

研究报告 Original Papers

籼粳稻杂交后代的剑叶气孔性状与亚种特性的关系

陈凯, 李美, 徐海, 徐正进*

沈阳农业大学水稻研究所, 农业部生理生态遗传育种重点开放实验室, 辽宁省北方粳稻重点实验室, 辽宁沈阳 110161

摘要: 水稻品种‘秋光’和‘七山占’的杂交后代F₂群体, 用TM1000台式扫描电镜观察水稻剑叶气孔各种性状的结果表明: 籼粳杂交后代剑叶的气孔性状间变化规律不同, 背部气孔密度大于腹部, 背部气孔长度小于腹部, 而气孔宽度则是背部大于腹部。杂交后代按照程氏指数分为籼稻、偏籼稻、偏粳稻、粳稻4种类型, 它们的叶片背部气孔密度大小依次为粳型>偏籼型>偏粳型>籼型; 腹部和背部气孔密度的变化规律相一致。背部气孔长度依次为偏粳型>偏籼型>籼型>粳型; 腹部气孔长度变化为籼型>偏粳型>偏籼型>粳型; 背部气孔宽度变化为粳型>偏粳型>偏籼型>籼型; 腹部气孔宽度变化为偏粳型>偏籼型>粳型>籼型。

关键词: 水稻; 籼粳稻杂交; 气孔; 亚种特性

Relationship Between Flag Leaf Stomatal Characters and Subspecies Characteristics in the Filial Generation from Indica and Japonica Rice

CHEN Kai, LI Mei, XU Hai, XU Zheng-Jin*

Rice Institute of Shenyang Agriculture University, Key Laboratory of Crop Physiology, Ecology, Genetics and Breeding Ministry of Agriculture, Key Laboratory of Northern Japonica Rice Breeding of Liaoning, Shenyang 110161, China

Abstract: An F₂ population from a cross between a japonica variety ‘Akihikari’ and an indica variety ‘Qishanzhan’ was used as materials, the flag leaf stomatal characters were observed by the TM1000 scanning electron microscopy. The results indicated that the changes of flag leaf stomatal characters in the filial generation from indica and japonica rice were different, stomatal density of the back was more than that of the abdomen, stomatal length of the back was less than that of the abdomen, and stomatal width of the back was more than that of the abdomen. The filial generation were divided into four types, indica, indicaclinous, japonicaclinous and japonica, by Cheng’s index classification method. The stomatal density in both abdomen and back followed the order of japonica>indicaclinous>japonicaclinous>indica. Stomatal length of the back followed the order of japonicaclinous>indicaclinous>indica>japonica, and stomatal length of abdomen followed the order of indica>japonicaclinous>indicaclinous>japonica. Stomatal width of the back followed the order of japonica>japonicaclinous>indicaclinous>indica, and stomatal width of the abdomen followed the order of japonicaclinous>indicaclinous>japonica>indica.

Key words: *Oryza sativa*; filial generation from indica and japonica rice; stomata; subspecies characteristics

植物主要通过叶表面上的气孔调节CO₂进入和体内水分蒸散。许多研究认为, 气孔性状与净光合速率有关或对蒸腾强度有影响(杨建昌等1995; 王建林等2005; 李涛等2006)。气孔性状主要包括气孔密度、气孔长度和气孔开度, 它们通过各种途径以各种方式影响作物与外界环境的水分交换、气体交换和光合作用。近年来, 水稻气孔性状的研究逐渐增多, 由于气孔结构和功能的特殊性, 因此从不同的角度研究气孔特性显得非常重要。

籼粳稻杂交后代中气孔性状有一定的差异。刘丽霞等(2000a, b)认为, 水稻剑叶中部的气孔密度接近整个叶片的平均气孔密度, 可以代表水稻的气孔密度; 在不同籼粳属性的水稻品种中, 水稻剑

叶的气孔密度的大小顺序为籼型>偏籼型>偏粳型>粳型。徐正进等(2003)研究籼粳稻杂交后代叶片气孔的结果表明, 籼粳稻杂交育成的品种并没有像预期那样的综合亚种的优点, 而是保持典型的籼粳稻的基本特性。

目前, 大多科研工作者研究气孔性状多集中于气孔导度、CO₂浓度及其光合速率等方面, 对气孔本身的性状研究甚少, 而且在气孔研究所用的试材多为生产中育成的品种或是典型的籼粳交的F₂低

收稿 2008-11-11 修定 2009-01-15

资助 辽宁省高校人才培养计划(2006R48)。

* 通讯作者(E-mail: xuzhengjin@126.com; Tel: 024-88487183)。

世代群体,而对籼粳交高世代分离群体的研究相对较少。因此本文采用典型的籼稻品种‘七山占’和典型的粳稻品种‘秋光’所构建的重组自交系(recombinant inbred line, RIL) F₉群体为研究对象,对它们的气孔密度性状以及气孔密度与亚种特性间的关系进行了研究和分析。

材料与方法

试验采用水稻(*Oryza sativa* L.)中典型的籼粳稻杂交衍生的重组自交系F₉群体,亲本是‘七山占’(程氏指数7)和‘秋光’(程氏指数22),共计199个株系,文中以RILSB代替。群体按株系编号,试验在本校水稻研究所试验田进行,4月12日播种,5月17日插秧,每株系种3行,每行10株,行距为30 cm,株距为13.3 cm,栽培完全按照当地生产田管理。

籼粳亚种属性判定采用程氏指数法(程侃声1993)。于抽穗期检测抽穗时壳色和叶毛性状。成熟期每株系取长势中等的3株,风干后,于室内考种。按程氏指数法检测1~2穗节长、籽粒长宽比、稃毛、酚反应,分别评分。

在每个株系中选取长势中等的3株,每株剪取5片剑叶,取其中部保存在FAA固定液中,用TM1000台式扫描电镜观察叶片表面,测定气孔个数、气孔长度和宽度。每片剑叶取2个点观察气孔密度,选择4个气孔测量其长度和宽度。

实验结果

1 籼粳杂交后代中剑叶的气孔性状变化

由图1可以看出,剑叶背部气孔密度和叶片腹部气孔密度的次数分布呈单峰的连续变化。从气

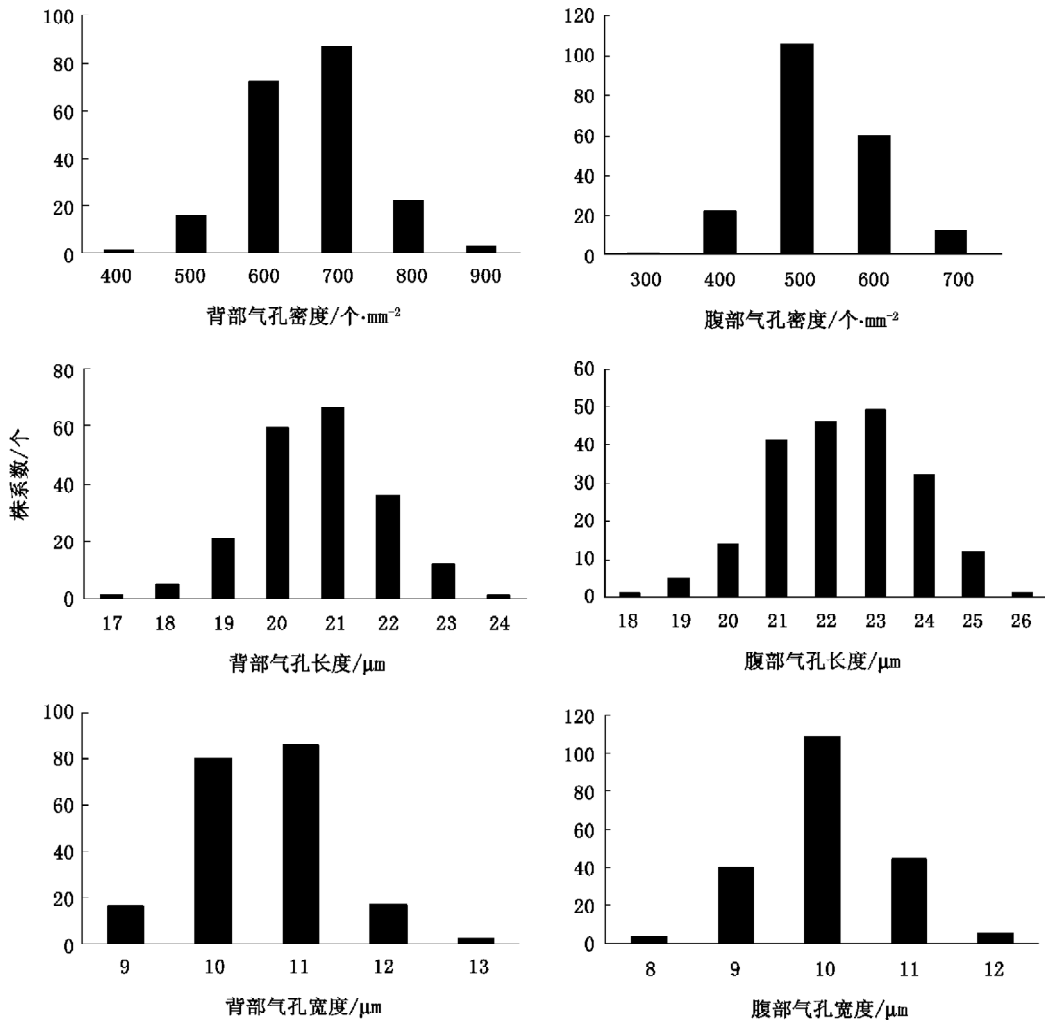


图1 籼粳杂交后代剑叶气孔性状的变化

Fig.1 Changes in flag leaf stomatal characters in the filial generation from indica and japonica rice

孔长宽的柱型图来看,在背部和腹部气孔的长宽之间有一定的差异,但曲线的变化趋势均呈单峰的连续变化。气孔密度、长和宽的性状株系数变化显示,杂交后代大部分株系属于中间类型,有明显的波峰,并且呈连续变异接近正态分布,这说明气孔各性状间是受微效多基因控制的数量性状。

此外,籼粳稻杂交后代的气孔性状与其父母本的性状相比又有明显的变化。从表1可见,籼粳杂交后代的背部气孔密度明显大于腹部的,最大值明显高于亲本,而最小值也明显低于亲本。父母本的气孔长宽和杂交后代的最大最小值有一定的差别,但后代均值与父母本的差异很小。背腹部气孔长宽的变异系数很小,说明在群体间气孔长宽的差异

相对较小。背部气孔长度小于腹部气孔长度,而背部气孔宽度大于腹部的。

叶片背腹部的气孔密度呈极显著的正相关($r_{0.01} \approx 0.882$),背部气孔密度与其气孔长度呈极显著的负相关($r_{0.01} \approx -0.391$);腹部气孔密度与气孔长度呈极显著的负相关($r_{0.01} \approx -0.543$),与其气孔宽度呈显著负相关($r_{0.05} \approx -0.167$)。叶片背部的气孔长度与腹部的呈极显著的正相关($r_{0.01} \approx 0.859$),叶片背部的气孔宽度与腹部的也呈极显著的正相关($r_{0.01} \approx 0.809$);背部的气孔长度与腹部宽度呈显著正相关($r_{0.05} \approx 0.145$),腹部气孔长度与腹部宽度呈显著正相关($r_{0.05} \approx 0.157$)。

表1 剑叶气孔性状的基本参数

Table 1 Basic parameters of flag leaf stomatal characters

	背面气孔密度/ 个·mm ⁻²	腹面气孔密度/ 个·mm ⁻²	背部气孔长度/ μm	背部气孔宽度/ μm	腹部气孔长度/ μm	腹部气孔宽度/ μm
最大值	969.53	680.45	24.57	13.27	26.98	12.84
最小值	480.81	298.55	17.78	9.14	18.99	8.37
均值	705.89	473.72	21.21	11.06	22.83	10.52
标准差	93.05	78.64	1.14	0.76	1.45	0.72
变异系数/%	13.18	16.60	5.39	6.87	6.37	6.82
父本	693.75	483.84	21.21	11.24	22.80	9.64
母本	590.34	389.97	21.02	10.33	22.38	9.42
后代均值	706.53	474.09	21.21	11.06	22.83	10.53

2 籼粳杂交后代中亚种特性的变化

采用上述程氏指数法判别RILSB亚种属性的结果(图2)表明,籼粳稻杂交后代的各分离类型在亚种属性上并无截然分开的界限。程氏指数0至24代表由籼向偏籼、偏粳、粳逐渐过渡,呈现出连续变

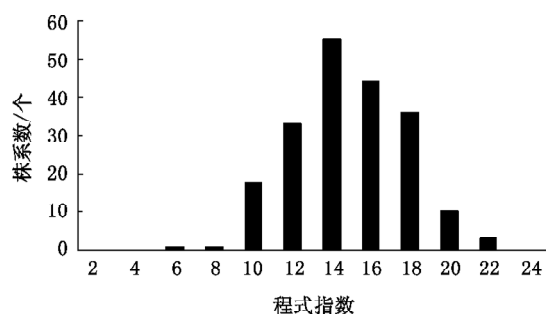


图2 籼粳杂交后代程氏指数的分布

Fig.2 Frequency distribution of Cheng's index in the filial generation from indica and japonica rice

化。典型的籼稻和粳稻很少,大多数为中间类型。

除1~2穗节长与稃毛、酚反应的相关性达到极显著($r_{0.01} \approx 0.242, r_{0.01} \approx 0.316$),抽穗时壳色与叶毛极显著相关外($r_{0.01} \approx 0.431$),六性状间大多都未达显著,说明六性状间是相互独立的,需综合判断性状间的相互关系。但稃毛、酚反应、1~2穗节长、抽穗时壳色、叶毛、籽粒长宽比6项指标与程氏指数相关性都达极显著($r_{0.01} \approx 0.435, r_{0.01} \approx 0.650, r_{0.01} \approx 0.544, r_{0.01} \approx 0.572, r_{0.01} \approx 0.508, r_{0.01} \approx 0.191$)。说明稃毛、酚反应、1~2穗节长、抽穗时壳色、叶毛和籽粒长宽比六项指标之间并没有必然的联系,推测籼粳属性可能是其共同作用产生的。

3 籼粳杂交后代剑叶气孔性状与亚种特性的关系

将RILSB所有家系按程氏指数分成籼型、偏籼型、偏粳型和粳型4种类型,观察每个类型的气孔性状变化的结果(表2)表明,叶片背部和腹部气孔

表2 不同类型籼粳杂交后代气孔性状的比较

Table 2 Comparison on flag leaf stomatal characters of different types of indica and japonica rice

气孔性状		籼型	偏籼型	偏粳型	粳型
背部气孔密度 / 个 mm ⁻²	株系数	7	74	108	13
	均值	670	716	699	728
	最大值	751	969	933	867
	最小值	580	480	534	618
	变异系数 / %	10.28	12.32	14.14	10.60
腹部气孔密度 / 个 mm ⁻²	均值	448	476	472	486
	最大值	495	680	655	590
	最小值	374	311	298	376
	变异系数 / %	10.54	15.44	17.99	14
	均值	21.10	21.13	21.36	20.49
背部气孔长度 / μm	最大值	22.38	23.75	24.57	21.67
	最小值	19.77	18.05	17.78	18.58
	变异系数 / %	4.88	5.48	5.34	4.40
	均值	10.64	11.06	11.06	11.29
	最大值	11.74	13.06	13.27	12.01
背部气孔宽度 / μm	最小值	9.96	9.14	9.49	10.62
	变异系数 / %	6.58	7.67	6.58	3.69
	均值	23.09	22.70	22.95	22.39
	最大值	24.44	25.54	26.98	23.82
	最小值	21.57	19.23	18.99	20.53
腹部气孔长度 / μm	变异系数 / %	4.60	6.52	6.48	5.02
	均值	10.20	10.48	10.58	10.46
	最大值	11.11	12.40	12.84	11.21
	最小值	9.42	8.86	8.37	9.64
	变异系数 / %	6.26	7.49	6.56	4.83

密度的均值顺序均为粳型>偏籼型>偏粳型>籼型。背部气孔密度中, 籼型和粳型的变异系数较为接近, 在10%~11%之间, 偏粳型最大, 其次为偏籼型; 腹部气孔密度中的变异系数差异比较明显, 从偏粳型、偏籼型、粳型和籼型依次递减。气孔长宽的变异系数较小, 4个类型中变异系数的变化范围为3.69~7.67, 粳型的背部气孔宽度最小为3.69, 偏籼型的背部宽度最大为7.67。

背部气孔密度与稃毛、抽穗时壳色、叶毛和籽粒长宽比4项指标呈负相关($r \approx -0.020$, $r \approx -0.010$, $r \approx -0.140$, $r \approx -0.050$), 与酚反应和叶毛呈正相关($r \approx 0.080$, $r \approx 0.090$), 与程氏指数没有相关性; 与其六项分类指标均没有显著的相关性。腹部气孔密度与酚反应、1~2穗节长和程氏指数呈正相关($r \approx 0.163$, $r \approx 0.130$, $r \approx 0.020$), 与稃毛、抽穗时壳色、叶毛和籽粒长宽比呈负相关($r \approx 0.050$, $r \approx -0.030$, $r \approx -0.181$, $r \approx -0.020$); 腹部气孔密度与酚反应和叶毛达到显著相关($r_{0.05} \approx 0.163$, $r_{0.05} \approx -0.181$); 背

部气孔长度与酚反应呈显著的负相关($r_{0.05} \approx -0.143$), 与叶毛呈显著正相关($r_{0.05} \approx 0.155$); 背部气孔宽度与抽穗时壳色和叶毛呈极显著的正相关($r_{0.01} \approx 0.277$); 腹部气孔长度与叶毛呈极显著的正相关($r_{0.01} \approx 0.248$), 腹部气孔宽度与1~2穗节长呈显著负相关($r_{0.05} \approx -0.158$), 与抽穗时壳色呈显著正相关($r_{0.01} \approx 0.185$)。

讨 论

本文研究结果表明, 在以‘秋光’为父本、以‘七山占’为母本的杂交后代群体中, 背部气孔密度和腹部气孔密度的变化范围跨度很大, 其后代密度均值和‘秋光’较为接近; 背部气孔长宽、腹部气孔长宽的后代均值也与父本‘秋光’均值接近, 这说明在籼粳稻杂交后代中仍然保持典型籼粳稻的基本特性。气孔各性状间变化规律并不一致, 从水稻叶片背腹部气孔密度和气孔长宽的次数分布(图1)来看, 该6个气孔性状均呈连续变化, 使其后代发生了超亲优势。

本研究把籼粳稻杂交后代按程氏指数法的分类标准分成的4个类型, 叶片背部气孔密度的变化趋势为粳型最大、籼型最小, 偏籼型大于偏粳型, 腹部气孔密度的变化和背部的变化规律相一致, 这与陈温福等(1990)的结果有所差异, 这可能是试验方法和材料不同造成的。但本研究表明, 在籼粳稻杂交后代中, 不同亚种类型间气孔密度产生大范围的交叉从而没有明确变化范围, 这与刘丽霞等(2000)认为叶片平均气孔长度、宽度和顺序均为籼稻高于粳稻的结果有一定的差异。分析其原因, 可能是籼粳稻杂交后代在控制气孔这一性状上的基因序列上发生了重组, 使气孔性状在不同亚种类型间变化不明显。群体父母本的选择也可能有一定影响, 已有的研究中多采用稳定的籼粳稻品种, 而本试验利用的是籼粳稻杂交后代为材料, 且在此之前还没有关于‘七山占’气孔性状的研究报道, 这可能都是本试验结果与前人结果差异显著的原因。籼粳稻杂交后代中, 只有个别的气孔性状与程氏指数其他性状间及程氏指数的相关性达到显著或极显著, 其他性状间的相关性均不显著, 并且各类型间气孔性状的差异没有明显的界限, 每部分间交叉的很多(表2)。这说明水稻气孔密度与程氏指数及其各个性状间不存在必然的联系。

总之, 典型的籼粳稻杂交后代RILSB群体的剑叶气孔性状变化规律呈偏粳分布, 每个性状均呈连续变化, 其变异趋势接近正态分布, 说明气孔各个

性状是受微效多基因控制的数量性状, 籼粳稻杂交后代在控制气孔这一性状上的基因序列上发生了重组。不同类型间气孔各个性状的交叉很大, 气孔各个性状同程氏指数及其各项分类指标的相关不显著。因此, 籼粳稻杂交后代中气孔各个性状与亚种间没有必然的联系, 不适合作为鉴别籼粳稻类型的参考指标。

参考文献

- 陈温福, 徐正进, 张龙步, 杨守仁(1990). 水稻叶片气孔密度与气体扩散阻力和净光合速率关系的比较研究. 中国水稻科学, 4 (4): 163~168
- 程侃声(1993). 亚洲稻籼粳亚种的鉴别. 昆明: 云南科技出版社, 1~23
- 李涛, 丁在松, 关东明, 陈传永, 孙锐, 赵明(2006). 水稻远缘杂交后代的耐强光和抗光氧化特性. 作物学报, 32 (12): 1913~1916
- 刘丽霞, 程红卫, 陈温福(2000a). 水稻叶片气孔分布与气孔密度的研究. 沈阳农业大学学报, 31 (4): 313~317
- 刘丽霞, 程红卫, 陈温福(2000b). 水稻叶片气孔长度、宽度和密度及其相关性的研究. 沈阳农业大学学报, 31 (6): 531~533
- 徐正进, 李金泉, 黄瑞冬, 姜健, 陈温福, 张步龙(2003). 籼粳稻杂交后代亚种特性表现与分类研究. 中国农业科学, 36 (12): 1571~1575
- 杨建昌, 乔纳圣·威尔斯, 朱庆森, 彭智勇(1995). 水分胁迫对水稻叶片气孔频度、气孔导度及脱落酸含量的影响. 作物学报, 21 (5): 532~539
- 王建林, 于贵瑞, 王伯伦, 齐华, 徐正进(2005). 北方粳稻光合速率、气孔导度对光强和 CO₂ 浓度的响应. 植物生态学报, 29 (1): 16~25