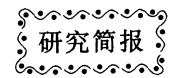


DOI: 10.3724/SP.J.1006.2010.01055



磷肥对小麦籽粒 HMW-GS 积累及 GMP 粒度分布的影响

倪英丽¹ 王振林^{1,*} 李文阳^{1,2} 闫素辉^{1,2} 尹燕萍¹ 李勇¹ 王平¹
陈晓光¹

¹作物生物学国家重点实验室 / 山东农业大学农学院, 山东泰安 271018; ²安徽科技学院植物科学学院, 安徽凤阳 233100

摘要: 在 112.5 kg hm⁻² 和 225 kg hm⁻² 两种氮水平下, 检测了施磷量对强筋小麦山农 12 籽粒高分子量谷蛋白亚基(HMW-GS)积累及谷蛋白大聚合物(GMP)粒度分布的调控效应。结果表明, 小麦籽粒 HMW-GS 在花后 14 d 已形成, 成熟期籽粒 HMW-GS 含量表现为施磷处理高于不施磷处理。在低氮条件下, 施磷有助于 HMW-GS 的积累, 而在正常施氮条件下过多施磷则不利于其积累。在低氮条件下, 粒径<10 μm GMP 颗粒体积百分比随施磷量增加而显著降低; 在正常氮水平下, 施磷降低粒径<10 μm GMP 颗粒体积百分比, 其效应表现施磷 0 kg hm⁻² 处理最大, 其次为施磷 40 kg hm⁻² 和 100 kg hm⁻² 处理, 施磷 160 kg hm⁻² 处理最小。两种施氮水平下分别增施磷肥, 粒径在 10~100 μm 和 >100 μm GMP 颗粒的体积百分比均呈现随磷肥用量增加而增加的趋势。在正常氮水平下, 各施磷处理间籽粒中 GMP 颗粒数目百分比无明显差异。成熟期籽粒中 HMW-GS 含量与粒径<10 μm GMP 颗粒体积百分比呈显著负相关, 而与 10~100 μm GMP 颗粒体积百分比呈显著正相关。说明较大粒径 GMP 颗粒具有较高的 HMW-GS 含量。

关键词: 小麦; 高分子量谷蛋白亚基(HMW-GS); 谷蛋白大聚合物(GMP); 磷素; 氮素

Effects of Phosphorus Fertilizer on Accumulation of High Molecular Weight Glutenin Subunits and Glutenin Macropolymer Size Distribution in Wheat Grain

NI Ying-Li¹, WANG Zhen-Lin^{1,*}, LI Wen-Yang^{1,2}, YAN Su-Hui^{1,2}, YIN Yan-Ping¹, LI Yong¹, WANG Ping¹, and CHEN Xiao-Guang¹

¹National Key Laboratory of Crop Biology / Agronomy College, Shandong Agricultural University, Tai'an 271018, China; ²College of Plant Science, Anhui Science and Technology University, Fengyang 233100, China

Abstract: For gaining insights into the relationship between the accumulation of high-molecular-weight glutenin subunit (HMW-GS) and the distribution of glutenin macropolymer (GMP) in wheat (*Triticum aestivum* L.), Shannong 12, a cultivar with high glutenin, was used in a field experiment with four phosphorus (P) application levels (0, 40, 100, and 160 kg ha⁻¹) under low nitrogen (112.5 kg ha⁻¹) and normal nitrogen (225 kg ha⁻¹) conditions, respectively. The result showed that HMW-GS in grains formed before 14 d after anthesis, and its content at maturity was higher in P application treatments than in the treatment with no P fertilizer applied. Phosphorus was in favor of the accumulation of HMW-GS under the low nitrogen (N) condition, but caused a negative effect in high P levels under the normal N condition. The content of GMP particle in <10 μm in diameter was significantly reduced with increasing P application. The effect increased with increasing P level under the low N condition, but showed the largest reduction at P level of 100 kg ha⁻¹ and the smallest reduction at P level of 40 kg ha⁻¹. For GMP particle in 10–100 μm and >100 μm groups, their contents tended to increase with more P applied under both N conditions. Under the normal N condition, there was no significant effect of P level on the number distribution of GMP particle. At maturity, the content of HMW-GS was negatively correlated with the volume of GMP particle in <10 μm group, but positively correlated with that in 10–100 μm group. The result suggested that larger GMP particles have higher HMW-GS content than the smaller GMP particles.

Keywords: Wheat; High-molecular-weight glutenin subunit (HMW-GS); Glutenin macropolymer (GMP); Phosphorus; Nitrogen

本研究由国家自然科学基金项目(30871477), 国家重点基础研究发展计划(973 计划)项目(2009CB118602)和国家公益性行业(农业)科研专项(200803037)资助。

* 通讯作者(Corresponding author): 王振林, E-mail: zlwang@sdau.edu.cn, zlwangsd@sina.com, Tel: 0538-8241359

第一作者联系方式: E-mail: yhbny1101@163.com

Received(收稿日期): 2009-12-08; Accepted(接受日期): 2010-03-19.

麦谷蛋白是面筋的主要成分,为多聚体蛋白,决定面团的弹性。谷蛋白聚合体是由一系列分子量大小不同的聚合体(约 $10^5\sim 10^7$)组成的。其中,不溶于SDS的谷蛋白聚合体分子量较大,称为谷蛋白大聚合体(glutenin macropolymer, GMP)。GMP是小麦籽粒中最重要的谷蛋白聚合体,决定面粉的烘焙品质^[1],在面团的形成过程中起重要作用^[2-3]。Bean等^[4]认为大聚合体(GMP)可作为预测面团特性的生化指标。Gupta等^[5]研究表明,谷蛋白大聚合体含量与面团最大抗拉伸阻力、和面时间、面团形成时间等均呈极显著正相关。Zhu等^[6]利用不同品质硬红春小麦研究发现,小麦品质为谷蛋白聚合体的粒度分布(GMP/TGP)所决定。孙辉等^[7]报道,谷蛋白聚合体的含量和粒度分布是影响面粉烘焙品质性状的决定性因素,而且聚合体的粒度分布对面筋强度的作用大于其含量。

谷蛋白根据分子量可分为高分子量谷蛋白亚基(HMW-GS)和低分子量谷蛋白亚基(LMW-GS),HMW-GS组成在GMP颗粒形成中起重要作用^[8]。梁荣奇等^[9]研究表明,通过改变谷蛋白聚合体的含量和分子量分布来影响面筋蛋白的特性,进而影响面团品质。HMW-GS亚基组成与小麦品质性状间存在显著相关性,并已明确小麦品质变异的30%~80%归因于HMW-GS等位基因的变化^[10-11]。石玉等^[12]研究表明,籽粒中具有较高含量的贮藏蛋白、HMW-GS和LMW-GS,以及较大的HMW/LMW比值和较小的Gli/Glu比值有利于提高强筋小麦的加工品质。Zhu和Khan^[13]认为, HMW-GS对品质的影响不是由于它们的质而是由于它们的量,邓志英等^[14]也认为HMW-GS的大量积累有利于改善品质。

小麦胚乳中麦谷蛋白亚基组成和数目受遗传控制,但其含量(表达量)受环境条件影响^[15]。栽培措施对小麦籽粒蛋白质、GMP积累和HMW-GS含量及其与品质的关系已有报道^[16-18]。干旱和渍水处理条件下,小麦籽粒GMP含量和HMW-GS含量均降低^[19]。增施氮肥有利于强筋小麦HMW-GS积累速度的提高及其快速积累期的延长,有利于HMW-GS含量和GMP含量的积累^[15]。春小麦籽粒UPP及其含量的变化主要受环境和栽培条件控制^[20]。氮素和磷素是影响小麦生长的主要营养元素,合理施用氮肥和磷肥可以显著提高小麦产量和改善籽粒品质^[21]。但施用磷肥对小麦籽粒HMW-GS表达量,以及对籽粒GMP含量和粒度分布的影响,目前尚不清楚。本试验研究了高、中、低施磷量对籽粒HMW-GS积累动态和GMP粒度分布特征的影响,分析了籽粒HMW-GS含量与GMP粒度分布的关系,旨在阐明优质小麦品质形成机制与构建品质调优栽培技术提供理论依据。

1 材料与方 法

1.1 试验设计

在山东农业大学农学试验农场进行田间试验。试验地耕层(0~20 cm)土壤含有有机质 12.3 g kg^{-1} 、全氮 0.91 g

kg^{-1} 、碱解氮 87.2 mg kg^{-1} 、速效磷 18.6 mg kg^{-1} 、速效钾 57.5 mg kg^{-1} 。供试品种为优质强筋小麦山农12。

设低氮(纯氮 112.5 kg hm^{-2})和正常施氮(纯氮 225 kg hm^{-2})2个氮水平及4个磷肥(以 P_2O_5 计)水平,分别是0(P0)、40(P1)、100(P2)和 160 kg hm^{-2} (P3),共8个处理组合。所有处理施钾肥(以 K_2O 计) 150 kg hm^{-2} 。磷、钾肥全部底施,氮肥50%底施,50%拔节期结合浇水追施。裂区设计,以氮肥为主区,磷肥为裂区。3次重复。前茬玉米秸秆全部粉碎还田。播种期为2008年10月10日,收获期为2009年6月7日,其中开花到成熟的时间为35 d。基本苗为每公顷180万株,行距0.25 m,小区面积为 $3\text{ m}\times 3\text{ m}=9\text{ m}^2$ 。其他管理同一般高产田。

在开花期选择同一日开花、生长一致的麦穗挂牌标记。于花后7、14、21、28和35 d取样,每次每小区取10穗。及时剥出籽粒,于70℃烘箱烘至恒重,用于室内分析。

1.2 GMP含量及其粒度测定

参照Weegels等^[22]和孙辉等^[7]的方法测定GMP含量,并稍作改进。0.05 g全麦粉加1.5% SDS提取液1 mL,常温下 $15\ 500\times\text{g}$ 离心15 min,弃上清液,用双缩脲法测定残余物中氮含量作为GMP的近似值。

参照Don等^[7]的方法提取GMP凝胶。称取1.5 g样品,装于50 mL离心管中,加1.5% SDS溶液30 mL,混匀, $75\ 000\times\text{g}$ 离心30 min。取1 g上层蛋白质凝胶放入10 mL离心管中,加1.5% SDS溶液5 mL,混匀。用LS 13320激光衍射粒度分析仪(美国Beckman Coulter公司)分析GMP粒度。

1.3 HMW-GS的定量

参照梁荣奇等^[9]的方法提取HMW-GS。称籽粒样品40 mg,加1 mL样品缓冲液(含 62.5 mmol L^{-1} Tris-HCl, pH 6.8; 50%异丙醇, 5% SDS; 1% DTT), $60\text{ }^\circ\text{C}$ 水浴振荡1 h, $10\ 000\times\text{g}$ 离心10 min,上清液用于SDS-PAGE电泳(DYY-22A型电泳装置,北京六一仪器厂)。分离胶浓度10%,浓缩胶浓度4%,胶厚1 mm,20个上样孔,每个样品点样 $20\ \mu\text{L}$,每板电流13 mA。电泳结束后,用0.05%考马斯亮蓝R250染色24 h,然后用蒸馏水脱色2 d。

采用切胶比色的方法进行HMW-GS定量,将脱过色的胶放在白瓷盘中,在日光灯下用刀片从凝胶上切下染上色的蛋白质条带,置于玻璃试管中,加入1 mL 50%异丙醇(含3% SDS),用封口膜封口, $37\text{ }^\circ\text{C}$ 水浴中静置24 h提取HMW-GS,于595 nm测定提取液吸光值。用不同点样量的标准蛋白(116 kD)做标准曲线,计算各样品HMW-GS含量。并取各次电泳各样品的平均值作为该样品的HMW-GS含量。

在预备试验中,以中国春(null, 7+8, 2+12)、Marquis(1, 7+9, 5+10)和小偃6号(1, 14+15, 2+12)为对照,确定山农12小麦籽粒HMW-GS类型为(null, 14+15, 5+10)。

1.4 统计分析

用Microsoft Excel 2003和DPS统计软件进行数据处理和统计分析。方差分析用裂-裂区试验设计分析方法,

用 Duncan 氏新复极差(SSR)法进行多重比较。

2 结果与分析

2.1 HMW-GS 的形成和积累

花后 14 d 开始检测到籽粒 HMW-GS 亚基的形成, 随籽粒灌浆发育, HMW-GS 亚基逐渐积累(图 1), 至花后 35 d, HMW-GS 含量达最大值(图 2)。施用磷肥促进籽粒 HMW-GS 亚基的积累。各施磷处理 HMW-GS 含量均高于不施磷处理。低氮水平下, 总 HMW-GS 含量随施磷量的增加而增加(图 2-A); 正常氮水平下, P0 和 P1 处理在花后 14~21 d 达 HMW-GS 快速积累期, 而 P2 和 P3 处理在花后 14~28 d 达快速积累期(图 2-B)。说明增施磷肥有利于提高小麦籽粒 HMW-GS 积累速度, 且有利于延长其快速积累期。低氮水平下, 成熟期籽粒 HMW-GS 含量随施磷量的

增加而升高, 其效应表现为 $P_3 > P_2 > P_1 > P_0$, 说明低氮条件下施磷促进 HMW-GS 积累; 在正常氮水平下, 成熟期籽粒中含量表现为 $P_1 > P_2 > P_3 > P_0$, 表明正常氮水平下, 过多施磷不利于 HMW-GS 积累。

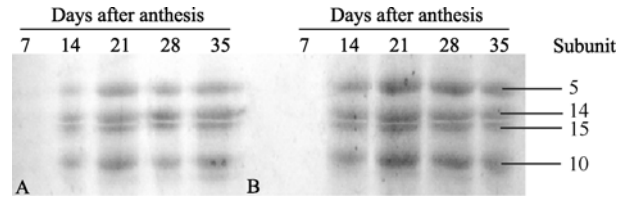


图 1 小麦籽粒谷蛋白亚基积累动态 SDS-PAGE 图谱
Fig. 1 SDS-PAGE of HMW-GS accumulation dynamics in wheat grain

A: 不施磷; B: 施磷 160 kg hm⁻²。
A: no phosphorus applied; B: phosphorus rate at 160 kg hm⁻².

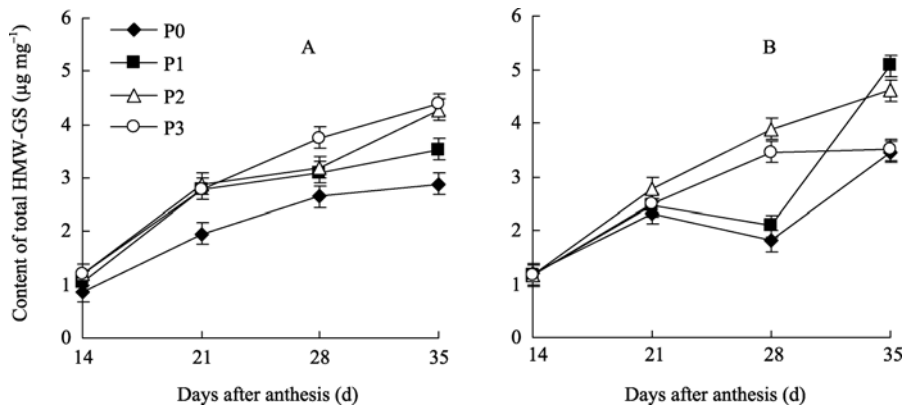


图 2 低氮(A)和正常氮(B)水平下磷素对小麦籽粒总 HMW-GS 含量的影响

Fig. 2 Effect of phosphorus rate on total HMW-GS content in wheat grains under low (A) and normal nitrogen (B) conditions

P0、P1、P2 和 P3 分别表示施磷 0、40、100 和 160 kg hm⁻²。

P0, P1, P2, and P3 represent phosphorus application rate of 0, 40, 100, and 160 kg hm⁻², respectively.

2.2 GMP 含量的动态变化

随着籽粒灌浆进程, 小麦籽粒 GMP 含量呈先上升后下降再上升的趋势(图 3)。两种氮水平下, 各施磷处理 GMP 含量均显著高于不施磷处理(低氮条件下花后 14 d

除外), 说明增施磷肥有利于小麦籽粒 GMP 的积累。施磷量低于 100 kg hm⁻²时, 成熟期籽粒 GMP 含量随着施磷量提高呈上升趋势, 但施磷量再提高, GMP 含量又下降, 表明过多施磷不利于 GMP 的积累。低氮水平下增施磷肥,

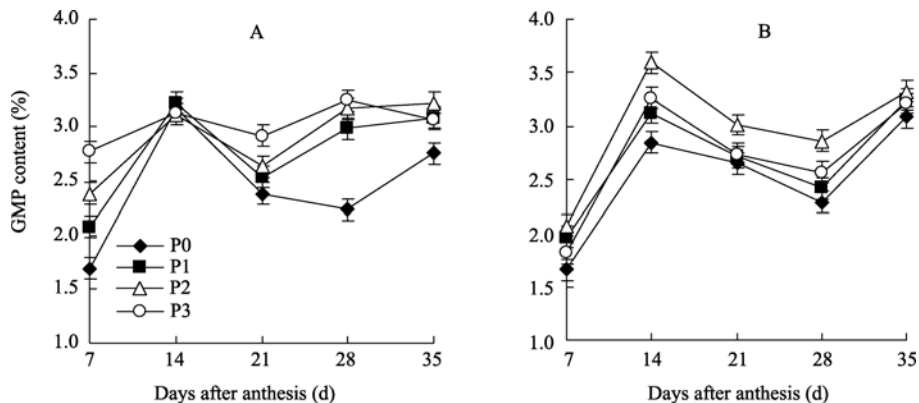


图 3 低氮(A)和正常氮(B)水平下磷素对小麦籽粒 GMP 含量的影响

Fig. 3 Effect of phosphorus on GMP content in wheat grains under low nitrogen (A) and normal nitrogen (B) conditions

P0、P1、P2 和 P3 分别表示施磷 0、40、100 和 160 kg hm⁻²。

P0, P1, P2, and P3 represent phosphorus application rate of 0, 40, 100, and 160 kg hm⁻², respectively.

花后 21~28 d 小麦籽粒 GMP 含量明显高于不施磷, 说明低氮水平下施磷有利于灌浆后期 GMP 的积累。正常氮水平下, 花后 21~28 d 小麦各处理 GMP 含量有所下降可能与此阶段淀粉快速积累引起的“稀释效应”有关。

2.3 GMP 的粒度分布

2.3.1 GMP 颗粒体积分布 在 8 个施肥处理中, 粒径 <10 μm 的 GMP 颗粒所占体积为 18.11%~38.85%, 而粒径在 10~100 μm 和 >100 μm 的颗粒对体积的贡献率分别为 28.68%~34.40%和 31.96%~50.97%。低氮水平下增施磷肥, 使 <10 μm 的 GMP 颗粒所占体积随磷肥施用量的增加而降低; 而在正常氮水平下, 其体积百分比表现 $P_0 > P_3 > P_1 > P_2$ 。低氮水平下, P_1 处理显著提高粒径 10~100 μm 颗粒所占体积百分比; 正常氮水平下 P_1 、 P_2 处理显著增加粒径 10~100 μm 颗粒所占体积百分比。低氮水平下, 粒径 >100 μm 颗粒所占体积比例表现为随磷肥施用量的增加而升高, 即 $P_3 > P_2 > P_1 > P_0$; 正常氮水平下, 则表现为 P_2 最高, P_1 次之, P_0 和 P_3 处理间差异不显著(表 1)。表明低氮水平下增施磷肥增加了较大颗粒体积百分比, 降低了小颗粒体积百分比。正常氮水平下, 过量磷肥不利于较大颗粒体积百分比的增加。

表 1 山农 12 籽粒 GMP 颗粒体积分布
Table 1 Distribution of GMP particle volume in grains of Shan-nong 12 (%)

处理 Treatment	粒径 Diameter of GMP particle			
	<10 μm	<100 μm	10~100 μm	>100 μm
NLP0	38.85 a	68.04 a	29.27 b	31.96 d
NLP1	23.14 e	57.77 b	33.97 a	42.23 c
NLP2	24.73 d	52.83 c	28.68 b	47.17 b
NLP3	19.65 g	49.03 d	29.32 b	50.97 a
NNP0	36.11 b	65.88 a	29.83 b	34.12 d
NNP1	22.15 f	57.01 b	34.40 a	42.99 c
NNP2	18.11 h	53.02 c	33.99 a	46.98 b
NNP3	32.54 c	65.54 a	30.10 b	34.46 d

NL 和 NN 分别表示低氮(112.5 kg hm^{-2})和正常氮水平(225 kg hm^{-2})处理; P_0 、 P_1 、 P_2 和 P_3 分别表示施磷 0、40、100 和 160 kg hm^{-2} 。数据为 3 次重复的平均值, 不同字母表示处理间达显著差异($P < 0.05$)。

NL and NN represent low nitrogen (112.5 kg hm^{-2}) and normal nitrogen (225 kg hm^{-2}) conditions, respectively; P_0 , P_1 , P_2 , and P_3 represent phosphorus application rate of 0, 40, 100, and 160 kg hm^{-2} , respectively. Data are the means of three replicates, and discrepant letters denote significant differences among treatments at the 0.05 probability level.

2.3.2 GMP 颗粒数目分布 从 GMP 颗粒数目看, 99.93%~99.95%为粒径 <10 μm 颗粒, 粒径 >10 μm 颗粒仅占 0.05%~0.07%。在低氮水平下, 粒径 <2.6 μm 颗粒数目比例表现为随磷肥施用量的增加而升高, 而粒径 2.6~4.5 μm 颗粒数目比例表现为随磷肥施用量的增加而降低; 在正常氮水平下增施磷肥, 各处理间无显著差异(表 2)。表明正常氮水平下, 增施磷肥对 GMP 颗粒数目无明显影响。

表 2 山农 12 籽粒 GMP 颗粒数目分布
Table 2 Distribution of GMP particle number in grains of Shan-nong 12 (%)

处理 Treatment	粒径 Diameter of GMP particle				
	<2.6 μm	2.6-4.5 μm	<4.5 μm	<10 μm	>10 μm
NLP0	91.10 b	7.51 a	98.61 d	99.94 a	0.06 a
NLP1	92.46 ab	6.30 ab	98.76 c	99.93 a	0.07 a
NLP2	92.75 ab	6.11 ab	98.87 ab	99.94 a	0.06 a
NLP3	93.27 a	5.57 b	98.85 ab	99.93 a	0.07 a
NNP0	92.25 a	6.54 ab	98.80 bc	99.95 a	0.05 a
NNP1	92.19 a	6.72 a	98.91 a	99.94 a	0.06 b
NNP2	92.68 a	6.17 b	98.85 ab	99.94 a	0.06 a
NNP3	92.28 a	6.59 ab	98.87 ab	99.95 a	0.05 a

NL 和 NN 分别表示低氮(112.5 kg hm^{-2})和正常氮水平(225 kg hm^{-2})处理; P_0 、 P_1 、 P_2 和 P_3 分别表示施磷 0、40、100 和 160 kg hm^{-2} 。数据为 3 次重复的平均值, 不同字母表示处理间达显著差异($P < 0.05$)。

NL and NN represent low nitrogen (112.5 kg hm^{-2}) and normal nitrogen (225 kg hm^{-2}) conditions, respectively; P_0 , P_1 , P_2 , and P_3 represent phosphorus application rate of 0, 40, 100, and 160 kg hm^{-2} , respectively. Data are the means of three replicates, and discrepant letters denote significant differences among treatments at the 0.05 probability level.

2.4 相关分析

籽粒中 HMW-GS 含量与粒径 <10 μm 的 GMP 颗粒体积百分比呈显著负相关($r = -0.72^*$, $P < 0.05$); 与粒径 10~100 μm GMP 颗粒体积百分比呈显著正相关($r = 0.76^*$, $P < 0.05$); 与粒径 >100 μm GMP 颗粒体积呈正相关, 但未达到显著水平($r = 0.53$, $P < 0.05$)。说明较大粒径 GMP 颗粒具有较高的 HMW-GS 含量。

3 讨论

3.1 氮、磷肥用量对小麦籽粒 HMW-GS 积累和 GMP 含量的影响

磷能促进氮的吸收, 并且是氨基转移酶(磷酸吡哆醛)和硝酸还原酶(黄素蛋白)的组成成分, 能促进植物体内的氨基化作用、脱氨基作用、氨基转移作用和硝酸盐的还原等氮代谢^[23]。在保证氮素供应的基础上增施磷肥, 可以提高强筋小麦的麦谷蛋白含量^[24-25], 而环境因素对品质的作用可能是通过影响 GMP 的含量实现的^[26]。本研究表明, 在低氮条件下增施磷肥, 强筋小麦籽粒 HMW-GS 积累和 GMP 含量增加。

Jiang 等^[19]研究表明, 干旱和渍水处理条件下, 小麦籽粒 GMP 含量和 HMW-GS 含量均降低。岳鸿伟等^[15]试验表明, 增施氮肥对强筋小麦 HMW-GS 积累速度的提高及其快速积累期的延长有促进作用, 从而有利于 HMW-GS 含量和 GMP 含量的积累。在本研究中, 成熟期小麦籽粒 GMP 含量和总 HMW-GS 含量均表现为施磷处理高于不施磷处理, 说明施磷有利于 GMP 和总 HMW-GS 的积累。低氮条件下, 增施磷肥促进籽粒 HMW-GS 的积累; 而正常施氮条件下, 在一定范围内增施磷肥亦能促

进各亚基的积累, 但进一步增加磷肥时, 籽粒 HMW-GS 含量却降低。说明磷肥对各亚基的影响因氮素供应水平不同而存在差异。

3.2 小麦 GMP 粒度分布特征及与 HMW-GS 积累的关系

谷蛋白大聚合体的数量和分子量分布对面团特性和烘焙品质有重要影响, 其作用远大于可溶性谷蛋白聚合体^[26]。赵惠贤等^[27]认为, 谷蛋白聚合体粒度大小相对分布(即不溶性谷蛋白聚合体占谷蛋白聚合体总含量的百分数, %Upp)与面团形成时间呈极显著正相关。Don 等^[2-3,8]研究表明, 谷蛋白大聚合体在小麦胚乳中是以球形颗粒结构存在的, 其粒径分布受基因型和环境条件的影响。本研究表明, 不同氮水平下, 各施磷处理间小麦 GMP 数目主要由粒径<10 μm 颗粒组成, 粒径>100 μm 颗粒的体积分布占总体积的 31.96%~50.97%。低氮水平下, P1 处理显著提高粒径 10~100 μm 颗粒所占体积百分比; 正常氮水平下 P1、P2 处理显著增加其百分比。低氮水平下, 粒径>100 μm 颗粒所占体积比例表现为随磷肥施用量的增加而升高, 即 P3>P2>P1>P0; 正常氮水平下, 则表现为 P2 最高, P1 次之, P0 和 P3 处理间差异不显著。

对面包烘焙品质具有正向作用的亚基促进小麦成熟期 GMP 的积累, 而且亚基组合中具有正向作用的亚基的数量越多, 这种效应越大^[14]。本研究中, 小麦总 HMW-GS 含量与<10 μm GMP 颗粒体积百分比呈显著负相关, 与 10~100 μm GMP 颗粒体积百分比呈显著正相关, 表明大粒径 GMP 含有较多的 HMW-GS。在低氮和正常氮水平下, 增施磷肥籽粒均含有较多的大粒径 GMP 颗粒, 这可能是因为增施磷肥改变了高、低分子谷蛋白亚基与其他蛋白组分的比例, 进而从含量上影响谷蛋白大聚合体粒度分布。

References

- [1] Steffolani M E, Perez G T, Ribotta P D, Puppo M C, Leon A E. Effect of transglutaminase on properties of glutenin macropolymer and dough rheology. *J Cereal Sci*, 2008, 85: 39–43
- [2] Don C, Lichtendonk W J, Plijter J J, Hamer R J. Glutenin macropolymer: a gel formed by glutenin particle. *J Cereal Sci*, 2003, 37: 1–7
- [3] Don C, Lichtendonk W J, Plijter J J, Hamer R J. Understanding the link between GMP and dough: from glutenin particle in flour towards developed dough. *J Cereal Sci*, 2003, 38: 157–165
- [4] Bean S R, Lyne R K, Tilley K A, Chung O K, Lookhart G L. A rapid method for quantitation of insoluble polymeric proteins in flour. *Cereal Chem*, 1998, 75: 374–379
- [5] Gupta R B, Khan K, MacRitchie F. Biochemical basis of flour properties in bread wheat: effect of variation in the quantity and size distribution of polymeric protein. *J Cereal Sci*, 1993, 18: 23–41
- [6] Zhu J, Khan K. Characterization of glutenin protein fractions from sequential extraction of hard red spring wheats of different bread-making quality. *Cereal Chem*, 2004, 81: 681–685
- [7] Sun H(孙辉), Yao D-N(姚大年), Li B-Y(李保云), Liu G-T(刘广田), Zhang S-Z(张树臻). Correlation between content of glutenin macropolymer (GMP) in wheat and baking quality. *Chin Cereals Oils Assoc* (中国粮油学报), 1998, 13(6): 13–16 (in Chinese with English abstract)
- [8] Don C G, Mann F B, Hamer R J. HMW-GS affect the properties of glutenin particles in GMP and thus flour quality. *J Cereal Sci*, 2006, 44: 127–136
- [9] Liang R-Q(梁荣奇), Zhang Y-R(张义荣), You M-S(尤明山), Mao S-F(毛善锋), Song J-M(宋建民), Liu G-T(刘广田). Multistacking SDS-PAGE for wheat glutenin polymer and its relation to bread making quality. *Acta Agron Sin* (作物学报), 2002, 28(5): 609–614 (in Chinese with English abstract)
- [10] Payne P I. Relationship between HMW glutenin subunit composition and the bread-making quality of British-grown wheat varieties. *J Sci Food Agric*, 1987, 40: 51–65
- [11] Zhao Y-M(赵友梅), Wang S-J(王淑俊). The application of HMW glutenin subunits in the study of wheats baking quality property. *Acta Agron Sin* (作物学报), 1990, 16(3): 208–218 (in Chinese with English abstract)
- [12] Shi Y(石玉), Zhang Y-L(张永丽), Yu Z-W(于振文). Contents of grain protein components and their relationships to processing quality in wheat. *Acta Agron Sin* (作物学报), 2009, 35(7): 1306–1312 (in Chinese with English abstract)
- [13] Zhu J B, Khan K. Characterization of monomeric and glutenin polymeric proteins of hard red spring wheats during grain development by multistacking SDS-PAGE and capillary zone electrophoresis. *Cereal Chem*, 1999, 76: 261–269
- [14] Deng Z-Y(邓志英), Tian J-C(田纪春), Liu X-P(刘现鹏). Accumulation regularity of protein components in wheat cultivars with different HMW-GS. *Acta Agron Sin* (作物学报), 2004, 30(5): 481–486 (in Chinese with English abstract)
- [15] Yue H-W(岳鸿伟), Qin X-D(秦晓东), Dai T-B(戴廷波), Jing Q(荆奇), Cao W-X(曹卫星), Jiang D(姜东). Effects of nitrogen rate on accumulations of HMW-GS and GMP in wheat grain. *Acta Agron Sin* (作物学报), 2006, 32(10): 1678–1683 (in Chinese with English abstract)
- [16] Deng Z, Tian J, Zhao L, Zhang Y, Sun C. High temperature-induced changes in high molecular weight glutenin subunits of Chinese winter wheat and its influences on the texture of Chinese noodles. *J Agron Crop Sci*, 2008, 194: 262–269
- [17] DuPont F M, Hurkman W J, Vensel W H, Tanaka C, Kothari K M, Chung O K. Protein accumulation and composition in wheat grains: effects of mineral nutrients and high temperature. *Eur J Agron*, 2006, 25: 96–107
- [18] Spiertz J H J, Hamer R J, Xu H, Primo-Martin C, Don C, van der Putten P E L. Heat stress in wheat (*Triticum aestivum* L.): effects on grain growth and quality traits. *Eur J Agron*, 2006, 25: 89–95

- [19] Jiang D, Yue H, Wollenweber B, Tan W, Mu H, Bo Y, Dai T, Jing Q, Cao W. Effects of post-anthesis drought and waterlogging on accumulation of high molecular weight glutenin subunits and glutenin macropolymer size distribution in wheat grain. *J Agron Crop Sci*, 2009, 5: 89–97
- [20] Zhang P P, He Z H, Zhang Y, Xia X C. Association between %SDS-unextractable polymeric protein (%UPP) and end-use quality in Chinese bread wheat cultivars. *Cereal Chem*, 2008, 85: 696–670
- [21] Pei X-X(裴雪霞), Zhang D-Y(张定一), Wang J-A(王姣爱). Effect of N and P fertilizer on the product and quality of high quality and gluten wheat. *Agric Res Arid Areas* (干旱地区农业研究), 2003, 21(3): 48–50 (in Chinese with English abstract)
- [22] Weegels P L, van de Pijpekamp A M, Graveland A, Hamer R J, Schofield J D. Depolymerisation and re-polymerisation of wheat glutenin during dough processing: I. Relationships between glutenin macropolymer content and quality parameters. *J Cereal Sci*, 1996, 23: 103–111
- [23] Zheng P-Y(郑丕尧). Introduction of Crop Physiology (作物生理学导论). Beijing: Beijing Agricultural University Press, 1992. p 198 (in Chinese)
- [24] Wang X-D(王旭东), Yu Z-W(于振文). Effects of phosphorus fertilizer on the product and quality of high quality and gluten wheat. *Shandong Agric Sci* (山东农业科学), 2003, (6): 35–36 (in Chinese)
- [25] Zhao G-C(赵广才), He Z-H(何中虎), Liu L-H(刘利华). Study on the coenhancing regulating effect of fertilization and watering on the main quality and yield in Zhongyou 9507 high gluten wheat. *Sci Agric Sin* (中国农业科学), 2004, 37(3): 351–356 (in Chinese with English abstract)
- [26] Gupta R B, Batey I L, MacRitchie F. Relationship between protein composition and functional properties of wheat flour. *Cereal Chem*, 1992, 69: 125–131
- [27] Zhao H-X(赵惠贤), Hu S-W(胡胜武), Ji W-Q(吉万全), Xue X-Z(薛秀庄), Guo A-G(郭蔼光), Mares D. Study on relationship between the size distribution of glutenin polymeric protein and wheat flour mixing properties. *Sci Agric Sin* (中国农业科学), 2001, 34(5): 465–468 (in Chinese with English abstract)

关于召开“2010 中国作物学会学术年会”的预备通知

为进一步推进我国作物科学技术发展, 带动生物技术产业的兴起, 中国作物学会拟定于 2010 年 9 月中旬在沈阳农业大学召开 2010 年学术年会。大会主题是“**生物技术产业与粮食安全**”, 届时将邀请相关领域著名专家作大会报告, 同时, 热烈欢迎各界同仁和广大作物科学领域研究生积极参会。现将有关事宜通知如下:

一. 会议主要内容

(一)主题内容: (1)生物技术与新兴产业发展; (2)新基因挖掘与生物技术发展; (3)现代育种与种业发展; (4)科技创新与现代农业; (5)粮食农业与可持续发展。

(二)分会场内容: (1)重要基因发掘鉴定与分子育种; (2)种质资源创新与新基因挖掘利用; (3)新品种培育与种业发展; (4)作物栽培耕作与高产高效生产; (5)农业技术推广与农业生产发展。

(三)研究生论坛: 作物科学领域在校硕士、博士研究生均可提交论文和墙报, 并有机会作学术报告。

二. 会议时间和地点

会议时间: 2010 年 9 月 14 日报到, 2010 年 9 月 15~17 日开会; 会议地点: 沈阳农业大学。

三. 报名与注册

(1)报名: 报名参会人员需填写个人报名回执表, 报名回执表请用电子邮件传送到中国作物学会办公室。

(2)注册费: 正式代表 700 元, 学生代表 350 元。学生须是 2010 年 9 月在读的硕士或博士研究生, 不包括在职硕士或博士研究生。

四. 论文征集

本次大会将征集论文摘要集, 并在会前装订成册。投稿要求:

(1)大会征集公开未发表的论文摘要, 请用 Word 排版, 正文 5 号字体, 行间距为一倍, 字数不超过 1000 字, A4 纸不超过一页。(2)论文请勿涉及保密内容; 摘要内容须为作者原创, 并确保内容的真实性和客观性, 文责自负。(3)接收论文摘要截止日期为 2010 年 8 月 15 日。(4)投稿方式: 将征文摘要电子版以附件形式发送至大会筹备组 cssc304@sina.com, 不接受纸质版邮寄或传真。

五. 联系方式

地址: 100081 北京中关村南大街 12 号 中国作物学会办公室; 联系人: 杜娟, 刘丹丹

电话: 010-82108616; 传真: 010-82108785; E-mail: cssc304@sina.com; 网址: <http://www.chinacrops.org/>