

التحكم في درجات حرارة البيت المحمي

سبق وان تم تحديد كميات الحرارة التي يجب اهمالها في المحاضرة السابقة، والآن نتعرض لكميات الحرارة الواجب حسابها والمعادلات التي تحكمها

كمية الطاقة الشمسية المتوفرة

Solar energy available (q_i)

$$q_i = I_T \tau A_f , \quad \text{Watt}$$

Where:

I = solar energy flux incident outside
the greenhouse, W/m^2

τ = effective transmittance of the
greenhouse cover , decimal

A_f = floor surface area of the
greenhouse, m^2

كمية الطاقة الحرارية المفقودة بالتوسيل

Conduction heat energy loss (q_C)

$$q_C = U_o A_C (T_{ai} - T_{ao}), \text{ Watt}$$

Where:

U_o = overall heat transfer coefficient, $\text{W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$

A_C = surface area of glazing material, m^2

T_{ai} = air temperature inside the greenhouse, $^\circ\text{C}$

T_{ao} = air temperature outside the greenhouse, $^\circ\text{C}$

كمية الطاقة الحرارية المفقودة بالإشعاع من داخل البيت المحمي إلى السماء

Thermal radiation to the sky (q_t)

$$q_t = \varepsilon_i \tau_1 \sigma A_f (T_{ai}^4 - T_s^4)$$

Where:

ε_i = emissivity factor of indoor surfaces, decimal

τ_1 = transmittance of green house cover, long-wave, decimal

σ = Stefan-Boltzman constant, 5.67×10^{-8} W/m². K

T_{ai} = absolute temperature of inside air, K

T_s = absolute temperature of the sky , K

يمكن تحديد وحساب درجة حرارة السماء بدالة
درجة الحرارة المطلقة للهواء خارج البيت
المحمي من المعادلة التالية :

$$T_s = 0.0552(T_{ao})^{1.5}, \text{ K}$$

كمية الطاقة الحرارية المستهلكة في عملية البخر - نتح

heat energy by evapotranspiration

(q_e)

$$q_e = F R q_i, \quad \text{Watt}$$

Where:

F=ratio of floor surface area covered
by plants to the total floor area, m^2

R = ratio of evapotranspiration to
solar radiation

كمية الطاقة الحرارية المفقودة من البيت المحمي أثناء عملية التهوية

Sensible heat energy loss by exhausted air
(q_s)

$$q_s = m_a \ C_p (T_{ai} - T_{ao}), \quad \text{Watt}$$

Where:

m_a = mass flow rate of exhausted air , kg/s

C_p = specific heat of exhausted air, J/kg. $^{\circ}\text{C}$

المعادلة العامة لاتزان الطاقة في البيوت
المحمية أثناء ساعات النهار :

$$q_i = q_c + q_t + q_e + q_s$$

$$I_T \tau A_f = U_o A_C (T_{ai} - T_{ao}) +$$

$$\varepsilon_i \tau_1 \sigma A_f (T_{ai}^4 - T_s^4)$$

$$F_R q_i^+$$

$$m_a C_p (T_{ai} - T_{ao})^+$$

يمكن إستغلال معادلة إتزان الطاقة السابقة في تحديد معدل التهوية اللازم لإزاحة الحرارة الزائدة من داخل البيت المحمي أثناء ساعات النهار وبالتالي منع حدوث الإحتباس الحراري

Thermal trapping

داخل البيت المحمي والذي بدوره يؤدي إلى حدوث إجهاد حراري Thermal stress على النباتات الموجودة داخل البيت ، ويمكن تحديد وحساب معدل التهوية من المعادله التالية :

$$q_s = q_i - q_c - q_t - q_e$$

$$m_a=\frac{q_i-q_c-q_t-q_e}{C_p\left(T_{ai}-T_{ao}\right)}$$

يمثل قيمة البسط في المعادلة السابقة إجمالي كمية الحرارة اللازم إزاحتها من داخل البيت المحمي بينما يمثل المقام كمية الطاقة الحرارية التي يمكن إزاحتها من الهواء الداخلي للبيت

المحمي

يلاحظ أن معدل التهوية المتحصل عليه من المعادلة الأخيرة يكون معدل وزني ويجب تحويله إلى معدل حجمي بالضرب في الحجم النوعي للهواء داخل البيت المحمي أو بالقسمة على كثافة الهواء داخل البيت كما يلي :

$$m = 3600 m_a V_s, \quad m^3/h$$

or

$$, m^3/h$$

$$m = 3600 \frac{m_a}{\rho}$$

Where:

V_s = specific volume of inside air, m^3 / kg

ρ = density of inside air, kg/m^3

A multi-gable-even-span type greenhouse is constructed in the University of Mansoura and having total gross dimensions of 32 x 54 m uses to grow up and produce cucumber crop on 90 cm wide piles with 140 cm equidistance between two adjacent piles.



The rafter tilt angle of greenhouse is 23° and covered by polycarbonate panels with maximum effective transmittance of 0.92



The apparent solar radiation for 17th of July is 1085 W/m^2 , atmospheric extinction coefficient is 0.207, diffuse solar radiation factor is 0.136, and ground reflectance is 0.6



The overall heat transfer coefficient is $6.5 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$, the transmittance of the greenhouse cover to long-wave solar radiation is 0.16, and the emissivity factor of the indoor surfaces is 0.60



The indoor air temperature and relative humidity, respectively, is 32°C and 45%, and the outdoor air temperature is 22 °C. If the specific heat of indoor air at 13 pm is 1007 J/kg .°C

Solution

Firstly: calculating the solar radiation flux incident on the roof of the greenhouse at 13 pm on 17th of July

$$A = 1085 \text{ W/m}^2$$

$$B = 0.207$$

$$C = 0.136$$

$$\rho = 0.60$$

$$\beta = 23^\circ$$

$$\Phi = 31.05^\circ\text{N}$$

$$n = 198$$

$$F_{ss} = \frac{1+\cos\beta}{2} = 0.9603$$

$$F_{sg} = \frac{1 - \cos \beta}{2} = 0.03975$$

$$\delta = 23.45 \sin \left[\frac{360}{365} (n+2840) \right] = 21.18^\circ$$

$$\begin{aligned}\sin \psi &= \cos 31.05 \cos 21.18 \cos 15 + \sin 31.05 \sin 21.18 = \\&0.9580 \\ \psi &= 73.3^\circ\end{aligned}$$

$$\gamma_{ss} = \arcsin[\cos\delta \sin\omega / \cos\psi] = 57.1^\circ$$

$$\cos \theta = \cos 73.3 \cos 57.1 \sin 23 + \sin 73.3 \cos 23 = 0.9427$$

$$\theta = 19.5^\circ$$

$$I_T = I_D + I_s + I_g$$

$$I_D = 824.1 \text{ W/m}^2$$

$$I_s = 114.2 \text{ W/m}^2$$

$$I_g = 22.8 \text{ W/m}^2$$

$$I_T = 824.1 + 114.2 + 22.8 = 961.1 \text{ W/m}^2$$

Solar heat energy input (q_i) =
961.1 (1728) (0.9184) =
1525.261 kW

Conduction heat energy loss (q_c) =
6.5 (2323.52) (10) = 151.094 kW

Thermal radiation to the sky (q_t)
= 10.161 kW

Water vapour loss by exhausted
air (q_e) = 439.275 kW

Ventilation rate requirement (m_a) =
91.830 kg/s

: ومن الخريطة السيكرومترية ينتج أن :

$$m = 3600 (91.830) (0.8833) = \\ 292008.38 \text{ m}^3 / \text{h}$$