



PERGAMON

Climate change and world food security: a new assessment



Biến đổi khí hậu và an toàn lương thực của thế giới: một cách đánh giá mới

Martin Parry^{a,*}, Cynthia Rosenzweig^b, Ana Iglesias^c, Gunther Fischer^d,
Matthew Livermore^a

^aThe Jackson Environment Institute, University of East Anglia, Norwich NR4 7TJ, UK

^bGoddard Institute for Space Studies, New York, 10025, USA

^cUniversidad Politecnica de Madrid, 28040 Madrid, Spain

^dInternational Institute for Applied Systems Analysis, A-2361 Laxenburg, Austria

Translator: Võ Thị Thu và Lê Đức Minh

Tóm tắt

Dựa trên nghiên cứu trước đây, những ước tính định lượng về tác động của biến đổi khí hậu (BĐKH) lên sản xuất lương thực toàn cầu được thực hiện dựa trên thử nghiệm kịch bản khí nhà kính trong trường hợp tổng thể HadCM2 và gần đây là HadCM3 của Trung tâm Hadley tại Anh Quốc (Hulme và cộng sự, 1999). Những hậu quả tác động lên giá lương thực toàn cầu và số lượng người có nguy cơ bị đói do tổ chức nông lương thế giới (FAO, 1988) đưa ra cũng được tính tới. BĐKH được dự đoán sẽ làm tăng sản lượng cây trồng ở các vùng vĩ độ cao và trung bình và giảm ở các vùng vĩ độ thấp hơn. Sự thay đổi này ngày càng trở nên rõ ràng. Hệ thống cung cấp lương thực có thể đáp ứng được những thay đổi theo vùng ở mức độ toàn cầu, với năng suất lương thực, giá cả và nguy cơ bị đói gần như không bị tác động dưới những tác động bổ sung của BĐKH. Đến những năm 2080, số người gia tăng vì nạn đói do tác động của BĐKH có thể lên tới 80 triệu người (± 10 triệu người tùy thuộc vào kịch bản nào trong số 4 trường hợp của HadCM2 được sử dụng). Tuy nhiên, ở một số khu vực (đặc biệt vùng khô hạn và cận nhiệt đới) sẽ phải chịu những tác động rất bất lợi. Đặc biệt như châu Phi sẽ phải chịu sự sụt giảm lớn về năng suất, sản lượng cây trồng và tăng số người có nguy cơ bị đói do tác động của BĐKH. Châu lục này dự tính sẽ có thêm từ 55 đến 65 triệu người có nguy cơ bị đói tính đến những năm 2080 theo kịch bản BĐKH HadCM2. Còn theo kịch bản BĐKH HadCM3, tác động thậm chí còn nặng nề hơn, với ước tính có thêm hơn 70 triệu người phải đối mặt với nguy cơ bị đói ở châu Phi.

1. Mở đầu

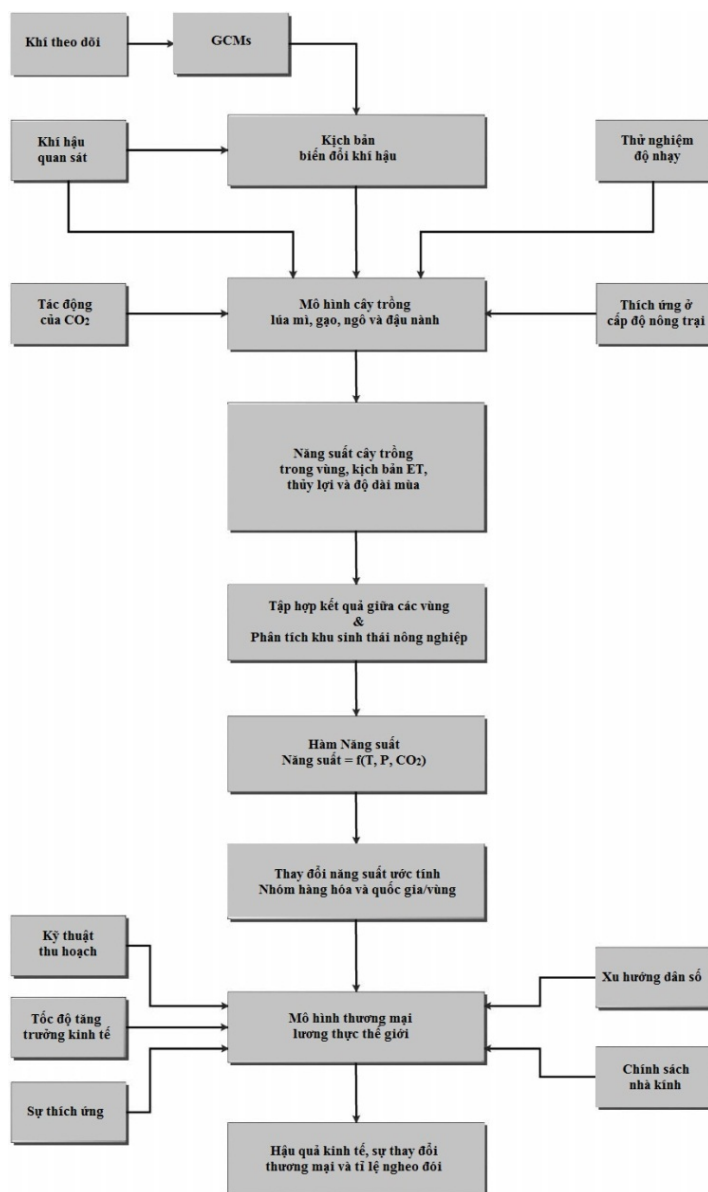
Các bằng chứng khoa học hiện nay cho thấy rằng từ thế kỷ trước, con người đã bắt đầu gây ra những tác động đến khí hậu, khiến khí hậu trái đất nóng lên (IPCC, 1996, 1998). Trong những thập niên tiếp theo, nền nông nghiệp thế giới sẽ phải đương đầu với những thử thách này bên cạnh những vấn đề do gia tăng dân số gây ra, với dân số được dự đoán là sẽ tăng gấp đôi vào những năm 2080 (World Bank, 1995).

Nghiên cứu này tìm hiểu những tác động tiềm tàng của BĐKH lên sản lượng cây trồng, nguồn cung của lương thực

thế giới và nguy cơ của nạn đói. Sự thay đổi của năng suất cây trồng trước tác động của BĐKH được ước tính từ mô hình phát triển cây trồng. Những hậu quả kinh tế do những thay đổi tiềm tàng của năng suất cây trồng sau đó được mô phỏng sử dụng mô hình thương mại lương thực toàn cầu. Phân tích này cung cấp những ước tính về sự thay đổi của sản lượng và giá của một số loại lương thực chính và số lượng người có nguy cơ bị đói. Phương pháp nghiên cứu này đã được sử dụng trong một số nghiên cứu trước đây (Rosenzweig và Parry, 1994; Fischer và cộng sự, 1996). Trong nghiên cứu này, việc sử dụng những kịch bản mô hình khí hậu toàn cầu ngắn hạn (Global climate model -

Mặc dù những tiến bộ trong công nghệ như cải thiện giống cây trồng và hệ thống tưới tiêu, thời tiết và khí hậu vẫn là những nhân tố cơ bản quyết định đến năng suất nông nghiệp. Ví dụ chỉ một số cơn mưa nhỏ do gió mùa gây ra vào năm 1987 đã gây ra thiếu hụt trên quy mô lớn về năng suất cây trồng ở Ấn Độ, Bangladesh và Pakistan, khiến cho 2 nước Ấn Độ và Pakistan phải quay trở lại tình trạng nhập khẩu lúa mì (Viện Lương thực Toàn cầu, 1998). Hai thập niên trở lại đây cũng đã chứng kiến sự suy giảm liên tục sản lượng lương thực ở Châu Phi, một phần gây ra bởi hạn hán kéo dài, tiềm lực sản xuất thấp và những nỗ lực cứu trợ quốc tế trong việc ngăn chặn nạn đói lan tràn. Trong khi đó, ngành thương mại nông nghiệp phát triển một cách nhanh chóng, mang lại nguồn cung cấp lương thực đáng kể cho các nước nhập khẩu và nguồn tài chính quan trọng cho các nước xuất khẩu. Những ví dụ này càng nhấn mạnh mối quan hệ khăng khít giữa nông nghiệp và khí hậu, bản chất quốc tế của thương mại lương thực và an toàn lương thực, cũng như yêu cầu phải xem xét những tác động của BĐKH trong bối cảnh toàn cầu.

lượng thực toàn cầu được minh họa trong Hình 1. Có 2 hợp phần chính: Ước tính những thay đổi tiềm năng của năng suất cây trồng và ước tính những phản ứng của hệ thống thương mại lương thực toàn cầu. Tất cả các kịch bản BĐKH, công nghệ và kinh tế - xã hội được sử dụng trong nghiên cứu này đều dựa trên kịch bản IS92a (xem giải thích từ Hulme và cộng sự, 1999). Các phương pháp nghiên cứu trong 2 hợp phần trên sẽ được mô tả dưới đây.



Hình 1. Những yếu tố chính của nghiên cứu sản lượng cây trồng và thương mại lương thực thế giới (từ Rosenzweig và cộng sự, 1993)

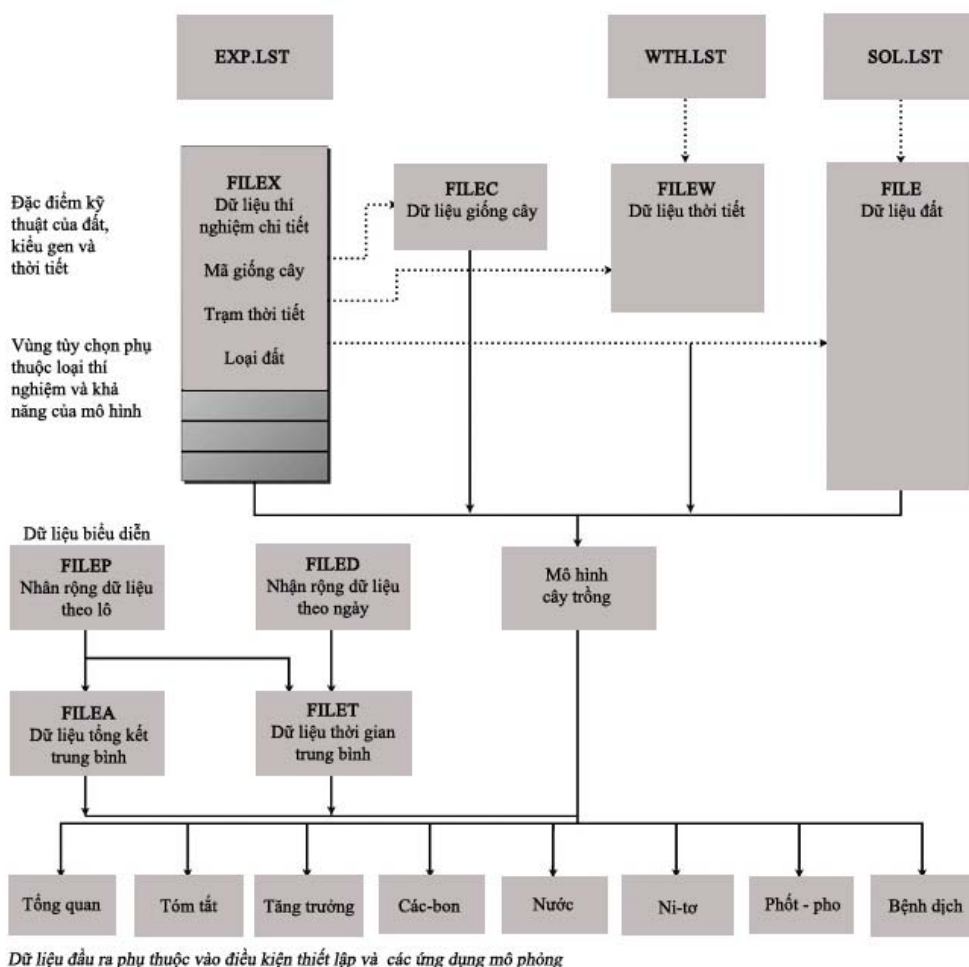
2. Phương pháp nghiên cứu

Cấu trúc và phương pháp của nghiên cứu về nguồn cung

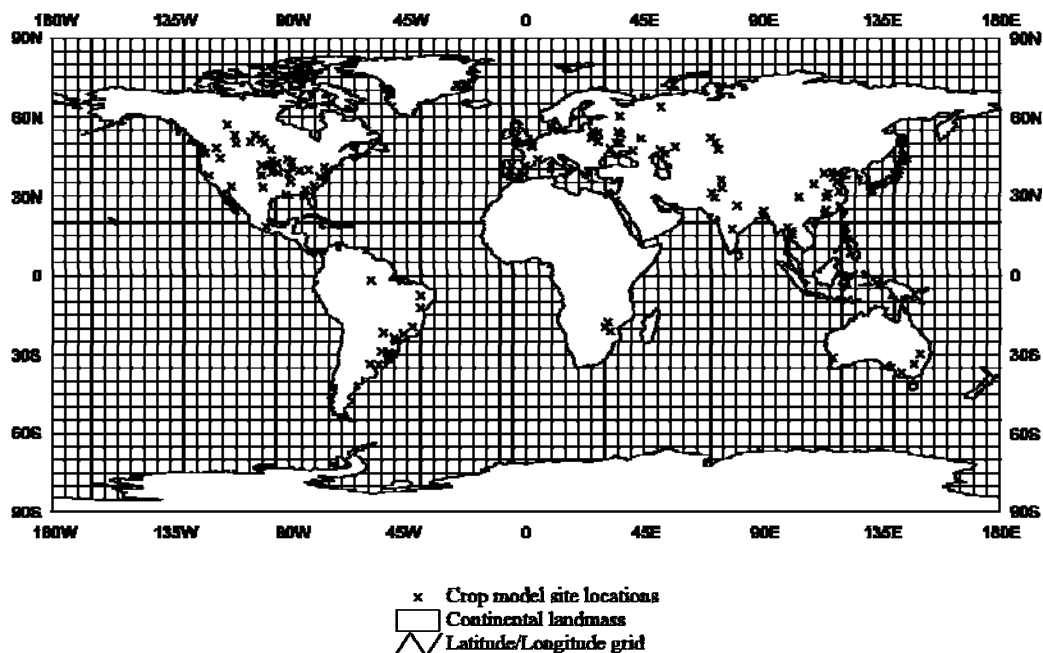
Trong 2 hợp phần này của nghiên cứu BDKH, sự thích ứng được xem xét và kết hợp chặt chẽ trong quá trình đánh giá những dự đoán này. *Thích ứng ở phạm vi nông trại* được kiểm định bằng các mô hình cây trồng, mô hình dẫn đến sự thay đổi sản lượng cây trồng. Trong khi đó, *những điều chỉnh kinh tế* theo những thay đổi về sản lượng cây trồng được kiểm định bằng mô hình thương mại lương thực toàn cầu BLS, mô hình gây ra sự thay đổi sản lượng cấp vùng và quốc gia, cũng như sự điều chỉnh giá cả. Thích ứng ở phạm vi nông trại được kiểm định bằng các mô hình cây trồng bao gồm sự thay đổi lịch trồng cây, các hình thức thay đổi để thích ứng hơn với thời tiết, tưới tiêu và phân bón. Sự điều chỉnh kinh tế được thể hiện bởi mô hình BLS bao gồm: tăng đầu tư trong nông nghiệp, phân phối các nguồn nông nghiệp dựa theo lợi nhuận kinh tế (bao gồm thay đổi cây trồng), và khai hoang thêm các loại đất trồng được để đáp ứng với giá ngũ cốc tăng cao. Giả thiết rằng không có tác động ngược lại do những thay đổi kinh tế này tác động lên mức sản lượng cây trồng mà đã được đưa ra bởi mô hình cây trồng.

2.1. Ước tính về những thay đổi tiềm năng đối với sản lượng cây trồng

Mô hình tăng trưởng cây trồng biến động, IBSNAT-ICASA, được áp dụng cho một số loại ngũ cốc dạng hạt chủ yếu và đậu nành (xem Hình 2), được tiến hành và kiểm chứng trên 124 địa điểm khác nhau thuộc 18 quốc gia (xem Hình 3), đại diện cho các vùng nông nghiệp chủ yếu của thế giới (Rosenzweig và Iglesias, 1994, 1999; Hình 2). Mô hình IBSNAT-ICASA được xây dựng bởi Tổ chức kiểm chuẩn quốc tế về chuyển giao công nghệ nông nghiệp của Hoa Kỳ (the US Agency for International Development's International Sites Network for Agrotechnology Transfer) (IBSNAT, 1989). Kết quả mô phỏng mô hình cây trồng được tổng hợp và ngoại suy tới cấp độ vùng dựa trên phân tích các vùng khí hậu nông nghiệp. Kết quả mô hình tổng hợp cây trồng dưới các điều kiện khí hậu và canh tác khác nhau sau đó được sử dụng để xác định các dạng chức năng thích hợp đối với sản lượng theo khu vực thích ứng với các thông số khí hậu (nhiệt độ và lượng mưa), và các yếu tố môi trường hỗ trợ (nồng độ CO₂ khí quyển).



Hình 2. Các mô hình cây trồng IBSNAT



Hình 3. Vị trí các vùng tiến hành mô hình cây trồng của IBSNAT

Các chức năng được tạo ra này sau đó được kết nối với cơ sở dữ liệu địa lý để đánh giá sự thay đổi sản lượng theo không gian dưới các kịch bản của điều kiện khí hậu và nồng độ CO₂ khác nhau do mô hình khí hậu toàn cầu của Trung tâm Hadley dự đoán đó là HadCM2 (Mitchell và cộng sự, 1995) và HadCM3 (Hulme và cộng sự, 1999). Các mối liên hệ giữa phân tích và mô phỏng được xây dựng ở cấp độ địa điểm đã được xác nhận và ở cấp độ vùng/ lãnh thổ.

Bảng 1

Năng suất trồng trọt thế giới, diện tích, sản lượng và tỷ lệ phần trăm được tổng kết cho những nước tham gia vào nghiên cứu này

	Năng suất t/ha	Diện tích ha × 1000	Sản lượng ha × 1000	Các nước nghiên cứu %
Lúa mì	2,1	230.839	481.811	73
Gạo	3,0	143.603	431.585	48
Ngô	3,5	127.393	449.364	71
Đậu nành	1,8	51.357	91.887	76

Ngũ cốc (các loại ngũ cốc dạng hạt chính và đậu nành) chiếm 85% tổng lượng ngũ cốc xuất khẩu. Bảng 1 thể hiện tỷ lệ % của sản lượng lương thực thế giới về lúa mì, gạo, lúa mạch và đậu nành ở những quốc gia tiến hành mô phỏng. Quá trình mô phỏng được tiến hành ở những vùng cung cấp 70-76% sản lượng lúa mì, ngô và đậu nành trên tổng sản lượng lương thực thế giới. Sản xuất lúa gạo không được thể hiện rõ như các loại lương thực khác trong tính toán mô phỏng mô hình này, bởi lẽ, lúa gạo là cây lương thực chính của các nước Ấn Độ, Indonesia và Việt Nam, tuy nhiên các nước này không thuộc phạm vi nghiên cứu. Trong tương lai cần có những nghiên cứu sâu hơn cho những nước sản xuất gạo quan trọng kể trên để cùng có

thêm tính xác thực của những dự đoán về tác động của BĐKH lên sản xuất lúa gạo.

2.2. Mô hình cây trồng

Nghiên cứu này mô phỏng những loại cây lương thực chính sử dụng mô hình IBSNAT-ICASA cho lúa mì (CERES-wheat; Godwin và cộng sự, 1990), lúa gạo (CERES- lúa gạo, Godwin và cộng sự, 1993), ngô (Jones and Kiniry, 1986; Ritchie và cộng sự, 1989), và đậu nành (SOYGRO, Jones và cộng sự, 1989). Các mô hình IBSNAT được cung cấp các tham số về các quá trình sinh lý quan trọng cho quá trình phát triển cây trồng, đó là quá trình bốc hơi nước và quang hợp để tạo ra sản lượng kinh tế. Các chức năng đơn giản cho phép dự đoán sự phát triển của cây trồng dưới tác động của các yếu tố quyết định đến năng suất cây trồng như gen, khí hậu (độ dài chiếu sáng hàng ngày, nhiệt độ cực đại, cực tiểu và lượng mưa), đất đai và cách chăm sóc. Mô hình cũng có tiểu mô hình về cân bằng độ ẩm trong đất, cho phép dự đoán sản lượng cây trồng phụ thuộc vào mưa cũng như tưới tiêu. Các mô hình này mô phỏng tác động của phân đạm lên sự phát triển của cây trồng, và các kết quả này được phân tích tại một số địa điểm dưới tác động của BĐKH (ví dụ như Argentina và Uruguay, xem nghiên cứu của Rosenzweig và Iglesias, 1994). Tuy nhiên, trong hầu hết các trường hợp, các kết quả của nghiên cứu này giả định hàm lượng chất dinh dưỡng là tối ưu.

Các mô hình IBSNAT được sử dụng trong nghiên cứu này bởi lẽ nó được chứng minh có giá trị trong các điều kiện môi trường khác nhau (như trong nghiên cứu của Otter- Nackle và cộng sự năm 1986) và không bị giới hạn ở địa điểm và loại đất cụ thể. Do đó, mô hình này thích hợp

với những nghiên cứu có quy mô rộng, trong đó đặc điểm cây trồng và chất đất rất đa dạng, so với những mô hình sinh lý chi tiết hơn chưa được kiểm tra rộng rãi. Kiểm chứng các mô hình cây trồng trong các điều kiện môi trường khác nhau đã củng cố khả năng dự đoán những ảnh hưởng của BĐKH. Do các mô hình cây trồng đã được kiểm chứng gần như toàn bộ khoảng biến thiên của nhiệt độ và lượng mưa trong điều kiện thực tại và ở một chừng mực nào đó điều kiện dự đoán trong tương lai, các mô hình này được xem như là công cụ hữu hiệu cho việc đánh giá những tác động của BĐKH. Thêm vào đó, do phương thức chăm sóc như cách chọn giống, thời điểm trồng, sử dụng phân bón và tưới tiêu, có thể thay đổi được trong các mô hình này, chúng cho phép thực hiện các thí nghiệm mô phỏng phương pháp thích ứng của người nông dân trong điều kiện của BĐKH.

2.3. *Mô phỏng tác động trực tiếp của CO₂ đối với sự phát triển của cây trồng*

Hầu hết các loại cây được trồng trong thực nghiệm khi tăng nồng độ CO₂ khí quyển thì đều tăng khả năng quang hợp thực tế (khả năng quang hợp thực = tổng lượng quang hợp - lượng hô hấp) và giảm độ mở khí khổng. (Những tác động thực nghiệm của CO₂ đến cây trồng đã được Cure và Acock (1986) tổng kết). Độ mở khí khổng một phần giúp giảm lượng thoát hơi nước trên đơn vị diện tích lá đồng thời tăng khả năng quang hợp, giúp tăng khả năng sử dụng nước hiệu quả (tỷ lệ giữa tích lũy sinh khối cây trồng hay năng suất sinh ra và lượng nước sử dụng trong quá trình bốc và thoát hơi nước). Do đó, chỉ tăng nồng độ CO₂ có thể tăng sản lượng và giảm tiêu thụ nước trên một đơn vị sinh khối.

Những mô hình cây trồng sử dụng trong nghiên cứu này đã tính đến tác động sinh lý có lợi của việc tăng nồng độ CO₂ trong khí quyển trên cây trồng và việc sử dụng nước (Peart và cộng sự, 1989). Như đã mô phỏng trong nghiên cứu này, tác động trực tiếp của CO₂ có thể thiên vị việc tăng sản lượng cây trồng theo hướng tích cực, tuy nhiên chưa thể khẳng định kết quả này trong điều kiện trồng cây ngoài đồng ruộng. Cây trồng trong điều kiện thực nghiệm chịu ít tác động bất lợi của môi trường cũng như sự cạnh tranh của cỏ dại và các loài sâu hại hơn so với cây trồng ngoài đồng ruộng. Tuy vậy, những nghiên cứu gần đây trong điều kiện nuôi trồng thực tế cũng đã cho thấy tác động tổng thể tích cực của CO₂ đối với sản lượng cây trồng (Hendry, 1993).

2.4. *Mô phỏng sản lượng ở cấp độ địa điểm*

Thực nghiệm mô phỏng mô hình cây trồng trong nghiên cứu này được thực hiện cho: điều kiện khí hậu cơ sở, sự thay đổi nhiệt độ, lượng mưa và nồng độ CO₂; các kịch bản BĐKH GCM có và không tính đến tác động sinh lý của CO₂ đối với cây trồng. Thực nghiệm này bao gồm các công

việc sau:

- Xác định các phương pháp trồng cây đại diện (ví dụ như giống cây trồng, phân bón, sản xuất trong điều kiện mưa tự nhiên và/hoặc được tưới tiêu, số mùa vụ trong năm) và đất.
- Xác định dữ liệu khí hậu nền theo ngày trong giai đoạn 1961-1990 hay trong những năm có dữ liệu này.
- Kiểm chứng các mô hình cây trồng trong điều kiện khí hậu hiện tại với dữ liệu thực nghiệm từ thực tế trên đồng ruộng trong chừng mực có thể.
- Mô phỏng phản ứng của cây trồng đối với những kịch bản khí hậu khác nhau.
- Kiểm tra sự thích ứng ở mức độ nông trại: dịch chuyển thời vụ gieo trồng (± 1 tháng); bổ sung nước tưới đối với cây trồng trong điều kiện đã được tưới tiêu, và thay đổi giống cây trồng dựa vào các giống hiện có.

2.4.1. *Tập hợp kết quả vào các vùng khí hậu nông nghiệp*

Kết quả mô hình cây trồng cho lúa mì, lúa gạo, ngô và đậu nành từ 124 địa điểm khác nhau sẽ được tổng hợp vào các vùng khí hậu nông nghiệp bằng cách lấy trọng số tỉ lệ đóng góp đại diện của chúng đối với sản xuất khu vực hiện tại. Kết quả tổng hợp được tính toán cùng với các nhà nông học tại 18 quốc gia (xem Rosenzweig và Iglesias, 1994) và với các nguồn dữ liệu về sản xuất của Tổ chức nông lương liên hiệp quốc (FAO, 1995), Bộ Nông nghiệp Hoa Kỳ (USDA), Cục thống kê sản xuất cây trồng (Crop Production Statistical Division) và Cục Dịch vụ quốc tế thuộc Bộ Nông nghiệp Hoa Kỳ. Nhữn ước tính về sản lượng vùng thể hiện việc sản xuất có sự kết hợp của điều kiện mưa và điều kiện tưới tiêu cũng như giống cây trồng, quản lý đạm và đất.

2.4.2. *Phát triển các dạng chức năng của sản lượng vùng*

Các phân tích thống kê được sử dụng để tính toán chức năng phản ứng của sản lượng theo vùng dựa trên các kết quả của từng địa điểm. Đầu tiên, mối quan hệ giữa sản lượng cây trồng và độ dị thường của nhiệt độ và lượng mưa trong suốt quá trình sinh trưởng của cây trồng; và nồng độ CO₂ khí quyển được phân tích độc lập bằng việc sử dụng hệ số tương quan momen tích Pearson và được tính toán bằng chương trình thống kê SPSS. Phân tích thử nghiệm này nhằm xác định các biến có tác động lớn tới sự thay đổi của sản lượng quan sát được.

Sự thay đổi sản lượng do biến đổi kết hợp của nhiệt độ, lượng mưa, và nồng độ CO₂ (từ 10 đến 200 lần mô phỏng mỗi vụ và tại mỗi khu vực khí hậu nông nghiệp) sau đó sẽ được phân tích thống kê. Những mô hình tuyến tính nhiều chiều và hồi quy bậc hai được kiểm tra khi được coi là các hàm sản lượng. Với mỗi hàm số, sự thống nhất giữa sản lượng mô phỏng quan sát được (thuật ngữ “quan sát được” được sử dụng ở đây để xác định kết quả của các mô phỏng mô hình cây trồng) và sản lượng dự đoán bằng hàm số được đo bằng hệ số R² đã điều chỉnh biểu diễn một phần

nhỏ biến thiên của năng suất mô phỏng, được giải thích bởi những giá trị năng suất khác nhau. Ý nghĩa của những mô hình được ước tính cũng được đánh giá thông qua việc sàng lọc các giá trị thu được thông qua việc sử dụng tiêu chuẩn của phép thử F cho những giá trị F nhỏ hơn 0.0001 ở mức ý nghĩa 95%. Những tham số của hàm, ý nghĩa của chúng và sản lượng ước tính sẽ được tính toán bằng chương trình thống kê SPSS.

Các hàm sản lượng sau đó sẽ được đưa vào dữ liệu BDKH về không gian (kịch bản thay đổi nhiệt độ, lượng mưa và nồng độ CO₂) để đưa ra ước tính kịch bản thay đổi sản lượng trong từng loại cây trồng.

2.4.3. *Ước tính thay đổi sản lượng cho cây trồng và vùng không được mô phỏng*

Sự thay đổi sản lượng cây trồng theo khu vực được ngoại suy:

- Để ước tính những thay đổi về sản lượng cho các loại cây trồng khác và các nhóm hàng hóa trong phân tích thị trường lương thực bằng việc sử dụng kết hợp biện pháp chuyên gia và biện pháp hồi cứu.
- Đối với một số quốc gia và vùng lãnh thổ cụ thể được xét đến trong BLS mà không được thể hiện trong các vùng khí hậu nông nghiệp đồng nhất (xem Bảng 2).

Quá trình ngoại suy được ước tính dựa trên 3 tiêu chuẩn:

- Điều kiện trồng cây giống nhau trong các mô hình cây trồng;
- Kết quả từ 50 nghiên cứu khu vực trước đây về tác động của BDKH đã được công bố và chưa công bố; và
- Sự thay đổi nhiệt độ và lượng mưa (dẫn đến sự thay đổi độ ẩm của đất phục vụ sự sinh trưởng của cây trồng) từ 4 họ kịch bản tổng thể HadCM2 và 1 họ HadCM3 (Hulme và cộng sự, 1999).

Bảng 2
Các mô hình trong hệ thống liên kết cơ bản

Mô hình quốc gia	
Achentina	Kenya
Úc	Mexico
Brazin	New Zealand
Canada	Nigeria
Ái cập	Pakistan
Indonesia	Thái Lan
Nhật bản	Thổ Nhĩ Kỳ
Mô hình các nước có cấu trúc đặc biệt	
Trung Quốc	Mỹ
Ấn độ	
Mô hình những nước liên minh kinh tế	
Đông Âu và Liên Xô cũ	Liên minh châu Âu
Mô hình nhóm khu vực	
Các nước xuất khẩu dầu Châu Phi	Các nước thu nhập trung bình ở Mỹ-Latinh
Các nước xuất khẩu thu nhập trung bình ở Châu Phi	Các nước xuất khẩu trung bình khá ở Đông Nam Á
Các nước nhập khẩu thu nhập trung bình ở Châu Phi	Các nước nhập khẩu trung bình khá ở Đông Nam Á
Các nước xuất khẩu thu nhập thấp ở Châu Phi	Các nước thu nhập thấp ở Châu Á
Các nước nhập khẩu thu nhập thấp ở Châu Phi	Các nước xuất khẩu dầu ở Tây Nam Á
Các nước xuất khẩu thu nhập cao ở Mỹ-Latinh	Thu nhập thấp-trung bình ở Tây Nam Á
Các nước nhập khẩu thu nhập cao ở Mỹ-Latinh	Còn lại

2.4.4. *Hạn chế của những ước tính về sự thay đổi sản lượng cây trồng*

Những ước tính về sự thay đổi sản lượng cây trồng chứa đựng nhiều yếu tố bất chắc. Ở cấp độ địa điểm, nguyên nhân cơ bản gây ra sự thiếu chính xác nằm bên trong việc sử dụng mô hình cây trồng. Các mô hình cây trồng sử dụng nhiều giả định đơn giản hóa. Ví dụ như theo giả định các loại cỏ dại, bệnh tật và các loài côn trùng gây hại được kiểm soát; các điều kiện đất tốt (như độ mặn hay độ axit); và cũng không có các hình thái thời tiết cực đoan như hạn hán hay bão lũ. Các mô hình này được điều chỉnh theo dữ liệu thực nghiệm trên đồng ruộng, nơi thường có sản lượng cao hơn so với trong điều kiện trồng thực tế. Do đó, tác động tuyệt đối của BDKH lên sản lượng cây trồng ngoài thực tế cũng sai khác so với sản lượng cây trồng được mô phỏng trong mô hình. Các mô hình cây trồng mô phỏng các công nghệ nông nghiệp hiện có trên toàn thế giới, bao gồm cả việc sử dụng giống lúa cao sản, thường thay đổi phụ thuộc vào tiến bộ về công nghệ. Tuy nhiên, đến năm 2080 công nghệ nông nghiệp chắc chắn sẽ rất khác so với hiện nay. Các mô hình cây trồng có thể được sử dụng để kiểm tra tác động của một số cải tiến tiềm năng trong sản xuất nông nghiệp, ví dụ như việc sử dụng các giống cây trồng chịu nhiệt và lắp đặt hệ thống tưới tiêu, tuy nhiên không có những cải tiến trong tương lai. (Mô hình kinh tế BLS sử dụng trong nghiên cứu này có tính đến xu hướng cải thiện sản lượng cây trồng trong tương lai, tuy nhiên lại không xét đến sự phát triển công nghệ dưới tác động tiêu cực của BDKH).

Ở cấp độ vùng, nguyên nhân cơ bản gây ra sự thiếu chính xác trong các ước tính sản lượng cây trồng là do sự phân bố thưa thớt của các địa điểm áp dụng mô hình cây trồng để tính toán các hàm sản lượng vùng đồng thời các địa điểm nghiên cứu này chưa thể hiện đầy đủ các điều kiện của các vùng nông nghiệp khác nhau trong các quốc gia, sự đa dạng các hệ thống nông nghiệp trong các vùng sinh thái nông nghiệp giống nhau hay những vùng nông nghiệp khác nhau. Tuy vậy, do kết quả từ các địa điểm liên quan đến những vùng nghiên cứu chiếm tới 70% tổng lượng ngũ cốc của thế giới, những kết luận liên quan đến tổng lượng sản xuất ngũ cốc trên thế giới từ nghiên cứu này là tương đối chính xác. Một lý do khác làm giảm sự chính xác là các tính toán mô phỏng chỉ tập trung vào các loại ngũ cốc, dẫn tới việc ước tính về thay đổi sản lượng cho các loại sản phẩm khác như cây lấy củ và quả chủ yếu dựa vào những ước tính trước đây. Những ước tính trước đây có xu hướng đưa ra kết luận khả quan hơn so với những tính toán về phản ứng của cây trồng được đưa ra trong nghiên cứu này. Điều này dẫn tới sự thiên vị các loại cây trồng khác trong mô hình thương mại lương thực toàn cầu.

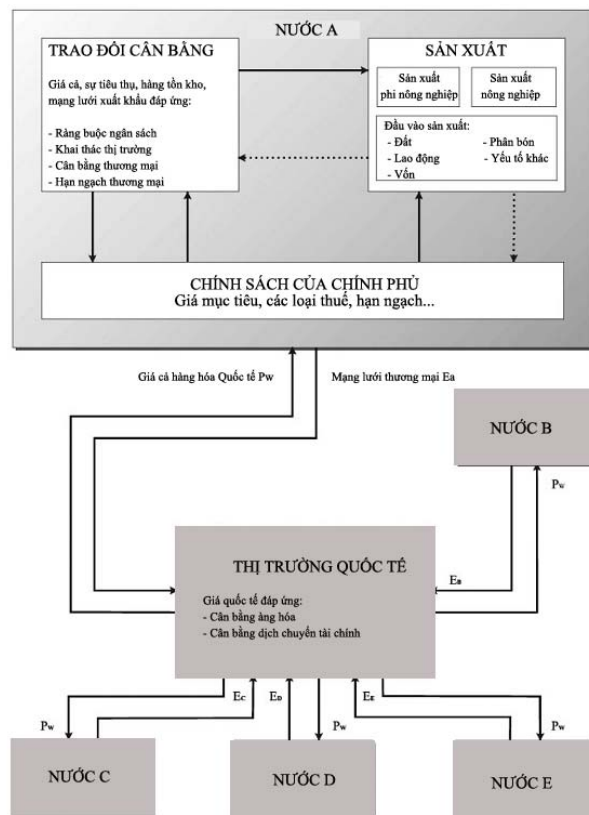
2.4.5. Ước tính về phản ứng của thương mại lương thực toàn cầu

Những thay đổi về sản lượng quốc gia được tính toán trong hợp phần đầu tiên của nghiên cứu này được sử dụng làm nguồn đầu vào cho mô hình thương mại lương thực toàn cầu, Hệ thống Liên kết Cơ bản - BLS (Basic Linked System), được xây dựng bởi Viện quốc tế về phân tích hệ thống ứng dụng (the International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA)), (Fischer và cộng sự, 1988). Hệ thống BLS ban đầu được sử dụng làm kịch bản tham khảo để dự đoán hệ thống nông nghiệp đến cuối những năm 2080 với giả thuyết rằng không có sự thay đổi nào về khí hậu, sau đó hệ thống được kết hợp với 4 kịch bản HadCM2 và 1 kịch bản HadCM3 về BĐKH. Trong nghiên cứu này, các yếu tố kinh tế xã hội được coi như không đổi giữa các lần chạy mô hình nhằm tách biệt những tác động của các lần chạy GCM khác nhau. Kết quả từ mô phỏng của hệ thống BLS cung cấp thông tin về quá trình sản xuất lương thực, giá lương thực và số người có nguy cơ bị đói (được định nghĩa là những người không có đủ thu nhập để sản xuất hay mua lương thực) trong các kịch bản này, được ước tính đến những năm 2080.

2.4.6. Mô hình thương mại lương thực toàn cầu

Bản chất của hệ thống lương thực toàn cầu là mối tương tác năng động phức tạp giữa người sản xuất và người tiêu dùng thông qua thị trường toàn cầu. Các hoạt động liên quan bao gồm sản xuất và thu nhận đầu vào, vận chuyển, tích trữ và chế biến. Mặc dù xu hướng toàn cầu hóa đã xuất hiện trong hệ thống lương thực toàn cầu, tuy nhiên chỉ có 15% tổng lượng lương thực trên thế giới luân chuyển qua các nước (Fischer và cộng sự, 1990). Chính phủ các nước quản lý hệ thống lương thực bằng việc áp đặt các quy định

và bằng việc đầu tư vào nghiên cứu trong nông nghiệp, cải thiện cơ sở hạ tầng và giáo dục. Chức năng của hệ thống lương thực là thỏa mãn nhu cầu lương thực cho người dân với hiệu quả ngày càng tăng và buôn bán lương thực trong và ngoài nước. Mặc dù hệ thống này không đảm bảo sự bền vững, nó đã góp phần giảm giá thành của các mặt hàng lương thực chủ đạo trong trong một thời gian dài (Fischer và cộng sự, 1990).



Hình 4. Hệ thống Liên kết Cơ bản - Mối liên hệ cơ bản giữa các nước thành viên và thị trường quốc tế. Mũi tên tới các nước thể hiện giá mặt hàng quốc tế; mũi tên tới các thị trường thể hiện thương mại ròng (từ Rosenzweig và cộng sự, 1993)

Hệ thống liên kết cơ bản (BLS) bao gồm các mô hình về mối liên hệ của quốc gia trong lĩnh vực nông nghiệp. BLS được thiết kế tại Viện quốc tế về phân tích hệ thống ứng dụng (IIASA) cho nghiên cứu về chính sách nông nghiệp, những nó cũng được sử dụng để đánh giá tác động của sự thay đổi sản lượng cây trồng do BĐKH gây ra đối với nguồn cung lương thực và giá cả của lương thực thế giới. Hiện tại, hệ thống BLS đã xây dựng được 18 mô hình ở cấp độ quốc gia, 2 mô hình vùng lãnh thổ có sự hợp tác chặt chẽ về mặt kinh tế là EU và Liên bang Xô-viết cũ, 14 mô hình nhóm vùng và một hợp phần nhỏ dành cho những sai khác và mất cân đối về thống kê trong quá trình lịch sử

(xem Bảng 2). Hai mươi mô hình trong hai nhóm đầu tiên chiếm tới 80% các thuộc tính của hệ thống lương thực thế giới, ví dụ như nhu cầu, đất và sản xuất nông nghiệp. Hai mươi phần trăm còn lại thuộc về 14 mô hình vùng của các nước có các thuộc tính gần giống nhau (ví dụ như các nước xuất khẩu dầu ở Châu Phi, các nước có nguồn thu nhập cao từ xuất khẩu tại Mỹ Latinh, các nước Châu Á có thu nhập thấp...). Các nhóm được xác định dựa vào đặc điểm của mỗi quốc gia, như vị trí địa lý, thu nhập đầu người và vị trí của quốc gia trong nền thương mại lương thực (Fischer và cộng sự, 1995).

BLS là hệ thống mô hình cân bằng chung, có đại diện của tất cả các thành phần kinh tế chủ đạo, các thông số ước tính thực nghiệm, không tính đến các nguồn cung cấp hoặc nhu cầu (xem Fischer và cộng sự (1988) để hiểu rõ thêm về mô hình). Trong hệ thống BLS, các quốc gia liên hệ với nhau thông qua thương mại, giá cả thị trường thế giới và dòng tài chính (Hình 4). Đây là hệ thống thay đổi liên tục: ở vòng đầu tiên những mặt hàng lương thực xuất khẩu từ các nước được tính toán cho một loạt biểu giá của thế giới đã xác và việc thanh toán trên thị trường quốc tế cũng được kiểm tra cho từng mặt hàng. Giá cả thế giới sau đó được chỉnh sửa lại bằng việc sử dụng các thuật toán tối ưu và sau đó lại được chuyển sang mô hình quốc gia. Tiếp đó, giá này sẽ đưa ra mức cân bằng nội địa mới và điều chỉnh các mặt hàng xuất khẩu. Quy trình này tiếp tục được lặp lại cho đến khi các thị trường thế giới cho tất cả các mặt hàng được thanh khoản. Trong mỗi bước của quá trình lặp lại này, thị trường nội địa đều nằm tại vị trí cân bằng. Quá trình này hình thành giá quốc tế do ảnh hưởng từ thỏa thuận của chính phủ và liên chính phủ. Hệ thống sẽ được giải quyết theo hướng tăng hàng năm, đồng thời cho tất cả các quốc gia. Các chỉ số tổng hợp về mức độ nhạy cảm của hệ thống lương thực thế giới bao gồm sản xuất ngũ cốc, giá ngũ cốc thế giới và số người có nguy cơ bị đói tại các nước đang phát triển.

Bản thân hệ thống BLS không trực tiếp xét tới các mối liên hệ với khí hậu. Những tác động của BĐKH đã được đưa vào thông qua sự thay đổi sản lượng cây trồng theo cấp độ quốc gia hay vùng đối với mỗi loại mặt hàng. Mười loại mặt hàng được sử dụng trong mô hình bao gồm: lúa mì, gạo, ngũ cốc dạng hạt thô, thức ăn đậm, thịt bò và cừu, các sản phẩm từ sữa, sản phẩm chế biến từ động vật khác, nông nghiệp phi lương thực và phi nông nghiệp. Ước tính thay đổi sản lượng các loại ngũ cốc dạng hạt thô dựa vào tỷ lệ % ngô phát triển ở 1 nước hoặc 1 vùng. Kết quả từ mô hình sử dụng đậu nành được sử dụng để ước tính cho các loại cây trồng giàu protein; ước tính cho các cây trồng không phải ngũ cốc dạng hạt được dựa trên mô hình các cây trồng ngũ cốc dạng hạt và những ước tính về tác động của BĐKH như đã đề cập ở trên. Quy trình này giúp cho các loại cây trồng không phải ngũ cốc chiếm ưu thế hơn, do các ước tính trước đây về sự thay đổi sản lượng của các loại ngũ cốc không phải dạng hạt ít tiêu cực hơn so với kết quả của

nghiên cứu này

2.4.7. Tỷ lệ tăng trưởng kinh tế

Tỷ lệ tăng trưởng kinh tế là kết quả của các hàm BLS. Sản xuất phi nông nghiệp sử dụng hàm Cobb-Douglas với nhân công và tiền vốn là những nhân tố sản xuất. Lao động phi nông nghiệp chủ yếu phụ thuộc vào sự tăng trưởng dân số (được xác định trước trong kịch bản trung hạn của Ngân hàng Thế giới năm 1995) và một phần nhỏ vào tỉ lệ giá tương quan giữa sản phẩm nông nghiệp và phi nông nghiệp, thông qua hàm di cư giữa các khu vực. Tích lũy vốn phụ thuộc vào mức đầu tư và sự trượt giá, và đến lượt mình hai yếu tố này phụ thuộc vào mức độ tiết kiệm và trượt giá. Mức độ trượt giá và tiết kiệm được ước tính từ số liệu các năm trước và được giữ nguyên kể từ năm 1990. Giả định ngoại suy dựa vào các dữ liệu trước đây đối với những tiến bộ kỹ thuật nằm trong hàm sản xuất. Mức độ tăng trưởng kinh tế cơ bản được sử dụng trong nghiên cứu này được lấy từ Diễn đàn Mô hình Năng lượng (Energy Modelling Forum- EMF14, 1995).

2.4.8. Xu hướng về sản lượng

Thể hiện sự tăng trưởng năng suất nông nghiệp do tiến bộ về công nghệ, xu hướng sản lượng hàng năm được sử dụng trong mô hình BLS trong giai đoạn 1980-2000 trên phạm vi toàn cầu, cho các nước phát triển và các nước đang phát triển lần lượt là 1,2, 1,0 và 1,7%. Theo dữ liệu của FAO, sản lượng lương thực tăng trung bình khoảng 2% mỗi năm trong giai đoạn 1951-1980 cho cả các nước đã và đang phát triển (ngoại trừ Trung Quốc) (FAO, 1991). Mức tăng gần đây (trong giai đoạn 1965-1985) cho các nước kém phát triển là 1,5%. Tuy nhiên, trong những năm 1980, sản lượng toàn cầu chỉ tăng ở mức 1,3% ám chỉ xu hướng giảm của mức tăng sản lượng.

Sự suy giảm của mức tăng sản lượng được sử dụng trong trường hợp nghiên cứu tham khảo của mô hình BLS có thể được giải thích bởi một số nguyên nhân. Những xu hướng trong quá khứ cho thấy mức tăng bị sụt giảm và việc cải tiến công nghệ sinh học vẫn chưa được nhận thức rõ ràng. Phần lớn tăng năng suất đáng kể ở các nước phát triển diễn ra trong những năm 50, 60 và những nước đang phát triển trong những năm tiếp theo đó là tăng cường sử dụng các chất hóa học và cơ khí hóa. Bên cạnh những lý do về kinh tế và những quan ngại về môi trường gợi ý rằng mức độ của đầu vào đã đạt đến ngưỡng tối đa ở nhiều quốc gia phát triển, mức tăng chắc chắn sẽ giảm đi khi tăng lượng đầu vào. Ở một số nước đang phát triển, đặc biệt là Châu Phi, tăng nguồn đầu vào và sản xuất thâm canh chắc chắn sẽ tiếp tục trong một thời gian dài, nhưng cuối cùng cũng dẫn đến sự suy giảm. Hơn thế nữa, vì châu Phi có sản lượng ngũ cốc trung bình thấp nhất trong số tất cả các nhóm vùng cộng với tỷ lệ tăng dân số cao, châu lục này sẽ đóng góp ngày càng nhiều vào sản xuất ngũ cốc, qua đó làm giảm mức tăng sản lượng trung bình toàn cầu.

2.4.9. Đất trồng trọt

Lượng đất trồng trọt còn lại để mở rộng sản xuất nông nghiệp được dựa trên số liệu của của FAO. Trong mô hình tiêu chuẩn quốc gia của hệ thống BLS, hàm tuyến tính theo thời gian và nhiều phân khúc được sử dụng để áp đặt giới hạn trên (các giới hạn không đồng đều) trong việc sử dụng đất. Thêm vào đó, hàm xu hướng thời gian này được biến đổi bởi số hạng đàn hồi (thường là 0.05 hoặc nhỏ hơn) có phản ứng lại với những thay đổi giá cả cao nhất của đất đai so với mức năm 1990. Giới hạn trên được áp đặt bởi hàm thời gian này sử dụng dữ liệu của FAO về các loại đất trồng tiềm năng. Giới hạn đất trồng trọt không điều chỉnh dựa trên tác động của BĐKH, mặc dù chúng có thể chịu tác động tích cực của BĐKH ở một số nơi do việc kéo dài mùa, làm khô các vùng đất ẩm hay tác động tiêu cực do việc ngập úng vì mực nước biển hay sa mạc hóa.

2.4.10. Chỉ số nguy cơ đói nghèo

Chỉ số xác định số người có nguy cơ bị đói được sử dụng trong hệ thống BLS được xác định bởi số người có thu nhập không đủ để sản xuất hay mua lương thực để đáp ứng nhu cầu ở các nước đang phát triển (ngoại trừ Trung Quốc). Cách thức tính được lấy từ các ước tính và phương pháp của FAO cho các thị trường kinh tế đang phát triển (FAO, 1987). Các ước tính này dựa trên quy ước là phân bố lượng calo tiêu thụ ở mỗi quốc gia có dạng đối xứng lệch, và được biểu diễn dưới dạng hàm phân bố beta. Các thông số của các phân bố này được FAO ước tính cho từng quốc gia dựa trên dữ liệu cụ thể của quốc gia đó cùng với sự so sánh giữa các quốc gia với nhau. Ước tính về nhu cầu năng lượng của mỗi cá nhân dựa trên mức độ trao đổi chất cơ sở (thời gian trong trạng thái nhịn ăn và nằm ở trong trạng thái hoàn toàn nghỉ ngơi, trong môi trường ẩm). Cân nặng, tuổi và giới tính cũng được tính tới. FAO đưa ra 2 ước tính về người suy dinh dưỡng, dựa trên nhu cầu duy trì năng lượng tối thiểu với 2 mức trao đổi chất cơ sở là 1,2 và 1,4 (trong đó 1,4 được đánh giá là thích hợp hơn). Ước tính của hệ thống BLS với nhu cầu ở mức độ trao đổi chất là 1,4 đã dự đoán có 521 triệu người bị suy dinh dưỡng vào năm 1990 tại các nước đang phát triển, ngoại trừ Trung Quốc.

Bảng 3
Tốc độ tăng trưởng GDP (so sánh với năm 1990). Nguồn: EMF 14 (1995)

Vùng	Nghìn tỷ (p/c)	Tăng trưởng GDP trên đầu người						
		1990-2000	2000-2025	2025-2050	2050-2075	2075-2100	2100-2150	2150- 2200
Mỹ	5.52	2.50%	2.30%	1.50%	1.10%	1.10%	0.80%	0.60%
	(22,080)	(2.18)	(1.97)	(1.62)	(1.14)	(1.12)	(0.80)	(0.60)
EEC	5.71	2.50%	2.30%	1.50%	1.10%	1.10%	0.80%	0.60%
	(16,599)	(2.15)	(2.09)	(1.60)	(1.14)	(1.11)	(0.80)	(0.60)
OECD khác	4.97	2.70%	2.30%	1.50%	1.10%	1.10%	0.80%	0.60%
	(19,189)	(2.24)	(2.11)	(1.59)	(1.13)	(1.13)	(0.80)	(0.60)
FSU	1.31	- 1.50%	4.30%	3.50%	2.00%	2.00%	1.00%	0.80%
	(4533)	(- 2.0)	(3.90)	(3.33)	(1.89)	(1.93)	(1.00)	(0.80)
Trung Quốc	1.33	4.00%	3.50%	3.25%	3.00%	3.00%	2.00%	1.00%
	(1173)	(2.71)	(2.66)	(2.93)	(2.89)	(2.85)	(2.00)	(1.00)
Ngoài OECD	3.11	3.75%	4.20%	3.40%	2.80%	2.80%	2.00%	1.00%
	(1045)	(1.44)	(2.55)	(2.42)	(2.38)	(2.60)	(2.00)	(1.00)
Tổng thể giới	21.95	2.63%	2.84%	2.27%	1.94%	2.11%	1.60%	0.90%
	(4179)	(0.93)	(1.59)	(1.55)	(1.62)	(1.94)	(1.60)	(0.90)

2.4.11. Những hạn chế của mô hình thương mại lương thực toàn cầu

Những điều chỉnh kinh tế được mô phỏng bằng hệ thống BLS được giả định không thay đổi cấu trúc cơ bản của hàm sản xuất. Các mối liên hệ này có thể bị thay đổi điều kiện BĐKH và trong điều kiện lượng CO2 cao. Ví dụ, phản ứng của sản lượng với hàm lượng phân đạm có thể bị thay đổi bởi việc biến đổi các chất dinh dưỡng hòa tan trong điều kiện đất ẩm. Hơn nữa, trong quá trình phân tích kết quả của hệ thống BLS, những đánh giá cũng chỉ giới hạn ở các loại cây trồng lương thực chính, mặc dù chắc chắn có sự chuyển dịch cân bằng giữa trồng trọt và chăn nuôi do tác động của BĐKH. Chăn nuôi là hợp phần quan trọng của hệ thống lương thực toàn cầu và cũng có khả năng nhạy cảm đối với BĐKH. Các khu vực phi nông nghiệp không được mô hình hóa tốt trong hện thống BLS, dẫn đến việc đơn giản hóa trong phân tích mô phỏng những ứng phó với BĐKH.

3. Các thử nghiệm mô hình

Các ước tính về thay đổi do đến khí hậu gây ra đối với tiềm năng sản xuất lương thực được sử dụng là các yếu tố đầu vào cho hệ thống BLS để đánh giá những tác động có thể xảy ra lên mức sản xuất lương thực, giá lương thực và số lượng người có nguy cơ bị đói trong tương lai (xem Hình 1). Các tác động được đánh giá cho 3 giai đoạn, trong những năm 2020, 2050 và 2080, với mức tăng dân số, xu hướng của công nghệ và tăng trưởng kinh tế được dự đoán qua các giai đoạn này cho tới năm 2100. Việc đánh giá ban đầu được xây dựng cho kịch bản tham khảo với giả thuyết là BĐKH không xảy ra, và sau đó là 4 kịch bản BĐKH HadCM2 và 1 kịch bản BĐKH HadCM3. Trong mỗi trường hợp, sự khác biệt giữa kịch bản tham khảo và kịch bản BĐKH giúp xác định những tác động gây ra bởi sự thay đổi của khí hậu.

Kết quả được mô tả trong các kịch bản dưới đây:

3.1. Kịch bản tham khảo

Kịch bản tham khảo dự đoán hệ thống nông nghiệp tới năm 2080 sẽ không chịu tác động của BĐKH. Kịch bản dựa trên một loạt những giả thiết không chỉ liên quan đến hệ thống thương mại lương thực toàn cầu mà còn các yếu tố bên ngoài như sự tăng trưởng dân số và GNP. Các giả thiết được sử dụng bao gồm:

- Không có sự thay đổi lớn nào về mặt chính trị và kinh tế trong thương mại lương thực toàn cầu.
- Sự tăng trưởng dân số dự đoán dựa trên số liệu của Ngân hàng Thế giới (1994) là 10,7 tỷ người vào những năm 2080.
- GNP được tính theo EMF 14 (1995) – xem Bảng 3.
- Tự do hóa thương mại sẽ dần đạt được 50% vào năm 2020.
- Công nghệ được dự đoán sẽ giúp tăng sản lượng theo thời gian, tuy nhiên với tốc độ tăng chậm hơn so với mức hiện nay (dự đoán khoảng 1% mỗi năm)

Kịch bản này được sử dụng để đối chứng. Sự khác biệt giữa kịch bản này với kịch bản BĐKH giúp xác định tác động gây ra bởi BĐKH.

3.2. Kịch bản BĐKH

Các mô hình cây trồng được chạy cho các điều kiện khí hậu hiện tại và các điều kiện khí hậu dự đoán bởi mô hình GCM của trung tâm Hadley hay là HadCM2 (Mitchell và cộng sự, 1995) và HadCM3 (xem Hulme và cộng sự, 1999). Lần đầu tiên 4 họ kịch bản tổng thể HadCM2 được sử dụng (xem Hulme và cộng sự, 1999) (HadCM2GGa1 đến HadCM2GGa4). Cho tới nay, chỉ có HadCM2GGa1 vẫn được sử dụng rộng rãi (DETR, 1995, 1997). Tất cả các kịch bản BĐKH đều dựa trên mô hình IS92a (mô hình này giả định sự phát thải khí nhà kính bắt nguồn từ tương lai 'không thay đổi' (business as usual) trong các thuật ngữ kinh tế và xã hội).

4. Những tác động ước tính lên sản lượng

4.1. Tác động lên sản lượng cây trồng

Hình 5a-c thể hiện những thay đổi tiềm tàng đối với sản lượng lương thực trung bình mỗi quốc gia dưới tác động trực tiếp của hàm lượng CO₂ lên cây trồng trong 4 kịch bản BĐKH HadCM2 và 1 kịch bản HadCM3, cho phép tác động trực tiếp của CO₂ lên mức tăng trưởng của cây trồng. Các bản đồ này được xây dựng từ những thay đổi về sản lượng trung bình của quốc gia cho các loại cây trồng như lúa mì, lúa gạo và ngô. Sự thay đổi giữa các vùng của một quốc gia không được thể hiện trong bản đồ này.

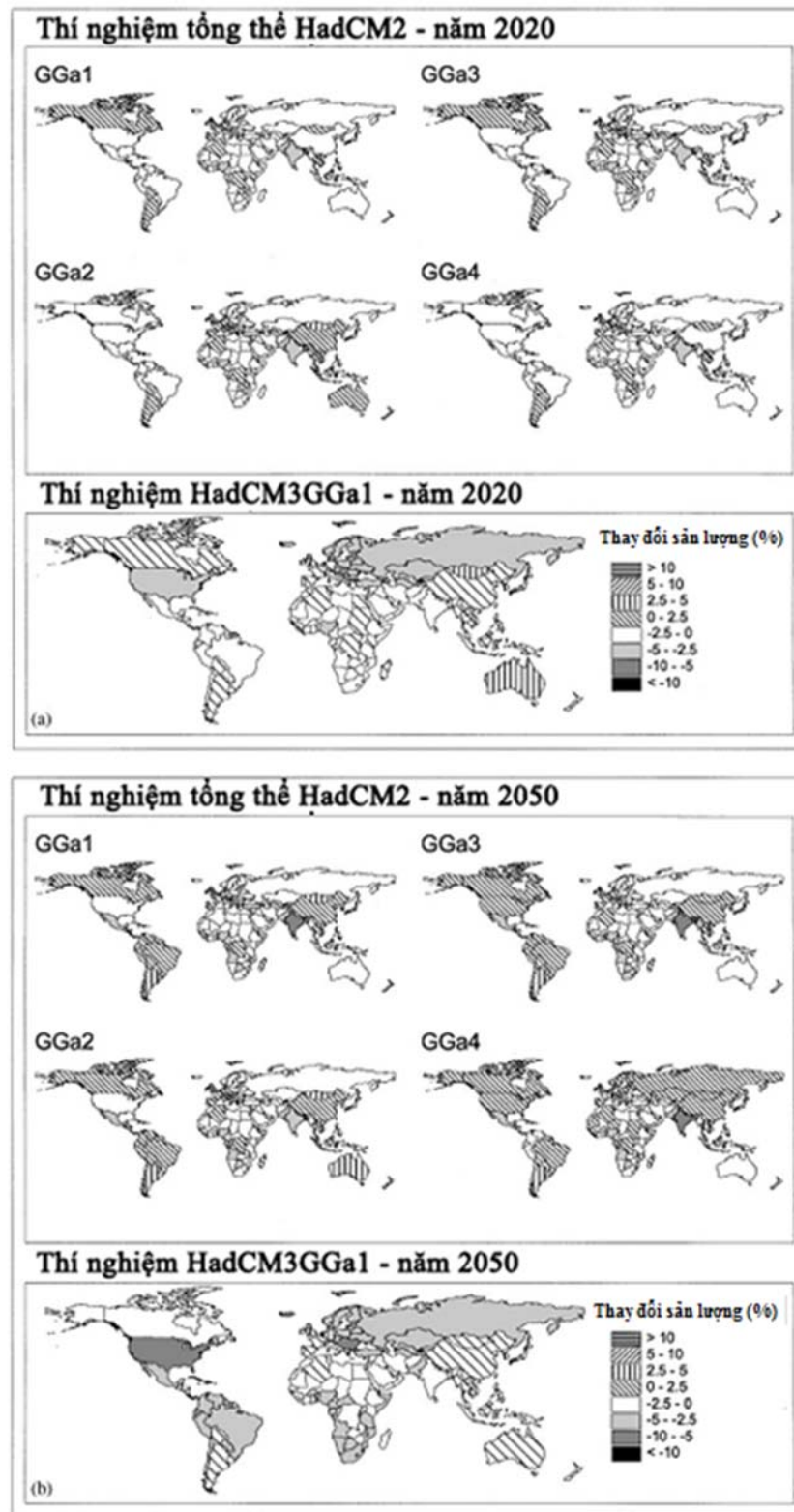
Sự khác biệt về sản lượng cây trồng theo vĩ độ được minh họa trong Hình 5a-c chủ yếu do sự khác biệt về điều kiện trồng trọt hiện nay. Nhiệt độ cao hơn sẽ rút ngắn thời gian sinh trưởng. Điều này đặc biệt đúng với các loại cây trồng ở các vùng vĩ độ thấp, nơi có nhiệt độ cao và gần kề với giới hạn chịu nhiệt và nước. Khí hậu ẩm ở vùng vĩ độ thấp dẫn đến áp lực về nhiệt và nước trở nên trầm trọng hơn, dẫn đến việc giảm sản lượng cây trồng cao hơn so với các vùng vĩ độ cao. Theo kịch bản HadCM2, những vùng có chế độ nhiệt thấp như vùng vĩ độ trung bình và cao, việc tăng nhiệt độ bề mặt dẫn đến việc kéo dài thời gian sinh trưởng, do đó tăng sản lượng. Tuy nhiên, Nhóm làm việc II của IPCC (IPCC Working Group II) trong báo cáo đánh giá thứ 2 (IPCC, 1996) công nhận rằng sự thay đổi nhiệt độ theo vĩ độ không tương ứng hoàn toàn với việc chuyển dịch đơn giản về vĩ độ của các vùng thích hợp cho các loại cây trồng thông thường. Đó là bởi nhiều loại cây trồng rất nhạy cảm với chu kỳ sáng và thích nghi với sự kết hợp đặc biệt của một khoảng nhiệt độ và phổ ánh sáng. Do đó, cần có những kiểu gen mới để tận dụng những lợi ích tiềm tàng với BĐKH. Trong nghiên cứu này, tiềm năng cho sự mở rộng đất canh tác được gắn liền với mô hình thương mại lương thực toàn cầu của hệ thống BLS và được phản ánh qua sự dịch chuyển sản xuất được tính toán bởi mô hình này.

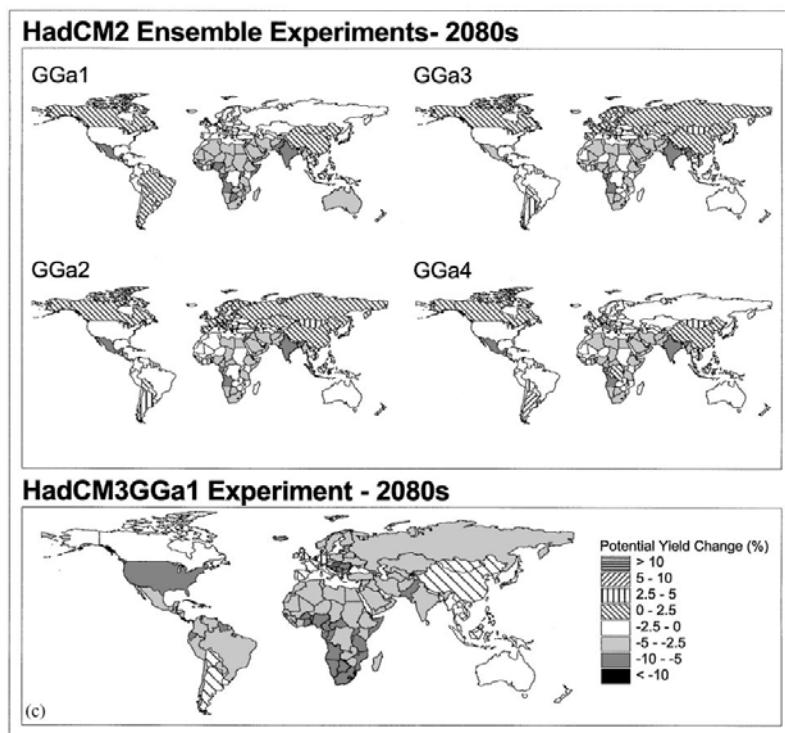
Những tác động có khả năng có lợi không được thể hiện rõ ràng trong kịch bản HadCM3. Nhiệt độ ngày càng cao ở vùng cực diễn ra trong kịch bản HadCM3 ở mức độ quá lớn đến nỗi ngưỡng liên quan đến các tác động tích cực của nhiệt độ tăng tại vùng vĩ độ cao bị vượt quá và tình trạng giảm sản lượng xảy ra tại một số khu vực nằm trong vùng này.

Một sự khác biệt khác thấy rõ trong Hình 5a-c là trong khi vùng chịu tác động bất lợi nhất trong kịch bản HadCM2 đưa ra là Ấn Độ, thì kịch bản HadCM3 dự đoán đó là vùng Tây châu Phi và Hoa Kỳ. Nói tóm lại, các tác động tiêu cực của BĐKH được thể hiện rõ nét hơn nhiều trong kịch bản HadCM3 so với kịch bản HadCM2. Những nguyên nhân cơ bản gây ra sự sụt giảm của sản lượng được mô phỏng là:

- *Rút ngắn thời gian sinh trưởng.* Nhiệt độ cao trong thời kỳ sinh trưởng đẩy nhanh quá trình phát triển của cây (đặc biệt là thời kỳ tạo hạt), khiến cho tỷ lệ tạo hạt thấp. Hiện tượng này diễn ra tại mọi địa điểm nghiên cứu, trừ những vùng có nhiệt độ trong thời kỳ sinh trưởng lạnh nhất tại Canada và Nga.
- *Giảm lượng nước sẵn có.* Đây là hệ quả của sự kết hợp giữa tăng tốc độ thoát hơi nước trong môi trường khí hậu ẩm, tăng sự mất độ ẩm của đất và trong một số trường hợp, sự giảm lượng mưa dự báo trong các kịch bản BĐKH.
- *Sự xuân hóa yếu.* Quá trình xuân hóa là yêu cầu cần có đối với một số loại cây ngũ cốc ôn đới, ví dụ như đối với lúa mạch vụ đông, trong khoảng thời gian có nhiệt độ

thấp vào mùa đông là thời gian để khởi đầu và đẩy nhanh quá trình tạo hoa. Sự xuân hóa yếu làm cho chồi hoa khó hình thành và cuối cùng dẫn đến giảm sản lượng. Sản lượng của lúa mạch vụ đông giảm tại một số địa điểm của Canada và Liên bang Xô viết cũ là do thiếu quá trình xuân hóa.





Hình 5. Những thay đổi tiềm năng (%) về sản lượng ngũ cốc quốc gia (so với năm 1990) qua 4 kịch bản BĐKH tổng thể HadCM2 (GGa1-4) và kịch bản BĐKH đơn HadCM3. (a) vào những năm 2020. (b) vào những năm 2050. (c) vào những năm 2080

5. Những tác động ước tính của BĐKH lên sản xuất lương thực, giá cả và nguy cơ đói

5.1. Kịch bản tham khảo (không có BĐKH)

Với giả thiết không có tác động của BĐKH lên sản lượng cây trồng cùng với xu hướng phát triển kinh tế và mức tăng dân số hiện tại thì sản lượng ngũ cốc toàn cầu ước tính đạt 4012 triệu tấn vào những năm 2080 (khoảng 1800 triệu tấn vào những năm 1990).

Giá cả ngũ cốc được ước tính ở chỉ số 92,5 vào năm 2080 (so với năm 1990 là 100), tiếp tục xu hướng giảm giá lương thực trong suốt 100 năm qua. Nguyên nhân hiện tượng này bởi kịch bản mẫu chuẩn của hệ thống BLS chia ra làm 2 giai đoạn phát triển giá. Từ năm 1990 đến 2020, trong khi hàng rào thương mại và bảo hộ vẫn còn nhưng dần được gỡ bỏ, giá cả lương thực tương đối tăng lên do tăng nhu cầu tăng gây ra bởi sự gia tăng dân số. Tuy nhiên, sau năm 2020, thời điểm tự do hóa thương mại đạt mốc 50%, giá cả bắt đầu giảm xuống. Điều này có tác động đáng kể lên số lượng người đói ước tính còn 300 triệu người tương đương khoảng 3% dân số thế giới vào năm những 2080 (trong khi đó, năm 1990 số lượng người đói là 521 triệu người, tương đương 10% dân số).

5.2. Tác động của BĐKH

5.2.1. Tác động ở phạm vi toàn cầu

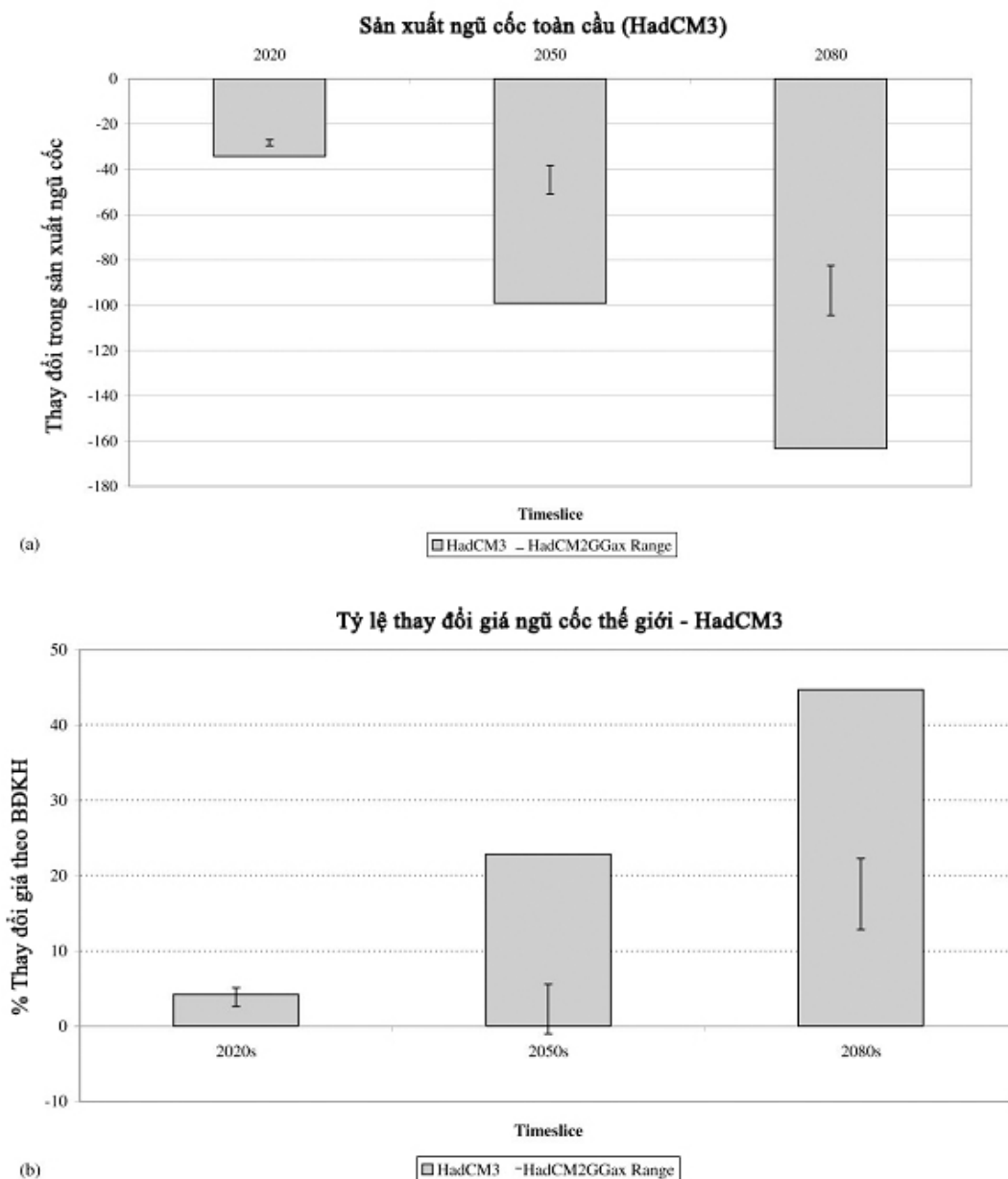
Những thay đổi trong sản xuất ngũ cốc, giá ngũ cốc, và số lượng người có nguy cơ bị đói được ước tính cho kịch

bản BĐKH HadCM2 (với tác động trực tiếp của CO₂) cho thấy thế giới có thể tự đáp ứng nhu cầu lương thực trong thiên niên kỷ tới. Chỉ có một tác động bất lợi nhỏ quan sát được từ việc sản xuất lương thực, thể hiện ở chỗ mức sản xuất đối chứng giảm 100 mmt (-2,1%) trong những năm 2080 (± 10 mmt phụ thuộc vào phân tích mô phỏng của kịch bản HadCM2 nào được lựa chọn). Trong khi đó, HadCM3 tạo ra sự khác biệt lớn hơn giữa kịch bản tham khảo và kịch bản BĐKH, với mức giảm hơn 160 mmt ($\sim 4\%$) vào năm những 2080 (Hình 6a).

Sản xuất sụt giảm dẫn đến việc tăng giá cả. Trong kịch bản HadCM2, giá ngũ cốc tăng đến 17% ($\pm 4,5\%$) vào những năm 2080 (Hình 6b). Tác động tiêu cực lớn hơn đến sản lượng được dự đoán từ kịch bản HadCM3 thông qua hệ thống kinh tế với giá cả được ước tính tăng khoảng 45% vào những năm 2080. Tiếp đó, sự thay đổi về sản xuất và giá cả ảnh hưởng đến số lượng người không đủ khả năng mua đủ lương thực. Ước tính dựa trên tính toán mô phỏng động sử dụng hệ thống BLS, số lượng người có nguy cơ bị đói sẽ tăng lên thêm khoảng 90 triệu người do BĐKH gây ra (tăng thêm so với hợp kịch bản tham khảo khoảng 250 triệu) vào những năm 2080 (Hình 6c). Kịch bản HadCM3 thậm chí còn đưa ra những hệ quả nghiêm trọng hơn nhiều, tăng thêm so với dự đoán dựa vào HadCM2 khoảng 125 triệu người đói vào những năm 2080. Tất cả các thí nghiệm BLS cho phép hệ thống lương thực thế giới phản ứng với sự thiếu hụt nguồn cung cấp lương

thực gây ra bởi BĐKH và giá cả vật tư tăng cao thông qua việc tăng các yếu tố sản xuất (đất trồng trọt, lao động và

vốn) và các nguồn đầu vào như phân bón.



Hình 6. (a) Những thay đổi về sản lượng ngũ cốc toàn cầu (mmt). Các cột biểu diễn thay đổi về sản lượng dự đoán trong kịch bản BĐKH HadCM3 (so với trường hợp tham khảo). Các thanh thể hiện khoảng thay đổi trong bốn kịch bản BĐKH tổng thể HadCM2. (b) Sự thay đổi tính theo phần trăm đối với giá ngũ cốc. (c) Ước tính toàn cầu về số lượng người có nguy cơ bị đói tăng thêm do BĐKH so với trường hợp tham khảo. Các ước tính của kịch bản HadCM3 được thể hiện bằng cột. Các thanh dọc thể hiện phạm vi kết quả của kịch bản BĐKH tổng thể HadCM2.

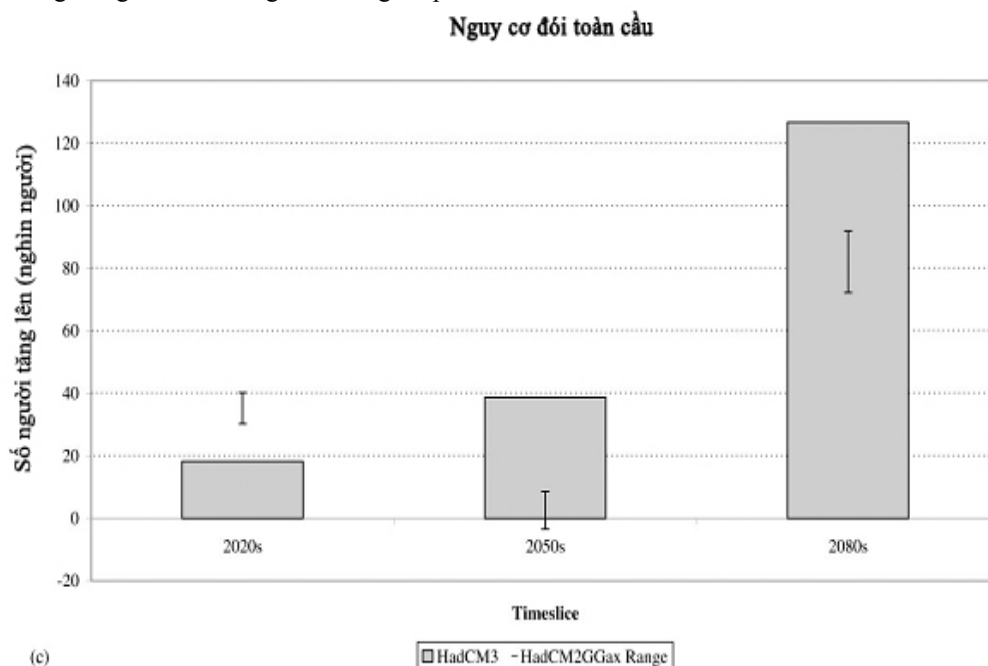
5.2.2. Tác động ở mức độ vùng

Những ước tính toàn cầu trình bày ở trên chưa cho thấy những khác biệt về tác động theo vùng. Ví dụ, trong các kịch bản HadCM2, sản lượng cây trồng tăng ở vĩ độ cao và vĩ độ trung bình, dẫn tới việc tăng sản xuất ở các vùng này.

Xu hướng này có thể càng rõ nét nhờ vào khả năng thích ứng tốt hơn của các nước tại các khu vực này. Canada và Châu Âu là những ví dụ điển hình. Ngược lại, sản lượng bị sụt giảm tại các vùng vĩ độ thấp, đặc biệt là các vùng khô hạn và cận nhiệt đới, dẫn tới việc sản xuất giảm và tăng số

lượng người có nguy cơ bị đói. Tác động này thậm chí còn trầm trọng hơn ở những vùng mà khả năng thích ứng thấp

hơn mức trung bình toàn cầu.



Hình 6 (tiếp tục)

Trong các kịch bản HadCM2, những suy giảm sản lượng lớn nhất diễn ra ở các vùng đang phát triển, với mức trung bình thay đổi từ -3,5% đến -16,5%, mặc dù mức độ suy giảm ở từng nước khác nhau rất nhiều, phụ thuộc vào đặc điểm khí hậu dự đoán trong tương lai. Sự chênh lệch sản lượng cây trồng giữa các nước đã phát triển và đang phát triển được ước tính ngày càng tăng thêm. Tuy nhiên, kết quả từ thí nghiệm với kịch bản HadCM3 cho thấy mối quan hệ giữa nóng lên toàn cầu và tăng sản lượng tại các vùng vĩ độ cao cuối cùng sẽ đạt mức cân bằng. Vùng vĩ độ cao trong kịch bản HadCM3 có khí hậu ẩm và khô hơn so với trong các kịch bản HadCM2. Kết quả là những tác động tiêu cực lên năng suất và sản lượng ngũ cốc sẽ xuất hiện đầu tiên tại Bắc Mỹ, Đông Âu và Nga sớm nhất vào năm những 2020 (Hình 7).

Các phạm vi giá trị bổ sung trong các kịch bản tổng thể HadCM2 cho thấy rằng các nước đang phát triển không chỉ gặp những thách thức do khí hậu ẩm lên gây ra mà còn do khí hậu biến động nhiều hơn gây ra. Những vùng này có ít khả năng đối phó với một loạt các biến đổi khó lường của khí hậu diễn ra trong nhiều năm như dự đoán trong 4 kịch bản HadCM2. Ở Châu Phi, năng suất ngũ cốc ước tính sẽ giảm khoảng 12% hay 30 mmt trong các kịch bản HadCM2 ($\pm 2\%$ phụ thuộc dạng kịch bản lựa chọn) so với kịch bản tham khảo vào năm 2080 (Hình 7). Số liệu cho vùng Đông

Nam Á là khoảng 23% ($\pm 1\%$). Hậu quả là số người có nguy cơ bị đói ở các nước đang phát triển ước tính sẽ tăng lên: ở Châu Phi là 1/3 dân số, trong khi đó ở Châu Mỹ Latinh có thể tăng gấp đôi so với mức đưa ra bởi mô hình tham khảo (Hình 8).

6. Kết luận

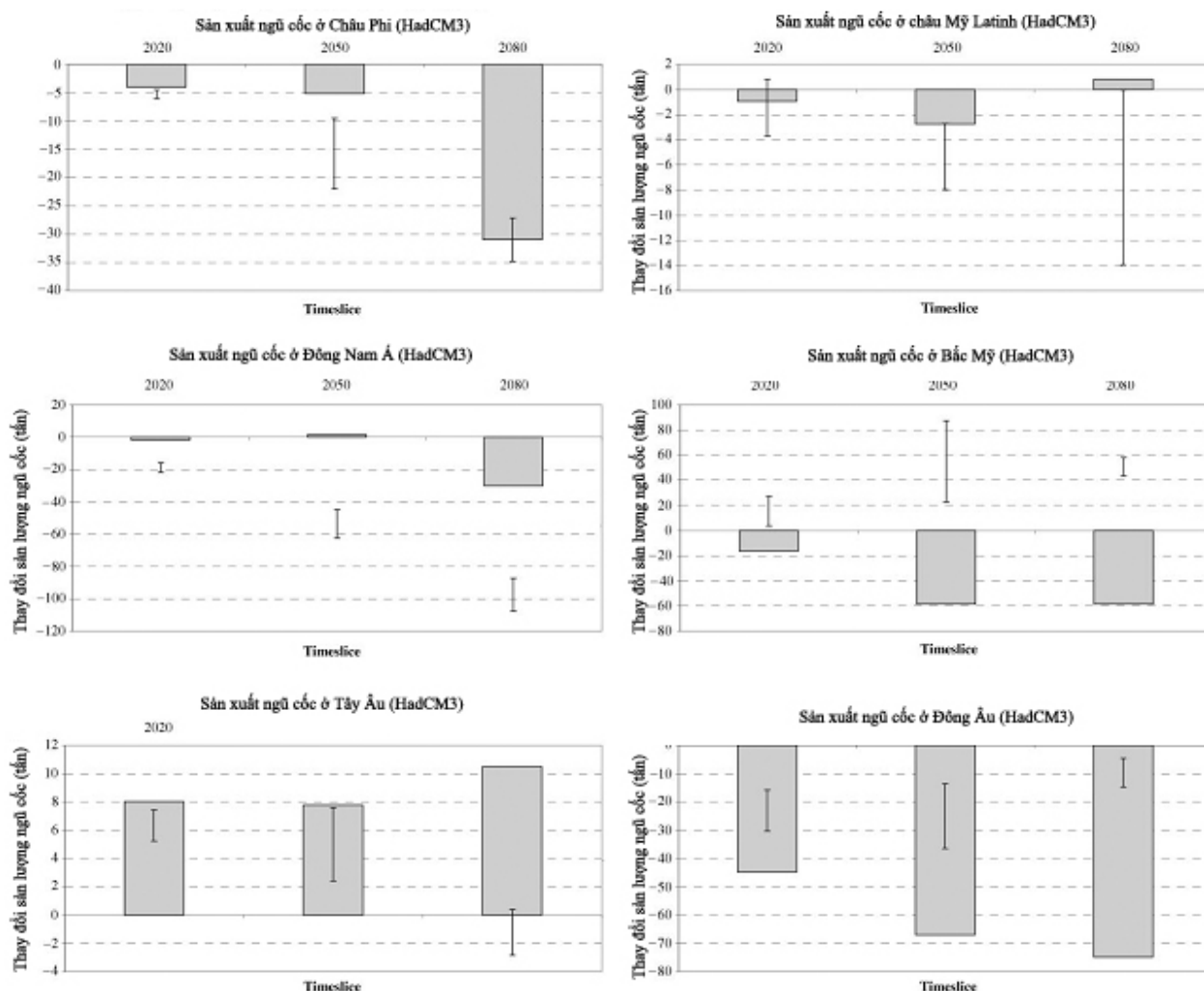
BĐKH gây ra bởi sự tăng khí nhà kính chắc chắn sẽ có tác động khác nhau tới sản lượng ngũ cốc tại các vùng khác nhau trên phạm vi toàn cầu. Trong các kịch bản BĐKH Had CM2 được sử dụng trong nghiên cứu này, sản lượng cây trồng ở vùng vĩ độ cao và trung bình sẽ có tác động có lợi, trong khi đó ở vùng vĩ độ thấp sản lượng lại sụt giảm. Kịch bản HadCM3 cho thấy những lợi ích mà các vùng vĩ độ cao có được chỉ xảy ra trong các điều kiện khí hậu nhất định. Nếu những điều kiện này bị phá vỡ thì ngay cả vùng vĩ độ cao và trung bình cũng sẽ phải đối mặt với những tác động tiêu cực lên nông nghiệp.

Tuy nhiên, những tác động tích cực lên sản lượng cây trồng ở các vùng khí hậu ôn đới chủ yếu phụ thuộc vào những tác động trực tiếp có lợi của CO₂ lên sự phát triển cây trồng. Sự khác biệt theo vùng có thể tăng theo thời gian, với những tác động có lợi lên sản lượng và sản xuất diễn ra ở các nước đã phát triển và những tác động bất lợi

đối với các nước đang phát triển (ngoại trừ Trung Quốc). Sự suy giảm sản lượng cây trồng là do sự rút ngắn thời gian sinh trưởng, giảm lượng nước sẵn có do tốc độ thoát hơi nước cao và thời gian xuân hóa ngắn của các loại cây trồng ngũ cốc vùng ôn đới.

Cần phải nhấn mạnh rằng những kết quả được đưa ra đây không phải là những dự báo cho tương lai bởi vẫn tồn tại những điểm còn chưa chắc chắn, bao gồm:

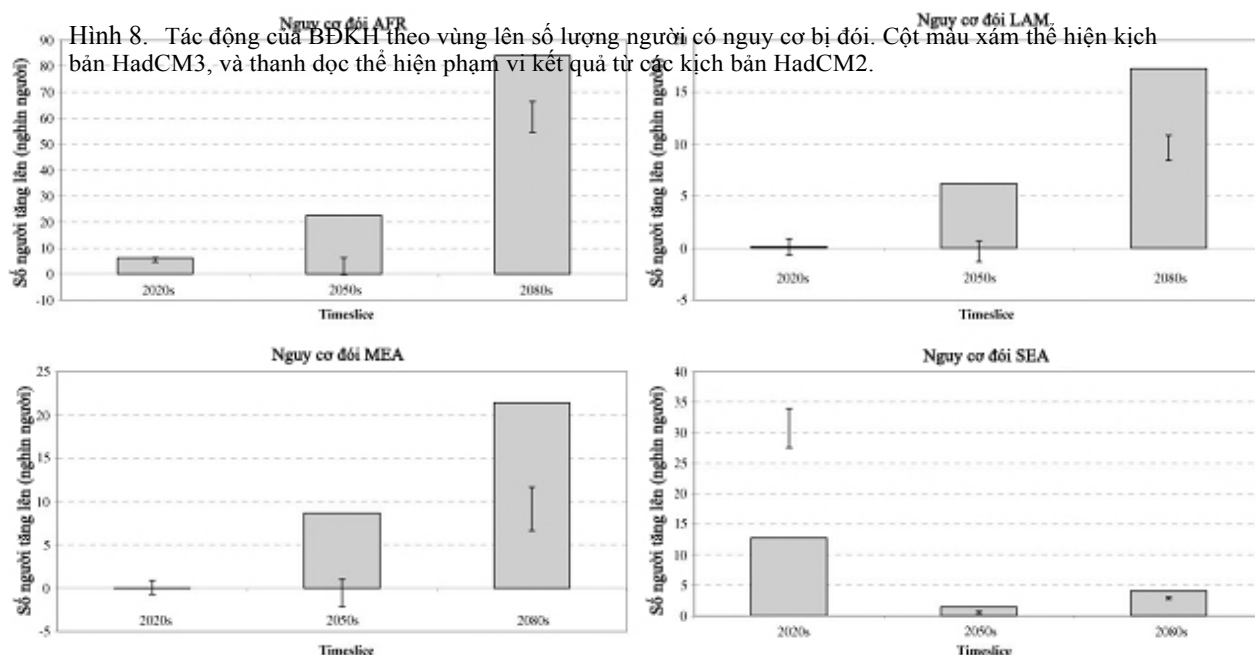
- Thiếu thông tin chính xác về BĐKH ở cấp độ vùng.



Hình 7. Tác động của BĐKH theo vùng lên sản lượng ngũ cốc. Cột màu xám thể hiện tác động từ kịch bản HadCM3, và thanh dọc thể hiện phạm vi kết quả từ các kịch bản HadCM2

- Tác động của thay đổi công nghệ trong tương lai đối với năng suất nông nghiệp.
- Lợi ích tiềm năng của khí CO₂ như một loại phân bón
- Thiếu thông tin chính xác về lượng nước cho việc tưới tiêu trong tương lai.
- Xu hướng về nhu cầu (bao gồm sự tăng trưởng dân số), và một loạt các biện pháp thích ứng có thể.

Áp dụng các kỹ thuật thích ứng có hiệu quả còn chưa rõ ràng. Tại các nước đang phát triển vẫn còn



tồn tại những hạn chế về xã hội và kỹ thuật, và các biện pháp thích ứng không nhất thiết sẽ tạo ra sự sản xuất bền vững trong thời gian dài. Nguồn nước cung cấp cho tưới tiêu và giá của các biện pháp thích ứng là những vấn đề quan trọng cần được xét tới trong các nghiên cứu trong tương lai. Do vậy, nghiên cứu này nên được xem là một đánh giá mang tính khám phá về sự nhạy cảm của hệ thống lương thực toàn cầu hơn là những dự đoán cho tương lai.

Lời cảm ơn

Tác giả xin trân trọng gửi lời cảm ơn đến Bộ Giao thông, Vùng và Môi trường (DETR) đã hỗ trợ việc thực hiện nghiên cứu này thông qua hợp đồng EPG 1/1/72. Những thí nghiệm kịch bản BĐKH HadCM2 và HadCM3 được DETR hỗ trợ thông qua hợp đồng PECD 7/12/37. Tác giả cũng bày tỏ lòng biết ơn với Dự án Liên Kết Tác động Khí hậu (Climate Impacts Link project- UK DETR hợp đồng EPG 1/1/68) đã giúp thực hiện và cung cấp kết quả GCM.

Tài liệu tham khảo

- Cure, J.D., Acock, B., 1986. Cropresponses to carbondioxide doubling: A literature survey. *Agricultural and Forest Meteorology* 38, 127-145.
- DETR, 1997. Climate change and its impacts: a global perspective.

- Department of the Environment, Transport and the Regions/ UK Meteorological Office, 16p.
- EMF 14, 1995. Second round study design for EMF 14. Energy Modelling Forum.
- FAO, 1987. Fifth World Food Survey. United Nations Food and Agriculture Organization, Rome.
- FAO, 1991. AGROSTAT/ PC. United Nations Food and Agriculture Organization, Rome.
- FAO, 1995. Production Yearbook. United Nations Food and Agriculture Organization, Rome.
- Fischer, G., Frohberg, K., Keyzer, M.A., Parikh, K.S., 1988. Linked National Models: A Tool for International Food Policy Analysis. Kluwer, Dordrecht.
- Fischer, G., Frohberg, K., Keyzer, M.A., Parikh, K.S., Tims, W., 1990. Hunger} Beyond the Reach of the Invisible Hand. International Institute for Applied Systems Analysis. Food and Agriculture Project Laxenburg.
- Fischer, G., Frohberg, K., Parry, M.L., Rosenzweig, C., 1995. Climate change and world food supply, demand and trade. In: *Climate Change and Agriculture: Analysis of Potential International Impacts*. ASA

- Special Publication No.59, American Society of Agronomy, Madison, USA.
- Fischer, G., Frohberg, K., Parry, M.L., Rosenzweig, C., 1996. Impacts of potential climate change on global and regional food production and vulnerability. In: Downing, T.E. (Ed.), NATO ASI Series, Vol. 137, Climate Change and World Food Security. Springer, Berlin.
- Godwin, D., Singh, U., Ritchie, J.T., Alocilja, E.C., 1993. A User's Guide to CERES-Rice. Muscle Shoals: International Fertilizer Development Center.
- Hendry, G.R., 1993. FACE: Free-Air CO₂ Enrichment for Plant Research in the Field. CRC Press, Boca Raton.
- Hulme, M., Mitchell, J., Ingram, W., Johns, T., New, M., Viner, D., 1999. Climate change scenarios for global impacts studies. *Global Environmental Change* 9, S3} S19.
- International Benchmark Sites Network for Agrotechnology Transfer (IBSNAT). 1989. Decision Support System for Agrotechnology Transfer Version 2.1 (DSSAT V2.1). Dept. Agron. and SoilSci. College Trop. Agric. And Hum. Resources. Univ. Hawaii, Honolulu.
- IPCC, 1996. Watson, R.T., Zinyowera, M.C., Moss, R.H. (Eds.) Climate Change 1995: Impacts, Adaptations and Mitigation of Climate Change: Scientific-Technical Analyses. Contribution of Working Group II to the Second Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press, Cambridge.
- IPCC, 1998. Watson, R.T., Zinyowera, M.C., Moss, R.H. (Eds.) Regional impacts of climate change: an assessment of vulnerability. A Special Report of IPCC Working Group II, Cambridge University Press, Cambridge.
- Jones, C.A., Kiniry, J.R., 1986. CERES-Maize: A Simulation Model of Maize Growth and Development. Texas A&M Press, College Station.
- Jones, J.W., Boote, K.J., Hoogenboom, G., Jagtap, S.S., Wilkerson, G.G., 1989. SOYGROV 5.42: Soybean Crop Growth Simulation Model Users' Guide. Gainesville: Department of Agricultural Engineering and Department of Agronomy, University of Florida.
- Mitchell, J.F.B., Johns, T.C., Gregory, J.M., Tett, S., 1995. Climate response to increasing levels of greenhouse gases and sulphate aerosols. *Nature* 376, 501} 504.
- Otter-Nacke, S., Godwin, D.C., Ritchie, J.T., 1986. Testing and validating the CERES-Wheat model in diverse environments. AGGRISTARSYM-15-00407. Johnson Space Center, Houston, No. 20244.
- Peart, R.M., Jones, J.W., Curry, R.B., Boote, K., Allen Jr., L.H., 1989. Impact of climate change on crop yield in the South-eastern USA. In: Smith, J.B., Tirpak, D.A. (Eds.), The Potential Effects of Global Climate Change on the United States. US Environmental Protection Agency, Washington, DC.
- Ritchie, J.T., Singh, U., Godwin, D., Hunt, L., 1989. A User's Guide to CERES-Maize V2. 10. International Fertilizer Development Center, Muscle Shoals.
- Rosenzweig, C., Iglesias, A., 1994. Implications of Climate Change for International Agriculture: Crop Modeling Study. US Environmental Protection Agency, Washington, DC.
- Rosenzweig, C., Parry, M.L., 1994. Potential impacts of climate change on world food supply. *Nature* 367, 133} 138.
- Rosenzweig, C., Parry, M.L., Fischer, G., Frohberg, K., 1993. Climate Change and World Food Supply, Research report No.3, Environmental Change Unit, Univ. of Oxford, Oxford.
- World Food Institute. 1988. World Food Trade and US. Agriculture, 1960} 1987. Iowa State University, Ames.
- World Bank, 1994. World Population Projections 1994} 95. John Hopkins University Press.