



刘东军,赵海滨,宋庆杰,等.俄罗斯小麦高分子量麦谷蛋白亚基(HMW-GS)分析及评价[J].黑龙江农业科学,2019(11):1-4.

俄罗斯小麦高分子量麦谷蛋白亚基(HMW-GS)分析及评价

刘东军¹,赵海滨²,宋庆杰¹,宋维富¹,杨雪峰¹,赵丽娟¹,张春利¹,张举梅²

(1. 黑龙江省农业科学院 作物资源研究所,黑龙江 哈尔滨 150086;2. 黑龙江农业科学院 草业研究所,黑龙江 哈尔滨 150086)

摘要:为了解俄罗斯小麦种质资源的品质遗传基础,本研究利用聚丙烯酰胺凝胶电泳(SDS-PAGE)对高分子量麦谷蛋白亚基(HMW-GS)组成进行研究。结果表明:俄罗斯小麦在 Glu-A1 位点具有 1、2* 和 Null 三种等位变异,Glu-B1 位点具有 6+8,7+8,7+9,13+16,14+15 和 17+18 六种等位变异,Glu-D1 位点具有 2+12 和 5+10 两种等位变异。俄罗斯小麦麦谷蛋白亚基组成共有 20 种,其中,以 2*、7+9、2+12,2*、7+9、5+10 和 1、7+9、5+10 为主,占比分别为 28.65%、27.49% 和 14.63%,其他 HWM-GS 组成占比低于 3.51%。根据 Payne 评分标准对俄罗斯小麦品质进行评价,评分范围 5~10,评分为 10 的 HWM-GS 组成有 6 个,分别为 1、7+8、5+10,2*、7+8、5+10,1、17+18、5+10,2*、17+18、5+10,1、13+16、5+10 和 1、14+15、5+10,分别占比 3.51%、2.34%、2.34%、1.75%、0.58% 和 0.58%。这些数据可以看出俄罗斯春小麦优质亚基变异较为丰富,而且,优质麦谷蛋白亚基 13+16、14+15、17+18 在东北春小麦中罕见,为改良当地小麦品质提供了重要的种质资源。

关键词:俄罗斯小麦;高分子量麦谷蛋白亚基;品质;等位变异

小麦作为我国重要的粮食作物之一,品质是育种工作的重要目标。小麦加工品质与籽粒储藏蛋白关系紧密,储藏蛋白分为麦谷蛋白和醇溶蛋白,约占籽粒蛋白 85%,醇溶蛋白决定面团的延展性,谷蛋白决定面团的弹性,二者共同决定了小麦加工品质^[1]。麦谷蛋白又分为高分子量麦谷蛋白和低分子量麦谷蛋白,分别占籽粒蛋白的 10% 和 40%,高分子量麦谷蛋白所占比例不高,但麦谷蛋白亚基(HMW-GS)组成和含量决定了小麦面团弹性和面包加工品质,对小麦的加工品质非常重要^[2-3]。

HMW-GS 是由小麦第一同源群染色体长臂上的 Glu-A1、Glu-B1、Glu-D1 编码,3 个等位基因分别编码 2 个紧密连锁的基因:分子量较大的 x 和较小的 y 蛋白亚基,由于基因表达沉默效应,Glu-1 通常表达 3~5 个。其中,Glu-A1 通常表达 0~1 个,1Ay 通常沉默;Glu-B1 通常表达 1~2 个,1By 有时沉默;Glu-D1 通常表达 2 个,1Dx

和 1Dy 通常都表达^[2]。Glu-A1 编码 N、1 和 2*, Glu-B1 编码 6+8,7+8,7+9,13+16,14+15,17+18 和 20 等亚基,Glu-D1 编码 2+12 和 5+10 等^[3]。一般认为,Glu-A1 编码的 1 和 2*,而 Glu-B1 编码的 7+8、14+15 和 17+18,以及 Glu-D1 编码的 5+10 都是优质亚基,对小麦加工品质贡献较大^[3],这些虽然都是优质亚基,但是对小麦品质贡献率不同,有研究认为 Glu-1 对品质的贡献顺序为 Glu-D1> Glu-B1> Glu-A1^[4]。Nevo 等根据不同亚基对小麦品质的贡献大小建立了 HMW-GS 品质的评分系统^[2]。

随着生活水平的提高,人们对小麦品质要求越来越高,品质改良成为东北春小麦育种首要目标,并且已经培育了龙麦 26、龙麦 35、龙麦 39 等一批强筋优质小麦品种。但是,东北春小麦种质资源中优质亚基比较单一,与国外优质小麦相比品质还需改良^[5]。黑龙江省农业科学院对俄科技合作中心从俄罗斯及远东地区引进了一批春小麦种质资源,为更好地利用俄罗斯小麦优异品质性状的种质资源,本文对俄罗斯春小麦的品质遗传基础进行研究,旨在为东北春小麦的品质改良提供科学依据。

收稿日期:2019-07-04

基金项目:科技部国家重点研发计划项目(2016YFE0110400-04)。

第一作者简介:刘东军(1978-),男,博士,助理研究员,从事小麦育种工作。E-mail:dongdong415@126.com。

1 材料与方法

1.1 材料

试验材料为俄罗斯、白俄罗斯和远东地区引进的春小麦种质资源 171 份,由黑龙江省农业科学院草业研究所提供,对照材料为龙麦 26(2*、7+9、5 + 10),小冰 33(2*、7 + 8、5 + 10),克丰 6 号姊妹系(1、14+15、5+10)和克丰 6 号姊妹系(1、17+18、2+12),由宋维富博士提供和鉴定。

1.2 方法

1.2.1 小麦麦谷蛋白亚基提取 选取 1 粒种子,磨碎后置于 1.5 mL 离心管中。加入提取液(溴酚兰 0.01 g, SDS 1 g, pH6.86 mL, 巯基乙醇 5 mL, 乙二醇 5 mL 定容至 50 mL),每小时搅拌 2 次,提取 2 h 后,8 000 r·min⁻¹,离心 30 s,将上清转入新离心管,将提取液沸水浴 3 min 后备用。

1.2.2 高分子量麦谷蛋白电泳 高分子量麦谷蛋白电泳方法参见张延滨^[6]方法进行。

1.2.3 亚基评分 十二烷基硫酸钠聚丙烯酰胺凝胶电泳(SDS- PAGE)采用 8% 分离胶,亚基编号和品质评分参照 Payne 等标准^[7-8]。

2 结果与分析

2.1 俄罗斯春小麦高分子量麦谷蛋白亚基组成

利用 SDS-PAGE 技术分析俄罗斯小麦 HMW-GS(图 1),统计结果(表 1)显示,在 Glu-A1、Glu-B1 和 Glu-D1 三个位点共发现 11 个等位变异,其中 Glu-A1 位点有 3 种变异,亚基 N、1 和 2* 分别有 13、46 和 112 份,分别占比 7.60%、26.90%和 65.50%;Glu-B1 位点有 6 种变异,亚基 6+8、7+8、7+9、13+16、14+15 和 17+18 各有 3、21、135、1、1 和 10 份,频率分别为 1.75%、12.28%、78.95%、0.58%、0.58%和 5.85%。Glu-D1 位点有两种变异,亚基 2+12 和 5+10 分别有 74 和 97 份,分布频率为 43.27%和 56.73%。俄罗斯小麦 Glu-A1 和 Glu-B1 麦谷蛋白亚基 2* 和 7+9 频率较高,Glu-D1 位点 2+12 和 5+10 亚基均较为常见。

2.2 俄罗斯春小麦高分子量麦谷蛋白亚基组成

俄罗斯小麦材料出现的 20 种 HMW-GS 组合,其中,HMW-GS 组合为 2*、7+9、2+12 的材

料 49 份,占比 28.65%;其次,HMW-GS 组合为 2*、7+9、5+10 的材料 47 份,占比 27.49%;最后,HMW-GS 组合为 1、7+9、5+10 的材料 26 份,占比 14.62%;其他 17 种亚基组合出现频率均小于 3.51%(表 2)。

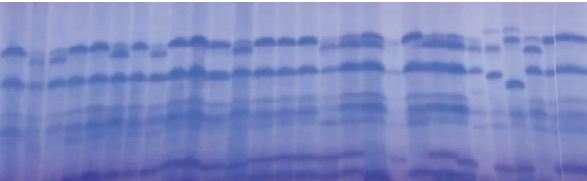


图 1 高分子量麦谷蛋白电泳图谱
Fig.1 Electrophoretic pattern of HWG-GS

表 1 俄罗斯小麦的 HMW-GS 组成及频率
Table 1 Composition and frequencies of HMW-GS of Russian wheat

| 位点 Locus | 亚基类型 Subunit types | 品种数量 Number of varieties | 频率 Frequency/% |
|-------------|--------------------------|--------------------------------|-------------------|
| Glu-A1 | N | 13 | 7.60 |
| | 1 | 46 | 26.90 |
| | 2* | 112 | 65.50 |
| Glu-B1 | 6+8 | 3 | 1.75 |
| | 7+8 | 21 | 12.28 |
| | 7+9 | 135 | 78.95 |
| | 13+16 | 1 | 0.58 |
| | 14+15 | 1 | 0.58 |
| Glu-D1 | 17+18 | 10 | 5.85 |
| | 2+12 | 74 | 43.27 |
| | 5+10 | 97 | 56.73 |

2.3 俄罗斯春小麦高分子量麦谷蛋白亚基评价

根据 Payne 评分标准对俄罗斯小麦 HMW-GS 进行了评价(表 2)。俄罗斯小麦的品质得分范围在 5-10 分。其中评分为 10 的小麦材料共 19 份,占比 11.11%,HMW-GS 组成有 6 种,分别为 1、7+8、5+10、2*、7+8、5+10、1、17+18、5+10、2*、17+18、5+10、1、13+16、5+10、和 1、14+15、5 + 10,分别占比 3.51%、2.34%、2.34%、1.75%、0.58%和 0.58%,优质小麦 HMW-GS 组合类型较为丰富,俄罗斯小麦中出现了东北春小麦中罕见的优质亚基变异 13+16、14+15 和 17+18,为改良当地小麦品质提供了重要种质资源。

表 2 俄罗斯小麦的 HMW-GS 组合类型、频率与品质得分

Table 2 The types and frequencies of HMW-GS compositions and quality scores of Russian wheat

| 编号 | 亚基组成 Subunit composition | | | 材料个数 | 频率 | Payne 评分 |
|-----|--------------------------|-------|------|---------------------|-------------|-------------|
| No. | A | B | D | Number of materials | Frequency/% | Payne score |
| 1 | 2* | 7+9 | 5+10 | 49 | 28.65 | 9 |
| 2 | 2* | 7+9 | 2+12 | 47 | 27.49 | 7 |
| 3 | 1 | 7+9 | 5+10 | 25 | 14.62 | 9 |
| 4 | N | 7+9 | 2+12 | 6 | 3.51 | 5 |
| 5 | 1 | 7+9 | 2+12 | 6 | 3.51 | 7 |
| 6 | 2* | 7+8 | 2+12 | 6 | 3.51 | 8 |
| 7 | 1 | 7+8 | 5+10 | 6 | 3.51 | 10 |
| 8 | 2* | 7+8 | 5+10 | 4 | 2.34 | 10 |
| 9 | 1 | 17+18 | 5+10 | 4 | 2.34 | 10 |
| 10 | 2* | 17+18 | 5+10 | 3 | 1.75 | 10 |
| 11 | N | 7+8 | 5+10 | 3 | 1.75 | 8 |
| 12 | N | 7+9 | 5+10 | 2 | 1.17 | 7 |
| 13 | 2* | 6+8 | 2+12 | 2 | 1.17 | 6 |
| 14 | 2* | 17+18 | 2+12 | 2 | 1.17 | 8 |
| 15 | 1 | 14+15 | 5+10 | 1 | 0.58 | 10 |
| 16 | 2* | 6+8 | 5+10 | 1 | 0.58 | 8 |
| 17 | N | 17+18 | 2+12 | 1 | 0.58 | 6 |
| 18 | 1 | 13+16 | 5+10 | 1 | 0.58 | 10 |
| 19 | N | 7+8 | 2+12 | 1 | 0.58 | 6 |
| 20 | 1 | 7+8 | 2+12 | 1 | 0.58 | 8 |

3 结论与讨论

HMW-GS 与小麦面团弹性和烘烤品质紧密相关^[4],对小麦加工品质非常重要。李亚青等^[9]研究表明,河北小麦的 HMW-GS 组成在 Glu-A1、Glu-B1 和 Glu-C1 位点分别有 2、7 和 3 种变异,Glu-A1 位点 1 和 N 各占比 50%;Glu-B1 位点的 7+9 占比 58.67%,Glu-D1 位点的 2+12 占比 71.33%。赵佳佳等^[10]对 145 份山西育成品种的 HMW-GS 研究发现:Glu-A1 位点有 3 种变异,其中 1 和 N 较为常见;Glu-B1 位点有 7 种变异:6+8、7+8、7+9、20、13+16、14+15 和 17+18,其中 7+8 和 7+9 占比较大;Glu-D1 位点有 5 种变异,2+12 和 5+10 分别占比 50.35% 和 11.72%。丛花等^[11]研究表明,西北五省小麦 Glu-A1 位点 N 频率 80.6%,2* 占比 16.2%,Glu-B1 位点中有 6 种变异,优质亚基 7+8 占比 88.7%,Glu-D1 位点中,2+12 占比 91.5%,优质亚基占比较少。刘春雷等^[12]研究表明,河南省三年(2011-2013 年)区生试材料 Glu-A1 位点亚基 1 占比 60.94%,N 亚基占比 39.06%,Glu-B1 位点有 8 个变异,其中 7+9 占比 61.5%,7+8 占比 22.5%,14+15 占比 14.50%,Glu-D1 位点,2+12 和 5+10 分别占比 56.50%和 43.50%。上述

数据显示不同麦区优势 HMW-GS 不同,如河北小麦的优质亚基 2*、7+8 和 2+12,山西小麦 2* 和 5+10,西北五省小麦 2*、1 和 5+10 比例较低, HMW-GS 改良还有较大上升空间,东北春小麦 HMW-GS 在 Glu-A1 位点有 3 种变异:N,1 和 2*,Glu-B1 位点仅有 2 种变异:7+8 和 7+9,Glu-D1 位点有 2 种变异:5+10 和 2+12^[13]。总体而言,东北春小麦 HMW-GS 遗传变异单一,优势亚基 5+10 比例较低,此外,没有发优质亚基 17+18、14+15 和 13+16 出现,而俄罗斯小麦评分 10 的 HMW-GS 组成类型丰富,是改良东北春小麦品质的重要种质资源。

在不同地区均发现了评分为 10 的优质小麦种质资源,但是 HMW-GS 组合却不同,河北小麦 HWM-GS 评分为 10 的小麦材料 20 份,占比 6.67%,主要优质亚基组合类型有:1、7+8、5+10、1、14+15、5+10 和 1、17+18、5+10^[9]。山西评分为 10 分(5+12 未参与评分)的小麦材料仅 3 份,占比 2.07%^[10]。安徽产业体系展示的 50 份小麦中,评分为 10 的小麦材料 12 份,占比 23.08%,山西和安徽评分为 10 的 HMW-GS 组成均为 1、7+8、5+10 和 1、17+18、5+10。通过比较发现 Glu-D1 位点的 5+10 效应较强,Glu-A1 和 Glu-B1 位点亚基 1、7+8 是效应较强的优

质亚基^[14]。俄罗斯 171 份春小麦中,有评分为 10 的小麦材料 19 份,占比 11.11%,组合有 1、7+8、5+10、2*、7+8、5+10、1、17+18、5+10、2*、17+18、5+10、1、13+16、5+10,和 1、14+15、5+10,东北春小麦中评分 10 的小麦材料占比 12.5%, HMW-GS 组合为 1、7+8、5+10 和 2*、7+8、5+10^[13]。从这些数据可以看出,东北评分 10 的小麦材料的 HMW-GS 比较单一,俄罗斯优质强筋小麦 HMW-GS 类型丰富,可以为东北春小麦品质改良提供优质亚基的种质资源。2016 年安徽产业体系展示品种的 HMW-GS, Glu-A1 和 Glu-B1 位点中的优质亚基 1、7+8 和 17+18 分别提升至 50.00%、48.10%和 25.00%, Glu-D1 位点中的优质亚基 5+10 占比升至 46.2%,而 7+9 下降到了 15.4%^[14],说明 HMW-GS 选择在小麦品质改良中发挥了很大作用。小麦品质影响因素比较复杂,与 HMW-GS、LMW-GS 和醇溶蛋白的组成、含量都有关系,这需要今后进行更深入的研究,本研究中的俄罗斯小麦为东北春小麦品质改良,拓宽种质遗传基础提供了重要的种质资源。

参考文献:

- [1] 李硕碧. 小麦高分子量麦谷蛋白亚基与加工品质[M]. 北京:中国农业出版社,2000.
- [2] Nevo E, Payne P, Genetics A. Wheat storage proteins: diversity of HMW glutenin subunits in wild emmer from Israel[J]. TAG Theoretical and Applied Genetics, 1987, 74(6): 827-836.
- [3] 刘会云, 刘畅, 王坤杨, 等. 小麦高分子量麦谷蛋白亚基鉴定

- 及其品质效应研究进展[J]. 中国遗传资源学报, 2016, 17(4): 701-709.
- [4] 张影全, 张晓科, 魏益民, 等. 高分子量麦谷蛋白亚基对小麦蛋白质品质特性的影响[J]. 西北农业学报, 2013, 22(1): 48-53.
- [5] 何旭, 刘伟, 杨起简. 乌克兰普通小麦品种储藏蛋白分析[J]. 中国农学通报, 2011, 27(21): 32-38.
- [6] 张延滨. 黑龙江省主要小麦品种及品系的 HMW 麦谷蛋白亚基分析[J]. 哈尔滨师范大学自然科学学报, 1999(3): 93-97.
- [7] Payne P I, Corfield K G, Holt L M, et al. Correlations between the inheritance of certain high - molecular weight subunits of glutenin and bread-making quality in progenies of six crosses of bread wheat[J]. Journal of the Science of Food & Agriculture, 2010, 32(1): 51-60.
- [8] Payne P I, Law C N, Mudd E E. Control by homoeologous group 1 chromosomes of the high-molecular-weight subunits of glutenin, a major protein of wheat endosperm[J]. Theorapplgenet, 1980, 58(3-4): 113-120.
- [9] 李亚青, 张楠, 张士昌, 等. 1BL/1RS 易位系 HMW-GS 组成与品质分析[J]. 麦类作物学报, 2019(2): 148-154.
- [10] 赵佳佳, 乔玲, 郑兴卫, 等. 山西小麦育成品种品质性状及 HMW-GS 组成演变分析[J]. 植物遗传资源学报, 2018, 19(6): 1126-1137.
- [11] 丛花, 王宏飞, 祁旭升, 等. 西北地区小麦地方品种高分子量谷蛋白亚基组成分析[J]. 新疆农业科学, 2016, 53(8): 1373-1382.
- [12] 刘春雷, 杨雪, 张丽琴, 等. 722 份河南省小麦新品系高分子量谷蛋白亚基多样性分析[J]. 河南农业科学, 2015, 44(4): 464-468.
- [13] 张延滨. 黑龙江省主要小麦品种及品系的 HMW 麦谷蛋白亚基分析[J]. 哈尔滨师范大学学报, 1999(3): 93-97.
- [14] 颀孙湘溪, 包晓婷, 郑文寅, 等. 安徽省小麦产业体系展示品种 HMW-GS 组分及 GMP 的研究[J]. 麦类作物学报, 2016(12): 1570-1577.

Analysis and Evaluation of High Molecular Weight Glutenin Subunits(HMW-GS)in Russian Wheat

LIU Dong-jun¹, ZHAO Hai-bin², SONG Qing-jie¹, SONG Wei-fu¹, YANG Xue-feng¹, ZHAO Li-juan¹, ZHANG Chun-li¹, ZHANG Ju-mei²

(1. Crop Germplasm Resources Institute, Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Harbin 150086, China; 2. Institute of Pratacultural Science, Heilongjiang Academy of Agricultural Science, Harbin 150086, China)

Abstract: In order to understand the genetic basis of the quality of Russian wheat germplasm, the composition of high molecular weight glutenin subunits (HMW-GS) was studied by polyacrylamide gel electrophoresis (SDS-PAGE). The results showed that there were three types of variation(N, 1 and 2*) at the Glu-A1 locus, 6 types variation(6+8, 7+8, 7+9, 13+16, 14+15 and 17+18) at Glu-B1 sites, and 2 types variation(2+12 and 5+10) at Glu-D1 locus in Russian wheat, 20 HMW-GS composition was found in Russian wheat, of which 2*, 7+9, 2+12, 2*, 7+9, 5+10 and 1, 7+9, 5+10 were the main components, accounting for 29.24%, 28.07% and 15.20% respectively. Other HWM-GS components account for less than 3.51%. Quality of Russia wheat was evaluated according to Payne scoring. The composition of HMW-GS which score was 10 points included 1, 7+8, 5+10, 2*, 7+8, 5+10, 1, 17+18, 5+10, 2*, 17+18, 5+10, 1, 13+16, 5+10, and 1, 14+15, 5+10 accounting for 2.92%, 1.75%, 2.34%, 0.58% and 0.58%, respectively. High-quality glutenin subunits 13+16, 14+15 and 17+18 were rare in spring wheat region in Northeast China, which provide germplasm resources for improving local wheat quality.

Keywords: Russian wheat; HMW-GS; quality; allelic variation