

# 利用日光温室燃池 地中热交换系统夏季降温的试验研究

白义奎<sup>1,2</sup>, 李天来<sup>1</sup>

(1. 沈阳农业大学 园艺学院 辽宁 沈阳 110161; 2. 沈阳农业大学 水利学院, 辽宁 沈阳 110161)

**摘要:** 利用日光温室燃池加热系统、地中热交换系统的有机结合, 在冬季运行, 可以提高温室地温及室内气温, 并能有效降低温室内湿度; 在夏季运行, 可有效降低温室内气温等进行测试。结果表明: 热交换一侧与对比侧室内平均气温分别为 24.7、25.4℃, 变化不大。但在风机运行期间(测试期间风机在 10:00~16:30 运行), 热交换侧与对比侧室内平均气温分别为 30.3、35.4℃, 平均降温 5.1℃; 热交换侧最高气温为 32.0℃, 对比侧最高气温达 38.0℃; 夜间的气温较对比侧略高; 地中热交换管道进、出口空气平均温度分别为 24.7、19.8℃, 平均降低气温 4.9℃。

**关键词:** 日光温室; 燃池-地中热交换系统; 降温

**中图分类号:** S 62 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-0009(2009)07-0153-04

日光温室燃池-地中热交换系统作为日光温室的备用加温设施, 是为提高日光温室地温、气温, 进而改善日光温室的温度环境而设计的<sup>[1-3]</sup>。该系统将日光温室燃池加热系统、地中热交换系统有机结合起来, 在冬季白天, 通过风机、地下热交换管道进行循环, 把燃池释放出来的热量传入地下, 贮存起来以达到提高地温的目的; 夜间通过风机、地中热交换管道及地上管道, 把燃池释放的热量、部分贮存到地下的热量释放到空气中, 达到提高气温及降低空气湿度的目的, 完成的试验结果表

明, 具有较好的使用效果<sup>[4,8]</sup>。为提高该系统的使用价值, 亦可在夏季用作地中热交换系统使用, 达到降低温室内气温的目的。在夏季, 当温室内的空气温度较高时, 通过风机、地中热交换管道进行循环, 使高温气体与低温的土壤进行热交换, 达到降低温室内空气温度的目的<sup>[9-10]</sup>。

## 1 日光温室燃池-地中热交换系统

日光温室燃池-地中热交换加热系统主要由燃池、地中热交换系统、循环及控制系统 3 部分组成(图 1)。

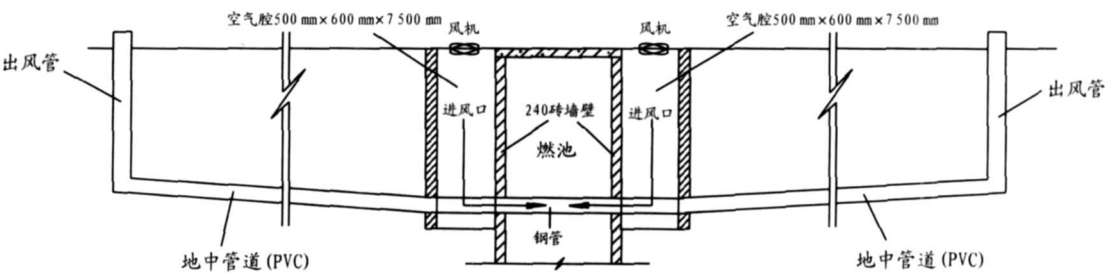


图 1 燃池-地中热交换加热系统示意图

### 1.1 燃池

采用宽 1.0 m、深 2.0 m 的矩形断面, 沿温室的跨度方向布置; 池壁采用 240 mm 砖墙砌筑; 上部沿 240 mm 砖墙外砌筑 120 mm 砖墙, 使中间形成宽×深×长为

500 mm×600 mm×7 500 mm 的空气腔; 顶盖用 80 mm 钢筋混凝土板; 在温室外设 1 m×1 m 的进料口, 后墙部位设置 2 个直径 120 mm 排烟口, 见图 1、2。

### 1.2 地中热交换系统

由进风口、地中管道、出风管 3 部分组成。地中管道及出风管沿温室跨度方向, 等间距或不等间距布置 8~12 道, 直径可以选取 80~120 mm; 管道的材料可以选择 PE 管、PVC 管及陶土管等, 穿越燃池部分采用铸铁管。出风口高出地面 100~200 mm, 且用细铁纱封口, 避免杂物进入风管。

第一作者简介: 白义奎(1968-), 男, 在站博士后, 教授, 研究方向为设施环境工程。E-mail: baiyikui@163.com。  
基金项目: “十一五”国家科技支撑计划重点资助项目(2008BADA6B05); 中国博士后科学基金特别资助项目(200801395)。  
收稿日期: 2009-02-10

1.3 循环及控制系统

循环系统采用轴流式风机,采用正压循环通风,风机直接安装在进风口上;控制系统由控制探头、温度-时间控制器等组成,实现循环的自动控制。

2 试验温室概况

试验温室见图 2 为双向单坡日光温室。温室位于沈阳市(北纬 41.6°)东郊,温室方位角为南偏西 5°。温室总长度为 45.4 m,总宽度为 16.08 m,高 3.5 m。前后 2 栋温室共用一面后墙,南向温室净长度为 40.6 m,净跨度为 7.5 m,脊高为 3.5 m,北温室净长度为 44.2 m,净跨度为 7.5 m,脊高为 3.5 m。

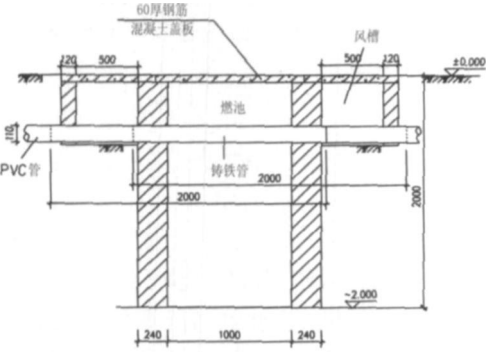


图 2 燃池剖面图

燃池沿温室跨度方向布置,燃池的平面图如图 3;剖面如图 2 所示,燃池净宽 1 m、深 2 m,池壁采用 240 mm 粘土砖砌筑,顶面采用 60 mm 钢筋混凝土盖板。

选用外径为 110 mm(内径 100 mm)的 PVC 塑料管作地下通风管,每段管道长 9.5 mm,埋深为 450 mm,管间距为 800 mm,沿跨度方向布置 8 道通风管;管道平面布置见图 3。管内壁总面积  $A_p$  与棚内地面面积之比  $A_s$  之比  $\theta=0.386$ 。燃池部分采用相同直径的铸铁管,穿过风槽后与 PVC 塑料管连接,见图 2。采用 2 台轴流式通风机,基本性能参数见表 1。

表 1 管道式轴流通风机性能参数

型号	规格 / mm	电压 / V	功率 / W	转速 / r·min <sup>-1</sup>	风量 / m <sup>3</sup> ·h <sup>-1</sup>	风压 Pa
FG-35A	350	220V 380	370	1 400	3 800	130

3 日光温室燃池-地中热交换系统夏季降温试验

3.1 试验测试方案及测点布置

3.1.1 试验仪器 试验仪器采用 WJK-II 型 24 路温度采集控制仪和 8 路温、湿度监控仪,以其具有自动存储功能,每 10 min 采集 1 次数据,与上位机采用 RS232 接口传输数据。测量精度为  $\pm 0.2^{\circ}\text{C}$ 、 $\pm 5\%\text{RH}$ 。

3.1.2 试验仪器布置 该试验共采用 2 台 WJK-II 型 24 路温度采集控制仪和 1 台 8 路温湿度监控仪,共布置 48 个温度测点和 8 个温室度测点。测点布置如图 7 所示。土壤温度测点均为  $-0.35\text{ m}$ ,室内外温、湿度测点距地面  $1.0\text{ m}$ 。

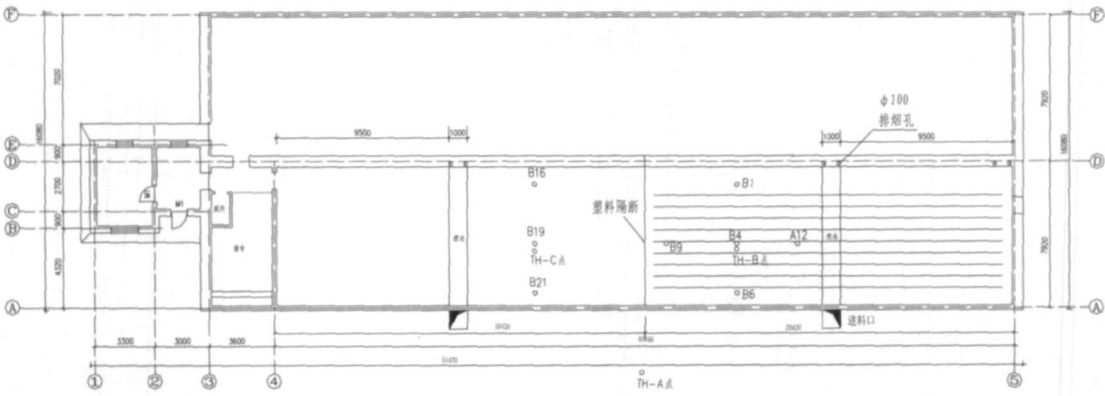


图 3 测点平面布置图

3.2 利用燃池-地中热交换系统夏季降温试验

试验连续采集了自 2005 年 5~6 月的数据。以 2005 年 6 月 10~11 日数据进行分析。

3.2.1 温室内空气温度变化规律 取东侧 A6 测点和西侧对比点 B18 测点室内空气温度,测试结果见图 4。测试结果表明,热交换侧与对比侧室内平均气温分别为

$24.7^{\circ}\text{C}$ 、 $25.4^{\circ}\text{C}$ 。测试期间风机在 10:00~16:30 运行,在运行期间,热交换侧与对比侧室内平均气温分别为  $30.3^{\circ}\text{C}$ 、 $35.4^{\circ}\text{C}$ ,平均降温  $5.1^{\circ}\text{C}$ ;热交换侧最高气温为  $32.0^{\circ}\text{C}$ (为设定的风机运行的上限值),对比侧最高气温达  $38.0^{\circ}\text{C}$ ;夜间的气温较对比侧略高。

3.2.2 温室内土壤温度变化规律 热交换侧与对比点

土壤温度变化: 取东侧 A11 和西侧对比点 B19 测点土壤温度, 测试结果见图 5。试验数据表明, A11 测点的平均温度为 20.2℃ 与对比点 B19 测点的平均温度 18.0℃ 相比, 平均温度高 2.2℃; 最高温度和最低温度变化不大。热交换侧不同深度土壤温度变化: 取 B3、B4、B5 不同深度测点土壤温度, 测试结果见图 6。试验数据表明, B3、B4、B5 测点的平均温度分别为 17.7、18.1、20.7℃, 各点的最高温度和最低温度分别为 17.6℃ 和 17.8、18.0℃ 和 18.4、19.1℃ 和 22.4℃, 各点温度变化幅度不大。

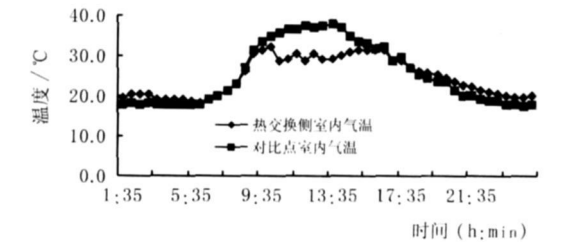


图 4 温室内空气温度变化曲线

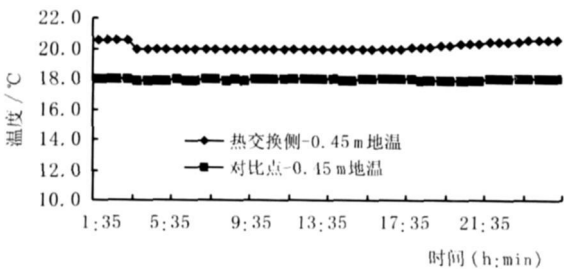


图 5 土壤温度变化曲线

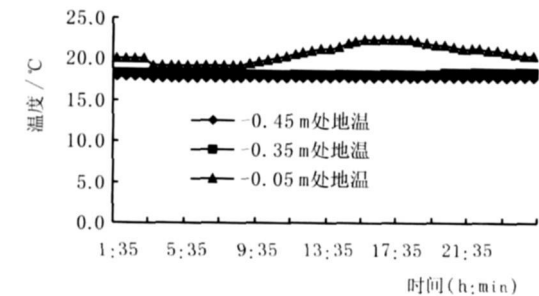


图 6 不同深度土壤温度变化曲线

3.2.3 沿热交换管道纵向土壤温度变化规律 取室内地中热交换测 6 点 A12、9 点 A20、12 点 B4、15 点 B10 测点土壤温度, 温度变化曲线见图 7。试验数据表明, 沿地中热交换纵向土壤温度, A12、A20、B4、B10 测点土壤平均温度分别为 21.0、19.1、18.1、17.9℃。靠近热交换管道进口处的土壤温度较高, 沿管道纵向温度逐渐降低。

3.2.4 地中热交换管道进出口空气温度变化规律 取地中热交换管道进出口测点 A4、B12 空气温度, 变化曲

线见图 8。试验数据表明, 地中热交换管道进、出口空气平均温度分别为 24.7、19.8℃, 平均降低气温 4.9℃。

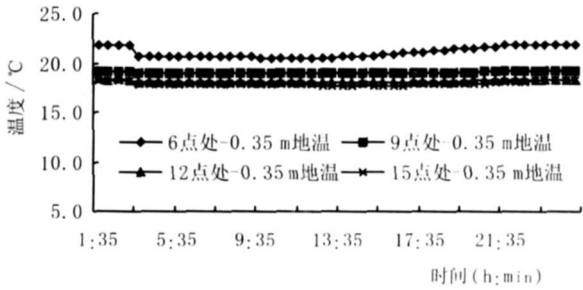


图 7 沉纵向土壤温度变化曲线

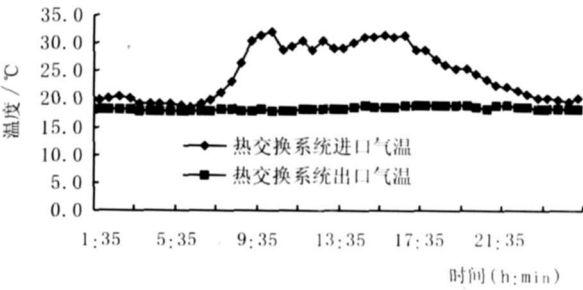


图 8 地中热交换管道进出口空气温度变化曲线

4 结论与建议

日光温室燃池-地中热交换系统应用试验表明, 在夏季使用时, 可有效降低温室气温。尤其 10:00~16:30 期间, 降温效果明显; 同时该系统在夏季运行亦使地温提高, 虽然对夏季温室作物生长作用不大, 但可以通过热交换的进行将热量贮存起来, 提高深层土壤温度, 作为秋、冬季热交换的能量来源。

当然, 采用燃池-地中热交换系统增加了初投资及运行成本, 其经济性有待进一步分析。另外, 对燃池-地中热交换系统运行机理等问题有待作进一步的研究和探讨。

参考文献

[1] 王铁良, 白义奎, 李天来, 等. 节能型日光温室燃池供暖装置[J]. 中国, 02210130 2002-12-25.

[2] 王铁良, 白义奎, 刘文合. 燃池在日光温室加热的应用试验研究初报[J]. 农业工程学报 2002 18(4): 98-100.

[3] 白义奎, 王铁良, 迟道才, 等. 日光温室燃池-地中热交换供暖装置[P]. 中国, 200420070368 2005-09-07.

[4] 何芳, 李永军, 龚沙沙, 等. 室内生物质阴燃取暖炉的设计和实验[J]. 农业机械学报, 2006, 37(1): 75-78.

[5] 王永维, 梁喜凤, 苗香雯. 双层覆盖温室地下蓄热系统保温效果试验[J]. 农业机械学报 2006 37(1): 97-100.

[6] 白义奎, 迟道才. 日光温室燃池-地中热交换系统设计[J]. 北方园艺 2006(6): 63-65.

[7] 白义奎, 王铁良, 刘文合, 等. 日光温室燃池加热机理及加热系统数

学模型[J].农业机械学报, 2006, 37(9):107-111.

[8] 白义奎,迟道才,王铁良等.日光温室燃池-地中热交换系统加热效果的研究[J].农业工程学报, 2006, 22(10): 178-181.

[9] 马承伟,黄之栋,穆丽君.连栋温室地中热交换系统贮热加温的试验

[J].农业工程学报, 1999, 15(2):160-164.

[10] 吴德让,李元哲.日光温室地下热交换系统的理论研究[J].农业工程学报, 1994, 10(1), 137-143.

## Lower Temperature Experimental Research on Using the Fire-pit and Underground Hating Exchange System in Solar Greenhouse

BAI Yi-kui<sup>1,2</sup>, LI Tian-lai<sup>1</sup>

(1.College of Horticulture, Shenyang Agricultural University, Shenyang Liaoning 110161, China; 2. College of Water Conservancy, Shenyang Agricultural University, Shenyang Liaoning 110161, China)

**Abstract:** Fire-pit and underground heating exchange system in the greenhouse integrated fire pit heating system with underground heating exchange system, and this system can increase soil and air temperature, reduce humidity inside greenhouse during it operating in the winter daytime. Air temperature inside greenhouse was reduced greatly with fire-pit and underground heating exchange system in summer. Testing results indicated that average air temperature was respectively 24.7℃, 25.4℃ both heating exchanged area and contrast area, which temperature difference was small. But average air temperature was respectively 30.3℃, 35.4℃ both heating exchanged area and contrast area during blower operating (operation time of blower was from 10:00 to 16:30 during testing), and average air temperature was reduced 5.1℃. maximal air temperature of heating exchanged area was 32.0℃, and maximal air temperature of contrast area was 38.0℃. But at night air temperature was higher in heating exchanged area than contrast area. Furthermore experiment results indicated that air average temperature was respectively 24.7℃, 19.8℃ at import and exit of underground heating-exchanged pipes, and average air temperature was reduced into 4.9℃.

**Key words:** Solar greenhouse; Fire-pit and underground heating exchange system; Lower temperature; Experimental research

## 草莓田间施肥的要领

科普知识

草莓是多年生草本植物,要从土壤中吸收大量的养分。草莓施肥应以基肥为主,667 m<sup>2</sup>施农家肥 5 000 kg 左右,还应配施氮、磷、钾速效性肥料,以满足植株正常生长需要。氮肥作用是促进形成大量的叶片和匍匐茎,加强营养生长,增大果个,提高产量;磷肥可促进花芽分化和提高坐果率;钾肥主要是促进果实成熟,提高果实含糖量,改善果实品质。因此,在基肥施肥量不足的情况下,应根据草莓各物候期适时补肥,一般追肥应把握好以下几个时期。

**花前肥。**在早春草莓开始生长之后至开花前(大约3月中旬左右)进行,以满足开花对各种营养的需要。667 m<sup>2</sup>施尿素 10 kg、磷肥 25 kg,施肥后中耕、灌水。

**果后肥。**草莓大量结果后,植株体内养分缺乏,为了尽快恢复植株生长,多形成新叶新根,为秋季的花芽分化创造条件,这次追肥应适当增加钾肥。667 m<sup>2</sup>可施尿素和硫酸铵 10~15 kg、磷肥 15~20 kg、氯化钾 7.5~10 kg。

**孕花肥。**在草莓花芽分化前进行,对于草莓植株的正常生长和花芽分化

起到保证作用。主要施磷钾肥,配合少量的氮肥。

另外,草莓还可以根外追肥(即叶面喷肥)。根据草莓长势情况,可选用尿素、磷酸二氢钾、硫酸锌、硫酸亚铁、硼砂、硫酸镁等肥料在草莓显蕾至开花结束期间进行氮、磷、钾和一些微量元素的叶面喷肥,一般进行 2~3 次,喷肥时间宜选在阴天或晴天的傍晚进行,因为炎热的中午蒸发量大,草莓易引起肥害。研究结果表明,在草莓花芽分化期和开花坐果期喷施 0.3% 的尿素溶液,可提高产量 10%~20%。