

风沙土中荒漠植物出苗和生长的比较研究*

李秋艳 赵文智

(中国科学院寒区旱区环境与工程研究所流域水文与应用生态实验室,
中国生态系统研究网络临泽内陆河流域综合研究站, 兰州 730000)

摘要 选择了 5 种荒漠植物红砂 (*Reaumuria soongorica*)、泡泡刺 (*Nitraria sphaerocarpa*)、花棒 (*Helysarum scoparium*)、白刺 (*Nitraria tangutorum*) 和沙拐枣 (*Calligonum mongolicum*), 设计了沙埋和幼苗生长两个控制实验, 来研究它们的萌发出苗和生长定植能力。结果表明: 5 种植物的高出苗率、快出苗现象集中在 0~3 cm 的沙埋深度; 红砂、泡泡刺、花棒、白刺、沙拐枣的最佳沙埋深度分别为 1 cm、2 cm、2.5 cm、2 cm 和 5 cm。出苗率与沙埋深度方程的斜率显著相关于种子重量。种子重量与幼苗的绝对生长率、相对生长率正相关。相对生长率与单位叶速率和叶面积干重比显著正相关, 但和叶面积比率和叶干重比率显著负相关。种子重量与根绝对伸长速率无关, 但与根长比率和根长叶面积比率显著负相关。种子重量和单位叶速率是出苗和生长的较好的指示者, 但仅仅种子重量和幼苗相对生长率并不能预示植物成活能力。

关键词 沙埋; 幼苗出土; 种子重量; 生长分析; 相对生长率; 荒漠植物

中图分类号 S154.4

文献标识码 A

定居在极端干扰环境的植物将面临着很多挑战, 特别是风蚀和沙埋^[1]。种子或其他繁殖体散布在荒漠生境后, 必须打破休眠, 萌发, 继而需要大量资源才能定居和成长。在定居过程中, 有活力的物种将侵入, 而环境条件决定了它们能否定居和生长。植物种对特定环境条件的响应对于采取合适的恢复技术很重要, 而解决这个问题需要辨别植物在这种环境下的生长特性^[2]。一系列比较容易测量的生长特征对于预测植物在不同生长时期的生长特性非常有帮助。

沙埋是一些植物打破休眠并萌发出土的有效方法。大部分种子至少要经过一定程度的沙埋才能萌发。一般来说, 小种子植物的萌发比大种子植物更依赖于光, 而且出苗率与种子重量有很大关系^[3,4]。但是, 对于干旱区荒漠植物出苗率与种子重量的关系及其对沙埋的响应目前并不十分清楚。

一旦出苗, 幼苗将面临着各种不稳定条件, 如大风、干热、营养缺乏、动物干扰等, 进而死亡率较高。幼苗必须快速增高、生出长根, 以吸收各种营养, 尤其是水分, 来避免干旱和不利环境条件的威胁。较大的根长比率 (The root length ration, RLR, 根长/幼

苗干重) 能够提高幼苗的存活率, 而幼苗的大小依赖于种子重量和它的相对生长率 (Relative growth rate, RGR, 定义为单位重量的增量)^[5]。通常, 大种子产生较大的幼苗, 而且在幼苗定植时期, 大种子植物在适应环境方面比小种子植物表现好, 大种子植物可以适应多种大范围的危险, 如与定植植物的竞争^[6]、缺光^[7]、落叶^[8]、营养缺乏^[3]、沙埋^[9]、抗旱^[10]和抗损坏^[11]等。大种子植物可提高幼苗的存活和生长能力。但是, 若条件适宜, 具有较大相对生长率的植物最终表现出众, 而单位叶速率 (Unit leaf rate, ULR, 定义为单位时间内, 单位叶面积上幼苗重量的增量) 等其他易测量的相对生长率的指标可预测相对生长率^[12~14]。

本试验设计了 2 个控制实验来研究 5 种不同种子重量的荒漠植物的出苗能力, 判断通过简单测量的幼苗生长指标能否预测植物的定植能力。沙埋实验的主要目的是: 阐述 5 种荒漠植物幼苗萌发出土对沙埋深度的响应。幼苗生长实验的目的是: 测量幼苗的相对生长率和根的生长状况; 估计种子重量如何预测幼苗生长参数及通过一些简单的生长指标预测相对生长率。

* 国家自然科学基金项目 (40571026) 和中国科学院野外台站基金 (2005410) 资助

作者简介: 李秋艳 (1978~), 女, 山东金乡人, 博士研究生, 主要从事生态水文学研究。E-mail: liqiyuan@lzb.ac.cn

收稿日期: 2005-03-02; 收到修改稿日期: 2005-06-25

1 材料与方法

1.1 研究区概况

实验在中国生态系统研究网络临泽内陆河流域综合研究站进行,地理坐标为 100°07' E, 39°21' N, 地处黑河流域中游,巴丹吉林沙漠边缘。研究区属温带大陆性荒漠气候,气候干燥,降水少而集中,年平均降水量 119.1 mm,年蒸发量为 2 337.6 mm。光照充足,热量丰富,日照长,辐射强,昼夜温差大。全年日照时间 3 053.9 h,年总辐射量 $146.2 \times 4.16 \text{ kJ cm}^{-2}$;年平均气温 7.7℃, $\geq 0^\circ\text{C}$ 活动积温 3 544.6℃, $\geq 10^\circ\text{C}$ 活动积温 3 092.4℃,无霜期 152 d。风大沙多,风沙活动强烈,年平均风速 3.2 m s^{-1} ,大风日数($\geq 17 \text{ m s}^{-1}$ 的日数) 15 d。土壤以灰棕漠土

和风沙土为主,其中灰棕漠土为地带性土壤。天然植被主要有红砂(*Reaumuria soongorica*)、泡泡刺(*Nitraria sphaerocarpa*)、花棒(*Hedysarum scoparium*)、白刺(*Nitraria tangutorum*)和沙拐枣(*Calligonum mongolicum*)等灌木、半灌木及碱蓬(*Suaeda glauca*)、沙米(*Agriophyllum squarrosum*)、雾冰藜(*Bassia dasyphylla*)、白茎盐生草(*Halogeton arachnoideus*)等一年生草本植物。

1.2 植物种选择与种子收集

选择了本区主要的荒漠植物红砂、泡泡刺、花棒、白刺和沙拐枣进行研究。2003年秋季种子成熟时期,在同一地点的不同母株上收集种子。将采集后的种子处理干净,风干后装入布袋置于实验室内自然冷藏。筛选大而饱满的种子,测量千粒重,共 5 个重复。种子重量种间差异大,种内差异小(表 1)。

表 1 5 种植物的种子重量
Table 1 Seed mass of the 5 desert species

植物种类 Plant species	缩写 Abbreviation	所属科 Family	生活型 Life form	千粒重(±SE) 1 000 seed mass (±SE) (g)
红砂 <i>Reaumuria soongorica</i>	R. s	柽柳科 Tamaricaceae	半灌木 Subshrub	5.91±0.62
泡泡刺 <i>Nitraria sphaerocarpa</i>	N. s	蒺藜科 Zygophyllaceae	灌木 Shrub	19.47±0.98
花棒 <i>Hedysarum scoparium</i>	H. s	豆科 Leguminosae	灌木 Shrub	25.84±1.51
白刺 <i>Nitraria tangutorum</i>	N. t	蒺藜科 Zygophyllaceae	灌木 Shrub	59.26±2.28
沙拐枣 <i>Calligonum mongolicum</i>	C. m	蓼科 Polygonaceae	灌木 Shrub	66.85±2.84

1.3 试验设计

1.3.1 沙埋实验 2004年7月,于 25℃恒温清水中对红砂、泡泡刺、花棒、白刺和沙拐枣种子浸泡 5~24 h。花盆内装有在 105℃条件下烘干 24 h 的沙土。用尼龙网铺在带有排水孔的花盆底部,既可通气又可阻止沙土漏出。将种子均匀撒在花盆中(距边缘 1 cm 处不撒种子),设埋深 0、1、2、3、5、8 cm 6 个处理,每个处理 5 个重复,每个花盆内种植 25 粒种子。在种植 0 cm 的表层的种子时,尽量使重心之下部分位于沙土中,重心之上部分漏出表面。每天浇水,保持土壤湿润,观测萌发、出苗状况。连续观测 60 d,温室内白天温度保持在 25℃以上,夜间温度保持在 20℃左右。每天记录幼苗数量,对于已出土的幼苗,用镊子小心移除。

1.3.2 幼苗生长实验 种植方法同沙埋实验的方法,但只设一个埋深为 1 cm 的处理。

幼苗出土 7 d 和 28 d 时收获(红砂因为个体太小,选用了 14 d 和 28 d),并浸泡在水中洗净。用叶面积仪测量叶面积,测量最大根长。幼苗分成根、茎

和叶三部分分别在 70℃烘干 48 h 称重。

根据 2 个时期幼苗干重(Seedling dry weight, W)、叶干重(Leaf dry weight, L_W)、叶面积(Leaf area, LA)的平均值和方差计算下列生长参数^[5,15]:绝对生长率(Absolute growth rate, $AGR, \text{mg d}^{-1}$),即单位时间(d)内幼苗的生长量,可表示为 dW/dt , t 代表时间;相对生长率(RGR, $\text{mg mg}^{-1} \text{d}^{-1}$),即单位时间(d)内幼苗重量的增量和在第一次收获时幼苗的重量两者之间的比值,可表示为 $(dW/dt) / (1/W)$;单位叶速率(ULR, $\text{mg mm}^{-2} \text{d}^{-1}$),即单位时间内,单位叶面积上幼苗重量的增量,可表示为 $(dW/dt) / (1/LA)$;叶面积比率(Overall leaf area ratio, $LAR, \text{mm}^2 \text{mg}^{-1}$),即幼苗单位重量上的叶面积,可表示为 LA/W ;叶面积干重比(Specific leaf area, $SLA, \text{mm}^2 \text{mg}^{-1}$),即叶单位重量上的叶面积,可表示为 LA/L_W ;叶干重比率(Leaf weight ratio, $LWR, \text{mg mg}^{-1}$),即叶重量与幼苗重量的比值,可表示为 L_W/W ,只用第二次收获时的数据计算。其中,相对生长率(RGR)是单位叶速率(ULR)和叶面积比率(LAR)的

方程。依据 2 个时期根长(Root length, R_L) 的平均值和方差计算下列生长参数^[15, 16]: 根绝对伸长速率(Absolute rate of root penetration, ARPR, mm d^{-1}), 即单位时间(d)内主根长度的变化, 可表示为 dR_L/dt ; 根长比率(Overall root length ratio, RLR, mm mg^{-1}), 即根长/幼苗干重, 可表示为 R_L/W ; 根长叶面积比率(The ratio of maximum root length to leaf area, R_L/L_A , mm mm^{-2}), 即根长/叶面积。

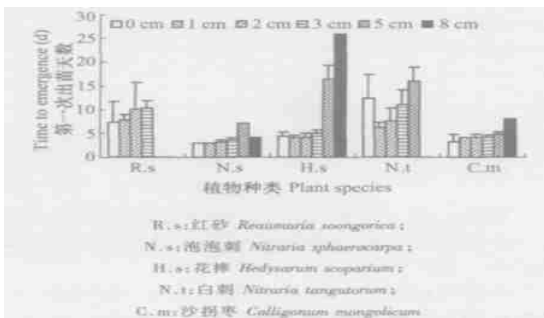
1.4 数据处理

生长参数和种子重量或相对生长率的关系分析均采用 Microsoft Excel for Windows (Ver. 5.0, Microsoft Corporation, 美国) 软件。在处理种子重量与生长参数的关系时, 对种子重量进行了常用对数转换。

2 结果

2.1 沙埋与出苗

2.1.1 第一次出苗天数 第一次出苗所需天数反映了种子出苗的速度。植物种和沙埋深度对第一次出苗所需天数影响均显著 ($F = 4.54$, $d.f. = 4$, $p = 0.009$; $F = 5.13$, $d.f. = 5$, $p = 0.003$)。除白刺外, 其余 4 种植物, 种子最快出苗总是发生在 0 cm 沙埋深度处理中。随着沙埋深度的增加, 所有种的第一次出苗天数均呈增加趋势(图 1)。



R. s.: 红砂 *Reaumuria soongorica*;
N. s.: 泡泡刺 *Nitraria sphaerocarpa*;
H. s.: 花棒 *Hedysarum scoparium*;
N. t.: 白刺 *Nitraria tangutorum*;
C. m.: 沙拐枣 *Calligonum mongolicum*

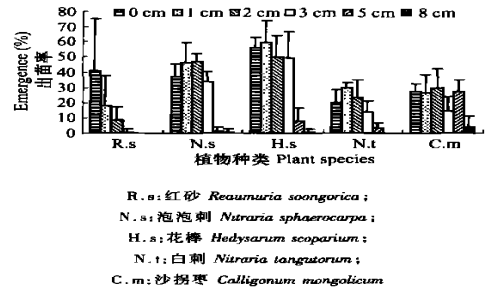
图 1 不同沙埋深度下 5 种荒漠植物的第一次出苗天数

Fig 1 Number of days to first seedling emergence of the 5 desert species at different sand burial depths

除白刺外, 其余 4 种植物, 0~3 cm 深度的第一次出苗天数均小于 10 d; 在 5 cm 深度时, 红砂无出苗, 只有花棒和白刺的第一次出苗天数超过了 10 d; 在 8 cm 的深度, 红砂和白刺均无出苗现象, 花棒的

第一次出苗天数超出了 20 d。

2.1.2 出苗率 植物种和沙埋深度都显著影响 5 种植物的出苗率 ($F = 5.24$, $d.f. = 4$, $p = 0.005$; $F = 9.08$, $d.f. = 5$, $p = 0.001$)。对于 5 种荒漠植物来说, 高出苗率出现在 0~3 cm 的沙埋深度; 除沙拐枣在 5 cm 深度的出苗率较高外, 其余植物的出苗率在 5 cm 和 8 cm 深度都明显下降(图 2)。



R. s.: 红砂 *Reaumuria soongorica*;
N. s.: 泡泡刺 *Nitraria sphaerocarpa*;
H. s.: 花棒 *Hedysarum scoparium*;
N. t.: 白刺 *Nitraria tangutorum*;
C. m.: 沙拐枣 *Calligonum mongolicum*

图 2 不同沙埋深度下 5 种荒漠植物的出苗率
Fig. 2 Seedling emergence of the 5 desert species at different sand burial depths

红砂随着深度增加, 出苗率明显下降, 且只出现在 0~3 cm 沙埋深度, 最高值出现在 0 cm 的表层; 而且, 实验中发现出现在 3 cm 深度的红砂幼苗生活了 4 d 就死亡了, 说明红砂只能浅埋, 3 cm 沙埋深度已是出苗、存活的极限。泡泡刺高出苗率出现在 0~3 cm, 在 5~8 cm 显著下降; 花棒出苗率在 5 种植物中最高, 也是集中在 0~3 cm; 白刺出苗率较低, 最高值在 1 cm, 在 8 cm 深度不出苗; 沙拐枣在各个深度都有出苗现象, 但每个深度的出苗率都不高。

每种植物的平均出苗率(y)与沙埋深度(x)之间均存在显著的负相关(红砂: $y = -7.57x + 37.81$, $R^2 = 0.782$, $p = 0.005$; 泡泡刺: $y = -9.37x + 60.53$, $R^2 = 0.682$, $p = 0.004$; 花棒: $y = -12.30x + 80.37$, $R^2 = 0.792$, $p = 0.001$; 白刺: $y = -5.39x + 39.81$, $R^2 = 0.758$, $p = 0.002$; 沙拐枣: $y = -3.68x + 34.35$, $R^2 = 0.464$, $p = 0.001$)。

2.2 幼苗生长率

种子重量显著相关于出苗率与沙埋深度方程的斜率(图 3a)。种子重量约为 20 g 千粒⁻¹的植物对沙埋的响应更为敏感。

种子重量与幼苗的绝对生长率正相关(图 3b)。种子重量越大, 幼苗的绝对生长率也越大, 5 种植物

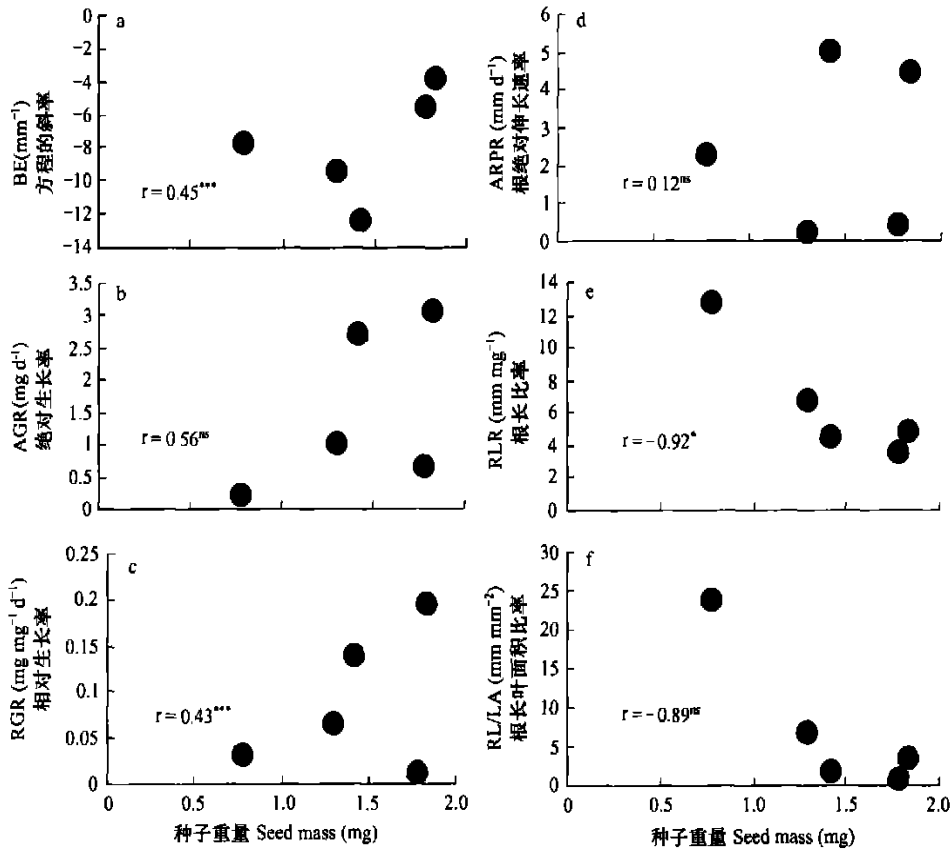


图3 种子重量与(a) 出苗率与沙埋深度方程的斜率, (b) 幼苗绝对生长率, (c) 幼苗相对生长率, (d) 根绝对伸长速率, (e) 根长比率, (f) 根长叶面积比率之间的相关性

Fig 3 Correlations between log seed mass of species and (a) the slope of the functions of seed emergence versus burial (BE), (b) seedling absolute growth rate (AGR), (c) seedling relative growth rate (RGR), (d) absolute rate of root penetration (ARPR), (e) overall root length ratio (RLR), and (f) the ratio of maximum root length to leaf area (R_L/L_A). Significance of correlations: ns, not significant; * $p \leq 0.05$; ** $p \leq 0.01$; *** $p \leq 0.0001$

幼苗的绝对生长率为 1.699 ± 1.237 (平均值 \pm 标准差) mg d^{-1} , 红砂绝对生长率最小, 沙拐枣绝对生长率最大。但是, 白刺有着比预测偏小的绝对生长率。种子重量与相对生长率显著正相关(图 3c)。相对生长率随着种子重量的增大而增大。但是, 白刺的相对生长率也偏低, 与绝对生长率一致。相对生长率与单位叶速率和叶面积干重比显著正相关, 但和叶面积比率和叶干重比率显著负相关(图 4)。即相对生长率越大, 单位叶速率也越大, 叶面积干重比越大, 但叶面积比率却减小, 叶干重比率也减小。

种子重量与根绝对伸长速率无关(图 3d), 但与根长比率显著负相关(图 3e), 意味着对于整株幼苗重量来说, 小种子植物趋向于产生更长更细的主根。根长叶面积比率随着种子重量的增大而减小(图 3f), 意味着小种子植物将更多的能量投入到根, 以

避免土壤表面的干旱威胁。

3 讨论

对于大部分植物种来说, 沙埋会延迟幼苗的出土。沙埋深度和出苗率的关系是定量化研究沙埋影响的有力量度^[15]。

沙埋对幼苗出土既有促进作用, 也有抑制作用。抑制作用在于因为缺乏适宜的氧气、光和温度, 沙埋深度过大会阻碍种子的萌发; 即使种子萌发了, 即将出土的幼苗还要有忍耐黑暗和越过阻力的能力^[17]。幼苗在沙埋条件下能否存活与在黑暗中的存活能力有关^[18]。但种子萌发后必须要露出地面。一般认为, 沙埋对小种子植物的影响较大。因为保持在种子内的仅有的能量要用来完成这些活动。如果这些

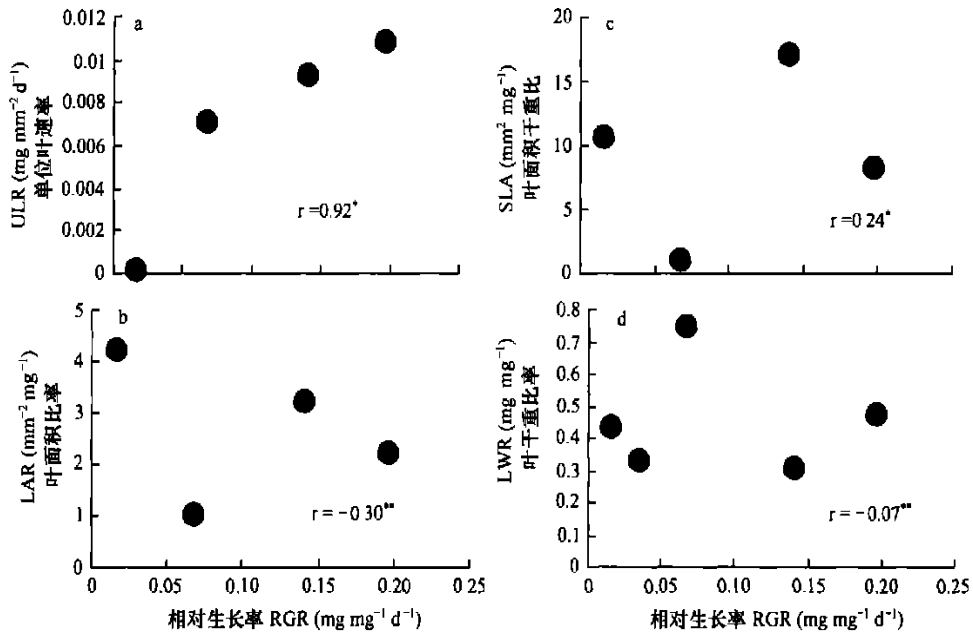


图4 幼苗相对生长率与 (a) 单位叶速率, (b) 叶面积比率, (c) 叶面积干重比, (d) 叶干重比率之间的相关性

Fig 4 Correlations between relative growth rate (RGR) of seedlings and (a) unit leaf rate (ULR), (b) overall leaf area ratio (LAR), (c) specific leaf area (SLA) and (d) leaf weight ratio (LWR).

Significance of correlations: ns, not significant; * $p \leq 0.05$; ** $p \leq 0.01$; *** $p \leq 0.001$

能量不能满足胚轴到达地面,那么幼苗还未抵达地面,就死亡了,即一定沙埋深度下种子可以萌发但不能出苗。促进作用在于沙埋减少了幼苗暴露于空气的机会。幼苗上面的沙土成为覆盖物,维持了较高的土壤湿度,使植物快速生长,而且,沙埋可以保护种子和幼苗不被极端的低温或高温和地表动物的损坏。一定的沙埋深度可以提高种子萌发、幼苗出土和存活能力,从而躲避了被掠夺现象的发生。所以幼苗出土和生长需要一个合适的沙埋深度,即最佳沙埋深度。如果出苗、生长和存活能力最强而未被损坏的深度认为是最佳沙埋深度^[19,20],那么本实验中5种荒漠植物红砂、泡泡刺、花棒、白刺和沙拐枣的最佳沙埋深度分别应为1 cm、2 cm、2.5 cm、2 cm和5 cm。

一旦出苗后,幼苗能否成功定植依赖于它们的成长能力,尤其是根的生长特征。幼苗的大小和根长随着时间和生长条件的不同而改变。但是,它们的相对存活能力可从绝对生长率和根长比率来判断。大种子植物有着较大的绝对生长率和相对生长率,因其种子内保持有较多的营养物质,而幼苗大小是能够定植的最主要的决定条件。小种子植物有更大的根长比率和根长叶面积比率,有利于抵制干旱胁迫。绝对生长率是相对生长率和幼苗大小的函

数。若在适宜的环境,并给予充足的生长时间,现在个体较大但相对生长率小的植物可被相对生长率大而现在个体较小的植物赶上。自然环境中的相对生长率与植物潜在的最大相对生长率和生长条件有关。自然环境中的植物因所在的小生境有所不同,而本研究中5种植物的生长条件相似,这可能与野外情况有所差异。

本研究得出相对生长率与种子重量显著正相关,而Campbell和Rocheort^[15]在研究湿地植物时发现相对生长率与种子重量没有关系,Parker等^[21]在研究不同光照条件下5种北美乔松时发现相对生长率与种子重量负相关。表明了相对生长率与种子重量的关系会随着植物种类和生长条件的不同而改变,相对生长率的大小依赖于植物种类和生长条件。单位叶速率和叶面积比率体现了相对生长率。单位叶速率显著正相关于相对生长率,这与其他研究结果相似^[22,23]。花棒的叶面积干重比最大,而较大的叶面积干重比反映了植物幼苗阶段尽量吸收阳光的生长策略。

种子重量是沙埋响应、幼苗生长和根状态的较好的指示者,单位叶速率是相对生长率的指示者。所以,种子重量和单位叶速率应该是出苗和生长的较好的指示者。但是,仅仅种子重量和相对生长率

并不能预示植物成活能力。例如, 尽管较大的绝对生长率和相对生长率能够帮助解释植物定植的优势性, 但小种子植物红砂虽然生长率较小, 但在戈壁区广泛存在。

在实际的植被恢复中, 不仅要考虑种子萌发和幼苗定植状况, 还要注意种子散布方式、植物的后生长和繁殖能力。但是, 在幼苗出土和生长定植时期, 植物的生长特征可作为判断的依据。总起来说, 在植被恢复中, 那些出苗率高、生长较快的物种可供选择, 幼苗生长率与沙埋深度是群落补员的决定因素。

参考文献

- [1] 刘心. 我国三北地区的植物固沙. 中国沙漠, 1988, 8(4): 11~17. Liu Y X. Phytoreclamation of sand dunes in the northwest, north, and northeast of China (In Chinese). Journal of Desert Research, 1988, 8(4): 11~17
- [2] Keddy P. Assembly and response rules: Two goals for predictive community ecology. Journal of Vegetation Science, 1992, 3: 157~164
- [3] Jurado E, Westoby M. Seedling growth in relation to seed size among species of arid Australia. Journal of Ecology, 1992, 80: 407~416
- [4] Vange V, Heuch I, Vandvik V. Do seed mass and family affect germination and juvenile performance in *Knautia arvensis*? A study using failure-time methods. Acta Oecologica, 2004, 25(3): 169~178
- [5] Causton D R, Venus J C. The Bimetry of Plant Growth. London: Edward Arnold, 1981. 21~32
- [6] Reader R J. Control of seedling emergence by ground cover and seed predation in relation to seed size for some old-field species. Journal of Ecology, 1993, 81: 169~175
- [7] Leishman M R, Westoby M. The role of large seeds in seedling establishment in dry soil conditions—experimental evidence from semi-arid species. Journal of Ecology, 1994, 82: 249~258
- [8] Armstrong D P, Westoby M. Seedlings from large seeds tolerate defoliation better: A test using phylogenetically independent contrasts. Ecology, 1993, 74: 1092~1100
- [9] Weller S G. Establishment of *Lithospermum carolinense* on sand dunes: The role of nutlet mass. Ecology, 1985, 66: 1893~1901
- [10] Leishman M R, Westoby M. The role of large seed size in shaded conditions: Experimental evidence. Functional Ecology, 1994, 8: 205~214
- [11] Dalling J W, Hams K E, Aizprua R. Seed damage tolerance and seedling resprouting ability of *Prioria copaifera* in Panama. Journal of Tropical Ecology, 1997, 13: 481~490
- [12] Lambers H, Poorter H. Inherent variation in growth rate between higher plants: A search for physiological causes and ecological consequences. Advances in Ecological Research, 1992, 23: 187~261
- [13] Reich P B, Walters M B, Ellsworth D S. Leaf life-span in relation to leaf, plant, and stand characteristics among diverse ecosystems. Ecological Monographs, 1992, 62: 365~392
- [14] Saverimuttu T, Westoby M. Components of variation in seedling potential relative growth rate: Phylogenetically independent contrasts. Oecologia, 1996, 105: 281~285
- [15] Campbell D R, Rochefort L. Germination and seedling growth of bog plants in relation to the recolonization of milled peatlands. Plant Ecology, 2003, 169: 71~84
- [16] Hendrix S D, Nielsen E, Nielsen T, et al. Are seedlings from small seeds always inferior to seedlings from large seeds? Effects of seed biomass on seedling growth. New Phytologist, 1991, 119: 299~305
- [17] Sykes M T, Wilson J B. Dark tolerance in plants of dunes. Functional Ecology, 1990, 4: 799~805
- [18] Sykes M T, Wilson J B. An experimental investigation into the response of New Zealand sand dune species to different depths of burial by sand. Acta Botanica Neerlandica, 1990, 39: 171~181
- [19] Vander Wall S B. A model of caching depth: Implications for scatter hoarders plant dispersal. American Naturalist, 1993, 141: 217~232
- [20] Seiwa K, Watanabe A, Saitoh T, et al. Effects of burying depth and seed size on seedling establishment of Japanese chestnuts, *Castanea crenata*. Forest Ecology and Management, 2002, 164: 149~156
- [21] Parker W C, Noland T L, Momeault A E. Effect of seed mass on early seedling growth of five eastern white pine (*Pinus strobus* L.) families under contrasting light environments. Canadian Journal of Botany, 2004, 82: 1645~1655
- [22] Ryser P, Wahl S. Interspecific variation in RGR and the underlying traits among 24 grass species grown in full daylight. Plant Biology, 2001, 3: 426~436
- [23] Poorter L. Growth responses of 15 rain forest tree species to a light gradient: The relative importance of morphological and physiological traits. Functional Ecology, 1999, 13: 396~410

SEEDLING EMERGENCE AND GROWTH OF DESERT PLANTS IN SANDY SOIL

Li Qiuyan Zhao Wenzhi

(Laboratory of Basin Hydrology and Applied Ecology, Cold and Arid Regions Environmental and Engineering Research Institute, Chinese Academy of Sciences, Chinese Ecosystem

Network Research Linze Inland River Basin Comprehensive Research Station, Lanzhou 730000, China)

Abstract Two controlled experiments were conducted to evaluate the potential for desert species to emerge and establish and to assess whether easily measured plant traits can be used to predict their probable success. In the experiments 5 species of shrubs and semishrubs common in the desert in Northwest China were used. First, a glasshouse experiment was performed to test the effect of sand burial on seedling emergence. Second, a growth experiment was conducted to measure relative growth rate and other growth parameters of seedlings between 7 and 28 days of age. In the burial experiment, the phenomenon of high seedling emergence concentrated at 0~ 3 cm for the most species examined. The number of days from sowing seeds to seedling emergence was significantly affected by sand burial depth. Seed mass was strongly correlated with the slope of emergence versus burial depth. In the seedling growth experiments, seed mass is positively correlated with AGR and RGR, which may help to explain their prevalence in the desert. RGR was positively correlated with ULR and SLA, however, it was negatively correlated with LAR and LWR. Seed mass was not correlated with ARPR, however it was negatively correlated with RLR and R_L/L_A , indicating that small-seeded species tended to produce much longer and thinner roots in relation to total seedling mass than larger-seeded species. Seed mass and ULR should help predict their emergence and growth in the desert, however, seed mass and relative growth rate alone do not necessarily predict establishment success.

Key words Sand burial; Seedling emergence; Seed mass; Growth analyses; Relative growth rate; Desert species