植物资源与环境学报, 2024, **33**(2): 91-98, 105
Journal of Plant Resources and Environment

39 个传统秋菊品种扦插生根能力综合评价

刘浩杰[①], 江婷蕊[①], 张雪峰, 苏江硕, 房伟民, 管志勇, 陈发棣, 张 飞[②]
(南京农业大学园艺学院 作物遗传与种质创新利用全国重点实验室 国家林业和草原局华东地区花卉生物学重点实验室, 江苏 南京 210095)

摘要: 为了筛选出扦插生根能力较强的传统秋菊(*Chrysanthemum morifolium* Ramat.)品种,对 39 个传统秋菊品种扦插 12 d 的 8 个根系形态指标进行差异分析、相关性分析和主成分分析,并对这些传统秋菊品种的扦插生根能力进行隶属函数分析和分级。结果显示:供试传统秋菊品种的总根数为 3.3~44.0,总根长、平均根长和最长根长分别为 2.463~129.174、0.632~4.470 和 1.610~7.964 cm,根直径为 0.200~0.405 mm,根投影面积和根表面积分别为 0.102~3.062 和 0.319~9.619 cm^2,总根体积为 0.002~0.079 cm^3,且多数指标以‘火凤凰’(‘Huofenghuang’)最小。这些根系形态指标的变异系数为 15.789%~51.605%,其中,总根长的变异系数最大,根直径的变异系数最小,其余指标的变异系数均大于 32%。供试传统秋菊品种的多数根系形态指标间存在显著($P<0.05$)或极显著($P<0.01$)正相关。主成分分析结果显示:前 3 个主成分的累计贡献率达 97.976%。隶属函数分析和分级结果表明:供试传统秋菊品种的扦插生根能力分为优秀、良好、中等和偏差 4 个等级,‘龙都春丽’(‘Longdu Chunli’)、‘玉楼人醉’(‘Yulou Renzui’)、‘龙都月华’(‘Longdu Yuehua’)、‘圣光华宝’(‘Shengguang Huabao’)、‘龙都秋枫’(‘Longdu Qiufeng’)、‘龙都春晓’(‘Longdu Chunxiao’)的扦插生根能力优秀,综合得分均大于 0.70。根投影面积、根表面积和总根体积在不同等级间差异显著。研究结果显示:不同传统秋菊品种间扦插苗的根系形态指标变异较大,其中,‘龙都春丽’等 6 个品种的扦插生根能力较强,可作为传统秋菊品种遗传改良的亲本。

关键词: 菊花; 扦插生根能力; 根系形态指标; 主成分分析; 隶属函数分析; 综合评价

中图分类号: Q945.52; S682.1+1.024 **文献标志码**: A **文章编号**: 1674-7895(2024)02-0091-08
DOI: 10.3969/j.issn.1674-7895.2024.02.10

Comprehensive evaluation on cutting rooting ability of 39 traditional autumn chrysanthemum (*Chrysanthemum morifolium*) cultivars LIU Haojie[①], JIANG Tingrui[①], ZHANG Xuefeng, SU Jiangshuo, FANG Weimin, GUAN Zhiyong, CHEN Fadi, ZHANG Fei[②] (State Key Laboratory of Crop Genetics & Germplasm Enhancement and Utilization, Key Laboratory of National Forestry and Grassland Administration on Biology of Ornamental Plants in East China, College of Horticulture, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China), *J. Plant Resour. & Environ.*, 2024, **33**(2): 91-98, 105

Abstract: To screen out traditional autumn chrysanthemum (*Chrysanthemum morifolium* Ramat.) cultivars with strong cutting rooting ability, difference analysis, correlation analysis, and principal component analysis were performed for 8 root morphological indexes of 39 traditional autumn chrysanthemum cultivars after 12 d of cutting, and subordinate function analysis and classification were conducted for the cutting rooting ability of these traditional autumn chrysanthemum cultivars. The results show that the total root number of traditional autumn chrysanthemum cultivars for testing is 3.3-44.0, the total root length, average root length, and longest root length are 2.463-129.174, 0.632-4.470, and

收稿日期: 2023-11-21
基金项目: 国家现代农业产业技术体系建设项目(CARS-23-A18); 江苏省农业科技自主创新资金项目[CX(22)2033]; 江苏现代农业产业技术体系建设项目(JATS[2023]417); 江苏省林业科技创新与推广项目(LYKJ[2021]13)
作者简介: 刘浩杰(1999—),男,安徽亳州人,硕士研究生,主要从事观赏植物遗传育种研究。
江婷蕊(1999—),女,四川成都人,硕士研究生,主要从事观赏植物遗传育种研究。
[①]共同第一作者
[②]通信作者 E-mail: zhangfei@njau.edu.cn

引用格式: 刘浩杰, 江婷蕊, 张雪峰, 等. 39 个传统秋菊品种扦插生根能力综合评价[J]. 植物资源与环境学报, 2024, 33(2): 91-98, 105.

1.610-7.964 cm, respectively, the root diameters are 0.200-0.405 mm, the root projected area and root surface area are 0.102-3.062 and 0.319-9.619 cm^2, respectively, the total root volume is 0.002-0.079 cm^3, and most indexes of 'Huofenghuang' are the smallest. The coefficients of variation of these root morphological indexes are 15.789%-51.605%, in which, the coefficient of variation of total root length is the greatest, while that of root diameter is the smallest, and those of the other indexes are all greater than 32%. There are significant ($P<0.05$) or extremely significant ($P<0.01$) positive correlations between most root morphological indexes of traditional autumn chrysanthemum cultivars for testing. The principal component analysis result shows that the accumulative contribution rate of the first three principal components reaches 97.976%. The results of subordinate function analysis and classification show that the cutting rooting ability of traditional autumn chrysanthemum cultivars for testing are divided into 4 grades namely excellent, good, moderate, and poor, those of 'Longdu Chunli', 'Yulou Renzui', 'Longdu Yuehua', 'Shengguang Huabao', 'Longdu Qiufeng', and 'Longdu Chunxiao' are excellent, and their comprehensive scores are all greater than 0.70. The differences in root projected area, root surface area, and total root volume are significant between different grades. It is suggested that the variations in root morphological indexes of cutting seedlings among different traditional autumn chrysanthemum cultivars are relatively great, in which, the cutting rooting abilities of 6 cultivars such as 'Longdu Chunli' are relatively strong, and they can be used as parents for genetic improvement of traditional autumn chrysanthemum cultivars.

Key words: *Chrysanthemum morifolium* Ramat.; cutting rooting ability; root morphological index; principal component analysis; subordinate function analysis; comprehensive evaluation

扦插是利用植物细胞全能性形成完整植株的繁殖方式,具有生根快、成活率高、繁殖系数高、方法简单等优点,可有效保持母株优良特性、缩短育苗周期[1],在林木[2]、蔬菜[3]和园林植物[4-5]的无性繁殖上应用广泛。扦插生根能力强弱是决定植物扦插繁殖效果优劣的重要因子,植物的自身特性、穗条质量、扦插环境、扦插基质和方式、外源激素种类和浓度等均可影响植物的扦插生根质量[6-10]。

扦插是菊花(*Chrysanthemum morifolium* Ramat.)产业化生产的一种主要育苗方式[11]。菊花的扦插生根能力较强,但其扦插生根能力在不同品种间存在较大差异,总体上表现为切花菊品种的扦插生根能力强于传统秋菊品种[12];使用顶梢幼嫩插穗、调整扦插基质配比以及施用外源激素均可提高菊花的扦插生根能力[13-15]。研究者可通过扦插后根系形态指标及部分生理指标来评价菊花的扦插生根能力[16-17]。而且,菊花的扦插生根能力与非生物胁迫耐性相关,扦插生根能力强的菊花品种往往具有较高的非生物胁迫耐性[18-19]。探明菊花不同品种的扦插生根能力,有助于针对不同菊花品种穗条制定适宜的田间管理措施,从而培养出生根整齐的菊花种苗,提高菊花的生产效率。

传统秋菊品种花型丰富,是切花菊品种改良的重要亲本材料。然而,传统秋菊品种的扦插生根速率较低,不利于专业化、规模化周年生产。因此,有必要筛选出扦插生根能力较强的传统秋菊品种。本研究对南京农业大学中国菊花种质资源保存中心39个传统秋菊品种扦插12 d的相关根系形态指标进行差异分析、相关性分析和主成分分析,在此基础上,对供试传统秋菊品种的扦插生根能力进行隶属函数分析和分级,以期筛选出扦插生根能力较强的传统秋菊品种,为传统秋菊品种遗传改良亲本选择提供参考依据。

1 材料和方法

1.1 材料

供试的39个传统秋菊品种均来自南京农业大学中国菊花种质资源保存中心,分别为'春酿疏雨'('Chunniang Shuyu')、'沽水金辉'('Gushui Jinhui')、'洹水金珠'('Huanshui Jinzhu')、'火凤凰'('Huofenghuang')、'金红竞辉'('Jinhong Jinghui')、'龙都白雪'('Longdu Baixue')、'龙都白玉'('Longdu Baiyu')、'龙都春风'('Longdu Chunfeng')、'龙都春丽'('Longdu Chunli')、'龙都春水'('Longdu Chunshui')、'龙都春桃'('Longdu Chuntao')、'龙都春晓'('Longdu Chunxiao')、'龙都春雪'('Longdu Chunxue')、'龙都春雨'('Longdu Chunyu')、'龙都秋枫'('Longdu Qiufeng')、'龙都

月华’（‘Longdu Yuehua’）、‘秣陵－34’（‘Moling-34’）、‘秣陵－174’（‘Moling-174’）、‘秣陵－175’（‘Moling-175’）、‘秣陵－176’（‘Moling-176’）、‘秣陵－178’（‘Moling-178’）、‘秣陵－179’（‘Moling-179’）、‘秣陵春波’（‘Moling Chunbo’）、‘秣陵金秀’（‘Moling Jinxiu’）、‘秣陵绿波’（‘Moling Lübo’）、‘秣陵青松’（‘Moling Qingsong’）、‘秣陵双龙’（‘Moling Shuanglong’）、‘盘龙桂色’（‘Panlong Guise’）、‘盘龙红鹏’（‘Panlong Hongpeng’）、‘盘龙银浪’（‘Panlong Yinlang’）、‘青天傲骨’（‘Qingtian Aogu’）、‘秋水明霞’（‘Qiushui Mingxia’）、‘泉乡高峰’（‘Quanxiang Gaofeng’）、‘泉乡三泉’（‘Quanxiang Sanquan’）、‘泉乡水芭蕉’（‘Quanxiang Shuibajiao’）、‘群英’（‘Qunying’）、‘圣光华宝’（‘Shengguang Huabao’）、‘玉楼人醉’（‘Yulou Renzui’）、‘紫龙卧雪’（‘Zilong Woxue’）。整个扦插实验于 2022 年 5 月至 6 月在南京农业大学湖熟菊花试验基地薄膜温室内完成，实验期间气温 15 ℃～25 ℃，空气相对湿度 70%～80%，光照强度保持在 4 000 lx 以下。

1.2　方法

1.2.1　*扦插方法*　从各品种母株上剪取长度约 8 cm 且生长健壮、无病虫害的新梢（即插穗），每个插穗保留上部的 2 枚成熟叶；将插穗浸入处理液（含质量浓度 8 mg·L^{-1}萘乙酸、质量浓度 0.05 mg·L^{-1}啶虫脒、质量浓度 0.008 mg·L^{-1}咯菌腈及质量浓度 0.085 mg·L^{-1}氯虫苯甲酰胺）中，5 min 后将插穗插入 105 孔穴盘内，扦插深度 2～3 cm。扦插基质为 *V*（珍珠岩）∶*V*（草炭）= 3∶7 的混合基质。采用随机区组设计，每个品种 1 个小区，每个小区 50 个插穗。

1.2.2　*根系形态指标测定*　扦插 12 d 时供试传统秋菊品种的生根率为 100%，不存在差异，故未选择生根率作为研究指标。取出完整根系，用去离子水去除根部杂质，将根系平展于根盒中，利用 Epson Perfection V850 pro 根系扫描仪〔爱普生（中国）股份有限公司〕及 WinRHIZO 2017 HR 根系分析系统测定总根长、平均根长、最长根长、根投影面积、根表面积、根直径、总根体积，统计总根数（长度大于或等于 2 mm 的根数）。每个品种随机选取长势基本一致的 6 株样株进行根系形态指标测定，结果取平均值。

1.3　数据统计及分析

使用 EXCEL 2019 软件对实验数据进行整理和统计；使用 SPSS 25.0 统计分析软件对 8 个根系形态指标进行相关性分析和主成分分析[20-21]，基于主成分分析结果、采用隶属函数法计算各传统秋菊品种不同主成分的综合指标值〔$CI(x)$〕[12]、隶属函数值〔$U(x)$〕[22]和综合得分（D）[23]，采用系统聚类分析法、根据 D 值对各传统秋菊品种的扦插生根能力进行分级[24]。

2　结果和分析

2.1　传统秋菊品种根系形态指标变异分析

传统秋菊品种根系形态指标的统计分析结果（表 1）表明：总根长的变化范围为 2.463～129.174 cm，均值为 54.136 cm，以‘火凤凰’最小、‘玉楼人醉’最大；26 个品种的总根长在 40～90 cm 之间，占比为 66.7%。总根数的变化范围为 3.3～44.0，均值为 21.6，以‘盘龙桂色’最小、‘玉楼人醉’最大；27 个品种的总根数在 15～35 之间，占比为 69.2%。平均根长的变化范围为 0.632～4.470 cm，均值为 2.512 cm，以‘火凤凰’最小、‘盘龙红鹏’最大；24 个品种的平均根长在 2.0～3.5 cm 之间，占比为 61.5%。最长根长的变化范围为 1.610～7.964 cm，均值为 5.103 cm，以‘火凤凰’最小、‘秣陵双龙’最大；28 个品种的最长根长在 4.0 cm 以上，占比为 71.8%。根投影面积和根表面积的变化范围分别为 0.102～3.062 和 0.319～9.619 cm^2，均值分别为 1.516 和 4.758 cm^2，均以‘火凤凰’最小、‘玉楼人醉’最大；29 个品种的根投影面积在 1.0～3.0 cm^2之间，28 个品种的根表面积在 3.0～8.0 cm^2，占比分别为 74.4%和71.8%。根直径的变化范围为 0.200～0.405 mm，均值为 0.285 mm，以‘龙都春雪’最小、‘秣陵－174’最大；27 个品种的根直径在 0.25～0.35 mm 之间，占比为 69.2%。总根体积的变化范围为 0.002～0.079 cm^3，均值为 0.034 cm^3，以‘火凤凰’最小、‘龙都春丽’最大；31 个品种的总根体积在 0.02～0.06 cm^3之间，占比为 79.5%。

从根系形态指标的变异系数看，总根长的变异系数最大（51.605%），总根体积的变异系数（50.000%）略低于总根长，根表面积、根投影面积、总根数、平均根长和最长根长的变异系数均在 32%以上，根直径的变异系数最小（15.789%）。

2.2　传统秋菊品种根系形态指标间的相关性分析

传统秋菊品种根系形态指标间的相关性分析结

表1 传统秋菊品种根系形态指标的统计分析($\bar{X}\pm SE$)
Table 1 Statistical analysis on root morphological indexes of traditional autumn chrysanthemum (*Chrysanthemum morifolium* Ramat.) cultivars ($\bar{X}\pm SE$)

品种 Cultivar	总根长/cm Total root length	总根数 Total root number	平均根长/cm Average root length	最长根长/cm The longest root length	根投影面积/cm^2 Root projected area	根表面积/cm^2 Root surface area	根直径/mm Root diameter	总根体积/cm^3 Total root volume
春酿疏雨 Chunniang Shuyu	5.507±0.537	6.0±0.3	0.856±0.123	1.723±0.103	0.181±0.022	0.537±0.066	0.257±0.033	0.003±0.001
沽水金辉 Gushui Jinhui	46.156±5.650	14.2±2.4	3.510±0.525	5.469±0.652	1.291±0.173	4.055±0.833	0.280±0.019	0.029±0.007
洹水金珠 Huanshui Jinzhu	74.717±9.887	24.3±2.9	3.069±0.264	6.950±0.693	1.641±0.236	5.155±1.024	0.211±0.013	0.029±0.008
火凤凰 Huofenghuang	2.463±0.317	3.7±0.2	0.632±0.119	1.610±0.068	0.102±0.014	0.319±0.027	0.263±0.035	0.002±0.001
金红竞辉 Jinhong Jinghui	34.624±4.862	11.8±2.0	3.196±0.303	5.283±0.483	1.261±0.202	3.961±0.628	0.352±0.025	0.037±0.008
龙都白雪 Longdu Baixue	56.702±7.989	25.5±2.2	2.202±0.192	4.261±0.428	1.595±0.214	5.010±0.671	0.291±0.029	0.037±0.006
龙都白玉 Longdu Baiyu	57.508±8.586	18.8±2.0	3.010±0.253	6.237±0.531	1.430±0.235	4.494±0.738	0.246±0.009	0.028±0.005
龙都春风 Longdu Chunfeng	65.097±5.118	23.8±2.6	2.819±0.287	6.040±0.893	2.006±0.228	6.304±0.716	0.308±0.030	0.050±0.009
龙都春丽 Longdu Chunli	77.446±8.753	32.7±4.9	2.508±0.326	4.078±0.494	2.795±0.222	8.781±0.698	0.364±0.014	0.079±0.004
龙都春水 Longdu Chunshui	61.477±5.010	23.4±1.1	2.655±0.418	6.150±0.715	1.904±0.270	5.982±1.163	0.315±0.026	0.047±0.008
龙都春桃 Longdu Chuntao	66.830±8.397	26.0±2.8	2.576±0.479	5.079±0.571	1.662±0.183	5.222±1.014	0.247±0.009	0.033±0.008
龙都春晓 Longdu Chunxiao	85.463±9.375	33.2±3.0	2.612±0.280	5.229±0.729	2.426±0.211	7.621±0.663	0.293±0.026	0.056±0.007
龙都春雪 Longdu Chunxue	28.726±4.255	20.3±1.8	1.414±0.183	3.068±0.371	0.574±0.089	1.805±0.280	0.200±0.011	0.008±0.001
龙都春雨 Longdu Chunyu	61.807±6.500	24.2±3.5	2.530±0.176	4.676±0.548	2.037±0.106	6.400±0.846	0.319±0.025	0.054±0.005
龙都秋枫 Longdu Qiufeng	91.916±10.019	37.5±5.3	2.460±0.229	6.155±0.939	2.502±0.357	7.861±1.136	0.267±0.022	0.056±0.004
龙都月华 Longdu Yuehua	105.613±14.263	35.8±4.4	3.036±0.352	7.213±0.733	2.790±0.340	8.764±1.069	0.266±0.016	0.059±0.008
秣陵-34 Moling-34	49.420±5.563	25.3±1.9	1.949±0.191	3.842±0.557	1.754±0.275	5.510±0.864	0.353±0.031	0.051±0.006
秣陵-174 Moling-174	21.917±3.012	12.4±2.2	2.036±0.317	3.696±0.519	0.872±0.138	2.738±0.433	0.405±0.070	0.028±0.005
秣陵-175 Moling-175	60.987±4.724	24.0±2.1	2.591±0.216	4.382±0.381	1.882±0.163	5.912±0.511	0.308±0.012	0.046±0.005
秣陵-176 Moling-176	45.979±7.047	27.8±3.9	1.663±0.154	3.374±0.546	1.200±0.121	3.770±0.379	0.271±0.022	0.025±0.002
秣陵-178 Moling-178	56.695±7.301	19.0±2.2	2.851±0.294	5.306±0.887	1.510±0.236	4.742±0.742	0.281±0.022	0.032±0.005
秣陵-179 Moling-179	44.658±6.114	25.3±3.6	1.808±0.220	3.932±0.383	1.384±0.122	4.348±0.694	0.310±0.006	0.034±0.006
秣陵春波 Moling Chunbo	22.890±3.100	16.2±1.9	1.415±0.105	3.034±0.234	0.602±0.098	1.893±0.207	0.264±0.021	0.012±0.001
秣陵金秀 Moling Jinxiu	59.652±3.099	15.3±0.7	3.891±0.116	7.130±0.662	1.787±0.170	5.613±0.533	0.297±0.016	0.043±0.006
秣陵绿波 Moling Lübo	51.853±7.853	28.8±3.1	1.778±0.196	4.970±0.722	1.268±0.193	3.983±0.608	0.248±0.005	0.025±0.003
秣陵青松 Moling Qingsong	47.248±6.427	19.8±1.1	2.302±0.358	5.079±0.581	1.227±0.122	3.854±0.667	0.270±0.019	0.026±0.004
秣陵双龙 Moling Shuanglong	88.683±5.564	27.7±2.6	3.284±0.208	7.964±0.417	2.138±0.155	6.718±0.486	0.242±0.012	0.041±0.005
盘龙桂色 Panlong Guise	12.076±1.502	3.3±0.6	3.791±0.421	6.023±0.897	0.400±0.074	1.255±0.234	0.346±0.029	0.013±0.002
盘龙红鹏 Panlong Hongpeng	76.218±7.658	17.2±1.4	4.470±0.331	7.693±0.474	1.937±0.244	6.086±0.767	0.251±0.008	0.039±0.006
盘龙银浪 Panlong Yinlang	62.652±5.370	17.8±2.0	3.599±0.234	7.258±0.397	1.620±0.175	5.088±0.549	0.258±0.014	0.033±0.005
青天傲骨 Qingtian Aogu	9.559±1.392	7.3±1.0	1.290±0.267	3.053±0.130	0.268±0.017	0.750±0.048	0.259±0.027	0.006±0.001
秋水明霞 Qiushui Mingxia	45.498±3.372	33.3±1.9	1.366±0.125	2.454±0.189	1.609±0.209	5.039±0.519	0.298±0.024	0.034±0.004
泉乡高峰 Quanxiang Gaofeng	41.754±6.358	20.2±2.4	2.007±0.260	3.817±0.466	1.146±0.208	3.599±0.655	0.294±0.045	0.028±0.003
泉乡三泉 Quanxiang Sanquan	26.784±3.015	11.7±1.4	2.150±0.304	4.122±0.670	0.961±0.131	3.018±0.546	0.327±0.017	0.025±0.002
泉乡水芭蕉 Quanxiang Shuibajiao	80.163±5.397	28.5±4.0	2.894±0.455	6.892±1.147	1.739±0.133	5.463±0.419	0.218±0.011	0.030±0.003
群英 Qunying	15.939±2.384	4.8±0.6	3.043±0.454	5.012±0.451	0.538±0.115	1.689±0.208	0.333±0.011	0.014±0.004
圣光华宝 Shengguang Huabao	73.460±9.718	30.0±4.2	2.405±0.310	6.120±0.755	2.354±0.285	7.396±1.039	0.328±0.017	0.060±0.010
玉楼人醉 Yulou Renzui	129.174±13.151	44.0±5.3	3.011±0.209	7.592±0.658	3.062±0.322	9.619±1.011	0.238±0.008	0.057±0.006
紫龙卧雪 Zilong Woxue	65.986±5.055	20.5±3.1	3.302±0.210	7.054±1.183	1.656±0.133	5.202±1.024	0.256±0.015	0.033±0.008
均值 Mean	54.136±27.937	21.6±9.6	2.512±0.848	5.103±1.682	1.516±0.731	4.758±2.301	0.285±0.045	0.034±0.017
变异系数/% Coefficient of variation	51.605	44.663	33.758	32.961	48.219	48.361	15.789	50.000

果(表2)表明:有19对根系形态指标呈极显著($P<0.01$)正相关,最长根长与总根数以及总根体积与根直径呈显著($P<0.05$)正相关,平均根长与总根数以及根直径与平均根长、根投影面积和根表面积呈不显著正相关;根直径与总根长呈显著负相关,与总根数和最长根长呈不显著负相关。

2.3 传统秋菊品种根系形态指标的主成分分析

传统秋菊品种根系形态指标的主成分分析结果(表3)表明:前3个主成分的特征值均大于1,累计贡献率达97.976%,说明这3个主成分能够反映传统秋

表 2　传统秋菊品种根系形态指标间的相关性分析
Table 2　Analysis on correlations between root morphological indexes of traditional autumn chrysanthemum (*Chrysanthemum morifolium* Ramat.) cultivars

根系形态指标 Root morphological index	根系形态指标间的相关系数[1)] Correlation coefficient between root morphological indexes[1)]							
	总根长 Total root length	总根数 Total root number	平均根长 Average root length	最长根长 The longest root length	根投影面积 Root projected area	根表面积 Root surface area	根直径 Root diameter	总根体积 Total root volume
总根长 Total root length	1.000							
总根数 Total root number	0.855 **	1.000						
平均根长 Average root length	0.498 **	0.067	1.000					
最长根长 The longest root length	0.724 **	0.336 *	0.881 **	1.000				
根投影面积 Root projected area	0.948 **	0.853 **	0.457 **	0.618 **	1.000			
根表面积 Root surface area	0.948 **	0.853 **	0.459 **	0.619 **	1.000 **	1.000		
根直径 Root diameter	−0.268 *	−0.199	0.017	−0.223	0.004	0.005	1.000	
总根体积 Total root volume	0.796 **	0.743 **	0.394 **	0.470 **	0.944 **	0.944 **	0.289 *	1.000

1) *：$P<0.05$；**：$P<0.01$.

表 3　传统秋菊品种根系形态指标的主成分分析
Table 3　Principal component analysis on root morphological indexes of traditional autumn chrysanthemum (*Chrysanthemum morifolium* Ramat.) cultivars

主成分 Principal component	不同根系形态指标的特征向量 Eigenvector of different root morphological indexes								特征值 Eigenvalue	贡献率/% Contribution rate	累计贡献率/% Accumulative contribution rate
	总根长 Total root length	总根数 Total root number	平均根长 Average root length	最长根长 The longest root length	根投影面积 Root projected area	根表面积 Root surface area	根直径 Root diameter	总根体积 Total root volume			
1	0.425	0.358	0.252	0.324	0.430	0.430	−0.031	0.391	5.240	65.499	65.499
2	−0.031	0.332	−0.591	−0.542	0.140	0.140	0.360	0.279	1.382	17.274	82.773
3	−0.190	−0.328	0.362	0.084	0.012	0.013	0.813	0.242	1.216	15.203	97.976

菊的根系形态特征。第 1 主成分的贡献率为 65.499%，其中，根投影面积、根表面积、总根长的特征向量绝对值较高；第 2 主成分的贡献率为 17.274%，其中，平均根长和最长根长的特征向量绝对值明显高于其他根系形态指标；第 3 主成分的贡献率为 15.203%，其中，根直径的特征向量绝对值最高且与其他根系形态指标差距很大。

2.4　传统秋菊品种扦插生根能力分析

分别以总根长、总根数、平均根长、最长根长、根投影面积、根表面积、根直径和总根体积的标准化值为 X_1、X_2、X_3、X_4、X_5、X_6、X_7和 X_8，获得第 1、第 2 和第 3 主成分的综合指标值〔即 $CI(1)$、$CI(2)$和 $CI(3)$〕方程，分别为 $CI(1) = 0.425X_1 + 0.358X_2 + 0.252X_3 + 0.324X_4 + 0.430X_5 + 0.430X_6 - 0.031X_7 + 0.391X_8$；$CI(2) = -0.031X_1 + 0.332X_2 - 0.591X_3 - 0.542X_4 + 0.140X_5 + 0.140X_6 + 0.360X_7 + 0.279X_8$；$CI(3) = -0.190X_1 - 0.328X_2 + 0.362X_3 + 0.084X_4 + 0.012X_5 + 0.013X_6 + 0.813X_7 + 0.242X_8$。39 个传统秋菊品种前 3 个主成分的综合指标值〔$CI(x)$〕、隶属函数值〔$U(x)$〕及综合得分(D)见表 4。结果表明：39 个传

表 4　传统秋菊品种扦插生根能力分析[1)]
Table 4　Analysis on cutting rooting ability of traditional autumn chrysanthemum (*Chrysanthemum morifolium* Ramat.) cultivars[1)]

品种 Cultivar	$CI(1)$	$CI(2)$	$CI(3)$	$U(1)$	$U(2)$	$U(3)$	D	等级 Grade
龙都春丽 Longdu Chunli	3.020	2.529	1.507	0.806	1.000	0.823	0.843	Ⅰ
玉楼人醉 Yulou Renzui	4.961	0.110	−1.436	1.000	0.511	0.189	0.788	Ⅰ
龙都月华 Longdu Yuehua	3.939	0.114	−0.476	0.898	0.512	0.396	0.752	Ⅰ
圣光华宝 Shengguang Huabao	2.303	1.091	0.747	0.735	0.709	0.660	0.719	Ⅰ
龙都秋枫 Longdu Qiufeng	3.012	0.779	−0.772	0.805	0.646	0.332	0.704	Ⅰ
龙都春晓 Longdu Chunxiao	2.512	1.010	−0.090	0.756	0.693	0.479	0.702	Ⅰ
龙都春雨 Longdu Chunyu	1.167	0.991	0.748	0.621	0.689	0.660	0.639	Ⅱ
龙都春风 Longdu Chunfeng	1.433	0.169	0.672	0.648	0.523	0.643	0.625	Ⅱ

续表4 Table 4 (Continued)

品种 Cultivar	*CI*(1)	*CI*(2)	*CI*(3)	*U*(1)	*U*(2)	*U*(3)	*D*	等级 Grade
秣陵-34 Moling-34	0.264	1.836	1.072	0.531	0.860	0.729	0.620	Ⅱ
龙都春水 Longdu Chunshui	1.143	0.207	0.728	0.619	0.531	0.655	0.609	Ⅱ
秣陵双龙 Moling Shuanglong	2.443	-1.295	-0.651	0.749	0.227	0.358	0.596	Ⅱ
秣陵-175 Moling-175	0.755	0.762	0.453	0.580	0.643	0.596	0.594	Ⅱ
秣陵金秀 Moling Jinxiu	1.157	-1.501	1.204	0.620	0.186	0.758	0.565	Ⅱ
盘龙红鹏 Panlong Hongpeng	1.876	-2.419	0.414	0.692	0.000	0.588	0.554	Ⅱ
龙都白雪 Longdu Baixue	0.079	0.737	-0.186	0.513	0.638	0.459	0.526	Ⅲ
秋水明霞 Qiushui Mingxia	-0.456	2.197	-0.737	0.459	0.933	0.340	0.524	Ⅲ
金红竞辉 Jinhong Jinghui	-0.708	-0.367	2.006	0.434	0.415	0.931	0.508	Ⅲ
紫龙卧雪 Zilong Woxue	0.905	-1.436	-0.162	0.595	0.199	0.464	0.505	Ⅲ
秣陵-179 Moling-179	-0.620	1.149	0.015	0.443	0.721	0.502	0.501	Ⅲ
龙都春桃 Longdu Chuntao	0.540	-0.176	-0.928	0.559	0.453	0.299	0.500	Ⅲ
泉乡水芭蕉 Quanxiang Shuibajiao	1.322	-1.163	-1.445	0.637	0.254	0.187	0.499	Ⅲ
盘龙银浪 Panlong Yinlang	0.839	-1.795	0.124	0.589	0.126	0.525	0.497	Ⅲ
秣陵-178 Moling-178	0.026	-0.470	0.109	0.507	0.394	0.522	0.490	Ⅲ
秣陵-174 Moling-174	-2.227	1.122	2.327	0.282	0.716	1.000	0.470	Ⅲ
洹水金珠 Huanshui Jinzhu	1.015	-1.551	-1.334	0.606	0.175	0.211	0.469	Ⅲ
沽水金辉 Gushui Jinhui	-0.411	-1.276	0.568	0.464	0.231	0.621	0.447	Ⅲ
龙都白玉 Longdu Baiyu	0.099	-1.265	-0.473	0.515	0.233	0.397	0.447	Ⅲ
泉乡高峰 Quanxiang Gaofeng	-1.223	0.557	-0.094	0.383	0.601	0.478	0.436	Ⅲ
秣陵-176 Moling-176	-1.052	0.982	-1.010	0.400	0.687	0.281	0.432	Ⅲ
秣陵绿波 Moling Lübo	-0.485	0.259	-1.375	0.456	0.541	0.202	0.432	Ⅲ
秣陵青松 Moling Qingsong	-0.754	-0.268	-0.394	0.430	0.435	0.414	0.428	Ⅲ
泉乡三泉 Quanxiang Sanquan	-1.973	0.230	0.927	0.308	0.535	0.698	0.409	Ⅲ
群英 Qunying	-2.704	-1.193	1.601	0.235	0.248	0.844	0.332	Ⅳ
盘龙桂色 Panlong Guise	-2.595	-2.051	2.267	0.246	0.074	0.987	0.331	Ⅳ
秣陵春波 Moling Chunbo	-2.963	0.398	-0.910	0.209	0.569	0.303	0.287	Ⅳ
龙都春雪 Longdu Chunxue	-2.791	-0.068	-2.314	0.226	0.475	0.000	0.235	Ⅳ
青天傲骨 Qingtian Aogu	-4.069	-0.081	-0.758	0.099	0.472	0.335	0.201	Ⅳ
春酿疏雨 Chunniang Shuyu	-4.722	0.515	-1.017	0.033	0.593	0.279	0.170	Ⅳ
火凤凰 Huofenghuang	-5.057	0.634	-0.926	0.000	0.617	0.299	0.155	Ⅳ

[1] *CI*(1), *CI*(2), *CI*(3): 分别为第1、第2和第3主成分的综合指标值 The comprehensive index values of the first, second, and third principal components, respectively; *U*(1), *U*(2), *U*(3): 分别为第1、第2和第3主成分的隶属函数值 The subordinate function values of the first, second, and third principal components, respectively; *D*: 综合得分 Comprehensive score.

统秋菊品种的 *D* 值差异较大,变化范围为 0.155~0.843,其中,'火凤凰'的 *D* 值最小,'龙都春丽'的 *D* 值最大。根据各品种的 *D* 值,可将供试传统秋菊品种的扦插生根能力分成4个等级。其中,Ⅰ级品种的扦插生根能力优秀,*D* 值均大于0.70,包括'龙都春丽'、'玉楼人醉'、'龙都月华'、'圣光华宝'、'龙都秋枫'、'龙都春晓'6个品种,占比为15.4%;Ⅱ级品种的扦插生根能力良好,*D* 值介于0.55~0.64之间,包括'龙都春雨'等8个品种,占比为20.5%;Ⅲ级品种的扦插生根能力中等,*D* 值介于0.40~0.53之间,包括'龙都白雪'等18个品种,占比为46.2%;Ⅳ级品种的扦插生根能力偏差,*D* 值均低于0.40,包括'群英'等7个品种,占比为17.9%。

不同等级传统秋菊品种根系形态指标的比较分析结果(表5)表明:Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ4个等级的根系形态指标整体上随等级升高逐渐下降。4个等级中,Ⅰ级的总根长、总根数、最长根长、根投影面积、根表面积和总根体积最高,Ⅱ级的平均根长和根直径最高,Ⅳ级的8个根系形态指标均最低。差异显著性分析结果表明:Ⅱ级和Ⅲ级间的总根长和总根数差异均不显著,但这2个等级的总根长和总根数与Ⅰ级和Ⅳ级间的差异显著($P<0.05$);Ⅰ级与Ⅳ级间以及Ⅱ级与Ⅳ级间的平均根长差异显著;Ⅳ级的最长根长与其他3个等级间的差异显著;4个等级间的根投影面积、根表面积和总根体积差异均显著,而4个等级间的根直径差异均不显著。

表 5　不同等级传统秋菊品种根系形态指标的比较($\bar{X}\pm SE$)[1)]
Table 5　Comparison on root morphological indexes of different grades of traditional autumn chrysanthemum (*Chrysanthemum morifolium* Ramat.) cultivars ($\bar{X}\pm SE$)[1)]

等级 Grade	总根长/cm Total root length	总根数 Total root number	平均根长/cm Average root length	最长根长/cm The longest root length	根投影面积/cm^2 Root projected area	根表面积/cm^2 Root surface area	根直径/mm Root diameter	总根体积/cm^3 Total root volume
Ⅰ	93.845±8.456a	35.528±2.000a	2.672±0.115a	6.065±0.526a	2.655±0.111a	8.340±0.349a	0.293±0.019a	0.061±0.004a
Ⅱ	65.418±4.216b	22.609±1.476b	3.024±0.289a	5.985±0.552a	1.931±0.045b	6.066±0.143b	0.299±0.013a	0.046±0.002b
Ⅲ	51.540±3.636b	21.433±1.512b	2.518±0.161ab	5.069±0.330a	1.393±0.060c	4.375±0.189c	0.281±0.011a	0.030±0.001c
Ⅳ	13.880±3.546c	8.809±2.532c	1.777±0.445b	3.360±0.614b	0.381±0.076d	1.178±0.244d	0.275±0.019a	0.008±0.002d

[1)] 同列不同小写字母表示在不同等级间差异显著($P<0.05$) Different lowercases in the same column indicate the significant ($P<0.05$) differences between different grades.

3　讨论和结论

扦插繁殖是植物种苗生产上最常用的一种无性繁殖方式，不但具有生产成本低、繁殖系数高、种苗一致性强等优点，还能避免后代性状分离[25]。植物不同品种间的遗传特性往往存在明显差异，生根能力也大不相同。供试 39 个传统秋菊品种均可扦插生根，说明这些传统秋菊品种的扦插生根能力较强。但不同传统秋菊品种的根系形态指标差异明显，侧面反映出不同传统秋菊品种的扦插生根能力存在差异。

以往对植物生根能力的研究通常使用成活率、生根率、根长和根数等少数指标[26-29]，难以对植物材料的生根能力作出准确评价。选取多个根系形态指标或相关生理指标对植物的生根能力进行综合评价更具有科学性[30-31]。菊花插穗在扦插后会生成不定根且侧根较发达[32]，给人工测量效率和准确性带来巨大挑战。WinRHIZO 根系分析系统可以精确分析植物根系形态，检测并校正根系重叠区域，提高分析结果的准确性[33]。因此，本研究利用 WinRHIZO 根系分析系统对 39 个传统秋菊品种根系形态指标进行了统计分析，研究结果可信。

变异系数可衡量观测性状的离散程度，能反映品种间性状的变异程度[34]。本研究中，供试传统秋菊品种 8 个根系形态指标的变异系数均大于 15%，其中，总根长、总根体积、根表面积、根投影面积、总根数的变异系数均大于 40%，说明供试传统秋菊品种间的根系形态存在较大差异，生根能力各不相同[35]。这与孙炜等[12]对不同类型菊花生根能力的研究结果有一定差异，这是因为本研究主要关注传统秋菊品种，而孙炜等统计的菊花类型较多，研究材料不同可能是造成研究结果出现差异的主要原因。供试传统秋菊品种大部分根系形态指标间存在显著($P<0.05$)或极显著($P<0.01$)正相关，说明传统秋菊品种的根系形态指标彼此密切相关，并存在一定的信息重叠问题，应对这些指标进行多元统计分析[36]。另外，供试传统秋菊品种的根直径除与总根长呈显著负相关、与总根体积呈显著正相关外，与其余 6 个根系形态指标的相关性均不显著，说明供试传统秋菊品种的根直径与其他根系形态指标的关系不够密切，在传统秋菊品种扦插生根能力评价中可将其作为参考指标。

主成分分析可简化多个具有一定相关性的评价指标，客观确定每个评价指标的权重，有效避免评价指标间的交叉重叠影响[37]，该方法已应用于月季(*Rosa chinensis* Jacq.)[38]、百合(*Lilium brownii* var. *viridulum* Baker)[39]、菊花[40]等多种园林植物的综合评价。刘光杨等[41]将主成分分析和隶属函数法相结合评价睡莲(*Nymphaea* Linn.)品种耐阴性，施旭丽等[42]利用主成分分析和隶属函数法对菊花品种耐镉性进行了评价，可见利用主成分分析与隶属函数法相结合的方法对植物进行综合评价可获得更加准确、可靠的研究结果[43]。本研究利用此方法将 8 个根系形态指标转化成综合得分(D)，前 3 个主成分的累计贡献率高达 97.976%，可实现对传统秋菊品种扦插生根能力的综合评价，为多年生草本植物扦插生根能力评价研究提供了方法依据。相关研究表明：根据 D 值对植物品种进行分类，可以实现对不同品种的合理分级[44-45]。本研究基于 D 值将 39 个传统秋菊品种分为 4 个等级，并且，除根直径外，其余 7 个根系形态指标在各等级间多有显著差异，说明基于 D 值的传统秋菊品种扦插生根能力的分级结果较为可靠。

综合上述研究结果，‘龙都春丽’、‘玉楼人醉’、‘龙都月华’、‘圣光华宝’、‘龙都秋枫’、‘龙都春晓’的扦插生根能力强，可作为传统秋菊品种遗传改良的

亲本。值得注意的是,“龙都”系列品种为近年来传统秋菊与切花菊杂交获得的新品种,由此可见,通过杂交手段能有效改良菊花的扦插生根能力。另外,需要说明的是,本研究仅统计了39个传统秋菊品种的8个根系形态指标,研究结果难免会存在一定的片面性。若要更全面地评价传统秋菊品种的生根能力,还应结合根系的鲜质量和干质量等形态指标,以及内源激素含量和抗氧化酶活性等生理指标。

参考文献:

[1] 卯吉华, 卯梅华, 贾代顺, 等. 珍稀濒危植物蒜头果扦插繁殖技术[J]. 东北林业大学学报, 2023, 51(7): 39-45, 67.

[2] 王志敏, 曹 均, 张玉平, 等. 5个圆柏优良品种(系)扦插繁殖技术研究[J]. 中南林业科技大学学报, 2019, 39(8): 62-69.

[3] 扈 顺, 王 永, 刘慧娟, 等. 马齿苋营养器官及扦插生根解剖学特征[J]. 北方农业学报, 2020, 48(4): 83-89.

[4] 李春牛, 蒋月喜, 李先民, 等. 垂花悬铃花扦插生根的影响因素[J]. 南方农业学报, 2017, 48(4): 675-679.

[5] SABATINO L, D'ANNA, IAPICHINO G. Cutting type and IBA treatment duration affect *Teucrium fruticans* adventitious root quality [J]. Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca, 2014, 42 (2): 478-481.

[6] 岳莉然, 陈楚怡, 刘铭宇, 等. 不同直插型基质对3种盆栽菊花生长的影响以及综合评价[J]. 东北林业大学学报, 2024, 52 (1): 21-29.

[7] 殷庭超, 王怡超, 杨鹏三, 等. 营养液浓度和基质配比对牛至扦插繁殖的影响[J]. 草业科学, 2021, 38(7): 1301-1309.

[8] SINGH S, SINGH I, MILLER C T, et al. Increasing basal dose of indole-3-butyric acid improve rooting and growth of different cutting types in *Dahlia*[J]. Rhizosphere, 2023, 27: 100729.

[9] 曹艳茹, 焦 钰, 杨福雪, 等. 生根剂促进菊花扦插生根的研究进展[J]. 安徽农业大学学报, 2023, 50(4): 595-602.

[10] WISE K, GILL H, SELBY-PHAM J. Willow bark extract and the biostimulant complex Root Nectar (R) increase propagation efficiency in chrysanthemum and lavender cuttings[J]. Scientia Horticulturae, 2020, 263: 109108.

[11] GHIMIRE B K, KIM S H, YU C Y, et al. Biochemical and physiological changes during early adventitious root formation in *Chrysanthemum indicum* Linné cuttings [J]. Plants, 2022, 11: 1440.

[12] 孙 炜, 于瑞宁, 张 飞, 等. 菊花扦插生根能力的量化评价[J]. 园艺学报, 2019, 46(3): 540-548.

[13] 张 黎, 翟 彦. 不同基质不同部位对菊花扦插生根的影响[J]. 西北农业学报, 2005, 14(6): 112-114.

[14] JOEL P G, BALA M, KAUR A, et al. Efficacy of rooting hormones on propagation and rooting potential of Japanese chrysanthemums (*Chrysanthemum morifolium* Ramat.) [J]. Rhizosphere, 2023, 27: 100740.

[15] 徐东花, 孙 霞, 孙宪芝, 等. 亚精胺调控菊花不定根发生的生理机制[J]. 植物生理学报, 2014, 50(10): 1546-1554.

[16] 田 洁, 唐有林, 王启璋, 等. 植物根际促生菌 *Pseudomonas putida* UW4对菊花扦插苗生长及生理特性的影响[J]. 植物生理学报, 2023, 59(1): 179-190.

[17] 施旭丽, 王筠竹, 王萃铂, 等. 4个国庆盆菊品种扦插繁殖[J]. 浙江农林大学学报, 2013, 30(1): 141-147.

[18] DENG Y, CHEN S, CHANG Q, et al. The chrysanthemum × *Artemisia vulgaris* intergeneric hybrid has better rooting ability and higher resistance to alternaria leaf spot than its chrysanthemum parent[J]. Scientia Horticulturae, 2012, 134: 185-190.

[19] 吴盼婷, 王江民, 沈佳逾, 等. 不同菊花品种根系、地上部和叶片相关指标分析及抗逆性评价[J]. 植物资源与环境学报, 2017, 26(2): 46-54.

[20] 段九菊, 梁 峥, 贾民隆, 等. 山西省萱草属野生资源的表型多样性分析[J]. 植物资源与环境学报, 2021, 30(6): 29-38.

[21] WANG S, KANG X, DAI J, et al. Evaluation of areca quality based on principal component and hierarchical cluster analyses in Hainan, China[J]. HortScience, 2023, 58(6): 699-703.

[22] 熊 洁, 邹小云, 陈伦林, 等. 油菜苗期耐铝基因型筛选和鉴定指标的研究[J]. 中国农业科学, 2015, 48(16): 3112-3120.

[23] 孙东雷, 卞能飞, 王 幸, 等. 高油酸花生萌发期耐冷性综合评价及种质筛选[J]. 核农学报, 2021, 35(6): 1263-1272.

[24] 赵慧芳, 吴文龙, 黄正金, 等. 34个蓝莓品种果实品质评价[J]. 植物资源与环境学报, 2023, 32(4): 44-53, 72.

[25] 张 帆, 王 鸿. 桃硬枝扦插生根机理研究进展[J]. 植物生理学报, 2019, 55(11): 1595-1606.

[26] 李艳英, 劳承英, 申章佑, 等. 3种生根剂对木薯种茎生根及产量的影响[J]. 江西农业大学学报, 2022, 44(4): 825-831.

[27] 田旭平, 郭庆浩, 孙鸣屿, 等. 不同种源的毛建草珠芽形成比较研究[J]. 草地学报, 2021, 29(6): 1357-1362.

[28] 周锦业, 关世凯, 陶大燕, 等. 不同因素对薰衣草扦插成活的影响[J]. 热带作物学报, 2019, 40(1): 24-31.

[29] 刘青松, 肖 宇, 徐玉鹏, 等. 不同处理方式对10个苜蓿品种扦插成活率的影响分析[J]. 中国草地学报, 2018, 40(5): 109-113.

[30] PEÇANHA D A, PEÑA J Á M, FREITAS M S M, et al. Effect of light spectra on stem cutting rooting and lavender growth[J]. Acta Scientiarum-Agronomy, 2023, 45: e58864.

[31] 胡耀芳, 范希峰, 滕 珂, 等. 扦插部位、时间和IBA浓度对‘紫光’狼尾草(*Pennisetum alopecuroides* ‘Ziguang’)茎秆扦插成活的影响[J]. 草地学报, 2018, 26(4): 928-934.

[32] 任 磊, 邓力群, 冯雁梦, 等. 影响茶菊扦插生根的因素研究[J]. 山西农业大学学报(自然科学版), 2013, 33(1): 16-21.

[33] WANG M B, ZHANG Q. Issues in using the WinRHIZO system to determine physical characteristics of plant fine roots [J]. Acta Ecologica Sinica, 2009, 29: 136-138.

[34] 童跃伟, 唐 杨, 陈 红, 等. 红松种子园种群表型多样性研究[J]. 生态学报, 2019, 39(17): 6341-6348.

(下转第105页 Continued on page 105)

[11] 李慧敏，周　伟，宋春凤. 伞形科囊瓣芹属 2 种类的核型分析[J]. 植物资源与环境学报，2021，30(1)：69-71.
[12] 陈永毕，李　双，吴　静，等. 基于淫羊藿属(*Epimedium* L.)核型似近系数的聚类分析及其系统演化意义[J]. 广西植物，2021，41(1)：55-67.
[13] 盛　璐. 铁钱莲属 16 种植物的核型分析[D]. 南京：南京林业大学，2011.
[14] 盛　璐. 铁线莲属植物的核型分析及分子系统学研究[D]. 南京：南京林业大学，2015.
[15] 任佳伦，季梦成，赵　爽，等. 13 个铁线莲品种的核型比较分析[J]. 浙江农林大学学报，2016，33(6)：1033-1039.
[16] KUMAR P，SINGHAL V K，ANDRADA A R，et al. Chromosome count and karyotype of two species of *Clematis* (Ranunculaceae)[J]. Botany Letters，2017，164(2)：177-181.
[17] 王　娜，王奎玲，刘庆华，等. 七种野生铁线莲属植物核型分析[J]. 草业学报，2017，26(11)：123-130.
[18] 李明阳，刘彦泽，王　鑫，等. 铁线莲属 21 个类群的染色体核型分析[J]. 广西植物，2022，42(1)：78-89.
[19] LEVAN A，FREDGA K，SANDBERG A A. Nomenclature for centromeric position on chromosomes[J]. Heriditas，1964：201-220.
[20] STEBBINS G L. Chromosomal Evolution in Higher Plants[M]. London：Edward Arnold，1971.
[21] 李懋学，陈瑞阳. 关于植物核型分析的标准化问题[J]. 武汉植物学研究，1985，3(4)：297-302.
[22] CARLOS R Z. A new method for estimating karyotype asymmetry[J]. Taxon，1986，35(3)：526-530.
[23] 谭远德，吴昌谋. 核型似近系数的聚类分析方法[J]. 遗传学报，1993，20(4)：305-311.
[24] CUI L，CHEN T，ZHAO X，et al. Karyotype analysis，genomic and fluorescence *in situ* hybridization (GISH and FISH) reveal the ploidy and parental origin of chromosomes in *Paeonia* Itoh hybrids[J]. International Journal of Molecular Sciences，2022，23(19)：11406.
[25] 宋　芸，乔永刚，吴玉香. 6 种柴胡属植物核型似近系数聚类分析[J]. 中国中药杂志，2012，37(8)：1157-1160.
[26] 龚维忠，龙雅宜，李懋学. 北京地区铁线莲属植物的核型研究[J]. 武汉植物学研究，1985，3(4)：371-379.
[27] 张镱锂. 7 种铁线莲的染色体研究[J]. 武汉植物学研究，1991，9(2)：107-111.
[28] DE OLIVEIRA L D，DA SILVA W O，DA COSTA M J R，et al. Genetic diversity analysis in the Brazilian Amazon reveals a new evolutionary lineage and new karyotype for the genus *Mesomys* (Rodentia，Echimyidae，Eumysopinae)[J]. PLoS ONE，2023，18(10)：e0291797.
[29] КИКНАДЗЕ И И，МИХАЙЛОВА П，ИСТОМИНА А Г，и др. Хромосомный полиморфиэм и дивергенция популяцийу *Chironomus nuditarsis* Str. (Diptera，Chironomidae)[J]. Цитология，2006，48(7)：595-609.
[30] PANDA E，DEHERY S K，PRADHAN C，et al. Study of karyotype asymmetry and chromosome number in seven cooking bananas (*Musa acuminata* L.)[J]. Proceedings of the National Academy of Sciences，India Section B：Biological Sciences，2023，93(2)：387-395.
[31] WU F，TANKSLEY S D. Chromosomal evolution in the plant family Solanaceae[J]. BMC Genomics，2010，11：182.

(责任编辑：佟金凤)

(上接第 98 页　Continued from page 98)

[35] 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)：234-242，251.
[36] 姚佳睿，吕金钊，陈　康，等. 不同油麦菜品种萌发期耐热指标筛选及耐热性评价[J]. 西北农业学报，2024，33(3)：511-520.
[37] 刘照德，詹秋泉，田国梁. 因子分析综合评价研究综述[J]. 统计与决策，2019，35(19)：68-73.
[38] 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.
[39] 史星雲，徐珊珊，李艳冬，等. 基于主成分和聚类分析对切花百合品质的综合评价[J]. 山东农业大学学报(自然科学版)，2023，54(4)：510-516.
[40] NING X，SU J，ZHANG X，et al. Evaluation of volatile compounds in tea chrysanthemum cultivars and elite hybrids[J]. Scientia Horticulturae，2023，320：112218.
[41] 刘光杨，周　炜，陈　磊，等. 11 个睡莲品种的耐阴性综合评价[J]. 植物资源与环境学报，2020，29(1)：44-51.
[42] 施旭丽，朱安超，陈发棣，等. 17 个菊花品种幼苗的耐镉性评价[J]. 植物资源与环境学报，2015，24(3)：50-59.
[43] 刘立成，余　刚，张　莹，等. 扦插时间对蝴实插穗生根率和相关指标的影响及生根效应综合评价[J]. 植物资源与环境学报，2016，25(2)：48-54.
[44] 韩　岱，时晓磊，丁孙磊，等. 60 份大豆种质资源苗期耐盐性鉴定评价[J]. 大豆科学，2023，42(4)：494-505.
[45] 李阿蕾，戴志刚，陈基权，等. 239 份长果种黄麻种质资源萌发期耐镉性评价及耐镉资源筛选[J]. 作物学报，2023，49(10)：2677-2686.

(责任编辑：佟金凤)