

水稻香味研究现状

于艳敏¹,王永华²

(1. 黑龙江省农业科学院 五常水稻研究所,黑龙江 五常 150229;2. 黑龙江省国营渔场管理指导站,黑龙江 哈尔滨 150010)

摘要:香味是水稻的重要品质性状之一。介绍了水稻香味的化学成分、基因定位及香味影响因素等方面的研究现状,并对其育种研究和应用加以展望。

关键词:水稻;香味;2-乙酰基-1-吡咯啉

中图分类号:S511

文献标识码:A

文章编号:1002-2767(2010)08-0115-03

香味是水稻食味品质的重要指标,世界上早已将稻米香味作为一项重要的品质指标,香米(*Oryza sativa* L.)营养品质高,富含高纤维、维生素、氨基酸、蛋白质和矿物质等,营养价值高于普通稻米,蒸煮后香味扑鼻,深受广大消费者的喜爱,也越来越引起广大育种工作者的重视。香米不仅食用价值高,而且具有很高的经济价值,我国水稻总产量居世界第一,但香稻出口寥寥无几,因此加强香稻育种与栽培技术研究,不断扩大香稻面积,满足国内外市场日益增长的需要,提升中国香米生产水平和出口竞争水平,已成为当今水稻研究工作的一项重要任务。

1 水稻香味的化学成分

稻米香气按散发的气味可分为爆米花香型、紫罗兰香型、茉莉花香型、葛苗笋香型、山核桃香型、巴斯马蒂香型、烤面包香型和香锅巴香型等。世界上各水稻生产国或地区几乎都有香稻种植,主要分布在印度、巴基斯坦、孟加拉国、阿富汗、伊朗、美国和中国^[1]。

香稻挥发性成分的研究始于20世纪80年代。Yajima等^[2]人经过深入细致的研究,鉴定出香米中含有114种挥发性化合物。Buttery等^[3]人报道,2-乙酰基-1-吡咯啉(2-acetyl-1-pyrroline, 2AP)是对香米的香味起主要作用的成分,并证实2AP浓度的差异是品种间香味强弱不同的主要

原因。Paule C M等^[4]进一步证实了2AP是香米主要特征气味物质。Mahatheeranont等^[5]研究表明,在水稻中存在140多种挥发性物质,包括2AP在内的70多种成分是水稻香味的主要组成成分^[6],但也有学者认为4-乙烯基苯酚、己醇、己醛和 α -吡咯烷酮也是香味的重要成分^[7]。

总之,香米的香味与多种挥发性化合物有关,其中2AP是稻米香气的主要成分,一般认为,香米的香气在品种间的差异,主要取决于各种化合物种类与数量比例的不同。

2 水稻香味基因定位

1992年Ahn等^[8]首先利用限制性片段长度多态性(restriction fragment length polymorphism, RFLP)标记将控制香味的隐性基因定位在第8染色体上。近年来国内外研究已证实控制甜菜碱醛脱氢酶(betaine aldehyde dehydrogenase, BADH2)的基因*Badh2*与2AP合成有关。随着分子生物学的发展,水稻香味基因(fragrance gene in rice, *fgr*)的研究也取得了较大的进展,控制水稻香味的一个基因已被克隆。我国学者通过RNAi(RNA interference)技术抑制*Badh2*表达后导致2AP含量明显增加^[9]。水稻中完整的*Badh2*基因(1 509 bp)编码503个氨基酸的BADH2蛋白具很高的甜菜碱醛脱氢酶活性,催化甜菜碱醛(betaine aldehyde, BA)生成甜菜碱(glycinebetaine, GB),在香稻中由于基因内部核苷酸的变异在*Badh2*的编码区第7外显子出现了8 bp的缺失,结果导致翻译提前终止,产生无功能截断的BADH2蛋白,从而导致了香味主要

收稿日期:2010-04-26

第一作者简介:于艳敏(1981-),女,黑龙江省海林市人,硕士,助理研究员,从事水稻育种研究。E-mail: yanmin512@163.com。

化合物 2AP 的积累^[10]。Chen 等^[11]认为 BADH2 在细胞质中催化甜菜碱、 γ -氨基丁醛(γ -Aminobutyraldehyde, GABald)和 3-氨基丙醛(3-aminopropionaldehyde, A-Pald)等的氧化反应,而 GABald 很可能是 2AP 生物合成的前体。

甜菜碱是一种渗透调节剂,在盐碱和干旱的胁迫下,植物体内迅速积累甜菜碱等小分子化合物以维持细胞内外的渗透平衡,使得植物在各种胁迫作用下正常生长。而在水稻中 *Badh2* 基因编码的 BADH2 蛋白具有很高的甜菜碱醛脱氢酶活性,因此该基因可能与非香稻的渗透压调节相关。Timothy 等^[12]研究发现离体条件下,与催化 BA 相比 BADH2 具有更强的催化 GABald 生成 γ -氨基丁酸(γ -amino butyric acid, GABA)活性,从而抑制了 2AP 的合成,GABA 在植物抵抗非生物逆境中具有重要的作用。

3 水稻香味的影响因素

水稻香味受到多种因素影响。孙树侠等^[13]研究表明,土壤中丰富的有机质、全氮含量、速效氮、速效钾是香稻香味表达的基础,在高氮、 Zn^{2+} 含量高的地块种植的香稻香味较浓,微量元素对水稻风味品质也很重要。胡树林等^[14]研究也表明,香稻对土壤中的 Zn^{2+} 含量水平要求较高。黄淑贞^[15]研究了湖南香稻产地土壤特性,结果表明香稻产地土壤的有机质、全氮、碱解氮、全磷、速效磷都明显高于非产地,另外香稻产地土壤中铁、锰、锌、铜等微量元素的含量均较非产地高。因此,认为氮是组成香味化学物质 2-乙酰-1-吡咯啉的基本营养元素,锌是酶的组成成分,增施锌肥可以提高产量,同时也可以改进水稻的风味。

环境温度不仅影响稻米品质性状,也会影响香味。一般来说,在高温条件下成熟的稻谷香味会减弱,反之,在较低温度下成熟香味就较浓^[16]。香稻在生长过程中,成熟时期的低温和土壤水分少条件下有利于香稻快速形成香气化合物,储藏过程中低温有利于香气的保持,储藏温度高会降低香米特有的香气,高温环境下酶的活性增强,导致脂肪氧化酸败和蛋白质变性,影响稻米品质^[17]。

Takashi 等^[18]挥发性化合物的总含量随出米

率的降低而递减。Buttery 等^[19]的测定结果亦表明,糙米中的 2-乙酰-1-吡咯啉浓度比精米高的多。由此可以断定,稻米的外表层对于米饭香味的形成起着很大的作用。

此外,稻米香味还受灌溉用水、稻米成熟度、收获时期、干燥温度以及贮藏时间等诸多因素的影响。

4 展望

随着经济的发展和人们生活水平的提高,香稻的生产和消费量逐渐上升,国内外市场对优质香米的需求量日益增加,因此抓住机遇开发香稻生产,对提高我国稻米在国际稻米市场的竞争力,推进我国水稻产业化,增加农民经济收入具有重要意义。我国是水稻生产大国,香米的资源也十分丰富,但香米出口几乎为零,这对水稻育种和栽培科研人员也提出了新的挑战。

世界各水稻种植国家对香稻的育种和利用都很重视,香稻品种 Basmati 370、KDML105、Jasmine 85、Della 等是目前世界上盛销的香稻品种^[20]。我国的香稻育种始于 20 世纪 80 年代初,经过水稻育种家的一些努力,通过系统育种、杂交育种、诱变育种和杂交香稻育种等方法,已经培育出很多香稻品种。如经系统选育的 80-65、80-66、早香 17、香早占、91-58、万里香、桂香 2 号。利用杂交育种培育的中香 1 号、湘晚籼 5 号、湘晚籼 9 号、农香 16、粤香占、回香、香梗 203、上农香梗、广陵香梗、鲁香梗 1 号、紫宝香糯 1 号^[21],以及五优稻 4 号、绿香稻 4 号、香满园、松香 1 号、龙香稻 1 号、绥梗 4 号等优质香稻品种。采用诱变技术成功培育出了紫香糯 861、香梗 832、申香梗 4 号、粤航 1 号、中香 1 号等香稻品种。四川省各水稻研究单位在杂交香稻育种方面取得了多项成果,先后育成了一系列香稻品种,如香优 1 号、香优 2 号、川香 8 号、吉香 3 号、宜香 10 号、宜香 157、泰香 5 号、中浙优 1 号等,以及江苏省的香梗 111、武香梗 1 号、武香梗 14 号、银香 18、新香优 77、新香优 80 等^[22]。

既要积极开展对现有香稻种质资源的鉴定,又要充分挖掘新的香稻基因资源,以求拓宽香稻育种的遗传背景。生态条件与栽培措施等对稻米

香味的影响已取得一定进展,但具体作用机理尚不明确。21 世纪生物技术得到深入发展和广泛应用,将分子标记辅助育种与常规育种方法有机地结合起来,加强香味基因定位、分子标记、香稻种质资源鉴定、香味遗传分析与检测等方面的研究,对于准确有效地选育高产优质香稻新品种具有重要现实意义。

参考文献:

- [1] 谢黎虹,段斌伍,孙成效. 香稻的渊源、香味及遗传[J]. 世界农业,2003(11):49-50.
- [2] Yajima I, Yani T, Nakamura M, et al. Components of cooked rice kaorimai (scented rice, *O. sativa japonica*) [J]. Agric Biol Chem, 1979, 43(12):2424-2429.
- [3] Buttery R G, Ling L C, Juliano B G, et al. Cooked rice aroma and 2-acetyl-1-pyrroline [J]. Agric. Food Chem., 1983, 31: 823-826.
- [4] Paule C M, Powers J J. Sensory and chemical examination aromatic and nonaromatic rices [J]. Food Sci., 1989, 54:343-346.
- [5] Mahatheeranont S, Keawsa-ard S, Dumri K. Quantification of the rice aroma compound, 2-Acetyl-1-pyrroline, in uncooked Khao Dawk Mali 105 brown rice [J]. Agric Food Chem., 2001, 49:773-779.
- [6] 林光. 香稻的发展现状与研究进展[J]. 中国农学通报, 2009, 25(8):164-167.
- [7] 谢新华,肖昕,李小方,等. 水稻香味的研究进展[J]. 中国农学通报, 2004, 20(1):57-59.
- [8] Ahn S N, Bollich C N, Tanksely S D. RFLP tagging of a gene for aroma in rice [J]. Theor Appl Genet, 1992, 84(7): 825-828.
- [9] Niu X, Tang W, Huang W, et al. RNAi-directed downregulation of OsBADH2 results in aroma (2-acetyl-1-pyrroline) production in rice (*Oryza sativa* L.) [J]. Plant Biol., 2008, 8:100.
- [10] 唐傲邵,高能,胡培松. 水稻香味基因的研究进展[J]. 中国稻米, 2009(4):1-4.
- [11] Chen S H, Yang Y, Shi W, et al. Badh2, encoding betaine aldehyde dehydrogenase, inhibits the biosynthesis of 2-acetyl-1-pyrroline, a major component in rice fragrance [J]. Plant Cell, 2008, 20(7):1850-1861.
- [12] Timothy Liam Fitzgerald, Daniel Lex Ean Waters, Lyndon Owen Brooks, et al. Fragrance in rice (*Oryza sativa*) is associated with reduced yield under salt treatment [J]. Environmental and Experimental Botany, 2010, 68(3):292-300.
- [13] 孙树侠,刘书诚. 水稻的香味及氮、锌肥对香味效应的研究[J]. 作物学报, 1991, 17(6):430-435.
- [14] 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.
- [15] 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.
- [16] Sugunya Wongporncha, i Kanchana Dumr, i Sakda Jongkaew-wattana, et al. Effects of drying methods and storage time on the aroma and milling quality of rice [J]. Food Chemistry, 2004, 87:407-414.
- [17] 田华,段美洋,黎国喜,等. 香稻香气的研究进展[J]. 种子, 2008, 27(7):51-53.
- [18] Takashi Tsuguz, Tadao Kurata, Hiromichi Kato. Volatile components after cooking rice milled to different degree [J]. Agric Biol Chem, 1980, 44(1):835-840.
- [19] Buttery R G, Juliano B O, Ling L C. Identification of rice aroma compound 2-acetyl-1-pyrroline in Pandan leaves [J]. Chem, 1983:478.
- [20] 张羽. 水稻香味的研究与应用[J]. 安徽农业科学, 2008, 36(33):14471-14473.
- [21] 游晴如,黄庭旭. 稻米香味的研究与育种利用[J]. 福建稻麦科技, 2002, 20(3):30-33.
- [22] 赵志鹏. 香稻研究进展[J]. 上海农业学报, 2009, 25(2): 110-114.

Current Research Situation on Fragrance of Rice

YU Yan-min¹, WANG Yong-hua²

(1. Wuchang Rice Institute of Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Wuchang, Heilongjiang 150229; 2. Management and Direction Station of Heilongjiang State-owned Fishery, Harbin, Heilongjiang 150010)

Abstract: Fragrance is one of the most important quality traits of rice. In this paper the current research situation on fragrant chemical composition of rice, gene mapping and influencing factors on fragrance were introduced. Prospect for breeding research and application was summarized.

Key words: rice; fragrance; 2-acetyl-1-pyrroline