

地中隔热材料对温室土壤温度的影响

刘生财<sup>1</sup>,胡兆平<sup>2</sup>,于锡宏<sup>1</sup>

(1. 东北农业大学园艺学院, 哈尔滨 150030; 2. 黑龙江省伊春市农业技术推广中心 伊春 152500)

**摘 要:** 本试验以苯板、腐熟马粪、稻草为地中隔热材料, 通过测定各种材料不同厚度处理对 10 cm(厘米)地温的影响, 找出最佳地中隔热材料。结果表明, 3 cm(厘米)厚苯板作为隔热材料, 可以很好的阻止地中热传导, 有效地保证了土壤耕层温度。

**关键词:** 隔热材料; 日光温室; 地中热传导; 地温

**中图分类号:** S625. 5<sup>+</sup> 1 **文献标识码:** B **文章编号:** 1001—0009(2005)03— 0020— 02

黑龙江省地处高寒地区, 冬季极限地温过低, 土壤冻层深, 导致温室内土壤地中传热增加, 使温室内土温过低, 而造成节能日光温室冬季种植的作物生长速度缓慢, 产量降低, 品质变劣, 效益下降<sup>[1]</sup>。在严寒期间, 日光温室进行蔬菜栽培时, 特别应重视保持地温, 如 10 cm(厘米)地温低于12℃时, 果菜类植物根系生理活动受阻, 严重时会造成植株死亡。对于土壤地中热传导理论模型, 国内外已经作了大量研究, 其中陈发祖忽略覆盖物与地表间空气热交换, 建立了露地一维土壤热传导的数学模型<sup>[2]</sup>, 日本高仓直对于地下热交换温室进行了一维模型的研究<sup>[3]</sup>, 小仓佑幸对不加温温室的地中热量进行了测定<sup>[4]</sup>, 马承伟用数学物理方法描述了地下热交换温室的地温场变化<sup>[5]</sup>, 杨小光等用有限差分方法对日光温室的地温场做定量分析, 发现 0.4 m(米)界面土壤热通量全天都趋于零, 认为该层是日光温室土壤的绝热层, 如果在此层以下铺设马粪等有机酿热物, 可有效地提高铺设层以上土壤的温度<sup>[6]</sup>。但是, 地中埋设隔热材料的试验报道很少。苯板由于导热系数小, 热阻值大, 可以阻止土壤热量的向下传导, 增加土壤对太阳辐射能的贮藏, 腐熟马粪和稻草也具有阻止土壤热量的向下传导的性能, 使日光温室内耕层土壤温度适宜于作物植株根系的正常生长, 有效简便地提高太阳能利用率。本试验利用苯板、腐熟马粪、稻草 3 种不同的隔热层来研究不同厚度处理对 10 cm(厘米)地温的影响, 找出最佳地中隔热材料, 为生产实践提供理论依据。

1 试验材料和方法

1.1 材料

本试验于 2003 年 12 月~2004 年 1 月在东北农业大学园艺站日光温室内进行。地中隔热材料为苯板、腐熟马粪和稻草。

1.2 方法

将均匀打孔(6 个/平方米)后覆盖不织布的苯板、腐熟马粪、稻草埋于温室土壤 10 cm(厘米)处, 保证隔热层上层土壤厚度为 10 cm(厘米), 以土壤中不埋设任何材料做对照(CK), 随机机组排列, 三次重复。地中隔热材料埋设处理方式见表 1。

表 1 地中隔热材料埋设处理方式

| 材料                        | 厚度(cm) | 代码 | 厚度(cm) | 代码 | 厚度(cm) | 代码 |
|---------------------------|--------|----|--------|----|--------|----|
| 苯板(16 kg/m <sup>3</sup> ) | 2      | A1 | 3      | A2 | 4      | A3 |
| 腐熟马粪                      | 10     | B1 | 15     | B2 | 20     | B3 |
| 稻草                        | 10     | C1 | 15     | C2 | 20     | C3 |

用地温计测量 10 cm(厘米)处 2003 年 12 月~2004 年 1 月阴天及晴天 9:00、12:00、15:00 温室土壤温度。

2 结果与分析

2.1 12 月份各种处理对温室土壤温度的影响

表 2(a) 12 月份晴天各种处理对温室地温的影响 单位(℃)

| 时间    | CK   | A1   | A2   | A3   | B1   | B2   | B3   | C1   | C2   | C3   |
|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 6:48  | 6.8  | 6.8  | 6.9  | 6.93 | 6.7  | 7.07 | 6.97 | 6.93 | 6.9  | 7.07 |
| 9:00  | (Aa) | (Aa) | (Aa) | (Aa) | (Aa) | (Aa) | (Aa) | (Aa) | (Aa) | (Aa) |
| 7:73  | 8.67 | 8.53 | 8.47 | 8.07 | 8.13 | 8.4  | 8.63 | 8.6  | 8.47 |      |
| 12:00 | (Aa) | (Aa) | (Aa) | (Aa) | (Aa) | (Aa) | (Aa) | (Aa) | (Aa) | (Aa) |
| 9     | 9.9  | 9.87 | 9.87 | 9.4  | 9.07 | 9.37 | 9.6  | 9.77 | 9.5  |      |
| 15:00 | (Aa) | (Aa) | (Aa) | (Aa) | (Aa) | (Aa) | (Aa) | (Aa) | (Aa) | (Aa) |

注: 大写字母表示 0.01 水平, 小写字母表示 0.05 水平; 同栏相同字母表示差异不显著。

表 2(b) 12 月份阴天各种处理对温室地温的影响单位(℃)

| 时间    | CK   | A1   | A2   | A3   | B1   | B2   | B3   | C1   | C2   | C3   |
|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 6:23  | 6.53 | 6.6  | 6.67 | 6.5  | 6.53 | 6.8  | 6.87 | 6.9  | 7.07 |      |
| 9:00  | (Aa) | (Aa) | (Aa) | (Aa) | (Aa) | (Aa) | (Aa) | (Aa) | (Aa) | (Aa) |
| 7:3   | 7.2  | 7.53 | 7.37 | 7.1  | 7.17 | 7.3  | 7.6  | 7.67 | 7.8  |      |
| 12:00 | (Aa) | (Aa) | (Aa) | (Aa) | (Aa) | (Aa) | (Aa) | (Aa) | (Aa) | (Aa) |
| 7:9   | 8.03 | 8.3  | 8.23 | 7.63 | 7.93 | 8.17 | 8.2  | 8.5  | 8.3  |      |
| 15:00 | (Aa) | (Aa) | (Aa) | (Aa) | (Aa) | (Aa) | (Aa) | (Aa) | (Aa) | (Aa) |

注: 大写字母表示 0.01 水平, 小写字母表示 0.05 水平; 同栏相同字母表示差异不显著。

由表 2(a)及表 2(b)可知, 在 12 月份, 各种地中隔热材料处理在温室土壤增温方面没有显著差异, 阻隔地中热传导效果不明显。但是, 白天温室土壤温度总体变化趋势是递增的。

2.2 苯板处理对温室土壤温度的影响

收稿日期: 2005— 03— 09

表3 1月苯板对温室地温的影响 单位(℃)

| 晴天    |          |           |           |           | 阴天    |          |           |           |          |
|-------|----------|-----------|-----------|-----------|-------|----------|-----------|-----------|----------|
| 时间    | CK       | A1        | A2        | A3        | 时间    | CK       | A1        | A2        | A3       |
| 9:00  | 6.63(Ab) | 7.47(Aa)  | 7.33(Ab)  | 7.67(Aa)  | 9:00  | 6.33(Bb) | 7.33(ABa) | 7.3(ABa)  | 7.63(Aa) |
| 12:00 | 8.5(A1b) | 9.37(Aa)  | 9.17(Aa)  | 9.60(Aa)  | 12:00 | 7.35(Bb) | 8.13(Aa)  | 8.13(Aa)  | 8.33(Aa) |
| 15:00 | 9.43(Bb) | 10.80(Bb) | 11.13(Aa) | 11.67(Aa) | 15:00 | 8.1(Bc)  | 8.53(ABb) | 8.53(ABb) | 9(Aa)    |

注:大写字母表示 0.01 水平;小写字母表示 0.05 水平,同栏相同字母表示差异不显著。

由表 3 可以看出:不论晴天还是阴天,土壤温度变化趋势都是增加的。在晴天,9:00 时,A3(4 cm(厘米)厚的苯板)和 A1(2 cm(厘米)厚的苯板)处理之间地温差异不显著,但二者显著高于 A2(3 cm(厘米)厚的苯板)与 CK 处理;12:00 时,埋设苯板的三种处理的地温之间没有差异,但都显著高于对照;15:00 时,A2 与 A3 处理的地温差异不显著,但二者与 A1 处理及对照之间地温差异极显著。A2 与 A3 处理的地温增温幅度大,分别为 3.8℃和 4℃。在阴天,苯板处理之间的土壤增温效果不明显,而 A1 与 A2 处理的地温显著高于 CK,A3 处理地温极显著高于 CK。考虑成本问题,处理 A2(3 cm(厘米)厚的苯板)既能保证较好隔热效果,又能减少成本,比 A1(2 cm(厘米)厚的苯板)和 A3(4 cm(厘米)厚的苯板)处理好。

2.3 腐熟马粪处理对温室土壤温度的影响

表4 1月腐熟马粪对温室地温的影响 单位(℃)

| 晴天    |          |          |          |          | 阴天    |           |          |          |          |
|-------|----------|----------|----------|----------|-------|-----------|----------|----------|----------|
| 时间    | CK       | B1       | B2       | B3       | 时间    | CK        | B1       | B2       | B3       |
| 9:00  | 6.63(Aa) | 7.13(Aa) | 7.17(Aa) | 7(Aa)    | 9:00  | 6.33(Aa)  | 6.67(Aa) | 6.9(Aa)  | 7(Aa)    |
| 12:00 | 8.5(A1b) | 8.67(Aa) | 8.33(Ab) | 8.6(Aa)  | 12:00 | 7.35(ABb) | 7.23(Bb) | 7.63(Aa) | 7.67(Aa) |
| 15:00 | 9.43(Aa) | 9.93(Aa) | 9.03(Aa) | 9.57(Aa) | 15:00 | 8.1(Aab)  | 7.8(Bb)  | 8.13(Aa) | 8.6(Aa)  |

注:大写字母表示 0.01 水平;小写字母表示 0.05 水平,同栏相同字母表示差异不显著。

由表 4 可以看出:在晴天,9:00 和 15:00 时候,埋设腐熟马粪的每种处理 B1(10 cm(厘米)厚腐熟马粪)、B2(15 cm(厘米)厚腐熟马粪)、B3(20 cm(厘米)厚腐熟马粪)与对照 CK 之间,地温变化不显著;在 12:00 时,B3 和 B1 处理地温之间差异不显著,但二者显著高于 B2 及 CK 处理,虽然 B2 处理地温略低于 CK,但 B2 与 CK 处理之间地温差异不显著。在阴天,9:00 时候,埋设腐熟马粪的处理与对照之间地温变化不显著,12:00 时候 B2 和 B3 处理地温之间差异不显著,但与 B1 处理差异极显著。综合考虑施工量及材料成本,B2 处理(15 cm(厘米)厚腐熟马粪)的隔热效果优于 B1(10 cm(厘米)厚腐熟马粪)。

表5 1月稻草对温室地温的影响 单位(℃)

| 晴天    |          |          |          |          | 阴天    |          |          |           |          |
|-------|----------|----------|----------|----------|-------|----------|----------|-----------|----------|
| 时间    | CK       | C1       | C2       | C3       | 时间    | CK       | C1       | C2        | C3       |
| 9:00  | 6.63(Aa) | 6.8(Aa)  | 7.27(Aa) | 7.03(Aa) | 9:00  | 6.33(Aa) | 6.67(Aa) | 6.87(Aa)  | 6.8(Aa)  |
| 12:00 | 8.5(A1b) | 9.1(Ab)  | 9.23(Aa) | 9.67(Aa) | 12:00 | 7.35(Aa) | 7.53(Aa) | 7.97(Aa)  | 7.47(Aa) |
| 15:00 | 9.43(Aa) | 10.8(Aa) | 8.9(Aa)  | 10.5(Aa) | 15:00 | 8.1(Ab)  | 8.57(Aa) | 8.53(Aab) | 8.2(Aab) |

注:大写字母表示 0.01 水平;小写字母表示 0.05 水平,同栏相同字母表示差异不显著。

熟马粪)、B3(20 cm(厘米)厚腐熟马粪)处理方式。

2.4 稻草处理对温室土壤温度的影响

由表 5 可以看出:在晴天,9:00 和 15:00 时候,各种处理之间地温差异不显著,12:00 时,C2(15 cm(厘米)厚的稻草)、C3(20 cm(厘米)厚的稻草)处理的土壤温度之间差异不显著,但是二者明显高于 C1(10 cm(厘米)厚的稻草)和 CK 处理;在阴天,各种处理之间无显著差异,增温幅度不是很大,C1 处理 15:00 时候地温比 9:00 时候地温只增加 1.9℃。综合考虑施工量及材料成本,C2 处理(15 cm(厘米)厚的稻草)对稻草处理温室地中热传导是较好的地中隔热材料。

2.5 最佳温室地中隔热材料选择

对各个处理后的土壤温度进行合理分析,从中选出一种经济效益好,隔热效果好的材料。

表6 不同地中隔热材料对日光温室土壤温度比较分析表 单位(℃)

| 时间    | CK   | A2    | B2   | C2   |
|-------|------|-------|------|------|
| 9:00  | 6.63 | 7.33  | 7.17 | 7.27 |
| 12:00 | 8.5  | 9.17  | 8.33 | 9.23 |
| 15:00 | 9.43 | 11.13 | 9.03 | 8.9  |

由表 6 可知,A2 处理(厚度为 3 cm(厘米)的苯板)在阻止地中热传导方面效果较腐熟马粪和稻草好,土壤温度增温幅度较大,为 3.8℃,使温室土壤保持较高温度。

3 讨论与结论

本试验只对黑龙江省最寒冷的两个季节的温室地温进行测定,由于 12 月份才埋设苯板、腐熟马粪、稻草 3 种地中隔热材料,各种处理之间在温室土壤增温方面没有显著差异,阻隔地中热传导效果不明显。

通过考虑施工量及材料成本,并且对苯板、腐熟马粪、稻草三种不同隔热材料处理的温室土壤温度测量所得的数据分析表明:A2 处理(厚度为 3 cm(厘米)的苯板)作为地中隔热材料优于其它几种处理,是作为地中隔热层的最佳材料。它可以有效的阻止地中热传导,使热量贮存在温室土壤中,保证温室土壤温度。

参考文献:

[1] 于锡宏,于广健.高寒地区节能日光温室存在问题及其解决途径[J].北方园艺,2002(5):14~15.  
[2] 陈发祖.土壤覆盖热效应的微气象研究[J].地理学报,1980(1):187~196.  
[3] 高仓直等.地中热交换温室设计 I.定常一次模型的解析[J].农业气象(日),1981(3):187~196.  
[4] 小仓佑幸.无加温温室纯放射地热测定实例[J].农业气象(日),1982:303~308.  
[5] 马承伟.塑料大棚地下热交换系统的研究[J].农业工程学报,1985,1(1):54~65.  
[6] 杨晓光,陈端生等.日光温室气象环境综合研究(四)一日光温室地温场模拟初探[J].农业工程学报,1994,3(1):150~154.