THE YIELD AND GRAIN QUALITY OF WINTER WHEAT AFTER APPLICATION OF NITROGEN AND SULPHUR

VÝNOS A KVALITA ZRNA OZIMÉ PŠENICE PO APLIKACI N A S

Kotková B., Hřivna L.

Department of Food Technology, Faculty of Agronomy, Mendel University in Brno, Zemědělská 1/1665, 613 00 Brno, Czech Republic

E-mail: xkotkov1@node.mendelu.cz, hrivna@mendelu.cz

ABSTRACT

The aim of the work within small-plot field trials was to check out the effect of nitrogen fertilizers and nitrogen fertilizers with sulphur in nutrition of winter wheat (variety Mulan). The yields and parameters of miller's and baker's quality were determined on grain samples. With the application of HPLC was analysed the percentage presence of individual proteinous fractions (glutelins, gliadins, albumins and globulins) in the grain protein complex. The colour of baked goods was evaluated spectrophotometrically with the help of the device Konica Minolta. The greatest fertilization effect from the point of view of grain yield proved after the application of the preparation YARA Sulfan and Thiotrac in the latest vegetation phase. The content of N-substances was positively influenced after application of the fertilizer Thiotrac. The grain, where the sulphur fertilizers were not applied, has in comparison with the variants treated in this way the significantly higher percentage proportion in sulphur low Ω-gliadins, albumins and globulins and at the expense of this the content of technologically more important proteins which can create gluten (gliadins and glutenins) is reduced.

Key words: wheat, grain quality, grain protein, crop nutrition, HPLC

Acknowledgments: This study was supported by the project IGA FA MENDELU No. IP 9/2012

ÚVOD

Síra patří k významným esenciálním živinám a jako taková je pro vývoj a růst rostlin nezbytná. Hraje zásadní roli v rostlinném metabolismu, její nedostatek negativně ovlivňuje kvalitu sklizně (Zhao et al., 1996). Síra je z 80 – 90% využita pro tvorbu sirných aminokyselin. Při jejím deficitu tvoří rostliny méně sirných aminokyselin, které zásadním způsobem ovlivňují kvalitu bílkovin, především lepkových. Hlavní biochemickou úlohou síry je tvorba disulfidických můstků mezi peptidickými řetězci a stabilizace bílkovinných struktur. Nedostatek síry snižuje mj. i celkovou efektivnost aplikace N-hnojiv a zvyšuje ztráty nitrátů vyplavováním (Zelený, 1993; Hřivna et al., 1999). Opatření pro zlepšení čistoty ovzduší a omezení průmyslových emisí vedla k velmi výraznému poklesu imisí síry. V současnosti již tento spad nestačí krýt potřebu tohoto prvku pro rostliny a je proto nutná aplikace průmyslových hnojiv s obsahem síry (Flohrová, 1996).

Zralá zrna pšenice obsahují celou škálu proteinů, které se liší svou funkcí, umístěním, strukturou a dalšími fyzikálními a chemickými vlastnostmi. Frakční složení bílkovin ovlivňuje jak technologickou, tak i nutriční a nepřímo i hygienickou kvalitu zrna (Kuktaite, 2004). Klasifikace zásobních proteinů obilovin je historicky založena na tzv. Osbornově (1907) postupné extrakci a rozdílné rozpustnosti bílkovin, což vedlo k jejich rozdělení do čtyř základních skupin: albuminy, globuliny, prolaminy a gluteliny, přičemž lepkotvorné, a tedy technologicky nejdůležitější jsou prolaminová a glutelinová frakce, které tvoří přibližně 80 % celkového obsahu bílkovin (Hulín et al., 2007; Bradová et al., 2011). Pšeničné prolaminy se nazývají gliadiny a pšeničné gluteliny jsou označovány jako gluteniny (Dendy & Dobraszczyk, 2001). Podle strukturních a funkčních vlastností byly prolaminy rozděleny do tří skupin a to na S-Poor (chudé na síru), S-Rich (bohaté na síru) a HMW prolaminy (Hulín et al., 2007). Gluteniny mají polymerní charakter a jejich jednotlivé podjednotky jsou vázány disulfidickými vazbami, které lze účinkem redukčních činidel rozštěpit na vysokomolekulární podjednotky gluteninů (HMW-GS) a nízkomolekulární podjednotky gluteninů (LMW-GS) (Bradová et al., 2011). Cílem práce bylo mimo jiné ověřit, zda má diferencovaná aplikace síry vliv na zastoupení jednotlivých bílkovinných frakcí.

MATERIÁL A METODIKA

Pokusy, ve kterých byl ověřován účinek dusíkatých hnojiv a dusíkatých hnojiv se sírou YARA Sulfan a Thiotrac při výživě ozimé pšenice, byly založeny v roce 2011 na pozemku patřícím do katastru ZD Agrospol Velká Bystřice jako maloparcelkové. Pozemky se nachází v klimatickém regionu mírně teplém, mírně vlhkém. Půdu lze charakterizovat jako středně těžkou, půdní typ hnědozem. Zemědělský podnik hospodaří bez živočišné výroby, to znamená, že všechny posklizňové zbytky zaorává. Průběh povětrnosti v nejvýznamnějších měsících uvádí tabulka č. 1.

Tab. 1 Průběh povětrnosti

Měsíc	Den	Průměrná teplota (°C)	Úhrn srážek (mm)	Max	Min
leden	1. – 31.	-1,0	28	10,6	-15,4
únor	1. – 28.	-1,4	3	11	-13,5
březen	1. – 31.	5,1	38,4	24,8	-8,4
duben	1. – 30.	11,8	33,5	26,3	-0,6
květen	1. – 31.	15	71,5	28,3	-2
červen	1. – 30.	19	126,7	30,7	7,8
červenec	1. – 31.	18,4	136	32,3	9,4
srpen	1. – 31.	20,3	81,8	34,9	7

Pro pokus byla použita odrůda ozimé pšenice *Mulan* (A), po předplodině ozimé řepce. Dne 7. října 2010 byl proveden výsev, který činil 4 MKS. Pokus byl ošetřen herbicidy, morforegulátory a insekticidy na jaře 2011: 11. dubna *Retacel* (1,6 l.ha^{-1}), 18. dubna *Huricane* (200 g.ha^{-1}), 19. května *Cerone* (0,65 l.ha^{-1}) a 7. června *Nurelle D* (0,6 l ha^{-1}). Aplikace dusíkatých hnojiv a dusíkatých hnojiv se sírou byla provedena dle schématu uvedeného v tabulce č. 2. Každá z variant byla založena ve čtyřech opakováních, velikost parcel brutto 21,6 m^2.

Tab. 2 Varianty pokusu

Var.	Schéma pokusu	Termín aplikace a dávka (kg N + l Thiotrac)				Celkem kg.ha^{-1}		
		Regenerace 1B	1. prod	2. prod	kvalita	N	S-Sulfan	S - Thiotrac
1	**LAV**	**40**	**30**	**30**	**20**	**174**		
2	**YARA Sulfan**	**40**	**30**	**30**	**20**	**174**	**30**	
3	**LAV+ Thiotrac**	**40**	**30/5 l**	**30**	**20**	**174**		**1,5**
4	**YARA Sulfan+ Thiotrac**	**40**	**30/5 l**	**30**	**20**	**174**	**30**	**1,5**
5	**LAV+ Thiotrac**	**40**	**30**	**30**	**20/5 l**	**174**		**1,5**
6	**YARA Sulfan+ Thiotrac**	**40**	**30**	**30**	**20/5 l**	**174**	**30**	**1,5**

Poznámka: Porost byl plošně vyhnojen dusíkem v rámci 1A regeneračního hnojení dávkou 54kgN/LAV/ha (25. 2. 2011), tato dávka není v tabulce uvedena, celkový součet N a S (viz poslední sloupec tabulky) s ní již ale počítá.

Během vegetace byly odebírány vzorky rostlin v rozdílných růstových fázích (tab. 3).

Tab. 3 Odběry vzorků rostlin

Var.	Schéma pokusu	*DC 28 - 30*	*DC 39 - 43*	*DC 65 - 70*
1	**LAV**	+	+	+
2	**YARA Sulfan**	+	+	+
3	**LAV+ Thiotrac**		+	+
4	**YARA Sulfan + Thiotrac**		+	+
5	**LAV+ Thiotrac**			+
6	**YARA Sulfan + Thiotrac**			+

+ odběr vzorku

U odebraných vzorků rostlin byla stanovena hmotnost sušiny 1 rostliny a v sušině celých rostlin pak stanoven obsah N, P, K, Ca, Mg a S. Obsah N byl stanoven Kjeldahlovou metodou a ostatní živiny po mineralizaci v HNO_3 a H_2O_2 v uzavřeném mikrovlnném systému metodou ICP OES na přístroji JOBIN YVON 24. Obsah živin v půdě byl stanoven dle Mehlicha III a Svod v půdě byla stanovena po extrakci vodou metodou ICP OES. Sklizeň pokusu proběhla v plné zralosti porostu 6. 8. 2011 maloparcelní sklízecí mlátičkou Wintersteiger.

U vzorků zrna byly stanoveny parametry mlynářské a pekařské jakosti. Sedimentační hodnota byla stanovena jako sedimentační index dle ČSN ISO 5529, stanovení objemové hmotnosti dle ČSN ISO 7971-2. Směsné vzorky byly semlety na laboratorním mlýnu Chopin a byl proveden pekařský pokus. Hnětení těsta bylo po stanovení vaznosti vody na valorigrafu provedeno na rychlohnětači po dobu 1 min (1200 otáček.min^{-1}). Následovalo kynutí po dobu 20 minut v laboratorní kynárně (teplota 32 ± 1 °C, relativní vlhkost vzduchu 80 ± 5 %). Tvarování těsta do klonků o hmotnosti 80 g a pečení nejdříve v zapářené peci (50 ml vody na začátku pečení) po dobu 20 minut. Hodnocení výrobků proběhlo 1 hodinu po upečení. Stanoven byl měrný objem pečiva a další parametry. Stanovení proběhlo na pracovišti Ústavu technologie potravin Mendelovy univerzity v Brně.

Barva pečiva byla vyhodnocena na přístroji Konica Minolta kolorimetricky. Stolní spektrofotometr Konica Minolta CM – 3500d s geometrií d/8° umožňuje měření reflektance na štěrbině 8 mm. S použitím software CM-S100w byla vyjádřena barva a světlost kůrky v barevném prostoru CIELAB. Hodnoty *L** (lightness) představují rozmezí od 0 (černá) do 100 (bílá). Barevné souřadnice *a** a *b** nabývají kladných nebo záporných hodnot podle umístění v trojrozměrném systému. Na základě odchylky ΔE lze potom popsat právě znatelný rozdíl mezi dvěma měřeními.

Analýza procentuálního zastoupení jednotlivých bílkovinných frakcí (gluteninů, gliadinů, albuminů a globulinů) v bílkovinném komplexu zrna pšenice byla provedena pomocí HPLC s UV detekcí při vlnové délce 214 nm. Použitá kolona Vydac 218TP C18, vyhodnocení pomocí software Agilent Chemstation for LC and LC/MS Systems.

VÝSLEDKY A DISKUZE

Z analýzy chemického složení rostlin z posledního odběru dne 15. 6. 2011 je patrné, že aplikace síry se v chemickém složení rostlin pozitivně odrazila zejména v případě variant hnojených kombinací přípravků Yara Sulfan a Thiotrac, a to v případě aplikace hnojiva Thiotrac ve fázi sloupkování DC 31-32, i ve fázi, kdy byl porost vymetaný a začínal kvést DC 59- 61 (tab. 4).

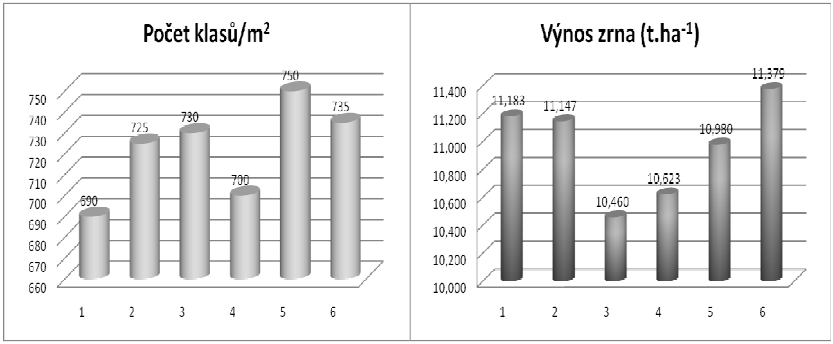
Tab. 4 Chemické složení rostlin (odběr 15. 6.2011)

Varianta	H1SR	N	P	K	Ca	Mg	S
1) LAV	7,169	1,919	0,250	2,001	0,261	0,109	0,122
2) YARA Sulfan	5,875	1,444	0,208	1,870	0,265	0,103	0,103
3) LAV + Thiotrac	6,325	1,729	0,224	2,045	0,290	0,125	0,111
4) YARA Sulfan + Thiotrac	5,686	1,614	0,229	2,122	0,287	0,112	**0,126**
5) LAV + Thiotrac	9,693	1,659	0,224	1,965	0,259	0,102	0,111
6) YARA Sulfan + Thiotrac	7,625	1,664	0,238	2,032	0,260	0,102	**0,128**

Pozn.: Obsah živin je uveden v %, H1SR – hmotnost sušiny jedné rostliny

Ve stejném termínu byly zjištěny také počty klasů. Odpočty klasů potvrdily příznivý vliv aplikované síry na jejich počet. Nejvyšší hodnoty byly stanoveny u variant 5 a 6 (obr. 1). Největší efekt hnojení z hlediska výnosu zrna je patrný u varianty 6 po aplikaci hnojiv YARA Sulfan a Thiotrac v pozdní fázi vegetace. Petr (2011) ovšem uvádí, že tento efekt je závislý na dostatku srážek po aplikaci, což bývá v tomto období nejisté. Z toho důvodu je lépe aplikovat dusík již před metáním (Růžek et al., 2012). Dosažené výnosy jsou nejnižší u variant s aplikacemi hnojiva Thiotrac (var. 3 a 4) ve fázi sloupkování (obr. 2). Skutečnost, že výnos zrna zcela nekoreluje s počtem klasů, odpovídá zařazení odrůdy Mulan do kategorie odrůd tvořící výnos počtem zrn/m^2, tj. hustotou zrna v klase (Bezdíčková & Kryštof; 2010).

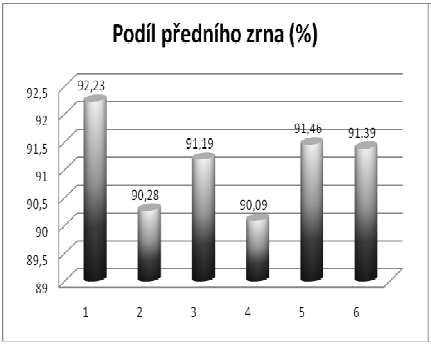
Obr. 1: Počet klasů (odběr 15. 6. 2011) *Obr. 2: Výnos zrna*



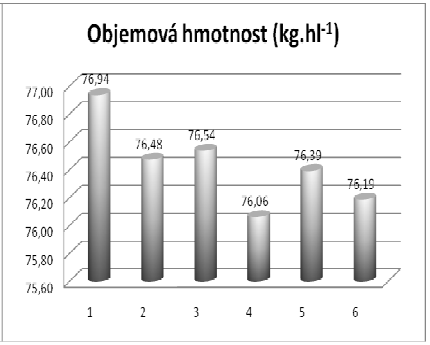
Vyhodnocení kvalitativních parametrů zrna

Podíl předního zrna byl vyrovnaný u všech variant (obr. 3). Objemová hmotnost nebyla v důsledku nepříznivých povětrnostních podmínek vysoká a pohybovala se v rozmezí od 76,1 do 76,9 kg.hl^{-1} (obr. 4). Optimální rozmezí objemové hmotnosti je 78-82 kg.hl^{-1}. Pro pekárenskou pšenici kategorie jakosti A- kvalitní se vyžaduje hodnota minimálně 78 g.l^{-1}. Bezdíčková & Kryštof (2010) uvádí, že aplikace hnojiva Thiotrac v období metání – kvetení se na objemové hmotnosti a HTZ projevila velmi příznivě.

Obr. 3: Podíl předního zrna

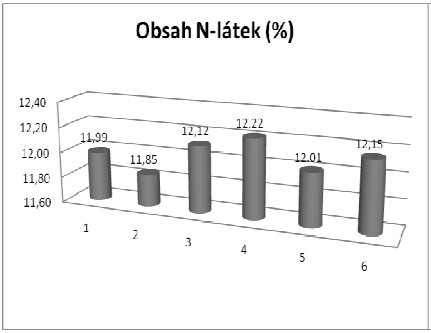


Obr. 4: Objemová hmotnost

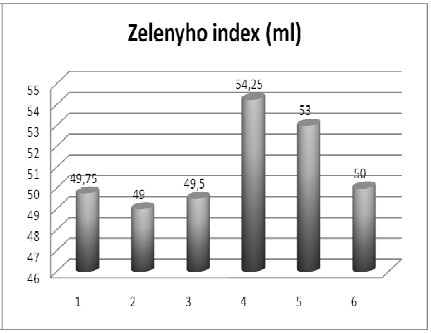


Přihnojením ozimé pšenice na konci sloupkování a v metání dusíkem se snažíme zvýšit a prodloužit aktivitu asimilačního aparátu rostlin a tím vytvořit předpoklady pro zvýšení obsahu bílkovin v obilkách (Růžek et al., 2012). Obsah N-látek a hodnoty Zelenyho indexu u všech variant vyhovují požadavkům na odrůdy kategorie jakosti A. Obsah N-látek byl pozitivně ovlivněn aplikací hnojiva Thiotrac (obr. 5). To se odrazilo i v příznivých hodnotách sedimentačního indexu dle Zelenyho (obr. 6). Zelenyho index charakterizuje bobtnatelnost pšeničných bílkovin; je to hodnota odrůdově založená, která má vztah k obsahu hrubých bílkovin a objemu pečiva (Petr, 2011).

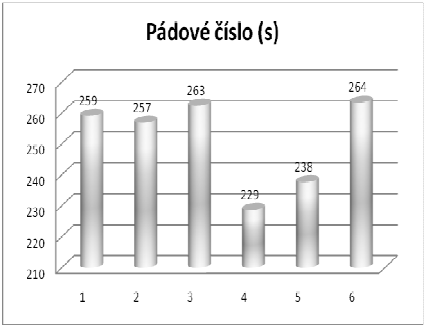
Obr. 5: Obsah N-látek



Obr. 6: Zelenyho index



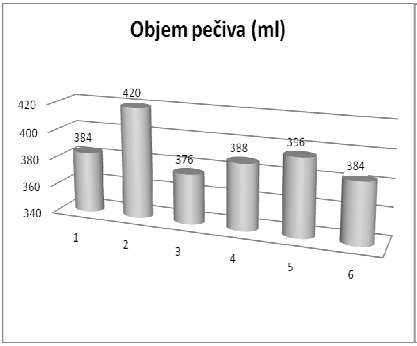
Obr. 7: Pádové číslo



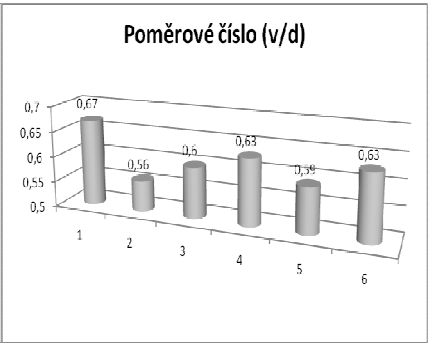
Hodnoty pádového čísla byly uspokojivé (obr. 7). Všechny varianty dosahovaly hodnot vyšších než 226 sekund, potřebných pro zařazení do jakostní kategorie A. Je významně ovlivňováno průběhem počasí v době dozrávání a sklizně (Petr, 2011). Zrno s číslem poklesu nižším než 200 s, nebo vyšším než 400 s je nevhodné pro pekárenské využití. Česká státní norma ČSN 46 1100-2:2001 požaduje, aby zrno určené na pekárenské zpracování mělo číslo poklesu alespoň 220 sekund (Palík et al., 2009).

Výsledky pokusného pečení ukázaly na převažující příznivý vliv hnojiv se sírou na objem pečiva a to i přes to, že kvalita suroviny v důsledku výše uvedených skutečností (průběh povětrnosti v době dozrávání) nebyla vysoká. Nejkvalitnější zrno bylo sklizeno z var. 2, kde byl aplikován samostatně YARA Sulfan (obr. 8).

Obr. 8: Objem pečiva

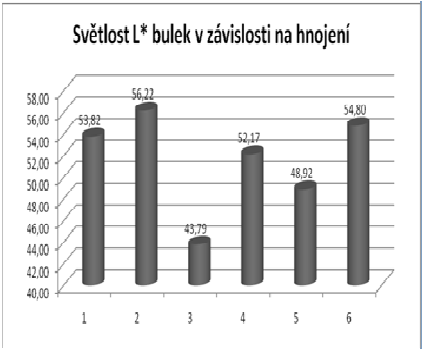


Obr. 9: Poměrové číslo

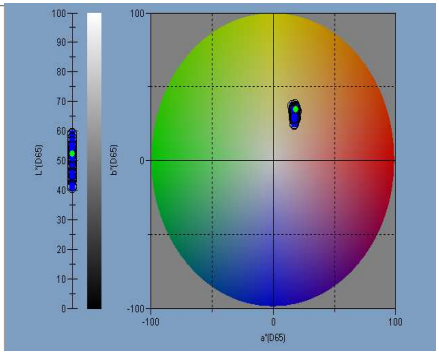


Z výsledků spektrofotometrického měření barvy byly potvrzeny rozdíly mezi variantami, které byly pozorovatelné i lidským zrakem. Nejsvětlejší bylo pečivo varianty 2. Aplikace hnojiva YARA Sulfan vykazovala příznivější hodnoty (obr. 10). Lin et al. (2009) uvádí, že spotřebiteli žádanější je tmavší pečivo. Bylo zjištěno, že lidé žijící v jižních oblastech Evropy preferují pečivo světlejší a chuťově méně výrazné, naopak v severnějších oblastech je více oblíbené pečivo tmavší. Barva kůrky závisí na chemické reakci při pečení mezi přítomnými redukujícími cukry a volnými aminokyselinami, dále na produktech vzniklých karamelizací a také na podmínkách samotného pečení (doba, teplota, vlhkost). Zbarvení střídy je dáno spíše surovinou, než zmíněnou chemickou reakcí (Prugar, 2006). Oblast umístění barvy obrazu v systému CIELab prezentuje obr. 11.

Obr. 10 Světlost L pečiva*



Obr. 11 Barva pečiva v systému CIELab



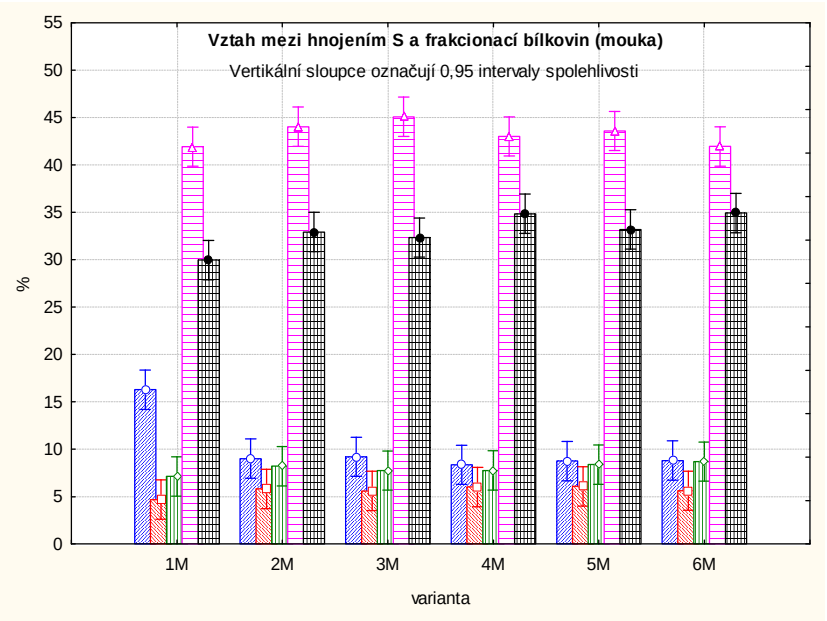
Vztah mezi aplikací síry a frakcionací bílkovin meliva

Frakční složení bílkovin ovlivňuje jak technologickou, tak i nutriční a nepřímo i hygienickou kvalitu zrna (Kuktaite, 2004). Mezi nejdůležitější zásobní proteiny patří skupina na síru bohatých gliadinů (S-rich: frakce α, β a γ), na síru chudých gliadinů (S-poor: frakce Ω) a vysokomolekulární frakce gluteninů (Shimoni & Galili, 1996).

Z obr. č. 12 je patrné, že varianta č. 1, která nebyla hnojena dusíkatým hnojivem se sírou, má v porovnání s takto ošetřenými variantami významně vyšší podíl na síru chudých Ω-gliadinů, albuminů a globulinů, na úkor čehož dochází ke snížení obsahu technologicky důležitějších lepkotvorných bílkovin (gliadinů a gluteninů).

Hnojení sírou se pozitivně projevilo zejména u frakce γ-gliadinů variant 4 a 6, u kterých byla aplikována kombinace hnojiv YARA Sulfan a Thiotrac ve fázi sloupkování, respektive metání a kvetení. Nejvyšší obsah na síru bohatých α a β gliadinů vykazovala varianta 6, kde byla aplikována hnojiva YARA Sulfan a Thiotrac v pozdní fázi vegetace. Zastoupení vysokomolekulárních podjednotek gluteninů (HMW-GS) u variant hnojených sírou bylo poměrně vyrovnané (5,6 – 6 %), výrazně nižší podíl byl zaznamenán u varianty 1 bez aplikace sirných hnojiv (4,7%), viz graf 11. Srovnatelné výsledky ukazuje i práce Godfrey et al. (2010).

Obr. 12: Bílkovinné frakce mouky



ZÁVĚR

Cílem práce bylo posoudit vliv aplikace dusíkatých hnojiv a dusíkatých hnojiv se sírou na výnos zrna a parametry mlynářské a pekařské jakosti zrna ozimé pšenice. Největší efekt hnojení z hlediska výnosu zrna se projevil po aplikaci přípravků YARA Sulfan a Thiotrac v pozdní fázi vegetace. Obsah N-látek byl pozitivně ovlivněn aplikací hnojiva Thiotrac. Výsledky pokusného pečení ukázaly na převažující příznivý vliv hnojiv se sírou na objem pečiva a to i přes to, že kvalita suroviny v důsledku průběhu povětrnosti v době dozrávání nebyla vysoká. Zrno, které nebylo hnojeno dusíkatým hnojivem se sírou, má v porovnání s takto ošetřenými variantami významně vyšší podíl na síru chudých Ω-gliadinů, albuminů a globulinů, na úkor čehož dochází ke snížení obsahu technologicky důležitějších lepkotvorných bílkovin (gliadinů a gluteninů).

LITERATURA

BEZDÍČKOVÁ A. & KRYŠTOF Z., 2010: Nový pohled na tvorbu výnosu ozimé pšenice. *Agromanuál* 5 (4): 44-45.

BRADOVÁ J., DVOŘÁČEK V. & ŠTOČKOVÁ L., 2011: Využití gelové a čipové elektroforézy k identifikaci podjednotek gluteninů s vysokou a nízkou molekulovou hmotností u pšenice. Databáze online [cit. 2012-09-09]. Dostupné na: http://www.vurv.cz/files/Publications/ISBN978-80-7427-056-7.pdf

DENDY D. A. V. & DOBRASZCZYK B. J., 2001: *Cereals and Cereal Products. Chemistry and Technology*. Gaithersburg, Aspen Publishers, 429 s.

FLOHROVÁ A., 1996: Důsledky nedostatečného hnojení. Praha, ÚZPI, 48 s. ISSN 0862-3562

GODFREY D., HAWKESFORD M., POWERS S., MILLAR S. & SHEWRY P., 2010: Effect of Crop Nutrition on Wheat Grain Composition and End Use Quality. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 58: 3012-3021.

HŘIVNA L., RICHTER R., RAŠKOVÁ J. & RYANT P., 1999: Ovlivnění kvality ozimé pšenice při hnojení dusíkem a sírou. *Výživa rostlin, kvalita produkce a zpracovatelské využití*, sborník konference. ISBN:80-7157-368-X.

HULÍN P., DOSTÁLEK P. & HOCHEL I., 2008: Metody stanovení lepkových bílkovin v potravinách. *Chem. Listy* 102: 327−337.

KUKTAITE R., 2004: *Protein Quality in Wheat. Changes in protein polymer Composition During Grain Development and Dough Processing*. Doctoral Thesis, Swedish University of Agricultural Sciences, Alnarp.

LIN L. (ed.), 2009: Quality and antioxidant property of buckwheat enhanced wheat bread. *Food Chemistry*, 112 (4): 987–991.

PALÍK S., BUREŠOVÁ I., EDLER S., SEDLÁČKOVÁ I., TICHÝ F. & VÁŇOVÁ M., 2009: Metodika pěstování ozimé pekárenské pšenice. Databáze online [cit. 2012-09-09]. Dostupné na: http://www.vukrom.cz/vyzkum/ukoncene-2009/qg50041/metodika

PETR J., 2011: Agrotechnika cílená na jakost potravinářské pšenice. *Úroda*, 59 (8):10-13.

PRUGAR J., 2006: Funkční potraviny: obiloviny. Databáze online [cit. 2011-02-15]. Dostupné na: http://www.dtest.cz/

RŮŽEK P., KUSÁ H., VAVERA R., 2012: Pozdní přihnojení ozimé pšenice dusíkem. *Úroda*, 60 (3): 58-60.

SHIMONI Y. & GALILI G., 1996: Intramolecular Disulfide Bonds between Conserved Cysteines in Wheat Gliadins Control Their Deposition into Protein Bodies. *The Journal of Biological Chemistry*, 271 (31):18869–1887.

ZELENÝ F., 1993: *Výživa rostlin a potřeba hnojení*. Praha, ÚZPI, Stud. Inform., Ř. Rostl. Výr., č. 4, 60 s.

ZHAO F. J., HAWKESFORD M. J., WARILOW A. G. S., MCGRATH, S. P. & CLARKSON D. T., 1996: Responses of two wheat varieties to sulphur addition and diagnosis of sulphur deficiency. *Plant Soil* 181, 317–323.