

云南稻粳亚种间功能性成分含量差异

王雨辰^{1,2}, 杜娟¹, 曾亚文¹, 杨树明¹, 普晓英¹

(¹云南省农业科学院生物技术与种质资源研究所, 昆明 650223; ²云南保山中医药高等专科学校, 保山 678000)

摘要:对 111 份云南改良稻种和 77 份元阳地方稻种采用程氏指数法进行粳籼分类, 比色法测定抗性淀粉、 γ -氨基丁酸和总黄酮含量, 并用 SPSS 软件对数据进行统计分析, 结果表明: (1) 总体抗性淀粉含量粳型 > 偏粳 > 偏籼 > 籼型, γ -氨基丁酸含量则相反, 黄酮含量与粳籼分化的关系不明显; (2) 抗性淀粉、总黄酮含量有色米 > 无色米, γ -氨基丁酸含量无色米 > 有色米。总体功能性成分含量有色米 > 无色米, 秈稻 > 粳稻, 糙米 > 精米, 地方种 > 改良种, 有色、粳型糙米功能性成分最高, 揭示了粳籼分化和米色与抗性淀粉、 γ -氨基丁酸与总黄酮含量的关系。

关键词:抗性淀粉; γ -氨基丁酸; 总黄酮; 程氏指数; 粳籼亚种

Difference of Functional Compositions of Indica-Japonica Rice Landraces in Yunnan

WANG Yu-chen^{1,2}, DU Juan¹, ZENG Ya-wen¹, YANG Shu-ming¹, PU Xiao-ying¹

(¹ Biotechnology and Genetic Resources Institute, Yunnan Academy of Agricultural Sciences, Kunming 650223;

² BaoShan College of Chinese Traditional Medicine, Baoshan 678000)

Abstract: A study on functional compositions of rice included 111 improved varieties of Yunnan province and 77 Yuanyang local varieties. Cheng's index was used to distinguish indica-japonica rice, spectrophotometry determination content of functional compositions (including resistant starch of polished rice; γ -aminobutyric acid and flavones of unpolished rice), at last SPSS software analysis the data. The main results were as follows: (1) All samples' content of RS was Indica > Indica-like > Japonica-like > Japonica, but content of GABA was opposite, the relationship between Flavones and Indica-Japonica type was inconspicuous; (2) Content of RS and Flavones was colored > colorless, but content of GABA was colorless > colored. In a word, as to the functional content, colored > colorless, Indica > Japonica, unpolished > polished, local > improved. The colored, Indica, unpolished, improved type was best. It recovered the relationship between Indica-Japonica type, colored-colorless, local or improved, polished or unpolished rice and functional compositions.

Key words: Resistant starch; γ -aminobutyric acid; Flavones; Cheng's index; Indica-japonica rice

水稻是世界 50% 以上人口的主食, 目前其产量增加归结于单产能力的提高和化肥等投入增加^[1], 若在保证产量的同时, 也能提高抗性淀粉 (Resistant starch, RS)、 γ -氨基丁酸 (γ -aminobutyric acid, GABA) 和黄酮 (Flavones) 等功能性成分含量, 对于解决当前人们因饮食结构不合理导致高血压、高血糖、心脏病等慢性病发病率剧增、药物治疗副作用大和患

者负担重等问题具有重要意义, 也是实施饮食预防疾病新战略和解决亚健康问题的有效途径。

功能稻米是指具有调节人体生理功能的保健型稻米, 与普通稻米相比具有特殊遗传性状和更丰富的生理活性物质。其中抗性淀粉、 γ -氨基丁酸和黄酮已成为国内外研究的热点。抗性淀粉是难于被健康者小肠消化吸收的淀粉及其降解产物, 能促进肠

收稿日期: 2009-02-05

修回日期: 2009-07-18

基金项目: 国家自然科学基金项目 (30660092); 云南省院省校合作项目 (2006YX12); 云南省人才引项目 (2005PY01-14)

作者简介: 王雨辰, 助教, 硕士, E-mail: wangyuchen1982@yahoo.com.cn. 杜娟为并列第一作者

通讯作者: 曾亚文, 研究员, 博士. E-mail: zengyw1967@126.com

道蠕动、平稳血糖、增加脂质排泄、控制体重、促进钙镁吸收,对于便秘、痔疮、结肠癌等疾病有良好预防效果^[2]。目前,浙江大学选育的诱变稻种 RS111 热米饭抗性淀粉含量达到 10%,为普通大米的 10~20 倍;美国农业部开发的产品 Ricemic,能有效改善糖负荷^[3]。总之,抗性淀粉可有效改善糖脂代谢,达到防治代谢综合症的目的。 γ -氨基丁酸是一种广泛存在于生物界的非蛋白质氨基酸,具有降血压、抗惊厥、营养神经细胞、促进生长素分泌、健肝利肾、改善更年期综合症等多种保健功能,还可用于睡眠及精神障碍以及 CO 中毒的治疗药物^[4-5]。目前,日本、肯尼亚、斯里兰卡等国用糙米、茶叶、蔬菜、水果等原料生产 γ -氨基丁酸功能食品,并已经商品化^[6]。我国虽已有商品化的 γ -氨基丁酸绿茶,但 γ -氨基丁酸稻米开发则刚刚起步。迄今高黄酮的稻米研究及水稻籼粳分化与抗性淀粉、 γ -氨基丁酸和黄酮间的关系国内外未见系统报道。

云南是中国稻种最大的遗传多样化中心和优异种质的富集地区,地理气候类型复杂,海拔 76~2700m 均有稻作分布^[7],其中海拔差异大(114~2939m)和立体气候明显的元阳梯田形成的地方品种是研究云南稻种演化和多样性成因的典型材料。本文以 111 份云南改良稻种和 77 份元阳地方稻种为材料进行籼粳亚种分类,揭示籼粳分化与抗性淀粉、 γ -氨基丁酸和黄酮含量的关系,为高效发掘优异种质资源、筛选高含量功能性成分的品种、指导种植布局及其产业化提供参考。

1 材料与方法

1.1 材料

选用 111 份云南改良稻种及 77 份元阳地方稻种,栽种于云南省农科院试验大棚,常规管理,抽穗期考察叶毛、壳色、1~2 节长等性状,种植收获的子粒用砻谷机和精米机加工成糙米和精米,并粉碎至 80~100 目,60℃ 恒温干燥待测。以宜糖米和明恢 86 作为对照,判定各功能性成分在子粒中的分布。

1.2 方法

按程氏指数法^[8]调查 6 个籼粳形态性状进行籼粳亚种分类,6 个性状形态指数积分为:籼型 0~8,偏籼 9~13,偏粳 14~17,粳型 18~24(表 1)。所有品种根据米皮颜色分为有色和无色两种,有色米以分值 '1' 表示,无色米以分值 '0' 表示,把质量性状转化为数字表示以利于统计软件分析。

表 1 程氏指数法的鉴别性状及评分标准

Table 1 The index characters and their scoring standards of the Cheng's index method

指标 Index	评分标准 Scoring standard				
	0	1	2	3	4
稈毛	短、齐、硬、直、匀	硬、稍齐、稍长	中、长、色深	不齐、长、乱、软	
酚反应	黑	黑褐	灰	边及稈微染	不染
1.2 穗节长 (cm)	≤2.0	2.1~2.5	2.6~3.0	3.1~3.5	>3.5
抽穗期壳色	绿白	白绿	黄绿	浅绿	绿
叶毛	甚多	多	中	少	无
子粒长宽比	>3.5	3.5~3.1	3.0~2.6	2.5~2.1	≤2.0

以合系 35 和滇屯 502 作为粳稻和籼稻的标准

Hexi 35 and Diantun 502 are to be the japonica and indica rice standard

采用 Goni 法^[9]测定抗性淀粉,苯酚-次氯酸钠比色法^[10]测定 γ -氨基丁酸,亚硝酸钠-硝酸铝比色法^[11]测定总黄酮。根据测定数据制作的标准直线,得到比色法测定抗性淀粉、 γ -氨基丁酸和总黄酮含量的 3 个回归方程分别为: $y = 1.625x - 0.022$ 、 $y = 46.221x - 1.546$ 和 $y = 1862.3x - 23.828$,相关系数分别为 $R^2 = 0.9948$ 、 $R^2 = 0.9918$ 和 $R^2 = 0.9922$,表明测定方法可靠,试验准确性高,结果稳定。

2 结果与分析

2.1 籼粳亚种间功能成分含量的差异

表 2 列出 77 份元阳地方稻和 111 份云南改良稻各亚种的功能性成分含量平均值和两两比较 t 检验显著性,得知抗性淀粉含量在元阳地方稻中表现为籼型 > 偏籼 > 偏粳 > 粳型,改良稻则是籼型 > 偏籼 > 粳型 > 偏粳,二者抗性淀粉含量均为有色米 > 无色米,地方稻和改良稻各亚种之间几乎都存在显著或极显著差异,在粳稻和无色稻中没有显著区别; γ -氨基丁酸在元阳地方稻中含量为粳型 > 偏粳 > 偏籼 > 籼型,改良稻为粳型 > 偏粳 > 籼型 > 偏籼,二者 γ -氨基丁酸含量均为无色米 > 有色米,并且地方稻和改良稻各个亚种中,都存在显著或极显著差异,地方稻 γ -氨基丁酸含量明显高于改良稻,证明地方稻是 γ -氨基丁酸优异的基因源,能为高 γ -氨基丁酸稻米品种培育提供良好种质资源;黄酮在元阳地方稻中含量为偏粳 > 籼型 > 偏籼 > 粳型,在改良稻中为粳型 > 偏粳 > 籼型 > 偏籼,二者黄酮含量均为有色米 > 无色米。黄酮在稻米中多以花青素的形式存在,因此在决定米色的米皮中含量极为丰富,特别是黑米的含

量达到了很高的水平,超过无色米 10 倍以上,而在改良稻中多为无色米,总体显示其黄酮含量较低。

表 2 元阳稻和改良稻不同亚种功能因子含量差异性

Table 2 Difference of functional factors between Yuanyang local rice and the advanced rice in Yunnan

类型 Type	抗性淀粉 (%)		γ -氨基丁酸 (mg/kg)		总黄酮 (mg/kg)	
	RS		GABA		Flavones	
	元阳稻 Yuanyang local rice	改良稻 Advanced rice	元阳稻 Yuanyang local rice	改良稻 Advanced rice	元阳稻 Yuanyang local rice	改良稻 Advanced rice
籼型 Indica	1.16 ± 0.15 **	0.85 ± 0.12 **	92.3 ± 13.7 **	70.4 ± 14.5 **	587.5 ± 198.9 **	336.4 ± 34.7 **
偏籼 Indica-like	0.99 ± 0.24 **	0.78 ± 0.25 **	97.0 ± 16.1 **	68.7 ± 7.0 **	571.4 ± 268.4 **	335.9 ± 23.2 **
偏粳 Japonica-like	0.86 ± 0.37 *	0.67 ± 0.13 *	104.7 ± 24.8 *	92.1 ± 34.6 *	600.9 ± 123.1 **	377.1 ± 59.1 **
粳型 Japonica	0.70 ± 0.18	0.75 ± 0.17	160.0 ± 38.3 **	106.2 ± 38.3 **	298.9 ± 34.4 **	390.2 ± 85.4 **
有色 Colored	1.08 ± 0.13 **	0.83 ± 0.10 **	94.2 ± 17.1 **	58.8 ± 14.8 **	669.3 ± 188.7 **	474.7 ± 228.1 **
无色 Colorless	0.72 ± 0.21	0.77 ± 0.21	135.2 ± 34.4 **	93.2 ± 34.9 **	205.8 ± 34.1 **	367.9 ± 56.1 **
总体 Total	1.04 ± 0.25 **	0.78 ± 0.19 **	102.5 ± 26.9 **	91.7 ± 35.1 **	567.9 ± 255.4 **	372.5 ± 71.9 **
宜糖米 Yitang rice	8.12 ± 1.26		9.6 ± 2.8		54.74 ± 6.3	
明恢 86 Minghui 86	0.78 ± 0.17		13.5 ± 1.2		49.8 ± 5.3	

宜糖米、明恢 86 测定数据为精米中的含量,其余数据为糙米中的含量,表中数据为平均值 ± 标准差。*、** 分别表示 0.05 和 0.01 差异显著水平。下同

The contrast results(Yitang rice and Minghui86)are polished rice,others are unpolished rice,Dates in the table are $\bar{x} \pm s$. *, **:Significant at 0.05 and 0.01 level. The same as below

以精碾宜糖米和明恢 86 作为对照,显示了精米和糙米的抗性淀粉含量差异不大,说明抗性淀粉主要存在于米粒中,加工工艺对它的影响不大。但糙米 γ -氨基丁酸和黄酮含量约为精米 10 倍左右,表明 γ -氨基丁酸和黄酮主要存在于胚和米皮中,在稻米碾制过程中,胚和米皮大部分被破坏,导致含量急剧下降,并且碾制过程越精细,损失就越大。总之,地方稻和改良稻 3 种功能性成分含量之间差异甚大,均表现为地方稻 > 改良稻,有色米 > 无色米。

2.2 程氏指数与功能性因子相关性

表 3 列出了程氏指数与 3 种功能性成分和米色组成的 20 对相关性的显著水平,其中有 2 对达显著水平,14 对达极显著水平,说明籼梗分化和功能性成分之间存在紧密内在联系。程氏指数与抗性淀粉相关性在地方稻和改良稻中都呈极显著负相关,说明抗性淀粉含量随程氏指数的增大而减小;而程氏指数与 γ -氨基丁酸相关性在地方稻和改良稻中达到显著或极显著正相关, γ -氨基丁酸含量随程氏指数的增大而增大,程氏指数与黄酮达到显著或极显著负相关,说明黄酮含量随程氏指数的增大而减小;在元阳地方稻中,米色与程氏指数极显著负相关,说明元阳地方稻多为籼或偏籼型,且多是有色米;米色与抗性淀粉和黄酮达到极显著正相关水平,说明了颜色越深的米,抗性淀粉和黄酮含量相对也高。总之,筛选高抗性淀粉品

种,首选籼稻,高 γ -氨基丁酸品种,首选粳稻,高黄酮品种,首选米皮颜色。

表 3 程氏指数与功能性因子及米色间的相关性水平

Table 3 Correlation of Cheng's index, functional factors and rice color

项目 Item	程氏指数 Cheng's index A	抗性淀粉 Resistant starch B	γ -氨基丁酸 γ -aminobutyric acid C	黄酮 Flavone D	米色 Grains' color E
A	1	-0.438 **	0.553 **	-0.280 *	-0.563 **
B	-0.551 **	1	-0.621 **	0.375 **	0.526 **
C	0.198 *	-0.155	1	-0.572 **	-0.627 **
D	-0.290 **	0.560 **	-0.111	1	0.756 **
E	-0.152	0.816 **	-0.115	0.749 **	1

对角线上、下分别表示元阳稻和地方改良稻的程氏指数与功能因子之间的相关系数

Up and down of diagonal line show the correlation coefficient of Cheng's index and functional factors of Yuanyang local rice and the advanced rice, respectively

3 讨论

云南是中国稻种最大的遗传和生态多样性中心,在数万年的起源、驯化和栽培过程中形成了多样性突出的亚洲栽培稻,由中国云南、印度阿萨姆到尼泊尔这一稻种起源中心传播至全世界,成为世界上—半以上人口的主要粮食^[12],省内稻区分布复杂,

其中元阳地方籼型稻分布范围高至海拔1600m以上,且其地处热带亚热带基因多样性中心区,在自然选择作用下形成了富含多种功能性成分的稻种。

抗性淀粉形成因素包括植物来源、产地及种植环境、基因类型、直链淀粉链长、支链淀粉的线形化、淀粉分子聚合度和淀粉颗粒的大小等,其抗消化的能力源于直链淀粉晶体,其进食后刺激胰岛素的增加较慢,增加餐后饱腹感^[13]。云南改良稻及元阳地方稻随程氏指数的增加而抗性淀粉降低,说明粳稻含较高的支链淀粉,米饭较软;而籼稻直链淀粉含量更高,米饭较硬,更耐饥饿,适合元阳地区的哈尼族居民劳动强度高、需要耐饥食物作为日常口粮的生活需要,因此籼稻在哈尼族居民生活中占有重要地位,哈尼族居民在长期的人工和自然选择条件下,耐高寒高海拔的籼稻品种被筛选出来,形成了元阳地方稻以籼为主,籼粳分化随海拔变化连续分布的现象。

γ -氨基丁酸作为一种功能性氨基酸,广泛分布于各种作物体内,众多研究均显示 γ -氨基丁酸产生与逆境刺激有密切关系,如极端pH、冷害、热刺激、盐、缺氧、干旱和机械刺激等几乎所有的恶劣环境均可以引起植物体中 γ -氨基丁酸含量增加^[14],因此,在元阳特有的梯田环境中,处于高海拔的粳型稻种 γ -氨基丁酸含量均高于低海拔籼型稻种,是由于高海拔、低温、缺氧、干旱等环境刺激诱导了 γ -氨基丁酸含量增高的一系列化学反应。 γ -氨基丁酸也广泛分布于许多有降压功能的药用植物体内,其中黄芪主要降压成分就是 γ -氨基丁酸及黄芪甲甙^[15],因此,利用高海拔粳稻可以作为培育高 γ -氨基丁酸品种的材料来源。

稻米黄酮含量主要取决于米皮颜色,米皮颜色深浅不同代表稻米的黄酮含量差异,种皮色素含量越高即米色愈深,其抗氧化性及清除超氧阴离子自由基的能力愈强。米皮色素属于花青素类化合物,花青素是稻米中包含黄酮等功效成分的主要组成部分。元阳地方稻中的有色米黄酮含量很高,并且有色米占到50%以上,其黄酮含量平均值达到了669mg/kg,部分黑米黄酮含量甚至达到了1000mg/kg以上,甚至高于一些抗氧化能力较强的中草药,如:灵芝和枸杞黄酮含量约300mg/kg、500mg/kg^[16],食用此类大米可改善人体免疫力,因此极具开发潜力。

云南改良稻和元阳地方稻功能性成分基因源形成与特殊地理气候、遗传多样性、人工育种和土壤环境密切相关,功能性水稻应兼具较高自然增产潜力、

肥效比、高活性成分等多重优势。现代农业大量使用化肥增加产量,忽视改善品质,由此带来环境污染、多样性降低、育种基因源狭窄等一系列问题,地方稻具有的某些优良性状可以为育种提供优良基因源,但一直未被重视,原因之一可能是地方稻种普遍产量较低、栽培性状差、口感不佳而达不到大规模生产要求,此外市场需求和人们饮食习惯等因素也促使育种方向侧重于甜糯无色米,后果就是丧失了宝贵的基因源和营养价值。因此理想的育种目标应在获得高产品种前提下不降低其营养价值,通过选育高产功能型水稻,对水稻品种的改良和粮食健康安全意义重大。

致谢:本试验中罗曦、孙正海、赵大伟、新祥和赵春艳等研究生,以及吕国美、杨锦秀等同志做了部分田间工作,在此深表感谢!

参考文献

- [1] 普晓英,曾亚文,申时全,等. 低速磷胁迫对云南地方稻种核心种质抽穗期的影响[J]. 植物遗传资源学报,2004,5(3): 271-275
- [2] 姚蕊,张守文. 抗性淀粉的研究发展现状与前景[J]. 粮食与食品工业,2006,13(1):30-33
- [3] 吴伟,刘鑫,杨朝柱,等. 抗性淀粉及预防糖尿病和肥胖症功能稻米研究进展[J]. 核农学报,2006,20(1):60-63
- [4] 张祥喜,袁林峰,刘凯,等. 富含 γ -氨基丁酸(GABA)的巨胚功能稻研究进展[J]. 江西农业学报,2007,19(1):36-39
- [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):218-221
- [6] 何照璞,张敏,李俊芳,等. γ -氨基丁酸的生理学功能及研究现状[J]. 广西大学学报(自然科学版),2007,32(22): 464-466
- [7] 杨树明,曾亚文,杜娟,等. 云南稻核心种质BC₁F₂代形态性状的遗传变异[J]. 植物遗传资源学报,2007,8(2):127-131
- [8] 姜勇,李仕贵. 利用程氏指数法对173份水稻材料籼粳属性的鉴别[J]. 中国农学通报,2005,21(8):180-183
- [9] 程燕锋,王娟,李尚新,等. 几种测定香蕉抗性淀粉含量方法的比较[J]. 食品与发酵工业,2007,33(8):153-157
- [10] 陈恩成,张名位,彭超英. 比色法快速测定糙米中 γ -氨基丁酸含量研究[J]. 中国粮油学报,2006,21(1):125-128
- [11] 易艳东,余南才,马威,等. 马齿苋水提液中的总黄酮的含量测定[J]. 中国医院药学杂志,2009,25(5):424-425
- [12] 张浩,曾亚文,杜娟,等. 云南水稻地方品种磷高效种质的筛选及生态分布规律研究[J]. 植物遗传资源学报,2007,8(4): 442-446
- [13] 王竹,杨月欣,周瑞华,等. 抗性淀粉的代谢及对血糖的调节作用[J]. 营养学报,2003,25(2):190-194
- [14] 周翔,吴晓岚,李云,等. 盐胁迫下玉米幼苗ABA和GABA的积累及其相互关系[J]. 应用与环境生物学报,2005,11(4): 412-415
- [15] 赵长琦,李广民,王军. 中药黄芪中降压有效成分 γ -氨基丁酸的薄层扫描测定[J]. 西北大学学报自然科学版,1995,25(3):277-278
- [16] 张海容,武晓燕. 荧光探针法研究10种中药多糖及黄酮对DNA的保护作用[J]. 光谱学与光谱分析,2007,27(2): 346-349

云南稻粳亚种间功能性成分含量差异

作者: [王雨辰](#), [杜娟](#), [曾亚文](#), [杨树明](#), [普晓英](#), [WANG Yu-chen](#), [DU Juan](#), [ZENG Ya-wen](#), [YANG Shu-ming](#), [PU Xiao-ying](#)

作者单位: [王雨辰, WANG Yu-chen \(云南省农业科学院生物技术与种质资源研究所, 昆明, 650223; 云南保山中医药高等专科学校, 保山, 678000\)](#), [杜娟, 曾亚文, 杨树明, 普晓英, DU Juan, ZENG Ya-wen, YANG Shu-ming, PU Xiao-ying \(云南省农业科学院生物技术与种质资源研究所, 昆明, 650223\)](#)

刊名: [植物遗传资源学报](#) **ISTIC PKU**

英文刊名: [JOURNAL OF PLANT GENETIC RESOURCES](#)

年, 卷(期): 2010, 11 (2)

参考文献(16条)

1. 吴伟;刘鑫;杨朝柱 [抗性淀粉及预防糖尿病和肥胖症功能稻米研究进展](#)[期刊论文]-[核农学报](#) 2006 (01)
2. 姚蕊;张守文 [抗性淀粉的研究发展现状与前景](#)[期刊论文]-[粮食与食品工业](#) 2006 (01)
3. 普晓英;曾亚文;申时全 [低速胁迫对云南地方稻种核心种质抽穗期的影响](#)[期刊论文]-[植物遗传资源学报](#) 2004 (03)
4. 程燕锋;王娟;李尚新 [几种测定香蕉抗性淀粉含量方法的比较](#)[期刊论文]-[食品与发酵工业](#) 2007 (08)
5. 张海容;武晓燕 [荧光探针法研究10种中药多糖及黄酮对DNA的保护作用](#)[期刊论文]-[光谱学与光谱分析](#) 2007 (02)
6. 赵长琦;李广民;王军 [中药黄芪中降压有效成分 \$\gamma\$ -氨基丁酸的薄层扫描测定](#) 1995 (03)
7. 周翔;吴晓岚;李云 [盐胁迫下玉米幼苗ABA和GABA的积累及其相互关系](#)[期刊论文]-[应用与环境生物学报](#) 2005 (04)
8. 王竹;杨月欣;周瑞华 [抗性淀粉的代谢及对血糖的调节作用](#)[期刊论文]-[营养学报](#) 2003 (02)
9. 张浩;曾亚文;杜娟 [云南水稻地方品种磷高效种质的筛选及生态分布规律研究](#)[期刊论文]-[植物遗传资源学报](#) 2007 (04)
10. 易艳东;余南才;马威 [马齿苋水提液中的总黄酮的含量测定](#)[期刊论文]-[中国医院药学杂志](#) 2009 (05)
11. 陈恩成;张名位;彭超英 [比色法快速测定糙米中 \$\gamma\$ -氨基丁酸含量研究](#)[期刊论文]-[中国粮油学报](#) 2006 (01)
12. 姜勇;李仕贵 [利用程氏指数法对173份水稻材料粳粳属性的鉴别](#)[期刊论文]-[中国农学通报](#) 2005 (08)
13. 杨树明;曾亚文;杜娟 [云南稻核心种质BC_1F_2代形态性状的遗传变异](#)[期刊论文]-[植物遗传资源学报](#) 2007 (02)
14. 何熙璞;张敏;李俊芳 [\$\gamma\$ -氨基丁酸的生理学功能及研究现状](#)[期刊论文]-[广西大学学报\(自然科学版\)](#) 2007 (22)
15. 张琳琳;舒小丽;卢怀江 [富含 \$\gamma\$ -氨基丁酸降压功能稻米研究进展](#)[期刊论文]-[核农学报](#) 2006 (03)
16. 张祥喜;袁林峰;刘凯 [富含 \$\gamma\$ -氨基丁酸\(GABA\)的巨胚功能稻研究进展](#)[期刊论文]-[江西农业学报](#) 2007 (01)

本文链接: http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_zwyczyxb201002010.aspx