

矮嵩草草甸土壤温湿度对植被盖度变化的响应^{*}

李英年¹, 张法伟^{1,2}, 刘安花^{1,2}, 赵亮¹, 王勤学³, 杜明远⁴

(1. 中国科学院西北高原生物研究所, 青海西宁 810001; 2. 中国科学院研究生院;
3. 日本国立环境研究所; 4. 日本农业环境技术研究所)

摘要: 利用 5 - 9 月植物生长期间所观测的不同植被盖度条件下土壤温、湿度资料, 分析了矮嵩草草甸植被盖度对土壤温、湿度的影响。结果表明: 有植被覆盖区随季节进程, 植被盖度增加, 土壤温度升高, 湿度下降; 8:00 - 19:00 土壤温度随植被盖度的增加而增加, 14:00 土壤温度随植被盖度增加而降低; 不论是早晚还是中午, 土壤湿度都随植被盖度的增加而增加。

关键词: 矮嵩草草甸; 植被盖度; 土壤温度; 土壤湿度

土壤温、湿度直接影响着植物的生长和发育、动植物残体分解、以及土壤微生物和土壤动物的活动等, 反过来, 植物生长状况以及植被覆盖在一定程度上又对土壤温、湿度起反馈作用^[1]。研究表明, 大尺度土地覆盖与土地利用是导致区域气候变化的重要因素之一, 而其中的水热传输变化的影响显得更为重要^[2-4]。植物在水热条件满足时才能进行光合作用。在其生长过程的不同时期, 植物及土壤将保持不同的水热关系, 这种关系与土壤温、湿度的变化分开, 而植被的蒸散过程实际上主要受近地表层土壤温、湿度的影响。因此认为, 植被变化与土壤水 - 热的变化是相互联系, 相互影响的。植物在生长过程中, 因其植被盖度随时间进程的不同, 土壤温、湿度将发生明显变化。就是同一地点因局地植被盖度不同, 或植被盖度相同的白天和夜晚, 也将导致土壤温、湿度出现显著的差异。为此, 本文通过在中国科学院海北高寒草甸生态系统定位站(海北站)、在高寒矮嵩草植物生长过程中的不同时期, 对土壤温、湿度进行日变化观测, 联系植被盖度、生物量、叶面积等, 分析探讨了矮嵩草草甸土壤温、湿度对植被盖度变化的反应。为高寒草甸地区能量流动和物质循环的研究提供科学依据。

1 资料来源与方法

1.1 自然概况

海北站地处青藏高原东北隅祁连山北支冷龙岭东段南麓坡地, 地理位置为 37°29' N - 37°45' N, 101°12' E - 101°23' E, 站区地形开阔, 海拔 3200 - 3600m。该地区具明显的高原大陆性气候, 东南季风及西南

季风微弱。气温极低, 无明显四季之分, 仅有冷暖季之别, 干湿季分明; 地区年平均气温 - 1.7℃, 最暖的 7 月平均气温 9.8℃, 最冷的 1 月平均气温 - 14.8℃; 年降水量 580mm 左右, 降水主要集中于暖季的 5 - 9 月, 占年降水量的 80%。表现出冷季寒冷、干燥、漫长, 暖季凉爽、湿润、短暂^[5]的特点。

研究区选择在海北站平缓滩地的矮嵩草 (*Kobresia tibetica*) 草甸, 除建群种的矮嵩草外, 主要优势种还有异针茅 (*Stipa aliena*), 次优势种有麻花苻 (*Gentiana straminea*)、甘肃棘豆 (*Oxytropis kar-suensis*)、紫羊茅 (*Festuca rubra*), 伴生种有瑞苓草 (*Saussurea nigrescens*)、青海凤毛菊 (*Saussurea kokonorensis*)、垂穗披碱草 (*Elymus nutans*) 等。土壤为草毡寒冻雏形土 (*Mar Cryic Cambisols*)。因受低温环境影响, 植被生长低矮, 植物初级生产力较低, 土壤发育年轻, 土层浅薄, 有机质含量丰富^[5]。

1.2 研究资料与方法

(1) 2005 年植物生长季的 5 - 9 月, 每月 15 日及 30 日前后在大田随机选择 6 个 50cm × 50cm 样方, 采用目测法估计样方植被盖度后, 用收割法收集植物地上部分, 采用叶面积仪 (LFCor 3100A, USA) 测算植物叶面积指数, 再用烘箱以 65℃ 恒温烘干测定地上生物量 (干重, g/m², 下同)。

(2) 2005 年 6 月 10 日, 植物生长到一定高度, 并能在小范围区域观察到植被盖度差异明显时, 固定选择不同覆被下 100cm × 100cm 的样方 17 个, 6 月 20 日 - 9 月 15 日期间不定期随机进行植被盖度、10cm 土壤温度和 0 - 20cm 的平均土壤湿度的测定, 生物量

* 收稿日期: 2006-01-09

基金项目: 中国科学院知识创新工程重大项目 (KZCX1-SW-01-01A); 国家重点基础研究发展规划项目 (2002CB412501); 中日合作“以 21 世纪亚洲陆地生态系统碳管理为目标的综合碳收支研究”; 中日合作“亚太地区环境创新战略计划 (APEIS)”

作者简介: 李英年 (1962-), 青海乐都人, 高级工程师, 主要从事生物气象研究工作。E-mail: ynli@nwipb.ac.cn

达最高时期的 9 月 15 日测定其净初级地上生产量。

(3)土壤温度和湿度观测包括了人工气象站裸露地表下曲管温度表观测的土壤温度,以及采用自动观测仪(CPt-10、CLIMATEC)观测植被覆盖下的土壤温度。其中裸土和植被下土壤温度每天观测次数分别为 4 次(与国家气象局标准一样,每 6h 观测一次)和 48 次(每 0.5h 一次),均按实际观测次数统计日平均。用便携式温度计(Hanna, Mauritius)进行固定点样方随机测定。用烘干法在每月 5、10、15、20、25、30 日测定大田土壤湿度,0-60cm 土层每 10cm 取样(占干土重的百分比),并依次按 2 组数据作旬平均处理。用便携式 TDR 随机测定固定点样方 0-20cm 土壤的体积含水率。土壤容重沿用 1996 年测定值^[6]。

2 结果与分析

2.1 大田矮高草草甸植被盖度、叶面积、地上生物量平均动态变化

图 1 给出了 2005 年 5 月 10 日 - 9 月 15 日北海高寒矮高草草甸大田植物群落的平均叶面积、生物量及植被盖度的动态变化。

由于实验区是冬春放牧草场,附近牧民在上年 10 月下旬开始进行牧事活动,该类草地覆被经冬春牧事及自然环境分化等过程,到次年 5 月上旬覆被现

存量被牛羊啃食完毕,加上风吹等作用,地表基本处于裸露状况。4 月下旬开始日均气温稳定 0 时,高寒植物开始萌芽,日均气温 3 和 5 时,植物进入返青和生长阶段。9 月中下旬以后,因日均气温稳定下降到 5 以下,植物停止生长。表现为地上生物量不再积累,反而有所下降。因而,草场从 5 月初开始,地上生物量、植被盖度、植物叶面积随时间进程逐渐加大,至 9 月初达最大。

2.2 大田覆被季节动态变化与土壤温湿度的关系

对气象站裸露和自然植被下连续观测的地温资料进行数据处理时,先各自进行日平均处理,并计算旬平均值,再以有植被下的旬平均土壤温度减去裸露地表下同期旬平均温度,构建出自 4 月下旬到 9 月上旬期间温度差值的变化序列 T_i ($T_i = PT_i - UT_i$, PT_i 为自 4 月下旬开始起的旬时间序列第 i 旬有植被覆盖区的土壤温度, UT_i 为同时段裸露地表下的土壤温度),本文仅采用了 10cm 土层的温度。

图 2 给出了覆被随时间进程的动态变化与土壤温度(a)和土壤湿度(b)的关系。图 2a 看出,随季节进程其温度差值是逐渐增大的,表明高寒矮高草草甸分布区,4 月下旬 - 9 月初,地上生物量增加,植被盖度增大,对土壤温度的升高有利。

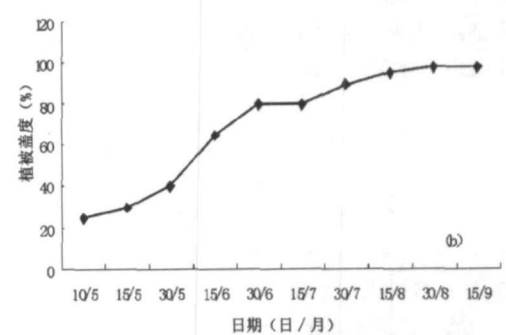
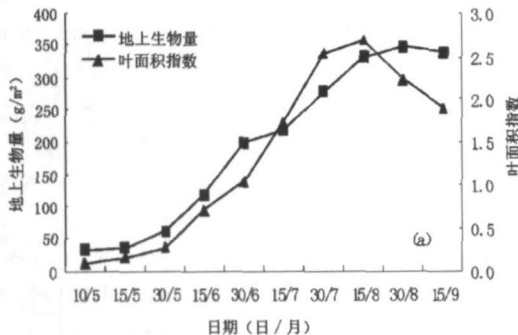


图 1 高寒矮高草草甸植物群落叶面积、地上生物量(a)及植被平均盖度(b)的动态变化(2005. 05. 10 - 09. 15)

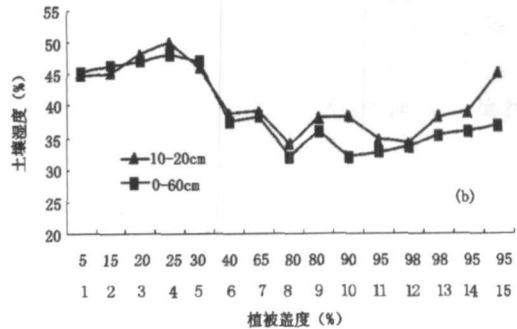
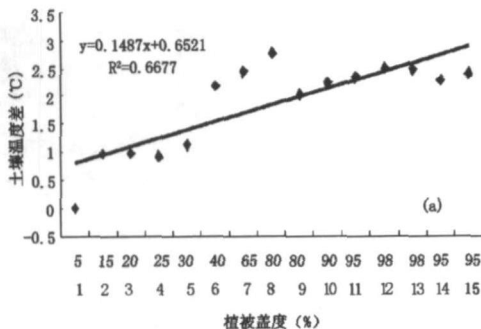


图 2 覆被变化条件下土壤旬温度和湿度的动态变化(其中 1, 2, 3...为旬序列)

甸土壤平均温度增加是因为:随植被盖度加大,植被反射率降低,只有 21 % 左右的太阳辐射反射到大气,近 80 % 的能量被地表植被吸收^[6],而高海拔地区太阳辐射强烈,植被高度又低(4 月下旬近似裸露,从萌动到成熟植物高度最大仅 20 ~ 30cm 左右)太阳辐射能大多被近地表层吸收。另外,在高原地带因近地面大气层温度递减率大,长波辐射强烈,植被稀少或裸露地区地温在夜间降低较快,而有覆被区域由于植被存在,对长波辐射散热起“缓冲”作用,这种“缓冲”作用覆被越厚作用越明显,所以覆被的加厚对地温提升有利。虽然覆被加厚以后植被蒸腾增加但可降低植冠下部地表蒸发,最终土壤温度还是升高。

由图 2b 可见,在植被盖度较低或近似裸露阶段即冬季刚过,土壤仍处于季节性冻融状态。以后气温增高,土壤水分在植物返青时自上而下出现融化,该时期土壤底层冻结仍然维持^[5],这无疑形成了重要的下渗隔水层,导致融化层内的土体含水量很高,随季节转换,植物生长,到 6 月下旬冻结土壤完全融化,植物生长加快,植被盖度加大,耗水量增加,土壤

湿度在波动中下降。

2.3 不同覆被度下的土壤温、湿度日分布特征

2005 年 6 月 26 日和 7 月 10 日在矮蒿草甸实验区,在不同植被盖度所选择的 17 个 100cm × 100cm 的小样方中,测定了 8:00、14:00(7 月 10 日增加了 19:00)土壤温、湿度。图 3 给出了当日植被盖度与土壤温、湿度的关系。

由图 3a 和图 3c 可看到,14:00 气温较高,土壤温度也比较高,但由于植被的遮荫作用,土壤温度随植被度增大而下降。8:00 植被盖度低时,地表散热明显,土壤温度较低,土壤温度随植被盖度的增大而升高,植被的保温作用明显。19:00 气温已开始下降,但由于土壤温度变化比气温变化滞后,所以此时的土温甚至比 14:00 还高,土壤温度与植被盖度仍具有正相关关系。

由图 3b 和图 3d 看到,不论早、中、晚土壤湿度随植被盖度的增加而增加,原因是当植被盖度较小时,土壤裸露,土壤表面蒸发强烈,表层土壤水分散失量大,湿度降低明显;而随着植被盖度的增加,蒸发减缓,土壤湿度增大。

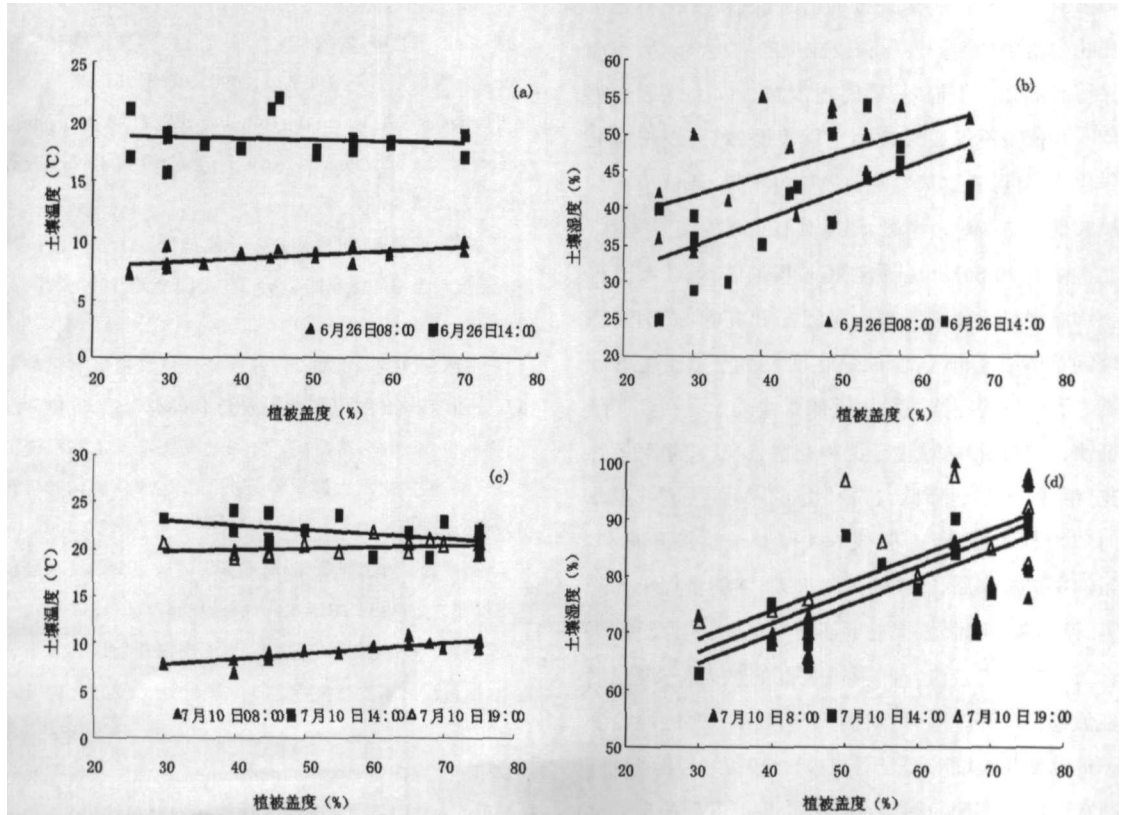


图 3 矮蒿草甸 6 月 26 日和 7 月 10 日不同植被盖度与土壤温、湿度的关系

2.4 地上生物量、叶面积指数与植被盖度的关系

海北高寒草甸不同植被类型的生物量变化、叶面积分布动态是一致的^[7],图 4 给出了 2005 年 9 月 15 日 16:00 在 17 个样方测定的植被净生产量、叶面

积指数与植被盖度。由图可见,植被净生产量、叶面积指数与植被盖度具有极显著正相关关系(n = 17)。事实上,植被盖度大,表明植物生长状况良好,生物量和叶面积指数均较高。

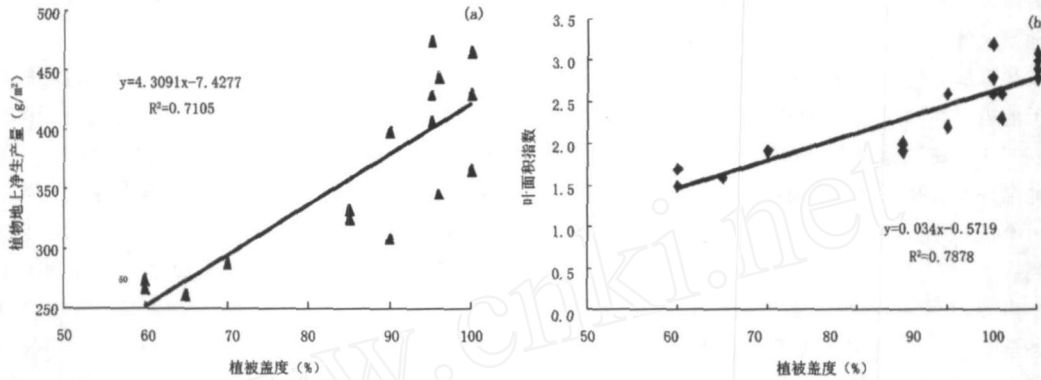


图 4 海北高寒矮蒿草甸固定样方植物地上净生产量(a)、叶面积指数(b)与植被盖度的关系(2005.09.15 16:00)

3 结论

植物发育与土壤温、湿度具有明显的对应关系。植被对大气的响应是直接的,天气气候变化将直接影响到植物的生长过程和植被生产力提高。植被能滞留大部分太阳辐射,同时也能减少向大气散热强度^[8]。植被不仅通过遮荫土壤表面,对地表起保温作用,而且可通过蒸发使地表变得干燥,降低了土壤热容量。植被对土壤温、湿度具有重要的调节作用。

以上研究分析说明,在植被覆盖区,随季节进程土壤温度与无植被区相比是逐渐升高的,表明高寒矮蒿草甸分布区,植被盖度增大对土壤温度的升高有利。表现在植被稀少或裸露地区地温在夜间降低快,而有覆被区域由于植被存在,对长波辐射散热起“缓冲”作用而降低,这种“缓冲”作用在覆被越厚时作用越明显,所以覆被的加厚对地温提升有利。虽然覆被加厚后,植被的蒸腾加大,使能量损失而降温,但因覆被可降低植冠下部土壤蒸发,其保温效果远大于热量的散失。随覆被盖度的加大,土壤湿度在波动中下降。同时,对同一实验区不同植被盖度下的温度和湿度观测表明,8:00 - 19:00 土壤温度随植被盖度的增加而增加,14:00 土壤温度随植被盖度增加而降低。不论是早晚还是中午,土壤湿度都随植被盖度的增加而增加。

参考文献:

[1] 李克让,陈育峰,黄玫,等. 气候变化对地覆被变化的影响及其反馈模型[J]. 地理学报,2000,55(增):57-62.

[2] Hutjes RWA, Kabat P, Running SW, et al. Biospheric aspects of the hydrological cycle[J]. Journal of Hydrology, 1998,212-213:1-21.

[3] 王新平,李新荣,张景光,等. 沙漠地区人工固沙植被对土壤温度与土壤导热率的影响[J]. 中国沙漠,2002,22(4):344-348.

[4] 王根绪,沈永平,钱翔,等. 高寒草地植被覆盖变化对土壤水分循环影响研究[J]. 冰川冻土,2003,25(6):653-659.

[5] 李英年,赵新全,曹广民,等. 海北高寒草甸生态系统定位站气候、植被生产力背景的分析[J]. 高原气象,2004,23(4):558-567.

[6] 李英年,曹广民,鲍新奎. 高寒草甸植被生育期耗水量和耗水规律的分析[J]. 中国农业气象,1996,17(1):41-43.

[7] 李英年,赵新全,曹广民,等. 海北高寒草甸地区太阳总辐射、植被反射率的有关特征[J]. 草地学报,2002,10(1):33-39.

[8] 李英年. 寒冻锥形土不同地形部位土壤湿度及与主要植被类型的对应关系[J]. 山地学报,2001,19(3):220-225.

(下转第 272 页)

[J]. Agricultural Systems ,1989 ,29 :357-370.

[8] Jones P, Thornton PK. Spatial and temporal variability of rainfall related to a third-order Markov mode[J]. Agricultural and Forest Meteorology ,1997 ,86 :127-138.

[9] George T, Kostas PS. Modeling of continuous time homogeneous Markov system with fixed size as elastic solid the two-dimensional case[J]. Applied Mathematical Modelling ,2003 ,27 :877-887.

[10] 卢志光,白丽萍,卢丽. 运用混沌理论制作长期灾害预报模型初探[J]. 中国农业大学学报 ,2002 ,7(3) :43-46.

[11] 黄嘉佑. 气象统计分析与预报方法[M]. 北京:气象出版社 ,2004 :239-242.

[12] 同济大学应用数学系. 高等数学[M]. 上海:同济大学出版社 ,2005 :218.

Grain Crop Yield Prediction Based on Markov Model and Probability Distribution Character of Stochastic Series

JIANG Hui-fei, LIAO Shu-hua, DING Yi, Guo Yong

(College of Resources and Environment , China Agricultural University , Beijing 100094 , China)

Abstract :Based on Markov Model and probability distribution function , a relative meteorological yield prediction model of wheat was developed by analyzing the inter-annual time series variations of meteorological component of crop yield which was determined by the meteorological factors. The validation of the model was performed by using the wheat yields collected from Mingquan County in Henan Province and Wugong County in Shaanxi Province for the periods of 1949 - 1999. The simulation results showed that an accuracy of 81. 6 % and 88. 6 % had be respectively achieved for the two counties in the prediction of wheat yields for the year of 2000. It was indicated that the model was applicable to predict the crop yield.

Key words :Relative meteorological yield;Markov Model;Probability distribution;Grain crop yield

(上接第 268 页)

Responses of Soil Temperature and Humidity to Changes of Vegetation Coverage in Alpine *Kobresia tibetica* Meadow

LI Ying-nian¹ , ZHANG Fa-wei^{1,2} , LIU An-hua^{1,2} ,
ZHAO Liang¹ , WANG Qin-xue³ , DU Ming-yuan⁴

(1. Northwest Institute of Plateau Biology , CAS , Xining 810001 , China; 2. Graduate School of Chinese Academy of Sciences; 3. National Institute for Environmental Studies of Japan;
4. National Institute of Agro - environmental Sciences of Japan)

Abstract :The responses of soil temperature and humidity to change of vegetation coverage were analyzed , based on the observed data of the soil temperature and humidity under different vegetation coverage in two sites during the growing period of alpine *Kobresia tibetica* meadow. The results showed that the variation of vegetation coverage correspond with the seasonal change , soil temperature enhanced and soil humidity declined with the increase of vegetation coverage. From morning (8:00) to afternoon (19:00) , the soil temperature increased with the increasing of vegetation coverage , while it decreased with the increasing of vegetation coverage at the noon (14:00) . Whenever it was in the morning and afternoon or at noon , the soil humidity would increase with the development of vegetation coverage.

Key words :*Kobresia tibetica* meadow;Vegetation coverage;Soil temperature;Soil humidity