

# ÁP DỤNG MÔ HÌNH SWAT ĐỂ ĐÁNH GIÁ TÁC ĐỘNG CỦA CANH TÁC NÔNG NGHIỆP ĐẾN TẢI LƯỢNG DINH DƯỠNG TRÊN LƯU VỰC SÔNG CÔNG, TỈNH THÁI NGUYÊN

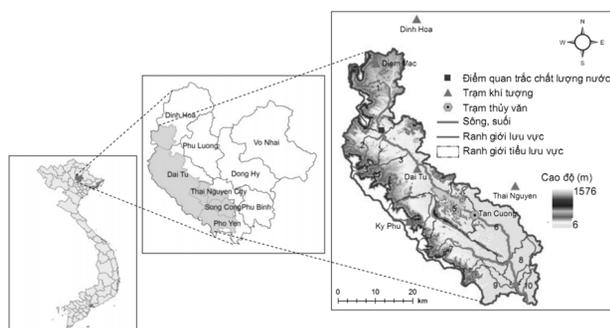
Nguyễn Lương Bằng<sup>1</sup>, Nguyễn Việt Anh<sup>1</sup>

**Tóm tắt:** Hiện nay tình trạng suy giảm chất lượng nước sông Công ngày càng trở nên nghiêm trọng, một trong những nguyên nhân tác động đến hiện trạng này xuất phát từ nguồn ô nhiễm phi tập trung từ các diện tích canh tác nông nghiệp trên lưu vực. Trong nghiên cứu này, mô hình SWAT với bộ thông số thủy văn, bùn cát đã được hiệu chỉnh và kiểm định sẽ được sử dụng và hiệu chỉnh các thông số liên quan đến tải lượng dinh dưỡng để mô phỏng và đánh giá sự biến đổi tải lượng dinh dưỡng theo không gian và thời gian dưới tác động của hoạt động canh tác nông nghiệp. Quá trình hiệu chỉnh mô hình để mô phỏng tải lượng Nitơ và Phốtpho thời đoạn tháng lần lượt được thực hiện cho giai đoạn 2010 - 2015 và 2013 - 2015 tương ứng. Các chỉ tiêu thống kê được sử dụng để đánh giá khả năng mô phỏng tải lượng dinh dưỡng của mô hình theo thời đoạn tháng gồm có hệ số hiệu quả mô phỏng Nash-Sutcliffe (NSE) và hệ số xác định ( $R^2$ ). Kết quả nghiên cứu cho thấy mô hình sau khi hiệu chỉnh đã có khả năng mô phỏng tải lượng dinh dưỡng nói trên ở mức hợp lý khi so sánh kết quả mô phỏng với số liệu thực đo. Kết quả nghiên cứu cũng đã đánh giá được các loại hình sử dụng đất cũng như quy trình canh tác nông nghiệp như làm đất, bón phân có tác động lớn đến sự biến đổi tải lượng Nitơ và Phốtpho hình thành và vận chuyển trên lưu vực.

**Từ khóa:** Chu trình thủy văn, Lưu vực, Đơn vị thủy văn, Hiệu chỉnh, SWAT, tải lượng dinh dưỡng

## 1. GIỚI THIỆU CHUNG

Lưu vực sông Công nằm về phía Tây của tỉnh Thái Nguyên và là một tiểu vùng của lưu vực sông Cầu (hình 1), một trong những lưu vực sông lớn nhất ở phía Bắc của Việt Nam. Sông Công bắt nguồn từ vùng núi của tỉnh Bắc Kạn và đổ vào sông Cầu tại vị trí cầu Đa Phúc. Sông Công có chiều dài khoảng 100 km và diện tích lưu vực khoảng 869 km<sup>2</sup>.



Hình 1. Bản đồ vị trí vùng nghiên cứu

Trong những năm gần đây cùng với sự phát triển của nền kinh tế và dân số tăng nhanh, các hoạt động sản xuất cùng với các hoạt động phá rừng ngày càng trở nên phổ biến đã gây ra những tác động tiêu cực đến trữ lượng và chất lượng nguồn nước mặt trên địa bàn (Thi Phuong Quynh Le & CTG, 2014). Trước thực trạng nói trên, công tác đánh giá tài nguyên đất, nước cần được thực hiện để đề xuất các giải pháp bảo vệ nguồn tài nguyên đất, nước đóng vai trò vô cùng quan trọng đối với sự phát triển bền vững của vùng. Trong nhiều mô hình thủy văn, chất lượng nước đã được sử dụng, mô hình SWAT là mô hình được sử dụng rộng rãi và thành công trong công tác mô phỏng, đánh giá tài nguyên đất, nước cho nhiều lưu vực trên thế giới cũng như ở Việt Nam (Grassman & CTG, 2007; Mou Leong Tan & CTG, 2019). Trong hơn 20 nghiên cứu ứng dụng mô hình SWAT ở Việt Nam gần đây, mới chỉ tập trung mô phỏng chế độ thủy văn trên lưu vực (tiêu biểu là Raghavan & CTG, 2012; Nguyễn Thị Tịnh Âu &

<sup>1</sup> Trường Đại học Thủy lợi

CTG, 2013; Nguyen Hong Quang & CTG, 2017). Một số nghiên cứu cũng đã tiến hành mô phỏng chỉ tiêu chất dinh dưỡng trên lưu vực (Đặng Minh Hải, 2018). Ngoài ra, có một số nghiên cứu đã kết hợp mô phỏng giữa chế độ thủy văn và chất dinh dưỡng (Nguyễn Thị Thùy Trang & Đào Khôi Nguyên, 2016; Viet Bach Tran & CTG, 2017).

Trong nghiên cứu này, mô hình SWAT với bộ thông số thủy văn, bùn cát đã được hiệu chỉnh và kiểm định thành công trong mô phỏng chế độ dòng chảy và bùn cát (Anh N. V., 2015 và Nguyễn Việt Anh, 2019) sẽ được sử dụng và hiệu chỉnh các thông số dinh dưỡng của mô hình để mô phỏng, đánh giá ảnh hưởng của hoạt động canh tác nông nghiệp đến tải lượng dinh dưỡng trên lưu vực sông Công.

## **2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU**

### **2.1. Mô hình SWAT**

Mô hình SWAT là mô hình vật lý liên tục mô phỏng các quá trình tự nhiên xảy ra trên bề mặt lưu vực được xây dựng và phát triển bởi cơ quan nghiên cứu nông nghiệp thuộc Bộ Nông nghiệp Mỹ (Arnold et al., 1998). Mô hình sử dụng các số liệu phân bố theo không gian như địa hình, thổ nhưỡng, loại hình sử dụng đất, quản lý và bảo vệ đất, điều kiện khí hậu để mô phỏng dòng chảy, xói mòn và vận chuyển bùn cát, hàm lượng dinh dưỡng, hàm lượng thuốc trừ sâu trong phạm vi lưu vực. Quá trình mô phỏng các đặc trưng này của mô hình SWAT được chia làm 2 pha chính là pha đất và pha nước của chu trình thủy văn. Pha đất của chu trình thủy văn mô phỏng dòng chảy, bùn cát, dinh dưỡng và thuốc trừ sâu được chuyển tải từ trong mỗi tiểu lưu vực ra hệ thống sông suối. Pha nước của chu trình thủy văn mô phỏng quá trình di chuyển của dòng chảy, quá trình bồi lắng, v.v... diễn ra thông qua hệ thống sông ngòi của lưu vực đến cửa ra của các tiểu lưu vực hoặc lưu vực. Để có thể mô phỏng chính xác các quá trình xảy ra trên lưu vực, lưu vực sẽ được chia thành các tiểu lưu vực nhỏ, sau đó các tiểu lưu vực này sẽ được chia nhỏ thành các đơn vị thủy văn (HRUs) nơi đồng nhất về khí hậu, sử dụng đất, thổ nhưỡng và độ dốc.

Trong mô phỏng, đánh giá tải lượng dinh dưỡng trên lưu vực, mô hình SWAT mô phỏng

quá trình vận chuyển và biến đổi về thể hóa học của Nitơ và Phốtpho trong phạm vi lưu vực. Trong môi trường đất quá trình biến đổi của Nitơ và Phốtpho từ thể này sang thể khác được chi phối bởi chu trình Nitơ và Phốtpho. Quá trình tải lượng các chất dinh dưỡng nói trên từ các điểm canh tác trên lưu vực đến hệ thống sông suối và ao hồ của lưu vực được thực hiện qua dòng chảy mặt và dòng chảy ngầm.

SWAT mô phỏng chu trình Nitơ trong tầng đất và nước ngầm tầng nông (Neitsch & CTG, 2011). Trong môi trường đất và nước, Nitơ có mức độ phản ứng hóa học cao và tồn tại ở một số dạng hóa học khác nhau. Nitơ được bổ sung vào đất từ hoạt động bón phân hóa học, phân chuồng hoặc phụ phẩm nông nghiệp, quá trình cố định Nitơ bởi các vi khuẩn, và từ mưa. Hàm lượng Nitơ trong đất mất đi do cây trồng sử dụng, quá trình xói mòn đất, thẩm lậu, bay hơi, và từ phản ứng khử Nitơ. Mô hình SWAT mô phỏng sự biến đổi của năm dạng hóa học khác nhau của Nitơ bao gồm hai dạng vô cơ ( $\text{NO}_3$ ,  $\text{NH}_4$ ) và ba dạng hữu cơ (Nitơ hoạt tính, Nitơ ổn định trong đất và phụ phẩm nông nghiệp).

SWAT mô phỏng các quá trình hóa học khác nhau của Phốtpho trên từng đơn vị thủy văn (Neitsch & CTG, 2011). Lượng Phốtpho trong đất mà cây trồng sử dụng được tính toán tương tự như trong chu trình Nitơ. Ba dạng hóa học khác nhau của Phốtpho được mô phỏng trong mô hình gồm dạng hữu cơ trong đất mùn, dạng không hòa tan trong khoáng đất và dạng cây trồng có thể sử dụng trong dung dịch đất.

Thuật toán của mô hình SWAT để mô phỏng diễn biến thay đổi chất lượng nước trên sông tích hợp sự tương tác, quan hệ giữa các thành phần hóa học đã được sử dụng ở mô hình QUAL2E (Brownand và Barnwell, 1987). Các yếu tố tương tác chính của quá trình này bao gồm các chu trình dinh dưỡng, sự phát triển của tảo và nhu cầu oxy ở tầng đáy.

### **2.2. Phân tích độ nhạy các thông số mô hình**

Để hỗ trợ cho quá trình hiệu chỉnh, công tác phân tích độ nhạy được tiến hành cho từng thông số liên quan đến mô phỏng chất dinh dưỡng của mô hình. Độ nhạy của từng thông số được đánh

giá cho từng lần điều chỉnh giá trị của thông số bằng cách thay thế giá trị của thông số đó khoảng giá trị cho phép trong khi đó giá trị của các thông số khác được giữ nguyên. Nghiên cứu này sẽ sử dụng phương pháp phân tích độ nhạy theo kết quả mô phỏng và phương pháp phân tích độ nhạy theo mức độ mô phỏng chính xác của mô hình để đánh giá độ nhạy của các thông số.

Phương pháp đánh giá độ nhạy của thông số dựa vào sự so sánh giá trị quan trắc và giá trị mô phỏng của mô hình đối với đại lượng mô phỏng. Theo đó giá trị tổng độ lệch bình phương giữa hai giá trị so sánh là SSQ được tính toán như sau:

$$SSC = \sum_{i=1}^n (C_{obs,i} - C_{sim,i})^2 \quad (1)$$

trong đó  $C_{obs,i}$  là giá trị quan trắc của đại lượng tại thời điểm  $i$  (mg/l),  $C_{sim,i}$  là giá trị mô phỏng của đại lượng tại thời điểm  $i$  (mg/l), và  $n$  là số cặp so sánh giữa giá trị quan trắc và mô phỏng. Độ nhạy theo mức độ chính xác của mô hình là tỷ số giữa sự thay đổi của giá trị SSC so với sự thay đổi giá trị của thông số.

$$SI_A = \frac{\Delta SSC / SSC_m}{\Delta P / P_m} \quad (2)$$

trong đó  $SI_A$  là chỉ số độ nhạy theo độ chính xác của mô hình SSC là khoảng thay đổi giá trị SSC,  $SSC_m$  là giá trị SSC ứng với giá trị thông số mô hình  $P_m$ .

### 2.3. Hiệu chỉnh và đánh giá mô hình

Mô hình sẽ thực hiện mô phỏng tải lượng dinh dưỡng trên lưu vực với thông số thủy văn, bùn cát ở trên sẽ được giữ nguyên các giá trị đã hiệu chỉnh (Anh N. V., 2015 và Nguyễn Việt Anh, 2019) và công tác hiệu chỉnh mô hình lúc này chỉ thực hiện đối với các thông số liên quan đến dinh dưỡng. Công tác hiệu chỉnh của mô hình cũng dựa vào kết quả phân tích độ nhạy các thông số dinh dưỡng, trong công tác hiệu chỉnh, các thông số có độ nhạy theo mức độ mô phỏng chính xác của mô hình sẽ được điều chỉnh giá trị trong khoảng giá trị hiệu chỉnh trước và sau đó các thông số không có độ nhạy cũng được điều chỉnh giá trị để đảm bảo mô hình mô phỏng tải lượng dinh dưỡng chính xác nhất so với giá trị thực đo.

Các chỉ tiêu thống kê được sử dụng để đánh giá

khả năng mô phỏng tải lượng dinh dưỡng của mô hình theo thời đoạn tháng gồm có hệ số hiệu quả mô phỏng Nash-Sutcliffe (NSE) và hệ số xác định ( $R^2$ ).

$$NSE = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (C_{obs,i} - C_{sim,i})^2}{\sum_{i=1}^n (C_{obs,i} - \bar{C}_{obs})^2} \quad (3)$$

$$R^2 = \frac{\left[ \sum_{i=1}^n (C_{obs,i} - \bar{C}_{obs})(C_{sim,i} - \bar{C}_{sim}) \right]^2}{\sum_{i=1}^n (C_{obs,i} - \bar{C}_{obs})^2 \sum_{i=1}^n (C_{sim,i} - \bar{C}_{sim})^2} \quad (4)$$

trong đó  $C_{obs,i}$  là giá trị quan trắc tại thời điểm  $i$  (mg/l),  $C_{sim,i}$  là giá trị mô phỏng tại thời điểm  $i$  (mg/l),  $\bar{C}_{obs}$  là giá trị quan trắc trung bình (mg/l) and  $\bar{C}_{sim}$  là giá trị mô phỏng trung bình (mg/l), và  $n$  là số cặp so sánh giữa giá trị quan trắc và mô phỏng. NSE có giá trị từ  $-\infty$  đến 1 và chỉ số này thể hiện mức độ phù hợp giữa giá trị mô phỏng và giá trị quan trắc. Trong khi đó chỉ số  $R^2$  đo lường mức độ tương quan tuyến tính giữa các giá trị mô phỏng và quan trắc. Khả năng mô phỏng của mô hình được đánh giá là tốt nếu các chỉ số NSE và  $R^2$  có giá trị cao.

### 2.4. Số liệu đầu vào

Số liệu đầu vào để xây dựng mô hình và thực hiện hiệu chỉnh, kiểm định mô phỏng thủy văn, bùn cát cho vùng nghiên cứu (Anh N. V., 2015 và Nguyễn Việt Anh, 2019) gồm các bản đồ cao độ địa hình, sử dụng đất và thổ nhưỡng trên lưu vực sông Công ở dạng dữ liệu GIS có độ phân giải 90m. Lưu vực được chia thành 10 tiểu lưu vực và 242 HRUs. Chuỗi tài liệu khí tượng bao gồm: (1) tài liệu mưa ngày từ 5 trạm khí tượng; (2) tài liệu nhiệt độ không khí, tốc độ gió, độ ẩm không khí tương đối ngày tại và tài liệu bức xạ mặt trời tháng từ 2 trạm Thái Nguyên và Định Hóa. Số liệu thủy văn gồm lưu lượng dòng chảy ngày và tổng lượng bùn cát hàng năm đo đạc cho giai đoạn từ năm 1961 đến 1975 tại trạm thủy văn Tân Cương.

Trong nghiên cứu này, số liệu đo đạc các chỉ tiêu chất lượng nước sông Công như  $NO_3$ ,  $NH_4$  (giai đoạn 2010 – 2015) và  $PO_4$  (giai đoạn 2013 – 2015) do Sở Tài nguyên và môi trường tỉnh Thái Nguyên thực hiện hàng năm với chu kỳ 2 tháng/lần tại vị trí quan trắc (hình 1) được thu thập để hiệu

chính, đánh giá khả năng mô phỏng tải lượng dinh dưỡng trên lưu vực của mô hình SWAT.

Các số liệu liên quan đến hoạt động canh tác nông nghiệp như quy trình làm đất, bón phân (thời gian và lượng bón) trong sản xuất nông nghiệp cũng được thu thập thông qua phương pháp phỏng vấn nông hộ trên lưu vực. Trên lưu vực sông Công, canh tác lúa, ngô và chè là loại hình sản xuất nông nghiệp điển hình, vì vậy thông tin hoạt động canh tác áp dụng cho các loại hình sản xuất nông nghiệp chủ đạo nói trên được thu thập làm thông số đầu vào của mô hình.

### 3. KẾT QUẢ

#### 3.1. Hiệu chỉnh và đánh giá mô hình

Khi hiệu chỉnh mô hình, 10 trong số 11 thông số có độ nhạy là DNCO, NPERCO, RSDCO, ERORGN, BIOMIX, FRT\_SURFACE, HLIFE\_NGW, MUMAX, BC3, và RS3 cùng với 1 thông số không nhạy là CDN đã được hiệu chỉnh để đảm bảo khả năng mô phỏng tốt tải lượng NO<sub>3</sub> và NH<sub>4</sub> trên lưu vực. Đối với hiệu chỉnh mô hình để mô phỏng Phốtpho 6 trong tổng số 8 thông số có độ nhạy là P\_UPDIS, PHOSKD, PSP, ERORGP, GWSOLP, BC4 đã được hiệu chỉnh giá trị để mô hình có thể mô phỏng tải lượng Phốtpho tốt nhất. Tổng hợp các thông số cũng như giá trị hiệu chỉnh của chúng được thể hiện ở bảng 1 và 2.

**Bảng 1. Kết quả phân tích độ nhạy và hiệu chỉnh bộ thông số mô phỏng Nitơ**

Thông số	Mô tả	Đơn vị	Giá trị mặc định	Phạm vi điều chỉnh giá trị		Độ nhạy theo kết quả mô phỏng		Độ nhạy theo độ chính xác của mô hình		Giá trị hiệu chỉnh
				Ngưỡng dưới	Ngưỡng trên	NO <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub>	NO <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub>	
CMN	Hệ số tỷ lệ khoáng hóa mùn của các chất dinh dưỡng hữu cơ hoạt động	-	0.0003	0	0.003	0.101	-0.128	0.226	0.060	0.0003
CDN	Hệ số tỷ lệ hàm mũ của quá trình khử Nitrat hóa	-	0	0.00	3.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.05
SDNCO	Ngưỡng độ ẩm cho quá trình Nitrat hóa	-	0	0	1	0.197	-0.072	-1.480	0.150	1
N_UPDIS	Thông số phân bố hấp thụ Nitơ	-	20	0	100	0.000	0.000	0.000	0.000	20
NPERCO	Hệ số thẩm lậu Nitrat	-	0.2	0	1	0.068	0.003	0.079	-0.003	0.01
RSDCO	Hệ số phân hủy xác thực vật	-	0.05	0.02	0.08	-0.007	0.413	-0.029	-0.097	0.02
ERORGN	Tỷ lệ làm giàu Nitơ hữu cơ	-	0	0	5	-0.001	0.250	-0.003	-0.169	5
BIOMIX	Hiệu quả trao đổi sinh học	-	0.2	0.2	1	-0.006	0.059	0.026	0.019	0.3
FRT_SURFACE	Tỷ lệ lượng phân bón cho 10 mm lớp đất mặt	-	0.2	0.1	0.5	0.050	0.284	0.060	-0.176	0.3
HLIFE_NGW	Chu kỳ bán phân rã của Nitrat ở nước ngầm tầng nông	ngày	0	0	60	-0.122	0.000	-4.370	0.000	5
MUMAX	Tốc độ phát triển tảo tối đa ở nhiệt độ 20°C	1/ngày	2	1	3	-0.001	0.000	-0.001	0.000	1
K_N	Hằng số bán bão hòa Nitơ Michaelis-Menton	mg N/L	0.02	0.01	0.3	0.000	0.000	0.000	0.000	0.02
BC3	Hằng số tỷ lệ thủy phân Nitơ hữu cơ thành NH <sub>4</sub> ở nhiệt độ 20°C	1/ngày	0.21	0.2	1	0.000	0.830	0.000	-0.034	0.6
RS3	Tỷ lệ nguồn trầm tích đáy nước hình thành NH <sub>4</sub> ở nhiệt độ 20°C	mg NH <sub>4</sub> /(m <sup>2</sup> .ngày)	0.5	0	2	0.000	0.400	0.000	-0.040	1.60
RS4	Hệ số tỷ lệ lắng đọng Nitơ hữu cơ ở nhiệt độ 20°C	1/ngày	0.05	0.001	0.1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.05

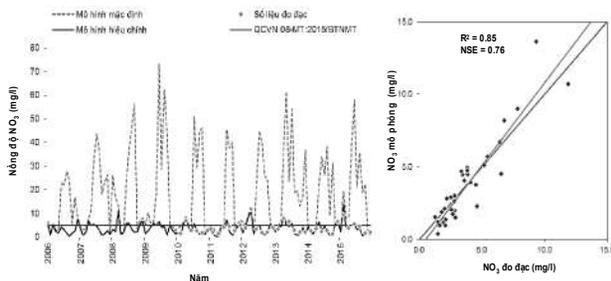
Theo kết quả nói trên, phương pháp phân tích độ nhạy cục bộ cho từng thông số đơn lẻ đã không chỉ ra sự biến đổi về độ nhạy của các thông số khi chúng có ảnh hưởng lẫn nhau. Đây là lí do những thông số không nhạy như thông số CDN cũng phải hiệu chỉnh để tăng độ chính

xác của mô hình. Theo đó phương pháp phân tích độ nhạy tổng thể xem xét độ nhạy ứng với sự thay đổi giá trị của nhiều thông số cho mỗi lần phân tích có thể được áp dụng để xác định sự thay đổi độ nhạy của các thông số khi chúng có sự phụ thuộc lẫn nhau.

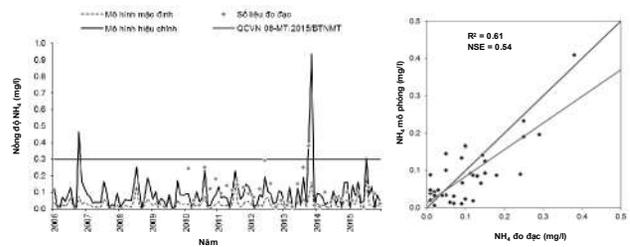
**Bảng 2. Kết quả phân tích độ nhạy và hiệu chỉnh bộ thông số mô phỏng Phốtpho**

Thông số	Mô tả	Đơn vị	Giá trị mặc định	Phạm vi điều chỉnh giá trị		Độ nhạy theo kết quả mô phỏng PO <sub>4</sub>	Độ nhạy theo độ chính xác của mô hình PO <sub>4</sub>	Giá trị hiệu chỉnh
				Ngưỡng dưới	Ngưỡng trên			
P_UPDIS	Thông số phân bố hấp thụ Phốtpho	-	20	0	100	-0.031	-0.100	45
PPERCO	Hệ số thẩm lậu Phốtpho	10 m <sup>3</sup> /Mg	10	10	15	0.200	0.650	10
PHOSKD	Hệ số phân tán Phốtpho trong đất	m <sup>3</sup> /Mg	175	100	200	-0.910	-3.170	200
PSP	Chỉ số Phốtpho sẵn có	-	0.4	0.2	0.6	0.804	2.910	0.2
ERORGP	Tỷ lệ làm giàu Phốtpho sẵn có	-	0	0	5	0.045	0.140	2.5
GWSOLP	Nồng độ Phốtpho hòa tan ở dòng chảy ngầm chảy vào dòng chảy của sông	mg P/L	0	0	50	0.974	1.991	0.01
K_P	Hằng số bán bão hòa Phốtpho Michaelis-Menton	mg N/L	0.025	0	0.05	0.001	0.001	0.025
RS5	Tỷ lệ lắng đọng Phốtpho hữu cơ ở nhiệt độ 20° C	1/ngày	0.05	0	0.1	0.000	0.000	0.05
BC4	Tỷ lệ khoáng hóa Phốt pho hữu cơ thành dạng hòa tan ở nhiệt độ 20° C	1/ngày	0.35	0	0.7	0.110	0.333	0.20

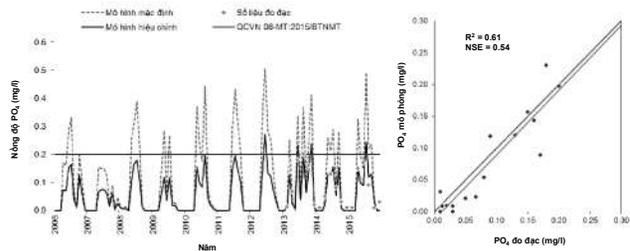
Kết quả mô phỏng NO<sub>3</sub>, NH<sub>4</sub>, và PO<sub>4</sub> thời đoạn tháng của mô hình mặc định và mô hình hiệu chỉnh được so sánh với số liệu quan trắc ở các hình 2 - 4. Mô hình mặc định mô phỏng quá cao giá trị NO<sub>3</sub> và PO<sub>4</sub> trong khi mô phỏng quá thấp giá trị NH<sub>4</sub>. Sau khi hiệu chỉnh, sự khác biệt giữa kết quả mô phỏng của mô hình và số liệu quan trắc đã giảm đáng kể. Giá trị và xu thế của tải lượng dinh dưỡng ở kết quả mô phỏng tương đối phù hợp với số liệu quan trắc. Với chỉ số NSE và R<sup>2</sup> của mô hình hiệu chỉnh lớn hơn 0,50, mô hình được đánh giá là mô phỏng hợp lý tải lượng dinh dưỡng trên lưu vực theo đề xuất của Moriasi & CTG (2007).



*Hình 2. Đánh giá kết quả mô phỏng NO<sub>3</sub> thời đoạn tháng cho giai đoạn hiệu chỉnh*



*Hình 3. Đánh giá kết quả mô phỏng NH<sub>4</sub> thời đoạn tháng cho giai đoạn hiệu chỉnh*



*Hình 4. Đánh giá kết quả mô phỏng PO<sub>4</sub> thời đoạn tháng cho giai đoạn hiệu chỉnh*

Mô hình được hiệu chỉnh đồng thời để mô phỏng NO<sub>3</sub> và NH<sub>4</sub>. Theo kết quả phân tích độ nhạy theo độ chính xác của mô hình khi mô phỏng Nitơ ảnh hưởng của các thông số SDNCO, NPERCO, BIOMIX đến độ chính xác của mô hình khi mô phỏng NO<sub>3</sub> và NH<sub>4</sub> là đối lập nhau. So với NH<sub>4</sub>,

NO<sub>3</sub> dễ bị cuốn trôi theo dòng chảy mặt hoặc thấm lậu xuống dòng chảy ngầm bởi vì NO<sub>3</sub> có liên kết yếu với các hạt đất do cùng mang điện tích âm. Khi sự vận động của của NO<sub>3</sub> chiếm ưu thế trong chu trình Nito, hàm lượng NO<sub>3</sub> trong dòng chảy lớn nên quá trình hiệu chỉnh tập trung vào các thông số liên quan đến NO<sub>3</sub> trước. Hiệu chỉnh các thông số này giúp tăng độ chính xác trong mô phỏng NO<sub>3</sub> nhưng lại giảm độ chính xác trong mô phỏng NH<sub>4</sub>. Đây là lý do chính làm cho kết quả mô phỏng NH<sub>4</sub> không tốt như kết quả mô phỏng NO<sub>3</sub>.

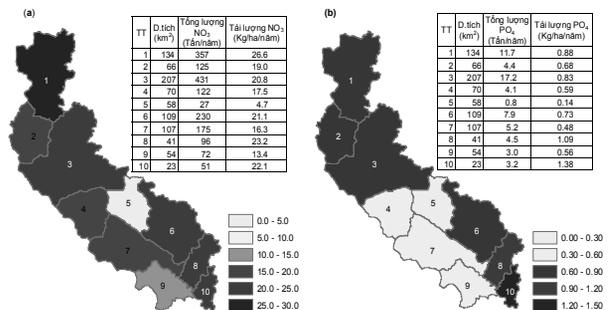
Theo Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về chất lượng nước mặt QCVN 08-MT:2015/BTNMT, giá trị giới hạn an toàn về hàm lượng NO<sub>3</sub>, NH<sub>4</sub>, và PO<sub>4</sub> trong nước mặt sử dụng cho mục đích sinh hoạt hạng A2 lần lượt là 5,0; 0,3; và 0,2 mg/l. Theo đó hàm lượng NO<sub>3</sub>, NH<sub>4</sub>, và PO<sub>4</sub> của nước sông Công đều duy trì ở mức an toàn trong hầu hết thời gian ngoại trừ một số thời điểm vào mùa khô. Tại những thời điểm này hàm lượng NO<sub>3</sub> và NH<sub>4</sub> đều vượt ngưỡng giới hạn an toàn do lưu lượng dòng chảy nhỏ và sự thấm lậu của các chất dinh dưỡng từ sản xuất nông nghiệp ra hệ thống sông, suối.

Khi mô phỏng tải lượng dinh dưỡng, số liệu quan trắc được có tần suất 2 tháng/lần nên sự biến đổi của các thành phần dinh dưỡng theo thời gian, đặc biệt là ở những thời đoạn ngắn không được thể hiện đầy đủ. Ngoài ra chuỗi số liệu không đủ dài để kiểm định khả năng mô phỏng của mô hình sau khi hiệu chỉnh ứng với chuỗi số liệu độc lập. Vì vậy, khả năng mô phỏng tải lượng dinh dưỡng của mô hình đối với lưu vực nghiên cứu sông Công cần được đánh giá thêm cùng với liệt số liệu quan trắc bổ sung.

### 3.3. Phân bố tải lượng dinh dưỡng trên lưu vực

Để đánh giá cụ thể hơn tải lượng dinh dưỡng trên lưu vực sông Công, kết quả mô phỏng tải lượng NO<sub>3</sub> và PO<sub>4</sub> trung bình năm cho giai đoạn 2006 – 2015 trên phạm vi lưu vực được thể hiện ở hình 5. Tải lượng NO<sub>3</sub> và PO<sub>4</sub> từ các tiểu lưu vực 1, 2, 6, 8, và 10 cao hơn so với các tiểu lưu vực còn lại bởi vì trên những lưu vực này có diện tích trồng lúa, chè chiếm tỷ lệ lớn hơn. Do mô hình SWAT đã lược bỏ một số quá trình nên quá trình vận động của NH<sub>4</sub> trong chu trình Nito chủ yếu bị chi phối bởi quá trình bay hơi và nitrat hóa thành

NO<sub>3</sub>. Do vậy, tải lượng NH<sub>4</sub> hình thành từ pha đất được giả thiết là không đáng kể và tỷ lệ đóng góp của thành phần này trong tổng tải lượng Nito chảy vào hệ thống sông, suối là không có. Vì vậy nguồn gốc hình thành của hàm lượng NH<sub>4</sub> trong sông chủ yếu đến từ quá trình khoáng hóa các chất Nito hữu cơ hoặc quá trình khuếch tán NH<sub>4</sub> từ bùn cát lắng đọng dưới lòng sông, suối.



Hình 5. Phân bố NO<sub>3</sub>(a) và PO<sub>4</sub>(b) trung bình năm ở các tiểu lưu vực giai đoạn 2006 – 2015

Trong số 10 tiểu lưu vực, tải lượng NO<sub>3</sub> và PO<sub>4</sub> hình thành từ tiểu lưu vực 5 là nhỏ nhất do tiểu lưu vực này có tỷ lệ diện tích canh tác nông nghiệp thấp nhất (chỉ chiếm 16%). Ngoài ra loại hình canh tác nông nghiệp ở tiểu lưu vực này chủ yếu là những loại cây trồng một vụ với quy trình bón phân khác nhau. Trong nghiên cứu thuật toán bón phân tự động của mô hình SWAT được lựa chọn cho loại hình sử dụng đất này. Theo đó mô hình xác định ngưỡng giá trị thiếu hụt dinh dưỡng của loại cây trồng. Ngưỡng giá trị này liên quan là phân số của tốc độ tăng trưởng tiềm năng của cây trồng. Tại bất cứ thời điểm nào nếu tốc độ tăng trưởng thực tế giảm xuống dưới ngưỡng giá trị do thiếu hụt dinh dưỡng thì mô hình sẽ tự động bổ sung dinh dưỡng cho cây trồng. Với lựa chọn này, trường hợp bón thừa dinh dưỡng đã bị loại bỏ. So sánh với quy trình bón phân thực tế áp dụng cho lúa và chè ở lưu vực sông Công, lựa chọn bón phân cho loại hình sử dụng đất nông nghiệp của tiểu lưu vực này giảm đi đáng kể. Đó cũng là nguyên nhân dẫn đến tải lượng NO<sub>3</sub> và PO<sub>4</sub> từ tiểu lưu vực 5 là nhỏ nhất.

Ngoài ra, tải lượng NO<sub>3</sub> phân bố từ các tiểu lưu vực cao hơn so với tải lượng PO<sub>4</sub>. Kết quả này mô tả đúng đặc điểm thực tế của hai thành phần dinh dưỡng này trong quá trình mô phỏng trên lưu vực.

$\text{NO}_3$  là thành phần dinh dưỡng có tính di động cao nên nó có khả năng di chuyển cùng dòng chảy mặt, quá trình ngấm và theo dòng chảy ngấm. Độ hòa tan của  $\text{PO}_4$  bị giới hạn trong hầu hết các môi trường nên quá trình vận động của nó chủ yếu theo dòng chảy mặt. Do khả năng di động thấp của  $\text{PO}_4$  trong đất nên dòng chảy mặt chủ yếu tác động đến  $\text{PO}_4$  ở 10mm lớp đất mặt.

#### 4. KẾT LUẬN

Trong nghiên cứu này, phương pháp phân tích độ nhạy theo kết quả mô phỏng kết quả mô phỏng của mô hình và độ chính xác của mô hình đã thực hiện đối với 15 thông số mô phỏng Nitơ và 9 thông số mô phỏng Phốtpho để xác định các thông số có mức độ ảnh hưởng lớn đến tải lượng dinh dưỡng trên lưu vực. Dựa vào kết quả phân tích độ nhạy theo độ chính xác của mô hình, 11 thông số Nitơ và 6 thông số Phốtpho đã được điều chỉnh giá trị trong quá trình hiệu chỉnh mô hình nhằm đảm bảo mô hình có khả năng mô phỏng tốt nhất các đại lượng tương ứng. Kết quả nghiên cứu cho thấy mô hình sau khi hiệu chỉnh đã có khả năng mô phỏng tải lượng dinh dưỡng ở mức hợp lý khi so sánh kết quả mô phỏng với số liệu thực đo. Đánh giá này được khẳng định

thông qua giá trị NSE và  $R^2$  của mô hình hiệu chỉnh. Tuy nhiên, khả năng mô phỏng tải lượng dinh dưỡng của mô hình cần được đánh giá với thời đoạn mô phỏng ngắn hơn bằng cách bổ sung số liệu đo đạc ở thời đoạn ngắn hơn. Kết quả đánh giá mô hình dựa vào số liệu quan trắc ứng với sự thay đổi của lưu vực sẽ giúp đặc điểm đa dạng của lưu vực được mô phỏng chính xác và đầy đủ hơn.

Theo kết quả mô phỏng tải lượng dinh dưỡng hình thành từ bề mặt lưu vực (pha đất của chu trình), loại hình sử dụng đất cũng như quy trình canh tác nông nghiệp như làm đất, bón phân có tác động lớn đến sự biến đổi tải lượng Nitơ và Phốtpho hình thành và vận chuyển trên lưu vực. Kết quả đánh giá theo thời gian cho thấy hàm lượng Nitơ, Phốtpho của nước sông Công đều duy trì ở mức an toàn trong hầu hết thời gian ngoại trừ một số thời điểm vào mùa khô do lưu lượng dòng chảy nhỏ và sự thâm lậu của các chất dinh dưỡng từ sản xuất nông nghiệp ra hệ thống sông, suối. Những thông tin này rất hữu ích cho người quản lý đưa ra quyết định lựa chọn kế hoạch sử dụng đất hoặc biện pháp canh tác nông nghiệp trên lưu vực nhằm bảo vệ chất lượng nguồn nước trên lưu vực.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Đặng Minh Hải (2018). *Ảnh hưởng của chế độ bón phân cho lúa tới thay đổi hàm lượng Nitơ trong kênh tiêu của lưu vực Hán Quảng, tỉnh Bắc Ninh*. Tạp chí khoa học kỹ thuật thủy lợi và môi trường số 61 (6/2018), 76-83.
- Nguyễn Thị Thu Trang, Đào Khôi Nguyên (2016). *Mô hình hóa dòng chảy và chất lượng nước mặt của hệ thống sông 3S (Sê Kông, SêSan và Sêrêpôk)*. Tạp chí phát triển khoa học và công nghệ, tập 19, số 2-2016, 107-117.
- Nguyễn Thị Tịnh Âu, Nguyễn Duy Liêm, Nguyễn Kim Lợi (2013) *Ứng dụng mô hình Swat và công nghệ GIS đánh giá lưu lượng dòng chảy trên lưu vực sông Đăk Bla*. Tạp chí khoa học DHQGHN, các khoa học trái đất và môi trường, tập 29, số 3, 1-13.
- Nguyễn Việt Anh (2019). *Áp dụng mô hình SWAT để đánh giá chế độ bùn cát trên lưu vực sông Công, Thái Nguyên*, Tuyển tập hội nghị khoa học thường niên trường Đại học Thủy lợi 2019, 341-343.
- Anh, N.V., Fukuda, S., Hiramatsu, K., Harada, M. (2015) *Sensitivity-based calibration of SWAT for hydrologic cycle simulation in the Cong Watershed, Vietnam*. Journal of Water Environment Research, 87(8):735-750.
- Arnold, J.G., Srinivasan, R., Muttiah, R.S., Williams, J.R. (1998) *Large area hydrologic modeling and assessment*. Part I: Model development. J. Am. Water Resour. Assoc., 34(1), 73-79.
- Brown, L. C., Barnwell, Jr., T. O. (1987) *The enhanced water quality models QUAL2E and QUAL2E-UNCAS: Documentation and user manual*. EPA/600/3-87/007.

- Grassman, P. W., Reyes, M. R., Green, C. H., Arnold, J. G. (2007) *The Soil and Water Assessment Tool: historical development, applications and future research directions*. Trans. ASABE, 50(4), 1211-1240.
- Moriasi, D. N., Arnold, J. G., Van Liew, M. W., Binger, R. L., Harmel, R. D., Veith, T. (2007) *Model evaluation guidelines for systematic quantification of accuracy in watershed simulations*. Trans. ASABE, 50(3), 885-900.
- Mou Leong Tan, Philip W. Gassman, Raghavan Srinivasan, Jeffrey G. Arnold (2019) *A Review of SWAT Studies in Southeast Asia: Applications, Challenges and Future Directions*. Water 2019, 11, 914.
- Neitsch, S.L., Arnold, J.G., Kiniry, J.G., Williams, J.R. (2011) *Soil and Water Assessment Tool Theoretical Documentation: version 2009*, Texas Water Resources Institute Technical Report No. 406, College Station, Texas 77843-2118.
- Nguyen Hong Quang, Le Thi Thu Hang, Pham Thi Thanh Nga, Martin Kappas (2016). *"Modelling surface runoff and soil erosion for Yen Bai Province, Vietnam, using the Soil and Water Assessment Tool (SWAT) "*. J. Viet. Env. 2016, Vol. 8, No. 1, pp. 71-79.
- Raghavan, S.V., Vu, M.T., Liong, S. (2012) *Assessment of future stream flow over Sesan catchment of the lower Mekong river basin in Vietnam*. Hydrol. Process., 26, 3661-3668.
- Thi Phuong Quynh Le, Cuong Tu Ho, Thi Thuy Duong, Emma Rochelle-Newall, Dinh Kim Dang, Thanh Son Hoang (2014) *Nutrient budgets (N and P) for the Nui Coc reservoir catchment (North Vietnam)*. Agricultural Water Management 142 (2014) 152–161.
- Viet Bach Tran, Hiroshi Ishidaira, Takashi Nakamura, Thu Nga Do, Kei Nishida (2017) *Estimation of Nitrogen Load with Multi-pollution Sources Using the SWAT model: a Case Study in the Cau River Basin in Northern Vietnam*. Journal of Water and EnvironmentTechnology, 15 (3), 106-119.

**Abstract:**

**APPLICATION OF SWAT MODEL TO ASSESSING THE IMPACT OF AGRICULTURAL PRACTICES TO NUTRIENT TRANSPORT IN THE CONG WATERSHED, THAI NGUYEN PROVINCE**

*In recent years, water quality in the Cong River has degraded seriously. Non-point source pollution from agricultural land has been one of the main reasons of the problem. In this study, SWAT model, after successfully calibrated and validated on hydrologic and sediment simulations was used and calibrated on nutrient transport simulation. The overall objectives of this study were to simulate and assess spatial and temporal variations of nutrient yield influenced by agricultural practices in the Cong Watershed. Model performance was evaluated based on surface water quality data observed in the watershed. The calibration process was conducted with respect to the monthly simulation of Nitrogen and Phosphorus at period of 2010 – 2015 and 2013 – 2015, respectively. The model performance was evaluated with two statistical criteria, namely Nash-Sutcliffe efficiency (NSE) and coefficient of determination ( $R^2$ ). The present study revealed that, the calibrated SWAT could achieve acceptable accuracy in the nutrient transport simulation. The study also indicates that land uses and agricultural practice, i.e., tillage and fertilizer and manure applications, had a great impact to the spatial and temporal variations of nutrient generated and transport within the watershed.*

**Keywords:** Hydrological cycle, Basin, Hydrographic units, Correction model, SWAT, Nutrient transport.

---

Ngày nhận bài: 02/6/2020

Ngày chấp nhận đăng: 17/6/2020