

# 基于物联网的北方温室环境调控规程

刘志洋 (哈尔滨农业科学院, 黑龙江哈尔滨 150029)

**摘要** 温室的主要功能是通过改变温室环境条件以满足温室内作物的生长需求。通过不同调控机构的组合可实现温室的环境调控。制定了基于物联网的北方温室环境调控规程,提高了温室监控的智能水平。

**关键词** 温室;环境调控;规程

**中图分类号** S626.5 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2017)30-0187-04

## Regulation of Greenhouse Environment Control in the North of China Based on Internet of Things

LIU Zhi-yang (Harbin Academy of Agricultural Sciences, Harbin, Heilongjiang 150029)

**Abstract** The main function of the greenhouse is to meet the growing demand of crops by changing the conditions of the greenhouse environment. Through the combination of different regulatory agencies, it achieved the environmental control in the greenhouse. In this study, it developed the northern greenhouse environment control procedures based on the Internet of things, and improved the intelligent level of greenhouse monitoring.

**Key words** Greenhouse; Environment control; Regulation

现代温室要在多变的自然气候条件下,为作物生长创造一个适宜的环境,以实现高产出、高品质、低成本、高效益等可持续发展为目标。温室是一个封闭的农业生态系统,温度、湿度、光照强度、二氧化碳浓度是该系统中重要的环境因子,它们之间相互依赖、相互作用,共同影响作物的生长、发育,进而影响作物的产量与品质<sup>[1]</sup>。笔者以哈尔滨市农业科学院现代农业示范园区物联网监控智能温室为试验点,利用已建成的环境监控系统,制定了基于物联网的北方温室环境调控规程,为推动智能温室的产业化进程,促进设施农业可持续发展提供一定的理论意义和实用价值。

### 1 典型作物对温室环境的需求

**1.1 温度** 温度是对作物生长发育影响最显著的因子。维持作物生长发育的生物学下限温度、最适温度以及生物学的上限温度合称为“三基点温度”,是最基本的温度指标。多数园艺作物三基点温度大致范围:下限温度 5~15℃,最适温度 20~28℃,最高温度 30~35℃<sup>[2]</sup>(表1)。

此外,昼夜温差对农作物也有相当的影响。在一定温度范围内,白天温度越高越好,晚上温度越低越好,因此利用昼夜大温差原理可以提高作物产量和品质<sup>[3]</sup>。

一般冬季时温室内温度很低,而夏季又往往过高,因而需要结合温室辅助设备调节室温,以使温室始终保持在适宜作物生长的范围内。

**1.2 湿度** 湿度是影响作物生长蒸腾、光合、病害发生及生理的重要因子。空气湿度大,蒸腾作用就弱,植物运输矿物质营养的能力就下降,同时叶片也有可能被灼伤。当空气湿度过大或过小时,光合作用就会减慢甚至停止。高湿或者高温低湿等环境都适宜病菌的繁殖;高湿还会使叶面水分凝结,造成叶面细胞破裂损害温室作物的生长。

温室设施环境的显著特点是高湿,在夜间尤为突出。白

表1 温室3种蔬菜不同生长阶段温度要求

Table 1 The greenhouse temperature requirements of three vegetables in different growth stages °C

蔬菜名称 Vegetable name	生长阶段 Growth stage	白天/晚上 Day/night	最适温度 Optimum temperature	温度下限 Lower temperature limit	温度上限 Upper temperature limit
生菜 Romaine Lettuce	发芽期	白天	20~25	13	30
		晚上	15~18	10	30
番茄 Tomato	苗期	白天	15~20	4	30
		晚上	12~15	4	28
	采收期	白天	17~18	13	30
		晚上	12~15	11	22
	营养生长期	白天	22~25	8	34
		晚上	13~15	8	34
成熟期	白天	22~25	8	40	
	晚上	16~20	5	33	
黄瓜 Cucumber	苗期	白天	23~28	15	30
		晚上	15~20	14	20
	营养生长期	白天	22~25	9	34
		晚上	13~15	9	34
	营养生长期	白天	22~25	10	40
		晚上	16~20	10	33
成熟期	白天	23~28	15	30	
	晚上	15~20	14	20	

天空气相对湿度下降。作物生长适宜的相对湿度根据季节和作物种类的不同而有所不同,一般在 50%~85% 为宜<sup>[3]</sup>。

**1.3 光照** 光照的强度和ación时间对作物产量和品质有着重要的影响。作物对光照强度的要求通常用光补偿点和光饱和点来表示,它们就是光合作用对光强度要求的低限和高限,也分别代表光合作用对弱光和强光的利用能力。

一般来讲,阴生植物的光补偿点是 100 lx,喜光作物是 500~1 000 lx;阴生植物的光饱和点一般为 5 000~10 000 lx,喜光作物光饱和点为 20 000~25 000 lx。

作物种类分为长日照、短日照、日中性作物 3 类。在自然条件下,光照强度和光照时间不仅随着温室所处的纬度不同而不同,而且也随着季节天气等状况高度相关<sup>[3]</sup>。

**基金项目** 哈尔滨市重大科技攻关项目(2014AB1AN034)。

**作者简介** 刘志洋(1979—),女,黑龙江哈尔滨人,高级农艺师,硕士,从事农业物联网研究。

**收稿日期** 2017-07-07

**1.4 二氧化碳** 一般情况下,光合作用速度随着光强度增加或者大气中的二氧化碳浓度增加而增加。夜间温室内的二氧化碳浓度较大,最高时温室内二氧化碳浓度比温室外要高将近 1 倍;进入白天,温室内二氧化碳浓度变低。

研究表明,一般适合植物生长的二氧化碳的体积分数为 1.0% ~ 1.5%。由于温室生产经常处于密闭的状态,使得作物经常处于二氧化碳饥饿状态,从而影响到作物的产量和品质,因而对温室进行二氧化碳施肥。考虑到生产成本问题,本温室中暂且没有将二氧化碳施肥设备添加进去,而是将依据农业生产经验,每隔一定时间进行温室通风,以补充作物生长发育所需的二氧化碳<sup>[3]</sup>。

**2 环境控制设备与温室小气候对应关系**

温室的调控机构可根据其作用的功能不同分为自然通风系统、强制通风系统、遮阳系统、增湿降温系统、保温系统、加热系统、二氧化碳增施系统等<sup>[4]</sup>,各机构的主要设施及其所影响的温室内的环境参数见表 2,温室内环境因子与调控

机构的关系见表 3。

表 2 温室调控机构及主要设施

Table 2 Greenhouse control agencies and main facilities

调控机构类型 Regulatory institution	主要调控设施 Major regulatory facilities	影响温室环境参数 Environmental parameters in greenhouse
自然通风系统 Natural ventilation system	天窗、侧窗	温度、湿度、二氧化碳浓度
强制通风系统 Forced ventilation system	风机	温度、湿度、二氧化碳浓度
遮阳系统 Shading system	内、外遮阳网	温度、光照强度
增湿降温系统 Humidification and cooling system	湿帘 - 风机、喷淋、滴灌	温度、湿度
保温系统 Insulation system	保温幕	温度
加热系统 Heating system	水暖装置	温度、湿度
二氧化碳施肥系统 CO <sub>2</sub> fertilization system	二氧化碳增施设备	二氧化碳浓度

表 3 温室环境因子与调控机构关系

Table 3 Relationship between environmental factors and regulation mechanism in greenhouse

调控机构 Regulatory institution	环境参数 Environmental parameters in greenhouse					
	空气温度 Air temperature	空气湿度 Air humidity	光照 Illumination	二氧化碳浓度 CO <sub>2</sub> concentration	土壤水分 Soil moisture	土壤温度 Soil temperature
自然通风 Natural ventilation	降低	降低或增加	—	增加或降低	—	—
强制通风 Forced ventilation	降低	降低或增加	—	—	—	—
内遮阳 Inner sunshade	降低或增加	—	降低	—	—	—
外遮阳 Exterior sunshade	降低或增加	—	降低	—	—	—
湿帘 Wet curtain	降低	增加	—	—	增加	降低
风机 Fan	—	—	—	—	—	—
喷淋 Spray	降低	增加	—	—	增加	降低
滴灌 Drip irrigation	—	—	—	—	增加	降低
保温幕 Thermal curtain	增加	增加	降低	—	—	—

**3 温室小环境单因子控制策略**

**3.1 正常天气温度控制** 温度单因子调控是通过通风窗的

开启、保温幕的开启、湿帘风机的开启以及加热系统的开启来实现的。温度调控组合情况见表 4。

表 4 温度调控组合

Table 4 Combination of temperature control

规则号 Rule number	通风窗 Ventilation window	遮阳网 Shade net	风机 Fan	湿帘 Wet curtain	保温幕 Thermal curtain	加热 Heating	作用 Effect	典型情况 Typical case
T <sub>1</sub>	开	—	—	—	—	—	自然通风 降温	夏季高温 T <sub>室内</sub> > T <sub>上限</sub> T <sub>室内</sub> > T <sub>室外</sub>
T <sub>2</sub>	—	开	开	—	—	—	遮阳 + 强制通风 降温	夏季高温 T <sub>室内</sub> > T <sub>上限</sub> T <sub>室内</sub> < T <sub>室外</sub> 遮阳后光照满足需要
T <sub>3</sub>	—	开	开	开	—	—	遮阳 + 强制通风 + 增湿 降温	夏季高温 T <sub>室内</sub> > T <sub>上限</sub> T <sub>室内</sub> < T <sub>室外</sub> 遮阳后光照满足需要
T <sub>4</sub>	—	—	—	—	—	—	不控制 维持现状	春秋季节 T <sub>上限</sub> > T <sub>室内</sub> > T <sub>下限</sub>
T <sub>5</sub>	关	夜开 昼关	—	—	开	开	关窗 + 开保温幕 + 加热 保温加热	冬季低温 T <sub>室内</sub> < T <sub>下限</sub> T <sub>室内</sub> > T <sub>室外</sub>

**3.2 正常天气湿度控制** 湿度调控是通过通风窗的开启以及湿帘风机的开启来实现的。湿度调控组合见表 5。

内遮阳开启以及补光设备的开启来实现的。光照调控组合见表 6。

**3.3 正常天气光照控制** 光照的控制是通过外遮阳开启、

表 5 湿度调控组合

Table 5 Humidity control combination

规则号 Rule number	通风窗 Ventilation window	风机 Fan	湿帘 Wet curtain	作用 Effect	典型情况 Typical case
H <sub>1</sub>	开	—	—	自然通风 降湿	冬季 $H_{室内} > H_{上限}$ $H_{室内} > H_{室外}$
H <sub>2</sub>	—	开	—	强制通风 降湿	冬季 $H_{室内} > H_{上限}$ $H_{室内} > H_{室外}$
H <sub>3</sub>	—	—	—	不控制 维持现状	四季均有 $H_{上限} > H_{室内} > H_{下限}$
H <sub>4</sub>	—	—	开	开湿帘 增湿	四季均有 $H_{室内} < H_{下限}$ $H_{室内} > H_{室外}$
H <sub>5</sub>	开	—	—	开窗 增湿	四季均有 $H_{室内} < H_{下限}$ $H_{室内} < H_{室外}$

表 6 光照调控组合

Table 6 Combination of light control

规则号 Rule number	外遮阳 Exterior sunshade	内遮阳 Inner sunshade	补光设备 Lighting equipment	作用 Effect	典型情况 Typical case
L <sub>1</sub>	开	开	关	开遮阳网 降低光照	夏季 $L_{室内} > L_{上限}$
L <sub>2</sub>	—	—	—	不控制 维持现状	春、夏、秋 $L_{上限} > L_{室内} > L_{下限}$
L <sub>3</sub>	关	关	开	关闭遮阳网 人工补光	冬季 $L_{室内} < L_{下限}$

3.4 极端天气温室环境控制 极端天气主要指暴风雨、冰雹、大雪、霜冻、台风、温差或湿度差过大等情况。极端天气

要做好温室设备的保护工作。极端天气温室调控组合见表 7。

表 7 极端天气温室调控组合

Table 7 Combination of extreme weather greenhouse control

外部气候 External climate	外遮阳 Exterior sunshade	内遮阳 Inner sunshade	通风窗 Ventilation window	湿度风机 Humidity fan	循环风机 Circulation fan	湿帘 Wet curtain	保温幕 Thermal curtain
暴风雨 Storm	—	—	关	—	—	—	—
冰雹 Hail	开	—	关	—	—	—	—
大雪 Heavy snow	开	—	关	—	—	—	—
霜冻 Frost	开	—	—	—	—	—	—
台风 Typhoon	关	—	关	—	—	—	—
温差或湿度差过大 High temperature or humidity difference	—	—	—	—	开	—	—

## 4 温室小环境多因子控制策略

4.1 温室环境控制决策过程 温室环境控制主要有两部分:自动控制 and 手动控制。前者主要是 ARM 板上实现,日常时候系统默认自动运行;后者是来自温室现场控制柜(手动开关)和远程监控机的指令信号,主要是在特殊情况(极端天气)和紧急情况下(温室发生病虫害)使用。后者的处理优先级要高于前者<sup>[5]</sup>。

手动控制:凭长期积累的经验 and 直觉推测及判断,手动调节温室内环境因子也是根据种植者的经验来控制。考虑到手动控制的便捷性和方便性,设施园艺管理者文化素质比较低,手动控制在温室园艺中依旧十分有必要。

自动控制:利用计算机技术及控制理论对温室内的各种环境因子进行自动控制和调节,控制系统需要种植者输入温

室作物生长所需环境的目标参数,计算机根据传感器的实际测量值与事先设定的目标值进行比较,以决定温室环境因子的控制过程,控制相应机构进行加热、降温和通风等动作。

4.2 温室环境多因子控制策略 系统运行过程中,控制器读入控制策略控制表(表 8)和作物数据库表(表 1),并读入现场传感器的测量数据,然后进行工况的逻辑判别,随后根据判断情况立即做出控制决策。这些表格可以根据现场操作的实际需要可自动进行更新。系统具有灵活性、可配置性、可扩展性的特点。

工况判断顺序(优先级):天气 > 温度 > 湿度 > 光照,温室的控制流程中首先判断当前的天气属于正常气候还是非正常气候,如果属于非正常气候,则不再进行后续温、湿度等其他参数的判断,直接进行非正常情况控制;如果属于正常

表8 温室环境多因子主动调控策略

Table 8 Strategy of microclimate active control in greenhouse

编号 No.	温度规 则号 Temperature rule number	湿度规 则号 Humidity rule number	光照规 则号 Illumin- ation rule number	天气 Weather	通风窗 Ventilation window	湿度风机 Humidity Fan	湿帘 Wet curtain	外遮阳 Exterior sunshade	内遮阳 Inner sunshade	补光 Fill light	保温幕 Thermal curtain	加热 Heating	循环风机 Circulation fan
1	T <sub>1</sub>	H <sub>3</sub>	L <sub>1</sub>	正常	开	关	关	—	开	—	—	—	—
2	T <sub>1</sub>	H <sub>3</sub>	L <sub>2</sub>	正常	开	关	关	—	—	—	—	—	—
3	T <sub>1</sub>	H <sub>4</sub>	L <sub>1</sub>	正常	开	开	开	—	开	—	—	—	—
4	T <sub>1</sub>	H <sub>4</sub>	L <sub>2</sub>	正常	开	开	开	—	—	—	—	—	—
5	T <sub>1</sub>	H <sub>5</sub>	L <sub>1</sub>	正常	开	关	—	—	开	—	—	—	—
6	T <sub>1</sub>	H <sub>5</sub>	L <sub>2</sub>	正常	开	关	—	—	—	—	—	—	—
7	T <sub>2</sub>	H <sub>3</sub>	L <sub>1</sub>	正常	—	开	关	—	开	—	—	—	—
8	T <sub>2</sub>	H <sub>3</sub>	L <sub>2</sub>	正常	—	开	关	—	—	—	—	—	—
9	T <sub>2</sub>	H <sub>4</sub>	L <sub>1</sub>	正常	—	开	开	—	开	—	—	—	—
10	T <sub>2</sub>	H <sub>4</sub>	L <sub>2</sub>	正常	—	开	开	—	—	—	—	—	—
11	T <sub>2</sub>	H <sub>5</sub>	L <sub>1</sub>	正常	—	开	—	—	开	—	—	—	—
12	T <sub>2</sub>	H <sub>5</sub>	L <sub>2</sub>	正常	—	开	—	—	—	—	—	—	—
13	T <sub>3</sub>	H <sub>3</sub>	L <sub>1</sub>	正常	—	开	开	—	开	—	—	—	—
14	T <sub>3</sub>	H <sub>3</sub>	L <sub>2</sub>	正常	—	开	开	—	—	—	—	—	—
15	T <sub>3</sub>	H <sub>4</sub>	L <sub>1</sub>	正常	—	开	开	—	开	—	—	—	—
16	T <sub>3</sub>	H <sub>4</sub>	L <sub>2</sub>	正常	—	开	开	—	—	—	—	—	—
17	T <sub>3</sub>	H <sub>5</sub>	L <sub>1</sub>	正常	—	开	开	—	开	—	—	—	—
18	T <sub>3</sub>	H <sub>5</sub>	L <sub>2</sub>	正常	—	开	开	—	—	—	—	—	—
19	T <sub>4</sub>	H <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>	正常	开	—	关	—	—	—	—	—	—
20	T <sub>4</sub>	H <sub>2</sub>	L <sub>2</sub>	正常	—	开	关	—	—	—	—	—	—
21	T <sub>4</sub>	H <sub>3</sub>	L <sub>2</sub>	正常	—	—	—	—	—	—	—	—	—
22	T <sub>4</sub>	H <sub>4</sub>	L <sub>2</sub>	正常	—	开	开	—	—	—	—	—	—
23	T <sub>4</sub>	H <sub>5</sub>	L <sub>2</sub>	正常	开	—	—	—	—	—	—	—	—
24	T <sub>5</sub>	H <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>	正常	—	—	关	—	—	—	开	开	—
25	T <sub>5</sub>	H <sub>1</sub>	L <sub>3</sub>	正常	—	—	关	关	关	开	开	开	—
26	T <sub>5</sub>	H <sub>2</sub>	L <sub>2</sub>	正常	—	—	关	—	—	—	开	开	—
27	T <sub>5</sub>	H <sub>2</sub>	L <sub>3</sub>	正常	—	—	关	关	关	开	开	开	—
28	T <sub>5</sub>	H <sub>3</sub>	L <sub>2</sub>	正常	关	关	—	—	—	—	开	开	—
29	T <sub>5</sub>	H <sub>3</sub>	L <sub>3</sub>	正常	关	关	—	关	关	开	开	开	—
30	T <sub>5</sub>	H <sub>4</sub>	L <sub>2</sub>	正常	关	—	—	—	—	—	开	开	—
31	T <sub>5</sub>	H <sub>4</sub>	L <sub>3</sub>	正常	关	—	—	关	关	开	开	开	—
32	T <sub>5</sub>	H <sub>5</sub>	L <sub>2</sub>	正常	—	关	—	—	—	—	开	开	—
33	T <sub>5</sub>	H <sub>5</sub>	L <sub>3</sub>	正常	—	关	—	关	关	开	开	开	—
34				暴风雨	关	—	—	—	—	—	—	—	—
35				冰雹	关	—	—	开	—	—	—	—	—
36				大雪	关	—	—	开	—	—	—	—	—
37				霜冻	—	—	—	开	—	—	—	—	—
38				台风	关	—	—	关	—	—	—	—	—
39				温差或湿度差过大	—	—	—	—	—	—	—	—	开
40				温差或湿度差小	—	—	—	—	—	—	—	—	关

气候的话,随后依次进入温度、湿度、光照等判别,最后组合出相应的决策(即执行器的控制状态)<sup>[6]</sup>。

## 5 结语

该研究基于典型作物对温室环境的需求,以环境控制设备与温室小气候对应关系为切入点,综合考虑各单因子调控策略。以此为基础建立了温室环境多因子控制策略,该调控规程适用于我国北方城市的温室调控,但是仅是面向该系统的内部标准,需要针对目前的温室作物环境信息感知设备,构建基于本体的温室作物、环境和装备的标准描述,以实现完整意义上的作物-环境-装备之间的信息交互。

## 参考文献

- [1] 赵丽丽. 基于物联网的蔬菜大棚环境监控系统设计[D]. 兰州:甘肃农业大学,2013.
- [2] 尹学举. 温室番茄环境调控决策支持系统[D]. 镇江:江苏大学,2002.
- [3] 王福祿. 寒地日光温室远程监测系统的研究[D]. 哈尔滨:东北农业大学,2011.
- [4] 王纪章. 基于物联网的温室环境智能管理系统研究[D]. 镇江:江苏大学,2011.
- [5] 孔蕊. 基于物联网的温室环境监测系统研究[D]. 保定:河北农业大学,2013.
- [6] 李莉莉. 华东型连栋塑料温室环境智能控制系统的研究[D]. 上海:上海交通大学,2013.