



# 水稻数量性状的多元遗传分析

孙五成 徐静斐

(安徽农学院, 合肥)

随着电子计算机技术的发展和普及, 多元分析在植物遗传育种领域中已显示了广阔的应用前景。在植物遗传育种工作中, 常常需要研究众多的数量性状, 这些数量性状较易受环境条件的影响, 并且它们之间的关系错综复杂, 若只定性的描述或用简单的统计分析方法常常不能揭示其遗传规律, 而用多元统计的方法对众多的数量性状进行多元遗传分析, 则可以收到良好的效果。从六十年代起国外学者就开始重视多元遗传分析的研究, 并有大量的文献报道。如 Molls 等<sup>[1]</sup>用多元分析的方法研究玉米品种间的遗传差异和杂种优势; Ram 等<sup>[2]</sup>和 Maurya 等<sup>[3]</sup>用多元遗传分析研究水稻品种间的遗传差异。但该项研究在国内开展的较迟。1979年刘来福等<sup>[4]</sup>报道了对 50 个冬小麦品种聚类分析的研究结果后, 多元遗传分析开始在国内受到广泛重视。徐静斐、汪路应<sup>[5]</sup>曾用主成分分析和聚类分析的方法预测水稻的杂种优势; 汤陵华、沈锦华<sup>[6]</sup>曾用聚类分析的方法研究水稻品种间的遗传差异。

本研究对 49 个籼稻品种的 10 个主要数量性状进行了相关遗传力分析、主成分分析和聚类分析, 目的是要进一步挖掘多元分析在植物遗传育种中应用潜力, 也为水稻育种工作提供一定的参考依据。

## 材料与方 法

### (一) 供试材料和田间试验

供试材料为 49 个籼稻品种, 试验于 1985 年在安徽农学院试验农场进行。按完全随机区组排列, 重复 3 次, 双行区, 行长 2 米, 株行距为

16.7×20 + 26.7 厘米(由 5×6+8 寸折算的), 单本栽, 每小区 24 株, 从中随机抽 10 株考察。

### (二) 统计分析方法

各性状以小区平均数进行方差分析和相关分析。计算出各性状间的表型相关系数和相关遗传力, 分别得到表型相关阵( $R_p$ )和相关遗传力阵( $R_h$ )。

按 Jacobi 相似变换法解出表型相关系数矩阵( $R_p$ )的特征根( $\lambda_k$ )和特征向量( $l_k$ ), 再按桥口和森岛<sup>[7]</sup>的方法分解出遗传分量, 将第  $k$  个特征根的遗传分量称之为遗传特征根, 用  $\lambda_k$  表示, 则  $\lambda_{gk} = l_k R_p l_k$  将第  $k$  个特征向量的遗传分量称之为遗传特征向量( $l_{gk}$ ):

$$l_{gk} = \frac{1}{\lambda_k} l_k R_p$$

到目前为止, 国内大多数研究者在进行主成分分析时采用刘来福提出的公式

$$\tilde{g}_{ij} = \frac{1}{\sqrt{\lambda_j}} \sum_{k=1}^n l_{ki} g_{ik}$$

计算品种主成分值<sup>[4]</sup>。但由此公式计算的主成分的大小与特征值的平方根成反比, 而特征根值的大小反映着其对应主成分的信息贡献大小, 所以贡献小的主成分, 其数值和差异反而大, 在计算遗传距离并用其作为遗传差异的指标时, 信息贡献大的主成分所反映的遗传差异就小, 这显然不太合理。针对这一情况, 本文采用下式计算第  $i$  品种第  $j$  个主成分值:

Sun Wucheng et al.: Multivariate Genetic Analysis on the Quantitative Characters of Rice

本文于 1987 年 5 月 29 日收到。

$$\tilde{g}_{ij} = \sqrt{\lambda_{g_i}} \sum_{k=1}^{n'} g_{ik} l_{g_{ik}}$$

式中  $\lambda_{g_i}$  为第  $j$  个遗传特征根值;  $g_{ik}$  为第  $i$  品种第  $k$  性状的标准化基因型值;  $l_{g_{ik}}$  为第  $i$  个遗传特征向量。

按下式计算各品种间遗传距离:

$$D_{ij}^2 = \sum_{k=1}^{n'} (\tilde{g}_{ik} - \tilde{g}_{jk})^2$$

其中  $n'$  为主成分个数。

然后以  $D_{ij}^2$  为分类统计量按类平均法进行聚类。

## 结果与分析

### (一) 相关遗传力分析

方差分析结果, 10 个性状的品种间差异都达到极显著水平 ( $\alpha = 0.01$ )。经计算得  $R_p$  和

$R_h$ 。现将各性状的相关遗传力列入表 1。表 1 中对角线上的数字就是各性状的遗传力。其中以株高、千粒重和抽穗期的遗传力较高, 分别为 0.913、0.861 和 0.826; 以结实率的遗传力最低, 为 0.495, 其它各性状的遗传力值相差不大, 并都相对较低。这一结果与前人的研究较吻合。从非对角线上的相关遗传力来看: 株高与单株有效穗数的相关遗传力为负值 (-0.205), 与其它性状的相关遗传力均为正值, 并且其中与抽穗期的相关遗传力最高 (为 0.454), 与主穗粒数和平均穗粒数的相关遗传力也较高 (分别为 0.435 和 0.426)。这说明矮秆品种有多穗早熟的趋势, 但穗粒数都比高秆品种的少。各性状与单株粒重的相关遗传力均为正值, 但其中以单株总粒数和单株有效穗数与单株粒重的相关遗传力较高 (分别为 0.575 和 0.344)。

表 1 相关遗传力

性 状	株 高	单株有效穗数	平均穗长	主穗粒数	平均穗粒数	单株总粒数	结实率	单株粒重	千粒重	抽穗期
株高	0.913									
单株有效穗数	-0.205	0.673								
平均穗长	0.387	-0.170	0.702							
主穗粒数	0.435	-0.170	0.444	0.629						
平均穗粒数	0.426	-0.189	0.430	0.615	0.622					
单株总粒数	0.165	0.427	0.241	0.347	0.339	0.671				
结实率	0.131	0.113	-0.007	0.107	0.102	0.209	0.495			
单株粒重	0.172	0.344	0.337	0.297	0.292	0.575	0.234	0.641		
千粒重	0.068	-0.213	0.149	-0.176	-0.171	-0.273	-0.011	0.092	0.861	
抽穗期	0.454	-0.157	0.417	0.327	0.412	0.189	0.014	0.189	0.040	0.826

表 2 遗传特征根值和遗传特征向量

遗传特征根	2.865	1.593	0.977	0.530	分量来源
贡献率	0.407	0.227	0.193	0.075	
累计贡献率	0.407	0.639	0.772	0.848	
遗传特征向量	0.268	-0.233	0.081	0.435	
	-0.010	0.456	0.040	0.147	株高
	0.271	-0.164	0.177	-0.008	单株有效穗数
	0.300	-0.094	-0.175	-0.012	平均穗长
	0.301	-0.110	-0.173	0.067	主穗粒数
	0.245	0.313	-0.049	0.147	平均穗粒数
	0.089	0.139	0.083	0.102	单株总粒数
	0.238	0.239	0.264	0.032	结实率
	-0.042	-0.205	0.731	-0.157	单株粒重
$l_{g_{ik}}$	0.245	-0.205	0.066	0.613	千粒重
					抽穗期

## (二) 主成分分析

解出  $R_p$  的特征根和特征向量后按桥口和森岛的方法分解出遗传特征根和遗传特征向量。结果前四个遗传特征根的累计贡献率达 84.8%。现将四个遗传特征根和遗传特征向量列入表 2。

从表 2 可以看出, 第一主成分的遗传方差为  $\lambda_1 = 2.865$ , 其贡献率为 40.7%, 对应的遗传特征向量中, 除单株有效穗数和千粒重两个分量为负值外, 其它分量均为正值。其中主穗粒数和平均穗粒数的分量值较高, 分别为 0.300 和 0.301。由该遗传特征向量作为线性组合系数而得到的综合指标如果较大, 则对应品种的主穗粒数和平均穗粒数较多, 同时平均穗长、单株总粒数、结实率和单株粒重都有偏高的趋势, 但株高增加, 抽穗推迟, 并且有效穗可能偏少, 千粒重可能稍低, 我们把第一主成分称为粒数因子。第二主成分对应的遗传特征向量中, 分量最大的是单株有效穗数 (0.456), 我们称第二主成分为穗数因子。第三主成分对应的遗传特征向量中, 以千粒重分量的正值最高, 达到 0.731。第三主成分高的品种, 穗粒数、单株总粒数略偏低, 但千粒重高, 仍然使单株产量有增高的趋势, 我们称第三主成分为粒重因子。第

四主成分对应的遗传特征向量中以抽穗期分量最高, 达 0.613。所以第四主成分值高的品种, 大多表现为高秆、迟熟。我们称第四主成分为熟期因子。

## (三) 聚类分析

以  $D$  作为分类统计量, 按类平均法进行聚类, 结果 49 个品种按照类内距离小于类间距离的原则, 在  $D = 4.3$  的水平上聚成 9 类(表 3), 类间、类内距离列于表 4。

从表 4 可以看出, 类间距离最大的是第 II 类与第 IX 类 ( $D^2 = 364.26$ )。第 II 类包含三个品种, 即科梅、2626 和矮梅一早, 第 IX 类只有一个品种, 即罗玛稻。这两类品种之间的遗传差异主要在于株高、单株有效穗数、每穗粒数、千粒重和抽穗期上。第 II 类的三个品种都是矮秆、多穗、小穗、大粒、早熟品种, 而第 IX 类的品种正好相反, 表现为高秆、穗少而大、粒小、迟熟。类间距离最小的是第 VII 类与第 VI 类 ( $D^2 = 22.29$ )。第 VI 类包含有 24 杰、神米、古巴 7 等 7 个品种, 第 VII 类包含有 IR 26、一棵稻、IR 36 等 6 个品种。这两类的品种都是中秆, 穗数较多、每穗粒数较多、单株总粒数很多, 其它性状也都属于中等, 大多是较高产的常规品种。

表 3 聚类结果

类别	亲 本 名 称 及 代 号
I	24 辐一号(4)、爱圭-7(6)、5113(39)、涟香一号(48)
II	科梅(1)、2626 (2)、矮梅一早(41)
III	嘉农籼育 13 选(3744)(23)、Si-Pi 681032 选(3714)(28)、日光(40)
IV	上沃尔特(3)、2630(7)、农珍 24(8)、密扬 23(27)、二小桂(34)、辐三矮(17)、IR 2061(19)、遗传一号(47)、IR28-6-3-12-10 (21)、PAU 41-306-2-1-PR 405(25)、小/罗/艾 29(29)、IR24/B G90-2(24)、协作 36 号(42)、南选 B(12)、水源 290(43)、怀早 3 号(45)、丛桂 314(46)、嘉农籼育 13 选(3672)(22)、桂朝 2 号(14)、[IR28×珍珠矮] F5-3 (5)、大畦(10)
V	26 朝(9)、桂杰(35)、扎伊尔(37)
VI	IR 487-372-4(16)、古巴 7(13)、马来亚/iinga <3678>(26)、24 杰(30)、广辐 24(32)、BG 929(33)、神米(44)
VII	IR 26(18)、一棵稻(11)、BR34(15)、IR36(20)、IR 58(31)、双二矮(38)
VIII	IR52(36)
IX	罗玛稻(49)

表4 类间类内距离 ( $D^2$ )

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
I	9.75								
II	28.25	5.19							
III	190.27	315.61	8.69						
IV	68.89	146.20	48.41	11.90					
V	43.80	82.29	117.71	32.16	4.65				
VI	184.14	293.11	31.72	45.43	79.29	10.31			
VII	117.14	193.67	59.76	29.15	30.96	22.29	6.64		
VIII	181.72	320.04	72.64	84.69	174.66	123.10	148.53	0.00	
IX	218.69	364.26	96.30	96.71	171.53	102.70	126.23	23.72	0.00

总平均距离: 63.42

## 讨 论

相关遗传力是戴君惕和杨德<sup>[3]</sup>1983年首先提出的一个兼有遗传力和相关系数性质的遗传参数,它具有计算简便、信息较全面的特点,正在被越来越多的人接受和应用。从本研究计算的10个性状的相关遗传力来看,单株产量与各性状间的相关遗传力均为正值,其中以单株总粒数最高(0.575),单株有效穗数也较高(0.344)。这说明在杂交后代的处理中,对分蘖力的选择非常重要,应在适当世代选择分蘖力强的株系,以便通过多的有效穗来增加单株总粒数,从而达到选育出高产品种的目的。

在杂交育种和杂种优势的利用中,选配亲本时常常考虑亲本间主成分互补的原则。对于本研究所涉及的49个亲本来说,如果第一主成分值高,则产量也高,而且是通过大穗多粒达到高产的。但由于株高和抽穗期在第一主成分中也占有较大的权重,所以单是第一主成分值高的品种植株较高,抽穗较迟;第二主成分值高的品种属于“多穗型”,并且矮秆、早熟,但干粒重不高;第三主成分值高的品种属于“大粒型”,但粒数不多,也不一定高产;第四主成分值高的品种虽产量尚可,但高秆迟熟。所以,亲本双方都应选择第一、第二和第三主成分值高,而第四主成分值较低品种。

将众多的亲本聚成不同的类,并计算各类间的距离具有重要的实践意义。同一类的亲本之间距离较小,由它们所配的组合不能得到理

想的分离,应该从距离大的不同类间选择杂交亲本<sup>[9]</sup>。Bhatt<sup>[6]</sup>的研究结果表明:根据聚类分析、主成分分析等多元统计分析的结果来选配亲本是一较好的方法。本研究第II类与第VII类和第IX类的遗传距离虽大,但这三类所包含的亲本,本身产量不高,没有良好的综合性状,如果在其中选配类间的亲本杂交,后代中可能分离出特别好的株系,但难以在短期内育成优良品种。第VI类与第VII类的遗传距离最小,但这两类的亲本产量较高,综合性状较好,虽能在较短的时间内育成增产的品种,但正如Simmonds<sup>[11]</sup>所说的那样,遗传基础变狭,育种进展变慢。第III类与第V类的类间距离较大(117.71),并且两类亲本的自身的产量较高,综合性状较好,选配这两类亲本间的杂交组合较为适宜。

## 参 考 文 献

- [1] 刘来福: 1979. 遗传学报, 6(3): 349—355.
- [2] 徐静斐、汪路应: 1980. 湖南农业科学, (6): 11—15.
- [3] 戴君惕、杨德: 1983. 遗传学报, 10(5): 375—383.
- [4] 汤骏华、沈锦华: 1985. 作物学报, 11(3): 73—80.
- [5] Balakrishnan, V. and L. D. Sanghvi.: 1968. *Biometrics*, 24: 859—865.
- [6] Bhatt, G. M.: 1973. *Aust. J. Agric. Res.*, 24: 457—464.
- [7] Hashiguchi, S. and H. Morishima.: 1969. *Biometrics*, 25(1): 9—16.
- [8] Maurya, D. M. and D. P. Singh, 1977. *Genet.*, (37): 394—402.
- [9] Molls, R. H. et al.: 1965. *Genetics*, 52: 139—144.
- [10] Ram, J. and D. V. S. Panwar.: 1970. *Indian J. Genet.*, (30): 1—10.
- [11] Simmonds N. W.: 1979. *Principles of Crop Improvement*, Longman Group Limited, 197—199.