS, W. J., APPELS, R., 2003. Catalogue of gene symbols for wheat, In *Pogna NE RM, Pogna E, Galterio G, eds. Proceedings of the 10th International Wheat Genetics Symposium*. Instituto Sperimentale per la Cerealicoltura, 2003, s. 1–34.
- SLAFER, G. A., WHITECHURCH, E. M., 2001. Manipulating wheat development to improve adaptation and to search for alternative opportunities to increase yield potential, In REYNOLDS, M. O., ORTIZ, MONASTERIO, I., MC NAB, A., (Eds.), *Application of physiology in wheat breeding*. Mexico DF, CIMMYT, 2001, s. 160 – 170.
- SWAN, C. G., MEYER, F. D., HOGG, A. C., MARTIN, J. M., GIROUX, M. J., 2006. Puroindoline B limits binding of Puroindoline A to starch and grain softness, In *Crop Sci*, 46(4), 2006, s. 1656–1665.
- TURNER, N. C., WRIGHT, G. C., SIDDIQUE, K. H. M., 2000. Adaptation of grain legumes (pulses) to water-limited environments, In *Adv. Agron*, 71, 2000, s. 193—231.

### Pod'akovanie

Táto práca bola riešená v rámci grantovej výskumnej úlohy VEGA č. 1/0471/09 „Genetické a molekulárne markery kvality cereálií a pseudocereálií“. Kolektív autorov ďakuje Génovej banke semenných druhov SR SCPV VÚRV v Piešťanoch za poskytnutie vzoriek.

### Kontaktná adresa:

<sup>1</sup>Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre, FBP, KBB, Trieda Andreja Hlinku 3. 94901 Tel.: 037 6414697, E-mail: [veronika.oslovicova@uniag.sk](mailto:veronika.oslovicova@uniag.sk)

<sup>2</sup>Crop Genetics Department, John Innes Centre, Colney Lane, Norwich, NR4 7UH, UK,