

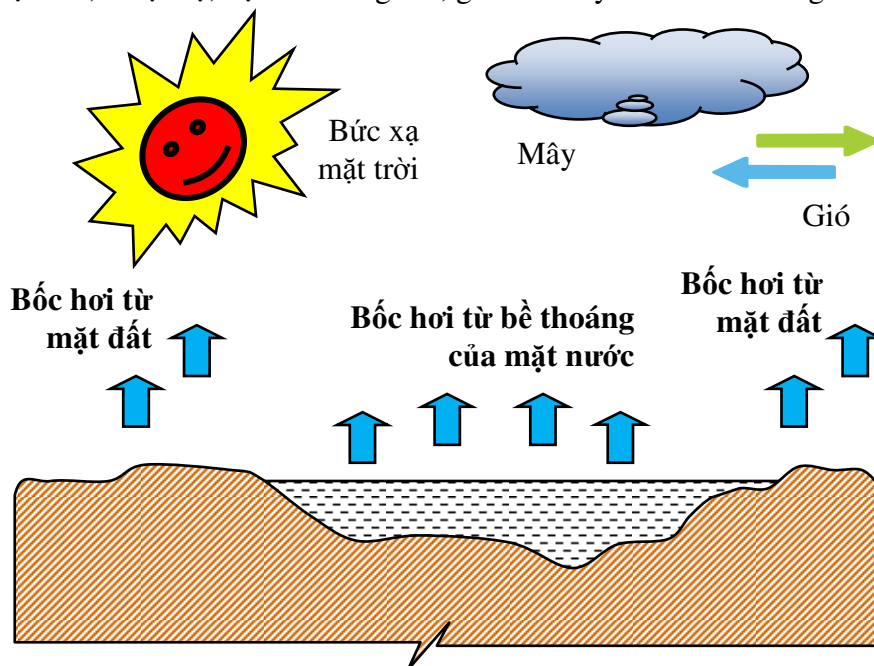
Chương 3:

NHU CẦU NƯỚC VÀ NHU CẦU TƯỚI CỦA CÂY TRỒNG

--- oOo ---

3.1 BỐC HƠI VÀ THOÁT HƠI**3.1.1 Bốc hơi (E)**

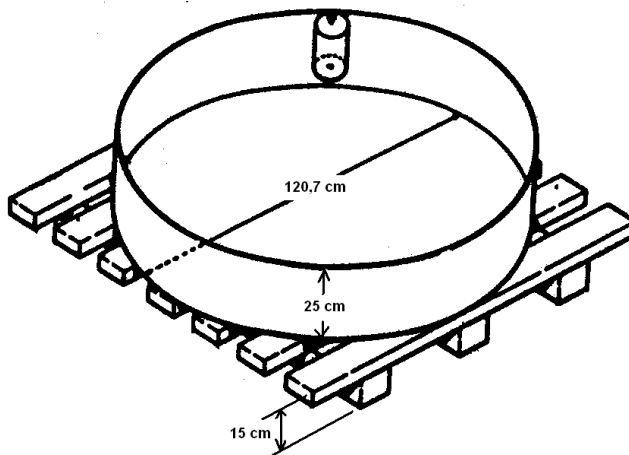
Bốc hơi (*Evaporation*), ký hiệu là E, là quá trình chuyển hóa các phân tử nước từ mặt đất và bề mặt thoáng của vùng chứa nước từ thể lỏng sang thể hơi và đi vào không khí do tác động chính của bức xạ mặt trời, nhiệt độ, độ ẩm không khí, gió và các yếu tố môi trường khác (Hình 3.1).



Hình 3.1: Các dạng bốc hơi tự nhiên

- Bức xạ mặt trời cung cấp năng lượng làm gia tăng nhiệt độ bề mặt của mặt nước và mặt đất tạo điều kiện chuyển hóa các phân tử nước từ thể lỏng sang thể hơi. Dưới tác động của bức xạ mặt trời, ban ngày nước bốc hơi nhiều hơn ban đêm, mùa hè lượng bốc hơi lớn hơn mùa đông.
- Gió là do sự xáo trộn gây nên chuyển động của khối không khí. Gió càng mạnh làm gia tăng sự cuốn hút các phân tử nước ở bề mặt của nước và đất chuyển từ thể lỏng thành thể khí và cuốn lên không trung. Gió làm chuyển dịch khối không khí ẩm gần mặt đất lên cao tạo nên sự giảm áp khiến khối không khí khô hơn tràn vào khiến sự tốc độ bốc hơi tăng thêm.
- Độ ẩm không khí càng thấp càng làm gia tăng tiềm năng bốc hơi do sự chênh lệch áp suất ở các lớp không khí. Vào mùa khô, độ ẩm không khí thấp khiến áp suất không khí thấp theo, bốc hơi khi đó gia tăng. Vào mùa mưa, khi độ ẩm không khí đạt giá trị cực đại (không khí bão hòa hơi nước) thì hiện tượng bốc hơi mặt thoáng gần như không đáng kể.
- Các yếu tố môi trường khác như yếu tố đất, cây trồng và các công trình trên mặt đất ảnh hưởng đến sự bốc hơi. Đất cát tạo nên sự bốc hơi lớn nhất so với đất sét. Vùng có nhiều cây trồng, lượng bốc hơi từ mặt đất cũng bớt đi. Trên mặt đất, càng có nhiều công trình bao phủ thì lượng bốc hơi tự nhiên giảm đi theo tỉ lệ diện tích bị che khuất.

Lượng bốc hơi thường tính bằng chiều dày lớp nước bốc hơi, đơn vị là mm. Tốc độ bốc hơi là lượng nước bốc hơi trong một đơn vị thời gian (mm/ngày). Các trạm khí tượng ở Việt Nam thường đo bốc hơi bằng chậu đo bốc hơi loại A (Hình 3.2). Chậu đo bốc hơi loại A (A pan) là một chậu hình trụ tròn có đường kính 120,7 cm, cao 25 cm làm bằng thép tráng kẽm hay inox. Chậu được đặt trên mặt đất khoảng 15 cm trên một kệ gỗ. Trong chậu có một ống trụ tròn nhỏ cao 20 cm, đường kính 10 cm để đo mực nước qua một thiết bị gọi là thước móc câu. Mực nước đổ vào chậu mỗi ngày chừng 20 cm. Ghi nhận mực nước ngày hôm trước (khoảng 7:00 giờ sáng), đến 24 giờ sau đo lại sự sụt giảm mực nước trong chậu để xác định lượng bốc hơi mặt. Đo bốc hơi phải kèm đo mưa, nếu có mưa phải trừ đi lượng mưa rơi trong ngày.



Hình 3.2: Chậu đo bốc hơi loại A

Ngoài ra, có một số công thức kinh nghiệm xác định lượng bốc hơi E:

- Công thức Maieikhomirov:

$$E = d.(15 + 3 w) \quad (3-1)$$

- Công thức Poliacov:

$$E = 18,6 (1 + 0,2.w) d^{2/3} \quad (3-2)$$

- Công thức Davis:

$$E = 0,5 d \quad (3-3)$$

trong 3 công thức trên:

E – lượng bốc hơi tháng, (mm/tháng);

d – độ thiếu hụt lượng ẩm bão hòa bình quân tháng ($d = H - r$), %;

w – tốc độ gió trung bình tháng ở độ cao 8 – 10 m, (m/s).

Tổng lượng bốc hơi E_z (m^3) trên một diện tích bề mặt F (km^2) trong một thời đoạn nào đó được xác định theo công thức:

$$E_z = 10^3 \times E \times F \quad (3-4)$$

trong đó E (mm) là tổng lượng bốc hơi trong thời đoạn tính toán.

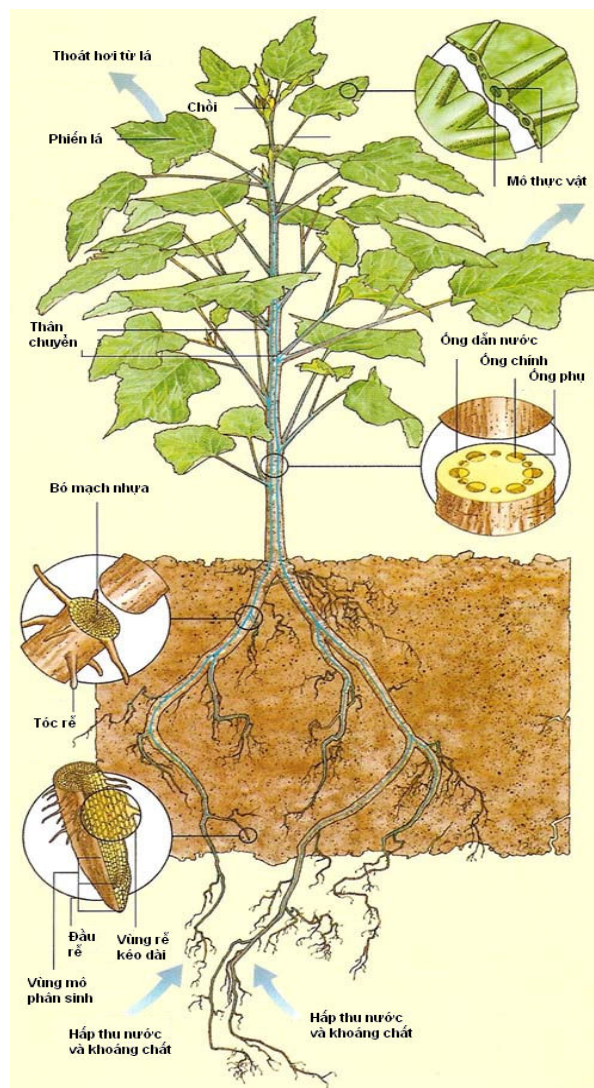
3.1.2 Thoát hơi (T)

Thoát hơi (*Transpiration*), ký hiệu là T, là hiện tượng nước thoát ra không khí từ mặt lá, thân cây như là một phản ứng sinh lý của cây trồng để chống lại sự khô hạn chung quanh nó. Hơi nước được hệ thống rễ của cây hút lên và thoát ra từ lá cây qua các khí khổng ở bề mặt lá và thân cây (Hình 3.3).

Lượng nước thoát hơi từ cây trồng tùy thuộc vào tổng diện tích mặt lá (lá rộng, lá hẹp), cấu trúc lá (dạng phẳng, xoắn, cuộn,...), hướng lá (về phía tia bức xạ mặt trời nhiều hay ít), sự phân bố rễ của cây (rễ dày, rễ thưa). Trong phạm vi cây trồng, lượng nước thoát hơi lớn hơn rất nhiều (có thể lên đến 90% tổng lượng nước tưới) so với lượng bốc hơi từ mặt đất.

Sự thoát hơi ở cây trồng gia tăng khi bức xạ mặt trời lớn, nhiệt độ môi trường tăng cao, không khí trở nên khô, gió mạnh, độ ẩm thấp.

Xác định lượng thoát hơi qua lá thường khó khăn và ít chính xác. Thông thường người ta xác định lượng thoát hơi của cây trồng từ các thông số khác trong phương trình cân bằng nước.



Hình 3.3: Chuyển vận của nước trong đất ra không khí qua hệ thống rễ của cây trồng.

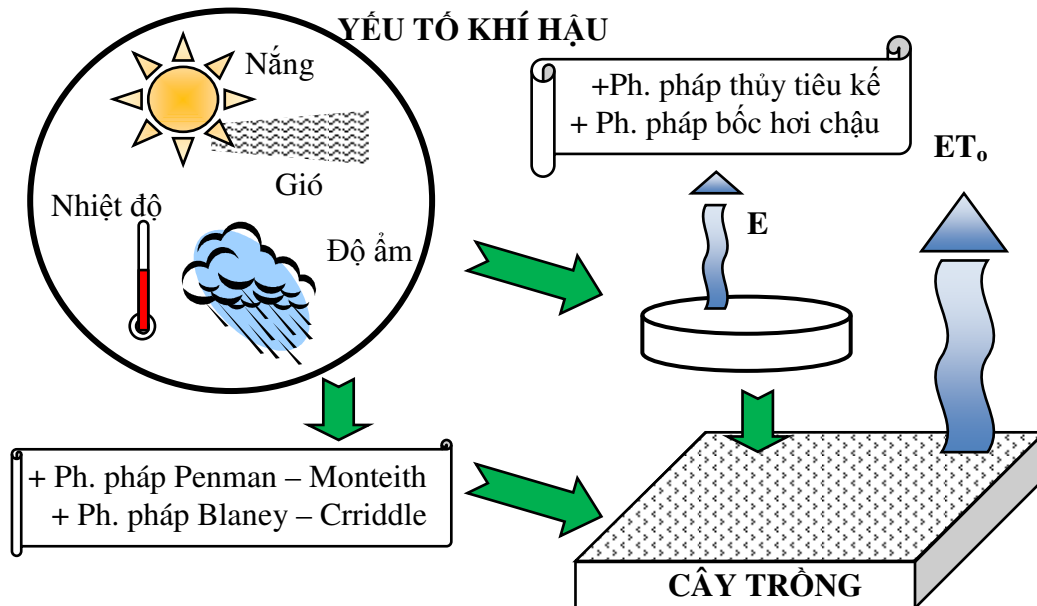
3.1.3 Bốc thoát hơi tham chiếu (ET_0)

Năm 1990, Tổ chức Lương Nông Thế giới (FAO), Hội Tưới tiêu Quốc tế và Tổ chức Khí tượng Thế giới tổ chức một hội nghị để thống nhất phương pháp xác định lượng bốc thoát hơi của cây trồng. Các nhà khoa học (Doorenhos và Fruit, 1975) đã đưa ra khái niệm lượng bốc thoát hơi tham chiếu (*Reference evapotranspiration*), viết tắt là ET_0 , để chỉ khả năng bốc thoát hơi thực vật theo một tiêu chuẩn hoặc điều kiện tham khảo. ET_0 là lượng nước dùng để tưới cho một cây trồng là cỏ chuẩn, trồng và chăm sóc đúng kỹ thuật, phủ đều trên toàn bộ mặt đất và được cung cấp nước đầy đủ theo một điều kiện tối ưu.

Phương pháp xác định lượng bốc thoát hơi tham chiếu được FAO khuyến khích áp dụng chung cho toàn thế giới và được thể hiện qua tài liệu: “*Crop evapotranspiration – Guidelines for*

computing crop water requirement – FAO Irrigation and Drainage Paper 56”. Một số phương pháp để xác định ET_0 (Hình 3.4):

- Phương pháp Thủy tiêu kế (Lysimeter)
- Phương pháp Penman – Monteith;
- Phương pháp Blaney – Crriddle;
- Phương pháp bốc hơi chậu A.

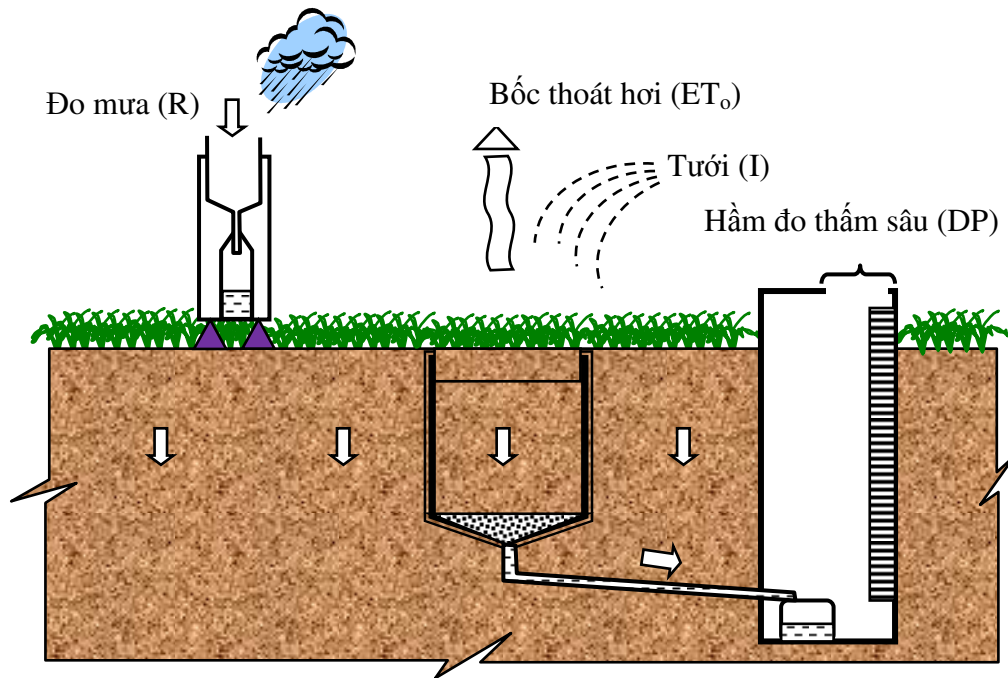


Hình 3.4: Các phương pháp xác định lượng bốc thoát hơi tiềm năng ET_0 .

a. Phương pháp dùng Thủy tiêu kế

Thủy tiêu kế (*Lysimeter*) là một thiết bị dùng để xác định giá trị bốc thoát hơi tham chiếu (ET_0) của một cây trồng theo một điều kiện tưới chủ động. Bằng cách đo thể tích nước hay trong lượng ta có thể xác định lượng bốc thoát hơi dựa vào phương trình cân bằng nước.

Thủy tiêu kế có dạng là một thùng hình trụ tròn được đổ đầy đất như loại đất canh tác. Đáy thùng có chỗ để nước thoát ra nhằm đo lượng thấm sâu. Bên cạnh đó, thiết bị đo mưa bằng thùng đo mưa cũng được lắp đặt. Mặt trên của thùng, cây trồng được gieo cấy đều đặn giống như môi trường bên ngoài (Hình 3.5).



Hình 3.5: Bố trí thiết bị Thủy tiêu kế

Một cách tổng quát, bằng cách đo lượng mưa rơi trong khu vực (R), lượng tưới (I) và lượng thấm sâu xuống đất (P), lượng bốc thoát hơi (ET_0) sẽ được xác định theo:

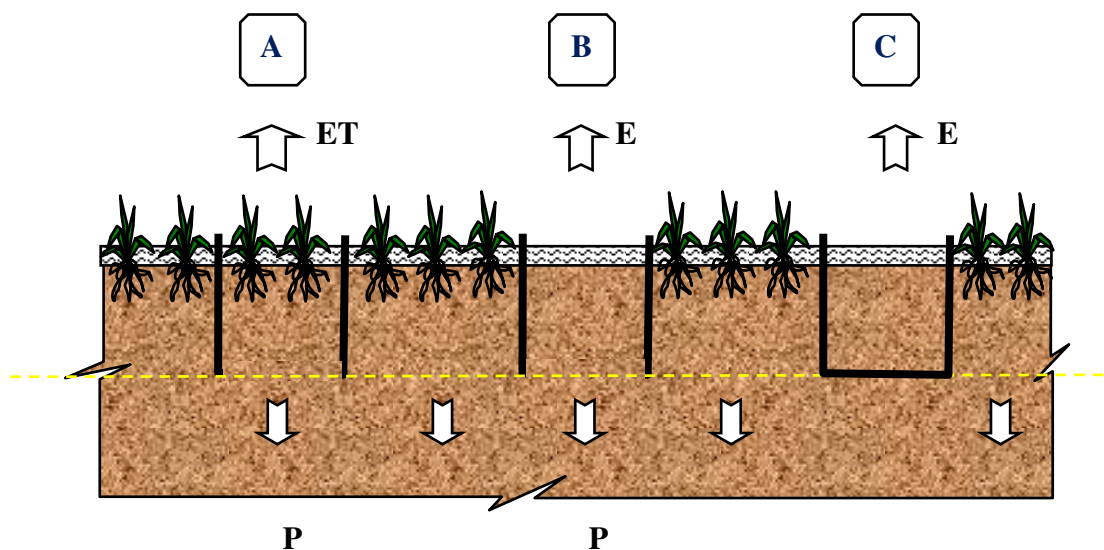
$$ET_0 = R + I - P \quad (3-5)$$

Một số nơi, người ta dùng cân (đặt ở dưới thủy tiêu kế) để xác định sự thay đổi lượng nước ở thủy tiêu kế để xác định lượng bốc thoát hơi.

- **Phương pháp 3 thùng**

Đối với cây lúa và một số cây trồng cạn, người ta cũng xác định trực tiếp lượng bốc thoát hơi bằng thủy tiêu kế nhưng đặt 3 thùng khác nhau. Phương pháp này thường được gọi là phương pháp 3 thùng.

Dùng 3 thùng hình khối vuông có kích thước 60 x 60 x 60 cm, trong đó có 2 thùng không đáy và 1 thùng có đáy. Đặt 3 thùng này ngoài đồng, thùng được chôn xuống đất sao cho miệng thùng ngang với mặt ruộng như hình 3.6. Dùng thước móc câu để xác định mực nước trên mặt ruộng. Thiết bị đo mưa (R) cũng được lắp đặt ở khu thí nghiệm.



Hình 3.6: Bố trí thí nghiệm xác định lượng bốc thoát hơi theo phương pháp 3 thùng

Gọi tên 3 thùng theo thứ tự như trên hình vẽ là thùng A, thùng B và thùng C. Thùng A không đáy, có cây trồng. Thùng B không đáy và không có cây trồng. Thùng C có đáy và không có cây trồng. Gọi E là lượng nước bốc hơi tự do mặt thoáng, T là lượng nước thoát hơi từ lá và P là lượng nước mất do thấm sâu. Cân bằng nước ở mỗi thùng như sau:

$$\text{Thùng A: } a = E + T - P$$

$$\text{Thùng B: } b = E - P$$

$$\text{Thùng C: } c = E$$

$$\text{Suy ra: } \text{Lượng thấm sâu} \quad P = c - b \quad (3-6)$$

$$\text{Lượng thoát hơi} \quad T = a - b \quad (3-7)$$

$$\text{Lượng bốc thoát hơi} \quad ET = a + c - b \quad (3-8)$$

Phương pháp này tương đối dễ thực hiện nhưng kết quả có thể không chính xác lắm do:

- Sự xáo trộn khi đổ đất trồng vào thùng có thể ảnh hưởng đến giá trị thấm.
- Diện tích mặt thùng thủy tiêu kế thường không lớn nên tính đại diện không cao.
- Nhiệt độ đất bên trong và bên ngoài thùng có thể chênh lệch làm ảnh hưởng sự bốc thoát hơi nước của cây trồng.

b. Phương pháp Penman – Monteith

Phương pháp Panman – Monteith xác định giá trị bốc thoát hơi là một hàm số phụ thuộc nhiều thông số thời tiết tại chỗ và chung quanh khu vực xem xét. Các thông số này được mô tả chi tiết trong tài liệu hướng dẫn tính toán của FAO *Irrigation and Drainage Paper. No. 56: Guidelines for computing crop water requirement*, (1985). Tính giá trị bốc thoát hơi theo Panman – Monteith có phần mềm máy tính CROPWAT cho kết quả nhanh và tiện lợi hơn.

Lượng bốc thoát hơi tham chiếu ET_0 được tính theo Panman – Monteith:

$$ET_o = \frac{0,48\Delta(R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0,3u_2)} \quad (3-9)$$

trong đó:

- ET_o - lượng bốc thoát hơi tham chiếu chung đối với cây trồng (mm/ngày);
- R_n - bức xạ mặt trời trên bề mặt cây trồng (MJ/m²/ngày);
- G - mật độ dòng nhiệt trong đất (MJ/m²/ngày);
- T - nhiệt độ trung bình ngày tại vị trí 2 m từ mặt đất (°C);
- u₂ - tốc độ gió tại chiều cao 2 m từ mặt đất (m/s);
- e_x - áp suất hơi nước bão hòa (kPa);
- e_a - áp suất hơi nước thực tế (kPa);
- Δ - độ dốc của áp suất hơi nước trên đường cong quan hệ nhiệt độ (kPa/ °C);
- γ - hằng số ẩm (kPa/ °C).

Các giá trị thông số nói trên có thể tính từ số liệu do ngành khí tượng cung cấp kết hợp với công thức và bảng tra theo tài liệu của FAO, Granier (1985). Phương pháp Panman – Monteith cho kết quả tương đối chính xác nhưng khối lượng tính toán lớn, phức tạp và phải có đủ tài liệu ban đầu.

c. Phương pháp Blaney - Crridle

Blaney – Crridle cho công thức tính bốc thoát hơi tham chiếu ET_o (mm/ngày) đơn giản hơn:

$$ET_o = p(0,48T + 8) \quad (3-10)$$

trong đó:

- T - nhiệt độ trung bình ngày (°C);
- p - tỷ lệ phần trăm số giờ chiếu sáng trung bình năm đối với các ngày của tháng trong một chu kỳ tưới. Giá trị của p phụ thuộc vào vĩ độ địa lý nơi xem xét và thời gian tính toán cho thời vụ cây trồng, xác định theo bảng 3.1.

Bảng 3.1: Bảng tra hệ số p trong công thức Blaney-Criddle

Vĩ độ	Tháng											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Bắc												
Nam	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI
60°	0.15	0.20	0.26	0.32	0.38	0.41	0.40	0.34	0.28	0.22	0.17	0.13
55°	0.17	0.21	0.26	0.32	0.36	0.39	0.38	0.33	0.28	0.23	0.18	0.16
50°	0.19	0.23	0.27	0.31	0.34	0.36	0.35	0.32	0.28	0.24	0.20	0.18
45°	0.20	0.23	0.27	0.30	0.34	0.35	0.34	0.32	0.28	0.24	0.21	0.20
40°	0.22	0.24	0.27	0.30	0.32	0.34	0.33	0.31	0.28	0.25	0.22	0.21
35°	0.23	0.25	0.27	0.29	0.31	0.32	0.32	0.30	0.28	0.25	0.23	0.22
30°	0.24	0.25	0.27	0.29	0.31	0.32	0.31	0.30	0.28	0.26	0.24	0.23
25°	0.24	0.26	0.27	0.29	0.30	0.31	0.31	0.29	0.28	0.26	0.25	0.24
20°	0.25	0.26	0.27	0.28	0.29	0.30	0.30	0.29	0.28	0.26	0.25	0.25
15°	0.26	0.26	0.27	0.28	0.28	0.29	0.29	0.28	0.28	0.27	0.26	0.25
10°	0.26	0.27	0.27	0.28	0.28	0.29	0.29	0.28	0.28	0.27	0.26	0.26
5°	0.27	0.27	0.27	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.27	0.27	0.27
0°	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27

(Nguồn: Brouwer và Heibloem, 1986)

Ví dụ 3.1: Tính lượng bốc thoát hơi tham chiếu ET_o theo Blaney – Crridle cho tháng 4 ở vùng có vĩ độ 25° Bắc. Cho biết nhiệt độ trung bình ngày trong tháng 4 là $21,5^\circ\text{C}$.

Giải: Tại vĩ độ 25° Bắc trong tháng 4 có $p = 0,29$ (tra bảng 3.1). Với $T = 21,5^\circ\text{C}$ thì lượng bốc thoát hơi tham chiếu sẽ là:

$$ET_o = p(0,48T + 8) = 0,29 (0,48 \times 21,5 + 8) = 5,2 \text{ mm/ngày}$$

Công thức Blaney – Crridle được sử dụng phổ biến nhờ đơn giản và nhất là khi không có đầy đủ số liệu quan trắc. Năm 1977, Doorenbos và Pruitt đã hiệu chỉnh công thức Blaney – Crridle bằng cách đưa thêm một số yếu tố khí hậu.

Công thức Blaney – Crridle hiệu chỉnh như sau:

$$ET_o = N \left(\frac{a}{K_3} + bP \left[\frac{T}{K_1} + K_2 \right] \right) \quad (3-11)$$

trong đó:

- N - số ngày tưới trong 1 chu kỳ tưới ($10 \leq N \leq 30$) (ngày);
- a - hệ số kinh nghiệm, phụ thuộc RH_{\min} (%) và tỷ số n/N ;
- b - hệ số kinh nghiệm, phụ thuộc vào RH_{\min} , n/N và U_d ;
- RH_{\min} - độ ẩm tương đối tối thiểu (%);
- n/N - tỷ số giờ nắng thực tế/ giờ nắng lớn nhất;
- U_d - tốc độ gió trung bình ngày (m/s);
- P - tỷ lệ phần trăm số giờ chiếu sáng trung bình, lấy theo bảng 3.1;
- T - nhiệt độ trung bình ngày trong thời kỳ tưới ($^\circ\text{C}$);
- K_1, K_2, K_3 - các hệ số điều chỉnh, có thể lấy $K_1 = 2,19$; $K_2 = 8,13$, $K_3 = 1$.

d. Phương pháp chậu bốc hơi loại A

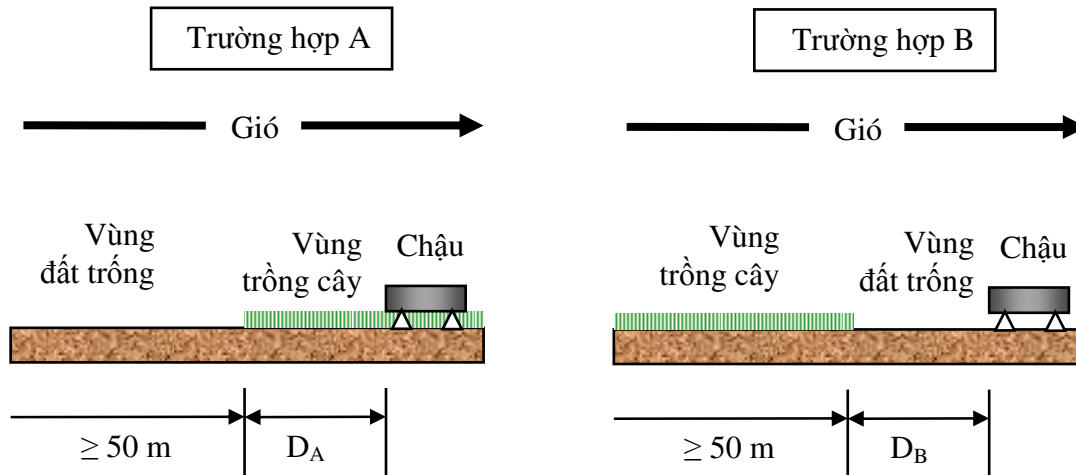
Dùng chậu bốc hơi loại A (đã mô tả ở mục 3.1.1) đo sự thay đổi mực nước trong chậu. Lượng bốc hơi tham chiếu ET_o được xác định theo:

$$ET_o = K_p \times E_{\text{pan}} \quad (3-12)$$

trong đó:

- E_{pan} - lượng bốc hơi đo trực tiếp từ chậu (mm).
- K_p - hệ số bốc hơi chậu. K_p phụ thuộc vào hình dáng chậu (loại chậu, màu sắc), vị trí đặt chậu, điều kiện độ ẩm và gió. Giá trị K_p thường trong khoảng $0,35 - 0,85$, trung bình có thể chọn $K_p = 0,70$.

Nếu xét đến vị trí đặt chậu như hình 3.7 thì K_p lấy theo bảng 3.2.



Hình 3.7: Hai trường hợp đặt chậu

Bảng 3.2. Bảng tra hệ số Kp cho chậu A

Chậu A	Trường hợp A: đặt trên thảm cỏ			Trường hợp B: đặt trên mặt đất khô ráo				
	Thấp < 40	Tr. Bình 40-70	Cao > 70	Thấp < 40	Tr. Bình 40-70	Cao > 70		
Vận tốc gió (m/s)	D _A (m)			D _B (m)				
Nhẹ < 2	1	0.55	0.65	0.75	1	0.7	0.8	0.85
	10	0.65	0.75	0.85	10	0.6	0.7	0.8
	100	0.7	0.8	0.85	100	0.55	0.65	0.75
	1000	0.75	0.85	0.85	1000	0.5	0.6	0.7
Trung bình 2-5	1	0.5	0.6	0.65	1	0.65	0.75	0.8
	10	0.6	0.7	0.75	10	0.55	0.65	0.7
	100	0.65	0.75	0.8	100	0.5	0.6	0.65
	1000	0.7	0.8	0.8	1000	0.45	0.55	0.6
Mạnh 5-8	1	0.45	0.5	0.6	1	0.6	0.65	0.7
	10	0.55	0.6	0.65	10	0.5	0.55	0.65
	100	0.6	0.65	0.7	100	0.45	0.5	0.6
	1000	0.65	0.7	0.75	1000	0.4	0.45	0.55
Rất mạnh > 8	1	0.4	0.45	0.5	1	0.5	0.6	0.65
	10	0.45	0.55	0.6	10	0.45	0.5	0.55
	100	0.5	0.6	0.65	100	0.4	0.45	0.5
	1000	0.55	0.6	0.65	1000	0.35	0.4	0.45

(Nguồn: FAO, Irrigation and Drainage paper No. 50)

3.2 NHU CẦU NƯỚC CỦA CÂY TRỒNG

3.2.1 Khái niệm

Trong tính toán nhu cầu nước cho cây trồng, người ta thường gộp lượng nước mất đi từ bốc hơi và thoát hơi lại thành một và gọi chung là lượng bốc thoát hơi (*evapotranspiration*), viết tắt là ET. Trong một vùng đất, khi chưa có cây trồng, ET sẽ là E. Khi vùng đất được che phủ bởi cây trồng trên 90% diện tích đất, trị ET trở thành T. Lượng bốc thoát hơi là thông số quan trọng nhất để xác định nhu cầu nước của cây trồng. Một cách gần đúng ta có thể xem:

$$(\text{Nhu cầu nước của cây trồng}) \approx (\text{Lượng bốc thoát hơi})$$

Muốn xác định lượng ET, thường phải làm thí nghiệm khá công phu và mất thời gian. ET là thông số tùy thuộc vào nhiều yếu tố:

- Yếu tố khí hậu;
- Lớp phủ thực vật;
- Điều kiện đất.

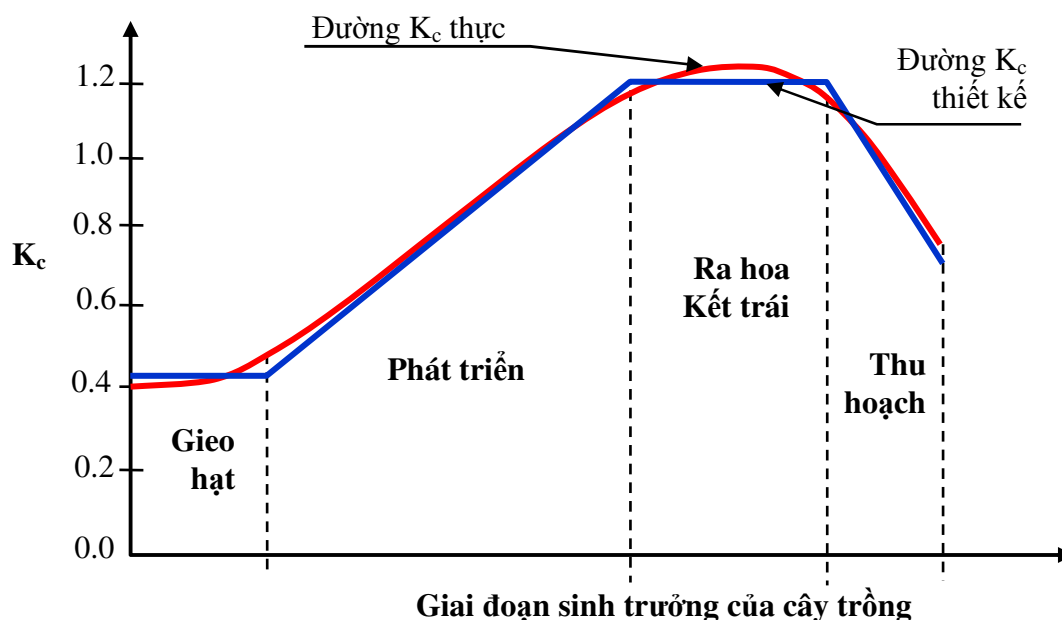
3.2.2 Bốc thoát hơi cây trồng (ET_c)

Bốc thoát hơi cây trồng (*Crop evapotranspiration*), viết tắt là ET_c , theo thực tế xác định theo:

$$ET_c = K_c \cdot ET_o \quad (3-13)$$

Trong đó, K_c là hệ số cây trồng (*crop coefficient*), K_c thay đổi theo loại cây trồng, thời vụ canh tác và giai đoạn sinh trưởng của cây trồng. Sự thay đổi của K_c có thể biểu hiện bằng đường cong K_c theo giai đoạn sinh trưởng của cây trồng (Hình 3.8). Đường cong này xác định bằng thực nghiệm. Trường hợp thiếu điều kiện số liệu quan trắc, có thể tham khảo kết quả công bố của FAO (2001) theo Bảng 3.3 và Bảng 3.4.

Bảng 3.5 cho thời gian trồng và số ngày ứng với thời kỳ sinh trưởng của cây trồng.



Hình 3.8: Ví dụ sự thay đổi giá trị K_c theo giai đoạn sinh trưởng của cây trồng

Bảng 3.3: Khoảng giá trị K_c của một số loại cây trồng theo mùa (FAO, 2001)

Loại cây trồng	Giai đoạn đầu (gieo hạt)	Giai đoạn phát triển	Giai đoạn ra hoa – kết trái	Giai đoạn thu hoạch
Cải bắp	0,30 – 0,40	0,70 – 0,80	0,95 – 1,10	0,80 – 0,95
Cà rốt	0,40 – 0,50	0,70 – 0,80	0,95 – 1,10	0,80 – 0,95
Bông vải	0,40 – 0,50	0,70 – 0,80	1,00 – 1,10	0,65 – 0,70
Đậu phộng	0,40 – 0,50	0,70 – 0,80	0,95 – 1,05	0,55 – 0,65
Đậu xanh	0,30 – 0,40	0,65 – 0,75	0,95 – 1,05	0,85 – 0,95
Đậu Hà Lan	0,40 – 0,50	0,70 – 0,80	1,05 – 1,20	0,95 – 1,10
Đậu nành	0,30 – 0,40	0,70 – 0,80	1,00 – 1,15	0,40 – 0,50
Dưa leo	0,40 – 0,50	0,70 – 0,80	0,85 – 0,95	0,70 – 0,80
Bắp	0,30 – 0,50	0,70 – 0,980	1,05 – 1,20	0,70 – 0,80
Khoai tây	0,40 – 0,50	0,70 – 0,80	1,05 – 1,15	0,70 – 0,80
Mía	0,40 – 0,50	0,80 – 0,90	1,10 – 1,20	0,60 – 0,70
Hồ tiêu	0,30 – 0,40	0,60 – 0,75	0,95 – 1,05	0,70 – 0,80
Cà chua	0,40 – 0,50	0,70 – 0,80	1,05 – 1,25	0,70 – 0,90
Lúa mì	0,30 – 0,40	0,70 – 0,80	0,95 – 1,20	0,20 – 0,25
Lúa mạch	0,30 – 0,40	0,70 – 0,80	0,95 – 1,20	0,20 – 0,25
Lúa nước	1,10 – 1,15	1,10 – 1,50	1,10 – 1,30	0,95 – 1,05
Hành	0,40 – 0,60	0,70 – 0,80	0,95 – 1,05	0,75 – 0,85
Củ cải	0,40 – 0,50	0,55 – 0,65	0,85 – 0,95	0,85 – 0,95
Củ cải đường	0,40 – 0,50	0,75 – 0,85	1,05 – 1,20	0,60 – 0,70
Dưa hấu	0,30 – 0,40	0,70 – 0,80	0,95 – 1,05	0,65 – 0,75

Ghi chú: Giá trị đầu: Khi độ ẩm cao ($RH_{min} > 70\%$) và gió nhẹ ($w < 5 \text{ m/s}$)
 Giá trị cuối: Khi độ ẩm thấp ($RH_{min} < 70\%$) và gió mạnh ($w > 5 \text{ m/s}$)
 Khi không thỏa điều kiện trên, có thể lấy trị trung bình.

Bảng 3.4: Giá trị K_c của một số loại cây trồng lưu niên (FAO, 2001)

Cây trồng	Còn non	Trưởng thành
Chuối	0,45 – 0,55	1,05 – 1,15
Chanh	0,25 – 0,35	0,60 – 0,70
Táo	0,40 – 0,50	0,80 – 0,90
Nho	0,65 – 0,75	0,65 – 0,75

Bảng 3.5: Thời gian trồng (ngày) và số ngày ứng với thời kỳ sinh trưởng của cây trồng

Cây trồng	Tổng thời gian	Thời kỳ			
		Gieo sạ - Cây con	Tăng trưởng	Ra hoa, kết trái	Chín, thu hoạch
Đậu xanh	75	15	25	25	10
	90	20	30	30	10
Bắp cải	120	20	25	60	15
	140	25	30	65	20
Cà rốt	100	20	30	30	20

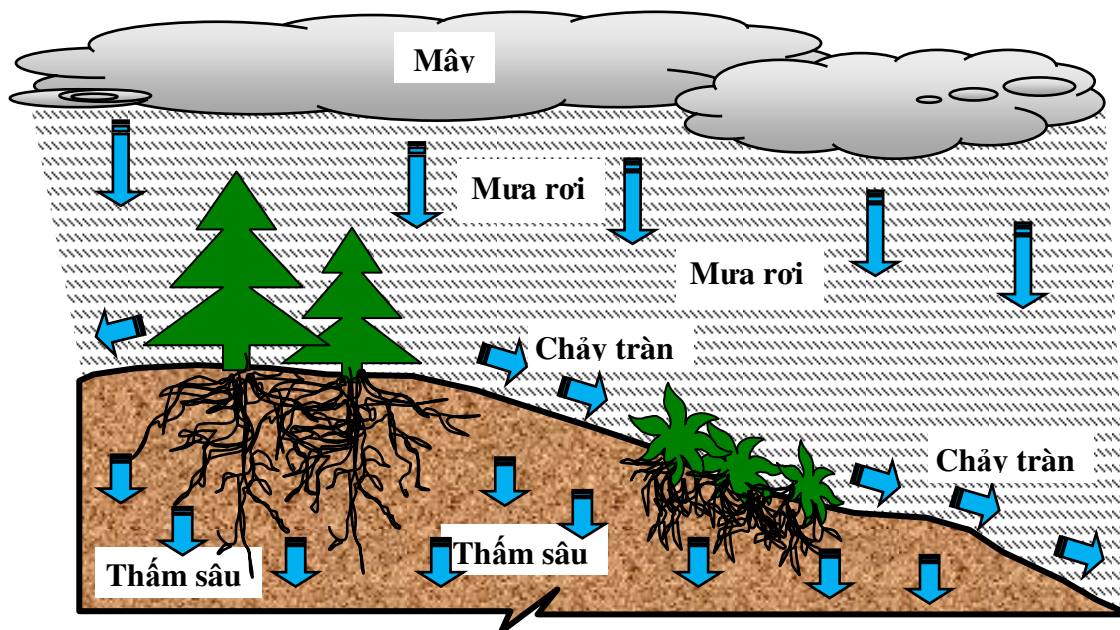
Cây trồng	Tổng thời gian	Thời kỳ			
		Gieo sạ - Cây con	Tăng trưởng	Ra hoa, kết trái	Chín, thu hoạch
	150	25	35	70	20
Bông vải	180	30	50	55	45
	195	30	50	65	50
Dưa leo	105	20	30	40	15
	130	25	35	50	20
Cà tím	130	30	40	40	20
	140	30	40	45	25
Bắp ngọt	80	20	25	25	10
	110	20	30	50	10
Bắp chăn nuôi	125	20	35	40	30
	180	30	50	60	40
Hành lá	70	25	30	10	5
	95	25	40	20	10
Hành củ	150	15	25	70	40
	210	20	35	110	45
Đậu phụng	130	25	35	45	25
	140	30	40	45	25
Đậu Hà Lan	90	15	25	35	15
	100	20	30	35	15
Tiêu	120	25	35	40	20
	210	30	40	110	30
Khoai tây	105	25	30	30	20
	145	30	35	50	30
Đậu nành	135	20	30	60	25
	150	20	30	70	30
Bí xanh	95	20	30	30	15
	150	25	35	35	25
Hương dương	125	20	35	45	25
	130	25	35	45	25
Cà chua	135	30	40	40	25
	180	35	45	70	30

3.3 LƯỢNG MƯA HỮU HIỆU (R_e)

Mưa là một nguồn cung cấp nước tự nhiên rất quan trọng và cần thiết cho đất và cây trồng. Khi lượng mưa rơi xuống khu vực canh tác không đủ nước cho cây trồng thì khi đó buộc chúng ta phải có biện pháp tưới bổ sung (*supplemental irrigation*) bù cho lượng nước thiếu hụt.

Không phải tất cả lượng mưa rơi (*rainfall*) đều được cây trồng sử dụng, một phần nước mưa sẽ thấm sâu (*deep percolation*) xuống đất bổ cập vào lượng nước ngầm, một phần chảy tràn (*runoff*) theo sườn dốc của mặt đất (Hình 3.6). Phần nước mưa thấm sâu và chảy tràn theo sườn dốc mà cây trồng không sử dụng được gọi là lượng mưa không hữu hiệu. Phần nước mưa trữ lại trong tầng rễ và được cây trồng hấp thu gọi là **lượng mưa hữu hiệu** (*Effective rainfall*), ký hiệu là R_e .

$$(\text{Lượng mưa hữu hiệu}) = (\text{Lượng mưa rơi}) - (\text{Lượng thấm sâu}) - (\text{Lượng chảy tràn})$$



Hình 3.6: Một phần mưa rơi sẽ bị mất do chảy tràn và thấm sâu

Lượng chảy tràn và thấm sâu tùy thuộc vào địa hình, độ dốc, lớp phủ thực vật, loại đất, ... Thông thường phải đo đạc thực nghiệm mới có các số liệu này. Sơ bộ, có thể tham khảo tài liệu của FAO (2001):

$$R_e = 0,8 R \quad \text{khi } R > 75 \text{ mm/tháng} \quad (3-14)$$

và $R_e = 0,6 R \quad \text{khi } R < 75 \text{ mm/tháng} \quad (3-15)$

Trường hợp thiếu số liệu đo đạc, có thể tạm thời sử dụng số liệu ở Bảng 3.6 để xác định lượng mưa hữu hiệu từ lượng mưa thực đo.

Bảng 3.6: Quan hệ giữa lượng mưa thực đo (R) và lượng mưa hữu hiệu (R_e)
Đơn vị tính: mm/tháng

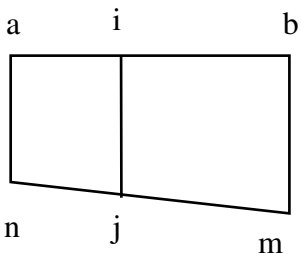
R	R _e	R	R _e
00	00	130	79
10	00	140	87
20	02	150	95
30	08	160	103
40	14	170	111
50	20	180	119
60	26	190	127
70	32	200	135
80	39	210	143
90	47	220	151
100	55	230	159
110	63	240	167
120	71	250	175

(Nguồn: Brouwer và Heibloem, 1986)

Ghi chú: Trường hợp, lượng mưa thực đo nằm giữa 2 trị số R cho trong bảng 3.6, giá trị gần đúng của R_e sẽ được nội suy theo công thức:

Lượng mưa thực đo R

$a \rightarrow n$
 $i \rightarrow j$
 $b \rightarrow m$



$$\frac{(i - a)}{(b - a)} = \frac{(j - n)}{(m - n)} \quad (3-16)$$

Nếu các giá trị lượng mưa thực đo a, i, b đã biết. Trị lượng mưa hữu hiệu n, m có được từ bảng 3.3. Công thức nội suy sẽ cho lượng mưa hữu hiệu:

Lượng mưa hữu hiệu R_e

$$j = \frac{(i - a)}{(b - a)} (m - n) + n \quad (3-17)$$

Ví dụ 3.2: Nếu lượng mưa thực đo là 175 mm thì lượng mưa hữu hiệu sẽ là bao nhiêu?
 Giải: Lượng mưa 175 mm nằm giữa trị 170 mm và 180 mm, căn cứ vào bảng 3.3, tương ứng với 2 trị lượng mưa hữu hiệu là 111 mm và 119 mm.

Vậy lượng mưa hữu hiệu cho lượng 175 mm sẽ là:

$$j = \frac{(175 - 170)}{(180 - 170)} (119 - 111) + 111 = \frac{(5)}{(10)} (8) + 111 = 115 \text{ mm}$$

3.4 NHU CẦU TƯỚI CỦA CÂY TRỒNG

3.4.1 Xác định nhu cầu tưới lớn nhất theo tháng

Nhu cầu tưới cho một loại cây trồng nào đó chính là sự hiệu số giữa nhu cầu nước cho cây trồng và lượng mưa hữu hiệu.

$$(\text{Nhu cầu tưới của cây trồng}) = (\text{Nhu cầu nước cho cây trồng}) - (\text{Lượng mưa hữu hiệu})$$

Dựa vào thời gian canh tác (từ tháng ... đến tháng), thành lập bảng để xác định nhu cầu nước theo tháng. Bên cạnh đó thu thập số liệu mưa tháng trung bình của giai đoạn canh tác. Lượng mưa hữu hiệu được tính hoặc suy từ bảng tra (Phần 3.3).

Sự chênh lệch giữa nhu cầu nước cây trồng và lượng mưa hữu hiệu theo tháng chính là nhu cầu tưới theo tháng của cây trồng. Lập bảng tính toán để có kết quả, đồng thời xác định được tháng có mức tưới cao nhất. Lấy giá trị mức tưới cao nhất tháng làm cơ sở thiết kế công trình tưới cho thời vụ.

Ví dụ 3.3:

Giả sử có một cánh đồng trồng cà chua với thời gian sinh trưởng là 150 ngày. Thời vụ canh tác cà chua là từ tháng 2 đến tháng 6. Nhu cầu nước cho cà chua theo từng tháng cho ở bảng sau:

Tháng	2	3	4	5	6	Tổng
Nhu cầu nước (mm/tháng)	69	123	180	234	180	786

Trạm Khí tượng cung cấp giá trị lượng mưa trung bình của các tháng cho ở bảng sau:

Tháng	2	3	4	5	6	Tổng
Lượng mưa R (mm/tháng)	20	38	40	80	16	194

Hãy xác định lượng nước cần tưới cho cà chua từng tháng.

Giải:

Sử dụng bảng 3.6 để ước lượng lượng mưa hữu hiệu R_e , kết quả cho ở bảng sau:

Tháng	2	3	4	5	6	Tổng
Lượng mưa hữu hiệu R_e (mm/tháng)	2	13	14	39	0	68

Vậy, nhu cầu tưới cho cà chua theo từng tháng sẽ là:

Tháng	2	3	4	5	6	Tổng
Lượng tưới (mm/tháng)	67	110	166	195	180	718

Nhìn kết quả trên, ta dễ dàng biết tháng 5 là tháng cao điểm của nhu cầu tưới. Như vậy, nếu thiết kế hệ thống tưới cho vụ cà chua trong khoảng thời vụ này, giá trị max của nhu cầu tưới theo tháng sẽ là 195 mm/tháng. Nếu phải làm kênh dẫn nước thì lưu lượng dẫn nước phải thỏa cho lớp nước tưới này trên toàn bộ diện tích trồng cà chua.

3.4.2 Chế độ tưới của các loại cây trồng

Mỗi loại cây trồng cần có một chế độ tưới nhất định. Việc xác định chế độ tưới là quá trình tính toán thành lập đường quá trình định mức tưới theo từng giai đoạn sinh trưởng của cây trồng. Mục đích chính là nhằm đạt mục tiêu năng suất cũng như tính kinh tế trong xây dựng và quản lý công trình tưới. Mức tưới (ký hiệu là m) là lượng nước cần tưới (đơn vị là thể tích khối nước tưới, m^3) cho một đơn vị diện tích cây trồng (tính theo hecta, ha). Mức tưới được tính bằng m^3/ha . Hệ số tưới (*coefficient of irrigation*) là lượng nước cần cung cấp cho 1 đơn vị diện tích trong khoảng thời gian nhất định để đạt được mức tưới.

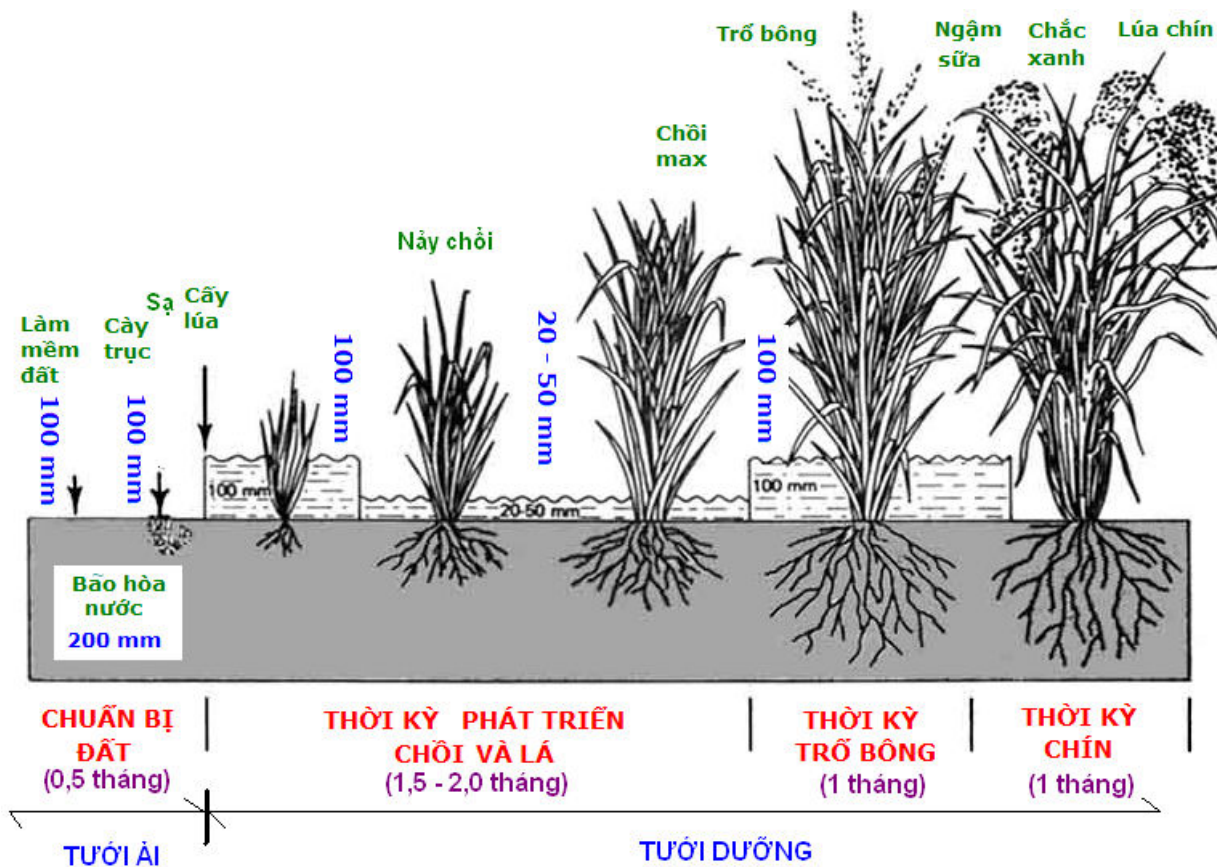
$$q = \frac{m}{86,4 \times t} \quad (3-18)$$

trong đó: q - hệ số tưới (l/s.ha);
 m - mức tưới (m^3/ha);
 t - thời gian tưới (ngày);
 86,4 - hệ số quy đổi đơn vị.

Lưu ý: $1 \text{ m}^3/\text{ha} = 10 \text{ mm}$
 $1 \text{ l/s.ha} = 8,64 \text{ mm/ngày.ha} = 86,4 \text{ m}^3/\text{ngày.ha}$

3.4.3. Xác định mức tưới cho cây lúa

Cây lúa có nhiều giai đoạn sinh trưởng, cụ thể như hình 3.7. Tùy theo giống lúa và mùa vụ, thời gian sinh trưởng từ lúc sạ/cấy đến khi thu hoạch khoảng từ 95 – 145 ngày. Ta có thể gọi giai đoạn từ khi có cây mạ đến lúc chồi max là thời kỳ phát triển, giai đoạn cây lúa làm đồng (tượng gié) - trở bông là thời kỳ trở bông hay thời kỳ sinh sản, cuối cùng khi hạt lúa ngậm sữa – chắc xanh cho đến lúc thu hoạch là thời kỳ chín.



Hình 3.7: Các giai đoạn sinh trưởng của cây lúa và nhu cầu tưới (xấp xỉ)

Nếu không cung cấp đủ nước cho cây lúa trong giai đoạn tăng trưởng, số lượng chồi và chiều cao cây có thể bị giảm. Nếu có tưới lại, cây lúa sẽ phục hồi nhưng năng suất có khả năng giảm. Trong giai đoạn phát dục của cây lúa (làm đồng – trở bông), nếu bị hạn hán kéo dài, năng suất lúa sẽ giảm rõ rệt.

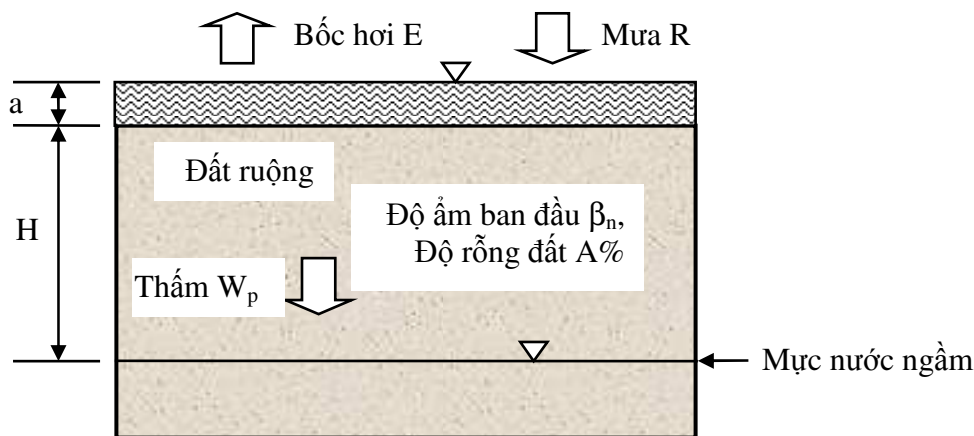
Trong canh tác lúa, có hai thời kỳ tưới quan trọng là thời kỳ tưới ải (chuẩn bị đất) và thời kỳ tưới dưỡng. Tưới ải nhằm làm mềm đất cho đến khi đất được bão hòa nước tạo điều kiện cho việc cấy ải. Thời kỳ làm ải thường khoảng 2 – 3 tuần, không nên kéo dài quá 4 tuần vì sẽ ảnh hưởng đến các vụ sau. Tưới dưỡng nhằm duy trì lượng nước cần trong ruộng bù cho lượng nước mất đi do bốc thoát hơi và thấm rút xuống đất trong giai đoạn từ sau khi cấy cho đến khi lúa gần chín.

- **Lượng nước tưới cho thời kỳ làm ải (15 – 30 ngày)**

$$W_{ta} = W_c + W_{bh} + W_e + W_p - 10 CR \tag{3-19}$$

trong đó:

- W_{ta} - lớp nước tưới ải, mm;
- W_c - lớp nước ở chân ruộng, m³/ha; $W_c = a$, với $a = 20 - 30$ mm;
- W_{bn} - lớp nước bão hòa trong tầng đất mặt ruộng, mm;
 $W_{bn} = 10^4 HA (1 - \beta_n)$
 H - chiều sâu lớp đất bão hòa, mm;
 A - độ rỗng theo thể tích của đất, %;
 β_n - độ ẩm ban đầu của đất, (% của độ rỗng A);
 Xem minh họa ở hình 3.8.
- W_e - lớp nước bốc hơi trong thời gian làm ải; mm
 $W_e = 10. E \times t_a$
 E - bốc hơi trung bình ngày trong thời gian làm ải, mm/ngày;
 t_a - thời gian làm ải, ngày;
- W_p - lượng thấm ổn định; mm
 $W_p = 10 K_e. I. t$
 K_e - hệ số thấm ổn định, tùy theo loại đất, mm/ngày;
 J - gradient thấm ổn định;
 $J = \frac{a + H}{H}$
 t - thời gian thấm ổn định, ngày
- C - hệ số sử dụng nước mưa
 $C = \frac{R_e}{R}$
 R_e - lớp nước mưa hữu hiệu, mm;
 R - lớp nước mưa đo thực tế từ thùng đo mưa, mm



Hình 3.8: Minh họa các thông số của phương trình 3.19

Hệ số tưới ải q (l/s.ha) sẽ xác định theo công thức:

$$q = \frac{W_{ta}}{8,64 \times t} \tag{3-20}$$

- **Lượng nước tưới dưỡng**

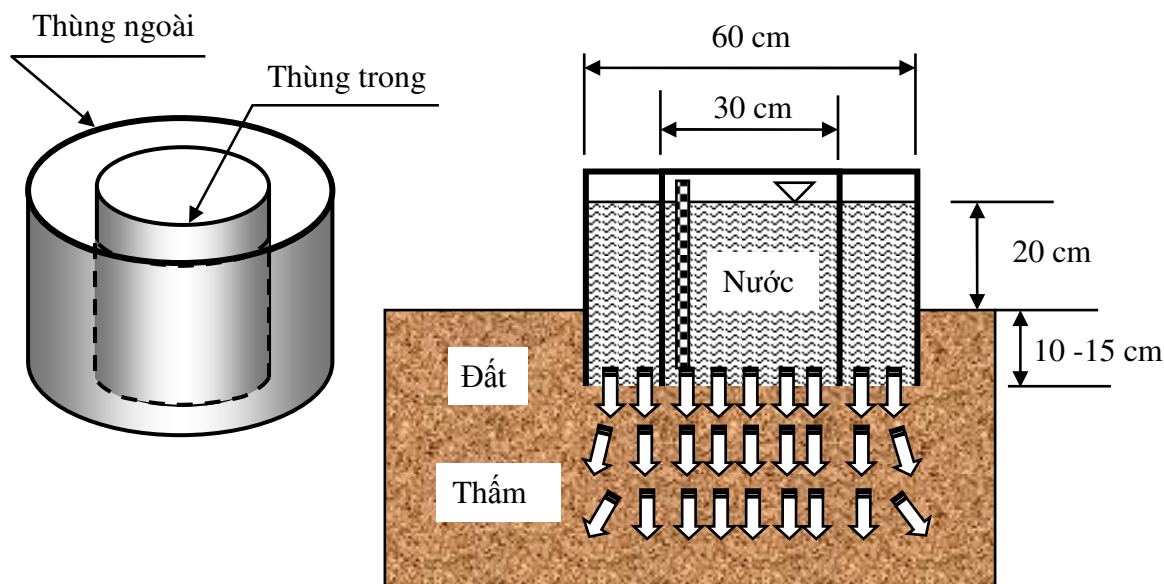
Dựa vào phương trình cân bằng nước:

$$I = ET + P - R \quad (3-21)$$

trong đó:

- I - lớp nước tưới, mm;
- ET - lớp nước mất đi do bốc thoát hơi, mm
- P - lớp nước thấm rút, mm;
- R - lớp nước mưa rơi xuống, mm.

Để đo lượng thấm rút xuống đất, người ta chôn 2 thùng trụ tròn đồng tâm có đường kính lần lượt là 30 cm và 60 cm xuống đất (hình 3.9). Nước ở hai thùng bằng nhau, thùng ngoài có tác dụng tạo gradient thủy lực để nước ở thùng trong bảo đảm được thấm thẳng đứng xuống đất. Đo độ hạ thấp mực nước ở thùng trong để xác định tốc độ thấm rút theo mm/giờ.



Hình 3.9: Bố trí đo thấm rút ngoài đồng

Sự thấm rút phụ thuộc vào loại đất trồng, ví dụ một kết quả đo cho ở bảng 3.7. Bảng 3.8 cho phân loại mức độ thấm rút.

Bảng 3.7: Tốc độ thấm rút của một số loại đất

Loại đất	Tốc độ thấm rút (mm/giờ)	
	Đất có thảm thực vật	Đất trống
Đất thịt	25	13
Đất thịt mịn	15	8
Đất thịt pha sét	5	3

Bảng 3.8: Phân loại tốc độ thấm

Mức độ	Tốc độ thấm (mm/giờ)
Nhanh	> 160
Nhanh – Trung bình	50 - 160
Trung bình	16 - 50
Trung bình – Chậm	5 - 16
Chậm	1,25 – 5,0
Rất chậm	< 1,25

• **Định lượng tưới dưỡng bằng phương pháp lập bảng**

Lập bảng tính sơ bộ dựa vào phương trình cân bằng nước ứng mỗi thời đoạn 10 ngày tại mỗi giai đoạn sinh trưởng theo ví dụ ở bảng 3.9.

Bảng 3.9: Cân bằng nước trên ruộng lúa trong thời kỳ tưới dưỡng

Đơn vị tính: mm

Thời kỳ sinh trưởng	Thời đoạn 10 ngày	Lớp nước đầu thời đoạn S_1	Bốc thoát hơi ET	Thấm P	Lượng mưa R	Lượng tưới I	Lớp nước cuối thời đoạn S_2	Lớp nước bình quân giữa đầu và cuối kỳ	Lớp nước cây lúa yêu cầu
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
Cây	1/5 – 10/5	30	24	10	15	39	40	35	30 - 40
Nảy chồi	16/5 – 26/5	40	30	8	20	18	40	40	30 - 50
	27/5 – 6/6	40							
	7/6 17/6								
	...								
Trở đồng	...								30 - 60
	...								
Ngâm sữa	...								10 – 20
Chắc xanh	...								10
Chín	...								0

Các bước tính toán:

- Lập bảng theo mẫu ở trên;
- Lớp nước ở thời đoạn đầu S_1 dựa vào thực tế ngoài đồng hoặc giả định;
- Các số liệu ở cột (4), (5) và (6) lấy từ Trạm Khí tượng;
- Lượng nước tưới I căn cứ vào lớp nước cây lúa yêu cầu và dự kiến lớp nước thời đoạn cuối mà định mức tưới;
- Lớp nước ở thời đoạn cuối S_2 (mỗi thời đoạn 10 ngày):

$$S_2 = S_1 + R + I - ET - P \quad (3-22)$$

- Lượng nước bình quân giữa đầu và cuối kỳ:

$$\bar{S} = \frac{S_1 + S_2}{2} \quad (3-23)$$

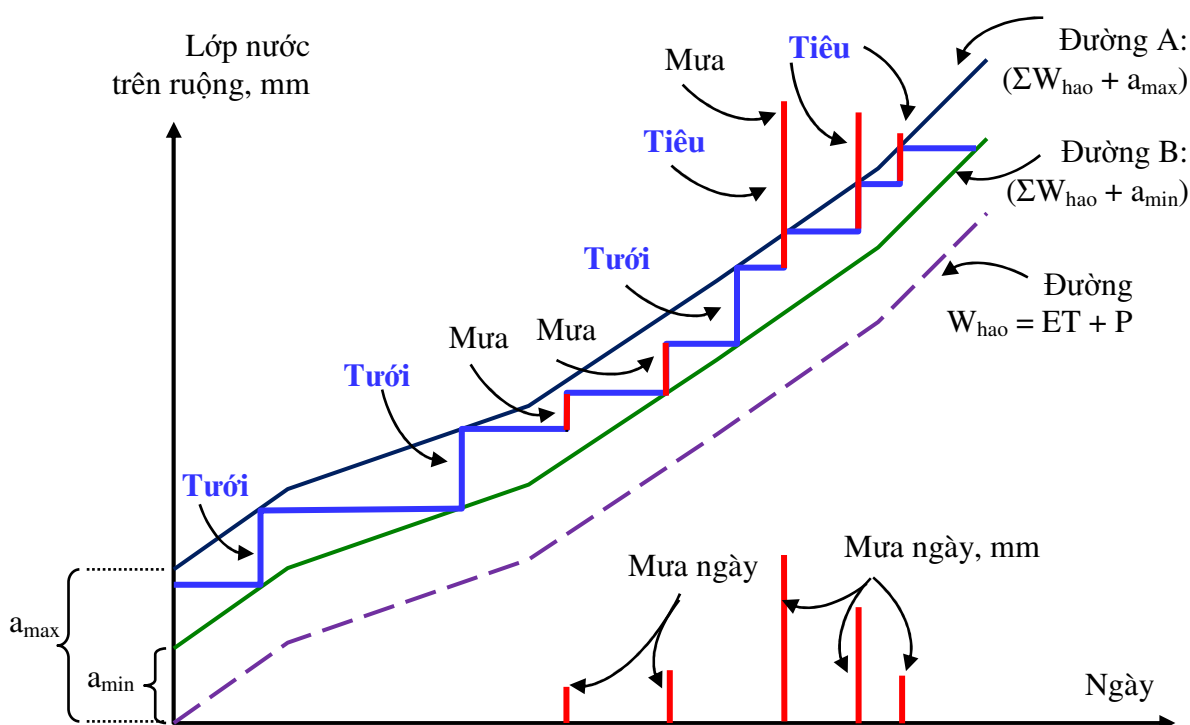
- Lớp nước cây lúa yêu cầu thường dựa vào các nghiên cứu nhu cầu lớp nước ở từng giai đoạn sinh trưởng mà đưa ra khuyến cáo.

Kết quả trên mang tính sơ bộ vì có một số cột số liệu khí tượng chỉ là phỏng đoán. Theo thực tế canh tác và diễn biến thời tiết mà bảng trên sẽ có các bước hiệu chỉnh.

- **Định lượng tưới dưỡng bằng phương pháp đồ giải**

Các bước thực hiện (Hình 3.10):

- Lập đồ thị có 2 trục: trục hoành là thời gian sinh trưởng của cây lúa, trục tung là mức tưới tương ứng;
- Vẽ đường lũy tích nước hao (ΣW_{hao}): $W_{\text{hao}} = ET + P$;
- Vẽ đường lũy tích nước hao A ($\Sigma W_{\text{hao}} + a_{\text{max}}$) với a_{max} là lớp nước tối đa giữ trên mặt ruộng, $a_{\text{max}} = 60$ cm;
- Vẽ đường lũy tích nước hao B ($\Sigma W_{\text{hao}} + a_{\text{min}}$) với a_{min} là lớp nước tối thiểu giữ trên mặt ruộng, $a_{\text{min}} = 30$ cm;
- Trên trục hoành, vẽ lượng mưa rơi theo ngày xuất hiện. Lượng mưa xác định từ mô hình mưa ngày ứng với tần suất thiết kế 75% (xem thêm ở Giáo trình Thủy văn Công trình của Lê Anh Tuấn, 2006, Đại học Cần Thơ).
- Từ điểm a_0 ban đầu của lớp nước trên ruộng, vẽ đường thẳng nằm ngang, song song với trục hoành, cắt đường B, từ điểm giao cắt, tiếp tục vẽ đường thẳng đứng, song song với trục tung, cắt đường A. Đoạn giữa đường B và đường A chính là lượng nước tưới tại thời điểm xem xét.
- Trường hợp có mưa, thì tịnh tiến chiều dày lớp nước mưa lên, cộng thêm lớp nước mặt ruộng tại thời điểm đó. Nếu lớp nước này vượt quá đường A thì phải tiêu nước ở thời đoạn đó. Nếu lớp nước không vượt quá đường A thì tiếp tục vẽ đường ngang cho đến khi gặp đường B để xác định thời điểm tưới và lớp nước tưới.



Hình 3.10: Xác định các thời kỳ tưới hoặc tiêu cho cây trồng bằng đồ giải

3.4.4. Xác định mức tưới cho cây trồng cạn

Đối với cây trồng cạn, người ta dùng phương pháp tưới ẩm. Phương pháp này là cần duy trì độ ẩm thích hợp trong đất β nằm trong giới hạn thủy dung ngoài đồng (hay độ ẩm lớn nhất β_{\max}) và điểm héo (hay độ ẩm nhỏ nhất β_{\min}) (Hình 3.11). β_{\min} phụ thuộc vào lượng bốc thoát hơi của cây trồng hay nói cách khác phụ thuộc vào loại cây trồng.

$$\beta_{\min} < \beta < \beta_{\max} \quad (3-24)$$

Tổng lượng nước hữu hiệu (Total Available Water – TAW) được xác định theo:

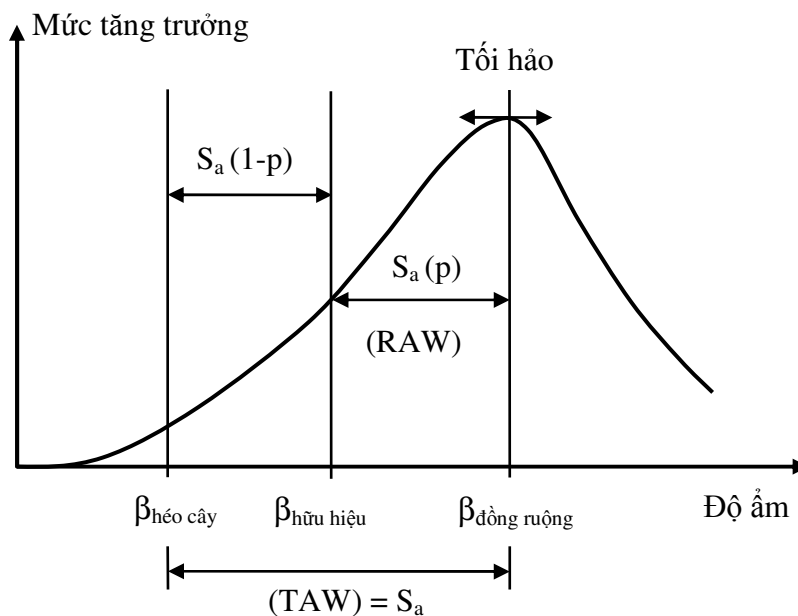
$$TAW = S_a = W_{\text{đồng ruộng}} - W_{\text{héo cây}} = (\beta_{\text{đồng ruộng}} - \beta_{\text{héo cây}}) \cdot D \quad (3-25)$$

Với D - chiều sâu lớp đất cần tưới; cm.

Độ ẩm hữu hiệu (Readily available water – RAW)

$$RAW = S_a \cdot p \quad (3-26)$$

Với p - hệ số phụ thuộc vào cây trồng và lượng bốc thoát hơi, có thể lấy $p = 0,75$.



Hình 3.11: Minh họa cách xác định tổng lượng nước hữu hiệu và độ ẩm hữu hiệu

Việc xác định độ ẩm trong đất thường mất thời gian, muốn chính xác phải khoan lấy mẫu ngoài đồng và đưa về phòng thí nghiệm phân tích. Theo kinh nghiệm, ta có thể ước đoán độ ẩm trong đất bằng cách quan sát ngoài đồng và thử đất bằng tay như ở Bảng 3.10 và Bảng 3.11.

Bảng 3.10: Xác định độ ẩm bằng quan sát và thử bằng tay ở ruộng đất thịt

Quan sát và thử bằng tay			
Độ ẩm 50 – 60%	Độ ẩm 70 – 75%	Độ ẩm 80 – 85%	Độ ẩm 90- 85%
<u>Ruộng màu:</u> Đất không vo thành viên được	<u>Ruộng màu:</u> Đất vo thành viên được nhưng khi ấn vào thì vỡ dễ dàng	<u>Ruộng màu:</u> Đất vo thành viên được, khi ấn vào thì không vỡ	<u>Ruộng màu:</u> Đất se được thành những sợi nhỏ
<u>Ruộng lúa:</u> Mặt ruộng nứt nẻ, nghiêng bàn chân có thể lọt vào khe nứt	<u>Ruộng lúa:</u> Mặt ruộng nứt chân chim	<u>Ruộng lúa:</u> Mặt ruộng liền mặt, có giun đùn đất	<u>Ruộng lúa:</u> Mặt ruộng nhão

Bảng 3.11 : Xác định lượng nước cần tưới bằng xúc giác

Lượng nước cần tưới I (cm/100 cm)	Loại đất			
	Đất cát	Đất pha cát	Thịt trung bình	Sét
0	Nước ra tay khi nắm chặt (*)	(*) + có thể vãn sợi nhỏ, ngắn.	(*) + có thể vãn sợi 3 cm	(*) + có thể vãn về sợi 5 cm
2,5	Hơi ẩm Thành viên tròn dễ vỡ	Thành viên tròn khó vỡ	Thành viên tròn dẹt Khi vãn sẽ dính	Dính Vãn thành sợi dễ dàng
4,2	Hơi ẩm, Hơi dính	Có thể thành viên tròn	Thành viên tròn khó vỡ	- nt -
6,5	Khô rời rạc Chảy qua kẽ tay	Có thể thành viên tròn yếu	- nt -	Thành viên tròn khó vỡ

(Nguồn: Meriam *et al*, 1973)

Khi tính toán chế độ tưới cho cây trồng cạn, cần xác định:

- i. Lớp nước tưới;
- ii. Chu kỳ tưới;
- iii. Thời gian tưới;
- iv. Số lần tưới;
- v. Tổng lượng nước tưới.

i. Xác định lượng nước tưới

$$I = (\beta_{\text{đồng ruộng}} - \beta_{\text{min}}) \gamma_k \cdot D \quad (3-27)$$

trong đó:

- γ_k - dung trọng khô của đất, g/cm³;
 D - chiều sâu lớp đất cần tưới; cm.

ii. Xác định chu kỳ tưới

- Ngày tưới là ngày mà độ ẩm đất giảm xuống tới độ ẩm nhỏ nhất β_{min}
- Chu kỳ tưới là khoảng thời gian giữa hai lần tưới
- Viết phương trình cân bằng nước giữa hai lần tưới

$$I + R = nET + \Delta\beta \quad (3-28)$$

trong đó:

- n - số ngày tưới, ngày;
 $\Delta\beta$ - chênh lệch độ ẩm ở đầu và cuối thời đoạn, %;
 $\Delta\beta = 0 \rightarrow$

$$n = \frac{I + R}{ET} \quad (3-29)$$

iii. Thời gian tưới

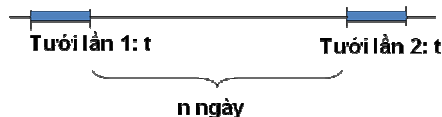
$$t = \frac{I}{8,64 \times q} \quad (3-30)$$

trong đó:

- I - lượng nước tưới, mm/ngày;
q - hệ số tưới, l/s.ha;

iv. Số lần tưới

Số lần tưới dựa theo thời gian sinh trưởng của cây trồng và chu kỳ tưới (Hình 3.11)



Hình 3.11: Đếm số lần tưới trong cả thời gian sinh trưởng của cây trồng

v. Tổng lượng tưới

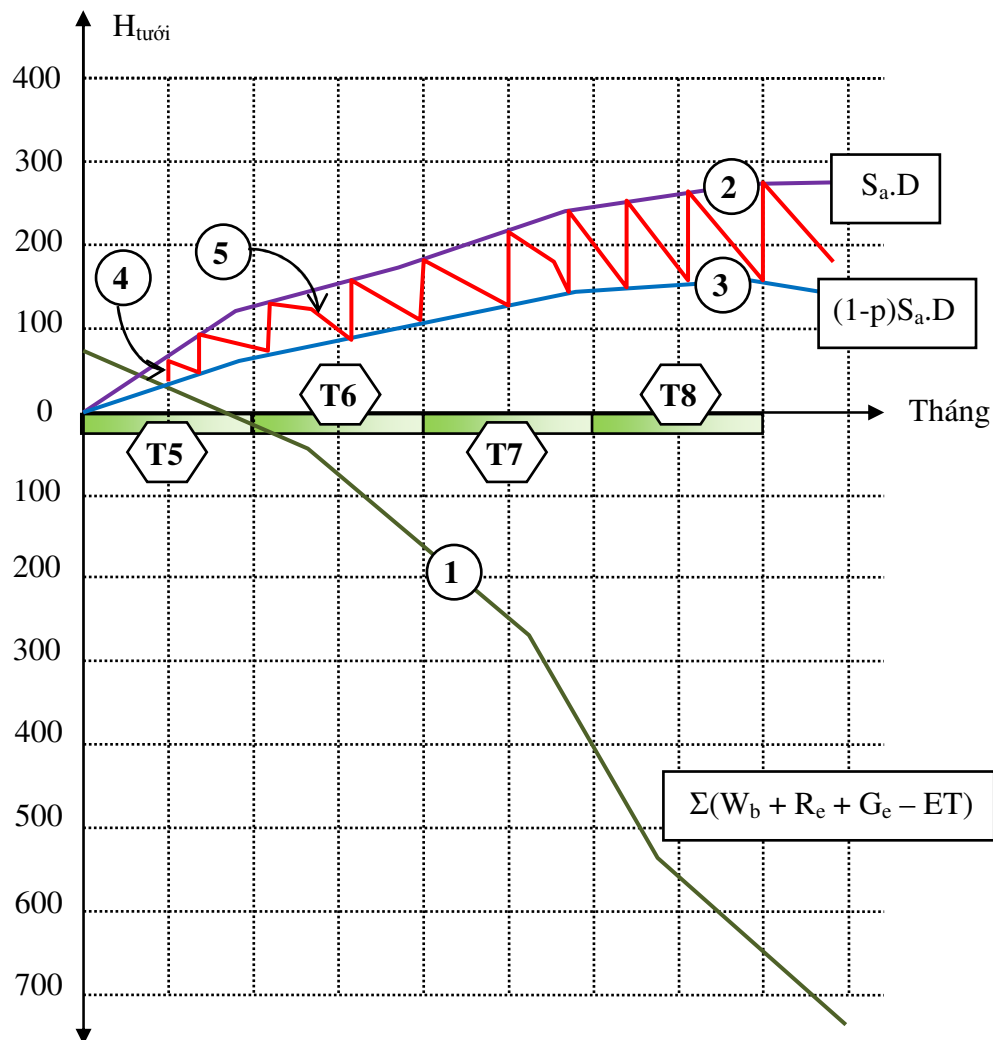
Tổng lượng tưới cho cả vụ I_{vu} là tổng lượng tưới cho từng kỳ tưới I_i :

$$I_{vu} = \sum I_i \quad (3-31)$$

Ta có thể dùng phương pháp đồ giải để vẽ xác định mức tưới theo thời gian (Hình 3.12).

- Vẽ trục tung là mức nước tưới, có chiều dương 2 đầu, trục hoành các các tháng của thời vụ canh tác.
- Vẽ đường lũy tích cân bằng nước, đường số (1): $W = \Sigma(W_b + R_e + G_e - ET)$, trong đó:
 - W_b - lượng nước đầu thời đoạn;
 - R_e - lượng mưa hữu hiệu;
 - G_e - lượng nước ngầm bổ sung; và
 - ET - lượng bốc thoát hơi.
- Vẽ đường số (2): $S_a.D$, trong đó:
 - S_a - tổng lượng nước hữu hiệu (TAW);
 - D - chiều sâu lớp đất cần tưới, cm.
- Vẽ đường số (3): $(1 - p) S_a.D$
 - p - hệ số phụ thuộc vào cây trồng và lượng bốc thoát hơi.
- Từ giao điểm giữa đường số (1) và đường số (3), vẽ đường số (4) song song với trục tung cắt đường số (2), từ giao điểm đó vẽ đường song song với đường số (1) đến khi cắt đường số (3) thì vẽ lên đường số (5) song song với trục tung, ... Tiếp tục như vậy ta sẽ có một chuỗi đường “dích dắc” số (4) và (5) xen nhau.

- Thời điểm tưới các các đoạn đường số (4).
- Lớp nước tưới chính là chiều cao của đường số (4) nằm kẹp giữa đường số (2) và số (3).
- Số lần tưới là số đoạn thẳng đứng số (4).



Hình 3.12: Đồ giải để xác định mức tưới cho cây trồng cạn