

基于表型性状的观赏向日葵种质资源遗传多样性分析

王兴珍, 卯旭辉, 贾秀苹, 谢亚萍, 齐燕妮, 梁根生
(甘肃省农业科学院作物研究所, 甘肃 兰州 730070)

摘要: 为研究观赏向日葵品种资源表型性状多样性, 改良现有观赏品种, 筛选出有市场前景的观赏向日葵新品种, 对 30 份观赏向日葵种质资源的 11 个质量性状和 7 个数量性状进行变异系数、相关性分析, 采用系统聚类组间聚合的方法根据欧式距离进行聚类分析。结果表明, 观赏向日葵种质的表型性状具有丰富的遗传多样性。在质量性状中, Shannon-Wiener 多样性指数最高的是舌状花颜色(1.408 7), 舌状花杂色的分布频率为 40.00%。数量性状中, 变异系数从大至小依次为舌状花宽、舌状花瓣数、舌状花长、株高、花朵数、SPAD 值、分枝长。基于表型性状, 在遗传距离为 10 处将供试的 30 份种质划分为 3 个群组, 第 I 群组共包含有 12 个种质, 第 II 群组共包含 14 个种质, 第 III 群组有 4 个种质。

关键词: 观赏向日葵; 种质资源; 表型性状; 遗传多样性分析

中图分类号: S681.9 **文献标志码:** A **文章编号:** 2097-2172(2022)01-0045-05

doi: 10.3969/j.issn.2097-2172.2022.01.009

Genetic Diversity Analysis of Ornamental Sunflower Germplasm Resources Based on Phenotypic Traits

WANG Xingzhen, MAO Xuhui, JIA Xiuping, XIE Yaping, QI Yanni, LIANG Gensheng
(Crop Research Institute, Gansu Academy of Agricultural Sciences, Lanzhou Gansu 730070, China)

Abstract: This study focused on the phenotypic characters of ornamental sunflower cultivars, so as to provide theoretical support for improving existing ornamental varieties and developing new varieties. Coefficient of variation, correlation analysis, principal component analysis and cluster analysis were carried out on 11 quality traits and 7 quantitative traits of 30 ornamental sunflower materials. Results showed that phenotypic traits of ornamental sunflower germplasm had abundant genetic diversity. Among the qualitative traits, the Shannon-Wiener diversity index was the highest in tongue flower color (1.4087), and the distribution frequency of tongue flower variegation was 40.00%. The variation coefficients of quantitative traits from large to small were tongue flower width>number of tongue petals>ligulate flowers length>plant height>number of flowers>chlorophyll content>long branch. Based on phenotypic traits, the method of systematic clustering between groups was adopted at the genetic distance of 10, 30 g ermplasm samples were divided into 3 groups. Group I contained 12 variety materials, group II contained 14 variety materials, and group III contained 4 germplasm.

Key words: Ornamental sunflower; Germplasm resource; Phenotypic trait; Genetic diversity analysis

观赏向日葵姿态优美、形态多样, 具有很高的观赏价值和经济价值^[1], 是我国城市环境布置、庭院花卉配置中的重要花材之一, 广泛应用于花坛、花带, 也用于切花^[2]。但目前观赏向日葵种子仍主要依赖进口, 因此, 选育适宜本地气候特点、满足不同生产需要、拥有自主知识产权的优

良观赏向日葵品种非常重要^[3-5]。

当今国内外市场对观赏向日葵切花的需求量逐年上升, 切花品种的筛选直接影响到切花产品的质量, 选择适宜的观赏向日葵切花品种对其产业化发展至关重要。花部性状是进行品种分类的重要依据, 也是评价观赏向日葵的重要指标之

收稿日期: 2022-07-13

基金项目: 国家现代农业产业技术体系资助(CARS-14-2-22); 甘肃省青年科技基金计划(21JR1RA357); 甘肃省农业科学院科技创新专项(2022GAAS52)。

作者简介: 王兴珍(1987—), 女, 甘肃白银人, 助理研究员, 硕士, 主要从事向日葵遗传育种研究工作。Email: luolu-o1668@126.com。

通信作者: 卯旭辉(1972—), 男, 甘肃陇南人, 副研究员, 主要从事高产向日葵育种研究工作。Email: wd-mxh@163.com。

一^[6]。观赏向日葵以黄色系、橘色系、紫色系、杂色系为主,白色系品种较少。广义的观赏向日葵花色包括除舌状花颜色外的萼片、柱头、花药等色彩,柱头颜色的变化可能受到传粉昆虫的影响,也与花盘发育情况相关。

我们对 30 份观赏向日葵种质资源的表型性状进行遗传差异性分析和聚类分析,以了解观赏向日葵种质资源的遗传多样性、变异程度和品种资源之间的遗传关系,为观赏向日葵种质资源利用和现代育种提供参考。

1 材料与方法

1.1 供试材料

供试材料为甘肃省农业科学院作物研究所收集的市售观赏向日葵种质资源,具体信息见表 1。

表 1 30 份观赏向日葵品种资源及编号

编号	名称	编号	名称	编号	名称
1	玩具熊	11	红宝石	21	文森特
2	鸿运	12	玫瑰	22	阿尔卑斯橙心
3	晨光	13	欢笑	23	柠檬红晕
4	小黑熊	14	金色洛唐	24	巧克力
5	地球漫步	15	太阳斑	25	油画
6	微笑	16	玩具熊剑状	26	金拥碧翠
7	柠檬黄	17	大笑	27	卡巴莱
8	月迹	18	月光	28	宝石红芳
9	无限阳光	19	大蝎子	29	泰迪熊
10	奶油	20	云之恋	30	金海星

1.2 试验地概况

试验地位于兰州新区,东经 103° 29' 22"~103° 49' 56",北纬 36° 17' 15"~36° 43' 29"。属典型的温带半干旱大陆性气候,年平均气温 6.9℃,年平均降水量 300~350 mm,年蒸发量 1 880 mm;全年平均无霜期 139 d,年日照量 1 744~2 659 h,日照率 60%。选取自然发病圃,土质为沙壤土,水肥条件良好,肥力中等,灌溉方便,前茬玉米。

1.3 试验方法

随机区组排列,3 次重复,每小区 6 行,行长 12 m,株距 0.3 m,行距 0.6 m,小区面积 36 m²。种植密度为 4.05 万株/hm²,小区边距设保护行。4 月 20 日覆膜播种,施入海藻酸复合肥(硫酸钾海藻酸螯合型,22% N、10% P₂O₅、10% K₂O)300 kg/hm²作基肥。生育期追施尿素 225 kg/hm²,灌水 2 次,中耕锄草 2 次。出苗 20 d 后取样,测定幼苗茎色、叶色、观察幼苗花青甙显色情况。盛花期即群体

50%植株开花时进行植株各项指标测定,每个品种随机选取 20 株,测定方法参照 NY/T 2433-2013 要求进行^[7]。结合市场和生产实际需要,株高、花朵数、分枝长、分枝类型、舌状花数、舌状花长、舌状花颜色、花盘颜色、花朵直径、叶绿素含量(SPAD)(中部叶片)等性状进行测定。

1.4 数据统计分析

采用 Excel 2003 计算供试材料数量性状的总体平均数、标准差、变异系数(CV)。用 Shannon-Wiener 多样性指数(Shannon-Wiener diversity index, H')进行评价^[8]。

$$H' = -\sum_{i=1}^n pi \times \ln pi (i=1, 2, 3 \dots)$$

式中, pi 为某性状第 i 个品种出现的频率。

采用 SPSS19.0 进行变异分析、相关分析,根据欧氏距离对观赏向日葵品种资源进行聚类分析。

2 结果与分析

2.1 不同观赏向日葵种质的物候期

不同花期的品种搭配是延长观赏向日葵观赏期的主要措施。由于基因型不同,不同观赏向日葵种质的物候期存在明显的差异。由表 2 可以看出,30 个观赏向日葵种质资源的出苗期一致,均为 5 月 5 日,现蕾期为 7 月 3—6 日,初花期为 7 月 24 日至 8 月 4 日,盛花期为 8 月 14—17 日,终花期为 8 月 23—29 日,花期均较长。4 号现蕾最早,11 号开花最早,这 2 个品种相较于其他资源有较强的市场竞争力,可及早进入切花市场。

2.2 不同观赏向日葵种质的质量性状分析

供试观赏向日葵品种资源的质量性状分析结果见表 3。选取与观赏葵评价相关的 11 个质量性状,在 30 份观赏向日葵种质中共有 33 个变异类型,平均每个性状的变异类型为 3.00 个,大部分性状的变异类型与分布频率不同。

供试观赏向日葵质量性状的 Shannon-Wiener 多样性指数(H')变化范围为 0.146 1~1.408 7。H' 最大的是舌状花色,舌状花杂色的分布频率为 40.00%。花粉颜色的 H' 最小,多数以黄色花粉为主,分布频率为 96.67%。幼苗茎色、花盘颜色、柱头色等以紫色为主,原因可能是观赏向日葵花青素含量较高,有花青甙显色。分枝类型以全部分枝为主,分布频率为 43.33%。舌状花以单瓣、

表 2 不同观赏向日葵种质的物候期

材料 编号	出苗期 /(日/月)	现蕾期 /(日/月)	开花期/(日/月)			材料 编号	出苗期 /(日/月)	现蕾期 /(日/月)	开花期/(日/月)		
			初花期	盛花期	终花期				初花期	盛花期	终花期
1	5/5	6/7	1/8	15/8	23/8	16	5/5	6/7	2/8	14/8	28/8
2	5/5	6/7	1/8	17/8	24/8	17	5/5	5/7	1/8	14/8	24/8
3	5/5	6/7	3/8	15/8	28/8	18	5/5	6/7	1/8	14/8	27/8
4	5/5	3/7	25/7	14/8	28/8	19	5/5	6/7	7/28	15/8	28/8
5	5/5	5/7	8/2	15/8	27/8	20	5/5	6/7	1/8	16/8	25/8
6	5/5	5/7	3/8	14/8	29/8	21	5/5	4/7	2/8	14/8	28/8
7	5/5	5/7	4/8	16/8	29/8	22	5/5	5/7	3/8	16/8	25/8
8	5/5	6/7	3/8	14/8	29/8	23	5/5	5/7	4/8	16/8	27/8
9	5/5	6/7	4/8	15/8	29/8	24	5/5	5/7	4/8	14/8	23/8
10	5/5	6/7	1/8	15/8	29/8	25	5/5	5/7	1/8	14/8	27/8
11	5/5	5/7	24/7	14/8	27/8	26	5/5	5/7	29/7	14/8	27/8
12	5/5	5/7	1/8	16/8	25/8	27	5/5	6/7	29/7	14/8	24/8
13	5/5	5/7	29/7	16/8	28/8	28	5/5	5/7	28/7	16/8	27/8
14	5/5	6/7	1/8	16/8	28/8	29	5/5	6/7	1/8	14/8	28/8
15	5/5	6/7	1/8	16/8	28/8	30	5/5	6/7	2/8	16/8	27/8

表 3 不同观赏向日葵种质的质量性状分类及分布频率

性状	遗传多样性 指数(H')	性状 描述	资源数 /份	分布频率 /%
幼苗茎色	0.970 1	浅绿色	10	33.33
		紫色	16	53.33
		绿色	4	13.33
幼苗叶色	0.325 1	浅绿色	27	90.00
		绿色	3	10.00
幼苗花青甙显色	0.690 9	有	16	53.33
		无	14	46.67
舌状花色	1.408 7	黄色	10	33.33
		淡黄色	2	6.67
		紫色渐变	4	13.33
		乳白色	1	3.33
		杂色	12	40.00
花盘颜色	0.684 2	紫色	1	3.33
		紫色	13	43.33
		绿色	17	56.67
柱头色	0.880 7	黄色	9	30.00
		黄绿色	3	10.00
		紫色	19	63.33
管状花颜色	0.711 5	黄色	8	26.67
		橙黄色	2	6.67
		紫色	24	80.00
花粉颜色	0.146 1	黄色	29	96.67
		白色	1	3.33
		白色	1	3.33
舌状花形	0.880 7	梭形	3	10.00
		卵圆	19	63.33
		近圆	9	30.00
舌状花类型	0.811 8	单瓣	25	83.33
		重瓣	5	16.67
分枝类型	1.394 3	下部	3	10.00
		中下部	4	13.33
		全部	13	43.33
		中上部	8	26.67
		上部	2	6.67

卵圆为主, 分布频率分别为 83.33%、63.33%。管状花颜色以紫色为主, 占总数量的 80.00%。

2.3 不同观赏向日葵种质的数量性状变异性分析

对不同观赏向日葵种质数量性状的观测结果(表4)表明, 30个观赏向日葵种质的株高为 91.62 ~ 183.01 cm, 其中 1号株高最矮, 为 91.62 cm; 26号株高最高, 为 183.01 cm。花朵数是衡量观赏向日葵优劣的重要指标, 花朵数多的观赏向日葵有充足的切花资源^[9]。30个观赏向日葵种质的花朵数为 10.20 ~ 19.80 朵, 其中 5号花朵数最多, 为 19.80 朵, 该种质可以作为很好的切花材料推广。分枝长为 21.52 ~ 32.22 cm, 23号分枝长最短, 为 21.52 cm。舌状花瓣数为 12.00 ~ 58.00 瓣。舌状花大小、颜色变化等性状是观赏向日葵评价的重要指标, 供试种质的舌状花长为 3.47 ~ 8.40 cm, 舌状花宽为 0.15 ~ 3.50 cm。SPAD 值是评价植物光合能力的重要指标之一, SPAD 值越高, 植物的光合能力越强。供试种质的 SPAD 值为 29.60 ~ 56.10, 其中 21号最高。

供试观赏向日葵种质不同数量性状间的变异范围为 10.61% ~ 49.23%, 变异系数从大至小依次为舌状花宽、舌状花瓣数、舌状花长、株高、花朵数、SPAD 值、分枝长。舌状花宽、舌状花瓣数、舌状花长的变异系数分别为 49.23%、35.44%、27.15%。由变幅可知, 花冠相关性状的变异系数高于茎秆及叶片。在个 7 数量性状中,

分枝长的变异系数最小，为 10.61%。

2.4 不同观赏向日葵种质的数量性状相关性分析

供试观赏向日葵种质的数量性状相关性分析结果见表 5。从表 5 可知，性状间存在显著的相关关系($P < 0.05$)。其中株高与花朵数、分枝长呈显著负相关关系($P < 0.05$)，花朵数与分枝长呈显著正相关关系($P < 0.05$)，分枝长与舌状花长呈显著负相关关系($P < 0.05$)。

2.5 不同观赏向日葵种质的聚类分析

对 30 份观赏向日葵种质表型性状进行聚类分析，在遗传距离为 10 处将其分为 3 个群组，结果见图 1。第 I 群组共包含有 12 个种质，其主要特征是舌状花均为单瓣，株高较矮，舌状花数也较少；第 II 群组共包含 14 个种质，来源较广，占总品种数的 46.67%，其主要特征是花朵数较多，株高适中，舌状花多为重瓣，颜色丰富，分枝数多且较长；第 III 群组只包括 23、27、19、26 这 4 个种质，均表现株高适中，舌状花为单瓣、卵圆形，花朵数最少。

3 讨论与结论

种质资源遗传多样性主要是指群体内个体间基因组成的差异，同一植物不同品种乃至同一品种不同个体间也有不用程度的差异性^[10]。对种质资源遗传多样性进行分析研究不仅有助于种质资源的管理、评价和利用，更有利于进行核心种质

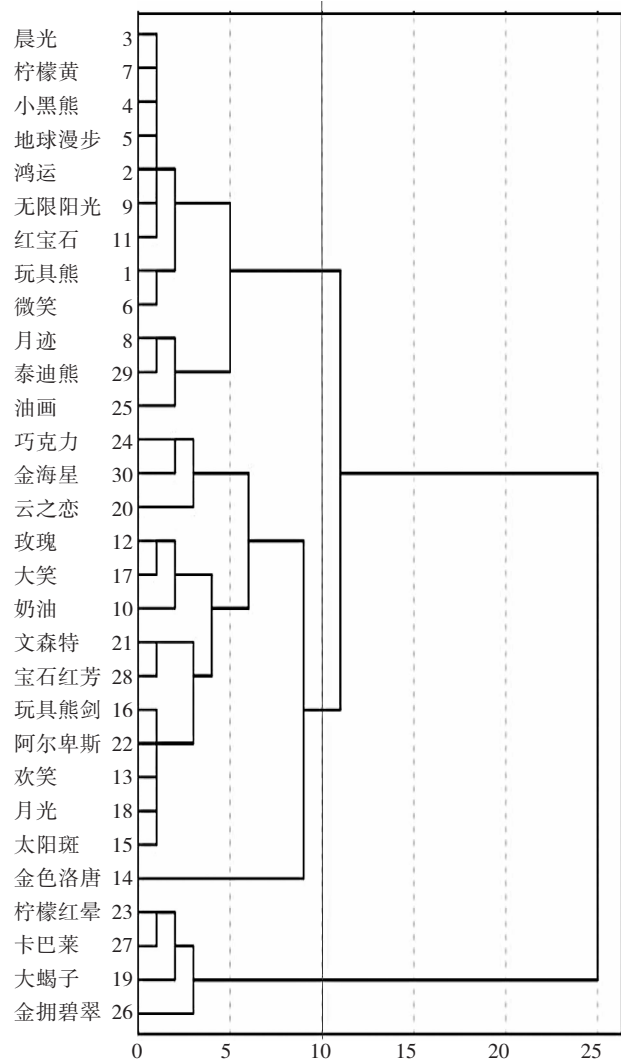


图 1 30 份观赏向日葵种质的聚类分析结果

表 4 30 份观赏向日葵种质数量性状变异情况

	株高 /cm	花朵数 /朵	分枝长 /cm	舌状花瓣数 /瓣	舌状花长 /cm	舌状花宽 /cm	SPAD 值
最小值	91.62	10.20	21.52	12.00	3.47	0.15	29.60
最大值	183.01	19.80	32.22	58.00	8.40	3.50	56.10
平均值	124.30	14.76	27.46	24.03	5.50	2.07	45.91
极差	91.39	9.60	10.70	46.00	4.93	3.35	26.50
标准差	25.12	2.70	2.91	8.52	1.49	1.02	7.13
变异系数/%	20.21	18.31	10.61	35.44	27.15	49.23	15.54

表 5 观赏向日葵种质数量性状相关性分析

性状	株高	花朵数	分枝长	舌状花瓣数	舌状花宽	SPAD 值
株高	1.000					
花朵数	-0.449*	1.000				
分枝长	-0.413*	0.409*	1			
舌状花瓣数	0.303	-0.223	0.101	1.000		
舌状花长	0.353	-0.431	-0.515*	-0.097		
舌状花宽	0.121	-0.045	-0.189	-0.084	1.000	
叶绿素含量	-0.332	0.426	0.050	-0.154	-0.106	1.000

创新研究, 是育种工作的基础^[11]。

对观赏向日葵种质的质量性状多样性分析的结果表明, 舌状花色多样性指数最大, 说明供试品种舌状花颜色比较丰富, 主要以橙色、黄色、渐变色、杂色为主^[12-15]。结合其他质量性状分析结果, 说明当前观赏向日葵的育种方向主要以丰富舌状花色、设状花的形状及类型为主。分枝类型以全部分枝为主, 选育成分枝数多、分枝健壮的观赏向日葵品种有利于提供更多的鲜切花。幼苗叶色及茎色以紫色为主, 为花青素含量较高的观赏向日葵品种^[16-18]。

对观赏向日葵种质的数量性状多样性分析的结果表明, 变异系数从大至小依次为舌状花宽、舌状花瓣数、舌状花长、株高、花朵数、SPAD 值、分枝长。舌状花相关性状的变异系数大于株高、分枝长等性状, 说明观赏向日葵育种向多种舌状花形、颜色丰富等方向发展^[19]。采用系统聚类组间聚合的方法在遗传距离为 10 处将供试的 30 份种质划分为 3 个群组。第 I 群组共包含有 12 个种质; 第 II 群组共包含 14 个种质, 来源较广, 占总品种数的 46.67%; 第 III 群组只包括 4 个种质。对数量性状的相关性分析发现, 株高与花多数、分枝长呈显著 ($P < 0.05$) 负相关, 这与前人的结论相似^[20-21], 说明分枝长、分枝类型在观赏向日葵育种方向上不再是重点指标, 舌状花色、舌状花长、舌状花宽、舌状花类型是相对重要的性状指标。

参考文献:

- [1] 李玉发, 王佰众. 我国向日葵产业发展与科研工作的策略[J]. 山东农业科学, 2010(11): 122-124.
- [2] 包海珠. 向日葵农家种种质资源评价[D]. 呼和浩特: 内蒙古农业大学, 2010.
- [3] 王兴珍, 卯旭辉, 贾秀苹, 等. 甘肃省向日葵产业发展现状和对策[J]. 甘肃农业科技, 2017(3): 74-77.
- [4] 汪家灼, 李凤学, 高凤竹, 等. 浅析我国食葵品种的改良[J]. 种子世界, 2007(3): 35-36.
- [5] 段学艳, 樊云茜, 卫玲, 等. 山东省向日葵育种现状与发展对策[J]. 山西农业科学, 2008(2): 140-141.
- [6] 单飞彪, 闫文芝, 杜瑞霞, 等. 中国和 UPOV 向日葵品种 DUS 测试指南比较分析[J]. 中国种业, 2020(6): 4-9.
- [7] 中华人民共和国农业部. 植物新品种特异性、一致性和稳定性测试指南 向日葵: NY/T 2433—2013[S]. 北京: 中国标准出版社, 2015.
- [8] 中华人民共和国农业部. 植物新品种特异性、一致性和稳定性测试指南 小黑麦: NY/T 2571—2014[S]. 北京: 中国标准出版社, 2014.
- [9] 聂石辉, 彭琳, 王仙, 等. 鹰嘴豆种质资源农艺性状遗传多样性分析[J]. 植物遗传资源学报, 2015, 16(1): 68-74.
- [10] 张亚宏, 王芙蓉, 雷建明, 等. 甘肃紫苏种质资源的遗传多样性分析[J]. 甘肃农业科技, 2020(10): 15-21.
- [11] 魏忠芬, 奋斌, 李慧琳, 等. 贵州观赏向日葵种质资源的挖掘与创新利用[J]. 贵州农业科学, 2019, 47(10): 1-4.
- [12] 何润铭, 黎振兴, 郭汉权, 等. 基于表型性状的番茄品种遗传多样性分析[J]. 湖北农业科学, 2021, 60(18): 115-120.
- [13] 陈雪森, 毛志泉, 王楠, 等. 新疆落叶果树种质资源评价挖掘与创新利用[J]. 植物遗传资源学报, 2021, 22(6): 1483-1490.
- [14] 钟声远, 罗宇婷, 赵勇, 等. 切花菊品种资源表型多样性分析[J]. 植物资源与环境学报, 2021, 30(5): 22-33.
- [15] 陈舍, 王东升, 白冰, 等. 21 份木槿栽培品种表型多样性评价[J]. 南京林业大学学报(自然科学版), 2022, 46(3): 117-127.
- [16] 赵君, 徐剑文, 刘剑光, 等. 观赏向日葵不同花色物质组成的靶标代谢组学分析[J]. 南京农业大学学报, 2021, 44(3): 437-446.
- [17] 宋良红, 郭欢欢, 侯少培, 等. 观赏向日葵观赏价值评价体系的建立[J]. 河南科学, 2015, 33(6): 934-937.
- [18] SAWADA Y, AKIYAMA K, SAKATA A, et al. Widely targeted metabolomics based on large-scale MS/MS data for elucidating metabolite accumulation patterns in plants[J]. Plant and Cell Physiology, 2009, 50(1): 37-47.
- [19] ROBERTS L D, SOUZA A L, GERSZTEN R E, et al. Targeted metabolomics[J]. Current Protocols in Molecular Biology, 2012, 98: 1-34.
- [20] CHEN W, GONGL, GUO Z L, et al. A novel integrated method for large-scale detection, identification, and quantification of widely targeted metabolites: application in the study of rice metabolomics[J]. Molecular Plant, 2013, 6(6): 1769-1780.
- [21] 张圆圆, 齐冬梅, 刘辉, 等. 观赏向日葵的花色多样性及其与花青苷的关系[J]. 园艺学报, 2008, 35(6): 863-868.