2015-12-25 DOI: 10.3724/SP.J.1145.2015.05001 http://www.cibj.com/
应用与环境生物学报 Chin J Appl Environ Biol 2015, 21 (6): 1170-1173

干贮藏时间对刺叶锦鸡儿和草原锦鸡儿种子萌发的影响*

王 姣 赵晓英** 赵君洁 葛风伟
新疆师范大学生命科学学院 乌鲁木齐 830054

摘 要 刺叶锦鸡儿(*Caragana acanthophylla*)和草原锦鸡儿(*C. pumila*)是乌鲁木齐周边荒漠植被的重要组成种,是荒漠地区植被恢复的潜在先锋种. 对刺叶锦鸡儿和草原锦鸡儿室内干贮藏8年、6年、1年的种子进行萌发实验. 结果显示:刺叶锦鸡儿贮藏8年、6年、1年及鲜种子的萌发率分别为70.4%、72.9%、59.4%、46.4%,可见贮藏6年和8年的种子比贮藏1年及鲜种子的萌发率高,可能是其种子的物理休眠在干贮藏期间得以解除. 而草原锦鸡儿贮藏8年、6年、1年及鲜种子的萌发率分别为90.6%、96.5%、92.5%、93.2%,种子萌发不受贮藏时间的影响,也许是因为其种子不休眠,种子活力在干贮藏期间逐渐丧失. 从萌发速度来看,刺叶锦鸡儿种子的萌发速度不受贮藏时间的影响,而草原锦鸡儿贮藏8年的种子萌发速度比贮藏6年的慢. 该研究可为锦鸡儿属植物的种质资源保护以及干旱区植被恢复提供理论依据. 图2 参28

关键词 贮藏时间;萌发率;萌发速度;刺叶锦鸡儿;草原锦鸡儿;种子活力;休眠
CLC Q945.34

Effect of dry storage on germination of *Caragana acanthophylla* and *C. pumila**

WANG Jiao, ZHAO Xiaoying**, ZHAO Junjie & GE Fengwei
College of Life Science, Xinjiang Normal University, Urumqi, 830054

Abstract *Caragana acanthophylla* and *C. pumila* are perennial shrub of Leguminosae, important component of desert vegetation around Urumqi. Because of their drought and barren resistance and functions of water and soil resources conservation and sand fixation, *C. acanthophylla* and *C. pumila* are potential pioneer species in restoring desert. This research studied the germination of *C. acanthophylla* and *C. pumila* with fresh seeds and seeds dry-stored for 1 year, 6 years and 8 years. The results indicated that the germination percentage of fresh seeds for *C. acanthophylla* was 46.4%, that of seed dry stored for 1 year as 59.4%, that for 6 years as 72.9%, and that for 8 years as 70.4%. The germination percentage of seeds dry stored for 6 years and 8 years was significant higher than seeds dry stored for 1 years and fresh seed. For *C. pumila*, the seed germination percentage of *C. pumila* were 93.2%, 92.5%, 96.5%, 90.6% respectively, not being affected by the storage time. In addition, storage time showed significant effect on seed germination speed of *C. pumila*, but not on that of *C. acanthophylla*. The germination speed of seeds stored for 8 years was slower than for 6 years for *C. pumila*. The present study can provide theoretical basis for germplasm resources conservation and desert vegetation restoration.

Keywords storage period; germination; *Caragana acanthophylla*; *Caragana pumila*; seed vigour; dormancy

种子萌发是植物生活史的开端,直接关系到种群的维持、扩展和恢复,也直接影响着植被的分布、动态和多样性[1-3]. 在我国西北干旱区和半干旱区荒漠灌木种子大多在夏末或秋季成熟,种子传播后并不直接萌发,而是经过一段时间的贮藏延迟到翌年春季才萌发. 荒漠植物为了适应环境,往往具有阻止立即萌发的机制,使种子处于休眠状态[4]. 贮藏时间和种子休眠会对种子活力产生影响,进而决定种子在土壤中产生幼苗的能力,以及种子适应环境因子的范围,但不同的植物表现不同[3,5-6].

贮藏时间影响种子的活力和萌发能力. 贮藏时间过长,种子就会劣变,种子活力迅速下降,进而降低萌发率和幼苗的竞争能力,这个过程是不可避免和逆转的[7]. 但有些植物的种子存在休眠现象. 种子休眠是指有生活力的种子处于合适条件下仍不能萌发的现象,种子保持休眠的这种能力是植物适应不确定降水和不可预测环境的一种对策[5,8]. 种子休眠有助于种子活力的保持. 荒漠植物大都存在初生休眠,休眠确保种子度过不利的环境,贮藏到合适的条件时再萌发[5,9].

研究表明种子贮藏能改变其休眠状态. 室温干贮藏能解除盐生草(*Halogeton glomeratus*)[10]、角果藜(*Ceratocarpus arenarius*)[11]、猪毛蒿(*Artemisia scoparia*)[12]等植物种子的生理休眠,可以解除白刺(*Nitraria sibirica*)[13]、镰荚黄耆(*Astragalus arpilobus*)[14]、牧豆树(*Prosopis juliflora*)[15]、

收稿日期 Received: 2015-05-04 接受日期 Accepted: 2015-08-26
*国家自然科学基金项目(31260101, 30660035)和新疆特殊环境物种多样性应用与调控重点实验室资助 Supported by the National Natural Science Foundation of China (31260101, 30660035) and Key Laboratory of Species Diversity Application and Control in Xinjiang
**通讯作者 Corresponding author (E-mail: zzhaoxy@163.com)

野生大豆[16]种子的物理休眠. 室温干贮藏也能够促进休眠, 如室温贮藏1个月的红豆草(*Onobrychis viciaefolia*) 与鲜种子相比, 休眠率上升[17]. 荒漠小灌木细枝盐爪爪(*Kalidium gracile*)在贮藏过程中具有休眠循环现象[18].

贮藏过程中, 种子休眠的时间因物种的不同以及休眠程度和类型的不同而不同. 室温贮藏的豆科植物种子沙打旺(*Astragalus adsurgens*)、羊柴(*Hedysarum laeve*)休眠期短, 贮藏12–13个月基本解除休眠, 而室温条件下紫花苜蓿(*Medicago sativa*)、黄花苜蓿(*Medicago falcata*)休眠期长, 休眠期在2年以上[17]. 新西兰豆科*Carmichaelia compacta*种子休眠时间长达20多年[19]. 这些种子都具有物理休眠, 能够长时间保持种子活力. 与具有物理休眠的种子不同, 阿拉联酋内陆荒漠猪毛菜属的*Salsola imbricata*和梭梭属的*Haloxylon salicornicum*具有较低生理休眠, 室温贮藏3个月休眠解除, 9个月种子就失去活力[20].

国内关于贮藏时间对干旱区灌木种子萌发影响的研究已有报道. 贮藏时间对鄂尔多斯的霸王(*Zygophyllum xanthoxylon*)、沙冬青(*Ammopiptanthus mongolicus*)和四合木(*Tetraena mongolica*)[9], 以及华北驼绒藜(*Ceratoides arborescens*)[21]、多花柽柳(*Tamarix hohenackeri*)[22]、柠条锦鸡儿(*Caragana korshinskii*)[23]等植物的种子萌发已有报道. 国外干贮藏对种子萌发率和萌发速度的影响也有报道[15, 20].

刺叶锦鸡儿(*Caragana acanthophylla*)和草原锦鸡儿(*C. pumila*)为豆科锦鸡儿属灌木, 具有很强的耐旱、耐贫瘠、抗风沙的特性, 可改善土壤微环境, 属于中等牧草, 是新疆地带性植被的重要组成种, 群落中的优势种或建群种, 对维护荒漠生态系统的稳定性具有十分重要的意义, 也是荒漠地区植被恢复的潜在先锋种[24]. 关于刺叶锦鸡儿和草原锦鸡儿种子, 已有种子萌发对温度和土壤水分的响应[25]、生境特征[26]等的相关研究, 但目前尚未见贮藏时间对刺叶锦鸡儿和草原锦鸡儿种子萌发率影响的报道.

本研究通过比较刺叶锦鸡儿和草原锦鸡儿室内干贮藏1年、6年、8年的种子萌发, 研究贮藏时间对种子萌发率的影响, 以期为锦鸡儿属植物的种质资源保护以及干旱区植被恢复提供理论依据.

1 材料与方法

1.1 研究区域概况

乌鲁木齐属于中温带半干旱大陆性气候, 年均气温6.40 ℃, 年平均降雨量236 mm, 年平均蒸发量2 300 mm左右, 年日照时数约2 500-3 000 h, 无霜期约150-190 d, 冬季寒冷, 夏季炎热, 春秋多风. 乌鲁木齐周边地带性植被为荒漠植被, 组成植物主要是旱生和超旱生灌木. 本研究中的刺叶锦鸡儿和草原锦鸡儿分布在乌鲁木齐周边, 其生境条件略有不同, 草原锦鸡儿所处生境较刺叶锦鸡儿的更干[26].

1.2 种子采集和贮藏

种子于2007年种子成熟期采集自乌鲁木齐周边. 刺叶锦鸡儿种子采自雅玛里克山, 草原锦鸡儿种子采自水西沟. 在自然群落中随机选取20-30丛植株, 采集其种子, 并将种子混匀, 置于室内通风处晾干, 选取健康饱满的种子装于磨口玻璃瓶内, 室温下密封贮藏.

1.3 萌发实验

采集当年刚晾干的种子视为鲜种子. 之后于2008年、2013年和2015年7月从这两种锦鸡儿同一批种子中取出部分种子用于萌发实验, 即种子的贮藏时间分别为1年、6年、8年. 采用培养皿纸上法, 每个培养皿50粒种子, 3个重复. 将培养皿置于智能人工气候箱(RTOP-260B)中进行萌发, 温度为25 ℃/15 ℃(昼12 h/夜12 h). 长出2-3 mm胚根视为萌发, 每天检测一次, 补充蒸馏水, 将已萌发的种子捡出, 实验持续30 d. 实验结束后, 对未萌发的种子用TTC法检测活力. 种子的萌发率为萌发的种子数占有生活力的种子数.

1.4 数据处理

萌发实验结果均以百分率±标准误差(Mean±SE)表示, 种子萌发率的数据处理采用Microsoft Excel 2003软件完成. 当数据不符合正态分布时, 对其进行反正弦转化. 利用统计分析软件SPSS 19.0, 通过单因素方差(One-way Anova)和最小显著性差异法(LSD)分析不同贮藏时间的种子萌发率的差异.

2 结果与分析

2.1 贮藏时间与最终萌发率

由图1可见, 刺叶锦鸡儿种子的最终萌发率因贮藏时间的不同而不同, 鲜种子、贮藏1年、6年、8年的种子的萌发率分别为46.4%、59.4%、72.9%、70.4%, 其中除贮藏6年和8年的种子萌发率差异不显著, 刺叶锦鸡儿种子贮藏时间久, 种子的萌发率高. 草原锦鸡儿鲜种子、贮藏1年、6年、8年的种子萌发率分别为93.2%、92.5%、96.5%、90.6%, 彼此之间差异不显著, 种子的萌发率不受贮藏时间的影响.

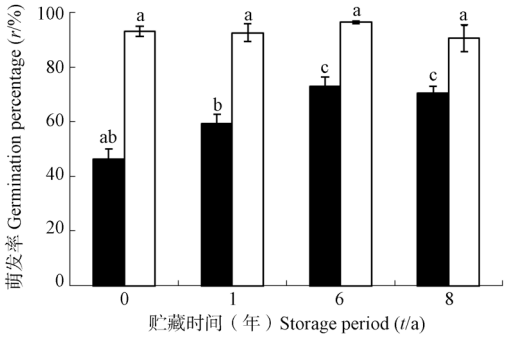


图1 贮藏1-8年的刺叶锦鸡儿和草原锦鸡儿种子的萌发率. 字母不同者为差异显著($P < 0.05$).

Fig. 1 Germination percentage (Mean±SE) of *Caragana acanthophylla* and *C. pumila* after seed storage for different periods. Lowercase letters indicate significant difference ($P < 0.05$).

2.2 贮藏时间与萌发速度

从种子萌发进程来(图2)看, 刺叶锦鸡儿种子萌发缓慢, 30 d后萌发还未结束, 萌发进程分散而平缓, 萌发速度不受贮藏时间的影响. 草原锦鸡儿种子自第2天开始至第22天萌发基本结束, 在前5天快速萌发, 后期缓慢萌发, 种子萌发集中而迅速. 草原锦鸡儿贮藏6年的种子萌发最快, 鲜种子最慢, 萌发速度为: 贮藏6年>贮藏8年>贮藏1年>鲜种子.

刺叶锦鸡儿种子萌发开始的时间因贮藏时间的不同而不同，鲜种子于第1天开始萌发，贮藏1年的第2天开始萌发，而贮藏6年、8年的种子于第3天才开始萌发，研究期内贮藏时间久的种子，萌发开始时间迟. 草原锦鸡儿除了鲜种子在第1天开始萌发，贮藏1年、6年和8年的种子均在第2天开始萌发.

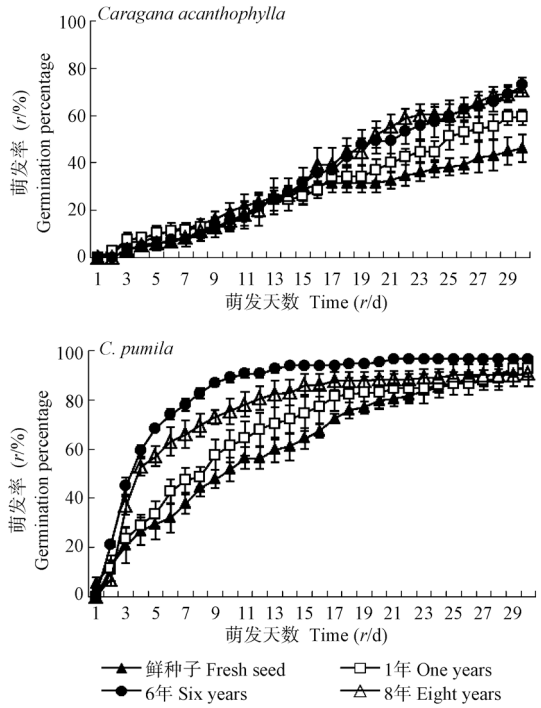


图2 贮藏1-8年的刺叶锦鸡儿和草原锦鸡儿种子的萌发进程.

Fig. 2 Germination progress of *C. acanthophylla* and *C. pumila* after different storage periods.

3 讨论

3.1 贮藏时间与种子活力

种子活力是决定种子在萌发和出苗期间的活性水平和行为的那些种子特性的综合表现，受到贮藏时间和遗传因素的影响[4]. 种子内贮藏物质是种子活力形成的基础，在种子活力形成过程中贮藏物质逐渐积累，种子活力在种子完成生理成熟时达最高峰. 自种子生理成熟后，种子活力开始下降，导致种子老化或劣变，细胞结构和功能受损伤，这个过程不可避免和逆转[7, 17]. 但休眠的种子能够长期保持活力.

豆科种子多具有不透水的种皮，能够长期保持种子活力. 在贮藏过程中，种子与周围的环境的温度和水分相互作用，能够改变种皮结构，种皮透水透气性增加，从而影响种子的萌发[15, 27]. 同时种子呼吸过程不断进行水合脱水循环，造成活性氧积累，导致氧化反应和细胞膜受损，种子活力降低从而对种子萌发产生影响[20].

本研究中，刺叶锦鸡儿种子的贮藏时间越久，种子的萌发率越高. 这可能与种子的刺叶锦鸡儿种子的休眠有关. 本研究中刺叶锦鸡儿的种子具有物理休眠的现象，鲜种子、贮藏1年、6年、8年的种子的物理休眠的休眠率分别为21.7%、34.6%、14.2%、4.2%，贮藏1年的种子休眠率最高. 干贮藏能够解除物理休眠. 此外,刺叶锦鸡儿鲜种子除了物理休眠可能还具有生理休眠，干贮藏过程中，种子内部生理活动解除了生理抑制物萌发率有所增加. 贮藏1年的种子比鲜种子休眠率高，可能是由于干贮藏过程中，种子脱水形成不透水的种皮，贮藏超过1年以上的种子，在贮藏过程中物理休眠逐渐解除，使得种子的萌发率增加. 这与对牧豆树[15]、镰荚黄耆[17]的研究结果相似. 贮藏过程中，种子与周围的环境的温度和水分相互作用产生的物理和化学过程改变了种皮结构增加他们水和气体的渗透性，通过这种方式解除种子的物理休眠，种子萌发率增加[15].

糖类、蛋白质和脂肪是种子三大类贮藏物质，糖类和脂肪较易水解和氧化，并且常因酸败产生大量有毒物质，对种子的萌发能力造成巨大威胁[4]. 豆科种子蛋白质含量较多，营养物质丰富，耐贮藏，能长期保持种子的活力. 本研究中草原锦鸡儿种子成熟后萌发率较高，不存在休眠，并且研究期内，草原锦鸡儿种子最终萌发率不受贮藏时间的影响，这可能是由于草原锦鸡儿种子蛋白质含量高，耐贮藏，能够长期保持较高的种子活力. 草原锦鸡儿贮藏8年的种子萌发率仍在90%以上，这与对多花柽柳[22]和华北驼绒藜[21]种子不同. 多花柽柳室温贮藏240 d就完全失去活力. 而华北驼绒藜种子成熟后贮藏时间久，种子萌发率低，贮藏4年的种子基本失去活力. 华北驼绒藜和多花柽柳属于低营养型的蛋白种子，种胚内养分含量少，种子成熟后贮藏过程中迅速发生劣变，活力迅速降低，萌发率下降.

3.2 贮藏时间与萌发速度

种子萌发速度的差异体现了植物对各自生境的适应[8]. 贮藏过程中种子呼吸过程中活性氧的积累对种子萌发的速度有着重要的影响. 贮藏时间过长，种子会发生劣变，活力迅速下降，劣变的种子往往表现出种皮变色，萌发迟缓，萌发率降低等[28].

刺叶锦鸡儿和草原锦鸡儿种子萌发速度之间的差别，可能与其所在的生境条件相关. 草原锦鸡儿生境土壤水分含量较刺叶锦鸡儿的低[26]. 为适应所在生境，草原锦鸡儿对水分的利用率高，萌发迅速. 而刺叶锦鸡儿种子具有不透水的种皮，对水分利用率低，萌发趋于缓慢，持续时间较长.

本研究中刺叶锦鸡儿种子的萌发速度不受贮藏时间的影响，这可能是由于刺叶锦鸡儿种子具有物理休眠，能够阻隔种子与种皮外气体交换，减少活性氧的积累. 鲜种子在第1天就开始萌发，这可能与鲜种子的种子含水量较高，生理活性较强有关，经过干贮藏种子含水量降低，并且刺叶锦鸡儿种子对水分利用率低延长种子萌发的起始时间，贮藏时间超过6年的种子于第3天开始萌发，可能是由于贮藏时间过久，种子开始劣变，酶活性降低，推迟了萌发开始的时间[7].

草原锦鸡儿种子萌发速度受到贮藏时间的影响，贮藏时间6年和8年的种子比鲜种子和贮藏1年的种子萌发速度快；且贮藏6年的种子萌发速度比贮藏6年的种子快. 这可能与贮藏过程中种子呼吸水合脱水循环造成活性氧的积累有关. 随着贮藏时间的延长，活性氧积累造成细胞膜的通透性改变增强了水解作用提高酶活性，从而加快了萌发速度. 但当贮藏时间过长，种子劣变程度增加，细胞膜透性增加，活力降低，萌发速度开始下降[7, 28]. 这与对*S. imbricata* 和*H. salicornicum*种子的研究结果[20]相似.

4 结论

刺叶锦鸡儿贮藏8年和6年的种子比贮藏1年及鲜种子的萌发率高，可能是因其种子的物理休眠在干贮藏期间得以解除. 草原锦鸡儿的种子萌发率较高，贮藏8年的种子萌发率仍在90%以上，可见草原锦鸡儿种子萌发不受贮藏时间的影响，也许是因为其种子不休眠的缘故. 从萌发速度来看，刺叶锦鸡儿经过贮藏的种子萌发速度较慢，且不受贮藏时间的影响. 而草原锦鸡儿的萌发较快，贮藏8年的种子萌发速度比贮藏6年的慢. 该研究可为锦鸡儿属植物的种质资源保护以及干旱区植被恢复提供理论依据. 此外，自然状态下这两种锦鸡儿植物种子的萌发特性还需进一步的研究 .

参考文献 [References]

1 苌伟, 吴建国, 刘艳红. 荒漠木本植物种子萌发研究进展[J]. 应用生态学报, 2007, **18** (2): 436-444 [Chang W, Wu JG, Liu YH. Research advance in seed germination od desert woody plants [J]. *Chin J Appl Ecol*, 2007, **18** (2): 436-444]

2 刘志民, 蒋德明, 高红瑛, 常学礼. 植物生活史繁殖对策与干扰关系的研究[J]. 应用生态学报, 2003, **14** (3): 418-422 [Liu ZM, Jiang DM, Gao HY, Chang XL. Relationships between plant reproductive strategy and disturbance [J]. *Chin J Appl Ecol*, 2003, **14** (3): 418-422.]

3 Gutterman Y. Seed Germination in Desert Plants [M]. Berlin: Springer Verlag, 1993

4 傅家瑞. 种子生理[M]. 科学出版社, 1985

5 Baskin CC, Baskin JM. Seed: Ecology, Biogeography, and Evolution of Dormancy and Germination [M]. San Diego: Academic Press, 2014

6 Copeland LO, McDonald MB. Principles of Seed Science and Technology [M]. American: Springer Verlag, 2001: 192-230

7 张兆英. 种子劣变机制研究进展[J]. 沧州师范专科学校学报, 2005, **21** (2): 89-90 [Zhang ZY. Advances in the research of seed deterioration mechanism [J]. *J Cangzhou Teach'Coll*, 2005, **21** (2): 89-90]

8 赵晓英, 任继周, 李延梅. 黄土高原3种锦鸡儿种子萌发对温度的响应[J]. 应用与环境生物学报, 2004, **10** (3): 292-294 [Zhao XY, Ren JZ, Li YM. Germination responses to temperature in three *Caragana* Fabr. species in Loess Plateau, China [J]. *Chin J Appl Environ Biol*, 2004, **10** (3):292-294]

9 张颖娟, 王玉山, 李绍舜. 贮藏条件和时间对西鄂尔多斯5种荒漠植物种子萌发的影响[J]. 林业科学, 2011, **47** (1): 36-41 [Zhang YJ, Wang YS, Li SS. Effect of different storage conditions and durations on seed viability and germination of five desert plants in West Erdos [J]. *Sci Silv Sin*, 2014, **47** (1): 36-41]

10 于晓, 严成, 魏岩. 盐生草(*Halogeton glomeratus*)二型种子的休眠与萌发[J]. 生态学报, 2009, **29** (3): 1616-1621 [Yu X, Yan C, Wei Y. Germination of dimorphism seeds in *Halogeton glomeratus* (Chenopodiaceae) [J]. *Acta Ecol Sin* , 2009, **29** (3):1616-1621]

11 Liu HL, Zhang LW, Yin LK, Zhang DY. Effect of temperature, dry storage, and burial on dormancy and germination of seed of 13 desert plant species from Sand Dunes in the Gurbantunggut Desert, Northwest China [J]. *Ari Land Res Manag*, 2013, **27** (1): 65-78

12 Li XH, Jiang DM, Alannusa. Comparison of seed germination of four *Artemisia* species (Asteraceae) in northeastern Inner Mongolia, China [J]. *J Arid Land*, 2012, **4** (1): 36-42

13 王彦雕. 锁阳白刺种子萌发及其寄生关系的建立[D]. 兰州: 甘肃农业大学, 2012 [Wang YD. Seed germination and parasitic relationship of *Cynomorium songaricum* and *Nitraria* [D]. Lanzhou: Gansu Agricultural University, 2012]

14 龙艳. 短命植物镰荚黄耆种子萌发及生活史特征[D]. 乌鲁木齐: 新疆农业大学, 2012 [Long Y. Seed germination and life history traits in ephemeral *Astragalus arpilobus* [D]. Xinjiang: Agricultural University, 2012]

15 El-Keblawy A, Al-rawai A. Effect of seed maturation time and dry storage on light and temperature requirements during germination in invasive *Prosopis juliflore* [J]. *Flora*, 2006, **201** (2): 135-143

16 乔亚科, 李桂兰, 王文颇, 高书国, 毕艳娟. 不同处理方法和贮藏时间对野生大豆种子萌发的影响[J]. 种子, 2003 (3): 33-34 [Qiao YK, Li GL,Wang WP, Gao SG, Bi,YJ. Effect of different treatment methods and storage period on the germination of wild soybean [J]. *Seed*, 2003 (3): 33-34]

17 杜利霞, 李青丰, 刘义. 不同贮藏时间对牧草种子萌发特性的影响[J]. 中国草地, 2005, **27** (1): 18-22 [Du LX, Li QF, Liu Y. Effects of different storage time on the germination characteristics of forage seed [J]. *Grassl China*, 2005, **27** (1): 18-22]

18 Cao DC, Baskin CC, Baskin JM. Dormancy cycling and persistence of seeds in soil of a cold desert halophyte shrub [J]. *Ann Bot*, 2014, **113** (1): 171-179

19 Grüner I, Heenan P. B. Viability and germination of seed of *Carmichaelia* (Fabaceae) after prolonged storage [J]. *NZL J Bot*, 2001, **39** (1): 125-131

20 El-Keblawy A. Effect of seed storage on germination of two succulent desert halophytes with little dormancy and transient seed bank [J]. *Acta Ecol Sin,* 2013, **33** (6): 338-343

21 孙海莲, 阿拉塔, 王海明. 华北驼绒藜种子萌发特性研究[J]. 畜牧与饲料科学, 2012, **33** (11-12): 31-33 [Sun HL, Alata, Wang HM. Study on seed germination characteristics of *Ceratoides arborescens* [J]. *Anim Hus Feed Sci*, 2012, **33** (11-12): 31-33]

22 王磊, 严成, 魏岩, 尹林克. 温度、盐分和储藏时间对多花柽柳种子萌发的影响[J]. 干旱区研究, 2008, **25** (6): 797-801 [Wang L,Yan C, Wei Y, Yin LK. Study on the effect of temperature, salinity and storing time on germination of *Tamarix hohenackeri* seeds [J]. *Arid Zone Res*, 2008, **25** (6): 797-801]

23 陈云霞, 赵复泉, 白文斌, 郜春花, 卢朝, 马红梅. 不同贮藏年限的柠条种子发芽试验研究[J]. 农业学报, 2011 (2): 8-11 [Chen YX, Zhao FQ, Bai WB,Gao CH, Lu CD, Ma HM. Study on germination of *Caragana Korshinskii* seeds with different storage years [J]. *J Agric* 2011 (2): 8-11]

24 崔乃然. 新疆主要饲用植物志(第二册) [M]. 乌鲁木齐: 新疆科技卫生出版社, 1994: 153-156 [Cui NR. The Flora Records of Main Forage Grass Crops in Xinjiang (Book 2) [M]. Urumqi: Health Science and Technology Publishing House in Xinjiang, 1994: 153-156]

25 李晓梅, 赵晓英, 赵法, 郭名军. 新疆3种锦鸡儿属植物种子萌发对温度和土壤水分的响应[J]. 草业科学, 2009, **26** (10): 140-145 [Li XM, Zhao XY, Zhao F, Guo MJ. Response of seed germination of three *Caragana* species to temperature and soil moisture [J]. *Pratac Sci*, 2009, **26** (10): 140-145]

26 董正武, 赵晓英, 徐郑伟. 乌鲁木齐周边四种野生灌木的生境特性[J]. 新疆师范大学学报(自然科学版), 2009, **28** (4): 24-28 [Dong ZW, Zhao XY, Xu ZW. Habitat of four native shrubs in Urumqi Xinjiang [J]. *J Xinjiang Norm Univ (Nat Sci Ed)*, 2009, **28** (4): 24-28]

27 杨期和, 尹小娟, 叶万辉. 硬实种子休眠的机制和解除方法[J]. 植物学通报, 2006, **23** (1): 108-118 [Yang QH, Yin XJ, Ye WH. Dormancy mechanism and breaking methods for hard seeds [J]. *Chin Bull Bot*, 2006, **23** (1): 108-118]

28 张苗苗, 云锦凤, 赵彦, 许圣德. 不同贮藏时间加拿大披碱草种子活力研究初报[J]. 内蒙古农业科技, 2011 (2): 48-50 [Zhang MM. Study on the seed vigor of *Elymus canadensis* L. in different storage time [J]. *Inner Mongolia Agric Sci Technol*, 2011 (2): 48-50]