

山西省萱草属野生资源的表型多样性分析

段九菊, 梁 峥, 贾民隆, 宋卓琴, 张 超, 曹冬梅^①

(山西农业大学园艺学院, 山西 太原 030031)

摘要: 以山西省不同地区的黄花菜 (*Hemerocallis citrina* Baroni)、北黄花菜 (*H. lilioasphodelus* Linn.)、北萱草 (*H. esculenta* Koidz.) 和萱草 [*H. fulva* (Linn.) Linn.] 的 28 份材料为研究对象, 对植株、叶片、花朵、花萼、花序和花蕾的 24 个表型性状进行比较, 并采用相关性分析、主成分分析和聚类分析等方法探讨了萱草属 (*Hemerocallis* Linn.) 野生资源表型性状的多样性。结果表明: 山西省萱草属野生资源表型变异丰富, 18 个数量性状变异系数的变幅为 15.89%~80.00%, 6 个质量性状变异系数的变幅为 18.27%~38.55%, 其中, 花梗长的变异系数最大, 其次为单花序着花量和花序长, 变异系数分别为 40.00% 和 39.26%; 花径的变异系数最小, 内花被片长和外花被片长的变异系数较小, 分别为 16.28% 和 17.28%。相关性分析结果显示: 大部分表型性状间存在极显著或显著相关性, 其中, 花径与花萼长和直径、内外花被片长和宽等呈极显著正相关, 与花梗长和花序长呈显著正相关。说明萱草属野生资源大部分表型性状间相互影响。主成分分析结果显示: 前 5 个主成分因子的累计贡献率达到 83.169%, 其中, 第 1 主成分的贡献率为 40.396%, 包括花萼长、叶长、株型和花序长等, 这些性状是造成萱草属野生资源表型差异的主要因子。聚类分析将供试材料分为 3 组, 组 I 以北萱草为主, 组 II 为黄花菜, 组 III 以萱草为主, 28 份材料基本按种分开。综合分析结果显示: 供试萱草属野生资源具有丰富的表型多样性, 可为萱草属新品种选育提供丰富的亲本材料。

关键词: 萱草属; 表型性状; 多样性; 相关性分析; 主成分分析; 聚类分析

中图分类号: Q944.5; S682.1⁺9 文献标志码: A 文章编号: 1674-7895(2021)06-0029-10

DOI: 10.3969/j.issn.1674-7895.2021.06.04

Phenotypic diversity analysis of wild resources of *Hemerocallis* in Shanxi Province DUAN Jiuju, LIANG Zheng, JIA Minlong, SONG Zhuoqin, ZHANG Chao, CAO Dongmei^① (College of Horticulture, Shanxi Agricultural University, Taiyuan 030031, China), *J. Plant Resour. & Environ.*, 2021, 30(6): 29-38

Abstract: Taking 28 samples of *Hemerocallis citrina* Baroni, *H. lilioasphodelus* Linn., *H. esculenta* Koidz. and *H. fulva* (Linn.) Linn. from different areas of Shanxi Province as research objects, 24 phenotypic traits of plant, leaf, flower, scape, inflorescence and flower bud were compared, and the diversity of phenotypic traits of wild resources of *Hemerocallis* Linn. was discussed by using methods of correlation analysis, principal component analysis and cluster analysis, etc. The results show that there are abundant phenotypic variations in the wild resources of *Hemerocallis* in Shanxi Province, the variation range of 18 quantitative traits is 15.89%–80.00%, and that of 6 quality traits is 18.27%–38.55%, in which, the coefficient of variation of pedicel length is the largest, followed by flower amount per inflorescence and inflorescence length, whose coefficients of variation are 40.00% and 39.26%, respectively; the coefficient of variation of flower diameter is the smallest, those of inner tepal length and outer tepal length are relatively small, which are 16.28% and 17.28%, respectively. The correlation analysis result shows that there are extremely significant or significant correlations among most phenotypic traits, in which, the flower diameter has extremely significantly positive correlations with length and diameter of scape, length

收稿日期: 2021-06-16

基金项目: 山西省农业科学院山西农谷研发专项(YCX2020203); 山西省农业科学院优秀青年基金项目(YCX2020YQ02)

作者简介: 段九菊(1981—), 女, 山西阳城人, 博士, 研究员, 主要从事观赏植物栽培生理生态方面的研究。

^①通信作者 E-mail: caodm787@163.com

引用格式: 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.

and width of inner and outer tepals, etc., and has significantly positive correlations with pedicel length and inflorescence length. It is indicated that most phenotypic traits of wild resources of *Hemerocallis* influenced by each other. The principal component analysis result shows that the accumulative contribution rate of the first five principal components reaches 83.169%, in which, the contribution rate of the first principal component is 40.396%, which contains scape length, leaf length, plant shape and inflorescence length, etc., and these traits are the major factors causing phenotypic differences of wild resources of *Hemerocallis*. The tested materials can be divided into 3 groups by cluster analysis, *H. esculenta* predominates in group I, group II is *H. citrina*, *H. fulva* predominates in group III, and the 28 samples are basically classified by species. The comprehensive analysis result shows that wild resources of test *Hemerocallis* have abundant phenotypic diversities, which can provide abundant parent materials for breeding of new cultivars of *Hemerocallis*.

Key words: *Hemerocallis* Linn.; phenotypic trait; diversity; correlation analysis; principal component analysis; cluster analysis

萱草属(*Hemerocallis* Linn.)为百合科(Liliaceae)多年生宿根草本植物,兼具食用、药用和观赏价值,该种繁殖容易、管理简单、抗逆性强,为一种重要的园林绿化植物。萱草属种质资源丰富,全世界约14种,中国原产11种^[1],是世界萱草属植物的原产中心及分布中心。全球已登录的现代萱草品种达8万多个,绝大多数品种由欧美国家培育^[2],其中很多优良品种是由原产中国的原始种为亲本杂交培育而成^[3]。长期以来国内的萱草资源整理与评价利用工作相对落后,存在分类混乱、缺少优良育种亲本、遗传基础狭窄等问题,制约了中国萱草育种工作的开展。目前,国内具有自主知识产权的优异萱草品种极度缺乏^[4],因此,进行萱草资源评价及其遗传多样性分析对优异资源合理利用及品种改良具有重要意义^[5]。

野生萱草是观赏萱草的近缘祖先,具有一般观赏品种不具备的优良基因,是萱草育种的优良亲本。观赏萱草的许多品种是在野生萱草的基础上精心选育得到的栽培品种。研究者对野生萱草资源已经开展了一些研究工作,例如:朱云华^[6]利用ISSR-PCR分子标记技术进行萱草属种间和品种间遗传多态性分析,发现野生种间的遗传多态性高于品种间;黎海利等^[7]采用AFLP标记对萱草部分野生种和栽培品种进行了亲缘关系研究,将供试35份材料分为早花、中花和晚花3类;任毅等^[8]认为,萱草属的遗传变异与地理位置、环境及居群间的遗传变化有关。因此,开展萱草属野生资源的收集、评价和鉴定是挖掘和利用优异萱草资源的前提。山西省南北狭长、地形地貌多样,野生植物资源丰富。据报道,山西省分布有5种萱草属植物,分别为黄花菜(*H. citrina* Baroni)、北黄花菜(*H. lilioasphodelus* Linn.)、北萱草(*H. esculenta*

Koidz.)、萱草[*H. fulva* (Linn.) Linn.]和小黄花菜(*H. minor* Mill.)^[9]。本项目组对山西省进行了多年的萱草属野生资源调查工作,前期已对收集的野生资源进行了染色体核型分析^[10]及ISSR分子标记^[11]研究。为进一步掌握和利用山西省萱草属野生资源,了解山西省萱草属野生资源的类型分布及表型多样性状况,本文对收集的萱草属野生资源进行了表型性状鉴定与评价,并进行相关性分析、主成分分析和聚类分析,以期对萱草野生属资源的收集保存、亲本选择、开发利用和新品种选育等提供理论与实践依据。

1 材料和方法

1.1 材料

供试黄花菜、北黄花菜、北萱草和萱草的28份材料为本项目组近十年来野外采集的山西省萱草属野生资源,采集信息见表1。采集的野生资源主要分布在山坡、林缘、石缝、灌丛、草丛和沟谷等生境中,每份材料采集5~10株,整丛移植至山西农业大学园艺研究所萱草种质资源圃(东经112°36'、北纬37°48')后进行分株扩繁。该圃年平均气温9℃,无霜期200d左右,年均降水量450mm左右。

于2019年至2020年(每年4月至10月)进行2年试验调查,试验采用随机区组设计。每份材料均为随机排列,每小区种植20株株龄5a的材料,行距60cm,株距50cm。每份材料种植3个小区,视为3次重复。全生育期按常规方法进行水肥管理和病虫害防治。

1.2 方法

参照李森等^[12]和金立敏等^[13]的方法对表型性

状(18个数量性状和6个质量性状)进行调查和测定。使用卷尺(精度0.1 cm)测量数量性状。每份材料随机选取生长健康、开花正常的10个样株,测量株高(地面到植株最高点的距离,不含花序)和冠幅(植株最宽处的宽度)。于花期在每个样株上随机选取完整且健康的成熟叶片、花朵、花萼、花序和花蕾各5个,测量叶长(植株中部成熟叶片基部到叶尖的距离)、叶宽(植株中部成熟叶片展平后中部的宽度)、花径(显色花朵的最大直径)、花被管长(花被管基部到花被开裂处的距离)、花梗长(单朵花分枝基部到最外层苞片基部的距离)、内花被片长(开放花朵最

外侧内花被片的长度)、内花被片宽(开放花朵最外侧内花被片的最大宽度)、外花被片长(开放花朵外花被片的长度)、外花被片宽(开放花朵外花被片的最大宽度)、花萼长(最上面叶片基部到花序顶端的距离)、花萼直径(花萼上花序下方1 cm处的直径)、花序长(花朵全部凋谢后花序底端第1朵花着生处至最顶端花朵着生处的距离)、花序直径(花序第1朵花显色时整个花序的最大直径)、花蕾长(即将开放花蕾长度)和花蕾直径(即将开放花蕾的最大直径),并统计单花序着花量(花朵全部凋谢后花序上的花托数量)。

对株型、花型、瓣型、花色、花期和二次开花6个质量性状分别进行分级:1)株型分为小型植株(株高小于40 cm)、中型植株(株高介于40~60 cm之间)和大型植株(株高大于60 cm),分别对应1、2和3级;2)花型分为微型花(花径小于7 cm)、小型花(花径介于7~11 cm之间)和大型花(花径大于11 cm),分别对应1、2和3级;3)花色分为黄色系、红色系和橙色系,分别对应1、2和3级;4)瓣型分为单瓣和重瓣,分别对应1和2级;5)花期分为早期(初花期为5月初至5月底)、中期(初花期为6月初至7月底)和晚期(初花期为8月初及以后),分别对应1、2和3级;6)二次开花分为无和有,分别对应1和2级。质量性状的分布频率以某一级别性状出现的样株数与总样株数的百分比表示。使用Nikon E995相机(日本Nikon公司)对开花期植株、花序和花等进行拍照。

1.3 数据处理

使用EXCEL 2010软件计算数量性状的最小值、最大值、极差和均值。使用SPSS 16.0软件计算标准差和变异系数,进行相关性分析、主成分分析和聚类分析;并根据每份材料在主成分上的取值,绘制三维主成分散点图。

2 结果和分析

2.1 山西省萱草属野生资源表型性状的差异比较

2.1.1 数量性状的差异比较 供试山西省萱草属野生资源数量性状的比较和变异分析见表2。结果显示:山西省萱草属28份材料的株高和冠幅的变幅分别为21.6~90.0和45.0~110.0 cm,均值分别为48.7和70.0 cm。从叶片性状来看,叶长和叶宽的变幅分别为38.2~105.0和1.0~3.7 cm,均值分别为71.5和

表1 山西省萱草属野生资源的采集信息
Table 1 Collection information of wild resources of *Hemerocallis* Linn. in Shanxi Province

编号 ¹⁾ No. ¹⁾	采集地 Collection site	经度 Longitude	纬度 Latitude
S1	广灵县 Guangling County	E114°28'	N39°45'
S2	左权县 Zuoquan County	E113°36'	N36°58'
S3	太原市 Taiyuan City	E112°59'	N38°08'
S4	交城县 Jiaocheng County	E112°07'	N37°56'
S5	交城县 Jiaocheng County	E112°07'	N37°56'
S6	黎城县 Licheng County	E113°23'	N36°33'
S7	黎城县 Licheng County	E113°30'	N36°31'
S8	泽州县 Zezhou County	E112°42'	N35°30'
S9	大同市云州区 Yunzhou District of Datong City	E113°39'	N40°02'
S10	五台山风景区 Wutai Mountain Scenic Area	E113°40'	N38°58'
S11	平定县 Pingding County	E113°49'	N37°54'
S12	黎城县 Licheng County	E113°54'	N36°59'
S13	黎城县 Licheng County	E113°15'	N36°34'
S14	沁水县 Qinshui County	E112°08'	N35°37'
S15	五台县 Wutai County	E113°57'	N38°37'
S16	太原市 Taiyuan City	E112°35'	N37°49'
S17	太谷县 Taigu County	E112°56'	N37°34'
S18	交城县 Jiaocheng County	E112°07'	N37°37'
S19	交城县 Jiaocheng County	E112°07'	N37°56'
S20	庞泉沟国家级自然保护区 Panguangou National Nature Reserve	E111°50'	N37°47'
S21	交城县 Jiaocheng County	E112°10'	N37°56'
S22	黎城县 Licheng County	E113°38'	N36°37'
S23	黎城县 Licheng County	E113°32'	N36°45'
S24	黎城县 Licheng County	E113°57'	N36°54'
S25	泽州县 Zezhou County	E112°43'	N35°30'
S26	阳城县 Yangcheng County	E112°19'	N35°29'
S27	蟒河国家级自然保护区 Manghe National Nature Reserve	E112°36'	N37°48'
S28	历山国家级自然保护区 Lishan National Nature Reserve	E111°58'	N35°39'

¹⁾ S1-S9: 黄花菜 *Hemerocallis citrina* Baroni; S10: 北黄花菜 *H. lilioasphodelus* Linn.; S11-S14: 北萱草 *H. esculenta* Koidz.; S15-S28: 萱草 *H. fulva* (Linn.) Linn.

2.3 cm。从单花性状来看,花径、花被管长、花梗长、内花被片长、内花被片宽、外花被片长和外花被片宽的变幅分别为 7.9~15.0、1.9~5.0、0.1~1.5、6.0~11.2、1.8~3.5、5.9~11.1 和 1.1~2.1 cm,均值分别为 10.7、3.1、0.5、8.6、2.5、8.1 和 1.5 cm。从花葶及花序性状来看,花葶长、花葶直径、花序长、花序直径和单花序着花量的变幅分别为 54.9~145.0 cm、0.3~1.0 cm、10.5~48.0 cm、4.0~39.0 cm 和 10~44 个,均值分别为 98.4 cm、0.7 cm、27.0 cm、17.0 cm 和 25 个。从花蕾性状来看,花蕾长和花蕾直径的变幅分别为 6.1~13.4 和 0.8~1.8 cm,均值分别为 9.0 和 1.2 cm。

各性状在不同材料间表现出不同程度的表型多样性,28 份材料 18 个数量性状变异系数的变幅为

15.89%~80.00%,其中,花梗长的变异系数最大,单花序着花量和花序长的变异系数也较大,分别为 40.00%和 39.26%。花径的变异系数最小,内花被片长和外花被片长的变异系数较小,分别为 16.28%和 17.28%,说明山西省萱草属野生资源花径、花被片长的稳定性相较于其他表型性状好。总体来看,18 个数量性状均具有较高的表型多样性。

2.1.2 质量性状的差异比较 基于供试山西省萱草属野生资源 6 个质量性状的分级结果,对其质量性状进行变异分析,结果(表 3)显示:山西省萱草属 28 份材料的株型、花型、花色、瓣型、花期和二次开花的均值分别为 2.0、2.3、1.8、1.3、1.9 和 1.0。6 个质量性状变异系数的变幅为 18.27%~38.55%,从大到小依次

表 2 山西省萱草属野生资源数量性状的比较和变异分析

Table 2 Comparison and variation analysis on quantitative traits of wild resources of *Hemerocallis* Linn. in Shanxi Province

编号 ¹⁾ No. ¹⁾	株高/cm Plant height	冠幅/cm Crown diameter	叶长/cm Leaf length	叶宽/cm Leaf width	花径/cm Flower diameter	花被管长/cm Perianth tube length	花梗长/cm Pedicel length	内花被片长/cm Inner tepal length	内花被片宽/cm Inner tepal width
S1	90.0	102.0	89.0	2.5	12.0	4.3	0.3	11.2	2.1
S2	70.0	70.0	85.0	2.2	9.2	3.5	0.7	8.5	2.0
S3	51.0	75.0	53.0	1.4	9.0	5.0	1.0	9.3	2.3
S4	58.0	80.0	60.0	1.0	11.0	4.5	0.3	9.2	1.8
S5	35.0	55.0	43.0	1.1	10.0	4.0	0.2	9.0	1.9
S6	68.0	70.0	84.0	2.0	11.0	3.7	0.2	11.0	2.1
S7	63.0	60.0	91.5	1.6	10.3	5.0	0.7	8.6	1.8
S8	40.0	50.0	52.0	1.0	11.0	3.5	1.0	8.5	2.0
S9	83.7	106.7	90.5	2.4	12.0	4.0	0.2	11.0	2.3
S10	30.2	45.0	38.2	1.0	8.9	2.2	0.1	6.9	2.2
S11	31.0	60.0	53.0	1.3	7.9	1.9	0.2	6.5	1.8
S12	27.8	55.0	46.5	1.4	8.6	2.4	0.2	6.8	2.0
S13	21.6	52.1	49.1	1.2	8.7	2.2	0.2	6.7	2.0
S14	32.0	55.0	51.5	2.0	8.6	2.0	0.3	6.0	2.3
S15	40.0	60.0	63.0	3.7	11.0	2.8	0.6	8.2	3.2
S16	40.0	60.0	71.0	3.5	13.0	2.3	1.2	7.8	2.9
S17	70.0	100.0	90.0	3.0	12.0	3.5	0.5	8.9	3.0
S18	75.0	110.0	105.0	3.0	15.0	3.2	0.4	10.5	2.9
S19	44.0	55.0	90.0	3.0	9.0	2.6	0.1	8.5	2.7
S20	41.0	60.0	65.0	3.0	10.0	2.0	0.8	8.9	3.1
S21	38.0	75.0	88.0	3.4	12.5	2.7	0.2	10.1	2.8
S22	56.0	60.0	92.0	3.5	10.9	3.0	1.0	9.1	3.4
S23	50.0	70.0	70.0	2.3	10.5	2.2	0.7	8.8	3.5
S24	37.0	70.0	61.0	2.2	10.5	3.1	0.1	7.5	2.7
S25	50.0	80.0	84.0	3.5	13.0	2.5	1.5	7.7	3.0
S26	40.0	60.0	77.0	3.0	13.0	2.5	1.3	8.7	3.1
S27	42.0	65.0	70.0	2.0	9.5	2.8	0.3	7.9	2.7
S28	40.0	80.0	90.0	3.0	11.8	3.2	0.4	7.8	3.1
R	68.4	65.0	66.8	2.7	7.1	3.1	1.4	5.2	1.7
\bar{X}	48.7	70.0	71.5	2.3	10.7	3.1	0.5	8.6	2.5
SD	17.5	18.0	18.6	0.9	1.7	0.9	0.4	1.4	0.5
CV/%	35.93	25.11	26.01	39.13	15.89	29.03	80.00	16.28	20.00

续表2 Table 2 (Continued)

编号 ¹⁾ No. ¹⁾	外花被片 长/cm Outer tepal length	外花被片 宽/cm Outer tepal width	花葶长/cm Scape length	花葶直径/cm Scape diameter	花序长/cm Inflorescence length	花序直径/cm Inflorescence diameter	单花序着花量 Flower amount per inflorescence	花蕾长/cm Flower bud length	花蕾直径/cm Flower bud diameter
S1	10.5	1.5	122.0	0.7	30.0	11.8	43	13.0	1.2
S2	8.4	1.4	145.0	0.8	44.0	22.0	40	10.0	0.9
S3	8.9	1.3	135.0	0.5	48.0	24.0	44	10.6	0.8
S4	8.4	1.2	97.0	0.4	25.0	13.0	15	12.2	0.8
S5	8.3	1.3	58.3	0.3	15.0	4.0	10	11.2	0.9
S6	10.8	1.4	112.0	0.7	33.0	18.0	44	12.7	1.2
S7	7.8	1.3	140.0	0.7	35.0	18.0	23	11.6	1.0
S8	8.2	1.2	74.0	0.3	17.0	20.0	19	9.5	0.9
S9	11.1	1.4	116.3	0.6	27.3	17.3	39	13.4	1.1
S10	6.8	1.4	60.5	0.5	11.5	15.3	10	6.4	0.9
S11	6.0	1.1	62.0	0.5	10.8	11.5	19	7.5	0.8
S12	6.6	1.3	61.9	0.4	10.5	15.5	17	7.2	1.0
S13	6.9	1.2	54.9	0.4	10.8	12.2	15	7.5	0.8
S14	5.9	1.4	66.0	0.6	11.5	12.5	21	6.1	1.0
S15	7.9	1.8	97.0	0.9	35.0	20.0	28	8.9	1.7
S16	6.3	1.3	110.0	0.7	29.0	18.0	21	8.2	1.7
S17	8.7	1.9	110.0	0.6	34.0	16.0	28	7.4	1.1
S18	10.5	1.9	128.0	0.9	42.0	39.0	25	8.0	1.5
S19	8.2	1.9	84.0	0.5	35.0	14.0	20	8.4	1.1
S20	6.7	1.6	115.0	0.9	27.0	16.0	29	7.7	1.6
S21	10.0	1.8	120.0	0.8	20.0	20.0	19	9.3	1.2
S22	8.2	1.9	119.0	1.0	36.5	19.7	31	6.8	1.3
S23	7.7	1.8	91.0	0.8	24.0	15.0	21	7.8	1.5
S24	7.6	1.8	88.0	0.6	24.0	14.5	15	8.2	1.1
S25	7.5	1.6	110.0	0.9	25.0	18.5	25	8.4	1.8
S26	8.0	1.8	101.0	0.8	33.0	18.7	27	8.3	1.7
S27	7.2	1.4	70.0	0.6	27.0	14.0	20	8.1	1.1
S28	8.5	2.1	108.0	0.9	36.0	21.0	44	8.7	1.2
R	5.2	1.0	90.1	0.7	37.5	35.0	34	7.3	1.0
\bar{X}	8.1	1.5	98.4	0.7	27.0	17.0	25	9.0	1.2
SD	1.4	0.3	26.7	0.2	10.6	6.0	10	2.0	0.3
CV/%	17.28	20.00	27.13	28.57	39.26	34.50	40.00	22.22	25.00

¹⁾ S1-S9: 分别为采自广灵县、左权县、太原市、交城县、交城县、黎城县、黎城县、泽州县和大同市云州区的黄花菜 *Hemerocallis citrina* Baroni collected from Guangling County, Zuoquan County, Taiyuan City, Jiaocheng County, Jiaocheng County, Licheng County, Licheng County, Zezhou County and Yunzhou District of Datong City, respectively; S10: 采自五台山风景区的北黄花菜 *H. lilioasphodelus* Linn. collected from Wutai Mountain Scenic Area; S11-S14: 分别为采自平定县、黎城县、黎城县和沁水县的北萱草 *H. esculenta* Koidz. collected from Pingding County, Licheng County, Licheng County and Qinshui County, respectively; S15-S28: 分别为采自五台县、太原市、太谷县、交城县、交城县、庞泉沟国家级自然保护区、交城县、黎城县、黎城县、黎城县、泽州县、阳城县、蟒河国家级自然保护区和历山国家级自然保护区的萱草 *H. fulva* (Linn.) Linn. collected from Wutai County, Taiyuan City, Taigu County, Jiaocheng County, Jiaocheng County, Pangquangou National Nature Reserve, Jiaocheng County, Licheng County, Licheng County, Licheng County, Zezhou County, Yangcheng County, Manghe National Nature Reserve and Lishan National Nature Reserve, respectively. R: 极差 Range; \bar{X} : 均值 Mean; SD: 标准差 Standard deviation; CV: 变异系数 Coefficient of variation.

为花色、株型、瓣型、花期、花型、二次开花。株型以中型植株数量最多,占46.4%;花型以小型花植株数量最多,占67.9%,在1级微型花上没有分布;花色以红色系植株数量最多,占50.0%;瓣型以单瓣植株数量最多,占75.0%;花期以中期开花植株数量最多,占78.6%;二次开花植株数量仅占3.6%,一次开花植株占有绝对优势,占96.4%。

选取每个种中性状差异明显的材料进行拍照,结果(图1)显示:编号S3、S5和S9的黄花菜在花径、花被管长和花被片长方面具有明显差异;S10属于北黄花菜;编号S11和S14的北萱草在花径、花被片长和花色方面略有差异;编号S16、S17、S21、S26和S27的萱草在花径、花被片长、花色和瓣型方面具有明显差异。

表3 山西省萱草属野生资源质量性状的变异分析¹⁾
Table 3 Variation analysis on quality traits of wild resources of *Hemerocallis* Linn. in Shanxi Province¹⁾

统计量 Statistic	株型 Plant type	花型 Flower type	花色 Flower color	瓣型 Petal type	花期 Flowering phase	二次开花 Re-flowering
最小值 The minimum	1	2	1	1	1	1
最大值 The maximum	3	3	3	2	3	2
极差 Range	2	1	2	1	2	1
均值 Mean	2.0	2.3	1.8	1.3	1.9	1.0
标准差 Standard deviation	0.7	0.5	0.7	0.4	0.4	0.2
变异系数/% Coefficient of variation	37.76	20.69	38.55	35.20	24.11	18.27
1级分布频率/% Distribution frequency of grade 1	28.6	0.0	35.7	75.0	17.9	96.4
2级分布频率/% Distribution frequency of grade 2	46.4	67.9	50.0	25.0	78.6	3.6
3级分布频率/% Distribution frequency of grade 3	25.0	32.1	14.3		3.5	

¹⁾ 株型分为小型植株、中型植株和大型植株,分别对应1、2和3级 The plant type can be divided into small plant, medium plant and large plant, corresponding to grade 1, 2 and 3, respectively; 花型分为微型花、小型花和大型花,分别对应1、2和3级 The flower type can be divided into tiny flower, small flower and big flower, corresponding to grade 1, 2 and 3, respectively; 花色分为黄色系、红色系和橙色系,分别对应1、2和3级 The flower color can be divided into yellow series, red series and orange series, corresponding to grade 1, 2 and 3, respectively; 瓣型分为单瓣和重瓣,分别对应1和2级 The petal type can be divided into single flower and double flower, corresponding to grade 1 and 2, respectively; 花期分为早期、中期和晚期,分别对应1、2和3级 Flowering phase can be divided into early stage, medium stage and late stage, corresponding to grade 1, 2 and 3, respectively; 二次开花分为无和有,分别对应1和2级 Re-flowering can be divided into without and with, corresponding to grade 1 and 2, respectively.



A, B, C: 分别为采自太原市、交城县和大同市云州区的黄花菜 *Hemerocallis citrina* Baroni collected from Taiyuan City, Jiaocheng County and Yunzhou District of Datong City, respectively; D: 采自五台山风景区的北黄花菜 *H. lilioasphodelus* Linn. collected from Wutai Mountain Scenic Area; E, F: 分别为采自平定县和沁水县的北萱草 *H. esculenta* Koidz. collected from Pingding County and Qinshui County, respectively; G, H, I, J, K: 分别为采自太原市、太谷县、交城县、阳城县和蟒河国家级自然保护区的萱草 *H. fulva* (Linn.) Linn. collected from Taiyuan City, Taigu County, Jiaocheng County, Yangcheng County and Manghe National Nature Reserve, respectively.

图1 山西省萱草属部分野生资源的花形态
Fig. 1 Flower morphology of some wild resources of *Hemerocallis* Linn. in Shanxi Province

2.2 山西省萱草属野生资源表型性状的相关性分析

山西省萱草属野生资源表型性状间的相关系数见表 4。结果显示: 山西省萱草属 28 份材料大部分表型性状间均存在极显著 ($P < 0.01$) 或显著 ($P < 0.05$) 的正相关或负相关, 说明野生资源大部分表型性状间相互影响。如花径与冠幅、叶长、叶宽、花葶长、花葶直径、内花被片长、内花被片宽、外花被片长、外花被

片宽、花蕾直径、花序直径、株型、花型、花期呈极显著正相关, 相关系数分别为 0.630、0.646、0.614、0.517、0.523、0.566、0.475、0.546、0.480、0.649、0.545、0.481、0.816 和 0.448; 与花梗长和花序长呈显著正相关, 相关系数分别为 0.380 和 0.400。

2.3 山西省萱草属野生资源表型性状的主成分分析
主成分分析结果(表 5) 显示: 山西省萱草属 28

表 4 山西省萱草属野生资源表型性状间的相关系数¹⁾
Table 4 Correlation coefficient among phenotypic traits of wild resources of *Hemerocallis* Linn. in Shanxi Province¹⁾

性状 Trait	不同表型性状间的相关系数 Correlation coefficient among different phenotypic traits											
	h_P	D_C	L_L	b_L	D_F	L_{PT}	L_P	L_S	D_S	L_{IT}	b_{IT}	L_{OT}
h_P	1.000											
D_C	0.797**	1.000										
L_L	0.711**	0.650**	1.000									
b_L	0.223**	0.324*	0.671**	1.000								
D_F	0.478	0.630**	0.646**	0.614**	1.000							
L_{PT}	0.620**	0.422*	0.247	-0.266	0.157	1.000						
L_P	0.052	-0.063	0.163	0.386*	0.380*	-0.011	1.000					
L_S	0.721**	0.565**	0.741**	0.490**	0.517**	0.514	0.408**	1.000*				
D_S	0.312	0.309	0.661**	0.820**	0.523**	-0.176	0.419	0.638*	1.000**			
L_{IT}	0.795**	0.658**	0.607**	0.250	0.566**	0.589	0.003**	0.639	0.263**	1.000		
b_{IT}	-0.014	0.159	0.407*	0.821**	0.475**	-0.402	0.416*	0.246*	0.727	0.079**	1.000	
L_{OT}	0.764**	0.722**	0.619**	0.192	0.546**	0.607	-0.157**	0.565	0.197**	0.918	0.000	1.000
b_{OT}	0.148	0.322*	0.593**	0.753**	0.480**	-0.177	0.078	0.315	0.670	0.215**	0.824	0.274**
L_{FB}	0.633**	0.425*	0.261	-0.188	0.213	0.803	-0.110**	0.429	-0.139*	0.718	-0.446**	0.698**
D_{FB}	0.096	0.162	0.406*	0.815**	0.649**	-0.360	0.571*	0.324**	0.748*	0.178**	0.780	0.026**
L_I	0.613**	0.457**	0.675**	0.479**	0.400*	0.493	0.368**	0.830*	0.542**	0.533**	0.361**	0.497*
D_I	0.345*	0.414*	0.515**	0.384*	0.545**	0.115	0.318	0.597	0.522**	0.321**	0.336*	0.391*
N	0.634**	0.510**	0.541**	0.336*	0.237	0.407	0.221*	0.697	0.480**	0.537**	0.150**	0.564
PT1	0.896**	0.631**	0.740**	0.300	0.481**	0.540	0.248**	0.745	0.386**	0.682*	0.095**	0.625
FT	0.392*	0.671**	0.591**	0.580**	0.816**	0.030	0.246	0.407	0.403*	0.381*	0.362*	0.436*
FC	-0.567**	-0.235	-0.166	0.209	-0.200	-0.757	-0.084**	-0.454	0.084**	-0.626	0.276**	-0.572
PT2	-0.115	-0.170	0.097	0.606**	0.316	-0.408	0.715*	0.170**	0.604	-0.042**	0.712	-0.271**
FP	0.200	0.022	0.264	0.344*	0.448**	0.258	0.601	0.347**	0.318*	0.344	0.404*	0.106*
RF	-0.234	-0.161	-0.264	-0.196	-0.242	-0.152	-0.159	-0.268	-0.247	-0.251	-0.192	-0.211

性状 Trait	不同表型性状间的相关系数 Correlation coefficient among different phenotypic traits											
	b_{OT}	L_{FB}	D_{FB}	L_I	D_I	N	PT1	FT	FC	PT2	FP	RF
b_{OT}	1.000											
L_{FB}	-0.285**	1.000										
D_{FB}	0.540	-0.186**	1.000									
L_I	0.453**	0.301**	0.294	1.000								
D_I	0.379*	-0.065*	0.334	0.614*	1.000**							
N	0.232**	0.446	0.164**	0.696	0.379**	1.000*						
PT1	0.184**	0.529	0.234**	0.741	0.454**	0.676**	1.000**					
FT	0.411*	0.128**	0.479	0.242**	0.346	0.316*	0.347	1.000*				
FC	0.157**	-0.741	0.163**	-0.406	-0.082*	-0.324	-0.523*	-0.008**	1.000			
PT2	0.314	-0.295	0.835	0.160**	0.086	0.032	0.028	0.132	0.184	1.000		
FP	0.184	0.257	0.513	0.390**	0.067*	0.043	0.348	0.078*	-0.395	0.587*	1.000**	
RF	-0.165	-0.176	-0.109	-0.305	-0.054	-0.159	-0.254	-0.132	0.347	-0.111	-0.326	1.000*

¹⁾ h_P : 株高 Plant height; D_C : 冠幅 Crown diameter; L_L : 叶长 Leaf length; b_L : 叶宽 Leaf width; D_F : 花径 Flower diameter; L_{PT} : 花被管长 Perianth tube length; L_P : 花梗长 Pedicel length; L_S : 花葶长 Scape length; D_S : 花葶直径 Scape diameter; L_{IT} : 内花被片长 Inner tepal length; b_{IT} : 内花被片宽 Inner tepal width; L_{OT} : 外花被片长 Outer tepal length; b_{OT} : 外花被片宽 Outer tepal width; L_{FB} : 花蕾长 Flower bud length; D_{FB} : 花蕾直径 Flower bud diameter; L_I : 花序长 Inflorescence length; D_I : 花序直径 Inflorescence diameter; N: 单花序着花量 Flower amount per inflorescence; PT1: 株型 Plant type; FT: 花型 Flower type; FC: 花色 Flower color; PT2: 瓣型 Petal type; FP: 花期 Flowering phase; RF: 二次开花 Re-flowering. * : $P < 0.05$; ** : $P < 0.01$.

表5 山西省萱草属野生资源表型性状的主成分分析结果¹⁾Table 5 Result of principal component analysis on phenotypic traits of wild resources of *Hemerocallis* Linn. in Shanxi Province¹⁾

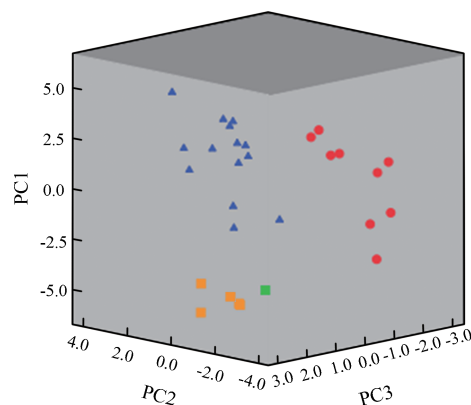
主成分 Principal component	各表型性状的特征向量 Eigenvector of each phenotypic trait													特征值 Eigenvalue	贡献率/% Contribution rate	R/%	
	h_P	D_C	L_L	b_L	D_F	L_{PT}	L_P	L_S	D_S	L_{IT}	b_{IT}	L_{OT}	b_{OT}				L_{FB}
1	0.792	0.727	0.863	0.657	0.774	0.418	0.375	0.869	0.692	0.773	0.462	0.725	0.535	0.424			
2	-0.461	-0.267	0.048	0.651	0.209	-0.776	0.446	-0.115	0.558	-0.422	0.796	-0.502	0.524	-0.762			
3	0.070	0.428	0.257	0.139	0.088	-0.245	-0.602	-0.109	0.042	-0.007	0.035	0.238	0.344	-0.234			
4	0.014	-0.189	0.052	-0.038	-0.462	0.046	0.109	0.300	0.218	-0.234	-0.022	-0.188	0.023	-0.225			
5	0.043	0.112	-0.093	-0.098	0.210	0.017	0.401	0.091	-0.091	-0.087	-0.232	-0.103	-0.407	0.026			

主成分 Principal component	各表型性状的特征向量 Eigenvector of each phenotypic trait											特征值 Eigenvalue	贡献率/% Contribution rate	R/%
	D_{FB}	L_I	D_I	N	PT1	FT	FC	PT2	FP	RF				
1	0.533	0.809	0.602	0.689	0.818	0.620	-0.422	0.265	0.460	-0.349	9.695	40.396	40.396	
2	0.730	-0.057	0.144	-0.212	-0.306	0.182	0.637	0.764	0.200	0.021	5.556	23.151	63.547	
3	-0.148	-0.138	0.206	0.056	-0.087	0.370	0.457	-0.477	-0.731	0.277	2.227	9.280	72.827	
4	-0.203	0.447	0.354	0.421	0.168	-0.429	0.097	-0.071	-0.261	0.132	1.404	5.849	78.676	
5	0.130	-0.107	0.265	0.051	0.086	0.296	0.131	0.086	-0.089	0.598	1.078	4.493	83.169	

¹⁾ h_P : 株高 Plant height; D_C : 冠幅 Crown diameter; L_L : 叶长 Leaf length; b_L : 叶宽 Leaf width; D_F : 花径 Flower diameter; L_{PT} : 花被管长 Perianth tube length; L_P : 花梗长 Pedicel length; L_S : 花葶长 Scape length; D_S : 花葶直径 Scape diameter; L_{IT} : 内花被片长 Inner tepal length; b_{IT} : 内花被片宽 Inner tepal width; L_{OT} : 外花被片长 Outer tepal length; b_{OT} : 外花被片宽 Outer tepal width; L_{FB} : 花蕾长 Flower bud length; D_{FB} : 花蕾直径 Flower bud diameter; L_I : 花序长 Inflorescence length; D_I : 花序直径 Inflorescence diameter; N: 单花序着花量 Flower amount per inflorescence; PT1: 株型 Plant type; FT: 花型 Flower type; FC: 花色 Flower color; PT2: 瓣型 Petal type; FP: 花期 Flowering phase; RF: 二次开花 Re-flowering. R: 累计贡献率 Cumulative contribution rate.

份材料 24 个表型性状前 5 个主成分的特征值总和为 19.960, 累计贡献率达 83.169%, 说明前 5 个主成分可以反映萱草属 28 份材料表型性状的基本特征。第 1 主成分的贡献率为 40.396%, 其中, 花葶长 (0.869)、叶长 (0.863)、株型 (0.818) 和花序长 (0.809) 的特征向量绝对值较大。第 2 主成分的贡献率为 23.151%, 其中, 内花被片宽 (0.796)、花被管长 (-0.776)、瓣型 (0.764) 和花蕾长 (-0.762) 的特征向量绝对值较大。第 3 主成分的贡献率为 9.280%, 其中, 花期 (-0.731)、花梗长 (-0.602)、瓣型 (-0.477) 和花色 (0.457) 的特征向量绝对值较大。第 4 主成分的贡献率为 5.849%, 其中, 花径 (-0.462)、花序长 (0.447)、花型 (-0.429) 和单花序着花量 (0.421) 的特征向量绝对值较大。第 5 主成分的贡献率为 4.493%, 其中, 二次开花 (0.598)、外花被片宽 (-0.407) 和花梗长 (0.401) 的特征向量绝对值较大。

依据主成分分析结果, 绘制了三维主成分散点图, 结果 (图 2) 显示: 山西省萱草属 28 份材料分成 3 个富集区, 第 1 类由萱草的 14 份材料富集而成, 第 2 类由黄花菜的 9 份材料富集而成, 第 3 类由北萱草和北黄花菜的 5 份材料富集而成。同种的材料基本集中在一起, 其中黄花菜和萱草的材料较多, 相对较为分散。



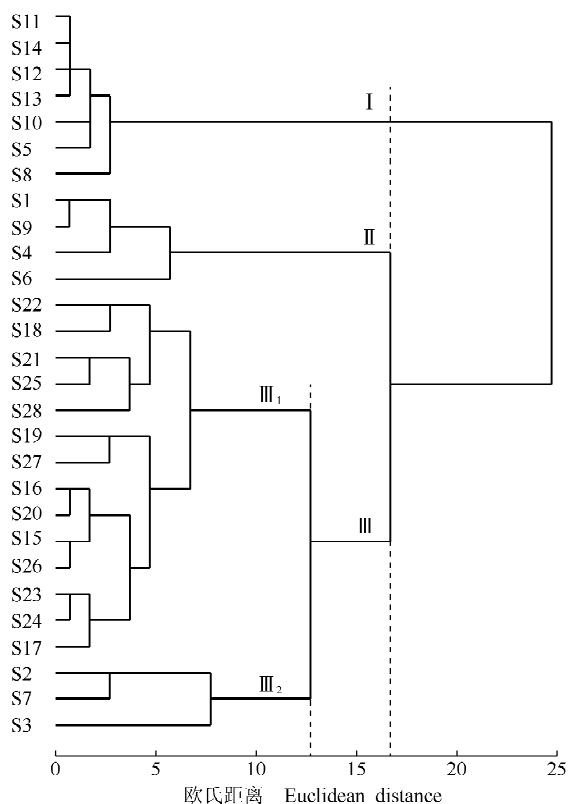
■: 北黄花菜 *Hemerocallis lilioasphodelus* Linn.; ■: 北萱草 *H. esculenta* Koidz.; ●: 黄花菜 *H. citrina* Baroni; ▲: 萱草 *H. fulva* (Linn.) Linn.

图2 山西省萱草属野生资源三维主成分 (PC) 散点图
Fig. 2 Three-dimensional principal component (PC) scatter plot of wild resources of *Hemerocallis* Linn. in Shanxi Province

2.4 山西省萱草属野生资源表型性状的聚类分析

基于 18 个数量性状和 6 个质量性状数据, 对山西省萱草属 28 份材料表型性状进行聚类分析, 结果 (图 3) 显示: 在欧氏距离 17 处, 28 份材料可分为 3 组, 其中, 组 I 包含 7 份材料, 为 4 份北萱草、2 份黄花菜和 1 份北黄花菜; 组 II 包含 4 份材料, 均为黄花菜; 组 III 包含 17 份材料, 为 14 份萱草和 3 份黄花菜。

在欧氏距离 13 处,组 III 可以进一步分成 III₁ 和 III₂ 2 个亚组,其中,亚组 III₁ 包含 14 份材料,均为萱草;亚组 III₂ 包含 3 份材料,均为黄花菜。总体上看,黄花菜散布在 3 个组中,组 I 的黄花菜材料植株低矮、冠幅小、花葶细短;组 II 的黄花菜材料植株高大、冠幅大、花葶中等、花序长、花蕾大、花径大;组 III 的黄花菜材料植株中等、冠幅中等、花葶长。



S1-S9: 分别为采自广灵县、左权县、太原市、交城县、交城县、黎城县、黎城县、泽州县和大同市云州区的黄花菜 *Hemerocallis citrina* Baroni collected from Guangling County, Zuoquan County, Taiyuan City, Jiaocheng County, Jiaocheng County, Licheng County, Licheng County, Zezhou County and Yunzhou District of Datong City, respectively; S10: 采自五台山风景区的北黄花菜 *H. lilioasphodelus* Linn. collected from Wutai Mountain Scenic Area; S11-S14: 分别为采自平定县、黎城县、黎城县和沁水县的北萱草 *H. esculenta* Koidz. collected from Pingding County, Licheng County, Licheng County and Qinshui County, respectively; S15-S28: 分别为采自五台县、太原市、太谷县、交城县、交城县、庞泉沟国家级自然保护区、交城县、黎城县、黎城县、黎城县、泽州县、阳城县、蟒河国家级自然保护区和历山国家级自然保护区的萱草 *H. fulva* (Linn.) Linn. collected from Wutai County, Taiyuan City, Taigu County, Jiaocheng County, Jiaocheng County, Pangquanguo National Nature Reserve, Jiaocheng County, Licheng County, Licheng County, Licheng County, Licheng County, Zezhou County, Yangcheng County, Yangcheng County, Manghe National Nature Reserve and Lishan National Nature Reserve, respectively.

图3 基于表型性状的山西省萱草属野生资源聚类图
Fig. 3 Dendrogram of wild resources of *Hemerocallis* Linn. in Shanxi Province based on phenotypic traits

3 讨 论

3.1 山西省萱草属野生资源表型性状的差异分析

表型性状是植物一切外部性状的综合,是植物适应环境变异最直接的表现^[14]。表型性状的鉴定和描述是种质资源研究最基本的方法和途径^[15]。研究表明,变异系数可反映群体包含目标性状优良个体的几率^[16-18]。当变异系数大于 10% 时,说明样本间差异较大^[19]。本研究中,18 个数量性状变异系数的变幅为 15.89%~80.00%,6 个质量性状变异系数的变幅为 18.27%~38.55%,均大于 10%,说明供试萱草属野生资源的形态变异较为丰富,具有丰富的表型多样性,可以为萱草属新品种选育提供丰富的亲本材料。数量性状中,花梗长的变异系数最大(高达 80.00%),变幅为 0.1~1.5 cm,其次为单花序着花量和花序长,变异系数分别为 40.00% 和 39.26%,说明这 3 个表型性状具有较高的多样性;而花径、内花被片长和外花被片长的变异系数相对较小,说明花径和花被片长的遗传稳定性相对较好,且花径的变异系数与内外花被片长接近,这与李森等^[12]对萱草观赏性状变异的研究结果一致。质量性状的差异主要在于花色和株型,变异系数分别为 38.55% 和 37.76%,二次开花相对稳定,变异系数仅 18.27%,28 份材料中仅有 1 份材料二次开花。此外,调查中未发现微型花资源及小黄花菜的资源,有待进一步收集保存。

3.2 山西省萱草属野生资源表型性状的主成分分析和聚类分析

主成分分析结果显示:萱草属野生资源 24 个表型性状前 5 个主成分的累计贡献率达到 83.169%,可以反映供试萱草属材料的基本特征。第 1 主成分主要反映植株整体形态特征,第 2 和第 4 主成分主要反映单朵花及花序形态特征,第 3 和第 5 主成分主要反映花期、花梗长和花色特征。总体上看,与植株整体形态特征相关的表型性状(包括花葶长、叶长、株型和花序长)是造成萱草属野生资源表型差异的主要因子;其次为单朵花、花序形态特征、花期和花色特征,这些表型性状也是影响萱草属野生资源表型多样性的关键性状。本结果与黎海利^[20]对 7 份萱草属部分野生种及 83 份栽培品种进行形态性状的主成分分析结果基本一致。

聚类分析结果显示:供试山西省萱草属 28 份材

料分为3组,组Ⅰ主要为北萱草,这些材料的共同特征是单瓣,花色为黄色或橙色,花期早,部分材料具有二次开花特性,可作为选育早花或多次开花萱草新品种的优良资源;组Ⅱ均为黄花菜,这些材料的共同特征是单瓣,花色为黄色,以食用为主,可作为选育优质高产黄花菜新品种的优良资源;组Ⅲ主要为萱草,这些材料的共同特征是单瓣或重瓣,花色为红色或橙色,观赏价值高,主要用于园林绿化。聚类分析结果表明同种的材料基本聚为一类,与三维主成分散点图的结果基本吻合,较好地反映了种间的遗传差异。说明运用表型性状可以有效鉴别山西省萱草属野生资源。

利用表型性状的相关性可以提高选择效率,加快育种的进程^[21]。本文中,萱草属28份材料大部分表型性状间既相互促进又相互制约。可根据园林用途、观赏目标和食用价值对萱草资源进行定向筛选,针对萱草杂交育种有目的地进行种质资源的优化组合,最终培育出适合不同利用价值的萱草新品种。

3.3 萱草属野生资源的开发利用和展望

丰富的种质资源可为植物新品种选育提供良好的遗传基础^[22]。由于长期进行品种间杂交和秋水仙素加倍,萱草已长期没有新的基因融入,品种间的遗传差异已经越来越小^[23]。本项目组通过对山西省萱草属野生资源调查发现,萱草属野生资源的表型性状具有丰富的多样性,植株间变异较大。萱草属野生资源具有优异的抗寒抗旱^[24]、早花或晚花、多次开花等特性,具有很大的利用价值,本文报道的山西省北萱草资源在萱草育种中很少被利用^[6],可以根据园林用途的不同对萱草属资源进行定向筛选,充分利用这些资源培育出更多具有自主知识产权的萱草新品种。

参考文献:

- [1] 张世杰,张志国. 萱草属植物的起源、分布、分类及应用[J]. 园林, 2018(5): 5-9.
- [2] 董文珂,刘 辉. 萱草属商业育种的进展与趋势[J]. 中国观赏园艺研究进展, 2015: 29-35.
- [3] 陈俊愉. 中国花卉品种分类学[M]. 北京: 中国林业出版社, 2001: 232-235.
- [4] 李金霞,储博彦,尹新彦,等. 萱草属植物育种研究进展[J]. 北方园艺, 2017(10): 192-197.
- [5] 王黎明,焦少杰,姜艳喜,等. 不同来源甜高粱种质资源的表型遗传多样性分析[J]. 植物遗传资源学报, 2014, 15(2): 411-416.
- [6] 朱云华. 萱草属(*Hemerocallis* spp.)种质资源亲缘关系及种内杂交新种质选择[D]. 南京: 南京林业大学林学院, 2010: 1-132.
- [7] 黎海利,董 丽. 萱草部分野生种和栽培品种亲缘关系的 AFLP 分析[J]. 园艺学报, 2009, 36(8): 1203-1208.
- [8] 任 毅,高亦珂,朱 琳,等. 萱草属种质资源多样性研究进展[J]. 北方园艺, 2016(16): 188-193.
- [9] 山西植物志编辑委员会. 山西植物志: 第五卷[M]. 北京: 中国科学技术出版社, 2004: 367-373.
- [10] ZHANG C, CAO D, KANG L, et al. Ploidy variation and karyotype analysis in *Hemerocallis* spp. (Xanthorrhoeaceae) and implications on daylily breeding[J]. New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science, 2014, 42(3): 183-193.
- [11] CAO D M, ZHANG C, ZHANG X C, et al. Genetic diversity of wild daylily in Taihang Mountain areas based on ISSR markers[J]. Acta Horticulturae, 2013, 977: 299-306.
- [12] 李 森,史青青,侯非凡,等. 萱草属种质资源主要观赏性状的多样性分析[J]. 山西农业大学学报(自然科学版), 2016, 36(9): 619-627.
- [13] 金立敏,张文婧,周玉珍. 萱草属大花萱草形态性状描述标准和观测记载方法[J]. 安徽农业科学, 2011, 39(3): 1292-1294.
- [14] 严学兵,周 禾,王 堃,等. 披碱草属植物形态多样性及其主成分分析[J]. 草地学报, 2005, 13(2): 111-116.
- [15] 徐东旭,姜翠棉,宗绪晓. 蚕豆种质资源形态标记遗传多样性分析[J]. 植物遗传资源学报, 2010, 11(4): 399-406.
- [16] 陈艳丽,田承华,田怀东. 国内外高粱种质资源形态性状与农艺性状的多样性分析[J]. 山西农业科学, 2015, 43(4): 378-382.
- [17] 董胜君,王若溪,张皓凯,等. 不同种源东北杏果实表型性状多样性分析[J]. 植物资源与环境学报, 2020, 29(6): 42-50.
- [18] 苏 上,李振坚,倪建伟,等. 山桐子果穗和果实性状多样性分析[J]. 植物资源与环境学报, 2021, 30(2): 35-44.
- [19] 吕 伟,韩俊梅,任果香,等. 山西芝麻种质资源遗传多样性分析[J]. 作物杂志, 2019(5): 57-63.
- [20] 黎海利. 萱草属部分种和栽培品种资源调查及亲缘关系研究[D]. 北京: 北京林业大学园林学院, 2008: 1-95.
- [21] 芮文婧,王晓敏,张倩男,等. 番茄353份种质资源表型性状遗传多样性分析[J]. 园艺学报, 2018, 45(3): 561-570.
- [22] 俞信英,沈晓岚,李鲁峰,等. 浙江省沿海地区芝麻地方品种的表型遗传多样性[J]. 浙江农业科学, 2015, 56(5): 748-751.
- [23] 何 琦,高亦珂,高淑滢. 萱草育种研究进展[J]. 黑龙江农业科学, 2011(3): 137-139.
- [24] 贾民隆,张晓纲,梁 峥,等. 20个不同品系萱草的耐旱性筛选与评价[J]. 种子, 2021, 40(6): 90-95.

(责任编辑:郭严冬)