

日光型人工气候室的研究设计

鲁墨森 阎英 张静 王淑贞 陶吉寒 辛力

(山东省果树研究所)

摘要 该文介绍的日光型人工气候室,在充分利用自然光热和冷源的基础上,设置了能源室、控制室和培养室。采用数字仪表和电子控制技术及小型集散控制系统,实现气候室的温度、光照、湿度等因子的监测和控制。温度参数控制采用了双温双向组合控制,尤其适于在自然光照条件下,对植物的地上、地下部分分别控制的试验研究,其结果更趋于与自然环境的逼近。同时,该设计投资少,节约能源,运行费用低,适于一般科研和生产单位建造和使用。

关键词 日光型 双温双向控制 气候室

控制植物生长环境的设施和设备由简单的生长箱发展到控制复杂的人工气候室^[1-3]。这给人工模拟自然生态环境中的多个基本因素作用于植物的研究提供了必要的条件和深入研究的基础。多数人工气候室结构复杂,且偏重于人工光热因子的产生和利用,属多因子模式生态系统技术的范畴。本日光型人工气候室的设计基于小生态环境的开放体系和复杂多变的环境因子浓缩集中的结合,即充分利用自然光源、热能和冷源,向全自然模式生态系统技术靠近。力求模拟环境与自然比较吻合,使其获得的试验结果更有生产意义^[4]。

本项工程设计的特点是:以自然光、热和冷源为主,辅之于人工光、热和冷源;电子控制和数显仪表监测小型集散系统记录处理数据,并通过开关组合实现手控和自控两套系统的选择和配合控制,提高了控制精度、可靠性及易操作性。温度控制采用双温双向任意组合控制,使植物的地上部和地下部的不同温度的选择组合试验有了可能,高大宽敞的培养室空间,给多年生植物和高大植株的试验栽培提供了条件。

1 基本构造和各单元设计功能

1.1 基本构造

人工气候室由人工能源室、中心控制室和试验培养室三大部分组成,其平面功能关系见图1。

1.2 人工能源室

人工能源室是在自然能源受限的情况下,按中心控制室的指令向培养室提供人工能源,以满足培养室各试验单元和整体升温或降温的要求。人工能源室功能关系见图2。

该室设备有压缩冷凝制冷机组,标准制冷量 32 kW。柴油发电机组 50 kW。水加热组

收稿日期: 1997-11-24 1998-07-20 修订

鲁墨森, 副研究员, CSAE 高级会员, 泰安市龙潭路 64 号 山东省果树研究所, 271000

20 kW。凉水塔
50 t。冷热水泵
30 m³/h。电源仪
表柜。能源控制
盘。另有冷却水
泵、管道、冷交换
盘管组等。

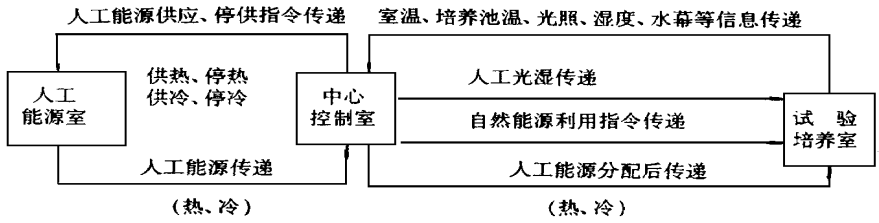


图 1 日光型人工气候室系统

Fig. 1 The solar-illum inated phytotron system

该室内设有
10 m³ 水池, 池
内设置浮子式发热元件和蒸发冷排管, 通过制冷或加热水温可在 0~ 65 之间选定, 若特殊
需要, 水中加入防冻液后, 也可使水温低于 0 。

冷热水泵在中心控制室的指令下, 把池中一定温度的水输送到培养室一定的交换器, 水经交换释放能量后, 返回回水池, 最后进入交换水池。制冷和加热系统的运行通过能源控制盘控制, 加热元件采用浮子式, 其适于不同水深、水量的安全加热。保证交换水池内有定温定量的水供应。制冷加热系统选定参数后自动运行^[5, 6]。

在电供应不正常的地区, 配置一台备用发电机组以应急需, 其通过电源仪表柜进行控制和转换。

1.3 中心控制室

中心控制室是自然能源利用和人工能源分配的控制中心。该室主要设置仪器仪表开关组合控制柜和阀组组成的能源分配站。培养室内的温热光湿动态过程在控制柜的数字仪表上同步反应出来, 在设定的控制参数下可发出调节指令, 使能源室和分配站投入自动调节程式, 使培养室内的光热温湿维持在既定的参数范围内, 也可设定部分手控状态或进入全手控状态。测控温仪表采用特制的高精度铂电阻数字温度调节仪和压力温度

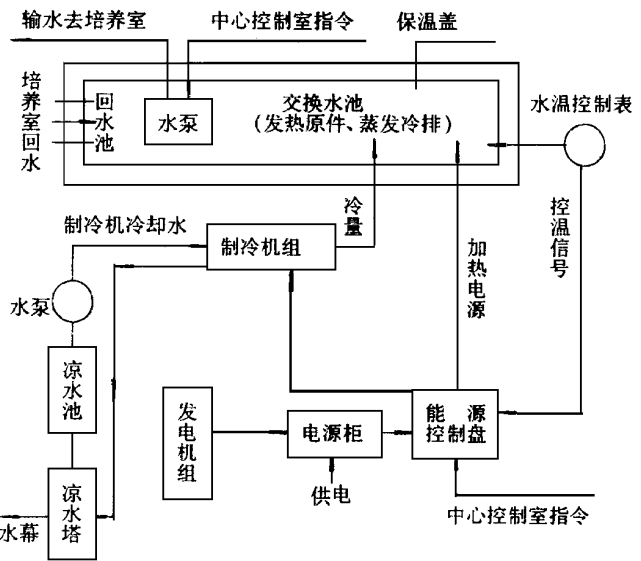


图 2 人工能源室功能关系

Fig. 2 The function relation of the artificial energy supply part

调节仪配合使用, 以数字温度表上表达的数据为基准, 通过压力温度调节仪进行实时调节。既避免了数字温度仪表控制易受干扰而产生的误动作, 又弥补了压力温度计精度不高的缺点^[7]。空气相对湿度的监控采用数字式相对湿度表, 根据湿度表上的相对湿度读数, 结合可编程时间控制器对培养室内实时和定时进行增湿和减湿^[8]。光照以自然光为主, 特殊情况下开启人工光源, 通过时间程序控制器编程控制。各种测控仪表设置通讯接口, 可进一步实现集散控制和微机数据处理^[9, 10]。通常情况下, 以数显仪表组合开关独立控制, 这种小型集散

性控制系统易于操作,一般工人即可操作。控制仪表柜同时控制培养室顶水幕的开停状态。

1.4 试验培养室

试验培养室是用于模拟自然环境和限定生态因子进行试验的人工气候室。本室从采光和热工效果两个方面进行统筹计算和设计,基于利用自然光源作为光和主要热源的设想,创造经济合理的采光条件是其结构构成的设计原则之一。采光面适当提高并采用 6mm 厚的平板玻璃提高透光量。在提高光能利用率的基础上,还须考虑热工状况,以真正达到充分利用自然能源和降低运行费用的目的。因此,围护结构必须以一定的传热阻减少室内能量损失。根据传热的物理过程:感热阶段、导热阶段和放热阶段与其各个阶段内的对流、传导和辐射的三个方式的各自表现和特点,设计提高各结构层的隔热性能^[11]。本室采用单坡式双层玻璃顶层隔热透光,两层玻璃之间和上表面均通过调节水幕设有水幕层(水幕水经过滤和软化、杀菌处理,循环使用)。可以降低吸光量和玻璃表面温度,以减少热量的传导,培养室座北朝南,两侧墙 1m 以上也用双层玻璃密封,一侧是控制室,另一侧是一般温室。这样一方面提高透光量,另一方面易于观测和控制及充分利用人工能源。培养室前墙高 1m,用双层玻璃密封,留一个双层玻璃密封门,后墙是双层隔热墙。培养室平面见图 3。

试验培养室内设置培养池三个,其余地面和空间可放置盆栽试验。其中一个培养池设置于距室内地面 50 cm 以上,用 6 mm 厚玻璃作围护结构,可以方便地观测根系生长动态过程,每个培养池底铺设冷(热)水管以控制培养基温度,同时铺有电热线可独立对池内培养基进行加温控制。这种设置为选择地上部和地下部不同的

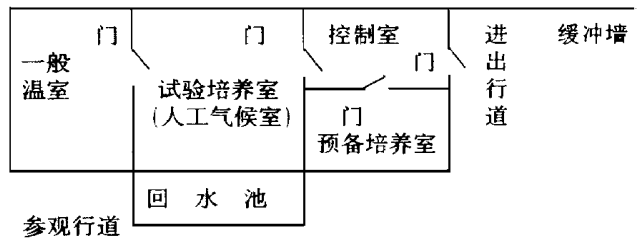


图 3 试验培养室平面示意图

Fig. 3 Plane sketch of the cultural chamber for experiments

温度组合提供了方便。每个培养池内设两个温度传感器,一个用于数字显示仪表,一个用于实时控温仪。室内气温人工能源控制采用空调器和铸铁热交换器结合的方式。以能源室供应冷热水来进行人工调节。空调器和其他形式的热交换器分成 4 组,根据季节和试验要求进行选择投入,保证室内温度升降在要求的速度范围内。培养室内设置通风系统,可用于温湿度控制。培养室内的喷雾加湿系统可提高室内的相对湿度。室内设置了人工光源系统,在自然光照不足和有特殊要求时可开启人工光源。冬春季夜间外界气温低时,顶层可拉上保温软帘保温。

2 日光型气候室的基本操作和试验举例

以冠县日光型人工气候室为例(该室于 1995 年建成,试运行结果达到各项设计要求)。该日光型人工气候室以培养脱毒苗和适于多年生大型植株试验为目的。可以进行脱毒苗的试验培养和植株的地上地下部关系研究。现仅以温度调节为例说明如下:

通常情况下,春夏季室内气温偏高时,可开启人工冷源供冷。若需要在日光条件下使室内维持相对低的气温,即可根据需冷量在中心控制室控制下,使室内热交换器某些组合投入运行,并在能源室人工冷源的供应条件下,保证室内维持相对的低温环境。如果在秋冬季节

日光条件下室温偏高而外界气温较低时,可启动通风系统利用自然低温降低室内气温。冬春季节内,自然光热能不足时,可启用人工热源供热。根据需热量在中心控制室的控制下,使室内热交换器的某些组合投入运行,并在能源室人工热源供应的条件下,保证室内维持需要的试验环境。

春夏秋季自然光热源充足的条件下,做地上部与地下部不同温度组合试验时,若地上部(室温)需要高温,地下部需要低温时,可开启培养池内的冷水分配器,在能源室供应冷源的条件,通过控制室使池内培养基温度维持在较低温度范围内。若地下部也需要高温,仅靠光热源不能满足时,在中心控制室的控制下可使培养池内通过热水循环维持高温。在任意一个季节内,做地上地下部温度组合试验时,若地上部高温在自然光热源能够满足的条件下,地下部分可以通过供热或供冷循环完成不同的地上部和地下部温度组合。

在需要地上部低温,地下部高温的试验条件而自然光热源满足不了地下部高温要求,且地上部需要供冷的情况下,则地上部须以人工冷源启动供应。地下部则由电热线提供热量。

深秋、冬季和早春夜间自然热源不足时,可启用人工供热系统。

光湿因子的控制参照温度调节进行。

综上所述,在不同季节里,根据试验条件的要求,该气候室可以完成多项地上地下部不同温度的组合试验,而且通过合理的自然能源与人工能源的互为补偿和利用,更加丰富了试验结合的内容,也有很好的节能效果。上述各种模拟环境的形式,都可以通过中心控制室自动监测和调控,同时能方便地进入手控系统进行即时调节。

3 结论及讨论

1) 日光型人工气候室充分利用自然光热源,具有节能效果,且生态模拟更趋近于自然状态。

2) 根据光学和热工原理,在设计中考虑提高光通量和隔热保温的要求,设计了双层玻璃和水幕层的结构及良好的保温墙体与半地下的形式。

3) 人工能源室内水加热器采用了浮子式,能以不同水量控制池水的升温速度,可满足供热快慢的不同需要。

4) 采用双温双向的温度调节方式,使地上部和地下部不同温度的试验组合有了很大的选择性,更适于模拟自然条件下的植物生长情况。

5) 测控仪表采用电子数字式和压力模拟相结合,减少了误操作,提高了精确度。同时设置通讯接口,可以进一步进行集散控制。通常以数显仪表组合开关控制,使其具有很好的可操作性,维护方便,适应性强。

6) 日光型人工气候室,使用空间高大,特别适于多年生大型植株的生理生态学研究。

7) 以 30m^2 使用面积, 150m^3 的使用空间,此系统投资 30 万元以内。

参 考 文 献

- 1 W. 拉夏埃尔. 植物生理生态学. 李博等译. 北京: 科学出版社, 1985. 314p
- 2 F.B 索尔兹伯里, C. 罗斯. 植物生理学. 北京大学生物系等译. 北京: 科学出版社, 1979. 620p
- 3 王惠永, 王松涛, 孙学斌等. 自然光照人工气候室的研究. 农业工程学报, 1990, 6(1): 78~ 84

- 4 N.J 罗森堡. 小气候—生物环境. 何章起等译. 北京: 科学出版社, 1982. 321p
- 5 制冷工程设计手册编写组. 制冷工程设计手册. 北京: 中国建筑工业出版社, 1988. 1050p
- 6 陈沛霖, 岳孝方主编. 空调与制冷技术手册. 上海: 同济大学出版社, 1994. 958p
- 7 T.J 奎恩. 温度测量. 凌善康等译. 北京: 中国计量出版社, 1986. 432p
- 8 江亿. 暖通空调系统的计算机控制管理. 暖通空调, 1997, 27(1): 42~ 49
- 9 何希才, 张薇. 传感器应用及接口电路. 北京: 科学技术文献出版社, 1996. 115p
- 10 于海业, 马成林, 陈晓光. 发达国家温室设施自动化研究的现状. 农业工程学报, 1997, 13(增刊): 253~ 257
- 11 哈尔滨电力学校主编. 热工学理论基础. 北京: 水利电力出版社, 1985. 302p

Study and Design of Solar-Illuminated Artificial Phytotron

Lu Mocen Yan Ying Zhang Jing Wang Shuzhen Tao Jihan Xin Li

(Shandong Institute of Pomology, Jinan)

Abstract Fully utilizing the sunlight and cold resources, this solar-illuminated artificial phytotron consists of a culture chamber, an energy supply part and a control system which uses digital meters and electronic techniques to achieve an accurate and precise control of temperatures, illumination and humidity. The phytotron, controlling the air and soil temperatures respectively, is especially applicable to those experiments that require different temperatures in chamber air and in the soil under the condition of natural illumination. The phytotron is characterized by the energy-saving, the low investment and the less operation cost.

Key words solar-illuminated, two-temperature control with two directions, phytotron