

# Khả năng áp dụng mô hình DNDC (Denitrification – Decomposition) xác định lượng Cacbon hữu cơ trong đất ở các hệ sinh thái nông nghiệp đồng bằng ven biển tỉnh Quảng Trị

Nguyễn Thanh Tuấn<sup>1,\*</sup>, Nguyễn Xuân Hải<sup>2</sup>, Trần Văn Ý<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Bảo tàng Thiên nhiên Việt Nam, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam, Nhà A20,  
18 Hoàng Quốc Việt, Cầu Giấy, Hà Nội*

<sup>2</sup>*Khoa Môi trường, Trường Đại học Khoa học Tự Nhiên, ĐHQGHN,  
334 Nguyễn Trãi, Thanh Xuân, Hà Nội, Việt Nam*

Nhận ngày 05 tháng 5 năm 2014

Chỉnh sửa ngày 18 tháng 7 năm 2014; Chấp nhận đăng ngày 19 tháng 9 năm 2014

**Tóm tắt:** Cacbon hữu cơ trong đất (SOC) có vai trò rất quan trọng trong duy trì độ phì và mức độ ổn định của đất trong các hệ sinh thái nông nghiệp. Mô hình DNDC (Denitrification - Decomposition) đã được kiểm chứng và áp dụng để ước lượng lượng SOC trong các hệ canh tác ở nhiều quốc gia trên thế giới, trong khi đó vẫn chưa được áp dụng ở Việt Nam. Do đó mục đích của bài báo này là xem xét khả năng áp dụng mô hình DNDC để ước lượng lượng SOC ở các hệ canh tác nông nghiệp vùng đồng bằng ven biển tỉnh Quảng Trị. Kết quả đã chỉ ra rằng mô hình DNDC phù hợp cho ước lượng SOC ở các hệ canh tác: (1) Lạc, (2) Lạc - Khoai lang, (3) Ngô - đậu, (4) Lúa - lúa, (5) Sắn trên địa bàn nghiên cứu. Hệ số tương quan giữa kết quả đo đạc và ước lượng là 0.91, chỉ số mức độ phù hợp xấp xỉ 0.95, sai số bình phương trung bình (RMSE) là 0.045. Ngoài ra, kết quả cũng chỉ ra rằng mức độ nhạy cảm của các yếu tố đầu vào của mô hình đối với kết quả đầu ra là khác nhau ở mỗi hệ canh tác. Lượng SOC ban đầu, thành phần cơ giới đất, mức độ cày bừa ảnh hưởng lớn nhất đến kết quả đầu ra, tiếp sau đó là các yếu tố hàm lượng sét trong đất, bón phân hữu cơ... và tiếp đến là lượng phế phẩm để lại đồng ruộng, nhiệt độ..

*Từ khoá:* Mô hình, DNDC, Cacbon hữu cơ trong đất (SOC), Hệ canh tác, Kiểm chứng.

## 1. Giới thiệu

Cacbon hữu cơ trong đất (SOC) đóng vai trò rất quan trọng trong các hệ sinh thái, ảnh hưởng đến cấu trúc đất, khả năng giữ nước của

đất, khả năng hình thành các phức chất với các ion kim loại, khả năng cung cấp chất dinh dưỡng cho cây trồng. Do vậy suy giảm hàm lượng cacbon hữu cơ trong đất có ảnh hưởng hơn đến độ phì của đất, mức độ ổn định của đất và sản xuất nông nghiệp. Hơn thế nữa, lượng cacbon hữu cơ trong đất đóng một vai trò quan

\* Tác giả liên hệ. ĐT.: 84-967248168  
Email: legis\_tuan@vnmn.vast.vn

trọng đối với quá trình cân bằng cacbon trong chu trình cacbon toàn cầu.

SOC vừa là nguồn năng lượng, vừa là dinh dưỡng chính cho vi sinh vật đất, ảnh hưởng đến quá trình khoáng hoá và chất dinh dưỡng trong đất. Cacbon trong đất tồn tại ở 2 dạng: vô cơ và hữu cơ. Ngoài đất tích vôi, cacbon trong đất tồn tại chủ yếu ở dạng hữu cơ, hay còn gọi là cacbon hữu cơ trong đất [1]. Thông thường chất hữu cơ trong đất chứa khoảng 58% lượng cacbon hữu cơ. Hệ số Van Bemmelen (1,724) đã được sử dụng nhiều để thể hiện mối quan hệ giữa SOC và chất hữu cơ trong đất (SOM), mặc dù hệ số này không phù hợp cho tất cả các loại đất và theo độ sâu tầng đất [2]. Như vậy, có thể hiểu SOC là lượng cacbon tồn tại trong SOM.

Hàm lượng SOC phụ thuộc vào thành phần cơ giới, khí hậu, thảm thực vật, lịch sử và phương thức canh tác. Các chất hữu cơ bị giữ trong không gian giữa các hạt sét, các vi sinh vật đất khó tiếp cận các chất hữu cơ này, cho nên chúng bị phân huỷ chậm. Do vậy, đất có hàm lượng sét cao hơn sẽ có hàm lượng SOC cao hơn nếu trong cùng điều kiện nhiệt độ và phương thức canh tác. Khí hậu ảnh hưởng đến tốc độ phân huỷ chất hữu cơ. Vùng khí hậu nhiệt đới ẩm tạo điều kiện thuận lợi cho vi sinh vật hoạt động, do đó tốc độ phân huỷ chất hữu cơ nhanh, dẫn đến SOC trong đất thấp hơn vùng ôn đới có tốc độ phân huỷ chất hữu cơ chậm hơn. Cacbon vào đất bằng các con đường sau: phân huỷ tàn tích động vật và thực vật, các dịch tiết ra từ rễ cây, vi sinh vật sống và chết, và sinh vật đất [3].

Mô hình DNDC (Denitrification – Decomposition) đã được kiểm nghiệm và áp dụng để ước lượng SOC trong các hệ canh tác nông nghiệp ở các nước Mỹ, Trung Quốc, Italy, Đức, Anh, phổ biến nhất là ở Trung Quốc. Kiểm nghiệm đầu tiên đã được thực hiện bởi Li và cộng sự ở Mỹ để tính toán hàm lượng SOC

[3]. Năm 2008, Li đã kết luận mức độ hấp thụ cacbon trong đất không đồng nhất, nó phụ thuộc vào khí hậu, đất và phương thức quản lý. Tiếp sau đó nhiều nhà khoa học khác đã áp dụng và kiểm chứng mô hình này [5]. Mô hình DNDC cho phép dự báo hàm lượng cacbon trong đất ở quy mô điểm [6] và vùng [7]. Năm 2005, Qiu và cộng sự đã sử dụng mô hình trên để dự báo lượng cacbon trong đất của các vùng đất canh tác nông nghiệp ở phía bắc Trung Quốc và trên phạm vi toàn bộ Trung Quốc. Thêm vào đó, mô hình DNDC để dự báo hàm lượng cacbon trong đất cũng như đánh giá mức độ thay đổi lượng cacbon trong đất khi thay đổi sử dụng đất ở tỉnh Quzhou, Trung Quốc. Các tác giả trên cũng kết luận mô hình DNDC mang lại kết quả có thể chấp nhận được khi được áp dụng ở quy mô tỉnh. Ưu điểm của mô hình DNDC là cho phép tính toán định lượng hàm lượng cacbon trong đất ở quy mô vùng. Tiếp sau đó, các tác giả Trung Quốc tiếp tục kiểm chứng khả năng áp dụng mô hình DNDC để đánh giá động lực SOC trong các vùng nông nghiệp của Trung Quốc [8]. Họ đã sử dụng mô hình DNDC để ước lượng lượng SOC ở 5 hệ canh tác: ngô, lúa mì – ngô, khoai tây, lúa – lúa, lúa mì – lúa. Họ cũng khẳng định rằng mô hình DNDC phù hợp cho nghiên cứu động lực SOC ở các vùng nông nghiệp Trung Quốc. Kết luận này cũng phù hợp với kết luận của các nhà nghiên cứu Trung Quốc trình bày ở trên. Áp dụng mô hình DNDC ở các vùng nông nghiệp nhiệt đới đang ngày càng được quan tâm. Năm 2011, Syeda đã đánh giá khả năng áp dụng mô hình DNDC cho nghiên cứu sự biến đổi SOC ở Bangladesh. Kết quả đã khẳng định mô hình DNDC phù hợp cho nghiên cứu SOC ở vùng nông nghiệp nhiệt đới [9].

Ở nước ta việc ước lượng lượng SOC chủ yếu sử dụng các kết quả phân tích mẫu đất ở các tầng khác nhau. Từ các kết quả phân tích,

lượng SOC trung bình cho một loại đất được tính toán, không quan tâm đến sự khác biệt của các loại cây trồng và phương thức canh tác khác nhau. Các nghiên cứu chủ yếu tập trung vào nghiên cứu quy trình, xác định lượng cacbon trong đất rừng [10], đất phù sa ở các hệ canh tác nông nghiệp như đậu tằm; rau + ngô + đậu; lúa + rau hoặc ngô hoặc đậu; lúa + lúa; lúa + lúa + rau hoặc ngô hoặc đậu; lúa + lúa + lúa [11].

Cho đến nay, việc áp dụng mô hình DNDC ước lượng hàm lượng SOC ở nước ta chưa được áp dụng nhiều. Năm 2013, William mới chỉ đưa ra đề xuất ý tưởng xây dựng hệ thống giám sát khí nhà kính phát thải từ vùng canh tác lúa của Việt Nam sử dụng mô hình DNDC [12]. Hơn nữa, việc kiểm chứng khả năng các mô hình trước khi áp dụng tính toán là rất quan trọng, để khẳng định xem mô hình đó có thể sử dụng cho đối tượng và địa bàn nghiên cứu không? Vì những lý do trên, bài báo này nhằm xem xét khả năng áp dụng mô hình DNDC cho một số hệ canh tác chính ở vùng đồng bằng ven biển tỉnh Quảng Trị.

## 2. Giới thiệu mô hình DNDC

Mô hình DNDC là mô hình sinh địa hóa trong đất, cho phép dự báo lượng cacbon được giữ lại trong đất, hàm lượng đạm bị mất, sự phát thải một số khí nhà kính như  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$  từ các hệ sinh thái nông nghiệp [13]. Mô hình được xây dựng với các thông số đầu vào gồm các thông số về tính chất lý hóa của đất, thông số về điều kiện khí hậu như nhiệt - ẩm, thông số về cây trồng như lịch gieo trồng, thu hoạch, phương thức chăm bón... Mô hình này được xây dựng dựa trên nhiều phương trình sinh địa hóa thực nghiệm trong các điều kiện môi trường khác nhau như yếm khí, kỵ khí...

Cấu trúc của mô hình gồm 2 hợp phần: (1) hợp phần gồm phụ mô hình khí hậu, đất, cây trồng và phụ mô hình phân huỷ; (2) hợp phần gồm phụ mô hình nitrate hoá, khử nitrate và phụ mô hình oxy hoá khử. Hợp phần thứ nhất được sử dụng để đánh giá nhiệt độ, độ ẩm, thế oxy hoá khử của đất và biến trình của các yếu tố trong phẫu diện đất, năng suất cây trồng, ước lượng hàm lượng cacbon đưa vào trong đất từ các cây trồng. Các thông số này chịu sự tác động của đặc trưng khí hậu, đất, cây trồng và hoạt động của con người. Hợp phần thứ hai giúp ước lượng sự phát thải các khí  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{NO}$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{N}_2$  từ các hệ canh tác nông nghiệp. Mối quan hệ giữa các chu trình sinh địa hoá của cacbon, nitơ và các yếu tố sinh thái đã được mô hình hoá trong mô hình DNDC. Hình 1 minh hoạ các mối quan hệ này. Dựa trên cấu trúc của mô hình DNDC cho thấy các dữ liệu đầu vào của mô hình gồm yếu tố khí hậu, đất, cây trồng, phương thức canh tác. Việc chuẩn bị đầy đủ và đảm bảo độ chính xác của các dữ liệu đầu vào này có ảnh hưởng to lớn đến các kết quả ước lượng đầu ra.

## 3. Phương pháp nghiên cứu và khu vực nghiên cứu

### 3.1. Phương pháp kiểm chứng mô hình

Mô hình được kiểm chứng bằng cách so sánh các kết quả của mô hình và phân tích mẫu đất thực tế. Cụ thể, kết quả ước lượng lượng SOC theo mô hình DNDC năm 2012 được so sánh với kết quả phân tích mẫu đất thực tế (5 phẫu diện x 2 lần lặp) tại địa điểm ước lượng được thu thập và phân tích năm 2012. Trên cơ sở giá trị ước lượng và đo đạc thực tế xác định tương quan giữa 2 kết quả. Ngoài ra, kết quả ước lượng được đánh giá bằng đại lượng sai số bình phương trung bình và đại lượng chỉ số

mức độ phù hợp của kết quả ước lượng và kết quả đo đạc. Các công thức tính toán sai số bình phương trung bình và mức độ phù hợp của kết quả ước lượng và kết quả đo đạc được thể hiện trong các phương trình dưới đây:

$$\text{RMSE} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (P_i - O_i)^2}$$

$$d = 1 - \left[ \frac{(n \times \text{RMSE}^2)}{PE} \right]$$

$$PE = \sum_{i=1}^n (|P_i - \bar{O}| + |O_i - \bar{O}|)^2$$

Trong đó,  $n$  là số mẫu;  $\bar{O}$  là giá trị trung bình đo đạc;  $P_i$  là giá trị ước lượng thứ  $i$ ;  $O_i$  là giá trị đo đạc thứ  $i$ .

Đại lượng chỉ mức độ phù hợp ( $d$ ) dao động trong khoảng 0 đến 1. Giá trị tiến gần đến 1 phản ánh mức độ phù hợp của mô hình áp dụng cho đối tượng ước lượng, giá trị tiến gần đến 0 thể hiện mức độ không phù hợp của mô hình áp dụng cho đối tượng ước lượng [14]. Đại lượng lượng sai số bình phương trung bình thể hiện mức độ chính xác của kết quả ước lượng và đo đạc. Giá trị càng nhỏ thì kết quả ước lượng càng chính xác [15].

### 3.2. Phương pháp đánh giá mức độ nhạy cảm

Phương pháp đánh giá mức độ nhạy cảm giúp đánh giá mức độ nhạy cảm của các yếu tố đầu vào đối với kết quả đầu ra của mô hình. Để đánh giá mức độ nhạy cảm của các yếu tố (dữ liệu) đầu vào, giá trị SOC theo các kịch bản được ước lượng. Các kịch bản gồm kịch bản thực tế, các kịch bản tăng 10% và kịch bản giảm 10%. Đối với các kịch bản tăng và giảm, một thông số đầu vào giảm 10% và tăng 10% so với giá trị thực tế, trong khi các thông số còn lại không đổi. Cơ sở lựa chọn giá trị này là khoảng thay đổi này đủ lớn để kết quả ước lượng ở kịch bản thực tế và giảm, tăng 10% tạo

ra sự khác biệt để có thể so sánh được. Ngoài ra, giá trị này cũng đảm bảo sự thay đổi hàm lượng sét không làm thay đổi thành phần cơ giới đất đang xét, nghĩa là hàm lượng sét vẫn nằm trong biên độ của thành phần cơ giới đó theo tam giác thành phần cơ giới, cũng như đảm bảo tỷ lệ giữa củ, thân + lá, rễ bằng 100%. Trong một số trường hợp, các biến dữ liệu đầu vào thực tế không thể áp dụng nguyên tắc tăng hoặc giảm 10% như thành phần cơ giới, độ sâu cày bừa, nghiên cứu đã giả định mức tăng hoặc giảm theo các hệ thống phân loại đã định trong mô hình. Trường hợp khu vực canh tác không bón phân chuồng, nghiên cứu đã sử dụng một giá trị hàm lượng phân chuồng để tính toán. Kết quả phân tích mức độ nhạy cảm đưa ra những khuyến nghị cần phải chú ý khi chuẩn bị các dữ liệu đầu vào cho mô hình DNDC ở quy mô vùng, cũng như những nghiên cứu ở địa bàn có hệ canh tác tương tự.

Ngoài hai phương pháp nghiên cứu nêu trên, bài báo sử dụng các phương pháp nghiên cứu khác như phương pháp điều tra thực địa, phương pháp phỏng vấn, phương pháp phân tích đất trong phòng thí nghiệm để chuẩn bị các dữ liệu bổ sung liên quan đến đến mô hình như dữ liệu đất, khí hậu và cây trồng phục vụ việc mô phỏng cũng như đánh giá lượng SOC trong các hệ canh tác cây trồng hàng năm (năm 2011 và 2012).

### 3.3. Khu vực nghiên cứu

Vùng đồng bằng ven biển tỉnh Quảng Trị được lựa chọn làm địa bàn nghiên cứu. Diện tích đất canh tác của tỉnh tập trung chủ yếu ở vùng này. Diện tích đất đồng bằng ven biển chiếm 15% diện tích toàn tỉnh (73.545,6 ha), thuộc các huyện Hải Lăng, Triệu Phong, Cam Lộ, Gio Linh, Vĩnh Linh, TX. Quảng Trị, TP. Đông Hà. Vùng đồng bằng chủ yếu gồm 5 hệ

canh tác chính: (1) lạc, (2) lạc – khoai lang, (3) ngô – đậu, (4) lúa – lúa, (5) sắn. Hệ canh tác sắn thường được trồng sớm vào khoảng tháng cuối tháng 12 đầu tháng 1 năm sau, tiếp đến là hệ canh tác lạc, lạc - khoai lang, ngô - đậu được trồng vào giữa tháng 1. Hệ canh tác lúa - lúa thường được gieo trồng sau, thường vào giữa và cuối tháng 1. Thời gian thu hoạch tùy thuộc vào từng loại cây trồng. Sắn thường bắt đầu thu hoạch vào giữa tháng 8, lạc, ngô, lúa thường thu hoạch vào giữa tháng 5, trong khi đó đậu thường bắt đầu thu hoạch vào khoảng cuối tháng 7, đầu tháng 8, khoai lang bắt đầu thu hoạch vào giữa tháng 8. Nhìn chung, do đặc trưng mùa lũ ở tỉnh Quảng Trị, nên hầu hết các cây trồng vùng đồng bằng thường phải thu hoạch xong trước tháng 9 hàng năm, nhưng cũng có năm việc thu hoạch cũng phải kéo dài đến đầu tháng 9 như năm 2011. Các hệ canh tác lạc, lạc - khoai lang tập trung ở các vùng đất cát nội đồng và cát ven biển. Hệ canh tác ngô - đậu phân bố chủ yếu ở vùng bãi bồi ven các hệ thống sông Thạch Hãn, Bến Hải. Hệ canh tác sắn phân bố rải rác trên đất phù sa ngòi suối, đất cát, được trồng nhiều ở huyện Hải Lăng. Hệ canh tác lúa - lúa tập trung dọc đồng bằng ngập lụt của tỉnh.

#### 4. Kết quả và thảo luận

##### 4.1. Khả năng áp dụng mô hình DNDC trên địa bàn nghiên cứu

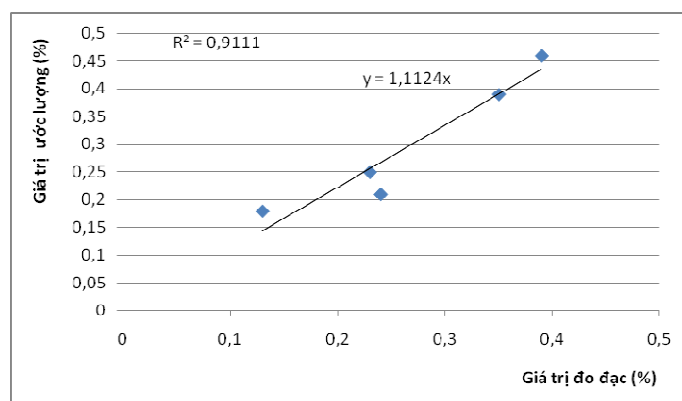
Khả năng áp dụng mô hình DNDC ước lượng lượng SOC ở các hệ canh tác chính vùng đồng bằng ven biển tỉnh Quảng Trị được thể hiện trong bảng 1 và minh họa trong hình 2.

Bảng 1 cho thấy hầu hết chênh lệch giữa giá trị SOC ước lượng của mô hình và đo đạc đều nhỏ hơn giá trị chênh lệch giữa 2 lần lấy mẫu và đo đạc cùng một tầng dày ở một phẫu diện. Hệ số tương quan ( $R^2$ ) giữa giá trị SOC ước lượng và đo đạc là khá cao (0,91). Hơn thế nữa, đại lượng mức độ phù hợp của mô hình cho ước lượng SOC ở các hệ canh tác xấp xỉ 0,95. Trong khi đó, đại lượng sai số bình phương trung bình xấp xỉ (RMSE) là 0,045. Trên các đại lượng trên có thể khẳng định rằng, mô hình DNDC phù hợp cho ước lượng lượng SOC ở các hệ canh tác nông nghiệp: (1) lạc, (2) lạc – khoai lang, (3) ngô – đậu, (4) lúa – lúa, (5) sắn ở đồng bằng ven biển tỉnh Quảng Trị.

Bảng 1. Kết quả ước lượng và đo đạc SOC ở các hệ canh tác vùng nghiên cứu

STT	Hệ canh tác	Tầng dày (cm)	SOC (%)		Chênh lệch <sup>b</sup>	Chênh lệch <sup>c</sup>
			Ước lượng	Đo đạc		
1	Lạc	0 - 25	0,39 <sup>a</sup>	0,35	0,04	0,066
2	Lạc - khoai lang	0 - 29	0,18 <sup>a</sup>	0,13	0,05	0,007
3	Lúa - lúa	0 - 20	0,46	0,39	0,07	0,089
4	Ngô - đậu	0 - 20	0,25	0,23	0,02	0,024
5	Sắn	0 - 18	0,21 <sup>a</sup>	0,24	-0,03	0,034

<sup>a</sup> Giá trị đã được tính toán lại theo thông số độ sâu tầng dày đất; <sup>b</sup> Chênh lệch giữa giá trị ước lượng của mô hình và giá trị trung bình của 2 lần đo ở 2 mẫu năm 2012; <sup>c</sup> Chênh lệch giá trị giữa 2 lần lấy mẫu và đo đạc cùng 1 tầng đất ở 1 phẫu diện năm 2012



Hình 2. Tương quan giữa giá trị SOC ước lượng và đo đạc tại các địa điểm nghiên cứu.

Bảng 2. Các kích bản đã áp dụng cho hệ canh tác lạc

STT	Nhóm yếu tố	Yếu tố	Thực tế	Kịch bản (-10%)	Kịch bản (+10%)
1		Thành phần cơ giới đất <sup>a</sup>	Cát pha thịt	Cát	Thịt pha cát
2		Dung trọng đất (g/cm <sup>3</sup> )	1,55	1,4	1,71
3	Tính chất đất	pH đất	4,5	4,05	4,95
4		HL sét trong đất (%)	7,8	7,02	8,58
5		HL SOC ban đầu (%)	0,9	0,81	0,99
6		HL NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ban đầu (mg N/kg)	40,6	36,54	44,66
7		HL NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> ban đầu (mg N/kg)	2	1,8	2,2
8		NS củ lớn nhất có thể (kg C/ha) <sup>b</sup>	1060 <sup>c</sup>	954	1166
9		Tỷ lệ củ (%)	0,35 <sup>c</sup>	0,32	0,39
10	Cây trồng	Tỷ lệ thân + lá (%)	0,47 <sup>c</sup>	0,42	0,52
11		Tỷ số C/N của củ	25 <sup>c</sup>	22,5	27,5
12		Tỷ số C/N của thân + lá	40 <sup>c</sup>	36	44
13		Độ sâu cày bừa (cm) <sup>a</sup>	20	10	30
14	Phương thức canh tác	Phế phụ phẩm cây trồng để lại ruộng (thân + lá) (%)	5	4,5	5,5
15		Phân đạm sử dụng (kg/ha)	80	72	88
16		Phân chuồng sử dụng (kg C/ha)	1275 <sup>d</sup>	1147,5	1402,5
17	Khí hậu	Nhiệt độ (°C)	Nđtt	Nđtt-10%	Nđtt+10%
18		Lượng mưa (mm)	LMtt	Lmtt-10%	Lmtt+10%

<sup>a</sup>: Theo mô hình, <sup>b</sup> Năng suất củ lớn nhất có thể (trong điều kiện tối ưu); Nđtt: Nhiệt độ thực tế; LMtt: Lượng mưa thực tế, <sup>c</sup> Nguồn: [17]; <sup>d</sup>: Nguồn [18], hàm lượng C trong phân chuồng vùng Quảng Trị chiếm 15%; HL: Hàm lượng; NS: Năng suất

#### 4.2. Mức độ ảnh hưởng của các yếu tố đầu vào đối với đầu ra của mô hình

Đánh giá mức độ ảnh hưởng của các yếu tố đầu vào đối với kết quả đầu ra của mô hình được minh họa chi tiết cho hệ canh tác lạc dưới

đây. Đối với các hệ canh tác còn lại trên địa bàn nghiên cứu, bài báo chỉ tóm tắt kết quả.

##### 4.2.1. Hệ canh tác lạc

Các kích bản sử dụng để đánh giá mức độ nhạy cảm của các yếu tố đầu vào đối với kết quả đầu ra khi áp dụng mô hình DNDC ước

lượng lượng SOC ở hệ canh tác lạc trên địa bàn nghiên cứu được mô tả trong bảng 2.

Lạc thường được trồng tập trung ở các vùng đất cát nội đồng và cát ven biển. Đất trồng lạc thường có thành phần cơ giới thị nhẹ (cát pha thịt, thịt pha cát, cát). Đất ít chua (pH khoảng 4,7 – 5,0), hàm lượng sét thấp (dưới 10%), lượng SOC thấp, hàm lượng đạm, lân và kali tổng số ở mức nghèo, lân và kali dễ tiêu rất nghèo. Thực tế canh tác tại điểm nghiên cứu, lượng phế phẩm sau canh tác lạc (thân, lá, rễ) để lại ruộng là rất ít. Phần lớn lá được sử dụng cho chăn nuôi, thân và rễ sử dụng cho mục đích đốt tạo ra năng lượng. Phân đạm urê được sử dụng và bón 2 lần trong một vụ (bón lót và bón thúc). Phân chuồng được sử dụng cho bón lót. Độ sâu cày bừa khoảng 20 cm. Hiện nay ở nước ta các dữ liệu về năng suất lạc lớn nhất có thể (trong điều kiện phát triển tối ưu), tỷ lệ củ, tỷ lệ thân, lá, tỷ số C/N củ, thân, lá của cây lạc chưa được nghiên cứu và công bố, do đó các thông số này được sử dụng dựa theo các nghiên cứu ở Trung Quốc đã được công bố. Dữ liệu nhiệt độ trung bình ngày và lượng mưa ngày tại trạm Đông Hà đã được sử dụng trong mô hình. Trạm Đông Hà được sử dụng làm trạm đại diện cho vùng đồng bằng ven biển tỉnh Quảng Trị. Dữ liệu khí hậu tại trạm này được sử dụng cho mô hình DNDC ở các hệ canh tác còn lại.

Bảng 3 và hình 3 minh họa kết quả ảnh hưởng của các yếu tố đầu vào đối với kết quả đầu ra khi sử dụng mô hình ước lượng SOC ở hệ canh tác lạc. Kết quả cho thấy thành phần cơ giới, độ sâu cày bừa, lượng SOC ban đầu có ảnh hưởng lớn đến kết quả của mô hình. Cụ thể, nếu thành phần cơ giới chuyển từ cát pha thịt sang cát thì kết quả tăng 10,3%, nếu độ sâu cày bừa giảm từ 20cm xuống 10cm thì kết quả tăng 10,3%, nếu lượng SOC ban đầu tăng hoặc giảm 10% thì kết quả tăng hoặc giảm 7,7%. Trong khi đó các thông số dung trọng đất, lượng phân

chuồng sử dụng, tỷ lệ củ, thân lá có ảnh hưởng đáng kể đến kết quả đầu ra. Kết quả của mô hình tăng hoặc giảm 2,6% khi một trong các các thông số đầu vào này thay đổi 10%. Các thông số còn lại có ảnh hưởng ít và rất ít đến kết quả khi áp dụng mô hình DNDC ước lượng SOC ở hệ canh tác lạc.

#### 4.2.2. Các hệ canh tác khác

Đối với hệ canh tác lạc - khoai lang, kết quả đánh giá mức độ nhạy cảm của các yếu tố đầu vào đối với kết quả như sau: các yếu tố độ sâu cày bừa, tỷ lệ củ có ảnh hưởng lớn đến kết quả của mô hình. Nếu độ sâu cày bừa giảm từ 20cm xuống 10cm thì kết quả tăng 10,5%, tương tự nếu tỷ lệ củ giảm 10% thì kết quả tăng 10%. Các yếu tố thành phần cơ giới, dung trọng đất, lượng SOC ban đầu, tỷ lệ củ, thân lá, lượng phân chuồng sử dụng, nhiệt độ và lượng mưa có ảnh hưởng tương đối lớn đến kết quả của mô hình, mức độ ảnh hưởng như nhau. Kết quả ước lượng biến động là 5,3% khi một trong các yếu tố trên giảm 10%. Các yếu tố còn lại ít hoặc rất ít ảnh hưởng đến kết quả của mô hình.

Đối với hệ canh tác sắn, kết quả chỉ ra rằng yếu tố SOC ban đầu ảnh hưởng lớn nhất đến kết quả của mô hình. Kết quả ước lượng có thể thay đổi 10% khi lượng SOC ban đầu giảm 10%. Tiếp đến là các yếu tố thành phần cơ giới đất, tỷ lệ củ, thân lá, nhiệt độ, dung trọng đất có ảnh hưởng khá lớn đến kết quả ước lượng SOC ở hệ canh tác sắn. Kết quả ước lượng sẽ thay đổi khoảng 5% nếu 1 trong các thông số này thay đổi 10%. Lượng phân chuồng sử dụng có ảnh hưởng đáng kể đến kết quả ước lượng SOC. Các yếu tố còn lại có ít ảnh hưởng hoặc rất ít ảnh hưởng đến kết quả ước lượng SOC ở hệ canh tác sắn.

Đối với hệ canh tác lúa – lúa, kết quả cho thấy lượng SOC ban đầu và mức độ ngập lụt (độ sâu) có ảnh hưởng lớn nhất đến kết quả của

mô hình. Cụ thể, lượng SOC ước lượng thay đổi 10,9% khi một trong 2 yếu tố trên thay đổi 10%. Các yếu tố có mức ảnh hưởng thấp hơn gồm hàm lượng sét trong đất, lượng phân chuồng sử dụng (kết quả của mô hình thay đổi khoảng 1,1 – 2,2 %). Các yếu tố còn lại ít hoặc rất ít ảnh hưởng đến kết quả của mô hình.

Đối với hệ canh tác ngô – đậu, yếu tố lượng SOC ban đầu, độ sâu cày bừa, tỷ lệ hạt, thân lá có ảnh hưởng lớn nhất đối với kết quả ước lượng. Kết quả thay đổi 8,3% khi một trong bốn yếu tố trên thay đổi 10%. Các yếu tố thành phần cơ giới, dung trọng, năng suất hạt lớn nhất có thể, lượng phân chuồng bón có mức ảnh hưởng thấp hơn. Kết quả ước lượng thay đổi 4,2% khi một trong bốn yếu tố này thay đổi 10%. Các yếu tố còn lại ít có ảnh hưởng đến lượng SOC ước lượng.

#### 4.3. Thảo luận

Mô hình DNDC đã được áp dụng cho nhiều nghiên cứu đánh giá lượng SOC, lượng khí nhà kính phát thải từ các hệ sinh thái nông nghiệp, ở nhiều khu vực nghiên cứu khác nhau. Tuy nhiên, việc áp dụng mô hình ở vùng nhiệt đới chưa nhiều. Kết quả kiểm chứng mô hình cho thấy mô hình DNDC phù hợp cho ước lượng SOC ở các hệ canh tác nông nghiệp vùng đồng bằng ven biển tỉnh Quảng Trị. Kết quả này một lần nữa cho thấy khả năng áp dụng mô hình DNDC ước lượng lượng SOC ở các hệ sinh thái nông nghiệp vùng nhiệt đới. Kết luận này cũng đã được Li và cộng sự, Syeda đưa ra.

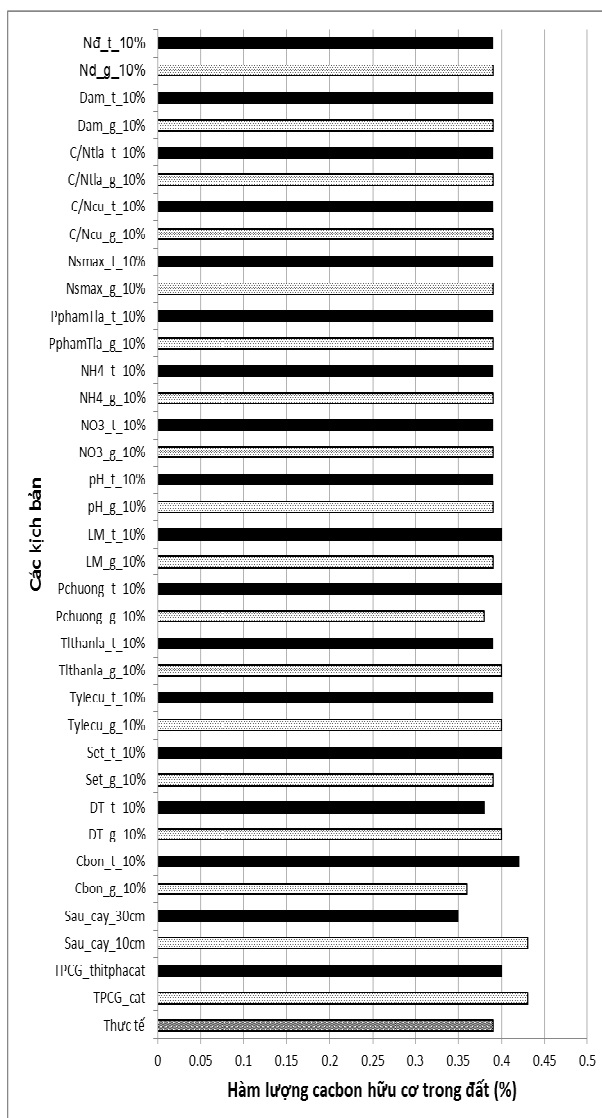
Những phân tích mức độ nhạy cảm của kết quả nghiên cứu đối với các thông số đầu vào của mô hình cũng được thực hiện ở nhiều nghiên cứu. Tuy nhiên, những phân tích này vẫn chưa thuyết phục. Ví dụ, trong nghiên cứu về lập mô hình phát thải khí nhà kính từ hệ sản xuất lúa, Li và cộng sự đã phân tích mức độ

nhạy cảm của các yếu tố đầu vào dựa vào những thay đổi của yếu tố đầu vào đối với những thay đổi của yếu tố đầu ra. Những thay đổi của yếu tố đầu vào không theo một giá trị định lượng nhất định nào. Nhiệt độ được xem xét ở bốn mức tăng và giảm 2°C, tăng và giảm 4°C, lượng SOC ban đầu được xem xét ở 3 mức 0,5%, 1%, 3%, pH được xem xét ở 2 mức 5,5 và 7,5 [19]. Các giá trị này không nhất quán một giá trị tăng hoặc giảm cụ thể nào, ví dụ tăng 10% so với kịch bản thực tế. Nếu không dựa vào một giá trị tăng hoặc giảm nhất định thì khó có thể đánh giá chính xác ảnh hưởng của các yếu tố đầu vào đối với kết quả của mô hình. Tương tự như vậy, Qiu và cộng sự cũng phân tích mức độ nhạy cảm của yếu tố đầu vào với kết quả đầu ra khi áp dụng mô hình DNDC nhưng những thay đổi yếu tố đầu vào cũng không theo một tỷ lệ nhất định nào đó so với giá trị thực tế. Do vậy, các kết quả phân tích mức độ nhạy cảm thường chỉ đưa ra các yếu tố nhạy cảm với kết quả đầu ra, chưa chỉ ra mức độ nhạy cảm giữa các yếu tố. Trong nghiên cứu này, mức độ nhạy cảm của các yếu tố cơ bản đã được xếp hạng từ thấp đến cao. Những thay đổi của yếu tố đầu vào được xác định theo tỷ lệ giảm 10% so với giá trị thực tế. Trên cơ sở này, kết quả đã chỉ ra phần trăm thay đổi so với giá trị ước lượng theo kịch bản thực tế. Tuy vậy, cách tiếp cận này vẫn chưa khắc phục triệt để được những hạn chế khi phân tích mức độ nhạy cảm của yếu tố đầu vào đối với kết quả ước lượng của mô hình DNDC. Lý do là vì một số yếu tố khó có thể quy ra thành những con số cụ thể ví dụ thành phần cơ giới đất. Tuy nhiên, thành phần cơ giới đất đất quan hệ chặt chẽ với hàm lượng sét, do đó khi phân tích mức độ nhạy cảm hai yếu tố này có thể hỗ trợ nhau khi phân tích kết quả.



Bảng 3. Lượng SOC ước lượng ở hệ canh tác lạc theo các kịch bản

Kịch bản	SOC (kgC/kg)	SOC (%)	% thay đổi
Thực tế	0,0039	0,39	0,0
Thành phần cơ giới cát	0,0043	0,43	10,3
Thành phần cơ giới thịt pha cát	0,004	0,4	2,6
Dung trọng đất giảm 10%	0,004	0,4	2,6
Dung trọng đất tăng 10%	0,0038	0,38	-2,6
pH đất giảm 10%	0,0039	0,39	0,0
pH đất tăng 10%	0,0039	0,39	0,0
Hàm lượng sét trong đất giảm 10%	0,0039	0,39	0,0
Hàm lượng sét trong đất tăng 10%	0,004	0,4	2,6
Lượng SOC ban đầu giảm 10%	0,0036	0,36	-7,7
Lượng SOC ban đầu tăng 10%	0,0042	0,42	7,7
Hàm lượng NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ban đầu giảm 10%	0,0039	0,39	0,0
Hàm lượng NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ban đầu tăng 10%	0,0039	0,39	0,0
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> ban đầu giảm 10%	0,0039	0,39	0,0
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> ban đầu tăng 10%	0,0039	0,39	0,0
Phế phẩm cây trồng để lại ruộng giảm 10%	0,0039	0,39	0,0
Phế phẩm cây trồng để lại ruộng tăng 10%	0,0039	0,39	0,0
Năng suất củ lớn nhất có thể giảm 10%	0,0039	0,39	0,0
Năng suất củ lớn nhất có thể tăng 10%	0,0039	0,39	0,0
Tỷ lệ củ giảm 10%	0,004	0,4	2,6
Tỷ lệ củ tăng 10%	0,0039	0,39	0,0
Tỷ lệ thân + lá giảm 10%	0,004	0,4	2,6
Tỷ lệ thân + lá tăng 10%	0,0039	0,39	0,0
Tỷ số C/N của củ giảm 10%	0,0039	0,39	0,0
Tỷ số C/N của củ tăng 10%	0,0039	0,39	0,0
Tỷ số C/N của thân + lá giảm 10%	0,0039	0,39	0,0
Tỷ số C/N của thân + lá tăng 10%	0,0039	0,39	0,0
Độ sâu cày bừa 10cm	0,0043	0,43	10,3
Độ sâu cày bừa 30cm	0,0035	0,35	-10,3
Lượng phân đạm sử dụng giảm 10%	0,0039	0,39	0,0
Lượng phân đạm sử dụng tăng 10%	0,0039	0,39	0,0
Lượng phân chuồng sử dụng giảm 10%	0,0038	0,38	-2,6
Lượng phân chuồng sử dụng tăng 10%	0,004	0,4	2,6
Nhiệt độ giảm 10%	0,0039	0,39	0,0
Nhiệt độ tăng 10%	0,0039	0,39	0,0
Lượng mưa giảm 10%	0,0039	0,39	0,0
Lượng mưa tăng 10%	0,004	0,4	2,6



Hình 3. Ảnh hưởng của các yếu tố đầu vào đến SOC ước lượng ở hệ canh tác lạc.

### 5. Kết luận

Mô hình DNDC thích hợp cho ước lượng SOC ở các hệ canh tác (1) lạc, (2) lạc – khoai lang, (3) ngô – đậu, (4) lúa – lúa, và (5) sắn trên đồng bằng ven biển tỉnh Quảng Trị. Hệ số tương quan giữa kết quả mô hình và phân tích là 0,91, đại lượng mức độ phù hợp của mô hình xấp xỉ 0,95, đại lượng sai số bình phương trung bình xấp xỉ 0,045

Khi phân tích mức độ ảnh hưởng của các yếu tố đầu vào của mô hình DNDC đến kết quả SOC ước lượng cần xác định một tỷ lệ phần trăm thay đổi nhất định áp dụng cho tất cả các yếu tố đầu vào so với giá trị thực tế của các yếu tố đó. Từ đó, kết quả phân tích có thể chỉ ra được mức độ ảnh hưởng cụ thể và chính xác của từng yếu tố đến kết quả ước lượng.

Qua các kết quả nghiên cứu ở trên cho thấy lượng SOC ban đầu, thành phần cơ giới, độ sâu

cày bừa thường có ảnh hưởng lớn nhất đến kết quả ước lượng SOC bằng mô hình DNDC. Tiếp sau đó là các yếu tố hàm lượng sét, lượng phân chuồng sử dụng, tỷ lệ củ, thân + lá, ... lượng phế phẩm cây trồng để lại đồng ruộng, nhiệt độ, lượng mưa, tỷ lệ C/N củ, thân lá... Các yếu tố có ít hoặc rất ít ảnh hưởng gồm pH đất, hàm lượng  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NH}_4^+$  ban đầu. Ở mỗi hệ canh tác cụ thể, thứ tự mức độ ảnh hưởng của các yếu tố (trừ yếu tố lượng SOC ban đầu) có thể khác nhau.

Khi chuẩn bị dữ liệu để ước lượng lượng SOC ở quy mô vùng hoặc ước lượng lượng SOC của 1 trong 5 hệ canh tác trên ở quy mô điểm ở vùng nghiên cứu khác cần phải chú ý đến mức độ ảnh hưởng của các yếu tố để có thể đảm bảo tốt nhất kết quả ước lượng.

### Lời cảm ơn

Để hoàn thành bài báo này, tập thể tác giả trân trọng gửi lời cảm ơn đến Đề tài nghiên cứu cơ bản mã số 105.01-2010.16. Đề tài đã hỗ trợ hai đợt công tác năm 2011 và 2012 cũng như việc phân tích các mẫu đất.

### Tài liệu tham khảo

- [1] E. [Milne](#), Soil organic carbon. The Encyclopedia of Earth. <http://www.eoearth.org/view/article/156087/>, 2012.
- [2] T.B. Jain, R.T. Graham, and D.L. Adams, Carbon to organic matter ratios for soils in Rocky Mountain coniferous forests. *Soil Science Society of America Journal*. 61, 1190, 1997
- [3] Trần Văn Chính, Giáo trình Thổ nhưỡng học. Trường Đại học Nông nghiệp I Hà Nội. 297 trang, 2010
- [4] C. Li, S. Frolking, and R. Harriss, Modeling carbon biogeochemistry in agricultural soils. *Global Biogeochemical Cycles*, 8, 237, 1994
- [5] J. Qiu, L. Wang, H. Tang, H. Li, and C. Li, Studies on the situation of soil organic carbon storage in croplands in northeast of China. *Agricultural Sciences in China*, 4, 101, 2005
- [6] J. Qiu, C. Li, L. Wang, H. Tang, H. Li, E. Van Ranst, Modeling impacts of carbon sequestration on net greenhouse gas emissions from agricultural soils in China. *Global Biogeochemical Cycles*, 23 GB1007, doi:10.1029/2008GB003180, 2009
- [7] L. Yunhui, Y. Zhengrong, C. Jian, Z. Fengrong, D. Reiner, C. Jan, Changes of soil organic carbon in an intensively cultivated agricultural region: A denitrification-decomposition (DNDC) modeling approach. *Science of the Total Environment* 372 203, 2006
- [8] W. Ligang, J. Qui, H. Tang, H. Li, C. Li, E. Van Ranst, Modeling soil organic carbon dynamics in the major agricultural regions of China. *Geoderma*. 147, 47, 2008
- [9] R.S. Syeda, Simulating Changes in Soil Organic Carbon in Bangladesh with the Denitrification-Decomposition (DNDC) Model. Master thesis, McGill University, Montreal, 2011.
- [10] Phan Minh Sang và Lưu Canh Trung, Cẩm nang ngành lâm nghiệp. Bộ Nông nghiệp và Phát triển Nông thôn, Hà Nội, 2006.
- [11] P.Q. Ha, Carbon in Vietnamese Soils and experiences to Improve Carbon Stock in Soil. Workshop on Evaluation and Sustainable Management of Soil Carbon Sequestration in Asian Countries. Bogor, Indonesia, 175, 2010
- [12] S. William, C-AGG DNDC Modeling Update. Applied Geosolutions And DNDC Applications, Research and Training. [http://c-agg.org/cm\\_vault/files/docs/Salas-C-AGG\\_March2013.pdf](http://c-agg.org/cm_vault/files/docs/Salas-C-AGG_March2013.pdf), 2013.
- [13] Institute for the Study of Earth, O., and Space (ISEOP), The DNDC model. <http://www.dndc.sr.unh.edu/>, (2009).
- [14] C.J. Willmott, On the evaluation of model performance in physical geography. In: G.L. Gaile, C. Willmott, eds., *Spatial Statistics and Models*. D. Reidel Publishing Company, Dordrecht, 1984.
- [15] W. Luo, M.C. Taylor, S.R. Parker, A comparison of spatial interpolation methods to estimate continuous wind speed surfaces using irregularly distributed data from England and Wales. *International Journal of Climatology*, 28, 947, 2008
- [16] Institute for the Study of Earth (ISE), User's Guide for the DNDC Model, version 9.5. Oceans and Space University of New Hampshire, 2012.

- [17] C. Li, Quantifying Soil Organic Carbon Sequestration Potential with Modeling Approach. Simulation of Soil Organic Carbon Storage and Changes in Agricultural Cropland in China and Its Impact on Food Security. China Meteorological Press, 1, 2008
- [18] Hoàng Thị Thái Hoà và Đỗ Đình Thực, Đặc tính hoá học của một số loại phân hữu cơ và phụ phẩm cây trồng sử dụng trong nông nghiệp trên vùng đất cát biển tỉnh Thừa Thiên Huế, *Tạp chí Khoa học, Đại học Huế* 57, 59, 2010
- [19] C. Li, A. Mosier, R. Wassmann, Z. Cai, Z. Zheng, Z. Huang, H. Tsuruta, J. Boonjawat, and R. Lantin, Modeling greenhouse gas emissions from rice-based production systems: Sensitivity and upscaling. *Global Biogeochemical Cycles*, 18 GB1043, doi:10.1029/2003GB002045, 2004

## Ability of Applying the DNDC (Denitrification – Decomposition) for Estimating Soil Organic Carbon in Agricultural Ecosystems in the Quảng Trị’s Coastal Plain

Nguyễn Thanh Tuấn<sup>1</sup>, Nguyễn Xuân Hải<sup>2</sup>, Trần Văn Ý<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Vietnam National Museum of Nature, Vietnam Academy of Science and Technology, Building A20, 18 Hoàng Quốc Việt, Cầu Giấy, Hanoi, Vietnam*

<sup>2</sup>*Faculty of Environmental Sciences, VNU University of Science, 334 Nguyễn Trãi, Hanoi, Vietnam*

**Abstract:** Soil organic carbon (SOC) plays a very important role in agricultural ecosystems, it maintains the soil fertility and stability. The DNDC (Denitrification – Decomposition) validated and applied to estimate SOC in cropping systems in many countries, while it has not yet applied in Vietnam. Therefore, the paper aims to consider ability of applying the model DNDC for some main cropping systems in the Quảng Trị’s coastal plain. The results showed that the model DNDC is rational for estimating SOC in the cropping systems: (1) peatnuts, (2) peatnuts – sweet potato, (3) corn – beans, (4) paddy rice – paddy rice, and (5) casava in the study area. The correlation coefficient of output and measured values was 0.91, the index of agreement approximated 0.95, the root mean square error (RMSE) was 0.045. In addition to the results also figured out that the order of input factors’ sensitivity was different in each specific cropping system. The initial SOC, soil texture, tillage affected largely the output, after that the clay content, manure used... and then the crop residues, temperature...

**Keywords:** Model, DNDC, Soil organic carbon (SOC), Cropping system, Validation.