

因子分析法在水稻育种中应用的研究

陈伟栋 廖世模 陈志强 顾信媛

(华南农业大学农学系, 广州, 510642)

摘要 用因子分析法建立早晚稻产量的选择指数。早晚稻高产品种的特点是: 植株有一定的高度, 穗较长, 直立。就参试品种的情况而言, 早稻以大穗型, 即每穗实粒数增多, 千粒重持平, 每株有效穗数适中, 有利于高产; 晚稻以多穗型, 即每株有效穗数增多, 千粒重增大, 而每穗实粒数适当减少, 有利于高产。鉴于目前水稻矮化程度较高, 进一步降低株高会影响产量。单株产量可作为高产选择的重要性状。

关键词 水稻; 因子分析; 选择指数

中图分类号 S511.1

单株选择, 是选育种的关键, 育种前期的选择往往无法知道其群体产量, 多根据株型等进行间接选择。关于水稻株型, 国内外做了不少工作 (廖佩言等, 1983; 杨守仁等, 1984; 周清明等, 1993; 陆根尧, 1986)。本文用因子分析法, 对比研究华南早晚稻高产品种的异同, 分别建立早稻及晚稻高产品种理想模型, 用高产公因子建立选择指数。特别为双季稻区, 分别确定早晚稻育种目标时提供参考。

1 材料与方法

用广东省生产上用过的早稻品种 17 个, 1989 年早造种植, 晚稻品种 (包括翻秋种) 15 个, 1987 年晚造种植, 均采用 3 次重复的随机区组设计。单株植, 6 行区, 每行 10 株, 小区面积 2 m²。

共调查了 34 个性状。根据方差及相关分析的结果, 并根据育种实际需要, 保留 14 个与产量有较密切关系的性状进行因子分析 (张尧庭等, 1982; Williams, 1979)。用统计分析软件 (SAS) 在 386 微机上计算。

2 结果与分析

2.1 因子分析

因子分析 (表 1) 提取了 5 个公因子, 其累积贡献, 早稻为 92%, 晚稻为 89%。早稻第一公因子, 单株产量有很大的正载荷, 与之相对应的株型是: 植株有一定的高度, 颈节较长, 二节间直径较大, 剑叶长窄而且直立, 穗较长, 着粒密度大, 分蘖较少, 其产量构成: 每穗实粒数多, 有一定的千粒量, 但有效穗数较少, 为大穗因子。第二公因子为多穗因子, 主要特征为矮秆, 分蘖多, 茎径较小, 结实率低, 千粒重小。第三公因子为粒重因子, 主要特征为, 穗较长, 穗数及实粒数少, 着粒密度小, 结实率低, 但千粒重大。

1995-04-03 收稿

晚稻第一公因子为大穗因子, 实粒数和千粒重都有较大的正载荷, 而穗数有很大的负载荷。第二公子的特点是千粒重有很大的负载荷。最值得注意的是第三公因子, 单株产量有很大的正载荷, 与之相对应的株型是: 植株有一定的高度, 颈节较长, 穗较长, 剑叶长而直立, 但着粒密度小, 茎直径较小, 分蘖较多, 其产量构成: 有效穗数多, 有一定的千粒重, 但每穗实粒数较少, 为多穗因子。

表 1 华南早晚稻 14 个性状的公因子分析⁽¹⁾ cm

性 状	早 稻					晚 稻				
	FAC ₁	FAC ₂	FAC ₃	FAC ₄	FAC ₅	FAC ₁	FAC ₂	FAC ₃	FAC ₄	FAC ₅
X ₁ 剑叶长	0.14	0.33	0.85	0.01	0.20	0.48	-0.06	0.50	-0.30	0.58
X ₂ 剑叶宽	-0.03	-0.77	-0.05	0.33	0.20	0.51	-0.63	0.28	0.31	-0.11
X ₄ 剑叶角度/°	-0.64	-0.25	0.23	0.53	0.19	0.15	0.20	-0.24	0.83	0.04
X ₁₁ 株高	0.91	-0.10	0.10	0.35	-0.04	0.22	0.55	0.65	-0.17	0.11
X ₁₇ 颈节长	0.87	0.02	0.26	0.26	-0.20	0.37	0.45	0.40	-0.27	-0.56
X ₁₈ 二节茎径	0.76	-0.38	-0.01	0.16	0.40	0.88	0.08	-0.25	-0.06	0.02
X ₁₉ 分蘖数	-0.25	0.87	-0.06	0.35	-0.03	-0.79	0.01	0.43	0.31	0.09
X ₂₁ 平均穗长	0.64	0.26	0.61	-0.05	-0.20	0.50	-0.66	0.41	0.07	0.15
X ₂₅ 结实率/%	0.56	-0.49	-0.44	0.28	-0.27	0.22	0.88	0.08	0.02	-0.06
X ₂₆ 着粒密度/粒·cm ⁻¹	0.82	0.13	-0.28	-0.26	0.31	0.66	0.44	-0.40	0.12	0.06
X ₂₈ 单株产量/g	0.88	0.36	-0.17	0.03	-0.05	0.43	0.26	0.70	0.41	-0.07
X ₂₀ 有效穗数	-0.02	0.85	-0.30	0.34	-0.07	-0.81	0.27	0.46	0.17	0.00
X ₂₃ 每穗实粒数	0.97	0.05	-0.07	-0.16	0.08	0.89	0.29	-0.12	0.16	0.13
X ₃₂ 千粒重/g	0.01	-0.84	0.27	-0.08	-0.31	0.51	-0.67	0.25	-0.01	-0.38
特征值	5.85	3.60	1.75	1.05	0.66	4.82	3.08	2.39	1.34	0.90
累积贡献	0.41	0.67	0.80	0.87	0.92	0.34	0.56	0.73	0.83	0.89

(1): FAC₁~FAC₅ 分别代表第 1 至第 5 公因子

2.2 选择指数

因子分析是用有限个不可观测的潜在变量来解释原变量间的相关性或协方差关系, 这些潜在变量称为公因子, 其生物学意义是一个新的综合性状, 例如产量等。如果某公因子符合育种要求, 可用来构成选择指数。例如, 如果用早稻第一公因子构成选择指数, 其综合方程为:

$$I=1/5.85(0.14 x_1-0.03 x_2-0.64 x_4+0.91 x_{11}+0.87 x_{17}+0.76 x_{18}-0.25 x_{19}+0.64 x_{21}+0.56 x_{25}+0.82 x_{26}+0.88 x_{28}-0.02 x_{20}+0.97 x_{23}+0.01 x_{32})$$

其中 x_i 为某单株或品系某性状的标准值。在育种上可根据 I 的大小决定取舍。表 2 列出了参试品种小区产量的平均数及几个公因子得分即 I 值。

2.3 高产水稻品种的理想因子模型

水稻高产是指单位面积如小区或每公顷高产, 单株产量高的品种不一定小区产量高。如果某因子的得分与实测的小区产量有显著的相关关系, 此因子模型可以作为育种的理想模型, 也就可以构成较有效的选择指数。表 3 列出了产量及其构成因素与 5 个公

表 2 水稻不同品种产量及因子得分⁽¹⁾

品 种	产量及产量构成因素						因子得分				
	X_{20}	X_{23}	X_{32}	X_{28}	X_{33}	X_{30}	I_1	I_2	I_3	I_4	I_5
早 稻											
矮脚南特	5.93	49.83	27.10	8.10	1 067	534	-2.04	-0.68	0.18	-0.44	-0.80
早特青	6.60	129.80	25.16	21.40	2 650	1 358	1.35	-0.53	-0.76	-1.09	1.26
IR26	9.33	88.83	21.36	17.80	2 333	1 233	-0.22	2.16	1.21	-0.41	-0.04
矮仔占	7.73	94.06	24.90	18.19	2 400	1 141	0.45	0.56	2.06	0.26	0.00
青四矮	9.33	88.73	22.00	18.80	1 865	1 088	-0.61	1.94	-0.77	-1.51	1.30
朝阳早 18	6.46	105.40	26.60	18.10	2 138	1 108	0.69	-0.76	0.23	-0.15	-0.55
广二 104	6.13	112.90	25.16	17.49	2 230	1 245	0.77	-0.73	-0.20	-0.38	0.28
双桂 36	9.13	98.46	24.06	21.62	2 313	1 425	0.22	0.83	-0.98	0.42	-0.94
广陆矮 4	7.60	49.93	26.16	10.07	1 125	575	-1.80	-0.72	-1.10	-0.88	-1.21
IR24	6.86	96.10	27.40	17.92	2 216	1 208	0.35	0.12	1.27	-0.88	-1.62
桂朝 2 号	8.73	97.50	25.16	21.41	2 401	1 431	0.58	0.16	-0.69	1.04	-0.54
红梅早	5.73	62.16	26.13	9.32	1 366	616	-1.32	-1.28	0.91	0.00	2.41
低脚乌尖	9.86	68.33	21.96	14.91	2 366	1 100	-0.78	0.90	-1.03	2.52	0.55
青二矮	6.86	98.56	26.76	18.00	2 268	1 221	0.58	-0.86	-0.73	-0.23	-0.37
珍珠矮 11	8.46	102.40	24.20	20.94	2 293	1 325	0.56	0.03	-0.52	0.67	0.06
广场矮	6.93	120.13	25.36	21.14	2 191	1 341	1.19	-0.24	-0.40	-0.35	0.24
窄叶青 8	6.80	84.13	28.46	16.26	2 150	1 200	0.01	-0.88	1.33	1.42	0.00
晚 稻											
桂朝 2 号	7.07	116.40	27.03	22.13	2 041	1 175	1.08	-0.26	-1.17	0.47	-1.03
双桂 36	7.56	108.66	26.36	21.66	1 991	1 116	0.88	-0.56	-1.00	0.21	-0.82
广二矮	7.80	103.16	23.20	18.36	2 191	1 200	0.11	-0.25	-1.40	-0.88	0.42
汕优 30	7.86	107.83	27.00	22.92	2 908	1 550	1.32	-1.14	0.32	-0.03	-0.73
钢白矮	10.46	83.80	22.63	19.83	2 383	1 216	-1.23	0.69	-0.69	-0.23	-1.20
钢化青兰	10.30	117.33	23.10	28.03	3 291	1 600	0.78	2.04	1.22	1.18	-1.15
秋二矮	10.66	85.20	24.33	22.20	2 991	1 358	-0.61	0.31	1.36	-0.56	0.16
晚 粳 2	9.43	80.80	26.60	20.26	2 750	1 275	-0.54	-1.42	0.68	-1.60	-1.10
桂白矮	10.10	105.06	21.76	23.10	3 016	1 500	-0.22	1.56	0.36	-1.60	0.23
晚华 1 号	8.60	112.06	23.50	22.63	2 816	1 400	0.96	0.29	0.51	-1.24	1.29
青华 6 号	8.33	109.86	23.06	21.60	2 766	1 266	0.50	-0.12	-0.53	0.25	2.21
钢枝占	10.60	90.10	18.76	17.86	2 491	1 166	-1.40	0.93	-1.74	0.66	0.34
秋桂矮	8.86	113.10	25.06	25.13	3 275	1 666	0.89	-0.17	0.61	1.27	0.73
二白矮	11.00	89.90	24.16	23.96	3 033	1 500	-0.92	-0.63	0.70	1.27	0.36
桂阳矮	11.36	80.96	24.23	22.30	2 925	1 375	-1.60	-1.24	0.76	0.82	0.27

(1) X_{30} —小区产量/g; X_{33} —小区生物学产量/g; $I_1 \sim I_5$ 分别为第 1~5 公因子的得分

因子得分的相关系数。早稻第 1 公因子及晚稻第 3 公因子得分与小区稻谷产量、小区生物学产量、单株产量都有极显著正相关, 因此早稻根据第 1 公因子, 晚稻根据第 3 公因子来构成选择指数比用其他因子更有效。

表 3 水稻产量及其构成因素与 5 个公因子得分的相关系数⁽¹⁾

因子得分	早 稻					
	X_{20}	X_{23}	X_{32}	X_{28}	X_{33}	X_{30}
I_1	-0.027 26	0.970 34	0.010 99	0.886 37	0.861 51	0.882 70
I_2	0.853 79	0.056 13	-0.845 62	0.367 11	0.332 17	0.336 22
I_3	-0.301 80	-0.077 37	0.270 92	-0.172 79	0.018 11	-0.112 34
I_4	0.343 89	-0.164 90	-0.081 00	0.037 68	0.286 84	0.202 31
I_5	-0.070 03	0.087 87	-0.319 68	-0.058 07	0.028 87	-0.080 46

因子得分	晚 稻					
	X_{20}	X_{23}	X_{32}	X_{28}	X_{33}	X_{30}
I_1	-0.815 55	0.899 65	0.514 25	0.432 39	-0.044 81	0.240 33
I_2	0.279 96	0.299 37	-0.670 74	0.261 70	0.208 82	0.174 52
I_3	0.460 63	-0.127 20	0.250 35	0.709 90	0.844 47	0.758 23
I_4	0.172 65	0.162 50	-0.008 09	0.416 64	0.185 29	0.249 62
I_5	0.006 89	0.135 27	-0.383 50	-0.073 60	0.256 37	0.108 53

(1) 早稻 $r_{0.05}=0.482$ $r_{0.01}=0.606$ 晚稻 $r_{0.05}=0.514$ $r_{0.01}=0.641$

3 讨 论

3.1 早晚稻高产品种株型的异同

因子分析表明, 早晚稻高产品种株型共同特点是叶片角度小即直立, 有一定的株高, 穗较长。另外, 在现有品种的情况下, 早晚稻育种目标应各有侧重, 早稻应以大穗型, 晚稻以多穗型为基础。华南地区早造前期气温较低, 早期分蘖较慢, 而较后气温升高时的分蘖往往无效分蘖较多, 所以早稻以大穗型为育种方向较为合理, 为了解决早稻分蘖少带来的有效穗数少的矛盾, 在栽培上可通过增加基本苗数而得到解决。晚造前期气温高, 晚稻移植后分蘖快, 有效分蘖多, 容易在生长前期打好基础, 晚稻对短日反应较敏感, 加之寒露风等天气影响, 后期对生长不利, 故以多穗型为基础, 配合早熟等性状, 较易得到高产。

3.2 矮化育种的优越性及矛盾

水稻矮化育种为水稻高产做出了巨大贡献。矮秆品种具有抗倒伏, 耐肥, 分蘖力强等优点。但从因子分析的结果看, 早稻的第二公因子及晚稻的第四公因子其株高为负载荷, 属矮秆类型, 此类品种的共同缺点是千粒重很小, 其生物学产量及小区稻谷产量都不高。早稻参试品种株高平均数为 77.16 cm, 晚稻为 89.60 cm, 在此情况下, 水稻育种应以矮中求高的半矮秆类型, 更能发挥产量潜力。

3.3 单株产量可作为育种前期选择的重要指标

单株产量在高产的因子模型中, 即早稻的第一公因子及晚稻第三公因子有相当大的正

载荷,可以作为育种前期的重要指标,以它作为基础,配合株型及产量构成因素,可望选出较高产量的品种。

3.4 用因子分析法构成选择指数的商讨

现在构成选择指数多用方差协方差矩阵(马育华,1982)。本文尝试用因子分析法构成选择指数。它的优点在于可根据育种需要而选择合适的公因子模型。由于是新的方法,它在育种中应用的有效性有待实践检验。

参 考 文 献

- 马育华. 1982. 植物育种的数量遗传学基础. 南京: 江苏科学技术出版社, 334 ~ 469
- 张尧庭, 方开泰. 1982. 多元统计分析引论. 北京: 科学出版社, 328 ~ 339
- 陆根尧. 1986. 籼稻经济性状遗传通径分析和选择指数的探讨. 浙江农业科学, (3): 107 ~ 109
- 杨守仁, 张龙步, 王进民. 1984. 水稻理想株型育种的理论和方法初论. 中国农业科学, (3): 6 ~ 13
- 周清明, 康春林, 伊大德, 等. 1993. 高产早稻品种理想性状的研究. 中国水稻科学, 7(1): 30 ~ 36
- 廖佩言, 刘景西. 1983. 水稻产量性状影响因素的多元分析. 作物学报, 9(2): 117 ~ 112
- Williams J S. 1979. A Synthetic Basis for a Comprehensive Factor Analysis Theory. Biometrics, (35): 719 ~ 733

APPLICATION OF FACTOR ANALYSIS IN RICE BREEDING

Chen Weidong Liao Shimo Chen Zhiqiang Gu Xinyuan

(Dept. of Agronomy, South China Agr. Univ., Guangzhou, 510642)

Abstract

Factor analysis was used to build selection index of yield. The high yield varieties of both early and late rice were taller, longer panicle and erect. To early rice, "big panicle type" variety, which had more grains per panicle, moderate 1000-grain weight and less panicle numbers, favoured yield. To late rice, "more panicle type" variety, which had more panicles per plant, more 1000-grain weight and less grains per panicle, was especially important to increasing yield. Since the degree of dwarfing in rice is rather high now, decreasing further the plant height may affect the yield. Grain weight per plant still is an important selection criterion in rice breeding.

Key words rice; factor analysis; selection index