

Phân tích ảnh hưởng của biến đổi khí hậu và thay đổi sử dụng đất đến chất lượng nước lưu vực sông 3S

Phạm Thị Lợi, Đào Nguyên Khôi

Tóm tắt—Đánh giá tài nguyên nước dưới ảnh hưởng của thay đổi môi trường đang thu hút được nhiều sự quan tâm của các nhà khoa học. Mục tiêu của nghiên cứu này là phân tích tác động của thay đổi sử dụng đất và biến đổi khí hậu lên tài nguyên nước lưu vực sông 3S giai đoạn 1981-2008 bằng phương pháp mô hình hóa thủy văn (mô hình SWAT). Kết quả nghiên cứu cho thấy dòng chảy và chất lượng nước (TSS, T-N, và T-P) có xu hướng tăng dưới ảnh hưởng riêng lẻ và kết hợp của BĐKH và thay đổi sử dụng đất. Bên cạnh đó, ảnh hưởng của thay đổi sử dụng đất lên dòng chảy là không đáng kể so với biến đổi khí hậu. Tuy nhiên, các thành phần cân bằng nước và các thành phần chất lượng nước chịu ảnh hưởng của hai yếu tố BĐKH và thay đổi sử dụng đất là tương đương nhau. Nhìn chung, kết quả đạt được của nghiên cứu này có thể phục vụ như tài liệu tham khảo trong công tác quản lý và quy hoạch tài nguyên nước lưu vực sông.

Từ khóa—Thay đổi sử dụng đất, biến đổi khí hậu, mô hình SWAT, dòng chảy, chất lượng nước

1 GIỚI THIỆU

Có nhiều yếu tố gây ảnh hưởng đến tài nguyên nước lưu vực sông 3S như biến đổi khí hậu, thay đổi sử dụng đất, phát triển thủy điện, xây dựng công trình thủy lợi,... Trong đó biến đổi khí hậu và thay đổi sử dụng đất là hai yếu tố quan trọng và cần được xem xét. Thật vậy, thay đổi sử dụng đất làm biến đổi diện tích che phủ bề mặt, từ đó ảnh hưởng đến lượng nước bốc thoát hơi, chảy tràn cũng như khả năng thấm dẫn đến sự thay đổi hệ thống thủy văn và có những tác động đáng kể đến tài nguyên nước (trữ lượng và chất lượng). Đồng thời, biến đổi

khí hậu tác động đến tài nguyên nước thông qua sự thay đổi lượng mưa và tăng nhiệt độ. Sự thay đổi khí hậu này làm thay đổi chu trình thủy văn (bốc hơi, chảy tràn, dòng chảy ngầm,...) và ảnh hưởng đến trữ lượng và chất lượng nước của khu vực.

Trên thế giới đã có rất nhiều công trình nghiên cứu về các vấn đề liên quan đến tác động của biến đổi khí hậu và thay đổi sử dụng đất lên tài nguyên nước tại các lưu vực sông. Thí dụ, Zamani và cộng sự (2013) nghiên cứu ảnh hưởng BĐKH và thay đổi sử dụng đất đến chất lượng nước ở lưu vực sông Ziarat (Iran) và kết quả cho thấy thay đổi sử dụng đất là yếu tố quan trọng gây ra thay đổi chất lượng nước [3]. Một nghiên cứu tương tự của Tan và cộng sự (2015) trên lưu vực sông Johor (Malaysia) cho thấy biến đổi khí hậu tác động lên dòng chảy nhiều hơn so với thay đổi sử dụng đất [5]. Bên cạnh đó, một nghiên cứu khác của Guo và cộng sự (2016) ở khu vực Tây Bắc (Trung Quốc) cho thấy biến đổi khí hậu làm tăng dòng chảy trung bình năm, trong khi đó thay đổi sử dụng đất làm dòng chảy giảm [2]. Như được biết, tác động của biến đổi khí hậu và thay đổi sử dụng đất theo quy mô không gian nên cần phải có những nghiên cứu cho từng lưu vực cụ thể.

Mục tiêu của nghiên cứu này là phân tích ảnh hưởng riêng biệt và kết hợp của biến đổi khí hậu và thay đổi sử dụng đất đối với tài nguyên nước (trữ lượng và chất lượng) lưu vực sông 3S. Kết quả của nghiên cứu sẽ là nguồn thông tin quan trọng cho các nhà quản lý và hoạch định chính sách trong công tác quản lý bền vững tài nguyên nước lưu vực sông.

Ngày nhận bản thảo: 20-8-2017; Ngày chấp nhận đăng:

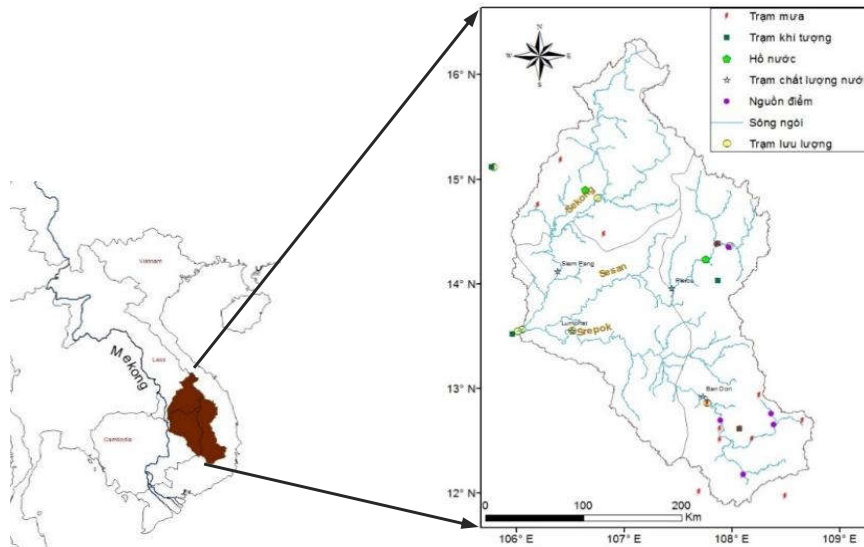
12-09-2017; Ngày đăng: 30-8-2018

Phạm Thị Lợi, Đào Nguyên Khôi – Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, ĐHQG-HCM*

**Email: dnkhoi@hcmus.edu.vn*

Lưu vực sông 3S có diện tích 78.650km², trong đó 33% thuộc lãnh thổ Campuchia, 29% thuộc lãnh thổ Lào và 38% thuộc lãnh thổ Việt Nam (Hình 1). Lưu vực sông 3S, một phần của hệ thống sông Mê Kông, bao gồm ba con sông là Sê Kông, Sê San, và Sêrêpôk. Hiện có khoảng 4 triệu người sinh sống trong lưu vực 3S, phần lớn tập trung ở phía Việt Nam (hơn 3 triệu người). Lưu vực sông 3S đóng góp khoảng 20% tổng lượng dòng chảy và 15–40% tổng lượng phù sa cho sông Mê Kông, đóng vai trò vô cùng quan trọng đối với Biển Hồ (Tonle Sap) và đồng bằng sông Cửu Long.

Lưu vực có độ cao địa hình từ 80m đến 2.040m, nằm trong vùng khí hậu nhiệt đới gió mùa, có độ ẩm cao từ 82–85%, tổng lượng mưa trung bình hàng năm là 1.674mm. Trong đó, 79,8% tổng lượng mưa năm tập trung vào mùa mưa (tháng 5 – tháng 10). Nhiệt độ trung bình năm dao động 20,8°C đến 26,4°C. Ba con sông bắt nguồn từ Tây Nguyên này hiện nay đang đứng trước nhiều thách thức do nhu cầu phát triển kinh tế và đáp ứng năng lượng cho các quốc gia trong khu vực.



Hình 1. Lưu vực sông 3S

2 PHƯƠNG PHÁP

Cơ sở lý thuyết SWAT

SWAT là mô hình thủy văn bán phân bố, được xây dựng để dự báo những ảnh hưởng của thay đổi môi trường đến dòng chảy, phù sa và chất dinh dưỡng trên các lưu vực sông. Mô hình dựa trên các quá trình vật lý, với sự hỗ trợ của máy tính và khả năng mô phỏng liên tục trong khoảng thời gian dài. Trong mô hình SWAT, lưu vực được phân chia thành các tiểu lưu vực. Mỗi tiểu lưu vực sau đó được chia thành các đơn vị thủy văn (HRU) dựa trên những đặc trưng đồng nhất về sử dụng đất, thổ nhưỡng, độ dốc. Các HRUs chiếm giữ tỉ lệ diện tích khác nhau trong tiểu lưu vực và không có vị trí không gian trong quá trình mô phỏng SWAT. Mô hình SWAT tổng hợp dòng chảy, bồi lắng và tải lượng dưỡng chất từ mỗi tiểu lưu vực, mỗi đơn vị thủy văn (HRU) và sau đó dẫn kết quả này vào các kênh dẫn, ao, hồ chứa đến cửa xả lưu vực. Mô hình

này chia dòng chảy thành 3 pha: pha mặt đất, pha dưới mặt đất và pha trong sông. Pha mặt đất diễn tả các phần dòng chảy mặt, phần xói mòn. Pha dưới mặt diễn tả các thành phần dòng chảy sát mặt, dòng chảy ngầm. Pha trong sông diễn tả diễn toán lượng dòng chảy tới mặt cắt cửa ra của lưu vực. Mô hình dự báo thủy văn ở mỗi HRU bằng cách sử dụng phương trình cân bằng nước

$$SW_t = SW_0 + \sum_{i=1}^t (R_{day} - Q_{surf} - E_a - w_{seep} - Q_{gw}) \quad (1)$$

trong đó:

- SW_t (mmH₂O): Tổng lượng nước tại cuối thời đoạn tính toán.
- SW_0 (mm H₂O): Tổng lượng nước trong đất tại thời điểm ban đầu.
- t (ngày): Thời gian.
- R_{day} (mm H₂O): Tổng lượng mưa tại ngày thứ i .
- Q_{surf} (mm H₂O): Tổng lượng nước mặt ngày

thứ i.

- E_a (mm H₂O): Lượng bốc thoát hơi tại ngày thứ i.
- w_{seep} (mm H₂O): Lượng nước ngầm ngày thứ i.
- Q_{gw} (mm H₂O): Lượng nước ngầm cung cấp cho sông ngày thứ i.

Công thức MUSLE sử dụng tổng lượng nước tham gia dòng chảy tràn trên mặt đất để mô phỏng xói mòn và lưu lượng dòng bùn cát. Việc cải tiến như vậy đưa đến một số ích lợi: độ chính xác của dự báo xói mòn đất tốt hơn, không cần đến thông số tỷ lệ bào mòn, và có thể tính toán lượng đất xói mòn trong mỗi trận mưa. Mô hình thủy văn ước tính thể tích dòng chảy và đỉnh lưu lượng dòng chảy, cùng với diện tích tiêu lưu vực được sử dụng để tính toán biến số về năng lượng xói mòn của dòng chảy. Yếu tố chế độ canh tác được tính toán lại cho từng ngày mà dòng chảy tràn xảy ra.

$$sed = 11.8 \times (Q_{surf} \times q_{peak} \times area_{HRU})^{0.56} \times K_{USLE} \times C_{USLE} \times P_{USLE} \times LS_{USLE} \times CFRG \quad (2)$$

trong đó:

- Sed: là sản lượng trầm tích vào một ngày nhất định (t).
- Q_{surf} : là lưu lượng dòng chảy bề mặt (mm/ha).
- q_{peak} : là lưu lượng dòng chảy cao nhất (m³/s).
- $area_{HRU}$: là diện tích HRU (ha)
- K_{USLE} : hệ số thể hiện khả năng xói mòn của đất trong phương trình USLE.
- C_{USLE} : tỉ số giữa lượng đất mất trên một đơn vị diện tích có lớp phủ thực vật và sự quản lý của con người đối với lượng đất mất trên một diện tích trống tương đương trong phương trình USLE.
- P_{USLE} : hệ số đánh giá hiệu quả của các phương thức canh tác, phản ánh các hoạt động làm đất của con người nhằm bảo vệ đất trong việc hạn chế xói mòn trên vùng đất dốc trong phương trình USLE.
- LS_{USLE} : Là đại lượng biểu thị cho sự ảnh hưởng của yếu tố độ dốc (S) và độ dài sườn dốc (L) tới hoạt động xói mòn đất trong phương trình USLE.

- CFRG: yếu tố hạt thô

Chu trình nitrogen và phosphorus được mô phỏng trong đất và tầng nước nông. Nitrogen trong tự nhiên tồn tại ở hai trạng thái: hòa tan và không hòa tan. Nitrogen hòa tan có trong các dòng chảy bề mặt hay dòng ngầm và tải lượng nitrogen nitrat được ước tính dựa vào lưu lượng dòng chảy và nồng độ trung bình của nitrat trong nước. Quá trình lan truyền nitrogen hữu cơ được tích dựa vào hàm số của nitrogen hữu cơ, phù sa, và tỷ lệ chất dinh dưỡng. Chu trình phosphorus trong nước cũng tương tự chu trình nitrogen. Chi tiết cơ sở lý thuyết của chu trình thủy văn và chất lượng nước của mô hình SWAT được trình bày trong tài liệu của Neitsch và cộng sự (2011) [6].

Thiết lập mô hình SWAT

Để thiết lập mô hình SWAT, các dữ liệu đầu vào được thu thập bao gồm số liệu lượng mưa, nhiệt độ lớn nhất và nhỏ nhất, bản đồ sử dụng đất, bản đồ thổ nhưỡng, và mô hình số độ cao (DEM) (Bảng 1). Bên cạnh đó, số liệu quan trắc về lưu lượng và chất lượng nước (tổng chất rắn lơ lửng, nitrogen tổng và phosphorus tổng) tại các trạm thủy văn cũng được yêu cầu cho mô hình SWAT nhằm mục đích hiệu chỉnh và kiểm định mô hình. Số liệu khí tượng giai đoạn 1981–2008, lưu lượng dòng chảy giai đoạn 1999–2008, và số liệu chất lượng nước (TSS, T-N, và T-P) giai đoạn 2004–2008 được thu thập từ Ủy ban sông Mê Kông (MRC) và Trung tâm Tư liệu KTTV Quốc Gia (HMDC). Bài toán hiệu chỉnh và kiểm định kết quả mô phỏng dòng chảy và chất lượng nước được tiến hành bằng công cụ SWAT-CUP với phương pháp SUFI-2. Chi tiết về kết quả hiệu chỉnh kiểm định được trình bày trong nghiên cứu về ứng dụng mô hình SWAT trong mô phỏng dòng chảy và chất lượng nước mặt lưu vực sông 3S (Nguyễn Thị Thùy Trang và cộng sự, 2016) [1]. Kết quả hiệu chỉnh và kiểm định từ nghiên cứu đó cho thấy mô hình SWAT có thể mô phỏng khá tốt dòng chảy và chất lượng nước cho khu vực nghiên cứu.

Bảng 1. Dữ liệu đầu vào cho mô hình SWAT

Stt	Dữ liệu	Mô tả	Giai đoạn	Nguồn
1	DEM	Kích thước 250mx250m	-	MRC
2	Sử dụng đất	Các loại hình sử dụng đất	1993, 2003	Cục không gian Châu Âu (ESA)
3	Thổ nhưỡng	Phân loại và tính chất đất	-	MRC
4	Thời tiết	Dữ liệu mưa, nhiệt độ cao nhất, nhiệt độ thấp nhất, bức xạ, tốc độ gió, độ ẩm	1981-2008	MRC, Trung tâm Tư liệu KTTV Quốc Gia (HMDC)
5	Lưu lượng dòng chảy 07 Trạm: Kontum, Voensai, Chantangoy, (Theo ngày)	Bankamphun, Lumphat, Bản Đôn, Cầu 14	1999-2008	MRC, HMDC
6	NO ₃ ⁻ , P, TSS (Theo tháng)	05 Trạm: Siempang, Pleiku, Lumphat, Bản Đôn, Cầu 14	2004-2008	MRC, HMDC

Phân tích kịch bản

Để phân tích sự thay đổi của dòng chảy và chất lượng nước dưới ảnh hưởng của biến đổi khí hậu, thay đổi sử dụng đất và ảnh hưởng kết hợp của cả hai yếu tố trên, nghiên cứu chia làm bốn loại kịch bản.

- Kịch bản 1 (KB1): Sử dụng đất năm 1993 và dữ liệu thời tiết năm 1981-1995 (giai đoạn 1990)
- Kịch bản 2 (KB2): Sử dụng đất năm 1993 và dữ liệu thời tiết năm 1996-2008 (giai đoạn 2000)
- Kịch bản 3 (KB3): Sử dụng đất năm 2003 và dữ liệu thời tiết năm 1981-1995 (giai đoạn 1990)
- Kịch bản 4 (KB4): Sử dụng đất năm 2003 và dữ liệu thời tiết năm 1996-2008 (giai đoạn 2000)

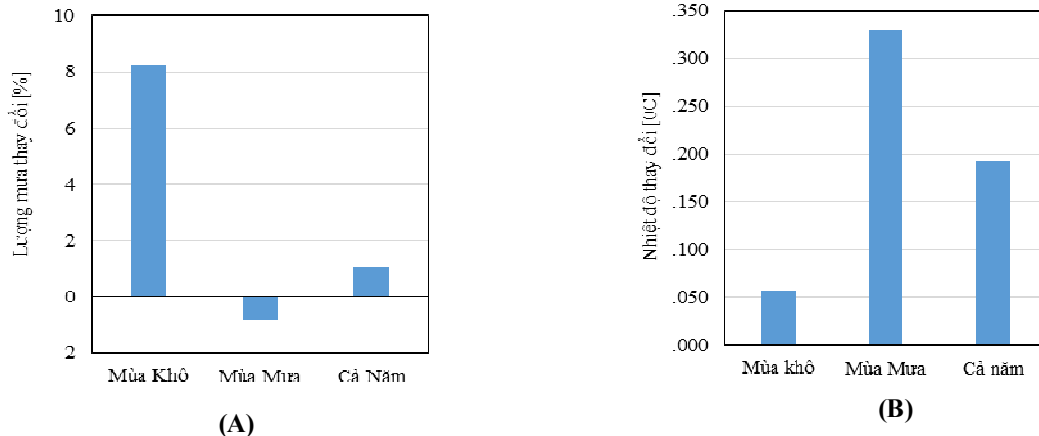
Dữ liệu thời tiết được chia làm 2 giai đoạn: giai đoạn 1990 và giai đoạn 2000 dựa vào kết

quả kiểm định điểm thay đổi Pettit của chuỗi số liệu khí tượng thủy văn trên lưu vực sông Sêrêpôk giai đoạn 1981–2008 (Khoi và Thom, 2015). Để xem xét ảnh hưởng của biến đổi khí hậu lên tài nguyên nước, so sánh kết quả mô phỏng của KB2 với KB1; để xem xét ảnh hưởng của thay đổi sử dụng đất, ta so sánh KB3 với KB1; để xem xét ảnh hưởng kết hợp ta so sánh KB4 với KB1.

4 KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

Tác động của biến đổi khí hậu

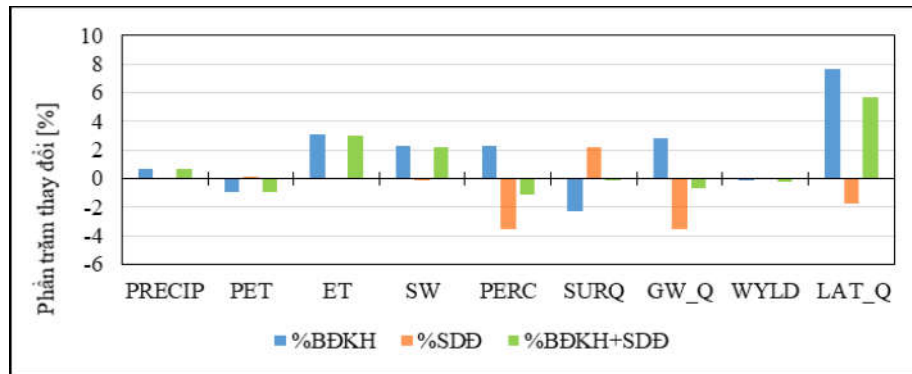
Để nhận dạng sự thay đổi khí hậu giai đoạn 1981–2008, so sánh dữ liệu thời tiết giai đoạn 2000 và giai đoạn 1990. Kết quả cho thấy lượng mưa năm trên lưu vực sông 3S tăng khoảng 1,08%. Về sự thay đổi theo mùa, lượng mưa giảm nhẹ vào mùa mưa (0,85%) và tăng vào mùa khô (8,26%) (Hình 2). Xem xét sự thay đổi nhiệt độ, nhiệt độ giai đoạn 2000 tăng 0,19°C so với giai đoạn 1990.



Hình 2. Sự thay đổi lượng mưa (a) và nhiệt độ (b) lưu vực sông 3S giai đoạn 1981-2008

Ảnh hưởng của biến đổi khí hậu làm gia tăng của các thành phần cân bằng nước như khả năng bốc hơi thực tế (ET), lượng nước ngầm (GW), và hàm lượng nước trong đất (SW) lần lượt là 3,09%; 2,79%; và 2,31% (Hình 3). Các sự gia tăng này được giải thích bằng sự gia tăng của lượng mưa. Bên cạnh đó, dòng chảy bề mặt được dự báo giảm 2,29%. Điều này được giải thích bằng sự gia tăng lượng bốc hơi thực tế do sự tăng

nhệt độ. Xét về sự thay đổi dòng chảy và các yếu tố chất lượng nước, sự gia tăng nhiệt độ và lượng mưa làm tăng lưu lượng dòng chảy, TSS, T-N lần lượt là 0,99%; 0,01%; và 10,85%. Tuy nhiên, T-P được dự báo giảm 21,81% do độ ẩm trong đất tăng làm quá trình khuếch tán phosphorus diễn ra mạnh mẽ, dẫn đến việc tăng khả năng hấp thụ phosphorus của thực vật nên lượng phosphorus trong đất giảm xuống [4].

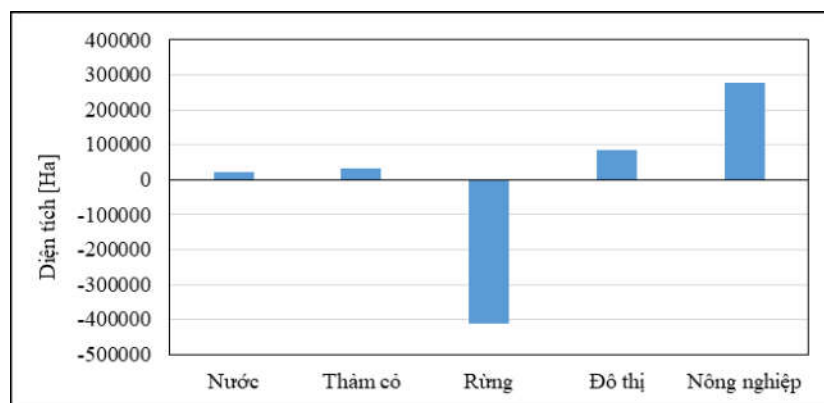


Hình 3. Phần trăm thay đổi các thành phần cân bằng nước lưu vực 3S

Tác động của thay đổi sử dụng đất

Các loại sử dụng đất chính ở lưu vực sông 3S là đất nông nghiệp và đất rừng chiếm lần lượt 14,95% và 82,53% năm 1993, đối với năm 2003 là 18,50% và 77,21% (Hình 4). Xu hướng chính về thay đổi sử dụng đất tại lưu vực sông 3S là giảm diện tích rừng, tăng diện tích đất đô thị và đất nông nghiệp. So với năm 1993, diện tích đất rừng giảm 0,41 triệu Ha, đất đô thị tăng 0,08

triệu Ha, đất nông nghiệp tăng 0,28 triệu Ha trên tổng diện tích lưu vực. Những thay đổi này là do sự gia tăng dân số dẫn đến tăng diện tích đô thị, đồng thời diện tích đất nông nghiệp cũng tăng do nhu cầu phát triển kinh tế và xã hội. Bên cạnh đó công tác quản lý rừng không hiệu quả, nạn phá rừng tăng cao dẫn đến tình trạng suy giảm đất rừng nghiêm trọng.



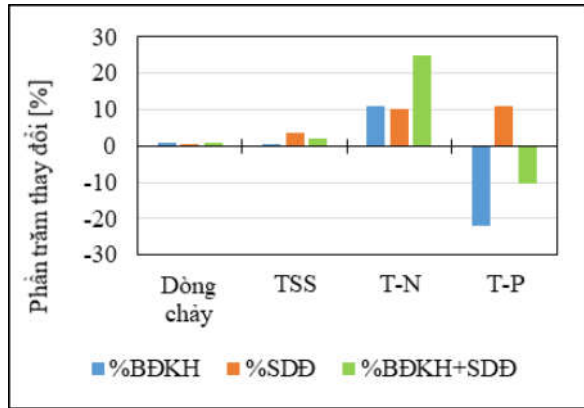
Hình 4. Thay đổi diện tích các loại hình sử dụng đất trên lưu vực 3S

Dưới tác động của thay đổi sử dụng đất, khả năng bốc thoát hơi nước và dòng chảy bề mặt tăng lần lượt là 0,02% và 2,20%. Tuy nhiên, lượng

nước ngầm và hàm lượng nước trong đất giảm lần lượt là 3,55% và 0,11% (Hình 3). Nguyên nhân là do diện tích đất rừng giảm làm giảm khả năng giữ nước của đất (Hình 4). Bên cạnh đó, dòng chảy và

các thành phần chất lượng nước TSS, T-N, và T-P tăng lần lượt là 0,01%, 3,7%, 10,12%, và 10,94%, do lớp phủ thực vật rừng giảm, lượng nước mưa tác động trực tiếp lên đất tăng dẫn đến đất bị xói mòn và rửa trôi nhiều.

Tác động kết hợp



Hình 5. Phần trăm thay đổi dòng chảy và chất lượng nước lưu vực 3S

Ảnh hưởng của biến đổi khí hậu kết hợp với thay đổi sử dụng đất làm các thành phần cân bằng nước thay đổi: hàm lượng nước trong đất tăng 2,17%, khả năng bốc hơi thực tế tăng 2,99% và dòng chảy bề mặt giảm 0,11%, lượng nước ngầm giảm 0,66%. Bên cạnh đó, lưu lượng dòng chảy, TSS và T-N tăng lần lượt là 1,03%, 2,09%, 25,05%, tuy nhiên T-P giảm 10,35% (Hình 5).

Do diện tích rừng giảm làm xói mòn đất và lượng mưa tăng nên đất bị rửa trôi dẫn đến các thành phần chất lượng nước tăng theo.

4 KẾT LUẬN

Trong nghiên cứu này, mô hình SWAT đã được thiết lập để mô phỏng dòng chảy và chất lượng nước lưu vực sông 3S, từ đó phân tích các tác động của biến đổi khí hậu và thay đổi sử dụng đất đến chất lượng nước. Kết quả này cho thấy mô hình SWAT là công cụ hữu ích cho công tác đánh giá tài nguyên nước trên lưu vực sông 3S. Nhìn chung, ảnh hưởng của biến đổi khí hậu và thay đổi sử dụng đất làm tăng dòng chảy, các thành phần chất lượng nước và các thành phần cân bằng nước (hàm lượng nước trong đất thay đổi trong khoảng trung bình 5,5%, khả năng bốc hơi thực tế thay đổi trong khoảng trung bình 3%, dòng chảy

bề mặt dao động mạnh trong khoảng 0,1% đến 10,8% và lượng nước ngầm thay đổi trong khoảng trung bình 3%). Bên cạnh đó, ảnh hưởng của thay đổi sử dụng đất lên dòng chảy là không đáng kể so với biến đổi khí hậu. Tuy nhiên, các thành phần cân bằng nước và các thành phần chất lượng nước chịu ảnh hưởng của hai yếu tố trên là tương đương nhau.

Kết quả của nghiên cứu này có thể được sử dụng như tài liệu tham khảo nhằm phục vụ cho công tác quản lý tài nguyên nước và đưa ra các biện pháp hạn chế lũ và xói mòn đất vào mùa mưa. Từ đó, giúp các nhà hoạch định chính sách đưa ra chiến lược phù hợp để phát triển kinh tế và bảo vệ nguồn nước.

Lời cảm ơn: Nghiên cứu này được tài trợ bởi Quỹ phát triển khoa học và công nghệ quốc gia (NAFOSTED) trong đề tài mã số “105.06-2013.09”.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] N.T.T. Trang, Đ.N. Khôi, “Mô hình hóa dòng chảy và chất lượng nước mặt của hệ thống sông 3S (Sê Kông, Sê San và Sêrêpôk)”, *Tạp chí Phát triển Khoa học & Công nghệ*, vol. 19, no. 2, pp. 107–117, 2016.
- [2] J. Guo, X. Su, V.P. Singh, J. Jin, “Impacts of climate and land use/cover change on streamflow using SWAT and a separation method for the xiyang river basin in northwestern China”, *Water*, vol. 8, 192, 2016.
- [3] M. Zamani, A. Sadoddin, A.Z. Garizi, “Assessing Land Cover/ Land Use Change and its Impacts on Surface Water Quality in the Ziarat Catchment, Golestan Province-Iran”, *Hydrol Current Res*, vol. 4, no. 3, pp. 159, 2012.
- [4] D.N. Khoi, “Tadashi Suetsugi. Impact of climate and land-use changes on hydrological processes and sediment yield—a case study of the Be River catchment, Vietnam”, *Hydrological Sciences Journal – Journal des Sciences Hydrologiques*, vol. 59, no. 5, pp. 1095–1108, 2014.
- [5] M.L. Tan, A.L. Ibrahim, Z. Yusop, Z. Duan, L. Ling, “Impacts of land-use and climate variability on hydrological components in the Johor River basin, Malaysia”, *Hydrological Sciences Journal*, pp. 873–889, 2015.
- [6] S.L. Neitsch, J.G. Arnold, J.R. Kiniry, J.R. Williams, *Soil and water assessment tool theoretical documentation version 2009*, Texas Water Resources Institute Technical Report, 406, 2011.

Analyzing the impacts of climate and land use changes on the water quality in the 3S river basin

Pham Thi Loi¹, Dao Nguyen Khoi^{1,*}

¹University of Science, VNUHCM

*Corresponding author: dnkhai@hcmus.edu.vn

Received: 20-8-2017; Accepted: 12-9-2017; Published: 30-8-2018

Abstract—Assessing water resources under the influence of environmental change have gained attentions of scientists. The objective of this study was to analyze the impacts of land use change and climate change on water resources in terms quantity and quality in the 3S basin in the period 1981–2008 by using hydrological modeling (SWAT model). The results showed that streamflow and water quality (TSS, T-N, and T-P) tend to increase

under individual and combined effects of climate change and land use change. In addition, the impact of land use change on the flow was smaller than the climate change impact. However, water balance components and water quality were equally affected by two factors of climate change and land use change. In general, the results of this study could serve as a reference for water resource management and planning in the river basin.

Keywords—land use change, climate change, SWAT model, streamflow, water quality