

籼粳稻米食味品质差异的相关研究

王晓玲¹, 周治宝^{1,2}, 余传元^{1,2*}, 雷建国¹, 王智权¹, 肖宇龙¹, 李马忠¹

(1. 江西省农业科学院 水稻研究所 江西 南昌 330200; 2. 江西农业大学 农学院 江西 南昌 330045)

摘要:籼、粳稻是栽培稻的两个亚种,由于其进化过程中所处的生态环境不同,致使其形态结构、稻米的理化性质、食味品质等产生了明显的差异,为探索其影响籼粳稻米食味品质的关键因素,本研究选择了20份早籼稻、12份晚籼杂交稻、12份粳稻共44份品种,测定了5个粒型指标、8个RVA特征指标、5个理化指标、6个品尝指标共24个参数,对籼、粳稻米食味品质的相关性、通径系数、回归方程进行了分析,发现品尝的7个指标与早籼、晚籼杂交稻、粳稻三组品种品尝值之间的相关系数都比较大,且基本达到极显著水平;外观结构对早籼稻食味品质的直接通径系数最大,硬度对晚籼杂交稻和粳稻食味品质的直接通径系数最大;回归方程显示影响早籼稻、晚籼杂交稻、粳稻食味值的主要理化指标有所不同,在食味品质改良过程中,籼稻和粳稻的选择指标有所偏向。

关键词:籼稻; 粳稻; 食味品质; 相关分析

中图分类号: S511 文献标志码: A 文章编号: 1000-2286(2011)04-0643-07

A Study on Eating Quality Difference between Indica and Japonica Rice

WANG Xiao-ling¹, ZHOU Zhi-bao^{1,2}, YU Chuan-yuan^{1*},
LEI Jian-guo¹, WANG Zhi-quan¹, XIAO Yu-long¹, LI Ma-zhong¹

(1. Rice Research Institute, Jiangxi Academy of Agricultural Sciences, Nanchang 330200, China; 2. College of Agronomy Jiangxi Agricultural University, Nanchang 330045, China)

Abstract: Indica rice and japonica rice are two subspecies of cultivated varieties. Different ecological environments for their evolution, resulted in significant difference in their morphological structures, physicochemical properties, eating quality and so on. To explore the key factors impacting eating quality of indica and japonica rice, a total of 44 rice varieties including 20 early season indica, 12 late season indica hybrid, and 12 japonica were selected, and 24 taste parameters including 5 grain parameters, 8 RVA characteristics parameters, 5 physicochemical parameters, 6 eating parameters were tested. After analyzing the correlation, path coefficient and regression equation of the characters related to eating quality, the authors found that the correlation coefficients between seven taste parameters and tasting value reached a significant level; the direct path coefficient of the appearance structure to eating value of early indica rice was the largest, and for the later season indica hybrid and japonica rice, the direct path coefficient of the hardness to eating value was the largest; and regression equation showed that there was apparent difference in the main physicochemical parameters influencing taste value among the early season indica rice, late season indica hybrid rice and japonica rice, which indicated there were different selection parameters for taste quality improvement between indica and japonica.

收稿日期: 2011-02-25 修回日期: 2011-05-03

基金项目: “973”前期专项(2008CB117004)和江西省主要学科学术与技术带头人培养计划项目(060005)

作者简介: 王晓玲(1981—), 男, 助理研究员, 硕士, 主要从事水稻遗传育种研究, E-mail: wgxoling@163.com; * 通讯作者: 余传元, 研究员, E-mail: yu5276@163.com。

Key words: Indica rice; Japonica rice; eating and cooking quality; correlation analysis

水稻是主要的粮食作物之一,全世界约有三分之一的人口以稻米为主食。我国水稻年产量占世界稻谷年产量的37%左右,居世界首位^[1],但我国稻米品质仍然不高。随着人们生活水平的提高,对稻米食味品质的要求也越来越高,水稻优质育种越来越受到水稻育种工作者的重视。影响稻米食味品质的因素有很多,除了遗传因素之外,施肥条件、地方土质、各生育期的气候、栽培方法、储存、加工和蒸煮方式对米饭的食味品尝均有影响^[2-5],甚至与品种的血统和熟期、产地的水质、肥料的品种和用量、收获的时期和方法^[6]都有影响,分子领域认为淀粉合成酶等位基因的多样性导致稻米蒸煮和食味产生了差异^[7],而支链淀粉合成酶到最高点时,差质量的品种比好质量的品质到达时间早是稻米品质差异产生的主要原因^[8]。籼稻和粳稻是水稻区域的两个亚种,因为地理条件与环境的不同,致使其稻米的理化结构有较大的差异,产生了不同的食味品质,但是食味与农艺性状、理化性质是怎样的关联性有待于深入研究^[9-10]。因此本研究试图比较籼、粳稻米之间的理化性质、RVA特征值、品尝参数,分析之间的关系,建立与籼、粳稻米食味品质之间的回归方程,来探索影响稻米食味品质的各项参数及籼、粳稻米食味品质之间差异的内在因素。

1 材料与方法

1.1 供试材料

本研究选取三组材料进行研究,第一组由20份早籼稻组成,分别为:赣早籼15、赣早籼37、嘉早312、中优早15、建农早4号、莲优早8号、中优早3号、G早优3号、赣早籼40号、M08325、浙733、嘉育935、香优早、1587、丰丝占/03B、嘉育948、丰早三号、禾盛10号、旷3054/R66、R1236;第二组由12份晚籼杂交稻组成,分别为:Ⅱ优6111、Ⅱ优6116、荣优5232、Ⅱ优R101、荣优5027、赣香A/R45、天优02、Ⅱ优6159、Ⅱ优6003、Ⅱ优6083、欣荣优8353、淦鑫688;第三组由12份粳稻组成,分别命名代号为:T1-T12。早籼、晚籼杂交稻为2010年夏季从江西省农业科学院农场试验田收获,粳稻从江西农科院广福基地收获,风干、放置2个月之后碾米进行测试。

1.2 试验方法

1.2.1 米粒粒型的测定 参照农业行业标准《米质测定方法》(NY147-88)实施,从每个品种中随机挑选出20粒粒型完整的米粒,用数显游标卡尺进行测量粒长(x_1)、粒宽(x_2)、计算出长宽比(x_3),在投射玻璃板下测量垩白率(x_4)、垩白度(x_5)。

1.2.2 稻米RVA值的测定 经常规脱壳机加工成精米之后,在中国水稻所用自制的旋风式磨粉机磨成粉末,过100目筛,每份样品分取3.00g精米粉,采用瑞典生产的黏度快速测定仪(RVA)(型号:Newport Scientific Pty. Ltd RVA-TecMaster)进行RVA测定,重复测定一次,记录可获取的参数:最高黏度(x_6)、热浆黏度(x_7)、崩解值(x_8)、最终黏度(x_9)、消碱值(x_{10})、峰值时间(x_{11})、成糊温度(x_{12})共7个参数值。

1.2.3 理化性质的测定 胶稠度(x_{13})、直链淀粉含量(x_{14})、糊化等级(x_{15})分别参照标准GB/T17981-1999、GB/T15683-1995、GB/T17981-1999于2010年12月在中国水稻所中国-国际水稻研究所稻米品质与营养联合实验室进行测定;脂肪含量(x_{17})采用浙江生产的脂肪测量仪(型号:SZF-06C)进行测定;蛋白质含量(x_{16})参照G-188-97-Rew.5的方法实施测定,先用 H_2O_2 、 H_2SO_4 消化2~3h,再在Auto Analyzer3(连续流动化学分析仪)上用660nm波长进行扫描。

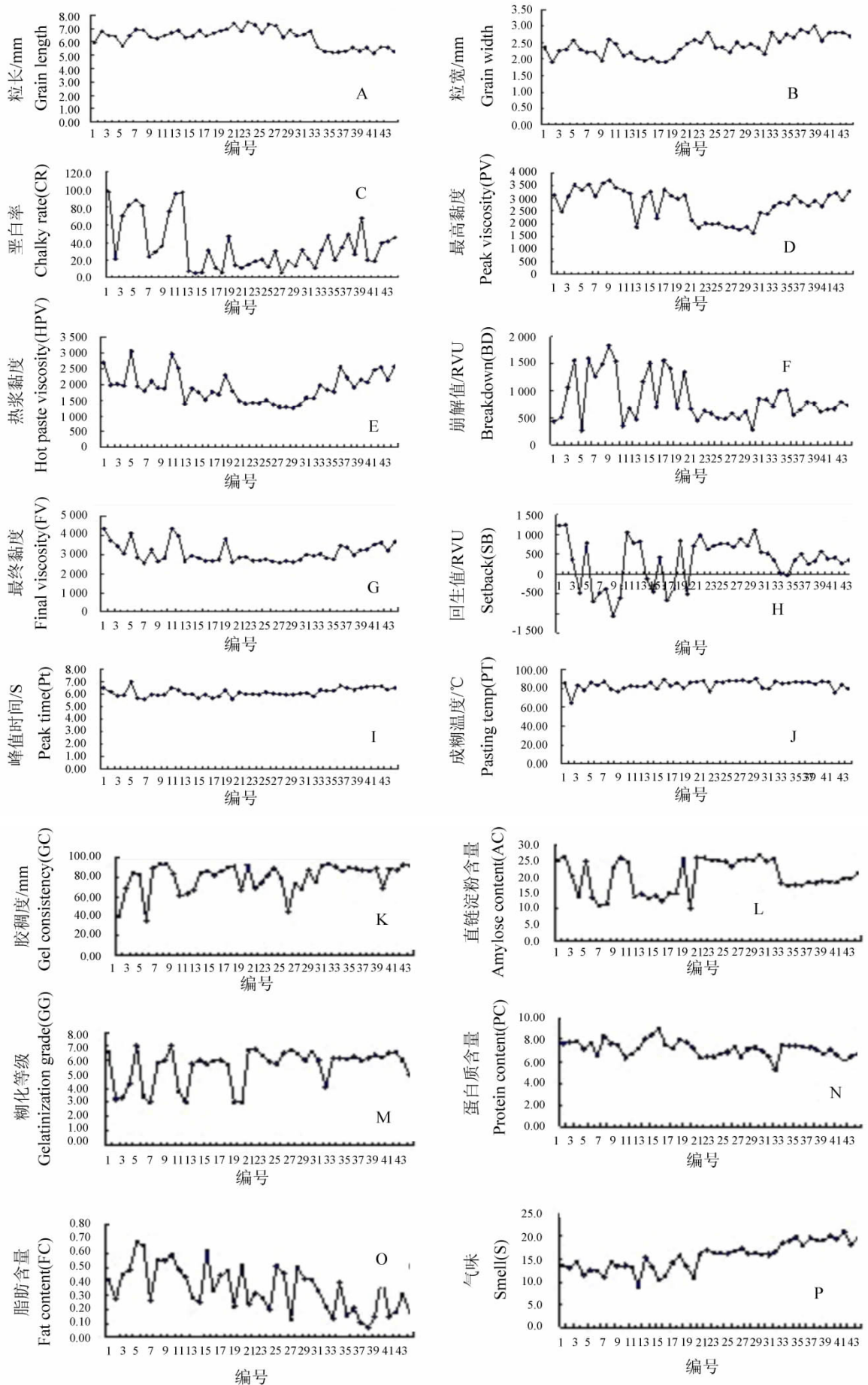
1.2.4 品尝值的测定 参考农业部标准国家技术监督局1995-08-17批准的GB/T15682-1995方法实施,得到品尝值(y)和滋味值(x_{24}),品尝值是气味值(x_{18})、色泽值(x_{19})、外观值(x_{20})、粘性(x_{21})、弹性(x_{22})、硬度(x_{23})(适口性)及滋味值的综合评分。

1.2.5 统计分析 采用Excel 2003、SPSS 18.0、SAS 9.0、DPS对数据进行统计分析,建立简单的统计表、相关与回归方程及通径系数。

2 结果与分析

2.1 总共24个指标原始数据的趋势

从原始数据趋势图来看,三组材料对应的24个指标均有一定的直观趋势:粳稻粒长明显短,晚籼杂



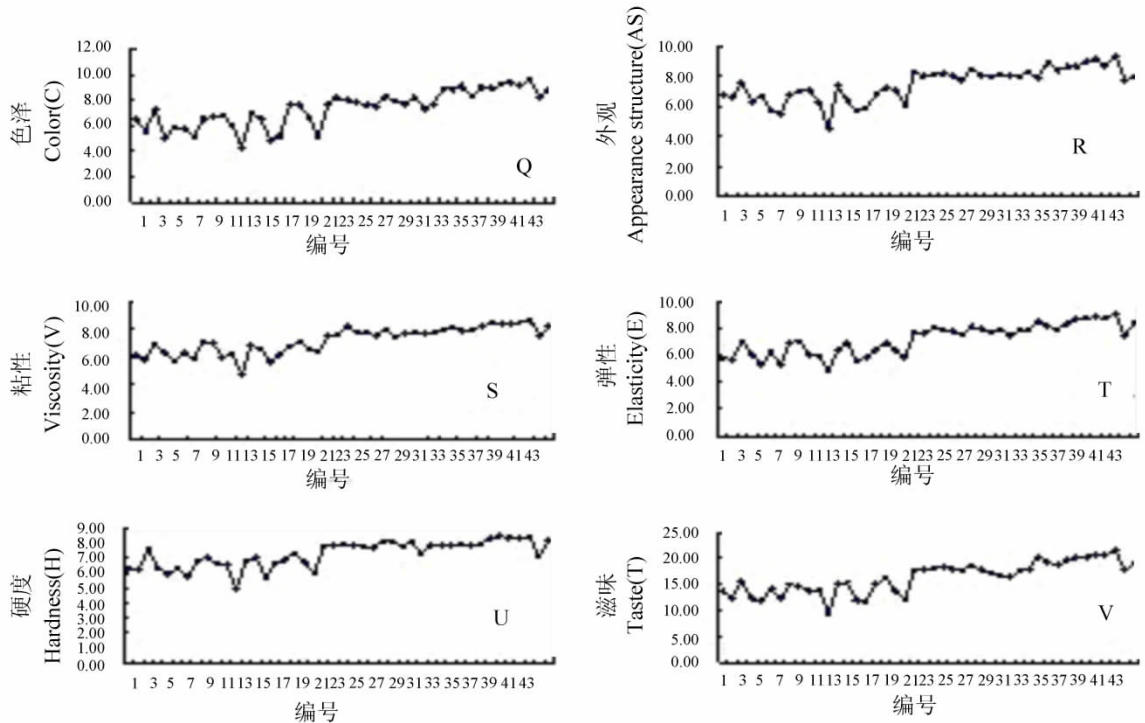


图1 原始数据趋势图

Fig.1 Original data trends

表1 与品尝值的相关系数

Tab.1 The correlation coefficient to the taste value

指标 Index	类型 Type		
	早籼稻(ESIR)	晚籼杂交稻(LSHR)	粳稻(JR)
	Early season indica rice	Later season hybrid rice	Japonica rice
粒长(x_1) Grain length	-0.043	0.407	0.058
粒宽(x_2) Grain width	-0.120	0.029	0.061
长宽比(x_3) Length - width ratio	0.085	0.277	0.007
垩白率(x_4) Chalky rate	-0.293	0.449	-0.110
垩白度(x_5) Chalkiness	-0.212	-0.356	-0.067
最高黏度(x_6) Peak viscosity	-0.036	-0.362	0.094
热浆黏度(x_7) Hot paste viscosity	-0.221	-0.465	0.133
崩解值(x_8) Breakdown	0.163	-0.238	-0.134
最终黏度(x_9) Final viscosity	-0.168	-0.587	0.230
回生值(x_{10}) Setback	-0.119	0.042	0.274
峰值时间(x_{11}) Peak time	-0.121	-0.176	0.313
成糊温度(x_{12}) Pasting temp	-0.018	0.068	-0.307
胶稠度(x_{13}) Gel consistency	0.197	0.076	-0.492
AC含量(x_{14}) Amylose content	0.211	0.155	0.093
糊化等级(x_{15}) Gelatinization grade	0.340	0.167	0.363
蛋白含量(x_{16}) Protein content	0.028	-0.170	-0.399
脂肪含量(x_{17}) Fat content	-0.100	-0.497	-0.058
气味(x_{18}) Smell	0.966**	0.668*	0.865**
色泽(x_{19}) Color	0.952**	0.756**	0.935**
外观结构(x_{20}) Appearance structure	0.881**	0.628*	0.822**
粘性(x_{21}) Viscosity	0.877**	0.547	0.912**
弹性(x_{22}) Elasticity	0.878**	0.808**	0.969**
硬度(x_{23}) Hardness	0.931**	0.764**	0.889**
滋味(x_{24}) Taste	0.969**	0.867**	0.936**

* 表示差异 5% 水平显著性, ** 表示差异 1% 水平显著性。 * significant at 0.05 level; ** significant at 0.01 level.

交稻垩白率、垩白度、最高黏度、热浆黏度、崩解值、最终黏度小, 粳稻的回生值相对较小, 早籼回生值的跨越比较大; 峰值时间与成糊温度、胶稠度与直链淀粉含量呈反向趋向; 色泽、外观结构、粘性、弹性、硬度、滋味之间的同趋向性很大, 且从早籼、晚籼杂交稻、粳稻逐步增大, 说明这些才是反应稻米食味品质的直接指标。

2.2 相关系数分析

相关系数表 1 中表明: 三组品种品尝值与前 17 个指标的相关系数比较小, 没有达到显著性, 而品尝的 7 个指标与三组品种品尝值之间的相关系数都比较大, 且基本达到极显著水平, 说明这些品尝参数可反应稻米食味品质的直接指标, 进一步说明 GB/T15682 - 1995 方法选取的品尝参数进行稻米食味品质的评分基本是可行的, 数据可用于回归分析, 而从单个农艺表型参数中难以判断食味品质的差异。相关系数表 2 中显示: 品尝参数之间在早籼常规稻和粳稻中的相关系数较大, 且达显著性的多, 而在晚籼杂交稻中相关系数小, 且达显著性的少, 说明其在常规(籼、粳)稻中的关系紧密, 而在杂交稻中的关系不紧密, 因此, 品尝评定时对不同的材料侧重应该是不同的; 另外, 品尝参数之外与品尝参数最大正(负)相关系数的指标也很不相同, 也说明了单个农艺表型参数是很难判断品质的。

表 2 品尝参数之间及与之最大(小)正(负)的相关系数表

Tab. 2 The correlation coefficient of the taste parameters and positive (negative) the biggest

	气味 Smell	色泽 Color	外观 Appearance	粘性 Viscosity	弹性 Elasticity	硬度 Hardness	滋味 Taste
气味 Smell	1						
色泽 Color	0.94** / 0.47 / 0.87**	1					
外观 Appearance	0.89** / 0.18 / 0.68*	0.85** / 0.49 / 0.82**	1				
粘性 Viscosity	0.77** / 0.16 / 0.65*	0.75** / 0.38 / 0.79**	0.72** / 0.38 / 0.68*	1			
弹性 Elasticity	0.76** / 0.20 / 0.76**	0.77** 0.66* / 0.86**	0.69** / 0.69* / 0.72**	0.93** / 0.60* / 0.96**	1		
硬度 Hardness	0.84** / 0.32 / 0.66*	0.85** / 0.81** / 0.82**	0.83** / 0.47 / 0.75**	0.90** / 0.20 / 0.93**	0.93** / 0.78** / 0.93**	1	
滋味 Taste	0.91** / 0.57* / 0.72**	0.10** / 0.40 / 0.80**	0.76** / 0.45 / 0.67*	0.88** / 0.36 / 0.89**	0.90** / 0.61 / 0.95**	0.90** / 0.57 / 0.78**	1
早籼稻 最大 m + (ESIR) 最大 m -	$x_{15} / 0.38$ $x_4 / -0.23$	$x_{15} / 0.41$ $x_4 / -0.21$	$x_{14} / 0.48$ $x_1 / -0.17$	$x_3 / 0.51$ $x_4 / -0.44$	$x_{13} / 0.46$ $x_5 / -0.37$	$x_{13} / 0.31$ $x_4 / -0.29$	$x_{13} / 0.30$ $x_4 / -0.30$
晚籼杂 最大 m + (LSHR) 最小 m -	$x_3 / 0.43$ $x_5 / -0.61$	$x_{14} / 0.54$ $x_6 / -0.65$	$x_{14} / 0.45$ $x_{17} / -0.63$	$x_{13} / 0.43$ $x_{12} / -0.60$	$x_{14} / 0.31$ $x_9 / -0.53$	$x_{10} / 0.46$ $x_6 / -0.69$	$x_1 / 0.58$ $x_9 / -0.54$
粳稻 最大 m + (JR) 最小 m -	$x_{14} / 0.34$ $x_{12} / -0.54$	$x_{15} / 0.35$ $x_{13} / -0.47$	$x_{15} / 0.58$ $x_{13} / -0.43$	$x_{11} / 0.41$ $x_{13} / -0.42$	$x_{11} / 0.31$ $x_{13} / -0.46$	$x_{11} / 0.37$ $x_{13} / -0.39$	$x_{15} / 0.44$ $x_{13} / -0.54$

* 表示差异 5% 水平显著性, ** 表示差异 1% 水平显著性; * significant at 0.05 level; ** significant at 0.01 level.

2.3 途径系数分析

通过对品尝值的直接途径系数分析发现: 热浆黏度对早籼稻食味值的直接负作用最大为 -0.914, 外观结构对早籼稻食味值的直接正作用最大为 0.428, 说明在选育早籼稻时, 稻米外观结构是影响食味品质的一项很重要的选择指标, 而粒长、粒宽、崩解值、峰值时间、气味可不作为选择的参数; 垩白率对晚籼杂交稻食味值的直接负作用最大为 -0.330, 硬度对晚籼杂交稻食味值的直接正作用最大为 0.757, 说明在选育晚籼杂交稻时, 硬度是影响食味品质的一项很重要的选择指标; 直链淀粉含量对粳稻食味值的直接负作用相对最大为 -0.035(但作用仍比较小), 硬度对粳稻食味值的直接正作用最大为 0.620,

说明在选育粳稻米时,硬度也是影响其稻米食味品质的一项很重要的选择指标。

表3 品尝值的直接通径系数

Tab.3 The coefficient of direct path analyses

指标 Index	类型 Type			指标 Index	类型 Type		
	早稻(ESIR)	晚杂(LSHR)	粳稻(JR)		早稻(ESIR)	晚杂(LSHR)	粳稻(JR)
x_1	0	0.316	-0.018	x_{13}	0.096	-0.048	0
x_2	0	0	0	x_{14}	0.403	0.115	-0.035
x_3	-0.380	0	0	x_{15}	0.282	-0.238	0.011
x_4	-0.275	-0.330	-0.018	x_{16}	-0.079	0	0.082
x_5	-0.066	0	-0.008	x_{17}	0.034	0	0
x_6	0	0	0	x_{18}	0	0	0
x_7	-0.914	0.173	0	x_{19}	0.367	0.338	0.267
x_8	0	0	0	x_{20}	0.428	0	0.045
x_9	1.139	0	0	x_{21}	-0.302	-0.016	0.093
x_{10}	-0.519	0.604	0	x_{22}	0.294	0	0
x_{11}	0	0	0	x_{23}	-0.212	0.757	0.620
x_{12}	0.391	0	0	x_{24}	0.251	0	0

2.4 回归分析

通过 SPSS18.0 进行逐步回归方程之后,再用 SAS9.0 对已显著的参数进行因子间交互作用及三次方拟合,得到早籼(y_1)、晚籼杂交稻(y_2 、 y_2')及粳稻(y_3)回归方程如下:

$$y_1 = 6.904 + 4.209x_{20} + 1.376x_{24} - 0.223x_{20}^2 + 0.036x_{14} \times x_{19} - 0.041x_{14} \times x_{23} + 0.182x_{18} \times x_{23}$$

$$y_2 = -229.787 + 21.639x_{24} + 0.036x_{19}^3 - 0.016x_{24}^3 \text{ (SPSS18.0 的线性逐步回归方程)}$$

$$y_2' = 23.425 - 1.030x_2 - 0.002x_{10} + 3.469x_{19} + 1.506x_{24}$$

$$y_3 = 45.612 + x_4^2 - 0.006x_4 \times x_{15} - 0.052x_{13} \times x_{15} + 0.033x_{13} \times x_{20} + 0.660x_{15} \times x_{22} + 0.150x_{18} \times x_{22} - 0.260x_{20} \times x_{22}$$

回归方程显示:早籼稻与晚籼杂交稻的食味值共同的影响因素有咀嚼的滋味值及色泽值,其中早籼稻还与硬度、外观结构、气味和直链淀粉含量影响也比较大,晚籼杂交稻的回生值、粒宽也有一定影响;粳稻的食味值则主要由弹性、外观结构、气味、糊化等级、胶稠度、垩白率所影响。说明影响早籼稻、晚籼杂交稻、粳稻食味值的主要理化指标有所不同,在选育过程中为定选食味好的品种,在选择方面选择的指标不同,应该有所偏向。

3 讨论

3.1 生境差异与品质

由于自身的适应环境不同,籼稻适宜于在低纬度、低海拔湿热地区种植,较耐湿、耐热、耐强光,但不耐寒;粳稻则较适于高纬度或低纬度的高海拔种植,较耐寒、耐弱光,但不耐高温,所以在我国长江中下游双季稻区的晚季以及黄河以北单季一般种植粳稻品种。南方9月份气温仍然比北方相对较高,且北方此时昼夜温差较大,因此此时处于灌浆期南方种植的粳稻易使稻米垩白率、垩白度明显比在北方种植时大,垩白又是粳米选择的一个重要指标^[10-11],直接影响着直链淀粉含量、最终粘度和回生值^[10],所以南方种植粳稻在稻米品质上一般占不到优势。回生值是米饭蒸煮品质的一个很重要的指标,早籼米在回生值、垩白率、垩白度、胶稠度、直链淀粉含量、糊化等级等这些理化指标上表现出较大的跨度,说明早籼稻的品质受生态环境的影响最大,在品种选择上也有更大的空间。

3.2 籼粳稻的进化差异

中国栽培稻属亚洲栽培稻的起源^[12],并且我国南方至少是普通栽培稻的起源中心之一^[13]。关于籼粳稻的进化有很多争端,王象坤等^[14]提出了栽培稻的三种进化途径;王振山等^[15]通过克隆重复序列(pOs139)为探针对中国普通野生稻与栽培稻进行分子杂交及黄燕红等^[16]、肖晗等^[17]对中国普通野生稻的三个自然群体进行叶绿体DNA籼粳分化研究后得出了籼粳平行演化的共同结论;葛颂^[18]认为籼

稻、粳稻两个亚种是由普通野生稻在不同的地点经过多次驯化,在 40 万年前就开始出现遗传分化,于 1.2 - 1.5 万年前同时进化而来;孙传清等^[19]对普通野生稻的核 DNA、叶绿体 DNA 进行 RFLP 分析表明普通野生稻已有籼粳分化;崔莹莹等^[20]用 SSR 标记发现海南普通野生稻也具有一定的籼粳分化,且偏粳型多于偏籼型;王晓玲等^[21]借助核糖体 ITS 序列信息分析,认为海南普通野生稻是从西南到中西再到东部的推移。说明二元起源学说得到更多学者的支持。籼粳稻至少有 40 万年的进化必然导致编码稻米品质基因产生差异,直链淀粉含量、胶稠度、糊化等级决定着米饭的品尝和蒸煮品质,且相互关联^[7],胶稠度和碱消值是影响稻米食味品质的最重要因素^[22],但其性能机制还不清楚,本研究认为单个农艺表型参数难以判断食味品质的差异,回归结果显示籼、粳稻米食味品质的主要理化指标有所不同,并各以三次方程进行了模型表示。

致谢:本研究测试工作在中国水稻所“中国-国际水稻研究所稻米品质与营养联合实验室”完成,得到胡培松博士、唐绍清博士、焦桂爱老师等的悉心指导,特此感谢!

参考文献:

- [1]胡孔峰,杨泽敏,雷振山. 中国稻米品质的现状与展望[J]. 农艺科学, 2006, 22(1): 130-134.
- [2]贺浩华,彭小松,刘宜柏. 环境条件对稻米品质的影响[J]. 江西农业学报, 1997, 9(7): 66-72.
- [3]邹小云,盛国清,傅军如,等. 籼型杂交水稻主要品质性状与产量性状的关系研究[J]. 江西农业大学学报, 2006, 28(1): 7-11.
- [4]杨文祥,王强盛,王绍华,等. 镁肥对水稻镁吸收与分配及稻米食味品质的影响[J]. 西北植物学报, 2006, 26(12): 2473-2478.
- [5]钱前,刘秀艳,曾大力. 日本关于稻米食味品质影响因素的研究介绍[J]. 中国稻米, 1998(2): 34-37.
- [6]张鹏里,王长青,李新永,等. 稻米蒸煮食味品质的评价指标与影响因素[J]. 北方水稻, 2007, 38(1): 13-14.
- [7]Tian ZH X, Qian Q, Liu Q Q, et al. Allelic diversities in rice starch biosynthesis lead to a diverse array of rice eating and cooking qualities[J]. PNAS, 2009, 106(51): 21760-21765.
- [8]Peng SH, QIAN Ch R, JIN ZH X, et al. Relationship between variation in activities of key enzymes related to starch synthesis during grain filling period and quality of eating and cooking in rice[J]. Rice Science, 2006, 13(1): 43-50.
- [9]Zhang CH H, Li J ZH, Zhu ZH, et al. Cluster analysis on Japonica rice (*Oryza sativa* L.) with good eating quality Based on SSR markers and phenotypic traits[J]. Rice Science, 2010, 17(2): 111-121.
- [10]Liu Q H, Zhou X B, Yang L Q, et al. Effects of chalkiness on cooking, eating and nutritional qualities of rice in two indica varieties[J]. Rice Science, 2009, 16(2): 161-164.
- [11]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[J]. 江西农业大学学报, 2008, 30(2): 194-198.
- [12]丁颖. 中国栽培稻种的起源及其演变[J]. 农业学报, 1957, 8(3): 243-260.
- [13]甘德欣,黄璜,蒋廷杰. 中国栽培稻起源与进化研究进展[J]. 作物研究, 2002(5): 213-215.
- [14]王象坤,才宏伟,孙传清,等. 中国普通野生稻的原始型及其是否存在籼粳分化的初探[J]. 中国水稻科学, 1994, 8(4): 205-210.
- [15]王振山. 一个 AA 基因组特异的串联重复序列的克隆及其在中国普通野生稻和栽培稻中的分化特征[C]//王象坤. 中国栽培稻起源与演化研究专集. 北京: 中国农业大学出版社, 1996: 178-187.
- [16]黄燕红. 中国普通野生稻自然群体叶绿体 DNA 籼粳分化研究[C]//王象坤. 中国栽培稻起源与演化研究专集. 北京: 中国农业大学出版社, 1996: 166-177.
- [17]肖晗. 中国栽培稻及其近缘野生种叶绿体 DNA 的限制性片段多态性分析[C]//王象坤. 中国栽培稻起源与演化研究专集. 北京: 中国农业大学出版社, 1996: 188-192.
- [18]葛颂. 水稻进化的“路线图”[J]. 生命世界, 2005, (10): 52-53.
- [19]孙传清,王象坤,吉村淳,等. 普通野生稻和亚洲栽培稻基因组的 RFLP 分析[J]. 中国农业科学, 1997, 30(4): 37-44.
- [20]崔莹莹,郭安平,王晓玲,等. 海南普通野生稻籼粳分化的 SSR 分析[J]. 江苏农业科学, 2009(4): 56-58.
- [21]王晓玲,郭安平,彭于发,等. 海南普通野生稻不同居 rDNA - ITS 区序列的比较分析[J]. 热带作物学报, 2008, 29(4): 478-483.
- [22]吴长明,孙传清,付秀林,等. 稻米品质性状与产量性状及籼粳分化度的相互关系研究[J]. 作物学报, 2003, 29(6): 822-828.