

生姜种质资源农艺性状分析与优异种质筛选

罗英舰, 周安韦, 王怀昕, 吴 康, 沈红叶, 张振宇

(遵义市农业科学研究院 贵州遵义 563000)

摘 要: 探究生姜种质资源主要农艺性状的遗传多样性, 以期筛选出优异核心种质, 为贵州喀斯特地区生姜种质资源高效利用及新品种选育提供理论依据。以我国不同省(自治区)的 25 份生姜种质资源为研究对象, 于 2025 年在贵州遵义开展 12 个主要农艺性状的调查测定, 采用遗传变异分析、主成分分析、相关分析及系统聚类分析进行综合评价。结果表明, 25 份生姜种质资源 12 个农艺性状的变异系数介于 7.64%~28.11%, 其中地上部鲜质量、姜球数和单株产量变异幅度较大($CV>20\%$)。单株产量与株高、分枝数、地上部鲜质量、姜球数等均呈极显著正相关。主成分分析提取出 4 个主成分, 累计贡献率达 88.374%。在遗传距离 7.5 时将 25 份生姜种质分为 3 个类群, 其中, 第 I 类群为植株矮小, 低产型; 第 II 类群为分枝少, 植株偏高且产量偏低型; 第 III 类群为高产型, 综合得分最高(4.864)。供试生姜种质主要农艺性状的遗传多样性较丰富, 分枝数、地上部鲜质量、姜球数是影响贵州生姜高产的关键性状。从第 II、第 III 类群筛选出遵义大白姜等 5 份综合农艺性状优良的种质可作为核心种质资源进行深度开发与利用。

关键词: 生姜资源; 农艺性状; 聚类分析; 主成分分析; 综合评价

中图分类号: S632.5

文献标志码: A

文章编号: 1673-2871(2026)07-207-08

Analysis of agronomic traits and screening of elite germplasm in ginger germplasm resource

Luo Yingjian, Zhou Anwei, Wang Huaixin, Wu Kang, Shen Hongye, Zhang Zhenyu

(Zunyi Academy of Agriculture Sciences, Zunyi 563000, Guizhou, China)

Abstract: To explore the genetic diversity of main agronomic traits in ginger germplasm resource and screen for elite core germplasm, this study used 25 ginger germplasm resources from different provinces (regions) of China as materials. A field experiment was conducted in Zunyi, Guizhou in 2025 to investigate and measure 12 major agronomic traits, and comprehensive evaluation was carried out using genetic variation analysis, principal component analysis, correlation analysis, and hierarchical cluster analysis. The results showed that the coefficients of variation (CV) for the 12 agronomic traits among the 25 ginger germplasm resources ranged from 7.64% to 28.11%, among which aboveground fresh mass, number of ginger fingers, and single plant yield exhibited relatively large variation amplitudes ($CV>20\%$). Single plant yield showed extremely significant positive correlations with plant height, branch number, aboveground fresh mass, and number of ginger fingers. Four principal components were extracted by PCA, with a cumulative contribution rate of 88.374%. At a genetic distance of 7.5, the 25 ginger germplasm resources were classified into three groups: Group I consisted of types with short plant height and low yield; Group II consisted of types with few branches, relatively tall plant height, and low yield; Group III was the high-yield group with the highest comprehensive score (4.864). Further analysis indicated that branch number, aboveground fresh mass, and number of ginger fingers were the key traits affecting high yield of ginger in Guizhou. Five germplasm resources with excellent comprehensive agronomic traits, including Zunyi Dabai Jiang, were selected from Groups II and III, which can serve as core germplasm resources for in-depth development and utilization. This study provides a theoretical basis for the efficient utilization of ginger germplasm resource and the breeding of new variety in the karst regions of Guizhou.

Key words: Ginger resource; Agronomic trait; Cluster analysis; Principal component analysis; Comprehensive evaluation

收稿日期: 2026-01-06; 修回日期: 2026-03-16

基金项目: 2024 年度贵州省科研机构创新能力建设专项资金项目(黔科合服企(2024)008-1); 遵义市财政科研项目(遵农科财(2026)10 号)

作者简介: 罗英舰, 男, 农艺师, 主要从事生姜新品种选育及高产栽培技术研究。E-mail: luoyingjian1199@126.com

通信作者: 周安韦, 女, 高级农艺师, 主要从事蔬菜遗传育种及栽培技术研究。E-mail: 38957030@qq.com

生姜(*Zingiber officinale* Roscoe)属于姜科姜属多年生草本植物,富含姜辣素、挥发油等芳香辛辣物质,是生活中常见的调味品。同时,生姜兼具药用价值,其含有的活性物质具有抗炎镇痛、抗氧化等功效^[1-4]。近年来,我国生姜产业发展迅速,是全球生产与出口量最大的国家^[5],2023 年全国生姜种植面积 32.7 万 hm²,同比增幅约 14.4%,总产量达 1161 万 t,单产为 35.5 t·hm⁻²,同比增幅约 60.1%^[6-7]。种质资源是作物遗传改良与育种工作的物质基础,而其遗传多样性是作物育种突破的关键^[8],由于生姜种质资源主要利用地下根状茎进行无性繁殖,种质资源创制和新品种选育难度较大^[9]。因此,在全国范围内开展生姜种质资源的收集、鉴定与评价是资源高效利用的前提^[10],而基于对农艺性状的比较是作物种质资源鉴定和评价中最简单有效且直观的方法^[11]。

农艺性状是作物品种特征的综合体现,不同作物影响产量形成的因子差异很大。李德文等^[12]研究发现,生姜单株根状茎质量与分枝数、茎叶质量、根状茎长和根状茎宽呈极显著正相关。Nandkangre 等^[13]指出,生姜种质的植株高度与叶片数、叶长和根茎宽呈极显著相关,根茎产量与单株根茎质量呈线性相关。陈阳等^[14]、李倩等^[15]也证实了多个形态因子与根状茎质量的显著相关性。由此可见,生

姜单株产量并非由单一因素控制,而是由多因子共同调控的结果。目前,对生姜的研究报道主要集中在栽培技术^[16-18]、品质分析^[19-21]、产品加工^[22]等方面,吕金丽等^[19]研究发现水城小黄姜(G2)为综合品质最优资源,不同生境的水城小黄姜品质差异显著,类型丰富,具有筛选出高品质生姜品种的潜力。侯颖辉等^[23]研究表明,贵州省内小黄姜在精油得率上显著高于省外品种,且省外种质的精油积累表现出明显的纬度效应,即纬度越低,精油含量越高,而针对贵州喀斯特山区生姜优异种质资源的系统评价报道较少。鉴于此,本研究对 25 份生姜种质资源的主要农艺性状进行系统分析与综合评价,旨在筛选出适宜贵州喀斯特山区种植的优异种质,为当地生姜产业发展及育种工作提供参考。

1 材料与方法

1.1 材料

供试材料为遵义市农业科学院果蔬研究所于 2023—2024 年收集的 25 份生姜种质资源,主要类型包括小黄姜、二黄姜和白姜,其中,8 份来自贵州省 3 个市,其余 17 份来自江西、广东、四川等 7 个省(自治区),具体名称及来源详见表 1。

1.2 试验设计

试验于 2025 年 4 月上旬至 11 月上旬在贵州

表 1 25 份生姜种质资源名称及来源地

Table 1 Name and origin of 25 ginger germplasm resources

编号 No.	名称 Name	来源 Source	编号 No.	名称 Name	来源 Source
G1	丰顶山黄姜 Fengdingshan Yellow Ginger	江西省宜春市 Yichun, Jiangxi	G14	遵义本地姜 Zunyi Local Ginger	贵州省遵义市 Zunyi, Guizhou
G2	湄潭大白姜 Meitan Large White Ginger	贵州省遵义市 Zunyi, Guizhou	G15	云南大肉姜 Yunnan Large-fleshed Ginger	云南省保山市 Baoshan, Yunnan
G3	信宜大肉姜 Xinyi Large-fleshed Ginger	广东省信宜市 Xinyi, Guangdong	G16	高桥黄姜 Gaoqiao Yellow Ginger	四川省峨眉山市 Emeishan, Sichuan
G4	遵义二黄姜 Zunyi Erhuang Ginger	贵州省遵义市 Zunyi, Guizhou	G17	汝城小黄姜 Rucheng Small Yellow Ginger	湖南省郴州市 Chenzhou, Hunan
G5	蒙自小黄姜 Mengzi Small Yellow Ginger	云南省红河州 Honghe, Yunnan	G18	安远小黄姜 Anyuan Small Yellow Ginger	江西省赣州市 Ganzhou, Jiangxi
G6	永州二黄姜 Yongzhou Erhuang Ginger	湖南省永州市 Yongzhou, Hunan	G19	瑶乡小黄姜 Yaoliang Small Yellow Ginger	湖南省永州市 Yongzhou, Hunan
G7	贵州五苗姜 Guizhou Wumiao Ginger	贵州省六盘水市 Liupanshui, Guizhou	G20	竹根姜 Zhugen Ginger	四川省乐山市 Leshan, Sichuan
G8	夹江黄姜 Jiajiang Yellow Ginger	四川省乐山市 Leshan, Sichuan	G21	大白姜 Large White Ginger	贵州省遵义市 Zunyi, Guizhou
G9	高明猪脚姜 Gaoming Pig's Foot Ginger	广东省佛山市 Foshan, Guangdong	G22	盘州五苗姜 Panzhou Wumiao Ginger	贵州省六盘水市 Liupanshui, Guizhou
G10	恭城白姜 Gongcheng White Ginger	广西壮族自治区桂林市 Guilin, Guangxi	G23	阜阳竹根姜 Fuyang Zhugen Ginger	安徽省阜阳市 Fuyang, Anhui
G11	沐川小黄姜 Muchuan Small Yellow Ginger	四川省乐山市 Leshan, Sichuan	G24	遵义大白姜 Zunyi Large White Ginger	贵州省遵义市 Zunyi, Guizhou
G12	石塘白姜 Shitang White Ginger	广西壮族自治区南宁市 Nanning, Guangxi	G25	镇宁二黄姜 Zhenning Erhuang Ginger	贵州省安顺市 Anshun, Guizhou
G13	隆回黄姜 Longhui Yellow Ginger	湖南省邵阳市 Shaoyang, Hunan			

省遵义市汇川区团泽镇遵义市农业科学研究院果蔬科研基地进行,该地属于亚热带湿润季风气候。试验采用随机区组设计,3次重复,小区面积6 m²,株距0.25 m、行距0.5 m,双行种植,每个小区定植48株,种植密度66 670株·hm⁻²。生育期培土2~3次,其他田间管理与当地常规生产管理一致。

1.3 农艺性状测定

于11月上旬生姜收获期对12个农艺性状进行调查测定,参照《姜种质资源描述规范和数据标准》^[24]。每份生姜资源每小区随机选取5株具有典型特征的代表性植株,取3次重复的平均值作为该指标的实测值。主要仪器有电子天平、游标卡尺、卷尺等,测定指标包括:单株产量、地上部鲜质量、姜球数、分枝数、株高、根茎长、根茎宽、叶宽、叶长、茎粗、主茎叶片数、姜球直径。

1.4 数据处理与分析

采用Microsoft Excel 2020软件汇总数据,计算各个农艺性状的最大值、最小值、平均值、标准差、

极差和变异系数,使用Origin 21对农艺性状数据进行相关性分析和绘图,利用SPSS Statistics 27进行主成分分析和聚类分析。

2 结果与分析

2.1 生姜种质资源主要农艺性状遗传多样性分析

由表2可知,12个主要农艺性状变异系数为7.64%~28.11%,均值15.37%。其中,地上部鲜质量(28.11%)、姜球数(22.38%)、单株产量(21.65%)的变异系数均超过20%,表明该3个性状在供试种质资源间具有丰富的遗传多样性。其余性状变异系数由大到小依次为分枝数(19.65%)>主茎叶片数(16.51%)>根茎长(14.04%)>根茎宽(12.58%)>茎粗(11.84%)>姜球直径(11.24%)>叶宽(9.60%)>叶长(9.17%)>株高(7.64%)。综合各农艺性状的最大值、最小值、平均值、极差、标准差及变异系数发现,不同种质在各性状间及同一性状在不同种质间均存在明显差异,为筛选适宜贵州生态区的优异种质资

表2 生姜种质资源主要农艺性状测定结果
Table 2 Determination of main agronomic traits of ginger germplasm resources

性状 Trait	最大值 Max	最小值 Min	平均值 Mean	极差 Range	标准差 SD	变异系数 CV/%
株高 Plant height/cm	109.18	62.16	81.24	47.02	6.08	7.64
茎粗 Stem diameter/mm	9.72	5.14	7.17	4.58	0.84	11.84
根茎长 Rhizome length/cm	27.48	14.10	20.50	13.38	2.79	14.04
根茎宽 Rhizome width/cm	13.52	7.06	9.75	6.46	1.19	12.58
分枝数 Branch number	23.40	5.20	9.20	18.20	1.74	19.65
主茎叶片数 Main stem leaf number	26.40	14.20	20.68	12.20	3.34	16.51
叶长 Leaf length/cm	27.32	18.66	23.31	8.66	2.12	9.17
叶宽 Leaf width/cm	2.98	2.22	2.63	0.76	0.25	9.60
姜球数 Ginger finger number	55.00	11.20	21.97	43.80	4.91	22.38
姜球直径 Ginger finger diameter/mm	29.13	18.76	23.18	10.38	2.64	11.24
地上部鲜质量 Shoot fresh mass/g	726.00	86.00	218.97	640.00	55.16	28.11
单株产量 Single plant yield/g	782.00	104.00	280.56	678.00	55.10	21.65

源提供了基础。

2.2 生姜种质资源主要性状相关性分析

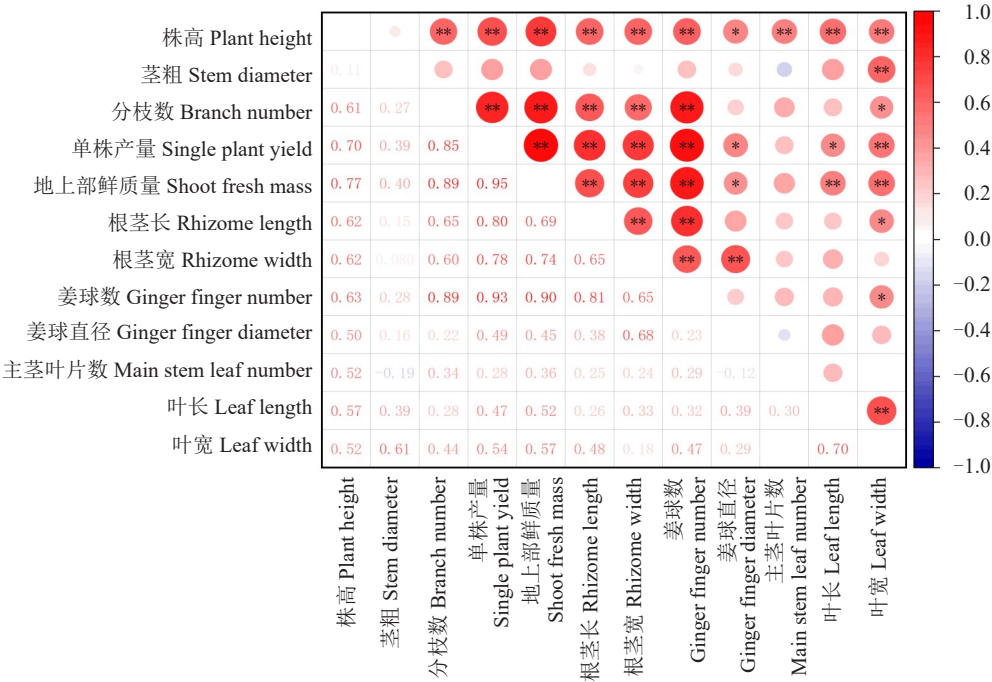
由图1可知,各性状之间存在显著或极显著相关性。其中,单株产量与株高、分枝数、地上部鲜质量、根茎长、根茎宽、姜球数、叶宽均呈极显著正相关。株高与分枝数、单株产量、地上部鲜质量、根茎长、根茎宽、姜球数、主茎叶片数、叶长、叶宽均呈极显著正相关。根茎长与分枝数、地上部鲜质量、根茎宽、姜球数均呈极显著正相关。根茎宽与分枝数、地上部鲜质量、姜球数、姜球直径均呈极显著正相关。姜球数与分枝数、地上部鲜质量均呈极显著

正相关。表明植株高大、分枝多、地上部生物量大、根茎长、姜球数量多、姜球质量大等性状是高产生姜种质的主要特征。

2.3 生姜种质资源主要农艺性状主成分分析

主成分分析结果显示(表3、图2-A),前4个主成分的特征值均大于1,分别为6.621、1.649、1.209、1.126,累计贡献率达88.374%,表明这4个主成分可代表12个农艺性状的基本特征和主要信息。

4个主成分的载荷矩阵如表3所示,特征向量数值的绝对值越大,表明该指标对主成分的影响越大。第1主成分(PC1)的贡献率为55.172%,特征

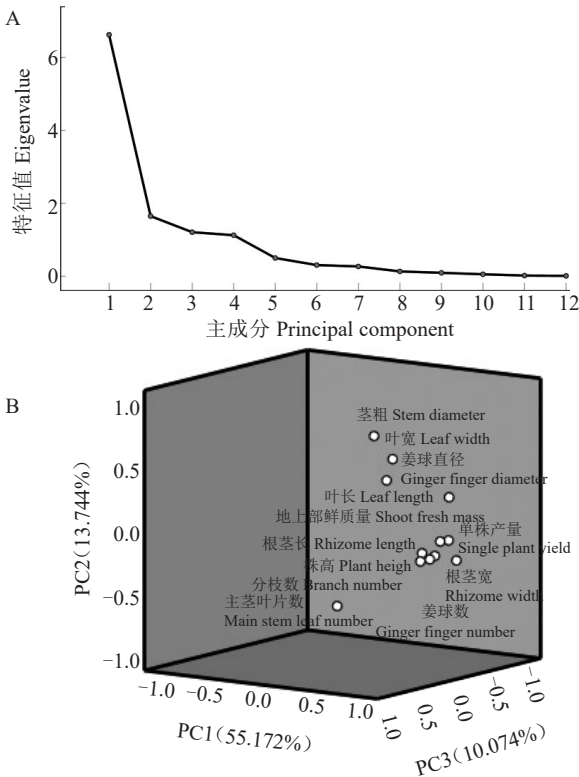


注：*表示在 0.05 水平显著相关，**表示在 0.01 水平极显著相关。
Note: * indicates significant correlation at 0.05 level, and ** indicates extremely significant correlation at 0.01 level.

图 1 生姜种质资源的 12 个农艺性状相关性分析
Fig. 1 Correlation analysis of 12 agronomic traits in ginger germplasm resources

性状 Trait	主成分 Principal component			
	PC1	PC2	PC3	PC4
单株产量 Single plant yield	0.965	-0.039	-0.068	-0.165
地上部鲜质量 Shoot fresh mass	0.965	-0.031	0.045	-0.087
姜球数 Ginger finger number	0.891	-0.175	0.083	-0.354
分枝数 Branch number	0.843	-0.188	0.142	-0.327
株高 Plant heigh	0.823	-0.132	0.091	0.378
根茎长 Rhizome length	0.806	-0.183	-0.108	-0.183
根茎宽 Rhizome width	0.779	-0.270	-0.440	0.110
叶宽 Leaf width	0.646	0.618	0.238	0.044
叶长 Leaf length	0.590	0.444	0.240	0.534
茎粗 Stem diameter	0.381	0.757	0.114	-0.280
主茎叶片数 Main stem leaf number	0.362	-0.526	0.589	0.389
姜球直径 Ginger finger diameter	0.528	0.169	-0.698	0.391
特征值 Eigenvalue	6.621	1.649	1.209	1.126
贡献率 Contribution rate/%	55.172	13.744	10.074	9.383
累计贡献率	55.172	68.917	78.990	88.374
Accumulative contribution rate/%				

值为 6.621,该成分中影响较大的是单株产量、地上部鲜质量、姜球数和分枝数,反映产量潜力。第 2 主成分(PC2)的贡献率为 13.744%,特征值为 1.649,该成分中影响较大的是茎粗。第 3 主成分(PC3)的贡献率为 10.074%,特征值为 1.209,该成



注：A. 特征向量数值分布；B. 不同性状载荷分布。
Note: A. Feature vector numerical distribution; B. Trait loadings across different components.

图 2 25 份生姜种质资源 12 个农艺性状特征向量及载荷分布情况

Fig. 2 Eigenvector and loading distribution of 12 agronomic traits in 25 ginger germplasm resources

分中影响较大的是姜球直径。第4主成分的贡献率为9.383%,特征值为1.126,该成分中影响较大的是叶长。结果表明,12个农艺性状中,单株产量、地上部鲜质量、姜球数、分枝数、茎粗、姜球直径等是评价生姜种质优劣的关键指标。由图2-B可知,单株产量、地上部鲜质量、株高、根茎宽、根茎长、分枝数、姜球数载荷叠加集中度较高,反映出这7个性状之间紧密相关。

2.4 生姜种质资源农艺性状聚类分析

基于12个农艺性状对该地区生姜种质资源进行系统聚类分析,并将数据进行标准化转换,结果表明(图3、表4),当平方欧氏距离为7.5时,25份生姜种质可划分为3个类群。第I类群包含18份资

源,来源于全国不同省份,其中,湖南省4份,四川省3份,云南省2份,广东省2份,广西壮族自治区1份,安徽省1份,贵州省4份,江西省1份,该类群主要特征是株高矮小(76.01 cm)、姜球数少(17.94个)、姜球直径最小(22.38 mm)和单株产量低(203.67 g),属于低产类型,在该生态区表现出较差的适应性。第II类群包含6份资源,有3份来源于贵州省,其中遵义市2份,安顺市1份,其余3份来源于其他省份,四川、江西和广西各1份,该类群主要特征为姜球直径较大(25.26 mm)、分枝数较少(10.40枝)、植株偏高(92.28 cm)和单株产量偏低(427.67 g),属于分枝少、植株偏高且产量偏低的类型。第III类群含遵义大白姜1份资源,该类群株

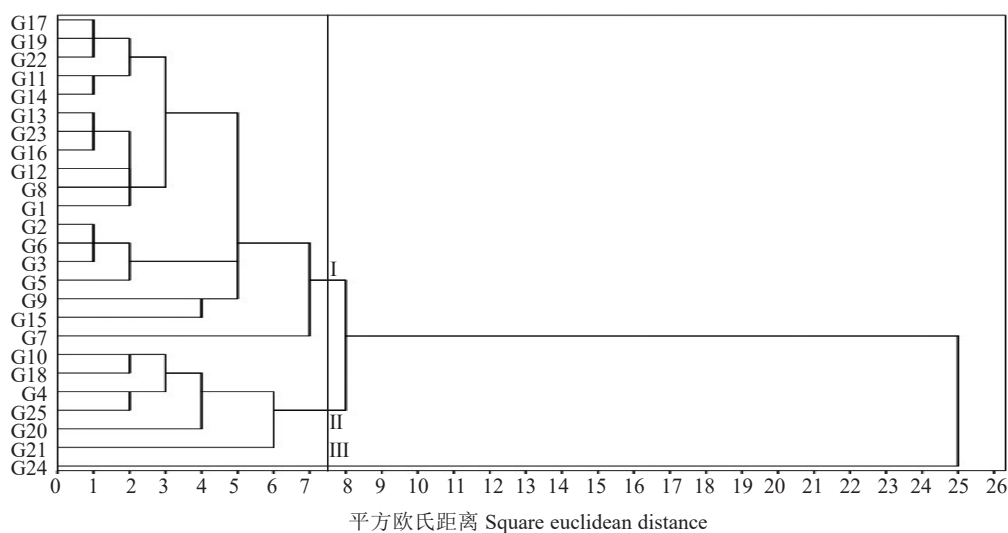


图3 基于平方欧式距离的生姜种质资源聚类分析

Fig. 3 Cluster analysis of ginger germplasm resources based on squared euclidean distance

高(109.18 cm)、姜球数(55.00个)、分枝数(23.40枝)、姜球直径(25.30 mm)、单株产量(782.00 g)均表现最优,植株综合性状表现好,属高产、优异类型,可在本地区及相似区域推广种植。

2.5 生姜种质资源性状综合评价分析

将生姜种质资源单株产量、地上部鲜质量、姜球数、分枝数、株高、根茎长、根茎宽、叶宽、叶长、茎粗、主茎叶片数、姜球直径等数据进行标准化处理,计算变量转换,处理赋值后为 X_1 、 X_2 、 X_3 、 X_4 、 X_5 、 X_6 、 X_7 、 X_8 、 X_9 、 X_{10} 、 X_{11} 及 X_{12} ,并计算出主成分得分系数,得出以下主成分得分表达式。

$$\text{PCA1} = 0.375X_1 + 0.375X_2 + 0.346X_3 + 0.328X_4 + 0.320X_5 + 0.313X_6 + 0.303X_7 + 0.251X_8 + 0.229X_9 + 0.148X_{10} + 0.141X_{11} + 0.205X_{12};$$

$$\text{PCA2} = -0.030X_1 - 0.024X_2 - 0.136X_3 - 0.146X_4 -$$

表4 不同生姜种质资源类群的主要农艺性状的平均值

Table 4 Average values of main agronomic traits in different ginger germplasm groups

性状 Trait	类群 Group		
	I	II	III
单株产量 Single plant yield/g	203.67	427.67	782.00
地上部鲜质量 Shoot fresh mass/g	151.55	336.73	726.00
姜球数 Ginger finger number	17.94	28.53	55.00
分枝数 Branch number	8.01	10.40	23.40
株高 Plant height/cm	76.01	92.28	109.18
根茎长 Rhizome length/cm	18.87	24.28	27.08
根茎宽 Rhizome width/cm	9.20	10.77	13.52
叶宽 Leaf width/cm	2.54	2.82	2.98
叶长 Leaf length/cm	22.44	25.41	26.22
茎粗 Stem diameter/mm	6.96	7.61	8.44
主茎叶片数 Main stem leaf number	20.00	21.97	25.20
姜球直径 Ginger finger diameter/mm	22.38	25.26	25.30

$0.103X_5-0.143X_6-0.210X_7+0.481X_8+0.346X_9+0.590X_{10}-0.410X_{11}+0.132X_{12};$

$PCA3=-0.062X_1+0.041X_2+0.075X_3+0.129X_4+0.083X_5-0.098X_6-0.400X_7+0.216X_8+0.218X_9+0.104X_{10}+0.536X_{11}-0.635X_{12};$

$PCA4=-0.155X_1-0.082X_2-0.334X_3-0.308X_4+0.356X_5-0.172X_6+0.104X_7+0.041X_8+0.503X_9-0.264X_{10}+0.367X_{11}+0.368X_{12}。$

根据 4 个主成分的贡献率计算权重系数,分别为 0.624、0.155、0.114、0.106,最后根据权重计算各生姜种质的综合得分 D :

$D=0.624PCA1+0.155PCA2+0.114PCA3+$

$0.106PCA4。$

根据上述公式计算出综合得分, D 值越大表示农艺性状综合表现越好。由表 5 可得,25 份生姜种质资源的综合得分为-1.920~4.864,其中,遵义大白姜得分最高(4.864),阜阳竹根姜综合得分最低(-1.920),排名前 5 位的生姜种质资源的综合得分均超过 1.000,得分由高到低依次为遵义大白姜(4.864)>大白姜(2.703)>竹根姜(2.144)>遵义二黄姜(1.841)>安远小黄姜(1.423),除了 2 份资源来源于四川和江西外,其余 3 份资源均来源于贵州省境内,表明本地资源在特定生态区具有明显优势,可作为生姜核心种质资源进一步开发利用。

表 5 25 份生姜种质资源主要农艺性状的综合得分值(D)
Table 5 Comprehensive scores (D) of main agronomic traits in 25 ginger germplasm resources

编号 No.	名称 Name	综合得分 Comprehensive score	排名 Rank	编号 No.	名称 Name	综合得分 Comprehensive score	排名 Rank
G24	遵义大白姜 Zunyi Large White Ginger	4.864	1	G3	信宜大肉姜 Xinyi Large-fleshed Ginger	-0.507	14
G21	大白姜 Large White Ginger	2.703	2	G9	高明猪脚姜 Gaoming Pig's Foot Ginger	-0.573	15
G20	竹根姜 Zhugen Ginger	2.144	3	G17	汝城小黄姜 Rucheng Small Yellow Ginger	-0.585	16
G4	遵义二黄姜 Zunyi Erhuang Ginger	1.841	4	G19	瑶乡小黄姜 Yaoxiang Small Yellow Ginger	-0.738	17
G18	安远小黄姜 Anyuan Small Yellow Ginger	1.423	5	G15	云南大肉姜 Yunnan Large-fleshed Ginger	-0.884	18
G10	恭城白姜 Gongcheng White Ginger	0.877	6	G22	盘州五苗姜 Panzhou Wumiao Ginger	-0.916	19
G25	镇宁二黄姜 Zhenning Erhuang Ginger	0.739	7	G1	丰顶山黄姜 Fengdingshan Yellow Ginger	-1.573	20
G14	遵义本地姜 Zunyi Local Ginger	0.498	8	G13	隆回黄姜 Longhui Yellow Ginger	-1.589	21
G2	湄潭大白姜 Meitan Large White Ginger	0.395	9	G8	夹江黄姜 Jiajiang Yellow Ginger	-1.608	22
G7	贵州五苗姜 Guizhou Wumiao Ginger	-0.110	10	G12	石塘白姜 Shitang White Ginger	-1.609	23
G11	沐川小黄姜 Muchuan Small Yellow Ginger	-0.271	11	G16	高桥黄姜 Gaoqiao Yellow Ginger	-1.870	24
G6	永州二黄姜 Yongzhou Erhuang Ginger	-0.354	12	G23	阜阳竹根姜 Fuyang Zhugen Ginger	-1.920	25
G5	蒙自小黄姜 Mengzi Small Yellow Ginger	-0.378	13				

3 讨论与结论

农艺性状指标是由作物本身遗传物质所决定的,是其自身遗传物质与外界环境共同作用的结果。变异系数反映了某性状变量的离散程度,说明农艺性状在品种间的变异程度^[25]。本研究中 25 份

生姜种质 12 个农艺性状的变异系数为 7.64%~28.11%,其变化幅度较大,地上部鲜质量、姜球数和单株产量变异幅度均较大(>20%),与李德文等^[12]研究结果基本一致,表明这些性状是遗传改良的重点。相关性分析进一步证实,单株产量与株高、分枝数、地上部鲜质量、姜球数等呈极显著正相关,而

与主茎叶片数的相关性不显著,与前人的研究结果一致^[12],可能是由于双方均在贵州喀斯特山区开展试验,说明在该生态区增加分枝数和姜球数是提高产量的有效途径。主成分分析是一种通过线性变换将高维数据映射到低维空间,同时保留最大方差信息的方法,已被应用于多种作物研究中^[26-28]。依据特征值大于1可划定为主成分的原则^[29-30],本研究提取前4个主成分因子累计贡献率达88.374%,其中5份资源的综合得分>1,表明这些资源在多个性状上表现优异,具有较大的育种潜力,其贡献率高于辣椒的84.488%^[31]。

聚类分析常被用来鉴定评价种质资源^[32]。聚类分析结果显示,在遗传距离为7.5时,将25份生姜种质资源划分为3个类群,且发现同一生态区的资源并没有完全被聚集到同一个类群,与Nandkangre等^[13]的研究结论类似,表明资源收集地并不是生姜性状产生差异的主要原因,这可能与生姜对栽培区域自然环境的适应性有很大的关系。聚类结果初步确定了各类群的基本特征,其中,第I类群为植株矮小,低产型;第II类群为分枝少,植株偏高且产量偏低型,第III类群为高产型,综合得分最高。对不同来源的生姜种质群体聚类分析的结果表明,应加大对以遵义大白姜为代表的地方优异种质资源的创制与利用力度。

作物种质资源的综合评价是育种研究的重要环节,通常采用隶属函数和主成分分析法进行综合评价的报道较多^[33-34]。本研究采用农艺性状主成分综合得分(D值)结合系统聚类分析方法,能更直观地量化生姜种质资源的综合优劣。5份生姜种质资源综合得分超过1.000,分别被聚为第II、第III类群,属于综合性状表现优良的生姜种质资源,可在贵州喀斯特生态区进行区域试验,验证其适应性和稳定性,将遵义大白姜为主的本地优异资源进行提纯复壮,培育高产优质新品种。对安远小黄姜、竹根姜等外来优良种质资源进行驯化观察,挖掘其适应性基因。

25份生姜种质资源主要农艺性状的遗传多样性丰富,分枝数、地上部鲜质量、根茎长、根茎宽、姜球数、姜球直径等是影响贵州山区生姜高产的主要农艺性状。从第II、第III类群筛选出遵义大白姜、大白姜、竹根姜、遵义二黄姜和安远小黄姜5份综合农艺性状优良的种质,可作为核心生姜种质资源进一步开发利用。本研究主要聚焦于农艺性状,未结合品质性状(姜辣素等)及抗病、耐旱等抗逆性状进

行综合评价,后续研究将完善多维评价体系,以更全面地挖掘生姜种质资源潜力。

参考文献

- [1] 王向东,王永存,马艳芝,等.不同生姜品种抗氧化活性的比较[J].中国果菜,2018,38(5):14-18.
- [2] 郭孝萱,张芸丹,邱静,等.生姜营养品质评价指标体系构建[J].中国调味品,2020,45(10):192-196.
- [3] 陈艳,杜红霞.生姜营养价值及加工应用研究进展[J].中国果菜,2018,38(12):36-38.
- [4] 王红芯,应光耀,孔维军,等.生姜及其炮制品中姜辣素的研究进展[J].中南药学,2017,15(3):324-328.
- [5] 吴曼,赵帮宏,宗义湘.世界生姜生产布局与贸易格局分析[J].北方园艺,2019(10):141-150.
- [6] 李兴月,王兆飞,肖道艳,等.干旱胁迫下2,4-表油菜素内酯对生姜生长及产量品质的影响[J].中国蔬菜,2026(5):131-140.
- [7] 吕晓兰,周文佳,刘妍,等.我国生姜产业竞争力分析[J].中国蔬菜,2024(6):1-10.
- [8] 李录久.施用氮磷钾对生姜产量和品质的影响[D].北京:中国农业科学院,2009.
- [9] 肖鑫辉,李开绵,许瑞丽,等.国内外栽培木薯(*Manihot esculenta* Crantz)种质资源表型多样性分析[J].植物遗传资源学报,2017,18(1):94-105.
- [10] 高山,许端祥,林碧英,等.38份瓠瓜种质资源遗传多样性的ISSR分析[J].植物遗传资源学报,2007,8(4):396-400.
- [11] 许英,陈建华,孙志民,等.57份苎麻种质资源主要农艺性状及纤维品质鉴定评价[J].植物遗传资源学报,2015,16(1):54-58.
- [12] 李德文,王少铭,李晋华,等.生姜种质资源主要农艺性状的遗传多样性分析[J].南方农业学报,2022,53(6):1693-1703.
- [13] Nandkangre H, Ouedraogo M, Sawadogo M, et al. Morphometric and agronomic characterization of 56 ginger landraces in Burkina Faso[J]. Journal of Applied Biosciences, 2016, 100(1): 9545-9556.
- [14] 陈阳,马丽娜,林永胜,等.50份生姜地方种质资源的鉴定与评价[J].亚热带农业研究,2024,20(4):224-233.
- [15] 李倩,杨卫明,汪端华,等.湖南省生姜资源主要农艺性状鉴定评价[J].中国农学通报,2020,36(25):37-44.
- [16] 李德文,王少铭,罗莉斯,等.小黄姜高产高效示范与栽培技术[J].耕作与栽培,2018(2):58-60.
- [17] 付丽军,柯思琪,韩晓清,等.枯草芽孢杆菌对连作生姜产量、抗病性的影响和土壤改良效果[J].浙江农业科学,2026,67(1):222-230.
- [18] 朱旭东,唐宁,谢奇环,等.不同土壤调理剂对连作大棚生姜生长的影响[J/OL].浙江农业科学,1-9(2025-12-18)[2026-04-30]. <https://doi.org/10.16178/j.issn.0528-0917.20240691>.
- [19] 吕金丽,罗凯,吕树鸣,等.15份不同生境生姜种质资源品质差异性评价[J].中国瓜菜,2026,39(2):152-162.
- [20] 董婧潇,张贺,李宇,等.生姜主要活性成分6-姜酚与肠道菌群的互作研究进展[J].山东农业大学学报(自然科学版),2025,56(6):919-928.
- [21] 胡文杰,于宏,赵晨宏,等.不同产地生姜精油化学组分比较与

- 分析[J].食品与发酵工业,2020,46(20):236-240.
- [22] 周陆红,李萌,韩太利,等.生姜加工产品应用研究现状与前景展望[J].蔬菜,2021(1):51-57.
- [23] 侯颖辉,李德文,王少铭,等.10份黔引生姜资源农艺性状及活性成分的分析评价[J].中国瓜菜,2024,37(4):94-102.
- [24] 李锡香,朱德蔚.姜种质资源描述规范和数据标准[M].北京:中国农业出版社,2006.
- [25] 吕伟,韩俊梅,文飞,等.不同来源芝麻种质资源的表型多样性分析[J].植物遗传资源学报,2020,21(1):234-242.
- [26] 张馨方,郭燕,张树航,等.210份板栗种质资源坚果表型性状多样性分析[J].中国农业大学学报,2025,30(1):90-103.
- [27] 张琦,蒲婷婷,王艺儒,等.不同柿种质果实品质多样性评价[J].中国农业大学学报,2025,30(2):61-71.
- [28] 姜栋柱,赵小琴,刘燃,等.生姜种质资源农艺性状的遗传多样性分析[J].中国蔬菜,2022(11):86-91.
- [29] 纪龙,申红芳,徐春春,等.基于非线性主成分分析的绿色超级稻品种综合评价[J].作物学报,2019,45(7):982-992.
- [30] 李慧琴,于娅,王鹏,等.270份陆地棉种质资源农艺性状与品质性状的遗传多样性分析[J].植物遗传资源学报,2019,20(4):903-910.
- [31] 任朝辉,何建文,田怀志,等.基于主成分和聚类分析不同辣椒资源农艺和品质性状的综合评价[J].中国瓜菜,2025,38(2):50-58.
- [32] 贾利,苗永美,江海坤,等.茄子种质资源农艺性状遗传多样性分析[J].长江蔬菜,2016(24):44-49.
- [33] 冷家归,李德文,周亚丽,等.大蒜种质资源农艺性状分析及综合评价[J].南方农业学报,2021,52(11):2952-2961.
- [34] 董胜君,孙永强,陈建华,等.野杏无性系表型性状多样性分析及综合评价[J].植物遗传资源学报,2020,21(5):1156-1166.