

第

10

辑

国外农业工程

中国农业工程学会 编
中国农业工程研究设计院

上海科学技术文献出版社

目 录

环境工程

- └用太阳增热修正度-日数据计算玻璃温室的燃料需用量.....1
- └温室中空气湿度的自动控制6
- └单层和双层覆盖对温室气候及热量消耗的影响7
- └有流体屋顶的太阳能温室的贮能和节能模拟模型9
- └遮阴塑料温室的新发展.....13
- └怎样提高薄膜温室电热供暖的效果.....15
- └温室中的小气候.....17
- └利用地热的蔬菜温室.....19
- └日本温室的保温措施三例.....19
- └保护地栽培的光气候.....21
- └寒冷地区自产蔬菜的简易贮藏.....32
- └联邦德国设施园艺节能措施.....36

农业能源

- └从植物能中提取燃料氢.....40
- └100 立方米 沼气发生器的能量生产潜力.....44
- └墨西哥的沼气使用技术.....50
- └有效利用太阳能之二例.....55
- └农用能源的节约与再生: 美国的一些经验.....57

农田利用与灌溉

- 水平式漫灌——一种省水节能的灌溉方法.....76
- 选择适宜的土地利用.....78
- 利用线性规划进行土地平整的通用计算机程序.....83

畜牧工程

- └环境对牛饲养参数的影响.....89
- └利用热辐射进行能量平衡.....93
- 兔舍与环境.....98
- └小猪舍最适空气环境的理论根据101
- └家畜人工气候室模式的研究105
- 饲料加工业在畜牧业中的作用106
- 秸秆加工车间109

遥感

- 用天空试验室多光谱扫描资料测定盐渍化土壤111

用太阳增热修正度-日数据计算玻璃温室的燃料需用量

B. J. Bailey

[摘要] 本文介绍了根据记录在 Kew 上的平均空气温度计算出来的一昼夜中低于各基本温度* 的度-日数据。从 Kew 记录下来的全辐射数据 (Globe radiation) 常常用来估算温室的太阳增热和推导出的度-日数据。它们表示必须用人工方法向温室补充的能量。我们可以由这两组数据得到温室的总需热量、燃料消耗量、太阳能供给量以及在夜间和白天的热量与燃料消耗量的比例。

引言

温室的需热量通常用度-日数据计算(附录 1)。这些最初是按照低于基本温度的月度的总量提出来的, 在 24 小时内视为常数^[1]。目前在商业园艺中已经普遍实行白天和夜间在温室内维持不同的温度, 并准备了分别用于白天和夜间的低于各基本(温度)水平的累积温度表^[2]。当白天和夜间维持所规定的温度时, 它能够更精确地估算温室的需热量。可是实际上白天太阳辐射提供了所需热量的相当大的比例, 这样仅仅用温室内外温差的累积值计算燃料需用量就会把实际消耗估得偏高。

本报告中已经计算出 Kew 上记录的低于昼夜各基本温度的温度累积值。全辐射数据常用于计算温室内由于太阳增热而产生的温升。然后推算出白天的第二组温度累积数, 它表示选定的基本温度和空气温度的差值, 这个气温是外温加上太阳增热在温室内所提高的温度。必须使用燃料给温室补充的热量与净累积温度成正比。

分析方法

用于计算累积温度的方法可以用图 1 说明。实线表示某个月的日平均气温的变化。如果温室要求的温度高于此曲线, 则必须供

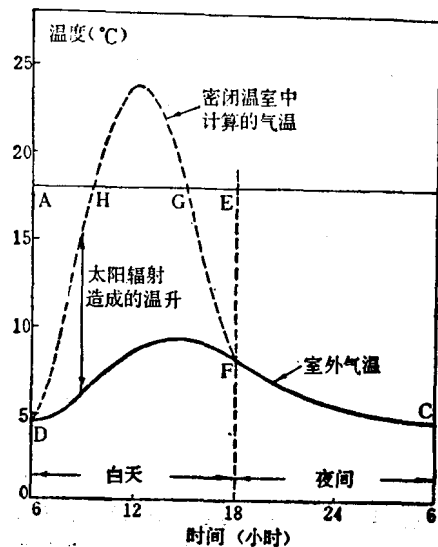


图 1 太阳辐射对温室温度昼夜变化的影响

* “各基本温度”系指温室内作物在各生长期和一日内各时段所要求的适宜温度。——译者

热。要求供应的热量与温室需达到的温度和室外温度的差值成正比,也与外温低于温室温度的时间成比例。例如温室要求 18°C , 那么供热量与面积 $ABCD$ 成正比。为了进行计算用度-小时表示这块面积是比较方便的。最后换算成度-日以进行全月需热量的计算。

为了计算由于太阳辐射而升高的温度,有必要知道照射在温室上使室内温度升高的部分以及玻璃温室的热损失率,即热传导率。温室最终得到的温度将是太阳能获得率与热损失率相等时的温度。

一栋东西跨(即南北栋)温室的太阳辐射的透过率(transmission),据报告也各不相同,有的是65%(散射光)和62~68%(直射光)^[3],有的是63~68%(全部光)^[4]、63%(直射光)和61%(散射光)^[5]。至于多跨温室的透过率,东-西向温室为67%(直射光)和62%(散射光)。发现在12月份的直射透过率要比3、6、9月份低13~15%。业已证实^[6]直射透过率随一天当中时间的不同而变化,然而清晨和傍晚散射在辐射总量中几乎最大,由于直射透过量的变化小,因而所引起的误差小。1969~1973年由Kew得到的辐射量数据分析表明,辐射量中的42%为直射光。因此多跨温室全年的直射、散射平均透过值为62%。

照射在作物上的辐射量约有20%被反射出去^[7],而其余的辐射用于温室的蒸发和发散温室的显热。对温室作物水的损失率的季节变化进行了调查,结果表明,在冬季进入温室的能量的29%用于蒸发和发散,而夏季为47%。有人提出,这个差异的出现是由于蒸发和发散速率随通风速率而增加。计算太阳辐射作用时,当温室需要加热时用较低的数值比较合适,因为它是在加热和通风量最小的情况下获得的。考虑到20%的能量反射掉和29%用于蒸发发散,其余的51%透过的能量用于温室的显热获得量。这样可认

为照在温室上的32%辐射量作为提高温室内部的温度。部分太阳能被土壤吸收,而在夜间逐渐释放出来。由于此值取决于作物覆盖面积的大小,难以确定,在计算中忽略不计。

在温室加热系统的设计中热透过系数(Thermal transmittance)为 $8\text{ w/m}^2\text{K}$ 。多年的经验表明,热透过系数的平均值为 $6.2\text{ w/m}^2\text{K}$ 。热透过系数通常以玻璃表面的单位面积表示,而太阳辐射量是以水平表面的单位面积表示,所以必须把它转换成一个通用的面积。温室屋顶坡度通常为 26° ,因此,屋顶面积要比地面面积大11%。温室侧墙(接受太阳辐射的)效应随温室的面积而变化,对于一英亩大的温室,其侧墙相当于增加屋面玻璃面积15%。因此一英亩的温室其表面积相当于地面面积的1.28倍,而温室面积为1/4英亩、1/2英亩或2英亩时,地面面积则分别为1.45、1.35和1.23。

现在可以列出照在温室上的全辐射量 $I(\text{w/m}^2)$ 和保持室内温度升高 $\Delta T(\text{K})$ 的关系式:

$$0.32 I = 6.2 \times 1.28 \times \Delta T$$

$$\text{或} \quad \Delta T \cong 0.040 I$$

用这个关系式能计算出由太阳辐射维持的温升,如图1虚线所示。从图可以看出,例如在白天要保持 18°C ,只需在清晨或傍晚加热,其度-小时数由 AHD 和 GEF 总面积给出。由太阳辐射提供的温室所需的热量和 $HGFD$ 面积给出的度-小时总量成正比。应注意:不要求太阳能产生的温度高于 18°C ,高过的温度应通过通风将其排出。

计算有代表性的度-日值要求若干年气象资料的平均数。考虑到计算,要求在同一位置记录气温和全辐射量。只要少数的一些气象站能满足这些要求,其中最适宜的一套是Kew。人们得到了1957~1966年期间每月平均的按小时的气温和全辐射量。这10年按月平均的小时值都用图表示出来,与

图1相仿。

把24小时划分成白天和夜间时段(period)。把太阳辐射水平开始增长以后的第一个小时(格林威治平均时)作为白天时段的开始,上述辐射消失时作为白天时段的结束。表1给出了每月的(昼夜时段)时间并与伦敦平均日出、落日时间(格林威治平均时)相比较。根据温度为8~22°C间隔为2K计算出每个月的夜间、白天和纯白天的度-小时数。把它们乘以一个月中的日数并除以24换算成月的度-日数。

表1 白天的持续时间

月 份	日 出 (GMT)	日 落 (GMT)	白昼开始 (GMT)	白昼结束 (GMT)
一 月	7:30	16:24	8:00	16:00
二 月	7:18	17:15	7:00	17:00
三 月	6:12	18:06	6:00	18:00
四 月	5:06	18:57	5:00	19:00
五 月	4:06	19:45	4:00	20:00
六 月	3:45	20:21	4:00	20:00
七 月	4:00	20:12	4:00	20:00
八 月	4:48	19:21	5:00	19:00
九 月	5:36	18:15	6:00	18:00
十 月	6:24	17:06	7:00	17:00
十一月	7:18	16:12	8:00	16:00
十二月	8:00	15:54	8:00	16:00

注: GMT——格林威治平均时

表2给出每月的总度-日数,它的计算只考虑了室外温度,这样它们表示温室在保持适宜温度时所需的热量。除24小时的数值外,还给出白天和夜间的度-日值,这样就可以算出昼夜保持不同温度值所需的热量。

表3中给出温室在获得太阳热后的白天度-日总值。然后,这些值指出温室内保持适宜温度时要求消耗燃料所提供的热量。夜间值和表2的值相同。

这样,表2代表温室要求的热量,而表3代表要求的燃料量,它们的差值代表太阳辐射供给的热量。

用这些表可以计算出夜间要求热量的比例也可算出夜间消耗燃料的比例。图2表示

表2 度-日数据(Kew)
(表示温室需热量)

月 份		温 室 温 度 (°C)							
		8	10	12	14	16	18	20	22
全 天 度 日 数	一月	122	184	246	308	370	432	494	556
	二月	78	134	190	246	302	358	414	470
	三月	49	109	165	227	289	351	413	475
	四月	8	37	80	140	200	260	320	380
	五月	—	4	25	59	113	175	237	299
	六月	—	—	—	11	36	72	114	174
	七月	—	—	—	1	18	57	104	166
	八月	—	—	—	2	23	59	111	173
	九月	—	—	—	19	54	101	161	221
	十月	—	2	29	74	136	198	260	322
	十一月	20	73	133	193	253	313	373	433
	十二月	90	152	214	276	338	400	462	524
	总计	367	695	1082	1556	2132	2776	3463	4193
夜 间 度 日 数	一月	88	129	170	212	253	294	336	377
	二月	53	86	119	151	184	216	249	282
	三月	34	65	97	127	158	190	220	252
	四月	5	25	49	75	100	124	149	175
	五月	—	2	15	35	55	76	97	118
	六月	—	—	—	7	23	42	62	81
	七月	—	—	—	1	11	31	51	72
	八月	—	—	—	1	17	40	66	92
	九月	—	—	—	15	42	71	101	130
	十月	—	2	24	59	96	132	168	204
	十一月	18	57	97	137	177	217	257	297
	十二月	66	107	149	190	231	272	314	355
	总计	264	473	720	1010	1347	1705	2070	2435
白 天 度 日 数	一月	34	55	76	96	117	138	158	179
	二月	25	48	71	95	118	142	165	188
	三月	15	44	68	100	131	161	193	223
	四月	3	12	31	65	100	136	171	205
	五月	—	2	10	24	58	99	140	181
	六月	—	—	—	4	13	30	52	93
	七月	—	—	—	—	7	26	53	94
	八月	—	—	—	1	6	19	45	81
	九月	—	—	—	4	12	30	60	91
	十月	—	—	5	15	40	66	92	118
	十一月	2	16	36	50	76	96	116	136
	十二月	24	45	65	86	107	128	148	169
	总计	103	222	362	546	785	1071	1393	1758

假定全年保持昼夜温度相等的计算结果。也指出了在德国的条件下分析的结果^[10],在这些计算数值中太阳辐射宁可采用测定的数据,就象在那些计算中一样。

表3 净度-日数据
(表示来自燃料的需热量)

月 份		温 室 温 度 (°C)							
		8	10	12	14	16	18	20	22
全 天 度 日 数	一月	98	155	217	279	341	403	465	527
	二月	59	101	147	199	255	311	367	423
	三月	38	75	116	159	206	256	310	371
	四月	6	28	57	90	126	164	205	249
	五月	—	2	18	42	70	101	135	171
	六月	—	—	—	8	26	49	76	105
	七月	—	—	—	1	13	36	63	93
	八月	—	—	—	1	18	44	75	108
	九月	—	—	—	15	44	77	113	151
	十月	—	2	25	62	104	148	195	246
	十一月	18	59	105	157	216	276	336	396
	十二月	73	128	190	252	314	376	438	500
	总 计	292	550	875	1265	1733	2241	2778	3340
夜 间 度 日 数	一月	88	129	170	212	253	294	336	377
	二月	53	86	119	151	184	216	249	282
	三月	34	65	97	127	158	190	220	252
	四月	5	25	49	75	100	124	149	175
	五月	—	2	15	35	55	76	97	118
	六月	—	—	—	7	23	42	62	81
	七月	—	—	—	1	11	31	51	72
	八月	—	—	—	1	17	40	66	92
	九月	—	—	—	15	42	71	101	130
	十月	—	2	24	59	96	132	168	204
	十一月	18	57	97	137	177	217	257	297
	十二月	66	107	149	190	231	272	314	355
	总 计	264	473	720	1010	1347	1705	2070	2435
白 天 度 日 数	一月	10	26	47	67	88	109	129	150
	二月	6	15	28	48	71	95	118	141
	三月	4	10	19	32	48	66	90	119
	四月	1	3	8	15	26	40	56	74
	五月	—	—	3	7	15	25	38	53
	六月	—	—	—	1	3	7	14	24
	七月	—	—	—	—	2	5	12	21
	八月	—	—	—	—	1	4	9	16
	九月	—	—	—	—	2	6	12	21
	十月	—	—	1	3	8	16	27	42
	十一月	—	2	8	20	39	59	79	99
	十二月	7	21	41	62	83	104	124	145
	总 计	28	77	155	255	386	536	708	905

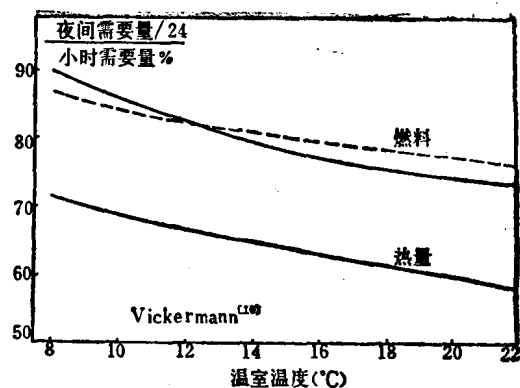


图2 夜间总需热量和燃料消耗量的比例

根据度-日数据计算温室 需热量的误差的来源

气候差异的影响

度-日值是根据气象资料10年或10年以上的记载计算出来的代表年的平均数。使用的数据应选择尽可能长的年限,这样,其气候偏离平均值的影响就会减到很小。例如在某月的实际度-日值和表格上表示出该月的(多年)平均度-日值的差值可能高达±35%^[11]。如果考虑一个一年的周期,那么实际值与表格所列的度-日值不会超过10%^[11]。

风的影响

在无风时,温室的热量损失,85%是由于通过玻璃和结构的传导所致,10%是由于漏气,5%是由于热量传至土壤中^[12]。当风速增加时,热损失也随之增加,这是由于玻璃外表面的热传递阻力减少了,也由于漏风量增加。

用于这些计算的热透过系数适合于在苗床上受到一般风速的温室。根据一个小型研究用的温室得到的热损失,在风速6.7米/秒时为无风时的两倍,最近,又对商业用温室进行了测定,表明在风速3.9米/秒时为无风时的两倍。因此一栋空旷处的温室消耗的燃

料要比本报告中的表得到的数值要大，而一栋有挡风的温室则燃料消耗量较少。

(参考文献略)

潘锦泉译自《NIAE》EE0099

朱兆玲校

附录 I 温室需热量与燃料需要量的计算

在整个给定期间由燃料供给的温室所需的热量可用下式计算：

$$\begin{aligned} & \text{相当于玻璃} \times \text{热传递系数} \\ & \text{表面积(m}^2\text{)} \times (\text{w/m}^2 \cdot \text{K}) \\ & (\text{J/s} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{K}) \\ & \times \text{工作期净度} \times \text{日总数(K} \cdot \text{日)} \times \frac{N}{(s/\text{日})} \end{aligned}$$

通常采用的热传递系数是：

$$6.2 \text{ w/m}^2 \cdot \text{K}$$

从而，温室需热量可以表示为：

$$0.536 \times \text{面积} \times \text{净度} \times \text{日总数} \text{ MJ}$$

需热量除以加热器或锅炉效率和燃料的相当的净热值(附录 2)得到燃料需要量。

$$\text{燃料需要量} = \frac{\text{需热量}}{\text{效率} \times \text{净热值}}$$

附录 II 一些燃料的特性

石油燃料类型	煤	油	气	态	油	轻	油	中	型	油	重	油
相当于 1 号红杉粘度		28		34		220		950		3500		
升/吨(15.6°C)		1265		1200		1075		1055		1030		
加仑/吨(60°F)		284		268		241		236		231		
总热值 MJ/公斤		43.6		42.7		41.0		40.5		40.0		
Btu/磅		18700		18400		17600		17400		17200		
热量/加仑		1.48		1.54		1.64		1.65		1.66		
气体燃料类型	液 化 石 油 气					天 然 气	城 市 气					
	丁 烷		丙 烷									
升/吨(15.6°C) 液体	1723~1760		1965~2019			—	—	—	—	—	—	—
加仑/吨(60°F) 液体	385~393		429~448			—	—	—	—	—	—	—
总热值 MJ/米³	122		93			40.0~42.8	16~20					
Btu/英尺³	3270		2400			1075~1150	430~535					
净热值 MJ/米³	113		86			36.0~38.6	14.4~18					
Btu/英尺³	3030		2310			970~1035	390~480					
煤(洗过的小块) 类型(NCB Rank Code No)			401			602	902					
总热值 MJ/公斤			29.45			27.55	23.80					
Btu/磅			12700			11800	10200					
净热值 MJ/公斤			28.30			26.50	22.50					
Btu/磅			12200			11400	9670					

一些有用的当量 1 吨油=51.3 GJ
1 吨气=61.5 GJ 1 千瓦时=3.6 MJ
1 吨煤=29.3 GJ

附录 III 测量单位

倍数单位

因次	10^3	10^6	10^9
字首	kilo	mega	giga
符号	K	M	G

改变因次

$1 \text{ ft} = 0.3048 \text{ m}$
$1 \text{ ft}^2 = 0.929 \text{ m}^2$
$1 \text{ ac} = (\text{英亩}) = 0.4047 \text{ ha} (\text{公顷})$
$1 \text{ ft}^3 = 0.02832 \text{ m}^3$
$1 \text{ gal}(\text{Imp}) = 4.546 \text{ l}$ (英加仑)
$1 \text{ ton}(2240 \text{ lb}) = 1.016 \text{ tonne}(1000 \text{ kg})$ (英吨)
(公吨)

$$1 \text{ lb} = 0.4536 \text{ kg}$$

$$1 \text{ lb/ft}^3 = 16.018 \text{ kg/m}^3$$

$$1 \text{ therm} = 105.51 \text{ MJ}$$

(热量单位) (百万焦耳)

$$1 \text{ kw} \cdot \text{h} = 3.6 \text{ MJ}$$

$$1 \text{ Btu} = 1.0551 \text{ MJ}$$

(英热单位)

$$1 \text{ Btu/lb} = 23.16 \text{ kJ/kg}$$

$$1 \text{ Btu/lb} = 0.2931 \text{ w} (1 \text{ w} = 1 \text{ J/s})$$

$$1 \text{ therm/gal} = 23.21 \text{ MJ/l}$$

$$1 \text{ Btu/ft}^3 = 37.26 \text{ kJ/m}^3$$

$$1 \text{ Btu/ft}^3 \cdot \text{h} = 3.155 \text{ w/m}^2$$

$$1 \text{ Btu/ft}^2 \cdot \text{h} \cdot ^\circ\text{F} = 5.678 \text{ w/w}^2 \cdot \text{K}$$

潘锦泉译 朱兆玲校

温室中空气湿度的自动控制

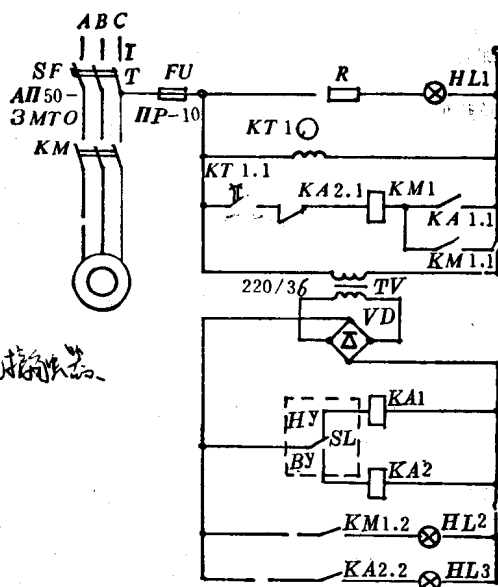
В. И. Коркин А. И. Панкратов

在温室中为果树插枝和浆果丛进行催芽时,空气湿度需保持在指定的范围内。为此,我们研究设计了温室湿度自控线路(见图)计用(ZPBM)型程序控制继电器KT1一只、(BДК)型湿度调节器SL一只、(ПМЕ)型磁力起动器KM1一只、(PKH-18)型36伏中间继电器KA两只、变压器TV和整流器VD各一只,后者供根据湿度情况开启水泵电动机M或电磁阀之用。

当空气湿度低于指定值时,湿度调节器的下限接点HY闭合,中间继电器KA1随之动作,接点KA1.1闭合,接通磁力起动器KM1使水泵电机转动。水泵运转后,湿度随之上升,中间继电器接点KA1.1断路。此时,因为接点KA1.1的作用已为连锁在磁力起动器的接点KM1.1所代替,水泵继续运转并不停止供水,湿度达到上限后,湿度调节器的接点BY闭合,通过中间继电器

KA2.1 停泵。

程序控制继电器KT1和湿度调节器



温室中空气湿度的自动控制示意图

SL 的调整配合, 必须按农业技术要求, 考虑水泵的供水量和每昼夜供水时间, 还要根据实验数据来进行。水泵电动机由自动空气开关 SF 保护, 控制系统电路由熔断器 FU 保护。

当控制系统线路接通电源后, 指示灯 HL1 点燃。开动增加湿度的水泵时, 绿色指示灯 HL2 点燃。当湿度达到上限时, 红色指示灯 HL3 点燃。

本线路图已在基洛夫农学院实习农场的温室中用于插枝催芽, 它不仅提高了插枝催芽的速度和质量, 而且能节省管理人员。采用本自控线路, 年经济效益约为 1,000 卢布。

张嘉玲译自 «Техника в сельском
хозяйстве» 1982, №4, p. 25~26
程道源校

单层和双层覆盖对温室气候及 热量消耗的影响

Hans-Jürgeh Tantau

[摘要] 运用数学模型计算外界条件对单层、双层覆盖温室内热量消耗和气候的影响。采用双层覆盖可以减少热量消耗, 因而外界条件对温室的热量消耗和气候的影响就减小。双层覆盖使空气的相对湿度增加, 植物的蒸腾作用降低。蒸腾作用的降低是由热量消耗的减少引起的。表示蒸发与热量消耗比例关系的热变换系数受覆盖材料物理性质的影响。

引 言

透光性高是温室结构的主要要求, 但由于能源价格提高而更加重视能量的保存。一种可能性是采用各种双层覆盖, 在对它们的效益作出最后评价前, 需进一步研究它们对热消耗和气候的影响。

型, 用计算值与测量值对照, 使之达到良好的一致。结论是运用数学模型计算双层覆盖温室的热消耗和气候是适宜的。按 1,000 平方米的温室面积计算在不同的双层覆盖和外界条件下的(温室内)气候条件和能量流动, 研究了具有不同的透过长波辐射性能的材料。

结 果

方法和材料

首先, 在一个温室模型上对各种单层和双层覆盖物进行了研究。Tantau 测量了热量消耗、覆盖层内外的能量流、相对湿度和叶片的蒸腾作用。而且运用热传导的热力学规律建立起一个温室数学模型。为检验这个模

计算出的热传导系数的数值取决于长波辐射性能。能通过长波辐射的材料, 其热传导系数比红外线反射材料高。风速对于单层覆盖的热传导影响大, 而对好的绝热材料的影响小。所有由空气交换产生的热传递的计算都采用相同的空气交换系数。然而在总的

热损失中空气交换损失的部分却不相同。采用双层玻璃则空气交换的热损失所占比重比较高,而在单层覆盖温室内则比较低。为了提高双层覆盖的效率,减少由于泄漏产生的热损失是绝对必要的。

温室的气候受覆盖物种类的影响。双层覆盖提高空气的相对湿度并降低植物的蒸腾作用。当外界温度较低时,由材料引起的相对湿度和蒸腾作用的差异比较高。图1表示植物的蒸腾作用为室外温度的函数。单层覆盖物室外温度对蒸腾作用的影响较大,而用聚乙烯(PE)或聚氯乙烯(PVC)膜时影响较小。

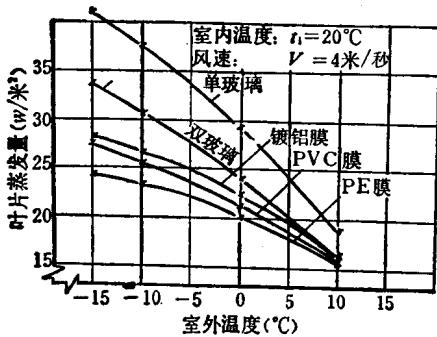


图1 植物蒸腾作用作为临界温度的函数

为了判定植物蒸腾作用的差异是热量消耗的函数或是由材料的物理性能引起的,计算了一个热量转换系数(h. c. c.)。这个系数表示蒸腾作用与热消耗的关系。其结果示于图2。当外界温度升高时, h. c. c. 增

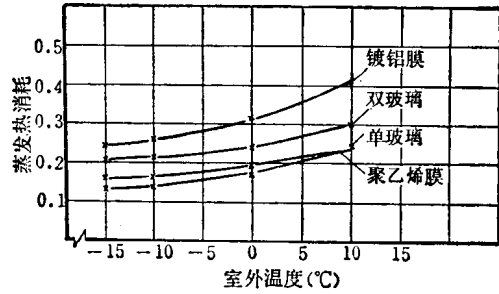


图2 热转换系数作为外界温度的函数

大。至于不同的材料,在采用单层玻璃或PVC和PE膜时, h. c. c. 值较低,而采用红外反射膜时热量转换系数值则较高。对照了单层玻璃和聚乙烯帘膜。两者由蒸腾作用转变为潜热的热消耗份额差不多是相同的。双层玻璃和红外反射膜减少了蒸发,但是热量转换系数值增高了。这就是说:一个相对来说比较高的能量值转变为潜热了。因此可以设想,蒸腾作用的差异不仅是由热消耗产生的,也由于覆盖材料的物理性质和外界条件引起的。

这些计算不能代替对双层覆盖温室的试验研究,但是它们往往表明覆盖材料间的数量差异。这样计算就给出了第一份资料并对今后必要的研究作出暗示。

潘锦泉译自 «Acta Horticulturae»

76, 1978, p. 313~315

陆 磊校

有流体屋顶的太阳能温室的 贮能和节能模拟模型

C. H. M. Van Bavel J. Damagnez

[摘要] 在带有流体屋顶的太阳能温室里,白天通过整个屋顶吸收辐射能量,而夜间又释放出来。在室外设置流体贮存器,可供连续循环之用。给出近似的动力学和水平衡的数值分析。除了说明对作物生长的有利条件外,还考虑了加热与通风设备的节约问题。

引 言

带有流体屋顶的太阳能温室有下列特点:

1. 屋顶可以透射光合作用所需要的辐射能量,并吸收对光合作用无效的量,吸收的辐射能量大约为全部通量的二分之一。因此,叶面温度在白天降低了。

2. 吸收的能量将流体加热,流体通过屋顶流动,并用相应的方法将其贮存起来。

3. 在缺少太阳能辐射时,屋顶的流体大大减少来自叶面的长波辐射损失,因此,可增加夜间的温度。

因此,对于白天通风夜间加热来说,这种温室有减少对外部能量要求的趋势,而对通过光合作用得到的热量的影响不大。通过理论分析,使用数学模拟,有助于进行最优设计。本报告将讨论我们所接近的问题,并给出一些结果和结论。

分 析 方 法

Seginer 和 Levav 1971 年给出了评价温室模型的方法。为流体屋顶的太阳能温室考虑了动力学模型,但它也适合于一般温室。

它说明了在温室内出现的能量吸收、作物蒸腾作用以及作物的用水估计。

它也可以计算温室内外空气的碳量交换与作物生长的关系,它可用于预测作物的生长加入二氧化碳的效应以及温度效应的设计。这一方面的问题本文不做进一步的讨论。

近似的一般方法是把系统分成若干格子,并计算在每个格子的能量、水和碳容量上的外部环境变化的效应,这些作为时间函数。这些格子通过辐射、扩散和输送的传递机构来联结。

它也可以扩展到人工加热系统及控制这种加热作用的各种模拟方法,同样也可用于使用室外空气的通风系统。

一 般

不同的格子和交换机构如图 1 所示。球状的短波太阳光线、天空长波太阳光线、大气温度、绝对湿度和地球自转引起的风速构成了表面环境的特征。

波状的线条表示辐射能传导。实线表示显热传递,间断线表示潜热传递,两个方向的箭头表示在两种条件下均可传导热量。

带有流体的屋顶通过反射一些短波光线

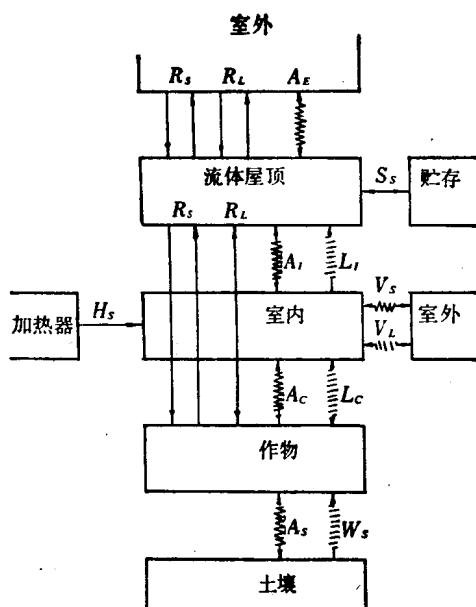


图1 流体屋顶太阳能温室的内能和水流程序图

A_s = 室外空气与室外表面间的显热交换
 A_i = 室内空气与室外表面间的显热交换
 A_c = 室内空气与作物表面间的显热交换
 A_s = 作物和土壤表面间的显热交换
 H_s = 加热器供给室内的显热
 L_i = 由屋顶供给防止结露的潜热
 L_c = 室内空气和作物间的潜热交换
 V_L = 室内空气和室外空气的潜热交换
 S_s = 顶部和贮存器间的显热交换
 R_s = 短波辐射能交换
 R_L = 长波辐射能交换

以及放射长波辐射与外部接触。根据温差和交换效率,顶部和外部间进行潜热交换。根据温差和泵压,决定带有流体屋顶与贮存器的交换状况,同时与室内交换显热和潜热。辐射能与作物表面的交换,均包括短波和长波段。

作物与温室内空气交换显热和潜热、室外空气的相互影响,与用被动或强制通风的方法获得的室外空气相似。热也能传到室内去。最后,作物与土壤及通过根系从土壤汲水交换辐射能。温室内部与土壤表面间也传递显热和潜热。

假设流体屋顶厚5毫米,则流体厚为4毫米。顶部的性质根据用3%的铜氯化物

溶解在屋顶材料中来测量,其传导率是0.34。全部能量均是光合作用的波段,对太阳能来说,通过顶部的全部吸收是0.61。

温室的加热采用加热空气来实现,它取决于叶面温度的计算。同样,通风也是受叶面温度约束的。选择的控制温度分别为10°C和35°C。

白天,也要通风,因为无论什么时候,温室内空气的湿度相对于顶板温度下的饱和湿度,都超过0.80。

开闭通气孔要根据光照程度,以及由蒸发率计算出作物叶子潜在的水分而定。

模型的最后一个因素是,带有流体屋顶的太阳能温室有一水平的屋顶,且把水平方向看做半无限大(Semi-infinite),这样,全部光通量均是垂直的。

系统参数表如下所示:

屋顶

空气动力阻力	$61.4/(U_0 0.576) \text{ s/m}$
反射率	0.10
放射率	1.0
传导率	0.34
容量	$0.004 \text{ m}^3/\text{m}^2$
流体速度	$0.00001 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$
贮存箱	$0.2 \text{ m}^3/\text{m}^2$

室内

容量	$3 \text{ m}^3/\text{m}^2$
空气动力阻力	250 s/m
加热器容量	500 w/m^2
被动式通风	1/小时
主动式通风	20/小时
热容	$0.025 \text{ MJ}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$

作物

空气动力阻力	250 s/m
流动阻力	50 或 $5,000 \text{ s/m}$
流体阻力	10^{-9} s
热容	0
反射率	0.16

土壤

就目前来说,已经删去了土壤的格子。土壤也可以导热,其系数不大,但不可忽视。

结 论

外部参数和模拟方法

为了探讨模型的本质,在得克萨斯州的卢博克和法国的阿维尼翁以3月15日和6月15日的平均气候进行了计算。表1给出了在夏至、冬至和秋分时两个地方的特性系数。

表1 冬至、夏至和秋分逐日总辐射量、气温和露点的最大与最小值以及该地区10米上空的风速。此为美国卢博克(北纬30°30',西经104°49',海拔989米)和法国阿维尼翁(北纬43°55',东经4°51',海拔24米)的数据

GK (MJ/m ²)	$T_{\max}$ (°C)	$T_{\min}$ (°C)	$D_{\max}$ (°C)	$D_{\min}$ (°C)	U_0 (m/s)
卢 博 克					
3.15	21.1	18.9	2.3	5.6	-2.9
6.15	26.3	32.0	17.8	17.0	14.0
9.15	22.0	18.8	14.6	16.7	10.8
12.15	11.5	12.9	-2.6	1.6	-7.2
阿 维 尼 翁					
3.15	13.0	13.9	4.4		2.7*
6.15	23.7	24.2	13.8		12.2
9.15	15.4	23.6	13.2		11.8
12.15	5.7	10.2	2.6		1.7

* 0900时的值

带有流体屋顶的太阳能温室,其模拟条件是以一不均匀的初始系统温度开始的,模拟连续运行48小时。用CSPM介绍的程序(一种动力学模拟语言),使系统条件适应模拟的时间为10秒钟。CSPM方法的特点在于所有的能量和物质贮存格子同时校正。

将普通温室同这种温室进行比较。被动温室内,顶面的能量贮存是很少的,它的传热率是0.75(对全部波长)。3月15日,需有单独的模拟来分别适应加热和不加热的温室,而6月15日,模拟时不需加热。

图2表示在阿维尼翁和卢博克3月15日玻璃温室和带流体屋顶的太阳能温室内叶面温度之间的比较。这两种温室都没有加热。加热温室的结果几乎相等,夜间,除叶面温度外,其余均在10°C。

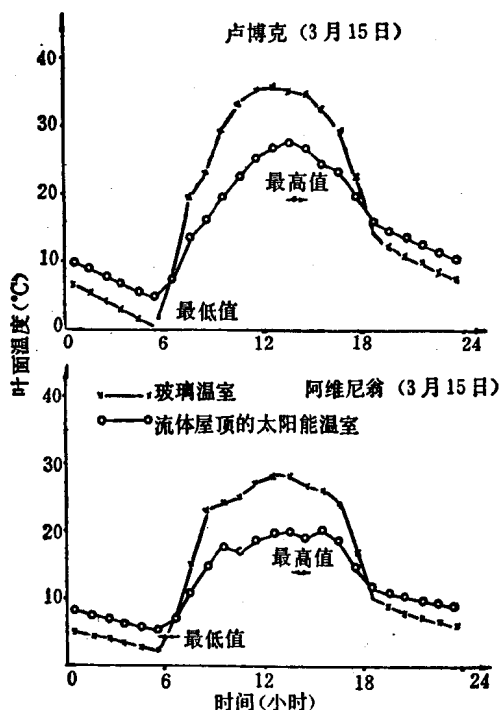


图2 3月15日、在卢博克及阿维尼翁的平均气候条件下逐时计算的不加热玻璃温室流体屋顶太阳能温室内的平均叶面温度曲线图,它也说明室外室外气温极温度值出现的时间

夜间,在两个地方,太阳能温室的叶面温度高于气温。在光照期间,与玻璃温室比较,太阳能温室的叶面温度更低。

图3表示6月15日的叶面温度比较。在卢博克的玻璃温室中,用通风不能控制叶面温度,而在阿维尼翁,也几乎如此。然而,用流体屋顶的方法,在这两种气候下,叶面温度都能控制。上述结果说明,采用流体屋顶结构,可大量减少通风设备和用水量。太阳能

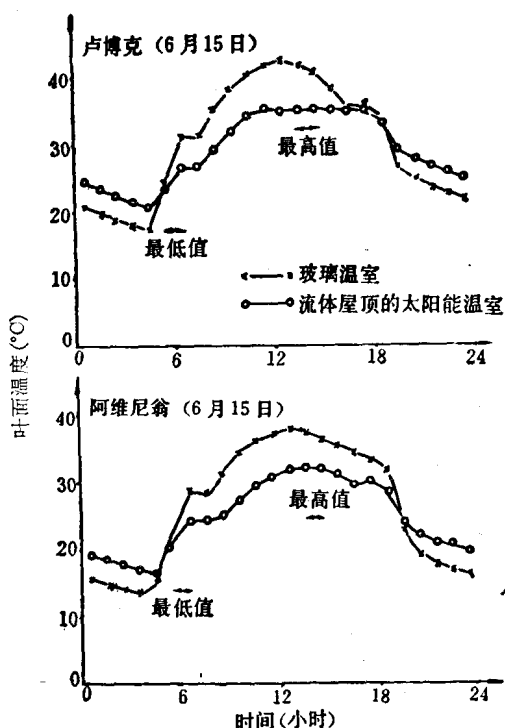


图3 6月15日的平均气候条件下在卢博克、阿维尼翁逐时计算的不加热的玻璃温室、流体屋顶的太阳能温室内的平均叶面温度曲线, 它也说明室外极端温度值出现的时间

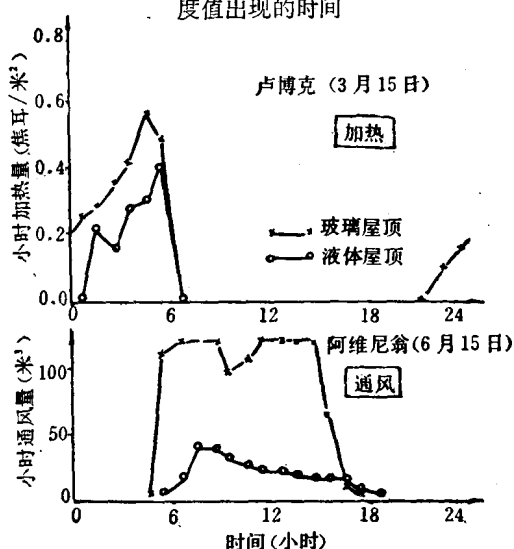


图4 玻璃温室与有液体形式屋顶的太阳能温室比较:

(1) 3月15日在卢博克叶温至少保持 10°C 时每小时的需热量; (2) 6月15日在阿维尼翁叶温不高于 35°C 或相对湿度不超过80%的每小时通风量

温室内, 潜在的叶子水分在中午几乎不减少, 这与普通温室一样。图4是流体屋顶加热能量的贮存和通风设备效应的一个例子。

讨 论

用模拟近似方法, 可以弄清楚带流体屋顶的太阳能温室的工作原理。在标准的玻璃温室中, 白天几乎全部能量都由于通风浪费掉了。虽然叶面温度比室外气温升得更高, 但从实际情况看, 可以控制住。夜间, 叶面温度紧随着顶面温度而变化, 因为叶面与天空在辐射平衡方面是近似的。

比较一下, 流体顶部吸收的太阳能比土屋顶要大, 其结果是这种能量的贮存调节了顶部与叶面温度, 只是在白天通风要有节制, 一般仅是防止内部结露。夜间, 屋顶贮存的热量释放出来, 由于辐射而抵消了其能量损失, 因而防止了叶面温度降到室外空气温度以下。

这样, 就直观而论, 对于流体屋顶结构可以肯定下列一些主要结论:

1. 防止叶面温度白天过高, 而在夜间又偏低;
2. 显著减少加热和通风设备;
3. 水的使用率和在白天叶子潜在的水分损失都显著地降低。

由于光合作用, 在流体屋顶温室里的辐射比在标准温室里减少不多, 各为33%、25%, 因而植物生长没有受到影响。另一方面, 水分的减少主要是在生物系统。大幅度地抑制叶子温度, 可以增加太阳能光合作用的交换率。

张 健译自《Acta Horticulturae》

76, 1978, p. 229~236

冯广和校

遮阴塑料温室的新发展

M. Grafiadellis S. Kyritsis

【摘要】 本文论述了不同覆盖材料的导光和导热特性、各种塑料薄膜材料的附着性和增加它在受潮以后的透明性。

引言

在希腊，温室生产者面临的一个重要问题之一是对多余热量的控制，在塑料温室内部即便是在冬季天气晴朗的情况下温度也会上升至理想水平以上。

在温暖的季节里塑料温室的冷却问题看来未能解决 (Venter 1971)。最有效的方法还是运用通风 (强制或自然通风)、水蒸发系统和遮阴等方法。这些方法中强制通风和水蒸发系统的设置费用昂贵，因而它们的用处也受到限制。

如今用作遮阴的不同材料是遮阴屏幕及遮阴混合物。

温室内部或外部的遮阴屏幕能按照天气情况很容易地被卷起或放下，而且能自动控制。但是它的价格很贵 (Germinig and Deth. 1971)。

另一些研究工作者 (Morris 等人, 1959) 为了使温室遮阴自动化，在温室屋顶采用水幕，Canham (1965) 发现，在水中加入 0.02% 的索利维普绿，约可增加 50% 的吸水率。

Solar Sunstill 公司发现了一种新的遮阴形式，叫做“变异遮阴幕”，这种遮阴屏幕在干燥时起了轻微遮光罩的作用。但是当它受潮时变得非常透明。(Delano Rasemen 1972)

Grafiadellis (1976) 报道，采用在薄膜内部涂上一些材料，以及利用那些在受潮时改

变屏幕透明性的材料 [变异遮阴材料、石灰、糖、尼克松 (Nixol)、精盐等]，能够克服永久性遮阴。

材料和方法

此调查由 Thessalonik 谷物研究所写于 1973~1977 年间。

为了试验，在塑料模型温室、地道及原型温室用普通而又耐用的 125 微米聚乙烯薄膜覆盖及用 200 微米厚的聚氯乙烯薄膜覆盖。

研究了含 96 种混合物的 7~8 种遮阴材料与 5 种其它遮阴方法。

在这些试验中研究了塑料薄膜遮阴材料的附着性和清除性，不同遮阴材料对温室气温和遮阴百分率的影响；还研究了阴天时如何改变遮阴材料的透明性、在遮阴材料内使用吸水盐及受潮时增加遮阴材料的透明性。

用原型温室的现有植物和典型塑料温室长出的植物研究了遮阴材料。

根据塑料温室薄膜遮阴材料的附着性和清除性的好坏比较其结果：1. 坏；2. 好；3. 最好。

结果

根据 20 次不同试验得到的结果，可以作

如下总结:

1. 从已经试验的遮阴材料看来,用普通聚乙烯覆盖温室的最合适的遮阴材料是石灰和白色的塑料涂料的混合物。因为这些用耐用的聚乙烯薄膜作为覆盖材料的温室用石灰、变异遮阴幕和精盐的混合物作为遮阴材料已证明是比较合适的。至于用聚氯乙烯薄膜覆盖的温室的遮阴材料,最合适的是石灰表层和石灰与石膏的混合物,把它涂在塑料薄膜的内表面。

2. 一般的遮阴材料在聚乙烯薄膜上显示出很好的粘附性,而在聚氯乙烯薄膜上的附着性很差。仅用“尼克松”与塑料涂料,在聚乙烯薄膜上的附着性差,而石灰、石膏和氧化锌在聚氯乙烯薄膜上的附着性良好。在塑料薄膜上尤其是在聚氯乙烯薄膜上,给遮阴材料内增加“涂敷-粘着剂”能改善它们的附着性能。

3. 需要时希望从塑料薄膜上清除遮阴材料,那么用混合剂可成功地洗去塑料薄膜上的遮阴材料,而且能够洗掉很难洗去的材料。以8:1的石灰和白色的塑料涂料成功地制成一种混合剂,这种混合剂虽可经受大雨但在夏末则极易洗去,用这种方法从聚乙烯塑料膜上洗去遮阴材料要比从聚氯乙烯薄膜上洗去容易。

4. 我们发现防止温室空气温度过高的最有效的遮阴方法是用高效的和遮阴百分比高的材料,例如喷镀塑料薄膜、透明的(白色的)塑料涂料及石灰和氧化锌的混合物。根据所有的遮阴材料及已试验过的方法得出,只有喷镀塑料薄膜及乳白色的聚乙烯在晚间最低气温时对塑料温室有显著的影响。

5. 有些遮阴材料,例如塑料涂料、氧化锌和石灰与其它一些材料(“尼克松”、变异遮阴幕、糖和石灰混合剂)相比较,在同样的单位平方米上它们显示了较高的遮阴百分比。

6. 降低遮阴材料的用量,在同样的面积

出下不会降低遮阴百分率。

7. 遮阴材料如乳白色的聚乙烯、塑料网、塑料点,能大量地吸收来自光合作用的太阳光辐射,而来自于长波辐射则很少。

8. 变异遮阴幕、石灰和另一些遮阴材料在受潮时显著地增加了它们的透明性,但是另一些材料如塑料涂料和氧化锌不能增加它们的透明性(见表)。

用耐用聚乙烯覆盖模型温室遮阴的结果

遮 阴 材 料 (克/米 ²)	遮阴材 料的附 着性 (1—3)	遮阴材 料的清 除性 (1—3)	遮阴的 百分比 (%)		受潮后增 加的透明 度(%)	
			PAR [*]	GR ^{**}	PAR	GR
变异遮阴幕 27.0	3	2	47.3	44.8	69.7	71.1
尼克松 27.0	2	3	35.9	30.8	28.9	27.9
石灰 13.5	3	3	49.5	48.5	40.9	40.2
塑料涂料 13.5	2+	1	59.2	56.3	2.3	4.6
变异遮阴幕 13.5	3	3	37.3	35.0	65.5	68.4
石灰 6.75	3	3	37.3	35	65.5	68.4
塑料涂料 6.75	2	1	49.4	46.7	2.6	3.9
石灰 6.75+塑料 涂料 6.75	3	2	55.9	53.6	18.8	14.7
石灰 6.75+变异 遮阴幕 6.75	3	2	50.8	46.2	50.3	56.7
石灰 12.4+糖 1.1	3	3	46.7	44.6	46.6	44.7
石灰 12.4+食盐 1.1++	3	3	50.8	48.7	42.4	44.8
石灰 11.3+食盐 2.2	3	3	50.6	48.3	42.8	45.1
变异遮阴幕 3.3+石膏 10.2	3	2	47.2	43.1	56.5	52.9
尼克松 10.2+ 石膏 3.3	3	2	42.4	36.2	26.2	28.7
塑料涂料 1.0+ 石灰 12.5	3	2	52.4	51.4	36.5	34.6
变异遮阴幕 3.4 +石灰 10.1	3	2	51.3	49.2	42.8	38.5
乳白式聚乙烯	—	—	53.0	47.7	—	—
塑料网	—	—	48.5	42.6	—	—
未处理模型	—	—	12.5	12.8	—	—

* 在400~700微米范围内光合作用辐射(用爱恩斯坦数级/米²·秒);

** 太阳和太空的球形辐射(瓦特/米²)。

+ 用喷雾粘着剂后的附着性;

++ 在雾天时自己受潮的(遮阴材料)。

9. 克服了阴天遮阴材料自动变潮的困难。为了增加遮阴材料在此情况下对光的透明性,可采用添加吸湿材料如镁的氧化物、钙的氯化物等方法。而添加的吸湿材料的量则影响到遮阴材料受潮的时间。

结 论

在结束时,可以说塑料温室最有效、最简

单的遮阴方法是使用遮阴材料。它可以在受潮时增加透光率和在阴天时从空气中吸收潮气,这是因为遮阴材料中添加了吸湿材料而起的作用。

(参考文献略)

沈雪民译自《EPA》报告

孙学斌校

怎样提高薄膜温室电热供暖的效果

Л. И. Сухарева В. М. Габуз 等

作物栽培建筑的取暖,是农业生产中消耗能源的最大项目之一。因此,在经营管理中,节约燃料和电力具有特别重要的意义。

在环境工程中,薄膜温室占一半以上。它们多是采用加热空气的方法取暖,用火力、电力以及其它发热设备供热。

利用电力为温室供暖,可以大大降低用于管理采暖设备的劳力消耗,使土壤热得均匀,自动控制生产过程中环境条件的变化,提高产品质量,改善劳动条件,消除环境污染。

作为采暖对象,薄膜育苗温室有它自己的一系列专业特点。因此,我们在设计采暖方式及其操作程序时,应以这些特点为依据。后者则受经营的季节性以及对温度条件的工艺要求所支配。例如,培育甘蓝苗时,要考虑到温室的运行是有阶段性的;要考虑到对土壤化冻和加热的方式;要考虑到同整个温室的容积相比,作物栽培区是不大的;要考虑到必须使整个温室中作物栽培区的气温和地温要均匀一致以及其他等等。

温室的运行步骤取决于甘蓝的品种。在最初4~5天内,种子覆土层(深1.5~3厘米)

的温度应为20°C。出土后,其根部分布区的地温不应高于15°C。在晴天,夜间和白天的温度以8~16°C为宜。

为使出苗整齐,便于机械化间苗,作物栽培场区的温度必须均匀一致。如果薄膜温室的气温控制得准确,也可以节约不少能源。例如,每减少温度1°C,可降低燃料消耗7%。

由温床过渡到温室已成为保护地栽培发展的必然结果,但是却忽略了应当从工艺要求的基础上重视采暖方式。正因为这样,所以当前种种供暖方法,全都是按照化冻和对土层进行强力加热设计的,热量的消耗比实际需要高5~6倍。此外,给温室整体供暖也是不合理的,因为作物栽培场区是温室容积的1/17~1/20。因此,如何在最大限度地利用日照的条件下,从工程设计方面解决对土壤和作物栽培区进行局部加热,是大家最关心的问题。

有一种综合保温器已引起人们的注意,它是“彼尔洛夫”和“贝克奥”两个实验农场研制出来的。保温器本身是一架装有 ПОСХВТ 热力丝的框架,热力丝的间距为10~12厘