

内蒙古奈曼农田的微气象特征¹⁾

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,筑波 305)

何宗颖 申建友

(中国科学院沙漠研究所)

提 要

运用波文比热量平衡法分析了内蒙古奈曼麦田、谷田、大豆田和稻田的微气象特征。结果表明:随着小麦生长趋于旺盛,反射率趋于减小;灌溉大豆田的反射率(0.19)比无灌溉大豆田的(0.21)略小;谷田和稻田的反射率分别为0.21和0.19。白天的热量平衡中,绝大部分净辐射用于潜热交换;夜里的热量平衡中,净辐射主要由潜热交换补给。随着小麦的生长,净辐射与太阳辐射的比值增大;灌溉大豆田净辐射与净辐射的比值高于无灌溉大豆田。

关键词: 农田 微气象 反射率 热量平衡

引 言

研究近地面层湍流通量的垂直输送规律是微气象研究领域的一个重要方面,不仅具有理论价值,也对农林牧业生产实践有重要指导意义。尤其是水汽通量的研究,一直受到国内外学者的高度重视。左大康等(1988)综述了国外蒸发研究的进展^[1];唐登银等(1984)评述了我国农田蒸发的历史与现状^[2]。目前采用较多的计算农田蒸散的微气象方法主要有波文比热量平衡法和空气动力学梯度法^[1,2],这两种方法都假定近地面层中水汽和热量湍流交换系数相等^[3,4]。该假定在下垫面水平均一,风浪区长度足够长,且大气

状况近于中性时是成立的^[5]。谢贤群等(1991)和朱治林(1991)分析了用波文比热量平衡法计算农田蒸发量的精度及误差^[6,7]。刘树华等(1989,1993)比较了几种农田蒸散的计算方法,认为当波文比 β 较小时,波文比热量平衡法可获得较精确的结果;当风速较小时,空气动力学法的使用受到了限制^[8,9]。苏从先等(1987)和胡隐樵等(1990)研究了干旱地区绿洲和农田的小气候和热量平衡特征^[10-12]。本文分析地处我国半干旱地区的内蒙古奈曼麦田、谷田、大豆田和稻田的微气象特征,重点讨论它们的热量平衡各分量的分配特点。

1) 本文为国家自然科学基金资助项目,中日“沙漠化机制解明”研究的部分内容。

1 观测

观测场位于内蒙古奈曼尧勒甸子村(42°

56'N, 120°42'E, 平均海拔 358m)。表 1 简介

了各观测场的特点和观测期间的天气状况。

表 1 观测场概况

| 观测场 | 观测时间 | 生长阶段 | 作物 高度/cm | 灌溉条件 | 测前 3 天内 降水量/mm | 天气情况 |
|--------|--------------|------|-------------|------------|-------------------|------------------------|
| | 1991.5.10—11 | 拔节 | 10 | 测前 7 天内无灌溉 | | 以晴为主 |
| 麦田 | 1991.6.1—3 | 孕穗 | 75 | 测前 7 天内无灌溉 | | 1 日晴, 2 日下午 多云并有小阵雨 |
| | 1991.7.5—6 | 乳熟 | 90 | 测前已停灌 | 7.4 | 5 日晴, 6 日多云 |
| 谷田 | 1992.8.23—25 | 乳熟 | 130 | 测前已停灌 | 31.3 | 晴 |
| 无灌溉大豆田 | 1993.8.9—11 | 盛花 | 35 | | 19.6 | 早晨有露, 晴 |
| 灌溉大豆田 | 1993.8.11—14 | 幼果 | 68 | 停灌近 20 天 | 18.3 | 早晨有露, 晴间多云 |
| 稻田* | 1993.8.14—16 | 灌浆 | 90 | | 7.4 | 早晨有露, 晴间多云 |

* 沙地隔膜水稻田, 沙面下 15cm 有聚乙烯薄膜防止水分渗漏。

观测项目有太阳辐射, 反射辐射, 净辐射, 土壤热通量, 2 个高度的干湿球温度, 风向, 5 个高度的风速和 5 个深度的土壤温度。太阳辐射及反射辐射用日射计(S-SR2)测定。净辐射用通风型净辐射仪(CN-11)测定。土壤热通量用热流板(CN-9)测定。干湿球温度用电动通风型干湿球计测定。风向和风速分别用光电风向计(VF016)和光电风速计(AF750S)测定。土壤温度用热电偶温度探头测定。数据记录用数据采集仪(IDL3200), 采集频率为 2 分钟。

2 分析方法^[4,5]

下垫面热量平衡方程为

$$R_n + H + LE + G = 0 \quad (1)$$

式中, R_n 为净辐射, H 为显热通量, LE 为潜热通量(L 为水的汽化潜热, E 为蒸发率), G 为土壤热通量。

波文比的定义为

$$\beta = \frac{H}{LE} = \gamma \frac{\Delta T}{\Delta e} \cdot \frac{K_v}{K_H} \quad (2)$$

式中, β 为波文比, γ 为热力学的湿度常数, T, e 分别为气温和水汽压, K_v 和 K_H 分

别表示水汽和热量的湍流交换系数。若令 $K_v = K_H$, 则由公式(1)和(2)经整理可得

$$H = -(R_n + G)/(1 + \beta^{-1}) \quad (3)$$

$$LE = -(R_n + G)/(1 + \beta) \quad (4)$$

于是可求出显热通量和潜热通量。

本文分析使用的是 30 分钟的平均值。

3 结果分析

3.1 反射率

反射率揭示下垫面反射太阳辐射的能力。表 2 列出了麦田、谷田、大豆田和稻田的平均反射率。由表 2 可见, 随着小麦的生长, 麦田的反射率趋于减小; 灌溉大豆田的反射率略低于无灌溉大豆田的反射率。反射率的变化取决于农田的颜色, 作物的高度、覆盖度、生长情况及其叶子伸展角度, 土壤湿度, 观测前有无灌溉和降水, 天气状况等因子。另外, 日出后和日落前不久, 由于太阳高度角较小, 反射率往往较高。例如, 6 月 1 日日出后 1 小时麦田的平均反射率高达 0.48; 8 月 24 日日出后 1 小时和日落前 1 小时谷田的平均反射率分别为 0.34 和 0.29。

表 2 不同农田平均反射率

| | 麦 | 田 | 谷 田 | 无灌溉大豆田 | 灌溉大豆田 | 稻田 |
|-------|-----------|----------|----------|-----------|-----------|-----------|
| 生长阶段 | 拔节 | 孕穗 | 乳熟 | 乳熟 | 盛花 | 幼果 |
| 观测时间 | 1991.5.10 | 1991.6.1 | 1991.7.5 | 1992.8.24 | 1993.8.10 | 1993.8.13 |
| 平均反射率 | 0.25 | 0.21 | 0.13 | 0.21 | 0.21 | 0.19 |

3.2 热量平衡

表3给出各种农田热量平衡各分量的累加值。由表3可见,随着小麦的生长,麦田白天的净辐射通量 R_n 及其与太阳总辐射 R_s 的比值有增加的趋势,这是因为随着小麦的生长,其盖度和生物量(或叶面积指数)随之增大,从而使其反射率减小,提高了吸收率。麦田白天的热量平衡中,大部分净辐射用于

潜热交换 LE , 即蒸散;而且,随着小麦的生长,存在潜热通量的份额增加、显热通量 H 和土壤热通量 G 的份额相对减少的趋势。麦田夜里的热量平衡中,净辐射主要由潜热交换补给;而且随着小麦的高度和盖度的增大,潜热交换的贡献增大,显热交换和土壤热交换的贡献相对减小。

表3 热量平衡各分量的累加值/ $\text{MJ} \cdot \text{m}^{-2}$

| 观测场 | 日期 | 时间 | 日射 | | 净辐射 | | 显热通量 | | 潜热通量 | | 土壤热通量 | |
|----------|-----------|-------|-------|-------|-------|-----------|-------|---------|--------|----------|-------|---------|
| | | | R_s | | R_n | R_n/R_s | H | H/R_n | LE | LE/R_n | G | G/R_n |
| 麦田 | 1991.5.10 | 白天 | 26.77 | | 13.72 | 0.51 | -3.24 | 0.24 | -6.99 | 0.51 | -3.49 | 0.25 |
| | | 夜里 | | | -3.22 | | 0.93 | 0.29 | 1.27 | 0.39 | 1.02 | 0.32 |
| | 1991.6.1 | 白天 | 27.58 | | 17.20 | 0.62 | -3.63 | 0.21 | -10.16 | 0.59 | -3.41 | 0.20 |
| | | 夜里 | | | -2.89 | | 0.72 | 0.25 | 1.28 | 0.44 | 0.88 | 0.31 |
| 1991.7.5 | 白天 | 25.35 | | 19.07 | 0.75 | -3.06 | 0.16 | -12.96 | 0.68 | -3.05 | 0.16 | |
| | 夜里 | | | -1.75 | | 0.25 | 0.14 | 1.05 | 0.60 | 0.45 | 0.26 | |
| 谷田 | 1992.8.24 | 白天 | 23.02 | | 14.47 | 0.63 | -2.32 | 0.16 | -10.63 | 0.73 | -1.52 | 0.11 |
| | | 夜里 | | | -3.01 | | 0.46 | 0.15 | 1.84 | 0.61 | 0.71 | 0.24 |
| 无灌溉大豆田 | 1993.8.10 | 白天 | 26.04 | | 14.80 | 0.57 | -1.80 | 0.12 | -11.24 | 0.76 | -1.76 | 0.12 |
| | | 夜里 | | | -3.18 | | 0.57 | 0.18 | 1.22 | 0.38 | 1.39 | 0.44 |
| 灌溉大豆田 | 1993.8.13 | 白天 | 25.39 | | 17.30 | 0.68 | -4.67 | 0.27 | -11.99 | 0.69 | -0.64 | 0.04 |
| | | 夜里 | | | -2.62 | | 0.62 | 0.24 | 1.02 | 0.39 | 0.98 | 0.37 |
| 稻田* | 1993.8.14 | 白天 | 19.09 | | 13.79 | 0.72 | -0.60 | 0.04 | -11.24 | 0.82 | -1.95 | 0.14 |
| | | 夜里 | | | -2.00 | | 0.64 | 0.31 | 1.15 | 0.55 | 0.30 | 0.14 |

* 稻田的土壤热通量指水中热通量,即用热流板测得的水面下1cm处的热通量。

无论白天还是夜里,谷田热量平衡中,潜热通量是最主要的热量交换方式,表明谷子在成熟前期的蒸散量仍然很高。

灌溉大豆田的净辐射及其占太阳总辐射的比例比无灌溉大豆田的高。白天,大豆田净辐射的绝大部分(2/3以上)用于潜热交换,其次用于显热交换,用于土壤热交换的比例较小。夜间,净辐射的主要补给源是土壤热通量和潜热通量。

白天,稻田4/5以上的净辐射用于潜热交换,即用于水稻蒸腾和水面蒸发;其次用于水中热交换。夜里,稻田的净辐射主要来自潜热交换释放的热量,其次来自显热通量。由于水温在一天中的变化很小,因而水中热交换的作用较小。

总而言之,白天农田净辐射主要用于潜

热交换,夜里也主要由潜热交换补给。随着作物的生长,潜热通量在热量平衡中的作用增大,而显热通量和土壤热通量的作用相对减小。

如果将潜热通量换算成蒸散量,则麦田5月10日,6月1日和7月5日的日蒸散量分别为2.3mm,3.6mm和4.8mm,表明随着小麦的生长,蒸散增加。谷田8月24日的蒸散量为3.5mm。灌溉大豆田8月13日的蒸散量为4.4mm,无灌溉大豆田8月10日的蒸散量为4.0mm。稻田8月14日的蒸散量为4.1mm。用热量平衡法计算出的日蒸散量并非农田的实际蒸散量。朱治林(1991)的研究指出,一般情况下,用波文比热量平衡法估算的蒸散比用Lysimeter测得的值偏低20%左右^[7]。

4 结论

综上所述,可得如下结论:

4.1 麦田的反射率随小麦的生长趋于旺盛而趋减小,如生长初期、孕穗期和乳熟期的平均反射率分别为 0.25, 0.21 和 0.13。灌溉大豆田的平均反射率(0.19)略低于无灌溉大豆田的反射率(0.21)。谷田和稻田的反射率分别为 0.21 和 0.19。

4.2 各种农田的热量平衡中,净辐射白天主要消费于潜热交换;夜里则主要由潜热交换补偿。随着小麦的生长,热量平衡中潜热通量的份额相对减少;而且净辐射及其与太阳总辐射的比值也在增大。

参考文献

- 1 左大康等. 国外蒸发研究的进展. 地理研究, 1988, 7(1): 86-94.
- 2 唐登银等. 我国蒸发研究的概况与展望. 地理研究, 1984, 3(3): 84-97.
- 3 Monteith, J. L. . Vegetation and Atmosphere. London: Academic press, 1975, 57-110.

- 4 翁笃鸣等. 小气候和农田小气候. 北京: 农业出版社, 1981, 59-93.
- 5 Blaine, L. B. et al. . Lysimetric calibration of the Bowen ratio-energy balance method for evapotranspiration estimation in the central great plains. J. Appl. Meteor. , 1974, 13: 227-236.
- 6 谢贤群等. 波文比——能量平衡法计算农田蒸发量的精度检验. 农田蒸发研究. 北京: 气象出版社, 1991: 61-70.
- 7 朱治林. 用波文比——能量平衡法估算农田蒸发量与 Lysimeter 的比较. 农田蒸发研究. 北京: 气象出版社, 1991: 71-79.
- 8 刘树华. 农田水分蒸散计算方法的比较. 北京大学学报(自然), 1989, 25(5): 594-604.
- 9 刘树华等. 近地面层潜流通量间接计算方法的比较. 北京大学学报(自然), 1993, 29(5): 615-621.
- 10 苏从先等. 河西地区热量平衡和蒸散的初步观测研究. 高原气象, 1987, 6(3): 217-224.
- 11 苏从先等. 河西地区绿洲的小气候特征和“冷岛效应”. 大气科学, 1987, 11(4): 390-396.
- 12 胡隐樵等. 河西戈壁(化音)小气候和热量平衡特征的初步研究. 高原气象, 1990, 9(2): 113-119.

Micrometeorological Characteristics of Croplands at Naiman, Inner Mongolia

Li Shenggong

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

Yoshinobu Harazono

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

He Zongying Shen Jianyou

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

Abstract

The micrometeorological characteristics of wheat, millet, soybean and paddy fields are analyzed utilizing the Bowen ratio-energy balance method. The results show that: 1) Albedo of wheat field decreases with wheat growth, which is 0.25 at the enlongation stage, 0.21 at the boot stage, and 0.13 at the start of the ripening stage, respectively. Albedo of irrigated soybean field is 0.19 slightly lower than that (0.21) of non-irrigated soybean field. Albedo of millet and paddy fields is 0.21 and 0.19 respectively. 2) Net radiation over the croplands depends mainly on latent heat flux in daytime, and it is mainly supplied by latent heat exchange at night. 3) Net radiation and its ratio to solar radiation increases with growth of crops.

Key Words: croplands micrometeorology albedo Bowen ratio energy-balance