

Bảng các chữ viết tắt

AIS	Băng đá Bắc cực
AOSIS	Liên minh các quốc đảo nhỏ
AR4	Báo cáo đánh giá lần thứ tư của IPCC
AR5	Báo cáo đánh giá lần thứ năm của IPCC
BAU	Hoạt động như thường lệ
CIF	Quỹ đầu tư khí hậu
CMIP5	Mô hình khí hậu toàn cầu phối hợp
CO ₂ e	CarbonDioxideEquivalent
DJF	Tháng 12, tháng 1 và tháng 2
ENSO	El Nino - Dao động Nam
GCM	Mô hình khí hậu toàn cầu
GCM	Mô hình hoàn lưu chung khí quyển
GDP	Tổng sản phẩm quốc nội
IAM	Mô hình đánh giá tích hợp
IPCC	Nhóm nghiên cứu đa chính phủ về biến đổi khí hậu
LDC	Các quốc gia kém phát triển
MDG	Mục tiêu phát triển thiên niên kỷ
NOAA	Cơ quan quản lý khí quyển - đại dương (Hoa Kỳ)
OECD	Tổ chức hợp tác và phát triển kinh tế
ppm	Một phần triệu
REDD	Giảm phát thải từ mất rừng và suy thoái rừng
SLR	Gia tăng mực nước biển
SRES IPCC	Kịch bản phát thải của IPCC
SREX IPCC	Báo cáo đặc biệt về Quản lý rủi ro của IPCC
UNFCCC	Công ước khung về biến đổi khí hậu của Liên hiệp quốc
WBG	Tập đoàn ngân hàng thế giới
WDR	Báo cáo phát triển thế giới
WHO	Tổ chức y tế thế giới

CHIẾN LƯỢC PHÁT TRIỂN NÔNG NGHIỆP ỨNG PHÓ VỚI BIẾN ĐỔI KHÍ HẬU TRONG THẾ KỶ 21

Lời giới thiệu

Nông nghiệp sẽ phải đối mặt với những thách thức quan trọng trong thế kỷ 21, chủ yếu là do gia tăng nhu cầu nguồn cung lương thực toàn cầu trong bối cảnh suy giảm sự sẵn có của các nguồn đất và nước, và sự gia tăng mối đe dọa từ biến đổi khí hậu. Tuy nhiên, những thách thức này cũng tạo ra các cơ hội để phát triển và xúc tiến các hệ thống lương thực và nông nghiệp bền vững hơn về môi trường, kinh tế và xã hội. Để thành công trong việc đáp ứng các thách thức yêu cầu cùng lúc áp dụng các kiến thức đa ngành và phát triển với phạm vi rộng các hoạt động đổi mới về kỹ thuật và thể chế.

Tài liệu này đề cập đến những phản ứng với biến đổi khí hậu nhằm giải quyết vấn đề sản xuất nông nghiệp ở quy mô khu vực và toàn cầu. Các thành phần quan trọng cần thiết cho sự đánh giá chiến lược năng lực thích nghi và lập kế hoạch thích ứng được xác định và dẫn chứng các ví dụ điển hình về các chiến lược thích nghi tương ứng với một loạt các lĩnh vực nông nghiệp then chốt. Chiến lược thích nghi cần kết hợp các hoạt động phát triển nông nghiệp nông thôn nhằm đảm bảo an ninh lương thực và gia tăng cung ứng các dịch vụ sinh thái bền vững, đặc biệt là các nguồn tài chính bổ sung, như khả năng chi trả cho thu giữ cacbon và bảo toàn hệ sinh thái. Cuối cùng tài liệu đưa ra những khuyến cáo về các chiến lược thực tiễn cần thiết để phát triển một nền nông nghiệp năng động và có sức bền hơn trong thế kỷ 21.

Xin trân trọng giới thiệu cùng độc giả

CỤC THÔNG TIN KH&CN QUỐC GIA

I. BIẾN ĐỔI KHÍ HẬU VÀ NHỮNG TÁC ĐỘNG ĐỐI VỚI CÁC KHU VỰC TRÊN THẾ GIỚI THEO KỊCH BẢN THẾ GIỚI NÓNG LÊN 4°C

Nông nghiệp, hay tập hợp các hoạt động cung cấp lương thực, gỗ và các sản phẩm lâm nghiệp được cho là đang phải đối mặt với những thách thức khắc nghiệt trong thế kỷ 21. Những khó khăn đó chủ yếu có liên quan đến nhu cầu gia tăng toàn cầu về lương thực, gỗ và các nguồn cung ứng năng lượng sinh học cho một thế giới với dân số 10 tỷ dân, trong điều kiện các nguồn tài nguyên đất và nước hạn chế và nguy cơ ngày càng tăng từ biến đổi khí hậu. Hiện nay, các vấn đề nảy sinh như: cạnh tranh đất đai ngày càng tăng giữa năng lượng sinh học và trồng cây lương thực, khí hậu khắc nghiệt tại các vùng xuất khẩu lương thực then chốt, chế độ ăn đang thay đổi nhanh chóng tại các nền kinh tế mới nổi lớn, và một mức độ đầu cơ tài chính đã dẫn đến sự bất ổn định trong các hệ thống sản xuất lương thực thế giới vượt ra ngoài những suy đoán trước đây. Trước các áp lực ngày càng tăng nêu trên trong những thập kỷ tới, người nghèo trên thế giới rất dễ bị tổn thương, đặc biệt là những người dân sống ở các nước có thu nhập thấp, phải nhập khẩu lương thực, là những nơi phần lớn nguồn thu nhập được dành cho việc mua các nhu yếu phẩm cơ bản. Ngay cả khi cuộc khủng hoảng an ninh lương thực hiện nay được đẩy lùi đến một chừng mực nào đó và giá cả được đẩy xuống từ mức đỉnh điểm hiện nay, thì kinh nghiệm cho thấy rằng nguồn cung ứng lương thực của thế giới có tính bất ổn định cao khi đối mặt với những áp lực trên.

Kể từ Hội nghị Công ước khí hậu Copenhagen năm 2009, mục tiêu khí hậu theo thỏa thuận quốc tế là cần phải duy trì sự gia tăng nhiệt độ trung bình toàn cầu thấp hơn 2°C so với khí hậu thời kỳ tiền công nghiệp. Vào thời điểm Hội nghị Copenhagen thông qua mục tiêu này, hội nghị cũng nhất trí rằng giới hạn này sẽ được xem xét lại trong giai đoạn 2013-15, tham khảo đặc biệt đến giới hạn gia tăng 1,5°C mà Liên minh các quốc đảo nhỏ (AOSIS) và các quốc gia kém phát triển đã đưa ra.

Tuy nhiên nếu thiếu cam kết và các bước hành động tiếp theo nhằm làm giảm phát thải khí nhà kính, thì thế giới có khả năng sẽ ấm lên hơn 3°C so với khí hậu thời kỳ tiền công nghiệp. Thậm chí ngay cả khi với những cam kết giảm nhẹ hiện nay được thực hiện trọn vẹn, vẫn có 20% khả năng trái đất ấm lên hơn 4°C vào năm 2100. Nếu các mục tiêu không được thỏa mãn, một sự ấm lên 4°C có thể xảy ra sớm hơn vào khoảng thập kỷ 2060. Một mức độ ấm lên như vậy và kết hợp với mực nước biển dâng cao từ 0,5 đến 1 m hoặc hơn vào năm 2100 sẽ vẫn chưa phải là giới hạn cuối: một sự nóng lên hơn 6°C với mực nước biển dâng cao vài mét là điều có thể xảy ra trong các thế kỷ tiếp theo.

Như vậy là trong khi cộng đồng toàn cầu đã cam kết duy trì mức độ trái đất ấm lên dưới 2°C để ngăn chặn sự biến đổi khí hậu, và các Quốc đảo nhỏ đang phát triển (SIDS) và các quốc gia kém phát triển xác định rằng sự ấm lên toàn cầu 1,5°C sẽ là một mối đe dọa nghiêm trọng đối với sự phát triển của các nước này, thậm chí là cả đối với sự sống còn của các nước trong một số trường hợp, thì các chính sách hiện tại, đã được tiến hành và đang cam kết có vẻ như sẽ dẫn đến một sự ấm lên vượt quá mức

độ hiện tại. Thật sự là các xu thế phát xạ hiện thời đang đặt thế giới vào con đường dẫn đến sự ấm lên đến 4°C trong thế kỷ này.

Báo cáo đánh giá lần thứ 5 (AR5) giai đoạn 2013-14 của Ủy ban Liên chính phủ về biến đổi khí hậu (IPCC) tuy nhằm vào các nước đang phát triển, nhưng cũng thừa nhận rằng các nước phát triển cũng dễ bị tổn thương và có nguy cơ phải chịu những thiệt hại từ biến đổi khí hậu. Một loạt những biến cố thời tiết khắc nghiệt gần đây trên phạm vi thế giới tiếp tục làm nổi bật tính dễ bị tổn thương không chỉ đối với thế giới đang phát triển mà cả với các nước công nghiệp hóa giàu có.

Hiện nay, vẫn còn nhiều điều không chắc chắn trong dự báo về quy mô của biến đổi khí hậu và các tác động của nó. Theo cách tiếp cận dựa vào nguy cơ, trong đó rủi ro được xác định như một tác động được tăng lên nhiều lần, bởi theo lý thuyết một biến cố với xác suất thấp vẫn có thể dẫn đến một rủi ro cao nếu như nó tiềm ẩn các hậu quả nghiêm trọng.

Không có quốc gia nào tránh được tác động của biến đổi khí hậu. Tuy nhiên, sự phân bố tác động có vẻ như không đồng đều và gắn với nhiều khu vực nghèo nhất trên thế giới, là những nơi có năng lực kém về kinh tế, thể chế, khoa học và công nghệ (KH&CN) để đối phó và thích nghi. Ví dụ:

- Mặc dù sự ấm lên tuyệt đối sẽ lớn nhất ở những vĩ độ cao, nhưng sự ấm lên tại các vùng nhiệt đới sẽ lớn hơn khi so sánh về độ lớn nhiệt độ và những cực điểm mà con người và hệ sinh thái tự nhiên đã từng thích nghi và ứng phó trong lịch sử. Sự xuất hiện theo dự báo về nhiệt độ cao đỉnh điểm mà trước đó chưa từng xảy ra ở các vùng nhiệt đới sẽ có hậu quả dẫn đến những tác động lớn hơn rất nhiều đối với nền nông nghiệp và các hệ sinh thái.
- Sự dâng lên của mực nước biển có khả năng lớn hơn từ 15 đến 20% ở các vùng nhiệt đới so với mức trung bình toàn cầu.
- Những gia tăng về cường độ lốc xoáy nhiệt đới có khả năng xảy ra bất cân đối ở các khu vực vĩ độ thấp.
- Khô cằn và hạn hán có khả năng sẽ gia tăng mạnh ở nhiều khu vực các nước đang phát triển thuộc các vùng nhiệt đới và cận nhiệt đới.

Một thế giới nóng lên đến 4°C (gọi tắt là thế giới 4°C) cao hơn so với mức thời kỳ tiền công nghiệp sẽ có những sóng nhiệt mạnh chưa từng xảy ra trước đây, hạn hán nghiêm trọng, và những trận lụt lớn tại nhiều khu vực với các tác động nghiêm trọng đến các hệ sinh thái, con người, và các dịch vụ kèm theo.

Còn có thể tránh được sự ấm lên 4°C: nhiều nghiên cứu chỉ ra rằng, có những con đường phát xạ khả thi về mặt kinh tế và kỹ thuật để kiểm chế sự ấm lên dưới 2°C. Như vậy, mức độ của các tác động mà các nước đang phát triển và phần còn lại của thế giới sẽ phải trải qua sẽ phụ thuộc vào kết quả của các quyết định và sự lựa chọn của chính phủ, khu vực tư nhân, và xã hội dân sự, trong đó có cả hành vi thụ động.

1. Những diễn biến và tác động quan sát thấy gần đây đối với hệ thống khí hậu

Những hiệu ứng rõ rệt do sự thay đổi nồng độ phát xạ khí nhà kính đối với hệ thống khí hậu được thông báo theo Báo cáo đánh giá lần thứ tư của IPCC (AR4) năm 2007 vẫn tiếp tục tăng mạnh, không giảm sút ít nhiều:

- Nồng độ của loại khí nhà kính chủ yếu, khí cacbonic (CO_2) vẫn tiếp tục gia tăng từ mức nồng độ của thời kỳ tiền công nghiệp 278 ppm (phần triệu) tăng lên 391 ppm vào thời điểm tháng 9 năm 2012, với tỷ lệ gia tăng 1,8 ppm mỗi năm.
- Nồng độ CO_2 hiện nay cao hơn các chỉ số cổ khí hậu và địa chất đã từng xảy ra tại bất cứ thời điểm nào trong vòng 15 triệu năm trước đây.
- Nồng độ phát xạ CO_2 hiện nay vào khoảng 35.000 triệu tấn (hệ mét) mỗi năm (bao gồm cả thay đổi sử dụng đất) và, nếu thiếu các chính sách tiếp theo, dự báo sẽ tăng lên 41.000 triệu tấn CO_2 mỗi năm vào năm 2020.
- Nhiệt độ trung bình toàn cầu vẫn đang tiếp tục tăng và hiện nay cao hơn mức thời kỳ tiền công nghiệp là 0,8°C.

Một sự ấm lên toàn cầu 0,8°C dường như không phải là lớn, nhưng nhiều tác động biến đổi khí hậu đã bắt đầu hiện hữu, và sự ấm lên biến đổi từ 0,8°C lên 2°C sẽ gây ra những thách thức thậm chí còn lớn hơn. Cũng cần nhấn mạnh rằng, sự gia tăng nhiệt độ trung bình toàn cầu lên 4°C cũng gần giống như sự khác biệt giữa nhiệt độ ngày nay với nhiệt độ của thời đại băng hà cuối cùng, khi phần lớn khu vực trung Âu và miền Bắc nước Mỹ bị bao phủ bởi lớp băng dày hàng kilomet và nhiệt độ trung bình toàn cầu thấp hơn từ 4,5°C đến 7°C. Và mức độ này của biến đổi khí hậu, chủ yếu do con người gây ra, mới chỉ diễn ra trong hơn một thế kỷ, chứ không phải là vài thiên niên kỷ.

Các đại dương trên thế giới tiếp tục nóng lên, khoảng 90% lượng nhiệt thừa bị hấp thụ do nồng độ khí nhà kính gia tăng kể từ năm 1955 được lưu giữ trong các đại dương dưới dạng nhiệt. Sự gia tăng trung bình ở mực nước biển trên thế giới trong thế kỷ 20 đã đạt khoảng 15 đến 20 cm. Trong thập kỷ gần đây nhất, tỷ lệ trung bình gia tăng mực nước biển đã tăng lên với tốc độ 3,2 cm một thập kỷ. Nếu tỷ lệ này vẫn giữ nguyên không thay đổi, có nghĩa là mực nước biển sẽ dâng lên thêm 30 cm trong thế kỷ 21.

Sự ấm lên của khí quyển và các đại dương đang thúc đẩy nhanh băng tan tại Đảo băng (Greenland) và vùng Nam cực, và sự tan băng này có thể làm tăng thêm mực nước biển trong tương lai. Về tổng thể, tỷ lệ băng tan đã tăng hơn gấp ba lần kể từ giai đoạn 1993-2003 như Báo cáo AR4 của IPCC đã đưa ra, trong giai đoạn 2004-08 đạt mức 1,3 cm/thập kỷ; tỷ lệ băng tan vào năm 2009 tương đương 1,7 cm/thập kỷ. Nếu các dải băng tiếp tục bị tan biến với tốc độ này và không nhanh hơn, thì sự gia tăng mực nước biển toàn cầu do nguyên nhân này sẽ vào khoảng 15 cm vào cuối thế kỷ 21. Một minh chứng rõ ràng về sự gia tăng khả năng bị tổn hại của các dải băng do sự ấm lên đó là sự phát triển nhanh diện tích vùng băng tan quan sát thấy kể từ những năm 1970. Cũng như vậy đối với vùng biển Bắc cực, diện tích khu vực này đã đạt mức cực tiểu kỷ lục vào tháng 9 năm 2012, trong vòng 30 năm gần đây diện tích có băng bao

phủ vùng Bắc cực vào mùa hè đã giảm đi một nửa.

Ảnh hưởng của sự ấm lên toàn cầu cũng dẫn đến những thay đổi quan sát thấy ở nhiều lĩnh vực khí hậu và môi trường khác trong hệ sinh thái Trái đất. Thập kỷ vừa qua đã chứng kiến một cơn số khác thường của những sóng nhiệt khắc nghiệt trên toàn thế giới với những tác động hậu quả nghiêm trọng. Sự thay đổi khí hậu do con người gây ra kể từ những năm 1960 đã làm gia tăng tần suất và cường độ của các cơn sóng nhiệt và vì thế cũng làm tăng thêm những tác động xã hội của chúng. Tại một số vùng khí hậu, lượng mưa và hạn hán đã tăng lên về cường độ và/hoặc tần số gây ảnh hưởng đến con người. Một ví dụ về sóng nhiệt cực điểm gần đây đó là sóng nhiệt ở Nga vào năm 2010 đã gây ra những hậu quả bất lợi nghiêm trọng. Thiệt hại ước tính sơ bộ do sóng nhiệt năm 2010 tại Nga là 55.000 người chết, thiệt hại mùa màng hàng năm vào khoảng 25%, diện tích các vùng bị cháy lên đến 1 triệu hecta, và thiệt hại kinh tế vào khoảng 15 tỷ USD (tương đương 1% GDP).

Nếu không xảy ra biến đổi khí hậu, các cơn sóng nhiệt cực đoan ở các nơi như châu Âu, Nga, và Mỹ được cho là chỉ xảy ra với tần suất một lần trong hàng trăm năm. Các quan trắc chỉ ra rằng nhiệt độ cực điểm xảy ra trên bề mặt hành tinh đã tăng lên gấp mười lần kể từ những năm 1950.

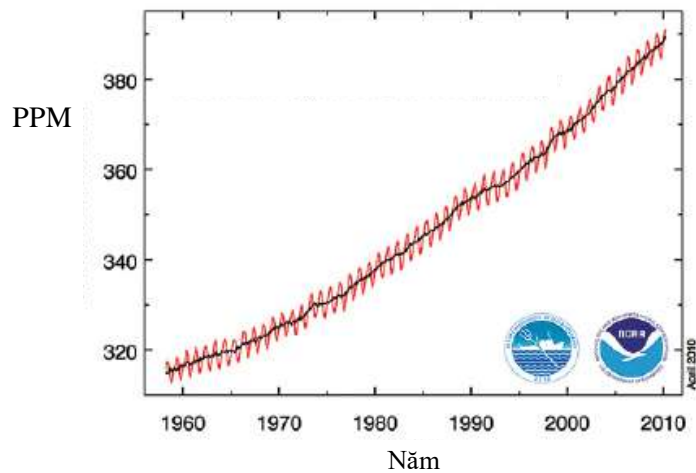
Những tác động bất lợi từ nhiệt độ cao hơn đối với sản xuất nông nghiệp đã được quan sát thấy, với những nghiên cứu gần đây chỉ ra rằng kể từ những năm 1980 sản lượng ngô và lúa mì toàn cầu đã giảm đáng kể nếu so sánh với cũng số liệu này trong trường hợp không xảy ra biến đổi khí hậu.

Ảnh hưởng từ nhiệt độ cao hơn đến tăng trưởng kinh tế của các nước nghèo cũng đã được quan sát thấy trong những thập kỷ gần đây, cho thấy nguy cơ dẫn đến sự suy giảm hơn nữa ở tăng trưởng kinh tế tại các quốc gia nghèo trong tương lai do sự ấm lên toàn cầu. Một nghiên cứu của MIT sử dụng những dao động về nhiệt độ trong lịch sử tại các nước để xác định ảnh hưởng đến các kết quả kinh tế tổng thể. Nghiên cứu chỉ ra rằng, nhiệt độ cao hơn đã làm giảm đáng kể tăng trưởng kinh tế tại các quốc gia nghèo và đã gây ra những tác động ở phạm vi rộng, làm giảm sản lượng nông nghiệp, sản lượng công nghiệp và ảnh hưởng đến ổn định chính trị. Các kết quả này dẫn đến những cuộc tranh cãi xung quanh vai trò của khí hậu trong phát triển kinh tế và cho thấy khả năng của những tác động bất lợi nghiêm trọng từ nhiệt độ cao hơn đối với các quốc gia nghèo.

Nồng độ và phát xạ CO₂: để nghiên cứu về giả thuyết rằng nồng độ CO₂ trong khí quyển ảnh hưởng đến khí hậu Trái đất, Charles D. Keeling đã tiến hành các phép đo hệ thống về nồng độ phát xạ CO₂ trong khí quyển từ năm 1958 tại Đài quan sát Mauna Loa, Hawaii. Các kết quả chỉ ra sự gia tăng nồng độ CO₂ từ 316 ppm vào tháng 3 năm 1958 lên 391 ppm vào tháng 9 năm 2012. Hình 1 dưới đây cho thấy số liệu dioxide cacbon đo được và nồng độ trung bình hàng năm trong giai đoạn 1958-2012. Dựa trên cơ sở các số đo mẫu lõi băng¹, nồng độ CO₂ thời kỳ tiền công nghiệp trong khoảng từ 260 đến 280 ppm (Indermuhle 1999). Bằng chứng địa chất và cổ khí hậu chỉ ra rằng,

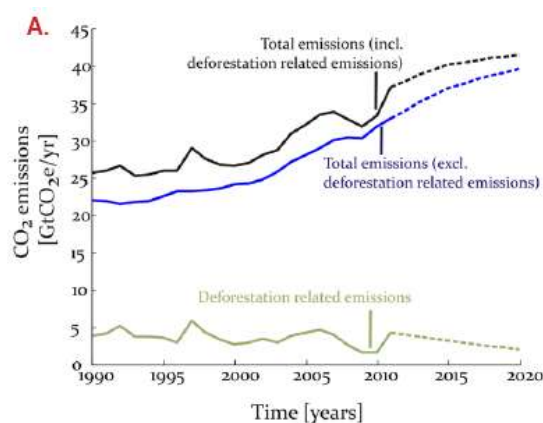
¹ Báo cáo lấy mốc năm 1750 để xác định nồng độ CO₂. Nhiệt độ trung bình toàn cầu thời kỳ tiền công nghiệp được xác định vào thời điểm giữa thế kỷ 19.

nồng độ CO₂ hiện tại trong khí quyển là cao hơn so với bất cứ thời điểm nào trong vòng 15 triệu năm (Tripathi, Roberts, Eagle 2009).



Hình 1: Nồng độ CO₂ trong khí quyển đo được tại Đài quan sát Mauna Loa. (Nguồn: <http://climateactiontracker.org/>)

Kể từ năm 1959, có xấp xỉ 350 tỷ tấn cacbon (GtC)² phát xạ thông qua hoạt động của con người, trong đó có 55% được lưu giữ trong đất và các đại dương, phần còn lại vẫn tồn đọng trong khí quyển (Ballantyne et al. 2012). Hình 2 cho thấy sự gia tăng nồng độ phát xạ CO₂. Nếu thiếu các chính sách tiếp theo, nồng độ phát xạ CO₂ toàn cầu (bao gồm cả phát xạ liên quan đến phá rừng) sẽ đạt đến 41 tỷ tấn CO₂ mỗi năm vào năm 2020. Tổng nồng độ khí nhà kính sẽ tăng lên 56 GtCO₂ vào năm 2020, nếu không có các hành động chống biến đổi khí hậu từ nay đến năm 2020 (tức là theo kịch bản hoạt động như không có gì xảy ra). Nếu các cam kết hiện tại được thực hiện đầy đủ, tổng phát xạ khí nhà kính toàn cầu vào năm 2020 có thể trong khoảng từ 53 đến 55 tỷ tấn CO₂ mỗi năm.



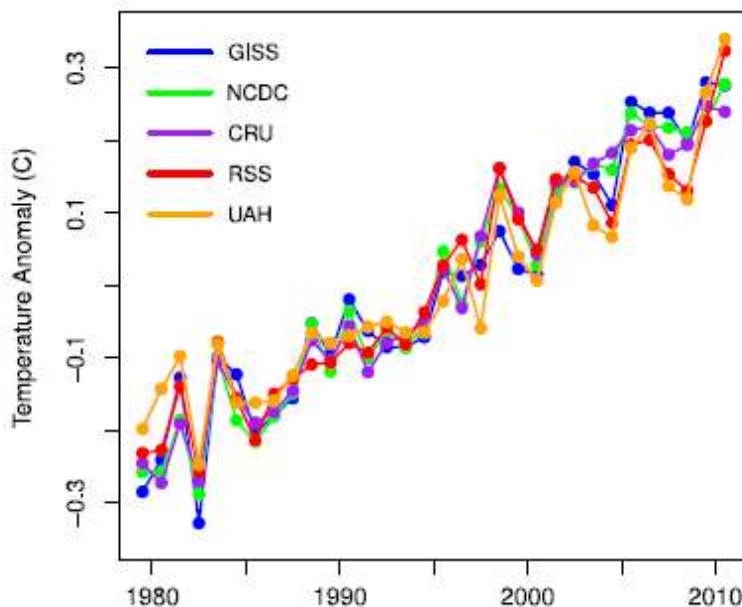
Hình 2: Tổng phát xạ CO₂ (GtCO₂/năm) (Nguồn: <http://climateactiontracker.org/>)

² Trong trường hợp này, 350 tỷ tấn cacbon tương đương 1285 tỷ tấn CO₂.

Gia tăng nhiệt độ trung bình toàn cầu:

Báo cáo AR4 của IPCC đã chỉ ra rằng, sự gia tăng nhiệt độ trung bình toàn cầu và sự ấm lên của hệ thống khí hậu là điều hoàn toàn chắc chắn. Hơn nữa, "hầu hết sự gia tăng quan sát được ở nhiệt độ trung bình toàn cầu kể từ giữa thế kỷ 20 là gần như chắc chắn là do sự gia tăng nồng độ khí nhà kính xuất phát từ hoạt động của con người" (Solomon, Miller et al. 2007). Các nghiên cứu gần đây cũng khẳng định điều này. Sự ấm lên trung bình toàn cầu giờ đây đã xấp xỉ $0,8^{\circ}\text{C}$ cao hơn so với thời kỳ tiền công nghiệp.

Sự hiện diện của dấu hiệu ấm lên mạnh mẽ trong vòng ba thập kỷ gần đây là rất rõ ràng, được chỉ ra trong nhiều tài liệu nghiên cứu. Ví dụ, Foster và Rahmstorf (2011) đã chỉ ra dấu hiệu rõ ràng nổi lên sau khi đã loại trừ các nhân tố đã biết là đang tác động đến các biến đổi nhiệt độ về ngắn hạn. Các nhân tố này bao gồm sự biến đổi mặt trời và các tác động sơn khí núi lửa (volcanic aerosol), cùng với các biến cố dao động El Nino/Southern (Hình 3). Một số nghiên cứu, như được IPCC báo cáo, khẳng định rằng sự ấm lên quan sát thấy không thể giải thích chỉ bằng các nhân tố tự nhiên và mà bị ảnh hưởng phần lớn bởi tác động của con người (Stott et al. 2000). Trên thực tế, Báo cáo của IPCC (2007) khẳng định rằng trong vòng 50 năm gần đây, "tổng cộng các tác động từ mặt trời và núi lửa lẽ ra đã phải dẫn đến sự lạnh đi, mà không phải là ấm lên", kết quả này cũng được khẳng định bởi các nghiên cứu gần đây hơn (Wigley and Santer 2012).



Source: Foster and Rahmstorf 2012.

Hình 3: Dữ liệu về nhiệt độ theo các nguồn khác nhau.
(Nguồn: Foster and Rahmstorf 2012).

Gia tăng tích nhiệt trong các đại dương: Trong khi sự ấm lên ở nhiệt độ bề mặt Trái đất có lẽ là một trong những thay đổi đáng chú ý nhất, có đến gần 93% lượng nhiệt tăng thêm được hệ Trái đất hấp thụ do nguyên nhân từ sự gia tăng nồng độ khí nhà kính kể từ năm 1955 được tích tụ trong các đại dương. Công trình nghiên cứu gần đây của Levitus và các cộng sự (Levitus et al. 2012) đã được sử dụng trong báo cáo AR4 của IPCC. Sự ấm lên được quan sát thấy tại các đại dương trên thế giới "*chỉ có thể giải thích bằng sự gia tăng ở nồng độ khí nhà kính trong khí quyển*". Xu hướng gia tăng hàm lượng nhiệt đại dương vẫn đang tiếp diễn (hình 4). Trong giai đoạn từ 1955 đến 2010, các đại dương trên thế giới với độ sâu đến 2000 mét đã ấm lên trung bình là 0,09°C.

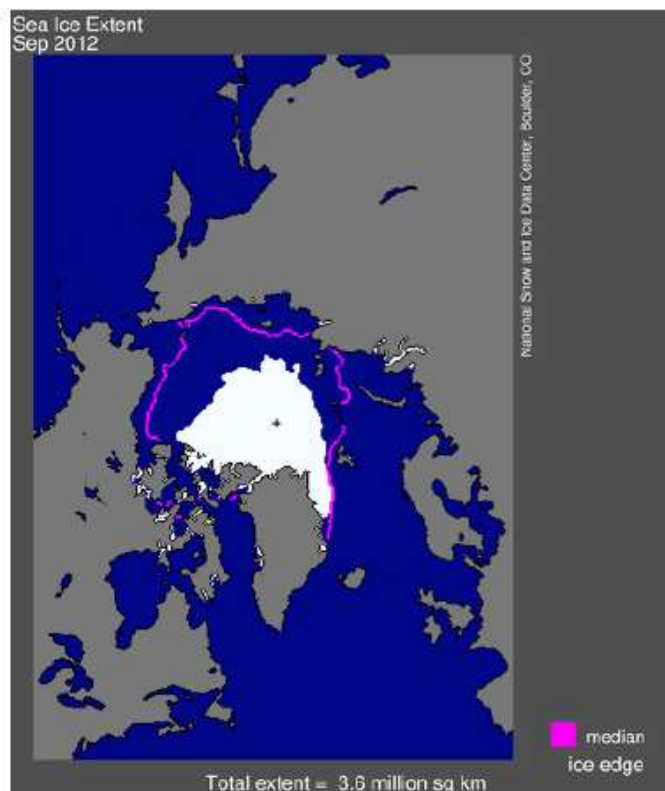
Cùng với những thay đổi về hóa học đại dương, nước biển ấm lên được cho là gây tác động bất lợi đến nghề đánh bắt cá, đặc biệt là các khu vực nhiệt đới do nguồn khai thác có thể di cư từ các nước nhiệt đới đến các nơi có nước biển lạnh hơn (Sumaila 2010). Hơn nữa, nước bề mặt ấm lên có thể làm tăng sự phân tầng, có tiềm năng gây hạn chế nguồn chất dinh dưỡng đối với các nhà sản xuất sơ cấp. Một hậu quả nghiêm trọng khác từ sự gia tăng nhiệt độ trong các đại dương đó là khả năng mở rộng diện tích các vùng đại dương có nồng độ oxy giảm, gây trở ngại đến sản lượng biển toàn cầu và gây tổn hại đến các hệ sinh thái biển. Việc giảm diện tích các vùng oxy hóa trong đại dương đã xảy ra và tại một số bồn trũng đại dương đã quan sát thấy sự suy giảm môi trường sống đối với các loài cá ở biển nhiệt đới, như cá ngừ (Stramma et al. 2011).

Axit hóa đại dương: Các đại dương đóng vai trò như một trong các bể chứa CO₂ lớn của Trái đất. Do CO₂ trong khí quyển tăng lên, các đại dương hấp thụ thêm CO₂ nhằm cố gắng khôi phục lại sự cân bằng giữa sự hấp thụ và giải phóng trên bề mặt đại dương. Chúng hấp thụ xấp xỉ 25% lượng phát xạ CO₂ do nguồn gốc con người trong giai đoạn 2000-06 (Canadell et al. 2007). Điều này tác động trực tiếp đến sinh địa hóa đại dương do CO₂ phản ứng với nước cuối cùng tạo nên một loại axit yếu dẫn đến hiện tượng được gọi là "axit hóa đại dương". Thực sự là những thay đổi như vậy đã quan sát thấy trong nước biển toàn cầu. Trong giai đoạn 1750-1994, một sự suy giảm độ pH 0,1 trong nồng độ pH bề mặt đã tính được, tương ứng với sự gia tăng 30% nồng độ ion hydro (H⁺) trong nước biển (Raven 2005). Những gia tăng về độ axit đại dương được quan sát thấy rõ rệt hơn ở các vĩ độ cao hơn so với các vùng nhiệt đới và cận nhiệt đới (Bindoff et al. 2007).

Axit hóa đại dương do nồng độ CO₂ trong khí quyển gia tăng là một trong những hậu quả rõ rệt nhất của sự phát xạ CO₂ và sự gia tăng nồng độ CO₂. Axit hóa đại dương hiện đang diễn ra và sẽ tiếp tục diễn ra trong bối cảnh nhiệt độ ấm lên và một sự suy giảm oxy trong các đại dương của thế giới. Trong quá khứ địa chất, những thay đổi quan sát được về nồng độ pH thường đi kèm với những biến cố tuyệt chủng quy mô lớn (Honisch et al. 2012). Những thay đổi này ở nồng độ pH được dự báo sẽ gia tăng trong tương lai. Tốc độ thay đổi sinh địa hóa trong các đại dương hiện nay đã có thể quan sát thấy và được dự báo là sẽ có thể lớn chưa từng thấy trong lịch sử Trái đất.

Tan băng ở Bắc cực: Băng ở biển Bắc cực đã đạt đến mức tối thiểu kỷ lục vào tháng 9 năm 2012 (hình 4). Đây là một kỷ lục ghi nhận được kể từ khi bắt đầu có được những

số đo đáng tin cậy từ vệ tinh vào năm 1973, trong khi các đánh giá ước tính rằng đây là mức nhỏ nhất trong ít nhất là 1.500 năm (Kinnard et al. 2011). Xu thế tuyến tính của băng tan trên biển vào tháng 9 đã mở rộng kể từ khi bắt đầu được vệ tinh ghi lại cho thấy tỷ lệ băng tan là 13%/thập kỷ, số liệu ghi được vào năm 2012 tương đương với việc chỉ trong vòng ba thập kỷ gần đây lớp băng bao phủ tại Bắc cực đã giảm đi một nửa.



Hình 4: Mô tả địa lý về sự tan biến băng biển Bắc cực vào tháng 9 năm 2012.
(Nguồn NASA 2012)

Ngoài diện tích băng bao phủ, độ dày của lớp băng cũng là một chỉ số tương ứng cho thấy sự tan băng biển Bắc cực. Diện tích vùng có lớp băng dày hơn (tức là có độ tuổi hơn hai năm) đang giảm đi, làm cho toàn bộ lớp băng bao phủ dễ bị tổn hại trước các biến cố thời tiết, như cơn bão hồi tháng 8 năm 2012 đã làm phá vỡ một diện tích băng rộng thành các mảnh nhỏ và tan biến tương đối nhanh.

Các nghiên cứu khoa học gần đây đã khẳng định rằng mức độ biến mất băng biển Bắc cực chỉ có thể giải thích bằng sự biến đổi khí hậu do con người gây nên. Trong khi có nhiều nhân tố ảnh hưởng đến băng biển Bắc cực trong lịch sử Trái đất (ví dụ như những thay đổi ở sự chiếu nắng mùa hè do những biến đổi ở các thống số quỹ đạo Trái đất hay do tính biến động tự nhiên của các mẫu hình gió), các yếu tố này được loại trừ ra khỏi số các nguyên nhân của diễn biến quan sát được hiện nay (Notz and Marotzke 2012).

Ngoài những hậu quả nghiêm trọng đối với hệ sinh thái Bắc cực và quần thể con người liên quan, trong số các tác động tiềm năng của sự mất băng biển Bắc cực là những thay đổi ở các hệ áp lực không khí. Sự trao đổi nhiệt giữa đại dương và khí quyển gia tăng do băng biển mất, các mẫu hình gió cũng sẽ thay đổi trên quy mô lớn và mùa đông khắc nghiệt ở châu Âu có thể trở nên thường xuyên hơn (Francis and Vavrus 2012).

Sóng nhiệt và nhiệt độ cực điểm: Thập kỷ qua đã được chứng kiến con số khác thường các cơn sóng nhiệt cực đoan diễn ra trên phạm vi thế giới gây ra những tác động xã hội nghiêm trọng. Ví dụ về những biến cố đó bao gồm sóng nhiệt châu Âu năm 2003, sóng nhiệt Hy Lạp 2007, sóng nhiệt Ôxtrâyliia năm 2009, sóng nhiệt Nga 2010, sóng nhiệt Texas 2011, và sóng nhiệt Hoa Kỳ 2012.

Các cơn sóng nhiệt này thường làm cho nhiều người chết do nhiệt, cháy rừng và thất thu mùa màng. Các biến cố này có tính bất thường cao, nếu so với nhiệt độ trung bình địa phương thì khi xảy ra biến cố, nhiệt độ trong tháng và mùa có đặc trưng là ấm hơn độ lệch chuẩn 3 hay còn gọi là biến cố 3-sigma. Nếu không có sự biến đổi khí hậu, các biến cố 3-sigma như vậy được cho là sẽ chỉ diễn ra một lần trong vòng hàng trăm năm (Hansen et al. 2012).

Năm mùa hè nóng nhất ở châu Âu kể từ năm 1500 tất cả đều xảy ra sau năm 2002, với các năm 2003 và 2010 được coi là những trường hợp đặc biệt khác thường. Số người chết do sóng nhiệt năm 2003 được ước tính lên đến 70.000 người (Field et al. 2012) với mức tử vong vượt quá trong ngày đạt đến con số 2.200 người tại Pháp. Sóng nhiệt ở Nga vào năm 2010 đã dẫn đến con số tử vong là 55.000 người, trong đó chỉ riêng ở Moscow đã có 11.000 người tử vong, hơn 1 triệu hecta đất đai bị cháy trụi. Năm 2012, nước Hoa Kỳ đã trải qua một cơn sóng nhiệt tàn phá và một giai đoạn hạn hán (NOAA 2012). Vào ngày 28/8, có khoảng 63% lãnh thổ liên kè của nước Hoa Kỳ đã bị ảnh hưởng bởi các điều kiện hạn hán và giai đoạn từ tháng 1 đến tháng 8 là thời kỳ nóng kỷ lục đã được ghi nhận. Cũng trong cùng thời kỳ này, đã có nhiều vụ cháy rừng xảy ra, tạo nên kỷ lục về tổng diện đất bị cháy, vượt quá 7,72 triệu mẫu (NOAA 2012).

Các nghiên cứu gần đây chỉ ra rằng nhiệt độ cực đoan mùa hè giờ đây có thể gán chủ yếu cho sự ấm lên của khí hậu kể từ những năm 1960 (Duffy and Tebaldi 2012). Trong thập kỷ 1960, thời tiết cực đoan vào mùa hè ấm hơn lệch chuẩn 3 trên thực tế gần như không có, chỉ gây ảnh hưởng chưa đến 1% diện tích bề mặt Trái đất. Diện tích này đã tăng lên đến 4-5% vào giai đoạn 2006-08 và 6-13% vào năm 2009-11. Giờ đây, biến cố nhiệt độ mùa hè nóng đặc biệt khác thường tác động đến 10% diện tích đất đai. Phân tích trên chỉ ra rằng, những tháng mùa hè cực nóng gần như chắc chắn sẽ không xảy ra nếu như không có sự ấm lên toàn cầu (Hansen et al. 2012).

Xu thế hạn hán và khô cằn: Trên quy mô toàn cầu, sự ấm lên của tầng khí quyển thấp đang đẩy mạnh chu kỳ thủy văn, chủ yếu là do không khí ấm lên có thể giữ được nhiều hơi nước hơn (Coumou and Rahmstorf 2012). Sự mạnh lên này làm cho các vùng khô hạn trở nên khô hơn và các vùng ẩm ướt trở nên ướt hơn, điều này cũng đã

được dự báo bằng các mô hình khí hậu. Các kết quả quan trắc trong hơn 50 năm qua chỉ ra rằng chu kỳ thủy văn mạnh lên gây ảnh hưởng đến các mẫu hình lượng mưa trên các đại dương, cao hơn gần gấp đôi so với tỷ lệ dự báo bằng các mô hình khí hậu (Durack et al. 2012). Sự thay đổi các mô hình trên mặt đất nói chung còn phức tạp hơn do tác động son khí và hiện tượng khu vực bao gồm phản hồi độ ẩm đất. Tác động son khí xuất phát từ con người có vẻ như đóng một vai trò then chốt trong những thay đổi ở lượng mưa quan sát được trong giai đoạn 1940-2009. Ví dụ điển hình đó là tác động son khí có liên quan đến hạn hán Sahel (Booth, Dustone et al. 2012), cũng như xu thế lượng mưa đảo ngược trong các mùa đông thuộc Địa Trung Hải. Những thay đổi với quy mô lớn trong tuần hoàn khí quyển, như sự di chuyển hướng cực của dấu vết các cơn bão ở vĩ độ bắc trung cũng có thể tác động mạnh đến các mẫu hình về lượng mưa.

Sự ẩm lên dẫn đến bay hơi và thoát hơi nhiều hơn, điều này càng làm cho bề mặt khô hơn và vì thế đẩy mạnh cường độ và khoảng thời gian của các trận hạn hán (Trenberth 2010). Sự khô cằn (đến mức độ thiếu độ ẩm cần thiết cho sự sống ở một số nơi) đã tăng lên kể từ những năm 1970 với tốc độ khoảng 1,74% mỗi thập kỷ, cũng như các chu kỳ tự nhiên cũng đóng một vai trò.

Một trong những khu vực bị ảnh hưởng đó là vùng Địa Trung Hải, đã trải qua từ 10 đến 12 mùa đông khô nhất trong vòng 20 năm kể từ năm 1902. Khí nhà kính và tác động son khí do con người gây ra là những nhân tố then chốt gây ra xu hướng lượng mưa mùa đông giảm ở vùng Địa Trung Hải. Ngoài ra, các khu vực cận nhiệt đới khác, nơi có các mô hình khí hậu được dự báo khô hạn về mùa đông đã gặp phải những trận hạn hán nghiêm trọng trong những năm gần đây, nhưng vẫn còn thiếu các nghiên cứu quy kết cụ thể. Vùng Đông Phi đang trải qua một xu thế dẫn đến sự gia tăng các tần số hạn hán kể từ thập kỷ 1970, liên quan đến nhiệt độ bề mặt nước biển ẩm lên, điều này được quy cho nguyên nhân một phần là do tác động của khí nhà kính (Gleckler et al. 2012). Ngoài ra, một nghiên cứu sơ bộ về trận hạn hán ở Texas năm 2011 kết luận rằng biến cố này giờ đây có khả năng xảy ra cao hơn gấp 20 lần so với thời kỳ những năm 1960 (Rupp, Mote et al. 2012). Mặc dù có những xúc tiến nghiên cứu nêu trên, sự quy kết những biến cố hạn hán cực đoan vẫn còn là điều thách thức do những hạn chế về dữ liệu quan trắc, và ở khả năng lập mô hình phản ánh động lực học của lượng mưa ở quy mô cỡ trung bình cũng như những tác động của son khí (Sun et al. 2012).

Các sự kiện thời tiết khắc nghiệt trong giai đoạn 2000-12: Các nghiên cứu gần đây đã bắt đầu liên kết sự ẩm lên toàn cầu với các biến cố khí hậu cực đoan hiếm có xảy ra gần đây với một mức độ khá chắc chắn. Sóng nhiệt, hạn hán và lũ lụt đã gây ra những thách thức ảnh hưởng đến các xã hội trong quá khứ. Bảng 1 dưới đây cho thấy những sự kiện thời tiết khắc nghiệt bất thường xảy ra mà hiện nay đã có những bằng chứng khoa học xác đáng liên hệ chúng với sự ẩm lên toàn cầu với mức độ khẳng định từ trung bình đến mức độ cao. Tuy các trận lũ lụt không được đưa vào trong danh sách này, chúng vẫn gây ra những tác động phá hủy đến các hệ con người và được cho là sẽ gia tăng về tần suất và độ lớn cùng với sự gia tăng nhiệt độ toàn cầu.

Bảng 1: Các diễn biến khí tượng bất thường kỷ lục ghi nhận được từ năm 2000, các tác động xã hội của chúng và mức độ khẳng định về mối liên quan đến biến đổi khí hậu.

Khu vực (năm)	Diễn biến khí tượng bất thường kỷ lục	Mức độ khẳng định quy kết cho biến đổi khí hậu	Tác động, tổn thất
Anh và Xứ Wales (2000)	Mùa thu ẩm ướt kỷ lục kể từ 1766 với nhiều đợt mưa rào ngắn.	Trung bình	≈1,3 tỷ Bảng
Châu Âu (2003)	Mùa hè nóng nhất trong vòng 500 năm	Cao	Số người chết hơn 70.000
Anh và Xứ Wales (2007)	Từ tháng 5 đến tháng 7 ẩm ướt kỷ lục ghi nhận được kể từ 1766	Trung bình	Gây ra những trận lụt lớn làm thiệt hại khoảng 3 tỷ Bảng.
Nam Âu (2007)	Mùa hè nóng kỷ lục tại Hy Lạp kể từ năm 1891	Trung bình	Cháy rừng gây tàn phá
Đông Địa trung hải, Trung đông (2008)	Mùa đông khô nhất kể từ 1902	Cao	Gây thiệt hại đáng kể đến sản lượng ngũ cốc.
Victoria (Ôxtrâylia) (2009)	Sóng nhiệt, nhiệt độ cao kỷ lục ghi nhận tại nhiều nơi (trong vòng 32-154 năm có số liệu)	Trung bình	Cháy cây bụi kỷ lục, 173 người chết, 3500 ngôi nhà bị phá hủy.
Miền Tây nước Nga (2010)	Mùa hè nóng nhất kể từ năm 1500	Trung bình	500 vụ cháy rừng tại Moscow, tổn thất mùa màng 25%, số người chết 55.000, tổn thất kinh tế gần 15 tỷ USD.
Pakistan (2010)	Lượng mưa kỷ lục	Thấp đến trung bình	Trận lụt lớn nhất trong lịch sử nước này, gần 3000 người chết, 20 triệu người bị ảnh hưởng.
Colombia (2010)	Mưa lớn nhất ghi nhận được kể từ năm 1969	Thấp đến trung bình	47 người chết, 80 người mất tích
Tây Amazon (2010)	Hạn hán, mực nước thấp kỷ lục tại Rio Negro	Thấp	Diện tích cây chết lên đến 3,2 triệu km ²
Tây Âu (2011)	Mùa xuân khô và nóng kỷ lục tại Pháp kể từ năm 1880	Trung bình	Thu hoạch ngũ cốc của Pháp giảm 12%
4 bang của Hoa Kỳ (TX, OK, NM, LA) (2011)	Mùa hè nóng và hạn hán kỷ lục kể từ năm 1880	Cao	Cháy 3 triệu ha rừng (tổn thất từ 6 đến 8 tỷ USD)
Hoa Kỳ lục địa (2012)	Tháng 7 ẩm kỷ lục kể từ năm 1895 và điều kiện hạn hán khắc nghiệt	Trung bình	Giá lương thực toàn cầu tăng đột ngột do thất thu mùa màng.

Nguồn: D Coumou and S Rahmstorf, *Nature Climate Change* 2, (2012)

2. Dự báo về những tác động của biến đổi khí hậu trong một thế giới sẽ nóng lên 4°C

Phần này xem xét khả năng thế giới nóng lên 4°C vào năm 2100, so sánh kết quả trung bình toàn cầu của một loạt các kịch bản giảm thiểu và cung cấp tổng quan các dự báo về khí hậu của thế kỷ 21. Qua các đánh giá cho thấy, sự nóng lên ở mức 4°C không phải là không thể tránh được và vẫn có thể giới hạn ở mức 2°C hoặc thấp hơn, nếu các hành động chính sách được duy trì liên tục.

Các kịch bản phát thải SRES của IPCC đã được đánh giá trong báo cáo AR4 của IPCC đưa ra giới hạn nhiệt độ toàn cầu nóng lên từ 1,6-6,9°C vào năm 2100 so với mức của thời kỳ tiền công nghiệp. Theo các dự đoán này, một nửa mức độ không chắc chắn là do các yếu tố không chắc chắn trong phản ứng của hệ thống khí hậu đối với các phát thải khí nhà kính. Nếu giả thiết rằng mức nhiệt độ nóng lên được dự báo là 2,3-4,5°C vào năm 2100, thì vẫn còn một yếu tố không chắc chắn, đó là do các giả thiết khác nhau về dân số thế giới, kinh tế và công nghệ sẽ phát triển như thế nào trong thế kỷ 21. Không có ước tính trung tâm nào về các phát thải tương lai cho các kịch bản SRES vì gần như không thể chọn một lộ trình phát thải nào có khả năng xảy ra hơn so với các con đường phát thải khác (Nakicenovic and Swart 2000). Tuy nhiên, các kịch bản SRES cho thấy có nhiều kịch bản không giảm nhẹ có thể dẫn đến mức nóng lên quá 4°C. Sự tiến triển của các chính sách và phát thải kể từ khi SRES hoàn thành cho thấy mức nóng lên hơn 3°C có nhiều khả năng xảy ra hơn so với những mức thấp hơn, ngay cả khi có các cam kết và mục tiêu giảm thiểu được thông qua vào năm 2009.

Các kịch bản phát thải SRES không bao hàm biện pháp giảm thiểu phát thải khí nhà kính để hạn chế sự nóng lên toàn cầu, một loạt các kịch bản mới được báo cáo AR5 xây dựng trong đó có 3 kịch bản có nguồn gốc từ các kịch bản giảm thiểu. Các kịch bản được gọi là Quỹ đạo Nồng độ đại diện (Representative Concentration pathway - RCP)³ này được xây dựng từ các kịch bản giảm nhẹ do Mô hình Đánh giá tổng hợp (IAM) đưa ra để mô phỏng các hệ thống kinh tế - năng lượng quốc tế và cho phép ứng dụng đa dạng các công nghệ năng lượng để đáp ứng nhu cầu (Masui et al. 2011; Thomson et al. 2011).

Kịch bản RCP cao nhất có ký hiệu RCP8.5 (Riahi, Rao, et al. 2011), là quỹ đạo không giảm thiểu duy nhất trong nhóm kịch bản AR5 và có thể sánh ngang với kịch bản cao nhất SRES AR4 (SRES A1FI). Kịch bản này dự báo mức nóng lên gần 5°C vào năm 2100. Tuy nhiên, RCP6, một trong những kịch bản giảm thiểu giả thiết rằng với sự can thiệp hạn chế của chính sách khí hậu, sự ấm lên vượt quá 4°C vào năm 2100 có xác suất là 15%. Ước tính trung bình về nóng lên toàn cầu vào năm 2100 theo kịch bản không giảm nhẹ RCP8.5 là gần 5°C và có khả năng tăng nhanh, trong khi theo kịch bản RCP3PD lộ trình về nhiệt độ thấp hơn nhiều, sau khi đạt đỉnh điểm sẽ chuyển hướng giảm dần vào cuối thế kỷ này.

2.1. Thế giới nóng lên 4°C sẽ như thế nào?

Nếu những cam kết về phát thải được đưa ra tại các Hội nghị về biến đổi khí hậu ở Copenhagen và Cancun được đáp ứng, thế giới sẽ trải qua một lộ trình ấm dần lên với

³ RCP - Representative concentration pathway - là quỹ đạo nồng độ của 4 loại khí nhà kính mà IPCC sử dụng cho báo cáo AR5

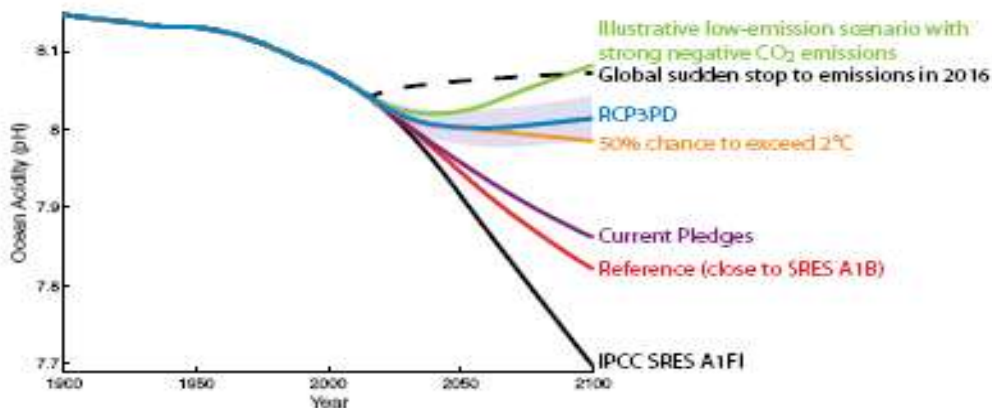
nhệt độ trung bình toàn cầu tăng cao hơn 3°C. Thậm chí nếu những cam kết này được thực hiện đầy đủ thì vẫn có 20% khả năng nóng lên ở mức hơn 4°C vào năm 2100. Nếu không thực hiện được những cam kết đó thì khả năng thế giới nóng lên hơn 4°C vào năm 2100 là 40%, và khả năng điều này xảy ra vào những năm 2070 là 10% nếu giả định phát thải tuân theo kịch bản "*duy trì sản xuất kinh doanh như bình thường*". Theo kịch bản tăng cường sử dụng nhiên liệu hóa thạch như SRES A1FI của IPCC thì sự nóng lên vượt quá 4°C sẽ diễn ra sớm hơn trong thế kỷ 21. Tuy nhiên, điều quan trọng cần lưu ý là vẫn có thể tránh được sự nóng lên này. Với các kịch bản phát thải khả thi về mặt công nghệ và kinh tế, vẫn có thể hạn chế sự nóng lên ở mức 2°C hoặc thấp hơn trong thế kỷ 21. SRES A1FI là kịch bản tăng trưởng kinh tế cao và thâm dụng nhiên liệu hoá thạch rất có khả năng khiến nhiệt độ trung bình toàn cầu tăng vượt quá 4°C so với thời kỳ tiền công nghiệp.

Các kịch bản về phát xạ chỉ ra thời điểm khả năng thế giới bắt đầu nóng lên 4°C hoặc hơn. Có thể thấy rằng hầu hết các kịch bản khá bám sát nhau khi chỉ ra thời điểm này trong vài thập kỷ tới của thế kỷ 21. Tuy nhiên, từ thời điểm những năm 2050, có sự khác biệt đáng kể về thay đổi nhiệt độ được dự báo theo các kịch bản. Theo kịch bản cao nhất SRES A1FI, ước tính trung bình (khả năng là 50%) thế giới sẽ nóng lên đến 4°C vào thời điểm những năm 2080 và có thể vượt quá ngưỡng này (khả năng dưới 10%) vào những năm 2060. Các kịch bản khác cũng có kết luận tương tự (Betts et al 2011). Vì vậy, ngay cả khi những cam kết về chính sách tại các hội nghị khí hậu ở Copenhagen và Cancun được thực hiện đầy đủ thì vẫn có khả năng mức nóng lên quá 4°C vào năm 2100. Nếu những cam kết không đạt được và các xu thế nồng độ cacbon hiện nay vẫn tiếp tục duy trì, thì các kịch bản phát thải cao hơn sẽ có khả năng xảy ra hơn, làm tăng xác suất gia tăng nhiệt độ trung bình toàn cầu lên 4°C vào một phần tư cuối của thế kỷ này.

RCP8.5 là kịch bản cao nhất trong số các kịch bản mới của IPCC có thể sử dụng để khai thác các mối liên quan khu vực trong một thế giới nóng lên 4°C hoặc cao hơn. Đối với các thay đổi trong khu vực, các mô hình theo kịch bản đều cho rằng sự nóng lên rõ rệt nhất (từ 4°C-10°C) có thể xảy ra trên đất liền. Trong mùa đông ở phương bắc, dự báo có hiệu ứng khuếch đại Bắc cực mạnh gây ra các sự cố khác thường về nhiệt độ với biên độ trên 10°C ở Bắc cực. Vùng cận nhiệt đới bao gồm Địa Trung Hải, Bắc Phi và Trung Đông và giáp Hoa Kỳ có khả năng nhiệt độ trung bình tháng hè tăng hơn 6°C.

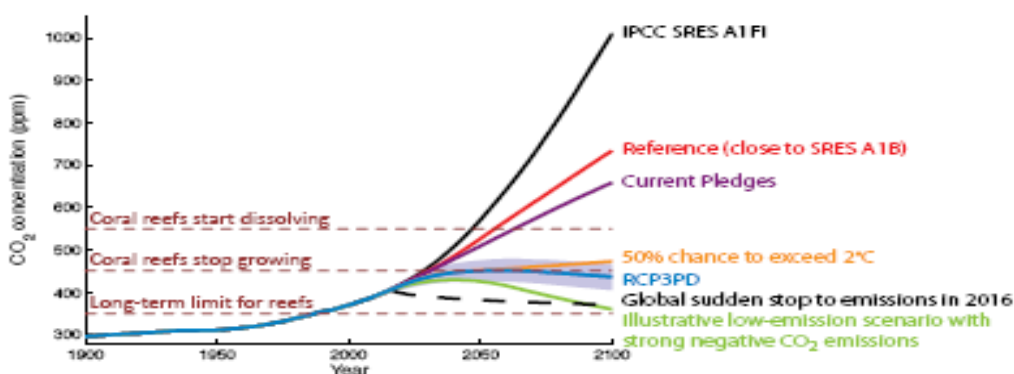
2.2. Nồng độ CO₂ và axit hóa đại dương

Các kịch bản phát thải cao dự báo nồng độ CO₂ và axit hóa đại dương rất cao. Sự gia tăng nồng độ CO₂ đến mức hiện tại 390 ppm đã khiến độ pH giảm 0,1 so với thời kỳ tiền công nghiệp. Các kịch bản nóng lên 4°C hoặc cao hơn vào năm 2100 tương ứng với nồng độ CO₂ trên 800 ppm và dẫn đến độ pH giảm thêm 0,3, tương đương với mức tăng 150% nồng độ axit so với mức của thời kỳ tiền công nghiệp (hình 5).



Hình 5: Nồng độ pH bề mặt đại dương

Tình trạng axit hóa đại dương đang diễn ra có thể gây hậu quả nghiêm trọng đối với các rạn san hô, các loài sinh vật biển có lớp vỏ vôi hóa và đối với các hệ sinh thái đại dương nói chung (Hofmann and Schellnhuber 2009). Một đánh giá gần đây cho thấy mức độ và thời gian axit hóa đại dương do khí thải CO₂ có nguồn gốc từ các hoạt động của con người lớn hơn so với bất kỳ sự kiện axit hóa đại dương nào khác được xác định từ trước đến nay qua các kỳ địa chất với niên đại hàng triệu năm và diễn ra một số các hiện tượng tuyệt chủng hàng loạt (Zeebe 2012). Nếu nồng độ CO₂ trong khí quyển tăng lên đến 450 ppm thì dự báo tốc độ tăng trưởng của các rạn san hô trên khắp thế giới sẽ bị chậm lại đáng kể và ở mức nồng độ CO₂ 550 ppm thì chúng sẽ bắt đầu bị hòa tan (Silverman et al. 2009). Nồng độ CO₂ dưới 450 ppm đã có thể ảnh hưởng đến tốc độ tăng trưởng, làm suy yếu bộ khung san hô và tăng sự phụ thuộc vào nhiệt độ của san hô. Do đó, nồng độ CO₂ ở dưới mức 350 ppm được xem là cần thiết cho sự tồn tại lâu dài của các rạn san hô nếu có quá nhiều áp lực, ví dụ nhiệt độ bề mặt nước biển cao, mực nước biển dâng và sự suy giảm chất lượng nước (hình 6).



Sources: Hare et al. 2011; Rogelj et al. 2010; Schaeffer et al. 2012.

Hình 6: Dự báo về tác động đến các dải san hô do nồng độ CO₂ khí quyển tăng cao (Nguồn: Hare et al. 2011; Rogelj et al. 2010; Schaeffer et al. 2012)

Dựa trên ước tính của mối quan hệ giữa nồng độ CO₂ trong khí quyển và tính axit của bề mặt đại dương (Bernie, Lowe, Tyrrell, and Legge 2010), thì chỉ có kịch bản phát thải rất thấp mới có thể ngăn chặn và cuối cùng đảo ngược tình trạng axit hóa đại dương. Một cảnh báo quan trọng từ các kết quả này là cách tiếp cận được sử dụng ở đây chỉ có hiệu lực trong một khoảng thời gian tương đối ngắn. Nếu các biện pháp giảm thiểu không được thực hiện sớm để giảm lượng khí thải CO₂ thì tình trạng axit hóa đại dương chắc chắn sẽ lan rộng xuống đến các lớp nước sâu. Các tính toán mới chỉ đề cập đến các phản ứng của bề mặt đại dương và một khi tình trạng axit hóa đại dương đã lan rộng thì việc làm chậm và đảo ngược tình trạng này sẽ khó khăn hơn nhiều. Điều này sẽ tiếp tục gây thêm căng thẳng cho các hệ sinh thái biển vốn đã phải chịu các áp lực từ những ảnh hưởng của con người như hoạt động đánh bắt quá mức và ô nhiễm.

2.3. Mưa và hạn hán

Như đã đề cập ở trên, việc mô hình hóa, quan sát và nghiên cứu lý thuyết cho thấy áp lực do khí nhà kính dẫn đến sự tăng cường của chu trình nước (Trenberth 2010). Điều này ám chỉ, trên quy mô hành tinh, trong điều kiện thời tiết ẩm hơn, các vùng khô hạn sẽ trở nên khô hơn và vùng ẩm ướt sẽ trở nên ẩm ướt hơn, chưa kể đến áp lực bổ sung do son khí (Chen et al. 2011) vốn được dự báo là đóng vai trò nhỏ hơn nhiều so với khí nhà kính. Đặc trưng rõ nhất từ các mô hình dự báo khí hậu đó là sự gia tăng lượng mưa trên quy mô lớn ở các vùng nhiệt đới và giảm ở vùng cận nhiệt đới, gia tăng ở vùng nam từ vĩ độ trung bình đến vĩ độ cao (Trenberth 2010; Allen 2012). Ở quy mô khu vực, bằng chứng quan trắc cho thấy sự hoàn ngược độ ẩm đất có thể làm tăng sự di chuyển không khí theo chiều dọc (sự đối lưu) gây ra những trận mưa vào buổi trưa/chiều ở các vùng đất khô hạn do tạo ra “hồi tiếp âm” làm giảm xu thế khô hạn đang tăng lên. Mặc dù các nhà khoa học vẫn chưa xác định rõ liệu các hồi tiếp âm quy mô nhỏ này có tham gia và đóng vai trò như thế nào trong việc mở rộng quy mô về thời gian và không gian của các tác động trên toàn vùng tiểu lục địa (Taylor de Jenet 2012).

Sử dụng các kết quả nghiên cứu mới nhất từ 13 mô hình khí hậu (CMIP5) làm dữ liệu “đầu vào” cho các kịch bản của Báo cáo AR5 của IPCC (Sill-mann et al. 2012) cho thấy tổng lượng mưa vào những ngày ẩm ướt được dự báo sẽ tăng khoảng 10%. Các nghiên cứu cũng phát hiện ra rằng, các biến cố lượng mưa cực lớn thể hiện dưới dạng tổng lượng mưa trong 5 ngày ẩm ướt nhất của năm, được dự báo sẽ tăng 20% theo kịch bản RCP8.5 (4+°C) và có nguy cơ tăng thêm nữa do lũ lụt. Gia tăng mạnh tổng lượng mưa trung bình được dự báo ở các khu vực Bắc bán cầu, Đông Phi và khu vực Nam và Đông Nam Á, cũng như Nam Cực, trong khi ở các vùng vĩ độ cao phía Bắc và phía Nam với các kịch bản nóng lên toàn cầu trung bình vượt quá 4°C thì các thay đổi diễn ra mạnh mẽ hơn.

Gia tăng các trận mưa lớn được dự báo sẽ diễn ra phổ biến hơn. Mức tăng mạnh từ 20-30% lượng mưa trong những ngày ẩm ướt nhất của năm được ghi nhận đã xảy ra ở các vùng Nam Á, Đông Nam Á, Tây Phi, Đông Phi, Alaska, Greenland, Bắc Âu, Tây Tạng và Bắc Á. Mức gia tăng các trận mưa lớn được dự báo tập trung vào mùa đông ở

Bắc bán cầu, trên lưu vực sông Amazon, miền Nam Nam Mỹ, phía Tây Bắc Mỹ, miền Trung Bắc Mỹ, Bắc Âu và Trung Á.

Về tổng thể, tình trạng khô hạn và hạn hán hơn do sự suy giảm thực về lượng mưa và sự bay hơi tăng do nhiệt độ bề mặt cao hơn. Do mức chênh lệch thực giữa lượng mưa và bay hơi quyết định hàm lượng ẩm của đất, và do lượng mưa tăng có thể xảy ra trong những biến cố thời tiết cực đoan, nên sự gia tăng lượng mưa tổng thể có thể phù hợp với điều kiện khô hạn hơn ở một số khu vực. Các nghiên cứu gần đây đã sử dụng các kết quả của mô hình CMIP5 được đề cập ở trên để chỉ ra độ ẩm của đất giảm được dự báo sẽ xảy ra ở phần lớn châu Mỹ, cũng như Địa Trung Hải, miền Nam châu Phi và Ôxtrâyliia. Hàm lượng ẩm của đất được dự báo sẽ giảm ở nhiều khu vực thuộc các vùng vĩ độ cao ở bán cầu Bắc.

Một chỉ số khác về hạn hán đó là Chỉ số Hạn hán Palmer. Chỉ số này phản ánh tình trạng cân bằng lũy tích giữa lượng mưa và lượng bay hơi tương ứng với các điều kiện địa phương, do đó chỉ số này cho thấy điều kiện bình thường đối với một vị trí địa lý. Hạn hán khắc nghiệt nhất so với các điều kiện địa phương được dự báo xảy ra ở Amazon, Tây Mỹ, Địa Trung Hải, miền Nam châu Phi và phía Nam Ôxtrâyliia (Dai 2012).

2.4. Tăng trưởng kinh tế và phát triển con người

Cường độ của các vụ khô hạn tăng mạnh có thể gây tác động tiêu cực đến tình trạng đói nghèo, đặc biệt ở các nước đang phát triển trong tương lai. Theo các mô hình tổng hợp, các tác động lý sinh của biến đổi khí hậu và các chỉ số kinh tế, giá lương thực được dự báo chắc chắn sẽ tăng mạnh, bất kể nhiệt độ nóng lên ở mức nào (Nelson et al 2010). Một dự báo gần đây về thay đổi tình trạng đói nghèo và những thay đổi về cường độ của các hiện tượng cực đoan trong giai đoạn 2071-2100 theo kịch bản A2 SRES (với mức nóng lên khoảng 4,1°C so với mức thời kỳ tiền công nghiệp) cho thấy nguy cơ gia tăng đáng kể đói nghèo liên quan đến biến đổi khí hậu. Mức tăng cao nhất về tình trạng đói nghèo có thể xảy ra ở châu Phi, dự báo các quốc gia như Bangladesh và Mexico cũng sẽ có tình trạng đói nghèo gia tăng đáng kể liên quan đến khí hậu.

2.5. Bão nhiệt đới

Với một số khu vực, gia tăng cường độ bão nhiệt đới theo dự báo cũng gây ra các rủi ro đáng kể. Báo cáo đặc biệt của IPCC về Quản lý rủi ro đối với các hiện tượng cực đoan và thiên tai để nâng cao khả năng thích ứng biến đổi khí hậu (SREX) cho thấy, trung bình cường độ bão cực đại (được xác định bằng tốc độ lớn nhất) có khả năng tăng trong tương lai (Field et al. 2012). Kết luận này được đưa ra dựa trên cơ sở cả về lý thuyết và mô hình hóa độ phân giải cao (Bender et al 2010), mặc dù vẫn không chắc chắn là ở quy mô toàn cầu liệu tần suất của các cơn bão nhiệt đới sẽ giảm hay vẫn giữ ở mức tương tự. Hứng chịu nhiều cơn bão trong khi cố gắng tăng trưởng kinh tế và phát triển có thể dẫn đến thiệt hại kinh tế nhiều hơn trong tương lai, với việc lũ lụt diễn ra ở nhiều nơi và trong trường hợp không có thêm các biện pháp bảo vệ. Ở Đông Á, Thái Bình Dương và khu vực Nam Á tính tổng thể, GDP vẫn tăng nhanh hơn những

thiệt hại gia tăng do bão nhiệt đới gây ra, nhưng ở tất cả các khu vực khác, nguy cơ thiệt hại kinh tế do bão nhiệt đới có khả năng tăng nhanh hơn tốc độ tăng trưởng GDP bình quân đầu người, nói cách khác, nguy cơ mất đi tài sản do thiên tai bão nhiệt đới tăng nhanh hơn so với tốc độ tạo ra của cải (UNISDR 2011). Nghiên cứu gần đây đã chứng minh rằng nguy cơ tử vong từ các cơn bão nhiệt đới phụ thuộc vào các yếu tố như cường độ bão, tiếp xúc, mức độ nghèo đói và cơ cấu quản lý. Về ngắn hạn, trong vòng 20 năm tới hoặc dài hơn, gia tăng dân số và áp lực phát triển kết hợp với mức tăng theo dự báo về cường độ bão nhiệt đới có khả năng làm tăng số người chịu rủi ro và làm trầm trọng thêm thảm họa. Mendelsohn và các cộng sự (2012) chỉ ra rằng mức nóng lên đến 4°C vào năm 2100 có khả năng làm tăng gấp đôi thiệt hại kinh tế so với hiện nay, do trên tần suất dự báo của các cơn bão nhiệt đới cường độ mạnh tăng lên cùng với sự nóng lên toàn cầu, và hầu hết các thiệt hại tập trung ở Bắc Mỹ, Đông Á, khu vực Ca-ri-bê và Trung Mỹ.

3. Tác động của biến đổi khí hậu đến các khu vực trên thế giới

Phần này xem xét phạm vi các tác động tiềm tàng của biến đổi khí hậu đối với nông nghiệp ở các nước đang phát triển do nhiệt độ tăng và những thay đổi về lượng mưa, mô tả tóm tắt các tác động thứ cấp như tốc độ gia tăng về nhiễm mặn và xói mòn đất, thiệt hại ngày càng tăng do các loài gây hại, suy giảm nguồn nước do các sông băng bị tan chảy.

3.1. Vùng cận Sahara châu Phi

Vùng cận Sahara châu Phi rất dễ bị tổn thương trước những tác động tiêu cực của biến đổi khí hậu do hạn hán và lũ lụt xảy ra thường xuyên, phụ thuộc nhiều vào nền nông nghiệp canh tác nhờ nước trời (rainfed farming) để bảo đảm an ninh lương thực cơ bản và tăng trưởng kinh tế quốc gia, và còn do tình trạng suy thoái lan rộng của cơ sở nguồn lực tài nguyên trong nông nghiệp của khu vực này. Biến đổi khí hậu sẽ làm tăng thêm tính dễ bị tổn thương do nhiệt độ ấm lên, các hiệu ứng góp phần gây ra hiện tượng El Niño (El Niño-Southern Oscillation - ENSO) và xu thế khô hạn gia tăng ở một số khu vực, nhất là ở vùng Nam châu Phi. Trong nửa cuối của thế kỷ 20, châu Phi ấm hơn, lượng mưa thay đổi ngày càng nhiều và các vùng bán khô hạn ở phía Tây và Nam châu Phi càng khô hạn hơn (Hulme 2005; Sivakumar and Hansen 2005).

Biến đổi khí hậu hàng năm, nhiều năm và trong nhiều thập kỷ là một yếu tố (cùng với các yếu tố như tăng dân số, suy thoái đất và phá rừng) góp phần quan trọng đến tình trạng an ninh lương thực suy giảm. Trong nhiều thập kỷ qua, ENSO đã trở thành nguyên nhân chính gây biến đổi khí hậu trong nhiều năm ở khu vực Đông và Nam Phi và có liên quan đến các hiện tượng khí hậu khắc nghiệt gần đây, mặc dù lượng mưa bất thường hàng năm ở châu Phi xảy ra độc lập với hoạt động ENSO. Sản lượng lương thực ở miền Nam châu Phi đã trở nên không ổn định hơn trong những thập kỷ vừa qua, một phần do tính “nhạy cảm” của sản xuất ngô trước các ảnh hưởng của ENSO. Vùng Nam châu Phi là vùng dễ bị tổn thương nhất trước ENSO, là nơi mà rủi ro hạn hán đã được ước tính tăng 120% trong thời kỳ El Niño ấm lên, khiến sản lượng ngô giảm hơn 50% (Stige et al. 2006).

3.2. Trung Đông và Bắc Phi

Khu vực Trung Đông và Bắc Phi rất dễ bị tổn thương trước biến đổi khí hậu, gây ra những trở ngại nghiêm trọng đối với nông nghiệp do nhiệt độ cao, lượng mưa thấp và thất thường, hạn hán kéo dài và suy thoái đất. Trong nửa cuối thế kỷ 20, khí hậu khu vực đã trải qua xu thế ấm lên ($\sim 0,2^{\circ}\text{C}$ /thập kỷ), tần suất hạn hán tăng, những thay đổi về chế độ mưa, bao gồm mùa mưa ngắn lại và gia tăng các trận mưa lớn cũng như lũ lụt (Agoumi 2003).

3.3. Châu Âu và Trung Á

Phần lớn khu vực Trung Á dễ bị tổn thương trước hạn hán định kỳ do vị trí nằm sâu trong lục địa, với sự phá vỡ cân bằng nước của khu vực này do sự xuống cấp ở lưu vực Biển Aral. Khu vực này đang trải qua một xu thế nóng lên vượt quá 1°C /thế kỷ, trong khi không có thay đổi rõ rệt về xu thế lượng mưa của khu vực. Lượng mưa ở các vùng Kazakhstan và Uzbekistan giáp Biển Aral đã giảm do sự thay đổi trong chu trình thủy văn bị tác động bởi mực nước biển hạ thấp (Lioubimtseva et al. 2005). Ngoài ra, các sông băng ở phía bắc dãy núi Tien Shan đã tan chảy trong bốn thập kỷ qua (Niederer et al. 2008). Trung Á đã phải trải qua một đợt hạn hán kỷ lục trong năm 2000-2001 với lượng mưa thấp hơn 55% mức trung bình dài hạn, ảnh hưởng nghiêm trọng đến khu vực nông nghiệp. Uzbekistan bị giảm 130 triệu USD giá trị sản xuất nông nghiệp (Ngân hàng Thế giới 2006a). Khu vực Caucasus cũng dễ bị tổn thương trước hạn hán và đã trải qua xu thế khô hạn trong thế kỷ qua. Một số quốc gia, chẳng hạn như Armenia đặc biệt dễ bị tổn thương trước hiện tượng sa mạc hóa.

Nhiệt độ ở Trung Á dự kiến sẽ tăng thêm 3°C đến 4°C vào cuối thế kỷ này. Tuy nhiên, trong khi xu thế lượng mưa về dài hạn là chưa rõ ràng thì các mô hình khí hậu toàn cầu lại khá chắc chắn cho thấy khu vực này có thể sẽ phải trải qua thời kỳ lượng mưa giảm trong mùa xuân và mùa hè (Christensen et al. 2007) với ước tính sản lượng ở Trung Á sụt giảm 30% (Cruz et al. 2007). Một trong các yếu tố quan trọng của mối quan tâm về nông nghiệp tại khu vực đó là biến đổi khí hậu sẽ ảnh hưởng như thế nào đến tài nguyên nước ở dãy núi Tien Shan, một khu vực cung cấp nước đáng kể cho vùng đồng bằng khô hạn của Trung Á dưới dạng dòng chảy trong mùa xuân/mùa hè do tuyết và băng tan. Các kịch bản về sự tháo cạn nước trong trường hợp khi nồng độ CO_2 tăng gấp đôi cho thấy ban đầu có sự gia tăng nguy cơ lũ lụt khi các sông băng tan, biểu hiện là dòng chảy nhiều hơn và đến sớm hơn trong mùa xuân khi băng tan và tiếp theo lại bị thiếu nước trong các tháng mùa hè nóng bức khi nhu cầu về tưới tiêu ở mức cao nhất (Haag et al. 2007).

Khả năng cạn kiệt dòng chảy cùng với sự gia tăng nhiệt độ trong thời kỳ canh tác mùa hè có thể dẫn đến những ảnh hưởng tiêu cực đối với sản xuất nông nghiệp của khu vực. Canh tác cây trồng theo phương pháp tưới tiêu có diện tích gần 20 triệu héc-ta ở Trung Á với nông nghiệp chiếm tới 90% lượng nước sử dụng.

Phần lớn diện tích đất tưới tiêu ở Trung Á nằm ở vùng lưu vực biển Aral lại đang bị thoái hóa mạnh do ngập úng và nhiễm mặn. Ví dụ, một số vùng thuộc Kazakhstan mất

10-15% diện tích đất nông nghiệp mỗi năm do bị nhiễm mặn. Rủi ro hạn hán cao ở khắp vùng Trung Á do khí hậu chủ yếu là khô hạn/bán khô hạn, suy thoái đất gia tăng ở các vùng canh tác nhờ nước mưa và nhiễm mặn ở các vùng đất tưới tiêu (Ngân hàng Thế giới 2006a). Hạn hán là nguyên nhân chính gây nghèo đói trên diện rộng ở các khu vực nông thôn, mặc dù sự đa dạng hóa nền kinh tế Trung Á gần đây đã phần nào làm giảm tác động của hạn hán. Các ảnh hưởng tương tự của biến đổi khí hậu được dự kiến ở khu vực Caucasus, bao gồm giảm nguồn nước cho tưới tiêu nông nghiệp, thu hẹp các cánh rừng và sự mở rộng các thảo nguyên, các sa mạc và bán sa mạc, giảm dòng chảy ra các sông do hạn hán ở một số khu vực và tăng dòng chảy từ các sông băng ở các vùng khác.

Tại châu Âu, biến đổi khí hậu dự báo sẽ gây ra cả ảnh hưởng tích cực và tiêu cực, với sản lượng cây trồng nhìn chung được dự đoán tăng do nhiệt độ ấm lên và kích thích tăng trưởng cây trồng do nồng độ CO₂ tăng (Alcamo et al. 2007). Tại Nga, sản lượng ngũ cốc và tổng diện tích đất thích hợp cho sản xuất nông nghiệp có thể tăng lên. Tuy nhiên, các vùng canh tác ở tây nam nước Nga có thể phải đối mặt với tình trạng sụt giảm sản lượng đáng kể do hạn hán gia tăng và lưu lượng dòng chảy giảm, trong khi miền Bắc nước Nga có thể phải trải qua lũ lụt nhiều hơn. Nam Âu sẽ có khả năng hứng chịu sụt giảm năng suất cây trồng vụ hè do áp lực về nhiệt độ tăng, mưa nhiều hơn và mùa khô kéo dài. Vùng canh tác có thể dịch chuyển về phía bắc đối với các loại cây trồng phổ biến ở Nam Âu như ngô, hướng dương và đậu tương.

3.4. Nam Á

Nền nông nghiệp Nam Á phụ thuộc nhiều vào thời kỳ gió mùa Tây Nam từ tháng 6 đến tháng 9, góp phần tạo ra 70% lượng mưa hàng năm của tiểu lục địa Ấn Độ. Tuy nhiên, sự phân bố và thời gian của gió mùa lại thay đổi nhiều. Ví dụ, trong các biến cố thời tiết cực đoan, 60% lượng mưa hàng năm có thể tập trung trong vài ngày, kết quả là gây lũ lụt nghiêm trọng, thiệt hại về cây trồng và vật nuôi, nguồn nước ngầm giảm (Mall et al 2006a). Ở các trường hợp khác, thiệt hại nghiêm trọng trong đợt gió mùa mưa ở Ấn Độ lại có mối liên hệ lịch sử với hiện tượng El Niño đã từng gây ra đợt hạn hán trên diện rộng. Ví dụ, đợt hạn hán năm 2002 ở Ấn Độ xảy ra vào giữa mùa mưa, làm giảm 18% sản lượng ngũ cốc quốc gia và 3% GDP của Ấn Độ (Mall et al 2006b). So với lũ lụt, hạn hán gây tác động tiêu cực nhiều hơn đến nền kinh tế Ấn Độ và các tác động của hạn hán đến GDP Ấn Độ vẫn không đổi (giảm 2-5% GDP), mặc dù đã đa dạng hóa nền kinh tế nông nghiệp (Gadgil and Gadgil 2006).

Gió mùa Ấn Độ dự kiến sẽ tăng cường cùng với biến đổi khí hậu khiến lượng mưa tăng nhẹ ở tiểu lục địa Ấn Độ vào cuối thế kỷ này (Christensen et al 2007). Tuy nhiên, các biến động khu vực lớn về lượng mưa, với các vùng khô hạn có khả năng trở nên khô hơn và các vùng ẩm ướt trở nên ẩm ướt hơn và số năm có lượng mưa kỷ lục hay gần mức kỷ lục có thể tăng lên cũng được dự đoán (Baettig, Wild, and Imboden 2007). Sự biến đổi về lượng mưa trong năm cũng có thể gia tăng, dẫn đến số ngày có mưa lớn tăng lên nhưng tổng số ngày có mưa lại giảm, như đã được kiểm chứng qua xu thế về

lượng mưa gần đây ở Tây Bắc Ấn Độ (Sivakumar, Das, and Brunini 2005). Những thay đổi về thủy văn sẽ xảy ra trong bối cảnh ngược lại với sự tăng nhiệt độ, dự báo mức trung bình là 3,3°C vào cuối thế kỷ này (Christensen et al 2007). Một sự gia tăng nhiệt độ của cường độ này có thể làm trầm trọng thêm các điều kiện hạn hán trong các năm có lượng mưa dưới mức bình thường. Nhiệt độ tăng sẽ thúc đẩy các điều kiện hạn hán trong những năm có lượng mưa dưới mức trung bình. Nhiệt độ tăng cũng sẽ tạo ra các thay đổi cơ bản trong việc cung cấp nguồn nước từ băng tan trong mùa khô, một nguồn nước quan trọng cho nông nghiệp tưới tiêu. Ví dụ, các vành đai băng ở dãy Himalaya được dự đoán giảm 70% đóng góp vào nguồn dự phòng nước cho khu vực trong vòng 50 năm tới, sau nguy cơ lũ lụt do băng tan (Cruz et al 2007) .

3.5. Đông Á và Thái Bình Dương

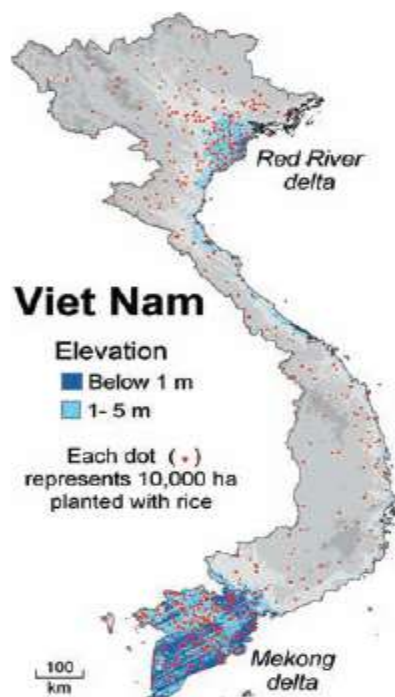
Gió mùa Đông Á cung cấp phần lớn lượng mưa ở Đông và Đông Nam Á, một số khu vực nhận được 50-80% lượng mưa hàng năm vào mùa mưa. Tuy nhiên, gió mùa suy yếu vào nửa cuối thế kỷ 20, cùng với nhiều hoạt động ENSO rõ rệt ở Đông và Đông Nam Á (Trenberth et al 2007). Nhiều khu vực của Trung Quốc trở nên khô hơn với lượng mưa giảm nhiều nhất vào cuối mùa hè. Lượng mưa ở các vùng bán khô hạn phía Đông Trung Quốc đặc biệt bị ảnh hưởng bởi một sự dịch chuyển của vành đai mưa mùa hè về phía nam, trong khi ENSO tăng cường hoạt động đã gây ra hạn hán ở lưu vực sông Hoàng Hà và lũ lụt nghiêm trọng ở miền Nam Trung Quốc (Xu et al 2007; Yang et al 2005). Những thay đổi về chế độ mưa ở khu vực này đã dẫn đến tỷ lệ mất mùa do cả hạn hán và lũ lụt trong những thập kỷ vừa qua cao hơn tỷ lệ thiệt hại cây trồng ở giữa thế kỷ 20. Ngoài ra, xu hướng ấm lên ở Trung Quốc trong hai thập kỷ qua đã làm thay đổi hiện tượng học (vật hậu học) cây trồng, tạo ra những tác động cả tích cực và tiêu cực đến sản xuất ngũ cốc (Tao et al 2006).

Tại Indônêxia, người ta nhận thấy ENSO đã có ảnh hưởng mạnh đến chế độ mưa, với 93% số năm hạn hán trong thế kỷ qua liên quan đến sự dịch chuyển của mưa về phía đông trong thời kỳ diễn ra El Niño (Naylor et al 2001). Những năm diễn ra El Niño tại Indônêxia được đặc trưng bởi sự dãn muộn của gió mùa, khiến phải lui lại thời gian cấy lúa và giảm tổng diện tích gieo trồng, dẫn đến sản lượng sụt giảm (Naylor et al. 2007). Hiệu ứng El Niño cũng ảnh hưởng đến thời gian canh tác thời vụ tiếp theo vào mùa khô, dẫn đến giảm sản lượng. Sản lượng thóc gạo bị giảm sút do các hiện tượng ENSO có thể nghiêm trọng như đã diễn ra trong thời kỳ ENSO 1997-1998 khi đó tổng sản lượng thóc gạo của quốc gia này đã giảm gần 4%, có một số tỉnh bị giảm gần 40% sản lượng (Fox 2000).

Tại Trung Quốc, triển vọng cho sản xuất nông nghiệp trong bối cảnh biến đổi khí hậu có sự pha trộn. Vành đai lúa gạo dự kiến sẽ mở rộng về phía Bắc, là kết quả của sự gia tăng nhiệt độ, với những lợi ích tiềm năng lớn nhất nước này bởi nguồn nước ở đây không hạn chế (Hijmans 2007). Mặt khác, vùng sản xuất ngũ cốc lớn như lưu vực sông Hoàng Hà, sông Hoài và sông Hải ở miền đông Trung Quốc cung cấp khoảng một nửa

sản lượng lương thực của đất nước, có thể sẽ giảm sản lượng lúa mì và sản lượng ngô. Các kết quả tương tự về mức giảm trung bình ở tất cả các vùng của Trung Quốc cũng đã được tác giả Xiong và những người khác đưa ra (2007). Các nghiên cứu đã cho thấy, nồng độ CO₂ giảm đi hoặc có xu hướng đảo ngược, mặc dù vẫn còn có các yếu tố không chắc chắn về ảnh hưởng của CO₂. Nhiệt độ ấm hơn toàn Trung Quốc sẽ làm tăng nhu cầu về nước tưới tiêu, trong khi đó tại nhiều vùng ở nước này, khai thác nước đã tăng đến mức không bền vững. Trung Quốc sẽ phải đối mặt với việc cần phải sản xuất lương thực nhiều hơn trong khi đất đai ngày càng thu hẹp trong tương lai, cùng với quá trình đô thị hóa, suy thoái đất và hoang mạc hoá, dự báo diện tích đất canh tác bình quân đầu người sẽ giảm từ 0,09 ha xuống còn 0,06 ha vào năm 2050 (Smit và Yunlong 1996). Biến đổi khí hậu sẽ làm trầm trọng thêm những ảnh hưởng này.

Tại Ấn Độ, dự báo mức tăng cường độ của ENSO trên toàn quốc có thể làm tăng tình trạng khô hạn kéo dài trong tương lai (Overpeck and Cole 2007). Một nghiên cứu vào năm 2007 ước tính, khả năng mùa mưa đến muộn có thể tăng lên, từ mức hiện tại là 9-18% đến mức 30-40% vào năm 2050, do đó làm tăng đáng kể rủi ro mất mùa. Là quốc gia đông dân thứ tư trên thế giới và đứng thứ ba về sản xuất lúa gạo, Ấn Độ có vị trí quan trọng trong nền kinh tế lúa gạo toàn cầu. Sản lượng gạo giảm ở một nước như Ấn Độ có thể gây áp lực về tăng giá gạo toàn cầu, như đã xảy ra sau năm El Nino gần đây, khi Ấn Độ tăng nhập khẩu gạo trung bình lên mức 340% (Naylor et al. 2001).



Hình 7: Khả năng các vùng sản xuất lúa gạo bị ngập nước do mực nước biển dâng cao
(Nguồn: Robert Hijmans, International Rice Research Institute, Los Baños, Philipin)

Sản xuất lúa gạo châu Á cũng phải đối mặt với một mối đe dọa dài hạn do mực nước biển dâng. Các vùng đồng bằng sông lớn ở khu vực Nam và Đông Nam Á, dọc sông Nile, là các vùng dễ bị tổn thương nhất trước nguy cơ mất đất nông nghiệp (Dasgupta et al. 2007). Mực nước biển dâng gây ra mối đe dọa đến sản xuất lúa gạo, tăng rủi ro do bão, sự ngập nước, xâm nhập mặn ở các tầng ngậm nước làm giảm số lượng và chất lượng nguồn nước ngọt dành cho tưới tiêu, ngập úng kéo dài và đất bị nhiễm mặn. Đất nông nghiệp dễ bị tổn thương với mực nước biển dâng 1-2 mét, chẳng hạn như các vùng đất ở Đồng bằng sông Cửu Long (hình 7) và châu thổ sông Nile là vùng đại diện cho mối quan tâm lớn này. Ví dụ, mực nước biển dâng 1m sẽ đe dọa đến canh tác lúa năng suất cao ở Đồng bằng sông Cửu Long, hậu quả là giảm 10% GDP (Dasgupta et al 2007). Mức giảm GDP sẽ tăng gấp ba trong trường hợp nước biển dâng cao 5m. Báo cáo đánh giá lần 4 của IPCC (IPCC 2007) ước tính mực nước biển toàn cầu có thể tăng từ 18-59 cm vào cuối thế kỷ này, trong khi các ước tính khác là từ 50-140cm (Rahmstorf 2007). Những mô hình này chưa tính đến khả năng sụp đổ nhanh chóng của các tảng băng ở Bắc Cực sẽ góp phần đáng kể đẩy nhanh quá trình này.

3.6. Mỹ La tinh và vùng Caribê

Châu Mỹ Latinh gần đây đã phải trải qua một số hiện tượng thời tiết khắc nghiệt, bao gồm cả gia tăng mưa lớn ở miền Bắc Nam Mỹ, hạn hán nghiêm trọng tại lưu vực sông Amazon và bão dữ dội tại vùng biển Caribe (Magrin et al. 2007). Khu vực này cũng đã trải qua một xu thế nóng lên, mặc dù không diễn ra mạnh mẽ bằng ở các vùng vĩ độ thấp. Chế độ mưa đã thay đổi ở một số khu vực, với các xu thế tích cực được quan sát thấy ở Đông Nam Nam Mỹ và xu thế tiêu cực ở Tây Nam Nam Mỹ, phía Nam khu vực Andean và phía Tây Trung Mỹ. ENSO có ảnh hưởng lớn đến biến đổi khí hậu khu vực, đã gia tăng hoạt động trong vài thập kỷ qua dẫn đến thiệt hại kinh tế đáng kể do lũ lụt, hạn hán và sạt lở đất. Sự tăng cường của chu trình thủy văn đã làm tăng suy thoái đất, tăng rủi ro xói mòn đất do mưa lớn và nguy cơ cháy rừng do hạn hán.

Những tác động nghiêm trọng nhất do hạn hán đã xảy ra trong vùng bán khô hạn ở phía Đông Bắc Brazil, nơi có các xu thế khô hạn kéo dài, được thúc đẩy bởi hiện tượng ENSO và nhiệt độ tăng, đã làm tăng đáng kể rủi ro đối với nông nghiệp. Suy giảm sản lượng nông nghiệp trong nhiều thập niên qua đã làm trầm trọng hơn tình trạng đói nghèo ở khu vực, dẫn đến sự di cư của người dân nông thôn. ENSO được cho là nguyên nhân của tình trạng hạn hán theo chu kỳ ở khu vực Amazon và Trung Mỹ và sản lượng cây trồng và vật nuôi giảm đáng kể.

Kết luận về các tác động của biến đổi khí hậu theo khu vực

- Vùng châu Phi cận Sahara đặc biệt dễ bị tổn thương trước các tác động tiêu cực từ biến đổi khí hậu, biểu hiện bằng hạn hán và lũ lụt, phụ thuộc cao vào canh tác nhờ nước mưa và tình trạng suy thoái lan rộng của tài nguyên nông nghiệp. Tính dễ bị tổn thương này rất có khả năng sẽ tăng lên cùng với biến đổi khí hậu.
- Khu vực Trung Đông và Bắc Phi rất dễ bị tổn thương trước biến đổi khí hậu, với các trở ngại đáng kể do nhiệt độ cao, lượng mưa thấp và thất thường, hạn hán kéo

dài, suy thoái đất, khả năng nóng lên và khô hạn trong tương lai.

- Trung Á có xu thế nóng lên mạnh mẽ, giảm nguồn nước từ băng tan và giảm lượng mưa trong mùa xuân và mùa hè, có thể giảm đáng kể năng suất cây trồng.
- Biến đổi khí hậu được cho là sẽ tác động tích cực và tiêu cực đến châu Âu. Bắc Âu có thể hưởng lợi từ mùa sinh trưởng kéo dài hơn, trong khi Tây Nam châu Âu lại bị ảnh hưởng xấu bởi nhiệt độ tăng và độ ẩm giảm.
- Lượng mưa trung bình trên toàn khu vực Nam Á dự báo sẽ tăng lên. Tuy nhiên, gió mùa tăng cường có thể làm tăng rủi ro ngập lụt. Đồng thời, dự báo sẽ có các biến động lớn của khu vực về lượng mưa, các vùng khô hạn sẽ trở nên khô hơn và các vùng ẩm ướt sẽ trở nên ẩm ướt hơn. Các loại cây trồng ngũ cốc chủ lực của khu vực như lúa, ngũ cốc dễ bị tổn thương do nhiệt độ tăng.
- Nông nghiệp ở Đông và Đông Nam châu Á, đặc biệt là sản xuất lúa gạo, phải đối mặt với mối đe dọa từ biến đổi khí hậu do nhiệt độ tăng, có khả năng tăng hoạt động ENSO và mực nước biển dâng, sau đó có thể là tăng nguy cơ nước dâng do bão, ngập nước, xâm nhập mặn các tầng ngậm nước và nhiễm mặn đất.
- Các tác động của biến đổi khí hậu ở châu Mỹ Latinh được cho là sẽ rõ rệt nhất ở lưu vực sông Amazon và Đông Bắc Brazil, cũng như các vùng ở Trung Mỹ và dãy núi Andes, do sự kết hợp các hiệu ứng ENSO và nhiệt độ tăng và trong trường hợp khu vực Andean là sự thu hẹp của các sông băng.

II. BIẾN ĐỔI KHÍ HẬU VÀ NHỮNG TÁC ĐỘNG ĐẾN LĨNH VỰC NÔNG NGHIỆP VÀ HỆ SINH THÁI

1. Tác động đối với lĩnh vực nông nghiệp

Biến đổi khí hậu sẽ tác động đến các hệ nông nghiệp và rừng thông qua một loạt các yếu tố quan trọng sau:

- Sự gia tăng nhiệt độ có thể dẫn đến những tác động bất lợi như gia tăng ứng suất nhiệt, đặc biệt là các vùng có vĩ độ từ thấp đến trung bình. Ở các vùng có vĩ độ thấp hơn, đặc biệt là các khu vực khô hạn và nhiệt đới, năng suất cây trồng được dự báo sẽ giảm ngay cả với sự gia tăng nhiệt độ rất nhỏ (từ 1 đến 2°C), điều này làm tăng nguy cơ nạn đói (với sự chắc chắn ở mức độ trung bình).
- Nồng độ CO₂ khí quyển cao hơn có xu hướng làm tăng sự sinh trưởng và sản lượng cây trồng, và có thể cải tiến hiệu suất sử dụng nước, đặc biệt là đối với các loài thực vật C₃ như lúa mì, lúa gạo, đậu tương và khoai tây. Tác động đối với loài thực vật C₄ như ngô, mía và nhiều loại cây thân cỏ nhiệt đới là không rõ rệt do các quá trình quang hợp khác nhau. Việc các loài cây nông nghiệp và cây đồn điền có được lợi bao nhiêu từ nồng độ CO₂ gia tăng trước một loạt các yếu tố như côn trùng, chất lượng đất và nước, cạnh tranh giữa cây trồng và cỏ dại vẫn còn là một câu hỏi mở.

- Trên phạm vi toàn cầu, tiềm năng sản xuất lương thực được dự báo sẽ gia tăng nếu nhiệt độ trung bình địa phương chỉ tăng trong phạm vi từ 1 đến 3°C, nếu mức tăng cao hơn sẽ dẫn đến suy giảm về sản lượng.
- Những thay đổi về mẫu hình lượng mưa, đặc biệt là khi cân nhắc đến khả năng thay đổi ở tần suất của các biến cố khắc nghiệt, với các sự kiện hạn hán và lũ lụt được dự báo sẽ gia tăng trong những thập kỷ sắp tới, dẫn đến những hậu quả bất lợi có thể xảy ra đối với các hệ đất đai sản xuất (land-production). Cùng lúc, một yếu tố quan trọng ảnh hưởng đến năng suất cây trồng sẽ đồng thời liên quan đến những thay đổi ở nhiệt độ và lượng mưa gây tác động đến hiện trạng nước trong đất và tỷ số giữa yêu cầu bay hơi với lượng mưa.

Các phát hiện đã chỉ ra một cách rõ ràng rằng nguy cơ đang gia tăng ở các vùng có vĩ độ thấp ngay cả với một mức gia tăng nhiệt độ rất thấp và nguy cơ cũng gia tăng đối với các vấn đề hệ thống toàn cầu theo kịch bản sự ấm lên toàn cầu vài độ Celcius. Các nghiên cứu khoa học gần đây đã khẳng định các mối quan tâm chỉ ra trong Báo cáo đánh giá AR4 của IPCC và trong một số trường hợp quan trọng kéo dài. Đặc biệt, tác động của sóng nhiệt thuộc loại nghiêm trọng đáng quan tâm trong số các tác động đến lĩnh vực nông nghiệp.

Tất cả các yếu tố trên và những mối tương tác then chốt giữa chúng cần được cân nhắc kỹ lưỡng, đối với các loại cây trồng tại các vùng khác nhau, để có thể hiểu được đầy đủ tác động mà biến đổi khí hậu sẽ gây ra đối với nền nông nghiệp.

Phần này của tổng quan tập trung vào những phát hiện mới nhất liên quan đến các giới hạn và rủi ro có nguy cơ phát sinh đối với sản xuất nông nghiệp quy mô lớn do biến đổi khí hậu, tổng hợp các nghiên cứu gần đây để đánh giá rủi ro, theo cách tiếp cận sự ấm lên toàn cầu ở mức độ cao là 4°C, đặc biệt nhấn mạnh đến những khám phá chỉ ra các nguy cơ theo dự báo của các kịch bản về biến đổi khí hậu.

Các dự báo về lương thực và nông nghiệp trong thế kỷ 21 chỉ ra những thách thức quan trọng không kể đến biến đổi khí hậu. Sớm nhất là vào đầu thập kỷ 2050, dân số thế giới được dự báo sẽ đạt khoảng 9 tỷ người (Lutz and Samir 2010) và nhu cầu lương thực được dự báo sẽ tăng lên. Dựa trên mối quan hệ quan sát được giữa GDP bình quân đầu người và nhu cầu bình quân về lượng calo từ cây trồng (bao gồm tiêu thụ cho con người, cây lương thực, sản xuất cá và những thất thoát trong sản xuất lương thực), dự báo một sự gia tăng toàn cầu ở nhu cầu đối với cây trồng là vào khoảng 100% trong giai đoạn từ 2005 đến 2050. Các ước tính khác đối với cùng giai đoạn dự báo nhu cầu gia tăng 70% (Alexandratos 2009). Nhiều dự báo chỉ ra rằng sản xuất ngũ cốc và gia súc có thể cần phải gia tăng từ 60 đến 100% vào năm 2050, phụ thuộc vào kịch bản về sự ấm lên.

Bối cảnh lịch sử một mặt có thể đem lại sự tái cam đoan rằng mặc dù dân số gia tăng, sản xuất lương thực có thể gia tăng theo kịp với tốc độ tăng như cầu và mặc dù có những dao động theo mùa, giá lương thực nói chung là ổn định hoặc giảm nếu tính theo giá trị thực. Những gia tăng về sản xuất lương thực chủ yếu chịu tác động từ việc

sử dụng đất có hiệu quả hơn như đã được thực hiện tại các nước giàu, chứ không phải do mở rộng diện tích đất trồng trọt như các quốc gia nghèo thực hiện (Tilman et al. 2011). Trong khi sản lượng thóc đã tăng hơn gấp đôi, diện tích đất sử dụng cho trồng trọt nông nghiệp chỉ tăng xấp xỉ 9% (Godfray, Beddington et al. 2010).

Tuy nhiên, mặc dù sự phát triển sản xuất nông nghiệp được xác định là thông qua đổi mới công nghệ và nâng cao hiệu quả sử dụng nước, quan sát và phân tích chỉ ra một mức độ dễ bị tổn hại đối với sản xuất lương thực và giá cả do hậu quả của biến đổi khí hậu, thời tiết khắc nghiệt và các xu thế phát triển xã hội và kinh tế liên quan. Ở đây có một số chỉ dẫn cho thấy sự biến đổi khí hậu có thể làm giảm diện tích đất trồng trọt ở các vùng có vĩ độ thấp, với những suy giảm rõ rệt ở châu Phi, Mỹ Latinh, và Ấn Độ. Ví dụ như trồng trọt trên đất nông nghiệp được dự báo sẽ tác động mạnh mẽ đến sản lượng cây trồng trong tương lai: 10,7% đất nông nghiệp tại Nam Á được dự báo có nguy cơ bị ngập lụt, kèm theo cường độ của các cơn bão sẽ tăng hơn 10%, với mức gia tăng mực nước biển được dự báo là đạt đến 1 mét. Với sự cạnh tranh về diện tích đất có thể sử dụng cho các hoạt động của con người (ví dụ như đô thị hóa và sản xuất nhiên liệu sinh học), được dự báo sẽ tăng lên khi biến đổi khí hậu gây ra những áp lực đối với các nguồn tài nguyên khan hiếm, và điều rất có khả năng xảy ra là sự gia tăng chủ yếu ở sản xuất sẽ chỉ bằng cách đẩy mạnh cường độ nông nghiệp trên cùng một diện tích đất, thậm chí là có thể giảm đi. Những suy giảm ở chất dinh dưỡng có giá trị (như photpho), cũng như sự phát triển sâu hại và côn trùng có thể gây hạn chế hơn nữa sự gia tăng năng suất nông nghiệp. Những biến đổi về địa lý trong các mẫu hình sản xuất do những tác động của sự ấm lên toàn cầu có thể làm tăng thêm các vấn đề về phân bố trong tương lai. Điều này dẫn đến một số các yếu tố cần cân nhắc khi tính toán đến các thách thức đối với việc đẩy mạnh an ninh lương thực trong một thế giới ấm lên.

Các kết quả mới được công bố kể từ năm 2007 chỉ ra rằng nguy cơ giảm sản lượng hoa màu do sự ấm lên toàn cầu đang tăng nhanh hơn so với dự báo trước đây (Schlenker and Lobell 2010). Trong giai đoạn từ năm 1980, các mẫu hình về sản lượng cây trồng toàn cầu đã cho thấy những chỉ dẫn quan trọng về hiệu ứng ngược do các xu hướng và biến động khí hậu, với sự suy giảm sản lượng ngô là 3,8% và sản lượng lúa mì là 5,5% nếu so với trường hợp không có những biến động về khí hậu. Một tỷ lệ gia tăng quan trọng ở sản lượng cây trồng nhờ vào công nghệ, màu mỡ CO₂, và những thay đổi khác có thể bù đắp cho những biến động về khí hậu tại một số nước (Lobell et al. 2011). Điều này phần nào dẫn đến những nghi ngờ về các dự báo tương lai dựa vào các mô hình cây trồng trước đây.

Liên quan đến các hiệu ứng của biến đổi khí hậu được dự báo, có ba yếu tố quan trọng liên quan lẫn nhau bao gồm: các tác động do nhiệt độ, lượng mưa và do màu mỡ hóa CO₂. Các yếu tố khác có thể gây hủy hoại cây trồng, ví dụ mức ozon tầng đối lưu tăng cao, không được bàn đến trong báo cáo này.

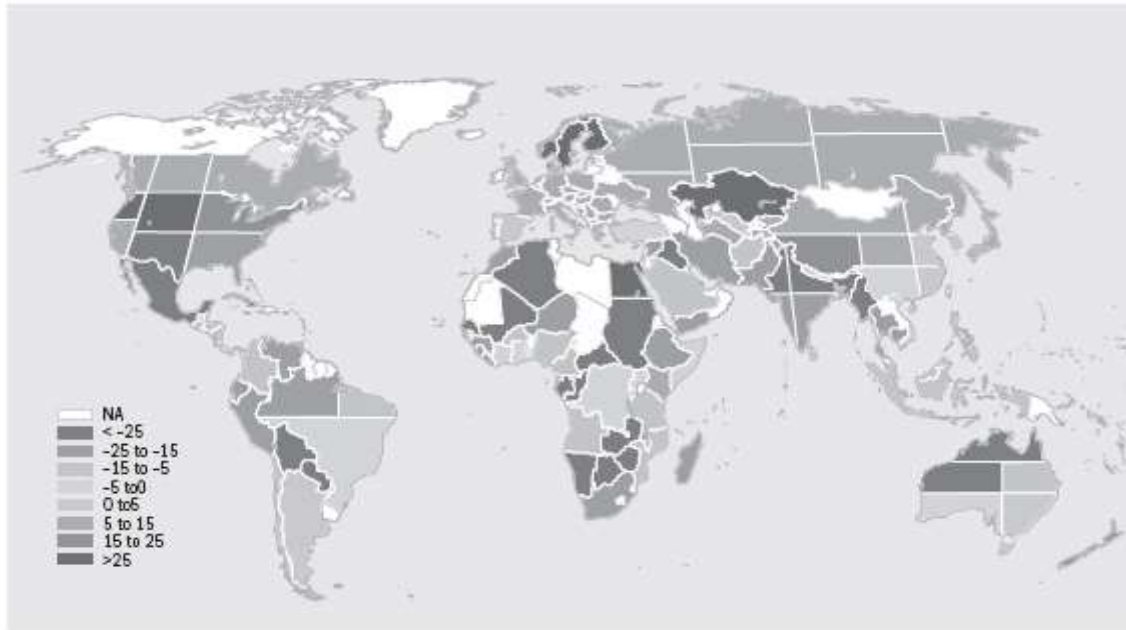
Ngoài ra còn có những tác động ngược không đồng đều đối với tình trạng nghèo đói tại nhiều khu vực nảy sinh từ các hậu quả kinh tế xã hội do các cú sốc sản xuất

nông nghiệp toàn cầu bị ảnh hưởng bởi biến đổi khí hậu. Điều cần nhấn mạnh ở đây đó là, mặc dù sản xuất lương thực tổng thể không bị giảm hay thậm chí có thể tăng với một mức độ ấm lên thấp, các vấn đề phân bố có nghĩa rằng an ninh lương thực sẽ vẫn là một vấn đề cấp bách hay sẽ tồi tệ hơn do các khu vực khác nhau chịu ảnh hưởng khác nhau và an ninh lương thực sẽ bị thách thức nhiều hơn bởi một loạt các nhân tố phi khí hậu.

- **Các tác động do nhiệt độ cao hơn**

Báo cáo đánh giá lần thứ tư của IPCC đã đưa ra một loạt các vấn đề cần lưu ý quan trọng về những tác động tổng thể của nhiệt độ cao hơn đến sản lượng hoa màu. Báo cáo chỉ ra rằng, nếu không có những thay đổi đáng kể ở tần suất xảy ra biến cố thời tiết khắc nghiệt, thì sự ấm lên vừa phải (có nghĩa là điều được dự báo có thể xảy ra trong nửa đầu của thế kỷ này) có thể có lợi cho thu hoạch mùa màng và đồng cỏ tại các vùng có nhiệt độ ôn hòa, trong khi sản lượng sẽ giảm tại các vùng nửa khô hạn và nhiệt đới. Các nghiên cứu mô hình hóa chỉ ra những tác động có lợi nhỏ đến sản lượng cây trồng tại các vùng nhiệt độ ôn hòa tương ứng với sự gia tăng nhiệt độ trung bình địa phương từ 1-3°C và kèm theo sự gia tăng nồng độ CO₂ và những thay đổi về lượng mưa. Ngược lại, tại các vùng nhiệt đới, các mô hình chỉ ra những tác động bất lợi đến sản lượng các vụ mùa chính ngay cả khi với sự gia tăng nhiệt độ vừa phải (1-2°C). Nhiệt độ tăng cao hơn nữa được dự báo vào cuối thế kỷ 21 này gây ra những tác động ngày càng bất lợi ở tất cả các khu vực. Nhiệt độ tăng lên có thể làm tăng sản lượng tại các vùng vĩ độ cao hơn, là những nơi vốn có nhiệt độ thấp là một yếu tố gây hạn chế đến khả năng sinh trưởng; ví dụ các giống lúa mì trở nên thích ứng hơn so với các giống mùa hè sản lượng thấp hơn. Tại các vùng vĩ độ thấp hơn riêng sự gia tăng nhiệt độ được cho là làm giảm sản lượng thóc lúa. Ảnh hưởng này là do thực tế rằng các loại cây lúa chín sớm ở nhiệt độ cao hơn, làm giảm thời kỳ sinh trưởng giới hạn và dẫn đến sản lượng thấp hơn, một hiệu ứng đã được nghiên cứu và đề cập đến trong nhiều tài liệu. Một tỷ lệ suy giảm 8% ứng với nhiệt độ trung bình khu vực tăng lên 1°C trong mùa sinh trưởng được ước tính theo các điều kiện trên đồng tại Vương quốc Anh (Mitchell et al. 1995), điều này phù hợp với ước tính tỷ lệ giảm từ 3 đến 10% ứng với sự ấm lên 1°C đối với sản lượng lúa mì ở Trung Quốc (You et al. 2009).

Hình minh họa sự phân bố địa lý của những tác động biến đổi khí hậu đến sản lượng hoa màu (những tác động trung bình đối với lúa mì, ngô, lúa gạo và đậu tương), cho thấy những khác biệt giữa các vùng vĩ độ cao mà chủ yếu là các nước phát triển với các vùng vĩ độ thấp gồm các nước nhiệt đới đang phát triển. Cùng lúc, phản ứng thích nghi ở cấp độ trang trại có thể hữu ích đối với gia tăng nhiệt độ thấp và trung bình, cho phép có thể đương đầu với gia tăng nhiệt độ địa phương từ 1-2°C, một hiệu ứng được ví như "*mua thời gian*".



Hình 8: Dự báo thay đổi sản lượng cây trồng vào năm 2080: tỷ lệ % thay đổi so với năm 2000. (Nguồn: Cline 2007)

Trong giai đoạn từ năm 2000 đến 2050, và đối với mức độ ấm lên từ 1,8°C đến 2,8°C (tăng 2,2°C đến 3,2°C so với nhiệt độ thời kỳ tiền công nghiệp). Deryng et al. (2011) dự báo sự suy giảm về sản lượng với tỷ lệ từ 14 đến 25% đối với lúa mì, 19 đến 34% đối với ngô, và 15 đến 30% đối với đỗ tương (không tính đến khả năng các tác động màu mỡ hóa do CO₂). Các nhà nghiên cứu cũng chỉ ra rằng, khi cân nhắc việc áp dụng các biện pháp thích nghi, thiệt hại tổng thể có thể giảm nhẹ đáng kể. Bằng cách mô phỏng sự thích nghi theo hướng thay đổi về thời gian trồng và thu hoạch, cũng như những thay đổi ở loại hình cây trồng theo nghĩa tốc độ chín, họ phát hiện ra rằng sự thích nghi có thể làm giảm thiệt hại một hoặc hai phần trăm đối với lúa mì xuân và ngô, và 15% đối với đỗ tương (bảng 1). Sự thích nghi cây trồng có thể đóng một vai trò chính trong đảm bảo an ninh lương thực trong bối cảnh biến đổi khí hậu, mặc dù việc hiện thực hóa tiềm năng này sẽ đòi hỏi sự đầu tư đáng kể vào việc phát triển các loại cây trồng thích hợp.

Các nghiên cứu gần đây cũng chỉ ra rằng, có thể có những ảnh hưởng bất lợi lớn hơn từ nhiệt độ cao hơn và cực đoan hơn, trước sự nảy sinh mối quan tâm ngày càng tăng về tính nhạy cảm của sản lượng cây trồng trước nhiệt độ gia tăng, và đặc biệt là đối với các biên cố nhiệt độ khắc nghiệt. Nhiệt độ càng cao thì các tác động bất lợi càng lớn do những thất thu về sản lượng cao hơn như đã được chỉ ra từ những thực nghiệm tại Ôxtrâyliya (Asseng et al. 2011) và Ấn Độ (Lobell et al. 2012). Đặc biệt, ở đây xuất hiện nguy cơ về hiệu ứng phi tuyến tính đối với sản lượng cây trồng do ảnh hưởng gây phá hủy của nhiệt độ khắc nghiệt. Các thực nghiệm trên đồng ruộng đã chỉ ra rằng cây trồng nhạy cảm cao với nhiệt độ cao hơn một ngưỡng nhất định. Tác động này được cho là sẽ cao hơn trong một thế giới ấm lên 4°C. Hầu hết các mô hình cây

trồng hiện tại đều không tính đến hiệu ứng này, dẫn đến yêu cầu xem xét lại toàn bộ các mô hình cây trồng-khí hậu hiện nay.

Tần xuất ứng suất nhiệt gia tăng, các cơn hạn hán và lũ lụt sẽ tác động bất lợi đến sản lượng mùa màng và gia súc vượt ra ngoài những tác động của biến đổi khí hậu trung bình, các tác động có thể lớn hơn và xuất hiện sớm hơn so với dự báo sử dụng những thay đổi ở mức độ biến thiên trung bình.

- **Ảnh hưởng do lượng mưa**

Những dự báo và đánh giá gần đây so sánh với các kỷ lục trong lịch sử chỉ ra một nguy cơ gia tăng hạn hán đáng kể ảnh hưởng đến các khu vực lớn trên thế giới. Tổng diện tích bị ảnh hưởng do "*thảm họa hạn hán*" được dự báo sẽ tăng lên từ chỗ chiếm 14,5% diện tích đất trồng hiện nay tăng lên đến $44 \pm 6\%$ vào năm 2100 dựa trên sự biến đổi Chỉ số khắc nghiệt tháng hạn (hay còn gọi là chỉ số Palmer - PDSI). Những phần đất lớn nhất bị ảnh hưởng được dự báo ở châu Phi và châu Đại dương, có thể đạt đến 59% vào năm 2100 đối với mỗi khu vực. Có 20 mô hình hoàn lưu toàn cầu đã được sử dụng để ước tính những thay đổi về diện tích bị ảnh hưởng do thảm họa hạn hán theo các kịch bản phát xạ khác nhau. Trong các kịch bản được cân nhắc, thay đổi nhiệt độ trung bình toàn cầu vào năm 2100 đạt đến $4,1^{\circ}\text{C}$ so với nhiệt độ của năm 1990 hay $4,9^{\circ}\text{C}$ so với các giá trị thời kỳ tiền công nghiệp (Li et al. 2009).

Các khu vực được dự báo sẽ gia tăng hạn hán nghiêm trọng và mở rộng trong vòng 30 đến 90 năm tới là những nơi thuộc nam Phi, Mỹ, nam Âu, Braxin, và vùng Đông Nam Á (Dai, 2012). Nhiệt độ gia tăng (với sự bay hơi cao hơn) kết hợp với lượng mưa giảm tại các vùng vốn dĩ dễ bị hạn hán, đặc biệt là các vùng nhiệt đới và cận nhiệt đới, có nghĩa là mối đe dọa lớn hơn đối với an ninh lương thực.

- **Sự không chắc chắn ở tác động màu mỡ hóa do CO₂**

Hàng trăm công trình nghiên cứu được thực hiện trong hơn 30 năm qua đã khẳng định rằng sinh khối và sản lượng hoa màu có xu hướng gia tăng đáng kể khi nồng độ CO₂ tăng lên cao hơn mức hiện tại. Những kết quả như vậy được cho là sức thuyết phục thông qua một loạt các cách thử nghiệm, như thí nghiệm buồng kín kiểm soát môi trường, khí nhà kính, buồng thí nghiệm nắp đóng mở, cũng như các thí nghiệm Làm giàu CO₂ trong không khí (FACE). Nồng độ CO₂ gia tăng kích thích quá trình quang hợp, dẫn đến năng suất cây trồng tăng và cải biến các chu trình nước và chất dinh dưỡng. Các thí nghiệm dưới các điều kiện tối ưu chỉ ra rằng sự tăng gấp đôi nồng độ CO₂ khí quyển làm tăng sự quang hợp lá cây lên 30-50% ở các loài thực vật C3 và 10-25% ở các loài C4, mặc dù có những hoàn ngược làm giảm phản ứng quang hợp lá cây bởi nồng độ CO₂ khí quyển tăng lên.

Tác động của nồng độ CO₂ gia tăng đến sản lượng cây trồng là một trong số những giả định quan trọng nhất đối với việc lập mô hình lý sinh cây trồng. Tuy nhiên, hiện nay đang diễn ra cuộc tranh luận về mức độ của tác động này ở điều kiện trên đồng ruộng. Theo nghĩa rộng, nếu hiệu ứng màu mỡ hóa CO₂ xuất hiện đến chừng mực

được giả thiết trong các nghiên cứu phòng thí nghiệm, thì khi đó sản lượng cây trồng toàn cầu có thể gia tăng; nếu không thì một sự suy giảm là có khả năng. Những giả thiết khác nhau về hiệu quả của quá trình này có tiềm năng làm thay đổi định hướng và biểu hiện của những thay đổi về sản lượng sản xuất dự báo trong giai đoạn từ 2000 đến 2050 trên quy mô toàn cầu đối với sự gia tăng nhiệt độ trong phạm vi từ 1,8 đến 3,4°C. Ví dụ, Muller et al. (2010) đã mô phỏng sự gia tăng trung bình sản lượng toàn cầu là 13% khi tính toán đầy đủ về hiệu ứng màu mỡ hóa CO₂, trong khi nếu không có hiệu ứng màu mỡ hóa CO₂ thì một tỷ lệ suy giảm 7% được dự báo vào năm 2050. Ngay cả khi đạt được một sự gia tăng về sản lượng như vậy nhờ vào màu mỡ hóa CO₂, Muller et al. (2010) đã kết luận rằng sự gia tăng sản lượng cây trồng có thể không đủ để cân bằng với sự gia tăng dân số tại nhiều khu vực, trong đó có châu Phi cận Sahara, vùng Trung Đông, Bắc Phi, Nam Á, Mỹ Latinh và vùng Caribe.

Khi cân nhắc các nguy cơ đối với sản xuất cây trồng tương lai và có tính đến hiệu ứng màu mỡ hóa CO₂, điều quan trọng là cần lưu ý đến hạn chế then chốt của hiệu ứng màu mỡ hóa CO₂, đó là nó sẽ chỉ phát huy tác dụng trong các điều kiện có đủ chất dinh dưỡng (như phốt pho và nitơ). Trong khi sự phản ứng đối với tăng cường CO₂ là khác nhau giữa các loại cây trồng, nhiệt độ tối ưu đối với các loại cây trồng chọn lọc (C4, ví dụ cây ngô) là cao hơn so với loại cây khác (C3 như cây lúa gạo), như vậy là phản ứng của các giống đối với nhiệt độ cũng khác nhau. Hiệu ứng màu mỡ hóa vì thế có khả năng bù trừ lớn hơn hoặc nhỏ hơn cho nhiệt độ cao hơn phụ thuộc vào việc trồng loại cây nào. Mức độ hiệu ứng màu mỡ hóa CO₂ trong một thế giới 4°C vì vậy vẫn còn không chắc chắn.

- **Các tác động kết hợp**

Trong khi phân trên của tài liệu xem xét các nguy cơ nảy sinh từ các yếu tố tác động, ảnh hưởng kết hợp của các yếu tố khác nhau có thể làm phức tạp thêm đến một chừng mực đáng kể. Một nghiên cứu gần đây (Tao and Zhang 2010) về sản lượng ngô ở Trung Quốc theo các mức độ ấm lên khác nhau đã chỉ ra sự phức tạp với một mức độ rủi ro đáng kể. Trong nghiên cứu này, những biến đổi khí hậu trong khu vực liên quan đến sự gia tăng nhiệt độ trung bình toàn cầu ở các mức 1°C; 2°C và 3°C cao hơn so với mức của giai đoạn 1961-1990 (cao hơn 1,4°C; 2,4°C và 3,4°C so với nhiệt độ thời kỳ tiền công nghiệp). Các tác giả đã sử dụng các mô hình khí hậu khác nhau dự đoán về biến đổi khí hậu khu vực trong vòng thế kỷ tiếp theo sẽ tác động đến mô hình cây trồng theo một quá trình để qua đó đưa ra dự báo về sản lượng ngô. Kết quả chỉ ra rằng tổn thất sản lượng ngô ngày càng gia tăng với sự gia tăng nhiệt độ trung bình toàn cầu đối với cả hai loại ngô trồng cạn và tưới tiêu, với tổn thất lớn hơn nếu không có hiệu ứng màu mỡ hóa CO₂. Tuy nhiên, những thay đổi về lượng mưa có khả năng lạc quan hơn đối với khả năng phân bố, do tổn thất sản lượng có thể giảm với mức ấm lên 2°C.

Một nghiên cứu khác đối với Trung Quốc liên quan đến lúa mì và cũng theo cách tiếp cận xác suất, phát hiện thấy một sự gia tăng mạnh nguy cơ thất thu mùa màng trong tương lai do tác động của các yếu tố kết hợp gồm ứng suất nhiệt và nước, sau khi đã cân nhắc đến hiệu ứng màu mỡ hóa do CO₂. Nghiên cứu này cho thấy các biện pháp thích nghi có thể cải thiện được nhiều nguy cơ rủi ro.

- **Tác động ngầm ẩn đối với tăng trưởng kinh tế và sự phát triển con người**

Một số nghiên cứu gần đây đã sử dụng các ước tính về tác động của biến đổi khí hậu đến sản lượng cây trồng để khám phá các hậu quả dẫn đến đói nghèo và phúc lợi do biến đổi khí hậu sử dụng mô hình Dự án phân tích thương mại toàn cầu. Trong một kịch bản có kết cục dẫn đến kết quả là sớm gia tăng nhiệt độ $1,5^{\circ}\text{C}$ ở ngay vào thời điểm năm 2030, Hertel et al. (2010) thông báo rằng các ảnh hưởng đến phúc lợi, kết quả của tác động trực tiếp do biến đổi khí hậu đối với cây trồng sẽ lan rộng hầu hết vùng châu Phi cận Sahara, tiếp theo là Trung Quốc và Mỹ. Ngoài ra, các hiệu ứng ngược tác động đến sản lượng ngũ cốc tương lai và an ninh lương thực giảm có tiềm năng làm tăng nạn đói hay thiếu dinh dưỡng, thường ảnh hưởng nhiều đến trẻ em. Điều đã được thừa nhận là sự thiếu dinh dưỡng ở trẻ em có những ảnh hưởng bất lợi đến tiềm năng thu nhập kinh tế và sức khỏe. Các dự báo gần đây về hậu quả của sự ấm lên từ 2 đến $2,5^{\circ}\text{C}$ ($2,7^{\circ}\text{C}$ đến $3,2^{\circ}\text{C}$ so với nhiệt độ tiền công nghiệp) vào năm 2050 đối với sự chậm phát triển trẻ em chỉ ra những gia tăng đáng kể, đặc biệt là sự chậm phát triển trẻ thơ nghiêm trọng ở khu vực châu Phi cận Sahara (23%) và Nam Á (62%).

2. Biến đổi khí hậu và an ninh lương thực

Biến đổi khí hậu tác động đến an ninh lương thực theo những cách thức phức tạp. Nó tác động trực tiếp đến sản xuất lương thực thông qua những thay đổi ở các điều kiện sinh thái nông nghiệp và tác động gián tiếp đến tăng trưởng và phân bố thu nhập và qua đó ảnh hưởng đến nhu cầu sản xuất nông nghiệp. Điều quan trọng hơn nhìn từ triển vọng dài hạn, biến đổi khí hậu còn ảnh hưởng đến an ninh lương thực do nó làm thay đổi các điều kiện kinh tế tổng thể quyết định sức mua của người tiêu dùng và cả cơ hội tiếp cận lương thực của họ. Các điều kiện kinh tế này sẽ tiến triển như thế nào cùng với thời gian vẫn còn là điều không chắc chắn cao và là đối tượng chịu ảnh hưởng của các yếu tố như các quỹ đạo tăng dân số, phát triển và tính khả dụng của công nghệ mới cũng như các biện pháp chính sách được áp dụng nhằm làm thích nghi hoặc giảm nhẹ biến đổi khí hậu.

Nói chung, các vấn đề then chốt liên quan đến biến đổi khí hậu và an ninh lương thực gồm:

- Biến đổi khí hậu ảnh hưởng đến bốn khía cạnh an ninh lương thực: tính khả dụng và sản xuất, cơ hội tiếp cận, sự ổn định và sử dụng lương thực.
- Tiềm năng sản xuất lương thực toàn cầu có khả năng gia tăng với mức nhiệt độ trung bình toàn cầu ấm lên 2°C ; tiềm năng này sẽ giảm nếu gia tăng nhiệt độ vượt quá mức 2°C .
- Sự gia tăng ở tiềm năng sản xuất lương thực phản ánh giá trị trung bình của những phát triển khu vực rất không đồng đều. Nói chung, hiệu ứng tổng là kết quả của khả năng gia tăng dân số ở các vùng vĩ độ cao vượt quá mức giảm ở các vùng vĩ độ thấp, là những nơi kém bảo đảm an ninh lương thực hơn.
- Những gia tăng về nhiệt độ và lượng mưa cũng sẽ làm thay đổi các áp lực về sâu hại và bệnh tật, tổng thể làm tăng cả hai. Các tác động chính xác khác nhau

giữa các khu vực và giữa các loại sâu hại và bệnh tật, và bất kể về độ lớn như thế nào, chúng sẽ đều tác động nặng nề hơn tại các quốc gia ở vĩ độ thấp và nghèo hơn.

- Thực sự là tất cả các GCM đều dự báo về tính biến đổi khí hậu rõ rệt hơn và vì thế cả mức độ ổn định sản xuất lương thực thấp hơn.
- Cơ hội tiếp cận đến lương thực sẽ vẫn là yếu tố quyết định quan trọng nhất về an ninh lương thực; tác động của phát triển kinh tế xã hội được dự báo là sẽ lớn so với độ lớn của các tác động khí hậu.
- Khu vực châu Phi cận Sahara sẽ thay thế châu Á trở thành nơi có an ninh lương thực bấp bênh nhất, cho dù có hay không có tác động của biến đổi khí hậu.

IPCC đã tổng hợp các lộ trình khác nhau trong Báo cáo đặc biệt về các kịch bản phát xạ (SRES). Chúng thực chất đã nắm bắt được tất cả các hướng tăng trưởng kinh tế khác nhau và các lộ trình tương ứng và qua đó cả những biến thiên chủ yếu quyết định khả năng tiếp cận lương thực, một thao diễn nhanh gồm những giả thiết chính để nghiên cứu sâu hơn về sản xuất, sử dụng lương thực và tính ổn định của an ninh lương thực.

IPCC cân nhắc bốn kịch bản liên quan đến phát xạ và phát triển kinh tế xã hội, được gọi là các kịch bản SRES ký hiệu A1, A2, B1, B2 tổng kết trong bảng .

Các giả thiết và kết quả của các kịch bản SRES khác nhau ảnh hưởng trực tiếp đến các dự báo về nông nghiệp và an ninh lương thực tương lai. Những thay đổi ở các điều kiện sinh thái nông nghiệp ngày càng tăng tác động đến sản xuất và năng suất trong lĩnh vực nông nghiệp và qua đó đến tính khả dụng của lương thực, trong khi những thay đổi về các điều kiện kinh tế xã hội tổng thể và sự đóng góp của nông nghiệp vào sự tạo ra thu nhập có ảnh hưởng đến khả năng tiếp cận lương thực. Như phần trên đã nêu, có ba yếu tố ảnh hưởng đến nông nghiệp gồm: (i) thay đổi ở nhiệt độ, (ii) thay đổi ở nồng độ CO₂ trong khí quyển, và (iii) thay đổi ở mức độ và sự phân bố lượng mưa. An ninh lương thực sẽ bị tác động chủ yếu bởi những thay đổi ở mức độ và sự phân bố thu nhập (khả năng tiếp cận) và chịu tác động gián tiếp thông qua sản xuất lương thực (tính khả dụng) và mức độ và hiệu quả của sản xuất nông nghiệp (tác động thu nhập thông qua nông nghiệp).

Bảng 1: Tổng quan các kịch bản SRES

Kịch bản	Chủ đề theo kịch bản	Lộ trình
SRES A1	SRES A1 mô tả một thế giới tương lai: - tăng trưởng kinh tế nhanh chóng - tăng trưởng dân số thấp - nhanh chóng giới thiệu các công nghệ mới và có hiệu quả hơn. Các chủ đề của kịch bản gồm sự hội tụ kinh tế và văn hóa và xây dựng năng lực trong một thế giới trong đó giá trị xã hội tăng	SRES A1 mô tả các định hướng năng lượng thay thế gồm các phương án: - A1T nhiên liệu phi hóa thạch A1B nguồn năng lượng cân bằng - A1F sử dụng nhiên liệu hóa thạch và đưa ra một lộ trình phát triển thâm dụng carbon nhất với mức phát xạ CO ₂ cao nhất và nồng độ GHG khí

	trường cùng với các mối quan tâm môi trường.	quyển cao trên 900 ppm vào năm 2100.
SRES B1	SRES B1 mô tả thế giới: - dân số toàn cầu đạt đỉnh điểm vào giữa thế kỷ và sau đó suy giảm - Những thay đổi nhanh chóng về cơ cấu kinh tế theo hướng nền kinh tế thông tin và dịch vụ - cường độ vật chất giảm - giới thiệu các công nghệ sạch và sử dụng tài nguyên hiệu quả. Các chủ đề kịch bản bao gồm các giải pháp kinh tế, xã hội và bền vững môi trường, bao gồm cải thiện tính hợp lý, không có các khởi xướng khí hậu bổ sung.	SRES B1 liên quan đến mức độ phát xạ thấp nhất và cả nồng độ GHG thấp nhất giữ ổn định ở 500 ppm cho đến cuối thế kỷ 21.
SRES A2	Kịch bản SRES A2 mô tả một thế giới không đồng nhất: - dân số toàn cầu liên tục gia tăng do các mẫu hình sinh sản khu vực chậm đồng nhất - phát triển kinh tế định hướng khu vực - tăng trưởng kinh tế và thay đổi công nghệ chậm và phân đoạn Các chủ đề kịch bản đó là độc lập và bảo tồn tính đồng nhất khu vực.	Kịch bản này là kết quả trung gian của hai kịch bản A1 và B1. Điều quan trọng đối với nông nghiệp và cung ứng lương thực thế giới, SRES A2 giả thiết tăng trưởng dân số dự báo cao nhất (phương án cao do Liên hiệp quốc đưa ra, 11 tỷ vào năm 2050 và 14 tỷ năm 2080) và dẫn đến nhu cầu lương thực cao nhất.
SRES B2	SRES B2 mô tả thế giới: - dân số toàn cầu liên tục tăng với tỷ lệ thấp hơn so với ở kịch bản A2 - Mức độ phát triển kinh tế trung gian - thay đổi công nghệ chậm hơn và ít đa dạng hơn so với trong kịch bản B1 và A1 Các chủ đề kịch bản gồm các giải pháp về kinh tế, xã hội và bền vững môi trường.	Kịch bản này đại diện cho các kết quả trung gian giữa A1 và B1.
Phân loại các kịch bản		
	Hợp nhất toàn cầu	Chủ nghĩa khu vực
Chú trọng kinh tế	A1B: cân bằng năng lượng A1F1: sử dụng nhiên liệu hóa thạch cường độ cao A1T: có thể phục hồi nhờ công nghệ cao	A2
Chú trọng môi trường	B1	B2

Các tác động do biến đổi khí hậu đến sản xuất và năng suất nông nghiệp, sự đáp ứng lương thực

Theo các kịch bản SRES về phát xạ và các mô hình khí hậu được cân nhắc, dự báo gia tăng khí hậu trung bình trên bề mặt toàn cầu từ 1,8°C đến 4,0°C vào năm 2100. Những thay đổi về nhiệt độ, nồng độ CO₂ khí quyển cũng như mức độ và sự phân bố lượng mưa sẽ tác động có tính quyết định đến các điều kiện sinh thái nông nghiệp tương lai và qua đó đến mức sản lượng nông nghiệp tổng thể. Chúng cũng sẽ quyết định sự phân bố sản lượng đầu ra theo các khu vực địa lý và các vĩ độ khác nhau, và đối với cả thành phần và sự phân bố địa lý của các loại cây trồng và gia súc.

Phụ thuộc vào hoạt động nông nghiệp và vị trí địa lý, tác động của gia tăng nhiệt độ do biến đổi khí hậu có thể tích cực hoặc tiêu cực. Ở các vùng nhiệt độ ôn hòa, nhiệt độ cao hơn được cho là có lợi cho nông nghiệp do có khả năng làm tăng diện tích đất phù hợp cho gieo trồng, làm tăng độ dài của chu kỳ sinh trưởng và tăng sản lượng mùa màng. Sự ẩm lên vừa phải tại một số vùng đồng cỏ ẩm ướt và ôn hòa có thể làm tăng năng suất đồng cỏ và làm giảm sự cần thiết phải nuôi nhốt và cho ăn bằng cỏ khô. Ngược lại, nếu các biến cố thời tiết khắc nghiệt gia tăng tần suất, như các cơn sóng nhiệt và hạn hán đã từng xảy ra tại vùng Địa trung hải hay mưa lớn và lũ lụt gia tăng tại các vùng nhiệt độ ôn hòa, bao gồm cả khả năng gia tăng các trận bão vùng ven biển có thể làm giảm đáng kể sản xuất và năng suất; cũng như vậy đối với các vùng khô hạn và bán khô hạn được cho là sẽ trải qua một sự suy giảm về năng suất, điều này sẽ dẫn đến năng suất gia súc giảm và tăng tỷ lệ gia súc bị chết. Tại các vùng khô hơn, các mô hình khí hậu dự báo gia tăng sự thoát hơi nước và độ ẩm đất thấp hơn. Hậu quả là một số vùng trồng trọt có thể không còn thích hợp với gieo trồng nữa và một số vùng đồng cỏ nhiệt đới có thể trở nên khô hạn hơn. Sự gia tăng nhiệt độ cũng làm tăng sự phát triển sâu hại và tăng khả năng các loại sâu hại sống sót qua mùa đông và tấn công cây trồng vụ xuân.

Dự báo gia tăng nồng độ CO₂ khí quyển dẫn đến một sự thay đổi quan trọng khác nữa đối với các điều kiện tăng trưởng sinh thái nông nghiệp toàn cầu. Dựa vào các kịch bản phát xạ SRES, nồng độ khí CO₂ khí quyển được dự báo sẽ tăng từ 385 ppm hiện nay lên cao hơn 500 ppm vào năm 2100 theo kịch bản SRES B1, hay cao hơn 900 ppm theo SRES A1F1. Nồng độ CO₂ cao hơn sẽ có tác động tích cực đến nhiều loại cây trồng, tăng cường tích tụ sinh khối và tăng sản lượng. Tuy nhiên, mức độ của hiệu ứng này là không rõ ràng, với những khác biệt đáng kể phụ thuộc vào quản lý (các chế độ tưới tiêu và bón phân) và vào loại cây trồng. Thử nghiệm về sản lượng trong điều kiện nồng độ CO₂ tăng (550 ppm) cho thấy, trong các điều kiện sinh trưởng tối ưu, sản lượng cây trồng có thể gia tăng từ 10-20% đối với loại cây C3 (như lúa mì, lúa gạo và đỗ tương), và chỉ tăng từ 0-10% đối với loại cây trồng C4 như ngô và cao lương. Điều quan trọng hơn, chất lượng dinh dưỡng của sản xuất nông nghiệp có thể không tăng cùng với sản lượng tăng cao hơn. Một số loại ngũ cốc và thức ăn thô gia súc cho thấy hàm lượng protein thấp hơn trong điều kiện nồng độ CO₂ cao hơn.

Một số nghiên cứu gần đây đã ước tính những thay đổi có khả năng xảy ra ở độ thích nghi của đất, các sản lượng tiềm năng và sản xuất nông nghiệp đối với bộ cây trồng hiện nay. Các nghiên cứu này bao gồm cả sự thích nghi sử dụng các kỹ thuật quản lý khả dụng

và các loại cây trồng, nhưng không bao gồm các loại cây trồng mới được nhân giống hay cải tiến nhờ công nghệ sinh học. Các công trình nghiên cứu này dựa trên phương pháp luận vùng sinh thái nông nghiệp của FAO và Viện phân tích hệ thống ứng dụng quốc tế (IIASA). Các nghiên cứu chỉ ra rằng, tổng diện tích đất đai và tổng diện tích đất sơ khai sẽ vẫn hầu như không thay đổi so với quy mô hiện tại tương ứng là 2600 và 2000 triệu hecta. Cũng những nghiên cứu này đã chỉ ra những biến đổi khu vực rõ rệt, với một sự gia tăng đáng kể ở diện tích đất thích hợp cho trồng trọt ở các vùng vĩ độ cao hơn, tức là hơn 160 triệu ha tại các quốc gia phát triển. Bên cạnh đó, có một sự suy giảm khoảng 110 triệu ha diện tích đất trồng tiềm năng tại các vùng vĩ độ thấp hơn tại các nước đang phát triển. Một sự suy giảm thực 110 triệu ha là kết quả của sự suy giảm mạnh theo dự báo ở diện tích đất nông nghiệp sơ khai vào khoảng 135 triệu ha, số này được bù một phần bằng sự gia tăng 20 triệu ha diện tích đất thích hợp cho trồng trọt. Sự chuyển hướng về chất lượng này cũng phản ánh qua sự thay đổi ở diện tích đất thích hợp đối với hệ thống đa canh. Riêng ở vùng châu Phi cận Sahara, diện tích đất thích hợp cho thâm canh hai vụ (double cropping) sẽ giảm từ 10 đến 20 triệu ha, trong khi đất thích hợp cho thâm canh ba vụ sẽ giảm từ 5 đến 10 triệu ha. Ở cấp độ khu vực, nhiều nghiên cứu khác nhau chỉ ra rằng trong điều kiện thời tiết biến đổi, tổn thất lớn nhất về diện tích đất thích hợp cho gieo trồng có thể là ở châu Phi, trong khi sự phát triển diện tích đất trồng lớn nhất có thể xảy ra ở Nga và Trung Á.

Tác động đến sự ổn định của nguồn cung ứng lương thực

Các điều kiện thời tiết khu vực và toàn cầu được dự báo sẽ trở nên hay biến đổi hơn so với hiện nay, với sự gia tăng về tần số và tính nghiêm trọng của các biến cố thời tiết khắc nghiệt như lốc xoáy, lũ lụt, mưa đá, và hạn hán. Bằng cách gây ra những biến động lớn hơn về sản lượng cây trồng và nguồn cung ứng địa phương và làm tăng nguy cơ lở đất và xói mòn, biến đổi khí hậu có thể ảnh hưởng bất lợi đến tính ổn định của cung ứng lương thực và qua đó ảnh hưởng đến an ninh lương thực.

Kể cả biến đổi khí hậu và tính dễ biến đổi khí hậu ngắn hạn, cùng với sự thích nghi đi kèm đều không phải là những hiện tượng mới mẻ trong nông nghiệp. Ví dụ, một số khu vực nông nghiệp quan trọng của thế giới như vùng Trung Tây nước Mỹ, Đông Bắc Argentina, Nam châu Phi, hay Đông Nam Ôxtrâyliya theo truyền thống có tính biến đổi khí hậu cao hơn so với các khu vực khác như Trung Phi hay châu Âu. Các hiện tượng này cũng cho thấy phạm vi của các biến động ngắn hạn đã thay đổi theo những chu kỳ dài hơn. Ví dụ như, tại các nước phát triển, tính biến đổi khí hậu ngắn hạn đã tăng trong giai đoạn từ năm 1931 đến 1960 so với giai đoạn 1901 đến 1930, nhưng lại giảm mạnh trong giai đoạn từ 1961 đến 1990. Tuy nhiên, điều mới ở đây chính là thực tế rằng, các vùng trải nghiệm tính biến đổi khí hậu cao dường như đang mở rộng, trong khi quy mô của sự biến đổi khí hậu ngắn hạn lại có khả năng gia tăng trên tất cả các khu vực và có thể vượt quá mức trải nghiệm trong lịch sử tại một số khu vực.

Nếu các biến động khí hậu trở nên rõ rệt hơn và mở rộng hơn, hạn hán và lũ lụt, những nguyên nhân chủ yếu của các biến động ngắn hạn về sản xuất lương thực tại các vùng khô hạn và bán khô hạn sẽ trở nên khắc nghiệt hơn và thường xuyên hơn. Tại các vùng bán khô hạn, hạn hán có thể làm giảm đáng kể sản lượng cây trồng cũng như năng suất và số gia súc. Phần lớn vùng đất này nằm ở châu Phi cận Sahara và các vùng thuộc Nam Á, điều đó

có nghĩa là các khu vực nghèo nhất thường xuyên thiếu ăn ở mức cao nhất sẽ phải chịu tác động nhiều nhất từ sự bất ổn định trong sản xuất lương thực.

Các tác động nêu trên sẽ mạnh ở mức độ nào phụ thuộc vào việc các quốc gia sẽ đối phó với những biến động đó như thế nào, ví dụ như thông qua đầu tư vào quản lý nông trại, tưới tiêu, các phương tiện bảo quản tốt hơn, cải tiến cung cấp thông tin, các phương án việc làm thay thế, môi trường chính sách thích hợp hơn, hay bằng cách nhập khẩu lương thực cao hơn. Bên cạnh đó, một môi trường chính sách thúc đẩy giảm bớt các rào cản mậu dịch tự do và xúc tiến đầu tư vào vận tải và liên lạc có thể giúp giải quyết sớm các thách thức này, cho phép các nước có thể giảm nhẹ những tổn thất về cây trồng và gia súc thông qua thương mại.

Tác động của biến đổi khí hậu đến sử dụng lương thực

Biến đổi khí hậu cũng sẽ ảnh hưởng đến khả năng mỗi cá nhân sử dụng lương thực một cách có hiệu quả bằng cách thay đổi các điều kiện đối với an toàn thực phẩm và bằng cách gia tăng áp lực về bệnh tật có nguồn gốc từ sinh vật, nước và sinh bệnh do ngộ độc thực phẩm. Nhóm công tác II IPCC đã nghiên cứu về tác động của biến đổi khí hậu đến sức khỏe, đã xem xét các loại bệnh tật khác nhau, trong đó có bệnh lây truyền do côn trùng, như bệnh sốt rét có khả năng lây lan và thu nhỏ cùng với thay đổi về khí hậu. Phần tài liệu dưới đây chú trọng đến các loại bệnh có nguồn gốc từ thực phẩm và nước gây ảnh hưởng trực tiếp đến an toàn thực phẩm.

Mối quan tâm chủ yếu về biến đổi khí hậu và sử dụng lương thực đó là thay đổi các điều kiện khí hậu có thể bắt đầu một vòng lẩn quẩn, khi các bệnh truyền nhiễm có thể là nguyên nhân dẫn đến hay làm trầm trọng thêm nạn đói, điều này đến lượt mình càng làm cho dân số vốn đã phải chịu tác động lại càng dễ bị tổn thương hơn do các bệnh truyền nhiễm. Kết quả có thể là một sự suy giảm rõ rệt ở năng suất lao động và sự gia tăng đói nghèo và tỷ lệ tử vong. Về bản chất tất cả các biểu hiện của biến đổi khí hậu, cho dù có là hạn hán, nhiệt độ cao hơn, hay mưa lớn, đều có tác động đến áp lực bệnh tật và cho thấy có một bằng chứng ngày càng tăng rằng những thay đổi này ảnh hưởng đến an toàn thực phẩm và an ninh lương thực.

Báo cáo gần đây của IPCC cũng nhấn mạnh rằng những gia tăng ở nhiệt độ hàng ngày sẽ làm tăng tần số ngộ độc thực phẩm, đặc biệt là ở các vùng nhiệt độ ôn hòa. Các vùng biển ấm lên có thể góp phần làm tăng các trường hợp ngộ độc ở người do các loại động vật có vỏ và cá rạn (ngộ độc ciguatera) tại các vùng nhiệt đới và một sự mở rộng bệnh tật hướng cực. Mặc dù vẫn còn có ít bằng chứng rằng, biến đổi khí hậu làm thay đổi đáng kể tỷ lệ hiện hành của bệnh tật, nhiều công trình nghiên cứu đã khẳng định và xác định lượng hóa những tác động của nhiệt độ đến các hình thức ngộ độc thực phẩm phổ biến, như bệnh nhiễm salmonella. Các nghiên cứu chỉ ra một sự gia tăng gần như tuyến tính về số các trường hợp liên quan đến sự gia tăng nhiệt độ trong tuần. Hơn nữa, ở đây có bằng chứng rằng sự gia tăng nhiệt độ có liên quan mạnh đến sự gia tăng các giai đoạn mắc bệnh tiêu chảy ở người lớn và trẻ em. Các khám phá này được chứng thực bằng các phân tích dựa trên các quan sát nhiệt độ trung bình tháng và các giai đoạn mắc bệnh tiêu chảy tại các vùng Quần đảo Thái bình dương, Ôxtrâyliya, và Israel.

Các biến cố cực đoan về lượng mưa lớn có thể làm tăng nguy cơ bùng phát các bệnh lây

truyền qua đường nước, đặc biệt là ở những nơi có các hệ thống quản lý nước truyền thống không đủ để đối phó với những điều kiện khắc nghiệt mới. Cũng như vậy, tác động của lũ lụt ảnh hưởng mạnh nhất đến các vùng vốn đã bị suy thoái môi trường, và ở những nơi vẫn còn thiếu cơ sở hạ tầng công cộng cơ bản bao gồm cả y tế và vệ sinh. Điều này sẽ làm tăng số những người dễ bị ảnh hưởng bởi các bệnh lây truyền qua đường nước (ví dụ như bệnh tả) và vì thế hạ thấp khả năng sử dụng thực phẩm có hiệu quả.

Tác động của biến đổi khí hậu đến khả năng tiếp cận lương thực

Trong vòng 30 năm gần đây, thực giá lương thực giảm và thu nhập thực gia tăng đã dẫn đến những cải thiện đáng kể về khả năng tiếp cận lương thực tại nhiều nước đang phát triển. Những gia tăng về sức mua dẫn đến gia tăng số người có cơ hội tiếp cận không chỉ lương thực và cả những thực phẩm bổ dưỡng hơn, giàu protein, các chất dinh dưỡng vi lượng, và vitamin.

Khu vực Đông Á, và ở mức độ thấp hơn là vùng cận Đông và Bắc Phi đã được hưởng lợi đặc biệt từ một sự kết hợp giữa thực giá lương thực thấp hơn và tăng trưởng thu nhập mạnh. Từ năm 1970 đến 2001, sự xuất hiện nạn đói ở các khu vực này theo các phép đo của các chỉ số FAO về thiếu ăn cho thấy đã giảm tương ứng từ 24 xuống 10,1% và từ 44 đến 10,2%. Tại vùng Đông Á, chính sự tăng trưởng thu nhập nội sinh đã tạo nên cơ sở để đẩy mạnh nhu cầu về lương thực vốn chủ yếu được sản xuất nội sinh trong khu vực; tại khu vực Cận Đông/Bắc Phi, nhu cầu được đẩy mạnh bởi thu nhập ngoại sinh từ xuất khẩu dầu mỏ và khí đốt, trong khi các nguồn cung ứng lương thực bổ sung chủ yếu xuất phát từ nhập khẩu. Bất kể nguyên nhân gia tăng nhu cầu đối với lương thực là gì, những cải thiện về cơ hội tiếp cận lương thực là điều quyết định trong việc làm giảm nạn đói và thiếu dinh dưỡng ở cả hai khu vực.

Triển vọng dài hạn do FAO đưa ra đến năm 2050 chỉ ra rằng tầm quan trọng của việc cải thiện các điều kiện trọng cầu thậm chí sẽ còn trở nên quan trọng hơn trong vòng 50 năm tới. Điều có thể hiểu được là các khu vực được dự báo sẽ giảm mạnh nhất nạn thiếu ăn là những nơi được dự báo có thu nhập tăng trưởng với tỷ lệ cao nhất. Đặc biệt là khu vực Nam Á sẽ được hưởng lợi nhiều nhất. Nhờ vào tăng trưởng thu nhập cao, khu vực này được dự báo sẽ giảm được sự thịnh hành nạn thiếu ăn từ chỗ hơn 22% xuống còn 12% vào năm 2015 và xuống đến 4% vào năm 2050. Tiến bộ cũng được kỳ vọng tại châu Phi cận Sahara, nhưng những cải thiện ở đây kém rõ rệt hơn và được cho là đến sau về thời gian. Ví dụ, trong vòng 15 năm tới, sự hiện hành của nạn thiếu ăn sẽ giảm ít hơn so với các khu vực khác, từ 33% xuống 21%, do còn tồn tại những hạn chế quan trọng như chất dinh dưỡng trong đất, nước và cơ sở hạ tầng,... sẽ gây hạn chế khả năng gia tăng hơn nữa sản xuất lương thực tại khu vực, và mức thu nhập tiếp tục thấp cản trở phương án nhập khẩu lương thực. Tuy nhiên về dài hạn, châu Phi cận Sahara được dự báo sẽ có sự suy giảm đáng kể nạn đói; vào năm 2050, có chưa đến 6% tổng dân số khu vực này được dự báo sẽ phải chịu cảnh đói thường xuyên. Tuy nhiên, điều quan trọng là cần ghi nhận rằng những dự báo này của FAO không tính đến những tác động của biến đổi khí hậu.

Tuy nhiên bằng cách kết hợp giữa các mô hình sinh thái nông nghiệp và kinh tế, các công trình nghiên cứu khác đã phán đoán tác động của biến đổi khí hậu đến GDP nông nghiệp và giá cả. Ở phạm vi toàn cầu, tác động của biến đổi khí hậu có vẻ như rất nhỏ; tuân

theo các kịch bản SRES và các kịch bản biến đổi khí hậu liên quan, các ước tính biến thiên trong khoảng từ chỗ giảm 1,5% đến tăng 2,6% vào năm 2080. Ở quy mô khu vực, nông nghiệp với vai trò là một nguồn thu nhập đóng vai trò quan trọng hơn nhiều, bởi vì kết quả đầu ra kinh tế từ nông nghiệp, ngoài sự sản xuất lương thực để sinh kế, còn là một yếu tố đóng góp quan trọng vào an ninh lương thực. Tác động mạnh nhất của biến đổi khí hậu đến kết quả đầu ra kinh tế nông nghiệp được dự báo sẽ diễn ra ở châu Phi cận Sahara, điều đó có nghĩa là khu vực nghèo nhất và kém đảm bảo lương thực nhất cũng phải chịu sự suy giảm lớn nhất về thu nhập nông nghiệp. Đối với khu vực này, những tổn thất về GDP nông nghiệp, so với các ước tính không cân nhắc đến biến đổi khí hậu, nằm trong phạm vi từ 2 đến 8% theo các mô hình kết hợp khí quyển như HadCM₃ và CGCM₂, từ 7 đến 9% theo dự báo của Tổ chức nghiên cứu khoa học và công nghiệp thuộc Khối thịnh vượng chung (CSIRO).

III. CHIẾN LƯỢC PHÁT TRIỂN NÔNG NGHIỆP ỨNG PHÓ VỚI BIẾN ĐỔI KHÍ HẬU

1. Khả năng thích ứng

Nông nghiệp được tiến hành dựa trên một phạm vi rộng các điều kiện về môi trường, khí hậu, và nằm trong một loạt các cấu trúc về văn hóa, thể chế, và kinh tế, điều đó quyết định các thực tiễn quản lý được áp dụng. Một loạt các phương án thích ứng có thể áp dụng để nâng cao sức bền của hệ thống nông nghiệp trước những tác động của biến đổi khí hậu. Lập luận cho việc tăng cường chú trọng vào sự thích ứng trong nông nghiệp trước biến đổi khí hậu được dựa trên những cân nhắc dưới đây như sau:

- Hiện tượng phát xạ khí nhà kính trong quá khứ đã làm cho thế giới ấm lên khoảng 0,1°C/thập kỷ trong nhiều thập kỷ nay, làm cho mức độ của các tác động và sự cần thiết phải thích nghi hoặc ứng phó là điều không thể tránh khỏi;
- Phát xạ khí nhà kính đang tiếp tục gia tăng nhanh chóng. Sự bế tắc hiện nay trong việc phát triển các hiệp định giảm phát thải toàn cầu ngoài Công ước Kyoto đang dẫn đến những mối quan tâm về mức phát xạ tương lai;
- Những giới hạn đầu cuối trong các kịch bản về biến đổi khí hậu của IPCC ngày càng tăng và nhiệt độ toàn cầu có khả năng gia tăng theo tuyến tính và tác động bất lợi ngày càng gia tăng đối với các hoạt động nông nghiệp hiện tại;
- Những thay đổi quan sát được về nồng độ CO₂ khí quyển, nhiệt độ toàn cầu và mực nước biển đã đạt tới giới hạn cao trong các kịch bản của IPCC và những tác động nhất định khác từ biến đổi khí hậu đang xảy ra nhanh hơn so với điều được dự đoán trước đây (ví dụ như sự phá vỡ của băng đá Bắc cực);
- Tác động tiềm tàng của biến đổi khí hậu đến nông nghiệp, đặc biệt là ở các vùng nhiệt đới cho thấy lớn hơn nhiều so với các đánh giá trước đây;
- Biến đổi khí hậu có thể tạo ra các cơ hội cho đầu tư nông nghiệp và thương công xứng đáng cho những ai hành động sớm.

Điều quan trọng là tập hợp các hành động thích ứng cần thiết để hạn chế các rủi ro và tối đa hóa các cơ hội từ biến đổi khí hậu trong những thập kỷ tới, sẽ dẫn đến chi phí gia tăng

cho xã hội, ngoài những đầu tư đã được lập kế hoạch cho phát triển các lĩnh vực nông nghiệp tương ứng. Phần lớn số đầu tư gia tăng thêm này là rất cần thiết ở các nước đang phát triển. Các ước tính được cho là dè dặt gần đây của UNFCCC cho thấy, các chi phí tăng thêm khoảng 100 tỷ USD mỗi năm trên phạm vi toàn cầu vào năm 2030, đây là đầu tư tăng thêm và các luồng tài chính cần thiết để làm giảm thiểu các rủi ro hủy hoại trong lĩnh vực phát triển nông thôn tại các nước đang phát triển. Mặc dù các chi phí thích ứng theo ước tính trên là nhỏ so với GDP nông nghiệp của thế giới hiện thời và ước tính, nhưng đây là những khoản gia tăng lớn (từ 10 đến 20%) so với các đầu tư trong nước được dự kiến trong các lĩnh vực này.

Ngoài ra, chúng cũng lớn hơn rất nhiều (từ 5 đến 10 lần phụ thuộc vào từng khu vực) so với tổng lượng kết hợp của các đầu tư trực tiếp nước ngoài theo dự kiến, các quỹ viện trợ phát triển, và các khoản nợ tài chính phục vụ cho phát triển nông nghiệp và nông thôn tại các nước đang phát triển.

2. Các chiến lược thích ứng đối với từng lĩnh vực nông nghiệp

Phần dưới đây của tài liệu đề cập tới một loạt các chiến lược thích ứng nhằm ứng phó với nguy cơ biến đổi khí hậu trong bốn lĩnh vực nông nghiệp chủ đạo, gồm: trồng trọt, chăn nuôi, lâm nghiệp, thủy sản/nuôi trồng thủy sản. Các phương án quản lý chi tiết dưới đây được minh họa trong bối cảnh tự nhiên, nhưng đòi hỏi cần được nghiên cứu sâu hơn trong từng bối cảnh đánh giá chiến lược chi tiết nhằm xác định khả năng thích ứng và hiệu quả khả thi ở mỗi một quy mô. Các chiến lược thích ứng có thể được phân loại như sau:

- Những chiến lược chủ yếu nhằm cải thiện việc quản lý một nguồn tài nguyên hữu hạn, ví dụ như nước; những phương thức sửa lỗi công nghệ dựa trên phân tích của các chuyên gia giảm lược, các quy tắc thiết kế kỹ thuật, hoặc các mô hình hỗ trợ bằng máy tính;
- Thay đổi hệ thống thiết kế và quản lý (thường yêu cầu thay đổi ở thái độ và/hoặc hành vi, được gọi là các phương thức sửa lỗi thái độ);
- Các công cụ ra quyết định (bao gồm sử dụng các công cụ dự báo khí hậu và các nguồn thông tin);
- Những biến đổi về thể chế.

Những đánh giá thích ứng cho tới nay phần lớn đều tập trung vào thay đổi hệ thống thiết kế và quản lý thông qua mở rộng hoặc tăng cường các công tác quản lý rủi ro biến đổi khí hậu hiện có hoặc các hoạt động tăng cường sản xuất nhằm đáp ứng với một biến đổi tiềm năng tương đối nhỏ trong những nguy cơ biến đổi khí hậu. Thích ứng với những biến đổi lớn và đang diễn ra của khí hậu sẽ đòi hỏi khả năng thích ứng của những chiến lược mang tính chuyển đổi và sáng tạo hơn. Thiết kế và thực hiện những chiến lược thích ứng mang tính chuyển đổi lớn hơn vẫn là một thách thức lớn đối với cộng đồng khoa học, các nhà hoạch định chính sách, đầu tư và những thành phần có liên quan.

Hệ thống canh tác

Các hệ thống canh tác có thể được biến đổi theo nhiều cách để quản lý một cách hiệu quả hơn những nguy cơ biến đổi khí hậu và khí quyển được dự báo. Những phương án bao gồm:

- Thay đổi các yếu tố đầu vào như giống cây trồng và các loài đối với những loài có yêu cầu về thời gian nhiệt và xuân hoá thích hợp hơn (ví dụ, nhu cầu về mùa đông lạnh) và/hoặc có sức đề kháng tăng cao với shock nhiệt và hạn hán, biến đổi lượng phân bón để duy trì chất lượng hạt và quả; biến đổi lượng và thời điểm tưới tiêu và các hoạt động quản lý nước khác;
- Cải thiện công tác quản lý nước thông qua việc sử dụng công nghệ để “thu hoạch” nước, duy trì độ ẩm đất (ví dụ, thông qua việc duy trì các chất dư thừa của cây trồng) sử dụng và vận chuyển nước một cách hiệu quả hơn; cũng như ngăn ngừa hiện tượng ngập nước, xói mòn, trôi đi chất dinh dưỡng và trầm tích xảy ra do những trận mưa có lượng mưa cực lớn;
- Thay đổi thời gian hoặc địa điểm của các hoạt động trồng trọt;
- Đa dạng hoá chiến lược sinh kế bao hàm thu nhập từ các hoạt động nông nghiệp và phi nông nghiệp khác;
- Cải thiện hiệu quả của các hoạt động quản lý thiên địch, bệnh dịch và cỏ dại thông qua sử dụng rộng hơn công tác quản lý thiên địch và mầm bệnh tích hợp, phát triển và sử dụng các giống và các loài có sức đề kháng với thiên địch và bệnh dịch; và duy trì hoặc cải thiện các năng lực kiểm dịch và các chương trình giám sát;
- Sử dụng các công cụ dự báo thời tiết để làm giảm rủi ro do sản xuất.

Các mô hình sinh thái cung cấp một công cụ hữu ích để định lượng các tác động của biến đổi khí hậu và hiệu quả của các chiến lược thích ứng. Tổng hợp các mô phỏng tác động biến đổi khí hậu của Báo cáo AR4 của IPCC gần đây, trong đó trình bày về các cây ngũ cốc chính như lúa mì, lúa gạo và ngô sinh trưởng ở một loạt các vùng khí hậu nông nghiệp và các phương án quản lý, cho thấy những ích lợi của việc thích nghi thay đổi theo các giống cây trồng, biến đổi nhiệt độ và lượng mưa. Ví dụ, các ích lợi tiềm năng của việc thích ứng quản lý đối với cây lúa mì là giống như nhau ở các hệ ôn đới và nhiệt đới (17,9% so với 18,6%), trong khi đó ích lợi đối với cây lúa và ngô tương đối nhỏ hơn so với lúa mì, ở mức 10%. Những cải tiến đối với sản lượng này được chuyển hoá thành việc tránh sự thiệt hại của việc tăng từ 1 đến 2°C ở các vùng ôn đới và từ 1,5 đến 3°C ở các vùng nhiệt đới, có thể làm trì hoãn các tác động tiêu cực tới nhiều thập kỷ. Hầu hết các ích lợi của thích nghi có xu hướng chung là có thể đạt được trong phạm vi độ ẩm vừa phải (chưa tới 2°C), lợi ích gần như không có với những biến đổi ngày càng tăng ở nhiệt độ trung bình. Các ích lợi sản lượng nhờ thích ứng có xu hướng đạt lớn hơn ở các kịch bản có lượng mưa tăng hơn so với lượng mưa giảm.

Mặc dù việc phân tích này mang lại ước tính định lượng các tác động và các thích ứng, nhưng những nghiên cứu mô phỏng cần được xem xét trong bối cảnh của một số lượng hạn chế. Mặc dù có những hạn chế, việc mô hình hoá đưa ra một công cụ hữu ích để tích hợp những kiến thức hiện tại của các ngành khoa học về khí hậu, động vật và nông nghiệp sinh thái lại với nhau.

Chăn nuôi

Thích ứng với biến đổi khí hậu trong trường hợp chăn nuôi trên đồng ruộng bao gồm chăm sóc bổ sung để thường xuyên làm cho tỷ lệ vật nuôi phù hợp với sản lượng cỏ, thay

đổi chăn nuôi quay vòng, thay đổi thời gian chăn thả, biến đổi thức ăn và giống/loài động vật, làm biến đổi việc tích hợp trong các hệ chăn nuôi và cây trồng hỗn hợp bao gồm việc sử dụng các loại cây thích ứng làm thức ăn cho động vật, tái đánh giá việc sử dụng phân bón, đảm bảo nguồn cung nước đầy đủ và sử dụng các nguồn thức ăn tập trung và bổ sung. Tuy nhiên, một điểm quan trọng đáng lưu ý là những nguồn thích ứng này thường có các mặt hạn chế, ví dụ những giống vật nuôi có sức chịu nhiệt hơn thường đạt mức sản lượng thấp hơn. Cũng như vậy, các ngành nông nghiệp chuyên về chăn nuôi ở những vùng khí hậu lạnh có thể ít có nhu cầu về khu chăn nuôi mùa đông và về thức ăn chăn nuôi tập trung, trong khi đó ở những vùng khí hậu ấm hơn có thể lại cần quản lý và cơ sở hạ tầng hơn để cải thiện các mức giảm do stress nhiệt ở năng suất, khả năng sinh sản và mức tử vong tăng. Ngoài ra, năng lực thực hiện các biện pháp thích ứng cơ sở hạ tầng có thể rất yếu kém ở nhiều vùng nhiệt đới, trong khi đó ở những vùng vĩ độ trung bình, nguy cơ mức khả dụng nước trong nông nghiệp giảm có thể làm hạn chế các phương án thích ứng yêu cầu sử dụng nước để làm mát.

Lâm nghiệp

Rất nhiều chiến lược thích ứng đã được đề ra cho trồng rừng, bao gồm những biến đổi ở cường độ quản lý, trồng hỗn hợp các loài gỗ cứng/gỗ mềm, trồng rừng và các mô hình thu hoạch trong và giữa các vùng, các giai đoạn quay vòng, đốn gỗ chết, chuyển sang các giống hoặc các vùng đạt sản lượng tốt hơn dưới những điều kiện khí hậu mới, quy hoạch địa hình để giảm thiểu thiệt hại do cháy rừng hoặc côn trùng, điều chỉnh chất lượng và kích cỡ gỗ và điều chỉnh các hệ thống quản lý chống cháy. Các chiến lược thích ứng để kiểm soát thiệt hại do côn trùng có thể bao gồm đốt rừng theo quy định để làm giảm mức độ tổn thương của rừng do các đợt dịch côn trùng bùng phát, sử dụng các cơ chế kiểm soát côn trùng phi hoá chất (ví dụ các virus bacilo), và điều chỉnh lịch thu hoạch theo đó những loại cây dễ bị côn trùng tấn công nhất sẽ được thu hoạch trước. Với những biến đổi khí hậu nhỏ nhất, những biện pháp chủ động này sẽ có tiềm năng làm giảm những hậu quả tiêu cực do biến đổi khí hậu gây ra đối với nền kinh tế. Tuy nhiên, giống như với những ngành công nghiệp thứ cấp khác, sẽ rất dễ có một khoảng cách giữa các biện pháp thích ứng tiềm năng với các hoạt động thực hành. Ví dụ, những vùng rừng lớn, đặc biệt ở những nước đang phát triển, chịu sự quản lý trực tiếp của con người rất ít, làm hạn chế các phương án thích ứng. Thậm chí ở những cánh rừng được quản lý chặt chẽ hơn, nơi mà các hoạt động thích ứng có thể khả thi, thì những khoảng thời gian chậm trễ kéo dài giữa trồng và thu hoạch cây sẽ làm phức tạp các quyết định do việc thích ứng có thể diễn ra ở nhiều thời điểm trong chu trình quay vòng của rừng.

Thủy sản

Xét từ cấp độ địa phương tới toàn cầu, thủy sản và nông nghiệp đều rất thiết yếu đối với cung ứng thực phẩm, an ninh lương thực và tạo ra thu nhập. Quản lý tốt thủy sản được coi là có tiềm năng đóng góp vào tăng trưởng kinh tế và giảm đói nghèo. Khoảng 42 triệu người đang trực tiếp làm việc trong ngành này, với phần lớn là ở các nước đang phát triển. Nếu tính cả những người làm trong các lĩnh vực liên quan như công nghiệp chế biến, marketing, phân phối và cung ứng, thì ngành này hỗ trợ cho sinh kế của hàng trăm triệu người. Thực phẩm thủy sản có chất lượng dinh dưỡng cao và đóng góp tối thiểu 20% mức

tiêu thụ protein động vật/người trung bình cho hơn 2,8 tỷ người, hầu hết từ các nước đang phát triển. Chúng cũng là những loại thực phẩm được mua bán rộng rãi và là các thành phần cơ bản của kim ngạch xuất khẩu của nhiều nước nghèo. Ngành này có tầm quan trọng đặc biệt đối với các quốc đảo nhỏ.

Có ba con đường chính thông qua đó biến đổi khí hậu sẽ tác động tới thủy sản và nuôi trồng thủy sản, cũng như các cộng đồng phụ thuộc và các hoạt động kinh tế của chúng:

1. Những biến đổi vật lý và hoá học ở đại dương và nước ngọt, bao gồm mức tăng nhiệt độ nước và những biến đổi ở độ mặn;
2. Những biến đổi ở sản lượng cá, thành phần đánh bắt, và phân bố các loài do tác động qua lại phức hợp của những biến đổi sinh thái;
3. Những biến đổi vật lý đối với bờ biển, cửa sông, đầm lầy, ao hồ và các con sông do những biến đổi thời tiết, các thiên tai tự nhiên do thời tiết gây ra, và mực nước biển dâng.

Biến đổi khí hậu tự nhiên trong môi trường biển xảy ra leo thang theo thời gian và các quy mô không gian mà theo đó các hệ sinh thái biển phản ứng theo rất nhiều cách. Vai trò làm biến đổi khí hậu của con người được cho là lớn hơn sự biến đổi tự nhiên trong suốt thế kỷ 21, và phi tuyến tính, những biến đổi đột ngột ở các hệ sinh thái biển được cho là diễn ra ngày càng tăng khi biến đổi khí hậu do con người gây ra cũng tăng.

Các nguồn thủy sản rất nhạy cảm với những biến đổi môi trường, có thể là những dao động ở dòng hải lưu, dòng chảy sông, và các mực nước hồ, hoặc những biến đổi liên quan ở đại dương, ven biển hoặc năng suất của vùng đồng bằng ngập lũ. Thủy sản luôn luôn phải đối phó với sự biến đổi của sản xuất và những biến động khó lường của thời tiết, nhưng biến đổi khí hậu trong tương lai có khả năng làm tăng mức biến đổi và đặc biệt sẽ bị tác động bởi các sự kiện thời tiết cực đoan.

Cộng đồng ngư dân và sinh kế của họ, đặc biệt ở các nước đang phát triển, là đối tượng dễ chịu tác động của những tác động tiềm tàng này nhất, vì họ phải đối mặt với thách thức kép của việc phân bổ và mức độ phong phú của nguồn cá, cũng như những nguy cơ đe dọa của nạn lụt lội do mực nước biển dâng cao và cường độ ngày càng tăng của các sự kiện thời tiết xấu. Sự thực là ngư dân của nhiều nước đang phát triển nằm trong số những người nghèo nhất, họ thường có rất ít kỹ năng được truyền lại, và thường là không có các lưới an toàn, có nghĩa là những mức giảm ở nguồn cá sẽ có tác động tiêu cực rõ rệt tới đời sống của họ và gia đình họ.

Với nguy cơ chịu những rủi ro liên quan tới khí hậu cao như vậy, thích ứng với biến đổi khí hậu là sự ưu tiên hàng đầu đối với chính sách ngành thủy sản. Cải thiện việc quản lý thủy sản để làm tăng khả năng phục hồi của các quần thể cá và các cộng đồng ngư dân đối với biến đổi khí hậu, và đặc biệt là các sự kiện khí hậu khắc nghiệt, là mục tiêu chính của chính sách như vậy.

3. Sự phối hợp giữa thích ứng và giảm thiểu

Các hoạt động làm hạn chế thiệt hại từ biến đổi khí hậu cần phải được thực hiện ngay lập tức nhằm đạt được hiệu quả. Cần có các hoạt động giảm thiểu liên quan tới việc giảm trực tiếp những phát thải do con người gây ra hoặc tăng cường các bể chứa cacbon để hạn chế

thiệt hại dài hạn do khí hậu. Rất cần có các biện pháp thích nghi để hạn chế các rủi ro tiềm tàng của biến đổi khí hậu hiện tại và trong các thập kỷ tới. Quan trọng là bản chất của các chính sách về các hoạt động thích ứng và các hoạt động giảm thiểu có sự khác biệt lớn. Ích lợi của các biện pháp thích nghi sẽ có thể biểu hiện ngay lập tức nhưng khác biệt rõ nhất ở sự biến đổi khí hậu nhẹ - có lẽ là tới giữa thế kỷ. Ngược lại, những ích lợi của việc giảm thiểu chỉ có thể biểu hiện trong hàng thế kỷ kể từ bây giờ, và trở nên thích hợp chỉ cho tới cuối thế kỷ này.

Vậy thì một thử thách lớn của chính sách khí hậu là xác định và sau đó phát triển các công cụ cho phép có một danh mục các chiến lược thích ứng và giảm thiểu có hiệu lực về thời gian và không gian và chú trọng tới các hoạt động cân bằng giữa các khu vực thích hợp nhất, và nội bên trong một loạt các chính sách chuyên biệt được lựa chọn để đáp ứng với biến đổi khí hậu.

Đã có những kết hợp hữu ích giữa thích ứng và giảm thiểu trong lĩnh vực nông nghiệp, liên quan tới với an ninh lương thực. Chúng sẽ hình thành nên cốt lõi cho việc hoạch định và thực hiện chính sách khí hậu ở cấp độ quốc gia và quốc tế. Chúng bao gồm: tránh nạn phá rừng, bảo tồn và quản lý rừng, nông lâm nghiệp cho thực phẩm năng lượng, phục hồi đất, thu hồi khí biogas và chất thải, và nói chung một loạt các chiến lược thúc đẩy bảo tồn các nguồn tài nguyên đất và nước bằng cách cải thiện chất lượng, độ khả dụng và hiệu quả sử dụng của chúng.

Những chiến lược này thường có gốc rễ sâu từ văn hoá và tri thức địa phương và là trọng tâm của phần lớn các nỗ lực nghiên cứu, hỗ trợ và thực hiện của các cơ quan quốc tế và các tổ chức phi chính phủ (NGO). Chúng có xu hướng tăng tính phục hồi của các hệ thống sản xuất trong khi đối phó với những áp lực càng tăng của khí hậu, và cung cấp khả năng hấp thụ cacbon hoặc làm giảm phát thải khí nhà kính trên đất liền. Nhiều trong số những sự kết hợp này cũng rất tương thích với sự bền vững kinh tế, xã hội và môi trường. Tuy nhiên, quan trọng là cần nhận ra rằng những sự kết hợp này thường là chuyên biệt theo vùng và hệ thống, và cần được đánh giá trong từng trường hợp.

Mặc dù tồn tại những cân bằng giữa các phương pháp giảm thiểu và thích ứng, ví dụ, các chương trình năng lượng sinh học và bảo tồn những vùng đất nhất định có thể bao gồm một số hoạt động mang lại sự cạnh tranh mới về các nguồn tài nguyên đất và nước mà trong trường hợp khác cần thiết để nâng cao sự hồi phục của hệ thống và đảm bảo an toàn cho sản xuất lương thực dưới sự biến đổi của khí hậu, thêm nhiều các phương thức thích ứng khác cũng tồn tại để có thể tích cực củng cố những tiềm năng giảm thiểu đất theo những điều kiện chuyên biệt. Ví dụ, các hệ thống tưới tiêu và bón phân cần thiết để duy trì sản lượng ở những vùng bán khô cận cận biên trong những điều kiện biến đổi khí hậu cũng có thể tăng cường mạnh mẽ khả năng của đất ở những khu vực hấp thụ cacbon này. Điều này đặc biệt đúng đối với vùng châu Phi cận Sahara nơi mà chỉ những cải thiện rất nhỏ ở việc tưới tiêu và bón phân cũng có thể có những hiệu ứng rất lớn lên sản xuất sinh khối từ cây trồng và vì thế đến đầu vào nguồn đất của chúng.

Theo những kịch bản với lượng mưa tăng lên, đặc biệt là ở các vùng vĩ độ trung bình, sự chuyển đổi từ các hệ thống đất hoang hoá thành canh tác liên tục sẽ tối đa hoá sản xuất trong những điều kiện mới về lượng mưa và đồng thời, làm tăng tiềm năng hấp thụ cacbon đất.

4. Các cơ chế tài chính đối với giảm thiểu và thích ứng

Lộ trình Bali về biến đổi khí hậu cho thấy các hành động nhằm đảm bảo an ninh lương thực và sinh kế nông thôn dưới sự biến đổi của khí hậu trong những thập niên tới phải nhất thiết tập trung vào việc phối hợp giữa các chiến lược thích ứng và giảm thiểu cho người nghèo ở nông thôn, nhằm giải quyết những mối quan ngại về khí hậu, môi trường, xã hội và kinh tế được thể hiện trong cả UNFCCC và mục tiêu phát triển thiên niên kỷ. Đặc biệt, trọng tâm nhằm vào nông nghiệp, sử dụng đất, biến đổi sử dụng đất, và lâm nghiệp ở các nước đang phát triển sẽ mang lại cơ hội để giải quyết những vấn đề này từ ngay trong các ngành kinh tế nổi trội của hầu hết các nước đang phát triển, củng cố nền tảng phát triển bền vững của chúng.

Nghiên cứu mới đây của FAO và Quỹ Phát triển Nông nghiệp Quốc tế (IFAD) chỉ ra rằng có thể tăng cường năng lực của các thị trường carbon để tới được các cộng đồng nông thôn bằng cách tăng cường số lượng các loại dự án này cũng như mở rộng phân bố địa lý của chúng. Quan trọng hơn, tiềm năng kinh tế của các hoạt động hấp thụ carbon bổ sung, phần lớn không chỉ liên quan tới giảm phát thải từ phá rừng và suy thoái rừng và các hoạt động quản lý rừng bền vững, mà còn bao gồm cả các kỹ thuật nông lâm nghiệp, bảo tồn đất nông nghiệp và năng lượng tái tạo từ sinh khối, tương ứng với 5-10 tỷ tấn CO₂/năm tới 2030 ở thị trường carbon, giá dao động từ 4 đến 10 USD/tấn CO₂. Các luồng tài chính hàng năm từ những hoạt động hấp thụ carbon này có thể góp phần đáp ứng được chi phí dự kiến của việc thích ứng với biến đổi khí hậu ở các nước đang phát triển.

Nhiều trong số những hoạt động này hiện đang được cho phép thực hiện theo một số đề án tự nguyện và các quỹ thí điểm, nhưng bị loại trừ khỏi cơ chế phát triển sạch hơn, thị trường lớn nhất của các thị trường carbon lớn nhất. Đặc biệt, cho phép tín dụng từ REDD (Giảm phát thải từ mất rừng và suy thoái rừng), cũng như từ một loạt các hoạt động nông lâm nghiệp, sẽ có tiềm năng làm tăng mạnh các luồng các-bon tới dân nghèo nông thôn ở các nước đang phát triển. Những nỗ lực lớn sẽ vì thế mà được hướng tới việc thực hiện tăng cường các cơ chế trên đất liền để sử dụng trong các thị trường carbon tự nguyện và hậu 2012 Kyoto. Đặc biệt, FAO đang đề xuất các cơ chế “bảo hiểm tín dụng carbon”, được thiết kế để thanh toán cho các dự án bổ sung cho việc cung cấp carbon, đồng thời các đền bù carbon có thể dẫn tới việc thích nghi hệ thống. Ngoài ra, WB đã chính thức thông qua việc hình thành nên Quỹ Đầu tư Khí hậu (CIF), được thành lập để cấp tài trợ giúp cho các nước đang phát triển nỗ lực giảm thiểu các mức tăng phát thải khí nhà kính và thích ứng với biến đổi khí hậu.

Kết luận

Việc hiểu được các quá trình và động lực học đặc trưng cho mỗi tương tác giữa các tác nhân chính về môi trường và khí hậu gây ảnh hưởng như thế nào đến năng suất và tính dễ tổn thương của hệ sinh thái vẫn là một vấn đề ưu tiên để nhằm định lượng tốt hơn về các tác động tương lai của biến đổi khí hậu đến các hệ sinh thái nông nghiệp. Ví dụ về các tác động bao gồm hiệu ứng của nồng độ CO₂ khí quyển tăng cao trong điều kiện biến đổi khí hậu và các biến cố thời tiết khắc nghiệt, những hạn chế về chất lượng đất và nước, và sản lượng hoa màu suy giảm do phạm vi hoạt động gia tăng của các loại sâu hại, côn trùng và sự hoành hành của bệnh tật.

Thách thức chủ yếu đối với các nghiên cứu về biến đổi khí hậu đó là hiểu sâu hơn về biến đổi khí hậu sẽ tác động như thế nào đến sản lượng cây trồng, sự gia tăng quy mô của các ảnh hưởng cũng như sự tương tác với các tác nhân kinh tế xã hội then chốt khác, để có thể ra các quyết định về sản xuất và cung ứng lương thực ở cấp khu vực, quốc gia và quốc tế, bao gồm cả các vấn đề then chốt về an ninh lương thực. Điều chắc chắn là biến đổi khí hậu sẽ ảnh hưởng đến tất cả bốn phương diện của an ninh lương thực, đó là sự sẵn có lương thực (sản xuất và thương mại), khả năng tiếp cận lương thực, tính ổn định của cung ứng lương thực và sử dụng lương thực. Tâm quan trọng của các khía cạnh khác nhau này và tác động tổng thể của biến đổi khí hậu đối với an ninh lương thực sẽ khác nhau giữa các khu vực, và điều quan trọng nhất là nó sẽ phụ thuộc vào hiện trạng kinh tế xã hội tổng thể của một quốc gia.

Tất cả các đánh giá định lượng gần đây chỉ ra rằng, sự biến đổi khí hậu sẽ ảnh hưởng bất lợi đến an ninh lương thực. Biến đổi khí hậu sẽ làm tăng sự phụ thuộc của các nước đang phát triển vào nhập khẩu và làm nổi bật sự chú trọng hiện tại vào tình trạng bấp bênh về lương thực ở khu vực châu Phi cận Sahara và ở vùng Nam Á với một mức độ thấp hơn. Trong thế giới đang phát triển, các tác động bất lợi của biến đổi khí hậu sẽ ảnh hưởng một cách không cân xứng đến người nghèo. Nhiều đánh giá định lượng cũng chỉ ra rằng, môi trường kinh tế xã hội trong bối cảnh diễn ra biến đổi khí hậu còn quan trọng hơn chính những tác động từ những biến đổi về lý sinh do biến đổi khí hậu gây ra. Sự khác nhau ở các con đường phát triển kinh tế xã hội sẽ là yếu tố quan trọng đối với sử dụng lương thực về dài hạn và nó cũng đóng vai trò quyết định khả năng của một khu vực đối phó với các vấn đề bất ổn định lương thực, bất kể nó có liên quan đến khí hậu hay do các yếu tố khác gây nên.

Mặc dù các kịch bản SRES về biến đổi khí hậu khác nhau liên quan đến các giả định về dân số và chính sách, về bản chất tất cả các con đường phát triển theo các kịch bản SRES đều mô tả một thế giới tăng trưởng kinh tế mạnh và dự đoán về dài hạn, tầm quan trọng của nông nghiệp suy giảm nhanh, đây là sự tiếp diễn của một xu hướng đã xảy ra từ nhiều thập kỷ tại nhiều khu vực đang phát triển. Đó là một thế giới, nơi mà tăng trưởng thu nhập sẽ cho phép một bộ phận lớn dân số thế giới giải quyết vấn đề thiếu hụt sản lượng lương thực địa phương bằng cách nhập khẩu và cùng lúc tìm cách đối phó với các vấn đề an toàn và ổn định cung cấp lương thực. Đó cũng là một thế giới, nơi có thu nhập thực sẽ tăng nhanh hơn thực giá lương thực, điều đó nói lên rằng phần thu nhập dành cho lương thực sẽ giảm và giá lương thực cao hơn cũng không tạo ra được tác động đáng kể trong chi tiêu lương thực của người nghèo. Tuy nhiên, không phải tất cả các nơi trên thế giới đều thực hiện tốt như nhau

trong khi đi theo những con đường phát triển khác nhau và không phải là tất cả các con đường phát triển đều dẫn tới tăng trưởng lành mạnh. Ở nơi nào có mức thu nhập thấp và phần chi tiêu cho lương thực cao, thì giá lương thực cao hơn có thể vẫn tạo nên hay làm trầm trọng thêm vấn đề an ninh lương thực.

Tất cả các đánh giá định lượng được đề cập đến trong tài liệu này chỉ ra rằng các thập kỷ đầu tiên của thế kỷ 21 được cho là sẽ chứng kiến những tác động vẫn còn thấp của biến đổi khí hậu, cùng như thu nhập tổng thể thấp, vẫn còn phụ thuộc ở mức độ cao vào nông nghiệp. Trong những thập kỷ đầu này, các tác động lý sinh của biến đổi khí hậu sẽ ít rõ rệt hơn so với giai đoạn sau của thế kỷ, nhưng chúng sẽ ảnh hưởng đến các vùng đặc biệt dễ bị tổn thương nhất, và cũng là những nơi phụ thuộc mạnh vào nông nghiệp và có thu nhập tổng thể thấp hơn khi phải đối phó với các tác động của biến đổi khí hậu. Ngược lại, giai đoạn sau của thế kỷ được cho là sẽ mang đến không chỉ những tác động lý sinh khốc liệt hơn mà còn cả khả năng lớn hơn để đương đầu với chúng. Nền tảng cơ sở ở đây là sự thành công của quá trình chuyển đổi thu nhập từ nông nghiệp hướng đến các ngành phi nông nghiệp.

Nói chung, mức độ của các tác động do biến đổi khí hậu xảy ra trong những thập kỷ tới sẽ phụ thuộc mạnh vào môi trường chính sách tương lai đối với người nghèo. Việc làm giảm các rào cản đối với mạo dịch tự do có thể giúp cải thiện cơ hội tiếp cận các nguồn cung ứng thế giới; đầu tư vào cơ sở hạ tầng giao thông và liên lạc sẽ giúp tạo ra các nguồn cung ứng bảo đảm và hợp thời cho địa phương; những cải tiến về tưới tiêu; xúc tiến thực hành nông nghiệp bền vững; và tiến bộ công nghệ liên tục tất cả đều có thể đóng một vai trò quyết định trong việc mang đến các nguồn cung ứng an toàn địa phương và quốc tế trong điều kiện biến đổi khí hậu.

Một thế giới nóng lên 4°C sẽ phải đương đầu với những thách thức lớn chưa từng thấy đối với nhân loại. Điều rõ ràng là các thiệt hại lớn ở quy mô khu vực cũng như toàn cầu rất dễ xảy ra ngay cả khi mức độ nóng lên này vẫn chưa đạt tới. Mặc dù chưa thể xác định rõ về số lượng với quy mô đầy đủ của các thiệt hại đối với con người, nhưng bức tranh toàn cảnh về tác động do biến đổi khí hậu gây ra làm lung lay giả thiết cho rằng, thay đổi khí hậu sẽ không làm suy yếu đáng kể tăng trưởng kinh tế. Điều dường như đã rõ ràng, đó là biến đổi khí hậu trong một thế giới ấm lên 4°C có thể gây ảnh hưởng nghiêm trọng đến các nỗ lực thanh toán đói nghèo tại nhiều khu vực. Điều này có cơ sở từ các quan trắc về những tác động bất lợi của biến đổi khí hậu đối với tăng trưởng kinh tế tại các nước đang phát triển. Trong khi các quốc gia phát triển đã và đang được dự báo là sẽ phải chịu ảnh hưởng bất lợi bởi những tác động gây ra do biến đổi khí hậu, thì khả năng thích nghi tại các khu vực đang phát triển lại yếu hơn. Gánh nặng biến đổi khí hậu trong tương lai sẽ không đồng đều giữa các khu vực vốn đã rất dễ bị tổn thương trước biến đổi khí hậu. Tuy vẫn còn chưa chắc chắn về việc liệu tiến triển thích nghi và việc tiếp tục hướng tới các mục tiêu phát triển có thể thực hiện được hay không với mức độ biến đổi khí hậu này, sự ấm lên 4°C theo dự báo cần phải ngăn chặn, và chỉ có những hành động sớm, hợp tác ở quy mô quốc tế mới có thể thực hiện được.

*Biên soạn: Đặng Bảo Hà
Nguyễn Phương Anh
Nguyễn Lê Hằng*

Tài liệu tham khảo

1. Jon Padgham: AGRICULTURAL DEVELOPMENT UNDER A CHANGING CLIMATE: Opportunities and Challenges for Adaptation. AGRICULTURE AND RURAL DEVELOPMENT & ENVIRONMENT DEPARTMENTS. The International Bank for Reconstruction and Development, The World Bank, 2009.
2. **Climate Change Response Strategies for Agriculture: Challenges and Opportunities for the 21st Century. Agriculture and Rural Development Department: Discussion Paper 42.** The International Bank for Reconstruction and Development/The World Bank. 2008.
3. Turn Down the Heat: Why a 4°C Warmer World Must Be Avoided. A Report for the World Bank by the Potsdam Institute for Climate Impact Research and Climate Analytics. International Bank for Reconstruction and Development/The World Bank. 11/2012.
4. Adaptation to Climate Change: International Policy Options. *Ian Burton* - University of Toron to. **Pew Center on Global Climate Change. 11/2006.**
5. Asia's Response to Climate Change and Natural Disasters: Implications for an Evolving Regional Architecture. A Report of the CSIS Asian Regionalism Initiative. CSIS, 7/2010.
6. Climate Change Strategy: Guiding Principles. The Global Environment Facility. 2004.
7. Gupta, S. et al.: Policies, Instruments and Co-operative Arrangements. In Climate Change 2007: Mitigation. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
8. Tripathi, A. K., Roberts, C. D., & Eagle, R. A. (2009). Coupling of CO₂ and ice sheet stability over major climate transitions of the last 20 million years. *Science (New York, N.Y.)*.
9. Ballantyne, A. P., Alden, C. B., Miller, J. B., Tans, P. P., & White, J. W. C. (2012). Increase in observed net carbon dioxide uptake by land and oceans during the past 50 years. *Nature*, 488 (7409).
10. Foster, G., & Rahmstorf, S. (2011). Global temperature evolution 1979-2010. *Environmental Research Letters*, 6 (4), 044022.
11. Wigley, T. M. L., & Santer, B. D. (2012). A probabilistic quantification of the anthropogenic component of twentieth century global warming.. *Climate Dynamics*.
12. Levitus, S., Yarosh, E. S., Zweng, M. M., Antonov, J. I., Boyer, T. P., Baranova, O. K., Garcia, H. E., et al. (2012). World ocean heat content and thermosteric sea level change (0-2000), 1955-2010. *Geophysical Research Letters*, m. doi:10.1029/2012GL051106
13. NOAA. (2012). National Climatic Data Center (NCDC), State of the Climate: Global Hazards for July 2012. <http://www.ncdc.noaa.gov/sotc/national/2012/7>, (published online Aug 2012).
14. Rao, S., & Riahi, K. (2006). The role of non-CO₂ greenhouse gases in climate change mitigation: Long-term scenarios for the 21st century. *The Energy Journal*, IAEE, 27.
15. Nelson, G., Rosegrant, M., Koo, J., Robertson, R., Sulser, T., Zhu, T., Ringler, C., et al. 2010. *The Costs of Agricultural Adaptation to Climate Change*. International Food Policy Research Institute (IFPRI).