



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 105676922 B

(45)授权公告日 2017. 11. 03

(21)申请号 201610056861.0

(22)申请日 2016.01.28

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 105676922 A

(43)申请公布日 2016.06.15

(73)专利权人 沈阳农业大学

地址 110866 辽宁省沈阳市沈河区东陵路120号

(72)发明人 张志霞 王铁良 许童羽 吕学品 徐静

(74)专利代理机构 沈阳科威专利代理有限责任公司 21101

代理人 张述学

(51)Int. Cl.

G05D 27/02(2006.01)

(56)对比文件

CN 1561675 A, 2005.01.12, 全文.

CN 102271422 A, 2011.12.07, 全文.

CN 102937785 A, 2013.02.20, 全文.

KR 10-2013-0020377 A, 2013.02.27, 全文.

CN 204305719 U, 2015.05.06, 全文.

于海业 等. “基于模糊控制算法的温室变温管理系统”. 《农机化研究》. 2008, (第5期), 全文.

邓璐娟 等. “温室环境多级控制系统及优化目标值设定的初步研究”. 《农业工程学报》. 2005, 第21卷(第5期), 正文第119页-第122页及附图1-7.

于殿龙. “基于积温和经济最优的夏季Venlo型温室环境控制技术的研究”. 《中国优秀硕士学位论文全文数据库 农业科技辑》. 2008, (第11期), 正文第47~58页及附图5.1~5.8.

审查员 余俊荣

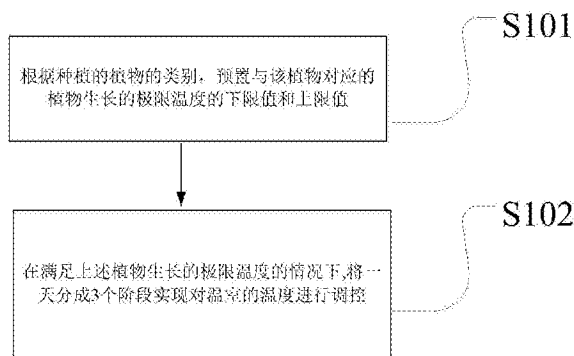
权利要求书2页 说明书7页 附图2页

(54)发明名称

一种温室调控优化方法

(57)摘要

一种温室调控优化方法, 涉及温度控制或调节系统。该温室调控优化方法, 使用作物生长模型得出作物生长速率与环境因子的关系式, 利用确定的光照强度下的最佳温度值来代替传统方式依据经验的大致设定值。建立调控成本模型求出调控设备运行的成本。依据积温理论, 将一天的温度设定值分成三个阶段, 代替传统的白天黑夜两种温度设定方法。在光照较强的白天, 以光合最优原则设定温度值; 在温度较低的后半夜, 以成本最优设定温度值; 在温度适中补偿成本较低的上半夜进行积温补偿。该方法既满足作物光合最优所需的温度值, 又有较低的积温补偿成本, 效益较好。



1. 一种温室调控优化方法,包括如下步骤:

根据种植的植物的类别,预置与该植物对应的植物生长的极限温度的下限值和上限值;

在满足上述植物生长的极限温度的情况下,将一天中对温室温度的调整分成三个阶段,第一阶段为光照较强的白天,以光和最优为原则调解温室内温度;第二阶段为温度较低的后半夜,以成本最优为原则调节温室内温度;在第三阶段为上半夜,以积温补偿为原则调节温室内温度;

所述的以光和最优为原则调解温室内温度的步骤,具体包括:

获取植物的光和作用函数;

依据上述函数获取光和速率最快时的温度和光照强度,该温度和光照强度为植物生长状态的最佳条件,上述温度值作为第一阶段温度设定值;

对温室内环境温度进行调节,使温室内温度在极限温度的下限值以上、上限值以下、上述第一阶段温度设定值的偏移范围以内波动;

所述的以成本最优为原则调节温室内温度的步骤,具体包括:

首先建立调控成本模型,获取设备调控成本:

$$p = \sum_{i=1}^4 k_i p_i + \sum_{i=5}^6 k_i p_i t$$

式中, p 为总调控成本; $\sum_{i=1}^4 k_i p_i$ 为第一类开关型执行机构运行成本, k_i 表示机构状态,0表示未执行状态,1表示执行状态, p_i 为执行机构*i*的运行成本; $\sum_{i=5}^6 k_i p_i t$ 为第二类持续型执行机构运行成本, k_i 表示机构状态,0表示未执行状态,1表示执行状态, t 第二类执行机构实际运行时间;

再以作物生长模型函数与调控成本效果模型函数为基础,建立调控效益模型:

$$R_{\max} = \int_{t_0}^t \frac{f(T, L)}{P(t)} dt$$

式中, R_{\max} 为最优投入产出比; $f(T, L)$ 为光合函数; T 表示温度, L 表示光照强度, P 为成本, t 为后半夜的开始时间, t_0 为后半夜的结束时间;

获取第二阶段的温度设定值:

当光合函数对温度的导数值与调控成本模型对温度的导数值相等时的温度值作为温度设定值;

对温室内环境温度进行调节,使温室内温度在极限温度的下限值以上、上限值以下、上述第二温度设定值的偏移范围以内波动。

2. 如权利要求1所述的温室调控优化方法,其特征在于:积温补偿的步骤,具体包括:

获取作物生长期需要的总积温值;

根据总积温值及预计上市时间计算植物生长一天所需要的积温值;

获取室内温度值;

由作物每天需要的积温值,减去光合最优阶段已积累的积温值,该差值即为第三阶段的温度设定值;

对温室内环境温度进行调节,使温室内温度在极限温度的下限值以上、上限值以下、上述第三阶段温度设定值的偏移范围以内波动。

3. 如权利要求1~2任一权利要求所述的温室调控优化方法,其特征在于:对温室内环境温度进行调节,使温室内温度在极限温度的下限值以上、上限值以下、温度设定值的偏移范围以内波动的步骤,包括以下调节:

第一种情况:当冬季外界温度低于极限温度的下限值,当夜晚维持温室温度在极限温度下限值以上时,进行保温处理,减少内外热交换,当温度低于极限温度下限值时,进行加热处理,在加热温度达到温度设定值的偏移范围下限时,加热设备停止运行,随着内外热交换,室内温度会缓慢下降至极限温度的下限值,此时加热设备再次开启,温度保持在极限温度的下限值与温度设定值的偏移范围下限值以内,加热设备间隔运行;

第二种情况:当夏季中午高温、强光照时,温度值高于作物生长上限温度,进行降温,使温度维持在极限温度的上限值与温度设定值的偏移范围上限值以内;

第三种情况:当温度维持在设定值的偏移值范围内,外界温度低于设定值时,在室内温度低于温度设定值的偏移范围下限时,进行加热,加热至温度设定值的偏移范围上限时,停止加热,由于内外热交换,温室内温度缓慢下降至温度设定值的偏移范围下限时再次进行加热,室温在温度设定值的偏移范围内波动,平均温度为设定值;当外界温度高于温度设定值的偏移范围上限时,进行通风降温操作,温度降至温度设定值的偏移范围下限时停止通风,温度缓慢回升至温度设定值的偏移范围上限时再次进行通风降温操作。

一种温室调控优化方法

技术领域

[0001] 本发明涉及温度控制或调节系统,特别涉及一种温室调控优化方法。

背景技术

[0002] 在传统温室生产过程中,温室环境因子的设定基本依据经验,通过观察不同天气状况及作物生长情况得出作物生长的适宜环境,以及不合作物生长的上、下限温度。这种依靠经验对温室进行调节的方式,运行虽然还算良好,但从效益上来讲,并不让人满意,有非常大的改进空间。

发明内容

[0003] 针对现有技术存在的缺陷,本发明的目的是提供一种温室调控优化方法,其使用方便、能够有效降低现有调控的运行成本。

[0004] 本发明所采用的技术方案是:一种温室调控优化方法,其特征在于:包括如下步骤:

[0005] 根据种植的植物的类别,预置与该植物对应的植物生长的极限温度的下限值和上限值;

[0006] 在满足上述植物生长的极限温度的情况下,将一天中对温室温度的调整分成三个阶段,第一阶段为光照较强的白天,以光和最优为原则调解温室内温度;第二阶段为温度较低的后半夜,以成本最优为原则调节温室内温度;在第三阶段为上半夜,以积温补偿为原则调节温室内温度。

[0007] 所述的以光和最优为原则调解温室内温度的步骤,具体包括:

[0008] 获取植物的光和作用函数;

[0009] 依据上述函数获取光和速率最快时的温度和光照强度,该温度和光照强度为植物生长状态的最佳条件,上述温度值作为第一阶段温度设定值;

[0010] 对温室内环境温度进行调节,使温室内温度在极限温度的下限值以上、上限值以下、上述第一阶段温度设定值的偏移范围以内波动。

[0011] 所述的以成本最优为原则调节温室内温度的步骤,具体包括:

[0012] 首先建立调控成本模型,获取设备调控成本:

$$[0013] \quad p = \sum_{i=1}^4 k_i p_i + \sum_{i=5}^6 k_i p_i t$$

[0014] 式中,p为总调控成本; $\sum_{i=1}^4 k_i p_i$ 为第一类开关型执行机构运行成本, k_i 表示机构状态,0表示未执行状态,1表示执行状态;

$\sum_{i=5}^6 k_i p_i t$ 为第二类持续型执行机构运行成本, k_i 表示机构状态,0表示未执行状态,1表示执行状态,t第二类执行机构实际运行时间;

[0015] 再以作物生长模型函数与调控成本效果模型函数为基础,建立调控效益模型:

$$[0016] \quad R_{\max} = \int_{t_0}^t \frac{f(T, L)}{P(t)} dt$$

[0017] 式中, R_{\max} 为最优投入产出比; $f(T, L)$ 为光合函数; T 表示, L 表示, P 为成本, t 为, t_0 为;

[0018] 获取第二阶段的温度设定值:

[0019] 当光合函数对温度的导数值与调控成本模型对温度的导数值相等时的温度值作为温度设定值;

[0020] 对室内环境温度进行调节, 使室内温度在极限温度的下限值以上、上限值以下、上述第二温度设定值的偏移范围以内波动。

[0021] 积温补偿的步骤, 具体包括:

[0022] 获取作物生长期需要的总积温值;

[0023] 根据总积温值及预计上市时间计算植物生长一天所需要的积温值;

[0024] 获取室内温度值:

[0025] 由作物每天需要的积温值, 减去光合最优阶段已积累的积温值, 该差值即为第三阶段的温度设定值;

[0026] 对室内环境温度进行调节, 使室内温度在极限温度的下限值以上、上限值以下、上述第三阶段温度设定值的偏移范围以内波动。

[0027] 对室内环境温度进行调节, 使室内温度在极限温度的下限值以上、上限值以下、温度设定值的偏移范围以内波动的步骤, 包括以下调节:

[0028] 第一种情况: 当冬季外界温度低于极限温度的下限值, 当夜晚维持温室温度在极限温度下限值以上时, 进行保温处理, 减少内外热交换, 当温度低于极限温度下限值时, 进行加热处理, 在加热温度达到温度设定值的偏移范围下限时, 加热设备停止运行, 随着内外热交换, 室内温度会缓慢下降至极限温度的下限值, 此时加热设备再次开启, 温度保持在极限温度的下限值与温度设定值的偏移范围下限值以内, 加热设备间隔运行;

[0029] 第二种情况: 当夏季中午高温、强光照时, 温度值高于作物生长上限温度, 进行降温, 使温度维持在极限温度的上限值与温度设定值的偏移范围上限值以内;

[0030] 第三种情况: 当温度维持在设定值的偏移值范围内, 外界温度低于设定值时, 在室内温度低于温度设定值的偏移范围下限时, 进行加热, 加热至温度设定值的偏移范围上限时, 停止加热, 由于内外热交换, 室内温度缓慢下降至温度设定值的偏移范围下限时再次进行加热, 室温在温度设定值的偏移范围内波动, 平均温度为设定值; 当外界温度高于温度设定值的偏移范围上限时, 进行通风降温操作, 温度降至温度设定值的偏移范围下限时停止通风, 温度缓慢回升至温度设定值的偏移范围上限时再次进行通风降温操作。

[0031] 本发明的优点及有益效果是: 该温室调控优化方法, 使用作物生长模型得出作物生长速率与环境因子的关系式, 利用确定的光照强度下的最佳温度值来代替传统方式依据经验的大致设定值。建立调控成本模型求出调控设备运行的成本。依据积温理论, 将一天的温度设定值分成三个阶段, 代替传统的白天黑夜两种温度设定方法。在光照较强的白天, 以光合最优原则设定温度值; 在温度较低的后半夜, 以成本最优设定温度值; 在温度适中补偿成本较低的上半夜进行积温补偿。该方法既满足作物光合最优所需的温度值, 又有较低的积温补偿成本, 效益较好。

附图说明

[0032] 为了更清楚地说明本发明实施例或现有技术中的技术方案,下面将对实施例中所需要使用的附图作简单地介绍,显而易见地,下面描述中的附图仅仅是本发明的一些实施例,对于本领域普通技术人员来讲,在不付出创造性劳动的前提下,还可根据这些附图获得其他的附图。

[0033] 图1为本发明温室调控优化方法流程图;

[0034] 图2为本发明温室调控优化方法一天中各阶段的温度示意图;

[0035] 图3为本发明采用温室调控优化方法后与传统调控方法的耗电量对比示意图。

具体实施方式

[0036] 下面结合附图1~3和具体实施方式对本发明作详细说明,以下描述仅作为示范和解释,并不对本发明作任何形式上的限制。

[0037] 本实施例采用的温室调控优化方法,其流程如图1所示。

[0038] 步骤S101,根据种植的植物的类别,预置与该植物对应的植物生长的极限温度的下限值和上限值。本实施例中的温室结构为脊高4.5米、檐高2.5米、宽6.8米、长20米。选择植物为黄瓜。黄瓜在苗圃内长至2至3片真叶时移栽到温室内,移栽期为2014年4月上旬。黄瓜最适宜温度为18℃至30℃,极限温度为下限10℃、上限40℃,整个生长周期需要有效积温600度-天。

[0039] 步骤S102,本实施例将一天二十四小时分成三段:第一阶段为:白天的光合最优阶段;第二阶段为下半夜的成本最优阶段;第三阶段为上半夜的温度补偿阶段,其各个阶段的温度如图2所示。各时间段满足以下约束条件:

[0040] 对于第一阶段:该阶段为光照强度较强阶段,这一阶段以作物光合作用最优为主。同样作物生长有一个上限温度,超过这个上限温度也会使作物收到损伤。在夏天中午温度较高时候超过上限温度时以上限温度为设定值。这个设置方法使作物生长状况最好,效益最优化,光合最优阶段的温度应满足如下关系式:

[0041] $T_1 = \min(t_2, t_{upper})$; t_{upper} 为上限温度; t_2 为光合作用最优设定值。

[0042] 其中,光和作用最优设定值确定的过程如下:

[0043] 作物生长来源于植物光合作用的积累,植物光合作用强度与植物生长环境息息相关。植物生长环境温度、光照强度、二氧化碳浓度等因子对光合速率影响很大,其中二氧化碳浓度一般变化较小而调节难度与成本较大,温度和光照强度变化较大而调节较易,一般通过实验建立植物光合速率与温度和光照强度的函数关系式,从光和作用函数可以得出温度、光照强度对光合作用的影响程度。

[0044] 建立温室大棚的目的就是通过人工调节温室环境使作物生长更快更好,传统温室生产中温室环境因子比如温度等的调节大多依靠生产经验来进行调节,一般会有一个温度的上限和下限,位于上下限之间则生长状况良好,超出上下限则生长将受到影响,但是具体到温度值多少才是最佳温度,并没有确定的依据,同时光照强度的改变,最适宜温度也要跟随改变。很明显传统的那种依靠经验来大致确定的温室环境因子设定值不是最佳的温室环境因子设定值,尚有很大的改进空间。

[0045] 通过光和作用函数可以得出温室环境因子(如温度、光强等)对作物生长的影响程度,求出光和速率最快时的环境因子值,该值就是使作物生长最好的环境因子设定值,从而为最优温室环境因子设定值提供参考。

[0046] 本实施例中,作物生长模型以作物生理生态过程为基础,整个模型以微分的形式表示:

$$[0047] \quad \frac{\partial \omega}{\partial t} = \alpha F_{gr}$$

[0048] 式中, $\frac{\partial \omega}{\partial t}$ 为作物动态生长速率, $\text{kg} \cdot (\text{m}^{-2} \cdot \text{s})^{-1}$; α 为干物质转化系数; F_{gr} 为作物光合作速率,gr为英文grow的缩写。 F_{gr} 可以表示为:

$$[0049] \quad F_{gr} = f(T, L)$$

[0050] 式中, $f(T, L)$ 光合作用函数,是温度 T 与光照强度 L 的二次函数,一般形式为:

$$[0051] \quad f(T, L) = aT^2 + bL^2 + cTL + dT + eL + f$$

[0052] 式中, a, b, c, d, e, f 为光和函数二项式系数。

[0053] 对应本实施例,黄瓜的光合速率与室内温度光照强度之间的函数关系式为:

$$[0054] \quad f(T, L) = -45.973 + 3.409T + 2.919L - 0.06422T^2 - 0.09543L^2 + 0.02451TL$$

[0055] 式中 T ($^{\circ}\text{C}$)、 L (klx)取值范围:
$$\begin{cases} 10 \leq T \leq 40 \\ 2 \leq L \leq 25 \end{cases}$$

[0056] 上述光和作用函数是一个二元二次方程,通过微积分中多元函数求极值方法求光合作用函数 $f(T, L)$ 极大值时的极值点 (T, L) ,该极值点的温度 T 、光照强度 L 就是要求的光合作用最优设定值 t_2 。

[0057] 对于第二阶段:作物生长具有一个下限温度,低于这个下限温度可能造成作物生理上的损伤,尤其在冬天夜晚的时候,室外温度比较低,多数时候低于作物生长的下限温度。温室温度的设定值越接近室外温度成本越低,下半夜没有阳光,光合作用理化反应较弱,对温度的敏感程度也会降低。这个时候温度设定值按经济效益成本最好来设置,基本接近室外温度设定值,但不得不得低于下限温度。这个设置方法可以使成本较低效益较高,成本最优阶段温度应满足如下关系式:

$$[0058] \quad T_2 = \max(t, t_{base})$$

[0059] 式中, t_{base} 为下限温度; t 为使经济效益模型 R_{max} 最大的温度值。

[0060] 其中,使经济效益模型 R_{max} 最大的温度值的获取过程如下:

[0061] 首先,使用调控成本模型计算成本:温室环境调控设备按执行特点来分,可以分为以下两类:第一类为开关型执行机构,如天窗、卷帘、遮阳网、保温幕等;第二类为持续型执行机构,如排风机,加湿机,加热器等。

[0062] 对于第一类执行机构,其从一种状态到另一种状态的执行时间是固定的,如天窗从打开到关闭所需要的时间是固定的,对于这一类执行机构的运行成本可以表示为:

$$[0063] \quad p_i = C_e W_i t_i$$

[0064] 式中, p_i 为执行机构 i 的运行成本; C_e 为执行机构 i 消耗能源的单价; W_i 为执行机构 i 动力系统的功率; t_i 为执行机构 i 运行一次的时间; i 为执行机构编号, $i=1, 2, 3, 4$,分别代表天窗、卷帘、遮阳网、保温幕。

[0065] 对于第二类持续型执行机构,其运行成本是和其运行时间成正比关系。

[0066] 对于排风机与加热器:

[0067] $p_i = C_e W_i$

[0068] W_i 为风机与电加热的功率。

[0069] 在温室环境实际调控中,经常是多个机构同时作用于温室,则其调控总成本为各个设备调控成本的线性叠加:

$$[0070] \quad p = \sum_{i=1}^4 k_i p_i + \sum_{i=5}^6 k_i p_i t$$

[0071] 式中, p 为总调控成本; $\sum_{i=1}^4 k_i p_i$ 为第一类开关型执行机构运行成本, k_i 表示机构状

态,0表示未执行状态,1表示执行状态; $\sum_{i=5}^6 k_i p_i t$ 为第二类持续型执行机构运行成本, k_i 表示机构状态,0表示未执行状态,1表示执行状态, t 第二类执行机构实际运行时间。

[0072] 温室调控设备的运行能耗是需要考虑的重要因素,为使温室生产的效益最优化,必须要定量计算设备运行的成本。开关型设备运行一次的成本基本随电能价格而定,电能价格目前基本大致稳定,这一类设备比较好计算,基本可以按次计算成本。第二类持续运行设备主要为调温设备,它的运行时间随着外界温度与温度设置值之差而定。运行状态为间歇一段时间后持续运行一段时间,一段时间内的运行时长或者运行成本与温差相关,由温度设定值决定。

[0073] 其次,使用经济效益模型优化经济效益。

[0074] 对温室环境进行控制时,不仅要考虑作物生长的最佳环境,还要考虑达到最佳产出环境的投入成本。以作物生长模型函数与调控成本效果模型函数为基础,建立调控效益模型如下:

$$[0075] \quad R_{\max} = \int_{t_0}^t \frac{f(T, L)}{P(t)} dt$$

[0076] 式中, R_{\max} 为最优投入产出比; $f(T, L)$ 为光和作用函数; p 为成本。

[0077] 环境因子设定值决定了作物的生长速度,这一点由作物生长模型理论来决定,同时设定值又与调控成本相关。环境因子设定值既影响生长速度又影响生产成本,在取设定值时就要折中这两方面的考虑,使效益更优化。

[0078] 光合作用函数 $f(T, L)$ 是温度的函数,由函数求导可以求出温度对光合作用强度的影响程度。 $P(t)$ 单位时间内调控成本函数,与温度设定值与室外温差正相关,差值越大函数值越高,是温度的函数。当外界温度值与最佳光合温度值不一致时,温度值接近最佳光合温度值则光合作用强调控成本高,温度值接近外界温度值则调控成本低光合作用强度低。当光合函数对温度的导数值与成本函数对温度的导数值相等时的温度值可以认为平衡了光合作用强度与成本的效益较好的一个温度设定值 t 。

[0079] 对于第三阶段:在该阶段光照变弱,作物光合作用变弱。根据作物的积温理论,作物生长期要有一定的积温(温度-天),这个值是确定的,当每天的积温较少时,生长期就变长,积温较多时,生长期变短。该阶段温度要高于后半夜温度,在该阶段进行积温补偿,调节作物生长周期,成本较低,可以使效益更优化。温度补偿阶段的温度应满足如下关系式:

$$[0080] \quad \begin{cases} T_3 = t_i \\ A_3 = \sum_{i=19}^{24} \max(t_i - t_{base}, 0) \end{cases}$$

[0081] 式中, A_3 为该阶段需要补偿的积温。

[0082] 由作物需要总的积温值及预计上市时间可以得出一天需要的积温值, 减去光合最优阶段已积累的积温值, 就是该阶段所需的积温值 A_3 , 根据上式就可以计算出该阶段温度设置值。

[0083] 上述的白天、前半夜、后半夜可根据具体地理位置的日照时间、光照强度自行进行设置。

[0084] 本实施例采用开关控制方法, 温室环境因子参数由经过前部分优化方法优化过的设定值 (T_1, T_2, T_3)、上下偏移值 (1°C 或者 0.5°C) 及极限温度的上限值和下限值组成。温室调控设备必须有足够的调控能力使温度等环境因子维持在设定值附近。在冬天夜晚外界温度较低时, 加温设备及保温幕有足够的的能力使温度维持在下限截止值以上, 同样夏季中午光照较强时, 通风降温设备及遮阳网有足够的的能力使温度维持在上限截止值以下。

[0085] 本实施例典型调控场景有三种。第一种为: 冬季外界温度低于下限温度, 在夜晚维持温度在下限温度截止值以上, 在这个时候保温幕开启, 减少内外热交换, 当温度低于极限温度下限值时, 加热设备开启, 在加热至温度设定值的偏移范围的下限时, 加热设备停止, 随着内外热交换, 室内温度会缓慢下降至极限温度的下限值, 此时加热设备再次开启, 温度保持在极限温度的下限温度之上至偏移值之间, 加热设备间隔运行。第二种为: 夏季中午强光照高温时, 温度值高于作物生长极限温度的上限值, 此时遮阳幕开启, 通风机开启通风降温, 使温度维持在极限温度的上限值与温度设定值的偏移范围的上限以内。第三种为: 温度维持在温度设定值的偏移范围内, 外界温度低于设定值时, 在温度低于温度设定值的偏移范围的下限值时, 加温设备开启, 加热至设定值加偏移值时, 加温设备停止, 由于内外热交换, 室温缓慢下降至温度设定值的偏移范围的下限值时加温设备再次启动, 室温在温度设定值的偏移范围内上下改变, 平均温度为设定值。外界温度高于温度设定值的偏移范围的上限值时, 通风机开启通风降温, 降至温度设定值的偏移范围的下限时通风机关闭, 温度缓慢回升至温度设定值的偏移范围的上限时再次开启。

[0086] 这种调控方式简单, 调控设备均为简单开关型设备便宜实用, 现今大棚中的调控设备大多为这种设备, 均可以改造再次利用。

[0087] 本实施例方式采用的温室调控优化方法与传统调控进行比较如下:

[0088] 传统模式与最优化模式十周耗电量对比如附图3。传统模式耗电2916度, 最优化模式耗电2715度, 最优化模式整体少耗电201度, 节省6.89%的用电量。对比周用电量发现: 在前五周, 两种模式周耗电量基本相同从第六周开始出现差别, 第六周至第十周耗电量差距为: 10、26、35、54、72度。对比观测期间外界温度曲线与设置温度曲线, 前四周外界温度曲线均低于传统设置温度曲线, 为纯加温模式; 第五周有一天反常天气(5月1日)最高气温达到 28°C , 温度高于设定值, 传统模式出现通风降温, 优化模式温度设定值随光照强度增强而变大高于 28°C , 未出现降温; 第六周至第十周夜温段, 传统模式通风降温时间逐渐加长, 该阶段外界温度曲线在19点进入夜温模式时出现外界温度高于夜温设置值导致传统模式出现通风降温, 最优化模式从未出现; 第八周(5月28日最高温 30°C) 传统模式开始持续出现白天

通风降温,最优化模式在5月30日(最高35℃)出现通风降温,通风时间短于传统模式。

[0089] 从第五周末开始开花坐果到第十周末,以同样标准陆续收获,统计100株产量,传统模式收获429.8公斤,最优化模式收获436.2公斤,多收获6.4公斤,同比多收1.49%,最优化模式有微弱优势。通过观测对比,优化模式在节约能源方面还比较理想,在增产方面有一定优势。

[0090] 传统控制方法里的固定温度设定值在植物光合作用时不是最佳的温度值,在光合作用时效益低于优化模式。优化模式温度值曲线与外界温度曲线的拟合度优于传统模式,对外界温度有良好的跟随性,调控成本较少,这个解释了试验中后五周优化模式的通风降温时间少于传统模式。

[0091] 虽然以上描述了本发明的具体实施方式,但是本领域内的熟练的技术人员应当理解,这些仅是举例说明,可以对这些实施方式做出多种变更或修改,而不背离本发明的原理和实质。本发明的范围仅由所附权利要求书限定。

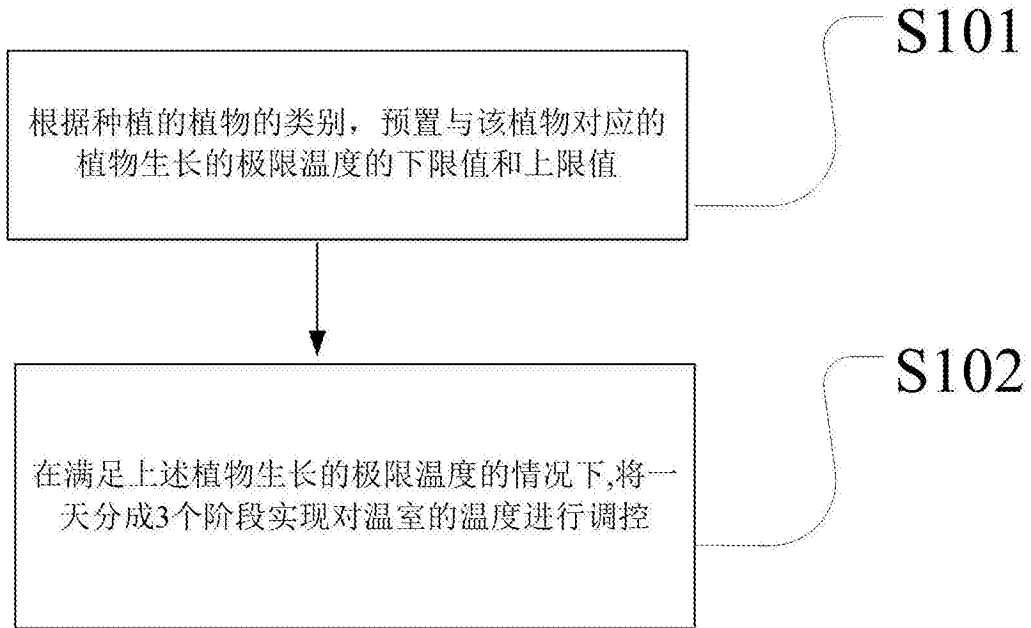


图1

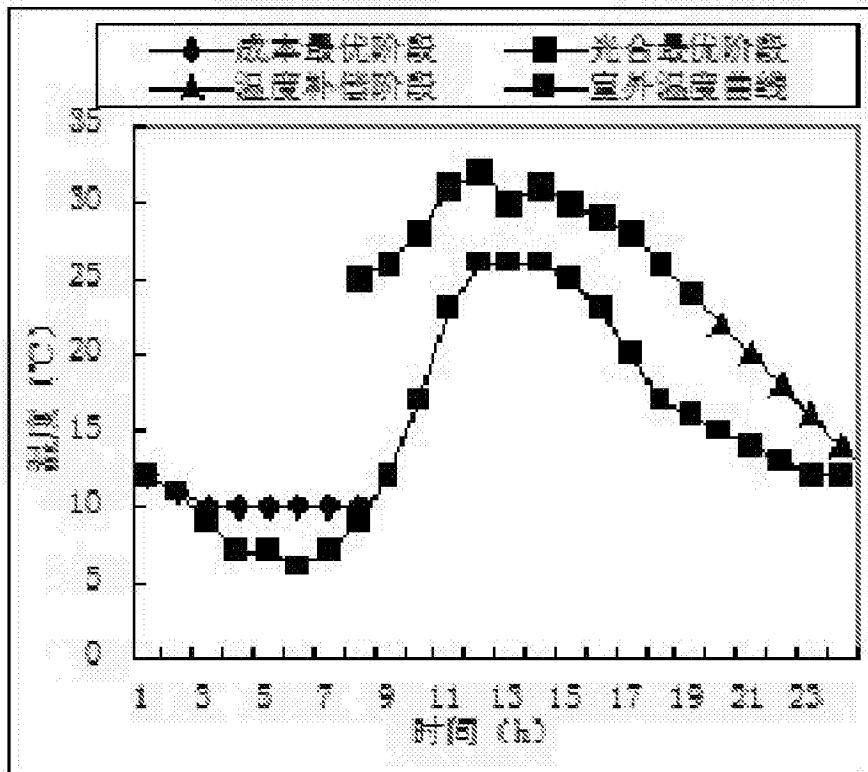


图2

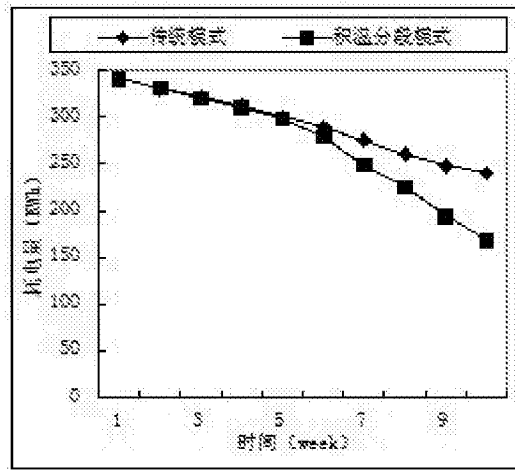


图3