

# 不同地域水稻的 RVA 谱特征值及其与蛋白质含量的关系

李先喆, 徐庆国\*, 刘红梅

(湖南农业大学农学院, 湖南 长沙 410128)

**摘要:** 以分别种植在湖南长沙和广东惠州的湘直粳、齐丰占、玉香油占等 46 个不同遗传背景的水稻品种(系)为研究对象,通过测定其淀粉黏滞谱(RVA 谱)特征值,分析 RVA 谱各特征值之间的关系及其与蛋白质含量的关系。结果表明:长沙和惠州 2 个点的稻米 RVA 谱特征值差异均达到极显著水平,不同地域稻米 RVA 谱各特征值变异系数大小依次为消减值、崩解值、回复值、最终黏度、峰值黏度、最低黏度、峰值时间、糊化温度,其中长沙点的消减值变异系数为 137.7%,惠州点的为 71.3%,崩解值分别为 48.3%和 63.1%;长沙点稻米最终黏度与回复值的相关系数最大,达 0.952,惠州点的最终黏度与最低黏度相关系数最大,达 0.908;长沙和惠州 2 个点供试水稻的稻米蛋白质含量与其峰值黏度、崩解值均呈极显著负相关,与消减值呈显著或极显著正相关,因此,可将稻米的峰值黏度、崩解值、消减值作为稻米改良食味品质和营养品质的辅助评价参考指标,用 RVA 谱特征值测定方法取代以往需要同时测定稻米直链淀粉含量与蛋白质含量的稻米食味品质和营养品质的评价方法,从而提高稻米食味与营养品质育种的成效。

**关键词:** 水稻; 淀粉黏滞谱; 特征值; 蛋白质含量; 相关性

中图分类号: S511.01 文献标志码: A 文章编号: 1007-1032(2016)01-0001-05

## Rice RVA profile characteristics in different regions and their relationship with protein content

Li Xianzhe, Xu Qingguo\*, Liu Hongmei

(College of Agronomy, Hunan Agricultural University, Changsha 410128, China)

**Abstract:** 46 rice cultivars (lines), such as Xiangzhijing, Qifengzhan, Yuxiangyouzhan, which from Changsha and Huizhou were used as materials to test the rapid viscosity analyzer (RVA) profile characteristics and their relationship with protein content. The results were as follows: the differences of RVA profile characteristics between different rice cultivars (lines) were highly significant in Changsha and Huizhou. The order of variation coefficient of RVA profile characteristics of the rice varieties in the two areas were setback, breakdown, consistency, final viscosity, peak viscosity, trough viscosity, peak time, pasting temperature. Variation coefficients of setback and breakdown were 137.7% and 48.3% in Changsha, 71.3% and 63.1% in Huizhou. The correlation coefficient between the final viscosity and the consistency of the rice in Changsha was 0.952, the final viscosity and the trough viscosity coefficient of Huizhou was 0.908. The protein content of rice in Changsha and Huizhou had a highly significant negative correlation with the peak viscosity and breakdown, and a significantly positive or highly significant positive correlation with setback. Thus, The peak viscosity, breakdown, setback can be used as the reference index of improving eating quality and nutritional quality of rice. The efficiency of evaluating rice eating and nutrition quality can be improved by replacing determinations of amylose and protein contents with determination of RVA value.

**Keywords:** rice; rapid viscosity analyzer profile; characteristics; protein content; correlation

收稿日期: 2015-07-10

修回日期: 2015-12-20

基金项目: 国家教育部“创新团队发展计划”项目(IRT1239); 湖南省研究生科研创新项目(CX2012B278); 湖南省教育厅项目(KC2011B023); 湖南省科学技术厅省重点研发计划项目(2015NK3013)

作者简介: 李先喆(1989—), 男, 湖南怀化人, 硕士研究生, 主要从事水稻遗传育种研究, 253738768@qq.com; \*通信作者, 徐庆国, 教授, 主要从事作物遗传育种与种子学教学科研工作, huxu0309@aliyun.com

稻米食味品质作为水稻品质改良的主要方向之一,其优劣直接影响着稻米的商品价值。稻米淀粉黏滞谱(rapid viscosity analyzer profile, RVA 谱)是米粉匀浆在加热-高温-冷却过程中黏滞性发生一系列变化形成的曲线,其中,峰值黏度、崩解值、消减值、回复值等与稻米的蒸煮食味品质密切相关,可作为评价稻米食味品质优劣的重要指标<sup>[1-4]</sup>。稻米 RVA 谱特性主要受水稻遗传背景控制,同时还受其基因型与环境互作效应的影响<sup>[5-6]</sup>。国内外有关环境和栽培措施对稻米 RVA 谱特征值影响的研究,主要集中于不同栽培地点、氮肥施量、栽插密度、播期、海拔高度等方面<sup>[5,7-13]</sup>;对稻米 RVA 谱特征值与其品质关系的研究则主要集中于其与稻米碾磨品质、外观品质及食味品质等方面<sup>[1-4]</sup>。但以往有关不同遗传背景与栽培地稻米 RVA 谱差异及其与蛋白质的关系研究则较少<sup>[5,14-15]</sup>。为此,本研究以 46 个不同遗传背景的水稻品种(系)为试材,分别种植于湖南长沙和广东惠州,分析其 RVA 谱特征及其与蛋白质含量的关系,旨在为水稻优良食味品质和营养品质的育种和栽培研究提供参考依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 供试材料

46 个水稻品种(系):湘直粳、齐丰占、玉香油占、竹稻 4 号、湘农大紫叶稻、湘农白粳 6 号、湘农晚粳 7 号、21H 杂优 7 号、洞藏红米、湘晚粳 17 号、黑粳、浙 733、湘农晚粳 13 号、晚优 12、紫粳糯、湘早 33 选 16、湘晚粳 6 号、湘农白粳 18 号、佳福占、湘农香 20 号、湘晚 13 选 21、早恢 22、T98B、R402 化诱 24 号、9311、TO974、R402 组选 27 号、R139、黑粳 29、R402、湘晚 6 选 31、湘晚 12 选 32、湘晚粳 12 号、玉香选 34、玉珍香、星 2 号、湘晚粳 13 号、创宇 5 号、丰华黏、创香 5 号、农香 18、红宝石 3 号、湘早粳 33 号、湘早 33 选 44、R 云育 90、湘早粳 13 号。该 46 个水稻品种(系)均由湖南农业大学水稻科学研究所提供。

### 1.2 田间试验方法

试验于 2013 年晚季进行。试验地点为湖南长沙县黄兴镇荣河村和广东惠州市惠城区小金口街道九龙村。随机区组设计,每个水稻品种(系)小区单本种植 5 行,每行 10 株,共 50 株。栽植规格为

13.3 cm×20.0 cm。按照当地大田栽培模式进行栽培管理。各水稻品种(系)成熟时先去杂保纯,然后分别按不同品种(系)收获并晒干种子,贮藏 3 个月后进行 RVA 谱特征值和蛋白质含量的测定。

### 1.3 测定指标与方法

#### 1.3.1 稻米 RVA 谱特征值的测定方法

RVA 谱特征值采用澳大利亚 Newport Scientific 仪器公司生产的 Super-4 型快速黏度分析仪,按照 GB/T24852—2010<sup>[16]</sup>测定,淀粉黏滞性以 RVU(rapid viscosity units)为单位,1 RVU=12 cp。其主要参数有峰值黏度(peak viscosity, PV),最低黏度(trough viscosity, TV),崩解值(breakdown, BD),最终黏度(final viscosity, FV),峰值时间(peak time, PT),糊化温度(pasting temperature, PaT),消减值(setback, SB)和回复值(consistency, CSV)。其中,  $BD = PV - TV$ ,  $SB = FV - PV$ ,  $CSV = FV - TV$ 。每个试样重复测定 3 次,结果取平均值。

#### 1.3.2 蛋白质含量的测定方法

称取 0.5 g 米粉样品,按凯氏定氮法进行消化,将消化液定容至 100 mL,然后取 10 mL 转移到离心管,离心,用 FOSS 凯氏定氮仪测定各样品的蛋白质含量。每个试样重复测定 2 次,结果取平均值。

### 1.4 数据分析与处理

供试水稻的 RVA 谱特征值及蛋白质含量等试验数据均采用软件 Excel 2010、DPS-V7.05 及 SPSS 进行处理与统计方差分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 供试水稻的 RVA 谱特征值差异

由表 1 可见,长沙点的供试水稻最高黏度、最低黏度、崩解值及最终黏度的平均值均大于惠州点的。惠州点的供试水稻的最高黏度、最低黏度、崩解值、最终黏度、峰值时间、糊化温度的变异系数均大于长沙点的,表现出中国地理的南高北低的特点,而其消减值、回复值的变异系数大小的地理差异则表现相反,呈现南低北高的特点,其中,长沙点的供试水稻的消减值变异系数为 137.7%,最大值为 2 724 cp,最小值为 -769 cp,变幅极差为 3 493 cp;惠州点的供试水稻的消减值变异系数为 71.3%,最大

值为 2 668 cp，最小值为 - 1 354 cp，变幅极差为 4 022 cp。长沙与惠州 2 个点供试水稻的糊化温度与峰值时间的 RVA 谱特征值的变异系数均较小。

表 1 供试水稻的 RVA 谱特征值变异特征

Table 1 Difference of RVA profile characteristics of the testrice cultivars

地点	RVA 特征值	变幅	极差	平均值	变异系数/%
长沙	峰值黏度/cp	1 110 ~ 3 825	2 715	3 128.9±489.3	15.6
	最低黏度/cp	1 105 ~ 2 680	1 575	2 076.8±292.4	14.1
	崩解值/cp	4 ~ 1 854	1 850	1 052.0±507.8	48.3
	最终黏度/cp	1 778 ~ 5 545	3 767	3 759.0±740.6	19.7
	峰值时间/min	4.4 ~ 6.9	2.47	5.8±0.4	7.0
	糊化温度/°C	74.4 ~ 91.9	17.5	87.3±3.0	3.5
	消减值/cp	- 769 ~ 2 724	3 493	630.2±867.7	137.7
	回复值/cp	218 ~ 3 032	2 814	1 682.2±520.8	31.0
惠州	峰值黏度/cp	819 ~ 3 401	2 582	2 511.5±526.9	21.0
	最低黏度/cp	756 ~ 2 600	1 844	1 845.5±302.8	16.4
	崩解值/cp	- 2 ~ 1 419	1 421	666.0±420.2	63.1
	最终黏度/cp	935 ~ 5 355	4 420	3 540.5±755.0	21.3
	峰值时间/min	3.8 ~ 7	3.2	5.8±0.5	8.9
	糊化温度/°C	71.2 ~ 91.9	20.7	88.6±3.8	4.3
	消减值/cp	- 1 354 ~ 2 668	4 022	1 029.0±734.1	71.3
	回复值/cp	- 5 ~ 2 755	2 760	1 694.9±496.8	29.3

2.2 供试水稻的 RVA 谱特征值方差分析

由表 2 可见，长沙和惠州 2 个点的供试水稻 RVA 谱各特征值平均值的差异均分别达到了极显著水平。在长沙点均表现出高峰值黏度、高崩解值，低消减值和低回复值的品种有湘晚粳 12 号、玉香选 34、玉珍香、星 2 号、湘晚粳 13 号等，在惠州

点表现出高峰值黏度、高崩解值，低消减值和低回复值的品种有星 2 号、创宇 5 号、创香 5 号、农香 18 等水稻品种，其中，星 2 号在长沙、惠州 2 个点均表现出高峰值黏度、高崩解值，低消减值和低回复值，即食味品质优异，是稻米食味品质适应性广的优质水稻品种。

表 2 供试水稻的 RVA 特征值方差分析结果(n=46)

Table 2 Anova (F value) of RVA profile characteristics of different rice cultivars (n=46)

地点	F 值							
	峰值黏度	最低黏度	崩解值	最终黏度	消减值	峰值时间	糊化温度	回复值
长沙	664.866**	1 692.073**	1 513.800**	1 608.510**	1 293.107**	476.723**	829.553**	1 451.714**
惠州	1 898.494**	986.940**	1 462.116**	3 572.893**	3 956.22**	1 092.700**	1433.332**	4 367.969**

\*\*\* 和 \*\* 分别表示在 0.01 和 0.05 水平上差异显著。

2.3 供试水稻 RVA 谱各特征值的相关性分析结果

由表 3 可见，长沙点供试水稻的峰值黏度与崩解值的相关性达极显著水平(r=0.828)，分别与消减值和峰值时间呈极显著和显著负相关。最低黏度与崩解值呈显著负相关，而与最终黏度、消减值、峰值时间及回复值分别呈极显著正相关。崩解值与最终黏度、消减值、峰值时间及回复值分别呈极显著负相关，其中与消减值的相关系数为 - 0.839。最终黏度与消减值、峰值时间、糊化温度、回复值均分别呈极显著正相关，其中，与消减值和回复值的相关系数分别达到 0.828 和 0.952。消减值与峰值时间、回复值和糊化温度分别呈极显著或显著正相关。峰

值时间与糊化温度、回复值分别呈极显著正相关；糊化温度与回复值呈极显著正相关。

惠州点供试水稻的 RVA 谱各特征值间的相关性与长沙点的略有差异。峰值黏度与最低黏度、崩解值、最终黏度分别呈极显著正相关，与消减值呈显著负相关。最低黏度与最终黏度、消减值、糊化温度及回复值分别呈极显著正相关，与峰值时间呈显著正相关，其中，与最终黏度、回复值的相关系数分别达 0.908 和 0.770。崩解值与消减值、峰值时间分别呈显著负相关。最终黏度与消减值、峰值时间、糊化温度及回复值均分别呈极显著正相关，其中，与回复值的相关系数达 0.967。消减值与峰值时间、糊化温度及回复值均分别呈极显著正相关。峰

值时间与糊化温度、回复值均分别呈极显著正相关；糊化温度与回复值呈极显著正相关。

表3 供试水稻 RVA 谱各特征值间的相关系数

Table 3 Correlation coefficient( $n=46$ ) of RVA profile characteristics in different rice cultivars

地点	特征值	相关系数						
		峰值黏度	最低黏度	崩解值	最终黏度	消减值	峰值时间	糊化温度
长沙	峰值黏度	1						
	最低黏度	0.229	1					
	崩解值	0.828**	-0.356*	1				
	最终黏度	0.045	0.838**	-0.439**	1			
	消减值	-0.522**	0.587**	-0.839**	0.828**	1		
	峰值时间	-0.360*	0.427**	-0.593**	0.565**	0.685**	1	
	糊化温度	-0.040	0.091	-0.091	0.387**	0.353*	0.650**	1
	回复值	-0.064	0.631**	-0.425**	0.952**	0.848**	0.565**	0.499**
	惠州	峰值黏度	1					
	最低黏度	0.600**	1					
	崩解值	0.817**	0.029	1				
	最终黏度	0.387**	0.908**	-0.171	1			
	消减值	-0.317*	0.505**	-0.760**	0.752**	1		
	峰值时间	-0.210	0.373*	-0.532**	0.495**	0.660**	1	
	糊化温度	0.102	0.412**	-0.170	0.541**	0.483**	0.833**	1
	回复值	0.222	0.770**	-0.277	0.967**	0.835**	0.526**	0.570**

#### 2.4 供试水稻 RVA 谱特征值与蛋白质含量的关系

由表4可见,长沙点供试水稻蛋白质的含量与峰值黏度、崩解值分别呈极显著负相关,与消减值、峰值时间分别呈极显著正相关,与糊化温度呈显著

正相关。惠州点的供试水稻蛋白质含量与峰值黏度、崩解值分别呈极显著负相关,与消减值呈显著正相关,与 RVA 谱其他特征值的相关性均未达显著水平。

表4 供试水稻的 RVA 谱特征值与蛋白质含量的相关系数

Table 4 Correlation coefficient between RVA profile characteristics and protein content of the testrice cultivars

地点	相关系数							
	峰值黏度	最低黏度	崩解值	最终黏度	消减值	峰值时间	糊化温度	回复值
长沙	-0.542**	-0.043	-0.496**	0.135	0.420**	0.556**	0.364*	0.217
惠州	-0.619**	-0.207	-0.624**	-0.116	0.323*	0.210	0.020	-0.050

### 3 讨论

由于测定稻米 RVA 谱特征值的方法简单、方便、快捷,已经成为稻米食味品质检测的辅助方法,其中的一些 RVA 谱特征值已经作为评价稻米食味品质的重要指标。前人研究<sup>[6,17]</sup>表明,稻米 RVA 谱特征值主要受其遗传基因控制,不同基因型水稻品种的 RVA 谱特征值差异显著。稻米 RVA 谱参数还受到环境因素的影响。李敏等<sup>[12]</sup>研究结果显示,不同生育类型水稻品种的稻米 RVA 谱差异显著,且其峰值黏度、崩解值随着生育期的延长而逐渐下降,其回复值、消减值和糊化温度随着生育期的延长而逐渐升高;其最低黏度和最终黏度表现为先升后降。本研究结果表明,供试水稻在长沙、惠州2个点的 RVA 谱各特征值的差异均分别达到极显著水平,且 RVA 谱特征值的变异系数均以消减值的最

大,这与谢黎虹等<sup>[5]</sup>、朱振华等<sup>[7]</sup>、沈新平等<sup>[17]</sup>的研究结果一致,说明稻米 RVA 谱特征值既受不同水稻品种遗传基因控制,还受地域环境的影响,同时也表明消减值受品种遗传基因的影响较大,具有较大的新品种遗传改良潜力。

本研究结果表明,不同供试水稻品种(系)在长沙、惠州2个点的 RVA 谱各特征值之间分别存在显著或极显著的相关性,其中,2个点水稻品种(系)的峰值黏度与崩解值均分别呈极显著正相关(相关系数分别为0.828、0.817);2个点稻米的最低黏度与最终黏度、消减值和回复值均分别呈极显著正相关;2个点的稻米的崩解值与消减值、回复值均分别呈极显著负相关;最终黏度与消减值、回复值均分别呈极显著正相关;消减值与回复值也表现为极显著正相关。但是,长沙点供试水稻的峰值黏度与最低黏度的相关性未达到显著水平,而惠州点的供

试水稻峰值黏度与最低黏度呈极显著正相关。此外,长沙、惠州 2 个点供试水稻的最低黏度与崩解值,崩解值分别与最终黏度、回复值间的相关性也存在差异,这可能与不同地点的生态条件不同、水稻不同品种直链淀粉含量差异<sup>[3]</sup>、水稻 RVA 谱的特征值的稳定性差异等因素有关<sup>[18]</sup>。

陈书强等<sup>[15]</sup>研究指出,水稻的蛋白质含量与峰值黏度、最低黏度、崩解值分别呈极显著负相关,与消减值呈极显著正相关,并提出提高稻米球蛋白含量可协同提高稻米的食味品质和营养品质。本研究通过分析不同地点水稻的 RVA 谱特征值与蛋白质含量的相关性发现,在长沙、惠州 2 个地点的稻米蛋白质含量与峰值黏度、崩解值均分别呈极显著负相关,相关系数分别为 -0.542、-0.619、-0.496、-0.624,与消减值表现为显著或极显著正相关,据此认为,可将峰值黏度、崩解值、消减值作为改良稻米食味品质和营养品质的重要参考指标,并且有可能提高水稻食味品质和营养品质的育种效率。稻米蒸煮的高温糊化过程中,其淀粉羟基与蛋白质的相互作用可能因蛋白质的变化而消失,削弱了多相体系中的抗剪切能力,其糊粉液稳定性降低,使淀粉粒易破裂,因而可造成米粉的峰值黏度与崩解值下降<sup>[19]</sup>,这就不难解释本研究中的蛋白质含量与峰值黏度等 RVA 谱特征值指标的相互关系,因此,采用 RVA 谱特征值测定方法评价稻米食味品质和营养品质,可取代过去需要同时测定稻米直链淀粉含量与蛋白质含量的稻米食味品质和营养品质的评价方法,从而提高稻米食味与营养品质育种的成效。以往的研究初步探明了稻米中各蛋白质组分与稻米品质的关系<sup>[20]</sup>,而在今后的研究中,除了探究稻米蛋白质含量对稻米食味品质的影响外,还应充分考虑稻米在蒸煮过程中的吸水性及稻米蛋白质与稻米其他化学成分的作用效应。

#### 参考文献:

- [1] 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.
- [2] 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.
- [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] 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.
- [5] 谢黎虹,杨仕华,陈能,等. 不同生态条件下籼稻米饭质地和淀粉 RVA 谱的特性[J]. 作物学报, 2006, 32(10): 1479-1484.
- [6] 包劲松,夏英武. 稻米淀粉 RVA 谱的基因型×环境互作效应分析[J]. 中国农业科学, 2001, 34(2): 123-127.
- [7] 朱振华,金基永,袁平荣,等. 不同海拔条件下耐冷性粳稻品种的稻米淀粉 RVA 谱特性[J]. 中国水稻科学, 2010, 24(2): 151-156.
- [8] 赵庆勇,张亚东,朱镇,等. 播期与地点对不同生态类型粳稻淀粉 RVA 谱特性的影响[J]. 江苏农业学报, 2014, 30(1): 1-8.
- [9] 叶全宝,张洪程,李华,等. 施氮水平和栽插密度对粳稻淀粉 RVA 谱特性的影响[J]. 作物学报, 2005, 31(1): 124-130.
- [10] 朱振华,金基永,袁平荣,等. 不同生态条件对云南和韩国粳稻品质及淀粉 RVA 谱特性的影响[J]. 应用生态学报, 2009, 20(12): 2949-2956.
- [11] 金军,徐大勇,蔡一霞,等. 施氮量对水稻主要米质性状及 RVA 谱特征参数的影响[J]. 作物学报, 2004, 30(2): 154-158.
- [12] 李敏,张洪程,李国业,等. 生育类型与施氮水平对粳稻淀粉 RVA 谱特性的影响[J]. 作物学报, 2012, 38(2): 293-300.
- [13] 赵国珍,陈于敏,苏振喜,等. 施氮量和栽插密度对云粳 30 号淀粉 RVA 谱特性影响[J]. 中国稻米, 2013, 19(5): 33-35.
- [14] 邓飞,王丽,叶德成,等. 生态条件及栽培方式对稻米 RVA 谱特性及蛋白质含量的影响[J]. 作物学报, 2012, 38(4): 717-724.
- [15] 陈书强,薛菁芳,潘国君,等. 粳稻粒位间淀粉 RVA 谱特征与其它品质性状的关系[J]. 核农学报, 2015, 29(2): 244-251.
- [16] GB/T 24853—2010. 小麦、黑麦及其粉类和淀粉糊化特性测定快速黏度仪法[S].
- [17] 沈新平,沈明星,顾丽,等. 太湖流域糯稻地方种质稻米 RVA 谱多样性的研究[J]. 中国农业科学, 2008, 41(8): 2513-2519.
- [18] 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.
- [19] 谢黎虹,陈能,段彬伍,等. 稻米中蛋白质对淀粉 RVA 特征谱的影响[J]. 中国水稻科学, 2006, 20(5): 524-528.
- [20] 徐庆国,童浩,胡晋豪,等. 稻米蛋白组分含量的品种差异及其与米质的关系[J]. 湖南农业大学学报(自然科学版), 2015, 41(1): 7-11.

责任编辑:尹小红

英文编辑:梁和