

辣椒保护地地温时空变化规律研究

谢修鸿¹, 梁运江²

(1. 长春大学 园林学院, 吉林 长春 130022; 2. 延边大学 农学院, 吉林 延吉 133002)

摘 要:以塑料大棚内辣椒保护地土壤为研究对象,调查了寒温带暗棕壤上培育的保护地土壤地温随时间和土层变化情况。结果表明:不同深度土壤温度日变化为正弦曲线,日最高地温波动比日最低地温的波动大。随着土壤深度增加,蓄热时间变长,散热时间缩短,蓄放热时间随深度增加依次滞后,且强度小。大棚内地温日振幅因受到环境因子影响产生的波动情况随着深度增加而减小。

关键词:辣椒;保护地;地温;暗棕壤

中图分类号:S 641.325.2 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2015)11-0049-04

土壤温度是太阳辐射平衡、土壤热量平衡和土壤热学性质共同作用的结果,是控制微生物活性和植物生长过程的重要因素之一,它表征土壤的热状况^[1],同时它在微观上对土壤水分养分的迁移和转化都有直接或间接的影响^[2]。在开放的露地,土壤温度主要受大气候的影响^[3-6],而对于保护地,土壤温度除了受大气候的影响,还受人为设施的影响,形成了自身特有的规律^[7-8]。现以“湘研一号”辣椒为试材,调查了寒温带暗棕壤上培育

的保护地土壤地温时空变化规律,旨在为指导保护地蔬菜栽培提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试土壤为暗棕壤上发育的保护地土壤,其理化性质见表1。供试辣椒(*Capsicum annuum* L.)品种为“湘研一号”。2003年1月28日播种育苗,4月22日定植,每穴双株。

表 1

供试土壤的基本性质

Table 1

Basic characters of tested soil

土层	pH 值	田间持水量	容重	硝态氮	铵态氮	碱解氮	速效磷	速效钾	有机碳	全氮	全 P	全钾
Soil layer	pH	Field capacity	Bulk density	NO ₃ ⁻ -N	NH ₄ ⁺ -N	Avail. N	Olsen-P	Avail. K	O. C.	Tot. N	Tot. P	Tot. K
/cm	value	/(g·kg ⁻¹)	/(g·cm ⁻³)	/(mg·kg ⁻¹)	/(mg·kg ⁻¹)	/(mg·kg ⁻¹)	/(mg·kg ⁻¹)	/(mg·kg ⁻¹)	/(g·kg ⁻¹)	/(g·kg ⁻¹)	/(g·kg ⁻¹)	/(g·kg ⁻¹)
0~20	5.57	347.4	1.18	74.15	8.21	177.00	175.75	156.43	10.73	1.28	1.89	23.68
20~40	6.45	241.0	1.47	54.74	2.75	115.06	85.84	123.68	8.99	0.77	1.65	22.42
40~60	6.83	247.5	1.44	34.12	2.65	90.82	67.11	151.36	7.69	0.39	1.28	21.81

1.2 试验方法

试验于2003年4—8月在吉林省龙井市龙丰村塑料大棚内进行,采用“3414”试验设计^[9]。在施钾肥充足的条件下,选取灌水定额 X₁(W)、施氮量 X₂(N)和施磷量 X₃(P₂O₅)为试验因素。试验灌水方式为沟灌,5月3日开始水分处理,全生育期共进行14次。试验共设14个小区,随机排列,小区面积为2.7 m²,试验设计方案见表2。辣椒栽植株距为30 cm,行距为50 cm(133 334 株/hm²)。

为防止水分互渗,在各小区之间埋设60 cm深的塑料薄膜相隔。肥底施 K₂O 300 kg/hm²。氮肥(尿素)分3次施用,定植前作基肥施入1次,施入量占总施入量的40%,采收前期和中后期作追肥各施入1次,施入量各占总施入量的30%。磷肥(磷酸二铵)和钾肥(硫酸钾)作基肥一次性施入。氮、磷、钾的基肥采用穴施方式,氮的追肥随灌水施入。试验所用尿素含纯氮量为46.0%;磷酸二铵含 P₂O₅ 量为46%,含纯氮量为18%;硫酸钾含 K₂O 量为50%。

1.3 项目测定

土壤样品采用常规方法测定^[10];在辣椒苗期,于灌水后第2天(5月18日)至下次灌水前(5月24日)每天5:00、7:00、9:00、11:00、13:00、15:00、17:00、19:00、21:00利用直角铁管地温计测定5、10、15、20、25 cm 土层温度,记录棚内气温、棚内相对湿度等情况。

第一作者简介:谢修鸿(1972-),女,吉林长春人,博士,讲师,现主要从事农林废弃物利用与土壤改良等研究工作。E-mail: yuxiaoran@163.com.

责任作者:梁运江(1972-),男,吉林前郭人,副教授,硕士生导师,现主要从事土壤与植物营养等研究工作。E-mail: lyjluo@ybu.edu.cn.

收稿日期:2015-01-26

表 2

试验实施方案

Table 2

Experimental design

处理 Treatment	编码 Code	X ₁		编码 Code	X ₂		编码 Code	X ₃	
		灌水定额 Irrigation water quota/(m ³ · hm ⁻² · 次 ⁻¹)	灌水量 Irrigation quantity/(m ³ · hm ⁻²)		施氮量 Application N/(kg · hm ⁻²)			施磷量 Application P ₂ O ₅ /(kg · hm ⁻²)	
1	0	66.67	933.38	0	176.09		0	0.00	
2	0	66.67	933.38	2	273.91		2	180.00	
3	1	118.33	1 656.62	2	273.91		2	180.00	
4	2	170.00	2 380.00	2	273.91		2	180.00	
5	3	221.67	3 103.38	2	273.91		2	180.00	
6	2	170.00	2 380.00	0	176.09		2	180.00	
7	2	170.00	2 380.00	1	225.00		2	180.00	
8	2	170.00	2 380.00	3	322.83		2	180.00	
9	2	170.00	2 380.00	2	273.91		0	0.00	
10	2	170.00	2 380.00	2	273.91		1	90.00	
11	2	170.00	2 380.00	2	273.91		3	270.00	
12	1	118.33	1 656.62	1	225.00		2	180.00	
13	1	118.33	1 656.62	2	273.91		1	90.00	
14	2	170.00	2 380.00	1	225.00		1	90.00	
15	2	170.00	2 380.00	1	225.00		2	180.00	
16	2	170.00	2 380.00	1	225.00		2	180.00	

2 结果与分析

2.1 地温的日变化

将各处理的地温数据按不同土层做出随时间变化的曲线。从图 1 可以看出,不同深度土壤温度均按正弦曲线变化,一天只有 1 个峰值和 1 个谷值,这与太阳高度角的正弦值密切相关^[11]。5 cm 深度日最高地温出现在 13:00—15:00,随着天数增加(土壤含水量逐渐减少),日最高地温出现有滞后的趋势;日最低地温都出现在 5:00 左右。表明 5:00 左右到 13:00—15:00 是土层升温阶段,土壤蓄集太阳热量;13:00—15:00 到次日 5:00 左右是降温阶段,土层将蓄积的热量释放出来。10 cm 深度日最高地温出现在 15:00 左右,日最低地温均出现在 5:00 左右。表明 5:00—15:00 是升温阶段,开始时吸收下层的的热量,然后主要吸收上层的热量;15:00—5:00 是降温阶段,开始时从上层吸热向下层散热,之后向上下层散热。15 cm 深度日最高地温出现在 15:00—17:00,日最低地温出现在 5:00—7:00。且 5:00—7:00 温度变化不大,表明此层次既有向上层的散热过程又有从下层的吸热过程,二者处于动态平衡状态。7:00 左右到 15:00—17:00 是升温阶段,主要吸收上层的热量;15:00—17:00 到次日 5:00 左右是降温阶段,开始主要从上层吸热向下层散热,后期向上下层散热。20 cm 深度日最高地温出现在 17:00 左右,日最低地温都出现在 7:00 左右。表明 7:00—17:00 是升温阶段,开始时从上下层吸热,之后从上层吸热向下层散热;17:00—7:00 是降温阶段,开始主要从上吸热向下散热,后期从下吸热

向上散热。25 cm 深度日最高地温出现在 19:00 左右,日最低地温都出现在 7:00—9:00。且 17:00—19:00 地温变化不大,说明此层此时既有从上层的吸热,又有对下层的散热,处于动态平衡状态;7:00—9:00 温度变化不大,说明此层次既有从下层的吸热过程又有对上层的散热过程,处于动态平衡状态,9:00—17:00 是升温阶段,19:00—7:00 是降温阶段。

5 月 18—24 日各个处理日最高地温规律不明显,而日最低地温前段时期比后段时期低,随着天数增加(土壤含水量逐渐减少),日最低地温逐渐增加。这是因为前段时期土壤含水量较高,增大了土壤热容量,加深了土壤颜色,因此在夜间深色土壤的辐射和冷却均高于浅色土壤。这种规律在 0~10 cm 土层最为明显。随着土层深度的增加,日最高地温有减小的趋势,而日最低地温有增大的趋势,且随着土层深度增加,增温幅度逐渐减小,随着天数增加(土壤含水量逐渐减少),日最低地温随土层增幅也有大致减小的趋势。

日最高地温的波动要比日最低地温的波动大得多,这是因为下层日最高地温要比上层日最高地温要小,但日最低地温却是下层比上层大,这样使日温差较小。随着土层深度增加,地温位相(日最高地温和日最低地温出现的时间)逐渐滞后,滞后时间大致上与深度成正比。

5 cm 深度土层在全天 1/3 时段处于蓄热阶段,2/3 时段处于放热阶段,而到 25 cm 深度时,土层在全天 1/2 时段处于蓄热阶段,1/2 时段处于放热阶段,这表明随着深度增加,蓄热时间变长,散热时间缩短,蓄放热时间随深度增加依次滞后,且强度小。

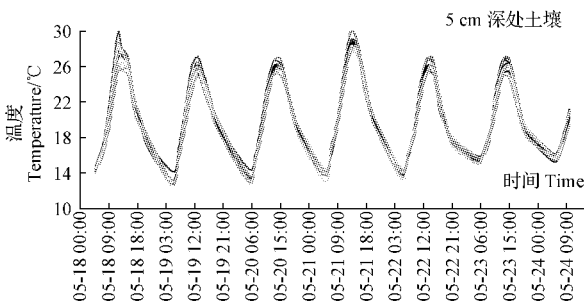


图1-a 5 cm深处土壤温度随时间的变化

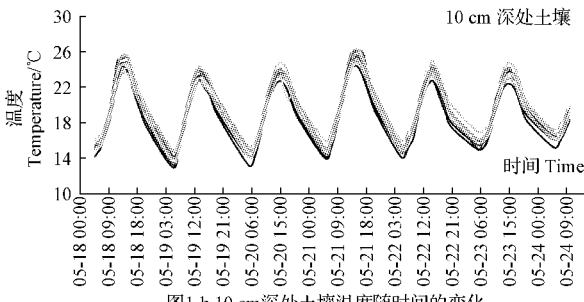


图1-b 10 cm深处土壤温度随时间的变化

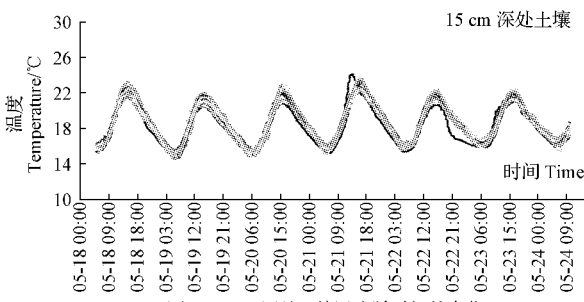


图1-c 15 cm深处土壤温度随时间的变化

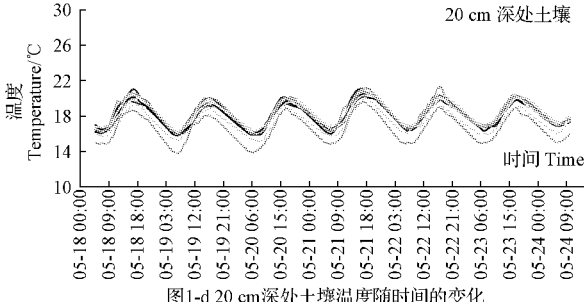


图1-d 20 cm深处土壤温度随时间的变化

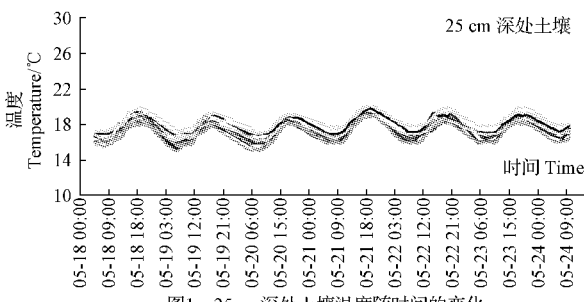


图1-e 25 cm深处土壤温度随时间的变化

图1 各土层地温随时间的变化

Fig.1 Changes of ground temperature at different soil depths along with time

表3 不同日期、不同层次的日最高地温平均值

Table 3 Average daily maximum ground temperature of different dates and soil layers

土层	5月18日	5月19日	5月20日	5月21日	5月22日	5月23日
Soil layer/cm	May 18	May 19	May 20	May 21	May 22	May 23
5	27.6	25.8	25.9	28.4	26.1	26.0
10	24.6	23.4	23.6	25.4	23.8	23.7
15	22.3	21.3	21.7	23.0	21.7	21.7
20	19.9	19.3	19.6	20.5	20.0	19.9
25	18.8	18.3	18.3	19.3	18.8	18.8

注:只测定到24日10:00,因此未统计日最高地温。

表4 不同日期、不同层次的日最低地温平均值

Table 4 Average daily minimum ground temperature of different dates and soil layers

土层	5月18日	5月19日	5月20日	5月21日	5月22日	5月23日	5月24日
Soil layer /cm	May 18	May 19	May 20	May 21	May 22	May 23	May 24
5	14.6	13.1	13.5	14.0	14.0	15.5	15.9
10	15.2	14.0	14.4	15.0	15.1	15.9	16.3
15	15.9	15.1	15.4	15.8	16.0	16.4	16.6
20	16.2	15.8	15.8	16.3	16.5	16.6	16.8
25	16.4	16.1	16.0	16.5	16.7	16.7	16.8

2.2 地温随深度的变化

不同土层地温数据基本情况见表5。

表5 地温数据基本情况

Table 5 The basic characteristics of ground temperature

项目	5 cm 地温	10 cm 地温	15 cm 地温	20 cm 地温	25 cm 地温
Item	5 cm depth ground temperature	10 cm depth ground temperature	15 cm depth ground temperature	20 cm depth ground temperature	25 cm depth ground temperature
样本数 Valid	784.00	784.00	784.00	784.00	784.00
N 缺失值 Missing	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
平均值 Mean	20.70	19.80	19.00	18.00	17.40
标准误 Stdard error of mean	0.15	0.12	0.08	0.06	0.04
中数 Median	20.20	20.10	19.50	18.00	17.40
众数 Mode	20.00	19.00	21.00	17.00	18.00
标准差 Stdard deviation	4.21	3.23	2.35	1.56	1.08
方差 Variance	17.71	10.41	5.54	2.42	1.16
全距 Range	17.40	13.30	9.40	8.40	4.90
最小值 Minimum	12.50	13.00	14.70	13.80	15.10
最大值 Maximum	29.90	26.30	24.10	22.20	20.00
总和 Sum	16 246.50	15 560.10	14 932.30	13 943.30	13 686.70

从图2可以看出,地温的中位数大小顺序是5 cm (20.2℃)>10 cm (20.1℃)>15 cm (19.5℃)>20 cm (18.0℃)>25 cm (17.4℃),说明大棚内平均地温是随着深度增加而减小的;箱的上须表示的最高地温是5 cm (29.9℃)>10 cm (26.3℃)>15 cm (24.1℃)>20 cm (22.2℃)>25 cm (20.0℃),说明大棚内最高地温是也是随着深度增加而减小的;箱的下须表示的最低地温是5 cm (12.5℃)<10 cm (13.0℃)<20 cm (13.8℃)<15 cm (14.7℃)<25 cm (15.1℃),基本趋势是大棚内最低地温是随着深度增加而增加的;四分位间距(即 P75-P25)是5 cm

(7.2℃) > 10 cm (5.6℃) > 15 cm (4.1℃) > 20 cm (2.4℃) > 25 cm (1.6℃), 说明大棚内地温日振幅因受到环境因子影响产生的波动情况是随着深度增加而减小的, 表层土壤波动最大, 深层土壤波动较小。这与露地规律是一致的^[12]。

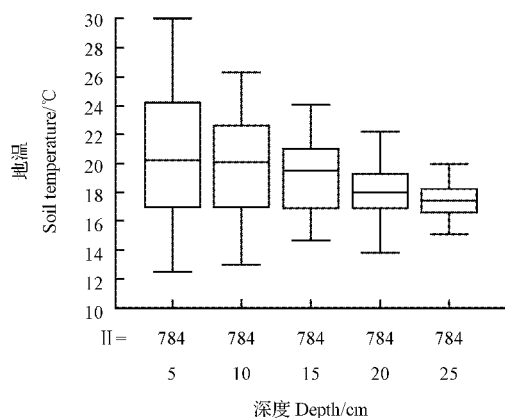


图2 不同土层深度地温的箱图

Fig. 2 Boxplots of ground temperature of different soil depth

3 结论

该试验结果表明, 不同深度土壤温度日变化为正弦曲线, 一天只有1个峰值1个谷值。日最高地温波动比

日最低地温的波动大。随着土壤深度增加, 蓄热时间变长, 散热时间缩短, 蓄放热时间随深度增加依次滞后, 且强度小。大棚内地温日振幅因受到环境因子影响产生的波动情况随着深度增加而减小。

参考文献

- [1] 姚贤良, 程云生. 土壤物理学[M]. 北京: 农业出版社, 1986.
- [2] 李毅, 邵明安, 王文焰, 等. 玉米田地温的时空变化特征及其预报[J]. 水利学报, 2003(1): 103-108.
- [3] 傅玮东, 刘绍民, 李银芳. 梭梭柴林地地温变化规律及与土壤湿度关系的探讨[J]. 干旱区研究, 1997, 14(1): 54-58.
- [4] 杨梅学, 姚檀栋, 丁永建, 等. 藏北高原土壤温度的日变化[J]. 环境科学, 1999, 20(3): 5-8.
- [5] 刘万俊. 影响地温日极值的要素分析[J]. 四川气象, 2002, 82(4): 61-62.
- [6] 阿帕尔, 叶尔克江, 冯俊平. 昌吉市地温与气温关系初探[J]. 沙漠与绿洲气象, 2007, 1(3): 53-56.
- [7] 李国师, 谢士估. 日光温室地温变化规律与调控[J]. 安徽农业科学, 1995, 23(4): 369-370.
- [8] 白增森, 郭秀芳, 丁玉川, 等. 日光温室严冬季节气温与地温的变化特征[J]. 中国蔬菜, 1998(3): 31-32.
- [9] 王兴仁. 现代肥料试验设计[M]. 北京: 农业出版社, 1996: 96-95.
- [10] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 3版. 北京: 中国农业出版社, 2000: 25-114.
- [11] 李有, 董中强, 郑敬刚. 地-气温差的模拟与地温估算研究[J]. 中国农业气象, 2002, 23(3): 1-4.
- [12] 常征. 土壤温度的变化特点及其规律[J]. 油气储运, 1998, 8(3): 34-37.

Change of Ground Temperature with Time and Soil Depth Under the Condition of *Capsicum annuum* L. Cultivation in Protective Farmland

XIE Xiu-hong¹, LIANG Yun-jiang²

(1. College of Landscape Architecture, Changchun University, Changchun, Jilin 130022; 2. College of Agriculture, Yanbian University, Yanji, Jilin 133002)

Abstract: Taking protective farmland cultivated with *Capsicum annuum* L. as research object, changes of ground temperature with time and depth of soil in protective farmland derived from dark brown forest soil was investigated. The results showed that the diurnal variation of soil temperature at different depths presented the sine curve, fluctuation of daily maximum ground temperature was large than fluctuation of daily minimum ground temperature. With the increase of soil depth, thermal storage time became longer, thermal loss time became shorter, times of heat storage and loss with soil depth were lagged, and the strength was small. The daily amplitude of fluctuation of ground temperature affected by environment factors decreased with soil depth in protective farmland.

Keywords: *Capsicum annuum* L.; protective farmland; ground temperature; dark brown forest soil