

兰州地区 18 种野生观赏草本植物种子萌发特性研究

刘乐乐,许宏刚*,王 梅,徐正茹,曹效东

(兰州市园林科学研究所,甘肃 兰州 730070)

摘 要:以兰州地区不同生境的 18 种野生观赏草本植物种子为材料,研究其基本特征(种子长宽、千粒重)与萌发率以及冷藏对其种子发芽能力的影响。结果表明,1)18 种野生草本花卉种子长、种子宽、千粒重与萌发率存在负相关关系,但相关性不显著($P>0.05$);种子长、种子宽、千粒重之间存在着显著的正相关关系($P<0.05$);2)小花草玉梅、椭圆叶花锚、条纹龙胆、川续断、路边青与芭芽粉报春的种子经冷藏后萌发率升高($P<0.05$),而细裂亚菊与角茴香的种子经冷藏后萌发率降低($P<0.05$);3)草地与林缘植物的种子经冷藏后萌发率升高,干山坡的植物种子经冷藏后萌发率反而降低;4)在育种的过程中适合直接播种的野生草本花卉有展毛翠雀、甘青铁线莲、短尾铁线莲、珠光香青、细叶亚菊、黄花矶松、黄花角蒿与角茴香;小花草玉梅、椭圆叶花锚、条纹龙胆、川续断、路边青与芭芽粉报春种子适合低温冷藏后播种。

关键词:野生草本植物;种子特征;种子萌发;冷藏

中图分类号:S688 **文献标志码:**A **文章编号:**1001-7461(2018)01-0269-05

Seed Germination of 18 Wild Ornamental Herbaceous Species Occurring in Lanzhou

LIU Le-le, XU Hong-gang*, WANG Mei, XU Zheng-ru, CAO Xiao-dong

(Institute of Garden Research of Lanzhou, Lanzhou, Gansu 730070, China)

Abstract: By investigating the seed traits (seed length, seed width and 1000-seed weight), seed germination and the influence of cold storage in seed germination of 18 wild ornamental herbaceous species occurring in Lanzhou were examined. The results indicated that 1) there existed negative correlation between seed length, seed width, seed weight and seed germination, however, not statistically significant ($P>0.05$); there were significant correlation among seed length, seed width, and seed weight ($P<0.05$). 2) The seed germination rate of *Anemone rivularis*, *Halenia elliptica*, *Gentiana striata*, *Dipsacus asperoides*, *Geum aleppicum*, *Primula gemmifera* increased after cold storage ($P<0.05$), however, the seed germination of *A. tenuifolia* and *H. erectum* decreased after cold storage ($P<0.05$). 3) The seed germination rate of the plants in forest edge and grassland increased after cold storage. The seed germination rate of the plants in dry slop decreased after cold storage. 4) The seeds of *D. kamaonense*, *C. tangutica*, *C. brevicaudata*, *A. margaritacea*, *A. tenuifolia*, *L. aureum*, *I. sinensis*, *H. erectum* could be seeded directly, the seed of *A. rivularis*, *H. elliptica*, *Gentiana striata*, *D. asperoides*, *Geum aleppicum*, *Primula gemmifera* could be seeded after cold storage in the breeding process.

Key words: wild herbaceous flower; seed trait; seed germination; cold storage

种子繁殖既是植物有性繁殖的主要途径之一，也是维持种群延续的重要环节^[1-3]。种子萌发是生

活史的关键环节,影响种子萌发有种子自身结构的因素也有环境的因素^[4]。冷藏能够打破一些植物种

收稿日期:2017-03-09 修回日期:2017-04-21

基金项目:兰州市科技局项目(2016-3-18)。

作者简介:刘乐乐,女,硕士,工程师,研究方向:园林植物。E-mail:yybearhao123@126.com

* 通信作者:许宏刚,男,工程师,研究方向:园林植物引种、繁殖推广。E-mail:lzylxh@126.com

子的休眠,促使其萌发^[5]。

合理地对野生花卉种质资源收集、保存与利用,既可以丰富园林花卉的种类,又可以提高花卉品种的质量^[6-7]。兰州位于黄土高原的西部,是青藏高原向黄土高原的过渡地区,既有黄土覆盖的丘陵和盆地,也有祁连山余脉的石质山,这种地貌特点使兰州地区孕育了类型多样的野生草本花卉资源^[8]。目前对兰州地区野生花卉的研究较少,并且主要注重于资源调查、园林应用前景的分析,徐正茹^[9]等调查了14种野生花卉在兰州地区的资源,并分析了其观赏性,但是缺少野生草本花卉种子萌发的相关研究。对兰州地区野生草本花卉的研究有助于该资源的开发利用,利用种子对野生花卉进行扩繁可以减少对原生资源的破坏,因此需要研究其种子萌发特性。

本研究以兰州地区18种野生观赏植物种子为对象,测定了其基本特征,进行了种子萌发试验,并分析了冷藏对种子萌发的影响,从种子发芽能力与种子质量的角度探讨适宜于直接播种的野生观赏草本植物种类,研究的结果对兰州地区野生观赏草本植物引种利用、认识兰州地区乡土植物物种生物学和生态学特性具有重要的价值。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

种子主要采集于兰州地区的3个区域,分别是兴隆山、吐鲁沟与南北两山。兴隆山是距兰州市最近的国家级自然森林保护区,属高寒半湿润性多雨气候,海拔2 000~3 600 m,采集地生境主要为林缘与草地;吐鲁沟属于祁连山脉的东麓,位于温带半干旱大陆性季风气候区,海拔1 998~3 165 m,采集地生境主要为草地与林缘;兰州南山处于干旱草原地带的最北端,海拔1 570~2 171 m,北山属于半荒漠地带,海拔在1 560~2 067 m^[10-12]。

1.2 试验材料和方法

1.2.1 种子采集与储藏 种子于2015年7—9月采集,每一种成熟的种子取自10~20株个体,然后充分混合(以避免母体对种子萌发的影响)。将采集到的种子除掉杂质、去皮、去壳等,在保鲜箱5℃低温干燥储藏,储藏时间设置为15 d与0 d。贮藏结束后在25℃人工气候箱中进行萌发试验,每个种3个重复,每个重复随机选取50粒饱满的种子,均匀放入铺有2层滤纸的培养皿中,滴少量蒸馏水浸湿,每24 h观测1次,统计萌发个数,以肉眼看到白色的胚根为标准判断种子是否萌发,试验时间为60 d,在整个试验过程中保持滤纸和种子湿润^[13]。

1.2.2 种子基本特征测量 种子的长和宽用数显

游标卡尺(0.01 mm)测定,随机选取处理好的干燥种子100粒,称取百粒重,重复3次,取其平均值,并换算为种子千粒重。种子大小类型的分类:单位质量<1 mg为小种子,单位质量在1~9.9 mg之间为中等大小的种子,单位质量>9.9 mg为大种子^[14]。

1.3 数据分析

用非参数检的Kruskal-Wallis H来分析来检验种子特性与种子萌发率的影响,不同种子特性与萌发率的相关关系用Person相关系数分析。每种植物种子冷藏前后种子萌发率的比较使用单因素方差分析(One-way ANCOVA)。使用层次聚类分析法(Hierarchical Cluster Analysis)的Q型聚类根据种子特性来对其进行聚类分析。相关的数据分析与图的制作使用SPSS19.0与Excel。

2 结果与分析

2.1 种子基本特征

18种野生观赏草本花卉的种子基本特征见表1,不同种植物之间种子特征不尽相同,根据种子大小来分类,其中大种子植物为马蔺(>9.9 mg),9种植物的种子为中等种子(1~9.9 mg),小种子植物则为剩余的8种(<1 mg)。

不同生境中,林缘的植物种子长度在3.21~4.04 mm,宽度1.27~2.37 mm;草地的植物种子长度在0.60~3.81 mm,宽度0.34~3.04 mm,干山坡的植物种子长度1.24~2.39 mm,宽度0.47~1.61 mm。林缘采集的植物种子较大,干山坡采集的植物种子较小,草地采集的植物种较多,种子特征的变异相对较大。

根据种子长、种子宽与种子重进行的聚类分析得出:18种野生草本花卉可以分为4类(图1)。展毛翠雀、角茴香、黄花角蒿、椭圆叶花锚、黄花棘豆与黄花矶松为A组,其共同特征是种子长度(1.46~2.39 mm)、宽度(0.81~1.61 mm)较小,并且长度与宽度的差距不大,种子长宽比较小,千粒重较低(0.36~2.17 g);条纹龙胆、苞芽粉报春、珠光香青与细叶亚菊为B组,其共同特征是种子长度(0.53~1.24 mm)、宽度(0.31~0.47 mm)最小,千粒重最低(0.03~0.64 g);小花草玉梅、川续断、褐紫乌头、短尾铁线莲、甘青铁线莲、路边青与甘西鼠尾草为C组,其共同特征是种子长度(3.16~4.40 mm)、宽度(1.96~1.27 mm)较大,种子长宽比较大,千粒重(1.12~6.70 g)较高;马蔺单独成为D组,其种子长度(3.81 mm)较大,种子宽度(3.04 mm)与种子重(20.1 g)最大。

表 1 18 种野生草本花卉种子基本特征与生境

Table 1 Seeds traits and habitats of 18 species of wild herbaceous flowers

物种	科名	种子长/mm	种子宽/mm	千粒重/g	生境
小花草玉梅 <i>Anemone rivularis</i>	毛茛科 Ranunculaceae	3.79±0.30	1.27±0.10	6.70±0.50	林缘
褐紫乌头 <i>Aconitum brunneum</i>	毛茛科 Ranunculaceae	3.16±0.23	1.93±0.16	1.75±0.99	草地
展毛翠雀 <i>Delphinium kamaonense</i>	毛茛科 Ranunculaceae	2.11±0.10	1.57±0.16	0.73±0.01	草地
甘青铁线莲 <i>Clematis tangutica</i>	毛茛科 Ranunculaceae	3.32±0.36	1.42±0.17	1.69±0.03	林缘
短尾铁线莲 <i>Clematis brevicaudata</i>	毛茛科 Ranunculaceae	3.21±0.21	1.96±0.12	1.12±0.10	林缘
椭圆叶花锚 <i>Halenia elliptica</i>	龙胆科 Gentianaceae	1.60±0.19	1.08±0.13	1.11±0.13	草地
条纹龙胆 <i>Gentiana striata</i>	龙胆科 Gentianaceae	0.53±0.04	0.36±0.04	0.64±0.02	草地
珠光香青 <i>Anaphalis margaritacea</i>	菊科 Compositae	0.85±0.04	0.31±0.04	0.05±0.01	草地
细叶亚菊 <i>Ajania tenuifolia</i>	菊科 Compositae	1.24±0.09	0.47±0.07	0.08±0.01	干山坡
甘西鼠尾草 <i>Salvia przewalskii</i>	唇形科 Labiatea	3.49±0.14	2.37±0.12	3.60±0.18	林缘
马蔺 <i>Iris lactea</i>	鸢尾科 Iridaceae	3.81±0.18	3.04±1.18	20.1±0.99	草地
黄花矶松 <i>Limonium aureum</i>	白花丹科 Plumbaginaceae	1.83±0.04	0.81±0.05	0.36±0.01	干山坡
黄花角蒿 <i>Incarvillea sinensis</i>	紫葳科 Bignoniaceae	2.39±0.24	1.52±0.16	0.42±0.02	干山坡
川续断 <i>Dipsacus asperoides</i>	川续断科 Dipsacaceae	4.04±0.4	1.36±0.11	4.64±0.06	林缘
角茴香 <i>Hypecoum erectum</i>	罂粟科 Papaveraceae	2.11±0.16	1.61±0.13	0.45±0.04	干山坡
路边青 <i>Geum aleppicum</i>	蔷薇科 Rosacea	3.74±0.19	1.54±0.11	1.47±0.05	林缘
黄花棘豆 <i>Oxytropis ochrocephala</i>	豆科 Leguminosae	1.46±0.11	1.20±0.06	2.17±0.06	草地
苞芽粉报春 <i>Primula gemmifera</i>	报春花科 Primulaceae	0.60±0.06	0.34±0.05	0.03±0.00	草地

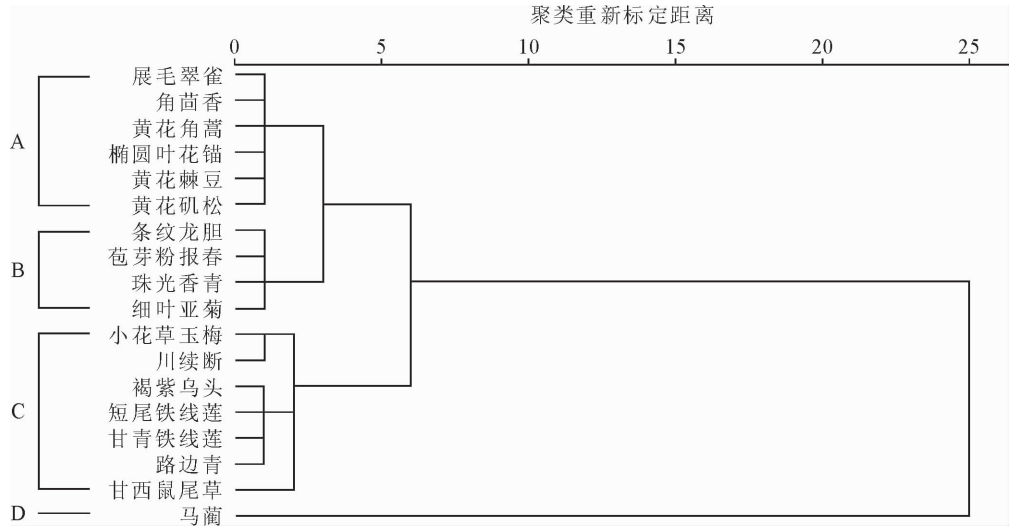


图 1 18 种野生草本花卉种子特性 Q 型聚类分析

Fig. 1 The Q-cluster analysis of seed traits for 18 species of wild herbaceous flowers

表 2 18 种野生草本花卉植物种子特征与萌发率的相关关系

Table 2 Correlation analysis of seed traits and germination rate of 18 species of wild herbaceous flowers

项目	种子宽	千粒重	萌发率
种子长	0.78**	0.52*	−0.08
种子宽		0.66**	−0.36
千粒重			−0.33

注：* 表示相关性达 0.01 的显著性水平(双层检验)；** 表示相关性达 0.005 的显著水平(双层检验)。

2.2 种子萌发与种子基本特征之间的关系

通过对所测种子特征与种子萌发率的相关分析结果表明,种子长、种子宽、千粒重与萌发率存在着负相关关系,但相关性不显著($P>0.05$,表 2);种子

长、种子宽、千粒重之间存在着显著的正相关关系($P<0.05$,表 2)。

2.3 冷藏对种子萌发率的影响

18 种野生草本花卉冷藏后,其中 8 种植物的萌发率较对照有显著的差异。这 8 种中,6 种植物的萌发率较对照组有显著提高($P<0.05$,表 3),分别为小花草玉梅、椭圆叶花锚、条纹龙胆、川续断、路边青与苞芽粉报春;而细裂亚菊与角茴香的种子经冷藏后种子的萌发率降低($P<0.05$,表 3)。

2.4 生境对冷藏后种子萌发的影响

冷藏对不同生境野生草本花卉种子萌发的影响也不尽相同,其中草地与林缘植物的种子经冷藏后

种子的萌发率升高,干山坡的植物种子经冷藏后种子的萌发率反而降低;正常萌发中,干山坡植物种子的萌发率>林缘和草地的,而冷藏后干山坡植物种子的萌发率<林缘而大于草地(图 2)。

表 3 18 种野生草本花卉植物种子长宽比以及萌发率与冷藏后种子的萌发率

Table 3 Seed length-width ratio and germination rate and germination rate after cold storage of 18 species of wild herbaceous flowers			
种	种子长宽比	萌发率 / %	冷藏后萌发率 / %
小花草玉梅	2.98	56.67±6.29b	77.50±6.61a
褐紫乌头	1.64	0.00±0.00a	0.00±0.00a
展毛翠雀	1.34	46.00±8.00a	40.83±3.82a
甘青铁线莲	2.34	73.33±14.43a	73.33±5.20a
短尾铁线莲	1.64	19.33±4.16a	22.5±2.5a
椭圆叶花锚	1.48	0.67±0.01b	58.33±8.04a
条纹龙胆	1.47	16.67±5.20b	35.83±7.22a
珠光香青	2.74	62.67±3.06a	49.17±11.27a
细叶亚菊	2.64	79.33±4.62a	50.83±1.01b
甘西鼠尾草	1.47	1.33±1.15a	2.50±0.25a
马蔺	1.25	0.00±0.00a	0.83±1.44a
黄花矶松	2.26	92.67±3.06a	85.83±7.22a
黄花角蒿	1.57	54.17±0.03a	60.00±12.50a
川续断	2.97	0.00±0.00b	77.50±2.50a
角茴香	1.31	45.33±17.01a	10.00±5.00b
路边青	2.43	80.00±6.61b	98.33±1.44a
黄花棘豆	1.22	5.83±1.44a	13.33±5.20a
苞芽粉报春	1.76	9.17±6.29b	60.00±4.33a

注:不同小写字母表示萌发率与冷藏后萌发率的显著性差异($P<0.05$)。

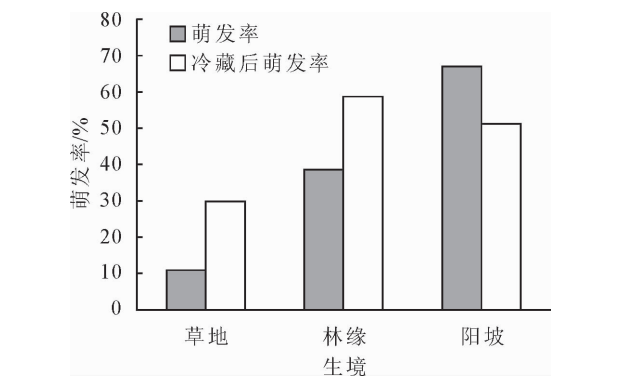


图 2 冷藏前后不同生境的野生草本花卉种子萌发率
Fig. 2 The germination of wild herbaceous flowers in different habitats before and after cold storage

3 结论与讨论

野生花卉植物的种子性状、大小以及萌发能力是引种、育种工作中需要了解的重要指标^[15-16]。本研究 18 种野生草本花卉种子中 8 种小种子均有萌

发,而大种子褐紫乌头与马蔺的种子没有萌发。对种子特征与萌发率的相关分析表明,种子长、宽与千粒重之间有显著的正相关关系,而种子长、宽与千粒重与种子萌发率之间有负相关关系,但是结果并不显著。种子的大小与形状可以影响种子的萌发,一般认为体积较小而形状细长的种子具有较高的萌发率和萌发速率,体积大而圆的种子需要更长的萌发时间^[17]。很多研究都表明生活在干燥或者郁闭度高、稳定的生境中的植株通常有较大的种子,而在空旷、潮湿、易受干扰的生境中的物种通常生产较小的种子^[18-20]。本研究 8 种小种子植物的生境均为草地或者干山坡,中等种子与大种子的生境则为林缘或者草地。其中林缘相对于草地与干山坡的郁闭度较高,木本植物的躯干与冠层阻挡了部分太阳光辐射,减弱了风速,生境较为稳定,所以种子就相对较大,这与本研究中林缘的植物种子较大的结果相符;干山坡的生境虽然干燥,但是郁闭度低,资源贫瘠,本研究该生境的种子都属于小种子;而本研究草地生境中的种子大小不一,与草地空旷、潮湿、易受干扰的环境中种子应该较小的推断不符合,这可能与植物系统发育有关,有待进一步研究。

储藏条件能够影响植物种子的萌发。有研究表明,低温有助于解除种子休眠的效果,对 33 种杂草种子在不同储藏条件下的萌发特性研究发现:冷藏能够改变部分物种的萌发率;冬季 1 年生植物在冷藏后萌发降低,而夏季 1 年生植物萌发增加^[21]。本研究表明不同生境的草本植物种子的萌发率对冷藏的响应不同,其中草地与林缘的植物萌发率上升,而干山坡的植物萌发率下降。对青藏高原 12 种不同生境采集的的灌木种子的萌发研究表明,在干山坡灌丛采集的种子,无论在室内干储还是室外埋藏,种子的萌发率都显著>阴坡灌丛的种子^[22]。同样本研究干山坡收集的种子萌发率>林缘与草地的种子。这可能是由于干山坡的光照与营养较为充足,而林缘缺少阳光,草地的海拔高使气候环境恶劣,幼苗受到的潜在威胁较大,种子就采取休眠的方式来分摊风险。

不同的冷藏时间打破植物种子休眠的时间不同,如画眉草种子 4 个月的干藏与冷藏处理对解除种子休眠的作用不明显,但是 1 a 的干藏能够促进种子成熟^[23]。本研究中,对植物种子冷藏的处理只设置了 1 个梯度,在以后的试验中可以多设置冷藏时间,对比不同种植物在不同冷藏时间后种子萌发率的改变。

本研究可以得出,育种过程中适合直接播种的野生草本花卉有展毛翠雀、甘青铁线莲、短尾铁线

莲、珠光香青、细叶亚菊、黄花矶松、黄花角蒿与角茴香;而小花草玉梅、椭圆叶花锚、条纹龙胆、川续断、路边青与苞芽粉报春种子适合低温冷藏后播种。

参考文献:

[1] 杨利平, 庄斌, 苏正华, 等. 野牡丹属植物种子特征的初步研究[J]. 植物遗传资源学报, 2008, 9(2): 248-252.
YANG L P, ZHUANG B, SU Z H, *et al.* Primary study on features of the seeds of *melastoma* linn plants [J]. Journal of Plant Genetic Resources, 2008, 9(2): 248-252. (in Chinese)

[2] 张德魁, 马全林, 刘有军, 等. 石羊河流域沙地 6 种一年生植物的种子特征[J]. 种子, 2011, 30(1): 70-74
ZHANG D K, MA Q L, LIU Y J, *et al.* Study on seed characteristics of 6 species annual desert land plant in shiyang river basin [J]. Seed, 2011, 30(1): 70-74. (in Chinese)

[3] 马全林, 张德魁, 陈芳, 等. 流动沙丘先锋植物沙米的种子特征研究[J]. 种子, 2008, 27(11): 72-76.
MA Q L, ZHANG D K, CHEN F, *et al.* Study on characters of *Agriophyllum squarrosum*, a pioneer plant on mobile sanddune [J]. seed, 2008, 27(11): 72-76. (in Chinese)

[4] 杨逢建, 张衷华, 王文杰, 等. 八种菊科外来植物种子形态与生理生化特征的差异[J]. 生态学报, 2007, 27(2): 442-449.
YANG F J, ZHANG Z H, WANG W J, *et al.* Anatomical and physiological differences of eight exotic species from asteraceae [J]. Acta Ecologica Sinica, 2007, 27(2): 442-449. (in Chinese)

[5] 崔现亮, 罗娅婷, 蒋智林, 等. 光照和冷藏时间对青藏高原东缘三种灌木种子萌发的影响[J]. 生态学杂志, 2014, 33(9): 2330-2335.
CUI X L, LUO Y T, JIANG Z L, *et al.* Effect of light and cold storage on seed germination of three shrub species from the eastern Qinghai-Tibet Plateau[J]. Chinese Journal of Ecology, 2014, 33(9): 2330-2335. (in Chinese)

[6] 王月清, 张延龙, 司国臣, 等. 秦巴山区主要野生草本花卉资源调查及观赏性状评价[J]. 西北林学院学报, 2013, 28(5): 66-70.
WANG Y Q, ZHANG Y L, SI G C, *et al.* Germplasm and ornamental characteristics evaluation for the main representative wild flower resources in Qingba mountains [J]. Journal of Northwest Forestry University, 2013, 28(5): 66-70. (in Chinese)

[7] 潘晓玲, 皮锡铭, 高淑兰. 新疆野生花卉资源植物的研究[J]. 干旱区研究, 1995(1): 48-52.
PAN X L, PI X M, GAO S L. The study of wild ornamental plants in Xinjiang[J]. Arid Zone Research, 1995(1): 48-52. (in Chinese)

[8] 巨天珍, 朱艳, 陈学林, 等. 兰州地区植被的历史演替[J]. 西北植物学报, 1997(6): 62-66.
JU T Z, ZHU Y, CHEN X L, *et al.* The historical succession of vegetation in Lanzhou [J]. Acta Bot. Boreal.-Occident. Sin., 1997(6): 62-66. (in Chinese)

[9] 徐正茹, 王梅, 曹效东, 等. 14 种野生花卉植物资源调查[J]. 甘肃农业科技, 2015(12): 21-24.

[10] 魏强, 凌雷, 柴春山, 等. 甘肃兴隆山森林演替过程中的土壤理

化性质[J]. 生态学报, 2012, 32(15): 4700-4713.
WEI Q, LING L, CHAI C S, *et al.* Soil physical and chemical properties in forest succession process in Xinlong mountain of Gansu[J]. Acta Ecologica Sinica, 2012, 32(15): 4700-4713. (in Chinese)

[11] 苏军德, 勾晓华, 曹宗英, 等. 祁连圆柏光合作用日变化特征及其与生理生态因子的关系[J]. 西北植物学报, 2011, 31(5): 1011-1017.
SU J D, GOU X H, CAO Z Y, *et al.* Diurnal course of photosynthesis and relationship with the eco-physiological factors of Qilian juniper[J]. Acta Bot. Boreal.-Occident. Sin., 2011, 31(5): 1011-1017. (in Chinese)

[12] 许金凤, 马红梅, 张建全, 等. 兰州南北两山种子植物区系[J]. 草业科学, 2016, 33(3): 408-423.
XU J F, MA H M, ZHANG J Q, *et al.* The flora characteristic of seed plants in the southern and northern mountain Lanzhou [J]. Pratacultural Science, 2016, 33(3): 408-423. (in Chinese)

[13] 覃盈盈. 无瓣海桑种子特征及不同贮藏环境下萌发特性的研究[J]. 种子, 2016, 35(9): 51-54.
TAN Y Y. Characteristics of seed and germination of *sonneratia apetala* in different store conditions[J]. Seed, 2016, 35(9): 51-54. (in Chinese)

[14] 苏维维, 包维楷, 周志琼. 九寨沟林下 28 种乡土观赏植物种子基本特征[J]. 山地学报, 2010, 28(1): 47-55.
SU W W, BAO W K, ZHOU Z Q. Seed traits of twenty-eight ornamental undergrowth native species from Jiuzhaigou biosphere reserve, China[J]. Journal of Mountain Science, 2010, 28(1): 47-55. (in Chinese)

[15] 王荷, 郝爽, 刘燕. 9 种野生花卉种子生物学特性研究[J]. 江苏林业科技, 2009, 36(1): 11-14.
WANG H, HANG S, LIU Y. Biological characteristics of 9 wild flower species seeds[J]. Journal of Jiangsu Forestry Science & Technology, 2009, 36(1): 11-14. (in Chinese)

[16] 张晓曼, 孙晓光, 杜绍华, 等. 四季报春种子萌芽生物学特性研究[J]. 西北林学院学报, 2009, 24(5): 85-87.
ZHANG X M, SUN X G, DU S H, *et al.* Biological characteristics of seeds germination in *Primula obconica* [J]. Journal of Northwest Forestry University, 2009, 24(5): 85-87. (in Chinese)

[17] 王学经, 卜海燕, 周显辉, 等. 青藏高原东缘高寒草甸常见植物种子形状对萌发的影响[J]. 植物科学学报, 2016, 34(3): 391-396.
WANG X J, BU H Y, ZHOU X H, *et al.* Effect of seed shape on germination in an alpine meadow on the eastern Qinghai-Tibet Plateau [J]. Plant Science Journal, 2016, 34(3): 391-396. (in Chinese)

[18] 蔡琰琳, 金则新. 濒危植物夏蜡梅果实、种子形态变异研究[J]. 西北林学院学报, 2008, 23(3): 44-49.
CAI T L, JIN Z X. Morphological variation of fruits and seeds in endangered plant *sinocalycanthus chinensis* [J]. Journal of Northwest Forestry University, 2008, 23(3): 44-49. (in Chinese)

[9] 王世新,张玉霞,俞宏,等. 兰州市园林绿化既有植物应用现状及建议[J]. 甘肃林业科技,2014,39(2):49-52.

[10] 张智,林莉,陈晓娟. 银川平原气候变化特征分析[J]. 干旱区资源与环境,2008,22(6):68-72.
ZHANG Z, LIN L, CHEN X J. The analysis on climate change characteristics in Yinchuan plain[J]. Journal of Arid Land Resources and Environment, 2008, 22(6): 68-72. (in Chinese)

[11] 钱迎倩. 生物多样性研究的原理与方法[M]. 北京: 中国科学技术出版社,1994.

[12] 李登武,党坤良,康永祥. 西北地区木本植物区系多样性研究[J]. 植物研究,2005,25(1):90-98.
LI D W, DANG K L, KANG Y X. Study on diversity of woody plants in northwest China[J]. Bulletin of Botanical Research, 2005, 25(1): 90-98. (in Chinese)

[13] 张文泉. 西北地区盐生植物区系及资源利用研究[D]. 陕西杨陵:西北农林科技大学,2008.

[14] 卓锋,关于元,罗志萍,等. 近自然群落道路绿化景观设计:以深圳东滨路为例[J]. 广东林业科技,2011(5):25-30.

[15] 王金叶,王艺林,金博文. 干旱半干旱区山地森林的水分调节功能[J]. 林业科学,2001,37(5):120-125.
WANG J Y, WANG Y L, JIN B W. Studies on regulating function of forest hydrology and microclimate in arid and semi-arid area of west China[J]. Scientia Silvae Sinicae, 2001, 37(5):120-125. (in Chinese)

[16] 宋丽华,韦孟琪. 银川市主要园林绿化树种物候相及其配置应用[J]. 黑龙江农业科学,2015(4):100-106.

[17] 崔晓燕,段渊古,陆瑛. 杭州市区秋季植物季相与景观特色探析[J]. 西北林学院学报,2016,31(6):289-294.
CUI X Y, DUAN Y G, LU Y. Ornamental value and landscape characteristics of the seasonal aspects in autumn in Hangzhou[J]. Journal of Northwest Forestry University, 2016, 31(6): 289-294. (in Chinese)

[18] 曾晓阳. 成都市城市森林的近自然植物群落配置模式研究[D]. 雅安:四川农业大学,2009.

[19] 孙妹亭,陈美渝,李苹,等. 北京市居民小区景观林内景观质量评价研究[J]. 西北林学院学报,2016,31(5):297-305.
SUN S T, CHEN M Y, LI P, *et al.* Assessment on in-forest quality of landscape forest in residential area in Beijing[J]. Journal of Northwest Forestry University, 2016, 31(5): 297-305. (in Chinese)

[20] 张文杰,屈培源,张文博. 城市公园的“近自然”模式改造——以新乡市人民公园为例[J]. 西北林学院学报,2010,25(1):181-184.
ZHANG W J, QU P Y, ZHANG W B. The reformation of “Near-nature” landscape of parks—a case study of people's park in Xinxiang[J]. Journal of Northwest Forestry University, 2010, 25(1): 181-184. (in Chinese)

(上接第 273 页)

[19] 付玉嫔,陈少瑜,吴涛,等. 中缅甸莲与大果木莲种子形态特征及萌发特性的比较[J]. 西北林学院学报,2009,24(6):33-37.
FU Y B, CHEN S Y, WU T, *et al.* Comparison of seed morphology and germination characteristics of compare of *Manglietia hookeri* and endangered *M. grandis*[J]. Journal of Northwest Forestry University, 2009, 24(6): 33-37. (in Chinese)

[20] KHURANA E, SAGAR R, SINGH J S. Seed size: a key trait determining species distribution and diversity of dry tropical forest in northern India[J]. Acta Oecologica, 2006, 29(2): 196-204.

[21] 樊江文, M. Fenner. 低温处理种子对植物生长和开花习性影响的研究[J]. 生态学杂志, 2003, 22(3): 29-31.

[22] 崔现亮, 罗娅婷, 毕廷菊, 等. 储藏和萌发温度对青藏高原东缘 12 种灌木种子萌发的影响[J]. 生态学杂志, 2014, 33(1): 23-32.

[23] 李雪华, 李晓兰, 蒋德明, 等. 画眉草种子萌发对策及生态适应性[J]. 应用生态学报, 2006, 17(4): 607-610.
LI X H, LI X L, JIANG D M, *et al.* Germination strategy and ecological adaptability of *Eragrostis pilosa* [J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2006, 17(4): 607-610. (in Chinese)