

日光温室分段智能屋脊通风效果研究

尹义蕾^{1,2}, 郑禾³, 李明^{1,2}, 何芬^{1,2}, 丁小明^{1,2}, 周长吉^{1,2}

(1. 农业部规划设计研究院, 北京 100125; 2. 农业部农业设施结构工程重点实验室, 北京 100125;

3. 北京市海淀区农业科学研究所, 北京 100081)

摘要:针对现有日光温室人工通风方式劳动强度大、室内气温分布不均匀等问题,在温室安装2台或3台智能型屋脊通风设备对温室进行2段或3段智能通风,并在北京地区冬季日光温室与人工通风控制进行了对比。结果表明:在保温被揭开期间,当采用3段智能通风时,室内空气温度最大值与最小值之差为 $(1.1 \pm 0.5)^\circ\text{C}$;而2段智能控制和人工控制分别为 $(2.3 \pm 1.1)^\circ\text{C}$ 和 $(3.8 \pm 1.3)^\circ\text{C}$ 。此外,应用该智能屋脊通风技术,还能将667 m²均效益提高0.97万元。因此,智能型屋脊通风设备可显著改善温室内温度分布的均匀性,提高种植的经济收益。

关键词:屋脊通风;室内温度;均匀度;分段控制;保温被

中图分类号:S 626.5 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2016)02-0039-04

温度是影响温室作物生产的重要因素,合理的温度调控是保障作物品质和产量的重要手段^[1-3]。屋脊通风技术作为冬季调节日光温室内空气温湿度度的主要手段,是通过调节位于日光温室屋脊处的通风口大小,将室外干冷空气引入室内,一方面降低室内空气的温湿度,使室内气温维持在合理水平,另一方面还能提高室内二氧化碳浓度,实现日光温室的高效生产。

日光温室内的温湿度是不断变化的过程,需要种植者根据室外气象的变化调节通风口大小,使室内气温保持在合理水平^[4-5]。当前,日光温室屋脊通风以人工直接操作为主,种植者依靠经验进行间断性操控,不仅通风时间长,而且劳动强度大^[6]。在现实中还往往存在开启过晚或关闭过早等情况,尤其是中午时间段,由于种植农户午休或午餐,往往不可能时时刻刻都在温室内。上述现象常导致温室环境温度瞬间温差变化较大,室内气温无法得到科学合理的控制,严重危害作物生长,导致种植者损失严重。因而仅仅依靠人工操作无法满足环境控制要求。

智能屋脊通风系统是近年研究的热点,但缺乏其应用效果数据,制约了智能温室屋脊通风系统的应用推

广。该研究通过测试日光温室在不同数量智能通风机工作下室内温度分布的均匀性,研究日光温室智能屋脊分段通风技术,以期为温室行业种植者合理选用不同的分段通风技术提供理论参考。

1 智能型日光温室顶通风系统

1.1 系统组成

链条钢缆驱动型通风机由山东省青州市鼎瑞农业机械有限公司制造,结构如图1所示,主要包括驱动电机、驱动链条、驱动绳支座、温度传感器、换向滑轮及风口驱动绳等组成,其运动原理如下:驱动电机为动力源,驱动钢缆分别连接于驱动链条的两端形成运动闭环,通风口拉绳两端分别系在驱动钢缆的上下,驱动电机的正反转带动风口拉绳往复运动,固定于风口拉绳的通风膜也随即被开启或关闭。温度传感器实时监测温室内环境温度,通过设定温度来控制设备的运行,即通风口的大小随温室环境温度的变化而迅速改变,最终实现对温室环境温度的迅速调控,智能顶通风性能参数见表1。

1.2 分段控制原理

通风方式有自然通风和强制通风,自然通风主要通过打开通风口靠风压或热压作用进行通风,由于其维护方便、不需消耗额外的能源,已成为温室环境调控的首选方式^[7]。该研究的屋脊智能通风系统属于自然通风方式。日光温室在长度方向,分成几个可以调节的部分,叫做分段控制通风(即智能通风机的数量)。

第一作者简介:尹义蕾(1983-),男,硕士,工程师,现主要从事设施园艺装备等研究工作。E-mail:yinyilei2010@163.com.

责任作者:周长吉(1964-),男,博士,研究员,现主要从事设施园艺工程领域等研究工作。E-mail:zhoucj@facaae.com.

基金项目:公益性行业(农业)科研专项资助项目(201203002)。

收稿日期:2015-10-15

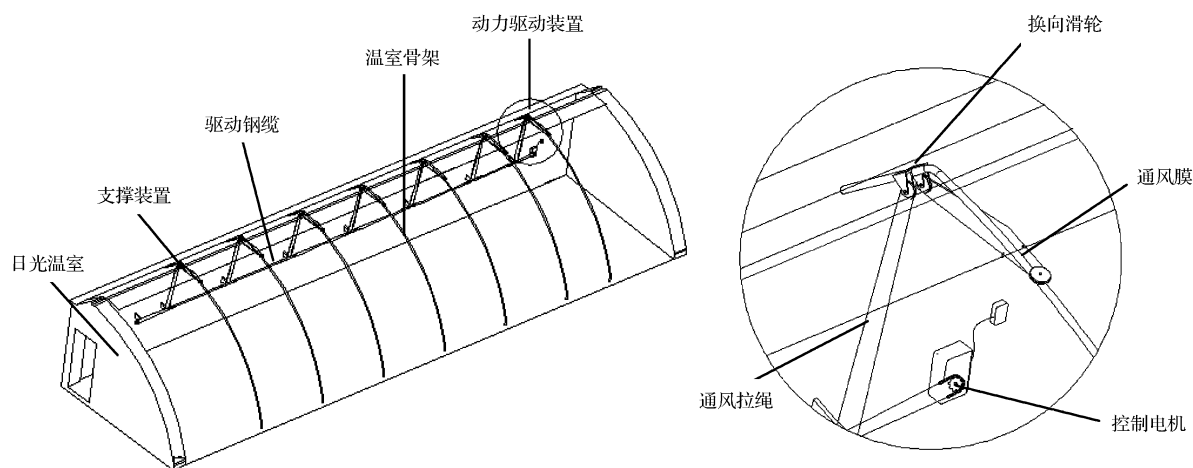


图1 智能屋脊通风系统原理图

Fig. 1 Motion diagram of intelligent roof ventilation equipment

表1 设备的主要性能参数

Table 1 Main performance parameters of roof ventilation equipment

性能参数 Performance parameters	取值 Value
功率 Power	40 W
分段控制距离 Segmented control distance	20~30 m
安装高度 Installation height	1.5 m

由于日光温室一般长度可达50~100 m,温室内不同区域温度存在较大差异,需要针对不同的日光温室区域采用不同的通风口宽度,即对日光温室通风进行分段控制,进而消除温室内温度场的温度差异,实现温室环境温度的一致性。2段或3段通风即在日光温室长度方向上将日光温室均匀地划分为2段或3段,然后在每段日光温室安装一套智能顶通风装备,根据室内外温度对通风口的开启尺寸进行控制。

具体控制方式为:1)将预设温度数据(即各种农作物的花期、坐果期、成熟期等不同的生长期所适应的不同温度)存入控制器;2)当温室内温度发生变化时,温度传感器将数据收集并传输给控制器,并对数据进行简单分析;3)根据分析结果发出风口开合指令,通过控制通风孔开合尺寸,实现温室环境温度的自动调控。

2 试验方法

2.1 试验条件

选用北京市海淀区农科所上庄基地(东经116°13',北纬40°24')内3栋结构完全相同的温室进行测试,其中一座温室放置3台智能控制装置,一座放置2台,对照温室为人工传统控制。其墙体结构由120 mm黏土砖+100 mm聚苯板+240 mm黏土砖(从室内至室外)复合而成。3栋温室均坐北朝南,东西长50 m,南北长7.5 m,脊高3.5 m,前屋面角和后屋面角分别为29.4°和36°,后屋面在地面水平投影长度为1.3 m。前屋面采用聚烯烃(polyolefin)膜覆盖,后屋面由聚苯板和陶粒混凝土建成。温室保温被卷起和铺放时间分别为8:00和17:00。

2.2 测点布置与测试仪器

每个温室布置9个温度测试点,每个点布局在温室三等分的跨中位置,测点位置布置见图2。其中2个温室采用2段或3段通风控制,各装有2台或3台智能顶通风装置,分别定义为2段通风和3段通风温室。通风机位于每段日光温室中间,靠近后墙。对照温室为人工凭经验控制,靠手拉绳进行通风膜的关闭与开启。

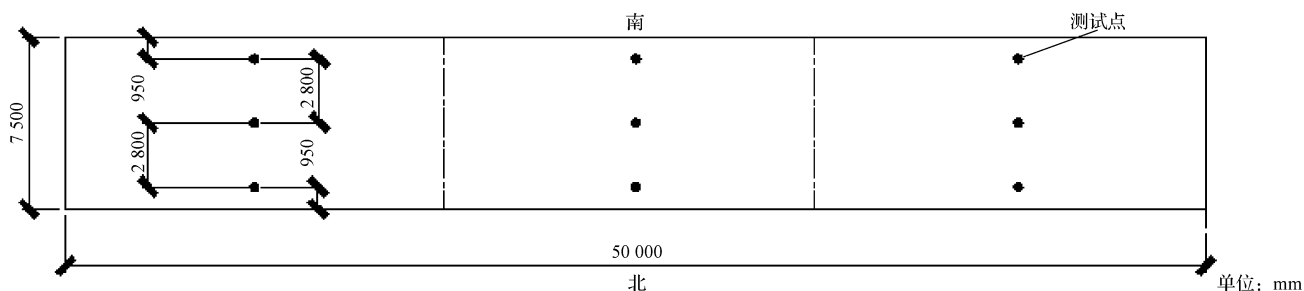


图2 测点分布示意图

Fig. 2 Measuring points distribution in solar greenhouse

室内外气温采用温湿度记录仪测量(HOBO 温度/湿度数据记录仪 UX100-00, Onset Co. 美国, 测量范围: -20~70℃, 精度: ±0.2℃)。试验中各个测试点距离地面为 1.3 m, 记录时间间隔为 15 min。

3 结果与分析

取 2014 年 11 月 9 日 08:00—17:00 为典型日, 对典型日所获取的数据进行分析评价。采用同一时刻最高与最低温度之差的平均值和该平均值的总体标准偏差 2 个指标作为反映不同控制方式下温室空气温度的波动情况。在保温被揭开期间(08:00—17:00), 3 段控制、2 段控制、人工控制在此期间, 温室内空气温度最大值与最小值之差为(1.1±0.5)、(2.3±1.1)、(3.8±1.3)℃。

为显示 3 种控制下空气温度波动情况, 做室内空气温度最大值与最小值之差的标准差, 如图 3 所示。智能顶通风控制下的温室环境稳定平稳性明显要好于人工控制, 其中 3 段控制波动最小, 人工控制下温室内空气温度的波动范围是 3 段控制的 3.44 倍、2 段控制的 1.67 倍。

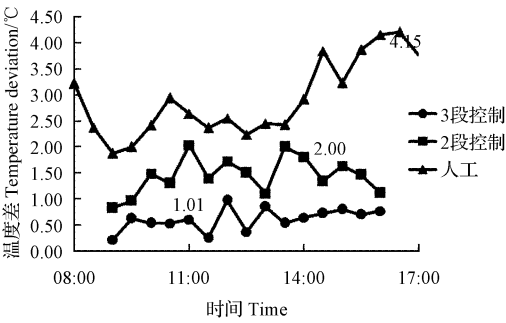


图 3 不同控制方式下温室空气温度最大值与最小值之差的标准差

Fig. 3 Air temperature standard deviation of the difference between the maximum and minimum values of the greenhouse under different control modes

4 智能顶通风运营成本分析及应用前景

以北京市海淀区农业科学研究所运营实际为例, 选取运营成本最高的 3 段控制模式为研究对象, 电机寿命以 5 年为折旧期, 根据智能顶通风运行 1 年的总投入如表 2 所示^[6]。

表 2 智能屋脊通风设备年运行成本

Table 2 Annual operation cost of intelligent roof ventilation equipment

名称 Name	每天用量 Daily dosage/kW	单价 Unit price/元	年费用 Year cost/元
电费 Electricity	1	0.45	67
信息费 Information cost	—	—	300
安装费 Installation costs	—	—	200
折旧费 Depreciation expense	—	—	800
总计 Total cost	—	—	1 167

注: 运行时间从 10 月中旬到来年 3 月中旬约 150 d 来计算。

Note: Operation hours was from mid-october to mid-march of next year, which was about 150 days.

智能顶通风的运行产生的总效益分析如下。1) 节省劳动力效益: 与人工进行温室的顶通风操作相比, 每栋温室每日可节省工人 1.5 h 劳动量, 以工人小时工资 25 元计付, 年节省 0.56 万元。2) 产品效益: 采用智能顶通风后, 由于温室内环境温度和二氧化碳调控及时, 与人工操作相比, 产量提高 10% 左右。以每 667 m² 一个冬季收货 3 000 kg 果菜, 增产约 300 kg, 提高收益 0.15 万元。

单栋温室运营期内(占地 400 m²), 总效益为 0.71 万元, 总投入为 0.12 万元, 即经济效益为 0.59 万元, 每 667 m² 经济效益为 0.97 万元; 如果园区为 6.67 hm² 种植面积, 约可节省 100 万元。

5 结论

智能顶通风装备在北京的日光温室应用测试表明, 智能顶通风控制远远高于人工控制, 3 段控制要比 2 段控制日光温室室内空气温度波动范围明显减小, 3 段控制温室同一时刻, 环境空气温度波动范围可以控制在 (1.1±0.5)℃。智能顶通风设备的应用可显著提高经济

效益, 降低劳动作业者作业时间, 667 m² 效益可提高 0.59 万元。

参考文献

[1] 谢迪, 须晖, 李天来, 等. 顶部通风对日光温室室内温湿度的影响[J]. 江苏农业科学, 2010(6): 573-575.
[2] 李良才. 温室内部温度分布特征探讨[J]. 青海大学学报(自然科学版), 2006, 18(3): 7-9.
[3] 赵玉萍, 邹志荣, 杨振超, 等. 不同温度和光照对温室番茄光合作用及果实品质的影响[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2010, 38(5): 125-130.
[4] 张起勋, 于海业, 张忠元, 等. 利用 CFD 模型研究日光温室内的空气流动[J]. 农业工程学报, 2012, 28(16): 166-171.
[5] 杨振超, 邹志荣, 陈双臣, 等. 西北型日光温室室内风速分布及其与室外风速和通风面积的关系[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2006, 34(9): 36-40.
[6] 尹义蕾, 潘守江. “西北非耕地温室结构与建造技术”项目成果汇报(9)-日光温室屋脊智能通风装置[J]. 农业工程技术, 2014, 25(9): 25-26.
[7] 余泳昌, 胡建东, 毛鹏军. 现代化温室环境参数的模糊控制[J]. 农业工程学报, 2002, 18(2): 72-75.

DOI:10.11937/bfyy.201602012

多功能秸秆腐熟剂对设施番茄产量和品质的影响

赵英男^{1,2}, 耿丽平^{1,2}, 李博文^{1,2}, 孙洪欣^{1,2}, 刘文菊^{1,2}

(1. 河北农业大学 资源与环境科学学院, 河北 保定 071000; 2. 河北省农田生态环境重点实验室, 河北 保定 071000)

摘要:以设施番茄为研究对象,在玉米秸秆还田的基础上,研究了多功能秸秆腐熟剂对设施番茄生长和品质的影响。结果表明:施用多功能秸秆腐熟剂的处理与不施用腐熟剂的CK1相比,提高了番茄产量,改善了番茄品质,其中单产增加9.29%,可溶性蛋白质、维生素C、可溶性糖含量分别比对照增加了12.70%、17.00%、7.01%。此外,施用多功能秸秆腐熟剂促进了土壤中秸秆的腐熟,不同程度增加了土壤速效养分含量,其中碱解氮增幅为64%~89%,速效磷增幅为60%~90%,速效钾增幅为37%~79%,同时降低了土壤EC值;综上所述,在该区域种植大棚番茄,应提倡玉米秸秆还田,不仅可降低1/3左右磷钾用量,并且配合施用多功能秸秆腐熟剂,可以达到番茄稳产、增产、优质的目的。

关键词:多功能秸秆腐熟剂;番茄;产量;品质;土壤理化性状

中图分类号:S 641.206⁺.2 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2016)02-0042-04

近年来,秸秆还田技术越来越成为国内外普遍重视的一项培肥地力的增产措施。通过秸秆还田技术,不仅

第一作者简介:赵英男(1991-),男,河北河间人,硕士研究生,研究方向为设施蔬菜土壤环境质量。E-mail:zhaoyan8968@163.com.

责任作者:李博文(1963-),男,回族,河北文安人,博士,教授,博士生导师,现主要从事土壤环境科学等研究工作。E-mail:kjli@hebau.edu.cn.

基金项目:国家科技支撑计划资助项目(2015BAD23B01)。

收稿日期:2015-10-08

可以减少农业生产造成的污染,实现秸秆的资源化利用,还可以提高土壤有机质和其它养分的含量,改善土壤结构,进而改善土壤的肥力状况^[1-2]。秸秆腐熟剂既能快速腐熟秸秆,又可使秸秆中所含的有机质及磷、钾等元素转换成为植物生长可直接吸收的养分,并激发有益微生物的繁衍,可提高土壤有机质含量、减少化肥使用量、增强植物抗逆性、改善作物品质,提高作物产量^[3-8]。大量研究表明,随种植年限的延长,不同种类蔬菜温室土壤存在酸化、盐渍化和磷钾养分富集的趋

Application of Intelligent Roof Ventilation System on Chinese Solar Greenhouse

YIN Yilei^{1,2}, ZHENG He³, LI Ming^{1,2}, HE Fen^{1,2}, DING Xiaoming^{1,2}, ZHOU Changji^{1,2}

(1. Chinese Academy of Agricultural Engineering, Beijing 100125; 2. Key Laboratory of Farm Building in Structure and Construction, Ministry of Agriculture, Beijing 100125; 3. Agricultural Science Institute of Haidian District, Beijing 100081)

Abstract: In allusion to the existing problem of labor intensity of artificial ventilation control, uneven distribution temperature within greenhouse and other issues, two or three intelligent roof ventilation devices were installed in order to compare with artificial ventilation control with two or three segmented intelligent ventilation inside a greenhouse in winter in Beijing. The results showed that during the heat insulation cover opened, the difference between the maximum and minimum values of air temperature in the greenhouse was $(2.3 \pm 1.1)^{\circ}\text{C}$ of two-stage control range, $(1.1 \pm 0.5)^{\circ}\text{C}$ of 3-stage control range, and $(3.8 \pm 1.3)^{\circ}\text{C}$ of manual control range; economy benefits could significantly be increased about 9,700 RMB per 667 m² of cultivated area by using intelligent roof ventilation. Therefore, intelligent roof ventilation segment systems were used to test indoor environment of greenhouse in order to contrast analysis of manual control and intelligent mechanical ventilation effect in winter in Beijing. Therefore, uniformity of the indoor temperature and growing income could significantly be improved by intelligent roof ventilation.

Keywords: roof ventilation; indoor temperature; uniformity; segmented control; heat insulation cover