

模拟降水对高寒矮嵩草草甸群落影响的初步研究

王长庭, 王启基, 沈振西, 彭红春, 李海英

(中国科学院西北高原生物研究所, 青海 西宁 810001)

摘要: 通过野外控制实验, 研究了高寒矮嵩草草甸不同植物类群、群落对模拟增减降水条件下的响应。结果表明, 不同植物类群(禾草类、莎草类)增加降水 20%, 地上生物量分别比对照提高 103.63、77.12 g/m²。在植物生长期(6月), 增加降水 20% 及 40%, 植物群落物种多样性指数(H') 分别比对照提高 0.188 和 0.735; 而均匀度指数(J') 在增加降水 40% 时, 提高了 0.086。生长期(7月)增加降水 20%, 物种多样性指数(H') 和均匀度指数(J') 分别提高 0.409 和 0.07。当降水增加 20% 时, 植物群落中禾草类的重要值较对照提高了 0.92。

关键词: 模拟降水; 矮嵩草草甸; 地上生物量; 多样性指数; 均匀度指数

中图分类号: Q 948.158 **文献标识码:** A **文章编号:** 1004-5759(2003)02-0025-05

* 全球气候变化对陆地生态系统的影响, 是关系到人类社会经济生活、生存环境、农牧业生产、资源的可持续利用等重大问题, 愈来愈受到各国政府及有关科学家们的关注。根据大气环流模型(GCMs)的预测, 21世纪全球温度将升高 1.5~4.5^[1]。在全球气候变暖的趋势下, 降水格局也将发生变化, 而且就某一地区而言, 降水的变化有很大的差异^[2]。这必将影响植物的生理生态特征, 进而对植物的种群、群落、生态系统乃至整个生物圈产生巨大影响^[3]。

全球气候变化对生态系统的影响是目前生态科学研究的热点, 其中植物对降水格局改变的响应机制是研究我国陆地生态系统生态安全机制的必要基础。青藏高原是全球气候变化最敏感的区域之一^[4-8]。当全球气候变化后不同地区的降水规律将如何变化, 这种变化是否影响植物群落结构及植被分布规律, 对人类活动将会带来怎样的影响, 备受人们的关注。因此, 研究模拟增加和减少降水对植物种群、群落的影响是十分必要的。

国内在降水量及模拟降水对植物种群、群落及生物量影响的研究均在干旱半干旱地区进行, 而在高寒矮嵩草草甸模拟增加和减少降水对植物种群、群落及生物量影响的实验研究未见报道。本研究通过野外控制实验, 探讨矮嵩草草甸的群落特征、生物量以及主要植物种群对模拟降水的响应, 为研究全球气候变化对高寒草甸植被变化及其生产力的影响提供科学依据。

1 实验材料与方法

1.1 研究地点

本研究在中国科学院北海高寒草甸生态系统定位站进行。该站位于青海省海北藏族自治州门源回族自治县境内的风匣口, 属门源种马场管辖, 距西宁市 160 km。地处北纬 37°29'~37°45', 东经 101°12'~101°33'。该地气候属高原大陆性气候类型, 年平均气温 -2.0 左右, 0 的积温约为 1100^h; 年平均降水量 578.1 mm, 主要分布于植物生长发育期内的 5~9 月, 占全年降水量的 79%; 年蒸发量约 1160.3 mm。主要植被类型有高寒草甸(Apine meadow)、灌丛(Apine shrub)和沼泽化草甸(Swamp meadow)。土壤为高山草甸土、高山灌丛草甸土和沼泽土。选择高寒草甸典型的矮嵩草草甸为研究对象。主要优势植物为: 矮嵩草(*Kobresia humilis*)、垂穗披碱草(*Elymus nutans*)、麻花苳(*Gentiana straminea*)、异针茅(*Stipa aliena*)、美丽风毛菊(*Saussurea superba*)等。

1.2 样地设置

* 收稿日期: 2002-04-12

基金项目: 国家重点基础研究发展规划项目(G1998040814)、中国科学院知识创新工程项目(KSCX2-1-07)、国家“十五”科技攻关计划项目(2001BA606A-02-03)和中国科学院海北站基金项目资助。

作者简介: 王长庭(1969-), 男, 青海人, 畜牧师, 在读硕士生。

本实验在中国科学院海北高寒草甸生态系统定位站进行,选择植被分布较均匀的矮嵩草草甸地段(50 m × 50 m),设置 20 个 2 m × 2 m 的固定样方,每个样方四周用防锈铁皮埋深 30 cm,露出地表 10 cm 以防止表层水分的径向流动。

内设 5 个模拟降水的梯度:减少降水梯度 2 个,每天夜间遮雨(20:00~8:00),预计减少雨量 50% 左右;隔日夜间遮雨,预计减少雨量 25% 左右。增加降水梯度 2 个,根据多年夏季平均降水量 477 mm 计算,在生长季内(5~9 月)增加水量 20% (477 mm × 0.2) 和 40% (477 mm × 0.4),计算后每周人工喷洒 1 次。对照 1 个,每个处理重复 4 次。

减水处理(8 个固定样方)采用长、宽、高分别为 3 m、3 m、1.5 m 的遮雨装置,(注:遮雨装置为钢管结构,坡度为 15°),罩在 2 m × 2 m 的样方上方,在自然条件下通过遮雨布来控制降水量的减少。

1.3 群落特征的测定

每月(6~9 月)25 日左右进行不同处理条件下植物群落优势植物种群生长发育特征的测定(高度、密度、盖度、生物量等),采用 25 cm × 25 cm 的样方,重复 4 次。分盖度用目测法,禾草、莎草按株统计分蘖枝,植物高度以随机测定 20 株重复的均值计,计算出不同植物种的盖度比、高度比、重要值^[9]。

1.4 地上生物量

每月 20 日左右在减少降水、增加降水、对照各处理区齐地面剪草,样方大小 25 cm × 25 cm,重复 4 次,并按不同种群分开,80℃ 恒温箱烘干至恒重,并称重。

2 结果分析与讨论

2.1 对植物群落结构特征的影响

物种重要值是度量群落水平反应的综合数量指标^[9],采用如下公式:

$$IV = (RC + RF + RH + RD) \times 100/4$$

其中:IV 为重要值,RC 为相对盖度,RF 为相对频率,RH 为相对高度,RD 为相对密度。

由表 1 可看出,矮嵩草草甸不同类群禾草类的重要值在增加降水 20% 时为最大(19.76),与对照(18.84)差异不显著($P > 0.05, n = 4$),增加降水 40% 时的重要值(16.46)与对照(18.84)差异显著($P < 0.05, n = 4$)。说明水分适中,有利于禾草类植物的生长,而水量增加过多,使疏丛型植物(禾草类)的分蘖受到抑制,从而影响了其他种群特征,重要值下降。莎草类的重要值在减少降水 50% 时最大(21.25),与对照(18.79)差异显著($P < 0.05, n = 4$),表明减少降水对植株矮小、喜光的莎草类生长发育有利,重要值增加。杂草类在减少降水和增加降水处理下重要值变化不大。

表 1 不同处理条件下矮嵩草草甸不同植物类群重要值变化

Table 1 The changes of important value of different plant groups of Kobresia humilis meadow in different treatment					
植物类群 Plant groups	减少降水 50% 50% reduction of precipitation	减少降水 25% 25% reduction of precipitation	增加降水 20% Simulated precipitation increased by 20%	增加降水 40% Simulated precipitation increased by 40%	对照 Control
禾草类 Grasses	16.81	17.93	19.76	16.46	18.84
莎草类 Sedges	21.25	19.19	16.77	16.57	18.79
杂草类 Forbs	5.04	4.96	4.75	5.08	4.89

2.2 对地上生物量的影响

不同的减少降水、增加降水处理对组成群落的植物类群重要值的影响不同,从而进一步影响矮嵩草草甸群落不同类群的地上生物量(表 2)。

表 2 不同处理条件下矮蒿草草甸不同类群地上生物量的变化

Table 2 The changes of aboveground biomass of different groups of *Kobresia humilis* meadow in different treatment

植物类群 Plant groups	g/m ²				对照 Control
	减少降水 50% 50% reduction of precipitation	减少降水 25% 25% reduction of precipitation	增加降水 20% Simulated precipitation increased by 20%	增加降水 40% Simulated precipitation increased by 40%	
禾草类 Grasses	763.04	857.92	1158.24	904.32	1054.88
莎草类 Sedges	245.76	303.68	310.88	290.24	233.76
杂草类 Forbs	704.80	909.12	907.04	975.20	849.28
合计 Total	1713.60	2070.72	2376.16	2169.76	2137.92

由表 2 可看出, 逐渐增加降水量, 不同植物类群(禾草类、莎草类)地上生物量也逐渐增加, 到增加水量 20% 时为最大(1158.24, 310.88 g/m²), 与对照间差异显著($P < 0.05, n = 4$)。不同蒿草草甸类型, 由于优势种的不同, 其生物量的变化和组成成分差异较大。其中, 矮蒿草草甸以禾草类和杂类草占优势^[10]。随着自然降水的增加, 气温的逐步升高, 植物生长进入旺盛期, 对降水量的需求相对较高, 此时期的降水量对地上生物量增长产生较大的影响。在植物旺盛期增加一定量的水分, 这给来年牧草进入正常生长发育提供了较好的土壤墒情, 利于牧草营养生长阶段的水分要求, 最终为牧草产量的提高奠定了基础^[11]。另一方面, 植物吸收水分与土壤渗透的能力是有限的, 过多的降水会形成地表径流而流失, 不利于植物生长和生物量的积累^[12]。植物生长后期, 较少的降水有利于植物根系的生长和贮藏营养物质的积累^[13]。

2.3 植物群落多样性的分析

物种多样性反映了生物群落功能的组织特征, 是群落中关于丰富度和均匀度的一个函数, 用多样性可以定量地分析群落的结构和功能^[14]。按每月的平均值计, 不同处理条件下, 植物群落多样性指数(H)和均匀度指数(J)如表 3 所示。6 月份在增加降水 40% 处理条件下, 植物群落多样性指数(H)和均匀度指数(J)最大, 分别为 6.615 和 1.832 均与对照 5.880 和 1.746 差异显著($P < 0.05, n = 4$)。7 月份在增加降水 20% 处理条件下, 植物群落多样性指数(H)和均匀度指数(J)最大, 分别为 6.691 和 1.853。在植物生长初期, 随着降水量的适当增加, 植物群落多样性指数(H)和均匀度指数(J)也逐渐增加, 生境资源(水分)的互补, 使多物种在同一生境下生存成为可能。

表 3 不同处理条件下矮蒿草草甸植物群落多样性指数(H)和均匀度指数(J)的变化Table 3 The changes of the diversity index (H) and evenness index (J) of plant communityof *Kobresia humilis* meadow in different treatment

测定时间 Measurement date	减少降水 50%		减少降水 25%		增加降水 20%		增加降水 40%		对照	
	50% reduction of precipitation		25% reduction of precipitation		Simulated precipitation increased by 20%		Simulated precipitation increased by 40%		Control	
	H	J	H	J	H	J	H	J	H	J
6 月 June	5.881	1.668	5.927	1.726	6.068	1.735	6.615	1.832	5.880	1.746
7 月 July	6.308	1.837	6.324	1.793	6.691	1.853	6.211	1.792	6.282	1.783
8 月 August	6.812	1.873	6.981	1.880	6.252	1.773	6.838	1.908	6.580	1.749
9 月 September	5.977	1.709	6.089	1.757	6.169	1.780	7.035	1.934	5.800	1.722
平均 Average	6.245	1.772	6.330	1.789	6.295	1.785	6.675	1.867	6.136	1.750

这与植物物种多样性与年降水量显著正相关的研究结果相似^[15]。但是随着自然降水的逐渐增加, 过多增加降水, 植物群落多样性指数(H)和均匀度指数(J)反而减小, 可能是由于水分资源过剩, 抑制了其他种的侵入和生长。在科尔沁沙地, 从不同时期降水量变化对物种多样性指数的影响来看, 生长期降水量对物种多样性的影响大于年降水量^[16]。另外, 降水的数量、时间变化也会影响到草地生态系统地下生物量的分配和生态过程^[17]。

综上所述, 在全球气候变暖的趋势下, 降水格局也将发生变化, 而且就某一地区而言, 降水的变化有很大的差异^[2]。模拟增加降水使高寒矮嵩草草甸群落的多样性、植物种群数量特征(重要值)、不同植物类群的生物量均有不同程度的提高。而且在未来气候条件下, 李英年(2000)预测在高寒草甸地区, 若降水增加较多, 加之温度升高, 利于牧草生产力的提高; 若降水增加减少, 植被蒸散所造成的水分散失与降水补给量不平衡, 导致牧草生长发育对水分的需求不满足, 将成为牧草产量提高的限制因素^[18]。应注意的是, 在不同地区, 气候特点、地貌类型等不尽相同, 主要气候因子(温度和水分)哪一个对植物群落生长是主要限制因子也不尽相同。据黄富祥文献报道, 毛乌素沙地低地草甸芨芨草(*Achnatherum splendens*)-盐爪爪(*Kalidium foliatum*)群落地上生物量主要受气温因子的影响, 降水因子在这样的环境条件下不能成为植物群落生长的限制性因子^[19]。当然, 在高寒草甸生长季早期植物除受增加降水的影响外, 温度、光照等因子, 特别是水分与温度在青藏高原高寒草甸分布地区哪一个是第一限制因子、两者的关联程度, 还需要进一步加以研究且予以高度重视。

参考文献

- [1] IPCC. Climate change 1994: radiative forcing of climate change intergovernment panel on climate change [M]. London: Cambridge University Press, 1994
- [2] IPCC. Climate change 1995: the science of climate change summary for policy maker and technical summary of the working group I report [M]. London: Cambridge University Press, 1995
- [3] 刘建国. CO₂浓度的升高和全球变暖对六种生物层次的影响[A]. 见: 刘建国, 王如松. 生态学进展[M], 北京: 科学出版社, 1992. 369-380
- [4] 张新时. 植被的PE(可能蒸散)指标与植被——气候分类(三): 几种主要方法与PEP程序介绍[J]. 植物生态学与地植物学学报, 1993, 13: 97-109
- [5] 张新时. 中国气候——植被关系初探[J]. 植物生态学报, 1996, 20(2): 113-119
- [6] 周广胜, 张新时. 自然植被净第一生产力模型初探[J]. 植物生态学报, 1995, 19(3): 193-200
- [7] 周广胜, 张新时. 中国气候——植被分类研究[J]. 植物生态学报, 1996, 20(1): 8-17
- [8] 李英年, 王文颖. 模拟气候变化对植被分布影响的分析——以青海省为例[J]. 高原生物学集刊, 1999, 14: 88-95
- [9] 姜恕, 李博, 王启基. 草地生态研究方法[M]. 北京: 农业出版社, 1986. 15-22
- [10] 周兴民. 中国嵩草草甸[M]. 北京: 科学出版社, 2001. 147-148
- [11] 李英年. 高寒草甸地区冷季水分资源及对牧草产量的可能影响[J]. 草业学报, 2001, 10(3): 15-20
- [12] 钟海民, 杨福囤, 陆国泉, 等. 矮嵩草高寒草甸地上生物量与气象因子的关系[J]. 中国草地, 1991, (4): 7-11
- [13] 白永飞. 降水量的季节分配对克氏针茅草原群落初级生产力的影响[J]. 植物生态学报, 1999, 23(2): 155-160
- [14] 王启基, 周兴民, 沈振西, 等. 不同调控策略下退化草地植物群落结构及其多样性分析[J]. 高寒草甸生态系统, 1995, 4: 269-280
- [15] Gentry A H. Phytogeographical connections between central and south America, pleistocene climate fluctuations, or an accident of the Andean orogeny[J]. Ann. Missouri Bot. Gard., 1982, 69: 557-593
- [16] 常学礼, 赵爱芬, 李胜功. 科尔沁沙地固定沙丘植物物种多样性对降水变化的响应[J]. 植物生态学报, 2000, 24(2): 147-151
- [17] 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
- [18] 李英年, 王启基, 赵新全, 等. 气候变暖对高寒草甸气候生产潜力的影响[J]. 草地学报, 2000, 8(1): 23-29
- [19] 黄富祥, 王跃思, 傅德山, 等. 毛乌素沙地低地草甸芨芨草-盐爪爪群落地上生物量对气候因子的动态回归分析[J]. 草业学

报, 2001, 10(4): 24-30

A preliminary study of the effect of simulated precipitation on an alpine *Kobresia humilis* meadow

WANG Chang-ting, WANG Qi-ji, SHEN Zhen-xi, PENG Hong-chun, LI Hai-ying

(Northwest Institute of Plateau Biology, Chinese Academy of Sciences, Xining 810001, China)

Abstract: Field controlled experiments were conducted to examine the response of different plant groups and communities to simulated precipitation changes in an alpine *Kobresia humilis* meadow. The results indicated that in the grass group and sedge group, the above ground biomass in the plots, where the precipitation increased by 20%, was 103.36 g/m^2 and 77.12 g/m^2 respectively, over that of the control plot. In the growing season of plants (June), the diversity index (H') of plant community in plots where the precipitation increased by 20% and 40% was 0.188 and 0.735, respectively, the evenness index (J') with 40% increase of precipitation was 0.086, over that of the control plot. In the growing season of plants (July), the diversity index (H') and evenness index (J') of plant community in plot with 20% increase of precipitation was 0.409 and 0.07, respectively, over that of the control plot. The important value of grasses of plant communities in plot with 20% increase of precipitation was 0.92 over that of the control plot.

Key words: simulated precipitation; *Kobresia humilis* meadow; above ground biomass; diversity index; evenness index