文章编号:1005-0906(2008)03-0026-04

主成分分析对青贮玉米材料综合评价与筛选的研究

何文铸,杨 勤,高 强,刘永红
(四川省农科院作物所,成都 610066)

摘 要:以26份不同青贮玉米自交系为材料,采用SPSS软件的主成分分析法,以青贮玉米高消化养分为核心,从农艺、品质和耐旱生理3个方面进行综合评估。结果表明:青贮材料J36、QUAN、Q318、1081等4份材料品质优,农艺性状好,光合能力强,综合表现好,适合在丘陵旱区作青贮玉米资源。材料共同特征为秸秆干物质产量和体外消化率高,穗位叶片最大光能转化率大,叶绿素含量较高。运用SPSS软件的主成分分析法评价结果与各份材料在生产种植及育种工作中情况基本吻合。

关键词:青贮玉米;材料;主成分分析;综合评价;筛选
中图分类号:S513 **文献标识码**:A

Screening and Evaluation for the Silage Maize Inbred Lines by Using PCA

HE Wen-zhu, YANG Qin, GAO Qiang, LIU Yong-hong
(*Crop Research Institute, Sichuan Academy of Agricultural Sciences, Chengdu* 610066, China)

Abstract: By using PCA based on SPSS was carried out with 26 silage maize inbred lines which were different in silage characters, the main results were summarized that four elite inbred lines with good quality and agronomic traits and high drought tolerance had been screened out which were J36, QUAN, Q318 and 1081, they were propitious to silage maize breeding which had higher yield of stover, IVDMD, ear leaf Fv/Fm and SPAD. The results also showed that the evaluation was very similar with the planting and breeding fact of the silage maize lines by using PCA based on SPSS in Sichuan province, so using the method to evaluate the silage maize lines can get a better effect.

Key words: Silage maize; Material; Principal component analysis; Evaluation; Screening

选育青贮玉米品种,材料是关键,一份好的青贮玉米材料包括品质、农艺以及生理耐旱性等方面的综合性状。消化养分(单位生物干产量与活体外干物质消化率的乘积值 SYI) 是衡量青贮玉米生产价值最关键的指标。通过与消化养分相关性状的农艺、品质的间接选择,可改善青贮玉米的营养价值以提高消化养分。叶绿素是截获光能的主要色素,植物叶绿素荧光信号能直接或间接体现光合作用过程,可快速探测出逆境对植物光合作用的影响,并可作出抗旱性品种的筛选。因此,针对当前我国畜牧业发展急需优质、高产的青贮品种以及旱灾日趋严重的现状,评价和筛选消化养分高、农艺性状好、品质性状优及耐旱性强的青贮玉米材料是育种工作的关键。

近年来,关于运用主成分分析(Principal Component Analysis)对不同作物资源评价的已有报道,但运用主成分分析对青贮玉米材料的综合评价未见报道。本文采用SPSS软件,通过对26份不同来源的青贮玉米材料分析,在以选择消化养分较高的基础上,从品质、农艺和生理3个方面进行综合评价,为筛选鉴定出优质、耐旱和农艺性状好、消化养分高的青贮玉米材料提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料与设计

试验材料为四川省生产上推广的具有较好代表性的26份杂交种青贮亲本自交系。2004年春,种植于简阳市东溪镇四川省节水重点实验室野外实验站。随机排列,双行区,3重复,每行12株,密度为60 000株/hm^2。

收稿日期:2007-08-03
基金项目:国家科技支撑计划、四川省财政育种攻关、成都市科技攻关项目(2006BAD29B08、2006YZGG04-12、06GGYB794NC)
作者介绍:何文铸(1975-),男,副研究员,主要从事玉米遗传育种与生物节水研究。
刘永红为本文通讯作者。

1.2　试验方法

品质性状测定：每小区选择 5～8 株授粉自交，在最佳收割期(子粒乳线 3/4 时)从基部收割 5 株玉米秸秆，切短后即时在 105℃温度下杀青 45min 后风干，用锤式粉碎机粉碎，过 40 目筛，取样装入自封袋中作样品。用德国 BRUKER 公司生产的 VECTOR22/N 近红外光谱仪，规范地扫描样品的光谱，每个样品均重复装样、扫描 3 次，取其平均光谱。用已建立的近红外漫反射光谱测定玉米秸秆定量分析模型，测定活体外干物质消化率(IVDMD)、粗蛋白(CP)、粗脂肪(EE)、可溶性糖(WSC)、中性洗涤纤维(NDF)、酸性洗涤纤维(ADF)含量等品质指标。

农艺性状测定：测定指标和方法，采用四川省农作物品种动态 (2004)《四川省青贮玉米品种区试调查记载标准》测定。

生理性状测定：在抽雄吐丝期，每小区随机抽取 5 株，用英国产叶绿素测定仪(SPAD) 和植物效能分析仪(PEA)分别测定穗位叶的叶绿素含量和叶绿素荧光动力学参数，叶绿素荧光动力学参数包括 Fo (初始荧光)、Fm(最大荧光)、Fv(可变荧光)、Area(Fo 与 Fm 曲线之间面积)、Fv/Fm(最大光能转化率)，测定前叶片暗处理 15min，并根据环境光照选择相应的模式。

1.3　统计分析

利用 Excel 2000 和 SPSS(11.5)统计软件进行各性状的计算与统计。

2　结果与分析

本研究使用 SPSS11.5 统计软件，根据分析指标值，采用主成分分析法对影响青贮玉米材料秸秆消化养分的主要性状进行分析评价，其分析步骤如下：

(1)将与青贮玉米材料秸秆消化养分相关的主要品质、农艺、生理性状的 25 个指标输入 SPSS 软件中，可以得到与秸秆消化养分相关显著的 11 个因素(表 1)，Bartlett 球度检验结果(表 2)，Bartlett 球度检验所给出的相伴概率为 0.000，小于显著性概率的 0.05，因此拒绝 Bartlett 球度检验的零假设，认为适合于因子分析。

表 1　不同青贮材料主要性状的分析指标值

Table 1 Component score and sort order of principal component analysis

名 称 Name	产 量 ($kg/667m^2$) Yield	体外消化率(%) Stover IVDMD	淀粉 (%) ST	粗蛋白 (%) Stover CP	初始荧光 Fo	最大光能转化率 Fv/Fm	叶绿素 Leaf SPAD	全株叶数 Total leaves	株高(cm) Plant height	穗位高 (cm) Ear distance	穗行数 Ear rows	消化养分 SYI
J36	454.32	44.32	67.27	17.12	287.00	0.77	10.53	13.37	1.69	0.90	18.54	201.34
E340	421.87	44.42	70.96	16.85	265.00	0.77	6.13	12.67	1.66	0.82	16.00	187.38
Q318	391.30	45.42	70.86	15.74	279.00	0.77	3.63	14.07	1.91	0.87	14.00	177.73
69861	365.90	48.48	57.48	12.92	259.00	0.74	14.03	14.80	2.22	0.95	14.20	177.40
C161	392.80	39.31	67.57	14.50	316.00	0.79	3.13	14.77	1.57	0.86	10.00	154.41
F568	464.20	32.87	65.65	16.65	370.00	0.75	10.27	15.07	1.83	1.12	12.00	152.56
8326	342.01	41.00	61.27	19.34	368.00	0.77	2.27	14.63	2.02	0.92	16.00	140.23
Q205	313.04	41.31	73.46	15.17	286.00	0.77	4.60	12.37	1.87	0.83	10.25	129.32
QUAN	338.25	37.79	69.31	17.25	352.00	0.79	4.87	15.03	1.74	1.12	16.33	127.84
1182	292.53	43.48	53.24	16.46	333.00	0.78	6.80	17.07	2.27	1.10	12.25	127.18
SW16	270.43	45.64	70.73	15.89	286.00	0.78	9.83	12.77	1.76	0.85	14.00	123.42
C193	291.36	41.12	65.67	14.25	253.00	0.75	3.63	13.83	1.24	0.44	12.00	119.81
1437	266.67	44.24	67.26	15.68	295.00	0.79	1.53	12.83	2.17	0.64	15.30	117.98
C687	212.67	52.57	66.52	18.36	253.00	0.75	3.23	14.43	1.64	0.84	15.67	111.81
CA339	218.41	45.75	64.22	14.82	302.00	0.75	6.13	13.20	1.67	0.54	15.00	99.92
Z3710	226.69	42.88	55.16	16.22	284.00	0.77	5.13	13.07	1.42	0.51	13.67	97.21
K888	200.35	47.89	62.67	17.89	248.00	0.76	6.50	13.43	1.45	0.65	16.17	95.95
Z59	218.22	42.80	61.02	13.80	307.00	0.77	3.33	14.03	1.68	0.72	11.00	93.40
C7	213.51	42.06	65.88	18.24	249.00	0.78	14.43	12.07	1.44	0.48	10.50	89.80
1081	203.46	43.99	70.05	16.18	268.00	0.79	11.33	12.83	2.13	0.79	12.25	89.51
SG1	187.08	47.84	66.95	16.36	257.00	0.77	8.53	12.23	1.55	0.62	18.00	89.49
123	209.95	37.32	54.40	15.23	276.00	0.79	1.50	15.37	1.66	0.73	13.00	78.35
C194	186.24	42.00	64.96	17.57	347.00	0.77	4.27	14.10	1.54	0.59	15.00	78.22
T685	159.91	46.18	65.88	16.84	239.00	0.77	3.43	11.63	1.50	0.65	14.50	73.85
6961	174.02	37.88	65.59	19.37	186.00	0.79	9.90	12.70	2.05	0.82	16.67	65.91
321	118.88	36.31	67.33	15.54	316.00	0.77	2.90	14.17	1.63	0.77	12.50	43.17

(2)经过 Bartlett 球度检验后，需求出综合后的新指标，表 2 是相关系数矩阵的特征根和特征向量。根据特征值大于 1 的原则，提取了 5 个主成分，其特征值分别为 3.179、1.638、1.539、1.334、1.005，各个主成分的方差贡献率分别为 28.889%、14.890%、13.992%、12.219%、9.137%，累计贡献率为 79.13%，代表了影

响青贮玉米材料秸秆消化养分的品质、农艺、生理主要性状 79.13%的信息量。

表 2 5 个主成分的贡献率及 Bartlett 球度检验

Table 2 Cumulative proportion and Bartlett Test of five principal factor

主成分 Principal factor	方 差 MS	贡献率(%) Proportion	累积贡献率(%) Cumulative
第 1 主成分	3.178	28.889	28.889
第 2 主成分	1.638	14.890	43.779
第 3 主成分	1.539	13.992	57.771
第 4 主成分	1.344	12.219	69.991
第 5 主成分	1.005	9.137	79.128
Bartlett's Test of Sphericity	Approx. Chi-Square		102.730
	df		55.000
	Sig.		0.000

(3)利用所设定的方差极大法对因子载荷矩阵进行旋转得到结果(表 3)。对于影响青贮玉米材料消化养分而言,3 类性状中,农艺性状 > 品质性状 > 生理性状,且各性状中的不同指标所占权数各异。主成分 1 反映农艺性状的作用, 主成分 2 反映了品质和农艺性状的作用,主成分 3 和主成分 4 反映了品质、农艺和生理性状的综合作用, 主成分 5 反映的是耐旱生理性状的作用。这 5 个主因子从品质、农艺、耐旱生理 3 个不同方面对青贮玉米进行了评价, 并且其累计贡献率为 79.13%,Bartlett 球度检验极显著。因此, 利用这 5 个主要因子对青贮玉米材料主要性状的评价是合理的。

表 3 主成分载荷矩阵

Table 3 Component matrix of principal component analysis

内 容 Content	组件 Component Prin Ⅰ	Prin Ⅱ	Prin Ⅲ	Prin Ⅳ	Prin Ⅴ
穗位高	0.933	–0.108	0.079	0.000	–0.031
株 高	0.720	0.030	0.211	–0.236	0.292
秸秆干产	0.689	–0.211	–0.359	0.348	–0.027
秸秆体外消化率	–0.085	0.867	–0.258	0.007	0.172
穗行数	–0.158	0.855	0.276	0.037	–0.076
叶片最大光能转化率	–0.050	–0.197	0.841	–0.006	–0.094
秸秆粗蛋白含量	0.089	0.200	0.681	0.147	0.049
子粒淀粉含量	0.014	–0.007	0.100	0.938	0.034
全株叶数	0.570	–0.288	–0.162	–0.580	–0.346
穗叶叶绿素	0.173	–0.034	–0.082	0.071	0.892
叶片初始荧光	0.496	–0.356	–0.064	–0.064	–0.593

(4)表 4 给出了因子得分函数矩阵。这是根据回归算法计算出来的因子得分函数的系数, 根据该表格得到因子得分函数。

F_1=–0.291×X_1+0.112×X_2+……0.096×X_{11}

F_2=0.001×X_1+0.540×X_2+……+0.541×X_{11}

F_3=–0.227×X_1–0.199×X_2+……+0.142×X_{11}

F_4=0.325×X_1–0.019×X_2+……+0.005×X_{11}

F_5=–0.048×X_1–0.021×X_2+……–0.200×X_{11}

(5)由表 2 可知,5 个主成分因子的权重为 0.289、0.149、0.139、0.122、0.0914。因此,依据主成分得分系数(表 4),可得出 5 个因子的得分,同时由综合判断公式:

表 4 主成分得分系数矩阵

Table 4 Component score coefficient matrix of principal component analysis

内 容 Content	组件 Component Prin Ⅰ	Prin Ⅱ	Prin Ⅲ	Prin Ⅳ	Prin Ⅴ
秸秆产量	0.291	0.001	–0.227	0.325	–0.048
秸秆体外消化率	0.112	0.540	–0.199	–0.019	–0.021
子粒淀粉含量	0.066	–0.022	0.021	0.687	–0.089
秸秆粗蛋白含量	0.106	0.114	0.438	0.072	0.006
叶片初始荧光	0.164	–0.040	–0.031	0.067	–0.404
叶片最大光能转化率	–0.035	–0.155	0.558	–0.035	–0.012
苞叶叶绿素	0.067	–0.141	–0.023	–0.047	0.694
全株叶数	0.173	–0.015	–0.062	–0.339	–0.159
株 高	0.327	0.097	0.180	–0.179	0.254
穗位高	0.414	0.103	0.082	0.059	–0.013
穗行数	0.096	0.541	0.142	0.005	–0.200

$$F=a_1\times f_1+a_2\times f_2+\ a_3\times f_3+\ a_4\times f_4+\ a_5\times f_5$$

可以得出与 26 份青贮材料消化养分相关的综合得分。由于 F_1 代表了青贮玉米的品质和农艺性状,根据 F_1 的分析结果可知,在青贮玉米农艺性状

方面，前 5 位材料得分在 1.0 以上，其高低排序依次为 1182、F568、QUAN、8326、G6981；F_2 反映了品质和农艺性状二者的作用，得分在 1.0 以上的材料的高低排序依次为 C687、T685、Sg1；在生理耐旱性状方面，得分在 1.0 以上的材料的高低排序依次为 G6981、G6961、C7、1081(表 5)。

表 5　主成分因子得分及前 10 位排序表

Table 5　Component score and sort order of Principal component analysis

Prin Ⅰ		Prin Ⅱ		Prin Ⅲ		Prin Ⅳ		Prin Ⅴ		综合得分 Integrate score	
材料 Lines	得分 Score	材料 Lines	得分 Score	材料 Lines	得分 Score	材料 Lines	得分 Score	材料 Lines	得分 Score	材料 Lines	得分 Score
1182	1.858	C687	2.349	G6961	2.403	E340	1.618	G6981	2.153	J36	0.452
F568	1.675	T685	1.754	1081	1.060	Q205	1.518	G6961	2.121	QUAN	0.441
QUAN	1.337	Sg1	1.397	QUAN	1.022	J36	1.045	C7	2.022	Q318	0.404
8326	1.322	Z3710	0.891	8326	0.954	Q318	0.961	1081	1.474	1081	0.401
G6981	1.299	Q318	0.785	1437	0.902	SW116	0.908	J36	0.611	8326	0.381
J36	0.917	G6981	0.666	C7	0.685	QUAN	0.666	SW116	0.609	G6961	0.341
Q318	0.907	K888	0.646	1182	0.470	F568	0.580	Sg1	0.361	C687	0.325
E340	0.371	C339	0.424	T685	0.449	C161	0.551	K888	0.273	SW116	0.324
C687	0.312	SW116	0.371	123	0.408	T685	0.399	F568	0.172	E340	0.298
1081	0.250	J36	0.264	C194	0.369	C7	0.362	E340	0.095	1182	0.282

综合青贮材料品质、农艺、生理性状 3 个方面的分析可知，本研究得分在 0.4 以上材料的高低综合排序依次为 J36、QUAN、Q318、1081，说明这 4 份材料的品质性状优、农艺性状好、耐旱性强，综合性状好。

3　结论与讨论

本研究运用 SPSS 软件的主成分分析法，能够对青贮玉米材料进行较好的评价，结果具有准确性，克服以往对青贮材料综合评判中的一些弊端，为青贮玉米的材料筛选提供了科学方法。

王元东等认为在青贮玉米选择上比较注重青贮玉米的鲜重产量，而忽视其营养品质。潘金豹等认为，青贮玉米应兼顾产量和品质两方面。侯建华等认为，不仅是要提高产量，而且要提高品质，同时保持其它农艺性状的良好。

与以往文献相比较，本研究不仅采用 SPSS 软件的主成分分析对青贮资源进行分析，而且从显著影响青贮材料消化养分的农艺、品质和生理主要性状 3 个方面进行筛选与综合评价。结果表明，J36、QUAN、Q318、1081 这 4 份材料品质优、农艺性状好、耐旱性强，综合表现好，适合在丘陵旱区作青贮玉米资源。材料的共同特征为农艺性状方面，在抗倒前提下植株高大、穗位较高、秸秆干物质产量高、果穗行数多、全株叶数适中；秸秆体外消化率、粗蛋白含量和子粒淀粉含量高；穗位叶片最大光能转化率值大、叶绿素含量较高、初始荧光值适中。在丘陵区季节性干旱生态条件下，本研究结果与实际情况是吻合的。然而，青贮玉米材料的综合评估应有多年多次的试验才能证明其应用价值，此项研究结果只为丘陵旱区青贮玉米材料的评价提供了一个理论参考。

本研究对参试的 26 份青贮玉米材料进行综合评估时，分析了对青贮材料消化养分影响显著的品质、农艺和生理性共 11 个因子，但还有一些因素如叶片光合速率、水分利用效率、储存发酵和抗病性等未能涉及，影响了对所考察青贮材料综合评估的准确性，因此还需作更进一步的研究。

参考文献：

[1] Arigiller, Hebert Y, Barriere Y. Relationships between hiontas yield grain production lodging[J] . Feeding value in silage maize,1998, 40(2): 125-136 .

[2] Vattikonda M R, Hunter R B. Comparison of grain yield and whole-plant silage production of recommended corn hybrids[J] . Plant Sci., 1983, 63: 601-609 .

[3] 张秋英，李发东，刘孟雨，等 . 水分胁迫对小麦旗叶叶绿素 a 荧光参数和光合速率的影响[J].干旱地区农业研究,2000,20(3)：80-84 .

[4] 蒲光兰，周兰英，胡学华，等.土壤干旱胁迫对金太阳杏叶绿素荧光参数的影响[J].干旱地区农业研究,2003, 23(3)：44-48 .

[5] 印志同，邓德祥，卞云龙，等 . 玉米自交系性状的遗传相关分析和主成分分析[J]. 扬州大学学报，2001，4(1)：48-51 .

[6] 于秀林，任雪松.多元统计分析[M]. 北京：中国统计出版社，1999 .

[7] 胡延吉，赵檀方.小麦农艺性状主成分分析与种质资源评价研究[J]. 作物研究，1994，8(2)：31-34 .

[8] 王元东，段明孝，邢锦丰，等.青贮玉米研究进展[J].玉米科学，2002,10(2):17-21 .

[9] 潘金豹，张秋芝，郝玉兰，等.青贮玉米的类型及评价标准[J].北京农业，2002，11：27-28 .

[10] 侯建华，郑红丽，杨丽君，等.玉米种质资源品质性状与主要农艺性状相关分析[J].内蒙古农业大学学报，2001.22(2): 71-74 .

(责任编辑：朴红梅)