

## 荔波杜鹃天然种群种实表型性状和种子萌发特性比较

淮钊钰<sup>1a</sup>, 杨赵婧<sup>1a</sup>, 周 玮<sup>1a</sup>, 夏国威<sup>1a</sup>, 陈正仁<sup>2</sup>, 黄承玲<sup>1b,①</sup>

(1. 贵州民族大学: a. 生态环境工程学院, b. 民族医药学院, 贵州 贵阳 550025; 2. 贵州茂兰国家级自然保护区管理局, 贵州 黔南 558499)

**摘要:** 以荔波杜鹃(*Rhododendron liboense* R. C. Zheng et K. M. Lan) 4个天然种群的种实为研究材料, 比较不同种群间种实表型性状及种子萌发指标的差异。结果表明: 除单果质量、果实体积及种子扁化率外, 种群对荔波杜鹃其他11个种实表型性状的影响显著。久安种群果实细短, 其单果饱满种子比例最高(76.3%); 水尧种群果实粗短, 其种子千粒质量(472.04 mg)和种子大小指数(1.89)最大; 西竹种群果实细长, 其单果种子数最多(340.4); 木论种群果实短圆, 其种子千粒质量最轻(260.43 mg)、单果种子数最少(101.4)。种群内和种群间单果种子数的变异系数均最大, 且种群间种实表型性状变异系数的平均值(28.40%)大于种群内种实表型性状变异系数的平均值(24.19%)。14个种实表型性状的平均种群重复力为0.782 2, 种群重复力在0.9以上的性状有4个, 其中种子千粒质量的种群重复力最高(0.989 6)。水尧种群种子的发芽率(31.8%)和发芽指数(0.99)显著高于( $P < 0.05$ )其他种群。研究结果显示: 荔波杜鹃的种子千粒质量和种子大小指数可作为预测种子萌发潜力的关键表型指标, 筛选具有优良种实表型性状和高萌发能力的种源。

**关键词:** 荔波杜鹃; 种实表型; 萌发

中图分类号: Q944.59; Q945.34; S685.21 文献标志码: A 文章编号: 1674-7895(2026)01-0109-04

DOI: 10.3969/j.issn.1674-7895.2026.01.11

**Comparison on fruit and seed phenotypic traits and seed germination characteristics of natural populations of *Rhododendron liboense*** HUAI Fanyu<sup>1a</sup>, YANG Zhaojing<sup>1a</sup>, ZHOU Wei<sup>1a</sup>, XIA Guowei<sup>1a</sup>, CHEN Zhengren<sup>2</sup>, HUANG Chengling<sup>1b,①</sup> (1. Guizhou Minzu University: a. College of Ecological Environment Engineering, b. College of Ethnic Medicine, Guiyang 550025, China; 2. Administration Bureau of Maolan National Nature Reserve of Guizhou, Qiannan 558499, China), *J. Plant Resour. & Environ.*, 2026, 35(1): 109-112

**Abstract:** Taking the fruits and seeds of four natural populations of *Rhododendron liboense* R. C. Zheng et K. M. Lan as research materials, the differences in fruit and seed phenotypic traits and seed germination indexes among different populations were compared. The results show that except for single fruit mass, fruit volume, and seed flatness rate, the effects of population on the other 11 fruit and seed phenotypic traits of *R. liboense* are significant. The fruits of the Jiu'an population are thin and short, with the highest proportion of plump seeds per fruit (76.3%); the fruits of the Shuiyao population are thick and short, exhibiting the largest 1 000-seed mass (472.04 mg) and seed size index (1.89); the fruits of the Xizhu population are thin and long, containing the largest seed number per fruit (340.4); the fruits of the Mulun population are short and round, with the lightest 1 000-seed mass (260.43 mg) and the lowest seed number per fruit (101.4). The coefficient of variation for the seed number per fruit is the highest both within and among populations, and the average of coefficient of variation for fruit and seed phenotypic traits among populations (28.40%) is greater than that within populations (24.19%). The average population repeatability of the 14 fruit and seed phenotypic traits is 0.782 2, with population repeatability of four traits greater than 0.9, among which 1 000-seed mass has the highest population repeatability (0.989 6). The germination rate (31.8%) and germination index (0.99) of seeds of the Shuiyao population are significantly higher ( $P < 0.05$ ) than those of the other populations. It is suggested that 1 000-seed mass and seed size index of *R. liboense* can serve as key phenotypic indicators for predicting seed germination potential, aiding in the selection of provenances with superior fruit and seed phenotypic traits and high germination capacity.

**Key words:** *Rhododendron liboense* R. C. Zheng et K. M. Lan; fruit and seed phenotypic trait; germination

荔波杜鹃(*Rhododendron liboense* R. C. Zheng et K. M. Lan)是中国喀斯特地区特有的极小种群野生植物,被《The Red List of *Rhododendron*<sup>[1]</sup>》及《中国生物多样性红色名录—高等植物卷(2020)》<sup>[2]</sup>列为极危(CR)物种。荔波杜鹃独特的生境适应性和极高的观赏价值,使其成为喀斯特生物多样性保护与研究的关键对象。植物种实表型性状是遗传与环境共同作用

收稿日期: 2025-09-02

基金项目: 贵州省科技支撑项目(黔科合支撑[2023]一般035); 贵州省林业科技项目(黔林科合[2021]08)

作者简介: 淮钊钰(1997—),女,甘肃兰州人,硕士研究生,主要从事杜鹃种质资源保护方面的研究。

①通信作者 E-mail: 282148027@qq.com

引用格式: 淮钊钰, 杨赵婧, 周 玮, 等. 荔波杜鹃天然种群种实表型性状和种子萌发特性比较[J]. 植物资源与环境学报, 2026, 35(1): 109-112.

的外在表现<sup>[3-4]</sup>,不仅能反映物种的适应策略,也是研究种群遗传多样性的重要指标<sup>[4]</sup>。种子萌发作为植物生活史中的关键阶段,受种子表型<sup>[5]</sup>、休眠及环境的综合调控<sup>[6]</sup>,决定了种群的更新能力<sup>[7]</sup>与遗传多样性<sup>[8]</sup>。

目前,关于荔波杜鹃的研究主要集中在分类学<sup>[9]</sup>和分布<sup>[10-11]</sup>方面,对于种实性状变异规律及种子萌发特性等关键繁殖环节的研究尚存空白,限制了对其濒危机制的探究和保育策略的优化。有研究表明:杜鹃花属(*Rhododendron* Linn.)不同物种或居群间存在的显著种实表型变异可能与地理-气候因子有关<sup>[4]</sup>。同时,关于百合花杜鹃(*R. liliflorum* H. Lévl.)的研究发现,种子表型性状与其萌发能力呈显著正相关<sup>[12]</sup>,

说明种实表型性状可能为预测种子萌发表现的潜在指标。鉴于此,本文研究了不同天然种群荔波杜鹃的种实表型性状和种子萌发特性,探究二者间内在关联及对环境的响应,以期为荔波杜鹃种质资源的保护提供参考。

## 1 材料和方法

### 1.1 材料

荔波杜鹃果实于2024年10月采自荔波杜鹃4个天然种群分布区(表1),每个种群选择5~10株,每株采集发育成熟、无病虫害的蒴果20~30颗,带回实验室后自然风干,备用。

表1 荔波杜鹃种群地理位置信息

Table 1 Geographical location information of *Rhododendron liboense* R. C. Zheng et K. M. Lan populations

种群 Population	采集地 Collection site	纬度 Latitude	经度 Longitude	海拔/m Altitude
木论 Mulun	广西木论国家级自然保护区 Mulun National Nature Reserve of Guangxi	N25°06'	E107°53'	500
水尧 Shuiyao	贵州省荔波县水尧村 Shuiyao Village, Libo County, Guizhou Province	N25°15'	E107°53'	650
久安 Jiu'an	贵州省荔波县久安村 Jiu'an Village, Libo County, Guizhou Province	N25°22'	E107°59'	890
西竹 Xizhu	贵州省荔波县西竹村 Xizhu Village, Libo County, Guizhou Province	N25°20'	E107°57'	900

### 1.2 方法

1.2.1 种实表型性状测定 每个种群随机选取30颗果实进行测量。使用游标卡尺(精度0.01 mm)测量果长(果实顶部到基部的长度)和果径(果实最粗处直径),使用电子天平(精度0.000 1 g)称量单果质量,统计单果种子数和单果饱满种子数。将每个种群所测量果实的饱满种子混合后称量种子千粒质量,并随机取30粒种子,使用装配测微尺(精度0.01 mm)的显微镜测量种子长(种子最长轴的长度)、种子宽(垂直于种子长轴的最宽处长度)和种子厚(种子侧立后,种子底面到顶面的垂直距离)。根据所测数据分别计算果形系数<sup>[4]</sup>、果实体积<sup>[13]</sup>、单果饱满种子比例<sup>[14]</sup>以及种子的大小指数<sup>[15]</sup>、扁化率<sup>[15]</sup>和长宽比<sup>[12]</sup>。

1.2.2 种子萌发 挑选大小均匀、饱满、无病虫害的种子,先用质量体积分数1%高锰酸钾溶液浸泡15 min 灭菌,再用无菌水冲洗数遍,待用。培养皿用体积分数75%乙醇擦拭后晾干,铺置3张灭菌滤纸并用无菌水浸湿,每个培养皿内放置50粒灭菌的种子。每个种群设置3个重复。将培养皿置于日温25℃、夜温15℃、光照时间12 h·d<sup>-1</sup>、光照度3 000 lx的光照培养箱内,实验期间保持滤纸湿润。每天观察种子萌发情况,种子露白后视为发芽,记录发芽日期及每日发芽数,连续5 d发芽种子数没有变化视为发芽结束。参考李畅等<sup>[16]</sup>的方法计算发芽率、发芽势和发芽指数。

### 1.3 数据处理

利用R 4.4.3进行数据统计、方差分析(ANOVA)及多重比较(Tukey HSD),并利用方差分析的 $F$ 值计算种群重复力( $T$ ),计算公式为 $T=1-1/F$ <sup>[17]</sup>。

## 2 结果和分析

### 2.1 不同种群荔波杜鹃种实表型性状差异

结果(表2)显示:除单果质量、果实体积及种子扁化率外,种群对荔波杜鹃其他11个种实表型性状的影响显著。从果实表型性状来看,荔波杜鹃果实最长的为西竹种群(23.85 mm),与果实最短的木论种群(20.01 mm)差异显著( $P<0.05$ );果径最大的为水尧种群(12.24 mm),与果径最小的久安种群(10.97 mm)差异显著;西竹种群和久安种群的果形系数分别为2.03和2.01,显著大于木论种群(1.74);单果种子数由多到少依次为西竹种群(340.4)、水尧种群(214.4)、久安种群(198.0)、木论种群(101.4),总体差异显著;久安种群和西竹种群的单果饱满种子比例较高,分别为76.3%和73.0%,显著高于木论种群(58.0%)和水尧种群(56.3%)。从种子表型性状来看,不同种群间种子千粒质量和种子长总体差异显著,水尧种群的种子千粒质量最大(472.04 mg),久安种群的种子最长(3.58 mm),木论种群的种子千粒质量最小、种子最短(分别为260.43 mg和2.59 mm);水尧种群的种子最宽(1.60 mm)且显著宽于其他种群;水尧种群和西竹种群的种子较厚,分别为0.38和0.33 mm,显著厚于木论种群(0.27 mm);水尧种群的种子大小指数(1.89)显著大于西竹种群(1.30)和木论种群(0.90);水尧种群和木论种群的种子长宽比分别为1.92和2.11,显著小于久安种群(2.78)。

从变异系数来看,荔波杜鹃种群内单果种子数的变异系数最大,为52.01%~68.38%;种子千粒质量的变异系数最小,

表 2 不同种群荔波杜鹃的种实表型性状( $\bar{X}\pm SD$ )<sup>1)</sup>

Table 2 Fruit and seed phenotypic traits of different populations of *Rhododendron liboense* R. C. Zheng et K. M. Lan ( $\bar{X}\pm SD$ )<sup>1)</sup>

种群 Population	果长/mm Fruit length	果径/mm Fruit width	单果质量/g Single fruit mass	果形系数 Coefficient of fruit form	果实体积/mm <sup>3</sup> Fruit volume
木论 Mulun	20.01±3.44b(17.21%)	11.54±1.79ab(15.48%)	1.55±0.65a(41.64%)	1.74±0.22b(12.61%)	1 360.56±664.53a(48.84%)
水尧 Shuiyao	22.56±3.91ab(17.32%)	12.24±1.72a(14.09%)	1.76±0.77a(43.84%)	1.85±0.27ab(14.70%)	1 707.84±706.31a(41.36%)
久安 Jiu'an	21.94±4.33ab(19.74%)	10.97±1.54b(14.01%)	1.53±0.69a(45.10%)	2.01±0.34a(16.81%)	1 330.48±554.29a(41.66%)
西竹 Xizhu	23.85±4.08a(17.12%)	11.78±1.35ab(11.43%)	1.40±0.45a(32.10%)	2.03±0.30a(14.59%)	1 642.81±549.33a(33.44%)
CV/%	18.74	14.08	41.72	16.03	41.66
F 值 F value	4.08 **	2.93 *	1.38	5.76 **	2.55
T	0.754 9	0.658 7	0.276 4	0.826 3	0.608 2

种群 Population	单果种子数 Seed number per fruit	单果饱满种子比例/% Proportion of plump seeds per fruit	种子千粒质量/mg 1 000-seed mass	种子长/mm Seed length	种子宽/mm Seed width
木论 Mulun	101.4±64.7c(63.81%)	58.0±23.6b(40.72%)	260.43±10.26d(3.94%)	2.59±0.46c(17.73%)	1.28±0.25b(19.31%)
水尧 Shuiyao	214.4±122.9b(57.32%)	56.3±22.3b(39.64%)	472.04±14.67a(3.11%)	3.03±0.51b(16.72%)	1.60±0.28a(17.42%)
久安 Jiu'an	198.0±135.4bc(68.38%)	76.3±10.4a(13.58%)	344.97±8.45c(2.45%)	3.58±0.55a(15.50%)	1.32±0.19b(14.05%)
西竹 Xizhu	340.4±177.0a(52.01%)	73.0±19.0a(26.10%)	369.55±9.28b(2.51%)	3.04±0.48b(15.70%)	1.30±0.20b(15.39%)
CV/%	71.74	31.16	20.07	19.72	19.09
F 值 F value	13.95 ***	7.46 ***	96.24 ***	12.30 ***	8.28 ***
T	0.928 3	0.865 9	0.989 6	0.918 7	0.879 3

种群 Population	种子厚/mm Seed thickness	种子大小指数 Seed size index	种子扁平率/% Seed flatness rate	种子长宽比 Length-to-width ratio of seed
木论 Mulun	0.27±0.05c(17.38%)	0.90±0.33c(37.23%)	78.9±4.1a(5.23%)	2.11±0.66b(31.46%)
水尧 Shuiyao	0.38±0.09a(24.09%)	1.89±0.82a(43.45%)	76.0±6.2a(8.22%)	1.92±0.35b(17.96%)
久安 Jiu'an	0.31±0.07bc(21.69%)	1.46±0.41ab(27.93%)	75.7±6.7a(8.86%)	2.78±0.67a(24.00%)
西竹 Xizhu	0.33±0.05ab(14.13%)	1.30±0.39bc(29.88%)	74.3±5.3a(7.20%)	2.37±0.41ab(17.36%)
CV/%	23.65	45.23	7.64	27.10
F 值 F value	9.54 ***	11.65 ***	2.20	8.95 ***
T	0.895 2	0.914 2	0.546 4	0.888 3

<sup>1)</sup> CV: 种群间变异系数 Coefficient of variation among populations; T: 种群重复力 Population repeatability. 同列中不同小写字母表示差异显著 ( $P<0.05$ ) Different lowercases in the same column indicate the significant differences ( $P<0.05$ ). 括号内百分数为种群内变异系数 The percentages in parentheses represent coefficients of variation within population. \*:  $P<0.05$ ; \*\*:  $P<0.01$ ; \*\*\*:  $P<0.001$ .

为 2.45% ~ 3.94%。种群间种子扁平率的变异系数最小 (7.64%), 单果种子数的变异系数最大 (71.74%)。荔波杜鹃种群间种实表型性状变异系数的平均值 (28.40%) 大于种群内种实表型性状变异系数的平均值 (24.19%), 说明荔波杜鹃种实表型性状变异主要来源于种群间。

从种群重复力来看, 荔波杜鹃种子千粒质量的种群重复力最高 (0.989 6), 其后依次为单果种子数 (0.928 3)、种子长 (0.918 7)、种子大小指数 (0.914 2), 均在 0.9 以上; 其他 10 个种实表型性状的种群重复力在 0.276 4~0.895 2 之间。14 个种实表型性状的平均种群重复力为 0.782 2, 属于较高水平。

### 2.2 不同种群荔波杜鹃种子萌发特性差异

结果 (表 3) 显示: 水尧种群荔波杜鹃种子的发芽率和发芽指数分别为 31.8% 和 0.99, 显著高于 ( $P<0.05$ ) 其他种群。久安种群的发芽势最高, 为 18.8%; 其次是水尧种群 (15.3%) 和木论种群 (13.1%)。

表 3 不同种群荔波杜鹃的种子萌发指标 ( $\bar{X}\pm SD$ )<sup>1)</sup>

Table 3 Seed germination indexes among different populations of *Rhododendron liboense* R. C. Zheng et K. M. Lan ( $\bar{X}\pm SD$ )<sup>1)</sup>

种群 Population	发芽率/% Germination rate	发芽势/% Germination potential	发芽指数 Germination index
木论 Mulun	20.9±2.7bc	13.1±1.7b	0.68±0.01b
水尧 Shuiyao	31.8±1.7a	15.3±2.2ab	0.99±0.05a
久安 Jiu'an	23.8±1.7b	18.8±1.7a	0.70±0.02b
西竹 Xizhu	19.0±1.8c	9.4±1.1c	0.65±0.04b

<sup>1)</sup> 同列中不同小写字母表示差异显著 ( $P<0.05$ ) Different lowercases in the same column indicate the significant differences ( $P<0.05$ ).

### 3 讨论和结论

根据果形系数, 不同种群荔波杜鹃的果实形状分为 2 类<sup>[13]</sup>: 木论种群和水尧种群果实呈近圆球形, 久安种群和西竹种群果实呈长圆形。杜鹃花属植物果实演化趋势表明卵形

或近圆球型的果实产籽效率较高<sup>[13]</sup>。水尧种群荔波杜鹃的果径、单果质量、果实体积、种子千粒质量和种子大小指数在4个种群中均为最大,单果种子数仅次于西竹种群,其中种子千粒质量显著高于( $P < 0.05$ )其他种群,且不同种群间种子千粒质量总体随果实体积的增大而增加,推测种子的形成和质量与果实发育状况相关<sup>[13,18]</sup>。由于种实性状受遗传和环境共同影响,不同性状对环境的适应性和不同种群的环境异质性共同导致了种实表型性状变异程度的差异<sup>[8]</sup>。以种群内种实表型性状变异系数的平均值(24.19%)为参照,荔波杜鹃种实表型变异主要体现在种实大小性状和单果种子数,表明此类性状可能易受环境因子影响。海拔梯度是温度、水分和光照等环境要素的综合<sup>[19]</sup>,其对种实表型性状的影响大于其他地理环境因子<sup>[8]</sup>。贵州省杜鹃花属植物在海拔1300~1800 m最常见、最丰富<sup>[20-22]</sup>,海拔降低会导致环境干旱、炎热,不利于母株生长发育,这可能是木论种群果实虽然呈近圆球形,但果实体积小、单果种子数少、种子千粒质量小的主要原因。种子大小的分化是不同生态策略的体现,较大的种子通常对应更高的幼苗存活率和适应能力,能增强后代的多样性;小种子则有利于扩散和更新,从而共同维持群落的动态和多样性<sup>[23]</sup>。

发芽率和发芽指数在荔波杜鹃不同种群间呈现相同趋势,水尧种群这2个指标显著高于其他种群。该种群的种子千粒质量和种子大小指数最大,说明表型性状变异可能直接或间接影响种子的活力和萌发整齐度,形态饱满、体积和质量大的种子在养分积累和胚胎发育上更充分,拥有更强的代谢活性和较高的综合萌发能力<sup>[12]</sup>。种子早期的萌发特性不仅是评估种子质量的重要指标,还对幼苗生长、植被建成乃至群落整体结构有重要影响<sup>[24-26]</sup>。因此,未来对荔波杜鹃进行扩繁和产业化采种时可将种子千粒质量和种子大小指数作为预测种子萌发潜力的关键指标,筛选具有优良种实表型性状和高萌发能力的种源,为荔波杜鹃资源保护提供科学依据。

#### 参考文献:

- GIBBS D, CHAMBERLAIN D, ARGENT G. The Red List of Rhododendrons [M]. Richmond: Botanic Gardens Conservation International, 2011: 56.
- 生态环境部,中国科学院. 中国生物多样性红色名录: 高等植物卷(2020) [EB/OL]. (2023-05-22) [2025-09-01]. <https://www.mee.gov.cn/xxgk2018/xxgk/xzqfwj/202301/W020130917614244055331.pdf>.
- 明军, 顾万春. 紫丁香表型多样性研究[J]. 林业科学研究, 2006, 19(2): 199-204.
- 于忠亮, 苑景淇, 李成宏, 等. 吉林东部不同野生居群兴安杜鹃种实表型性状变异研究[J]. 植物资源与环境学报, 2020, 29(3): 26-33.
- 王桔红, 崔现亮, 陈学林, 等. 中、旱生植物萌发特性及其与种子大小关系的比较[J]. 植物生态学报, 2007, 31(6): 1037-1045.
- 李飞飞, 刘杨, 徐飞. 种子萌发的奥秘: 生理、生态与分子的综合解析[J]. 生命科学, 2024, 36(12): 1470-1477.
- 李小双, 彭明春, 党承林. 植物自然更新研究进展[J]. 生态学杂志, 2007, 26(12): 2081-2088.
- 念欣彤, 严俊伟, 龚志鸿, 等. 光叶水青冈种实表型变异及其环境解释[J]. 四川农业大学学报, 2025, 43(2): 365-374.
- CHEN Z R, LAN K M. *Rhododendron liboense*, a new species of the Ericaceae from Guizhou, China[J]. 植物分类学报, 2003, 41(6): 563-565.
- 杨成华, 姚炳矾, 代杰. 贵州荔波杜鹃初步调查[J]. 贵州林业科技, 2019, 47(3): 14-17.
- HUANG C L, SU C H, TIAN X L, et al. Discovery of two new populations of the rare endemic *Rhododendron liboense* in Guizhou, China[J]. Oryx, 2018, 52(4): 610-611.
- 郭龙琴, 姜晓涵, 淮钊钰, 等. 不同种源百合花杜鹃种子性状和萌发特性差异研究[J]. 种子, 2024, 43(4): 111-116, 157.
- 丁炳扬, 缪晶, 盛束军, 等. 浙江12种杜鹃花属植物的果实形态、种子数及其相关性研究[J]. 林业科学, 2000, 36(4): 102-105.
- 李叶芳, 尹杨萍, 杜娟, 等. 比利时杜鹃与几种野生杜鹃杂交亲和性研究[J]. 西南林业大学学报(自然科学), 2019, 39(5): 177-181.
- 丁炳扬, 吴欢笑, 张慧明, 等. 浙江杜鹃花属植物种子形态及其分类学意义[J]. 西北植物学报, 1995, 15(6): 36-42.
- 李畅, 苏家乐, 陈璐, 等. 长白山区6种杜鹃花属植物种子形态及萌发特性[J]. 扬州大学学报(农业与生命科学版), 2011, 32(4): 59-63.
- 陈丽君, 邓小梅, 丁美美, 等. 苦楝种源果核及种子性状地理变异的研究[J]. 北京林业大学学报, 2014, 36(1): 15-20.
- 杨阳, 王海洋, 马立辉. 濒危植物枫树杜鹃的结实及种子萌发特性[J]. 林业科学, 2020, 56(10): 173-183.
- 张昌顺, 谢高地, 陈龙, 等. 地形和乔木结构对热带北缘与南亚热带过渡带林下植被分布的影响[J]. 资源科学, 2012, 34(7): 1232-1239.
- 黄承玲, 陈训, 高贵龙. 3种高山杜鹃对持续干旱的生理响应及抗旱性评价[J]. 林业科学, 2011, 47(6): 48-55.
- 王昭懿, 王灵军, 田晓龙, 等. 黔西北地区不同杜鹃灌丛群落特征和物种多样性[J]. 生态学报, 2023, 43(2): 693-701.
- 张长芹, 黄承玲, 黄家勇, 等. 贵州百里杜鹃自然保护区杜鹃花属种质资源的调查[J]. 植物分类与资源学报, 2015, 37(3): 357-364.
- COOMES D A, GRUBB P J. Colonization, tolerance, competition and seed-size variation within functional groups[J]. Trends in Ecology and Evolution, 2003, 18(6): 283-291.
- 美朵卓嘎, 沈思凡, 曹福亮, 等. 不同种源江孜沙棘种子表型及萌发特性研究[J]. 种子, 2024, 43(9): 40-47.
- 于香杰, 侯钰荣, 徐雪娇, 等. 冰草种质资源种子表型多样性及萌发特性分析[J]. 种子, 2025, 44(8): 30-39.
- 张娜, 吴媛, 吴之坤. 不同种源血人参种子特性和萌发差异研究[J]. 种子, 2022, 41(1): 7-13, 43.

(责任编辑: 张明霞)