网络出版时间:2016-07-12　08:45　　DOI:10.13207/j.cnki.jnwafu.2016.08.021
网络出版地址:http://www.cnki.net/kcms/detail/61.1390.S.20160712.0845.042.html

种子大小和干旱胁迫对文冠果幼苗生长的影响

郭有燕[1],刘宏军[2],余宏远[1],赵　娟[3],郝永桢[4]

(1 河西学院,甘肃 张掖 734000;2 张掖市种苗管理站,甘肃 张掖 734000;
3 彭阳县草庙林业工作站,宁夏 彭阳 756500;4 庆阳市正宁林业总场,甘肃 庆阳 745300)

[摘　要]　【目的】研究种子大小和干旱胁迫对文冠果种子发芽率和幼苗生长的影响,为文冠果育苗和人工林培育提供理论依据。【方法】以文冠果大种子(单粒种子质量>1.0 g)、中等种子(单粒种子质量 0.6~1.0 g)、小种子(单粒种子质量<0.6 g)为研究对象,采用室内完全随机试验方法,以聚乙二醇(PEG)-6000 溶液模拟干旱胁迫对各水势条件下(对照,-0.2,-0.6 MPa)不同大小文冠果种子的发芽率及幼苗生长状况、生物量积累与分配进行研究。【结果】种子大小和干旱胁迫对文冠果种子发芽率有显著影响,大种子相对于中等种子和小种子,具有更高的发芽率;在-0.2 MPa 水分处理下,大种子发芽率为 100%,中等种子和小种子发芽率分别为 97.92%和 94.79%;在-0.6 MPa 水分处理下,大种子发芽率为 95.83%,而小种子发芽率为 88.55%。种子大小和水分条件对文冠果幼苗生长量也有显著影响,大种子相对中等种子和小种子幼苗有较大的生长量;随着水势的降低,不同大小种子起源的文冠果幼苗生长量逐渐降低。种子大小和水分条件对文冠果幼苗生物量积累及分配均有显著影响,大种子相对中等种子和小种子幼苗有更大的生物量积累。在不同水分条件下,大种子幼苗将更多的生物量投入到了叶片,而小种子幼苗将更多的生物量投入到根系。【结论】在干旱地区文冠果播种造林中,尽可能选择种粒质量大于 1.0 g 的种子以提高成活率。

[关键词]　文冠果;干旱胁迫;种子大小;幼苗生长;生物量

[中图分类号]　S723.1+31　　[文献标志码]　A　　[文章编号]　1671-9387(2016)08-0143-05

Effects of seed size and drought stress on growth of *Xanthoceras sorbifolia* seedlings

GUO Youyan[1], LIU Hongjun[2], YU Hongyuan[1], ZHAO Juan[3], HAO Yongzhen[4]

(1 *Hexi University, Zhangye, Gansu* 734000, *China*; 2 *Zhangye Seedlings Management Stations, Zhangye, Gansu* 734000, *China*;
3 *The Grass Temple in Pengyang County Forestry Workstations, Pengyang, Ningxia* 756500, *China*;
4 *Zhengning Forestry Total Field of Qingyang City, Qingyang, Gansu* 745300, *China*)

Abstract:【Objective】This paper studied the effects of seed size and drought stress on seedling growth of *Xanthoceras sorbifolia* to provide basis for seedling and plantation cultivation of *Xanthoceras sorbifolia*.【Method】In this paper, a completely random experiment was conducted on the survival rate, growth, biomass accumulation and allocation of seeds with sizes of big (>1.0 g), medium(0.6-1.0 g) and small (<0.6 g) under three water conditions of control, -0.2 and -0.6 MPa.【Result】Seed size and water condition had significant effects on germination of *X. sorbifolia* seed. Big seeds had higher germination rate than medium and small seeds. With the water treatment of -0.2 MPa, the germination rate of big seeds was 100%, while those of medium and small seeds were 97.92% and 94.79%, respectively. Under the water treatment of -0.6 MPa, the germination rate of big seeds was 95.83%, while that of small seeds was

[收稿日期]　2014-12-31
[基金项目]　国家自然科学基金项目(31460189)
[作者简介]　郭有燕(1980-),女,宁夏中卫人,副教授,博士,主要从事森林培育理论与技术研究。
E-mail:guoyouyan_2008@163.com
[通信作者]　刘宏军(1980-),男,甘肃张掖人,工程师,硕士,主要从事林木种苗繁育研究。E-mail:liuhongjun@163.com

88.55%. Seed size and water condition also had significant effects on growth of *X. sorbifolia* seedlings, and the seedlings from big seeds had larger growth than the seedlings from medium and small seeds. With the decrease of water potential, growths of seedlings with different seed sizes decreased gradually. Biomass accumulation and allocation of seedlings were also significantly affected by seed size and water condition. The seedlings from big seeds had larger biomass allocation than the seedlings from medium and small seeds. Under different water conditions, the seedlings from big seeds allocated more biomass to leaf, while the seedlings from small seeds allocated more biomass to root. 【Conclusion】 In afforestation for arid region, large seeds with size of >1.0 g were suggested to improve survival rate.

Key words: *Xanthoceras sorbifolia* Bunge; drought stress; seed size; seedling growth; biomass

在林木个体内,种子大小的变异是一个很普遍的现象[1]。种子大小通过影响幼苗的出苗时间和幼苗大小而影响幼苗定居[2],大种子通常表现为定居早、幼苗较大,在逆境环境中有更大的幸存能力[3-4]。许多针对木本植物的研究表明,大种子在逆境条件下(干旱、低光、深厚的枯枝落叶层)通过产生较大的幼苗来提高幼苗定居能力,因此大种子更容易在干旱、隐蔽和竞争的环境中定居;与之相反,小种子形成的幼苗较小,死亡率高,但有较高的幼苗相对生长率[5]。种子大小和环境条件对种子萌发、幼苗存活及生长有一定的影响。环境条件的变化是种子大小变异的一个主要选择压力,不但能改变种子萌发及幼苗的生长,同时还可能会改变种子大小与幼苗生长之间的一些关系,因此有必要研究不同环境下种子大小对幼苗行为的影响[6]。干旱胁迫是限制植物生长与存活的关键因子,在干旱半干旱地区,不利的水分条件将影响植被的恢复,持续干旱将限制植物的生长和生物量的分配,甚至引起植物死亡[7]。因此,种子的大小和环境的异质性会对幼苗初期的生长和生物量分配格局产生影响。

文冠果(*Xanthoceras sorbifolia* Bunge)为无患子科文冠果属落叶灌木或小乔木,具有耐寒、耐旱、耐贫瘠等优良特性,是我国北方特有的木本油料树种[8],种子大小变异较大,在文冠果天然林内实生幼苗数量较少[6],种子大小和水分条件是否对文冠果早期幼苗生长有影响,本试验针对此问题进行了研究,旨在为文冠果育苗和人工林培育提供参考。

1 材料与方法

1.1 试验材料

2013年7月采购陕西延安柳林镇仁台村的文冠果种子,对购买的饱满种子进行称量,单粒种子质量介于0.4~1.4 g。根据单粒种子质量将其分为大种子(>1.0 g)、中等种子(0.6~1.0 g)和小种子(<0.6 g)3类。在日光下晾晒一周后,于4 ℃条件下沙藏。播种之前,用10 g/L高锰酸钾溶液对文冠果种子杀菌15 min[6]。

1.2 干旱胁迫处理和指标测定

本试验采用室内控制完全随机2因素试验设计。将消毒之后的文冠果种子分别播种于15 cm×15 cm×20 cm的发芽盒中,盒中盛有消过毒的珍珠岩和腐殖土(体积比1∶1)。每个发芽盒播10粒种子,共9个处理,每处理4个重复。之后分别置于实验室光照培养箱中,培养箱设定的温度为25 ℃,每天光照12 h。待80%的种子发芽时,开始胁迫试验,分别配制水势相当于−0.2和−0.6 MPa的聚乙二醇(PEG)-6000溶液模拟干旱胁迫,其中−0.2 MPa为轻度胁迫,−0.6 MPa为中度胁迫,对照处理只加水。根据基质水分情况,每天补充不同质量浓度的PEG溶液,每次向发芽盒中加入PEG溶液200 mL,使多余PEG及时排出。3个月之后试验结束,统计种子发芽率,分别测定文冠果幼苗高度、基径、叶片数和冠幅。各指标测定之后,将幼苗分成根、茎、叶3部分,分别在65 ℃条件下烘干48 h,之后称其干质量。根冠比(R/S)=根生物量/地上部生物量;叶生物量比(LMR)=叶片生物量/总生物量;茎生物量比(SMR)=茎生物量/总生物量;根生物量比(RMR)=根生物量/总生物量。

1.3 数据处理

所有数据用SPSS 16.0软件进行处理,绘图用Origin 8.0,采用双因素方差分析对不同处理间的差异进行检验。

2 结果与分析

2.1 种子大小对文冠果种子发芽率的影响

种子大小对文冠果种子发芽率有显著影响($P<0.001$)(表1),在相同水分处理下,大种子发芽率高,而小种子发芽率低(图1)。

表 1　文冠果种子发芽率的方差分析

Table 1　Variance analysis of *Xanthoceras sorbifolia* seed germination rates

方差来源 Variance source	*F*	*P*
种子大小 Seed size	12.899	<0.001
干旱胁迫 Drought stress	35.096	<0.001
种子大小×干旱胁迫 Seed size×drought stress	1.652	0.205

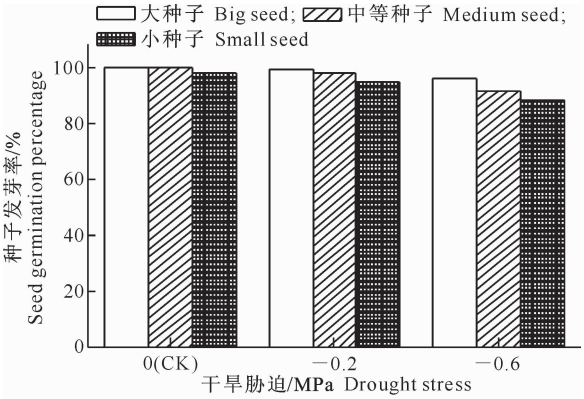

图 1　种子大小和干旱胁迫对文冠果种子发芽率的影响

Fig. 1　Effect of seed size and drought stress on seed germination rate of *Xanthoceras sorbifolia*

从图 1 可以看出，在对照处理下，大种子和中等种子发芽率均为 100%，而小种子发芽率为 97.92%；在 −0.2 MPa 处理下，大种子发芽率为 100%，中等种子和小种子发芽率分别为 97.92%和 94.79%；在 −0.6 MPa 处理下，大种子发芽率为 95.83%，而小种子发芽率为 88.55%。由表 1 可知，水分条件对文冠果种子发芽率也有显著影响（$P<0.001$）。图 1 显示，随着水势的降低，文冠果种子发芽率降低。与对照处理相比，在 −0.2 MPa 条件下，中等种子和小种子发芽率分别降低 2.08%和 3.13%；在 −0.6 MPa 条件下，大种子、中等种子和小种子发芽率分别降低 4.17%，8.33%和 9.57%。种子大小和水分处理的交互作用对文冠果种子发芽率无显著影响（$P>0.05$）（表 1），这说明大种子和良好的水分条件有利于提高文冠果种子的发芽率。

2.2　种子大小对文冠果幼苗生长的影响

不同干旱胁迫下种子大小对文冠果幼苗生长的影响见图 2。

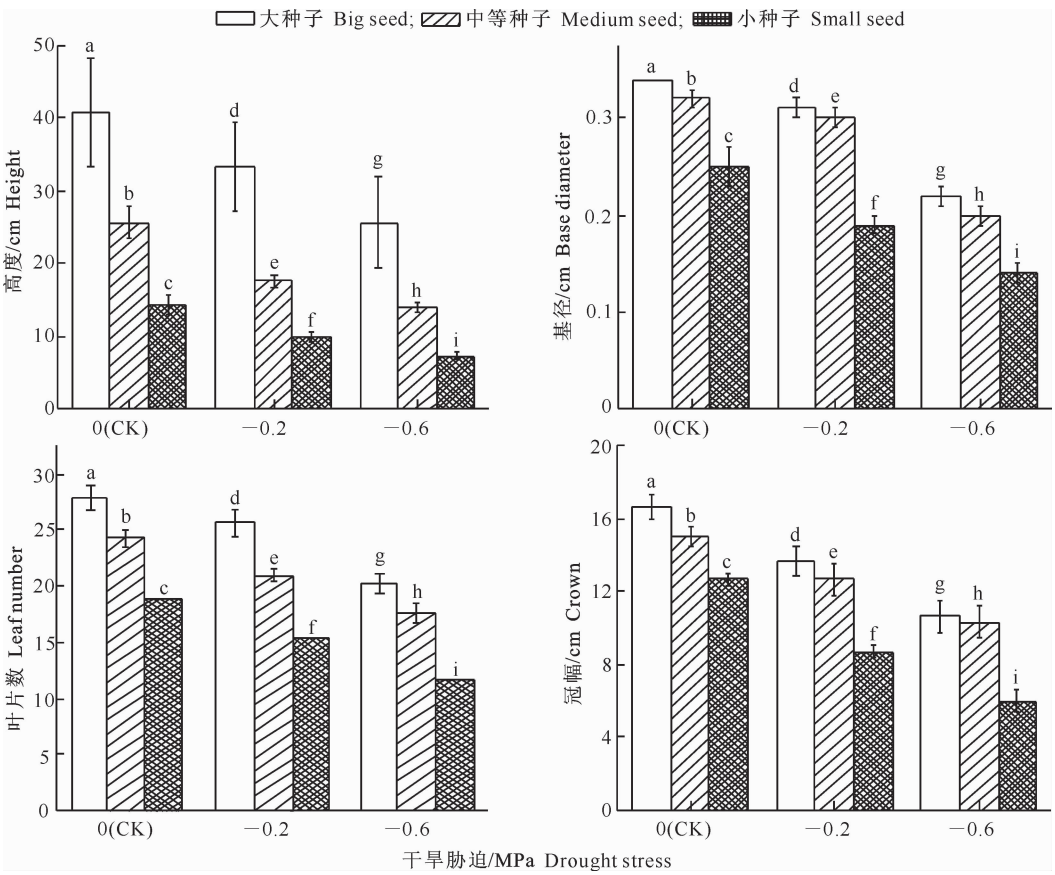

图 2　不同干旱胁迫下种子大小对文冠果幼苗生长的影响

图柱上不同小写字母表示各处理间的差异显著（$P<0.05$）

Fig. 2　Effect of seed size on seedling growth of *Xanthoceras sorbifolia* under different drought stress

Different small letters indicate significant difference between treatments ($P<0.05$)

从图 2 可以看出,种子大小与幼苗高度、基径、叶片数、冠幅呈显著正相关($P<0.05$),大种子起源的文冠果幼苗在不同水分条件下高度、基径、叶片数和冠幅均表现为最大。水分条件对文冠果幼苗高度、基径、叶片数及冠幅也有显著影响($P<0.05$),在不同水分条件下,文冠果幼苗高度、基径、叶片数、冠幅均表现为 CK>−0.2 MPa>−0.6 MPa。这说明大种子和良好的水分条件有利于文冠果幼苗的生长发育。

2.3 种子大小对文冠果幼苗生物量的影响

由表 2 可知,种子大小与幼苗叶干质量、茎干质量和根干质量呈显著正相关($P<0.05$),大种子幼苗的叶干质量、茎干质量和根干质量均大于中等种子和小种子幼苗。

表 2 不同干旱胁迫下种子大小对文冠果幼苗生物量分配的影响

Table 2 Effect of seed size on seedling biomass allocation of *Xanthoceras sorbifolia* under different drought stress g

项目 Item	干旱胁迫 Drought stress	大种子 Big seed	中等种子 Medium seed	小种子 Small seed
叶干质量 Dry weight of leaf	0(CK)	0.531±0.008 aA	0.475±0.002 bA	0.450±0.002 cA
	−0.2	0.502±0.002 aB	0.441±0.003 bB	0.420±0.001 cB
	−0.6	0.436±0.006 aC	0.365±0.005 bC	0.350±0.002 cC
茎干质量 Dry weight of stem	0(CK)	2.070±0.001 aA	2.045±0.002 bA	2.031±0.001 cA
	−0.2	2.055±0.002 aB	2.027±0.004 bB	1.947±0.003 cB
	−0.6	1.945±0.007 aC	1.926±0.003 bC	1.918±0.001 cC
根干质量 Dry weight of root	0(CK)	2.601±0.006 aA	2.594±0.001 bA	2.588±0.002 cA
	−0.2	2.572±0.003 aB	2.555±0.002 bB	2.545±0.001 cB
	−0.6	2.246±0.001 aC	2.237±0.003 bC	2.227±0.001 cC

注:同行不同小写字母表示不同大小种子起源幼苗间差异显著($P<0.05$);同一指标同列不同大写字母表示不同水分处理下同一种子起源幼苗间差异显著($P<0.05$)。表 3 同。

Note: Different small letters in each line indicate significant difference between seed sizes ($P<0.05$). Different capital letters indicate significant difference of seedlings from same seed size between different water treatments ($P<0.05$). The same for Table 3.

由表 2 可见,水分条件与文冠果幼苗叶干质量、茎干质量和根干质量也呈显著($P<0.05$)正相关,随着水势的降低,所有幼苗的叶干质量、茎干质量和根干质量均降低。在−0.6 MPa 处理下,大种子、中等种子和小种子幼苗的叶干质量分别为 CK 处理的 82.11%,76.84%和 77.78%;茎干质量分别为 CK 处理的 93.96%,94.18%和 94.44%;根干质量分别为 CK 处理的 86.35%,86.24%和 86.05%,这说明大种子和良好的水分条件有利于文冠果幼苗生物量的积累。

由于种子大小差异,文冠果幼苗在生物量分配上也有差异。由表 3 可以看出,种子大小和水分条件对文冠果幼苗叶生物量比、根生物量比和根冠比均有显著($P<0.05$)影响,而对文冠果幼苗茎生物量比无显著($P>0.05$)影响。

表 3 不同干旱胁迫下种子大小对文冠果幼苗生物量分配的影响

Table 3 Effect of seed size on seedling biomass allocation of *Xantholeras sorbifolia* under different drought stress

干旱胁迫/MPa Drought stress	叶生物量比 Leaf mass ratio			茎生物量比 Stem mass ratio		
	大种子 Big seed	中等种子 Medium seed	小种子 Small seed	大种子 Big seed	中等种子 Medium seed	小种子 Small seed
0(CK)	0.102±0.002 aA	0.093±0.000 bA	0.089±0.000 cA	0.398±0.000 aA	0.400±0.000 aA	0.401±0.000 aA
−0.2	0.098±0.000 aB	0.088±0.000 bB	0.085±0.005 cB	0.401±0.000 aA	0.404±0.003 aA	0.396±0.000 aA
−0.6	0.094±0.001 aC	0.081±0.001 bC	0.078±0.001 cC	0.420±0.001 aA	0.425±0.000 aA	0.427±0.000 aA
干旱胁迫/MPa Drought stress	**根生物量比 Root mass ratio**			**根冠比 Root shoot ratio**		
	大种子 Big seed	中等种子 Medium seed	小种子 Small seed	大种子 Big seed	中等种子 Medium seed	小种子 Small seed
0(CK)	0.500±0.001 aA	0.507±0.000 bA	0.511±0.000 cA	1.001±0.005 aA	1.029±0.001 bA	1.043±0.000 cA
−0.2	0.501±0.001 aB	0.509±0.003 bB	0.518±0.000 cB	1.006±0.002 aB	1.036±0.013 bB	1.075±0.002 cB
−0.6	0.485±0.001 aC	0.494±0.001 bC	0.495±0.000 cC	0.944±0.005 aC	0.976±0.004 bC	0.982±0.001 cC

由表 3 可见与 CK 处理相比,−0.2 和−0.6 MPa 处理下的文冠果幼苗叶生物量比降低,且随着水势的降低,叶生物量比逐渐降低;茎生物量比随着水势的降低而增加;根生物量比和根冠比均随着水势的降低先增加后减少。在不同水分处理下,文冠果幼苗叶生物量比均表现为大种子>中等种子>小种子,而茎生物量比(除−0.2 MPa 外)、根生物量比和根冠比均表现为小种子>中等种子>大种子。

3　讨论与结论

种子产生幼苗的生存适合度在很大程度上依赖于种子的大小[9]。大种子为幼苗提供了充足的营养资源，促进了幼苗的生长。本研究结果表明，种子大小对文冠果种子发芽率、幼苗早期高度、基径、叶片数、冠幅有显著影响。大种子表现为较高的发芽率和较大的幼苗高度、基径、叶片数和冠幅，这与大种子相对中等种子和小种子所含的淀粉、蛋白质较多有很大的关系[10]，与 Long 等[11]对 14 个栎类树种的研究、Khan[1]对菠萝蜜的研究及 Du 等[12]对中华锥的研究结果相似。水分条件对文冠果种子发芽率、早期生长也有较大的影响，随着水势的降低，文冠果种子发芽率、生长指标均降低，这说明文冠果幼苗通过降低株高、基径的生长速度可以达到降低水分消耗的目的。

大种子通常会产生更大的幼苗[13-16]。本研究结果表明，在所有的水分处理下，文冠果大种子所产生的幼苗生物量显著高于中等种子和小种子。这一研究结果与 Khan[1]、Long 等[11]、Du 等[12]、Paz 等[17]的研究结果相同。在不同的水分条件下，大种子幼苗将更多的生物量投入到了叶片，而小种子幼苗将更多的生物量投入到了根系，这说明不同大小种子起源的幼苗采取了不同的生存策略应对外界环境。水分条件对不同大小种子起源的文冠果幼苗生物量积累及分配也有显著影响，随着水势的降低，不同大小种子起源的文冠果幼苗生物量均降低。在轻度干旱胁迫下，文冠果幼苗通过将更多的资源投入到了地下部分以达到生存的目的。

综上所述，文冠果幼苗能通过调整自身生长和生物量分配等策略来提高其抗旱性，从而有效防止干旱对植株的伤害；文冠果幼苗具有较强的耐旱潜力，且大种子起源的文冠果幼苗具有更强的耐旱性，因此，在干旱地区文冠果播种造林中应尽可能选择种粒质量大于 1.0 g 的种子以提高成活率。

[参考文献]

[1] Khan M L. Effects of seed mass on seedling success in *Artocarpus heterophyllus* L. a tropical tree species of north-east India [J]. Acta Oecologica, 2004, 25: 103-110.

[2] Du Y J, Huang Z L. Effects of seed mass and emergence time on seedling performance in *Castanopsis chinensis* [J]. Forest Ecology and Management, 2008, 255: 2495-2501.

[3] Bonner F T. Importance of seed size in germination and seedling growth [J]. Plant Physiology, Uppsala, 1987, 7: 53-61.

[4] Farmer R E. Seed ecophysiology of temperate and boreal zone forest trees [M]. Delray Beach: St Lucie Press, 1997.

[5] Paz H, Martinez-Ramos M. Seed mass and seedling performance within eight species of *Psychotria* (Rubiaceae) [J]. Ecology, 2003, 84: 439-450.

[6] Guo Y Y, Zhang W H, He J F, et al. Effect of water stress and seed mass on germination and antioxidative enzymes of *Xanthoceras sorbifolia* [J]. African Journal of Biotechnology, 2012, 11(18): 4187-4195.

[7] Rodiyati A, Arisoesilaningsih E, Isagi Y, et al. Responses of *Cyperus brevifolius* (Rottb) Hassk and *Cyperus kyllingia* Endl to varying soil water availability [J]. Environmental and Experimental Botany, 2005, 53: 259-269.

[8] 郭有燕，周建云，何景峰，等. 文冠果种群繁殖方式及其在种群更新中的作用 [J]. 应用生态学报，2014，25(11)：3110-3116.
Guo Y Y, Zhou J Y, He J F, et al. Regeneration mode of *Xanthoceras sorbifolia* population and its contribution to population regeneration [J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2014, 25(11): 3110-3116.

[9] Poorter L, Rose S A. Light- dependent changes in the relationship between seed mass and seedling traits: ameta-analysis for rain forest tree species [J]. Oecologia, 2005, 142(3): 378-387.

[10] Dyer A R. Maternal and sibling factors induce dormancy in dimorphic seed pairs of *Aegilops triuncialis* [J]. Plant Ecology, 2004, 172: 211-218.

[11] Long T J, Jones R H. Seedling growth strategies and seed size effects in fourteen oak species native to different soil moisture habitats [J]. Trees, 1996, 11: 1-8.

[12] Du Y J, Huang Z L. Effects of seed mass and emergence time on seedling performance in *Castanopsis chinensis* [J]. Forest Ecol Manage, 2008, 255: 2495-2501.

[13] Schaal B A. Reproductive capacity and seed size in *Lupinus texensis* [J]. Journal Botany, 1980, 71: 701-709.

[14] Weis I. The effects of propagule size on germination and seedling growth in *Mirabilis hirsute* [J]. Canada Journal Botany, 1982, 57: 730-738.

[15] Zhang J, Maun M. Sand burial effects on seed germination, seedling emergence and establishment of *Panicum virgatum* [J]. Holarctic Ecology, 1990, 13: 56-61.

[16] Jurado E, Westoby M. Seedling growth in relation to seed size among species of arid Australia [J]. Journal of Ecology, 1992, 80: 407-416.

[17] Paz H, Mazer S J, Martinez-Ramos M. Comparative ecology of seed mass in *Psychotria* (Rubiaceae): within and between species effects of seed mass on early performance [J]. Functional Ecology, 2005, 19: 707-718.