

## 籼型杂交晚稻农艺性状及综合性状的分析

吴吉祥<sup>1)</sup> 朱 军<sup>1)</sup> 郑寨生<sup>2)</sup> 刘新华<sup>2)</sup> 于海富<sup>2)</sup> 陈晓阳<sup>2)</sup>

(<sup>1)</sup>浙江农业大学农学系,杭州 310029; <sup>2)</sup>浙江省金华市农业科学研究所,金华 321000)

### Analysis of Agronomic Traits and Their Combined Trait for Hybrids of Indica Rice

WU Jixiang<sup>1)</sup>, ZHU Jun<sup>1)</sup>, ZHENG Zaisheng<sup>2)</sup>, LIU Xinhua<sup>2)</sup>, YU Haifu<sup>2)</sup>, CHEN Xiaoyang<sup>2)</sup>

(<sup>1)</sup> Agronomy Department, Zhejiang Agricultural University, Hangzhou 310029; <sup>2)</sup> Jinhua Agricultural Research Institute, Jinhua 321000)

**Abstract:** The genotype by environment interactions, and the stability performances of agronomic traits and their combined trait were analysed for hybrid rices in 1991 and 1992 with the methods proposed by Zhu *et al.* The results indicated that there existed large year by location interactions for most of the studied traits, and genotype by year or genotype by location interactions for some traits. The significant differences among 15 hybrid rices agronomic traits and combined trait showed that the yield for five hybrids (Guangyou 4, Shanyou 63, I you 62-16 *et al.*) was high, and combined trait value for Shanyou 63, W6154/Tesan'ai and Maxieyou 63 was high too. The single traits and combined trait of hybrids which came from different breeding units were compared.

**Key words:** combined trait; genotype by environment interaction; hybrid rice

**摘 要:**以 1991 年和 1992 年籼型杂交水稻区域试验的中稻迟熟组的数据为资料,采用朱军等提出的方法分析产量、生育期、米质和抗逆性等性状的基因型×环境互作,以及单一性状和综合性状的稳定性表现。方差分析的结果表明,大多数性状存在年份×地点的互作,一些性状存在较大的基因型×地点互作和基因型×年份的互作。对籽粒产量和综合性状的组合间比较表明,广优 4 号、汕优 63、I 优 62-16、W6154/特三矮和汕 A/CDR22 五个组合的产量较高。汕优 63、W6154/特三矮和马协优 63 三个组合的综合性状的表现较好。对不同地区选育的品种产量和综合性状进行了线性比较。此外还分析了各组合产量和综合性状对环境指数的反应敏感程度和稳定性表现。

**关键词:**综合性状;基因型×环境互作;杂交水稻

品种区域试验是育种工作的一项重要内容,是实现从品种选育到大田推广的一个重要环节。因此,研究基因型×环境互作已愈来愈受到人们的重视。

对区域试验品种的评价和分析,一般以品种对环境指数的回归系数和相关系数作为稳定性参数。对于单一性状的平衡数据,用传统的方差分析(Analysis of variance, 简称 ANOVA)的方法<sup>[1,3,4,5,8,11,12]</sup>即可分析。由于产量与早熟

性、抗逆性和品质等其它性状间往往存在着遗传负相关,因此,区域试验中的品种(或组合)的经济价值不仅取决于产量的表现,同时也取决于这些性状的综合表现。模糊数学的方法<sup>[2,11]</sup>和灰色系统理论<sup>[8]</sup>的方法,可用于参试品种的综合评估。但这两种综合评价的方法不能对品种

1994 年 9 月 7 日收到。Received Sept. 7, 1994

注:本研究由国家自然科学基金资助。

间的差异作适当的统计检验。多变量方差分析(MANOVA)的方法<sup>[16]</sup>可分析平衡数据的综合性状,并能进行线性对比(Linear contrast)。但在区域试验的实施过程中,由于涉及到的品种和地点较多,经常发生数据的缺失。另外,每年参试的品种和地点往往有所变化。因此,得到的数据常为不规则缺失的资料(Unbalanced data),传统的ANOVA方法和MANOVA方法难以对这些资料进行分析。朱军等<sup>[9,10]</sup>分别提出了能分析单一性状和综合性状的统计方法,这些方法能分析平衡数据或非平衡数据。

本研究以1991和1992年籼型杂交水稻区域试验的中稻迟熟组的数据为资料,采用朱军等<sup>[9,10]</sup>提出的方法分析产量、生育期、米质和抗逆性等性状的基因型×环境互作,以及单一性状和综合性状的稳定性表现。其目的在于综合评价这些参试的新组合,为高产优质杂交组合的筛选和推广提供理论依据。

## 1 材料与方法

分析的数据为我国1991和1992年籼型杂交水稻区域试验中稻迟熟组的汇总资料,由湖南杂交水稻研究中心提供。参试组合共15个(表1),各地统一对照为汕优63。参试地点原为22个,其中3个试点(四川省内江市东兴区种子分公司、四川省万县地区种子分公司和安徽省农科院水稻所)因未测定米质性状而被删除。这些试点分布在我国南方稻区的14个省区,各试点的选择均代表一定的生态类型。试验小区面积13.34 m<sup>2</sup>,设3次重复,随机区组排列,按13.3 cm×20 cm或16.7 cm×20 cm规格插植,每蔸1~2苗。栽培管理与生产大田基本相同,观察记载及室内考种等按统一方案实施。各供试组合的抗性鉴定由湖南省水稻所和湖北省宜昌地区农科所共同承担,包括白叶枯病和稻瘟病抗性鉴定。白叶枯病、稻瘟病和稻飞虱抗性均分为

表1 1991~1992年参加区域试验的杂交水稻组合

Table 1. Rice hybrids in the regional trial of 1991 and 1992

组合代号 Cross no.	组合名称 Cross name	区试年份 Trial year	
		1991	1992
1	广优青 Guangyouqing	✓	
2	马协优 63 Maxieyou 63	✓	
3	冈优 63 Gangyou 63	✓	
4	汕优 72 Shanyou 72	✓	
5	佛一青优青 Foyiqingyouqing	✓	✓
6	汕优 9310 Shanyou 9310	✓	✓
7	广优 4号 Guangyou 4		✓
8	广优 883 Guangyou 883		✓
9	汕 A/CDR22 Shan A/CDR 22		✓
10	江 I A/JR1004-102 Jiang I A/JR1004-102		✓
11	I 优 62-16 I you 62-16		✓
12	KS-9/JR1004		✓
13	W6154S/特三矮 W6154S/Tesan'ai		✓
14	汕优制西 Shanyouzhixi		✓
15	汕优 63 Shanyou 63(CK)	✓	✓

重、轻、无三个等级。米质由湖南杂交水稻研究中心化验室进行化验,也分为差、中、好三个等级。这四个性状的指标分别以 0、1 和 2 计。各组合的产量等性状均以各试点平均值计。品种  $h$  在  $i$  年份和  $j$  试点的综合性状平均表现  $Y_{hij(t)}$   $= \sum_{f=1}^6 W_f Y_{hij(t)}$ 。其中  $W_f$  是第  $f$  个性状的权重系数,  $Y_{hij(t)}$  是品种  $h$  在  $i$  年份和  $j$  试点第  $f$  个性状的平均表现<sup>[10]</sup>。分析的性状及其权重分别为:产量(0.40)、生育期(0.25)、米质等级(0.20)和抗逆性(0.15)[白叶枯病(0.075)、稻瘟病(0.0375)和稻飞虱抗性(0.0375)]。

采用朱军等<sup>[9,10]</sup>提出的方法估算方差分量与协方差分量,对单一性状和综合性状进行多重比较和稳定性分析。为克服不同性状所采用单位的不一致性,对数据进行了标准化处理<sup>[10]</sup>。

## 2 结果与分析

### 2.1 产量等性状方差及成对性状间的协方差分量分析

方差分析的结果(表 2)表明,年份×地点交互效应是影响产量的主要因素。其次是基因型×地点交互效应,汇总资料的联合方差分析的结果也表明,基因型×地点交互效应对产量的影响较大<sup>[6,7]</sup>。生育期和两个抗病性状主要受地点效应的影响,其中生育期和抗稻瘟病还受年份×地点交互效应的较大影响。剩余效应对

米质的影响最大,其次是基因型×年份和年份×地点的交互效应。飞虱抗性主要受基因型×年份的交互和年份效应的影响,剩余效应的影响也较大。综上所述,除稻飞虱抗性外,其它性状受年份×地点交互效应的影响都比较大,即这五个性状在 19 个试点的表现在 1991 年和 1992 年间不一致。产量和两个抗病性状存在较大的基因型×地点的交互效应,故这 15 个组合的上述性状在 19 个试点中的表现也不一致。

作物的性状间存在不同程度的相关性。本研究在估算单一性状的方差分量同时,还估算了产量与生育期、米质和抗逆性等成对性状间的随机效应协方差分量(表 3)。由表 3 可知,年份效应对产量和生育期两性状的作用可能不一致(协方差估算值为负值),对其它各对性状作用一致(协方差估算值为正值),对产量与飞虱抗性的一致作用最大。地点效应对各对性状一致性作用都比较大,其中对产量与生育期、米质(等级)和抗白叶枯病三对性状一致性作用最大。年份×地点交互效应对各成对性状的作用可能不一致。基因型×年份交互效应对产量与生育期和米质等级两对性状的作用可能不一致,对其它三对性状的作用一致,其中对产量和稻瘟病抗性两性状一致性作用最大。基因型×地点交互效应对产量和白叶枯病抗性与产量和稻飞虱抗性两对性状的一致性作用较大。剩余效应对产量和米质等级两性状的一致性作用较

表 2 产量等性状的方差分量估算值

Table 2. Estimates of variance components for yield and other traits in rice trial

方差分量	产量	生育期	米质(等级)	抗穗颈瘟性	抗白叶枯性	抗稻飞虱性
Variance comp.	Yield	PD	RQ	RNB	RBB	RRP
年 份 $\sigma_y^2$	18.66	-5.53	-1350.78	-1010.35	-435.29	510.78
地 点 $\sigma_d^2$	26.79	363.46	-897.50	18818.50	34435.50	-8.38
年份×地点 $\sigma_{yd}^2$	253.53	66.59	2865.64	15112.40	4451.65	20.28
基因型×年份 $\sigma_{gy}^2$	-3.87	-1.15	3308.29	8.08	-212.09	522.82
基因型×地点 $\sigma_{gd}^2$	82.00	-5.70	-72.74	8154.85	1099.17	-133.90
机 误 $\sigma_e^2$	72.37	41.69	3544.50	7038.07	8717.16	256.27

Note:PD, period duration; RQ, rice quality; RNB, resistance to neck blast; RBB, resistance to bacterial blight; RRP, resistance to rice planthopper.

表3 产量与其它性状的协方差分量估算值

Table 3. Estimates of covariance components between yield and other traits

协方差分量 Cov. comp.	生育期 PD	米质(等级) RQ	抗穗颈瘟性 RNB	抗白叶枯性 RBB	抗飞虱性 RRP
年份 $\sigma_{Y(12)}^2$	-1.70	13.47	2.06	39.85	157.00
地点 $\sigma_{L(12)}^2$	61.82	175.98	10.95	883.72	24.20
年份×地点 $\sigma_{YL(12)}^2$	-2.17	-147.67	-1291.10	-62.95	-36.50
基因型×年份 $\sigma_{GY(12)}^2$	-0.32	-58.32	25.22	18.18	5.58
基因型×地点 $\sigma_{GL(12)}^2$	-2.35	8.84	-104.57	116.61	46.73
机 误 $\sigma_{e(12)}^2$	-7.10	77.82	-58.58	-120.15	-50.20

表4 15个组合在产量和综合性状间5%水平的显著性差异

Table 4. Differences significant at 0.05 level among 15 rice hybrids for yield and combined trait

组合代号 Cross no.	产量 Yield (kg/hm <sup>2</sup> )	名次 Order	综合性状 Comb. trait	名次 Order
1	7716 a	12	80.2 abc	12
2	7985 ab	10	110.6 bc	2
3	8388 abc	6	99.3 abc	4
4	7869 ab	11	95.3 abc	5
5	8006 ab	9	86.5 abc	9
6	8121 abc	8	93.1 abc	8
7	8445 bc	5	82.6 abc	11
8	7671 a	13	94.0 abc	6
9	8892 bc	2	84.4 abc	10
10	3530 d	15	93.1 abc	7
11	8835 bc	3	70.2 ab	14
12	3851 d	14	76.9 abc	13
13	8985 bc	1	123.6 c	1
14	8376 abc	7	66.4 a	15
15	8459 bc	4	100.0 bc	3

大,对其它各对性状的作用可能不一致。

## 2.2 籽粒产量和综合性状的组合间的比较

江ⅠA/JR1004-102和KS-9/JR1004两个组合的产量较低,显著地低于其它各参试组合的产量。其主要原因是这两个组合感光性强,不能正常收割,产量不理想<sup>[7]</sup>。从位次看,W6154S/特三矮、汕A/CDR22和Ⅰ优62-16三个组合的产量分别位于第一、二、三位。对照组合汕优63位于第四位,但前三个组合的产量与对照无显著差异。综合性状值以组合W6154S/特三矮最大,显著大于对照组合(位于第三位)。组合马协优63为第三位,但与对照无显著差异。

产量间的排序与综合性状间的排序并不完

全一致。一些组合排序位次变动较大。例如,组合广优883产量位于第13位,综合性状位于第6位;组合马协优63产量位于第10位,综合性状位于第2位。有一些组合位次则比较稳定,例如对照,产量位于第4位,综合性状位于第3位;组合W6154S/特三矮产量位于最高,综合性状也表现最好。由此可见,组合W6154S/特三矮在各参试的组合中,其表现都较好。对照汕优63的产量和综合性状值也较大,作为对照品种是比较适宜的。

在对参试品种进行评价时,不仅需要比较单个品种间的表现,有时还要比较不同地区和单位的品种间的差异。常规的方法难以分析之。作为例子,本文分析了四组产量等单一性状和

表5 单--性状和综合性状的线性对比Z值的估算值

Table 5. The Z-values of linear contrast (LC) for single traits and their combined trait

线性对比 LC	产量 Yield	生育期 PD	米质(等级) RQ	穗颈瘟 NB	白叶枯病 BB	飞虱 RP	综合性状 Combined trait
对比 1 <sup>a</sup>	-2.91**	-8.50**	-0.63	-0.28	-0.47	-1.24	-0.91
对比 2 <sup>b</sup>	-2.21*	-8.46**	0.89	0.68	0.43	-1.33	1.05
对比 3 <sup>c</sup>	7.50**	-6.44**	-0.38	-6.16**	-3.02**	-1.32	-0.32
对比 4 <sup>d</sup>	-2.63**	-3.92**	-1.12	-0.25	-1.63	-1.33	-1.84

<sup>a</sup> 广优青、佛一青优青、广优4号、广优883与冈优63、汕A/CDR22、汕优63。

<sup>b</sup> 广优青、佛一青优青、广优4号、广优883与1优62-16。

<sup>c</sup> 汕优72、汕优制西与江1A/JR1004-102、KS-9/JR1004。

<sup>d</sup> 广优青、佛一青优青、广优4号、广优883与W6154S/特三矮。

表6 15个杂交水稻综合性状对环境指数回归分析的参数估计值和95%置信区间

Table 6. The estimates and 95% confidence intervals for regression parameters of 15 rices hybrid combined trait to the environment index

组合代号 Cross No.	截距 Intercept		斜率 Slope		相关系数 Correlation	
	估计值	置信区间	估计值	置信区间	估计值	置信区间
	Estimate	95% CI	Estimate	95% CI	Estimate	95% CI
1	16.5	-49.3~82.4	0.70	-0.05~1.45	0.76	0.05~1.48
2	-3.4	-86.3~79.5	1.16	0.23~2.08	0.96	0.45~1.48
3	27.9	8.7~47.1	0.77	0.57~0.96	0.90	0.07~1.14
4	9.1	-64.0~82.3	0.95	0.13~1.77	0.79	0.62~0.96
5	5.7	-28.1~39.5	0.91	0.52~1.30	0.83	0.76~0.90
6	27.3	-4.0~58.6	0.69	0.36~1.02	0.64	0.29~0.99
7	13.0	-55.4~82.5	0.77	-0.03~1.57	0.86	0.78~0.94
8	7.2	-64.1~78.0	0.95	0.12~1.77	0.84	0.76~0.92
9	27.7	5.6~49.8	0.67	0.47~0.87	0.86	0.52~1.20
10	-127.8	-218.9~-36.6	2.43	1.27~3.59	0.99	0.88~1.10
11	8.7	-13.2~30.5	0.75	0.52~0.99	0.99	0.63~1.35
12	-50.2	-113.0~12.6	1.43	0.71~2.16	1.01	0.52~1.51
13	-14.1	-92.7~64.5	1.38	0.45~2.31	0.97	0.60~1.34
14	-31.7	-112.6~49.2	1.20	0.20~2.20	1.36	0.33~2.39
15	19.1	-23.6~61.9	0.87	0.39~1.34	0.77	0.64~0.90

Note: CI, Confidence interval.

综合性状值的大小(表5)。结果表明,广东省选育的组合产量平均值低于四川省、浙江省丽水农科所以及安徽省选育的组合产量平均值。福建省选育的两个组合的产量均值显著地大于江西省选育的两个组合的产量均值,生育期和白叶枯病抗性均值显著地低于后三个组合的均值。由表5可看出,产量或生育期存在显著差异,各线性对比的综合性状间的差异不明显,仅

对比4的差异接近5%的显著水平,这说明了其它性状会影响到综合性状的表现。

### 2.3 产量和综合性状的稳定性分析

15个参试组合综合性状的稳定性分析结果列于表6。综合性状对环境指数的回归分析表明,组合冈优63和汕A/CDR22的回归截距显著大于0,且回归斜率和相关系数均显著小于1。这两个组合对环境指数的反应不太敏感,但

一致性表现较差。组合 W6154S/特三矮的回归截距也显著小于 0。汕优 72 等六个组合的相关系数均显著小于 1, 回归系数与 0 无显著差异。这六个组合对环境指数的反应较敏感, 但表现一致性较差。其它六个组合稳定性趋势表现相似。由于各性状的年份×试点的互作方差偏大, 因而表 6 中的回归参数的置信区间较大, 不易测出显著性。

### 3 讨 论

一个品种或组合的表现是其基因型和环境共同作用的结果。基因型与环境间存在不同程度的互作, 例如, 基因型×年份的互作和基因型×地点的互作。因此, 育种工作者需要分析参试品种产量等性状在多环境中的表现, 以便选出高产、稳产和优良的品种(或组合)。本研究方差分析的结果表明, 大多数性状存在年份×地点的互作, 一些性状存在较大的基因型×地点互作和基因型×年份的互作。因此, 对这些参试的资料进行单一年份或地点的分析, 其结果会有偏差, 需要强调对多年和多点的资料进行联合分析。

本研究以 MINQUE(1)的计算方法为基础, 该方法不受缺失数据和随机变量分布的限制。研究结果表明, 产量基因型与环境互作的方差分量值与汇总资料的分析结果一致<sup>[6,7]</sup>。另外, 该方法可根据实际情况, 给予各经济性状以一定的权重, 即可对各品种的综合性状进行线性比较和稳定性分析。这是其它方法所不及的。由于本研究的资料是有缺失的, 因而其方差分量以及协方差分量尚难进行显著性测验。

产量和综合性状的排列顺序有所不同, 其主要原因是产量与其它米质性状的抗病虫等性状存在一定程度的负相关。因此, 综合性状大小的排列顺序与育种家对各性状所选用的权重有关。产量的权重越大, 综合性状排序与产量的排序就越接近。随着人们对作物的品质和抗性的日益重视, 综合性状值与产量间排列顺序差异

可能会增大。

简单回归的方法估算得到品种对环境指数的回归参数常用来评价一个参试品种的稳定性表现<sup>[13,14]</sup>。由于环境指数是由品种或品系的平均数估算而得, 因而是一随机变量。由此可知, 回归分析中的依变量和自变量间实际上并不相互独立, 而采用常规的回归分析的方法不能估算回归参数的方差, 并对回归参数进行显著性检验。本文采用的 Jackknife 重复抽样技术, 可以估算各回归参数的标准误, 可进行显著性检验。

### 4 参考文献

- 1 李跃建. 四川盆地小麦品种的稳产性分析. 四川农业学报, 1987, 2(2): 8~12
- 2 彭祖赠, 孙毓玉. 模糊数学. 见: 现代工程数学手册(第 I 卷). 武汉: 华中出版社, 1988
- 3 彭昌家. 南充地区油菜新品种的稳定性初探. 四川农业大学学报, 1988, 6(3): 255~261
- 4 王云生等. 玉米杂交种基因型与环境的互作及其在育种中的应用. 东北农学院学报, 1988, (1): 15~20
- 5 谭震波. 杂交水稻新组合区域试验中的产量稳定性探讨. 四川农业大学学报, 1990, 8(1): 71~74
- 6 刘录祥等. 杂种小麦和纯系品种产量及品质性状的稳定性分析. 作物学报, 1992, 18(1): 38~49
- 7 朱 军等. 作物品种区域试验非平衡资料的分析方法——单一性状的分析. 浙江农业大学学报, 1993, 19(1): 7~13
- 8 朱 军等. 作物品种区域试验非平衡资料的分析方法——综合性状的分析. 浙江农业大学学报, 1993, 19(3): 241~247
- 9 陈如凯等. 8 个甘蔗品种的高产和稳产分析. 福建农学院学报(自然科学版), 1993, 22(2): 129~134
- 10 陈 璞等. 北方地区谷子新品种丰产性和稳产性的研究. 国外农学—杂粮作物, 1993, (3): 19~21
- 11 Eberhart S A, W A Russell. Stability parameters for comparing varieties. *Crop Sci*, 1966, 6: 36~40
- 12 Finlay K W, G N Wilkison. The analysis of adaptation in a plant breeding programme. *Aust Jour Agr Research* 1963, 14: 742~754
- 13 Miller B G. The jackknife — a review. *Biometrika*, 1974, 61: 1~15
- 14 Morrison D F. Multivariate statistical methods. Second edition. New York: McGraw—Hill, 1976