

双亲籼粳分化程度 对两系杂交稻生育期及株高的影响

姜廷波 孙传清 王象坤

(中国农业大学植物遗传育种系, 北京 100094)

摘 要 用 45 个籼粳特异探针来自美国、非洲、中国、日本、韩国等地的 58 个品种进行 RFLP 分析, 明确其籼粳分化程度。研究了双亲籼粳分化差异与生育期杂种优势及株高杂种优势的关系。结果表明, 双亲籼粳分化差异与生育期杂种优势无明显的相关关系, 而与株高杂种优势间的相关关系达到了显著水平。

关键词 水稻 RFLP 籼粳分化 生育期 株高 杂种优势

中图分类号 S511.2 **文献标识码** A **文章编号** 1000-7091(1999)增刊-0015-06

籼粳杂种蕴藏着巨大的杂种优势, 但人们在直接利用籼粳杂种优势方面存在着许多障碍, 如子粒充实度差, 结实率低, 生育期偏长, 植株偏高等。其中子粒充实度差及结实率低可通过导入广亲和基因和利用籼粳中间型亲本来协调双亲的遗传关系加以解决。生育期偏长、株高偏高可以通过利用早熟基因及矮秆基因解决^[1,2]。但有些问题并不是单纯的, 往往与籼粳双亲的遗传背景存在着密切的关系, 杨振玉利用程氏指数度量双亲的籼粳差异程度, 研究了籼粳分化差异与杂种优势的关系, 提出了利用杂种优势适度的差值范围^[3]。利用程氏指数判断水稻的籼粳属性简便易行, 但经验极为重要。当前, RFLP(Restriction fragment length polymorphism, 限制性片段长度多态性)技术及前人筛选出的可鉴别籼粳的特异探针, 为我们利用分子标记技术从分子水平上确定供试品种的籼粳属性创造了条件^[4~6]。本试验选用了 45 个可鉴别籼粳的特异探针, 对来自美国、日本、韩国、非洲、中国东北及华北等地的 58 份育成品种进行 RFLP 分析, 研究其籼粳分化程度及其差异与生育期及株高杂种优势的关系, 为籼粳杂种优势利用提供依据。

1 材料和方法

1.1 供试材料

本研究所用 58 份水稻材料包括 10 个美国品种, 7 个韩国品种, 2 个日本品种, 6 个非洲品种, 中国东北 11 个品种、华北 7 个品种, 4 个光敏核不育系, 4 个来自圭 620/02428 F₁ 花培的 DH 系, 7 个来自中国南方的籼稻及广亲和品种(表 1)。

1.2 RFLP 检测

1999-06-18 收稿。

作者简介: 姜廷波, 男, 1965 年生, 1996~1999 年在中国农业大学植物遗传育种系攻读博士学位, 研究两系法杂交水稻双亲遗传差异与杂种优势的关系。

DNA 的提取按 Rogers 和 Bendich 报道的 CTAB 方法进行^[7]。每个样品取 3 μ g DNA 用 Dra I、Hind III、EcoRI、EcoRV 消化后,按 Saito 等所描述的方法进行电泳及吸印^[8]。RFLP 检测采用非放射性 ECL 标记探针^[9]。所选探针 RG 由美国 Cornell 大学 Tanksly 博士提供,G、C、R 编号由日本水稻基因组计划 Sasaki 博士惠赠。

表 1 供试品种及 45 个探针检测到的籼粳位点数

品种名称	来源	籼/粳 位点	位点 (%)	品种名称	来源	籼/粳 位点	位点 (%)
粳稻品种				Cps1017	美国	2/43	95.6
东农 419	黑龙江	0/45	100	Calbelle	美国	6/39	86.7
沈农 389	辽宁	1/44	97.8	Jackson	美国	8/37	82.2
辽盐 9 号	辽宁	6/39	86.7	Lagruet	美国	5/40	88.9
秋光	日本	2/43	95.6	Dellmone	美国	4/41	91.1
盐粳 48	江苏	1/44	97.8	Lemont	美国	2/43	95.6
零轮	湖南	7/38	84.5	Lebonnet	美国	5/40	88.9
PC311	湖南	13/32	71.1	关东糯 37	韩国	8/37	82.2
326 恢	辽宁	5/40	88.9	籼稻品种			
272 恢	辽宁	11/34	75.6	MY23	韩国	44/1	2.2
253 恢	辽宁	6/39	86.7	MY46	韩国	40/5	11.1
915 恢	辽宁	9/36	80.0	MY54	韩国	40/5	11.1
C8142	辽宁	10/35	77.8	SW290	韩国	41/4	8.9
C418	辽宁	17/28	62.2	SW331	韩国	42/3	6.7
C411	辽宁	11/34	75.6	SW341	韩国	43/2	4.4
中作 9299	北京	10/35	77.8	明恢 63	福建	43/2	6.7
中作 946	北京	14/31	68.9	桂朝 2 号	广东	44/1	2.2
中作 93	北京	3/42	93.3	特青 2 号	广东	45/0	0.0
中华 30	北京	3/42	93.3	晚三	广东	44/1	2.2
单 3	北京	10/35	77.8	中 413	浙江	44/1	2.2
津稻 490	天津	4/41	91.1	ITA301	非洲	42/3	6.7
津稻 1187	天津	0/45	100	DH 系			
越富	日本	1/44	97.8	G8	四川	24/21	46.7
ITA182	非洲	7/37	84.4	G10	四川	7/38	81.6
ITA145	非洲	5/39	88.9	G12	四川	27/18	40.0
ITA165	非洲	3/42	93.3	G21	四川	30/15	33.3
IRAT109	非洲	6/38	86.7	光温敏核不育系			
IRAT216	非洲	6/39	86.7	PA64S	湖南	38/7	15.6
Kulu	美国	2/43	95.6	N422S	北京	29/16	35.6
Kulu-1	美国	1/44	97.8	108S	辽宁	22/23	51.1
Cps17	美国	4/41	91.1	LS2S	辽宁	7/38	84.5

1.3 田间试验方法

以 4 个光敏核不育系为测验种,按 NC II 设计配制 216 个杂交组合,1998 年 4 月 26 日于北京按三次重复,随机区组排列,播种全部亲本及杂种的催芽种,5 月 29 日移栽,密度为 30 cm \times 10 cm,单本种植。每小区 12 株,边行按同样密度插满保护行,育苗方法及田间管理按早育

稀植亩产千斤模式进行^[10]。以每小区中间 8 株为样本。抽穗期以穗尖露出叶鞘 1 cm 为标准逐日按单株记载生育期。成熟后测量株高。均以三次重复的小区平均值表示。中亲优势 = $(F_1 - MP) \times 100 / MP$ (F_1 为杂种表现型, MP 为双亲均值)。

1.4 统计分析方法

以小区平均值为基础对各性状进行方差分析,同时检验基因型间差异的显著程度。对差异达极显著水平的性状作配合力方差分析,并估算供试亲本的一般配合力及各组合的特殊配合力效应。统计分析方法依照参考文献[11],数据处理利用 Excel 软件在 IBM-PC 微机上进行。

2 结果与分析

2.1 供试品种 RFLP 的多态性检测

用非放射性 ECL 标记探针方法^[9],进一步筛选前人确认的对典型籼粳品种具有特异性的探针^[4~6]。选用其中效果较好的 45 个探针,与 4 种内切酶组成 45 个探针/内切酶组合,在 58 个供试品种中共检测到 105 条多态性杂交带。其中籼型特异带 54 条,粳型特异带 45 条,非籼粳特异带 6 条。从表 1 可以看出,大多数供试粳稻品种具有少量籼型特异带,而籼稻品种又大多有少量粳型特异带,即出现籼中有粳,粳中有籼,其原因可能是品种在进化过程中遗留下来的或通过籼粳杂交造成的籼粳基因互渗所致。特别是经过多次籼粳杂交选育出的品种及籼粳杂交后尚未进一步分化的 DH 系更是如此。

2.2 配合力方差分析

从表 2 可以看出,两性状一般配合力方差及特殊配合力方差均达到了极显著水平,且一般

表 2 配合力方差分析及各因素的贡献

%

性状	组合变异来源				σ_g^2/σ_s^2	变异因素的贡献(%)		
	母本	父本	互作	误差		母本	父本	互作
生育期	119.1**	405.1**	16.8**	3.0	7.3	1.5	87.6	10.9
株 高	10089**	771**	55.7**	5.8	7.3	37.8	51.1	11.0

1): **,表示差异达极显著水平

2): 母本、父本、互作及误差的自由度分别为 3, 53, 159, 546

配合力方差与特殊配合力方差的比值皆大于 1.0。表明父母本及其互作对 F_1 各性状表现的影响均达到了极显著水平,但亲本一般配合力的影响要大于特殊配合力的影响。即其父母本总效应大于双亲的互作效应。两性状双亲互作效应的贡献率均小于 50% 亦表明了这一点。因此,对这些性状进行选择要特别注意基因加性效应的作用。

2.3 一般配合力与特殊配合力对 F_1 性状表现的影响

由双亲产生的遗传方差(即一般配合力方差)包含全部加性效应遗传方差及小部分上位性等非加性效应遗传方差,而双亲互作产生的遗传方差(即特殊配合力方差)则包括全部显性偏差引起的非加性遗传方差和绝大部分上位性作用的非加性遗传方差。一般配合力是亲本品种基因加性效应对杂种产生的平均效应;特殊配合力则是亲本品种在一特定组合内由基因的显性偏差、上位性作用等对某一性状产生的不符合品种平均表现的一种能力,可使杂种性状表现

偏高或偏低的现象。

对 F_1 生育期及株高与其一般配合力效应及特殊配合力效应进行相关分析(表 3)可以发现,一般配合力效应及特殊配合力效应与 F_1 表现型均表现出极显著的正向相关。说明双亲的

表 3 两性状一般配合力效应及特殊配合力效应与 F_1 表现型的相关

性 状	生育期	株 高
一般配合力	0.9438**	0.9440**
特殊配合力	0.3304**	0.3328**

**,表示相关达极显著水平

表 4 两性状一般配合力效应与其亲本表现型的相关

性 状	生育期	株 高
一般配合力	0.6669**	0.7298**

**,表示相关达极显著水平

一般配合力和组合的特殊配合力效应均可对 F_1 的表型产生极显著的影响,双亲一般配合力高及组合特殊配合力高,其 F_1 的表现值亦高;反之,其 F_1 的表型值则低。一般配合力效应与其亲本的表现型相关极显著(表 4),可以根据亲本表现对其进行初步选择。进一步分析双亲一般配合力与其 F_1 特殊配合力的关系可知,两种配合力效应虽然对 F_1 的表型均具极显著影响,但两者间的相关程度极低,相关系数几乎等于 0。说明两者是相互独立的,无任何相关关系。

2.4 一般配合力与特殊配合力对 F_1 中亲优势的影响

由表 5 可以看出,两性状中亲优势对 F_1 表现型的作用很大,相关均达到了极显著水平。从一般配合力效应及特殊配合力效应与中亲优势的关系来看,中亲优势既受一般配合力效应的影响又受特殊配合力效应影响,其表现是两者综合作用的结果。

表 5 两性状中亲优势与配合力效应及 F_1 表现型的相关

性 状	一般配合力	特殊配合力	F_1 表现型
生育期	0.7633**	0.3705**	0.8429**
株 高	0.4282**	0.5052**	0.5720**

**:表示相关达极显著水平

2.5 亲本籼粳分化同配合力效应和中亲优势及 F_1 表现型的关系

以双亲籼粳标记基因型差异的百分比代表双亲遗传距离(或 F_1 的杂合性),分析遗传距离与 F_1 两性状一般配合力效应及特殊配合力效应的关系(表 6)可以发现,双亲遗传距离与两性状一般配合力效应无明显的相关关系,与株高的特殊配合力表现为正相关,且达到极显著水平;但双亲遗传距离与生育期的特殊配合力效应无明显的相关。说明生育期的基因非加性效应的作用是不依 F_1 籼粳分化位点杂合程度而变化的。其原因可能是籼粳分化上的基因显性作用方向与上位性作用方向不一致,相互抵消所致,但尚需进一步研究。

表 6 亲本籼粳差异与配合力效应、中亲优势及 F_1 表现型的相关

性 状	一般配合力	特殊配合力	中亲优势	F_1 表现型
生育期	0.0871	0.1162	0.0477	0.1206
株 高	0.0389	0.4202**	0.3061**	0.4202**

**:表示相关达极显著水平

双亲遗传距离与株高的中亲优势呈正相关,与生育期中亲优势无明显的相关关系。双亲遗传距离与 F_1 表现型的相关同样是与株高相关极显著,与生育期相关不明显。说明双亲遗传距离对株高及其中亲优势具有显著的影响,且主要是通过特殊配合力起作用的,而双亲遗传距离对生育期无明显影响。

3 讨论

3.1 分子标记在籼粳分类中的应用

亚洲栽培稻的分类是一个重要而复杂的问题,经过半个世纪的研究,人们对此形成了共识,即籼与粳是栽培稻分化最深刻与最主要的两个方面。但栽培稻的分布范围极广,存在着庞大的品种多样性,因而很难用一个单一的标准将它们毫无例外地划分为籼与粳。Morishima等考查了用不同形态特征为依据的分类方法。结果表明,其误分率达3%~40%^[12]。特别是水稻育种中采用的籼粳交方法,使得新育成的品种变异更大,更加籼粳难辨。限制性片段长度多态性作为分子水平的遗传标记,以其位点多,结果可靠且具代表性等优点,开始为人们用于研究水稻的遗传变异^[4~6]。籼粳特异性探针在粳稻和籼稻品种中检测到的分子杂交带型不同代表了其进化中DNA水平的分化,所以可以有效而可靠地用于水稻品种的分类和亲缘关系分析。

3.2 双亲籼粳差异与杂种生育期及株高的关系

关于籼粳杂种生育期的研究已有不少报道,但结论不一。有研究认为杂种生育期与亲本遗传背景有关^[2]。李继明研究认为,生育期主要由亲本一般配合力的大小即亲本本身决定的,并且无正反交效应,也不存在细胞质效应^[13,14]。而董世钧等研究认为籼粳 F_1 生育期既与双亲本身有关,又受野败恢、保遗传机制制约,还与双亲籼粳遗传距离有关^[15]。可见,不同的试验材料,不同的籼粳分化程度度量方法常常会得到不同的结果,甚至相互矛盾的结论。本研究的试验结果表明, F_1 生育期是由亲本一般配合力与组合的特殊配合力共同决定的,而亲本一般配合力与组合的特殊配合力的大小与其双亲籼粳差异程度不存在相关性。李和标等研究认为造成亚种间 F_1 生育期超亲的主要原因是感光性^[16],这可能只是生育期延迟的原因之一。此外,影响生育期的因素还有感温性和短日高温性。因此,明确亲本感温、感光及短日高温性对我们正确判断品种及组合的配合力,明确籼粳杂种生育期变化具有重要的参考价值。

F_1 株高及其中亲优势的大小是一般配合力及特殊配合力共同作用的结果,一般配合力与其自身表现相关明显,特殊配合力与双亲籼粳差异有关。因此,选择一般配合力及籼粳差异适中的亲本,可以选配出株高理想的组合。但在优势较强的组合中,如在超过30%的组合中,美国、非洲、日韩品种占26个品种中的20个,这种现象可能与矮秆基因的来源有关。要克服亚种间 F_1 株高偏高问题,选择株高适中,矮秆基因来源相同的亲本很重要。

鸣谢:在实验过程中得到了郑康乐老师的无私帮助,在此谨致谢意。

参 考 文 献

- 1 陶爱林,周文华. 籼粳亚种间杂交稻研究现状与展望. 中国水稻科学,1997,11(2):107~112
- 2 王开锡,林庆泉. 水稻籼粳交 F_1 植株,育性及生育期表现与亲本的关系. 福建农业科技,1984(5):16~18
- 3 杨振玉,张忠旭,华泽田等. 不同类型籼粳亚种间杂种 F_1 可利用和非可利用杂种优势的分析和利用评

- 价. 中国水稻科学, 1990, 4(2): 49~55
- 4 钱惠荣, 沈波, 林鸿宣 等. 水稻籼粳特异性 RFLP 标记及广亲和品种亲缘关系分析. 中国水稻科学, 1994, 8(2): 65~71
- 5 孙传清, 王象坤, 吉村淳 等. 普通野生稻和亚洲栽培稻核基因组的 RFLP 分析. 中国农业科学, 1997, 30(4): 39~44
- 6 李任华, 徐才国, 何予卿 等. 水稻亲本遗传分化与杂种优势的关系. 作物学报, 1998, 24(5): 564~576
- 7 Rogers O S, Bendich A J. Extraction of DNA from plant tissues. Plant Molecular Biology Manual. 1998, A6: 1~10
- 8 Saito A, *et al.* Linkage map of restriction fragment length polymorphism loci in rice. Japan J Breed, 1991, 41: 666~670
- 9 Pollard D, *et al.* Nonradioactive nucleic acid detection by enhanced chemiluminescence using probes directly labeled with horseradish peroxidase. Analytical Biochemistry, 1990, 185: 84~89
- 10 申延秀, 郭建增, 彭望媛. 水稻旱育稀植超高产栽培实用新技术. 北京: 中国农业出版社, 1995
- 11 郭平钟. 数量遗传分析. 北京: 首都师范大学出版社, 1993
- 12 Morishima H, Oka H I. Phylogenetic differentiation of cultivated rice, XX II Numeral evaluation of the indica-japonica differentiation. Japan J Breed, 1981, 31(4): 402~413
- 13 李继明. 水稻籼粳交后代生育期遗传的初步研究. I 籼粳交后代生育期的配合力分析. 杂交水稻, 1990(5): 32~34
- 14 李继明. 水稻籼粳交后代生育期的遗传研究简报. 湖南农业科学, 1991(4): 12~13
- 15 董世钧, 李春寿, 李关土 等. 水稻籼粳杂种一代生育期的表现. 中国水稻科学, 1995, 9(2): 77~81
- 16 李和标, 邹江石. 水稻籼粳亚种间 F_1 生育期超亲表现与遗传分析. 江苏农业学报, 1992, 8(1): 9~12

Effects of Indica-japonica Differentiation on Growth Period and Plant Height in Two-line Hybrids Rice

Jiang Tingbo Sun Chuanqing Wang Xiangkun

(Department of Plant Genetic and Breeding, China Agricultural University, Beijing 100094)

Abstract RFLP markers were used to study the relationship between indica-japonica differentiation and heterosis of growth period and plant height. The results of 58 varieties from America, Africa, China, Japan, Korea by 45 indica-japonica differentiating probes indicated that indica-japonica differentiation had no obvious relationship with heterosis of growth period, but correlated significantly with heterosis of plant height.

Key words: Rice; RFLP; Indica-japonica differentiation; Growth period; Plant height; Heterosis