

施氮量对不同品质类型小麦子粒蛋白质组分含量及加工品质的影响

石玉^{1,2}, 张永丽¹, 于振文^{1*}

(1 山东农业大学农业部作物生理生态与栽培重点开放实验室, 山东泰安 271018;

2 山东省泰安市农业局, 山东泰安 271000)

摘要: 选用强筋小麦济麦 20、中筋小麦泰山 23 和弱筋小麦宁麦 9 号, 利用反相高效液相色谱(RP-HPLC)方法测定了施氮量对不同品质类型小麦子粒蛋白质组分含量和高分子量谷蛋白亚基(HMW-GS)、低分子量谷蛋白亚基(LMW-GS)含量的影响, 并分析其与子粒加工品质的关系。结果表明, 随施氮量增加, 强筋小麦济麦 20 和中筋小麦泰山 23 的子粒蛋白质含量及各组分含量均呈先增加后降低的趋势, 施氮量为 N 240 kg/hm² 时, 蛋白质各组分含量较高, 加工品质较好; 过量施氮抑制了 HMW-GS 合成, 这是过量施氮导致强筋和中筋小麦子粒蛋白质品质变劣的原因之一。随施氮量增加, 弱筋小麦宁麦 9 号子粒的蛋白质各组分含量显著增加, 加工品质变劣。增施氮肥 3 个品种的谷蛋白和醇溶蛋白含量的增加幅度显著高于清蛋白 + 球蛋白含量, 这是施氮改善强筋和中筋小麦子粒加工品质的主要原因。济麦 20 和泰山 23 两品种的总蛋白质含量及醇溶蛋白含量无显著差异, 但强筋小麦济麦 20 的谷蛋白含量、贮藏蛋白、HMW-GS、LMW-GS、谷蛋白大聚合体(GMP)含量及谷蛋白与醇溶蛋白含量的比值(Glu/Gli)和 HMW-GS 与 LMW-GS 含量的比值(HMW/LMW)高于中筋小麦泰山 23, 这是强筋小麦济麦 20 加工品质形成及其面团形成时间和稳定时间显著高于泰山 23 的重要原因。

关键词: 小麦; 施氮量; 蛋白质组分; 加工品质

中图分类号: S512.1⁺1.062

文献标识码: A

文章编号: 1008-505X(2010)01-0033-08

Effects of nitrogen fertilization on protein components contents and processing quality of different wheat genotypes

SHI Yu^{1,2}, ZHANG Yong-li¹, YU Zhen-wen^{1*}

(1 Shandong Agricultural University, Key Laboratory of Crop Ecophysiology and Cultivation, Ministry of Agriculture, Taian, Shandong 271018, China; 2 Agricultural Bureau of Taian City, Taian, Shandong 271000, China)

Abstract: Effects of nitrogen application amounts on protein components contents and glutenin subunits (HMW-GS, LMW-GS) of wheat genotypes with different qualities, namely Jimai 20 (strong gluten), Taishan 23 (middle gluten) and Ningmai 9 (weak gluten) were studied by reversed-phase high-performance liquid chromatography (RP-HPLC), and the relationships between protein components contents and processing quality were analyzed. Results show that total protein content and its components contents are increased at first and then decreased with the increase of nitrogen application amounts for Jimai 20 and Taishan 23. The protein components contents are higher and the processing quality is better under the treatment of applying nitrogen at N 240 kg/ha, while HMW-GS is retrained synthesis under the excessive nitrogen fertilization, which is one of reasons which decrease protein quality for strong and middle gluten wheat. With the increase of nitrogen application amounts, all protein components contents for Ningmai 9 are significantly increased and processing quality become poor. On the condition of applying nitrogen fertilizer for the three cultivars, the increased extents of glutenin and gliadin contents are significantly higher than those of albumin + globulin contents, which is an important

收稿日期: 2008-11-12

接受日期: 2009-07-31

基金项目: 国家自然科学基金项目(30871478); 农业部现代小麦产业技术体系项目(ncytx-03)资助。

作者简介: 石玉(1979—)女, 山东肥城人, 博士, 从事小麦生理生态研究及农技推广工作。E-mail: sdauno42@sdau.edu.cn

* 通讯作者 Tel: 0538-8241484 E-mail: yuzw@sdau.edu.cn

reason to improve strong and middle gluten wheat grain protein quality with applying nitrogen fertilizer. Total protein and gliadin contents are not significant different between Jimai 20 and Taishan 23, and glutenin, gluten protein, HMW-GS, LMW-GS and GMP contents, and the ratios of HMW/LMW and Glu/gli of Jimai 20 are higher than those of Taishan 23, which is an important reason for Jimai 20 obtaining higher dough development time and dough stability time than those of Taishan 23.

Key words: wheat; nitrogen rates; protein components; processing quality

小麦子粒中的蛋白质按其溶解度及其提取方法不同,可分为清蛋白、球蛋白、谷蛋白和醇溶蛋白^[1]。清蛋白和球蛋白以参与代谢活动的酶类为主,与面粉的营养品质密切相关;醇溶蛋白和谷蛋白是贮藏蛋白,是小麦面筋的主要成分。研究表明,醇溶蛋白决定面团的延展性和粘性,谷蛋白决定面团的弹性和韧性^[2-3],谷蛋白是决定小麦面粉筋力的主要因素,对面团稳定时间、沉淀值等有明显的影晌^[4-7]。氮素营养对小麦子粒蛋白质及其组分含量具有明显的调节作用,影响小麦子粒的加工品质。施用氮肥可以显著提高子粒蛋白质含量,但氮素对蛋白质各组分影响的结果不尽相同^[2-11],有研究认为,氮肥对谷蛋白和醇溶蛋白的影响要大于清蛋白和球蛋白^[6]。随施氮量增加,醇溶蛋白和谷蛋白含量的增加幅度大于清蛋白和球蛋白含量的增幅^[12]。另有研究表明,随施氮量增加,清蛋白和谷蛋白含量减少,球蛋白和醇溶蛋白增加^[11]。目前关于施氮量对子粒谷蛋白亚基(HMW-GS和LMW-GS)含量的调控作用报道尚少。本试验选用品质类型不同的3个小麦品种,采用 Wieser 的 RP-HPLC 分析方法,研究了施氮量对小麦子粒蛋白质组分、谷蛋白亚基含量的影响,分析了其与子粒加工品质的关系,以期对不同品质类型小麦优质高产栽培的氮肥运筹提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验设计

试验于2004~2005小麦生长季在山东泰安山东农业大学实验农场进行。前茬为玉米,播种前0—20 cm土壤养分含量为:有机质 1.21 g/kg,全氮 0.09 g/kg,碱解氮 76.5 mg/kg,速效磷 69.5 mg/kg,速效钾 82.0 mg/kg。供试品种为强筋小麦济麦 20、中筋小麦泰山 23 和弱筋小麦宁麦 9 号。

试验采用裂区设计,施氮量为主区,品种为副区,主副区内随机排列,3次重复。设 N 0、180、240、360 kg/hm² 4 个施氮水平,分别以 N0、N180、N240、N360 表示。氮肥分底施 1/2 和拔节期(雌雄蕊原基

分化期)追施 1/2 两次施用;所有处理均施入磷(P₂O₅)105 kg/hm²、钾(K₂O)75 kg/hm² 作底肥。氮肥用尿素(N 46%),磷肥为过磷酸钙(P₂O₅ 10%),钾肥为硫酸钾(K₂O 50%)。小麦播前玉米秸秆全部粉碎翻压还田。小区面积 1.5 m×10 m。济麦 20 和泰山 23 于 2004 年 10 月 7 日播种,宁麦 9 号于 2004 年 11 月 1 日播种,基本苗均为 150 株/m²。其余管理措施同大田的高产栽培方式。

1.2 测定项目与方法

1.2.1 子粒蛋白质总量测定 采用 GB2905-1982 谷类、豆类作物种子粗蛋白质测定法(半微量凯氏法)测定子粒氮素含量,含氮量乘以指数 5.7 为蛋白质含量^[13]。

1.2.2 子粒蛋白质组分测定 参照 Herbert Wieser 的方法^[14]。色谱系统为美国 Waters 公司产 474 色谱仪+996 检测器,样品环体积为 1.2 mL,工作站软件 Millium32。色谱柱为 Nucleosil 300-5 C₈ 柱(4.6 mm×240 mm)。

试剂配制:A液—0.4 mol/L NaCl+0.067 mol/L HKNaPO₄(pH=7.6);

B液—60%乙醇;

C液—50% 1-PrOH+2 mol/L 尿素+0.05 mol/L Tris-HCl(pH=7.5)+1% DTE(在氮气条件下)。

蛋白质组分提取过程:称取全麦粉 100 mg 于 2 mL 离心管中,加入 1.0 mL A 液,漩涡振荡 2 min,在 20℃条件下用智能型恒温混合器(德国 Eppendorf 公司产 TMC5355 型)振荡 10 min 后,7000 r/min 离心 15 min,连续提取 2 次,收集上清液,并用提取液定容至 2 mL(清蛋白+球蛋白)。残余物中加入 0.5 mL B 液,漩涡振荡 2 min,在 20℃条件下用智能型恒温混合器振荡 10 min 后,7000 r/min 离心 20 min,连续提取 3 次,收集上清液,并用提取液定容至 1.5 mL(醇溶蛋白)。残余物在氮气条件下加入 1.0 mL C 液,漩涡振荡 2 min 后,在 60℃条件下用智能型恒温混合器振荡 20 min,悬浮液在 20℃恒温下 7000 r/min 离心 20 min,连续提取 2 次,收集上清液,并用提取

液定容至 2 mL(谷蛋白)。样品测定前过 0.45 μm 滤膜,在进样前后分别注入 500 μL 0.1%(V/V)三氟乙酸,清蛋白+球蛋白、醇溶蛋白、谷蛋白进样体积分别为 200、80、100 μL 。

1.2.3 子粒品质测定 用 880101 小型实验磨制粉(德国 Brabender 公司产),出粉率为 60%。面团形成时间和面团稳定时间用 810106002 型粉质仪测定(德国 Brabender 公司产);沉降值用 BAU-A 型沉降值仪(中国农业大学产)按 GB/T 15685-1995 测定。

试验数据采用 DPS 软件进行统计分析和显著性检验。

2 结果与分析

2.1 施氮量对不同品质类型小麦子粒蛋白质组分含量的影响

随施氮量增加,强筋小麦济麦 20 和中筋小麦泰山 23 子粒的醇溶蛋白、清蛋白+球蛋白和总蛋白含量均呈现先增加后降低的趋势,施氮处理间无显著差异,且显著高于不施氮处理;谷蛋白含量和贮藏蛋白含量表现为 N0 处理显著低于 N180 处理,N180 处理显著低于 N240 和 N360 处理,N240 和 N360 处

理间无显著差异(表 1)。表明强筋和中筋品种在施氮量为 N 240 kg/hm^2 时,即可获得较高的蛋白质组分含量;施氮量增加至 N 360 kg/hm^2 ,各蛋白质组分含量无显著提高。施氮处理,弱筋小麦宁麦 9 号品种的清蛋白+球蛋白含量无显著差异,但随施氮量增加,其谷蛋白、醇溶蛋白和贮藏蛋白含量显著增加,这是其加工品质随施氮量增加而下降的生理原因。

比较不同处理的蛋白质组分含量可以看出,施氮以后,谷蛋白、醇溶蛋白和清蛋白+球蛋白含量的增加幅度分别为 10.6%~21.3%、9.4%~36.6%和 2.8%~5.6%,表明增施氮肥对清蛋白+球蛋白的调控作用较小,而对谷蛋白和醇溶蛋白的调节作用较大,这一特性有利于强筋和中筋小麦加工品质的改善。

强筋小麦济麦 20 与中筋小麦泰山 23 比较,二者总蛋白质含量及醇溶蛋白含量无显著差异,但济麦 20 的谷蛋白含量和贮藏蛋白含量及 Glu/Gli 较高,表明较高的谷蛋白含量及 Glu/Gli 是形成强筋小麦加工品质的重要原因;弱筋小麦宁麦 9 号的贮藏蛋白含量和清蛋白+球蛋白含量均最低。

表 1 施氮量对子粒蛋白质组分含量的影响

Table 1 Effects of N-fertilizer rates on protein components contents in kernel

品种 Cultivar	处理 Treatment	谷蛋白 Glutenin (%)	醇溶蛋白 Gliadin (%)	贮藏蛋白 Gluten protein (%)	清蛋白+球蛋白 Albumin + globulin (%)	总蛋白 Total protein (%)	Glu/Gli
济麦 20 Jimai 20	N0	3.05 c	4.46 b	7.51 c	2.74 b	12.06 c	0.68 a
	N180	3.21 b	4.72 a	7.93 b	2.87 a	13.76 a	0.68 a
	N240	3.39 a	4.87 a	8.25 a	2.91 a	14.32 a	0.70 a
	N360	3.32 a	4.84 a	8.16 a	2.91 a	13.97 a	0.69 a
泰山 23 Taishan 23	N0	2.45 c	4.61 b	7.06 c	3.06 b	11.85 b	0.53 b
	N180	2.71 b	4.74 a	7.45 b	3.19 a	14.01 a	0.57 a
	N240	2.89 a	4.84 a	7.72 a	3.19 a	14.19 a	0.60 a
	N360	2.85 a	4.84 a	7.69 a	3.20 a	14.09 a	0.59 a
宁麦 9 Ningmai 9	N0	2.12 d	3.67 d	5.79 d	2.58 b	10.48 c	0.58 a
	N180	2.41 c	4.19 c	6.60 c	2.66 a	11.32 b	0.58 a
	N240	2.67 b	4.62 b	7.30 b	2.67 a	12.43 a	0.58 a
	N360	2.80 a	4.84 a	7.64 a	2.69 a	12.49 a	0.58 a

注 (Note): 不同字母表示同一品种不同处理的差异达 5% 显著水平 Different letters within the same cultivar are significant at 5% level under different treatments.

2.2 施氮量对不同品质类型小麦 HMW-GS、LMW-GS 含量及 HMW/LMW 的影响

表 2 看出,与不施氮处理比较,施氮显著提高了各品种子粒中谷蛋白、HMW-GS 及 LMW-GS 含量。

随施氮量的增加,济麦 20 和泰山 23 品种的谷蛋白和 LMW-GS 含量呈增加趋势,N240 和 N360 处理显著高于 N180 处理;HMW-GS 含量呈先增加后降低的趋势,N240 处理显著高于 N180 和 N360 处理,

N180 和 N360 处理之间无显著差异,表明适量施氮有利于子粒中 HMW-GS 的积累,过量施氮显著降低了 HMW-GS 含量,这是过量施氮导致强筋和中筋小麦子粒蛋白质品质变劣的原因之一。施氮量对弱筋小麦宁麦 9 号的调节作用不同,谷蛋白、HMW-GS 及 LMW-GS 含量均随施氮量的增加而增加,施氮处理显著高于不施氮处理,且 N240 和 N360 处理显著高于 N180 处理,表明增施氮肥不利于保持弱筋小麦谷蛋白含量低的特性。N360 处理显著降低了济麦 20 和泰山 23 两品种子粒的 HMW/LMW,表明氮肥对强

筋小麦济麦 20 和中筋小麦泰山 23 两品种的 HMW/LMW 有调节作用,而对弱筋小麦宁麦 9 号无显著影响。

表 2 还看出,随施氮量的增加, HMW-GS 和 LMW-GS 含量的增加幅度分别为 3.4%~6.3% 和 6.6%~15.6%,表明氮肥对 LMW-GS 的调节作用高于 HMW-GS。

同一施氮处理的谷蛋白、HMW-GS、LMW-GS 含量和 HMW/LMW 表现出济麦 20 > 泰山 23 > 宁麦 9 号。这是品种间加工品质存在差异的原因之一。

表 2 施氮量对子粒谷蛋白各组分含量的影响

Table 2 Effects of N-fertilizer rates on glutenin fractions contents in kernel

品种 Cultivar	处理 Treatment	ωb-醇溶蛋白(%) ωb-gliadin	HMW-GS (%)	LMW-GS (%)	谷蛋白(%) Glutenin	HMW/LMW
济麦 20 Jimai 20	N0	0.04 a	0.77 c	2.24 c	3.05 c	0.35 ab
	N180	0.05 a	0.81 b	2.35 b	3.21 b	0.34 b
	N240	0.06 a	0.88 a	2.45 a	3.39 a	0.36 a
	N360	0.05 a	0.83 b	2.44 a	3.32 a	0.34 b
泰山 23 Taishan 23	N0	0.04 a	0.60 c	1.81 c	2.45 c	0.33 a
	N180	0.05 a	0.66 b	2.00 b	2.71 b	0.33 a
	N240	0.04 a	0.71 a	2.14 a	2.89 a	0.33 a
	N360	0.05 a	0.65 b	2.15 a	2.85 a	0.30 b
宁麦 9 Ningmai 9	N0	0.03 a	0.46 c	1.63 c	2.12 c	0.28 a
	N180	0.04 a	0.53 b	1.88 b	2.45 b	0.28 a
	N240	0.04 a	0.61 a	2.08 a	2.73 a	0.29 a
	N360	0.04 a	0.62 a	2.13 a	2.80 a	0.29 a

注(Note): HMW-GS—高分子量谷蛋白亚基 High molecular weight glutenin subunits; LMW-GS—低分子量谷蛋白亚基 Low molecular weight glutenin subunits. 不同字母表示同一品种不同处理的差异达 5% 显著水平 Different letters within the same cultivar are significant at 5% level under different treatments.

2.3 施氮量对不同品质类型小麦子粒谷蛋白大聚合体含量的影响

谷蛋白大聚合体(GMP)是小麦胚乳贮藏蛋白中分子量最大的一部分蛋白质,在面粉中的含量反映了谷蛋白聚合体的粒度分布情况,其含量的高低能反应加工品质的优劣。表 3 看出,随施氮量的增加,

表 3 施氮量对子粒谷蛋白大聚合体含量的影响(%)

Table 3 Effects of N-fertilizer rates on kernel GMP content

处理 Treatment	济麦 20 Jimai 20	泰山 23 Taishan 23	宁麦 9 Ningmai 9
N0	3.24 c	2.21 c	2.06 c
N180	3.76 b	2.96 b	2.47 b
N240	4.12 a	3.05 a	2.72 a
N360	3.88 b	2.91 b	2.79 a

济麦 20 和泰山 23 的 GMP 含量呈先增加后降低的趋势,且显著高于 N0 处理。表明适量施氮促进了强筋和中筋小麦子粒 GMP 的积累,这与谷蛋白含量和 HMW-GS 含量变化一致。随施氮量的增加,宁麦 9 号的 GMP 含量呈一直增加的趋势,N240 和 N360 处理显著高于 N180 处理。品种间 GMP 含量为济麦 20 > 泰山 23 > 宁麦 9 号,这与品种间谷蛋白含量差异一致。

2.4 施氮量对不同品质类型小麦子粒加工品质和子粒产量的影响

表 4 显示,随施氮量增加,济麦 20 和泰山 23 的面团形成时间、面团稳定时间均呈先增加后降低的趋势,N240 处理显著高于 N180 和 N360 处理。随施氮量增加,宁麦 9 号的面团稳定时间显著增加。3 个小麦品种的湿面筋含量对氮肥响应不同,施氮显

著提高了济麦 20 和泰山 23 的湿面筋含量,但施氮处理间无显著差异;宁麦 9 号则随施氮量的增加而增加,N240 和 N360 处理显著高于 N180 处理。施氮量对沉降值亦具有显著影响,随施氮量的增加,宁麦 9 号的沉降值呈增加趋势,且差异达到显著水平;济麦 20 的施氮处理间无显著差异,泰山 23 的 N240 和 N360 处理显著高于 N180 处理。

随施氮量增加,济麦 20 和泰山 23 的子粒产量呈先增加后降低的趋势,以 N240 处理最高,但济麦

20 的 N240 和 N360 处理无显著差异,泰山 23 的 N180、N240 和 N360 处理无显著差异,宁麦 9 号的子粒产量随施氮量增加显著增加,以 N360 处理最高。

综上所述,在本试验基本苗均为 150 株/m² 条件下,对于强筋小麦济麦 20 和中筋小麦泰山 23,适量施氮(240 kg/hm²)有利于改善子粒加工品质,提高子粒产量,当施氮量至 360 kg/hm² 时,加工品质变劣,产量降低;对于弱筋小麦宁麦 9 号,N180 处理是本试验条件下的兼顾产量与品质的最佳处理。

表 4 施氮量对子粒面团形成时间、稳定时间、湿面筋含量和沉降值的影响

Table 4 Effects of N-fertilizer rates on dough development time, stability time, wet gluten content and sedimentation volume in kernel

品种 Cultivar	处理 Treatment	面团形成时间 Dough devel. time (min)	面团稳定时间 Dough stab. time (min)	湿面筋含量 Wet gluten cont. (%)	沉降值 Sediment. volume (mL)	子粒产量 Grain yield (kg/hm ²)
济麦 20	N0	4.8 c	8.9 c	27.1 b	37.2 b	7510.0 c
Jimai 20	N180	5.4 b	15.7 b	30.6 a	40.2 a	8366.9 ab
	N240	5.8 a	16.5 a	32.0 a	41.2 a	8558.2 a
	N360	5.3 b	16.0 b	31.5 a	40.9 a	8539.8 a
泰山 23	N0	2.5 c	2.6 c	28.3 b	24.2 b	8150.7 b
Taishan 23	N180	2.7 b	3.3 b	33.8 a	27.3 b	9711.4 a
	N240	3.2 a	3.6 a	33.5 a	28.6 a	9922.7 a
	N360	2.8 b	3.4 b	32.5 a	28.1 a	9734.7 a
宁麦 9 号	N0	2.0 d	1.7 d	21.9 c	19.8 d	5851.4 d
Ningmai 9	N180	2.6 c	2.7 c	26.2 b	20.6 c	6810.8 c
	N240	2.8 b	3.0 b	28.1 a	22.3 b	7041.8 ab
	N360	3.7 a	3.2 a	29.2 a	26.5 a	7207.7 a

注 (Note): 不同字母表示同一品种不同处理的差异达 5% 显著水平 Different letters within the same cultivar are significant at 5% level under different treatments.

2.5 小麦子粒蛋白质组分含量与加工品质指标的相关分析

由表 5 可知,谷蛋白含量、贮藏蛋白含量、HMW-GS 含量、LMW-GS 含量和 GMP 含量均与各品质指标呈显著或极显著正相关;Glu/Gli 和 HMW/LMW 与面团形成时间、面团稳定时间和沉降值均呈极显著正相关,但与湿面筋含量相关不显著;总蛋白质含量与湿面筋含量呈极显著正相关,与沉降值呈显著正相关,与面团形成时间和面团稳定时间相关不显著;清蛋白+球蛋白含量仅与湿面筋含量呈极显著正相关;醇溶蛋白含量与各品质指标均无显著相关。以上结果表明,谷蛋白含量、贮藏蛋白含量、HMW-GS 含量、LMW-GS 含量、GMP 含量、Glu/Gli 和 HMW-GS/LMW 与子粒加工品质密切相关,而总蛋白

质含量、清蛋白+球蛋白含量和醇溶蛋白含量对子粒加工品质影响较小。

3 讨论

3.1 施氮量对不同品质类型小麦子粒蛋白质组分含量及加工品质的影响

关于氮肥对小麦子粒蛋白质组分含量影响的结论颇不一致。有研究认为,氮肥从 N 225 增加到 300 kg/hm²,小麦子粒蛋白质及其组分含量相应递增^[15];有报道表明,随着施氮量增加,清蛋白和谷蛋白含量有减少的趋势,球蛋白和醇溶蛋白含量增加^[11];另有研究认为,随着施氮量的增加蛋白质及各组分含量均显著增加^[10]。关于蛋白质组分含量的测定方法,前人多采用传统的连续提取法^[10,16-18],

表 5 子粒蛋白质组分含量与加工品质的相关关系(r)

Table 5 Correlation coefficients between protein components contents and processing quality

项目 Item	面团形成时间 Dough development time	面团稳定时间 Dough stability time	湿面筋含量 Wet gluten content	沉降值 Sedimentation volume
总蛋白质含量 Total protein content	0.52	0.52	0.96**	0.64*
谷蛋白含量 Glutenin content	0.92**	0.86**	0.64*	0.93**
醇溶蛋白含量 Gliadin content	0.49	0.39	0.54	0.54
贮藏蛋白含量 Gluten protein content	0.77**	0.68*	0.83**	0.80**
清蛋白 + 球蛋白含量 Albumin + globulin content	-0.02	0.01	0.82**	0.20
Glu/Gli	0.94**	0.93**	0.22	0.92**
HMW-GS 含量 HMW-GS content	0.93**	0.89**	0.63*	0.97**
LMW-GS 含量 LMW-GS content	0.90**	0.84**	0.63*	0.90**
HMW/LMW	0.75**	0.73**	0.54	0.85**
GMP 含量 GMP content	0.93**	0.92**	0.60*	0.95**

注 (Note): *, ** 分别表示 0.05 和 0.01 显著水平 Indicate significance at 0.05 and 0.01 probability levels, respectively.

RP-HPLC 定性定量分析蛋白及多肽混合组分是近几年国外采用的主要方法^[11, 19-21]。在国内,已有采用 RP-HPLC 方法对小麦子粒蛋白质组分分析的报道研究^[22-23]。本试验用这种方法进行研究的结果表明,施氮量对小麦蛋白质组分的影响因品种而异。随施氮量的增加,强筋小麦济麦 20 和中筋小麦泰山 23 品种子粒的蛋白质及各组分含量均呈先增加后降低的趋势,施氮量为 N 240 kg/hm²时,蛋白质各组分含量较高。弱筋小麦宁麦 9 号则随施氮量的增加子粒的蛋白质各组分含量逐渐增加,这是其加工品质随施氮量增加而下降的生理原因。不同蛋白质组分含量比较,施氮对谷蛋白和醇溶蛋白含量的提高幅度显著高于清蛋白 + 球蛋白,表明增施氮肥对清蛋白 + 球蛋白的调控作用较小,而对谷蛋白和醇溶蛋白的调节作用较大。这一特性为调控强筋和中筋小麦子粒加工品质提供了依据。

本研究结果还表明,随施氮量的增加,济麦 20 和泰山 23 的 HMW-GS 和 LMW-GS 含量呈先增加后降低的趋势,N240 处理的 HMW-GS 含量显著高于 N180 和 N360 处理,表明过量施氮抑制了 HMW-GS 的合成,这是过量施氮导致强筋和中筋小麦子粒加工品质变劣的原因之一。宁麦 9 号的 HMW-GS 和 LMW-GS 含量均随施氮量的增加而增加,说明在本试验条件下,施氮不利于保持弱筋小麦的谷蛋白含量低的特性。

3.2 不同品质类型小麦蛋白质各组分含量与加工品质性状的关系

有研究表明,小麦子粒蛋白质含量与加工品质

有时呈正相关,有时相关不显著,这种结果不一致性的原因是小麦子粒的加工品质不仅与子粒蛋白质含量有关,亦与蛋白质的质量即蛋白质各组分的类型、含量、比例以及蛋白质亚基组成、含量密切相关^[24-28]。本研究结果显示,强筋小麦济麦 20 和中筋小麦泰山 23 的总蛋白质含量和醇溶蛋白含量无显著差异;但强筋小麦济麦 20 的谷蛋白、贮藏蛋白、HMW-GS、LMW-GS 和 GMP 含量及 Glu/Gli 与 HMW/LMW 均高于中筋小麦泰山 23,与强筋小麦济麦 20 的面团形成时间和稳定时间长于泰山 23 相一致。相关分析亦表明,上述指标与子粒加工品质呈显著正相关,说明较高的谷蛋白、贮藏蛋白、HMW-GS、LMW-GS 和 GMP 含量及 Glu/Gli 与 HMW/LMW 是济麦 20 和泰山 23 分别具有强筋小麦和中筋小麦品质特点的主要原因。弱筋小麦宁麦 9 号的谷蛋白、贮藏蛋白、清蛋白 + 球蛋白、HMW-GS 和 LMW-GS 含量及 HMW/LMW 显著低于济麦 20 和泰山 23 的相应处理,仅清蛋白 + 球蛋白含量与湿面筋含量呈极显著正相关,表明较低的谷蛋白、贮藏蛋白、HMW-GS 和 LMW-GS 含量及 HMW/LMW,是调控宁麦 9 号弱筋品质形成的主要因素。

参 考 文 献:

- [1] 田纪春. 优质小麦 [M]. 济南: 山东科学技术出版社, 1995. 108-171, 13-63.
Tian J C. Winter wheat of high quality [M]. Jinan: Shandong Sciences and Technology Press, 1995. 108-171, 13-63.
- [2] Hussain M L, Shan S H, Sajjad H, Khalid I. Growth, yield and quality response of three wheat (*Triticum aestivum* L.) varieties to different

- levels of N, P and K [J]. *Int. J. Agric. Biol.*, 2002, 4(3): 362-364.
- [3] 刘霞,李青常,王振林,等. 施氮水平对小麦子粒蛋白质组分和加工品质的影响 [J]. *植物营养与肥料学报*, 2007, 13(1): 70-76.
Liu X, Li Q C, Wang Z L *et al.* Effects of nitrogen rates on grain protein components and processing quality of wheat [J]. *Plant Nutr. Fert. Sci.*, 2007, 13(1): 70-76.
- [4] Sanjeev K, Rajender K, Harbir S. Influence of time sowing and N, P fertilization on grain quality of macaroni wheat (*Triticum durum*) [J]. *Haryana Agric. Univ. J. Res.*, 2000, 33(1): 31-33.
- [5] Singh A K, Jain G L. Effect of sowing time, irrigation and nitrogen on grain yield and quality of durum wheat (*Triticum durum*) [J]. *Ind. J. Agric. Sci.*, 2000, 70(8): 532-533.
- [6] 赵广才,常旭虹,刘利华,等. 施氮量对不同强筋小麦产量和加工品质的影响 [J]. *作物学报*, 2006, 32(5): 723-727.
Zhao G C, Chang X H, Liu L H *et al.* Effect of nitrogen application on grain yield and processing quality in different strong gluten wheats [J]. *Acta Agron. Sin.*, 2006, 32(5): 723-727.
- [7] Miller K A, Hoseney R C. Dynamic rheologica properties of wheat starch gluten dough [J]. *Cer. Chem.*, 1999, 76(1): 105-109.
- [8] 朱新开,郭文善,周君良,等. 氮素对不同类型专用小麦营养和加工品质调控效应 [J]. *中国农业科学*, 2003, 36(6): 640-645.
Zhu X K, Guo W S, Zhou J L *et al.* Effects of nitrogen on grain yield, nutritional and processing quality of wheat for different end uses [J]. *Sci. Agric. Sin.*, 2003, 36(6): 640-645.
- [9] 林琪,侯立白,韩伟. 不同肥力土壤下施氮量对小麦子粒产量和品质的影响 [J]. *植物营养与肥料学报*, 2004, 10(6): 561-567.
Lin Q, Hou L B, Han W. Effects of nitrogen rates on grain yield and quality of wheat in different soil fertility [J]. *Plant Nutr. Fert. Sci.*, 2004, 10(6): 561-567.
- [10] 王月福,于振文,李尚霞,余松烈. 施氮量对小麦子粒蛋白质组分含量及加工品质的影响 [J]. *中国农业科学*, 2002, 35(9): 1071-1078.
Wang Y F, Yu Z W, Li S X, Yu S L. Effects of nitrogen application on content of protein components and processing quality of wheat grain [J]. *Sci. Agric. Sin.*, 2002, 35(9): 1071-1078.
- [11] 张翼涛,李硕碧. 不同栽培条件与小麦子粒品质的关系 [J]. *干旱地区农业研究*, 1991 (2): 16-21.
Zhang Y T, Li S B. Analysis of wheat grain quality under various cultivation conditions [J]. *Agric. Res. Arid Areas*, 1991, (2): 16-21.
- [12] 彭永欣,郭文善,严六零,封超年. 小麦栽培与生理 [M]. 南京:东南大学出版社, 1992. 127-144.
Peng Y X, Guo W S, Yan L L, Feng C N. *Cultivation techniques and physiology of wheat* [M]. Nanjing: Southeast University Press, 1992. 127-144.
- [13] 何照范. 粮油子粒品质及其分析技术 [M]. 北京:农业出版社, 1985. 3741.
He Z E. *Grain quality and it's analysis technology* [M]. Beijing: Agricultural Press, 1985. 37-41.
- [14] Wieser H, Antes S, Seilmeier W. Quantitative determination of gluten protein types in wheat flour by reversed-phase high-performance liquid chromatography [J]. *Cer. Chem.*, 1998, 75: 644-650.
- [15] 蔡大同,王义炳,郝泽圣,林长丰. 不同生态条件下播期和氮肥对优质小麦产量和品质性状的影响 [J]. *植物营养与肥料学报*, 1994, 1(试刊): 74-82.
Cai D T, Wang Y B, Mao Z S, Lin C F. The effect of sowing date and nitrogen application under different ecosystem on the yield and quality of the superior wheat variety [J]. *Plant Nutr. Fert. Sci.*, 1994, 1(Test issue): 74-82.
- [16] 蔡瑞国,尹燕萍,张敏,等. 氮素水平对冀城 8901 和山农 1391 子粒品质的调控效应 [J]. *作物学报*, 2007, 33(2): 304-310.
Cai R G, Yin Y P, Zhang M *et al.* Effects of nitrogen application rate on grain quality in wheat cultivars GC8901 and SN1391 [J]. *Acta Agron. Sin.*, 2007, 33(2): 304-310.
- [17] 朱新开,周君良,封超年,等. 不同类型专用小麦子粒蛋白质及其组分含量变化动态差异分析 [J]. *作物学报*, 2005, 31(3): 342-347.
Zhu X K, Zhou J L, Feng C N *et al.* Differences of protein and its component accumulation in wheat for different end uses [J]. *Acta Agron. Sin.*, 2005, 31(3): 342-347.
- [18] 李金才,魏凤珍. 氮素营养对小麦产量和子粒蛋白质及组分含量的影响 [J]. *中国粮油学报*, 2001, 16(2): 6-8.
Li J C, Wei F Z. Effects of nitrogen fertilizer on grain protein content and protein components and yield of wheat [J]. *J. Chin. Cer. Oils Assoc.*, 2001, 16(2): 6-8.
- [19] Antes S, Wieser H. Effects of high and low molecular weight glutenin subunits on rheological dough properties and bread making quality of wheat [J]. *Cer. Chem.*, 2001, 78(2): 157-159.
- [20] Elpidio P, Angeles B, Consuelo S, Nicolas J. Relationship between common wheat (*Triticum aestivum* L.) gluten proteins and dough rheological properties [J]. *Euphytica*, 2005, 143: 169-177.
- [21] Wieser H, Kieffer R. Correlations of the amount of gluten protein types to the technological properties of wheat flours determined on a micro-scale [J]. *J. Cer. Sci.*, 2001, 34: 19-27.
- [22] 张平平,张勇,夏先春,何中虎. 小麦贮藏蛋白反相高效液相色谱分析体系研究 [J]. *中国农业科学*, 2007, 40(5): 1002-1009.
Zhang P P, Zhang Y, Xia X C, He Z H. Protocol establishment of reversed-phase high-performance liquid chromatography (RP-HPLC) for analyzing wheat gluten protein [J]. *Sci. Agric. Sin.*, 2007, 40(5): 1002-1009.
- [23] 张平平,陈东升,张勇,等. 春播小麦醇溶蛋白组成及其对品质性状的影响 [J]. *作物学报*, 2006, 32(12): 1796-1801.
Zhang P P, Cheng D S, Zhang Y *et al.* Gliadin composition and their effects on quality properties in spring wheat [J]. *Acta Agron. Sin.*, 2006, 32(12): 1796-1801.
- [24] 李志西,魏益民,张建国. 小麦蛋白质组分与面团特性和烘焙品质关系的研究 [J]. *中国粮油学报*, 1998, 13(3): 1-5.
Li Z X, Wei Y M, Zhang J G. Study on the effects of wheat protein components on dough properties and baking quality [J]. *J. Chin. Cer. Oils Assoc.*, 1998, 13(3): 1-5.

- [25] 杨学举, 卢少源, 张荣芝. 小麦子粒蛋白质组分与面包烘焙品质性状关系的研究 [J]. 中国粮油学报, 1999, 14(1): 1-5.
Yang X J, Lu S Y, Zhang R Z. Relations between protein groups and bread baking quality characters of wheat [J]. J. Chin. Cer. Oils Assoc., 1999, 14(1): 1-5.
- [26] 朱金宝, 刘广田, 张树臻, 孙辉. 小麦子粒高、低分子量谷蛋白亚基及其与品质关系的研究 [J]. 中国农业科学, 1996, 29(1): 34-39.
Zhu J B, Liu G T, Zhang S Z, Sun H. High and low molecular subunits of gluten in and their relationships with wheat quality [J]. Sci. Agric. Sin., 1996, 29(1): 34-39.
- [27] 阎旭东, 卢少源, 李宗智. 普通小麦醇溶蛋白组分的分布及其与高分子量麦谷蛋白亚基对品质的组合效应 [J]. 作物学报, 1997, 23(1): 70-75.
Yan X D, Lu S Y, Li Z Z. The distribution of gliadin composition and its interaction with HMW - glutenin subunits on breadbaking quality of common wheat [J]. Acta Agron. Sin., 1997, 23(1): 70-75.
- [28] 马传喜, 吴兆苏. 小麦胚乳蛋白质组分及高分子量麦谷蛋白亚基与烘烤品质的关系 [J]. 作物学报, 1993, 19(6): 562-567.
Ma C X, Wu Z S. Effect of variation of protein fractions and HMW glutenin subunits on SDS sedimentation volume in wheat varieties [J]. Acta Agron. Sin., 1993, 19(6): 562-567.