

稻米蛋白组分含量的品种差异及其与米质的关系

徐庆国¹, 童浩^{1,2}, 胡晋豪¹, 刘红梅¹, 李先喆¹

(1.湖南农业大学农学院, 湖南 长沙 410128; 2.中国平安财产保险股份有限公司湖南分公司, 湖南 长沙 410005)

摘要:在相同栽培条件下种植45个水稻品种(系), 分析其谷蛋白、醇溶蛋白、清蛋白、球蛋白等4种蛋白质含量和总蛋白含量, 及其与糙米率、精米率、整精米率、精米长与长宽比、垩白粒率、垩白度、碱消值、胶稠度、直链淀粉含量等米质性状指标的关系, 获得了如下主要研究结果: 1)不同水稻品种(系)的4种蛋白质含量中, 谷蛋白的含量最高, 其绝对含量平均值为7.84%, 相对含量平均值为78.04%, 约占总蛋白含量的80%, 醇溶蛋白、清蛋白和球蛋白的含量分别占总蛋白含量的10.58%、8.17%和2.76%。2)不同水稻品种(系)的4种蛋白质含量存在明显的品种(系)间差异, 蛋白质含量的变异系数从大到小依次为球蛋白、醇溶蛋白、清蛋白、谷蛋白。3)总蛋白含量与谷蛋白含量、醇溶蛋白含量、清蛋白含量均呈极显著正相关, 其相关系数分别为0.93、0.60和0.55, 总蛋白含量与球蛋白含量呈显著正相关, 其相关系数为0.32; 不同水稻品种(系)的谷蛋白含量除了与醇溶蛋白含量呈显著正相关($r=0.34$)外, 与其余各蛋白质含量的相关关系均无统计学意义; 醇溶蛋白含量与清蛋白含量呈极显著正相关($r=0.71$), 与球蛋白含量呈显著正相关($r=0.29$); 清蛋白含量与球蛋白含量呈极显著正相关($r=0.44$)。4)不同水稻品种(系)的谷蛋白、醇溶蛋白含量对米质性状的影响比较大, 而清蛋白、球蛋白含量对各米质性状的影响不大; 不同水稻品种谷蛋白含量与垩白粒率、垩白度均呈极显著负相关(相关系数分别为-0.50和-0.47), 稻米醇溶蛋白含量与精米率、整精米率均呈极显著正相关(相关系数分别为0.40和0.58)。

关键词:水稻; 蛋白组分; 稻米品质

中图分类号: S511.01 文献标志码: A 文章编号: 1007-1032(2015)01-0007-05

Cultivar difference of rice protein components and their relationship with rice quality

Xu Qingguo¹, Tong Hao^{1,2}, Hu Jinhao¹, Liu Hongmei¹, Li Xianzhe¹

(1.College of Agronomy, Hunan Agricultural University, Changsha 410128, China; 2.Chinese Pingan Property Insurance Hunan Branch of Limited by Share Ltd., Changsha 410005, China)

Abstract: In the present study, 45 rice cultivars (lines) were chosen to test four protein components of glutelin, globulin, prolamin, albumin and 11 rice qualities including brown rice rate, milled rice ratio, head rice ratio, grain length, grain length/width, chalky rice rate, chalkiness, alkali spreading value, gel consistency, amylase content and protein content. The main results were gained as follows: 1) Glutenin content was the highest among the 4 protein components in different rice cultivars (lines), its average absolute and relative content was 7.84% and 78.04%, respectively, with a proportion of 80% in the total protein content. The prolamin content was higher than that of others with about 10.58% of the total protein content. The albumin and globulin content was the lowest, according for 8.17% and 2.76% of the total protein content, respectively. 2) There were significant difference among the 4 kinds of protein components of different rice cultivars (lines), the coefficient of variation was ranked by globulin, prolamin, albumin, glutelin in turn. 3) There were positive significant or very significant correlation between the total protein content and the protein content of 4 components in different rice cultivars (lines). The correlation coefficient between the total protein content and glutenin,

prolamin, albumin, globulin content were 0.93, 0.60, 0.55, 0.32 respectively, which attained the very significant level except for globulin with the significant level. The positive correlation between glutenin and prolamin content was respectively reached the significant level ($r=0.34$), while the correlation between prolamin content and albumin, globulin content were reached the very significant level ($r=0.71$) and the significant level ($r=0.29$). The correlation between albumin and globulin content was reached positive very significant correlation ($r=0.44$). 4) The glutelin and prolamin content had close relation with rice quality in different rice cultivars (lines), albumin and globulin content, while, were demonstrated little influence on rice quality. The correlation coefficient ($r = -0.50, -0.47$) between glutelin and chalky rice rate, chalkiness were all reached negative very significant level, while, correlation coefficient ($r = 0.40, 0.58$) between prolamin and milled rice ratio, head rice ratio were all reached positive very significant level.

Keywords: rice; protein components; rice quality

稻米品质的好坏直接影响其经济效益和商品价值。稻米蛋白质组分含量是重要的稻米营养品质指标。稻米蛋白组分含量的品种间遗传差异及其与稻米其他品质性状关系的研究具有极其重要的理论与实际意义^[1-7]。国内外有关稻米营养品质的研究中,关于不同水稻品种蛋白质含量及其各氨基酸含量的遗传差异研究较多,而关于不同水稻品种蛋白组分的遗传差异及其与其他米质性状的关系研究较少^[8-15]。笔者选择45个不同遗传背景的水稻品种(系),采用相同的栽培方法种植,对其稻米谷蛋白含量、醇溶蛋白含量、清蛋白含量、球蛋白含量和总蛋白含量及其与米质性状的关系进行分析,旨在弄清不同水稻品种(系)蛋白组分含量的品种(系)间遗传差异及与稻米品质性状的相互遗传关系,从而了解稻米品质形成的生理、生化机制,为优良水稻新品种选育及优质水稻栽培加工技术研究提供依据。

1 材料与方法

1.1 材料

试验材料为45个水稻品种(系) 21H杂优7-37、21H杂优7-1213、洞藏红米选39、湘晚粳6号选5、粳紫米、晚优12选1、红米选11、佳福占选、L香米选9、晚优12选2、湘晚粳17号、湘晚粳6号选30、香米选28、洞藏红米选14、湘晚粳13号选8、红米选16、洞藏红米、L香米选18、黑粳选、云育90、早恢2、T98B、R402EMS选、TO974MNU选165、R402组选1、R402组选10、R139、21H杂优7-29、黑粳、粳紫米选、R402、湘早粳13号、浙733、湘早粳33号选、湘早粳33号、湘晚6选、湘农红宝石、湘晚粳12号、玉珍香、星2号、湘晚粳13号、培矮64S/9311、粤优A/红宝石3号、

红宝石3号、9311。所有供试水稻品种(系)均由湖南农业大学水稻科学研究所提供。

1.2 试验设计

2012年将45个供试水稻品种(系)种植于湖南农业大学水稻科学研究所科研基地试验田。2012年6月2日播种,6月27日移栽(为了与其他中、晚稻品种(系)基本同时抽穗成熟,以保证其稻米品质不因抽穗开花期不同而出现明显差异,少量早稻品种为7月8日播种,7月21日移栽)。田间种植采用随机区组排列,每个水稻品种(系)小区种植50蔸,单本种植,小区间不留走道,株行距16.7 cm×20.0 cm,3次重复。试验田肥力中等偏上,地力均匀,整个水稻生育期管理同一般水稻大田管理。

1.3 水稻蛋白组分含量的测定

1.3.1 种子样品收获与样品制取

于各供试水稻品种(系)生育期间进行田间除草,田间成熟后按种植小区分别收获种子,按水稻品种(系)混合后,分别取约1 kg于常温下贮藏3个月后进行蛋白质含量和各稻米品质性状分析。

1.3.2 稻米4种蛋白质含量的测定

1) 清蛋白含量的测定。称取0.1 g米粉于1.5 mL离心管中,加1 mL蒸馏水,于摇床上振荡提取2 h,然后在10 000 r/min条件下离心10 min,将上清液倾入10 mL刻度试管中,重复提取3次,合并提取液,加1 mL 0.1%考马斯亮蓝-G250比色液定容至10 mL,然后用UV-754分光光度计于595 nm处比色。另外,配置牛血清白蛋白标准溶液作工作曲线,从工作曲线上读出清蛋白含量。

2) 球蛋白含量的测定。在提取过清蛋白的米粉沉淀中加1 mL 5%氯化钠溶液以提取球蛋白,其提

取方法及测定方法与清蛋白含量的相同。

3) 醇溶蛋白含量的测定。在提取过球蛋白的米粉沉淀中加1 mL 70%的乙醇溶液,其提取方法及测定方法与清蛋白含量的相同。

4) 谷蛋白含量的测定。在提取过醇溶蛋白的米粉沉淀中加1 mL 0.2%的氢氧化钠溶液,于摇床上振荡提取2 h,然后在12 000 r/min条件下离心10 min,将上清液倾入50 mL容量瓶中,重复提取3次,合并提取液并定容至50 mL,从定容液中吸取3 mL置于10 mL试管中,加1 mL 0.1%考马斯亮蓝-G250比色液定容至10 mL,然后用UV-754分光光度计于595 nm处比色。

上述各供试水稻品种(系)各蛋白组分含量的测定,每样品均重复2次,结果取其平均值。

1.3.3 稻米品质性状指标的测定

将各供试水稻品种(系)种子样品分别用糙米机脱壳,分析各样品的糙米率;用精米机去糙,研磨成精米,分析各样品的精米率、整精米率、精米长、长宽比、垩白面积、垩白粒率、垩白度、糊化温度

等米质性状指标;将各供试稻米样品研磨成米粉,分析直链淀粉含量、胶稠度、蛋白质含量等米质性状指标。所有米质性状分析方法均按照中华人民共和国农业部《优质食用稻米》标准(NY147-88)^[16]进行。各水稻品种(系)的各米质性状均重复分析3次,结果取其平均值。

1.4 数据处理

各供试水稻品种(系)的蛋白组分含量及所有稻米品质性状指标数据均采用软件Excel 2007、DPS-v 7.05及SPSS^[17-18]进行处理,最后结果取其平均值。

2 结果与分析

2.1 水稻品种(系)的4种蛋白组分含量

由表1可见,不同水稻品种(系)种子的4种蛋白质中,谷蛋白的含量最高,绝对含量平均值为7.84%,相对含量平均值为78.04%,约占总蛋白含量的80%;醇溶蛋白含量、清蛋白含量和球蛋白含量分别约占总蛋白含量的10.58%、8.17%和2.76%。

表 1 不同水稻品种(系)的蛋白组分差异

Table 1 Difference of protein component content in different rice cultivars (lines)

蛋白组分	含量类别	含量/(g·(100 g) ⁻¹)					变异系数/%
		最小值	最大值	极差	平均值	标准差	
谷蛋白	绝对含量	5.04	11.38	6.34	7.84	1.31	16.7
	相对含量	66.59	85.45	18.86	78.04	4.68	6.0
醇溶蛋白	绝对含量	0.63	1.98	1.35	1.06	0.33	31.1
	相对含量	5.33	15.94	10.61	10.58	2.58	24.4
清蛋白	绝对含量	0.47	1.65	1.18	0.82	0.24	29.3
	相对含量	4.90	14.90	10.00	8.17	1.94	23.7
球蛋白	绝对含量	0.07	0.65	0.58	0.28	0.13	46.4
	相对含量	0.90	5.83	4.93	2.76	1.23	44.6
总蛋白		6.85	14.69	7.84	10.04	1.61	16.0

各蛋白组分的绝对含量为100 g样品中所含蛋白组分的质量(g);各蛋白组分的相对含量为100 g总蛋白质中所含蛋白组分的质量(g)。

2.2 不同水稻品种(系)蛋白组分含量的差异

由表2可知,不同水稻品种(系)的各蛋白组分间存在极显著的品种(系)间差异,按变异系数从大到小排序依次为球蛋白、醇溶蛋白、清蛋白、谷蛋白。各供试水稻品种(系)中,粤优 A/红宝石 3 号(11.38%)、培矮 64S/9311 (10.50%)、星 2 号(9.77%)等水稻品种(系)的谷蛋白含量较高;湘晚粳 17 号(1.98%)、粤优 A/红宝石 3 号(1.79%)、洞藏红米选

39(1.67%)等水稻品种(系)的醇溶蛋白含量较高。各品种(系)的清蛋白和球蛋白含量都较低,其平均值都在1%以下。

由表1还可以看出,不同水稻品种(系)各蛋白组分含量与总蛋白含量的变化基本一致,即总蛋白含量高的水稻品种(系),其各蛋白组分含量也高。不同水稻品种(系)的各蛋白组分含量变化与其总蛋白含量变化规律基本一致。

表2 不同水稻品种(系)蛋白组分含量的方差分析结果

Table 2 ANOVA of protein component content in different rice cultivars (lines)

蛋白组分含量	变异来源	平方和	自由度	均方	F值	显著性
谷蛋白	品种间	228.163	44	5.186	575.269**	0.001
	试验误差	0.811	90	0.009		
	总和	228.974	134			
醇溶蛋白	品种间	14.111	44	0.321	244.460**	0.001
	试验误差	0.118	90	0.001		
	总和	14.229	134			
清蛋白	品种间	7.487	44	0.170	110.814**	0.001
	试验误差	0.138	90	0.002		
	总和	7.625	134			
球蛋白	品种间	2.326	44	0.053	49.158**	0.010
	试验误差	0.097	90	0.001		
	总和	2.423	134			
总蛋白	品种间	343.905	44	7.816	201.528**	0.010
	试验误差	3.491	90	0.039		
	总和	347.395	134			

2.3 稻米蛋白组分含量与总蛋白含量的关系

由表3可见,不同水稻品种(系)的总蛋白含量与4种蛋白组分含量均存在显著或极显著水平的正相关,其中,总蛋白含量与谷蛋白、醇溶蛋白、清蛋白含量均呈极显著正相关,其相关系数分别为0.93、0.60和0.55,只有总蛋白含量与球蛋白含量呈显著正相关,其相关系数为0.32。

表3 不同水稻品种(系)蛋白组分含量的相关系数

Table 3 Correlation coefficient among protein components in different rice cultivars (lines)

蛋白组分含量	相关系数				
	谷蛋白含量	醇溶蛋白含量	清蛋白含量	球蛋白含量	总蛋白含量
谷蛋白	1				
醇溶蛋白	0.34*	1			
清蛋白	0.28	0.71**	1		
球蛋白	0.13	0.29*	0.44**	1	
总蛋白	0.93**	0.60**	0.55**	0.32*	1

如表3所示,不同水稻品种(系)的谷蛋白含量,除与醇溶蛋白含量呈显著正相关($r=0.34$)外,谷蛋白含量与其余各蛋白质含量的相关性均无统计学意义;醇溶蛋白含量与清蛋白含量呈极显著正相关($r=0.71$),与球蛋白含量呈显著正相关($r=0.29$);清蛋白含量与球蛋白含量呈极显著正相关($r=0.44$)。

2.4 稻米蛋白组分含量与米质性状的关系

由表4可知,不同水稻品种(系)的4种蛋白组分含量中,醇溶蛋白含量与碾米品质的关系最为密切,它与糙米率呈显著正相关,与精米率和整精米率均呈极显著正相关,其相关系数分别为0.40和0.58;球蛋白含量与碾米品质各性状的相关性无统计学意义;清蛋白含量与整精米率的相关性呈极显著正相关($r=0.39$),谷蛋白含量与整精米率呈显著正相关($r=0.37$)。

表4 稻米蛋白组分含量与碾米外观品质的相关系数

Table 4 Correlation coefficient between protein components and appearance quality of milled rice seeds

蛋白组分含量	相关系数						
	糙米率	精米率	整精米率	精米长	长宽比	垩白米粒率	垩白度
谷蛋白	0.15	0.13	0.37*	0.05	0.07	-0.50**	-0.47**
醇溶蛋白	0.35*	0.40**	0.58**	0.15	0.19	-0.14	-0.13
清蛋白	0.13	0.21	0.39**	0.24	0.23	-0.05	-0.06
球蛋白	0.19	0.26	0.24	0.15	0.12	-0.13	-0.10
总蛋白	0.20	0.21	0.47**	0.12	0.13	-0.45**	-0.41**

由表4可知,不同水稻品种(系)的各蛋白组分含量与稻米长宽比的相关性均无统计学意义;谷蛋白含量与垩白粒率、垩白度均呈极显著负相关,其相关系数分别为-0.50和-0.47。此外,总蛋白含量、谷蛋白含量与稻米垩白性状的关系基本一致,这可能是因为稻米谷蛋白为其总蛋白的主要成分。

由表5可以看出,不同水稻品种(系)的4种蛋白组分含量中,谷蛋白和醇溶蛋白含量与稻米蒸煮

食味品质各性状的关系密切,谷蛋白含量与碱消值、胶稠度均呈极显著正相关,其相关系数分别为0.53和0.54。谷蛋白含量与直链淀粉含量的相关性无统计学意义。醇溶蛋白含量与胶稠度呈极显著正相关($r=0.40$),与碱消值呈显著正相关(0.37),而醇溶蛋白含量与直链淀粉含量的相关性无统计学意义;清蛋白和球蛋白含量与稻米蒸煮食味品质各性状之间的相关性均无统计学意义。

表 5 不同水稻品种(系)蛋白组分含量与蒸煮食味品质指标的相关系数

Table 5 Correlation coefficient between protein components and some physical-chemical indices

蛋白组分含量	相关系数		
	碱消值	胶稠度	直链淀粉含量
谷蛋白	0.53**	0.54**	0.05
醇溶蛋白	0.37*	0.40**	0.20
清蛋白	0.24	0.23	0.04
球蛋白	0.17	0.18	-0.16
总蛋白	0.56**	0.57**	0.08

由表 5 可知,不同水稻品种(系)的谷蛋白、醇溶蛋白和总蛋白含量是影响稻米蒸煮食味品质的重要指标。不同水稻品种(系)的谷蛋白含量分别与碱消值、胶稠度呈极显著水平的正相关;醇溶蛋白含量分别与碱消值、胶稠度呈显著水平或极显著水平的正相关;总蛋白含量分别与碱消值、胶稠度呈极显著水平的正相关。

3 结论与讨论

本研究结果表明,不同水稻品种(系)的各蛋白组分含量存在极显著水平的品种(系)间差异,球蛋白、醇溶蛋白、清蛋白、谷蛋白等 4 种蛋白质含量的变异系数依次减小,其中,粤优 A/红宝石 3 号(11.38%)、培矮 64S/9311(10.50%)、星 2 号(9.77%)等水稻品种(系)的谷蛋白含量较高;湘晚粳 17 号(1.98%)、粤优 A/红宝石 3 号(1.79%)、洞藏红米选 39(1.67%)等水稻品种(系)的醇溶蛋白含量较高。各水稻品种(系)的清蛋白和球蛋白含量都较低,其平均值都在 1% 以下。至今为止,水稻中还未发现由简单质量性状基因控制的高蛋白含量种质资源,因此,水稻的高蛋白育种一直进展不大。为此,对于水稻高蛋白育种,除继续寻求总蛋白含量高的水稻种质资源外,还可采用不同蛋白组分含量的水稻种质资源进行遗传改良,以改善稻米的营养品质及其他米质性状。

以往关于水稻营养品质的育种研究,针对稻米总蛋白及其各种氨基酸组成的研究较多,但针对稻米蛋白组分含量的研究很少^[8-15]。周丽慧等^[19]、陈能等^[20]、孙平^[21]针对稻米蛋白组分含量的研究结果显示,稻米谷蛋白、醇溶蛋白含量占其总蛋白含量的比例与其稻米品质性状有着密切的关系。本研究中采用 45 个不同类型的供试水稻品种(系),且各供

试水稻品种(系)米质性状表现优劣的跨度大,品种类型较多,因此,不同水稻品种(系)各蛋白组分含量与各米质性状关系的研究结果具有一定的代表性,不同水稻品种(系)的蛋白组分含量中,谷蛋白和醇溶蛋白含量与稻米碾米品质、外观品质及蒸煮食味品质均有着较为密切的关系,但不同水稻品种(系)的清蛋白和球蛋白含量对其各米质性状的影响不大。不同水稻品种(系)的谷蛋白、醇溶蛋白及总蛋白含量与稻米蒸煮食味品质均呈极显著正相关,且不同水稻品种(系)谷蛋白含量与其外观品质性状的关系也十分密切,其中,谷蛋白含量与垩白粒率、垩白度均呈极显著负相关,相关系数分别为-0.50和-0.47;醇溶蛋白含量与其各碾米品质性状密切相关,精米率、整精米率与醇溶蛋白含量均呈极显著正相关,其相关系数分别是 0.40 和 0.58。本研究结果表明,本次供试的 45 个水稻品种中,谷蛋白、醇溶蛋白含量占总蛋白含量比例高的水稻品种,如粤优 A/红宝石 3 号、培矮 64S/9311、湘晚粳 17 号等,其米质性状也表现优良,其蒸煮食味品质表现更为突出。据此,我们认为,稻米谷蛋白和醇溶蛋白含量可作为今后水稻优质育种的参考指标。有关不同水稻品种各蛋白组分含量与其碾米品质及外观品质的关系还有待深入研究。

参考文献:

- [1] 贾东,周宇飞,赵建明.水稻品质改良的研究发展现状[J].北方水稻,2009,39(6):75-76.
- [2] 何秀英,廖耀平,程永胜,等.水稻品质研究进展与展望[J].广东农业科学,2009(1):11-12.
- [3] 王红梅,刘巧泉,顾铭洪.稻米蛋白营养品质及其遗传改良[J].植物生理学通讯,2007,4(2):391-395.
- [4] Ge Guoke, Zheng Xi, Wu Jianguo. Analysis of the conditional correlations from different genetic systems between the protein content and the appearance quality traits of *Indica* rice[J]. Journal of Genetics and Genomics, 2007, 34(2): 129-137.
- [5] 许丽璇,蔡建秀.水稻种子萌发过程中胚蛋白质差异表达分析[J].中国农学通报,2010,26(6):10-16.
- [6] 吴洪恺,刘世家,江玲,等.稻米蛋白质组分及总蛋白含量与淀粉RVA谱特征值的关系[J].中国水稻科学,2009,23(4):421-426.
- [7] 李丽君,刘传光,周新桥,等.水稻蛋白质营养及其遗传改良研究现状[J].广东农业科学,2011(17):7-10.

(下转第41页)