



Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ

Số chuyên đề: Khoa học đất

website: sj.ctu.edu.vn



DOI:10.22144/ctu.jsi.2020.064

ỨNG DỤNG MÔ HÌNH CERES-MAIZE MÔ PHỎNG NĂNG SUẤT BẮP LAI TRỒNG TRÊN ĐẤT PHÙ SA Ở ĐỒNG BẰNG SÔNG CỬU LONG

Nguyễn Ngọc Khánh^{1*}, Tất Anh Thư², Trần Văn Dũng², Trần Hoài Tâm² và Nguyễn Văn Quý²

¹Phòng Hậu cần, Công an thành phố Cần Thơ

²Khoa Nông nghiệp, Trường Đại học Cần Thơ

*Người chịu trách nhiệm về bài viết: Nguyễn Ngọc Khánh (email: nkhanh06@gmail.com)

Thông tin chung:

Ngày nhận bài: 16/01/2020

Ngày nhận bài sửa: 11/03/2020

Ngày duyệt đăng: 11/05/2020

Title:

Using CERES-Maize model to simulate yield of hybrid maize cultivated in alluvial soil in the Vietnamese Mekong Delta

Từ khóa:

Bắp, CERES-Maize, hiệu chỉnh, mô phỏng, thẩm định

Keywords:

Maize, CERES-Maize, calibration, simulation, validation

ABSTRACT

The objectives of this study were to calibrate and validate the CERES-Maize model and simulate the response of maize growth and yield to different doses of nitrogen and organic fertilizers in alluvial soil. Field experiments were carried out from August 2015 to April 2016 at the Soil Science Department, Can Tho University to collect data for model calibration and validation. The calibrated and validated results showed that there were good agreements between simulated and observed data, indicating through the statistical parameters, i.e. yield (EF:0.85 – 0.99; RMSE:181.49 – 669.71 kg/ha; nRMSE: 3.87 – 12.13 %); above-ground biomass (EF:0.97 – 0.98; RMSE:672.91 – 942.80 kg/ha; nRMSE: 8.01 – 10.39 %); leaf number (EF: 0.90 – 0.95; nRMSE: 7.81 – 12.04 %. Meanwhile, the simulated leaf area index was rather good agreement to the observed data, i.e. EF:0.69 – 0.82 và nRMSE: 15.65 – 20.47%. Maximum temperature and rainfall were the parameters having the highest sensitivity among the others.

TÓM TẮT

Mục tiêu của nghiên cứu là hiệu chỉnh và thẩm định mô hình CERES-Maize và mô phỏng đáp ứng của sinh trưởng và năng suất bắp với bón phân đạm và phân hữu cơ trên đất phù sa. Các thí nghiệm được thực từ tháng 8/2015 đến tháng 4/2016 tại Bộ môn Khoa học đất, Trường Đại học Cần Thơ nhằm thu thập số liệu cho hiệu chỉnh và thẩm định mô hình. Kết quả hiệu chỉnh và thẩm định cho thấy sự nhất quán cao giữa dữ liệu mô phỏng và quan sát, thể hiện qua các thông số thống kê đối với năng suất (EF:0,85 – 0,99; RMSE:181,49 – 669,71 kg/ha; nRMSE: 3,87 – 12,13 %); sinh khối (EF:0,97 – 0,98; RMSE:672,91 – 942,80 kg/ha; nRMSE: 8,01 – 10,39 %) và số lá trên cây (EF: 0,90 – 0,95; nRMSE: 7,81 – 12,04 %). Trong khi đó chỉ số diện tích lá mô phỏng được đánh giá ở mức khá tốt (EF: 0,69 – 0,82 và nRMSE: 15,65 – 20,47 %). Nhiệt độ tối đa và lượng mưa là các thông số có độ nhạy cao nhất

Trích dẫn: Nguyễn Ngọc Khánh, Tất Anh Thư, Trần Văn Dũng, Trần Hoài Tâm và Nguyễn Văn Quý, 2020. Ứng dụng mô hình CERES-Maize mô phỏng năng suất bắp lai trồng trên đất phù sa ở Đồng bằng sông Cửu Long. Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ. 56(Số chuyên đề: Khoa học đất): 11-23.

1 GIỚI THIỆU

Cây Bắp (*Zea mays L.*) là cây lương thực quan trọng, chiếm một phần tư tổng sản lượng ngũ cốc của thế giới (Ngô Ngọc Hưng, 2008). Tại Việt Nam, cây bắp là cây lương thực quan trọng thứ hai sau cây lúa. Trong các loại bắp, bắp lai được trồng phổ biến nhất chiếm 70% diện tích trồng bắp của cả nước, là nguồn thức ăn quan trọng cho chăn nuôi, cung cấp nguyên liệu cho công nghiệp (Cao Ngọc Diệp và Trần Minh Thiện, 2012). Tuy nhiên, năng suất bắp trong những năm gần đây nhìn chung vẫn chưa cao, ngoài nguyên nhân về thời tiết, các yếu tố ảnh hưởng đến năng suất bắp như giống, mật độ gieo trồng, mùa vụ, lượng phân bón, nước tưới, ... vẫn còn là vấn đề đáng chú ý hiện nay. Những thập kỷ gần đây việc sử dụng các mô hình mô phỏng có thể giúp tìm hiểu mối tương quan giữa các yếu tố trong hệ thống canh tác và xây dựng các kịch bản trong canh tác lâu dài (Panget *et al.*, 1997; Kõrschens, 2006).

CERES-Maize là mô hình cây trồng của DSSAT (Decision Support System for Agrotechnology Transfer) cho phép mô phỏng động thái dinh dưỡng trên đất trồng bắp, các tiến trình sinh trưởng và năng suất của cây bắp (Liu *et al.*, 2011), mô hình này đã được thẩm định rộng rãi trong điều kiện thực tế đồng ruộng ở nhiều nước trên thế giới (Hodges *et al.*, 1987; Nouna *et al.*, 2000; Xie *et al.*, 2001). Phần mềm này giúp người sử dụng xây dựng được cơ sở dữ liệu và so sánh các kết quả được mô phỏng với

kết quả quan sát thực tế, giúp ra quyết định điều chỉnh để đạt được độ chính xác. Mục tiêu của nghiên cứu là hiệu chỉnh và thẩm định mô hình CERES-Maize trên đất phù sa và mô phỏng sự đáp ứng của sinh trưởng và năng suất bắp với bốn phân đạm và phân hữu cơ.

2 PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1 Thực hiện thí nghiệm

Thí nghiệm bắp được thực hiện trong 2 vụ liên tục từ tháng 08/2015 đến tháng 04/2016 tại khu thực nghiệm thuộc Bộ môn Khoa học đất (10°01'45" N, 105°45'59" E), Khoa Nông nghiệp, Trường Đại học Cần Thơ. Vụ thứ nhất được thực hiện từ tháng 08 đến tháng 12/2015, vụ thứ hai được thực hiện từ tháng 12/2015 đến tháng 04/2016. Trong đó, số liệu thu thập vụ thứ nhất được dùng hiệu chỉnh mô hình CERES-Maize (DSSAT 4.5) (Jones *et al.*, 2003), trong khi số liệu vụ thứ hai được dùng cho thẩm định mô hình. Đất thí nghiệm có thành phần cơ giới chủ yếu thịt pha sét. Giống bắp sử dụng trong nghiên cứu này là giống bắp lai LVN10.

Thí nghiệm được bố trí theo thể thức khối hoàn toàn ngẫu nhiên gồm 4 nghiệm thức bón phân vô cơ kết hợp phân hữu cơ (Bảng 1) với 3 lần lặp lại. Diện tích mỗi ô thí nghiệm là 60 m² (5m x 12m), các rãnh (rộng 30 cm, sâu 20 cm) được tạo giữa các lô để thoát nước. Các nghiệm thức trong thí nghiệm được trình bày chi tiết ở Bảng 1.

Bảng 1: Liều lượng phân bón dùng trong thí nghiệm

Nghiệm thức	Liều lượng phân bón		Ký hiệu
	Phân vô cơ (kg/ha)	Phân hữu cơ (tấn/ha)	
1	180 - 90 - 80	-	X100-Y0
2	180 - 90 - 80	10	X100-Y10
3	135 - 68 - 60	10	X75-Y10
4	90 - 45 - 40	10	X50-Y10

(Ghi chú: 1) X100-Y0: 100% N hay 180kgN/ha, không bón phân hữu cơ; 2) X100-Y10: 100% N (180kgN/ha) kết hợp bón 10 tấn phân hữu cơ/ha; 3) X75-Y10: 75%N(135kgN/ha) kết hợp bón 10 tấn phân hữu cơ/ha; 4) X50-Y10: 50%N (90 kg N/ha) kết hợp bón 10 tấn phân hữu cơ/ha)

Phân vô cơ dùng trong thí nghiệm được bón dưới dạng urea (46% N), super lân (16% P₂O₅) và KCl (60% K₂O). Phân hữu cơ là phân bã bùn mía (30% OC; 2,5% N; 3,0 % P₂O₅; 1,68% K₂O; 7,61 % CaO; nấm *Trichoderma sp.* (1 x 10⁶ CFU/g) được sản xuất bởi công ty PPE. Phân hữu cơ và lân được bón lót một lần ngay trước khi gieo hạt. Phân đạm và phân kali được bón thúc vào các giai đoạn khác nhau của vụ trồng : bón thúc lần 1 (7 - 10 ngày sau khi gieo (SKG), cây được 3 - 4 lá); 1/3 lượng N và 1/2 lượng K₂O; thúc lần 2 (20 - 25 ngày SKG, cây được 7 - 9 lá); 1/3 lượng N; và thúc lần 3 (40 - 45 ngày SKG,

cây xoáy nõn, trước trổ cờ 5 - 8 ngày); toàn bộ lượng phân bón còn lại (1/3 N và 1/2 K₂O). Bắp được gieo với mật độ 55.555 cây/ha (hàng cách hàng 60 cm, cây cách cây 30 cm).

2.2 Thu thập số liệu

2.2.1 Số liệu đất

Mẫu đất đầu vụ được thu ở 2 độ sâu 0-20cm và 20-40 cm để phân tích các chỉ tiêu hóa lý (Bảng 2) làm đầu vào cho vận hành mô hình CERES-Maize. Mẫu đất được phân tích tại Phòng thí nghiệm Bộ

môn Khoa học đất, Khoa Nông nghiệp, Trường Đại học Cần Thơ.

Bảng 2: Đặc tính hóa-lý đất đầu vụ thí nghiệm

Chỉ tiêu phân tích	Độ sâu		
	0 – 20cm	20 - 40cm	
Thành phần cơ giới	Cát (%)	11,20	9,60
	Thịt (%)	54,60	52,40
	Sét (%)	34,20	38,00
Dung trọng (g/cm ³)	1,06	1,29	
Ksat (cm/giờ)	12,20	8,30	
Âm độ bão hòa (cm ³ /cm ³)	0,54	0,55	
Âm độ thủy dung (cm ³ /cm ³)	0,52	0,53	
Âm độ điểm héo (cm ³ /cm ³)	0,21	0,22	
pH _{H2O} (1: 2,5)	5,03	5,41	
Chất hữu cơ (%)	1,17	1,04	
N tổng số (%)	0,16	0,16	
Đạm hữu dụng (mg NH ₄ ⁺ -N+ NO ₃ ⁻ -N/kg)	12,40	14,90	
P hữu dụng (mgP/kg)	23,70	20,67	
CEC (cmol/kg)	12,17	14,03	

2.2.2 Số liệu cây trồng

Trong suốt vụ, mẫu cây được thu vào 5 giai đoạn phát triển (30, 58, 90, 98 và 112 ngày sau khi gieo) để xác định sinh khối. Trên mỗi ô thí nghiệm tiến hành thu 4 cây, cân trọng lượng từng bộ phận, sau đó sấy khô ở 70⁰C trong 72 giờ rồi chuyển sang sinh khối khô. Tại lúc thu hoạch, thu toàn bộ 2 hàng cây

Bảng 4: Dữ liệu khí tượng trung bình hàng tháng tại Cần Thơ, từ tháng 05/2015 đến 12/2015

Tháng	Nhiệt độ tối cao (°C)	Nhiệt độ tối thấp (°C)	Âm độ tương đối (%)	Số giờ nắng (giờ)	Tốc độ gió (m/s)	Lượng mưa (mm)
5	34,0	25,9	84	256,6	1,0	76,4
6	32,8	24,7	87	167,6	1,0	191,6
7	32,1	25,4	87	183,9	2,0	151,6
8	32,1	25,1	88	225,9	2,0	241,8
9	31,8	24,8	89	181,2	1,0	346,4
10	32,1	25,7	86	192,8	1,0	318,1
11	32,0	25,7	83	163,7	1,25	131,0
12	30,8	24,4	82	227,2	1,25	14,6

(Nguồn: Trạm khí tượng thủy văn Cần Thơ, 2015)

2.2.3 Hiệu chỉnh và thẩm định mô hình

Trong nghiên cứu này số liệu được thu thập từ nghiệm thức thí nghiệm cho năng suất cao nhất của vụ Thu Đông 2015 sẽ được dùng cho hiệu chỉnh mô hình. DSSAT hiệu chỉnh các thông số đặc tính giống cho mô hình CERES-Maize bằng cách so sánh số liệu mô phỏng và quan sát thực tế cho đến khi đạt được sai số thấp nhất giữa mô phỏng và thực tế. Các thông số đặc tính giống (Bảng 5) gồm P1, P2, P5, G2, G3, PHINT. Các thông số đặc tính giống liên quan đến sinh trưởng và phát triển của cây bắp được ghi nhận từ thí nghiệm. Trong khi đó, số liệu thu

ở giữa ô, tách lấy hạt, cân hạt và đo ẩm độ, tính năng suất hạt ở ẩm độ 14%. Toàn bộ cây sau khi tách hạt được cân, lấy mẫu phụ 4 cây mỗi lô, sấy ở nhiệt độ 70⁰C trong 72 giờ, cân và tính sinh khối khô. Các thông số thời gian sinh trưởng cây trồng được ghi nhận dùng cho hiệu chỉnh và thẩm định mô hình được trình bày trong Bảng 3.

Bảng 3: Các thông số về đặc điểm sinh trưởng của cây bắp lai theo dõi tại điểm thí nghiệm

Đặc điểm sinh trưởng	Thu Đông	Đông Xuân
Ngày gieo	18/08/2015	21/12/2015
Ngày xuất hiện lá đầu tiên	4 ngày sau khi gieo (NSG)	4 NSG
Ngày trở cờ	46 NSG	56 NSG
Ngày phun râu	56 NSG	67 NSG
Chín sấp	80 NSG	90 NSG
Chín sinh lý	105 NSG	111NSG
Ngày thu hoạch	112 NSG	118 NSG

– **Số liệu khí tượng:** Số liệu khí tượng hàng ngày làm đầu vào cho vận hành mô hình CERES-Maize gồm: ẩm độ không khí tương đối, nhiệt độ không khí tối thấp và tối cao, số giờ nắng, tốc độ gió và lượng mưa được thu thập tại Trung Tâm Khí Tượng Thủy Văn Thành Phố Cần Thơ, cách nơi thí nghiệm khoảng 800m. Bảng 4 trình bày số liệu khí tượng trung bình tháng.

thập từ thí nghiệm vụ Đông Xuân 2015-2016 được sử dụng cho thẩm định mô hình.

Việc đánh giá kết quả mô phỏng được thực hiện thông qua các chỉ số thống kê như hệ số xác định - R² (có giá trị từ 0 - 1); sai số bình phương trung bình - RMSE (0 đến +∞); RMSE chuẩn hóa-nRMSE; hệ số hiệu quả mô hình - EF (0 đến 1) và chỉ số nhất quán d. Trong đó: với giá trị R² > 0,5, kết quả mô phỏng được chấp nhận (Moriasi *et al.*, 2007). RMSE gần 0 cho thấy mô hình mô phỏng tốt giá trị quan sát (Jacovides and Kontoyiannis, 1995). Một sự mô phỏng có thể được coi là xuất sắc nếu nRMSE

nhỏ hơn 10%, tốt nếu từ 10 đến 20%, khá nếu từ 20 đến 30% và kém nếu lớn hơn 30% (Jacovides and Kontoyiannis, 1995). Trong khi đó, một giá trị EF gần 1 cho thấy sự phù hợp hoàn hảo giữa giá trị mô phỏng và quan sát (Nash and Sutcliffe, 1970). Cuối cùng chỉ số nhất quán d dùng để đánh giá tính phù hợp của dữ liệu mô phỏng và quan sát qua đường tuyến tính 1:1. Giá trị d tiến gần 1 cho thấy sự phù hợp hoàn hảo giữa dữ liệu mô phỏng và quan sát (Willmott, 1982). Theo Liu *et al.* (2014), mô hình mô phỏng tốt với $d \geq 0,8$; khá với $0,6 \leq d \leq 0,8$ và không tốt với $d \leq 0,6$. Các chỉ số thống kê được trình bày trong các biểu thức (1), (2), (3), (4) và (5). Trong đó: O_i và \bar{O} lần lượt là giá trị quan sát và trung bình quan sát; P_i và \bar{P} lần lượt là giá trị mô phỏng và trung bình giá trị mô phỏng của các nghiệm thức.

$$R^2 = \left[\frac{\sum(O_i - \bar{O})(P_i - \bar{P})}{\sqrt{\sum(O_i - \bar{O})^2 \sum(P_i - \bar{P})^2}} \right]^2 \quad (1)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum(P_i - O_i)^2}{n}} \quad (2)$$

$$nRMSE = \frac{1}{\bar{O}} \sqrt{\frac{\sum(P_i - O_i)^2}{n}} \quad (3)$$

$$EF = 1 - \frac{\sum(P_i - O_i)^2}{\sum(O_i - \bar{O})^2} \quad (4)$$

$$d = 1 - \frac{\sum(P_i - O_i)^2}{\sum(|P_i - \bar{O}| + |O_i - \bar{P}|)^2} \quad (5)$$

3 KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1 Hiệu chỉnh mô hình

Kết quả từ thí nghiệm cho thấy năng suất bắp cao nhất là 7475 kg trong vụ Thu Đông 2015 ở nghiệm thức bón 180 kgN/ha kết hợp bón 10 tấn phân hữu cơ/ha. Do đó, số liệu thu được từ nghiệm thức này được sử dụng cho hiệu chỉnh mô hình CERES-maize. Các thông số đặc tính giống được hiệu chỉnh được trình bày ở Bảng 5.

Bảng 5: Giá trị mặc định trong DSSAT và giá trị các thông số đặc tính giống bắp VN10 được hiệu chỉnh

Hệ số	Mô tả	Đơn vị	Khoảng giá trị (*)	Giá trị hiệu chỉnh
P1	Tổng tích ôn từ lúc xuất hiện lá đầu tiên đến lúc kết thúc giai đoạn đoạn sinh trưởng (trên nhiệt độ cơ bản t_{base} của cây bắp là: 8°C). $= (t^0_1 - t_{base}) + (t^0_2 - t_{base}) + \dots + (t^0_n - t_{base})$	°C ngày	100-400	280
P2	Tổng tích ôn mà sự phát triển bị chậm trễ cho mỗi giờ chiếu sáng vượt trên những khoảng thời nhiệt tối hảo (khoảng thời nhiệt tối hảo là 12,5 giờ).	ngày	0 - 4.0	0,81
P5	Tổng tích ôn từ ngâm sữa đến chín sinh lý (trên nhiệt độ cơ bản).	°C ngày	600 - 900	870
G2	Số hạt tối đa có đượctrên một cây.	hạt/cây	380 - 1000	879
G3	Tốc độ vào chắc của hạt trong suốt thời gian tạo hạt với điều kiện tối hảo (mg/ngày).	mg/ngày	5 - 12	9.20
PHINT	Khoảng thời nhiệt giữa những lần xuất hiện các lá liên tiếp	°C ngày	38,9 - 55	45.02

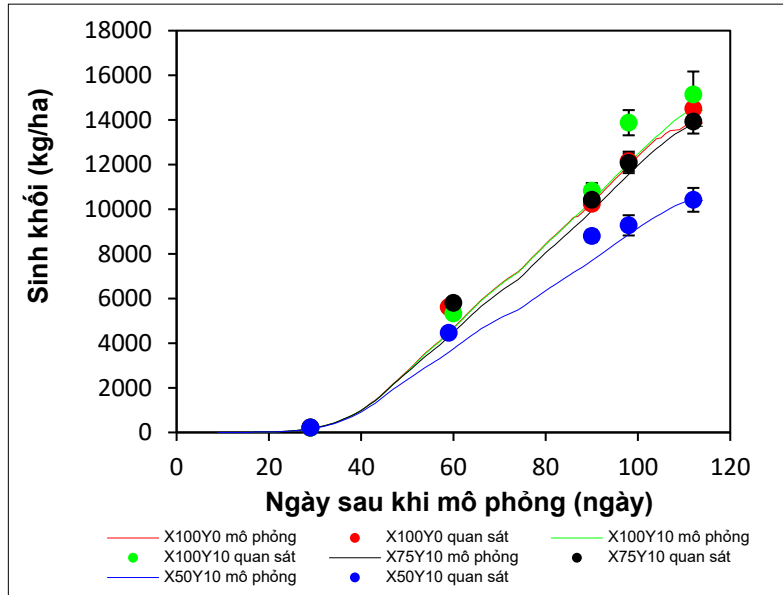
(*) giá trị mặc định của các giống bắp trong DSSAT (Liu *et al.*, 2014)

3.1.1 Tổng sinh khối

Kết quả mô phỏng tổng sinh khối bắp trong suốt vụ Thu Đông 2015 dưới các nghiệm thức bón phân khác nhau được trình bày trong Hình 1. Nhìn chung, mô hình mô phỏng khá tốt sinh khối bắp trong suốt vụ trồng.

Kết quả nghiên cứu cho thấy, tại thời điểm thu hoạch tổng sinh khối cao nhất (15.138 kg) đạt được ở nghiệm thức bón 180 kg N kết hợp bón 10 tấn phân hữu cơ/ha (X100-Y10). Tương tự, tổng sinh khối mô phỏng cao nhất đạt được ở cùng nghiệm thức

(14.428 kg). Trong khi đó, bón 90 kg N kết hợp bón 10 tấn phân hữu cơ/ha (X50-Y10) cho tổng sinh khối quan sát và mô phỏng thấp nhất cùng giá trị (10.421kg). Các nghiệm thức còn lại cho thấy xu hướng tương tự, bón giảm phân N có xu hướng làm giảm năng suất bắp mặc dù có bổ sung phân hữu cơ. Điều này cho thấy việc bón giảm phân vô cơ kết hợp phân hữu cơ thường chỉ có tác dụng trong giai đoạn dài hạn. Các kết quả mô phỏng cho thấy mô hình mô phỏng tốt sự đáp ứng của sinh khối bắp đối với các liều lượng phân bón khác nhau.

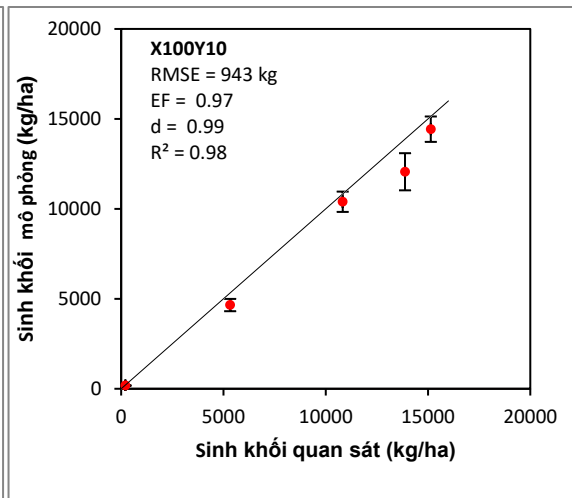
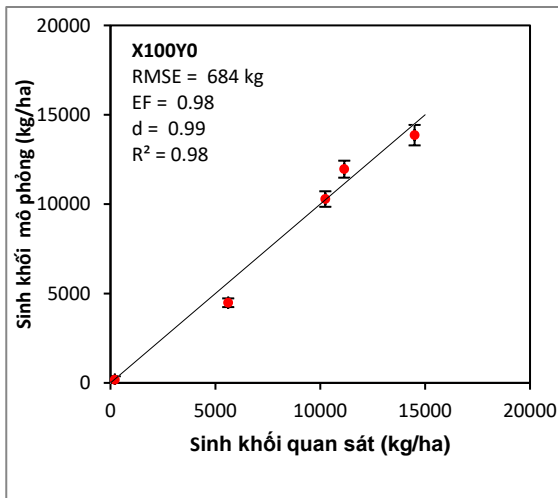


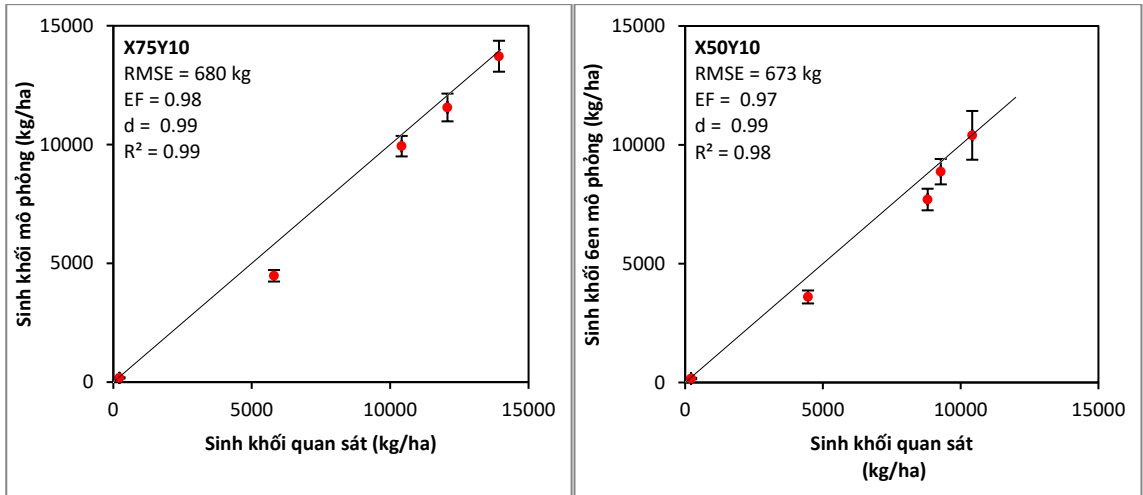
Hình 1: Sinh khối bắp mô phỏng và quan sát trong suốt vụ trồng dưới các nghiệm thức bón phân khác nhau trong vụ Thu Đông 2015

X100Y0: 180N-90P₂O₅-80 K₂O(kg/ha), không bón phân hữu cơ; X100Y10: 180N-90P₂O₅-80 K₂O(kg/ha) kết hợp bón 10 tấn phân hữu cơ/ha; X75Y10: 135N-68P₂O₅-60 K₂O(kg/ha) kết hợp bón 10 tấn phân hữu cơ/ha; X50Y10: 90N-45P₂O₅-40 K₂O (kg/ha) kết hợp bón 10 tấn phân hữu cơ/ha.

So sánh sinh khối trong suốt vụ trồng ở các nghiệm thức phân bón khác nhau qua đường tuyến tính 1:1 (Hình 2) cho thấy các điểm tập trung quanh đường tuyến tính 1:1. Điều này cho thấy mô hình mô phỏng tốt sinh khối quan sát thực tế ở tất cả các

nghiệm thức thể hiện thông qua các chỉ số thống kê: R² dao động từ 0,98 đến 0,99; RMSE dao động từ 673 đến 943 kg/ha; EF tiến gần giá trị 1 (0,97 đến 0,98); trong khi đó chỉ số nhất quán đạt giá trị 0,99 ở tất cả các nghiệm thức.





Hình 2: So sánh sinh khối mô phỏng và quan sát ở các nghiệm thức bón phân khác nhau qua đường tuyến tính 1:1 (đường liên tục) trong vụ Thu Đông 2015

X100Y0: 180N-90P₂O₅-80 K₂O(kg/ha), không bón phân hữu cơ; X100Y10: 180N-90P₂O₅-80 K₂O (kg/ha) kết hợp bón 10 tấn phân hữu cơ/ha; X75Y10: 135N-68P₂O₅-60 K₂O (kg/ha) kết hợp bón 10 tấn phân hữu cơ/ha; X50Y10: 90N-45P₂O₅-40 K₂O (kg/ha) kết hợp bón 10 tấn phân hữu cơ/ha.

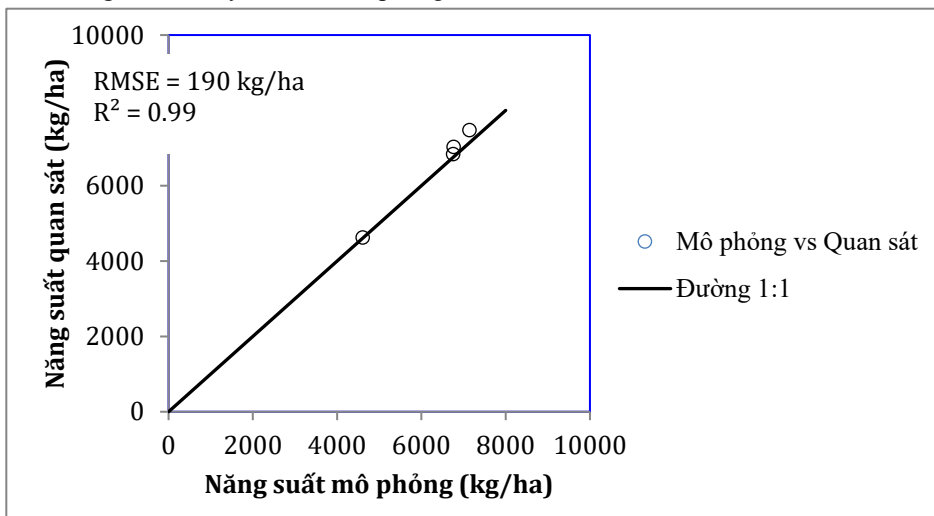
3.1.2 Năng suất hạt

Kết quả nghiên cứu cho thấy năng suất bắp thí nghiệm trong vụ Thu Đông 2015 dao động từ 4.621 kg/ha đến 7.475 kg/ha (Bảng 5), năng suất đạt cao nhất (7.475 kg/ha) ở nghiệm thức bón 180 kg N kết hợp 10 tấn hữu cơ/ha (X100Y10), năng suất thấp nhất (4.621 kg/ha) khi bón 90 kg N kết hợp 10 tấn phân hữu cơ (X50-Y10). Xu hướng tương tự đạt được ở năng suất bắp mô phỏng với nghiệm thức X100-Y10 cho năng suất cao nhất (7.146 kg/ha) và năng suất thấp nhất đạt được ở nghiệm thức X50-Y10, các chỉ số thống kê cho thấy mô hình mô phỏng

tốt năng suất trung bình thực tế với giá trị RMSE thấp (190 kg) và R² cao (0,99) (Hình 3).

Bảng 6: Năng suất bắp mô phỏng và quan sát lúc thu hoạch ở các nghiệm thức bón phân khác nhau trong vụ Thu Đông 2015

Nghiệm thức	Năng suất mô phỏng (kg/ha)	Năng suất quan sát (kg/ha)
X100-Y0	6.769	7.027
X100-Y10	7.146	7.475
X75-Y10	6.758	6.837
X50-Y10	4.609	4.621



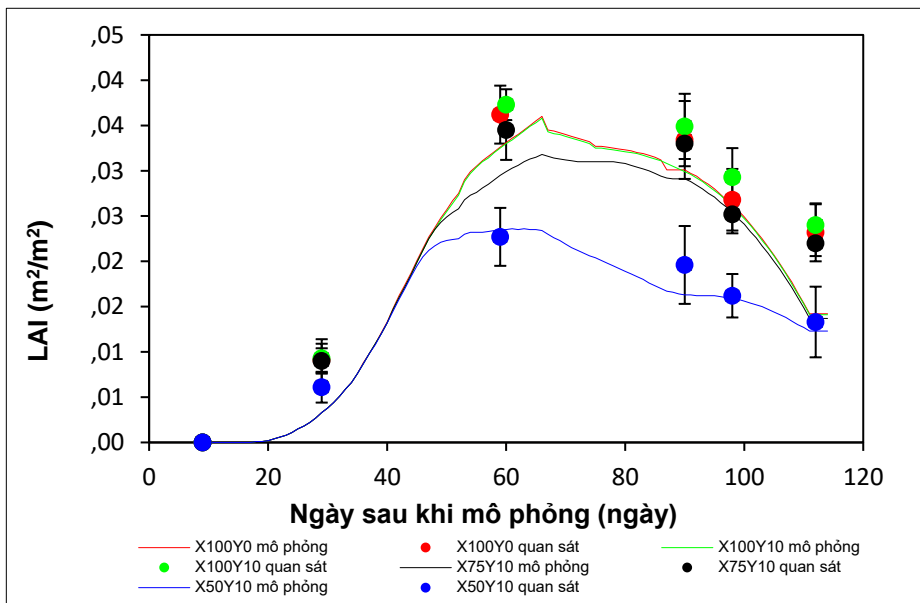
Hình 3: So sánh năng suất bắp mô phỏng và quan sát ở các nghiệm thức bón phân khác nhau qua đường tuyến tính 1:1 trong vụ Thu Đông 2015

3.1.3 Chỉ số diện tích lá (LAI)

Chỉ số diện tích lá bắp không chỉ thay đổi theo giống mà còn phụ thuộc vào mật độ gieo trồng, tình trạng dinh dưỡng, sâu bệnh, sự cung cấp C và các yếu tố môi trường khác và là một trong các yếu tố ảnh hưởng đến năng suất bắp (Lukeba *et al.*, 2013. Lambert *et al.*, 2014). Diễn biến chỉ số diện tích lá bắp mô phỏng và quan sát trong suốt vụ trồng được trình bày trong Hình 4. Kết quả thí nghiệm cho thấy bón 180 kgN kết hợp 10 tấn phân hữu cơ (X100-Y10) cho chỉ số diện tích lá cao nhất trong suốt vụ trồng, tiếp theo là nghiệm thức bón 180kg N nhưng

không bón phân hữu cơ. LAI thấp nhất ở nghiệm thức bón 90 kgN kết hợp 10 tấn hữu cơ/ha (X50-Y10), kết quả này phù hợp với nghiên cứu của Lukeba *et al.* (2013).

Các chỉ số thống kê cho thấy mô hình mô phỏng khá tốt LAI với EF dao động từ 0,69 đến 0,82, hệ số RMSE dao động từ 0,32 đến 0,53 m²/m² và giá trị nRMSE dao động từ 15,65% đến 20,47%. Theo McKee (1964), LAI là một giá trị đo đặc khó với độ sai số cao, do đó việc mô phỏng LAI thông thường có độ sai số nhất định (Musinguzi *et al.*, 2014).



Hình 4: Chỉ số diện tích lá (LAI) giữa mô phỏng và quan sát theo thời gian

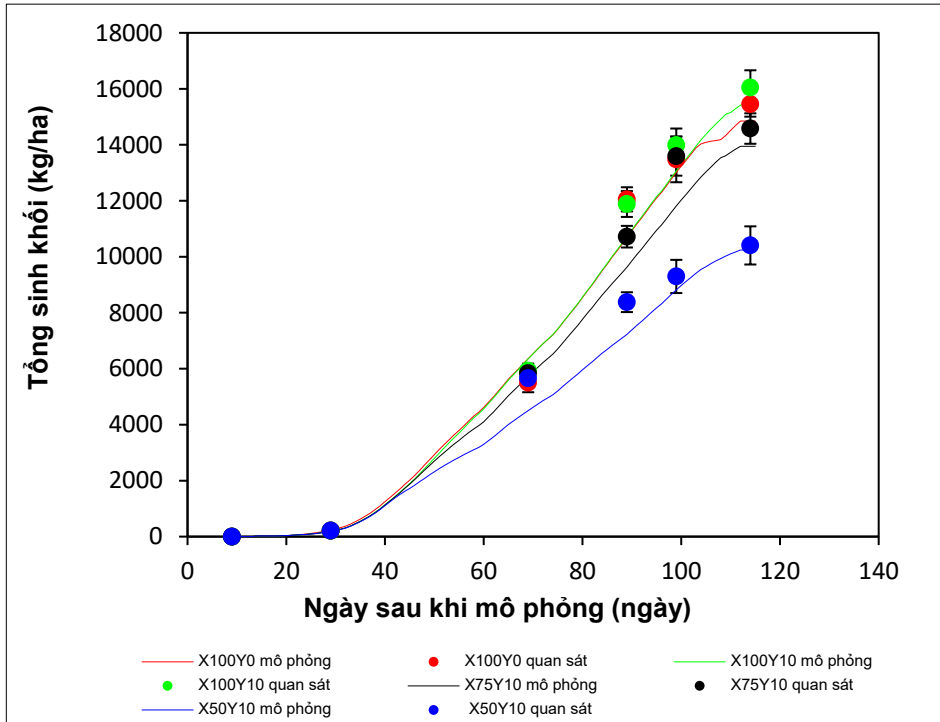
X100Y0: 180N-90P₂O₅-80 K₂O(kg/ha), không bón phân hữu cơ; X100Y10: 180N-90P₂O₅-80 K₂O(kg/ha) kết hợp 10 tấn phân hữu cơ/ha; X75Y10: 135N-68P₂O₅-60 K₂O(kg/ha) kết hợp 10 tấn phân hữu cơ/ha; X50Y10: 90N-45P₂O₅-40 K₂O(kg/ha) kết hợp 10 tấn phân hữu cơ/ha.

3.2 Kết quả thẩm định mô hình

3.2.1 Tổng sinh khối

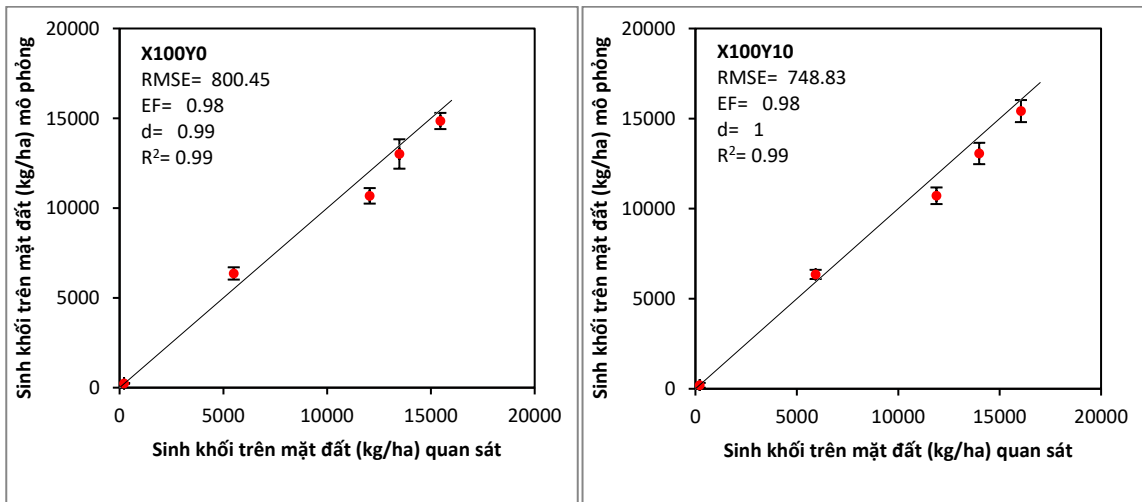
Kết quả thẩm định mô hình trong vụ Đông Xuân 2015-2016 cho thấy mô hình mô phỏng tốt tổng sinh khối cây trong suốt vụ trồng (Hình 5). Trong đó, nghiệm thức bón 100 kg N và 10 tấn phân hữu cơ/ha cho tổng sinh khối cao nhất với tổng sinh khối đạt được ở cuối vụ là 15.417 kg/ha (mô phỏng) và 16.050 kg/ha (quan sát). Ngược lại, sinh khối cây thấp nhất đạt được ở nghiệm thức bón 50kg N kết hợp 10 tấn phân hữu cơ/ha với tổng sinh khối đạt

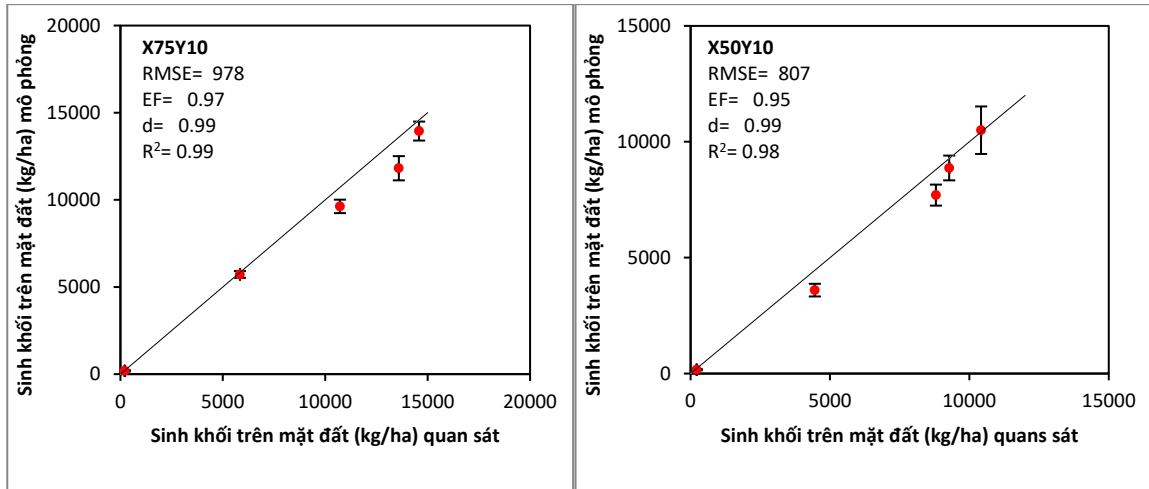
được cuối vụ là 10.240 kg/ha (mô phỏng) và 10.405 kg/ha (quan sát). Nhìn chung, sinh khối mô phỏng thấp hơn sinh khối trung bình quan sát ở tất cả các nghiệm thức bón phân. Tuy nhiên, so sánh số liệu mô phỏng và quan sát qua đường 1:1 cho thấy các điểm tập trung khá gần đường 1:1 (Hình 6), đồng thời giá trị các chỉ số thống kê ở khoảng được chấp nhận với EF dao động từ 0,95 đến 0,98, nRMSE dao động từ 7,79 % đến 11,88 %, và hệ số d dao động từ 0,99 – 1,0 cho thấy có sự nhất quán tốt giữa giá trị mô phỏng và quan sát.



Hình 5: Sinh khối bắp mô phỏng và quan sát trong suốt vụ trồng dưới các nghiệm thức bón phân khác nhau trong vụ Đông Xuân 2015-2016

X100Y0: 180N-90P₂O₅-80 K₂O(kg/ha), không bón phân hữu cơ; X100Y10: 180N-90P₂O₅-80 K₂O(kg/ha) kết hợp bón 10 tấn phân hữu cơ/ha; X75Y10: 135N-68P₂O₅-60 K₂O(kg/ha) kết hợp bón 10 tấn phân hữu cơ/ha; X50Y10: 90N-45P₂O₅-40 K₂O(kg/ha) kết hợp bón 10 tấn phân hữu cơ/ha.





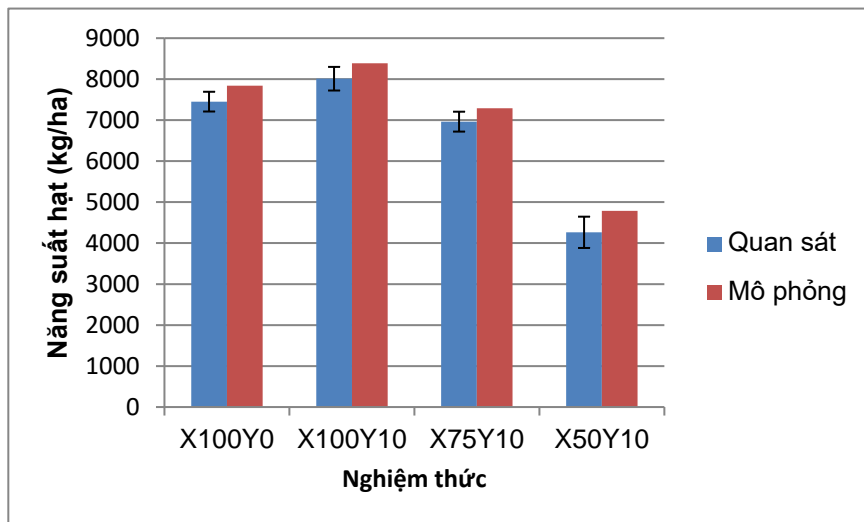
Hình 6: So sánh sinh khối mô phỏng và quan sát ở các nghiệm thức bón phân khác nhau qua đường tuyến tính 1:1 (đường liên tục) trong vụ Đông Xuân 2015-2016

X100Y0: 180N-90P₂O₅-80 K₂O(kg/ha), không bón phân hữu cơ; X100Y10: 180N-90P₂O₅-80 K₂O(kg/ha) kết hợp bón 10 tấn phân hữu cơ/ha; X75Y10: 135N-68P₂O₅-60 K₂O(kg/ha) kết hợp bón 10 tấn phân hữu cơ/ha; X50Y10: 90N-45P₂O₅-40 K₂O(kg/ha) kết hợp bón 10 tấn phân hữu cơ/ha. Các điểm dữ liệu tương ứng với các ngày thu mẫu 9, 29, 69, 89, 99 và 114 ngày sau khi trồng.

3.2.2 Năng suất hạt

Năng suất hạt quan sát ở các nghiệm thức dao động từ 4263 kg/ha đến 8011 kg/ha. Nghiệm thức X100Y10 đạt năng suất cao nhất và thấp nhất ở

nghiệm thức X50Y10 khác biệt có ý nghĩa thống kê so với các nghiệm thức còn lại. Năng suất nghiệm thức X100Y0 đạt cao hơn nghiệm thức X75Y10 tuy nhiên không có sự khác biệt ý nghĩa thống kê (Hình7).

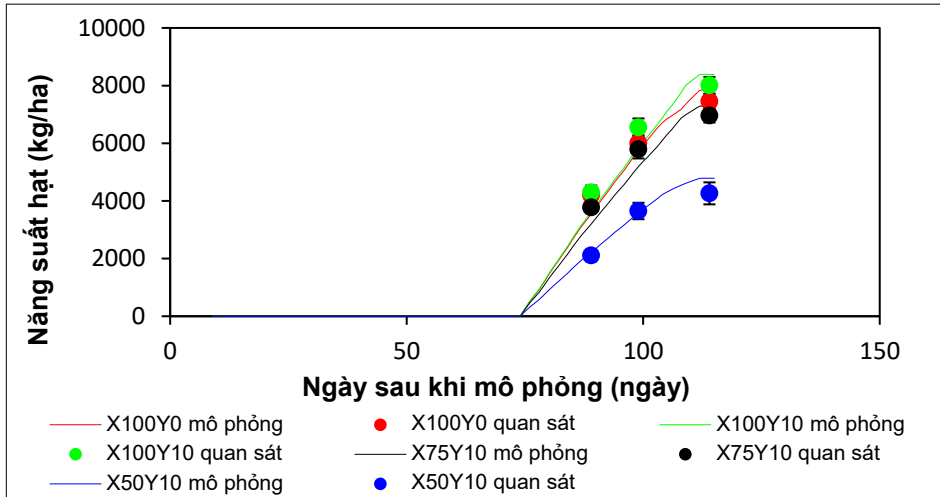


Hình 7: So sánh năng suất giữa mô phỏng và quan sát

Thanh đứng trên các cột thể hiện độ lệch chuẩn của dữ liệu quan sát. X100Y0: 180N-90P₂O₅-80 K₂O(kg/ha), không bón phân hữu cơ; X100Y10: 180N-90P₂O₅-80 K₂O(kg/ha) kết hợp bón 10 tấn phân hữu cơ/ha; X75Y10: 135N-68P₂O₅-60 K₂O(kg/ha) kết hợp bón 10 tấn phân hữu cơ/ha; X50Y10: 90N-45P₂O₅-40 K₂O(kg/ha) kết hợp bón 10 tấn phân hữu cơ/ha.

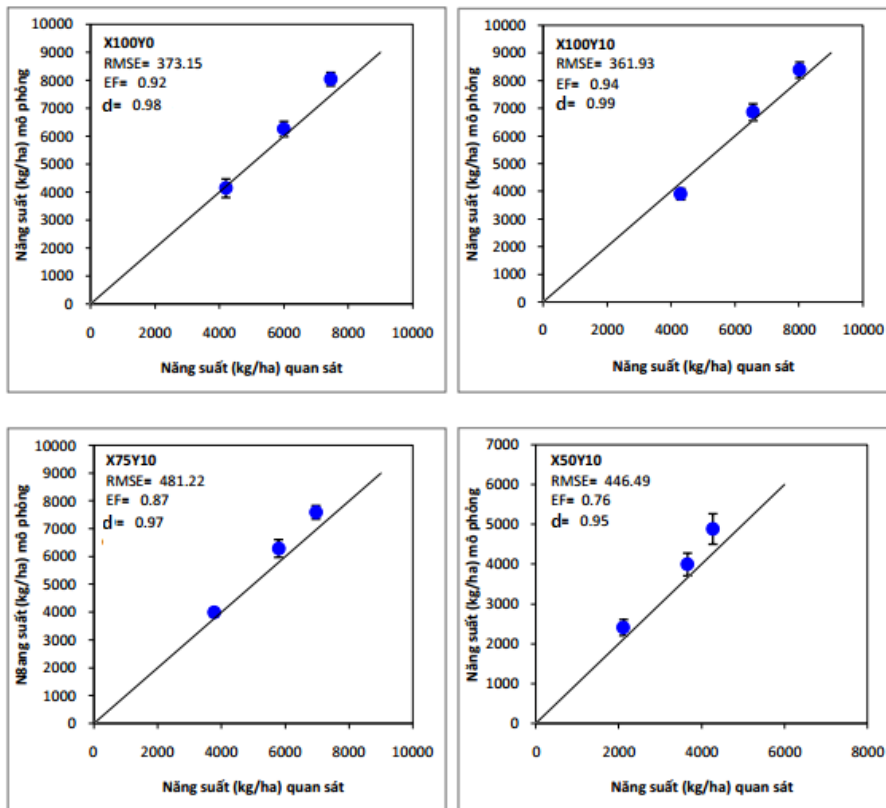
So sánh năng suất hạt mô phỏng và quan sát theo thời gian cho thấy giá trị mô phỏng gần với giá trị

quan sát ở tất cả các nghiệm thức. Điều này cho thấy mô hình mô phỏng tốt dữ liệu quan sát (Hình 8).



Hình 8: Năng suất giữa mô phỏng và quan sát theo thời gian trong vụ Đông Xuân 2015-2016

X100Y0: 180N-90P₂O₅-80 K₂O(kg/ha), không bón phân hữu cơ; X100Y10: 180N-90P₂O₅-80 K₂O(kg/ha) kết hợp bón 10 tấn phân hữu cơ/ha; X75Y10: 135N-68P₂O₅-60 K₂O(kg/ha) kết hợp bón 10 tấn phân hữu cơ/ha; X50Y10: 90N-45P₂O₅-40 K₂O(kg/ha) kết hợp bón 10 tấn phân hữu cơ/ha.



Hình 9: So sánh năng suất mô phỏng và quan sát ở các nghiệm thức bón phân khác nhau qua đường tuyến tính 1:1 (đường liên tục) trong vụ Đông Xuân 2015-2016

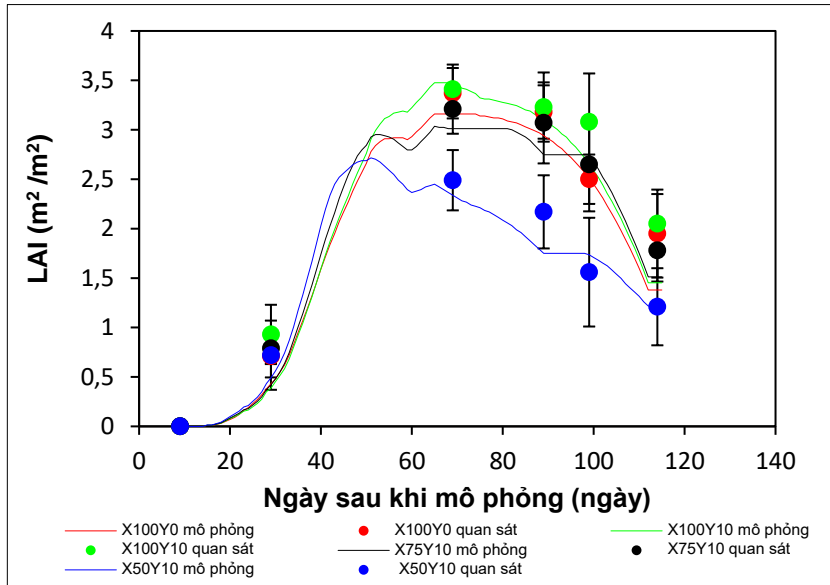
X100Y0: 180N-90P₂O₅-80 K₂O(kg/ha), không bón phân hữu cơ; X100Y10: 180N-90P₂O₅-80 K₂O(kg/ha) kết hợp bón 10 tấn phân hữu cơ/ha; X75Y10: 135N-68P₂O₅-60 K₂O(kg/ha) kết hợp bón 10 tấn phân hữu cơ/ha; X50Y10: 90N-45P₂O₅-40 K₂O(kg/ha) kết hợp bón 10 tấn phân hữu cơ/ha. Các điểm dữ liệu tương ứng với các thời điểm 90, 98 và 112 ngày sau khi trồng.

Giá trị RMSE mô phỏng ở các nghiệm thức dao động từ 361 kg/ha đến 461 kg/ha, EF dao động từ 0,76 – 0,94 và thông kê d dao động từ 0,95 – 0,99 cho thấy hiệu quả mô phỏng của mô hình là tốt (Hình 9).

3.2.3 Chỉ số diện tích lá

Các chỉ số thống kê đối với chỉ số diện tích lá (LAI) ở tất cả các nghiệm thức dao động lần lượt là

EF (0,80 – 0,91), d (0,96 – 0,98) và nRMSE (11,69% – 16,30%), qua đó cho thấy, giá trị mô phỏng và quan sát tương quan khá chặt chẽ nhau (Hình 10). LAI đạt cao nhất ở giai đoạn 67 - 70 ngày sau khi trồng ở cả hai giá trị mô phỏng và quan sát (Hình 10). Theo Tsirkov (1966), diện tích lá bấp tằng tương ứng với số lá và tốc độ ra lá.



Hình 10: Chỉ số diện tích lá (LAI) giữa mô phỏng và quan sát theo thời gian trong vụ Đông Xuân 2015-2016

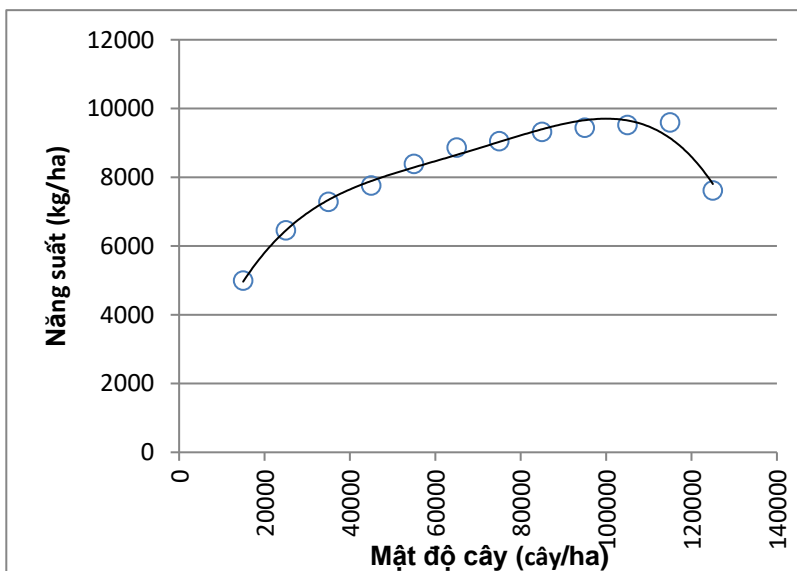
X100Y0: 180N-90P₂O₅-80 K₂O(kg/ha), không bón phân hữu cơ; X100Y10: 180N-90P₂O₅-80 K₂O(kg/ha) kết hợp bón 10 tấn phân hữu cơ/ha; X75Y10: 135N-68P₂O₅-60 K₂O(kg/ha) kết hợp bón 10 tấn phân hữu cơ/ha; X50Y10: 90N-45P₂O₅-40 K₂O(kg/ha) kết hợp bón 10 tấn phân hữu cơ/ha.

3.3 Mô phỏng ảnh hưởng của mật độ trồng lên năng suất bắp

Trong nghiên cứu này, mô hình sau khi được thẩm định được sử dụng để mô phỏng năng suất bắp dưới các mật độ gieo trồng khác nhau để tìm ra mật độ gieo cho năng suất cao nhất. Nghiệm thức bón 180N-90P₂O₅-80K₂O + 10T/ha phân hữu cơ được chọn để mô phỏng đáp ứng của năng suất bắp đối với mật độ gieo trồng do nghiệm thức này cho năng suất thực tế và mô phỏng cao nhất.

Kết quả mô phỏng (Hình 11) cho thấy, năng suất mô phỏng gia tăng khi gia tăng mật độ gieo và đạt cao nhất (9.593 kg/ha) ở mật độ gieo 11.5 cây/m² hay 115.000 cây/ha. Mức năng suất mô phỏng ở mật độ gieo này tăng 22,5% và 22,1% so với năng suất mô phỏng và quan sát ở mật độ gieo 5,5 cây/m². Kết

quả năng suất mô phỏng ở mật độ này tương đối phù hợp với nghiên cứu của Jiang *et al.* (2018) với năng suất cao nhất đạt được ở mật độ trồng 127.500 cây/ha. Theo Jiang *et al.* (2018), sự gia tăng mật độ trồng làm gia tăng chỉ số diện tích lá và tổng sinh khối. Tuy nhiên, năng suất bắp mô phỏng giảm khi mật độ cây gia tăng đến 125.000 cây/ha. Theo Jiang *et al.* (2018), sự gia tăng mật độ cây làm gia tăng độ bao phủ tán lá từ đó làm tăng khả năng tiếp nhận bức xạ mặt trời và sự quang hợp tán lá, kết quả là gia tăng sự tích lũy sinh khối cây và từ đó tăng năng suất. Tuy nhiên, sự gia tăng mật độ cây trên một ngưỡng nào đó sẽ làm giảm năng suất bắp vì sự cạnh tranh ánh sáng và dinh dưỡng giữa các cây và từ đó làm giảm sự tích lũy sinh khối trên mỗi cây, kết quả là năng suất trên mỗi cây giảm.



Hình 11: Mô phỏng ảnh hưởng của mật độ trồng lên năng suất

4 KẾT LUẬN

Năng suất bắp mô phỏng và thực tế cao nhất đạt được ở nghiệm thức bón kết hợp 180N-90P₂O₅-80K₂O+ 10 tấn phân hữu cơ/ha ở cả 2 vụ Thu Đông 2015 và Đông Xuân 2015-2016.

Mô hình sau khi hiệu chỉnh được thẩm định trong vụ Đông Xuân 2015-2016 cho kết quả mô phỏng tương thích tốt với dữ liệu quan sát với các trị số thống kê trong khoảng được chấp nhận. Đối với năng suất hạt, hiệu quả mô hình EF dao động từ 0,76 đến 0,94; RMSE dao động từ 361 đến 481kg/ha, nRMSE có giá trị từ 5,76% đến 13,36 %. Đối với tổng sinh khối cây, EF có giá trị trong khoảng 0,95 đến 0,98; RMSE dao động từ 748 đến 977kg/ha; nRMSE có giá trị từ 7,79% đến 11,88 %. Trong khi đối với chỉ số diện tích lá (LAI), EF dao động từ 0,80 đến 0,91; nRMSE dao động từ 11,69% đến 16,30 %.

Năng suất bắp mô phỏng cao nhất đạt được ở mật độ trồng 115.000 cây/ha.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

Cao Ngọc Diệp và Trần Minh Thiện, 2012. Ảnh hưởng của phân hữu cơ vi sinh sản xuất từ chất thải ao nuôi cá tra đến tăng trưởng và năng suất bắp lai (*Zea Mays L.*) trồng trên đất phù sa Nông Trường Sông Hậu, thành phố Cần Thơ. Tạp chí khoa học Trường Đại học Cần Thơ. 24a: 1-8.

Hodges, T., Botner, D., Sakamoto, C. and Haug, J. H., 1987. Using the CERES-Maize model to estimate production for the US Cornbelt. *Agricultural and Forest Meteorology*. 40(4): 293-303.

Jiang, X., Tong L., Kang, S., *et al.*, 2018. Planting density affected biomass and grain yield of maize for seed production in an arid region of Northwest China. *Journal of Arid Land*. 10(2): 292–303.

Jones, J.W., Hoogenboom, G., Porter, C.H., *et al.*, 2003. The DSSAT cropping system model. *European Journal of Agronomy*. 18(3-4): 235-265.

Körschens, M., 2006. The importance of long-term field experiments for soil science and environmental research—a review. *Plant Soil Envi*, 52 (special issue):1–8.

Jacovides, C.P., Kontoyiannis, H., 1995. Statistical procedures for the evaluation of evapotranspiration computing models. *Agric. Water Manage.* (27): 365–371.

Lambert, R. J., Mansfield, B. D., Mumm, R. H., 2014. Effect of leaf area on maize productivity. *Maydica*, 59(1):58-63.

Liu, H. L., Yang, J. Y., Drury, C. A., Reynolds, W. D., Tan, C. S., Bai, Y. L., ... & Hoogenboom, G., 2011. Using the DSSAT-CERES-Maize model to simulate crop yield and nitrogen cycling in fields under long-term continuous maize production. *Nutrient cycling in agroecosystems*. 89(3): 313-328.

Liu, S., Yang, J. Y., Drury, C. F., Liu, H. L., and Reynolds, W. D., 2014. Simulating maize (*ZeamaysL.*) growth and yield, soil nitrogen concentration, and soil water content for a long-term cropping experiment in Ontario, Canada. *Canadian journal of Soil Science*. 94: 435-452.

Lukeba, J.C.L., Vumilia, R.K., Nkongolo, K.C.K., Mwabila, M.L., Tsumbu, M., 2013. Growth and Leaf Area Index Simulation in Maize (*Zea*

- maysL.) under Small-Scale Farm Conditions in a Sub-Saharan African Region. *American Journal of Plant Sciences*. 4: 575-583.
- Moriasi, D. N., Arnold, J. G., Van, L.M. W., Bingner R. L., Harmel R. D., Veith T. L., 2007. model evaluation guidelines for systematic quantification of accuracy in watershed simulations. *American Society of Agricultural and Biological Engineers ISSN 0001-2351*. 50(3): 885-900.
- Musinguzi, P., Ebanyat, P., Tenywa, J. S., Mwanjalolo, M., Basamba, T. A., Tenywa, M. M., & Porter, C., 2014. Using DSSAT-CENTURY model to simulate soil organic carbon dynamics under a low-input maize cropping system. *Journal of Agricultural Science*. 6(5): 120-131.
- Nash, J. E., and J. E. Sutcliffe., 1970. River flow forecasting through conceptual models, Part 1-A discussion of principles. *J. Hydrol.* 10: 282.
- Nouna, B. B., Katerji, N., andMastrorilli, M., 2000. Using the CERES-Maize model in a semi-arid Mediterranean environment. Evaluation of model performance. *European Journal of Agronomy*, 13(4): 309-322.
- Ngô Ngọc Hưng, 2008. Nguyên lý và ứng dụng mô hình toán trong nghiên cứu sinh học, nông nghiệp và môi trường. Nhà xuất bản Nông Nghiệp.
- Pang, X. P.;Letey, J., and Wu, L.,1997. Yield and nitrogen uptake prediction by CERES-Maize model under semiarid conditions. *Soil Science Society of America Journal*, 61(1): 254-256.
- Xie, Y., Kiniry, J. R., Nedbalek, V., andRosenthal, W. D., 2001. Maize and sorghum simulations with CERES-Maize, SORKAM, and ALMANAC under water-limiting conditions. *Agronomy Journal*, 93(5): 1148-1155.
- Willmott, C.J., 1982. Some comments on the evaluation of model performance. *Bulletin of theAmerican Meteorological Society*. (63): 1309-1313.