

การจำลองผลกระทบของสภาพบรรยากาศในอนาคตต่อการผลิตอ้อย

Simulating the impact of future changes of climate on sugarcane production systems

อรรถชัย จินตะเวช^{1*}

Attachai Jintrawet

บทคัดย่อ: ระบบเกษตรเป็นระบบหนึ่งที่มีความอ่อนไหวต่อการเปลี่ยนแปลงต่อสภาพภูมิอากาศ แบบจำลองที่ใช้ในการคาดการณ์ขนาดของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศยังต้องได้รับการปรับปรุงให้มีความแม่นยำเพิ่มขึ้น แต่ด้วยความจำเป็นต่อการสร้างกลยุทธ์เพื่อการปรับปรุงและการปรับตัวให้เข้ากับสภาพการเปลี่ยนแปลงที่จะเกิดขึ้น การศึกษาครั้งนี้ดำเนินการในพื้นที่จังหวัดขอนแก่นและจังหวัดเชียงใหม่ โดยใช้แบบจำลองอ้อย DSSAT-CANEGRO ซึ่งได้มีการทดสอบอย่างกว้างขวางทั้งในและต่างประเทศ และแบบจำลองภูมิอากาศ CCAM ผลการศึกษาพบว่าปริมาณน้ำฝนจากแบบจำลอง CCAM ในระหว่างปี 2549-68 ของจังหวัดขอนแก่นและจังหวัดเชียงใหม่จะเพิ่มขึ้นร้อยละ 20 และ 50 ตามลำดับ หากไม่มีการเปลี่ยนแปลงวิธีการจัดการใช้ที่ดิน แบบจำลองอ้อย DSSAT-CANEGRO ประมาณการผลผลิตอ้อยได้ในระดับใกล้เคียงกับผลผลิตอ้อยที่ผ่านมา ที่จังหวัดขอนแก่นอ้อยพันธุ์ อุทอง 2 และ K84-200 ได้ผลผลิตอยู่ในช่วง 5.4-20.1 และ 5.3-19.2 ตันต่อไร่ ตามลำดับ จังหวัดเชียงใหม่พันธุ์ อุทอง 2 และ K84-200 ได้ผลผลิตอยู่ในช่วง 3.5-24.5 และ 3.5-22.5 ตันต่อไร่ ตามลำดับ อย่างไรก็ตามปริมาณน้ำฝนที่เพิ่มขึ้นอาจจะมีผลต่อสภาพน้ำท่วมขังและการระบาดของโรคและแมลงเพิ่มขึ้น

ABSTRACT: Agricultural systems is one of the sensitive areas which would be influenced by the projected global warming and associated climate change. Despite uncertainties about the precise magnitude of climate change on regional scales, and assessment of the possible impacts of changes in key climatic elements on our agricultural resources is important for formulating response strategies. In this study, sugarcane crop yields in North and Northeast Thailand under future climate scenarios from the CCAM model are examined. The CCAM model predicted that during 2006-2024 the annual rainfall amount of Khon Kaen and Chiang Mai should be increased around 20 and 50% as compare to the annual rainfall during 1975-2000. The DSSAT-CANEGRO model predicted similar ranges of yield for both locations. In Khon Kaen, U-Thong 2 and K84-200 sugarcane varieties gave a yield range of 34-126 and 33-120 Mg ha⁻¹, whereas Chiang Mai area gave a lower yield range, i.e., 22-153 and 22-141 Mg ha⁻¹, respectively. However, one should bare in mind the predicted amount of rainfall and the relationship of more incidents of diseases insect pests.

¹ ภาควิชาปฐพีศาสตร์และอนุรักษ์ศาสตร์ และศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตทางเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัย เชียงใหม่, เชียงใหม่ 50200.

Department of Soil Science and Conservation and Multiple Cropping Center, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200.

* Corresponding author: attachai@chiangmai.ac.th

บทนำ

สภาวะภูมิอากาศของโลกมีการเปลี่ยนแปลงทั้งในระยะสั้นและระยะยาว นักวิทยาศาสตร์มีความเห็นร่วมกันว่าการเปลี่ยนแปลงหลังจากที่มีพัฒนาด้านอุตสาหกรรมมีการเพิ่มขึ้นของก๊าซเรือนกระจกชนิดต่างๆ ได้แก่ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) ก๊าซมีเทน (CH₄) ก๊าซไนตรัสออกไซด์ (NO₂) และก๊าซคลอโรฟลูโอโรคาร์บอน (CFCs) ซึ่งเป็นการกระทำของมนุษย์ (Houghton and Yihui, 2001) มีการศึกษาผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงในด้านต่างๆ (IPCC, 2001) และการลดผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงที่อาจจะเกิดขึ้นในอนาคต (Metz et al., 2001)

การศึกษาผลกระทบของสภาวะโลกร้อนที่มีต่อการผลิตอ้อยอย่างกว้างขวางทั้งในระดับนานาชาติ (Olszyk et al., 1999) และระดับชาติ (Lal et al., 1998) ภาพรวมผลการศึกษาพบว่า ผลผลิตอ้อยมีแนวโน้มลดลงจากระดับปัจจุบันร้อยละ 4 ในขณะที่ประชากรมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในอัตรา 1.5

การศึกษาผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศอันเนื่องมาจากการเพิ่มขึ้นของความเข้มข้นของก๊าซเรือนกระจกที่มีต่อระบบเกษตรมีผู้เสนอแนะไว้อย่างน้อย 3 แนวทาง ได้แก่

แนวทางที่หนึ่ง เป็นการสมมุติสถานการณ์โดยการกำหนดให้อุณหภูมิอากาศเพิ่มขึ้นจากระดับปัจจุบันเป็น +1 °C หรือ +2 °C หรือ +4 °C พร้อมกับและ

เพิ่มขึ้น/ลดลงของปริมาณน้ำฝนร้อยละ 10 โดยการใช้แบบจำลองระบบการผลิตพืชแต่ละชนิดตามที่นักวิจัยต้องการศึกษาซึ่งเป็นขั้นตอนพื้นฐานแต่ไม่นำอิทธิพลของ radiative forcing และการเปลี่ยนแปลงด้านกายภาพของบรรยากาศ เช่น การเพิ่มขึ้นหรือลดลงของปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

แนวทางที่สอง ใช้แบบจำลองสมุทร-ดิน-บรรยากาศในการจำลองสภาพอากาศในอนาคตซึ่งได้มีการพัฒนาแบบจำลอง (Table 1) รวมเรียกว่า General Circulation Models (GCMs) ซึ่งได้รับการออกแบบและพัฒนาให้คำนวณการไหลเวียนของลมในระดับต่างๆ ของชั้นบรรยากาศโลก การคำนวณคุณสมบัติทางกายภาพของบรรยากาศ และคำนวณปริมาณน้ำฝน รังสีดวงอาทิตย์ และปริมาณน้ำฝนเป็นตาราง (grid-based) แบบจำลองเหล่านี้มีพื้นฐานจากหลักวิทยาศาสตร์และกฎทางกายภาพบรรยากาศโลก

แนวทางที่สาม ใช้ข้อมูลสภาพอากาศในอดีตที่มีการเก็บไว้แล้ว และมีสภาพคล้ายคลึงกับสภาวะที่น่าจะเป็นในอนาคตใช้ประกอบการคำนวณของแบบจำลอง วิธีการนี้มีข้อจำกัดที่ว่า การเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศในอนาคตเกิดขึ้นในอัตราที่สูงมากกว่าเดิมและอาจจะเกิดเป็นระยะเวลายาวนานหลายเดือนและอาจจะเป็นไปได้ นอกจากนี้สภาพอากาศที่เปลี่ยนแปลงโดยการเพิ่มขึ้นของความเข้มข้นของก๊าซเรือนกระจกแตกต่างจากการเปลี่ยนแปลงของสภาพอากาศที่เกิดจากการรับรังสีดวงอาทิตย์ (solar insolation)

Table 1 Comparison of General Circulation Models (GCMs).

	General Circulation Models		
	GFDL	GISS	UKMO
Research Laboratory	Geographical Fluid Dynamics Laboratory	Goddard Institute for Space Studies	United Kingdom Meteorological Office
References	Watherald & Manabe (1988)	Hansen et al. (1988)	Wilson & Mitchell (1987)
Horizontal resolution (Lat x long.)	4.44° x 7.5°	7.83° x 10.0°	5.00° x 7.5°
Horizontal resolution (no. of layers)	9	9	11
Base 1 x CO ₂ (ppm)	300	300	323
Change in global temperature (°C)	+4.0	+4.2	+5.2
Change in global precipitation (%)	8	11	15

Source: (Matthews et al., 1997)

จุดประสงค์ของเอกสารนี้ เพื่อแสดงผลการศึกษาโดยใช้วิธีการที่สองและสามในการจำลองและประเมินผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่มีต่อระบบการผลิตอ้อยของสองระบบนิเวศหลักของประเทศไทยที่จังหวัดขอนแก่นและจังหวัดเชียงใหม่ในช่วง 14 ปีข้างหน้า ระหว่าง (พ.ศ. 2549-2568) ค.ศ. 2006-2024 และเสนอแนวคิดในการดำเนินการเพื่อการปรับตัวให้เข้ากับสภาพอากาศดังกล่าว

วิธีการศึกษา

ระบบการผลิตอ้อย

ข้อมูลการผลิตอ้อยและข้อมูลประชากรของทั้งประเทศ ของจังหวัดขอนแก่น (ตัวแทนบ้านหินลาด ต.บ้านค้อ อ.เมือง จ.ขอนแก่น) และจังหวัดเชียงใหม่ (ตัวแทน บ้านห้วยแก้ว ต.แม่แฝก อ.สันทราย จ.เชียงใหม่) ระหว่างปี 2529-2542 (URL1) ข้อมูลการผลิตอ้อยประกอบด้วยพื้นที่ปลูก พื้นที่เก็บเกี่ยว ผลผลิตอ้อยรวม และผลผลิตเฉลี่ยต่อไร่

ข้อมูลภูมิอากาศเกษตร

ข้อมูลภูมิอากาศเกษตรรายวัน (WTH) ระหว่างปี พ.ศ. 2529-2542 ที่มีการเก็บในแปลงทดลองหมวดพืชไร่ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น และสถานีวิจัยเกษตรชลประทาน ศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิต

ทางเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ประกอบด้วยรังสีดวงอาทิตย์ อุณหภูมิสูงสุด-ต่ำสุด และปริมาณน้ำฝน เพื่อประกอบการคำนวณของแบบจำลองระบบการผลิตอ้อย ข้อมูลที่ใช้เป็นข้อมูลภูมิอากาศรายวันจัดเก็บในรูปแบบของ DSSAT3.5 (Tsuiji et al., 1994)

ข้อมูลดิน

ข้อมูลชุดดินยโสธรและชุดดินสดีกซึ่งเก็บตัวอย่างดินตามความลึกของชั้นดินในแปลงทดลองหมวดพืชไร่ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น และสถานีฝึกอบรมและวิจัยการเกษตรแม่เหียะ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ตามลำดับ

แบบจำลองอ้อย

แบบจำลองอ้อย DSSAT-CANEGRO ได้รับการพัฒนา โดยนักวิจัยในเครือข่าย IBSNAT (Tsuiji et al., 1994; Hoogenboom et al., 2003) สามารถจำลองพัฒนาการ (Table 2) และการเจริญเติบโตของอ้อยตามกระบวนการทางด้านสรีระของอ้อย โดยแบ่งออกเป็นส่วนของราก ลำต้น ใบ น้ำตาล และไนโตรเจนในส่วนต่างๆ ของอ้อย รวมทั้งพลวัตของน้ำในพืชและในดิน (Ritchie, 1998) และพลวัตของไนโตรเจนในพืชและในดิน (Godwin and Singh, 1998) เป็นแบบจำลองที่ได้รับการทดลองอย่างกว้างขวางทั้งในต่างประเทศและในประเทศไทย (อรรถชัย และคณะ, 2544)

Table 2 Developmental stages and biomass partitioning in DSSAT-CANEGRO 3.5.

Developmental stages		Descriptions	Partitioning
7		Planted	
8		50% Germination	
9		50% Emergence	Root
1		50% End of stalk juvenile phase	Root, Leaf
2		50% Begin panicle initiation	Root, Leaf, Stalk, Sucrose
3		50% End of leaf growth	Root, Leaf, Stalk, Sucrose
4		50% Begin seed growth	Root, Stalk, Sucrose
5		50% Physiological maturity	Root, Stalk, Sucrose
6		50% Harvested	

แบบจำลองภูมิอากาศ CCAM

แบบจำลองสภาพอากาศ CCAM (Gordon and O'Farrell, 1997) เป็นแบบจำลองกายภาพของบรรยากาศโลก มีความละเอียดของพื้นที่เล็กที่สุดขนาด $1.875^\circ\text{EW} \times 1.875^\circ\text{NS}$ (lat. x long.) เป็นแบบจำลองสภาพอากาศชนิด spectral atmospheric GCM และเชื่อมโยงกับแบบจำลองสมุทรศาสตร์ GFDL (Watherald and Manabe, 1988) แบบจำลอง CCAM ใช้หลักการของการเคลื่อนที่ของเมฆฝนแบบ cumulus แบบมวลเคลื่อนที่ที่พลวัตสูง ตามหลักการ convection และจำลองการแลกเปลี่ยนอุณหภูมิดินและความชื้นโดยแบ่งดินออกเป็น 6 ชั้น

แบบจำลอง CCAM คำนวณ ค่ารังสีดวงอาทิตย์ อุณหภูมิสูงสุด-ต่ำสุด และปริมาณน้ำฝนของจังหวัดขอนแก่นและจังหวัดเชียงใหม่ 2 ระยะ ระยะแรกระหว่างปี พ.ศ. 2529-2542 เป็นการจำลองสภาพอากาศ (climate scenarios) โดยกำหนดให้ความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2 เรียกว่า $1\times\text{CO}_2$ scenario) เป็น 330 ppm ระยะที่สองระหว่างปี พ.ศ. 2549-2568 (2006-2025) เป็นการจำลองสภาพอากาศโดยเพิ่มความเข้มข้นของ CO_2 เป็น 660 ppm (เรียกว่า $2\times\text{CO}_2$

scenario) และทำการปรับรูปแบบข้อมูลเพื่อแบบจำลองการเจริญเติบโตของอ้อยซึ่งสามารถนำไปใช้ได้ โดยโปรแกรม WeaData 1.0 (ปราการ และ อรรถชัย, 2545)

การจำลองระบบการผลิตอ้อย (Sugarcane simulation experimental design)

มีการจำลองสองแบบ (scenario) ได้แก่ $1\times\text{CO}_2$ และ $2\times\text{CO}_2$ (Figures 1 และ 2 ตามลำดับ)

Scenario $1\times\text{CO}_2$ ใช้ข้อมูลอากาศที่มีการวัดจริง (WTH) และข้อมูลอากาศจากแบบจำลองอากาศ CCAM ของขอนแก่น (KK) และเชียงใหม่ (CM) จำลองระบบการผลิตอ้อย K84-200 และอู่ทอง 2 ในระหว่างปี พ.ศ. 2529-2542 ทั้งแบบใช้น้ำฝนอย่างเดียวและใช้น้ำชลประทานอย่างเต็มที่

Scenario $2\times\text{CO}_2$ ใช้ข้อมูลอากาศจากแบบจำลองภูมิอากาศ CCAM ระหว่างปี พ.ศ. 2549-2568 ของจังหวัดขอนแก่น (KK) และจังหวัดเชียงใหม่ (CM) จำลองระบบการผลิตอ้อย K84-200 และอู่ทอง 2 แบบใช้น้ำฝนอย่างเดียวและใช้น้ำชลประทานอย่างเต็มที่พร้อมทั้งการจัดการปุ๋ยไนโตรเจน

Simulation setting scenario 1: 1986-1999

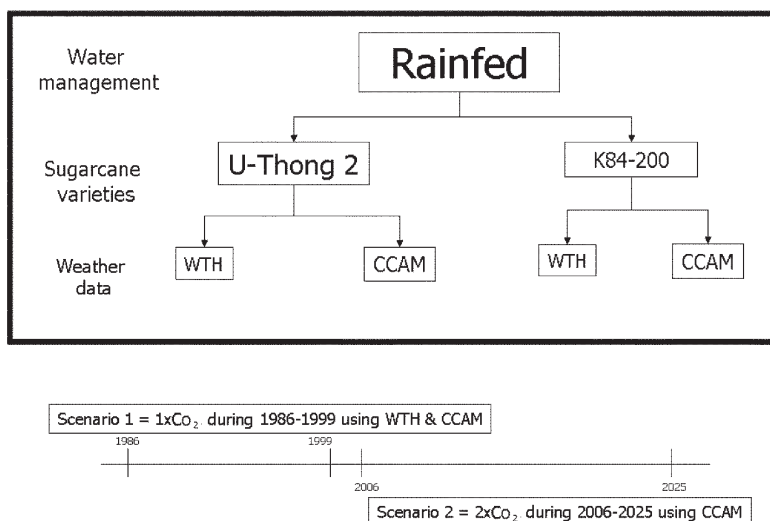


Figure 1 Sugarcane simulation settings for Chiang Mai and Khon Kaen during 1992-1999 (2535-2542).

Simulation setting scenario 2: 2006-2025

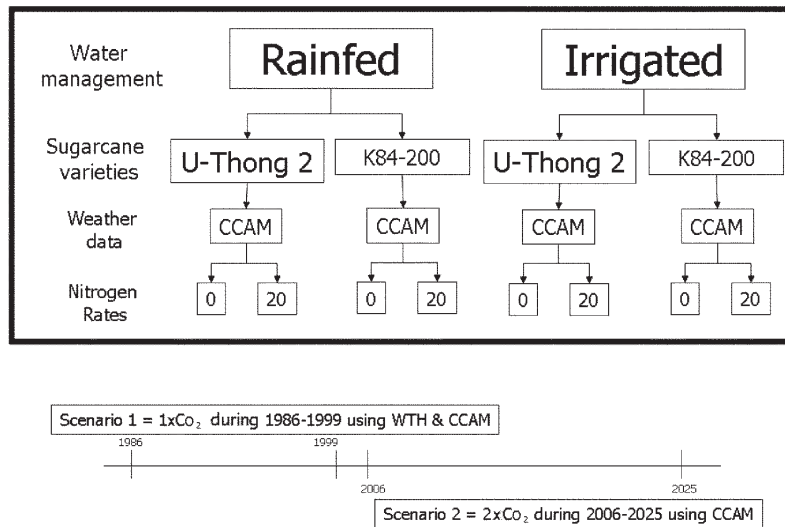


Figure 2 Sugarcane simulation settings for Chiang Mai and Khon Kaen during 2006-2025 (2549-2568).

การวิเคราะห์ความแตกต่าง

เพื่อประเมินความแตกต่างของผลผลิตที่ได้จากการจำลองของแบบจำลองย่อย DSSAT-CANEGRO โดยใช้ข้อมูลภูมิอากาศจากการวัดจริง (WTH) และจากแบบจำลองอากาศ (CCAM) จึงใช้ค่า RMSE (Root Mean Square Error = $[(\text{simulated}-\text{observed})^2/\text{N}]^{1/2}$ ค่า RMSE แสดงถึงการกระจายตัวหรือการกระจายตัวของค่าที่ได้จากแบบจำลอง (simulated) และค่าที่ได้จากการตรวจวัดจริงของระบบการผลิต (observed) ค่า RMSE แสดงการกระจายตัวของผลผลิตย่อยที่ได้จากชุดข้อมูลอากาศ WTH และชุดข้อมูลอากาศ CCAM เมื่อเทียบกับข้อมูลผลผลิตย่อยที่มีการสำรวจและรายงานโดยสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตรของ 2 จังหวัดในระหว่างปี พ.ศ. 2535-2543 (OAE: Office of Agricultural Economic) ส่วนค่า MD แสดงถึงความสามารถของแบบจำลองว่า คาดการณ์เกินความจริง (overestimate) หรือน้อยกว่าความจริง (underestimate) เมื่อเทียบกับค่าที่ได้จากการตรวจวัดจริงของระบบการผลิต (observed) กล่าวคือ หากได้ค่า MD เป็นลบหมายถึงแบบจำลองย่อยที่ใช้ข้อมูลอากาศชุดนั้นๆ คำนวณผลผลิตย่อยได้น้อยกว่าผลผลิตย่อย OAE

ผลการศึกษา

การผลิตอ้อยปี พ.ศ. 2535-2544

ในปี พ.ศ. 2536 มีพื้นที่รวมทั้งสิ้น 5.36 ล้านไร่ แบ่งเป็นพื้นที่ปลูกอ้อยในภาคกลาง ภาคเหนือ และภาคตะวันออกเฉียงเหนือประมาณ 2.78, 1.17, และ 1.41 ล้านไร่ ตามลำดับ ในปี พ.ศ. 2543 มีพื้นที่รวมทั้งสิ้น 5.42 ล้านไร่ แบ่งเป็นพื้นที่ปลูกอ้อยในภาคกลาง ภาคเหนือ และภาคตะวันออกเฉียงเหนือประมาณ 2.25, 1.18, และ 1.99 ล้านไร่ ตามลำดับ (Figure 3) พื้นที่ปลูกอ้อยทั้งประเทศมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นโดยเฉพาะในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ด้วยสาเหตุหลักคือ การเพิ่มขึ้นของโรงงานน้ำตาล และความเหมาะสมในด้านสภาพพื้นที่การผลิตอ้อย

การผลิตอ้อยของประเทศไทยพื้นที่ส่วนใหญ่เป็นการผลิตอ้อยแบบอาศัยน้ำฝน ใช้ต้นทุนการผลิตต่ำ ผลผลิตอ้อยต่อไร่ของทั้งประเทศ จังหวัดขอนแก่น และจังหวัดเชียงใหม่แสดงในรูป 2 ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2535 ผลผลิตอ้อยของทั้งประเทศมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจากประมาณ 7.0 ตัน/ไร่/ปี ในปี พ.ศ. 2535 เป็นประมาณ 9.0 ตัน/ไร่ ทั้งนี้อาจจะมาจากการใช้พันธุ์อ้อยที่ดีและ

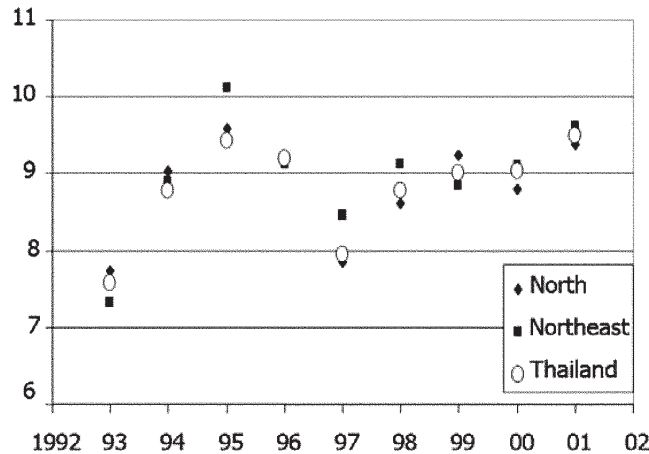


Figure 3 Reported averaged sugarcane yield (Tonnes/rai) in North, Northeast regions, and Thailand during 1992-2001 (B.E. 2535-44).

Source : Office of Agricultural Economic (<http://www.oae.go.th>).

เหมาะสมต่อสภาพพื้นที่และมีการจัดการผลิตที่เหมาะสม รวมทั้งมีการใช้เครื่องจักรกลช่วยเก็บเกี่ยวเพิ่มขึ้น

ปริมาณฝนระหว่างปี พ.ศ. 2549-2568

แบบจำลองภูมิอากาศ CCAM คาดการณ์ปริมาณฝนระหว่างปี พ.ศ. 2549-2563 (scenario 2) ของจังหวัดเชียงใหม่และจังหวัดขอนแก่นได้สูงกว่าปริมาณน้ำฝนที่ได้รับในช่วงปี พ.ศ. 2529-2542 (scenario 1) ร้อยละ 55 และ 19 คือ จาก 1,761 มม. เป็น 1,132 มม. และ 1,314 มม. เป็น 1,105 มม. ตามลำดับ ซึ่งให้เห็นว่าการผลิตอ้อยของทั้งสองพื้นที่อาจประสบปัญหาการมีน้ำมากเกินไปสำหรับพื้นที่ราบลุ่ม ถึงระดับที่ไม่อาจทำการผลิตอ้อยได้หากมีระยะเวลาการท่วมขังเป็นระยะยาว อาจจะต้องทำการเปลี่ยนพันธุ์อ้อยจากพันธุ์ปัจจุบัน เป็นอ้อยที่สามารถทนได้กับภาวะดังกล่าว

เปรียบเทียบผลผลิตอ้อย พ.ศ. 2528-42 (scenario 1: $1 \times \text{CO}_2$)

แบบจำลองอ้อยคำนวณผลผลิตอ้อยของทั้งสองจังหวัดโดยใช้ข้อมูลอากาศแบบ WTH และ CCAM มีแนวโน้มไปในทางเดียวกัน ทุกแบบการผลิตอ้อย

(Table 3) คือให้สูงกว่าผลผลิต OAE ทั้งสองจังหวัด เนื่องด้วยแบบจำลองอ้อยยังไม่ได้มีการคำนวณการสูญเสียจากการเข้าทำลายของโรคแมลงศัตรูอ้อย และพบว่าเมื่อใช้ข้อมูลอากาศจากแบบจำลองภูมิอากาศ CCAM ทำให้อ้อยมีการขาดน้ำในระยะสิ้นสุดการสร้างใบ ถึงระยะเริ่มต้นการสร้างรวง และพบว่าชุดดินทั้งสองของสองจังหวัดมีการระบายน้ำในปริมาณสูงมาก คือ มีอัตราการระบายน้ำเป็น 46 และ 307 มม. ที่จังหวัดขอนแก่น และ 103 และ 418 มม. ที่จังหวัดเชียงใหม่ตามลำดับ

การเปรียบเทียบผลผลิตอ้อยที่ได้จากแบบจำลองอ้อยเมื่อใช้ข้อมูลภูมิอากาศทั้งสองชุดโดยใช้ค่า RMSE พบว่าค่าการกระจายตัวของผลผลิตมีแนวโน้มไปในทางเดียวกันและใกล้เคียงกัน ยกเว้นกรณีการผลิตโดยใช้น้ำฝนและใช้ข้อมูลภูมิอากาศชุด CCAM เนื่องจากสาเหตุที่ได้กล่าวข้างต้นแล้ว

การเปรียบเทียบชี้ให้เห็นว่าสามารถใช้แบบจำลองอ้อยในการจำลองผลกระทบที่อาจจะมีต่อการผลิตอ้อยทั้งสองพันธุ์ได้ในช่วง scenario 2- $2 \times \text{CO}_2$ เนื่องจากความเสถียรภาพของแบบจำลองอ้อย และข้อมูลภูมิอากาศที่ได้จาก CCAM

Table 3 Comparison of simulated sugarcane yield (kg/rai) at Khon Kaen and Chiang Mai, using WTH and CCAM weather data sets and reported statistics from OAE (Office of Agricultural Economic).

Provinces	Sugarcane varieties	WTH	CCAM	OAE
Khon Kaen	K84-200	24,825.0	25,684.0	8,996
	U-thong 2	25,788.0	27,104.0	8,996
Chiang Mai	K84-200	25,561.0	26,709.0	8,774
	U-thong 2	26,854.0	28,272.0	8,774
	RMSE	16,890.9	18,084.7	

เปรียบเทียบผลผลิตอ้อย พ.ศ. 2549-2568 (Scenario 2: 2xCO₂)

แบบจำลองอ้อย DSSAT-CANEGRO คำนวณผลผลิตอ้อยของทั้งสองจังหวัดไปในทางเดียวกันทุกแบบการผลิตอ้อย (Table 4) โดยใช้ข้อมูลภูมิอากาศจากแบบจำลอง CCAM ที่จังหวัดขอนแก่น การผลิตอ้อยแบบอาศัยน้ำฝนและใช้ปุ๋ยไนโตรเจนให้ผลผลิตอ้อยทั้งสองพันธุ์สูงขึ้นตามอัตราปุ๋ยที่เพิ่ม แต่ในอ้อยพันธุ์อู่ทอง 2 มีอัตราการเพิ่มขึ้นของผลผลิตอ้อยในอัตราที่สูงกว่าอัตราการเพิ่มขึ้นของผลผลิตอ้อย K84-200 คือ มีอัตราการเพิ่มขึ้นของผลผลิตอ้อยอยู่ในช่วงระหว่าง 72 และ 83 กิโลกรัมต่อไร่ต่อไร่ของปุ๋ยไนโตรเจนที่ใช้สำหรับการผลิตอ้อยทั้งสองพันธุ์แบบใช้น้ำชลประทานทำให้ผลผลิตอ้อยทั้งสองพันธุ์เพิ่มขึ้น 307 และ 282 กิโลกรัมต่อไร่ต่อไร่ของปุ๋ยไนโตรเจน ตามลำดับ

ที่จังหวัดเชียงใหม่การผลิตอ้อยแบบอาศัยน้ำฝนและใช้ปุ๋ยไนโตรเจนให้ผลผลิตอ้อยทั้งสองพันธุ์สูงขึ้นตามอัตราปุ๋ยที่เพิ่ม โดยในอ้อยพันธุ์ K84-200 มีอัตราการเพิ่มขึ้นของผลผลิตอ้อยในอัตราที่สูงกว่าอัตราการเพิ่มขึ้นของผลผลิตอ้อย อู่ทอง 2 คือ มีอัตราการเพิ่มขึ้นของผลผลิตอ้อยอยู่ในช่วงระหว่าง 20 และ 16 กิโลกรัมต่อไร่ต่อไร่ของปุ๋ยไนโตรเจนที่ใช้ สำหรับการผลิตอ้อยทั้งสองพันธุ์แบบใช้น้ำชลประทานอ้อย อู่ทอง 2 และอ้อยพันธุ์ K84-200 ทำให้ผลผลิตอ้อยทั้งสองพันธุ์เพิ่มขึ้น 290 และ 254 กิโลกรัมต่อไร่ต่อไร่ของปุ๋ยไนโตรเจนตามลำดับ

การจำลองระบบการผลิตอ้อยโดยใช้วิธีการนี้ขึ้นในสภาวะการณ์ที่ภูมิอากาศเปลี่ยนแปลงการรักษและการเพิ่มผลผลิตอ้อยในทั้งสองระบบนิเวศควรใช้ทั้งสองแนวทางในการใช้ปุ๋ยพืชแบบบูรณาการ (Integrated

Table 4 Simulated sugarcane yield (kg/rai) averaged over 20 years period (2549-2568 or 2006-2025) at Khon Kaen and Chiang Mai, using weather data from CCAM model.

	Rainfed		Irrigated	
	N-fertilizer rate (kg/rai)		N-fertilizer rate (kg/rai)	
	0	20	0	20
----- kg/rai -----				
Khon Kaen				
U-thong 2	5,428	6,876	14,750	20,889
K84-200	5,388	7,049	13,601	19,246
Chiang Mai				
U-thong 2	3,524	3,848	18,706	24,512
K84-200	3,522	3,922	17,459	22,542
RMSE	1,131.44		5,681.11	

Nutrients Management System: INMS) กล่าวคือควรใช้ทั้งปุ๋ยพืชสดร่วมกับปุ๋ยเคมีในอัตราที่เกษตรกรสามารถปฏิบัติได้ และเหมาะสมต่อความต้องการและสภาพแวดล้อมที่ต้องการด้วย ในกรณีที่เกษตรกรสามารถผลิตปุ๋ยพืชสดได้เองจะทำให้การพึ่งพาปุ๋ยเคมีลดลงด้วย

อย่างไรก็ตาม การเพิ่มขึ้นของระดับอุณหภูมิอากาศทำให้การระบาดของโรค-แมลงศัตรูอ้อยเพิ่มขึ้น และอาจมีความรุนแรงมากขึ้น แต่แบบจำลองอ้อย DSSAT-CANEGRO รุ่นปัจจุบันยังไม่ได้นำเอาปัจจัยดังกล่าวเข้ามาประกอบการคำนวณผลผลิตอ้อย ซึ่งต้องมีการพัฒนาต่อไป

สรุปและวิจารณ์

การใช้แบบจำลองอ้อยซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของโปรแกรม DSSAT 3.5 และแบบจำลองภูมิอากาศ CCAM สามารถจำลองและประเมินผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่อาจจะเกิดขึ้นกับการผลิตอ้อยได้ โดยใช้วิธีการที่สองและสามดังที่กล่าวในตอนต้น ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าการผลิตอ้อยในสองระบบนิเวศได้รับผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ ในระหว่างปี พ.ศ. 2549-2563 ระบบการผลิตอ้อยของทั้งสองจังหวัดมีแนวโน้มที่จะได้ผลผลิตไม่น้อยกว่าช่วงที่ผ่านมา และพบว่ามีปริมาณน้ำฝนมากกว่าระดับที่เคยได้รับ อย่างไรก็ตามแบบจำลองอ้อยยังต้องได้รับการพัฒนาเพิ่มเติมเพื่อให้สามารถคาดการณ์ผลผลิตของระบบการผลิตอ้อยโดยพิจารณาผลผลิตของก๊าซเรือนกระจก เช่น ก๊าซมีเทน ผลผลิตของโรคแมลงในภาวะอากาศอนาคต และพัฒนาการของพันธุ์อ้อยในอีก 20 ปีข้างหน้า

ข้อจำกัดของแบบจำลองภูมิอากาศ CCAM

แบบจำลองภูมิอากาศ CCAM เป็นแบบจำลองที่มีขนาดของตารางพื้นผิวโลกในแนวนอนขนาด 1.875°EW x 1.875°NS (lat. x long.) ยังต้องปรับปรุงให้มีความละเอียดเพิ่มขึ้นโดยวิธีการทางสถิติ นอกจากนี้

ยังมีความไม่แน่นอนเกี่ยวกับการคาดการณ์อัตราการเปลี่ยนแปลงของบรรยากาศโลก กระบวนการเคลื่อนที่ของความร้อนในมหาสมุทรเป็นส่วนสำคัญที่ต้องทำการศึกษาเพิ่มเติมในด้านวิทยาศาสตร์เพื่อนำองค์ความรู้ที่ได้มาใช้ในการปรับปรุงแบบจำลอง นอกจากนี้การใช้ scenario 2 ซึ่งให้มีการเพิ่มขึ้นของความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์อย่างทันทีในปี พ.ศ. 2549 (2006) นั้นอาจจะไม่สะท้อนความเป็นจริง เนื่องจากความเข้มข้นของก๊าซเรือนกระจกในชั้นบรรยากาศเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องและค่อยเป็นค่อยไป

ข้อจำกัดของแบบจำลองอ้อย DSSAT-CANEGRO

แบบจำลองอ้อย DSSAT-CANEGRO รุ่นที่ใช้งานเป็นรุ่น 3.5 เป็นแบบจำลองกระบวนการต่างๆ ที่เกิดในพืชและดิน เป็นแบบจำลองที่พิจารณากระบวนการผลิตเป็นจุด (point-based) กล่าวคือเป็นแปลงผลิตพืช-อ้อยที่มีความสม่ำเสมอในด้านการจัดการผลิต สภาพทางเคมีและกายภาพของดิน นอกจากนี้ในแบบจำลองยังต้องพัฒนากระบวนการที่ช่วยการจำลองพลวัตของธาตุอาหารพืชอีกหลายตัวที่สำคัญ เช่น พลวัตของธาตุฟอสฟอรัส และธาตุโปแตสเซียม เป็นต้น โดยเฉพาะในสภาพการผลิตที่มีปริมาณน้ำฝนมากขึ้นกว่าในปัจจุบัน ซึ่งคาดว่าจะมีการระบายน้ำสูงกว่าระดับปัจจุบันหลายเท่าตัว รวมทั้งพลวัตและการเปลี่ยนแปลงของสภาพการระบาดของโรคแมลงศัตรูอ้อย

คำขอบคุณ

ผศ.ดร. อานนท์ สนิทวงศ์ ณ อยุธยา และ START (Global Change SysTem for Analysis, Research and Training มีรายละเอียดที่เว็บไซต์ <http://www.start.or.th>) ที่ช่วยประสานงานด้านข้อมูลกับ Dr. John McGregor ณ ศูนย์วิจัยบรรยากาศของ CSIRO คุณครินทิพย์ พรหมฤทธิ์ช่วยเตรียมข้อมูลการผลิตอ้อยในสองจังหวัดจากเอกสารและเว็บไซต์ของสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร และคุณปรางกร ศรีงาม เพิ่มความสามารถในการแปลงข้อมูลอากาศที่ได้จากแบบจำลองอากาศ CCAM ให้อยู่ในรูปแบบของ ICASA โดยใช้โปรแกรม WeaData 1.0

เอกสารอ้างอิง

- ปราชญ์ ศรีงาม และอรรถชัย จินตะเวช. 2545. คู่มือการใช้งานโปรแกรมจัดการข้อมูลภูมิอากาศ WeaData 1.0. หน้า 353-384. ใน อรรถชัย จินตะเวชและ ศรีนทิพย์ พรหมฤทธิ์ (บรรณาธิการ). รายงานฉบับสมบูรณ์ โครงการวิจัยการประมาณผลผลิตด้วยแบบจำลองคอมพิวเตอร์. ศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตทางเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.
- อรรถชัย จินตะเวช, วินัย ศรีวัด, ก้อนทอง พวงประโคน, หัสไชย บุญจง, เกริก ปั่นเหล่งเพชร, พนมศักดิ์ พรหมบุญ และปรีชา พรหมณีย์. 2544. แบบจำลองระบบการผลิตพืชกับงานวิจัยระบบการทำฟาร์ม. เอกสารเสนอในการสัมมนาระบบเกษตรแห่งชาติ ครั้งที่ 1 กรุงเทพฯ 15-17 พ.ย. 2543.
- Gordon, H.B., and S.P. O'Farrell. 1997. Transient climate change in the CSIRO global coupled model with dynamical sea ice. *Mon. Wea. Rev.* 125: 875-907.
- Gordon, H.B., L.D. Rotstayn, J.L. McGregor, M.R. Dix, E.A. Kowalczyk, S.P. O'Farrell, L.J. Waterman, A.C. Hirst, S.G. Wilson, M.A. Collier, I.G. Watterson, and T.I. Elliott. 2002. The CSIRO CCAM Climate System Model. CSIRO Atmospheric Research Tech. Paper No. 60. 134 pp.
- Hansen, J., I. Fung, A. Lacis, D. Rind, S. Lebedeff, R. Ruedy, and G. Russell. 1988. Global climate changes as forecast by Goddard Institute for space studies three-dimensional model. *J. Geophys. Res.* 93: 9341-9364.
- Hoogenboom, G., J.W. Jones, C.H. Porter, P.W. Wilkens, K.J. Boote, W.D. Batchelor, L.A. Hunt, and G.Y. Tsuji. 2003. Decision Support System for Agrotechnology Transfer Version 4.0. Volume 1: Overview. University of Hawaii, Honolulu, Hawaii.
- Houghton, J., and D. Yihui. 2001. Climate Change 2001: The Scientific Basis. Cambridge University Press, New York.
- IPCC, 2001. Climate Change 2001: Synthesis Report. A Contribution of Working Groups I, II, and III to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Watson, R.T. and the Core Writing Team (eds.)]. Cambridge University Press, NY.
- Lal, M., K. K. Singh, L. S. Rathore, G. Srinivasan, and S. A. Saseendran. 1998. Vulnerability of sugarcane and wheat yields in NW India to future changes in climate. *Agricultural and Forest Meteorology*. 89: 101-114.
- Matthews, R. B., M. J. Kropff, T. Horie, and D. Bachelet. 1997. Simulating the impact of climate change on rice production in Asia and evaluating options for adaptation. *Agricultural Systems*. 54: 399-425.
- Olszyk, D.M., H. G. S. Centeno, L. H. Ziska, J. S. Kern, and R. B. Matthews. 1999. Global climate change, sugarcane productivity and methane emissions: Comparison of simulated and experimental results. *Agricultural and Forest Meteorology*. 97: 87-101.
- Ritchie, J.T. 1998. Soil water balance and plant water stress, p. 41-54. In: G.Y. Tsuji, G. Hoogenboom, and P.K. Thornton. (eds.). *Understanding Options for Agricultural Production*. Kluwer Aca. Pub., London.
- Tsuji, G.Y., G. Uehara, and S. Balas. 1994. DSSAT v3. University of Hawaii, Honolulu, Hawaii.
- van Vuuren, D.P., and H.J.M. de Vries. 2002. Mitigation scenarios in a world oriented at sustainable development: the role of technology, efficiency and timing. *Climate Policy* 1:189-210.
- Wetherald, R.T., and S. Manabe. 1988. Cloud feedback processes in a general circulation model. *J. Atmos. Sci.* 45: 1397-1415.
- Wilson, C.A., and J.F.B. Mitchell. 1987. A doubled CO2 climate sensitivity experiment with a GCM including a simple ocean. *J. Geophys. Res.* 92: 13315-13343. Available at: <http://www.oae.go.th/>