

文章编号: 1005-0906(2008)01-0067-04

玉米基因型磷效率的主成分分析

陈俊意, 蔡一林, 王国强, 王久光, 孙海燕,
刘志斋, 吕学高, 陈天青, 徐德林

(西南大学农学与生物科学学院 / 农业部生物技术与作物品质改良重点开放实验室, 重庆 400716)

摘要: 在低磷和高磷两个供磷水平下, 以 32 个不同玉米基因型为材料对磷效率性状进行主成分分析。结果表明, 前 3 个主成分累计百分率为 88.72%, 可以用来表述磷效率性状的全部信息, 主成分 1 为玉米基因型的磷吸收效率因子, 主成分 2 为玉米基因型的磷利用效率因子, 主成分 3 为玉米基因型的相对生长速度因子。根据育种目标筛选出磷吸收效率和磷利用效率都较大的玉米基因型 178、7146、488、5003、黄 C 和 7331。

关键词: 玉米基因型; 磷效率; 主成分分析

中图分类号: S513.01

文献标识码: A

The Principal Components Analysis on Phosphorus Efficiency in Maize Genotypes

CHEN Jun-yi, CAI Yi-lin, WANG Guo-qiang, et al.

(College of Agronomy and Biotechnology Science, Southwest University / Key Laboratory of Biotechnology and Crop Quality Improvement, Ministry of Agriculture, Chongqing 400716, China)

Abstract: Thirty-two maize genotypes were selected to study P efficiency with principal components analysis under low and high phosphorus application. The main results showed that the contribution ratio of accumulated variance reached 88.72%, 3 principal components reflected character of relative characteristics of P efficiency, the first principal component was a factor of P uptake efficiency, the second principal component was a factor of P utilization efficiency, the third principal component was a factor of relative growth rates. 32 maize genotypes were divided into 4 kinds and selected according to breeding objectives, the maize genotypes with high P uptake efficiency and P utilization efficiency was 178, 7146, 488, 5003, Huang C and 7331.

Key words: Maize genotypes; Phosphorus efficiency; Principal components analysis

土壤有效磷供应不足, 导致大田栽培条件下玉米植株缺磷。利用现有的玉米遗传种质资源, 选育高磷效率玉米基因型, 挖掘玉米磷效率的潜力, 可提高玉米对土壤磷素的利用效率。影响磷效率的各个性状之间都存在着一定的相关关系, 因而较难对磷效率的影响因素做出简单明确的概括。本试验利用主成分分析方法, 将玉米基因型磷效率性状的相对

株高、相对地上部干重、相对地下部干重、相对叶龄、磷吸收效率、磷利用效率和相对磷积累量进行准确的主成分分析, 筛选优良的玉米基因型磷效率材料。

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验利用常用的玉米四大骨干自交系和西南地方种质自交系, 共 32 个不同玉米基因型: 178、48-2、贞 367、8535、5311、S37、082、502196、木 6、52106、郑 22、7146、E28、095、丹 340、3H-2、B8 金、488、286、自 330、黄 C、7331、9195、32、5003、3189、黄早四、7327、77、Mo17、掖 107、7922, 由西南大学玉米研究所提供。

1.2 试验方法

供试土壤采于重庆北碚缙云山, 为黄砂壤土, 土

收稿日期: 2007-01-26

基金项目: 重庆市动植物良种创新工程项目(8317)

作者简介: 陈俊意(1973-), 男, 重庆开县人, 博士, 主要从事作物遗传育种研究。Tel: 13110204474

E-mail: chenjunyi3@126.com

蔡一林为本文通讯作者。

壤营养成分由西南大学资源环境学院土壤与生命元素分析室测定。供试土壤 pH 6.4,有机质 4.57 g/kg,全磷 0.123 g/kg,全钾 12.1 g/kg,碱解氮 15.3 mg/kg,速效磷未检出,速效钾 20.0 mg/kg。

盆栽试验于 2006 年在西南大学玉米研究所内进行。试验为随机区组设计,重复 3 次,每个重复中每个玉米基因型种 2 盆(低磷和高磷各 1 盆)。盆栽试验用盆直径 120 mm,高 240 mm。每盆装土 2.5 kg,施 N 0.2 g/kg、K 0.2 g/kg 作底肥,肥源为尿素和氯化钾。高磷盆施 P 0.2 g/kg,低磷盆不施 P,肥源为 20%过磷酸钙。播种前分别用 2%次氯酸钠和 20%多菌灵可湿性粉剂 20 g 加水 2 L 对试验种子消毒 2 次,每次时间 1 h。清水冲洗后,恒温 25℃催芽至种子芽长 1~2 cm。选取均匀一致的出芽种子进行点播,每盆播种 2 粒,每组的高低磷 2 盆对应点播同种材料。每天早晨浇水,浇水量一致,常规管理。出苗后培育 25 d 采收,采收前 2 h 测量株高和记录叶龄,采收材料时用竹扦深挖土壤,完整地采集具有全部根

系的植株,洗净。将根系与地上部剪断分开,105℃杀青 30 min,80℃恒温烘干,测定根系、地上部干重。粉碎后按钒钼黄法测定磷含量。

1.3 统计分析方法

研究不同玉米基因型苗期忍耐低磷的能力,采用低高磷之间生物学的相对值较单纯采用低磷条件下的绝对生物学数值更为合理。各项生物指标的相对值用低磷与高磷的相应生物指标相对值表示。磷吸收效率用低磷条件下的植株全株磷积累量表示;磷利用效率用低磷条件下的全株干重与全株磷积累量的比值表示;相对磷积累量用低磷与高磷的植株全株的磷积累量相对值表示。试验数据用 DPS 3.0 专业版和 EXCEL2003 数据处理系统进行分析。

2 结果与分析

2.1 玉米基因型磷效率相关性状的主成分分析

计算玉米基因型磷效率相关性状的相关系数矩阵(表 1)。

表 1 玉米基因型磷效率性状变量间的相关系数矩阵							
Table 1 Matrix of correlation coefficients among variables of principal components of Phosphorus efficiency in maize genotypes							
相关系数 Correlation coefficients	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇
X ₁	1						
X ₂	0.534 24	1					
X ₃	0.457 30	0.741 61	1				
X ₄	0.308 92	0.598 39	0.509 52	1			
X ₅	0.099 34	0.509 07	0.577 14	0.393 55	1		
X ₆	0.267 85	-0.034 44	-0.237 99	-0.247 91	-0.805 60	1	
X ₇	0.446 70	0.666 43	0.809 24	0.476 03	0.823 74	-0.517 89	1

注:相对株高(X₁)、相对地上部干重(X₂)、相对地下部干重(X₃)、相对叶龄(X₄)、磷吸收效率(X₅)、磷利用效率(X₆)和相对磷积累量(X₇)。
Note: Relative plant height(RPH)(X₁), relative plant dry weight(RPW)(X₂), relative root dry weight(RRW)(X₃), relative leaf age(RLA)(X₄), P uptake efficiency(X₅), P utilization efficiency(X₆), Relative P(X₇).

计算特征值、贡献率和累计贡献率以及相关矩阵的特征向量(表 2、表 3)。

由表 2 看出,主成分 1、主成分 2 和主成分 3 的累计贡献率已经超过 85%,它们的权重系数分别为

3.905 6、1.654 93 和 0.649 97,基本保留了原来 7 个磷效率相关性状的全部信息,因此选取前 3 个主成分作为主成分分析的依据。

表 2 玉米基因型磷效率性状的特征值和累计百分率							
Table 2 Characteristics value and contribution ratio of accumulated variance(CRAV) of principal components of phosphorus efficiency in maize genotypes							
主成分编号 Factor No.	特征值 Characteristics value	百分率(%) Contribution ratio	累计百分率(%) CRAV	主成分编号 Factor No.	特征值 Characteristics value	百分率(%) Contribution ratio	累计百分率(%) CRAV
1	3.905 60	55.794 32	55.794 32	5	0.253 76	3.625 07	98.133 66
2	1.654 93	23.641 91	79.436 23	6	0.088 67	1.266 76	99.400 42
3	0.649 97	9.285 21	88.721 45	7	0.041 97	0.599 58	100.000 00
4	0.405 10	5.787 14	94.508 59				

表 3 玉米基因型磷效率性状相关矩阵的特征向量

Table 3 Characteristics vector of correlation matrix of phosphorus efficiency in maize genotypes

项 目	主成分 1	主成分 2	主成分 3	主成分 4	主成分 5	主成分 6	主成分 7
Item	Factor 1	Factor 2	Factor 3	Factor 4	Factor 5	Factor 6	Factor 7
X ₁	0.245 60	0.549 77	-0.337 70	-0.673 59	0.025 39	-0.262 69	0.003 17
X ₂	0.412 42	0.297 66	0.119 66	0.416 26	0.634 30	-0.155 64	-0.356 60
X ₃	0.439 00	0.139 46	-0.137 78	0.458 41	-0.645 55	-0.356 99	0.120 54
X ₄	0.343 16	0.108 83	0.861 57	-0.269 86	-0.161 47	0.118 88	0.122 72
X ₅	0.417 09	-0.387 11	-0.159 30	-0.047 24	0.362 42	-0.050 62	0.717 40
X ₆	-0.247 47	0.650 26	-0.010 91	0.292 36	0.053 80	0.405 29	0.513 00
X ₇	0.473 19	-0.071 80	-0.291 30	-0.048 24	-0.141 33	0.773 55	-0.255 74

根据特征值和特征向量计算前 3 个主成分的主成分载荷。

表 4 玉米基因型磷效率性状主成分载荷

Table 4 Load of principal components of phosphorus efficiency in maize genotypes

项 目	主成分 1	主成分 2	主成分 3
Item	Factor 1	Factor 2	Factor 3
X ₁	0.485 369	0.707 247	-0.272 260
X ₂	0.815 049	0.382 922	0.096 471
X ₃	0.867 578	0.179 407	-0.111 080
X ₄	0.678 173	0.140 003	0.694 604
X ₅	0.824 278	-0.497 990	-0.128 430
X ₆	-0.489 060	0.836 521	-0.008 800
X ₇	0.935 146	-0.092 370	-0.234 850

由主成分载荷(表 4)得出主成分 1、主成分 2 和主成分 3 的表达式:

$$Z_1=0.485\ 369X_1+0.815\ 049X_2+0.867\ 578X_3+0.678\ 173X_4+0.824\ 278X_5-0.489\ 06X_6+0.935\ 146X_7$$
$$Z_2=0.707\ 247X_1+0.382\ 922X_2+0.179\ 407X_3+0.140\ 003X_4-0.497\ 99X_5+0.836\ 521X_6-0.092\ 37X_7$$

$$Z_3=-0.272\ 26X_1+0.096\ 471X_2-0.111\ 08X_3+0.694\ 604X_4-0.128\ 43X_5-0.008\ 8X_6-0.234\ 85X_7$$

主成分 1 中,X₂、X₃、X₅ 和 X₇ 的权重系数均较大,表明主成分 1 主要反映了相对地上部干重、相对地下部干重、磷吸收效率和相对磷积累量影响磷效率的信息。同时 X₄ 的权重系数也不低,主成分 1 同时反映了相对叶龄即相对生长速度影响磷效率的信息。可以认为主成分 1 为玉米基因型的磷吸收效率因子。

主成分 2 中,X₁ 和 X₆ 的权重系数较大,主成分 2 主要反映了相对株高和磷利用效率影响磷效率的信息。可以认为主成分 2 为玉米基因型的磷利用效率因子。

主成分 3 中,X₄ 的权重系数最大,主成分 3 主要反映了相对叶龄即相对生长速度影响磷效率的信息。可以认为主成分 3 为玉米基因型的相对生长速度因子。

2.2 利用玉米基因型磷效率性状的主成分值选择磷效率优良品种

表 5 玉米基因型磷效率的主成分分析因子

Table 5 The principal components factor scores points of phosphorus efficiency in maize genotypes

编号	基因型	Y(i,1)	Y(i,2)	Y(i,3)	综合得分	编号	基因型	Y(i,1)	Y(i,2)	Y(i,3)	综合得分
No.	Genotypes	Y(i,1)	Y(i,2)	Y(i,3)	Total scores	No.	Genotypes	Y(i,1)	Y(i,2)	Y(i,3)	Total scores
N(1)	178	3.204 92	0.041 75	-0.204 67	3.042 00	N(12)	S37	1.594 72	-1.459 74	-0.565 79	-0.430 81
N(2)	贞 367	1.393 85	-1.894 83	-1.636 66	-2.137 64	N(13)	082	2.869 01	-0.017 80	-0.714 28	2.136 93
N(3)	8535	2.038 51	-1.451 46	0.404 61	0.991 66	N(14)	48-2	2.557 90	-1.605 93	1.365 85	2.317 82
N(4)	502196	1.767 65	-0.306 08	-0.235 75	1.225 82	N(15)	9195	-1.752 17	-1.708 21	-0.014 65	-3.475 03
N(5)	77	-2.081 31	2.947 46	-0.463 05	0.403 10	N(16)	掖 107	-4.132 05	-1.964 34	1.098 52	-4.997 87
N(6)	7146	0.176 72	1.794 02	-0.773 86	1.196 88	N(17)	7922	-4.292 41	-1.838 14	0.758 43	-5.372 12
N(7)	木 6	0.255 12	-1.160 32	-1.104 82	-2.010 02	N(18)	B8 金	-1.517 01	0.763 87	0.060 59	-0.692 55
N(8)	5311	3.639 13	-0.984 39	-0.074 33	2.580 41	N(19)	488	0.157 99	1.314 32	1.579 48	3.051 79
N(9)	52106	0.580 69	-0.582 34	1.734 01	1.732 36	N(20)	32	-0.353 72	-0.319 32	0.314 77	-0.358 27
N(10)	3H-2	-2.864 00	-0.488 57	-1.477 17	-4.829 74	N(21)	5003	0.438 93	0.879 06	-0.785 59	0.532 40
N(11)	Mo17	-4.104 41	-0.982 24	-1.277 55	-6.364 20	N(22)	3189	-0.225 38	0.226 02	-0.172 94	-0.172 30

续表 5 Continued 5

编号 No.	基因型 Genotypes	Y(i,1)	Y(i,2)	Y(i,3)	综合得分 Total scores	编号 No.	基因型 Genotypes	Y(i,1)	Y(i,2)	Y(i,3)	综合得分 Total scores
N(23)	7327	0.691 78	-0.051 74	0.310 81	0.950 85	N(28)	黄 C	0.922 45	1.421 73	-0.224 22	2.119 96
N(24)	E28	-0.131 32	0.789 10	0.253 45	0.911 23	N(29)	7331	0.656 14	1.649 05	-0.013 90	2.291 29
N(25)	95	-0.171 31	1.176 76	-0.115 79	0.889 66	N(30)	郑 22	0.790 97	-0.693 37	0.227 97	0.325 57
N(26)	丹 340	-0.395 37	1.115 22	0.389 29	1.109 14	N(31)	286	-0.671 24	1.273 05	0.826 19	1.428 00
N(27)	黄早四	-0.160 46	0.365 41	0.375 59	0.580 54	N(32)	自 330	-0.884 32	1.752 03	0.155 46	1.023 17

以第一主成分值为横坐标,第二主成分值为纵坐标,根据第一主成分值和第二主成分值将 32 个玉米基因型分为 4 类(图 1):

第一类磷吸收效率和磷利用效率都较大的玉米基因型,有 178、7146、488、5003、黄 C 和 7331。

第二类磷吸收效率较大、磷利用效率偏小的玉米基因型,有贞 367、8535、502196、木 6、5311、52106、S37、082、48-2、7327 和郑 22。

第三类磷吸收效率偏小、磷利用效率较大的玉米基因型,有 77、B8 金、3189、E28、95、286 和自 330。

第四类磷吸收效率和磷利用效率都偏小的玉米基因型,有 3H-2、Mo17、9195、掖 107、7922、32、丹 340 和黄早四。

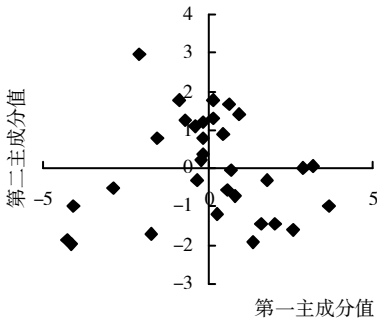


图 1 玉米基因型磷效率的主成分分析

Fig.1 The principal components figure of phosphorus efficiency in maize genotypes

根据主成分分析因子得分,分别以第一主成分值和第三主成分值以及第二主成分值和第三主成分值为横纵坐标,可以将 32 个玉米基因型按照育种需要进行分类选择。

3 个主成分值综合得分(为 3 个主成分值得分之和)前 6 位的玉米基因型有 178、488、5311、48-2、7331 和 082;后 6 位的玉米基因型有 Mo17、7922、掖 107、3H-2、9195 和贞 367。

通过玉米基因型磷效率相关性状的主成分分析,找到了 3 个主成分,这 3 个主成分的累计贡献率为 88.72%。主成分 1 为玉米基因型的磷吸收效率因子,主成分 2 为玉米基因型的磷利用效率因子,主成分 3 为玉米基因型的相对生长速度因子。用主成分分析法选择高磷效率玉米基因型,较采用相对株高、相对地上部干重、相对地下部干重、相对叶龄、磷吸收效率、磷利用效率和相对磷积累量中一个或者几个性状的加权更为准确和科学,也较系统聚类分析方法准确。利用主成分分析方法,可以按照育种需要将 32 个玉米基因型进行分类选择。本试验选出磷吸收效率和磷利用效率都较大的玉米基因型为 178、7146、488、5003、黄 C 和 7331;3 个主成分值综合得分优良的玉米基因型为 178、488、5311、48-2、7331 和 082。

参考文献:

[1] 李绍长,龚江,王军.不同玉米基因型苗期耐低磷基因型的筛选[J].玉米科学,2003,11(3):85-89.

[2] 王艳,孙杰,王荣萍,等.不同玉米基因型苗期生物学性状与磷效率的相关性[J].山西农业大学学报,2003,23(1):28-31.

[3] 张志良.植物生理学实验指导[M].北京:高等教育出版社,1990.

[4] Gaume A, Machler F, De Leon C, et al. Low-P tolerance by maize genotypes: Significance of root growth, and organic acids and acid P root exudation[J]. Plant and Soil, 2001, 228: 253-264.

[5] Silva A E, Cabelman W H. Screening maize genotypes for tolerance to low-P stress condition[J]. Plant and soil, 1972, 146: 181-187.

[6] Bake D E, Jarrell A E, et al. Phosphorus uptake from soils by corn hybrids selected for high and low phosphorus accumulation[J]. Agronomy Journal, 1970, 62: 103-106.

[7] Gerloff G C. Intact-plant screening for tolerance of nutrient deficiency stress[J]. Plant and soil, 1987, 99: 3-16.

[8] Sattelmacher B, Horst W J, Becker H C. Factors of contribute to genetic variation for nutrient efficiency of crop plants[J]. Plant and Soil, 1994, 157: 215-224.

(责任编辑:张英)

3 结 论