

稻米淀粉 RVA 谱特征与品质性状的相关性

李 刚^{1,2} 邓其明¹ 李双成¹ 王世全¹ 李 平^{1,*}

(¹ 四川农业大学 水稻研究所, 四川 温江 611130; ² 福建省农业科学院 生物技术研究所, 福建 福州 350003; * 通讯联系人, E-mail: liping@cngk.com)

Correlation Analysis Between RVA Profile Characteristics and Quality in Rice

LI Gang^{1,2}, DENG Qi ming¹, LI Shuang cheng¹, WANG Shi quan¹, LI Ping^{1,*}

(¹ Rice Research Institute, Sichuan Agricultural University, Wenjiang 611130, China; ² Institute of Biotechnology, Fujian Academy of Agricultural Sciences, Fuzhou 350003, China; * Corresponding author, E-mail: liping@cngk.com)

Abstract: A total of 106 rice varieties were employed to study the relationship between RVA profile characteristics and rice quality, including the appearance quality and cooking quality. Results indicated that chalky grain rate was positively correlated with breakdown and setback of RVA profile, with correlation coefficients of -0.43^{**} and 0.40^{**} , respectively. RVA profile characteristics had significant correlations with amylose content and gel consistency in the varieties with low amylose content or waxy varieties, whereas not significant in the varieties with high or medium amylose content. Amylose content was positively correlated with RVA profile characteristics except for breakdown and setback in waxy varieties, with correlation coefficients over 0.85. Thus, it is concluded that the less amylose content is, the more significant correlation between amylose content and RVA profile in rice.

Key words: rice; chalkiness; starch viscosity; cooking and eating quality; amylose content; relationship

摘 要: 通过对 106 份水稻材料稻米外观品质、蒸煮品质和 RVA 谱特征值的测定, 研究了淀粉黏滞性(RVA 谱)特征值与各项品质指标的相关关系。RVA 谱特征值与外观品质中的垩白率关系最为密切, 其中垩白率与崩解值(BDV)和消减值(SBV)的相关系数分别为 -0.43^{**} 和 0.40^{**} ; RVA 谱特征值与低直链淀粉含量(AC)品种和糯稻品种的蒸煮品质指标呈显著或极显著相关, 与中高直链淀粉含量品种的指标相关性不显著, 特别是高直链淀粉含量品种的 AC 与 RVA 谱特征值相关性均不显著, 而糯稻品种的 AC 与 RVA 谱特征值(BDV 和 SBV 除外)的相关系数均在 0.85 以上。由此认为, 水稻品种的 AC 越低, AC 与 RVA 谱特征值的关系越密切。

关键词: 水稻; 垩白; 淀粉黏滞性; 蒸煮和食味品质; 直链淀粉含量; 相关性

中图分类号: S511.033

文献标识码: A

文章编号: 1001-7216(2009)01-0099-04

对稻米品质的评价国内外基本相同^[1-2], 即从加工品质、外观品质、蒸煮和食用品质以及营养品质等 4 个方面进行评价。其中, 对加工和外观品质的测定相对容易且重复性较好, 而目前对食味品质的评定则主要靠仪器或人工品尝来完成, 前者操作容易、稳定, 但结果较简单; 后者则会因品尝人的年龄、性别以及地域的不同而产生较大的差异。稻米淀粉的黏滞特性作为反映食用品质的重要指标之一, 正受到重视。美国谷物化学协会(AACC)在 1995 年颁布了标准的测定方法^[3], 澳大利亚 Newport Scientific Instrument 仪器公司生产的黏度速测仪 RVA(Rapid Visco Analyzer)在水稻淀粉黏滞性测定中得到了广泛应用^[1,4,11]。利用 RVA 分析稻米米粉黏度时, 因其测定条件是模拟稻米的蒸煮过程, 并且一份样品完成测定只需要 12.5 min, 样品用量仅需 3 g 左右, 所以其测定具有快速、简便等特点, 而且更能真实地反映米饭质地和口感。为明确 RVA 谱特征值在评价稻米品质中的应用价值, 本实验对大量粳、粳、糯、粘 4 种类型水稻品种的 RVA 谱进行了测定, 进而对 RVA 谱特征值与外观品质和蒸煮品质性状进行了相关分析, 现将结果报道如下。

1 材料与方 法

1.1 供试材料

供试水稻材料共 106 份, 其中粳稻 81 份、粳稻 12 份、糯

稻 5 份、粘稻 8 份。参试材料于 2006 年 4 月种植于四川农业大学水稻研究所试验田。田间试验设计按品种单因素完全随机设计, 重复 2 次; 每小区种植 200 株(20 株 × 10 行), 按 13.3 cm × 25.0 cm 规格单本移栽, 其他肥水条件等田间管理随大田。成熟时分小区收种, 晒干储藏 3 个月后进行稻米品质各项指标的测定。

1.2 外观品质测定

从样品中随机取出 10 粒整精米, 首尾紧密相连排成一直线测定粒长, 两侧紧密并排测定粒宽。稻米垩白率、垩白度按照中华人民共和国国家标准 GB/T 17891-1999^[11]的方法进行测定, 透明度用透明度测定仪直接测定。

1.3 蒸煮品质指标测定

整精米经旋风式磨粉机碾磨后, 过 100 目筛网。测定前, 各样品在恒湿柜中稳定 24 h 以上, 使含水量稳定在 13.5% 左右。直链淀粉含量和胶稠度按中华人民共和国国家标准 GB/T 17891-1999^[12]的方法进行测定。糊化温度以碱消值表示, 按农业部部颁标准 NY147-88 的方法进行测

收稿日期: 2008-08-01; 修改稿收到日期: 2008-10-01。

基金项目: 教育部长江学者和创新团队发展计划资助项目(IRT0453)。

第一作者简介: 李 刚(1980-), 男, 硕士, E-mail: ligang4439@163.com;

定^[13]。

1.4 稻米淀粉 RVA 指标测定

采用澳大利亚 Newport Scientific 仪器公司生产的 3-D 型 RVA 快速测定,用 TCW(Thermal Cycle for Windows)配套软件进行数据的分析,按 AACC 操作规程^[3]进行测定。样品含水量在 14%时样品量为 3.0 g 蒸馏水 25.00 mL。测定过程中罐内温度变化如下:50 ℃下保持 1 min,以 12 ℃/min 上升到 95 ℃(3.75 min),95 ℃下保持 2.5 min,以 12 ℃/min 下降到 50 ℃(3.75 min),50 ℃下保持 1.4 min。搅拌器在起始 10 s 内转动速率为 960 r/min,以后保持在 160 r/min。黏度单位是 RVU(Rapid Visco Units)或 cP,1 RVU = 12 cP。黏度开始增加时的温度就是起浆温度^[9](pasting temperature,PaT,是熟化给定试样所需的最低温度)。随着温度的变化和浆片旋转时的剪切作用力,米粉在水中的黏度发生变化,由此产生最高黏度(peak viscosity,PKV)、热浆黏度(hot paste viscosity,HPV)和冷胶黏度(cool paste viscosity,CPV),由这 3 个基本黏度产生崩解值(breakdown,BDV,最高黏度-热浆黏度)、消减值(setback,SBV,冷胶黏度-最高黏度)和回复值(consistence,CSV,冷胶黏度-热浆黏度)3 个二级数据。同时还记录峰值时间(peak time,PeT,最高黏度出现所需的时间)。

1.5 统计分析

采用 SPSS12.0 统计软件对供试材料各指标进行相关性

分析。

2 结果与分析

2.1 外观品质与 RVA 谱特征值的相关性

所有参试材料稻米淀粉 RVA 谱特征值与外观品质各指标的相关分析结果见表 1。由表 1 可以看出,除热浆黏度、回复值和起浆温度与垩白率相关不显著外,其余各 RVA 谱特征值指标与垩白率均极显著相关,其中最高黏度和崩解值与垩白率呈极显著负相关,而冷胶黏度、消减值、峰值时间与垩白率呈极显著正相关,表明垩白率越低的品种,其稻米淀粉 RVA 谱表现为最高黏度和崩解值越大,冷胶黏度、消减值、峰值时间越小。其余外观品质指标除长宽比、垩白度与起浆温度呈显著相关外,与 RVA 谱特征值相关性均不显著。由此可见,外观品质中的垩白率与稻米 RVA 谱特征值关系最为密切。

2.2 蒸煮品质指标与 RVA 谱特征值的相关性

根据直链淀粉含量(AC)的高低,将 106 份参试材料分成高(AC > 25.1%)35 份、中(20.1% < AC < 25.0%)9 份、低(10.0% < AC < 20.0%)57 份、糯稻(AC < 3.0%)5 份共 4 种类型,分别研究各蒸煮品质指标与 RVA 谱特征值间的相关性(表 2)。

从表 2 的结果可以发现,高直链淀粉含量(AC > 25.1%)品种的 RVA 谱特征值与 AC 相关性均不显著,除热浆黏度

表 1 RVA 谱特征值与外观品质指标的相关性分析

Table 1. Coefficients of correlation between RVA profile characteristics and the indices of appearance quality in rice.

性状 Characteristic	最高黏度 PKV	热浆黏度 HPV	崩解值 BDV	冷胶黏度 CPV	回复值 CSV	消减值 SBV	起浆温度 PaT	峰值时间 PeT
粒长 GL	0.09	0.15	-0.01	0.11	0.05	0.12	0.17	0.03
粒宽 GW	-0.11	0.00	-0.03	0.01	-0.10	-0.00	-0.12	0.08
长宽比 GLW	0.11	-0.01	0.06	0.09	0.03	0.04	0.22*	-0.03
垩白率 CR	-0.36**	0.12	-0.43**	0.27**	0.14	0.40**	0.06	0.36**
垩白度 CD	-0.03	0.13	-0.13	0.12	0.05	0.14	0.23*	0.13
透明度 TRA	-0.18	-0.06	-0.14	-0.02	-0.04	0.10	-0.15	-0.03

* , ** 分别表示差异达 5% 和 1% 显著水平。下同。

* , ** Significant at 0.05 and 0.01 levels, respectively. PKV, Peak viscosity; HPV, Hot paste viscosity; BDV, Breakdown; CPV, Cool paste viscosity; CSV, Consistence; SBV, Setback; PaT, Pasting temperature; PeT, Peak time; GL, Grain length; GW, Grain width; GLW, Grain length/width; CR, Chalky grain rate; CD, Chalkiness degree; TRA, Translucency. The same as in tables below.

表 2 RVA 谱特征值与蒸煮品质指标的相关系数

Table 2. Coefficients of correlation between RVA profile characteristics and cooking quality indices.

RVA 谱 特征值 RVA profile characteristic	高直链淀粉含量品种 AC > 25.1%			中等直链淀粉含量品种 20.1% < AC < 25.0%			低直链淀粉含量品种 10.0% < AC < 20.0%			糯稻品种 AC < 3.0%		
	直链淀粉含量 AC	胶稠度 GC	碱消值 ASV	直链淀粉含量 AC	胶稠度 GC	碱消值 ASV	直链淀粉含量 AC	胶稠度 GC	碱消值 ASV	直链淀粉含量 AC	胶稠度 GC	碱消值 ASV
最高黏度 PKV	-0.20	-0.29	-0.06	-0.19	0.11	-0.20	-0.32**	0.39**	-0.23	0.94*	-	-0.74
热浆黏度 HPV	-0.29	-0.50**	0.13	0.28	-0.45	0.01	0.30*	-0.04	0.13	0.99**	-	-0.92*
崩解值 BDV	-0.14	0.28	-0.61**	-0.81**	0.59	-0.84**	-0.60**	0.36**	-0.22	0.55	-	-0.21
冷胶黏度 CPV	-0.16	-0.32	-0.00	0.31	0.05	-0.11	0.58**	-0.24	0.18	0.99**	-	-0.92*
回复值 CSV	0.10	-0.02	-0.05	0.22	0.23	-0.12	0.68**	-0.38**	0.17	0.96**	-	-0.92*
消减值 SBV	0.18	-0.09	0.17	0.47	-0.07	0.30	0.73**	-0.52**	0.29*	-0.33	-	-0.03
起浆温度 PaT	0.05	-0.27	0.50**	0.68*	-0.43	0.87**	0.14	0.11	-0.15	0.87*	-	-0.96**
峰值时间 PeT	-0.26	-0.43**	0.36*	0.68*	-0.52	0.81**	0.52**	-0.45**	0.46**	0.90*	-	-0.95*

AC, Amylose content; GC, Gel consistency; ASV, Alkali spreading value. The same as in Table 3.

表 3 RVA 谱特征值与蒸煮品质的相关性分析

Table 3 Coefficients of correlation between RVA profile characteristics and cooking and eating quality indices .

蒸煮食味品质 Cooking and eating quality	最高黏度 PKV	热浆黏度 HPV	崩解值 BDV	冷胶黏度 CPV	回复值 CSV	消减值 SBV	起浆温度 PaT	峰值时间 PeT
碱消值 ASV	- 0.24*	0.08	- 0.30**	0.09	0.09	0.28**	0.05	0.17
胶稠度 GC	- 0.02	- 0.54**	0.33**	- 0.53**	- 0.41**	- 0.45**	- 0.33**	- 0.60**
直链淀粉含量 AC	- 0.18	0.61**	- 0.65**	0.74**	0.69**	0.79**	0.44**	0.74**

和峰值时间与胶稠度呈极显著负相关外,其余各指标与胶稠度相关性也都不显著。另外,崩解值与碱消值呈极显著负相关,而起浆温度和峰值时间与碱消值分别呈显著和极显著正相关。表明在高直链淀粉含量的品种中,胶稠度越大,RVA 谱表现为热浆黏度越小和峰值时间越短;而碱消值越大,则崩解值就越小,相应起浆温度越高,峰值时间也越长。

在中等直链淀粉含量(20.1% < AC < 25.0%)的品种中,RVA 谱特征值的崩解值与 AC 和碱消值呈极显著负相关,而起浆温度和峰值时间与 AC 和碱消值呈显著或极显著正相关,其余各指标与 AC、胶稠度和碱消值相关性不显著。表明对于中等直链淀粉含量的材料,稻米的 AC 越高,其 RVA 谱特征值指标的崩解值就越小,相应起浆温度越高,峰值时间也越长。

在低直链淀粉含量(10.0% < AC < 20.0%)的品种中,除起浆温度与 AC 相关性不显著外,其余各指标与 AC 相关性均达显著或极显著水平,其中最高黏度和崩解值与 AC 呈极显著负相关,热浆黏度、冷胶黏度、回复值、消减值和峰值时间与 AC 呈极显著正相关。除热浆黏度、冷胶黏度和起浆温度与胶稠度相关不显著外,其余各指标与胶稠度相关性达显著或极显著水平。另外,消减值和峰值时间与碱消值分别呈显著和极显著正相关,其余各指标与碱消值相关性不显著。同时,对 AC 与胶稠度的相关分析可知两者的相关系数为 -0.38**,所以结合表 2 结果可以得出以下结论,即对于低直链淀粉含量的品种,其 AC 越高或胶稠度越小,那么稻米的淀粉 RVA 谱表现为最高黏度和崩解值越小,而热浆黏度、冷胶黏度、回复值、消减值也越大,峰值时间也越长。

对于糯稻品种,由表 2 可以看出,除崩解值和消减值两个二级数据与 AC 相关性不显著外,其余各指标与 AC 相关性均达显著或极显著水平,且相关系数均在 0.85 以上,最高的达 0.99**,并且都呈正相关,说明糯稻材料中 AC 的高低对稻米淀粉黏滞性谱有极大的影响。同时热浆黏度、冷胶黏度、回复值、起浆温度、峰值时间与碱消值均呈显著或极显著负相关,其余各指标与碱消值相关性不显著。另外,分析 AC 与碱消值的相关性发现,AC 与碱消值呈显著负相关,相关系数为 -0.92*。因此结合表 2 结果可以认为,直链淀粉含量越高的糯稻品种,其碱消值越小,RVA 谱特征值则表现为最高黏度、热浆黏度、冷胶黏度、回复值越大,起浆温度越高,峰值时间也越长。

通过以上对直链淀粉含量高、中、低、糯稻 4 种类型水稻品种的蒸煮品质指标与 RVA 谱特征值的相关分析可知,对于中高直链淀粉含量的水稻材料,直链淀粉含量对稻米淀粉 RVA 谱特征值的影响不明显,特别是高直链淀粉含量的材料,AC 的变化不影响 RVA 谱特征值。而低直链淀粉含量或糯稻材料的 AC 变化与 RVA 谱特征值关系密切,特别是糯

稻材料,除崩解值和消减值这 2 个二级数据与 AC 相关性不显著外,其余各指标与 AC 相关系数均达 0.85 以上,相关系数最高的可达到 0.99**。

另外,在不按直链淀粉含量高低分类比较的情况下,直接将所有材料的蒸煮品质指标与 RVA 谱特征值进行相关分析,分析结果列于表 3。表中各指标间的相关性与隋炯明等^[9]的结论基本一致。然而,结合表 2 结果来看,表 3 的信息相当于只反映了表 2 中低直链淀粉含量或糯稻材料的蒸煮品质与淀粉黏滞谱特性的关系,而中高直链淀粉含量的水稻品种蒸煮品质与淀粉黏滞谱特性的关系在表 3 中就没得到反映。因此,对水稻品种直链淀粉含量高低分级后再来研究稻米蒸煮品质与淀粉黏滞谱特性间的关系是必要的。

3 讨论

3.1 外观品质与 RVA 谱特征值

本试验结果表明,垩白率越低的品种,其稻米淀粉 RVA 谱表现为最高黏度和崩解值越大,冷胶黏度、消减值越小,且达到最高黏度的时间也越短,这也是优质米具有的淀粉黏滞特性^[14]。外观品质中的其他指标如透明度、垩白度等与 RVA 谱除个别指标相关外,其余指标间相关性均不显著,说明外观品质中的垩白率与稻米 RVA 谱特征值关系最为密切。其他研究者^[9,15-16]在对同一品种的有垩白米粒与无垩白米粒进行比较中发现,垩白可引起 AC、热浆黏度、冷胶黏度、消减值、回复值的上升和崩解值的下降,从而导致米饭质地相对硬而糙,适口性差和易返生。因此,在优质米育种中,可把垩白作为稻米外观品质选择的主要因素。

3.2 蒸煮品质与 RVA 谱特征值

稻米直链淀粉含量是由 Wx 基因控制的,其(CT)_n和 G/T 遗传多态性与稻米 AC 之间存在显著相关性,可以解释水稻品种中 81.2%~91.2% 的 AC 变异^[17-19]。包劲松等^[20]以窄叶青 8 号与京引 17 的 DH 群体进行 QTL 定位发现,RVA 谱几种主要特征值的表现均与 Wx 基因有关,认为稻米的 RVA 谱主要受 Wx 基因控制。吴洪恺等^[21]以苏御糯为母本,通过与桂朝 2 号杂交后,用回交、自交后代所产生的单基因替换系来分析水稻淀粉合成相关基因对 RVA 谱特征的影响中发现,Wx 基因对 RVA 谱 8 个特征值的表现均起主要作用。同样 AC 也是影响 RVA 谱的重要因子^[14],由此认为 RVA 谱可在一定程度上反映 Wx 基因与 AC 的变异,如舒庆尧等^[10]在利用 Wx 基因(CT)_n多态性对 RVA 谱的研究中发现,RVA 谱相似的品种,其 Wx 等位基因一般也是相同的。

本研究根据直链淀粉含量的高低将供试材料分成了高、中、低、糯稻等 4 种类型,分别与 RVA 谱特征值进行了相关分析。结果表明,中高直链淀粉含量的水稻品种蒸煮品质指

标只与 RVA 谱的少数指标呈显著或极显著相关,与大部分指标的相关性均不显著,表明中高直链淀粉含量的水稻品种蒸煮品质与淀粉黏滞谱特性关系不密切。而低直链淀粉含量的品种和糯稻品种的蒸煮品质指标与 RVA 谱各指标呈显著或极显著相关。由表 2 的结果可以认为,低直链淀粉含量或糯稻材料的蒸煮品质与淀粉黏滞谱特性密切相关,且水稻品种的 AC 越低,AC 与 RVA 谱特征值的关系越密切。在按与不按直链淀粉含量高低分类的情况下去揭示蒸煮特性与 RVA 谱特征值间的关系得出,对水稻品种直链淀粉含量高低分级后再来研究稻米蒸煮性质与淀粉黏滞谱特性间的关系是必要的,同时也从这个层次上说明了直链淀粉含量的高低与 RVA 谱特征值间的关联程度,所以选育直链淀粉含量较低的优质水稻,在测定 AC 的基础上辅以 RVA 谱的测定是必要的。

参考文献:

- [1] 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.作物学报,2004,30(6):519-524.
- [2] 莫惠栋.我国稻米品质的改良.中国农业科学,1993,26(4):8-14.
- [3] American Association of Cereal Chemist (AACC). Methods 61-02 for RVA//Approved Methods of the AACC. 9th ed. St. Paul, MN: AACC. 1995.
- [4] Bao J S, Shen S Q, Xie J K. A study on the improvement of eating quality of early indica rice with the assistance of RVA. *Mol Plant Breeding*, 2004, 2(1): 49-53.
- [5] 王丰,程方民,钟连进,孙宗修.早籼稻米 RVA 谱特性的品种间差异及其温度效应特征.中国水稻科学,2003,17(4):328-332.
- [6] 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.作物学报,2006,32(10):1479-1484.
- [7] 吴殿星,舒庆尧,夏英武.利用 RVA 谱快速鉴别不同表观直链淀粉含量早籼稻的淀粉粘滞特性.中国水稻科学,2001,15(1):57-59.
- [8] 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.作物学报,2001,27(2):165-172.
- [9] 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.中国农业科学,2005,38(4):657-663.
- [10] 舒庆尧,吴殿星,夏英武,高明尉.稻米淀粉 RVA 谱特征的亚种间差异初析.作物学报,1999,25(3):279-283.
- [11] 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.作物学报,2007,33(3):411-418.
- [12] 中华人民共和国国家标准. GB/T 17891-1999 优质稻谷. 北京:中国标准出版社,1999.
- [13] 中华人民共和国农业部部颁标准. NY147-88 稻米品质评价方法. 北京:中国标准出版社,1988:4-6.
- [14] 舒庆尧,吴殿星,高明尉,等.稻米淀粉 RVA 谱特征与食用品质的关系.中国农业科学,1998,31(3):25-29.
- [15] 程方民,钟连进,舒庆尧,等.早籼水稻垩白部位淀粉的蒸煮食味品质特征.作物学报,2002,28(3):363-368.
- [16] 刘奇华,蔡建,李天,等.两个籼稻品种垩白对稻米蒸煮食味与营养品质的影响.中国水稻科学,2007,21(3):327-330.
- [17] 舒庆尧,吴殿星,夏英武,等.籼稻和粳稻中蜡质基因座位上微卫星标记的多态性及其与直链淀粉含量的关系.遗传学报,1999,26(4):350-358.
- [18] Ayres N M, McClung A M, Larkin P D, et al. Microsatellites and a single nucleotide polymorphism differentiate apparent amylose classes in an extended pedigree of US rice germplasm. *Theor Appl Genet*, 1997, 94: 773-781.
- [19] Tan Y F, Zhang Q F. Correlation of simple sequence repeat (SSR) variants in the leader sequence of the waxy gene with amylose content of the grain in rice. *Acta Bot Sin*, 2001, 43(2):146-150.
- [20] 包劲松,何平,夏英武,等.稻米淀粉 RVA 谱特征主要受 Wx 基因控制.科学通报,1999,44(18):1973-1976.
- [21] 吴洪恺,梁国华,顾燕娟,等.水稻淀粉合成相关基因对稻米 RVA 谱特征的影响.作物学报,2006,32(11):1597-1603.