

# 成熟时间和干贮藏对两种木蓼种子萌发的影响

李晓梅<sup>1</sup>, 赵晓英<sup>1,\*</sup>, 于瑞德<sup>2</sup>

(1. 新疆师范大学生命科学院, 乌鲁木齐 830054; 2. 中国气象局乌鲁木齐沙漠气象研究所, 乌鲁木齐 830002)

**摘要:** 刺木蓼 (*Atraphaxis spinosa*) 和长枝木蓼 (*A. virgata*) 为蓼科木蓼属灌木, 刺木蓼 1a 结果 2 次, 分别于 6 月份和 9 月份成熟, 而长枝木蓼果期较长, 于 10—11 月份成熟。对 2 种木蓼不同成熟时间及干贮藏后的种子, 进行萌发实验, 结果表明: 不同成熟时间的刺木蓼种子在 30℃/20℃ 的萌发率高, 长枝木蓼 10 月份成熟的种子在 15℃/6℃ 的萌发率低, 而 11 月份成熟的种子在 15℃/6℃ 的萌发率最高。成熟早的刺木蓼种子较小, 而长枝木蓼成熟晚的种子较小, 不同成熟时间的 2 种木蓼种子均表现为, 小种子的休眠程度低。刺木蓼不同成熟时间的种子在干贮藏的过程中, 种子的萌发率先降低后增加。干贮藏明显提高了长枝木蓼种子在 15℃/6℃ 的萌发率, 尤其是 10 月份成熟的种子, 10 月份和 11 月份成熟的种子分别贮藏 9 个月和 6 个月后解除休眠。

**关键词:** 刺木蓼; 长枝木蓼; 萌发; 休眠; 成熟时间; 干贮藏

## Effects of seed maturation time and dry storage on germination of two *Atraphaxis* species

LI Xiaomei<sup>1</sup>, ZHAO Xiaoying<sup>1,\*</sup>, YU Ruide<sup>2</sup>

1 College of Life Science, Xinjiang Normal University, Urumqi 830054, China

2 Institute of Desert Meteorology, China Meteorological Administration, Urumqi 830002, China

**Abstract:** The effect of seed maturation time and dry seed storage on final germination percentage for the native shrubs *Atraphaxis spinosa* and *A. virgata*, which grown under desert environmental conditions in Urumqi, is great. *A. spinosa* fruits two times annually, in June and September. *A. virgata* has a long florescence last out two months. *A. spinosa* seeds were collected in June and September, while *A. virgata* seeds were in October and November. Seeds were germinated immediately and after 3, 6, 9, 12 and 15 months of dry storage under room temperature. Fresh seeds with different mature time were germinated at 15℃/6℃, 20℃/10℃, 25℃/15℃ and 30℃/20℃ (day 12h/night 12h). The seeds were germinated at 15℃/6℃ and 30℃/20℃ under the situation of dry storage. The results showed that the fresh seeds of *A. spinosa* were matured in June and September germinated significantly greater at 30℃/20℃. The seeds of *A. virgata* matured in October had lower germination percentage at 15℃/6℃, but they were higher in November. These two *Atraphaxis* species have similitude mechanisms of germination. Their seeds mature in different time have different level of dormancy. The seeds of *A. spinosa* maturing in June had higher germination comparing to matured in September. On the other hand, the seeds of *A. virgata* maturing in November had higher germination than matured in October. The weight of *A. spinosa* seeds in June were lighter than in September, while *A. virgata* seeds in November were lighter. The results showed that small seeds had higher germination percentage, big seeds of the two *Atraphaxis* species had longer dormant time. Under the condition of dry storage, the seeds of *A. spinosa* increased rapidly about the level of dormancy with time in the first 9 months, decreased with time in the next term. But dry storage increased germination percentage of *A. virgata* significantly at 15℃/6℃, it increased significantly in October than in November. *A. spinosa* seeds matured in October after 9 months while seeds matured in November needs 6 months' time of dry storage. This indicates that dormancy breakage was

**基金项目:** 新疆维吾尔自治区高校科研计划重点项目 (XJEDU2007S26); 国家自然科学基金资助项目 (30960086; 30660035)

**收稿日期:** 2009-11-05; **修订日期:** 2010-04-20

\* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: zzhaoy@163.com

greater in November than that of October. Under the condition of dry storage, the seeds of *A. virgata* need low temperature to achieve greater germination percentage.

**Key Words:** *Atraphaxis spinosa*; *A. virgata*; germination; dormancy; maturation time; dry storage

刺木蓼(*Atraphaxis spinosa*)和长枝木蓼(*A. virgata*)为蓼科木蓼属灌木。刺木蓼生长在干旱山坡、荒漠沙地及戈壁滩;长枝木蓼分布于北疆荒漠、沙地、冲沟边、天山与阿尔泰山砾石山坡<sup>[1-2]</sup>。这2种植物是乌鲁木齐周边植被组成的重要种<sup>[3]</sup>,具有很强的耐旱、耐瘠薄、抗风沙的特性,对维护乌鲁木齐的生态环境具有十分重要的意义,也是植被恢复潜在的候选植物种。

种子休眠和萌发在很大程度上取决于种子发育和成熟的时间<sup>[4]</sup>,种子在母株上成熟时的条件能决定种子的休眠水平和萌发,进而影响种子的萌发和下一代的命运<sup>[5]</sup>。干贮藏能影响种子的休眠水平,控制休眠解除的速率。

有关刺木蓼和长枝木蓼的分类、分布、饲用价值<sup>[1-2]</sup>、群落组成<sup>[6]</sup>、生境<sup>[7]</sup>等已有研究。国外对牧豆树(*Prosopis juliflora*)<sup>[4]</sup>、美女樱(*Verbena hybrida*)<sup>[8]</sup>、野牛草(*Cenchrus ciliaris*)<sup>[9]</sup>和拟漆姑(*Spergularia marina*)<sup>[10]</sup>等植物不同成熟时间的种子的萌发特性已有报道。牧豆树<sup>[4]</sup>、芝麻菜(*Eruca vesicaria*)<sup>[11]</sup>等植物种子成熟的环境条件对其萌发和休眠特性的影响也有研究。种子经干贮藏后萌发率提高<sup>[4,12]</sup>。而成熟时间和干贮藏对这2种木蓼种子萌发的影响还未见报道。

刺木蓼1a结果2次,长枝木蓼的果期从10月份一直持续到11月份。本文拟研究不同成熟时间的这2种木蓼的种子的萌发及休眠特点,以揭示其生活史特征,为这2种植物的育苗提供理论依据。

## 1 材料与方法

在乌鲁木齐周边,刺木蓼主要生长在阳坡和半阳坡,长枝木蓼主要生长在阴坡和半阴坡。在这2种木蓼种子成熟期采集种子,刺木蓼分别于2008年6月和9月采自乌鲁木齐市鲤鱼山的半阳坡,长枝木蓼于2008年10月和11月采自鲤鱼山的半阴坡。根据新疆维吾尔自治区气象局的数据,2008年6月的日平均最高气温和日平均最低气温分别为30.26℃、19.11℃;9月份分别为22.73℃、12.50℃;10月份分别为15.70℃、6.59℃。种子采集后置于室内通风处晾干,选取健康饱满的种子备用。将种子置于湿润滤纸上放于100mm的培养皿中,每皿50粒,3次重复,在光照培养箱(MGC-250)中培养,萌发过程中每天加水,保持滤纸湿润,以种子长出2mm胚根视为萌发,每天观测1次,并将已萌发的幼苗检出。持续观测28d。萌发结束后,对未萌发的种子用TTC法检测生活力。萌发率为萌发种子数占有生活力种子数的百分率<sup>[5]</sup>。

### 1.1 种子千粒重测定

从成熟健康的种子中随机选取8个重复,各100粒<sup>[13]</sup>,用万分之一天平称重,计算种子的千粒重。

### 1.2 不同成熟时间的种子的萌发

将不同时间采集的成熟种子放置7—10d,进行萌发<sup>[5]</sup>。依据乌鲁木齐市4—10月份的日平均最高气温和日平均最低气温,种子萌发温度设为15℃/6℃、20℃/10℃、25℃/15℃及30℃/20℃(昼12h/夜12h),光照强度为8000lx。这4个温度接近2种木蓼生境中生长季的昼夜温度变化。

### 1.3 干贮藏后种子的萌发

将不同成熟时间的2种木蓼种子在室温下干贮藏0(对照)、3、6、9、12和15个月后进行萌发。预实验表明,刺木蓼种子在15℃/6℃的萌发率低,30℃/20℃的萌发率高。长枝木蓼种子在15℃/6℃的萌发率变化明显,在30℃/20℃的萌发率与其他2个温度的差异不显著,因此将萌发温度设为15℃/6℃和30℃/20℃。

### 1.4 数据处理

利用SPSS13.0统计分析软件对所测数据进行处理分析,通过单因子方差分析(One-way ANOVA)检验差异的显著性,如果差异显著,再利用Duncan's检验确定平均值之间的差异性,差异显著性检验时数据做反正

弦转换<sup>[5]</sup>。实验结果以平均值 (Mean) ± 标准误 (SE) 表示。

2 结果与分析

2.1 千粒重

成熟早的刺木蓼种子较小 ( $P < 0.05$ ), 而长枝木蓼成熟晚的种子较小 ( $P < 0.05$ ) (表 1)。

表 1 两种木蓼不同成熟时间的种子千粒重 (平均值 ± 标准误)

| Table 1 Weight of thousand seeds (Mean ± SE) of two <i>Atraphaxis</i> species in different maturation time |                      |                                 |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|---------------------------------|
| 植物种 Species                                                                                                | 成熟时间 Maturation time | 千粒重 Weight of thousand seeds /g |
| 刺木蓼 <i>Atraphaxis spinosa</i>                                                                              | 2008 年 6 月           | 1.57 ± 0.01 d                   |
|                                                                                                            | 2008 年 9 月           | 2.18 ± 0.02 b                   |
| 长枝木蓼 <i>Atraphaxis virgata</i>                                                                             | 2008 年 10 月          | 2.45 ± 0.02 a                   |
|                                                                                                            | 2008 年 11 月          | 2.11 ± 0.03 c                   |

注: 字母不同者为差异显著 ( $P < 0.05$ ), 字母相同者为差异不显著

2.2 成熟时间对两种木蓼种子萌发的影响

由图 1 可知, 刺木蓼成熟时间早的种子比成熟晚的萌发率高 ( $P < 0.05$ )。长枝木蓼成熟晚的种子的萌发率高 ( $P < 0.05$ )。刺木蓼不同成熟时间的种子在 30℃/20℃ 的萌发率均比另外 3 个温度高。10 月份成熟的长枝木蓼种子在 15℃/6℃ 的萌发率比另外 3 个温度低, 11 月份成熟的种子在 15℃/6℃ 的萌发率高 ( $P < 0.05$ )。

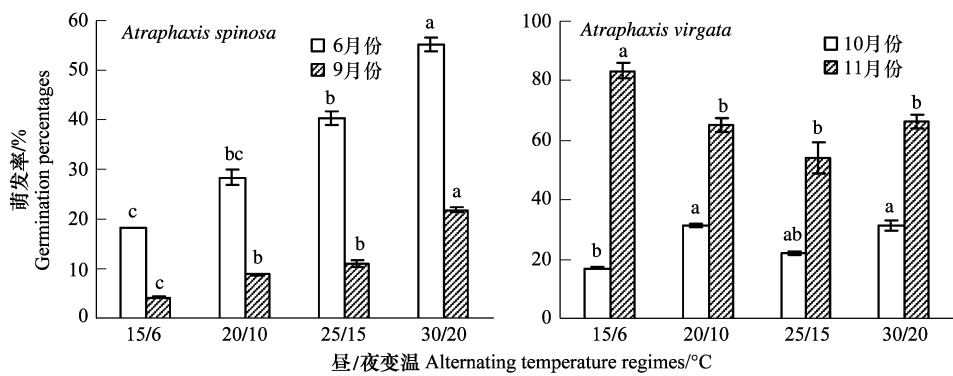


图 1 两种木蓼不同成熟时间的种子在昼夜变温下的最终萌发率 (平均值 ± 标准误)

Fig. 1 Final seed germination percentages (Mean ± SE) at alternating temperature regimes of two *Atraphaxis* species in different maturation time

注: 同一成熟时间字母不同者为差异显著 ( $P < 0.05$ ), 字母相同者为差异不显著

2.3 干贮藏对种子萌发的影响

干贮藏前后 2 种木蓼种子的萌发及休眠特点的差异见表 2。干贮藏仅改变了 10 月份成熟的长枝木蓼种子萌发对温度的需求, 干贮藏后, 在 15℃/6℃ 的种子萌发率高于 30℃/20℃ 的。

不同成熟时间的刺木蓼种子随干贮藏时间的延长, 休眠程度先降低再升高。长枝木蓼种子随干贮藏时间的延长, 休眠程度均降低, 10 月份和 11 月份成熟的种子分别于 9 个月和 6 个月后休眠得以解除。

3 讨论

3.1 成熟时间对种子大小的影响及其生态适应意义

不同成熟时间的种子在大小和萌发水平上均有差异, 这是植物对严酷环境的一种适应<sup>[14]</sup>。例如, 在开阔生境中生长的 1 年生植物英国猪殃殃 (*Galium anglicum*) 其种子显著小于 1 年生但生长在郁闭生境中的猪殃殃 (*G. aparine*), 这种差异可能是因为在遮荫条件下幼苗成功定居需要更多营养储备<sup>[15]</sup>。种子休眠一般是指一个植物生产的种子不在一个生长季内都萌发, 而是分散在若干生长季。种子休眠是很普遍的现象, 并且它

往往也和植株内种子大小联系在一起<sup>[16]</sup>。对青藏高原东缘 61 种常见木本植物种子萌发特性的研究显示,其种子萌发几乎不受种子大小的影响,但仍存在小种子比大种子有更高的萌发率<sup>[17]</sup>。这 2 种木蓼种子也有这样的现象,9 月份成熟的刺木蓼种子比 6 月份的大,10 月份成熟的长枝木蓼种子比 11 月份的大,相对较大的种子的休眠程度高。可能是因为,大种子有更多的能量储备,保证种子的萌发。种子进入休眠状态和大种子都能起到在随机环境中降低失败风险,提高适合度的作用<sup>[18]</sup>。

表 2 两种木蓼不同成熟时间种子的萌发率(平均值±标准误)

Table 2 Seed germination percentages (Mean ± SE) of two *Atraphaxis* species in different maturation time

| 采集后干贮藏时间 / 月<br>Months after harvest | 萌发率 Germination percentages / % |              |              |              |
|--------------------------------------|---------------------------------|--------------|--------------|--------------|
|                                      | 15℃/6℃                          | 30℃/20℃      | 15℃/6℃       | 30℃/20℃      |
| 刺木蓼 <i>Atraphaxis spinosa</i>        |                                 |              |              |              |
|                                      | 6 月份成熟的种子                       |              | 9 月份成熟的种子    |              |
| 0                                    | 18.30 ± 0.59                    | 55.16 ± 2.81 | 4.29 ± 1.44  | 21.88 ± 1.27 |
| 3                                    | 15.97 ± 1.52                    | 48.04 ± 5.52 | 2.76 ± 0.36  | 13.49 ± 1.06 |
| 6                                    | 14.34 ± 0.85                    | 38.47 ± 3.04 | 4.03 ± 0.66  | 11.62 ± 1.39 |
| 9                                    | 10.49 ± 2.09                    | 33.12 ± 0.95 | 3.51 ± 0.65  | 8.26 ± 0.65  |
| 12                                   | 13.53 ± 1.15                    | 35.29 ± 1.22 | 7.39 ± 0.40  | 21.80 ± 1.15 |
| 15                                   | 20.09 ± 1.48                    | 41.48 ± 1.84 | —            | —            |
| 长枝木蓼 <i>Atraphaxis virgata</i>       |                                 |              |              |              |
|                                      | 10 月份成熟的种子                      |              | 11 月份成熟的种子   |              |
| 0                                    | 17.03 ± 0.50                    | 31.20 ± 3.12 | 83.22 ± 2.63 | 66.42 ± 2.40 |
| 3                                    | 49.15 ± 0.28                    | 27.20 ± 1.15 | 85.22 ± 3.94 | 79.29 ± 1.32 |
| 6                                    | 47.69 ± 2.14                    | 19.19 ± 1.11 | 98.00 ± 6.65 | 83.22 ± 7.32 |
| 9                                    | 99.32 ± 3.87                    | 38.73 ± 1.75 | 99.32 ± 3.87 | 83.10 ± 3.91 |

### 3.2 成熟时间对种子萌发和休眠的影响

相同生境不同时间成熟的种子萌发特性不同,可能缘于种子在植株上成熟过程中的环境条件不同<sup>[19-20]</sup>。生长季影响植物的主要因素有温度、降水和日照时间<sup>[5]</sup>。一般来说,高温条件下成熟的种子的萌发率高于低温下成熟的。刺木蓼亦是如此,6 月份成熟的种子的萌发率高,这跟粉花蒿(*Artemisia rhodantha*)<sup>[21]</sup>、马齿苋(*Portulaca oleracea*)<sup>[22]</sup>、甜樱桃(*Prunus avium*)<sup>[23]</sup>等植物相似。植株在种子发育和成熟时的短日照时间同样能提高种子的萌发率。据新疆维吾尔自治区统计年鉴中的气象资料,近 10a 来,6、9、10、11 月份的平均日照时间分别为 305.89、272.53、226.78、124.73h。长枝木蓼 11 月份成熟的种子萌发率高,也许因为 11 月份的日照时间短,这与牧豆树<sup>[4]</sup>相似。就日照时间而言,刺木蓼种子受长日照时间的影响,即在长日照时间下成熟的种子的萌发率比短日照时间下的萌发率高。这与长芒棒头草(*Polypogon monspeliensis*)、二蕊拟漆姑(*Spergularia diandra*)<sup>[24-25]</sup>等植物的种子相似。长枝木蓼受短日照时间的影响,跟马齿苋和多子藜(*Chenopodium polyspermum*)<sup>[25-26]</sup>相似。

### 3.3 干贮藏对种子萌发的影响

刺木蓼不同成熟时间的种子随着干贮藏时间的延长,萌发率均先降低再升高,并且萌发率一直很低,尤其是 9 月份成熟的种子。这样,土壤中一直有种子存在,等待适宜的萌发环境条件。干贮藏的时间越长,长枝木蓼的种子休眠程度越低,11 月份成熟的长枝木蓼种子贮藏 6 个月后休眠解除,10 月份成熟的种子贮藏 9 个月后休眠解除。干贮藏能提高长枝木蓼种子在 15℃/6℃ 的萌发率,休眠程度的降低有利于种子在春天迅速萌发。

### 3.4 两种木蓼种子萌发的异同

这 2 种木蓼种子具有相似的萌发机制,能产生不同休眠程度的种子。不同成熟时间的种子在萌发率和萌发需求上差异显著,确保了尽管在最佳条件下,在一定时间内也仅有一部分种子能萌发,延长了种子萌发的时间,增加了对环境的适合度,有利于其在干旱环境中成功定居和繁衍<sup>[27]</sup>。9 月份成熟的刺木蓼种子的休眠程度高,此时的环境条件不利于幼苗建成和存活,种子进入休眠从而避免了在生长季末期萌发,使幼苗免受寒冷

的毁灭性打击。11 月份成熟的长枝木蓼种子的萌发率高。在 11 月份温度降至零下,种子进入强迫休眠。这也许是防止种子在不合适的气候条件下萌发的机制,有利于物种的存活。

母株所在生境中的各种生态因子相互作用,使种子成熟后或休眠或萌发。生境条件通过影响种子的生理特性,进一步调节其萌发与休眠。阳坡的种子休眠程度普遍较高,可能与阳坡生境中可供植物吸收的养分和水分相对较低有关,从而种子的各种性状也会受到一定的影响。刺木蓼主要在半阳坡生长,而长枝木蓼主要生长在半阴坡,半阴坡的土壤水分含量高,这也许是长枝木蓼比刺木蓼种子萌发率高的原因之一。

综上所述,不同成熟时间的 2 种木蓼种子具有不同的休眠程度,刺木蓼成熟早的种子其休眠程度低,长枝木蓼则相反。刺木蓼不同成熟时间的种子在 15 个月的干贮藏的过程中,种子的萌发率先降低后增加。干贮藏明显提高了长枝木蓼种子在 15℃/6℃ 的萌发率,尤其是 10 月份成熟的种子。

**致谢:**实验过程中得到靳万贵老师的帮助,特致致谢。

## References:

- [ 1 ] Liu Y X. Flora in Desertis Reipublicae Populorum Sinarum, Volume II. Beijing: Science Press, 1987.
- [ 2 ] Cui N R. The Flora Records of Main Forage Grass Crops in Xinjiang, Book 2. Urumqi: Xinjiang science & Technology & Hygiene Publishing House, 1994.
- [ 3 ] Intergrated Survey Team of Xinjiang of Chinese Academy of Sciences, Institute of Botany of Chinese Academy of Sciences. The Vegetation and Utilization of Xinjiang. Beijing: Science Press, 1978.
- [ 4 ] El-Keblawy A, Al-Rawai A. Effects of seed maturation time and dry storage on light and temperature requirements during germination in invasive *Prosopis juliflora*. Flora, 2006, 201: 135-143.
- [ 5 ] Baskin C C, Baskin J M. Seeds: Ecology, Biogeography and Evolution of Dormancy and Germination. San Diego: Academic Press, 1998.
- [ 6 ] Ye W Y, Yin L K, Qian Y, Yan C. Study on plant community types and species diversity of main barren hill in Urumqi. Journal of Xinjiang Agricultural University, 2005, 28(1): 44-48.
- [ 7 ] Jia B Q, Huang P Y. The preliminary study on the natural immigration and establishment of *Atraphaxis spinosa* and *Nitraria roborowskii* in the South-West edge of the Zunger Basin. Journal of Xinjiang University ( Natural Science Edition ), 1992, 9(4): 89-94.
- [ 8 ] Grzesik M, Gornik K, Chojnowski M G. Effect of environmental conditions and the harvest time on the seed yield quality of *Verbena hybrida* Voss. Seed Science and Technology, 1998, 26: 131-140.
- [ 9 ] Sharif-Zadeh F, Murdoch A J. The effects of different maturation conditions on seed dormancy and germination of *Cenchrus ciliaris*. Seed Science Research, 2000, 10: 447-457.
- [ 10 ] Ungar I A. Effects of the parental environment on the temperature requirements of *Spergularia marina* seeds. Botanical Gazett, 1988, 194: 432-436.
- [ 11 ] Pita Villamil J M, Perez-Garcia F, Martinez-Laborde J B. Time of collection and germination in rocket, *Eruca vesicaria* ( L. ) Cav. ( Brassicaceae ). Genetic Resources and Crop Evolution, 2002, 45: 47-51.
- [ 12 ] Gutterman Y. Environmental factors and survival strategies of annual plant species in the Negev Desert, Israel. Plant Species Biology, 2000, 15: 113-125.
- [ 13 ] State Bureau of Quality and Technical Supervision. Rules for Grass Seed Testing of the People's Republic of China. Beijing: Standards Press of China, 2001.
- [ 14 ] Leishman M R, Wright I J, Moles A T, Westoby M. The evolutionary ecology of seed size // Fenner M ed. Seeds: The Ecology of Regeneration in Plant Communities. New York: CABI Publishing, 2000: 31-57.
- [ 15 ] Salisbury E J. Seed size and mass in relation to environment. Proceedings of the Royal Society of London Series B-Biological Sciences, 1974, 186: 83-88.
- [ 16 ] Hendrix S D. Variation in seed weight and its effects on germination in *Pastinaca sativa* L. ( Umbelliferae ). American Journal of Botany, 1984, 71: 795-802.
- [ 17 ] Wang J H, Du G Z, Cui X L, Zheng X F, Qi W. Germination characteristics of 61 common woody species from the eastern Qinghai-Tibet plateau of China and their life history correlates. Chinese Journal of Plant Ecology, 2009, 33(1): 171-179.
- [ 18 ] Zhang D Y. Plant Life-history Evolution and Reproductive Ecology. Beijing: Science Press, 2004.
- [ 19 ] Baskin J M, Baskin C C. Year-to-year variation in the germination of freshly-harvested seeds of *Arenaria patula* var. *robusta* from the same site. Journal of the Tennessee Academy of Science, 1975, 50: 106-108.

- [20] Baskin J M, Baskin C C. Variation in the annual dormancy cycle in buried seeds of the weedy winter annual *Viola arvensis*. *Weed Research*, 1995, 35:353-362.
- [21] Nosova L I. Germination and germinability of seeds of *Artemisia rhodantha* Rupr. *Soviet Journal of Ecology*, 1981, 12: 25-30.
- [22] El-Keblawy A, Al-Ansari F. Effect of site of origin, time of seed maturation and seed age on germination behavior of *Portulaca oleracea* L. from old and new world. *Canadian Journal of Botany*, 2000, 78: 279-287.
- [23] Jensen M, Eriksen E N. Development of primary dormancy in seeds of *Prunus avium* during maturation. *Seed Science and Technology*, 2001, 29: 307-320.
- [24] Gutterman Y. Maternal effects on seeds during development//Fenner M ed. *Seeds: The Ecology of Regeneration in Plant Communities*. New York: CABI Publishing, 2000: 59-84.
- [25] Huang Z Y, Gutterman Y, Hu Z H, Zhang X S. Seed dispersal and germination in desert plants. *Advances in Plant Sciences*. Beijing: Higher Education Press, 2000: 3:169-178.
- [26] Gutterman Y. Seed dispersal, germination and flowering strategies of desert plants//Yelles M ed. *Encyclopedia of Environmental Biology*. New York: Academic Press, 1995: 3: 295-316.
- [27] Liu Y F, Wei Y, Yan C. Germination characteristics and ecological adaptation of dimorphic seeds of *Borszczowia aralocaspica*. *Acta Ecologica Sinica*, 2009, 29(12): 6609-6614.

#### 参考文献:

- [1] 刘嫒心主编. 中国沙漠植物志, 第二卷. 北京: 科学出版社, 1987.
- [2] 崔乃然. 新疆主要饲用植物志, 第二册. 乌鲁木齐: 新疆科技卫生出版社, 1994.
- [3] 中国科学院新疆综合考察队, 中国科学院植物研究所. 新疆植被及其利用. 北京: 科学出版社, 1978.
- [6] 叶卫英, 尹林克, 钱翌, 严成. 乌鲁木齐市周边荒山植物群落类型及其物种多样性. *新疆农业大学学报*, 2005, 28(1):44-48.
- [7] 贾宝全, 黄培祐. 刺木蓼和大果白刺在准噶尔盆地南缘沙区侵移定居的初步研究. *新疆大学学报(自然科学版)*, 1992, 9(4):89-94.
- [13] 国家质量技术监督局. 牧草种子检验规程. 北京: 中国标准出版社, 2001.
- [17] 王桔红, 杜国祯, 崔现亮, 郑秀芳, 齐威. 青藏高原东缘 61 种常见木本植物种子萌发特性及其与生活史的关联. *植物生态学报*, 2009, 33(1): 171-179.
- [18] 张大勇. 植物生活史进化与繁殖生态学. 北京: 科学出版社, 2004.
- [25] 黄振英, Gutterman Y, 胡正海, 张新时. 沙漠植物种子的传播和萌发机制. *植物科学进展*. 北京: 高等教育出版社, 2000, 3:169-178.
- [27] 刘艳芳, 魏岩, 严成. 异子蓬二型种子的萌发与休眠特性及其生态适应. *生态学报*, 2009, 29(12):6609-6614.