

Vliv technologie pěstování a ročníku na znaky výnosu a kvalitu zrna vybraných odrůd a linií ozimé pšenice s odlišnou morfologií klasu

(The effect of crop management practice and year on yield traits and grain quality in selected varieties and lines of winter wheat differing in spike morphology)

Martinek, P., Váňová, M.

Agrotest fyto, s.r.o., Havlíčkova 2787/121, 767 01 Kroměříž

Souhrn: Byly navzájem porovnávány skupiny linií ozimé pšenice (*Triticum aestivum* L.) s dlouhými plevami (LG – long glumes), mnohořadým klasem (MRS – multirow spike) a normálním klasem (NS – normal spike) pro zjištění vlivu jednotlivých morfortypů na hospodářské charakteristiky v konkrétních podmínkách pěstování, daných odstupňovanou dávkou živin a pesticidů a působením vlivu ročníku. Linie pšenice s LG a MRS byly vyšlechtěny v Kroměříži, skupina pšenic s NS představovala vybrané registrované odrůdy s různou kvalitou. Polní pokus vycházel z hodnocení celkem 18 rozdílných genotypů (seskupených do tří skupin podle morfortypu klasu), které byly hodnoceny ve dvou ročnících (2009–2010 a 2010–2011), ve čtyřech variantách pěstování (označených OK, OF, 100F a 200F) a ve třech opakováních. Varianta OK je bez hnojení a bez fungicidů, OF, 100F a 200F jsou s fungicidy a morforegulátory a s dělenými dávkami dusíku v celkové výši 0, 100 a 200 kg.ha⁻¹. Průběh počasí v obou ročnících se projevil v odlišnostech výnosové reakce u jednotlivých morfortypů klasu. Nejvyšší výnosy byly dosaženy u NS (9,1 t.ha⁻¹), dále u LG (8,9 t.ha⁻¹) a MRS (7,5 t.ha⁻¹). Nejcitlivěji na vynaložené vstupy reagovaly LG a nejméně citlivě MRS. Domníváme se, že zvětšená plocha LG má pozitivní vliv na zvýšení asimilační schopnosti klasu a na výnos zvláště za podmínek dobrého zdravotního stavu dosaženého fungicidním ošetřením. U MRS byly nižší výnosy způsobeny především nízkými hustotami porostů. Nižší výnosy MRS byly doprovázeny vyšším obsahem N-látek v zrna.

Klíčová slova: pšenice ozimá, morfologie klasu, technologie pěstování

Summary: Groups of lines of winter wheat (*Triticum aestivum* L.) with long glumes (LG), multirow spike (MRS) and normal spike (NS) were compared to assess the effect of individual morphotypes on agronomic traits under certain growing conditions given especially by graduated doses of nutrients and pesticides, and the seasonal effect. Wheat lines with NS and MRS were developed in Kroměříž, a group of wheats with LG comprised chosen registered varieties with various grain quality. The field experiment was based on the evaluation of 18 different genotypes (three groups according to spike morphotype) performed in two seasons (2009–2010 and 2010–2011), under four treatments (designated OK, OF, 100F and 200F) and in three replications. Treatment OK is without fertilization and fungicides, treatments OF, 100F and 200F are with fungicides and growth regulators, and split nitrogen fertilization at total levels of 0, 100 and 200 kg.ha⁻¹. Individual spike morphotypes exhibited strongly different yield responses to weather conditions of both years. The highest yield was produced by NS (9.1 t.ha⁻¹), than by LG (8.9 t.ha⁻¹) and MRS (7.5 t.ha⁻¹). Most sensitive responses to applied inputs were assessed in LG whereas MRS were least sensitive. We suppose that the larger area of LG affects positively increasing of the assimilation capacity of the spike and yield, especially at good health state due to fungicide application. Lower yields in MRS were caused mostly by low stand density and accompanied by higher content of N-substances in grain.

Keywords: winter wheat, spike morphology, crop management practice

Úvod

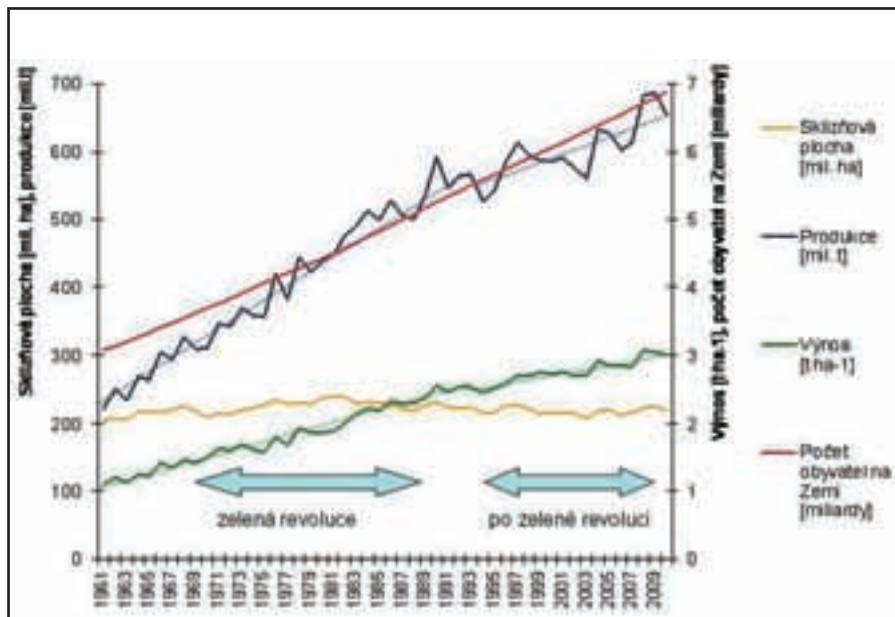
Nejdůležitějšími charakteristikami odrůd pšenice je jejich výnosová schopnost a kvalita zrna. Tyto vlastnosti jsou nejvíce brány v úvahu při sestavování sortimentu odrůd pro danou lokalitu a podnik. Zemědělci velmi důvěřují zavádění nových odrůd, neboť ty jsou obvykle prezentovány tak, že vzbuzují naději na snadnější dosažení vysokého výnosu i požadované kvality.

Výnosový pokrok byl u pšenice dosahován především změnami proporcí rostlin, změnami architektury porostů (zvýšení hustoty porostu) a prodloužením životnosti asimilačního aparátu (Austin *et al.*, 1980). Při tvorbě výnosu sehrává důležitou roli úložná kapacita (sink) klasu, která stimuluje přísun asimilátů do zrna v období po antezi (Wang *et al.*, 1998). Proto jsou vyhledávány genové zdroje umožňující zvyšování počtu reprodukčních orgánů (Miralles a Slafer, 2007), jakými je například počet klásků v klasu, počet zrn v klásku nebo počet zárodků v kvítku (Reynolds *et al.*, 2005; Sreenivasulu a Schnurbusch, 2011).

Období od zavedení celosvětové statistiky FAO v roce 1961 po počátek devadesátých let minulého století se vyznačovalo rychlým, téměř lineárním růstem celosvětových výnosů a produkce a je označováno jako „zelená revoluce“. Bylo podmíněno výrazným zvýšením výnosové schopnosti odrůd, která byla doprovázena řadou fyziologických a především morfologických změn rostlin.

Hlavní příčiny tohoto jevu lze spatřovat ve výrazném zvýšení hmotnosti zrna klasu a zkrácení délky stébla (zvýšení hodnoty sklizňového indexu). To umožnilo nejen zlepšit odolnost k poléhání, ale i zvýšit počet klasů na jednotku plochy. Zajímavé však je, že se nepodařilo šlechtitelskou činností dosáhnout podstatnějišího zvýšení sušiny nadzemní biomasy porostu. Případný nepatrný až mírný vzestup sušiny nadzemní biomasy je u současných odrůd vnímán jako důsledek prodloužení doby životnosti listů, vzpřímeného postavení praporcových listů, lepší využitelnosti světla porostem a případných změn ve velikosti kořenového systému, zatímco výkon fotosyntézy zůstal prakticky nezměněn. Od poloviny 90. let se nacházíme v období „po zelené revoluci“ (post green revolution), kdy se předchozí vzestupný trend výnosů a produkce začal zpomalovat hlavně v důsledku ekologických a energetických limitů prostředí (obr. 1). Rovněž je pozorován trend snižování stability výnosů a produkce a postupné zpomalení nebo až zastavení trendu zkracování délky stébla u nových odrůd. Další zkracování délky stébla je sice geneticky proveditelné, v současnosti však již je omezeno ekologickými limity (Foulkes *et al.*, 2011). Při stejné úrovni sklizňového indexu (HI) lze dosahovat stejného výnosu buď menším počtem klasů s větší hmotností zrna, nebo vyšším počtem menších klasů. Zvyšování HI v situaci, kdy se

zmírnilo nebo zastavilo zkracování délky stébla, nutně vede k tvorbě odrůd s vyšší produktivitou klasu. V našich středoevropských podmínkách se tento trend projevuje u nových odrůd tendencí tvořit výnos zvýšenou produktivitou klasu při středním nebo i nižším počtu klasů. Zvyšování HI za předpokladu zachování vysokého počtu klasů v porostu by vedlo k selekci na tenčí a tím i pružnější stéblo a k opětovnému zvýšení rizika poléhání.



Obrázek 1: Vývoj výnosů, produkce a pěstebních ploch pšenice a počtu obyvatel na Zemi

Ukazuje se, že vyšší výnos může být dosahován snadněji, pokud je tvořen větším podílem polysacharidové (škrobové) složky a menším podílem složky bílkovinné. Je to zřejmé i z výsledků ÚKZÚZ, kde pšenice s nejvyšší potravinářskou kvalitou (E a A) doprovázenou v průměru vyšším obsahem dusíkatých látek v zru mají obvykle nižší výnosy než pšenice s nepotravinářskou kvalitou (C). To zřejmě souvisí s množstvím metabolické energie, kterou rostlina potřebuje na syntézu jednotkového množství bílkovin a škrobů a tento rozdíl může do budoucna prohlubovat vzestup koncentrace CO₂ v atmosféře (Nátr, 2000). Současné a budoucí odrůdy dosahují vysokých výnosů vyšším podílem škrobů v zru a nižším podílem bílkovin. Na tento jev zřejmě reagovala i změna výkupní normy ČSN 46 1100-2 pro potravinářskou pšenici v České republice, kdy v roce 2001 došlo ke snížení nejnižšího přípustného limitu pro obsah bílkovin v zru pro výkup potravinářské pšenice z původních 12,5 % na 11,5 %. Požadavky na vyšší obsah bílkovin v zru jsou ve výkupu oceněny příslušnými příplatky, zohledňujícími nutnost vyšších nákladů hlavně na dusíkaté hnojení.

Pokud se nepodaří u pšenice zvyšovat produkci sušiny biomasy na jednotku plochy například vytvořením transgenní pšenice s C₄ metabolickým systémem umožňujícím ušetřit energii vynakládanou na fotorespiraci (Hu *et al.*, 2012), potom nebude jiná možnost než dál pokračovat ve stávajících trendech měnění proporcí rostlin. Pak by řešení mohlo spočívat ve využití některých genových zdrojů se změněnou morfologickou strukturou klasu dopro-vázenou větší fotosyntetickou nebo úložnou kapacitou klasu.

V předložené práci byly navzájem porovnávány skupiny linií ozimé pšenice (*Triticum aestivum* L.) s dlouhými plevami (LG – long glumes), mnohořadým klasem (MRS – multirow spike) (obr. 2) a normálním klasem (NS – normal spike).

LG jsou typickým znakem pro některé druhy tetraploidní (*T. polonicum* L., *T. ispahanicum* Heslot) a hexaploidní (*T. petropavlovskiy* Udacz. et Migusch) pšenice. Použité linie nesou gen přenesený z *T. polonicum*. Gen pro LG byl označen symbolem P a nachází se na dlouhém rameni chromosomu 7A (Watanabe *et al.*, 1996).

MRS byl přenesen do pšenice seté z hexaploidního radiomutantního zdroje, získaného z VIR Sankt Petersburg. MRS je podmíněn recesivním genem *mrs1*, lokalizovaným na krátkém rameni chromosomu 2D (Dobrovolskaya *et al.*, 2009). Projevuje se zvětšeným počtem klásků vyrůstajících přisedle z jednotlivých nodů klasového větve. Předpokládáme, že LG mohou zvýšit asimilační schopnost klasu a MRS úložnou kapacitu klasu a že vlivy těchto morfotypů budou odlišné od kontrolních odrůd s NS.



Obrázek 2: Pšenice s dlouhými plevami (vlevo) a mnohořadým klasem (vpravo)

Cílem pokusu bylo zjistit vliv jednotlivých morfotypů na hospodářské charakteristiky při konkrétních podmínkách pěstování (charakterizovaných především odstupňovanou dávkou živin a pesticidů) a vliv ročníku.

Materiál a metody

Byly analyzovány tři skupiny genotypů ozimé pšenice s bezosinným klasem, které se navzájem lišily morfologií klasu. Skupina s LG obsahovala šest linií: KM 103-09LG, KM 101-09LG, KM 105-09LG, KM 99-09LG, KM 55-09LG, KM 77-09LG; skupina s MRS šest linií: KM 121-09MRS, KM 59-09MRS, KM 52-09MRS, KM 68-09MRS, KM 53-09MRS, KM 71-09MRS a skupina kontrolních odrůd s NS představovala šest současných registrovaných odrůd s různou kvalitou zrna: Federer – E, Iridium – A, Bakfís – A, Bohemia – A, Baletka – B a Biscay – C. Linie s LG a MRS byly vybrány pro pokusy tak, aby se nelišily příliš od běžných odrůd délkou stébla a raností a aby měly rozdílný původ. Odrůdy s NS jsou registrované odrůdy v České republice a jsou považovány za kontroly. Linie se změněnou morfologickou strukturou klasu byly vyšlechtěny v Agrotest fyto, s.r.o. Kroměříž.

Polní pokus vycházel z hodnocení celkem 18 rozdílných genotypů (seskupených do tří skupin podle morfotypu klasu), které byly hodnoceny ve dvou ročnících (2009–2010 a 2010–2011), ve čtyřech variantách pěstování (označených 0K, 0F, 100F a 200F) a ve třech opakováních (celkem tedy bylo hodnoceno: $18 \times 2 \times 4 \times 3 = 432$ parcel o velikosti 10m^2).

Polní pokusy byly založeny v Kroměříži (235 m n/m, řepařská výrobní oblast), předplodinou byla ozimá řepka. Před setím byl pozemek vyhnojen základním hnojením $100\text{ l}\cdot\text{ha}^{-1}$ DAM + $200\text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ Amofos, čímž se dostalo do půdy celkem $64\text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ N a $104\text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ P₂O₅. Setí bylo provedeno secím strojem Amazone v agrotechnické lhůtě. Byl použit výsevek 4 miliony klíčivých zrn na hektar. Byly použity čtyři varianty agrotechniky: 0K – bez fungicidů, morforegulátorů a bez hnojení dusíkem, 0F, 100F, 200F – s fungicidy a morforegulátory s odlišnými dávkami dusíku 0, 100 a $200\text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$. To umožnilo posoudit vliv hnojení (především

dávky dusíku) za podmínek velmi dobrého zdravotního stavu dosaženého fungicidním ošetřením (u variant 0F, 100F a 200F bylo fungicidní ošetření stejné) a s eliminovaným poléháním vlivem morforegulátorů pro zkrácení stébla. Herbicidní ochrana proti plevelům byla prováděna s ohledem na aktuální výskyt plevelů.

Přehled jednotlivých ošetření je v tabulce 1. Ve variantách s ošetřením fungicidy a morforegulátory s vysokými dávkami dusíku (především 100F a 200F) byla snaha dosáhnout co nejhodnější podmínky, ve kterých by se mohl co nejlépe realizovat výnosový potenciál testovaných genotypů, které by odpovídaly definici výnosového potenciálu (Evans a Fischer, 1999).

Pokus byl úmyslně zvolen tak, aby každý morfotyp byl zastoupen stejným počtem (šesti) genotypy rovněž proto, aby případné vlivy genetického pozadí mohly být zprůměrováním poněkud eliminovány a aby reakci daného morfotypu by mohly reprezentovat průměry příslušných skupin.

Byly vyhodnoceny základní vegetační charakteristiky. Z odebraných snopků ve zralosti byla stanovena velikost sklizňového indexu. Z údajů o výnosu, počtu klasů na 1m^2 a hmotnosti 1000 zrn (HTS) byla vypočítána hmotnost zrna klasu a počet zrn klasu. Ze vzorků zrna byly stanoveny charakteristiky kvality: objemová hmotnost, obsah N-látek, Zeleného test a číslo poklesu.

Průběh počasí

Obě vegetační období byly velmi příznivé pro růst a vývoj obilovin a ozimé pšenice zvláště proto, že během zimy nedošlo k poškození porostů mrazem ani plísni sněžnou. V obou letech a v roce 2011 obzvláště, byl velmi příznivý průběh teplot a srážek v březnu a dubnu, což vedlo k tvorbě dostatku odnoží pro zapojení porostů a vytvoření hustých porostů.

Přesto podrobnější rozbor počasí (tab. 2) ukazuje na značné rozdíly v průběhu počasí, které se velmi odlišně promítly do výnosových výsledků a do vlivu použitých technologií pěstování.

Tabulka 1: Varianty hnojení a chemického ošetření v letech 2010 a 2011

Zásah (fáze BBCH)	Varianta ošetření			
	0K – bez hnojení a chemického ošetření	0F – bez hnojení a chemické ošetření	100F – 100 kg dusíku a chemické ošetření	200F – 200 kg dusíku a chemické ošetření
Odnožování (BBCH 21-23) (BBCH 24-26)			110 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ LAV (30 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ N)	Močovina 140 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ N (66 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) 110 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ LAV (30 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ N)
Konec odnožování (BBCH 27-29)		Retacel (0,75 $\text{l}\cdot\text{ha}^{-1}$)	Retacel (0,75 $\text{l}\cdot\text{ha}^{-1}$)	Retacel (0,75 $\text{l}\cdot\text{ha}^{-1}$)
Začátek sloupkování (BBCH 30)			90 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ LAV (30 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ N)	145 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ LAV (40 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ N)
Sloupkování (BBCH 31-33) (BBCH 31-33)			DAM 390 75 $\text{l}\cdot\text{ha}^{-1}$ (30 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ N)	DAM 390 75 $\text{l}\cdot\text{ha}^{-1}$ (30 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ N)
(BBCH 31-37)		Retacel (1,0 $\text{l}\cdot\text{ha}^{-1}$)	Retacel (1,0 $\text{l}\cdot\text{ha}^{-1}$) + Moddus (0,15 $\text{l}\cdot\text{ha}^{-1}$)	Retacel (1,0 $\text{l}\cdot\text{ha}^{-1}$) + Moddus (0,15 $\text{l}\cdot\text{ha}^{-1}$)
		Acanto prima (1,5 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) + Talius (0,15 $\text{l}\cdot\text{ha}^{-1}$)	Acanto prima (1,5 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) + Talius (0,15 $\text{l}\cdot\text{ha}^{-1}$)	Acanto prima (1,5 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) + Talius (0,15 $\text{l}\cdot\text{ha}^{-1}$)
Konec sloupkování (BBCH 37-39)			55 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ LAV (15 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ N)	145 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ LAV (40 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ N)
		Prosaro (0,75 $\text{l}\cdot\text{ha}^{-1}$)	Prosaro (0,75 $\text{l}\cdot\text{ha}^{-1}$)	Prosaro (0,75 $\text{l}\cdot\text{ha}^{-1}$)
Metání (BBCH 51-55)		Caramba (0,8 $\text{l}\cdot\text{ha}^{-1}$)	Caramba (0,8 $\text{l}\cdot\text{ha}^{-1}$)	Caramba (0,8 $\text{l}\cdot\text{ha}^{-1}$)

Tabulka 2: Teploty a srážky ve vegetačním období 2009–2010 a 2010–2011

Měsíc veget. období	Dlouhodobý normál 1971–2000		Odchylna od dlouhodobého normálu			
	teplota °C	srážky mm	teplota °C	srážky mm	teplota °C	srážky mm
září	14,3	53,2	2,2	-39,6	-0,9	17,0
říjen	9,2	37,8	-0,3	-1,4	-1,8	-21,7
listopad	3,6	40,9	2,7	18,9	3,6	9,0
prosinec	0,2	32,5	0,2	17,2	-3,8	1,5
leden	-1,3	23,0	-2,9	42,0	1,1	-0,5
únor	0,2	26,0	-0,7	6,5	-1,1	-22,1
březen	4,3	29,2	0,5	-16,9	1,0	6,7
duben	9,1	40,2	0,5	22,4	2,7	5,3
květen	14,3	64,8	-1,2	138,1	0,3	19,4
červen	17,0	82,6	1,2	2,0	1,4	-10,6
červenec	18,8	73,0	2,6	22,5	-0,8	46,7
Celkem za období	8,2	503,2	0,4	211,7	0,2	50,7

pozn.: žlutě jsou zdůrazněny hodnoty vyšší než dlouhodobý normál, modře hodnoty nižší

Charakteristika období 2009–2010

Měsíce září a říjen byly srážkově podnormální. Byly velmi špatné podmínky pro předsetovou přípravu a setí ozimů, což negativně ovlivnilo jejich vzcházení. Koncem října se začalo postupně oteplovat a kolem 25. října dosáhly až 11–15 °C. Vlivem sucha bylo vzcházení velmi pomalé a nerovnoměrné. Do nástupu zimy bylo dosaženo stavu 4–5 odnoží v porostu. Od 12.10. udeřila v Česku zima, ve vyšších polohách napadl sníh (30–70 cm sněhu). Až do 11. 12. byly nejvyšší teploty jen málo přes 5 °C. V tomto období všechny obiloviny vyrovnaly růstový deficit a před nástupem mrazů v předvánočním období byly vyrovnané a odnožené.

Měsíce listopad, prosinec, leden a únor byly srážkově nadnormální. Během zimy nedošlo k poškození ani nízkými teplotami ani plísni sněžnou. Na jaře byly porosty v ideálním stavu a nebyly přehoustlé. Březen byl suchý a teplejší s nízkými srážkami (napršelo 39,7 % normálu). Duben byl srážkově nadnormální a teplotně mírně nad dlouhodobým normálem. Květen byl chladný a velmi deštivý a deštivé počasí trvalo až do poloviny června. Extrémně vysoké srážky v dubnu a především v květnu a v první polovině června a nízké teploty v druhé polovině května vedly k zamokření a úbytku vzduchu v půdě, k nižší hustotě porostu a opoždění doby metání asi o 9 dní a doby dozrání asi o 4 dny. Vysoké teploty v červnu a červenci, doprovázené suchem v červenci, vedly ve větší míře k zasychání zrna a k nižší objemové hmotnosti zrna.

Charakteristika období 2010–2011

Měsíc září byl srážkově nadnormální a chladnější. Podzimní vývoj porostů byl pomalý v důsledku podprůměrných teplot v říjnu. I přes teplotně nadprůměrný listopad porosty odnožovaly až v průběhu zimy a na jaře. Během zimních měsíců (prosinec, leden a únor) nedošlo k poškození porostů mrazy a chorobami zřejmě v důsledku nižších srážek v únoru, které zabránily potrhání pletiv mrazovými výkyvy v únoru. Následné jarní měsíce byly velmi příznivé pro růst a vývoj obilovin. Srážky a teploty byly mírně nad normálem. Březen byl velmi příznivý jak z hlediska srážek, tak i teplot.

Vysoké teploty v dubnu byly vystřídány vysokými srážkami na počátku května a příznivými teplotami s pozitivním vlivem na zakládání reprodukčních orgánů klasu, nižší redukcí odnoží, ale také na vyšší rozvoj houbových chorob. Příznivější srážkové a teplotní podmínky v květnu až červenci měly pozitivní vliv na tvorbu výnosu. Vysoké úhrny srážek v poslední červencové

dekádě a v první polovině srpna vyvolaly před sklizní polehnutí u intenzivně hnojených porostů a negativně ovlivnilo číslo poklesu.

Výsledky a diskuse

Z přehledu dosažených výnosů (tab. 3) je zřejmé, že skupina kontrolních odrůd s NS dosáhla v průměru obou vegetačních období nejvyšší výnos 9,12 t.ha⁻¹, za ní následovaly genotypy s LG 8,87 t.ha⁻¹ a s MRS 7,51 t.ha⁻¹. Nejvýnosnějšími genotypy z jednotlivých skupin byla Baletka (9,6 t.ha⁻¹) s NS, KM 55-09LG (9,4 t.ha⁻¹) s LG a KM 71-09MRS (8,0 t.ha⁻¹) s MRS.

Vlivem příznivějšího průběhu počasí byl v roce 2011 dosažen mnohem vyšší průměrný výnos (9,5 t.ha⁻¹) než v roce 2010 (7,5 t.ha⁻¹). Rozdíl ve výnose mezi oběma ročníky tedy činí dvě tuny a to při stejné technologii pěstování – to je při stejné ochraně i výživě.

V roce 2010 nebyl průkazný rozdíl mezi variantou 0K (kontrola bez hnojení a ochrany) a 0F (bez hnojení a s aplikací fungicidů a morforegulatorů) ve variantách LG a NS. Ve skupině MRS byl dokonce výnos v ošetřené variantě nižší. Absence N hnojení nebyla kompenzována perfektním zdravotním stavem a aplikace morforegulatorů ve dvou termínech způsobila pokles počtu klasů na jednotku plochy (nebyla dostatečná výživa pro založené odnože) a rovněž následné zkrácení stébla bylo velmi výrazné a pravděpodobně také v těchto podmínkách ovlivnilo výnos negativně.

Pozitivní výnosová reakce na přihnojení dusíkem a aplikaci fungicidů a morforegulatorů byla především ve variantě 100F a jen neprůkazně vyšší byl výnos ve variantě 200F (stejná technologie ochrany a aplikace morforegulatorů – jen dávka N byla dvojnásobná).

V roce 2011 byla reakce opačná, kdy nejvyšších výnosů bylo dosaženo ve variantě 0F, a 100F hnojené střední dávkou dusíku. Průměrné výnosy ve variantě s 200 kg N.ha⁻¹ (200F) byly většinou nižší oproti variantě se 100F. Negativní odezvu na vyšší dávky dusíku (100 a 200 kg.ha⁻¹) v roce 2011 mohlo vyvolat přílišné přehustění porostů a následné polehnutí. Porosty byly ve srovnání s předcházejícím rokem mnohem vyšší. Přehustění bylo dáno velmi mírnou zimou a příznivými podmínkami v jarní části vegetace. Účinnost morforegulatorů byla nižší, o čemž svědčí vyšší porosty (obr. 3). Vysoké hustoty porostu byly kompenzovány nižší hmotností zrna na klas danou nižším počtem zrn v klasu a také nižší hmotností obilky.

Tabulka 3: Výnosy (t.ha⁻¹) jednotlivých genotypů v různých variantách ošetření 2010 a 2011

Ročník Ošetření	2010				2011				průměr
	0K	0F	100F	200F	0K	0F	100F	200F	
KM 55-09LG	7,7	7,4	9,1	9,5	8,8	11,8	11,4	9,2	9,4 a
KM 77-09LG	8,1	7,5	8,9	9,5	7,8	10,0	8,4	7,4	8,5 a-c
KM 99-09LG	6,3	6,4	8,5	8,8	9,0	11,2	11,1	9,1	8,8 a-c
KM 101-09LG	5,9	5,5	7,5	7,9	9,5	11,0	11,6	11,6	8,8 a-c
KM 103-09LG	7,1	7,2	9,7	10,1	8,4	10,3	10,4	10,1	9,2 ab
KM 105-09LG	5,8	6,6	8,2	8,7	8,5	11,6	10,7	9,1	8,7 a-c
<i>průměr LG</i>	<i>6,8</i>	<i>6,8</i>	<i>8,7</i>	<i>9,1</i>	<i>8,7</i>	<i>11,0</i>	<i>10,6</i>	<i>9,4</i>	<i>8,9</i>
KM 52-09MRS	5,6	5,1	5,9	5,5	7,8	9,8	11,0	8,9	7,4 c
KM 53-09MRS	6,1	6,0	6,9	6,9	7,4	9,0	7,3	7,7	7,2 c
KM 59-09MRS	6,1	6,1	7,2	7,3	7,1	10,0	9,7	7,4	7,6 bc
KM 68-09MRS	5,3	5,1	5,8	5,6	7,1	9,5	10,4	9,2	7,2 c
KM 71-09MRS	6,7	6,3	7,6	7,4	7,6	9,7	9,8	8,8	8,0 a-c
KM 121-09MRS	6,5	6,3	7,3	7,1	7,2	9,6	8,7	8,3	7,6 bc
<i>průměr MRS</i>	<i>6,0</i>	<i>5,8</i>	<i>6,8</i>	<i>6,6</i>	<i>7,4</i>	<i>9,6</i>	<i>9,5</i>	<i>8,4</i>	<i>7,5</i>
Federer (E)	6,6	7,4	8,3	7,9	9,1	11,0	12,0	10,6	9,1 ab
Iridium (A)	6,9	6,6	7,4	7,9	9,3	10,6	9,2	8,7	8,3 a-c
Bakfis (A)	7,4	7,0	9,1	9,2	7,4	9,4	10,8	9,2	8,7 a-c
Bohemia (A)	8,4	8,0	9,2	9,3	8,8	12,0	10,7	9,4	9,5 a
Baletka (B)	8,7	8,2	9,6	9,9	9,8	11,2	9,8	9,5	9,6 a
Biscay (C)	7,8	8,3	9,5	9,4	8,8	10,5	12,0	10,0	9,5 a
<i>průměr NS</i>	<i>7,7</i>	<i>7,6</i>	<i>8,8</i>	<i>8,9</i>	<i>8,9</i>	<i>10,8</i>	<i>10,8</i>	<i>9,6</i>	<i>9,1</i>

pozn.: průkaznost při $p < 0,05$ (Tukey)

V roce 2011 zřejmě byla příznivá zásoba dusíku v půdě ještě ze základního hnojení na podzim, která zůstala nevyplavena ve svrchní vrstvě půdy během suchého února a března a tato zásoba byla využita pro intenzivní jarní růst porostu i v nehnojených variantách 0K a 0F, který dorostl do větší délky a hustoty než v roce 2010. Aplikace morforegulatorů pak působila na hustší a delší porosty méně účinně a vysoké dávky dusíku ve variantách 100F a zvláště 200F měly malý nebo negativní vliv. Rovněž konečný výnos mohl být ovlivněn vyšším poléháním hustých a velmi vyhnojených porostů, a to i přesto, že polehlé porosty byly bezztrátově sklizeny.

Vzhledem k tomu, že lze obtížně objasnit specifické reakce hodnocených genotypů, pokusili jsme se abstrahovat reakci jednotlivých morfotypů pomocí grafů (obr. 3, 4 a 5). Genotypy s MRS reagovaly svým výnosem na jednotlivé varianty ošetření poměrně málo, jejich odezva na zvyšující se hnojení byla oproti očekávání poměrně nízká. Nízké výnosy u linií s MRS byly naopak vyváženy vyšším obsahem dusíkatých látek. Jinak tomu bylo u LG, u kterých v roce 2010 došlo ve variantách s chemickým ošetřením k citlivější odezvě na intenzitu hnojení než u kontrolních odrůd pšenice s NS (obr. 3).

V roce 2011 bylo nejvyšších hodnot hmotnosti zrna klasu dosahováno u nehnojené ošetřené varianty 0F a úměrně se stoupající dávkou dusíku docházelo k poklesu. V roce 2011 se vzestupné dávky dusíku výrazněji projeví ve zvýšení počtu klasů na m², který však byl kompenzován jejich nižší hmotností. Hmotnost zrna klasu v jednotlivých variantách a ročnicích více korespondovala s počtem zrn klasu než s HTS, což je zřejmé z podobnosti průběhu křivek pro tyto znaky. Vývoj počasí v roce 2010 více podpořil hmotnost obilky na úkor počtu zrn klasu, zatímco v roce 2011 tomu bylo naopak. Sklizňový index byl v roce 2011 vyšší než v roce 2010, což především koresponduje s výnosem, přestože výška prorostu byla v roce 2011 vyšší. Využití morforegulatorů (Retacel ve variantě 0F, 100F a 200F a Moddus v 100F a 200F) se projevilo výraznějším zkrácením délky stébla v roce 2010 než v roce 2011. Delší stébla v porostech v roce 2011 společně s vysokou hustotou porostů zvláště u kontrolních odrůd s NS v hnojených variantách 100F (800 klasů na 1 m²), 200F (777 klasů na 1 m²) vedly k silnému polehnutí porostů. Nejmenší stupeň

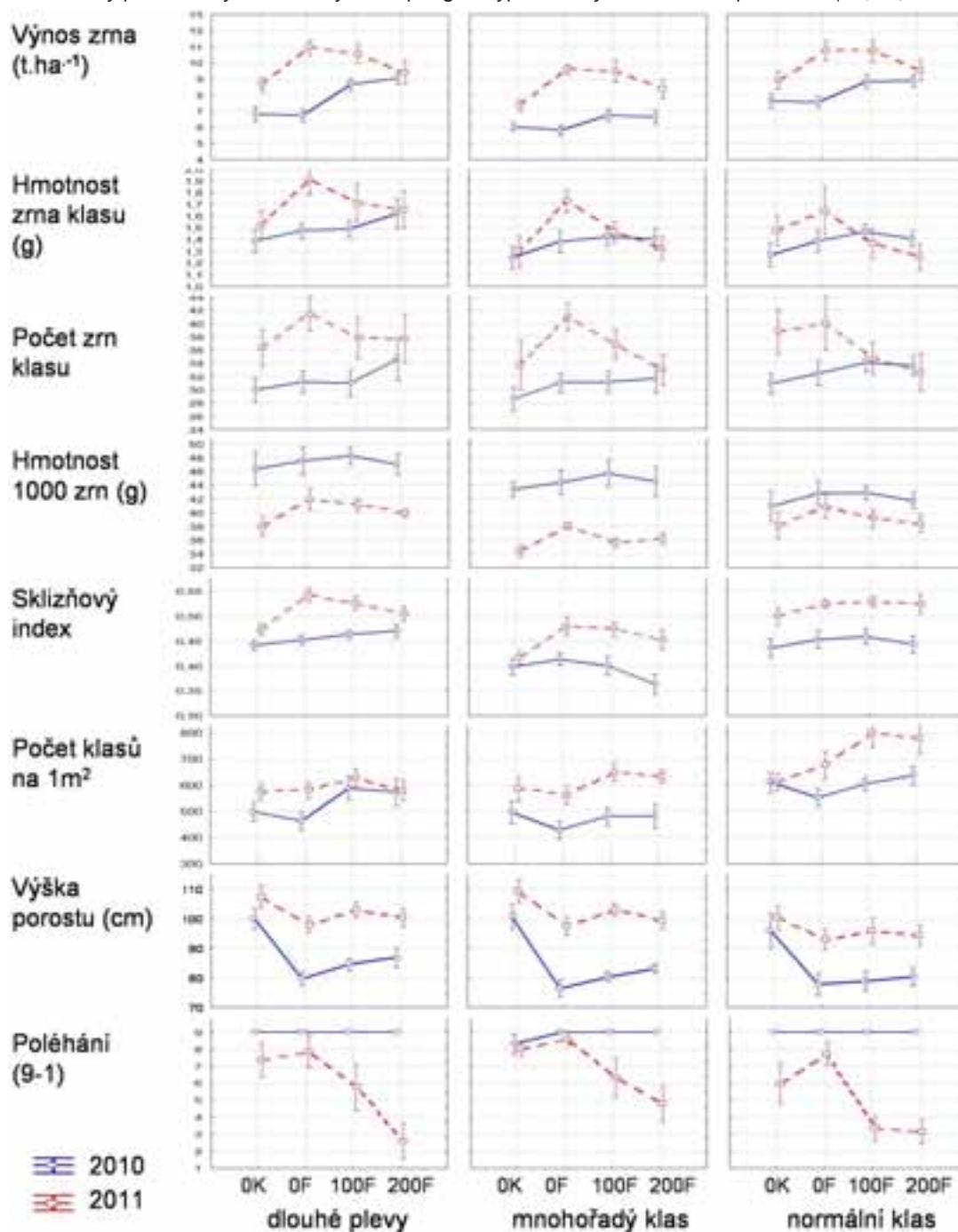
poléhání byl zaznamenán u prorostu s MRS. V roce 2010 bylo poléhání zcela zanedbatelné. Obsah dusíkatých látek stoupal podle očekávání s dávkou dusíku. U nehnojené ošetřené varianty (0F) byl zaznamenán ve všech skupinách hodnocených materiálů deficit obsahu N-látek v porovnání s nehnojenou kontrolní variantou 0K v roce 2010. Zřejmě došlo k vývoji zdravé listové plochy za podmínek nedostatku dusíkaté výživy, jejíž nepřiměřenost se projevila nízkým obsahem N látek v zrna (obr. 4). Velikost dávky dusíkatého hnojení se rovněž pozitivně projevila vzestupem hodnot Zeleného testu. Deštivé počasí v průběhu žni 2011 se negativně projevilo nízkým číslem poklesu.

Vzestup intenzity ošetření měl vliv na prodloužení doby metání (obr. 5) a i dozrávání. Údaje o ranosti naznačují, že mezi jednotlivými skupinami LG a NS nebyly zásadní rozdíly v ranosti, zatímco skupina s MRS metala v průměru o dva dny později. V roce 2011 nebyly zaznamenány rozdíly v dozrávání mezi jednotlivými pěstitelskými variantami z důvodů střídání silných dešťů a relativního sucha a horka, které vedlo k poměrně rovnoměrnému a vyrovnanému zaschnutí porostů (zřejmě vlivem zapaření a omezení transportu vody).

Vliv ošetření se projevilo v obou letech markantními rozdíly ve stupni napadení padlím travním, rzí pšeničnou a klasovými fuzárií mezi neošetřenou variantou 0K a variantami s fungicidy a rozdílným hnojením 0F, 100F a 200F (obr. 5). U skupiny materiálů s MRS byl zaznamenán vyšší výskyt padlí travního a v roce 2010 i vyšší výskyt fuzárie v klasu.

Linie s MRS se vzhledem k nízkým výnosům a malé výnosové odezvě na odstupňované dávky dusíku v obou letech zatím jeví jako šlechtitelsky méně využitelné. Jejich malá výnosová odezva na pěstební zásahy byla zřejmě způsobena jejich nižší schopností reagovat změnami hustoty porostu. MRS byl doprovázen také mnohem vyšší tloušťkou stébel a širokými listy, což mohou být charakteristiky ovlivňující nižší reakci porostu na změny prostředí. Například vyšší plocha listů může být více ovlivňována vodním stresem, nižší zastoupení vegetativních odnoží v řídkých porostech neumožňuje podpoření vývoje generativních odnoží s vyvíjejícími se klasy, případně odlišnosti v uspořádání cévních svazků vedoucích do nadpočetných klásků a obilky může ovlivňovat transport asimilátů do klasu.

Obrázek 3: Charakteristiky produktivity hodnocených skupin genotypů v různých variantách pěstování (0K, 0F, 100F a 200F)

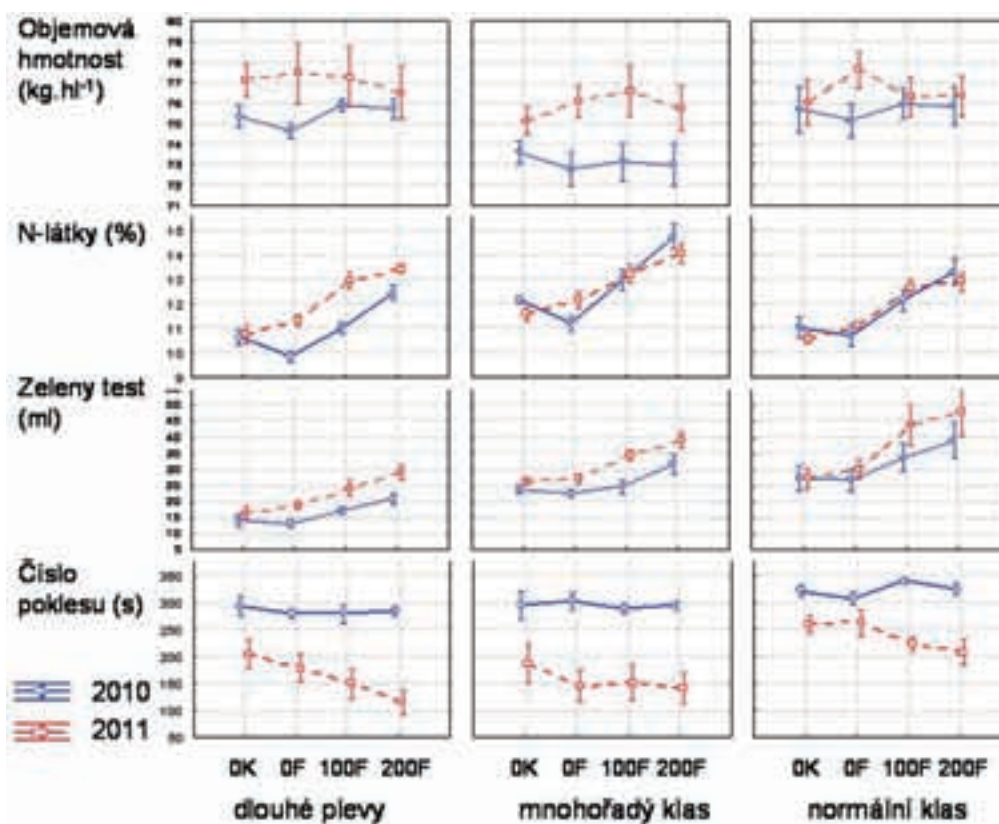


Poměrně výrazná kladná výnosová odezva na hnojení dusíkem u linií s LG naznačuje, že by se mohly uplatnit ve šlechtění odrůd pro intenzivní pěstební podmínky. Ve variantě 200F v roce 2010 dokonce linie s LG mírně výnosově překonaly odrůdy s NS, přitom ve variantách bez hnojení dusíkem (0K a 0F) výnosy u LG byly výrazně nižší než u NS. Jejich citlivější reakce na fungicidní ošetření se oproti NS rovněž projevila i v roce 2011, což dokumentují výnosové rozdíly mezi variantami 0K a 0F. U linií s LG mohla větší plocha plev podporovat vyšší míru transpirace, což mohlo pozitivně ovlivnit metabolismus, fotosyntézu a ve svém důsledku i lepší vývoj zrn zvláště na konci dozrávání. Proloužená asimilační schopnost klasu je spojována s jeho zlepšenou schopností udržet si větší zásobu vody v plevách, pluchách a osínách (Tambussi *et al.*, 2005). Navíc klasové obaly mohou znovu poutat CO₂ emitovaný rostoucím zrnem (Gebbing a Schnyder, 2001).

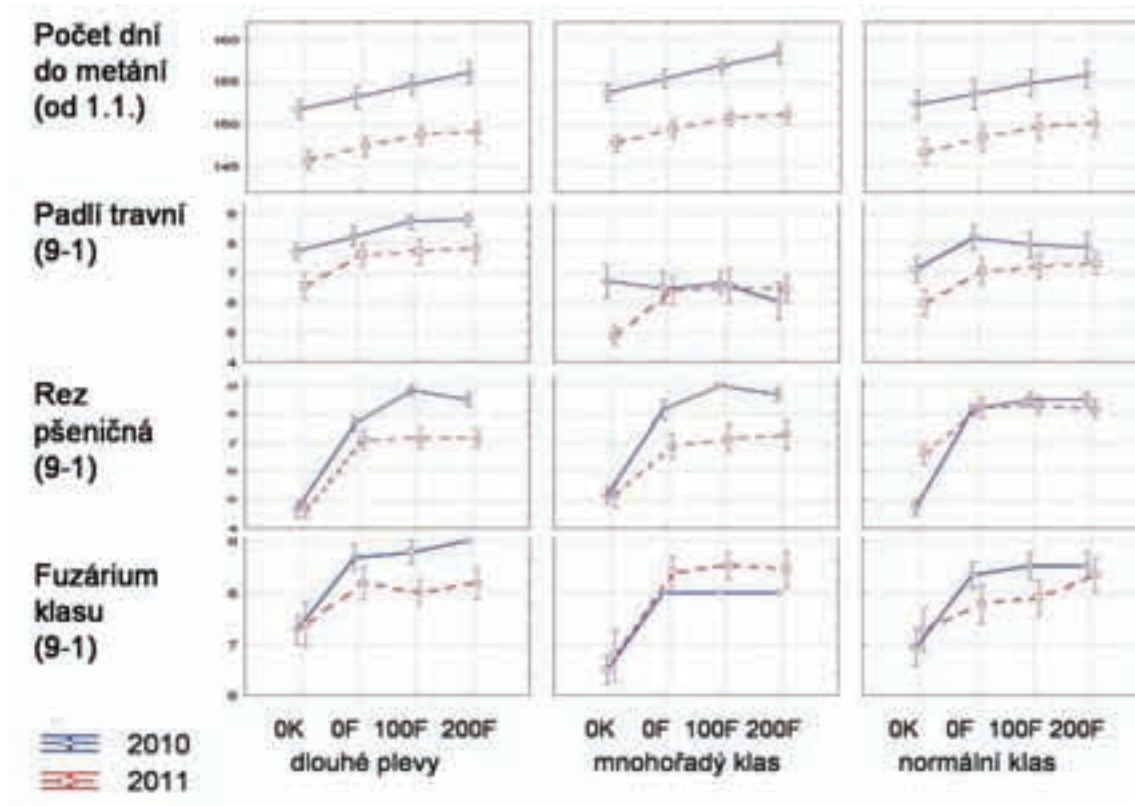
Závěr

V letech 2010 a 2011 bylo provedeno vyhodnocení výnosů, komponent výnosů a vybraných znaků jakosti zrna u skupin genotypů lišících se morfologií klasu (dlouhé plevy, mnohořadý klas, normální klas) s cílem odhadnout význam jednotlivých morfotypů klasu pro realizaci výnosového potenciálu. Vycházelo se z předpokladů, že rostliny s vyšší úložnou kapacitou klasu, danou lepší schopností zakládat vyšší počet reprodukčních orgánů (obílek), budou v ideálních pěstebních podmínkách přijímat lépe asimiláty oproti běžným odrůdám s normálním klasem. U mnohořadého klasu vyrůstají nadpočetné (přidatné) klásky ve shlucích z jednotlivých nodů klasového vřetena a tyto klasy proto umožňují produkovat větší počet obílek oproti normálnímu klasu.

Obrázek 4: Charakteristiky jakosti zrna hodnocených skupin genotypů v různých variantách pěstování



Obrázek 5: Údaje o ranosti a odolnosti k některým chorobám hodnocených skupin genotypů v různých variantách pěstování



Dvouleté pokusy (2009–2010 a 2010–2011) nepotvrdily tento předpoklad. Genotypy s MRS měly nižší výnosy oproti genotypům s LG a oproti kontrolním odrůdám s NS. Nejvyšší dosažený výnos u linie s MRS KM 52-09MRS dosáhl 11,0 t.ha⁻¹ v roce 2011 ve variantě se 100 kg dusíku a s ošetřením fungicidy a morforegulátory, byl sice poměrně vysoký, byl ale o jednu tunu nižší než u odrůd s NS (Federer, Bohemia a Biscay), které dosáhly shodně výnosu 12,0 t.ha⁻¹. Proto genové zdroje s MRS se zatím jeví jako šlechtitelsky méně perspektivní. Nižší výnosová schopnost genotypů s MRS byla kompenzována vyšším obsahem dusíkatých látek v zru.

Klasy s LG se vyznačují větší délkou a zvětšeným povrchem plev a svými výnosovými charakteristikami se více podobají kontrolním odrůdám s NS. U genotypů s LG byla zaznamenána mírně vyšší a citlivější odezva na pěstební podmínky dané chemickým ošetřením porostů a odstupňovanými dávkami dusíku. Z toho je usuzováno, že větší povrch plev u LG může být doprovázen vyšší asimilační schopností klasu, případně lepší transpirací vody, což zřejmě má pozitivní vliv především u zdravých fungicidně ošetřených porostů na vývoj zrna.

Pokusy potvrdily výrazný vliv ročníku na výnos a rovněž i skutečnost, že výše pěstitelských vstupů (fungicidů, hnojiv) nemusí být vždy zárukou vyšších výnosů i v letech s příznivým průběhem počasí pro tvorbu výnosu.

Poděkování

Práce byla podpořena projektem mezinárodní spolupráce Kontakt ME10063 Ministerstva školství mládeže a tělovýchovy České republiky.

Literatura

Austin RB, Bingham J, Blackwell RD, Evans LT, Ford MA, Morgan CL, Taylor M (1980): Genetic improvements in winter wheat yields since 1900 and associated physiological changes. *J. Agric. Sci. Camb.*, 94: 675–689.

Dobrovolskaya OB, Martinek P, Voylovkov AV, Korzun V, Röder MS, Börner A (2009): Microsatellite mapping of genes that determine supernumerary spikelets in wheat (*T. aestivum*) and rye (*S. cereale*). *Theor. Appl. Genet.*, 119(5): 867–874.

Evans LT, Fischer RA (1999): Yield potential: Its definition, measurement, and significance. *Crop Sci.*, 39(6): 1544–1551.

Foulkes MJ, Slafer GA, Davies WJ, Berry PM, Sylvester-Bradley R, Martre P, Calderini DF, Griffiths S, Reynolds MP (2011): Raising yield potential of wheat. III. Optimizing partitioning to grain while maintaining lodging resistance. *J. Exp. Bot.* 62: 469–486.

Gebbing T, Schnyder H (2001): ¹³C labelling kinetics of sucrose in glumes indicates significant refixation of respiratory CO₂ in the wheat ear. *Aust. J. Plant Physiol.* 28(10): 1047–1053.

Hu L, Li Y, Xu WG, Zhang QC, Zhang L, Qi, XL, Dong HB (2012): Improvement of the photosynthetic characteristics of transgenic wheat plants by transformation with the maize C4 phosphoenolpyruvate carboxylase gene. *Plant Breed.* 131(3): 385–391.

Miralles DJ, Slafer GA (2007): Sink limitations to yield in wheat: how could it be reduced? *J. Agric. Sci.*, 145(2): 139–149.

Nátr L (2000): Koncentrace CO₂ a rostliny. ISV nakladatelství, Praha, 257 s., ISBN 80-85866-62-5.

Reynolds MP, Pellegrineshi A, Skovmand B (2005): Sink-limitation to yield and biomass: a summary of some investigations in spring wheat. *Annals Appl. Biol.*, 146(1): 39–49.

Sreenivasulu N., Schnurbusch T. (2011): A genetic playground for enhancing grain number in cereals. *Trends in Plant Science*, 17(2): 91–101.

Tambussi EA, Nogués S, Araus JL (2005): Ear of durum wheat under water stress: water relations and photosynthetic metabolism. *Planta*, 221(3): 446–458.

Wang ZL, Yin YP, He MR, Cao HM (1998): Source-sink manipulation effects on postanthesis photosynthesis and grain setting on spike in winter wheat. *Photosynthetica*, 35(3): 453–459.

Watanabe N, Yotani Y, Furuta Y (1996): The inheritance and chromosomal location of a gene for long glume in durum wheat. *Euphytica*, 91(2), 235–239.

(recenzováno)

Kontaktní adresa:
martinek.petr@vukrom.cz