

ผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อการผลิตอ้อยในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย : พื้นที่ศึกษา จังหวัดกาฬสินธุ์

The Effects of Climate Change on Sugarcane Production in Northeast of Thailand : A case Study in Kalasin Province.

ปรีชา กาเพชร^{1*} และ เกริก ปันนงเพชร²

Preecha Kapetch^{1*} and Krirk Pannangpetch²

บทคัดย่อ: การเปลี่ยนแปลงของอากาศมีผลกระทบโดยตรงต่อการผลิตพืชเนื่องจากการเพิ่มขึ้นของคาร์บอนไดออกไซด์และอุณหภูมิ และส่งผลกระทบต่อความแปรปรวนของสภาพภูมิอากาศโดยเฉพาะปริมาณน้ำฝน อ้อยซึ่งถือเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศและมีพื้นที่ปลูกมากในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ จึงได้ประเมินผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อผลผลิตอ้อยในพื้นที่ จากปี 2553-2592 ใช้ข้อมูลภูมิอากาศรายวันในอนาคตจากแบบจำลองภูมิอากาศโลก ECHAM และประเมินภูมิอากาศในระดับภูมิภาคโดยแบบจำลอง PRECIS ที่มีรายละเอียดเชิงพื้นที่ของการประเมิน 20x20 กิโลเมตร เป็นตัวป้อนของแบบจำลองอ้อยในโปรแกรม DSSAT ผลการทดลองพบว่า การเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศมีผลกระทบต่อการผลิตอ้อยในระยะยาวเพียงเล็กน้อย อย่างไรก็ตามค่าเฉลี่ยของผลผลิตมีความแปรปรวนสูงทั้งเชิงพื้นที่และเชิงเวลา ความแปรปรวนเชิงพื้นที่เกิดขึ้นจากความหลากหลายของชุดดินและสภาพภูมิอากาศ ขณะที่ความแปรปรวนเชิงเวลาเกิดจากความแปรปรวนของปริมาณน้ำฝน แนวทางการลดความแปรปรวนของผลผลิตอ้อยทำได้โดยการพัฒนาการระบบการให้น้ำให้เพียงพอตลอดฤดูปลูก การคัดเลือกหาพันธุ์ทนแล้งหรือมีประสิทธิภาพการใช้น้ำสูง

คำสำคัญ: การเปลี่ยนแปลงของอากาศ, อ้อย, ความแปรปรวนของผลผลิตอ้อย

ABSTRACT: Climate change can directly affect crop production due to the increases of CO₂ and temperature, and indirectly via weather variability especially rainfall. Sugarcane is important crop for Thailand, and large proportion are planted in Northeast of Thailand. Therefore this investigation is conducted to evaluate the impacts of climate change on yield of sugarcane in this region from 2010 to 2049, using ECHAM weather data downscale to 20x20 km by PRECIS as input to CANEGRO crop model in DSSAT program. Results showed that climate change has small effect on long term changes in sugarcane production. However average yield is highly variable, both spatially and temporally. Spatial variability is largely due to both soil and weather while temporal variability is due to variation in rainfall. Adaptation to minimize yield variation for sugarcane would need the development of irrigation, drought tolerant varieties with higher water use efficiency.

Keywords: Climate change, sugarcane, sugarcane yield variability

¹ ศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น สถาบันวิจัยพืชไร่และพืชทดแทนพลังงาน กรมวิชาการเกษตร

Khon Kaen Field Crops Research Center, Field and Renewable Energy Crops Research Institute, Department of Agriculture

² ภาควิชาพืชศาสตร์และทรัพยากรการเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

Department of Plant Science and Agricultural Resources, Faculty of Agriculture, Khon Kaen University

* Corresponding author: p.kapetch@gmail.com

บทนำ

การใช้พลังงานจากถ่านหิน น้ำมัน และก๊าซธรรมชาติ (fossil fuel) ของโลก ได้เพิ่มอัตราการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนสู่บรรยากาศมากขึ้น ทำให้ระดับของ CO₂ ในบรรยากาศของโลกเพิ่มขึ้นจาก 320 ppm ในปี พ.ศ. 2493 เป็น 380 ppm ในปัจจุบัน (Foster et al., 2007) ส่งผลให้อุณหภูมิเฉลี่ยของโลกเพิ่มขึ้นประมาณ 0.7 °C (Trenberth et al., 2007) จากรายงานของ IPCC (2007) ที่ได้รวบรวมผลการคาดคะเนอุณหภูมิของโลกในอนาคตจากแบบจำลองภูมิอากาศโลก (Global Climate Models GCMs) มากกว่า 10 แบบจำลอง ต่างชี้ว่าอุณหภูมิโลกจะเพิ่ม 2- 3 °C จากปัจจุบันถึงปี พ.ศ. 2643 (IPCC, 2000) เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นทำให้มีความแปรปรวนของฝนมากขึ้น ซึ่งอาจทำให้เกิดภาวะน้ำท่วมหรือและภาวะแล้งถี่ขึ้นและรุนแรงขึ้น (Bates et al., 2008; Hegerl et al., 2007) นอกจากนี้ยังนำไปสู่ความแปรปรวนของสภาพอากาศที่รุนแรงขึ้นด้วย (Holli and Simmon, 2006; Ahrens and Samson, 2011)

การเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศโดยเฉพาะการเพิ่มขึ้นของคาร์บอนไดออกไซด์จะมีผลกระทบต่อระบบการผลิตพืชโดยตรง (IPCC, 2007) ผลจากการวิจัย โดยเฉพาะจาก Free Air CO₂ Enrichment (FACE) experiment ที่สภาพของการทดลองใกล้เคียงกับสภาพสนามมากที่สุด ชี้ว่าการเพิ่มขึ้นของ CO₂ โดยรวมเป็นผลดีกับการผลิตพืช โดยเฉพาะกับพืชที่มีการสังเคราะห์ด้วยแสงแบบ C3 เช่น ข้าว โดยทำให้อัตรา photorespiration ลดลง (Pinkard et al., 2010; Vu and Allen, 2009; Kim et al., 2001) อย่างไรก็ตามระดับของการตอบสนองต่อการเพิ่มขึ้นของ CO₂ นั้น จะถูกร่วมกำหนดโดยปัจจัยอื่นๆ ด้วย เช่น อุณหภูมิ ธาตุอาหาร น้ำ และการพัฒนาของพืช ดังนั้นผลกระทบโดยรวมจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศโลกต่อผลผลิตพืชจึงเปลี่ยนแปลงไปตามพื้นที่ และเวลา จึงมีการพัฒนาและประยุกต์ใช้แบบจำลองอย่างแพร่หลาย เพื่อช่วยให้สามารถเตรียมการวางแผนรับมือกับผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งได้

มีการนำเอาแบบจำลองไปใช้แล้วในหลายๆ กรณี เช่น ในข้าวสาลี (Anwar et al., 2007; Ozdogan, 2011) และข้าว (Masutomi et al., 2009; Babel et al., 2011) นอกจากนี้ เกริก และคณะ (2552) ได้ใช้แบบจำลองพืชในโปรแกรม DSSAT ร่วมกับแบบจำลองภูมิอากาศ ECHAM 4 ภายใต้อารมณ์ SRES A2 B2 และ A2B ศึกษาผลกระทบของสภาวะโลกร้อนต่อการผลิตพืช 4 ชนิดในประเทศไทย พบว่าในระยะยาวภาวะโลกร้อน ไม่มีผลกระทบที่รุนแรงต่อผลผลิตพืช ยกเว้นมันสำปะหลัง แต่ผลกระทบทางอ้อมต่อความแปรปรวนของสภาพอากาศ ทำให้ผลผลิตมีความแปรปรวนรายปีสูง ดังนั้นแม้โดยภาพรวมผลผลิตจะไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก แต่บางพื้นที่จะได้รับผลกระทบในระดับที่วิกฤต ซึ่งส่วนใหญ่อยู่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรม เศรษฐกิจของประเทศขึ้นอยู่กับการผลิตพืช โดยเฉพาะการผลิตอ้อยซึ่งเป็นพืชไร่เศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศ ในแต่ละปีสามารถให้กับประเทศมากกว่า 70,000 ล้านบาท นอกจากนี้ใช้เป็นวัตถุดิบของอุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาลแล้วในอนาคตก็มีความสำคัญในการใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับผลิตเอทานอล และมีแนวโน้มการผลิตอ้อยเพิ่มมากขึ้นจากการที่เกษตรกรคาดว่าราคาอ้อยจะสูงขึ้น และผลจากการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศต่อการผลิตอ้อยที่ผ่านมาโดย เกริก และคณะ (2552) พบว่าพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบส่วนใหญ่อยู่ในพื้นที่ปลูกภาคตะวันออกเฉียงเหนือ พื้นที่ที่ได้รับผลกระทบในระดับที่วิกฤตบางส่วนอยู่ในจังหวัดกาฬสินธุ์ ซึ่งเป็นพื้นที่มีชุดดินที่ใช้ปลูกอ้อยที่หลากหลาย จากการซ้อนทับกับข้อมูลแผนที่ชุดดิน (กรมพัฒนาที่ดิน, 2543) พบชุดดินที่ใช้ปลูกอ้อย 41 ชุดดิน ครอบคลุมกริดอากาศขนาด 20x20 กิโลเมตร จากสถาบันวิจัยจุฬาลงกรณ์ จำนวน 25 กริด ดังนั้นวัตถุประสงค์ของการศึกษาในครั้งนี้คือ เพื่อ 1) ประเมินผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อการผลิตอ้อย และ 2) วิเคราะห์สาเหตุในรายละเอียดของผลกระทบในประเทศไทย โดยใช้พื้นที่ปลูกอ้อยของจังหวัดกาฬสินธุ์เป็นพื้นที่

วิธีการศึกษา

ข้อมูลภูมิอากาศรายวันในอนาคตที่ใช้ในการประเมินผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศต่อการผลิตอ้อยในอนาคตของจังหวัดกาฬสินธุ์ ใช้ข้อมูลภูมิอากาศรายวันจากปี พ.ศ. 2553-2592 ภายใต้สภาพจำลองปริมาณก๊าซเรือนกระจกในโลกอนาคตแบบมุ่งเน้นเศรษฐกิจในระดับภูมิภาค (Special Report on Emission Scenarios: SRES A2) ซึ่งได้จากการประเมินของแบบจำลองภูมิอากาศระดับภูมิภาค (regional climate model GCM) PRECIS (Jones et al., 2004) ที่มีรายละเอียดเชิงพื้นที่ของการประเมินเท่ากับ 20x20 กิโลเมตร การประเมินของแบบจำลอง PRECIS นั้นได้ใช้ข้อมูลของ boundary condition จากแบบจำลองภูมิอากาศระดับโลก (global climate model) ECHAM 4 (Roeckner et al., 1996) และข้อมูลภูมิอากาศนี้ได้รับการอนุเคราะห์จากสถาบัน SEA START RC จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การสร้างข้อมูลนำเข้าแบบจำลองการผลิตพืช (land unit property)

นำแผนที่ชุดดิน แผนที่จำลองภูมิอากาศและแผนที่ขอบเขตการปกครองของจังหวัดกาฬสินธุ์ซ้อนทับกัน เลือกพื้นที่เฉพาะขอบเขตของจังหวัดกาฬสินธุ์ ผลที่ได้เรียกว่า land property โดยแต่ละ unit ของ land property นั้นจะมีลักษณะเฉพาะที่ประกอบด้วยดินเพียงชุดเดียวและภูมิอากาศเดียว

นำแผนที่ land property ที่ได้มาซ้อนทับกับข้อมูลพื้นที่ปลูกอ้อยของจังหวัดกาฬสินธุ์ ผลลัพธ์ที่ได้จากขั้นตอนนี้คือ land property ของพื้นที่ปลูกอ้อยในจังหวัดกาฬสินธุ์ จากนั้นนำข้อมูล land property ของแต่ละ unit ทุก unit ที่ได้ นำไปสู่การเป็นตัวแปรนำเข้าของแบบจำลองผลผลิตของอ้อยต่อไป

การประมาณผลผลิตอ้อยภายใต้ SRES A2

เมื่อได้ land units property ของอ้อยแล้ว ทำการจำลองผลผลิตอ้อยโดยแบบจำลอง Canegro ที่อยู่ใน

โปรแกรม DSSAT 4.0 (Hoogenboom et al., 2004) ซึ่งข้อมูล input ที่สำคัญได้แก่ 1) ข้อมูลการจัดการ ซึ่งใช้ตามคำแนะนำของกรมวิชาการเกษตร ใช้ท่อนพันธุ์อัตรา 3 ต้นต่อตารางเมตร ไม่ขาดปุ๋ยไนโตรเจน ปลูกวันที่ 20 ตุลาคมและเก็บเกี่ยวในวันที่ 15 มกราคม 2) ข้อมูลพันธุ์พืชใช้อ้อยพันธุ์อ้อยทอง 3 (ทักษิณาและคณะ, 2550) 3) ข้อมูลสภาพภูมิอากาศ และ 4) ข้อมูลชุดดิน ซึ่งทั้งสภาพภูมิอากาศและชุดดินใช้ข้อมูลจาก land unit property ของพืชทั้ง 2 ที่ได้ขั้นตอนการสร้าง land unit property เมื่อได้ข้อมูล input แล้ว จำลองการผลิตอ้อยแบบอาศัยน้ำฝนไม่ขาดธาตุอาหารต่างๆ land unit จำนวน 40 ปี ตั้งแต่ปี 2553-2592 บันทึกผลผลิตที่ได้จากการจำลองเพื่อนำไปวิเคราะห์ความแปรปรวนทั้งในเชิงพื้นที่และเชิงเวลาต่อไป

การวิเคราะห์แนวโน้มของผลผลิต

นำผลผลิตที่ได้มาจากการจำลองในขั้นตอนการจำลองผลผลิตมาถ่วงน้ำหนักกับแต่ละพื้นที่ของ land unit เมื่อ $y_{i,t}$ คือผลผลิตใน land unit i ในปี t และ A_i คือพื้นที่ของ land unit i การคำนวณหาผลผลิตเฉลี่ยรายปี y_t ในปี t ของจังหวัดกาฬสินธุ์ โดยใช้วิธี weighted average ซึ่งถ่วงน้ำหนักจากพื้นที่ปลูกคำนวณได้ดังนี้

$$y_t = \frac{\sum_{i=1}^n A_i y_{i,t}}{\sum_{i=1}^n A_i} , \quad \text{เมื่อ } n \text{ คือจำนวนของ land unit ทั้งหมด}$$

นำผลผลิตเฉลี่ยรายปีที่ถ่วงน้ำหนักแล้วหาแนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงของผลผลิตระยะยาวโดยใช้สมการ Linear regression

การวิเคราะห์ความแปรปรวน

ความเบี่ยงเบนมาตรฐานของผลผลิตระหว่าง land unit ต่างๆ ที่เกิดขึ้นในปี t (σ_t spatial variation) คำนวณดังนี้

$$\sigma_t = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n (y_{j,t} - y_t^*)^2}{n-1}} , \quad \text{เมื่อ } y_t^* \text{ ในที่นี้เป็น unweighted mean ของผลผลิตในปี } t$$

และความเบี่ยงเบนมาตรฐานของผลผลิตของ land unit i ที่เกิดขึ้นระหว่างปี 2553-2592 (σ_i temporal variation) คำนวณดังนี้

$$\sigma_i = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^d (y_{i,t} - y_i)^2}{d-1}}$$

เมื่อ $d = 49$ และ y_i คือค่าเฉลี่ยของปี 2553-2592

การวิเคราะห์หาสาเหตุของความแปรปรวน

สาเหตุของความแปรปรวนเชิงพื้นที่

การวิเคราะห์สาเหตุของความแปรปรวนที่เกิดจากความแตกต่างของพื้นที่ เกิดขึ้นได้ 2 กรณี ได้แก่ ความแปรปรวนของผลผลิตที่เกิดจากความแตกต่างของสภาพภูมิอากาศในแต่ละ land unit และความแปรปรวนอันเนื่องมาจากความแตกต่างของชุดดินที่ใช้ปลูกพืช

วิธีการวิเคราะห์หาสาเหตุของความแปรปรวนเชิงพื้นที่ที่สาเหตุมาจากการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศทำได้โดยการใช้ชุดดิน 1 ชุดดินเป็นตัวแทนนำไปใช้เป็นตัวแปรนำเข้าไปในการจำลองโดยแบบจำลอง

ร่วมกับกริดภูมิอากาศที่พบทั้งหมดในพื้นที่ปลูกของจังหวัดกาฬสินธุ์ คำนวณค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานที่เกิดจากความแตกต่างของสภาพภูมิอากาศของแต่ละปีดัง Table 1 จากนั้นคำนวณหาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเฉลี่ยตามสมการ

$$\overline{SD} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n SD_i$$

เมื่อ $n = 49$

ในการทำงานเดียวกัน การวิเคราะห์หาสาเหตุของความแปรปรวนเชิงพื้นที่ที่สาเหตุมาจากการเปลี่ยนแปลงของชุดดินทำได้โดยการใช้ชนิดสภาพภูมิอากาศจาก 1 กริดเป็นตัวแทนนำไปใช้เป็นตัวแปรนำเข้าไปสำหรับการจำลองของแบบจำลองร่วมกับชุดดินที่พบทั้งหมดในพื้นที่ปลูกของจังหวัดกาฬสินธุ์ แล้วคำนวณหาค่าเฉลี่ยของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเช่นเดียวกับสมการที่ใช้คำนวณหาค่าเฉลี่ยของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของสาเหตุที่มาจากกริดที่เปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศ (Table 2)

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

year	2010	2011	2012	.....	2049
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	.....	Sd49

S1 is the represent soil type which is the most growing area (found in sugarcane cultivation area)
 Weather grid (W) is grid that was found in sugarcane cultivation area in Kalasin since 2010-2049
 S1W1, S1W2, S1W3,..... S1Wn is land units that using for input to crop model and
 Sd1, sd2, sd3,,sd49 is the standard deviation that cause from variation of weather in total weather grid cell since 2010-2049

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	.....	2049
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	.....	Sd49

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

Soil (S) is all types in sugarcane growing area in Kalasin.

S1W1, S2W1, S3W1,..... SnW1 is land units that using for input to crop model and

Sd1, sd2, sd3,,sd49 is the standard deviation that cause from the variation of soil type since 2010-2049

ความแปรปรวนเชิงเวลา

ส่วนความแปรปรวนของผลผลิตเชิงเวลา จะมีสาเหตุจากความแปรปรวนของสภาพภูมิอากาศ ซึ่งข้อมูลสภาพภูมิอากาศที่นำมาใช้เป็นตัวแปรสำหรับแบบจำลองนั้นมียู่ด้วยกัน 3 พารามิเตอร์ ได้แก่ ความเข้มแสง อุณหภูมิ และปริมาณน้ำฝน ดังนั้นการวิเคราะห์สาเหตุของความแปรปรวนของผลผลิตที่เกิดจากความแปรปรวนของสภาพภูมิอากาศ ทำได้โดยการเปลี่ยนค่าพารามิเตอร์ของภูมิอากาศได้แก่ น้ำฝน อุณหภูมิสูงสุดต่ำสุด และแสง โดยให้ปี 2553 เป็นปีฐานในการจำลองการเจริญเติบโต โดยแบ่งสาเหตุของความแปรปรวนของผลผลิตเชิงเวลาได้เป็น 6 แหล่งที่มา ได้แก่

1) สาเหตุจากความแปรปรวนของความเข้มแสงรายวัน ใช้ข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายวันและอุณหภูมิรายวันของปี 2553 เท่านั้น ส่วนข้อมูลความเข้มแสงรายวันใช้ข้อมูลปี 2553-2593

2) สาเหตุจากความแปรปรวนของอุณหภูมิรายวัน ใช้ข้อมูลความเข้มแสงรายวันและปริมาณน้ำฝนรายวันของปี 2553 เท่านั้น ส่วนข้อมูลอุณหภูมิรายวันใช้ข้อมูลปี 2553-2593

3) สาเหตุจากความแปรปรวนของปริมาณน้ำฝนรายวัน ใช้ข้อมูลความเข้มแสงรายวันและอุณหภูมิรายวันของปี 2553 เท่านั้น ส่วนข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายวันใช้ข้อมูลปี 2553-2593

4) สาเหตุจากความแปรปรวนของความเข้มแสงรายวันและอุณหภูมิรายวัน ใช้ข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายวันของปี 2553 เท่านั้น ส่วนข้อมูลความเข้มแสงรายวันและอุณหภูมिरายวันใช้ข้อมูลปี 2553-2593

5) สาเหตุจากความแปรปรวนของความเข้มแสงรายวันและปริมาณน้ำฝนรายวัน ใช้ข้อมูลอุณหภูมิรายวันของปี 2553 เท่านั้น ส่วนข้อมูลความเข้มแสงรายวันและปริมาณน้ำฝนรายวันใช้ข้อมูลปี 2553-2593

6) สาเหตุจากความแปรปรวนของอุณหภูมิรายวันและปริมาณน้ำฝนรายวัน ใช้ข้อมูลความเข้มแสงรายวันของปี 2553 เท่านั้น แต่ข้อมูลอุณหภูมิรายวันและปริมาณน้ำฝนรายวันใช้ข้อมูลปี 2553-2593

ผลการศึกษาและวิจารณ์

แนวโน้มของผลผลิตจากการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศ

จากการประเมินพบว่า ในช่วงเวลาดังแต่ปี พ.ศ. 2553-2592 การเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศ

มีผลกระทบต่อผลผลิตอ้อยในระยะยาวค่อนข้างต่ำ สมการ linear regression ที่ให้เห็นว่าผลผลิตของอ้อยมีแนวโน้มลดลงจากปี 2553 เพียงเล็กน้อย และค่า r^2 มีค่าค่อนข้างต่ำ เนื่องจากมีค่าความแปรปรวนระหว่างปีสูงกว่าการลดลงของค่าเฉลี่ย ถึงแม้ว่าผลผลิตเฉลี่ยของอ้อยจะลดลงจาก 17.4 ตันต่อไร่ในปี 2553 เหลือ 15.8 ตันต่อไร่ ในปี 2592 แต่ความแปรปรวนระหว่างปีมีค่าสูงทำให้ไม่พบแนวโน้มการเพิ่มขึ้นหรือลดลงของผลผลิตอ้อย (Figure 1)

ความแปรปรวนของผลผลิต

การเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศมีผลกระทบต่อแนวโน้มระยะยาวของผลผลิต แต่ในแง่ของความแปรปรวนของผลผลิตซึ่งเป็นปัจจัยที่สำคัญต่อความ

เสี่ยงของระบบการผลิตพืชมีค่าความแปรปรวนสูง โดยมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานระหว่างปี 2.2 ตันต่อไร่ และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานระหว่างพื้นที่ 2.1 ตันต่อไร่ (Figure 2) ความแตกต่างของความแปรปรวนเชิงพื้นที่และเชิงเวลา ซึ่งว่า ความแตกต่างของชนิดของชุดดินและสภาพอากาศในแต่ละ land unit นั้นส่งผลกระทบร่วมกันต่อผลผลิต นอกจากนี้ยังพบว่าความแปรปรวนระหว่างปีมีค่ามากกว่าความแปรปรวนระหว่างพื้นที่ ดังนั้นแม้ในปีที่ผลผลิตเฉลี่ยสูง แต่ในบางพื้นที่ก็ยังมีโอกาสที่ผลผลิตจะต่ำ และในปีที่ผลผลิตเฉลี่ยต่ำ ระดับความเสียหายในพื้นที่ดังกล่าวอาจรุนแรงจนถึงขั้นวิกฤตได้

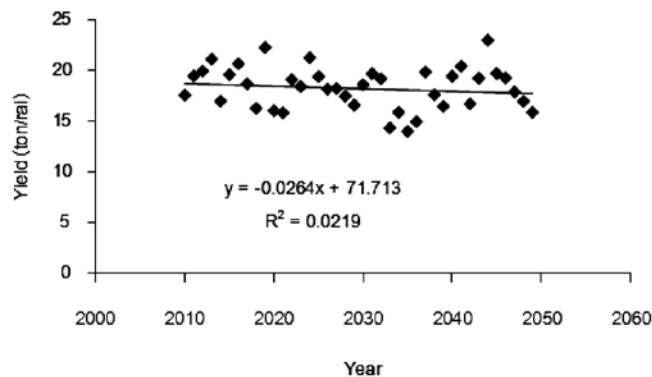


Figure 1 Sugarcane yields and trend of yield that simulated from planting area in Kalasin province during the year 2010-2049

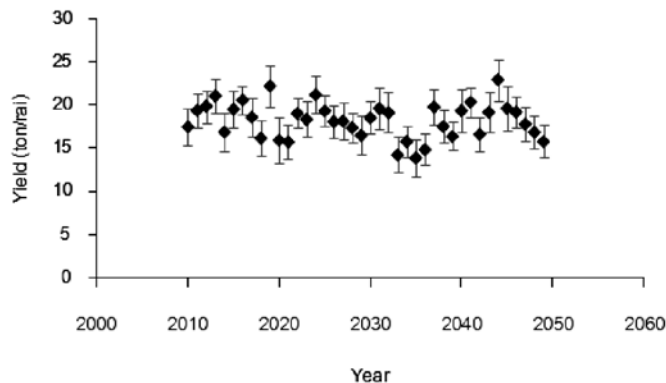


Figure 2 Average of sugarcane yield and standard deviation between land unit of sugarcane planting area in Kalasin province during the year 2010-2049

ความแปรปรวนของผลผลิตเชิงพื้นที่

จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนในขั้นตอนที่ผ่านมาพบว่า ความแปรปรวนของผลผลิตอ้อยเชิงพื้นที่มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 2.1 ต้นต่อไร่ โดยความแปรปรวนของสภาพอากาศและชุดดินตามพื้นที่ทำให้ผลผลิตอ้อยมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 2.2 และ 1.9 ต้นต่อไร่ตามลำดับ (Table 3) เนื่องจากผลรวมของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานที่มาจากความแปรปรวนของสภาพภูมิอากาศและของชุดดินมีค่ามากกว่าค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานรวมเชิงพื้นที่ หมายความว่าอาจมีการชดเชยกันของผลผลิตในเชิงบวกที่เกิดจากความแปรปรวนร่วมกันของสภาพภูมิอากาศและของชุดดิน

ความแปรปรวนของผลผลิตเชิงเวลา

ความแปรปรวนของผลผลิตเชิงเวลามีความสัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศโดยตรง ข้อมูลสภาพภูมิอากาศที่ใช้ในแบบจำลองมีข้อมูลอยู่ 3 ชนิด ได้แก่ ความเข้มแสง อุณหภูมิ และน้ำฝน และเมื่อให้นำมาวิเคราะห์หาสาเหตุความแปรปรวนของผลผลิตที่มาจากสภาพภูมิอากาศแล้วจะได้ 6 แหล่ง ได้แก่ สาเหตุของความแปรปรวนที่มาจาก การเปลี่ยนแปลงของความเข้มแสง, อุณหภูมิ, น้ำฝน และความแปรปรวนร่วมระหว่างความเข้มแสงและอุณหภูมิ, ความเข้มแสงและน้ำฝน, และอุณหภูมิ

และน้ำฝน ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของผลผลิตอ้อยที่ได้จากแต่ละแหล่งของความแปรปรวนแสดงใน Table 4

ความแปรปรวนเชิงเวลามีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานต่างไปจากค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.19 ต้นต่อไร่ เมื่อวิเคราะห์โดยให้มีการเปลี่ยนแปลงเฉพาะปริมาณน้ำฝนรายวันเท่านั้น หรือการเปลี่ยนแปลงของปริมาณน้ำฝนรายวันร่วมกับความเข้มแสงรายวัน หรือการเปลี่ยนแปลงของปริมาณน้ำฝนรายวันร่วมกับอุณหภูมิเฉลี่ยรายวันพบว่าค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของอ้อยยังมีค่าสูง (2.30 ต้นต่อไร่) แต่เมื่อให้อุณหภูมิเฉลี่ยรายวัน หรือความเข้มแสงรายวันเปลี่ยนแปลงเท่านั้น หรือการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิเฉลี่ยรายวันร่วมกับความเข้มแสงรายวันทำให้ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของผลผลิตอ้อยลดลง (0.40, 0.99 และ 1.09 ต้นต่อไร่ตามลำดับ) ดังนั้นความแปรปรวนของปริมาณน้ำฝนรายวันเป็นสาเหตุสำคัญต่อความแปรปรวนของผลผลิตอ้อย การลดผลกระทบที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศต่อการผลิตอ้อยสามารถทำได้โดยควบคุมปริมาณน้ำฝนในทางปฏิบัติอาจทำได้โดยการให้น้ำให้เพียงพอตลอดฤดูปลูกสำหรับการปลูกอ้อย ซึ่งถือเป็นวิธีการปรับตัวเพื่อลดผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศต่อการผลิตอ้อย

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

Source of variation	Standard deviation (ton/rai)
Weather and soil had changed	2.1
Only weather had changed	2.2
Only soil type had changed	1.9

Table 4 Standard deviation of mean of sugarcane yield that cause from temporal variability.

Source of variation	Standard deviation (ton/rai)
Changing daily solar radiation, daily temperature and daily rainfall	2.19
Changing only daily solar radiation	0.99
Changing only daily temperature	0.40
Changing only daily rainfall	2.30
Changing daily solar radiation and daily temperature	1.09
Changing daily solar radiation and rainfall	2.30
Changing daily temperature and daily rainfall	2.30

สรุป

การเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศ มีผลในระยะยาวต่อการผลิตอ้อยอย่างไม่มีนัยสำคัญ เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของค่าเฉลี่ยของผลผลิตจากปี 2553-2593 มีค่าน้อย แต่ผลผลิตมีค่าความแปรปรวนค่อนข้างสูง ทั้งในเชิงพื้นที่และในเชิงเวลา โดยพบว่ามีความแปรปรวนของผลผลิตในเชิงเวลา มากกว่าสาเหตุของความแปรปรวนของผลผลิตมาจากความแปรปรวนของปริมาณน้ำฝนระหว่างปี แนวทางการปรับตัวเพื่อลดผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศในระยะยาวสำหรับการผลิตอ้อยทำได้ โดยการให้น้ำชลประทานให้เพียงพอตลอดฤดูปลูก การคัดเลือกหาพันธุ์ที่ทนแล้ง หรือมีประสิทธิภาพในการใช้น้ำสูง รวมถึงการอนุรักษ์ดินและน้ำเพื่อให้มีเพียงพอสำหรับการผลิต

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณ United Nations University ที่ให้ทุนสนับสนุนการทำงานวิจัย สถาบัน SEA START RC จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลภูมิอากาศรายวันในอนาคต

เอกสารอ้างอิง

กรมพัฒนาที่ดิน. 2543. ระบบฐานข้อมูลกลุ่มชุดดิน Soil View version 2.0. ฝ่ายระบบสารสนเทศวิชาการ ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศ กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. เกริก บันเนงเพ็ชร วินัย ศรวัต สมชาย บุญประดับ สุกิจ รัตนศรีวงษ์ สหัชชัย คงทน สมปอง นิลพันธ์ ชีษณุชา บุคตาบุญ กิ่งแก้ว คุณเขต อิศระ พุทธิสิมมา ปรีชา กาเพ็ชร แคทลียา เอกอุ้น และวิภารัตน์ ดำริห์เริ่มตระกูล. 2552. ผลกระทบของภาวะโลกร้อนต่อการผลิต ข้าว อ้อย มันสำปะหลัง และข้าวโพดของประเทศไทย. รายงานวิจัย ฉบับสมบูรณ์ สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย.

- ทักษิณา คັນสยะวิชัย ปรีชา กาเพ็ชร และวีระพล พลรักดี. 2550. การศึกษาลักษณะทางการเกษตรของอ้อยโคลนดี: คำสัมประสิทธิ์พันธุกรรมของอ้อย 7 พันธุ์. ใน: รายงานผลงานวิจัย ปี 2549. ศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 3 กรมวิชาการเกษตร.
- Ahrens, C.D., and P. Samson. 2011. Extremes weather and climate. Brooks/Cole Cengage Learning, USA.
- 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 Res.* 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 Res.* 46:137-146.
- Bates, B.C., Z.W. Kundzewicz, S. Wu, and J.P. Palutikof. 2008. Climate Change and Water. Technical Paper of the Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC Secretariat, Geneva.
- Foster, 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. P. 128-234. In: Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller. *Climate Change 2007 The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.* Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA.
- 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. P. 662-745. In: Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller. *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.* Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA.
- Holli, R., and R. Simmon. 2006. Paleoclimatology: Explaining the Evidence. Available: http://earthobservatory.nasa.gov/Study/Paleoclimatology_Evidence/paleoclimatology_evidence_2.html. Accessed Dec14, 2006.

- 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. Gijssman, 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, 2000. Emission Scenarios. IPCC Special Report. Cambridge University Press. UK.
- 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.
- Jones, R.G., M. Noguera, 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.
- Kim, H.Y., M. Lieffering, S. Miura, K. Kobayashi, and M. Okada. 2001. Growth and nitrogen uptake of CO₂-enriched rice under field conditions. *New Phytologist*. 150:223-229.
- 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. *Agric. Ecosyst. Environ.* 131:281-291.
- Ozdogan, M. 2011. Modeling the impacts of climate change on wheat yields in Northwestern Turkey. *Agric. Ecosyst. Environ.* 141:1-12.
- Pinkard, E.A., C.L. Beadle, D.S. Mendham, J. Carter, and M. Glendon. 2010. Determining photosynthetic responses of forest species to elevated [CO₂]: Alternatives to FACE. *Forest Ecol Manag.* 260:1251-1261.
- Roeckner, E., K. Arpe, L. Bengtsson, M. Christoph, M. Claussen, L. Dümenil, 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.
- 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. P. 235-336. In: S. Solomon, D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller. Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA.
- Vu, J.C.V. and L.H. Allen Jr. 2009. Stem juice production of the C₄ sugarcane (*Saccharum officinarum*) is enhanced by growth at double-ambient CO₂ and high temperature. *J. Plant Physiol.* 166:1141-1151.