

# 相同 HMW-GS 组分春小麦产量与品质特性的研究

张宏纪

(黑龙江省农业科学院作物育种研究所, 哈尔滨 150086)

**摘要:** 高分子量麦谷蛋白亚基(HMW-GS)组成与小麦品质密切相关, 特别是 Glu-D1 5+10 亚基, 已作为小麦优质育种的重要选择标记, 但研究发现, 有些品种虽然含有 5+10 亚基, 但品质水平并不理想。而且即使同样具有 5+10 亚基的小麦品种, 其品质也有较大差异。为了系统分析这种差别, 选用 Glu-D1 位点组成相同春小麦品种, 在同样具有 5+10 优质亚基背景下研究了其产量与品质特性。结果表明, 产量大小顺序为: 龙-4081> 龙麦 26> 龙辐 98N<sub>2</sub>> 龙辐 970189, 籽粒容重: 龙麦 26> 龙-4081> 龙辐 98N<sub>2</sub>> 龙辐 970189, 蛋白质与湿面筋含量变化趋势相同: 龙辐 970189> 龙麦 26> 龙-4081> 龙辐 98N<sub>2</sub>, 沉降值大小顺序为龙-4081> 龙麦 26> 龙辐 970189> 龙辐 98N<sub>2</sub>。龙麦 26 和龙辐 970189 品质表现更好。相比较, 虽然龙辐 970189 品质稳定性更优些, 但因是早熟品种产量较低, 在生产上宜搭配使用。

**关键词:** 春小麦; 相同 HMW-GS; 产量; 品质

中图分类号: S512      文献标识码: A      文章编号: 1002-2767(2008)01-0027-04

## Study on the Characteristics for Yield and Quality of Spring Wheat with the Same HMW-GS

ZHANG Hong-ji

(Crop Breeding Institute, Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Harbin 150086)

**Abstract:** HMW-GS composition is closely correlated with wheat quality. Glu-D1 5+10 is always given high attention among the scoring systems and employed as important marker in wheat breeding for high quality. Some varieties however, are poor quality although they have 5+10. On the other hand, the wheat varieties with 5+10 showed different quality levels. In this study we employed some wheat varieties with the same HMW-GS background to investigate its characteristics of yield and quality. The results were as follows: Four wheat varieties with 5+10 and the same HMW-GS composition showed Longfu970189> Longmai 26> Long-4081> Longfu98N<sub>2</sub> in protein and wet gluten and Long-4081> Longmai 26> Longfu970189> Longfu98N<sub>2</sub> in sedimentation value. Based on the quality indices we could conclude that Longmai 26 and Longfu970189 were better than Long-4081 and Longfu98N<sub>2</sub> in quality. Although Longmai 26 showed good quality, its quality stability was lower than Longfu970189. High and stable quality were targets of wheat production, however, Longfu970189 should be planted in proper proportions since its earliness and lower yield.

**Key words:** spring wheat; same HMW-GS; yield; quality

面包的制作品质差通常与低弹性的谷蛋白有关, 提高谷蛋白的弹性可明显改善小麦的加工品质, 其中高分子量麦谷蛋白亚基(HMW-GS)在决定谷蛋白弹性方面起着关键作用, 特别是某些 HMW-GS 的存在与缺乏对品质的影响尤为明显<sup>[1-3]</sup>。一般认为 HMW-GS 1D<sub>x</sub>5+1D<sub>y</sub>10 与优良品质有关,

而 1D<sub>x</sub>2+1D<sub>y</sub>12 与品质差有关<sup>[3-5]</sup>。因此各国的研究者根据其与不同品质指标间的相关性制定了许多评分系统<sup>[1, 6-7]</sup>, 他们都赋予 1D<sub>x</sub>5+1D<sub>y</sub>10 最高的评价, 把它作为小麦优质育种的重要选择标记, 而且在育种实践中也起到了积极的作用。但是, 一些研究又表明<sup>[8-9]</sup>, 在 1D<sub>x</sub>5+1D<sub>y</sub>10 亚基存在条件下, 使用这些评分系统来预测小麦品质时并不成功, 而且近年来, 我们也发现, 一些小麦品系的 HMW-GS 评分很高, 但在实际检测时, 其品质表现并不理想。因此, 为了探讨在优质亚基(1D<sub>x</sub>5+1D<sub>y</sub>10)存在条件下小麦品质差异形成的原因, 本试

收稿日期: 2007-10-26  
基金项目: 国家科技攻关项目(2002BA406B04-0205); 黑龙江省国际科技合作计划项目(WC02210)  
作者简介: 张宏纪(1969-), 男, 黑龙江抚远人, 博士, 副研究员, 从事小麦诱变与生物技术育种研究。E-mail: zh116@yahoo.com。

验选用了 HM W-GS 组成相同的强筋小麦, 在相同的 HM W-GS 遗传背景下, 结合不同的施肥水平, 综合研究其产量与品质特性, 进而为品质育种和优质栽培提供依据。

1 材料与amp;方法

1.1 供试材料

试验选取龙辐 970189、龙辐 98N<sub>2</sub>、龙麦 26 和龙-4081 等 4 个强筋春小麦品种(系), 其 HM W-GS 组成相同, 都为 Glu-A<sub>1</sub> 2<sup>\*</sup>、Glu-B<sub>1</sub> 7+9、Glu-D<sub>1</sub>

5+10。  
1.2 研究方法

试验采取小区种植, 在黑龙江省农业科学院育种研究所试验地进行, 随机区组, 设低、中、高三个肥力水平, 分别为不施肥(T<sub>1</sub>)、300 kg ° hm<sup>-2</sup>(T<sub>2</sub>)、600 kg ° hm<sup>-2</sup>(T<sub>3</sub>), 施肥时保持氮素与磷素比例为 1 1 : 1.3 次重复, 小区面积为 3.6 m<sup>2</sup>(1.2 m × 3 m), 种子、肥料分施, 播种时肥料一次全部施入。4 月 6 日播种, 保苗 600 万株 ° hm<sup>-2</sup>。

表 1 试验地土壤基础肥力

地点	有机质/ %	全氮/ %	全磷/ %	缓效钾 / mg ° kg <sup>-1</sup>	碱解氮 / mg ° kg <sup>-1</sup>	速效磷 / mg ° kg <sup>-1</sup>	速效钾 / mg ° kg <sup>-1</sup>	pH
哈尔滨	2. 89	0. 132	0. 045	875. 7	138. 3	32. 72	146. 3	6. 87

1.3 测定方法

- 1.3.1 样品制备 收获后, 水分达 14%以下种子, 采用 XF-9XA 型精密旋风磨制备全麦粉。
- 1.3.2 蛋白质含量测定 半微量凯氏定氮法。
- 1.3.3 湿面筋测定 参照 GB/T14608-93 标准, 采取手工洗涤法。
- 1.3.4 Zeleny 沉淀值法 参照 AACC 方法 56-61A。

2 结果与分析

2.1 不同施肥条件下产量及产量性状变化

表 2 是不同肥力条件下, 供试品种(系)农艺性状和产量分析结果。从表 2 中看出, 不同品种(系)的农艺性状和产量在不同肥力条件下有差异。龙-4081 属于晚熟品种, 在 3 个施肥水平上的平均产量为 5 179. 05 kg ° hm<sup>-2</sup>, 显著高于龙麦 26 和龙辐 98N<sub>2</sub>。

后两个品种分别为中熟和早熟品种, 其产量分别为 4 975. 80 kg ° hm<sup>-2</sup> 和 4 540. 95 kg ° hm<sup>-2</sup>。龙辐 970189 产量最低为 4 521. 15 kg ° hm<sup>-2</sup>, 这可能是品种生育期不同造成的。龙-4081 在中等肥力水平(T<sub>2</sub>)上产量最高, 为 5 227. 80 kg ° hm<sup>-2</sup>, 较 T<sub>1</sub> 处理的 5 155. 20kg ° hm<sup>-2</sup>、T<sub>3</sub> 处理的 5 200. 20 kg ° hm<sup>-2</sup> 分别增加 1. 41%和 0. 53%。而龙麦 26、龙辐 98N<sub>2</sub> 和龙辐 970189 都是 T<sub>3</sub> 处理产量最高, 分别为 5 194. 95、4 658. 70、4 705. 65kg ° hm<sup>-2</sup>, 分别较其最低产量处理(T<sub>1</sub>)增加 12. 46%、4. 82%、8. 63%。4 个品种(系)在不同肥力水平上的产量差异说明了它们的耐肥性不同。田间观察发现, 在高肥力条件下, 龙-4081 有局部倒伏, 可能造成了其产量的下降。

方差分析表明(见表 3), 在不同肥力条件下供试品种的农艺性状差异显著。

表 2 不同肥力条件下产量性状比较

品种	处理	株高 / cm	穗长 / cm	分蘖数 / 个	主穗小 穗数/ 个	主穗粒数/ 个	株粒数 / 个	株粒重 / g	千粒重 / g	产量 / kg ° hm <sup>-2</sup>
龙辐 98N <sub>2</sub>	T <sub>1</sub>	71. 55	7. 75	0	16. 60	32. 77	32. 77	1. 00	30. 52c	4444. 50c
	T <sub>2</sub>	71. 30	8. 33	0. 07	17. 47	36. 30	37. 70	1. 30	34. 39b	4519. 65b
	T <sub>3</sub>	66. 17	8. 07	0. 03	17. 47	36. 60	36. 60	1. 31	35. 71a	4658. 70a
龙辐 970189	T <sub>1</sub>	82. 67	6. 17	0. 40	13. 57	22. 33	29. 70	0. 80	26. 82c	4332. 00c
	T <sub>2</sub>	78. 23	6. 28	0. 60	13. 80	22. 40	33. 27	1. 02	30. 56b	4480. 65b
	T <sub>3</sub>	77. 68	6. 38	0. 40	14. 53	24. 17	31. 23	0. 79	29. 69a	4705. 65a
龙麦 26	T <sub>1</sub>	73. 07	8. 13	0. 03	13. 87	26. 13	26. 70	0. 99	37. 21c	4619. 55c
	T <sub>2</sub>	72. 23	8. 93	0. 03	15. 27	29. 77	30. 13	1. 28	42. 37b	5113. 05b
	T <sub>3</sub>	72. 70	9. 10	0. 03	16. 07	30. 37	31. 50	1. 39	44. 02a	5194. 95a
龙- 4081	T <sub>1</sub>	72. 60	8. 40	0	15. 20	23. 80	23. 80	0. 91	38. 24c	5155. 20c
	T <sub>2</sub>	73. 27	8. 80	0	18. 07	30. 90	30. 90	1. 21	39. 16b	5227. 80a
	T <sub>3</sub>	71. 80	9. 05	0	17. 70	32. 50	32. 50	1. 29	39. 69a	5200. 20b

注: T<sub>1</sub>: 未施肥; T<sub>2</sub>: 施肥 300 kg ° hm<sup>-2</sup>; T<sub>3</sub>: 施肥 600 kg ° hm<sup>-2</sup>。

表 3 不同肥力条件下产量性状方差分析(F 值)

项目	株高 / cm	穗长 / cm	主穗小 穗数/ 个	主穗粒 数/ 个	株粒数 / 个	株粒重 / g	千粒重 / g	产量 / kg · hm <sup>-2</sup>
品种	17. 44 **	101. 08 **	18. 99 **	26. 55 **	11. 03 **	8. 00 *	53. 60 **	19. 87 **
处理	2. 79	8. 75 *	8 *	8. 04 *	11. 92 **	10. 00 *	11. 36 **	5. 50 *

注: \*, 为 5%水平上显著, \*\* \*: 为 1%水平上显著, 以下同。

2.2 不同施肥条件下的籽粒容重变化

容重是衡量小麦籽粒品质的重要指标之一, 不同肥力条件下相同 HMW-GS 组分小麦籽粒的容重列于表 4。通过方差分析表明(见表 5), 不同的品种(系)间、不同的肥力处理间籽粒容重差异明显, 特别是不同品种(系)间, 差异更极显著, 由此说明, 虽然同为强筋麦, HMW-GS 组成又相同, 但其籽粒容重却存在明显差异, 且不同施肥水平也显著影响籽粒容重。

由表 4 可知, 龙麦 26 容重最大, 以下是龙-4081、龙辐 970189 和龙辐 98N<sub>2</sub>。从施肥水平上看, 除龙-4081 之外, 其余 3 个供试品种(系)的籽粒容重都随施肥水平的提高而呈下降趋势, 表明, 增施肥料降低容重。在试验中我们也发现, 随施肥量增加小麦的千粒重明显增加(见表 2), 但籽粒的饱满度却明显变劣。这可能由于增施肥料, 促进了小麦营养体的生长过茂, 造成源库失衡影响了籽粒营养物质的积累。

表 4 不同肥力条件下相同 HMW-GS 组分小麦品种(系)籽粒容重 g · L<sup>-1</sup>

处理	龙辐 98N <sub>2</sub>	龙辐 970189	龙麦 26	龙-4081
T <sub>1</sub>	800c	812b	834a	814b
T <sub>2</sub>	792d	805c	825a	818b
T <sub>3</sub>	789c	801b	815a	813a

表 5 不同肥力条件下相同 HMW-GS 组分小麦品种(系)籽粒容重方差分析

变异来源	DF	SS	MS	F	F <sub>0.05</sub>	F <sub>0.01</sub>
品种间	3	1659. 60	553. 20	41. 90 **	4. 76	9. 78
处理间	2	190. 20	95. 10	7. 20 *	5. 14	10. 92
误差	6	79. 20	13. 20			
总变异	11	1929. 00				

2.3 不同施肥条件下蛋白质含量变化

相同 HMW-GS 组分小麦品种(系)在不同施肥条件下的蛋白质含量列于表 6。由表 6 可以看出, 不同品种、不同施肥水平间的小麦蛋白质含量达到极显著差异(见表 7)。蛋白质含量在品种间以龙辐 970189 表现最高, 平均蛋白质含量为 14. 64%, 其次是龙麦 26, 平均蛋白质含量为 14. 0%, 最低是龙辐 98N<sub>2</sub>, 平均蛋白质含量为 12. 65%。施肥对提高小麦蛋白质含量作用明显, 随施肥水平提高, 相同 HMW-GS 组分的不同品种(系)蛋白质含量都增

加。但品种(系)不同, 蛋白质含量增加的幅度并不相同。其中, 龙麦 26 增加幅度最大, 为 3. 71%, 其次是龙-4081, 其变幅为 3. 67%, 龙辐 970189 的蛋白质含量变化幅度表现最小, 为 2. 92%。以上结果说明, 供试材料对肥力反应上有差异。龙麦 26、龙-4081 在蛋白质含量上受施肥量的影响较大, 稳定性较差, 而龙辐 970189 在蛋白质含量上受施肥量的影响较小, 蛋白质含量较为稳定。

表 6 不同施肥条件下相同 HMW-GS 组分小麦品种(系)蛋白质含量 %

处理	龙辐 98N <sub>2</sub>	龙辐 970189	龙麦 26	龙-4081
T <sub>1</sub>	11. 11b	13. 10a	11. 71b	11. 12b
T <sub>2</sub>	12. 82c	14. 94a	14. 88a	13. 08b
T <sub>3</sub>	14. 03c	15. 88a	15. 42a	14. 79b

表 7 不同施肥条件下相同 HMW-GS 组分小麦品种(系)蛋白质含量方差分析

变异来源	DF	SS	MS	F	F <sub>0.05</sub>	F <sub>0.01</sub>
品种间	3	7. 15	2. 50	15. 65 **	4. 76	9. 78
处理间	2	22. 15	11. 08	69. 25 **	5. 14	10. 92
误差	6	0. 94	0. 16			
总变异	11	30. 59				

2.4 不同施肥条件下湿面筋变化

相同 HMW-GS 组分小麦品种(系)在不同施肥水平条件下的湿面筋结果列于表 8。方差分析表明(见表 9), 不同品种间、不同施肥处理间, 湿面筋含量之间差异达到极显著。其中, 龙辐 970189 湿面筋表现最高, 平均值 35. 07, 其次为龙麦 26, 平均值为 32. 91, 最后为龙辐 98N<sub>2</sub>和龙-4081, 其湿面筋平均值分别为 28. 08、28. 57。湿面筋的这种变化规律与蛋白质的变化规律基本相同。而且不同品种的湿面筋含量对施肥量的敏感性与蛋白质含量上的相类似。

表 8 不同肥力条件下相同 HMW-GS 组分小麦品种(系)籽粒湿面筋变化 %

处理	龙辐 98N <sub>2</sub>	龙辐 970189	龙麦 26	龙-4081
T <sub>1</sub>	22. 48c	30. 88a	26. 72b	24. 96b
T <sub>2</sub>	29. 68b	36. 56a	35. 36a	28. 48b
T <sub>3</sub>	32. 08b	37. 76a	36. 64a	32. 32b

2.5 不同施肥条件下沉降值变化

沉降值是反映面粉中蛋白质(或面筋)含量和质量的综合指标。不同施肥条件下, 相同 HMW-GS

组分小麦品种(系)面粉的沉降值列于表 10。通过方差分析表明(见表 11),沉降值在不同品种间和不同施肥处理间存在明显差异,都达到极显著差异水平,这说明品种(系)不同,沉降值也明显不同,即使高分子量麦谷蛋白亚基组成(HMW-GS)相同,不同品种(系)间的沉降值也存在显著的差异,同时,增施肥料对沉降值的提高有明显作用。

表 9 不同肥力条件下相同 HMW-GS 组分小麦品种(系)籽粒湿面筋方差分析

变异来源	DF	SS	MS	F	F <sub>0.05</sub>	F <sub>0.01</sub>
品种间	3	103.26	34.42	23.74 **	4.76	9.78
处理间	2	153.57	76.78	52.95 **	5.14	10.92
误差	6	8.70	1.45			
总变异	11					

表 10 不同肥力条件下相同 HMW-GS 组分小麦品种(系)籽粒 zeleny 沉降值 mL

处理	龙辐 98N <sub>2</sub>	龙辐 970189	龙麦 26	龙-4081
T <sub>1</sub>	22.10b	32.30a	31.10a	33.20a
T <sub>2</sub>	31.40c	35.70b	38.10a	39.20a
T <sub>3</sub>	31.20c	36.20b	42.00a	44.30a

从品种(系)上看,龙-4081 沉降值最高,平均为 39.07 mL,其次是龙麦 26,其沉降值平均为 37.07 mL,以下为龙辐 970189 与龙辐 98N<sub>2</sub>。从不同施肥量对供试品种(系)的沉降值影响看出,其变化规律明显,随施肥量增加,不同品种(系)的沉降值几乎都呈增加趋势,但品种不同,其变化幅度不同,龙辐 98N<sub>2</sub>的变异幅度最大,其变异系数为 18.82%,龙辐 970189 变异幅度最小,变异系数为 8.64%,而龙麦 26 和龙-4081 的变异系数介于二者之间,分别为 14.8%、13.6%,这说明龙辐 98N<sub>2</sub>的沉降值的稳定性相对较差,受肥料的施用量影响比较明显,龙辐 970189 的稳定性相对较好,受肥力的影响较小。

表 11 不同肥力条件下相同 HMW-GS 组分小麦品种(系)籽粒纯面粉 zeleny 沉降值方差分析

变异来源	DF	SS	MS	F	F <sub>0.05</sub>	F <sub>0.01</sub>
品种间	3	199.39	66.46	17.08 **	4.76	9.78
处理间	2	159.35	79.66	20.47 **	5.14	10.92
误差	6	23.35	3.89			
总变异	11	382.09				

### 3 结论与讨论

本研究通过不同肥力水平下对 4 个强筋小麦进行了品质测定和农艺性状分析,虽然供试材料有相同的 HMW-GS 组成,且都含有优质亚基 Glu-D1 5+10,但它们的产量与品质性状间依然存在差异,而且对肥力水平上的反应也不相同。从产量上看,龙-

4081 表现最高,以下分别为龙麦 26、龙辐 98N<sub>2</sub> 和龙辐 970189,这种产量上的差异可能缘于熟期的不同。实际上,龙-4081 和龙辐 970189 是 4 个供试材料中熟期略晚和略早的 2 个品种。4 个供试品种(系)的产量都随施肥量的增加而提高,唯一不同之处是,龙-4081 在最高施肥水平上的产量提高不是很明显。这可能是由于其在高施肥水平上籽粒容重下降幅度较大所致(见表 4)。就蛋白质和湿面筋含量(反映蛋白质数量)而言,其含量高低顺序是龙辐 970189> 龙麦 26> 龙-4081> 龙辐 98N<sub>2</sub>;而沉降值(反映蛋白质的数量与质量)的顺序为龙-4081> 龙麦 26> 龙辐 970189> 龙辐 98N<sub>2</sub>。在对施肥敏感性上,各品种(系)蛋白质与湿面筋含量的变化幅度大小为龙麦 26> 龙-4081> 龙辐 98N<sub>2</sub>> 龙辐 970189。综合以上结果可知,龙麦 26、龙辐 970189 品质水平较高,而龙-4081 和龙辐 98N<sub>2</sub> 次之。虽然龙麦 26 品质好,但其稳定性小于龙辐 970189。品质优、且品质稳定是小麦生产所追求的目标。相比较,龙辐 970189 因是早熟品种产量较低,在生产上要搭配使用。

#### 参考文献:

[ 1 ] Payne P I, Corfield K G, Holt L M, et al. The relationship between HMW glutenin subunit composition and the bread-making quality of British-grown wheat varieties[ J ]. J. Sci. Food Agric., 1987, 40: 51-65.

[ 2 ] Shewry P R, Napier J A, Tatham A S. Seed storage proteins: structures and biosynthesis [ J ]. The Plant Cell, 1995, 7: 945-956.

[ 3 ] 朱金宝, 刘广田, 张树榛. 基因型和环境对小麦烘烤品质的影响[ J ]. 作物学报, 1995, 21(6): 679-684.

[ 4 ] Branlard G, Pierre J, Rousset M. Selection indices for quality evaluation in wheat breeding[ J ]. Theor. Appl. Genet, 1992, 84: 57-64.

[ 5 ] 马传喜, 吴兆苏. 小麦胚乳蛋白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.

[ 6 ] 赵友梅, 王淑俭. 高分子量麦谷蛋白亚基的 SDS-PAGE 图谱在小麦品质研究中的作用[ J ]. 作物学报, 1999, 16(3): 208-217.

[ 7 ] 毛沛, 李宗智, 卢少源. 小麦高分子量麦谷蛋白亚基对烘烤品质的效应分析, 华北农学报[ J ]. 1995, 10(增刊): 55-59.

[ 8 ] Johansson E, Svensson G, Tsegaye S. Genotype and environment effects on bread making quality of Swedish-grown wheat cultivars containing high-molecular weight glutenin subunits 2+12 or 5+10[ J ]. Journal of Soil and Plant Science, 1999, 49(4): 225-233.

[ 9 ] 陆燕, 马传喜. 小麦品种麦谷蛋白亚基的遗传变异分析[ J ]. 安徽农业大学学报, 2000 27(2): 126-130.