

# 6-苄氨基嘌呤对水稻灌浆成熟期籽粒氮代谢及蒸煮食味品质的影响

刘海英 杨 静 钱春荣 金正勋\*

(东北农业大学 农学院, 黑龙江 哈尔滨 150030; \* 通讯联系人, E-mail: zxjin326@hotmail.com)

## Effects of 6-Benzylaminopurine on Grain Nitrogen Metabolism during Grain Filling Stage and Cooking and Eating Quality of Rice

LIU Hai ying, YANG Jing, QIAN Chun rong, JIN Zheng xun\*

(Agricultural College, Northeast Agricultural University, Harbin 150030, China; \* Corresponding author, E-mail: zxjin326@hotmail.com)

**Abstract:** Two japonica rice varieties differed in cooking and eating quality were used to study the effect of spraying 6-benzylaminopurine (6-BA) at the heading stage on nitrogen metabolism during grain filling stage and on cooking and eating quality. With the process of grain filling, the activity of glutamine synthetase increased gradually and peaked at 20 d after heading and then declined slowly, showing a single peak curve. At the early stage of grain filling the varieties with high protein content was higher in the activity of glutamine synthetase than those with low protein content. Compared with CK, spraying 6-BA at the heading stage improved taste meter value, peak viscosity, breakdown, and soluble protein content of the entries in some degree, and reduced the activity of glutamine synthetase, setback, but protein and amylose contents didn't vary obviously.

**Key words:** rice; 6-benzylaminopurine; nitrogen metabolism; cooking and eating quality

**摘 要:** 选用两个品质不同的粳稻品种, 研究在抽穗期喷洒 6-苄氨基嘌呤 (6-BA) 对灌浆成熟期籽粒氮代谢及蒸煮食味品质的影响。抽穗后随灌浆进程籽粒谷氨酰胺合成酶活性逐渐增加, 达到峰值后又逐渐下降, 呈单峰曲线变化, 且抽穗后 20 d 的酶活性最高, 蛋白质含量高的品种灌浆前期籽粒谷氨酰胺合成酶活性高于蛋白质含量低的品种; 与未喷 6-BA 对照相比, 抽穗期喷洒 6-BA 供试品种的味度值、最高黏度、崩解值、可溶性蛋白含量等均有不同程度的提高, 籽粒谷氨酰胺合成酶活性和消减值降低, 但蛋白质和直链淀粉含量变化很小。

**关键词:** 水稻; 6-苄氨基嘌呤; 氮代谢; 蒸煮食味品质

中图分类号: Q945; S511.01

文献标识码: A

文章编号: 1001-7216(2006)06-0667-03

水稻在营养生长期吸收的氮主要供营养器官的生长所需或积累在叶片和茎鞘内, 在生殖生长期吸收的氮主要供给穗部, 同时贮存在器官中的氮大量向穗部转运, 至成熟期积累在穗部的氮约占植株吸收总氮量的 60% 左右<sup>[1]</sup>。已有的研究表明<sup>[2-6]</sup>, 蛋白质含量与蒸煮食味品质有密切关系, 随着蛋白质含量的提高, 稻米的蒸煮食味品质变劣, 蛋白质含量与淀粉谱特性中的最高黏度、崩解值呈负相关。由于水稻籽粒中蛋白质的积累发生在灌浆成熟期, 因此如果这时期能抑制叶片和叶鞘中的氮向穗部转移, 不仅可望降低籽粒蛋白质含量, 进而达到改善稻米蒸煮食味品质的目的, 而且可以延长叶片寿命, 提高光合速率和产量。

6-苄氨基嘌呤 (6-BA) 是属于人工合成的细胞分裂素类化合物, 主要生理作用是具有显著的保绿作用, 能延缓叶片衰老, 显著提高作物的光合速率。据研究表明<sup>[7-8]</sup>, 6-BA 有调控叶片后期生长及籽粒氮的吸收、分配和再分配的作用。因此, 本试验在水稻抽穗期喷洒 6-BA, 以探讨 6-BA 对水稻灌浆成熟期籽粒氮代谢和稻米蒸煮食味品质的影响, 以期水稻优质高产调控技术提供理论依据。

## 1 材料与方 法

### 1.1 试验设计

试验于 2004 年在东北农业大学哈尔滨香坊试验农场进

行。供试材料为稻米蒸煮食味品质差异显著的 2 个粳稻品种富士光和东农 415。田间试验采用对比法, 2 次重复, 6 行区, 行长 3 m。4 月 6 日播种, 大棚旱育苗, 5 月 25 日插秧, 株、行距为 10 cm × 30 cm, 每穴插 3 棵苗, 田间管理同常规栽培。

各小区有 50% 水稻抽穗时记为抽穗期, 这时用小型喷雾器每隔 5 d 喷洒浓度为 50 mg/L 的 6-BA 水溶液, 共喷 3 次, 以喷水做对照。同时在抽穗期, 于各小区选取生长整齐一致且同日抽穗的稻穗挂牌标记。自抽穗第 10 天起, 每隔 5 d 取样, 每次于上午 9:00 ~ 9:30 取标记穗, 迅速用液氮冷冻处理后保存于 -20℃ 冰柜。选取灌浆基本一致的穗中部籽粒用于谷氨酰胺合成酶活性和可溶性蛋白质含量的测定。

收获时每小区混收, 自然干燥 3 个月后, 糙米经 1.9 mm 分级筛过筛后用全自动精米机将糙米加工成出糙率为 90% 的精米, 用旋涡式粉碎机将精米磨成粉后用于品质分析。

用半微量凯氏定氮法测定稻米蛋白质含量, 换算系数为

收稿日期: 2006-04-27; 修改稿收到日期: 2006-07-14。

基金项目: 黑龙江省教育厅重大项目 (10S11Z002); 黑龙江省自然科学基金资助项目 (CG1-10); 中国水稻科学基金资助项目 (0003219)。

第一作者简介: 刘海英 (1978-), 女, 硕士研究生。

5.95 按照农业部部颁标准 (NY/T83-88) 测定稻米直链淀粉含量,按照沈鹏等<sup>[9]</sup>方法测定稻米味度值和 RVA 谱特性。

## 1.2 谷氨酰胺合成酶活性测定方法

谷氨酰胺合成酶活性测定方法参照韩国农村振兴厅作物科学院编写的《植物生理实验指导》加以修改,具体测定方法如下。

### 1.2.1 粗酶液的提取

取籽粒样品 15 粒,去壳去胚(叶片剪碎),称量。在预冻的研钵中加预冷的提取缓冲液 5 mL (包含 0.05 mol/L HEPES, 0.01 mol/L cystein, 5% polyvinylpolypyrrolidone, 用 NaOH 调 pH 为 7.0),冰浴研磨。最后用 5 mL 提取缓冲液冲洗研钵,一并倒入离心管。研磨液在 12 000 × g 下离心 10 min(4℃),取上清液用于酶活性和可溶性蛋白质含量测定。

### 1.2.2 酶活性测定

取 0.8 mL 粗酶液加入酶反应液 [0.6 mL 酶提取缓冲液, 0.2 mL 0.6 mol/L 硫酸镁, 0.8 mL 1.2 mol/L L-谷氨酸钠 pH 7.0, 0.4 mL 0.06 mol/L ATP, 0.2 mL 0.7 mol/L 羟胺和 1.0 mol/L 氢氧化钠 1:1 (体积比) 混合液] 2.2 mL, 在 40℃ 下反应 30 min 后,加入反应终止液 0.8 mL (10% 三氯化铁,用 0.2 mol/L 盐酸溶液溶解的 24% 三氯乙酸,50% 盐酸,按体积比 1:1:1 混合),放置 10 min 后,测定 540 nm 处 OD 值。

### 1.3 可溶性蛋白质含量测定方法

用上述谷氨酰胺合成酶提取液提取叶片和籽粒可溶性蛋白质,在 12000 × g 下离心 15 min,上清液用考马斯亮蓝法测定可溶性蛋白质含量,以牛血清蛋白做标准曲线。

## 2 结果与分析

### 2.1 6-BA 对稻米蒸煮食味品质的影响

6-BA 对稻米直链淀粉含量、蛋白质含量、味度值以及 RVA 谱特性的影响结果分别列于表 1 和表 2。

由表 1 可见,蒸煮食味品质优良的品种富士光的味度值明显大于劣质品种东农 415,而蛋白质含量是东农 415 高于富士光,两品种的直链淀粉含量几乎相等。说明蛋白质含量

对稻米蒸煮食味品质有很大影响。与未喷 6-BA 的对照相比,6-BA 处理的供试品种味度值均略变大,而蛋白质和直链淀粉含量变化很小,说明在抽穗期喷洒 6-BA 有利于提高稻米食味品质。

由表 2 可见,富士光的最高黏度和崩解值明显大于东农 415,而消减值相反,东农 415 反而明显大于富士光。说明蒸煮食味品质优良的品种具有最高黏度和崩解值大,而消减值小的特性。与未喷 6-BA 的对照相比,在抽穗期喷洒 6-BA,供试品种的最高黏度和崩解值均增加,东农 415 增幅分别达 9.39% 和 12.84%,富士光分别达 6.66% 和 21.73%,东农 415 消减值略变大,而富士光是明显变小。说明抽穗期喷洒 6-BA 有利于提高稻米的黏滞特性,但不同品质类型和特性水稻受 6-BA 的影响程度有差异。

### 2.2 6-BA 对灌浆成熟期籽粒谷氨酰胺合成酶活性的影响

抽穗后 2 个品种谷氨酰胺合成酶活性变化趋势一致,表现为随灌浆进程籽粒谷氨酰胺合成酶活性逐渐增加,达到峰值后酶活性又逐渐下降,呈单峰曲线变化,且抽穗后 20 d 的酶活性最高(图 1)。然而,灌浆不同时期酶活性大小不同品种间表现略有差异,在本试验中灌浆前期东农 415 的酶活性高于富士光。与对照相比,在抽穗期喷洒 6-BA,灌浆成熟的各时期 2 个品种的籽粒谷氨酰胺合成酶活性均低于对照,且 2 个品种的谷氨酰胺合成酶活性也呈单峰曲线变化。这说明蛋白质含量高的品种灌浆前期籽粒谷氨酰胺合成酶活性高于蛋白质含量低的品种,而且抽穗期喷洒 6-BA 对灌浆成熟期籽粒谷氨酰胺合成酶活性有抑制作用,其抑制作用的持续时间较长。

### 2.3 6-BA 对灌浆成熟期籽粒可溶性蛋白含量的影响

由图 2 可见,籽粒蛋白质含量低的品种富士光抽穗后随着灌浆进程籽粒可溶性蛋白质含量逐渐增加,到抽穗后 35 d 达到最高,而蛋白质含量高的品种东农 415 抽穗后随着灌浆进程籽粒可溶性蛋白质含量逐渐增加,到抽穗后 30 d 达到峰值,以后又下降,呈单峰曲线。与抽穗期末喷洒 6-BA 的对照相比,抽穗期喷洒 6-BA 使供试的 2 个品种灌浆成熟期籽粒可溶性蛋白质含量略有提高,提高的幅度因品种而异。

表 1 6-BA 对稻米直链淀粉、蛋白质含量及味度值的影响

Table 1. Effects of 6-BA on the amylose content, protein content and taste meter value in rice.

品种 Variety	处理 Treatment	味度值 Taste meter value	蛋白质含量 Protein content/%	直链淀粉含量 Amylose content/%
东农 415 Dongnong 415	对照 CK	61.0	7.7	17.8
	6-BA	63.5	7.8	17.9
富士光 Fujihikari	对照 CK	73.7	6.4	17.9
	6-BA	77.0	6.3	18.0

表 2 6-BA 对稻米 RVA 谱特性的影响

Table 2. Effect of 6-BA on the RVA properties in rice.

品种 Variety	处理 Treatment	最高黏度 Peak viscosity	最低黏度 Trough viscosity	最终黏度 Final viscosity	崩解值 Breakdown	消减值 Setback	回复值 Consistency
东农 415 Dongnong 415	对照 CK	274.9	200.9	317.9	74.0	43.0	116.9
	6-BA	300.7	217.2	346.9	83.5	46.2	129.7
富士光 Fujihikari	对照 CK	337.9	212.7	340.5	125.2	2.6	127.9
	6-BA	360.4	207.9	339.0	152.4	-21.4	131.0

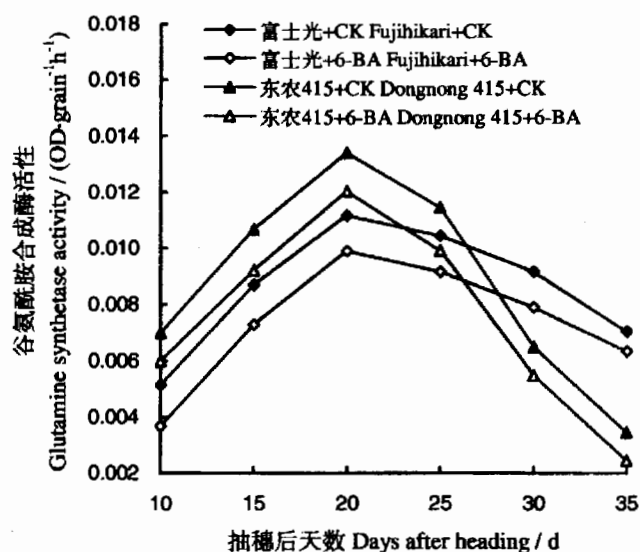


图1 6-BA对灌浆成熟期籽粒谷氨酰胺合成酶活性的影响  
Fig. 1. Effect of 6-BA on the activity of glutamine synthetase in rice grain during filling.

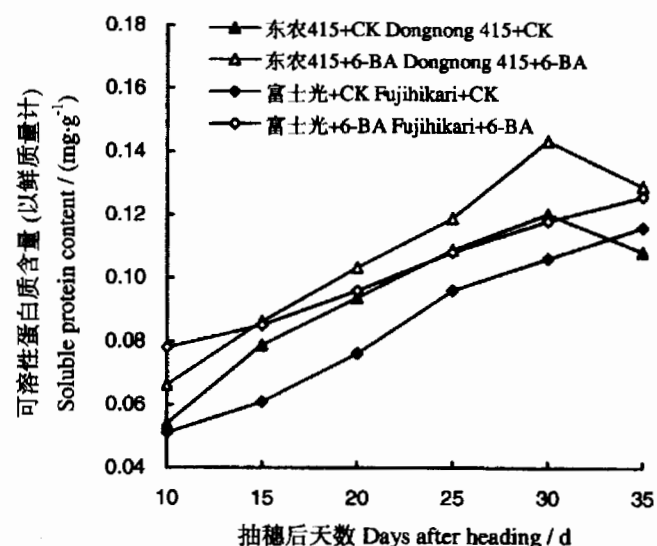


图2 6-BA对灌浆成熟期籽粒可溶性蛋白含量的影响  
Fig. 2. Effect of 6-BA on soluble protein content in rice grain during filling.

### 3 讨论

利用外源生长素类物质对稻米品质进行调控一直是水稻品质改良的重要途径之一。彭建伟等<sup>[10]</sup>利用自制的新型植物生长调节剂对水稻氮代谢和光合特性的影响试验结果表明,喷施不同浓度植物生长调节剂的水稻糙米中全氮和蛋白质含量都高于对照,说明喷施适宜浓度植物生长调节剂能显著增强水稻氮代谢的能力,从而有利于增加其籽粒全氮和蛋白质的含量。杨文钰等<sup>[11]</sup>研究结果表明,烯效唑能提高水稻灌浆成熟期籽粒的谷氨酰胺合成酶活性和蛋白质含量。

6-BA在许多作物中应用都表现出较好的延缓衰老、提高光合速率和促进物质运输的作用。6-BA对水稻生理生化代谢和产量的影响方面已有很多报道<sup>[12-14]</sup>,但对稻米品质的影响方面报道甚少。本试验结果表明,抽穗期喷洒6-BA能抑制灌浆成熟期籽粒谷氨酰胺合成酶的活性,持续时间较长,而且有利于提高稻米的蒸煮食味品质。谷氨酰胺合成酶是无机氮合成有机氮谷氨酰胺的一个关键酶,参与多种氮代谢的调节<sup>[15-17]</sup>,而且水稻抽穗后喷施6-BA可以促进弱势粒灌浆、减少空瘪粒、延缓剑叶衰老,提高剑叶光合速率及同化物输出能力<sup>[10]</sup>。因此,喷施6-BA不仅可以调控水稻灌浆成熟期籽粒氮代谢,而且可以达到提高产量和蒸煮食味品质的目的。抽穗期喷洒6-BA对稻米蛋白质含量和直链淀粉含量影响很小,但味度值、最高黏度、崩解值、可溶性蛋白含量和消减值等却有不同程度的提高或降低。所以6-BA对蒸煮食味品质的正向作用,并不是因为直链淀粉或蛋白质总含量的变化,而可能是通过直链淀粉或蛋白质的分子结构或组成比例的变化产生的,对此有待于进一步的研究。

#### 参考文献:

[1] 孙 曦. 作物营养与施肥. 北京: 农业出版社, 1990.  
[2] 金正勋, 秋太权, 孙艳丽, 等. 黑龙江省稻米蒸煮食味品质特性的品种间变异研究. 黑龙江农业科学, 2000(1): 1-4.  
[3] 吴长明, 孙传清, 会秀林, 等. 稻米品质性状与产量性状及籼

粳分化度的相互关系研究. 作物学报, 2003, 29(6): 822-828.  
[4] 沈 鹏, 罗秋香, 金正勋. 稻米蛋白质与蒸煮食味品质关系研究. 东北农业大学学报, 2003, 34(4): 378-381.  
[5] Hong Y P. Influence of fertilizer levels and cultivated region on changes of chemical components in rice grains. *RDA J Agr Sci*, 1994, 36(1): 38-51.  
[6] Kim Y S. Study on the improvement of rice quality: I. Effect of chemical composition in brown rice. *J Korean Soc Soil Sci Fert*, 1992, 25(4): 357-363.  
[7] 孙振元, 韩碧文, 刘淑兰, 等. 小麦籽粒充实期氮素的吸收和再分配及6-苄氨基嘌呤的调节作用. 植物生理学报, 1996, 22(3): 258-264.  
[8] 李顺文. 6-BA对草莓叶片衰老的调节作用. 落叶果树, 2003(5): 5-6.  
[9] 沈 鹏, 金正勋, 罗秋香, 等. 水稻灌浆过程中籽粒淀粉合成关键酶活性与蒸煮食味品质的关系. 中国水稻科学, 2006, 20(1): 58-64.  
[10] 彭建伟, 刘 强, 陈静彬, 等. 几种植物生长调节剂对水稻氮素积累与转运及贮存的影响. 湖南农业大学学报, 2003, 29(2): 99-102.  
[11] 杨文钰, 项祖芬, 任万君, 王小春. 烯效唑对水稻氮代谢及稻米蛋白质含量的影响. 中国水稻科学, 2005, 19(1): 63-67.  
[12] 吴冬云, 朱碧岩, 丁四兵, 等. 6-BA和GA对水稻后期衰老的影响. 华南师范大学学报: 自然科学版, 2003(1): 119-122.  
[13] 蔡永萍, 聂 凡, 陈静娴. 后期喷施BA和ABA对水稻灌浆生理的影响. 安徽农业大学学报, 1995, 24(1): 14-19.  
[14] 邵莉楣. 植物激素. 北京: 人民教育出版社, 1987: 91-122.  
[15] 李常健. 高等植物谷氨酰胺合成酶研究进展. 生物学杂志, 2001, 18(4): 1-3.  
[16] 韩 娜, 葛荣朝, 赵宝存, 等. 植物谷氨酰胺合成酶研究进展. 河北师范大学学报, 2004, 28(4): 407-410.  
[17] Li W H, Yan G P, Ma F M. Studies on some characteristics of nitrate reductase from sugar beet (*Beta vulgaris* L.) leaves. *J Northeast Agric Univ*, 1994, 1(1): 20-25.