

四川省 2001—2010 年审定的 杂交水稻中粳迟熟品种的农艺性状分析^①

曾宪平¹, 何芳², 吕建群¹, 陈林¹

1. 四川省农业科学院作物研究所, 成都 610066; 2. 四川省种子管理站, 成都 610041

摘要: 该文对 2001—2010 年四川省审定的杂交水稻中粳迟熟品种的农艺性状进行多元分析, 结果表明: 结实率是极为活跃和重要的因素; 其次是稻瘟病病级; 之后是全生育期、株高、穗数、粒数和粒质量。因此, 四川省杂交水稻中粳迟熟品种的高产育种方向应是在保持现有全生育期的状态下, 适当降低株高, 在主攻结实率的同时, 协调好穗数和粒质量, 强化抗性选择。

关键词: 四川省; 审定品种; 中粳迟熟; 多元分析; 农艺性状

中图分类号: S511

文献标志码: A

有关水稻区试资料的多元分析和育种方向的讨论有很多报道^[1-3], 但由于时空分布, 所分析和讨论的对象不同, 其结论也不一样。由于不同区域或同一区域不同阶段的育种策略和方向也有差异, 所以本文选用 2001—2010 年四川省审定的水稻中粳迟熟品种为分析对象, 采用多元分析方法, 探讨和分析其农艺性状的相互关系和变化趋势, 为四川省杂交水稻育种工作提供参考。

1 材料与方法

1.1 资料来源

2001—2010 年四川省审定的水稻中粳迟熟品种公告资料和相应组合的区试汇总资料。

1.2 分析方法

对 2001—2010 年四川省审定的水稻中粳迟熟杂交水稻区试资料中各组合的生育期、株高、穗长、有效穗、穗粒数、结实率、千粒质量、稻瘟病鉴定级数和产量进行平均值及变异系数分析、相关分析、逐步回归分析、通径分析以及主成分分析。所有数据处理均在浙江大学研制开发的数据分析系统平台(DPS 平台)上完成。

2 结果与分析

2.1 平均值及变异系数分析

通过对 2001—2010 年四川省审定的 147 个中粳迟熟品种的 9 个性状进行分析(表 1), 其基本特征是产量 8 180.11 kg/hm², 全生育期 151.25 d, 株高 116.42 cm, 穗长 25.42 cm, 有效穗 232.75 穗/m², 平均每穗粒数 165.02 粒, 结实率 79.75%, 千粒质量 28.61 g, 稻瘟病(颈瘟)病级 4.73 级。与 10 年中年度产量最高的品种(平均产量 8 514.69 kg/hm²)的基本情况相近, 在 7 个农艺性状中, 只有结实率提高了 2.59 个百分点, 差度为 3.24%, 其余 6 个性状的差度都很小。另外, 稻瘟病病级的差度为 7.59%, 是包括产量在内

① 收稿日期: 2010-07-01

作者简介: 曾宪平(1959-), 男, 重庆垫江人, 研究员, 主要从事水稻遗传育种研究。

的 9 个性状中差度最大的;其次是产量的差度(4.09%)。从提高产量能力的角度来看,提高结实率是产量增加的主要因素。同时,由于高产品种的稻瘟病病级比平均值高 0.36 级(差度为 7.59%),说明在目前情况下,高抗与高产仍然相互矛盾。

表 1 性状的平均值及变异系数

| 变 量 | 平均值 ± 标准差 | 变异系数/% | 年度高产品种均值 | 差值 | 差度/% |
|---|-----------------|--------|----------|--------|------|
| X ₁ 全生育期/d | 151.25±0.938 | 0.62 | 151.41 | -0.16 | 0.10 |
| X ₂ 株高/cm | 116.42±1.990 | 1.71 | 115.03 | -1.39 | 1.19 |
| X ₃ 穗长/cm | 25.42±0.450 | 1.77 | 25.21 | -0.21 | 0.81 |
| X ₄ 有效穗/(穗·m ⁻²) | 235.63±13.502 | 5.73 | 234.45 | -1.70 | 0.73 |
| X ₅ 穗粒数/(粒·穗 ⁻¹) | 165.02±6.496 | 3.94 | 165.45 | 0.43 | 0.26 |
| X ₆ 结实率/% | 79.75±1.489 | 1.87 | 82.34 | 2.59 | 3.24 |
| X ₇ 千粒质量/g | 28.61±0.514 | 1.80 | 28.80 | 0.19 | 0.65 |
| X ₈ 稻瘟病病级 | 4.73±0.525 | 11.10 | 5.09 | 0.36 | 7.59 |
| Y 产量/(kg·hm ⁻²) | 8180.11±181.598 | 2.22 | 8 514.69 | 334.58 | 4.09 |

注:表中“年度高产品种均值”即为每年最高产量品种之平均值。

变异系数的大小反应出性状值的变化程度。从表 1 可知,在所分析的 9 个变量中,变异系数最大的是稻瘟病病级(11.10%),其次是有效穗(5.73%),其他性状从大到小依次为穗粒数(3.94%)、产量(2.22%)、结实率(1.87%)、千粒质量(1.80%)、穗长(1.77%)、株高(1.71%)和全生育期(0.62%)。稻瘟病病级的变异系数大,说明了 10 年来所审定的品种其抗性水平差异较大。在四川省,由于中籼迟熟品种的熟期类型已成为固定的品种生态型,全生育期品种间的差异很小,147 个品种的变异系数只有 0.62%,与 10 个高产品种的差度也只有 0.1%。

2.2 相关系数分析

相关分析的 36 组关系中,有 24 组相关关系达极显著,2 组达显著,10 组相关关系不显著(表 2)。在极显著的相关关系中,相关系数大于 0.6 的有 9 组,它们是结实率与产量(0.855 1***)、生育期与产量(0.828 0***)、有效穗与千粒质量(-0.802 7***)、株高与结实率(-0.773 0***)、穗长与穗粒数(0.703 2***)、稻瘟病病级与产量(0.693 1***)、株高与产量(-0.686 8***)、有效穗与穗粒数(-0.665 2***)和穗长与有效穗(-0.618 0***)。其中,有 4 个性状直接与产量极显著相关,与产量相关呈负值的有株高(-0.686 8***)和穗长(-0.307 3*);与产量不显著相关的有千粒质量(-0.244 8)、有效穗(0.229 2)和穗粒数(-0.098 5)。值得一提的是,结实率与产量的相关系数在本文分析中是最大的,同时结实率在上述高产品种与全部品种的性状差度分析中也是一个重要因素,应高度重视。虽然品种间全生育期的差异很小,但生育期与产量的关系表明在四川省生态条件下,应尽量满足在有效的生育期内充分利用光温资源来提高水稻产量。由于稻瘟病病级反映植株感病程度,病级数越高,植株就越感病。因此,稻瘟病病级与产量呈极显著正相关,说明了过去 10 年审定品种中高产品种的感病程度也相对较高,抗性相对较弱。株高与产量呈极显著负相关表明,在现有的高度下适当降低株高,增强抗倒性,有助于产量的提高。

表 2 各性状的相关系数

| 相关系数 | X ₂ | X ₃ | X ₄ | X ₅ | X ₆ | X ₇ | X ₈ | Y |
|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|------------|
| X ₁ | -0.540 6** | -0.254 6 | 0.386 4** | -0.154 8 | 0.596 5** | -0.319 6** | 0.475 5** | 0.828 0** |
| X ₂ | | 0.460 9** | -0.488 1** | 0.574 9** | -0.773 0** | 0.189 6 | -0.373 4** | -0.686 8** |
| X ₃ | | | -0.618 0** | 0.703 2** | -0.555 4** | 0.383 4** | -0.560 6** | -0.307 3* |
| X ₄ | | | | -0.665 2** | 0.393 9** | -0.802 7** | 0.213 6 | 0.229 2 |
| X ₅ | | | | | -0.485 7** | 0.252 7 | -0.074 3 | -0.098 5 |
| X ₆ | | | | | | -0.297 2* | 0.588 5** | 0.855 1** |
| X ₇ | | | | | | | -0.160 1 | -0.244 8 |
| X ₈ | | | | | | | | 0.693 1** |

注: X₁ = 生育期(d), X₂ = 株高(cm), X₃ = 穗长(cm), X₄ = 有效穗(穗/m²), X₅ = 穗粒数(粒/穗), X₆ = 结实率(%), X₇ = 千粒质量(g), X₈ = 稻瘟病病级, Y = 产量(kg/hm²)。* 和 ** 分别表示在 5% 和 1% 水平下的差异显著性。下同。

2.3 逐步回归分析

对产量和 8 个性状进行多元逐步回归分析, 获得如下方程和相应参数(表 3):

$$Y = -536.45 + 4.74X_1 - 1.21X_2 + 0.68X_5 + 4.75X_6 + 2.92X_8$$

表 3 逐步回归方程的参数表

| | 偏相关系数 | 偏回归系数(b) |
|------------------|------------|----------|
| $r(y, X_1) =$ | 0.959 9** | 4.74 |
| $r(y, X_2) =$ | -0.814 5** | -1.21 |
| $r(y, X_5) =$ | 0.960 9** | 0.68 |
| $r(y, X_6) =$ | 0.966 3** | 4.75 |
| $r(y, X_8) =$ | 0.765 2** | 2.92 |
| 相关系数 $R =$ | 0.996 7** | |
| 剩余标准差 $S =$ | 1.468 5 | |
| 调整后的相关系数 $R_a =$ | 0.992 6 | |

在回归方程的 5 个自变量中, 有 4 个性状(全生育期、株高、结实率和稻瘟病病级)在多元相关分析中, 与产量的相关系数达极显著, 只有穗粒数的相关关系不显著, 但是该因子在回归分析中, 其偏相关系数($r_{(y, X_5)} = 0.960 9^{**}$)是极显著的, 即穗粒数与产量的关系仍然很密切。在多元相关分析中, 变量之间是一个互为关联的整体, 所以又称为复相关系数; 而偏相关系数则是在消除其他变量影响的条件下, 所计算的某两变量之间的相关系数。在多元相关分析中, 每两个因素之间的关联度要比在多元回归分析中所表现出的关系要弱化一些^[4], 这就是在相关分析中, 穗粒数与产量之间的关系不显著(表 2), 而在逐步回归分析中, 其偏相关系数达到极显著的原因(表 3)。

2.4 通径分析

为了进一步明确各因子对产量的影响, 本文进行了通径分析(图 1), 结果表明结实率直接通径系数最高(0.585 4), 其次是全生育期(0.367 8)和穗粒数(0.366 6), 而株高(-0.199 9)和稻瘟病病级(0.126 6)较小。在间接通径系数中, 仍以结实率最为重要, 与之相通的 4 个系数都是最大的(全生育期→结实率=0.349 2, 株高→结实率=-0.452 5, 穗粒数→结实率=-0.284 3, 稻瘟病病级→结实率=0.344 5), 说明以结实率为中心的育种策略会起到事半功倍的效果。

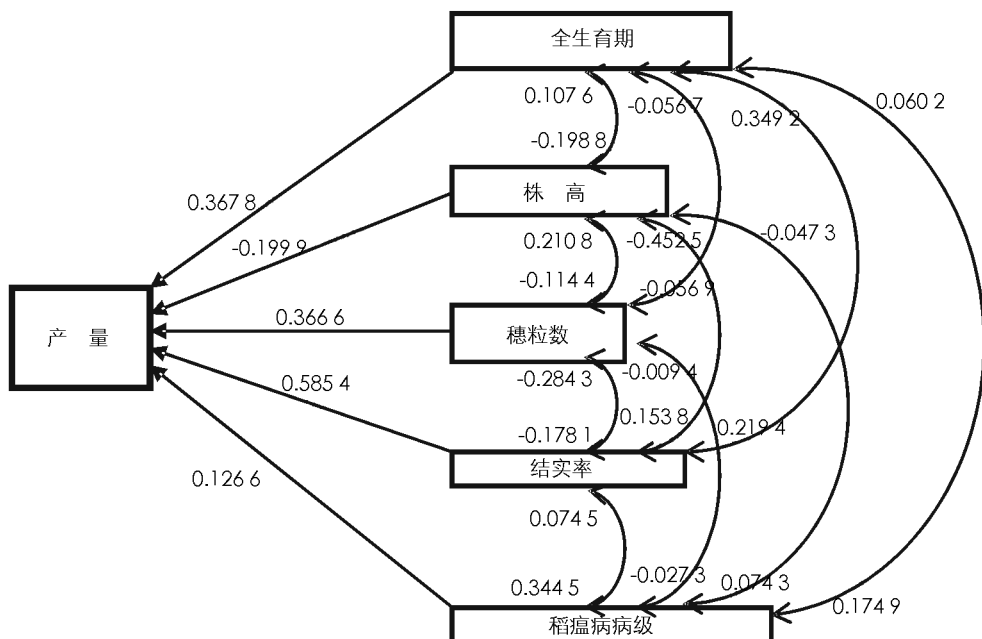


图 1 通径系数分析

2.5 主成分分析

主成分分析(表 4)表明, 构成 2001—2010 年四川省审定的 147 个中粳迟熟杂交水稻品种的主成分是结

实因子、穗数因子、粒质量因子和抗病因子,其贡献率分别是 52.191%,19.726%,11.571%和 8.834%,它们的累计贡献率达 92.322%(表 4).

第一主成分的特征向量是以结实率贡献最大而构成的综合因子,因此称为结实因子,它反应出结实率不仅对产量有极为重要的作用,而且对品种的多元特征和综合性状指标也极为重要;第二主成分中,特征向量最大的是有效穗,称之为穗数因子,其负值说明穗数过多对综合性状不利;第三主成分是千粒质量的贡献最大,称为粒质量因子,同样其负值说明粒质量过大会导致其他综合性状指标下降;第四主成分中,特征向量最大的则是稻瘟病病级数,所以称为抗病因子,说明稻瘟病病级不仅反应出品种本身的抗性水平,还对综合性状也有影响.抗病育种不是孤立地提高抗性,而是在提高抗性的同时,加强其他农艺性状的选育.

表 5 9 个产量性状主成分分析

| 特征根 | λ_1 | λ_2 | λ_3 | λ_4 |
|---------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 特征值 | 4.697 | 1.775 | 1.041 | 0.795 |
| 百分率/% | 52.191 | 19.726 | 11.571 | 8.834 |
| 累计百分率/% | 52.191 | 71.917 | 83.488 | 92.322 |
| 特征向量 | | | | |
| X_1 | 0.331 | 0.296 | 0.303 | -0.263 |
| X_2 | -0.374 | -0.064 | 0.287 | 0.419 |
| X_3 | -0.340 | 0.271 | 0.255 | -0.498 |
| X_4 | 0.328 | -0.453 | 0.277 | -0.066 |
| X_5 | -0.281 | 0.442 | 0.447 | 0.170 |
| X_6 | 0.407 | 0.178 | -0.171 | -0.088 |
| X_7 | -0.243 | 0.339 | -0.666 | -0.046 |
| X_8 | 0.300 | 0.307 | -0.010 | 0.675 |
| X_9 | 0.366 | 0.439 | 0.107 | -0.094 |
| 因子名称 | 结实因子 | 穗数因子 | 粒质量因子 | 抗病因子 |

3 讨 论

在以上各项多元分析中,结实率是极为活跃和重要的因素;其次是稻瘟病病级;之后是全生育期、株高、穗数、粒数和粒质量.王昌华等^[5]报道,水稻结实率是产量的重要构成要素,提高水稻结实率可直接增加穗粒数,提高水稻产量.尤其在杂种优势的利用中,结实率是影响杂交稻产量潜力发挥的重要因素之一^[6-7].杨从党等^[8]研究表明,开花期总颖花数、粒叶比、物粒比、比叶质量和颖花茎鞘量是影响结实率的主要因素.开花至成熟期间,运转量是影响结实率的唯一因素.成熟期结实率对产量和收获指数的影响较大,而成熟期结实率本身又受到物粒比的制约.结实率的提高,不仅可直接增加穗粒数,提高水稻产量,更主要的是结实率的高低反映了植株各农艺性状的优化组合和各生理性状的协调配置^[9-11].因此,以提高结实率为中心的育种策略,将能起到事半功倍的育种效果.

利用作物抗病性选育抗病品种,是防治作物病害主要的、经济的和有效的方法.水稻抗病育种一直是育种家们开展的重要育种课题,从本文的各项多元分析中,稻瘟病病级的表现既是品种抗病性强弱的反映,又体现出了在各项多元分析中的重要性和作用,并与其他农艺性状有着密不可分的高度关联.在与稻瘟病病级相关的 8 个性状中,有 5 个性状即产量(0.693 1***)、结实率(0.588 5***)、穗长(-0.560 6***)、全生育期(0.475 5***)和株高(-0.373 4***)的相关系数达极显著水平.因此,抗病育种不但要提高抗性,降低病级,还要在具有抗病选择压力的条件下,加强其他农艺性状的选育^[12].

株高作为植株的形态指标,在本文的分析中十分重要.株高的 8 个相关系数中,有 7 个达极显著,它们是结实率(-0.773 0***)、产量(-0.686 8***)、穗粒数(0.574 9***)、全生育期(-0.540 6***)、有效穗(-0.488 1***)、穗长(0.460 9***)和稻瘟病病级(-0.373 4***).在回归和通径分析中,株高不仅有明显的作用,而且对产量的作用均为负效应;同时在第一和第二主成分值中,株高也起着负效应的作用,说明适当降低株高,对四川省中籼迟熟品种产量的提升和农艺性状的优化配置有促进作用^[13].

水稻产量的构成是水稻株型和各农艺性状综合表现的结果,产量的提高主要依赖于各农艺性状的优化配置,单个性状的提高或改良很难使产量有所突破.由于同一区域不同阶段的产量制约因素不同,所以其育种策略或方向也有差异.笔者^[14]曾提出,四川杂交水稻高产育种的方向是以提高每穗实粒数为核心,适当增加粒质量和成穗率.目前,应在保持现有全生育期的状态下,适当降低株高,在主攻结实率的同时,协调好穗数和粒质量,强化抗性选择,为四川省中籼迟熟杂交水稻的选育确定核心方向.

参考文献:

- [1] 涂敏,黄贵民,李敏.贵州省水稻区试20年的回顾与小结[J].种子,2009,28(1):124-126.
- [2] 黄洪河,郑家团,郑长林.近五年福建省省级审定水稻主要米质指标和稻瘟病抗性分析[J].中国稻米,2009(1):18-20.
- [3] 李春江,张睿.辽宁省水稻中晚熟种植区域品种类型选择的初步分析[J].北方水稻,2008,39(1):24-27.
- [4] 王天行,张泽.多元生物统计学[M].成都:成都科技大学出版社,1992:77-107.
- [5] 王昌华,张燕之,周毓珩,等.杂交水稻结实率问题综述[J].辽宁农业科学,2000(1):41-43.
- [6] 刘超.提高杂交中梗结实率的技术途径[J].江苏农业科学,1995(2):6-9.
- [7] 魏锦屏,张占顺.水稻结实率的研究——A5-5水稻结实率与产量因素的关系[J].天津农学院学报,1997,4(4):35-39.
- [8] 杨从党,周能,袁平荣,等.水稻结实率和若干生理因素的品种间差异及其相关研究[J].中国水稻科学,1998,12(3):144-148.
- [9] 关欣,陈温福,徐正进,等.不同年代水稻品种穗部性状比较研究[J].沈阳农业大学学报:自然科学版,2004,35(2):81-84.
- [10] 王昌华,徐正进,夏永胜,等.水稻穗部性状及其与产量相关分析[J].辽宁农业科学,2007(3):54-56.
- [11] 高士杰,陈温福,徐正进,等.直立穗型水稻的研究Ⅲ.直立穗型水稻品种成粒率的研究[J].吉林农业科学,2001,26(1):3-7.
- [12] 潘国君,陈书强,宋成艳,等.寒地早粳品种稻瘟病抗性 with 产量性状的关系[J].中国农学通报,2009,25(19):236-238.
- [13] 王勇,陈涛,吴晓伟,等.不同水稻品种群体质量与产量的通径分析[J].广西农业科学,2007,38(4):359-362.
- [14] 曾宪平.四川杂交水稻新选育组合分析[J].西南农业学报,1996,9(品资专辑):31-35.

Analysis of Agronomic Characters of Late-Maturity *Indica* Hybrid Rice Varieties Registered from 2001 to 2010 in Sichuan

ZENG Xian-ping¹, HE Fang², LV Jian-qun¹, CHEN Lin¹

1. Crop Research Institute, Sichuan Academy of Agricultural Sciences, Chengdu 610066, China;

2. Seed Management Station of Sichuan Province, Chengdu 610041, China

Abstract: Multivariate analysis was made of the agronomic characters of the late-maturity *indica* hybrid rice varieties registered from 2001 to 2010 in Sichuan. The results showed that seed setting was the most active and important factor, followed in order by rice blast class, the whole growth duration, plant height, effective panicles, grain number per panicle and 1000-grain-weight. Therefore, the major targets in breeding for late-maturity *indica* hybrid rice varieties in Sichuan should be a proper reduction in plant height without changing the current whole growth period. While putting the focus on better seed-set, we should coordinate panicle number and grain weight and pay more attention to disease resistance.

Key words: Sichuan; registered variety; late-maturity *indica* rice; multivariate analysis; agronomic character