

# 生态条件对籼粳交 F<sub>2</sub> 穗部性状与程氏指数的影响

赵明珠<sup>1</sup>, 金 峰<sup>1</sup>, 周 平<sup>1</sup>, 唐 亮<sup>1</sup>, 徐 海<sup>1</sup>, 江奕君<sup>2</sup>,  
杨 莉<sup>3</sup>, 李茂柏<sup>4</sup>, 张文忠<sup>1</sup>, 陈温福<sup>1</sup>, 徐正进<sup>1</sup>

(<sup>1</sup> 沈阳农业大学水稻研究所/农业部东北水稻生物学与遗传育种重点开放实验室, 沈阳 110866; <sup>2</sup> 广东省农科院水稻研究所, 广州 510640; <sup>3</sup> 四川省农业科学院水稻高粱研究所, 泸州 646100; <sup>4</sup> 上海市农业科学院作物育种栽培研究所, 上海 201106)

**摘要:** 选用籼粳交组合(晚轮 422 × 沈农 265) F<sub>2</sub> 代作为试材, 分别在四川、上海、辽宁同年种植, 研究在不同生态条件下穗部性状和程氏指数的变化趋势以及二者的关系。结果表明: 四川和上海穗较长、2 次枝梗数较多、结实率较低并且与着粒密度呈极显著负相关, 而辽宁穗较短、1 次枝梗数较多、结实率较高并且与着粒密度关系不显著。从北到南, 程氏指数、叶毛、1-2 穗节长、抽穗时壳色和子粒长宽比均呈偏粳分布, 并且偏粳程度呈增加趋势。程氏指数与穗颈弯曲度相关性在各地均未达显著水平; 在四川与着粒密度呈显著负相关, 与结实率和千粒重呈显著正相关; 在上海与结实率呈显著正相关; 在辽宁与着粒密度、1 次枝梗数、2 次枝梗数、粒数呈极显著负相关, 与穗长呈显著正相关。因此, 水稻超高产育种必须根据生态条件的差异合理地将协调穗部结构与亚种间杂交优缺点互补相结合。

**关键词:** 水稻; 生态条件; 籼粳杂交; 穗部性状; 程氏指数

## Effect of Ecological Environments on Panicle Traits and Cheng's Index in the F<sub>2</sub> Population of Cross between *Indica* and *Japonica* in Rice

ZHAO Ming-zhu<sup>1</sup>, JIN Feng<sup>1</sup>, ZHOU Ping<sup>1</sup>, TANG Liang<sup>1</sup>, XU Hai<sup>1</sup>, JIANG Yi-jun<sup>2</sup>, YANG Li<sup>3</sup>,  
LI Mao-bai<sup>4</sup>, ZHANG Wen-zhong<sup>1</sup>, CHEN Wen-fu<sup>1</sup>, XU Zheng-jin<sup>1</sup>

(<sup>1</sup> Rice Research Institute of Shenyang Agricultural University/Key Laboratory of Northern Rice Biology, Genetics and Breeding, Ministry of Agriculture, Shenyang 110866; <sup>2</sup> Guangdong Academy of Agricultural Sciences, Guangzhou 510640;  
<sup>3</sup> Rice and Sorghum Research Institute, Sichuan Academy of Agricultural Science, Luzhou 646100;  
<sup>4</sup> Institute of Crop Breeding and Cultivation, Shanghai Academy of Agricultural Sciences, Shanghai 201106)

**Abstract:** The purpose of this study was to analyze the variation tendency of panicle traits and Cheng's index and their relationship under different ecological environments. The F<sub>2</sub> population from a cross between *Indica* variety Wanlun 422 and *Japonica* variety Shengnong 265 used as materials, which was grew in Liaoning, Sichuan, and Shanghai in the same year. The results showed that the panicle traits changed significantly in the three places, with the panicle length (PL) longer, the higher secondary branches (SB), but the lower seed setting rate (SSR), and SSR had extremely positive correlation with grain density (GD) in Sichuan and Shanghai. While in Liaoning, the shorter PL, the more primary branches (PB) and the higher SSR, but SSR had no extremely correlation with GD. The frequency distribution of Cheng's index, pubescences of leaf, panicle node length, color of spike and grain length/width under different environments were all japonicalinous, which were increasing from northern to southern of China. The Cheng's index with the panicle curve degree (PCD) had no significant correlation in the three places. In Sichuan the Cheng's index had extremely negative correlation with GD, but it had extremely positive correlation with SSR and 1000-grain weight (TGW). In Shanghai the Cheng's

收稿日期: 2011-12-03      修回日期: 2011-12-13

基金项目: 国家自然科学基金(30971845)

作者简介: 赵明珠, 硕士。研究方向: 主要从事水稻生理生态研究基础。E-mail: zhaomingzhu23@163.com

通信作者: 徐正进, 教授, 博士生导师, 主要从事水稻产量生理与遗传基础研究。E-mail: xuzhengjin@126.com

s index had extremely positive correlation with SSR. In Liaoning the Cheng's index had extremely negative correlation with GD, PB, SB, and Grains, but it had extremely positive correlation with PL. There is no denying the fact that coordinating the improvement of panicle structure and complementation between advantages and disadvantages through subspecies hybrid should accord to local conditions in the super high-yielding rice breeding.

**Key words:** Rice; Environment; *Indica-Japonica*; Panicle traits; Cheng's index

20 世纪 80 年代以来,水稻超高产育种即超级稻育种成为国内外稻作科学的前沿热点研究领域,株型改良是水稻超高产育种主要技术路线<sup>[1]</sup>。穗部性状是水稻理想株型的重要组成部分,合理的穗部结构对提高水稻产量潜力有重要意义。

前人对水稻穗部性状与产量的关系及其生理、生态和遗传等方面做了较多研究,普遍认为穗粒数对产量的直接作用最大,适当增加穗长,实现穗大粒多增加库容量,可以显著提高水稻产量潜力<sup>[2-4]</sup>。但对穗部性状的研究仅局限于特定生态地区或亚种类型内,所以对穗部性状的研究结果不尽一致<sup>[5-6]</sup>。穗部性状多是多基因控制的,不同的穗部性状对环境敏感程度不同<sup>[7-8]</sup>。由于籼粳杂交可以创造大量的变异,可以实现穗部性状的重新组合,因此利用籼粳稻亚种间杂交或地理远缘杂交创造新株型和强优势,再通过复交或回交优化性状组配是选育超高产品种的有效途径<sup>[9]</sup>。近年来关于籼粳杂交后代穗部性状的研究较多<sup>[10-12]</sup>,徐海等<sup>[13]</sup>采用籼粳交重组自交系阐述了生态条件对穗解剖结构和经济性状的影响及其与亚种特性的关系。但关于生态条件对籼粳杂交早期世代穗部性状的影响的研究较少,特别是关于在不同生态条件下亚种间穗型主要的划分指标(穗颈弯曲度和着粒密度)等性状的研究还未见报道。由于籼粳杂交 F<sub>2</sub> 穗部性状与亚种性状均存在广泛的变异,因此,本研究对不同生态条件下籼粳稻杂交 F<sub>2</sub> 穗部性状及亚种性状的变化趋势以及二者的关系进行探讨,为理想株型改良与亚种间杂种优势利用相结合及其生态适应性等研究奠定理论基础。

1 材料与方法

试验采用籼粳杂交组合 F<sub>2</sub> 群体:晚轮 422(弯曲大穗型)×沈农 265(直立大穗性)。于 2010 年春分别在辽宁省沈阳市(41°48'N, 123°25'E, 海拔 41.6m)、四川省德阳市(31°07'N, 104°22'E, 海拔 500m)、上海市(31°14'N, 121°29'E, 海拔 4.5m)3 个

不同生态地区种植。种植方式和田间管理完全按当地生产田。穗颈弯曲度测定参照徐正进等<sup>[14]</sup>方法,秋季成熟时全部收获,将每穴所有穗剪下待风干后考种。分别考查穗长、1 次枝梗数、2 次枝梗数、每穗实粒数、每穗空瘪粒数、千粒重。籼粳亚种属性判定采用程氏指数法<sup>[15]</sup>。分别对抽穗时的壳色和叶毛及成熟收获后的 1~2 穗节长、子粒长宽比、稃毛和酚反应进行调查和评分。采用 SPSS17.0 和 Excel2003 进行数据分析。

2 结果与分析

2.1 不同生态条件水稻穗部性状的变化

比较不同地区 8 个穗部性状变异情况(表 1),各地区变异系数平均大小依次为穗颈弯曲度、着粒密度、2 次枝梗数、粒数、结实率、穗长、1 次枝梗数和千粒重。各性状变异系数都超过 10%,穗颈弯曲度变异系数最大,各地区间平均达 59.84%;其次是着粒密度、2 次枝梗数、粒数,并在各地区间变异系数也都超过 20%。

穗部性状除穗颈弯曲度地区间差异达显著水平,其余性状均达极显著水平。从辽宁到四川地区,穗颈弯曲度、1 次枝梗数和结实率、千粒重显著减少,穗长、2 次枝梗数和粒数极显著的增加;从辽宁到上海地区,着粒密度、1 次枝梗数、结实率和千粒重极显著减少,穗长和 2 次枝梗数分别显著和极显著增加;从上海到四川地区,穗颈弯曲度和穗长极显著的减少,1 次枝梗数、着粒密度、结实率和千粒重均极显著的增加。

由穗部性状间的相关性可知(表 2),总体来看,穗颈弯曲度与穗长呈极显著正相关,与着粒密度呈极显著负相关;穗长与着粒密度呈极显著负相关,与千粒重呈极显著正相关;着粒密度与 1 次枝梗数、2 次枝梗数和粒数呈极显著正相关,与结实率和千粒重呈极显著负相关。但地区间相关系数存在差异,四川地区的穗颈弯曲度与着粒密度及辽宁地区的着粒密度与结实率相关系数均未达到显著水平。

表 1 不同生态条件水稻穗部性状的变化

Table 1 Changes of panicle traits under different environments

| 地区<br>Region        | 项目<br>Item            | 穗颈<br>弯曲度<br>PCD | 穗长(cm)<br>PL | 着粒密度<br>(Gs/cm)<br>GD | 枝梗数 B/P     |             | 粒数<br>Gs/P | 结实率(%)<br>SSR | 千粒重(g)<br>TGW |
|---------------------|-----------------------|------------------|--------------|-----------------------|-------------|-------------|------------|---------------|---------------|
|                     |                       |                  |              |                       | 1 次<br>PB/P | 2 次<br>SB/P |            |               |               |
| 四川 SC               | 均值 Mean               | 43               | 22.65        | 10.99                 | 14.10       | 46.84       | 246.16     | 78.39         | 21.65         |
|                     | 标准差 s                 | 29               | 3.38         | 2.95                  | 1.76        | 12.69       | 64.16      | 12.54         | 2.43          |
|                     | CV(%)                 | 66               | 14.92        | 26.84                 | 12.48       | 27.09       | 26.06      | 16.00         | 11.22         |
|                     | 极小值 Min.              | 0                | 16.00        | 3.70                  | 8.00        | 14.25       | 90.00      | 17.27         | 13.88         |
|                     | 极大值 Max.              | 105              | 33.20        | 26.66                 | 19.40       | 86.00       | 453.20     | 97.62         | 28.29         |
| 上海 SH               | 均值 Mean               | 52               | 27.43        | 8.68                  | 13.55       | 45.30       | 233.89     | 68.66         | 20.25         |
|                     | 标准差 s                 | 30               | 3.82         | 2.15                  | 1.56        | 10.50       | 50.85      | 15.23         | 2.64          |
|                     | CV(%)                 | 58               | 13.93        | 24.77                 | 11.51       | 23.18       | 21.74      | 22.18         | 13.04         |
|                     | 极小值 Min.              | 0                | 20.00        | 3.91                  | 10.00       | 22.00       | 133.60     | 18.86         | 13.45         |
|                     | 极大值 Max.              | 122              | 35.90        | 16.53                 | 18.20       | 75.40       | 414.80     | 93.05         | 26.56         |
| 辽宁 LN               | 均值 Mean               | 50               | 21.69        | 10.56                 | 14.89       | 42.41       | 224.47     | 81.41         | 21.91         |
|                     | 标准差 s                 | 30               | 3.01         | 2.90                  | 1.86        | 10.82       | 50.15      | 15.39         | 2.46          |
|                     | CV(%)                 | 60               | 13.88        | 27.46                 | 12.49       | 25.51       | 22.34      | 18.90         | 11.23         |
|                     | 极小值 Min.              | 0                | 14.20        | 5.74                  | 10.00       | 14.00       | 113.60     | 13.54         | 14.91         |
|                     | 极大值 Max.              | 115              | 30.70        | 24.41                 | 25.00       | 71.40       | 407.60     | 97.60         | 29.08         |
| 地区间差异<br>Difference | F value               | 4.25 *           | 124.15 **    | 30.81 **              | 23.68 **    | 7.12 **     | 7.07 **    | 32.66 **      | 19.10 **      |
|                     | 四川 - 辽宁差值(t)<br>SC-LN | -6.84 *          | 0.95 **      | 0.43                  | -0.79 **    | 4.43 **     | 21.69 *    | -3.02 *       | -0.26         |
|                     | 上海 - 辽宁差值(t)<br>SH-LN | 2.00             | 5.74 **      | -1.88 **              | -1.34 **    | 2.89 *      | 9.42       | -12.75 **     | -1.65 **      |
|                     | 四川 - 上海差值(t)<br>SC-SH | -8.84 **         | -4.78 **     | 2.31 **               | 0.55 **     | 1.54        | 12.27      | 9.73 **       | 1.40 **       |

\*5% 显著水平, \*\* 1% 显著水平, 下同

\* Significant at the 0.05 probability level, \*\* Significant at the 0.01 probability level.

PCD:panicle curve degree; PL:panicle length; GD:grains density; PB:primary branches; SB:secondary branches; P:panicle; Gs:grains; SSR:seed setting rate; TGW:1000-grain weight. SC:Sichuan;SH;Shang hai;LN:Liaoning,The same as below

2.2 不同生态条件水稻亚种性状的变化

由图 1 可以看出,辽宁、四川和上海呈偏梗分布,并且呈递增趋势;四川存在极少数粳型个体,而辽宁和上海不存在粳型。由表 3 可知,长宽比在 3 个地区接近正态分布;酚反应、壳色在 3 个地区为偏梗分布;1~2 穗节长在辽宁和四川接近正态分布,而在上海为偏梗分布;稃毛在辽宁为偏粳分布,在上海和四川为偏梗分布;叶毛在辽宁和四川为偏粳分布,在上海为偏梗分布。由此可以看出,从北到南,叶色、1~2 穗节长、壳色和子粒长宽比均向偏梗趋势发展。

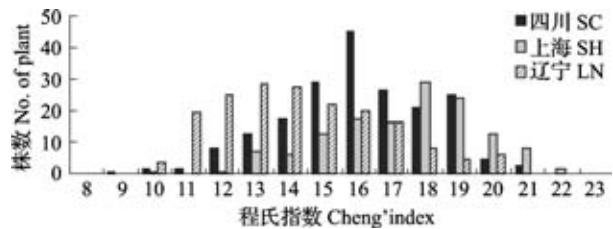


图 1 程氏指数的次数分布

Fig. 1 Frequency distribution of Cheng's index

2.3 不同生态条件穗部性状与程氏指数的关系

由相关分析可知(表 4),程氏指数在四川与着粒密度呈显著负相关,与结实率和千粒重呈显著正

表 2 不同生态条件穗部性状间的相关性

Table 2 The relation between panicle traits under different environments

| 项目          | 地区     | 穗长 PL    | 着粒密度      | 1 次枝梗数   | 2 次枝梗数   | 粒数       | 结实率       | 千粒重       |
|-------------|--------|----------|-----------|----------|----------|----------|-----------|-----------|
| Item        | Region |          | GD        | PB/P     | SB/P     | Gs/P     | SSR       | TGW       |
| 穗颈弯曲度 PCD   | 四川 SC  | 0.596 ** | −0.110    | 0.070    | 0.120    | 0.208 ** | 0.287 **  | 0.050     |
|             | 上海 SH  | 0.313 ** | −0.226 ** | 0.100    | −0.060   | −0.070   | 0.468 **  | 0.172 *   |
|             | 辽宁 LN  | 0.537 ** | −0.270 ** | 0.040    | −0.050   | 0.010    | 0.285 **  | 0.178 *   |
| 穗长 PL       | 四川 SC  |          | −0.292 ** | 0.070    | 0.140    | 0.226 ** | 0.130     | 0.425 **  |
|             | 上海 SH  |          | −0.539 ** | −0.010   | −0.070   | −0.030   | 0.020     | 0.277 **  |
|             | 辽宁 LN  |          | −0.526 ** | −0.070   | −0.070   | −0.050   | 0.281 **  | 0.552 **  |
| 着粒密度 GD     | 四川 SC  |          |           | 0.581 ** | 0.661 ** | 0.854 ** | −0.154 *  | −0.255 ** |
|             | 上海 SH  |          |           | 0.507 ** | 0.803 ** | 0.850 ** | −0.238 ** | −0.235 ** |
|             | 辽宁 LN  |          |           | 0.575 ** | 0.816 ** | 0.863 ** | −0.110    | −0.454 ** |
| 1 次枝梗数 PB/P | 四川 SC  |          |           |          | 0.465 ** | 0.624 ** | 0.060     | −0.050    |
|             | 上海 SH  |          |           |          | 0.512 ** | 0.594 ** | −0.03     | −0.110    |
|             | 辽宁 LN  |          |           |          | 0.585 ** | 0.675 ** | 0.020     | −0.268 ** |
| 2 次枝梗数 SB/P | 四川 SC  |          |           |          |          | 0.756 ** | −0.080    | −0.040    |
|             | 上海 SH  |          |           |          |          | 0.924 ** | −0.211 *  | −0.120    |
|             | 辽宁 LN  |          |           |          |          | 0.927 ** | 0.06      | −0.255 ** |
| 粒数 Gs/P     | 四川 SC  |          |           |          |          |          | −0.10     | −0.050    |
|             | 上海 SH  |          |           |          |          |          | −0.257 ** | −0.100    |
|             | 辽宁 LN  |          |           |          |          |          | 0.030     | −0.241 ** |
| 结实率 SSR     | 四川 SC  |          |           |          |          |          |           | 0.214 **  |
|             | 上海 SH  |          |           |          |          |          |           | 0.195 *   |
|             | 辽宁 LN  |          |           |          |          |          |           | 0.223 **  |

表 3 不同生态条件亚种性状的分布

Table 3 The distribution of subspecies characteristics under different environments

| 地区 Region | 项目 Item       | 等级及评分 Grade and evaluation |    |     |     |     | 均值 Mean | 标准差 s |
|-----------|---------------|----------------------------|----|-----|-----|-----|---------|-------|
|           |               | 0                          | 1  | 2   | 3   | 4   |         |       |
| 四川 SC     | 子粒长宽比 L/W     | 0                          | 1  | 164 | 28  | 0   | 2.32    | 0.24  |
|           | 1 ~ 2 穗节长 LoR | 0                          | 13 | 133 | 42  | 5   | 2.22    | 0.53  |
|           | 酚反应 PhR       | 0                          | 0  | 1   | 3   | 189 | 3.97    | 0.19  |
|           | 稃毛 GP         | 4                          | 40 | 41  | 86  | 22  | 2.42    | 1.01  |
|           | 叶毛 LP         | 43                         | 37 | 41  | 36  | 36  | 1.92    | 1.42  |
|           | 抽穗时壳色 GC      | 4                          | 6  | 51  | 108 | 24  | 2.74    | 0.80  |
| 上海 SH     | 子粒长宽比 L/W     | 0                          | 0  | 74  | 55  | 0   | 2.47    | 0.19  |
|           | 1 ~ 2 穗节长 LoR | 0                          | 0  | 27  | 71  | 25  | 3.07    | 0.71  |
|           | 酚反应 PhR       | 0                          | 0  | 0   | 14  | 115 | 3.89    | 0.31  |
|           | 稃毛 GP         | 8                          | 33 | 37  | 49  | 2   | 2.03    | 0.98  |
|           | 叶毛 LP         | 10                         | 13 | 21  | 29  | 56  | 2.84    | 1.30  |
|           | 抽穗时壳色 GC      | 4                          | 13 | 38  | 61  | 13  | 2.51    | 0.92  |
| 辽宁 LN     | 子粒长宽比 L/W     | 0                          | 3  | 165 | 10  | 0   | 2.25    | 0.25  |
|           | 1 ~ 2 穗节长 LoR | 0                          | 18 | 133 | 25  | 2   | 2.08    | 0.48  |
|           | 酚反应 PhR       | 0                          | 0  | 1   | 20  | 157 | 3.88    | 0.35  |
|           | 稃毛 GP         | 12                         | 61 | 52  | 41  | 12  | 1.89    | 1.05  |
|           | 叶毛 LP         | 54                         | 64 | 20  | 26  | 14  | 1.34    | 1.27  |
|           | 抽穗时壳色 GC      | 6                          | 30 | 60  | 70  | 12  | 2.29    | 0.94  |

L/W:length/width ratio of grains; LoR:length of 1st & 2nd rachis; PhR:phenol reactions. GP:glume pubescence; LP:leaf pubescence. GC:glume color at heading.

表 4 不同生态条件程氏指数与穗部性状的相关性

Table 4 The correlation between Cheng’s index and panicle traits under different environments

| 地区 Region | 穗颈弯曲度 PCD | 穗长 PL   | 着粒密度      | 1 次枝梗数    | 2 次枝梗数    | 粒数        | 结实率     | 千粒重     |
|-----------|-----------|---------|-----------|-----------|-----------|-----------|---------|---------|
|           |           |         | GD        | PB/P      | SB/P      | Gs/P      | SSR     | TGW     |
| 四川 SC     | 0.047     | 0.061   | −0.141 *  | −0.091    | −0.057    | −0.137    | 0.166 * | 0.160 * |
| 上海 SH     | 0.035     | 0.149   | −0.159    | −0.006    | −0.098    | −0.09     | 0.186 * | 0.103   |
| 辽宁 LN     | 0.112     | 0.171 * | −0.320 ** | −0.315 ** | −0.271 ** | −0.288 ** | −0.023  | 0.142   |

相关;在上海只与结实率呈显著正相关;在辽宁与着粒密度、1 次枝梗数、2 次枝梗数、粒数呈极显著负相关,与穗长呈显著正相关。同时结果表明在 3 个地区程氏指数与穗颈弯曲度相关性均未达显著水平。由不同生态条件下程氏指数与代表库结构和充实特性的主要穗部性状关系可知,随着程氏指数的增加,

1 次枝梗数、2 次枝梗数、粒数和结实率的变化趋势在南北方存在不同(图 2)。在辽宁随着程氏指数增加,1 次枝梗数、2 次枝梗数和粒数均呈下降趋势,而在四川和上海变化趋势不明显;结实率在四川和上海随着程氏指数的增加呈上升趋势,而在辽宁变化趋势不明显。

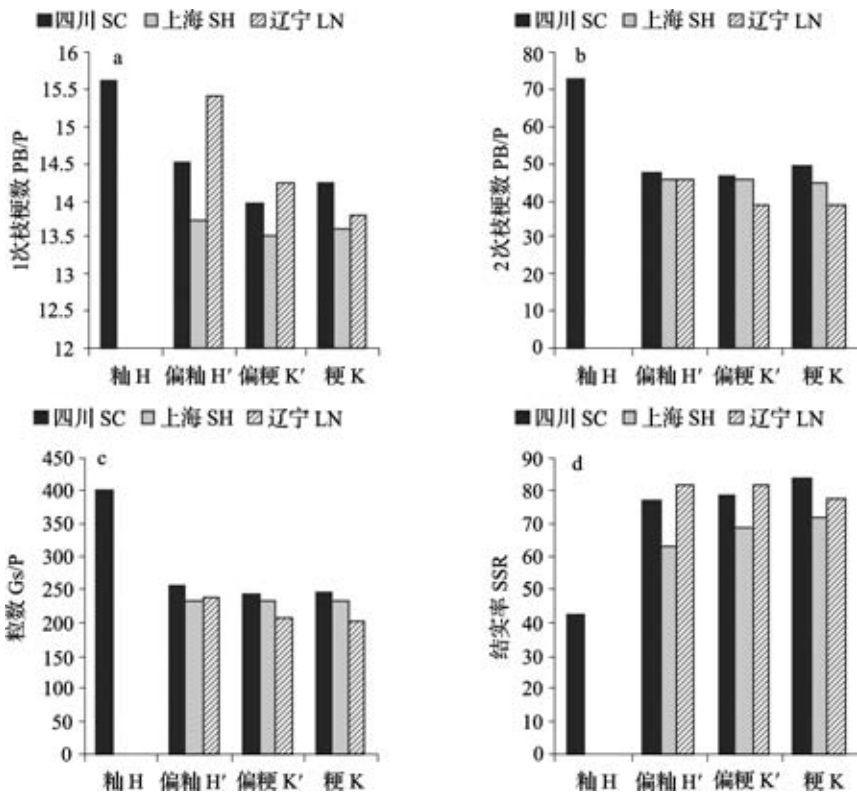


图 2 穗部性状在亚种类型间的变化  
Fig. 2 Changes of panicle traits between different subspecies  
H: *indica*; H': *indicalinous*; K': *japonicalinous*; K: *japonica*.

3 讨论

3.1 生态条件对穗部性状的影响及穗部性状间的关系

水稻穗部性状受多基因控制,遗传力较低,极易受生态环境因素的影响<sup>[16]</sup>。裘宗恩等<sup>[5]</sup>研究表明云南高原稻引种至低海拔地区种植,穗子变长,1 次枝梗数和每穗粒数均增加,千粒重下降,结实率下降。王红霞等<sup>[6]</sup>研究表明生态条件对水稻的每穗粒数没有影响,对每穴穗数和千粒重影响显著。徐海等<sup>[13]</sup>认为穗部性状在地区间均存在显著或极显著的差异,结实率特别是 2 次枝梗结实率极显著下降。韩龙植等<sup>[17]</sup>研究表明水稻结实率 QTL 与环境有明显互作效应。本研究将四川和上海统称为南方地区,辽宁称为北方地区,从这个角

度来讲南方地区穗部性状易向穗长较长、2 次枝梗数较高的趋势发展,而北方地区穗部性状易向穗长较短、1 次枝梗数较高和结实率较高的趋势发展。邢永忠等<sup>[8]</sup>研究表明不同性状的 QTL 对环境敏感程度不同,本研究表明穗长、结实率和着粒密度地区间差异最大,而穗颈弯曲度地区间差异最小,由此说明生态条件对穗部性状的影响程度存在差异。

穗部性状间相关的遗传基础是基因的多效性或紧密连锁<sup>[7]</sup>,穗长是影响穗粒数的关键因素,1 次枝梗相对较长,2 次枝梗数目就多,2 次枝梗粒数和穗总粒数也会增多<sup>[18]</sup>。匡勇等<sup>[10]</sup>认为穗长、1 次枝梗数和 2 次枝梗数均与每穗总粒数有关,并且 2 次枝梗数每穗总粒数的直接作用最大。而董桂春等<sup>[4]</sup>认为着粒密度、穗长对每穗粒数的影响显著大于每

穗 2 次枝梗数,以及 1、2 次枝梗数比值对每穗粒数的影响。在本试验中,穗长变短,穗颈弯曲度变小,与此同时着粒密度上升,代表库结构特性的枝梗数和粒数增加,而代表库充实特性的结实率和千粒重下降。原因主要在于 2 次枝梗数增多,库源关系不协调,势必会影响子粒充实度。因此 1、2 次枝梗数的分配比率对水稻高产育种有重要影响。徐正进等<sup>[19]</sup>研究表明上部优势型即 2 次枝梗子粒偏向穗轴上部分布,有利于改善 2 次枝梗子粒结实性。同时,本研究发现着粒密度与结实率在四川和上海呈显著和极显著负相关,而在辽宁二者相关性未达显著水平。徐正进等<sup>[20]</sup>对辽宁近年来育成的水稻品种(系)研究表明,结实率与着粒密度相关性不显著。原因可能是在结实期辽宁雨水较少、光照充足有助于改善结实性,从而结实率并未随着着粒密度的增大而降低。

3.2 不同生态条件亚种属性与穗部性状的关系

由于南方籼稻和北方粳稻中都存在许多高产品种,说明亚种特性与产量性状间无必然联系<sup>[13]</sup>。但在某一特定群体内部,程氏指数可能与穗部性状有密切关系<sup>[21]</sup>,并且在不同生态条件下存在差异。本研究结果表明北方地区随着程氏指数的增加,代表库结构特性的枝梗数和粒数减少。徐海等<sup>[13]</sup>研究表明程氏指数与结实率呈极显著正相关,籼性血缘的引入必然影响结实率的提高,与本研究存在差异,原因有待进一步研究。北方地区由于生态因素的影响,程氏指数与结实率不存在明显相关性,说明北方地区枝梗数、粒数和结实率可以通过籼粳杂交合理地统一起来。在南方地区,代表库结构特性的枝梗数和粒数与程氏指数相关性不显著,但随着程氏指数的增加,结实性得到提高,因此,粳性血缘的加入可以在保证一定穗粒数的前提下改善南方籼稻结实性差的缺点。说明籼粳亚种的经济性状可以实现取长补短,育成综合籼粳优点,适合不同生态条件的新品种<sup>[21]</sup>。徐正进等<sup>[21]</sup>指出籼粳杂交虽然是综合亚种优点的基础,但是籼粳杂交不一定能综合亚种优点,需要在生理、遗传等研究基础上通过采取分子标记辅助选择等手段,才能真正打破籼粳界限。

张书标等<sup>[22]</sup>首次育成了 1 个籼稻直立穗突变体,该突变体穗型直立,与亲本的弯曲穗型显著不同。周维永等<sup>[23]</sup>研究发现直立穗型无论是在粳稻还是在籼稻的遗传背景中,都表现为受 1 对不完全显性主效基因控制。本研究表明,程氏指数与穗颈

弯曲度的相关性在 3 个地区均未达显著水平。由此反映出不同生态地区籼粳杂交 F<sub>2</sub> 直立穗型基因可以在不同亚种属性间随机组配,理论上直立穗型可以存在于籼稻中。但迄今直立穗型品种仍然局限于粳稻,其生理生态机制值得深入探讨<sup>[23]</sup>。

参考文献

[1] 徐正进. 我国水稻超高产育种若干问题讨论[J]. 沈阳农业大学学报, 2010, 8, 41(4): 387-392

[2] 胡继鑫. 水稻穗部性状与产量和品质的关系研究[D]. 重庆: 西南大学, 2008: 34-35

[3] 吴文革, 张洪程, 吴桂成, 等. 超级稻群体子粒库容特征的初步研究[J]. 中国农业科学, 2007, 40(2): 250-257

[4] 董桂春, 李进前, 董燕萍, 等. 产量构成因素及穗部性状对籼稻品种库容的影响[J]. 中国水稻科学, 2009, 23(5): 523-528

[5] 裴宗恩, 刘钧赞, 吴竟仑. 云南高原稻在低海拔地区种植植株形态变异的研究[J]. 中国农业科学, 1987, 20(2): 13-18

[6] 王红霞, 邹德堂, 王晓东, 等. 不同生态条件对水稻产量及其构成要素的影响[J]. 黑龙江农业科学, 2010(5): 29-30

[7] 崔克辉, 彭少兵, 邢永忠, 等. 水稻产量库相关穗部性状的遗传分析[J]. 遗传学报, 2002, 29(2): 144-152

[8] 邢永忠, 徐才国, 华金平, 等. 水稻穗部性状的 QTL 与环境互作分析[J]. 遗传学报, 2001, 28(5): 439-446

[9] 陈温福, 徐正进, 张龙步. 北方粳型超级稻育种的理论与方法[J]. 沈阳农业大学学报, 2005, 02, 36(1): 3-8

[10] 匡勇, 罗丽华, 周倩倩, 等. 水稻籼粳交重组自交系群体穗部性状的相关和遗传分析[J]. 华北农学报, 2011, 26(3): 72-78

[11] 朱春杰, 徐海, 郭艳华, 等. 籼粳稻杂交后代穗部性状变异及其相互关系研究[J]. 沈阳农业大学学报, 2007, 38(4): 457-461

[12] 陈书强, 徐正进, 陈温福, 等. 籼粳稻杂交后代维管束性状与穗部性状的关系[J]. 华北农学报, 2007, 22(5): 8-14

[13] 徐海, 朱春杰, 郭艳华, 等. 生态环境对籼粳稻杂交后代穗部性状的影响及其与亚种特性的关系[J]. 中国农业科学, 2009, 42(5): 1540-1549

[14] 徐正进, 陈温福, 张龙步, 等. 水稻不同穗型群体冠层光分布的比较研究[J]. 中国农业科学, 1990, 23(4): 10-16

[15] 程侃声. 亚洲栽培稻籼粳亚种的鉴别[M]. 昆明: 云南科技出版社, 1993: 1-23

[16] 盖钧镒. 作物育种学各论[M]. 北京: 中国农业出版社, 1997: 11-12.

[17] 韩龙植, 张三元, 乔永利, 等. 不同生长环境下水稻结实率数量性状位点的检测[J]. 作物学报, 2006, 7(32): 1024-1030

[18] 张玉屏, 朱德峰, 林贤青, 等. 不同穗型水稻品种穗部参数及其相互关系[J]. 云南农业大学学报: 自然科学版, 2010, 5(3): 327-332

[19] 徐正进, 陈温福, 张树林, 等. 辽宁水稻穗型指数品种间差异及其与产量和品质的关系[J]. 中国农业科学, 2005, 38(9): 1926-1930

[20] 徐正进, 陈温福, 孙占慧, 等. 辽宁水稻子粒在穗轴上分布特点及其与结实性的关系[J]. 中国农业科学, 2004, 37(7): 963-967

[21] 徐正进, 李金泉, 姜键, 等. 籼粳稻杂交育成品种的亚种特性性状及其与经济性状的关系[J]. 作物学报, 2003, 29(5): 735-739

[22] 张书标, 马洪丽, 黄荣华, 等. 籼稻直立穗突变体的培育、鉴定及其突变性状的遗传分析[J]. 核农学报, 2007, 21(3): 209-211

[23] 周维永, 白德朗, 杨新庆, 等. 水稻直立穗型的遗传及其对籼稻农艺性状的影响[J]. 广西农业科学, 2006, 37(5): 490-493