

基于主成分分析的干籽粒豌豆适应性评价研究

唐 义 何友勋 葛平珍 赵 龙 余 娟 张时龙

(毕节市农业科学研究所, 贵州毕节 551700)

摘要:为了筛选出适宜贵州种植的干籽粒豌豆新品种(系),同时为干籽粒豌豆遗传育种提供优良的种质资源,以11个干籽粒豌豆新品种(系)为材料,采用随机区组排列设计,考察生育期、株高、始荚高度等13个农艺性状,并运用描述性分析、相关性分析、主成分分析对农艺性状进行综合评价。在13个农艺性状中,除生育期、荚长、荚宽外,其余10个农艺性状的变异系数大于15%,株高变异系数最大,为64.19%;从相关性分析结果看,各农艺性状间存在不同程度的相关性。通过主成分分析将13个农艺性状转化为3个主成分,累积贡献率90.27%;综合主成分得分较高的品种(系)有20205、定豌9号,这2个品种(系)综合农艺性状表现良好,可引进到贵州省范围内进行示范试验。

关键词:干籽粒豌豆;主成分分析;适应性评价

Adaptability Evaluation of New Dry Grain Pea Varieties Based on Principal Component Analysis

TANG Yi, HE Youxun, GE Pingzhen, ZHAO Long, YU Juan, ZHANG Shilong

(Bijie Institute of Agricultural Sciences, Bijie 551700, Guizhou)

豌豆(*Pisum sativum* L.)又叫淮豆、荷兰豆、青豆,原产于亚洲西部和地中海,是第二大食用豆类作物,耐寒性和适应性均较强,可食用器官多样化^[1],是重要的粮蔬饲肥兼用的作物。当前豌豆主要以鲜籽粒豌豆(食用鲜籽粒)、荚用豌豆(食用豌豆荚)、豌豆尖(食用豌豆嫩梢和嫩茎叶)、干籽粒豌豆、绿肥豌豆为主^[2]。贵州省农户有种植豌豆习惯,如龙里县豌豆尖(农产品地理标志产品)^[3]、黔西北山

区引种半无叶豌豆^[4]。当前贵州省豌豆品种混杂、传统自留品种品质退化且产量低,已不能满足种植户和市场需求,引进或培育适应性好、农艺性状良好、产量及品质佳的豌豆品种是解决当前问题的关键。

主成分分析是从构成性状的多因素关系揭示供试材料的特点,了解其主成分构成、特征和生物学意义,为供试材料的客观评价和品种的引进或选育提供理论参考。近年来,主成分分析在作物资源农艺性状及品质和畜禽的综合评价中广泛应用,涉及作物及畜禽主要有朝天椒^[5]、谷子^[6]、大米^[7]、马铃

基金项目:国家现代农业产业技术体系-食用豆(CARS-08-Z17);毕节市综合性粮油作物试验示范基地建设项目

通信作者:何友勋

桑品种成熟桑椹的游离氨基酸主成分分析和综合评价. 食品科学, 2016, 37(14): 132-137

[18] 李刚凤, 李洪艳, 张绍阳, 高荣美, 段萧燕, 吴仕敏, 李瑞林. 沙子空心李果实营养品质的主成分分析和综合评价. 食品与发酵工业, 2020, 46(12): 264-270

[19] 李倩, 杨卫明, 汪瑞华, 杨建国, 吴光辉, 熊绍军. 湖南省生姜资源主要农艺性状鉴定评价. 中国农学通报, 2020, 36(25): 37-44

[20] 韩志平, 李进, 王丽君, 张海霞. 大同黄花菜组织培养试验初报. 种

子, 2018, 37(11): 69-72

[21] 王艳, 张海丽, 许腾, 范蓓, 刘新民, 王凤忠. 黄花菜不同品种不同部位营养与功能成分差异性研究. 食品科技, 2017, 42(6): 68-71

[22] 金潇潇. 部分菊花品种的营养品质评价. 南京: 南京农业大学, 2008

[23] 洪亚辉, 张永和, 屠波, 兰崎杰, 胡超. 不同品种的黄花菜鲜干营养成分比较. 湖南农业大学学报, 2003, 29(6): 503-505

(收稿日期: 2023-05-15)

薯^[8]、白鹅^[9]等。本研究以 11 个干籽粒豌豆新品种(系)为试验材料,通过田间记载和室内考种,运用主成分分析对干籽粒豌豆的 13 个农艺性状进行分析,确定用于综合评价的主成分个数,根据主成分得分和贡献率计算出综合主成分得分,利用综合主成分得分评价干籽粒豌豆的适应性,筛选出农艺性状良好的干籽粒豌豆新品种(系),旨在提供优质高产的干籽粒豌豆新品种(系),同时为干籽粒豌豆新品种选育和示范推广提供理论基础。

1 材料与方法

1.1 试验材料 试验材料为 2020 年参加国家食用豆产业技术体系豌豆新品种(系)(干籽粒组)联合鉴定试验的 11 个豌豆新品种(系),分别为:皖豌 1 号、中豌 201、川 268-1、成都朱砂豌 1 号、定豌 9 号、20205、靖豌 8 号、渝豌 6 号、云豌 116、苏豌 8 号、中豌 6 号(CK)。

1.2 试验设计 每个参试品种(系)重复 3 次,小区长 3m、宽 3.33m,小区面积 9.99m²。每小区 10 行;密度 3.3 万苗/667m²;试验田总面积 1134m²。试验田位于毕节市朱场镇(107.77°E、27.45°N,海拔 1545m),前作为玉米,壤土,土壤肥力中等。播种时每 hm² 施底肥钾肥 100kg、尿素 200kg、复合肥 200kg。2020 年 10 月 22 日播种,在豌豆的生长周期共施肥 2 次、中耕除草 4 次,喷施阿维菌素防治虫害。

1.3 试验调查及记载 根据《豌豆种质资源描述规范和数据标准》^[10] 要求适当修改,记载参试品种的物候期、植物学特征、生物学特征、经济性状等项目。本研究记载豌豆的生育期、株高、始荚高度、主茎分枝数、有效枝数、主茎节数、总荚节数、实荚数、实粒数、荚长、荚宽、百粒重、考种株产量等 13 个数量性状,并对以上数量性状进行分析。记载项目及记载标准如下。

生育期:从出苗到成熟的天数,以 d 表示;株高: 取样 20 株,测量每株最高一枝顶端生长点至茎基长度,求平均值,以 cm 表示;始荚高度: 取样 20 株,测量每株开始结荚生长点至茎基长度,求平均值,以 cm 表示;主茎分枝数: 取样 20 株,记录每个植株上分枝的总和(包括结荚与否的分枝及主茎),求平均值,以个表示;有效分枝数: 取样 20 株,记录凡是结有可收获籽粒的荚的枝(包括主茎),求平均值,以个表示;主茎节数: 取样 20 株,记录每株主茎从

基部第一节起至顶端最后一节止的总节数,求平均值,以节表示;总荚节数: 取样 20 株,记录每株结有有效荚的总节数,求平均值,以节表示;实荚数: 取样 20 株,记录每个植株上含有 1 粒及以上饱满籽粒的荚果总数,求平均值,以个表示;实粒数: 取样 20 株,记录植株上所有饱满荚果包含的总粒数,求平均值,以粒表示;荚长: 随机选取代表性的 20 个荚测量长度及每荚中部的宽度,求平均值,以 cm 表示;荚宽: 随机选取有代表性的 20 个荚中部的宽度,求平均值,以 cm 表示;百粒重: 随机选取 100 粒颗粒饱满的种子称重,以 g 表示;考种株产量: 取样 20 株的全部干籽粒产量,以 g 表示。

1.4 数据分析 采用 SPSS 22.0 和 DPS 数据分析软件进行描述性统计分析和主成分分析。

2 结果与分析

2.1 干籽粒豌豆农艺性状的描述性统计分析 对干籽粒豌豆的 13 个农艺性状进行描述性统计分析,结果见表 1。11 个品种(系)的生育期、株高、始荚高度、主茎分枝数、有效枝数、主茎节数、总荚节数、实荚数、实粒数、荚长、荚宽、百粒重、考种株产量的范围分别为: 178.67~205.00d、29.90~177.30cm、11.83~39.55cm、1.57~3.57 个、1.35~3.05 个、10.08~16.97 节、6.07~16.92 节、8.65~24.40 个、24.70~77.67 粒、5.86~7.38cm、1.00~1.35cm、10.34~21.58g、88.79~251.69g。不同品种(系)的同一农艺性状均表现出一定程度的差异,变异系数范围 4.07%~64.19%。农艺性状变异系数大小顺序为株高>始荚高度>实粒数>实荚数>考种株产量>总荚节数>主茎分枝数>有效枝数>主茎节数>百粒重>荚宽>荚长>生育期,株高变异系数最大,为 64.19%;生育期变异系数最小,为 4.07%。除生育期、荚长、荚宽外,其余 10 个农艺性状的变异系数大于 15%,受环境影响较大。

2.2 干籽粒豌豆的主成分分析

2.2.1 干籽粒豌豆农艺性状的相关性分析 干籽粒豌豆农艺性状间的相关性分析见表 2。生育期与株高、始荚高度、主茎节数、实粒数呈极显著正相关,相关系数分别为 0.875、0.739、0.968、0.796,与总荚节数、实荚数、考种株产量呈显著正相关,相关系数分别为 0.645、0.702、0.605;株高与始荚高度、主茎节数、实粒数呈极显著正相关,相关系数分别为

0.792、0.893、0.790,与总荚节数、实荚数呈显著正相关,相关系数分别为0.610、0.678;始荚高度与主茎节数、实荚数、实粒数呈极显著正相关,相关系数分别为0.816、0.825、0.778,与总荚节数、考种株产量呈显著正相关,相关系数分别为0.713、0.607;主茎分枝数与有效枝数呈极显著正相关,相关系数为0.958;主茎节数与实荚数、实粒数呈极显著正相关,相关系数分别为0.799、0.879,与总荚节数、考种株

产量呈显著正相关,相关系数分别为0.725、0.666;总荚节数与实荚数、实粒数、考种株产量呈极显著正相关,相关系数分别为0.969、0.945、0.897;实荚数与实粒数、考种株产量呈极显著正相关,相关系数分别为0.955、0.828;实粒数与考种株产量呈极显著正相关,相关系数为0.891;荚长与荚宽、百粒重呈显著正相关,相关系数分别为0.730、0.686。因干籽粒豌豆农艺性状间存在一定程度的相关性,显示的

表1 干籽粒豌豆农艺性状的描述性统计

品种(系)	生育期 (d)	株高 (cm)	始荚高度 (cm)	主茎 分枝数	有效 枝数	主茎 节数	总荚 节数	实荚数	实粒数	荚长 (cm)	荚宽 (cm)	百粒重 (g)	考种株 产量(g)
皖豌1号	182.67	29.94	11.85	1.90	1.77	10.08	6.07	8.65	24.70	6.89	1.30	19.26	110.25
中豌201	188.67	45.10	17.68	2.52	1.95	12.98	8.87	13.98	38.08	5.86	1.00	10.34	88.79
川268-1	191.00	78.57	32.55	2.23	1.80	14.25	10.55	18.15	52.25	7.38	1.35	15.72	172.49
成都朱砂豌1号	195.00	123.58	39.55	2.27	2.12	14.97	14.55	21.75	62.12	6.47	1.28	16.48	227.74
定豌9号	198.00	158.30	29.40	2.30	1.95	16.55	14.43	21.30	75.45	7.36	1.25	19.44	251.69
20205	201.00	157.27	33.15	2.10	2.12	16.37	16.92	24.40	77.67	7.23	1.32	21.58	248.91
靖豌8号	194.33	59.22	23.80	3.50	3.05	14.62	12.40	17.88	57.10	6.64	1.17	18.62	212.04
渝豌6号	194.67	52.07	18.27	3.57	3.03	13.97	12.48	16.68	54.05	6.78	1.11	18.44	230.33
云豌116	186.67	48.22	20.03	2.02	1.93	12.13	8.13	10.87	34.15	6.81	1.18	18.47	136.25
苏豌8号	205.00	177.30	30.05	1.57	1.35	16.97	8.83	14.08	52.77	6.99	1.19	16.15	165.36
中豌6号(CK)	178.67	29.90	11.83	2.22	1.88	10.20	8.18	10.47	34.72	6.88	1.33	17.94	161.18
最小值	178.67	29.90	11.83	1.57	1.35	10.08	6.07	8.65	24.70	5.86	1.00	10.34	88.79
最大值	205.00	177.30	39.55	3.57	3.05	16.97	16.92	24.40	77.67	7.38	1.35	21.58	251.69
平均值	192.33	87.22	24.38	2.38	2.09	13.92	11.04	16.20	51.19	6.84	1.23	17.49	182.28
标准偏差	7.82	55.99	9.20	0.62	0.51	2.38	3.37	5.09	17.00	0.43	0.11	2.90	56.03
变异系数(%)	4.07	64.19	37.75	26.06	24.67	17.09	30.52	31.39	33.22	6.34	8.75	16.57	30.74

表2 干籽粒豌豆农艺性状间的相关性分析

性状	生育期	株高	始荚高度	主茎分枝数	有效枝数	主茎节数	总荚节数	实荚数	实粒数	荚长	荚宽	百粒重
株高	0.875**											
始荚高度	0.739**	0.792**										
主茎分枝数	0.003	-0.372	-0.168									
有效枝数	0.051	-0.306	-0.096	0.958**								
主茎节数	0.968**	0.893**	0.816**	0.018	0.043							
总荚节数	0.645*	0.610*	0.713*	0.305	0.415	0.725*						
实荚数	0.702*	0.678*	0.825**	0.213	0.288	0.799**	0.969**					
实粒数	0.796**	0.790**	0.778**	0.168	0.241	0.879**	0.945**	0.955**				
荚长	0.257	0.431	0.294	-0.284	-0.211	0.297	0.25	0.267	0.403			
荚宽	-0.114	0.211	0.283	-0.438	-0.322	-0.055	0.154	0.175	0.173	0.730*		
百粒重	0.137	0.218	0.066	0.016	0.234	0.098	0.373	0.233	0.35	0.686*	0.572	
考种株产量	0.605*	0.585	0.607*	0.339	0.453	0.666*	0.897**	0.828**	0.891**	0.482	0.304	0.596

*、** 分别表示 0.05、0.01 水平显著性相关

信息存在一定程度的重叠,可将13个农艺性状通过主成分分析将其转化为几个相对独立的因子对农艺性状进行科学合理的综合评价。

2.2.2 干籽粒豌豆农艺性状的主成分分析 因干籽粒豌豆各农艺性状间存在一定程度的相关性,为了消除性状间相关影响,本文采用主成分分析对干籽粒豌豆农艺性状进行科学的评价及分析。

对干籽粒豌豆13个农艺性状进行 Bartlett 球形检验, $p=0.0010$,可进行主成分分析。干籽粒豌豆农艺性状主成分分析结果见表3,前3个主成分累计贡献率为90.27%,能代表原有农艺性状的绝大部分信息,因此,将干籽粒豌豆的13个农艺性状转化为3个主成分进行分析。

表3 干籽粒豌豆农艺性状的主成分分析

项目	第1主成分	第2主成分	第3主成分
特征值	6.88	2.79	2.07
贡献率(%)	52.88	21.45	15.94
累计贡献率(%)	52.88	74.33	90.27
生育期	0.321	0.014	-0.266
株高	0.322	-0.217	-0.226
始荚高度	0.322	-0.104	-0.197
主茎分枝数	0.028	0.561	0.181
有效枝数	0.066	0.536	0.269
主茎节数	0.343	0.013	-0.259
总荚节数	0.347	0.165	0.072
实荚数	0.355	0.110	-0.027
实粒数	0.374	0.066	-0.005
荚长	0.182	-0.336	0.366
荚宽	0.098	-0.398	0.407
百粒重	0.155	-0.109	0.550
考种株产量	0.339	0.117	0.245

各农艺性状特征向量系数绝对值越大,表示该农艺性状与主成分的相关性越强,通常认为特征向量系数绝对值大于0.3,则该农艺性状与主成分紧密度较高^[11]。第1主成分特征值为6.88,贡献率为52.88%,代表生育期、株高、始荚高度、主茎节数、总荚节数、实荚数、实粒数、考种株产量等信息,可将其称为产量构成因子;第2主成分特征值为2.79,贡献率为21.45%,代表主茎分枝数、有效枝数、荚长、荚宽等信息,可将其称为株型荚型因子;第3主成分特

征值为2.07,贡献率为15.94%,主要表达百粒重的信息,可将其称为百粒重因子。

2.2.3 干籽粒豌豆农艺性状的综合评价 根据干籽粒豌豆各农艺性状的标准化数据和相应的特征向量,可计算11个干籽粒豌豆主成分的得分,即 $Y(i,1)=0.321X_1+0.322X_2+\dots+0.339X_{13}$; $Y(i,2)=0.014X_1-0.217X_2+\dots+0.117X_{13}$; $Y(i,3)=-0.266X_1-0.226X_2+\dots+0.245X_{13}$ 。其中 X_1, X_2, \dots, X_{13} 表示各农艺性状的标准化数据, $Y(i,1)$ 、 $Y(i,2)$ 、 $Y(i,3)$ 表示第*i*个干籽粒豌豆品种(系)的第1主成分得分、第2主成分得分、第3主成分得分。将11个干籽粒豌豆品种(系)各主成分得分按序排列,可直观权衡每个主成分在每个品种(系)中所处的位置及分量。干籽粒豌豆品种(系)农艺性状的综合评价模型为 $Y=[\lambda_1/(\lambda_1+\lambda_2+\lambda_3)]\times Y(i,1)+[\lambda_2/(\lambda_1+\lambda_2+\lambda_3)]\times Y(i,2)+[\lambda_3/(\lambda_1+\lambda_2+\lambda_3)]\times Y(i,3)$,其中 $\lambda_1\sim\lambda_3$ 分别对应各主成分的特征值,并利用该数学模型计算11个干籽粒豌豆新品种(系)的综合主成分得分(表4),较直观地对干籽粒豌豆的农艺性状进行综合评价。

从表4可知,在11个干籽粒豌豆新品种(系)中,第1主成分排名前3的是20205、定豌9号、成都朱砂豌1号,得分分别为4.2357、3.3306、2.2044,此3个品种(系)生育期较长,植株较高,始荚高度较大,主茎节数、总荚节数均较多,实荚数、实粒数均较高,考种株产量较高;第2主成分排名前2的是渝豌6号、靖豌8号,得分分别为3.0426、2.7752,此2个品种(系)的主茎分枝数和有效枝数较多,荚较短、较窄;第3主成分排名前3的是中豌6号、皖豌1号、渝豌6号,得分分别为1.6870、1.2843、0.9955,以上干籽粒豌豆新品种(系)的百粒重较高。

从农艺性状综合主成分得分看,其分值越高,干籽粒豌豆的综合农艺性状越好。干籽粒豌豆新品种(系)综合主成分得分排名前2位的品种分别是20205、定豌9号,得分分别为2.452、1.859,农艺性状表现为生育期较长,植株、始荚高度较高,主茎节数、总荚节数均较多,实荚数、实粒数、百粒重较高,荚宽荚长适中,且干籽粒豌豆考种株产量居前2位,其综合农艺性状表现良好,可作为黔西北山区海拔1600m左右区域内的试验示范干籽粒豌豆推广品种(系)。综上表明,在进行农艺性状分析时仅考虑

表4 干籽粒豌豆农艺性状主成分得分及排名

品种(系)	第1主成分		第2主成分		第3主成分		综合主成分	
	得分	排名	得分	排名	得分	排名	得分	排名
20205	4.2357	1	-0.6889	7	0.7613	5	2.452	1
定豌9号	3.3306	2	-0.5989	6	0.2819	6	1.859	2
靖豌8号	0.6982	5	2.7752	2	0.8264	4	1.214	3
成都朱砂豌1号	2.2044	3	0.1967	4	-0.7891	9	1.199	4
渝豌6号	0.3301	7	3.0426	1	0.9955	3	1.092	5
川268-1	0.5024	6	-1.3651	10	0.2093	8	0.007	6
苏豌8号	1.1126	4	-2.0837	9	-2.3548	10	-0.259	7
云豌116	-2.3389	8	-0.5987	5	0.2150	7	-1.474	8
中豌6号(CK)	-3.0917	9	-0.8874	8	1.6870	1	-1.724	9
中豌201	-3.1520	10	1.7578	3	-3.1169	11	-1.979	10
豌豌1号	-3.8315	11	-1.5497	11	1.2843	2	-2.386	11

某一性状或随机的几个性状是不适宜的,应采取可行的分析手段对农艺性状进行科学系统全面的综合评价。

3 讨论与结论

通过对11个干籽粒豌豆品种(系)进行描述性统计分析,发现干籽粒豌豆的生育期、株高、始荚高度等13个农艺性状均存在不同程度的变异,除生育期、荚长、荚宽外,其余10个农艺性状的变异系数大于15%,株高变异系数最大,为64.19%。表明可通过有性杂交、系统选育等方法对以上10个性状进行改良及选择,最终实现干籽粒豌豆的育种目标。

从相关性分析结果看,各农艺性状间存在不同程度的相关性,因此,本研究采用主成分分析将13个农艺性状转化为几个相对独立的主成分因子进行综合分析及评价。前3个主成分的累计贡献率为90.27%,其中:第1主成分为产量构成因子,贡献率为52.88%;第2主成分为荚长、荚宽因子,贡献率为21.45%;第3主成分为百粒重因子,贡献率为15.94%。以上3个主成分表达的综合信息能反映全部性状的绝大部分遗传信息,区域适应性越好的品种(系),其主成分综合得分分值越高。干籽粒豌豆新品种(系)综合主成分得分较高的是20205、定豌9号,可将以上品种(系)引进在贵州省范围内进行示范试验,若综合表现均良好,方可进行推广应用。

参考文献

- [1] 郭瑞,万何平,乐帅,陈禅友. 97份豌豆资源干籽粒形态和主要营养成分性状的多源性分析. 江汉大学学报:自然科学版,2022,50(6): 13-21
- [2] 胡朝芹,吕梅媛,杨峰,于海天,杨新. 云南省豌豆生产现状、存在问题及建议. 中国种业,2022(6): 28-30
- [3] 杨晓虎,付芳婧. 豌豆尖生长气象条件分析——以2017年贵州省龙里县为例. 农业与技术,2018,38(10): 230
- [4] 卢运,潘正康,王昭礼,余莉,赵彬. 黔西北山区半无叶豌豆新品种引种试验研究. 现代农业科技,2011(22): 120-121
- [5] 常晓轲,董晓宇,韩娅楠,程志芳,姚秋菊. 基于主成分分析的不同朝天椒品种品质综合评价. 中国瓜菜,2023,36(3): 42-47
- [6] 曹禹,阿勒合斯·加尔得木拉提,玛力帕提·努尔太,陈建伟,彭云承. 基于主成分分析的谷子种质资源主要农艺性状综合评价. 黑龙江农业科学,2023(3): 1-7
- [7] 李倩,杨旭昆,杜丽娟,陈兴连,刘兴勇. 基于主成分分析的云南大米矿质元素品质评价. 食品工业,2023,44(1): 329-334
- [8] 张帆,付锦涛,陈梦茹,张香竹,李源. 基于主成分分析和聚类分析的14份马铃薯种质资源的品质评价. 种子,2022,41(12): 85-92
- [9] 秦豪荣,李晓鸣,杨晓志,孙国波,王健. 基于灰关联和主成分分析的6个中国白鹅品种综合评价. 黑龙江畜牧兽医,2023(7): 60-65
- [10] 宗绪晓,王志刚,关建平. 豌豆种质资源描述规范和数据标准. 北京:中国农业出版社,2005
- [11] 赵晚晨,秦秀东,程光平,张伟刚,孙玉章. 基于主成分分析的5种投饲率黄颡鱼养殖塘水质评价. 广东农业科学,2019,46(7): 144-155

(收稿日期:2023-05-18)