

水稻穗颈及第 2 节间维管束数的遗传分析

李金泉, 徐正进, 荆彦辉, 姜 健, 陈温福

(沈阳农业大学稻作研究室, 辽宁 沈阳 110161)

摘要: 以沈农 89366 等 4 个亲本进行完全双列杂交, 对水稻穗颈和第 2 节间大、小维管束数采用加性—显性模型进行遗传分析. 结果表明: 维管束性状的遗传以加性效应为主, 狭义遗传力介于 0.415 1~0.551 9 之间. 显性效应值达到显著水平的杂交组合和性状不多, 杂种优势较弱. 穗颈大维管束数与 1 次枝梗数、2 次枝梗数、2 次枝梗颖花数、结实率、穗颈小维管束数与 1 次枝梗数、第 2 节间小维管束数与 2 次枝梗数及 2 次枝梗颖花数之间具有显著或极显著的加性相关, 可作为间接选择的参考指标.

关键词: 穗颈; 第 2 节间; 维管束数; 加性—显性模型; 遗传分析

中图分类号: S511

文献标识码: A

近年来栽培稻籼粳亚种杂交超高产育种研究已取得重要进展, 但结实率低、籽粒充实度差的问题仍是杂种优势利用所面临的一道难关^[1,2]. 据报道有不少优势很强的亚种间杂交组合库大源足, 其籽粒充实度差可能与输导组织不畅有关^[3~5]. 因此对作为水稻主要输导组织的茎秆维管束性状的遗传研究显得尤为必要. 徐正进等^[6~8]研究发现, 维管束性状是由核微效多基因所控制的, 亚种间和不同亚种内的类型间差异显著, 与穗部性状有密切的关系. 但对于维管束性状的遗传效应分析却鲜有报道, 且维管束与穗部性状间的相关性仅局限于表型相关或遗传相关分析. 本文采用双列杂交遗传分析软件, 对维管束性状的遗传效应作了详细分析, 并进一步把遗传相关分为加性相关和显性相关, 为水稻超高产育种中对维管束性状的选择提供了理论依据.

1 材料与方法

试验于 1998~1999 年在沈阳农业大学稻作研究室实验水田进行. 1998 年选用典型粳稻铁粳 4、典型籼稻七山占、广亲和品种沈农 89366(粳稻, 以下简称 89366)和 9022(爪哇稻)为亲本, 按照完全双列杂交方法配制 12 个杂交组合. 1999 年同时种植 12 个杂交组合及 4 个亲本, 按组合顺序种植, 亲本及 F₁ 各 2 行, 每行 10 穴. 于抽穗期按穴挂牌取样, 每一亲本或 F₁ 取中间 10 穴, 每穴取一中等茎, 徒手切片, 在 10×8 倍解剖镜下观察计数大、小维管束数, 同时分别考

查同茎穗的 1、2 次枝梗数及 1、2 次枝梗颖花数. 成熟后收挂牌茎上穗, 室内考种.

试验数据统计分析采用朱军^[9]编写的数量遗传统计分析软件, 按双列杂交的加性—显性模型进行分析. 用 Jackknife 抽样方法估算各项遗传方差和遗传效应并进行 *t* 检验, 用 LUP 方法预测各项基因效应值.

2 结果与分析

2.1 亲本及 F₁ 表现型分析

4 个亲本的穗颈及第 2 节间的大小维管束数以 9022 和 89366 为高, 铁粳 4 和七山占次之(表 1). 除个别籼粳交组合的个别性状有超亲优势外, 其他组合均介于双亲之间, 接近于中亲值. *t* 测验结果表明, 正反交无显著差异.

2.2 遗传效应和遗传力分析

穗颈和第 2 节间大、小维管束数的加性方差和显性方差均达到极显著水平, 但加性方差大于显性方差. 此外, 机误(环境)方差也达到极显著水平, 说明这 4 个性状受到一定的环境影响.

从各项遗传方差占表型方差的比值(表 2)看, 4 个性状的加性方差与表型方差的比值均远大于显性方差与表型方差的比值, 说明它们的遗传以加性效应为主. 4 个性状的遗传力中等偏低, 狭义遗传力介于 0.415 1~0.551 9 之间, 广义遗传力介于 0.527 4~0.685 9 之间, 可在早中世代进行选择.

表 1 亲本及 F₁ 维管束数表型值

Tab. 1 Vascular bundle numbers in parents and F ₁ hybrids					(个·茎 ⁻¹ , n=10)
亲本或组合 parents or combinations	穗颈大维管束数	穗颈小维管束数	第 2 节间大维管束数	第 2 节间小维管束数	
	large vascular bundles	small vascular bundles	large vascular bundles in	small vascular bundles	
	in panicle base	in panicle base	the second internode	in the second internode	
89366 Shennong 89366	16.0±2.36	25.4±4.01	35.3±4.06	31.1±1.73	
铁粳 4 Tiejing 4	13.3±1.57	20.9±2.81	30.7±1.06	29.0±1.41	
七山占 Qishanzhan	16.1±2.02	17.4±2.76	30.3±1.25	27.5±1.18	
9022	23.0±2.71	23.7±2.75	33.4±0.97	32.4±1.43	
89366/ 铁粳 4	13.2±1.03	21.1±2.18	31.7±1.49	28.9±1.45	
89366/ 七山占	17.1±1.37	20.7±2.31	33.0±1.05	31.2±1.87	
89366/ 9022	19.5±3.17	23.2±2.94	34.1±1.10	31.8±1.48	
铁粳 4/ 89366	13.8±1.55	20.8±1.99	31.5±1.72	29.0±1.33	
铁粳 4/ 七山占	18.9±1.79	20.5±0.97	32.0±0.82	29.9±0.88	
铁粳 4/ 9022	18.1±2.42	22.4±1.51	30.8±1.03	29.2±1.40	
七山占/ 89366	16.8±2.62	19.2±1.81	32.9±1.52	29.7±1.34	
七山占/ 铁粳 4	16.8±0.92	17.9±1.29	30.5±0.85	29.0±0.94	
七山占/ 9022	19.7±1.42	20.1±1.91	31.1±0.99	29.6±0.97	
9022/ 89366	16.7±3.13	24.3±4.00	34.0±1.83	31.8±1.75	
9022/ 七山占	17.0±2.31	18.0±1.83	29.1±2.85	28.3±2.45	
9022/ 铁粳 4	17.9±2.08	19.8±2.04	31.5±0.97	29.6±1.17	

表 2 穗颈及第 2 节间大、小维管束数的遗传效应和遗传力分析

Tab. 2 Genetic effects and heritability analysis of large and small vascular bundle numbers in panicle base and the second internode

参数 param.	穗颈大维管束数	穗颈小维管束数	第 2 节间大维管束数	第 2 节间小维管束数
	large vascular bundles	small vascular bundles	large vascular bundles in	small vascular bundles in
	in panicle base	in panicle base	the second intemode	the second internode
V_A/V_P	0.551 9 **	0.415 1 **	0.420 5 **	0.439 8 **
V_D/V_P	0.134 1 **	0.161 5 **	0.176 3 **	0.087 6 **
V_e/V_P	0.314 1 **	0.423 4 **	0.403 2 **	0.472 6 **
h_N^2	0.551 9	0.415 1	0.420 5	0.439 8
h_B^2	0.685 9	0.576 6	0.596 8	0.527 4

2.3 亲本及各杂交组合遗传效应值分析

进一步分析亲本及各杂交组合的加性遗传效应值(表 3)发现, 亲本 9022 的 4 个性状均具有正的效应值, 89366 对穗颈大维管束数有负的效应值, 对其他 3 个性状具有正的效应值, 铁粳 4 除穗颈小维管束数外都显示负的效应值, 七山占对 4 个性状均为负的效应值. 说明若想提高杂交后代的维管束数, 选用 9022 和 89366 的效果较好, 这可能与它们的广亲

和性有关.

显性遗传效应分析发现, 4 个性状达到显著水平的杂交组合和性状不多. 铁粳 4×七山占的穗颈大维管束数及第 2 节间小维管束数、89366×铁粳 4 的第 2 节间大维管束数的显性效应均达到正的显著或极显著水平, 说明上述性状组合具有较大的杂种优势. 4 个性状的杂种优势依次为: 0.040 1、-2.551 0、-1.305 3、-0.406 2, 均未达到显著水平.

表 3 4 个亲本的加性效应预测值

Tab. 3 Genetic prediction value of additive effects of the 4 parents				
亲本 parents	穗颈大维管束数	穗颈小维管束数	第 2 节间大维管束数	第 2 节间小维管束数
	large vascular bundles	small vascular bundles	large vascular bundles in	small vascular bundles in
	in panicle base	in panicle base	the second intemode	the second internode
89366 Shennong 89366	-0.555 1 *	1.803 3 **	1.459 1 **	0.557 5 *
铁粳 4 Tiejing 4	-1.931 1 **	0.482 2	-0.875 4 **	-0.506 0 *
七山占 Qishanzhan	-0.512 0 *	-2.259 1 **	-1.079 5 **	-1.271 4 **
9022	2.999 1 **	0.939 1 **	0.497 1	1.221 4 **

2.4 遗传相关分析

遗传相关可进一步分为加性相关和显性相关, 由于基因间的加性相关部分在选择过程中可以累加, 故利用与穗部性状之间的加性相关可以对维管束性状进行间接选择, 效果良好. 但显性相关部分在后代中不能累加, 因此会对性状间的间接选择造成一定的干扰. 对穗颈及第 2 节间大、小维管束数性状

与穗部性状间的遗传相关分析(表 4)表明, 维管束性状与穗部性状关系密切, 穗颈大维管束数与 1 次枝梗数、2 次枝梗数、2 次枝梗颖花数、结实率, 穗颈小维管束数与 1 次枝梗数, 第 2 节间小维管束数与 2 次枝梗数及 2 次枝梗颖花数之间具有显著或极显著的加性相关, 而它们相对应的显性相关均不显著, 因此可以借助这些关系进行间接选择.

表 4 穗颈及第 2 节间大、小维管束数与穗部性状间的相关分析
Tab. 4 Correlation analysis between the numbers of vascular bundle in panicle base and the second internode and the characters of panicle

性状 characters	类型 type	1 次枝梗数 the first branch number	2 次枝梗数 the second branch number	1 次枝梗颖花数 the first branch spikelet number	2 次枝梗颖花数 the second branch spikelet number	穗总颖花数 spikelet per panicle	结实率 seed setting rate	穗质量 mass per panicle
穗颈大维	表型	-0.118 3	0.134 7	-0.330 4 **	0.221 5 *	0.077 2	0.123 0	0.230 6 *
管束数	遗传	-0.257 6	0.093 2	-0.499 0 **	0.221 7	-0.011 9	0.160 8	0.290 3 **
large vascular bundles in panicle base	加性	-0.335 3 **	0.224 3 *	-0.601 0 **	0.398 0 **	0.103 9	0.502 1 **	0.000 0
	显性	0.171 4	0.171 4	0.307 6 *	-0.193 5	-0.274 5 *	0.007 1	-0.115 6
穗颈小维	表型	0.323 6 **	0.242 0 *	0.203 6	0.032 9	0.089 0	0.028 1	0.211 3 *
管束数	遗传	0.403 8 *	0.343 2 *	0.252 9	-0.051 9	0.055 7	0.054 2	0.337 9 *
small vascular bundles in panicle base	加性	0.579 8 **	0.869 7 **	0.575 3 **	0.192 5	0.432 7 **	-0.712 1 **	0.000 0
	显性	0.163 0	-0.821 6 **	-0.560 0 **	-0.726 5 **	-0.873 7 **	0.739 0 **	-0.416 0 **
第 2 节间大	表型	0.324 2 **	0.353 6 **	0.219 9 *	0.166 7 *	0.218 5 *	0.068 4	0.275 1 *
维管束数	遗传	0.409 9 *	0.510 0 **	0.254 4	0.239 5 *	0.317 2 *	0.095 0	0.492 1 **
large vascular bundles in the second internode	加性	0.882 1 **	1.000 0 **	0.700 7 **	0.504 6 **	0.763 1 **	-0.223 1	0.000 0
	显性	-0.231 6 *	-0.383 4 *	-0.580 8 **	-0.272 2 *	-0.463 6 **	0.325 4 **	-0.161 7 *
第 2 节间小	表型	0.096 5	0.212 8 *	-0.041 4	0.064 2	0.032 4	0.061 4	0.206 6
维管束数	遗传	0.140 6	0.331 4 *	-0.095 5	0.093 4	0.038 3	0.100 9	0.497 4 **
small vascular bundles in the second internode	加性	0.370 8 *	0.667 8 **	0.105 6	0.248 5 *	0.269 1 **	0.079 5	0.000 0
	显性	-0.354 9 **	-0.197 1	-0.463 8 **	-0.196 7	-0.356 6 **	0.152 2 *	-0.024 4

3 讨论

水稻茎秆维管束是光合产物、矿质营养和水分运输的主要通道, 其数目、大小及机能与这些物质的运输, 尤其是光合产物向籽粒中转移有密切关系^[10]. 本研究发现水稻维管束性状的杂种优势很小, 甚至是负向优势, 达到显著水平的显性遗传效应杂交组合和性状亦少, 这很可能是目前一些库大源足的超高产杂交稻组合特别是亚种间组合籽粒充实度差、产量不稳定的原因之一. 相关分析结果也表明结实率与穗颈小维管束数以及第 2 节间大、小维管束数显著或极显著正相关. 徐正进等^[6~8] 对籼粳稻杂交育成品种的维管束性状的研究表明, 就茎秆维管束性状而言, 籼粳稻杂交育成品种并没有综合籼、粳双亲的优点, 仍然基本保持典型籼、粳亚种固有的特

征. 这可能与以往育种中忽视了对维管束性状的选择有关. 随着现代育种工作的深入, 超高产水稻品种往往具有更大的源和库, 这更加重了介于源与库之间的“流”——输导组织的负担. 因此无论对杂交稻还是常规稻而言, 今后加强对维管束性状的选择显得尤为必要. 本研究表明水稻维管束性状的狭义遗传力中等, 以加性效应为主, 它们与穗部性状有着密切的加性相关或显性相关, 为今后对维管束性状的选择提供了理论基础.

亦应该看到, 维管束的生理、生化性状对运输能力同样有影响, 因此单从形态上选择是不够的. 通过籼粳杂交综合两方面的优点, 除根据后代表型选择外, 深入研究生理、生化性状及维管束运输活性, 建立相应的选择技术对于籼粳亚种杂交育种具有重要的意义, 应进一步深入研究.

1994-2015 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

致谢: 卢永根院士审阅此文并提出宝贵的修改意见, 朱军教授提供了统计分析软件, 特此致谢!

参考文献:

- [1] 袁隆平. 两系杂交稻研究进展[J]. 中国农业科学, 1990, 23(3): 1—6.
- [2] 张慧廉, 邓应德. 三系法籼粳亚种杂交水稻研究的初步进展[J]. 杂交水稻, 1990(2): 29—31.
- [3] 黄升谋. 亚种间杂交稻组合赣化7号维管束结构特征与不同部位籽粒结实特性研究[J]. 孝感学院学报, 1999(4): 1—6.
- [4] 王志琴, 杨建昌, 朱庆森. 亚种间杂交稻物质积累和运转特性的研究[J]. 江苏农学院学报, 1996, 17(4): 1—5.
- [5] 李木英, 潘晓华, 石庆华, 等. 两系杂交稻结实期茎鞘物质积累和运转特性及其对籽粒灌浆影响的研究[J]. 江西农业大学学报, 1998, 20(3): 296—302.
- [6] 徐正进, 陈温福, 张龙步, 等. 水稻穗颈维管束性状的类型间差异及其遗传的研究[J]. 作物学报, 1996, 22(2): 167—172.
- [7] 彭应财, 徐正进, 陈温福, 等. 不同类型水稻茎秆维管束的研究[J]. 辽宁农业科学, 1991(4): 7—12.
- [8] 徐正进, 权太勇, 马艳梅, 等. 籼粳亚种间杂交后代穗颈维管束数与穗部性状关系的研究[J]. 沈阳农业大学学报, 1997, 28(1): 1—6.
- [9] 朱军. 遗传模型分析[M]. 北京: 中国农业出版社, 1996. 241—255.
- [10] 笹原健夫, 儿玉宪一, 上林美保子. 水稻の穂の構造と機能に関する研究[J]. 日本作物学纪事, 1982, 51(1): 26—34.

Genetic Analysis of Vascular Bundle Numbers in Panicle Base and the Second Internode in *Oryza sativa* L.

LI Jin-quan, XU Zheng-jin, JING Yan-hui, JIANG Jian, CHEN Wen-fu
(Rice Research Laboratory, Shenyang Agricultural University, Shenyang 110161, China)

Abstract: A complete diallel crossing of four rice parents was done. The large and small vascular bundle numbers in panicle base and the second internode in the F_1 and their parents were analyzed by using additive—dominance model. The results showed that the inheritance of vascular bundle character was mainly predominant by additive effect and the narrow heritability (h_N^2) was between 0.415 1 and 0.551 9. The cross combinations with significant dominant effects were few and the heterosis of vascular bundle numbers was weak. There were some additive correlations with significant or very significant among the large vascular bundle numbers in panicle base, the primary rachis branch numbers, the secondary rachis branch numbers and their spikelets, and the seed setting rate. These relationships also existed for the small vascular bundle numbers in panicle base with the primary rachis branch numbers, and the small vascular bundle numbers in the second internode with the secondary rachis branch numbers and their spikelets. These relationships could be used as a reference index in breeding.

Key words: panicle base; the second internode; vascular bundle numbers; additive—dominance model; genetic analysis
【责任编辑 周志红】