

VỀ CẤU TRÚC CỦA MÔ HÌNH ĐỘNG THÁI HÌNH THÀNH NĂNG SUẤT, HẤP THU NITƠ TRONG ĐẤT VÀ CHẤT LƯỢNG HẠT CỦA CÂY ĐẬU TƯƠNG VỤ ĐÔNG Ở ĐỒNG BẰNG VÀ TRUNG DU BẮC BỘ

KS. Nguyễn Văn Liêm

Viện Khí tượng Thủy văn

1. Cấu trúc của mô hình động thái

Mô hình hoá quá trình hình thành năng suất, hấp thu Nitơ và chất lượng hạt của cây đậu tương là mô phỏng định lượng những quá trình quang hợp, hô hấp, sinh trưởng, phân bố chất cacbon, nitơ trong cây đậu tương và chế độ bức xạ, nhiệt ẩm bên trong quần thể đậu tương.

Về cấu trúc mô hình gồm 6 khối như sau: (1) khối quang hợp, (2) khối hô hấp, (3) khối chất khoáng, (4) khối sinh trưởng và phân bố chất cacbon, nitơ trong cây đậu tương, (5) khối hình thành hạt, (6) khối xử lý thông tin khí tượng nông nghiệp.

Dưới đây sẽ trình bày chi tiết về các khối của mô hình.

a. Khối quang hợp

Quang hợp là khối cơ bản của mô hình động thái hình thành năng suất cây đậu tương. Để tính quang hợp sẽ sử dụng công thức sau đây [4, 6]:

$$\Phi^j = \varepsilon * \frac{1}{\frac{1}{\Phi_{pot}} + \frac{1}{a_c c_o} + \frac{1}{a_\phi I^j}} * \alpha_\phi^j * f_\phi(T_d) * f_\phi(\gamma) * L * \tau_d \quad (1)$$

Trong đó: ϕ - Tổng lượng quang hợp trong một ngày, $g.m^{-2}.ngày^{-1}$; ϕ_{pot} - Cường độ quang hợp của lá cây đậu tương trong điều kiện ánh sáng bão hoà và nồng độ khí CO_2 đầy đủ, $mgCO_2.dm^{-2}.giờ^{-1}$; I - Bức xạ hoạt động quang hợp, $w.m^{-2}$; a_ϕ - Góc nghiêng ban đầu của đường cong ánh sáng quang hợp, $mg CO_2.dm^{-2}.giờ^{-1}.(W.m^{-2})^{-1}$; ε - Hệ số chuyển đổi từ khí CO_2 sang sinh khối, $g.(mgCO_2)^{-1}$; a_c - Góc nghiêng của đường cong CO_2 quang hợp trong điều kiện bão hoà bức xạ, $dm.giờ^{-1}$; C_o - Nồng độ CO_2 trong không khí, $g CO_2.cm^{-3}$; L - Diện tích bề mặt đồng hoá của cây đậu tương, $m^2.m^{-2}$; τ_d - Độ dài thời gian chiếu sáng trong ngày, giờ.

$f_\phi(T_d)$ - Hàm ảnh hưởng của nhiệt độ ban ngày đến quang hợp được tính theo công thức:

$$f_\phi(T_d) = 0,2 * \frac{T_d^j - T_{min}}{T_{opt} - T_{min}} \left[6 - \left(\frac{T_d^j - T_{min}}{T_{opt} - T_{min}} \right)^5 \right] \quad (2)$$

Trong đó: T_d - Nhiệt độ không khí trung bình ban ngày, T_{opt} - Nhiệt độ tối ưu cho quang hợp và T_{min} - Nhiệt độ bắt đầu quang hợp của cây đậu tương, $^\circ C$.

$f_\phi(\gamma)$ - Hàm ảnh hưởng của độ ẩm đất đến quang hợp được tính theo công thức:

$$f_\phi(\gamma) = a_1 \left(\frac{W}{W_{opt}} \right)^2 + a_2 \left(\frac{W}{W_{opt}} \right) + a_o \quad (3)$$

Trong đó: W - Độ ẩm đất ở lớp đất cần tính, mm; W_{opt} - Độ ẩm đất tối ưu đối với đậu tương và bằng $0,7 W_{FC}$ lớp đất cần tính, mm; W_{FC} - Độ ẩm tối đa đồng ruộng của lớp đất cần tính, mm; a_0, a_1, a_2 - Các hằng số thực nghiệm.

α_ϕ^j - Đường cong cá thể mô tả ảnh hưởng của quá trình sinh trưởng của cây trồng đến quang hợp được xác định theo công thức của Pôlevôi A. N. [2] như sau:

$$\alpha_\phi^j = e^{-a_{\phi_0} \left(\frac{TS^j - TS_{\phi_{opt}}}{10} \right)^2} \quad (4)$$

Trong đó: TS - Tích nhiệt hữu hiệu của nhiệt độ không khí từ ngày mọc mầm đến thời điểm j , °C; $TS_{\phi_{opt}}$ - Tích nhiệt hữu hiệu của nhiệt độ không khí từ ngày mọc mầm đến thời điểm mà cường độ quang hợp của lá đậu tương đạt cực đại, °C.

a_{ϕ_0} - Hệ số phụ thuộc và được tính theo công thức sau:

$$a_{\phi_0} = \frac{-100 * \ln \alpha_\phi^0}{(TS_{opt \cdot \phi})^2} \quad (5)$$

Ở đây: α_ϕ^0 - Tham số biểu thị cường độ quang hợp ban đầu so với cường độ quang hợp cực đại của lá đậu tương, khi $TS = 0$, không đơn vị.

Đường cong cá thể, hàm ảnh hưởng của nhiệt độ không khí và độ ẩm là những đường cong có một đỉnh và thay đổi từ 0 đến 1.

b. Khối hô hấp

Quá trình hô hấp bao gồm 2 quá trình hô hấp thành phần: hô hấp duy trì và hô hấp sinh trưởng. Trong bóng tối quá trình hô hấp xảy ra ở tất cả các cơ quan của cây đậu tương. Ở ngoài ánh sáng quá trình hô hấp chỉ xảy ra ở các bộ phận thực hiện quá trình quang hợp.

Để tính hô hấp của cây đậu tương sẽ sử dụng công thức tổng quát sau đây:

$$R^j = [C_g * \Phi^j + C_m * f_{R(T)}^j * m^j] * \alpha_R^j \quad (6)$$

Trong đó: R - Lượng tiêu hao cho hô hấp của cả cây trong ngày, $g.m^{-2}.ngày^{-1}$; C_g - Hệ số hô hấp sinh trưởng, không đơn vị; C_m - Hệ số hô hấp duy trì, $g.g^{-1}.ngày^{-1}$; m - Trọng lượng sinh khối khô của cây đậu tương, $g.m^{-2}$; $f_{R(T)}$ - Hàm ảnh hưởng của nhiệt độ không khí đối với hô hấp, không đơn vị; α_R - Tham số biểu thị ảnh hưởng của từng giai đoạn phát triển của cây đậu tương đến cường độ hô hấp, không đơn vị.

Mối quan hệ của nhiệt độ không khí đối với hô hấp được biểu diễn bằng hệ số Q_{10} . Q_{10} biểu thị quan hệ của cường độ hô hấp ở 2 mức nhiệt độ khác biệt nhau $10^\circ C$ [1].

$f_{R(T)}$ - Hàm ảnh hưởng của nhiệt độ không khí đối với hô hấp được tính theo công thức sau đây:

$$f_{R(T)} = Q_{10}^{0,1(T^j - T_{R0})} \quad (7)$$

Trong đó: $Q_{10} = 2$ (đối với cây đậu tương); không đơn vị; T - Nhiệt độ không khí trung bình ngày, °C; T_{R0} - Nhiệt độ ban đầu xảy ra hô hấp của cây đậu tương, °C.

α_R^j - Đường cong cá thể mô tả ảnh hưởng của quá trình sinh trưởng của cây đậu tương đến hô hấp được xác định theo công thức sau:

$$\alpha_R^j = \exp[-0,01 * q * (TS^j - TS_{R,opt})^2], \quad (8)$$

và tham số q được tính theo biểu thức sau đây:

$$q = \frac{-100 * \ln \alpha_R^0}{(TS_{R,opt})^2}, \quad (9)$$

Trong đó: α_R^0 - Tham số biểu thị cường độ ban đầu của hô hấp, không đơn vị; $TS_{R,opt}$ - Tích nhiệt hữu hiệu tính từ mọc mầm cho đến thời điểm mà cường độ hô hấp của cây đậu tương đạt cực đại, °C.

c. Khối chất khoáng

Trong các chất khoáng mà cây trồng cần thiết thì nitơ là thành phần quan trọng nhất để cấu tạo chất nguyên sinh và nhân tế bào của cây. Sự hoạt động bình thường của các quá trình sinh lý phụ thuộc vào hàm lượng Nitơ chứa trong các bộ phận của cây, trạng thái và sản phẩm của các cơ quan của cây.

Để tính lượng Nitơ được cây đậu tương hấp thụ từ đất sẽ sử dụng công thức sau:

$$\frac{\Delta N_{upt}^j}{\Delta t} = \frac{N_{upt}^{max} * \partial_{N,K}^j * m_r^j}{\partial_{N,K}^{opt}} * K_{upt}^{Nj}(T_n) + \frac{\Delta W_{TR}^j}{\Delta t} * \partial_{N,P}^j, \quad (10)$$

Trong đó: N_{upt}^{max} - Tốc độ hấp thụ nitơ cực đại của rễ, g N.g⁻¹.ngày⁻¹; $\partial_{N,K}$ - Hàm lượng nitơ trong đất ở bề mặt rễ, mg N.g⁻¹; $\partial_{N,K}^{opt}$ - Hàm lượng tối ưu của nitơ trong đất ở bề mặt rễ để tốc độ hấp thụ nitơ của rễ đạt cực đại, mg N.g⁻¹; m_r - Trọng lượng sinh khối khô của rễ, g.m⁻²; $K_{upt}^{Nj}(T_n)$ - Hàm ảnh hưởng của nhiệt độ đất đối với cường độ hấp thụ nitơ của rễ, không đơn vị; $\frac{\Delta W_{TR}^j}{\Delta t}$ - Cường độ thoát hơi nước của cây đậu tương, g.m⁻².ngày⁻¹; $\partial_{N,P}$ - Nồng độ nitơ hữu ích trong dung dịch đất, mg N.g⁻¹đất.

d. Khối sinh trưởng và phân bố chất cacbon, nitơ trong cây đậu tương

Quỹ cacbon chung của cây đậu tương được xem như là hiệu giữa tổng lượng quang hợp (Φ) và hô hấp (R) trong ngày:

$$\frac{\Delta m_c^j}{\Delta t} = \Phi^j - R^j, \quad (11)$$

Trong đó: $\frac{\Delta m_c^j}{\Delta t}$ - Lượng cacbon tăng thêm trong cây sau 1 ngày, g C.m⁻².ngày⁻¹.

Lượng cacbon của phân cây trên mặt đất và rễ của cây đậu tương được tính theo các công thức sau:

$$m_{c,tmd}^j = m_{c,tmd}^{j-1} + \frac{\Delta m_{c,tmd}^j}{\Delta t} \quad (12)$$

$$m_{c,r}^j = m_{c,r}^{j-1} + \frac{\Delta m_{c,r}^j}{\Delta t} \quad (13)$$

Trong đó: $m_{c.tmd}^j, m_{c.tmd}^{j-1}$ - Lượng cacbon của phân cây trên mặt đất của cây đậu tương ở bước thời gian j và $j-1$ tương ứng, g C.m⁻².ngày⁻¹; $m_{c.r}^j, m_{c.r}^{j-1}$ - Lượng cacbon ở bộ rễ ở bước thời gian j và $j-1$ tương ứng, g C.m⁻².ngày⁻¹;

$\frac{\Delta m_{c.tmd}^j}{\Delta t}, \frac{\Delta m_{c.r}^j}{\Delta t}$ - Lượng bổ sung cacbon vào phân cây trên mặt đất và rễ trong j ngày, g C.m⁻².ngày⁻¹;

Lượng cacbon trong từng bộ phận của cây đậu tương được xác định theo công thức sau:

$$m_{c,i}^j = m_{c,i}^{j-1} + \frac{\Delta m_{c,i}^j}{\Delta t} \quad (14)$$

$i \in 1, s, f$ (1 - lá, s - thân, f - quả).

Hàm lượng nitơ trong cơ quan riêng biệt của cây đậu tương được xác định bởi lượng nitơ xác định được vào ngày mọc mầm, ngày quả chín và tích nhiệt hữu hiệu từ lúc mọc mầm cho đến thời điểm quả chín.

$$\partial_{N,tmd}^j = \frac{\partial_{N_1,tmd} - \partial_{N_2,tmd}}{TS1} * TS^j \quad (15)$$

$$\partial_{N,r}^j = \frac{\partial_{N_1,r} - \partial_{N_2,r}}{TS1} * TS^j \quad (16)$$

$$\partial_{N,i}^j = \frac{\partial_{N_1,i} - \partial_{N_2,i}}{TS1} * TS^j \quad (17)$$

Trong đó: $\partial_{N_1,tmd}, \partial_{N_1,r}, \partial_{N_1,i}$ - Hàm lượng nitơ cực đại của phân trên mặt đất, rễ và bộ phận tương ứng i của cây đậu tương vào ngày mọc mầm, g N.g⁻¹ chất béo; TS1 - Tích nhiệt hữu hiệu từ mọc mầm đến quả chín, °C.

Để mô tả tốc độ thay đổi trọng lượng sinh khối khô của phân trên mặt đất, rễ, bộ phận riêng biệt của cây đậu tương trong thời gian sinh trưởng phát triển, chúng tôi sử dụng các phương trình của tác giả [3] như sau:

$$m_{tmd}^j = m_{tmd}^{j-1} + \frac{\Delta m_{c,tmd}^j}{\Delta t} + \frac{\Delta m_{N,tmd}^j}{\Delta t} + \gamma_r^j * m_r^j \quad (18)$$

$$m_r^j = m_r^{j-1} + \frac{\Delta m_{c,r}^j}{\Delta t} + \frac{\Delta m_{N,r}^j}{\Delta t} - \gamma_r^j * m_r^j \quad (19)$$

$$m_l^j = m_l^{j-1} + \frac{\Delta m_{c,l}^j}{\Delta t} + \frac{\Delta m_{N,l}^j}{\Delta t} - \gamma_l^j * m_l^j \quad (20)$$

$$m_s^j = m_s^{j-1} + \frac{\Delta m_{c,s}^j}{\Delta t} + \frac{\Delta m_{N,s}^j}{\Delta t} - \gamma_s^j * m_s^j \quad (21)$$

$$m_p^j = m_p^{j-1} + \frac{\Delta m_{c,p}^j}{\Delta t} + \frac{\Delta m_{N,p}^j}{\Delta t} + \sum_i^{l,s,p} \gamma_i^j * m_i^j \quad (22)$$

Trong đó: γ_i - Hàm vận chuyển chất cacbon và nitơ từ rễ, lá, thân vào quả ($i \in 1, s, r, p$ (1 - lá, s - thân, r - rễ, p - quả)), g.m⁻².ngày⁻¹ và được mô tả theo công thức sau:

$$\gamma_i^j = \frac{0,3 * T_c^j}{2 * TS_{opt.p} - TS_p - 2 * TS_{opt.i}} \quad (23)$$

Trong đó: T_c - Nhiệt độ không khí trung bình ngày, °C; $TS_{opt,p}$ - Tích nhiệt hữu hiệu từ mọc mầm đến quả chín, °C; $TS_{opt,i}$ - Tích nhiệt hữu hiệu để bộ phận i tương ứng của cây đậu tương đạt được giá trị sinh khối cực đại, °C; TS_p - Tích nhiệt hữu hiệu từ mọc mầm đến bắt đầu hình thành quả, °C.

Tăng trưởng của diện tích bề mặt đồng hoá của lá được xác định theo công thức sau:

$$\text{Trong điều kiện } \frac{\Delta m_l^j}{\Delta t} \geq 0 \text{ thì } L^j = L^{j-1} + \left(\frac{\Delta m_l^j}{\Delta t} * \frac{1}{Z_l^j} \right) \quad (24)$$

Trong đó: L - Diện tích tương đối của bề mặt lá, $m^2 \cdot m^{-2}$; Δm_l - Tăng trưởng của trọng lượng khô của lá, $g \cdot m^{-2}$; Z_l - Trọng lượng riêng bề mặt đồng hoá của lá, $g \cdot m^{-2}$.

Trong giai đoạn già đi của lá ($\frac{\Delta m_l^j}{\Delta t} < 0$), thì công thức tính diện tích của bề mặt lá có dạng như sau:

$$L^j = L^{j-1} + \left(\frac{\Delta m_l^j}{\Delta t} * \frac{1}{Z_l^j \cdot K_{cl}} \right) \quad (25)$$

Trong đó: K_{cl} - Hệ số biểu thị giá trị tới hạn giảm trọng lượng sinh khối tươi của lá khi xảy ra sự héo đi của lá và có giá trị bằng 0,3 [5].

d. Khối hình thành hạt

Cường độ tổng hợp lượng cacbon và nitơ trong hạt đậu tương được mô tả bằng phương trình Mikhaelixa-Menten [6]:

$$\frac{\Delta m_{c,g}^j}{\Delta t} = \frac{V_{c,synt}^{max} * \partial_{c,p}^j * m_p^j}{K_{synt}^c + \partial_{c,p}^j} * K_{synt}^{c_j}(T) * K_{syntp}^{c_j}(\gamma) \quad (26)$$

$$\frac{\Delta m_{N,g}^j}{\Delta t} = \frac{V_{N,synt}^{max} * \partial_{N,p}^j * m_p^j}{K_{synt}^c + \partial_{N,p}^j} * K_{synt}^{N_j}(T) * K_{syntp}^{N_j}(\gamma) \quad (27)$$

Trong đó: $\frac{\Delta m_{c,g}}{\Delta t}$ - Tốc độ tổng hợp lượng cacbon trong hạt,

$g \cdot C \cdot m^{-2} \cdot \text{ngày}^{-1}$;

$\frac{\Delta m_{N,g}}{\Delta t}$ - Tốc độ tổng hợp lượng nitơ trong hạt,

$g \cdot N \cdot m^{-2} \cdot \text{ngày}^{-1}$; $V_{c,synt}^{max}$ - Tốc độ cực đại tổng hợp lượng cacbon trong hạt,

$g \cdot C \cdot g^{-1} \text{chất khô} \cdot \text{ngày}^{-1}$; $V_{N,synt}^{max}$ - Tốc độ cực đại tổng hợp lượng nitơ trong hạt, $g \cdot N \cdot g^{-1} \text{chất khô} \cdot \text{ngày}^{-1}$;

$\partial_{N,p}$ - Hàm lượng nitơ trong quả, $g \cdot N \cdot g^{-1} \text{chất khô}$; $\partial_{c,p}$ -

Hàm lượng cacbon trong quả, $g \cdot C \cdot g^{-1} \text{chất khô}$; K_{synt}^c, K_{synt}^N - Hệ số Mikhaelixa-

Menten, đơn vị tương ứng là $g \cdot C \cdot g^{-1} \text{chất khô}$ và $g \cdot N \cdot g^{-1} \text{chất khô}$; $K_{synt}(T)$ - Hàm

ảnh hưởng của nhiệt độ không khí; $K_{synt}(\gamma)$ - Hàm ảnh hưởng của độ ẩm đất.

Để mô tả mối quan hệ của cường độ tổng hợp lượng nitơ và cacbon đối với nhiệt độ và độ ẩm đất, sử dụng hàm mũ dạng sau đây:

$$K_{\text{synt}}^j(T) = d * \exp \left[a (T_{\text{opt.c}} - T^j) \right], \quad (28)$$

$$K_{\text{synt}}^j(\gamma) = d' * \exp \left[a' * K_{\gamma}^j \right] \quad (29)$$

Trong đó: $T_{\text{opt.c}}$ - Nhiệt độ không khí tối ưu đối với quá trình tổng hợp lượng nitơ và cacbon, °C; T - Nhiệt độ không khí trung bình ngày, °C; K_{γ} - Hệ số đảm bảo ẩm; d, d', a, a' - Hệ số thực nghiệm.

Lượng cacbon và lượng nitơ được tổng hợp sau một ngày trong hạt đậu tương là những thành phần cơ bản tạo nên sự tăng trưởng trọng lượng chất khô của hạt.

Từ lượng cacbon mà hạt đậu tương tổng hợp được trong ngày, một phần được sử dụng cho hô hấp sinh trưởng và duy trì cấu trúc của hạt.

Tăng trưởng trọng lượng hạt trong một ngày ($\frac{\Delta m_g^j}{\Delta t}$) được tính theo công thức sau đây:

$$\frac{\Delta m_g^j}{\Delta t} = \frac{\Delta m_{N.g}^j}{\Delta t} + \frac{\Delta m_{c.g}^j}{\Delta t} - \frac{\Delta R_g^j}{\Delta t}, \quad (30)$$

Trong đó: $\frac{\Delta R_g^j}{\Delta t}$ - Lượng cacbon tiêu hao cho hô hấp của hạt, g chất khô.m⁻².ngày⁻¹ và được tính theo công thức sau:

$$\frac{\Delta R_g^j}{\Delta t} = \left[C_{m.g} * f_{hh.g}(T) * m_g^j + C_{g.g} * \frac{\Delta m_{c.g}^j}{\Delta t} \right] * \alpha_{hh.g}^j, \quad (31)$$

Trong đó: $C_{m.g}$ - Hệ số hô hấp duy trì của hạt, g chất khô.m⁻².ngày⁻¹; $C_{g.g}$ - Hệ số hô hấp sinh trưởng của hạt; $f_{hh.g}(T)$ - Hàm ảnh hưởng của nhiệt độ đối với hô hấp của hạt; $\alpha_{hh.g}$ - Hệ số đường cong hô hấp cá thể của hạt.

Tăng trưởng trọng lượng chất béo và trọng lượng dầu trong ngày ở hạt đậu tương được xác định theo các công thức sau:

$$\frac{\Delta B_g^j}{\Delta t} = \frac{\Delta m_{N.str.g}^j}{\Delta t} + K_1 * \frac{\Delta m_{c.str.g}^j}{\Delta t}, \quad (32)$$

$$\frac{\Delta D_g^j}{\Delta t} = K_2 * \frac{\Delta m_{c.str.g}^j}{\Delta t} \quad (33)$$

Trong đó: $\frac{\Delta B_g^j}{\Delta t}$ - Tăng trưởng trọng lượng chất béo (B), g.m⁻².ngày⁻¹;

$\frac{\Delta D_g^j}{\Delta t}$ - Tăng trưởng trọng lượng dầu (D), g.m⁻².ngày⁻¹; K_1, K_2 - Các hệ số thực nghiệm.

Động thái lượng chất béo và lượng dầu trong hạt đậu tương được xác định theo các biểu thức sau:

$$B_g^{j+1} = B_g^j + \frac{\Delta B_g^j}{\Delta t}, \quad (34)$$

$$D_g^{j+1} = D_g^j + \frac{\Delta D_g^j}{\Delta t}, \quad (35)$$

Phần trăm chất béo và dầu được tính theo công thức sau:

$$B_g^j (\%) = \frac{B_g^j}{m_g^j} * 100 \% \quad (36)$$

$$D_g^j (\%) = \frac{D_g^j}{m_g^j} * 100 \% \quad (37)$$

Trong đó: $B_g(\%)$ và $D_g(\%)$ - Lượng chất béo và dầu trong hạt đậu tương, %

e. Khối xử lý thông tin khí tượng nông nghiệp

Bức xạ quang hợp đến bề mặt lá cây đậu tương được tính theo công thức tổng quát sau đây:

$$I = 0,5 * \frac{12,66 * S^{1,31} + 315[\cos(\varphi - \delta)]^2}{\tau_d(1 + 0,5 * L)}, \quad (38)$$

Trong đó: I - Bức xạ quang hợp; L - Diện tích bề mặt lá; S - Số giờ nắng trung bình ngày; φ - Vĩ độ địa lý; δ - Góc nghiêng mặt trời vào lúc giữa trưa được tính theo công thức:

$$\delta = - 23,45 * \cos(2\pi(t_d + 10) / 365) , \quad (39)$$

Trong đó: t_d - Số thứ tự của ngày trong năm được bắt đầu tính từ 1 tháng 01. Độ dài ngày (τ_d^j) được tính theo biểu thức sau:

$$\tau_d^j = \tau_{l\ddot{a}n}^j - \tau_{m\ddot{a}c}^j, \quad (40)$$

Trong đó: $\tau_{m\ddot{a}c}^j$ - Thời gian mặt trời mọc; $\tau_{l\ddot{a}n}^j$ - Thời gian mặt trời lặn.

Nhiệt độ trung bình ban ngày của không khí được tính theo công thức sau:

$$T_d = T + \left[(T_{max} - T_{min}) \frac{23 - 0,5 * \tau_d * 3,14(12 - 0,5 * \tau_d)}{4} \right] * \sin \left[3,14 * \frac{0,5 * \tau_d - 1}{23 - 0,5 * \tau_d} \right], \quad (41)$$

$$T_n = T - \left[(T_{max} - T_{min}) \frac{23 - 0,5 * \tau_d * 3,14(12 - 0,5 * \tau_d)}{4} \right] * \sin \left[3,14 * \frac{0,5 * \tau_d - 1}{23 - 0,5 * \tau_d} \right], \quad (42)$$

Trong đó: T_d - Nhiệt độ trung bình ban ngày của không khí, °C; T_n - Nhiệt độ trung bình ban đêm của không khí, °C; T - Nhiệt độ không khí trung bình ngày, °C; T_{max} - Nhiệt độ không khí tối cao, °C; T_{min} - Nhiệt độ không khí tối thấp, °C; τ_d - Độ dài ngày, giờ.

Nhu cầu nước của cây đậu tương được tính theo công thức sau:

$$WR^j = K_c^j * PET^j, \quad (43)$$

Trong đó: K_c - Hệ số cây trồng của đậu tương, không đơn vị;

PET - Tổng lượng bốc thoát hơi tiềm năng, mm, và được tính theo công thức Jensen - Haise [1,2]:

$$PET^j = P_{tbx}^j (a.T^j + b), \quad (44)$$

Trong đó: P_{tbx} - Bức xạ tổng cộng biểu thị theo đơn vị bốc hơi, mm.ngày⁻¹;
T- Nhiệt độ không khí trung bình ngày, °C; a, b - Các hệ số thực nghiệm và có giá trị như sau: $a = 0,025.°C^{-1}$ và $b = 0,078$.

Hệ số cây trồng (K_c) có những giá trị khác nhau. Trong giai đoạn đầu của thời kỳ sinh trưởng và vào giai đoạn chín quả của cây đậu tương $K_c = 0,3 - 0,4$ và vào giai đoạn phát triển mạnh của cây đậu tương K_c cũng tăng lên và đạt giá trị cực đại vào giai đoạn nở hoa - hình thành quả.

Lượng thoát hơi nước của cây đậu tương dùng để tính lượng đạm mà cây đậu tương hấp thụ từ đất được tính theo công thức sau:

$$E_{TP}^j = [1 - \exp(-0,412 * L^j) * PET^j] , \quad (45)$$

Trong đó: L - Diện tích bề mặt lá, m². m⁻².

2. Kết luận

Trên đây đã trình bày nội dung cụ thể của mô hình động thái hình thành năng suất, hấp thụ nitơ và chất lượng hạt dự kiến áp dụng cho cây đậu tương. Cấu trúc của mô hình hợp lý. Nếu các tham số của mô hình được xác định cụ thể cho cây đậu tương ở vùng đồng bằng và trung du Bắc Bộ, mô hình này sẽ là công cụ hữu ích để dự báo năng suất và phục vụ khí tượng nông nghiệp trong việc sản xuất đậu tương ở vùng này.

Tác giả xin chân thành cảm ơn TS. Nguyễn Văn Việt đã tận tình giúp đỡ tác giả chọn lựa mô hình và kỹ sư Ngô Sỹ Giai về việc biên tập các nội dung của mô hình này.

Tài liệu tham khảo

1. Oldeman L. R. , Frere M. A study of agroclimatology of the humid tropics of Southeast Asia. FAO Rome 1982. 250 p.
2. Thorley J. H. M. Mathematical models in plant physiology. A quantitative approach to problems in plant and crop physiology. London - New York: Acad. Press, 1976. 318 p.
3. Куперман И. А., Житрово Е. В. Дыхательный и газообмен как элемент продукционного процесса растений. - Новосибирск. Наука; 1997; 184 с.
4. Полевой А. Н. Об определениях некоторых параметров динамической модели формирования урожая. Тр. ИЭМ; 1979; Вып.13 (91); с. 120-130.
5. Полевой А. Н. Прикладное моделирование и прогнозирование продуктивности посевов. - Л. Гидрометеоздат, 1988, 319 с.
6. Росс Ю. К.; Бихеле З. Н. Расчет Фотосинтеза растительного покрова. - В кн. Фотосинтез и продуктивность растительного покрова. Тарту, изд. ИФА АХЭСС. 1968, с. 64-74.
7. Сытник К. М. Мусатенко Л. И. Богданова Г. А. Физиология листа. - Киев. Хаукова гумка, 1978. - 389 с.
8. Тооминг Х.Г. Солнечная радиация и Формирование урожая. - Л. Гидрометеоздат, 1977; - 200с.