ก๊าซเรือนกระจกและการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศโลกกับการเกษตร

เกริก ปั้นเหน่งเพ็ชร[1*]

บทนำ

เมื่อโลกได้รับรังสีดวงอาทิตย์ (solar radiation) อุณหภูมิของพื้นผิวจะเพิ่มสูงขึ้น และโลกจะแผ่รังสี infrared (thermal infrared radiation)[2] กลับออกสู่อวกาศ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) มีเทน (CH_4) ไนตรัสออกไซด์ (N_2O) และไอน้ำ (H_2O) มีคุณสมบัติเฉพาะประการหนึ่ง คือ สามารถดูดซับรังสีในช่วงดังกล่าวได้ดี ดังนั้นรังสีที่โลกของเราแผ่ออกสู่อวกาศบางส่วนจะถูกดูดซับไว้ด้วยก๊าซเหล่านี้ที่อยู่ในบรรยากาศ ทำให้อุณหภูมิของบรรยากาศเพิ่มสูงขึ้น และสามารถแผ่รังสี infrared กลับสู่โลกได้มากขึ้น ส่งผลให้อุณหภูมิบริเวณพื้นผิวโลกเพิ่มขึ้นอีก ภาวะการณ์ดังกล่าวจะคล้ายกับการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิจากการกักเก็บพลังงานรังสีดวงอาทิตย์ของเรือนกระจก จึงเรียกก๊าซดังกล่าวว่า ก๊าซเรือนกระจก (greenhouse gases, GHGs) คำเรียกดังกล่าวอาจสร้างความเข้าใจผิดได้ เพราะว่าการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิในเรือนกระจกนั้นเกี่ยวข้องกับการนำพาความร้อน มากกว่าการดูดซับและแผ่รังสี

หากโลกเราไม่มี GHGs เหล่านี้ โลกเราจะสูญเสียพลังงานรังสี infrared ที่โลกแผ่ออกไปทั้งหมด และจากการประเมินดุลย์ของพลังงานโลก อุณหภูมิเฉลี่ยของผิวโลกจะมีค่าเพียง -18 ซ° เท่านั้น (Andrews, 2000) ต่ำเกินกว่าที่สิ่งมีชีวิตส่วนใหญ่จะดำรงชีพได้ นอกจากนี้คาร์บอน ไนโตรเจน และน้ำยังมีส่วนเกี่ยวข้องโดยตรงกับโซ่อาหารในระบบนิเวศน์ของโลก ดังนั้น GHGs เหล่านี้จึงสำคัญต่อการดำรงชีวิต

การพัฒนาและการใช้พลังงานของโลกกับการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศ

การพัฒนาอุตสาหกรรมและการใช้พลังงานจากน้ำมัน ถ่านหิน และก๊าซธรรมชาติ (fossil fuels) ของโลกในช่วง 50 ปีที่ผ่านมาได้เพิ่มอัตราการปลดปล่อยคาร์บอนสู่บรรยากาศ จาก 1000 ล้านตันต่อปี ในปี ค.ศ. 1950 เป็น 8000 ล้านตันต่อปี ณ ปัจจุบัน ทำให้ระดับของ CO_2 ในบรรยากาศของโลกเพิ่มขึ้นจาก 320 ppm เป็น 380 ppm เช่นเดียวกับ CH_4 และ N_2O ดัง Figure 1

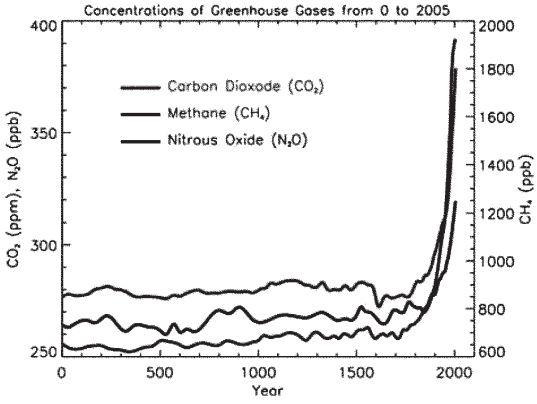

Figure 1 Atmospheric concentrations of important greenhouse gases over the last 2,000 years. (Foster et al., 2007)

[1] ภาควิชาพืชศาสตร์และทรัพยากรการเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น 40002
Assistant Professor, Department of Plant Science, Faculty of Agriculture, Khon Kaen University, 40002
* Corresponding author: krirk@kku.ac.th

การเพิ่มของ GHGs ดังกล่าวทำให้รังสี infrared จากโลกผ่านบรรยากาศได้น้อยลง และทำให้อุณหภูมิเฉลี่ยของโลก ณ ปัจจุบัน เพิ่มขึ้นจากช่วงปี 1961-1990 โดยเฉลี่ยประมาณ 0.7 ซ° และแต่ละพื้นที่ในโลกจะมีการเปลี่ยนแปลงที่ไม่เหมือนกัน ดังแสดงใน **Figure 2**

IPCC (2007) ได้รวบรวมผลการคาดคะเนอุณหภูมิของโลกในอนาคตจากแบบจำลองภูมิอากาศโลก (Global Climate Models GCMs) มากกว่า 10 แบบจำลอง ซึ่งต่างชี้ว่าอุณหภูมิโลกจะร้อนขึ้นอีก 3 ซ° (**Figure 3**) หากโลกเรายังไม่ปรับเปลี่ยนลักษณะของการใช้พลังงานไปจากที่เป็นอยู่ปัจจุบัน (SRES A2: IPCC, 2000) แต่หากมีการอนุรักษ์สภาพแวดล้อมมากขึ้น และเปลี่ยนไปใช้พลังงานทางเลือกอื่นๆ ที่ไม่ใช่ fossil fuels พร้อมกับมีการใช้พลังงานที่มีประสิทธิภาพมากขึ้น (SRES B1: IPCC, 2000) อุณหภูมิของโลกอาจเพิ่มขึ้น 2.0 ซ°

การเพิ่มของอุณหภูมิดังกล่าวแม้ดูแล้วเหมือนกับว่าจะไม่มากนัก แต่ส่งผลกระทบที่รุนแรงต่อสภาพแวดล้อมอื่นๆ รวมทั้งสภาพภูมิอากาศของโลกด้วย

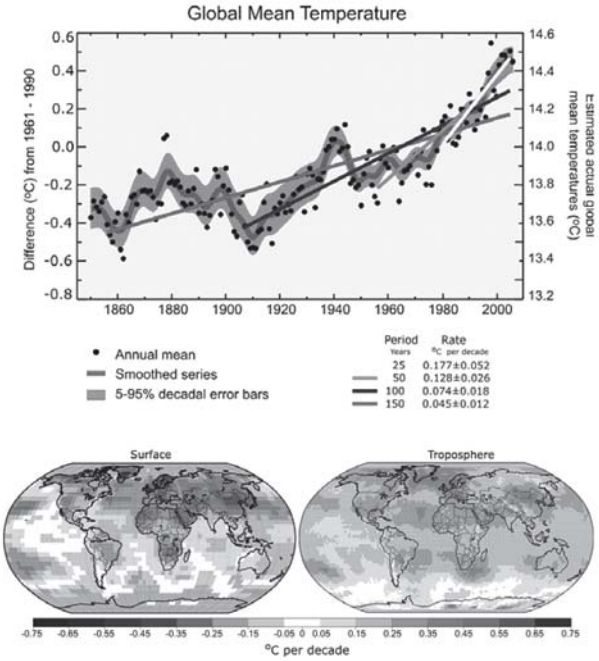

Figure 2 Annual global mean observed temperatures (Top) and patterns of linear global tempareture trends estimated at the surface (Bottom left) and from the surface to about 10 km altitude (Bottom right). (Trenberth et al., 2007)

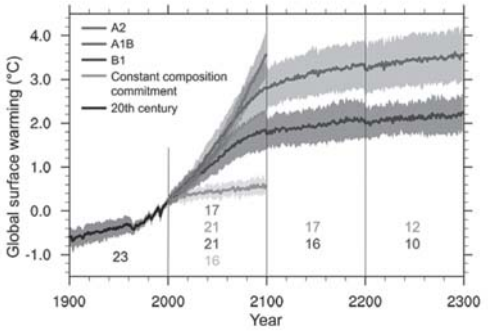

Figure 3 Multi-model means of surface warming (relative to 1980-1999) shown as continuations of the 20th - century simulation. Values beyond 2100 are for the stabilisation scenarios. (IPCC, 2007.)

[3] Clausius Claperyron

เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นจะทำให้น้ำระเหยจากผิวดิน ใบพืช และจากทะเลมากขึ้น นอกจากนี้อุณหภูมิที่สูงขึ้นยังทำให้อากาศสามารถอุ้มไอน้ำไว้ได้มากขึ้น การเพิ่มขึ้นของไอน้ำในอากาศจะส่งผลกระทบอย่างน้อยสองประการ คือ 1) ทำให้มีความแปรปรวนของฝนมากขึ้น ซึ่งอาจทำให้เกิดภาวะน้ำท่วมหรือและภาวะแล้งถี่ขึ้นและรุนแรงขึ้น (Bates et al., 2008: Hegerl et al., 2007) 2) เนื่องจากไอน้ำก็เป็น GHG ดังนั้น การเพิ่มขึ้นของไอน้ำอาจทำให้อุณหภูมิโลกสูงขึ้นเป็นวัฏจักรแบบ *positive feedback* ได้ (Soden et al., 2002)

ผลกระทบแบบ positive feedback ไม่ได้จำกัดกับไอน้ำเท่านั้น การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิอาจทำให้เกิดการปลดปล่อยของ CH_4 ที่สะสมอยู่ใต้ท้องทะเลที่อุณหภูมิต่ำกว่า 2 ซ° ในรูปของ methane clathrate หรือที่เรียกว่า methane hydrate ออกสู่บรรยากาศ (Svoboda, 2006) ซึ่ง CH_4 นั้นมีความรุนแรง (potent) มากกว่า CO_2 ถึง 20 เท่า

นอกจากนี้อุณหภูมิสูงโลกที่สูงขึ้นจะทำให้น้ำแข็งขั้วโลกละลายมากขึ้น ซึ่งนอกจากจะทำให้ระดับน้ำทะเลสูงขึ้นและมีผลต่อสภาพนิเวศน์ชายฝั่งแล้ว อาจยังทำให้การไหลของ thermohaline circulation (THC) หรือที่เรียกว่า ocean conveyor belt (**Figure 4**) เปลี่ยนแปลงและส่งผลกระทบอีกทางหนึ่งต่อความแปรปรวนของภูมิอากาศโลก

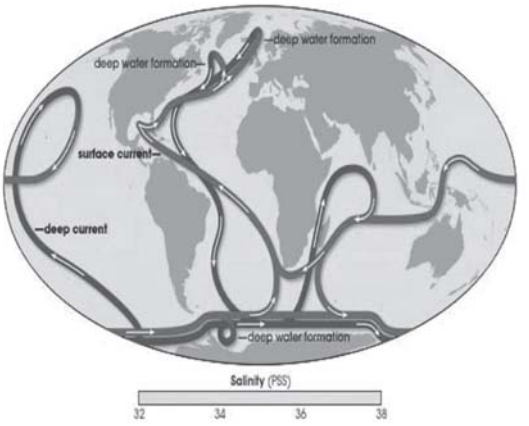

Figure 4 Themohaline circulation or ocean conveyor belt (Holli and Simmon, 2006).

จุดวิกฤตของการเปลี่ยนแปลงของภูมิอากาศโลก

หากระดับของ GHGs และ อุณหภูมิของโลกเพิ่มสูงขึ้นถึงระดับหนึ่ง จะสามารถทำให้เกิด positive feedback ที่รุนแรงพอที่จะนำไปสู่การเปลี่ยนแปลงได้ด้วยตัวเอง เมื่อถึงจุดนั้นเราจะไม่สามารถควบคุมการเปลี่ยนแปลงใดๆ ได้อีก จุดดังกล่าวเรียกว่า *tipping point* หรือในที่นี้ จุดวิกฤตของการเปลี่ยนแปลง การศึกษาโดยใช้แบบจำลอง (NASA, 2007: Hansen et al., 2007) ชี้ว่าหากระดับของ CO_2 เพิ่มสูงขึ้นถึง 450 ppm หรืออุณหภูมิโลกเพิ่มขึ้นอีก 1 ซ° จากปัจจุบัน โลกเราอาจถึงจุดวิกฤตดังกล่าว

การบรรเทาผลกระทบจากภาวะโลกร้อน และการปรับตัวภายใต้ภาวะโลกร้อน

การเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศโลกมีผลกระทบต่อระบบนิเวศน์ของทั้งโลก และต่อชีวิตความเป็นอยู่ของมนุษย์โดยตรง เช่น ระบบการเกษตรและผลิตอาหารของโลก การระบาดของโรค การสูญเสียพื้นที่ชายฝั่งเนื่องจากระดับน้ำทะเลที่สูงขึ้น รวมถึงความรุนแรงและความถี่ของภัยธรรมชาติที่เพิ่มขึ้น ดังนั้น จึงจำเป็นที่ต้องบรรเทาผลกระทบดังกล่าว (*mitigation*) และหากต้องการรักษาระดับของ CO_2 ไม่ให้สูงกว่า 450 ppm จะต้องลดการอัตราการปลดปล่อยของคาร์บอนให้ต่ำกว่า 5000 ล้านตันต่อปี (Romm, 2008)

แนวทางของวิธีการบรรเทาผลกระทบที่เรียกว่า *Stabilization wedges* (Pacala et al., 2004: McKibben 2007) ประกอบด้วย

- เพิ่มประสิทธิภาพของการใช้พลังงาน (efficiency) ทั้งของระบบขนส่งและอาคารที่อยู่อาศัย
- ลดการปลดปล่อยคาร์บอนจากการผลิตไฟฟ้า (decabonization of power) โดยใช้เชื้อเพลิงซึ่งปลดปล่อยคาร์บอนต่ำ (low-carbon fuels) เช่น ใช้ก๊าซธรรมชาติแทนน้ำมัน ใช้พลังงานทดแทน (alternative energy) และสร้างระบบจับคาร์บอนจากการผลิตไฟฟ้าและนำไปเก็บไว้ใต้ดินเป็นต้น (carbon capture and storage)

- ลดการปลดปล่อยคาร์บอนจากการใช้น้ำมันเชื้อเพลิง (decabonization of fuel)
- ปลูกป่า (reforestation and afforestation) ซึ่งเป็นการตรึงคาร์บอนจากบรรยากาศ (carbon sequestration) และลดการไถพรวน (conservative tillage) เพื่อลดการย่อยสลายของอินทรียวัตถุ

นอกจากนี้ยังมีวิธีการเสริมทางด้านสังคม เช่น *personal carbon credits*

ถ้าหากสามารถหยุดการปลดปล่อย GHGs ได้ทั้งหมดในวันนี้ แต่สิ่งที่ได้เกิดขึ้นแล้วจะยังคงส่งผลกระทบต่อไปอีกเป็นระยะเวลานานนับร้อยๆ ปี โดยเฉพาะ CO_2 ก่อนที่จะเข้าสู่ภาวะสมดุลอีกครั้งหนึ่ง (David, 2005) ทั้งนี้เพราะว่าโลกเป็นระบบที่มีขนาดใหญ่ ซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงที่ช้า (slow system response และ relaxation time) ดังนั้นในช่วงระยะเวลาดังกล่าวนี้ จึงจำเป็นที่จะต้องหาทางปรับวิธีการดำเนินกิจกรรมต่างๆ เพื่อลดผลกระทบจากภาวะการเปลี่ยนแปลงของภูมิอากาศให้เหลือน้อยที่สุด (*adaptation*) โดยเฉพาะอย่างยิ่งการผลิตอาหาร และป้องกันการระบาดของโรค การวางแผนปรับตัวต่อภาวะการเปลี่ยนแปลงของภูมิอากาศนั้น มีข้อควรพิจารณาและคำนึงถึง (Scherage and Grambsch 1998) อย่างเช่น

- ผลกระทบจะแปรเปลี่ยนไปกับพื้นที่
- ควรพิจารณาและดำเนินการแบบบูรณาการ
- การปรับตัวหลายประการเป็นผลดีแม้จะไม่มีการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศก็ตาม เช่น การปรับระบบการผลิตพืชต่อความเสี่ยงจากภาวะแห้งแล้งเป็นต้น

การเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศโลกกับการเกษตร

การเกษตรมีความสัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงของภูมิอากาศโลก ทั้งในแง่ของการมีส่วนร่วมเป็นสาเหตุของการเปลี่ยนแปลง และในแง่ที่ได้รับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงของภูมิอากาศโลก ประมาณ 13 % ของการเพิ่มขึ้นของ GHGs ของโลกมาจากการเกษตรและผลิตอาหาร ซึ่ง 5% มาจาก CH_4 ที่เกิดจากการเลี้ยงสัตว์ 5% จาก N_2O จากการใช้ปุ๋ย และประมาณ 3% จาก CH_4 จากนาข้าวและการใช้เครื่องจักกล (UNEP, 2008) นอกจากนี้ผลทางอ้อมที่เกิดจากการเกษตรก็ได้แก่การ deforestation เป็นต้น ดังนั้น mitigation ในแง่ของการเกษตรจึงเน้นถึงการลด GHGs ดังกล่าว และเพิ่มผลผลิตพืชต่อพื้นที่ ซึ่งไม่เพียงแต่จำเป็นต่อ reforestation เท่านั้น แต่ยังจำเป็นต่อ afforestation อย่างยิ่ง

การเปลี่ยนแปลงของภูมิอากาศมีผลโดยตรงต่อการผลิตพืชและอาหารของโลก การเพิ่มขึ้นของ CO_2 อาจมีผลดีต่อพืชที่มีการสังเคราะห์ด้วยแสงแบบ C3 เช่น ข้าว โดยช่วยลดอัตรา photorespiration แต่การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิจะทำให้อัตราการพัฒนาการของพืชเร็วขึ้น ทำให้พืชมีอายุสั้นลง และอาจทำให้ผลผลิตลดลง การเปลี่ยนแปลงของฝน อาจทำให้เกิดภาวะแห้งแล้งหรือน้ำท่วมในบางพื้นที่รุนแรงขึ้น ซึ่งเป็นผลเสียต่อการผลิตพืช แต่ในบางพื้นที่อาจได้รับน้ำในปริมาณที่เหมาะสมมากขึ้น เนื่องจากการเพิ่มขึ้นทั้งของอุณหภูมิและฝนไม่สม่ำเสมอทั้งโลกแต่เปลี่ยนแปลงไปกับพื้นที่ ดังนั้น ผลกระทบโดยรวมของการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมต่อการเกษตรและอาหารจึงเปลี่ยนแปลงไปตามพื้นที่ และเวลา ทำให้ซับซ้อนและยากต่อการคาดคะเน

ปัจจุบันได้มีการนำแบบจำลองภูมิอากาศและแบบจำลองพืชมาใช้ร่วมกันเพื่อประเมินเชิงปริมาณถึงผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงของภูมิอากาศโลกต่อผลผลิตพืชและการเกษตรในภูมิภาคต่างๆ ของโลก Anwar et al. (2007) ได้ใช้ CCAM-CropSyst ประเมินผลกระทบของภาวะโลกร้อนต่อผลผลิตข้าวสาลีในประเทศออสเตรเลียในช่วงปี 2000-2070 พบว่า ผลผลิตข้าวสาลีจะลดลง 25-29% จากปัจจุบัน ในทางตรงกันข้าม Richter and Semenov (2005) ได้ประเมินผลผลิตข้าวสาลีในอังกฤษและเวลส์ โดยใช้แบบจำลอง HadCM2-*Sirius* พบว่า ผลผลิตจะเพิ่มขึ้น แต่มีโอกาสประสบภาวะขาดน้ำมากขึ้น Kabubo-Mariara and Karanja (2007) พบว่า ภาวะโลกร้อนจะเป็นผลเสียต่อการผลิตพืชและรายได้ต่อครัวเรือนของประชากร

ประเทศเคนยา (Kenya) อย่างมาก และจำเป็นที่จะต้องเตรียมให้เกษตรกรปรับตัวกับภาวะดังกล่าว Tan and Shibasaki (2003) ได้บูรณาการ แบบจำลอง EPIC เข้ากับ GIS และ Interference Engine Technique เพื่อประเมินผลกระทบของภาวะโลกร้อนต่อผลผลิตพืช และทางแก้ปัญหาที่เหมาะสม (optimization) จากการประเมินผลพบว่า ส่วนใหญ่ของโลกจะได้รับผลเสียจากภาวะดังกล่าว และต้องปรับเปลี่ยนวิธีการผลิตให้มีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น IPCC (2007) ได้สรุปภาพรวมว่า หากอุณหภูมิเพิ่มขึ้นไม่เกิน 2 ซ° ผลผลิตของธัญพืชในเขตอบอุ่นอาจเพิ่มขึ้น แต่ในเขตร้อนจะลดลง แต่หากอุณหภูมิของโลกเพิ่มขึ้นมากว่า 3 ซ° ผลผลิตของธัญพืชจะลดลงในทุกๆ พื้นที่ การเตรียมพันธุ์ทนแล้ง และเพิ่มการลงทุนในระบบชลประทานจำเป็นสำหรับการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศในอนาคต

สรุป

การเพิ่มขึ้นของประชากร การใช้พลังงาน และระบบเศรษฐกิจปัจจุบันของโลก ได้ทำให้ระดับของ GHGs ในบรรยากาศเพิ่มขึ้น และเกิดการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศของโลก ดังนั้นจึงจำเป็นที่จะต้องลดผลกระทบดังกล่าวโดยการลดระดับการปลดปล่อย GHGs ควบคู่ไปกับการปรับตัวเพื่อให้ผลกระทบที่เกิดขึ้นสร้างความเสียหายน้อยที่สุด โดยเฉพาะกับระบบการผลิตอาหารของโลก

เอกสารอ้างอิง

Andrews, D.G. 2000. An introduction ot atmospheric physids. Cambridge University Press.

Anwar, M. R., G. O'Leary, D. McNeil, H. Hossain, and R. Nelson. 2007. Climate change impact on rainfed wheat in south-eastern Australia. Field Crops Research 104: 139-147.

Bates, B.C., Z.W. Kundzewicz, S. Wu and J.P. Palutikof (Eds.). 2008. Climate Change and Water. Technical Paper of the Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC Secretariat, Geneva,

David, A. 2005. Fate of fossil fuel CO_2 in geologic time. Journal of Geophysical Research, 110: C09S05.1-C09S05.6

Forster, P., V. Ramaswamy, P. Artaxo, T. Berntsen, R. Betts, D.W. Fahey, J. Haywood, J. Lean, D.C. Lowe, G. Myhre, J. Nganga, R. Prinn, G. Raga, M. Schulz and R. Van Dorland, 2007: Changes in Atmospheric Constituents and in Radiative Forcing. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on ClimateChange [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M.Tignor and H.L. Miller (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge.

Hansen, J., Mki. Sato, R. Ruedy, P. Kharecha, A. Lacis, R.L. Miller, L. Nazarenko, K. Lo, G.A. Schmidt, G. Russell, I. Aleinov, S. Bauer, E. Baum, B. Cairns, V. Canuto, M. Chandler, Y. Cheng, A. Cohen, A. Del Genio, G. Faluvegi, E. Fleming, A. Friend, T. Hall, C. Jackman, J. Jonas, M. Kelley, N.Y. Kiang, D. Koch, G. Labow, J. Lerner, S. Menon, T. Novakov, V. Oinas, Ja. Perlwitz, Ju. Perlwitz, D. Rind, A. Romanou, R. Schmunk, D. Shindell, P. Stone, S. Sun, D. Streets, N. Tausnev, D. Thresher, N. Unger, M. Yao, and S. Zhang. 2007. Dangerous human-made interference with climate: A GISS model study. Atmospheric Chemistry and Physics.

Hegerl, G.C., F. W. Zwiers, P. Braconnot, N.P. Gillett, Y. Luo, J.A. Marengo Orsini, N. Nicholls, J.E. Penner and P.A. Stott 2007. Understanding and Attributing Climate Change. In: Contribution of Working Group I to theFourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY.

Holli R., and R. Simmon. 2006. Paleoclimatology: Explaining the Evidence. Available: http://earthobservatory.nasa.gov /Study/Paleoclimatology_Evidence/paleoclimatology_evidence_2.html.

IPCC 2007. Summary for Policymakers. In: *Climate Change* 2007: *Impacts, Adaptation and Vulnerability*. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden and C.E. Hanson, Eds., Cambridge University Press, Cambridge.

IPCC 2000. Emission Scenarios. IPCC Special Report. [Nebojsa Nakicernovic and Rob Swart (Eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge.

Kabubo-Mariara, J., and F. K. Karanja . 2007. The economic impact of climate change on Kenyan crop agriculture: A Ricardian approach. Global and Planetary Change 57: 319-330.

McKibben, B. 2007. Carbon's new math. National Geographic Society Magazine. 212 (4): 32-37.

NASA. 2007. Research Finds That Earth's Climate is Approaching' Dangerous 'Point. Available:http: //www. physorg.com/ news99834285.html, Accessed Sep. 2008.

Pacala, S., and R.H. Socolow (2004). Stabilization Wedges: Solving the Climate Problem for the Next 50 Years with Current Technologies. Science (AAAS) 305(5686): 968-972.

Richter, G.M., and M.A. Semenov. 2005. Modelling impacts of climate change on wheat yields in England and Wales: assessing drought risks. Agricultural Systems 84: 77-97.

Romm, J. 2008. Cleaning up on carbon. Nature Reports Climate Change, 2: 85-87.

Scheraga, J.D., and A.E. Grambsch. 1998. Risks, opportunities, and adaptation to climate change. Climate Research 10: 85-95.

Soden, B. J., R. T. Wetherald, G. L. Stenchikov, and A. Robock. 2002. Global Cooling After the Eruption of Mount Pinatubo: A Test of Climate Feedback by Water Vapor. Science. 296: 727-730.

Svoboda, E. 2006. Global Warming Feedback Loop Caused by Methane, Scientists Say. National Geographic News, Available: http://news.nationalgeo graphiccom/news/2006/ 08/060829-methane-warming. html. Accessed Aug. 29, 2006.

Tan, G., and R. Shibasaki. 2003. Global estimation of crop productivity and the impacts of global warming by GIS and EPIC integration. Ecological Modelling 168: 357-370.

Trenberth, K.E., P.D. Jones, P. Ambenje, R. Bojariu, D. Easterling, A. Klein Tank, D. Parker, F. Rahimzadeh, J.A. Renwick, M. Rusticucci, B. Soden and P. Zhai 2007. Observations: Surface and Atmospheric Climate Change. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge.

UNEP. 2008. Kick The Habit. A UN guide to climate neutrality. UNEP. Available: http://www.unep.org/ publications/ebooks/ kick-the-habit/Pdfs.aspx.