

# 基于主成分和系统聚类分析法对 23 个观赏向日葵株系农艺性状的综合评价

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

**摘要:** 以质量性状和数量性状为依据对观赏向日葵株系进行评价, 为观赏向日葵新品种选育提供参考。以 23 个具有较高观赏价值的观赏向日葵株系为研究材料, 对苗期及花期表型性状进行分析, 采用赋值法对质量性状指标进行分级; 在表型性状相关性分析基础上, 进行主成分分析和系统聚类分析。结果表明, 观赏向日葵株系的多样性指数、变异程度均较高, 质量性状多样性指数为 0.614~1.818, 数量性状为 1.240~1.794; 舌状花宽、舌状花瓣数在各材料中的变异系数较大, 分别为 60.32%、42.99%。主成分分析发现前 5 个主成分的特征值分别为 4.431、2.447、1.807、1.322、1.054, 方差贡献率分别为 27.696%、15.293%、11.297%、8.261%、6.585%, 累计贡献率为 69.132%。系统聚类分析法将该观赏向日葵株系聚为 3 个类群, 幼苗茎色、花瓣类型、舌状花颜色、花药颜色等是进行不同类群区分的主要表型性状。筛选出开花天数最长的株系 gsk3014, 开花期较早的株系 gsk3013、gsk3014、gsk3019、gsk3020。

**关键词:** 观赏向日葵; 农艺性状; 相关性分析; 主成分分析; 聚类分析

**中图分类号:** S681.9 **文献标志码:** A **文章编号:** 2097-2172(2024)11-1019-06

[doi:10.3969/j.issn.2097-2172.2024.11.008](https://doi.org/10.3969/j.issn.2097-2172.2024.11.008)

## Comprehensive Evaluation on Agronomic Characters of 23 Ornamental Sunflower Lines Based on Principal Component and Systematic Cluster Analysis

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

**Abstract:** To evaluate ornamental sunflower lines based on quality and quantity characters, so as to provide reference for breeding new varieties of ornamental sunflowers, high ornamental value sunflower lines were used as materials, the seedling and flowering phenotypic traits were analyzed, and the quality traits were graded by assigning values. On the basis of correlation analysis of all phenotypic traits, principal component analysis and systematic cluster analysis were performed on the data. Results showed that the diversity index and variation degree of ornamental sunflower lines were high, the diversity index of quality traits was 0.614 to 1.818, and the quantitative traits were 1.240 to 1.794. The variation coefficients of lingual flower width and lingual petal were 60.32% and 42.99%, respectively. Principal component analysis revealed that the eigenvalues of the first 5 principal components were 4.431, 2.447, 1.807, 1.322, and 1.054, respectively, with corresponding variance contribution rates of 27.696%, 15.293%, 11.297%, 8.261% and 6.585%, respectively. The cumulative contribution rate reached a significant value of 69.132%. The ornamental sunflower lines were grouped into 3 groups by systematic clustering analysis. Stem color, petal type, tongue flower color and anther color were the main phenotypic traits to distinguish different groups. Line gsk3014 were with the longest flowering days and line gsk3013, gsk3014, gsk3019 and gsk3020 were with earlier flowering stage.

**Key words:** Ornamental sunflower; Agronomic character; Correlation analysis; Principal component analysis; Cluster analysis

观赏向日葵为菊科向日葵属, 颜色艳丽多样、花型丰富, 具有很高的观赏价值和经济价值<sup>[1-2]</sup>。随着国内外市场对观赏向日葵鲜切花的需求量逐年

上升, 选育适宜的观赏向日葵品种对向日葵产业化发展具有重要作用<sup>[3-5]</sup>。甘肃省气候生态环境及耕作栽培习惯的多样化, 形成了丰富多样的向日葵种

收稿日期: 2024-07-01

基金项目: 国家特色油料产业技术体系(CARS-14-2-22); 甘肃省农业科学院青年基金(2022GAAS52); 2024年甘肃省重点人才项目(甘组通字[2024]4号)。

作者简介: 王兴珍(1987—), 女, 甘肃白银人, 副研究员, 主要从事向日葵遗传育种研究工作。Email: luoluo1668@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。

质资源。目前,观赏向日葵的研究主要集中在品种适应性、栽培模式及花色机理研究等方面,关于种质资源及遗传改良方面的研究相对较少<sup>[6]</sup>。广义的观赏向日葵花色主要包括舌状花颜色,柱头、花药等颜色<sup>[7-8]</sup>。本研究以23个观赏向日葵株系为材料,对其生育时期,苗期及花期等表型性状进行鉴定分析和评价,以期筛选出优异的种质资源,为观赏向日葵新品种选育提供参考。

## 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自2017年起利用甘肃省观赏向日葵种质资源中鉴定筛选出的观赏向日葵单株材料,在株系材料群体内通过姊妹交、连续定向选择后纯化稳定的观赏向日葵株系材料23份,命名为gsk3001~gsk3023。

### 1.2 试验地概况

试验地位于兰州新区。当地属温带半干旱大陆性气候,年平均气温6.9℃,年平均降水量300~350mm,年蒸发量1880mm,年平均无霜期139d,年日照时数1744~2659h,日照率60%。选取水肥条件良好,肥力中等,灌溉方便的地块作为试验田。

### 1.3 试验设计

试验随机区组排列,每个株系为1个处理,重复3次,小区面积36.0m<sup>2</sup>,每小区种植6行,行长12.0m,株距0.3m,行距0.6m,小区四周设保护行。分别于2021、2022年4月20日覆膜播种,施入氮磷钾复合肥(N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O为22-10-10)300kg/hm<sup>2</sup>作基肥。现蕾期追施尿素225kg/hm<sup>2</sup>,灌水2次,每次灌水量为600~750m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>。中耕锄草2次。

### 1.4 苗期表型鉴定

株高10cm时,每个小区随机选取20株观察幼苗茎色、幼苗叶色、幼苗花青甙显色,并测定幼苗SPAD值,测定方法参照《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)<sup>[9]</sup>。

### 1.5 物候期调查

向日葵的物候期观测参考陈涛等<sup>[10]</sup>的方法,划分标准为:出苗期(子叶出土展开达全区总穴数的75%),现蕾期(植株主茎花蕾直径达1cm,占全区总株数75%),开花期(植株主茎花蕾的舌状花完全展开,占全区总株数75%),终花期(植株所有花盘凋亡,舌状花枯萎脱落失去观赏价值)。

### 1.6 开花期表型鉴定

2021—2022年连续2a对开花期表型性状进行鉴定,测定方法参照《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)<sup>[9]</sup>。结合市场和生产实际需要,选择舌状花类型(PT)、舌状花颜色(PC)、花药颜色(AC)、株高(PH)、花朵数(FN)、分枝长(BL)、分枝类型(BT)、舌状花长(LFL)、舌状花宽(LFB)、花期叶片叶绿素(SPAD值)等性状进行测定,每小区随机选取20株进行表型鉴定。

### 1.7 质量性状分级

幼苗茎色(SSC)、幼苗叶色(SLC)、幼苗花青甙显色(SAC)、舌状花类型(PT)、舌状花颜色(PC)、管状花颜色(TC)、花药颜色(AC)、柱头颜色(SC)、分枝类型(BT)等9个质量性状用赋值法分级(表1)。依据性状出现的比例计算频率分布,并根据频率分布计算多样性指数(Shannon's 信息指数,以

表1 观赏向日葵种质资源质量性状分级标准

性状	分级标准
幼苗茎色(SSC)	浅绿色=1, 绿色=2, 紫色=3
幼苗叶色(SLC)	浅绿色=1, 绿色=2, 深绿色=3
幼苗花青甙显色(SAC)	有=1, 无=2
舌状花类型(PT)	单瓣=1, 重瓣=2
舌状花颜色(PC)	浅黄色=1, 黄=2, 橘黄=3, 深红=4, 紫黄渐变=5, 紫红渐变=6, 橘黄渐变=7, 紫色=8
管状花颜色(TC)	黄=1, 橙黄色=2, 紫色=3
花药颜色(AC)	浅褐色=1, 褐色=2, 深褐色=3
柱头颜色(SC)	浅黄色=1, 黄色=2, 黄绿色=3, 紫色=4
分枝类型(BT)	上部分枝=1, 基部分枝=2

$H'$  表示)。

$$H' = -\sum P_i \times \ln P_i$$

式中,  $P_i$  为某一性状的第  $i$  种类型出现的频率<sup>[11]</sup>。

1.8 数量性状分级

参照张斌斌等<sup>[12]</sup>的方法计算数量性状平均值 ( $X$ )、标准差 ( $S$ ) 和变异系数 ( $CV$ ), 公式为  $CV = S/X$ 。频率分布计算方法为: 对各数量性状分别进行分级, 分级标准为 8 级, 相邻两级间相差  $0.2S$ , 即 1 级  $< X - 0.6S$ 、 $X - 0.6S \leq 2$  级  $< X - 0.4S$ 、 $X - 0.4S \leq 3$  级  $< X - 0.2S$ 、 $X - 0.2S \leq 4$  级  $< X$ 、 $X \leq 5$  级  $< X + 0.2S$ 、 $X + 0.2S \leq 6$  级  $< X + 0.4S$ 、 $X + 0.4S \leq 7$  级  $< X + 0.6S$ 、 $X + 0.6S \leq 8$  级。根据数量性状在相应区间的频率分布, 进一步计算多样性指数  $H'$ 。在进行性状变异统计分析时, 以变异系数小于 10% 作为变异程度较小的度量, 10% ~ 20% 为变异程度中等, 变异系数  $> 20\%$ , 即可认为该性状具有较高的变异程度。

1.9 数据统计与分析

利用 Excel 2022 软件对原始数据进行处理和分析, 采用 SPSS 22.0 软件进行相关性分析、主成分分析和系统聚类分析。

2 结果与分析

2.1 物候期

观赏向日葵株系主要物候期如表 2 所示。所有材料出苗期基本一致, 为 5 月 1—4 日, 现蕾期为 6 月 8—16 日。花期为 6 月 20 日至 7 月 25 日, 其中材料 gsk3013、gsk3014、gsk3019、gsk3020 的

表 2 23 个观赏向日葵株系的主要物候期

编号	物候期/(日/月)				开花天数 /d
	出苗期	现蕾期	开花期	终花期	
gsk3001	1/5	16/6	30/6	19/7	19
gsk3002	4/5	16/6	30/6	23/7	23
gsk3003	1/5	14/6	29/6	20/7	21
gsk3004	1/5	15/6	1/7	22/7	21
gsk3005	1/5	13/6	28/6	23/7	25
gsk3006	4/5	14/6	29/6	22/7	23
gsk3007	2/5	12/6	1/7	23/7	22
gsk3008	1/5	10/6	23/6	22/7	29
gsk3009	2/5	10/6	23/6	23/7	30
gsk3010	1/5	11/6	21/6	20/7	29
gsk3011	2/5	12/6	22/6	20/7	28
gsk3012	3/5	10/6	23/6	25/7	32
gsk3013	1/5	10/6	20/6	22/7	32
gsk3014	1/5	9/6	20/6	23/7	33
gsk3015	1/5	10/6	22/6	24/7	32
gsk3016	2/5	10/6	23/6	22/7	29
gsk3017	3/5	8/6	24/6	20/7	26
gsk3018	1/5	10/6	22/6	22/7	30
gsk3019	1/5	11/6	20/6	20/7	30
gsk3020	1/5	10/6	20/6	20/7	30
gsk3021	1/5	11/6	21/6	23/7	32
gsk3022	2/5	12/6	22/6	21/7	29
gsk3023	1/5	12/6	23/6	23/7	30

开花期最早; gsk3001 开花天数最短, 为 19 d; gsk3003、gsk3004 开花天数较短, 均为 21 d; gsk3014 开花天数最长, 为 33 d。

2.2 遗传多样性分析

由表 3 可以看出, 多样性指数的变幅质量性状为 0.614~1.818, 数量性状为 1.240~1.794。PC 的多样性指数最高, 为 1.818, 浅黄、黄、橘黄、

表 3 23 个观赏向日葵株系 16 个性状的频率分布与多样性指数

性状类型	性状	频率分布/%								多样性指数 ( $H'$ )
		1	2	3	4	5	6	7	8	
质量性状	幼苗茎色(SSC)	34.8	17.4	47.8						1.024
	幼苗叶色(SLC)	56.5	39.2	4.3						0.825
	幼苗花青甙显色(SAC)	69.6	30.4							0.614
	舌状花类型(PT)	47.8	52.2							0.692
	舌状花颜色(PC)	4.3	34.8	8.7	4.3	17.4	4.3	13.0	13.0	1.818
	管状花颜色(TC)	30.4	17.4	47.8						1.019
	花药颜色(AC)	17.4	65.2	17.4						0.887
	柱头颜色(SC)	39.1	21.7	8.7	30.4					1.273
	分枝类型(BT)	56.5	43.5							0.685
数量性状	株高(PH)	30.4	8.7	4.3	8.7	4.3	8.7	4.3	30.4	1.765
	花朵数(FN)	30.4	13.0	13.0	0	8.7	0	4.3	30.4	1.601
	分枝长(BL)	30.4	0	0	17.4	8.7	0	0	43.5	1.240
	舌状花瓣数(LPN)	30.4	4.3	17.4	8.7	8.7	17.4	0	13.0	1.794
	舌状花长(LFL)	30.4	4.3	4.3	17.4	0	4.3	8.7	30.4	1.645
	舌状花宽(LFB)	39.1	0	8.7	0	4.3	4.3	4.3	39.1	1.351
	SPAD值	21.7	4.3	0	13.0	13.0	4.3	13.0	30.4	1.759

深红、紫黄渐变、紫红渐变、橘黄渐变、紫色分布频率分别为 4.3%、34.8%、8.7%、4.3%、17.4%、4.3%、13.0%、13.0%，说明舌状花颜色遗传变异程度较高。SC 的多样性指数为 1.273，浅黄色占比最高，为 39.1%，紫色占比 30.4%，黄色占比 21.7%，黄绿色占比 8.7%，说明供试株系柱头颜色多以浅黄色、紫色和黄色为主。SSC 的多样性指数为 1.024，浅绿色、绿色、紫色的频率分布分别为 34.8%、17.4%、47.5%，说明幼苗茎色为紫色的种质资源最多，其次为浅绿色。

数量性状的变异系数如表 4 所示。LFB 的变异系数为 60.32%，离散程度最高；LPN 的变异系数排第 2 位，为 42.99%，变异程度较高；SPAD 值、FN、LFL、PH 的数量性状的变异系数分别为 10.92%、12.97%、13.77%、16.34%，变异程度中等；BL 的变异系数仅为 8.90%，变异程度相对较低。

2.3 观赏向日葵株系主要性状间的相关性分析

由表 5 可知，16 个田间性状间有显著或极显著

相关性，相关系数达到显著水平( $P<0.05$ )的有 13 个，达到极显著水平( $P<0.01$ )的有 6 个。其中 PT 与 LPN 呈极显著正向关( $P<0.01$ )，SC 与 TC、PC 均呈极显著正相关( $P<0.01$ )。SSC 与 TC 及 SPAD 值呈显著正相关( $P<0.05$ )；SAC 与 PT、PH 呈显著正相关 ( $P<0.05$ )；PC 与 TC 呈显著正相关( $P<0.05$ )；FN 与 LFB 呈显著正相关( $P<0.05$ )。PH 与 LFL、SPAD 值呈极显著负相关 ( $P<0.01$ )；SSC 与 SAC 呈极显著负相关 ( $P<0.01$ )，与 PH、PT 呈显著负相关 ( $P<0.05$ )；SAC 与 LFL 呈显著负相关 ( $P<0.05$ )；PT 与 PC、TC、SC 均呈显著负相关 ( $P<0.05$ )；LPN 与 LFL 呈显著负相关 ( $P<0.05$ )。说明可在这些指标相关性分析的基础上进行主成分分析。

2.4 主成分分析

由表 6 可知，前 5 个主成分的特征值均大于 1，可作为主成分分析的依据，特征值分别为 4.431、2.447、1.807、1.322、1.054，方差贡献率分别为 27.696%、15.293%、11.297%、8.261%、6.585%，累计贡献率为 69.132%。在 5 个主成分

表 4 23 个观赏向日葵株系 7 个数量性状表型差异

指标	株高(PH) /cm	花朵数(FN) /个	分枝长(BL) /cm	舌状花瓣数(LP) /个	舌状花长(LFL) /cm	舌状花宽(LFB) /cm	SPAD值
最小值	163.25	19.80	32.22	58.00	5.60	3.02	56.10
最大值	91.62	11.60	23.12	12.00	3.47	0.15	36.60
平均值	116.10	16.27	28.48	22.09	4.60	1.62	47.61
标准差	18.97	2.11	2.54	9.50	0.63	0.98	5.20
变异系数/%	16.34	12.97	8.90	42.99	13.77	60.32	10.92
极差	71.63	8.20	9.10	46.00	2.13	2.87	19.50
偏度	0.75	0.06	0.06	2.46	-0.38	-0.05	-0.59
峰度	0.35	-0.55	-0.55	8.16	-0.90	-1.60	-0.20

表 5 16 个性状间的相关性分析<sup>①</sup>

指标	SSC	SLC	SAC	PT	PC	TC	AC	SC	BT	PH	FN	BL	LPN	LFL	LFB	SPAD值
SSC	1.000															
SLC	0.109	1.000														
SAC	-0.924**	0.029	1.000													
PT	-0.437*	-0.305	0.455*	1.000												
PC	0.391	-0.077	-0.304	-0.455*	1.000											
TC	0.422*	-0.046	-0.380	-0.490*	0.526*	1.000										
AC	0.000	-0.227	0.000	0.155	0.129	0.084	1.000									
SC	0.350	0.045	-0.198	-0.426*	0.581**	0.581**	0.126	1.000								
BT	0.050	0.035	-0.038	0.032	-0.051	-0.039	-0.148	0.090	1.000							
PH	-0.464*	-0.069	0.461*	0.266	-0.069	0.138	0.181	-0.324	-0.023	1.000						
FN	0.155	-0.125	-0.262	-0.340	0.405	0.109	0.300	0.111	-0.263	-0.213	1.000					
BL	-0.085	0.091	0.103	-0.030	-0.308	-0.375	-0.245	-0.168	-0.194	-0.277	-0.004	1.000				
LPN	-0.369	-0.183	0.350	0.532**	-0.305	-0.350	-0.070	-0.355	0.046	0.312	-0.397	0.264	1.000			
LFL	0.379	-0.085	-0.502*	-0.285	0.182	0.184	-0.210	0.183	0.014	-0.609**	0.210	-0.096	-0.436*	1.000		
LFB	0.072	-0.221	-0.104	-0.101	0.093	-0.232	-0.068	-0.051	-0.213	-0.282	0.431*	0.228	-0.045	0.092	1.000	
SPAD值	0.042*	0.247	-0.360	0.087	0.016	-0.107	-0.194	0.101	-0.122	-0.601**	0.138	0.097	-0.197	0.211	0.300	1.000

①\* 和 \*\* 分别代表  $P<0.05$  和  $P<0.01$ 。

表 6 23 个观赏向日葵资源的主成分分析

性状	主成分				
	1	2	3	4	5
SSC	0.803	-0.109	-0.191	-0.24	0.231
SLC	0.094	-0.141	-0.521	0.613	0.434
SAC	-0.784	0.145	0.098	0.331	-0.103
PT	-0.695	-0.137	0.094	-0.519	0.253
PC	0.623	0.425	0.221	0.091	-0.102
TC	0.571	0.625	-0.108	0.051	-0.037
AC	-0.002	0.421	0.522	-0.221	0.449
SC	0.606	0.345	-0.090	0.120	-0.071
BT	-0.038	0.133	-0.540	-0.348	-0.286
PH	-0.582	0.641	0.076	0.117	0.083
FN	0.465	-0.047	0.693	0.163	0.008
BL	-0.181	-0.612	0.059	0.387	-0.195
LPN	-0.678	-0.094	-0.020	-0.185	-0.087
LFL	0.606	-0.256	-0.094	-0.27	-0.343
LFB	0.180	-0.488	0.588	0.053	-0.209
SPAD 值	0.387	-0.624	-0.066	-0.124	0.472
特征值	4.431	2.447	1.807	1.322	1.054
方差贡献率/%	27.696	15.293	11.297	8.261	6.585
累计贡献率/%	27.696	42.989	54.286	62.547	69.132

中, 第 1 主成分中荷载高的性状包括 SSC、PC、TC、SC、FN 和 LFL, 可作为观赏向日葵花型因子; 第 2 主成分中, 特征向量中荷载较大的指标有 PC、TC、AC 和 PH, 这些性状可作为观赏向日葵的花色及株型因子; 第 3 主成分荷载较高的有 AC、FN 和 LFB。说明前 3 个主成分反映了观赏向日葵的株型及花色。第 4 主成分主要为 SLC, 第 5 主成分中特征向量较大的为 SLC、AC 和 SPAD 值。

### 2.5 系统聚类分析

对 23 份观赏向日葵株系 16 个性状的原始数据进行标准化转换, 利用欧氏距离, 并运用离差平方和法进行系统聚类分析, 在遗传距离为 5 附近将其聚为 3 个类群(见封三彩图 1)。第 I 类包括 gsk3009、gsk3011、gsk3008、gsk3010、gsk3022、gsk3001、gsk3006、gsk3002、gsk3005、gsk3004、gsk3007 及 gsk3003 共 12 个株系。该类群主要表现为幼苗茎色均为紫色, 有幼苗花青甙显色; 舌状花单瓣, 舌状花及管状花颜色为淡黄、黄、橘黄或紫黄渐变, 均属黄色系; 株高 91.62 ~ 116.40 cm, 花朵数 11.6 ~ 19.8 个, 分支长 24.59 ~ 32.12 cm, 舌状花瓣数 12 ~ 30 个, 舌状花长 4.5 ~ 5.6 cm, 舌状花宽 0.15 ~ 2.90 cm, SPAD 值 39.0 ~ 56.1。第 II 类包括 gsk3016、gsk3021、gsk3012、

gsk3017、gsk3013、gsk3015、gsk3023、gsk3018、gsk3014 共 9 个株系。该类群主要表现为幼苗茎色为绿色或浅绿色, 无幼苗花青甙显色; 花以重瓣为主, 花瓣颜色为黄、紫黄渐变或橘黄渐变, 属紫黄色系; 株高 115.63 ~ 133.78 cm, 花朵数 14.0 ~ 19.6 个, 分支长 23.12 ~ 32.22 cm, 舌状花瓣数 15 ~ 58 个, 舌状花长 3.47 ~ 4.86 cm, 舌状花宽 0.55 ~ 3.02 cm, SPAD 值 36.6 ~ 53.4。第 III 类包括 gsk3019 和 gsk3020, 主要表现为幼苗无花青甙显色, 舌状花颜色为紫色和紫黄渐变, 为紫色系, 花药颜色均为褐色, 柱头色均为黄色, 且都为上部分枝(部分株系的花期性状见封三彩图 2)。

### 3 讨论与结论

变异系数可以反映植物群体形态的多样性, 变异系数越大, 遗传多样性指数越高, 群体的形态学多样性越丰富, 说明其适应环境和自身进化的能力越强<sup>[13-14]</sup>。刘继霞等<sup>[5]</sup>研究发现, 观赏向日葵表型平均多样性指数为 1.34, 其中数量性状和质量性状平均多样性指数分别为 1.83、0.85, 说明数量性状比质量性状更易受到种质类型的影响。与本研究发现质量性状多样性指数为 0.614 ~ 1.818, 数量性状为 1.240 ~ 1.794 的结果基本一致。本研究通过遗传多样性分析发现, 舌状花宽和舌状花瓣在各材料中的变异系数较大, 分别为 60.32%、42.99%, 说明其遗传变异较为丰富, 可初步作为鉴定评价选育观赏向日葵种质资源的指标。

传统育种对株系的评价主要依靠育种工作者的经验, 对株系的量化评估较少<sup>[15]</sup>。向日葵具有丰富的种质资源, 其舌状花颜色丰富, 主要以紫色、黄色、橘色及渐变色为主<sup>[16]</sup>。分枝类型以中上部分枝为主, 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<sup>[17]</sup>。幼苗叶色及茎色以紫色为主, 可选育花青素含量较高的观赏向日葵品种<sup>[18-19]</sup>。相关性分析发现, 数量性状间相关系数达显著水平的有 13 个, 极显著水平的有 6 个。通过主成分分析发现, 前 5 个主成分的特征值均大于 1, 特征值分别为 4.431、2.447、1.807、1.322、1.054, 方差贡献率分别为 27.696%、15.293%、11.297%、8.261%、6.585%, 累计贡献率为 69.132%, 说明这 5 个主成分涵盖了大多数表

型性状的信息,可反映 23 份观赏向日葵株系的 16 个表型性状的主要特征信息。聚类分析将 23 个观赏向日葵株系聚为 3 个类群,第 I 类主要表现为幼苗茎色均为紫色,有幼苗花青甙显色,舌状花单瓣,舌状花及管状花颜色为淡黄、黄、橘黄或紫黄渐变,均属黄色系;第 II 类主要表现为幼苗茎色为绿色或浅绿色,无幼苗花青甙显色,花以重瓣为主,花瓣颜色为黄、紫黄渐变或橘黄渐变,属紫黄色系;第 III 类主要表现为幼苗无花青甙显色,舌状花颜色为紫色和紫黄渐变,为紫色系。以上结果表明,幼苗茎色、花瓣类型、舌状花颜色、花药颜色等是观赏向日葵株系区分的主要表型性状。在观赏向日葵育种研究评价时,表型性状的调查必不可少。

物候特征和表型性状是观赏植物应用的基础,播种时间、品种及栽培气候条件的差异对观赏向日葵出苗天数及花期维持时间具有不同影响<sup>[20]</sup>。本文分析了 23 个观赏向日葵株系的物候特征,筛选出开花天数最长的株系 gsk3014,开花期较早的株系 gsk3013、gsk3014、gsk3019、gsk3020。在实际生产应用中,可根据需求结合当地的气候条件及品种特性,选择适宜的播种日期,以达到最佳的观赏价值。

#### 参考文献:

- [1] 王 丽,郭容秋,任孝慈,等.观赏向日葵育种现状及综合栽培技术[J].东北农业科学,2023,48(5):37-39;50.
- [2] 王兴珍,卯旭辉,贾秀苹,等.基于表型性状的观赏向日葵种质资源遗传多样性分析[J].寒旱农业科学,2022,1(1):45-49.
- [3] 曹巧滢,王 勉,刘思卉.不同混合光下观赏向日葵‘玩具熊’生长及开花状态研究[J].现代园艺,2023,46(1):10-13.
- [4] 张晓倩,刘 洋,吕 潇,等.基于正交试验的向日葵种子蛋白双向电泳技术的研究[J].种子,2016,35(1):15-18;25.
- [5] 刘继霞,山军建,王 平.基于 SNP 标记的观赏向日葵种质资源遗传多样性分析[J].分子植物育种,2024,22(18):6053-6061.
- [6] 奉 斌,李慧琳,杨 航,等.生态环境因子对不同基因型向日葵材料主要品质性状的影响[J].种子,2020,39(3):82-85.
- [7] TAN A S, ALDEMIR M, ALTUNOK A, et al. Characterization of confectionary sunflower (*Helianthus annuus* L.) genetic resources of Denizli and Erzurum provinces[J]. Journal of Indian Philosophy, 2013, 41(1): 57-78.
- [8] REDDY V. Study of genetic variability and characterization of sunflower(*Helianthus annuus* L.) germplasm accessions[J]. Andhra Agricultural Journal, 2013, 60(3): 574-578.
- [9] 中华人民共和国农业农村部.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,2013.
- [10] 陈 涛,杨 华,高 进,等.观赏向日葵的开花特性及其对播种期的响应[J].北方农业学报,2021,49(5):48-53.
- [11] KHOLGHI M, DARVISHZADEH R, BERNOUSI I, et al. Assessment of genomic diversity among and within Iranian confectionery sunflower (*Helianthus annuus* L.) populations by using simple sequence repeat markers [J]. Acta Agriculturae Scandinavica, Section B—Soil & Plant Science, 2012, 62(6): 488-498.
- [12] 张斌斌,蔡志翔,沈志军,等.观赏桃种质资源表型性状多样性评价[J].中国农业科学,2021,54(11):2406-2418.
- [13] 李鸿雁,李 俊,黄 帆,等.内蒙古不同生态区野生山非表型性状遗传多样性分析[J].中国草地学报,2017,39(3):38-43.
- [14] 李旭华,牟丽明,令 鹏.149 份春小麦种质资源遗传多样性分析[J].寒旱农业科学,2024,3(6):531-537.
- [15] 关 立,董军红,杨春玲,等.豫北地区小麦中选株系的综合评价[J].黑龙江农业科学,2023(1):29-34.
- [16] 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.
- [17] 王 倩.向日葵侧枝发育及相关调控基因分析[D].南充:西华师范大学,2023.
- [18] 刘继霞,山军建,王 平.不同花色观赏向日葵杂交后代主要观赏性状遗传规律研究[J].作物杂志,2022(5):56-61.
- [19] 韩永亮,张清华,罗河月,等.基于主成分和系统聚类分析法对高粱杂交组合的综合评价[J].贵州农业科学,2022,50(11):13-19.
- [20] 张 颖.上海国庆期间观赏向日葵花期调控关键技术研究[D].上海:上海交通大学,2017.