

增香剂对香稻香气和生理特性的影响

段美洋[†], 黎国喜[†], 田 华, 钟克友, 唐湘如

(华南农业大学农学院, 广东 广州 510642)

摘要:以常规香稻品种桂香占为材料,采用大田试验,研究了自制增香剂对香稻糙米香气和生理特性的影响.结果表明,齐穗期喷施增香剂2能显著提高桂香占糙米的香气含量;经过增香剂处理后,桂香占籽粒的脯氨酸含量均显著高于对照;增香剂2使得齐穗后10 d总游离氨基酸含量显著提高;2种增香剂对籽粒脯氨酸氧化酶活性的影响不显著;但能显著提高齐穗后20 d籽粒的鸟氨酸转氨酶活性;喷施增香剂2还能提高齐穗后10 d桂香占籽粒的SOD活性和齐穗后20 d的POD活性.

关键词:香稻;香气;增香剂;生理特性

中图分类号:S511

文献标识码:A

文章编号:1001-411X(2009)03-0001-03

Effects of Regulators on Aroma Content and Physiological Characteristics of Aromatic Rice

DUAN Mei-yang[†], LI Guo-xi[†], TIAN Hua, ZHONG Ke-you, TANG Xiang-ru

(College of Agriculture, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China)

Abstract: The effects of regulators on aroma content in brown rice and physiological characteristics were studied in fields by using a conventional aromatic rice (Guixiangzhan) for material. The results showed that aroma content in brown rice of Guixiangzhan was significantly higher than the control by the application of regulator 2 at heading stage. The proline content of grains was significantly higher than that of the control by using regulators at heading stage. The total free amino acid was enhanced significantly by using regulator 2 at 10 d after heading. The effect of regulators on proline oxidase activity of grains was not significant, but ornithine aminotransferase activity was enhanced significantly at 20 d after heading. The superoxide dismutase (SOD) at 10 d after heading and peroxide (POD) at 20 d after heading were enhanced by spraying regulator 2.

Key words: aromatic rice; aroma; regulator; physiological characteristic

香稻香气与土壤中物质元素关系密切.对湖南“江永香米”产地土壤养分和香稻品质关系的研究发现,锌、铁、镧元素是影响香稻香味形成的重要元素^[1-3].施用氯化锌和氯化镧作基肥以及齐穗期喷施氯化锌能显著或极显著地提高香稻培杂软香和桂香占糙米的香气含量^[4].并已证实这种香气物质成分主要是2-乙酰-1-吡咯啉(简称2-AP)^[5],脯氨酸是2-AP合成的前体物质^[6-8],经脯氨酸氧化酶催

化形成吡咯啉-5-羧酸,吡咯啉-5-羧酸在吡咯啉-5-羧酸脱羧酶催化作用下经脱羧反应形成吡咯啉,吡咯啉与乙酰CoA在乙酰基转移酶作用下形成2-AP^[9-10].说明调节物质的施用对香稻香气的形成有影响.本文针对我国香稻品种地域性强、香气浓度低等缺点,根据相关研究资料和近年的香稻香气调控试验结果,从自制的10余种配方中筛选出2个较好的增香剂,以香稻桂香占为材料,研究

收稿日期:2008-10-24

作者简介:段美洋(1981—),男,助理实验师,硕士;黎国喜(1974—),男,讲师,博士;†对本文贡献相同;通讯作者:唐湘如(1964—),男,教授,博士,E-mail:tangxr@scau.edu.cn

基金项目:国家自然科学基金(30671221);高等学校博士学科点专项科研基金(4100-C08023);广东省自然科学基金(8151064201000017);广东省农业攻关重点专项(2006A20303001)

了喷施这2种增香剂对香稻香气和生理特性的影响。

1 材料与方法

以常规优质香稻品种桂香占为材料. 试验于2006年在华南农业大学农学分场进行, 采用随机区组设计. 共设3个处理, 分别为对照(清水)、增香剂1和增香剂2. 每个处理3次重复, 共9个小区, 每个小区面积为 $4\text{ m} \times 4\text{ m}$, 8 m^2 桂香占用于产量测定, 8 m^2 桂香占用于生理指标的取样分析. 水稻齐穗期按 1 m^2 喷施100 mL的水溶液处理, 并在小区的取样部分均匀标记30个长势一致、无病虫害剑叶. 水稻齐穗后10、20 d取样, 每小区取1个样品, 采用五点取样法, 每个点取已标记的2片剑叶, 剪碎混匀用于测定相关生理指标. 水稻于3月4日播种, 4月4日移栽, 移栽密度为 $20\text{ cm} \times 20\text{ cm}$, 每穴3~4本种植, 7月4日收获. 各处理其他栽培技术措施基本一致.

糙米香气的测定参照唐湘如等^[4]的方法. 各处理糙米香气的含量以其气相色谱图中27.13 min的峰高与对照相比得到的相对百分数表示, 对照的香气含量以其出峰时间27.13 min的香气物质峰高为100%表示.

游离脯氨酸含量、超氧化物歧化酶(SOD)和过氧化物酶(POD)活性的测定参照邹琦^[11]的方法; 分别在560和470 nm波长下测定SOD和POD活性, 用抑制氯化硝基四氮唑(NBT)光化还原50%表示SOD一个酶活力单位(U), 将每分钟 $D_{470\text{ nm}}$ 增加0.01表示POD一个酶活力单位(U); 脯氨酸氧化酶和鸟氨酸转氨酶的提取方法参照Shashi Madan^[12], 脯氨酸氧化酶活性的测定参照Strecker^[13]; 鸟氨酸转氨酶活性的测定参照Vogel and Kopac^[14]. 利用DPS V6.55软件进行数据分析.

2 结果与分析

2.1 增香剂对桂香占糙米香气的影响

增香剂1糙米香气2-乙酰-1-吡咯啉(2-AP)的相对百分含量为93.96%, 增香剂2糙米香气的相对百分含量为117.28%. 与喷施清水相比, 喷施增香剂2显著地增加了桂香占糙米的香气含量, 而喷施增香剂1降低了桂香占糙米的香气2-AP含量. 可见齐穗期喷施增香剂2有利于提高香稻桂香占糙米的香气2-AP含量.

2.2 增香剂对籽粒脯氨酸和总游离氨基酸含量的影响

脯氨酸含量的测定结果(表1)表明, 与对照相比, 齐穗后10 d, 增香剂1和增香剂2都显著地提高

了桂香占籽粒的游离脯氨酸含量. 齐穗后20 d, 籽粒的游离脯氨酸含量降低, 但两增香剂处理的籽粒游离脯氨酸含量仍显著高于对照. 可见, 喷施增香剂能够增加桂香占籽粒脯氨酸的含量, 且效果显著.

与对照相比, 齐穗后10 d, 增香剂2显著提高了桂香占籽粒总游离氨基酸的含量, 但增香剂1显著降低了齐穗后20 d籽粒的总游离氨基酸含量. 可见喷施增香剂2对促进齐穗后10 d桂香占籽粒的总游离氨基酸含量增加有一定作用.

表1 增香剂对籽粒游离脯氨酸和总游离氨基酸含量的影响¹⁾

Tab. 1 Effects of regulators on proline content and total free amino acid content of grains

处理	$w(\text{游离脯氨酸})/(\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1})$		$w(\text{总游离氨基酸})/(\text{g} \cdot \text{kg}^{-1})$	
	齐穗后10 d	齐穗后20 d	齐穗后10 d	齐穗后20 d
对照	19.53	3.59	8.19	7.30
增香剂1	21.39*	4.99*	8.05	5.40
增香剂2	26.62*	5.09*	11.53*	6.93

1) * 示增香剂处理与对照相比较差异达显著水平($P < 0.05$, t 测验)

2.3 增香剂对籽粒酶活性的影响

试验结果(表2)表明, 不论在齐穗后10 d, 还是齐穗后20 d, 与对照相比, 两增香剂处理对脯氨酸氧化酶活性的影响都不显著. 桂香占籽粒脯氨酸氧化酶活性较低, 并随着籽粒的成熟, 脯氨酸氧化酶活性下降.

与对照相比, 齐穗后10 d, 两增香剂处理对桂香占籽粒鸟氨酸转氨酶活性影响无显著差异; 齐穗后20 d, 鸟氨酸转氨酶活性下降, 但两增香剂处理显著高于对照. 说明齐穗期喷施增香剂能促进齐穗后20 d桂香占籽粒的鸟氨酸转氨酶活性提高.

齐穗后10 d, 经两增香剂处理的桂香占籽粒的超氧化物歧化酶(SOD)活性均显著高于对照, 其中增香剂2的SOD活性最高, 比对照高了 $45.52\text{ U} \cdot \text{g}^{-1}$, 增香剂1的SOD活性次之, 仅比对照高 $30.86\text{ U} \cdot \text{g}^{-1}$. 齐穗后20 d, 籽粒SOD活性均显著低于对照. 说明, 喷施增香剂能促进齐穗后10 d桂香占籽粒SOD活性的提高, 且增香剂2的效果比增香剂1好, 但对齐穗后20 d籽粒的SOD活性具有一定的抑制作用, 增香剂1的抑制作用最大(表2).

齐穗后10 d, 两增香剂处理的桂香占籽粒过氧化物酶(POD)活性均显著低于对照, 其中增香剂1处理的籽粒POD活性最低, 增香剂2处理次之, 仅比对照降低了 $23.93\text{ U} \cdot \text{g}^{-1}$. 齐穗后20 d, 对照籽粒的POD活性降低, 喷施增香剂处理的POD活性升高, 经增香剂2处理后的籽粒POD活性显著高于对照, 但增香剂1处理的籽粒POD活性仍显著低于对照. 说明, 喷施增香剂2有利于齐穗后20 d桂香占籽粒POD活性的增加(表2).

表2 增香剂对籽粒酶活性的影响¹⁾

Tab.2 Effects of regulators on oxidase and of grains

处理	脯氨酸氧化酶($D_{440\text{ nm}}$)		鸟氨酸转氨酶($D_{440\text{ nm}}$)		超氧化物歧化酶 SOD 活性/($\text{U} \cdot \text{g}^{-1}$)		过氧化物酶 POD 活性/($\text{U} \cdot \text{g}^{-1}$)	
	齐穗后 10 d	齐穗后 20 d	齐穗后 10 d	齐穗后 20 d	齐穗后 10 d	齐穗后 20 d	齐穗后 10 d	齐穗后 20 d
对照	0.028	0.020	0.313	0.030	123.56	263.17	283.30	217.89
增香剂 1	0.025	0.020	0.345	0.055 *	154.42 *	170.19 *	126.75 *	168.56 *
增香剂 2	0.024	0.017	0.344	0.055 *	169.08 *	227.84 *	259.37 *	484.23 *

1) * 示增香剂处理与对照相比较差异达显著水平($P < 0.05$, t 测验)

3 讨论

本试验中提高香稻桂香占香气的最优增香剂配方是增香剂 2. 齐穗期喷施增香剂 2 能够促进桂香占糙米香气 2-AP 含量的增加. 可能是因为增香剂 2 处理显著提高了齐穗后 10 和 20 d 桂香占籽粒的脯氨酸含量以及齐穗后 10 d 的总游离氨基酸含量, 而 2-AP 合成的前体物质是脯氨酸^[6-8], 即底物脯氨酸含量增加, 促进了桂香占香气物质 2-AP 的合成. 桂香占籽粒总游离氨基酸含量的增加, 有利于香稻糙米香气 2-AP 含量的增加, 可能是由于较高的总游离氨基酸中含有较多的脯氨酸. 齐穗后 10 ~ 20 d, 桂香占籽粒脯氨酸和总游离氨基酸含量下降, 经过增香剂 2 处理的脯氨酸和总游离氨基酸含量降幅最大, 说明喷施增香剂 2 不仅一定程度提高了脯氨酸和总游离氨基酸含量, 还能加快其向 2-AP 合成的转化速率.

齐穗期喷施增香剂对桂香占籽粒脯氨酸氧化酶活性的影响不显著, 可能是由于脯氨酸氧化酶活性高低主要受水稻品种影响, 而桂香占是香稻品种, 本身可能就具有较高的酶活性, 使得增香剂对它的调控作用不显著. 增香剂 2 能显著提高齐穗后 20 d 桂香占籽粒的鸟氨酸转氨酶活性, 但此酶是否能调控香气 2-AP 的形成, 有待深入研究.

SOD 和 POD 虽然与香气 2-AP 的形成没有直接的关系, 但能延缓植物衰老, 使植物维持正常的生长和发育. 增香剂 2 能显著提高齐穗后 10 d 桂香占籽粒 SOD 活性和齐穗后 20 d 的 POD 活性, 是否在一定程度上延缓桂香占衰老, 从而延长籽粒中脯氨酸的合成或叶片中的脯氨酸和总游离氨基酸向籽粒中转运时间, 使得底物最大化地用于香气 2-AP 的合成, 同时延长底物向香气 2-AP 的转化时间, 促使香气 2-AP 的含量增多, 香味变浓, 有待进一步研究.

参考文献:

[1] 黄淑贞. 湖南香稻产地土壤特性与稻米品质的关系[J]. 湖南农业科学, 1990(4): 37-40.
[2] 胡树林, 黄启为, 徐庆国. 香米品质与微量元素含量特征关系的研究[J]. 作物学报, 2001(4): 12-15.

[3] 胡树林, 黄启为, 徐庆国. 不同产地香米微量元素含量差异及吸收富集特征研究[J]. 作物研究, 2002, 16(1): 14-16.
[4] 唐湘如, 吴密. 施用锌、铁、镧肥对香稻糙米香气和剑叶脯氨酸含量的影响[J]. 杂交水稻, 2006, 21(6): 69-72.
[5] BUTTERY R G, LING L C, JULIANO B O, et al. Cooked rice aroma and 2-acetyl-1-pyrroline[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 1983, 31(4): 823-826.
[6] LEO J R, CRAIG A M, AURIE S P, et al. Formation of 2-acetyl-1-pyrroline by several *Bacillus cereus* strains isolated from cocoa fermentatioboxes [J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 1995, 43(2): 469-475.
[7] THIMMARAJU R, BHAGYALAKSHMI N, NARAYAN M, et al. *In vitro* culture of *Pandanus amaryllifolius* and enhancement of 2-acetyl-1-pyrroline, the major flavouring compound of aromatic rice, by precursor feeding of L-proline[J]. Journal of the Science of Food and Agriculture, 2005, 85(15): 2527-2534.
[8] TADASHI Y, NGUYEN T, HIDEO I. Precursors of 2-acetyl-1-pyrroline, potent flavor compound of an aromatic rice variety[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2002, 50(7): 2001-2004.
[9] GIOVANNI M C, MANDY J C, ROBERT J H, et al. Identification of microsatellite markers for fragrance in rice by analysis of the rice genome sequence[J]. Molecular Breeding, 2002, 9(4): 245-250.
[10] 汪沛洪. 植物生物化学[M]. 北京: 中国农业出版社, 1995: 201-253.
[11] 邹琦. 植物生理生化实验指导[M]. 北京: 中国农业出版社, 2000: 96-100.
[12] SHASHI M, NAINAWATEE H S, JAIN R K, et al. Praline and praline metabolising enzymes in *in-vitro* selected NaCl-tolerant *Brassica juncea* L. under salt stress[J]. Annals of Botany, 1995, 76(1): 51-57.
[13] STRECKER H J. Preparation of animal proline oxidase (rat liver) and its use for the preparation of Δ^1 -pyrroline-5-carboxylate[M] // TABOR H, TABOR C W. Methods in Enzymology. New York: Academic Press, 1971: 251-252.
[14] VOGEL R H, KOPAC M J. Some properties of ornithine a-transaminase from *neurospora*[J]. Biochemical Biophysica Acta, 1960, 37: 539-540.

【责任编辑 周志红】