

# 不同天气下黄瓜土壤热通量特征分析

崔海<sup>1</sup>, 黄少军<sup>2</sup>, 郭文忠<sup>3</sup>

(1. 银川科技职业学院, 宁夏 永宁 750105; 2. 宁夏金沙湾农业综合开发科技示范推广中心, 宁夏 青铜峡 751601;

3. 宁夏设施农业工程技术研究中心, 宁夏 银川 750002)

**摘要:**以“博耐 13 号”黄瓜为试材, 运用土壤热通量板及常规气象数据观测, 对不同天气的黄瓜土壤热通量进行了研究。结果表明: 在阴天, 土壤相对含水量 50%~60% 和土壤相对含水量 75%~90% 水分处理的黄瓜土壤热通量基本没有太大的变化, 均表现为放热过程; 在晴天, 2 个水分处理的土壤热通量呈相反变化趋势, 土壤相对含水量 50%~60% 处理的土壤热通量为热汇-热源-热汇变化, 土壤相对含水量 75%~90% 水分处理为热源-热汇-热源变化。

**关键词:**土壤热通量; 不同天气; 黄瓜

**中图分类号:**S 642.2 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2011)18-0019-03

土壤热通量是地球表面能量平衡的重要分量之一。对于郁闭冠层, 日净土壤热通量不超过净辐射的 10%~15%; 对稀疏植被或裸地而言, 土壤热通量可高达净辐射的 50%<sup>[1]</sup>。土壤热通量是主要的土壤物理参量之一, 是日光温室生态系统能量平衡方程中的重要组成部分, 对系统的能量比和程度有一定的影响<sup>[2]</sup>, 目前有关土壤养分、水分及其土壤物理结构特征等方面的研究较多<sup>[3-4]</sup>, 但对设施温室土壤的热通量研究较少, 以往的研究主要集中于农田和裸地<sup>[5-9]</sup>。试验在前人研究基础之上, 利用土壤热通量板观测数据及自动气象采集系统, 对日光温室不同水分处理的黄瓜土壤热通量进行了研究, 其结果对日光温室土壤的热交换和传递及系统的能量流动平衡都具有重要意义。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验地概况

试验日光温室位于宁夏吴忠市国家农业科技示范园区(38°00'27"N, 106°12'49"E)。温室坐北朝南, 东西延长, 长度 60 m, 跨度 12 m, 脊高 5 m, 东西山墙厚为 1.5 m, 后屋面墙体为 2.5 m 厚的土墙, 温室前屋面采用长寿无滴膜。

### 1.2 试验方法

试验在宁夏试验在宁夏吴忠国家农业科技园区种植业核心区的日光温室进行。设计 2 个水分处理, SW1: 保持土壤相对含水量 50%~60%; SW2: 保持土壤相对含水量 75%~90%。小区面积为 12 m<sup>2</sup>, 苗期

统一灌水量, 定植后采用不同水分处理。供试黄瓜品种为天津德瑞特种业有限公司培育的“博耐 13 号”, 定植时黄瓜苗按统一标准筛选, 在距地面 25 cm 处埋设 TDR 探测器。

### 1.3 测量方法

在每个小区中部同一位置地下 20 cm 处埋设针式 TDR 连接到 Campbellsci 数据采集器对土壤水分进行动态监测。日光温室内外环境因子如温度、湿度、光照总辐射、光合有效辐射、净辐射、CO<sub>2</sub> 浓度、土壤含水量(体积含水量以下同)等分别用美国 Campbellsic 数据自动采集系统自动采集, 土壤热通量用 HFP01 土壤热通量板测定, 分别埋于 SW1 和 SW2 水分处理的黄瓜栽植行的距地表 5 cm 的土壤深度即可, 数据采集频率为 3 次/s, 10 min 自动平均并保存记录。测定时间从 2007 年 9 月至 2008 年 6 月。

### 1.4 数据分析

所有测定数据均在 Excel、DPS 7.05 统计软件进行分析处理。

## 2 结果与分析

### 2.1 典型天气状况下黄瓜土壤热通量日变化特征

结合图 1 和图 2 可看出, 晴天和阴天的 SW1 和 SW2 处理的黄瓜土壤热通量变化趋势差异十分显著。在阴天, SW1 和 SW2 水分处理的黄瓜土壤热通量基本没有太大的变化, 均表现为放热的过程。SW1 水分处理的黄瓜土壤热通量是在 0.219~2.789 W/m<sup>2</sup> 小幅度内变化, 土壤热通量平均值为 -1.396 W/m<sup>2</sup>; 而 SW2 水分处理的黄瓜土壤热通量, 在 0.322~17.72 W/m<sup>2</sup> 稍大幅度内变化, 土壤热通量平均值 -8.451 W/m<sup>2</sup>。由于 SW2 相对含水量在 75%~90% 水分处理的土壤水分比 SW1 相对含水量在 50%~60% 水分处理含水量高, 在阴天温室光照总辐射比较弱, 气温较低, 蒸腾量小, 所以要将 SW2 水分处理的液态水变为气态水所

第一作者简介: 崔海(1980-), 女, 宁夏吴忠人, 助教, 现主要从事设施园艺栽培及环境研究工作。E-mail: Cuihai54321@163.com。

基金项目: 国家科技支撑计划资助项目(2007BAD57B01); 宁夏回族自治区科技攻关资助项目(KGZ-170706)。

收稿日期: 2011-06-22

需的能量就要大于 SW1 水分处理的所需的能量。在晴天,SW1 相对含水量在 50%~60%水分处理的土壤热通量与 SW2 相对含水量在 75%~90%水分处理的土壤热通量呈现相反的变化趋势。从 0:00~8:30 时,SW1 水分处理的与 SW2 水分处理的土壤热通量保持在一个平稳的状态,SW1 与 SW2 水分处理土壤热通量平均值分别为 3.618 W/m<sup>2</sup> 和 -8.4079 W/m<sup>2</sup>,表明 SW1 处于吸热状态,SW2 处于放热状态。SW1 水分处理的在 8:40~11:30 时表现为下降趋势,土壤热通量平均值为 -6.292 W/m<sup>2</sup>。在 11:30 时达到波谷,谷值 -16.3 W/m<sup>2</sup>,11:40~17:30 时表现为上升趋势,土壤热通量平均值为 -8.157 W/m<sup>2</sup>。从 8:40~17:30 时,总体表现为负值,土壤热通量平均值为 -7.536 W/m<sup>2</sup> 即放热的状态;但 SW2 水分处理土壤热通量在 8:40~

12:10 时表现为上升趋势,土壤热通量的平均值为 22.408 W/m<sup>2</sup>。12:10 时达到波峰,峰值 41.95 W/m<sup>2</sup>,12:20~17:30 呈下降趋势,土壤热通量的平均值为 25.296 W/m<sup>2</sup>。从 8:40~17:30 时,总体表现为正值,土壤热通量平均值为 24.066 W/m<sup>2</sup>,即吸热的状态。从 17:40~23:50 时,SW1 水分处理的与 SW2 水分处理的土壤热通量又恢复到起始时的平稳状态,SW1 与 SW2 水分处理土壤热通量平均值分别为 1.206 W/m<sup>2</sup> 和 -4.571 W/m<sup>2</sup>,表明 SW1 处于吸热状态,SW2 处于放热状态。

由表 1 可知,在晴天 2 种水分处理的土壤热通量呈现相反的变化趋势。SW1 水分处理的黄瓜土壤热通量表现为吸热-放热-吸热的过程。SW2 水分处理的黄瓜土壤热通量表现为放热-吸热-放热的过程。

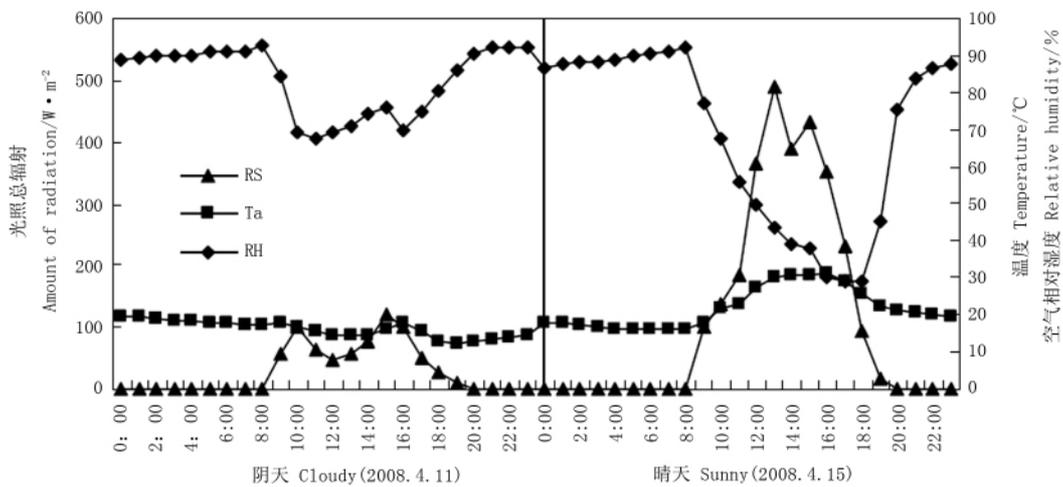


图 1 不同天气状况下光温湿三因子日变化特征

Fig. 1 The variation of amount of radiation, temperature, relative humidity in greenhouse under different weather condition

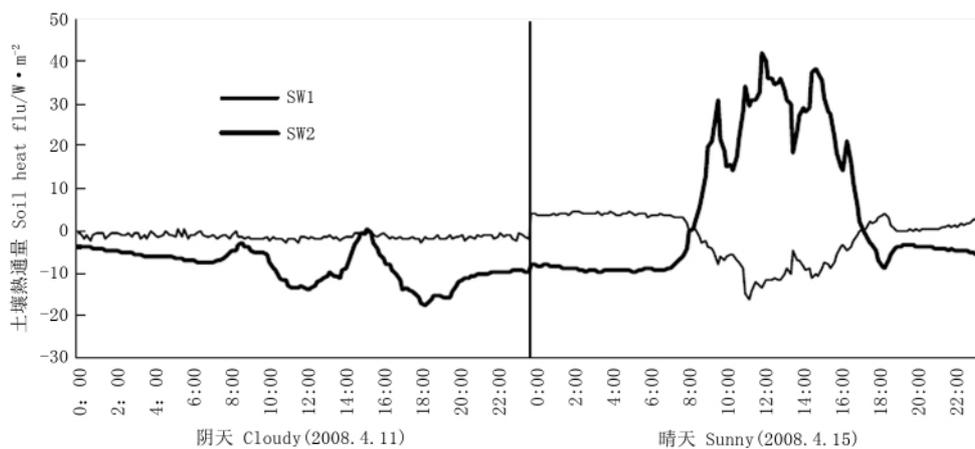


图 2 不同天气状况下黄瓜土壤热通量日变化

Fig. 2 The variation of soil heat flux of cucumber under different weather condition

2.2 土壤热通量的方差分析  
对阴天和晴天所测土壤热通量各种指标进行方差

分析。由表 2 可看出,不同天气状况下土壤热通量均呈现显著差异( $\alpha=0.05$ )。

表 1 不同天气条件下黄瓜土壤热通量对比

Table 1		Contrast with the soil heat flux of cucumber under different weather condition			W/m <sup>2</sup>
天气状况	时间	SW1	SW2	土壤热通量差值	
Weather condition	Time	Soil water 1	Soil water 2	Difference of soil heat flux	
阴天	0:00~8:00				
	Cloudy	8:00~17:00	-1.369	-8.451	-7.082
	17:00~23:50				
晴天	0:00~8:30	3.618	-8.408	-12.026	
	Sunny	8:00~17:30	-7.563	24.066	31.629
	17:30~23:50	1.206	-4.571	-5.777	

表 2 不同天气下土壤热通量的方差分析

Table 2		Variance analysis of soil heat flux in different weather condition				
项目	差异源	平方和	自由度	均方	F 值	F 检验值
Item	Difference origin	SS	df	MS	F	F crit
土壤热通量	组间	53 110.942	3	17 703.647	27.635	2.621
Soil heat flux	组内	363 874.922	568	640.625		
	总计	416 985.864	571			

### 3 讨论与结论

土壤热通量有明显的日变化规律,且在不同天气、不同土壤含水量条件的土壤热通量变化一致<sup>[10-11]</sup>。阴天,SW1 和 SW2 水分处理的黄瓜土壤热通量基本没有太大的变化,均表现为放热的过程。在晴天,SW1 相对含水量在 50%~60% 水分处理的土壤热通量与 SW2 相对含水量在 75%~90% 水分处理的土壤热通量呈现相反的变化趋势。SW1 水分处理的黄瓜土壤热通量表现为吸热-放热-吸热的过程。SW2 水分处理的黄瓜土壤热通量表现为放热-吸热-放热的过程。对于土壤热通量与设施内小环境之间的关系可以进行深入研究,以便为设施生产实践打下理论基础。

#### 参考文献

- [1] 莫兴国,林忠辉,项月琴,等.玉米群体辐射传输特征[J].生态农业研究,2000,8(1):1-4.  
[2] Heusinkveld B G, Jscobs A F G, Holtslag A A M, et al. Surface

- energy balance closure in an arid region: role of soil heat flux [J]. Agricultural and Forest Meteorology, 2003, 116: 143-158.  
[3] 王政权,王庆成,张彦东.森林土壤物理性质的空间异质性的研究[J].生态学报,2000,20(6):945-950.  
[4] 张合平,田大伦.杉木林生态系统人为干扰下土壤水分动态特征研究[J].林业科学,1997,33(2):74-83.  
[5] 董振国,于沪宁.农田作物层环境生态[M].北京:中国农业科技出版社,1994:5-14.  
[6] 许秀娟,张高午.冷型小麦灌浆期株间温、湿度的变化[J].西北农林科技大学学报(自然科学版),2001,29(5):70-74.  
[7] 申双和,崔兆韵.棉田土壤热通量的计算[J].气象科技,1999,19(3):276-281.  
[8] 朱自玺,方文松,赵国强,等.麦秸和残茬覆盖对夏玉米农田小气候的影响[J].干旱地区农业研究,2000(2):19-24.  
[9] 莫兴国,李红轩,刘苏霞,等.用土壤温度估算表层土壤导温率与热通量的研究[J].中国生态农业学报,2002,10(1):62-64.  
[10] 张利平,赵仲辉.会同杉木人工林土壤热通量特征[J].中南林业科技大学学报,2010,30(5):12-17.  
[11] 王旭,周国逸,张国强,等.南亚热带阔混交林土壤热通量研究[J].生态环境,2005,14(2):260-265.

## Analysis on the Characteristics of Cucumber Soil Heat Flux Under Different Weather

CUI Hai<sup>1</sup>, HUANG Shao-jun<sup>2</sup>, GUO Wen-zhong<sup>3</sup>

(1. Yinchuan Science and Technology Vocational College, Yongning, Ningxia 750105; 2. Ningxia Jinsha Bay Comprehensive Agricultural Development Promotion Center Demonstration, Qingtongxia, Ningxia 751600; 3. Ningxia Engineering Research Center for Facilities Agriculture, Yinchuan, Ningxia 750002)

**Abstract:** 'Bonai No. 13' cucumber was used as test material, soil heat flux plates and routine observing systems of gradient weather were used to determine characteristics of soil heat flux in cucumber under different weather conditions. The results showed that all the soil heat fluxes was similar, all showed an exothermic process in cloudy weather. But in sunny days, the two water treatments of soil heat flux showed the opposite trend. Relative soil water content 50%~60% for the treatment of the soil heat flux heat sink-heat-heat sink changes, relative soil water content 75%~90% of water treatment as the heat source-heat sink-heat changes.

**Key words:** soil heat flux; different weather; cucumber