

ĐÁNH GIÁ TÁC ĐỘNG CỦA BIẾN ĐỔI KHÍ HẬU ĐẾN NHU CẦU NƯỚC CHO CANH TÁC LÚA TRÊN ĐỊA BÀN TỈNH QUẢNG NGÃI

Võ Ngọc Dũng - Sở Tài nguyên và Môi trường tỉnh Quảng Ngãi

Huỳnh Thị Lan Hương - Viện Khoa học Khí tượng Thủy văn và Môi trường

ThS. Chu Thị Thanh Hương - Cục Khí tượng Thủy văn và Biến đổi khí hậu

Nội dung của bài báo này giới thiệu kết quả nghiên cứu ứng dụng mô hình Cropwat để đánh giá tác động của biến đổi khí hậu (BĐKH) với các kịch bản khác nhau đến nhu cầu nước cho canh tác lúa tỉnh Quảng Ngãi. Kết quả nghiên cứu là cơ sở khoa học hỗ trợ cho công tác lập quy hoạch, định hướng khai thác, sử dụng và phát triển bền vững tài nguyên nước trên địa bàn tỉnh Quảng Ngãi.

Từ khoá: Biến đổi khí hậu; Nhu cầu nước tưới.

1. Giới thiệu chung

Các hoạt động của con người trong những thập kỷ gần đây đã làm tăng đáng kể nồng độ các loại khí gây hiệu ứng nhà kính, đây là tác nhân làm trái đất đang dần nóng lên dẫn đến BĐKH. BĐKH đã, đang và sẽ tác động không nhỏ đến môi trường tự nhiên, môi trường xã hội, đến tất cả các sinh vật trên trái đất... Vì vậy, BĐKH là một trong những nguy cơ và là thách thức lớn nhất của nhân loại trong thế kỷ XXI.

Tác động của BĐKH làm thay đổi sự phân phối lượng mưa, bốc hơi theo không gian và thời gian, kết hợp với nước biển dâng gây tác động nhất định đến đặc điểm tài nguyên nước, ảnh hưởng đến việc khai thác và sử dụng nước cũng như làm tăng các nguy cơ tai biến thiên tai liên quan đến nước. Theo Báo cáo đánh giá lần thứ 5 của Ban Liên Quốc gia về BĐKH (IPCC), đến năm 2100 nhiệt độ toàn cầu sẽ tăng thêm từ 1,0°C đến 3,7°C, cùng với tốc độ phát triển kinh tế làm tăng đáng kể nhu cầu nước, dẫn đến tình trạng thiếu nước... Để có biện pháp khai thác và sử dụng một cách bền vững tài nguyên nước, cần phải đánh giá tác động của BĐKH đến nhu cầu dùng nước trên từng khu vực.

"Đánh giá tác động của BĐKH đến nhu cầu tưới cho các vùng canh tác lúa tỉnh Quảng Ngãi" là một phần trong kết quả của luận văn tốt nghiệp thạc sĩ chuyên ngành BĐKH với đề tài "Đánh giá tác động của BĐKH đến lĩnh vực canh tác lúa tỉnh Quảng Ngãi" của học viên cao học Võ Ngọc Dũng do PGS.

TS. Huỳnh Thị Lan Hương và GS. TS. Trần Thực hướng dẫn.

Trong nghiên cứu này, tác giả sử dụng chương trình Cropwat để tính toán thay đổi về nhu cầu tưới cho các vùng canh tác lúa tỉnh Quảng Ngãi ứng với các kịch bản phát thải thấp (B1), phát thải trung bình (B2) và phát thải cao (A2) và so sánh với thời kỳ nền (1980-1999).

2. Cơ sở lý thuyết

Trong quá trình sinh trưởng và phát triển của cây trồng, nước là một trong những yếu tố quan trọng nhất. Trong 4 khâu nước - phân - cần - giống thì nước là một trong những yếu tố được xếp hàng đầu. Tuy nhiên, nhu cầu nước đối với mỗi loại cây trồng lại khác nhau và phụ thuộc vào nhiều yếu tố. Ngoài ảnh hưởng chung của điều kiện tự nhiên như thời tiết, khí hậu, vị trí địa lý, địa hình thổ nhưỡng, nó còn chịu ảnh hưởng của sinh lý từng loại cây trồng.

Nhu cầu tưới của cây trồng IR_{Req} bằng hiệu số giữa nhu cầu nước của cây trồng và lượng mưa hiệu quả. Nhu cầu nước của cây lúa nước khác với của các cây trồng cạn. Nhu cầu nước của các cây trồng cạn chỉ là lượng nước cần để bù vào tổn thất do bốc thoát hơi nước ET_{crop} . Trong khi đó, nhu cầu nước của cây lúa nước không chỉ là lượng nước cần để bù tổn thất do bốc thoát hơi nước của cây mà còn thêm lượng nước cần để bù tổn thất do thấm trong ruộng đã ngập nước và lượng nước rất cần để làm đất trước khi ươm mạ và cấy lúa.

Chương trình CROPWAT (Phiên bản 8.0) được soạn thảo, công bố và yêu cầu áp dụng bởi Tổ chức Lương thực và Nông nghiệp Liên Hợp Quốc (FAO). Đây là chương trình tính nhu cầu tưới, chế độ tưới và kế hoạch tưới cho các loại cây trồng trong các điều kiện khác nhau.

Trình tự tính toán

* Tính toán lượng bốc hơi mặt ruộng theo công thức Penman

Lượng bốc hơi Penman ETo được xác định từ các yếu tố: Nhiệt độ, độ ẩm, gió, nắng.

* Tính toán lượng mưa hiệu quả:

$$Pe_{ff} = P_{tot} * a \quad (1)$$

Trong đó:

Pe_{ff}: Lượng mưa hiệu quả (mm/ngày);

P_{tot}: Lượng mưa thực tế rơi xuống (mm/ngày);

a: Hệ số sử dụng nước mưa (%);

* Tính toán lượng nước yêu cầu tưới

+ Lượng bốc hơi của cây trồng:

$$ET_{crop} = K_c * E_{To} \quad (2)$$

Trong đó:

ET_{crop}: Lượng bốc hơi cây trồng (mm/ngày);

E_{To}: Lượng bốc hơi Penman (mm/ngày);

K_c: Hệ số cây trồng;

+ Nhu cầu nước của cây trồng:

$$RiceRq = ET_{crop} + Perd + L_{prep} \quad (3)$$

Trong đó:

RiceRq: Nhu cầu nước của cây trồng (mm/ngày);

ET_{crop}: Lượng bốc hơi cây trồng (mm/ngày);

Perc: Mức ngấm hút của đất (mm/ngày);

L_{prep}: Lượng nước làm đất (mm/ngày);

+ Yêu cầu tưới:

$$IRReq = RiceRq - EffRain \quad (4)$$

Trong đó:

IRReq: Nhu cầu tưới (mm/ngày);

RiceRq: Nhu cầu nước của cây trồng (mm/ngày);

EffRain: Lượng mưa sử dụng (mm/ngày);

+ Mức tưới: $m = 10 * IRReq$

Trong đó:

m: Mức tưới trong một tuần (tuần thủy văn) (m³/ha);

10: Hệ số chuyển đổi thứ nguyên;

$$qi = \frac{mi}{8,64.T}$$

+ Hệ số tưới

mi: Mức tưới đợt thứ i;

Ti: Thời gian tưới đợt thứ i;

qi: Hệ số tưới của cây trồng i cho 1 ha tính toán;

$$q_{tt} = Saiqi$$

Trong đó:

q_{tt}: Hệ số tưới tổng hợp của các loại cây trồng;

ai: Hệ số tỷ lệ diện tích của từng loại cây trồng;

qi: Hệ số tưới của từng loại cây trồng;

3. Nguồn tài liệu

Trong nghiên cứu này, tác giả tính toán nhu cầu nước cho cây lúa theo các kịch bản phát thải thấp (B1), phát thải trung bình (B2) và phát thải cao (A2) ứng với sự thay đổi về nhiệt độ và lượng mưa theo kịch bản BĐKH được Bộ Tài nguyên và Môi trường xây dựng. Các thông số về khí tượng khác được lấy theo thời kỳ nền (1980-1999), các tài liệu về chỉ số đất, tài liệu về nông nghiệp giả thiết là không thay đổi.

- Về tài liệu khí hậu: Trong lưu vực nghiên cứu hiện có 2 trạm đo đầy đủ các yếu tố khí hậu, thời gian quan trắc dài, liên tục. Một trạm đo đại diện cho vùng miền núi là Ba Tơ, một trạm đo đại diện cho vùng đồng bằng là Quảng Ngãi.

- Về tài liệu mưa: Trong lưu vực và lân cận có 14 trạm đo mưa. Nhìn chung các trạm phân bố chủ yếu ở hạ lưu sông, ở thượng nguồn mật độ các trạm còn ít. Trên cơ sở vị trí trạm đo mưa và tình hình quan trắc, chọn trạm mưa và trạm khí tượng để tính toán cho các vùng tưới được trình bày trong bảng 1.

- Về tài liệu thủy lợi: Trên cơ sở số liệu quy hoạch các công trình thủy lợi phục vụ tưới cho diện tích đất canh tác lúa, toàn tỉnh Quảng Ngãi được chia thành 15 vùng tưới, diện tích bao phủ của mỗi vùng thể hiện trong bảng 1 và hình 1.

Bảng 1. Danh sách trạm mưa và trạm khí tượng dùng cho các vùng tưới

TT	Tên vùng	DT tưới TK (ha)	DT tưới thực (ha)	Trạm mưa	Trạm khí tượng
1	Thượng Trà Bồng	1.348,8	834,2	Trà Bồng	Quảng Ngãi
2	Hạ Trà Bồng	3.899,0	2.433,6	Châu Ổ	Quảng Ngãi
3	Thượng Trà Khúc	1.636,8	1.174,0	Châu Ổ	Ba Tơ
4	Đakdrinh	416,0	315,0	Sơn Giang	Ba Tơ
5	Nước Ong	274,0	139,2	Cổ Lũy	Quảng Ngãi
6	Thượng Thạch Nham	1.778,2	978,5	Sơn Hà	Quảng Ngãi
7	Hạ Thạch Nham	52.690,8	38.205,4	Sơn Hà	Quảng Ngãi
8	Bầu Sác	1.065,0	415,0	Trà Khúc	Quảng Ngãi
9	Phước Giang	5.761,1	3.671,0	Sông Vệ	Quảng Ngãi
10	Thượng sông Vệ	939,0	1.312,0	Ba Tơ	Ba Tơ
11	Hạ sông Vệ	847,0	436,0	An Chỉ	Quảng Ngãi
12	Sông Thoa	4.218,0	2.228,0	Mộ Đức	Ba Tơ
13	Thượng Trà Cầu	3.508,5	2.152,5	Ba Tơ	Ba Tơ
14	Hạ Trà Cầu	3.542,5	2.039,5	Đức Phổ	Ba Tơ
15	PK,PC,PT	1.097,0	488,5	Đức Phổ	Ba Tơ

- Tài liệu nông nghiệp: Tài liệu nông nghiệp cần thiết cho việc tính toán nhu cầu nước của các loại cây trồng là lịch thời vụ, phương thức tập quán canh tác, sinh lý phát triển của từng loại cây trồng và ngoài ra đối với mỗi vùng, mỗi công trình cụ thể diện tích đất trồng trọt của mỗi loại cây cũng được đặt ra.

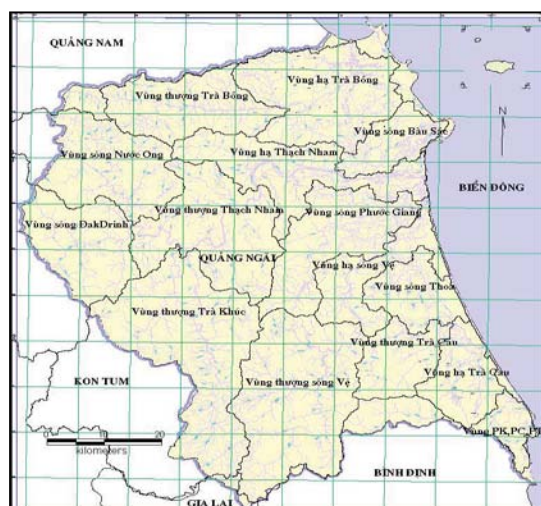
Thời vụ cây trồng: Vùng đồng bằng cơ cấu 3 vụ, miền núi cơ cấu 2 vụ và trong tương lai tỉnh đang có phương án chuyển đổi mùa vụ từ 3 vụ sang 2 vụ để tăng năng suất cây trồng giảm nhân lực. Do vậy,

trong nghiên cứu chọn Phương án chuyển đổi mùa vụ từ 3 vụ sang 2 vụ để tính toán.

- Lúa đông xuân: Gieo trồng từ 15/12 - 30/12, thu hoạch từ 15/4 - 30/4

- Hè thu: Gieo trồng từ 5/5 - 25/5, thu hoạch từ 15/8 - 30/8

- Hệ số cây trồng Kc và thời kỳ sinh trưởng của cây lúa được lấy theo TCVN 8641:2011 Công trình thủy lợi - Kỹ thuật tưới tiêu nước cho cây lương thực và cây thực phẩm của Bộ Nông nghiệp và Phát triển nông thôn trong bảng 2.



Hình 1. Bản đồ phân chia các vùng tưới

Bảng 2. Thời kỳ sinh trưởng và hệ số cây trồng Kc đối với lúa

Cây trồng	Đặc trưng	Gieo-cấy	Làm đất		Giai đoạn phát triển				Tổng	Thời gian sinh trưởng
			Tổng	Tưới ải	Cấy-dẽ nhánh	Đẻ nhánh-Làm đòng	Làm đòng-Trổ cờ	Trổ-Chín		
Lúa đông xuân	Số ngày	30	20	5	10	30	34	31	135	30/12-13/04
	Kc	0,98	0,98		1,19		1,27	1,02		
Lúa hè thu	Số ngày	30	- 20	5	5	25	33	30	123	25/05-25/8
	Kc	0,96	0,96		1,07		1,21	1,02		

4. Kết quả tính toán

Lượng bốc hơi mặt ruộng chuẩn ETo của 02 trạm khí tượng là trạm Ba Tư và Quảng Ngãi được

tính cho các kịch bản phát thải thấp (B1), phát thải trung bình (B2) và phát thải cao (A2) theo công thức Penman-Monteith. Kết quả tính toán được trình bày trong bảng 3, bảng 4 và hình 2, hình 3.

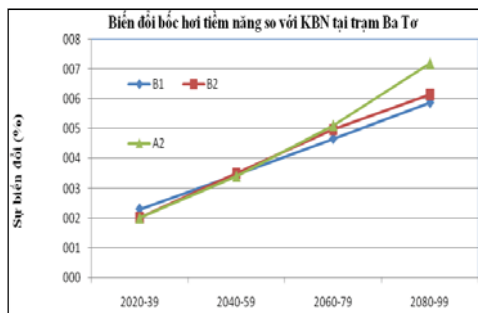
Bảng 3. Bốc hơi tiềm năng các kịch bản tại trạm Ba Tư (mm/ngày)

Kịch bản	Thời kỳ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Năm
Nền	1980-99	2,27	2,86	3,68	4,19	4,53	4,43	4,52	4,45	3,79	3,09	2,44	1,96	3,52
B1	2020-39	2,33	2,94	3,78	4,29	4,67	4,54	4,59	4,51	3,85	3,15	2,51	2,02	3,6
	2040-59	2,37	2,97	3,83	4,34	4,75	4,6	4,62	4,53	3,88	3,19	2,54	2,05	3,64
	2060-79	2,4	3	3,89	4,38	4,82	4,67	4,65	4,56	3,92	3,23	2,58	2,08	3,68
	2080-99	2,43	3,04	3,94	4,44	4,91	4,72	4,68	4,59	3,95	3,26	2,61	2,12	3,72
B2	2020-39	2,32	2,93	3,77	4,28	4,65	4,52	4,58	4,5	3,84	3,15	2,51	2,01	3,59
	2040-59	2,36	2,99	3,84	4,34	4,75	4,6	4,62	4,53	3,88	3,19	2,55	2,04	3,64
	2060-79	2,4	3,04	3,9	4,4	4,83	4,67	4,66	4,57	3,93	3,24	2,59	2,08	3,69
	2080-99	2,43	3,08	3,96	4,45	4,91	4,74	4,69	4,59	3,95	3,27	2,63	2,11	3,73
A2	2020-39	2,33	2,93	3,77	4,28	4,65	4,52	4,58	4,5	3,84	3,15	2,51	2,0	3,59
	2040-59	2,36	2,98	3,84	4,33	4,73	4,6	4,62	4,53	3,88	3,19	2,55	2,04	3,64
	2060-79	2,41	3,04	3,91	4,41	4,85	4,68	4,66	4,57	3,92	3,25	2,59	2,08	3,7
	2080-99	2,45	3,12	4,0	4,49	4,98	4,79	4,71	4,62	3,99	3,31	2,65	2,14	3,77

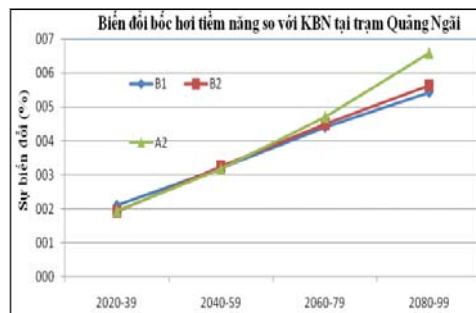
Bảng 4. Bốc hơi tiềm năng các kịch bản tại trạm Quảng Ngãi (mm/ngày)

Kịch bản	Thời kỳ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Năm
Nền	1980-99	2,2	2,81	3,46	4,1	4,37	4,39	4,37	4,2	3,67	2,98	2,35	1,96	3,41
B1	2020-39	2,25	2,88	3,56	4,21	4,45	4,47	4,44	4,27	3,76	3,04	2,42	2	3,48
	2040-59	2,28	2,91	3,6	4,27	4,5	4,52	4,48	4,31	3,79	3,07	2,45	2,03	3,52
	2060-79	2,31	2,94	3,65	4,33	4,56	4,58	4,51	4,35	3,84	3,1	2,49	2,06	3,56
	2080-99	2,34	2,97	3,68	4,39	4,6	4,62	4,55	4,39	3,88	3,13	2,52	2,08	3,6

B2	2020-39	2,25	2,87	3,55	4,2	4,44	4,46	4,43	4,27	3,75	3,04	2,42	1,99	3,47
	2040-59	2,28	2,92	3,61	4,27	4,5	4,52	4,48	4,31	3,79	3,07	2,46	2,02	3,52
	2060-79	2,31	2,96	3,66	4,34	4,56	4,58	4,51	4,35	3,85	3,1	2,49	2,05	3,56
	2080-99	2,34	3	3,7	4,4	4,6	4,63	4,56	4,39	3,89	3,13	2,52	2,08	3,6
A2	2020-39	2,25	2,87	3,56	4,2	4,44	4,46	4,43	4,27	3,75	3,04	2,42	1,99	3,47
	2040-59	2,28	2,91	3,6	4,27	4,5	4,52	4,48	4,31	3,79	3,07	2,45	2,02	3,52
	2060-79	2,32	2,97	3,66	4,35	4,57	4,59	4,52	4,36	3,85	3,11	2,49	2,06	3,57
	2080-99	2,2	2,81	3,46	4,1	4,37	4,39	4,37	4,2	3,67	2,98	2,35	1,96	3,41



Hình 2. Biến đổi bốc hơi tiềm năng so với kịch bản nền tại trạm Ba Tơ



Hình 3. Biến đổi bốc hơi tiềm năng so với kịch bản nền tại trạm Quảng Ngãi

Nhu cầu tưới của các vùng theo các kịch bản BĐKH được tổng kết trong Bảng 5.

Bảng 5. Nhu cầu tưới của các vùng theo kịch bản biến đổi khí hậu

TT	Tên vùng	Đơn vị	Nền	Kịch bản B1				Kịch bản B2				Kịch bản A2			
				20-39	40-59	60-79	80-99	20-39	40-59	60-79	80-99	20-39	40-59	60-79	80-99
1	Thượng Trà Bồng	(10 ⁶ m ³)	6,33	10,13	10,27	10,36	10,47	10,15	10,26	10,35	10,44	10,13	10,23	10,36	10,55
2	Hạ Trà Bồng	(10 ⁶ m ³)	46,2	87,9	88,9	90,0	90,7	88,1	88,9	89,8	90,6	88,0	89,0	90,1	91,5
3	Thượng Trà Khúc	(10 ⁶ m ³)	13,3	17,2	17,4	17,7	17,9	17,2	17,4	17,6	17,8	17,3	17,5	17,5	18,1
4	Đakdrinh	(10 ⁶ m ³)	3,12	4,21	4,27	4,33	4,38	4,22	4,27	4,32	4,36	4,21	4,27	4,34	4,42
5	Nước Ong	(10 ⁶ m ³)	1,62	3,69	3,74	3,79	3,82	3,70	3,74	3,77	3,80	3,71	3,75	3,80	3,86
6	Thượng Thạch Nham	(10 ⁶ m ³)	10,7	21,7	22,0	22,3	22,5	21,8	22,0	22,2	22,4	21,8	22,0	22,3	22,7
7	Hạ Thạch Nham	(10 ⁶ m ³)	399	559	567	573	579	561	567	572	577	560	566	574	585
8	Bầu Sác	(10 ⁶ m ³)	4,93	12,8	12,8	12,9	13,0	12,8	12,9	12,9	13,0	12,8	12,8	12,9	13,1
9	Phước Giang	(10 ⁶ m ³)	50,6	81,0	82,5	83,5	84,1	81,7	82,6	83,1	83,9	81,2	82,6	83,6	84,9
10	Thượng sông Vệ	(10 ⁶ m ³)	12,0	15,8	16,0	16,2	17,2	15,9	16,0	16,2	17,1	15,8	16,0	16,3	17,3
11	Hạ sông Vệ	(10 ⁶ m ³)	6,13	12,0	12,2	12,4	12,5	12,1	12,2	12,3	12,4	12,1	12,2	12,4	12,6
12	Sông Thoá	(10 ⁶ m ³)	20,1	32,9	33,2	33,5	33,7	33,0	33,2	33,4	33,7	32,9	33,2	33,5	34,1
13	Thượng Trà Cầu	(10 ⁶ m ³)	29,3	47,6	48,1	48,6	50,1	47,7	48,1	48,5	50,0	47,6	48,1	48,7	50,5
14	Hạ Trà Cầu	(10 ⁶ m ³)	34,7	61,4	62,1	62,7	63,2	61,5	62,0	62,5	63,1	61,4	62,0	62,8	63,7
15	PK,PC,PT	(10 ⁶ m ³)	8,30	19,0	19,2	19,4	19,6	19,1	19,2	19,4	19,5	19,0	19,2	19,4	19,7

5. Kết luận và kiến nghị

BĐKH làm thay đổi tăng nhiệt độ ở các thời kỳ tương lai dẫn đến lượng bốc hơi tiềm năng theo các kịch bản BĐKH ở các thời kỳ tương ứng tăng. Về mức độ tăng, khu vực đồng bằng tăng ít hơn so với khu vực miền núi và trung du. Đến thời kỳ 2080-2099, mức độ tăng mạnh nhất ở khu vực miền núi và trung du có thể đạt tới 7,2% so với thời kỳ nền, khu vực đồng bằng có thể tăng tới 6,59%.

Do tác động của BĐKH, nhu cầu nước dành cho tưới các khu vực canh tác lúa tỉnh Quảng Ngãi có

khả năng gia tăng, mức tăng khá nhanh qua các thời kỳ theo các kịch bản BĐKH so với thời kỳ nền, trong đó, kịch bản A2 tăng mạnh nhất và kịch bản B1 tăng ít nhất.

Từ các kết quả tính toán trên, cho thấy, có thể sử dụng mô hình CROPWAT để tiếp tục tính toán nhu cầu nước cho các loại cây trồng khác và từ đó tính toán cân bằng nước (sử dụng các mô hình MITSIM, mô hình WUS, mô hình RIBASIM, mô hình MIKE BASIN...) phục vụ cho bài toán quy hoạch mạng lưới thủy lợi trên địa bàn tỉnh Quảng Ngãi.

Lời cảm ơn: Các kết quả công bố trong bài báo này là một phần nghiên cứu thuộc đề tài “Nghiên cứu phát triển bộ chỉ số thích ứng với biến đổi khí hậu phục vụ công tác quản lý nhà nước về biến đổi khí hậu (BĐKH-16)”, thuộc chương trình: “Khoa học và công nghệ phục vụ Chương trình mục tiêu quốc gia ứng phó với biến đổi khí hậu” (KHCH-BĐKH/11-15). Các tác giả xin được gửi lời cảm ơn sự hỗ trợ này.

Tài liệu tham khảo

1. Bộ Tài nguyên và Môi trường (2012), Kịch bản Biến đổi khí hậu, nước biển dâng cho Việt Nam.
2. Bộ Nông nghiệp và Phát triển nông thôn, 2011, TCVN 8641:2011 Công trình thủy lợi - Kỹ thuật tưới tiêu nước cho cây lương thực và cây thực phẩm.
3. Ban Chỉ huy PCLB và TKCN tỉnh Quảng Ngãi - Báo cáo tổng kết công tác phòng chống lụt bão hàng năm.
4. Chi cục thủy lợi và phòng chống lụt bão (2009), Danh sách cấp phép tài nguyên nước.
5. Đào Xuân Học, (2009), Kế hoạch thích ứng với biến đổi khí hậu trong lĩnh vực nông nghiệp và phát triển nông thôn. Báo cáo trình bày tại Hội thảo Việt Nam thích ứng với Biến đổi khí hậu ngày 31/7/2009 tại Hội An, Quảng Nam. <http://www.occa-mard.gov.vn>.
6. Nguyễn Đức Ngữ (2008), Biến đổi khí hậu, Nhà Xuất bản Khoa học và Kỹ Thuật, Hà Nội.
7. Sở Nông nghiệp và Phát triển Nông thôn Quảng Ngãi (2010), Công văn số: 1618/SNN&PTNT về việc hướng dẫn lịch thời vụ, cơ cấu giống một số cây trồng chính vụ Đông Xuân 2010-2011.
8. UBND tỉnh Quảng Ngãi, (2010), Kế hoạch thực hiện đề án Nâng cao nhận thức cộng đồng và quản lý rủi ro thiên tai dựa vào cộng đồng trên địa bàn tỉnh Quảng Ngãi đến năm 2020.
9. UBND tỉnh Quảng Ngãi (2011), Kế hoạch hành động ứng phó với biến đổi khí hậu của tỉnh Quảng Ngãi.
10. Viện Khoa học Khí tượng Thủy văn và Môi trường, 2010 – Báo cáo tổng kết: Tác động của BĐKH lên tài nguyên nước và các biện pháp thích ứng.