

覆膜加麦麸太阳能消毒对土壤温度及番茄生长状况的影响

张燕丽¹, 李建设¹, 史娟^{1,2}

(1. 宁夏大学 农学院, 宁夏 银川 750021; 2. 西北退化生态系统恢复与重建教育部重点实验室, 宁夏 银川 750021)

摘要:以番茄幼苗“欧耶”为试材,研究了宁夏地区覆膜加麦麸太阳能消毒处理对土壤日平均温度、日温差、日最高温度、高温持续时间及番茄发病率、产量的影响。结果表明:利用覆膜加麦麸太阳能消毒可显著提高土壤温度,明显降低番茄枯萎病发病率,提高番茄产量;覆膜加麦麸可显著提高土壤日平均温度和日最高温度,其中 10、20、30 cm 土壤日最高温度分别达到 56.9、49.2、44.8℃,较 CK 分别提高 10.5、8.6、6.4℃;增大了土壤日温差,其中 0~20 cm 土层日温差差异显著;不同土层土壤温度超过 40℃的天数百分比较 CK 显著增加;番茄枯萎病的发病率降低了 9.53%,平均 667 m² 产量增加了 679.4 kg,且差异均显著。

关键词:土壤温度;太阳能消毒;覆膜+麦麸;番茄

中图分类号:S 641.2 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2014)02-0049-04

近年来随着保护地蔬菜的大面积种植以及连作年限的延长,日光温室蔬菜生产中出现的土传病害已成为影响温室蔬菜产量与品质的突出问题^[1]。番茄是设施栽培中重要的蔬菜作物之一,其连作会导致土壤退化,土传病害加重,产量和品质下降等问题^[2]。加之菜农不能科学地处理连作障碍而频繁地使用高毒、残留期长的农药进行防治,造成生态环境及蔬菜产品的严重污染^[3]。因此,寻求环境友好的防治方法已成为许多国家的研究目标之一。

目前,太阳能消毒作为一种环境友好的防治技术在国内外引起广泛重视,Mc Govern 等^[4]研究了使用双层透明覆盖膜进行太阳能消毒对凤仙花病原菌和根结线虫的防控效果;Nico 等^[5]研究了太阳能消毒对西班牙地区橄榄树根结线虫的防治效果;李林等^[6]研究了氰氨化钙-太阳能联合消毒对蔬菜根结线虫的防治效果;侯茂林^[7]研究了太阳能消毒添加石灰氮和有机物对根结线虫的控制效果。

目前,国内虽然有关利用太阳能进行土壤消毒的报道较多,但对处理过程中土壤温度变化情况及处理效果的报道较少。由于太阳能消毒的原理是利用高温直接

或间接杀死病菌^[8],因此,处理期间的土壤温度变化就成为衡量消毒效果的重要指标之一。同时,作物产量的变化也是太阳能消毒效果的重要考量对象。现以番茄幼苗“欧耶”为试材,研究了覆膜加麦麸太阳能消毒对土壤温度及番茄生长状况的影响,以期宁夏贺兰山地区广泛应用太阳能消毒技术提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验在宁夏银川市贺兰县金贵镇宝南二队的设施温棚中进行。该地位于贺兰县南部,年均气温 9.7℃,年降水量 138.8 mm,年均日照时数 2 935.5 h。试验棚建于 2003 年,东西走向,长 70 m、宽 6 m,连作番茄,并于 2012 年 6 月底拉秧。

1.2 试验材料

供试番茄幼苗品种为“欧耶”;透明塑料薄膜;纽扣式自动温度记录仪(型号 DS1992L),美国 Maxim 公司。

1.3 试验方法

太阳能消毒试验于 2012 年 7 月 6~26 日进行。试验地长 75 m、宽 6 m,在 6 月底至 7 月初设施作物拉秧后翻地、灌大水,3 d 后取一半试验田面积(37.5 m×6 m),先均匀撒施麦麸(撒施量为 1 kg/m²),再进行 2~3 次 15~20 cm 深翻、灌大水(用手抓土,一捏从手指缝滴水),用塑料薄膜盖严地面,为防止热量损失,薄膜四周以土压实;另一半试验地(37.5 m×6 m)不覆盖,以不种植任何作物为对照(CK)。将纽扣式温度记录仪,分别放置在 CK 和处理组的 10、20、30 cm 土层中,同时在地表

第一作者简介:张燕丽(1988-),女,硕士研究生,研究方向为草原保护。E-mail:ylgogogo@163.com.

责任作者:史娟(1964-),女,博士,教授,研究方向为园艺作物病虫害防治理论基础与应用技术。E-mail:shijuan0@163.com.

基金项目:国家星火计划资助项目(2011GA880001)。

收稿日期:2013-10-24

裸放1个。以2 h/d为一个时间段自动进行温度记录。CK与处理均在同一个温棚内同时密闭设施20 d之后放风,除去地面的地膜,再翻耕一遍。较CK日平均增温是指处理的日平均温度与CK日平均温度的差值;随机选择太阳能消毒期间某3 d记录的温度,计算其日温差,即全天内最高温度与最低温度的差值。

消毒效果试验于2012年7月底至2013年1月进行,田块与消毒试验一致。处理和CK设3次重复,每个小区长12.5 m、宽6 m,面积75 m²。于2012年7月27日将育好的番茄苗移栽温棚中,生长后期调查番茄枯萎病发病率及产量。

2 结果与分析

2.1 土壤覆膜+麦麸太阳能消毒处理对不同土层平均温度日变化的影响

从图1可以看出,经覆膜+麦麸太阳能消毒处理,不同土层温度随昼夜时间呈现出自身特有的变化规律。土壤表层温度7:00后开始迅速升温,至13:00达到最高值61.9℃,此后开始下降,至19:00时为43.2℃,而在21:00(36.3℃)至凌晨5:00(27.3℃)阶段低于土壤温度。不同土层达到最高温度的时刻随土壤深度的增加逐次滞后2 h,10 cm土层17:00达到最高,为51.2℃,20 cm土层19:00达到最高,为45.2℃,30 cm土层21:00达到最高,为40.9℃。凌晨1:00 3个土层温度基本趋于一致,分别为41.2、41.1、39.0℃。凌晨5:00 3个土层由

浅到深的温度依次达38.1、38.9、37.9℃,20 cm土层温度略高于10 cm和30 cm土层温度,但三者均高于土表温度。表明太阳能消毒添加麦麸和覆膜会影响土壤温度,且10 cm土层受环境温度变化的影响最大。

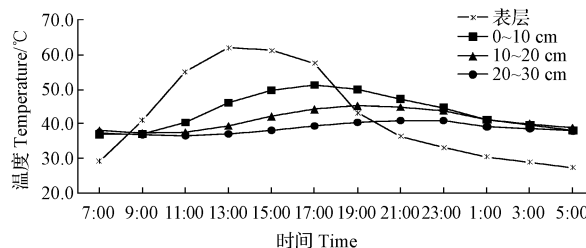


图1 覆膜+麦麸处理的不同土层平均温度日变化

Fig.1 Daily change of the soil average temperature under plastic-film+mulching and wheat bran

2.2 土壤覆膜+麦麸太阳能消毒处理对不同土层的增温效果

由表1可知,覆膜+麦麸处理后地温明显较CK高,10、20、30 cm土层的平均温度分别在17:00、19:00、23:00时与CK达到最大的差值,为6.7、5.3、4.0℃。即温度的差值随着土层的加深而降低,且土层越深,达到最大差值的时间越往后推。由表1可知,覆膜+麦麸的10、20、30 cm土壤日平均温度分别较CK增加了5.2、4.5、3.6℃。

表1 覆膜+麦麸对不同土层平均温度的增温效果

Table 1 The effect of average temperature increase in different layers under plastic-film mulching+wheat bran

土层 Layer/cm	较CK平均增温 Average soil temperature compared with CK/℃												较CK日均增温 Daily average temperature compared with CK/℃	
	1:00	3:00	5:00	7:00	9:00	11:00	13:00	15:00	17:00	19:00	21:00	23:00		
10	4.6	4.4	4.2	4.1	4.1	4.7	5.8	6.4	6.7	6.4	6.0	5.5	5.2	
20	4.4	4.3	4.1	4.0	3.9	3.9	4.2	4.6	5.0	5.3	5.2	5.1	4.5	
30	3.5	3.5	3.4	3.4	3.4	3.4	3.4	3.6	3.7	3.8	3.9	4.0	3.6	

2.3 土壤覆膜+麦麸对不同土层日温差的影响

从表2可以看出,日温差随土层的增加而降低。土壤经过覆膜+麦麸处理后不同土层的日温差均有大幅

度的增长,10、20、30 cm土层平均日温差分别达16.2、8.9、4.9℃,较CK依次增加了3.3、1.7、0.7℃。

表2 覆膜+麦麸对不同土层日温差的影响

Table 2 The effect of daily temperature range in different layers under plastic-film mulching+wheat bran

处理 Treatment	10 cm 日温差				20 cm 日温差				30 cm 日温差			
	Daily temperature range of 10 cm/℃				Daily temperature range of 20 cm/℃				Daily temperature range of 30 cm/℃			
	1	2	3	平均 Average	1	2	3	平均 Average	1	2	3	平均 Average
对照 CK	13.1	13.2	12.2	12.8 B	7.4	7.6	6.7	7.2 B	4.3	4.5	3.7	4.2 A
覆膜+麦麸 Plastic-film mulching+wheat bran	17.0	16.6	14.9	16.2 A	9.5	9.4	7.9	8.9 A	5.3	5.1	4.2	4.9 A
较CK的差值 The difference compared with CK	3.9	3.4	2.7	3.3	2.1	1.8	1.2	1.7	1.0	0.6	0.5	0.7

注:同一列中不同字母表示差异显著($P<0.05$)。表4同。

Note: Different letters in the same column mean significant difference ($P<0.05$). The same as Table 4.

2.4 土壤覆膜+麦麸对不同土层温度超过40℃天数百分数的影响

从表3可以看出,土壤覆膜+麦麸与CK土壤温度

超过40℃的天数有很大差异。覆膜+麦麸处理土壤温度超过40℃的时间显著增加,不仅体现在所占天数的百分比显著增加,其最高百分比达80%,还体现在全天

内超过 40℃ 的时刻较多,大多集中在 1:00~5:00 和 11:00~23:00,并且很大程度上也增加了 30 cm 土层超过 40℃ 天数百分比。覆膜+麦麸处理的 10、20、30 cm 最高土壤温度分别可达 56.9、49.2、44.8℃。CK 超过 40℃ 的时间大多集中在全天的 15:00~21:00,最高百分比达 60%且随着土层的加深达到 40℃ 的百分比显著下降,甚至在 30 cm 土层温度没有达到 40℃。

表 3 覆膜+麦麸超过 40℃ 的天数
占总天数的百分数和达到的最高温度

Table 3 Percentage of more than 40 degrees in the days of
the total number of days and maximum temperature under
plastic-film mulching+wheat bran

时间 Time	对照 CK/%			覆膜+麦麸 Plastic-film mulching+wheat bran / %		
	10 cm	20 cm	30 cm	10 cm	20 cm	30 cm
1:00	0	0	0	40	40	20
3:00	0	0	0	30	30	20
5:00	0	0	0	30	30	20
7:00	0	0	0	10	20	10
9:00	0	0	0	10	10	10
11:00	0	0	0	50	10	10
13:00	20	0	0	70	30	10
15:00	40	0	0	80	50	20
17:00	60	20	0	80	60	30
19:00	60	20	0	80	70	40
21:00	40	20	0	80	70	40
23:00	10	0	0	60	60	40
最高温度/℃	46.4	40.6	38.4	56.9	49.2	44.8

2.5 土壤覆膜+麦麸消毒处理对番茄枯萎病发病率及产量的影响

从图 2 可以看出,经过覆膜+麦麸消毒后番茄枯萎病发病率明显降低,处理组番茄枯萎病从 9 月 14 日开始发病较 CK 推迟了 14 d 后,持续增加到 1 月 12 日达最大发病率 3.96%,较 CK 降低了 3.77%。而从表 4 可以看出,经过覆膜+麦麸消毒后番茄产量显著增加,较 CK 667 m² 平均产量增加了 679.4 kg,且差异显著。

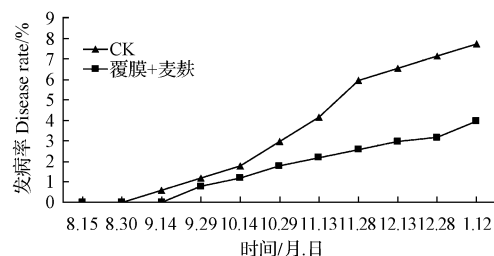


图 2 覆膜+麦麸对番茄枯萎病发病率的影响

Fig. 2 The effect of disease rate of tomato fusarium wilt under
plastic-film mulching+wheat bran

3 结论与讨论

太阳能消毒的理论基础是依据土传病原菌对高温的忍耐限度,因此,提高棚内土壤温度和延长高温持续

表 4 覆膜+麦麸对番茄产量的影响

Table 4 The effect of yield of tomato under
plastic-film mulching+wheat bran

处理 Treatment	小区产量 Yield/kg			小区平均产量 Average yield/kg	平均 667 m ² 产量 Average output per 667 m ² /kg
	I	II	III		
CK	260.35	264.73	264.74	263.27 A	9 808.6 A
覆膜+麦麸 Plastic-film mulching+wheat	274.58	287.63	287.03	283.08 B	10 488.0 B

时间,是决定防治效果高低的关键^[9]。该研究结果表明,在宁夏贺兰山地区进行太阳能消毒时若加入覆膜+麦麸的措施,可显著提高土壤日平均温度、日最高温度、日温差和土温超过 40℃ 天数的百分比,并且改变了土壤理化性质,使番茄枯萎病的发病率降低 3.77%,平均 667 m² 产量增加 679.4 kg,且差异显著。

利用太阳能消毒控制土传病害时,土壤日平均温度、日最高温度、日温差和高温持续时间均很重要^[10]。还有研究指出,波动的土壤温度较恒温可能更有利于提高太阳能的消毒效果^[11-12];Noto^[13] 在西班牙的研究表明,土壤温度需要提高到 34~46℃ 可达到较好的病害控制效果,另据 Cartia^[14] 在意大利的研究表明,当覆盖后的土壤温度达到 33~43℃ 时,能够较好地控制土传病害;侯茂林等^[15] 认为日温差增大可恶化线虫发育,进一步提高太阳能加热对根结线虫的抑制效果。该试验结果表明,覆膜+麦麸的太阳能消毒可使 10、20、30 cm 土壤日平均温度较 CK 分别增加了 5.2、4.5、3.6℃。最高温度可达到 56.9、49.2、44.8℃,这对根结线虫的生长发育极为不利。10、20、30 cm 土层平均日温差分别达 16.2、8.9、4.9℃,依次较 CK 增加了 3.3、1.7、0.7℃,差异显著,且日温差随着土层的增加而减小。以上结果与侯茂林等^[15] 和张明科等^[8] 的研究结果一致。

Seizo^[16] 研究表明,40℃ 周期性加热条件下,连续 5 d,每天 7 h,根结线虫发病率显著下降;Stapleton 等^[12] 研究发现,每天土壤消毒的温度在 44℃ 保持 100 min,并且持续 8 d,线虫数量可减少 90% 以上;另据 Seizo^[16] 的研究,在 35℃ 周期性加热条件下,每天受热 7 h,经过 10 d,种植作物的发病率显著下降,覆膜处理的 30 cm 土层温度全天内基本保持在 32~36℃,所以覆膜处理对 20~30 cm 土层内根结线虫产生控制效果。该试验结果还表明,覆膜+麦麸的太阳能消毒后土温超过 40℃ 的时间显著增加,不仅体现在所占天数的百分比显著增加,其最高百分比达 80%,还体现在全天内超过 40℃ 的时刻较多,大多集中在 1:00~5:00 和 11:00~23:00,并且很大程度上也增加了 30 cm 土层超 40℃ 天数百分比。

太阳能消毒技术是一项地域性要求很强的技术,其增温效果很大程度上取决于处理期间的气象条件。张

明科等^[8]在进行太阳能消毒对大白菜生长的研究中遇到的阴天较多,所以消毒效果试验中秋季种植的大白菜在前期生长受阻,三大病害发生轻微,处理与CK间无显著差异,这对评价太阳能消毒效果产生了一定影响。刘晓英等^[17]研究认为,虽然太阳能技术在国外某些地区如以色列^[18]、希腊^[19]已取得成功,但在山东惠民虽然各项指标表明温度有明显增长,但其太阳能消毒效果需结合处理区黄瓜生长发育状况及其发病情况进一步确定。该试验在日光温室中种植的作物是番茄,每年6~7月拉秧,7、8月休闲,且在宁夏贺兰山地区该时段处于夏季,日照时间充足,日平均温度高,大多为晴天少雨。可以利用这段时间进行太阳能加热消毒,达到抑制土壤中根结线虫的目的,且结果表明在此区域进行太阳能消毒可以明显降低番茄枯萎病的发生从而增加番茄产量。

参考文献

- [1] 李宝聚.我国蔬菜病害研究现状与展望[J].中国蔬菜,2006(1):125.
- [2] 吴凤芝,刘德,王东凯,等.大棚番茄不同连作年限对根系活力及其品质的影响[J].东北农业大学学报,1997,28(1):33-38.
- [3] 陈志杰,罗广祺,张淑莲.陕西设施蔬菜根结线虫(病)发生现状及环境友好型防治技术研究[J].陕西农业科学,2006(6):89-91.
- [4] Mc Govern R J, Mc Sorley R, Bell M L. Reduction of landscape pathogens in Florida by soil solarization[J]. Plant Disease, 2002, 86: 1388-1395.
- [5] Nico A I, Jimenez-Diaz R M, Castillo P. Solarization of soil in piles for the control of *Meloidogyne incognita* in olive nurseries in southern Spain[J]. Plant Pathology, 2003, 52(6): 770-778.
- [6] 李林,齐军山,李长松.氨基化钙-太阳能消毒土壤防治蔬菜根结线虫病研究[J].莱阳农学院学报,2004,21(20):122-124.
- [7] 侯茂林.添加石灰氮和有机物进行太阳能加热对温室土壤根结线虫和黄瓜的影响[J].中国生态农业学报,2008,16(1):75-79.
- [8] 张明科,张鲁刚,惠麦侠.透明膜覆盖土壤太阳能消毒及其对大白菜生长的影响[J].西北农林科技大学学报,2007,35(12):72-76.
- [9] 陈志杰,张锋,张淑莲,等.太阳能消毒对温室土壤环境效应及防治黄瓜根结线虫病效果[J].生态学报,2009,29(12):6664-6671.
- [10] 杜惠,漆永红,吕和平.太阳能消毒时不同处理方式对土壤温度的影响[J].北方园艺,2012(8):154-157.
- [11] Ki U K, Kim K C. Possibility of soil solarization in Korea[J]. Korean Journal of Plant Protection, 1985, 24(2): 107-114.
- [12] Stapleton J J, De Vay J E, Lear B. In vitro effect of ammonium phosphate fertilizer and soil heating on root galling of tomato (*Lycopersicon esculentum* cv. Early pak 7) by *Meloidogyne incognita* [J]. J Nematol, 1989 (12): 589.
- [13] Noto G. Soil solarization in greenhouse: Effects on tomato crop[J]. Acta Hort, 1994, 357: 237-242.
- [14] Cartia G. Soil solarization: experiments in Sicily[J]. Informare Fitopatologica, 1989, 39(5): 49-52.
- [15] 侯茂林,刘晓英.太阳能加热防治根结线虫时覆膜、土壤类型与有机物对土壤温度的影响[J].中国生态农业学报,2007,15(5):46-50.
- [16] Seizo H. Soil solarization in Japan [M]. Soil Solarization CRC, Boca Raton, FL, USA, 1991: 215-226.
- [17] 刘晓英,刘培军,马春森,等.利用黑塑膜覆盖进行太阳能消毒对土壤温度的影响[J].中国农业气象,2004,25(3):21-25.
- [18] Grinstein A, Ausher R. Soil solarization in Israel [M]. Soil Solarization CRC, Boca Raton, FL, USA, 1991: 193-204.
- [19] Tjamos A. Soil solarization in Greece [M]. Soil Solarization (eds Katan, Jaacov, DeVay, James E) Boca Raton: CRC Press, 1991: 205-214.

Effect of Solarization with Plastic-film Mulching and Wheat Bran on Soil Temperature and Growth of Tomato

ZHANG Yan-li¹, LI Jian-she¹, SHI Juan^{1,2}

(1. College of Agronomy, Ningxia University, Yinchuan, Ningxia 750021; 2. Key Lab for Restoration and Reconstruction of Degraded Eco-system in North-western China of Ministry of Education, Yinchuan, Ningxia 750021)

Abstract: Taking 'Ouye' tomato seedlings as experimental material, the effects of solarization with plastic-film mulching and wheat bran on daily average temperature, daily temperature range, maximum temperature and duration of high temperature of soil as well as the incidence and yield of tomato were studied in Ningxia region. The results showed that the use of film covering in addition with bran in soil solarization could significantly increase soil temperature which could significantly reduce the incidence of tomato blight and increase tomato yield. The soil daily average temperature and the daily maximum temperature were significantly increased in the condition of film covering in addition with bran. And the soil daily maximum temperature in the depth of 10, 20, 30 cm reached as high as 56.9, 49.2, 44.8°C with the amplification of 10.5, 8.6, 6.4°C respectively. It was also showed that the soil daily temperature range increased with the most effect in the soil below 20 cm; the percentage of the days when soil temperature were higher than 40°C was raised both in the soil with different depths. In a word, the soil solarization effect showed that the incidence of tomato blight reduced 9.53% and the average area 667 m² yield increased 679.4 kg.

Key words: soil temperature; solarization; plastic-film mulching + wheat bran; tomato