

NGHIÊN CỨU ỨNG DỤNG MÔ HÌNH SINH THÁI CÂY TRỒNG DSSAT VÀ DỮ LIỆU VIỄN THÁM TRONG MÔ PHỎNG, ĐÁNH GIÁ NĂNG SUẤT LÚA THEO CÁC KỊCH BẢN CẤP NƯỚC

Nguyễn Công Minh, Hà Thanh Lâm, Hoàng Tiến Thành,
Nguyễn Văn Tuấn, Đinh Xuân Hùng, Nguyễn Nguyễn Hoàn
Viện Quy hoạch Thủy lợi

Tóm tắt: Trong những năm gần đây, tình trạng khô hạn, thiếu nước diễn ra với tần suất và quy mô ngày càng khốc liệt, gây ra ảnh hưởng không nhỏ đến đời sống, các hoạt động dân sinh kinh tế và sản xuất nông nghiệp. Tình trạng hạn hán, thiếu nước cũng xảy ra ngay cả trong phạm vi một số hệ thống thủy lợi, ví dụ như tại miền Trung các năm 2015-2016 và 2019-2020. Thực tiễn đó đặt ra yêu cầu phải nghiên cứu và thiết lập công cụ đánh giá ảnh hưởng của thiếu hụt nguồn nước tưới đến sản xuất và năng suất cây trồng. Bài báo này trình bày kết quả nghiên cứu ứng dụng mô hình Decision Support System for Agrotechnology Transfer (DSSAT) trong đánh giá ảnh hưởng của thay đổi lượng nước tưới đến quá trình sinh trưởng và năng suất lúa, thực hiện tại hệ thống thủy lợi Nam Hưng Nghi, Nghệ An. Mô hình DSSAT được xây dựng dựa trên các dữ liệu nguồn mở, dữ liệu viễn thám và hiệu chỉnh kiểm định dựa trên số liệu thu thập thực tế về năng suất cây trồng. Sau khi hiệu chỉnh, kiểm định, mô hình DSSAT cho các kết quả mô phỏng, dự báo năng suất của cây lúa theo kịch bản thiếu nước, bao gồm việc giảm lượng nước tưới 20%, 30%, 50%, 60% cho từng giai đoạn hoặc trên cả quá trình sinh trưởng của cây lúa. Kết quả nghiên cứu cho thấy năng suất lúa có khả năng giảm mạnh nhất 1,7 tạ/ha (3.2%) khi giảm 60% lượng nước tưới ở giai đoạn trổ cờ và 4,1 tạ/ha (7.8%) khi giảm 60% lượng nước tưới ở giai đoạn làm đồng. Đây là những thông tin, kết quả có giá trị, có thể được sử dụng trong việc xây dựng các kịch bản cấp nước, từ đó đảm bảo việc phân bổ nguồn nước một cách công bằng, hợp lý, thích ứng với biến đổi khí hậu cho các đối tượng sử dụng nước khác nhau trong hệ thống thủy lợi.

Summary: In recent years, droughts and water shortage become more in severe both in frequency and scale. The increasing occurrence included is irrigation systems, for example in the Central region in 2015-2016 and 2019-2020. Therefore, it is necessary to conduct researching on methodologies and tools to assess the impact of water shortage on crop productivity. This paper presents the results of a research recently conducted at Nam Hưng Nghi irrigation system, which focused on the application of the Decision Support System for Agrotechnology Transfer (DSSAT) model, in which impacts of various irrigation water supply scenarios on rice crop growth and yield were assessed. The calibrated and validated DSSAT model using global open-source and remote sensing data provided simulation and forecast of rice yield under various water shortage scenarios, including the reduction of the amount of water to 20%, 30%, 50%, 60% of water supply for each stage or the whole growth process. When irrigation was reduced by 60%, the result showed that rice yield had the greatest risk of a decrease of 1.7 quintals/ha (3.2%) at the flowering stage and 4.1 quintals/ha (7.8%) at the growing stage. These are valuable information and results that can be used in the development of water supply scenarios, thereby ensuring a fair and reasonable allocation of water resources, and adaptation to climate change for different water users in the irrigation system.

Từ khóa: Năng suất cây trồng, phân bổ nguồn nước, viễn thám, DSSAT.

1. GIỚI THIỆU

Trong những năm gần đây, do ảnh hưởng của hạn hán, biến đổi khí hậu, cùng với nhu cầu sử dụng nước gia tăng và sự suy thoái chất lượng nước trên nhiều lưu vực sông và hệ thống thủy lợi, tình hình thiếu hụt nguồn nước trên các hệ thống thủy lợi xảy ra ngày càng nhiều với mức

độ ngày càng nghiêm trọng, nhất là trong mùa kiệt (Trần Đình Hoà, 2021) [1]. Đối với các hệ thống thủy lợi đa mục tiêu, sự thiếu hụt nguồn nước không chỉ ảnh hưởng đến sản xuất nông nghiệp mà còn ảnh hưởng đến các đối tượng sử dụng nước khác như sinh hoạt, công nghiệp, du lịch... do đó ảnh hưởng lớn đến đời sống kinh tế

Ngày nhận bài: 06/9/2022

Ngày thông qua phản biện: 12/10/2022

Ngày duyệt đăng: 16/11/2022

- xã hội, đồng thời gây áp lực lên công tác phân bổ nguồn nước. Nguồn nước được phân bổ một cách công bằng và hợp lý cho tất cả các đối tượng sử dụng thì sẽ giảm bớt các mâu thuẫn và phát huy hiệu quả sử dụng nước. Để đưa ra được các phương án phân bổ hợp lý nguồn nước cho các đối tượng sử dụng nước, cần có các đánh giá về thay đổi năng suất, sản lượng cây trồng theo các kịch bản phân bổ nguồn nước, đặc biệt đối với các cây trồng có yêu cầu cao về lượng nước cấp như cây lúa, cây hoa màu, cây ăn quả. Do đó, việc ứng dụng các công cụ như mô hình thủy văn sinh thái (eco-hydrological model), sinh thái cây trồng (crop ecological model) là rất quan trọng và cần thiết. Trong khuôn khổ nghiên cứu này, mô hình DSSAT được nghiên cứu, ứng dụng trong đánh giá, giám sát năng suất cây trồng trong giai đoạn 2005-2021, ảnh hưởng của các kịch bản nguồn nước tưới và dự báo tiềm năng năng suất của cây lúa theo kịch bản thiếu nguồn cung nước cũng được nghiên cứu và đánh giá. Từ đó, các cơ quan quản lý, đơn vị vận hành thủy lợi có được dữ liệu quan trọng trong xây dựng kế hoạch vận hành hệ thống cũng như có các giải pháp ứng phó, giảm thiểu thiệt hại trong trường hợp hạn hán, thiếu nước xảy ra. Trên thế giới, mô hình sinh thái cây trồng DSSAT (Jones và nnk., 2003) [2] đã được sử dụng trong các nghiên cứu về năng suất, sản lượng cây lúa cho vùng lưu vực sông Nilwala (Dias và nnk., 2016) [3], huyện Keonjhar, tỉnh Odisha (Ấn Độ) (Ray và nnk., 2018) [4], đánh giá các chiến lược quản lý cho hệ thống canh tác lúa tại Kharagpur, Tây Bengal, Ấn Độ (Sarkar & Kar, 2006) [5],... Tại Việt Nam, mô hình DSSAT được ứng dụng trong nghiên cứu, đánh giá khảo sát tiềm năng sản xuất đậu tương ở An Giang (Lê Hùng Cường và nnk., 2009) [6], đánh giá ảnh hưởng của biến đổi khí hậu đến sản xuất lúa, ngô tỉnh Thái Bình (Đặng Anh Minh & Phạm Quang Hà, 2018) [7], ảnh hưởng của sự thay đổi các yếu tố khí tượng nhạy cảm đến năng suất lúa ở tỉnh Vĩnh Long (Đặng Thị Thanh Lê & Nguyễn Kỳ Phùng, 2019) [8].

Hệ thống Hỗ trợ Quyết định cho Chuyên gia Công nghệ Nông nghiệp, Decision Support

System for Agrotechnology Transfer (DSSAT) (Hoogenboom và nnk., 2010) [9] là một chương trình ứng dụng phần mềm bao gồm các mô hình mô phỏng cây trồng cho hơn 42 loại cây trồng cũng như các công cụ để tạo điều kiện sử dụng hiệu quả các mô hình. DSSAT cũng là một mô hình hiện đang được sử dụng rất nhiều bởi các tổ chức nghiên cứu trong và ngoài nước. Các công cụ này bao gồm các chương trình quản lý cơ sở dữ liệu cho đất, thời tiết, quản lý cây trồng và dữ liệu thí nghiệm, các tiện ích và các chương trình ứng dụng.

DSSAT cũng cung cấp đánh giá kết quả đầu ra của mô hình cây trồng với dữ liệu thử nghiệm, do đó cho phép người dùng so sánh kết quả mô phỏng với kết quả quan sát. Đây là điều quan trọng trước khi áp dụng bất kỳ mô hình cây trồng nào, đặc biệt nếu các quyết định hoặc khuyến nghị trong thế giới thực dựa trên kết quả được mô hình hóa. Đánh giá mô hình cây trồng được thực hiện bằng cách nhập dữ liệu tối thiểu của người dùng, chạy mô hình và so sánh kết quả đầu ra với dữ liệu quan sát. Bằng cách mô phỏng các kết quả có thể xảy ra của các chiến lược quản lý cây trồng, DSSAT cung cấp cho người dùng thông tin để đánh giá nhanh các loại cây trồng, sản phẩm và thực tiễn mới để áp dụng.

2. DỮ LIỆU SỬ DỤNG VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Giới thiệu vùng nghiên cứu

Hệ thống thủy lợi Nam Hưng Nghi được khởi công xây dựng năm 1936, bao gồm: Cống Nam Đàn, cống ngăn mặn Bến Thủy, các trạm bơm nội đồng, kênh dẫn, sông nội địa như: Kênh Thấp, kênh Gai, kênh Vinh, kênh Hoàng Cần, sông Cẩm... và đập ngăn mặn Nghi Quang. Năm 2015 đã xây dựng thêm cống Nam Đàn mới (2015 - 2018) ở hạ du cống Nam Đàn cũ (2 km). Hệ thống Nam Hưng Nghi có nhiệm vụ cấp nước cho khoảng 22.650 ha đất canh tác và các nhu cầu nước của các ngành khác trong vùng.

Ngoài nhiệm vụ cấp nước, hệ thống kênh trục nội đồng kết hợp với các công Nghi Quang,

cổng Bến Thủy còn làm nhiệm vụ tiêu úng, thoát lũ cho các địa phương (Nam Đàn, Hưng Nguyên, TP. Vinh, Nghi Lộc và TX. Cửa Lò).



Hình 1: Hệ thống thủy lợi Nam Hưng Nghi.

Nguồn: Viện Quy hoạch Thủy lợi

Trong 10 năm gần đây, mực nước tại cống Nam Đàn 1 và 2 cho thấy mực nước có xu thế ngày càng giảm mạnh. Điển hình như năm 2015 mực nước thượng lưu cống Nam Đàn 1 và 2 chỉ đạt cao trình $-0,22\text{m}$ (ngày 16/4/2015)/ $+1,15\text{ m}$ (mực nước thiết kế thượng lưu cống Nam Đàn mới), $-0,3\text{ m}$ (ngày 14/7/2015) đã làm cho lượng nước lấy vào hệ thống thiếu hụt nghiêm trọng, không đủ nước cho các trạm bơm lấy nước sau cống Nam Đàn thuộc các huyện Hưng Nguyên, Thành Phố Vinh, huyện Nghi Lộc hoạt động. Vì vậy, tình hình thiếu nước, khô hạn đã xảy ra trên diện rộng. Theo số liệu thống kê của Chi cục Thủy lợi tỉnh Nghệ An, diện tích thiếu nước, hạn hán từ năm 2015-2020 thuộc hệ thống thủy lợi Nam Hưng Nghi dao động từ 5000-8000 ha. Trong đó năm 2016 là năm hạn nhất, có 7.961 ha bị hạn. Năm 2019 là năm hạn nhẹ nhất, với 5300 ha lúa bị hạn

2.2. Phương pháp mô hình hoá

Phần mềm DSSAT dùng để mô phỏng 3 trường hợp sau [9]:

Phân tích thực nghiệm (Experiment): Mô phỏng năng suất trong từng mùa vụ và so sánh với năng suất thực tế.

Phân tích theo mùa (Seasonal Analysis): Khác với phân tích thực nghiệm, ở phân tích theo mùa, người sử dụng có thể mô phỏng năng suất qua nhiều mùa vụ (với nhiều nghiệm thức, nhiều lần lặp lại, trong nhiều năm) dựa vào số liệu thời tiết dự báo hay lịch sử. Cách mô phỏng này còn cho phép đánh giá được hiệu của kinh tế của mỗi mùa vụ.

Phân tích liên tục (Sequence Analysis): Mô phỏng theo sự luân canh và liên tục của mùa vụ có xem xét đến hiệu quả các quá trình vận chuyển của nước, chất dinh dưỡng... trong đất từ vụ này sang vụ khác bao gồm cả thời gian đất bỏ trống không canh tác.

Trong nội dung của nghiên cứu này, mô hình DSSAT được ứng dụng phân tích thực nghiệm (Experiment) cho cây trồng lúa tại hệ thống thủy lợi Nam Hưng Nghi trong từng mùa vụ nhằm dự báo năng suất, sản lượng, hiệu quả kinh tế của cây trồng trong điều kiện thiếu nước.

2.3. Dữ liệu đầu vào

Trong nghiên cứu này, nhóm nghiên cứu sử dụng dữ liệu nhiệt độ, mưa, bức xạ mặt trời, dữ liệu về thổ nhưỡng, thâm phủ dựa trên các dữ liệu mở và dữ liệu viễn thám; dữ liệu về giống lúa và năng suất cây trồng dựa trên số liệu thu thập điều tra khảo sát.

Bảng 1: Dữ liệu sử dụng trong mô hình

STT	Dữ liệu	Loại dữ liệu	Thời gian thu thập	Độ phân giải	Nguồn (source)
1	GLDAS	Khí tượng (bức xạ mặt trời)	2005 - 2021	0.25°	NASA
2	CHIRPS	Lượng mưa	2005 - 2021	0.05°	USGS, CHC
3	ERA5	Khí tượng (nhiệt độ)	2005 -	0.25°	Copernicus

STT	Dữ liệu	Loại dữ liệu	Thời gian thu thập	Độ phân giải	Nguồn (source)
		không khí)	2021		
4	ISRIC	Thổ nhưỡng	2014	250m	Soil Grid
5	SERVIR	Bản đồ thảm phủ	2005 - 2021	45m	ADPC
6	Năng suất thực tế	Năng suất cây trồng	2005 - 2021		Số liệu điều tra khảo sát thực tế tại địa phương phục vụ thực hiện nhiệm vụ: "Dự báo nguồn nước và xây dựng kế hoạch sử dụng nước lưu vực sông Cả" kết hợp số liệu từ niên giám thống kê (Tổng cục thống kê)
7	Giống lúa	Giống cây trồng	2005 - 2021		Số liệu điều tra khảo sát thực tế tại địa phương phục vụ thực hiện nhiệm vụ: "Dự báo nguồn nước và xây dựng kế hoạch sử dụng nước lưu vực sông Cả"

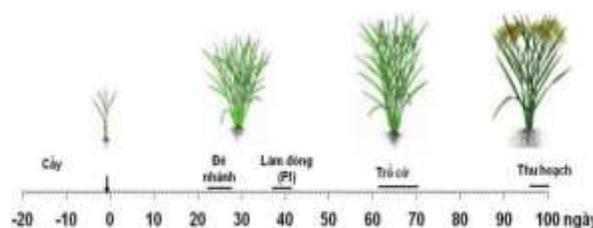
3. TRÌNH TỰ THỰC HIỆN

Sau khi chọn được giống lúa phù hợp, ta thiết lập mô hình để mô phỏng năng suất lúa cho vùng Nghệ An theo kịch bản mưa thiết kế 85%

Kịch bản tưới đủ nước 100% theo mô hình mưa thiết kế 85%

Kịch bản giảm tưới ở các giai đoạn sinh trưởng của cây 20% - 60%

Trong mô phỏng các kịch bản, mô hình được thiết lập dựa trên việc giảm lượng nước tưới của cây trồng trên nhu cầu nước của cây ở mỗi giai đoạn của cây lần lượt 20%, 30%, 50%, 60%. Trong đó giai đoạn 1 là giai đoạn từ sau cấy đến đẻ nhánh, giai đoạn 2 là từ sau đẻ nhánh đến trước giai đoạn trổ cờ, giai đoạn 3 là giai đoạn trổ cờ cho đến khi thu hoạch.



Hình 2: Quá trình sinh trưởng của cây lúa

Sau khi chạy các kịch bản trên, nhóm nghiên cứu thiết lập mô hình giảm lượng nước tưới của cây trồng tương đương với 25%, 40% và 50% trên tổng nhu cầu nước của cây trong quá trình sinh trưởng.

4. KẾT QUẢ TÍNH TOÁN

4.1. Hiệu chỉnh, kiểm định mô hình DSSAT tại hệ thống thủy lợi Nam Hưng Nghi

4.1.1. Chỉ tiêu đánh giá sai số

Nghiên cứu này sử dụng 2 chỉ tiêu để đánh giá sai số:

1) Phương pháp tính sai số Bias

$$\text{Bias} = X_{\text{lab}} - X_{\text{ref}}$$

Trong đó: X_{lab} là năng suất mô phỏng

X_{ref} là năng suất theo niên giám

2) Phương pháp tính sai số Percent Bias

$$\text{Bias (\%)} = \frac{|X_{\text{lab}} - X_{\text{ref}}|}{X_{\text{ref}}} \times 100\%$$

Trong đó: X_{lab} là năng suất mô phỏng

X_{ref} là năng suất thực tế theo niên giám thống kê

4.1.2. Hiệu chỉnh mô hình DSSAT

Sau khi hiệu chỉnh các thông số giống cây trồng cho phù hợp với điều kiện của vùng Nam Hưng Nghi, kết hợp cùng với hiệu chỉnh ngày thu hoạch và hiệu suất thu hoạch cho phù hợp với thực tế, cho kết quả khá tương quan với năng suất theo niên giám thống kê. Sai số lớn nhất ở năm 2008 khi năng suất mô phỏng chỉ đạt 48,4 tạ/ha trong khi năng suất thực tế theo niên giám thống kê đạt 51,4 tạ/ha tương đương với sai số Bias là -2,96 tạ/ha và sai số Percent Bias là 5,76%. Các năm còn lại cho kết quả khá tương đồng với năng suất theo niên giám thống kê, có sai số không đáng kể.

Bảng 2: Sai số Bias và Percent Bias trong hiệu chỉnh mô hình

Năm	Sai số (tạ/ha)	Sai số tương đối %	Năm	Sai số (tạ/ha)	Sai số tương đối %
2005	0,41	1,05	2009	0,65	1,49
2006	0,23	0,50	2010	0,74	2,14
2007	0,63	1,34	2011	0,18	0,39
2008	-2,96	5,76	2012	0,70	1,55



Hình 3: Hiệu chỉnh năng suất lúa so sánh với số liệu của niên giám thống kê

4.1.3. Kiểm định mô hình DSSAT tại hệ thống thủy lợi Nam Hưng Nghi

Sau khi hiệu chỉnh mô hình, áp dụng bộ thông số đã được hiệu chỉnh để kiểm định năng suất lúa trong giai đoạn từ năm 2013 đến năm 2021. Như vậy, sau khi chạy mô hình để kiểm định năng suất lúa, sai số Bias và Percent Bias được tính toán như bảng dưới đây:

Bảng 3: Sai số Bias và Percent Bias trong kiểm định mô hình

Năm	Sai số (tạ/ha)	Sai số tương đối %	Năm	Sai số (tạ/ha)	Sai số tương đối %
2013	0,06	0,13	2017	-0,26	0,53
2014	-0,39	0,82	2018	0,52	1,16
2015	0,02	0,04	2019	0,17	0,42
2016	0,28	0,57	2020	-0,28	0,62
2021	-0,2	0,39			

Như vậy sai số trong kiểm định mô hình là rất nhỏ, sai số lớn nhất vào năm 2018, chỉ chênh lệch 0,52 tạ/ha tương đương với 1,16%. Như vậy sử dụng mô hình DSSAT trong đánh giá năng suất cây trồng là rất phù hợp.

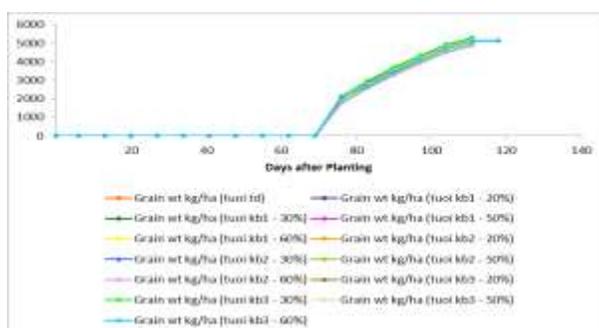


Hình 4: Kiểm định năng suất lúa so sánh với số liệu của niên giám thống kê

4.2. Kết quả mô phỏng năng suất lúa hệ thống thủy lợi Nam Hưng nghi ứng với các kịch bản tưới

Bảng 4: Năng suất nước ứng với các kịch bản

STT	Kịch bản tưới	Năng suất (tạ)
1	Tưới đủ nước 100% (4260 m ³)	52,86
2	Giảm 20% lượng nước tưới ở giai đoạn 1 (4010 m ³)	52,99
3	Giảm 30% lượng nước tưới ở giai đoạn 1 (3890 m ³)	52,98
4	Giảm 50% lượng nước tưới ở giai đoạn 1 (3680 m ³)	52,83
5	Giảm 60% lượng nước tưới ở giai đoạn 1 (3520 m ³)	52,77
6	Giảm 20% lượng nước tưới ở giai đoạn 2 (3990 m ³)	52,49
7	Giảm 30% lượng nước tưới ở giai đoạn 2 (3850 m ³)	51,79
8	Giảm 50% lượng nước tưới ở giai đoạn 2 (3570 m ³)	49,59
9	Giảm 60% lượng nước tưới ở giai đoạn 2 (3460 m ³)	48,77
10	Giảm 20% lượng nước tưới ở giai đoạn 3 (3920 m ³)	52,86
11	Giảm 30% lượng nước tưới ở giai đoạn 3 (3760 m ³)	52,86
12	Giảm 50% lượng nước tưới ở giai đoạn 3 (3420 m ³)	51,85
13	Giảm 60% lượng nước tưới ở giai đoạn 3 (3260 m ³)	51,17



Hình 5: Năng suất lúa theo các kịch bản

Từ các kịch bản tính toán, cho thấy rằng năng suất giảm đi dựa vào khả năng cung cấp đủ nước của cây trồng đặc biệt là vào giai đoạn làm đòng của cây lúa vì khi giảm lượng nước tưới ở giai đoạn này, năng suất của cây lúa bị giảm đi đáng kể nhất bởi đây là giai đoạn rất quan trọng đối với cây lúa, là thời kỳ hình thành số hạt/bông lúa, bất kỳ một tổn thương nào tại thời điểm này cũng có thể ảnh hưởng đến năng suất của cây lúa.

Tại các kịch bản giảm lượng tưới lần lượt 25%, 40%, 50% trên tổng nhu cầu nước của cây trong quá trình sinh trưởng, kết quả năng suất lúa như sau:

Bảng 5: Năng suất lúa theo kịch bản giảm lượng nước tưới trên toàn giai đoạn sinh

STT	Kịch bản tưới	Năng suất (tạ/ha)
1	Tưới đủ nước 100% (4260 m ³)	52,86
2	Chỉ tưới nước 75% (3200 m ³)	50,59
3	Chỉ tưới nước 60% (2550 m ³)	40,43
4	Chỉ tưới nước 50% (2130 m ³)	36,04

Như vậy có thể thấy xu hướng của cả 3 kịch bản tưới đều là xu hướng giảm nhưng nhìn chung năng suất đạt trong ngưỡng 3,6 tạ/ha đến 5,3 tạ/ha. Trong đó kịch bản chỉ tưới 75% năng suất cây trồng cho kết quả gần tương đương với kịch bản đủ nước nhưng với các kịch bản chỉ tưới 60% và 50%, năng suất đã giảm đi rất nhiều lần lượt 30% và 40% so với kịch bản đủ nước.

5. KẾT LUẬN

Kết quả ứng dụng mô hình DSSAT sau khi được hiệu chỉnh với số liệu năng suất lúa từ năm

2005 đến năm 2012 và kiểm định với số liệu năng suất lúa từ năm 2013 đến năm 2021 cho kết quả tương đối tốt so với năng suất lúa thực tế. Số liệu mô phỏng cho thấy trong các kịch bản thiếu nước, năng suất có chiều hướng giảm và giảm mạnh nhất khi giai đoạn làm đồng không được cấp đủ nước và khi khả năng cấp nước đạt dưới 50% trong cả quá trình sinh trưởng. Kết quả nghiên cứu cho thấy khả năng ứng dụng được cho công tác phát triển giống lúa mới phù hợp với điều kiện thiếu nước và luân canh phù hợp cây trồng cũng như dự báo ảnh hưởng của biến đổi khí hậu đến năng suất lúa. Đây là kết quả ban đầu đối với cây lúa, do

đó cần tiếp tục có thêm các nghiên cứu hiệu chỉnh đối với các giống cây trồng khác nhau, từ đó có được thông tin, dữ liệu tổng quát về ảnh hưởng của thay đổi các kịch bản cấp nước đến hoạt động sản xuất nông nghiệp nói chung và năng suất cây trồng nói riêng.

Lời cảm ơn

Bài báo sử dụng kết quả nghiên cứu của đề tài cấp Bộ Nông nghiệp và PTNT “Nghiên cứu đề xuất hạn mức sử dụng nước, cơ chế phân bổ nguồn nước trong trường hợp thiếu nước tại công trình thủy lợi khu vực miền Trung” do Viện Quy hoạch Thủy lợi chủ trì thực hiện.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Trần Đình Hoà. (2021). An ninh nguồn nước của Việt Nam trước những thách thức về sử dụng nước và tác động của biến đổi khí hậu. Tạp chí Khoa học & Công nghệ Việt Nam 3 (2021) 21 - 24.
- [2] Jones, J.W., G. Hoogenboom, C.H. Porter, K.J. Boote, W.D. Batchelor, L.A. Hunt, P.W. Wilkens, U. Singh, A.J. Gijsman, and J.T. Ritchie. 2003. DSSAT Cropping System Model. *European Journal of Agronomy* 18:235-265.
- [3] M.P.N.M. Diasa, C.M. Navaratnea, K.D.N. Weerasinghea, R.H.A.N. Hettiarachchib. 2015. Application of DSSAT crop simulation model to identify the changes of rice growth and yield in Nilwala river basin for midcenturies under changing climatic conditions. *Procedia Food Science* 6 (2016) 159 – 163
- [4] M. Ray, P.K. Roul and A. Baliarsingh. 2018. Application of DSSAT Crop Simulation Model to Estimate Rice Yield in Keonjhar District of Odisha (India) under Changing Climatic Conditions. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences* 4 (2018), 2319-7706
- [5] R. Sakar & S. Kar. 2006. Evaluation of management strategies for sustainable rice–wheat cropping system, using DSSAT seasonal analysis. *The Journal of Agricultural Science* 5(2006), 421-434.
- [6] Lê Hùng Cường, Ngô Ngọc Hưng & Nguyễn Văn Quý. 2009. Khảo sát tiềm năng sản xuất đậu tương ở An Giang với sử dụng mô hình CERES-SOYBEAN. *Tạp chí Khoa học* 11 (2009) 143-151
- [7] Đặng Anh Minh, Phạm Quang Hà. 2018. Đánh giá ảnh hưởng của biến đổi khí hậu đến sản xuất lúa, ngô tỉnh Thái Bình. *Tạp chí Khoa học Công nghệ Nông nghiệp Việt Nam* 6(2018) 23 – 27.
- [8] Đặng Thị Thanh Lê, Nguyễn Kỳ Phùng (2019), Ảnh hưởng của sự thay đổi các yếu tố khí tượng nhạy cảm đến năng suất lúa ở tỉnh Vĩnh Long. *Tạp chí Khí tượng Thủy văn*, 698, 31-37.
- [9] Hoogenboom, G., C.H. Porter, K.J. Boote, V. Shelia, P.W. Wilkens, U. Singh, J.W. White, S. Asseng, J.I. Lizaso, L.P. Moreno, W. Pavan, R. Ogoshi, L.A. Hunt, G.Y. Tsuji, and J.W. Jones. 2019. The DSSAT crop modeling ecosystem. *In: p.173-216* [K.J. Boote, editor] *Advances in Crop Modeling for a Sustainable Agriculture*. Burleigh Dodds Science Publishing, Cambridge, United Kingdom)