

程雯慧,梁琪,穆文静,等. 226 份月季种质资源表型多样性分析及综合评价[J]. 江苏农业科学,2024,52(9):173-181.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2024.09.024

# 226 份月季种质资源表型多样性分析及综合评价

程雯慧<sup>1,2</sup>, 梁琪<sup>1</sup>, 穆文静<sup>1</sup>, 张彤钰<sup>1</sup>, 程培蕾<sup>1</sup>, 偶春<sup>2</sup>, 杨绍宗<sup>3</sup>, 黄长兵<sup>1</sup>

(1. 苏州农业职业技术学院/江苏省特色花卉工程研究中心, 江苏苏州 215008; 2. 阜阳师范大学生物与食品工程学院, 安徽阜阳 236037;

3. 苏州市华冠园创园艺科技有限公司, 江苏苏州 215557)

**摘要:**以 226 份月季种质资源为研究对象,对其 16 个表型性状进行遗传多样性、相关性、聚类分析和主成分分析,以期在今后月季种质鉴定、亲本选配和种质创新提供理论依据。结果表明,226 份月季种质资源的 16 个表型性状均有变异,变异系数范围为 13.05%~52.15%,遗传多样性指数较高,表明月季种质资源的表型多样性较为丰富,且性状间存在较大程度的变异,具有较大选择潜力。相关性分析表明,表型性状间存在一定的相关性,瓣数与花型、花量与花梗直立性等呈正相关,而花量与自洁性、瓣数与花梗直立性等呈负相关,说明月季种质资源大部分表型性状间表现为相互制约与相互促进。聚类分析将月季种质资源分为 4 大类群,表明花色、瓣型、花型、自洁性、花梗直立性、皮刺数量、皮刺颜色、顶端小叶形状和叶边缘锯齿是月季种质资源聚类组群的重要表型性状。主成分分析表明,前 6 个主成分的特征值均大于 1,累计贡献率为 63.82%,表明这些性状包含了绝大部分信息,能够反映月季品种的基本特征。综合评价发现第Ⅳ类群月季的观赏性最佳,其次为第Ⅲ类群和第Ⅱ类群,第Ⅰ类群的月季观赏性最差。研究结果可为今后月季种质资源的进一步开发利用以及新品种的培育奠定基础。

**关键词:**月季;种质资源;表型性状;遗传多样性

**中图分类号:**S685.120.32 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2024)09-0173-08

月季是蔷薇科(Rosacea)蔷薇属(*Rosa*)灌木植物,是世界四大鲜切花之一,也是我国传统十大名花之一,具有重要的观赏价值<sup>[1-2]</sup>。因其来源广泛、种类繁多、花色丰富、花期长、适应性强,深受育种学家的青睐,迄今为止已培育出了 35 000 余个品种,是其他花卉所无法比拟的,创造了花卉育种史上的奇迹<sup>[3]</sup>。虽然月季种质资源丰富,但目前国内外均无统一的标准来评价某一具体品种的优劣,且对月季种质资源的研究不够深入和广泛,这阻碍了月季种质资源核心种质的构建及月季资源的进一步利用<sup>[4]</sup>。同时导致各个地区月季的分类和命名混淆,因而使月季新品种选育和市场开发等方面难

度上升<sup>[5]</sup>。因此,制定一套科学、准确的月季种质资源评价体系显得尤为重要。

月季种质资源是观赏植物研究的重要材料之一,在现代月季的育种工作中起决定性作用<sup>[6]</sup>。从月季评价体系发展过程来看,月季种质资源性状的评价方式很多,包括形态学观察和分子标记等多种方法<sup>[7]</sup>。虽然近年来兴起的分子育种方法在很大程度上能够改良月季的某一性状,但改良后的性状不能稳定遗传,因此在分子水平的研究还需逐步深入<sup>[8]</sup>。相反,表型性状是种质资源内在遗传因子与外在生长环境的相互作用呈现,具有直观、便利、全面等优势,是开展种质资源表型性状多样性评价研究的首选方法<sup>[9]</sup>。表型性状分析及评价不仅能对质量性状和数量性状进行分析,还能够从整体上了解资源的丰富程度,有利于优质月季品种的筛选和杂交<sup>[10]</sup>。与分子评价相比,种质资源表型性状评价更加直接且不可替代,已被广泛应用于不同物种亲缘关系鉴定和核心种质构建。尹世华等对 47 份月季品种表型多样性分析,综合评价发现古老月季品种最具研究价值<sup>[11]</sup>。王镭等对 53 个月季品种资源进行分析及观赏性综合评价,获得一些表型性状好且环境适应性强的月季品种<sup>[12]</sup>。目前,虽然有关于

收稿日期:2023-08-24

基金项目:江苏省种业振兴“揭榜挂帅”项目(编号:JBGS[2021]091);中央财政林业科技推广示范资金项目(编号:苏[2022]TG10);江苏省林业科技创新与推广项目(编号:LYKJ[2021]02);苏州农业职业技术学院科技培育项目(编号:PY[2022]01);安徽省科研编制计划项目(编号:2022AH051339)。

作者简介:程雯慧(1998—),女,甘肃平凉人,硕士研究生,主要从事月季遗传育种及抗病研究。E-mail:cwh15293327149@163.com。

通信作者:黄长兵,博士,副研究员,主要从事月季遗传育种研究。

E-mail:cbhuang@szai.edu.cn。

月季的报道很多,但现有的研究多数针对于现代月季、藤本月季、切花月季等某一类型,而对综合月季类型方面的研究较少,且已有的研究所涉及群体数量少、指标少,不能全面反映月季种质资源现状。

对月季种质资源进行遗传多样性分析和综合评价,不仅有助于了解月季的品种特性,还能深入了解某一性状的遗传规律,从而对月季资源进行分类管理,方便进一步筛选观赏价值、经济价值和科研价值较高的月季品种<sup>[13-14]</sup>。因此,本研究在前人的研究基础上,选定 16 个表型性状对 226 份月季种质资源进行遗传多样性分析和综合评价,以期为今后月季品种鉴定和新品种的选育提供思路。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

试验材料来自苏州农业职业技术学院相城科技园实验基地(120°61'E,31°43'N)和苏州市华冠园创园艺科技有限公司(120°71'E,31°73'N)收集来自不同国家的月季种质资源,共 226 份(表 1)。月季种质资源基地属亚热带季风海洋性气候,年平均气温为 15~22℃,年平均降水量为 1 318.6 mm,平均年日照时数为 1 965 h,适合月季生长。试验材料均为 1 年生扦插苗,于 2022 年 5 月进行筛选鉴定并进行相应分析,数据采集期间均进行常规水肥管理。

### 1.2 表型性状调查与测定

参照 LY/T 1868—2010《植物新品种特异性、一致性、稳定性测试指南 蔷薇属》提供的表型性状描述进行测定。调查 226 份月季种质资源的瓣型、花色、瓣数、花型、花量、花香、自洁性、叶色、叶边缘锯齿、顶端小叶性状、花梗直立性、皮刺数量、皮刺状态、皮刺颜色、抗黑斑病、抗白粉病 16 个表型性状(表 2)。所有调查均选择盛开期的花朵进行,设置 3 个重复,每个重复均来源于同一品种的 3 个不同植株。花色的测定根据英国皇家园艺协会(RHS)出版的比色卡进行测定<sup>[15]</sup>。瓣型的观测参考王莉飞等的方法<sup>[16]</sup>,由于不同的月季品种瓣型也有所不同,如单瓣、半重瓣和重瓣,因此对不同瓣型的月季采用不同的位置进行观测,其中对同一瓣型的月季在轮数位置相同处进行观测,半重瓣统一采用中间一轮的花瓣进行观测,而重瓣则在从外往内数第 3 轮花瓣处进行观测。月季皮刺的观测位置为当年生枝上的皮刺。

### 1.3 数据处理

使用 Excel 2016 对原始数据进行整理,计算

226 份月季种质资源性状的平均值、标准差、最大值、最小值、频率和变异系数(CV),其中 CV 计算见公式 1,根据 Shannon - Wiener 计算多样性指数( $H'$ ),计算公式见公式 2。利用 SPSS 23.0 软件对 226 份资源的 16 个表型性状进行相关性分析、主成分分析,其中主成分分析中,按照特征向量值大于 1.0 的标准来确定主成分的个数。根据欧氏距离对月季种质资源进行聚类分析,并使用 Origin 8.0 绘图。

$$CV = \text{标准差} / \text{平均值} \times 100\%; \quad (1)$$

$$H' = - \sum_{i=1}^s P_i \ln P_i. \quad (2)$$

式中: $s$  表示物种数; $P_i$  表示第  $i$  个体数占总数的比例。

## 2 结果与分析

### 2.1 月季种质资源表型性状遗传多样性分析

由表 3 可知,16 个表型性状间存在不同程度的变异,变异系数范围为 13.05%~52.15%,变异程度从小到大依次为叶色、皮刺数量、抗白粉病、瓣数、瓣型、皮刺颜色、皮刺状态、抗黑斑病、花香、顶端小叶性状、花量、花梗直立性、叶边缘锯齿、花型、自洁性和花色,说明月季的表型性状间存在较大程度的变异。其中花色的变异系数最大,为 52.15%,可见月季种质资源的花色香型变异幅度最大,具有一定的研究价值。而叶色的变异系数最小,只有 13.05%,说明月季品种间叶色变异幅度较小。

由表 3 可知,16 个表型性状的  $H'$  为 0.41~1.95,多样性指数平均值为 0.95,其中花色的多样性指数最高,为 1.95,大多数月季以粉色为主,占 30.97%。抗白粉病、花香、叶边缘锯齿、抗黑斑病、花型、花色的遗传多样性指数均大于 1,表明月季资源不仅表型较为丰富且具有较强的抗病性,有利于优质月季品种的筛选和杂交;而皮刺数量的遗传多样性指数最低,为 0.41,以少刺为主,占 89.38%,说明大部分月季品种以少刺为主。

### 2.2 月季种质资源表型性状相关性分析

由图 1 可知,226 份月季种质资源的 16 个表型性状间均存在不同程度的相关性,达到显著水平以上的有 3 527 对。其中 17 对表型性状呈正相关( $P < 0.05$ ),分别为花色与自洁性和叶边缘锯齿相关系数分别为 0.35 和 0.30,瓣数与花型、自洁性、顶端小叶形状相关系数分别为 0.30、0.16、0.23,花量与花梗直立性和皮刺颜色相关系数分别为 0.29 和 0.15,自洁性与叶边缘锯齿和抗黑斑病相关系数

表1 226份月季季质资源品种一览表

序号	名称	来源	序号	名称	来源	序号	名称	来源	序号	名称	来源
1	红砖	西班牙	58	耐心	英国	115	余晖	中国	172	伊芙乙女心	日本
2	彗星	意大利	59	才能	英国	116	凝脂	中国	173	伊芙日出	日本
3	凯拉的愿望	澳大利亚	60	美妙绝伦	英国	117	杏子肥	中国	174	莫妮卡贝鲁奇	法国
4	午夜魔法	肯尼亚	61	奥利维亚	英国	118	歌笛	中国	175	奶油伊芙	法国
5	黑巴克	丹麦	62	查尔斯达尔文	英国	119	锁清秋	中国	176	极致浪漫	法国
6	红色重瓣绝代佳人	美国	63	莎士比亚2000	英国	120	醉芙蓉	中国	177	柠檬雪酪	法国
7	可可洛可	美国	64	凯拉	英国	121	金盏花	日本	178	失忆	法国
8	天堂	美国	65	格拉汉托马斯	英国	122	伊芙紫苑	日本	179	茶花女	法国
9	迪斯尼乐园玫瑰	美国	66	诗人的妻子	英国	123	六翼天使	日本	180	娜荷马	法国
10	红双喜	美国	67	海格瑞	英国	124	世霸	日本	181	美人丽芙	法国
11	火烈鸟	美国	68	疏影	中国	125	伊芙里奥	日本	182	粉色龙沙宝石	法国
12	遥远的鼓声	美国	69	露丝公主	中国	126	信念	日本	223	粉色美丽樱桃	法国
13	说愁	美国	70	杏让	中国	127	草莓布丁	日本	184	恩钿女士	法国
14	东方快车	美国	71	可爱冰淇淋	中国	128	天方夜谭	日本	185	伊芙繁华都市	法国
15	穆里尔蕾丝	荷兰	72	粉扇	中国	129	紫雨	日本	186	伊芙透明	法国
16	杏色露台	荷兰	73	夏日花火	中国	130	贝壳	日本	187	伊芙米欧拉	法国
17	伊芙白雪公主	荷兰	74	赤龙含珠	中国	131	伊芙IM	日本	188	玫瑰国度的天使	法国
18	艾莎	荷兰	75	霁色	中国	132	美琴	日本	189	克劳德莫奈	法国
19	流沙	荷兰	76	橘洲	中国	133	葵	日本	190	东宫	法国
20	土星王阳台	荷兰	77	桃染	中国	134	松之梦	日本	191	奥秘	法国
21	紫雾泡泡	荷兰	78	粉黛	中国	135	摇篮曲	日本	192	罗斯曼妮詹森	法国
22	诱惑	荷兰	79	粉妍	中国	136	女士时装	日本	193	卡玛拉	法国
23	夜莺	荷兰	80	空蒙	中国	137	伊芙胭脂香水	日本	194	法式优雅	法国
24	粉红雪山	荷兰	81	流光	中国	138	好地方	日本	195	埃松白花园	法国
25	射手座	荷兰	82	点火樱桃	中国	139	双人芭蕾	日本	196	皇家胭脂	法国
26	御用马车	荷兰	83	炽炎	中国	140	甜点	日本	197	鸡尾酒	法国
27	和服	荷兰	84	曼倩	中国	141	纺	日本	198	波莱罗	法国
28	天蝎座	荷兰	85	杏花雨	中国	142	伊芙口红诱惑	日本	199	弗朗西斯	法国
29	仙女泉	德国	86	有晴	中国	143	路西法	日本	200	克里斯多夫·德沙万	法国
30	凌波	德国	87	隐隐青	中国	144	伊芙银	日本	201	委拉斯凯兹	法国
31	红色地毯	德国	88	紫雾凝霜	中国	145	新浪潮	日本	202	橙色美丽樱桃	法国
32	海军上将	德国	89	落日熔金	中国	146	一心	日本	203	伊芙伯爵	法国
33	雪花石膏	德国	90	微芒	中国	147	柠檬	日本	204	莫利纳尔玫瑰	法国
34	薰衣草花环	德国	91	忘忧	中国	148	沐浴岛姿	日本	205	金色伊芙伯爵	法国
35	安吉拉	德国	92	霞舞	中国	149	樱坂	日本	206	园艺王子	法国
36	海洋之星	德国	93	探春	中国	150	伊芙钱特玛丽	日本	207	玫昂小姐	法国
37	蓝宝石	德国	94	慈萱	中国	151	幻彩	日本	208	冰冠	法国
38	玫瑰魅力	德国	95	茜桃凝粉	中国	152	清流	日本	209	黄和平	法国
39	玛丽王后	德国	96	雀之舞	中国	153	凯特琳娜	日本	210	摩纳哥公爵	法国
40	蓝色阴雨	德国	97	幻紫	中国	154	伊芙酒窖	日本	211	假面公主	法国
41	金丝雀	德国	98	椿风	中国	155	可爱少女	日本	212	躲躲藏藏	法国
42	烛光	德国	99	倾慕	中国	156	伊芙飞溅	日本	213	伊芙克莱尔	法国
43	爱的气息	德国	100	燕脂	中国	157	真彩230	日本	214	蓝莓蛋糕	法国
44	奇卡花环	德国	101	点唇	中国	158	我的心	日本	215	粉哈娜	法国
45	杰乔伊	英国	102	蜜语	中国	159	复古粉色	日本	216	珍妮莫罗	法国
46	米兰达	英国	103	涵仙	中国	160	关咲	日本	217	芳香花园	法国
47	落日华光	英国	104	家书	中国	161	乐柏	日本	218	快板	法国
48	银禧庆典	英国	105	掬水月	中国	162	伊芙四号	日本	219	蜂蜜焦糖	法国
49	格拉姆斯城堡	英国	106	蔻丹	中国	163	蓝色风暴	日本	220	婚礼之路	法国
50	罗尔德达尔文	英国	107	知秋	中国	164	辉煌	日本	221	龙舌兰	法国
51	苔丝	英国	108	心玉	中国	165	蜻蜓	日本	222	铃之妖精	法国
52	凡妮莎	英国	109	罗衣	中国	166	伊芙光	日本	223	珠光边缘	法国
53	白色泡芙	英国	110	轻裾	中国	167	伊芙卡隆	日本	224	西枝牡丹	法国
54	克莱尔奥斯汀	英国	111	彩蝶	中国	168	伊芙贵族香水	日本	224	伊芙藤伯爵	法国
55	朱丽叶	英国	112	初妆	中国	169	加百列	日本	226	摩洛哥夏琳王妃	法国
56	艾弗的玫瑰	英国	113	雀啾	中国	170	伊芙索菲亚	日本			
57	鹅黄	英国	114	渔歌	中国	171	白哈娜	日本			

表2 月季表型性状调查指标及标准

表型性状	测定标准
瓣型 (PT)	1 = 倒椭圆形; 2 = 宽椭圆形; 3 = 椭圆形; 4 = 心形; 5 = 圆形
花色 (FC)	1 = 红色; 2 = 黄色; 3 = 橙色; 4 = 粉色; 5 = 白色; 6 = 蓝紫色; 7 = 紫红色; 8 = 复古色; 9 = 复色
瓣数 (PN)	1 = 单瓣 (<10 瓣); 2 = 半重瓣 (10~20 瓣); 3 = 重瓣 (>20 瓣)
花型 (FP)	1 = 平展; 2 = 杯状; 3 = 绒球状; 4 = 莲座状; 5 = 突心状; 6 = 球状; 7 = 坛状; 8 = 四分莲座状
花量 (FN)	1 = 花盖度 >50%; 2 = 30% < 花盖度 ≤ 50%; 3 = 花盖度 ≤ 30%
花香 (FS)	1 = 中香; 2 = 浓香; 3 = 微香或无香
自洁性 (SF)	1 = 残花正常脱落; 2 = 部分残花正常脱落; 3 = 残花不能正常脱落
叶色 (LC)	1 = 浅绿色; 2 = 中绿色; 3 = 深绿色
叶边缘锯齿 (LMS)	1 = 弱; 2 = 中; 3 = 强
顶端小叶形状 (ALS)	1 = 窄椭圆形; 2 = 椭圆形; 3 = 卵圆形; 4 = 圆形
花梗直立性 (PE)	1 = 直立挺拔; 2 = 较为直立挺拔; 3 = 花梗柔弱盛花期垂头
皮刺数量 (NOP)	1 = 无刺; 2 = 少刺; 3 = 多刺
皮刺状态 (PS)	1 = 无刺; 2 = 平直刺; 3 = 斜直刺; 4 = 弯刺; 5 = 钩刺
皮刺颜色 (PC)	1 = 无色; 2 = 绿色; 3 = 黄色; 4 = 红色; 5 = 紫色
抗黑斑病 (BSR)	1 = 完全不抗黑斑病; 2 = 易感黑斑病; 3 = 部分得黑斑病; 4 = 少量黑斑病; 5 = 完全免疫
抗白粉病 (PMR)	1 = 完全不抗白粉病; 2 = 易感白粉病; 3 = 部分得白粉病; 4 = 少量白粉病; 5 = 完全免疫

表3 月季种质资源表型性状遗传多样性分析

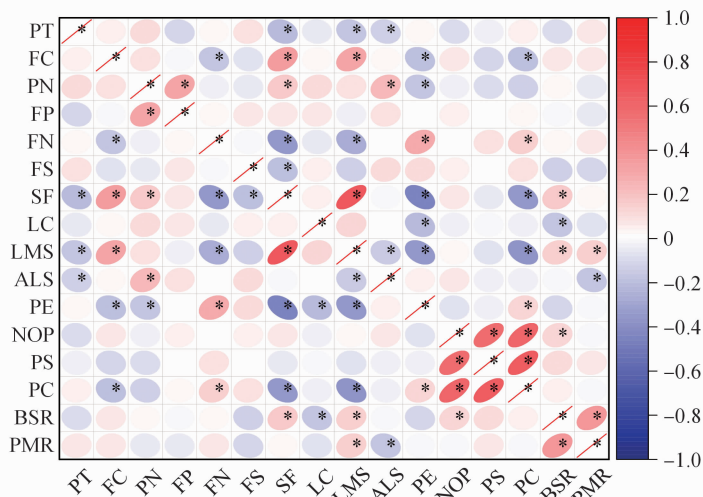
性状	各类型占比 (%)									平均值	标准差	变异系数 (%)	多样性指数 ( $H'$ )
	1	2	3	4	5	6	7	8	9				
PT	0.44	32.30	67.26	—	—	—	—	—	—	2.67	0.48	18.00	0.66
FC	10.62	10.62	7.08	30.97	12.39	6.64	7.08	0.44	14.16	4.59	2.40	52.15	1.95
PN	3.98	9.73	86.28	—	—	—	—	—	—	2.82	0.47	16.81	0.48
FP	8.41	16.37	0.44	45.58	0.44	11.50	14.16	3.10	—	4.20	1.90	45.25	1.54
FN	26.11	17.70	56.19	—	—	—	—	—	—	2.30	0.86	37.20	0.98
FS	15.04	42.92	42.04	—	—	—	—	—	—	2.27	0.71	31.09	1.01
SF	58.85	14.16	26.99	—	—	—	—	—	—	1.68	0.87	51.74	0.94
LC	—	16.37	83.63	—	—	—	—	—	—	2.84	0.37	13.05	0.45
LMS	42.92	27.43	29.65	—	—	—	—	—	—	1.87	0.84	45.06	1.08
ALS	27.88	62.39	9.73	—	—	—	—	—	—	1.82	0.59	32.21	0.88
PE	66.37	29.20	4.42	—	—	—	—	—	—	1.38	0.57	41.25	0.77
NOP	6.64	89.38	3.98	—	—	—	—	—	—	1.97	0.32	16.46	0.41
PS	6.19	3.10	29.65	61.06	—	—	—	—	—	3.46	0.83	23.89	0.94
PC	6.19	—	49.12	43.36	1.33	—	—	—	—	3.34	0.79	23.63	0.94
BSR	7.52	6.19	22.5	58.41	5.31	—	—	—	—	3.48	0.96	27.74	1.17
PMR	0.44	1.77	7.52	47.3	42.92	—	—	—	—	4.31	0.72	16.78	1.01

分别为 0.67 和 0.16, 叶边缘锯齿与抗黑斑病和抗白粉病相关系数分别为 0.16 和 0.15, 花梗直立性与皮刺颜色相关系数为 0.14, 皮刺数量与皮刺状态、皮刺颜色、抗黑斑病相关系数分别为 0.57、0.61、0.14, 皮刺状态与皮刺颜色相关系数为 0.65, 抗黑斑病与抗白粉病相关系数为 0.37。有 18 对表型呈负相关 ( $P < 0.05$ ), 分别为瓣型与自洁性、叶边缘锯齿和顶端小叶形状, 相关系数分别为 -0.21、

-0.17 和 -0.14, 花色与花量、花梗直立性和皮刺颜色相关系数分别为 -0.17、-0.19 和 -0.19, 瓣数与花梗直立性相关系数为 -0.18, 花量与自洁性和叶边缘锯齿相关系数分别为 -0.35 和 -0.28, 花香与自洁性相关系数为 -0.20, 自洁性与花梗直立性和皮刺颜色相关系数分别为 -0.45 和 -0.34, 叶色与花梗直立性和抗黑斑病相关系数分别为 -0.21 和 -0.18, 叶边缘锯齿与顶端小叶形状、花梗直立性

和皮刺颜色相关系数分别为 -0.15、-0.36 和 -0.37, 顶端小叶形状于抗白粉病相关系数为

-0.17。可见, 月季种质资源大部分表型性状间表现为相互制约与相互促进。



\* 表示在 0.05 水平显著相关  
图1 月季种质资源表型性状相关性分析

### 2.3 月季种质资源表型性状主成分分析

对 226 份月季种质资源的 16 个表型性状进行主成分分析, 结果(表 4)表明, 月季种质资源的大部分遗传信息主要集中在前 6 个主成分, 其累计贡献率达 63.82%, 说明这 6 个主成分可以反映月季种质资源 16 个表型性状的基本特征。其中, 第 1 主成分的特征值为 2.88, 贡献率为 17.98%, 自洁性特征向量值(-0.80)的绝对值均大于其他性状, 其次是叶边缘锯齿特征向量值(-0.76)的绝对值, 其中主成分 1 的贡献率最大, 因此第 1 主成分越大越好。第 2 主成分的特征值为 2.14, 贡献率为 13.39%, 其中皮刺数量和皮刺状态的特征向量值大于其他性状, 分别为 0.80 和 0.75, 这类表型性状与皮刺有关, 故第 2 主成分命名为皮刺因子。第 3 主成分的特征值为 1.64, 贡献率为 10.23%, 其中抗白粉病特征向量值(-0.61)的绝对值最大, 该性状与月季抗病能力有关, 应该越大越好。第 4 主成分的特征值为 1.32, 贡献率为 8.27%, 其中瓣数和花型的特征向量值大于其他性状, 分别为 0.54 和 0.50, 这类表型性状与花型有关, 故第 5 主成分为花型因子。第 5 主成分的特征值为 1.17, 贡献率为 7.32%, 其中瓣型的特征向量值大于其他性状, 为 0.85, 这类表型性状与花瓣有关, 故第 5 主成分为花瓣因子。第 6 主成分的特征值为 1.06, 贡献率为 6.63%, 且叶色的特征向量值(-0.60)的绝对值均大于其他性状, 说明叶色对第 6 主成分影响最大, 故第 6 主成分为叶色因子。

表 4 月季种质资源表型性状主成分分析

性状	特征值					
	主成分 1	主成分 2	主成分 3	主成分 4	主成分 5	主成分 6
PT	0.17	-0.18	-0.15	-0.03	0.85	0.21
FC	-0.48	0.16	0.00	0.02	0.25	0.40
PN	-0.26	-0.02	0.47	0.54	0.36	-0.03
FP	-0.03	0.06	0.46	0.50	0.01	-0.30
FN	0.47	-0.10	-0.14	0.37	-0.03	-0.29
FS	0.25	-0.12	0.31	-0.15	0.13	0.24
SF	-0.80	0.32	0.07	-0.03	-0.12	0.05
LC	-0.17	-0.01	0.40	-0.25	0.20	-0.60
LMS	-0.76	0.28	-0.09	-0.11	-0.07	-0.08
ALS	0.04	-0.06	0.51	0.35	-0.27	0.43
PE	0.56	-0.31	-0.16	0.17	-0.22	0.12
NOP	0.26	0.80	0.20	-0.06	-0.01	0.16
PS	0.41	0.75	0.09	-0.10	0.05	-0.07
PC	0.68	0.59	0.11	-0.09	0.10	-0.02
BSR	-0.14	0.42	-0.42	0.48	-0.09	0.07
PMR	-0.09	0.23	-0.61	0.35	0.20	-0.15
特征值	2.88	2.14	1.64	1.32	1.17	1.06
贡献率(%)	17.98	13.39	10.23	8.27	7.32	6.63
累计贡献率(%)	17.98	31.37	41.60	49.87	57.19	63.82

### 2.4 月季种质资源聚类分析

将月季的 16 个表型性状数据标准化后, 对 226 份月季种质资源进行聚类分析。在欧氏距离为 15 处, 可以将 226 份月季种质资源划分为 4 大类群(图 2)。各类群共同特征为第 I、第 III 和第 IV 类群瓣型均以椭圆形为主, 且花量覆盖度较低、自洁性强、顶端小叶以椭圆形为主; 第 I、第 II 和 IV 类群花色均



表5 月季种质资源表型性状综合评价

品种	综合得分	排序
玫瑰魅力	0.98	1
米兰达	0.71	2
世霸	0.68	3
疏影	0.66	4
双人芭蕾	0.64	5
家书	0.61	6
椿风	-0.43	203
茜桃凝粉	-0.44	204
冰冠	-0.46	205
彗星	-0.46	206
醉芙蓉	-0.47	207
鸡尾酒	-0.49	208
雀啾	0.61	7
蓝色阴雨	0.60	8
歌笛	0.55	9
朱丽叶	0.53	10
紫雾凝霜	0.52	11
桃染	0.51	12
失忆	-0.50	209
海军上将	-0.51	210
西枝牡丹	-0.58	211
天蝎座	-0.68	212
露丝公主	-0.84	213
龙舌兰	-0.85	214
铃之妖精	0.49	13
格拉姆斯城堡	0.48	14
莎士比亚 2000	0.48	15
轻裾	0.48	16
奇卡花环	0.48	17
可爱少女	0.47	18
红色重瓣绝代佳人	-0.86	215
罗衣	-0.88	216
珠光边缘	-0.91	217
幻彩	-0.98	218
和服	-1.00	219
清流	-1.07	220
金盏	0.45	19
海格瑞	0.45	20
凡妮莎	0.45	21
一心	0.44	22
罗尔德达尔文	0.44	23
霁色	0.44	24
天方夜谭	-1.14	221
沐浴岛姿	-1.15	222
凝脂	-1.25	223
薰衣草花环	-1.26	224
探春	-1.42	225
烛光	-1.44	226

### 3 讨论

种质资源是植物遗传改良和相关研究的物质基础,而表型性状的多样性是进行遗传水平多样性研究的基石<sup>[17]</sup>。因此通过研究月季种质资源表型性状的多样性,可以直观、快速地找出个体之间的表型差异,反映月季品种间性状的变异程度<sup>[18]</sup>。本研究对226份月季种质资源的16个表型性状进行遗传多样性分析,发现不同品种的表型性状存在显著差异,16个表型性状的遗传多样性指数变化范围为0.41~1.95。研究发现,当多样性指数达到1.00时,即为多样性程度高<sup>[19]</sup>。本研究有6个表型性状的遗传多样性超过1.00,说明月季种质资源的表型性状多样性较为丰富,这与罗丹的研究结果<sup>[20]</sup>相吻合。变异系数大小能客观反映表型性状的离散程度,当变异系数大于10%时,就表明样本间差异显著<sup>[21-22]</sup>。本研究中,16个表型性状的变异系数变化范围为13.05%~52.15%,均大于10%,表明月季资源变异丰富,具有较大遗传改良潜力。此外,花梗直立性、顶端小叶性状、皮刺颜色、皮刺状态、自洁性、花量、花香、叶边缘锯齿、抗黑斑病、花型和花色的变异系数均>20%,证明月季资源表型性状的变异程度尤其丰富,这与过聪等的研究结果<sup>[23]</sup>一致,表明今后月季新品种选育朝着增加花色、花香、花型、自洁性和抗逆性等方向发展。同时,将变异系数和遗传多样性指数进行比较,发现二者具有一定相关性,当月季表型性状的变异系数越大,其多样性指数越高,反之亦然,表现出同一性的变异系数与多样性指数存在一致性,说明在生产实践及选育新品种过程中,选择表型性状多样性丰富的月季品种能够大大增加遗传变异程度,为月季资源遗传多样性研究提供理论基础。

表型性状间的相关性分析有助于揭示不同性状间的关联性,通过选择重要性状和遗传改良可以间接地改良次要性状,从而有助于制定育种方案和加速育种进程<sup>[24]</sup>。本研究相关性分析结果表明,226份月季资源的16个表型性状间存在一定的相关性,瓣数与花型、花量与花梗直立性、抗黑斑病与抗白粉病等呈正相关,说明瓣数越多花型越丰富,同时花量越大花梗直立性越强,抗黑斑病能力越强随之抗白粉病能力也越强;而瓣数与花梗直立性、花量与自洁性等呈负相关,说明瓣数越多花梗直立性越差,花量越少自洁性越强,这与孙佩等的研究

分析结果<sup>[25]</sup>类似,说明在月季生长过程中具有更为复杂的相互作用机制,各表型性状间相互制约,共同调节月季的生长发育。因此,今后在月季的选育工作中,对花型、花量、花梗直立性、自洁性和抗黑斑病等这类性状应该予以重视,有利于提升月季观赏性的同时增强月季的抗病能力。

本研究通过聚类分析,将226份月季种质资源划分成了4个类群,各类群之间存在明显的差异。从聚类结果来看,第Ⅰ类群主要特征是叶边缘锯齿以中等为主,皮刺主要以无刺为主。第Ⅱ类群主要特征为瓣型以宽椭圆形为主,花量覆盖度较低,花香以浓香为主,自洁性较差,叶边缘锯齿较强,皮刺颜色主要以黄色为主;第Ⅲ类群主要特征是花色主要以白色为主,花型主要以半重瓣杯状花型为主,花香以浓香为主;第Ⅳ类群主要特征有花香以微香或无香为主,花梗直立性较差。因此想要培养无刺月季,应从第Ⅰ类群中选择;培育自洁性较强的品种,应从第Ⅰ、第Ⅲ和第Ⅳ类群中进行选择;培育白色品种,应从第Ⅲ类群中进行选择。上述结果表明,各类群间表型性状差异显著,且花色、瓣型、花型、自洁性、花梗直立性、皮刺数量、皮刺颜色、顶端小叶形状和叶边缘锯齿是区别不同类群月季种质资源的重要表型性状,可为今后月季新品种的选育提供不同类型的材料,便于不同性状亲本的选择,有利于提高育种效率,节省育种成本。

主成分分析是基于降维的原理,可以简化变量以便于识别更突出的变异性状,用于植物表型性状的评价和筛选,既能对目标性状进行综合评价,又能简化过程,具有一定科学性<sup>[26-27]</sup>。本研究从16个表型性状提取了6个主成分,累计贡献率达63.82%,分别为自洁性、皮刺数量、抗白粉病、瓣数、瓣型和叶色,这些性状包含了绝大部分信息,能够反映月季品种的基本特征,可作为月季评价的主要指标。植物种质资源综合评价是育种研究的重要环节,已被广泛应用<sup>[28]</sup>。本研究通过主成分分析法对226份月季种质资源进行综合评价,得到排名前十的月季品种为玫瑰魅力、米兰达、世霸、疏影、双人芭蕾、家书、雀啾、蓝色阴雨、歌笛和朱丽叶。综合评价是对月季表型性状丰富程度的综合体现,排名反映的是特定性状的聚集程度,通过排名能够筛选具有特定性状的月季品种进行育种。本研究进行综合评价并结合聚类分析结果发现,第Ⅳ类群月季的观赏性最为突出,第Ⅲ类和第Ⅱ类月季其次,

而第Ⅰ类月季的观赏效果最差,该结果能够为后续获得一些综合特性好、观赏价值高及抗病能力强的月季品种进一步奠定基础。

本研究通过遗传多样性分析、相关性分析、聚类分析以及主成分分析对226份月季种质资源的16个表型性状进行鉴定和分析。研究表明,月季种质资源的16个表型性状均表现出丰富的遗传多样性,且各表型性状的变异程度较为丰富。此外,不同性状间存在相互关联和相互制约的关系,通过聚类分析将226份月季种质资源根据不同表型性状聚集程度分为4个类群,同时对月季种质资源进行综合评价筛选出观赏性较好的月季品种。因此,可以将瓣型、花型、花梗直立性、叶边缘锯齿、顶端小叶性状、自洁性、皮刺数量和抗黑斑病等表型性状作为构建月季核心种质的评价标准,为今后月季种质资源的鉴别、利用以及新品种的选育提供重要参考。

#### 参考文献:

- [1]杨新征,杨德,张跃华. 玫瑰的价值及开发前景[J]. 新疆农业科学,2004,41(2):110-112.
- [2]贺蕤,杨希,刘青林. 月季育种的国内现状和国际趋势[J]. 中国园林,2017,33(12):35-41.
- [3]李元鹏,张英杰,张京伟,等. 月季种质资源综合评价体系分类与比较[J]. 林业与生态科学,2021,36(3):321-327.
- [4]薛麒麟,郭继红. 月季栽培与鉴赏[M]. 上海:上海科学技术出版社,2004:78-81.
- [5]王辉,谢利娟,罗丹,等. 深圳外来月季品种的数量分类研究[J]. 西南林业大学学报,2013,33(2):81-87,110.
- [6]周俐宏,王金刚,王志刚,等. 现代月季6个表型性状和SSR标记的关联分析[J]. 辽宁农业科学,2017(3):9-14.
- [7]付荷玲,王琛瑶,张晓龙,等. 梁王山大花香月季居群表型多样性分析[J]. 西北植物学报,2021,41(5):854-862.
- [8]申惠翡,赵冰. 杜鹃花品种耐热性评价及其生理机制研究[J]. 植物生理学报,2018,54(2):335-345.
- [9]都真真,李锡香,宋江萍,等. 228份引进大蒜资源的表型多样性分析及适应性初步评价[J]. 植物遗传资源学报,2019,20(5):1186-1196.
- [10]魏晓羽,刘红,瞿辉,等. 158份春兰种质资源的表型多样性分析[J]. 植物遗传资源学报,2022,23(2):398-411.
- [11]尹世华,王康,黄晓霞,等. 47份月季品种表型多样性分析及综合评价[J]. 江西农业大学学报,2021,43(1):94-105.
- [12]王镭,张英杰,张京伟,等. 53个月季品种资源分析及观赏性综合评价[J]. 分子植物育种,2019,17(15):5154-5162.
- [13]赵阿香,瞿素萍,苏艳,等. 不同栽培模式下切花月季生长状况及品质分析[J]. 西南大学学报(自然科学版),2018,40(11):10-19.
- [14]吉乃喆. 月季远缘杂交与四种蔷薇属植物耐涝性评价[D]. 北京:北京林业大学,2016:2-6.

胡静姝,周新萍. 生物炭和鸡粪改良剂对铅胁迫下番茄生理生化、铅吸收及土壤性质的影响[J]. 江苏农业科学,2024,52(9):181-188.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2024.09.025

# 生物炭和鸡粪改良剂对铅胁迫下番茄生理生化、铅吸收及土壤性质的影响

胡静姝,周新萍

(东莞城市学院环境工程系,广东东莞 523419)

**摘要:**以铅(Pb)污染土壤(526.51 mg/kg)为基质进行盆栽试验,设置Pb胁迫下施用生物炭(30、60 g/kg, B1、B2)、鸡粪(30、60 g/kg, M1、M2)及其组合(B1+M1、B1+M2、B2+M1、B2+M2)处理,以不添加改良剂为对照处理(CK),探索生物炭和鸡粪改良剂对Pb胁迫下番茄生理生化、Pb吸收及相关土壤性质的影响。结果表明,生物炭、鸡粪相关处理均可提高番茄干物质、株高、SPAD值、根系性状指标、根际土壤酶活性以及叶片抗氧化酶(SOD、POD、CAT)活性,降低丙二醛含量,从而减轻Pb胁迫对番茄产生的氧化应激。生物炭、鸡粪相关处理可显著降低番茄根系、地上部的Pb含量,介导土壤Pb形态转变,降低有效Pb含量。单施鸡粪改良剂对于促进番茄生长和提高叶片抗氧化酶活性更有效;单施生物炭处理在诱导土壤碱化和固定Pb方面更有效。生物炭和鸡粪的组合使用具有叠加效应,对番茄生长发育、叶片抗氧化酶活性和土壤酶活性的影响更大。与B1+M1处理相比,其他处理的番茄组织中的Pb含量和土壤有效Pb含量显著提高,番茄Pb生物富集系数、转移系数分别提高1.23%~58.28%、7.83%~40.89%。综上,生物炭和鸡粪组合使用在降低土壤Pb生物有效性、减少番茄Pb吸收、改良土壤性质以及促进番茄生长方面具有良好效果,以30 g/kg生物炭配施30 g/kg鸡粪改良剂效果最佳。

**关键词:**生物炭;鸡粪;铅吸收;番茄生长;抗氧化系统;土壤酶活性

**中图分类号:**S641.206 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2024)09-0181-08

## 农田土壤重金属污染已成为全球性的严重问题

收稿日期:2024-01-03

基金项目:东莞城市学院基金(编号:2020QJY006Z)。

作者简介:胡静姝(1983—),女,湖北武汉人,硕士,讲师,主要从事农作物安全生产与化学工程研究。E-mail:Hjingsu2023@163.com。

通信作者:周新萍,硕士,讲师,主要从事环境工程、环境微生物研究。E-mail:Zhouxp2020@163.com。

题,大量研究表明,重金属对植物有毒,会抑制植物生长发育,降低作物产量<sup>[1]</sup>。铅(Pb)是一种典型的有害重金属,主要通过矿产开采、废水灌溉以及化学肥料、农药等人类行为在土壤中富集,进而威胁农田生态系统的可持续性发展<sup>[2]</sup>。Pb极易被植物吸收富集,对植物具有极强的破坏性,可显著抑制

[15]白新祥. 菊花花色形成的表型分析[D]. 北京:北京林业大学, 2007:2-27.

[16]王莉飞,徐佳洁,黄晓霞,等. 57份现代月季种质资源表型性状及综合评价[J]. 西南林业大学学报(自然科学),2022,42(1):83-90.

[17]黎裕,李英慧,杨庆文,等. 基于基因组学的作物种质资源研究:现状与展望[J]. 中国农业科学,2015,48(17):3333-3353.

[18]向贵生,王其刚,蹇洪英,等. 云南滇蔷薇天然居群表型多样性分析[J]. 云南大学学报(自然科学版),2018,40(4):786-794.

[19]吴根松,孙丽丹,郝瑞杰,等. 梅花种质资源表型多样性研究[J]. 安徽农业科学,2011,39(20):12008-12009,12012.

[20]罗丹. 72个月季品种数量分类及耐热性研究[D]. 哈尔滨:东北农业大学,2013:28-35.

[21]白史且,苟文龙,张新全,等. 假俭草种群变异与生态特性的研究[J]. 北京林业大学学报,2002,24(4):97-101.

[22]柳江群,尹明宇,左丝雨,等. 长柄扁桃天然种群表型变异[J]. 植物生态学报,2017,41(10):1091-1102.

[23]过聪,关伟,曾祥国,等. 现代月季品种表型性状分析与评价[J]. 中国农业科学,2019,52(24):4632-4646.

[24]梁永书,占小登,高志强,等. 超级稻协优9308衍生群体根系与地上部重要农艺性状的相关性[J]. 作物学报,2011,37(10):1711-1723.

[25]孙佩,刘佳琴,杨媛,等. 119份月季品种表型性状多样性及评价[J]. 分子植物育种,2022,42(4):1-24.

[26]张向前,刘景辉,齐冰洁,等. 燕麦种质资源主要农艺性状的遗传多样性分析[J]. 植物遗传资源学报,2010,11(2):168-174.

[27]李晓曼,段蒙蒙,王鹏,等. 栽培萝卜植株地上部表型多样性分析[J]. 植物遗传资源学报,2018,19(4):668-675.

[28]张会芳,齐红志,孙岩,等. 黄淮冬麦区不同来源地新育成小麦品种性状多样性分析[J]. 植物遗传资源学报,2023,24(3):719-731.