DỰ TÍNH BIẾN ĐỔI LƯỢNG MƯA MÙA MƯA Ở KHU VỰC VIỆT NAM VÀO CUỐI THẾ KỶ 21 BẰNG MÔ HÌNH NHRCM

Nguyễn Đăng Mậu[1],Nguyễn Minh Trường[2], Hidetaka Sasaki[3], Izuru Takayabu[3]

[1]Viện Khoa học Khí tượng Thủy văn và Biến đổi khí hậu
[2]Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, Đại học Quốc gia Hà Nội
[3]Viện Khí tượng Nhật Bản (MRI)

Tóm tắt: *Bài báo trình bày kết quả dự tính biến đổi lượng mưa mùa mưa ở các vùng khí hậu vào cuối thế kỷ 21 (2080 - 2099) so với thời kỳ cơ sở (1982 - 2003) theo kịch bản RCP 8.5 bằng mô hình NHRCM (Non-Hydrostatic Regional Climate Model). Trong khuôn khổ của nghiên cứu, mùa mưa ở các vùng khí hậu được xem xét là các tháng mùa hè (JJA) ở Bắc Bộ, Tây Nguyên và Nam Bộ; mùa thu (SON) ở khu vực Trung Bộ. Kết quả cho thấy, lượng mưa mùa JJA có thể giảm từ 0 - 40% ở Bắc Bộ; gia tăng khoảng từ 0 - 30% ở Tây Nguyên và Nam Bộ so với thời kỳ cơ sở. Lượng mưa mùa SON có thể tăng khoảng từ 0 - 30% ở Trung Bộ. Kết quả dự tính tăng/giảm lượng mưa trong tương lai gắn liền với kết quả dự tính biến đổi về hoàn lưu quy mô lớn ở khu vực Việt Nam.*

Từ khóa: *Lượng mưa, gió mực 850 hPa, độ cao địa thế vị, thông lượng ẩm*

1. Giới thiệu

Việt Nam nằm trong khu vực chuyển tiếp của các tiểu hệ thống gió mùa mùa hè Châu Á (Nam Á, Đông Á và Tây Thái Bình Dương). Do vậy, điều kiện thời tiết và khí hậu ở Việt Nam chịu tác động mạnh mẽ bởi sự tương tác của các tiểu hệ thống gió mùa mùa này. Bên cạnh đó, do điều kiện địa hình phức tạp (núi cao ở phía Bắc và dãy núi Trường Sơn hẹp trải dài ở dọc biên giới Việt Nam - Lào); hẹp và trải dài qua nhiều vĩ độ vùng nhiệt đới, nên tác động của gió mùa châu Á đến khu vực Việt Nam có sự khác biệt giữa các vùng miền.

Nhìn chung, mùa mưa gắn liền với hoạt động của gió mùa mùa hè ở khu vực Bắc Bộ, Tây Nguyên và Nam Bộ. Trong đó, cao điểm của mùa mưa ở các khu vực này tập trung vào thời kỳ hoạt động mạnh mẽ nhất của gió mùa mùa hè, khoảng từ tháng 6 - 8. Trong khi đó, mùa mưa ở khu vực Trung Bộ đến muộn hơn và tập trung trong khoảng thời gian ngắn, khoảng từ tháng 9 - 11 theo chu kỳ hàng năm. Nguyên nhân mùa mưa ở khu vực Trung Bộ khác với các vùng khí hậu khác là do tác động của hiệu ứng "phơn" gây thời tiết khô nóng vào mùa hè; mùa mưa ở khu vực này chủ yếu do tác động của xoáy thuận nhiệt đới, dịch chuyển của ITCZ và tương tác giữa không khí lạnh với địa hình ở khu vực này (Yokoi và Matsumoto, 2008; Nguyễn Đức Ngữ và Nguyễn Trọng Hiệu, 2004). Theo Mai Văn Khiêm và CS (2015), lượng mưa trong các tháng mùa mưa ở các vùng khí hậu chiếm đến hơn 80% so với tổng lượng mưa năm ở các vùng khí hậu. Do vậy, vai trò của lượng mưa trong các tháng mùa mưa ở các vùng khí hậu đóng vai trò rất quan trọng phục vụ phát triển kinh tế xã hội; đặc biệt là trong nông nghiệp và quản lý tài nguyên nước. Nhằm cung cấp thêm thông tin về dự tính khả năng biến đổi một số đặc trưng mùa trong mùa mưa ở các vùng khí hậu, nhóm tác giả thực hiện nghiên cứu dựa trên các mô phỏng và dự tính bằng mô hình NHRCM (Non-Hydrostatic Regional Climate Model).

2. Số liệu và phương pháp

Số liệu APHRODITE (Asian Precipitation Highly-Resolved Observational Data Integration towards Evaluation) (Yatagai et al. 2012) được sử dụng trong đánh giá mô phỏng lượng mưa của mô hình NHRCM. Số liệu trường gió mực 850 hPa CFSR (NCEP Climate Forecast System Reanalysis) được sử dụng trong đánh giá mô phỏng hoàn lưu gió mực 850 hPa của mô hình NHRCM.

Mô hình NHRCM được sử dụng trong nghiên cứu là phiên bản bất thủy tĩnh (Non-Hydrostatic Model - NHM). Trong đó, mô hình đất được cập nhật từ mô hình MRI-SiB (Hirai và CS 2007), xử lý điều kiện biên bằng phương pháp phổ. Chi tiết về mô hình NHM được trình bày bởi Saito và CS (2006). Miền tính mô hình NHRCM được sử dụng trong nghiên cứu là 85E°-130°E và 5°S-35°N. Độ phân giải ngang được lựa chọn là 10x10 km; độ phân giải thẳng đứng là 40 mực khí quyển. Điều kiện biên và điều kiện ban đầu được sử dụng là sản phẩm đầu ra của mô hình toàn cầu MRI-AGCM 3.2 do dự án SOUSEI cung cấp. AGCM3.2 được phát triển bởi Cục Khí tượng Nhật Bản (JMA) từ mô hình GCM của JMA. Trong đó, các cải tiến của AGCM3.2 được thực hiện bởi nhóm tác giả Mizuta và CS 2012. Trong nghiên cứu này, NHRCM được chạy mô phỏng thời kỳ cơ sở (1982 - 2003) và dự tính khí hậu thời kỳ 2080 - 2099 theo kịch bản RCP8.5. Số liệu nhiệt độ mặt nước biển (SST) cho thời kỳ cơ sở và tương lai được sử dụng theo Mizuta và CS (2012).

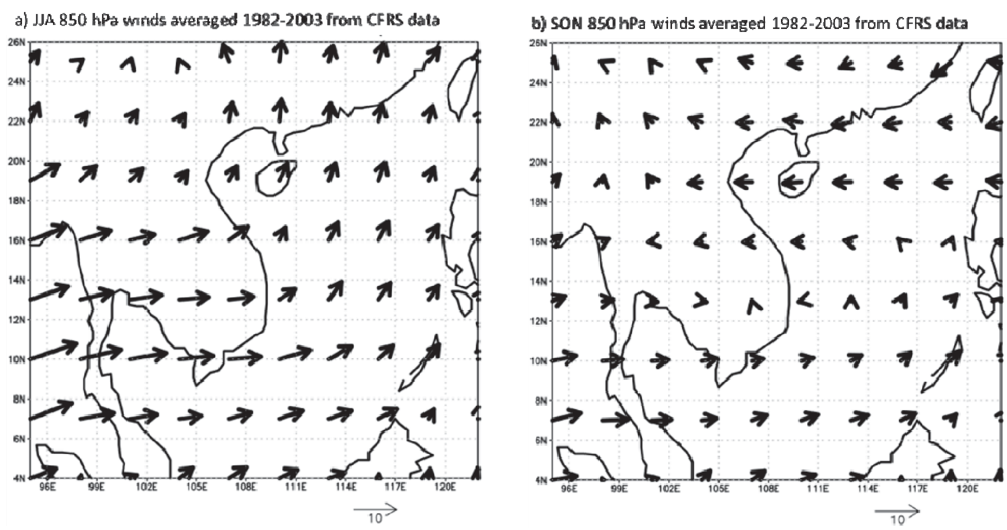
3. Kết quả và nhận xét

Đánh giá mô phỏng thời kỳ 1982 - 2003:

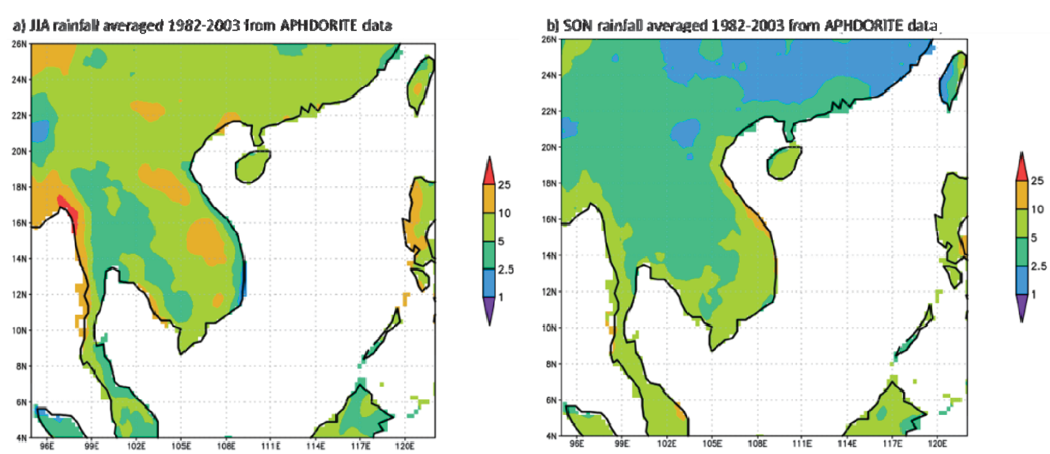
Hình 1 trình bày kết quả tính toán phân bố không gian của trường gió (m/s) mùa JJA (a) và SON (b) mực 850 hPa thời kỳ 1982 - 2003 theo số liệu CFSR. Hình 3 và Hình 4 trình bày kết quả mô phỏng (a) và dự tính (b) trường gió (m/s) mực 850 hPa và lượng mưa (mm) lần lượt tương ứng với mùa JJA và SON bằng mô hình NHRCM theo kịch bản RCP8.5. Hình 2 trình bày kết quả tính toán lượng mưa (mm/ngày) mùa JJA (a) và mùa SON (b) từ số liệu APHDORITE.

Mùa JJA: Mô hình NHRCM mô phỏng trường hoàn lưu gió mực 850 hPa (Hình 3a) khá tương đồng với số liệu CFSR (Hình 1a). Nhìn chung, hình thế nổi bật trong mùa JJA là sự mở rộng rãnh gió mùa về phía Đông cho đến khu vực Philippine, với trục của rãnh nằm trên khu vực Tây Nguyên - Nam Bộ trong cả mô phỏng và CFSR. Mặc dù vậy, tồn tại sai khác khá rõ ràng trong mô phỏng hoàn lưu gió kinh hướng ở khu vực Bắc Biển Đông (phía trên của rãnh gió mùa). Hoàn lưu kinh hướng phát triển khá mạnh ở khu vực Bắc Biển Đông (đới gió tây xích đạo chuyển hướng mở rộng lên phía Bắc) theo số liệu CFSR (Hình 1a). Tuy nhiên, mô hình NHRCM mô phỏng hoàn lưu kinh hướng này yếu hơn so với CFSR; hoàn lưu kinh hướng chỉ phát triển ở khu vực Đông Bắc của Biển Đông (Hình 3a). Điều này có khả năng là do mô hình mô phỏng hoạt động của đới gió tây trong mùa gió mùa mùa hè hoạt động mạnh mẽ hơn so với CFSR. So sánh Hình 3a với Hình 2a cho thấy, NHRCM có xu thế mô phỏng lượng mưa lớn hơn APHDORITE ở khu vực bờ biển Malaysia, Căm Pu Chia và phía Tây dãy Trường Sơn. Trên lãnh thổ Việt Nam, lượng mưa mô phỏng thấp hơn số liệu tái phân tích ở Trung Bộ. Điều này có khả năng là do NHRCM mô phỏng hoạt động của đới gió tây và hiệu ứng "phơn" mạnh mẽ hơn thực tế.

Mùa SON: Hình thế cơ bản của trường hoàn lưu gió mực 850 hPa và lượng mưa (Hình 4a) trong mô phỏng NHRCM là khá tương đồng với thực tế (Hình 1b và Hình 2b). Về mặt hoàn lưu mực 850 hPa, hình thế nổi bật nhất vào mùa SON là tồn tại xoáy thuận quy mô lớn trên khu vực Biển Đông theo số liệu CFSR (Hình 1b). Trong thời kỳ này, mô hình cũng thể hiện tốt hoàn lưu gió đông bắc dịch chuyển từ Trung Quốc xuống phía Nam và hội tụ với gió tín phong ở khu vực khoảng 16°N trên khu vực Biển Đông và Trung Bộ. Hình thế này kết hợp với điều kiện địa hình là nguyên nhân chính gây ra mưa ở khu vực phía Đông dãy núi Trường Sơn (được thể hiện rõ trong cả mô phỏng và số liệu tái phân tích). Mặc dù vậy, vẫn tồn tại những sai khác khá rõ ràng giữa mô phỏng với CFSR. Trong đó, mô hình NHRCM mô phỏng hình thế xoáy thuận được thể hiện rõ nét hơn so với CFSR. Điều này có khả năng là do tín phong ở bán cầu Bắc và đới gió đông - bắc được mô phỏng mạnh mẽ hơn so với CFSR. Những sai khác về mô phỏng hoàn lưu mực thấp có thể là nguyên nhân chính dẫn đến sai khác trong mô phỏng lượng mưa bằng mô hình NHRCM. Có thể thấy điều này khi so sánh Hình 4a với Hình 2b. Trong đó, NHRCM có thiên hướng mô phỏng lượng mưa lớn hơn so với thực tế, đặc biệt là ở khu vực Trung Bộ. Điều này là do hình thế hội tụ gió gây mưa được mô phỏng mạnh mẽ hơn trong mô hình NHRCM so với thực tế. Hay nói cách khác, lượng ẩm được gió mùa đông bắc và tín phong mang đến khu vực Trung Bộ trong mô phỏng NHRCM nhiều hơn so với thực tế.



Hình 1. Trường gió mực 850 hPa trung bình thời kỳ 1982 - 2003 (m/s) từ số liệu CFSR: (a) JJA and (b) SON

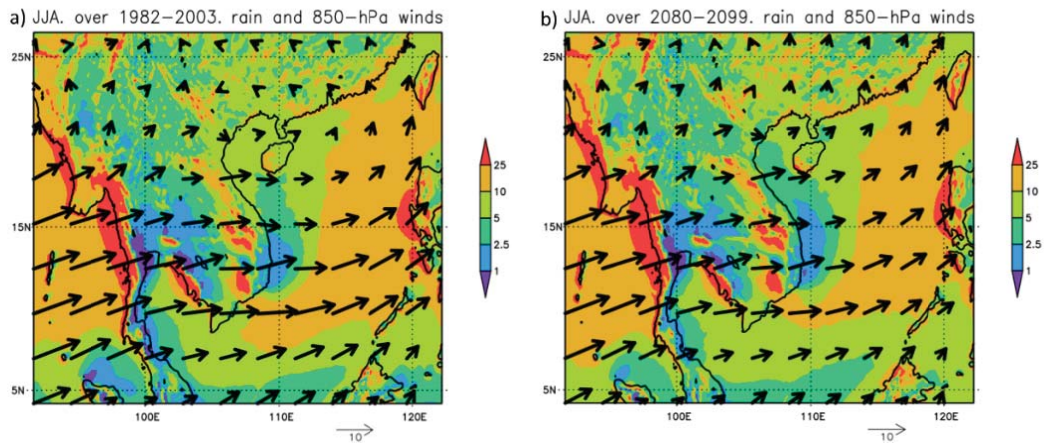


Hình 2. Lượng mưa ngày trung bình (mm/ngày) thời kỳ 1982 - 2003 từ số liệu APHDORITE: (a) JJA, (b) SON

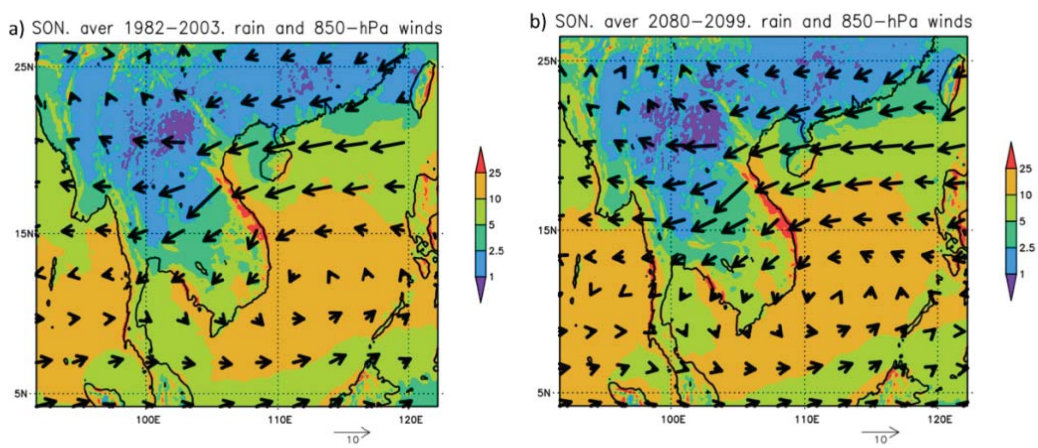
Dự tính thời kỳ 2080 - 2099:

So sánh dự tính (b) với mô phỏng thời kỳ (a) trong Hình 3 và Hình 4 cho thấy, hình thế cơ bản của hoàn lưu gió mực 850 hPa và phân bố lượng mưa theo mùa (JJA, SON) trong tương lai là khá tương đồng với thời kỳ cơ sở. Biến đổi về mặt hình thế trong tương lai so với thời kỳ cơ sở là không nhiều; khác nhau rõ ràng hơn cả chủ yếu liên quan đến phân bố theo không gian của lượng mưa. Trong mùa JJA, mô phỏng (Hình 3a) và dự tính (Hình 3b) đều phản ánh hình thế phát triển mạnh mẽ của đới gió tây nam mực 850 hPa trên khu vực Đông Nam Á và Biển Đông. Các dải mưa lớn trong gió mùa mùa hè (khu vực ven biển Thái Lan, Campuchia và phía Tây dãy núi Trường Sơn) đều được phản ánh trong cả mô phỏng và dự tính. Đối với lãnh thổ Việt Nam, các trung tâm mưa lớn (Tây Bắc, Tây Nguyên và

Nam Bộ); các trung tâm ít mưa (ven biển Trung Bộ) cũng được thể hiện. Mặc dù vậy, hoàn lưu gió kinh hướng ở Bắc Biển Đông trong dự tính là yếu hơn so với mô phỏng. Ngoài ra, các khu vực ít mưa trong mùa JJA (Trung Bộ và vùng biển lân cận) có xu thế mở rộng hơn trong tương lai so với thời kỳ cơ sở.Trong mùa SON (Hình 4), hình thế cơ bản của hoàn lưu gió mực 850 hPa và phân bố theo không gian của lượng mưa là khá tương đồng nhau trong mô phỏng và dự tính. Mặc dù vậy, hình thế phát triển xoáy thuận quy mô lớn ở khu vực Biển Đông được dự tính là yếu hơn so với thời kỳ cơ sở.



Hình 3. Lượng mưa mùa JJA (mm/ngày) và hoàn lưu gió mực 850 hPa (m/s) mô phỏng bằng mô hình NHRCM theo kịch bản RCP8.5: (a) 1982 - 2003 và (b) 2080 - 2099

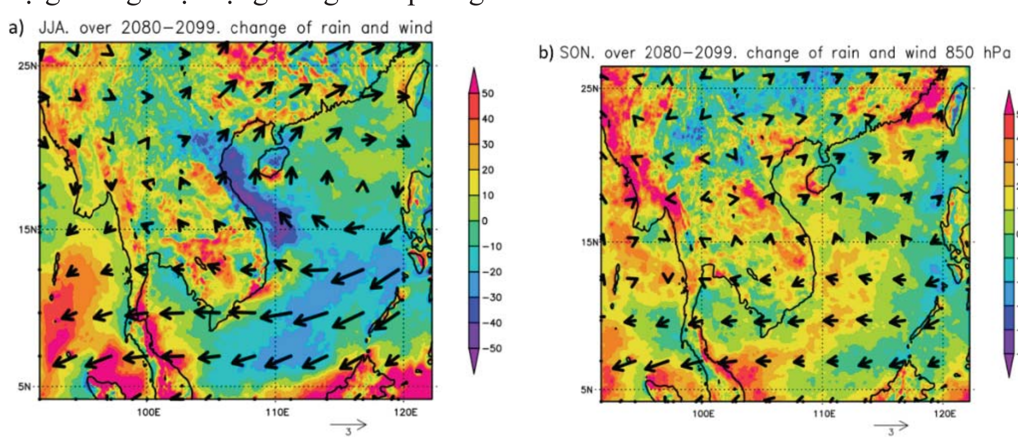


Hình 4. Lượng mưa mùa SON (mm/ngày) và hoàn lưu gió mực 850 hPa (m/s) mô phỏng bằng mô hình NHRCM theo kịch bản RCP8.5: (a) 1982 - 2003 và (b) 2080 - 2099

Hình 5 trình bày kết dự tính mức độ biến đổi hoàn lưu gió mực 850 hPa (m/s) và lượng mưa (%) trong mùa JAA (a) và SON (b) so với thời kỳ cơ sở.

Mùa JJA: Hình thế cơ bản là lượng mưa trong tương lai có xu thế giảm ở phía Bắc (Bắc Bộ, Bắc Trung Bộ, Trung Trung Bộ) và hầu hết khu vực Biển Đông, với mức độ giảm phổ biến từ 0 - 50%; tăng từ 0 - 40% ở Nam Trung Bộ, Tây Nguyên và Nam Bộ. Nguyên nhân của sự tăng/giảm lượng mưa ở các vùng có thể được giải thích một phần thông qua kết quả dự tính biến đổi hoàn lưu gió mực 850 hPa so với thời kỳ cơ sở (Hình 5). Như đã phân tích trên Hình 3, mô hình dự tính hoạt động của gió mùa mùa hè mạnh mẽ hơn so với thời kỳ cơ sở phía Bắc. Do vậy, hiệu ứng "phơn" cũng được thể hiện rõ ràng hơn. Đây có thể là nguyên nhân khiến cho lượng mưa giảm ở khu vực Bắc Bộ -Trung Trung Bộ, đặc biệt là khu vực Bắc Trung Bộ - Trung Trung Bộ. Ngoài ra, biến đổi của hoàn lưu gió mực 850 hPa trong tương lai so với thời kỳ cơ sở (gió mực 850 hPa trong tương lai - gió tương ứng ở thời kỳ cơ sở) hình thành một hình thế xoáy nghịch quy mô lớn có tâm ở khu vực Bắc Biển Đông (Hình 5a). Điều này có thể là nguyên nhân khiến suy giảm hội tụ ẩm gây mưa trong tương lai so với thời kỳ cơ sở ở phía Bắc. Do vậy, có thể xem sự thay đổi về hoàn lưu là nguyên nhân dẫn đến sự thay đổi về lượng mưa như nêu trên.

Mùa SON: Mô hình NHRCM dự tính lượng mưa mùa SON tăng vào thời kỳ 2080 - 2099 so với thời kỳ cơ sở ở hầu hết diện tích cả nước theo kịch bản RCP 8.5. Trong đó, mức tăng lớn nhất có thể đến 50% ở khu vực Bắc Bộ và Tây Nguyên. Trên khu vực Trung Bộ, mức tăng của lượng mưa so với thời kỳ cơ sở phổ biến từ 0 - 30%. Mùa SON là mùa mưa ở khu vực Trung Bộ với đặc điểm lượng mưa lớn và tập trung trong thời gian ngắn (Hình 5b). Do vậy, với mức độ gia tăng lượng mưa theo kịch bản RCP 8.5 kéo theo nhiều rủi ro do mưa gây ra ở khu vực này. Kết quả dự tính trên Hình 4b cho thấy, hoạt động của tín gió phong mạnh mẽ hơn so với thời kỳ cơ sở. Sự gia tăng hoạt động của gió tín phong là nguyên nhân vận chuyển lượng ẩm lớn hơn từ biển vào và hội tụ do tác động của địa hình gây mưa ở khu vực Trung Bộ. Trong thời kỳ này, dải thấp xích đạo có trục ở phía Nam (lùi dần từ Trung Bộ xuống theo thời gian), gió mùa đông bắc bắt đầu hoạt động, áp cao Tây Thái Bình Dương lùi dần về phía Nam và bắt đầu lấn xuống Biển Đông khiến cho tín phong từ rìa áp cao này vẩn chuyển một lượng ẩm lớn đến khu vực Trung Bộ - Nam Bộ. Chênh lệch về trường gió mực 850 hPa thời kỳ 2080 - 2099 với thời kỳ cơ sở thể hiện rõ sự lấn sâu của áp cao Tây Thái Bình Dương xuống khu vực Biển Đông là rõ ràng hơn so với thời kỳ cơ sở, khiến cho tín phong hoạt động mạnh mẽ hơn. Do vậy, lượng ẩm được vận chuyển đến khu vực Việt Nam do tín phong mang lại lớn hơn so với thời kỳ cơ sở. Đây có thể được coi là nguyên nhân gây ra sự gia tăng lượng mưa mùa SON trong tương lai so với thời kỳ cơ sở.



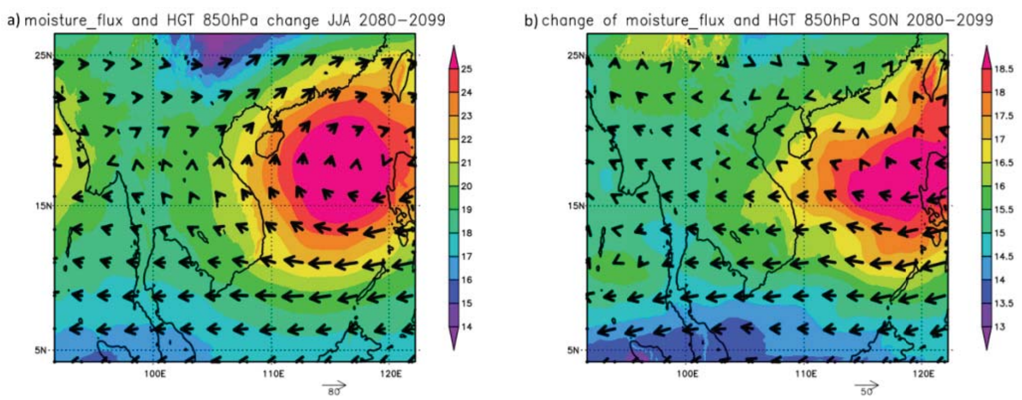
Hình 5. Dự tính biến đổi trường gió mực 850 hPa (m/s) và lượng mưa (%) vào thời kỳ 2080 - 2099 so với thời kỳ 1982 - 2003 theo kịch bản RCP 8.5: (a) JJA và (b) SON

Hình 6 trình bày kết quả dự tính mức độ biến đổi độ vào địa thế vị (HGT) mực 850 hPa (m) và thông lượng ẩm (Integrated moisture flux - IMF) trong lớp khí quyển 850 hPa - 500 hPa (kg m-1 s-1) so với thời kỳ cơ sở được thể hiện dưới dạng véc tơ.

Mùa JJA: Trường HGT được dự tính gia tăng vào thời kỳ 2080 - 2099 so với thời kỳ cơ sở ở toàn bộ miền phân tích, với mức độ tăng phổ biến từ 14 - 25 m. Trong đó, hình thế nổi bật là khu vực Bắc Biển Đông, với mức độ tăng của HGT phổ biến từ 22 đến trên 25 m. Sự gia tăng của HGT thời kỳ 2080 - 2099 so với thời kỳ cơ sở khiến làm suy giảm dòng kinh hướng ở khu vực Bắc Biển Đông như thời kỳ cơ sở (Hình 3). Ngoài ra, tồn tại một vùng áp thấp yếu ở khu vực Bắc Bộ (áp thấp Bắc Bộ) là trung tâm hút gió gây mưa ở khu vực này (Hình 3a) cũng không tồn tại trong dự tính thời kỳ 2080 - 2099 (Hình 3b) do sự gia tăng của HGT (Hình 6a). Chênh lệch IMF giữa tương lai và thời kỳ cơ sở được thể hiện dưới dạng véc tơ trên Hình 6a là một dạng xoáy nghịch IMF quy mô lớn trên khu vực Bắc Biển Đông. Điều này là do hoạt động của gió mùa

mùa hè trong thời kỳ này được dự tính yếu hơn so với thời kỳ cơ sở, dẫn đến lượng ẩm được vận chuyển đến thấp hơn so với thời kỳ cơ sở. Hay nói cách khác, hội tụ ẩm gây mưa do hoạt động của gió mùa mùa hè được dự tính yếu hơn so với thời kỳ cơ sở. Do vậy, lượng mưa trong mùa JJA giảm so với thời kỳ cơ sở ở khu vực phía Bắc (Hình 5a).

Mùa SON: Mô hình NHRCM có thiên hướng dự tính HGT gia tăng so với thời kỳ cơ sở, với mức tăng phổ biến từ 13 - 18,5 m trên toàn miền phân tích. Trong đó, hình thế nổi bật là một dạng sống gia tăng HGT có trục đi qua khu vực giữa Biển Đông (Hình 6b). Hay nói cách khác, sự gia tăng HGT thể hiện áp cao Tây Thái Bình Dương ảnh hưởng đến khu vực Biển Đông trong thời kỳ 2080 - 2099 mạnh mẽ hơn so với thời kỳ cơ sở. Do vậy, hoạt động của tín phong từ rìa phía Nam của áp cao này mạnh mạnh mẽ hơn so với thời kỳ cơ sở. Hình 6b cũng thể hiện rõ, véc tơ IMF có hướng chủ đạo là theo hướng tín phong, mang một lượng ẩm lớn đến khu vực Việt Nam. Sự gia tăng IMF theo hướng tín phong tiến đến lãnh thổ Việt Nam kết hợp với địa hình gây hội tụ ẩm (Hình 6b), là nguyên nhân chính gây gia tăng lượng mưa trong tương lai so với thời kỳ cơ sở (Hình 5b).



Hình 6. Dự tính biến đổi 850-hPa GHT (m) và 850 - 500-hPa IMF (kg m-1 s-1) vào thời kỳ 2080 - 2099 so với thời kỳ 1982-2003 theo kịch bản RCP8.5 bằng mô hình NHRCM: (a) JJA và (b) SON

4. Kết luận

Theo kịch bản RCP 8.5, mô hình NHRCM dự tính hình thế phân bố theo không gian của hoàn lưu quy mô lớn mực 850 hPa và lượng mưa trong mùa mưa thời kỳ 2080 - 2099 là khá tương đồng với thời kỳ cơ sở (1982 - 2003). Trong tương lai, hình thế nổi bật vào mùa JJA là phát triển đới gió tây xích đạo (gió mùa mùa hè) được dự tính yếu hơn so với thời kỳ cơ sở. Tuy nhiên vào mùa SON, hình thế nổi bật là sự lấn sâu xuống phía Nam của áp cao cận nhiệt Tây Thái Bình Dương được dự tính mạnh mẽ hơn so với thời kỳ cơ sở. Do vậy, hội tụ ẩm do gió mùa mùa hè yếu hơn vào mùa JJA; nhưng hội tụ ẩm do tín phong gây ra được tăng cường vào mùa SON ở khu vực Việt Nam. Những thay đổi về hoàn lưu quy mô lớn theo mùa này được xem là nguyên nhân chính gây lên sự tăng/giảm lượng mưa trong thời kỳ 2080 - 2099 so với thời kỳ cơ sở ở các vùng khí hậu. Trong đó, lượng mưa mùa JJA được dự tính giảm phổ biến từ 0 - 40% ở Bắc Bộ; gia tăng khoảng từ 0 - 30% ở Tây Nguyên và Nam Bộ so với thời kỳ cơ sở. Ngược lại, lượng mưa mùa SON được dự tính gia tăng phổ biến từ 0 - 50% trên hầu hết diện tích cả nước; từ 0 - 40% ở khu vực Trung Bộ.

***Lời cảm ơn**: This work was conducted with the cooperation of Development of Basic Technology for Risk Information on ClimateChange, supported by SOUSEI Program of Ministry of Education, Culture, Sports, Science, and Technology of Japan. The authors thank to Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism for funding the travel expenses between Vietnam and Japan.*

Tài liệu tham khảo

1. Mai Văn Khiêm và CS, (2015), *Nghiên cứu xây dựng Atlas khí hậu và biến đổi khí hậu Việt Nam*. BCTK đề tài KHCN-BĐKH/11-15.17

2. Hirai, M., T. Sakashita, H. Kitagawa, T. Tsuyuki, M. Hosaka, and M. Oh'izumi, (2007), *Development and validation of a new land surface model for JMA's operational global model using the CEOP observation dataset*. J. Meteor. Soc. Japan, 85A, 1–24.

3. Kieu-Thi X., H. Vu-Thanh, T. Nguyen-Minh, D. Le, L. Nguyen-Manh, I. Takayabu, H. Sasaki, and A. Kitoh (2016), *Rainfall and tropical cyclone activity over Vietnam simulated and projected by the non-hydrostatic regional climate model - NHRCM. J. Meteor. Soc. Japan*, 94A, 135-150, doi:10.2151/jmsj.2015-057.

4. Kitoh, A., T. Ose, K. Kurihara, S. Kusunoki, M. Sugi, and KAKUSHIN Team-3 Modeling Group, (2009), *Projection of changes in future weather extremes using super-high-resolution global and regional atmospheric models in the KAKUSHIN Program: Results of preliminary experiments.* Hydrol. Res. Lett., 3, 49–53.

5. Mizuta, R., H. Yoshimura, H. Murakami, M. Matsueda, H. Endo, T. Ose, K. Kamiguchi, M. Hosaka, M. Sugi, S. Yukimoto, S. Kusunoki, and A. Kitoh,(2012), *Climate simulations using MRI-AGCM3.2 with 20-km grid*. J. Meteor. Soc. Japan, 90A, 233–258.

6. Saito, K., T. Fujita, Y. Yamada, J. Ishida, Y. Kumagai, K. Aranami, S. Ohmori, R. Nagasawa, S. Kumagai, C. Muroi, T. Kato, H. Eito, and Y. Yamazaki, (2006), *The operational JMA nonhydrostatic mesoscale model*. Mon. Wea. Rev., 134, 1266–1298.

7. Sasaki, H., K. Kurihara, A. Murata, M. Hanafusa, and M. Oh'izumi, (2013), *Future changes of snow depth in a non-hydrostatic regional climate model with bias correction*. SOLA, 9, 5–8.

8. Akiyo Yatagai, Kenji Kamiguchi, Osamu Arakawa, Atsushi Hamada, Natsuko Yasutomi, Akio Kitoh, (2012), *APHRODITE: Constructing a Long-Term Daily Gridded Precipitation Dataset for Asia Based on a Dense Network of Rain Gauges*. American Meteorological Society 93(9):1401-1415. DOI: 10.1175/BAMS-D-11-00122.1

RAINFALL PROJECTION FOR SEASONAL RAINFALL OVER VIETNAM BY THE END OF 21ST CENTURY UNDER RCP8.5 SCENARIO BY THE NHRCM MODEL

Nguyen Dang Mau[1],Nguyen Minh Truong[2],
Hidetaka Sasaki[3], Izuru Takayabu[3]
[1]Vietnam Institute of Meteorology, Hydrology and Climate change,
[2]Hanoi University of Science, Hanoi, Vietnam,
[3]Meteorological Research Institute, Tsukuba, Japan

Abstract:*This article presents changes in rainfall of seasonal rainfall compared with baseline periodover Vietnam by the end of 21st century under RCP8.5 scenario by the NHRCM model (Non-Hydrostatic Regional Climate Model). In this study, the seasonal rainfall is JJA over the North, Central Highlands and as well as South Vietnam; the SON for Central regions. Results of compared with baseline period showed that, 2080-2099 JJA rainfall of the North is projected to decrease by 0 - 40%; increase by 0 - 30% over Central Highlands and as well as South Vietnam. The 2080 - 2099 SON rainfall is projected to increase by 0 - 30% over the Central regionscompared with baseline period.*

Key words*: Rainfall, 850-hPa winds, geopotential height, moisture flux.*

Ban Biên tập nhận bài:18/04/2017
Ngày phản biện xong: 03/05/2017