



MÔ PHỎNG ĐỘNG THÁI ĐẠM HỮU DỤNG TRONG ĐẤT LÚA BẰNG PHẦN MỀM STELLA

Nguyễn Văn Quý, Lê Tấn Lợi và Ngô Ngọc Hưng¹

¹ Khoa Môi trường & Tài nguyên Thiên nhiên, Trường Đại học Cần Thơ

Thông tin chung:

Ngày nhận: 03/04/2013

Ngày chấp nhận: 20/06/2013

Title:

Simulation of dynamics of available soil nitrogen in the lowland rice systems using Stella software

Từ khóa:

Mô phỏng, N hữu dụng, Stella, chu trình N, N khoáng hóa, N bất động

Keywords:

Simulation, available N, Stella, N cycle, N mineralized, N immobilization

ABSTRACT

Nitrogen management in lowland rice systems is characterized by high N rates, low nitrogen use efficiency (NUE) and high losses. Simulation models are important tools for better predicting optimal N rates on a specific field that would help avoid excessive N input or deficiency. This study has been conducted with using Stella software for modeling soil N cycle. Basic data for constructing N cycle model have been collected from field research in Giong Rieng soil. There is good agreement in the simulation for the release mineral N by paddy soils corresponded with the N requirements of the rice crop at various stages. The important factor that affected N mineralization simulated was plant residues input from last crop biomass. Simulated results also showed that, in no nitrogen applied, amount of mineralized N was only 25 kg ha⁻¹ while N uptake of rice plant was 45 kg ha⁻¹. In N application treatment, simulation for N uptake in rice was 80 kg ha⁻¹, this amount was a result of balance in soil with different processes of N volatilization, mineralization and denitrification. The simulated of soil N dynamic and plant N need is a basic step to help adding N fertilizer for plant need reasonably.

TÓM TẮT

Đặc tính của đất lúa ngập nước là bón đạm (N) cao, sự mất N cao và hiệu quả sử dụng thấp. Mô hình mô phỏng là công cụ hỗ trợ mạnh cho ước đoán lượng N tối hảo cho cánh đồng chuyên biệt và giúp tránh bón thừa hoặc bón thiếu N. Đề tài được thực hiện với sử dụng phần mềm Stella để thiết kế chu trình N. Dữ liệu cơ sở sử dụng cho thiết kế mô hình được thu thập từ kết quả nghiên cứu thực tế trên đất lúa Giồng Riềng-Kiên Giang. Kết quả cho thấy yếu tố quan trọng ảnh hưởng đến chu trình N khoáng hóa mô phỏng trong đất là lượng chất thực vật có được từ sinh khối cây trồng được tạo nên ở vụ trước. Kết quả mô phỏng cũng cho thấy lượng đạm được khoáng hóa trong một vụ là 25 kg ha⁻¹, trong khi lượng đạm hút thu trong cây lúa là 45 kg ha⁻¹. Khi bón đạm, lượng N hút thu mô phỏng của cây lúa là 80 kg ha⁻¹, đây là lượng N được cân bằng với các tiến trình bốc hơi N, khoáng hóa và mùn hóa xảy ra trong đất. Mô phỏng được diễn biến của N trong đất và nhu cầu N của cây sẽ là cơ sở giúp ta bổ sung phân đạm đáp ứng nhu cầu cây trồng một cách hợp lý.

1 MỞ ĐẦU

Sử dụng N trên đất lúa ngập nước được đặc trưng bởi việc bón N ở liều lượng cao nhưng hiệu quả sử dụng thấp. Nghiên cứu chiến lược quản trị N cho từng loại đất và hệ thống canh tác cụ thể là vấn đề cấp thiết. Xác định lượng N bón tối hảo và nghiên cứu các tiến trình của N cho đất lúa đang là một thử thách lớn.

Sự khác nhau về số lượng và chất lượng của chất hữu cơ trong đất, yếu tố thời tiết; biện pháp canh tác,... dẫn đến đạm khoáng hóa trên đồng ruộng thay đổi theo thời gian và không gian. Đạm khoáng hóa đo được qua thực nghiệm hoặc dự đoán qua sử dụng mô hình. Dự đoán đạm khoáng hóa trên đồng ruộng là vấn đề nghiên cứu quan trọng trong thâm canh (Campbell and Zentner, 1993).

Nhiều nghiên cứu trên thế giới cho thấy mô hình mô phỏng có thể được sử dụng trong nghiên cứu chuyên hoá của N trong đất và nước, nghiên cứu các tiến trình sinh trưởng và phát triển cây trồng; và trên sự cân bằng nước trong đất. Điều này có thể góp phần to lớn trong việc hiểu biết về động thái N và cây trồng. Các chương trình mô hình hoá có thể chỉ ra được những mảng kiến thức còn thiếu

sốt cần thiết cho các khảo cứu sắp tới và giúp hiểu rõ vấn đề cho việc cải thiện quản trị phân N trên đất lúa.

Do đó, đề tài được thực hiện với mục đích:

- (i) Đánh giá kết quả mô phỏng chu kỳ đạm thiết kế bằng Stella trên đất lúa Giồng Riềng - Kiên Giang; (ii) Mô phỏng sự biến động lượng N hữu dụng trong đất lúa.

2 PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1 Phương tiện

Mô hình mẫu “Chu trình N” (N cycle) của phần mềm Stella (Isee systems, 2008) được sử dụng trong phát triển mô hình toán của đề tài.

Các dữ liệu đầu vào (input data) của mô hình được thu thập từ thí nghiệm đồng ruộng tại Giồng Riềng, Kiên Giang năm 2011 thuộc dự án “Quản lý dinh dưỡng tổng hợp trên đất lúa” là chương trình hợp tác Đại học Cần Thơ - Đan Mạch (Danida, chủ nhiệm đề tài: Ngô Ngọc Hưng).

2.1.1 Đất

Dữ liệu đặc tính đất được trình bày ở Bảng 1.

Bảng 1: Đặc điểm của đất tầng mặt (0-20 cm) ở địa điểm Giồng Riềng - Kiên Giang, tháng 1 năm 2011

pH	EC (mS/cm)	N tổng số (%N)	Carbon (%C)	P dễ tiêu Bray 2 (mg kg ⁻¹)	Sa cấu đất		
					%Cát	%Thịt	%Sét
3,8	2,3	0,18	2,08	1,17	0,4	41,5	58,1

2.1.2 Giống cây trồng

Giống lúa được sử dụng cho thí nghiệm là OM4498.

2.2 Phương pháp nghiên cứu

2.2.1 Sử dụng và chuyển đổi dữ liệu

– *N trong chất mùn*: Theo kết quả phân tích đất ở Giồng Riềng – Kiên Giang, hàm lượng Carbon (%C) bằng 2,08%. Từ đó lượng carbon (tấn/ha) được tính như sau:

$$C = ((2,08 \times 2.10^6)/100)$$

Theo Brady và Weil, (2001) trong thành phần chất mùn chứa khoảng 50 - 60% carbon và 5% nitrogen, có tỉ lệ C:N từ 10 hoặc 12.

N trong chất mùn = hàm lượng Carbon/10.

– *Trọng lượng rễ lúa*: qua việc đào và xác định trọng lượng rễ của các thí nghiệm trước, người ta có thể ước lượng được trọng lượng rễ chiếm 10 – 15 % sinh khối trên mặt đất lúc chín (Bergersen và ctv, 1989; Unkovich và ctv, 1994).

– *Trọng lượng rom*: rom lúa của các giống lúa cao sản chiếm khoảng 40 - 50% sinh khối phần trên mặt đất. Tỉ số rom so với sinh khối của các giống có thời gian sinh trưởng dài sẽ cao hơn giống có thời gian sinh trưởng ngắn (Akita, 1989). Hàm lượng N trong rom lúa điển hình nằm trong khoảng 0,5 đến 1,0 %.

Theo Dobermann và Fairhurst, (2000) hàm lượng N trong rơm và rế trung bình là 0.65 %.

– *Tốc độ phân hủy rế lúa*: Tốc độ phân hủy của rế lúa trong giai đoạn 15 ngày sau khi sạ là 1.80% và giai đoạn từ ngày 16 đến ngày 90 là 0.4% (Nguyễn Thành Hải, 2008).

– *Tốc độ phân hủy rơm*: Tốc độ phân hủy của rơm lúa trong giai đoạn 15 ngày sau khi sạ là 1.47% và giai đoạn từ ngày 16 đến ngày 90 là 0.56% (Nguyễn Thành Hải, 2008).

– *Phân bón*: Lượng NPK bón cho các lúa vụ Đông Xuân, Xuân Hè và Hè Thu: Thu thập số liệu thực tế tại Giồng Riềng – Kiên Giang.

Bảng 2: Liều lượng và thời kỳ bón NPK cho cây lúa

Loại phân	10	20	45
	NSKS	NSKS	NSKS
Đạm (kg N/ha)	33,3	33,3	33,3
Lân (kg P ₂ O ₅ /ha)	60	0	0
Kali (kg K ₂ O/ha)	15	0	15

– *Hiệu quả sử dụng N* = 40% (Trịnh Quang Khương và ctv., 2010).

– *Tỉ lệ cố định N tự do trong ruộng lúa*: xác định bằng phương pháp khử acetylene (ARA = Acethylene Reduction Assay). Kết quả thí nghiệm mỗi vụ lúa (90 ngày) ước tính trung bình cố định đạm tự do ở ruộng ngập nước liên tục khoảng 22,8 kg N/ha và ruộng khô ngập xen kẽ khoảng 17,8 kg N/ha.

– *Tỉ lệ mùn hoá*: Sự phân hủy của xác bã hữu cơ sau một năm vùi vào trong đất. Hơn 2/3 của chất này bị oxid hóa thành CO₂ và ít hơn 1/3 còn lại trong đất mà phần lớn là chất mùn (Brady và Weil, 2001).

Theo Brady và Weil (2001), chất hữu cơ trong đất bao gồm nhiều nhóm khác nhau như: nhóm dễ phân hủy, nhóm chậm phân hủy và nhóm khó phân hủy. Trong đó nhóm dễ bị phân hủy chiếm tỉ lệ nhỏ khoảng 10 - 20 % của tổng chất hữu cơ và có thời gian phân hủy là từ 1 đến 2 năm. Còn các nhóm còn lại chiếm tỉ lệ lớn nhưng thời gian phân hủy có thể là từ hàng chục đến hàng trăm năm.

– *Tỉ lệ khoáng hoá*: Theo Brady và Weil (2001), N hữu cơ trong đất được khoáng hóa hàng năm với tỉ lệ 2 - 3,5 %.

– *Nhu cầu hấp thu N của cây lúa dựa theo số liệu nghiên cứu của Akita và ctv. (1989)*. Được biểu diễn theo mô hình toán Gauss bậc 1 “General model Gauss1”: $f(x)=a/EXP(-(x-b)/c)^2$ với: a = 0.025; b = 38.17; c = 12.12 và R² = 0,94.

– *Mô hình phát triển sinh khối lúa vụ Hè Thu 2011 tại Giồng Riềng*:

$$y = 8.3207\ln(x) + 0.0188$$

– *Chỉ số thu hoạch lúa vụ Hè Thu 2011 tại Giồng Riềng*: HI = 0.378.

2.2.2 Thiết kế và vận hành mô hình

Phần mềm Stella được sử dụng để thiết kế các mô hình toán sau:

– *Mô hình mùn hóa và khoáng hóa trong đất*.

– *Mô hình N hữu dụng trong đất lúa*.

3 KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

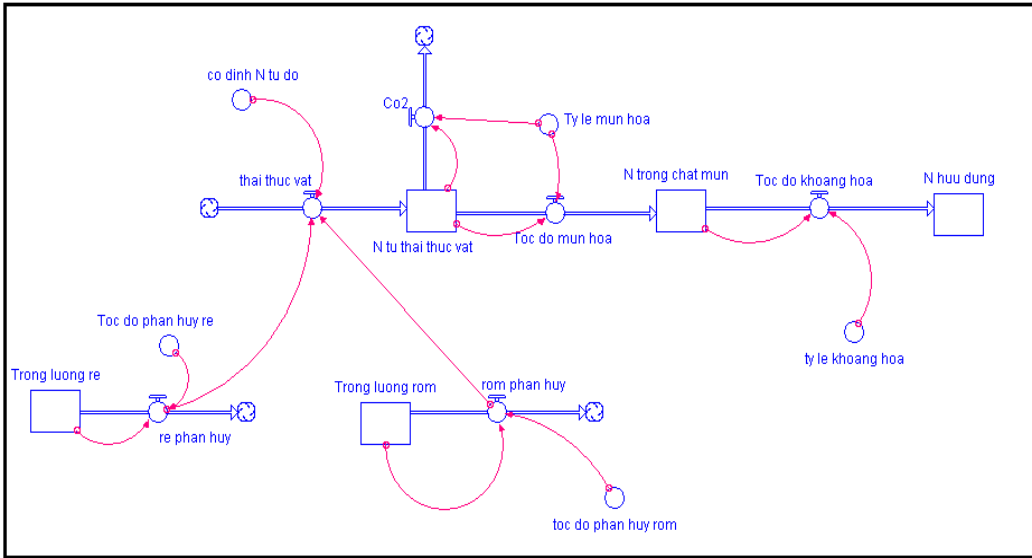
3.1 Mô phỏng tiến trình mùn hóa và khoáng hóa trong đất

Lưu đồ mô phỏng tiến trình mùn hóa và khoáng hóa trong đất, vụ Hè Thu 2011 tại Giồng Riềng Kiên Giang (Hình 1) nguồn hữu cơ du nhập vào đất từ các thải thực vật như rế cây, lá cây để lại trong đất sau khi thu hoạch. Các thải thực vật này sẽ bị các vi sinh vật sử dụng và chuyển hóa để trở thành chất mùn. Sự cố định đạm tự do của các vi sinh vật, sự cố định này tăng lên theo sự phát triển của cây lúa. Cuối cùng của tiến trình là sự khoáng hóa chất mùn để phóng thích vào đất một lượng đạm hữu dụng đối với cây trồng.

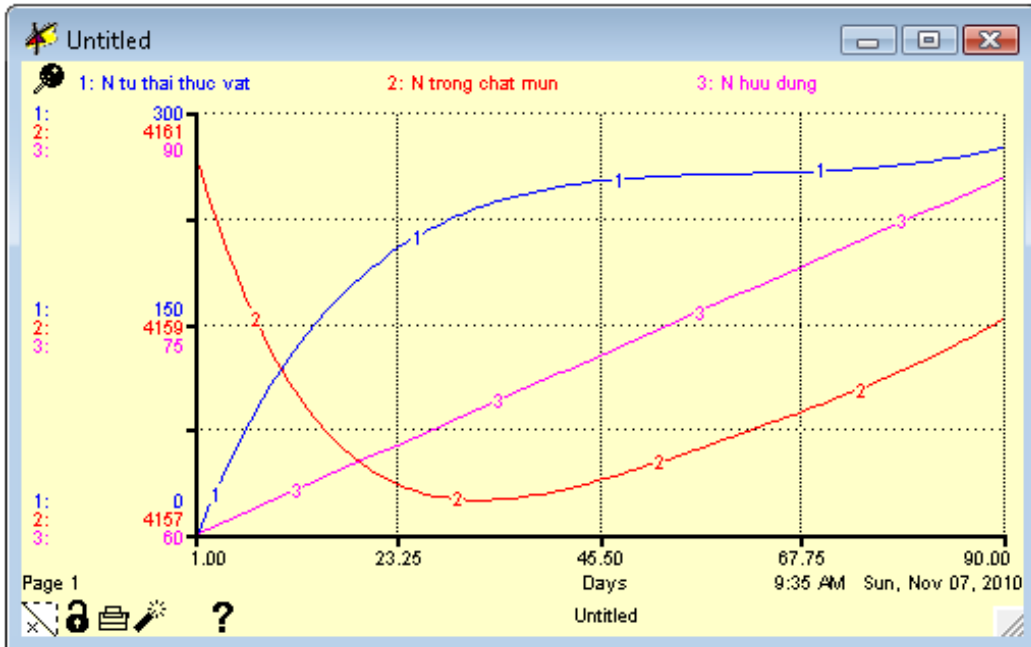
Kết quả mô phỏng tiến trình mùn hóa và khoáng hóa được thể hiện ở Hình 2. Đường biểu diễn hàm lượng đạm từ thải thực vật tăng lên trong giai đoạn 25 ngày sau khi sạ và sau đó ổn định dần về cuối vụ. Do giai đoạn đầu các thành phần dễ phân hủy của xác bã thực vật (rế cây trồng vụ trước) được trả lại trong đất được phân hủy trước. Sau đó chỉ còn lại các thành phần khó phân hủy nên hàm lượng đạm từ thải thực vật được bổ sung ít đi. Tiến trình khoáng hóa xảy ra đồng thời với tiến trình mùn hóa nên khi lượng đạm từ thải thực

vật không còn được bổ sung thì tiến trình khoáng hóa làm cho hàm lượng đạm này ổn định dần ở cuối vụ. Trong khi đó hàm lượng đạm trong chất mùn thì gần như thay đổi ít từ đầu vụ (4161 kg ha^{-1}) đến cuối vụ (4150 kg ha^{-1}). Điều này phù hợp với nghiên cứu của Pampolino và *ctv.* (2007) suốt 15 năm trồng lúa liên tục, Carbon trong lớp đất mặt (0 - 20 cm) được duy trì hoặc gia tăng, Carbon

trong lớp đất mặt tăng lên 10% trong thí nghiệm trồng lúa 3 vụ trong năm với phần rơm trên mặt sau mỗi vụ được lấy đi. Do đó, sự kéo dài đất ngập nước có thể duy trì hoặc gia tăng chất hữu cơ trong đất (Cassman và *ctv.*, 1995; Bronson và *ctv.*, 1997; Witt và *ctv.*, 2000). Lượng đạm hữu dụng được tạo ra từ khoáng hóa trong đất tăng dần và sau một vụ lúa là khoảng 25 kg ha^{-1} (Hình 2).



Hình 1: Lưu đồ mô phỏng tiến trình mùn hóa và khoáng hóa trong đất

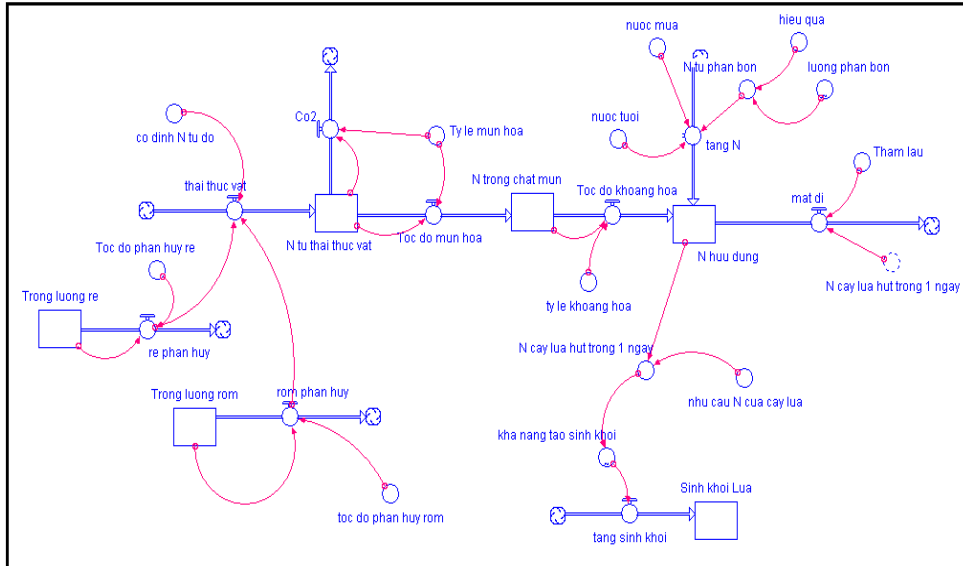


Hình 2: Kết quả mô phỏng diễn biến tiến trình mùn hóa khoáng hóa trong đất

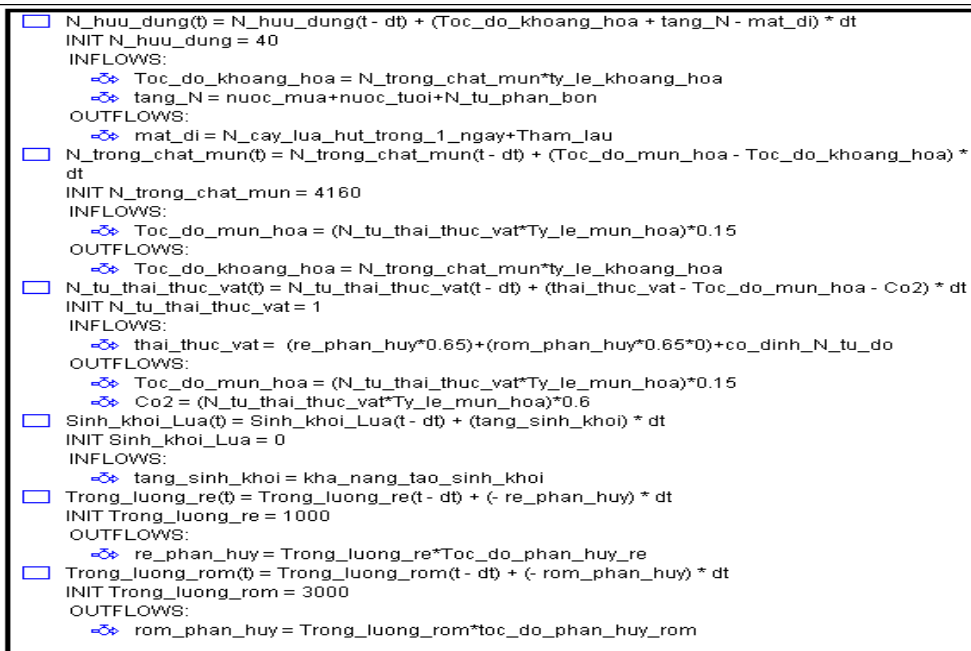
3.2 Mô phỏng chu trình đạm trong đất lúa

Mối quan hệ giữa đạm hữu dụng và sinh khối lúa trong vụ Hè Thu được xây dựng dựa vào lượng đạm hữu dụng trong đất và đặc điểm sinh lý của cây lúa (hình 3 và Hình 4). Lượng N hữu dụng trong đất được tăng thêm

từ các nguồn chủ yếu như: sự khoáng hóa chất hữu cơ, N trong nước mưa, nước tưới và phân bón. Trong khi đó lượng N hữu dụng bị mất đi là do bất động đạm bởi vi sinh vật sử dụng đạm và lượng N hữu dụng bị mất phần lớn là do cây trồng lấy đi để tạo thành sinh khối.



Hình 3: Lưu đồ mô tả chu trình đạm trong đất lúa

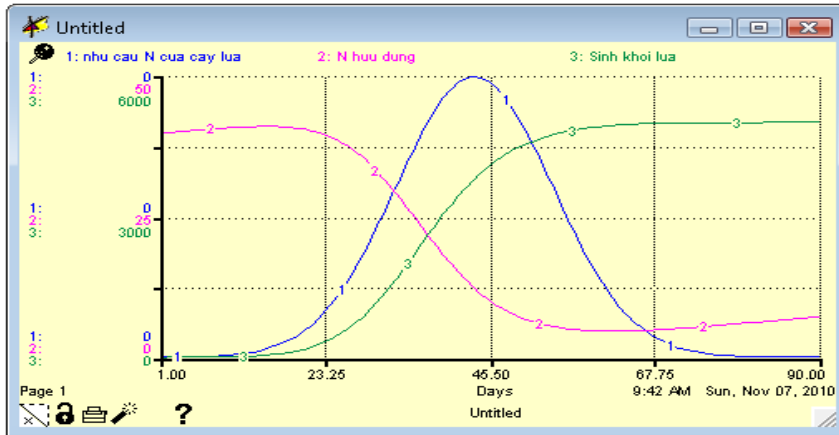


Hình 4: Phương trình toán mô tả chu trình đạm trong đất lúa vụ Hè Thu 2011 tại Giồng Riềng - Kiên Giang

Nhu cầu hút thu N của cây trồng được mô tả đặc trưng ở 3 ngưỡng: tối đa, tối thiểu và tối hạn. Trong mô hình nhu cầu hấp thu N của cây lúa được biểu diễn theo phương trình $y = a/EXP(-(x-b)/c)^2$ (Akita và ctv 1989). Nó cũng phù hợp với nghiên cứu của Dobermann và Fairhurst (2000) là cây lúa cần N trong suốt quá trình sinh trưởng và phát triển nhưng nhu cầu N lớn nhất là giai đoạn từ giữa thời kỳ đẻ nhánh đến đón đòng. Sự biến động của một biến số trong chu trình là sự kết gán với các mối liên kết khác, thí dụ: (i) Lượng đạm hữu dụng bằng lượng đạm hữu dụng tại thời điểm t cộng thêm lượng đạm từ khoáng hóa, phân bón, nước mưa và nước tưới. Trừ đi lượng

đạm bị cây trồng hấp thu, lượng đạm bị thẩm lậu và lượng đạm bị bất động theo thời gian; (ii) Sinh khối lúa bằng sinh khối năng suất lúa tại thời điểm t cộng với khả năng tạo sinh khối theo thời gian. Khả năng tạo sinh khối lại bằng nhu cầu đạm của cây lúa nhân với lượng đạm hữu dụng.

Nhu cầu về N của cây lúa tăng cao trong giai đoạn từ khoảng 20 đến 45 ngày sau khi sạ (Hình 5). Trong khi đó lượng N hữu dụng trong đất cũng giảm mạnh trong giai đoạn này và sau 45 ngày thì lượng N hữu dụng trong đất dần ổn định, đồng thời sinh khối của cây lúa cũng bắt đầu tăng mạnh từ ngày 23 và đến ngày 45 sau khi sạ.



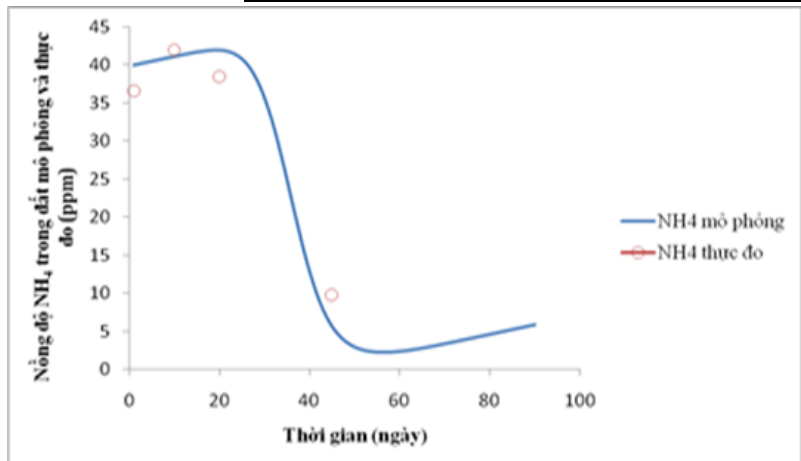
Hình 5: Diễn biến sinh khối lúa và hàm lượng N hữu dụng trong đất

Bảng 3 trình bày số liệu thực tế về diễn biến hàm lượng NH₄ trong đất lúa ở Giồng Riềng, Hè Thu 201. Kết quả mô phỏng tương đối tương thích với thực tế (Hình 6).

Bảng 3: Diễn biến hàm lượng NH₄ (ppm) thực tế trong đất ở nghiệm thức không bón N. Giồng Riềng, Hè Thu 2010

Ngày sau khi sạ (ngày)	1	10	20	45
Hàm lượng NH ₄ trong đất (ppm)	36.6	42.0	38.5	9.8

Hình 6: Hàm lượng NH₄ trong đất ở 20 cm tầng đất mặt mô phỏng và thực đo



4 KẾT LUẬN VÀ ĐỀ XUẤT

Kết quả mô phỏng cho thấy yếu tố quan trọng ảnh hưởng đến khoáng hóa N trong đất là lượng thải thực vật có được từ sinh khối cây trồng được tạo nên ở vụ trước.

Lượng đạm khoáng hóa mô phỏng trên đất lúa ở Giồng Riềng Kiên Giang trong một vụ là 25 kg ha⁻¹. Khi bón đạm, lượng N hút thu mô phỏng của cây lúa là 80 kg ha⁻¹, đây là lượng N được cân bằng với các tiến trình bốc hơi N, khoáng hóa và mùn hóa xảy ra trong đất.

Kết quả mô phỏng hàm lượng NH₄ trong đất khá tương thích với số liệu đo thực tế ở nghiệm thức không bón N.

Mô phỏng được diễn biến của N trong đất và nhu cầu N của cây sẽ là cơ sở giúp ta bổ sung phân đạm đáp ứng nhu cầu cây trồng một cách hợp lý.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Akita, S., 1989. Physiological bases of heterosis in rice. Hybrid Rice, International Rice Research Institute, Los Banos, Philippines, pp. 67-77.
2. Brady, N. and R. Weil. 2001. The Nature and Properties of Soils, 13th Edition, Prentice Hall. Upper Saddle River, New Jersey. 960p.
3. Bronson, K.F., K.G. Cassman, R. Wassmann, D.C. Olk, M. van Noordwijk, and D.P. Garrity. 1997. Soil carbon dynamics in different cropping systems in principal ecoregions of Asia. p. 35-57. In R. Lal et al. (ed.) Management of carbon sequestration in soil. CRC Press, Boca Raton, FL.
4. Campbell, C.A., Zentner, R.P., 1993. Soil organic matter as influenced by crop rotations and fertilization. Soil Science Society of America Journal 57, 1034-1040.
5. Cassman, K.G., S.K. De Data, D.C. Olk, J. Alcantara., M. Samson, J. Descalsota, and M. Dizon. 1995. Yield decline and the nitrogen economy of long-term experiments on continuous, irrigated rice system in the tropics. In: Soil management: Experimental basis for sustainability and environmental quality (eds. R. Lal. & B.A. Stewart). pp. 11-225-2. CRC/Lewis Publisher, Boca Raton, Florida.
6. Dobermann, A. and Fairhurst, T.H. 2000. Rice: Nutrient Disorders and Nutrient Management. Potash and Phosphate Institute, International Rice Research Institute, Singapore, Makati City. 254. pp.
7. Isee systems. 2008. The world leader in System Thinking Software. <http://www.isee-systems.com/index.aspx>
8. Nguyễn Thành Hôi. 2008. Ảnh hưởng sự chôn vùi rơm rạ tươi trong đất ngập nước đến sinh trưởng của lúa (oryza sativa l.) ở đồng bằng sông Cửu Long. Luận án Tiến sĩ Nông nghiệp. Trường Đại học Cần Thơ.
9. Pampolino, M.F., Laureles, E.V., Gines, H.C., Buresh, R.J., 2007. Soil carbon and nitrogen changes as affected by fertilization in long-term continuous lowland rice cropping. Soil Sci. Soc. Am. J.
10. Trịnh Quang Khương, Ngô Ngọc Hưng, Phạm Sỹ Tân, Trần Quang Giàu và Lâm Văn Tân. 2010. Ứng dụng quản lý dưỡng chất theo địa điểm chuyên biệt (SSNM) và sạ hàng trong canh tác lúa trên đất phù sa và đất phèn nhẹ ở đồng bằng sông Cửu Long. Tạp chí Khoa học đất. Số 33, tr 115-118.
11. Witt, C., Cassman, K.G., Olk, D.C., Biker, U., Liboon, S.P., Samson, M.I., Ottow, J.C.G., 2000. Crop rotation and residue management effects on carbon sequestration, nitrogen cycling and productivity of irrigated rice systems. Plant and Soil 225, 263-278