

杂交中稻再生力的鉴定方法

徐富贤 郑家奎* 朱永川 熊洪 王贵雄

(四川省农业科学院水稻高粱研究所, 四川泸州 646000)

摘要: 2002 - 2003 年分别以 25 个和 18 个杂交中粳迟熟组合为材料, 从头季稻与再生力密切相关的若干性状中选择了可操作性强的 5 个性状, 进行与再生稻产量间的定量研究, 提出了根据头季稻(前期)“分蘖力”、(中期)齐穗期“单位颖花茎鞘干物重占有量”和(后期)头季稻收后第 5 日头季稻桩再生芽的“出鞘率”3 个性状, 将杂交中稻再生力分为 4 级, 其准确率达 86.05% ~ 93.02%, 为杂交中稻强再生力组合的选育, 提供了理论和实践依据。

关键词: 杂交中稻; 再生力; 鉴定方法

中图分类号: S511

Evaluation Method of Ratooning Ability of Mid-season Hybrid Rice

XU Fu-Xian, ZHENG Jia-Kui*, ZHU Yong-Chuan, XIONG Hong, WANG Gui-Xiong

(Rice and Sorghum Institute, Sichuan Academy of Agricultural Sciences, Luzhou 646000, Sichuan, China)

Abstract: The experiment was conducted with 43 hybrids in a randomized block design with 3 replications in 2002 - 2003. The relationship between characters of main crop and ratooning yield were studied by analysis of correlation and regression. The results indicated that the ratooning ability of mid-season hybrid rice could be divided into 4 grades based on 'tillering ability at top tillering' (early stage), 'ratio of stem dry weight to number of grains per plant at full heading' (middle stage) and 'ratio of stems of ratooning bud to total stems at the 5th day after harvest' (latter stage) for main crop, and the accuracy percentage prediction was 86.05% - 93.02%. This paper provides a theoretical and practical way for selecting cultivar with good ratooning ability.

Key words: Hybrid mid-season rice; Ratooning ability; Evaluation method

再生稻具有生育期短、日产量高、米质优、省种、省工、节水、调节劳力、生产成本低和经济效益高等优点, 是我国南方稻区种植一季稻热量有余而种植双季稻热量又不足的地区及双季稻区只种一季中稻的稻田提高复种指数, 增加单位面积产量和经济收入的有效措施之一^[1]。目前, 四川省的双季稻已基本被中稻-再生稻所取代, 湖南、湖北、浙江等双季稻老区, 也有将双季稻改为中稻-再生稻的趋势^[2]。因此, 搞好强再生力品种的选育, 对我国南方稻区发展高产、优质农业具有十分重要的意义。

笔者先期对再生稻的研究表明, 杂交稻组合的再生力强弱取决于头季稻光合产物满足主作高产需求后剩余量的多少^[3,4], 而该光合产物剩余量的多少又与主作冠层特征和穗部性状密切相关^[2,5,6]。但这

些都是定性研究, 其定量方面的研究极少^[1]。因此, 迄今尚缺乏选育强再生力杂交中稻品种系统的遗传理论和方法, 以致育种工作者对选育强再生力品种没有主观能动性和预见性; 现生产上对再生稻高产品种的选用, 均是从已育成的头季稻高产品种或组合中进行筛选鉴定^[1]。尽管国内外对再生稻高产栽培的生理基础已进行了较多研究, 但还没有形成一个有共识的鉴定指标^[3,4,6-9]。因此, 2002 - 2003 年在先期探明头季稻齐穗后的冠层结构、穗部性状等与再生力关系的基础上^[2], 从头季稻与再生力密切相关的若干性状中选择了几个可操作性强的, 进行了与再生稻产量间的定量研究, 试图提出一种科学实用的杂交中稻再生力的鉴定方法, 以期再生稻的高产育种、高产栽培提供理论和实践依据。

*基金项目: 四川省青年基金(03ZQ026-070)和四川省水稻育种攻关项目资助。

作者简介: 徐富贤(1965 -), 男, 四川泸县人, 研究员, 主要从事水稻栽培生理生态研究。* 通讯作者: 郑家奎。Tel: 0830-2514110

Received (收稿日期): 2004-01-05, Accepted (接受日期): 2004-05-29.

表2 2002-2003年头季稻性状与再生稻产量表现

Table 2 Performances of characters of main crop and ratooning yield in 2002-2003

| 年度 Year | 项目 Item | 最高苗期单株分蘖力 Tillering ability at top tillering (No./plant) | 齐穗期单位颖 花茎鞘占有量 RSDWSFH (mg/grain) | 齐穗期单位颖 花绿叶占有量 RLDWSFH (mg/grain) | 着粒数 Number of grains per panicle (grain/panicle) | 头季收后第5日 再生芽出鞘率 RSRBTS5DAH (%) | 产量 Grain yield (kg/hm ²) |
|-------------------------------|------------|---|---|---|---|--|--|
| 2002 | 最小值 Min | 4.17 | 10.18 | 6.03 | 134.25 | 9.20 | 749.60 |
| | 最大值 Max | 6.96 | 18.83 | 7.43 | 206.11 | 84.76 | 3 553.20 |
| | 平均 Mean | 6.45 | 13.58 | 6.32 | 163.34 | 32.03 | 1 743.34 |
| | CV(%) | 18.38 | 23.29 | 10.31 | 21.16 | 62.97 | 38.10 |
| | F | 9.64 ** | 8.71 ** | 5.40 ** | 13.25 ** | 28.03 ** | 16.77 ** |
| 2003 | 最小值 Min | 3.99 | 8.82 | 4.03 | 166.08 | 11.76 | 866.7 |
| | 最大值 Max | 7.52 | 15.04 | 6.36 | 240.22 | 73.22 | 2 956.50 |
| | 平均 Mean | 5.47 | 12.49 | 5.27 | 201.56 | 33.78 | 1 765.78 |
| | CV(%) | 20.91 | 15.78 | 14.55 | 12.57 | 51.87 | 30.79 |
| | F | 7.15 ** | 4.87 ** | 3.94 ** | 5.60 ** | 4.12 ** | 10.35 ** |
| 2年合计 Total for two year | 最小值 Min | 3.99 | 8.82 | 4.03 | 134.25 | 9.20 | 749.60 |
| | 最大值 Max | 7.52 | 18.83 | 7.43 | 240.22 | 84.76 | 3 553.20 |
| | 平均 Mean | 6.04 | 12.82 | 5.88 | 182.13 | 32.50 | 1 752.73 |
| | CV(%) | 20.86 | 25.39 | 14.80 | 14.51 | 59.26 | 34.79 |
| | F | 5.48 ** | 4.96 ** | 3.85 ** | 4.99 ** | 11.57 ** | 10.86 ** |

Notes: RSDWSFH = ratio of stem dry weight to No. of grains per plant at full heading; RLDWSFH = Ratio of leaf dry weight to No. of grains per plant at full heading; RSRBTS5DAH = ratio of stems of ratooning bud to total stems at the 5th day after harvest.

** highly significant difference between combinations ($P < 0.01$). The same below.

2.2 再生稻产量及头季稻相应性状表达值的分级

2.2.1 再生稻产量的分级 由于利用头季稻相关性状进行再生力的分级是以再生稻产量作为参照标准的,因此首先应对再生稻产量进行分级。再生稻产量的分级是按目前大面积的实际生产水平,及杂交中稻再生力现状,确定其下限、组距和上限。

下限的确定:由于大面积生产统计再生稻产量时,若再生稻产量 750 kg/hm^2 则不作再生稻有收面积统计,加之本研究所有参试组合都按要求未施促芽肥,因此各组合的再生稻产量水平应比施促芽肥的低 $20\% \sim 30\%$ ^[1,4],若按 25% 计算,则下限产量 = $750 \text{ kg/hm}^2 \times (1 - 25\%) = 563 \text{ kg/hm}^2$ 。

组距的确定:同一组合在栽培措施相同情况下,再生稻产量年度间和田块间变异较大^[4],根据笔者多年的实践,产量变异一般为 $300 \sim 600 \text{ kg/hm}^2$,如本研究两年都使用的 优7号、优602和汕优63三个杂交组合,年度间再生稻产量变异为 $277.5 \sim 618.4 \text{ kg/hm}^2$,而组距应比相同组合年度间再生稻产量变异大。因此,将组距定为相同组合年度间再生稻产量变异值的2倍,即 $1 200 \text{ kg/hm}^2$ 。

上限的确定:南方稻区再生稻大面积生产高产田块产量一般为 $3 750 \sim 4 500 \text{ kg/hm}^2$ ^[1],考虑到本研究未施再生稻促芽肥,因此各组合的再生稻产量水平应比施促芽肥的低 $20\% \sim 30\%$ ^[1,4],其上限产量若按大面积高产水平降低 25% 计算,则上限产量应在 $2 812.5 \sim 3 375 \text{ kg/hm}^2$ 之间。

综合考虑到上述因素,以再生稻产量为标准,则可将杂交中稻组合的再生力分为4个级别,即1级,特强 ($2 964 \text{ kg/hm}^2$);2级,强 ($1 764 \sim 2 963 \text{ kg/hm}^2$);3级,中 ($564 \sim 1 763 \text{ kg/hm}^2$)和4级,弱 (563 kg/hm^2)。

2.2.2 头季稻再生力相关性状的分级 将以上各级的再生稻产量指标分别代入表3所示两年合计的头季稻性状(x)与再生稻产量(y)的各回归方程,预测出头季稻反映再生力的5个性状值列于表4,以作为头季稻不同生育时段杂交中稻组合再生力初步的分级标准。但这些指标是否可行,尚需进一步验证。

2.3 主作再生力相关性状分级的准确度验证

根据主作再生力相关性状的初步分级标准(表4),将本研究的43个参试组合的再生力分级情况列于表5。从表5看出,头季稻5个再生力分级性状的准确率有较大差异。其中,按“分蘖力”、“齐穗期”、“单位颖花茎鞘干物重占有量”和头季稻收后第5日的稻桩再生芽的“出鞘率”3个性状分级的准确率高达 $86.05\% \sim 93.02\%$,可分别作为头季稻“前期”、“中期”和收后鉴定再生力的科学指标。而按头季稻的齐穗期“叶粒比”和“着粒数”2个性状分级的准确率较低,进一步证实决定再生力的满足头季稻高产后剩余的光合物质主要储藏于茎鞘中,“叶粒比”和“着粒数”对再生力的影响主要是间接作用^[2]。因此,头季稻的“叶粒比”和“着粒数”不宜作为再生力的鉴定指标。

表 3 2002 - 2003 年头季稻性状(x)与再生稻产量(y)的回归分析
Table 3 Regression analysis between characters of main crop(x) and ratooning yield(y) in 2002 - 2003

| 年度 Year | x | 回归方程 Regression equation | r | R ² | n |
|---------------------------------|--|-----------------------------|-------------|----------------|----|
| 2002 | 最高苗期单株分蘖力 Tilling ability at top tillering | $y = -1\ 263.2 + 465.86x$ | 0.832 0 ** | 0.692 3 | 25 |
| | 齐穗期单位颖花茎鞘占有量 RSDWSFH | $y = -2\ 418.9 + 269.89x$ | 0.918 6 ** | 0.843 8 | 25 |
| | 齐穗期单位颖花绿叶占有量 RLDWSFH | $y = -3\ 286.3 + 795.58x$ | 0.782 2 ** | 0.611 8 | 25 |
| | 着粒数 No. of grains per panicle | $y = 7\ 621.2 - 34.96x$ | -0.880 5 ** | 0.775 3 | 25 |
| | 头季收后第 5 日再生芽出鞘率 RSRBTSSDAH | $y = 514.62 + 28.87x$ | 0.937 6 ** | 0.879 1 | 25 |
| 2003 | 最高苗期单株分蘖力 Tilling ability at top tillering | $y = -438.28 + 403.31x$ | 0.848 4 ** | 0.719 8 | 18 |
| | 齐穗期单位颖花茎鞘占有量 RSDWSFH | $y = -977.65 + 219.61x$ | 0.796 2 ** | 0.634 0 | 18 |
| | 齐穗期单位颖花绿叶占有量 RLDWSFH | $y = -1\ 217.8 + 566.50x$ | 0.799 7 ** | 0.639 5 | 18 |
| | 着粒数 No. of grains per panicle | $y = 4\ 864.4 - 15.373x$ | -0.783 0 ** | 0.613 1 | 18 |
| | 头季收后第 5 日再生芽出鞘率 RSRBTSSDAH | $y = 439.52 + 27.42x$ | 0.883 7 ** | 0.780 9 | 18 |
| 2 年合计 Total for two years | 最高苗期单株分蘖力 Tilling ability at top tillering | $y = -478.45 + 369.41x$ | 0.760 8 ** | 0.578 8 | 43 |
| | 齐穗期单位颖花茎鞘占有量 RSDWSFH | $y = -1\ 333.1 + 230.63x$ | 0.808 3 ** | 0.653 3 | 43 |
| | 齐穗期单位颖花绿叶占有量 RLDWSFH | $y = -2\ 270.2 + 661.82x$ | 0.775 3 ** | 0.601 1 | 43 |
| | 着粒数 No. of grains per panicle | $y = 6\ 534.7 - 27.21x$ | -0.735 0 ** | 0.540 2 | 43 |
| | 头季收后第 5 日再生芽出鞘率 RSRBTSSDAH | $y = 481.92 + 29.634x$ | 0.918 9 ** | 0.844 4 | 43 |

表 4 不同再生力级别的头季稻相关性状值
Table 4 Correlation values of characters of main crop for different ratooning yield

| 再生力级别 Grade of ratooning ability | 产量水平 Yield level (kg/hm ²) | 最高苗期单株分蘖力 Tilling ability at top tillering (No. /plant) | 齐穗期单位颖 花茎鞘占有量 RSDWSFH (mg/grain) | 齐穗期单位颖 花绿叶占有量 RLDWSFH (mg/grain) | 着粒数 No. of grains per panicle (grain/panicle) | 头季收后第 5 日 再生芽出鞘率 RSRBTSSDAH (%) |
|---|--|--|---|---|--|--|
| 1 | 2 964 | 9.3 | 18.6 | 7.9 | 131.2 | 83.8 |
| 2 | 1 764 - 2 963 | 6.1 - 9.2 | 13.4 - 18.5 | 6.1 - 7.8 | 131.1 - 175.3 | 43.3 - 83.7 |
| 3 | 564 - 1763 | 2.8 - 6.0 | 8.2 - 13.3 | 4.3 - 6.0 | 175.4 - 219.4 | 2.8 - 43.2 |
| 4 | 563 | 2.7 | 8.1 | 4.2 | 219.5 | 2.7 |

表 5 43 个参试组合按主作性状对再生力分级的准确率
Table 5 Accuracy percentage of predicting ratooning yield for 43 experimental hybrids by characters of main crop

| 性状 Character | 再生力级别 Grade of ratooning ability | 预测组合数 No. of predicted hybrid | 各级实测组合数 Hybrid numbers of different grades tested | | | 准确率 Accuracy percentage (%) | |
|---|---|--|--|----|----|--------------------------------|--------------|
| | | | 1 | 2 | 3 | 分级 Grade | 加权平均 Mean |
| 最高苗期单株分蘖力 Tilling ability at top tillering | 1 | 2 | 2 | 0 | 0 | 100 | 86.05 |
| | 2 | 20 | 1 | 16 | 3 | 80 | |
| | 3 | 21 | 0 | 2 | 19 | 90.48 | |
| 齐穗期单位颖花茎鞘占有量 RSDWSFH | 1 | 2 | 2 | 0 | 0 | 100 | 88.37 |
| | 2 | 22 | 2 | 18 | 2 | 81.82 | |
| | 3 | 19 | 0 | 1 | 18 | 94.74 | |
| 齐穗期单位颖花绿叶占有量 RLDWSFH | 2 | 22 | 2 | 14 | 6 | 63.64 | 67.44 |
| | 3 | 20 | 0 | 5 | 15 | 75.0 | |
| | 4 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | |
| | 2 | 21 | 2 | 14 | 5 | 66.67 | |
| 着粒数 No. of grains per panicle | 3 | 16 | 0 | 4 | 12 | 75.0 | 60.47 |
| | 4 | 6 | 0 | 0 | 6 | 0 | |
| | 1 | 2 | 2 | 0 | 0 | 100 | |
| 头季收后第 5 日再生芽出鞘率 RSRBTSSDAH | 2 | 18 | 1 | 17 | 0 | 94.44 | 93.02 |
| | 3 | 23 | 0 | 2 | 21 | 91.3 | |

就 43 个参试组合再生力状况来看,特强组合极少,仅有 D62A/926 和 优 7 号 2 个组合,占 4.65%,绝大多数组合(41 个)的再生力属于强和中等,占 95.35%,没有弱再生力组合。且与“分蘖力”、“单位颖花茎鞘干物重占有量”和头季稻收后第 5 日的稻桩再生芽的“出鞘率”3 个性状分级的结果基本一致,说明用这 3 个性状对再生力的分级是可行的。

3 讨论

关于“再生力”与“再生稻产量”两个概念的联系和区别,“再生力”是指头季稻收割后的再生芽生长成穗能力,它包括一系列测试指标。“再生稻产量”则是再生力一系列测试指标中的一个具体指标,通常都用“再生稻产量”作为衡量再生力强弱的直接依

据^[1,2]。反映“再生力”的其他指标如再生芽的“萌发率”、“活芽率”因测试时工作量较大,在实际工作中应用极少。Hhillers等^[6]、Vergara等^[9]、Ichii等^[11]认为头季稻茎秆厚可作为选择再生力的可行标准。而Garcia等却对前者观点持否定意见,认为把茎秆厚作为选择再生力标准的可操作性极差^[12]。笔者先前的研究表明,头季稻品种的库源结构与着粒数可作为选择再生力的重要指标,具有较强的可操作性和实用性^[2]。但以上均为定性研究,没有形成一个系统的再生力鉴定体系。本文根据以上研究结果,从头季稻与再生力密切相关的若干性状中选择了可操作性强的5个性状进行与再生稻产量间的定量研究,首次提出了根据头季稻“分蘖力”、齐穗期“单位颖花茎鞘干物重占有量”和头季稻收后第5日的稻桩再生芽的“出鞘率”3个性状,将杂交中稻再生力分为4级(表4),分别作为头季稻“前期”、“中期”和收后鉴定再生力的科学指标。其中,头季稻收后第5日的稻桩再生芽的“出鞘率 = 有再生芽出鞘的母茎数/考查母茎总数 × 100%”是笔者提出的一个测试再生力的新测试指标,该指标不仅测试工作简便易行,而且与再生稻产量的相关程度极高。

在本试验所在的四川盆地东南生态条件下,采用头季稻之性状的“定量指标”,预测再生力或再生稻产量,其准确度高达86.05%~93.02%,表明具有较大的可行性。但在我国南方稻区的其他再生稻区,尚需进行其可行性的验证或参照本文的研究方法重新开展头季稻之性状的“定量指标”的分级研究。本试验结果表明,小穗型组合的再生力 > 大穗型组合的再生力,与笔者先期研究结果一致^[2],这并非意味着要降低主作的产量(小穗)而促进提高再生力。究其原因,从我国南方稻区各省市和国家审定的杂交中稻高产组合(品种)来看,80%以上为中小穗型组合,少数是大穗型组合,但这些组合的产量水平实际上属同一档次。中小穗型组合虽然着粒数较少,但分蘖力强,有效穗数和结实率较高,靠增穗高产;大穗型组合虽然着粒数较多,但分蘖力较弱,有效穗数和结实率较低,靠大穗高产。

关于本研究形成的再生力鉴定指标的应用。以往生产上再生稻品种的选用,都是从已育成的头季稻高产品种或组合中通过收再生稻实产进行筛选鉴定,其存在的问题,一是需要进行田间试验,既费时又耗资,二是因人力、财力所限,不可能对所有品种都进行鉴定。因此,怎样用简便的方法早期判断一个品种的再生力十分重要。利用本研究形成的再生

力鉴定指标(表4),将每个杂交中稻组合按大面积高产栽培技术种植15 m²左右,“分蘖力”与“出鞘率”考查30穴,“单位颖花茎鞘干物重占有量”考查6穴(详见文前研究方法),即可鉴定出杂交中稻组合的再生力水平。该方法与传统的通过再生稻实产直接鉴定的方法相比,一是提高了再生力鉴定的工作效率,并能根据科研工作安排,分别在头季稻的前期(分蘖力)、中期(单位颖花茎鞘干物重占有量)和收后(出鞘率)分期鉴定,以分散工作量;二是许多水稻育种科研单位地处非再生稻生态区,无法对再生力进行直接鉴定,本鉴定方法为之提供了一种间接鉴定的科学依据。

References

- [1] Xiong H(熊洪), Ran M-L(冉茂林), Xu F-X(徐富贤). Achievements and developments of ratooning rice in south China. *Acta Agronomica Sinica*(作物学报), 2000, **26**(3): 297 - 304 (in Chinese with English abstract)
- [2] Xu F-X(徐富贤), Xiong H(熊洪), Zhao GL(赵甘霖), Hong S(洪松). A study on the canopy characters of mid-season hybrid rice in relation to their ratooning ability. *Acta Agronomica Sinica*(作物学报), 2002, **28**(3): 426 - 430 (in Chinese with English abstract)
- [3] Xu F-X(徐富贤), Xiong H(熊洪), Zhao GL(赵甘霖). A study on the death mechanism of the axillary buds before harvest of the hybrid mid season. *Scientia Agricultura Sinica*(中国农业科学), 2000, **33**(4): 31 - 37 (in Chinese with English abstract)
- [4] Xu F-X(徐富贤), Hong S(洪松), Xiong H(熊洪). Relation between N applying for bud development and ratooning ability and its mechanism in hybrid rice. *Acta Agronomica Sinica*(作物学报), 1997, **23**(3): 311 - 317 (in Chinese with English abstract)
- [5] Liu Y-S(刘永胜), Zhou K-D(周开达), Luo W-Z(罗文质). Appraisal on ratooning ability of intersubspecies hybrid rice and its relation with panicle characters of main crop. *Journal of Sichuan Agricultural University*(四川农业大学学报), 1992, **10**(3): 408 - 412 (in Chinese with English abstract)
- [6] Hhillens Lambers D. Varietal improvement for rice ratooning: traits, procedures, collaboration. In: *Rice Ratooning*. Los Banos, Philippines: IRRI, 1987. 247 - 255
- [7] Xu F-X(徐富贤), Hong S(洪松). Relation between the leaves of main crop and the apnicle characters of the ratooning rice. *Southwest China Journal of Agricultural Sciences*(西南农业学报), 1995, **8**(1): 8 - 12 (in Chinese with English abstract)
- [8] Liu B-G(刘保国), Wang G-M(王光明), Zhang Q-X(张清修). Growth and development of ratooning rice as related to the distribution of photosynthates its main crop. *Journal of Southwest Agricultural University*(西南农业大学学报), 1993, **15**(5): 382 - 385 (in Chinese with English abstract)
- [9] Vergara B S, Lopez F S S, Chauhan J S. Morphology and physiology of ratooning rice. In: *Rice Ratooning*. Los Banos, Philippines: IRRI, 1987. 31 - 40
- [10] Hu B-M(胡秉民), Zhang Q-D(张全德). Method of Statistics Analysis for Agricultural Experiment(农业试验统计分析方法). Hangzhou: Zhejiang Sci-Technology Press, 1985, (2): 222 - 240 (in Chinese)
- [11] Ichii M, Y Sumi. Effect of food reserves on the ratoon growth of rice plant. *Jpn J Crop Sci*, 1983, **52**(12): 15 - 21
- [12] Garcia R N. The effects of growth duration and different levels of light intensity on the ratooning ability in rice. B S thesis, University of the Philippines at Los Banos, Philippines, 1981. 49