

# 甘肃省张掖市野生沙枣的表型多样性及观赏性分析

曾邳涵, 李庆卫<sup>①</sup>, 遆羽静  
(北京林业大学园林学院, 北京 100081)

**摘要:** 在甘肃省张掖市选择野生沙枣(*Elaeagnus angustifolia* Linn.)集中分布的4个样点,以果色、叶色和株形为标准初选出40株样株,比较了各样株15个表型性状的变异性和多样性,同时通过相关性分析、主成分分析和聚类分析探讨了沙枣表型性状的关联性和观赏特性。结果表明:沙枣的果实颜色、叶表颜色、叶背颜色和树冠圆整度4个质量性状,以及果实纵径、果实横径、果形指数、叶长、叶宽、叶形指数、株高、冠幅、枝下高、分枝角度和分枝数11个数量性状均有不同程度差异。从质量性状的分布频度看,果色以橙红色为主,叶色较浅且株形较为杂乱;11个数量性状的变异系数(CV)均值为27.03%,以果实横径的CV值最小(10.29%)、枝下高的CV值最大(104.77%),总体上与株形相关性状的CV值均较大。质量性状的Shannon-Weaver多样性指数( $H'$ )均值为1.19,以叶表颜色的 $H'$ 值最大(1.34)、树冠圆整度的 $H'$ 值最小(1.00);数量性状的 $H'$ 均值为2.76,以叶形指数的 $H'$ 值最大(3.58)、分枝数的 $H'$ 值最小(1.58);数量性状的 $H'$ 值均高于质量性状。4个质量性状间,仅果实颜色与叶表颜色呈显著( $P<0.05$ )负相关;11个数量性状间多数性状无显著相关性,但果实纵径和果实横径与果形指数、叶长和叶宽与叶形指数、冠幅和枝下高与分枝数均存在显著或极显著( $P<0.01$ )相关性;质量性状与多数数量性状间无显著相关性,仅果实颜色与果实横径和果形指数分别呈极显著正相关和极显著负相关,树冠圆整度与冠幅呈显著正相关。主成分分析结果表明:前6个主成分的累计贡献率达76.98%,基本能反映沙枣表型性状特征,包括与果实、叶片和株形有关的大部分性状。聚类分析结果表明:在欧氏距离20处,40株样株分为3组,分别包含18、12和10株样株;在欧氏距离11处,组I和组III又各自分为2个亚组;总体上看,组I样株的树冠较圆整,株高和枝下高均较高,果实颜色鲜艳;组II样株的树冠圆整且树冠大,枝下高较低,多呈大灌木状,叶片圆而宽,叶背颜色更偏银白;组III样株的树冠较为杂乱,果实和叶片狭长,叶色更偏银白。综合分析结果显示:沙枣的表型性状变异丰富,多样性较高。根据果实(颜色、大小和形状)、叶片(颜色、大小和形状)和株形(树冠圆整度、枝下高、分枝数和冠幅)相关性状可对沙枣的观赏性进行评估。

**关键词:** 沙枣; 表型性状; 多样性指数; 聚类分析; 主成分分析; 观赏价值

中图分类号: Q944.5; S793.9 文献标志码: A 文章编号: 1674-7895(2021)04-0012-10  
DOI: 10.3969/j.issn.1674-7895.2021.04.02

**Analysis on phenotypic diversity and ornamental of wild *Elaeagnus angustifolia* from Zhangye City of Gansu Province** ZENG Zhihan, LI Qingwei<sup>①</sup>, TI Yujing (School of Landscape Architecture, Beijing Forestry University, Beijing 100081, China), *J. Plant Resour. & Environ.*, 2021, 30(4): 12-21

**Abstract:** 4 sampling plots in concentrated distribution of *Elaeagnus angustifolia* Linn. were selected in Zhangye City of Gansu Province, and 40 sampling trees were preliminarily selected by using fruit color, leaf color and plant shape as criteria. Variability and diversity of 15 phenotypic traits of each sampling tree were compared, and the correlations of phenotypic traits and ornamental traits of *E. angustifolia* were

收稿日期: 2021-01-29

基金项目: 北京林业大学建设世界一流学科和特色发展引导专项资金项目(2019XKJS0324); 北京园林绿化增彩延绿科技创新工程(2019-KJC-02-10)

作者简介: 曾邳涵(1998—),女,四川宜宾人,硕士研究生,主要从事园林植物资源遗传育种方面的研究。

<sup>①</sup>通信作者 E-mail: Lqw6809@bjfu.edu.cn

引用格式: 曾邳涵, 李庆卫, 遆羽静. 甘肃省张掖市野生沙枣的表型多样性及观赏性分析[J]. 植物资源与环境学报, 2021, 30(4): 12-21.

investigated by using correlation analysis, principal component analysis and cluster analysis. The results show that there are different degrees of differences in 4 qualitative traits (namely fruit color, leaf surface color, leaf back color and crown roundness) and 11 quantitative traits (namely fruit vertical diameter, fruit horizontal diameter, fruit shape index, leaf length, leaf width, leaf shape index, plant height, crown diameter, under-branch height, branching angle and branching number) of *E. angustifolia*. Concerning the distribution frequency of qualitative traits, the fruit color is mainly orange red, the leaf color is relatively light, and the plant shape is relatively in disorder; the average of coefficient of variation (*CV*) of 11 quantitative traits is 27.03%, the *CV* value of fruit horizontal diameter is the smallest (10.29%), and that of under-branch height is the largest (104.77%), and overall, the *CV* values of traits related to plant shape are relatively large. The average of Shannon-Weaver diversity index (*H'*) of qualitative traits is 1.19, the *H'* value of leaf surface color is the largest (1.34), and that of crown roundness is the smallest (1.00); the average of *H'* value of quantitative traits is 2.76, the *H'* value of leaf shape index is the largest (3.58), and that of branching number is the smallest (1.58); the *H'* values of quantitative traits are higher than those of qualitative traits. Among 4 qualitative traits, only fruit color shows a significant ( $P < 0.05$ ) negative correlation with leaf surface color; there are no significant correlations among most traits of 11 quantitative traits, but there are significant or extremely significant ( $P < 0.01$ ) correlations of fruit vertical diameter and fruit horizontal diameter with fruit shape index, leaf length and leaf width with leaf shape index, and crown diameter and under-branch height with branching number; there are no significant correlations of qualitative traits with most quantitative traits, only fruit color shows extremely significant positive and extremely negative correlations with fruit horizontal diameter and fruit shape index, respectively, and crown roundness shows a significant positive correlation with crown diameter. The principal component analysis result shows that the cumulative contribution rate of the first 6 principal components reaches 76.98%, which can basically reflect the phenotypic traits of *E. angustifolia*, including most traits associated with fruit, leaf and plant shape. The cluster analysis result shows that 40 sampling trees can be divided into 3 groups at Euclidean distance of 20, which contain 18, 12 and 10 sampling trees, respectively; and group I and group III can be divided into 2 subgroups at Euclidean distance of 11, respectively; on the whole, the crown of sampling trees in group I is relatively round, the plant height and under-branch height are relatively high, and the fruit color is bright; the crown of sampling trees in group II is round and big, the under-branch height is relatively low, most of them show a large shrubby shape, the leaf is round and wide, and the leaf back color tends to be silver white; the crown of sampling trees in group III is relatively in disorder, the fruit and leaf are long and narrow, and the leaf color tends to be silver white. The comprehensive analysis result shows that the variations of phenotypic traits of *E. angustifolia* are rich with a relatively high diversity. The ornamental of *E. angustifolia* can be evaluated according to related traits of fruit (color, size and shape), leaf (color, size and shape) and plant shape (crown roundness, under-branch height, branching number and crown diameter).

**Key words:** *Elaeagnus angustifolia* Linn.; phenotypic trait; diversity index; cluster analysis; principal component analysis; ornamental value

沙枣(*Elaeagnus angustifolia* Linn.)隶属于胡颓子科(Elaeagnaceae),为落叶乔木或灌木<sup>[1-2]</sup>,主要分布在甘肃、宁夏、新疆和内蒙古西部等西北各省(自治区),在华北北部和东北西部也有少量分布<sup>[3]</sup>,多生长于荒漠和半荒漠地区。沙枣具有较强的抗逆性,耐旱、耐寒、耐瘠薄、耐盐碱,适应性强,在西北地区是具有良好生态效益的防风固沙植物,对干旱地区的生态系统保护具有重要作用。沙枣还具有较高的观赏价值,叶偏银白色,果实橙黄色至红色、果量大,自然生长的沙枣单株独立生长时呈乔木状,而大量成片生长

时会形成密集的灌木丛或疏林<sup>[4]</sup>,是园林绿化中不可多得的银白色叶观赏植物。同时,沙枣的枝、叶、花和果均具有开发利用价值,经济价值较高。因此,沙枣具有广阔的开发应用前景。

国外学者多将沙枣作为具有较高造林潜力的绿化树种加以研究<sup>[5]</sup>;同时,由于沙枣的强适应性,也有学者将沙枣作为具有入侵性的外来树种,对其遗传多样性进行研究以防止生物入侵<sup>[4]</sup>;此外,在沙枣的固氮作用等方面也进行了相关研究<sup>[6]</sup>。国内学者对沙枣的研究主要集中在造林、抗逆性、活性成分提取

纯化及成分应用分析和生理生化等方面<sup>[7-10]</sup>,且总体上看,对沙枣的研究偏重于食用、药用和生态价值等方面,但目前对沙枣的观赏性仅有初步了解<sup>[11]</sup>,不利于沙枣观赏价值的进一步挖掘。

土壤盐碱化使大量土壤资源难以被利用<sup>[12]</sup>,而沙枣兼具良好的耐盐碱性和观赏性,适宜用于盐碱地区园林绿化,目前在对沙荒地和盐碱地引种栽培沙枣已有一些报道<sup>[13]</sup>,筛选出观赏价值较高的沙枣用于盐碱地区的园林绿化,有利于盐碱地区绿化环境的改善和美化。鉴于此,作者在甘肃省张掖市野生沙枣主要集中分布区内选择4个样点,对与果实、叶片和株形相关的15个表型性状进行观测和统计,并据此对沙枣单株的观赏性进行分析,以期对沙枣观赏性状评价体系的建立以及观赏型沙枣品种的定向选育提供基础研究数据。

## 1 研究地概况和研究方法

### 1.1 研究地概况

研究地位于甘肃省张掖市,具体地理坐标为东经 $100^{\circ}27' \sim 100^{\circ}33'$ 、北纬 $38^{\circ}56' \sim 38^{\circ}58'$ ,海拔1460~1500 m;年均降水量131 mm,年均气温 $7^{\circ}\text{C}$ ;夏季短而酷热,冬季长而严寒,干旱少雨,降水分布不均,昼夜温差大;风能、太阳能资源丰富。研究区内的沙枣林多分布在市郊,也有部分沙枣林分布在市区的公园中,这些区域多土壤干旱,立地条件差。市郊沙枣林多作为国道和农田等的防护林,公园中也多为大片防护林,呈自然生长状态,沙枣林中几乎无其他乔木或灌木,仅有野生的草本地被。

在研究区内选择4个沙枣集中分布的样点,分别为甘州区许家庄(东经 $100^{\circ}28'33''$ 、北纬 $38^{\circ}58'31''$ ,海拔1467 m)、润泉湖公园(东经 $100^{\circ}28'06''$ 、北纬 $38^{\circ}57'04''$ ,海拔1479 m)、九龙江林场(东经 $100^{\circ}33'36''$ 、北纬 $38^{\circ}56'36''$ ,海拔1500 m)和张掖国家湿地公园(东经 $100^{\circ}27'04''$ 、北纬 $38^{\circ}58'32''$ ,海拔1460 m)。

### 1.2 研究方法

1.2.1 沙枣样株筛选 在2019年10月,于沙枣果实成熟期对4个样点自然生长的沙枣林进行野外调查,并参考文献<sup>[14-16]</sup>的方法,针对沙枣的观赏特性和园林绿化需求,制定沙枣单株初筛指标和评分标准,包括果色、叶色和株形3个方面,分别占30、40和30

分。具体评分标准如下:1)果色分为黄白色、橙黄色和偏红色,依次给予1~10、11~20和21~30分。2)叶色包括叶表颜色和叶背颜色,均依据深浅评分,其中,叶表颜色分为深、较浅和浅,依次给予1~7、8~13和14~20分;叶背颜色也分为深、较浅和浅,依次给予1~7、8~13和14~20分。3)株形根据树冠圆整度评分,分为树冠杂乱、树冠较圆整和树冠圆整,依次给予1~10、11~20和21~30分。

根据上述标准,采用肉眼观测的方法初步筛选出40株沙枣单株作为样株,编号ZY1至ZY40,各样株的评分值见表1。

1.2.2 单株表型性状观测 在每株样株上分别随机选取10枚果实和10枚叶片进行表型性状观测,分为质量性状和数量性状,包括果实、叶片和株形相关的表型性状。

质量性状包括果色、叶表颜色、叶背颜色和树冠圆整度。由于沙枣没有种质资源描述规范和数据标准,因此,采用分级赋值法进行记录,分级标准如下:1)果色分为黄白色、橙黄色、橙红色和红色,分别对应1、2、3和4级。2)叶表颜色分为灰橄榄绿色(greyish olive green, NN137A)、灰橄榄绿色(greyish olive green, NN137B)、灰橄榄绿色(greyish olive green, NN137C)、灰橄榄绿色(greyish olive green, NN137D)和灰黄绿色(greyish yellow green, 191A),分别对应1、2、3、4和5级。3)叶背颜色分为灰黄绿色(greyish yellow green, 191A)、灰黄绿色(greyish yellow green, 191B)、灰黄绿色(greyish yellow green, 194B)、苍绿色(pale green, 190B)和浅灰色(light grey, 191C),分别对应1、2、3、4和5级。4)树冠圆整度分为树冠杂乱、树冠较圆整和树冠圆整,分别对应1、2和3级。叶表和叶背颜色用英国皇家园林协会RHS植物比色卡测定,并记录颜色色值编号。每株样株的10枚果实(叶片)中呈现最多的果色(叶表颜色、叶背颜色)分级代表该样株的质量性状分级。

数量性状包括果实纵径(果实纵轴长度)、果实横径(果实横轴长度)、果形指数(果实纵径与果实横径的比值)、叶长(叶片基部至叶尖的距离)、叶宽(叶片最宽处的宽度)、叶形指数(叶长与叶宽的比值)、株高(植株顶部至地表的距离)、冠幅(树冠南北和东西方向直径的均值)、枝下高(第1大枝基部至地面的距离)、分枝角度(主枝与主干间的张开角度)和分枝数(主枝数量)。每株样株各指标均重复测量10

表1 甘肃省张掖市40株沙枣样株的果色、叶色和株形评分值

Table 1 The scores of fruit color, leaf color and plant shape of 40 sampling trees of *Elaeagnus angustifolia* Linn. from Zhangye City of Gansu Province

样株编号 <sup>1)</sup> No. of sampling tree <sup>1)</sup>	株龄/a Age	评分值 Score				总计 Total	样株编号 <sup>1)</sup> No. of sampling tree <sup>1)</sup>	株龄/a Age	评分值 Score				总计 Total
		果色 <sup>2)</sup> Fruit color <sup>2)</sup>	叶色 <sup>3)</sup> Leaf color <sup>3)</sup>	株形 <sup>4)</sup> Plant shape <sup>4)</sup>					果色 <sup>2)</sup> Fruit color <sup>2)</sup>	叶色 <sup>3)</sup> Leaf color <sup>3)</sup>	株形 <sup>4)</sup> Plant shape <sup>4)</sup>		
ZY1	20-40	23	25	9	57	ZY21	20-40	23	36	9	68		
ZY2	20-40	22	20	11	53	ZY22	20-40	23	18	10	51		
ZY3	20-40	23	19	9	51	ZY23	20-40	29	33	19	81		
ZY4	20-40	29	19	11	59	ZY24	20-40	23	13	12	48		
ZY5	10-20	23	29	22	74	ZY25	20-40	30	24	11	65		
ZY6	10-20	15	25	21	61	ZY26	20-40	30	18	12	60		
ZY7	10-20	16	36	17	69	ZY27	20-40	22	33	15	70		
ZY8	10-20	14	30	18	62	ZY28	20-40	15	22	10	47		
ZY9	10-20	23	18	28	69	ZY29	20-40	23	23	24	70		
ZY10	10-20	23	15	24	62	ZY30	20-40	22	19	28	69		
ZY11	10-20	23	32	15	70	ZY31	20-40	29	22	26	77		
ZY12	10-20	22	23	13	58	ZY32	20-40	28	20	27	75		
ZY13	10-20	30	33	13	76	ZY33	10-20	23	15	9	47		
ZY14	10-20	15	36	29	80	ZY34	10-20	7	33	9	49		
ZY15	10-20	22	24	27	73	ZY35	10-20	15	33	28	76		
ZY16	10-20	23	20	25	68	ZY36	10-20	30	14	21	65		
ZY17	10-20	8	22	22	52	ZY37	10-20	7	22	15	44		
ZY18	10-20	15	28	20	63	ZY38	10-20	22	21	20	63		
ZY19	10-20	15	19	15	49	ZY39	10-20	15	16	15	46		
ZY20	10-20	22	19	25	66	ZY40	10-20	23	13	17	53		

<sup>1)</sup> ZY1-ZY4: 收集自甘州区许家庄 Collected from Xujia Village of Ganzhou District; ZY5-ZY15: 收集自润泉湖公园 Collected from Runquanhu Park; ZY16-ZY20, ZY34-ZY40: 收集自九龙江林场 Collected from Jiulongjiang Forest Farm; ZY21-ZY33: 收集自张掖国家湿地公园 Collected from Zhangye National Wetland Park.

<sup>2)</sup> 果色分为黄白色(1~10分)、橙黄色(11~20分)和偏红色(21~30分) The fruit color can be divided into yellow white (1-10 points), orange yellow (11-20 points) and reddish (21-30 points), respectively.

<sup>3)</sup> 叶色评分值为叶表颜色和叶背颜色的总分,二者均分为深(1~7分)、较浅(8~13分)和浅(14~20分) The score of leaf color is the total points of leaf surface color and leaf back color, both can be divided into dark (1-7 points), relatively light (8-13 points) and light (14-20 points), respectively.

<sup>4)</sup> 株形根据树冠圆整度评分,分为树冠杂乱(1~10分)、树冠较圆整(11~20分)和树冠圆整(21~30分) According to the crown roundness score, the plant shape can be divided into disorderly crown (1-10 points), relatively round crown (11-20 points) and round crown (21-30 points), respectively.

次,结果取平均值。用游标卡尺(精度0.01 cm)测量果实纵径、果实横径、叶长和叶宽;用卷尺(精度0.1 cm)测量株高、冠幅和枝下高;用量角器(精度1°)测量分枝角度。

### 1.3 数据处理和分析

质量性状的分布频度以某一级别性状出现的样株数与总样株数的百分比表示;数量性状计算最大值、最小值、平均值、标准差和变异系数,并计算各质量性状和数量性状的 Shannon-Weaver 多样性指数( $H'$ )<sup>[17]</sup>。

利用 SPSS 22.0 软件进行单因素方差分析、Pearson 相关性分析、主成分分析以及 Ward 法聚类分析。在主成分分析和聚类分析前对获得的数量性状数据进行分级标准化转换,根据总平均数( $\bar{X}$ )和标准

差( $SD$ )分为10级,其中,1级小于 $\bar{X}-2SD$ ,10级大于 $\bar{X}+2SD$ ,中间每级差 $0.5SD$ 。

## 2 结果和分析

### 2.1 沙枣表型性状的变异及多样性

2.1.1 质量性状的变异及多样性 甘肃省张掖市沙枣4个质量性状的分布频度和各性状的 Shannon-Weaver 多样性指数( $H'$ )见表2。

由表2可见,沙枣的果实颜色、叶表颜色和叶背颜色以及树冠圆整度的分布频度存在不同程度的差异。其中,果实颜色为3级的样株数量占比达50.0%,说明沙枣样株的果实颜色以橙红色为主,果实颜色总体较美观;叶表颜色和叶背颜色为3和4级



表2 甘肃省张掖市沙枣4个质量性状的分布频度和 Shannon-Weaver 多样性指数

Table 2 Distribution frequency and Shannon-Weaver diversity index of 4 qualitative traits of *Elaeagnus angustifolia* Linn. from Zhangye City of Gansu Province

质量性状 Qualitative trait	各级别分布频度/% <sup>1)</sup> Distribution frequency of each grade <sup>1)</sup>					Shannon-Weaver 多样性指数 Shannon-Weaver diversity index
	1	2	3	4	5	
果实颜色 Fruit color	7.5	22.5	50.0	20.0		1.20
叶表颜色 Leaf surface color	5.0	10.0	42.5	32.5	10.0	1.34
叶背颜色 Leaf back color	5.0	2.5	20.0	52.5	20.0	1.22
树冠圆整度 Crown roundness	55.0	22.5	22.5			1.00

<sup>1)</sup> 果实颜色分为黄白色、橙黄色、橙红色和红色,分别对应1、2、3和4级 The fruit color can be divided into yellow white, orange yellow, orange red and red, corresponding to grade 1, 2, 3 and 4, respectively; 叶表颜色分为灰橄榄绿色(NN137A)、灰橄榄绿色(NN137B)、灰橄榄绿色(NN137C)、灰橄榄绿色(NN137D)和灰黄绿色(191A),分别对应1、2、3、4和5级 The leaf surface color can be divided into greyish olive green (NN137A), greyish olive green (NN137B), greyish olive green (NN137C), greyish olive green (NN137D) and greyish yellow green (191A), corresponding to grade 1, 2, 3, 4 and 5, respectively; 叶背颜色分为灰黄绿色(191A)、灰黄绿色(191B)、灰黄绿色(194B)、苍绿色(190B)和浅灰色(191C),分别对应1、2、3、4和5级 The leaf back color can be divided into greyish yellow green (191A), greyish yellow green (191B), greyish yellow green (194B), pale green (190B) and light grey (191C), corresponding to grade 1, 2, 3, 4 and 5, respectively; 树冠圆整度分为树冠杂乱、树冠较圆整和树冠圆整,分别对应1、2和3级 The crown roundness can be divided into disorderly crown, relatively round crown and round crown, corresponding to grade 1, 2 and 3, respectively.

的样株数量占比均大于70%,说明大部分沙枣样株的叶色较浅;树冠圆整度为1级的样株数量占比达55.0%,说明沙枣样株的株形较为杂乱。

由表2还可见:4个质量性状的 $H'$ 值为1.00~1.34,均值为1.19。其中,叶表颜色的 $H'$ 值最大(1.34),且叶表颜色的 $H'$ 值大于叶背颜色,说明叶表颜色比叶背颜色的表型多样性更高;果实颜色的 $H'$ 值为1.20,树冠圆整度的 $H'$ 值最小(1.00)。总体上看,沙枣的4个质量性状均具有较高的表型多样性。

2.1.2 数量性状的变异及多样性 甘肃省张掖市沙枣11个数量性状的统计分析结果和 Shannon-Weaver 多样性指数见表3。

由表3可见,沙枣的果实纵径、果实横径、果形指数、叶长、叶宽、叶形指数、株高、冠幅、枝下高、分枝角度和分枝数的变幅分别为1.45~2.15 cm、1.10~1.65 cm、1.10~1.65、4.43~7.21 cm、1.29~3.13 cm、1.82~4.29、400.0~1 230.0 cm、295.0~790.0 cm、0.0~443.0

cm、30.0°~70.0°和1.0~5.0。各性状也存在丰富的表型变异,变异系数为10.29%~104.77%,均值为27.03%。其中,枝下高的变异系数最大(104.77%),分枝数的变异系数也较大(51.92%),二者的变异系数明显大于其余性状;果实横径的变异系数最小(10.29%),果实纵径、果形指数和叶长的变异系数也较小,分别为10.55%、10.50%和12.60%。总体上看,与果实形状相关的表型性状变异系数均较小,而与株形相关的表型性状变异系数均较大。

由表3还可见:11个数量性状的 $H'$ 值为1.58~3.58,均值为2.76。其中,叶形指数的 $H'$ 值最大(3.58);冠幅、叶长、果形指数、株高和叶宽的 $H'$ 值也较大,分别为3.40、3.36、3.25、3.22和3.07;而分枝数的 $H'$ 值最小(1.58)。

总体上看,沙枣的11个数量性状均具有较高的表型多样性,且其数量性状的表型多样性均高于其质量性状。

表3 甘肃省张掖市沙枣11个数量性状的统计量、变异系数和 Shannon-Weaver 多样性指数<sup>1)</sup>Table 3 Statistic, coefficient of variation and Shannon-Weaver diversity index of 11 quantitative traits of *Elaeagnus angustifolia* Linn. from Zhangye City of Gansu Province<sup>1)</sup>

统计量 Statistic	$D_{FV}$ /cm	$D_{FH}$ /cm	FSI	$L_L$ /cm	$b_L$ /cm	LSI	$h_1$ /cm	$D_C$ /cm	$h_2$ /cm	$\theta$ /(°)	N
最小值 Minimum	1.45	1.10	1.10	4.43	1.29	1.82	400.0	295.0	0.0	30.0	1.0
最大值 Maximum	2.15	1.65	1.65	7.21	3.13	4.29	1 230.0	790.0	443.0	70.0	5.0
均值 Average	1.78	1.35	1.33	5.80	2.14	2.78	718.8	480.1	145.7	47.4	2.8
标准差 Standard deviation	0.19	0.14	0.14	0.73	0.38	0.53	165.8	127.0	152.6	9.5	1.4
$CV/\%$	10.55	10.29	10.50	12.60	17.97	19.01	23.07	26.45	104.77	20.07	51.92
$H'$	2.42	2.34	3.25	3.36	3.07	3.58	3.22	3.40	1.98	2.14	1.58

<sup>1)</sup>  $D_{FV}$ : 果实纵径 Fruit vertical diameter;  $D_{FH}$ : 果实横径 Fruit horizontal diameter; FSI: 果形指数 Fruit shape index;  $L_L$ : 叶长 Leaf length;  $b_L$ : 叶宽 Leaf width; LSI: 叶形指数 Leaf shape index;  $h_1$ : 株高 Plant height;  $D_C$ : 冠幅 Crown diameter;  $h_2$ : 枝下高 Under-branch height;  $\theta$ : 分枝角度 Branching angle; N: 分枝数 Branching number.  $CV$ : 变异系数 Coefficient of variation;  $H'$ : Shannon-Weaver 多样性指数 Shannon-Weaver diversity index.

2.2 沙枣表型性状的相关性

对甘肃省张掖市沙枣的质量性状和数量性状进行相关性分析, 获得的相关系数见表 4。结果显示: 在 4 个质量性状间, 仅果实颜色与叶表颜色呈显著 ( $P<0.05$ ) 负相关, 相关系数为 -0.360。在 11 个数量性状间, 有 16 对数量性状具有极显著 ( $P<0.01$ ) 或显著相关性。其中, 果实纵径与果实横径和果形指数、果形指数与叶长和叶形指数以及株高与枝下高均呈极显著正相关, 相关系数分别为 0.506、0.504、0.517、0.600 和 0.547; 果实横径与果形指数和叶形指数、叶长与株高和枝下高、叶宽与叶形指数以及枝下高与分枝数均呈极显著负相关, 相关系数分别为 -0.486、-0.444、-0.428、-0.467、-0.756 和 -0.494; 果实横径与分枝角度、叶长与叶形指数、叶宽与分枝数以及冠

幅与分枝数均呈显著正相关, 相关系数分别为 0.338、0.401、0.330 和 0.336; 果实横径与叶长呈显著负相关, 相关系数为 -0.382。

在 4 个数量性状与 11 个质量性状间, 仅有 3 对性状具有极显著或显著相关性。其中, 果实颜色与果实横径呈极显著正相关, 相关系数为 0.470; 果实颜色与果形指数呈极显著负相关, 相关系数为 -0.550; 树冠圆整度与冠幅呈显著正相关, 相关系数为 0.336。

2.3 沙枣表型性状的主成分分析

甘肃省张掖市沙枣 15 个表型性状的主成分分析结果见表 5。分析结果显示: 前 6 个主成分的特征值均大于 1, 累计贡献率达 76.98%, 表明前 6 个主成分能客观反映沙枣表型性状的基本特征。

第 1 主成分的贡献率为 21.64%, 其中果实颜色、

表 4 甘肃省张掖市沙枣表型性状间的相关系数<sup>1)</sup>

Table 4 Correlation coefficient among phenotypic traits of *Elaeagnus angustifolia* Linn. from Zhangye City of Gansu Province<sup>1)</sup>

性状 Trait	不同性状间的相关系数 Correlation coefficient among different traits														
	FC	LSC	LBC	CR	$D_{FV}$	$D_{FH}$	FSI	$L_L$	$b_L$	LSI	$h_1$	$D_C$	$h_2$	$\theta$	N
FC	1.000														
LSC	-0.360*	1.000													
LBC	-0.090	0.200	1.000												
CR	0.100	-0.120	0.250	1.000											
$D_{FV}$	-0.067	0.017	-0.244	-0.174	1.000										
$D_{FH}$	0.470**	-0.187	-0.010	-0.113	0.506**	1.000									
FSI	-0.550**	0.224	-0.258	-0.079	0.504**	-0.486**	1.000								
$L_L$	-0.249	0.059	-0.107	0.016	0.117	-0.382*	0.517**	1.000							
$b_L$	0.007	-0.051	0.070	-0.025	-0.072	0.192	-0.261	0.260	1.000						
LSI	-0.242	0.108	-0.109	0.027	0.147	-0.444**	0.600**	0.401*	-0.756**	1.000					
$h_1$	0.215	0.188	-0.250	-0.139	-0.145	0.108	-0.252	-0.156	-0.165	-0.165	1.000				
$D_C$	0.071	-0.012	0.083	0.336*	0.057	0.119	-0.077	-0.213	0.017	-0.147	0.238	1.000			
$h_2$	0.185	0.077	-0.179	0.153	-0.162	0.015	-0.181	-0.467**	-0.254	-0.150	0.547**	-0.198	1.000		
$\theta$	0.044	-0.017	-0.033	-0.017	0.279	0.338*	-0.061	-0.049	0.025	-0.011	0.019	0.121	-0.156	1.000	
N	-0.037	0.027	0.130	0.146	-0.120	0.032	-0.155	0.086	0.330*	-0.190	-0.169	0.336*	-0.494**	0.005	1.000

<sup>1)</sup> FC: 果实颜色 Fruit color; LSC: 叶表颜色 Leaf surface color; LBC: 叶背颜色 Leaf back color; CR: 树冠圆整度 Crown roundness;  $D_{FV}$ : 果实纵径 Fruit vertical diameter;  $D_{FH}$ : 果实横径 Fruit horizontal diameter; FSI: 果形指数 Fruit shape index;  $L_L$ : 叶长 Leaf length;  $b_L$ : 叶宽 Leaf width; LSI: 叶形指数 Leaf shape index;  $h_1$ : 株高 Plant height;  $D_C$ : 冠幅 Crown diameter;  $h_2$ : 枝下高 Under-branch height;  $\theta$ : 分枝角度 Branching angle; N: 分枝数 Branching number. \*:  $P<0.05$ ; \*\*:  $P<0.01$ .

表 5 甘肃省张掖市沙枣表型性状的主成分分析结果

Table 5 Result of principal component analysis on phenotypic traits of *Elaeagnus angustifolia* Linn. from Zhangye City of Gansu Province

主成分 Principal component	各性状的特征向量 Eigenvector of each trait								
	果实颜色 Fruit color	叶表颜色 Leaf surface color	叶背颜色 Leaf back color	树冠圆整度 Crown roundness	果实纵径 Fruit vertical diameter	果实横径 Fruit horizontal diameter	果形指数 Fruit shape index	叶长 Leaf length	叶宽 Leaf width
1	0.637	-0.257	0.115	0.085	-0.225	0.636	-0.876	-0.683	0.299
2	-0.089	-0.115	0.341	0.146	0.020	0.122	-0.107	0.386	0.680
3	0.158	-0.219	-0.449	-0.415	0.846	0.644	0.217	0.045	0.002
4	-0.012	0.177	0.230	0.514	0.201	0.079	0.107	-0.245	-0.458
5	-0.492	0.729	-0.046	-0.337	0.104	-0.007	0.128	-0.111	0.300
6	-0.112	0.301	0.687	-0.014	0.097	0.223	-0.130	-0.170	-0.115

续表5 Table 5 (Continued)

主成分 Principal component	各性状的特征向量 Eigenvector of each trait						特征值 Eigenvalue	贡献率/% Contribution rate	累计贡献率/% Cumulative contribution rate
	叶形指数 Leaf shape index	株高 Plant height	冠幅 Crown diameter	枝下高 Under-branch height	分枝角度 Branching angle	分枝数 Branching number			
1	-0.763	0.435	0.249	0.346	0.119	0.091	3.246	21.64	21.64
2	-0.327	-0.578	0.243	-0.774	0.130	0.694	2.393	15.95	37.59
3	0.029	-0.046	-0.034	-0.190	0.516	-0.161	1.958	13.06	50.65
4	0.305	0.144	0.738	-0.095	0.323	0.228	1.501	10.01	60.66
5	-0.320	0.418	0.152	0.066	0.075	0.140	1.348	8.99	69.65
6	0.020	-0.325	-0.393	0.025	0.240	-0.296	1.099	7.33	76.98

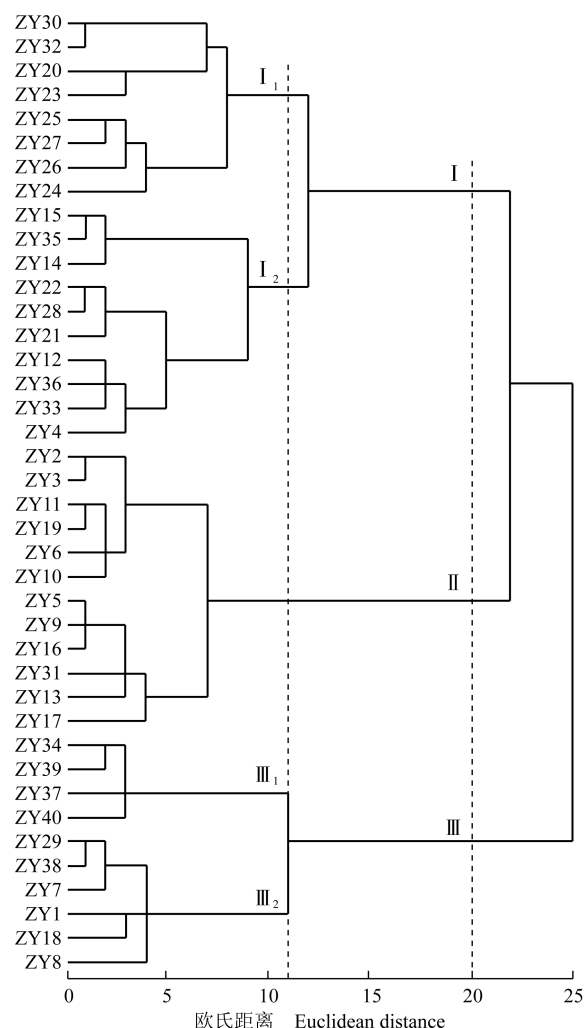
果实横径、果形指数、叶长和叶形指数的特征向量绝对值较大(大于0.63),主要反映果色、果形和叶形特征。第2主成分的贡献率为15.95%,其中叶宽、枝下高和分枝数的特征向量绝对值较大(大于或等于0.68),主要反映叶片及枝条生长相关特征。第3主成分的贡献率为13.06%,其中果实纵径和果实横径的特征向量绝对值较大(大于0.64),主要反映果实大小特征。第4主成分的贡献率为10.01%,其中树冠圆整度和冠幅的特征向量绝对值较大(大于0.51),主要反映树冠特征。第5和第6主成分的贡献率分别为8.99%和7.33%,分别以叶表颜色和叶背颜色的特征向量绝对值较大(分别为0.729和0.687),这2个主成分主要反映叶片颜色特征。

#### 2.4 供试沙枣样株的聚类分析

基于15个表型性状的观测结果对甘肃省张掖市40株沙枣样株进行聚类分析,结果见图1。依据聚类分析结果,对各组和各亚组的表型性状进行比较,结果见表6。

**2.4.1 聚类分析结果** 由图1可见:在欧氏距离20处,可将40株样株分为3组,组I包含18株样株,组II包含12株样株,组III包含10株样株。在欧氏距离11处,可进一步将组I和组III分为不同亚组,其中,组I可分为2个亚组I<sub>1</sub>和I<sub>2</sub>,分别包含8和10株样株;组III也可分为2个亚组III<sub>1</sub>和III<sub>2</sub>,分别包含4和6株样株。

**2.4.2 不同分组的表型性状比较** 由表6可见:组I包含样株的果实颜色、株高和枝下高的分级均值均明显高于组II和组III,树冠圆整度分级均值也较高,总体表现为树冠较圆整,株高和枝下高较高,果实颜色鲜艳。其中,亚组I<sub>1</sub>的总体特征为分枝角度大但分枝数量少,表现为树冠张开;亚组I<sub>2</sub>的总体特征为分枝角度小但分枝数量多,表现为树冠峭立。



ZY1-ZY4: 收集自甘州区许家庄 Collected from Xujia Village of Ganzhou District; ZY5-ZY15: 收集自润泉湖公园 Collected from Runquanhu Park; ZY16-ZY20, ZY34-ZY40: 收集自九龙江林场 Collected from Jiulongjiang Forest Farm; ZY21-ZY33: 收集自张掖国家湿地公园 Collected from Zhangye National Wetland Park.

图1 基于表型性状分析结果的甘肃省张掖市沙枣40株样株的聚类图

Fig. 1 Dendrogram of 40 sampling trees of *Elaeagnus angustifolia* Linn. from Zhangye City of Gansu Province based on result of phenotypic trait analysis

表6 基于聚类分析结果的甘肃省张掖市沙枣不同分组样株表型性状的均值

Table 6 Average of phenotypic traits of sampling trees in different groups of *Elaeagnus angustifolia* Linn. from Zhangye City of Gansu Province based on result of cluster analysis

分组 Group	各性状的分级均值 <sup>1)</sup> Grading average of each trait <sup>1)</sup>				果实纵径/cm Fruit vertical diameter	果实横径/cm Fruit horizontal diameter	果形指数 Fruit shape index
	果实颜色 Fruit color	叶表颜色 Leaf surface color	叶背颜色 Leaf back color	树冠圆整度 Crown roundness			
组 I Group I	3.2	3.3	3.7	1.8	1.72	1.36	1.26
亚组 I <sub>1</sub> Subgroup I <sub>1</sub>	3.5	3.1	3.5	1.9	1.81	1.47	1.23
亚组 I <sub>2</sub> Subgroup I <sub>2</sub>	2.9	3.4	3.9	1.8	1.64	1.27	1.30
组 II Group II	2.8	3.2	4.1	1.8	1.75	1.36	1.29
组 III Group III	2.2	3.6	3.6	1.3	1.94	1.32	1.48
亚组 III <sub>1</sub> Subgroup III <sub>1</sub>	1.7	3.7	2.5	1.0	1.96	1.21	1.62
亚组 III <sub>2</sub> Subgroup III <sub>2</sub>	2.5	3.5	4.3	1.5	1.93	1.38	1.39

分组 Group	叶长/cm Leaf length	叶宽/cm Leaf width	叶形指数 Leaf shape index	株高/cm Plant height	冠幅/cm Crown diameter	枝下高/cm Under-branch height	分枝角度/(°) Branching angle	分枝数 Branching number
组 I Group I	5.40	2.03	2.68	824.1	463.8	283.9	44.5	2.0
亚组 I <sub>1</sub> Subgroup I <sub>1</sub>	5.07	2.07	2.48	925.0	526.3	309.6	50.6	1.9
亚组 I <sub>2</sub> Subgroup I <sub>2</sub>	5.69	2.00	2.86	734.4	408.3	261.1	39.1	2.1
组 II Group II	6.06	2.54	2.41	648.5	525.8	20.2	47.7	4.2
组 III Group III	6.12	1.81	3.41	631.0	448.5	73.7	51.8	2.2
亚组 III <sub>1</sub> Subgroup III <sub>1</sub>	6.85	2.01	3.41	650.0	406.3	108.3	45.8	1.5
亚组 III <sub>2</sub> Subgroup III <sub>2</sub>	5.64	1.67	3.40	618.3	476.7	50.7	55.8	2.7

<sup>1)</sup> 果实颜色分为黄白色、橙黄色、橙红色和红色,分别对应1、2、3和4级 The fruit color can be divided into yellow white, orange yellow, orange red and red, corresponding to grade 1, 2, 3 and 4, respectively; 叶表颜色分为灰橄榄绿色(NN137A)、灰橄榄绿色(NN137B)、灰橄榄绿色(NN137C)、灰橄榄绿色(NN137D)和灰黄绿色(191A),分别对应1、2、3、4和5级 The leaf surface color can be divided into greyish olive green (NN137A), greyish olive green (NN137B), greyish olive green (NN137C), greyish olive green (NN137D) and greyish yellow green (191A), corresponding to grade 1, 2, 3, 4 and 5, respectively; 叶背颜色分为灰黄绿色(191A)、灰黄绿色(191B)、灰黄绿色(194B)、苍绿色(190B)和浅灰色(191C),分别对应1、2、3、4和5级 The leaf back color can be divided into greyish yellow green (191A), greyish yellow green (191B), greyish yellow green (194B), pale green (190B) and light grey (191C), corresponding to grade 1, 2, 3, 4 and 5, respectively; 树冠圆整度分为树冠杂乱、树冠较圆整和树冠圆整,分别对应1、2和3级 The crown roundness can be divided into disorderly crown, relatively round crown and round crown, corresponding to grade 1, 2 and 3, respectively.

组 II 的叶背颜色、叶宽、冠幅和分枝数的分级均值均明显高于组 I 和组 III,树冠圆整度分级均值也较高,叶形指数和枝下高的分级均值明显低于组 I 和组 III,总体表现为树冠圆整且树冠大,枝下高低,多呈大灌木状,叶片圆而宽,叶背颜色更偏银白。

组 III 的叶表颜色、果实纵径、果形指数、叶长、叶形指数和分枝角度的分级均值均明显高于组 I 和组 II,果实颜色、叶背颜色和树冠圆整度的分级均值均低于组 I 和组 II,总体表现为果实和叶片狭长。其中,亚组 III<sub>1</sub> 总体表现为叶片狭长,质量性状分级均值较低,观赏价值较低;亚组 III<sub>2</sub> 的叶表颜色和叶背颜色的分级均值均较高,叶色更偏银白,适宜用作观叶。

### 3 讨论和结论

变异系数可反映变异程度和稳定性,表型性状变异越丰富,表明其对环境的适应性越强,表型遗传越

不稳定,且变异系数大于 10% 则表明样本间差异较大<sup>[18-20]</sup>。本研究中,沙枣 11 个数量性状的变异系数为 10.29%~104.77%,均大于 10%,说明沙枣 11 个数量性状的表型变异丰富,可为沙枣优良品种选育提供丰富的亲本材料;其中与植株形态相关的一些数量性状(如枝下高和分枝数)的变异系数分别高达 104.77% 和 51.92%,说明沙枣植株的形态特征不稳定,呈现差异较大的灌木状和乔木状,因此,可基于不同园林用途(如绿篱、行道树和园景树等)进行沙枣优良品种的定向选育。

Shannon-Weaver 多样性指数( $H'$ )是评价植物多样性的重要指标之一,广泛应用于植物表型性状的多样性评价<sup>[21]</sup>;  $H'$  值大于 1,说明多样性高<sup>[22]</sup>。上述研究结果显示:供试沙枣样株的质量性状和数量性状的  $H'$  值均大于 1,分别为 1.00~1.34 和 1.58~3.58,说明与沙枣果实、叶片、株形相关的表型性状均具有较高的丰富度和多样性。沙枣样株质量性状的  $H'$  值明显



低于其数量性状,说明其质量性状的多样性小于数量性状,这可能与数量性状更易受到基因型和生境的影响<sup>[23]</sup>有关。另外,数量性状变异系数的变化与 $H'$ 值的变化趋势并不一致,变异系数大的表型性状 $H'$ 值不一定高(如枝下高和分枝数等数量性状),说明数量性状的离散程度大不代表其多样性丰富,反之亦然<sup>[24]</sup>。

利用表型性状的相关性可以通过选择一种表型性状间接达到选择另一种表型性状的目的,从而提高选择效率,加快育种的进程<sup>[25-26]</sup>。在供试沙枣的15个表型性状中,果形指数与叶形指数、株高与枝下高以及冠幅与树冠圆整度均呈极显著正相关,枝下高与分枝数、果形指数与果实颜色均呈极显著负相关,这些表型性状间的紧密关联对于沙枣良种选育具有一定的指导性。

翟申修等<sup>[22]</sup>对沙枣的表型性状进行主成分分析,认为果实性状(包括果实大小和果形等)是起决定作用的性状。本研究结果显示:前6个主成分的累计贡献率达76.97%,其中,第1主成分主要反映果实性状(包括颜色和形状)和叶形性状;第2主成分主要反映枝条性状(包括枝下高和分枝数)和叶宽;第3主成分主要反映果实大小;第4主成分主要反映树冠圆整度和树冠大小;第5和第6主成分主要反映叶片颜色。因此,总体上看,与果实相关的表型性状(包括颜色、大小和形状)也是影响沙枣表型多样性的首要性状;其次为叶片性状(包括颜色、大小和形状)和与植株形态相关的性状(包括树冠圆整度、枝下高、分枝数和冠幅),这些表型性状也是影响沙枣表型多样性的关键性状。

聚类分析结果表明:在欧氏距离20处,可将供试的40株沙枣样株分为3个组,欧氏距离11处,组I和组III又各自分为2个亚组。组I样株的果实颜色鲜艳、株形佳,枝条离地面高,观果和观树均宜;其中,亚组I<sub>1</sub>的树形张开,而亚组I<sub>2</sub>的树形峭立,可根据树形的不同用作行道树或园景树。组II样株的冠幅大,枝条离地面近,且多呈大灌木状,可作为树篱;其叶背偏银白色,适宜观叶,也可作为园景树。组III的质量性状分级均值总体较低,观赏价值在3组中最低,其中,亚组III<sub>2</sub>叶表颜色和叶背颜色的分级均值均较高,叶色更偏银白,观赏价值高,适宜观叶。

综上所述,沙枣的表型性状具有丰富的多样性,植株间变异较大,可以根据园林用途和观赏目标的不

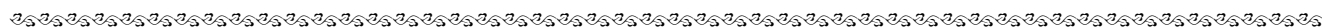
同对沙枣种质资源进行定向筛选。在对沙枣的观赏价值进行评价时可以按观赏目标将果实性状(颜色、大小和形状)、叶片性状(颜色、大小和形状)以及分枝性状(枝下高和分枝数)和冠幅作为关键性状,这些性状基本能反映沙枣的主要观赏特征。由于表型性状受环境和遗传的共同影响,环境的变化往往也会导致植物表型性状发生改变<sup>[27]</sup>,本研究供试的沙枣群体分布范围较小,未能全面反映生境对沙枣表型性状的影响效应,因而,后续将根据沙枣的自然分布区,选择不同生境下自然生长的沙枣群体进行表型性状观察,以期更全面地了解沙枣的表型性状多样性,为定向选育观赏型沙枣品种奠定基础。

#### 参考文献:

- [1] 黄俊华,买买提江,杨昌友,等.沙枣(*Elaeagnus angustifolia* Linn.)研究现状与展望[J].中国野生植物资源,2005,24(3):26-28,33.
- [2] 徐金,于文章,倪伟,等.沙枣种质资源表型性状与果实品质多样性[J].北方园艺,2016(22):20-24.
- [3] 于玮玮,阎国荣.沙枣的资源及研究现状[J].天津农学院学报,2009,16(2):46-50.
- [4] KHADIVI A. Phenotypic characterization of *Elaeagnus angustifolia* using multivariate analysis [J]. Industrial Crops and Products, 2018, 120: 155-161.
- [5] DUBOVYK O, MENZ G, KHAMZINA A. Land suitability assessment for afforestation with *Elaeagnus angustifolia* L. in degraded agricultural areas of the lower Amudarya River basin [J]. Land Degradation and Development, 2016, 27(8): 1831-1839.
- [6] SHAH J J F, HARNER M J, TIBBETS T M. *Elaeagnus angustifolia* L. elevates soil inorganic nitrogen pools in riparian ecosystems [J]. Ecosystems, 2010, 13: 46-61.
- [7] 朱玉伟,桑巴叶,王永红,等.新疆农田防护林不同林龄生物量及碳储量[J].西北林学院学报,2018,33(2):116-122.
- [8] 陈春晓,谢秀华,王宇鹏,等.盐分和干旱对沙枣幼苗生理特性的影响[J].生态学报,2019,39(12):4540-4550.
- [9] 王楠.沙枣中黄酮的提取纯化及应用研究[D].石河子:石河子大学食品学院,2018:9-61.
- [10] 贾婷婷,常伟,范晓旭,等.盐胁迫下AM真菌对沙枣苗木光合与叶绿素荧光特性的影响[J].生态学报,2018,38(4):1337-1347.
- [11] 范义昌,柴珊珊,张曼曼,等.宁夏沙枣种质资源表型多样性分析[J].北方园艺,2018(23):37-43.
- [12] 毛庆莲,王胜.国内盐碱地治理趋势探究浅析[J].湖北农业科学,2020,59(S1):302-306.
- [13] 郭丽君,王玉涛.沙枣种质资源特性及利用价值[J].中国野生植物资源,2008,27(5):32-34.
- [14] 张利,丁彦芬,谌金芳,等.宁波梅山岛观赏植物应用价值综合评价[J].南京林业大学学报(自然科学版),2014,38

- (S1): 93-98.
- [15] 曲丹,姜卫兵,魏家星,等.观赏树木园林价值综合评价方法初探[J].广东农业科学,2015(10):40-45.
- [16] 刘召强,刘广甫,原鑫,等.新疆阿尔泰山高山植物资源调查及园林应用评价[J].北方园艺,2020(21):56-62.
- [17] 刘国祥,李媛,王俊,等.野生烟种质资源的遗传多样性分析及抗病性鉴定[J].植物遗传资源学报,2020,21(6):1549-1560.
- [18] 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.
- [19] 苏群,杨亚涵,田敏,等.49份睡莲资源表型多样性分析及综合评价[J].西南农业学报,2019,32(11):2670-2681.
- [20] 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.
- [21] 刘胤,陈涛,张静,等.中国樱桃地方种质资源表型性状遗传多样性分析[J].园艺学报,2016,43(11):2119-2132.
- [22] 翟申修,黄俊华,郑尧,等.基于表型性状的新疆大果沙枣多样性分析及种下等级的划分[J].天津农业科学,2014,20(9):107-112.
- [23] 王业社,侯伯鑫,索志立,等.紫薇品种表型多样性分析[J].植物遗传资源学报,2015,16(1):71-79.
- [24] 傅巧娟,李春楠,陈一,等.我国主栽一串红资源的表型多样性分析[J].植物遗传资源学报,2015,16(2):294-299.
- [25] 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.
- [26] 刘子记,申龙斌,杨衍,等.甜椒核心种质遗传多样性与亲缘关系分析[J].江苏农业科学,2016,44(5):199-202.
- [27] 杨义,羊倩,邵文慧,等.72个鸢尾品种表型性状多样性分析[J].安徽农业大学学报,2020,47(4):599-605.

(责任编辑:郭严冬)



## 欢迎订阅 2022 年《生态与农村环境学报》

《生态与农村环境学报》系生态环境部主管、生态环境部南京环境科学研究所主办的全国性学术期刊,是《中文核心期刊要目总览》入编期刊、中国科学引文数据库(CSCD)核心期刊、中国学术期刊评价研究报告(RCCSE)核心期刊、中国科技论文统计源期刊(中国科技核心期刊),被中国科技论文与引文数据库(CSTPCD)、中文社会科学引文索引(CSSCI)、中国学术期刊综合评价数据库(CAJCED)、中国期刊全文数据库(CJFD)、中国核心期刊(遴选)数据库、CA、CABI、BA、BP、BD、UPD、GeoBase、ZR、EM、Scopus、AGRIS、JST、BIOSIS、GH、RB、EBSCO、中国农业文摘、中国生物学文摘、中国学术期刊文摘和地球与环境科学信息网(EES)等国内外重要刊库网收录。系全国优秀环境科技期刊、江苏省优秀期刊、中国期刊协会赠建全国百家期刊阅览室指定赠送期刊。

本刊宗旨:及时报道生态与农村环境保护领域创新性研究成果等。主要栏目:研究报告、研究简报、研究方法、专论与综述、学术讨论与建议等。主要内容:1)区域环境与发展,包括生态环境变化与全球环境影响、区域生态环境风险评价、环境规划与管理、区域生态经济与生态安全等;2)自然保护与生

态,包括自然资源保护与利用、生物多样性与外来物种入侵、转基因生物环境安全与监控、生态保护、生态工程与生态修复、有机农业与农业生态、气候变化与生态响应等;3)污染控制与修复,包括污染控制原理与技术、土壤污染与修复、水环境污染与修复、大气污染防治、农业废物综合利用与资源化、农用化学品风险评价与监控、化学品环境与健康等。主要读者对象:从事生态学、环境科学、农学、林学、地学、资源科学等研究、教学、生产的科技人员,相关专业的高等院校师生以及各级决策与管理人员。

本刊为月刊,每月25日出版,A4开本,每期136页,每期定价30元,全年定价360元,公开发行,国内邮发代号28-114,全国各地邮局均可订阅;国外由中国国际图书贸易总公司(北京399信箱)负责发行,国外发行代号Q5688。如漏订,可向本刊编辑部补订。编辑部地址:江苏省南京市蒋王庙街8号(邮编210042);电话:025-85287052,025-85287092,025-85287053,025-85287036,025-85287601,025-85287630;网址: <http://www.ere.ac.cn>; E-mail: [ere@vip.163.com](mailto:ere@vip.163.com), [bjb@nies.org](mailto:bjb@nies.org)。