

# 基于主成分分析及聚类分析对不同春玉米品种耐密性评价

杨锦越 宋碧 罗英舰 张军 刘婕 杨翠 卢慧

(贵州大学农学院, 贵阳 550025)

**摘要:**为了评价不同春玉米品种的耐密性,以20个玉米品种为材料,设置5.25万株/hm<sup>2</sup>、6.75万株/hm<sup>2</sup>2个密度处理,对不同玉米品种耐密性进行分析。主成分分析结果表明,将10个农艺性状转化为3个主成分因子,可代表原始数据信息量的86.77%,筛选出3个耐密性评价指标,即茎秆压折强度、穗位高系数和倒伏率;金玉306、金玉838、仲玉3号、黔单16号、正红6号和先玉1171这6个品种耐密性较好,适合在西南地区推广种植。聚类分析结果表明,20个玉米品种可划分成3类,结果与主成分分析得出的结论基本一致。本研究为西南地区选择耐密抗倒伏玉米品种提供参考依据。

**关键词:**玉米;耐密性;主成分分析;聚类分析;综合评价

玉米是中国三大粮食作物之一,也是西南地区主要的粮食作物<sup>[1]</sup>。大量研究表明,适当增加种植密度是实现玉米高产的重要途径<sup>[2-7]</sup>,但种植密度的增加,导致玉米株高增高、茎粗减小、茎秆强度降低,从而增加玉米植株倒伏率和倒折率,显著降低玉米产量;不同品种对密度的反应不同,同一密度下不同品种农艺性状和产量差异明显<sup>[8-13]</sup>,因此,对不同玉米品种耐密性分析与评价,具有重要的理论价值和实践

意义。主成分分析法是利用降维的思想,把多指标转化为少数几个综合指标(即主成分),其中每个主成分都能反映原始变量的大部分信息,且所含信息互不重复<sup>[14]</sup>,目前已经广泛用于作物耐旱性、耐瘠性和品质方面的综合评价。任伟等<sup>[15]</sup>利用模糊隶属函数法对12个青贮玉米品种进行了综合评价;覃永媛等<sup>[16]</sup>以产量抗旱系数(DC)、产量抗旱指数(DI)、产量抗旱隶属度(SV)为评价指标,结合主成分分析对玉米种质耐旱性进行综合评价;张健等<sup>[17]</sup>利用灰色关联度法对不同玉米品种进行综合评价。目前,关于不同玉米品种耐密性的研究主要集中在北方地区<sup>[13]</sup>,针对西南地区研究的品种较为单一,目前未见该模式下对不同玉米品种耐密性的研究。本研究通过设置不同的种植密度,采用主成分分析法和聚类分析对20个

**基金项目:**国家重点研发计划粮食丰产增效科技创新专项(2016YFD0300307);公益性行业(农业)科研专项(201503127);贵州省作物学省级重点学科建设计划项目(黔学位合字ZDXK[2014]8号);贵州省生物学一流学科建设项目(GNYL[2017]009);贵州省普通高等学校粮油作物遗传改良与生理生态特色重点实验室(黔教合KY字[2015]333)

**通信作者:**宋碧

分涉及到采收、存贮、人员变动等多方面干扰因素,其结果在大样本量的前提下可信度较高,参加品鉴的人数越少、采收后放置时间越长,对结果的影响越大,尤其是多次取样测定适采期和货架期时,蒸煮品鉴耗时费力,最终却缺乏结果的可靠性。通过本试验研究结果,可探讨通过子粒含水量、可溶性糖含量、种皮穿刺强度等快速可得的客观性指标在品种比较试验初次筛选或大批量育种材料的筛选时取代蒸煮品鉴指标,实现快速测定,结果客观。

## 参考文献

- [1] 龙德祥,任晓菊,李勤,等. 鲜食玉米育种概况及新品种选育方法[J]. 中国种业, 2008(1): 21-23
- [2] 王小明,王子明,张璧,等. 广东省超甜玉米生产及新品种选育现状分析[J]. 仲恺农业技术学院学报, 2003, 16(2): 59-64
- [3] 陈静,沈生元,谢庆春,等. 甜玉米鲜穗产量与主要农艺性状的灰色关联度分析[J]. 江苏农业科学, 2017, 45(10): 48-51
- [4] 赵元增,牟琪,裴玉荣,等. 甜玉米主要农艺性状的灰色关联度分析[J]. 吉林农业大学学报, 1999, 21(4): 12-15

(收稿日期: 2018-05-17)

玉米品种的农艺性状在高密度下的表现进行综合评价,为西南地区选择耐密玉米品种提供参考依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 供试材料 供试玉米品种 20 个,见表 1。

表 1 供试玉米品种名称及来源

编号	品种名称	来源	编号	品种名称	来源
1	先玉 1171	四川农大正红生物科技有限责任公司	11	仲玉 3 号	四川南充市农业科学院
2	渝单 8 号	重庆市农科院	12	粒收 1 号	焦作万德丰农业科技有限公司
3	正红 6 号	四川农大正红生物科技有限责任公司	13	金玉 306	贵州省农业科学院
4	筑黄 127/S02	贵阳农科所	14	筑黄 99M/21	贵阳农科所
5	珍禾 99	云南种业集团	15	黔单 16 号	贵州省农业科学院
6	爱农 001	山东爱农种业有限公司	16	靖单 12 号	曲靖市农业科学院
7	正红 431	四川农大正红生物科技有限责任公司	17	靖玉 1 号	曲靖市农业科学院
8	金玉 932	贵州省农业科学院	18	郑单 958	四川农业大学玉米所
9	靖丰 18	曲靖市农业科学院	19	金玉 838	贵州省农业科学院
10	荣玉 1510	四川农业大学玉米所	20	新中玉 801	贵州新中一种业有限责任公司

**1.2 试验设计** 试验于 2017 年 3-9 月在贵州省遵义市播州区石板镇(27° 13' N, 106° 17' E)进行,该地区属中亚热带季风性湿润气候,年平均气温 14.9℃,无霜期 291d,降雨量 1035.7mm。供试土壤有机质 26.23g/kg,碱解氮 80.50mg/kg,全磷 17.52mg/kg,速效磷 23.74mg/kg,全钾 23.15g/kg,速效钾 226mg/kg。

采用二因素裂区设计,主处理为种植密度,即 5.25 万株/hm<sup>2</sup>、6.75 万株/hm<sup>2</sup>,副处理为玉米品种(表 1)。小区面积 25.5m<sup>2</sup>(7.5m×3.4m),3 次重复。采用宽窄行种植,宽行 0.8m,窄行 0.4m。基肥每 hm<sup>2</sup> 施用复合肥(N:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:K<sub>2</sub>O=15:15:15) 600kg,在拔节期和大喇叭口期追施尿素,施用量分别为 150kg 和 225kg。其他栽培管理措施同当地大面积生产。

### 1.3 测定项目及方法

**1.3.1 株高、穗位高、茎粗** 在成熟期每个小区选取有代表性植株 10 株,测量株高、穗位高和茎粗(地上第 3 节节间)。茎粗系数(%) = 茎粗 / 株高 × 100%,穗位高系数(%) = 穗位高 / 株高 × 100%。

**1.3.2 茎秆穿刺强度、茎秆压折强度、茎秆压碎强度** 在玉米吐丝后 25d,每个小区选取有代表性植株 3 株,剥去叶片和叶鞘,采用 YYD-1 型茎秆强度测定仪(浙江托普仪器有限公司生产)测定植株地上部第 3~5 节、穗上 1 节和穗下 1 节。方法:将横截面积为 0.01cm<sup>2</sup> 的测头沿茎秆中部垂直于

茎秆方向匀速缓慢插入,读取其最大值,即为茎秆穿刺强度;将各节分别平放在测定仪的凹槽内,迅速压下使茎秆压折,读取最大值,即为茎秆压折强度;将横截面积为 1cm<sup>2</sup> 的测头垂直于茎秆节间中部匀速缓慢压下,直到茎秆破裂,读取最大值,即为茎秆压碎强度。最后,计算 5 个节间茎秆强度的平均值。

**1.3.3 倒伏率和倒折率** 在成熟期对每个小区进行调查,记录各小区总株数、倒伏数(植株与地面夹角小于 60°)、倒折数(植株折断的株数)。倒伏率(%) = 倒伏株数 / 总株数 × 100%,倒折率(%) = 倒折株数 / 总株数 × 100%。

**1.4 数据分析** 采用 Microfost Excel 2007 进行数据处理,DPS 和 SPSS 19.0 软件进行数据统计与分析。

## 2 结果与分析

**2.1 玉米主要农艺性状测定值** 变异系数是衡量性状指标中各观测值差异程度和变异范围的统计量。20 个玉米品种的 10 个农艺性状指标的变异系数存在明显差异(表 2),变异系数最大是倒伏率,其次是倒折率,说明种植密度对倒伏率和倒折率的影响较大;变异系数最小的是穗位高系数、茎粗和茎粗系数,说明这些性状由品种本身内在因素决定,对种植密度的敏感度较小;茎秆压折强度变异系数(23%)和压碎强度变异系数(20%)大于穿刺强度变异系数(13%),说明种植密度对茎秆压折

强度和压碎强度影响较大,对茎秆穿刺强度影响较小。

表2 玉米主要农艺性状测定表现值

性状	变异范围	标准差	平均值	变异系数 (%)
穿刺强度(N/mm)	29.29~46.81	5.14	39.54	13
压折强度(N)	109.98~330.65	52.95	232.66	23
压碎强度(N)	95.33~253.21	35.24	177.47	20
株高(cm)	181.78~318.33	29.09	272.19	11
穗位高(cm)	75.89~135.00	16.90	118.65	14
穗位高系数(%)	37.17~50.55	3.99	43.57	9
茎粗(cm)	1.70~2.52	0.19	2.09	9
茎粗系数(%)	0.54~0.79	0.06	0.66	9
倒伏率(%)	1.21~57.90	15.78	17.76	89
倒折率(%)	1.61~30.86	8.20	11.20	73

**2.2 玉米主要农艺性状主成分分析** 利用 SPSS 对 20 个玉米品种的 10 个农艺性状指标进行主成分分析,结果见表 3。主成分个数的提取原则为主成分对应的特征值大于 1 且主成分累计贡献率  $\geq 85\%$  的前  $m$  个主成分,利用主成分分析可以对耐密性指标进行全面系统科学的综合评价。由表 3 可知,第 1 主分量贡献率为 51.566%,说明第 1 主分量能解释玉米性状指标变异的 51.566%,第 2 和第 3 主分量贡献率分别为 20.820% 和 14.384%。前 3 个主成分累计方差贡献率达 86.770%,且这 3 个成分的特征值都大于 1,能有效解释玉米品种性状指标总变异,因此可以用前 3 个主成分代替上述 10 个性状指标对玉米的品种进行评价与判断。

表3 玉米各指标主成分分析

主成分	特征值	贡献百分率(%)	累计百分率(%)
1	5.157	51.566	51.566
2	1.782	20.820	72.386
3	1.138	14.384	86.770
4	0.850	5.497	92.267
5	0.519	3.186	95.453
6	0.335	2.352	97.805
7	0.192	1.920	99.725
8	0.026	0.260	99.985
9	0.001	0.010	99.995
10	0.001	0.005	100

由表 4 可知,对第 1 主成分载荷值为正且较大的是茎秆压折强度、压碎强度、穿刺强度、茎粗和茎粗系数,载荷值分别为 0.877、0.875、0.818、0.805 和 0.803,因此茎秆压折强度、压碎强度和穿刺强度可作为第 1 主成分中的代表性评价指标。第 2 主成分贡献最大的是穗位高系数,载荷值为 0.710。其次是倒折率,载荷值为 0.493,即穗位高系数和倒折率是第 2 主成分的代表性评价指标。第 3 主成分贡献最大的是倒伏率,载荷值为 0.906,其次是株高,载荷值为 0.398,因此第 3 主成分的代表性评价指标是倒伏率和株高。综上所述,茎秆压折强度、穗位高系数和倒伏率可作为评价玉米品种耐密特性的指标。

表4 指标因子在主成分中载荷

主成分物质	主成分		
	因子 1	因子 2	因子 3
穿刺强度	0.818	-0.404	-0.065
压折强度	0.877	-0.474	-0.025
压碎强度	0.875	-0.413	-0.046
株高	0.745	0.030	0.398
穗位高	0.771	0.490	0.144
穗位高系数	0.405	0.710	-0.245
茎粗	0.805	0.337	-0.171
茎粗系数	0.803	0.324	-0.193
倒伏率	0.163	0.136	0.906
倒折率	-0.604	0.493	0.064

利用 3 个主成分的特征值和初始因子载荷值,可分别计算出每个主成分所对应表达式的系数,得到以下 3 个主成分的表达式:

$$F_1=0.360X_1+0.386X_2+0.385X_3+0.328X_4+0.340X_5+0.178X_6+0.354X_7+0.354X_8+0.072X_9-0.266X_{10}$$

$$F_2=-0.303X_1-0.355X_2-0.309X_3+0.022X_4+0.367X_5+0.532X_6+0.252X_7+0.243X_8+0.102X_9+0.369X_{10}$$

$$F_3=-0.061X_1-0.023X_2-0.043X_3+0.373X_4+0.135X_5-0.230X_6-0.160X_7-0.181X_8+0.849X_9+0.060X_{10}$$

为了很好地评价 20 个玉米品种的耐密情况,要按照各主成分对应的方差贡献率为权数计算综合统计  $F_{综合}$ ,即用第 1 主成分  $F_1$  中每个指标对应的系数乘上第 1 主成分  $F_1$  对应的贡献率再除以所提取 3 个主成分的贡献率之和, $F_2$  和  $F_3$  中也是按照此法

计算,最后将3个主成分加起来,即可得到综合得分模型,结果如下:

$$F_{\text{综合}}=0.131X_1+0.140X_2+0.148X_3+0.262X_4+0.312X_5+0.196X_6+0.245X_7+0.238X_8+0.141X_9-0.060X_{10}$$

将20个玉米品种的10个农艺性状指标进行标准化处理,将值分别带入表达式中,可以得出因子的综合得分(表5)。综合来看,第1主成分排名前5位的品种有:金玉838、仲玉3号、金玉306、黔单16号、先玉1171;第2主成分排名前5位的品种有:筑黄127/S02、金玉306、黔单16号、珍禾99、郑单958;第3主成分排名前5位的品种有:金玉932、筑黄127/S02、正红6号、靖玉1号、金玉306。综合排名来看,金玉306、金玉838、仲玉3号、黔单16号、正红6号和先玉1171这6个品种耐密性较好,筑黄99M/21、郑单958品种的耐密性较差。

**2.3 玉米品种产量与农艺性状的聚类分析** 20个玉米品种的10个农艺性状指标进行标准化处理,利用DPS进行聚类分析,得到20个玉米品种的聚类图(图1)。由图1可以得出,先玉1171、靖单12号、金玉306、黔单16号、仲玉3号和金玉838耐密性最强,为I类,此类品种茎秆强度大,倒伏率低,种植密度每 $\text{hm}^2$ 可以控制在6.75万株以上;渝单8号、靖丰18、正红431、新中玉801、筑黄127/S02、珍禾99、正红6号、靖玉1号、金玉932、爱农001、粒收1号和荣玉1510耐密性次之,为II类,此类品种倒伏率中等,穗位高系数偏大,种植密度应该控制在5.25万~6.75万株之间;筑黄99M/21和郑单958耐密性较差,为III类,此类品种茎秆强度小,倒伏率高,可能与品种的适应性有关。聚类分析得出的结果与主成分分析得出的结论基本一致。

表5 20个品种耐密性排序

品种	主成分1	名次	主成分2	名次	主成分3	名次	综合	名次
先玉1171	1.238	5	0.001	11	-0.304	11	0.774	6
渝单8号	-1.184	15	1.084	6	-0.117	10	-0.450	14
正红6号	1.145	6	0.450	8	1.133	3	0.876	5
筑黄127/S02	-1.648	17	1.880	1	1.286	2	-0.478	15
珍禾99	0.746	9	1.559	4	0.434	8	0.740	7
爱农001	-0.149	14	-2.539	20	-0.651	14	-0.677	16
正红431	-1.345	16	-0.592	15	-0.529	13	-0.951	18
金玉932	0.850	8	-1.161	17	2.372	1	0.479	9
靖丰18	-1.945	18	0.620	7	0.650	7	-0.890	17
荣玉1510	0.498	11	-2.497	19	0.058	9	-0.148	12
仲玉3号	2.822	2	-0.435	14	-1.263	18	1.360	3
粒收1号	0.273	12	-1.939	18	-0.934	17	-0.399	13
金玉306	2.495	3	1.822	2	0.920	5	1.931	1
筑黄99M/21	-5.152	19	-0.782	16	-1.500	20	-3.402	20
黔单16号	1.288	4	1.605	3	0.914	6	1.181	4
靖单12号	1.122	7	0.146	9	-0.323	12	0.618	8
靖玉1号	0.590	10	-0.336	13	1.004	4	0.408	10
郑单958	-5.231	20	1.085	5	-0.868	16	-2.837	19
金玉838	3.582	1	-0.012	12	-1.453	19	1.929	2
新中玉801	0.005	13	0.042	10	-0.829	15	-0.065	11

### 3 结论与讨论

在本试验所测定的农艺性状指标中,倒伏率的

变异系数最大,说明倒伏率除了受品种自身因素影响外,所受到的其他环境因素影响也较大,这与钟

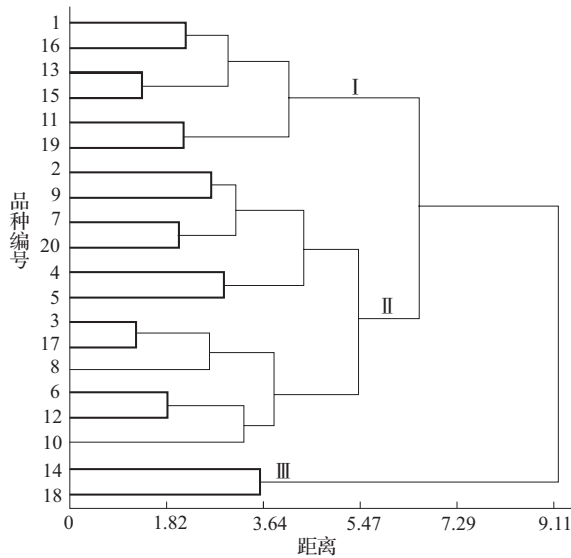


图1 20个玉米品种聚类分析

成<sup>[18]</sup>的研究结果一致。在采用多项指标进行综合评价分析时,由于指标数量多而且指标之间相互关联,导致分析工作比较困难。多元统计的主成分分析是指在不损失或很少损失原有信息的前提下,将原来数量较多而且彼此相关的指标转换为新的数量少而彼此独立或不相关的综合指标,从而简化多指标分析<sup>[19-20]</sup>。目前,主成分分析方法已经广泛应用于各种问题综合评价方面,并取得了良好的效果<sup>[21-24]</sup>。本试验采用主成分分析方法,将20个玉米品种的10个农艺性状指标简化为3个彼此不相关的综合指标(主成分),这3个主成分累计方差贡献率达86.770%。从主成分分析结果看出,茎秆抗压强度、穗位高系数和倒伏率可作为评价玉米品种耐密特性的重要农艺性状指标,其他指标可作为评价的参考指标,这与田晓艳<sup>[25]</sup>研究结果基本一致,评价指标的全面性还需要进一步探讨;金玉306、金玉838、仲玉3号、黔单16号、正红6号和先玉1171这6个品种耐密性较强,适合在西南地区推广种植。聚类分析结果表明,20个玉米品种可划分成3类,结果与主成分分析得出的结论基本一致。本研究为西南地区选择耐密抗倒品种提供指导依据,但还需要进行不同生态适应性研究和验证。

#### 参考文献

- [1] 李少昆,赵久然,董树亭,等. 中国玉米栽培研究进展与展望[J]. 中国农业科学,2017,50(11): 1941-1959
- [2] 徐宗贵,孙磊,王浩,等. 种植密度对旱地不同株型春玉米品种光合

- 特性与产量的影响[J]. 中国农业科学,2017,50(13): 2463-2475
- [3] 王红军,郭书亚,张艳,等. 不同密度条件下化控对夏玉米光合特性及产量的影响[J]. 江苏农业科学,2017,45(17): 66-69
- [4] 黄鼎程,王登伟,柳延涛,等. 不同种植密度对甜玉米品种主要农艺性状及产量的影响研究[J]. 新疆农垦科技,2017,40(2): 14-16
- [5] 李洪梅,王西芝,蒋明洋,等. 不同种植密度对夏玉米农艺性状及产量的影响[J]. 山东农业科学,2015,47(7): 59-61
- [6] 侯月. 种植密度对玉米产量及相关生理特性影响的研究[D]. 天津: 天津农学院,2015
- [7] 汤彬,李宏志,曹钟洋,等. 不同种植密度对13个玉米品种产量及主要农艺性状的影响[J]. 湖南农业科学,2013(1): 17-21
- [8] 张洪生,赵明,吴沛波,等. 种植密度对玉米茎秆和穗部性状的影响[J]. 玉米科学,2009,17(5): 130-133
- [9] 勾玲,黄建军,张宾,等. 群体密度对玉米茎秆抗倒力学和农艺性状的影响[J]. 作物学报,2007,33(10): 1688-1695
- [10] 黄海,常莹,吴春胜,等. 群体密度对玉米茎秆强度及相关生理指标的影响[J]. 西北农林科技大学学报:自然科学版,2014,42(4): 81-87,101
- [11] 邓妍,王创云,郭虹霞,等. 群体密度对玉米茎秆农艺性状、力学特性和产量的影响[J]. 作物杂志,2017(4): 89-95
- [12] 谷利敏,乔江方,张美微,等. 种植密度对不同耐密夏玉米品种茎秆性状与抗倒伏能力的影响[J]. 玉米科学,2017,25(5): 91-97
- [13] 任佰朝,李利利,董树亭,等. 种植密度对不同株高夏玉米品种茎秆性状与抗倒伏能力的影响[J]. 作物学报,2016,42(12): 1864-1872
- [14] 陈冰洁,吕莹莹,张恩盈,等. 鲜食型糯玉米新品种主要农艺性状的相关和主成分分析[J]. 山东农业科学,2017,49(7): 16-20
- [15] 任伟,侯乐新,郭振升,等. 12个青贮玉米新品种综合评价[J]. 河南农业科学,2018,47(2): 50-52
- [16] 覃永媛,时成俏,王兵伟,等. 48份玉米种质的耐旱性鉴定与评价[J]. 南方农业学报,2014,45(11): 1926-1934
- [17] 张健,张兴端,晏庆九,等. 灰色关联度分析在玉米品种评价中的应用[J]. 玉米科学,2006,14(5): 52-55
- [18] 钟成. 新选玉米单倍体诱导系生态适应性评价与遗传多样性分析[D]. 成都: 四川农业大学,2015
- [19] 杨玉霞,陈雪飞,张美,等. 基于主成分及聚类分析的虎杖产量与品质的综合评价[J]. 江苏农业科学,2018,46(2): 96-99
- [20] 王学征,赵亮,李秋红,等. 甜瓜品系主要性状相关性和主成分分析[J]. 东北农业大学学报,2014,45(10): 35-41
- [21] 夏建国,李廷轩,邓良基,等. 主成分分析法在耕地质量评价中的应用[J]. 西南农业学报,2000,13(2): 51-55
- [22] 李向华,常汝镇. 中国春大豆品种聚类分析及主成分分析[J]. 作物学报,1998,24(3): 325-332
- [23] 杨军林,任亚梅,张武岗,等. 基于主成分分析法的熟化马铃薯品质评价[J/OL]. 食品科学,(2017-09-27)[2018-05-12]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.2206.TS.20170927.1358.002.html>
- [24] 徐艳霞,李旭业,杨伟光,等. 基于主成分分析和聚类分析的玉米自交系芽苗期抗旱指标的研究[J]. 作物杂志,2014(3): 54-57
- [25] 田晓艳. 玉米自交系耐密性分析及评价性状筛选[D]. 长春: 吉林农业大学,2013

(收稿日期: 2018-06-07)