

温度、PEG处理和盐胁迫对小车前种子萌发的影响*

田美华, 唐安军

(重庆师范大学 生命科学学院, 重庆 400047)

摘要: 本研究旨在探讨短命植物小车前(*Plantago minuta* Pall.)种子的休眠特性及其对温度、干旱和盐胁迫等因子的响应特点。在10、15、20、25和30℃的不同恒温条件以及每日15、25℃各12h的变温条件下,新鲜的小车前种子萌发率较低,其最高萌发率为15%。在经60d的干藏后,种子休眠被解除,已解除休眠的种子的萌发是温度依赖的,以20℃为最佳,此时萌发率为97%。解除休眠后的小车前种子萌发率随PEG-8000和NaCl溶液浓度的升高而降低。结果表明,小车前种子具初级休眠,且在长期适应环境过程中形成了独特的生态适应性,对干旱和盐胁迫有一定的耐性。进一步推知,短命植物小车前特定的休眠特点和萌发模式是其适应与进化的重要基础,此种植物在严重干旱发生早期完成生活史,是避旱型植物。

关键词: 短命植物 种子休眠 萌发 生态适应性 NaCl胁迫 渗透胁迫 温度 小车前

中图分类号: Q945.79; Q945.34

文献标志码: A

文章编号: 1672-6693(2011)05-0067-05

在中国,短命植物主要分布在新疆北部的天山北麓和准噶尔盆地及其周围地区,其能够利用早春雨雪水或融化的雪水,在适宜的土壤湿度和温度条件下萌发和快速生长,在酷夏来临之前迅速完成生活史,以地下营养器官(如块根和球茎)或种子渡过不良环境^[1-2]。因此,这类短命植物常称之为早春短命植物,是中国荒漠区系的重要组成部分,包括一年生早春短命植物和多年生早春短命植物。很多短命植物在长期适应环境过程中形成了生态适应机制,从而确保它们能在严酷的自然环境中繁衍与进化。种子休眠是植物适应不利环境条件的生态进化对策之一,能调控植物时空分布格局,使幼苗建成于适宜的季节与空间,从而促进植物种群的发展^[3]。除春季萌发外,某些短命植物的种子也可在秋季萌发而形成新的个体,历经严冬之后,于翌年的春末夏初完成整个生活史周期^[4-5]。在5月份,早春短命植物的盖度可达50%以上,能够有效地阻止地表风沙流动,是新疆北部地区沙漠稳定沙面的主要贡献者和沙漠受干扰破坏后植被入侵的先锋植物^[6]。此外,在生产实践上,早春短命植物分布较集中的地区,是四季牧场的春秋场,特别是春场,新萌生的早春短命植物对恢复牲畜冬瘦春乏起着重要的作用^[1]。

尽管有关短命植物的研究报道日益增多^[7-13],但仍有许多短命植物的生态适应特性尚不清楚,亟需对其进行调查与研究。小车前是多年生草本植物,高约4~20cm,花期4~5月,果期5~6月^[1]。张涛等^[5]发现,在秋季萌发的小车前种群在稳定和扩大后代种群繁衍能力、提高防风固沙能力和稳定荒漠生态系统等方面具有重要意义。伍晨曦等^[14]发现小车前种子遇水后在表面形成的粘液物质有助于调节种子的萌发。除此之外,人们依然不清楚小车前种子休眠特性及对生态因子(如干旱)的响应机制。本文以车前草科(Plantaginaceae)中一年生早春短命草本植物小车前(*Plantago minuta* Pall.)为研究对象,研究其种子是否具有休眠特性以及低温干藏能否打破种子休眠,探讨其种子适宜的萌发温度以及水分胁迫或盐胁迫对其种子萌发可能的影响,以明确小车前种子的生态适应性,为生产实践尤其是草场管理提供决策依据。

1 材料和方法

1.1 材料

2006年6月初,在新疆准噶尔盆地将军山(44°11.77'N, 86°5.16'E,海拔高度620~660m)采集了

* 收稿日期 2011-05-07 修回日期 2011-06-19 网络出版时间 2011-11-10 15:03

资助项目:重庆市教委科研项目(No. KJ100610),重庆师范大学博士启动金项目(No. 09XLB016)

作者简介:田美华,女,硕士,研究方向为植物分子生理学。

网络出版地址: http://www.cnki.net/kcms/detail/50.1165.N.20111110.1503.201106.67_014.html

成熟的小车前的种子(采集时,部分种子已散落)。将种子装入纸袋,带回实验室后清理干净,部分置于室温下保存,部分置于4℃低温下保存。

1.2 萌发检测

1.2.1 新鲜种子的萌发 将采后7 d的小车前种子,先用1%的NaClO溶液消毒10 min,然后将其分别放在10、15、20、25、30℃等不同的恒温条件和每日15、25℃各12 h的变温条件下的培养箱(SHH-250型,重庆永生电子设备仪器厂生产)内进行萌发检测,光照强度约为 $40 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 。放置种子的培养皿直径为9 cm,内置被蒸馏水润湿的滤纸,每一培养皿内有种子50粒。每个处理组设置3个重复。每天观测1次,并及时补充蒸馏水使滤纸湿润,并将已萌发(胚根突破种皮达2 mm,则视为已萌发)的种子移出。萌发检测的持续时间为30 d。

1.2.2 低温干藏后的种子萌发 2006年8月,将在低温下保存了60 d以解除其休眠的种子进行萌发检测,其检测的所有条件同新鲜种子的萌发检测。

1.2.3 PEG-8000 溶液处理 在确定解除休眠后的种子的适宜萌发温度后,对其进行模拟干旱胁迫处理。将已用1% NaClO溶液消毒的100粒种子放于铺有滤纸的直径为9 cm的培养皿中,分别加浓度为5%、10%、15%、20%和30%的PEG-8000溶液;同时以加入蒸馏水的培养皿作为对照组;各组均设置3个重复。将上述处理组和对照组在光照时间为 $12 \text{ h} \cdot \text{d}^{-1}$ 、光照强度为 $40 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 的培养箱内培养,培养温度设为20℃。每天观测萌发情况,并且在添加适量相应浓度的PEG-8000溶液时,更换滤纸。持续观测40 d。

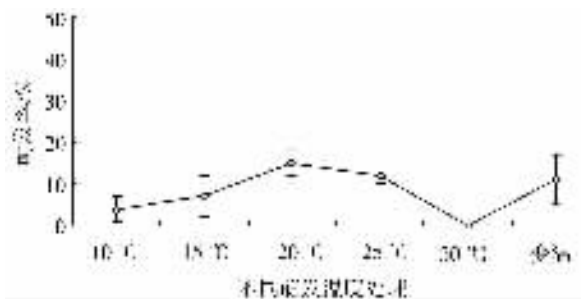
1.2.4 NaCl 溶液处理 在确定解除休眠后的种子的适宜萌发温度后,对其进行NaCl胁迫处理。在培养皿中,加入10、50、70、100和150 $\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 浓度的NaCl溶液各10 mL作为处理组,并以加入10 mL蒸馏水的培养皿作为对照组,均设置3个重复。每一培养皿内有种子100粒。培养条件和观测时间同PEG-8000溶液处理实验。

1.2.5 数据统计分析 萌发率以平均数 \pm 标准差(Mean \pm SD)表示,用SPSS12.0对数据进行单因素方差分析,同一因素不同水平的平均数之间的差异用LSD法检测。显著性水平设定为 $p < 0.05$ 。

2 结果与分析

2.1 种子的休眠与萌发

新鲜的小车前种子在检测条件下的萌发率极低,最高值仅为15%,且温度影响十分强烈(图1)。在通过持续60 d的低温保存解除休眠后,研究中所设置的温度条件对萌发有显著影响($p < 0.05$)。从图2可以看出,在恒温条件下,随着温度的升高,小车前种子的萌发率先上升后下降。在10、30℃条件下,小车前种子的萌发率分别只有24%、34.8%,说明高温和低温都不利于小车前种子的萌发。在15、20和25℃条件下,小车前种子萌发率较高,彼此间差异不明显,这说明小车前的适宜萌发温度在15~25℃,其中20℃条件下种子萌发率最高,达97%;在研究所设的每日15、25℃各12 h的变温条件下,小车前种子萌发率为88.7%,表明该变温条件也适合小车前种子的萌发。此外,不同温度对小车前种子萌发速率的影响也十分明显(图2)。萌发温度为20℃时,小车前种子的萌发速率最高,而研究所设变温条件下的小车前种子萌发率仅次于前者。然而在不适宜的低温(10℃)或高温(30℃)下,小车前种子萌发缓慢,说明低温或高温可抑制小车前种子的萌发或诱导其发生次生休眠。



注:变温处理指萌发温度设定为每日15、25℃各12 h,下同。

图1 不同温度条件处理下新鲜的小车前种子的萌发率

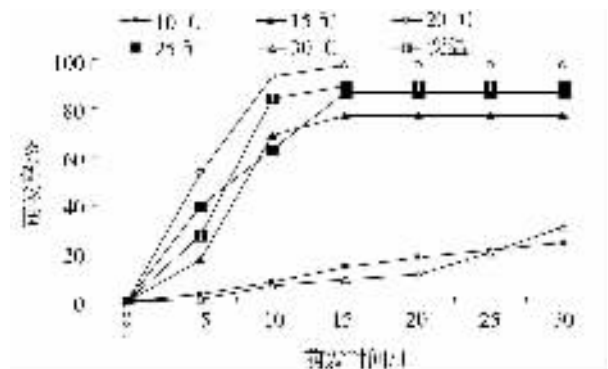


图2 解除休眠后的小车前种子在不同温度条件处理下的萌发进程

2.2 PEG 溶液对种子萌发的影响

不同浓度的PEG-8000溶液对解除休眠后的小

车前种子的萌发率有极显著影响($p < 0.01$) (图3)。当萌发温度为20℃时,对照组萌发率为91.3%,而随着PEG浓度的升高,小车前种子萌发率逐渐降低。由此可见,水分胁迫对小车前种子萌发的胁迫效应十分明显。

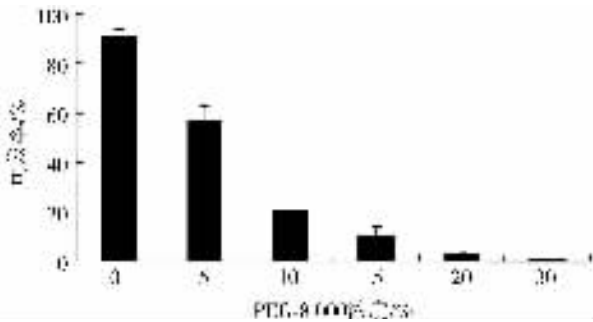


图3 PEG-8000溶液对解除休眠后的小车前种子萌发的影响

2.3 NaCl溶液对种子萌发的影响

盐分对解除休眠后的小车前种子的萌发有极显著影响($p < 0.01$)。图4显示,随着NaCl浓度的升高,种子萌发率逐渐降低。在20℃时,对照组的萌发率最高,达89%,用浓度为10 mmol·L⁻¹的NaCl溶液处理后,种子的萌发率下降到36.7%;当NaCl溶液为150 mmol·L⁻¹时,小车前种子的萌发率极低,仅3.0%。

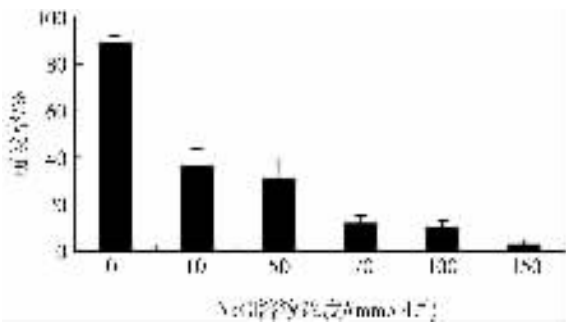


图4 NaCl溶液对解除休眠后的小车前种子萌发的影响

3 讨论

在植物生活周期中,种子最能够忍受不利环境因素^[15]。在诸多生态因子中,温度是限制种子萌发的重要因素之一,其作用可概括为两点:直接影响萌发,调控休眠^[3,16]。本研究中,新鲜的小车前种子萌发率很低,显然处于休眠状态。经过4℃低温干藏60 d后,小车前种子的萌发率在20℃时可达97%,表明休眠已解除。对于解除休眠后的小车前种子,其适宜萌发温度介于15~25℃之间。这种休眠特

性和萌发模式,是小车前对生境长期适应与进化的结果。在野外,历经冬季的小车前种子在早春低温条件下可以部分萌发,但生长很缓慢,到4月末5月初温度上升,平均温度达15~17℃,植株生长速度加快,6月初,夏季高温来临,短命植物生长发育趋向终点。除春萌外,小车前种子在秋季也能萌发,然而因干旱的影响,其存活的个体数较春萌型的少得多^[5]。小车前种子在30℃时就受到抑制;当超过30℃时,萌发率就更低甚至完全不能萌发(图2)。这种萌发时的温度偏好是小车前种子进化的重要特性。

在干旱环境中,水分可能是最重要的影响因子,严格控制着植物种子的萌发和植株的存活。而且,在干旱的荒漠区,因降水稀少而蒸发强烈,造成土表盐分积聚,对生长其中的多数植物造成盐胁迫^[17]。种子耐盐性是种子在萌发过程中对盐分引起的渗透胁迫和离子效应的综合适应。土壤中过高的盐分对植株或种子主要造成水分胁迫和离子毒害,并呈阶段性的表现^[18-19]。在自然条件下,干旱逃避、避免和忍耐是植物应对水分胁迫的3大主要类型^[20-21]。在沙漠干旱环境中,干旱逃避是许多种植物的一种适应策略。干旱忍耐是大多数原始的陆地植物具有的机制,这种机制能确保它们在极其严酷的脱水胁迫下存活^[19]。本研究中,当PEG-8000溶液浓度增加即水势降低时,小车前种子萌发率下降达极显著水平($p < 0.01$) (图3),表明解除休眠的小车前种子耐旱性较差,不能忍受高强度的干旱。野外调查发现,在6月初,新疆北部准噶尔盆地南缘气温较高,蒸发强烈,降水十分稀少,土壤干旱十分明显。此时小车前的种子业已成熟,并开始散落,植株趋于枯萎。由此可见,小车前是一种干旱逃避型短命植物,而非耐旱型。

在自然条件下,荒漠区春季(3月下旬至5月上旬)的融雪水和雨水较多,如果温度适宜,大量短命植物的种子进入萌发状态,幼苗大量形成。然而在5月中旬以后,荒漠区的温度急剧增加,阳光强烈,干旱少雨。在各种环境因素的胁迫下,短命植物迅速进入生殖生长,果实和种子在短期内发育成熟,植株趋于枯萎。与此同时,在此分布区,蒸发强,降雨极少,致使土表盐分不断积聚,从而使短命植物在生长后期才受到盐胁迫。在本试验中,小车前种子萌发率随NaCl溶液浓度的增加而降低,甚至几乎不能萌发(图4)。据此推知,在6月份,干旱诱导的土表

盐分的积聚进一步加强了胁迫效应,促使小车前和其他的短命植物呈现出避旱特征,迅速完成其生活史,散落的种子进入土壤种子库。因此,特殊的生态适应性是小车前乃至其他多种沙漠短命植物进化的重要基础。

参考文献:

- [1] 毛祖美,张佃民. 新疆北部早春短命植物区系纲要[J]. 干旱区研究,1994,11(3):1-26.
- [2] 张立运. 新疆的短命植物(一):独特的生态生物学特点[J]. 植物杂志,2002,1:4-6.
- [3] Baskin C C, Baskin J M. Germination ecophysiology of herbaceous plant species in a temperature region[J]. American Journal of Botany,1988,75:286-305.
- [4] 潘伟斌,黄培佑. 四种短命植物若干生物生态学特性的研究[J]. 植物生态学报,1995,19(1):85-91.
- [5] 张涛,孙羽,田长彦,等. 两种短命植物春萌秋萌个体生态生物学特征比较[J]. 植物生态学报,2007,31(6):1174-1180.
- [6] 王雪芹,蒋进,雷加强,等. 古尔班通古特沙漠短命植物分布及其沙面稳定意义[J]. 地理学报,2003,58(4):598-605.
- [7] 王焯. 新疆早春短命及类短命植物的物候观测[J]. 干旱区研究,1993,10(3):34-39.
- [8] 田美华,唐安军,宋松泉. 温度和渗透胁迫对细叶鸦葱种子萌发的影响[J]. 云南植物研究,2007,29(6):682-686.
- [9] 刘晓风,谭敦炎. 24种十字花科短命植物的扩散体特征与扩散对策[J]. 植物生态学报,2007,31(6):1019-1027.
- [10] 姚红,谭敦炎. 胡卢巴属4种短命植物个体大小依赖的繁殖输出与生活史对策[J]. 植物生态学报,2005,29(6):954-960.
- [11] 张海波,刘彭,刘立鸿,等. 新疆短命植物小拟南芥耐盐特性的初步研究[J]. 西北植物学报,2007,27(2):0286-0290.
- [12] 吴雪莲,谭敦炎. 异果芥的花部特征及其繁育系统[J]. 植物分类学报,2007,45(4):538-550.
- [13] Tang A J, Tian M H, Long C L. Environmental control of seed dormancy and germination in the short-lived *Olimarabidopsis pumila* (Brassicaceae) [J]. Journal of Arid Environments, 2009, 73:385-388.
- [14] 伍晨曦,孙羽,冯固. 小车前(*Plantago minuta* Pall.)种子表面粘液物质的吸水特性及其对种子在干旱环境中萌发的影响[J]. 生态学报,2009,29(4):1849-1858.
- [15] Gutterman Y. Seed germination in desert plants, Adaptations of Desert Organisms[M]. Berlin:Springer-Verlag, 1993.
- [16] Brändel M. The role of temperature in the regulation of dormancy and germination of two related summer-annual mudflat species[J]. Aquatic Botany, 2004, 79:15-32.
- [17] Rojas-arechiga M, Orozco-segovia A, Vazquez-yanes C. Effect of light on germination of seven species of cacti from the zapotitla valley in Puebla, Mexico[J]. Journal of Arid Environments, 1997, 36:571-578.
- [18] Munns R, James R A, Läuchi A. Approaches to increasing the salt tolerance of wheat and other cereals[J]. Journal of Experimental Botany, 2006, 52(5):1025-1043.
- [19] Song J, Feng G, Tian C Y, et al. Strategies for adaptation of *Suaeda physophora*, *Haloxylon ammodendron* and *Haloxylon persicum* to a saline environment during seed-germination stage[J]. Annals of Botany, 2005, 96:399-405.
- [20] Gutterman Y. Strategies of seed dispersal and germination in plants inhabiting deserts[J]. Botanical Review, 1994, 60:373-425.
- [21] Meyer D, Leonardi A, Brisson G, et al. Drought-adaptive mechanisms involved in the escape/tolerance strategies of *Arabidopsis Landsberg erecta* and Columbia ecotypes and their F₁ reciprocal progeny[J]. Journal of Plant Physiology, 2001, 158:1145-1152.

Effects of Temperature , Stress Induced by PEG-8000 and NaCl Solutions on Seed Germination of *Plantago minuta*(Pall)

TIAN Mei-hua , TANG An-jun

(College of Life Sciences , Chongqing Normal University , Chongqing 400047 , China)

Abstract : The present study aimed at investigating dormant characteristics and responses to germination temperature , drought and salt stress of *Plantago minuta* seeds. Freshly harvested seeds of *P. minuta* did not germinate well and showed innate dormancy at broad range of constant temperatures (10 , 15 , 20 , 25 and 30 °C) and an altering temperature of 25/15 °C with a 12 h photoperiod. However , the dormancy was broken after 60 d dry storage at 4 °C. Obviously , the germination was temperature-dependent and the optimum temperature was 20 °C with the germination of 97% in light. Also , the decrease in the final germination percentages was observed with increase in concentration of both PEG-8000 and NaCl solutions. It suggested that *P. minuta* produces innate dormant seeds and develops its unique ecological adaptation although this species is able to tolerate weak salt stress and water deficiency. Based on these results above , it could be inferred that the particular dormant characteristics and germination pattern underlie its adaptation to the desert environment and evolve in the field. Moreover , *P. minuta* has an escape strategy for a short life history which often ends at the beginning of badly natural drought in the habitat.

Key words : ephemeral plant ; seed dormancy ; germination ; ecological adaptation ; adverse stress ; osmotic stress ; temperature ; *Plantago minuta* pall

(责任编辑 方兴)