

不同海拔条件下耐冷性粳稻品种的稻米淀粉 RVA 谱特性

朱振华¹ 金基永² 袁平荣¹ 赵国珍¹ 苏振喜¹ 世荣¹ 邹茜¹ 杨世准³ 戴陆园^{1,*}

(¹云南省农业科学院 粳稻育种中心, 云南 昆明 650205; ²韩国农村振兴厅 国家作物科学院 湖南农业研究所, 韩国 益山 570-080; ³韩国农村振兴厅 国家作物科学院, 韩国 水原 441-857; * 通讯联系人, E-mail: Luyundai@yahoo.com.cn)

RVA Profile Properties for Cold Tolerant and Sensitive Cultivars of Japonica Rice at Different Altitudes in Highland Region

ZHU Zhen-hua¹, KIM Ki-young², YUAN Ping-rong¹, ZHAO Guo-zhen¹, SU Zhen-xi¹, SHI Rong¹, ZOU Qian¹, YANG Sea-jun³, DAI Lu-yuan^{1,*}

(¹ *Japonica Rice Breeding Center, Yunnan Academy of Agricultural Sciences, Kunming 650205, China*; ² *Honam Agricultural Research Institute, National Institute of Crop Science, Rural Development Administration, Iksan 570-080, Korea*; ³ *National Institute of Crop Science, Rural Development Administration, Suwon 441-857, Korea*; * *Corresponding author, E-mail: Luyundai@yahoo.com.cn*)

ZHU Zhenhua, KIM Kiyoung, YUAN Pingrong, et al. RVA profile properties for cold tolerant and sensitive cultivars of japonica rice at different altitudes in highland region. *Chin J Rice Sci*, 2010, 24(2): 151-156.

Abstract: Four cold-tolerant and five cold-sensitive japonica rice cultivars were grown at three locations with different altitudes in Yunnan plateau to investigate rice starch RVA profile characteristics. The results showed that with increasing altitude, the setback viscosity in cold-sensitive cultivars increased significantly, while the peak viscosity and breakdown viscosity decreased significantly. However, the peak viscosity and breakdown viscosity in cold-tolerant cultivars initially decreased and then gradually increased with rising altitude, whereas the setback viscosity initially increased and then decreased. The starch RVA parameters of cold-tolerant cultivars was less sensitive to different environments than those of cold-sensitive cultivars. Cooking and eating quality of cold-tolerant cultivars had relatively stable trends with rising altitude, whereas cooking and eating quality of cold-sensitive cultivars had a trend toward inferior.

Key words: japonica rice; cold tolerance; rice quality; starch viscosity; altitude

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. *中国水稻科学*, 2010, 24(2): 151-156.

摘 要: 以 4 个强耐冷性粳稻品种和 5 个弱耐冷性粳稻品种为材料, 比较分析了云南高原粳稻区不同海拔条件下不同耐冷性粳稻品种的稻米淀粉 RVA 谱变化特征。随种植海拔的升高, 弱耐冷性品种的消减值明显增大, 峰值黏度和崩解值显著减小, 而强耐冷性品种的峰值黏度和崩解值呈先降后升趋势, 消减值则表现先升后降趋势。强耐冷性品种的稻米淀粉 RVA 谱特性受海拔变化的影响较弱耐冷性品种小, 蒸煮食味品质表现相对稳定, 但弱耐冷性品种的蒸煮食味品质随海拔升高明显呈变劣趋势。

关键词: 粳稻; 耐冷性; 稻米品质; 淀粉黏滞性; 海拔

中图分类号: Q945.78; S511.033

文献标识码: A

文章编号: 1001-7216(2010)02-0151-06

稻作冷害是南亚和东南亚热带、亚热带国家以及日本、韩国等温带国家和我国水稻生产中的一大限制因子, 全世界有 1500 万 hm^2 以上的稻作面积受到低温威胁。我国水稻种植地域广, 华北、东北、西北、长江中下游、西南和华南地区的稻谷生产, 都受到不同程度的冷害威胁, 东北和西南稻作区受冷害影响尤为严重^[1]。云南高原粳稻区是我国乃至世界上少有的特殊稻区之一, 常年水稻种植面积高达 100 万 hm^2 , 其中 60 万 hm^2 的高原粳稻分布在海拔 1500~2700 m 的地区^[2]。高原粳稻种植区海拔高、气温低, 冷害频繁发生, 影响了水稻生产的稳定与发展。据统计, 云南省常年稻作冷害面积高达 46.7 万

~53.3 万 hm^2 , 约占云南稻作总面积的 1/2^[3]。冷害不仅导致水稻严重减产而且导致稻米中的未成熟粒和腹白米增加, 最终致使稻米品质严重变劣。因此, 选育耐冷性强的水稻品种不仅对云南水稻的稳产高产及稻米品质的改良意义重大, 而且对其他寒地稻作区的水稻耐冷、品质育种也具有重要的意义。

收稿日期: 2009-02-27; **修改稿收到日期:** 2009-11-23。

基金项目: 云南省科技攻关计划资助项目(2006NG04); 中韩国际合作项目(YK2007-2010); 云南省中青年学术技术带头人后备人才项目(2009CI058); 云南省中青年技术创新人才培养项目(2008PY089)。

第一作者简介: 朱振华(1970—), 男, 助理研究员。E-mail: zhzh86@126.com。

稻米品质包括碾米品质、外观品质、蒸煮食味品质及营养品质等,由于稻米主要以米饭形式被消费,因而蒸煮食味品质是稻米的重要品质性状^[4-6]。淀粉RVA谱特性是稻米糊化特性的主要物理指标,与蒸煮食味品质关系密切,最高黏度和崩解值与米饭食味、黏性及其总评分呈正相关,而消减值与米饭食味呈负相关^[5-6]。与稻米的其他理化特性相比,淀粉RVA谱特性评价稻米蒸煮食味品质的可靠性更高^[6-7]。淀粉RVA谱的遗传变异主要受遗传主效应控制,另外还受基因型与环境互作效应的影响^[8-10]。有关环境因素对淀粉RVA谱特性的影响,国内外已不乏报道,内容上主要涉及气候条件、栽培措施及土壤水分与肥力状况等方面^[11-15]。关于不同海拔条件下稻米RVA谱特性变化的研究报道甚少^[16],而针对粳稻不同耐冷性品种在不同海拔条件下RVA谱特性变化的研究至今未见报道。本研究选用9个有代表性的强、弱耐冷性(耐冷品种和冷敏感品种)粳稻品种,种植于云南高原粳稻区的昆明、白邑和丽江等3个高海拔试点,研究不同海拔环境条件下两类耐冷性粳稻淀粉RVA谱特性的变化规律,以及水稻耐冷性对稻米品质的影响,旨在为云南高原粳稻优质耐冷新品种的选育提供科学依据。

1 材料与方 法

1.1 试验材料

供试材料共9个粳稻品种,其中云南粳稻品种5个,分别是云粳16号、丽粳314、丽粳11号、凤稻21号和云粳15号;韩国粳稻品种4个,分别是Sobaekbyeo(小白稻)、Jinbubyeo(珍富稻)、Undu-

byeo(云头稻)、Dunnaebyeo(屯内稻)(表1)。

1.2 试验设计

试验于2007年分别在昆明(海拔1916 m, 25°01' N, 102°41' E)、白邑(海拔2100 m, 25°05' N, 103°19' E)和丽江(海拔2400 m, 26°52' N, 100°14' E)等3个不同海拔生态类型的代表点进行。按完全随机区组排列,3次重复,每品种栽5行,每行20株,株行距10 cm×17 cm,每穴插2~3苗。各点按当地适宜播期播种移栽,田间管理按当地常规方法进行。水稻成熟时分小区单收,干燥至标准含水量,冷库中密封储存3个月后进行稻米各项品质分析。

1.3 耐冷性评价

丽江是云南自然低温条件下评价粳稻品种耐冷性试验鉴定点,7、8月份平均气温分别为17.9℃、16.6℃。因此,以丽江点品种安全成熟时的结实率作为评价供试材料耐冷性的指标,结实率大于70%为强耐冷性品种即耐冷品种,而小于45%的为弱耐冷性品种即冷敏感品种(表1)。

1.4 测定项目

采用日本Satake Engineering公司生产的试验用糙米机和精米机将稻谷加工成精米。采用FOSS Tecator公司生产的Infratec 1241型近红外谷物品质分析仪测定直链淀粉含量(amylose content, AC)和蛋白质含量(protein content, PC)。采用澳大利亚Newport Scientific公司生产的RVA-4型Rapid Visco Analyser快速测定淀粉黏滞特性,用TCW(thermal cycle for windows)配套软件分析;根据AACC(美国谷物化学协会)规程^[17]进行,RVA谱特征值用峰值黏度(peak viscosity, PKV)、

表1 2007年丽江鉴定点的粳稻品种耐冷性评价结果

Table 1. Evaluation of cold tolerance for japonica rice cultivars in Lijiang, Yunnan Province, China in 2007.

品种 Cultivar	品种来源 Origin	抽穗期(月-日) Heading date (Month-Day)	结实率 Seed-setting rate/%	千粒重 1000-grain weight/g	耐冷性评价 Cold tolerance
云粳16号 Yunjing 16	云南省农业科学院粳稻育种中心 JRBC	08-20	79.7	23.1	强 Tolerant
丽粳314 Lijing 314	云南省丽江市农业科学研究所 LASI	08-30	72.2	31.1	强 Tolerant
丽粳11号 Lijing 11	云南省丽江市农业科学研究所 LASI	08-15	77.0	29.7	强 Tolerant
凤稻21号 Fengdao 21	云南省大理州农业科学研究所 DASI	08-19	75.5	28.0	强 Tolerant
小白稻 Sobaekbyeo	韩国农村振兴厅作物科学院 NICS	08-14	26.9	22.4	弱 Sensitive
珍富稻 Jinbubyeo	韩国农村振兴厅作物科学院 NICS	08-13	36.0	25.6	弱 Sensitive
云头稻 Undubyeo	韩国农村振兴厅作物科学院 NICS	07-30	42.5	24.1	弱 Sensitive
屯内稻 Dunnaebyeo	韩国农村振兴厅作物科学院 NICS	07-28	42.5	24.6	弱 Sensitive
云粳15号 Yunjing 15	云南省农业科学院粳稻育种中心 JRBC	08-22	38.9	24.9	弱 Sensitive

JRBC, Japonica Rice Breeding Center, Yunnan Academy of Agricultural Sciences, China; LASI, Lijiang Agricultural Sciences Institute, Yunnan Province, China; DASI, Dali Agricultural Sciences Institute, Yunnan Province, China; NICS, National Institute of Crop Science, Rural Development Administration, Korea.

热浆黏度 (hot viscosity, HTV)、最终黏度 (final viscosity, FLV)、崩解值 (breakdown viscosity, BDV, 峰值黏度 - 热浆黏度)、消减值 (setback viscosity, SBV, 最终黏度 - 峰值黏度)、峰值时间 (Peak time, PeT) 和糊化温度 (Pasting temperature, PaT) 等表示, 黏滞值以 RVU (Rapid Visco Units) 为单位。

上述理化指标和 RVA 谱特征值的测定均在韩国农村振兴厅作物科学院湖南农业研究所品质分析实验室完成, 各项指标的测定均重复 3 次, 取其平均值进行统计分析, 数据处理采用 DPS 软件完成。

2 结果与分析

2.1 RVA 谱特征值及理化指标方差分析

从表 2 可以看出, 耐冷品种的消减值、糊化温度、直链淀粉含量和蛋白质含量以及冷敏感品种的峰值黏度、崩解值和消减值均存在显著或极显著环境主效应, 而其他特征值的环境效应均不显著; 耐冷品种的崩解值、消减值、糊化温度、直链淀粉含量和蛋白质含量均存在显著或极显著的基因型主效应, 而其余特征值的基因型效应同冷敏感品种 RVA 谱特征值的基因型效应一样均不显著; 耐冷基因型和冷敏感品种在淀粉 RVA 谱特征值和理化品质上均存在显著或极显著的基因型与环境互作效应。

2.2 RVA 谱特征值及理化指标的变异分析

由表 3 可知, 不同品种淀粉 RVA 谱特性和理化指标受环境变化的影响存在较大差异。耐冷品种和冷敏感品种均以消减值的平均变异系数最大, 分别为 248.05% 和 28.70%, 其次是崩解值、热浆黏度和峰值黏度, 而峰值时间、直链淀粉含量和蛋白质含

量的平均变异系数相对较小。说明在 RVA 谱特征值中受环境变化影响较大的是消减值、崩解值、热浆黏度和峰值黏度。除消减值外, 冷敏感品种的其他 6 个 RVA 谱特征值的平均变异系数明显大于耐冷品种, 这表明冷敏感品种的 RVA 谱特性受环境条件变化的影响大于耐冷品种。

2.3 品种间 RVA 谱特征值及理化指标比较

淀粉 RVA 谱特征值及理化指标的多重比较表明 (表 4), 耐冷品种和冷敏感品种之间的 RVA 谱特性及理化指标的差异较大; 不同品种的 RVA 谱特性及理化品质对不同生态试点的反应程度不相同, 就是相同品种的反应程度也有差异。在昆明试点, 除云粳 15 号的峰值黏度和蛋白质含量外, 冷敏感品种的峰值黏度、热浆黏度、最终黏度和蛋白质含量均大于耐冷品种; 耐冷品种 (凤稻 21 号除外) 的崩解值均大于冷敏感品种, 而消减值和直链淀粉含量则表现相反。前人的研究表明, 淀粉 RVA 谱特征值与蒸煮食味品质关系密切, 特别是峰值黏度、崩解值、消减值等特征值能较好地反映稻米蒸煮食味品质的优劣, 食味较好的品种普遍表现出较高的峰值黏度和崩解值、较小的消减值以及较低的直链淀粉含量和蛋白质含量, 而食味较差的品种则表现相反^[11, 18-22]。由此可见, 昆明试点耐冷品种云粳 16 号、丽粳 314 和丽粳 11 号的蒸煮食味品质良好, 冷敏感品种小白稻的食味品质较差。随海拔提高, 白邑试点耐冷品种的崩解值明显大于冷敏感品种, 而消减值和蛋白质含量则相反; 除凤稻 21 号外, 耐冷品种的直链淀粉含量较冷敏感品种低。在丽江试点, 耐冷品种的峰值黏度和崩解值显著大于冷敏感品

表 2 不同耐冷性品种稻米 RVA 谱特征值及理化品质方差分析 (F 值)

Table 2. ANOVA on RVA profile characteristic value and physicochemical traits of rice for cold-tolerant and cold-sensitive cultivars (F -value).

变异来源 Source of variance	峰值黏度 PKV	热浆黏度 HTV	最终黏度 FLV	崩解值 BDV	消减值 SBV	峰值时间 PeT	糊化温度 PaT	直链淀粉 含量 AC	蛋白质 含量 PC
耐冷品种 Cold tolerant cultivars									
环境 Environment (E)	0.37	1.06	2.77	3.80	6.72*	1.04	24.41**	14.56**	8.66*
基因型 Genotype (G)	3.13	1.36	1.40	9.96**	10.21**	3.77	14.55**	5.15*	6.86*
基因型×环境 G×E	69.53**	19.61**	21.34**	19.61**	16.87**	6.90**	3.02*	20.40**	11.81**
冷敏感品种 Cold sensitive cultivars									
环境 Environment (E)	7.09*	4.28	2.14	5.21*	8.34*	0.27	1.67	0.29	1.58
基因型 Genotype (G)	1.06	1.30	1.90	1.31	0.89	1.98	0.47	0.64	0.56
基因型×环境 G×E	135.22**	39.78**	74.79**	5.89**	16.54**	11.30**	3.06*	24.92**	42.85**

* 和 ** 分别表示在 0.05 和 0.01 水平上差异显著。

* and ** indicate significant difference at 0.05 and 0.01 probability levels, respectively.

PKV, Peak viscosity; HTV, Hot viscosity; FLV, Final viscosity; BDV, Breakdown viscosity; SBV, Setback viscosity; PeT, Peak time; PaT, Pasting temperature; AC, Amylose content; PC, Protein content. The same as in Table 3 and Table 4.

表3 不同耐冷性品种稻米淀粉RVA谱特征值及理化品质的变异系数

Table 3. Coefficients of variation of RVA profile characteristic values and physicochemical traits for different cultivars.

品种 Cultivar	峰值黏度 PKV	热浆黏度 HTV	最终黏度 FLV	崩解值 BDV	消减值 SBV	峰值时间 PeT	糊化温度 PaT	直链淀粉 含量 AC	蛋白质 含量 PC
耐冷品种 Cold tolerant cultivar									
云梗 16号 Yunjing 16	7.56	7.22	5.86	10.22	-105.85	1.11	4.15	1.91	2.01
丽梗 314 Lijing 314	4.92	9.13	7.94	17.20	608.01	2.27	3.42	3.23	2.25
丽梗 11号 Lijing 11	4.20	16.78	10.42	16.56	446.24	2.77	3.97	1.49	2.08
凤稻 21号 Fengdao 21	5.11	4.96	4.62	12.26	43.79	1.51	6.72	4.43	2.05
平均 Mean	5.45	9.52	7.21	14.06	248.05	1.92	4.57	2.77	2.10
冷敏感品种 Cold sensitive cultivar									
小白稻 Sobaekbyeo	16.14	21.67	4.94	12.77	57.34	2.12	10.13	1.17	0.79
珍富稻 Jinbubyeo	12.21	19.49	5.75	14.43	26.56	2.76	8.21	1.56	1.15
云头稻 Undubyeo	12.68	9.96	4.26	27.77	29.63	1.95	2.32	1.19	2.04
屯内稻 Dunnaebyeo	18.66	15.29	12.67	31.07	20.52	0.94	3.51	1.76	2.88
云梗 15号 Yunjing 15	14.07	17.95	10.50	16.06	9.46	3.23	4.74	2.36	2.66
平均 Mean	14.75	16.87	7.62	20.42	28.70	2.20	5.78	1.61	1.90

表4 不同耐冷性品种稻米淀粉RVA谱特征值及理化品质指标多重比较

Table 4. Multiple comparison of RVA profile characteristic values and physicochemical traits of rice starch for different cultivars at three locations.

试验地点与品种 Location and cultivar	峰值黏度 PKV /RVU	热浆黏度 HTV /RVU	最终黏度 FLV /RVU	崩解值 BDV /RVU	消减值 SBV /RVU	峰值时间 PeT /min	糊化温度 PaT/°C	直链淀粉 含量 AC/%	蛋白质 含量 PC/%
昆明 Kunming									
耐冷品种 Cold tolerant cultivar									
云梗 16号 Yunjing 16	224.73 bc	108.44 d	214.03 e	116.29 a	-10.70 e	5.64 d	72.55 a	19.33 cd	8.07 g
丽梗 314 Lijing 314	222.44 c	110.07 cd	215.64 e	112.37 a	-6.80 e	5.67 d	72.85 a	19.23 d	8.23 f
丽梗 11号 Lijing 11	214.95 d	104.30 d	207.46 e	110.65 a	-7.49 e	5.62 d	73.03 a	18.90 e	8.60 d
凤稻 21号 Fengdao 21	188.08 e	118.47 bc	235.67 d	69.62 bc	47.59 ab	5.87 c	64.63 c	20.30 a	8.47 e
冷敏感品种 Cold sensitive cultivar									
小白稻 Sobaekbyeo	232.05 a	158.88 a	245.51 c	73.17 b	13.46 d	5.93 bc	66.60 bc	19.63 b	9.00 b
珍富稻 Jinbubyeo	229.26 ab	166.63 a	269.41 ab	62.64 c	40.15 bc	6.05 ab	67.10 bc	19.33 cd	8.90 c
云头稻 Undubyeo	229.51 ab	161.36 a	261.95 b	68.15 bc	32.45 c	6.16 a	67.82 b	19.50 bc	9.03 b
屯内稻 Dunnaebyeo	227.69 abc	161.00 a	270.94 a	66.68 bc	43.25 b	6.13 a	66.00 bc	19.57 b	9.30 a
云梗 15号 Yunjing 15	190.19 e	125.52 b	243.33 cd	64.67 bc	53.14 a	5.93 bc	66.00 bc	20.23 a	8.50 e
白邑 Baiyi									
耐冷品种 Cold tolerant cultivar									
云梗 16号 Yunjing 16	204.45 c	96.75 d	200.99 e	107.69 a	-3.46 e	5.58 f	70.98 ab	19.20 d	8.20 de
丽梗 314 Lijing 314	207.43 c	129.86 c	229.04 c	77.57 b	21.61 d	5.82 de	71.50 a	19.20 d	8.13 e
丽梗 11号 Lijing 11	229.73 a	152.08 b	252.58 b	77.65 b	22.85 d	5.96 cd	70.48 ab	18.80 e	8.27 d
凤稻 21号 Fengdao 21	180.18 e	118.75 c	220.09 d	61.43 c	39.91 c	5.86 de	64.33 d	20.07 a	8.53 c
冷敏感品种 Cold sensitive cultivar									
小白稻 Sobaekbyeo	206.47 c	147.19 b	255.24 b	59.28 c	48.78 b	6.07 bd	66.27 cd	19.73 bc	9.00 ab
珍富稻 Jinbubyeo	217.60 b	166.56 a	282.46 a	51.04 d	64.86 a	6.18 b	65.68 d	19.60 c	8.93 ab
云头稻 Undubyeo	190.96 d	150.42 b	252.73 b	40.54 e	61.76 a	6.36 a	68.55 bc	19.57 c	8.90 b
屯内稻 Dunnaebyeo	214.95 b	157.61 ab	280.91 a	57.34 cd	65.97 a	6.11 bc	68.60 bc	19.27 d	8.90 b
云梗 15号 Yunjing 15	139.83 f	89.12 d	192.70 e	50.71 d	52.87 b	5.75 e	64.97 d	19.83 b	9.03 a
丽江 Lijiang									
耐冷品种 Cold tolerant cultivar									
云梗 16号 Yunjing 16	243.33 a	109.30 c	190.55 f	134.03 a	-52.79 e	5.60 e	77.53 a	18.57 d	8.43 f
丽梗 314 Lijing 314	199.39 c	111.95 c	191.82 f	87.44 b	-7.57 d	5.60 e	76.98 a	18.03 e	8.53 e
丽梗 11号 Lijing 11	210.67 b	123.75 ab	205.63 e	86.91 b	-5.03 d	5.69 e	75.38 a	18.33 d	8.60 de
凤稻 21号 Fengdao 21	201.24 c	124.03 ab	217.13 d	77.21 bc	15.89 c	5.98 c	73.37 ab	18.47 d	8.83 ab
冷敏感品种 Cold sensitive cultivar									
小白稻 Sobaekbyeo	159.15 f	96.80 d	229.19 c	62.34 d	70.04 a	5.82 d	77.77 a	19.30 b	8.90 a
珍富稻 Jinbubyeo	174.55 e	109.57 c	248.00 a	64.97 cd	73.45 a	5.87 d	71.22 ab	18.93 c	8.73 c
云头稻 Undubyeo	173.00 e	130.13 a	238.17 b	42.86 ef	65.16 a	6.20 a	65.43 b	19.93 a	8.63 d
屯内稻 Dunnaebyeo	148.82 g	116.43 bc	215.50 d	32.39 f	66.69 a	6.07 b	65.45 b	20.00 a	8.73 c
云梗 15号 Yunjing 15	185.65 d	131.88 a	233.08 bc	53.78 de	47.42 b	6.18 a	71.27 ab	19.20 b	8.80 bc

在同一列中,数据后带相同字母者表示差异未达0.05显著水平。

Within a column, data followed by the same letters indicate no significant difference at 0.05 level.

表 5 不同耐冷性品种 RVA 谱特征值及理化指标的平均值在不同海拔间的比较

Table 5. Comparison of RVA profile characteristic value and physicochemical traits of rice starch for different cultivars among different altitudes.

品种类型 Cultivar	海拔高度	峰值黏度	热浆黏度	最终黏度	崩解值	消减值	峰值时间	糊化温度	直链淀粉	蛋白质
	Altitude	PKV	HTV	FLV	BDV	SBV	PeT	PaT	含量	含量
	/m	/RVU	/RVU	/RVU	/RVU	/RVU	/min	/C	AC/%	PC/%
耐冷品种 Cold tolerant cultivar	1900	212.55 a	110.32 c	218.20 b	102.23 a	5.65 b	5.70 b	70.77 b	19.44 a	8.34 b
	2100	205.45 b	124.36 a	225.68 a	81.09 c	20.23 a	5.81 a	69.33 c	19.32 b	8.28 c
	2400	213.66 a	117.26 b	201.28 c	96.40 b	-12.37 c	5.72 b	75.82 a	18.35 c	8.60 a
冷敏感品种 Cold sensitive cultivar	1900	221.74 a	154.68 a	258.23 a	67.06 a	36.49 c	6.04 ab	66.70 b	19.65 a	8.95 a
	2100	193.96 b	142.18 b	252.81 b	51.78 b	58.85 b	6.09 a	66.81 b	19.60 a	8.95 a
	2400	168.23 c	116.96 c	232.79 c	51.27 b	64.55 a	6.03 b	70.23 a	19.47 b	8.76 b

种,而消减值和直链淀粉含量则相反;除凤稻 21 号外,耐冷品种的蛋白质含量较冷敏感品种低。从不同品种对海拔的反应程度来看,耐冷品种的蒸煮食味品质总体上受海拔上升的影响较冷敏感品种小,蒸煮食味品质表现相对稳定,而冷敏感品种的蒸煮食味品质明显变劣。

2.4 不同海拔间稻米淀粉 RVA 谱特征值及理化指标比较

海拔不同,其气温差距也大,海拔每上升 100 m,日均气温随之降低 0.6℃。在不同海拔条件下,耐冷品种和冷敏感品种的淀粉 RVA 谱特征值及理化指标比较结果表明(表 5),随种植海拔上升,冷敏感品种的消减值和糊化温度明显增大,而峰值黏度、热浆黏度、最终黏度、崩解值、直链淀粉含量和蛋白质含量与耐冷品种的直链淀粉含量均显著降低;耐冷品种的峰值黏度、崩解值、糊化温度和蛋白质含量受海拔影响呈先降后升趋势,而热浆黏度、最终黏度、消减值和峰值时间则呈先升后降趋势。在相同海拔条件下,耐冷品种的崩解值和糊化温度明显大于冷敏感品种,而消减值、峰值时间、直链淀粉含量和蛋白质含量低于冷敏感品种,而且随海拔上升,这两类品种在峰值黏度、崩解值、消减值、直链淀粉含量和蛋白质含量上的差异更明显。

3 讨论

前人的研究指出,稻米淀粉 RVA 谱特性主要由 Wx 基因控制^[23],淀粉 RVA 谱的热浆黏度、最终黏度、崩解值、消减值和回复值等特征值的遗传可能是由 1 对主效基因和若干微效基因共同控制的^[10],而且 RVA 谱特征值的稳定性在品种间及种植地域间的差异较大^[16,24],但不同品种无论种植在哪里,都始终保持其品质的相对差异^[16]。本研究的结果也表明 RVA 谱特征值主要由遗传基因控制,同时又受环境条件的影响,稻米的 RVA 谱特性

是基因型、环境以及基因型与环境互作的结果。

本研究结果表明,稻米淀粉的 RVA 谱特性与粳稻品种的耐冷性密切相关,不同耐冷性品种的淀粉 RVA 谱特性对海拔变化的响应存在明显差异,海拔差异越大,淀粉 RVA 谱特性差异越明显。如本试验测得在云南高海拔稻区各试点种植的品种珍富稻,它的峰值黏度、崩解值和消减值变幅分别为 174.55~229.26、51.04~64.79 和 40.15~73.54 RVU,而在韩国益山(海拔 10 m)种植的同一种品种的峰值黏度、崩解值和消减值分别为 312.1、111.8、8.8 RVU^[12]。随海拔升高,气温下降,冷敏感品种的消减值明显增大,峰值黏度和崩解值显著减小,而耐冷品种的峰值黏度和崩解值呈先降后升趋势,消减值则表现相反趋势。不同海拔条件下耐冷品种的峰值黏度和崩解值较冷敏感品种大,而消减值较冷敏感品种小,因而耐冷品种的蒸煮食味品质表现较好。冷敏感品种的淀粉 RVA 谱特征值受海拔环境条件变化的影响程度较耐冷品种大,蒸煮食味品质随海拔升高有明显变劣的趋势,而耐冷品种的蒸煮食味品质相对较稳定。这说明提高粳稻品种的耐冷性有利于稳定和改善稻米的蒸煮食味品质。因此,在品质育种过程中选育耐冷性强的品种对改善稻米的蒸煮食味品质具有重要意义。

种植区域的海拔不同,气候生态条件不同,稻米的淀粉 RVA 谱特性也有差异。本研究结果表明,不同耐冷品种的淀粉 RVA 谱对海拔生态条件的敏感性不尽相同,而且每个品种均有一个“优质适生区”。如在本试验条件下云粳 16 号的淀粉 RVA 谱特性稳定,蒸煮食味品质表现优良,海拔 1900~2400 m 范围为其优质适生区,而丽粳 314 和丽粳 11 号等品种的优质适生区在海拔 1900 m 左右。由于云南高原粳稻区的特殊性,高海拔稻区内立体气候特点突出,生态条件复杂多样,因此,本区优质稻的发展首先应选用品质性状优良的耐冷品种,科学合

理地确定耐冷品种适宜的生态区域,搞好品质生态区划和品种布局。高海拔和气候多变稻区适宜选择在不同环境条件下稻米品质相对稳定或对环境变化不敏感的耐冷品种,尽可能将适宜的品种布局在其优质适生区内。在品种的选择和品质生态区划、布局上,除考虑 RVA 谱特性外,还要综合考虑其他品质性状和产量水平,并配合优良的栽培管理措施,以便充分发挥优良品种的遗传潜力,达到实现水稻优质、高产的目的。

谢辞: 稻米品质分析均在韩国农村振兴厅作物科学院湖南农业研究所品质分析实验室完成,得到该实验室全体工作人员的帮助,在此表示谢意。

参考文献:

- [1] 戴陆园, 叶昌荣, 余腾琼, 等. 水稻耐冷性研究: I. 稻冷害类型及耐冷性鉴定评价方法概述. *西南农业学报*, 2002, 15(1): 41-45.
- [2] 朱振华, 蒋志农, 赵国珍, 等. 云南高原粳稻品质性状因子及品种聚类分析. *江西农业大学学报*, 2008, 30(2): 194-198.
- [3] Zeng Y W, Shen S Q, Xu F R, et al. Ecological diversity of cold-tolerant rice in Yunnan, China. *Plant Genet Resour Newsl*, 1999, 117: 43-47.
- [4] Kim K H. Research status and prospects in rice quality. *Korea J Crop Sci*, 1988, 33(1): 1-17.
- [5] 金正勋, 姜文洙, 晋重玄, 等. 籼稻 RAPD 标记遗传距离与杂种后代稻米味度及 RVA 谱特性的相关分析. *中国水稻科学*, 2005, 19(1): 29-35.
- [6] 金正勋, 姜文洙, 晋重玄, 等. 籼稻品种味度及淀粉 RVA 谱特性配合力分析. *作物学报*, 2004, 30(12): 1210-1214.
- [7] 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. *中国水稻科学*, 2006, 20(5): 524-528.
- [8] Gravois K A, Webb B D. Inheritance of long grain rice amylo-graph viscosity characteristics. *Euphytica*, 1997, 97: 25-29.
- [9] 包劲松, 夏英武. 稻米淀粉 RVA 谱的基因型×环境互作效应分析. *中国农业科学*, 2001, 34(2): 123-127.
- [10] 李欣, 张蓉, 隋炯明, 等. 稻米淀粉粘滞性谱特征的表现及其遗传. *中国水稻科学*, 2004, 18(5): 384-390.
- [11] 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. *中国水稻科学*, 2003, 17(4): 328-332.
- [12] Kim K Y, Choung J I, Kim B K, et al. Effect of cold water irrigation on rice grain quality. *Korean J Intl Agric*, 2006, 18(1): 58-63.
- [13] 韩龙植, 朴钟泽, 高熙宗. 水稻耐冷性对稻米品质冷水反应的影响. *中国农业科学*, 2003, 36(7): 757-763.
- [14] 刘艳阳, 张洪程, 戴其根, 等. 不同地力水平下施氮量对水稻淀粉 RVA 谱特征的影响. *中国水稻科学*, 2006, 20(5): 529-534.
- [15] 蔡一震, 王维, 张祖建, 等. 水旱种植下多个品种蒸煮品质和稻米 RVA 谱的比较性研究. *作物学报*, 2003, 29(4): 508-513.
- [16] 袁继超, 丁志勇, 蔡光泽, 等. 攀西地区稻米淀粉 RVA 谱的影响因子及其垂直变化特点. *作物学报*, 2005, 31(12): 1611-1619.
- [17] AACC. Methods 61-02 for RVA//Approved Methods of the AACC. 10th ed. St. Paul, MN: AACC, 2000.
- [18] 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.
- [19] 舒庆尧, 吴殿星, 夏英武, 等. 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.
- [20] Choi H. Current status and perspectives in varietal improvement of rice cultivars for high-quality and value-added products. *Korean J Crop Sci*, 2002, 47(Suppl): 15-32.
- [21] 张小明, 石春海, 富田桂. 粳稻米淀粉特性与食味间的相关性分析. *中国水稻科学*, 2002, 16(2): 157-161.
- [22] 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. *中国水稻科学*, 2009, 23(1): 99-102.
- [23] 包劲松, 何平, 夏英武, 等. 稻米淀粉 RVA 谱特征主要受 W_x 基因控制. *科学通报*, 1999, 44(18): 1973-1976.
- [24] 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. *作物学报*, 2004, 30(12): 1185-1191.