# ภาวะโลกร้อนและผลกระทบ

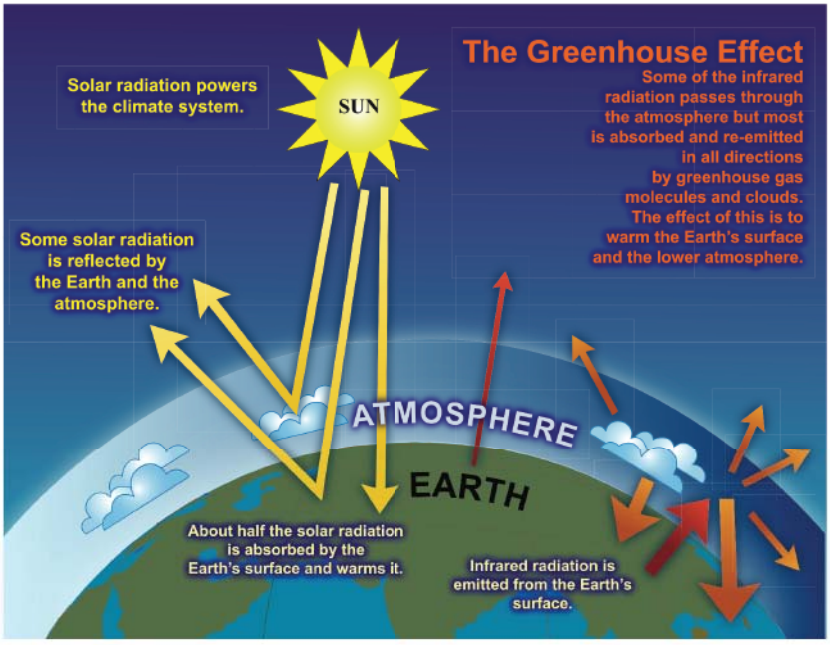
**พูนพิภพ เกษมทรัพย์***

## ปรากฏการณ์เรือนกระจก

หลังคากระจกเรือนต้นไม้ปล่อยให้แสงผ่านเพื่อให้พืชเจริญงอกงามดี. พืชและสิ่งต่าง ๆ ในเรือนกระจกดูดซับพลังงานแสงไว้และเปลี่ยนเป็นพลังงานความร้อน และปล่อยพลังงานบางส่วนออกมาด้วยการเปล่งรังสีคลื่นยาว. แต่เนื่องจากกระจกหลังคาไม่ปล่อยให้รังสีคลื่นยาวผ่านออกไปได้มากนัก พลังงานส่วนนี้จึงคงอยู่ในเรือนกระจกทำให้ภายในเรือนกระจกร้อนขึ้น. แก๊สบางชนิดในบรรยากาศโลก เช่น คาร์บอนไดออกไซด์ และมีเธน มีสมบัติที่มีบทบาทคล้ายกับกระจกหลังคาโรงเรือน โดยเก็บกักพลังงานความร้อนบางส่วนที่โลกแผ่รังสีออกมา ทำให้รังสีนี้ไม่สามารถกลับออกไปสู่อวกาศนอกโลกได้. พลังงานความร้อนนี้จึงสะสมอยู่ในบรรยากาศของโลก. นักวิทยาศาสตร์เรียกแก๊สเหล่านี้ว่าแก๊สเรือนกระจก (greenhouse gas) ซึ่งมีบทบาทสำคัญทำให้โลกร้อนขึ้น. ปรากฏการณ์นี้เรียกว่าปรากฏการณ์เรือนกระจก (รูปที่ ๑).

## แก๊สเรือนกระจก

แก๊สเรือนกระจกที่มีหลายชนิดซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้บรรยากาศโลกเปลี่ยนแปลง (ตารางที่ ๑). แก๊สแต่ละชนิดใน



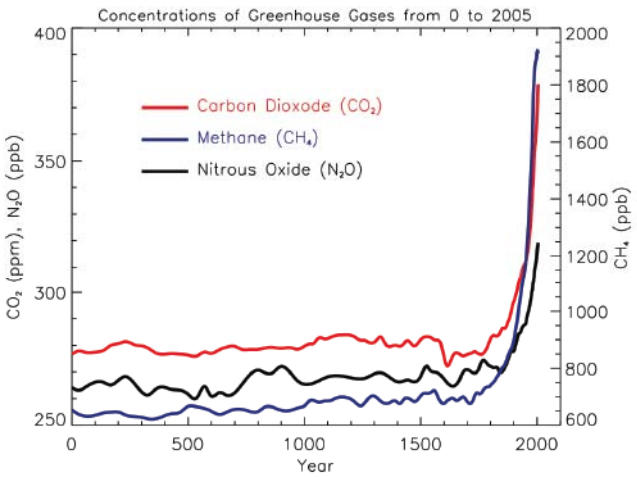

***รูปที่*** ๑ ปรากฏการณ์เรือนกระจก เกิดจากหลายปัจจัยร่วมกัน มีอิทธิพลต่อสมดุลของพลังงานในบรรยากาศโลก. (ที่มา : IPCC. 2007).

*ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

*ตารางที่* ๑ แก๊สเรือนกระจกในบรรยากาศโลก

| Greenhouse gases | Chemical formula | Pre-industrial concentration | Concentration in 1994 | Atmospheric lifetime (years)*** | Anthropogenic sources | Global warming potential (GWP) * |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Carbon-dioxide | $CO_2$ | 278 000 ppbv | 358 000 ppbv | Variable | Fossil fuel combustion Land use conversion Cement production | 1 |
| Methane | $CH_4$ | 700 ppbv | 1721 ppbv | 12,2 +/- 3 | Fossil fuels Rice paddies Waste dumps Livestock | 21 ** |
| Nitrous oxide | $N_2O$ | 275 ppbv | 311 ppbv | 120 | Fertilizer industrial processes combustion | 310 |
| CFC-12 | $CCl_2F_2$ | 0 | 0,503 ppbv | 102 | Liquid coolants. Foams | 6200-7100 *** |
| HCFC-22 | $CHClF_2$ | 0 | 0,105 ppbv | 12,1 | Liquid coolants | 1300-1400 *** |
| Perfluoromethane | $CF_4$ | 0 | 0,070 ppbv | 50 000 | Production of aluminium | 6 500 |
| Sulphur hexa-fluoride | $SF_6$ | 0 | 0,032 ppbv | 3 200 | Dielectric fluid | 23 900 |

ที่มา : UNEP.



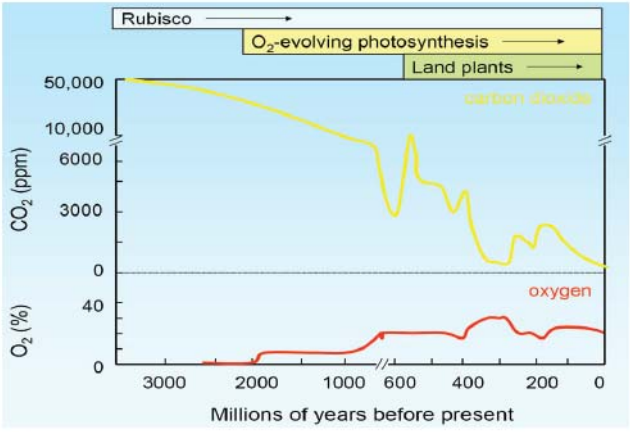

ที่มา : IPCC. 2003.

*รูปที่* ๒ ปริมาณแก๊สเรือนกระจกที่เพิ่มขึ้นในช่วงระยะเวลา ๒,๐๐๐ ปีที่ผ่านไป

บรรยากาศมีปริมาณแตกต่างกัน และมีอายุเฉลี่ยในบรรยากาศและมีศักยภาพในการก่อปรากฏการณ์เรือนกระจกได้แตกต่างกัน. ในปัจจุบัน ความเข้มข้นของแก๊สเหล่านี้เพิ่มมากขึ้นจากระดับก่อนยุคอุตสาหกรรมเนื่องจากกิจกรรมของมนุษย์ (รูปที่ ๒). คาร์บอนไดออกไซด์เป็นแก๊สเรือนกระจกที่มีปริมาณมากที่สุดในบรรยากาศ และการพัฒนาด้านอุตสาหกรรมทำให้มีการสะสม CFC, $CF_4$ และ $SF_6$ ซึ่งเป็นแก๊สเรือนกระจกที่สำคัญเพราะอยู่ในบรรยากาศนาน และมีศักยภาพในการก่อให้เกิดปรากฏการณ์เรือนกระจกได้.

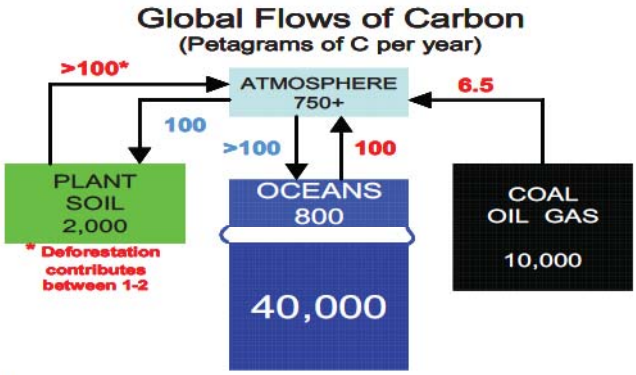
## การเพิ่มขึ้นของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์เป็นสาเหตุสำคัญของปรากฏการณ์เรือนกระจก

ในบรรยากาศโลกปรกติมี $CO_2$ น้อย มีความเข้มข้นเพียงร้อยละ ๐.๐๓๗ หรือ ๓๗๐ ส่วนในล้านส่วนโดยปริมาตร,




ที่มา : Leegood, 2004. www.shef.ac.uk/.../aps119/lecture1rcl

***รูปที่ ๓*** ความเข้มข้นของ $CO_2$ ในบรรยากาศโลกในช่วง ๓,๕๐๐ ล้านปีที่ผ่านไป ได้ลดน้อยลง ในขณะที่ความเข้มข้นของ $O_2$ เพิ่มมากขึ้น สัมพันธ์กับวิวัฒนาการของเอนซัยม์รูบิสโค กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงและปริมาณของพืชบก.




ที่มา : The Woods Hole Research Center.

***รูปที่ ๔*** แผนผังแสดงสมดุลของคาร์บอนบนผิวโลกในปัจจุบัน

แรงดันไอของ $CO_2$ ในบรรยากาศแปรตามแรงดันบรรยากาศ และมีค่าประมาณ ๓๗ Pa ที่ระดับน้ำทะเล ในขณะที่บรรยากาศมีไอน้ำประมาณร้อยละ ๒, มีออกซิเจนประมาณร้อยละ ๒๐ และมีไนโตรเจนประมาณร้อยละ ๘๐ โดยปริมาตร.

เมื่อ ๓,๕๐๐ ล้านปีที่แล้ว บรรยากาศโลกมีความเข้มข้นของ $CO_2$ มากประมาณร้อยละ ๕ และมี $O_2$ น้อยมาก (รูปที่ ๓). เมื่อเวลาผ่านไปความเข้มข้นของ $CO_2$ ลดน้อยลง ในขณะที่ความเข้มข้นของ $O_2$ เพิ่มมากขึ้นโดยสัมพันธ์กับวิวัฒนาการของเอนซัยม์ในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงที่ปล่อย $O_2$ ออกมาและวิวัฒนาการของพืชที่อาศัยอยู่บนบก.

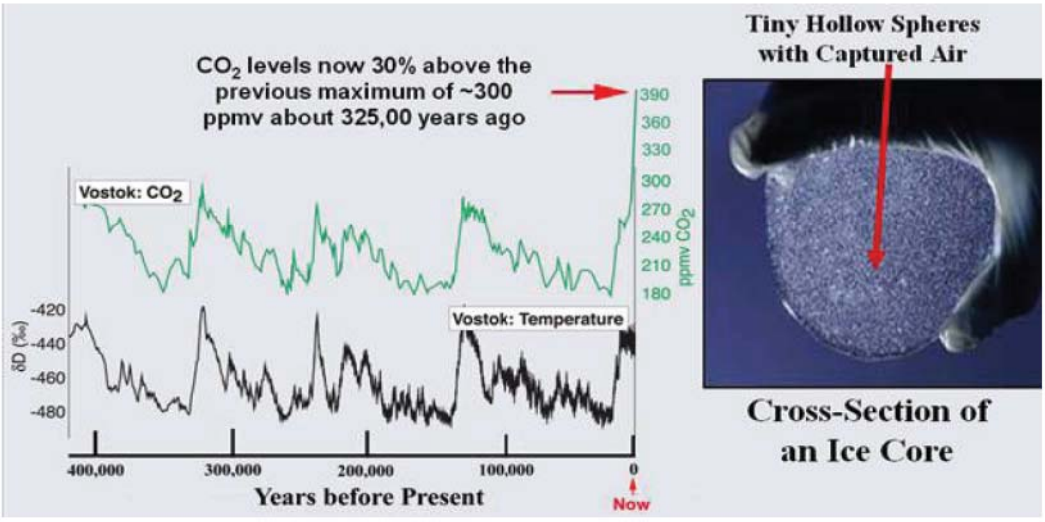
ปัจจุบันนี้สารประกอบคาร์บอนสะสมอยู่มากในน้ำทะเลและมหาสมุทร โดยมีเพียงบางส่วนที่อยู่ใกล้ผิวน้ำมีการแลกเปลี่ยนกับบรรยากาศ (รูปที่ ๔). ดินและพืชปล่อยคาร์บอนสู่บรรยากาศในปริมาณใกล้เคียงกับการตรึงคาร์บอน แต่การตัดไม้ทำลายป่าปล่อยคาร์บอนที่สะสมไว้สู่บรรยากาศและเพิ่มปริมาณคาร์บอนในบรรยากาศ ในขณะที่การใช้เชื้อเพลิงฟอสสิล ได้แก่ น้ำมัน ถ่านหิน และแก๊สธรรมชาติเป็นการปล่อยคาร์บอนสู่บรรยากาศโดยตรงและเป็นสาเหตุสำคัญที่ผลักดันให้สมดุลของคาร์บอนของบรรยากาศโลกเปลี่ยนแปลง.

นักวิทยาศาสตร์วิเคราะห์ความเข้มข้นของ $CO_2$ ในอดีตได้จากการวิเคราะห์ฟองอากาศที่ถูกขังไว้ในน้ำแข็งที่ระดับความลึกต่าง ๆ จากบริเวณขั้วโลก ในช่วง ๔๐๐,๐๐๐ ปีที่ผ่านไป พบว่าความเข้มข้นของ $CO_2$ ในบรรยากาศโลกมีความแปรปรวนมาก, เปลี่ยนแปลงอยู่ในช่วง ๑๘๐ ส่วนต่อล้านถึง ๓๐๐ ส่วนต่อล้าน และยังพบว่าความแปรปรวนนี้สัมพันธ์กับอุณหภูมิของบรรยากาศโลกด้วย (รูปที่ ๕).

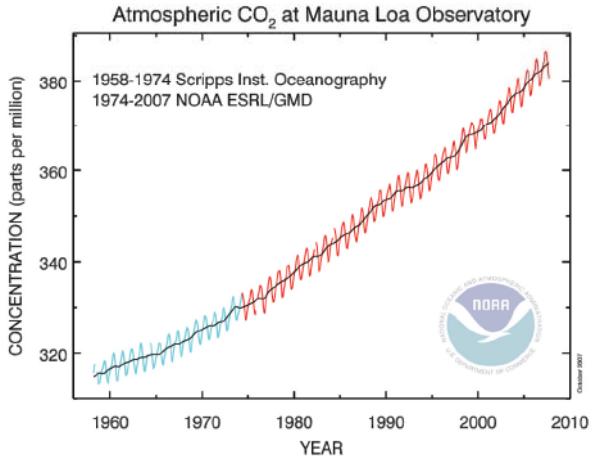
นักวิทยาศาสตร์ติดตามการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของ $CO_2$ ในบรรยากาศจากสถานีตรวจสอบบรรยากาศทั่วโลก และจากข้อมูลที่สถานีบนยอดเขา Mauna Loa ในรัฐฮาวายที่ระดับความสูง ๔,๐๐๐ เมตรพบว่าในช่วงเวลาเพียง ๕๐ ปีที่ผ่านไป ความเข้มข้นของ $CO_2$ ในบรรยากาศเพิ่มมากขึ้นอย่างรวดเร็วจากระดับ ๓๑๕ ส่วนต่อล้าน จนถึงประมาณ ๓๘๐ ส่วนต่อล้าน ในปัจจุบัน (รูปที่ ๖). ทั้งนี้เนื่องจากการมนุษย์ใช้เชื้อเพลิงประเภทถ่านหิน น้ำมัน และแก๊สธรรมชาติมาก. การเผาผลาญเชื้อเพลิงเหล่านี้ปลดปล่อยธาตุคาร์บอนที่เก็บสะสมไว้ในพื้นดินสร้างเป็นแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์สู่อากาศ เป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้เกิดปรากฏการณ์เรือนกระจก ซึ่งมีอิทธิพลทำให้ภูมิอากาศของโลกเปลี่ยนแปลง.

## ช่วงเวลาประมาณ ๕๐ ปีที่ผ่านไป โลกร้อนขึ้นมาก

ภาวะโลกร้อน เป็นปรากฏการณ์ที่บรรยากาศใกล้ผิวโลก

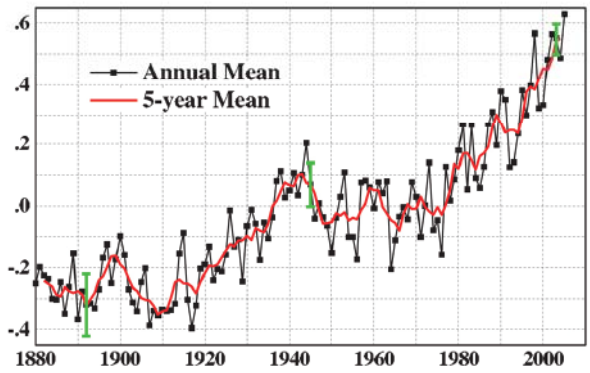



*รูปที่ ๕* การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์สัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของบรรยากาศโลก และตัวอย่างน้ำแข็งที่นักวิทยาศาสตร์ใช้ในการศึกษา




ที่มา : Dr. Pieter Tans, NOAA/ESRL (www.esrl.noaa.gov/gmd/cgg/trends)

*รูปที่ ๖* ในช่วงเวลาเพียง ๕๐ ปีที่ผ่านไป ความเข้มข้นของ $CO_2$ ในบรรยากาศเพิ่มมากขึ้นอย่างรวดเร็วเส้นสีฟ้าแสดงข้อมูล

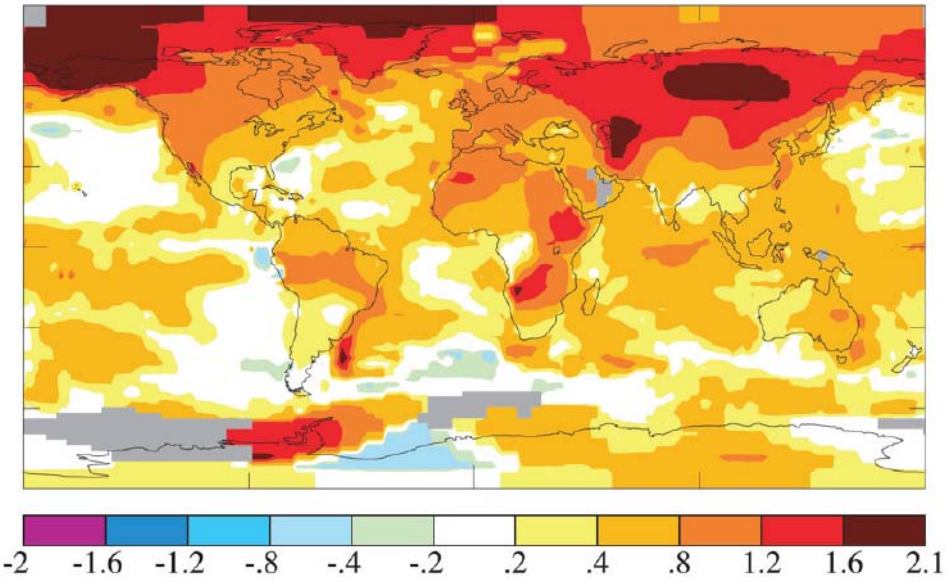



ที่มา : Hansen et al., 2006.

*รูปที่ ๗* การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเฉลี่ยของโลกในช่วงประมาณ ๑๒๐ ปีที่ผ่านไป เมื่อเทียบกับอุณหภูมิในช่วง พ.ศ. ๒๔๕๓ - ๒๕๒๓

และผิวน้ำในมหาสมุทรในช่วงระยะเวลาหลายสิบปีที่ผ่านไป มีอุณหภูมิเฉลี่ยเพิ่มมากขึ้น และมีแนวโน้มที่จะเพิ่มมากยิ่งขึ้นไปอีกในอนาคตอันใกล้. อุณหภูมิโดยเฉลี่ยทั่วโลกเพิ่มมากขึ้น ๐.๗๔ ± ๐.๑๘°ซ ในช่วงศตวรรษที่ผ่านไป (รูปที่ ๗ และ ๘) และเพิ่มมากขึ้นประมาณ ๐.๒°ซ ต่อทศวรรษในช่วงระยะเวลา ๓๐ ปีที่ผ่านไป. ทั้งนี้ The Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) ซึ่งได้รับรางวัลโนเบลสาขาสันติภาพร่วมกับ Albert Gore ใน พ.ศ. ๒๕๕๐ สรุปว่า 'การเพิ่มของอุณหภูมิเฉลี่ยทั่วโลกนี้ น่าจะมีสาเหตุหลักมาจากปรากฏการณ์เรือนกระจกซึ่งเกิดขึ้นเพราะการเพิ่มของแก๊สเรือนกระจกโดยการกระทำของมนุษย์'.

IPCC อ้างผลการศึกษาของนักวิทยาศาสตร์ที่ใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์คาดการณ์ว่าอุณหภูมิเฉลี่ยทั่วโลกจะเพิ่มมากขึ้นอีก ๑.๑ ถึง ๖.๔°ซ ในช่วงศตวรรษหน้า โดยความแตกต่างที่ประเมินได้นี้ขึ้นอยู่กับการคาดการณ์การเพิ่มขึ้นของ




ที่มา : Hansen et al., 2006.

***รูปที่ ๘*** บริเวณพื้นผิวโลกในช่วง พ.ศ. ๒๕๔๔-๒๕๔๘ มีอุณหภูมิเปลี่ยนแปลงแตกต่างกัน เมื่อเปรียบเทียบกับอุณหภูมิในช่วง พ.ศ. ๒๔๖๔ - ๒๕๒๓

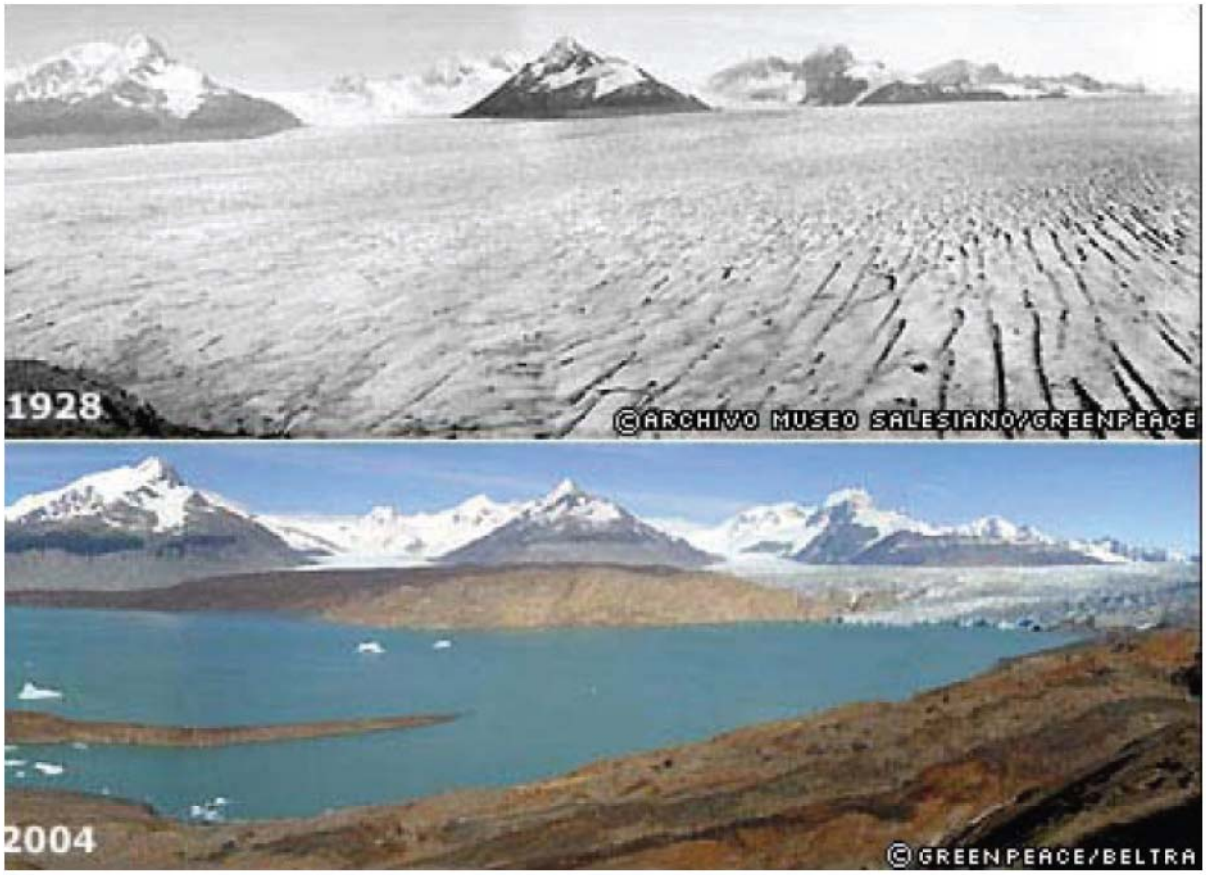
แก๊สเรือนกระจก และการตอบสนองของสภาพภูมิอากาศโลกต่อการเปลี่ยนเปลี่ยนแปลง. แม้การศึกษาของนักวิทยาศาสตร์ส่วนใหญ่ได้คาดการณ์ถึงแค่ช่วงศตวรรษหน้าแต่นักวิทยาศาสตร์เชื่อว่าโลกจะร้อนขึ้นและระดับน้ำทะเลจะเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องไปเป็นระยะเวลายาวนานถึงอีก ๑,๐๐๐ ปีข้างหน้า.

## โลกร้อน... มีผลกระทบทั่วโลก

การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิเฉลี่ยทั่วโลกทำให้ธารน้ำแข็งทั่วโลกลดน้อยลงมาก เนื่องจากมีสัดส่วนของการละลายสุทธิในช่วงฤดูร้อนมากกว่าการสร้างเพิ่มขึ้นใหม่ในช่วงฤดูหนาว (รูปที่ ๙ และ ๑๐). การละลายของธารน้ำแข็งหลายแห่งในโลกจะก่อผลกระทบมหาศาลต่อสมดุลของทรัพยากรน้ำจืด ซึ่งมีบทบาทสำคัญต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งบริเวณธารน้ำแข็งที่เป็นแหล่งให้น้ำจืดแก่แม่น้ำสายสำคัญที่หล่อเลี้ยงประชากรทั่วโลก เช่น ธารน้ำแข็งบนเทือกเขาหิมาลัยที่เป็นต้นกำเนิดแม่น้ำสำคัญหลายสายในทวีปเอเชีย.

การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิเฉลี่ยทั่วโลกมีผลทำให้ระดับน้ำทะเลเพิ่มสูงขึ้น จะทำให้เกิดน้ำท่วมบริเวณชายฝั่งทะเลและพื้นที่ลุ่มริมฝั่งได้. ในช่วง พ.ศ. ๒๕๓๖-๒๕๔๘ นักวิทยาศาสตร์พบว่าระดับน้ำทะเลเพิ่มสูงขึ้นประมาณ ๑.๓๓ นิ้ว โดยประมาณ, ๒ ใน ๓ เกิดขึ้นจากการขยายตัวของน้ำทะเลที่มีอุณหภูมิมากขึ้น และอีก ๑ ใน ๓ เกิดจากปริมาณน้ำในมหาสมุทรที่เพิ่มมากขึ้นจากการละลายของน้ำแข็งบนผิวโลก. นักวิทยาศาสตร์คาดการณ์ว่าหากน้ำแข็งบนเกาะกรีนแลนด์ ซึ่งคาดว่ามีปริมาตรประมาณ ๒.๙๕ ล้านลูกบาศก์กิโลเมตรละลายทั้งหมดจะทำให้ระดับน้ำทะเลเพิ่มสูงขึ้น ๗.๔ เมตร และหากน้ำแข็งที่อยู่บนทวีปแอนตาร์คติกาซึ่งคาดว่ามีปริมาตรประมาณ ๒๙ ล้านลูกบาศก์กิโลเมตรละลายทั้งหมดจะทำให้ระดับน้ำทะเลเพิ่มสูงขึ้นมากกว่า ๗๐ เมตร.

นักวิทยาศาสตร์เชื่อว่าการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิเฉลี่ยทั่วโลกยังมีผลต่อสภาพภูมิอากาศ เกิดการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนทั่วโลก ทำให้บางพื้นที่ได้รับน้ำฝนมากขึ้นและในอีกหลายพื้นที่อาจเผชิญกับสภาพความแห้งแล้งที่ไม่เคยเกิดขึ้นมาก่อน. โลกร้อนยังเป็นสาเหตุที่เพิ่มทั้งความถี่และความรุนแรงของพายุที่ก่อตัวเหนือมหาสมุทรเนื่องจากอุณหภูมิของน้ำทะเลเพิ่มสูงขึ้น ซึ่งจะมีผลกระทบอย่างมากมายมหาศาลต่อ




ที่มา : http://news.bbc.co.uk

***รูปที่ ๙*** การละลายของธารน้ำแข็ง Uppsala ประเทศอาร์เจนตินา

ที่มา : www.worldviewofglobalwarming.org

***รูปที่ ๑๐*** การละลายของธารน้ำแข็ง Pasterze ประเทศออสเตรีย

มนุษย์ (รูปที่ ๑๑).

แบบจำลองคอมพิวเตอร์ที่นักวิทยาศาสตร์ใช้ประเมินการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในระยะยาวคาดการณ์ว่าถ้าภาวะโลกร้อนยังคงดำเนินต่อไป เขตอบอุ่นและเอเชียตะวันออกเฉียงใต้จะได้รับปริมาณน้ำฝนเพิ่มมากขึ้น. โดยทั่วไปภาวะโลกร้อนจะเร่งวัฏจักรของน้ำ เนื่องจากอุณหภูมิอากาศที่เพิ่มสูงขึ้นทำให้น้ำระเหยมากขึ้น และอุณหภูมิอากาศที่สูงขึ้นทำให้บรรยากาศสามารถจุไอน้ำได้มากขึ้น จึงทำให้มีปริมาณไอน้ำที่จะตกลงสู่พื้นโลกในรูปของฝนและหิมะมากขึ้นในแต่ละครั้ง ส่งผลให้มีแนวโน้มที่จะเกิดฝนและหิมะตกหนักมากขึ้นและบ่อยครั้งขึ้น นำไปสู่เหตุการณ์น้ำท่วมได้มากขึ้นเช่นกัน.

ในขณะที่บริเวณเอเชียกลาง, ส่วนกลางของทวีปอเมริกาเหนือ, เขตเมดิเตอเรเนียน, บางส่วนของทวีปอัฟริกา, ออสเตรเลีย และนิวซีแลนด์ จะได้รับน้ำฝนน้อยลง และการเพิ่มมากขึ้นของอัตราการระเหยน้ำจะทำให้พื้นที่เหล่านี้เสี่ยงต่อการเผชิญกับความแห้งแล้งและน้ำจืดขาดแคลนในอนาคต.

โลกร้อนยังมีผลกระทบต่อคุณภาพของน้ำจืดเพื่อการอุปโภคและบริโภค พืชน้ำและสาหร่ายเจริญเติบโตและขยายพันธุ์ได้ดีเมื่ออุณหภูมิของน้ำเพิ่มมากขึ้น เมื่อพืชน้ำและสาหร่ายนี้ตายและย่อยสลายจะทำให้มีปริมาณสารอาหารในน้ำมากขึ้น. พายุและฝนที่รุนแรงจะพัดพามลพิษจากดินลงสู่แหล่งน้ำมากขึ้น ในทางกลับกันแหล่งน้ำในบริเวณที่มีปริมาณน้ำฝนลดน้อยลงจะมีมลพิษเข้มข้นมากขึ้นเนื่องจากน้ำระเหยไป. คุณภาพของน้ำจืดยังได้รับผลกระทบจากระดับน้ำทะเลที่เพิ่มสูงขึ้น เนื่องจากน้ำทะเลจะทะลักเข้าไปในแผ่นดินได้ไกลและมากขึ้น อาจทำความเสียหายมหาศาลต่อแหล่งน้ำจืดที่สำคัญของเมืองใหญ่ที่อยู่ในระดับพื้นที่ลุ่มใกล้ทะเล หรือเมืองที่พึ่งพาน้ำใต้ดิน.

โลกร้อนมีผลกระทบต่อความหลากหลายของสิ่งมีชีวิตและระบบนิเวศ. สภาพภูมิอากาศกำหนดการกระจายพื้นที่ของพืชและสัตว์ทั่วโลก พืชหลายชนิดสามารถเจริญเติบโตและแพร่พันธุ์ได้เฉพาะในบริเวณพื้นที่ที่มีช่วงของอุณหภูมิและปริมาณน้ำฝนที่พอเหมาะเท่านั้น. ในอนาคตอันใกล้นี้ พืช สัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม นก แมลง สัตว์เลื้อยคลาน สัตว์ครึ่งบกครึ่งน้ำ ปลา เห็ด รา สาหร่าย จุลินทรีย์ และสิ่งมีชีวิตชนิดอื่น ๆ ทุกชนิดจะต้องปรับตัวให้เข้ากับสภาพภูมิอากาศใหม่ที่จะเปลี่ยนแปลงไป. สิ่งมีชีวิตบางชนิดจะเจริญเติบโตได้ดีและขยายพันธุ์ได้มากในขณะที่อีกหลายชนิดอาจลดจำนวนลงและบางชนิดอาจสูญพันธุ์. สัตว์และแมลงหลายชนิดอาจสามารถ

ที่มา : www.katrina.noaa.org

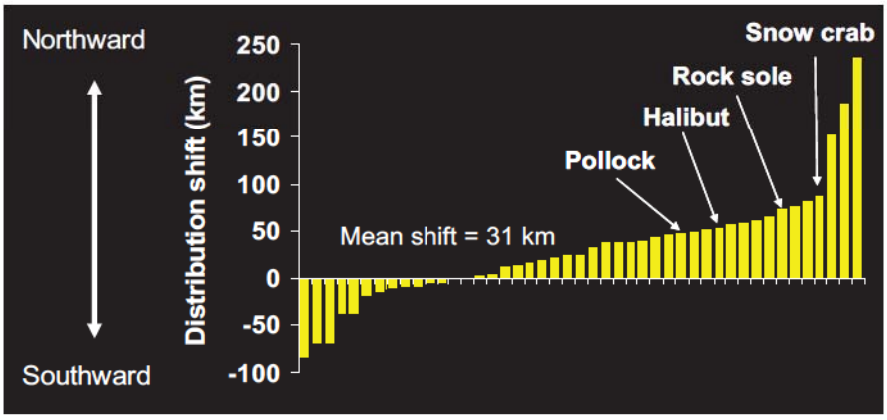
***รูปที่*** ๑๑ โลกร้อนเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดพายุที่มีความรุนแรงมากขึ้น และทำความเสียหายให้กับมนุษย์ได้มาก เช่น พายุเฮอริเคนแคทรินาที่ทำให้เมืองนิวออร์ลีนส์เสียหายมาก

อพยพไปยังบริเวณที่มีสภาพภูมิอากาศที่เหมาะสมได้ แต่หลายชนิดอาจไม่สามารถอพยพได้ ในขณะที่พืชหลายชนิดจะไม่สามารถเคลื่อนย้ายโดยธรรมชาติได้ทันเวลาและจำเป็นที่มนุษย์ต้องเข้าไปช่วย.

การเปลี่ยนแปลงจำนวนประชากรของสิ่งมีชีวิตจะมีผลกระทบทำให้องค์ประกอบของระบบนิเวศและห่วงโซ่อาหารเปลี่ยนแปลง. นักวิทยาศาสตร์เชื่อว่าอัตราการเปลี่ยนแปลงของระบบนิเวศในช่วงศตวรรษหน้านี้จะเร็วกว่าที่เคยเกิดขึ้นมาในธรรมชาติเมื่อหลายพันปีหรือนับล้านปีในอดีต.

การละลายของน้ำแข็งที่ขั้วโลกเหนือมีผลกระทบโดยตรงต่อทั้งสัตว์และมนุษย์ (รูปที่ ๑๒) การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของน้ำทะเลทำให้สัตว์น้ำหลายชนิดมีการเคลื่อนย้ายถิ่นฐาน. อุณหภูมิมีอิทธิพลโดยตรงต่อเมแทบอลิสมและการเจริญเติบโตของสัตว์ และอุณหภูมิยังมีอิทธิพลโดยอ้อมต่อห่วงโซ่อาหารทั้งในด้านปริมาณผู้ล่า เหยื่อ และอาหาร. นอกจากนี้อุณหภูมิยังมีอิทธิพลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงช่วงระยะเวลาที่สัตว์วางไข่ การอยู่รอดของลูกสัตว์ เป็นต้น. นักวิทยาศาสตร์พบว่าสัตว์หลายชนิด เช่น ปลาเฮอริง ปลาแซลมอน ปลาแฮลิบัท และปลาลิ้นหมา จะอพยพขึ้นไปทางเหนือมากขึ้น ในขณะที่สัตว์อีกหลายชนิดอาจอพยพไปทางใต้ที่อบอุ่นกว่า (รูปที่ ๑๓).

***รูปที่*** ๑๒ การละลายของน้ำแข็งที่ขั้วโลกเหนือมีผลกระทบต่อหมีขาวที่ต้องว่ายน้ำไปหาอาหารเป็นระยะทางไกลมากขึ้นกว่าเดิมและทำให้มนุษย์เสี่ยงชีวิตมากขึ้นในการดำรงชีวิตที่ขั้วโลก.




ที่มา : Mueter and Litzow. 2007.

***รูปที่*** ๑๓ ในช่วง พ.ศ. ๒๕๒๕ ถึง พ.ศ. ๒๕๔๕ นักวิทยาศาสตร์พบการเปลี่ยนแปลงสถานที่อยู่อาศัยของสัตว์ที่มีถิ่นที่อยู่บริเวณอลาสกา

**ผลกระทบต่อมนุษย์**

การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในระยะยาวมีผล กระทบต่อมนุษย์*ในทางตรง* เช่น คลื่นความร้อน, ช่วงอากาศหนาว, น้ำท่วม, ความแห้งแล้ง, ภาวะมลพิษ. นักวิทยาศาสตร์พบว่า ภาวะโลกร้อนมีผลทำให้เพิ่มแนวโน้มที่จะเกิดคลื่นความร้อนบ่อยขึ้นและรุนแรงมากขึ้น ก่อให้เกิดผลเสียหายต่อสุขภาพมนุษย์ได้มาก ในช่วงเดือนสิงหาคม พ.ศ. ๒๕๔๖ ทวีปยุโรปเผชิญกับคลื่นความร้อนที่ทำให้อุณหภูมิอากาศสูงถึง ๔๐ °ซ. มีผลกระทบให้คนชราและผู้ที่มีสุขภาพอ่อนแอเสียชีวิตประมาณ ๔๐,๐๐๐ คน.

โลกร้อนยังมีผลกระทบต่อมนุษย์*ในทางอ้อม* ซึ่งอาจเกิดขึ้นได้จากการเปลี่ยนแปลงของระบบนิเวศ สภาพสังคมและวัฒนธรรม ที่ครอบคลุมถึงประเด็นเรื่องโรคระบาด แหล่งน้ำจืด อาหาร การเคลื่อนย้ายประชากร และกิจกรรมทางเศรษฐศาสตร์.

อุณหภูมิเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้นมีแนวโน้มทำให้มีการแพร่ขยายพื้นที่ของโรคติดเชื้อบางชนิด โดยเฉพาะอย่างยิ่งโรคที่มีสัตว์บางชนิดเป็นพาหะ เช่น มาเลเรียที่มียุงเป็นพาหะ โดยเชื้อโรคที่เป็นสาเหตุคือสัตว์เซลล์เดียวกลุ่ม *พลาสโมเดียม* ซึ่งแพร่ระบาดจากคนไปสู่คนโดยยุง. นักวิทยาศาสตร์เชื่อว่าภูมิอากาศเป็นปัจจัยสำคัญที่กำหนดขอบเขตการระบาดของโรคนี้ในทวีปอัฟริกา เนื่องจากทั้งยุงและเชื้อ *พลาสโมเดียม* ชอบอากาศร้อนชื้น. ดังนั้น อุณหภูมิที่สูงมากขึ้นเนื่องจากโลกร้อนจะเอื้อต่อการเพิ่มพื้นที่การระบาดของโรคได้. นอกจากนี้ โรคที่มีสาเหตุจากอาหารเป็นพิษและน้ำไม่สะอาด เช่น ท้องร่วง มีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้น เพราะอุณหภูมิสูงเอื้อให้แบคทีเรียเจริญเติบโตได้ดีขึ้น.

สภาพภูมิอากาศที่เปลี่ยนแปลงจะมีผลกระทบต่อความมั่นคงด้านอาหารของมนุษย์. อิทธิพลของภาวะโลกร้อนต่อการเกษตรจะแตกต่างกันไปขึ้นกับท้องถิ่น การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ ปริมาณน้ำฝน ความชื้นในดิน ปริมาณแสง ปริมาณเมฆ พายุ ล้วนแต่มีบทบาทต่อการเกษตร นอกจากนี้ ผลกระทบของโลกร้อนยังขึ้นกับชนิดและพันธุ์พืชในสวนและไร่นาและชนิดสัตว์ที่เกษตรกรเลี้ยง คุณสมบัติของดิน ศัตรูของการเกษตร และคุณภาพอากาศด้วย.

**ผลกระทบต่อพืช**

การเจริญเติบโตของพืชไวต่ออุณหภูมิมาก การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเพียงไม่กี่องศาเซลเซียสอาจทำให้อัตราการเจริญเติบโตและพัฒนาของพืชเปลี่ยนแปลงไปมาก. พืชแต่ละชนิดพันธุ์หรือสายพันธุ์หนึ่งในแต่ละช่วงเวลาในวงชีพภายใต้สภาพแวดล้อมหนึ่ง ๆ จะมีอุณหภูมิต่ำที่สุด ที่หากอุณหภูมิต่ำกว่านั้นพืชจะไม่เจริญเติบโต มีอุณหภูมิเหมาะที่สุดที่พืชสามารถเจริญเติบโตได้ที่อัตราเร็วมากที่สุด และมีอุณหภูมิสูงที่สุด ที่การเจริญเติบโตยังมีขึ้นได้. พืชแต่ละชนิดมีช่วงการตอบสนองต่ออุณหภูมิแตกต่างกัน โดยทั่วไปจะมีอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตใกล้เคียงกับอุณหภูมิตามธรรมชาติในบริเวณที่พืชนั้น ๆ อยู่ตามธรรมชาติ. ดังนั้นพืชในเขตหนาวและเขตอบอุ่นมีอุณหภูมิเหมาะต่อการเจริญเติบโตน้อยกว่าพืชในเขตร้อน. พืชที่เติบโตที่อุณหภูมิใกล้เคียงกับอุณหภูมิสูงสุดหรือต่ำสุดจะเจริญเติบโตได้ช้าและมักจะอยู่ภายใต้ภาวะเครียด.

อุณหภูมิมีอิทธิพลต่อกระบวนการต่าง ๆ ของพืชและมีส่วนในการกระตุ้นและชักนำขั้นตอนสำคัญต่าง ๆ ในการเจริญเติบโตและพัฒนาของพืชตลอดทั้งวงชีพ เช่น การงอกของเมล็ด, การออกดอก, การพักตัวของตา, การหลุดพ้นจากการพักตัวของตา. ทั้งนี้ ขั้นตอนต่าง ๆ นี้ยังได้รับอิทธิพลจากปัจจัยสิ่งแวดล้อมอื่น ๆ นอกเหนือจากอุณหภูมิอีกด้วย เช่น แสง, ความยาวนานของช่วงกลางคืน, ความชื้น. ปฏิสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและปัจจัยอื่น ๆ ซึ่งเหล่านี้มีความหลากหลาย และในหลายกรณีมีความซับซ้อนมาก.

อุณหภูมิสูงทำให้ผลผลิตของพืชเศรษฐกิจลดลง เนื่องจากอิทธิพลเร่งอัตราการเจริญเติบโตของพืช ทำให้พืชเศรษฐกิจสร้างดอก ผล และเมล็ดเร็วขึ้น จึงมีช่วงระยะเวลาสะสมมวลชีวภาพจากกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงน้อยลง ทำให้ผลผลิตได้น้อยลง ตัวอย่างเช่น ฝ้ายพันธุ์ศรีสำโรง ๒ ที่ปลูกในประเทศไทยจะสามารถเก็บเกี่ยวได้ที่อายุประมาณ ๑๒๐ วัน แต่เมื่อนำไปปลูกที่เขตอบอุ่นจะมีอายุเก็บเกี่ยวมากกว่า ๒๐๐ วัน. นอกจากนี้ อุณหภูมิสูงยังมีอิทธิพลโดยตรงต่อการเจริญเติบโตดอก ผล และเมล็ดทำให้พืชอาจสร้างดอกได้น้อย,

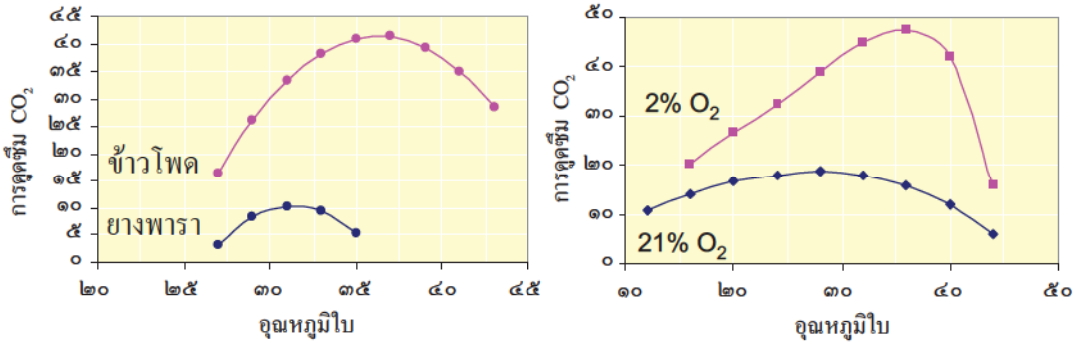
ดอกพัฒนาเป็นผลได้น้อยลง, เมล็ดเสียหายหรือมีคุณภาพด้อยลงได้.

อุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืชกลุ่ม $C_4$ (เช่น อ้อย ข้าวโพด หญ้า) มากกว่าพืชกลุ่ม $C_3$ (เช่น ยางพารา มะม่วง ข้าว, รูปที่ ๑๔). ความแตกต่างนี้มีสาเหตุหลักคือพืช $C_4$ มีกระบวนการหายใจด้วยแสงน้อยมาก แต่ในพืช $C_3$ การสูญเสียคาร์บอนโดยกระบวนการหายใจด้วยแสงจะเพิ่มขึ้นมากเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น อุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการสังเคราะห์ด้วยแสงจึงต่ำกว่าพืช $C_4$.

อุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช $C_3$ และ $C_4$ มีช่วงกว้างมาก แต่อุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้นกว่าช่วงที่เหมาะสมนี้จะชักนำให้เกิดการเอนซัยม์รูบิสโค (ที่เร่งปฏิกิริยาการตรึง $CO_2$ ในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง) สูญเสียฤทธิ์ทางชีววิทยาทั้งในพืช $C_3$ และ $C_4$ ทำให้อัตราการสังเคราะห์แสงของใบลดลงมากเพราะกิจกรรมการทำงานของเอนซัยม์กระตุ้นการทำงานทำงานได้เร็วไม่ทันกับการทำงานของเอนซัยม์ยับยั้งการทำงานของเอนซัยม์รูบิสโคเนื่องจากอิทธิพลของอุณหภูมิสูง การตอบสนองต่ออุณหภูมิของการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช $C_4$ จะลดลงที่อุณหภูมิสูงกว่าที่พบในพืช $C_3$ ทั่วไปเพราะกลวิธานการเพิ่มความเข้มข้นของ $CO_2$ ในแผ่นเซลล์บันเดิลช่วยชดเชยการยับยั้งการทำงานของเอนซัยม์รูบิสโค ได้บ้าง.

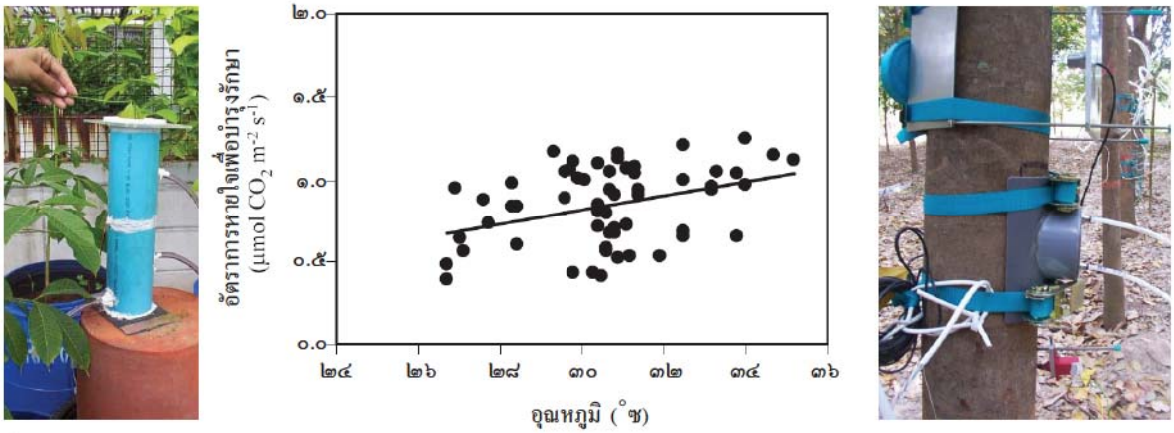
เมื่ออุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้นอัตราการหายใจเพื่อการบำรุงรักษาของพืชจะเพิ่มมากขึ้น (รูปที่ ๑๕) และยังทำให้อัตราการหายใจด้วยแสงของใบพืช $C_3$ จะเพิ่มมากขึ้นเช่นกัน. ทั้งนี้เนื่องจากสาเหตุหลักสองประการคือ (๑) อุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นทำให้อัตราส่วนของความเข้มข้น $CO_2$ ต่อ $O_2$ ลดลง, และ (๒) อุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นทำให้เอนซัยม์รูบิสโคมีแนวโน้มเร่งปฏิกิริยาการตรึง $O_2$ ในสัดส่วนเพิ่มมากขึ้น เป็นผลให้ผลได้จากกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง (quantum yield) ของพืช $C_3$ ลดลงเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น (รูปที่ ๑๖) ในขณะที่ประสิทธิภาพในการใช้แสงในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช $C_4$ ไม่เปลี่ยนแปลงตามอุณหภูมิเนื่องจากพืช $C_4$ มีการหายใจด้วยแสงน้อยมากตามธรรมชาติ.

นักวิทยาศาสตร์ยังพบว่าอุณหภูมิสูงยังมีอิทธิพลต่อการสร้างดอก ผลและเมล็ด เช่น การเพิ่มของอุณหภูมิในช่วงฤดูหนาวทำให้แอปเปิลที่บริเวณหิมาลัยบริเวณตอนเหนือของอินเดียได้รับความเย็นที่จำเป็นต่อการพัฒนาของดอกน้อยกว่าปกติจึงทำให้สร้างดอกได้น้อยลง จึงสามารถให้ผลผลิตได้ลดน้อยลงด้วย และอุณหภูมิสูงขึ้นทำให้ความเจริญพันธุ์ของละอองเกสรตัวผู้ของข้าวลดน้อยลง (หรือเป็นหมันเพิ่มมากขึ้น) มีผลทำให้ข้าวสร้างเมล็ดได้น้อยลง (รูปที่ ๑๗).



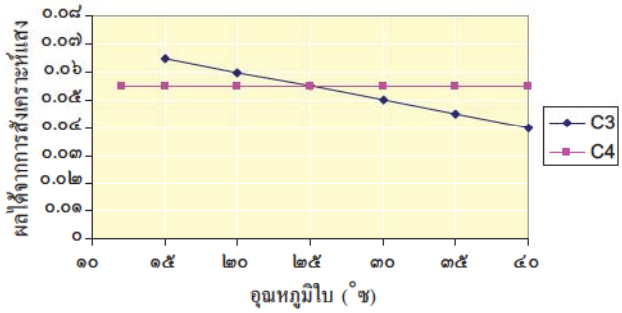

ที่มา : ภาพซ้ายโดยพูนพิภพ เกษมทรัพย์และคณะ ภาพขวาจาก Berry and Bjorkman, ๒๕๒๓.

***รูปที่*** ๑๔ การตอบสนองต่ออุณหภูมิของการสังเคราะห์ด้วยแสงของ (a) ใบพืช $C_3$ (ข้าวโพด) และ $C_3$ (ยางพารา) และ (b) การตอบสนองของการสังเคราะห์แสงของพืช $C_3$ ที่ความเข้มข้นของ $O_2$ น้อยกว่าปรกติ (๒%) มากกว่าเมื่ออยู่ในบรรยากาศปรกติ (๒๑%) เนื่องจากกิจกรรมการตรึงออกซิเจนด้วย RuBP ที่เร่งปฏิกิริยาด้วย รูบิสโค ลดลงมากในสภาพ $O_2$ ร้อยละ ๒.



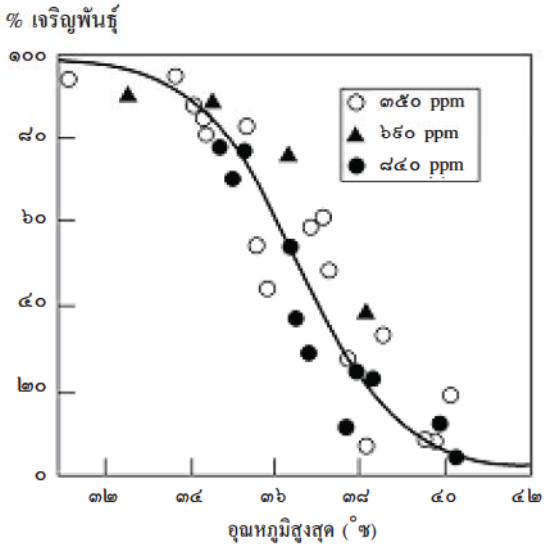

ที่มา : Sangsing et al., 2003.

***รูปที่ ๑๕*** อัตราการหายใจเพื่อการบำรุงรักษาเนื้อเยื่อที่มีอยู่เดิมของใบยางพาราเพิ่มมากขึ้นเมื่ออุณหภูมิของใบเพิ่มมากขึ้น




ที่มา : Ehleringer and Bjorkman, 1977. Plant Physiol. 59:86-90.

***รูปที่ ๑๖*** เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น ผลได้จากการใช้แสงในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช $C_3$ ลดลง ในขณะที่ผลได้ฯ ของพืช $C_4$ ไม่เปลี่ยนแปลง

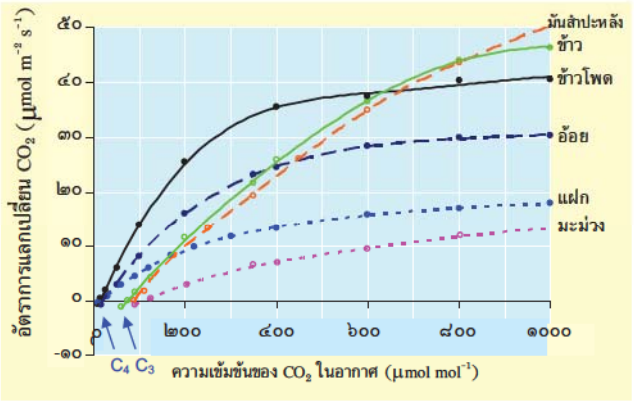



ที่มา : Horie T. 1993. ภาพจาก www.knowledgebank.irri.org/oryza2000/image16.gif

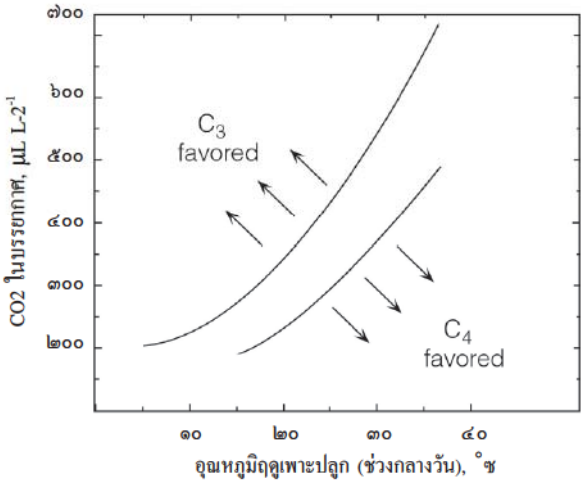
***รูปที่ ๑๗*** อุณหภูมิสูงทำให้การเจริญพันธุ์ของละอองเกสรตัวผู้ของข้าวลดน้อยลง

## คาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศที่เพิ่มขึ้น... มีผลกระทบต่อพืช

เมื่อความเข้มข้น $CO_2$ ในอากาศเพิ่มมากขึ้นจากระดับปรกติ (ปัจจุบันที่ประมาณ ๓๘๕ ppm) จะทำให้พืชสามารถสังเคราะห์ด้วยแสงเพิ่มมากขึ้นตาม (รูปที่ ๑๘) เนื่องจากในช่วงนี้อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืชถูกจำกัดด้วย $CO_2$ ทำให้เมื่อความเข้มข้นของ $CO_2$ ในอากาศเพิ่มขึ้นแล้วใบพืชสามารถสังเคราะห์ด้วยแสงได้มากขึ้น. พืชมีระดับการตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของ $CO_2$ ในอากาศแตกต่างกัน เมื่อความเข้มข้นของ $CO_2$ ในอากาศเพิ่มมากขึ้น กลุ่มพืช $C_3$ เช่น มะม่วง มันสำปะหลัง ข้าว แสดงแนวโน้มของการตอบสนองโดยการเพิ่มของอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิได้มากกว่าที่พบในกลุ่มพืช $C_4$ เช่น ข้าวโพด แฝก อ้อย เนื่องจากกลุ่มพืช $C_4$ มีกลวิธานทางเมแทบอลิสมที่สามารถช่วยลำ




***รูปที่ ๑๘*** การตอบสนองต่อความเข้มข้น $CO_2$ ในอากาศของอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสง (อัตราการแลกเปลี่ยน $CO_2$) สุทธิของใบพืชบางชนิด เมื่อความเข้มข้น $CO_2$ ในอากาศเพิ่มมากขึ้นจะทำให้พืชสามารถตรึง $CO_2$ ได้มากขึ้นตาม




ที่มา : Ehleringer. University of Utah.

***รูปที่ ๑๙*** สภาพบรรยากาศที่มีความเข้มข้น $CO_2$ เพิ่มมากขึ้นจะเหมาะสมกับพืช $C_3$ มากกว่าพืช $C_4$ แต่อุณหภูมิของบรรยากาศโลกที่ร้อนขึ้น จะเหมาะสมกับพืช $C_4$ มากกว่า ดังนั้น

เลียง $CO_2$ เข้าไปสู่แผ่นเซลล์บันเดิลได้ดี ทำให้เอนซัยม์รูบิสโคที่ช่วยเร่งปฏิกิริยาการตรึง $CO_2$ ทำงานได้อย่างเต็มที่ในสภาพความเข้มข้น $CO_2$ ในอากาศปัจจุบัน.

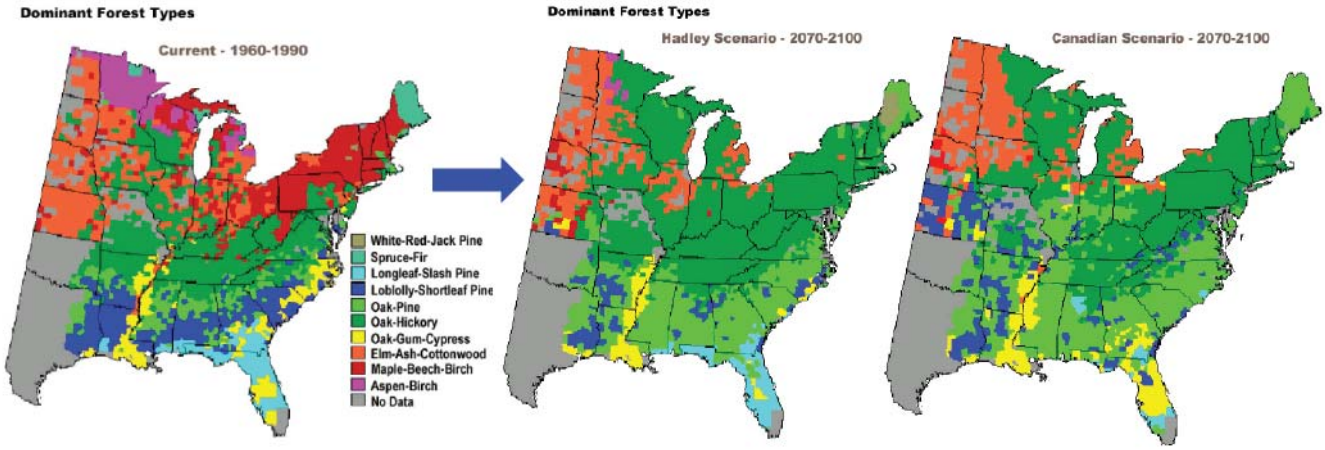
ความแตกต่างของการตอบสนองต่อความเข้มข้น $CO_2$ ในอากาศที่เพิ่มมากขึ้นของพืชสองกลุ่มนี้ บ่งชี้ว่าในอนาคตเมื่อความเข้มข้น $CO_2$ ในอากาศเพิ่มมากขึ้น จะทำให้อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิของกลุ่มพืช $C_3$ มีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นกว่ากลุ่มพืช $C_4$ ซึ่งน่าจะมีผลเอื้อให้กลุ่มพืช $C_3$ เพิ่มความสามารถในการแข่งขันได้มากกว่ากลุ่มพืช $C_4$.

แม้สภาพบรรยากาศที่มีความเข้มข้น $CO_2$ เพิ่มมากขึ้นจะเหมาะสมกับพืช $C_3$ มากกว่าพืช $C_4$ แต่อุณหภูมิของบรรยากาศโลกที่ร้อนขึ้น จะเหมาะสมกับพืช $C_4$ มากกว่า. ดังนั้น ความได้เปรียบในการแข่งขันของพืชทั้งสองกลุ่มนี้จึงขึ้นกับสมดุลของการตอบสนองของพืชต่อทั้งการเพิ่มขึ้นของความเข้มข้น$CO_2$ ในบรรยากาศร่วมกับการตอบสนองของพืชต่อการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิ (รูปที่ ๑๙). พืชที่เจริญเติบโตได้ดีกว่าในสภาพภูมิอากาศที่เปลี่ยนแปลงไปก็จะสามารถเพิ่มจำนวนและปกคลุมพื้นที่ได้ดีกว่าพืชคู่แข่ง และทำให้มีการเปลี่ยนแปลงของระบบนิเวศได้ในระยะยาว (รูปที่ ๒๐).

## ผลกระทบของโลกร้อนและแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่เพิ่มขึ้น... ย้อนกลับมามีอิทธิพลต่อสภาพแวดล้อม

$CO_2$แพร่เข้าสู่ช่องว่างระหว่างเซลล์ในใบพืชผ่านชั้นอากาศนิ่งบริเวณผิวใบและปากใบ จากนั้นจึงละลายน้ำที่เคลือบผนังเซลล์พืชเคลื่อนเข้าสู่ภายใน คลอโรพลาสต์ และบริเวณที่พืชตรึง $CO_2$ โดยการทำงานของเอนซัยม์ รูบิสโคตามลำดับ โดยมีแรงผลักดันในการแพร่คือความแตกต่างระหว่างความเข้มข้นของ $CO_2$ ในอากาศและความเข้มข้นของ $CO_2$ บริเวณที่มีการตรึง $CO_2$ โดยเอนซัยม์รูบิสโค. ทั้งนี้ปากใบเป็นช่องทางสำคัญในการแพร่ของ $CO_2$ เข้าสู่ใบเนื่องจาก $CO_2$ เคลื่อนผ่านชั้นคิวติเคิลที่ปกคลุมเซลล์พื้นผิวของใบได้ยาก. ดังนั้นการเปิดและปิดของปากใบจึงกำหนดระดับความต้านทานของการแพร่ผ่านของ $CO_2$ ที่มีบทบาทสำคัญในการกำหนดอัตราการสังเคราะห์แสงของพืช และช่องทางผ่านปากใบนี้เป็นช่วงหนึ่งของเส้นทางที่พืชสามารถควบคุมและปรับเปลี่ยนระดับความต้านทานได้ในระยะเวลาสั้น.

ในทางกลับกัน การคายน้ำของใบพืชเริ่มต้นจากการระเหยของน้ำที่เคลือบผนังเซลภายในใบพืชสู่ช่องว่างระหว่าง




***รูปที่ ๒๐*** การคาดการณ์อิทธิพลของโลกร้อนที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงชนิดของพืชในป่าบริเวณภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศสหรัฐอเมริกา

เซลล์ แพร่ผ่านปากใบและชั้นอากาศนิ่งบริเวณผิวใบสู่อากาศ ซึ่งเป็นเส้นทางเดียวกันกับการแพร่ผ่านอากาศของ $CO_2$ เพื่อการสังเคราะห์ด้วยแสงเพียงแต่เป็นการกลับทิศทางเท่านั้น. ดังนั้นจึงเป็นธรรมชาติที่หลีกเลี่ยงไม่ได้ที่พืชต้องสูญเสียน้ำโดยการคายน้ำหากต้องการเปิดช่องปากใบเพื่อให้ $CO_2$ แพร่เข้าสู่ภายในใบ ในขณะที่การเปิดปากใบพืชให้กว้างมากขึ้นจะช่วยให้ $CO_2$ สามารถแพร่เข้าสู่ใบได้ง่ายขึ้นมากแต่จะต้องแลกกับการสูญเสียน้ำที่เพิ่มมากขึ้น. ในทางกลับกันเมื่อพืชเปิดปากใบกว้างน้อยลงจะทำให้สูญเสียน้ำจากการคายน้ำน้อยลง.

ปัจจุบันปริมาณ $CO_2$ ในอากาศเพิ่มมากขึ้นกว่าร้อยละ ๒๐ ในช่วง ๕๐ ปีที่ผ่านไป ทำให้เพิ่มแรงผลักดันในการแพร่ของ $CO_2$ เข้าสู่ใบพืชเพิ่มมากขึ้น นักวิทยาศาสตร์จึงพบว่าพืชมีแนวโน้มที่จะเปิดปากใบกว้างน้อยลง ซึ่งทำให้พืชมีแนวโน้มที่จะคายน้ำสู่บรรยากาศลดน้อยลงกว่าในอดีต เป็นผลให้พืชลดการดูดน้ำจากดิน ปริมาณน้ำผิวดินและในดินจึงมีมากขึ้นกว่าในอดีต และนักวิทยาศาสตร์เชื่อว่าน่าจะเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้เกิดน้ำท่วมเพิ่มมากขึ้นได้ในอนาคต.

## ปลูกต้นไม้... ช่วยบรรเทาปัญหาโลกร้อน

พืชช่วยลด $CO_2$ ในอากาศซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญของโลกร้อนโดยกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง ซึ่งประกอบด้วยการตรึงพลังงานแสงเพื่อนำไปใช้ตรึงโมเลกุล $CO_2$ และนำไปสร้างสารประกอบอินทรีย์ จากนั้น พืชใช้พลังงานที่เก็บสะสมไว้ในสารอินทรีย์เหล่านี้ในกระบวนการต่าง ๆ ในเซลล์ และพลังงานเหล่านี้จะถ่ายทอดไปให้สิ่งมีชีวิตอื่น ๆ ที่กินพืชต่อไปได้.

ในขณะเดียวกัน กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืชยังสร้างออกซิเจนขึ้นระหว่างกระบวนการ ในสัดส่วนที่เท่ากันกับปริมาณโมเลกุลของคาร์บอนไดออกไซด์ที่ตรึงไว้. ดังนั้นกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงจึงมีบทบาทสำคัญยิ่งต่อสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่บนโลกนี้ในสองทาง คือ การตรึงพลังงานแสงไว้ในรูปที่สิ่งมีชีวิตนำไปใช้ประโยชน์ได้ และผลิตออกซิเจนซึ่งจำเป็นต่อการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตต่างๆ.

ความสำคัญของพืชที่มีต่อสมดุล $CO_2$ ของโลกปรากฏชัดในรูปที่ ๖ ซึ่งแสดงความแปรปรวนในแต่ละปีของความเข้มข้นของ $CO_2$ ในบรรยากาศโลกที่มีสาเหตุเกิดจากกระบวนการสังเคราะห์แสงของพืชเปลี่ยนแปลงไปตามฤดูกาล โดยในฤดูร้อนซึ่งพื้นที่เกษตรกรรมและป่าไม้ซึ่งมีอยู่มากในบริเวณเหนือเส้นศูนย์สูตรได้รับแสงมากจึงมีการสังเคราะห์ด้วยแสงและตรึง $CO_2$ ได้มากทำให้ความเข้มข้น $CO_2$ ในบรรยากาศลดน้อยลง. ส่วนในฤดูหนาวพื้นที่เหล่านั้นได้รับแสงน้อยทำให้มีอุณหภูมิต่ำมีการสังเคราะห์ด้วยแสงและตรึง $CO_2$ ได้น้อยทำให้ความเข้มข้น CO2 ในบรรยากาศเพิ่มมากขึ้น.

มนุษย์สามารถใช้พืชช่วยลดปัญหาการเพิ่มขึ้นของ $CO_2$

*รูปที่* ๒๑ การศึกษาอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืชด้วยเครื่องวิเคราะห์แก๊สอินฟราเรด

*รูปที่* ๒๒ พืชพลังงาน เช่น ปาล์มน้ำมันและอ้อย เป็นแหล่งพลังงานทางเลือกที่ยั่งยืน และไม่ปล่อย $CO_2$ สุทธิสู่บรรยากาศ

ในอากาศซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญของโลกร้อนได้อย่างยั่งยืน โดยการปลูกพืชเพื่อนำไปใช้ประโยชน์เป็นพลังงานทดแทนเชื้อเพลิงประเภทถ่านหิน น้ำมัน และแก๊สธรรมชาติ เช่น การปลูกอ้อยเพื่อนำไปผลิตเอธานอลใช้ทดแทนน้ำมันเบนซิน, การปลูกปาล์มน้ำมันเพื่อใช้เป็นไบโอดีเซล, การผลิตเอธานอลจากเซลลูโลสของพืช. เนื่องจากการใช้พลังงานจากมวลชีวภาพของพืชนี้ไม่ได้ปล่อย $CO_2$ สุทธิสู่บรรยากาศ เมื่อนำมาใช้ทดแทนน้ำมันและแก๊สธรรมชาติที่เมื่อเผาผลาญแล้วปลดปล่อยธาตุคาร์บอนที่เก็บสะสมไว้เป็น $CO_2$ สุทธิสู่บรรยากาศ จึงเป็นการลดการปลดปล่อย $CO_2$ สุทธิสู่บรรยากาศนั่นเอง.

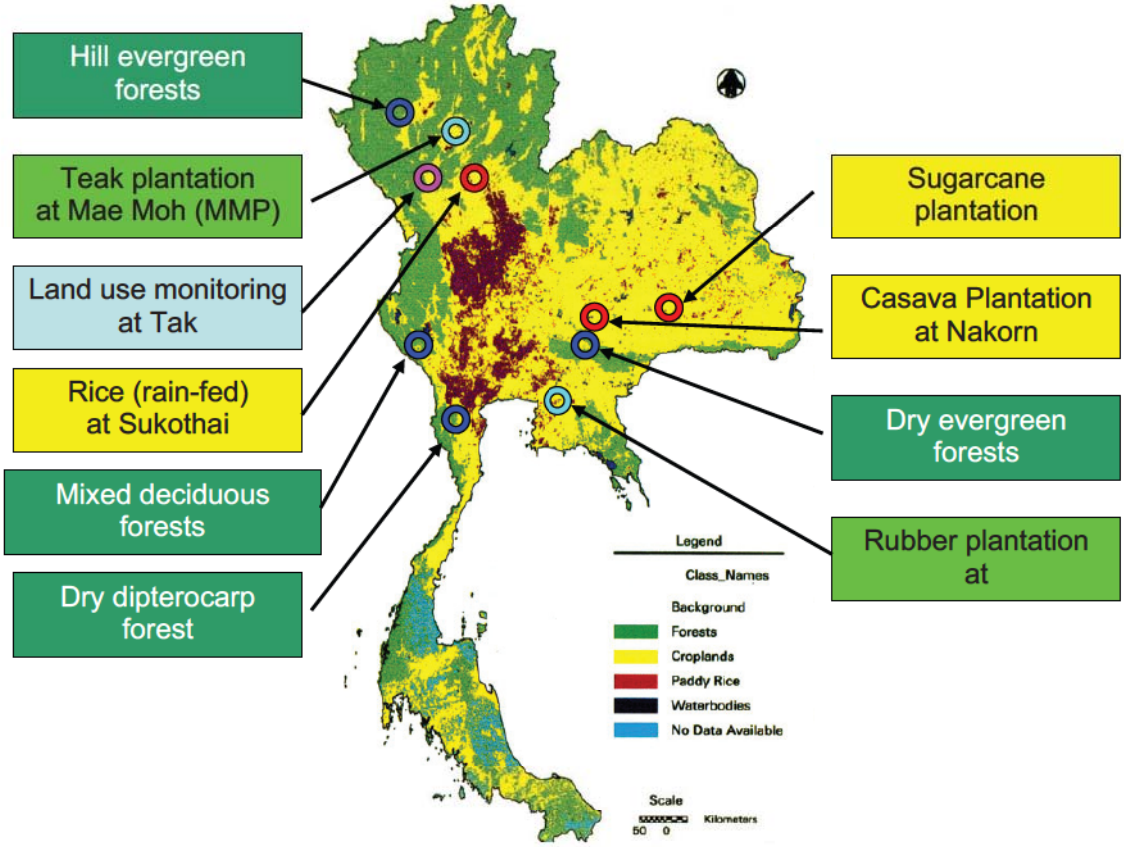
**ThaiFlux : เครือข่ายศึกษาสมดุลการแลกเปลี่ยน $CO_2$ น้ำ และพลังงานของป่าไม้และพืชปลูก**

ในปัจจุบัน นักวิทยาศาสตร์สามารถศึกษาอิทธิพลของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (เช่น ภาวะโลกร้อน) ที่มีต่อสมดุลการแลกเปลี่ยน $CO_2$, ไอน้ำ และพลังงานของป่าไม้และแปลงพืชปลูกได้ โดยการติดตามตรวจวัดปริมาณ $CO_2$, ไอน้ำ หรือความชื้นร่วมกับอุณหภูมิของอากาศ และสามารถนำข้อมูลไปใช้คาดการณ์ความสามารถในการลด $CO_2$ ในอากาศของพืช, อัตราการคายระเหยน้ำของดินและพืช ซึ่งกำหนดความต้องการใช้น้ำของพืชปลูก.

นักวิทยาศาสตร์ประเมินความสามารถในการลด $CO_2$ ในบรรยากาศโดยพืชในพื้นที่ใหญ่ได้ โดยใช้เทคนิคสหสัมพันธ์ eddy ซึ่งเป็นการติดตามตรวจวัดความเข้มข้น $CO_2$ ในอากาศร่วมกับความเร็วลมแบบ ๓ มิติด้วยความถี่มากกว่า ๑๐ ครั้งต่อวินาที และนำข้อมูลไปประมวลผลเพื่อประเมินสมดุลการแลกเปลี่ยน $CO_2$ เหนือพื้นที่ที่ศึกษาเพื่อใช้เป็นข้อมูลคาดการณ์ความสามารถในการลด $CO_2$ ในบรรยากาศของพืชที่สนใจศึกษาได้ (รูปที่ ๒๓).

เมื่อวันที่ ๓๑ ตุลาคม ๒๕๔๙ กลุ่มนักวิทยาศาสตร์

***รูปที่ ๒๓*** การศึกษาสมดุลของการแลกเปลี่ยนคาร์บอนไดออกไซด์ น้ำ และพลังงาน ของยางพารา ด้วยเทคนิคสหสัมพันธ์ เอดดีย์ ที่ศูนย์วิจัยยางพารา จังหวัดฉะเชิงเทรา ซึ่งเป็นงานความร่วมมือระหว่างมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรมวิชาการเกษตร และสถาบันวิจัย CIRAD ประเทศฝรั่งเศส




***รูปที่ ๒๔*** เครือข่าย ThaiFlux เพื่อศึกษาสมดุลการแลกเปลี่ยนคาร์บอนไดออกไซด์ น้ำ และพลังงานความร้อน ในประเทศไทย

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ได้ร่วมกันกับนักวิทยาศาสตร์จากหน่วยงานอื่น ๆ ได้แก่ กระทรวงทรัพยากรและสิ่งแวดล้อม กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ และมหาวิทยาลัยพระจอมเกล้าธนบุรี จัดตั้งเครือข่ายความร่วมมือทางวิชาการของนักวิทยาศาสตร์ที่สนใจศึกษาสมดุลการแลกเปลี่ยนแก๊สและพลังงานในระบบนิเวศของไทยขึ้นและให้ชื่อว่า 'ThaiFlux' โดยมีวัตถุประสงค์หลายประการซึ่งรวมถึงการร่วมมือศึกษาความสามารถในการตรึง $CO_2$ และศึกษาอิทธิพลของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่มีต่อสมดุลการแลกเปลี่ยน $CO_2$ ไอน้ำและพลังงานของป่าไม้และแปลงพืชปลูก (รูปที่ ๒๔).

## สรุป

ภาวะโลกร้อนกำลังเกิดขึ้นจริงโดยมีสาเหตุหลักมาจากกิจกรรมของมนุษย์ที่เพิ่มแก๊สเรือนกระจกในชั้นบรรยากาศโลกโดยเฉพาะอย่างยิ่งแก๊ส $CO_2$ ที่มีแนวโน้มเพิ่มปริมาณมากขึ้นอย่างรวดเร็วตามจำนวนประชากรและการใช้เชื้อเพลิงฟอสสิล. ภาวะโลกร้อนมีผลกระทบอย่างกว้างขวางต่อสภาพภูมิอากาศ ทำให้สิ่งมีชีวิตทุกชนิดและระบบนิเวศทั่วโลกต้องปรับตัวให้เข้ากับความเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น พืชได้รับอิทธิพลทั้งโดยตรงและโดยอ้อมจากสภาวะโลกร้อน โดยการปรับตัวของพืชขึ้นอยู่กับสมดุลการตอบสนองของพืชต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณ $CO_2$ ในอากาศและอุณหภูมิอากาศที่เพิ่มมากขึ้น ตลอดจนสภาพแวดล้อมอื่น ๆ ทั้งที่มีชีวิตและไม่มีชีวิต. ภาวะโลกร้อนยังมีอิทธิพลต่อการเกษตรและป่าไม้ ซึ่งในทางกลับกันก็มีบทบาทสำคัญต่ออัตราการเกิดสภาวะโลกร้อนเนื่องจากป่าไม้และพืชปลูกสามารถช่วยลดปริมาณ $CO_2$ ในอากาศได้โดยกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง และการใช้พลังงานจากมวลชีวภาพของพืชเป็นวิธีหนึ่งที่จะช่วยบรรเทาปัญหาโลกร้อนได้.