

太湖流域糯稻地方种质稻米 RVA 谱多样性的研究

沈新平¹, 沈明星², 顾丽¹, 季红娟¹, 龚丽萍¹, 王建平², 姚月明²

(¹扬州大学江苏省作物遗传生理重点实验室, 江苏扬州 225009; ²江苏省太湖地区农业科学研究所, 江苏苏州 215155)

摘要:【目的】对糯稻地方种质资源的淀粉糊化特性进行评价鉴定,以明确这些原始种质间淀粉品质差异性,为选择特异和优异种质,加快糯稻的定向育种和生产奠定基础。【方法】以 50 年代征集的 97 份太湖地区糯稻地方种质资源材料,分析其稻米 RVA 谱的特征值,以评价其淀粉糊化特性。【结果】种质间的 RVA 谱特征值有极显著的差异性,其中崩解值的极差达 4 798 cp,峰值粘度、最终粘度、消减值的极差也都在 3 000 cp 左右,峰值时间、糊化温度亦有较大差异。RVA 谱具有较高的遗传多样性,其平均多样性指数(Shannon 指数)达 1.86。这些种质的 RVA 谱曲线呈现为 4 种基本类型:即占品种数 92.7% 的基本特征类群,其峰值粘度变化在 1 000~2 700 cp 之间,而一些特异类型,如栗阳糯、香珠糯、白壳罗汉黄、粳谷糯则表现为高峰值粘度,达 3 000 cp 以上,崩解值、消减值均较大;还有些品种(黄粳糯、毛糯、葡萄糯)呈现为极低的峰值粘度,变化在 500 cp~800 cp 之间;源于吴县的白糯稻和武进的堆子糯这两个种质呈籼稻的 RVA 谱特征,其消减值为正值,分别达 461 cp、1 849 cp。但这些特异类型的种质在植株形态上没有差异。【结论】太湖糯稻地方种的稻米 RVA 谱差异明显,有极高、极低峰值粘度以及籼型等 3 种特异种质类型的分化,RVA 谱具较高遗传多样性。

关键词:太湖;地方种;糯稻;RVA 谱;多样性

Diversity Analysis of the RVA Profile of Glutinous Rice in the Taihu Lake Area

SHEN Xin-ping¹, SHEN Ming-xing², GU Li¹, JI Hong-juan¹, GONG Li-ping¹,
WANG Jian-ping², YAO Yue-ming²

(¹Key Laboratory of Crop Genetics and Physiology of Jiangsu Province, Yangzhou University, Yangzhou 225009, Jiangsu; ²Taihu Lake Area Institute of Agricultural Sciences, Suzhou 215155, Jiangsu)

Abstract: 【Objective】 In order to study the difference of starch quantity among the local germplasm resources, the starch pasting characteristics of local germplasm resources for glutinous rice were evaluated and then indentified, which can lay a foundation for selecting special and valuable germplasm and promoting the proceeding of glutinous rice breeding and production. 【Method】 A total of 97 glutinous rice cultivars collected in the 1950 s in the Taihu Lake area were employed in this study. The characteristic values of RVA profiles were investigated to access the gelatinization characteristics of these cultivars. 【Result】 The results showed that: there was a very significant diversity among germplasm types, where the range of the breakdown value was as high as 4 798 cp, while that of the peak viscosity, the final viscosity and the setback viscosity were around 3 000 cp. There were also high differences in terms of the peak time and the gelatinization temperature. The results indicated that the RVA profile have fairly high diversity with the Shannon index 1.86. The RVA profile of these cultivars fell into four categories: the category of general characteristics that account for 92.7% of the total cultivars, the peak viscosity of which ranged from 1 000 to 2 700 cp; the specific category such as the varieties of Liyangnuo, Zhuxiangnuo, Baikehuolanhuang, and Jinggunuo, the peak viscosity of which was over 3 000 cp and with comparatively high breakdown value and setback value; the category such as Huangjingnuo, Maonuo and Putaonuo with fairly low peak viscosity, which ranged from 500 cp to 800 cp; the category such as Bainuodao from Wuxian and Duizinuo from Wujing with positive setback values which were 461 cp and 1 849 cp, respectively. But these cultivars of the specific

收稿日期: 2005-02-26; 接受日期: 2006-07-16

基金项目: 国家自然科学基金(30270809), 国家粮食丰产科技工程“江苏单季稻丰产高效技术集成与示范”(20044BA520A)

作者简介: 沈新平(1965-), 男, 江苏宜兴人, 副教授, 博士, 研究方向为稻米品质生理生态和农业生态方向。Tel: 0514-7979356; Fax: 0514-87979086; E-mail: xpshen@yzu.edu.cn

categories did not show any difference in plant shape. 【Conclusion】 There was a significant variation in the RVA profiles of Taihu Glutinous rice cultivars including three specific categories, i.e. two with extremely high and low peak viscosity respectively and one with characters of *indica* rice, which therefore indicates that RVA profile have fairly high diversity.

Key words: The Taihu lake; Local cultivars; Glutinous rice; RVA profile; Diversity

0 引言

【研究意义】糯稻在中国有着悠久的种植历史，以糯米为原料的各种食品饮料开发日趋活跃，并已从传统的食用方式发展为工业化食品的重要原料，因此加速对糯稻资源的挖掘与利用，尤其是对糯稻淀粉的深度开发利用，为不断更新糯稻种质资源提供基础理论依据，对种质资源的淀粉特性评价是关键内容。【前人研究进展】糯稻是一种胚乳极少或不含直链淀粉、以支链淀粉为主的水稻种质类型，但糯稻淀粉亦具有不同的糊化加工特性，这是糯稻淀粉本身的结构特性、分子特性差异性所致，亦可能是一种基因型差异的表达^[1-5]。稻米淀粉的 RVA 谱是目前国内才开始用于检测和评价稻米淀粉糊化加工特性的一个简捷快速方法，稻米物质的组成特性、淀粉本身的特性都显著影响其 RVA 谱特征^[6-14]。RVA 谱在稻米品质的研究应用越来越广泛，由于 RVA 谱与稻米的食味品质、淀粉合成关键酶活性等高度相关，并已用于育种的早期选择中^[15-20]，但用于种质资源的评价上，尤其是糯稻资源的淀粉品质评价应用相对较少，不适应当前糯稻生产发展的需求。【本研究切入点】本研究利用 20 世纪 50 年代太湖地区农业科学研究所建所时所收集保存的近百份地方糯稻种质资源材料，来研究其 RVA 谱品质特征，以评价这些地方糯稻种的淀粉特性，拓展对种质资源的评价内容。【拟解决的关键问题】以期开展种质资源的基础研究、加速培育水稻新品种提供依据，同时以推进中国糯稻科研生产和开发工作。

1 材料与方法

1.1 材料来源

本研究选取太湖地区农业科学研究所 50 年代建所时征集并保存的地方种质资源糯稻 97 份材料(部分见表 1)，如矮箕糯、花焦糯、葡萄糯、红壳糯、杭州糯等，均为粳糯类型，其中以晚糯居多(生育期为 145~167 d)，占样本总数的 88.7%，其余的为早、中糯栽培类型(生育期为 115~137 d)。这些种质主要来源于无锡、武进、江阴、常熟、昆山、吴江、太仓、青浦、嘉定等 9 个地方。于 2003 年在太湖地区农

科所试验场进行扩繁种植，种植规格为 25 cm×12 cm，种植面积为 2 m²，统一田间管理。于 5/16 播种，6/13 移栽，土壤为太湖地区典型的黄泥土类型，肥力中等偏上，因品种生育期长短的差异，依据其成熟特性，分别选择适宜的气候条件进行收获，对部分倒伏品种，选择未倒植株，以避免不良气候对稻米品质的影响。成熟后收获，贮藏 3 个月后测定品质，以整精米用 FOSS 公司生产的高速旋风磨粉碎，过 100 目，待水平平衡后测定其 RVA 谱，各样本平行测定 1 次。

1.2 主要测定内容与测定方法

采用的方法已被批准 AACC 标准方法(No.61-02)和 RACI 标准方法(No. 06-05)^[21]。所用设备为澳大利亚 Newport 公司生产的 RVA-Super3 型粘度计，并用配套 TCW 软件分析作图。稻米 RVA 谱特征一般由 7 个指标值组成，峰值粘度(peak viscosity)、热浆粘度(holding strength)、崩解值(breakdown, 峰值粘度-热浆粘度)、最终粘度(final viscosity)、消减值(setback, 最终粘度-峰值粘度, 亦称回复值)、峰值时间(peak time)、糊化温度(pasting temperature)。RVA 谱中的糊化温度的定义为: 粘度开始增加时的温度, 即淀粉粒发生不可逆崩解时的温度, 是熟化给定试样所需要的最低温度。峰值时间是指峰值粘度出现所需的时间。另外经远红外谷物品质分析仪测定, 所有种质资源的稻米直链淀粉含量均为 0。

1.3 统计分析

试验所得数据用 Excel、SPSS 软件进行统计分析, Excel 软件进行绘图(RVA 谱曲线由配套 TCW 软件绘制)。RVA 谱特征值性状遗传多样性指数按 Shannon-wiener 多样性指数^[22]进行测算, 级别划分: 先计算参试材料的总体平均数(\bar{X})和标准差(δ), 然后划分为 10 级, 每 0.5 δ 级为一级, 从第 1 级 $[X_i < (\bar{X} - 2\delta)]$ 到第 10 级 $[X_i > (\bar{X} + 2\delta)]$, 每一级的相对频率用于计算多样性指数。多样性指数计算公式为: $H_i' = -\sum P_i \times \ln P_i$, 式中 H_i' 为某性状的多样性指数, P_i 为某性状第 i 级别内材料份数占总份数的百分比, \ln 为自然对数。RVA 谱的总体平均遗传多样性指数(Shannon 指数) $= \sum H_i' / N$, N 为 RVA 谱特征值性状数, 本研究中为 RVA 谱有 7 个特征值性状, 故 $N=7$ 。

表 1 部分供试的种质资源的品种名称及来源地

Table 1 Names and sources of a part of experimental germplasm resources

品种名称 Names	来源 Source	品种名称 Names	来源 Source	品种名称 Names	来源 Source	品种名称 Names	来源 Source	品种名称 Names	来源 Source
矮箕糯 Aiqinuo	无锡 Wuxi	白护堆子糯 Baihuduinuo	武进 Wujin	红芒香粳糯 Hongmangxiangjingnuo	吴江 Wujiang	金坛糯 Jintannuo	常熟 Changshu	粟阳糯 Liyangnuo	吴江 Wujiang
有芒矮箕糯 Youmangaiqinuo	无锡 Wuxi	红护堆子糯 Honghuduinuo	武进 Wujin	花焦糯 Huajiaonuo	吴县 Wuxian	粳谷糯 Jinggunuo	常熟 Changshu	晚糯稻 Wannuodao	吴县 Wuxian
早糯稻 Zhaodaonuo	江阴 Jiangyin	恶不死 Ebushi	无锡 Wuxi	花壳糯 Huakenuo	吴江 Wujiang	烂糯稻 Lannuodao	吴县 Wuxian	乌金香糯 Wujinxiangnuo	常熟 Changshu
红芒糯 Hongmangnuo	昆山 Kunshan	二粒病 Erlibing	吴县 Wuxian	荒三担糯稻 Huangsandannuodao	无锡 Wuxi	菱角糯 Lingjiaonuo	吴县 Wuxian	五石糯 Wushinuo	常熟 Changshu
白壳糯 Baikenuo	嘉定 Jiading	惯杀糯 Guanshanuo	吴江 Wujiang	强盗糯 Qiangdaonuo	嘉定 Jiading	江西糯 Jiangxinuo	常熟 Changshu	稀柴糯 Xichainuo	吴县 Wuxian
洋糯稻 Yangnuodao	无锡 Wuxi	果子糯 Guozinuo	无锡 Wuxi	黄金糯 Huangjingnuo	吴江 Wujiang	江阴糯 Jiangyinuo	吴江 Wujiang	霜降青糯稻 Shuangjiangqingnuodao	无锡 Wuxi
白壳糯 Baikenuo	昆山 Kunshan	一时兴 Yishixing	吴县 Wuxian	黄粳糯 Huangjingnuo	无锡 Wuxi	茭白糯 Jiaobainuo	嘉定 Jiading	香粳稻 Xiangjingdao	无锡 Wuxi
白糯稻 Bainuodao	吴县 Wuxian	杭州糯 Hangzhounuo	吴江 Wujiang	黄糯 Huangnuo	吴江 Wujiang	金花糯 Jinhuanuo	青浦 Qingpu	蟹壳糯 Xiekenuo	吴县 Wuxian
补血糯 Buxuenuo	昆山 Kunshan	芝麻糯 Zhimanuo	青浦 Qingpu	无芒黄糯 Wumanghuangnuo	昆山 Kunshan	麻金糯 Majinnuo	吴县 Wuxian	雪里青糯稻 Xueliqingnuodao	吴县 Wuxian
长泾糯 Changjingnuo	昆山 Kunshan	猪鬃糯 Zhuzongnuo	太仓 Taicang	有芒黄糯 Youmanghuangnuo	昆山 Kunshan	毛糯 Maonuo	吴江 Wujiang	洋糯稻 Yangnuodao	吴县 Wuxian
长粳糯 Changjingnuo	青浦 Qingpu	红壳糯 Hongkenuo	吴县 Wuxian	鸡脚糯 Jijiaonuo	吴江 Wujiang	木犀球糯 Muxiqiunuo	太仓 Taicang	葡萄糯 Putanuo	吴江 Wujiang
长颈糯 Changjingnuo	昆山 Kunshan	水晶糯 Shuijingnuo	吴江 Wujiang	江北糯 Jiangbeinuo	太仓 Taicang	乌锈糯 Wuxiunuo	常熟 Changshu	香芒糯 Xiangmangnuo	吴县 Wuxian

2 结果与分析

2.1 RVA 谱特征值的种质间差异的多样性分析

对供试的不同糯稻种质的稻米 RVA 谱测定结果表明, RVA 谱各特征值差异性很大(表 2), 其中峰值粘度变化在 511~3 236 cp 间, 极差为 2 725 cp, 崩解值的变化在 124~4 922 cp 间, 极差达 4 798 cp, 最终粘度、消减值的极差也都在 3 000 cp 以上, 热浆粘度的差异小些, 也达 1 258 cp, 峰值时间与糊化温度均有极大的变化, 经单向分组资料的方差分析, 检验差异均达极显著水平。另外消减值与崩解值在种质间的变异系数较大, 分别达 65.5%、51.4%, 说明这两个特征值的分化明显, 峰值时间与糊化温度的变异系数相对较小, 表明这两个特征值较为稳定。

种质资源的遗传多样是种质分化的标志。经测算 RVA 谱总的平均遗传多样性指数(Shannon 指数)为 1.86。这表明糯稻淀粉糊化特性差异明显, 分析这种

差异性, 是合理评价与开发这些种质资源的所必须深入研究的内容。

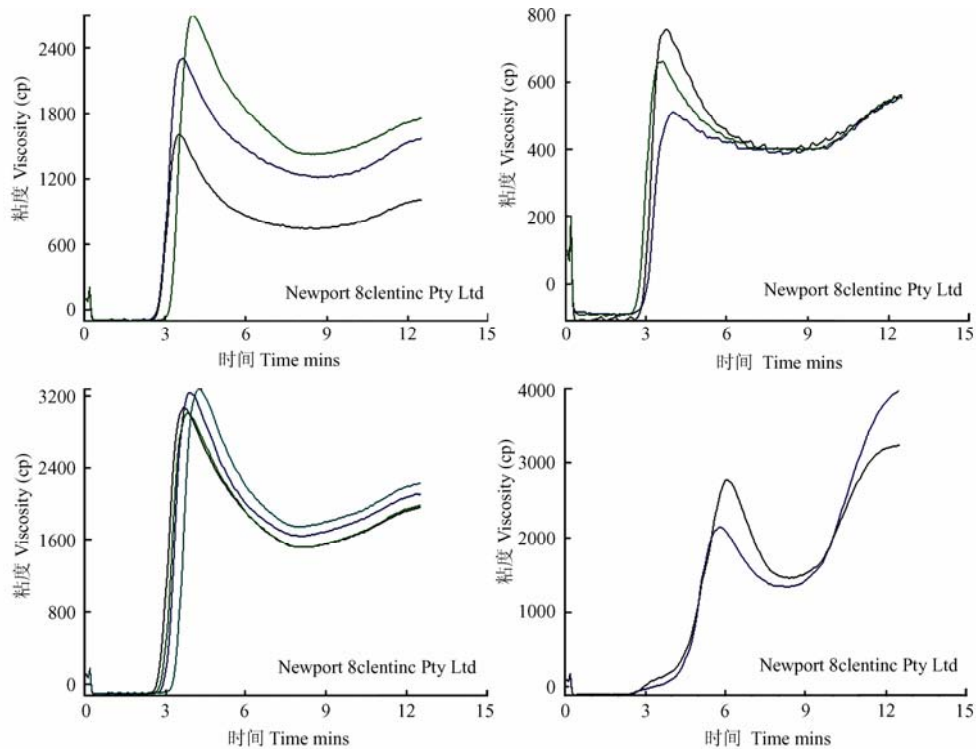
2.2 RVA 谱曲线的特征类型分化与分异

稻米 RVA 谱曲线反映了稻米淀粉与其稻米组成物质的糊化特性, 其曲线特征的差异表明了稻米淀粉及组成物质性质上的分异性, 这亦可能是一种基因型的分化。太湖地区 97 份糯稻地方种质源的稻米 RVA 谱曲线特征间具有明显的分异性, RVA 谱曲线呈现出 4 种特征趋势(图 1)。以峰值粘度为分类标准(它反映了淀粉的膨胀力), 有少量品种 RVA 谱的特征表现为极高的峰值粘度, 均在 3 000 cp 以上, 崩解值亦很高, 消减值很低(图中类型 A), 图例中分别为粟阳糯、香珠糯、白壳罗汉黄、粳谷糯。类型 B 的 RVA 谱特征表现为峰值粘度极低, 在 500~800 cp 间, 这一类品种数亦很少, 仅有 3 个品种(黄粳糯、毛糯、葡萄糯)。类型 C 的 RVA 谱是种质材料中基本的特征类群, 占种质材料的 92.7%, 其峰值粘度变化在

表 2 不同糯稻种质间的 RVA 谱特征值方差分析

Table 2 ANOVA of RVA profile characteristics in late glutinous rice in Taihu Lake Area

RVA 特征值 RVA profile characteristic	平均值 Mean	最大值 MAX	最小值 MIN	变幅 Range	标准差 Std	变异系数 CV	F
峰值粘度 PV/cp	1964	3236	511	2725	569	28.98	101932**
热浆粘度 THV/cp	1002	1642	384	1258	285	28.43	2689**
崩解值 BDV/cp	1004	4922	124	4798	516	51.39	36132**
最终粘度 FV/cp	1333	3983	552	3431	480	36.04	7875**
消减值 SBV/cp	-631	1849	-1409	3258	413	65.46	92819**
峰值时间 PT/min	3.76	6.05	3.42	2.64	0.39	10.37	608**
糊化温度 PTP/°C	71.04	87.10	67.43	19.68	3.09	4.35	1622**



上左、上右、下左、下右分别定义为 A、B、C、D 类型
Up-left up-right down-left down right respectively defined as type of A, B, C, D

图 1 太湖流域地方糯稻种质稻米 RVA 谱曲线的特征类型

Fig. 1 Characteristic types of RVA profile curve of germplasm rice in Taihu Lake Area

1 000~2 900 cp 之间，但品种间的差异也很明显，主要表现在较高峰值粘度下或较低粘度下，其消减值差异很大，如野鸭糯（青浦、晚糯）与金坛糯（常熟、迟熟中糯），其峰值粘度分别为 2 476 cp、2 466 cp，消减值则分别为 -1 042 cp、-606 cp，峰值时间分别为 4.3 min、3.5 min，糊化温度分别为 68.1°C、74.5°C，又如稀柴糯（吴县、中熟晚糯）和矮箕糯（无锡、晚糯），其峰值粘度分别为 1 748 cp、1 732 cp，消减值

则分别为 -34 cp、-653 cp。类型 D 的 RVA 谱呈籼稻的 RVA 谱特征，仅有吴县的白糯稻和武进的堆子糯两例，其消减值为正值，分别达 461 cp、1 849 cp，这是否是支链淀粉的极端分化结果还有待证明。糯稻种质的 RVA 谱类型的分化表明其支链淀粉的糊化特性分异性，如本研究中的 A、B、D 这 3 种变异类型的种质，这些种质可能具有不同的支链淀粉结构、支链淀粉的长短、分枝状态可能存在很大差异，这还有

待深入研究。

2.3 不同种质间的 RVA 谱各特征值的分布特征

按各特征值的遗传多样性计算的级分标准，将不同级分的品种频率数（占总样本的百分比）分布见图 2。

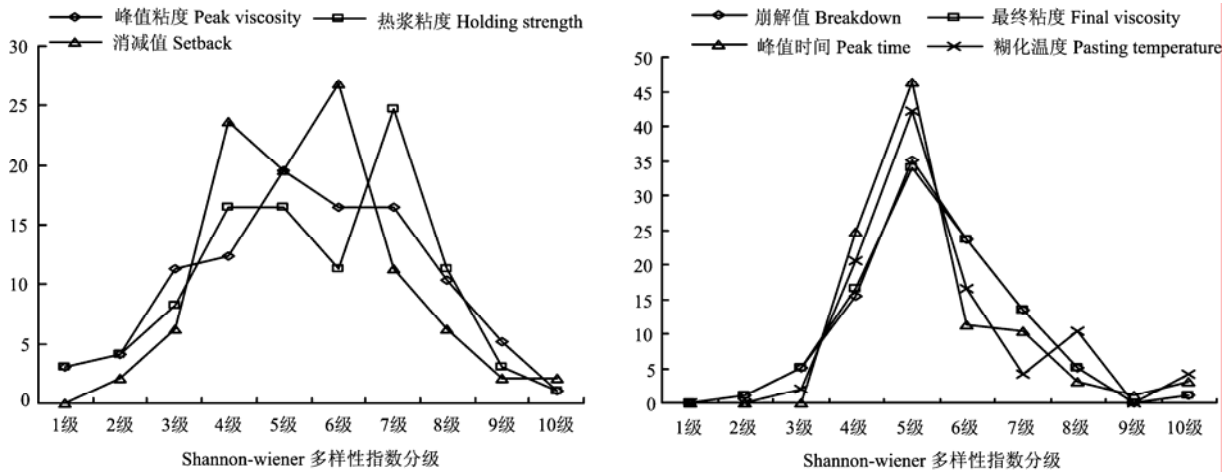


图 2 各级 RVA 谱特征值的频率分布

Fig. 2 Frequency distribution of RVA profile characteristics of every levels

结果表明，RVA 谱特征值各级分的分布有一定的差异性。其中崩解值、最终粘度、峰值时间、糊化温度指标基本呈现为正态分布趋势，以第 5 级的品种数居多，分别为 746~1 004 cp、1 093~1 333 cp、3.56~3.76 min、69.50~71.04℃，各占样本数的 35%、34%、46%和 42%。峰值粘度、热浆粘度、消减值各级分的样本数均未超过总数的 30%，分布比较分散，峰值粘度主要集中于 5~7 级，分别占 19%、16%和 16%，热浆粘度以第 7 级为居多（1 002~1 144 cp），分别占 25%，消减值则以第 4、第 6 级种质数量最多（-424~

-218 cp），分别占 24%和 27%，呈双峰型分布。这种分布特征也进一步说明种质的分异性明显。

2.4 RVA 谱特异性材料的植株形态学特征初步分析

从上述分析中表明，除大多数糯稻典型的 RVA 谱种质外，太湖流域糯稻地方种的 RVA 谱有三种特异类型，即类型 A：峰值粘度>3 000 cp 的种质；类型 B：峰值粘度<800 cp 的种质；类型 D：消减值为正值的种质。进一步对这些 RVA 特异性分化的种质的植株生物学、形态学特性初步分析结果表明（表 3），在生育期、株高、剑叶长、穗长、穗粒数、千粒重等

表 3 特异 RVA 谱的糯稻种质植株形态特征

Table 3 Plant shape characteristics of special RVA profile of glutinous rice idioplasm

类型	品种名称	来源	生育期(d)	株高(cm)	剑叶长(cm)	穗长(cm)	穗粒数	千粒重(g)
Type	Names	Source places	Growth duration	Plant height	Flag leaf length	Panicle length	Grains perpanicle	1000-grainweight
A	粟阳糯 Liyangnuo	吴江 Wujiang	163	125	27.0	18.7	55.1	25.1
	珍珠糯 Xiangzhunuo	常熟 Changshu	155	108	32.6	23.1	88.1	24.4
	白壳糯 Baikenuo	吴江 Wujiang	158	132	29.2	19.97	84.9	25.9
B	葡萄糯 Putaonuo	吴江 Wujiang	151	130	33.1	22.1	78.2	24.2
	毛糯 Maonuo	吴江 Wujiang	162	128	32.0	20.0	64.5	24.2
	黄稈糯 Huangjingnuo	无锡 Wuxi	158	134	25.5	19.0	97.6	25.9
D	白糯稻 Bainuodao	吴县 Wuxian	154	140	32.0	19.7	109.9	24.1
	堆子糯 Duizinuo	武进 Wujin	155	122	24.0	20.5	100.7	26.4

表中类型 1 为峰值粘度>3 000 cp 的种质，类型 2 为峰值粘度<800 cp 的种质，类型 3 为消减值为正值的种质
In table type1 is the peak viscosity of idioplasm greater than 3 000 cp, type2 is the peak viscosity of idioplasm less than 800 cp, type3 the setback value of idioplasm is positive value

植株生物学、形态学特征指标上,没有明显的分异,同一类型内与不同类型间均有一定的差异性,相比之下类型 D 在穗粒数上比类型 A、B 要高,类型 D 的穗粒数均大于 100 粒/穗,并且着粒密度亦较高,在 50 粒/10 cm 左右,类型 A 只有 30~40 粒/10 cm。

3 讨论

太湖地区有着悠久的糯稻种植历史,早在南宋时期就有糯稻的种植,并有相应的品种记载,如师姑糯、黄粳糯、赤壳糯等,并在各个时期确立有相应的品种记载,如明朝至清末的糯类品种有八月糯、胭脂糯、黄壳糯、红黏糯等,民国时期又有黄碧金、竹丝糯、大秆糯、白壳糯、西洋糯等。20 世纪 50 年代以来,广泛开展评选农家优良品种活动,并形成了一些优良的糯稻品种,如乌子糯、杭州糯、红壳糯、羊须糯、黄壳晚、竹丝糯等。因此太湖流域具有丰富的并带有历史特征和地区特色的糯稻种质资源。本文研究了太湖地区糯稻地方种的稻米 RVA 特性,表明不同种质间的 RVA 谱特征值有极显著的差异性,具有较高的遗传多样性,呈现出基本类型连续分化与特异类型的极端分化并存的现象。种质的遗传多样性都发生在分子水平上,反映了其遗传变异高低,这是否表明一些中性突变通过随机过程整合到影响 RVA 谱特征的基因组中,形成了丰富的 RVA 谱遗传多样性。遗传多样性是保护生物学研究的核心之一,合理保护与开发利用一些特异种质遗传资源,进一步分析探讨太湖糯稻地方种稻米 RVA 谱多样性的分类与演化特征,为优质或特质的育种和遗传改良奠定基础。

由于淀粉粒的吸水溶胀和崩解,淀粉或以淀粉为主要成分的物料与水加热时糊化和凝胶化,同时体系的粘度发生明显的变化,因来源或内在质量的不同,在加热糊化时的粘度变化往往有很大的差异。因此,在食品科学研究中经常以糊化特性和粘度分析作为判断淀粉或含淀粉食品质量的一项重要依据。糯稻胚乳淀粉 98% 以上为支链淀粉,支链淀粉的晶体化决定了淀粉的膨胀和糊化起点,而分子量的大小与分子形状决定了最高粘度等指标。另外非淀粉成分,如脂肪、蛋白质、纤维素、半纤维素,可溶性糖和灰分等,对糊化特性的影响也很明显。一些研究表明^[7-14],长支链淀粉导致高消减值的蒸煮特性,而短的支链淀粉链导致米饭的柔软特性(低消减值),并且支链淀粉中长链的比例与崩解值呈负相关性;小的淀粉颗粒趋向于低糊化温度和高峰值粘度、崩解值,同时产生大的

消减值和最终粘度;本研究仅初步揭示了太湖地区糯稻地方种资源 RVA 谱的分化特征,表明这些种质的淀粉分子量、支链淀粉的链长可能都存在潜在的异化特征,这种异化是否是一种种质性的变异,有必要对此更为深入的研究,并能勾画出不同支链淀粉结构性质的 RVA 谱特征,这将有助于全面利用开发这些种质资源,为育种提供方向。

糯稻按其用途可分为酿造、食用、副食加工及外销四大类,目前主要用于酿造。糯米的酿造品质与淀粉结构及稻米其它物质构成有密切的关系,但这方面缺乏系统研究,RVA 谱与淀粉特性及稻米其它物质构成的关系,是否可以用来评价其酿造品质,还有待进一步研究。另外 RVA 谱特征与产量、植株形态特征的关系也需要深入研究,以应用于优质资源的评价。

References

- [1] Kim K H. Research status and prospects in rice quality. *Korean Journal of Crop Science*, 1988, 33(1): 1-17. (in Korean with English Abstract)
- [2] Matsue Y. Differences in amylase content, amylographic characteristics and storage proteins of grain on primary and secondary rachis branches in rice. *Japanese Journal of Science*, 1995, 64(3): 601-606. (in Japanese with English Abstract)
- [3] Kouichi M, Koji A, Yu J. Starch branching enzymes from immature rice endosperm. *Journal of Biological Chemistry*, 1992, 84: 336-342.
- [4] Crossa J, Gauch H G, Zobel R W. Additive main effects and multiplicative interaction in maize cultivar trials. *Crop Science*, 1990, 30: 493-500.
- [5] Hirano H Y, Sano Y. Enhancement of Wx expression and the accumulation of amylose in response to cool temperatures during seed development in rice. *Plant Cell Physiology*, 1998, 39(8): 807-812.
- [6] Gravois K A, Webb B D. Inheritance of long grain rice amylograph viscosity characteristics. *Euphytica*, 1997, 97: 25-29.
- [7] Han X Z, Bruce R. Hamaker amylopectin fine structure and rice starch paste breakdown. *Journal of Cereal Science*, 2001, (34): 279-284.
- [8] Chiang P Y, Yeh A I. Effect of soaking on wet-milling of rice. *Journal of Cereal Science*, 2002, (35): 85-94.
- [9] Martin M, Fitzgerald M A. Proteins in rice grains influence cooking properties. *Journal of Cereal Science*, 2002(36): 285-294.
- [10] Zhong K, Zhou A, Robardsa K, Helliwell S, Blanchardb C. Effect of rice storage on pasting properties of rice flour. *International Food Research*, 2003 (36): 625-634.
- [11] Ong M H, Blanshard J M V. Rice starch amylose and the fine structure

- of amylopectin. *Journal of Cereal Science*, 1995 (21): 251-260.
- [12] Deffenbaugh L B, Walker C E. Comparison of starch pasting properties in the brabender visco-amylograph and the rapid Visco-Analyzer. *Cereal Chemistry*, 1989(66): 393-399.
- [13] Bason M L. Assessing rice quality using the RVA-results of an international collaborative trial. *RVA World*, 1994, (6): 25.
- [14] Juliano B O. Rice grain quality: problems and challenges. *Cereal Foods World*, 1990, 35(2): 245-25.
- [15] 杨尧城. 高品质早籼在浙江省种植的实践和构想. 21 世纪稻米基因和育种展望. 北京: 中国农业科技出版社, 1999: 382-386.
- Yang Y C. Practice and thinking of high quality early indica rice breeding in Zhejiang province. *Prospects of Rice Genetics and Breeding for the 21st Century*. Beijing: China Agricultural Science-Tech Press, 1999: 382-386. (in Chinese)
- [16] 吴殿星, 舒庆尧, 夏英武. RVA 分析辅助选择食用优质早籼的研究. 作物学报, 2001, 27(2): 165-172.
- Wu D X, Shu Q Y, Xia Y W. Assisted-selection for early indica rice with good eating quality by RVA profile. *Acta Agronomica Sinica*, 2001, 27(2): 165-172. (in Chinese)
- [17] 吴殿星, 舒庆尧, 夏英武, 高明尉. RVA 谱特性与食用品质的关系. 中国农业科学, 1998, 31 (3): 1-4.
- Wu D X, Shu Q Y, Xia Y W, Gao M W. Relationship between RVA profile character and eating quality in *Oryza sativa* L. *Scientia Agricultura Sinica*, 1998, 31(3): 1-4. (in Chinese)
- [18] 段智英, 吴殿星, 沈圣泉, 韩娟英, 夏英武. 辐照改良水稻淀粉特性的研究. 核农学报, 2003, 17(4): 249-254.
- Duan Z Y, Wu D X, Shen S Q, Han J Y, Xia Y W. Improvement of rice starch by gamma irradiation. *Acta Agriculturae Nucleatae Sinica*, 2003, 17(4): 249-254. (in Chinese)
- [19] 万向元, 陈亮明, 王海莲, 肖应辉, 毕京翠, 刘喜, 翟虎渠, 万建民. 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.
- Wan X Y, Chen L M, Wang H L, Xiao Y H, Bi J C, Liu X, Zhai H Q, Wan J M. Stability analysis for the RVA properties of rice starch. *Acta Agronomica Sinica*, 2004, 30(12): 1185-1191. (in Chinese)
- [20] 金正勋, 沈鹏, 金学泳, 钱春荣, 杨静, 刘海英. 水稻籽粒淀粉合成关键酶活性与味度及 RVA 谱特性相关分析. 西南农业学报, 2005, 18(5): 569-574.
- Jin Z X, Shen P, Jin X Y, Qian C R, Yang J, Liu H Y. Analysis of activity of grain starch synthesis key enzymes as related to the taste meter and properties of amylogram in rice. *Southwest China Journal of Agricultural Sciences*, 2005, 18(5): 569-574. (in Chinese)
- [21] American Association of Cereal Chemist (AACC). Approved Methods of the AACC, 9th ed. Methods 61-02 for RVA. The Association: St. Paul, MN. 1999.
- [22] Baker H G. Fundamentals of invasive species biology and ecology. *Annual Review of Ecology System*, 1974, 5:1-24.

(责任编辑 吴晓丽, 郭银巧)