

准噶尔荒漠异苞滨藜 (*Atriplex micrantha*) 的种子 二型性及其萌发行行为

刘鹏伟 魏 岩*

(新疆农业大学林学院, 新疆 乌鲁木齐 830052)

摘要 异苞滨藜的果实(种子)存在二型性,这两种类型的果实在形状、大小、颜色及包被其苞片的大小上均有差异。黑色果实果皮光滑,有光泽,直径 $1.481\text{ mm} \pm 0.186\text{ mm}$,包被果实的苞片较小;褐色果实扁平,直径 $2.642\text{ mm} \pm 0.254\text{ mm}$,包被果实的苞片较大。以异苞滨藜的两种果实(种子)为材料,在 3 个变温条件 ($5/25\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、 $5/15\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、 $15/25\text{ }^{\circ}\text{C}$,暗 12 h/光 12 h)下进行萌发实验,褐色种子成熟后即具有一定的萌发能力,最终萌发率都在 80% 以上。黑色种子仅在低的夜间温度 ($5\text{ }^{\circ}\text{C}$)和高的昼间温度 ($25\text{ }^{\circ}\text{C}$)条件下有较高的萌发率 ($>70\%$),而在 $5/15\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、 $15/25\text{ }^{\circ}\text{C}$ 条件下,种子的最终萌发率较低 ($<20\%$)。2 星期的低温层积处理能够有效地加速和提高黑色种子在 3 个变温条件下的萌发,划破果皮和种皮也能不同程度的加速和促进黑色种子的萌发,表明黑色种子处于非深度生理休眠状态。苞片中盐含量低,苞片对褐色种子萌发无抑制作用。异苞滨藜的果实(种子)二型性及其萌发行行为是对荒漠异质环境的适应。

关键词 异苞滨藜 种子二型性 萌发行行为 非深度生理休眠 苞片

文章编号: 1000-0933 (2007)10-4233-07 中图分类号: Q145, Q945.34, Q948 文献标识码: A

Seed dimorphism and germination behavior of *Atriplex micrantha* an annual inhabiting Junggar desert

LIU Peng-Wei, WEI Yan*

College of Forestry, Xinjiang Agricultural University, Urumqi 830052, China

Acta Ecologica Sinica 2007 27 (10) 4233 ~ 4239.

Abstract: The fruit and seed characteristics were observed on *Atriplex micrantha* C. A. Mey. from Junggar desert. It is found the fruits of *Atriplex micrantha* have dimorphism. It has two types of fruits that are different in shape, size, color of seeds and size of bracts attached fruits. Small, black, lens-shaped achenes with a glossy, smooth testa are covered by extended bracteoles. Brown achenes are rather large and covered by extended bracteoles that are bigger. The fruits (seeds) of *Atriplex micrantha* were germinated for 15 d in incubators with a 12 h photoperiod and 12 h thermoperiods (dark/light) of $5/15\text{ }^{\circ}\text{C}$, $5/25\text{ }^{\circ}\text{C}$ and $15/25\text{ }^{\circ}\text{C}$. The mature brown seed can germinate in the 3 thermoperiods, and the germination percentage and germination rate of seeds is the highest at $5/25\text{ }^{\circ}\text{C}$ (dark/light). Low night ($5\text{ }^{\circ}\text{C}$) and high day ($25\text{ }^{\circ}\text{C}$) temperature regimes showed higher germination for black seeds, while at $5/15\text{ }^{\circ}\text{C}$ and $15/25\text{ }^{\circ}\text{C}$, germination percentage was low ($<20\%$). Black seeds have non-deep physiological dormancy; they germinate slowly and to a low percentage.

基金项目 国家自然科学基金资助项目 (30660033) 教育部新世纪优秀人才支持计划资助项目 (2005)

收稿日期 2006-09-01; 修订日期 2007-02-19

作者简介 刘鹏伟 (1979 ~) 男, 山东人, 硕士生, 主要从事植物生殖生态学研究. E-mail: Liupw11@126.com

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: weiyang1966@163.com

Foundation item The project was financially supported by National Natural Science Foundation of China (No. 30660033) and New Century Excellent Talents in University from Ministry of Education of China (No. 2005)

Received date 2006-09-01; **Accepted date** 2007-02-19

Biography LIU Peng-Wei, Master candidate, mainly engaged in plant reproduction ecology. E-mail: Liupw11@126.com

Two weeks of cold stratification, scarification of covering layers (pericarp and seed coat) can increase seed germination percentage and germination rate. The salt concentration in bracteoles of freshly ripened fruits is too low to mediate an inhibitory effect on germination of brown seed. Seed dimorphism may allow *Atriplex micrantha* to survive in harsh desert habitats.

Key Words : *Atriplex micrantha* C. A. Mey. ; seed dimorphism ; germination behavior ; non-deep physiological dormancy ; bracteoles

种子二型性 (seed dimorphism) 或多型性 (seed polymorphism) 是指在同一株植株的不同部位产生不同形态种子的现象^[1,2], 可能是由于母体的遗传性及环境因素等原因造成的^[3]。具有二型性种子的植物一般出现在干旱、沙漠、盐渍土地区和扰动强烈的地区, 一般为旱生、盐生植物^[4]。种子二型性或多型性被认为是对异质环境的适应^[1]。这种现象集中出现在藜科、菊科、禾本科和十字花科中^[5,6], 藜科中具有果实多型性的种主要集中在盐角草属 (*Salicornia*)、滨藜属 (*Atriplex*)、碱蓬属 (*Suaeda*)、猪毛菜属 (*Salsola*)、节藜属 (*Arthrocnemum*) 等属中^[7-12]。我国干旱、半干旱地区面积广阔, 有大面积沙漠和盐渍土, 有着丰富的旱生、盐生植物资源。其中应该有许多具有二形性种子的植物有待于发现。这些旱生、盐生植物许多具有潜在的经济和生态修复等方面的价值^[13,14]。

异苞滨藜 (*Atriplex micrantha* C. A. Mey.) 为藜科滨藜属一年生植物, 分布于伊朗、格鲁吉亚、阿塞拜疆、哈萨克斯坦及俄罗斯西伯利亚地区, 在我国分布于新疆及甘肃北部, 一般生长于条件恶劣的荒漠、盐漠或弃耕荒地^[15,16]。据中国植物志^[15]和新疆植物志^[16]记载, 该种植物的果实和种子具有二型性: 小型苞片包被的黑色种子和大型苞片包被的黄褐色种子。温度是影响种子萌发的主要因子, 那么, 异苞滨藜两种类型种子的萌发特性对温度的响应有无差异? 苞片是否影响种子的萌发? 作者通过观察异苞滨藜的果实和种子, 探讨了温度、苞片对异苞滨藜种子萌发的影响, 旨在完善对其种子形态与萌发特性的关系的认识, 为揭示其适应机制提供基础资料。

1 材料和方法

1.1 材料

成熟异苞滨藜种子于 2005 年 10 月上旬采集于准噶尔盆地南缘 (43°45'44" ~ 43°47'25" N, 87°33'16" ~ 87°34'56" E)。该地区属中温带荒漠区, 春秋季节较湿润, 夏季干旱, 热量充足, 冬季漫长而寒冷。年降水量为 288 mm, 蒸发量 2731 mm, 年平均温度 5.3 °C, 年平均日较差大于 11 °C, 最大超过 20 °C, 地面温度日较差更大, 其平均日振幅一般比气温平均日振幅大 10 °C 以上^[17]。≥5 °C 初日温度出现在 3 月下旬, ≥10 °C 初日温度出现在 4 月下旬, 3 月份气温日较差 8.8 °C, 4 月份气温日较差 11.6 °C, 3 ~ 4 月份的气温在 0 ~ 25 °C^[18]。

种子收集后, 在通风条件下晾干, 室温下保存备用。

1.2 实验方法

1.2.1 果实类型的确定和果实散布的野外观察

随机选取 20 株植株, 观察果实的形状和颜色, 随即选取 20 粒各种类型的果实, 用游标卡尺测量果实的直径, 称取不同类型果实各 100 粒, 计算其单粒果实 (种子) 重量。果实成熟时, 在野外观察果实及散布单位的散布特性。

1.2.2 种子在不同温周期下的萌发

实验设 3 个变温条件 (5/25 °C、5/15 °C、15/25 °C, 暗 12 h/光 12 h)。日最高温设 15 °C 和 25 °C, 日最低温设 5 °C 和 15 °C, 该温度范围反映了异苞滨藜在早春 3 ~ 4 月萌发的温度条件。异苞滨藜的果实为胞果, 果皮薄, 内有 1 粒种子, 在以下实验中将果实称为种子。以异苞滨藜的 2 种类型种子为材料, 50 粒为 1 组, 4 个重复, 然后置于 90 mm 垫有双重滤纸的培养皿中, 加 10 ml 的蒸馏水分别在设定的 3 个变温条件下培养 15 d。

1.2.3 黑色种子的休眠特性及休眠的打破

(1)划破种皮 用解剖刀小心地将果皮和种皮划破,在3个变温条件(5/25℃、5/15℃、15/25℃,暗12h/光12h)下测定种子的萌发率。

(2)低温层积处理 将休眠的种子均匀放入用蒸馏水洗净的河沙(沙土湿度为11%)中,置于塑料盒内,封好后,贮藏于4~5℃冰箱中。沙藏时间分别为0(对照)、2星期。沙藏结束时,将种子用蒸馏水进行清洗,后转移至培养皿中,分别在3个变温条件(5/25℃、5/15℃、15/25℃,暗12h/光12h)下萌发15d。

1.2.4 苞片对褐色种子萌发的影响

(1)萌发实验 以异苞滨藜的褐色种子为材料,对苞片进行3个处理:带苞片种子(with bract)、种子+苞片(plus bract)(将苞片与种子剥离,一起放入培养皿中),去除苞片的种子(no bract),50粒为1组,4个重复,在3个变温条件(5/25℃、5/15℃、15/25℃,暗12h/光12h)下进行萌发。

(2)苞片中可溶性离子成分的测定 称取包被异苞滨藜褐色种子的苞片0.200g,加50ml去离子水,放入100ml具塞的三角瓶中,沸水浴1h,转移至100ml容量瓶,用去离子水定容到100ml,过滤,取滤液测定离子含量。

1.3 数据处理

萌发过程中每24h检测1次,并将已萌发的种子移走,萌发结果以百分率±标准误差表示,并记录4个重复萌发率都达到50%时的萌发时间(TG₅₀)。利用SPSS 11.0软件,采用二因子方差分析检验种子类型和变温处理对种子萌发的交互作用,对不同处理的种子萌发率采用单因子方差分析进行显著性检验。

2 结果和分析

2.1 果实和种子的二型性

异苞滨藜的果实为胞果,果皮薄、膜质透明,具1粒种子,根据果实的颜色、大小、苞片大小,将异苞滨藜的果实分为两种类型。

(1)黑色果实 果实双凸镜形,黑色,果皮光滑,有光泽,直径(1.481±0.186)mm,重量为(1.288±0.151)mg,着生方式为直立。包被果实的苞片大小(2.269±0.34)mm×(1.905±0.282)mm,重量为(0.273±0.046)mg。

(2)褐色果实 果实扁平,圆形,褐色,直径(2.642±0.254)mm,重量为(3.188±0.131)mg,着生方式为直立。包被果实的苞片大小为(5.612±1.234)mm×(4.804±0.924)mm,重量为(1.249±0.065)mg。

黑色果实小,成熟期较早,9月中旬至9月下旬成熟,包被果实的苞片易开裂,果实能够从苞片中散落出来,散布在母体周围。褐色果实成熟期在9月中旬至10月中旬,果实成熟后和苞片一起脱离植株,散布在母体周围,由于苞片的存在,果实能够借助风力进行二次传播。

2.2 不同类型种子的萌发特性

种子类型和变温对异苞滨藜种子的萌发有显著的交互作用(表1)。黑色种子与褐色种子的萌发率($F = 529.043$, $P < 0.001$)存在着显著性差异,表明两种类型种子的萌发特性显著不同,褐色种子成熟后,具有一定的萌发能力,在3个变温下的萌发率都在80%以上,在低的夜间温度(5℃)和高的昼间温度(25℃)条件下萌发率最高、发芽速率最快,3d内萌发率达50%(图1,图2a)。黑色种子在不同变温下的萌发率($F = 94.294$,

表1 温度和种子类型对异苞滨藜种子萌发率的影响

Table 1 Analysis of variance for effects of temperature, types of fruits and their interaction on the percentages of germination of *Atriplex micrantha* seeds

偏差来源 Source of variation	自由度 Df	离差平方和 SS	均方 MS	F-Value	P-Value
温度 Temperature	2	6441.333	3220.667	105.022	0.000
种子类型 Types of seeds	1	16224.000	16224.000	529.043	0.000
温度 种子类型 Temperature types of seeds	2	3612.000	1806.000	58.891	0.000

$P < 0.001$)有极显著的差异,在低的夜间温度(5℃)和高的昼间温度(25℃)条件下萌发率较高(70%),但萌发率达50%需要10d,而在昼夜温差为10℃的15/25℃条件下萌发率较低($< 20\%$),在5/15℃条件下几乎不萌发(图2b),表明黑色种子存在一定的休眠现象。

2.3 黑色种子的休眠特性及休眠的打破

(1)低温层积处理后黑色种子在不同变温下的萌发 对种子萌发特性的测定表明,黑色种子在5/15℃和15/25℃的温周期下的萌发率低,具有休眠特性(图2b)。和对照相比,沙藏两周后,黑色种子在3个变温下的萌发率(5/25℃: $F = 14.886, P = 0.008$; 5/15℃: $F = 290.704, P < 0.001$; 15/25℃: $F = 105.040, P < 0.001$)发生了显著变化,萌发率明显提高,且萌发速度快,在3个变温下培养4d,萌发率达到50%(图3a)。这表明沙藏两周能够有效的提高黑色种子的萌发能力和萌发速率。

(2)划破种皮后黑色种子在不同变温下的萌发 划破种皮能够促进种子的萌发率和萌发速率。与对照相比(图2b),划破种皮后从第1天到第3天的萌发率都显著增高($P < 0.05$,图3b),最终萌发率达97%;在5/25℃和15/25℃下萌发率在2d内达到50%(IG_{50}),在5/15℃下,萌发率在4d内达到50%。

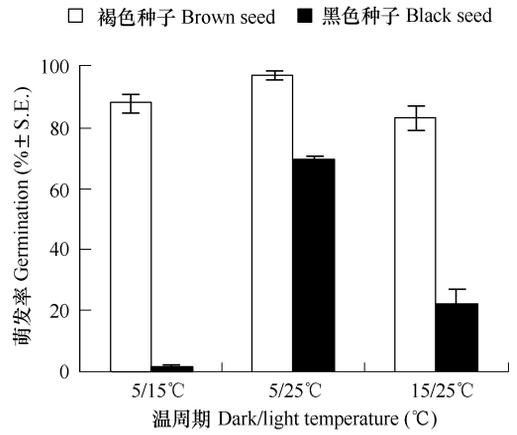


图1 异苞滨藜2种类型种子在不同变温下培养15d后的最终萌发率
Fig. 1 The final germination percentage of *Atriplex micrantha* seeds at three alternating temperature regimes after 15d

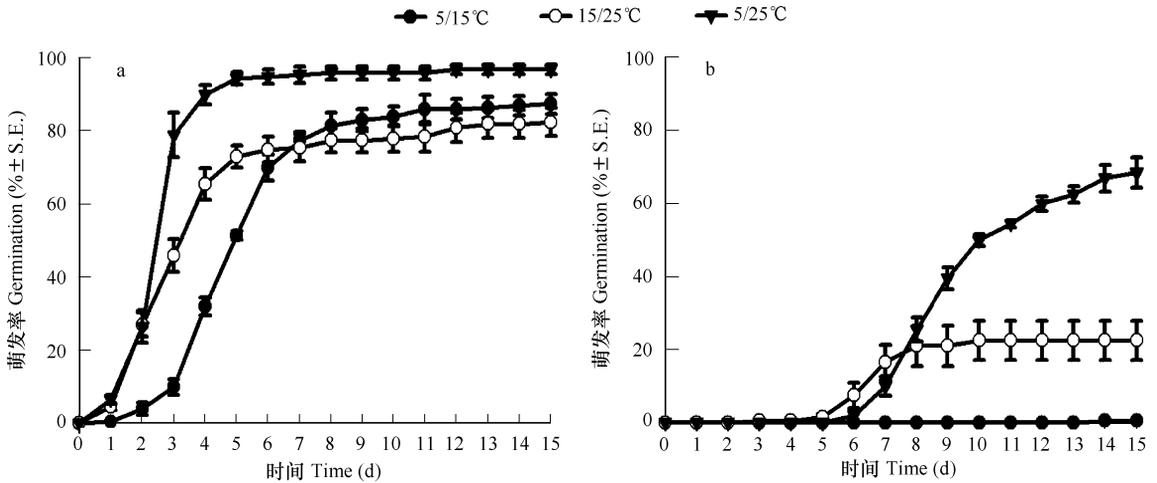


图2 异苞滨藜褐色种子(a)和黑色种子(b)在不同变温下的累积萌发率

Fig. 2 The cumulative germination percentages (% ± SE) of brown seeds (a) and black seeds (b) of *Atriplex micrantha* at alternating temperature 5/15℃, 5/25℃, 15/25℃

2.4 苞片对褐色种子萌发的影响

从图4可以看出在不同变温下,不同的苞片处理对褐色种子的萌发率($F = 2.419, P = 0.108$)没有影响,不同的苞片处理下种子的萌发率均 $> 85\%$,这表明苞片不抑制褐色种子的萌发。

对异苞滨藜苞片中可溶性离子的测定表明(表2),苞片中主要含有 $K^+, Cl^-, Na^+, SO_4^{2-}, Ca^{2+}, Mg^{2+}$,且

表2 苞片中各种离子的百分含量

Table 2 The ions Content from bracteoles

离子 Ions	K^+	Cl^-	Na^+	SO_4^{2-}	Ca^{2+}	Mg^{2+}
含量 Content (%)	4.293	3.386	2.658	1.437	0.719	0.219

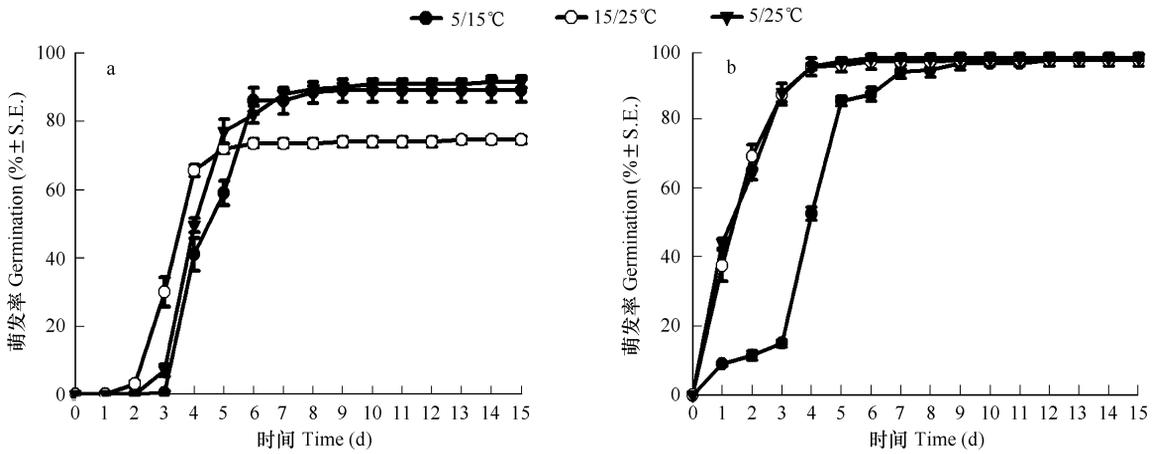


图3 低温层积处理两星期 (a) 和划破种皮 (b) 的异苞滨藜黑色种子在不同变温下的累积萌发率

Fig. 3 The cumulative germination percentage of *Atriplex micrantha* black seeds at three temperature regimes after 2 weeks cold stratification (a) and scarification (b)

Cl^- 的含量低, 为 3.386%。

3 讨论

种子多型性是许多 1 年生植物对环境异质性的一种重要的适应方式^[19]。异苞滨藜有 2 种类型的果实和种子, 这 2 种种子在形状、大小、颜色、休眠特性、萌发行为上均有显著的不同。几乎所有 1 年生滨藜属植物都表现出果实异型性^[20, 61]。滨藜属植物 *A. semibaccata* 和 *A. inflata* 有黑色小种子与褐色大种子两种类型^[21]; *A. triangularis*^[9] 和 *A. sagittata*^[8] 的种子在生理上和形态上存在着多型性, 种子在成熟时都有苞片包被; *A. aucheri* 具有 3 种类型种子^[22]。

种子的多型性导致多种萌发方式, 而多种萌发方式对植物在多变的环境中生存具有重要意义。实验发现异苞滨藜褐色种子在 5/15 °C、5/25 °C 和 15/25 °C 这 3 种温变周期中的萌发率均达 85% 以上, 褐色种子这种在宽的温度范围内快速萌发, 使异苞滨藜在早春利用任何可用的降水迅速萌发出幼苗。黑色种子仅在 5/25 °C 条件下萌发率超过 70%, 在 5/15 °C、15/25 °C 中的萌发

率低 (<20%)。较短时间 (两周) 的层积处理可以提高其在 5/15 °C、15/25 °C 中的萌发率和萌发速率, 根据 Baskin^[23] 对种子休眠的分类, 黑色种子属于非深度生理休眠, 通过划破果皮和种皮能够显著地促进黑色种子的萌发也证明黑色种子处于非深度生理休眠状态, 黑色种子萌发缓慢可能与其种皮硬化通透性差造成的种皮硬化导致种子不能萌发, 划破果皮和种皮能够减少机械阻力。滨藜属植物这种黑色种子休眠、褐色种子萌发的现象在 *A. sagittata*^[24] 和 *A. triangularis*^[25] 中也有报道。不同萌发特性的种子形成短暂的种子库和持久的种子库, 持久种子库能使种群缓冲空间或时间上不可预测的干扰所造成的破坏^[26]。

苞片作为滨藜属植物的散布结构也影响种子的萌发特性。Ungar 和 Khan 认为在温度较低的晚秋或冬天 *Atriplex prostrata* 苞片的存在能够抑制种子的萌发, 但是在来年温度适宜的春天由于苞片脱落而解除对种子萌发的抑制作用^[27]。在澳大利亚盐漠生存的 *Atriplex cordobensis* 植物苞片含较高的盐分, 因而抑制种子的萌发,

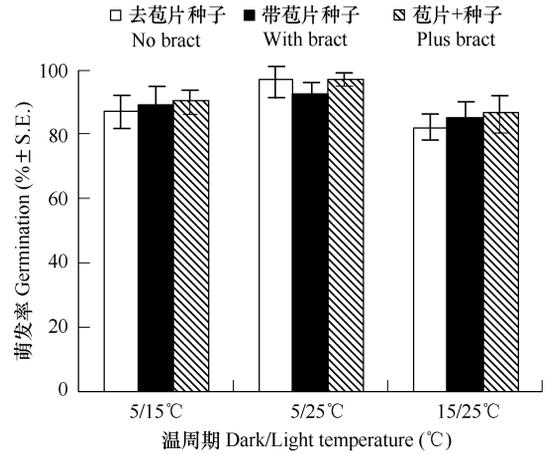


图4 在不同变温下苞片对异苞滨藜褐色种子萌发率的影响 (培养 15 d)

Fig. 4 The final germination percentage of three *Atriplex micrantha* brown seeds treatments at three regimes after 15d. With bracts, bracts attached to seed; plus bracts, bracts removed from seeds but placed in the Petri dish with seeds; no bracts, bracts removed from seeds (germination at three regimes after 15d)

直到苞片的盐分被雨水淋溶这种渗透抑制才得以解除^[28]。异苞滨藜黑色种子成熟后,种子能够从张开的苞片中散落出来;而褐色种子成熟后和苞片一起脱离植株,苞片一直包被种子,实验表明苞片对褐色种子萌发没有抑制作用,测定苞片中 Cl^- 的含量为3.386%,50对苞片中含有 Cl^- 62.45mg,加入10ml水后,其浓度低(为0.006mol/L),因而不抑制种子的萌发。苞片中由于盐分含量低而不抑制种子萌发的现象出现在*A. sagittata*(苞片中的 Cl^- 含量为2.2%)中^[24]。但苞片作为散布结构保证植物有足够的机会得到散布,在土壤中形成潜在种群,对种群的稳定和发展起到重要作用^[5]。

异苞滨藜产生两种形态和生理上不同的种子,种子二型性导致了种子在传播机制、萌发时间上不同,使种子能够采用两种方式(空间上的和时间上的)逃避不利的生存条件,从而在时间或空间上异质的环境中,增加了子代存活的机会。无休眠的褐色种子在适宜环境中萌发的高风险对策(high-risk strategy)^[25-29]以及具有休眠特性的黑色种子的低风险对策(low-risk strategy)^[1],使异苞滨藜在高度不稳定的环境中具有竞争优势,减小了环境的时空变化对植株生殖成功的影响,允许异苞滨藜在高度严酷的环境中成功定居和繁衍。

References :

- [1] Venable D L. The evolutionary ecology of seed heteromorphism. *American Naturalist*, 1985, 126 :577—595.
- [2] Imbert E. Ecological consequences and ontogeny of seed heteromorphism. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics*, 2002, 5 (1) : 13—36.
- [3] Guterman Y. *Seed Germination of Desert Plants*. Berlin :Springer-Verlag, 1993.
- [4] Lev-yadun Simcha. Why are underground flowering and fruiting more common in Israel than anywhere else in the world? *Current Science*, 2000, 79 :289.
- [5] Harper J L. *Population Biology of Plants*. London :Academic Press, 1977.
- [6] Mandák B. Seed heteromorphism and the life cycle of plants : a literature review. *Preslia*, 1997, 69 :129—159.
- [7] Ungar I A. Salinity, temperature, and growth regulator effects on seed germination of *Salicornia europaea* L. *Aquatic Botany*, 1977, 3 :329—335.
- [8] Mandák B and Pyšek P. The effects of light quality, nitrate concentration and presence of bracteoles on germination of different fruit types in the heterocarpous *Atriplex sagittata*. *Journal of Ecology*, 2001, 89 :149—158.
- [9] Khan M A, Ungar I A. Seed polymorphism and germination responses to salinity stress in *Atriplex triangularis* Willd. *Botanical Gazette*, 1984, 145 (4) :487—494.
- [10] Ungar I A. Effects of the parental environment on the temperature requirements and salinity tolerance of *Spergularia marina* seeds. *Botanical Gazette*, 1988, 149 :432—436.
- [11] Takeno K, Yamaguchi H. Diversity in seed germination behavior in relation to heterocarpy in *Salsola komarovii* Iljin. *The Botanical Magazine*, 1991, 104 :207—215.
- [12] Khan M A, Gul B. High salt tolerance in germinating dimorphic seeds of *Arthrocnemum indicum*. *International Journal of Plant Science*, 1998, 159 :826—832.
- [13] Zhao K F, Li F Z. Halophytes in China. *Chinese Bulletin of Botany*, 1999, 16 (3) :201—207.
- [14] Li W Q, Liu X J, Mao R Z, et al. Advances in plant seed dimorphism (or polymorphism) research, *Acta Ecologica Sinica*, 2006, 26 (4) :1234—1242.
- [15] Li A R. *Flora of China*. Vol. 25 (2). Beijing :Science Press, 1979.
- [16] Mao Z M. *Flora of Xinjiang*. Vol. 2 (1). Urumqi :Xinjiang Science and Technology Press, 1994.
- [17] Integrated Scientific Expedition of Xinjing of the Chinese Academy of Sciences, Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences. *The Vegetation and Its Utilization in Xinjiang*. Beijing :Science Press, 1978.
- [18] Hu R J. *Physical Geography of the Tianshan Mountains in China*. Beijing :China Science Press, 2004.
- [19] Ungar I A. Population ecology of halophyte seeds. *The Botanical Review*, 1987, 53 :301—344.
- [20] Osmond C B, Björkman O, Anderson D J. *Physiological Processes in Plant Ecology-Towards a Synthesis with Atriplex*. Berlin : Springer Verlag, 1980.
- [21] Beadle N C W. Studies in halophytes I. The germination of the seed and establishment of the seedling of five species of *Atriplex* in Australia. *Ecology*, 1952, 33 :49—62.
- [22] Wei Y, Yan C, Yin L K. Seed polymorphism and ecotype of *Atriplex aucheri*. *Acta Botanica Boreali Occidentalia Sinica*, 2003, 23 (3) :485—487.

- [23] Baskin C C, Baskin J M. Seeds Ecology, Biogeography, and Evolution of Dormancy and Germination. San Diego: Academic Press, 1998.
- [24] Mandák B, Pyšek P. Fruit dispersal and seed banks in *Atriplex sagittata*: the role of heterocarpy. *Journal of Ecology*, 2001, 89: 159–165.
- [25] Wertis B A, Ungar I A. Seed demography and seedling survival in a population of *Atriplex triangularis* Willd. *American Midland Naturalist*, 1986, 116: 152–162.
- [26] Thompson K, Grime J P. Seasonal variation in the seed banks of herbaceous species in ten contrasting habitats. *Journal of Ecology*, 1979, 67: 893–921.
- [27] Ungar I A, Khan M A. Effect of bracteoles on seed germination and dispersal of two species of *Atriplex*. *Annals of Botany*, 2001, 87: 233–239.
- [28] Giusti L, Grau A. Inhibidores de la germinación en *Atriplex cordobensis* Gand et Stucker (Chenopodiaceae). *Lilloa*, 1983, 36: 143–149.
- [29] Venable D L. Ecology of achene dimorphism in *Heterotheca latifolia*. III. Consequences of varied water availability. *Journal of Ecology*, 1985, 73: 757–763.

参考文献:

- [13] 赵可夫, 李法曾. 中国的盐生植物. *植物学通报*, 1999, 16 (3): 201~207.
- [14] 李伟强, 刘小京, 毛任钊, 等. 植物种子二形性 (多形性) 研究进展. *生态学报*, 2006, 26 (4): 1234~1242
- [15] 李安仁. 中国植物志 (第二十五卷 第二分册). 北京: 科学出版社, 1979.
- [16] 毛祖美. 新疆植物志 (第二卷 第一分册). 乌鲁木齐: 新疆科技卫生出版社, 1994.
- [17] 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.
- [18] 胡汝骥. 中国天山自然地理. 北京: 中国环境科学出版社, 2004.
- [22] 魏岩, 严成, 尹林克. 野榆钱菠菜 (*Atriplex aucheri*) 的种子多型性及生态型. *西北植物学报*, 2003, 23 (3): 485~487.