

荒漠-草原生态交错区植物对温度变化的动态响应

——以美国新墨西哥州 Sevilleta 生态交错区为例

刘钦普, 林振山

(1. 南京师范大学地理科学学院, 南京 210097; 2. 南京晓庄学院地理科学学院, 南京 210017)

摘要: 美国新墨西哥州中部的 Sevilleta 荒漠-草原生态交错区是监测全球气候变化和人类活动对生物影响的重要区域之一。本文以 Sevilleta 荒漠-草原生态交错区为例, 利用气象资料和物候观测数据, 通过回归和相关分析, 研究在当前全球气候变暖的条件下, 温度变化对交错群落的影响。研究表明, 最近 10 年 (1989~1998) 该区域的温度变化具有反向不对称性: 夏秋季节最高气温升高很明显, 冬春季节最低气温降低较明显, 而年平均最高气温升高较明显, 平均最低气温和平均气温变化不明显。本区荒漠/草原过渡群落的两种优势物种 *Bouteloua eriopoda* 和 *Bouteloua gracilis* 对温度的变化表现出不同的动态响应。第二优势种 *Bouteloua gracilis* 的盖度随着冬春最低气温的降低呈现明显的下降趋势。第一优势种 *Bouteloua eriopoda* 的盖度与冬春最低气温之间没有明显的相关性。温度的变化对群落的结构目前还没有产生明显的影响。

关键词: 荒漠-草原生态交错区; 冬春最低气温; 响应

文章编号: 1000-0585(2006)01-00010-09

20 世纪以来全球气候变暖已是一个无可争辩的事实^[1], 对地表生态系统的结构和功能已产生了不同程度的影响。这种影响在生态交错区带表现更为明显^[2,3], 这是因为生态交错区内的物种都处于其分布区的边缘地带, 对气候的变化异常敏感^[4]。生态交错区的时空变化常常是以优势物种的变化为特征^[5]。但是, 对许多生态交错区来说, 我们很少知道环境条件的变化对共存的优势物种产生影响的机理^[4]。目前有关植物对全球变暖响应的研究, 无论是实验观察还是模型研究, 主要关注的是降水和平均气温升高对陆地生态系统的影响。为了准确认识和模拟陆地生态系统对全球变化的响应, 预测陆地生态系统, 特别是生态交错区的发展趋势, 十分必要开展生态交错区植物对更为具体的气候因子的响应研究。

位于美国新墨西哥州中部的 Sevilleta 荒漠/草原生态交错区是世界上最典型的生态交错区之一, 1973 年成为美国国家野生生物保护区 (SNWR: Sevilleta National Wildlife Refuge), 大量的国内和国际合作研究项目在此进行, 也是美国国家科学基金资助的新墨西哥大学“长期生态研究项目 (LTER)”的研究基地。在此生态交错区进行的研究项目非常

收稿日期: 2005-03-16; 修订日期: 2005-08-31

基金项目: 国家自然科学基金项目 (40371108)、“十五”“211”工程重大项目“不同时空尺度环境演变和生态建设”和 U. S. National Science Foundation under grant DEB-94-11976 资助

作者简介: 刘钦普 (1957-), 南京晓庄学院教授, 博士生, 美国堪萨斯大学访问学者。主要从事资源、环境与生态方面的研究, Email: liuqinpu@163.com

通讯作者: 林振山, 北京大学博士, 美国新墨西哥大学博士后, 南京师范大学特聘教授、博导、地理学院院长。主要从事生态-环境-地理科学领域的研究。

广泛，主要涉及气候^[6]、土壤^[7]、地形^[8]、火烧、动物啃食^[9]等环境因子的变化对生态交错区的影响及其生态效应。在气候因子对该生态交错区影响的研究中，也多注重于降水和平均气温对群落的影响。然而，目前还没有充分的证据来表明植物对最低气温或最高气温变化的响应与其对平均气温变化的响应相同^[10,11]。

作者通过初步分析发现，本区两种植物 *Bouteloua gracilis* 和 *Bouteloua eriopoda* 历年盖度的变化与降水的相关性并不明显，这两种植物历年盖度与温度、湿度、降水的灰色关联分析也表明，植物盖度与温度的关联度最大，与降水的关联度最小。因此，限于篇幅，本文主要研究分析植物与气温的关系，并注重于历年年内不同时期不同温度的生态效应。

作者运用回归和相关的分析方法，分析近期内（1989~1998 年）该地区两种优势物种样线单位距离平均盖度及其比值和盖度标准差的变化趋势，研究在当前全球气候变暖的条件下，不同季节平均最高气温、平均最低气温和平均气温对这两种优势物种盖度及变化趋势的影响，寻求引起盖度变化的主要温度因子，探讨气候变化对生态交错区生态系统影响的机制。为干旱一半干旱地区过渡群落监测、管理和预报提供有用的帮助。

1 研究地区概况

研究区位于 Sevilleta 荒漠/草原生态交错区内的美国国家野生生物保护区（SNWR）东北部的 Deep Well 实验站（34° 21' 07.2'' N, 106° 41' 20.4'' W）（见图 1），在阿布奎基（Albuquerque）南约 55 英里处。气候为干旱一半干旱气候，65 年平均降水量为 232mm，年均温为 13.6 °C。7 月到 11 月的降水量占全年的 60%。研究地区的植被类型是矮草原和奇哇哇荒漠草原的过渡带，地形平坦。土壤质地类型主要是砂质壤土和壤质砂土。SNWR 周围有四种生物群落（图 1），即东部的大草原（Great Plain Grassland）、西部的科罗拉多高原灌木草原（Colorado Plateau Shrub-Steppe）、南部的齐哇哇荒漠草原（Chihuahuan Desert）和北部-西南部的针叶林地（Conifer Woodland）。在这个生态交错区内，许多物种来自于周围的生物群落，多处于分布区的边缘地带，它们对许多环境因子都特别敏感。物种个体形态和数量的变化及其物种间的组合形式的改变，都预示着环境条件的变化及其程度^[12]。

本生态交错区内的主要植物优势物种有 *Bouteloua eriopoda*（齐哇哇沙地的代表种）和 *Bouteloua gracilis*（大平原草地的代表种）。这两种植物对群落的结构和组成有重要的影响，它们单独或共同主导着本区植物群聚斑块的

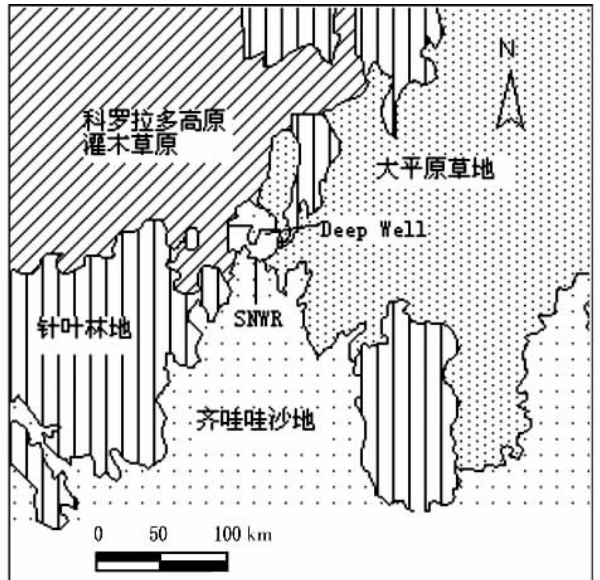


图 1 SNWR 保护区周围的群落环境

（改编自 Rusty J. Gosz & James R. Gosz, 1996）

Fig. 1 The surroundings of SNWR

（Adopted from Rusty J. Gosz & James R. Gosz, 1996）

类型、形状和大小（从小于 10m^2 到大于 1000m^2 ），同时也指示着小生境的差异。植物斑块随着接近其分布区的边界而变小，物种组合的非均质性趋于增加^[13]。这是生态交错区中物种对大环境和小生境变化的敏感反应。*Bouteloua eripoda* 和 *Bouteloua gracilis* 都是禾本科多年生草本，各自具有不同的生态特性，影响着植物斑块的结构和附属种的种类。一些碳 3 型多年生非禾本科草本和灌木由于在土壤水分利用上与 *Bouteloua eripoda* 有较小的时间重叠而喜欢与之共存。然而，一些一年生碳 4 植物则由于生长活动期（温暖月份）与 *Bouteloua eripoda* 重叠则不易相处^[14]。*Bouteloua eripoda* 生命周期比 *Bouteloua gracilis* 短，根系较浅，喜温，适宜砂质土；*Bouteloua gracilis* 生命周期长，根系较深，喜凉，在春天较早时间开始生长发育^[4]，地上覆盖和生物量比 *Bouteloua eripoda* 低，适宜壤质土。这两种植物都是牲畜的重要饲料，*Bouteloua gracilis* 比 *Bouteloua eripoda* 更耐牧。1973 年之前都作为牧草使用。禁牧以后，得到了不同程度的恢复。在受到破坏和干扰后，*Bouteloua gracilis* 比 *Bouteloua eripoda* 更易恢复。在禁牧之前，*Bouteloua gracilis* 处于优势地位，在禁牧以后，*Bouteloua eripoda* 逐渐处于优势地位。这些不同的生态特性会使它们对环境的变化表现出不同的反应，其生长状况可以作为环境变化的指示器。

2 数据分析

2.1 温度年际变化特征

为了较详细了解 Deep Well 地区的温度变化情况，我们把每年温度分为三个时期，即夏秋（6~9 月）、冬春（10~5 月）和全年，每一时期分为（平均）最高气温、（平均）最低气温和平均气温。温度数据来自于 Deep Well 气象站（见表 1）。对每一时期的不同温度进行与时间的一元回归分析，挑选出年际变化显著的温度类型。回归分析结果见表 2，表中 T 表示温度（ $^{\circ}\text{C}$ ），x 表示时间（年）。

表 1 Deep Well 地区不同时期的气温数据（ $^{\circ}\text{C}$ ）

Tab. 1 Temperature data of Deep Well in different periods ($^{\circ}\text{C}$)

年份	冬春季（10 月~5 月）			夏秋季（6 月~9 月）			全年		
	最高 气温	最低 气温	平均 气温	最高 气温	最低 气温	平均 气温	最高 气温	最低 气温	平均 气温
1989	19.44	0.96	10.20	30.93	14.85	22.89	25.18	7.91	16.54
1990	16.84	0.38	8.61	30.88	15.70	23.29	23.86	8.04	15.95
1991	17.96	-1.42	8.27	30.08	14.00	22.04	24.02	6.29	15.15
1992	17.04	-0.20	8.42	31.48	12.85	22.16	24.26	6.33	15.29
1993	18.68	-0.10	9.29	31.93	14.25	23.09	25.30	7.08	16.19
1994	18.66	-0.68	8.99	33.28	15.28	24.28	25.97	7.30	16.63
1995	18.58	-0.14	9.22	32.20	14.58	23.39	25.39	7.22	16.30
1996	20.54	-0.34	10.10	31.53	14.88	23.20	26.03	7.27	16.65
1997	18.02	-0.54	8.74	31.90	14.65	23.28	24.96	7.06	16.01
1998	17.68	-1.54	8.07	32.90	14.93	23.91	25.29	6.69	15.99

数据来源：<http://sevilleta.unm.edu>

由表 2 可见，在 10 年的研究期内，冬春最低气温、夏秋最高气温和全年最高气温变化明显（见图 2），夏秋最高气温达到 0.05 的显著水平，呈现出温度升高的趋势；冬春最

最低气温和全年最高气温达到 0.1 的显著水平, 其中冬春最低气温呈现降低的趋势, 全年最高气温呈现升高的趋势。全年最高气温呈现升高的趋势可能与夏秋最高气温升高有关, 因为冬春季最高气温没有出现明显的增加。其他时期的温度变化与时间无显著相关, 但也表现出不同程度的变化趋势, 其中冬春季平均气温和年最低气温有下降的趋势, 这可能与冬春季最低气温下降明显有关; 其他均表现为上升的趋势。这一结果表明, 本地区温度变化的基本特征是夏秋季节最高气温增加明显, 冬春季节最低气温降低较明显, 夏秋最高气温增加的幅度比冬春最低气温降低的幅度大, 使得全年平均气温有升高的趋势。由此可见, 在全球气候变暖的情况下, 本地表现为夏秋季最高气温的增加, 而冬春季最低气温不但没有增加, 反而有下降的趋势。这与当前全球变化研究中全球最低气温增加的速度比最高气

表 2 不同时期最高气温、最低气温和平均气温与时间的回归分析

Tab. 2 Regressive relationship between time and maximum temperature, minimum temperature and mean temperature

时期	温度	一元回归方程	相关系数	显著性
冬春季	最高气温	$T_{\max} = 18.013 + 0.06x$	0.165	0.649
	最低气温	$T_{\min} = 0.436 - 0.145x$	-0.585	0.076
	平均气温	$T_{\text{mean}} = 9.225 - 0.042x$	-0.177	0.624
夏秋季	最高气温	$T_{\max} = 30.523 + 0.216x$	0.683	0.029
	最低气温	$T_{\min} = 14.464 + 0.024x$	0.092	0.801
	平均气温	$T_{\text{mean}} = 22.493 + 0.120x$	0.531	0.115
全年	最高气温	$T_{\max} = 24.266 + 0.457x$	0.552	0.098
	最低气温	$T_{\min} = 7.454 - 0.061x$	-0.317	0.372
	平均气温	$T_{\text{mean}} = 15.855 + 0.039x$	0.228	0.526

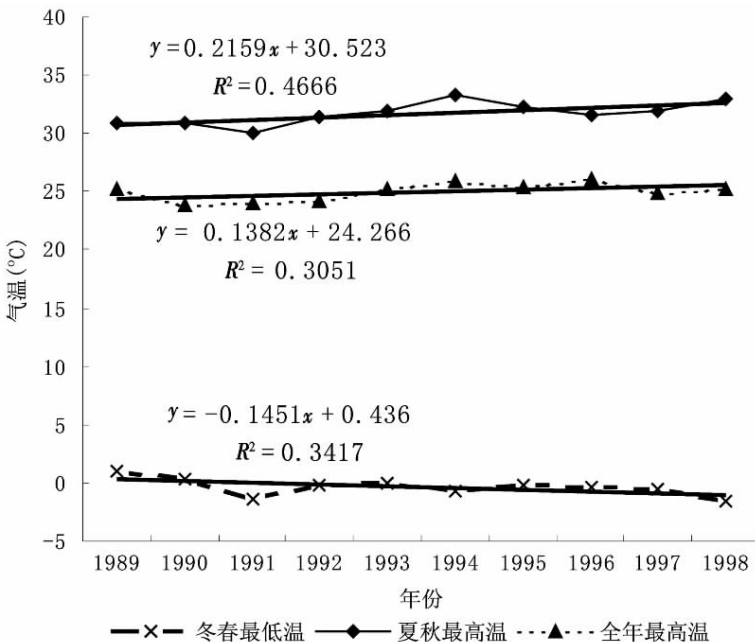


图 2 不同时期最高气温和最低气温的年际变化

Fig. 2 Changes of the maximum and the minimum temperatures in different periods

温要快的结论不相一致^[10,15]。其中的原因有待进一步研究。

2.2 温度年际变化对生态交错区优势植物盖度的影响

为了研究气候对 Deep Well 地区生态交错区群落优势种的影响, 我们首先选取从 1989 到 1998 年 10 年中春秋两季优势物种 *Bouteloua eriopoda* (图表中简称 B. ER)、*Bouteloua gracilis* (图表中简称 B. GR) 在调查区 400m 样线上每 10cm (分辨率为 cm) 植物盖度的野外观测数据, 求出单位距离样线两种优势物种的平均盖度 (见表 3), 然后用相关分析的方法, 计算优势种植物盖度与冬春最低气温、夏秋最高气温和全年最高气温的相关系数 (见表 4), 找出与优势种群盖度关系最密切的温度因子。

表 3 两种优势植物春秋两季的盖度

Tab. 3 Percent cover of *Bouteloua eriopoda* and *Bouteloua gracilis* in spring and fall

季节	物种	年 份										
		1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	平均
春季	B. ER	28.32	14.69	16.06	11.48	19.17	16.15	12.66	13.18	18.77	13.37	16.39
	B. GR	14.38	8.60	8.63	7.89	8.99	7.69	8.57	10.38	10.75	7.26	9.31
秋季	B. ER	34.55	16.19	18.05	16.69	19.52	18.00	16.04	25.94	24.65	21.60	21.12
	B. GR	12.32	8.18	9.88	9.08	9.24	9.62	8.72	13.04	9.64	6.07	9.58

资料来源: <http://sevilleta.unm.edu>

表 4 温度与春秋两季两种优势植物盖度的相关系数及显著性

Tab. 4 Coefficients and their significance between temperatures and percent plant cover

		春季		秋季	
		B. ER 盖度	B. GR 盖度	B. ER 盖度	B. GR 盖度
冬春最低气温	相关系数	0.516	0.644	0.379	0.457
	显著性概率	0.127	0.044	0.280	0.184
夏秋最高气温	相关系数	-0.246	-0.403	-0.153	-0.388
	显著性概率	0.493	0.248	0.672	0.268

由表 4 可见, 春季 *Bouteloua gracilis* 的盖度与冬春最低气温的相关系数通过了显著性水平为 0.05 的假设检验, 两者的关系为显著正相关。也就是说, 冬春最低气温降低, 春季 *Bouteloua gracilis* 的盖度减小, 温度升高, 则盖度增加 (见图 3)。由于从 1989 年到 1998 年的 10 年间, Deep Well 地区的冬春季最低气温是降低比较明显, 所以春季 *Bouteloua gracilis* 的盖度则呈现下降的趋势 (见图 4)。

从表 4 还可以看出, 春秋两季两种优势植物的盖度与冬春最低气温的相关系数都是正数, 与夏秋最高气温的相关系数都是负数, 这也说明, 在本地区随着冬春季最低气温的降低和夏秋最高气温的升高, 对 *Bouteloua eriopoda* 和 *Bouteloua gracilis* 的生长都产生了不同程度的不利影响, 即冬春季最低气温降低, 优势植物种群盖度降低, 夏秋最高气温升高, 优势植物种群盖度亦降低。由于 *Bouteloua gracilis* 比 *Bouteloua eriopoda* 较早地在春季较低的温度下开始生长^[4], 冬春最低气温的降低可能对其影响更为明显。而 *Bouteloua eriopoda* 萌发的时间晚, 冬春最低气温的降低对其影响不大。并且从表 4 春秋两季两种植物的盖度平均值来看, *Bouteloua gracilis* 春季的盖度与秋季的盖度相差无几, 说明它的新苗萌发期主要在春季较短的时期, 而 *Bouteloua eriopoda* 秋季的盖度比春季的盖度大得多, 说明这种植物的新苗萌发时间持续的时间长, 可以有效地避开春季最低气温的影响。

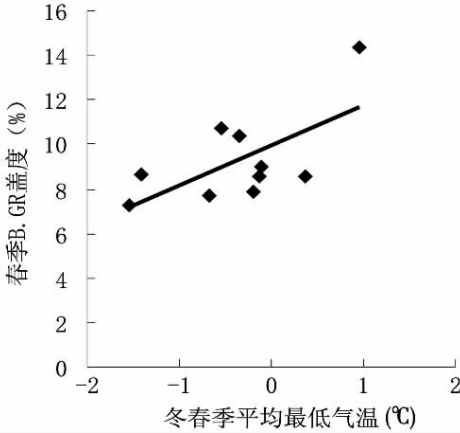
图 3 冬春最低气温和春季 *Bouteloua gracilis* 盖度的关系

Fig. 3 Relationship between the minimum temperature and cover of *Bouteloua gracilis* in winter and spring

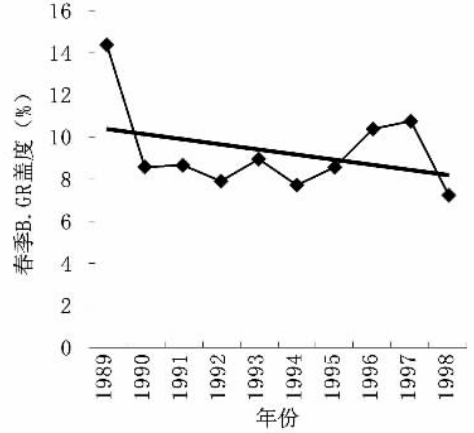
图 4 春季 *Bouteloua gracilis* 盖度年际变化

Fig. 4 Trend of percent cover of *Bouteloua gracilis* in spring from 1989 to 1998

这两种植物生长发育的异时性，使它们对冬春最低气温的响应不同。

2.3 温度年际变化对生态交错区群落结构的影响

植物群落的结构和功能是群落特征的重要表现。任何一个自然群落中的植物种，通常是不均匀的群聚分布，在水平结构上呈现小群落现象。其主要原因是由于生态因子的不均匀性，如小地形和微地形的变化、土壤质地、湿度和盐渍化程度等的差异，等等。植物分布的不均匀性，反映了立地条件的复杂性和植物对其的适应程度。我们利用 400 米样线上每单位距离 (10cm) 上的两种优势植物的盖度标准差和盖度比 (B. ER/B. GR) 来表示群落在水平方向上的群聚分布情况。它们各自的标准差越大，说明其分布越不均匀，适应小生境的能力越强。盖度比越大，说明 *Bouteloua eripoda* 生长越密，而 *Bouteloua gracilis* 生长越疏。通过对标准差和盖度比 (见表 5) 与年份、冬春最低气温和夏秋最高气温的相关分析可以了解群落结构和功能的年际变化情况。计算结果见表 6。

表 5 两种植物春秋两季的盖度标准差和盖度比

Tab. 5 Standard deviation and mean cover proportion of two dominant plants

季节	物种	年份									
		1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
春季	B. ER 标准差	41.6	32.2	33.5	28.6	35	32.1	29.6	30.2	35.9	35.9
	B. GR 标准差	30.6	15.4	23.9	23.2	24.4	21.9	23.7	26.3	27.6	20.3
	盖度比 (B. ER/B. GR)	1.97	1.71	1.86	1.46	2.13	2.10	1.48	1.27	1.75	1.84
秋季	B. ER 标准差	44.0	33.7	35.0	33.4	35.9	34.5	32.6	40.7	40.3	36.4
	B. GR 标准差	28.1	23.6	24.7	25.3	24.1	24.7	23.6	30.0	25.4	19.9
	盖度比 (B. ER/B. GR)	2.80	1.98	1.83	1.84	2.11	1.87	1.84	1.99	2.56	3.56

资料来源: <http://sevilleta.unm.edu>

表 6 表明, *Bouteloua eripoda* 和 *Bouteloua gracilis* 两种优势植物在不同季节的盖度标准差和盖度比与年份、冬春最低气温和夏秋最高气温的相关系数都很小, 说明从 1989 年到 1998 年 10 年间两种优势植物的盖度标准差和盖度比都没有发生大的变化, 与冬春最低气温和夏秋最高气温的变化关系并不密切。这表明尽管当前冬春最低气温的降低和夏

表 6 两种优势植物不同季节的盖度标准差和盖度比与年份和温度的相关系数

Tab. 6 Coefficients between cover standard deviation, cover proportion, and years, temperature

		春季			秋季		
		B. ER 标准差	B. GR 标准差	盖度比 (B. ER/B. GR)	B. ER 标准差	B. GR 标准差	盖度比 (B. ER/B. GR)
年份	相关系数	-0.199	0.014	-0.245	0.012	-0.272	0.367
	显著性 p	0.582	0.970	0.495	0.973	0.447	0.297
冬春最低温	相关系数	0.211	0.244	-0.050	0.315	0.499	-0.180
	显著性 p	0.558	0.497	0.892	0.376	0.142	0.618
夏秋最高温	相关系数	-0.120	-0.146	0.181	-0.175	-0.391	0.288
	显著性 p	0.741	0.687	0.617	0.630	0.263	0.419

秋最高气温的升高对 *Bouteloua gracilis* 春季的盖度有影响, 但其变化幅度还没有对该生态交错区的群落结构和功能产生明显的影响, 这也许是因为 *Bouteloua gracilis* 在群落中所占的份额与 *Bouteloua eriopoda* 相比低得多的缘故。但是, 细心观察表 5 和表 6 可以发现, *Bouteloua eriopoda* 的盖度标准差比 *Bouteloua gracilis* 大, 说明 *Bouteloua eriopoda* 分布更不均匀, 对生境的适应程度高。而 *Bouteloua gracilis* 对生境的适应能力差些, 对气温的变化较为敏感。它的盖度标准差与冬春最低气温和夏秋最高气温的相关系数的绝对值比 *Bouteloua eriopoda* 大, 也同样说明这个问题。因此, 如果温度变化的幅度增加或延续, 很可能造成 *Bouteloua eriopoda* 盖度的进一步降低、改变其在群落中的地位, 使得群落的异质性降低, 均质性增强, 进而可能导致过渡群落结构和功能的改变。

3 结语

位于美国新墨西哥州的 Sevilleta 荒漠/草原生态交错区是对全球气候变化响应敏感区域之一。从这些地区看到的变化可能在其他地区需要很长的时间才会发生^[9]。因此, 在本地区的研究成果不仅对本区群落管理有所帮助, 还可以帮助我们对其他地区的群落进行预测, 并及时采取有效的管理措施。研究表明:

(1) 从 1989 年到 1998 年的 10 年研究期中, 夏秋最高气温和冬春最低气温的变化具有明显的反向不对称性, 即夏季最高气温升高, 冬季最低气温降低, 夏季最高气温的升高幅度比冬季最低气温降温的幅度大。结果全年最高气温增加较明显, 最低气温下降不明显, 平均气温升高不明显。这与其他地区(例如中国北方草原地区和长江三角洲地区)气候变暖是最低气温增加比最高气温增加明显的特点不同^[16]。气候变化是各种因素综合作用的结果, 这种区域性气温变化是比较特殊的, 也许与本地植被覆盖度降低、昼夜温差增大、地表负反馈机制减弱有关。确切原因有待于进一步研究。

(2) 研究地区中的群落优势物种 *Bouteloua eriopoda* 和 *Bouteloua gracilis* 因其生态特性不同对气候变化表现出不同的响应。冬春季最低气温的降低对 *Bouteloua gracilis* 影响明显, 使其盖度呈现下降的趋势, 而对 *Bouteloua eriopoda* 的影响却不明显。这也许是因为 *Bouteloua gracilis* 植物的萌发和生长主要集中在春季, 最低气温的降低对其影响比较明显所致。

(3) 从对群落的结构分析来看, 本区气温变化的幅度还没有对其产生明显的影响,

其原因可能是 *Bouteloua gracilis* 在群落中的处于次优地位, 其盖度的减少还不足以改变群落的结构。但这并不意味着全球气候变化不会对该区群落结构未来的发展趋势产生影响。相反, 如果这一发展趋势继续下去, *Bouteloua gracilis* 的数量减少到一定程度, 势必改变交错区群落的结构和功能。

(4) 全球变化是由千差万别的区域变化构成的。微观尺度的区域变化研究是今后全球变化研究的重点^[3]。在研究与模拟生物群落对气候变化的响应时要重视分析各区域每年不同时段各气候因子的变化特征, 特别是弄清最低气温和最高气温变化方向和程度以及与同期降水的配合对植物的影响。这是理解植物对全球变化的响应及制定应对策略的关键, 理应成为今后深入研究的重要方面。

参考文献:

- [1] 王绍武, 龚道溢. 对于气候变暖问题争议的分析. 地理研究, 2001, 20(2):154~160.
- [2] 张军涛, 李哲, 郑度. 温度与降水变化的小波分析及其环境效应解释——以东北农牧交错区为例. 地理研究, 2002, 21(1):54~60.
- [3] 延建军, 郑宇. 秦岭南北地区环境变化响应比较研究. 地理研究, 2001, 20(5):577~582.
- [4] Peters D P C. Plant species dominance at a grassland-shrubland ecotone: an individual-based gap dynamics model of herbaceous and woody species. Ecological Modeling, 2002, 152:5~32.
- [5] Gosz J R, Sharpe P J H. Broad-scale concepts for interactions of climate, topography, and biota at biome transitions. Landscape Ecol., 1989, 3:229~243.
- [6] Gosz J R. Ecotone hierarchies. Ecological Applications, 1993, 3: 369~376.
- [7] Buxbaum C A. Soil heterogeneity controls Chihuahua desert and Colorado shortgrass prairie species distribution in a desert-grassland ecotone. Suppl. Bull. Ecol. Soc. Amer., 1997,78:62.
- [8] Wondzell S, Ludwig J A. Community dynamics of desert grasslands: influence of climate, landforms and soils1. Journal of Vegetation Science, 1995, 6:377~390.
- [9] Gosz R J, Gosz J R. Species interactions on the biome transition zone in New Mexico: response of Blue grama (*Bouteloua gracilis*) and Black grama (*Bouteloua eripoda*) to fire and herbivory. Journal of Arid Environment, 1996, 34: 101~114.
- [10] Alward R D, Detling J K, Milchunas D G. Grassland vegetation changes and nocturnal global warming. Science, 1999, 283:229~231.
- [11] Easterling D R, Horton B, Jones P D, et al. Maximum and minimum temperature trends for the global. Science, 1997, 277:364~367.
- [12] Mclaughlin S P. Floristic analysis of the southwestern United States. Great Basin Naturalist, 1986, 46: 46~65.
- [13] Neilson P P. Climatic constraints and issues of scale controlling regional biomes. In: Holland M. M, Naiman R J, Risser P G. Role of landscape boundaries in the management and restoration of changing environments. New York; Chapman & Hall, 1991. 31~35.
- [14] Kroel-Dulay G, Odor P, Peters D P C, et al. Distribution of plant species at a biome transition zone in New Mexico. Journal of Vegetation Science, 2004, 15:531~538.
- [15] Harvell C D, Mitchell C E, Ward J R, et al. Climate warming and disease risks for terrestrial and marine biota. Science, 2002,96: 2158~2162.
- [16] 王玉辉,周广胜. 内蒙古地区羊草草原植被对温度变化的动态响应. 植物生态学报, 2004, 28(4):507~514.

Response of vegetation in desert-grassland biome transitional zone to temperature change: a case study at Sevilleta in central New Mexico, USA

LIU Qin-pu, LIN Zhen-shan

(1. School of Geography Science, Nanjing Normal University, Nanjing 210097, China;

2. School of Geographical Science, Nanjing Xiaozhuang College, Nanjing 210017, China)

Abstract: Because temperature is a key factor that controls the growth and distribution of vegetation, and there is no apriori reason to assume that ecosystems will respond similarly to changes in the minimum and the maximum temperatures, it is very important to explore the ecological consequences of global warming, especially the changes of the maximum and the minimum temperatures in different seasons, on terrestrial communities.

Arid/semiarid biome transitional zones or ecotones are considered to be particularly sensitive areas to directional changes in climate. The desert/grassland biome transitional zone of Sevilleta in central New Mexico, U. S. provides an important region for testing species' different responses to global warming. Based on the data of climate and two dominant plants, *Bouteloua eripoda* and *Bouteloua gracilis*, which are collected from the Deep Well station in Sevilleta, this paper studies the effects of global warming on the vegetation at arid/semiarid biome transitional zone with methods of regression and correlation. The results show that the maximum and the minimum temperatures at this zone changed to different directions, that is, the increase of the maximum temperature in the summer and the fall went faster than the decrease of the minimum temperature in the winter and the spring during the study period from 1989 to 1998, which was different from the trend of climate changes that showed the minimum temperature in the winter increased faster than the maximum temperature in summer in other places (such as in North China). There were on significant changes for annual mean temperature.

Responses of the two dominant plants (*Bouteloua eripoda* & *Bouteloua gracilis*) of this area to temperature changes were different due to their ecological characteristics. The cover of *Bouteloua gracilis*, the second dominant plant, decreased significantly, with stronger relationship to the minimum temperature of the winter and the spring than *Bouteloua eripoda*, the first dominant plant. The structure of biome has no significant changes. The author suggests that the structure and function of the transitional zone could be altered if the temperature changes further. So, the identification of key elements of temperature change is very important for understanding and predicting the impacts of global warming on ecosystem.

Key words: biome transition zone; winter and spring minimum temperature; response