

# 日光温室燃池——地中热交换系统设计

白义奎,王铁良,迟道才

(沈阳农业大学水利学院, 沈阳 110161)

**摘要:**设计完成的燃池—地中热交换系统由燃池、地中热交换系统、循环及控制系统组成,该系统将燃池、地中热交换系统结合起来,是一种新型的日光温室蓄热、加温设施。在进行的初步试验研究表明,使用燃池—地中热交换加热系统,对提高土壤温度、温室内气温均具有较好的效果。

**关键词:**日光温室;燃池—地中热交换系统;燃池;地中热交换系统;设计

**中图分类号:**S626.5 **文献标识码:**B **文章编号:**1001-0009(2006)06-0063-03

燃池—地中热交换系统采取在作物根区(土壤)加热的一种新型加温方法,在国外如日、美、法等国均进行过利用地中热交换系统贮能加温的研究。国内从1983年开始,一些科研单位也相继进行了温室(塑料大棚)地中热交换系统的试验,并已在我国华北、东北地区的一些塑料大棚和日光温室中得到推广应用。燃池是一种利用生物质能的新型的加温方法。已进行的日光温室燃池加热的研究表明,燃池可以显著提高地温。但是由于燃池向两侧释放热量是通过燃池壁经过土壤向两侧传递,在土壤中热量传递过程中,温度梯度变化很

大,使得对地温的影响范围比较有限,靠近燃池附近温度升高的比较多,而远处(一般当达到7 m左右)变化不是很明显。燃池—地中热交换系统将燃池和地中热交换系统结合起来,把燃池释放出的热量通过风机、地中热交换管道及地上管道,传给土壤及空气,达到提高地温、气温的目的<sup>[1~5]</sup>。

## 1 日光温室燃池—地中热交换加热系统设计

### 1.1 燃池—地中热交换加热系统组成

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、循环及控制系统三部分组成(见图1)。

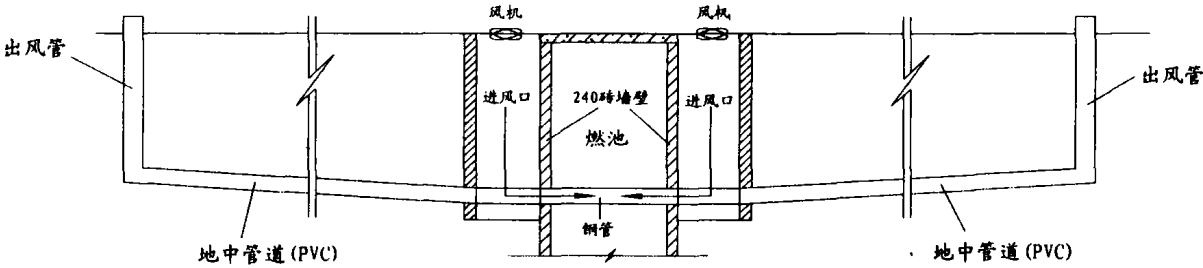


图1 燃池—地中热交换加热系统示意图

### 1.2 燃池的设计

燃池采用宽1 m、深2 m的矩形断面,池壁采用240 mm砖墙砌筑,顶盖用C20混凝土现浇80 mm钢筋混凝土板,在板顶铺30~40 mm的保温材料,在温室外设1 m×1 m的进风口,后墙部位设置一个排烟口,直径120 mm,燃料采用锯末或稻壳等,一次性投入后点燃。

### 1.3 风机的选型

风机是实现地中热交换的主要部分,直接决定热交换的

效果,因此风机的选择至关重要。

**1.3.1 风机的类型和选择** 通风机是机械通风系统中最主要的设备,有轴流式和离心式两种形式。轴流风机的比转数较高、流量大、压头低;在设计时可选择轴流风机叶片的安装角来选定适宜通风流量。轴流风机的另一个特点是,它的叶片旋转方向可以逆转,并使气流方向也随之改变,但风量并不减少,因此既可以用于进风,也可用于排风。离心式风机的比转数较小,因此风机大而流量相对较小。它的叶轮也不具逆转性,适用于压力较高而送风距离较远的情况,多半是向农业建筑送热风或冷风时使用。选择风机时应在满足风压、风量的基础上,选用单位功率空气流量额定值较大的高效风机,以降低运行管理费用。在地中热交换系统中一般选用轴流式风机。

**1.3.2 风机流量的确定** 燃池—地中热交换系统空气流量可以根据单位时间内室内空气循环的次数来确定:

$$Q = n \times V \quad (1)$$

式中:  $Q$ ——风机的总流量,  $m^3$ 。  $Q = \sum_{i=1}^n q_i$  为第  $i$  型号风机的单机流量

$V$ ——室内空气体积,  $m^3$ ;



**第一作者简介:**白义奎 蒙古族,1968年10月生,1991年沈阳农业大学农业建筑专业毕业,现任沈阳农业大学副教授、硕士生导师,主要从事日光温室的结构优化设计、环境及保温性能等方面的研究,现主持辽宁省教育厅科技基金等项目三项;参加国家、省、市研究及推广项目十余项,发表研究论文20余篇。

\*基金项目:辽宁省教育厅科学研究计划资助项目,编号:05L379;沈阳农业大学中青年硕士生导师基金项目,编号:2005022

收稿日期:2006-07-14

$n$ ——单位时间内空气循环的次数, (次/h), 可取 4~6 次/h。

据此, 即可初步确定某一型号的风机流量从而确定室内的风机流量。

1.3.3 风机的安装位置 风机的安装位置一般处于管道中部, 管道采用对称中分式布置方式, 以减少管道进出口之间的长度, 提高热交换率并减小送风阻力。另外, 为使管道两端土壤贮、放热均匀, 提高换热效果, 亦可采用正反特性相近的双向轴流风机, 交替正、反向送风。

1.4 通风管道的设计

1.4.1 风管材料的选择 风管一般采用导热系数大, 耐久性好, 施工方便造价低的材料。实验结果表明, 地下热交换系统的作用与风管材质关系不大。目前常用的是 PVC 单壁波纹管, 其造价低, 施工容易, 耐久性能好。

1.4.2 风管间距、直径的确定

①管道总截面积  $A$

$A = Q_v$  (2)

式中:  $Q$ ——风机的总流量,  $m^3$ ;  
 $v$ ——管道内设计气流速度,  $m/s$ 。

②管道间距  $S$

应用角变法, 将一个复杂的几何区域变换为相对简单的同心圆区域, 在此基础上求解微分方程, 得出圆形热管道周围的温度场分布所服从的解析式<sup>[9]</sup>:

$$t_{(x,y)} = t_{w1} - \frac{t_{w2} - t_{w1}}{\ln \left( \frac{h + \sqrt{h^2 - R^2}}{R} \right)} \times \ln \frac{\sqrt{4x^2(h^2 - R^2) + (R^2 + x^2 + y^2 - 2hy)^2}}{x^2 + (y - h - \sqrt{h^2 - R^2})^2}$$
 (3)

式中:

- $x, y$ ——相对于管道中心的任意点坐标, 见图 2;
- $R$ ——通风管道半径;
- $h$ ——管道中心至土壤表面的距离;
- $t_{w1}$ ——地板表面的温度;
- $t_{w2}$ ——换热管壁的温度。

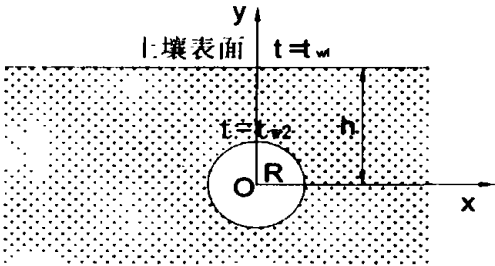


图 2 地下埋管横截面简图

根据该解析式, 取地表面的温度  $t = t_{w1}$ , 管道壁的温度  $t_{w2} = (t_{in} + t_{out})/2$ ,  $t_{in}, t_{out}$  为管道的进、出口空气的温度, 取若干个点  $(x, y)$  的坐标值, 可以估计出在何点范围内, 温度不能满足作物的要求, 从而确定管道的间距  $S$ 。

③校核

据有关资料介绍, 管道埋设量一般用管内壁总面积  $A_p$  与棚内地面面积  $A_s$  之比进行衡量,  $\theta = A_p/A_s$  一般取在 0.38~3 之间。根据上述方法计算  $\theta$  值, 若不满足要求, 可适当调整管道的直径、根数重新验算。

1.4.3 管道埋置深度的确定 一般可以根据不同作物的根系发育情况来确定, 同时考虑耕作土层深度以及田间管理的要求确定。温室内常见果菜作物根系分布范围见表 1。

表 1 温室内常见果菜作物根系分布范围

作物名称	黄瓜	番茄	草莓	青椒	甜瓜
根深范围	15~20	30~50	25~20(须根)	30	20左右(须根) 40~60(主根)

2 设计实例

2.1 双向单坡日光温室概况

燃池一地中热交换系统在沈阳农业大学水利学院试验基地双向单坡日光温室内建设完成, (图 3)。温室位于沈阳市(41.6°, N)东郊, 温室方位角为南偏西 5°。温室总长度 45.4 m, 总宽度为 16.08 m, 高 3.5 m。前后两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。

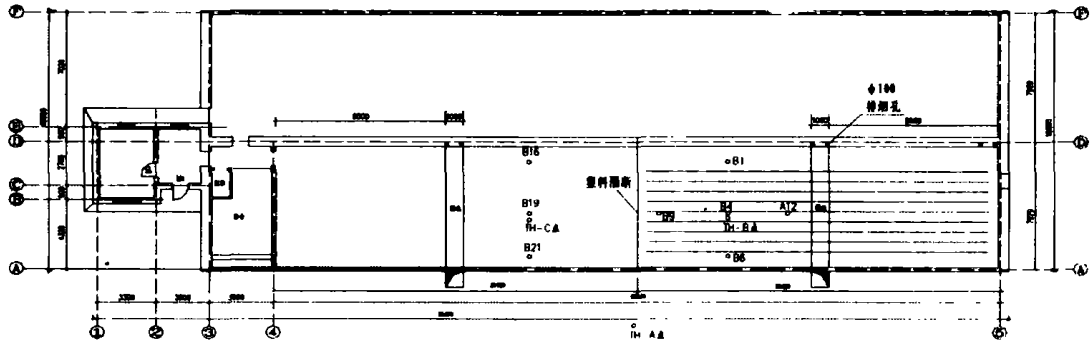


图 3 温室平面及测点平面布置图

2.2 燃池一地中热交换系统布置

试验中, 燃池沿温室横向布置, 1 m 宽、2 m 深; 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 m, 埋深为 450 mm, 管间距为 800 mm, 沿跨度

方向布置 8 道通风管; 管道管内壁总面积  $A_p$  与棚内地面面积  $A_s$  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。采用两台轴流式通风机, 基本性能参数见表 2。

西瓜嫁接栽培技术要点

孟凡娟<sup>1</sup>, 谢立波<sup>2</sup>  
薛贵斌<sup>3</sup>, 张 4

(1. 东北林业大学生命科学学院 哈尔滨 150040; 2. 黑龙江省农科院园艺分院, 哈尔滨 150069; 3. 哈尔滨师范大学生命科学学院; 4. 莱阳农学院生命科学学院)

近年来西瓜栽培面积不断扩大, 但由于长期连作, 造成各种病害越来越重, 尤其是枯萎病、炭疽病等土传病害比较普遍。通过嫁接技术不但可以有效地预防各种病害的发生, 还有利于早熟栽培、西瓜连作、增加产量, 从而提高经济效益。现将此项栽培技术的操作要点介绍如下。

1 砧木选择

砧木选择是嫁接中关键的技术环节, 要求砧木具有“三强一弱”的特性: 一强是指砧木的生长势强, 具有发达的根系; 二强是指砧木的抗逆性要强, 即有较强的抗病性、抗寒性、抗旱涝等特性; 三强是指砧木与接穗的接合力强, 嫁接成功率高; 一弱指砧木的遗传力弱, 嫁接后对接穗的遗传特性影响小, 不会影响西瓜的原有品质。一般较理想的砧木材料有: 黑籽南瓜、白籽南瓜、葫芦、野生种西瓜等。

2 育苗

育苗是嫁接技术的中心环节, 只有培育出健壮的幼苗才能确保嫁接的成活。

2.1 种子处理

由于大部分砧木的种子种皮较厚, 且表面覆有抑制种子萌发的物质, 直播出苗困难, 需进行特殊处理。首先把砧木种子放入 23℃ 的室温条件下浸种 10~12 h, 然后捞出控水, 用毛巾搓净表皮粘液, 并把种皮磕开三分之一, 在 30~33℃ 的条件下催芽。黑籽南瓜出芽时间一般为 30~48 h; 白籽南瓜为 24~36 h; 葫芦为 36~48 h; 野生西瓜为 24~48 h。

2.2 播种

西瓜较砧木晚播 7~10 d 或砧木苗出土时再播西瓜种。把发芽的砧木种子播入营养钵中, 覆上 1~1.5 cm 消过毒的

过筛细土, 然后盖上无纺布或薄膜保温保湿, 出苗后撤去覆盖物。作为接穗用的西瓜种子用沙盘播种, 依靠西瓜子中原有的营养使其出苗即可, 不用施肥。当接穗幼苗两片子叶展开, 此时砧木为两叶一心, 第一片真叶刚长出 1~3 cm, 是嫁接的最佳时期。

3 嫁接

嫁接一般采有 4 种方法: 舌接、靠接、劈接和插接。其中“插接”方法简便、容易掌握、成活率高, 是西瓜嫁接中最常用的嫁接方法, 具体操作如下。

3.1 准备工作

薄而锋利的刀片数 个与接穗茎粗相仿的竹签, 一面有尖一面有刃; 具有遮光增温条件的苗床; 水盆及毛巾。

3.2 嫁接

首先把接穗苗连根拔起, 洗去根部粘附的沙砾, 用毛巾吸去接穗上的水珠。用竹签扁刃挖去砧木的生长点, 用竹签的尖端在砧木生长点处、沿着砧木子叶叶脉向下 45° 斜插入砧木, 以尖端略微露出表皮为宜。用刀片在接穗子叶下 1.5 cm 处沿 45° 角切下。拔除竹签插入接穗, 使接穗与砧木紧密结合, 使接穗子叶与砧木子叶呈十字形, 把嫁接好的苗放入苗床中。同时进行遮光, 温度需保持在 28~33℃, 湿度保持在 90% 以上。

3.3 苗床管理

光照是苗床管理的关键, 同时协调控制温度和湿度。嫁接后的前 3 d 苗床全部遮荫。白天温度应控制在 25~28℃, 夜间 23~25℃, 湿度保持在 90% 以上。此时不可浇水, 以免感染。3 d 后可适当降低温度, 白天 22~28℃, 夜间 20~25℃, 早晚可略微给些散射光, 略微通风, 以后逐渐加大通风量。7 d 后去除覆盖物, 加大通风量, 当光照过足时必须进行遮光。一般嫁接苗 10 d 左右实施正常管理, 20 d 后具有 2~3 片真叶时为定植最适期。

4 田间管理

在嫁接成功后, 除去砧木分生出的幼苗及接穗上长出的次生根。定植嫁接苗栽植要稀植, 接口一定要在土上, 不可埋入土中。为了防止嫁接时产生侧根, 而减少抗性, 失去嫁接意义, 在压蔓时需采用明压法。嫁接栽培管理时需加大肥水量, 但在座果期应当适当控制植株的营养生长, 以免嫁接苗长势过强, 影响座果率。

表 2 管道式轴流风机性能参数						
型号	规格 mm	电压 V	功率 W	转速 r/min	风量 m <sup>3</sup> /h	风压 Pa
FG-35A	350	220/380	370	1400	3800	130

3 初步试验研究结果

试验采用 WJK-III 型 24 路温度采集控制仪和 8 路温湿度监控仪, 进行数据采集。由数据分析需要, 仅列出相关测点如图 2 所示。土壤温度测点均布置在土壤表面下 0.35 m, 室内外温湿度测点距地面 1.0 m。试验连续采集了自 2004 年 12 月至 2005 年 3 月的数据。以 2005 年 2 月 18 日至 19 日数据进行分析。

试验表明, 使用燃池—地中热交换加热系统, 对提高土壤温度、温室内气温均具有较好的效果; 沿温室纵向 3 个温度测点平均温度分别为 15.5、15.6、15.5℃, 土壤温度分布趋于均匀, 较参考点平均温度分别提高 1.9、2.0、1.9℃; 沿温室横向

3 个温度测点平均温度分别为 15.2、15.6、14.7℃, 分别较对应参考点平均温度提高 2.7、2.0、3.7℃; 温室内平均温度为 21.4℃, 较参考点平均温度分别提高 2.6℃, 室内外温差达到 34.0℃; 使温室空气相对湿度饱和时间减少 2~3 h。

参考文献:

[1] 白义奎, 王铁良, 刘文合, 等. 东北型节能日光温室—辽沈 I 型温室地下热交换系统实验研究[J]. 节能技术, 2002, 2.  
[2] 吴德让, 李元哲, 于竹. 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.  
[3] 吴德让, 李元哲, 于竹. 日光温室地下热交换系统的实验和优化设计研究[J]. 农业工程学报, 1994, 10(1): 144—149.  
[4] 王铁良, 白义奎, 刘文合. 燃池在日光温室加热的应用实验[J]. 农业工程学报, 2002, 18(4): 98—100.  
[5] 王永维, 苗香雯, 崔绍荣, 等. 温室地下蓄热系统换热特性研究[J]. 农业工程学报, 2003, 19(6): 248—251.  
[6] 王占民, 史彭. 用保角变换法计算供热管道温度场的研究[J]. 暖通空调 HV & AC, 2003, 33(5): 119—120.