

青藏高原冬小麦田辐射能量 收支的初步研究*

张宪洲 王辉民 张谊光

(中国科学院自然资源综合考察委员会, 北京 100101)

提 要

通过对青藏高原冬小麦田净全辐射各分量的观测资料分析, 论述了净全辐射及其各分量的日变化特征; 计算得出冬小麦抽穗—乳熟期麦田平均反射率为 13.3%, 净全辐射占总辐射百分率: 白天 75%, 包括夜间 67.4%; 指出了净全辐射和总辐射间存在良好的线性关系, 给出了由总辐射计算净全辐射的经验公式。

关键词: 青藏高原 冬小麦 辐射能量收支

引 言

地表净全辐射系指地表辐射能量收入和支出间的差值, 它是气候形成的重要因子, 也是决定地表许多自然过程的重要因素。关于净全辐射的实际测量和理论计算分析, 已有很多学者做了探讨。青藏高原作为世界上最高大、地形最复杂的高原, 它直接影响我国气候的形成和演变, 尤其是高原大地形的冷热源作用, 对高原的天气和气候有着重要的影响。我国的一些学者先后对青藏高原地区的净全辐射及其各分量进行了观测^[1, 2, 3], 并做了理论分析。但是, 在上述研究中, 下垫面一般为地球的自然表面, 下垫面对象为农田的很少^[4, 5], 尤其在青藏高原地区就更为少见。青藏高原是耐寒作物的高产区, 我国冬小麦单产最高纪录几乎都出现在该地区^[6], 农田辐射能量收支制约着农田蒸散和作物耗水量, 并决定土壤温度和作物体温度, 直接影响作物的生长发育, 因此, 通过对青藏高原地区冬小麦田的净全辐射各分量的观测, 搞清青藏高原地区冬小麦田的辐射能量收支状况, 对揭示青藏高原地区耐寒作物高产的机理有着重要的意义。

1 试验概况

1995年6月20日~8月10日, 在中科院拉萨农业生态试验站(拉萨达孜, 海拔 3688 m)对冬小麦田的净全辐射各分量进行了观测; 冬小麦品种为藏冬 92-66, 密度为

* 本文为国家攀登项目 A-85-07-03“青藏高原农田生态系统优化模式研究”课题资助。
1996-02-07 收到, 1996-04-12 收到修改稿。

1500 万总茎蘖数/hm², 有效穗数为 405 万/hm². 进行观测的时段基本上是冬小麦灌浆期和乳熟期, 是冬小麦籽粒产量形成的最重要的时期. 观测项目为净全辐射的各分量, 即太阳总辐射, 反射辐射, 大气逆辐射和农田长波辐射. 观测仪器采用美国 Eppley 总辐射表, 日本 EKO 反射率表和 American Eppley 精密地球辐射表. 仪器使用前对其灵敏度进行了严格的标定. 记录部分采用澳大利亚产 DT50 数据采集器, 每 15 秒采样一次, 半小时输出平均值.

2 冬小麦田辐射能量收支基本特征

冬小麦田的净全辐射由太阳总辐射、麦田反射辐射、大气逆辐射和麦田长波辐射计算得到, 它代表了冬小麦田的辐射能量收支状况, 一般净全辐射计算方程可以写为:

$$E^* = E_{\kappa\downarrow} - E_{r\uparrow} - E_L^* = E_{\kappa\downarrow}(1 - \alpha) - E_L^* \quad (1)$$

$$E_L^* = E_{L\uparrow} - E_{L\downarrow} \quad (2)$$

式中 $E_{\kappa\downarrow}$ 为总辐射, $E_{r\uparrow}$ 为反射辐射, α 为反射率, $E_{L\uparrow}$ 为农田长波辐射, $E_{L\downarrow}$ 为大气逆辐射, E_L^* 为农田有效辐射, E^* 为净全辐射.

2.1 晴天辐射能量收支状况

选择 3 个有代表性的晴日, 它们分别属于冬小麦籽粒形成的初期、中期和后期(乳熟期), 分析了它们的净全辐射及其各分量的日变化特征.

2.1.1 晴天麦田反射率的日变化

图 1 绘出了冬小麦田反射率的日变化曲线. 从图中可见有明显的日变化, 中午低而早晚高, 在灌浆中、后期, 从全天看反射率都比灌浆初期要低, 这主要是叶面积指数下降的结果.

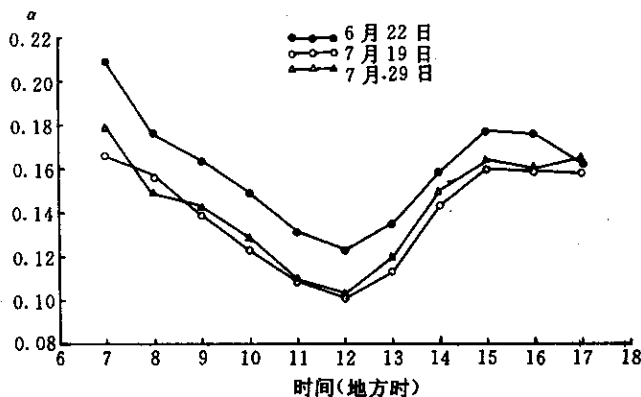


图1 晴天条件下冬小麦田反射率 α 的日变化

2.1.2 晴天麦田长波辐射日变化

农田有效辐射 E_L^* 是农田长波辐射 $E_{L\uparrow}$ 和大气逆辐射 $E_{L\downarrow}$ 之差值. 图 2 给出了晴天冬小麦田长波辐射日变化曲线. 由图中可见, $E_{L\uparrow}$ 和 $E_{L\downarrow}$ 都有一定的日变化, 最高值出现于午后 13~14 时, 最低值一般为日出前 04 时左右. 由于 $E_{L\uparrow}$ 和 $E_{L\downarrow}$ 二者的日变化幅度

几乎一致,结果使得 E_L^i 日变化不明显,但午后13时左右有效辐射 E_L^i 却有降低的趋势,说明这时大气增温相对于麦田快一些,主要由于麦田群丛蒸腾耗热所致。

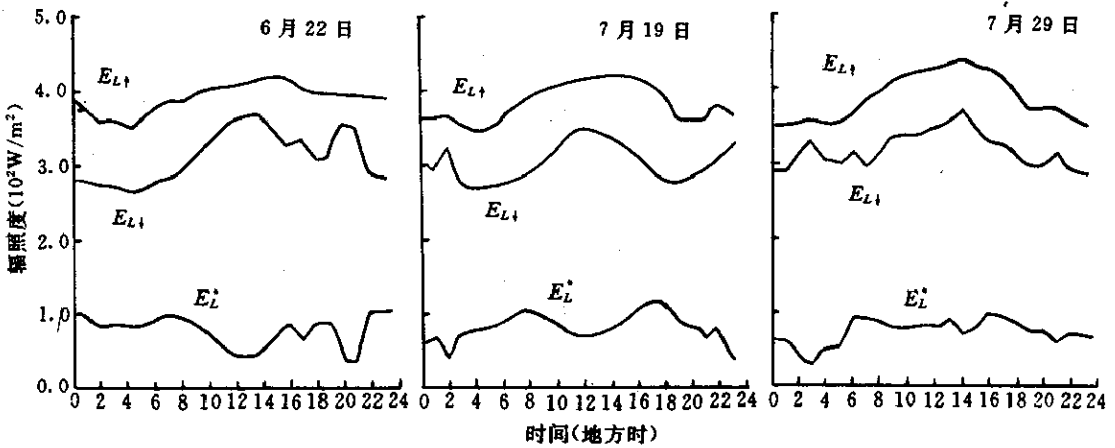


图2 晴天条件下大气逆辐射 $E_{L\uparrow}$ 、麦田长波辐射 $E_{L\downarrow}$ 和麦田有效辐射 E_L^i 的日变化

2.1.3 晴天辐射能量收支的日变化

图3给出了晴天净全辐射各分量的日变化曲线,图中把向下通量密度一律取为正,向上通量密度取为负.从图3可以看出,冬小麦田净全辐射 E^* 最高值出现在中午,在日出前日落后1小时左右 E^* 通过零点,夜间 E^* 变化不大。

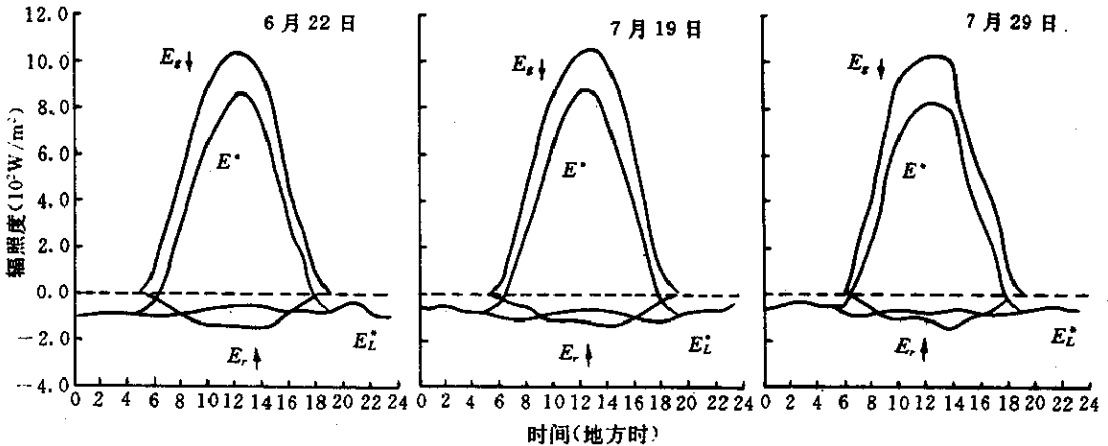


图3 晴天条件下总辐射 $E_{r\downarrow}$ 、反射辐射 $E_{r\uparrow}$ 、净全辐射 E^* 的日变化

2.2 实际天气条件下冬小麦田辐射能量收支的旬际变化

为了研究在实际天气条件下净全辐射各分量的旬际变化趋势,首先统计了每旬观测时段内辐射能收支各分量的定时平均值,然后求出24小时的日总量,据此计算了它们相对于平均总辐射日总量的百分数,用这个百分数代表该时段实际天气条件下净全辐射各

分量的分配情况, 结果见表 1.

从表 1 可以看出, 反射率随旬际变化逐渐降低, 反应了冬小麦生育后期, 叶面积指数(LAI)降低, 使得反射率下降; 有效辐射占总辐射的百分数变化不大, 主要是由于观测时段为冬小麦抽穗—乳熟期, 冬小麦冠层郁闭, 长势一致, 而有效辐射主要来自于植物冠层, 因而有效辐射占总辐射的比例很稳定, 净全辐射占总辐射的百分数在小麦生育后期有所上升, 这主要是反射率下降的结果. 在白天, 平均状况下反射辐射和有效辐射损耗各占太阳总辐射的 13.3%和 11.7%, 净全辐射占太阳总辐射的 75%; 对全天 24 小时而言, 由于夜间仍有长波辐射损耗, 故有效辐射比例增高到 19.2%, 净全辐射所占比例下降到 67.4%.

表 1 冬小麦田净全辐射各分量占总辐射百分数(%)

时 段	白 天					全 天			
	LAI	$E_{R\downarrow}$	$E_{r\uparrow}$	$E_{l\uparrow}$	E^*	$E_{R\downarrow}$	$E_{r\uparrow}$	$E_{l\uparrow}$	E^*
6 月 21~28 日	4.0	100	15.4	11.3	73.3	100	15.4	19.8	64.7
7 月 11~20 日	2.5	100	13.9	12.0	74.1	100	13.9	18.2	68.0
8 月 1~9 日	0.8	100	10.6	11.9	77.5	100	10.6	19.8	69.6
平 均	2.4	100	13.3	11.7	75.0	100	13.3	19.2	67.4

通过上述观测结果的分析可以看出, 农田反射率对太阳辐射能量分配有很重要的作用. 青藏高原地区的冬小麦田抽穗—乳熟期的反射率与北京和栾城的观测结果相比明显偏低, 抽穗—乳熟期的冬小麦田反射率, 北京和栾城的观测结果为 18%~16%^[5], LAI 为 5.0~2.1, 本文观测结果为 15.4%~10.6%, LAI 为 4.0~0.8; 特别在乳熟期, 高原冬小麦田反射率明显偏低, 北京和栾城的观测结果为 17%~15%^[5], LAI 为 2.1, 本文观测结果为 10.6%, LAI 为 0.8, 在青藏高原冬小麦生长后期, 叶面积指数的迅速降低是导致冬小麦田反射率明显低于平原地区的重要因素.

3 冬小麦田的净全辐射和总辐射的关系

在农田生态系统研究中, 农田净全辐射是个重要的物理量, 体现了农田生态系统的能量收支状况, 估算农田蒸发蒸散, 净全辐射也是必不可少的. 但是, 一般情况下没有净全辐射的长期观测资料, 都利用总辐射和净全辐射之间良好线性关系来估算净全辐射^[7]. 我们根据 6 月 20 日~8 月 10 日逐旬太阳总辐射 $E_{R\downarrow}$ 和麦田净全辐射 E^* 的定时平均值的观测资料, 统计得出了净全辐射 E^* 和总辐射 $E_{R\downarrow}$ 之间存在的良好的线性关系(见图 4), 得到经验方程:

$$E^* = a \cdot E_{\text{总}} + b \quad (3)$$

式中 $a=0.886$, $b=-74.3$, 相关系数为 0.99, 剩余标准差为 22.8 W/m^2 . 从相关系数和剩余标准差看, 相关程度较高, 剩余标准差也较小, 只相当于净全辐射平均值 (441.8 W/m^2) 的 5.2%, 因此利用式(3)来计算净全辐射 E^* 是可行的, 并可保证一定的精度. 但应说明的是, 方程(3)的 a 、 b 值是随地点和麦田生育期的变化而改变的, 并不是普遍适用的; 对于青藏高原地区, 在麦田郁闭的条件下, 采用式(3)来估算抽穗—成熟期的冬小麦田的净全辐射是可行的, 具有一定的参考价值.

4 结 论

通过对青藏高原冬小麦田净全辐射各分量的测量和特征分析, 得出如下结论:

- (1) 冬小麦田反射率和净全辐射具有明显的日变化, 而麦田有效辐射日变化不明显.
- (2) 在冬小麦抽穗—成熟期, 麦田平均反射率为 13.3%; 麦田平均有效辐射在白天占总辐射 11.7%, 包括夜间占 19.2%; 麦田平均净全辐射在白天占总辐射 75.0%, 包括夜间占 67.4%.
- (3) 麦田净全辐射和总辐射间存在良好线性关系, 可采用式(3)计算净全辐射, 并可保证一定精度.

致谢: 地理所林忠辉先生在数据采集和提供叶面积资料等方面给予很大帮助, 特此致谢!

参 考 文 献

- 1 季国良. 1982年8月~1983年7月青藏高原地区的辐射与气候. 高原气象, 1985, 4(1): 10~20.
- 2 沈志宝, 翁笃鸣, 潘守文. 青藏高原热源观测试验概况. 见: 青藏高原气象科学实验文集(一). 北京: 科学出版社, 1984. 1~9.
- 3 江灏, 季国良. 五道梁地区秋季地表辐射能收支的初步分析. 见: 青藏高原形成演化、环境变迁与生态系统研究学术论文年刊(1994). 北京: 科学出版社, 1995. 314~321.
- 4 周允华, 赵文广, 董颜. 冬小麦田的辐射能量收支. 见: 农田生态系统能量物质交换. 北京: 气象出版社, 1987. 13~24.
- 5 董振国. 华北平原冬小麦田的热量收支研究. 见: 农田生态环境能量物质交换. 北京: 气象出版社, 1987. 49~56.
- 6 李继由. 试论西藏高原麦类作物高产的农业气候原因. 自然资源, 1983, (2): 80~85.
- 7 Shaw R H A. Comparison of solar radiation and net radiation. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 1956, 37: 205~210.

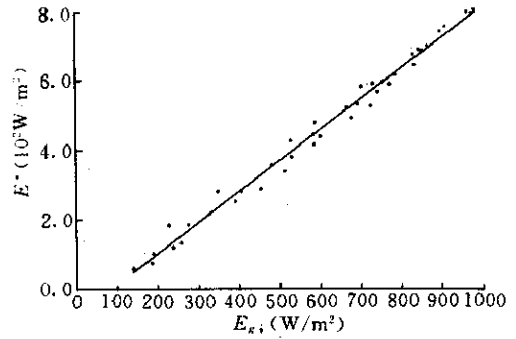


图4 实际天气条件下冬小麦田净全辐射 E^* 和总辐射 $E_{\text{总}}$ 的关系

A STUDY ON RADIATION BUDGET OF THE WINTER WHEAT FIELD IN TIBET PLATEAU

Zhang Xianzhou Wang Huimin Zhang Yiguang

*(Commission for Integrated Survey of Natural Resources,
Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101)*

Abstract

The components of radiation budget in the winter wheat field in Tibet Plateau were measured from June to August, 1995, and then their diurnal variations were analysed. The results showed that the average net radiation was 75% of the global radiation in daytime or 67.4% of the global radiation including day and night during the measuring period. A linear relationship between net radiation and global radiation which can be used to calculate net radiation from global radiation was established.

Key words: Tibet Plateau Winter wheat Radiation budget