

23-29

第20卷 第1期
1992年2月西北农业大学学报
Acta Univ. Agric. Boreali-occidentalisVol.20 No.1
Feb. 1992

不加温温室和塑料大棚内外温度的相关关系

李良晨

(西北农业大学水利与建筑工程系, 陕西杨陵·712100)

S625.51

摘要 本文论述了对不加温温室和塑料大棚的内外温度定量计算的方法, 对常用的几种不加温温室和塑料大棚进行了计算, 得到了室内外温度的相关关系等一系列对生产具有现实意义的结果, 为这类设施的热工设计、使用、评价和改进提出了理论依据。

关键词 不加温温室, 塑料大棚, 温度, 相关关系, 热传递, 相关性

中图分类号 S214.3

温室

不加温温室和塑料大棚, 也包括中小棚, 由于其简单易造, 经济效益高, 不但是我国保护地栽培的主要形式, 而且在园艺、畜禽养殖等方面也被广泛应用。这类设施所能提供的热湿状态具有首要的意义。目前, 在这方面从科学理论上特别是进行定量研究还远远不够。本文论述了定量研究的方法, 并进行了计算, 得出了设施在最不利条件下的内部气温、地表温度、覆盖层表面温度、室外气温之间的相关关系及热流传递的方向和数量。以期对不加温温室和塑料大棚的热工设计、使用、评价和改进提供理论根据。

1 计算方法

上述设施与一般建筑物的主要区别是: 其围护结构主要是透明覆盖薄层, 它的内部以及与外部以各种形式进行热传递的复杂性、生物对设施内的气温、地温、光照、湿度等小气候参数有较严格的要求。所以本文在计算方法上是把这类设施看作为一个统一的能量系统, 建立系统在最不利条件下的能量平衡方程组⁽¹⁾, 并对方程组求解。

1.1 实际情况的简化

从能量观点看, 在冬季晴朗的夜间, 不考虑植物对地表的覆盖作用, 是温室和塑料大棚使用的最不利条件。这也是本研究所采用的计算条件。现对实际情况简化如下:

(1) 在夜间状态下, 把热量传递看作稳态传热过程⁽²⁾。

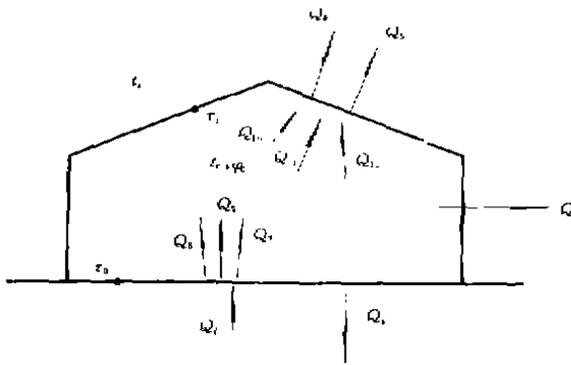
(2) 覆盖材料基本上不透过 $10\mu\text{m}$ 左右的长波辐射。对聚乙烯薄膜, 即便是在它的表面有水滴冷凝时还是部分地透过长波辐射, 所以应当有一定的结果修正量。

(3) 由于覆盖材料层的厚度很小, 内热阻几乎等于零, 所以在研究中假定覆盖材料层内外表面温度相等⁽³⁾。

1.2 温室或塑料大棚的热量平衡方程组

根据以上分析, 不加温温室或塑料大棚在夜间时的能量计算图如附图所示。

(1) 对于温室或大棚整体



附图 夜间状态下的能量计算图

其容积热容量 C_v 取 $2.512 \text{kJ}/\text{m}^3 \cdot \text{C}$ 、导热系数 λ 取 $5.44 \text{kJ}/\text{m} \cdot \text{h} \cdot \text{C}$ ， A 是地表温度日变化的波动振幅。根据导热微分方程与地表温度边界条件，可求得土壤温度的日变化规律以及夜间由下层土壤向地表提供的热流强度为：

$$\bar{q} = 10.59A \quad \text{W}/\text{m}^2 \quad (2)$$

$$Q_2 = \bar{q} \cdot A_0 \quad \text{W} \quad (3)$$

A_0 是温室的地面积。在保护地内，地表温度日变化的波动振幅 A 一般不知道，但可以根据气象资料用室外气温日变化的振幅代入。这样的值将略小于实际的 A 值，将会使计算结果略有保守性。

冷风渗透耗热量 Q_3 的大小与保护地的密闭程度有关。不同的设施 Q_3 的量将会不同。笔者参考国外这一方面利用换气次数来计算的方法^[5]。

$$Q_3 = 0.278c \cdot V \cdot n \cdot \rho(t_0 - t_e) \quad \text{W} \quad (4)$$

并取换气次数 $n = 2.0$ 次/h，冷空气比热 $c = 1.01 \text{kJ}/\text{kg} \cdot \text{K}$ ， ρ 是冷空气密度等于 $\frac{353}{t_e + 273} \text{kg}/\text{m}^3$ ， $t_0 - t_e$ 是室内外气温差。V 是温室容积 (m^3)。

覆盖层外表面的辐射失热 Q_5 按文献 [1] 计算。

外表面与室外空气的对流换热量^[1] Q_6 ，设覆盖层外表面面积为 A_1

$$Q_6 = \alpha_6(t_1 - t_e) \cdot A_1 \quad (5)$$

$$\text{对流换热系数 } \alpha_6 = 2.5 + 4.2v \quad \text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}) \quad (6)$$

v 是室外风速 (m/s)， Q_4 的计算按文献 [5]， $Q_4 = K_4 \cdot (t_0 - t_e) \cdot A_0$

(2) 室内地表热平衡方程

$$Q_2 + Q_4 + Q_7 + Q_8 + Q_9 = 0 \quad (7)$$

其中 Q_7 、 Q_8 、 Q_9 分别是室内地表与室内空气的对流换热量，室内地表与覆盖层

$$Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 + Q_6 = 0 \quad (1)$$

其中 $Q_2 \sim Q_6$ 分别是下层土壤在夜间向地面提供的热量，冷风渗透耗热量，由于室内外温差室内通过地面向外传递的热量，覆盖层外表面的辐射失热量和对流换热量。室内得热 Q 取正值，反之取负。以下同。单位、W。后面所有未指出单位的物理量均采用国际单位制。

Q_2 的计算方法是，近似地把土壤温度的日变化看作为时间 $t(\text{h})$ 的正弦函数^[4]。对温室和塑料大棚中的土壤，

内表面的辐射换热量、地表水分蒸发耗热量, 均按文献〔1〕计算。在夜间, 蒸发几乎停止, 可以认为 $Q_0 \approx 0$ 。

(3) 覆盖层的热平衡方程

$$Q_{10} + Q_{11} + Q_{12} + Q_5 + Q_6 = 0 \quad (8)$$

Q_{10} 、 Q_{11} 、 Q_{12} 分别是水汽在覆盖层内表面凝结时的放热量, 室内空气与覆盖层内表面的对流换热量, 覆盖层内表面与地面的辐射换热量。

水汽在内表面上的冷凝强度^{〔2〕} ω_c 按文献〔1〕计算, 单位为 $\text{kg}/\text{m}^2 \cdot \text{h}$, 若取水的汽化热的平均值为 $2450\text{kJ}/\text{kg}$, 则

$$Q_{10} = 0.278\omega_c \cdot A_1 \cdot 2450 = 681.1\omega_c A_1 \quad (9)$$

$$Q_{11} = \alpha_{11} \cdot (t_0 - \tau_1) \cdot A_1 \quad (10)$$

$$\alpha_{11} = 1.68 \cdot \left(A_1' + 0.7A_1 \right) / A_1 \cdot \sqrt[3]{t_0 - \tau_1} \quad (11)$$

A_1' 、 A_1 分别是外表面倾斜部位和垂直部位的面积。

在忽略室内空气吸收长波辐射时 $Q_{12} = Q_8$

据以上结果, 可联立(1)、(7)、(8)式, 并在计算选择的方案下求方程组的解。

1.3 计算方案

选择 $A_1' = 2A_1$ 。温室檐高是顶高 H 的 0.58 倍。跨度在 8m 左右时, 地面的传热系数 $K_4 \approx 0.23\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}$; 跨度在 4m 以下, $K_4 \approx 0.47\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}$, $e = 400\text{Pa}$, $\varphi_0 = 100\%$ 。计算得到当 $t_0 = 4^\circ\text{C}$, 若 τ_1 分别是 0, -1, -2 和 -3 $^\circ\text{C}$ 时, ω_c 分别是 6.71×10^{-3} , 9.68×10^{-3} , 13.1×10^{-3} 和 $16.1 \times 10^{-3}\text{kg}/\text{m}^2 \cdot \text{h}$ 。在计算中应用了近似算式:

$$\text{当 } 15^\circ\text{C} > (\tau_0 - t_0) > 5^\circ\text{C}, (\tau_0 - t_0)^{\frac{4}{3}} \approx 2.8(\tau_0 - t_0) - 6.0$$

$$\text{当 } 10^\circ\text{C} > \tau_1 > -10^\circ\text{C}, \left(\frac{\tau_1 + 273}{100} \right)^4 \approx 0.814\tau_1 + 55.55$$

2 计算结果与分析

根据计算方法与计算方案, 求解方程组后得到以下主要结果。

2.1 室内地表温度 τ_0 、室内气温 t_0 、覆盖层表面温度 τ_1 、室外气温 t_c 的相关关系式

(1) 当 $A_1/A_0 = 1.8$ 、 $v = 1.78\text{m}/\text{s}$, $H = 1.0\text{m}$, $K_4 = 0.47$ 时

$$\left. \begin{aligned} \bar{q} &= 10.9t_0 - 10.9t_c + 36.65 + 1273.8\omega_c \\ \bar{q} &= 1.04t_0 - 26.08t_c + 25.04\tau_1 + 119.99 \\ \bar{q} &= -5.65t_0 - 0.47t_c + 10.33\tau_0 - 4.21\tau_1 - 13.2 \end{aligned} \right\} \quad (12)$$

(2) 当 $A_1/A_0 = 1.5$, $v = 1.78\text{m/s}$, $H = 2.8$, $K_a = 0.23$ 时

$$\left. \begin{aligned} \bar{q} &= 10.9t_0 - 10.37t_c + 30.09 + 1062.8\omega_c \\ \bar{q} &= 1.84t_0 - 22.71t_c + 22.34\tau_1 + 99.99 \\ \bar{q} &= -5.93t_0 - 0.23t_0 + 10.28\tau_0 - 4.12\tau_1 - 13.2 \end{aligned} \right\} \quad (13)$$

(3) 当 $A_1/A_0 = 1.5$, $v = 2.6\text{m/s}$, $H = 2.8$, $K_a = 0.23$ 时

$$\left. \begin{aligned} \bar{q} &= 11.69t_0 - 11.21t_c + 25.49 + 1148.0\omega_c \\ \bar{q} &= 1.84t_0 - 27.95t_c + 27.59\tau_1 + 99.99 \\ \bar{q} &= -5.89t_0 - 0.23t_c + 10.28\tau_0 - 4.16\tau_1 - 13.2 \end{aligned} \right\} \quad (14)$$

(4) 当 $A_1/A_0 = 1.3$, $v = 2.6\text{m/s}$, $H = 2.8$, $K_a = 0.23$ 时

$$\left. \begin{aligned} \bar{q} &= 10.67t_0 - 10.24t_c + 23.73 + 978.3\omega_c \\ \bar{q} &= 1.84t_0 - 24.47t_c + 23.91\tau_1 + 86.66 \\ \bar{q} &= -5.89t_0 - 0.23t_c + 10.24\tau_0 - 4.12\tau_1 - 13.2 \end{aligned} \right\} \quad (15)$$

上述温度相关关系和各种传热量的计算式适合于在计算条件下(t_0 也可以不等于 4°C)的各种情况。

2.2 在几种具体情况下, 温度和传热量的计算结果

为了便于分析, 笔者计算了几种具体情况, 结果见表 1~2。

表 1 室内气温 $t_0 = 4^\circ\text{C}$ 时, 各种温度的计算结果

\bar{q} (W/m^2)	$t_0 = 4^\circ\text{C}$														
	$A_1/A_0 = 1.8$		$A_1/A_0 = 1.5$		$A_1/A_0 = 1.5$		$A_1/A_0 = 1.3$		$A_1/A_0 = 1.3$						
	$v = 1.78(\text{m}/\text{s})$		$v = 1.78(\text{m}/\text{s})$		$v = 2.6(\text{m}/\text{s})$		$v = 2.6(\text{m}/\text{s})$		$v = 3.7(\text{m}/\text{s})$						
	$H = 1\text{m}$		$H = 2.8\text{m}$		$H = 2.8\text{m}$		$H = 2.8\text{m}$		$H = 2.8\text{m}$						
	t_c	τ_1	τ_0	t_c	τ_1	τ_0	t_c	τ_1	τ_0	t_c	τ_1	τ_0			
40	4.28	1.09	7.95	3.78	0.81	7.89	3.39	1.00	7.94	3.06	0.86	7.91	2.72	0.95	7.94
60	3.03	0.59	9.65	2.34	0.26	9.58	2.12	0.43	9.62	1.58	0.19	9.56	1.36	0.24	9.58
80	1.19	-0.52	11.05	0.42	-0.79	11.06	0.33	-0.66	11.09	-0.37	-0.97	11.00	-0.46	-0.94	11.01
100	-0.64	-1.63	11.48	-1.51	-1.86	11.56	-1.45	-1.73	11.59	-2.33	-2.13	11.46	-2.28	-2.12	11.47
120	-2.47	-2.73	13.86	-3.44	-2.93	14.00	-3.24	-2.82	14.03	-4.27	-3.28	13.89	-4.11	-3.31	13.88

注: \bar{q} 是夜间时下层土壤向地表提供的热流强度, $\bar{q} = Q_{2-A_0}$ 方向的增温效果用 $t_0 - t_c = 4^\circ\text{C} - t_c$

笔者在列宁格勒农学院工程系学习期间, 于 1989 年 4 月中旬到 5 月上旬对上述计算条件下的第 (3) 种情况进行了实测。温室跨度 8 m, 覆盖材料是 4 mm 厚的玻璃。所测得的最低气温下的增温效果如表 3 所示 (与计算结果对比)。

对于我国的塑料大棚, 主要使用聚乙烯薄膜覆盖, 考虑到它能部分地透过 $10\mu\text{m}$ 左右的长波辐射, 在其它条件相同的情况下, 保温效果较差。因而对于这类设施, 应该有一定的结果修正。经过估算, 不透过长波辐射的玻璃温室的增温值 Δt 与用聚乙烯覆盖的温室或塑料大棚的增温值 $\Delta t'$ (在其它条件相同时) 的比值应为 $\Delta t/\Delta t' = 1.1 \sim 1.5$ 。

表2 $t_0=4^{\circ}\text{C}$ 时各种传热量的计算结果

\bar{q} (W/m^2)	$\frac{Q_1}{A_0}$	$\frac{Q_2}{A_0}$	$\frac{Q_3}{A_1}$	$\frac{Q_4}{A_1}$	$\frac{Q_5}{Q_0}$	$\frac{Q_6}{A_0}$	$\frac{Q_7}{A_0}$	$\frac{Q_8}{A_1}$	$\frac{Q_9}{Q_7+Q_8}$	K_0 ($\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}$)	
	(W m^{-2})				(%)	(W m^{-2})			(%)		
40	1	0.35	0.05	55.84	-29.70	99.1	10.71	29.45	3.93	73.3	118.8
	2	0.98	0.14	58.29	-32.27		11.01	28.87	3.22		42.60
	3	1.51	0.22	58.90	-29.70	97.4	10.83	29.05	3.74	72.8	31.06
	4	2.06	0.29	60.67	-31.86		11.01	28.80	3.41		22.50
60	1	2.67	0.38	58.78	-20.80	96.7	21.05	38.77	6.00		22.88
	2	3.03	0.43	60.47	-22.82		21.29	38.23	5.36		20.03
	3	3.87	0.56	61.41	-18.77	94.6	20.93	38.60	6.26	64.8	17.62
	4	4.27	0.61	62.52	-20.16		21.05	38.48	6.08		17.62
80	1	5.76	0.82	61.15	-12.10	93.5	30.10	49.30	9.95		13.70
	2	5.91	0.84	62.14	-13.37		30.29	48.88	9.46		13.29
	3	7.04	1.01	63.36	-8.10	90.9	29.74	49.31	10.62	62.3	12.65
	4	7.18	1.03	63.86	-8.64		29.80	49.23	10.51		12.38
100	1	8.87	1.26	63.47	-3.50	90.4	33.17	55.83	13.94		10.88
	2	8.77	1.25	63.87	-3.78		33.35	55.41	13.48		11.02
	3	10.19	1.46	65.35	2.70	84.9	32.56	56.00	15.74	63.2	10.75
	4	10.11	1.44	65.21	2.88		32.62	56.00	14.95		10.84
120	1	11.98	1.71	65.78	5.10	82.2	48.10	70.43	17.99	59.4	9.53
	2	11.66	1.66	65.53	5.67		48.28	70.10	17.58		9.83
	3	13.30	1.90	67.32	13.37	72.9	47.43	70.74	19.31	59.9	9.75
	4	13.06	1.87	66.54	14.40	72.1	47.40	70.82	19.43	59.9	9.98

注: 1, 2, 3, 4 分别代表 $A_1/A_0=1.5, v=1.78; A_1/A_0=1.5, v=2.6; A_1/A_0=1.3, v=2.6; A_1/A_0=1.3, v=3.7 \text{ m} \cdot \text{s}$; Q_0 是总热量损失, K_0 是覆盖层传热系数 $\bar{q}=Q_1/A_0$.

表3 不加温温室最低气温下的增温效果

时 间 (月 日)	室外气温		实测室内值			计算室内值		
	昼夜	日较差	t_0	Δt	τ_0	t_0	Δt	τ_0
18.4 晴 多云	-5.0	15.0	-1.0	4.0	5.8	-0.64	4.36	6.28
28.4 晴	-3.0	20.5	4.1	7.1	13.4	3.25	6.25	12.40
8.5 多云	0	14.5	4.5	4.5	11.5	3.41	3.41	10.78

2.3 在夜间状态下 不加温温室和塑料大棚热特性的数量分析

2.3.1 热流传递的方向和数量

由于求得了各种温度值, 热流传递的方向就已经解决。这里仅分析一些重点问题。

1) 式(13)表明, 当 $A_1/A_0=1.5, \bar{q}$ 约 $> 100 \text{W}/\text{m}^2$ 时, $\tau_1 > t_1$, 相应的对流换热的热流方向是由覆盖层外表面进入大气, 即表面失热。而当 \bar{q} 约 $< 100 \text{W}/\text{m}^2$ 时, $\tau_1 < t_1$, 对流换热的方向是由大气进入覆盖层。所以, 在后一种情况下, 不但 \bar{q} 是设施的热源, 而且周围空气还以对流方式向设施提供热量。相应于 $A_1/A_0=1.3, A_1/A_0$

$= 1.8$, \bar{q} 的这个界限值分别是约为 90 和 $120\text{W}/\text{m}^2$. 由 \bar{q} 值的数量大小知道, 对于不加温温室和大棚, 在春初秋末的晴朗夜间, $\tau_1 < t_c$ 的可能性很大. 这是它区别于一般建筑或加温温室的一个特点.

从表 1 还可以看出, 当 \bar{q} 由小增大时, $\tau_1 - t_c$ 的差值由负值逐渐变为正值, 且代数值单调增大. 而当保温比增大 (A_1/A_0 减小) 时, 若 \bar{q} 大于上述界限值, $|\tau_1 - t_c|$ 增大; 若 \bar{q} 小于上述界限值, $|\tau_1 - t_c|$ 减小. 另外, 当室外风速增大时, $|\tau_1 - t_c|$ 减小. 由此可分析, 当条件变化时, 外表面与大气对流换热的数量变化.

2) 覆盖层外表面的辐射失热是设施总失热量的主要部分. 当 $\bar{q} = 40 \sim 120\text{W}/\text{m}^2$ 时, 辐射失热占总失热的 $99\% \sim 72\%$. 在晴朗夜间, 覆盖层外表面以长波有效辐射的形式大量失热, 这是不加温温室和塑料大棚的又一特点.

另外, 从地表得失热量的分析可知, 地表从下层土壤获得的有限热量中, 被它以辐射形式散失的约占 60% 以上, 而使室内维持一定增温效果的热量占不到 40% .

2.3.2 影响增温效果的因素

1) 表 1 已详细表明, 夜间时下层土壤向地表提供的热流 \bar{q} 对不加温温室或大棚的增温效果的影响是最主要的. 根据计算, 在 $3 \sim 4$ 月份, 若白天是晴天, \bar{q} 可能在 $80 \sim 120\text{W}/\text{m}^2$, 白天是阴天, \bar{q} 可能在 $60\text{W}/\text{m}^2$ 左右. 如果同时考虑到辐射失热, 可以肯定, 当白天晴夜间阴时, 增温最大; 白天阴夜间晴时, 增温最小.

2) 当 \bar{q} 小于上述界限值时, 风速越大, 增温越大; 当 \bar{q} 大于上述界限值时, 风速越大, 增温越小. 原因是外表面对流换热的热流方向不同.

3) 众所周知的保温比越大 (A_1/A_0 越小), 增温越大的具体增温值见表 1, 或由 (12)~(15) 式计算.

2.3.3 逆温现象的数量分析

不加温温室和塑料大棚, 特别是中小棚, 在春季或秋末容易发生逆温现象 ($t_0 < t_c$), 对生物有较大危害. 事实上, 利用本研究所采用的计算方法和得出的结果可以给逆温现象以定量说明. 式 (12)~(15) 表明, 在晴朗夜间, $A_1/A_0 = 1.8$, $v = 1.78\text{m}/\text{s}$, $H = 1\text{m}$ (中小棚); $A_1/A_0 = 1.5$, $v = 1.78\text{m}/\text{s}$, $H = 2.8\text{m}$, 大棚 (下同); $A_1/A_0 = 1.5$, $v = 2.6\text{m}/\text{s}$; $A_1/A_0 = 1.3$, $v = 2.6\text{m}/\text{s}$ 的不同情况下, 发生逆温的临界条件分别约是 $\bar{q} < 43, 37, 33, 31\text{W}/\text{m}^2$. 并且可以看出, 保温比越小, 就越容易发生逆温. 其它条件下发生逆温的临界条件或逆温程度都可以通过上述方法得到.

2.3.4 覆盖层传热系数 K_0 的分析

计算表明, 对于不加温温室和塑料大棚, 这个问题具有特殊性. 对于不同的 \bar{q} 值, 即便是薄层覆盖材料相同、室外风速相同, 计算得到的 K_0 值也不同, 而且相差很大. 这是这类设施的小气候条件造成的. 对这类设施, 单凭覆盖材料的导热系数和室外风速 (象一般建筑热工设计计算那样) 求得它的围护结构的传热系数是不可能的或不正确的.

3 结 论

1) 用求解热量平衡方程组的方法可以得到温室或塑料大棚地表温度、内部气温、覆盖层表面温度、室外气温之间的相关关系和各热流传递的方向和数量。计算结果与实际资料对比, 符合程度较好。所以, 通过计算能够预测在外部气候条件下的内部小气候参数, 或者能够寻找与指定的内部条件相应的外部气候条件。

2) 不加温温室和塑料大棚的最低能量要求是 \bar{q} 大于 $40\text{W}/\text{m}^2$, 低于此值, 不但增温甚微, 而且对于保温比较小设施, 发生逆温的可能性很大。

3) 覆盖层外表面的辐射失热, 是不加温温室和塑料大棚的主要热量损失。因此, 建议在对覆盖材料的研究中, 在保证材料对太阳短波辐射有足够的透明度的同时, 应尽量降低材料对 $10\ \mu\text{m}$ 左右的长波辐射能力和透过能力。如果能生产并应用这样的具有选择性辐射特性的覆盖材料, 这必将大大地扩大不加温温室和塑料大棚的使用期限和使用地区, 节省能源而对农业生产起到重要作用。

参 考 文 献

- 1 李良晨. 保护地设施内热湿状态的计算方法. 西北农业大学学报, 1991, 19 (4): 25~32
- 2 Егнзаров А Г Отопление и вентиляция зданий и сооружений сельскохозяйственных комплексов М. Стройиздат. 1981: 185
- 3 王补宣. 工程传热传质学 (上册). 北京: 科学出版社, 1986: 140, 30, 40
- 4 坪井八十二等编; 侯宏森等译. 新编农业气象手册. 北京: 农业出版社, 1985: 116
- 5 内海修一. 保护地园艺: 保护地的构造与设备. 北京: 农业出版社, 1981: 241

The Correlative Relations Between Air Temperatures Inside and Outside Greenhouse Without Heating and Plastic Tent

Li Liangchen

(Agricultural Engineering of the Northwestern Agricultural University, Yangling, Shaanxi, 712100)

Abstract This paper deals with the method of quantitative calculation of air temperatures inside and outside greenhouse without heating and plastic tent. The method is used to calculate air temperatures inside and outside several kinds of commonly-used greenhouses without heating and plastic tents. A series of results in correlative relations among the inside and outside temperatures applicable to actual production has been obtained, thus providing a theoretical base for thermal engineering design, utilization, evaluation and improvement of the facilities of this kind.

Key words greenhouse without heating, plastic tent, temperature, correlative relations, thermal transference