

文章编号: 1007-0435(2003)04-0301-05

# 高寒草甸小气候考察研究

姚德良<sup>1</sup>, 张 强<sup>1</sup>, 沈振西<sup>2</sup>, 谢正桐<sup>1</sup>

(1. 中国科学院力学研究所, 北京 100080; 2. 中国科学院西北高原生物研究所, 青海西宁 810001)

**摘要:** 文章介绍了海北高寒草甸试验区的野外考察现场和考察情况, 并对青海海北高寒草甸矮高草草甸试验区的小气候考察结果进行了讨论. 结果表明: 高寒草甸地区具有明显高寒大陆性气候特征, 日较差大, 日照时间长, 地表强度具明显的周期变化, 太阳辐射强烈, 全年总辐射量  $5.866 \sim 6.704 \times 10^6 \text{ kJ/m}^2$ , 但较湿润, 可为研究高寒草甸小气候特点、局地生态环境和指导生产实践提供科学依据。

**关键词:** 草原学; 高寒草甸; 小气候; 野外考察; 试验

**中图分类号:** S812.1 **文献标识码:** A

## Study and Survey of the Microclimate of Alpine Meadows

YAO De-liang<sup>1</sup>, ZHANG Qiang<sup>1</sup>, SHEN Zhen-xi<sup>2</sup>, XIE Zheng-tong<sup>1</sup>

(1. Institute of Mechanics, CAS, Beijing 100080, China;

2. Northwest Institute of Plateau Biology, CAS, Xining, Qinghai Province 810001, China)

**Abstract:** The paper introduces the investigation conducted in the experiment site of the northern Qinghai lake region, and discusses the microclimate of the *Kobresia* meadow experiment site there. The alpine meadow region typifies the continental plateau climate-wide variance of temperature between day and night, frequent sunshine days, noticeable variance of periodic land surface temperature, strong solar radiation with a total of  $5.866 \times 10^6 \sim 6.704 \times 10^6 \text{ kJ/m}^2$  annually, and yet with damp soil and humid air. The characteristics of the microclimate and environment of the alpine meadow provide scientific basis to guide the agricultural and animal husbandry production of regions of similar climate conditions.

**Key words:** Grassland science; Alpine meadow; Microclimate; Field survey; Experiment

小气候学是研究不同下垫面上小气候的特点和形成规律的一门学科<sup>[1]</sup>, 它是近几十年以来发展起来的气候学的一个分支, 主要任务是研究局地气候特点与自然地理环境、天气气候条件和人类以及生物活动之间的相互影响和相互作用。小气候考察的研究具有很大的实用价值, 因为人类的生产和生活活动主要是在近地面大气层进行的, 农牧业、林业和城市建设等部门都和小气候有着密切的关系, 而且人类又最容易通过改变下垫面的局部特性来影响和改造小气候, 这对提高生产力、发展国民经济有很大的意义和实用价值。本文介绍了海北高寒草甸试验区的野外考察现场和考察情况。并对青海海北高寒草甸矮高草草甸试验区的小气候考察结果进行

了讨论, 研究结果表明高寒草甸地区具有明显高寒大陆性气候特征, 但较湿润, 可为研究高寒草甸小气候特点、局地生态环境和指导农牧业生产实践提供科学依据。

## 1 草甸小气候考察试验

中国自 20 世纪 50 年代以来曾先后组织多次规模较大的野外小气候考察, 如: 1956 年的黄土高原小气候考察, 1958-1959 年的长江三峡小气候考察, 1975-1976 年的青藏铁路沿线气象考察和 1979 年青藏高原气象科学实验热源考察等。同时, 从 20 世纪 60 年代以来, 中国科学院在全国各地建立了

收稿日期: 2003-06-20; 修回日期: 2003-10-08

基金项目: 国家自然科学基金(40071007), 中国科学院知识创新重大项目(KJ CX2-SW-L1), 国家自然科学基金重点基金(1033050)

作者简介: 姚德良(1943-), 男, 汉族, 浙江慈溪人, 研究员, 主要从事环境流体力学研究, E-mail: Yaodel@2911.net, 电话: (010) 62554125

50 多个不同类型的定位考察站,对不同下垫面的小气候气象数据进行系统的测量,还为 20 世纪 90 年代建立生态系统考察站网络奠定了基础。我们从 20 世纪 90 年代初期开始,在我国西北干旱区<sup>[1]</sup>的腾格里沙漠宁夏沙坡头无灌溉的植物固沙区<sup>[2,3]</sup>、青藏高原青海海北高寒草甸试验区<sup>[4,5]</sup>、塔里木盆地新疆阿克苏灌溉的绿洲农田;半干旱半湿润的华北平原山东禹城综合农田试验区<sup>[7,8]</sup>;湿润的丘陵地区江西鹰潭红壤试验区<sup>[9]</sup>,多次进行了小气候考察。下面专门介绍青海海北高寒草甸地区的自然概况以及高寒草甸小气候考察试验情况。

### 1.1 草甸小气候考察场地

1995 年 8 月、2001 年 5 月至 7 月和 2002 年 6 月至 7 月对中科院海北高寒草甸生态站矮嵩草草甸区进行了小气候考察。中国科学院海北高寒草甸站<sup>[10]</sup>位于东经 101°19',北纬 37°37',地处青藏高原东北部祁连山山系北支冷龙岭东段的南麓,平均海拔高度 3200 m,定位站的气候具有明显的高原大陆性气候特点,无四季之分,仅有冷暖二季之别,冷季漫长而寒冷,暖季短暂而气温稍高。年平均温度 0.5℃,气温日较差大(14.4℃),年较差小(24.2℃)。温度条件对牧草植物生长影响很大,直接决定了牧草植物的生长发育,5 月上旬气温稳定通过 5.0℃时,牧草开始返青生长,气温稳定下降到 5.0℃以下时,牧草开始停止生长,终期在 9 月底,牧草生长期 130~140 d,当暖季气温升高和降水较多时,牧草生长旺盛,是较理想的放牧区。日照时间长,全年日照 2672.6 h,太阳辐射强烈,全年总辐射量  $5.866 \times 10^6 \sim 6.704 \times 10^6$  kJ/m<sup>2</sup>。年平均降雨量 498 mm,季节分配不均匀,88% 的降水量集中于暖半年。全年多风,年平均风速 2.6 m/s。土壤以高山草甸土、高山灌丛草甸土和沼泽土为主,其中以高山草甸土分布最广。植被是高寒草甸和高寒灌丛,由适应高寒气候的耐寒多年生草本植物和灌木组成。

但近年来随着畜牧业的发展,牲畜头数增多,草场布局不合理,部分冬春草场载畜量过大,草地覆盖度降低,牧草种类组成发生变化,优良牧草减少,杂毒草滋生蔓延,草地生产力下降。由于草地植被的变化,生态环境也发生了相应的变化,土壤温度增加,土壤含水量降低,生态环境趋向于干旱。草场经过牲畜反复践踏以后,草皮受到破坏,

土壤紧实度降低,以至心土裸露,最后土壤结构破坏,成为没有放牧价值的“黑土滩”。同时,对于畜牧业发展受到影响的还有低温以及风蚀的危害。所以通过对海北高寒草甸地区的小气候考察研究,可以预测人类活动对于局地小气候和生态环境的变化,以及对促进当地农牧业经济发展都有重要意义。

### 1.2 小气候考察试验方法

小气候考察试验地点选在矮嵩草草甸区微气象观测站一带。考察试验项目有:不同高度的大气温度、湿度、风速、风向及降雨量;地表温度、不同深度的土壤温度、土壤含水量;总辐射、光合有效辐射、近红外辐射、反射辐射、净辐射、土壤热通量等气象要素。

测试方法采用 MAOS-I 小气候自动观测系统,它主要由各种气象辐射传感器、采集器主机箱、电源单元机箱、笔记本电脑、传感器支架等几个部分组成。大气温湿度梯度测量是采用 HTF-2 型通风干湿表传感器来完成,观测高度分别为 0.5、1、2、4 m。应用了起动风速很小的磁轴承微风传感器 VF-1,它能够测到 0.2 m/s 的小风,系统中配置了 4 个此种传感器分别测量 4 个不同高度上的风速,观测高度和大气温度相同。采用 EC9-1b 型高动态性能风向传感器,以减小由于普通测风向传感器动态性能较差而造成的动态误差,风向传感器安装在系统的顶部。降雨量的测量采用 SL-3 型双翻斗式雨量传感器,它在不同降雨量强度时具有比较均匀的分辨率。

考虑到地温测量的代表性较差,在本系统中配置了 3 支 HBW-2A 型地表温度传感器,把它安装在 3 个不同的点上,它们测得的温度的平均值取作地表温度,以此来改善地表温度的测量精度。采用 HBW-2B 铂电阻土壤温度传感器,测量 7 层不同深度上的土壤温度,测量深度分别为 5、10、15、20、40、60、70 cm。另外,土壤含水量采用取土烘干称重法测量,观测深度分别为 10、20、30、40、50、60、70 cm,每次测量 3 个点,再取它们的平均值。

总辐射,光合有效辐射,近红外辐射,是有三种截止波长分别为 300 nm, 400 nm, 700 nm 的 TBQ-4-1 型分光辐射传感器测出。同时,还配备了反射辐射传感器(TBQ-1)和净辐射传感器(TBB-1),分别测量反射辐射和净辐射。土壤热通量采用

HF-1 型土壤热通量传感器测量。

## 2 结果与分析

### 2.1 土壤温度日变化规律

2001 年 7 月 1 日至 7 月 7 日的地表温度以及深 10cm 和 70cm 处的土壤温度的日变化观测值(图 1)。看到土壤表面温度的日周期性的变化最强,这主要由于到达地表面的太阳辐射和地面有效辐射的日变化引起的,特别在高寒草甸地区属于高原大陆性气候,太阳辐射强烈,地表温度白天和夜里温差很大。白天,土壤表面增热最强烈,随着深度加大逐渐减小,夜晚,土壤表面冷却最激烈,随着深度加大冷却强度也慢慢减小。

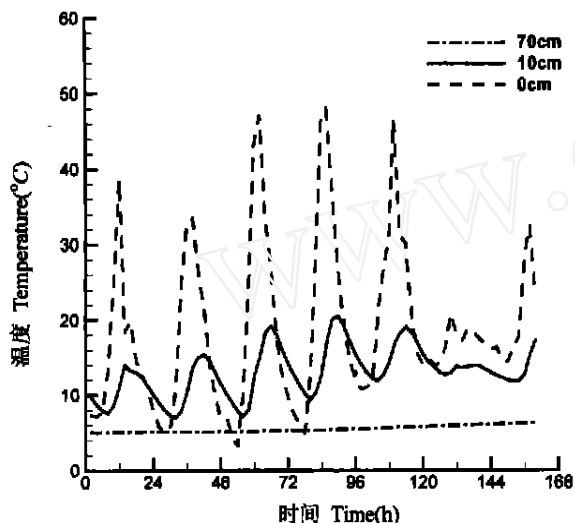


图 1 土壤温度日变化规律

Fig. 1 Diurnal variation of soil temperature

一般说来,土壤温度日变化振幅大致在 100 cm 深处上下开始消失,在这个深度以下,土壤温度在 1 日内将维持恒定,而随季节变化。从图 1 中看到 70 cm 深度处的土壤温度变化微小。

2001 年 7 月 3 日不同时间的土壤温度变化曲线从图 2 中看到土壤表面温度变化剧烈,土壤表面处在 2 00PM 时温度最高,可达 47.1 ,依次 10 00AM 时 25.7 ,8 00PM 时 17.6 ,6 00AM 时温度最低,只有 3.3 。和我们曾经考察过的华北平原禹城试验站地区相比,高寒草甸地区的土壤地表温度日变化振幅很大。

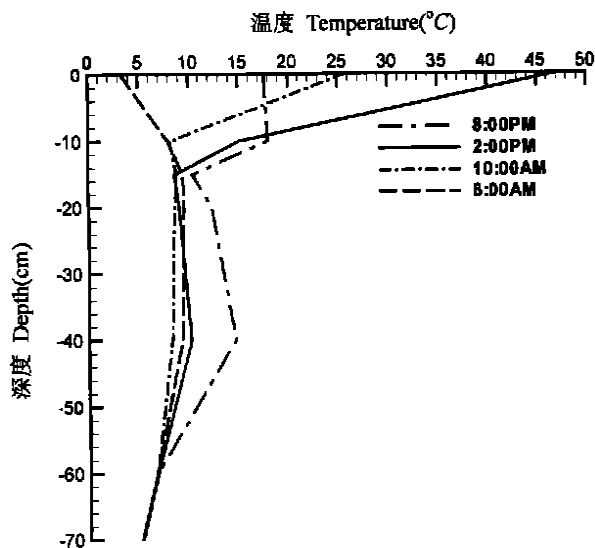


图 2 不同时间土壤温度变化规律

Fig. 2 Distribution of soil temperature at different time

### 2.2 近地层大气温度的日变化特征

2001 年 7 月 1 日至 7 月 7 日高寒草甸区不同高度(0.5m、2m 和 4m)的大气温度分布的观测值(图 3)。可见大气温度与土壤表面温度相似,具有

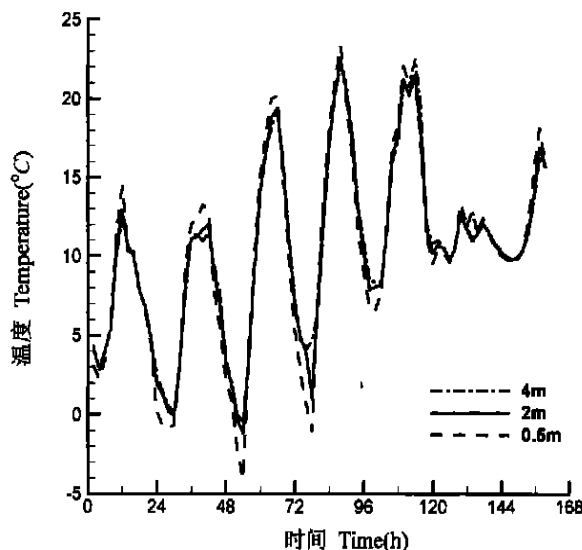


图 3 大气温度日变化规律

Fig. 3 Diurnal variation of are temperature

日周期性的变化。大气温度的日变化最根本的原因是太阳辐射的日变化,除了空气中的湍流输送影响日变化外,土壤的性质对大气温度日变化也有很大的影响,消耗于下垫面上水分蒸发的热量同样也将影响大气温度的日变化。由于各层之间的高度相差较小,所以各层之间的温度比较接近,但是日变化振幅较大。高寒草甸地区 7 月平均气温较高,对于牧草植物的生长发育比较有利。和华北平原的禹城

试验站地区相比,高寒草甸地区的大气温度日较差较悬殊。

### 2.3 土壤水分

2001年5月9日,5月14日,5月19日矮嵩草草甸区土壤体积含水量的测量值(图4),看出这里的土壤含水量一般随着深度的增加而减少,因为由于60cm深度以下是石头,所以得不到地下水的补充,而表层土壤含水量与降雨、露水和蒸散有密切关系,5月13日夜里下了雨,蒸散量较小,所以土壤表层含水量较大。由于降水集中于夏半年(5~10月),所以,5月份的土壤比较湿润,有利于牧草的生长。和华北平原的禹城试验站地区相比,平原地区由于能够得到地下水的补充,所以土壤含水量随深度的增加而增加。

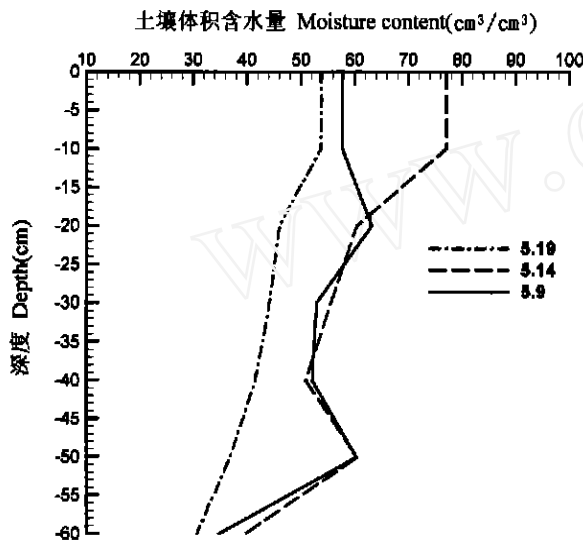


图 4 不同时间土壤含水量的变化规律  
Fig. 4 Distribution of moisture content in soil at different time

### 2.4 高原地区辐射量变化特点

2002年7月1日至7月7日矮嵩草草甸区的总辐射( $E_g$ )观测值和净辐射( $R_n$ )模拟值的日变化规律(图5)可见净辐射的模拟值利用陆气相互作用耦合模式,经过数值计算以后得到。从图5中可以看出总辐射量和净辐射量都很大,这和海拔高度较高有关。海北高寒草甸地处青藏高原东北部,平均海拔高度在3200 m以上,由于所处的海拔高度高,其上面的大气层变薄,空气密度变小,空气中的水汽含量、尘埃等杂质也减少,使大气透明度增加,所以,获得的太阳辐射量极其丰富。和华北平原的禹城试验站地区相比,高原草甸地区的辐射量要强

好多。

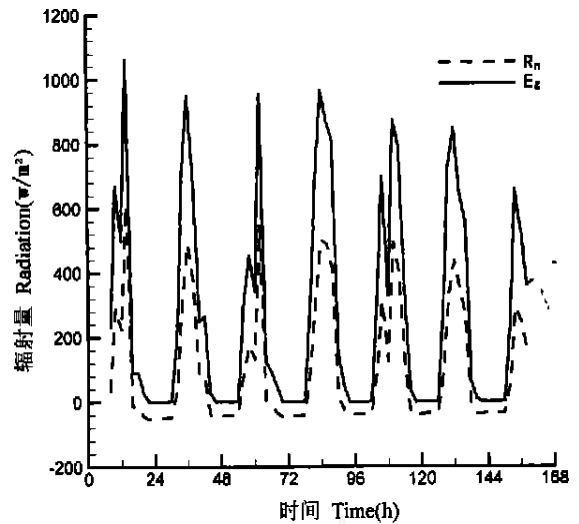


图 5 总辐射  $E_g$ 、净辐射  $R_n$  日变化规律  
Fig. 5 Diurnal variation of global and net radiation

2002年7月1日至7月7日矮嵩草草甸区的总辐射( $E_g$ ),反射辐射( $E_r$ )和光合有效辐射(PAR)等项观测值的日变化规律(图6)可见高原地区与平原地区相比,太阳辐射收支量发生了变化:在收入方面,散射辐射是随着海拔高度的增加而减少,但直接辐射和总辐射则随着海拔高度的增加而增加。在支出方面,由于青藏高原冰雪较多,所以反射辐射大于平原地区,并且有效辐射随高度增加而增大。

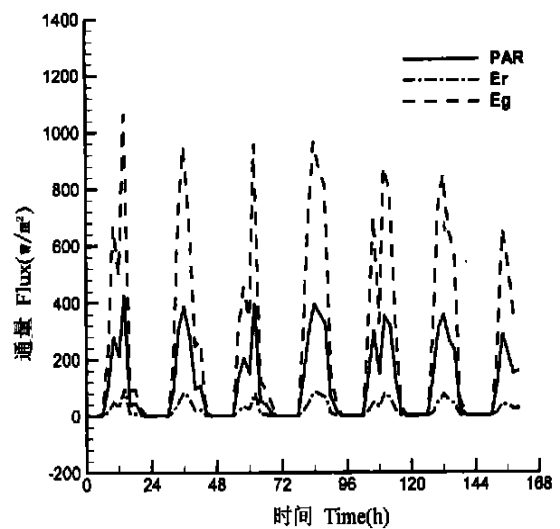


图 6 总辐射( $E_g$ ),反射辐射( $E_r$ ),光合有效辐射(PAR)的日变化规律

Fig. 6 Diurnal variation of global, reflex and effective radiation

高寒草甸地区太阳辐射强,日照时间长,太阳光中的短波光所占比例大,有利于植物体内蛋白质的合成,牧草营养成分丰富。

## 2.5 大气风速

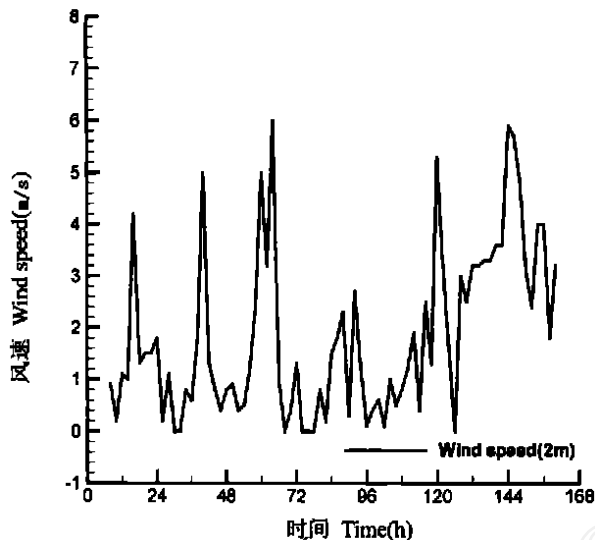


图7 2 m 高度处的大气风速的日变化规律

Fig.7 Diurnal variation of wind speed at height of 2 m

2002年7月1日至7月7日在2 m 高度处大气风速的测量值(图7)可见看出风速是随时间和空间变化的,它总是在不同程度上脉动地变化着,风速的脉动特性这是由于气流的湍流性引起的,在近地层,风速随高度的变化接近对数的关系。同时,图中看到在近地层风速的日变化较明显,这与近地层湍流运动的日变化有关。在高寒草甸地区,年平均风速为1.7 m/s,每年2~4月午后至傍晚多大风,最大风速可达17 m/s。4~5月刮大风时,常将播后的牧草种籽从土中刮走,当地风蚀相当严重,给农牧业生产带来一定损失。

## 3 结论

3.1 论述了小气候考察研究在人类生存环境与发展区域经济中的重要意义,以及小气候考察的任务和内容。同时,对青海海北高寒草甸矮嵩草草甸试验区的小气候考察结果进行了讨论,研究结果可为

研究草甸小气候特点、局地生态环境、指导生产实践提供科学依据。

3.2 高寒草甸地处青藏高原东部,平均海拔高度在3200 m以上,由于所处的海拔高度高,空气稀薄,能见度大,晴天多,日照时间长。所以,获得的太阳辐射量极其丰富,总辐射量和净辐射量都很大,同时,反射辐射和有效辐射大于平原地区。

3.3 高寒草甸地区具有明显的高原大陆性气候特点,气温日较差大,日照时间长,地表强度具有明显的日周期变化,太阳辐射强烈,全年总辐射量 $5.866 \times 10^6 \sim 6.704 \times 10^6 \text{ kJ/m}^2$ ,土壤湿度较大,特别土壤表层湿度更大,有利于草甸植被的生长,有利于畜牧业的发展。

3.4 高寒草甸地区在发展畜牧业的同时,需要保护当地的生态环境和局地小气候的变化,牲畜头数和草场布局的合理,增强抵抗低温以及风蚀等危害的能力。

## 参考文献

- [1] 姚德良,李家春,李新荣,等. 干旱区陆面过程野外观测研究[J]. 中国沙漠, 2001, 21(3): 254~259.
- [2] Li Jiachun, Yao Deliang, Shen Weiming, et al. A Coupling Model for Terrestrial Processes in Arid Areas and Its application[J]. Applied Mathematic and Mechanics, 1999, 20(1): 1~11.
- [3] 姚德良,杜岳,李家春,等. 沙坡头人工植被区陆气耦合模式及生物结皮与植被演变的机理研究[J]. 生态学报, 2002, 22(4): 452~460.
- [4] 姚德良,沈卫明,谢正桐,等. 高寒草甸地区牧草生长量模拟模式研究[J]. 草地学报, 1996, 4(4): 274~280.
- [5] 季国良. 青藏高原能量收支观测实验的新进展[J]. 高原气象, 1999, 18(3): 333~340.
- [6] 姚德良,沈卫明,张强,等. 高寒草甸生态系统陆地生物圈模式研究及应用[J]. 高原气象, 2002, 21(4): 389~394.
- [7] 谢正桐,李家春,姚德良. 考虑植被影响的陆气耦合模式[J]. 力学学报, 1998, 30(3): 267~276.
- [8] 姚德良,谢正桐,李家春. 禹城地区陆气相互作用耦合模式和观测研究[J]. 生态学报, 2000, 20(6): 1076~1082.
- [9] 姚德良,张强,杜岳,等. 红壤地区陆气耦合模式研究及其应用[J]. 中央民族大学学报(自然科学版), 2003, 12(2): 101~110.
- [10] 夏武平. 高寒草甸生态系统[M]. 兰州: 甘肃人民出版社, 1981, 1~33.