

文章编号: 1001-8166(2008)04-0408-07

人类活动与气候变化对科尔沁沙质草地植被的影响^{*}

赵哈林¹, 大黑俊哉², 周瑞莲³, 李玉霖¹, 左小安¹, 黄刚¹

(1. 中国科学院寒区旱区环境与工程研究所, 甘肃 兰州 730000;

2. 东京大学农业与生命学院, 东京 1138657; 3. 鲁东大学生命学院, 山东 烟台 264025)

摘 要: 1992—2006 年在科尔沁沙地开展了草地放牧和封育试验, 分析研究了人类放牧活动和气候变化对草地植被的影响。研究表明: ①人类放牧活动对沙质草地植被具有显著影响, 其中轻度放牧可使原退化草地植被盖度、高度、物种丰富度和多样性明显提高, 中度放牧下虽然草地植被盖度和高度有所下降, 但对物种丰富度和多样性无不良影响, 持续过度放牧可以导致草地植被迅速破坏; ②围栏封育可以促进退化草地植被盖度、高度、物种丰富度和植物多样性得到较快恢复, 其恢复速度是草层高度 > 植被盖度 > 物种丰富度 > 多样性; ③暖湿气候有利于草地维持较高的植被盖度、高度、物种丰富度和多样性, 而持续干旱会导致相应指标的明显下降, 多雨时期气温变化对植被的影响较大, 干旱时期降水变化对植被的作用较强。

关 键 词: 科尔沁沙地; 人类活动; 气候变化; 草地植被; 影响

中图分类号: S812.5 **文献标志码:** A

1 引 言

近些年来, 随着世界人口的持续增加和全球气候的变暖, 人类活动和气候变化对生态系统的影响日益加剧, 已经引起了全球性生态环境和生物资源的破坏^[1]。特别是在我国北方草原地区, 由于近些年来草地大幅度超载过牧和气候暖干化趋势日趋明显, 已经导致大面积草地退化、沙化, 不仅使当地畜牧业生产和经济发展受到明显抑制, 而且还给周边地区的生态安全造成严重威胁^[2, 3]。因此, 关于人类放牧活动和气候变化对草地植被的影响研究, 正在受到相关领域专家的重视^[4]。

关于人类放牧活动和气候变化对草地植被影响的研究已有很多报道。如 Davenport 等^[5]研究了降水对东非不同植被类型的影响, Nautiyal 等^[1]研究了放牧和气候变化对印度高山植被的影响, Schultz 等^[6]研究了全球植被指数与降水、气温变化的关系, 董全民等^[7]和王德利等^[3]研究了放牧对草地植

被结构和生产力的影响, 王文颖等^[8]、王国宏等^[9]、刘振国等^[10]研究了不同放牧强度对典型草原、干旱荒漠和高寒草甸植被多样性的影响, 李霞等^[2]、李晓兵等^[11]研究了气候变化对我国北方典型草原和荒漠草原植被的影响。这些研究对于揭示人类放牧活动及气候变化对植被的影响过程和机制具有一定意义, 但总体来看相关研究还不够深入, 特别是通过野外定位试验研究气候变化和人类放牧活动对草地植被影响的综合研究报道还很少。本文主要目的是利用在科尔沁沙地多年的放牧和封育试验数据和气候变化监测数据, 分析以放牧为主的人类活动和以水热为主的气候变化对沙质草地植被的影响, 以便为该区草地植被的保护和合理利用提供科学依据。

2 研究方法

2.1 研究区自然概况

研究区位于内蒙古东部科尔沁沙地腹地的奈曼

* 收稿日期: 2007-11-06; 修回日期: 2008-01-15。

* 基金项目: 中国科学院寒区旱区环境与工程研究所创新项目“科尔沁沙地生态与环境演变记录、机理与评估”(编号: O650444001); 中国科学院知识创新工程方向性项目“北方沙漠化带典型生态系统水文过程与植被恢复”(编号: KZCX2-YW-431)资助。

作者简介: 赵哈林 (1954-), 男, 安徽马鞍山人, 研究员, 博导, 主要从事荒漠生态学研究。E-mail: zhaohalin666@hotmail.com

旗境内 (42°55′~42°57′N, 120°41′~120°45′E, 海拔 340~370 m)。该区属温带半干旱大陆性气候, 年均气温 6.5℃, $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 年积温 3190℃, 年均降水量 356.9 mm, 年均蒸发量 1900 mm, 无霜期 151 天; 年平均风速 3.4 m/s, 年平均扬沙天气 20~30 天。地貌以高低起伏的沙丘地和平缓草甸或农田交错分布为特征, 土壤多为风沙土或沙质草甸土。试验区植物群落以中旱生植物为主, 主要植物种有白草 (*Pennisetum centrasiticum*)、狗尾草 (*Setaria viridis*)、毛马唐 (*Digitaria ciliaris*)、黄蒿 (*Artemisia scoparia*)、猪毛菜 (*Salsola collina*) 等。受滥牧等因素的影响, 该区大部分草地处于退化状态^[12]。

2.2 试验设计及取样方法

试验时间为 1992—2006 年。试验分为 2 个时段, 1992—1996 年为放牧试验, 试验分为 4 个放牧强度处理, 即重牧 (HG) (6 只羊/hm²)、中牧 (MG) (4 只羊/hm²)、轻牧 (LG) (2 只羊/hm²) 和禁牧 (NG) (0 只羊/hm²), 每个小区面积为 1.5 hm² (200 m × 75 m), 每年各小区的放牧时间为 6 月 1 日至 9 月 30 日, 主要研究不同放牧强度对草地植被的影响; 1997—2006 年为恢复试验, 即从 1997 年开始各小区全面实施封育禁牧, 研究观测停止放牧后, 不同退化草地植被自然恢复进程及其受气候变化的影响。在试验前一年的 8 月, 在试验区内布设 24 个 1 m × 1 m 样方, 对植被进行过一次本底调查。试验期间采用样带加样方法进行取样, 即在每个小区内设置 3 条样带, 每个样带为 200 m × 1 m, 样带内每 10 m 设立 1 个 1 m × 1 m 样方, 每个小区共设立 60 个观测样方, 牧草生长季每月调查取样一次。调查内容主要包括物种丰富度、盖度、高度、频度和地上、地

下生物量等。其中, 物种丰富度采用计数法, 高度采取实测法, 盖度采用目测法 (总盖度为各物种分盖度之和)。物种多样性 (H') 和重要值 (N_3) 采用下列公式计算^[13]:

$$N = H' + C' + F'$$

$$N_3 = N/3$$

$$H' = - \sum_{i=1}^m P_i \ln P_i$$

H 为草层高度相对值, C 为盖度相对值, F 为频度相对值, P_i 为某物种重要值相对值。

2.3 统计分析

本文所展示的试验结果仅为放牧试验的部分数据和禁牧区全期的部分数据。所有数据均采用 SPSS11.5 软件进行分析。采用单因素方差分析 (One-Way ANOVA) 和最小显著差异法 (LSD) 比较不同数据组间的差异, 用 Pearson 相关系数评价不同因子间的相互关系。

3 结果与分析

3.1 降水和气温变化

图 1 是研究区 1961—2006 年年均降水量和年均温的变化曲线。可以看出, 20 世纪 60~80 年代中期该区降水量和年均温均较低, 80 年代中期到 90 年代末期降水量和气温均较高, 而 1999 年以后气温仍较高, 但降水明显下降。因而, 可将该区的气候变化大致划分为冷干、暖湿、暖干 3 个时期。从其降水和气温变化的趋势线还可以看出, 近些年该区气候呈现出明显的暖干化趋势。就本试验而言, 从 1992 年到 1999 年, 除 1993 年较为干旱外 (319.8 mm), 其它年份降水均属正常或较多, 其年均降水量为

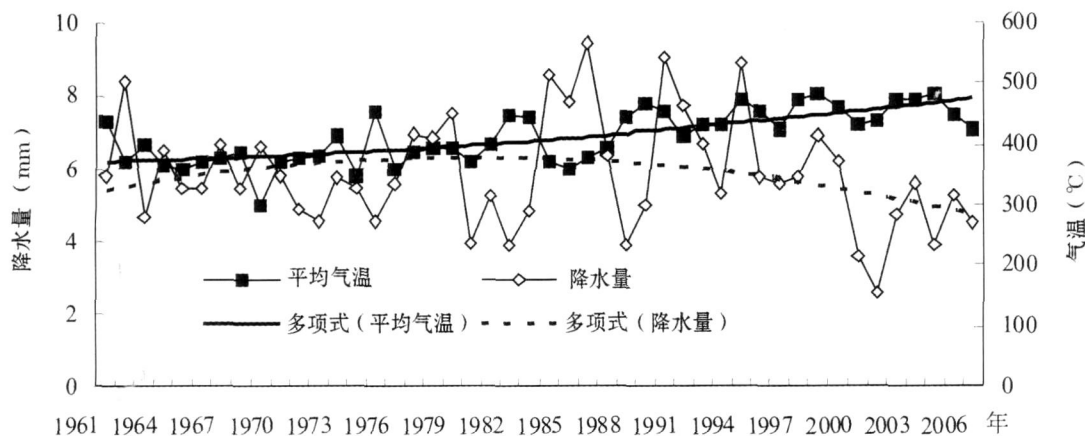


图 1 研究区年均降水量和气温的变化

Fig 1 Changes of annual mean precipitation and air temperature

383.9 mm, 年均温 7.6°C; 2000—2006 年为连续干旱年份, 年均降水量仅为 225.5 mm, 年均温 7.6°C。因此, 从降水量和气温来看, 可将试验期分为暖湿期 (1992—1999) 和暖干期 (2000—2006) 两个时段。

3.2 草地物种丰富度和多样性变化

图 2 是不同放牧强度下草地物种丰富度和植物多样性的变化。可以看出, 在放牧试验的最初 2 年, 各处理的物种丰富度和植物多样性均是增加的, 增加幅度是中牧区 (80.6% 和 19.0%) > 重牧区 (61.3% 和 7.7%) > 轻牧区 (29.0% 和 6.9%)。但从第 3 年开始, 重牧区的物种丰富度和多样性明显下降 ($P < 0.05$), 轻牧和中牧区的物种丰富度和多样性呈波动式上升。至放牧试验结束时, 轻牧和中牧区之间的物种丰富度和植物多样性无明显差异 ($P > 0.05$), 但均明显高于重牧区 ($P < 0.05$)。

图 3 是长期禁牧条件下草地物种丰富度和植物多样性的变化曲线。从中可以看出, 1991—1995 年, 草地物种丰富度和多样性均呈明显增加趋势 (P

< 0.05), 增加幅度分别达 106.5% 和 28.2%。1996—2001 年草地物种丰富度和多样性呈小幅波动式变化, 基本是在高位上维持稳定。但从 2001 年开始, 草地物种丰富度和多样性明显下降 ($P < 0.05$)。2006 年和 2001 年相比, 物种丰富度和植物多样性分别下降了 21.2% 和 9.9%。总体来看, 物种丰富度的变化幅度要大于多样性的变化幅度。

3.3 草层高度和植被盖度的变化

图 4 是不同放牧强度下草层高度和植被总盖度的变化。可以看出, 在重牧之下, 草地植被盖度和草层高度明显下降 ($P < 0.05$), 1996 年和 1991 年相比, 分别下降了 96.0% 和 79.4%; 在轻牧之下, 草地植被盖度和高度均有所增加, 同期增加幅度分别为 17.8% 和 52.0%; 中牧条件下, 草地植被盖度和高度略有下降, 下降幅度分别为 16.1% 和 19.6%。显然, 持续重牧可使草地植被盖度和高度受到严重危害, 而轻牧对原退化草地植被盖度和高度的恢复有利。

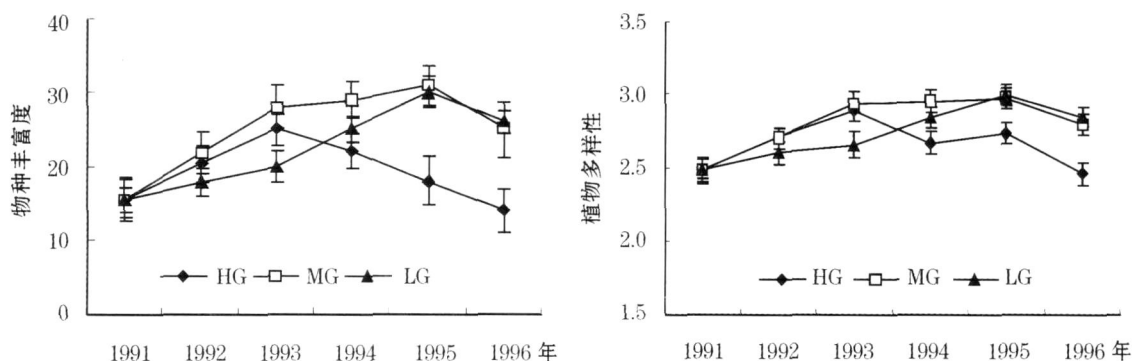


图 2 不同放牧强度下物种丰富度和多样性的变化

Fig. 2 Changes on species richness and plant diversity in different grazing densities

HG: 重牧 Heavy grazing; MG: 中牧 Moderate grazing; LG: 轻牧 Light grazing; 下同

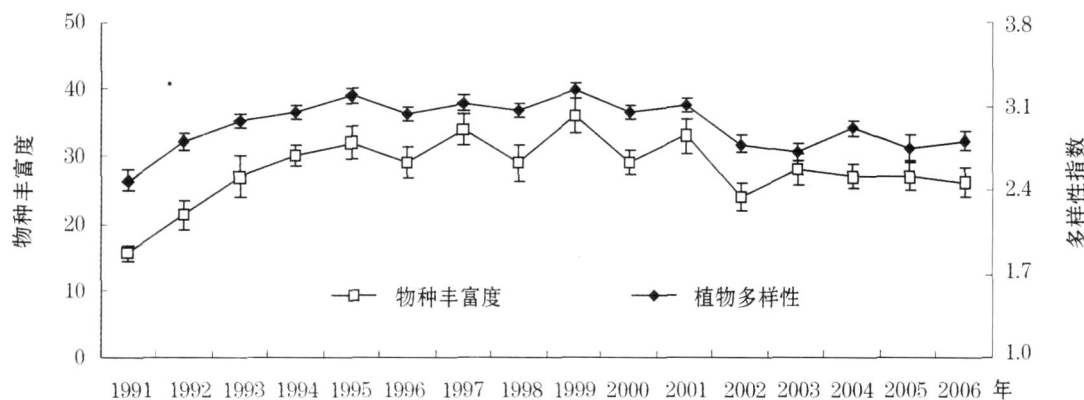


图 3 封育下物种丰富度和多样性的变化

Fig. 3 Changes on species richness and plant diversity under the enclosure

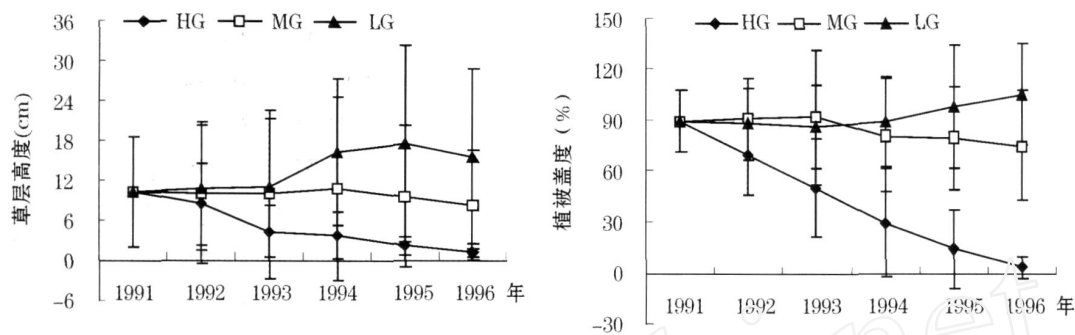


图 4 不同放牧强度下草层高度和盖度的变化
Fig 4 Changes on plant height and coverage under different grazing densities

图 5是禁牧区草地植被盖度和草层高度的变化曲线。可以看出,在封育初期,草地植被盖度和草层高度均明显增加 ($P < 0.05$),然后在一个高水平下波动变化,之后又明显下降 ($P < 0.05$)。其中,1991—1995年植被盖度增加了 44.2%,1995—1999

年基本维持在 110%~130%之间,2000年开始迅速从 106%降至 2006年的 35.5%。草层高度 1991—1995年增加了 2.02倍,1995—2004年一直变化于 30~38 cm之间,2005—2006年降至 23 cm。

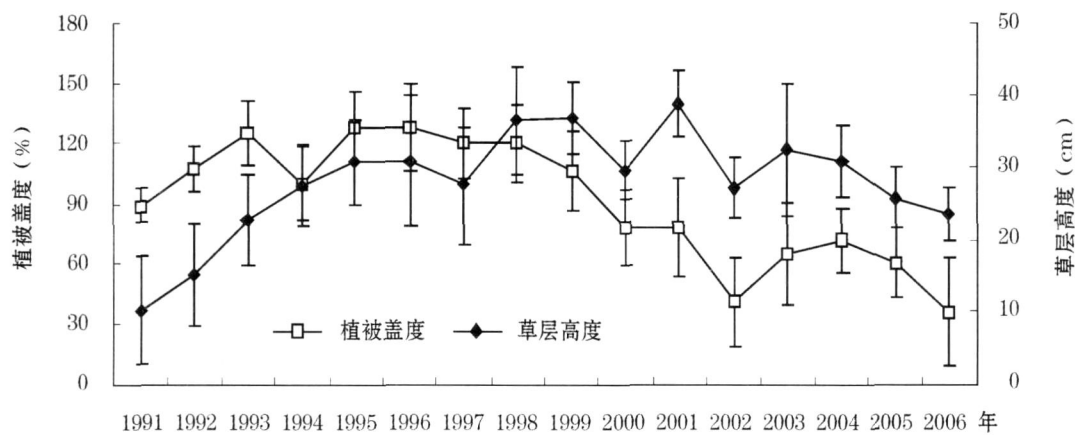


图 5 封育下草层高度和盖度的变化
Fig 5 Changes on plant height and coverage under the enclosure

3.4 植被变化与放牧强度和气候变化的相关分析

为了了解植被变化与人类放牧活动和气候变化的关系,我们对它们之间的相关性进行了分析(表 1)。结果表明,放牧试验期间,草地物种丰富度、植物多样性、草层高度和植被盖度与放牧强度均呈明显负相关 ($P < 0.05$),群落物种丰富度和植物多样性与气温变化、草层高度与降水变化均呈正相关,但除植物多样性与气温变化的相关性达到显著水平外,其它均未达到显著水平 ($P > 0.05$)。这说明,放牧试验期间,植被的变化主要受放牧强度的控制,受气候变化的影响相对较小。

表 2是长期封育情况下草地物种丰富度、植物多样性、草层高度和植被盖度与降水和气温变化的

相关性分析结果。可以看出,多雨时期草地物种丰富度、多样性、高度与气温呈显著正相关,植被盖度与降水呈显著负相关 ($P < 0.05$);而在干旱时期,物种丰富度、植物多样性、草层高度和植被盖度均与降水呈正相关,但相关性均未达到显著水平 ($P > 0.05$)。从试验全期看,除草层高度变化与气温变化呈显著正相关外 ($P < 0.05$),其它植被指征与气候变化的相关性,无论是正相关,还是负相关,均为达到显著水平 ($P > 0.05$)。

4 讨论

人类放牧活动对草地植被的影响主要体现于对草地植物的采食和践踏,也包括对土壤践踏产生的

表 1 不同放牧强度下植被特征与降水
气温变化的相关系数

Table 1 Correlation coefficients of the vegetation
properties to climate changes under grazing

试验分期		气候变化		放牧强度	
项目	处理	降水量	气温	全期	后期
物种丰富度	HG	0.244	0.211	-0.741 [*]	-0.831 [*]
	MG	0.102	0.692		
	LG	-0.011	0.474		
物种多样性	HG	-0.066	0.104	-0.906 ^{**}	-0.960 ^{**}
	MG	0.414	0.885 [*]		
	LG	0.082	0.487		
高度	HG	0.228	-0.147	-0.978 [*]	-0.975 [*]
	MG	0.624	0.383		
	LG	0.221	0.609		
盖度	HG	0.109	-0.246	-0.959 [*]	-0.963 [*]
	MG	-0.029	-0.308		
	LG	-0.275	0.037		

*显著水平 $P > 0.05$, **显著水平 $P > 0.01$

表 2 长期封育情况下植物指征与气候变化的相关系数

Table 2 Correlation coefficients of vegetation properties
to climate changes under enclosure

项 目	多雨期		干旱期		试验全期	
	降水	气温	降水	气温	降水	气温
物种丰富度	-0.352	0.704 [*]	0.323	-0.384	-0.125	0.425
植物多样性	-0.329	0.723 [*]	0.467	-0.411	-0.116	0.373
高度	-0.284	0.717 [*]	0.213	0.124	-0.284	0.542 [*]
盖度	-0.719 [*]	0.341	0.084	0.038	0.428	0.062

*显著水平 $P > 0.05$

间接影响^[14]。由于家畜采食和践踏可以直接导致植物枝叶的损失,因而草层高度和植被盖度对放牧强度的变化非常敏感^[15]。已有大量研究表明,草地放牧强度越大,植被盖度和高度受损越严重^[7, 14, 15]。在我们的研究中,持续过牧 5 年使草地植被高度和盖度分别只有 1.0 cm 和 3.6%,较封育禁牧区分别降低了 96.8%和 97.2%。中度放牧虽然使草地植物高度和盖度也明显低于禁牧区,并且在试验期间也表现出一定的下降趋势,但下降幅度并不是很大。而在轻度放牧条件下,植被高度和盖度不但没有下降,反而逐步增加,和试验前相比其增加幅度分别达到 202.9%和 44.5%。但对于物种丰富度和植物多样性而言,虽然也直接受到家畜采食和践踏的影响,但只有当某些物种数量减少和消亡时,其物种丰富度和多样性才会发生明显变化,所以其对放牧的敏感性远不如草层高度和植被盖度^[9, 10]。在我们的研究中,虽然物种丰富度和多样性也是随着放牧强度的增加而下降,但下降幅度和

变化趋势却有很大差别。如经过连续 5 年的放牧,和轻牧区相比,草地物种丰富度和多样性在中牧区分别只降低 3.8%和 2.1%,重牧区分别降低 46.2%和 13.7%。而且在重牧区,放牧试验的前两年,其物种丰富度和多样性是增加的,随后才急剧下降,轻牧区和中牧区的物种丰富度和多样性则一直呈波动式明显增加。相关分析结果显示,草地植被盖度、高度、物种丰富度和多样性的变化均与放牧强度呈显著负相关 ($P < 0.05$),而与降水和气温变化的相关性,除中牧区植物多样性与气温的相关性达到显著水平外,其余均未达到显著水平 ($P > 0.05$)。这些结果说明,随着放牧强度的增大,草地盖度、高度、物种丰富度和多样性均存在下降趋势,但只有持续过度放牧干扰才可以造成草地植被的严重破坏^[3, 8, 10],并且对植被盖度和高度的破坏程度要远大于对物种丰富度和多样性的破坏程度,中度放牧干扰也对草地植被高度和盖度有一定影响^[12],但对于物种丰富度和多样性没有不良影响,而轻度放牧可以促进原退化草地植被的恢复^[13, 14]。这一结果和董全民等^[7]、刘颖^[14]和王国洪等^[9]的研究结果是一致的。结果还说明,在放牧试验期间,植被的变化主要是受放牧强度的影响,气候变化虽有一定影响,但尚不显著。

众所周知,绝大多数陆地天然植被都是一定气候条件下的产物^[16]。气候条件的变化,特别是降水和气温的变化,往往会引起植被的波动^[5]。已有研究表明,降水增加,气温升高,有利于植物的生长,反之则对植物生长不利^[5, 17]。特别是在干旱、半干旱地区,如果降水不足,植物的生长将受到严重影响^[4, 12]。在本研究中,当原退化草地排除放牧干扰以后,草地植被便进入了自然恢复演替过程。初期(1992—1995 年),草层高度、植被盖度以及物种丰富度和多样性均明显增加(1995 年和 1991 年相比),然后在高位上波动一段时间(1995—1999 年)后,明显下降(2000—2006 年)。而从图 1 可以看出,从 1991—1999 年属于暖湿时期,年均降水量和年均气温分别为 383.9 mm 和 7.6℃,而 2000—2006 年属于暖干时期,年均降水量和年均气温分别为 225.5 mm 和 7.6℃。显然,植被的变化与降水变化是相对应的,即降水量增加有利于植被的恢复和维持较好状态,而气候干旱则对植被维持稳定不利^[16~18]。相关分析结果也表明,在多雨年份草地物种丰富度、植物多样性、草层高度均与气温变化呈显著正相关 ($P < 0.05$),而植被盖度与降水呈显著负

相关 ($P < 0.05$);而在干旱年份,草地物种丰富度、植物多样性、草层高度均与降水量变化呈正相关,只是相关性未达到显著水平 ($P > 0.05$)。李霞等^[2]在研究气候变化对我国北方温带草原植被的影响时指出,在一定范围内,植被变化与降水量之间存在着很强的线性关系或对数关系,干旱时期降水是导致植被衰退的重要因素,但若降水量超过一定的阈值,降水不再是植被生长的限制因子,植被指数就不再随降水增多而变化,这时植被变化就会受到温度的控制。我们的上述研究结果证实了他们的结论,但我们的结果也表明,草地植被的各项指征对气候变化的敏感性是不同的,在科尔沁沙质草地所测植被指征对降水量敏感程度的顺序是植被盖度 > 草层高度 > 物种丰富度 > 植物多样性。

5 结 论

通过上述结果的分析,可以得出以下几点结论:

(1) 人类放牧活动对沙质草地植被具有显著影响,其中,轻度放牧有利于原退化草地植被盖度、高度、物种丰富度和植物多样性的恢复,中度放牧虽然可使草地植被盖度和高度有所下降,但对草地物种丰富度和植物多样性无不良影响,持续过度放牧可以导致草地植被的迅速破坏。

(2) 暖湿气候有利于沙质草地维持较高的植被盖度、高度、物种丰富度和植物多样性,而持续干旱会导致植被盖度、高度、物种丰富度和植物多样性的明显下降,多雨时期气温变化对植被的影响较大,干旱时期降水变化对植被的作用较强。

(3) 如果未来人类放牧活动继续增强,气候暖干化趋于明显,将对科尔沁沙质草地植被产生严重负面影响,因此应及早采取相应对策减轻人类放牧活动和气候变化对草地植被的影响。

参考文献 (References):

- [1] Nautiyal M C, Nautiyal B P, Vinay P. Effect of grazing and climatic changes on alpine vegetation of Tungnath, Garhwal Himalaya, India[J]. *The Environmentalist*, 2004, 24: 125-134.
- [2] Li Xia, Li Xiaobing, Wang Hong, et al. Impact of climate change on temperate grassland in northern China[J]. *Journal of Beijing Normal University (Natural Science)*, 2006, 42 (6): 618-624. [李霞, 李晓兵, 王宏, 等. 气候变化对中国北方温带草原植被的影响[J]. 北京师范大学学报:自然科学版, 2006, 42 (6): 618-624.]
- [3] Wang Deli, Lv Xinlong, Luo Weidong. Analysis to effects of different grazing density on characteristics of rangeland vegetation [J]. *Acta Prataculturae Sinica*, 1996, 5 (3): 28-33. [王德利, 吕新龙, 罗卫东. 不同放牧密度对草原植被特征的影响分析[J]. 草业学报, 1996, 5 (3): 28-33.]
- [4] Zhang Qiang, Zhao Xue, Zhao Halin. Sandy Grassland in China [M]. Beijing: Science Press, 1998. [张强, 赵雪, 赵哈林. 中国沙区草地[M]. 北京: 科学出版社, 1998.]
- [5] Davenport M L, Nicholson S E. On the relation between rainfall and the normalized difference vegetation index for diverse vegetation types in East Africa [J]. *International Journal of Remote Sensing*, 1993, (14): 2 369-2 380.
- [6] Schultz P A, Halpert M S. Global analysis of the relationships among a vegetation index, precipitation and land-surface temperature [J]. *International Journal of Remote Sensing*, 1995, 16: 2 755-2 777.
- [7] Dong Quannin, Li Qingyun, Ma Yushou, et al. Effect of grazing intensity on biomass above ground and vegetation structure in summer alpine meadow [J]. *Qinghai Prataculture*, 2002, 11 (2): 8-11. [董全民, 李青云, 马玉寿, 等. 放牧强度对夏季高寒草甸生物量和植被结构的影响[J]. 青海草业, 2002, 11 (2): 8-11.]
- [8] Wang Wenyin, Wang Qiji. The effect of grazing intensity on vegetation characteristics in *Leymus chinensis* grassland [J]. *Acta Prataculturae Sinica*, 2001, 10 (3): 8-14. [王文颖, 王启基. 高寒蒿草甸退化生态系统植物群落结构及物种多样性的分析[J]. 草业学报, 2001, 10 (3): 8-14.]
- [9] Wang Guohong, Ren Jizhou. Studies on the population diversity of plant community in Hexi mountain-oasis-desert area, Gansu, China: Impacts of grazing pressure on species diversity in steppe [J]. *Acta Prataculturae Sinica*, 2002, 11 (1): 31-37. [王国宏, 任继周. 河西山地绿洲荒漠植物多样性研究: 放牧扰动下草地多样性的变化[J]. 草业学报, 2002, 11 (1): 31-37.]
- [10] Liu Zhenguo, Li Zhenqing. Plant biodiversity of *Artemisia frigida* communities on degraded grasslands under different grazing intensities after thirteen-year enclosure [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2006, 26 (2): 475-482. [刘振国, 李镇清. 退化草原冷蒿群落 13 年不同放牧强度后的植物多样性[J]. 生态学报, 2006, 26 (2): 475-482.]
- [11] Li Xiaobing, Chen Yunhao, Zhang Yunxia. Impact of climate change on desert steppe in northern China [J]. *Advances in Earth Science*, 2002, 17 (2): 254-261. [李晓兵, 陈云浩, 张云霞. 气候变化对中国北方荒漠草原植被的影响[J]. 地球科学进展, 2002, 17 (2): 254-261.]
- [12] Zhao Halin, Zhao Xueyong, Zhang Tonghui, et al. Desertification Processes and its Restoration Mechanisms in the Horqin Sand land [M]. Beijing: Ocean Press, 2004. [赵哈林, 赵学勇, 张铜会, 等. 科尔沁沙地沙漠化过程及其恢复重建机理[M]. 北京: 海洋出版社, 2004.]
- [13] Yang Dianlin, Han Guodong, Hu Yuegao. Effects of grazing intensity on plant diversity and aboveground biomass of *Stipa bicalensis* grassland [J]. *Chinese Journal of Ecology*, 2006, 25 (12): 1 470-1 475. [杨殿林, 韩国栋, 胡跃高. 放牧对贝加尔针茅草原群落植物多样性和生产力的影响[J]. 生态学报, 2006, 25 (12): 1 470-1 475.]

- [14] Liu Yin, Wang Deli, Wang Xu, *et al* The effect of grazing intensity on vegetation characteristics in *Leymus chinensis* grassland [J]. *Acta Prataculturae Sinica*, 2002, 11 (2): 22-28. [刘颖, 王德利, 王旭, 等. 放牧强度对羊草草地植被特征的影响 [J]. 草业学报, 2002, 11 (2): 22-28]
- [15] Stoppelaire G H D, Gillespie T W, Brock J C. Use of remote sensing techniques to determine the effects of grazing on vegetation cover and dune elevation at Assateague Island National Seashore: Impact of horses [J]. *Environmental Management*, 2004, 34 (5): 642-649.
- [16] Braswell B H, Schimel D S, Linder E, *et al* The response of global terrestrial ecosystems to interannual temperature variability [J]. *Science*, 1997, 238: 870-872.
- [17] Mab A R, Nicholson S E. A study of rainfall and vegetation dynamics in the African Sahel using normalized difference vegetation index [J]. *Journal of Arid Environments*, 1990, 19: 1-13.
- [18] Ge Quansheng, Wang Fang, Chen Panqin, *et al* Review on global change research [J]. *Advances in Earth Science*, 2007, 22 (4): 417-427. [葛全胜, 王芳, 陈泮勤, 等. 全球变化研究进展和趋势 [J]. 地球科学进展, 2007, 22 (4): 417-427.]

Effects of Human Activity and Climate Changes on Vegetation in Horqin Sandy Grassland, Inner Mongolia

ZHAO Halin¹, Toshiya Okuro², ZHOU Ruilian³, LI Yulin¹,
ZUO Xiaolan¹, HUANG Gang¹

(1. Cold and Arid Regions Environment and Engineering Research Institute, Lanzhou 730000, China;

2. Graduate School of Agricultural and Sciences, University of Tokyo, Tokyo 1138657, Japan;

3. Faculty of Life Sciences, Ludong University, Yantai 264025, China)

Abstract: To understand the effects of human activities and climate changes on sandy grassland vegetation in north China, a field grazing and enclosure experiment was conducted from 1992 to 2006 in Horqin Sand Land, Inner Mongolia. The results showed that: (1) the grazing had significant effects on grassland vegetation, in that the continual overgrazing could result in severe degradation of the vegetation, the light grazing was favorable to restoration of the height, coverage, richness and diversity, and the moderate grazing didn't induce decrease of the richness and diversity though it also resulted in decrease of the height and coverage; (2) The enclosure could promote increase of the height, coverage, richness and diversity, the increased speed was the height > the coverage > the richness > the diversity; (3) the warm and wetness climate was favorable to maintain higher the height, coverage, richness and diversity in the sandy grassland, and the warm and dry climate could result in significant decrease of the height, coverage, richness and diversity; and the effects of the temperature on the vegetation was greater in the rainy period and the effects of the rainfall on the vegetation was greater in the drought period.

Key words: Horqin Sand Land; Human activity; Climate changes; Vegetation; Effects

《地球科学进展》了解地球科学发展的窗口, 伴您从事研究的良师益友

欢迎投稿 欢迎订阅 欢迎刊登宣传广告!

欢迎在线访问 (www.adearth.ac.cn)