

SƠ BỘ ĐÁNH GIÁ LƯỢNG BỐC TOÁT HƠI TIỀM NĂNG VÀ MÙA SINH TRƯỞNG CÂY TRỒNG Ở NƯỚC TA

GS. NGUYỄN VIỆT PHỒ
Tổng cục Khí tượng Thủy văn

Trong vài thập kỷ gần đây các nhà khoa học khí tượng thủy văn và nông nghiệp đã vận dụng quan điểm hệ thống môi trường — sinh thái học, phân tích mối quan hệ tương tác ràng buộc lẫn nhau giữa các yếu tố đất — nước — khí hậu của quyển sinh thái đưa ra các mô hình phát triển nông nghiệp làm cơ sở cho việc xây dựng quy hoạch nông nghiệp cho từng vùng, từng địa phương thiết kế các hệ canh tác nuôi trồng, khai thác tối ưu và bảo vệ có hiệu quả các tài nguyên đất, nước, khí hậu hạn chế những thiệt hại do thiên tai gây ra để đạt được sản lượng tối đa ngày càng tăng ổn định và vững chắc.

Các kết quả nghiên cứu phân tích định lượng quan hệ giữa cây trồng và các yếu tố khí tượng thủy văn đều chứng minh rằng: bức xạ, nhiệt độ và nước là ba nhân tố chính quy định quá trình quang hợp sạch, cho phép cây trồng tích lũy vật chất khô phát triển phù hợp với mức độ và cấu trúc của các nhóm cây trồng. Nắm được qui luật phân bố về lượng và chất trong không gian và dao động theo thời gian của các yếu tố trên sẽ giúp cho việc phân vùng sinh thái nông nghiệp được chính xác. Đó là cơ sở khoa học để khai thác tài nguyên đất và kế hoạch hóa việc khai thác có hiệu quả tài nguyên khí hậu và tài nguyên nước. Để làm được công việc này cần phải tổ chức kiểm kê các tài nguyên, đánh giá các tài nguyên trong các thời kỳ sinh trưởng của cây trồng. Trong phạm vi bài báo này chúng tôi chỉ tìm hiểu về thời kỳ sinh trưởng của cây trồng trên lãnh thổ nước ta. Xác định thời kỳ sinh trưởng của cây trồng chính là định lượng về thời gian có thể tiến hành sản xuất theo khả năng của nước mưa và nhu cầu về nước của cây trồng.

I — MÙA SINH TRƯỞNG TRONG PHÂN VÙNG SINH THÁI NÔNG NGHIỆP

Trong khi phân vùng sinh thái, thiết kế các hệ canh tác, thường xét hai trạng thái:

1. Khi nguồn nước không có mâu thuẫn: nhờ vào các hệ thống thủy lợi tạo điều kiện cho việc tưới tiêu được hoàn toàn chủ động. Với điều kiện này sự phát triển của cây trồng và sự sản xuất sinh khối được điều khiển bởi cường độ bức xạ và nhiệt độ. Các điều kiện của các yếu tố khí tượng thủy văn khác cũng cần được xét đó là độ ẩm cao thuận lợi cho phát triển sâu bệnh, gió bão làm cho cây cối đổ rạp, bật rễ, mưa cường độ quá lớn, sương muối, giá rét ...

2. Khi nguồn nước có mâu thuẫn; đây là trường hợp thông thường của vùng nhiệt đới ẩm, không có hệ thống tưới tiêu chủ động, cây trồng phát triển phụ thuộc duy nhất vào nguồn nước được cung cấp từ nước trời (mưa), các đợt hạn thường xuất hiện, đặc biệt trong thời kỳ đầu và cuối mùa sinh trưởng. Trong mùa mưa có tháng mưa quá nhiều gây ngập úng làm giảm sản lượng cây trồng thậm chí có khi mất trắng. Vì vậy tùy theo điều kiện đất và cán cân nước của vùng, tiêu vùng mà người ta thiết kế chọn các nhóm cây trồng cạn, nhóm cây ưa nước ...

Ở nhiều nước trên thế giới và ngay cả ở nước ta, không phải chỗ nào cũng có điều kiện thuận lợi để làm công trình tưới tiêu chủ động, hoặc nếu làm công trình thì giá thành quá đắt không bằng khai thác nước trời để tiến hành sản xuất nông nghiệp. Các con số mà các tổ chức thế giới đã công bố: loại diện tích đất nông nghiệp dựa vào nước trời trung bình chiếm 1/2 - 2/3 tổng diện tích đất nông nghiệp. Theo con số thống kê của các nước ASEAN như Thái Lan chỉ có 27% đất nông nghiệp trồng lúa nước và chỉ có 11% trong số đó được tưới tiêu, đến 80% là dùng nước trời. Ở nước ta, tùy theo vùng diện tích này có thể thay đổi, vấn đề là giải các bài toán kinh tế kỹ thuật để chọn phương án tối ưu.

Vì vậy việc tính toán thời kỳ sinh trưởng của cây trồng cho từng vùng sinh thái nông nghiệp cũng là một yêu cầu bức thiết. Các nhà khoa học đã định nghĩa thời kỳ sinh trưởng của cây trồng là thời kỳ trong năm mà lượng mưa vượt một nửa lượng bốc toát hơi tiềm năng cộng thêm số ngày đủ để bốc hơi một lượng trữ ẩm 100 mm trong đất. Như vậy thời kỳ sinh trưởng bình thường bao gồm một thời kỳ đủ lượng ẩm tức là lúc mà lượng mưa vượt một nửa lượng bốc toát hơi tiềm năng, loại trừ thời gian mà mặc dù đủ ẩm nhưng không đủ nhiệt độ cho cây phát triển.

Việc tính thời kỳ sinh trưởng thường dựa vào một mô hình đơn giản của cán cân ẩm: lượng mưa P và lượng bốc toát hơi tiềm năng PET — Theo thực nghiệm tùy theo lượng ẩm có được, thời kỳ sinh trưởng được chia ra các giai đoạn như sau:

1. Giai đoạn có ẩm dề bắt đầu mùa sinh trưởng: sự bắt đầu thời kỳ này ứng với lúc mà $P = 0,5 PET$ cũng tức là lượng ẩm tối thiểu cần thiết cho hạt nảy mầm và mọc nhô lên mặt đất.

2. Giai đoạn ẩm là thời kỳ cây cối phát triển bình thường: lượng mưa đáp ứng đầy đủ lượng bốc toát hơi của cây trồng khi mà tán của chúng đã phát triển hoàn chỉnh, cũng như bù được cho sự thiếu hụt ẩm của đất $P \geq PET$.

3. Giai đoạn thiếu ẩm kết thúc mùa mưa: sau những tháng mưa lớn lượng mưa giảm nhỏ hơn lượng bốc toát hơi tiềm năng và cây trồng phải huy động lượng ẩm tích trữ được trong đất. Khi lượng mưa giảm mạnh, sự thiếu hụt ẩm tăng lên làm thay đổi các phản ứng sinh lý của cây trồng tức là khi $P < 0,5 PET$ cây trồng buộc phải đạt được độ thành thục. Có thể nói khi mà $P = 0,5 PET$ là lúc kết thúc mùa mưa.

4. Giai đoạn khô kết thúc mùa sinh trưởng: phần lớn thời kỳ sinh trưởng của cây trồng thường kéo dài hơn thời kỳ mùa mưa nhờ vào việc khai thác độ ẩm trữ được trong đất. Lượng trữ ẩm trong đất sau mùa mưa thay đổi tùy theo độ sâu đất, hệ thống bộ rễ, đặc điểm vật lý của đất. Trong thực nghiệm đã chứng minh thời kỳ sinh trưởng sau mùa mưa đòi hỏi một lượng trữ ẩm khoảng 100mm trong đất.

Viện nghiên cứu lúa ở Philippin và Tổ chức khí tượng thế giới đã thí nghiệm và rút ra các chỉ tiêu mùa sinh trưởng của cây lúa như sau:

Một vụ lúa dùng nước mưa cần 3 tháng liên tục có lượng mưa trên 200mm. Nếu có 5 tháng liên tục mưa trên 200mm thì có thể trồng hai vụ lúa gieo thẳng — có 7 tháng mưa trên 200mm thì cấy được hai vụ lúa. Nơi nào mỗi năm có 10 tháng mưa trên 200mm thì có thể trồng cây quanh năm. Nếu có 4 tháng ẩm và 2—3 tháng khô thì sẽ có thời kỳ sinh trưởng 270 ngày thích hợp cho việc bố trí một vụ lúa và 1 vụ ngô — đậu tương.

Các kết quả trên đây là dựa trên thực nghiệm và tính toán. Chi tiết ra là:

Khi $P = 92\text{mm}$ nước đủ thỏa mãn cho cây trồng cạn và khi $P = 174\text{mm}$ nước đủ thỏa mãn cho cây lúa nước. Cho nên trong thực hành thường lấy chỉ tiêu tháng có $P < 100\text{mm}$ là tháng khô hạn và $P \geq 200\text{mm}$ là tháng ẩm.

Xác định được mùa sinh trưởng của từng vùng sẽ giúp cho việc chọn cây trồng có chu kỳ sinh trưởng từ nảy mầm đến thành thực thích hợp, cũng tức là bố trí cho cây trồng có điều kiện phát triển hài hòa và cho sản lượng hài lòng nhất là trong giai đoạn hoạt động tạo thành sản phẩm và thu hoạch.

II — CÁC PHƯƠNG PHÁP TÍNH TOÁN CÁC THÀNH PHẦN CỦA MÔ HÌNH P VÀ PET.

Về phương pháp tính lượng mưa P thì nói chung chúng ta đã làm nhiều theo phương pháp thống kê thông thường.

Trong phạm vi bài này chúng tôi muốn đề cập đến các phương pháp tính lượng bốc toát hơi tiềm năng PET.

Năm 1948 Penman đưa ra định nghĩa: lượng bốc toát hơi tiềm năng (PET) là lượng nước tối đa có thể bốc hơi trên một đơn vị diện tích đất phủ thảm cỏ dày trong điều kiện lượng nước cung cấp không bị hạn chế. Tổng lượng nước được bốc hơi từ đất và toát hơi từ cây trồng phụ thuộc vào điều kiện khí tượng thủy văn tại chỗ và sự phát triển của cây trồng. Từ đó có hai loại mô hình tính PET:

Mô hình vi khí tượng; sử dụng các thông số khí tượng như nhiệt độ không khí (phương pháp Blaney — griddle); ẩm, tốc độ gió, thời gian chiếu sáng của mặt trời hoặc bức xạ (phương pháp Penman). Gần đây năm 1979 Frère và Popov, dùng các thí nghiệm của FAO trong 10 năm, phát triển công thức của Penman cho vùng Đông Nam Á nhiệt đới, ẩm, gió mùa. Các số liệu đưa vào công thức tính là nhiệt độ, sức trương hơi nước hoặc độ ẩm tương đối, thời gian nắng và tốc độ gió.

— *Mô hình thủy văn*: sử dụng phương trình cân bằng nước với nhận thức là lượng bốc toát hơi ET là hiệu của lượng mưa P và dòng chảy R, sự

thay đổi nước ngầm G và độ ẩm đất W — Mô hình này có thể dùng để tính cho thời đoạn từ 1 tuần đến 1 năm, Trong thời đoạn 1 năm thì có thể bỏ qua sự thay đổi lượng trữ nước ngầm và độ ẩm đất.

Sau khi cân nhắc, chúng tôi chọn mô hình của Frère và Popov để tính PET và xác định mùa sinh trưởng của cây trồng:

$$PET = \frac{(C \cdot H_t + A_t)}{(C + 1)} \quad (1)$$

trong đó $H_t = R_{sw} - R_{ir}$

$$R_{sw} = 0,75 Ra \left(a + b \cdot \frac{n}{N} \right)$$

$$R_{ir} = ST_k \cdot 4(0,56 - 0,079 \sqrt{e_d}) \left(0,10 + 0,90 \frac{n}{N} \right)$$

$$e_d = R_H \cdot e_a$$

$$A_t = 0,26 (e_a - e_d) (1,00 + C_t u).$$

H_t — bức xạ thực (net radiation)

R_{sw} — bức xạ sóng ngắn hấp thụ bởi bề mặt bốc hơi,

R_a — tổng xạ lý thuyết

R_{ir} — bức xạ hồng ngoại hiệu dụng.

A_t — thông số khí động.

C — hệ số hiệu chỉnh theo độ cao trên mặt biển và áp suất không khí tại vị trí tính.

e_a và e_d — sức trương hơi nước bão hòa ở nhiệt độ điểm sương và thực tế.

u — tốc độ gió ở độ cao 2m trên mặt đất,

a và b — thông số thay đổi theo $\frac{n}{N}$ (số giờ mặt trời chiếu sáng thực tế và tối đa). Theo thực nghiệm ở vùng nhiệt đới ẩm: a = 0,29 và b = 0,42.

R_H — độ ẩm tương đối

Các tác giả đã lập các loại biểu tính sẵn để tra các số hạng khi có đầy đủ các yếu tố đưa vào mô hình,

Chúng tôi đã sử dụng các số liệu có được để tính PET cho 54 trạm phân bố trên lãnh thổ nước ta.

III—KẾT QUẢ TÍNH TOÁN.

Căn cứ vào kết quả tính toán (bảng 1) có thể sơ bộ rút ra một số nhận xét về sự phân hóa theo không gian và phân phối theo thời gian trong năm của PET như sau:

1. Về lượng: lượng bốc toát hơi tiềm năng hàng năm thay đổi theo vùng từ 900mm đến trên 1700mm. Có xu thế tăng lên dần từ Bắc vào Nam.

1a. Ở Bắc Bộ và bắc Khu IV cũ lượng PET năm thay đổi từ 900mm đến trên dưới 1200mm.

1b. Vùng từ Đồng Hới đến Quảng Ngãi lượng PET năm thay đổi từ 1300 đến trên 1400mm.

1c. Từ Qui Nhơn trở vào lượng PET năm thay đổi từ 1500 — 1700mm.

Bảng 1 - Lượng P và PET ở một số trạm chính (mm).

Trạm		Tháng												Năm	Mùa sinh trưởng
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII		
Lai Châu	P	27	33	60	149	231	460	444	395	132	97	59	34	2126	2126
	PET	54	69	99	93	115	99	99	105	99	84	60	50	1026	1026
Sơn La	P	19	27	39	121	171	267	247	285	145	70	25	18	1435	1304
	PET	54	74	95	112	125	105	108	102	94	80	60	52	1063	725
Hà Giang	P	30	39	43	109	309	487	524	389	249	177	88	39	2483	2483
	PET	37	44	62	86	118	99	110	112	107	77	53	42	942	942
Bắc Giang	P	22	18	30	111	163	225	234	306	200	125	35	21	1492	1398
	PET	60	62	75	93	141	132	144	125	120	95	62	61	1171	1079
Hà Nội	P	20	25	32	111	166	244	260	308	274	154	56	20	1672	1630
	PET	48	50	64	83	127	125	137	113	111	95	69	55	1080	988
Vinh	P	49	39	48	66	137	119	950	230	377	420	162	80	2022	2022
	PET	57	48	66	98	149	150	166	136	109	91	64	53	1180	1180
Đồng Hới	P	52	50	48	54	106	80	79	150	465	663	359	140	2247	2247
	PET	61	67	84	111	146	166	180	162	109	90	72	58	1306	1306
Quảng Ngãi	P	128	54	33	51	73	98	92	132	307	580	476	276	2302	2145
	PET	79	91	121	140	164	149	160	149	130	109	88	76	1460	1305
Quy Nhơn	P	64	30	21	37	65	58	49	66	239	464	401	181	1677	1355
	PET	107	111	138	156	107	178	187	180	147	167	105	102	1711	628
Phan Thiết	P	12	06	13	35	141	154	179	163	140	167	47	14	1110	1006
	PET	133	143	173	171	153	148	150	146	138	140	132	128	1755	875
Kon Tum	P	20	7	40	98	220	234	307	325	322	149	57	8	1771	1713
	PET	99	107	137	130	115	102	91	85	85	99	105	94	1250	1193
Đắc Lắc	P	36	2	23	107	234	238	274	298	297	189	85	24	1770	1717
	PET	164	149	182	156	138	119	119	114	106	89	106	103	1426	1373
Thành phố Hồ Chí Minh	P	8	7	4	45	222	321	295	238	321	258	136	60	1915	1896
Cần Thơ	PET	65	72	90	90	148	138	140	145	126	127	120	60	1695	1468
	P	9	3	12	43	167	182	225	171	278	250	168	52	1560	1441
	PFT	116	120	156	139	133	119	120	120	117	120	108	111	1500	1065

1d. Vùng Tây Nguyên bao gồm thượng nguồn sông Đồng Nai có lượng PET từ 1100 đến trên 1400mm.

2. Phân phối theo thời gian: cũng có sự phân hóa:

2a. Vùng Đông Bắc Việt Bắc, Đồng bằng Bắc Bộ và vùng bắc Khu IV cũ từ tháng V đến tháng IX lượng PET tháng tăng lớn trên 100mm. Tháng có lượng PET lớn nhất là tháng VII và tháng có lượng PET nhỏ nhất là tháng I.

Vùng Tây Bắc từ tháng V đến tháng VIII lượng PET tháng vượt 100mm. Tháng lớn nhất là tháng V và tháng nhỏ nhất là tháng XII.

2b. Vùng Đồng Hới - Quảng Ngãi; thời gian có lượng PET tháng vượt 100mm là từ tháng III - tháng IV đến tháng IX - tháng X, tháng lớn nhất là tháng VII và tháng nhỏ nhất là tháng XII.

2c. Phần còn lại ở phía nam quanh năm các tháng đều có lượng PET > 100mm. Từ Quy Nhơn đến Nha Trang tháng lớn nhất là tháng VII và tháng nhỏ nhất là tháng XII các vùng còn lại tháng III là tháng lớn nhất và

tháng nhỏ nhất xuất hiện lẻ lẻ ở các tháng IX, XI và XII. Vùng Tây Nguyên tháng nhỏ nhất là tháng IX.

IV – MÙA SINH TRƯỞNG CỦA CÂY TRỒNG Ở NƯỚC TA.

Sau khi tính được PET năm sử dụng mô hình cân bằng giữa PET và P để xác định mùa sinh trưởng của cây trồng. Vận dụng tiêu chuẩn đã nêu ở trên, kết quả tính toán cho phép sơ bộ nhận xét về sự phân hóa của mùa sinh trưởng cây trồng theo không gian trên lãnh thổ nước ta như sau.

1. Vùng núi Bắc Bộ: Nói chung đủ ẩm quanh năm. Lượng PET năm cũng là lượng PET mùa sinh trưởng thay đổi từ trên 900 đến trên 1000mm.

2. Trung du Bắc Bộ: mùa sinh trưởng chỉ đạt 8 tháng từ tháng IV đến tháng XI. Lượng PET năm thường từ trên 1000mm đến trên 1100mm và lượng PET mùa sinh trưởng từ trên 900mm đến trên 1000mm.

3. Đồng bằng Bắc Bộ và Khu IV cũ: đủ tiêu chuẩn trồng cây quanh năm. Lượng PET mùa sinh trưởng thay đổi từ trên 900mm đến trên 1100mm ở đồng bằng Bắc Bộ, Nghệ Tĩnh, và trên 1300mm ở Bình Trị Thiên.

4. Vùng Quảng Nam – Quảng Ngãi: có mùa sinh trưởng 8 đến 9 tháng từ tháng V đến tháng I, II năm sau. Lượng PET mùa sinh trưởng trên 1300mm.

5. Vùng Qui Nhơn – Thuận Hải: có mùa sinh trưởng 5 tháng từ tháng IX đến tháng I năm sau trừ Nha Trang có mùa sinh trưởng chỉ có 4 tháng từ tháng IX đến tháng XII. Lượng PET mùa sinh trưởng từ Qui Nhơn đến Tuy Hòa trên 1400mm, Nha Trang gần 500mm, Phan Thiết gần 900mm.

6. Vùng Tây Nguyên: có mùa sinh trưởng 8 tháng từ tháng IV đến tháng XI, lượng PET mùa sinh trưởng ở Gia Lai – KonTum gần 1200mm, ở Đắc Lắc gần 1400mm.

7. Vùng Đông Nam Bộ: có mùa sinh trưởng quanh năm, lượng PET mùa sinh trưởng khoảng 1400mm.

8. Vùng Trung Nam Bộ: có mùa sinh trưởng 7 tháng từ tháng V đến tháng XI, lượng PET mùa sinh trưởng gần 1000mm.

9. Vùng Tây Nam Bộ: có mùa sinh trưởng 8–9 tháng từ tháng IV đến tháng XI, XII, lượng PET mùa sinh trưởng trên 1000mm.

V – MẤY NHẬN XÉT VÀ KẾT LUẬN.

Từ các kết quả tính toán phân tích trên đây cho thấy điểm nổi lên là ở phía Nam từ Qui Nhơn trở vào lượng PET các tháng đều lớn hơn 100mm, trong khi đó thì lượng mưa lại quá bé thậm chí có nơi có tháng chỉ mưa không đầy 1mm, nên lượng thiếu hụt ẩm quá lớn như ở Tây Nguyên trong 4 tháng khô lượng mưa chỉ có trên 50mm, trong khi đó lượng PET tương ứng là 400mm đến 600mm, ở Trung Nam Bộ lượng mưa của 5 tháng khô chỉ đạt trên 100mm với lượng PET tương ứng trên 650mm.

Lượng PET cũng chính là lượng nước cần cho cây cối phát triển. Qua phân tích sự phân hóa của mùa sinh trưởng có thể thấy để phát triển nông

nghiệp đối với nước ta cần quan tâm giải quyết vấn đề nước cho cây trồng ở vùng trung du Bắc Bộ, vùng Khu V cũ bao gồm các tỉnh duyên hải Nam Trung Bộ và Tây Nguyên, vùng trung tâm đồng bằng Nam Bộ.

Ở những vùng trọng điền lúa như đồng bằng Nam Bộ, Bắc Bộ, duyên hải Trung Bộ, khả năng thỏa mãn nhu cầu về nước cho lúa cũng hạn chế như ở đồng bằng Nam Bộ. Vùng giữa đồng bằng tuy có mùa sinh trưởng dài 7 tháng nhưng chỉ có hai tháng có lượng mưa vượt 200mm không đủ ẩm để trồng một vụ lúa, ở đồng bằng Bắc Bộ nói chung chỉ có 4 tháng liên tục $P > 200\text{mm}$ chưa đủ ẩm để trồng hai vụ lúa ở đồng bằng duyên hải Trung Bộ thì sự phân hóa có phức tạp hơn từ Thanh Hóa đến Đồng Hới chỉ có 3 tháng liên tục $P > 200\text{mm}$. từ Huế đến Quảng Ngãi có 4 tháng, vùng Qui Nhơn Tuy Hòa chỉ còn 3 tháng, Nha Trang 2 tháng và Phan Thiết không có tháng nào.

Rõ ràng là mưa và bốc toát hơi là hai yếu tố sinh thái quan trọng trong việc bố trí thiết kế hệ canh tác nông nghiệp nước trời. Tất nhiên trên nền của mùa sinh trưởng còn phải xét thêm các yếu tố bức xạ, nhiệt và đất.

Phương pháp tính PET từ các yếu tố khí tượng cũng có hạn chế vì PET còn phụ thuộc vào cây trồng và kỹ thuật sử dụng đất đai. Khi thay đổi cây trồng và kỹ thuật canh tác thì PET sẽ thay đổi theo. PET thay đổi sẽ kéo theo sự thay đổi hàng loạt các thành phần của cân cân nước, muối, nhiệt mà trong quản lý tài nguyên nước, quản lý nông nghiệp không thể không quan tâm. Một ví dụ: ở Nam Úc việc đốn rừng bạch đàn để trồng cây nông nghiệp đã làm giảm lượng bốc toát hơi của vùng và hậu quả mang lại là đất và nước bị muối hóa làm thoái hóa môi trường sinh thái một cách nghiêm trọng và là một nguyên nhân sa mạc hóa 200000hecta của vùng Jarrah.

Vì vậy, trong những năm tới để bảo đảm cho nông nghiệp phát triển ổn định vững chắc đạt 24-25 triệu tấn lương thực, khai thác tối ưu và bảo vệ có hiệu quả tài nguyên, đất, nước, khí hậu cần phải quan tâm đến yếu tố mưa và bốc toát hơi tiềm năng./.

Tài liệu tham khảo

1. John W. Christensen - Global science. Energy - Resources - Environment - Second Edition 1984.
2. L.R. Oldeman and M. Frère - A Study of agroclimatology on the humid tropics of South - East Asia. WMO 1982.
3. Rainfed farming systems in Asia and the Pacific - Cropping Patterns in Agro - Ecological Zones of Southeast Asia. FAO - Bangkok 1982.
4. Rapport sur le projet relatif aux zones agro - écologiques - Vol I - Méthodologie et résultats pour l' Afrique FAO 1979
5. Evapotranspiration from plant communities. Papers presented at a Workshop, 24 - 27 May 1982 held at Bunbary, Australia 1984.