

ผลกระทบของความแปรปรวนทางสภาพภูมิอากาศต่อการผลิตอ้อยน้ำตาลในภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบนของประเทศไทย

Impacts of climate variability on sugarcane production in the Upper Northeastern part of Thailand

จักรกฤษณ์ พจนศิลป์¹, ธนาภรณ์ อธิปัญญากุล^{1*} และ ชมพูนุช นันทจิต²

Chakrit Potchanasin¹, Thanaporn Athipanyakul^{1*} and Chompunuch Nantajit²

¹ ภาควิชาเศรษฐศาสตร์เกษตรและทรัพยากร คณะเศรษฐศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

¹ Department of Agricultural and Resource Economics, Faculty of Economics, Kasetsart University, Bangkok 10900

² คณะเศรษฐศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง กรุงเทพฯ 10240

² Faculty of Economics, Ramkhamhaeng University, Bangkok 10240

บทคัดย่อ: การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบต้นทุนและผลตอบแทนจากการผลิตอ้อยกับพืชทางเลือก และวิเคราะห์ผลกระทบของความแปรปรวนทางสภาพภูมิอากาศต่อปริมาณผลผลิตและพื้นที่ปลูกอ้อย โดยใช้ข้อมูลปฐมภูมิจากการสัมภาษณ์ครัวเรือนเกษตรกร 421 ครัวเรือน ประกอบกับข้อมูลทุติยภูมิด้านภูมิอากาศมาประยุกต์ใช้กับการวิเคราะห์ต้นทุนผลตอบแทน แบบจำลองการเจริญเติบโตของพืช และแบบจำลองคณิตศาสตร์ที่เป็นจริง ผลการศึกษาพบว่าโดยเฉลี่ยเกษตรกรผู้ปลูกอ้อยได้รับรายได้เหนือต้นทุนผันแปรเงินสดประมาณ 1,496.26 บาท/ไร่ ในขณะที่พืชทางเลือก คือ ข้าวนาปี ข้าวนาปรัง และมันสำปะหลังได้รับกำไรที่สูงกว่า ทั้งนี้เกิดจากการผลิตอ้อยมีต้นทุนผันแปร (เช่น แรงงาน) สูงกว่าพืชทดแทนชนิดอื่น เมื่อพิจารณาเกษตรกรผู้ปลูกอ้อยตามขนาดพื้นที่ปลูกพบว่าเกษตรกรรายเล็กขาดทุน เมื่อคำนึงถึงการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศด้วยแบบจำลองการเจริญเติบโตของพืชทำให้ทราบว่า ปีที่มีสถานการณ์เอลนีโญรุนแรงจะส่งผลกระทบต่อผลผลิตต่อไร่ของอ้อย และข้าวนาปรัง ร้อยละ 7.2 และ 6.7 ตามลำดับเมื่อเทียบกับผลผลิตในปีการผลิต 2561/62 ผลการวิเคราะห์จากแบบจำลองคณิตศาสตร์ที่เป็นจริง พบว่า ถ้าเกิดสถานการณ์ปีเอลนีโญ และเอลนีโญรุนแรง ไม่เพียงแต่จะส่งผลกระทบต่อผลผลิตต่อไร่ที่เกษตรกรได้รับ แต่จะส่งผลกระทบต่อเนื้อไม้พื้นที่เพาะปลูกอ้อยในพื้นที่การศึกษาลดลงด้วย การที่ผลผลิตต่อไร่และพื้นที่ปลูกที่ลดลงร่วมกันนี้ส่งผลกระทบต่อผลผลิตอ้อยน้ำตาลในภาพรวมของทั้งพื้นที่การศึกษาที่ระดับร้อยละ 7-19 การศึกษานี้มีข้อเสนอแนะให้เกษตรกรรายเล็กจัดการต้นทุนให้มีการประหยัดต่อขนาดด้วยการรวมกลุ่ม หรือพิจารณาเปลี่ยนไปปลูกพืชทางเลือก หน่วยงานที่เกี่ยวข้องควรสนับสนุนให้เกษตรกรมีการประกันภัยพืชผลเพื่อลดความเสียหายจากความแปรปรวนสภาพอากาศจากฝนทิ้งช่วงมากขึ้น โรงงานน้ำตาลควรสนับสนุนระบบการชลประทานให้แก่เกษตรกรเพื่อลดความเสี่ยงจากการขาดวัตถุดิบอ้อยในอนาคต

คำสำคัญ: อ้อย; ต้นทุนผลตอบแทน; ความแปรปรวนทางสภาพภูมิอากาศ; แบบจำลองคณิตศาสตร์ที่เป็นจริง

ABSTRACT: This study aims to compare costs and benefits of sugarcane and alternative crops while taking into consideration the effects of climate variability on the productivity and planting area of sugarcane. Using primary data from 421 interviews of farm households alongside climate related secondary data, a cost-benefit analysis is conducted. Further, CropWat and Positive Mathematical Programing (PMP) models are applied. The results indicate that while, on average, sugarcane farmers' income exceeded variable costs by 1,496.26 baht/rai, alternative crops may be more lucrative. This is driven by high variable costs (e.g., labour) in sugarcane production compared with alternatives such as wet-season rice, dry-season rice and cassava. When taking into account farm size, the study finds that this is of particular relevance for small-scale farmers. Regarding climate variability, the CropWat model determines that the yields of sugarcane 7.2 percent and dry-season rice 6.7 percent decrease in severe El Niño

* Corresponding author: t_athipanyakul@hotmail.com

Received: date; Junly 20, 2021 Accepted: date; June 10, 2022 Published: date; , 2022

years, whereas other alternatives are not affected when compared with the 2018/19 baseline. The results of PMP modelling show that the occurrence of El Niño and severe El Niño years will result in not only the reduction of productivity in the survey area, but also a decline in planted area of sugarcane, which will greatly reduce overall production in the study area by between 7-19 percent. The following recommendations are drawn from the study: First, small scale sugarcane farmers should cooperate in farming groups in order to reach economies of scale or exit sugarcane production in favour of alternative crops. Second, government agencies should encourage farmers to insure their crops against climate variability which rain delay is expected to increase in frequency. Third, we recommend that support irrigation systems be established to depress risk of sugarcane shortage in long run.

Keywords: sugarcane; cost-Benefit; climate variability; Positive Mathematical Programming

บทนำ

อุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาลมีบทบาทสำคัญในหลายมิติต่อระบบเศรษฐกิจและการใช้ทรัพยากรของประเทศไทย ในมิติด้านเศรษฐกิจอุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาลเกี่ยวข้องกับเกษตรกรผู้ปลูกอ้อยน้ำตาลมากกว่า 364,708 ครัวเรือน หรือคิดเป็นจำนวนเกษตรกรประมาณ 1,130,595 คนหรือร้อยละ 8.46 ของประชากรเกษตรทั่วประเทศ (Hiangrat, 2016; Sriroth, 2016; สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2560; สำนักงานสถิติแห่งชาติ, 2561) รวมทั้งอุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาลยังเกี่ยวข้องกับสมาคมผู้ปลูกอ้อย 33 สมาคม และสมาคมโรงงานผู้แปรรูป 3 สมาคม ซึ่งต้องเกี่ยวข้องกับบุคลากรที่อยู่ในอุตสาหกรรมต่อเนื่องอีกกว่า 1.5 ล้านคน หรือคิดเป็นร้อยละ 3.86 ของประชากรแรงงานทั่วประเทศ ในมิติของการใช้ทรัพยากรที่ดินพบว่าพื้นที่ปลูกอ้อยครอบคลุมพื้นที่ทั้งหมดในปีการผลิต 2559/60 จำนวน 10,988,489 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 7.36 ของพื้นที่เกษตรทั่วประเทศ โดยมีภาคตะวันออกเฉียงเหนือเป็นแหล่งเพาะปลูกอ้อยที่สำคัญ มีพื้นที่ปลูกเท่ากับ 4,750,671 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 43.43 ของพื้นที่ปลูกอ้อยทั้งหมด (Hiangrat, 2016; Sriroth, 2016; สำนักงานสถิติแห่งชาติ, 2561) เมื่อพิจารณาแนวโน้มของพื้นที่ปลูกอ้อย พบว่าโดยรวมอ้อยมีแนวโน้มของพื้นที่ปลูกเพิ่มขึ้น 558,485.48 ไร่/ปี หรือคิดเป็นอัตราการเพิ่มร้อยละ 6.43 ต่อปี ขณะที่พืชเศรษฐกิจอื่นได้แก่ มันสำปะหลังและปาล์ม มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นเล็กน้อยและกรณีของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ข้าว และยางพารา มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงลดลง (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2560)

ด้านความต้องการอ้อยสำหรับเป็นวัตถุดิบในการผลิตน้ำตาลพบว่าประเทศไทยมีความต้องการเพิ่มขึ้นอันเป็นผลมาจากความต้องการน้ำตาลที่เพิ่มขึ้น ในช่วงปี พ.ศ. 2554 – 2558 ตลาดในประเทศไทยความต้องการน้ำตาลเพิ่มขึ้นคิดเป็นร้อยละ 1.29 ต่อปี และตลาดต่างประเทศเพิ่มขึ้นร้อยละ 5.37 ต่อปี (สำนักวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร, 2559) ดังนั้นจึงมีแนวโน้มความต้องการผลผลิตอ้อยเพื่อใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับป้อนโรงงานน้ำตาลเพิ่มขึ้น ทั้งในส่วน of โรงงานน้ำตาลที่เปิดอยู่เดิม 54 โรงงาน แบ่งเป็นโรงงานในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 20 โรงงาน ภาคกลาง 20 โรงงาน ภาคเหนือ 10 โรงงาน และภาคตะวันออก 4 โรงงาน (Hiangrat, 2016) อย่างไรก็ตามปัจจัยด้านสภาพแวดล้อมการผลิต ปัจจัยด้านกายภาพ เช่น สภาพภูมิอากาศ ปริมาณทรัพยากรน้ำ ความอุดมสมบูรณ์ของดิน และปัจจัยด้านเศรษฐกิจและทรัพยากร เช่น ราคาผลผลิตที่เกษตรกรได้รับ ราคาปัจจัยการผลิต ปัจจัยด้านแรงงานที่มีอยู่ เป็นปัจจัยสำคัญที่กำหนดระดับการผลิตอ้อย (เกริก ปิ่นหนึ่งเพชร และคณะ, 2552; จักรกฤษณ์ พจนศิลป์ และคณะ, 2559) และเมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงของปัจจัยดังกล่าวก็จะส่งผลกระทบต่อระดับผลผลิตและปริมาณการผลิตของเกษตรกรซึ่งจะส่งผลกระทบต่อผู้แปรรูปและผู้มีส่วนเกี่ยวข้องกับการอุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาลในอนาคต

การเปลี่ยนแปลงของปัจจัยด้านกายภาพที่สำคัญเกิดจากความแปรปรวนของสภาพภูมิอากาศ (Climate Variability) ซึ่งเป็นผลจากความไม่แน่นอนของสภาพภูมิอากาศที่อาจจะเกิดทั้งภาวะฝนแล้งหรือน้ำท่วม โดยความแปรปรวนของสภาพภูมิอากาศนี้จะส่งผลต่อทั้งพื้นที่ปลูกและผลผลิตการเกษตร ดังจะเห็นได้จากสถานการณ์ปีการผลิต 2558/59 และ 2559/60 ที่เกิดภาวะฝนแล้งทำให้ผลผลิตอ้อยเฉลี่ยต่อไร่ลดลงจาก 11.2 ตัน/ไร่ ในปีการผลิต 2557/58 เป็น 9.1 และ 9.42 ตัน/ไร่ ในปีการผลิต 2558/59 และ 2559/60 ตามลำดับ (Hiangrat, 2016; Sriroth, 2016) ภาวะฝนแล้งนี้ก็ได้ยากขึ้นเมื่อพื้นที่ปลูกอ้อยส่วนใหญ่ไม่ได้อยู่ในเขตชลประทาน สำหรับในบางปีที่มีสภาพภูมิอากาศที่มีน้ำมากก็จะให้ผลผลิตที่มากกว่าที่คาดการณ์ส่งผลให้มีอ้อยเหลือในแปลงไม่ได้เก็บเกี่ยวหรือเกิดปัญหาเกี่ยวกับการขนส่งเนื่องจากสภาพอากาศมีผลทำให้ไม่สามารถขนส่งอ้อยได้ทันช่วงเวลาการเปิดหีบของโรงงานซึ่งเป็นผลจากการขาด

ระบบการจัดการที่เพียงพอที่จะเห็นได้จากปีการผลิต 2560/61 เป็นปีที่มีปริมาณฝนมากทำให้ผลผลิตอ้อยมีมากเกินกว่าที่คาดการณ์กว่าร้อยละ 30 หรือคิดเป็นปริมาณอ้อย 135 ล้านตัน ส่งผลให้ไม่สามารถเก็บเกี่ยวได้ทันเวลาของช่วงการเปิดหีบของโรงงานเป็นต้น นอกจากนี้การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศยังสามารถส่งผลต่อผลตอบแทนโดยเปรียบเทียบระหว่างอ้อยกับพืชแข่งขัน ได้แก่ ข้าว ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ และมันสำปะหลัง เป็นต้น ซึ่งเป็นพืชเศรษฐกิจที่สามารถปลูกทดแทนกันได้ โดยจะส่งผลกระทบต่อเนื่องต่อการตัดสินใจในการผลิตของเกษตรกรผู้ปลูกอ้อยในอนาคต

จากความสำคัญและแนวโน้มของความต้องการผลผลิตอ้อยที่เพิ่มขึ้นร่วมกับผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องมีการศึกษาในรายละเอียดของการผลิตอ้อย สถานการณ์การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ รวมทั้งการประเมินผลกระทบที่เกิดขึ้นกับการผลิตอ้อย การศึกษานี้ได้เลือกพื้นที่การศึกษา คือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือเพราะเป็นแหล่งผลิตอ้อยที่ใหญ่ที่สุดในประเทศ โดยปีการผลิต 2559/60 ในพื้นที่มีผลผลิตอ้อยเท่ากับ 38.51 ล้านตัน คิดเป็นร้อยละ 41.43 ของผลผลิตอ้อยทั้งประเทศ ซึ่งคิดเป็นมูลค่าในภาคการผลิตเท่ากับ 41,735.48 ล้านบาท (สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย, 2560) นอกจากนี้ในพื้นที่มีโรงงานน้ำตาลจำนวน 20 โรงงาน มีกำลังการผลิตน้ำตาลรวมคิดเป็นร้อยละ 42.29 ของกำลังการผลิตน้ำตาลทั้งประเทศ แต่อย่างไรก็ตามในพื้นที่มีสัดส่วนของพื้นที่ชลประทานเพียงร้อยละ 1.87 ของพื้นที่ทั้งหมด ทำให้พื้นที่ส่วนใหญ่ร้อยละ 77.29 ของพื้นที่ทั้งหมดประสบปัญหาเกี่ยวกับฝนแล้งฝนทิ้งช่วงและขาดแคลนแหล่งน้ำเพื่อการเกษตร (กรมพัฒนาที่ดิน, 2558) นอกจากนี้ในพื้นที่มีแนวโน้มลักษณะของความแปรปรวนของสภาพภูมิอากาศที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิ จำนวนวันที่ร้อนจัด และความผันผวนของปริมาณน้ำฝน (Naruchaikusol, 2016) ซึ่งปัจจัยดังกล่าวมีแนวโน้มส่งผลกระทบต่อผลผลิตอ้อยลดลง (เกริก บันเหน่งเพชร และคณะ, 2552) ดังนั้นการศึกษานี้เพื่อประเมินผลกระทบของการผลิตอ้อยในพื้นที่เพื่อเตรียมความพร้อมต่อการเปลี่ยนแปลงเป็นสิ่งที่สำคัญและจำเป็น

โดยการศึกษาได้กำหนดวัตถุประสงค์การวิจัย คือ (1) เพื่อศึกษาสภาพทั่วไป ต้นทุนและผลตอบแทนการผลิตอ้อยและพืชทางเลือกของเกษตรกรในพื้นที่ศึกษา (2) เพื่อวิเคราะห์ผลกระทบของความแปรปรวนทางสภาพภูมิอากาศต่อต้นทุนและผลตอบแทนการผลิตอ้อยและพืชทางเลือกของเกษตรกรในพื้นที่ศึกษา (3) เพื่อวิเคราะห์ผลกระทบของพื้นที่ปลูกอ้อยและผลผลิตโดยรวมจากความแปรปรวนทางสภาพภูมิอากาศในพื้นที่การศึกษา ทั้งนี้การผลการศึกษาจากวัตถุประสงค์ข้อที่ 1 และ 2 เกษตรกรสามารถใช้ข้อมูลเพื่อเป็นแนวทางสำหรับการปรับวิธีการเพาะปลูก หรือพิจารณาปรับตัวปลูกพืชตามสถานการณ์ที่อาจเกิดขึ้นในอนาคต สำหรับผลการศึกษาจากวัตถุประสงค์ข้อที่ 3 โรงงานน้ำตาลและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องสามารถนำข้อมูลไปเป็นแนวทางการส่งเสริมการผลิตอ้อย รวมทั้งสามารถนำไปใช้เป็นข้อมูลประกอบการจัดการความเสี่ยงของทั้งในด้านการจัดหาวัตถุดิบ การแปรรูป การขนส่ง และระบบการส่งเสริมการผลิต นอกจากนี้ผลการศึกษายังสามารถใช้เป็นข้อมูลแก่หน่วยงานที่เกี่ยวข้อง เช่น กรมส่งเสริมการเกษตร สำนักบริหารอ้อยและน้ำตาลทราย สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย สำหรับการตัดสินใจดำเนินและปรับปรุงนโยบายส่งเสริมการผลิตอ้อย และการจัดการความเสี่ยงที่อาจเกิดขึ้นต่ออุตสาหกรรมอ้อยน้ำตาล

การตรวจเอกสาร

งานวิจัยเกี่ยวกับการวิเคราะห์ผลกระทบของความแปรปรวนของสภาพภูมิอากาศผ่านแบบจำลอง

การศึกษาเพื่อประเมินผลกระทบจากความแปรปรวนของสภาพภูมิอากาศและผลกระทบที่มีต่อภาคการเกษตรมีแนวทางการวิเคราะห์แบ่งเป็น 4 แนวทาง (Schreinemachers, 2010) ประกอบด้วย

1) แนวทางวิเคราะห์ผ่านแบบจำลองพืช (Crop Modeling School) การวิเคราะห์เป็นตามแนวทางของผลกระทบทางกายภาพของพืชที่มีต่อปัจจัยการเจริญเติบโต เช่น การเปลี่ยนแปลงของพลังงานแสง ก๊าซออกซิเจน ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ หรือปริมาณและคุณสมบัติของน้ำต่อการเจริญเติบโตและการให้ผลของพืช การศึกษาจะใช้แบบจำลอง เช่น CERES-Rice, CERES-Maize, SOYGRO, DSSAT เป็นต้น เพื่อจำลองการเจริญเติบโตของพืชทางกายภาพที่มีการเจริญเติบโตในแต่ละวัน (daily time-steps) การประเมินผลกระทบจะทำการถ่วงน้ำหนักผลกระทบที่จะเกิดขึ้นจากระดับของแปลงทดลองขึ้นไปสู่พื้นที่เกษตรทั้งหมดในภาพรวม โดยปัจจัยที่กำหนดการเจริญเติบโตของพืชที่มีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศสามารถใช้ปัจจัยเกี่ยวกับ

ภูมิอากาศ เช่น ความเข้มแสงในแต่ละวัน อุณหภูมิ ปริมาณน้ำฝน ความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เป็นต้น ปัจจัยเกี่ยวกับดิน เช่น ความชื้น ธาตุอาหารพืช อินทรีย์วัตถุในดิน เป็นต้น ปัจจัยด้านศัตรูพืช เช่น วัชพืช โรคพืช แมลงศัตรูพืช เป็นต้น แนวทางการวิเคราะห์ที่มีข้อดีคือสามารถวิเคราะห์ถึงผลกระทบที่จะเกิดขึ้นของแต่ละพืชที่เกิดจากปัจจัยทางกายภาพที่เปลี่ยนแปลงไป โดยสามารถให้ข้อเสนอแนะสำหรับการปรับตัวในการผลิตพืช เช่น การเปลี่ยนแปลงวันปลูก การจัดการเกี่ยวกับชลประทาน เป็นต้น แต่การวิเคราะห์ที่มีข้อจำกัดคือ กำหนดให้รูปแบบการใช้ที่ดินปลูกพืชเป็นแบบคงที่ หมายความว่าไม่ได้นำลักษณะการตัดสินใจในการปรับตัวของเกษตรกรที่เกิดจากผลได้และผลเสียเมื่อสภาพภูมิอากาศเปลี่ยนแปลงมาวิเคราะห์ด้วย (Dumb Farmers Critique) นอกจากนี้เนื่องจากผลการวิเคราะห์เป็นผลกระทบระดับแปลงทดลอง แล้วนำไปประมาณการให้เป็นผลกระทบในภาพรวมทั้งภูมิภาค ด้วยวิธีประมาณแบบถ่วงน้ำหนักอย่างง่ายเท่านั้นซึ่งอาจนำไปสู่ข้อผิดพลาดทางสถิติต่างๆ งานวิจัยที่มีการวิเคราะห์วิธีนี้ เช่น งานวิจัยของ Nelson et al. (2009) และ Karanja (2006)

2) แนวทางการวิเคราะห์ผ่านแบบจำลองความเหมาะสมของที่ดิน (Land Suitability School) การวิเคราะห์อาศัยหลักการการจับคู่ของพืชที่เหมาะสมต่อที่ดินในจุดต่างๆ ในพื้นที่ (Grid Cell) ซึ่งแต่ละจุดมีความแตกต่างกันของระดับความอุดมสมบูรณ์ เช่น เนื้อดิน ระดับความสูง และความชื้นของพื้นที่ เป็นต้น จากนั้นจะเป็นการประมาณว่าที่ดินแต่ละจุดเหมาะกับพืชชนิดไหน ซึ่งการวิเคราะห์จะมีการกำหนดสถานการณ์ที่มีการเปลี่ยนแปลงเกี่ยวกับระดับความอุดมสมบูรณ์ของที่ดินอันเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและส่งผลกระทบต่อเปลี่ยนแปลงชนิดพืชหรือการใช้ที่ดินเพื่อการปลูกพืช แนวทางนี้มีข้อดีคือผลดังกล่าวทำให้สามารถเปรียบเทียบลักษณะความอุดมสมบูรณ์ ความเหมาะสมของพื้นที่ต่อพืช ลักษณะการใช้ที่ดินของแต่ละพื้นที่และสามารถนำมาเปรียบเทียบได้ แต่อย่างไรก็ตามการวิเคราะห์ตามวิธีดังกล่าวนี้ก็มีข้อจำกัดโดยเฉพาะการวิเคราะห์ที่ไม่ได้พิจารณาการปรับตัวและการเปลี่ยนแปลงเทคโนโลยีที่อาจจะเกิดขึ้น โดยตัวอย่างการวิเคราะห์ที่ได้แก่งานวิจัยของ Valdes (2010)

3) แนวทางตามริคาร์เดียน (Ricardian School) การวิเคราะห์นี้เป็นการวิเคราะห์ผลกระทบที่เกิดขึ้นผ่านแบบจำลองลดรูปทางสถิติ (Reduced-form Statistical Model) โดยผลจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่มีต่อภาคการเกษตรจะอธิบายได้จากลักษณะความสัมพันธ์ของมูลค่าการใช้ที่ดินของฟาร์ม (the Ricardian Rent) กับปัจจัยทางกายภาพ เช่น อุณหภูมิ ปริมาณน้ำฝน ความอุดมสมบูรณ์ของดิน เป็นต้น และปัจจัยทางเศรษฐกิจ เช่น จำนวนและคุณภาพแรงงาน ผลผลิต ราคา เป็นต้น ซึ่งกรณีนี้ปัจจัยทางกายภาพอยู่ในสถานะภาพที่เหมาะสมต่อพืชจะส่งผลกระทบต่อเพิ่มขึ้นของมูลค่าการใช้ที่ดิน แนวทางนี้มีข้อดีคือสามารถนำเอาปัจจัยการปรับตัวของเกษตรกรมาพิจารณาร่วมด้วย แต่มีข้อด้อยคือ ไม่คำนึงถึงกระบวนการหรือโครงสร้างของการปรับตัวที่ชัดเจน (Black Box Model) รวมทั้งการเปลี่ยนแปลงของการใช้ที่ดินยังเป็นการปรับตัวเปลี่ยนแปลงภายในกรอบของข้อมูลในอดีตที่ไม่มีการพิจารณาทางเลือกในอนาคต (Schreinemachers, 2010) การวิเคราะห์ภายใต้วิธีนี้มีความง่ายในการกำหนดแบบจำลองที่ไม่ต้องคำนึงถึงลักษณะทางกายภาพของพืชที่มีต่อปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโต รวมทั้งข้อมูลชุดข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์สามารถหาได้ง่าย อย่างไรก็ตามในทางเทคนิคการวิเคราะห์ยังอาจเกิดปัญหาการมีความสัมพันธ์กันเองของตัวแปรในแบบจำลอง (Collinearity) ที่อาจส่งผลกระทบต่อระดับนัย อีกทั้งปัจจัยหรือตัวแปรที่นำมาวิเคราะห์ต้องมีความผันผวนอย่างเพียงพอในการอธิบายการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรตาม นอกจากนี้วิธีการวิเคราะห์นี้ไม่สามารถจำลองลักษณะที่มีการเพิ่มขึ้นของระดับการเปลี่ยนแปลงที่อาจจะเกิดขึ้นในระหว่างช่วงเวลาหรือการเกิดสถานการณ์ความแปรปรวนอย่างรุนแรง (Extreme Events) ได้ ยกตัวอย่างงานวิจัยภายใต้แนวทางนี้ เช่น Molua (2009) และ Apata et al. (2009)

4) การวิเคราะห์ผ่านการจำลองสถานการณ์ (Simulation) จากการวิเคราะห์ 3 แนวทางข้างต้นที่มีทั้งข้อดีและข้อจำกัด จึงทำให้เกิดการวิเคราะห์ผ่านการจำลองสถานการณ์ (Simulation) ซึ่งเป็นแนวทางที่สามารถลดข้อจำกัดของวิธีการวิเคราะห์ทั้งสามวิธีข้างต้น โดยการวิเคราะห์จะเป็นการพิจารณาการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืชสำหรับแต่ละพื้นที่ รวมทั้งการพิจารณาสถานการณ์ที่มีการปรับตัวและการเปลี่ยนแปลงเทคโนโลยีที่เกิดขึ้นที่แสดงถึงโครงสร้างการตัดสินใจของเกษตรกรที่มีผลต่อผลผลิตและรูปแบบการใช้ที่ดินในภาคการเกษตร การวิเคราะห์ตามวิธีนี้จะวิเคราะห์ผ่านแบบจำลองได้หลายประเภท เช่น แบบจำลองภูมิภาค (Regional Model) แบบจำลองเชิงเส้นระดับฟาร์ม (Farm-based LP Model) แบบจำลองบูรณาการของการใช้ที่ดิน (Integrated Land Use Model) แบบจำลองเชิงคณิตศาสตร์ที่เป็นจริง (Positive Mathematical Programming Model) แบบจำลอง

หลายตัวแทน (Agent-based Model) เป็นต้น ซึ่งงานวิจัยที่ผ่านมาตัวอย่างเช่น งานวิจัยของ Henseler et al. (2009), Gibbons and Ramsden (2008) และ Krol and Bronstert (2007) เป็นต้น

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่เป็นจริง

แบบจำลองเชิงคณิตศาสตร์ที่เป็นจริง (Positive Mathematical Programming: PMP) เป็นแบบจำลองที่พัฒนาขึ้นโดย Howitt (1995) เพื่อปรับปรุงจุดอ่อนของการประยุกต์ใช้แบบจำลองเชิงเส้น (Linear Programming Model: LP) ในการจำลองระบบการผลิตที่เกิดขึ้นจริงในพื้นที่ ทั้งนี้แบบจำลอง LP สามารถวิเคราะห์การตัดสินใจเลือกกิจกรรมหลายกิจกรรม ภายใต้ข้อจำกัดต่างๆ เพื่อให้เป็นไปตามวัตถุประสงค์ของการตัดสินใจได้ดี โดยแบบจำลองเชิงเส้นตรงมีองค์ประกอบ 3 องค์ประกอบหลัก ดังนี้ (บรรลุ พุฒิกร และคณะ, 2549) 1. ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ (Objective function) มีอยู่สองรูปแบบคือ หาค่าสูงสุด หรือค่าต่ำสุด 2. กิจกรรมทางเลือก (Activity) เป็นกิจกรรมที่ผู้ต้องการตัดสินใจสามารถเลือกใช้ได้ ทั้งนี้ต้องมีมากกว่าหนึ่งทางเลือก และ 3. ฟังก์ชันข้อจำกัด (Constraint function) เป็นฟังก์ชันที่บอกถึงข้อจำกัดในการใช้ทรัพยากรของกิจกรรมทางเลือกต่างๆ อย่างไรก็ตามการประยุกต์ใช้แบบจำลอง LP เพื่อจำลองระบบการผลิตที่เกิดขึ้นจริงนั้นมิใช่ว่าจะดี คือ เมื่อมีกิจกรรมที่โดดเด่นหรือสามารถทำให้เข้าใกล้วัตถุประสงค์ได้มากที่สุด แบบจำลองเส้นตรงจะเลือกกิจกรรมเหล่านั้นก่อน จนกระทั่งทรัพยากรข้อจำกัดหมดลง หรือที่เรียกว่า overspecialized optimal solution ข้อด้อยนี้เกิดจากฟังก์ชันวัตถุประสงค์ และต้นทุนของแบบจำลองเป็นเส้นตรง ซึ่งในความเป็นจริงแล้วสมการการผลิต และสมการต้นทุนในทางเศรษฐศาสตร์มีต้นทุนที่ซ่อนอยู่ (Hidden cost) ทำให้สมการดังกล่าวไม่เป็นเส้นตรง เนื่องมาจากการผลิตเพิ่มขึ้นในแต่ละหน่วยการผลิตนั้นมีการเปลี่ยนแปลงทั้งผลตอบแทนส่วนเพิ่มและต้นทุนส่วนเพิ่มไม่เท่ากันซึ่งเป็นผลจากต้นทุนที่ซ่อนอยู่ (Hidden cost) ซึ่งเป็นสิ่งที่วัดไม่ได้โดยตรง เช่น ความเสี่ยงที่จะเกิดขึ้นหรือค่าเสียโอกาสของปัจจัยการผลิต เป็นต้น (Umstaetter, 1999) ดังนั้น Howitt (1995) ใช้วิธีการปรับค่า (Calibrate) กับแบบจำลอง LP ที่ใช้รูปแบบการผลิตจริงในพื้นที่เป็นข้อจำกัด และคำนวณสัมประสิทธิ์ที่ใช้แทนต้นทุนที่ซ่อนอยู่นี้ให้ได้แบบจำลองที่มีฟังก์ชันวัตถุประสงค์ และฟังก์ชันต้นทุนที่ไม่ใช่เส้นตรง โดยเรียกแบบจำลองที่ใช้สัมประสิทธิ์ปรับค่านีว่าแบบจำลองพื้นฐาน (Baseline scenario) (รายละเอียดการสร้างแบบจำลอง PMP ดังภาคผนวก) แบบจำลอง PMP มีข้อดี คือ สามารถแสดงต้นทุนที่ซ่อนอยู่ (Hidden cost) เมื่อมีการตัดสินใจผลิตมากขึ้น เช่น เมื่อมีการผลิตอ้อยมากขึ้นหนึ่งหน่วยทำให้เกิดอุปทานอ้อยสูงขึ้นอาจเสี่ยงต่อราคาอ้อยลดลงหรือค่าเสียโอกาสของปัจจัยการผลิตเพิ่มขึ้น ซึ่งส่งผลทำให้ผลตอบแทนส่วนเพิ่มของการปลูกอ้อยหนึ่งหน่วยนั้นลดลง ทั้งนี้แบบจำลอง PMP สามารถกำหนดสถานการณ์จำลอง (Scenarios) ที่เกิดการเปลี่ยนแปลงปัจจัยที่สำคัญของระบบในแบบจำลอง เช่น การเปลี่ยนแปลงผลผลิตอันเนื่องมาจากสภาพภูมิอากาศ การเปลี่ยนแปลงราคาหรือต้นทุนผลผลิตอันเนื่องมาจากนโยบายของรัฐ การเปลี่ยนแปลงผลผลิตหรือต้นทุนการผลิตจากการเปลี่ยนแปลงของสภาพสิ่งแวดล้อม เป็นต้น (Dabbert, 2008) ตัวอย่างงานวิจัยที่ใช้แบบจำลองนี้ได้แก่ Judez and Miguel (2002), Henseler et al. (2006), Cortignani and Severini (2009) , Nantajit and Potchanasin (2018) เป็นต้น

วิธีการศึกษา

พื้นที่การศึกษา ข้อมูล และการเก็บรวบรวมข้อมูล

การศึกษาเลือกพื้นที่การศึกษามีบริเวณพื้นที่ส่งเสริมการปลูกอ้อยรอบโรงงานน้ำตาลขอนแก่นในรัศมี 50 กิโลเมตร ซึ่งครอบคลุมพื้นที่ 5 จังหวัดประกอบด้วย จ.ขอนแก่น จ.อุดรธานี จ.หนองบัวลำภู จ.มหาสารคาม และ จ.กาฬสินธุ์ (Figure 1) ทั้งนี้พื้นที่ร้อยละ 55.73 และร้อยละ 19.29 ของพื้นที่ศึกษาทั้งหมดอยู่ในเขต จ.ขอนแก่น และ จ.อุดรธานี ซึ่งเป็นพื้นที่ปลูกอ้อยที่สำคัญมากเป็นอันดับ 2 และ 1 ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน โดยมีพื้นที่ปลูกอ้อยในปีการผลิต 2559/60 เท่ากับ 613,954 และ 700,016 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 12.99 และร้อยละ 14.74 ของพื้นที่ปลูกอ้อยทั้งหมดในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และมีแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของพื้นที่ปลูกอ้อยเท่ากับ 24,537.60 และ 25,201.72 ไร่/ปี (กลุ่มวิชาการและสารสนเทศอุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาล, 2559) โดยกำหนดให้อ้อยเป็นพืชการผลิตหลักและกำหนดพืชทางเลือกจากลักษณะทางกายภาพของการผลิตที่เป็นพืชแข่งขันในพื้นที่ปลูกเดียวกันกับพื้นที่ปลูกอ้อย ซึ่งพื้นที่ปลูกอ้อยและพืชทางเลือกจะมีความสัมพันธ์กันตามลักษณะของผลตอบแทนโดยเปรียบเทียบและเงื่อนไขการผลิตของแต่ละพืชและพื้นที่ พืชทางเลือก 3 ชนิด ประกอบด้วย ข้าวนาปี ข้าวนาปรัง และมันสำปะหลัง

การวิเคราะห์ให้ทั้งข้อมูลปฐมภูมิและข้อมูลทุติยภูมิ โดยข้อมูลปฐมภูมิเป็นข้อมูลเกี่ยวกับลักษณะทางเศรษฐกิจสังคมของครัวเรือนและต้นทุนผลตอบแทนการผลิตอ้อยและพืชทางเลือกที่เก็บรวบรวมโดยการสัมภาษณ์ครัวเรือนเกษตรกรตัวอย่างในการผลิต พ.ศ. 2561/62 เลือกเกษตรกรตัวอย่างโดยการสุ่มแบบเจาะจง (Purposive Sampling) โดยเป็นเกษตรกรที่ทำสัญญาขายอ้อยกับโรงงานน้ำตาลในพื้นที่ต่างๆ และปลูกพืชแต่ละชนิดข้างต้นโดยเน้นเกษตรกรผู้ปลูกอ้อยเป็นหลัก ซึ่งการกำหนดขนาดตัวอย่างขั้นต่ำของแต่ละพืชกำหนดที่จำนวนพืชละ 25-30 ตัวอย่างตามข้อกำหนดขั้นต่ำทางสถิติของการกำหนดขนาดตัวอย่าง (Cooper and Schindler, 2006) ดังนั้นการศึกษานี้จึงมีการเก็บตัวอย่างทั้งหมด 421 ตัวอย่าง แบ่งเป็นครัวเรือนเกษตรกรผู้ปลูกอ้อย 354 ตัวอย่าง (เกษตรกรที่อาศัยใน จ.ขอนแก่น 313 ตัวอย่าง จ.กาฬสินธุ์ 12 ตัวอย่าง จ.มหาสารคาม 29 ตัวอย่าง) ชาวนาปีและชาวนาปรัง 37 ตัวอย่าง (เกษตรกรที่อาศัยใน จ.ขอนแก่นทั้งหมด) และมันสำปะหลัง 30 ครัวเรือน (เกษตรกรที่อาศัยใน จ.ขอนแก่น 15 ตัวอย่าง จ.กาฬสินธุ์ 10 ตัวอย่าง จ.มหาสารคาม 5 ตัวอย่าง) ซึ่งจากจำนวนดังกล่าวจะเป็นเกษตรกรตัวอย่างรวมทั้งหมดที่อาศัย จ.ขอนแก่น 365 ตัวอย่าง จ.มหาสารคาม 34 ตัวอย่าง และจ.กาฬสินธุ์ 22 ตัวอย่าง แบบสอบถามที่ใช้สัมภาษณ์เป็นแบบสอบถามแบบมีโครงสร้าง (structure interview) โดยมี 5 ส่วนที่สำคัญ คือ ลักษณะทั่วไปของครัวเรือน ลักษณะการถือครองที่ดิน ผลผลิตและรายได้จากการผลิตพืช ต้นทุนค่าใช้จ่ายในการผลิต และเครื่องมือเครื่องจักรและอุปกรณ์ ด้านข้อมูลทุติยภูมิประกอบด้วย (1) ข้อมูลเกี่ยวกับสภาพภูมิอากาศในพื้นที่ศูนย์อุตุนิยมวิทยาภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบนจากกรมอุตุนิยมวิทยา (2562) ที่สำคัญ 6 ตัวแปร ประกอบด้วย ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย (มม./เดือน) อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ย (องศาเซลเซียส/เดือน) อุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ย (องศาเซลเซียส/เดือน) ความชื้นสัมพัทธ์ (เปอร์เซ็นต์/เดือน) ความเร็วลมเฉลี่ย (เมตร/วินาที/เดือน) และจำนวนชั่วโมงที่มีแสงอาทิตย์เฉลี่ย (ชั่วโมง/วัน/เดือน) (2) ข้อมูลเกี่ยวกับระบบการปลูกพืช ข้อมูลชนิดของดิน ใช้ข้อมูลจาก FAO (1998) และ กรมพัฒนาที่ดิน (2560)

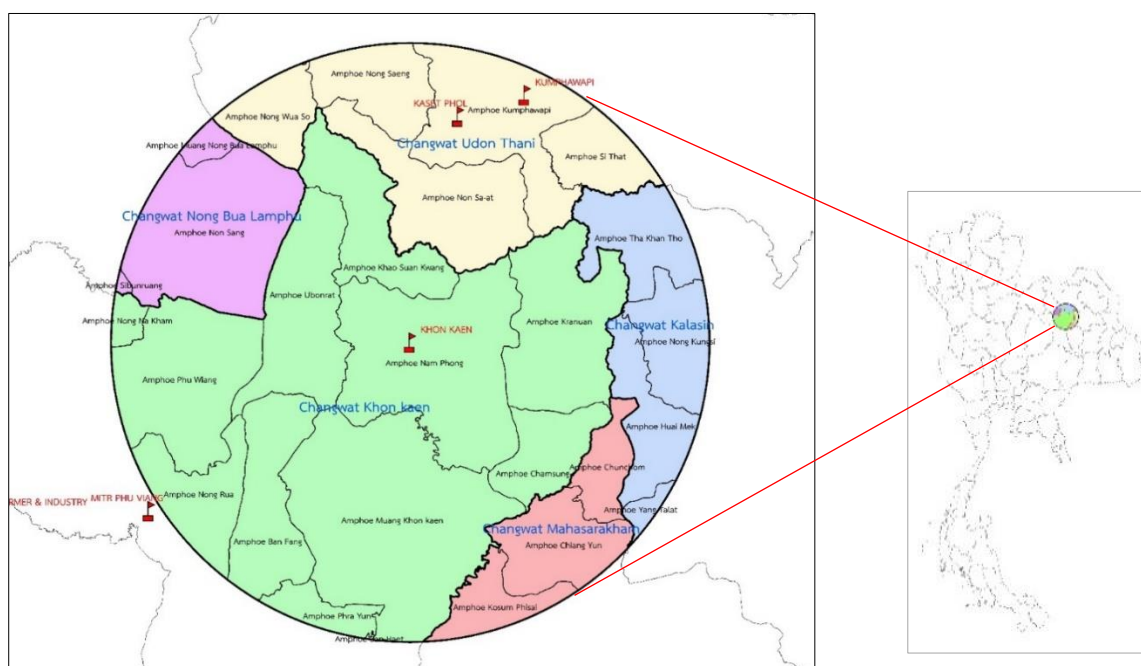


Figure 1 The study area covering sugarcane plantation area 50 km around Khonkaen sugar mill

Source: own illustration

การวิเคราะห์ข้อมูล

เพื่อตอบวัตถุประสงค์ทั้งสามข้อ การศึกษานี้ใช้การวิเคราะห์เชิงพรรณนา การวิเคราะห์ต้นทุนผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์ การวิเคราะห์โดยประยุกต์แบบจำลองคณิตศาสตร์ที่เป็นจริง และการวิเคราะห์ปริมาณผลผลิตพืช CropWat model ประกอบกัน โดยมีรายละเอียดการวิเคราะห์ดังต่อไปนี้

การวิเคราะห์เชิงพรรณนา

เป็นการรวบรวมข้อมูลทั้งข้อมูลปฐมภูมิและทุติยภูมิ นำมาวิเคราะห์สถิติเชิงพรรณนา เช่น ค่าเฉลี่ย ร้อยละ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เพื่อให้ทราบถึงสภาพทั่วไปของการเพาะปลูกในพื้นที่การศึกษา รวมไปถึงการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศในพื้นที่การศึกษา

การวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์

ต้นทุนการผลิตจำแนกตามกิจกรรมการผลิต แบ่งเป็น 2 ส่วน คือ ต้นทุนผันแปร และต้นทุนคงที่ ซึ่งจะจำแนกเป็นต้นทุนที่เป็นเงินสดและต้นทุนที่ไม่เป็นเงินสด โดยต้นทุนผันแปร ประกอบด้วย (1) ต้นทุนค่าแรงงาน จากกิจกรรมการเตรียมแปลงปลูก การปลูก การดูแลรักษา การเก็บเกี่ยว และการขาย (2) ต้นทุนค่าวัสดุปัจจัยการผลิต ได้แก่ ค่าพันธุ์ ค่าปุ๋ย ค่าสารเคมีป้องกันกำจัดวัชพืช ค่าสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชและโรคพืช น้ำมันเชื้อเพลิง ค่าน้ำมันหล่อลื่น ค่าซ่อมแซมอุปกรณ์ เป็นต้น และ (3) ต้นทุนค่าเสียโอกาสเงินลงทุนระยะสั้น ในขณะที่ต้นทุนคงที่ ประกอบด้วย (1) ต้นทุนค่าเสื่อมราคาเครื่องมือและอุปกรณ์ (2) ต้นทุนค่าเช่าที่ดิน และ (3) ค่าเสียโอกาสเงินลงทุนระยะยาว

ทั้งนี้จากรายการต้นทุนค่าใช้จ่ายข้างต้น การวิเคราะห์จะคำนวณต้นทุนผลตอบแทนสำหรับแต่ละพืชดังนี้

รายได้ทั้งหมดต่อไร่ = ผลผลิตต่อไร่ × ราคาต่อกิโลกรัม

ต้นทุนทั้งหมดต่อไร่ = ต้นทุนผันแปรทั้งหมดต่อไร่ + ต้นทุนคงที่ทั้งหมดต่อไร่

ผลตอบแทนสุทธิต่อไร่ = รายได้ทั้งหมดต่อไร่ - ต้นทุนผันแปรทั้งหมดต่อไร่

ผลตอบแทนสุทธิเหนือต้นทุนผันแปรเงินสดต่อไร่ = รายได้ทั้งหมดต่อไร่ - ต้นทุนผันแปรที่เป็นเงินสดทั้งหมดต่อไร่

กำไรสุทธิต่อไร่ = รายได้ทั้งหมดต่อไร่ - ต้นทุนทั้งหมดต่อไร่

ผลการวิเคราะห์ของพืชแต่ละชนิดแต่ละประเภทจะถูกนำมาอธิบายและเปรียบเทียบระหว่างพืชทางเลือกต่าง ๆ นอกจากนี้ผลการวิเคราะห์จะถูกนำไปใช้เพื่อการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์ของผลตอบแทนสุทธิต่อไร่สำหรับการผลิตพืชใน ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่เป็นจริง (Positive Mathematical Programming Model: PMP) ในส่วนต่อไป

การวิเคราะห์โดยประยุกต์แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่เป็นจริง

การวิเคราะห์เริ่มจากการนำผลการวิเคราะห์เรื่องต้นทุนผลตอบแทน ข้อมูลการใช้ทรัพยากร ในการผลิตพืชนำมากำหนดแบบจำลองเชิงเส้น (Linear Programming Model: LP) ในระดับภูมิภาคโดยรวมของพื้นที่การศึกษา (Regional Model) ตามรูปแบบการผลิตที่เกิดขึ้นในปีการผลิต 2561/62 จากการวิเคราะห์ LP ที่มีข้อจำกัดพื้นที่เพาะปลูกที่เกิดขึ้นจริงจะได้ค่าราคาเงาของทรัพยากร และราคาเงาของแต่ละกิจกรรม ซึ่งสามารถนำมาคำนวณสัมประสิทธิ์เพื่อกำหนดแบบจำลอง PMP แบบจำลองพื้นฐาน (Baseline scenario) (รายละเอียดการสร้างแบบจำลอง PMP และการคำนวณสัมประสิทธิ์ ดังภาคผนวก) มีรูปแบบของฟังก์ชันวัตถุประสงค์เป็นรูปแบบที่ไม่ใช่เส้นตรง ดังนี้

$$\max \quad f(x) = TGM = \sum_{j=1}^n \left[\left(y_j * p_j \right) x_j - \left(vc_j * \varphi_j * x_j^2 \right) \right]$$

$$\text{St.} \quad \sum_{j=1}^n x_j \leq b_i$$

$$x_j \geq 0$$

$$\text{โดยที่} \quad \varphi_j = \frac{\lambda_j + vc_j}{2 * vc_j * \hat{x}_j}$$

TGM คือ ผลรวมผลตอบแทนสุทธิเหนือต้นทุนผันแปร

y_j คือ ผลผลิตเฉลี่ยจากกิจกรรมที่ j โดย $j=1,2,3,...,n$

p_j คือ ราคาต่อหน่วยผลผลิตจากกิจกรรมที่ j โดย $j=1,2,3,...,n$

vc_j คือ ต้นทุนผันแปรจากกิจกรรมที่ j โดย $j=1,2,3,...,n$

b_i คือ ข้อจำกัดของทรัพยากรที่ i โดย $i=1,2,3,...,m$

λ_j คือ ราคาเงาของแต่ละกิจกรรม j โดย $j=1,2,3,...,n$

$\hat{x}_j$ คือ ระดับการทำกิจกรรมที่เป็นจริงปัจจุบันของกิจกรรมการผลิตที่ j โดย $j=1,2,3,...,n$

ϕ_j คือ ค่าสัมประสิทธิ์ของแบบจำลอง PMP จากการวิเคราะห์ผลตอบแทนสุทธิเหนือต้นทุนผันแปรหน่วยสุดท้าย

(Marginal Gross Margin) โดย $j=1,2,3,...,n$ (รายละเอียดการคำนวณแสดงดังภาคผนวก)

j คือ กิจกรรมประกอบด้วยกิจกรรมการผลิตพืช ในที่นี้ คือ การผลิตอ้อย การผลิตข้าว และการผลิตมันสำปะหลัง

i คือ ข้อจำกัดประกอบด้วยทรัพยากรการผลิตพืช ในที่นี้ คือ ที่ดิน แรงงาน และเงินทุน

เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงการตัดสินใจในการผลิต การศึกษานี้ กำหนดสถานการณ์จำลอง (scenario) 4 สถานการณ์ ตามปีการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศ คือ 1) สถานการณ์ภายใต้สภาพอากาศแบบปีเอลนีโญ 2) สถานการณ์ภายใต้สภาพอากาศแบบปีเอลนีโญรุนแรง 3) สถานการณ์ภายใต้สภาพอากาศแบบปีลานีญา และ 4) สถานการณ์ภายใต้สภาพอากาศแบบปีลานีญารุนแรง ทั้งนี้แต่ละสถานการณ์แบ่งตามการเปลี่ยนแปลงทางสภาพอากาศโดยใช้เกณฑ์ดัชนี Nino 3.4 ซึ่งเป็นดัชนี ONI (Oceanic Nino Index) ที่คำนวณจากค่าอุณหภูมิที่ผิวน้ำทะเล ณ บริเวณละติจูดที่ 5S-5N และลองจิจูดที่ 120W-170W โดยค่าดัชนีที่คำนวณได้จะถูกใช้เป็นตัวกำหนดลักษณะปรากฏการความแปรปรวนของสภาพภูมิอากาศว่าเป็นแบบใดและระดับความรุนแรงของปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น (Golden Gate Weather Services, 2018) ยกตัวอย่างเช่น เมื่อพิจารณาค่าดัชนี Nino 3.4 แล้วพบว่า ปีที่มีปรากฏการณ์ลานีญาประกอบด้วยปี 2538 2539 2541 2542 2543 2550 2551 2553 2554 2559 และ 2560 ข้อมูลสภาพภูมิอากาศจากปีที่เหล่านี้นำมาวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ยของสภาวะอากาศแต่ละลักษณะ เช่น อุณหภูมิ ปริมาณน้ำฝน ความชื้นสัมพัทธ์ เป็นต้น จากนั้นนำข้อมูลมาวิเคราะห์ในแบบจำลองพืช CropWat เพื่อหาผลการเปลี่ยนแปลงของผลผลิตพืชที่เกิดจากสถานการณ์ลานีญา ผลผลิตพืชแต่ละชนิดจากสถานการณ์ลานีญาจะถูกนำมาแทนค่าในสัมประสิทธิ์ y_j ในแบบจำลอง PMP สถานการณ์ลานีญา เป็นต้น

การวิเคราะห์ปริมาณผลผลิตพืช CropWat model

การศึกษานี้ประยุกต์ใช้แบบจำลองพืชจากโปรแกรม CropWat (FAO, 1998) แบบจำลองพืชประมาณปริมาณผลผลิตพืชจากค่าความต้องการใช้น้ำของพืช (Crop Water Requirement) โดยพิจารณาพร้อมกับปริมาณน้ำที่พืชสามารถใช้ได้ (Moisture Availability) หรือลักษณะดินในสภาพความชื้นที่พืชต้องการ หากมีช่วงเวลาที่ปริมาณน้ำที่พืชสามารถใช้ได้ต่ำกว่าปริมาณน้ำที่พืชต้องการจะมีผลต่อปริมาณผลผลิตที่จะได้รับ ทั้งนี้แบบจำลองพืชในโปรแกรม CropWat คำนวณค่าความต้องการใช้น้ำของพืชจากองค์ประกอบต่างๆ 4 ส่วนประกอบด้วย

1. ปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (Reference Crop Evapotranspiration: ETo)

วิธีการคำนวณค่า ETo ใช้วิธี Penman-Montieth (ธีระพล ตั้งสมบูรณ์, 2549) โดยคำนวณจากสูตร

$$ETo = \frac{0.408 \Delta \cdot R_n - G + \gamma \frac{900}{T + 273} U_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0.3U_2)}$$

เมื่อ

ETo = ปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (มม./วัน)

R_n = ปริมาณรังสีของดวงอาทิตย์ทั้งหมดที่พืชได้รับ (MJ/m²/d)

G = flux ค่าความร้อนของพื้นดิน (MJ/m²/d)

T = อุณหภูมิของอากาศเฉลี่ย (°C)

Δ = ค่าความลาดเทของเส้น curve แรงดันไอ (kPa/°C)

γ = ค่าคงที่ของ psychrometric (kPa/°C)

U_2 = ค่าความเร็วลมที่ระดับความสูงจากพื้นดิน 2 ม. (m/s)

$(e_s - e_a)$ = ค่าความต่างของแรงดันไอ (kPa)

900 = factor ปรับแก้

2. ปริมาณฝนรายเดือน

โปรแกรม CropWat คำนวณปริมาณฝนที่ใช้ประโยชน์ได้จริง (Effective Rainfall) ด้วยวิธีการคำนวณ USDA Soil Conservation Service (FAO, 1998) สูตรคำนวณคือ

$$Peff = Pmonth * (125 - 0.2 * Pmonth) / 125 \quad \text{ถ้า } Pmonth \leq 250 \text{ มม.}$$

$$Peff = 125 + 0.1 * Pmonth \quad \text{ถ้า } Pmonth > 250 \text{ มม.}$$

เมื่อ $Peff$ = ปริมาณฝนที่ใช้ประโยชน์ได้จริง (Effective Rainfall) (มม.)

$Pmonth$ = ปริมาณฝนเฉลี่ยรายเดือน (มม.)

3. ระบบการปลูกพืช ประกอบด้วย ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช (Crop Coefficient: Kc) ระยะการเจริญเติบโต (Stage) ความยาวของราก (Root depth) สัดส่วนน้ำที่พืชใช้ได้ (Critical depletion, fraction) สัมประสิทธิ์การตอบสนองของผลผลิตพืช (Yield response factor: Ky)

4. ข้อมูลชนิดของดินที่ใช้ปลูกพืชแต่ละชนิด ประกอบด้วย ความชื้นในดินทั้งหมด (Total available soil moisture) อัตราการซึมผ่านของฝนลงดินสูงสุด (Maximum rain infiltration rate) ความยาวรากสูงสุด (Maximum rooting depth) และค่าเริ่มต้นการสูญเสียน้ำจากดิน (Initial soil moisture depletion)

เมื่อทราบองค์ประกอบต่างๆ 4 ส่วนแล้ว นำค่าสัมประสิทธิ์ต่างๆ วิเคราะห์ผ่านแบบจำลองการเจริญเติบโตของพืช CropWat (Smith, 1992) รายละเอียดของแบบจำลองเป็นดังนี้

$$Yield = YM \cdot \left(1 - KY \cdot \left(1 - \frac{SUMETA_i}{SUMETM_i} \right) \right)$$

เมื่อ $Yield$ คือ ปริมาณผลผลิตพืชที่ได้รับจริง (กก.)

YM คือ ปริมาณผลผลิตพืชที่เป็นไปได้สูงที่สุดที่สามารถได้รับเมื่อปลูกพืชนั้นในพื้นที่ (กก.)

KY คือ ค่าสัมประสิทธิ์การลดลงของผลผลิตพืชจากการขาดน้ำ

$SUMETA_i$ คือ ผลรวมปริมาณน้ำที่พืชใช้จริง ในแต่ละช่วงของรอบการผลิต (มม.)

$SUMETM_i$ คือ ผลรวมปริมาณน้ำสูงสุดที่พืชต้องการ ในแต่ละช่วงของรอบการผลิต (มม.)

i คือ ช่วงการผลิตในแต่ละช่วงครอบคลุมระยะ 1 เดือน

ผลการศึกษา

ข้อมูลทั่วไปของพื้นที่การศึกษา

พื้นที่การศึกษาครอบคลุมพื้นที่การเกษตรในจังหวัดขอนแก่นมากที่สุด และครอบคลุมพื้นที่อีก 4 จังหวัด คือ จ.อุดรธานี จ.หนองบัวลำภู จ.มหาสารคาม และ จ.กาฬสินธุ์ ประมาณ 2 ถึง 3 แสนไร่ รวมแล้วประกอบด้วยพื้นที่เกษตรทั้งหมด 3,027,460 ไร่ (Table 1) แบ่งการใช้ประโยชน์เป็นพื้นที่ปลูกข้าวมากที่สุดมีพื้นที่ 1,427,841 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 47.2 ของพื้นที่เกษตรทั้งหมด รองลงมาคือพื้นที่ปลูกอ้อย มันสำปะหลัง และไม้ยืนต้น มีพื้นที่ 877,494 ไร่ 404,445 และ 247,303 ไร่ หรือคิดเป็นร้อยละ 29.0 13.4 และ 8.4 ของพื้นที่เกษตรทั้งหมด ตามลำดับ

Table 1 Agricultural land use in the study area in 2017

Land use	Khon Kaen		Udon Thani		Nong Bua Lam Phu		Maha Sarakham		Kalasin		Total	
	(rai)	(%)	(rai)	(%)	(rai)	(%)	(rai)	(%)	(rai)	(%)	(rai)	(%)
Rice	915,625	47.4	77,982	28.7	155,977	75.9	170,183	68.9	108,075	29.1	1,427,841	47.2
Sugarcane	593,496	30.7	125,627	46.3	11,008	5.4	31,300	12.7	116,063	31.2	877,494	29.0
Cassava	211,678	11.0	46,409	17.1	13,517	6.6	26,846	10.9	105,995	28.5	404,445	13.4
Tree crop	159,399	8.3	16,400	6.0	23,191	11.3	9,512	3.9	38,801	10.4	247,303	8.2
Other	51,293	2.7	5,224	1.9	1,832	0.9	9,096	3.7	2,933	0.8	70,377	2.3
Total	1,931,491	100.0	271,642	100.0	205,525	100.0	246,937	100.0	371,867	100.0	3,027,460	100.0

Source: Land Development Department (2017)

การศึกษาจำแนกประเภทของครัวเรือนเกษตรกรตามการใช้ประโยชน์พื้นที่เพาะปลูกส่วนใหญ่ เช่น ถ้าเกษตรกรมีพื้นที่เพาะปลูก 100 ไร่ ปลูกอ้อย 90 ไร่ จะจำแนกเป็นเกษตรกรผู้ปลูกอ้อย เป็นต้น ข้อมูลจากการสัมภาษณ์ครัวเรือนเกษตรกร พบว่า โดยเฉลี่ยเกษตรกรผู้ปลูกอ้อย ใช้ที่ดินเกษตรเฉลี่ย 355.28 ไร่/ครัวเรือน ด้านเกษตรกรผู้ปลูกข้าว และมันสำปะหลังถือครองที่ดินเกษตรเฉลี่ย 23.82 และ 34.16 ไร่/ครัวเรือน ตามลำดับ โดยสามารถแบ่งเกษตรกรผู้ปลูกอ้อยตามขนาดพื้นที่ปลูกอ้อย แบ่งเป็น รายเล็ก (1-59 ไร่) ใช้ที่ดินเฉลี่ย 32.49 ไร่/ครัวเรือน รายกลาง (60-199 ไร่) 108.82 ไร่/ครัวเรือน และรายใหญ่ (มากกว่า 200 ไร่) 924.53 ไร่/ครัวเรือน ดัง Table 2

Table 2 Land use of farm households based on their main crops in crops year 2018/19

Household type	Land use (rai)				
	Crop land	Sugarcane	Rice	Cassava	Other crops
Sugarcane	355.28	342.93	7.77	0.01	4.57
small sugarcane (1-59 rai)	32.49	22.09	5.81	0.03	4.56
medium sugarcane (60-199 rai)	108.82	93.37	6.29	-	9.15
large sugarcane (more than 200 rai)	924.53	913.33	11.2	-	-
Rice	23.82	7.45	8.55	6.73	1.09
Wet season rice	24.16	7.30	13.98	1.53	1.35
Dry season rice	23.49	7.61	3.13	11.93	0.82
Cassava	34.16	14.01	3.77	16.38	-

Source: own calculation

ลักษณะสภาพภูมิอากาศในพื้นที่การศึกษา

เมื่อแบ่งสภาพอากาศตามดัชนี Nino 3.4 โดยใช้ข้อมูลสภาพภูมิอากาศตั้งแต่ปี พ.ศ. 2494 - 2561 พบว่า สภาพอากาศในพื้นที่การศึกษาปีการผลิต 2561/62 มีลักษณะการกระจายตัวของน้ำฝน อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ที่ใกล้เคียงกับปีที่มีภูมิอากาศปกติ โดยมีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยทั้งปีเท่ากับ 1,216.60 มม. อุณหภูมิเฉลี่ยเท่ากับ 26.54 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์เท่ากับ 71.85%

สภาพภูมิอากาศโดยเฉลี่ยตั้งแต่ปี พ.ศ. 2494 - 2561 พื้นที่การศึกษามีปริมาณน้ำฝนทั้งปีเท่ากับ 1,216.60 มม. เมื่อมีปรากฏการณ์เอลนีโญและเอลนีโญรุนแรง (ปีน้ำแล้ง) ปริมาณน้ำฝนโดยรวมของทั้งสองปรากฏการณ์ไม่แตกต่างกับปริมาณเฉลี่ยมากนัก คือ ต่ำกว่าปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย เท่ากับ 1,204.21 และ 1,187.25 มม. ตามลำดับ อย่างไรก็ตามนิยามของปรากฏการณ์เหล่านี้กำหนดจากความแปรปรวนของสภาพอากาศในช่วงระหว่างปีทั้งด้านการกระจายของปริมาณน้ำฝน อุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ ในกรณีการกระจายตัวของปริมาณน้ำฝน พบว่าปริมาณน้ำฝนปีเอลนีโญรุนแรงมีปริมาณน้ำฝนสูงกว่าปีลานีญารุนแรงใน 2 ช่วง คือ ช่วงเดือน ม.ค. ถึง มี.ค. และช่วงเดือน ก.ย. ถึง พ.ย. ซึ่งช่วงดังกล่าว เป็นช่วงที่จะมีการปลูกอ้อย และเป็นช่วงที่พืชต้องการน้ำเพื่อการเจริญเติบโตพอดี ดังนั้นการมีเอลนีโญรุนแรงส่งผลกระทบต่อการผลิตอ้อยน้อยกว่าปีลานีญารุนแรง ดัง **Figure 2** นอกเหนือไปกว่านั้นจากข้อมูลทุติยภูมิพบว่าฝนทั้งช่วงมีโอกาสเกิดขึ้นบ่อยและนานขึ้น ดัง **Figure 3**

ด้านอุณหภูมิ พบว่า ปีที่มีปรากฏการณ์เอลนีโญมีอุณหภูมิเฉลี่ยในพื้นที่เท่ากับ 27.20 องศาเซลเซียส ปีปรากฏการณ์เอลนีโญรุนแรงอุณหภูมิจะมีระดับที่สูงกว่าอุณหภูมิเฉลี่ยใน 2 ช่วง คือ ช่วงเดือน พ.ค. ถึง มิ.ย. และ ช่วงเดือน ต.ค. ถึง ธ.ค. ในขณะที่ปีที่มีปรากฏการณ์ลานีญาและลานีญารุนแรงอุณหภูมิในแต่ละเดือนจะอยู่ต่ำกว่าหรือใกล้เคียงกับอุณหภูมิเฉลี่ยในพื้นที่ โดยปีลานีญามีอุณหภูมิเท่ากับ 26.91 องศาเซลเซียส ขณะที่ในปีที่เกิดลานีญารุนแรงอุณหภูมิในช่วงเดือน ม.ค. ถึง เม.ย. จะมีอุณหภูมิที่สูงกว่าอุณหภูมิเฉลี่ยอย่างมาก จากนั้นในช่วง พ.ค. ถึง ธ.ค. อุณหภูมิจะต่ำกว่าค่าเฉลี่ย

ความชื้นสัมพัทธ์ในปีที่มีปรากฏการณ์เอลนีโญจะมีความชื้นสัมพัทธ์ใกล้เคียงกับความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยของแต่ละเดือนในช่วงระหว่างปี ยกเว้นช่วงเดือน มิ.ย. ถึง ก.ค. จะมีความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยต่ำกว่าระดับเฉลี่ยอย่างมาก โดยปีเอลนีโญมีความชื้นสัมพัทธ์ในพื้นที่เท่ากับ 70.79% ขณะที่ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยเท่ากับ 71.51% ปีที่มีปรากฏการณ์เอลนีโญรุนแรงความชื้นสัมพัทธ์จะมีระดับที่ต่ำกว่าความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยยกเว้นช่วงเดือน ก.พ. และ มี.ค. และช่วงเดือน ต.ค. ถึง ธ.ค. ขณะที่ปีที่มีปรากฏการณ์ลานีญาและลานีญารุนแรงความชื้นสัมพัทธ์ในแต่ละเดือนจะอยู่สูงกว่าความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยในพื้นที่ โดยปีลานีญามีความชื้นสัมพัทธ์เท่ากับ 71.88%

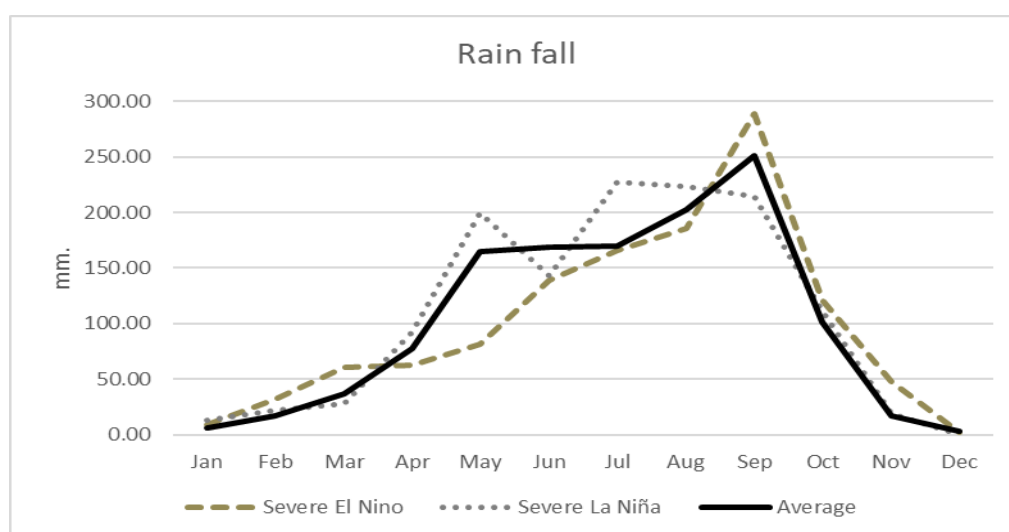


Figure 2 Average monthly rainfall by weather condition from year 1951 - 2018

Source: Thai Meteorological Department, 2019

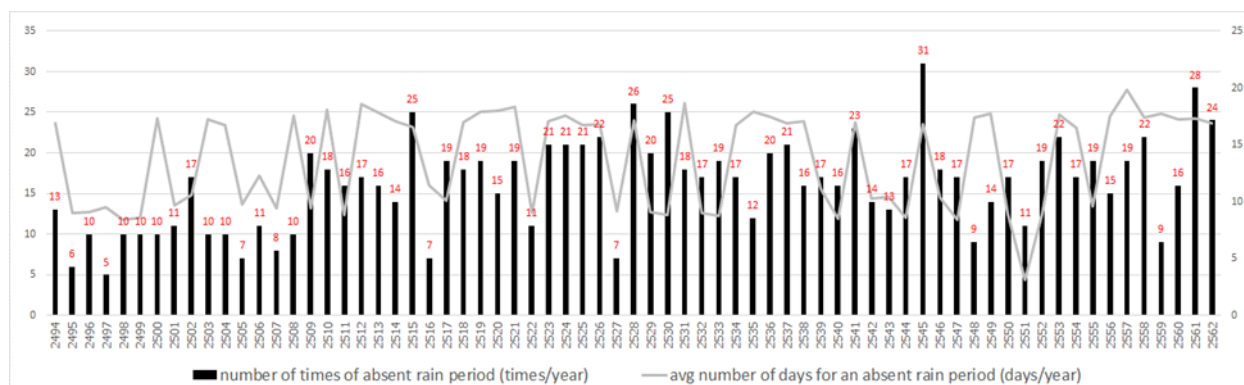


Figure 3 Frequency and intensity of absent rain period yearly from 1951 - 2018

Source: Thai Meteorological Department, 2019

ต้นทุนและผลตอบแทนการผลิตพืชกรณีศึกษาปีการผลิต 2561/62

ผลการศึกษาด้านต้นทุนและผลตอบแทนของการผลิตอ้อยโดยเฉลี่ยในพื้นที่การศึกษา พบว่า โดยเฉลี่ยเกษตรกรมีต้นทุนทั้งหมด 8,184.94 บาท/ไร่ แบ่งเป็นต้นทุนทั้งหมดที่เป็นเงินสด 6,416.51 บาท/ไร่ และไม่เป็นเงินสด 1,768.42 บาท/ไร่ และจากต้นทุนทั้งหมดสามารถแบ่งเป็นต้นทุนผันแปรทั้งหมด 7,358.92 บาท/ไร่ และต้นทุนคงที่ทั้งหมด 826.02 บาท/ไร่ หรือคิดเป็นร้อยละ 89.91 และ 10.09 ของต้นทุนทั้งหมด ต้นทุนผันแปรทั้งหมดสามารถแบ่งเป็น 1) ต้นทุนค่าแรงงาน ซึ่งเป็นต้นทุนส่วนใหญ่ของการผลิตอ้อย เท่ากับ 4,223.00 บาท/ไร่ คิดเป็นร้อยละ 51.59 ของต้นทุนทั้งหมด ต้นทุนค่าแรงงาน เช่น การเตรียมดิน การปลูก การดูแลรักษา และการเก็บเกี่ยว เป็นต้น ซึ่งค่าแรงงานที่สำคัญคือค่าแรงงานเก็บเกี่ยว และค่าแรงงานขนส่ง 2) ต้นทุนค่าวัสดุปัจจัย มีต้นทุนเท่ากับ 2,686.76 บาท/ไร่ คิดเป็นร้อยละ 32.83 ของต้นทุนทั้งหมด ต้นทุนค่าวัสดุปัจจัยเป็นค่าใช้จ่ายที่เกิดจากวัสดุปัจจัยในการผลิต เช่น ท่อนพันธุ์ ปุ๋ยเคมี สารบำรุง และอื่นๆ เป็นต้น ซึ่งต้นทุนค่าวัสดุปัจจัยที่สำคัญคือ ต้นทุนค่าปุ๋ยเคมี ต้นทุนค่าท่อนพันธุ์ และต้นทุนค่าสารเคมีกำจัดวัชพืช 3) ต้นทุนอื่นๆ คือ ค่าซ่อมแซมอุปกรณ์ ค่าบำรุงรักษาอุปกรณ์ และ ค่าเสียโอกาสต้นทุนผันแปรทั้งหมด มีต้นทุนในส่วนนี้ 171.96 89.25 และ 449.16 บาท/ไร่ คิดเป็นร้อยละ 2.10 1.09 และ 5.49 ของต้นทุนทั้งหมด ตามลำดับ ต้นทุนคงที่ทั้งหมดมีต้นทุนเท่ากับ 826.02 บาท/ไร่ คิดเป็นร้อยละ 10.09 ของต้นทุนทั้งหมด ในจำนวนของต้นทุนทั้งหมดสามารถแบ่งเป็นต้นทุนค่าเช่าที่ดิน 155 บาท/ไร่ ค่าเสื่อมราคาอุปกรณ์ 627.12 บาท/ไร่ และค่าเสียโอกาสต้นทุนคงที่ 43.90 บาท/ไร่ คิดเป็นร้อยละ 1.89 7.66 และ 0.54 ของต้นทุนทั้งหมด ตามลำดับ รายได้รวมทั้งหมดเกษตรกรได้รับเท่ากับ 7,912.78 บาท/ไร่ เป็นผลจากการได้ผลผลิต 10,434.36 กก./ไร่ ระดับความหวานเฉลี่ยเท่ากับ 11.71 CCS และราคาผลผลิตที่เกษตรกรได้รับเท่ากับ 0.76 บาท/กก. หรือเท่ากับ 760 บาท/ผลวิเคราะห์ พบว่า โดยเฉลี่ยเกษตรกรมีรายได้เหนือต้นทุนผันแปรเงินสดเท่ากับ 1,496.26 บาท/ไร่ แต่เมื่อพิจารณาต้นทุนค่าเสียโอกาสแล้วเกษตรกรผู้ปลูกอ้อยขาดทุนในทางเศรษฐศาสตร์เท่ากับ 272.16 บาท/ไร่ แสดงให้เห็นว่าเกษตรกรในพื้นที่ยังคงปลูกอ้อยเพราะมีกำไรเป็นเงินสด อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาต้นทุนค่าเสียโอกาสแล้วจะพบว่าเกษตรกรได้รับผลตอบแทนน้อยกว่าค่าเสียโอกาสที่ควรได้

เมื่อวิเคราะห์โดยแบ่งเกษตรกรผู้ปลูกอ้อยตามขนาดพื้นที่ปลูกอ้อยเป็นรายเล็ก (พื้นที่ไม่เกิน 59 ไร่) รายกลาง (60-199 ไร่) และ รายใหญ่ (มากกว่า 200 ไร่) พบว่า ด้านต้นทุนเกษตรกรรายกลางและรายใหญ่มีการจัดการต้นทุนที่ดีกว่าเกษตรกรรายเล็ก คือ เกษตรกรรายเล็กมีต้นทุนรวมเท่ากับ 8,450.32 บาท/ไร่ ในขณะที่รายกลาง และรายใหญ่มีต้นทุนรวมเท่ากับ 7,054.52 และ 6,513.00 บาท/ไร่ คิดเป็นต้นทุนที่ต่ำกว่ารายเล็กร้อยละ 16.52 และ 22.93 ตามลำดับ ด้านต้นทุนนี้เกษตรกรรายใหญ่ทำได้ดีที่สุด เนื่องจากจากการประหยัดต่อขนาดซึ่งเห็นได้จากต้นทุนด้านแรงงาน และต้นทุนค่าเสียโอกาสเครื่องจักรที่ต่ำ ด้านผลผลิตต่อไร่เกษตรกรรายกลางทำได้ดีที่สุด คือได้รับผลผลิตเท่ากับ 10,942.14 กก./ไร่ เกษตรกรรายเล็กได้รับผลผลิตเท่ากับ 10,377.65 และรายใหญ่ได้รับผลผลิตน้อยที่สุด เท่ากับ 10,111.21 กก./ไร่ ในขณะที่ราคาที่เกษตรกรได้รับไม่แตกต่างกันมากนัก การจัดการทางต้นทุนและผลผลิตที่ได้รับนี้เองที่ทำให้ เกษตรกรรายกลางมีกำไรทางเศรษฐศาสตร์สูงสุดเท่ากับ 1,376.96 บาท/ไร่ เกษตรกรรายใหญ่มีกำไรเท่ากับ 570.47 บาท/ไร่ ในขณะที่เกษตรกรรายเล็กขาดทุน เท่ากับ 609.03 บาท/ไร่

เมื่อเปรียบเทียบต้นทุน และผลตอบแทนในปีการเพาะปลูก 2561/62 ของการผลิตอ้อยกับพืชทางเลือกในพื้นที่ ซึ่งประกอบด้วย ข้าวนาปี ข้าวนาปรัง และมันสำปะหลัง พบว่า เมื่อพิจารณาเฉพาะด้านรายได้ เกษตรกรผู้ปลูกอ้อยได้รับรายได้ต่อไร่จากการปลูกอ้อยค่อนข้างสูง โดยรายได้ใกล้เคียงกับการปลูกข้าวนาปีที่ได้รับรายได้สูงที่สุด อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาคิดกำไรที่ได้รับต่อไร่พบว่า เกษตรกรผู้ปลูกอ้อยกลับขาดทุนได้รับกำไรน้อยที่สุด คือโดยเฉลี่ยแล้วขาดทุน 272.16 บาท/ไร่ ในขณะที่พืชทางเลือกอื่นได้กำไรจากการปลูกข้าวนาปีได้รับกำไรสูงที่สุด คือ 5,078.04 บาท/ไร่ รองลงมาคือข้าวนาปรังกำไร 3,210.79 บาท/ไร่ และมันสำปะหลัง 279.08 บาท/ไร่ ทั้งนี้เป็นเพราะต้นทุนการผลิตของพืชทางเลือกโดยเฉพาะข้าวนาปี และนาปรังต่ำกว่าต้นทุนการผลิตอ้อยอยู่มาก เห็นได้ว่าต้นทุนผันแปรซึ่งประกอบไปด้วยค่าแรงงาน และวัสดุปัจจัย ของการผลิตอ้อยสูงกว่าข้าวนาปีและนาปรังร้อยละ ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องมาจากการผลิตอ้อยมีการใช้แรงงานสูงกว่าการผลิตข้าว รายละเอียดดัง Table 3

Table 3 Cost and benefit of sugarcane and other crops in crop year 2018/19

List	Sugarcane				Wet	Dry	Cassava
	average	small	medium	large	season rice	season rice	
Fix cost (baht/rai)	826.02	970.79	314.17	206.81	212.01	212.01	1,236.32
Variable cost (baht/rai)	7,358.92	7,479.54	6,740.35	6,306.19	2,822.68	2,586.95	4,402.30
Total cost (baht/rai)	8,184.94	8,450.32	7,054.52	6,513.00	3,034.70	2,798.97	5,638.61
Yield (kg/rai)	10,434.36	10,377.65	10,942.14	10,111.21	740	548.18	804.44
Price (baht/kg)	0.76	0.76	0.77	0.70	10.96	10.96	7.36
Total income (baht/rai)	7,912.78	7,841.02	8,431.48	7,083.47	8,112.74	6,009.76	5,917.69
Income over cash variable costs (baht/rai)	1,496.26	1,306.15	2,642.24	1,387.59	5,672.70	3,716.45	2,498.99
Income over variable costs (baht/rai)	553.86	361.49	1,691.13	777.27	5,290.05	3,422.81	1,515.40
Profit (baht/rai)	-272.16	-609.03	1,376.96	570.47	5,078.04	3,210.79	279.08

Source: own calculation

ผลกระทบของความแปรปรวนทางสภาพภูมิอากาศต่อผลผลิตและผลตอบแทนจากการผลิตอ้อยและพืชทางเลือก

จากการวิเคราะห์ด้วย CropWat model พบว่า มีพืช 2 ชนิดในพื้นที่ที่ผลผลิตได้รับผลกระทบจากความแปรปรวนทางสภาพภูมิอากาศ คือ อ้อย และข้าวนาปรัง ดังนี้ เมื่อเทียบกับปีการศึกษา 2561/62 (ปีพื้นฐาน) ผลผลิตอ้อยภายใต้สถานการณ์ปีที่มีเอลนีโญรุนแรงได้ผลผลิตน้อยที่สุด โดยผลผลิตต่ำกว่าปีพื้นฐานเป็นจำนวน 804.04 กก./ไร่ หรือคิดเป็นลดลงร้อยละ 7.2 สถานการณ์ปีที่มีเอลนีโญผลผลิตต่ำกว่าปีพื้นฐานเป็นจำนวน 312.68 กก./ไร่หรือคิดเป็นลดลงร้อยละ 2.8 ปีที่มีสถานการณ์ลานีญา และลานีญารุนแรงมีปริมาณผลผลิตน้อยกว่าปีพื้นฐานเล็กน้อย คือ 178.68 และ 55.84 กก./ไร่ หรือคิดเป็นลดลงร้อยละ 1.6 และ 0.50 ตามลำดับ ปริมาณผลผลิตอ้อยตามสภาพภูมิอากาศต่าง ๆ แสดงดัง **Figure 4a** ส่วนด้านผลผลิตข้าวนาปรัง พบว่า สถานการณ์ทั้งเอลนีโญ เอลนีโญรุนแรง ลานีญา และลานีญารุนแรง ส่งผลเชิงลบต่อผลผลิตข้าวนาปรังเมื่อเทียบกับปีพื้นฐาน โดยสถานการณ์ที่ทำให้เกษตรกรได้รับผลผลิตน้อยที่สุด คือ ปีที่มีลานีญา เนื่องจากปีลานีญาปริมาณการกระจายตัวของน้ำฝนของปรากฏการณ์ดังกล่าวส่งผลต่อการเจริญเติบโตของข้าวมากกว่าปรากฏการณ์อื่นซึ่งส่งผลต่อการลดลงของผลผลิตมากที่สุด ดัง **Figure 4b**

เมื่อนำผลผลิตที่ลดลงจากความแปรปรวนทางสภาพภูมิอากาศลักษณะต่างๆ มาคำนวณรายได้ของเกษตรกร พบว่าเกษตรกรผู้ปลูกอ้อยรายได้ต่อไร่ลดลงมากที่สุดในปีที่เกิดเอลนีโญรุนแรง ในขณะที่ข้าวนาปรังให้รายได้ต่อไร่ลดลงมากที่สุดเมื่อเกิดสถานการณ์ลานีญา ดัง Table 4

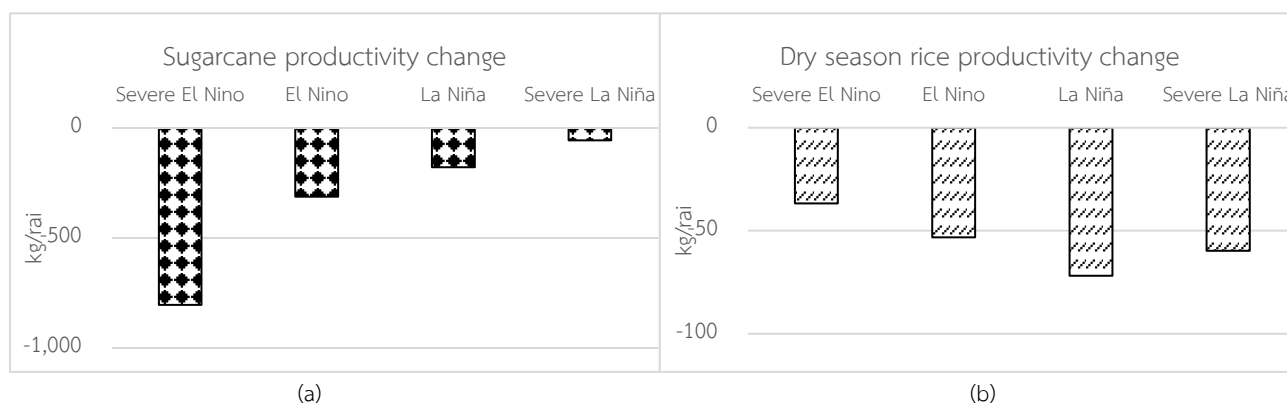


Figure 4 Productivity change of sugarcane and dry season rice by weather scenario

Source: own calculation

Table 4 Crops income changed by weather year compare with base year 2018/19

Income changed	Severe El Nino	El Nino	La Niña	Severe La Niña
Sugarcane (baht/rai)	-611.07	-237.64	-135.80	-42.44
Dry season rice (baht/rai)	-763.04	-582.74	-787.04	-654.86

Source: own calculation

ผลกระทบของพื้นที่ปลูกและปริมาณผลผลิตอ้อยจากความแปรปรวนทางสภาพภูมิอากาศ

ผลกระทบต่อนพื้นที่ปลูกอ้อยในพื้นที่การศึกษา

ผลการศึกษาจากการวิเคราะห์ผ่านแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่เป็นจริง PMP จะได้แบบจำลองภายใต้สถานการณ์พื้นฐาน (baseline scenario) ที่มีเงื่อนไขและผลตอบแทน รวมทั้งรายละเอียดของผลผลิตและการใช้ทรัพยากรในการผลิตเป็นไปตามสภาพการผลิตในระดับภูมิภาคครอบคลุมพื้นที่การศึกษาในปีการผลิต 2561/62 ผลการวิเคราะห์ พบว่า แบบจำลองพื้นฐานสามารถจำลองการใช้ที่ดินเพื่อการปลูกพืชในพื้นที่ศึกษาใกล้เคียงกับพื้นที่ปลูกพืชที่เกิดขึ้นจริงในปีการผลิต 2561/62 คือ มีพื้นที่ปลูกอ้อย ข้าวนาปี ข้าวนาปรัง และมันสำปะหลัง เท่ากับ 877,494 ไร่ 1,427,841 ไร่ 464,298 ไร่ และ 404,445 ไร่ ตามลำดับ พื้นที่ปลูกพืชแต่ละชนิดในพื้นที่ของแบบจำลองพื้นฐานต่างจากพื้นที่ปลูกจริงในปีการผลิต 2561/62 เท่ากับ 0.14 0.16 0.08 และ 0.09 ไร่ ตามลำดับพืช แสดงถึงความสามารถของแบบจำลองที่สามารถจำลองสถานการณ์ที่เกิดขึ้นได้ใกล้เคียงความเป็นจริง และพร้อมสำหรับการใช้วิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงระดับการผลิตภายใต้สถานการณ์สถานการณ์จำลองต่อไป

ผลการวิเคราะห์การใช้ที่ดินในสถานการณ์จำลองสภาพอากาศทั้ง 4 แบบ พบว่า แม้การเกิดสถานการณ์ต่าง ๆ จะทำให้ผลผลิตและรายได้ของเกษตรกรเปลี่ยนแปลงไป แต่รูปแบบพื้นที่การเพาะปลูกในภาพรวมของพื้นที่การศึกษายังคงเดิม คือ ปลูกข้าวนาปีมากที่สุด รองลงมาคือปลูกอ้อย ข้าวนาปรัง และมันสำปะหลัง ดัง Figure 5

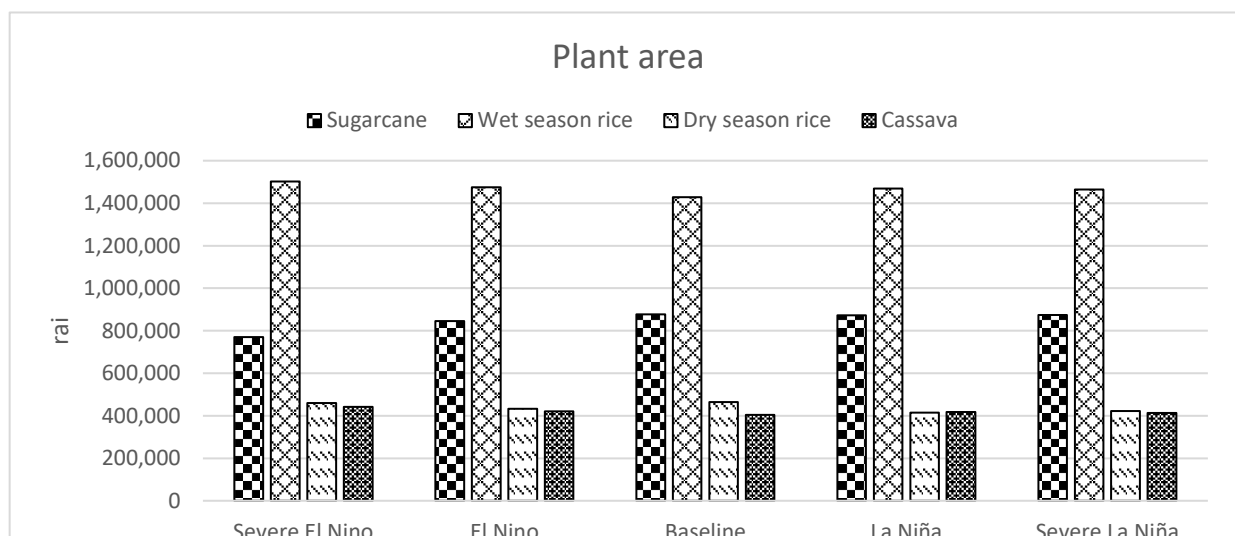


Figure 5 Plant areas by weather scenarios

Source: own calculation

อย่างไรก็ดีเมื่อเปรียบเทียบพื้นที่เพาะปลูกสถานการณ์พื้นฐานกับสถานการณ์จำลองสภาพอากาศ พบว่า ปีที่เกิดสถานการณ์เอลนีโญรุนแรง มีการเพาะปลูกอ้อยลดลงร้อยละ 12.2 ของพื้นที่ปลูกอ้อยเดิม เกษตรกรหันไปปลูกข้าวนาปี และมันสำปะหลังเพิ่มขึ้นร้อยละ 5.2 และ 9.2 ของพื้นที่ปลูกเดิมของพืชนั้น ๆ ตามลำดับ (Figure 6) ปีที่เกิดสถานการณ์เอลนีโญ พื้นที่เพาะปลูกข้าวนาปีลดลงมากที่สุดคือร้อยละ 6.8 พื้นที่ปลูกอ้อยลดลงร้อยละ 3.6 ในขณะที่พื้นที่เพาะปลูกมันสำปะหลังเพิ่มขึ้นร้อยละ 4.2 และข้าวนาปีเพิ่มขึ้นร้อยละ 3.3 ปีที่เกิดสถานการณ์ลานีญา พื้นที่เพาะปลูกข้าวนาปีจะได้รับผลกระทบมากที่สุด โดยลดลงร้อยละ 10.7 ในขณะที่พื้นที่เพาะปลูกข้าวนาปี และมันสำปะหลังเพิ่มขึ้น สำหรับปีที่เกิดสถานการณ์ลานีญารุนแรง พื้นที่เพาะปลูกเปลี่ยนแปลงในทิศทางที่คล้ายคลึงกับปีที่มีลานีญาเพียงแต่ความเข้มข้นในการเปลี่ยนแปลงพื้นที่เพาะปลูกน้อยกว่าเล็กน้อย

ทั้งนี้เมื่อพิจารณาเฉพาะการผลิตอ้อย การเพาะปลูกอ้อยจะลดลงเป็นจำนวนมากในปีที่เกิดเอลนีโญรุนแรง และเอลนีโญ ในขณะที่ในสถานการณ์ลานีญา และลานีญารุนแรงจะส่งผลให้เกษตรกรลดพื้นที่ปลูกอ้อยเพียงเล็กน้อยเท่านั้นดัง Figure 6

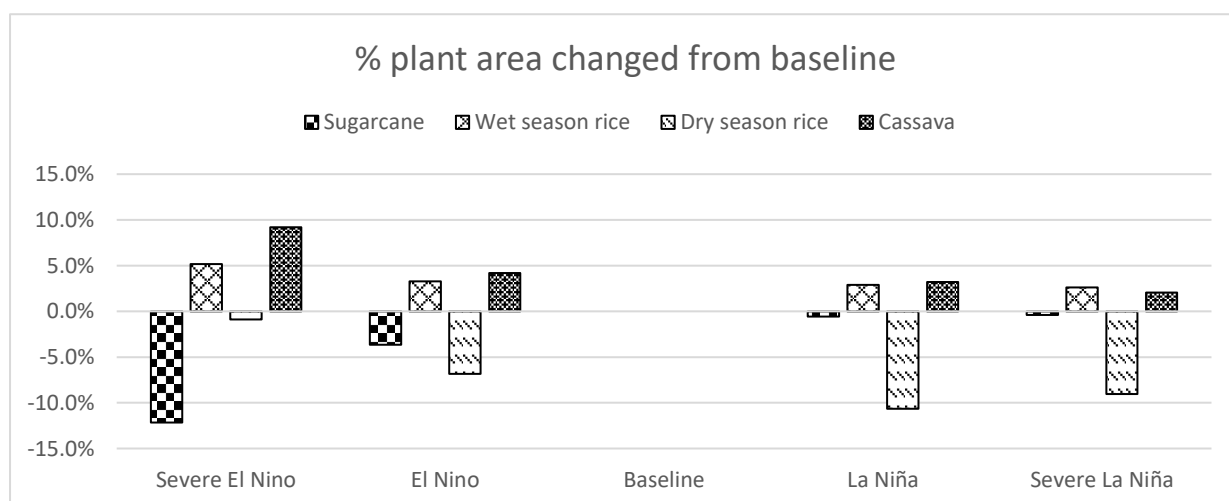


Figure 6 Percent change of planting areas compare with baseline scenario

Source: own calculation

ผลกระทบต่อน้ำตาลในพืชปลูกในพื้นที่การศึกษา

จากการวิเคราะห์ผลกระทบของความแปรปรวนของสภาพภูมิอากาศต่อผลผลิตพืช และพื้นที่เพาะปลูก พบว่าสภาพภูมิอากาศส่งผลกระทบให้ผลผลิตต่อไร่ลดลง และส่งผลต่อเนื่องไปสู่รายได้ต่อไร่ที่ลดลง จากนั้นนำไปสู่การตัดสินใจเพาะปลูกอ้อยที่ลดลงด้วยการลดลงของผลผลิตต่อไร่เกิดขึ้นพร้อมกับพื้นที่ปลูกลดลงส่งผลให้ต้นทุนต่อผลผลิตอ้อยน้ำตาลในภาพรวมของทั้งพื้นที่การศึกษา ดัง Table 5 จะเห็นได้ว่าปีที่เกิดเอลนีโญรุนแรงทำให้พื้นที่ 50 กม. รอบโรงงานน้ำตาลขอนแก่นมีผลผลิตอ้อยน้ำตาลโดยรวมลดลง 1.7 ล้านตันหรือคิดเป็นร้อยละ 18.93 ปีที่มีสถานการณ์เอลนีโญผลผลิตอ้อยน้ำตาลโดยรวมลดลงเกือบ 6 แสนตันหรือคิดเป็นร้อยละ 6.53 จากปีการผลิต 2561/62

Table 5 Summary of sugarcane productivity, planted area, total production under the weather scenarios

Scenario	Sugarcane				
	Productivity	Plant area	Production	Production change from baseline	
	(ton/rai)	(rai)	(ton)	(ton)	(%)
Severe El Nino	9.63	770,820	7,423,243	-1,732,845	-18.93
El Nino	10.12	845,535	8,558,235	-597,854	-6.53
Baseline	10.43	877,494	9,156,088	0	0.00
La Niña	10.26	872,466	8,947,732	-208,356	-2.28
Severe La Niña	10.38	873,895	9,069,737	-86,352	-0.94

Source: own calculation

สรุปและข้อเสนอแนะ

อภิปรายผลการศึกษา

การวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทนทำให้ทราบว่า ในพื้นที่การศึกษาเกษตรกรที่มีพื้นที่ขนาดเล็กมีกำไรเป็นเงินสด แต่เมื่อพิจารณาต้นทุนค่าเสียโอกาสแล้วจะพบว่าเกษตรกรได้รับผลตอบแทนน้อยกว่าค่าเสียโอกาสที่ควรได้ ดังนั้นการเพาะปลูกอ้อยของเกษตรกรรายเล็กจึงขาดทุนทางเศรษฐศาสตร์ ในขณะที่เกษตรกรรายกลางและรายใหญ่ซึ่งมีการจัดการต้นทุนที่ดีกว่ามีการประหยัดต่อขนาดนั้นมีกำไรทางเศรษฐศาสตร์ เมื่อเปรียบเทียบต้นทุน และผลตอบแทนของการผลิตอ้อยกับพืชทางเลือกในพื้นที่ พบว่า เกษตรกรผู้ปลูกอ้อยได้รับรายได้ต่อไร่ค่อนข้างสูง แต่เมื่อพิจารณาค่ากำไรที่ได้รับต่อไร่ พบว่า เกษตรกรผู้ปลูกอ้อยได้รับกำไรน้อยที่สุด ทั้งนี้เป็นเพราะต้นทุนการผลิตอ้อยสูงกว่าของพืชทางเลือกโดยเฉพาะข้าวโพด และนาปรังต่ำอยู่มาก โดยเฉพาะต้นทุนด้านแรงงาน

การศึกษาสภาพทั่วไปของสภาพภูมิอากาศพบว่าการผลิตอ้อยในพื้นที่ศึกษามีความเสี่ยงจากแนวโน้มสภาพอากาศที่แปรปรวนมากขึ้น คือ จากผลการศึกษาเกี่ยวกับสภาพภูมิอากาศที่เกิดขึ้นในช่วงหลายครั้งและแต่ละครั้งกินระยะเวลายาวนานยิ่งขึ้น ซึ่งเป็นลักษณะหนึ่งที่มีแนวโน้มที่จะเกิดปรากฏการณ์เอลนีโญมากขึ้น

การจำลองผลกระทบของความแปรปรวนทางสภาพภูมิอากาศทำให้ทราบถึงผลกระทบต่อเนื่องจากสภาพอากาศที่เปลี่ยนแปลงต่อผลผลิตอ้อย จำนวนผลผลิตที่เปลี่ยนแปลงไปนี้ส่งผลกระทบต่อเนื่องไปยังรายได้จากการเพาะปลูกของเกษตรกร และการตัดสินใจเพาะปลูกของเกษตรกรอีกต่อหนึ่ง ผลกระทบแบบลูกโซ่นี้ทำให้ผลผลิตรวมของทั้งพื้นที่ลดลงอย่างมากและอาจนำไปสู่ปัญหาการขาดแคลนวัตถุดิบของโรงงานน้ำตาลในพื้นที่

ข้อเสนอแนะ

เกษตรกรโดยเฉพาะเกษตรกรรายเล็กควรหาทางลดต้นทุนการผลิตลง เช่น ศึกษาการผลิตในลักษณะผลิตร่วมกันเป็นกลุ่ม วิธีการนี้เกษตรกรสามารถจัดหาแรงงาน เครื่องจักร การเก็บเกี่ยว การขนส่งผลผลิต และการจัดซื้อปุ๋ยเคมีต่างๆ ร่วมกัน การรวมกลุ่ม

เกษตรกรสามารถเพิ่มอำนาจของเกษตรกรรายย่อยในการต่อรองราคาปัจจัยการผลิต ทำให้เกิดการประหยัดต่อขนาดและต้นทุนลดลงได้นอกจากนี้เกษตรกรอาจพิจารณาปรับเปลี่ยนการปลูกข้าวแทนการปลูกอ้อยถ้าสภาพพื้นที่สามารถปลูกได้รวมทั้งการพิจารณาต้นทุนในส่วนที่เป็นต้นทุนที่ซ่อนอยู่ (Hidden cost) เช่น ความเสี่ยง ค่าเสียโอกาส ที่จะเกิดขึ้น (Howitt, 1995) ทั้งนี้ถ้าโรงงานน้ำตาล และหน่วยงานที่เกี่ยวข้องต้องการส่งเสริมให้มีการเพาะปลูกอ้อยเพิ่มขึ้นเพื่อรองรับกับความต้องการน้ำตาลในอนาคต ควรมีการส่งเสริมการรวมกลุ่ม ตลอดจนการจัดอบรมแนะนำวิธีการปลูกอ้อยที่มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้นให้แก่เกษตรกรรายย่อย โดยอาศัยกลไกการจัดการแปลงปลูก การประหยัดต้นทุน การเพิ่มผลผลิตจากเกษตรกรผู้ปลูกอ้อยรายกลางและรายใหญ่ที่ประสบผลสำเร็จในพื้นที่ แล้วนำผลการเรียนรู้ไปถ่ายทอดแก่ผู้ปลูกอ้อยรายเล็กอีกต่อหนึ่ง

เกษตรกรและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องควรเตรียมจัดการหาแหล่งน้ำสำรอง และการพัฒนาระบบชลประทานจะเป็นการลดความเสี่ยงของผลผลิตอ้อยที่ลดลงจากภาวะฝนทิ้งช่วงได้ นอกจากนี้การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงปริมาณผลผลิตจากสถานการณ์ต่างๆ พบว่าผลผลิตอ้อยได้รับผลกระทบเมื่อเกิดความแปรปรวนของสภาพอากาศดังนั้น หน่วยงานที่เกี่ยวข้องควรสนับสนุนให้เกษตรกรมีการประกันภัยพืชผลเพราะจะช่วยลดความเสียหายจากการสูญเสียผลผลิตได้

หน่วยงานที่เกี่ยวข้องที่ต้องการสนับสนุนการผลิตอ้อยควรดำเนินการวิจัยพันธุ์ใหม่ที่เหมาะต่อการเปลี่ยนแปลงของสภาพอากาศ และการพัฒนาระบบชลประทาน เพื่อลดความเสี่ยงของความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นกับเกษตรกรผู้ปลูกอ้อยจากความแปรปรวนทางสภาพภูมิอากาศ

ผู้ประกอบการโรงงานน้ำตาลควรมีการจัดการเพื่อจำกัดความเสี่ยงด้านความแปรปรวนทางสภาพภูมิอากาศ เช่น หากคาดการณ์ว่าจะเกิดสถานการณ์เอลนีโญรุนแรงโรงงานน้ำตาลควรมีการจัดการจัดหาแหล่งวัตถุดิบเพิ่มเติม หรือเพื่อให้เกิดความยั่งยืนโรงงานอาจให้การสนับสนุนระบบการชลประทานให้แก่เกษตรกรเพื่อลดความเสี่ยงด้านวัตถุดิบของโรงงานในระยะยาว นอกจากนี้เพื่อลดความเสี่ยงของความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นกับเกษตรกร หน่วยงานที่เกี่ยวข้องที่มีส่วนสนับสนุนการผลิตอ้อยควรดำเนินการวิจัยพันธุ์ใหม่ที่เหมาะต่อการเปลี่ยนแปลงของสภาพอากาศ รวมทั้งการพัฒนาระบบชลประทานเพื่อลดความเสี่ยงจากความแปรปรวนสภาพภูมิอากาศ

คำขอบคุณ

คณะนักวิจัยขอขอบคุณสำนักงานการวิจัยแห่งชาติ (วช.) และสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สกสว.) สำหรับทุนสนับสนุนการวิจัย ขอขอบคุณกรมพัฒนาที่ดินที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลสารสนเทศทางภูมิศาสตร์เพื่อการวิเคราะห์ขอขอบคุณโรงงานน้ำตาลขอนแก่นสำหรับความอนุเคราะห์อำนวยความสะดวกในการเก็บรวบรวมข้อมูล ขอขอบคุณภาควิชาเศรษฐศาสตร์เกษตรและทรัพยากรสำหรับการสนับสนุนในทุกด้าน และขอขอบคุณเกษตรกร ผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับอุตสาหกรรมอ้อยน้ำตาลที่ให้การอนุเคราะห์ข้อมูลเพื่อการศึกษาครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

กรมพัฒนาที่ดิน. 2558. เขตการใช้ที่ดินพืชเศรษฐกิจอ้อยโรงงาน. กองนโยบายและแผนการใช้ที่ดิน, กรมพัฒนาที่ดิน, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

กรมพัฒนาที่ดิน. 2560. ข้อมูลสารสนเทศทางภูมิศาสตร์รายจังหวัดปี 2560. แหล่งข้อมูล:

https://www.ddd.go.th/www/lek_web/web.jsp?id=17868. ค้นเมื่อ 10 กันยายน 2562.

กรมอุตุนิยมวิทยา. 2562. ข้อมูลภูมิอากาศสถานีอุตุนิยมวิทยาจังหวัดขอนแก่น ปี 2494 - 2561. แหล่งข้อมูล:

<http://www.khonkaen.tmd.go.th/Home.php>. ค้นเมื่อ 15 กันยายน 2562.

กลุ่มวิชาการและสารสนเทศอุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาล. 2559. รายงานพื้นที่ปลูกอ้อยปีการผลิต 2558/59. สำนักนโยบายอุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาลทราย, สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย.

- เกริก ปั่นแห่งเพชร, วินัย ศรีวัด, สมชาย บุญประดับ, สุกิจ รัตนศรีวังษ์, สหัชชัย คงทน, สมปอง นิลพันธ์, อิศระ พุทธสิมมา, ปรีชา กาเพชร, แคทลียา เอกอุ่น, วิจารณ์ ดำริเข้มตระกูล, ชัยณูชา บุคตาบุญ และกิ่งแก้ว คุณเขต. 2552. ผลกระทบของภาวะโลกร้อนต่อการผลิต ข้าว อ้อย มันสำปะหลัง และข้าวโพดของประเทศไทย. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์เสนอสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย.
- จักรกฤษณ์ พจนศิลป์, อภิชาติ ดะลุมเพทย์, อุซุก ตัวงบุตรศรี, สุภาวดี โพธิยะราช, จุลมณี ไพฑูรย์เจริญลาภ, เกวลิน มะลิ, อังศุธร เกื่อนนาดี, ชลิต อำนวย, สุนทร เหมทานนท์, พรศิริ เสนากัสป์, อรุณม์ สารพินิจ, ขจร เราประเสริฐ, ธนัท หาญเกริกไกร, วิสสาห์ สุขาโต, ณัฐพล พจนาประเสริฐ และอัจฉรา ปทุมนากุล. 2559. ศักยภาพทางเศรษฐกิจสังคมของการผลิตอ้อยในพื้นที่ปลูกข้าวที่ไม่เหมาะสม. รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์เสนอสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย.
- ธีระพล ตั้งสมบุญ. 2549. เอกสารประกอบการบรรยายหลักสูตรการปรับปรุงระบบการจัดการน้ำด้านเกษตรชลประทาน เรื่อง การใช้น้ำของพืช: สำนักอุทกวิทยาและบริหารน้ำ, กรมชลประทาน.
- บรรลพ พุฒิกร, ศานิต แก้วเอี่ยม และเอื้อ สิริจินดา. 2549. เศรษฐศาสตร์การผลิตทางการเกษตร. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ.
- สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย. 2560. รายงานการผลิตอ้อยและน้ำตาลทรายฉบับปิดหีบ ปีการผลิต 2559/60: สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย, กระทรวงอุตสาหกรรม.
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2560. ข้อมูลเศรษฐกิจการเกษตร. แหล่งข้อมูล: <http://www.oae.go.th>. ค้นเมื่อ 20 มกราคม 2561.
- สำนักงานสถิติแห่งชาติ. 2561. การสำรวจข้อมูลพื้นฐานของครัวเรือน พ.ศ. 2561. แหล่งข้อมูล: <http://www.nso.go.th/sites/2014/Pages/home.aspx>. ค้นเมื่อ 21 มกราคม 2561.
- สำนักวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร. 2559. สถานการณ์สินค้าเกษตรและแนวโน้ม ปี 2559. แหล่งข้อมูล: http://www.oae.go.th/download/document_tendency/journalofecon2559.pdf. ค้นเมื่อ 10 มีนาคม 2560.
- Apata, T.G., K.D. Samuel, and A.O. Adeola. 2009. Analysis of climate change perception and adaptation among arable food crop farmers in south western nigeria. Contributed Paper prepared for presentation at the International Association of Agricultural Economists' 2009 Conference 16-22 August 2009. Beijing, China.
- Cooper, D.R., and P.S. Schindler. 2006. Business research methods. 9th edition. New York: McGraw-Hill Companies, Inc.
- Cortignani, R., and S. Severini. 2009. Modeling farm-level adoption of deficit irrigation using positive mathematical programming. *Agricultural Water Management*. 96: 1785-1791.
- Dabbert, S. 2008. Positive mathematical programming. Handout document for Advance Resource Management course, University of Hohenheim, Germany.
- FAO. 1998. Crop evapotranspiration - Guidelines for computing crop water requirements: Water Resources, Development and Management Service, FAO.
- FAO. 1998. CropWat for Windows: User Guide. Rome, Italy: Land and Water Development Division, FAO.
- Gibbons, J.M., and S.J. Ramsden. 2008. Integrated modelling of farm adaptation to climate change in east anglia, uk: Scaling and farmer decision making. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 127(1-2): 126-134.
- Golden Gate Weather Services. 2018. El niño and la niña years and intensities. Available: http://www.cpc.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ensoyears.shtml. Accessed Sep 12, 2018.
- Henseler, M., T. Krimly, and A. Wirsig. 2006. An agro-economic production model for a middle european river basin – first results of cap reform scenario calculations. Selected paper presented at the International Association of Agricultural Economists Conference, Gold Coast, Australia, August 12-18, 2006.

- Hiangrat, R. 2016. Thai sugar industry: Challenges, trends and current development affecting the industry. Presentation at Cash Crop Conference 2016, 30 June 2016, Bangkok, Thailand.
- Howitt, R.E. 1995. Positive mathematical programming. *Agricultural & Applied Economics Association*. 77(2): 329-342.
- Judez, L., and J.M. de Miguel. 2002. Modeling crop regional production using positive mathematical programming. *Mathematical and Computer Modelling*. 35: 77-86.
- Karanja, F.K. 2006. Cropwat model analysis of crop water use in six districts in kenya. CEEPA Discussion Paper No. 35, CEEPA, University of Pretoria.
- Krol, M.S., and A. Bronstert. 2007. Regional integrated modelling of climate change impacts on natural resources and resource usage in semi-arid northeast brazil. *Environmental Modelling & Software*. 22(2): 259-268.
- Molua, E.L. 2009. An empirical assessment of the impact of climate change on smallholder agriculture in cameroon. *Global and Planetary Change*. 67: 205-208.
- Nantajit, C., and C. Potchanasin. 2018. Impacts of a Litchi's marketing alternative policy on land use change in upstream and downstream agricultural area. *Kasetsart Journal of Social Sciences*. 39: 660-673.
- Naruchaikusol, S. 2016. "Climate Change and its impact in Thailand: A short overview on actual and potential impacts of the changing climate in Southeast Asia." *TransRe Fact Sheet*, vol. 2.
- Nelson, G.C., M.W. Rosegrant, J. Koo, R. Robertson, T. Sulser, T. Zhu, C. Ringler, S. Msangi, A. Palazzo, M. Batka, M. Magalhaes, R. Valmonte-Santos, M. Ewing, and D. Lee. 2009. Climate change: Impact on agriculture and costs of adaptation. International Food Policy Research Institute (IFPRI). International Food Policy Research Institute (IFPRI).
- Schreinemachers, P. 2010. Lecture note on the analysis of climate change impact on agriculture: IPAAE, Kyushu University.
- Smith, M. 1992. Cropwat a computer program for irrigation planning and management. *FAO Irrigation and Drainage Paper*, no. 46. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Sriroth, K. 2016. Thai crop production where is it heading to?. Presentation at Cash Crop Conference 2016, 30 June 2016, Bangkok, Thailand.
- Umstaetter, J. 1999. Calibrating regional production models using positive mathematical programming. Aachen: Shaker Verlag.
- Valdes, C., C. Arriola, A. Somwaru, and J.G. Gasques. 2010. Brazil's climate adaptation policies: Impacts on agriculture. Contributed Paper at the IATRC Public Trade Policy Research and Analysis Symposium 27-29 June 2010. Stuttgart, Germany.

ภาคผนวก

การกำหนดแบบจำลอง PMP

ขั้นตอนการกำหนดและวิเคราะห์ผลกระทบผ่านแบบจำลอง PMP ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน (Dabbert, 2008) ดังนี้

(1) กำหนดแบบจำลองเชิงเส้น (Linear Programming: LP) ที่แสดงรูปแบบการจัดสรรทรัพยากรและการตัดสินใจปัจจุบัน ซึ่งจากขั้นตอนนี้จะได้ราคาเงาของทรัพยากรที่ดินโดยรวม (λ_{land}) และราคาเงาของกิจกรรมที่ i แต่ละกิจกรรม (λ_i) โดยแสดงสมการทางคณิตศาสตร์ได้ดังนี้

$$\begin{aligned} \max \quad & f(x) = TGM = \sum_{j=1}^n GM_j * x_j \\ \text{S.t.} \quad & \sum_{j=1}^n x_j \leq \sum_{j=1}^n \hat{x}_j \quad \Rightarrow \quad \text{resource constraint} \\ & x_j \leq \hat{x}_j * (1 + \varepsilon) \quad \Rightarrow \quad \text{calibration constraints} \\ & x_j \geq 0 \quad \Rightarrow \quad \text{non-negativity constraints} \end{aligned}$$

เมื่อ

TGM คือ ผลรวมผลตอบแทนสุทธิเหนือต้นทุนผันแปร

GM_j คือ ผลตอบแทนสุทธิเหนือต้นทุนผันแปรของกิจกรรมที่ j

x_j คือ กิจกรรมการผลิตที่ j

$\hat{x}_j$ คือ ระดับการทำกิจกรรมที่เป็นจริงปัจจุบันของกิจกรรมการผลิตที่ j

ε คือ ค่าทางเทคนิคที่น้อยมาก

(2) การวิเคราะห์หาค่าสัมประสิทธิ์ของแบบจำลอง PMP

การวิเคราะห์เริ่มจากการวิเคราะห์ผ่านแบบจำลอง LP ข้างต้นซึ่งได้ค่าราคาเงาของทรัพยากรที่ดินโดยรวม (λ_{land}) และราคาเงาของกิจกรรมที่ j แต่ละกิจกรรม (λ_j) จากนั้นนำค่าทั้งสองนี้มาคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์สำหรับแบบจำลอง PMP โดยแบบจำลอง PMP มีฟังก์ชันวัตถุประสงค์ดังนี้

$$\max \quad f(x) = TGM = \sum_{j=1}^n [(y_j \cdot p_j)x_j - (vc_j \cdot \varphi \cdot x_j)]$$

หรือ

$$\max \quad f(x) = TGM = \sum_{j=1}^n [(y_j \cdot p_j)x_j - (vc_j \cdot \varphi \cdot x_j^2)]$$

โดยผลตอบแทนสุทธิเหนือต้นทุนผันแปรหน่วยสุดท้าย (Marginal Gross Margin) สำหรับทุกกิจกรรมการผลิตจะเท่ากับ

$$\frac{\partial TGM_{(PMP)}}{\partial x_j} = \frac{\partial GM_{j(PMP)}}{\partial x_j} = \lambda_{land} = GM_{j(LP)} - \lambda_j$$

จะได้ผลตอบแทนสุทธิเหนือต้นทุนผันแปรหน่วยสุดท้าย (Marginal Gross Margin: MGM) เท่ากับ

$$MGM = y_j \cdot p_j - 2 \cdot vc_j \cdot \varphi_j \cdot \hat{x}_j$$

จากค่าข้างต้นสามารถคำนวณหาค่า φ_j ได้ดังนี้

$$GM_{j(LP)} - \lambda_j = (y_j \cdot p_j) - (2 \cdot vc_j \cdot \varphi_j \cdot \hat{x}_j)$$

$$GM_{j(LP)} - \lambda_j - vc_j = (y_j \cdot p_j) - vc_j - (2 \cdot vc_j \cdot \varphi_j \cdot \hat{x}_j)$$

$$-\lambda_j - vc_j = -2 \cdot vc_j \cdot \varphi_j \cdot \hat{x}_j$$

$$\text{จะได้} \quad \varphi_j = \frac{\lambda_j + vc_j}{2 \cdot vc_j \cdot \hat{x}_j}$$

(3) การใช้แบบจำลอง PMP วิเคราะห์ผล โดยเริ่มจากแทนค่าสัมประสิทธิ์ทั้งหมดที่ได้จากการคำนวณข้างต้น โดยแบบจำลอง PMP ที่จะใช้วิเคราะห์ผลเป็นดังนี้

$$\max \quad f(x) = TGM = \sum_{j=1}^n [(y_j \cdot p_j)x_j - (vc_j \cdot \varphi_j \cdot x_j^2)]$$

$$\text{S.t.} \quad \sum_{j=1}^n x_j \leq b_i$$

$$x_j \geq 0$$

ผลการวิเคราะห์จะทำให้ทราบผลรวมของผลตอบแทนสุทธิเหนือต้นทุนผันแปรทั้งหมด ซึ่งมีระดับการทำกิจกรรมการผลิตแต่ละกิจกรรมเท่ากับสถานการณ์ที่เป็นจริงในปัจจุบัน

(4) จากแบบจำลองข้างต้นสามารถกำหนดสถานการณ์จำลอง (Scenarios) ที่เกิดการเปลี่ยนแปลงปัจจัยที่สำคัญของระบบในแบบจำลอง เช่น การเปลี่ยนแปลงผลผลิตอันเนื่องมาจากสภาพภูมิอากาศ การเปลี่ยนแปลงราคาหรือต้นทุนผลผลิตอันเนื่องมาจากนโยบายของรัฐ การเปลี่ยนแปลงผลผลิตหรือต้นทุนการผลิตจากการเปลี่ยนแปลงของสภาพสิ่งแวดล้อม เป็นต้น (Dabbert, 2008) ซึ่งเมื่อวิเคราะห์แล้วสามารถนำไปเปรียบเทียบกับผลการวิเคราะห์ภายใต้สถานการณ์ที่เป็นจริงในปัจจุบันจะทำให้ทราบถึงการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น