

奈曼沙漠化对草地微气象 特性影响的研究

李胜功

(中国科学院沙漠研究所, 兰州 730000)

原茵芳信

(日本农业环境技术研究所, 日本筑波 305)

何宗颖 申建友

(中国科学院沙漠研究所, 兰州 730000)

提 要

为探索沙漠化发生机制, 在内蒙古奈曼的流动沙丘, 干草地和湿草地进行了微气象观测, 并用热量平衡法分析观测数据。观测结果表明, 沙漠化发生后, 反射率增加, 净辐射减少; 而且热量平衡中土壤热通量所占份额增加, 潜热通量所占份额减少, 干、湿草地的风速廓线在白天和夜间都近于对数分布。而沙丘的风速廓线只在晚上近于对数分布。白天沙丘近地表风速垂切变较大, 从而对沙丘表面产生较强切应力, 曳力系数白天低于夜里, 沙丘低于干、湿草地。

关键词: 沙漠化; 微气象; 沙丘; 草地。

一、引 言

沙漠化已经成为重要的生态环境问题。在中国北方沙漠化土地面积已达 176 000 km², 而且还有 158 000 km² 的土地正在受到沙漠化的潜在威胁^[1]。土地资源的不合理利用, 如滥垦, 滥牧和滥伐是造成科尔沁沙地沙漠化的主要原因^[2]。显然, 沙漠化发展程度不同, 微气象也有差异。然而, 有关半干旱, 半湿润地区沙漠化与微气象关系的研究并不多见^[3-5]。本文报道在科尔沁沙地东南部的奈曼的草地和沙丘的微气象观测结果, 并初步讨论沙漠化发展程度不同对微气象特性的影响。

二、观测与分析方法

奈曼 (42°58'N, 120°43'E, 平均海拔 363 m) 属于半干旱气候, 在奈曼选择了缓

1993年5月11日收到, 9月29日收到修改稿。

起伏流动沙丘, 平坦干草地和丘间低地的湿润草地进行微气象观测。它们的风浪区都在 200 m 以上。流动沙丘以前是草地, 由于过牧和农垦现已严重沙漠化, 只零星生长着沙蓬 (*Agriophyllum squarrosum*), 盖度不到 5%。干草地由于过牧正在发生轻度沙漠化, 植被以禾本科牧草为主, 伴生有一些豆科牧草和杂类草, 主要有赖草 (*Leymus secalinus*)、糙隐子草 (*Cleistogenes squarrosa*)、白草 (*Pennisetum centrasiaticum*)、狗尾草 (*Setaria viridis*)、马唐 (*Digitaria ischaemum*)、扁蓿豆 (*Melissitus ruthenicus*)、鸡眼草 (*Kummerowia stipulacea*)、胡枝子 (*Lespedeza davurica*), 盖度约 60%, 平均高度 0.15 m。湿草地仅有轻微放牧, 建群植物为芦苇 (*Phragmites communis*) 和假苇拂子茅 (*Calamagrostis Pseudophragmites*), 盖度超过 90%, 平均高度 0.8 m。湿草地地表较湿润, 雨季常有积水。

观测期间正值雨季。1991 年 6 月 12 至 14 日在湿草地进行观测, 观测前 5 天内有 80.9 mm 降雨。6 月 17 至 18 日在沙丘上观测, 观测前 5 天内有 10.5 mm 降雨。6 月 20 至 22 日在干草地观测, 观测前 5 天内的降雨量为 9.2 mm。观测时天气以晴为主, 沙丘和干草地地表较干燥。

观测时, 在测点竖立 6 m 测杆。测杆上安置 1 个光电风向计和 5 个光电风速计测定风向和梯度风速; 安置 2 个温湿度传感器测定气温和相对湿度。在测杆南侧约 5 m 处高 1.5 m 的支架上安置 1 台通风型净辐射仪和 2 台日射计, 测定净辐射, 太阳辐射和反射辐射。用 2 个热流板测定 1 cm 和 5 cm 深的土壤热通量。用 5 个热电偶温度探头测定 5 个深度的土壤温度。用有 A/D 变换功能的数据采集仪记录数据, 每 2 分钟记录一次。

取观测数据 10 分钟的平均值, 用热量平衡法^[5-8]进行分析讨论。

三、结果与讨论

1. 太阳辐射和反射率

图 1 表示太阳辐射 R_s , 反射辐射 R_{sr} 和反射率 A_d 的日变化, 在沙丘、干草地和湿

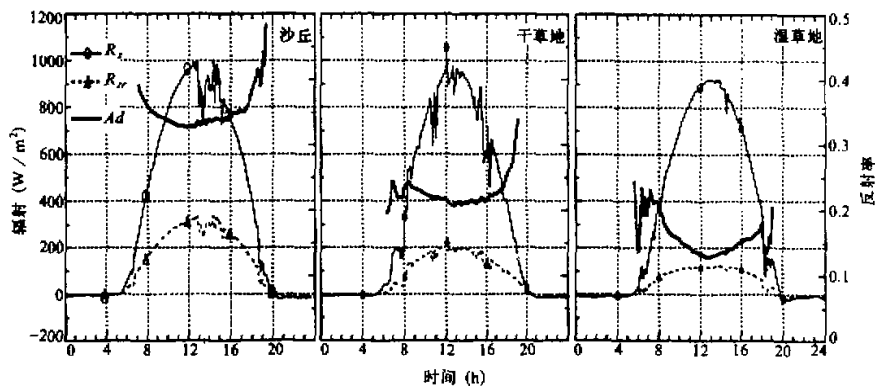


图 1 沙丘、干草地和湿草地的日射 R_s , 反射辐射 R_{sr} 和反射率 A_d 日变化

草地 R_s 的最大值分别为 1057.7、1054.6 和 922.6 W/m^2 。

反射率在早晨和傍晚较高,这是因为此时太阳高度角较低^[5-7]。日出后 3 小时到日落前 3 小时的平均反射率在沙丘、干草地和湿草地依次为 34%、22% 和 14%。反射率与下垫面的状况有关,同时也反映下垫面的变化,因此,可以作为沙漠化发展程度的判据之一。也就是说,随着沙漠化程度的加剧,反射率在增大。

2. 热量平衡各分量

图 2 表示各测点热量平衡各分量日变化。它们的符号规定为:若向下的净辐射 R_n 为正,则向上的显热通量 H 和潜热通量 I_E 为负,向下的土壤热通量 G 也为负。在沙丘、干草地和湿草地上 R_n 的最大值分别为 518.5、688.2 和 736.3 W/m^2 。

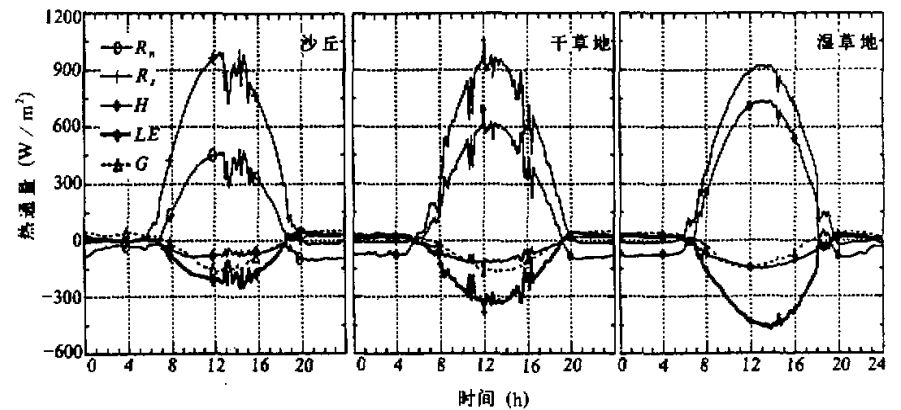


图 2 沙丘、干草地和湿草地热量平衡各分量的日变化

表 1 给出各测点热收支的分配。白天,干草地的净辐射是沙丘的 1.4 倍;湿草地的净辐射是沙丘的 1.8 倍。白天大部分净辐射用于潜热交换,用于土壤热交换和显热交换

表 1 各测点热收支 (累加值, 括号内为%)

时间	测点	R_n	R_s (R_n / R_s)	H (H / R_n)	I_E (I_E / R_n)	G (G / R_n)
白天	沙丘	11.89 (100)	30.65 (39)	-2.50 (-21)	-5.98 (-50)	-3.41 (-29)
	干草地	16.73 (100)	29.00 (58)	-3.41 (-20)	-9.35 (-56)	-3.97 (-24)
	湿草地	21.06 (100)	28.50 (74)	-4.49 (-21)	-13.46 (-64)	-3.11 (-15)
夜里	沙丘	-1.98 (-100)		0.25 (13)	0.40 (20)	1.33 (67)
	干草地	-2.51 (-100)		0.44 (18)	0.88 (35)	1.19 (47)
	湿草地	-2.57 (-100)		0.43 (17)	0.74 (29)	1.40 (54)

的净辐射相对减少。白天湿草地的潜热是沙丘的 2.3 倍, 干草地的潜热是沙丘的 1.6 倍; 湿草地显热是沙丘的 1.8 倍, 干草地的显热是沙丘的 1.4 倍。沙漠化的发生使植被盖度减小, 同时也使地表趋于干燥, 其结果不仅导致地表反射率的增加, 而且对热量平衡也有深刻影响。随着沙漠化的发展, 净辐射减少; 净辐射中用于潜热通量的比例减少, 而用于土壤热通量的比例相对增加。另外, 当地表湿润时, 如刚下过雨的沙丘, 净辐射中潜热的份额将有所增加。

夜间, 净辐射主要由土壤热交换补给, 尤其在沙丘上, $2/3$ 的净辐射来自土壤热交换, 夜间净辐射的另一重要补给源是潜热交换。

3. 波文比

波文比反映因水分条件不同而引起的热平衡分配的变化^[7, 8]。图 3 表示不同测点波文比日变化。波文比在早晨日出前达到最大值, 之后递减, 下午 14:00—16:00 达到最小值, 然后递增。沙丘、干草地和湿草地的平均波文比在白天分别为 0.461、0.389 和 0.377; 在夜里分别为 0.623、0.496 和 0.583。白天波文比小, 表明显热与潜热的对比中, 潜热的份额增大。另外, 随着植被盖度的减小, 波文比有增加的趋势。

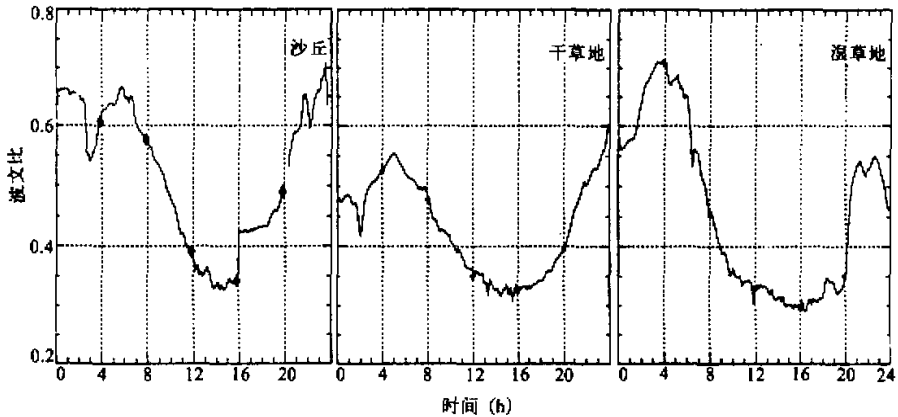


图 3 沙丘和干、湿草地波文比日变化

4. 风速廓线

沙丘、干草地和湿草地最低测点的平均风速 u_5 与最高测点的平均风速 u_1 之比 u_5/u_1 , 在白天分别为 79%, 63% 和 62%; 夜间分别为 48%, 45% 和 28%。比值 u_5/u_1 白天高于夜间, 沙丘高于干、湿草地。曳力系数 C_d 等于摩擦速度与最高测点平均风速之比的平方^[5, 6]。沙丘、干草地和湿草地 C_d 的平均值, 在白天分别为 0.1%、0.3% 和 0.6%; 在夜里分别为 0.4%、0.6% 和 1.8%。 C_d 白天比夜里低, 沙丘比干、湿草地低。由此可见, 随着地表植被盖度的减少或沙漠化的发展, 存在着 u_5/u_1 增大, C_d 减小的趋势。

如果将 u_1 视为 1, 则可得到 5 个观测高度的标准化风速。图 4 给出沙丘、干草地和

湿草地的风速廓线。干、湿草地上的风速廓线在白天和夜间都近于对数分布。夜间沙丘上的风速廓线与干、湿草地相似。白天沙丘上 0.6 m 高度内的风速垂直切变较大,从而对地表产生了较强的切应力,加上地表为疏松的沙土,并且较干燥,非常有利于风沙流的活动。对干、湿草地而言,虽然也存在风速垂直切变,并产生切应力,但由于植物的阻挡作用,使这种切应力不能直接作用于地表。因此,植被的存在可以有效防止沙漠化的发生;一旦植被遭破坏,就为沙漠化的发生发展创造了有利条件。

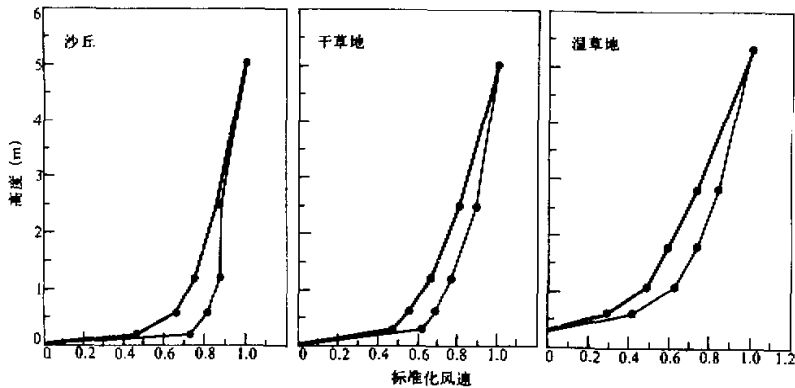


图4 沙丘、干草地和湿草地的风速分布(白天细线,夜间粗线)

从上面的讨论可知,沙漠化导致反射率的增加和净辐射的减少,进而对近地面层的热收支和风速分布产生很大影响。因此,逆转沙漠化应采取建立人工植被,铺设沙障、封育等措施,减小地表反射率,增加地表粗糙度,从而改善近地层的热收支和风速分布状况。

致 谢: 作者对日本农业环境技术研究所的宫田明博士在本文的计算和分析中给予的协助深表谢意。

参 考 文 献

- [1] 朱震达, 1989, 中国沙漠化研究的进展, 中国沙漠, 9(1), 1—13.
- [2] 朱震达、刘恕, 1982, 中国北方农牧交错沙漠化地区农业发展战略问题的研究, 中国沙漠, 2(4), 1—5.
- [3] 苏从先、胡懿樵等, 1987, 河西地区绿洲的小气候特征和“冷岛效应”, 大气科学, 11(4), 390—396.
- [4] 苏从先、胡懿樵等, 1987, 河西地区热量平衡和蒸散的初步研究, 高原气象, 6(3), 217—224.
- [5] Harazono, Y. et al., 1992, Micrometeorological characteristics of a sand dune in the eastern part of Inner Mongolia, China in autumn, J. Agr. Met., 47(4), 217—224.
- [6] Monteith, J. L., 1975, *Vegetation and Atmosphere*, Academic Press, 57—110.
- [7] 翁笃鸣、陈万隆等, 1981, 小气候和农田小气候, 农业出版社, 1—246.
- [8] 左大康、谢贤群, 1991, 农田蒸发研究, 气象出版社, 61—79.

A Study of the Influence of Desertification on Micrometeorological Characteristics of Grassland at Naiman, Inner Mongolia, China

Li Shenggong

(Institute of Desert Research, Chinese Academy of Sciences, Lanzhou 730000)

Yoshinobu Harazono

(National Institute of Agro-Environmental Sciences, Japan, Tsukuba 305)

He Zongying and Shen Jianyou

(Institute of Desert Research, Chinese Academy of Sciences, Lanzhou 730000)

Abstract

In order to find the mechanism of desertification in semi-arid areas, the measurement of micrometeorological elements were carried out at a sand dune, a dry grassland and a humid grassland in the desertified area at Naiman, Inner Mongolia, China. The obtained data were analyzed using the energy balance method. The results show that: with progression of the desert, the albedo increases and thus the net radiation decreases; the share of the soil heat in the heat budget increases, and the share of the latent heat decreases. The wind profile over the dry and humid grasslands is nearly logarithmic in the daytime as well as at night. The wind profile above the sand dune is nearly logarithmic only at night. The vertical wind-speed gradient near the sand dune surface is larger in the daytime, which produces stronger shear stress on the surface. The drag coefficient is lower during daytime than at night, and lower at the sand dune than at the dry and humid grasslands.

Key words: desertification; micrometeorology; sand dune; grassland.