

## 浙江省早籼稻近期区试品种(系) 蒸煮品质研究

郭银燕<sup>1</sup> 张云康<sup>2</sup> 王忠明<sup>3</sup> 胡秉民<sup>1</sup> 陈昆荣<sup>3</sup>

(<sup>1</sup>浙江农业大学, 浙江杭州, 310029; <sup>2</sup>中国水稻研究所, 浙江杭州, 310006;  
<sup>3</sup>浙江省种子分公司, 浙江杭州, 310016)

**提 要** 对水稻区试中多品种(系)、多年、非平衡、无重复分析值的蒸煮品质性状数据, 用作者提出的统计方法作了分析。分析结果表明, “八五”期间参试的早籼稻品种(系)蒸煮品质较“七五”参试品种有所改善, 高直链淀粉含量的参试品种极显著减少, 低直链淀粉含量的参试品种极显著增加; 软胶稠度的品种极显著增加, 硬胶稠度的品种极显著减少。但多数参试品种胶稠度仍偏硬, 综合蒸煮品质不佳。各蒸煮品质性状均以品种效应为主, 其次是品种×年份互作效应。蒸煮品质性状的提高, 首先应注意品种(系)的主效。各蒸煮品质间有极显著的相关关系, 其中直链淀粉与胶稠度的负相关最明显, 其次为直链淀粉与糊化温度的负相关。为克服性状相关引起的早籼稻优质育种的难度, 应抓好直链淀粉与胶稠度这一主要矛盾并应广泛筛选育种种质资源。

**关键词** 早籼稻; 蒸煮品质; 区域试验; 统计分析

早稻生长期短, 产量较高, 但由于品质差而多数转为工业、饲料等用粮。为攻克早籼稻品质差现状, 浙江省已经启动“9410 优质早籼”重点攻关计划。

蒸煮品质是稻米品质的重要组成部分, 直接影响米饭的食味、柔软度和色泽, 已受到许多研究者的关注。蒸煮品质的遗传研究较多<sup>[1~6, 14~15]</sup>, 中国稻米蒸煮品质现状已进行了分析<sup>[1, 7~9]</sup>。良种区试代表着近期的育种水平, 浙江省新选育品种(系)其蒸煮品质现状、进展研究, 可为“9410 优质早籼”计划提供理论依据。

蒸煮品质间相关研究报道较多, 但多分析简单相关系数<sup>[7~8, 12, 20]</sup>。由于性状相关增加了早籼稻优质育种的难度, 进一步剖析相关的主要矛盾可为优质早籼优质育种提供理论依据。

区域试验平衡数据统计方法已较完善<sup>[16~17]</sup>, 水稻碾磨品质的区试平衡数据已有研究<sup>[18]</sup>。由于蒸煮品质的测试需一定的仪器设备, 水稻区试中只能定点选择一个有代表性的区试点, 统一抽取测试稻谷样品, 由测试中心测试各参试品种(系)的蒸煮品质性状。优良品种需参试两年, 各年参试品种不尽相同, 形成了多品种(系)、多年、非平衡、无重复分析值数据。尽管非平衡数据已有较好的统计方法<sup>[10~11, 19]</sup>, 但该方法建立在  $r$  个区组的平均数基础上, 不考虑试验误差, 故不适宜于上述品质性状数据。研究这类数据的统计方法, 可解决作物区域试验中品质性状的分析问题。

国家自然科学基金、浙江省自然科学基金、浙江省科委资助项目、河南省科委自然科学基金项目。

收稿日期: 1995-05-25; 收到修改稿日期: 1996-10-30

本文根据水稻区域试验中品质性状数据的特点,提出相应的统计分析方法。进行浙江省“八五”早籼稻参试品种蒸煮品质现状、进展情况分析,估算各效应方差分量和偏相关系数,剖析蒸煮品质育种主要矛盾,旨在为早籼稻优质育种提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

浙江省 1991~1994 年参加区域试验的早籼稻品种(系),每年均从省诸暨稻麦原种场区试点统一随机抽取测试的稻谷样品,由中国水稻所测定各参试品种(系)的蒸煮品质:直链淀粉含量(%),糊化温度(碱值)、胶稠度(mm)。对照品种有 1 次重复。

### 1.2 统计分析方法

1.2.1 计算 1991~1994 年参试品种及“七五”参试品种各蒸煮品质的平均数、标准差,进行 t 检验。按直链淀粉含量 > 25%(高)、20%~25%(中)、< 20%(低),糊化温度(碱值) ≤ 3(高)、4~5(中)、6~7(低),以及胶稠度(mm) ≥ 61(软)、41~60(中)、≤ 40(硬)的常规分级标准,统计 1991~1994 年及“七五”时期参试品种各类别的频率,进行 t 检验。

1.2.2 以 1991~1994 年中连续两年参试的品种(系)作为浙江省近期新品种(系)的随机样本,按以下混合线性模型,分析蒸煮品质的各效应方差分量:

$$X_{ijk} = \mu + G_i + Y_j + GY_{ij} + \epsilon_{ijk} \quad (1)$$

$$(i = 1, 2, \dots, g; j = 1, 2, 3, 4; k = 1 \text{ or 对照品种 } k = 1, 2)$$

式中,  $X_{ijk}$ : 第 i 品种第 j 年份蒸煮品质第 k 次重复测定值

$\mu$ : 群体平均数

$G_i$ : 品种随机效应

$Y_j$ : 年份随机效应

$GY_{ij}$ : 品种 × 年份互作随机效应

$\epsilon_{ijk}$ : 随机误差效应

上述混合线性模型其矩阵形式表示则为:

$$X = C\mu + U_G e_G + U_Y e_Y + U_{GY} e_{GY} + U_4 e_4 \quad (2)$$

$$= C\mu + \sum_{u=1}^4 U_u e_u$$

式中 X 是 (n × 1) 观察值向量; C 为元素均为 1 的 (n × 1) 向量;  $e_u$  是第 u 项独立随机效应的向量,具有平均数为零,方差  $\sigma_u^2 I$ ;  $U_u$  是第 u 项随机效应的系数矩阵,  $U_4$  是单位阵。

按下列方程组求解各随机效应方差估计值:

$$[\text{tr}(U_u' Q U_k U_k' Q U_u)] [\hat{\sigma}_u^2] = [X' Q U_u U_u' Q X] \quad (3)$$

$$(u, k = 1, 2, 3, 4)$$

式中

$$Q = V^{-1} - V^{-1} C (C' V^{-1} C)^{-1} C' V^{-1}$$

$$V = \sum_{u=1}^4 U_u U_u', \text{ 并具有逆阵 } V^{-1}$$

以试验误差方差为比较标准,用 F 检验各随机效应的显著性。

1.2.3 求各蒸煮品质间偏相关系数,进行检验。进行蒸煮品质性状的主成份分析。进行不同

直链淀粉含量品种其胶稠度、糊化温度的线性对比显著性检验，方法为：

以品种效应固定，其余效应随机的混合线性模型，估计各随机效应方差分量：

$$X_{ijk} = G_i + Y_j + GY_{ij} + \epsilon_{ijk} \quad (4)$$

式中  $G_i$ ：第  $i$  品种的固定效应， $(1/g)\Sigma G_i = \mu$ ，其余类同式(1)上述混合线性模型其矩阵形式为

$$\begin{aligned} X &= Cg + U_Y \epsilon_Y + U_{GY} \epsilon_{GY} + U_3 e. \\ &= Cg + \sum_{u=1}^3 U_u e_u \end{aligned} \quad (5)$$

式中  $g$  是品种固定效应向量( $g = [G_i]$ )； $C$  是品种固定效应的系数矩阵， $U_3$  是单位阵，其余类同式(2)；按式(3)解各方差估计值( $u, k=1, 2, 3$ )。

再以下式计算品种间线性对比统计量  $T$  及方差分量估计值  $\sigma^2(T)$ ：

$$T = \Sigma c_k \bar{Y}_k = \Sigma c_k m'_k Y = (\Sigma c_k m'_k) Y = D' Y \quad (6)$$

$$\sigma^2(T) = D' \left( \sum_{u=1}^3 \sigma_u^2 U_u U_u' \right) D$$

由  $Z = T/\sigma(T)$  进行  $H_0: \Sigma c_k G_k = 0$  及  $H_A: \Sigma c_k G_k \neq 0$  不同直链淀粉含量品种其胶稠度、糊化温度线性对比显著性检验。

## 2 结果与分析

### 2.1 浙江省早籼参试品种(系)蒸煮品质现状分析

区域试验参试品种(系)代表着本省近期的育种水平，人们普遍关注的是“八五”期间参试的早籼新品种(系)其蒸煮品质整体上有否进展。为此，分析了1991~1994年参试品种(系)蒸煮品质概况(表1)。

表1 浙江省参试早籼品种(系)蒸煮品质概况  
Table 1 Cooking qualities of early season indica rice varieties tested in regional trails of Zhejiang province during 1991~1994

性状 Character	1991~1994 参试品种 Varieties tested in 1991~1994		“七五”参试品种 Varieties tested in 7th “five-year plan” period		与“七五”品种差异 (t 值) Difference (t value)
	X	S	X	S	
糊化温度(碱值) Gela. Temperature	5.3534	0.9458	5.1977	0.6424	1.0973
胶稠度(毫米) Gel consistency(mm)	49.5795	20.4482	40.8448	12.3896	2.9174**

从表1可见，浙江省1991~1994年期间参试的品种(系)较“七五”期间参试品种(系)直链淀粉含量已极显著降低，而胶稠度则极显著变软。

为进一步剖析“八五”期间参试品种蒸煮品质的改良情况，根据常规分级标准，统计了浙江省参试早籼品种(系)蒸煮品质各类别的分布频率(表2)。

表2 浙江省参试早籼品种(系)蒸煮品质各类别频率  
Table 2 Frequency of cooking qualities characters of early season indica rice varieties tested in regional trails of Zhejiang province during 1991~1994

参试年份 Year	直链淀粉含量 Amylose			糊化温度 Gela. temperature			胶稠度 Gel consistency		
	高 High	中 Middle	低 Low	高 High	中 Middle	低 Low	软 Soft	中 Middle	硬 Hard
	1991~1994	12.50	61.36	26.14	6.82	51.14	42.04	25.00	19.32
“七五”期间 7th“F. Y. P.”	41.38	55.17	3.45	2.33	60.46	37.21	6.89	18.97	74.14
差异显著性 Diffe. signl.	-4.00**	0.74	3.56**	1.07	-1.01	0.53	2.80**	0.05	-2.26*

从表2可见,与“七五”期间参试品种相比,“八五”期间高直链淀粉含量品种极显著减少,而低直链淀粉含量的品种极显著增加。表明“八五”总体直链淀粉含量的降低是选育了一批低直链淀粉含量品种(系)。“七五”期间参试品种以中、高直链淀粉含量为主,而“八五”期间则为中>低>高的频率分布;就糊化温度,“八五”与“七五”期间各频率无大的变化,都以中、低糊化温度为主。胶稠度,“八五”期间,软胶稠度的参试品种较“七五”显著增多,而硬胶稠度的参试品种显著减少。但从表2还可见,“八五”期间参试品种仍以硬胶稠度品种为主,有着硬>软、中的频率分布。因此,进一步改良早籼品种的胶稠度,使米饭柔软而有弹性将仍是育种工作者奋斗目标 and 艰巨任务。

## 2.2 浙江省参试早籼品种(系)蒸煮品质方差分量分析

表2分析阐明,浙江省近期选育的品种(系)硬胶稠度占一半以上,而且直链淀粉含量、糊化温度不理想的类型仍有一定比例。为探讨这些性状的变异规律,为性状的改良提供理论依据,估算了近期选育的早籼稻品种蒸煮品质各效应方差分量(表3)。

表3 浙江省近期早籼新品种(系)蒸煮品质方差分量估算  
Table 3 Variance component estimations of cooking qualities of early season indica rice varieties tested in regional trails of Zhejiang province during 1991~1994

方差分量 Vari. compo.	直链淀粉含量 Amylose		糊化温度 Gela. temperature		胶稠度 Gel consistency	
	$\sigma^2$	F	$\sigma^2$	F	$\sigma^2$	F
	品种(系) Varieties	64.1416	16.6257*	3.0169	6.2755**	777.7081
年份 Years	1.6738	<1	0.0472	<1	26.3100	<1
品种×年份 Variety×Year	34.2857	8.8864**	1.2039	2.5037**	407.8797	5.7981**
误差 Error	3.8582		0.4807		70.3471	

从表3可见,三个蒸煮品质在年份间均无显著差异,表明总体上蒸煮品质在年份间并无显著变化;品种×年份交互效应极显著,表明各品种(系)对年份间环境、气候条件敏感度不同,从而引起蒸煮品质上的差异;品种效应极显著,且显著或极显著地大于所考察的其余效

应, 表明性状均以品种效应为主, 各蒸煮品质的选择首先应注意品种(系)的主效, 其次是品种(系)在年份间的稳定性。胶稠度、直链淀粉含量品种效应的绝对值均较大, 表明这二种性状选择均有余地, 通过选择可得到中等或中等偏软胶稠度、适宜直链淀粉含量的理想品种类型。

### 2.3 早籼稻蒸煮品质性状相关性及其主成份研究

米饭食味是直链淀粉含量、胶稠度、糊化温度等性状综合作用的结果。参试品种(系)蒸煮品质的结合状况值得研究。为此, 分析了浙江省 1991~1994 年参试早籼品种(系)及浙江省科委 1994 年组织评选的优质米(括号内 a 类)各蒸煮品质组合频数分布(表 4)。

表 4 浙江省 1991~1994 年参试早籼品种(系)蒸煮品质组合频数  
Table 4 Group frequency of cooking qualities of early season indica rice varieties tested in regional trials of Zhejiang province during 1991~1994

糊化温度 Gel temp.	胶稠度 Gel consi.	直链淀粉含量 Amylose content					
		很低 Very low	低 Low	中 Middle		高 High	
		<10%	10%~16%	17%~19%	20%~22%	23%~25%	>25%
高 High	软 Soft	1	5	0	0	0	0
	中 Middle	0	0	0	0	0	0
	硬 Hard	0	0	0	0	0	0
中 Middle	软 Soft	1	3	0	0	0	0
	中 Middle	0	0	0	0	0	0
	硬 Hard	0	0	0	2	29	4
低 Low	软 Soft	1	9(2) <sup>a</sup>	0(2) <sup>a</sup>	0	0	1
	中 Middle	0	2	0	1	7	1
	硬 Hard	0	0	0	0	9	5

虽然表 2 说明, 1991~1994 年期间浙江省参试早籼品种(系)以中等直链淀粉为主, 但从表 4 可见, 这部分品种为硬、中(多为硬)胶稠度, 而硬胶稠度不符合优质育种目标。表 4 的频数分布有一定规律, 表明有明显的相关关系。为此, 分析了蒸煮品质间偏相关系数及第 I、II 主成分(表 5)。

表 5 早籼稻蒸煮品质性状间偏相关系数及主成份  
Table 5 Partial correlation coefficients between cooking qualities and main components

	蒸煮品质性状主成分 Main components of cooking quality traits		蒸煮品质性状间偏相关 Partial correlation coefficients		
	第 I 主成分 1st component	第 II 主成分 2nd component	直链淀粉含量 Amylose	糊化温度(碱值) Gela. temperature	胶稠度 Gel consistency
	$\lambda_1 = 2.076(69.2\%)$ $\lambda_2 = 0.825(27.5\%)$				
直链淀粉含量 Amylose	0.662	-0.216		0.597**	-0.986**
糊化温度(碱值)Gela. Temp.	0.378	0.923			0.258
胶稠度 Gel. consi.	-0.662	0.319			

表 5 偏相关分析表明, 直链淀粉含量与胶稠度、糊化温度均为负相关(由于糊化温度指标

表6 不同直链淀粉含量品种的胶稠度、糊化温度平均数

Table 6 Gel. temperatures and gel consistencies of varieties having different amylose contents

直链淀粉含量 Amylose	胶稠度 Gel. consistency	糊化温度(碱值) Gela. temperature
低 Low2	76.3334 A	5.0500 A
中 Middle	38.6829 B	5.3756 A
高 High	37.8333 B	6.6000 B

为碱值,碱值越大,糊化温度越低。糊化温度与其它性状的相关与表5符号相反),其中直链淀粉与胶稠度的负相关非常明显,而胶稠度与糊化温度的偏相关不显著。蒸煮品质性状主成分分析表明,第Ⅰ主成分的重要性为69.2%,主要由直链淀粉、胶稠度组成,且两者负相关;第Ⅱ主成分的重要性为27.5%,由糊化温度组成。可见,要提高早籼稻蒸煮品质,首先应抓直链淀粉与胶稠度这一主要矛盾。适宜直链淀粉含量是矛盾的关键,为此分析了不同直链淀粉含量品种其平均胶稠度、糊化温度(表6)。

从表6可见,中、高直链淀粉含量品种其胶稠度无显著差异,但极显著低于低直链淀粉含量品种的胶稠度;低、中直链淀粉含量的品种其糊化温度无显著差异。

### 3 讨论

由于直链淀粉与胶稠度、糊化温度均负相关,势必增加选育综合蒸煮品质优良的品种的难度。浙江省近期早籼参试品种综合蒸煮品质均不理想(表4)。浙江省采用农业部《NY122-86 优质食用稻米》标准衡量优质米,根据本文分析结果,选育中等或略偏低直链淀粉含量品种其综合蒸煮品质较易达标。如浙江省1994年评选的优质米(表5a类)其直链淀粉含量略偏低,其综合蒸煮品质较为理想。尽管直链淀粉与糊化温度负相关,直链淀粉含量略偏低某些品种会出现高糊化温度,但由于糊化温度位于第Ⅱ主成分,而且与直链淀粉的相关不如直链淀粉与胶稠度密切,仍有不少品种为中或较低的糊化温度(表4)。喜爱中、高直链淀粉含量的地区,要选育中(或高)直链淀粉、软胶稠度、中等糊化温度的材料。宜扩大筛选育种材料,或采用其他育种手段,以打破这种互相抑制作用。如浙江省1991~1994年参试早籼品种中就有一个品种(辐89~90,浙江省农科院选育)为高直链淀粉含量-软胶稠度的类型(表4),但目前育种材料中该类型出现的频率较低(本资料仅1.14%),应扩大育种种质资源。

### 参 考 文 献

- 1 熊振民等编,《中国水稻》,1992,中国农业科技出版社,北京,pp.164~176
- 2 石春海、朱军,1994,中国水稻科学,8(3),129~134
- 3 汤圣祥,1991,中国水稻科学,5(1),25~28
- 4 黄超武、李锐,1990,华南农业大学学报,11(1),23~29
- 5 李欣、顾铭洪、潘学彪等,1990,谷类作物品质性状遗传研究进展,江苏科学技术出版社,南京,106~112
- 6 凌兆风、莫惠栋、顾铭洪等,1990,谷类作物品质性状遗传研究进展,江苏科学技术出版社,南京,68~74
- 7 张文绪、汤圣祥,1981,中国农业科学,14(5),32~39
- 8 汤圣祥,1987,中国农业科学,20(5),17~22
- 9 黄发松、胡培松,1994,优质稻米的研究与利用,中国农业科技出版社,北京
- 10 朱军,1992,生物数学学报,7(1),1~11
- 11 朱军,1993,浙江农业大学学报,19(1),7~13
- 12 刘宜柏、黄英金,1989,江西农业大学学报,11(4),1~5

- 13 闵绍楷, 1981, 国外农学-水稻, (3), 113~123
- 14 Kumar, I. & G. S. Khush., 1987, Crop Sci., 27, 1167~1172
- 15 Mckenzie, K. S. & J. N. Rutger., 1983, Crop Sci., 23, 306~313
- 16 Cooper, M. & I. H. Delacy. 1994, Theor. Appl. Genet. 88, 561~572
- 17 George, C. C. Tai, et al. 1994, Euphytica, 75, 49~61
- 18 Grarois, K. A. et al. 1991, Crop Science, 31, 907~911
- 19 Kenderson, C. R. 1975. Biometrics 31, 423~447
- 20 Kaw, R. N. & N. M. De La Cruz., 1990, J. Genet. & Breed., 44, 139~142

## Analysis of Cooking Qualities of Early Season Indica Rice Varieties Tested Recently in Regional Trails of Zhejiang Province

Guo Yinyan<sup>1</sup> Zhang Yunkang<sup>2</sup> Wang Zhongming<sup>3</sup> Hu Bingmin<sup>1</sup> Chen Kunrong<sup>3</sup>

(<sup>1</sup> Zhejiang Agriculture University, <sup>2</sup> Rice Institute of China,

<sup>3</sup>Seed Company of Zhejiang Province)

**Abstract** The cooking qualities of early season indica rice varieties tested in regional trials of Zhejiang Province were analyzed with the method established in the present paper for unbalanced, and unreplicated data derived from multivariety, multiyear trials. The results showed that the cooking qualities of early season indica rice varieties tested in the provincial trails in the “eighth five-year plan” period were much improved as compared with those in the “seventh five-year plan” period. The number of varieties with high amylose content was significantly reduced, while the number of varieties possessing low amylose content markedly increased. Likewise, the number of varieties with soft gel consistency augmented dramatically whereas that with hard gel consistency decreased remarkably. However, most of the varieties tested still have hard gel consistency and have generally poor cooking qualities. Analysis of variance components of each effect indicated that all cooking qualities were mainly affected by varietal effect, followed by interactive effect between variety and year. Therefore, to improve cooking quality, varietal effect should be considered preferentially. There were significant partial correlations among cooking quality characters, where the correlation between amylose content and gel consistency was most apparently negative. In order to overcome the difficulties resulted from correlations among the characters in breeding for good quality early season indica rice, it is advisable to screen vast number of breeding materials and to balance dexterously the two contradictory characters of amylose content and gel consistency

**Key words** Early season indica rice; Cooking quality; Regional trails; Statistical analysis