

Mô hình động thái hình thành năng suất ngô và khoai tây vụ đông ở đồng bằng Bắc Bộ

PTS. NGUYỄN VĂN VIẾT

Viện Khí tượng Thủy văn

Mô hình động thái hình thành năng suất cây trồng nói chung, ngô và khoai tây nói riêng là một vấn đề còn mới mẻ và đầy triển vọng trong những nghiên cứu khí tượng nông nghiệp hiện đại ở trên thế giới và trong nước.

1. Về cấu trúc của mô hình động thái

Mô hình quá trình hình thành năng suất ngô và khoai tây được mô phỏng định lượng những quá trình quang hợp, hô hấp, sinh trưởng và chế độ nhiệt ẩm bên trong quần thể của thực vật.

Để tính quang hợp, sử dụng công thức tổng quát sau đây:

$$\phi_n = \xi \cdot \frac{\phi_{\max} \cdot a \cdot Q}{\phi_{\max} + a \cdot Q} \cdot \gamma_\phi \cdot \psi_\phi \cdot \alpha_\phi \cdot L \cdot T_d \quad (1)$$

trong đó: ϕ_n - sản phẩm quang hợp trong một ngày (g)

ϕ_{\max} - cường độ quang hợp khi ánh sáng bão hòa và nồng độ khí CO_2 đầy đủ ($\text{mg CO}_2/\text{dm}^2 \cdot \text{h}$); Q - bức xạ quang hợp ($\text{Cal}/\text{cm}^2 \cdot \text{ph}$); a - góc nghiêng đầu tiên của đường cong ánh sáng quang hợp ($\text{mg CO}_2 \cdot (\text{dm}^2)^{-1} \cdot \text{h}^{-1} / \text{Cal} (\text{cm}^2)^{-1} \cdot \text{ph}^{-1}$); ξ - hệ số chuyển đổi từ khí CO_2 sang (g/m^2) sinh khối; L - diện tích lá (m^2/m^2); T_d - độ dài ngày; ψ_ϕ - hàm ảnh hưởng của nhiệt độ ban ngày đến quang hợp được tính theo công thức:

$$\psi_\phi = \frac{T_d - T_{\text{op}}}{T_{\text{op}} - T_o} \left(2 - \frac{T_d - T_{\text{op}}}{T_{\text{op}} - T_o} \right) \quad (2)$$

trong đó T_{op} - nhiệt độ tối ưu cho quang hợp; t_o - nhiệt độ ban đầu cho sự quang hợp.

γ_ϕ - hàm ảnh hưởng của độ ẩm đất đến quang hợp được tính theo công thức:

$$\gamma_\phi = a_1 \left(\frac{w}{w_o} \right)^2 + a_2 \left(\frac{w}{w_o} \right) + a_o \quad (3)$$

trong đó w - độ ẩm đất; w_o - độ ẩm đất tối ưu cho quang hợp (mm).

α_ϕ - hàm ảnh hưởng của quá trình sinh trưởng phát triển đến quang hợp có dạng:

$$\alpha_{\phi} = 10^{-a} \left[\frac{\sum t_e - \sum t_o}{\sum t_o} \right]^2 \quad (4)$$

Trong đó $\sum t_e$ - tích nhiệt hữu hiệu tính theo phương pháp cộng dồn (còn gọi là thời gian sinh vật); $\sum t_o$ - tích nhiệt hữu hiệu ở thời điểm cây trồng quang hợp đạt cực đại.

Để tính hô hấp, sử dụng công thức tổng quát sau đây:

$$R = C_G \cdot \phi_n + m_i \psi_2 \cdot \alpha_n C_m \quad (5)$$

trong đó C_G - hệ số hô hấp sinh trưởng; m_i - sinh khối khô của cơ quan i ($i =$ rễ, thân, lá, bông (củ)) ϕ_n - hàm ảnh hưởng của nhiệt độ ban đêm đến sự hô hấp; α_n - hàm ảnh hưởng của quá trình sinh trưởng phát triển đến hô hấp; C_m - hệ số hô hấp kim hãm.

Như vậy, tốc độ tăng trưởng sinh khối ở thời điểm T ($T \equiv \sum t_e$) được tính theo công thức:

$$\frac{dm}{dT} = \phi_n \cdot R \quad (6)$$

Sự tăng trưởng sinh khối khô của từng cơ quan riêng biệt được tính theo công thức

$$\frac{dm_i}{dT} = \beta_i \frac{dm}{dT} - \omega_i m_i \quad (7)$$

trong đó β - hàm phân bố chất đồng hóa giai đoạn phát triển sinh dưỡng; ω_i hàm giảm sinh khối của cơ quan i giai đoạn phát triển sinh thực. Tốc độ tăng diện tích bề mặt đồng hóa (diện tích lá) có dạng:

$$\frac{dL}{dT} = \frac{1}{\rho_l} \frac{dm_l}{dT} \quad (8)$$

trong đó ρ_l tỷ trọng lá (là tỷ số giữa khối lượng lá trên bề mặt diện tích lá); dm_l/dT - tốc độ tăng trưởng sinh khối khô của lá.

Để xác định bức xạ quang hợp được tính theo công thức tổng quát:

$$Q = 0,5 \frac{12,66 S^{1,31} + 315 [\cos(\varphi - \delta)]^2}{T_d (1 + C_Q \cdot L)} \quad (9)$$

trong đó Q - bức xạ quang hợp; L - diện tích lá; $C_Q = 0,5$; S - số giờ nắng trung bình ngày; φ vĩ độ địa lý; δ - góc nghiêng của mặt trời vào lúc giữa trưa được tính theo công thức:

$$\delta = -23,4 \cos [2\pi (t_a + 10)/365] \quad (10)$$

trong đó t_a - số thứ tự của ngày trong năm được bắt đầu tính từ 1 tháng I.

Để xác định nhiệt độ ban ngày và ban đêm, sử dụng công thức của tổ chức lương thực và nông nghiệp thế giới (FAO)

Còn độ ẩm đất được xác định theo công thức thực nghiệm có dạng:

$$\omega = \begin{cases} \omega_0 + \frac{(87 + x - 0,0505 x^2) x}{100} & \text{khi } 0 < x < 50 \\ \omega_0 & \text{khi } x \geq 50 \end{cases} \quad (11)$$

trong đó ω - độ ẩm đất ở tầng 0-30 cm hoặc 0-50 cm; ω_0 - độ ẩm đất ban đầu (mm); x- lượng mưa (mm)

2. Xác định các tham số của mô hình

Để xác định các tham số của mô hình chúng tôi đã sử dụng phương pháp thí nghiệm đồng ruộng, có sự tham khảo và thừa kế những kết quả nghiên cứu sinh lý, sinh thái cây trồng của các tác giả ở trong và ngoài nước. Cụ thể là cường độ quang hợp của ngô và khoai tây khi ánh sáng bão hòa, khí CO_2 đầy đủ là:

Đối với ngô đồng $\phi_{\max} = 44 \text{ mg CO}_2/\text{dm}^2 \text{ h}$

$\text{CO}_2 = 369,2 \text{ mg CO}_2 \cdot \text{dm}^{-2} \text{ h}^{-1} / \text{cal cm}^{-2} \text{ ph}^{-1}$

Đối với khoai tây $\phi_{\max} = 28 \text{ mg CO}_2/\text{dm}^2 \text{ h}$

$a = 258 \text{ mg CO}_2 \cdot \text{dm}^{-2} \text{ h}^{-1} / \text{cal cm}^{-2} \text{ ph}^{-1}$

Các hệ số về hô hấp: -đối với ngô đồng $C_m = 0,02$, $C_G = 0,27$

- đối với khoai tây $C_m = 0,015$, $C_G = 0,25$.

Các ngưỡng của nhiệt độ quang hợp của ngô và khoai tây được xác định ở bảng 1.

Bảng 1. Ngưỡng nhiệt độ quang hợp của ngô và khoai tây (công thức 2)

Các trị số	Ngô đồng	Khoai tây
Nhiệt độ tối ưu ($^{\circ}\text{C}$)	27,5	20,0
Nhiệt độ tối thấp ($^{\circ}\text{C}$)	10,0	5,0

Kết quả xác định các tham số ảnh hưởng của sự sinh trưởng phát triển được thể hiện ở bảng 2.

Bảng 2. Tích nhiệt hữu hiệu (theo phương pháp cộng dồn) mà giá trị quang hợp và hô hấp đạt cực đại (công thức 4)

Cây trồng	Quang hợp		Hô hấp		
	lá	rễ	thân	lá	bông(củ)
Ngô đồng	750	400	350	400	400
Khoai tây	500	450	400	400	450

Để nghiên cứu quy luật tăng, giảm sinh khối của cây trồng trong mô hình động thái thường được phân ra làm hai thời kỳ: sinh trưởng sinh dưỡng và sinh trưởng sinh thực.

Trong thời kỳ phát triển sinh dưỡng rễ, thân, lá phát triển mạnh mẽ nhất. Tốc độ sinh trưởng của chúng đều dương ($dmi/dT > 0$). Do đặc tính phát triển của cơ quan sinh sản (bông, củ) nên dù nó bắt đầu hình thành ở thời kỳ phát triển sinh thực, song cũng đưa vào tính toán ở thời kỳ này vì tốc độ sinh trưởng của nó lớn hơn 0 ($dmp/dT > 0$).

Kết quả xác định hàm phân bố chất đồng hóa thời kỳ phát triển sinh dưỡng (β_i) được nêu trong bảng 3

Bảng 3 - Hàm phân bố chất đồng hóa thời kỳ phát triển sinh dưỡng của ngô và khoai tây. (β_i)

Tham số (β_i)	Ngày											
	31.X	10.XI	20.XI	30.XI	10.XII	20.XII	31.XII	10.I	20.I	31.I	10.II	20.II
$\Sigma T > 10$	147	278	398	508	613	694	772	837	896	953	1012	1071
	$\Sigma T > 5$	172	332	480	618	748	865	975	1084	1194	-	-
Ngô đồng												
lá	0,30	0,43	0,28	0,30	0,19	0,17	0,17	0,11	0	0	0	0
thân	0,02	0,22	0,39	0,50	0,55	0,52	0,51	0,48	0,36	0,20	0	0
rễ	0,68	0,45	0,33	0,20	0,09	0,08	0,08	0	0	0	0	0
bông	0	0	0	0	0,17	0,23	0,24	0,41	0,64	0,80	1,0	1,0
Khoai tây												
lá	-	0,78	0,74	0,69	0,54	0,39	0,26	0	0	0	-	-
thân	-	0,12	0,17	0,23	0,22	0,16	0,11	0,12	0	0	-	-
rễ	-	0,10	0,09	0,08	0,08	0,06	0,04	0	0	0	-	-
củ	-	0	0	0	0,14	0,39	0,59	0,88	1,0	1,0	-	-

Ngược lại với thời kỳ phát triển sinh dưỡng, thời kỳ phát triển sinh thực các cơ quan của thực vật (thân, rễ, lá) giảm dần về sinh khối ($dmi/dT \leq 0$). Kết quả xác định hàm giảm sinh khối thời kỳ phát sinh thực (ω_i) được nêu trong bảng 4

Bảng 4. Giá trị của hàm giảm sinh khối (ω_i) giai đoạn phát triển sinh thực của ngô và khoai tây.

Tích nhiệt hữu hiệu Tham số (ω_i)	750	800	900	1000	1100	1200
	Ngô đông					
lá. 10^{-3}	-	-	-0,1883	-0,1919	-0,1957	-0,1996
thân. 10^{-3}	-	-	-	-0,0755	-0,0762	-0,0762
rễ. 10^{-3}	-	-	-0,3707	-0,3850	-0,4004	-0,4171
khoai tây						
lá. 10^{-3}	-0,6769	-0,7006	-0,7534	-0,8148	-0,8904	-0,9734
thân. 10^{-3}	-	-	-0,5961	-0,6369	-0,6769	-0,7250
rễ. 10^{-3}	-	-	-0,7014	-0,7543	-0,8159	-0,8884

3. Áp dụng mô hình động thái vào đánh giá điều kiện khí tượng nông nghiệp và dự báo năng suất ngô và khoai tây vụ đông

Để kiểm tra khả năng tính toán năng suất và mức độ chính xác của mô hình, đã sử dụng những số liệu thực tế đem so sánh với số liệu tính toán được theo mô hình động thái. Số dữ liệu tính toán của mô hình được thể hiện trên hình 1. Số liệu ban đầu (đầu vào) của mô hình bao gồm

- Về các yếu tố khí tượng:

- + Nhiệt độ trung bình tuần của không khí (T)
- + Nhiệt độ tối cao tuần (Tx)
- + Nhiệt độ tối thấp tuần (Tm)
- + Số giờ nắng trung bình ngày trong tuần (S)
- + Vĩ độ địa lý φ
- + Số tuần (J)
- + Số ngày trong tuần (n)
- + Lượng mưa tuần (r)

- Về số liệu sinh khối khô ban đầu

- + Sinh khối khô của lá (m_l)
- + Sinh khối khô của thân (m_s^0)

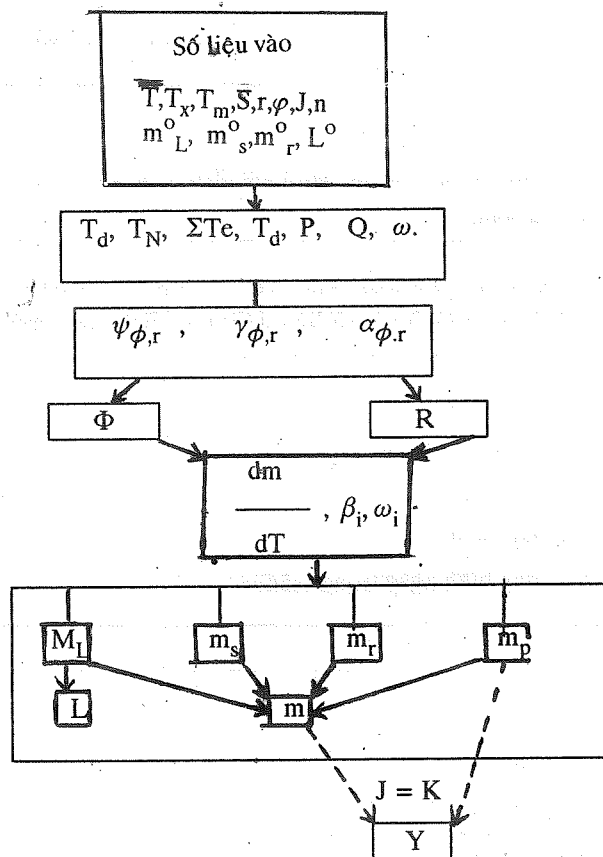
- + Sinh khối khô của rễ (m°_r)
- + Diện tích lá (L°)
- Số liệu ra của mô hình về cơ bản là những yếu tố sinh lý hình thành năng suất như:
- + Lượng quang hợp (ϕ)
- + Lượng hô hấp (R)
- + Sinh khối khô của lá, thân, rễ, bông (m_l, m_s, m_r, m_p)
- + Diện tích lá (L)
- + Năng suất cây trồng (Y)

Trong quá trình tính toán của mô hình cũng có thể nhận biết được các yếu tố khí tượng cơ bản ảnh hưởng trực tiếp đến năng suất như:

- + Nhiệt độ ban ngày (T_d), ban đêm (T_N)
- + Độ dài ngày (T_d)
- + Tổng bức xạ (p) và bức xạ quang hợp (Q)
- + Độ ẩm đất (ω)
- + Tổng nhiệt độ hữu hiệu (ΣT_e).

Thời điểm tính toán bắt đầu cho ngô đồng vào tuần 3 tháng X và khoai tây vào tuần 1 tháng XI.

Kết quả tính sai số của các tham số ảnh hưởng của chế độ nhiệt ẩm đến quang hợp và hô hấp là dưới 23%. Sai số tính nhiệt độ ban ngày, ban đêm, bức xạ tổng cộng và bức xạ quang hợp dưới 5-15%. Như vậy mức độ chính xác của mô hình đạt trên 77-95%.



Hình 1 - Sơ đồ khối của mô hình động thái tính toán năng suất ngô và khoai tây vụ đông.

Đồng thời cũng đã kiểm tra mức độ chính xác của mô hình tính toán sinh khối khô của các cơ quan của thực vật đạt trên 70%.

Từ những kết quả tính toán trên, đã sử dụng hệ số C_n , C_p để đánh giá điều kiện khí tượng nông nghiệp hình thành năng suất theo tuần (10 ngày)

$$C_n^J = \frac{m^J}{\bar{m}^J} \quad \text{hoặc} \quad C_p = \frac{m_p^J}{\bar{m}_p^J} \quad (12)$$

trong đó m , m_p - sinh khối khô của cả cây trồng hoặc của cơ quan sinh sản (bông, củ); \bar{m} , \bar{m}_p - sinh khối khô tương ứng được tính trên số liệu trung bình nhiều năm (được coi làm chuẩn); J - là số thứ tự của tuần ($J = 1, 2, \dots, n$).

Giá trị của hệ số C ở tuần J càng gần đến 1 chứng tỏ điều kiện hình thành năng suất ở tuần J , xấp xỉ với giá trị TBNN. Giá trị của C nhỏ hơn 1 - điều kiện hình thành năng suất kém so với TBNN. Giá trị của $C > 1$ - điều kiện hình thành năng suất thuận lợi dẫn đến năng suất cây trồng cao.

Ngoài ra, cũng đã áp dụng mô hình để tính toán dự báo năng suất cho từng cánh đồng riêng với chế độ thâm canh cao thấp khác nhau theo công thức:

$$Y_{DT} = K_m \cdot m_p \quad (13)$$

Kết quả tính năng suất ngô đồng trên nền thâm canh trung bình tại Hà Nội được thể hiện ở bảng 5

Để tính toán, dự báo năng suất trung bình cho một vùng, tỉnh, hoặc huyện, đã kết hợp giữa phương pháp trọng lượng điều hòa và mô hình động thái. Công thức có dạng:

$$Y_{DT} = Y_{t+1} \cdot C_p = Y_{t+1} \cdot \frac{m_p}{\bar{m}_p} \quad (14)$$

trong đó Y_{DT} - năng suất dự báo; Y_{t+1} - năng suất xu thế; m_p và \bar{m}_p - sinh khối khô của cơ quan sinh sản tính theo vụ dự báo và theo số liệu trung bình nhiều năm.

Kết quả tính được thể hiện trên bảng 6.

Bảng 5 - Kết quả tính năng suất ngô đồng tại Hà Nội theo công thức (13) với $K_m = 0,005$

Vụ	m_p (g)	$Y_{DT}=K_m \cdot m_p$ (tạ/ha)	$Y_{thực}$ (tạ/ha)	ΔY (tạ/ha)	sai số (%)
1985-86	4072,66	20,36	19,2	+1,16	6,0
86-87	5612,48	28,06	22,8	+5,26	23,1
87-88	4723,67	23,62	25,4	-1,78	7,0
88-89	4536,59	22,68	25,5	-2,82	11,1

Bảng 6 - Kết quả tính năng suất ngô đông và khoai tây trung bình cho tỉnh Hải Hưng theo công thức (14)

Vụ	Y_{t+1}	C_p	Y_{DT}	Y_{TN}	ΔY	Sai số %
		Ngô đông				
1985-1986	17,52	0,88	15,42	16,52	-1,10	6,6
86-87	19,63	1,20	23,56	23,92	-0,36	1,5
87-88	18,01	1,01	18,19	23,58	-5,39	22,8
88-89	22,00	0,97	21,34	23,04	-1,70	7,4
		Khoai tây				
85-86	83,89	1,06	88,92	94,78	-5,86	6,2
86-87	90,39	0,86	77,73	67,98	+9,75	14,3
87-88	70,17	1,01	70,87	81,54	-10,67	13,1
88-89	90,15	1,08	97,36	107,58	-10,22	9,5

Bảng 5 và 6 cho thấy sai số tính toán năng suất ngô đông và khoai tây đều dưới 23%. Như vậy mức độ chính xác đạt trên 77% có trường hợp đạt trên 90-95%.

Để kết luận, có thể nhấn mạnh rằng mô hình động thái hình thành năng suất ngô và khoai tây vụ đông đã được khôi thảo và tham số hóa, có thể áp dụng để tính toán đánh giá điều kiện khí tượng nông nghiệp hình thành năng suất và dự báo năng suất những cây trồng này trên lãnh thổ đồng bằng Bắc Bộ.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Đào Thế Tuấn, Dương Đức Vinh, Nguyễn Thị Nguyệt. Cơ sở sinh vật học cho cây trồng vụ đông- kết quả nghiên cứu KHKT nông nghiệp 1976-1978; NXB nông nghiệp, Hà Nội, 1978.
2. Nguyễn Văn Viêt. Mô hình động thái hình thành năng suất lúa. Trung tâm thông tin quốc tế về khí tượng thủy văn Obninh, N^o. 8-1986, "Khí tượng khí hậu và khí tượng nông nghiệp".
3. Oldeman L.R. và Frere M. Nghiên cứu khí hậu nông nghiệp nhiệt đới ẩm Đông Nam Á. NXB nông nghiệp, Hà Nội, 1975.
4. Sinh lý cây nông nghiệp; T.5,8, NXB Đại học Tổng hợp Quốc gia (MGU), Mát-xcô-va 1968, (tiếng Nga)
5. Polevoi A.N. Lý thuyết và tính toán năng suất cây nông nghiệp. NXB KTTV, Leningrat. 1982, (tiếng Nga).