

富 γ -氨基丁酸水稻种质筛选及与 子粒性状相关性分析

王迎超,王全兴,王 浩,孙刘臣,张银霞,田 蕾,杨淑琴,李培富
(宁夏大学农学院,银川 750021)

摘要:利用高效液相色谱法,测定了108份水稻种质资源材料子粒中的 γ -氨基丁酸含量,分析了不同种质资源材料间 γ -氨基丁酸含量差异及与子粒性状的相关性,以 γ -氨基丁酸含量差异较大的高粱稻-1与宁农黑梗配制杂交组合,测定亲本、杂交 F_1 及216个 F_2 子粒中的 γ -氨基丁酸含量,分析其含量与相对胚重和子粒性状的相关性及变异系数,估算各性状的广义遗传力。结果表明:108份种质资源材料子粒中的 γ -氨基丁酸含量变异范围为2.39~12.03 mg/100g,平均含量为 6.30 ± 1.99 mg/100g,变异系数为31.59%;不同水稻种质资源材料子粒中的 γ -氨基丁酸含量与粒厚、千粒重呈极显著的负相关;杂交 F_1 子粒 γ -氨基丁酸含量为 8.39 ± 0.11 mg/100g,介于双亲之间; F_2 单株子粒中的 γ -氨基丁酸含量总体呈偏正态分布,且出现明显的超亲现象,说明水稻子粒中的 γ -氨基丁酸含量是由多基因控制的数量性状遗传;杂交 F_2 子粒中的 γ -氨基丁酸含量与相对胚重呈极显著的正相关,与粒厚、千粒重呈极显著的负相关,与粒长呈显著的负相关; F_2 单株子粒中的 γ -氨基丁酸含量、粒厚和千粒重的广义遗传力相对较高,分别为98.12%、91.99%、96.37%,在育种中对这些性状可进行早期选择。

关键词:水稻; γ -氨基丁酸;子粒性状;广义遗传力;相关性

Selection of Rice Germplasm with Rich γ -aminobutyric Acid and Correlation Analysis of the Content and Grain Traits

WANG Ying-chao, WANG Quan-xing, WANG Hao, SUN Liu-chen,
ZHANG Yin-xia, TIAN Lei, YANG Shu-qin, LI Pei-fu
(College of Agriculture, Ningxia University, Yinchuan 750021)

Abstract: The content of γ -aminobutyric acid in grains of 108 rice germplasm resources was tested by high performance liquid chromatography method, the difference of the content of γ -aminobutyric acid in different germplasm resources and the correlation between the γ -aminobutyric acid content and grain traits were analyzed. The study made up a hybrid combination of Gaoliangdao-1/ Ningnongheijing according to great different content of γ -aminobutyric acid, and tested the determination of the content of γ -aminobutyric acid in rice parents, hybrids F_1 and 216 F_2 grains, and analyzed the correlation between the content and relative embryo weight, grain traits and coefficient of variation, and estimated the broad heritability of the traits. The results showed that: the variation range of the γ -aminobutyric acid content of 108 germplasm resources was 2.39-12.03 mg/100g, the average content was 6.30 ± 1.99 mg/100g, the variation coefficient was 31.59%; the content of γ -aminobutyric acid in rice germplasm resources was extremely significant negative correlativity with grain thickness and 1000-grain weight; the content of γ -aminobutyric acid in the hybrids F_1 grains was 8.39 ± 0.11 mg/100g, which was between two parents; the content of γ -aminobutyric acid in hybrids F_2 plant grains tended to skewed normal distribution and there was an obvious transgressive phenomenon, and showed that the content of γ -aminobutyric acid in rice grains was controlled by multiple

收稿日期:2016-01-14 修回日期:2016-03-09 网络出版日期:2016-10-12

URL: <http://www.cnki.net/kcms/detail/11.4996.S.20161012.0916.010.html>

基金项目:宁夏育种专项水稻新品种选育项目(2013NYYZ0302);国家自然科学基金项目(31360324)

第一作者研究方向为水稻遗传育种。E-mail:yingchao0203@163.com

通信作者:李培富,主要从事水稻遗传育种研究。E-mail:peifuli@nxu.edu.cn

genes; the content of γ -aminobutyric acid in hybrids F_2 grains was extremely significant positive correlativity with relative embryo weight, and was extremely significant negative correlativity with grain thickness and 1000-grain weight, and was significant negative correlativity with grain length; the γ -aminobutyric acid content, grain thickness and 1000-grain weight of F_2 plant grains had relatively high broad heritability, respectively were 98.12%, 91.99%, 96.37%, and these traits can be selected at early period in rice breeding.

Key words: rice; γ -Aminobutyric acid; grain traits; broad heritability; correlation

γ -氨基丁酸 (GABA, γ -aminobutyric acid) 是中枢神经系统中重要的抑制性神经递质,它是一种天然存在的非蛋白组成氨基酸,参与人体内的多种代谢和生理活动^[1-3]。它能健脑益智^[4]、降血压^[5-6]、活化肝功能^[7],促进生长激素分泌^[8-10]等,被誉为“大脑的天然镇静剂”^[11]。水稻是世界最主要的粮食作物之一,随着人们生活水平的提高和医疗保健意识的增强,对作为主食的稻米品质提出了更高的要求。通过研究和开发功能氨基酸 (GABA) 的功能稻米,实现“药食同源”,能有效缓解由于环境污染、饮食结构不合理等导致的高血压、糖尿病、肾脏病等病症^[12]。因此,充分发掘富 γ -氨基丁酸水稻种质资源,研究其遗传规律,对以后培育富 γ -氨基丁酸水稻新品种具有重要意义。

迄今,国内外对 γ -氨基丁酸水稻的研究主要集中在 γ -氨基丁酸的生理功能、测定方法和发芽糙米的工艺优化上,而对富 γ -氨基丁酸水稻品种的筛选报道较少,但也取得了一些成绩。A. Hayat 等^[13]利用 HPLC 法研究表明巴基斯坦稻米中的糙米比精米子粒中的 γ -氨基丁酸含量高,并筛选出巴斯马蒂超级稻米的 γ -氨基丁酸含量高于巴斯马蒂米-385 和巴斯马蒂米-2000;杜鹃等^[14]鉴定出黄皮饵块谷、明恢 86 等高 γ -氨基丁酸水稻品种;张标金^[15]研究发现巨胚稻米中的 γ -氨基丁酸含量显著高于常规稻米,并从中筛选出富 γ -氨基丁酸巨胚稻 GE091。本研究通过测定 108 份水稻种质资源子粒中 γ -氨基丁酸含量及子粒性状,分析不同种质资源间 γ -氨基丁酸含量差异及与子粒性状相关性;选择亲本间 γ -氨基丁酸含量差异较大的亲本配制杂交组合,测定杂交 F_1 、 F_2 子粒的 γ -氨基丁酸含量,分析其含量与相对胚重和子粒性状的相关性,估算各性状的遗传力和变异系数,旨在为富 γ -氨基丁酸水稻新品种的选育奠定理论基础。

1 材料与方法

1.1 供试材料

试验材料由宁夏大学农学院作物遗传育种实验

室提供,包括本地品种 45 份、外引品种 63 份,共计 108 份水稻种质资源,具体品种名称及 γ -氨基丁酸含量见表 1。杂交亲本高粱稻-1 和宁农黑梗及其杂交组合 F_1 、216 个 F_2 单株种子。各试验材料于 2014 年 5 月在宁夏大学水稻育种基地种植,采用早育秧方式育苗,单株移栽,田间采用常规栽培管理方法,成熟时单株收获。

1.2 子粒 γ -氨基丁酸含量的测定

水稻子粒的 γ -氨基丁酸含量测定:参照程威威等^[16]、房克敏等^[17]的测定方法,稍作优化。将收获的水稻子粒于 60℃ 烘箱烘干备用,使用 JLGJ 4.5 型砻谷机脱壳, JFSD-70 型磨粉机研磨成米粉,并过 60 目筛保存备用。准确称取糙米粉 1.0000 g (± 0.0002),每份材料 3 次重复,倒入 50 mL 离心管中,加入 15 mL 超纯水,混匀,60℃、120 r/min 水浴振荡浸提 90 min, 12000 r/min 离心 20 min, 上清液移入圆底烧瓶中,重复上述操作,将两次上清液混合,用旋转蒸发仪 96℃ 旋转蒸发浓缩至 5 mL, 过 0.2 μ m 的有机滤膜,即糙米中 γ -氨基丁酸的提取液。将提取液进行 HPLC 柱前衍生,使用岛津 LC-20AT 高效液相色谱仪进行测定,绘制标准曲线,计算子粒 γ -氨基丁酸含量。

1.3 子粒性状和相对胚重的测定

水稻子粒粒形性状、千粒重与相对胚重的测定:用游标卡尺测定 3 组 10 粒种子的粒长、粒宽、粒厚,求平均值并计算子粒长宽比;挑选 500 粒饱满种子称重,计算千粒重;随机选择 20 粒糙米种子称重,除去糙米的胚再次称重,计算糙米的相对胚重(胚重占糙米总重的百分率)。

1.4 数据处理

用 Excel 软件对所得数据进行整理,用 Origin 9 软件对水稻子粒中 γ -氨基丁酸含量的频率分布作图,用 SPSS 软件 (IBM SPSS Statistic22) 对水稻子粒中 γ -氨基丁酸含量与子粒性状和相对胚重进行相关性分析。

2 结果与分析

2.1 宁夏水稻种质资源材料子粒中 γ -氨基丁酸含量的差异分析

对 108 份种质资源材料子粒中 γ -氨基丁酸含量进行分析,发现水稻子粒的 γ -氨基丁酸含量因品

种类型而异,且差异较大(表 1)。108 份材料中 γ -氨基丁酸含量变异范围为 2.39 ~ 12.03 mg/100g,变异系数为 31.59%,其中以巨胚稻、吉梗 88、圣稻 14、高粱稻-1 最高,以杨和白皮稻、雨田 208、通丰 8 号、小白板稻最低,且最高含量与最低含量差异明显。

表 1 不同水稻种质资源材料子粒中的 γ -氨基丁酸含量

Table 1 The content of γ -aminobutyric acid in the grains of different rice germplasm resources

品种名称 Variety name	GABA (mg/100g)	品种名称 Variety name	GABA (mg/100g)	品种名称 Variety name	GABA (mg/100g)	品种名称 Variety name	GABA (mg/100g)
巨胚稻	12.03	常规稻-1	6.59	大胚稻	6.21	小白板稻	2.39
吉梗 44	7.59	常规稻-2	6.84	长粒-1	6.93	小琥板稻	4.47
吉梗 88	11.79	常规稻-3	5.06	长粒-2	7.25	白皮小稻	5.77
吉梗 105	9.76	常规稻-4	7.18	长粒-3	6.84	大琥板稻	3.69
吉玉梗	7.95	常规稻-5	8.39	长粒-4	6.73	杨和白皮稻	2.85
吉 2843	6.01	高粱稻-1	10.47	长粒-5	4.94	宁梗 3 号	3.46
吉 2000F45	6.81	高粱稻-2	7.71	LDC-355	6.71	宁梗 7 号	2.47
吉 2000F59	7.15	黑香米	5.72	L0307S	7.58	宁梗 12 号	5.23
吉 2003G39	9.90	京香 1 号	7.21	2004D4	4.83	宁梗 16 号	6.65
吉 T22	8.47	京香 2 号	5.83	2004J-33	5.14	宁梗 23 号	4.57
丰优 300	5.36	圣稻 14	10.74	花 86	6.79	宁梗 24 号	6.94
丰优 520	6.16	圣香糯 2801	5.94	花 94	8.02	宁梗 25 号	4.06
丰优 5110	6.82	奥羽 326	3.60	花 98	6.02	宁梗 26 号	4.02
丰优 5130	6.48	抚 105	6.79	花 92	7.90	宁梗 27 号	8.31
九稻 22	5.68	铁 9466	4.64	花 118	3.08	宁梗 28 号	3.86
九稻 27	7.45	平梗 8 号	4.87	花 117	4.62	宁梗 29 号	7.17
九 0308	3.71	雨田 208	2.50	花 119	3.30	宁梗 33 号	5.86
沈农 9765	5.61	田丰 302	2.78	宁农黑梗	5.57	宁梗 34 号	6.72
通禾 03-6025	4.73	富禾 9 号	5.56	宁原优 6 号	9.03	宁梗 35 号	6.57
秋光	4.68	通丰 8 号	2.78	宁香优 2 号	4.56	宁梗 36 号	9.27
超级稻-1	8.57	通梅 586	4.68	宁大 62	6.61	宁梗 37 号	4.81
超级稻-2	7.01	神禾糯	6.00	宁大 95	6.10	宁梗 38 号	9.75
超级稻-3	8.44	矮血糯	4.05	宁大 143	8.32	宁梗 40 号	5.60
降糖稻	7.04	惠糯	8.78	大粒稻	9.15	宁梗 41 号	4.23
秋田小町	6.54	超级糯	6.50	沈稻 8 号	6.58	宁梗 43 号	5.62
耐贮藏稻	6.35	小粒糯	5.54	沈稻 11 号	4.70	优引 3 号	3.95
绿米	9.64	红尖糯	5.83	优育 41	6.83	富源 4 号	7.57

对 108 份种质资源材料子粒中 γ -氨基丁酸含量的频率分布进行作图(图 1),由图 1 也可看出,水稻子粒的 γ -氨基丁酸含量因品种类型差异较大,且高含量的品种相对较少,供试的 108 份材料中,子粒 γ -氨基丁酸含量主要集中在 6 ~ 8 mg/100g 之间。根据种皮颜色、胚乳性状、生育期将 108 份材料进行分类,由图 2 可以看出:有色稻米的 γ -氨基丁酸平均含量低于白色稻米,糯性品种低于非糯品种,早熟品种低于中、晚熟品种。

2.2 宁夏本地品种与外引品种 γ -氨基丁酸含量的比较

将宁夏本地品种与外引品种子粒中 γ -氨基丁酸含量进行比较,结果见表 2。由表 2 可知,45 份宁夏本地品种 γ -氨基丁酸含量的平均值为 5.61 ± 1.87 mg/100g,变异范围为 2.39 ~ 9.75 mg/100g,变异系数 33.33%;63 份外引品种 γ -氨基丁酸含量的平均值为 6.77 ± 1.94 mg/100g,变异范围为 2.50 ~ 12.03 mg/100g,变异系数 28.66%。表明宁夏本地

品种较外引品种变异幅度大,差异明显,且 γ -氨基丁酸平均含量低于外引品种。

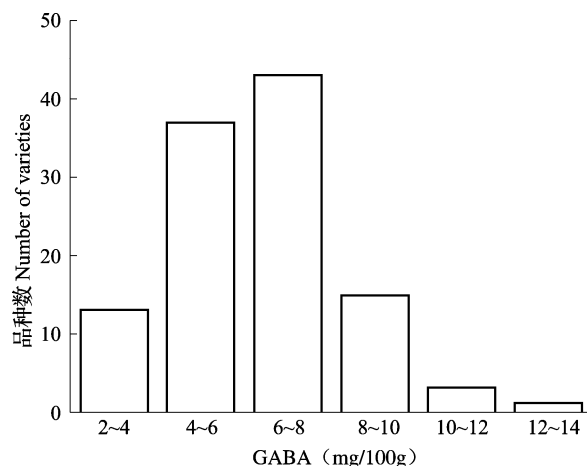


图 1 108 份水稻种质资源材料子粒 γ -氨基丁酸含量的频率分布

Fig. 1 The frequency distribution of γ -aminobutyric acid content in the grains of 108 rice germplasm resources

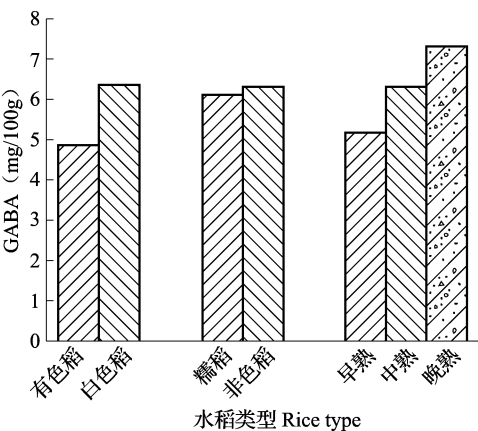


图2 108份种质资源分类后 γ -氨基丁酸平均含量的对比
Fig. 2 The comparison of γ -aminobutyric acid content in the grains of 108 rice germplasm resources

2.3 不同水稻种质资源材料子粒中 γ -氨基丁酸含量与子粒性状的相关性分析

对不同水稻种质资源材料子粒中的 γ -氨基丁酸含量进行方差分析,结果见表3。由表3可知 $F > F_{0.01}$, $P < 0.01$,表明不同水稻种质资源材料子粒中的 γ -氨基丁酸含量差异呈极显著,这不仅为引进富 γ -氨基丁酸水稻品种提供理论依据,还为利用外引品种选育高含量的 γ -氨基丁酸水稻品种奠定基础。

对不同水稻种质资源材料子粒中 γ -氨基丁酸含量与子粒性状进行相关性分析,结果见表4。由表4可知:不同水稻种质资源材料的 γ -氨基丁酸含量与子粒粒厚、千粒重呈极显著的负相关,其中,千粒重与 γ -氨基丁酸含量的相关系数最大,为 -0.414 ;与粒长、粒宽和长宽比呈负相关,相关系数较低,差异不显著。表明水稻子粒的粒厚和千粒重可作为初步筛选富 γ -氨基丁酸水稻的间接指标。

表2 宁夏本地品种与外引品种 GABA 含量的比较

Table 2 Comparison of GABA content between Ningxia landraces and introduced varieties

品种来源 Variety source	样本数量 Sample number	变异范围 Variation range	均值 Mean	方差 Variance	标准差 Standard deviation	变异系数(%) Coefficient variation
宁夏本地品种 Ningxia landraces	45	2.39 ~ 9.75	5.61	3.46	1.87	33.33
外引品种 Introduced varieties	63	2.50 ~ 12.03	6.77	3.77	1.94	28.66

表3 不同水稻种质资源材料 GABA 含量的方差分析

Table 3 Variance analysis of GABA content in different rice germplasm resources

变异来源 Sources of variation	自由度 df	平方和 SS	均方 MS	F 值	$F_{0.05}$	$F_{0.01}$
处理间 Differences between groups	1	33.20	33.20	8.97 **	3.94	6.85
处理内 Differences within the group	106	389.21	3.67			
总变异 Total variation	107	422.41				

表4 不同水稻种质资源材料子粒 GABA 含量与子粒性状的相关性

Table 4 Correlation between grain traits and rice grain GABA content of different germplasm resources

性状 Trait	粒长 Grain length	粒宽 Grain width	粒厚 Grain thickness	长宽比 Length/Width	千粒重 1000-grain weight
GABA 含量 GABA content	-0.158	-0.113	-0.275 **	-0.023	-0.414 **
粒长 Grain length		0.033	-0.193	0.717 **	0.364 **
粒宽 Grain width			0.340 **	-0.652 **	0.604 **
粒厚 Grain thickness				-0.412 **	0.384 **
长宽比 Length/Width					-0.154

* 表示相关性在 0.05 水平上显著, ** 表示相关性在 0.01 水平上显著,下同

* indicates significance at 0.05 level, ** indicates significance at 0.01 level, the same as below

2.4 水稻子粒 γ -氨基丁酸含量的遗传分析

由高粱稻-1 与宁农黑梗配制杂交组合,获得 F_1

和 F_2 种子。对双亲和杂交种子的 γ -氨基丁酸含量进行遗传分析,结果显示, F_1 子粒的 γ -氨基丁酸含

量为 8.39 ± 0.11 mg/100g, 介于双亲之间, F_2 单株子粒 γ -氨基丁酸含量平均值为 8.11 ± 2.06 mg/100g, 变异范围为 4.18 ~ 17.17 mg/100g, 变异系数为 25.40%。对 F_2 单株子粒的 γ -氨基丁酸含量进行正态分布检验发现: F_2 单株子粒的 γ -氨基丁酸含量总体呈偏正态分布, 出现明显的超亲现象(图 3), 由此表明, 水稻子粒 γ -氨基丁酸含量是由多基因控制的数量性状遗传。

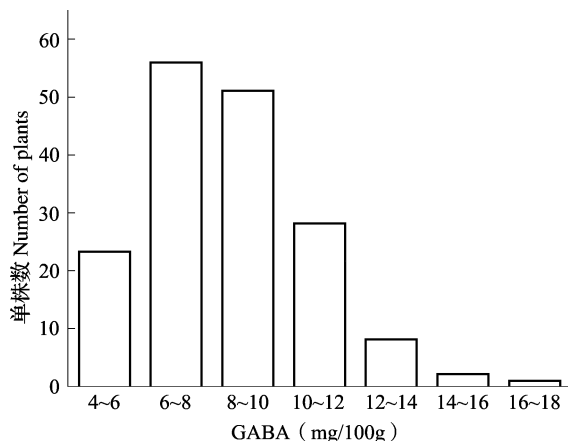


图 3 高粱稻-1 和宁农黑梗杂交组合 F_2 单株子粒 γ -氨基丁酸含量的频率分布

Fig. 3 The frequency distribution of γ -aminobutyric acid content in F_2 individual plant derived from Gaoliangdao-1/Ningnongheijing

表 5 杂交 F_2 子粒中 GABA 含量与其相对胚重、粒形性状的相关性

Table 5 Rice grain GABA content in F_2 grain correlate with embryo weight and grain shape

性状 Trait	粒长 Grain length	粒宽 Grain width	粒厚 Grain thickness	长宽比 Length/Width	千粒重 1000-grain weight	相对胚重 Relative embryo weight
GABA 含量 GABA content	-0.170 *	-0.122	-0.209 **	-0.022	-0.245 **	0.405 **
粒长 Grain length		0.260 **	0.127	0.545 **	0.418 **	-0.220 *
粒宽 Grain width			0.348 **	-0.665 **	0.331 **	-0.046
粒厚 Grain thickness				-0.207 **	0.648 **	-0.174 *
长宽比 Length/Width					0.040	-0.132
千粒重 1000-grain weight						-0.272 **

表 6 高粱稻-1/宁农黑梗杂交组合 F_2 子粒性状的广义遗传力和变异系数

Table 6 Broad heritability and coefficient variation of the grain traits in F_2 of Gaoliangdao-1/Ningnongheijing

项目 Item	GABA	粒长 Grain length	粒宽 Grain width	粒厚 Grain thickness	长宽比 Length/Width	千粒重 1000-grain weight	相对胚重 Relative embryo weight
广义遗传力(%) Broad heritability	98.12	83.78	80.12	91.99	69.66	96.37	60.96
变异系数(%) Coefficient variation	25.40	5.24	5.86	4.27	6.84	9.74	13.13

2.5 杂交 F_2 子粒中 γ -氨基丁酸含量与其相对胚重和子粒性状的相关性分析

通过对高粱稻-1/宁农黑梗杂交组合 F_2 子粒中 γ -氨基丁酸含量与其相对胚重和子粒性状的相关性进行分析(表 5), 由表 5 可知, γ -氨基丁酸含量与相对胚重呈极显著的正相关, 相关系数达 0.405; 与粒厚和千粒重呈极显著的负相关; 与粒长呈显著的负相关; 与粒宽和长宽比呈负相关, 但相关性不显著。水稻的相对胚重与子粒性状也有密切的关系, 与粒长和粒厚呈显著的负相关; 与千粒重呈极显著的负相关; 与粒宽和长宽比呈负相关, 但相关性不显著, 表明选择相对胚重大的材料可同时获得 γ -氨基丁酸含量高的品种。

2.6 水稻子粒中 γ -氨基丁酸含量、子粒性状、相对胚重的广义遗传力分析

对高粱稻-1/宁农黑梗杂交组合 F_2 子粒中 γ -氨基丁酸含量、子粒性状、相对胚重的广义遗传力进行了估算, 结果见表 6。由表 6 可以看出, γ -氨基丁酸含量、粒厚和千粒重 3 个性状的广义遗传力均高于 90%, 说明可在早期通过子粒性状将粒长稍短、粒宽适中、粒厚较薄的品种作为初步选择高 γ -氨基丁酸水稻品种的依据。

3 结论与讨论

3.1 水稻子粒中 γ -氨基丁酸含量的测定方法比较

γ -氨基丁酸作为一种新型的功能成分因子,其含量的测定方法受到国内外广泛的关注,但目前我国并没有制定统一的测定标准^[18]。近年来,关于 γ -氨基丁酸的测定方法多采用比色法、高效液相色谱法(HPLC)。这两种方法各有其优缺点。比色法是利用苯酚和次氯酸钠与游离氨基酸发生的显色反应。此方法快速、简便,适用于大量糙米中的 γ -氨基丁酸含量的测定,但由于糙米中的 γ -氨基丁酸含量较低,在利用显色反应对其进行检测时,其他物质产生的颜色反应会对其结果造成干扰,使其准确度不高。高效液相色谱法(HPLC)是利用 γ -氨基丁酸与一些化学物质发生衍生反应后,生成一种能被紫外-可见光检测到的稳定的荧光物质,其衍生反应的试剂多为 2,4-二硝基氟苯(FDNB)、邻苯二甲醛(OPA)、丹磺(Dansyl-Cl)、6-氨基喹啉基-N-羟基琥珀酰亚氨基甲酸酯(AQC)等,此法分离度高、重复性好、精密度高、结果较为准确,但测定程序较为繁琐,试剂所需费用较高。程威威等^[16]采用 3 种不同的柱前衍生剂:邻苯二甲醛(OPA)、丹磺(Dansyl-Cl)、6-氨基喹啉基-N-羟基琥珀酰亚氨基甲酸酯(AQC),对测得的发芽糙米中的 γ -氨基丁酸含量的不同结果进行比较分析,发现 OPA 作为柱前衍生试剂,虽然衍生时间比较短,但其衍生后的产物较不稳定^[19];Dansyl-Cl 作为柱前衍生试剂,不仅衍生过程较为复杂,而且还需要避光,其衍生后的产物相对也不稳定^[20];而 AQC 作为一种新型的柱前衍生试剂,不仅灵敏度较高,反应迅速,而且衍生产物也较为稳定^[21-25]。因此本研究采用 HPLC 法,以 AQC 作为柱前衍生试剂,测定了 108 份种质资源,杂交 F_1 及 216 个 F_2 单株子粒的 γ -氨基丁酸含量,这为富 γ -氨基丁酸水稻品种的选育提供理论基础。

3.2 水稻种质资源子粒 γ -氨基丁酸含量的差异性

孙向东^[26]研究发芽糙米中 γ -氨基丁酸含量时发现:北方粳稻品种糙米 γ -氨基丁酸含量在 2 ~ 6 mg/100 g,且不同的品种之间差异较大,有的相差 3 倍左右;杨树明等^[27]研究发现籼稻品种的 γ -氨基丁酸含量(13.304 mg/100 g)高于粳稻品种(12.890 mg/100 g);吴琴燕等^[28]研究表明粳稻、籼稻、糯稻 3 类不同品系中 γ -氨基丁酸含量差异较大,糯稻(23.8 mg/100 g)大于粳稻(13.0 mg/100 g)和籼稻

(6.9 mg/100 g);曾亚文等^[29]研究表明,糯稻 γ -氨基丁酸含量 8.55 ± 2.88 mg/100 g 极显著高于黏稻 7.10 ± 2.32 mg/100 g;晚稻品种中 γ -氨基丁酸含量 7.88 ± 2.64 mg/100 g 极显著高于早中稻品种 7.23 ± 2.45 mg/100 g;白色稻米中 γ -氨基丁酸含量 8.38 ± 2.66 mg/100 g 极显著高于红色稻米 6.63 ± 2.14 mg/100 g 和紫色稻米 7.34 ± 2.18 mg/100 g。本研究结果表明,不同水稻种质资源间 γ -氨基丁酸含量差异较大,有色稻米中 γ -氨基丁酸含量低于白色稻米;早熟品种低于中、晚熟品种,与前人研究结果相同,但糯性品种 γ -氨基丁酸含量低于非糯性品种,与前人研究结果相反。其原因可能是所选的 108 份水稻种质资源中糯稻品种与非糯稻的品种数量相差太大,使得得出的结论有一定的局限性,且巨胚稻等一些高含量品种均属于非糯性品种,因此,还需测定更多糯稻品种的 γ -氨基丁酸含量来验证此结果。宁夏本地品种与外引品种间 γ -氨基丁酸含量差异极其显著,这为宁夏外引品种的引进提供依据,也为选育高含量的 γ -氨基丁酸水稻品种奠定基础。

3.3 水稻子粒 γ -氨基丁酸含量、子粒性状与相对胚重的相关关系

水稻子粒的粒形性状受遗传主效应和基因型与环境互作效应的影响^[30],不同水稻种质资源子粒粒厚、粒重与 γ -氨基丁酸含量呈极显著的负相关,与粒长、粒宽呈负相关,但相关性不显著;高粱稻-1 与宁农黑粳杂交 F_2 单株子粒的 γ -氨基丁酸含量与粒长呈显著负相关,与粒厚、粒重呈极显著的负相关,与相对胚重呈极显著正相关。两次相关性分析结果都与千粒重和粒厚呈极显著负相关,但在 F_2 单株子粒的相关分析中 γ -氨基丁酸含量还与粒长呈显著负相关,可能是由于 108 份水稻种质资源的遗传背景较为复杂,而 F_2 单株子粒的遗传背景只有高粱稻-1 与宁农黑粳两个亲本,并且受环境的影响表现有所差异。综合上述结果可以看出,水稻子粒中 γ -氨基丁酸含量与粒厚和千粒重呈极显著的负相关,因此在筛选富 γ -氨基丁酸水稻时,可将子粒的粒厚和千粒重作为初步筛选的依据,再进行高效液相色谱法的测定。

3.4 水稻子粒 γ -氨基丁酸含量的遗传分析

魏涛涛^[31]以 4 个野败型核质互作不育系和 1 个光温敏核不育系与 4 个恢复系进行不完全双列杂交,测定 F_0 和 F_1 糙米 γ -氨基丁酸含量,研究其遗传关系,发现 F_0 和 F_1 糙米的 γ -氨基丁酸含量均存在杂种优势,并且 γ -氨基丁酸含量是一个遗传力很高的性状,且广义遗传力和狭义遗传力相差很大,杂交

F_0 和 F_1 的 γ -氨基丁酸含量非加性遗传的作用非常突出。本研究中,高粱稻-1 和宁农黑粳杂交组合的 F_2 子粒 γ -氨基丁酸含量的变异系数较大,但其广义遗传力达到 98.12%,因此,可通过种质资源筛选出的高 γ -氨基丁酸含量水稻品种与低含量的优质水稻品种进行杂交,从而筛选出富 γ -氨基丁酸的水稻新品种,为以后水稻育种工作提供依据。

3.5 富 γ -氨基丁酸水稻品种的选育

本研究中巨胚稻的 γ -氨基丁酸含量最高,但由于此品种属于晚熟品种,因此可通过与宁夏本地低含量的优质早熟品种进行杂交,并且在早期根据子粒的性状选择出可能是高 γ -氨基丁酸含量的株系进行种植,收集种子进行含量的测定,这样不仅可以缩短育种年限,还能快速高效地选择出富 γ -氨基丁酸水稻新品种。

由于有色稻米、香稻、糯稻本身含有的营养价值比普通的白色稻米高,育种家可利用巨胚稻与 γ -氨基丁酸含量较低的有色稻米或香米进行杂交,这对新型的巨胚色稻、巨胚香稻和巨胚糯稻的培育有一定的参考价值。本研究中黑香米既是有色稻又是香稻,矮血糯既是有色稻又是糯稻,且这两个品种 γ -氨基丁酸含量也相对较低,可通过用巨胚稻与黑香米或矮血糯进行杂交来选育富 γ -氨基丁酸巨胚稻新品种。迄今,对 γ -氨基丁酸这一功能成分的遗传研究还在起步中^[32],有关水稻子粒 γ -氨基丁酸含量的 QTLs 分析正在进行,其研究结果可为富 γ -氨基丁酸水稻新品种的基因改良和分子标记辅助选择奠定基础。

参考文献

- [1] 李常钰,王超超. 发芽糙米中 γ -氨基丁酸的富集与测定[J]. 粮食与饲料工业,2011(2):1-4
- [2] Youn Y S, Park J K, Jang H D. Sequential hydration with anaerobic and heat treatment increases GABA (γ -aminobutyric acid) content in wheat[J]. Food Chem, 2011; 1631-1635
- [3] Jannoey P, Niamsup H, Nomura M. Gamma-Aminobutyric acid (gaba) accumulations in rice during germination[J]. Chiang Mai J Sci, 2010, 37(1): 124-133
- [4] 姚森,杨特武,赵莉君,等. 发芽糙米中 γ -氨基丁酸含量的品种基因型差异分析[J]. 中国农业科学, 2008, 41(12): 3974-3982
- [5] 张琳琳,舒小丽,卢怀江,等. 富含 γ -氨基丁酸降压功能稻米研究进展[J]. 核农学报, 2006, 20(3): 218-220
- [6] Hayakawa K, Kimura M, Kasaha K, et al. Effect of a gamma-aminobutyric acid-enriched dairy product on the blood pressure of spontaneously hypertensive and normotensive Wistar-Kyoto rats[J]. British J Nutrit, 2004, 92: 411-417
- [7] Baek S H, Park S, Lee H G. Hypocholesterolemic action of fermented brown rice supplement in cholesterol-fed rats; Cholesterol-lowering action of fermented brown rice[J]. J Food Sci, 2005, 70(8): 527-531
- [8] 孙丹. 水稻 F_3 群体稻米功能成分含量的遗传变异及其 QTLs 分析[D]. 昆明: 云南大学, 2012: 5
- [9] McCann S M, vijayan E, Negro-Vilar A, et al. Gamma aminobutyric acid (GABA), a modulator pituitary hormone secretion by hypothalamic and pituitary action[J]. Psychoneuroendocrinology, 1984, 9(2): 97-106
- [10] Ono Z, Oosawa M, Ooshima S, et al. Effects of pre-germinated brown rice on cardiovascular risk factors[J]. J Hypert, 2005, 23: 405-407
- [11] Ren L H, Wang F, Xu Z W, et al. GABA(A) receptor subtype selectivity underlying anxiolytic effect of 6-hydroxyflavone[J]. Biochem Pharmacol, 2010, 79(9): 1337-1344
- [12] 魏涛涛,刘红梅,邱颖波,等. 富含 γ -氨基丁酸水稻研究进展[J]. 现代农业科技, 2012(16): 15-16
- [13] Hayat A, Jahangir T M, Khuhawar M Y, et al. Simultaneous HPLC determination of gamma amino butyric acid (GABA) and lysine in selected Pakistani rice varieties by pre-column derivatization with 2-Hydroxynaphthaldehyde[J]. J Cereal Sci, 2014, 60(2): 356-360
- [14] 杜鹄,杨涛. 分光光度法检测不同地区和类型稻种功能性成分的初步研究[J]. 云南大学学报, 2011, 33(2): 232-237
- [15] 张标金. 用基于邻苯二甲醛柱前衍生的高效液相色谱法测定稻米的 γ -氨基丁酸含量[J]. 江西农业学报, 2013, 25(11): 105-107
- [16] 程威威,吴越,林亲录,等. HPLC 法测定发芽糙米中 γ -氨基丁酸中不同衍生方式的比较研究[J]. 中国农学通报, 2014, 30(9): 279-284
- [17] 房克敏,李再贵. HPLC 法测定发芽糙米中 γ -氨基丁酸含量[J]. 食品科学, 2006, 27(4): 208-211
- [18] 徐瑞萍. γ -氨基丁酸在发芽糙米中检测方法综述[J]. 山东化工, 2012, 41(11): 35-37
- [19] 陈稚. 食品营养强化剂及保健食品中的违禁药物分析方法研究[D]. 长沙: 湖南师范大学, 2006
- [20] Huang X, Chen J W, He L P, et al. Detection of monoamine neurotransmitters and its metabolites by high performance liquid chromatograph after pre-column derivatization of dansyl chloride column[J]. Europe PubMed Central, 2012, 46(12): 51-53
- [21] 覃婷婷,白海娇,黄哲苏. AQC 柱前衍生在氨基酸分析中的应用[J]. 天津药学, 2010, 22(5): 51-53
- [22] 唐涛. 氨基酸柱前衍生 HPLC 方法发展及应用[D]. 南京: 南京理工大学, 2006
- [23] 吕莹果,张晖,孟祥勇. 氨基酸分析测定及衍生化方法[J]. 粮食与油脂, 2009(7): 35-38
- [24] 王秀中,王清清,宋海峰. 衍生化技术在氨基酸分析中的应用进展[J]. 药物分析杂志, 2010, 30(6): 1162-1166
- [25] Steven C, Dennis M. Synthesis of a fluorescent derivatizing reagent, 6-aminoquinoly-N-hydroxysuccinimide carbamate, and its application for the analysis of hydrolysate amino acids via High Performance Liquid Chromatography[J]. Anal Biochem, 1993, 211: 279-287
- [26] 孙向东. 发芽糙米最新研究进展[J]. 中国稻米, 2005(3): 5-8
- [27] 杨树明,罗曦,曾亚文. 不同水稻品种产量及其 γ -氨基丁酸和抗性淀粉含量差异与相关性[J]. 西南农业学报, 2009, 22(2): 236-240
- [28] 吴琴燕,杨敬辉,朱桂梅,等. 糙米原料中 γ -氨基丁酸含量与谷氨酸脱羧酶活性分析[J]. 江西农业学报, 2009, 21(6): 8-10
- [29] 曾亚文,杜鹃,杨树明. 云南稻核心种质糙米功能成分栽培型差异及其地带性特征[J]. 中国农业科学, 2008(12): 3388-3394
- [30] 林建荣,石春海,吴明国. 不同环境条件下梗型杂交稻米外观品质性状的遗传效应[J]. 中国水稻科学, 2003, 17(1): 16-20
- [31] 魏涛涛. 杂交水稻与其亲本糙米的蛋白质和发芽前后 γ -氨基丁酸的含量遗传研究[D]. 长沙: 湖南农业大学, 2012: 6
- [32] 罗小娇,郭蕾蕾. 大麦子粒 γ -氨基丁酸含量的 QTL 定位分析[J]. 西南农业学报, 2014, 3(27): 950-954