



于欢,付国裕,孔梓丞,等. 甘南县向日葵种质资源主要表型性状的分析与评价[J]. 黑龙江农业科学,2023(8):18-25.

# 甘南县向日葵种质资源主要表型性状的分析与评价

于欢<sup>1,2</sup>,付国裕<sup>1</sup>,孔梓丞<sup>1</sup>,张美善<sup>1</sup>,杨宇庭<sup>1</sup>,杨丽艳<sup>2</sup>,张忠臣<sup>1</sup>

(1. 东北农业大学 农学院,黑龙江 哈尔滨 150030; 2. 甘南县向日葵技术服务中心,黑龙江 齐齐哈尔 162100)

**摘要:**为了评价向日葵种质资源在甘南县的表现,采用多元统计、主成分分析、隶属函数法、系统聚类法等多种统计方法,对 426 份向日葵种质资源的生育期、株高、产量等 13 个主要表型性状进行了评价。结果表明,各性状变异范围较广,变异系数在 8.2%~196.4%之间。此外,种质材料表现出较高的遗传多样性,多样性指数在 4.824~6.051 之间。利用主成分分析和隶属函数法,鉴定出 SW390、2022J、G2239 等 21 份材料的 *F* 值较高。采用系统聚类法将 426 份种质分为 5 类,第Ⅱ类表现出显著的产量优势,而第Ⅴ类表型综合值最高。总体而言,426 份材料间变异幅度大、范围广、多样性丰富。

**关键词:**甘南县;向日葵;表型性状;种质资源

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



甘南县从 20 世纪 70 年代开始种植油用型向日葵,90 年代大面积推广食用型向日葵,是黑龙江省西部主要的向日葵产区之一。甘南县向日葵研究所育成的甘葵二号在内蒙古及东北三省大面积推广种植<sup>[1]</sup>。但是,多年重茬和连作造成当地向日葵主栽品种退化、病虫害危害加重、产量和品质下降。选育高产、优质、抗病的新品种对当地向日葵种植有重要意义。

在作物新品种选育工作中,种质资源发挥着重要作用<sup>[2]</sup>,鉴定种质资源的性状是育种的前提<sup>[3]</sup>。张文毅等<sup>[4]</sup>对 14 份向日葵种质材料的 16 个主要表型性状分析认为,籽粒长、籽粒宽、籽仁率、千粒重等性状可以根据表型选择进行遗传改良。刘文杰等<sup>[5]</sup>对 51 份从国外引入的食葵品种进行分析,结果表明应根据品种选育目标筛选性状。乔春贵等<sup>[6]</sup>对 20 份向日葵品种的 15 个主要性状进行分析,结果表明生育期日数、籽仁率等数量性状广义遗传力较大,可在早代进行单株选择;单株粒重、产量等数量性状可根据其他性状间接筛选。王永行等<sup>[7]</sup>对 253 份向日葵种质资源进行统计学分析,通过性状分级和频次分析发现,符合正态分布的数量性状可使用代码分级。纪洪亭等<sup>[8]</sup>

对 13 份向日葵种质资源主要农艺性状进行评价,筛选出 1 份综合性状良好的种质。谢宗铭等<sup>[9]</sup>对 9 个国外向日葵自交系组合田间鉴定表明,远缘杂交 *F*<sub>1</sub> 代表现出较高的生产力优势。汪磊等<sup>[10]</sup>对 422 份种质材料进行聚类分析,结果表明不同材料的分类与地域关系不大。

参考前人对向日葵种质资源的分析和评价方法,根据甘南县向日葵生产实际情况,收集整理 426 份种质材料,对 13 个主要表型性状开展描述性统计分析、相关性分析和聚类分析,为甘南县向日葵新品种选育提供参考依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验地概况

试验地点设在甘南县向日葵技术服务中心试验田,前茬作物为向日葵,土质为黑土,肥力一致。

### 1.2 材料

收集向日葵种质材料 426 份,其中 289 份来源于甘南县向日葵技术服务中心,82 份来源于国家特色产业技术体系,30 份来源于其他科研院所,25 份来源于国家种质资源库(附表 1 详见 OSID)。材料种植于甘南县向日葵技术服务中心试验田,株行距 0.70 m×0.65 m,田间管理与大田相同。

### 1.3 方法

1.3.1 试验设计 2022 年采用小区对比试验,不设重复。每个小区面积 31.525 m<sup>2</sup>,株距 0.50~0.70 m(油葵株距 0.50 m,食葵株距 0.7 m),行距 0.65 m。每个小区 5 行,每行 12 株。田间管理与大田相同。

收稿日期:2023-04-10

基金项目:甘南县-东北农业大学全国农业科技现代化先行县向日葵新品种选育项目。

第一作者:于欢(1979—),女,硕士研究生,高级农艺师,从事向日葵遗传与育种研究。E-mail:3240486601@qq.com。

通信作者:张忠臣(1978—),男,博士,副研究员,从事向日葵遗传与育种研究。E-mail:zzcneau@neau.edu.cn。

1.3.2 表型性状测定 成熟期开展生育期、株高、茎粗、叶片数、分枝株率、花盘直径、花盘形状、花盘倾斜度、盘腐型菌核病等 9 个表型性状进行调查,收获后测产百粒重、单株粒重、皮壳率、单位面积产量等 4 个指标,测定指标参考《向日葵种质资源描述规范和数据标准》<sup>[11]</sup>。

1.3.3 数据分析 试验数据运用 Excel 2019、Rstudio 2022.12.0、SPSS 26.0 等软件完成统计分析。综合评价值计算<sup>[12-13]</sup>如下。

主成分得分: $Z_{ij} = \sum X'_i Y_{ij}$  (1)

隶属函数值: $U(X_i) = (X_i - X_{imin}) / (X_{imax} - X_{imin})$  (2)

权重: $W_i = R_i / \sum R_i$  (3)

综合评价值: $F = \sum (W_i \times U(X_i))$  (4)

式中, $i=1,2,\cdots,n;j=1,2,\cdots,n$ ;公式(1)中  $X'_i$  表示第  $i$  个主成分中表型性状特征值; $Y_{ij}$  表示第  $i$  个主成分第  $j$  份材料中表型性状标准化值。公式(2)中  $X_i$  表示标准化后第  $i$  个主成分的值; $X_{imax}$  与  $X_{imin}$  分别表示第  $i$  个主成分的最大值和最小值。公式(3)中  $R_i$  表示旋转后第  $i$  个主成分

方差贡献率。公式(4)中  $F$  表示表型综合值。

2 结果与分析

2.1 描述性统计分析

对 426 份材料进行描述性统计分析(附表 2 详见 OSID),由表 1 可知,11 个表型性状的变异系数范围在 8.2%~196.4%,表现为生育期(8.2%)<株高(20.0%)<茎粗(20.6%)<花盘直径(23.9%)<叶片数(26.2%)<皮壳率(27.9%)<百粒重(41.4%)<单株粒重(60.1%)<产量(66.9%)<病情指数(178.5%)<分枝株率(196.4%)。分枝株率和病情指数的离散程度明显高于其他性状,变异幅度分别为 0~100.00%和 0~65.00。多样性指数范围为 4.824~6.051,依次为病情指数(4.824)<分枝株率(4.875)<产量(5.847)<单株粒重(5.886)<百粒重(5.960)<皮壳率(6.017)<叶片数(6.024)<株高(6.034)<茎粗(6.034)<花盘直径(6.035)<生育期(6.051)。11 个表型性状的遗传差异较大,表明试验材料的表型遗传多样性比较丰富。

表 1 向日葵种质表型性状的描述性统计

性状	最小值	最大值	均值	标准误	方差	变异系数/%	偏度	峰度	多样性指数 H'
生育期/d	77.00	135.00	100.594	0.399	68.054	8.2	-0.135	0.949	6.051
株高/cm	80.00	345.00	185.312	1.797	137.597	20.0	0.057	0.249	6.034
茎粗/cm	0.90	3.70	2.357	0.024	0.236	20.6	-0.270	1.092	6.034
叶片数	20.00	83.00	0.406	0.406	70.250	26.2	2.249	9.029	6.024
分枝株率/%	0	100.00	11.344	1.079	4.964	196.4	2.836	7.629	4.875
花盘直径/cm	6.00	34.00	20.067	0.232	22.939	23.9	-0.153	0.235	6.035
单株粒重/g	10.10	261.62	86.215	2.512	26.900	60.1	0.812	0.193	5.886
百粒重/g	1.60	26.80	11.331	0.228	22.051	41.4	0.133	-0.068	5.960
皮壳率/%	6.25	80.49	40.607	0.549	128.590	27.9	-0.817	1.525	6.017
产量/(kg·hm <sup>-2</sup> )	42.00	4720.00	1350.00	43.829	8.18E+05	66.9	0.963	0.583	5.847
病情指数	0	65.00	6.49	0.561	134.437	178.5	2.325	5.857	4.824

2.2 相关性分析

426 份材料的表型性状之间有着不同程度的相关性(图 1)。结果表明,生育期(GP)与花盘直径(DSH)显著正相关,与株高(PH)、茎粗(SD)、单株粒重(SWPP)、百粒重(HGW)、皮壳率(SHR)正相关。株高(PH)与茎粗(SD)、花盘直径(DSH)、单株粒重(SWPP)显著正相关,与单位面积产量(YPH)、叶片数(NL)、百粒重(HGW)正相关;茎粗(SD)与花盘直径(DSH)显著正相关,与单株粒重(SWPP)、百粒重(HGW)、单位面积产量(YPH)正相关。花盘直径(DSH)与单株

粒重(SWPP)显著正相关,与百粒重(HGW)、单位面积产量(YPH)正相关。单株粒重(SWPP)与单位面积产量(YPH)高度正相关,与百粒重(HGW)显著正相关,与皮壳率(SHR)正相关。病情指数(DI)与生育期(GP)、株高(PH)、茎粗(SD)、花盘直径(DSH)、花盘倾斜度(GSH)、单株粒重(SWPP)、百粒重(HGW)、产量(YPH)正相关。

上述 13 个表型性状的相关性分析将有利于选育新品种时兼顾相关性状的变化,利用相关性状进行间接选择。

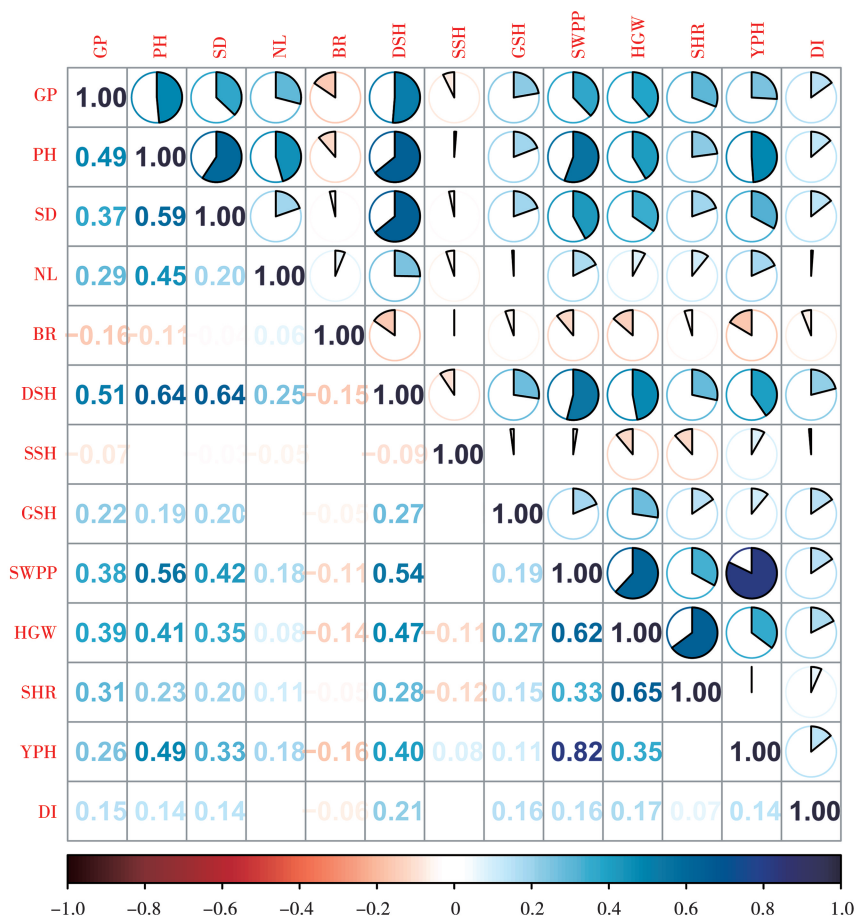


图1 向日葵种质13个表型性状的相关性分析

2.3 主成分分析

相关性分析表明向日葵的表型性状之间相互关联,运用主成分分析将复杂的数据降维,进一步客观地评价各个性状。通过对13个表型性状主成分分析,提取了特征值大于1的主成分5个,累计贡献率达70.812%(表2)。5个主成分的特征值分别为4.280,1.495,1.318,1.101和1.011。主成分1贡献率32.925%,是单株粒重(SWPP)、花盘直径(DSH)、株高(PH)、百粒重(HGW)、茎粗(SD)的综合表现,反映了可能与产量相关的主要

性状;主成分2贡献率11.498%,仅包括叶片数(NL),反映了可能与营养相关的指标;主成分3贡献率10.141%,仅包括花盘形状(SSH),反映了可能与籽粒有关的指标;主成分4贡献率8.472%,仅包括分枝株率(BR),反映了可能与花粉量有关的指标;主成分5贡献率7.776%,仅包括病情指数(DI),反映了可能与病害有关的指标。5个主成分中,单株粒重和花盘直径的载荷较高,分别为0.802和0.799。这些主成分分析结果为后续的目标性状鉴定提供了参考依据。

表2 向日葵种质13个表型性状主成分分析

性状	主成分1	主成分2	主成分3	主成分4	主成分5
单株粒重	0.802	−0.162	−0.299	0.367	0.008
花盘直径	0.799	0.087	0.025	−0.307	−0.102
株高	0.784	0.350	−0.045	−0.034	−0.116
百粒重	0.710	−0.424	0.271	0.272	0.085
茎粗	0.681	0.303	−0.031	−0.221	−0.097
单位面积产量	0.660	−0.016	−0.544	0.290	0.005
生育期	0.626	0.298	0.214	−0.216	−0.117

表 2 (续)

性状	主成分 1	主成分 2	主成分 3	主成分 4	主成分 5
叶片数	0.144	0.741	0.313	0.342	0.002
分枝株率	−0.397	0.501	0.182	0.418	0.300
花盘形状	−0.062	0.134	−0.591	0.188	0.177
皮壳率	0.465	−0.397	0.550	0.376	0.067
病情指数	0.235	0.024	−0.059	−0.196	0.817
花盘倾斜率	0.368	−0.043	0.154	−0.333	0.403
特征值	4.280	1.495	1.318	1.101	1.011
方差贡献率/%	32.925	11.498	10.141	8.472	7.776
累计方差贡献率/%	32.925	44.423	54.564	63.036	70.812

2.4 表型性状综合评价

通过主成分分析与隶属函数结合的方法对所有材料进行综合评价,计算出每份材料表型综合值(附表 2 详见 OSID)。

用公式(1)计算每份材料的主成分得分:

$$Z_{1j} = 0.0626X_{1j} + 0.784X_{2j} + 0.681X_{3j} + 0.144X_{4j} - 0.397X_{5j} + 0.799X_{6j} - 0.062X_{7j} + 0.368X_{8j} + 0.802X_{9j} + 0.71X_{10j} + 0.465X_{11j} + 0.65X_{12j} + 0.235X_{13j}$$

$$Z_{2j} = 0.298X_{1j} + 0.35X_{2j} + 0.303X_{3j} + 0.741X_{4j} + 0.501X_{5j} + 0.087X_{6j} + 0.134X_{7j} - 0.043X_{8j} - 0.162X_{9j} - 0.424X_{10j} - 0.397X_{11j} - 0.016X_{12j} + 0.024X_{13j}$$

$$Z_{3j} = 0.214X_{1j} - 0.045X_{2j} - 0.031X_{3j} + 0.313X_{4j} + 0.182X_{5j} + 0.025X_{6j} - 0.591X_{7j} + 0.154X_{8j} - 0.299X_{9j} + 0.271X_{10j} + 0.55X_{11j} - 0.544X_{12j} - 0.059X_{13j}$$

$$Z_{4j} = -0.216X_{1j} - 0.034X_{2j} - 0.221X_{3j} + 0.342X_{4j} + 0.418X_{5j} - 0.307X_{6j} + 0.188X_{7j} - 0.333X_{8j} + 0.367X_{9j} + 0.272X_{10j} + 0.376X_{11j} + 0.29X_{12j} - 0.196X_{13j}$$

$$Z_{5j} = -0.117X_{1j} - 0.116X_{2j} - 0.097X_{3j} + 0.002X_{4j} + 0.3X_{5j} - 0.102X_{6j} + 0.177X_{7j} + 0.403X_{8j} + 0.008X_{9j} + 0.085X_{10j} + 0.067X_{11j} + 0.005X_{12j} + 0.817X_{13j}$$

用公式(2)计算主成分得分的隶属函数值,变化范围在 0~1 之间。用公式(3)计算主成分的权重,5 个主成分的权重分别为 0.335, 0.217, 0.174, 0.150 和 0.124。用公式(4)计算每份材料的表型综合值( $F_j$ )。依据计算结果对每份材料综合评价。群体  $F$  值均值为 0.462,按照 5%的比例,分别选取  $F$  值最低和最高各 21 份材料进行比较(表 3),发现  $F$  值高的材料花盘形状低于

$F$  值低的材料,其他表型性状指标高于  $F$  值低的材料。

13 个表型性状中,分枝株率、花盘形状与  $F$  值不相关,其他 11 个性状与  $F$  值显著相关。单株粒重与  $F$  值高度线性相关,皮壳率、株高、茎粗、单位面积产量、花盘直径、百粒重与  $F$  值显著线性相关,生育期、叶片数、花盘倾斜度、病情指数与  $F$  值线性相关。

$F$  值低的 21 份材料中有 17 份生育期低于 100 d; $F$  值高的 21 份材料中有 20 份生育期在 102~112 d 之间。G2224、NOL367、NOL395 等 21 份材料  $F$  值较低,其中:NOL367 生育期 97 d,株高 115 cm,花盘直径 11.5 cm,单株粒重 10.1 g;SW390、2022J、G2239 等 21 份材料  $F$  值较高,其中 SW390 生育期 110 d,株高 187 cm,花盘直径 16.5 cm,单盘粒重 51.44 g。总体来看, $F$  值高的材料具有生育期适中、株高较高、产量好的特点。因此,可以参考  $F$  值评估向日葵种质资源。

表 3 因子分析部分材料表型均值比较及相关性分析

性状	$F$ 值高	$F$ 值低	相关系数
生育期	107.333	92.000	0.476*
株高	223.286	129.381	0.642*
茎粗	2.733	1.895	0.642*
叶片数	46.333	25.143	0.378*
分枝株率	23.798	2.413	0.013
花盘直径	21.938	14.205	0.559*
花盘形状	2.095	2.238	0.061
花盘倾斜度	4.905	4.000	0.322*
单株粒重	132.448	31.877	0.801*
百粒重	15.245	4.674	0.721*
皮壳率	50.712	21.904	0.505*
产量	1792.340	706.220	0.627*
病情指数	19.405	1.667	0.373*

注:表中\*表示在  $P<0.05$  水平显著相关。



## 2.5 聚类分析

采用欧氏距离,对全部种质资源进行系统聚类,计算每个类群的表型综合均值。结果发现,426 份材料共分 5 大类(图 2)。

第Ⅰ类包括 115 份材料,占比 27.00%;表型综合均值排在第 5 位,生育期、株高、茎粗、叶片数、花盘倾斜度、病情指数等性状均值最低。

第Ⅱ类包括 76 份材料,占比 17.84%;表型综合均值排在第 2 位,株高、茎粗、花盘直径、单株粒重、百粒重、皮壳率、单位面积产量等表型性状均值在所有类别中最高,成熟花盘倾斜度大、畸形的较多,应淘汰有不良性状的单株。

第Ⅲ类包括 167 份材料,占比 39.20%;表型

综合均值排在第 4 位。

第Ⅳ类包括 34 份材料,占比 7.98%;表型综合均值排在第 3 位,生育期、花盘直径等性状均值最高,分枝株率最低,花盘倾斜度最大。

第Ⅴ类包括 34 份材料,占比 7.98%。表型综合均值排在第 1 位,叶片数、分枝株率均值最高,单株粒重、花盘直径等性状均值最低。

55 份外引材料被划分到 5 大类中,第Ⅰ类包含 2 份,占比 3.64%;第Ⅱ类包含 25 份,占比 45.45%;第Ⅲ类包含 16 份,占比 29.09%;第Ⅳ类包含 8 份,占比 14.55%;第Ⅴ类 4 份,占比 7.27%。结果表明,外引材料间遗传差异较大,可进一步挖掘其育种价值。



图 2 426 份向日葵种质聚类图

## 3 讨论

调查分析向日葵种质资源的形态学特征是向日葵育种的首要工作,环境对农艺性状的影响加大了品种鉴定和筛选的复杂性。本研究收集整理了 426 份种质资源,系统分析了这些材料的表型性状,为现有材料的有效利用提供了参考依据。通过对大规模向日葵种质资源的多元统计分析,对向日葵表型性状综合表现做出客观评价。

### 3.1 表型性状的变异分析

变异系数是用来衡量两个或多个观测值样本变异程度的统计学指标<sup>[14]</sup>,能够客观评价量纲不

同的两组数据之间的离散程度<sup>[15]</sup>,变异系数越大表示遗传多样性越丰富<sup>[12]</sup>。本文分析了 10 个数量性状和 3 个质量性状,发现变异系数变化较大,这与汪磊等<sup>[10]</sup>的研究结果一致。数量性状主要描述了生育期、农艺性状和产量性状,10 个数量性状的变异系数(CV)范围为 8.2%~196.4%,平均变异系数为 49.16%,变异最大的性状分枝株率(196.4%)表现出较高的形态变异;与产量相关的性状中产量(66.9%)、单株粒重(60.1%)、百粒重(41.4%)变异系数均大于 40%<sup>[16]</sup>,也表现出明显的遗传多样性。质量性状主要描述了与花盘有关

的性状,3 个质量性状的变异系数(CV)范围为 13.2%~178.5%,病情指数(178.5%)变异较大,可能与 2022 年向日葵花期雨量偏少有关。群体的多样性指数为 5.82,这与奉斌等<sup>[17]</sup>的研究结果相似。

426 份种质资源株高的变化范围为 80~345 cm,差异较大。而向日葵植株过高会增加倒伏率<sup>[18]</sup>,生产中倒伏率过高不利于机械收获和密度扩大<sup>[19-20]</sup>。降低株高、增加茎粗能增加产量的稳定性<sup>[21]</sup>。本研究中株高 $\leq 150$  cm 的矮秆资源占 17.84%,具有较大的应用潜力,可深入挖掘。

426 份种质资源花盘直径的变化范围为 6~34 cm。环境因素对花盘直径大小的影响比遗传因素更大<sup>[22-23]</sup>。花盘直径的适宜大小为 20~25 cm<sup>[24]</sup>,花盘直径过大会增加空瘪率、降低产量<sup>[25]</sup>。本研究中花盘直径的变化范围与魏忠芬等<sup>[26]</sup>(6.5~35.0 cm)的研究结果相近,比刘文杰等<sup>[27]</sup>(12.1~28.7 cm)和汪磊<sup>[10]</sup>(14.5~37.8 cm)的研究结果变异更大。

花盘形状对产量的贡献也很大,薄而平且中等大小的花盘籽粒间营养分布均匀、更易获得高产<sup>[22,28]</sup>。所有材料中花盘平(值为 2)并且花盘直径在 20~25 cm 之间的材料占 15.73%,可以充分利用。

向日葵的主要育种目标是提高籽粒产量,籽粒产量主要由单位面积株数和单株籽粒重构成<sup>[29]</sup>,是亲本选择中的主要指标<sup>[30]</sup>。此外,籽粒产量还受到向日葵生长期中其他性状的影响,可通过间接选择性状来筛选高产种质材料。

因此,本研究所调查的表型性状可作为评价种质资源在甘南县新品种选育中的重要指标,育种者可根据不同的育种目标进行选择。

### 3.2 表型性状的相关性分析

相关性分析表明各表型性状之间联系紧密、互相影响。本研究中,单位面积产量与单株粒重高度相关( $r=0.82$ ),这与罗静静等<sup>[31]</sup>( $r=0.73$ )和崔超等<sup>[32]</sup>的研究结果( $r=0.88$ )相似;与株高正相关( $r=0.49$ ),这与 Škorić 等<sup>[33]</sup>的研究结果相似;与花盘直径( $r=0.40$ )正相关,这与 Ahmad 等<sup>[34]</sup>的研究结果( $r=0.22$ )相似;与百粒重( $r=0.35$ )、茎粗( $r=0.33$ )、生育期( $r=0.26$ )、叶片数( $r=0.18$ )、花盘倾斜度( $r=0.11$ )之间正相关,这与许多研究者的结论相似<sup>[33-36]</sup>。盘腐型菌核病病情指数与单位面积产量正相关( $r=0.14$ ),这与

甘南县历年种植向日葵的生产实际不符,可能与气候条件不利于菌核病大面积发生有关<sup>[37]</sup>。

株高与花盘直径、茎粗显著正相关(分别为  $r=0.64$ 、 $r=0.59$ ),与李慧琳等<sup>[38]</sup>的研究结果(分别为  $r=0.59$ 、 $r=0.55$ )相似;与单株粒重显著正相关( $r=0.56$ ),比刘鑫等<sup>[39]</sup>的研究结果( $r=0.36$ )高,可能与对方的参试材料较少有关。

分枝株率与生育期、株高、茎粗、花盘直径、花盘形状、百粒重、皮壳率、单位面积产量等负相关,说明分枝型材料会影响向日葵的产量。在杂交育种中,分枝是恢复系的重要农艺性状,具有花粉量较多的特点。分枝型材料大多为矮秆型,为开发矮秆种质资源拓宽了育种思路。

### 3.3 主成分分析与聚类分析

主成分分析结果表明,其性状信息主要集中在前 5 个主成分,累计贡献率为 70.812%。第一主成分中绝对值较大的 6 个性状与产量有关;第二主成分中绝对值较大的性状与叶片数有关;第三主成分中绝对值较大的性状与花盘形状有关。综合相关性分析发现,产量性状与生育期内的部分农艺性状正相关,说明筛选高产种质资源可关注生育期、株高、花盘直径、茎粗、叶片数和花盘形状等农艺性状。第四主成分中绝对值较大的性状与株型有关,说明株型是区分向日葵种质资源的重要因素。第五主成分中绝对值较大的性状与病情指数有关,说明抗盘腐型菌核病是甘南县向日葵种质资源筛选的主要标准。

聚类分析是根据样本间的亲疏关系分类、评价、分析,具有客观性和科学性<sup>[40]</sup>。李琼等<sup>[41]</sup>对 46 份大豆品种(系)基于 9 个农艺性状和主成分分析综合得分分别聚类,认为 2 种聚类分析方法能有效区分大豆种质。赵斌等<sup>[42]</sup>将 111 份多棱大麦分成 3 类,证明多样性遗传分析、主成分分析和聚类分析是科学选配亲本的方法。本研究聚类分析结果表明,采用层次聚类法在欧氏距离接近 20 时将 426 份材料分成 5 类,群体间生育期、株高、叶片数、分枝株率、单株粒重、产量等表型性状均值差异较大,类别间的区分不受地域限制。选配亲本时应充分考虑性状间的差异与联系。

### 3.4 气候对向日葵菌核病的影响

菌核病的发生和蔓延受气象因子影响较大。越冬的菌核在土壤干燥时不会萌发,向里军等<sup>[43]</sup>认为,适宜菌核萌发的气候条件为土壤相对湿度 80%~90%、土壤温度 10~25℃。菌核萌发生

子囊孢子,子囊孢子可通过气流、雨水蔓延传播。淡建兵等<sup>[44]</sup>研究表明降水量与菌核病始盛期呈显著正相关,阴雨天时气温高会加重菌核病发生程度。开花期是向日葵盘腐病的高发期,菌柄膨胀释放子囊孢子,孢子在雨水的弹射下或随风落在花盘上,从花盘的管状花侵染向日葵,造成盘腐,连阴雨天气下病害加重。孔德胤等<sup>[45]</sup>研究认为降雨量大、空气湿度高利于菌核病的蔓延。甘南县向日葵的开花期集中在 8 月—9 月,2022 年 8 月—9 月甘南县降雨偏少、空气湿度低(附图 1 详见 OSID),整体上盘腐型菌核病发生较轻。426 份试验材料中,未感病材料 269 份,感病材料 157 份,田间盘腐病发生率为 1.56%,对试验材料的单位面积产量影响不大,因此在本研究中得出了病情指数与产量正相关的结论。该结论与前人研究不一致,亦不符合生产实际,需进一步开展试验验证。

## 4 结论

本研究筛选 13 个表型性状,通过多元统计分析方法对 426 份种质资源进行了分析和评价。供试材料差异大、变化范围广、多样性丰富,性状之间相互关联,运用主成分分析与隶属函数结合的方法进行综合评价较为客观,采用系统聚类法将试验材料进行量化分析。本研究可为甘南县向日葵新品种选育提供参考,可根据甘南县育种目标选择有利种质进行定向育种。部分材料如 NOL44、N344、S339 等生育期较短,可用于早熟向日葵育种;NOL3103 有株高优势,可用于矮秆向日葵开发;S11、N331、S310 等花盘形状较好,可用于盘形改良;S49、N354、SW10 等病情指数较低,可用于抗盘腐型菌核病育种。

## 参考文献:

- [1] 高守友,邓少华,宋景梅. 特色经济作物新品种甘葵二号[J]. 北方园艺,2001(4):52.
- [2] 奉斌,魏忠芬,伍林涛,等. 向日葵种质资源研究现状及类型[J]. 北京农业,2015(17):12.
- [3] 贾江平. 初探种质资源鉴定的重要性[J]. 种子科技,2023,41(2):138-140.
- [4] 张文毅,孟广艳. 向日葵经济性状的遗传稳定性及其相关性[J]. 辽宁农业科学,1982(2):18-23.
- [5] 刘文杰,段维,王波. 51 份外引向日葵种质资源农艺性状的相关分析及聚类分析[J]. 新疆农垦科技,2019,42(7):9-12.
- [6] 乔春贵,官万明,禹航,等. 向日葵主要农艺性状的遗传分析[J]. 吉林农业科学,1994(4):8-11.
- [7] 王永行,单飞彪,闫文芝,等. 基于向日葵 DUS 测试的遗传多样性分析及代码分级[J]. 作物杂志,2019(5):22-27.
- [8] 纪洪亭,王勇,赵韩伟,等. 基于多元统计方法的江苏食用向日葵主要农艺性状综合评价[J]. 江苏农业科学,2021,49(22):105-109.
- [9] 谢宗铭,陈寅初,李万云,等. 几个国外引进向日葵自交系育种应用价值的初步评价[J]. 种子,2003(3):5-7,9.
- [10] 汪磊,王姣梅,汪魏,等. 基于表型多样性构建向日葵核心种质[J]. 中国油料作物学报,2021,43(6):1052-1060.
- [11] 严兴初,张义. 向日葵种质资源描述规范和数据标准[M]. 北京:中国农业出版社,2006.
- [12] 王秀秀,邢爱双,杨茹,等. 陆地棉种质资源表型性状综合评价[J]. 中国农业科学,2022,55(6):1082-1094.
- [13] 赵银月,詹和明,代希茜,等. 云南间作大豆耐阴性综合评价及鉴定指标筛选[J]. 中国油料作物学报,2019,41(1):81-91.
- [14] 徐海峰,张雁,刘江,等. 基于变异系数和最大特征树的特征选择方法[J]. 南京师大学报(自然科学版),2021,44(1):111-118.
- [15] 范阿琳,任树华. 一种融合变异系数的 k-mean 聚类分析方法[J]. 计算机工程与应用,2012,48(35):114-117.
- [16] 赵孟良,王丽慧,任延靖,等. 257 份菊芋种质资源表型性状的遗传多样性[J]. 作物学报,2020,46(5):712-724.
- [17] 奉斌,李慧琳,杨胜先,等. 贵州地方向日葵种质资源表型性状多样性分析[J]. 中国农业科技导报,2018,20(7):34-41.
- [18] RAMOS M L, ALTIERI E, BULOS M, et al. Phenotypic characterization, genetic mapping and candidate gene analysis of a source conferring reduced plant height in sunflower[J]. Theoretical and Applied Genetics, 2013, 126(1):251-263.
- [19] LÓPEZ PEREIRA M, SALVATELLI F, TRÁPANI N, et al. Intraspecific variability sunflower responses to crop density [C]//Fargo: 16th international sunflower conference, 2004: 138-142.
- [20] HALL A J, SPOSARO M M. Stem lodging in sunflower: variations in stem failure moment of force and structure across crop population densities and post-anthesis developmental stages in two genotypes of contrasting susceptibility to lodging [J]. Field Crops Research, 2010, 116:46-51.
- [21] ZHDANOV L A. On selection of sunflower to low plant weight[J]. Dokladi VASHNIL, 1964:7-12.
- [22] HASSAN S M F, IQBAL M S, RABBANI G, et al. Correlation and path analysis for yield and yield components in sunflower (*Helianthus annuus* L.) [J]. African Journal of Biotechnology, 2013, 12(16):1968-1971.
- [23] MILLER J F, FICK G N. The genetics of sunflower[M]//Schneider A. Sunflower technology and production. American Society of Agronomy, Inc., Madison, 1997:441-496.
- [24] FICK G N. Breeding and genetics of sunflower[J]. Journal of the American Oil Chemists Society, 1975, 19:279-337.
- [25] ŠKORIĆ D. Desired model of hybrid sunflower and the newly developed NS-hybrids[J]. Helia, 1980, 3:19-24.
- [26] ŠKORIĆ D. Sunflower breeding[M]//POLAK V. Sunflower Monograph. Beograd, 1989:285-393.

[27] 魏忠芬,奉斌,杨胜先,等. 贵州向日葵地方种质资源分布调查与性状鉴定[J]. 贵州农业科学, 2019, 47(9): 9-13.

[28] 刘文杰,段维,王波. 51 份外引向日葵种质资源农艺性状的相关分析及聚类分析[J]. 新疆农业科技, 2019, 42: 9-12.

[29] MERRIEN A. Some aspect of sunflower crop physiology [C]. Proc. of 13<sup>th</sup> Intl. Sunflower Conf. ,Pisa, Italy, 1992, 1 (1): 481-498.

[30] PEREIRA M L, TRÚPANI N, SADRAS V O. Genetic improvement of sunflower in Argentina between 1930 and 1995. I. Yield and its components [J]. Field Crops Research, 1999, 62(2/3): 157-166.

[31] 罗静静,王贺亚,艾海峰,等. 塔额垦区食用向日葵产量与主要经济性状关系的分析[J]. 安徽农业科学, 2022, 50 (22): 15-18.

[32] 崔超,王靖,王海伟,等. 不同类型向日葵品种产量及其相关性状差异性研究[J]. 北方农业学报, 2019, 47(1): 1-6.

[33] ŠKORIĆ D. Possibility of using heterosis based on male sterility of sunflower [D]. Novi Sad: University of Novi Sad, 1975.

[34] AHMAD O, RANA M A, SIDDIQUI S U H. Sunflower seed yield as influenced by some agronomic and seed characters [J]. Euphytica, 1991, 56(2): 137-142.

[35] STANKOVIĆ V. Phenotypic and cerrelations of morpho-physiological trais and yield components of protein sunflower (*Helianthus annuus* L.) [D]. Novi Sad: University of Novi Sad, 2005.

[36] 贾秀苹,卯旭辉,岳云. 向日葵不同品种(系)主要性状与产量间的相关分析[J]. 中国种业, 2014(12): 50-52, 53.

[37] 商宝荣,张庆文,孙淑荣. 向日葵菌核病发生的气象条件及防治措施[J]. 科学与财富, 2017(32): 114.

[38] 李慧琳,向依,于二汝,等. 贵州食葵种质资源农艺性状主成分和聚类分析[J]. 种子, 2022, 41(12): 98-105.

[39] 刘鑫,马庆,范瑞,等. 食用向日葵农艺性状对单盘粒重的多元回归分析[J]. 内蒙古农业科技, 2013(3): 22-24.

[40] 雷月,宫彦龙,唐会会,等. 基于主成分和聚类分析的不同品种贵州禾酿酒适宜品质评价[J]. 食品工业科技, 2023, 44(8): 290-301.

[41] 李琼,常世豪,舒文涛,等. 黄淮海地区夏大豆(南片)46 份大豆品种(系)农艺性状综合分析[J]. 新疆农业科学, 2021, 58(10): 1765-1774.

[42] 赵斌,陈晓东,季昌好,等. 111 份多棱大麦种质主要农艺性状的遗传多样性[J]. 大麦与谷类科学, 2020, 37(5): 1-7.

[43] 向里军,雷中华,石必显. 向日葵菌核病菌的生长发育和侵染循环[J]. 新疆农业科学, 2007, 44(S2): 181-182.

[44] 淡建兵,孔德胤,刘双平,等. 河套灌区向日葵菌核病发生程度预测预报[J]. 中国农业气象, 2012, 33(1): 142-147.

[45] 孔德胤,高飞翔,李建军,等. 河套灌区向日葵菌核病发生的气象条件分析[J]. 中国农学通报, 2012, 28 (7): 287-291.

# Analysis and Evaluation of the Major Phenotypic Characters in Sunflower (*Helianthus annuus* L.) Germplasms in Gannan County

YU Huan<sup>1,2</sup>, FU Guoyu<sup>1</sup>, KONG Zicheng<sup>1</sup>, ZHANG Meishan<sup>1</sup>, YANG Yuting<sup>1</sup>, YANG Liyan<sup>2</sup>, ZHANG Zhongchen<sup>1</sup>

(1. College of Agriculture, Northeast Agricultural University, Harbin 150030, China; 2. Gannan County Sunflower Technical Service Center, Qiqihar 162100, China)

**Abstract:** In order to assess the performance of sunflower germplasm resources in Gannan County, we conducted an evaluation of 426 sunflower germplasms, focusing on 13 major phenotypic traits including growth period, plant height and yield. We employed various statistical methods such as multivariate statistics, principal component analysis, membership function method, and hierarchical clustering method to evaluate these germplasm materials. The results revealed a wide variation in the traits, with coefficient of variation ranging from 8.2% to 194.5%. Furthermore, the germplasm materials exhibited high genetic diversity, as indicated by a diversity index ranging from 4.82 to 6.05. Our evaluation, utilizing principal component analysis and membership function method, identified 21 materials including SW390, 2022J and G2239, which demonstrated high phenotype comprehensive values. Hierarchical clustering method was used to classify 426 germplasms into five categories. The second category exhibited significant yield advantages, while the fifth category had the highest comprehensive value. Overall, the results indicated a substantial variation, wide range, and abundant diversity among the 426 materials. These findings can serve as valuable resources and data references for the innovation and utilization of sunflower germplasm in Gannan County.

**Keywords:** Gannan County; sunflower; phenotypic characters; germplasm