

**ผลกระทบของความหลากหลายของสภาพแวดล้อมต่อการผลิตอ้อยในภาคเหนือ
และภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย**

**The Effects of Environmental Variability on Sugarcane Production in the North
and the Northeast of Thailand**

ปรีชา กาเพชร^{1/}

ทักษิณา คັນสยะวิชัย^{1/}

กอบเกียรติ ไพศาลเจริญ^{1/}

Preecha Kapetch^{1/}

Taksina Sansayawichai^{1/}

Kobkiat Pisancharoen^{1/}

ABSTRACT

Environmental aspects e.g. soil type and weather directly affects plant production. Sugarcane is an important economic crop in Thailand. Planting areas are scattering around the sugar mill. The impacts of diverse environments on yield of sugarcane in the North and the Northeast of Thailand were evaluated. Soil group classification data from Department of Land Development and regional daily weather data from ECHAM were used. Data from the years 2010-2039 of the area of 20 x 20 km predicted by PRECIS were used as input for the evaluation by using CANEGRO model in DSSAT program. Results showed that sugarcane planting areas in the North and Northeast of Thailand were influenced by 1079 and 1980 environmental factors, respectively. It was found that diverse environmental aspects, both spatial and temporal factors, greatly affected sugarcane yield. Spatial variables are soil and weather factors while temporal variables are the variations of rainfall. Zoning of sugarcane production areas as well as irrigation would not decrease yield variations in all environments. However, yield variations decreased by adequate application of water in each environment. Results indicated that interactions between water and soil property were the main effects in sugarcane yield variations. To minimize yield variation in sugarcane, it is necessary to improve irrigation and develop drought tolerant varieties with higher water use efficiency.

^{1/} ศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น, 40000 โทรศัพท์ 0-4320-3508 แฟกซ์ 0-4320-3505

^{1/} KhonKaen Field Crops Research Center, Mueng, KhonKaen 40000, Thailand.

Tel. +66 (0) 4320 3508 Fax. +66 (0) 4320 3505

Key words: environmental factors, sugarcane planting areas, sugarcane yield variations, diverse environmental aspects

บทคัดย่อ

สภาพแวดล้อมมีผลโดยตรงต่อการผลิตพืช โดยเฉพาะอย่างยิ่งความแตกต่างของชนิดดินและสภาพภูมิอากาศ อ้อยซึ่งถือเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศและมีพื้นที่ปลูกกระจายอยู่ทั่วไปตามที่ตั้งของโรงงานน้ำตาล จึงได้ประเมินผลกระทบจากความหลากหลายของสภาพแวดล้อมต่อการผลิตอ้อยในพื้นที่ปลูกภาคเหนือ และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โดยใช้ข้อมูลกลุ่มชุดดินจากกรมพัฒนาที่ดิน และข้อมูลภูมิอากาศรายวันในอนาคตจากแบบจำลองภูมิอากาศโลก ECHAM4 ซึ่งประเมินภูมิอากาศในระดับภูมิภาคโดยแบบจำลอง PRECIS ที่มีรายละเอียดเชิงพื้นที่ของการประเมิน 20x20 กิโลเมตร จากปี 2553-2583 เป็นตัวบ่อนของแบบจำลอง DSSAT พบว่า สภาพแวดล้อมของการผลิตอ้อยในภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือประกอบด้วย 1,079 และ 1,980 สภาพแวดล้อมตามลำดับ ทั้งในพื้นที่ภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ พบว่าความหลากหลายของสภาพแวดล้อมทำให้ผลผลิตอ้อยมีความแปรปรวนสูงทั้งในเชิงพื้นที่และเชิงเวลา ความแปรปรวนเชิงพื้นที่เกิดจากแตกต่างของชนิดดินและภูมิอากาศ ส่วนความแปรปรวนเชิงเวลาเกิดจากความแปรปรวนของปริมาณน้ำฝน การแบ่งเขตการผลิตอ้อยตามความหนาแน่นของ

พื้นที่ปลูกไม่ทำให้ความแปรปรวนของผลผลิตอ้อยเชิงพื้นที่และเชิงเวลาลดลง เช่นเดียวกันกับการให้น้ำในปริมาณและจำนวนครั้งเท่ากันทุกสภาพแวดล้อม แต่หากให้น้ำโดยวิธีการให้เพียงพอกับความต้องการของแต่ละสภาพแวดล้อม ทำให้ความแปรปรวนลดลง บ่งชี้ว่าปฏิสัมพันธ์ของน้ำและชนิดดินเป็นตัวแปรสำคัญที่ทำให้เกิดความแปรปรวนของผลผลิตอ้อย แนวทางการลดความแปรปรวนของผลผลิตอ้อยทำได้โดยการพัฒนาการระบบการให้น้ำให้เพียงพอตลอดฤดูปลูกในแต่ละสภาพแวดล้อม รวมถึงการคัดเลือกหาพันธุ์ทนแล้งหรือมีประสิทธิภาพการใช้น้ำสูง

คำหลัก: ปัจจัยสภาพแวดล้อม, พื้นที่ปลูกอ้อย, ความผันแปรของผลผลิตอ้อย, ความหลากหลายของสภาพแวดล้อม

คำนำ

การผลิตอ้อยขึ้นอยู่กับปัจจัยหลัก 3 ประการ ได้แก่ พันธุ์ สภาพแวดล้อม และการจัดการ ปัจจัยด้านพันธุ์ และการจัดการเป็นปัจจัยที่สามารถควบคุมได้ ส่วนสภาพแวดล้อมซึ่งได้แก่ ชนิดของดิน และสภาพภูมิอากาศ เป็นปัจจัยที่เกษตรกรไม่สามารถควบคุมได้ และในขณะเดียวกันเป็นปัจจัยที่มีความหลากหลายเนื่องจากจะมีการเปลี่ยนแปลงอย่างต่อเนื่อง ทั้งในเชิงเวลาและสถานที่ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศที่ส่งผลกระทบต่อภาคการเกษตร ทั้งนี้การเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศเกิดขึ้นในหลายมิติ ได้แก่

1) การเปลี่ยนแปลงในเชิงปริมาณ เช่น ปริมาณน้ำฝนเพิ่มขึ้นหรือลดลง 2) การเปลี่ยนแปลงในเชิงพื้นที่ กล่าวคือ มีความแตกต่างกันไปในแต่ละพื้นที่ 3) การเปลี่ยนแปลงในเชิงเวลา ได้แก่ การขยับเลื่อนของฤดูกาล และ 4) การเปลี่ยนแปลงค่าสูงสุด-ต่ำสุดของลักษณะอากาศ ซึ่งการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวอาจไม่ส่งผลกระทบต่อค่าเฉลี่ย แต่อาจจะเกินขีดจำกัดที่พืชบางชนิดอาจทนรับได้ (ศุภกรและคณะ, 2552) และจากการศึกษาของ สมชายและคณะ (2552) พบว่า การเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศโลกส่งผลต่อการผลิตพืชไร่แตกต่างกันไป ขึ้นอยู่กับชนิดของพืช และมีความรุนแรงแตกต่างกันไปตามพื้นที่ โดยมีข้อเสนอแนะว่าควรมีการเตรียมพร้อมเพื่อรับมือกับผลที่จะเกิดขึ้นดังกล่าว การประเมินผลกระทบจากความหลากหลายของสภาพแวดล้อมจากการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศต่อการผลิตอ้อยจึงมีความจำเป็น เพื่อความมั่นคงทางอาหาร พลังงาน และความยั่งยืนของระบบนิเวศน์ในอนาคต เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศโดยเฉพาะอย่างยิ่งการเพิ่มขึ้นของคาร์บอนไดออกไซด์จะมีผลกระทบต่อระบบการผลิตพืชโดยตรง (IPCC, 2007) และเนื่องจากความสัมพันธ์ของสภาพภูมิอากาศและผลผลิตพืชมีลักษณะไม่เป็นเส้นตรงที่คาดคะเนได้ ดังนั้น จึงมีการพัฒนาและประยุกต์ใช้แบบจำลองอย่างแพร่หลาย เพื่อช่วยให้สามารถเตรียมการวางแผนรับมือกับผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นได้อย่างมีประสิทธิภาพซึ่ง Tubiello *et al.* (2007) ได้วิเคราะห์และสรุปว่า การตอบสนอง

ของพืชต่อการเพิ่มขึ้นของ CO₂ ใน FACE และ NON-FACE experiment นั้นไม่ได้แตกต่างกัน และนอกจากนี้แบบจำลองที่พัฒนาขึ้นก็ยังสามารถจำลองผลที่พบใน FACE experiment ได้และได้มีการนำเอาแบบจำลองไปใช้แล้วในหลายๆ กรณี เช่น Anwar *et al.* (2007) ได้ใช้ CCAM-CropSyst ประเมินผลกระทบของภาวะโลกร้อนต่อผลผลิตข้าวสาลีในประเทศออสเตรเลียในช่วงปี 2000-2070 พบว่า ผลผลิตข้าวสาลีจะลดลง 25-29% จากปัจจุบัน Guo *et al.* (2010) ได้จำลองการตอบสนองของข้าวสาลีและข้าวโพดต่อการเปลี่ยนแปลงของสภาพอากาศโลกภายใต้ SRES A2A B2A และ A1B โดยใช้แบบจำลองภูมิอากาศ HadCM3 เชื่อมต่อกับแบบจำลองพืช CERES-Wheat and Maize และพบว่าผลผลิตของข้าวสาลีจะเพิ่มขึ้นในขณะที่ผลผลิตของข้าวโพดลดลง แต่ประสิทธิภาพการใช้น้ำของพืชทั้งสองจะเพิ่มขึ้น หรือการศึกษาของ Masutomi *et al.* (2009) ที่ได้ประเมินผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศภายใต้ SRES A2 A1B และ B1 โดยใช้ข้อมูลภูมิอากาศจาก GCMs มากกว่า 14 แบบจำลองเป็นข้อมูลนำเข้าให้แบบจำลองพืช M-GAEZ และพบว่าผลผลิตข้าวใน เอเชียจะมีโอกาสลดลงมากในช่วงปีค.ศ. 2020 มากกว่าในอนาคตที่ไกลมากขึ้นในช่วงปีค.ศ. 2080 ในช่วงปีค.ศ. 2080 ผลผลิตข้าวจะลดลงมากภายใต้ SRES A2 ในขณะที่ SRES B1 มีผลกระทบค่อนข้างน้อยทั้งในแง่ของผลผลิตเฉลี่ยและโอกาสของความเป็นไปได้ในประเทศไทย Babel *et al.* (2011) ได้ใช้

แบบจำลอง DSSAT จำลองผลผลิตข้าวในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยภายใต้สภาพการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศโลก พบว่าผลผลิตจะลดลง 18% ในช่วงปีค.ศ. 2020-2029 28% ในช่วงปีค.ศ. 2050-59 และ 24% ในช่วงปีค.ศ. 2080-89 เกริกและคณะ (2552) ได้ทำการศึกษาผลกระทบของสภาวะโลกร้อนต่อการปลูกพืช 4 ชนิดในประเทศไทยโดยใช้ข้อมูลสภาพภูมิอากาศในอนาคต ปี 1980-2099 จากการประเมินโดยแบบจำลองภูมิอากาศ ECHAM 4 ภายใต้ SRES A2 B2 และ A2B ร่วมกับแบบจำลองพืชในโปรแกรม DSSAT พบว่าผลกระทบในระยะยาวจากภาวะโลกร้อน ไม่มีผลกระทบที่รุนแรงต่อผลผลิตพืช ยกเว้นมันสำปะหลัง แต่ผลกระทบทางอ้อมต่อความแปรปรวนของสภาพอากาศ ทำให้ผลผลิตมีความแปรปรวนรายปีสูง ดังนั้นโดยภาพรวมผลผลิตจะไม่เปลี่ยนแปลงมากนักแต่บางพื้นที่จะได้รับผลกระทบในระดับที่วิกฤต

อ้อยซึ่งถือเป็นพืชเศรษฐกิจหลักของประเทศ ในช่วงปี 2548-2552 มีพื้นที่ปลูกประมาณ 6.5 ล้านไร่ พื้นที่ปลูกในแต่ละปีไม่แน่นอนมีความแปรปรวนค่อนข้างสูงและมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นในปัจจุบัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับราคาของปัจจัยการผลิต ผลผลิต พืชแข่งขัน รวมถึงสภาพแวดล้อมและภัยธรรมชาติต่างๆ ที่เกิดขึ้นด้วยจึงได้ประเมินผลกระทบของความหลากหลายของสภาพแวดล้อมที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศต่อผลผลิตของอ้อย และวิเคราะห์สาเหตุในรายละเอียดของผลกระทบดังกล่าว

อุปกรณ์และวิธีการ

1. การสร้างสภาพแวดล้อมการผลิตอ้อย

สภาพแวดล้อมที่นำมาใช้สำหรับการวิเคราะห์ครั้งนี้คือชนิดดินและสภาพภูมิอากาศ ใช้ข้อมูลแผนที่ชุดดินที่ได้จากกรมพัฒนาที่ดิน (2543) และใช้ข้อมูลภูมิอากาศรายวัน พ.ศ. 2553-2583 ภายใต้สภาพของการใช้พลังงานของโลก SRES A2 ซึ่งได้จากการประเมินของแบบจำลองภูมิอากาศระดับภูมิภาค (regional climate model GCM) PRECIS (Jones *et al.*, 2004) ที่มีรายละเอียดเชิงพื้นที่ของการประเมินเท่ากับ 20x20 กม. การประเมินของแบบจำลอง PRECIS นั้นได้ใช้ข้อมูลของ boundary condition จากแบบจำลองภูมิอากาศระดับโลก (global climate model) ECHAM 4 (Roeckner *et al.*, 1996) จากสถาบัน SEA START RC จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ตัดแผนที่ดินและแผนที่อากาศด้วยแผนที่ขอบเขตการปกครองของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ จากนั้นซ้อนทับแผนที่ดิน กับแผนที่ภูมิอากาศ ผลที่ได้เรียกว่าสภาพแวดล้อมของการผลิตอ้อย (Simulation mapping unit) โดยแต่ละหน่วยของสภาพแวดล้อมนั้นจะมีลักษณะเฉพาะที่ประกอบด้วยดินเดี่ยวและภูมิอากาศเดี่ยว นำแผนที่สภาพแวดล้อมที่ได้มาซ้อนทับกับข้อมูลพื้นที่ปลูกอ้อยของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ผลลัพธ์ที่ได้จากขั้นตอนนี้คือสภาพแวดล้อมของพื้นที่ปลูกอ้อยในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ในภาคเหนือก็ดำเนินการตามขั้นตอนเช่นเดียวกัน

2. การจำลองผลผลิตอ้อย

ใช้แบบจำลอง Canegro ที่อยู่ในโปรแกรม DSSAT (Hoogenboom *et al.*, 2004) ซึ่งข้อมูล input ที่สำคัญได้แก่ 1) ข้อมูลการจัดการ ซึ่งใช้ตามคำแนะนำของกรมวิชาการเกษตร โดยปลูกเป็นแถว ใช้ท่อนพันธุ์ อัตรา 5 ต้น/ตร.ม. ไม่ขาดปุ๋ยไนโตรเจน ปลูกวันที่ 10 ตุลาคม และเก็บเกี่ยวในวันที่ 15 มกราคม 2) ข้อมูลพันธุ์พืช ใช้อ้อยพันธุ์เค84-200 (ทักษิณาและคณะ, 2550) 3) ข้อมูลสภาพภูมิอากาศ และ 4) ข้อมูลชนิดดิน ซึ่งทั้งสภาพภูมิอากาศและชนิดดิน ใช้ข้อมูลจากสภาพแวดล้อมที่ได้ขั้นตอนการสร้างสภาพแวดล้อม เมื่อได้ข้อมูล input แล้ว จำลองการผลิตอ้อยแบบอาศัยน้ำฝนทุกๆ หน่วยของสภาพแวดล้อม 30 ปี ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2553-2583 เก็บผลผลิตที่ได้จากการจำลอง เพื่อนำไปวิเคราะห์ความแปรปรวน ทั้งในเชิงพื้นที่และเชิงเวลาต่อไป

3. การวิเคราะห์ความแปรปรวน

ในการวิเคราะห์ความแปรปรวนของผลผลิต แบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ ความแปรปรวนเชิงพื้นที่ (spatial variation) และความแปรปรวนเชิงเวลา (temporal variation) วิเคราะห์ความแปรปรวนในรูปของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation) ดังนี้

ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของผลผลิตเชิงพื้นที่ ที่เกิดขึ้นในปี t (σ_t spatial variation) คำนวณดังนี้

$$\sigma_t = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_{i,t} - y_t^*)^2}{n-1}}, \text{ เมื่อ } y_t^* \text{ ในที่นี้ เป็น}$$

ผลผลิตเฉลี่ยของผลผลิตในปี t

และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของผลผลิตเชิงเวลา ที่เกิดขึ้นระหว่าง พ.ศ. 2553-2583 (σ_i temporal variation) คำนวณ ดังนี้

$$\sigma_i = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^d (y_{i,t} - y_i)^2}{d-1}}, \text{ เมื่อ } d = 30 \text{ และ } y_i \text{ คือ ค่าเฉลี่ยของ พ.ศ. 2553-2583}$$

4. การวิเคราะห์สาเหตุของความแปรปรวนเชิงพื้นที่

ความแปรปรวนที่เกิดจากความแตกต่างของพื้นที่ เกิดขึ้นได้ 2 กรณี ได้แก่ ความแปรปรวนของผลผลิตที่เกิดจากความแตกต่างของสภาพภูมิอากาศในแต่ละปี และความแปรปรวนที่เกิดจากความแตกต่างของชนิดดินที่ใช้ปลูก

การหาสาเหตุของความแปรปรวนเชิงพื้นที่ ที่มีสาเหตุมาจากการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศ ทำได้โดยการใช้ชนิดดิน 1 ชนิดเป็นตัวแทนนำไปใช้เป็นตัวแปรขับเคลื่อนในการจำลองของแบบจำลอง ร่วมกับกริดภูมิอากาศที่พบทั้งหมด คำนวณค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานที่เกิดจากความแตกต่างของสภาพภูมิอากาศของแต่ละปี ดังแสดงใน Table 1

จากนั้นคำนวณหาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเฉลี่ยตามสมการ

$$\overline{SD} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n SD_i, \text{ เมื่อ } n = 30$$

ในทำนองเดียวกัน การวิเคราะห์หาสาเหตุของความแปรปรวนเชิงพื้นที่ ที่มีสาเหตุมาจากการเปลี่ยนแปลงของชนิดดิน ทำได้โดย

Table 1. The method on analysis for calculation the standard deviation of spatial variability that cause from variation of weather

year	2010	2011	2012	.....	2039
Weather grid					
no. 1	S1W1	S1W1	S1W1	.....	S1W1
no. 2	S1W2	S1W2	S1W2	.....	S1W2
no. 3	S1W3	S1W3	S1W3	.....	S1W3
.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.
no. n	S1Wn	S1Wn	S1Wn	.....	S1Wn
SD	Sd1	Sd2	Sd3	.....	Sd30

S is the soil type which is the most growing area (found in sugarcane cultivation area)

Weather grid is grid that was found in sugarcane cultivation area in Northeast of Thailand since 2010 – 2039

S1W1, S1W2, S1W3,..... S1Wn issimulation mapping unit that using for input to crop model and

Sd1, sd2, sd3,,sd39 is the standard deviation that cause from variation of weather in each grid since 2010 – 2039

การใช้ชนิดสภาพภูมิอากาศจาก 1 กริด เป็นตัวแทน นำไปใช้เป็นตัวแทนขับเคลื่อนสำหรับการจำลองของแบบจำลอง ร่วมกับชนิดดินที่พบทั้งหมด เมื่อหาค่าเฉลี่ยของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานที่เกิดจากความแตกต่างของชนิดดินในแต่ละพื้นฐานซึ่งแสดงใน Table 2 แล้ว คำนวณหาค่าเฉลี่ยของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเช่นเดียวกับสมการที่ใช้คำนวณหาค่าเฉลี่ยของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของสาเหตุที่มาจาก การเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศ

5. การวิเคราะห์สาเหตุของความแปรปรวนเชิงเวลา

ความแปรปรวนของผลผลิตเชิงเวลาจะมีสาเหตุจากความแปรปรวนของสภาพภูมิอากาศ

ซึ่งข้อมูลสภาพภูมิอากาศที่นำมาใช้เป็นตัวแทนสำหรับแบบจำลองนั้น มีอยู่ด้วยกัน 3 ตัว ได้แก่ ความเข้มแสง อุณหภูมิ และปริมาณน้ำฝน ดังนั้น การวิเคราะห์สาเหตุของความแปรปรวนของผลผลิต ที่เกิดจากความแปรปรวนของสภาพภูมิอากาศ ทำได้โดยการเปลี่ยนค่าพารามิเตอร์ของภูมิอากาศ ได้แก่ น้ำฝน อุณหภูมิสูงสุดต่ำสุด และแสง โดยให้ปี 2010 เป็นปีฐานในการจำลองการเจริญเติบโต โดยแบ่งสาเหตุของความแปรปรวนของผลผลิตเชิงเวลาได้เป็น 6 แหล่งที่มา ได้แก่

1) สาเหตุจากความแปรปรวนของความเข้มแสงรายวัน ใช้ข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายวันและอุณหภูมิรายวันของปี 2010 เท่านั้น ส่วนข้อมูลความเข้มแสงรายวันใช้ข้อมูล ปีพ.ศ. 2553-2583

Table 2. The method of analysis for calculate the standard deviation of spatial variability that cause from variation of soil type.

year	2010	2011	2012	.....	2039
Soil type					
Soil 1	S1W1	S1W1	S1W1	.....	S1W1
Soil 2	S2W1	S2W1	S2W1	.....	S2W1
Soil 3	S3W1	S3W1	S3W1	.....	S3W1
.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.
Soil n	SnW1	SnW1	SnW1	.....	SnW1
SD	Sd1	Sd2	Sd3	.....	Sd30

W is weather grid represent 1 grid that has the most growing area in sugarcane production.

Soil type is all types in sugarcane growing area in Northeast of Thailand.

S1W1, S1W2, S1W3,..... S1Wn issimulation mapping unit that using for input to crop model and

Sd1, sd2, sd3,sd39 is the standard deviation that cause from the variation of soil type since 2010 – 2039

2) สาเหตุจากความแปรปรวนของอุณหภูมิรายวัน ใช้ข้อมูลความเข้มแสงรายวันและปริมาณน้ำฝนรายวันของปี 2010 เท่านั้น ส่วนข้อมูลอุณหภูมิรายวันใช้ข้อมูล ปี พ.ศ. 2553-2583

3) สาเหตุจากความแปรปรวนของปริมาณน้ำฝนรายวัน ใช้ข้อมูลความเข้มแสงรายวันและอุณหภูมิรายวันของปี 2010 เท่านั้น ส่วนข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายวันใช้ข้อมูล ปี พ.ศ. 2553-2583

4) สาเหตุจากความแปรปรวนของความเข้มแสงรายวันและอุณหภูมิรายวัน ใช้ข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายวันของปี 2010 เท่านั้น ส่วนข้อมูลความเข้มแสงรายวันและอุณหภูมิรายวันใช้ข้อมูล ปี พ.ศ. 2553-2583

5) สาเหตุจากความแปรปรวนของความ

เข้มแสงรายวันและปริมาณน้ำฝนรายวัน ใช้ข้อมูลอุณหภูมิรายวันของปี 2010 เท่านั้น ส่วนข้อมูลความเข้มแสงรายวันและปริมาณน้ำฝนรายวันใช้ข้อมูล ปี พ.ศ. 2553-2583

6) สาเหตุจากความแปรปรวนของอุณหภูมิรายวันและปริมาณน้ำฝนรายวัน ใช้ข้อมูลความเข้มแสงรายวันของปี 2010 เท่านั้น แต่ข้อมูลอุณหภูมิรายวันและปริมาณน้ำฝนรายวันใช้ข้อมูล ปี พ.ศ. 2553-2583

6. การวิเคราะห์แนวทางการลดความแปรปรวนเชิงพื้นที่

6.1 การแบ่งเขตการผลิต

ใช้หลักการแบ่งตามความหนาแน่นของ

พื้นที่ปลูก โดยการซ้อนทับข้อมูลพื้นที่ปลูกอ้อย กับข้อมูลสภาพภูมิอากาศแบบกริดขนาด 20x20 ตร.กม. จากนั้น หาความหนาแน่นของพื้นที่ปลูกอ้อยต่อกริด และตัดเอาพื้นที่ที่มีความหนาแน่นน้อยต่อกริดออก จนเห็นเป็นเขตการผลิตชัดเจน แล้วจำลองผลผลิตอ้อยในแต่ละเขตการผลิต และวิเคราะห์หาความแปรปรวนของผลผลิตในแต่ละเขต

6.2 การให้น้ำเสริมแก้อ้อย

จำลองการให้น้ำแก้อ้อย ตามความต้องการของแต่ละสภาพแวดล้อม โดยจะให้น้ำเมื่อแต่ละสภาพแวดล้อมมีปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์ในดินลดลงเหลือ 50% ของความจุน้ำที่เป็นประโยชน์ จะมีการให้น้ำเพิ่มเป็น 100%

เวลาดำเนินการเดือนตุลาคม ปี พ.ศ. 2554 - ธันวาคม พ.ศ. 2556 สถานที่ดำเนินการ พื้นที่ปลูกอ้อยภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคเหนือ

ผลการศึกษาและวิจารณ์

สภาพแวดล้อมการผลิตและความแปรปรวน

1. พื้นที่ปลูกอ้อยภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

มีพื้นที่ปลูกในปี พ.ศ. 2552-2553 ประมาณ 2.6 ล้านไร่ (Figure 1) เมื่อซ้อนทับกับข้อมูลกลุ่มชุดดินและสภาพภูมิอากาศแล้ว พบว่าประกอบด้วย 1,980 สภาพแวดล้อม 36 กลุ่มชุดดิน และ 263 กริดภูมิอากาศ จากการจำลองผลผลิตอ้อยในปี 2553-2583 พบว่า ผลผลิตอ้อยมีค่าเฉลี่ย 17.6 ตัน/ไร่ ความแปรปรวนของผลผลิตเชิงพื้นที่มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 3.3 ตันต่อไร่

ความแปรปรวนของผลผลิตเชิงเวลา มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 1.8 ตัน/ไร่ (Figure 2) ความแปรปรวนเชิงพื้นที่ดังกล่าว เมื่อนำไปวิเคราะห์ในรายละเอียด พบว่าความแตกต่างของชนิดดินทำให้มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของผลผลิตเท่ากับ 3.8 ตัน/ไร่ และความแตกต่างของสภาพภูมิอากาศทำให้มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของผลผลิตเท่ากับ 2.1 ตัน/ไร่

2. พื้นที่ปลูกอ้อยภาคเหนือ

พื้นที่ปลูกอ้อยภาคเหนือมีพื้นที่ปลูกในปี พ.ศ. 2552-2553 ประมาณ 1.4 ล้านไร่ (Figure 3) เมื่อซ้อนทับกับแผนที่กลุ่มชุดดินและสภาพภูมิอากาศแล้ว พบว่าประกอบด้วย 1,079 สภาพแวดล้อม 37 กลุ่มชุดดิน และ 125 กริดภูมิอากาศ จากการจำลองผลผลิตอ้อยในปี

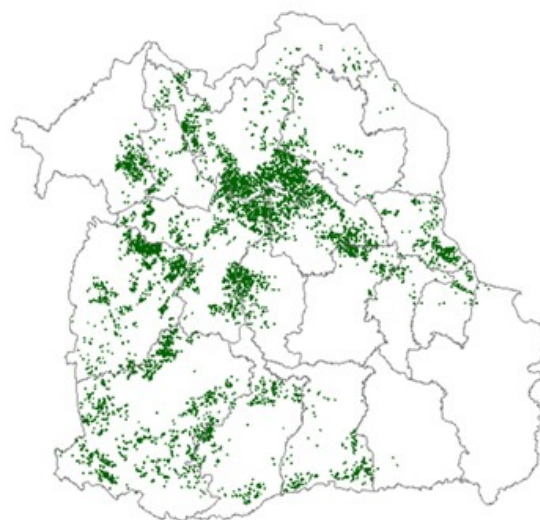


Figure 1. Sugarcane growing areas in the Northeast of Thailand in 2009/2010

Source : Official of Sugarcane and Sugar 2011

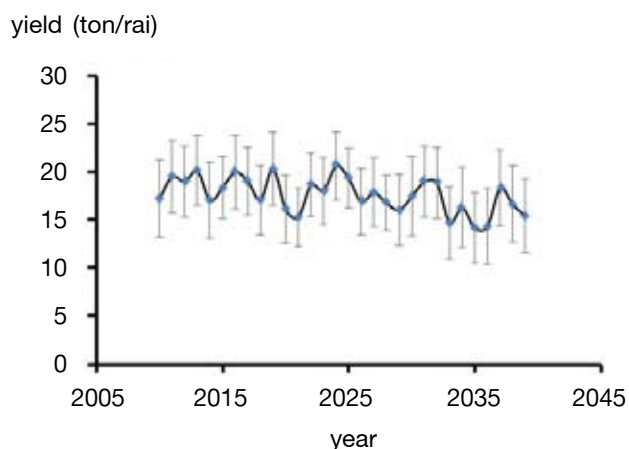


Figure 2. Average of sugarcane yield and standard deviation between simulation mapping unit of sugarcane planting areas in the Northeast of Thailand since 2010-2039

พ.ศ. 2553-2583 พบว่าผลผลิตอ้อยมีค่าเฉลี่ย 13.5 ตัน/ไร่ มีค่าความแปรปรวนของผลผลิตเชิงพื้นที่ที่มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 2.5 ตัน/ไร่ และมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของความแปรปรวนของผลผลิตเชิงเวลา เท่ากับ 4.2 ตัน/ไร่ (Figure 4) ความแปรปรวนเชิงพื้นที่ดังกล่าว เมื่อนำไปวิเคราะห์ในรายละเอียด พบว่าความแตกต่างของชนิดดินทำให้ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของผลผลิตมีค่าเท่ากับ 2.8 ตัน/ไร่ ความแตกต่างของสภาพภูมิอากาศทำให้มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของผลผลิตเท่ากับ 20 ตัน/ไร่

การวิเคราะห์สาเหตุที่มาจาก การเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศที่ทำให้เกิดความแปรปรวนเชิงเวลาพบว่า ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ จากการควบคุมความชื้นแสงและปริมาณน้ำฝนให้คงที่ทำให้ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

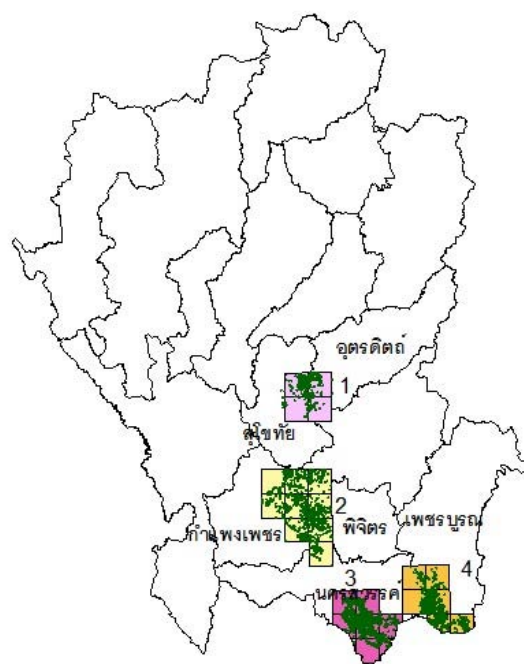


Figure 3. Sugarcane growing areas in the North of Thailand in 2009/2010

Source : Official of Sugarcane and Sugar 2011

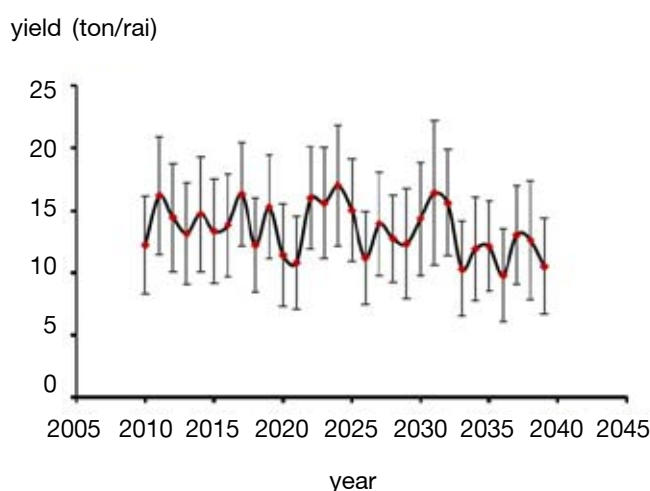


Figure 4. Average of sugarcane yield and standard deviation between simulation mapping unit of sugarcane planting areas in the North of Thailand since 2010-2039

ลดลงเหลือ 0.6 ตัน/ไร่ การควบคุมอุณหภูมิและปริมาณน้ำฝนมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของผลผลิตเท่ากับ 1.2 ตัน/ไร่ และการควบคุมปริมาณน้ำฝนอย่างเดียวมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของผลผลิตเท่ากับ 1.2 ตัน/ไร่ ขณะที่การควบคุมเฉพาะอุณหภูมิ หรือเฉพาะความชื้นแสง หรือควบคุมอุณหภูมิกับความชื้นแสงให้คงที่ ทำให้มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของผลผลิตเท่ากับ 2.2, 2.6 และ 2.4 ตัน/ไร่ ตามลำดับ สอดคล้องกับพื้นที่ปลูกในภาคเหนือที่พบว่า การควบคุมปริมาณน้ำฝนให้คงที่ได้ จะทำให้ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของผลผลิตลดลง (Table 3) จากการวิเคราะห์ถึงสาเหตุของความแปรปรวนเชิงเวลาพบว่าปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับน้ำทำให้ผลผลิตอ้อยมีความ

แปรปรวนมากที่สุด

แนวทางการลดความแปรปรวนเชิงพื้นที่

1. การแบ่งเขตการผลิต

การแบ่งเขตการผลิตตามหลักความหนาแน่นของพื้นที่ จากการตัดพื้นที่ที่มีความหนาแน่นน้อยกว่า 7% ออก ทำให้เหลือพื้นที่ศึกษาประมาณ 60% ของพื้นที่ปลูกทั้งหมด สามารถแบ่งพื้นที่ปลูกอ้อยในภาคตะวันออกเฉียงเหนือได้เป็น 15 เขต ภาคเหนือ 4 เขต (Figures 5-6) เมื่อจำลองการผลิตอ้อยในแต่ละเขตการผลิตและวิเคราะห์ความแปรปรวนของผลผลิตแล้ว พบว่าในแต่ละเขตของทั้งสองภาคยังมีความแปรปรวนของผลผลิตสูง (Tables 4-5)

Table 3. Standard deviation of mean of sugarcane yield that cause from temporal variability

Source of variation	SD of sugarcane yield (ton rai ⁻¹) (Northeast)	SD of sugarcane yield (ton rai ⁻¹) (North)
Changing daily solar radiation, daily temperature and daily rainfall	1.8	2.4
Changing only daily solar radiation		
Changing only daily temperature	1.2	0.7
Changing only daily rainfall	0.6	0.4
Changing daily solar radiation and daily temperature	2.4	2.2
Changing dailysolar radiation and rainfall	1.2	0.9
Changing dailytemperature and daily rainfall	2.2	2.3
	2.6	2.5

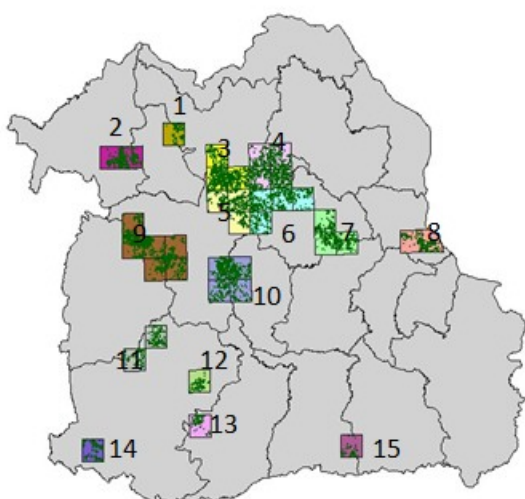


Figure 5. Zones of sugarcane growing areas in the Northeast of Thailand that separated by using density of growing area per weather grid

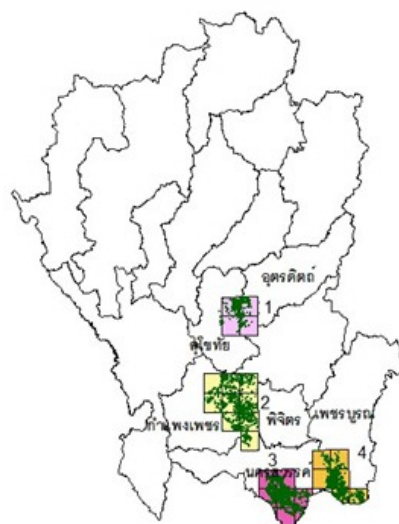


Figure 6. Zones of sugarcane growing areas in the North of Thailand that separated by using density of growing area per weather grid

Table 4. Average yields, spatial and temporal standard deviation in each zone in sugarcane production in the Northeast of Thailand

Zone	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Yield (ton/rai)	16.1	17.2	15.8	15.6	16.1	16.7	17.3	17.4	17.2	17.8	17.8	18.7	19.6	14.5	21.0
Spatial SD (ton/rai)	3.0	3.8	3.0	3.1	2.5	2.5	2.8	2.8	3.2	1.9	4.3	3.6	3.7	4.0	1.6
Temporal SD (ton/rai)	2.6	2.3	2.3	2.4	2.3	2.3	2.1	2.0	2.5	2.1	2.3	2.3	2.2	2.6	1.8

Table 5. Average yields, spatial and temporal standard deviation in each zone in sugarcane production in the North of Thailand

Zone	1	2	3	4
Yield (ton/rai)	11.9	13.7	13.5	13.2
Spatial SD ((ton/rai)	4.3	4.7	3.3	3.7
Temporal SD (ton/rai)	2.4	2.6	2.5	2.5

2. การให้น้ำเสริมแก้อ้อย

จากการจำลองการให้น้ำแก้อ้อย พบว่า ในพื้นที่ปลูกภาคตะวันออกเฉียงเหนือ การให้น้ำ

โดยวิธีการให้จำนวนครั้งและปริมาณเท่ากันทุกพื้นที่ไม่ทำให้ความแปรปรวนเชิงพื้นที่ลดลง โดยมีความแปรปรวนของผลผลิตเท่ากับ 24.4% แต่

เมื่อมีการให้น้ำตามความต้องการของแต่ละสภาพแวดล้อมพบว่าความแปรปรวนของผลผลิตลดลงเหลือ 1.4% สอดคล้องกับพื้นที่ปลูกภาคเหนือ เมื่อให้น้ำปริมาณและจำนวนเท่ากันทุกสภาพแวดล้อม มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของผลผลิตเชิงพื้นที่ เท่ากับ 2.3 ตัน/ไร่ แต่เมื่อให้น้ำตามความต้องการอย่างเพียงพอของแต่ละสภาพแวดล้อม ทำให้ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานลดลงเหลือ 1.3 ตัน/ไร่

สรุปผลการทดลอง

พื้นที่ปลูกอ้อยภาคเหนือ มีสภาพแวดล้อมการผลิต 1,980 สภาพแวดล้อมประกอบด้วย 36 ชนิดดิน และ 263 กริดภูมิอากาศ ผลผลิตเฉลี่ย เท่ากับ 17.6 ตัน/ไร่ ความแปรปรวนเชิงพื้นที่ทำให้มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของผลผลิตเท่ากับ 3.3 ตัน/ไร่ ความแปรปรวนเชิงเวลาทำให้ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของผลผลิตเท่ากับ 1.8 ตัน/ไร่ เมื่อวิเคราะห์ถึงสาเหตุของความแปรปรวน พบว่าความแปรปรวนเชิงพื้นที่เกิดจากความแตกต่างของชนิดดินทำให้ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 3.8 ตัน/ไร่ และความแตกต่างของสภาพภูมิอากาศทำให้เกิดค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของผลผลิตเท่ากับ 2.1 ตัน/ไร่ ส่วนความแปรปรวนเชิงเวลาพบว่าการเปลี่ยนแปลงของปริมาณน้ำฝนทำให้เกิดค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของผลผลิตมากที่สุด หากควบคุมปริมาณน้ำฝนได้ จะทำให้ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของผลผลิตลดลงเหลือ 0.6-1.2 ตัน/ไร่

ผลการศึกษาในพื้นที่ปลูกอ้อยภาคเหนือ

สอดคล้องกับพื้นที่ปลูกอ้อยภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โดยพื้นที่ปลูกอ้อยภาคเหนือ มีสภาพแวดล้อมการผลิต 1,079 สภาพแวดล้อมประกอบด้วย 37 ชนิดดิน และ 125 กริดภูมิอากาศ ผลผลิตเฉลี่ย 13.5 ตัน/ไร่ ความแปรปรวนเชิงพื้นที่ทำให้มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของผลผลิตเท่ากับ 2.5 ตัน/ไร่ ความแปรปรวนเชิงเวลาทำให้ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของผลผลิตเท่ากับ 4.2 ตัน/ไร่ เมื่อวิเคราะห์ถึงสาเหตุของความแปรปรวน พบว่าความแปรปรวนเชิงพื้นที่เกิดจากความแตกต่างของชนิดดินทำให้ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 2.8 ตัน/ไร่ และความแตกต่างของสภาพภูมิอากาศทำให้เกิดค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของผลผลิตเท่ากับ 2.0 ตัน/ไร่ ส่วนความแปรปรวนเชิงเวลาพบว่าการเปลี่ยนแปลงของปริมาณน้ำฝนทำให้เกิดค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของผลผลิตมากที่สุด หากควบคุมปริมาณน้ำฝนได้ ทำให้ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของผลผลิตลดลงเหลือ 0.4-0.9 ตัน/ไร่ แนวทางการลดความแปรปรวนของพื้นที่ทั้งสองภาคจึงให้ผลสอดคล้องกันตามไปด้วย กล่าวคือ การให้น้ำตามความต้องการของแต่ละสภาพแวดล้อม ทำให้ลดความแปรปรวนลงได้มากที่สุด เช่นเดียวกันกับการวิเคราะห์ถึงสาเหตุของความแปรปรวนเชิงเวลา ที่พบว่าหากควบคุมปริมาณน้ำฝนได้ ทำให้ค่าความแปรปรวนของผลผลิตลดลง ดังนั้น แนวทางการลดความแปรปรวนของผลผลิตอ้อยในทางปฏิบัติจึงทำได้โดยการพัฒนาระบบการให้น้ำให้เพียงพอตลอดฤดูปลูกในแต่ละสภาพแวดล้อม หรือการคัดเลือกหาพันธุ์ทนแล้งหรือมีประสิทธิภาพการใช้น้ำสูง

เอกสารอ้างอิง

- กรมพัฒนาที่ดิน. 2543. ระบบฐานข้อมูลกลุ่มชุดดิน Soil View version 2.0 (ซีดีรอม) ฝ่ายระบบสารสนเทศวิชาการ ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศ กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- เกริก ปั่นแห่งเพชร วินัย ศรวัต สมชาย บุญประดับ สุกิจ รัตนศรีวงศ์ สหัชชัย คงทนสมปอง นิลพันธ์ ชินธุชา บุคดาบุญกิ้งแก้ว คุณเชตติสระ พุทธสิมมา ปรีชา กาเพชร แคทลียา เอกอุ่น และวิภารัตน์ ดำริเข้มตระกูล. 2552. ผลกระทบของภาวะโลกร้อนต่อการผลิต ข้าว อ้อย มันสำปะหลัง และข้าวโพดของประเทศไทย. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย. 159 หน้า.
- สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย. 2554. รายงานพื้นที่ปลูกอ้อยปีการผลิต 2553/54. 176 หน้า.
- ทักษิณา คັນสยะวิชัย ปรีชา กาเพชร และวีระพล พลรักดี. 2550. การศึกษาลักษณะทางการเกษตรของอ้อยโคลนดี: ค่าสัมประสิทธิ์พันธุกรรมของอ้อย 7 พันธุ์. ใน รายงานผลงานวิจัย ปี 2549. ศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 3 กรมวิชาการเกษตร. หน้า 172-186.
- ศุภกร ชินวรโรจน์ วิริยะ เหลืองอร่าม จุฑาทิพย์ ธนกิตต์เมธาวูฒิ และวิเชียร เกิดสุข. 2552. ภาวะโลกร้อนและการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในลุ่มน้ำชี-มูล. วารสารวิจัย มข. 14(7): 666-682.
- สมชาย บุญประดับ วินัย ศรวัต สุกิจ รัตนศรีวงศ์ ปรีชา กาเพชร แคทลียา เอกอุ่น วิภารัตน์ ดำริเข้มตระกูล อิศระ พุทธสิมมา และเกริก ปั่นแห่งเพชร. 2552. ผลกระทบของสภาวะโลกร้อนต่อการผลิตพืชไร่หลักสามชนิดของประเทศไทย. วารสารวิจัย มข. 14(7): 626-649.
- 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.
- Babel, M.S., A. Agarwal, D. K. Swain, and S. Herath. 2011. Evaluation of climate change impacts and adaptation measures for rice cultivation in Northeast Thailand. Climate Research 46: 137-146.
- Guo, R., Z. Lin, X. Moa, and C. Yang. 2010. Responses of crop yield and water use efficiency to climate change in the North China Plain. Agricultural Water Management 97: 1185-1194.
- Hoogenboom G., J.W. Jones, P.W. Wilkens, C.H. Porter, W.D. Batchelor, L.A. Hunt, K.J. Boote, U. Singh, O. Uryasev, W.T. Bowen, A.J.

- Gijsman, A. du Toit, J.W. White, and G.Y. Tsuji. 2004. Decision Support System for Agrotechnology Transfer Version 4.0 [CDROM]. University of Hawaii, Honolulu, HI.
- IPCC, 2007. Summary for Policymakers. P. 7-22. In: M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden and C.E. Hanson. Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, UK. 22 pp.
- Jones, R.G., M. Noguer, D.C. Hassell, D. Hudson, S.S. Wilson, G.J. Jenkins and J.F.B. Mitchell. 2004. Generating high resolution climate change scenarios using PRECIS, Met Office Hadley Centre, Exeter, UK. 39 pp.
- Masutomi, Y., K. Takahashi, H. Harasawa, and Y. Matsuoka. 2009. Impact assessment of climate change on rice production in Asia in comprehensive consideration of process/parameter uncertainty in general circulation models. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 131: 281–291.
- Roeckner, E., K. Arpe, L. Bengtsson, M. Christoph, M. Claussen, L. Dmenil, M. Esch, M. Giorgetta, U. Schlese, and U. Schulzweida, 1996. The atmospheric general circulation model ECHAM-4: model description and simulation of present-day climate Max-Planck Institute for Meteorology, Report No.218, Hamburg, Germany. 90 pp.
- Tubiello, F. N., J.S. Amthor, K.J. Boote, M.D. Donatelli, W. Easterling, G. Fischerf, R.M. Gifford, M. Howdenh, J. Reilly and C. Rosenzweig. 2007. Crop response to elevated CO₂ and world food supply. A comment on “Food for Thought.” by Long et al. *Science* 312:1918–1921. *Europ. J. Agronomy*, 26, 215–223.