

TÁC ĐỘNG CỦA BIẾN ĐỔI KHÍ HẬU ĐẾN LƯU LƯỢNG DÒNG CHẢY VÀ TẢI LƯỢNG BÙN CÁT TRÊN LƯU VỰC SREPOK - VÙNG TÂY NGUYÊN

THE EFFECT OF CLIMATE CHANGE ON RUNOFF AND SEDIMENT IN SREPOK WATERSHED - CENTRAL HIGHLAND OF VIETNAM

Nguyễn Thị Ngọc Quyên¹, Nguyễn Duy Liêm², Bùi Tá Long³, Nguyễn Kim Lợi²

¹Trường Đại học Tây Nguyên

²Trường Đại học Nông Lâm Tp. Hồ Chí Minh

³Trường Đại học Bách Khoa Tp. Hồ Chí Minh

Email: ngocquyendhtn@yahoo.com.vn

TÓM TẮT

Theo báo cáo lần thứ 4 của IPCC, Việt Nam là một trong 5 nước chịu ảnh hưởng nặng nề của BĐKH. Nghiên cứu đánh giá tác động của biến đổi khí hậu đến tài nguyên nước và đất trên lưu vực Srepok bằng mô hình SWAT dựa trên ba kịch bản BĐKH đã được chi tiết hóa thống kê từ chương trình CMIP5 của IPCC. Kết quả, các kịch bản BĐKH tác động đến dòng chảy khá mạnh mẽ tại trạm Giang Sơn với kịch bản thấp ảnh hưởng rõ rệt nhất vào các tháng chuyển giao mùa, kịch bản trung bình tác động mạnh vào các tháng mùa khô, kịch bản cao làm lưu lượng tăng vào tháng I-VIII và giảm vào tháng IX-XI. Ba trạm còn lại thể hiện chung một quy luật khi giảm lưu lượng dòng chảy vào các tháng mùa khô và tăng vào các tháng mùa mưa ở kịch bản thấp và cao, kịch bản trung bình cho thấy sự suy giảm dòng chảy kéo dài thêm vào các tháng V-VI làm cho mùa khô có xu hướng ngày càng dài trên lưu vực. Đối với tải lượng bùn cát, các kịch bản BĐKH thể hiện xu hướng tăng vào các tháng mùa mưa và giảm các tháng mùa khô, đặc biệt vào các tháng hạn nhất trong năm (tháng III, IV) đối với kịch bản thấp và cao. Riêng kịch bản trung bình, quy luật diễn ra tương tự vào các tháng mùa mưa nhưng xu hướng khác biệt vào các tháng mùa khô khi xu hướng giảm diễn ra vào các tháng XI, XII và tháng V năm sau.

Từ khóa: Biến đổi khí hậu, lưu lượng dòng chảy, tải lượng bùn cát, mô hình SWAT, lưu vực Srepok.

ABSTRACT

According to the IPCC's fourth report, Vietnam is one of the five countries most affected by climate change. The aims of the study were to assess the impact of climate change on water and soil resources in Srepok watershed by using SWAT model based on three climate change scenarios that have been downscaling from the IPCC CMIP5 program. The results show that climate change scenarios strongly affect the flow at Giang Son station with efficiently effect on season changes in RCP 2.6 scenario, significantly effect on dry season, lightly increase runoff from January to August and decrease from September to November in RCP 8.5 scenario. The remaining three stations showed that, dry flow decrease and flood flow increases in RCP 2.6 and RCP 8.5 scenarios, RCP 4.5 scenario shows a prolonged runoff decline in May and Jun make the dry season tend to be longer in the watershed. For sedimentation, climate change scenarios showed an upward trend in rainy season and decrease in dry months, especially in the lowest months of the year (March and April) in low and high scenarios. The average scenario, the rule is similar in the rainy season but different trend in the dry season when the downtrend occurs on November, December and May next year.

Keywords: Climate change, runoff, sediment, SWAT model, Srepok watershed.

ĐẶT VẤN ĐỀ

Biến đổi khí hậu (BĐKH) là thách thức lớn nhất đối với nhân loại trong thế kỷ XXI, tác động đến đời sống, sản xuất nông nghiệp, môi trường và nhiều khía cạnh khác của người dân Việt Nam. Do đó, đánh giá tác động của BĐKH, đề xuất các giải pháp thích ứng và giảm thiểu ảnh hưởng của BĐKH phải trở thành vấn đề ưu tiên hàng đầu trong chiến lược phát triển đất nước. Theo các nghiên cứu gần đây, biểu hiện của BĐKH ở lưu vực Srepok thể hiện qua xu hướng lượng mưa giảm và nhiệt độ tăng khi sử dụng phương pháp chi tiết hóa thống kê hai kịch bản phát thải khí nhà kính B1 và A1B của 15 mô hình hoàn lưu toàn cầu dưới sự hỗ trợ của công cụ LARS-WG (Đào Nguyên Khôi và ctv, 2014); hay kết quả dự báo kịch bản BĐKH dựa vào mô hình SDSM (Statistical DownScaling Model) chi tiết hóa thống kê kịch bản phát thải khí nhà kính A2 và B2 của mô hình HadCM3 đã xác định lượng mưa năm và nhiệt độ năm sẽ tăng trong tương lai nhưng có sự suy giảm lượng mưa vào mùa khô (Đào Nguyên Khôi và ctv, 2015); hoặc theo chương trình CMIP5 của IPCC với 3 kịch bản RCP2.6, RCP4.5 và RCP8.5 chỉ ra trong giai đoạn 2013-2045, nhiệt độ tối cao và tối thấp có xu hướng tăng ở cả ba kịch bản, xu hướng lượng mưa tăng cao (0,3% - 30,4%) vào các tháng chính mùa mưa và hầu hết các tháng mùa khô (15% - trên 600%) nhưng giảm mạnh (5,6% - 40,8%) vào các tháng chuyển giao giữa mùa khô và mùa mưa (Nguyễn Thị Ngọc Quyên và ctv, 2016b). Có thể thấy rằng, sự thay đổi của khí hậu làm điều kiện tự nhiên của lưu vực Srepok thêm khắc nghiệt, nguy cơ xuất hiện các hiện tượng thời tiết cực đoan ngày càng nhiều với cường độ mạnh và khó dự đoán.

Trên thế giới đã có nhiều cách tiếp cận khác nhau trong nghiên cứu đánh giá tác động của BĐKH đến tài nguyên nước và đất trên lưu vực sông, trong đó phương pháp mô hình hóa đã và đang được nhiều nghiên cứu sử dụng vì khả năng định lượng của nó. SWAT cũng là một trong số những mô hình đang được ứng dụng rộng rãi trong nhiều lĩnh vực như đánh giá chất lượng nước mặt (Cyril O. Wilson và ctv, 2011;

Y. Panagopoulos và ctv, 2012); xây dựng hệ thống cảnh báo lũ nhờ vào ưu điểm mô phỏng tốt và chính xác lưu lượng dòng chảy (Mohammad K.A, 2006; Samuel R. và ctv, 2007; Mehmet C.D. và ctv, 2009; Malutta S. and Kobiyama M., 2011; Winai W. and Kobkiat P., 2011); ngoài ra, cùng với xu hướng nghiên cứu hiện nay, SWAT cũng được ứng dụng để đánh giá ảnh hưởng của BĐKH lên tài nguyên nước (Samuel R. và ctv, 2007) và vấn đề sử dụng bền vững tài nguyên nước (P.P. Mujumdar, 2008). Trên lưu vực Srepok, các nghiên cứu đánh giá tác động của BĐKH đến tài nguyên nước cũng được thực thi như đánh giá việc quản lý tài nguyên nước dưới các kịch bản phát triển và kịch bản BĐKH dựa trên mô hình HEC-HMS và MIKE BASIN. Nghiên cứu đưa ra kết luận khả năng thâm hụt nước tưới được dự báo là khá lớn với cả năm là 19,4% và vào mùa khô là 28,6% (Trần Văn Ty và ctv, 2012a); Dựa trên kịch bản BĐKH của SEA-START và mô hình HEC-HMS, tài nguyên nước tại lưu vực đã được xác định mức độ thay đổi dưới ảnh hưởng của kịch bản thâm phủ và BĐKH. Kết quả chỉ ra rằng sự khan hiếm nước đang diễn ra tại thượng lưu các tiểu lưu vực trong suốt mùa khô. Dưới tác động của BĐKH, sự khan hiếm này càng tăng lên (Trần Văn Ty và ctv, 2012b).

Từ thực tế đó, mục tiêu của nghiên cứu là đánh giá tác động của BĐKH đến lưu lượng dòng chảy và tải lượng bùn cát bằng mô hình SWAT với ba kịch bản RCP 2.6, RCP 4.5 và RCP 8.5 đã được chi tiết hóa thống kê cho lưu vực Srepok phục vụ cho công tác quản lý lưu vực một cách bền vững và hỗ trợ ra quyết định cho các nhà hoạch định chính sách trong bối cảnh BĐKH.

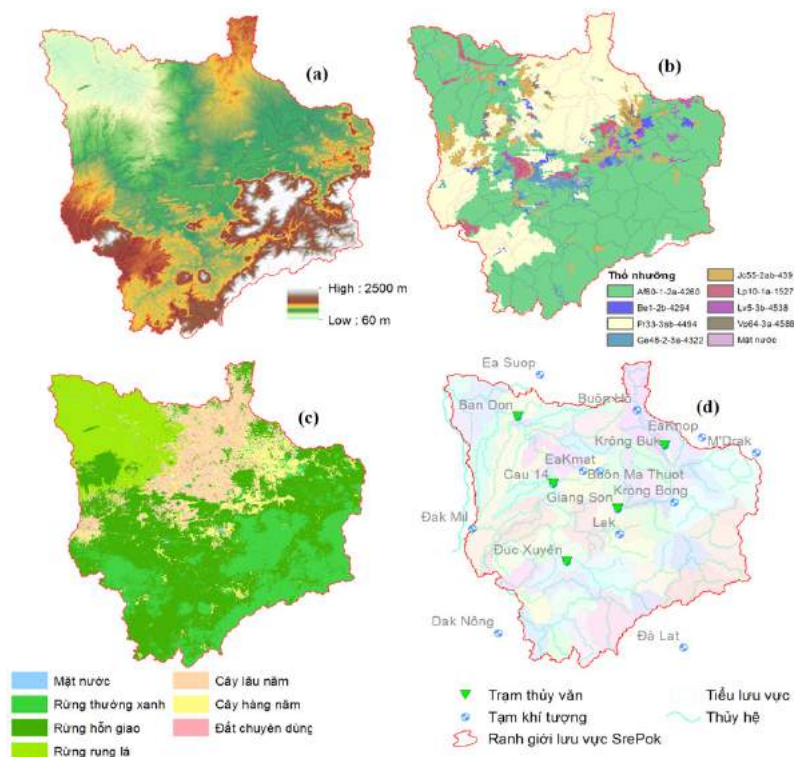
VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Vật liệu nghiên cứu

Lưu vực Srepok có tổng diện tích là 30.900 km², trong đó phần thuộc Việt Nam là 18.200 km² và thuộc Campuchia là 12.700 km². Địa hình thấp dần từ Đông Nam sang Tây Bắc, tương đối đa dạng, đồi núi xen kẽ bình nguyên và thung lũng với thảm phủ khá phong phú (Hình 1).

Yêu cầu dữ liệu đầu vào cho mô hình SWAT là (1) Dữ liệu về GIS gồm các bản đồ chuyên đề với tỷ lệ 1:1.000.000 ở hệ tọa độ UTM múi 48 Bắc như mô hình cao độ số (DEM) được thu thập từ dữ liệu cao độ số toàn cầu ASTER (Advanced Space borne Thermal Emission and Reflection Radiometer) của NASA (National Aeronauti and Space Administration) với độ phân giải 30 m x 30 m với giá trị độ cao từ 65 m-2445 m, bản đồ thổ nhưỡng lưu vực Srepok ghép từ bản đồ thổ nhưỡng của ba tỉnh Đắk Lắk, Đắk Nông, Lâm Đồng thu thập từ Phân viện Quy hoạch và Thiết kế Nông nghiệp miền Trung, bản đồ thảm phủ lưu vực Srepok năm 1990 được giải đoán từ ảnh vệ tinh Landsat 4,5 TM theo khóa giải đoán của ảnh Landsat 8 OLI đảm bảo độ chính xác với hệ số kappa bằng 0,69 và sai số toàn cục bằng 73,53% (Nguyễn Thị Ngọc Quyên và ctv, 2016a), vị trí địa lý các trạm khí tượng thủy văn, các trạm đo mưa được thể hiện trên không gian khu vực nghiên cứu; (2) Các tập tin chuỗi thời gian được thu thập và xử lý bằng Microsoff Excel như dữ liệu khí tượng gồm nhiệt độ tối cao, nhiệt độ tối thấp,

lượng mưa, độ ẩm, tốc độ gió, số giờ nắng giai đoạn 1980-2012 tại 8 trạm khí tượng gồm Buôn Hồ, M'Đrăk, Buôn Ma Thuột, Đắk Nông, Đà Lạt, Đắk Mil, Lăk, Ea K'Mat và 8 trạm đo mưa giai đoạn 1980-2012 được thu thập từ Trung tâm khí tượng thủy văn khu vực Tây Nguyên, dữ liệu khí tượng gồm nhiệt độ tối cao, nhiệt độ tối thấp và lượng mưa giai đoạn 2013-2045 được chi tiết hóa thống kê bằng mô hình SDSM tại 8 trạm khí tượng và 8 trạm đo mưa trên lưu vực Srepok theo chương trình CMIP5 của IPCC bằng mô hình CanESM2 với ba kịch bản nồng độ khí nhà kính RCP 2.6, RCP 4.5, RCP 8.5. Kết quả mô phỏng đảm bảo độ tin cậy với $r > 0,9$, RMSE, MA, MAE rất nhỏ đối với yếu tố nhiệt độ và $0,5 < r < 0,7$, RMSE, MA và MAE khá lớn nhưng tương đồng nhau đối với lượng mưa (Nguyễn Thị Ngọc Quyên và ctv, 2016b), và lưu lượng dòng chảy và tải lượng bùn cát ngày thực đo giai đoạn 1980-2012 làm cơ sở đánh giá hiệu quả mô hình tại bốn trạm thủy văn trên sông Srepok gồm Đức Xuyên, Giang Sơn, Cầu 14, Bản Đôn thu thập từ Đài khí tượng thủy văn Đắk Lắk.



Hình 1. Dữ liệu đầu vào mô hình SWAT

(a) Mô hình cao độ số (b) Bản đồ thổ nhưỡng
(c) Bản đồ thảm phủ (d) Mạng lưới các trạm quan trắc

Phương pháp mô hình hóa

Mô hình SWAT

SWAT là công cụ đánh giá nước và đất, được xây dựng bởi Jeff Arnold, 1998. Mô hình là sự tập hợp những phép toán hồi quy để thể hiện mối quan hệ giữa giá trị thông số đầu vào và thông số đầu ra. Mô hình thủy học trong lưu vực được phân chia thành hai nhóm chính: (1) Pha đất của chu trình thủy văn kiểm soát lượng nước, phù sa, dinh dưỡng và thuốc trừ sâu được đưa từ trong mỗi tiểu lưu vực ra sông chính; (2) Pha nước của chu trình thủy văn kiểm soát quá trình di chuyển của dòng nước, quá trình bồi lắng, v.v... diễn ra thông qua hệ thống sông ngòi của lưu vực đến cửa xả (Arnold, J. G. và ctv, 1998).

SWAT mô hình hóa chu trình nước dựa trên cơ sở phương trình cân bằng nước sau:

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

Với SW_t là lượng nước trong đất tại thời điểm t (mm H_2O); SW_o là lượng nước trong đất tại thời điểm ban đầu ngày thứ i (mm H_2O); t là thời gian (ngày); R_{day} là lượng nước mưa trong ngày thứ i (mm H_2O); Q_{surf} là lượng dòng chảy bề mặt trong ngày thứ i (mm H_2O); E_a là lượng nước bốc hơi trong ngày thứ i (mm H_2O); w_{seep} là lượng nước thấm vào vùng chưa bão hòa trong ngày thứ i (mm H_2O); Q_{gw} là lượng nước ngầm chảy ra sông trong ngày thứ i (mm H_2O).

Công thức tính lượng bồi lắng theo SWAT:

$$sed = 11,8 (Q_{surf} \cdot q_{peak} \cdot area_{hru})^{0,56} \cdot K_{USLE} \cdot LS_{USLE} \cdot C_{USLE} \cdot P_{USLE} \cdot CFRG$$

Với sed là lượng đất bị xói mòn trong thời đoạn tính toán 1 ngày (tấn); Q_{surf} là tổng lượng dòng chảy mặt (mm); q_{peak} là lưu lượng đỉnh lũ (m^3/s); $areahru$ là diện tích của một đơn vị (ha); K_{USLE} là hệ số xói mòn đặc trưng cho từng loại đất; L_{USLE} là hệ số xói mòn do ảnh hưởng của chiều dài sườn dốc; S_{USLE} là hệ số xói mòn do ảnh hưởng của độ dốc; C_{USLE} là hệ số ảnh hưởng của cây trồng đến xói mòn đất; P_{USLE} là hệ số ảnh hưởng của biện pháp canh tác đến xói mòn đất; $CFRG$ là hệ số thô.

Đánh giá mô hình

• Hệ số hiệu quả (Model coefficient of efficiency):

$$NSE = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (O_i - P_i)^2}{\sum_{i=1}^n (O_i - \bar{O})^2}$$

Với NSE là chỉ tiêu Nash-Sutcliffe, i là chỉ số, O_i là giá trị thực đo, \bar{O} là giá trị thực đo trung bình, P_i là giá trị tính toán theo mô hình, \bar{P} là giá trị tính toán trung bình theo mô hình. Chất lượng mô phỏng của mô hình được đánh giá theo các mức độ: nếu $0,90 < NSE \leq 1,0$: rất tốt; nếu $0,8 < NSE \leq 0,9$: tốt; nếu $0,7 < NSE \leq 0,8$: khá tốt; nếu $0,5 < NSE \leq 0,7$: đạt yêu cầu; nếu $NSE \leq 0,5$: Không đạt yêu cầu (Vũ Văn Nghị, 2015).

• Hệ số cân bằng tổng lượng (Coefficient of mass residual):

$$PBIAS = \frac{\sum_{i=1}^n O_i - \sum_{i=1}^n P_i}{\sum_{i=1}^n O_i} \times 100\%$$

Phân bậc tính tương thích được đề nghị như sau: $PBIAS \leq 5,0\%$: Rất tốt; $5,0\% < PBIAS \leq 10\%$: Tốt; $10\% < PBIAS \leq 15\%$: Khá tốt; $15\% < PBIAS \leq 20\%$: Đạt yêu cầu; $PBIAS > 20\%$: Không đạt yêu cầu (Vũ Văn Nghị, 2015).

Hiệu chỉnh và kiểm định mô hình SWAT

Mô hình SWAT được hiệu chỉnh tự động bằng phần mềm SWAT-CUP với thuật toán SUFI-2 (Semi Automated Sequential Uncertainty Fitting). Kết quả đánh giá mô hình đối với lưu lượng dòng chảy đã đạt được độ tin cậy tốt với hệ số $NSE > 0,7$ và $PBIAS < |10|$ ở cả 4 trạm quan trắc trong giai đoạn hiệu chỉnh và $NSE > 0,75$ và $PBIAS < |10|$ ở ba trạm Giang Sơn, Cầu 14 và Bản Đôn. Riêng trạm Đức Xuyên, $NSE > 0,63$ nhưng $PBIAS$ vẫn đạt mức tốt ($< 15\%$) do trận bão lịch sử xảy ra vào tháng 10/2000 trên sông Krông Nô (Nguyễn Thị Ngọc Quyên và ctv, 2017); Đối với tải lượng bùn cát, dữ liệu này được quan trắc và lưu trữ sau dữ liệu lưu lượng dòng chảy một thời gian khá dài và trên lưu vực Srepok, chỉ có trạm thủy văn cấp I Bản Đôn mới đo đặc số liệu hàm lượng chất lơ lửng

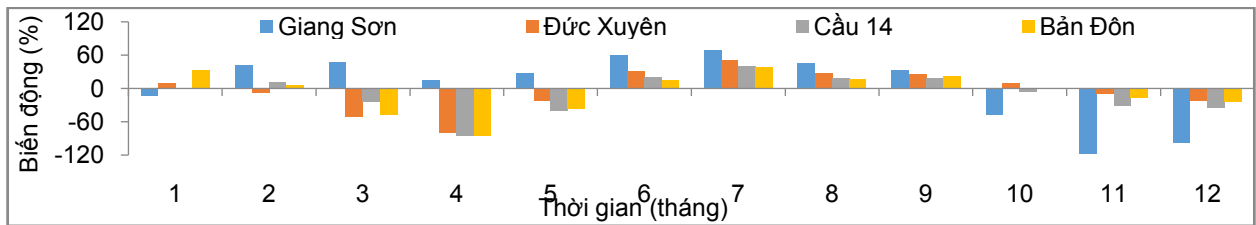
liên tục theo ngày. Căn cứ vào số liệu hiện có, quá trình hiệu chỉnh và kiểm định tải lượng bùn cát giai đoạn 1993-2000 tại trạm Bản Đôn đảm bảo độ tin cậy với $NSE > 0,7$ và $PBIAS < 15\%$ trong giai đoạn hiệu chỉnh và NSE đạt 0,58 và $PBIAS$ là 19,9% trong giai đoạn kiểm định (Nguyễn Thị Ngọc Quyên và ctv, 2016c). Như vậy, có thể khẳng định rằng mô hình SWAT có khả năng ứng dụng tốt khi mô phỏng chế độ thủy văn và quá trình bồi lắng diễn ra trên lưu vực Srepok.

KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

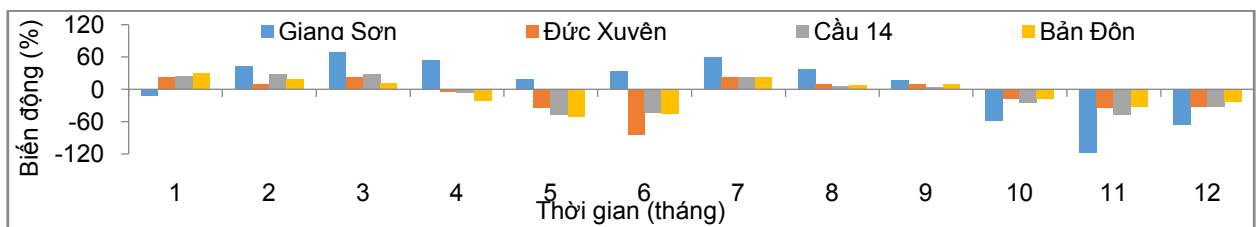
Tác động của biến đổi khí hậu đến lưu lượng dòng chảy

So với kịch bản nền, *kịch bản thấp* thể hiện xu hướng giảm lưu lượng dòng chảy vào các tháng mùa kiệt (tháng XI-IV năm sau), đặc biệt vào tháng III giảm khoảng trên 80%; và tăng lưu lượng dòng chảy mùa lũ (tháng VI-IX) khoảng 70% tại các trạm Đức Xuyên, Cầu 14 và Bản Đôn. Riêng trạm Giang Sơn, xu hướng

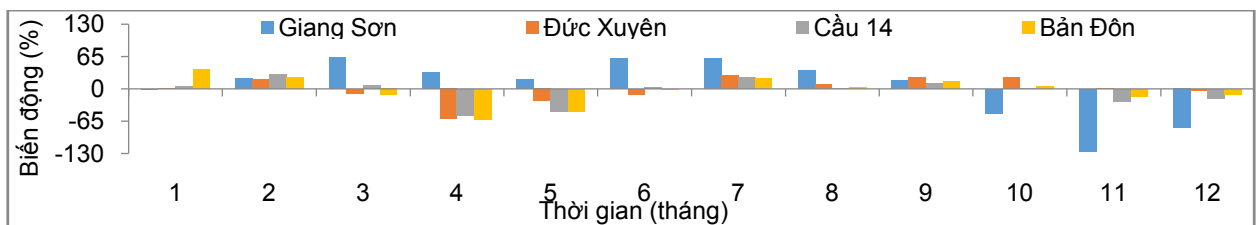
thể hiện khác biệt khi lưu lượng giảm mạnh vào tháng XI và XII, tăng từ tháng II đến tháng IX (Hình 2); *Kịch bản trung bình* chỉ ra rằng, dòng chảy có xu hướng giảm mạnh vào các tháng chuyển giao giữa hai mùa, đặc biệt là tại trạm Đức Xuyên giảm gần 80% vào tháng VI. Điều này đã làm tăng nguy cơ hạn hán kéo dài hơn trên lưu vực. Biểu đồ Hình 3 cho thấy lưu lượng dòng chảy tăng từ tháng I đến tháng III, thậm chí tại trạm Giang Sơn, mức độ tăng lên tới gần 80% vào tháng III. Tuy nhiên, đây là các tháng mùa khô nên mặc dù phần trăm thay đổi so với kịch bản nền khá cao nhưng lượng nước đến là không đáng kể; Ở *kịch bản cao*, dòng chảy tháng có xu hướng giảm vào các tháng mùa khô khoảng 50% (tháng III-V, XI, XII), và tăng vào các tháng mùa mưa khoảng 20% (tháng VI-X) tại trạm Đức Xuyên, Cầu 14 và Bản Đôn. Riêng trạm Giang Sơn tương tự như các kịch bản trên, xu hướng lưu lượng dòng chảy có sự khác biệt khi giảm từ tháng XX-I năm sau và tăng từ tháng II-IX (Hình4).



Hình 2. Biến động lưu lượng dòng chảy tháng kịch bản thấp so với kịch bản nền



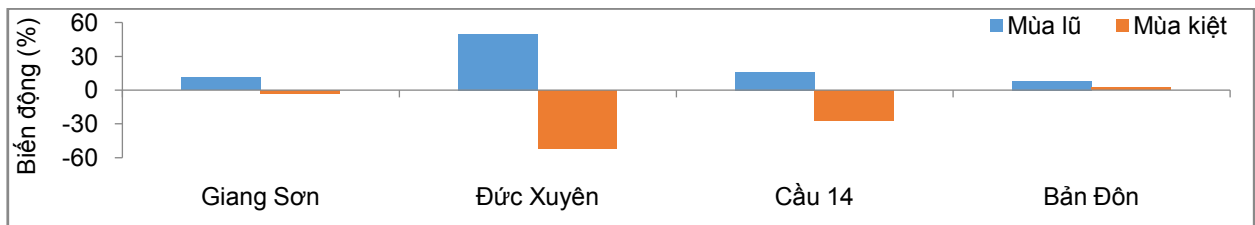
Hình 3. Biến động lưu lượng dòng chảy tháng kịch bản trung bình so với kịch bản nền



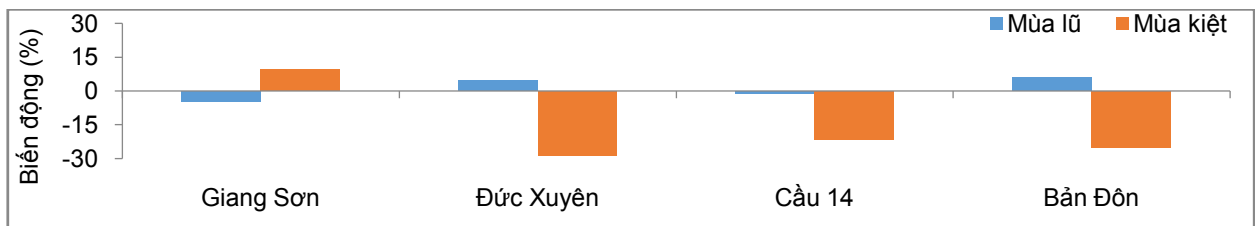
Hình4. Biến động lưu lượng dòng chảy tháng kịch bản cao so với kịch bản nền

Khi xem xét dòng chảy mùa, kết quả *kịch bản thấp* thể hiện trong Hình 5 cho thấy BĐKH tác động mạnh mẽ tại vị trí trạm Đức Xuyên khi 60% lưu lượng nước giảm vào mùa kiệt và tăng vào mùa lũ. Tiếp đến, tại trạm Cầu 14, lưu lượng mùa kiệt giảm khoảng 30% và lưu lượng mùa lũ tăng 20%. Trong khi đó, hai trạm Giang Sơn và Bản Đôn có sự biến động không đáng kể (<10%); Biểu đồ tại Hình 6 cho thấy tại *kịch bản trung bình*, quy luật chung diễn ra tại trạm Đức Xuyên và Bản Đôn khi lưu lượng dòng chảy kiệt giảm khoảng 30% và lưu lượng dòng chảy lũ tăng dưới 10%. Trong khi hai trạm còn

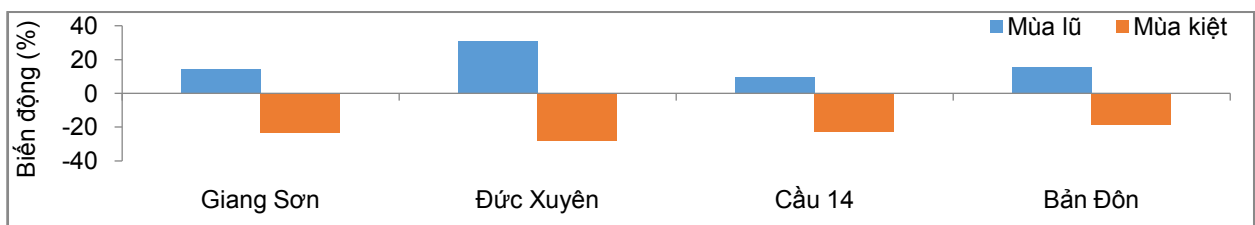
lại có sự sai khác khi lưu lượng dòng chảy có xu hướng giảm ở cả hai mùa tại trạm Cầu 14; và xu hướng ngược lại, tăng vào mùa kiệt và giảm vào mùa lũ tại trạm Giang Sơn; *Theo kịch bản cao* cũng được thể hiện dưới dạng biểu đồ tại Hình 7. Theo đó, lưu lượng dòng chảy tại 4 vị trí quan sát đều tăng vào mùa lũ và giảm vào mùa kiệt. Trong đó, vị trí trạm Đức Xuyên có sự biến động nhiều nhất, dòng chảy lũ tăng và dòng chảy kiệt giảm khoảng 30%. Các trạm còn lại lưu lượng tăng khoảng 15% vào mùa lũ và giảm khoảng 20% vào mùa kiệt.



Hình 5. Biến động lưu lượng dòng chảy mùa kiệt bản thấp so với kịch bản nền



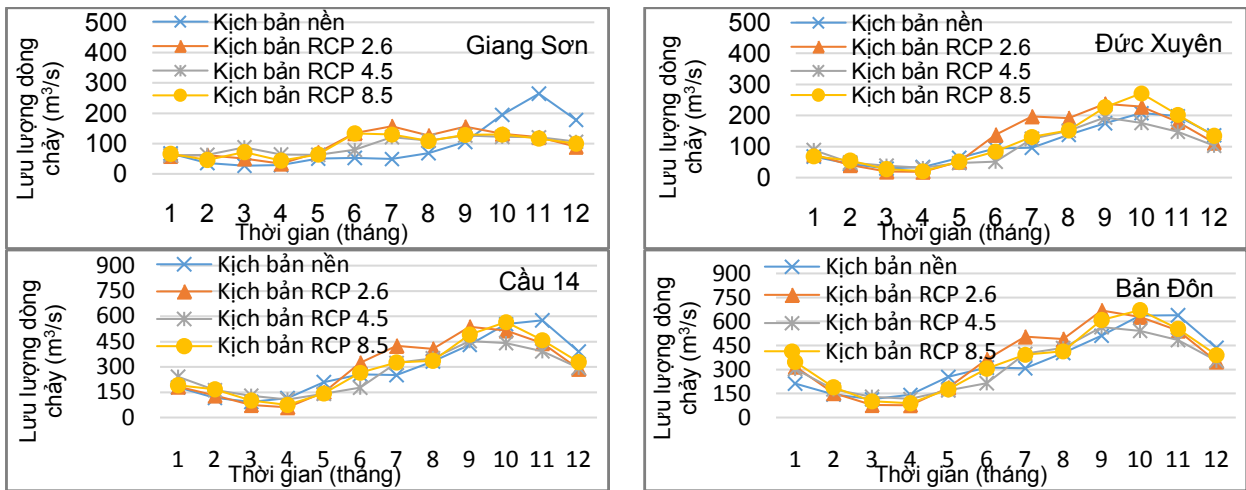
Hình 6. Biến động lưu lượng dòng chảy mùa kiệt bản trung bình so với kịch bản nền



Hình 7. Biến động lưu lượng dòng chảy mùa kiệt bản cao so với kịch bản nền

Cuối cùng, một sự so sánh mức độ tác động của cả ba kịch bản đến lưu lượng dòng chảy được thể hiện tại Hình 8. Có thể thấy, BĐKH tác động mạnh mẽ đến dòng chảy tại trạm Giang Sơn khi lưu lượng tăng từ tháng I-VIII và giảm từ tháng IX-XII. Trong đó, *kịch bản RCP 2.6* ảnh hưởng rõ rệt nhất vào các tháng giao mùa (tháng V-VII), *kịch bản RCP 4.5* tác động mạnh vào các tháng mùa khô (tháng I-IV). Ở ba trạm

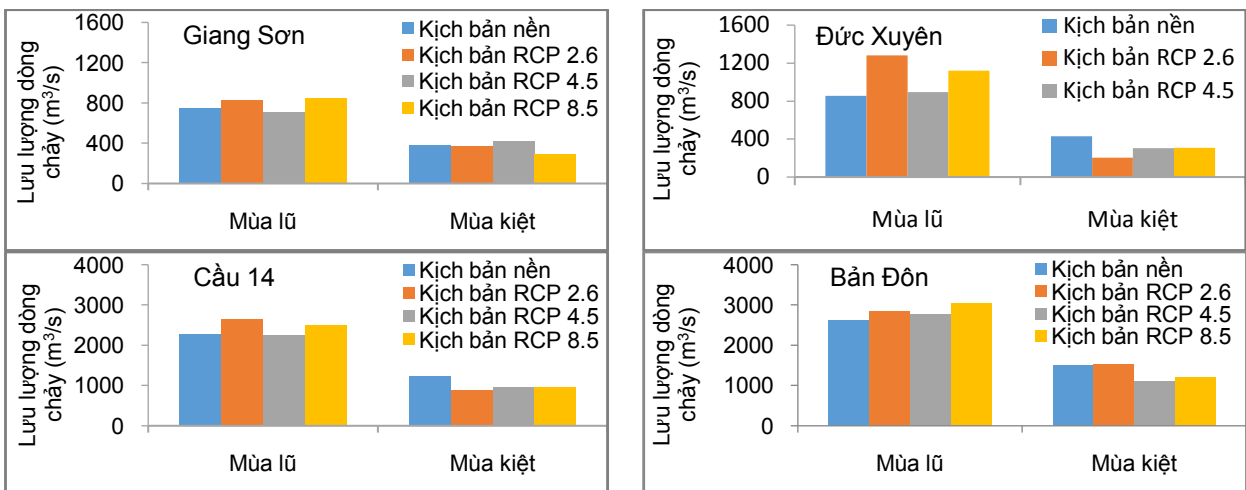
còn lại, quy luật khá tương đồng khi lưu lượng giảm vào các tháng mùa khô (tháng XI-IV năm sau) và tăng vào các tháng mùa mưa (tháng V-X) ở kịch bản RCP 2.6 và RCP 8.5. Riêng kịch bản RCP 4.5 cho thấy sự suy giảm lưu lượng dòng chảy kéo dài thêm vào các tháng giao mùa (tháng V-VI) làm cho mùa khô trên lưu vực có xu hướng ngày càng dài.



Hình 8. Tác động của các kịch bản BĐKH đến lưu lượng dòng chảy tháng

Theo mùa, các kịch bản thể hiện xu hướng làm tăng lưu lượng dòng chảy vào mùa lũ và giảm vào mùa kiệt ở đa số các vị trí quan trắc. Cụ thể tại Hình 9 cho thấy kết quả của các kịch bản BĐKH so với kịch bản nền, *kịch bản thấp RCP 2.6* thể hiện sự tăng lên vào mùa lũ tại bốn trạm quan trắc và mùa kiệt xu hướng giảm tại trạm Giang Sơn, Đức Xuyên, Cầu 14 nhưng

tăng không đáng kể tại trạm Bản Đôn; *kịch bản trung bình RCP 4.5* thể hiện xu hướng biến động không đáng kể vào mùa lũ tại bốn trạm và mùa kiệt xu hướng giảm tại trạm Đức Xuyên, Cầu 14, Bản Đôn nhưng tăng tại trạm Giang Sơn; *kịch bản cao RCP 8.5* thể hiện xu hướng khá đồng nhất, tăng lên vào mùa lũ và giảm vào mùa kiệt tại tất cả các vị trí quan trắc trên sông.

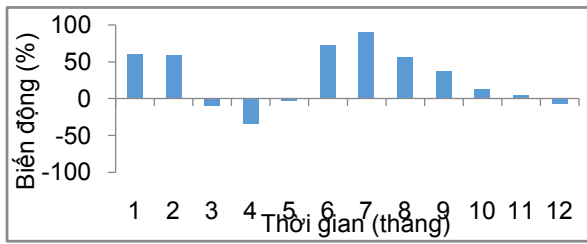


Hình 9. Tác động của các kịch bản BĐKH đến lưu lượng dòng chảy mùa

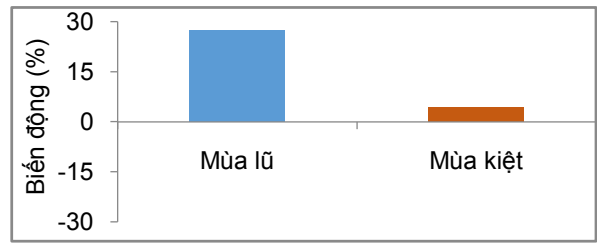
Tác động của biến đổi khí hậu đến tải lượng bùn cát

Xu thế tăng lên của lượng mưa trong các kịch bản BĐKH đã tác động rất lớn đến tải lượng bùn cát trên lưu vực. So với kịch bản nền, ở *kịch bản RCP 2.6*, tải lượng bùn cát tháng có xu hướng tăng khoảng 5%-100% sau tháng mưa

đầu tiên và kéo dài đến tháng XI, xu hướng tăng tiếp tục xảy ra vào tháng I và II khoảng 60% nhưng thực chất lượng tăng không đáng kể so với kịch bản nền. Ngược lại, tải lượng bùn cát xu hướng giảm từ tháng III-V với mức giảm cao nhất xấp xỉ 40%. Bên cạnh đó, mức tăng lượng đất xói mòn ra sông ở cả mùa kiệt và mùa lũ với khoảng 5% và 30% (Hình 10).

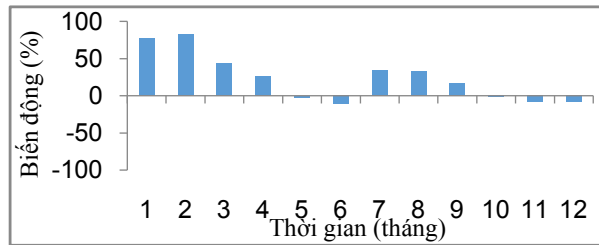


(a). Theo bước thời gian tháng

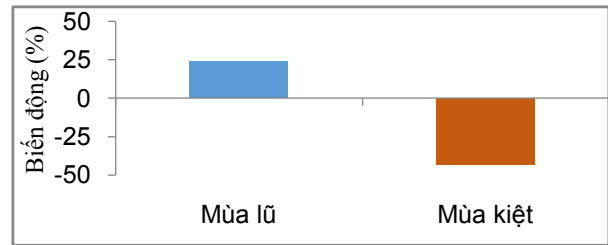


(b). Theo bước thời gian mùa

Hình 10. Biến động tải lượng bùn cát tháng kịch bản thấp so với kịch bản nền trạm Bản Đôn



(a). Theo bước thời gian tháng

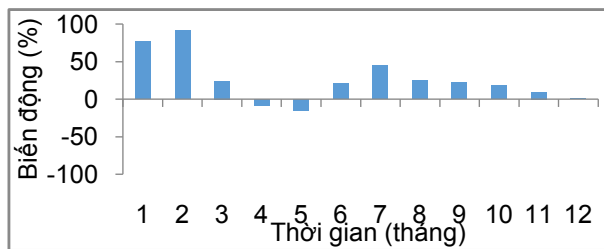


(b). Theo bước thời gian mùa

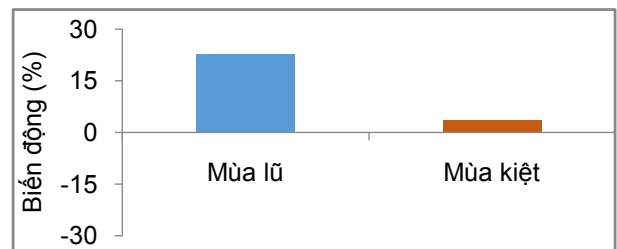
Hình 11. Biến động tải lượng bùn cát tháng kịch bản trung bình so với kịch bản nền

Theo Hình 11, tải lượng bùn cát mô phỏng tương ứng với *kịch bản trung bình* có xu hướng cao hơn so với kịch bản nền khoảng 20%-40% vào tháng VII-IX và khoảng 20%-80% vào tháng I-IV năm sau, xu hướng ngược lại diễn ra vào tháng X-XII và tháng V, VI cao nhất khoảng 10%. Kết quả tổng hợp cho thấy, tải lượng bùn cát có xu hướng tăng 25% vào mùa

lũ và có xu hướng giảm khoảng 45% vào mùa kiệt so với kịch bản nền. *Kịch bản cao* thể hiện xu hướng tăng lượng đất bị xói mòn trên lưu vực ở tất cả các tháng từ 10% đến gần 100% trừ tháng IV, V có xu hướng giảm khoảng 10%. Điều tất yếu sẽ làm tăng tải lượng bùn cát vào mùa lũ với mức xấp xỉ 25% và vào mùa kiệt khoảng 5% (Hình 12).



(a). Theo bước thời gian tháng

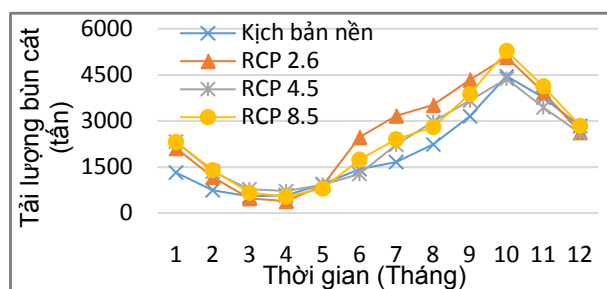


(b). Theo bước thời gian mùa

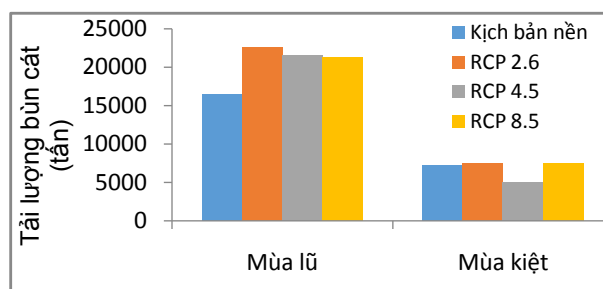
Hình 12. Biến động tải lượng bùn cát tháng kịch bản cao so với kịch bản nền

Nhìn chung, các kịch bản BĐKH có tác động đến lượng đất bị xói mòn, rửa trôi ra sông ở các mức độ khác nhau và được thể hiện tại Hình 13. Một quy luật chung được thể hiện là tải lượng bùn cát tăng vào các tháng mùa mưa (tháng V-X) và các tháng mùa khô (tháng XI-II năm sau), giảm vào các tháng hạn nhất trong năm (tháng III, IV) đối với kịch bản thấp và cao. Riêng kịch bản trung bình, quy luật diễn ra tương tự vào các tháng mùa mưa nhưng có

xu hướng khác biệt vào các tháng mùa khô khi xu hướng giảm diễn ra vào các tháng XI, XII và tháng V năm sau (Hình 13a). Có thể thấy rõ hơn tác động của BĐKH tại Hình 13b khi cả ba kịch bản đều có tác động đến tải lượng bùn cát mùa lũ. Tuy nhiên, vào mùa kiệt, chỉ có kịch bản trung bình có xu hướng giảm trong khi kịch bản thấp và cao cho thấy sự biến động không đáng kể.



(a). Theo bước thời gian tháng



(b). Theo bước thời gian mùa

Hình 13. Tác động của các kịch bản BĐKH đến tải lượng bùn cát

Một số giải pháp giảm nhẹ và thích ứng với biến đổi khí hậu

Giải pháp công trình

Các trạm khí tượng thủy văn trên lưu vực nghiên cứu còn ít và rải rác. Vì vậy, cần lập thêm các trạm quan trắc tại các vùng, các sông chưa có trạm để khai thác và quản lý chặt chẽ, đầy đủ tình hình khí tượng thủy văn trên toàn lưu vực, làm cơ sở cho công tác quy hoạch và dự báo khí tượng thủy văn ứng phó với BĐKH.

Quá trình nghiên cứu BĐKH tác động đến lưu lượng dòng chảy và tải lượng bùn cát cho thấy dòng chảy kiệt hơn vào mùa khô và tải lượng bùn cát tăng lên vào mùa mưa. Theo kết quả tính toán và nguyên lý thủy văn, yếu tố mặt đệm đóng vai trò quan trọng và chi phối đến chế độ thủy văn trên lưu vực. Vì vậy, bên cạnh việc bảo vệ nghiêm ngặt bề mặt lưu vực thì tăng độ che phủ, tái lập những vùng đệm xung yếu đã bị tàn phá trước đây là một giải pháp chủ yếu trên lưu vực Srepok, vừa là bể chứa carbon, vừa có tác dụng điều hòa dòng chảy.

BĐKH làm cho sự phân phối không đều dòng chảy giữa hai mùa ngày càng rõ nét. Sự thừa nước vào mùa lũ hay thiếu nước vào mùa kiệt đều ảnh hưởng đến hoạt động sản xuất cũng như đời sống sinh hoạt thường ngày của người dân trong khu vực. Vì vậy, cần tận dụng các hồ chứa đang hoạt động trên dòng chính Srepok để phân phối dòng chảy phù hợp giữa hai mùa kiệt và lũ. Trong trường hợp cần thiết, có thể sử dụng giải pháp tăng dung tích hồ chứa để tích lũy lưu lượng dòng chảy vào mùa mưa và cung cấp nước vào mùa khô. Xây dựng quy trình vận hành liên hồ chứa hiệu quả và an toàn cho hạ du. Điều tiết, xả lũ an toàn đập trong

mùa mưa phải có phương án đồng thời phối hợp chặt chẽ với địa phương và Ban Phòng chống lụt bão và tìm kiếm cứu nạn, nhất là với các thủy điện nhỏ và vừa. Có biện pháp gia cố bờ sông hạn chế thiệt hại cho khu vực dễ bị sạt lở do dòng chảy thay đổi đột ngột khi vận hành thủy điện. Nghiên cứu xây dựng hệ thống giám sát phục vụ sử dụng hợp lý tài nguyên thiên nhiên, phòng chống sạt lở, lũ quét để phát triển kinh tế xã hội ở địa phương.

Giải pháp phi công trình

Kịch bản BĐKH chỉ ra rằng, mùa khô có xu hướng kéo dài hơn đến tháng V, tháng VI. Vì vậy, cơ cấu cây trồng cần được xây dựng phù hợp, bố trí thời vụ gieo trồng thích hợp để tránh hạn, né lũ nhằm thích ứng với điều kiện thay đổi của khí hậu.

Ứng dụng các giải pháp công nghệ sinh học để sản xuất giống cây trồng có khả năng kháng bệnh, chịu hạn (cà phê, lúa, ngô...), giống ra hoa nhiều lần (điều), giống chín tập trung hoặc rải rác tùy đối tượng cây trồng và tùy vùng sinh thái để bố trí tại những khu vực khô hạn và ứng dụng sản xuất nông nghiệp công nghệ cao theo hướng thích ứng với BĐKH.

Cần tăng cường đa dạng sinh học trên diện tích cây trồng lâu năm như trồng cây che bóng, chắn gió, trồng xen các loại cây khác, cây đai rừng... là giải pháp thích ứng với BĐKH hiệu quả do hệ thống cây trồng này có tác dụng hỗ trợ lẫn nhau trong việc điều hòa vi khí hậu, hạn chế bốc thoát hơi nước trên bề mặt đất và lá, cung cấp hữu cơ, cải tạo đất, hạn chế xói mòn và rửa trôi. Bên cạnh đó, một số diện tích đất trồng cây lâu năm ở các vùng có điều kiện bất thuận, sản xuất không hiệu quả nên được chuyển đổi sang

các loại cây trồng khác có hiệu quả hơn như sắn, khoai lang, khoai môn là những loại cây có khả năng thích ứng cao với BĐKH.

KẾT LUẬN

Mô hình SWAT đã được hiệu chỉnh và kiểm định đủ độ tin cậy để tiến hành mô phỏng chế độ dòng chảy và quá trình bồi lắng trên lưu vực Srepok. Kết quả cho thấy, các kịch bản BĐKH tác động đến dòng chảy khá mạnh mẽ tại trạm Giang Sơn khi lưu lượng tăng vào tháng I-VIII và giảm vào tháng IX-XI. Trong đó, kịch bản thấp ảnh hưởng rõ rệt nhất vào các tháng chuyển giao giữa hai mùa và kịch bản trung bình tác động mạnh vào các tháng mùa khô. Ba trạm còn lại thể hiện chung một quy luật khi giảm lưu lượng dòng chảy vào các tháng mùa khô và tăng vào các tháng mùa mưa ở kịch bản thấp và cao. Riêng ở kịch bản trung bình cho thấy sự suy giảm dòng chảy kéo dài thêm vào các tháng V-VI làm cho mùa khô có xu hướng ngày càng dài trên lưu vực. Đối với tải lượng bùn cát, các kịch bản BĐKH thể hiện xu hướng tăng vào các tháng mùa mưa và giảm các tháng mùa khô đối với kịch bản thấp và cao. Riêng kịch bản trung bình, quy luật diễn ra tương tự vào các tháng mùa mưa nhưng xu hướng khác biệt vào các tháng mùa khô khi xu hướng giảm diễn ra vào các tháng XI, XII và tháng V năm sau.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

Arnold, J. G., Srinivasan, R., Muttiah, R. S., & Williams, J. R. (1998). Large area hydrologic modeling and assessment part I: Model development. *Journal of American Water Resources Association*, 34(1), 73-89.

Cyril O. W. and Qihao W., (2011). Simulating the impacts of future land use and climate changes on surface water quality in the Des Plaines River watershed, Chicago Metropolitan Statistical Area, Illinois. *Science of the Total Environment* 409: 4387-4405.

Đào Nguyên Khôi, Nguyễn Thị Hồng Nhung, Trương Thanh Cảnh (2014). Ứng dụng công cụ chi tiết hóa thống kê LAR-WG xây dựng kịch bản biến đổi khí hậu cho lưu vực sông Srepok. *Tạp chí phát triển khoa học và công nghệ*, 17(12), 109-123.

Đào Nguyên Khôi, Phạm Thị Thảo Nhi, Châu Nguyễn Xuân Quang (2015). Xây dựng kịch bản biến đổi khí hậu cho lưu vực sông Srepok bằng công cụ SDSM. *Tạp chí khí tượng thủy văn*, 651, 24-31.

Malutta S. and Kobiyama M., (2011). SWAT application to analyze the floods in Negrinho River basin – SC, Brazil. *12th International Conference on Urban Drainage*, Porto Alegre/Brazil, 11-16 September 2011.

Mehmet C.D., Anabela V., Ercan K., (2009). Flow forecast by SWAT model and ANN in Pracana basin, Portugal. *Advances in Engineering Software* 40: 467-473.

Mohammad K.A., (2006). Flood Forecasting for Bangladesh with Satellite Data. MSc Thesis, *UNESCO-IHE Institute for Water Education*.

Vũ Văn Nghị (2016). *Mô hình toán thủy văn*. NXB Khoa học và kỹ thuật, Hà Nội.

P.P. Mujumdar, (2008). Implications of Climate Change for sustainable water resources management in India. *Physics and Chemistry of the Earth Magazine*, 33.

Nguyễn Thị Ngọc Quyên, Nguyễn Công Tài Anh, Bùi Tá Long, Nguyễn Kim Lợi, (2016a). Ứng dụng viễn thám và GIS trong thành lập bản đồ thảm phủ lưu vực Srepok vùng Tây Nguyên. *Tạp chí Khoa học Nông nghiệp Việt Nam* 14(5), 734-743.

Nguyễn Thị Ngọc Quyên, Phan Thị Trâm Anh, Đào Nguyên Khôi, Lê Văn Hùng, Nguyễn Quốc Hội, Nguyễn Kim Lợi, Bùi Tá Long, (2016b). Xây dựng kịch bản biến đổi khí hậu lưu vực Srepok vùng Tây Nguyên bằng phương pháp chi tiết hóa thống kê dưới sự hỗ trợ của công cụ SDSM. *Tạp chí Khí tượng Thủy văn* 669, 7-15.

Nguyen Thi Ngoc Quyen, Nguyen Duy Liem, Nguyen Dai Nguong, Bui Ta Long, Nguyen Kim Loi, (2016c). Simulation water discharge and sedimentation in Srepok watershed, Central Highland of Vietnam using GIS and hydrological model. 5th VNU - HCM International Conference for Environment and Natural Resources - 2016 ICENR - ILTER-EAP.

- Nguyễn Thị Ngọc Quyên, Nguyễn Duy Liêm, Nguyễn Đại Nguông, Nguyễn Thoan, Bùi Tá Long, Nguyễn Kim Lợi, (2017). Phân vùng hạn hán dựa trên chỉ số hạn và mô phỏng chế độ thủy văn trên lưu vực Srepok vùng Tây Nguyên. *Tạp chí Khoa học ĐHQGHN: Các Khoa học Trái đất và Môi trường* 33(1), 65-81.
- Samuel R., Alexander J. H., Douglas R., Gines S., San A. R., (2007). Predicting flood hazard areas: a swat and hec-ras simulations conducted in Aguan river basin of Honduras, central America. *ASPRS 2007 Annual Conference*, Tampa, Florida, May 7-11, 2007.
- Tran Van Ty, Kengo S. and Yutaka I., (2012a). Water resources management under future development and climate change impacts in the Upper Srepok River Basin, Central Highlands of Vietnam. *Water policy*, 14, 725-745.
- Tran Van Ty, Kengo S. and Yutaka I., Satoru O., (2012b). Scenario-based Impact Assessment of Land Use/Cover and Climate Changes on Water Resources and Demand: A Case Study in the Srepok River Basin, Vietnam-Cambodia. *Water Resour Manage*, 26, 1387-1407.
- Winai W. and Kobkiat P., (2011). Integrated Hydrologic and Hydrodynamic model for flood risk assessment for Nam Loei basin, Thailand. *The 1st International Conference on Water Resources Engineering*, Bangkok, Thailand.
- Y. Panagopoulos, C. Makropoulos, M. Mimikou, (2012). Decision support for diffuse pollution management. *Environmental Modelling & Software* 30: 57-70.