

文章编号:1000-0240(2006)03-0414-07

## 5种荒漠植物幼苗对模拟降水量变化的响应

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及应用生态实验室, 中国生态系统研究网络

临泽内陆河流域综合研究站, 甘肃 兰州 730000)

**摘 要:**以5种荒漠植物红砂、泡泡刺、花棒、白刺和沙拐枣为研究对象,根据当地生长季节内60d的平均降水量最大为91.2 mm,平均约为50.7 mm,最小约为35.9 mm等基本情况,人工控制了4种降水量处理水平(29、58、88、117 mm)来模拟幼苗生长对生长季节内降水量变化的响应.结果表明,每种植物都以自己的生长策略表现出独特的对降水量变化的响应格局.红砂幼苗的生长高度和高度生长率随着降水量的增加而显著减小,但降水量变化对其生物量和生物量分配及相对含水量影响不显著;降水量显著影响了泡泡刺和白刺幼苗的生长高度、高度生长率、生物量及其分配和相对含水量,但二者在生物量及生物量分配和相对含水量方面的趋势存在差异.泡泡刺幼苗的生长高度、高度绝对生长率、生物量及其分配等都随着降水量的增加而呈抛物线趋势;白刺幼苗以萎蔫老叶、发出新芽的方式来适应干旱环境.降水量显著影响了花棒幼苗的绝对高度生长率、生物量干重、生物量分配和相对含水量,但对生长高度和相对高度生长率影响不明显;沙拐枣幼苗的相对高度生长率和生物量干重对降水量的响应不敏感,但从其幼苗的生长高度和绝对高度生长率来看,沙拐枣幼苗的存活需要较多的水分.花棒和沙拐枣在不同降水量处理下对地上、地下生物量的分配方式相反,但降水量偏少限制了二者的生长.红砂和白刺幼苗更适合于在适宜在降水量为29 mm的环境中生存,泡泡刺幼苗阶段适宜在降水量为58~88 mm的环境中生长,而花棒和沙拐枣在幼苗阶段的生长更偏向于降水量多于88 mm的条件.

**关键词:**模拟降水量;幼苗生长;生长策略;荒漠植物

**中图分类号:**P 332.1 **文献标识码:**A

尽管温室气体增加导致的降雨变化仍然存在许多不确定性,但降雨变化必将深刻影响陆地生态系统的结构与功能<sup>[1]</sup>,特别对于干旱和半干旱区的生态系统影响最为显著<sup>[2]</sup>,西北地区的干旱气候也将受到不同程度的影响<sup>[3-4]</sup>.在模拟增温和CO<sub>2</sub>对生态系统的影响方面<sup>[5-8]</sup>已有大量研究,近年来通过模拟降水<sup>[9-11]</sup>以及模拟降水控制实验<sup>[12-14]</sup>对植物种群、群落和生态系统方面的研究逐渐受到了重视. Epstein *et al.*<sup>[9]</sup>研究了降雨对矮草草原的影响; Fay *et al.*<sup>[10]</sup>报道了通过改变降水的时间和多少研究了草原生态系统的变化;沈振西等<sup>[11]</sup>研究报道模拟减少降雨20%~40%和增加雨量20%~40%下禾草类、杂草类和莎草类的综合优势比和地上生物量变化均

不显著;何维明<sup>[13]</sup>研究指出沙地柏(*Sabina vulgaris*)实生苗的保水抗旱性随模拟降雨量增加而降低;肖春旺等<sup>[14]</sup>研究指出鄂尔多斯高原沙柳(*Salix psammophila*)幼苗净光合速率、蒸腾速率、气孔导度和荧光效率随着供水的增加而增大等.这些研究都证明了植物对降水量变化的响应因物种而异.

在干旱区,水是植被生存的限制因素,植物最大可能地利用稀少而不规则的降水<sup>[15]</sup>.在这种情况下,植物开始适应忍耐和躲避干旱,形成了出苗、生长和繁殖策略.降水的变化将会改变种群的更新过程<sup>[16]</sup>.红砂(*Reaumuria soongorica*)、泡泡刺(*Nitraria sphaerocarpa*)、花棒(*Hedysarum scoparium*)、白刺(*Nitraria tangutorum*)和沙拐枣

收稿日期:2005-10-11;修订日期:2006-02-20

基金项目:国家自然科学基金项目(40571026);中国科学院资源环境领域野外台站基金项目(2005410)资助

作者简介:李秋艳(1978—),女,山东金乡人,2002年毕业于山东聊城大学地理科学系,现为中国科学院寒区旱区环境与工程研究所博士研究生,主要从事生态水文学研究. E-mail:liqiyuan@zb.ac.cn

(*Calligonum mongolicum*)广泛分布于荒漠绿洲边缘区,耐干旱、抗风蚀、耐沙埋、具有防风固沙的效能<sup>[17-21]</sup>,它们的变化必然造成这里的生态系统的结构和功能的变化.

幼苗阶段是种群更新不可逾越的重要阶段,所以,5种植物的幼苗存活成为制约种群更新的一个“瓶颈”.降雨变化将改变幼苗的生长和存活状况,进而影响种群的更新过程.过去有关降水量变化对这5种植物幼苗的影响未见报道.

本研究以上述5种植物幼苗为研究对象,采用人工控制降水量处理法,开展了在植物生长季节内的降水量较多年平均降雨量减少、相当、增多和极增多等条件下的生长模拟实验,探讨生长和形态对降水量变化的响应,以期揭示未来降水变化下的生态适应策略,为进一步了解荒漠生态系统变化过程提供科学依据,也为幼苗栽培提供理论参考.

1 材料与方法

1.1 供试植物种

所选5种植物是荒漠中最常见的灌木或半灌木(表1).红砂是柽柳科红砂属半灌木,极耐干旱,高15~25 cm,老枝灰棕色或淡棕色,叶肉质,短圆柱形,主要分布于荒漠、半荒漠的山前平原、河流阶地、戈壁等.泡泡刺是蒺藜科白刺属灌木,枝平铺地面,多分枝,不孕枝先端刺针状,叶2~3片簇生,近无柄,条形或倒披针状条形,长5~25 mm,宽2~4 mm,先端稍钝,主要分布于戈壁、山前平原和沙砾质平坦沙地等.花棒是豆科岩黄蓍属灌木,高0.8~2 m,茎和下部枝紫红色或黄褐色,皮剥落多分枝,一年生枝被伏生短毛或近无毛,多分布于流动沙丘、戈壁水蚀沟等.白刺是蒺藜科白刺属灌木,高1~2 m,多分枝,平卧,先端刺针状,多分布于半荒漠和荒漠带的湖盆边缘、河流阶地、有风积沙的粘土上.沙拐枣是蓼科沙拐枣属灌木,高约1 m,多分枝,枝常曲折,开展,同化枝直,有

节,叶互生,退化成鳞片,条形或锥形,主要分布于流动和半流动沙丘.

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.采集后的种子处理干净,风干后装入布袋置于实验室内.选取大而饱满的种子,供实验用.

1.2 实验方法

1.2.1 预处理

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.2004年7月,于25℃恒温清水中对5种植物种子进行浸泡24 h,以利于萌发出苗.

1.2.2 模拟降水

温室上设有防雨布,四周漏风,接近外界环境状况.将种子均匀撒在塑料花盆(直径约为18 cm,高度约为20 cm)中,每盆25粒种子,埋深1 cm,距边缘1 cm处不撒种子.萌发出苗期间,每天浇水,使土壤湿润.80%的幼苗出土后,开始模拟降水实验,共60 d,即从7月25日开始到9月22日结束.根据当地多年平均降水量117.1 mm,最高降水量210.5 mm,最低降水量82.9 mm,且多集中于7、8、9月,约占全年降水量的65%,即7、8、9月份的平均降水量最大约为136.8 mm,平均约为76.1 mm,最小约为53.9 mm的自然情况,生长季节内60 d的平均降水量最大为91.2 mm,平均约为50.7 mm,最小约为35.9 mm,加上环境变化所带来的降水量增多或减少等基本情况.设计降水量为29 mm、58 mm、88 mm、117 mm 4个处理,每次洒水0.49(W<sub>1</sub>)、0.98(W<sub>2</sub>)、1.47(W<sub>3</sub>)、1.96(W<sub>4</sub>) mm,每个处理5个重复.每天18:00~19:00浇水,每个处理的浇水时间和次数均相同,温室白天温度保持在25℃以上,夜间温度保持在20℃左右.

1.2.3 测量方法

每天记录幼苗数量,每5 d记录一次幼苗的高度.实验终止时,小心取出幼苗尽量减少根的损失,并用水冲洗干净,测量幼苗的生物量,并分根、茎、叶三部分分别测鲜重和烘干重(70℃条件下烘干48 h).

高度生长率分为绝对高度生长率和相对高度生长率.绝对高度生长率计算公式为:

$AHGR = dH/dt$ , (单位为mm·d<sup>-1</sup>) (1)

相对高度生长率按以下公式计算:

$RHGR = (dH/dt)(1/H)$ ,

表1 5种荒漠植物的种子重量

Table 1 Seed mass of the five desert species			
植物种	所属科	生活型	千粒重(±SE)/g
红砂	柽柳科	半灌木	5.91±0.62
泡泡刺	蒺藜科	灌木	19.47±0.98
花棒	豆科	灌木	25.84±1.51
白刺	蒺藜科	灌木	59.26±2.28
沙拐枣	蓼科	灌木	66.85±2.84

(单位为  $1000\text{ mm} \cdot \text{mm}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$ ) (2)

式中:  $H$  为时间  $t$  时的生长高度;  $t$  为生长天数.

本文的相对含水量按下面公式计算:

相对含水量 =

(幼苗鲜重 - 幼苗干重) / 幼苗鲜重  $\times 100\%$  (3)

2 结果分析

2.1 生长高度

除花棒幼苗外, 红砂、泡泡刺、白刺和沙拐枣幼苗的生长高度显著受到降水量的影响( $P<0.01$ ) (图 1). 对于红砂和白刺幼苗来说, 同一时间, 随着降水量的增加, 幼苗的生长高度降低. 红砂幼苗在  $W_2$  和  $W_3$  处理的生长高度差异不显著, 表明适当多的水并不影响生长, 但水量过多, 就影响了红砂的生长; 白刺幼苗在  $W_3$  和  $W_4$  的生长高度差异不显著, 说明  $W_3$  处理的降水量已经开始不能促进其生长. 对于泡泡刺幼苗, 除  $W_1$  处理外, 其余 3 种降水量处理, 生长高度随着降水量的增加而降低;  $W_2$  和  $W_3$  处理的幼苗的生长高度差异不显著,

说明  $W_2$  的降水量已经满足生长需要. 对于花棒幼苗, 生长高度受降水量的影响不显著, 但  $W_1$  处理的生长高度最低; 对于沙拐枣幼苗来说, 生长前期, 生长高度随着降水量的增加而降低, 但生长后期, 降水量越多, 生长高度越大. 对于  $W_1$  和  $W_2$  处理的幼苗高度出现了下降趋势, 是因为前期少量的降水量可以满足生长需要. 但随着幼苗的成长, 此水量已经不能满足生长需要了,  $W_3$  和  $W_4$  处理的生长高度一直在增大, 说明沙拐枣幼苗需要较多的水量.

2.2 高度生长率

除红砂幼苗外, 不同降水量显著影响幼苗的绝对高度生长率( $P<0.05$ ) (图 2a). 对于红砂幼苗来说, 随着降水量的增加, 绝对高度生长率逐渐下降; 对于泡泡刺幼苗来说, 随着降水量的增加, 绝对高度生长率先增加到最大值后又逐渐降低; 对于花棒和沙拐枣幼苗来说, 绝对高度生长率随着降水量的增加而逐渐增大; 对于白刺幼苗来说, 绝对高度生长率随着降水量的增加而逐渐降低.

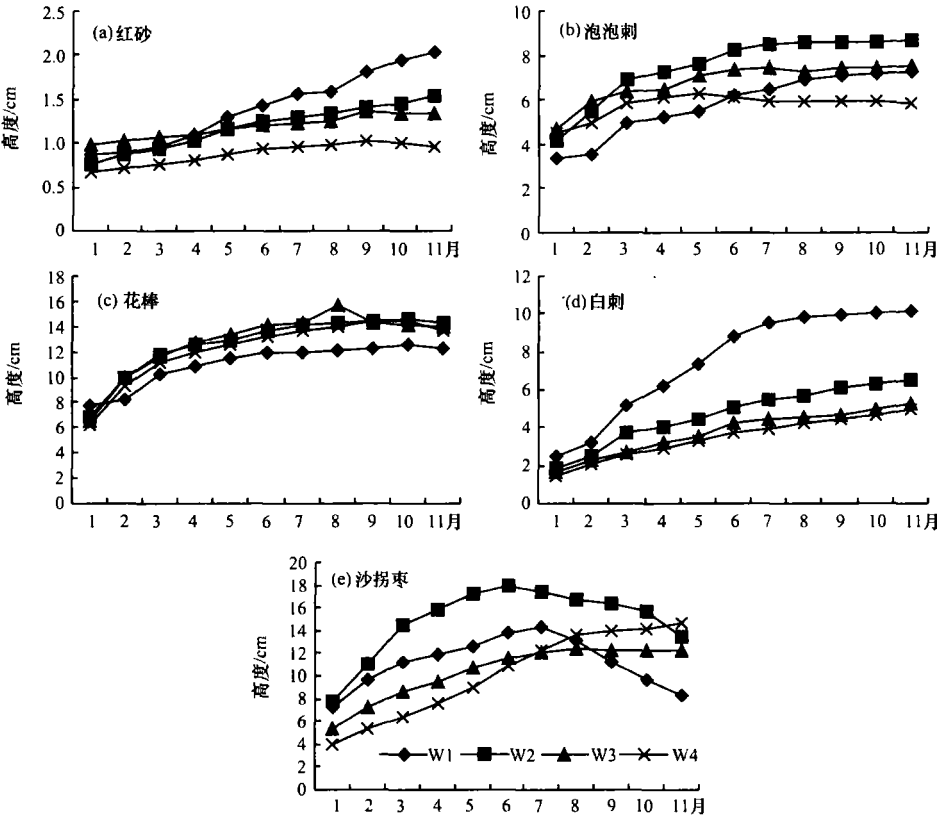


图 1 同一时期不同降水量处理的 5 种荒漠植物幼苗生长高度  
x 轴坐标代表记录次数  $n$  (每 5 d 记录一次)

Fig. 1 Seedling growth height of the five desert species under different water supplies over the same period  
(The lateral coordinates denote record number  $n$ , and the record interval was 5 days)

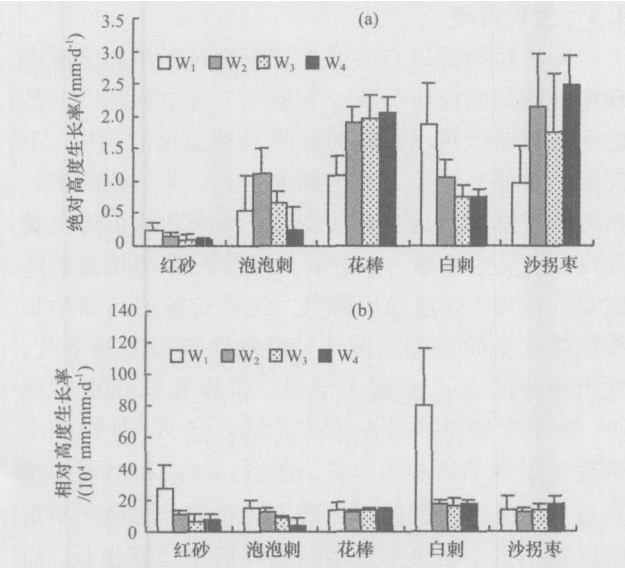


图2 不同降水量处理的5种荒漠植物幼苗的高度生长率  
a·绝对高度生长率;b·相对高度生长率  
Fig. 2 Seedlings growth rates, absolute (a) and relative (b), of the five desert species under different water supplies

除花棒和沙拐枣幼苗外，不同降水量显著影响着幼苗的相对高度生长率( $P<0.01$ )(图 2b). 对于红砂、泡泡刺和白刺幼苗，相对高度生长率随着降水量的增加而减小.  $W_2$ 、 $W_3$  和  $W_4$  处理的红砂和白刺幼苗相对高度生长率并无显著差别，说明  $W_2$  降水量已经满足生长需要；花棒和沙拐枣幼苗并没有随着降水量的变化而变化.

2.3 生物量

除红砂和沙拐枣幼苗外，不同降水量对幼苗的生物量干重显著影响( $P<0.05$ )(图 3). 红砂幼苗的生物量随着降水量的增加有所降低；泡泡刺、花棒和沙拐枣幼苗的生物量随着降水量的增加，先增加后降低；白刺幼苗的生物量随着降水量的增加而降低. 但  $W_3$  和  $W_4$  处理的泡泡刺和白刺幼苗生物量差异不显著，说明  $W_3$  的降水量已经满足其幼苗的生长需要.

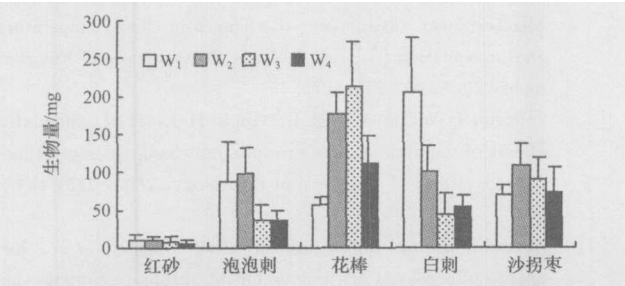


图3 不同降水量处理的5种荒漠植物幼苗的生物量(干重)  
Fig. 3 Seedlings bio mass (dry weight) of the five desert species under different water supplies

2.4 生物量分配

除红砂幼苗外，不同降水量对幼苗的根冠比( $P<0.05$ )(图 4)和根重比影响显著( $P<0.01$ )(图 5).

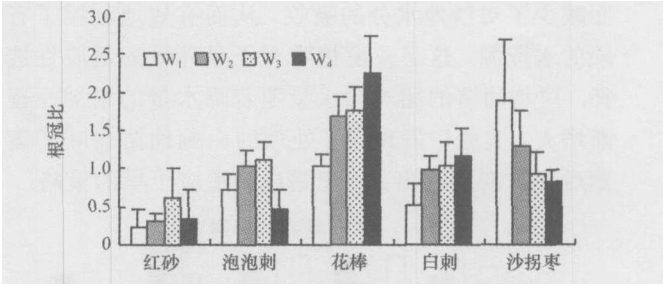


图4 不同降水量处理的5种荒漠植物幼苗的根冠比  
Fig. 4 Ratios of root to shoot in seedlings of the five desert species under different water supplies

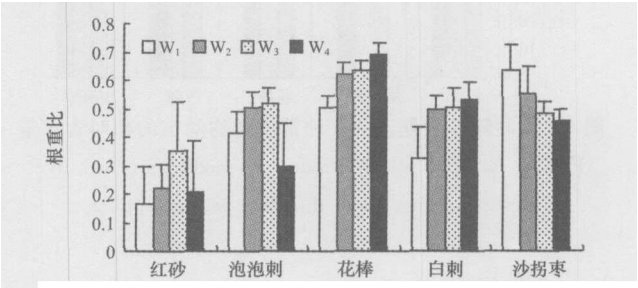


图5 不同降水量处理的5种荒漠植物幼苗的根重比  
Fig. 5 Root weight ratio in seedlings of the five desert species under different water supplies

根重比与根冠比的变化格局相似，红砂、泡泡刺幼苗的根冠比随着降水量的增加而逐渐增大，到最大值(分别为 0.63 和 1.10)后又降低. 说明其幼苗根系生物量增量随降水量增加而增加，而达到  $W_4$  处理时，地上部分的生物量分配随降水量增加而增大. 花棒和白刺幼苗的根冠比随着降水量的增加而增大，说明幼苗地下部分的生物量分配随着降水量的增加而增加. 沙拐枣幼苗的根冠比随着降水量的增加而逐渐降低，说明幼苗地下部分的生物量分配随着降水量的增加而降低，表明沙拐枣幼苗在不同水分条件下的资源分配的不同适应策略. 在水分充足的条件下，幼苗将生物量相对多地分配到地上叶和枝的生长上，以便于幼苗分配更多的资源去捕获更多的光能，提高光合能力，以满足植物本身消耗和生长的需要，而在水分缺水时，幼苗将更多的资源分配到根系生长，以适应在水分胁迫下吸收更多的水分和营养物质，提高竞争生长能力.

2.5 相对含水量

不同降水量显著影响5种植物幼苗的相对含水量( $P<0.01$ )(图 6). 除白刺幼苗外，其余4种植

物幼苗在不同降水量处理下相对含水量相似， $W_2$  处理小于其它处理的幼苗相对含水量。在  $W_1$  处理的干旱状况下，植物的相对含水量较多，可能是植物保持了体内水分，尽可能地防止水分的丢失，进而减少了对沙地水分的吸收，从而有效地利用了有限的水资源，这是荒漠植物对干旱环境的适应性选择。白刺幼苗的相对含水量随着降水量的增加而逐渐增大，实验中发现  $W_2$  处理的白刺幼苗老叶子萎焉后又有新芽长出，这正是白刺适应干旱的策略。

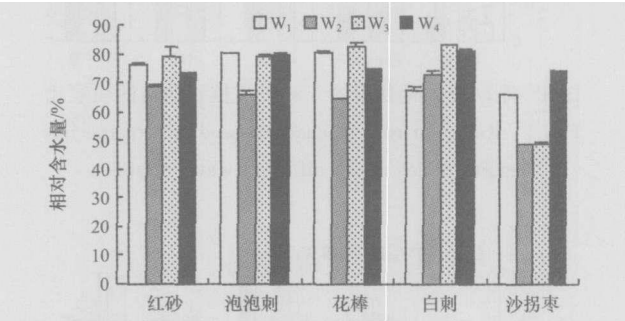


图 6 不同降水量处理的 5 种植物幼苗的相对含水量

Fig. 6 Relative water contents in seedlings of the five desert species under different water supplies

3 讨论与结论

3.1 生长特征

生长行为是植物本身的生物特性所决定的，但多种环境因子综合作用的影响也至关重要。不同降水量显著影响了 5 种植物幼苗的生长特征，但植物幼苗的生长对降水量变化的响应又存在着差异。

水分变化显著影响了红砂幼苗的生长高度和相对生长高度，但对其生物量和生物量分配及含水量影响不显著。这可能与红砂种子较小有关，萌发成幼苗时，生长较缓慢，受到外界环境的影响相对较弱。降水量显著影响了泡泡刺和白刺幼苗的生长高度、高度生长率、生物量及其分配和相对含水量，但在生物量及生物量分配和相对含水量方面的趋势却有着差异，表明两者虽为同一属，但有着不同的环境适应策略。降水量显著影响了花棒幼苗的绝对高度生长率、生物量干重、生物量分配和相对含水量，但对生长高度和相对高度生长率影响不明显，表明花棒幼苗生长迅速，以便在群落中捕获更多的光能，但水分条件又促使其调节对地上地下生物量的分配来适应环境变化；沙拐枣幼苗的相对高度生长率和生物量干重对降水量的响应不敏感，但从其幼苗的生长高度和绝对高度生长率来看，沙拐枣幼苗的存活需要较多的水分。

3.2 生长策略

每种植物都以自己的生长策略对干旱和洪涝表现出独特的响应格局<sup>[22]</sup>。实验中 5 种植物都以自己的生长策略表现出独特的对降水量变化的响应。不同降水量显著影响着泡泡刺的生长，其幼苗的生长策略随着降水量的变化而变化。泡泡刺幼苗的生长高度、高度生长率、生物量及其分配等都是随着降水量的增加，先增加后降低。红砂幼苗的高度生长率随降水量的增加而减小，白刺幼苗以萎焉老叶、发出新芽的方式来适应干旱，花棒和沙拐枣对地上、地下生物量的分配方式不同，但  $W_1$  处理的干旱程度限制了幼苗的生长。所以，红砂和白刺幼苗更适合于降水量少的干旱环境中生存，泡泡刺幼苗阶段在不极干旱也不极湿润的环境中适宜生长，而花棒和沙拐枣在幼苗阶段的生长更偏向于降水量稍多的状况。本实验表明，红砂和白刺幼苗阶段的适宜降水量为 29 mm，泡泡刺幼苗阶段在降水量为 58~88 mm 的环境中适宜生长，而花棒和沙拐枣在幼苗阶段的生长更偏向于降水量多于 88 mm 的条件。

参考文献(References) :

[1] Vitousek P M . Beyond global warming : ecology and global change [ J ] . Ecology , 1994 , 75 : 1861—1876 .  
[2] Robert W . Common themes for ecologists in global issues [ J ] . Journal of Applied Ecology , 1999 , 36 : 1—10 .  
[3] Song Lianchun , Zhang Cunjie . Changing features of precipitation over Northwest China during the 20th century [ J ] . Journal of Glaciology and Geocryology , 2003 , 25(2) : 143—148 .  
[宋连春，张存杰. 20 世纪西北地区降水量变化特征[J]. 冰川冻土，2003，25(2)：143—148.]  
[4] Liu Honglan , Li Dongliang , Guo Jiangyong . Abnormal space distribution of precipitation in Hexi Corridor in the late spring and early summer and its inter-decadal variability [ J ] . Journal of Glaciology and Geocryology , 2004 , 26(1) : 55—60 .  
[刘洪兰，李栋梁，郭江勇. 河西走廊春夏末初降水的空间异常[J]. 冰川冻土，2004，26(1)：55—60.]  
[5] van Ittersum M K , Howden S M , Asseng S . Sensitivity of productivity and deep drainage of wheat cropping systems in a Mediterranean environment to changes in CO<sub>2</sub> , temperature and precipitation [ J ] . Agriculture Ecosystems and Environment , 2003 , 97 : 255—273 .  
[6] Johnson D W , Susfalk R B , Gholz H L , et al . Simulated effects of temperature and precipitation change in several forest ecosystems [ J ] . Journal of Hydrology , 2000 , 235 : 183—204 .  
[7] Xiao Chunwang , Zhang Xinshi , Zhao Jingzhu , et al . Response of seedlings of three dominant shrubs to climate warming in Ordos plateau [ J ] . Acta Botanica Sinica , 2001 , 43 (7) : 736—741 .  
[肖春旺，张新时，赵景柱，等. 鄂尔多斯高原 3 种优势灌木幼苗对气候变暖的响应[J]. 植物学报，

- 2001, **43**(7): 736—741.]
- [8] Bai Yue ming, Wang Chunyi, Guo Jianping, *et al.* · Simulation experiment of the effects of airborne ozone changes on Chinese cabbage [J]. *China Environmental Science*, 2003, **23**(4): 407—411. [白月明, 王春乙, 郭建平, 等. 大气臭氧变化对油菜影响的模拟试验[J]. *中国环境科学*, 2003, **23**(4): 407—411.]
- [9] Epstein H E, Burke I C, Lauenroth W K. Response of the shortgrass steppe to change in rainfall seasonality [J]. *Ecosystems*, 1999, **2**: 139—150.
- [10] Fay P A, Carlisle J D, Knapp A K, *et al.* · Altering rainfall timing and quantity in a mesic grassland ecosystem: design and performance of rainfall manipulation shelters [J]. *Ecosystems*, 2000, **3**: 308—319.
- [11] Shen Zhenxi, Zhou Xingmin, Chen Zuozhong, *et al.* · Response of plant groups to simulated rainfall and nitrogen supply in alpine *Kobresia humilis* meadow [J]. *Acta Phytocologica Sinica*, 2002, **26**(3): 288—294. [沈振西, 周兴民, 陈佐忠, 等. 高寒矮蒿草甸植物类群对模拟降水和施氮的响应[J]. *植物生态学报*, 2002, **26**(3): 288—294.]
- [12] White T, Campbell B, Kemp P, *et al.* · Sensitivity of three grassland community to simulated extreme temperature and rainfall events [J]. *Global Change Biology*, 2000, **6**: 671—684.
- [13] He Weiming. Effects of water factor on hydraulic and growth characteristics of *Sabina vulgaris* seedlings [J]. *Acta Phytocologica Sinica*, 2001, **25**(1): 11—16. [何维明. 水分因素对沙地柏实生苗水分和生长特征的影响[J]. *植物生态学报*, 2001, **25**(1): 11—16.]
- [14] Xiao Chunwang, Dong Ming, Zhou Guangsheng, *et al.* · Response of *Salix psammophila* seedlings to simulated precipitation change in Ordos Plateau [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2001, **21**(1): 171—176. [肖春旺, 董鸣, 周广胜, 等. 鄂尔多斯高原沙柳幼苗对模拟降水量变化的响应[J]. *生态学报*, 2001, **21**(1): 171—176.]
- [15] Wiegand K, Jeltsch F, Ward D. Analysis of the population dynamics of *Acacia* trees in the Negev desert, Israel with a spatially explicit computer simulation model [J]. *Ecological Modelling*, 1999, **117**: 203—224.
- [16] Wang Xinping, Kang Ersi, Zhang Jingguang, *et al.* · Comparison of interception loss in shrubby and subshrubby communities in the Tengger desert of Northwest China [J]. *Journal of Glaciology and Geocryology*, 2004, **26**(1): 89—94. [王新平, 康尔泗, 张景光, 等. 荒漠地区主要固沙灌木的降水截留特征[J]. *冰川冻土*, 2004, **26**(1): 89—94.]
- [17] Liu Jiaqiong, Qiu Mingxin, Pu Jinchun, *et al.* · The typical extreme xerophyte — *Reaumuria soongorica* in the desert of China [J]. *Acta Botanica Sinica*, 1982, **24**(5): 485—488. [刘家琼, 邱明新, 蒲锦春, 等. 我国荒漠典型超旱生植物——红砂[J]. *植物学报*, 1982, **24**(5): 485—488.]
- [18] Li Qiuyan, Zhao Wenzhi, Li Qisen, *et al.* · Responses of *Nitraria sphaerocarpa Maxim.* population to disturbance of blown sand in the edge of desert oasis [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2004, **24**(11): 2484—2491. [李秋艳, 赵文智, 李启森, 等. 荒漠绿洲边缘区泡泡刺种群对风沙干扰的响应[J]. *生态学报*, 2004, **24**(11): 2484—2491.]
- [19] Liu Yanyun, Liu Mingyi, Zhang Li, *et al.* · Studies on the function of *Hedysarum scoparium* belt sand barriers on mobile sand dune [J]. *Soil and Water Conservation in China*, 1997, **4**: 23—25. [刘艳军, 刘明义, 张力, 等. 花棒带状沙障防风固沙试验研究[J]. *中国水土保持*, 1997, **4**: 23—25.]
- [20] Jia Baoquan, Cai Tiju, Gao Zhihai, *et al.* · Biomass forecast models of *Nitraria Tangutorum* shrub in sand dune [J]. *Journal of Arid Land Resources and Environment*, 2002, **16**(1): 96—99. [贾宝全, 蔡体久, 高志海, 等. 白刺灌丛沙包生物量的预测模型[J]. *干旱区资源与环境*, 2002, **16**(1): 96—99.]
- [21] Ma Ruijun, Wu Shuning, Wang Fengchun. Studies on anatomy and desert adaptability of stem secondary xylem in 6 species of *Calligonum* [J]. *Acta Botanica Sinica*, 1994, **36**(Suppl.): 55—60. [马瑞君, 吴树明, 王凤春. 6 种沙拐枣属植物茎次生木质部的解剖及其对沙生环境的适应[J]. *植物学报*, 1994, **36**(增刊): 55—60.]
- [22] Parolin P. Morphological and physiological adjustments to waterlogging and drought in seedlings of Amazonian floodplain trees [J]. *Oecologia*, 2001, **128**: 326—335.

Responses of Seedlings of Five Desert Species  
to Simulated Precipitation Change

LI Qiu yan , ZHAO Wen zhi

(Laboratory of Hydrology and Applied Ecology , CAREERI , CAS , Chinese Ecosystem Network Research Linze  
Inland River Basin Comprehensive Research Station , Lanzhou Gansu 730000 , China )

**Abstract :** The responses of seedlings to global pre -  
cipitation change by artificially controlling water  
supply at four levels are investigated of five desert  
species , *Reaumuria soongorica* , *Nitraria sphaero -*  
*carpa* , *Hedysarum scoparium* , *Nitraria tanguto -*  
*rum* and *Calligonum mongolicum* , which occur  
frequently in the arid regions of North west China .  
It is revealed that every species exhibits its individ -  
ual pattern of response to precipitation change that  
links to the growth strategy . The growth height  
and height growth rates of *Reaumuria soongorica*  
significantly decrease with the increasing water  
supply , however , its biomass , biomass allocation  
and relative water content are insignificantly influ -  
enced by water supply . Growth height , height  
growth rates , biomass , biomass allocation and rel -  
ative water content are significantly influenced by  
water supply of both *Nitraria sphaerocarpa* and  
*Nitraria tangutorum* . Growth height , height  
growth rates , biomass and biomass allocation of  
*Nitraria sphaerocarpa* increase with the increasing  
water supply ; however , they decrease constantly  
when they reach the highest points . *Nitraria tan -*

*gutorum* has a way of new leaves growing and old  
leaves falling off to adapt to drought conditions .  
Absolute height growth rate , biomass , biomass al -  
location and relative water content of *Hedysarum*  
*scoparium* are significantly influenced by water  
supply , except for growth height and relative  
height growth rate . Although the relative height  
growth rate and biomass of it is not sensitive to  
water supply , *Calligonum mongolicum* surviving  
needs more water supplies , as viewed from growth  
height and absolute height growth rate . In biomass  
allocation with the increasing water supply ,  
*Hedysarum scoparium* and *Calligonum mongoli -*  
*cum* have opposite trend , however , their growth  
are restricted by drought conditions . *Reaumuria*  
*soongorica* and *Nitraria tangutorum* acclimate the  
drought environments with rainfall about 29 mm .  
*Hedysarum scoparium* and *Calligonum mongoli -*  
*cum* prefer more water supply conditions , e .g . ,  
more than 88 mm of precipitation , and *Nitraria*  
*sphaerocarpa* prefers the climate neither very dry  
nor very wet , with a precipitation range of 58 ~ 88  
mm .

**Key words :** simulated precipitation ; seedling growth ; growth strategy ; desert species