

# 黄瓜地面覆盖对日光温室土壤温度变化的影响

朱秋颖 李振东 尚玲玲 曹 玲 王 倩\*

( 中国农业大学农学与生物技术学院, 北京 100193 )

**摘 要:** 以地膜和小麦秸秆为覆盖材料, 研究了黄瓜地面覆盖对日光温室土壤温度变化的影响。结果表明, 地面覆盖可以提高土壤温度, 地膜覆盖的效果大于秸秆覆盖, 覆盖效果随土层深度的增加而下降。地膜覆盖可以显著提高土壤平均温度, 且对最低温度的提高作用大于最高温度; 秸秆覆盖延缓了土壤温度变化的速度, 对土壤增温作用小, 且土壤最高温度低于对照而最低温度高于对照, 温差最小, 土壤温度保持相对稳定状态。因此, 秸秆覆盖作用更为稳定, 更具有推广价值。

**关键词:** 地面覆盖; 日光温室; 黄瓜; 土壤温度

中图分类号: S642.2 文献标识码: A 文章编号: 1000-6346 ( 2012 ) 22-0041-06

## Effects of Soil Surface Mulching on Cucumber Soil Temperature in Solar Greenhouse

ZHU Qiu-ying, LI Zhen-dong, SHANG Ling-ling, CAO Ling, WANG Qian\*

( College of Agronomy and Biotechnology, China Agricultural University, Beijing 100193, China )

**Abstract:** The effects of different soil surface mulching on soil temperature during cucumber ( *Cucumis sativus* L. ) cultivation in solar greenhouse has been studied. The results showed that soil surface mulching increased soil temperature. The effects of plastic film mulching were better than wheat straw mulching. The mulching effect decreased along with the increase of soil layer deepening. The plastic film mulching could significantly increase the average soil temperature. Its function on raising the minimum soil temperature was greater than enhancing the maximum soil temperature. Wheat straw mulching could slow down the changing speed of soil temperature and had little effect on increasing soil temperature. And its maximum soil temperature was lower than CK and minimum soil temperature was higher than CK. It had very limited differences in soil temperature, thus made the soil temperature quite stable. Therefore, the role of wheat straw mulching was more stable and worthwhile for extension.

**Key words:** Soil surface mulching; Solar greenhouse; Cucumber; Soil temperature

土壤温度是影响作物生长发育和土壤肥力的重要因素( Kim et al., 2007; Steenwerth & Belina, 2008 ), 对作物生长的影响有时甚至大于气温( 任志雨 等, 2003 )。在日光温室进行冬春反季节蔬菜栽培, 早春的低温是影响蔬菜安全生产的重要因素, 而较高的地温不仅能保证蔬菜正常生

收稿日期: 2012-03-26; 接受日期: 2012-04-28

基金项目: 国家科技支撑计划项目 ( 2011BAD12B03 ), 现代农业产业技术体系北京市叶菜类蔬菜创新项目(2069999)

作者简介: 朱秋颖, 硕士研究生, 专业方向: 蔬菜栽培与分子生物学, E-mail: zhuqiuying1020@126.com

\* 通讯作者 ( Corresponding author ): 王倩, 教授, 博士生导师, 专业方向: 蔬菜栽培生理, E-mail: wangq@cau.edu.cn

《中国蔬菜》学术论文下载 [www.cnveg.or](http://www.cnveg.or)

长,甚至可使蔬菜在“逆温”的条件下避免低温的危害(张福墁,2001)。地面覆盖是提高土壤温度的重要措施之一,地膜、秸秆是应用最普遍的覆盖材料,其对日光温室蔬菜生产的节水、保温、增产作用已有较多的研究(翟胜等,2005;李振东等,2009;吴兴等,2011),但对日光温室土壤温度变化的研究很少。因此,随着日光温室面积的增加,有必要对地面覆盖对日光温室土壤温度变化的影响进行深入研究,特别是寒冷天气条件下地面覆盖对土壤温度变化影响的研究,对避免低温危害、保证蔬菜生产安全具有重要意义。

## 1 材料与方法

试验于2008年在北京市顺义区绿奥蔬菜合作社日光温室内进行,分冬春茬(2~6月)和秋冬茬(9~12月)两茬进行。供试黄瓜品种为津育5号,穴盘育苗,三叶一心时定植,定植密度 $51\,300\text{株}\cdot\text{hm}^{-2}$ 。缓苗后全田覆盖地膜(0.008 mm普通地膜)、小麦秸秆(5 cm段,覆盖量 $7\,500\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ ),以裸地为对照。每处理小区面积 $40.56\text{m}^2$ ,3次重复,随机排列,各处理间50 cm土层用塑料薄膜隔离。黄瓜植株自伸蔓至拉秧,用T型(铜-铜镍)热电偶测定10、20 cm处土壤温度,美国AIR5型数据采集仪自动采集记录土层温度。取整点数据分析土壤温度日变化、平均温度及温差、各生育期平均温度及温差的变化。

## 2 结果与分析

### 2.1 地面覆盖对不同天气土壤温度变化的影响

由于晴天与多云天气、雨雪天气与阴天土壤温度变化相似(赵统利等,2008),本试验选择典型晴天和典型阴天研究地面覆盖对土壤温度变化的影响。图1为3月26~30日土壤温度变化,以8:00作为每天的起点。

3月26~27日为晴天,8:00~17:00室内平均光量子通量密度分别为557、569  $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 。土壤温度日变化表现为正弦状,其中地膜覆盖土壤温度最高,秸秆覆盖略高于对照;随土壤深度增加,温度降低,位相明显落后。10 cm土层,26、27日地膜覆盖2 d土壤日平均温度分别比对照高1.7℃和1.6℃,峰值比对照高1.3、1.4℃,谷值比对照高2.6、1.8℃,位相与对照相同;26、27日秸秆覆盖2 d土壤日平均温度比对照增加0.03、0.33℃,峰值比对照降低0.7、0.1℃,谷值比对照高1.1、0.7℃,峰值位相与对照相同,谷值比对照提前1 h。20 cm土层,26、27日地膜覆盖2 d土壤日平均温度分别比对照高2.8℃和3.3℃,峰值比对照高0.7℃和0.8℃,谷值比对照高2.0℃和1.8℃,位相与对照相同;26、27日秸秆覆盖2 d土壤日平均温度比对照高1.3℃和3.6℃,峰值比对照低1.1℃和0.8℃,谷值比对照高0.9℃和0.5℃,位相均延后1 h(图1)。

3月28~29日为阴天,8:00~17:00室内平均光量子通量密度分别为55、60  $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 。土壤温度持续下降,其中地膜覆盖土壤温度最高、温度下降速度小于对照,秸秆覆盖土壤温度高于对照、温度下降最慢,对照土壤温度最低、温度下降最快;随土壤深度增加,各处理土壤温度升高,下降速度减小。10 cm土层,28、29日地膜覆盖2 d土壤日平均温度均比对照高1.5℃,秸秆覆盖比对照高0.8℃和1.2℃;各处理由28日8:00最高温度持续下降至30日8:00最低温度,对照、秸秆覆盖、地膜覆盖土壤温度分别由18.5、19.3、20.0℃降至14.7、16.1、16.2℃,分别下降3.8、3.2、3.8℃。20 cm土层,各处理温度高于10 cm土层,28、29日地膜覆盖2 d土壤日平均温度分别比对照高1.6℃和1.8℃,秸秆覆盖比对照高0.6℃和1.2℃;自28日8:00至30日8:00对照、秸秆覆盖、地膜覆盖土壤温度由19.0、19.5、20.6℃降至15.6、17.0、17.4℃,分别下降3.4、2.5、3.2℃(图1)。

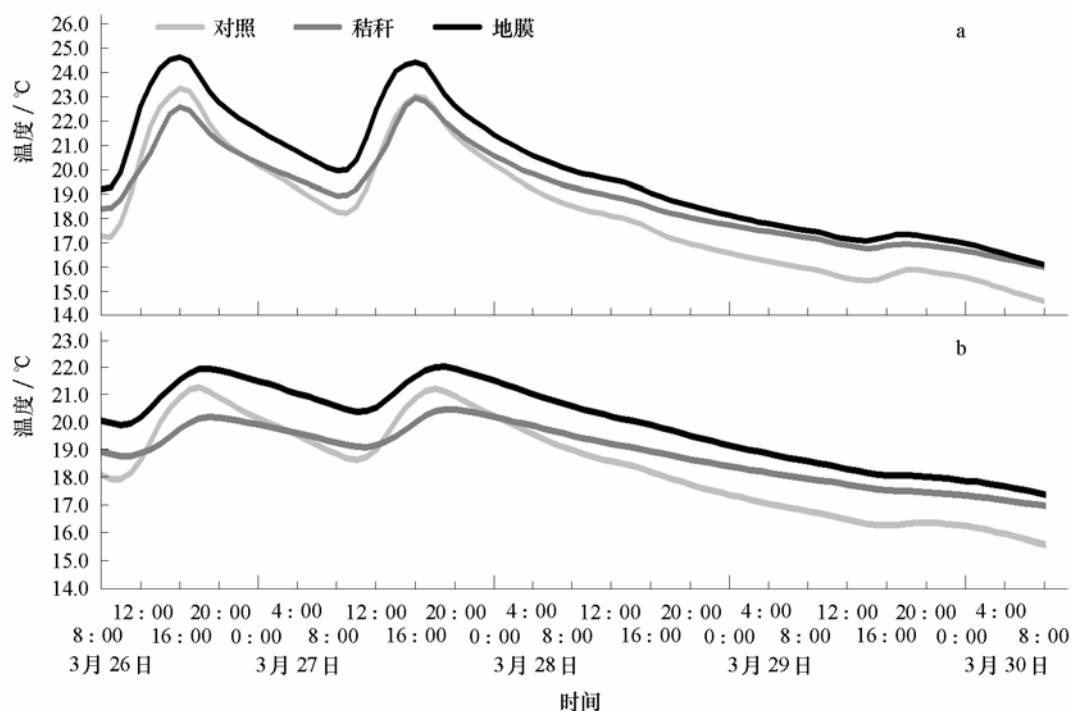


图1 3月26~30日地面覆盖对土壤温度变化的影响

a, 10 cm 土层; b, 20 cm 土层。

## 2.2 地面覆盖对土壤温度日变化的影响

冬春茬生育期土壤平均温度日变化(图2)与晴天日变化相似,表现为正弦状。10 cm 土层,地膜覆盖土壤平均温度比对照高 1.5 °C,峰值和谷值分别比对照高 1.3 °C 和 1.5 °C,振幅减少 0.2 °C,位相与对照相同;秸秆覆盖土壤平均温度比对照高 0.1 °C,峰值比对照低 0.7 °C,谷值比对照高

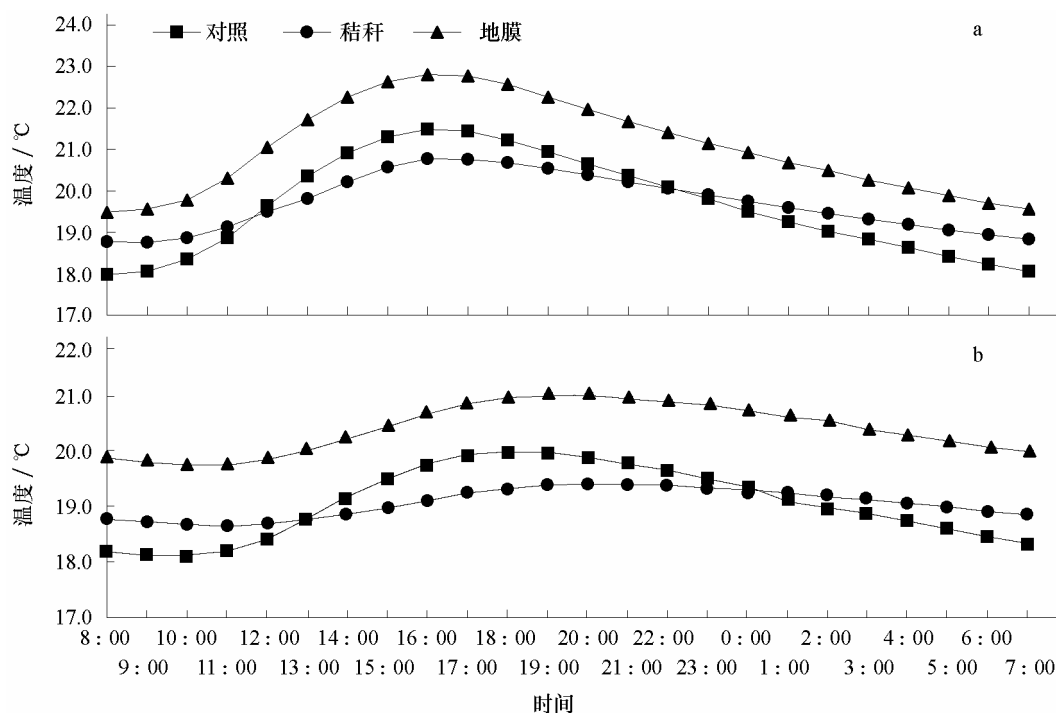


图2 地面覆盖对土壤温度日变化的影响

a, 10 cm 土层; b, 20 cm 土层。

0.8 ℃, 振幅减少 1.5 ℃, 峰值位相与对照相同, 谷值延后 1 h。

20 cm 土层土壤平均温度变化趋势与 10 cm 土层相似, 但温度下降, 峰值降低、谷值升高, 振幅缩小, 位相延后。地膜覆盖土壤平均温度峰值、谷值比对照升高 1.1 ℃和 1.7 ℃, 振幅减少 0.6 ℃, 位相延后 1 h; 秸秆覆盖土壤平均温度的峰值比对照下降 0.6 ℃, 谷值升高 0.6 ℃, 振幅减少 1.2 ℃, 位相延后 2 h (图 2)。

### 2.3 地面覆盖对土壤日平均温度变化的影响

由图 3 可以看出, 日光温室的土壤日平均温度变化表现为“U”型趋势, 3 月 7~16 日平均温度逐渐下降, 3 月 17 日至 5 月 19 日保持在一个相对平稳的水平, 5 月 20 日以后又逐渐上升。地膜覆盖全生育期日平均温度均高于对照和秸秆覆盖; 秸秆覆盖土壤日平均温度 3 月 17 日至 5 月 19 日高于对照, 3 月 16 日以前和 5 月 20 日之后低于对照, 表现出温度高时降温、温度低时增温的双重作用。10 cm 土层, 地膜覆盖土壤日平均温度为 17.7~26.0 ℃, 变幅 8.3 ℃; 秸秆覆盖在 17.1~20.2 ℃, 变幅 3.1 ℃; 对照土壤平均温度为 15.9~23.5 ℃, 变幅 7.6 ℃。各处理的最低温度和最高温度均出现在 3 月 29 日和 6 月 10 日。

20 cm 土层, 地膜覆盖土壤日平均温度最高, 为 17.8~25.0 ℃, 变幅 7.2 ℃; 秸秆覆盖略高于对照, 为 17.6~21.4 ℃, 变幅 3.8 ℃; 对照为 16.6~22.7 ℃, 变幅 6.1 ℃。地膜覆盖、秸秆覆盖和对照土壤日平均最高温度均出现在 6 月 11 日, 最低温度则分别出现在 5 月 12 日、3 月 30 日和 3 月 29 日 (图 3)。

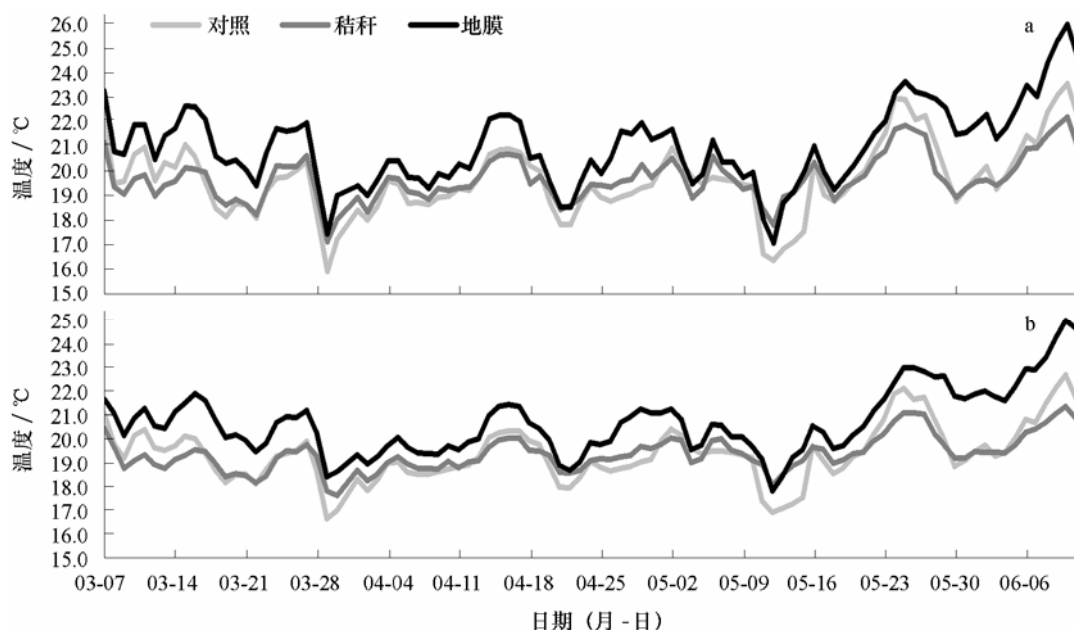


图 3 地面覆盖对土壤日平均温度变化的影响

a, 10 cm 土层; b, 20 cm 土层。

### 2.4 地面覆盖对土壤日温差变化的影响

土壤日温差指土壤日最高温度与最低温度的差值。由图 4 可以看出, 10 cm 土层土壤日温差大于 20 cm 土层, 各处理温差大小变化不同步。10 cm 土层土壤日温差, 地膜覆盖温差变化范围为 1.1~8.3 ℃, 变幅 7.2 ℃; 秸秆覆盖为 0.8~5.5 ℃, 变幅 4.7 ℃; 对照为 1.1~7.8 ℃, 变幅 6.7 ℃; 土壤最大、最小日温差出现时间, 地膜覆盖为 3 月 7 日和 4 月 8 日, 秸秆覆盖为 5 月 28 日和 4 月 8 日, 对照为 5 月 13 日和 3 月 29 日。

20 cm 土层土壤日温差, 对照最大, 地膜覆盖居中, 秸秆覆盖最小。对照日温差为 0.8~4.5 ℃,

变幅 3.7 ℃; 地膜覆盖 0.7~3.1 ℃, 变幅 2.4 ℃; 秸秆覆盖为 0.3~2.2 ℃, 变幅 1.9 ℃; 土壤最大、最小日温差出现时间, 对照为 5 月 13 日和 4 月 6 日, 地膜覆盖为 3 月 7 日和 4 月 19 日, 秸秆覆盖为 5 月 20 日和 6 月 11 日 (图 4)。

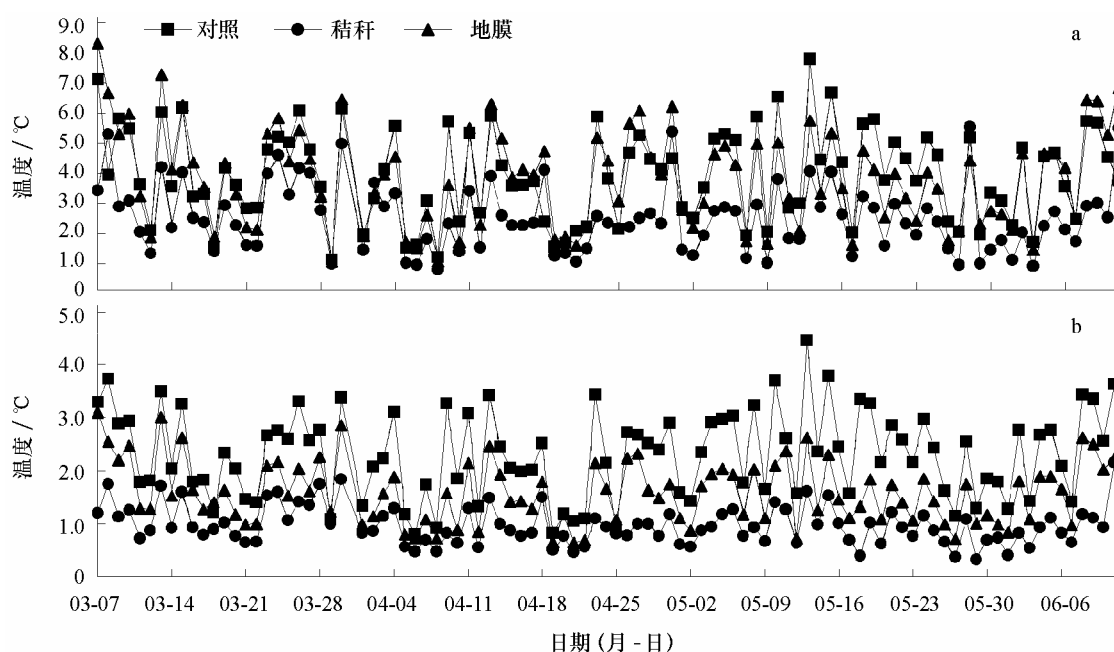


图 4 地面覆盖对土壤日温差变化的影响

a, 10 cm 土层; b, 20 cm 土层。

## 2.5 地面覆盖对黄瓜各生育期土壤平均温度和温差的影响

由于黄瓜育苗移栽, 地面覆盖主要对黄瓜抽蔓期、结果期土壤温度产生影响。由表 1 可知, 各生育期土壤平均温度变化与日平均温度变化相似, 表现出“U”型变化趋势, 抽蔓期温度较高, 结果初期温度下降, 结果盛期缓慢上升, 在结果末期达到最高并超过抽蔓期。地膜覆盖土壤温度最高, 秸秆覆盖抽蔓期和结果末期低于对照, 结果初期和结果盛期高于对照。

各处理生育期土壤温差均表现为下降趋势, 因覆盖材料、土层深度不同而不同。10 cm 土层, 地膜覆盖黄瓜抽蔓期温差最大, 结果初期下降后保持平稳; 对照次之, 表现为波浪状下降, 降幅小于地膜覆盖; 秸秆覆盖温差最小, 直线下降, 降幅低于对照。20 cm 土层黄瓜生育期温差小于 10 cm, 对照温差最大, 地膜覆盖次之, 秸秆覆盖最小。对照、地膜覆盖温差变化趋势与 10 cm 土层相似, 秸秆覆盖抽蔓期、结果初期温差相同, 结果盛期、结果末期相同并低于生育前期 (表 1)。

表 1 地面覆盖对日光温室冬春茬黄瓜各生育期土壤平均温度和温差的影响

		土壤平均温度和温差的影响					℃
温度	土层	处理	抽蔓期	结果初期	结果盛期	结果末期	
平均温度	10 cm	CK	20.7	19.0	19.5	21.3	
		秸秆	19.5	19.3	19.8	20.7	
		地膜	21.4	20.3	20.4	23.5	
	20 cm	CK	19.5	18.7	19.3	20.8	
		秸秆	19.1	18.9	19.5	20.3	
		地膜	20.9	19.9	20.3	23.1	
平均温差	10 cm	CK	4.2	3.8	4.1	3.6	
		秸秆	2.8	2.7	2.4	2.3	
		地膜	4.6	3.7	3.7	3.8	
	20 cm	CK	2.4	2.2	2.4	2.2	
		秸秆	1.1	1.1	0.9	0.9	
		地膜	1.9	1.5	1.5	1.5	

## 3 结论与讨论

在日光温室内, 土壤表面每天都进行着剧烈的热量交换活动, 白天空气温度高于地温, 热

量通过传导逐渐提高土壤温度;夜间气温低于地温,地面释放热量提高地表之上的气温。地面覆盖改变了土壤地表状态,进而影响了土壤的热流状况。覆盖材料对土壤增温、保温作用因透光性、密封性不同而异。地膜透光性、密封性强,覆盖后隔绝土壤与外界的水分交换,抑制潜热和显热交换,削弱膜下长波反辐射,使夜间温度下降减缓,提高土壤温度(王树森和邓根之,1991)。作物秸秆透光性差、质地疏松,秸秆覆盖在地表形成一层土壤与大气热交换的阻碍层,既可以阻止太阳直接辐射,也可以减少土壤热量向大气散失,同时还可以有效地反射长波辐射,使土壤温度年日变化均趋缓和(陈素英等,2005;陈继康等,2009)。秸秆覆盖低温时表现“增温效应”,高温时表现“降温效应”,这种双重效应对作物生长十分有利,能有效地缓解气温剧烈变化对作物的伤害(张伟等,2006;杨书运和江昌俊,2010;董广平等,2011)。本试验结果与前人研究结果(翟胜等,2005;吴兴等,2011)相似(秋冬茬与冬春茬结果相似,故未列出),地膜覆盖能显著提高土壤温度,比对照增加1.5℃;秸秆覆盖土壤温度略高于对照,仅比对照增加0.1℃,其日最高温度甚至低于裸地对照,但最低温度显著高于对照,缩小土壤日温差、生育期温差,使土壤温度保持相对平稳。虽然秸秆覆盖增温效果甚小,但长期定位试验结果表明,秸秆覆盖可以有效调节土壤水、肥、气、热、微生物条件,促进作物生长发育、提高产量,生态、社会和经济效益显著,具有极高的推广价值(薛少平等,2002;吴婕等,2006;吴涌泉等,2009)。

地面覆盖材料在实际应用中多以对土壤平均温度变化的影响衡量其增温、保温性能,但平均温度因忽略了覆盖材料在有重要影响的极端典型天气条件下的作用而不够全面。因此仅以平均温度来衡量覆盖材料的增温保温性能意义不大。与以往研究采用大尺度时间平均温度相比,本试验将温度日变化、日平均温度、温差与大尺度时间平均值结合起来评价覆盖材料的增温保温性能,所得结果更具意义。

#### 参考文献

- 陈继康,张宇,陈军胜,陈阜,张海林. 2009. 不同耕作方式麦田土壤温度及其对气温的响应特征——土壤温度特征及热特性. 中国农业科学, 42(8): 2747–2753.
- 陈素英,张喜英,裴冬,孙宏勇. 2005. 玉米秸秆覆盖对麦田土壤温度和土壤蒸发的影响. 农业工程学报, 21(10): 171–173.
- 董广平,卢俊,高祥武,董坤,尹惠琴,陈王东,彭磊. 2011. 稻草覆盖对云南高原魔芋地温时空变化的影响. 亚热带植物科学, 40(2): 24–26.
- 李振东,王树忠,王倩. 2009. 地面覆盖对日光温室黄瓜地温、耗水量和产量的影响. 华北农学报, 24(s): 312–315.
- 任志雨,王秀峰,魏珉. 2003. 不同根区温度对黄瓜幼苗生长及光合参数的影响. 山东农业大学学报, 34(1): 64–67.
- 王树森,邓根之. 1991. 地膜覆盖增温机制的研究. 中国农业科学, 24(3): 74–78.
- 吴婕,朱钟麟,郑家国,姜心禄. 2006. 秸秆覆盖还田对土壤理化性质及作物产量的影响. 西南农业学报, 19(2): 192–195.
- 吴兴,梁银丽,郝旺林,罗安荣,彭强,陈晨. 2011. 覆盖方式对温室辣椒结果期生长和水分利用的影响. 中国生态农业学报, 19(1): 54–58.
- 吴涌泉,屈明,孙芬,陈祖富. 2009. 秸秆覆盖对土壤理化性状、微生物及生态环境的影响. 中国农学通报, 25(14): 263–268.
- 薛少平,朱琳,姚万生,韩文霆. 2002. 麦草覆盖与地膜覆盖对旱地可持续利用的影响. 农业工程学报, 18(6): 71–73.
- 杨书运,江昌俊. 2010. 稻草和地膜覆盖对冬季茶园保温增温作用的研究. 中国生态农业学报, 18(2): 327–333.
- 张福漫. 2001. 设施园艺学. 北京: 中国农业大学出版社.
- 赵统利,朱朋波,邵小斌,陈翠竹,刘兴满. 2008. 4种天气条件下日光温室主要环境因子的日变化比较. 江苏农业科学, (2): 217–220.
- 张伟,汪春,梁远,李玉清. 2006. 残茬覆盖对寒地旱作区土壤温度的影响. 农业工程学报, 22(5): 70–73.
- 翟胜,梁银丽,王巨媛. 2005. 日光温室地面覆盖对嫁接与未嫁接黄瓜生长发育、产量及土壤环境的影响. 应用生态学报, 16(12): 2344–2348.
- Kim S H, Gitz D C, Sicher R C, Baker J T, Timlin D J, Reddy V R. 2007. Temperature dependence of growth, development, and photosynthesis in maize under elevated CO<sub>2</sub>. Environmental and Experimental Botany, 61: 224–236.
- Steenwerth K, Belina K M. 2008. Cover crops enhance soil organic matter, carbon dynamics and microbiological function in a vineyard agroecosystem. Applied Soil Ecology, 40: 359–369.