



何秀英, 程永盛, 刘志霞, 等. 国标优质籼稻的稻米品质与淀粉 RVA 谱特征研究[J]. 华南农业大学学报, 2015, 36(3): 37-44.

国标优质籼稻的稻米品质与淀粉 RVA 谱特征研究

何秀英, 程永盛, 刘志霞, 陈钊明, 刘 维, 卢东柏, 陈粤汉, 廖耀平
(广东省农业科学院 水稻研究所/广东省水稻育种新技术重点实验室, 广东 广州 510640)

摘要:【目的】了解国标优质籼稻的米质特点.【方法】以广东省最近育成的水稻品种粤晶丝苗 2 号等为研究材料, 对稻米碾磨品质、外观品质、蒸煮食味品质、营养品质和淀粉 RVA 谱进行了测定和相关分析.【结果和结论】国标优质籼稻具有整精米率较高、粒型窄长、腹心白少、透明度好、直链淀粉含量适中和长胶稠度等优点;蛋白质含量品种间差异不大,脂肪酸含量品种间的差异较大,粤秀占、巴太香 1 号、粤晶丝苗 2 号的脂肪酸含量较高;国标优质籼稻的 RVA 谱具有高崩解值、低消减值的特点,食味品质优于非国标优质籼稻,其中粤晶丝苗 2 号的崩解值和消减值符合公认的优质食味指标值,是一个食味品质优良的籼稻品种.直链淀粉、胶稠度与 RVA 谱的冷胶黏度、崩解值和消减值密切相关,在水稻品质育种中增加 RVA 谱测定,尤其是将直链淀粉、胶稠度的选择与崩解值、碱消值分析相结合,可有效地提高水稻食味品质选择的准确性.

关键词:籼稻; 优质稻; 米质; RVA 谱特征值
中图分类号:S330 **文献标志码:**A **文章编号:**1001-411X(2015)03-0037-08

Studies on the rice quality and starch RVA profile characteristics of *indica* rice varieties with national high-quality

HE Xiuying, CHENG Yongsheng, LIU Zhixia, CHEN Zhaoming,
LIU Wei, LU Dongbo, CHEN Yuehan, LIAO Yaoping
(Rice Research Institute, Guangdong Academy of Agricultural Sciences/
Guangdong Key Laboratory of Rice Breeding and New Technology, Guangzhou 510640, China)

Abstract:【Objective】To understand the grain characteristics of *indica* rice varieties with national high-quality. 【Method】Yuejingsimiao2 and other rice varieties were employed to study the grain qualities, including the milling quality, appearance quality, cooking quality, nutritional quality and starch RVA profile. 【Result and conclusion】The *indica* rice varieties with national high-quality had advantages of high head rice, narrow grain shape, little white-belly, good transparency, moderate amylose content and long gel consistency. The difference of protein content was not obvious among these *indica* rice varieties with national high-quality, but the difference of fatty acid content was obvious. The rice varieties of Yuexi-uzhan, Bataixiang1 and Yuejingsimiao2 had higher fatty acid contents. In general, the RVA profiles of *indica* rice varieties with national high-quality had higher breakdown and lower setback values, and their eating qualities were better than those of *indica* rice varieties with non-national quality. The breakdown and setback values of Yuejingsimiao2, which was an *indica* rice variety with good eating quality, met the recognized indicators of good eating quality. The amylose content and gel consistency were positively correlated with cool paste viscosity, breakdown and setback values. A RVA profile analysis, particularly

收稿日期:2014-03-13 优先出版时间:2015-04-14
优先出版网址:<http://www.cnki.net/kcms/detail/44.1110.s.20150414.0926.004.html>
作者简介:何秀英(1974—),女,副研究员,在职博士研究生,E-mail:xyhe@163.com;通信作者:廖耀平(1956—),男,研究员,E-mail:13922755060@139.com
基金项目:广东省自然科学基金(10151064001000008,S2013010012850);国家自然科学基金(31471175)

combined the selecting of amylose content and gel consistency with the analysis of breakdown and setback values, is helpful to improve the accuracy and efficiency in rice quality breeding.

Key words: *indica* rice; high-quality rice; grain quality; RVA profile characteristic value

稻米品质是稻米在商品流通中所必需具有的基本特征,食用稻米作为商品需具有透明好看、易加工、好吃等基本特点,因此,在稻米品质各项指标中,整精米率、垩白及与食味相关的理化性状显得尤为重要^[1-2]. 目前,国内外对米质评价的指标基本相同,一般是从碾磨品质、外观品质、蒸煮食味品质以及营养品质等 4 个方面进行^[3]. 稻米的蒸煮食味品质通常是以直链淀粉、胶稠度、糊化温度等理化指标来间接反映的^[4]. 其中,直链淀粉含量一直被认为是决定米饭食味品质的最重要因子,但近年来越来越多的研究发现,直链淀粉对米饭的适口性并非起决定性作用,直链淀粉含量相近的品种之间米饭质地表现出明显的差异^[1,5].

淀粉是稻米的主要成分,约占其化学成分的 80%,淀粉特性直接影响稻米的蒸煮食味品质^[6]. 淀粉黏滞性谱是指淀粉在加热、高温和冷却过程中黏度随温度变化而形成的曲线,由于在 Rapid viscosity-analyser 仪上测定,故简称 RVA 谱^[7]. 研究表明,稻米淀粉 RVA 谱特征值与稻米蒸煮品质及食味品质有密切关系,特别是崩解值、碱消值、回复值等特征值能较好地反映稻米蒸煮食味品质的优劣^[8-9]. 直链淀粉含量越高的品种,崩解值越小,而冷胶黏度、回复值和消减值越大^[10-11]. 稻米淀粉 RVA 谱特征值能较好地地区分表现直链淀粉含量相似的水稻品种蒸煮食味品质的差异^[12]. 与稻米其他理化指标相比,淀粉 RVA 谱特征值更能准确地反映稻米的蒸煮食味品质. 美国、澳大利亚、日本等国家均把稻米淀粉 RVA 谱特征值作为其蒸煮、食用和加工的重要指标之一^[13-14]. 近年来,我国学者已陆续开展了稻米淀粉 RVA 谱特征值与品质性状的相关性^[15-16]、品种间 RVA 谱特性差异及温度效应^[17]、RVA 谱特性遗传和 QTL 定位^[18-19]、以及杂种优势分析^[6]等方面的研究. 由于 RVA 谱的操作简单、重复性好、样品需要量少,因此,在稻米的蒸煮与食用品质评价以及优质水稻品种的选育中具有重要的应用价值^[20-21].

广东省长期以来都非常重视稻米品质的选育和提升,优质稻育种一直走在全国前列^[22]. 粤晶丝苗 2 号、粤秀占、矮籼占、金航丝苗、华航丝苗等都是广东

<http://xuebao.scau.edu.cn>

省近年育成和推广应用的国标优质籼稻品种^[23-27],其中粤秀占、矮籼占、金航丝苗、华航丝苗的米质达国标优质 1 级,粤晶丝苗 2 号米质达国标优质 2 级. 粤晶丝苗 2 号是当前农业部、广东省的主导品种和广东省的区试对照种,高抗稻瘟病,在广东省年种植最大面积达 11.26 万 hm²,约占广东省常规水稻种植面积的 12.80%. 粤香占、桂农占、特青 2 号是国家优质稻谷新标准在广东实施前较早期育成的高产优质品种^[28-30],其中粤香占、桂农占米质分别为广东省外观一、二级,都曾先后在广东等华南稻区大面积推广种植,对华南稻区水稻产量和米质的提升发挥过重要的作用. 关于国标优质籼稻稻米品质特性和淀粉 RVA 谱特征值的相关研究目前鲜见报道. 为了进一步提升国标优质稻的食味品质,本研究以广东省国标优质籼稻品种(品系)为研究材料,以米质未达国标优质的品种为对照,通过分析它们的碾磨品质、外观品质、蒸煮食味品质、营养品质及稻米淀粉 RVA 谱特征值等,阐明国标优质籼稻的品质特点,以期为优质食味水稻新品种的选育提供理论依据.

1 材料与方法

1.1 材料

选取米质达国标优质 2 级的水稻品种粤晶丝苗 2 号和米质达国标优质 1 级的水稻品种(品系)粤秀占、矮籼占、金航丝苗、华航丝苗、巴太香 1 号为试验材料,同时,选取非国标优质品种粤香占(CK1)、桂农占(CK2)、特青 2 号(CK3)为对照(表 1). 根据广东省稻米外观品质标准^[31],粤香占为外观 1 级,桂农占为外观 2 级,特青 2 号为非优质. 试验材料于 2008 年晚季在相同条件下种植于广东省农业科学院大丰试验基地,成熟后收获,贮藏 3 个月,测定稻米品质和淀粉 RVA 谱特征值.

1.2 稻米品质的测定

1.2.1 碾磨品质 碾磨品质反映稻米的加工特性,主要由糙米率、精米率及整精米率 3 个指标来评定. 称取 100 g 稻谷,脱壳后称糙米质量,计算糙米率;精碾后称质量,计算精米率;称取精米 20 g,挑出整精米,计算整精米率.

1.2.2 外观品质、蒸煮食用品质 外观品质包括粒长、粒型、胚乳垩白及透明度等,蒸煮食用品质主要由直链淀粉、胶稠度和糊化温度3个性状来衡量.随机取整精米20粒,排成一直线,首尾紧密相连测粒长,两侧紧密相连测粒宽,粒长/粒宽即为粒型.依据国家标准 GB/T 17891-1999《优质稻谷》标准^[32]测定垩白粒率、垩白度、直链淀粉含量和胶稠度等品质指标.依据农业部颁标准 NY 122-86^[33]测定透明度和糊化温度,糊化温度以碱消值表示.

1.2.3 蛋白质和脂肪酸含量的测定 委托农业部稻米及制品质量监督检测中心,根据 NY/T 3-1982^[34]测定试验材料糙米的蛋白质含量,根据 GB/T 5510-1985^[35]测定试验材料糙米的脂肪酸含量,脂肪酸含量以中和 100 g 试样中游离脂肪酸所需氢氧化钾质量(mg)表示.

1.3 稻米淀粉黏滞性的测定

采用澳大利亚 Newport scientific 仪器公司生产的 3-D 型 RVA 快速测定稻米淀粉 RVA 谱.按照 AACC(美国谷物化学家协会)操作规程,采用 TCW (Thermal cycle for windows) 配套软件进行分析^[36].含水量(w)为 14.0% 时,样品量为 3.00 g,蒸馏水 25.00 mL.黏滞性值单位用 RVU (Rapid visco units) 表示.黏度开始增加时的温度为起浆温度 (Pasting temperature).随着温度的变化和仪器旋转的剪切作用,米粉在水中的黏度发生变化,由此产生最高黏度 (Peak viscosity)、热浆黏度 (Hot past viscosity) 和冷胶黏度 (Cool paste viscosity),由这 3 个基本黏度产生崩解值 (Breakdown)、碱消值 (Setback) 和回复值 (Consistence) 3 个二级数据.同时记录峰值时间 (Peak time),即最高黏度出现所需的时间.

1.4 数据分析

采用 Excel 2003、SPSS 16.0 软件进行数据处理.

2 结果与分析

2.1 国标优质籼稻的碾磨、外观和蒸煮品质性状

对参试品种的碾磨品质、外观品质和蒸煮品质进行了测定,结果见表 1.对于碾磨品质,粤晶丝苗 2 号等国标优质籼稻品种的糙米率、精米率和整精米率平均值分别为 81.6%、73.0% 和 68.7%,与非国优对照品种粤香占、桂农占、特青 2 号基本一致,都比较高.对于外观品质,国标优质籼稻的粒型较窄长,

长/宽比平均为 3.3,垩白粒率和垩白度较小,平均只有 4.0% 和 0.5%,透明度好,平均为 1.8 级.而非国优对照品种除桂农占外,粤香占、特青 2 号的粒型较短圆,长/宽比分别为 2.86 和 2.04,垩白粒率较高,变幅为 15%~100%、透明度较差,为 3~4 级.在粒型、透明度的平均值上,国标优质稻与非国优对照的差异达显著和极显著水平.对于蒸煮品质,国标优质稻的直链淀粉含量(w)适中,变幅为 16.1%~19.6%,远低于对照 25.7%~27.3%,胶稠度为长胶,变幅为 76.0~80.0 mm,远高于对照 35.0 mm.在直链淀粉、胶稠度的平均值上,国标优质稻与非国优对照的差异达极显著.糊化温度以碱消值表示,国标优质籼稻平均为 5.5 级,与非国优对照差别不大.由此可见,粤晶丝苗 2 号等国标优质籼稻的稻米品质具有整精米率较高,粒型窄长,腹心白少,透明度好,直链淀粉含量适中和长胶稠度等优点.

2.2 国标优质籼稻的蛋白质和脂肪酸含量

稻米中含有一定比例的蛋白质和脂肪,它们与营养、米饭的光泽和适口性有关.本研究对粤晶丝苗 2 号等国标优质籼稻和对照的脂肪酸和总蛋白质含量进行了测定,结果见表 1.总蛋白质含量参试品种间差异不大,粤晶丝苗 2 号等国标优质籼稻的蛋白质含量(w)平均为 12.0%,低于对照品种粤香占 (CK₁) 的蛋白质含量($w=13.8%$).国标优质籼稻脂肪酸测定值品种间差异较大,变幅为 76.0~244.0 mg·kg⁻¹,平均值为 158.0 mg·kg⁻¹.粤秀占、巴太香 1 号的脂肪酸含量最高,分别为 200.0 和 244.0 mg·kg⁻¹;其次为粤晶丝苗 2 号,其脂肪酸含量为 166.0 mg·kg⁻¹;而矮籼占和对照品种粤香占的脂肪酸含量较低,分别为 76.0 和 85.0 mg·kg⁻¹.脂肪酸含量在一定程度上能显著地改善稻米食味品质.脂肪酸含量较高的国优籼稻品种如粤秀占、巴太香 1 号、粤晶丝苗 2 号等米粒外观油分足,米饭油亮、较滑、适口性好.

2.3 国标优质籼稻的 RVA 谱特征值

RVA 谱特征值的最高黏度、热浆黏度、冷胶黏度这 3 个基本指标可以反映淀粉 RVA 谱的基本特征.图 1 是粤晶丝苗 2 号等 6 个国标优质籼稻品种与 3 个对照品种粤香占、桂农占、特青 2 号的稻米淀粉 RVA 谱.从图 1 可以看到,所有测试的国标优质籼稻品种及对照的黏度均随温度的变化呈有规律的“上升(达最高黏度)、下降(达热浆黏度)、再上升(达冷胶黏度)”过程,形成典型的 RVA 谱.

表 1 国标优质籼稻和对照的稻米品质及蛋白质、脂肪酸含量¹⁾

Tab.1 The grain qualities and contents of protein and fatty acid of *indica* rice varieties with national high-quality and control varieties

品种	碾磨品质			外观品质				蒸煮品质			营养品质	
	糙米率/%	精米率/%	整精米率/%	粒型	垩白粒率/%	垩白度/%	透明度	直链淀粉/%	胶稠度/mm	碱消值	w(蛋白质)/%	脂肪酸/(mg·kg ⁻¹)
粤晶丝苗2号	81.3	73.6	69.4	3.4	4.0	0.2	2.0	16.1	76.0	5.0	12.0	166.0
粤秀占	81.4	72.0	68.2	3.4	4.0	0.2	1.0	17.0	80.0	6.0	12.6	200.0
矮籼占	80.2	72.8	63.6	3.1	7.0	0.7	2.0	19.6	77.0	6.2	12.5	76.0
金航丝苗	82.7	73.8	70.7	3.4	4.0	0.8	2.0	17.5	76.0	5.0	12.2	154.0
华航丝苗	82.4	73.7	69.8	3.4	1.0	0.4	2.0	17.8	78.0	5.0	11.4	107.0
巴太香1号	81.7	72.2	70.2	3.4	4.0	0.9	2.0	17.3	79.0	6.0	11.5	244.0
平均值	81.6	73.0	68.7	3.3 *	4.0	0.5	1.8 **	17.5 **	77.7 **	5.5	12.0	158.0
变异系数/%	1.09	1.09	3.81	3.24	47.43	61.54	22.68	6.64	2.10.0	10.71	4.17	385.7
粤香占(CK1)	79.9	72.3	69.1	2.9	15.0	3.3	3.0	25.7	35.0	6.7	13.8	85.0
桂农占(CK2)	80.4	72.8	63.4	3.2	10.0	1.5	3.0	26.1	35.0	6.0	11.5	147.0
特青2号(CK3)	80.8	73.0	69.2	2.0	100.0	13.1	4.0	27.3	35.0	4.3	11.1	175.0
平均值	80.4	72.7	67.2	2.7	41.7	6.0	3.3	26.4	35.0	5.7	12.1	13.6

1) “*”和“**”分别代表同列数据国标优质籼稻与非国标对照的平均值在0.05和0.01水平上差异显著。

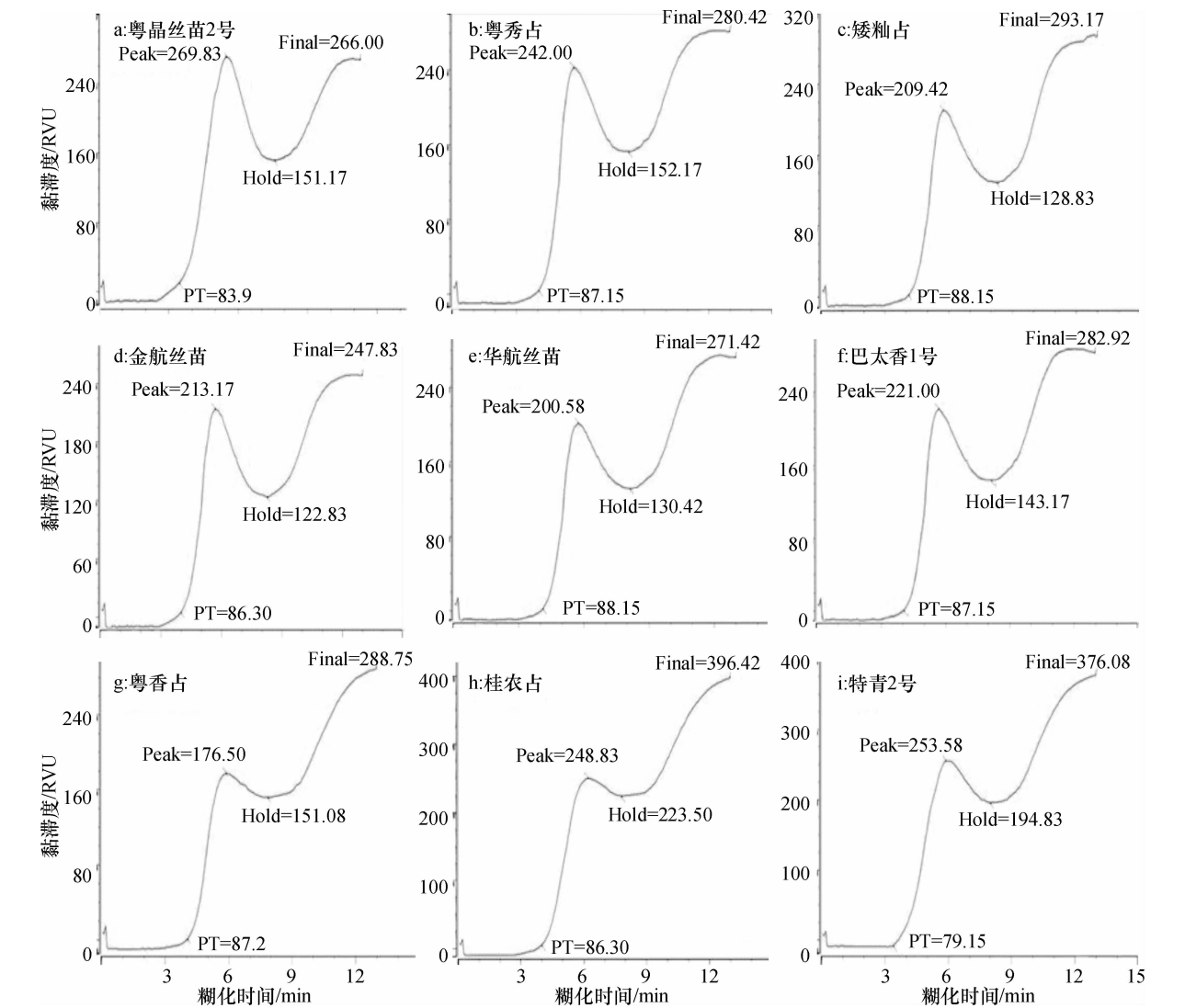


图 1 国标优质籼稻及对照的稻米淀粉 RVA 谱

Fig.1 RVA profiles of *indica* rice varieties with national high-quality and control varieties

表2的结果表明,国标优质稻品种最高黏度、热浆黏度和冷胶黏度的平均值分别为226.0、138.1和273.6 RVU,变幅均含有对照品种值,国标优质稻起浆温度和峰值时间的平均值为86.8℃和5.8 min,且品种间的变异系数很小,分别为1.82%和2.75%,变幅也均含有对照品种值. 国标优质稻品种崩解值、消减值和回复值的平均值分别为87.9、47.6和135.5 RVU,变异系数大小依次为:消减值>崩解值>回复值. 国标优质品种崩解值明显高于对照,前者变幅为70.2~118.7 RVU、后者为25.3~58.8 RVU,两者间的平均值差异达极显著;国标优质品种消减值明显低于对照,前者变幅为-3.8~83.8 RVU,后者为112.3~147.6 RVU,两者间的平均值差异达极显著;回复值的变幅国标优质品种与对照差异不大. 对于变异系数较大的消

减值和崩解值进行品种间比较发现:粵晶丝苗2号的消减值为-3.8 RVU,低于其他国标优质品种;崩解值为118.7 RVU,高于其他国标优质品种;其次是金航丝苗(消减值34.7 RVU,崩解值90.3 RVU)、粵秀占(消减值38.4 RVU,崩解值89.8 RVU).
可见,对于稻米淀粉 RVA 谱特征值,国标优质籼稻品种与非国标优质对照品种在最高黏度、热浆黏度、冷胶黏度、回复值、起浆温度、峰值时间上差异不大,但在崩解值和消减值上差异却很大,国标优质籼稻具有高崩解值、低消减值的特点. 崩解值和消减值是品种间变异系数最大的2个 RVA 谱特征值,即品种间的差异较大,在参试的品种中粵晶丝苗2号的崩解值最高、消减值最低,其次是金航丝苗、粵秀占,这可能与它们优良的食味品质相关.

表2 国标优质籼稻品种及对照的 RVA 谱特征值¹⁾

Tab.2 RVA profile characteristic values of *indica* rice varieties with national high-quality and control varieties

品种	特征值/RVU						起浆温度/℃	峰值时间/min
	最高黏度	热浆黏度	冷胶黏度	崩解值	消减值	回复值		
粵晶丝苗2号	269.8	151.2	266.0	118.7	-3.8	114.8	83.9	6.1
粵秀占	242.0	152.2	280.4	89.8	38.4	128.3	87.2	5.7
矮籼占	209.4	128.8	293.2	80.6	83.8	164.3	88.2	5.8
金航丝苗	213.2	122.8	247.8	90.3	34.7	125.0	86.3	5.7
华航丝苗	200.6	130.4	271.4	70.2	70.8	141.0	88.2	5.8
巴太香1号	221.0	143.2	282.9	77.8	61.9	139.8	87.2	5.7
平均值	226.0	138.1*	273.6*	87.9**	47.6**	135.5	86.8	5.8
变异系数/%	11.34	9.00	5.76	19.20	66.05	12.65	1.82	2.75
粵香占(CK1)	176.5	151.1	288.8	25.4	112.3	137.7	87.2	5.9
桂农占(CK2)	248.8	223.5	396.4	25.3	147.6	172.9	86.3	6.3
特青2号(CK3)	253.6	194.8	376.1	58.8	122.5	181.3	79.2	5.9
平均值	226.3	189.8	353.8	36.5	127.4	163.9	84.2	6.0

1) “*”和“**”分别代表同列数据国标优质籼稻与非国标对照的平均值在0.05和0.01水平上显著差异.

2.4 稻米品质性状间的相关性分析

对参试品种的稻米品质性状以及蛋白质和脂肪酸含量间的相关性进行分析的结果(表3)表明,稻米的碾磨品质中,糙米率、精米率和整精米率间呈正相关,但相关不显著. 对于外观品质,粒型、垩白粒率、垩白度、透明度间为显著性相关,其中,粒型与垩白粒率、垩白度、透明度为极显著的负相关,相关系数分别为-0.954**、-0.971**和-0.857**;垩白粒率与垩白度为极显著的正相关,相关系数为0.992**;透明度与垩白粒率、垩白度为显著和极显著正相关,相关系数为0.783*和0.828**. 蒸煮品质中,直链淀粉含量与糙米率、粒型、垩白度、透明度、胶稠度等多个性状呈显著或极显著相关,其中,直链淀粉含量与胶稠度相关系数达-0.974**,为极显著的负相关. 此

外,胶稠度与粒型、透明度,糊化温度(碱消值)与精米率、蛋白质含量等相关显著. 脂肪酸含量与稻米品质的相关系数均不显著. 可见,粒型窄长的优质品种,其垩白粒率、垩白度低,透明度好;直链淀粉与多个品质性状相关密切,直链淀粉含量越高的品种,胶稠度一般越小;与蛋白质、脂肪酸含量呈显著相关的品质性状较少.

2.5 稻米品质性状与 RVA 谱特征值的相关性

从表4可以看出,在各项稻米品质指标中,透明度、直链淀粉、胶稠度与 RVA 谱特征值相关系数达显著和极显著水平的较多. 如透明度与冷胶黏度、碱消值、回复值呈显著正相关,与起浆温度呈显著负相关. 直链淀粉与冷胶黏度、碱消值、回复值呈显著或极显著正相关,相关系数分别为0.822**、0.902**和

0.759^{*};而直链淀粉与崩解值呈极显著的负相关,相关系数为-0.849^{**}.胶稠度与热浆黏度、冷胶黏度、碱消值呈显著或极显著负相关,相关系数分别为-0.771^{*}、-0.780^{*}和-0.821^{**};而胶稠度与崩解值呈极显著的正相关,相关系数为0.828^{**}.此外,RVA谱特征值的起浆温度与粒型、垩白粒率、垩白度、透明

度、糊化温度(碱消值)等多项稻米品质指标呈显著或极显著相关.由此可见,稻米品质中的透明度、直链淀粉和胶稠度是影响 RVA 谱特征值的 3 个重要理化指标,其中,直链淀粉、胶稠度与 RVA 谱特征值中的冷胶黏度、崩解值和碱消值关系最为密切,但它们对 RVA 谱这 3 个特征值的影响方向正好相反.

表 3 稻米品质性状间的相关性¹⁾
Tab.3 Correlation of rice grain quality characteristics

项目	糙米率	精米率	整精米率	粒型	垩白粒率	垩白度	透明度	直链淀粉	胶稠度	碱消值	蛋白质	脂肪酸
糙米率	1											
精米率	0.532	1										
整精米率	0.643	0.235	1									
粒型	0.483	0.111	0.033	1								
垩白粒率	-0.262	-0.009	0.088	-0.954 ^{**}	1							
垩白度	-0.288	-0.034	0.119	-0.971 ^{**}	0.992 ^{**}	1						
透明度	-0.463	0.079	-0.096	-0.857 ^{**}	0.783 [*]	0.828 ^{**}	1					
直链淀粉	-0.673 [*]	-0.223	-0.350	-0.799 ^{**}	0.657	0.709 [*]	0.892 ^{**}	1				
胶稠度	0.642	0.188	0.258	0.733 [*]	-0.596	-0.655	-0.880 ^{**}	-0.974 ^{**}	1			
碱消值	-0.538	-0.710 [*]	-0.43	0.312	-0.532	-0.479	-0.267	0.069	-0.064	1		
蛋白质	-0.409	-0.372	-0.034	0.129	-0.352	-0.293	-0.226	0.018	-0.061	0.687 [*]	1	
脂肪酸	0.389	-0.277	0.392	0.112	0.111	0.073	-0.184	-0.286	0.229	-0.231	-0.457	1

1)“*”和“**”分别代表在 0.05 和 0.01 水平呈显著相关.

表 4 稻米品质性状与 RVA 谱特征值的相关性¹⁾
Tab.4 Correlation between rice quality characteristics and RVA profile characteristics

项目	糙米率	精米率	整精米率	粒型	垩白粒率	垩白度	透明度	直链淀粉	胶稠度	碱消值	蛋白质	脂肪酸
最高黏度	0.031	0.124	-0.123	-0.104	0.302	0.21	0.059	-0.050	-0.009	-0.49	-0.553	0.553
热浆黏度	-0.484	-0.216	-0.440	-0.494	0.496	0.49	0.636	0.738	-0.771 [*]	-0.067	0.490	0.180
冷胶黏度	-0.547	-0.215	-0.553	-0.630	0.607	0.602	0.728 [*]	0.822 ^{**}	-0.780 [*]	-0.071	0.602	0.033
崩解值	0.555	0.354	0.358	0.434	-0.245	-0.329	-0.633	-0.849 ^{**}	0.828 ^{**}	-0.403	-0.329	0.341
碱消值	-0.598	-0.304	-0.510	-0.630	0.457	0.508	0.735 [*]	0.902 ^{**}	-0.821 ^{**}	0.227	0.508	-0.307
回复值	-0.513	-0.166	-0.592	-0.685 [*]	0.632	0.628	0.696 [*]	0.759 [*]	-0.617	-0.062	0.628	-0.186
起浆温度	0.111	-0.196	-0.210	0.767 [*]	-0.882 ^{**}	-0.825 ^{**}	-0.669 [*]	-0.447	0.470	0.697 [*]	0.429	-0.295
峰值时间	-0.480	0.156	-0.508	-0.152	0.095	0.091	0.470	0.493	-0.589	-0.003	0.091	-0.177

1)“*”和“**”分别代表在 0.05 和 0.01 水平呈显著相关.

3 讨论

国家优质稻谷新标准(GB/T 17891-1999)^[32]的颁布实施,对广东及我国水稻品质的提升和粮食种植结构的优化起到了积极的促进作用.该标准与农业部部颁标准(NY 122-86)^[33]相比,适度降低了碾磨品质(糙米率)和外观品质(垩白粒率)标准,但对蒸煮(直链淀粉和胶稠度)、食味品质的要求更为严格,更强调其商品性^[37].本文选取的研究材料粤晶丝苗 2 号等都是近年广东省育成的国标优质籼稻品种,对照粤香占、桂农占、特青 2 号是广东较早期育成的优质稻主栽品种,但米质未达国标优质等级.本研究表明,国标优质籼稻的碾磨品质与非国优的对照主栽品种基本一致,整精米率都较高,但外观品质和蒸煮品质国标优质籼稻明显优于对照品种,具体表现为:粒型窄长,垩白粒率和垩白度低,腹白少,透明度好,直链淀粉含量适中,胶稠度为长胶等.蛋白质虽与营养有关,但前人的研究表明,总蛋白质含量高的米饭质地较硬,食味往往不佳^[38-39].在本研究中,国标优质籼稻的蛋白质含量品种间差异不大,

http://xuebao.scau.edu.cn

种,对照粤香占、桂农占、特青 2 号是广东较早期育成的优质稻主栽品种,但米质未达国标优质等级.本研究表明,国标优质籼稻的碾磨品质与非国优的对照主栽品种基本一致,整精米率都较高,但外观品质和蒸煮品质国标优质籼稻明显优于对照品种,具体表现为:粒型窄长,垩白粒率和垩白度低,腹白少,透明度好,直链淀粉含量适中,胶稠度为长胶等.蛋白质虽与营养有关,但前人的研究表明,总蛋白质含量高的米饭质地较硬,食味往往不佳^[38-39].在本研究中,国标优质籼稻的蛋白质含量品种间差异不大,

均低于对照粤香占(CK₁),但脂肪酸含量品种间的差异却较大,如粤秀占、巴太香1号、粤晶丝苗2号脂肪酸含量较高,矮籼占、华航丝苗等脂肪酸含量较低。刘宜柏等^[40]的研究认为,在一定范围内提高稻米脂肪酸含量能极显著地改善稻米食味品质,脂肪酸含量高的米饭油亮、爽滑可口。国标优质籼稻品种粤秀占、巴太香1号、粤晶丝苗2号等的米饭油亮、适口性好可能与其脂肪酸含量较高有关。

稻米淀粉 RVA 谱特征是影响稻米蒸煮食味品质的一个重要因素,RVA 谱除能反映不同品种间因直链淀粉含量差异引起的口感差异外,还能反映直链淀粉含量相近而食味和适口性不同的现象^[20-21]。食味较优的水稻品种一般具有较大的崩解值、较小的碱消值和回复值,而食味较差的水稻品种则相反^[14,17]。本研究的结果表明,国标优质籼稻品种与非国标优质对照的 RVA 谱特征值在最高黏度、热浆黏度、冷胶黏度、回复值、起浆温度、峰值时间上差异不大;但在崩解值和碱消值上差异很大,国标优质品种的崩解值明显高于非国优对照,而碱消值明显低于非国优对照。由此可推测,国标优质籼稻的食味整体上较优于非国标优质对照。食味较好的优质品种往往崩解值大,多在 100 RVU 以上,而碱消值很小,一般 25 RVU 以下,且多为负值;相反,食味差的品种崩解值往往较小,一般低于 35 RVU,而碱消值很大,多高于 80 RVA^[10,41]。在本研究中,崩解值和消减值是品种间变异系数最大的 2 个 RVA 谱特征值,国标优质籼稻的直链淀粉含量尽管适中,品种间差异不大,但崩解值和消减值在品种间的差异却比较大。粤晶丝苗2号的崩解值最高(118.7 RVU),高于其他国标优质品种,碱消值最低,为负值(-3.8 RVU),低于其他国标优质品种;其次是金航丝苗(崩解值 90.3 RVU、消减值 34.7 RVU)和粤秀占(崩解值 89.8 RVU、消减值 38.4 RVU)。由此可见,粤晶丝苗2号的崩解值和碱消值符合公认的食味较好的优质品种指标,在参试的国标优质品种中食味最优,是一个具有优质食味品质的国标籼稻品种。

在水稻品质育种中食味品质是最难选育的一个指标,评价食味品质的方法较多,但大多数方法的测定工作繁琐且需要样品量大,在育种工作的前期无法对食味品质加以选择,致使食味优良基因型在早期就可能被淘汰,给优质稻育种带来很大的盲目性,常出现好看不好吃的情况^[3,15]。直链淀粉含量、胶稠度和糊化温度是目前普遍用于评价稻米蒸煮食味品质差异的 3 个重要理化指标,但有研究表明,籼、粳

稻的糊化温度与食味的优劣无关,因此国家优质稻谷新标准(GB/T 17891 - 1999)中去掉了糊化温度^[42]。本研究也显示,糊化温度在国标优质籼稻与非国标优质对照间差别不大,但直链淀粉含量、胶稠度差异却很大,国标优质籼稻直链淀粉含量中等、米胶为长胶,非国标优质对照直链淀粉含量高、米胶为短胶。前人^[10-11,43]的研究认为 RVA 谱特征值与直链淀粉、胶稠度关系密切,一般情况下,直链淀粉含量高、胶稠度硬的品种崩解值小、碱消值和回复值大。本研究中,透明度、直链淀粉含量、胶稠度是影响 RVA 谱特征值的 3 个重要理化指标,其中,直链淀粉含量、胶稠度与 RVA 谱特征值中的冷胶黏度、碱消值和崩解值关系最为密切,但它们对 RVA 谱这 3 个特征值的影响正好相反。由于直链淀粉含量与胶稠度两者之间存在极显著的负相关,相关系数高达 -0.974^{**},显示 RVA 谱特征值与直链淀粉含量、胶稠度的遗传基础有明显的内在联系,直链淀粉含量和胶稠度的差异也可表现出不同的 RVA 谱特征值。这与贾良等^[3]和隋炯明等^[15]的研究结果相似。由于 RVA 谱测定需要样品量少、操作简单、重复性好,因此,RVA 谱特征值可以有效地应用于育种早期世代的选择。在水稻品质育种中,如果能在国家优质稻谷标准评价的基础上增加淀粉 RVA 谱测定,尤其是将直链淀粉含量、胶稠度的选择与崩解值、碱消值分析相结合,可有效地提高稻米食味品质选择的准确性。

参考文献:

- [1] 黄发松,孙宗修,胡培松,等. 食用稻米品质形成研究的现状与展望[J]. 中国水稻科学, 1998, 12(3): 172-176.
- [2] 吴殿星,夏英武. 食用稻米品质的研究进展及其改良策略[J]. 中国农学通报, 1999, 15(3): 36-39.
- [3] 贾良,丁雪云,王平荣,等. 稻米淀粉 RVA 谱特征及其与理化品质性状相关性的研究[J]. 作物学报, 2008, 34(5): 790-794.
- [4] 陈能,罗玉坤,朱智伟,等. 优质食用稻米品质的理化指标与食味的相关性研究[J]. 中国水稻科学, 1997, 11(2): 70-76.
- [5] 万向元,陈亮明,王海莲,等. 水稻品种胚乳淀粉 RVA 谱的稳定性分析[J]. 作物学报, 2004, 30(12): 1185-1191.
- [6] 刘红梅,刘建丰,邱颖波,等. 籼型杂交稻淀粉 RVA 谱特征值的杂种优势分析[J]. 植物遗传资源学报, 2013, 14(3): 434-439.
- [7] JULIANO B O. Rice chemistry and technology[M]. 2nd ed. St Paul, MN, USA: AACC, 1985:443-524
- [8] 李欣,张蓉,隋炯明,等. 稻米淀粉黏滞性谱特征的表

- 现及其遗传[J]. 中国水稻科学, 2004, 18(5): 384-390.
- [9] 朱满山, 符福鸿, 黄慧君, 等. 杂交籼稻恢复系稻米淀粉 RVA 谱特征相关及聚类分析[J]. 中国农学通报, 2008, 24(11): 235-239.
- [10] 舒庆尧, 吴殿星, 夏英武, 等. 稻米淀粉 RVA 谱特征与食用品质的关系[J]. 中国农业科学, 1998, 31(3): 25-29.
- [11] 胡培松, 翟虎渠, 唐绍清, 等. 利用 RVA 快速鉴定稻米蒸煮及食味品质的研究[J]. 作物学报, 2004, 30(6): 519-524.
- [12] 吴殿星, 舒庆尧, 夏英武. RVA 分析辅助选择食用优质早籼稻的研究[J]. 作物学报, 2001, 27(2): 165-172.
- [13] BAO J S, SHEN S Q, XIA Y W. Analysis of genotype $\times$ environment interaction effects for starch pasting viscosity characteristics in *indica* rice[J]. Acta Genetica Sinica, 2006, 33(11): 1007-1013.
- [14] 朱满山, 顾铭洪, 汤述翥. 不同粳稻品种和 DH 群体稻米淀粉 RVA 谱特征与蒸煮理化指标及相关分析[J]. 作物学报, 2007, 33(3): 411-418.
- [15] 隋炯明, 李欣, 严松, 等. 稻米淀粉 RVA 谱特征与品质性状相关性研究[J]. 中国农业科学, 2005, 38(4): 657-663.
- [16] 李刚, 邓其明, 李双成, 等. 稻米淀粉 RVA 谱特征与品质性状的相关性[J]. 中国水稻科学, 2009, 23(1): 99-102.
- [17] 王丰, 程方民, 钟连进, 等. 早籼稻米 RVA 谱特性的品种间差异及其温度效应特征[J]. 中国水稻科学, 2003, 17(4): 328-332.
- [18] WANG L Q, LIU W J, XU Y, et al. Genetic basis of 17 traits and viscosity parameters characterizing the eating and cooking quality of rice grain[J]. Theor Appl Genet, 2007, 115: 463-476.
- [19] 张永生, 江玲, 刘喜, 等. 优质水稻品种越光(Koshihikari)中控制稻米淀粉 RVA 谱特征值的 QTL 分析[J]. 中国水稻科学, 2010, 24(2): 137-144.
- [20] JULIANO B O. Rice quality screening with the rapid visco analyser[M]//WALKER C E, HAZELTON J L. Applications of the rapid visco analyser. Sydney, Australia: Newport Scientific, 1996: 19-24.
- [21] 张巧凤, 张亚东, 朱镇, 等. 稻米淀粉黏滞性(RVA 谱)特征值的遗传及 QTL 定位分析[J]. 中国水稻科学, 2007, 21(6): 591-598.
- [22] 司徒志谋, 罗森辉, 蔡惠娇. 广东省优质水稻生产现状与发展策略[J]. 中国稻米, 2004(2): 41-42.
- [23] 何秀英, 陈粤汉, 廖耀平, 等. 优质稻主导品种粤晶丝苗 2 号的选育过程与应用情况[J]. 作物杂志, 2011(5): 131-132.
- [24] 廖耀平, 陈钊明, 何秀英, 等. 优质高产水稻新品种粤秀占的特征特性及栽培技术要点[J]. 中国稻米, 2006(5): 14.
- [25] 何志劲, 张焕钦. 国标优质一级水稻新品种矮籼占的选育[J]. 广东农业科学, 2006(8): 12-13.
- [26] 陈志强, 王慧, 张建国, 等. 优质高抗水稻新品种金航丝苗选育报告[J]. 作物研究, 2007(3): 190-191.
- [27] 王慧, 陈志强, 张建国, 等. 优质高抗水稻新品种华航丝苗的选育[J]. 广东农业科学, 2006(9): 43-44.
- [28] 陈钊明, 廖耀平, 陈顺佳, 等. 高收获指数型优质籼稻新品种粤香占[J]. 中国水稻科学, 1999, 13(1): 61.
- [29] 涂从勇, 高云, 冯道基. 广适型优质超级稻新品种桂农占的特征特性及栽培技术[J]. 广东农业科学, 2006(6): 13-14.
- [30] 周汉钦, 陈文丰, 黄道强, 等. 水稻优异种质超高产品种特青 2 号在育种中的应用[J]. 广东农业科学, 1999(4): 5-7.
- [31] 梁学芬, 伍时照. 稻米营养与品质遗传改良[M]. 广州: 广东科技出版社, 2000: 62-72.
- [32] 国家质量技术监督局. GB/T 17891-1999 中华人民共和国国家标准: 优质稻谷[S]. 北京: 中国标准出版社, 1999.
- [33] 中华人民共和国农业部. NY 122-86 优质食用稻米[S]. 北京: 中国标准出版社, 1986.
- [34] 中华人民共和国农业部. NY/T 3-1982 谷类、豆类作物种子粗蛋白质测定法(半微量凯氏法)[S]. 北京: 中国标准出版社, 1982.
- [35] 中华人民共和国国家标准. GB/T 5510-1985 粮食、油料检验: 脂肪酸值测定法[S]. 北京: 国家标准局, 1985.
- [36] American Association of Cereal Chemist (AACC). Methods 61-02 for RVA: Approved methods of the AACC[M]. 9th ed. St. Paul, MN: AACC. 1995.
- [37] 杨益善, 陈立云, 徐耀武. 从稻米品质评价标准的变化看我国水稻品质育种的发展[J]. 杂交水稻, 2004, 19(3): 5-10.
- [38] 楠谷彰人. 中日水稻品种的食味比较[J]. 北方水稻, 2007(5): 72-77.
- [39] 吴洪恺, 刘世家, 江玲, 等. 稻米蛋白质组分及总蛋白质含量与淀粉 RVA 谱特征值的关系[J]. 中国水稻科学, 2009, 23(4): 421-426.
- [40] 刘宜柏, 黄金英. 稻米食味品质的相关性研究[J]. 江西农业大学学报, 1989, 11(4): 1-5.
- [41] 刘红梅, 刘建丰, 范峰峰, 等. 杂交稻淀粉 RVA 谱特征值的配合力及杂种优势研究[J]. 中国水稻科学, 2013, 27(2): 203-208.
- [42] 胡孔峰, 杨泽敏, 雷振山. 中国稻米品质研究的现状与展望[J]. 中国农学通报, 2006, 22(1): 130-135.
- [43] 杨亚春, 倪大虎, 宋丰顺, 等. 不同生态环境下稻米淀粉 RVA 谱特征值的 QTL 定位分析[J]. 作物学报, 2012, 38(2): 264-274.

【责任编辑 周志红】