



浙江农业学报
Acta Agriculturae Zhejiangensis
ISSN 1004-1524, CN 33-1151/S

《浙江农业学报》网络首发论文

题目：姜种质资源遗传多样性分析与核心种质资源库的构建
作者：洪霞，卢基来，漆慧娟，陈孝赏
收稿日期：2024-08-07
网络首发日期：2025-05-27
引用格式：洪霞，卢基来，漆慧娟，陈孝赏. 姜种质资源遗传多样性分析与核心种质资源库的构建[J/OL]. 浙江农业学报.
<https://link.cnki.net/urlid/33.1151.S.20250527.1410.015>



网络首发：在编辑部工作流程中，稿件从录用到出版要经历录用定稿、排版定稿、整期汇编定稿等阶段。录用定稿指内容已经确定，且通过同行评议、主编终审同意刊用的稿件。排版定稿指录用定稿按照期刊特定版式（包括网络呈现版式）排版后的稿件，可暂不确定出版年、卷、期和页码。整期汇编定稿指出版年、卷、期、页码均已确定的印刷或数字出版的整期汇编稿件。录用定稿网络首发稿件内容必须符合《出版管理条例》和《期刊出版管理规定》的有关规定；学术研究成果具有创新性、科学性和先进性，符合编辑部对刊文的录用要求，不存在学术不端行为及其他侵权行为；稿件内容应基本符合国家有关书刊编辑、出版的技术标准，正确使用和统一规范语言文字、符号、数字、外文字母、法定计量单位及地图标注等。为确保录用定稿网络首发的严肃性，录用定稿一经发布，不得修改论文题目、作者、机构名称和学术内容，只可基于编辑规范进行少量文字的修改。

出版确认：纸质期刊编辑部通过与《中国学术期刊（光盘版）》电子杂志社有限公司签约，在《中国学术期刊（网络版）》出版传播平台上创办与纸质期刊内容一致的网络版，以单篇或整期出版形式，在印刷出版之前刊发论文的录用定稿、排版定稿、整期汇编定稿。因为《中国学术期刊（网络版）》是国家新闻出版广电总局批准的网络连续型出版物（ISSN 2096-4188，CN 11-6037/Z），所以签约期刊的网络版上网络首发论文视为正式出版。

洪霞, 卢基来, 漆慧娟, 等. 姜种质资源遗传多样性分析与核心种质资源库的构建[J]. 浙江农业学报, 2025, 37(6).

DOI:10.3969/j.issn.1004-1524.20240717

姜种质资源遗传多样性分析与核心种质资源库的构建

洪霞^a, 卢基来^b, 漆慧娟^c, 陈孝赏^{b,*}

(台州市农业科学研究院 a. 生物技术研究所, b. 蔬菜研究所, c. 科研管理与科技开发处, 浙江 台州 318014)

摘要: 探讨浙江省不同姜种质资源的亲缘关系, 以更好地保护与利用姜种质资源, 并为品种选育提供基础材料。利用收集到的 80 份姜种质资源, 采用遗传变异分析、相关性分析、主成分分析、聚类分析等方法研究 30 个表型性状的遗传多样性, 并构建核心种质资源库。结果表明, 15 个质量性状的遗传多样性指数为 0~0.85, 其中叶色的遗传多样性指数最大; 15 个数量性状的变异系数为 7.84%~44.56%, 变异系数最大的为分枝数。相关性分析表明, 单株根状茎质量与株高、株幅、叶长、叶宽、主茎叶片数、地上茎高、地上茎粗、子姜长、子姜茎节数等呈极显著正相关 ($P<0.01$), 表明长势旺盛的资源具有较高产量。主成分分析提取出的前 6 个主成分的累计贡献率为 62.423%。聚类分析将 80 份姜种质资源分为 6 个类群, 其中第 II、III 类群的植株较为高大、长势旺, 产量高。采用系统逐步聚类、优先取样策略筛选出 36 份种质作为姜资源核心库优异材料, 占总体样本的 45%, T 检验表明该核心库能够代表原种质资源库的遗传变异。

关键词: 姜; 遗传多样性; 表型性状; 核心种质

中图分类号: S632.5

文献标志码: A

文章编号: 1004-1524 (2025) 06-0000-00

Genetic diversity analysis and core collection construction of ginger (*Zingiber officinale* Rosc.) germplasm accessions

HONG Xia^a, LU Jilai^b, QI Huijuan^c, CHEN Xiaoshang^{b,*}

(a. Institute of Biotechnology, b. Institute of Vegetable Research, c. Division of Scientific Research Management and Development, Taizhou Academy of Agricultural Sciences, Taizhou 318014, Zhejiang, China)

Abstract: Exploring the genetic relationships of different ginger (*Zingiber officinale* Rosc.) germplasm accessions in Zhejiang Province to enhance their conservation, utilization, and provide foundational materials for breeding programs. The genetic diversity of 30 phenotypic traits for 80 ginger germplasm accessions were analyzed by correlation analysis, principal component analysis (PCA) and cluster analysis. Moreover, the core collection was constructed. The results showed that the genetic diversity index of 15 qualitative traits ranged from 0 to 0.85, with leaf color exhibiting the highest diversity. For 15 quantitative traits, the coefficient of variation (CV) ranged from 7.84% to 44.56%, with branch number showing the highest CV. Correlation analysis revealed highly significant positive correlations ($P<0.01$) between rhizome weight and plant height, plant spread, leaf length, leaf width, number of leaves on main stem, aboveground stem height, aboveground stem diameter, sub-rhizome length, and node number of sub-rhizomes, indicating that indicating that germplasm accessions with strong growth had higher yield. PCA extracted six principal components with a cumulative contribution rate of 62.423%.

收稿日期: 2024-08-07

基金项目: 台州市科技计划项目 (21nya11); 浙江省“三农九方”科技协作计划项目 (2024SNJF015); 浙江省第三次全国农作物种质资源普查与收集行动 (111821301354052030)

作者简介: 洪霞 (1987—), 女, 浙江台州人, 硕士, 主要从事作物遗传育种研究。E-mail: hongxia6010@163.com

*通信作者, 陈孝赏, E-mail: taizhouagri@126.com

Cluster analysis classified the 80 accessions into six groups, with Groups II and III exhibiting taller plants, vigorous growth, and higher yields. A core collection comprising 36 superior accessions (45% of the total) was established through systematic stepwise clustering and priority sampling strategies. *T*-test confirmed that this core collection effectively represents the genetic variation of the original germplasms.

Key words: ginger; genetic diversity; phenotypic trait; core collection

姜 (*Zingiber officinale* Rosc.) 为姜科姜属单子叶多年生草本植物, 在热带、亚热带、暖温带等地区以一年生广泛栽培^[1]。中国姜栽培历史悠久, 论语说“每食不撤姜”, 说明早在春秋时期姜已入菜谱^[1]。姜是蔬菜药材两用作物, 以肥大的肉质茎作蔬菜用, 其整株均可入药, 其主要功能活性物质姜辣素具有消炎、抗氧化、抗癌等作用^[2-3]。近几年中国姜的种植与贸易均居世界前列, 总产量连续 5 年位居世界第一, 其中在 2021 年达到顶峰, 产量达 1 219 万 t (占全球约 38.3%); 姜出口量占全球总量 70% 以上, 其中 2024 年出口量约 28.6 万 t^[4-5]。中国姜种质资源丰富, 如莱芜大姜、铜陵白姜、浙江黄瓜姜、四川竹根姜等地方品种小有名气, 在当地种植广泛, 具有重要的经济效益^[3, 6]。不同的种质资源在生物学性状和农艺性状方面差异较大, 根据生物学性状主要分为密苗型与疏苗型姜; 不同种质姜在风味上面也有差异, 丰富的姜种质资源是姜新品种选育的重要基础^[6-8]。长期以来, 姜以无性繁殖为主, 利用群体中产生自然变异或人工诱变能够有效地获得高产优质姜新品种, 如山东大姜‘辐育一号’、福建‘金姜’等^[8-9]。筛选、鉴定、评价不同的姜种质资源, 能够充分了解其相应特性, 便于更好地挖掘与利用优异种质。

种质资源的鉴定评价主要有基于分子水平和形态水平 2 种方法。表型性状的鉴定评价更为直观便捷。近年来, 研究人员收集了不同的姜种质资源进行遗传多样性分析。李德文等^[10]研究了中国 96 份姜种质 10 个农艺性状在贵州的表现, 发现分枝数与茎叶质量是影响喀斯特地区姜高产的主要因素, 挖掘出适宜贵州生态区种植的种质。姜栋柱等^[11]探讨了 33 份姜种质的 12 个农艺性状, 并通过聚类分析挖掘出高产种质。但是, 以上研究重点关注姜的产量以及影响产量的相关性状, 性状指标较少, 有可能忽略对部分特异种质的发掘。

浙江省姜种质资源丰富, 特别是小黄姜深受人们喜爱, 是浙江省重要的经济作物。如衢州市衢江区以生产“小皇姜”闻名, 并延伸出姜片罐头、姜糖等深加工产业链; 温州市文成县“六福地”小福姜入选全省特色农产品共富帮扶项目, 并获评“味美浙江”地标食材; 嘉兴市南湖区 2021 年成功创建省级姜特色农产品优势区。目前, 关于浙江省不同地区姜种质资源表型相关的鉴定评价未见报道。作者对浙江省不同县域的 80 份姜种质进行性状鉴定、评价, 并与国内部分常见品种进行比较分析, 筛选核心姜种质资源, 以期挖掘适宜浙江省种植的高产优质姜资源, 旨在促进姜种质的保护与开发利用。

1 材料与方 法

1.1 试验材料

80 份姜种质资源种植于浙江省薯蓣类种质资源圃, 试验基地 (121°14'E, 28°83'N) 位于临海市江南街道, 属亚热带季风气候, 全年平均气温 17.1 °C, 积温 5 370 °C, 无霜期 241 d, 常年平均降雨量 1 638 mm, 年平均蒸发量 1 231.4 mm, 5 月和 6 月为梅雨季节, 7 月和 9 月以晴为主, 夏秋之交台风活动较频繁, 土壤类型为壤土。大部分种质来源于浙江省各个县市区, 另有部分国内常见种质, 种质名称和采集地如表 1 所示。2022—2023 连续 2 年开展试验, 行距 50 cm, 株距 30 cm 进行栽培。采用随机区组设计, 每个小区 8 m², 每个姜种质 3 个重复, 所有小区的水肥管理一致。

表 1 八十份供试姜种质资源信息

Table 1 Information of 80 ginger germplasm accessions in the study

编号 No.	名称 Name	来源地 Origin	编号 No.	名称 Name	来源地 Origin	编号 No.	名称 Name	来源地 Origin
1	老种生姜 Old Species Ginger	浙江东阳市 Dongyang City, Zhejiang	28	姜 Ginger	浙江武义县 Wuyi County, Zhejiang	55	大粒姜 Large Grain Ginger	浙江临海尤溪 镇 Youxi Town, Linhai City, Zhejiang
2	生姜 Ginger	浙江宁海县 Ninghai County, Zhejiang	29	生姜 Ginger	浙江瑞安市 Rui'an City, Zhejiang	56	土姜 Native Ginger	浙江仙居埠头 镇 Butou Town, Xianju County, Zhejiang
3	黄姜 Yellow Ginger	浙江新昌县 Xinchang County, Zhejiang	30	小连姜 Xiaolian Ginger	浙江黄岩区 Huangyan District, Zhejiang	57	姜 Ginger	浙江景宁沙湾 镇 Shawan Town, Jingning County, Zhejiang
4	生姜 Ginger	浙江建德市 Jiande City, Zhejiang	31	小连姜 Xiaolian Ginger	浙江仙居县 Xianju County, Zhejiang	58	姜(红头姜) Ginger(Red Head Ginger)	浙江开化县 Kaihua County, Zhejiang
5	姜 Ginger	浙江遂昌县 Suichang County, Zhejiang	32	生姜 Ginger	浙江仙居县 Xianju County, Zhejiang	59	姜 Ginger	浙江临海括苍 镇 Kuocang Town, Linhai City, Zhejiang
6	土生姜 Native Ginger	浙江缙云县 Jinyun County, Zhejiang	33	生姜 Ginger	浙江黄岩区 Huangyan District, Zhejiang	60	山地小黄姜 Mountain Small Yellow Ginger	浙江缙云县 Jinyun County, Zhejiang
7	生姜 Ginger	浙江永康市 Yongkang City, Zhejiang	34	生姜 Ginger	浙江奉化区 Fenghua District, Zhejiang	61	姜 Ginger	浙江莲都岩泉 长岗 Yanquan Changgang, Liandu District, Zhejiang
8	小种姜 Small Species Ginger	浙江天台县 Tiantai County, Zhejiang	35	姜 Ginger	浙江乐清市 Yueqing City, Zhejiang	62	小黄姜 Small Yellow Ginger	浙江衢江湖南 镇 Hunan Town, Qujiang District, Zhejiang
9	吴山生姜 Wushan Ginger	浙江瑞安市 Rui'an City, Zhejiang	36	姜 Ginger	浙江庆元县 Qingyuan County, Zhejiang	63	小黄姜 Small Yellow Ginger	浙江缙云县 Jinyun County, Zhejiang
10	生姜 Ginger	浙江瑞安市 Rui'an City, Zhejiang	37	赤水垟姜 Chishuiyang Ginger	浙江乐清市 Yueqing City, Zhejiang	64	土姜 Native Ginger	浙江江山市 Jiangshan City, Zhejiang

11	土生姜 Native Ginger	浙江淳安县 Chun'an County, Zhejiang	38	南山姜 Nanshan Ginger	浙江临海杜桥 镇 Duqiao Town, Linhai City, Zhejiang	65	小黄姜 Small Yellow Ginger	云南文山市 Wenshan City, Yunnan
12	本地姜 Local Ginger	浙江洞头区 Dongtou District, Zhejiang	39	小粒姜 Small Grain Ginger	浙江临海市 Linhai City, Zhejiang	66	小叶姜 Small Leaf Ginger	浙江三门县 Sanmen County, Zhejiang
13	竹根姜 Bamboo Root Ginger	浙江苍南县 Cangnan County, Zhejiang	40	本地黄姜 Local Yellow Ginger	浙江磐安县 Pan'an County, Zhejiang	67	小黄姜 Small Yellow Ginger	云南文山市 Wenshan City, Yunnan
14	红爪姜 Red Claw Ginger	浙江平湖市 Pinghu City, Zhejiang	41	三都姜 Sandu Ginger	浙江松阳县 Songyang County, Zhejiang	68	小粒姜 Small Grain Ginger	浙江临海江南 街道 Jiangnan Subdistrict, Linhai City, Zhejiang
15	三都姜 Sandu Ginger	浙江松阳县 Songyang County, Zhejiang	42	小林黄姜 Xiaolin Yellow Ginger	浙江杭州余杭 区 Yuhang District, Hangzhou City, Zhejiang	69	生姜 Ginger	浙江天台县 Tiantai County, Zhejiang
16	生姜 Ginger	浙江开化县 Kaihua County, Zhejiang	43	泳溪姜 Yongxi Ginger	浙江天台泳溪 乡 Yongxi Township, Tiantai County, Zhejiang	70	大姜 Large Ginger	山东青岛市 Qingdao City, Shandong
17	蟠姜 Pan Ginger	浙江开化县 Kaihua County, Zhejiang	44	五指岩姜 Wuzhiyan Ginger	浙江永康五指 岩 Wuzhiyan, Yongkang City, Zhejiang	71	小环姜 Small Ring Ginger	海南陵水县 Lingshui County, Hainan
18	野生姜 Wild Ginger	浙江柯城区 Kecheng District, Zhejiang	45	小姜 Small Ginger	浙江临海杜桥 镇 Duqiao Town, Linhai City, Zhejiang	72	本地姜 Local Ginger	浙江临海大田 街道 Datian Subdistrict, Linhai City, Zhejiang
19	姜 Ginger	浙江衢江区 Qujiang District, Zhejiang	46	黄姜 Yellow Ginger	浙江天台街头 镇 Jietou Town, Tiantai County, Zhejiang	73	金昌大姜 Jinchang Large Ginger	山东莱芜区 Laiwu District, Shandong

20	姜 Ginger	浙江衢江区 Qujiang District, Zhejiang	47	湖 酉 姜 Huqiu Ginger	浙江天台平桥 镇 Pingqiao Town, Tiantai County, Zhejiang	74	莱 芜 小 姜 Laiwu Small Ginger	山东莱芜市 Laiwu City, Shandong
21	土 生 姜 Native Ginger	浙江武义县 Wuyi County, Zhejiang	48	姜 Ginger	浙江莲都区 Liandu District, Zhejiang	75	辐 育 一 号 Fuyu No.1	山东莱芜市 Laiwu City, Shandong
22	鸡 爪 姜 Chicken Claw Ginger	浙江磐安县 Pan'an County, Zhejiang	49	生 姜 Ginger	浙江椒江三甲 街 道 Sanjia Subdistrict, Jiaojiang District, Zhejiang	76	娃 娃 姜 Baby Ginger	山东莱芜市 Laiwu City, Shandong
23	生 姜 Ginger	浙江庆元县 Qingyuan County, Zhejiang	50	姜 Ginger	浙江椒江三甲 街 道 Sanjia Subdistrict, Jiaojiang District, Zhejiang	77	平 顶 四 Pingdingsi	山东莱芜市 Laiwu City, Shandong
24	姜 Ginger	浙江瓯海区 Ouhai District, Zhejiang	51	生 姜 Ginger	浙江龙泉龙南 镇 Longnan Town, Longquan City, Zhejiang	78	莱 芜 大 姜 Laiwu Large Ginger	山东莱芜市 Laiwu City, Shandong
25	姜 Ginger	浙江永嘉县 Yongjia County, Zhejiang	52	沈 村 姜 Shencun Ginger	浙江莲都岩泉 街 Yanquan Street, Liandu District, Zhejiang	79	本 地 姜 Local Ginger	浙江天台县街 头 镇 Jietou Town, Tiantai County, Zhejiang
26	姜 Ginger	浙江永嘉县 Yongjia County, Zhejiang	53	姜 Ginger	浙江莲都雅西 镇 Yaxi Town, Liandu District, Zhejiang	80	本 地 姜 Local Ginger	浙江天台县雷 锋 乡 Leifeng Township, Tiantai County, Zhejiang
27	土 姜 Native Ginger	浙江武义县 Wuyi County, Zhejiang	54	本 地 姜 Local Ginger	浙江黄岩宁溪 镇 Ningxi Town, Huangyan District, Zhejiang			

1.2 性状调查

参照《姜种质资源描述规范与数据标准》^[12]，在每年生长中期（6月到7月）随机选取5株调查地上部性状，在收获期（10月）测定地下部根状茎的产量和性状指标，取平均值为实测值。主要调查嫩芽色、株型、顶端叶角度、叶形、叶色、叶正面绒毛、叶背面绒毛、叶鞘色、地下茎色、根状茎排列、根状茎皮色、根状茎表皮褶皱、根状茎分枝级数、子姜形状、子姜肉色共15个质量性状，以及株高、株幅、分枝数、叶长、叶宽、主茎叶片数、地上茎高、地上茎粗、根状茎长、根状茎宽、单株根状茎质量、子姜长、子姜粗、子姜茎节数、子姜节间长共15个数量性状。

1.3 遗传多样性分析

使用 Excel 软件统计数据的极差、方差、变异系数、Shannon Wiener 指数 H' 等。农艺性状分 10 个等级后计算 H' 指数，分级方法：根据平均值和标准差的计算结果将每个性状分为 10 级，其中 1 级 $<X-2\sigma$ ，10 级 $\geq X+2\sigma$ ，中间每级相差 0.5σ 。使用 SPSS20.0 软件计算最大值、最小值、平均值等，并对相关数据进行相关分析、主成分分析以及聚类分析。聚类采用组间联结法，种质间遗传距离为欧式距离。

1.4 核心种质资源库的构建与评价

采用系统逐步聚类、优先取样策略初步构建核心种质资源库。分别设置 20%、30%、35%、40%、45%、50% 共 6 个取样比例，对这 6 个比例构建的种质资源库进行检验，筛选出合适的核心种质资源库。统计均值差异百分率、极差符合率、方差差异百分率和变异系数变化率等，用来评价各核心库性状变异保有量^[13]。在均值差异百分率小于 20%，极差符合率大于 80% 的情况下核心库能够代表原种质资源库^[14-15]。采用方差 F 检验检测核心种质库与原群体间方差的同质性，并采用 t 检验分析核心种质库与原种质资源库均值间的差异显著性^[16]。

2 结果与分析

2.1 表型的遗传多样性

2.1.1 质量性状的遗传多样性

80 份姜种质资源 15 个质量性状的遗传多样性指数为 0~0.85，均值为 0.39（表 2）。在 15 个性状中，嫩芽色、叶背面绒毛和叶鞘色的多样性指数为 0，80 份姜种质的嫩芽均为绿白色，叶鞘均为绿色，叶背面均分布绒毛。遗传多样性指数排前三的为叶色、子姜形状与地下茎色。其中，叶色的遗传多样性指数为 0.85，叶色以绿色与黄绿色为主，分别占比 50.00% 和 42.50%。子姜形状变异丰富，遗传多样性指数为 0.80，主要以纺锤形为主，占 60.00%；其次为灯泡形，占 36.25%；仅有 3 份种质资源为长棒形子姜。地下茎色的遗传多样性指数为 0.73，地下茎色主要为红色与紫红色，其中有 47 份姜种质资源为红色，32 份为紫红色。

表 2 质量性状的遗传多样性

Table 2 Genetic diversity of qualitative traits

性状 Trait	H'	分布频率 Distribution frequency			
		1	2	3	4
嫩芽色 Shoot color	0	100.00	—	—	—
株型 Plant type	0.69	—	46.25	53.75	
顶端叶角度 Orientation of top leaf	0.20	77.50	22.50		
叶形 Leaf shape	0.65	63.75	36.25		
叶色 Leaf color	0.85	42.50	5.00	50.00	2.50
叶正面绒毛 Villi on upper surface of leaf	0.31	13.75	86.25		
叶背面绒毛	0	—	100.00		

Villi on dorsal surface of leaf					
叶鞘色 Sheath colour	0	100.00	—	—	
地下茎色 Underground stem color	0.73	—	1.25	58.75	40.00
根状茎排列 Arraying of rhizome	0.46	7.50	5.00	87.50	
根状茎皮色 Color of rhizome skin	0.31	—	16.25	83.75	
根状茎表皮褶皱	0.62	6.25	80.00	13.75	
Roughness of rhizome surface					
根状茎分枝级数 Branching series	0.07	—	—	1.25	98.75
子姜形状 Sub-rhizome shape	0.80	3.75	36.25	60.00	
子姜肉色 Flesh color of sub-rhizome	0.20	—	5.00	95.00	

叶正面绒毛与叶背面绒毛分布频率：“1”表示无，“2”表示有；其他性状按照《姜种质资源描述规范与数据标准》记录并计算分布频率。 H' 为遗传多样性指数。

Distribution frequency of villi on upper surface of leaf and villi on dorsal surface of leaf: “1” represents absent, “2” represents present; others were recorded and calculated according to “Descriptors and data standard for ginger”. H' , Genetic diversity index.

2.1.2 数量性状的遗传多样性

15 个数量性状的变异系数为 7.84%~44.56%，分枝数的变异系数最大，为 44.56%，叶长的变异系数最小。遗传多样性指数为 1.72~2.07，均大于 1 且变化范围较小，表明 80 份姜种质资源遗传背景较为丰富（表 3）。

表 3 数量性状的遗传多样性

Table 3 Genetic diversity of quantitative traits

性状	极小值	极大值	均值	标准差	变异系数	H'
Trait	Minimum	Maximum	Mean	Standard deviation	CV/%	
株高 Plant height/cm	61.00	142.00	106.28	16.55	15.57	2.07
株幅 Plant breadth/cm	38.30	125.10	93.31	15.92	17.06	2.00
分枝数 Number of branches	2.00	37.70	13.34	5.94	44.56	1.72
叶长 Leaf length/cm	20.20	29.40	26.08	2.05	7.84	2.01
叶宽 Leaf width/cm	2.40	3.50	2.95	0.23	7.86	2.04
主茎叶数 Number of leaves on main stem	16.50	42.00	33.36	5.14	15.40	1.95
地上茎高 Aboveground stem height/cm	41.80	124.10	88.28	16.15	18.29	2.06
地上茎粗 Aboveground stem diameter/cm	6.60	13.20	10.20	1.30	12.76	2.05
根状茎长 Rhizome length/cm	15.80	36.00	25.68	3.79	14.76	2.06
根状茎宽 Rhizome width/cm	8.70	15.60	13.11	1.32	10.04	2.01
单株根状茎质量 Rhizomes weight per plant/kg	0.19	1.24	0.73	0.22	30.20	2.03
子姜长 Length of sub-rhizome/mm	45.80	83.20	65.32	6.96	10.65	1.98
子姜粗 Diameter of sub-rhizome/mm	18.20	40.20	28.72	4.24	14.77	2.01
子姜茎节数 Node number of sub-rhizomes	5.70	10.70	8.10	0.98	12.16	1.99
子姜节间长 Node length of sub-rhizomes/mm	7.60	19.80	10.99	1.75	15.92	1.88

H' 为遗传多样性指数。

H' , Genetic diversity index.

2.1.3 数量性状的相关分析

从表 4 可以看出，大部分数量性状之间存在显著或者极显著的相关关系。株高与株幅、

叶长、主茎叶片数、地上茎高、地上茎粗、根状茎长、根状茎宽、单株根状茎质量、子姜茎节数等性状呈极显著正相关，仅与子姜节间长呈负相关。叶长、叶宽与其他所有农艺性状呈正相关。除子姜粗外，单株根状茎质量与其他 13 个数量性状呈显著正相关 ($P<0.05$)，其中与株高、株幅、叶长、叶宽、主茎叶片数、地上茎高、地上茎粗、子姜长、子姜茎节数等呈极显著正相关 ($P<0.01$) (表 4)。这表明在台州的气候条件下，地上部长势较为旺盛的姜产量较高。

表 4 数量性状的相关性分析

Table 4 Correlation analysis of quantitative traits

性状 Trait	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
2	0.708**													
3	0.180	0.341**												
4	0.824**	0.581**	-0.117											
5	0.256*	.153	-0.380**	0.549**										
6	0.774**	0.594**	0.251*	0.615**	0.009									
7	0.969**	0.660**	0.225*	0.756**	0.195	0.767**								
8	0.600**	0.385**	-0.244*	0.664**	0.572**	0.352**	0.576**							
9	0.441**	0.455**	0.226*	0.433**	0.204	0.387**	0.397**	0.301**						
10	0.523**	0.449**	0.098	0.462**	0.130	0.516**	0.489**	0.222*	0.410*					
11	0.702**	0.632**	0.267*	0.608**	0.380**	0.514**	0.663**	0.533**	0.551*	0.449*				
12	0.139	0.025	-0.291**	0.257*	0.459**	-0.047	0.090	0.331**	0.269*	0.367*	0.347**			
13	0.158	0.003	-0.517**	0.397**	0.503**	0.040	0.081	0.445**	0.193	0.138	0.141	0.186		
14	0.427**	0.307**	0.051	0.292**	0.094	0.384**	0.437**	0.164	0.064	0.399*	0.297**	0.204	-0.057	
15	-0.038	-0.113	-0.199	0.041	0.320**	-0.186	-0.076	0.221*	0.098	0.069	0.254*	0.612**	.254*	-.282*

1, 株高; 2, 株幅; 3, 分枝数; 4, 叶长; 5 叶宽; 6, 主茎叶片数; 7, 地上茎高; 8, 地上茎粗; 9, 根状茎长; 10, 根状茎宽; 11, 单株根状茎质量; 12, 子姜长; 13, 子姜粗; 14, 子姜茎节数; 15, 子姜节间长。*和**分别表示在 0.05 和 0.01 水平显著相关。

1, Plant height; 2, Plant breadth; 3, Number of branches; 4, Leaf length; 5, Leaf width; 6, Number of leaves on main stem; 7, Aboveground stem height; 8, Aboveground stem diameter; 9, Rhizome length; 10, Rhizome width; 11, Rhizomes weight per plant; 12, Length of sub-rhizome; 13, Diameter of sub-rhizome; 14, Node number of sub-rhizomes; 15, Node length of sub-rhizome. * and ** mean significant correlations at 0.05 and 0.01 levels, respectively.

2.1.4 表型性状的主成分分析

对 80 份资源具有变异的 27 个性状进行了主成分分析，提取出的前 6 个主成分累计贡献率为 62.423% (表 5)。第 1 主成分的特征值为 6.719，贡献率为 24.885%，主要反映数量性状的变异，15 个数量性状的特征向量均为正值，其中有 10 个性状的特征向量在 0.2 以上，表明第 1 主成分为产量相关的综合因子。第 2 主成分的特征值为 3.323，贡献率为 12.306%，叶宽、子姜长、子姜节间长和子姜粗等性状的特征向量在 0.3 以上，第 2 主成分主要反映子姜的大小。第 3 主成分的特征值为 1.973，贡献率为 7.309%，以株型与根状茎长的特征值最

大。第 4 主成分的特征值为 1.853, 贡献率 6.862%, 主要反映顶端叶角度和地下茎色的变异, 他们的特征向量在 0.4 以上, 此外还反映了根状茎的部分性状。第 5 主成分的特征值为 1.653, 贡献率为 6.124%, 主要反映子姜性状与根状茎皮色变异。第 6 主成分的特征值为 1.333, 贡献率为 4.938%, 以反映叶色变异为主。

表 5 表型性状的主成分分析

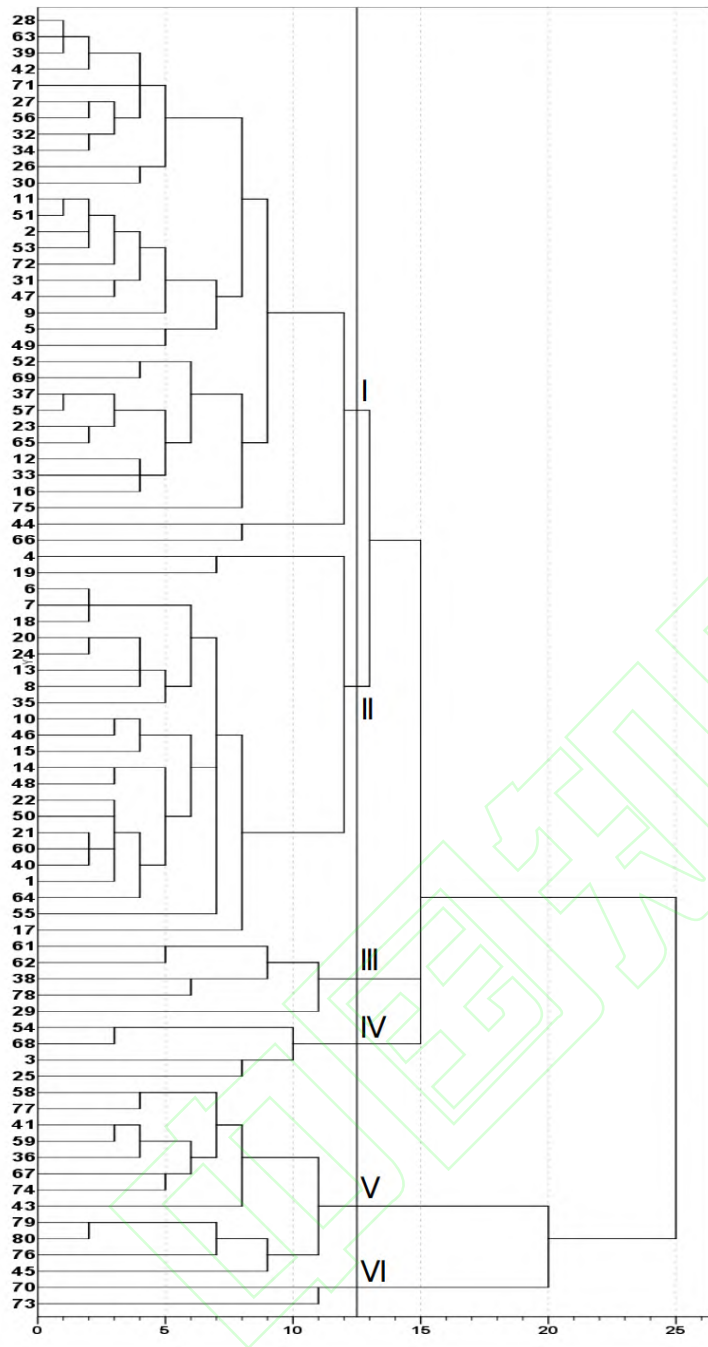
Table 5 Principal component analysis of phenotypic traits

性状 Trait	1	2	3	4	5	6
株型 Plant type	-0.125	0.049	0.407	-0.114	0.060	0.046
顶端叶角度 Orientation of top leaf	-0.087	-0.056	0.199	0.373	0.070	-0.107
叶形 Leaf shape	0.157	-0.087	-0.387	0.015	0.045	0.136
叶色 Leaf color	-0.018	0.160	-0.147	-0.142	0.013	0.454
叶正面绒毛 Villi on upper surface of leaf	-0.074	-0.148	0.191	-0.294	-0.102	-0.121
地下茎色 Underground stem color	-0.022	-0.099	-0.055	0.490	-0.093	0.122
根状茎排列 Arraying of rhizome	0.137	-0.262	-0.040	-0.284	0.032	0.091
根状茎皮色 Color of rhizome skin	-0.026	0.024	0.114	0.287	0.442	-0.041
根状茎表皮褶皱 Roughness of rhizome surface	-0.190	-0.085	0.035	0.131	0.282	-0.400
根状茎分枝级数 Branching series	0.089	-0.209	0.103	0.293	-0.248	0.378
子姜形状 Sub-rhizomes shape	-0.003	0.035	-0.270	0.103	0.421	0.026
子姜肉色 Flesh color of sub-rhizomes	-0.046	-0.005	-0.290	0.101	0.258	-0.087
株高 Plant height	0.358	-0.079	-0.014	0.069	0.019	-0.067
株幅 Plant breadth	0.287	-0.160	0.154	-0.004	0.055	-0.030
分枝数 Number of branches	0.044	-0.377	0.161	0.058	0.286	0.217
叶长 Leaf length	0.335	0.091	-0.015	0.092	-0.128	-0.138
叶宽 Leaf width	0.159	0.391	-0.062	0.057	0.005	-0.168
主茎叶数 Number of leaves on main stem	0.295	-0.199	0.063	0.004	-0.115	-0.130
地上茎高 Aboveground stem height	0.347	-0.115	-0.048	0.041	0.021	-0.037
地上茎粗 Aboveground stem diameter	0.267	0.231	-0.081	0.115	-0.101	0.092
根状茎长 Rhizome length	0.214	-0.002	0.360	-0.028	0.116	0.029
根状茎宽 Rhizome width	0.234	0.004	0.185	-0.186	0.141	-0.237
单株根状茎质量 Rhizomes weight per plant	0.309	0.039	0.113	0.086	0.215	0.151
子姜长 Length of sub-rhizome	0.116	0.359	0.074	-0.235	0.274	0.124
子姜粗 Diameter of sub-rhizome	0.093	0.335	0.081	0.226	0.268	-0.246
子姜茎节数 Node number of sub-rhizomes	0.183	-0.075	-0.308	-0.171	0.106	-0.124
子姜节间长 Node length of sub-rhizomes	0.020	0.345	0.225	0.034	0.162	0.336
特征值 Eigenvalue	6.719	3.323	1.973	1.853	1.653	1.333
贡献率 Contribution/%	24.885	12.306	7.309	6.862	6.124	4.938
累计贡献率 Accumulated contribution/%	24.885	37.191	44.500	51.362	57.485	62.423

2.1.5 表型性状的聚类分析

利用 SPSS20.0 软件对姜 30 个表型性状进行聚类分析, 采用组内联结法进行聚类。由图 1 可以看到, 在欧式距离为 12.5 处, 可以将 80 份姜种质资源分为 6 个类群。第 I 类群有 33

份种质资源，其中有 30 份浙江省内种质资源，还包括 1 份云南种质，1 份山东种质、1 份海南种质；主要表现为植株的株高与株幅较大，分枝数较多，主茎叶片数多，地上茎较为高大粗壮，产量中高，平均单株产量为 0.73 kg；在质量性状方面，株形、顶端叶角度均存在半直立与平展 2 种特征，叶色变化多样，根状茎排列只有双行与不规则 2 种排列方式，根状茎表皮褶皱有光滑、微皱、皱缩 3 种，子姜的肉色除黄色外有淡黄类别，此类别为中高产姜类型。第 II 类群共有 24 份种质资源，全部来源于浙江省。与第 I 类群相比，第 II 类群植株的株高最高，均值达 123.42 cm，株幅适中，分枝数较多，单株产量最高，达 0.89 kg，子姜性状只有灯泡形与纺锤形，肉色黄，为高产类别姜，姜块商品性较好。第 III 类群共 5 份种质资源，由 1 份山东大姜与 4 份浙江姜组成；这 5 份种质资源的株高与第 I 类群相近，但株幅最大，分枝数较多，单株产量平均达 0.82 kg；从质量性状看，叶形全部为披针形，根状茎表皮微皱，根状茎排列有单行与不规则 2 种，子姜形状与第 II 类群一致。第 IV 类群为 4 份浙江种质资源，株高株幅适中，主要表现为分枝数最多，单株产量较高，与第 I 类群一致；这 4 份种质资源根状茎排列全部为不规则，子姜肉色黄，形状有纺锤形与长棒形 2 种。第 V 类群有 12 份种质资源，8 份来自浙江，1 份来自云南，3 份来自山东；该类群植株较为矮小，分枝数少，单株产量低，仅为 0.4 kg。第 VI 类群均只有 2 份种质资源，它们分别为青岛大姜与莱芜金昌大姜，这 2 个大姜种质资源整体株形矮小，子姜节间长度较长；青岛大姜与莱芜大姜相比，株型、顶端叶角度、叶正面绒毛有无、地下茎色以及根状茎排列方面表现不同，其他方面具有相似的特点。



1~80 为种质资源编号，对应的种质名称同表 1。

Numbers 1-80 represent germplasm accession codes, with corresponding germplasm names listed in Table 1.

图 1 八十份姜种质资源的聚类分析

Fig. 1 Cluster analysis of 80 ginger germplasm accessions

2.2 核心种质资源库的构建与评价

6 个不同比例的核心种质资源库分别有姜种质资源 16、24、28、32、36、40 份。由表 6 可以看出，随着取样比例提高，与原种质资源库相比，变异系数变化率与极差符合率逐渐提高。除 S2 外，各个取样比例的均值差异百分率均为 0，方差差异百分率低于 52%，说明选取的核心种质能够代表原种质资源库。当取样比例在 45%与 50%时，方差差异较小，极差符合率均达到最大值 98.19%。因此选择取样比例为 45%的 S5 作为核心种质资源库。

表 6 核心种质资源库与原群体差异百分率

Table 6 Percentage difference between core collection and initial population

种质资源库 Core germplasm collection	取 样 比 例 Sampling ratio	均值差异百分率		方差差异百分率		变异系数变化率		极 差 符 合 率 Coincidence rate of range
		Mean difference percentage		Variance difference percentage		Coefficient of variation rate		
S1	20	0		51.85		134.09		94.65
S2	30	3.70		18.52		124.56		96.40
S3	35	0		11.11		120.62		96.99
S4	40	0		29.63		121.82		97.97
S5	45	0		18.52		118.52		98.19
S6	50	0		14.81		115.81		98.19

S5 核心种质库的 36 份资源中，29 份来自浙江，5 份来自山东，还有 1 份来自海南。利用 *t* 检验检测 S5 核心种质资源库与原种质不同性状间的均值差异，利用 *F* 检验检测两者方差差异的显著性。*F* 检验发现仅有 5 个性状的差异达到显著水平，其中差异极显著的为顶端叶角度与叶型；此外，共有 24 个性状通过核心种质资源提取获得了更大的变异度。27 个存在变异的性状均值 *t* 检验显示，核心种质的均值与原种质资源库差异不显著（表 7）。

表 7 核心种质与原群体差异比较

Table 7 Difference between core collection and initial population

性状 Trait	均值 Mean			变异系数 Coefficient of variation/%			<i>t</i> 值 <i>t</i> - valu e
	原种质 Primary germplasm	核心种质 Core collection	符合率 Coincidenc e rate	原种质 Primary germplasm	核心种质 Core collection	符合率 Coincidenc e rate	
株型 Plant type	2.54	2.61	1.03	19.77	18.93	0.96	-0.73
顶端叶角度 Orientation of top leaf	1.23	1.36	1.11	34.30	35.79	1.04	-1.45
叶形 Leaf shape	1.36	1.25	0.92	35.50	35.13	0.99	1.24
叶色 Leaf color	2.13	2.14	1.01	47.58	50.17	1.05	-0.07
叶正面绒毛 Villi on upper surface of leaf	1.86	1.81	0.97	18.61	22.23	1.19	0.78
地下茎色 Underground stem color	3.39	3.42	1.01	15.22	16.22	1.07	-0.28
根状茎排列 Arraying of rhizome	2.80	2.64	0.94	20.01	27.41	1.37	1.19
根状茎皮色 Color of rhizome skin	2.84	2.86	1.01	13.08	12.26	0.94	-0.32
根状茎表皮褶皱 Roughness of rhizome surface	2.08	2.08	1.00	21.38	26.60	1.24	-0.09
根状茎分枝级数 Branching	3.99	3.97	1.00	2.80	4.20	1.50	0.58

series							
子姜形状 Sub-rhizomes shape	2.56	2.56	1.00	22.25	23.75	1.07	0.06
子姜肉色 Flesh color of sub-rhizomes	2.95	2.89	0.98	7.43	11.03	1.48	1.04
株高 Plant height/cm	106.31	102.09	0.96	15.52	18.82	1.21	1.21
株幅 Plant breadth/cm	93.31	90.44	0.97	17.06	20.81	1.22	0.85
分枝数 Number of branches	13.34	14.18	1.06	44.56	58.47	1.31	-0.5
叶长 Leaf length/cm	26.08	25.36	0.97	7.84	9.49	1.21	1.65
叶宽 Leaf width/cm	2.95	2.92	0.99	7.86	9.37	1.19	0.54
主茎叶数 Number of leaves on main stem	33.36	32.27	0.97	15.40	19.51	1.27	0.99
地上茎高 Aboveground stem height/cm	88.28	84.69	0.96	18.29	22.45	1.23	1.05
地上茎粗 Aboveground stem diameter/cm	10.20	9.96	0.98	12.76	15.56	1.22	0.85
根状茎长 Rhizome length/cm	25.68	24.78	0.96	14.76	17.73	1.20	1.13
根状茎宽 Rhizome width/cm	13.11	12.89	0.98	10.04	11.75	1.17	0.80
单株根状茎质量 Rhizomes weight per plant/kg	0.73	0.71	0.97	30.20	34.37	1.14	0.41
子姜长 Length of sub-rhizome/mm	65.32	63.88	0.98	10.65	13.11	1.23	0.97
子姜粗 Diameter of sub-rhizome/mm	28.72	28.08	0.98	14.77	18.06	1.22	0.71
子姜茎节数 Node number of sub-rhizome	8.10	7.98	0.99	12.16	12.39	1.02	0.61
子姜节间长 Node length of sub-rhizome/mm	10.99	11.09	1.01	15.92	19.96	1.25	-

$t^{0.05} = 1.981$, $t^{0.01} = 2.620$ 。

3 结论与讨论

3.1 姜种质资源性状评价

种质资源性状的遗传多样性分析和主要农艺性状评价是对其进行更好保护与利用的重要工作基础。姜种质资源存在明显的地方特点，多为农家种，且不同地域的互相引种易导致同种异名与异种同名的现象，种质资源的鉴定评价则显得更有意义。该文共分析了姜的 30 个性状，其中质量性状与数量性状各 15 个。质量性状是姜种质资源鉴别的直接指标，遗传多样性指数在 0.6 以上，按照从大到小排列次序为叶色>子姜形状>地下茎色>株型>根状茎表皮褶皱，这表明在姜种质资源表型观察鉴别时，可优先考察上述性状。15 个数量性状的遗传多样性指数变化范围较小，而变异系数在 7.84%~44.56%，从大到小依次为分枝数、单株根状茎质量、地上茎高、株幅、子姜节间长、株高、主茎叶片数。这与前人的研究基本一致，此前研究中也发现分枝数、单株根状茎质量、主茎叶片数等变异系数较大^[10-11, 17-18]。数量性状的相关分析表明，15 个数量性状之间相关性较强，大部分性状表现具有协同性。单株根状茎质量与所有的性状呈现正相关关系，且有 13 个达到显著性水平，根据相关性系数

大小排在前 5 位的为株高、地上茎高、株幅、叶长、根状茎长。在大部分研究中,分枝数与产量正相关,仅李秀等^[19]的研究呈现负相关,这可能是姜种质来源和种植区域气候不同导致。27 个变异性状进行主成分分析共提取了 6 个主成分,累计贡献率在 60%以上,第 1 主成分主要表征数量性状的变异,其中株高、地上茎高、叶长、单株根状茎质量的特征向量值在 0.3 以上,为产量综合因子。上述研究表明,产量相关数量性状在 80 份姜种质资源中遗传背景丰富,在育种过程中可根据育种目标加以选择,如在江浙区域可选择分枝数、株幅、株高较为适中,根状茎大的材料,既能提高产量又能提高抗倒伏能力。

80 份姜种质资源在欧式距离 12.5 处分为 6 个类群。浙江省的 70 份种质资源分布在前 5 大类群,在 I、II 两个类群中分布较多,共计 54 份,第 II 类群的高产类型姜全部为浙江省资源,且商品性较好,这为利用高产种质进行种质创新打下一定的基础。来自山东的 7 份种质资源分成了 4 个类群,辐育一号分布在第 I 类群,而莱芜大姜则归于第 III 类群,3 份资源(莱芜小姜、平顶四、娃娃姜)与浙江、云南的小姜聚在第 5 类群,剩余的 2 份资源(青岛大姜与金昌大姜)聚为第 6 类群。第 III 类群的资源除 1 份小姜外,其余均为大姜种质,且此类群的产量较高,表明山东的莱芜大姜对当地环境的适应性较好。另有云南与海南各 1 份姜种质资源分布在第 I 类群。莱芜小姜与娃娃姜为小姜种,在聚类上与山东的大姜种分开,而与来自其他地域的小姜聚为一支,第 6 类群 2 个山东大姜材料表现出的低产特性。上述结果表明,同地域来源的种质资源并不一定聚在同一类,这与品种的本身特性和生态环境适应性均密切相关^[10]。此外,在当前生态环境下,第 V、VI 类群种质资源虽然在产量上表现并不突出,但其株高较小,在未来可更好地利用这部分资源,挖掘特异基因,提高浙江高产姜资源的抗倒伏性。

3.2 姜核心种质资源库的构建

构建核心种质资源库是种质资源收集与保存的重要工作,能够减轻种质资源保存的负担,并且更好地利用种质资源。一般情况下,种质资源核心库的选择比例介于 10%~30%,适宜比例与种质资源总量相关,数量少的情况下应适当提高取样比例,有些可达到 45%^[20-22]。表型能直观体现不同种质之间的差异,也较容易获取。本研究通过分析种质之间表型性状遗传多样性,以及对不同取样比例的比较,确定了以 45%比例构建姜种质资源核心库,共有 36 份,能够代表原种质资源的遗传多样性。但表型往往容易受到环境的影响,如研究观测到山东大姜在台州种植时,其产量明显降低,且植株长势变弱,部分山东大姜的表型甚至接近本地小姜。也有大量研究表明,利用简单重复序列(simple sequence repeat, SSR)、内部简单重复序列(inter-simple sequence repeat, ISSR)、相关序列扩增多态性(sequence-related amplified polymorphism, SRAP)等分子标记构建核心种质资源库^[23-25],会减少环境对表型的影响,这也是后续研究需要探索的方向。

参考文献(References):

- [1] 胡臻钰. 中国生姜栽培史考述[J]. 蔬菜, 2023(5): 40-47.
HU Z Y. Research on the history of ginger cultivation in China[J]. *Vegetables*, 2023(5): 40-47. (in Chinese with English abstract)
- [2] CHEN G Q, NAN Y, HUANG S C, et al. Research progress of ginger in the treatment of gastrointestinal tumors[J]. *World Journal of Gastrointestinal Oncology*, 2023, 15(11): 1835-1851.
- [3] 田舒铭. 生姜种质资源姜辣素含量评价及其关键合成基因功能鉴定[D]. 重庆: 重庆三峡学院, 2023.
TIAN S M. Study on gingerol content and functional verification of key genes for gingerol synthesis in ginger germplasm resources[D]. Chongqing: Chongqing Three Gorges University, 2023. (in Chinese with English abstract)
- [4] 任清盛, 李承永. 我国生姜产业现状及发展分析[J]. 中国蔬菜, 2021(8): 8-11.
REN Q S, LI C Y. Analysis on the present situation and development of ginger industry in China[J]. *China Vegetables*, 2021(8): 8-11. (in Chinese)

- [5] 赵小琴, 蔡小东, 刘奕清, 等. 我国生姜产业近 10 年的产销状况及发展策略[J]. 中国瓜菜, 2024, 37(2): 150-155.
ZHAO X Q, CAI X D, LIU Y Q, et al. Status of production and marketing of ginger industry in China in recent ten years and future development strategies[J]. *China Cucurbits and Vegetables*, 2024, 37(2): 150-155. (in Chinese with English abstract)
- [6] 王磊, 徐坤, 李秀. 姜种质资源及育种研究现状与展望[J]. 中国蔬菜, 2013(16): 1-6.
WANG L, XU K, LI X. Research status on breeding of ginger germplasm resource and prospect[J]. *China Vegetables*, 2013(16): 1-6. (in Chinese with English abstract)
- [7] 王磊. 生姜种质资源倍性分析及离体诱变与细胞悬浮培养技术研究[D]. 泰安: 山东农业大学, 2015.
WANG L. Study of ploidy level of ginger germplasm resource and mutation *in vitro* and cell suspension culture[D]. Tai'an: Shandong Agricultural University, 2015. (in Chinese with English abstract)
- [8] 李秀. 生姜种质资源评价及其对温度胁迫的生理响应机制[D]. 泰安: 山东农业大学, 2014.
LI X. Evaluation and physiological response mechanism to temperature stress of ginger(*Zingiber officinale* Rosc.)germplasm resources[D]. Tai'an: Shandong Agricultural University, 2014. (in Chinese with English abstract)
- [9] 李玲, 房玉洁. 福育一号大姜及其栽培技术[J]. 西北园艺(蔬菜), 2006(5): 39-40.
LI L, FANG Y J. Fuyu No.1 ginger and its cultivation techniques[J]. *Northwest Horticulture*, 2006(5): 39-40. (in Chinese)
- [10] 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.
LI D W, WANG S M, LI J H, et al. Genetic diversity analysis of major agronomic traits of ginger germplasm resources[J]. *Journal of Southern Agriculture*, 2022, 53(6): 1693-1703. (in Chinese with English abstract)
- [11] 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.
JIANG D Z, ZHAO X Q, LIU R, et al. Genetic diversity analysis on agronomic traits of ginger germplasm resources[J]. *China Vegetables*, 2022(11): 86-91. (in Chinese with English abstract)
- [12] 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: 1 - 15.
- [13] 聂石辉, 王仙, 彭琳, 等. 基于农艺性状鹰嘴豆抗旱核心种质库构建[J]. 新疆农业科学, 2022, 59(4): 847-854.
NIE S H, WANG X, PENG L, et al. Preliminary construction of chickpea drought resistance core germplasm based on agronomic traits[J]. *Xinjiang Agricultural Sciences*, 2022, 59(4): 847-854. (in Chinese with English abstract)
- [14] 钱玉源, 刘祎, 崔淑芳, 等. 基于表型的棉花种质资源遗传多样性分析及核心种质的抽提[J]. 华北农学报, 2019, 34(增刊 1): 29-35.
QIAN Y Y, LIU Y, CUI S F, et al. Analysis of genetic diversity of cotton germplasm resources and extraction of core germplasm based on phenotypic traits[J]. *Acta Agriculturae Boreali-Sinica*, 2019, 34(S1): 29-35. (in Chinese with English abstract)
- [15] 徐海明, 胡晋, 朱军. 构建作物种质资源核心库的一种有效抽样方法[J]. 作物学报, 2000, 26(2): 157-162.
XU H M, HU J, ZHU J. An efficient method of sampling core collection from crop germplasm[J]. *Acta Agronomica Sinica*, 2000, 26(2): 157-162. (in Chinese with English abstract)
- [16] 郑福顺, 王晓敏, 李国花, 等. 基于表型性状的宁夏番茄种质资源核心种质构建[J]. 浙江大学学报(农业与生命科学版), 2021, 47(2): 171-181.
ZHENG F S, WANG X M, LI G H, et al. Core collection construction of Ningxia tomato germplasm resources based on phenotypic traits[J]. *Journal of Zhejiang University (Agriculture and Life Sciences)*, 2021, 47(2): 171-181. (in Chinese with English abstract)
- [17] 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.
LI Q, YANG W M, WANG D H, et al. Identification and evaluation of main agronomic characters of ginger resources in Hunan[J]. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 2020, 36(25): 37-44. (in Chinese with English abstract)
- [18] 罗凯, 吕金丽, 吴迪, 等. 贵州密苗型生姜农艺性状与产量的相关性分析[J]. 贵州农业科学, 2020, 48(5): 41-46.
LUO K, LÜ J L, WU D, et al. Correlation analysis on agronomic characters and yield of seedling-compact ginger in Guizhou[J]. *Guizhou Agricultural Sciences*, 2020, 48(5): 41-46. (in Chinese with English abstract)
- [19] 李秀, 徐坤, 巩彪, 等. 生姜农艺性状与产量形成关系的多重分析[J]. 中国农业科学, 2012, 45(12): 2431-2437.
LI X, XU K, GONG B, et al. Multiple analysis of relationship of agronomic traits and yield formation in ginger[J]. *Scientia Agricultura Sinica*, 2012, 45(12): 2431-2437. (in Chinese with English abstract)

- [20] 张欢, 王东, 段帆, 等. 基于水青树叶表型性状的核心种质资源库构建策略[J]. 林业科学研究, 2019, 32(2): 166-173.
ZHANG H, WANG D, DUAN F, et al. Construction strategy of core collection based on leaf phenotypic traits of *Tetracentron sinense*[J]. *Forest Research*, 2019, 32(2): 166-173. (in Chinese with English abstract)
- [21] 雷刚. 辣椒种质资源遗传多样性分析及初级核心种质构建[D]. 南昌: 江西农业大学, 2015.
LEI G. Genetic diversity analysis and establishment of the primary core collection of pepper germplasm resources[D]. Nanchang: Jiangxi Agricultural University, 2015. (in Chinese with English abstract)
- [22] 刘娟, 廖康, 曹倩, 等. 利用表型性状构建新疆野杏种质资源核心种质[J]. 果树学报, 2015, 32(5): 787-796.
LIU J, LIAO K, CAO Q, et al. Establishment of wild apricot core collection based on phenotypic characters[J]. *Journal of Fruit Science*, 2015, 32(5): 787-796. (in Chinese with English abstract)
- [23] ZHU Y Z, LIANG D Y, SONG Z J, et al. Genetic diversity analysis and core germplasm collection construction of *Camellia oleifera* based on fruit phenotype and SSR data[J]. *Genes*, 2022, 13(12): 2351.
- [24] 张武君, 陈菁瑛, 刘保财, 等. 福建省山药初级核心种质的构建[J]. 福建农业学报, 2023, 38(11): 1267-1276.
ZHANG W J, CHEN J Y, LIU B C, et al. Establishing a primary core collection of Chinese yam germplasms in Fujian[J]. *Fujian Journal of Agricultural Sciences*, 2023, 38(11): 1267-1276. (in Chinese with English abstract)
- [25] 刘俊. 中国香菇核心种质资源库的构建及其重要农艺性状的关联分析[D]. 武汉: 华中农业大学, 2015.
LIU J. Construction of China *Lentinus edodes* core germplasm resource bank and correlation analysis of its important agronomic traits[D]. Wuhan: Huazhong Agricultural University, 2015. (in Chinese with English abstract)

(责任编辑 侯春晓)