ỨNG DỤNG MÔ HÌNH SWAT ĐÁNH GIÁ TÁC ĐỘNG CỦA BIẾN ĐỔI KHÍ HẬU ĐẾN DÒNG CHẢY LƯU VỰC SÔNG ĐỒNG NAI

PGS.TS Nguyễn Kỳ Phùng
Phân viện Thủy văn và Môi trường phía Nam
ThS. Lê Thị Thu An
Đại học quốc gia Tp. Hồ Chí Minh

Tóm tắt: *Mô hình SWAT được ứng dụng mô phỏng sự thay đổi dòng chảy lưu vực sông Đồng Nai dưới tác động của biến đổi khí hậu (BĐKH) trong tương lai. Theo kịch bản biến đổi khí hậu B2, vào thế kỷ 21, nhiệt độ trung bình năm tăng khoảng 0,4÷ 2,1^oC; lương mưa sẽ tăng lên 0,1÷13% vào mùa mưa, ngược lại vào mùa khô, lượng mưa giảm 3÷16% trên lưu vực sông Đồng Nai. Ảnh hưởng của BĐKH làm cho lưu lượng nước mùa lũ tăng cao và lưu lượng nước mùa kiệt giảm đi: lượng dòng chảy năm trong tương lai 2020 đến 2100 tăng từ 0,5% đến 3,85% và có sự khác nhau giữa các tiểu lưu vực; lưu lượng trung bình các tháng mùa khô giảm từ -9,6% đến -0,05% ngược lại các tháng mùa mưa tăng từ 0,013% đến 5,256%.*

Summary: *Water from the Dong Nai river basin is used for multiple purposes. The Soil and Water Assessment Tool (SWAT) model was used to assess the effects of potential future climate change on the hydrology of the Dong Nai watershed. The period from 1983-2010 was used as baseline and to determine the changes and the effect of the climate changes. Base on B2 climate change scenario, mean temperature is projected to increase 0.4- 2.1^oC (2020-2100); precipitation is also projected to increase 0.1-13% in wet season (June to November); dry season rainfall is projected to decrease 3-16 % in all catchment. The results of this study indicate that the simulated Dong Nai watershed hydrologic system is very sensitive to climatic variations, both on a seasonal basis and over longer time periods. For the B2 climate change scenario, the average annual surface runoff will increase by 3.85 percent (2080) of the baseline. Overall water yield at the mouth of the Basin will increase by 5.256 percent during flood season but decrease by 9.6 percent during dry season in 2080.*

I. GIỚI THIỆU

Hệ thống sông Đồng Nai là hệ thống sông lớn thứ 3 sau hệ thống sông Cửu Long và sông Hồng, nhưng lại là lưu vực sông nội địa lớn nhất nước ta, bao gồm dòng chính Đồng Nai và 4 sông nhánh là: La Ngà, sông Bé, sông Sài Gòn và sông Vàm Cỏ. Nguồn nước ở hệ thống sông Đồng Nai giữ vai trò vô cùng quan trọng trong phát triển kinh tế - xã hội của 11 tỉnh/thành phố trên khu vực, đặc biệt là đối với vùng phát triển kinh tế trọng điểm phía Nam. Tuy nhiên, trong những năm gần đây, tác động của biến đổi khí hậu (BĐKH) đã gây ra những hậu quả nghiêm trọng, ảnh hưởng đến đời sống kinh tế và xã hội của người dân trên lưu vực sông Đồng Nai. Hiện nay, nhiều công cụ tiện ích được xây dựng nhằm hỗ trợ đánh giá tác động của BĐKH. Trong đó, mô hình SWAT (Soil and Water Assessment Tool) - bộ mô hình vật lý, do tiến sỹ J.G.Arnold thuộc Trung tâm Phục vụ nghiên cứu nông nghiệp, Bộ Nông nghiệp Hoa Kỳ xây dựng từ những năm 90 - được ứng dụng để đánh giá và dự báo những ảnh hưởng của BĐKH lên thành phần nước, địa chất trên lưu vực sông, góp phần ước lượng mức độ ảnh hưởng của BĐKH lên lưu vực sông như thế nào nhằm đưa ra các phương án thích ứng.

II. DỮ LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

** Mối quan hệ giữa các đặc trưng khí hậu đến tài nguyên nước lưu vực sông*

Dòng chảy sông ngòi nước ta đều do mưa trên lưu vực tạo thành. Khi mưa rơi xuống bề mặt lưu vực,

một phần bị giữ lại bởi cây cối, một phần chảy tràn trên mặt đất thành dòng chảy trên sườn dốc, thấm xuống đất, chảy trong đất thành dòng chảy sát mặt đất và chảy vào các dòng sông thành dòng chảy mặt. Phần lớn lượng nước bị giữ lại bởi thảm phủ thực vật và dòng chảy mặt sẽ quay trở lại bầu khí quyển qua con đường bốc hơi và bốc thoát hơi. Lượng nước ngấm trong đất có thể thấm sâu hơn xuống những lớp đất bên dưới để cấp nước cho các tầng nước ngầm và sau đó xuất lộ thành các dòng suối hoặc chảy dần vào sông ngòi thành dòng chảy mặt và cuối cùng đổ ra biển hoặc bốc hơi vào khí quyển. Vì vậy, các hiện tượng thủy văn là kết quả sự tác động của nhiều nhân tố tự nhiên: khí hậu và mặt đệm. Các yếu tố khí hậu gồm có mưa và bốc hơi. Các đặc tính của lưu vực sông bao gồm đặc điểm địa hình, lớp phủ thực vật, điều kiện địa chất, thổ nhưỡng, độ dốc lưu vực, ao hồ đầm lầy.v.v. ảnh hưởng trực tiếp đến sự hình thành dòng chảy sông ngòi gọi chung là các yếu tố mặt đệm.

** Dữ liệu mô hình*

Các dữ liệu địa hình, thảm phủ thực vật, thổ nhưỡng và khí tượng sau khi được thu thập, sẽ tiến hành xử lý bằng các phần mềm hỗ trợ ENVI, ArcGIS để thành lập các bản đồ DEM, bản đồ phân cấp độ dốc; bản đồ thổ nhưỡng, bản đồ phân loại sử dụng đất và chuỗi số liệu về khí hậu tạo cơ sở dữ liệu đầu vào cho mô hình SWAT.

- Dự liệu địa hình thu thập từ The National Aeronautics and Space Administration - NASA (http://dds.cr.usgs.gov/srtm/version2_1/SRTM3/Eurasia)

- Dữ liệu thảm phủ thực vật được thu thập từ Global Land Cover 2000 – GLC2000 (http://bioval.jrc.ec.europa.eu/products/glc2000/glc2000.php)

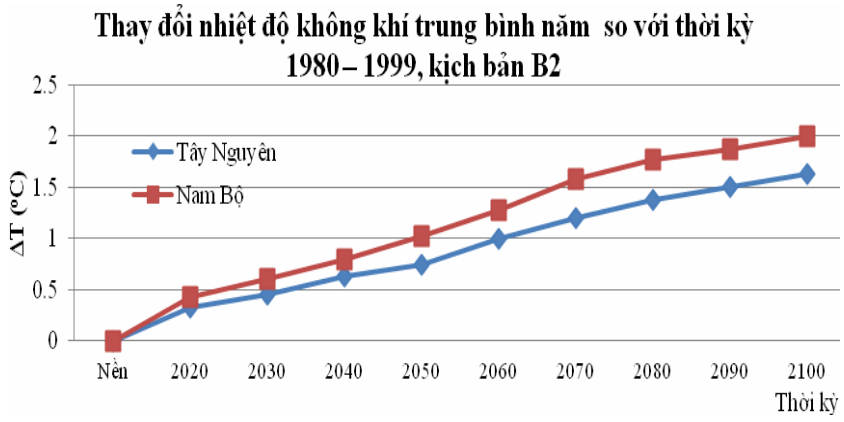
- Dữ liệu thổ nhưỡng được thu thập từ Harmonized World Soil Database – HWSD (http://www.iiasa.ac.at/Research/LUC/External-World-soil-database)

- Dữ liệu lượng nhiệt độ và lượng mưa hàng ngày được lấy từ trang chủ Mirador Data Access Made Simple (http://mirador.gsfc.nasa.gov) và Trung tâm dữ liệu KTTV quốc gia.

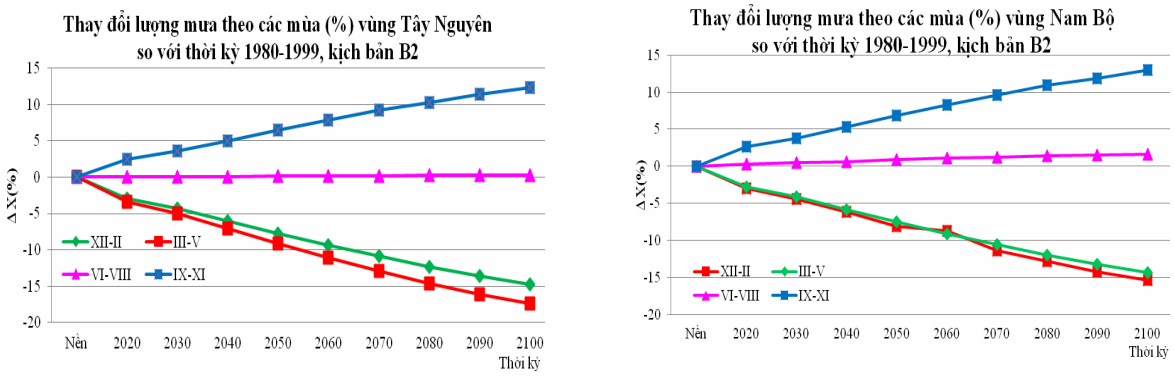
Tác động của BĐKH lên các đặc trưng dòng chảy trên lưu vực sông Đồng Nai vào các thời kỳ tương lai được đánh giá bằng mô hình mưa - dòng chảy theo kịch bản BĐKH ứng với mức phát thải trung bình (B2) của Bộ Tài nguyên Môi trường.

Theo kịch bản B2, nhiệt độ trung bình năm tăng khoảng 0,5÷ 1,5^{o}C trong những năm giữa thế kỷ 21 và lên đến 1,8÷2,0^{o}C vào cuối thế kỷ 21 (hình 2).

Bên cạnh đó, lượng mưa thay đổi theo mùa khá rõ rệt (hình 3). Lượng mưa có thể tăng trong mùa mưa và giảm trong mùa khô. Xu hướng chung của thay đổi lượng mưa phụ thuộc vào vị trí địa lý các lưu vực sông. Lượng mưa giảm từ tháng XII cho đến tháng V năm sau và tăng trong các tháng VI đến XI, trong đó lượng mưa tháng IX - XI tăng nhiều hơn so với các tháng khác.



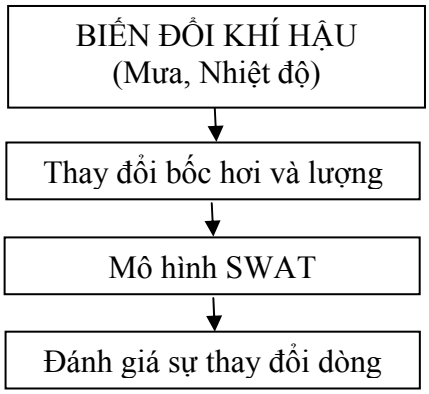
Hình 2. Mức thay đổi nhiệt độ không khí trung bình năm trong tương lai



Hình 3. Mức thay đổi lượng mưa theo các mùa (%) trong tương lai trên các vùng

** Phương pháp thực hiện*

Các bước tính toán xác định sự thay đổi dòng chảy sông ngòi dưới tác động của biến đổi khí hậu thể hiện hình 1.



Hình 1. Quá trình để đánh giá sự thay đổi dòng chảy do biến đổi khí hậu

Chi tiết hóa bài toán đánh giá tác động BĐKH lên dòng chảy bằng mô hình SWAT ứng dụng cụ thể cho lưu vực sông Đồng Nai như sau:

- Thu thập số liệu về khí tượng thủy văn (nhiệt độ, lượng mưa, tốc độ gió), dữ liệu bản đồ sử dụng đất, bản đồ DEM, thổ nhưỡng.

- Xử lý số liệu khí tượng, tạo cơ sở dữ liệu đầu vào chạy mô hình SWAT.

- Chạy mô hình mô phỏng lưu vực: phân chia lưu vực thành các tiểu lưu vực, các đơn vị thủy văn (HRUs).

- Lựa chọn kịch bản biến đổi khí hậu

- Dùng mô hình mưa rào - dòng chảy được thiết lập trong SWAT để mô phỏng dòng chảy sông ngòi với số liệu đầu vào là các yếu tố khí tượng như mưa, nhiệt độ, địa hình, thổ nhưỡng, sử sụng đất…. Kết quả so sánh với số liệu thực đo, từ đó đánh giá ảnh hưởng của BĐKH đến dòng chảy các kịch bản 2040, 2060, 2080.

- Phân tích ảnh hưởng của BĐKH đến dòng chảy lưu vực sông Đồng Nai.

III. KẾT QUẢ

** Dòng chảy năm*

Tác động của BĐKH đến dòng chảy năm rất khác nhau giữa các tiểu lưu vực sông Đồng Nai, lượng dòng chảy trung bình năm qua các giai đoạn có xu thế tăng dần. Vào thời kỳ 2040 lượng dòng chảy năm tăng từ 1,09% đến 1,93%, và có thể trên 3% vào thời kỳ 2060 và 2080. Còn ở các tiểu lưu vực thượng nguồn sông Đồng Nai, xu thế biến đổi dòng chảy năm giảm, có thể giảm xuống 1% vào

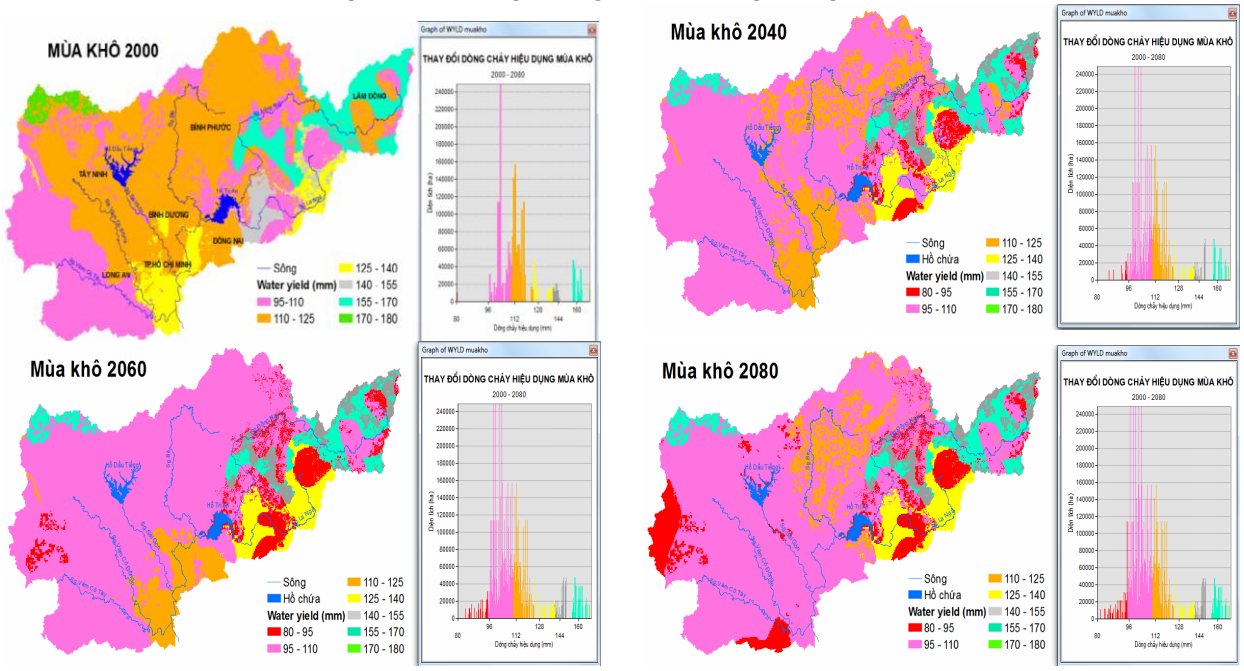
thời kỳ 2080. Sông Đồng Nai là hệ thống sông chịu chi phối bởi nhiều tiểu lưu vực sông khác ở thượng lưu, với diện tích lưu vực lớn nên so với các sông khác mức thay đổi tăng hay giảm lượng dòng chảy cũng lớn hơn.

** Dòng chảy mùa khô*

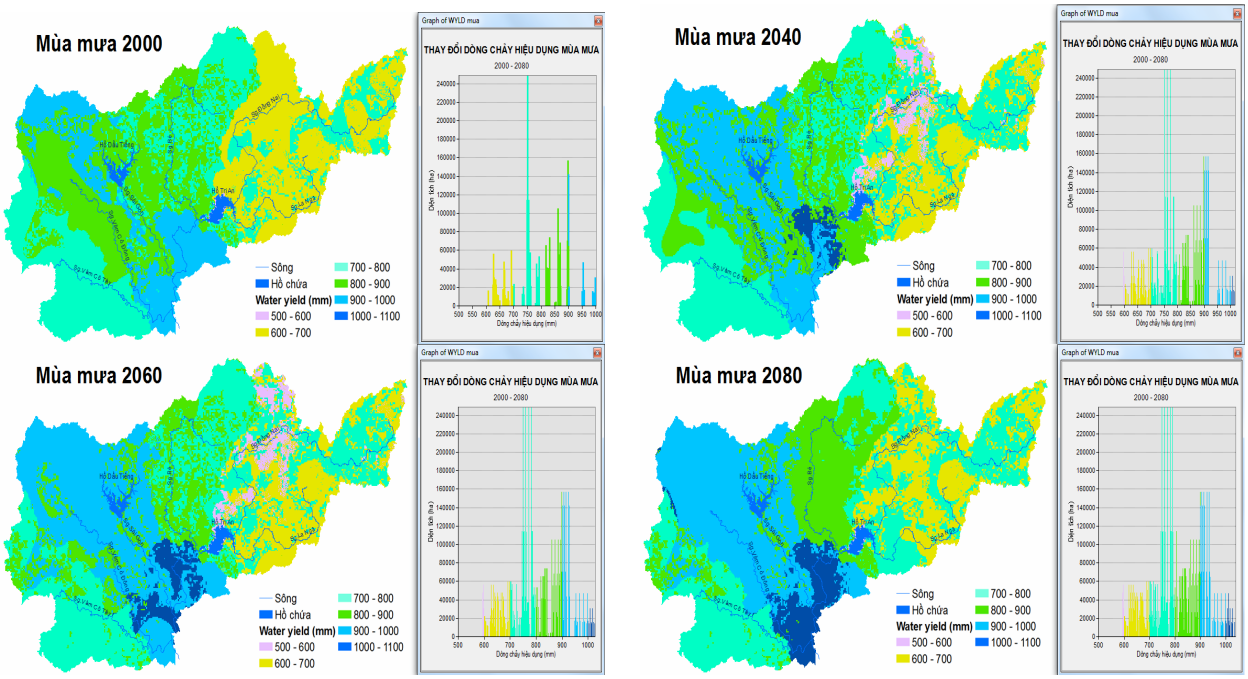
Khác với dòng chảy năm, dòng chảy mùa khô trong tương lai của tất cả các sông trên lưu vực sông Đồng Nai đều sẽ giảm do tác động của BĐKH. Tuy nhiên, mức giảm khác nhau khá lớn giữa các sông, thậm chí giữa thượng, trung và hạ lưu trên cùng triền sông. Từ tháng XII đến tháng V năm sau, lượng mưa mùa khô giảm dần qua các thời kỳ, do đó dẫn đến lượng dòng chảy cũng giảm trên các tiểu lưu vực sông. Diện tích khu vực có lượng dòng chảy suy giảm vào mùa khô mở rộng theo thời gian: khu vực tỉnh Tây Ninh và Bình Phước vào thời kỳ 2040, thời kỳ 2060 có thêm các khu vực thuộc tỉnh Đắk Nông, Bình Dương, Đồng Nai và Long An và thành phố Hồ Chí Minh thời kỳ 2080. Trên hình 4, diện tích những khu vực có dòng chảy hiệu dụng (Water yield) trên 110 mm và trên 170 mm vào mùa khô thời kỳ 2000 sẽ bị thay thế bởi dòng chảy hiệu dụng dưới 110 mm vào mùa khô thời kỳ 2040, 2060 và thậm chí dưới 80 mm vào thời kỳ 2080.

** Dòng chảy mùa mưa*

Dòng chảy vào mùa mưa trên các sông phần lớn đều có xu thế tăng. Đặc biệt từ tháng IX đến tháng XI lượng mưa ngày càng lớn qua các thời kỳ làm cho lưu lượng dòng chảy hầu hết các tiểu lưu vực tăng theo. Trong đó khu vực có lượng dòng chảy tăng nhiều vào mùa mưa vào các thời kỳ 2040, 2060 và 2080 là lưu vực sông Bé, sông Vàm Cỏ Đông và hạ lưu sông Đồng Nai. Hình 5 thể hiện những khu vực có dòng chảy hiệu dụng từ 900-1100 mm sẽ ngày càng mở rộng diện tích vào mùa mưa trong tương lai.



Hình 4. Mức thay đổi dòng chảy hiệu dụng vào mùa khô theo không gian so với thời kỳ 1980-1999, kịch bản B2



Hình 5. Mức thay đổi dòng chảy hiệu dụng vào mùa mưa theo không gian so với thời kỳ 1980-1999, kịch bản B2

IV. DIỄN GIẢI VÀ PHÂN TÍCH KẾT QUẢ

Các yếu tố khí hậu và đặc điểm địa hình, lớp phủ thực vật, điều kiện địa chất, thổ nhưỡng, độ dốc lưu vực, ao hồ, đầm lầy.v.v đều ảnh hưởng trực tiếp đến sự hình thành dòng chảy sông ngòi. Từ khi có mưa xuống đến khi có lượng dòng chảy ở mặt cắt cửa ra đã xảy ra quá trình mưa, quá trình tổn thất, quá trình hình thành dòng chảy trên sườn dốc, quá trình tập trung nước trên sườn dốc và trong sông. Trong một lưu vực, độ dốc và đặc điểm thổ nhưỡng là những yếu tố thay đổi chậm theo thời gian, nên dòng chảy sườn dốc, dòng chảy ngầm và điền trũng có thể được xem là không thay đổi; còn lại tổn thất dòng chảy do thấm phụ thuộc vào lớp phủ thực vật, tổn thất do bốc hơi phụ thuộc vào nhiệt độ và dòng chảy mặt thay đổi theo lượng mưa. Để đánh giá tác động của biến đổi khí hậu lên cán cân nước tự nhiên trên lưu vực trong tương lai, yếu tố lớp phủ thực vật được xem là không thay đổi, khi đó dòng chảy hiệu dụng của lưu vực chỉ phụ thuộc vào lượng mưa và bốc thoát hơi. Qua các thành phần của cân bằng nước tự nhiên (lượng mưa, bốc thoát hơi và dòng chảy hiệu dụng) có thể giải thích được sự thay đổi khác nhau của lưu lượng dòng chảy theo từng tiểu lưu vực trên sông Đồng Nai dưới ảnh hưởng của biến đổi khí hậu.

BĐKH mà hệ quả của nó thể hiện qua sự thay đổi nhiệt độ không khí, dẫn đến thay đổi lượng bốc thoát hơi trên lưu vực. Bốc thoát hơi là một nhân tố quan trọng tham gia vào chu trình thủy văn, trực tiếp gây ra sự thay đổi của dòng chảy trên lưu vực. Gia tăng bốc hơi, làm tăng lượng tổn thất độ ẩm trên lưu vực trong khi lượng mưa trong các tháng mùa khô nhìn chung giảm. Lượng dòng chảy suy giảm cùng với nhu cầu nước tưới có xu hướng tăng lên trên toàn khu vực trong tương lai sẽ gây ra tình trạng thiếu nước mùa khô. Bên cạnh đó, lượng dòng chảy trong sông thay đổi dẫn đến sản lượng điện của các nhà máy thủy điện về lâu dài sẽ bị ảnh hưởng do dòng chảy trong tháng mùa kiệt giảm mạnh.

Ngoài ra, việc thay đổi nhiệt độ sẽ kéo theo thay đổi cường độ hoạt động của quá trình hoàn lưu khí quyển, chu trình tuần hoàn nước và các chu trình sinh, địa hóa khác, đồng thời làm gia tăng nhu cầu nước sinh hoạt và sản xuất các ngành: nhu cầu giải nhiệt, làm mát, điều hòa. Nhu cầu sử dụng nước tăng do nhiệt độ tăng cao về mùa hè sẽ gây khó khăn trong quá trình xử lý nước cấp và nước thải. Hậu quả là mâu thuẫn trong sử dụng nước giữa các ngành và các vùng ngày càng gay gắt.

Mặt khác, cường độ mưa lớn vào mùa mưa làm cho lưu lượng dòng chảy tăng nhanh cùng với lưu lượng đỉnh lũ có xu thế tăng, dẫn đến các cơn lũ lớn sẽ có khả năng xảy ra nhiều hơn trong tương lai, uy hiếp đến các hồ chứa và gây nên tình trạng sạt lở hai bên bờ sông, ảnh hưởng giao thông và ô nhiễm môi trường sau các trận lũ lụt. Kết hợp với nước biển dâng, lũ thượng nguồn gia tăng sẽ dẫn đến tình hình ngập lụt càng thêm nghiêm trọng ở vùng đồng bằng hạ lưu.

V. KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

Nghiên cứu bước đầu đã đánh giá được tác động của BĐKH lên dòng chảy lưu vực sông Đồng Nai theo các kịch bản trong tương lai bằng mô hình SWAT. Ảnh hưởng của BĐKH làm cho dòng chảy mùa lũ tăng cao và dòng chảy mùa kiệt giảm nhiều, làm cho các hiện tượng thời tiết cực đoan xảy ra mạnh hơn so với trước. Tuy nhiên muốn nâng cao độ chính xác của mô hình thì cần bản đồ DEM, bản đồ thảm phủ và bản đồ sử dụng đất có độ chính xác cao hơn.

Đánh giá tác động của BĐKH đến dòng chảy lưu vực sông chỉ là một trong những vấn đề cần nghiên cứu. Vì vậy, để đánh giá đầy đủ và toàn diện về ảnh hưởng của BĐKH đến tài nguyên nước lưu vực sông Đồng Nai cần tiến hành một số nghiên cứu khác như: tính toán diện tích khu vực bị ngập lụt do dòng chảy lũ; đánh giá tác động của BĐKH và nước biển dâng đến xâm nhập mặn ở hạ lưu hệ thống sông Đồng Nai; tính toán nhu cầu nước tưới cho nông nghiệp ở lưu vực sông Đồng Nai trong tương lai dưới tác động của BĐKH...

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] Bộ tài nguyên và Môi trường (2011), Kịch bản biến đổi khí hậu, nước biển dâng cho Việt Nam.

[2] Nguyễn Duy Liêm, Lê Hoàng Tú, Nguyễn Kim Lợi (2010), "Ứng dụng MapWindow GIS và SWAT phân chia lưu vực tại lưu vực sông Đồng Nai", Hội thảo Ứng dụng GIS toàn quốc, tr.148-154.

[3] Trần Thanh Xuân, Trần Thục, Hoàng Minh Tuyển (2011), Tác động của biến đổi khí hậu lên tài nguyên nước Việt Nam, Viện Khoa học Khí tượng Thủy văn và Môi trường.

[4] M.Winchell, R.Srinivasan, M.Di Luzio, J.Arnold (2010), ArcSWAT Interface For SWAT2009 User's Guide, Soil and Water Research Laboratory, Texas.

[5] S.L.Neitsch, J.G.Arnold, J.R.Kiniry, J.R.Williams Grassland (2011), Soil and Water Assessment Tool Theoretical Documentation version 2009, Soil and Water Research Laboratory, Texas.

Người phản biện: PGS.TS Đỗ Tiến Lanh