

DOI:10.19462/j.cnki.zgzy.20240830001

基于多元统计分析的柳州甘蔗新品系评价研究

杨业彬 苏小茴 邓思 韦慧明 覃耀冠 贝建设 周健平 何晓媚 明樊强 韦开军

(广西壮族自治区农业科学院柳州分院/柳州市农业科学研究中心,柳州 545000)

摘要:为了对柳州地区种植的甘蔗新品系进行评价,为甘蔗和相关农作物选育提供科学的决策支持,采用主成分分析(PCA)、K-均值聚类、相关性分析等方法对23个甘蔗新品系的出苗率、分蘖率、枯心率、梢腐病等9个性状进行统计分析。结果表明,分蘖率的变异系数最大,达62.49%,有效茎数、出苗率、产量变异系数也在10.00%以上;相关性分析表明,出苗率和有效茎数高的品系往往具有更高的产量,分蘖率高的品系具有更高的有效茎数但糖分会受到影响;主成分分析将9个性状降维为特征值大于1.0的4个主成分,累计方差贡献率达76.242%;23个新品系通过K-均值聚类被分为5个类群,类群1~5分别包含1、3、3、5、11个品系,类群1、类群2、类群3品系综合表现较差,不建议在柳州地区进行推广种植,类群3的桂糖17-847、桂南蔗17-416、桂糖18-220整体上糖分含量较高,可以作为高糖亲本加以利用,类群4、类群5的桂糖18-229、柳糖16-302、河糖16-179、桂糖18-268、桂糖18-277、桂糖13-113等16个品系可以进入下一步的区域试验和大田示范。研究证明,多元统计方法的综合利用可以为柳州选种和引种提供更加全面的品系综合评价依据。

关键词:柳州;甘蔗育种;多元统计分析;主成分分析;K-均值聚类

Evaluation of New Sugarcane Varieties in Liuzhou Based on Multivariate Statistical Analysis

YANG Yebin, SU Xiaohui, DENG Si, WEI Huiming, QIN Yaoguan, BEI Jianshe, ZHOU Jianping, HE Xiaomei, MING Fanqiang, WEI Kaijun

(Liuzhou Branch of Guangxi Academy of Agricultural Sciences/Liuzhou Agricultural Sciences Research Center, Liuzhou 545000, Guangxi)

甘蔗在全球范围内被视为重要的糖源作物,对于食品工业和能源产业具有不可替代的作用。广西作为全国最大的糖生产地区之一,2023-2024年榨季广西预计糖料蔗入榨量5000万t,食糖产量600万t,因此甘蔗的种植和加工对于广西经济的发展具有显著贡献^[1]。全球气候变化和市场需求的不断演变对甘蔗产业提出了诸多要求,包括提高糖分产量、增强作物的抗逆性和适应性,以及满足可持续发展的要求等。甘蔗育种是应对这些挑战的关键手段,

传统的育种方法依赖于田间选择和杂交,而现代分子生物学技术的应用,如基因工程和基因组选择,为甘蔗的遗传改良提供了新的途径^[2-4]。无论采取何种育种技术,核心目标始终是培育出高产、高糖、抗病性强和适应性强的甘蔗新品种^[5-6]。由于广西不同地区的气候和土壤条件各异,所以选育出适宜当地种植的品种对于促进当地甘蔗产业的持续健康发展具有重要意义^[7]。

本研究采用多元统计分析,包括主成分分析(PCA)、K-均值聚类等,深入分析了23个甘蔗新品系的9个性状,这些分析方法系统揭示了性状之间的内在联系,全面评价了品系表现,旨在筛选出具有优良遗传潜力的甘蔗品系。前人通过此类方法对

基金项目:广西科技重大专项(桂科AA22117002);科技先锋队“强农富民”“六个一”专项行动(桂农科盟202403-9);国家现代农业产业技术体系广西甘蔗创新团队建设项目(nycytxgxcxd-2021-03)

通信作者:韦开军

菜心、甘蓝、甘蔗等作物育种提供了科学的决策支持^[8-10]。此外,本研究还探讨了主成分分析和聚类分析在甘蔗育种中的应用,以期为培育符合未来市场需求的新品种提供新的视角和方法。

1 材料与方法

1.1 试验材料 本研究所用 23 个甘蔗新品系来源于广西壮族自治区农业科学院甘蔗研究所、广西南亚热带农业科学研究所、柳州市农业科学研究中心、百色市农业科学研究所、河池市农业科学研究所,柳城 05-136、桂糖 42 号为试验对照(CK1、CK2)(表 1)。

1.2 试验地概况 试验地点位于广西壮族自治区柳州市柳北区沙塘镇柳州市农业科学研究中心试验基地,地理位置 24°26'N,109°22'E,海拔 123m,地形以丘陵、冲积平原为主,土壤质地红壤土,肥力中等,前茬作物为甘蔗。

1.3 试验设计 试验采用随机区组设计,每小区 4 行,行长 8.0m,行距 1.2m,面积 38.4m²。采用双芽段品字形种植,下种量为 10 万芽/hm²,四周设保护行。田间管理按照当地甘蔗生产常规管理进行。于 4 月中旬调查出苗率,5 月中旬调查总苗数,7 月调查枯心率、梢腐病,11 月至翌年 1 月进行糖分测定及甘蔗株高、茎径、产量的调查。

1.4 统计分析 采用主成分分析(PCA)、K-均值聚类和相关性分析等多元统计方法对试验数据进行处理和分析。

2 结果与分析

2.1 农艺性状变异分析 变异系数是衡量作物遗传多样性的重要指标,变异系数越大越能反映品种丰富的遗传多样性,从中选出优良个体的概率越大^[11-13]。由表 2 可知,23 份材料的性状差异明显,各性状变异系数在 7.56%~62.49% 之间。其中,分蘖率的变异系数最大,这表明在参与试验的甘蔗品系中,分蘖能力的遗传差异性最大;分蘖率变幅在 6.8%~161.8% 之间,最高的是桂糖 18-276,最低的是桂糖 17-847。有效茎数变异系数为 20.14%,变幅在 48983~99529 株/hm² 之间,最多的是桂糖 17-932,最少的是桂糖 17-847。出苗率变异系数为 19.78%,变幅在 47.3%~91.5% 之间,最高的是河糖 16-179,最低的是河糖 16-546。产量变异系数为 15.58%,变幅在 38363~72547kg/hm² 之间,最高的是桂糖 18-229,最低的是桂糖 17-847。株高、茎径、糖分的变异系数均小于 10.00%,说明这 3 个性状变异程度较低,遗传性状相对稳定。

2.2 性状相关性分析 相关性分析揭示了不同性状间的相互作用,对于指导育种工作至关重要。由表 3 可以看出,出苗率与有效茎数呈极显著正相关,与产量呈显著正相关,与分蘖率、梢腐病、枯心率、茎径、株高、糖分呈负相关,这表明出苗率高的品系往往能够带来更高的产量,但糖分、抗病性会受到一定影响。分蘖率与有效茎数呈极显著正相关,但与糖分含量呈显著负相关,与梢腐病、茎径、株高呈负相关,

表 1 参试材料

序号	品种(系)	选育单位	序号	品种(系)	选育单位
1	柳城 05-136 (CK1)	柳城县甘蔗研究中心	14	桂糖 18-229	广西壮族自治区农业科学院甘蔗研究所
2	桂糖 42 号(CK2)	广西壮族自治区农业科学院甘蔗研究所	15	桂糖 18-268	广西壮族自治区农业科学院甘蔗研究所
3	桂糖 13-113	广西壮族自治区农业科学院甘蔗研究所	16	桂糖 18-276	广西壮族自治区农业科学院甘蔗研究所
4	桂糖 14-817	广西壮族自治区农业科学院甘蔗研究所	17	桂糖 18-277	广西壮族自治区农业科学院甘蔗研究所
5	桂糖 16-1129	广西壮族自治区农业科学院甘蔗研究所	18	桂糖 18-313	广西壮族自治区农业科学院甘蔗研究所
6	桂糖 17-605	广西壮族自治区农业科学院甘蔗研究所	19	桂糖 18-496	广西壮族自治区农业科学院甘蔗研究所
7	桂糖 17-847	广西壮族自治区农业科学院甘蔗研究所	20	桂南蔗 14-2234	广西南亚热带农业科学研究所
8	桂糖 17-862	广西壮族自治区农业科学院甘蔗研究所	21	桂南蔗 17-416	广西南亚热带农业科学研究所
9	桂糖 17-877	广西壮族自治区农业科学院甘蔗研究所	22	柳糖 16-302	柳州市农业科学研究中心
10	桂糖 17-932	广西壮族自治区农业科学院甘蔗研究所	23	百蔗 17-344	百色市农业科学研究所
11	桂糖 17-1187	广西壮族自治区农业科学院甘蔗研究所	24	河糖 16-179	河池市农业科学研究所
12	桂糖 18-220	广西壮族自治区农业科学院甘蔗研究所	25	河糖 16-546	河池市农业科学研究所
13	桂糖 18-226	广西壮族自治区农业科学院甘蔗研究所			

表2 参试材料农艺性状表现

品种(系)	出苗率 (%)	分蘖率 (%)	枯心率 (%)	梢腐病 (%)	株高 (cm)	茎径 (cm)	有效茎数 (株/hm ²)	产量 (kg/hm ²)	糖分 (%)
柳城 05-136 (CK1)	77.3	36.9	0	0.50	191	2.88	57581	60542	13.45
桂糖 42 号(CK2)	63.8	34.1	0	1.80	187	2.65	64095	55432	13.59
桂糖 13-113	55.0	119.1	0	0.20	191	2.72	59144	55399	12.86
桂糖 14-817	91.0	19.8	0	0.20	148	2.76	68263	48329	14.71
桂糖 16-1129	69.5	107.9	0	0	152	2.51	79727	48027	11.15
桂糖 17-605	79.0	18.4	0	0	193	2.79	68524	68505	13.59
桂糖 17-847	54.8	6.8	0	0.90	191	2.49	48983	38363	15.80
桂糖 17-862	52.0	83.7	0.30	0	178	2.49	71390	51681	11.74
桂糖 17-877	74.0	104.7	0	0.70	186	2.57	72953	58859	10.88
桂糖 17-932	76.3	90.2	0	0	174	2.32	99529	60531	13.54
桂糖 17-1187	75.5	107.9	0	0	158	2.60	80248	54707	12.91
桂糖 18-220	51.5	53.4	0	0.30	197	2.42	57581	44195	14.89
桂糖 18-226	70.0	66.4	0	0	172	2.80	71911	62936	13.04
桂糖 18-229	73.0	49.0	0	0	180	2.56	93797	72547	14.13
桂糖 18-268	75.5	92.4	0	0	175	2.57	89889	67726	11.78
桂糖 18-276	54.3	161.8	0	0	176	2.56	90149	67710	12.23
桂糖 18-277	72.5	90.3	0	0	171	2.57	89368	65074	13.13
桂糖 18-313	72.8	107.6	0	0	171	2.49	94839	64943	13.81
桂糖 18-496	74.3	19.5	0	0	201	2.25	80770	54711	13.59
桂南蔗 14-2234	84.0	88.1	0.20	0.60	156	2.75	94057	70035	12.55
桂南蔗 17-416	50.3	34.3	0	0	188	2.51	56799	44362	13.14
柳糖 16-302	86.5	34.7	0	0	171	2.77	82593	70382	13.48
百蔗 17-344	47.8	39.3	0	4.90	181	2.91	55236	55698	11.83
河糖 16-179	91.5	18.0	0	1.90	196	2.54	72432	60852	11.29
河糖 16-546	47.3	38.6	0	0	163	3.16	55757	58188	13.27
最大值	91.5	161.8	0.30	4.90	201	3.16	99529	72547	15.80
最小值	47.3	6.8	0	0	148	2.25	48983	38363	10.88
平均值	68.8	64.9	0.02	0.48	178	2.63	74225	58389	13.06
变异系数(%)	19.78	62.49	-	-	8.19	7.56	20.14	15.58	9.14

表3 参试材料农艺性状相关性分析

性状	出苗率	分蘖率	梢腐病	枯心率	茎径	株高	有效茎数	产量	糖分
出苗率	1								
分蘖率	-0.132	1							
梢腐病	-0.195	-0.286	1						
枯心率	-0.086	0.149	-0.066	1					
茎径	-0.075	-0.191	0.258	-0.047	1				
株高	-0.246	-0.351	0.213	-0.175	-0.289	1			
有效茎数	0.513**	0.523**	-0.377	0.123	-0.395	-0.389	1		
产量	0.461*	0.268	-0.131	0.020	0.237	-0.138	0.667**	1	
糖分	-0.049	-0.470*	-0.220	-0.245	-0.056	0.129	-0.214	-0.258	1

*、** 分别表示在 0.05、0.01 水平上存在显著、极显著相关性

说明分蘖率越高的品种糖分含量可能越低。除此之外,有效茎数与产量呈极显著正相关,说明甘蔗有效茎数是产量提高的关键因子。因此,在育种过程中需要对各性状间的相关关系进行平衡,以确保既能提高有效茎数和产量,又不会降低糖分含量及抗病性。

2.3 主成分分析 主成分分析揭示了不同性状对甘蔗总体表现的贡献度。针对9个农艺性状进行分析,以特征值大于1.0为标准提取主成分。结果表明,前4个主成分的特征值累计方差贡献率

达76.242%,表明这4个主成分可以反映出9个农艺性状的大部分信息(表4)。第1主成分特征值为3.0931,方差贡献率为30.931%,有效茎数和产量载荷值较大;第2主成分特征值为1.7075,方差贡献率为17.075%,梢腐病抗性和茎径载荷值较大;第3主成分特征值为1.6043,方差贡献率为16.043%,茎径、出苗率和产量载荷值较大;第4主成分特征值为1.2193,方差贡献率为12.193%,株高和梢腐病抗性载荷值较大。

表4 参试材料主成分贡献率

性状	第1主成分	第2主成分	第3主成分	第4主成分
出苗率	0.189	-0.235	0.386	0.135
枯心率	0.083	0.236	-0.264	-0.192
分蘖率	0.237	0.183	-0.339	-0.025
梢腐病	-0.164	0.342	0.154	0.423
株高	-0.192	-0.171	-0.117	0.594
茎径	-0.064	0.381	0.449	-0.319
有效茎数	0.331	-0.147	-0.015	0.130
产量	0.249	0.055	0.328	0.245
糖分	-0.146	-0.436	0.111	-0.381
特征值	3.0931	1.7075	1.6043	1.2193
方差贡献率(%)	30.931	17.075	16.043	12.193
累计贡献率(%)	30.931	48.006	64.049	76.242

2.4 K-均值聚类分析 对25份参试材料进行K-均值聚类分析,可将其分为5个类群。由表5和表6可知,类群1包含1个品系(百蔗17-344),表现为抗枯心病强、抗梢腐病相对稍弱、茎径大、产量中等。类群2包含3个品系(桂糖14-817、桂糖18-226、河糖16-546),出苗率中等,抗枯心病和梢腐病强,茎径大,有效茎数、糖分含量、产量均中等。类群3包含3个品系(桂糖17-847、桂南蔗17-416、桂糖18-220),抗枯心病和梢腐病强,茎径小,糖分含量高,产量低。类群4包含2个对照和5个品系(桂糖18-229、柳糖16-302、河糖16-179、桂糖17-605、桂糖18-496),出苗率高,抗枯心病和梢腐病强,茎径、有效茎数、糖分含量均中等,产量高。类群5包含11个品系(桂糖18-277、桂糖18-268、桂糖13-113、桂糖17-932、桂糖17-1187、桂南蔗14-2234、桂糖18-313、桂糖17-862、桂糖18-276、桂糖16-1129、桂糖17-877),出苗率中等,分蘖率高,抗

枯心病和梢腐病强,茎径中等,有效茎数高,糖分含量一般,产量较高。

表5 参试材料K-均值聚类

类群	品种(系)
1	百蔗17-344
2	桂糖14-817、桂糖18-226、河糖16-546
3	桂糖17-847、桂南蔗17-416、桂糖18-220
4	柳城05-136(CK1)、桂糖42号(CK2)、桂糖18-229、柳糖16-302、河糖16-179、桂糖17-605、桂糖18-496
5	桂糖18-277、桂糖18-268、桂糖13-113、桂糖17-932、桂糖17-1187、桂南蔗14-2234、桂糖18-313、桂糖17-862、桂糖18-276、桂糖16-1129、桂糖17-877

3 讨论与结论

本研究采用多元统计分析方法对23个甘蔗新品系进行适应性综合评价分析。在9个性状中株高、茎径变异系数小于10.00%,说明遗传性状相对稳定。糖分为甘蔗品种选育中的一个重要指标,通过对比

表6 各类群性状平均值

类群	出苗率(%)	分蘖率(%)	枯心率(%)	稍腐病(%)	株高(cm)	茎径(cm)	有效茎数(株/hm ²)	产量(kg/hm ²)	糖分(%)
1	47.8	39.3	0	4.89	181	2.91	55236	55698	11.83
2	69.4	41.6	0	0.08	161	2.91	65310	56484	13.67
3	52.2	31.5	0	0.39	192	2.47	54454	42307	14.61
4	77.9	30.1	0	0.58	189	2.63	74256	63282	13.30
5	69.2	104.9	0.04	0.14	172	2.56	83754	60427	12.42

新品系中变异系数大于10.00%的分蘖率、有效茎数、出苗率、产量4个性状发现,分蘖率低于平均值的新品系糖分绝大部分高于平均值,出苗率及分蘖率高的品系有效茎数均高于平均值,出苗率高的品系往往分蘖率较低。研究表明,分蘖率提高不仅能增加有效茎数,还能直接影响甘蔗的产量和糖分含量,这与前人^[14-17]研究结果一致,因此甘蔗分蘖的增加对甘蔗生产力的提高有重要作用,如何平衡出苗率和分蘖率是品种选育过程中需要着重考虑的问题。

K-均值聚类将23个甘蔗品系分为5个类群,类群4(桂糖18-229、柳糖16-302、河糖16-179等)和类群5(桂糖18-277、桂糖18-268、桂糖13-113等)表现出高产和高糖分的潜力,可以作为下一步区域试验和大田示范的候选品系。类群3的桂糖17-847、桂南蔗17-416、桂糖18-220产量较低,但糖分含量高,可以将其作为高糖亲本进行改良。

本文结合了主成分分析、聚类分析、相关性分析等多元统计方法,研究再次证明利用变异系数分析可评估育成品系的遗传多样性,以此筛选出遗传背景丰富、性状表现多样的品系作为候选育种材料;利用相关性分析可筛选出与目标性状呈正相关或负相关的性状,作为未来品种改良和维系性状平衡的依据;主成分分析能够确定对目标性状贡献最大的主成分,从各主成分代表性性状中筛选出表现优异的品系;K-均值聚类分析可将种质资源分为不同类群,识别具有特定优势和改良潜力的品系,便于其进一步试验和示范。通过综合评价体系的建立,可使新品系得到更全面的评价,可为柳州甘蔗品种选育和引种提供科学依据。本文仅对甘蔗9项生理指标进行了多元评价,更合理的选育和引种评价体系的构建有待进一步深入研究。

参考文献

[1] 李杨瑞. 关于广西的甘蔗育种. 广西糖业, 2019(3): 3-7

- [2] 刘新龙, 李旭娟, 刘洪博, 马丽, 徐超华, 范源洪. 云南甘蔗常用亲本资源遗传多样性的SSR分析. 植物遗传资源学报, 2015, 16(6): 1214-1222
- [3] 王英, 陈守俊, 朱相成, 庄南生. 80份甘蔗种质RAMP标记遗传多样性分析. 植物遗传资源学报, 2011, 12(4): 525-532
- [4] Atkin F C, Dieters M J, Stringeer J K. 系谱深度和历史资料对甘蔗育种方案加性方差和育种值估计的影响. 理论与应用遗传学, 2009, 119(3): 555-565
- [5] 杨荣仲, 周会, 唐仕云, 刘昔辉, 梁强, 黄海荣. 广西甘蔗育种思考. 中国糖料, 2021, 43(3): 18-27
- [6] 胡朝辉, 潘永保, Werapon P. 蔗糖主产国甘蔗单产及产糖率改良进展. 中国糖料, 2021, 43(4): 75-80
- [7] 苏振, 邓宇驰, 钟德发, 王春玲, 林飞剑, 陈家福. 甘蔗新品种的筛选试验及评价. 中国种业, 2023(5): 58-61
- [8] 郭强, 江清梅, 何洪良, 黎正英, 梁永检, 秦昌鲜, 唐利球. 基于主成分分析和聚类分析评价141份中蔗优良品系资源. 热带作物学报, 2024, 45(1): 49-59
- [9] 赵勇, 赵俊, 咎逢刚, 赵丽萍, 赵培方, 朱建荣, Burner D M, 吴才文, 刘家勇. 86份甘蔗种质资源工艺性状的评价. 湖南农业大学学报: 自然科学版, 2019, 45(5): 466-471
- [10] 史卫东, 梁劲, 张力, 琚茜茜, 罗海玲, 康红卫. 菜心和芥蓝表型多样性的主成分分析与聚类分析. 西南农业学报, 2020, 33(12): 2726-2735
- [11] 王恩军, 陈垣, 韩多红, 蔡子平, 张芬琴, 张勇. 菘蓝农艺性状与药材产量的相关和通径分析. 核农学报, 2018, 32(2): 399-406
- [12] 王慧敏, 彭振英, 李新国, 万书波, 张智猛, 丁红, 高文伟. 67个花生品种主要农艺性状的变异及相关性分析. 山东农业科学, 2019, 51(9): 91-96
- [13] 梁森苗, 张淑文, 郑锡良, 任海英, 朱婷婷, 戚行江. 杨梅生长指标与果实品质间的相关性分析. 核农学报, 2019, 33(4): 751-758
- [14] 范业赓, 丘立杭, 陈荣发, 周慧文, 李燕娇, 闫海锋, 罗含敏, 周忠凤, 邓宇驰, 吴建明. 不同分蘖特性甘蔗品种生产力差异和相关性研究. 中国农业科技导报, 2023, 25(12): 35-43
- [15] 陆鑫, 毛钧, 应雄美, 刘新龙, 苏火生, 马丽, 蔡青. 甘蔗创新种质的因子分析与聚类分析. 西南农业学报, 2011, 24(6): 2072-2076
- [16] 张革民, 杨荣仲, 刘海斌, 方位宽. 割手密主要数量性状的主成分及聚类分析. 西南农业学报, 2006, 19(6): 1127-1131
- [17] 俞华先, 经艳芬, 安汝东, 郎荣斌, 田春艳, 董立华, 桃联安, 孙有芳, 杨李和, 边芯, 周清明. 基于主成分与聚类分析的大茎野生种血缘后代育种潜力评价. 江西农业学报, 2019, 31(10): 16-22

(收稿日期: 2024-08-30)