Veridian E-Journal, Silpakorn University
ISSN 1906 - 3431

ผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อผลผลิตมันสำปะหลังในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ*

Impact of climate change to cassava production in The northeast region

อภินันท์ พัชโรภาสวัฒนกุล(Apinan Phatcharopaswatnagul)**
ขนิษฐา เสถียรพีระกุล(Kanitta Satienpirakul)***
เกศสุดา สิทธิสันติกุล(Katesuda Sittbisuntikul)****
นิโรจน์ สินณรงค์(Nirote Sinnarong)*****

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศได้แก่ อุณหภูมิเฉลี่ยและปริมาณน้ำฝนรวมต่อผลผลิตมันสำปะหลังในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ผ่านแบบจำลอง Panel Data และใช้วิธีการประมาณค่าแบบ Feasible Generalized Least Squares :FGLS โดยใช้ข้อมูล Panel Data ของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ปี พ.ศ.2524-2558 เพื่อประมาณค่าสัมประสิทธิ์ของแบบจำลอง

ผลการวิเคราะห์พบว่า จากผลการประมาณค่าเฉลี่ยของผลผลิตมันสำปะหลัง พบว่า อุณหภูมิเฉลี่ย ความแปรปรวนของอุณหภูมิเฉลี่ยส่งผลกระทบทางลบต่อผลผลิตมันสำปะหลังอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในส่วนพื้นที่เพาะปลูกมันสำปะหลัง ปัจจัยปริมาณน้ำฝนรวม ความแปรปรวนของปริมาณน้ำฝน และแนวโน้มเวลา ส่งผลทางบวกต่อผลผลิตมันสำปะหลังอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ข้อเสนอแนะจากการศึกษาเพื่อเพิ่มขีดความสามารถในการผลิตพืชมันสำปะหลังหน่วยงานที่เกี่ยวข้องควรดำเนินนโยบายด้านการส่งเสริมและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตมันสำปะหลังให้สอดคล้องกับสภาพภูมิอากาศที่เปลี่ยนแปลง ตลอดจนสร้างความตระหนักในผลกระทบที่เกิดขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ เช่น เผยแพร่ข้อมูลข่าวสารการเตือนภัยพร้อมแนวทางการรับมือที่เหมาะสม

คำสำคัญ : การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ, มันสำปะหลัง, อุณหภูมิเฉลี่ย, ปริมาณน้ำฝน

---

* บทความนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาปรัชญาดุษฎีบัณฑิตสาขาวิชาเศรษฐศาสตร์ประยุกต์
This article is part of Doctor of Philosophy Program in Applied Economics,

** นักศึกษาปริญญาเอกสาขาวิชาเศรษฐศาสตร์ประยุกต์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ Email : apinanart@gmail.com
PhD students Doctor of Philosophy Program in Applied Economics, Maejo University
*** ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. คณะเศรษฐศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้
Asst. Prof. Dr., Faculty of Economic , Maejo University
**** ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. คณะเศรษฐศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้
Asst. Prof. Dr., Faculty of Economic , Maejo University
***** ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. คณะเศรษฐศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้
Asst. Prof. Dr., Faculty of Economic , Maejo University

Abstract

This research aims to study the effects of climate change the average temperature and total rainfall in cassava production in the northeast region through the panel data model and the feasible generalized least squares (FGLS) estimation using the northeast region Panel Data of 2524-2558 to estimate the coefficient of the model.

The analysis found that based on the average cassava yield the average temperature variance negatively affected cassava yield significantly. In cassava planting area total rainfall factor rainfall variability and time trends positive effect on cassava yield was statistically significant. Suggestions from the study to increase cassava production capacity related agencies should implement the policy to promote and develop cassava production technology in line with changing climate and raising awareness of the impacts of climate change such as disseminating information warning and appropriate response.

Keywords: Climate change , Cassava, Average temperature , rainfall

บทนำ

ในช่วงที่ผ่านมามีการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของประเทศไทยมาโดยตลอดจากรายงานในรอบกว่าครึ่งศตวรรษที่ผ่านมาของกรมอุตุนิยมวิทยา(พ.ศ.2594 - 2543) และสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (พ.ศ.2498 - 2552) ได้ชี้ให้เห็นว่า อุณหภูมิมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ทั้งอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ย อุณหภูมิเฉลี่ย และอุณหภูมิต่ำสุด โดยเพิ่มขึ้น 0.86 0.95 และ 1.45 องศาเซลเซียส ตามลำดับ(Kurukulasuriya and Rosenthal, 2003,p26) แสดงให้เห็นถึงความผันแปรของภูมิอากาศโดยมีสัญญาณที่บ่งบอกถึงผลกระทบและความรุนแรงของภัยพิบัติทางธรรมชาติเพิ่มมากขึ้นทั้งจากความผันแปรของอุณหภูมิและปริมาณน้ำฝน ซึ่งเป็นปัญหาในปัจจุบันองค์กรและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องทั้งในและต่างประเทศได้ให้ความสนใจและตระหนักถึงความสำคัญ และต้องดำเนินการศึกษา โดยเฉพาะปัญหาโลกร้อนและปัญหาปริมาณฝนที่ลดลงในบางพื้นที่ ความแห้งแล้งบ่อยครั้งหรือมีฝนเพิ่มขึ้นมากจนเกิดอุทกภัยรุนแรง การติดตามสถานการณ์ฝน และอุณหภูมิที่ผันแปรไปรวมทั้งลักษณะการผันแปรและแนวโน้มเป็นสิ่งจำเป็นและมีประโยชน์ในการใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานเพื่อประกอบการพิจารณาหรือวางแผนรับมือกับปัญหาและผลกระทบที่อาจเกิดขึ้น

ภาคตะวันออกเฉียงเหนือเป็นแหล่งเพาะปลูกและเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังที่มากที่สุด รองลงมาได้แก่ภาคกลาง และภาคเหนือตามลำดับ(รายงานผลสินค้าเกษตรประเภทมันสำปะหลัง, 2559) โดยเฉพาะ โดยเฉพาะจังหวัดนครราชสีมาซึ่งเป็นแหล่งที่มีการปลูกมากที่สุดในประเทศไทย โดยมีพื้นที่ปลูกเฉลี่ย 5 ปี เฉลี่ย 2 ล้านไร่ มันสำปะหลังเป็นพืชที่ปลูกง่าย ทนทานต่อสภาพดินฟ้าอากาศที่แปรปรวนได้เป็นอย่างดี เนื่องจากเป็นพืชที่เจริญเติบโตได้ง่าย ไม่ต้องการน้ำมากเพื่อการเพาะปลูก(สหัสชัย คงทน, วินัย ศรวัต และ สุกิจ รัตนศรีวงษ์, 2547) แต่ช่วงระยะเวลาประมาณ 40 ปีที่ผ่านมา โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือประสบปัญหาที่สำคัญยิ่งต่อการผลิตมันสำปะหลังคือ ปัญหาภาวะภัยแล้ง (ยุทธชัย อนุรักษ์ติพันธุ์ และ สรรสฤษฎ์ เธียร โพธิภิรักษ์, 2544) แต่จากสภาพอากาศค่อนข้างร้อน จึงทำให้ต้นมันสำปะหลังขาดน้ำเจริญเติบโตไม่เต็มที่หัวมันมีขนาดเล็กผิดปกติและมี

Veridian E-Journal, Silpakorn University
ISSN 1906 - 3431

โรคเพลี้ยแป้งระบาด แม้จะมีการลงทุนด้านการวิจัยพันธ์พืชและการพัฒนาเทคโนโลยีทางการเกษตรแต่การผลิตมันสำปะหลังในประเทศไทยยังคงต่ำเมื่อเทียบกับความต้องการในปัจจุบัน(ศูนย์สารสนเทศกรมส่งเสริมการเกษตร, 2554)

จากที่กล่าวมาข้างต้นจะเห็นได้ว่าสภาพภูมิอากาศของไทยเริ่มเกิดการเปลี่ยนแปลงและส่งผลกระทบต่อภาคการเกษตรของไทยมากขึ้น ในหลายประเทศได้เริ่มให้ความสำคัญกับการศึกษาผลของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่มีต่อผลิตภาพการผลิตทางการเกษตรมีหลายงานวิจัย พบว่าการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศส่งผลให้ผลิตภาพการผลิตสินค้าเกษตรลดลง สามารถสังเกตได้ในการเปลี่ยนแปลงในรูปแบบการเพาะปลูก สถานที่เพาะปลูกพืช(สุจริต และ วิรัช, 2551) ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษาถึงเรื่องผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อผลผลิตมันสำปะหลังในภาคตะวันออกเฉียงเหนือผ่านแบบจำลองทางเศรษฐศาสตร์ ซึ่งจะสามารถนำข้อมูลที่ได้รับเป็นพื้นฐานในการส่งเสริมการเพาะปลูกมันสำปะหลังให้ตรงกับลักษณะพื้นที่การผลิตของเกษตรกรและสภาพอากาศที่เหมาะสม อีกทั้งยังใช้เป็นแนวทางในการวางแผนการส่งเสริมการปลูกมันสำปะหลัง อันจะก่อให้เกิดประโยชน์แก่เกษตรกร ผู้ที่สนใจ หน่วยงานที่เกี่ยวข้องและประเทศต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อวิเคราะห์ผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศได้แก่ อุณหภูมิเฉลี่ย และปริมาณน้ำฝนรวมต่อผลผลิตมันสำปะหลังในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

ขอบเขตการศึกษา

ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาเป็นข้อมูล Panel data ของภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยจำนวน 17 จังหวัดประกอบด้วย จังหวัดร้อยเอ็ด จังหวัดมุกดาหาร จังหวัดอุบลราชธานี จังหวัดยโสธร จังหวัดศรีสะเกษ จังหวัดสุรินทร์ จังหวัดบุรีรัมย์ จังหวัดนครราชสีมาจังหวัดเลย จังหวัดหนองคาย จังหวัดอุดรธานี จังหวัดสกลนคร จังหวัดนครพนม จังหวัดมหาสารคาม จังหวัดขอนแก่น จังหวัดกาฬสินธุ์ และจังหวัดชัยภูมิ

ตัวแปรอิสระ (Independent variables) ได้แก่ อุณหภูมิเฉลี่ย ปริมาณน้ำฝนรวม ความแปรปรวนของอุณหภูมิเฉลี่ย ความแปรปรวนของปริมาณน้ำฝนรวม พื้นที่เพาะปลูกมันสำปะหลัง และตัวแปรแนวโน้มเวลา ตัวแปรตาม (Dependent Variables) ได้แก่ ผลผลิตมันสำปะหลัง เริ่มเก็บข้อมูลตั้งแต่ปี พ.ศ. 2524-2558

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ผลการศึกษาจะทำให้เกิดความรู้ความเข้าใจในเรื่องปัจจัยด้านภูมิอากาศ ตลอดจนผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นได้จากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในอนาคตต่อผลผลิตมันสำปะหลังซึ่งจะทำให้สามารถนำผลที่ได้ไปวางแผนการดำเนินงานด้านนโยบายการผลิตพืชเกษตรและสร้างแนวทางการปรับตัวของภาคเกษตรเพื่อลดและบรรเทาผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศซึ่งจะช่วยลดความเสียหายทางด้านเศรษฐกิจการผลิตมันสำปะหลัง

วิธีดำเนินการ

ผู้วิจัยดำเนินการวิจัยเก็บรวบรวมข้อมูล Secondary Data โดยข้อมูลที่ใช้ศึกษาเป็นข้อมูล Panel Data ประกอบไปด้วย ข้อมูลภาคตัดขวาง(Cross Section) เป็นข้อมูลรายจังหวัดทั้งหมด 17 จังหวัดในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ จ.หนองคาย จ.เลย จ.อุดรธานี จ.สกลนคร จ.นครพนม จ.ขอนแก่น จ.มหาสารคาม จ.กาฬสินธุ์ จ.ชัยภูมิ จ.มุกดาหาร จ.ร้อยเอ็ด จ.อุบลราชธานี จ.นครราชสีมา จ.สุรินทร์ จ.บุรีรัมย์ จ.ศรีสะเกษ และจ.ยโสธรและข้อมูลช่วงเวลา(Time Series) จากแหล่งที่มาได้แก่ กรมอุตุนิยมวิทยาสำนักเศรษฐกิจการเกษตร เป็นต้น สำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลผู้วิจัยใช้ข้อมูล Panel Data โดยทำการคาดประมาณแบบ Panel Model เพื่อทดสอบความมีนัยสำคัญทางสถิติของตัวแปร ได้แก่ พื้นที่เพาะปลูก อุณหภูมิเฉลี่ย ปริมาณน้ำฝนรวม และแนวโน้มเวลา สำหรับขั้นตอนการศึกษา ประกอบด้วย 2 ส่วนด้วยกัน คือส่วนแรกเป็นการทดสอบความนิ่งของข้อมูล(Stationary) โดยการทดสอบ Unit Root ของตัวแปรที่ทำการศึกษา โดยวิธี Augmented Dickey-Fuller Unit Root Tests และทดสอบผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่มีต่อผลผลิตมันสำปะหลังด้วยวิธี Fixed Effect Model และ Random Effect Model โดยทำการทดสอบ Hausman's Specification Test เพื่อดูว่าควรใช้วิธีใดในการประมาณค่าสมการ โดยใช้รูปแบบความสัมพันธ์แบบสมการล็อคคู่(Double log) (Man-Keun Kim and Arwin Pang, 2005)

การทดสอบพาแนลยูนิทรูท(Panel Unit Root Test)

โดยวิธี Augmented Dickey-Fuller Unit Root Tests

Fisher-PPMaddala and Wu (1999) และ Choi (2001) เสนอสถิติทดสอบ Fisher-Type Test โดยให้ค่า p-values เป็นผลรวมจากการทดสอบ Augmented Dickey-Fuller (ADF) ของแต่ละหน่วย i

$$p_e^c = \frac{-2\sum \ln p_e^c(i) - 2N}{\sqrt{4N}}$$

โดยที่ N(0,1)

กำหนดให้ $p_e^c(i)$ = ค่า p-values ของการทดสอบ ADF ของแต่ละหน่วย i

Panel Data

จากการศึกษาครั้งนี้ใช้ข้อมูลแบบ Panel Data คือข้อมูลที่ประกอบด้วยตัวอย่างหลายตัวอย่างและตัวแปรอิสระต่างๆที่มาจากตัวอย่างเดียวกันและจุดเวลาเดียวกันหลายช่วงเวลาติดต่อกัน(Studenmund, 2011) ดังนั้นเพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปรปัจจัยการผลิตแต่ละตัว การวิเคราะห์ข้อมูลลักษณะนี้จึงแตกต่างไปดังนี้

Panel Data จะมีตัวแปร Time Invariant Variable : a_i คือตัวแปรที่มีค่าคงที่เสมอไม่ว่าเวลาจะเปลี่ยนไปแค่ไหนและไม่สามารถวัดค่าได้ เพราะแฝงอยู่นอกสมการ อีกทั้งตัวอย่างที่แตกต่างกันอาจได้รับอิทธิพลจากตัวแปรนี้คนละตัวกัน ด้วยเหตุนี้ a_i จึงกลายเป็น Unobserved Individual Specific Effect ที่แฝงอยู่กับสมการแล้วก่อให้เกิดปัญหา Serial Correlation และปัญหา Heteroskadasticity ตามมา จากปัญหาข้างต้นการวิเคราะห์ข้อมูลแบบ Panel Data นี้จึงมีวิธีการจัดการตัวแปร Time Invariant Variable : a_i ที่ทำได้ 2 วิธีดังต่อไปนี้

Veridian E-Journal, Silpakorn University
ISSN 1906 - 3431

1. Random Effect Model

เป็นการวิเคราะห์ที่กำหนดให้ a_i สามารถเข้ามามีผลกระทบต่อตัวแปรในสมการได้ โดยการใช้วิธี Feasible Generalized Least Squares(FGLS) เพื่อแก้ปัญหา Serial Correlation ซึ่ง Random Effect Model นี้จะนำ a_i ไปรวมอยู่กับค่าความคลาดเคลื่อน U_{it} กลายเป็นค่าความคลาดเคลื่อนใหม่ V_{it} การวิเคราะห์ด้วยวิธีนี้จะมีข้อสมมติฐานสำคัญคือ a_i ต้องไม่สัมพันธ์กับตัวแปรอิสระใดๆ ในสมการมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0 และมีความแปรปรวนเท่ากับ σ^2_a จากนั้นจะเปลี่ยนรูปของตัวแปรด้วยวิธี FGLS ดังนี้

จาก $Y_{it} = \beta_i X_{it} + V_{it}$

เปลี่ยนรูปเป็น $X^*_{it} = X_{it} + \hat{\theta}_{it} \hat{X}_{it}$

กำหนดให้ $\hat{X}_i = \frac{1}{T_i} \sum_{t=1}^{M} X_{it}$

โดยที่ T = จำนวนเวลาทั้งหมด

และ $\hat{\theta}_i = 1 - \sqrt{\frac{\hat{\sigma}^2_u}{T_i \hat{\sigma}^2_a + \hat{\sigma}^2_u}}$

โดย $\hat{\sigma}^2_a, \hat{\sigma}^2_u$ มาจากการประมาณค่า OLS จะได้สมการ ที่จะนำไปประมาณการ คือ

$$Y^*_{it} = \beta^*_0 + \beta_i X^*_{it} + V^*_{it}$$

และมีการประมาณค่าสัมประสิทธิ์ ดังนี้ (Christopher, 2006)

$$\hat{\beta}_{RE} = \left(\sum_{i=1}^{N} X^*_i \Omega^{-1} X^*_i \right)^{-1} \left(\sum_{i=1}^{N} X^*_i \Omega^{-1} Y^*_i \right)$$

วิธีการนี้จะให้ผลการศึกษาที่หมายความว่าพฤติกรรมของตัวอย่างเปลี่ยนแปลงไปตามเวลาเนื่องจากอิทธิพลภายนอกเข้ามากระทบ

2. Fixed Effect Model

เป็นการวิเคราะห์ที่ควบคุม a_i โดยการกำจัดอิทธิพลนี้ออกไปจากสมการไม่ให้มารบกวนการวิเคราะห์ด้วยวิธี Demean ที่มีสมมติฐานสำคัญคือ a_i ต้องมีความสัมพันธ์กับตัวแปรอิสระในสมการและต้องไม่สัมพันธ์กันเอง หรือ $Cov(a_i,a_j) = 0 ; i \neq j$ โดยวิธี Demean จะแยกตัวแปร a_i ออกมาจากค่าความคลาดเคลื่อน V_{it} ก่อน กลายเป็น $a_i + u_{it}$ หลังจากนั้นนำค่าตัวแปรของตัวอย่างลบด้วยค่าเฉลี่ยของตัวแปรของตัวอย่างนั้นๆ และบวกด้วยเวลาและตัวอย่างทั้งหมด ดังสมการ

จาก $Y_{it} = \beta_i X_{it} + a_i + u_{it}$

จะได้

$$\overline{Y}_{it} - \overline{Y}_i + \overline{\overline{Y}} = \beta_i (X_{it} - \overline{X}_i + \overline{\overline{X}}) + (a_i - \overline{a}_i + \overline{\overline{a}}) + (u_i - \overline{u}_i + \overline{\overline{u}})$$

โดยที่

$$\overline{\overline{Y}} = \sum_{i=1}^{N}\sum_{t=1}^{M} Y_{it} / \eta T; \overline{\overline{X}} = \sum_{i=1}^{N}\sum_{t=1}^{M} X_{it} / \eta T; \overline{\overline{u}} = \sum_{i=1}^{N}\sum_{t=1}^{M} u_{it} / \eta T$$

η = จำนวนตัวอย่างทั้งหมด และ T คือ จำนวนเวลาทั้งหมด

จะได้สมการที่ a_i ถูกกำจัดออกไป คือ

$$\tilde{Y}_{it} = \beta_i \tilde{X}_{it} + \tilde{u}_{it}$$

และมีการประมาณค่าสัมประสิทธิ์ ดังนี้

$$\hat{\beta}_{FE} = \left(\sum_{i=1}^{N} \tilde{X}_t \tilde{X}_i\right)^{-1} \left(\sum_{i=1}^{N} \tilde{X}_t \tilde{Y}_i\right)$$

ในวิธี Fixed Effect จะให้ผลการศึกษาที่หมายความว่า ตัวอย่างมีพฤติกรรมคงที่ตลอดเวลาไม่ว่าจะมีอิทธิพลภายนอกมากระทบก็ไม่เปลี่ยนแปลงพฤติกรรม เนื่องจากการประมาณการข้อมูล Panel Data นี้ มีทั้งวิธี Random Effect และ Fixed Effect ฉะนั้นจึงต้องมีเครื่องมือเพื่อมาช่วยทดสอบว่าวิธีไหนเหมาะกับแบบจำลองมากที่สุด คือการทดสอบด้วยวิธี Hausmant Test ที่ 1 - α ต้องใช้การวิเคราะห์แบบ Fixed Effect แต่ถ้าค่าที่ได้มีค่าน้อยกว่า percentile ที่ 1 - α จะต้องใช้วิธี Random Effect ดังนี้(Baltagi,et al., 2007)

กำหนดให้

Hausman's Specification Test = $(\beta_F - \beta_R)' (V_F - V_R)^{-1} (\beta_F - \beta_R)$

โดยที่ β_F คือ เวคเตอร์ของค่าสัมประสิทธิ์จากการถดถอยด้วยวิธี Fixed Effect

β_R คือ เวคเตอร์ของค่าสัมประสิทธิ์จากการถดถอยด้วยวิธี Random Effect

V_F คือ เมทริกซ์ความแปรปรวนของค่าสัมประสิทธิ์จากการถดถอยด้วยวิธี Fixed Effect

V_R คือ เมทริกซ์ความแปรปรวนของค่าสัมประสิทธิ์จากการถดถอยวิธี Random Effect

สมมติฐานคือ

H_0 : Random Effect Model

H_1 : Fixed Effect Model

จากแนวคิดฟังก์ชันการผลิตของ Just and Pope (1979) ได้กำหนดรูปแบบฟังก์ชันการผลิตแบบ Stochastic Production Function (SPF) สำหรับการประมาณค่าสมการ ตามแบบจำลองเชิงทฤษฎีคือ

$$y_{it} = f(x_{itk}, \beta_k) + u_{it} = f_1(x_{itk}, \beta_{1k}) + u_{it}$$

โดยที่

y_{it} คือ ผลผลิตมันสำปะหลัง ในพื้นที่จังหวัดที่ i ณ ช่วงเวลา t

x_{itk} คือ เวกเตอร์ของตัวแปรอธิบายในพื้นที่จังหวัดที่ i ณ ช่วงเวลา t จำนวน k ตัวแปร

$f_1(x_{itk}, \beta_{1k})$ คือ ฟังก์ชันค่าเฉลี่ย

u_{it} คือ ค่าความคลาดเคลื่อน

Veridian E-Journal, Silpakorn University
ISSN 1906 - 3431

เมื่อ $u_{it} = \mu_i + v_{it}$ คือค่าคลาดเคลื่อนที่ไม่สามารถสังเกตได้ในเชิงพื้นที่ และ v_{it} คือค่าคลาดเคลื่อน ที่ไม่สามารถสังเกตได้ในเชิงพื้นที่และเวลาจะเห็นได้ว่าการวิเคราะห์ดังกล่าวสามารถอธิบายปัจจัยที่มีผลต่อค่าเฉลี่ย คือ ฟังก์ชัน $f_1(x,\beta_1)$ สามารถประมาณค่าได้ด้วยวิธีกำลังสองน้อยที่สุดแบบทั่วไปที่เป็นไปได้ (Feasible Generalized Least Squares, (FGLS)) ภายใต้ภาวะความแปรปรวนของค่าคลาดเคลื่อนไม่คงที่ ตามแนวคิดของ Isilk (2006)

การศึกษานี้ผู้วิจัยได้ใช้แบบจำลองที่ใช้ในการวิจัยแบ่งเป็น 2 สมการ คือ

1. สมการค่าเฉลี่ยของผลผลิตมันสำปะหลัง

$$\ln PROD_{it} = \alpha_1 + \beta_{11} \ln AREA_{it} + \beta_{12} \ln ATEM_{it} + \beta_{13} \ln VATEM_{it} + \beta_{14} \ln TRAI_{it} + \beta_{15} \ln VRAI_{it} + \beta_{16} \ln TIME_{it} + u_{it}$$

2. สมการค่าความแปรปรวนของผลผลิตมันสำปะหลัง

$$\ln u_{it}^2 = \delta_1 + \varphi_{11} \ln AREA_{it} + \varphi_{12} \ln ATEM_{it} + \varphi_{13} \ln VATEM_{it} + \varphi_{14} \ln TRAI_{it} + \varphi_{15} \ln VRAI_{it} + \varphi_{16} \ln TIME_{it} + \varepsilon_{it}$$

โดยที่

$PROD_{it}$ คือ ผลผลิตมันสำปะหลัง (ตันต่อไร่)

$AREA_{it}$ คือ พื้นที่เพาะปลูกมันสำปะหลัง (ไร่)

$ATEM_{it}$ คือ อุณหภูมิเฉลี่ยในฤดูกาลเพาะปลูก (พค.- กพ.)(องศาเซลเซียส)

$VATEM_{it}$ คือ ความแปรปรวนของอุณหภูมิเฉลี่ยในฤดูกาลเพาะปลูก (พค.- กพ.)(องศาเซลเซียส)^2

$TRAI_{it}$ คือ ปริมาณน้ำฝนรวมในฤดูกาลเพาะปลูก (พค.- กพ.) (มิลลิเมตร)

$VRAI_{it}$ คือ ความแปรปรวนของปริมาณน้ำฝนรวมในฤดูกาลเพาะปลูก (พค.- กพ.) (มิลลิเมตร)^2

$TIME_{it}$ คือ แนวโน้มเวลาแทนเทคโนโลยีที่เปลี่ยนแปลงไป (ปี)

U_{it}, ε_{it} คือ ค่าความคลาดเคลื่อน

ผลการวิจัย

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบ Panel Unit Root Test ที่ ระดับ Level หรือ I(0)

ผลการทดสอบความนิ่งของข้อมูลโดยวิธี Augmented Dickey–Fuller test (ADF Unit root test)		ระดับความนิ่ง (Stationary)
ตัวแปร	ค่าสถิติ	
$YIELD_{it}$	11.3695***	I(0)
	(1.3453)	
$AREA_{it}$	33.2587***	I(0)
	(2.1543)	
$ATEM_{it}$	41.1587***	I(0)
	(2.9732)	

$VTEM_{it}$	29.0447***	I(0)
	(1.6743)	
$TRAI_{it}$	15.7564***	I(0)
	(2.0982)	
$VRAI_{it}$	29.2521***	I(0)
	(2.4528)	
$TIME_{it}$	31.7475***	I(0)
	(2.3872)	

ที่มา : จากการคำนวณโดยโปรแกรมสำเร็จรูป

หมายเหตุ :

ตัวเลขใน () หมายถึง Standard error

*** หมายถึง มีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.01

เมื่อพิจารณาผลการทดสอบ Unit Root Test พบว่าสามารถยอมรับได้ว่าข้อมูลทั้งหมดมีลักษณะนิ่งของข้อมูลที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99 ดังนั้น ผู้วิจัยสามารถใช้ Panel Data วิเคราะห์ด้วยวิธี Fixed Effects Model และ Random Effect Model ในการวิเคราะห์ได้

จากตารางที่ 1 ผลการทดสอบ Unit Root ด้วยวิธี ADF - Fisher Test พบว่าสามารถยอมรับได้ว่าข้อมูลทั้งหมดมีลักษณะนิ่งที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99 หรือ ที่ระดับ Level I(0) ของตัวแปรทุกตัว ดังนั้นผู้วิจัยสามารถใช้ Panel Data วิเคราะห์ด้วยวิธี Fixed Effects Model และ Random Effect Model ในการวิเคราะห์ได้

ตารางที่ 2 ผลการประมาณค่าสัมประสิทธิ์ของสมการแบบ Random Effect Model และ Fixed Effect Model

ตัวแปร	แบบจำลอง	
	Random Effect Model	Fixed Effect Model
$lnAREA_{it}$	0.4851	0.0948
	(0.0948)***	(0.0079)***
$lnATEM_{it}$	-0.4958	-0.2749
	(0.0749)***	(0.5930)
$lnTRAI_{it}$	0.1194	0.0497
	(0.0097)***	(0.0019)***
$lnTIME_{it}$	0.2248	0.0609
	(0.0649)***	(0.0191)***
$lnVTEM_{it}$	-0.5082	0.0879
	(0.0179)***	(0.0531)**

Veridian E-Journal, Silpakorn University
ISSN 1906 - 3431

ตารางที่ 2 ผลการประมาณค่าสัมประสิทธิ์ของสมการแบบ Random Effect Model และ Fixed Effect Model (ต่อ)

ตัวแปร	แบบจำลอง	
	Random Effect Model	Fixed Effect Model
$lnVRAI_{it}$	-0.1281	0.0288
	(0.0075)***	(0.0042)***
Constant	-0.9904	0.2372
	(2.8459)	(1.9177)
R-squared	0.8563	0.5112
Adjust R-squared	0.7521	0.5036
Prob (F-statistic)	0.0000	0.0000

ที่มา : จากการคำนวณโดยโปรแกรมสำเร็จรูป

หมายเหตุ :

ตัวเลขใน () หมายถึง Standard error

** หมายถึง มีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05

*** หมายถึง มีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.01

ผลการทดสอบ Hausman's Specification Test

การคาดประมาณแบบจำลอง Panel ในการศึกษาครั้งนี้แบ่งออกเป็นการคาดประมาณด้วยวิธี Fixed Effect Model และ Random Effect Model โดยผู้วิจัยจะทำการเลือกวิธีที่เหมาะสมด้วยวิธี Hausman's Specification Test โดยมีสมมติฐานหลักคือ Random Effect Model และสมมติฐานรองคือ Fixed Effect Model โดยกำหนดความเชื่อมั่นไว้ที่ระดับร้อยละ 95 และกำหนดสมมติฐาน ดังนี้

H_o : การใช้ Random Effect Model มีประสิทธิภาพมากกว่า Fixed Effect Model

H_1 : การใช้ Fixed Effect Model มีประสิทธิภาพมากกว่า Random Effect Model

ตารางที่ 3 ผลการทดสอบ Hausman's Specification Test

Test Summary	Chi-Sq. Statistic	Probability
Hausman's Specification Test	145.1211***	(0.5000)

ที่มา : จากการคำนวณโดยโปรแกรมสำเร็จรูป

หมายเหตุ :

ตัวเลขในวงเล็บ ค่า p-value

*** หมายถึง มีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.01

จากตารางที่ 3 จัดรูปแบบของสมการให้อยู่ในรูปแบบ Double-Log และ พิจารณาค่า p – value จากผลการประมาณค่าสัมประสิทธิ์ของฟังชันก์ค่าเฉลี่ยและฟังชันก์ความแปรปรวนของภาคตะวันออกเฉียงเหนือแบบ Fixed Effect Model และ Random Effect Model โดยค่าที่ได้คือ 0.5000 มีค่ามากกว่าระดับนัยสำคัญทางสถิติ ณ ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99 หมายความว่า การใช้ Random Effect Model มีประสิทธิภาพมากกว่า Fixed Effect Model

สามารถประมาณการสมการ Random Effect Model ได้ดังนี้

สมการค่าเฉลี่ย

$$\ln Yield_{it} = -0.9904 + 0.4851\ \ln AREA_{it} - 0.4958\ \ln ATEM_{it} + 0.1194\ \ln TRAI_{it}$$
$$(2.8459) \quad (0.0948)^{***} \quad (0.0749)^{***} \quad (0.0097)^{***}$$
$$+ 0.2248 \ln TIME_{it} - 0.5082\ \ln VTEM_{it} - 0.1281\ \ln VRAI_{it}$$
$$(0.0649)^{***} \quad (0.0179)^{***} \quad (0.0075)^{***}$$

R-squared = 0.8563 Adjust R-squared = 0.7521 Prob (F-statistic) = 0.0000

สมการค่าความแปรปรวน

$$\ln u^{2}_{it} = 0.1411 \ln AREA_{it} + 0.3517 \ln ATEM_{it} + 0.0158 \ln VATEM_{it} + 0.0194 \ln TRAI_{it}$$
$$(0.0436)^{***} \quad (0.0984)^{***} \quad (0.0037)^{***} \quad (0.0071)^{***}$$
$$+ 0.0271 \ln VRAI_{it} + 0.1244 \ln TIME_{it}$$
$$(0.0081)^{***} \quad (0.0295)^{***}$$

R – squared = 0.2641 Adjust R-squared = 0.2436 Prob (F-statistic) = 0.0000

จากตารางที่ 2 ในการอธิบายผลการประมาณค่าสมการผลผลิตมันสำปะหลังในภาคตะวันออกเฉียงเหนือปรากฏว่าปัจจัยการผลิตทั้ง 6 ชนิด ได้แก่ พื้นที่เพาะปลูก อุณหภูมิเฉลี่ย ความแปรปรวนของอุณหภูมิเฉลี่ย ปัจจัยด้านปริมาณน้ำฝนรวม ความแปรปรวนของปริมาณน้ำฝนรวม และแนวโน้มเวลา พบว่ามีอิทธิพลต่อผลผลิตมันสำปะหลัง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99 เมื่อพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจที่ปรับค่าแล้ว (Adjust Coefficient of Determination) ซึ่งมีค่าเท่ากับร้อยละ 75.21 แสดงว่าผลผลิตมันสำปะหลังสามารถอธิบายได้ด้วยปัจจัย พื้นที่เพาะปลูก อุณหภูมิเฉลี่ย ปริมาณน้ำฝนรวม ความแปรปรวนของอุณหภูมิเฉลี่ย ความแปรปรวนของปริมาณน้ำฝนรวม และตัวแปรแนวโน้มเวลา ประมาณร้อยละ 75.21 ส่วนที่เหลืออีกร้อยละ 24.79 เป็นผลกระทบมาจากปัจจัยอื่นๆ ที่ไม่ได้นำมาเข้าร่วมในสมการนี้ เมื่อพิจารณาความยืดหยุ่นของพื้นที่เพาะปลูกมันสำปะหลังในภาคตะวันออกเฉียงเหนือเท่ากับ 0.4851 สามารถอธิบายได้ว่า พื้นที่เพาะปลูกมันสำปะหลัง (AREA) เพิ่มขึ้น 1% (หรือร้อยละ1) กำหนดให้ปัจจัยอื่นๆ คงที่ จะทำให้ผลผลิตมันสำปะหลังเพิ่มขึ้นร้อยละ 0.4851แสดงให้เห็นว่าพื้นที่เพาะปลูกมันสำปะหลังมีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกับผลผลิต ซึ่งเป็นไปตามทฤษฎีอุปทานสินค้าเกษตร อุณหภูมิเฉลี่ย (ATEM) มีค่าสัมประสิทธ์เท่ากับ-0.4958 นั่นคือ เมื่ออุณหภูมิเฉลี่ยในการปลูกมันสำปะหลังเพิ่มขึ้น 1% (หรือร้อยละ1) กำหนดให้ปัจจัยอื่นๆ คงที่ จะทำให้ผลผลิตมันสำปะหลังลดลงร้อยละ 0.4958 เนื่องมาจากอุณหภูมิเฉลี่ยที่สูงขึ้นจะเป็นผลเสียต่อผลผลิตมันสำปะหลังในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ สอดคล้องกับ

Veridian E-Journal, Silpakorn University
ISSN 1906 - 3431

งานของสหัสชัย คงทน และคณะ, 2547 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าอุณหภูมิเฉลี่ยเป็นปัจจัยที่มีผลต่อผลผลิตมันสำปะหลังในทิศทางตรงกันข้าม ความแปรปรวนของอุณหภูมิเฉลี่ย(VTEM) มีค่าสัมประสิทธิ์ มีค่าเท่ากับ -0.5082 นั่นคือ ความแปรปรวนของอุณหภูมิเฉลี่ยในการปลูกมันสำปะหลังเพิ่มขึ้น 1% (หรือร้อยละ1) กำหนดให้ปัจจัยอื่นๆ คงที่ จะทำให้ผลผลิตมันสำปะหลังลดลง ร้อยละ 0.5082 เนื่องมาจากความแปรปรวนของอุณหภูมิเฉลี่ยถ้ามีสูงกว่าระดับค่าเฉลี่ยก็ส่งผลต่อระดับผลผลิตมันสำปะหลังในทิศทางตรงกันข้าม แนวโน้มเวลามีค่าสัมประสิทธ์เท่ากับ 0.2248 นั่นคือ เมื่อแนวโน้มเวลา(TIME) ซึ่งเป็นตัวแทนของการพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตเพิ่มขึ้น 1% (หรือร้อยละ1) กำหนดให้ปัจจัยอื่นๆ คงที่ จะทำให้ผลผลิตมันสำปะหลังเพิ่มขึ้นร้อยละ 0.2248 ซึ่งแสดงให้เห็นว่า เทคโนโลยีการผลิตมีผลต่อระดับผลผลิตมันสำปะหลังในทิศทางเดียวกัน และมีส่วนเกื้อหนุนการเติบโตของผลผลิตทางการเกษตร ซึ่งได้แก่ วิธีปฏิบัติในการเกษตร ความชำนาญในการจัดการเกี่ยวกับการปลูกพืชจังหวะเวลาและจำนวนปุ๋ยเคมีที่ใช้ การจัดระบบการปลูกพืชอย่างเหมาะสม เป็นต้น ส่วนตัวแปรปริมาณน้ำฝนรวม มีค่าสัมประสิทธ์เท่ากับ 0.1194 นั่นคือ เมื่อปริมาณน้ำฝนรวม (TRAI) ในการปลูกมันสำปะหลังเพิ่มขึ้น 1% (หรือร้อยละ1) กำหนดให้ปัจจัยอื่นๆ คงที่ จะทำให้ผลผลิตมันสำปะหลังเพิ่มขึ้นร้อยละ 0.1194 แสดงให้เห็นว่าน้ำเป็นปัจจัยที่สำคัญต่อการเพาะปลูกมันสำปะหลัง แม้ว่าพืชมันจะสามารถปลูกได้ง่าย ทนความแห้งแล้งได้ และความแปรปรวนของปริมาณน้ำฝนรวม(VRAI) มีค่าสัมประสิทธ์เท่ากับ - 0.1281 นั่นคือ เมื่อความแปรปรวนของปริมาณน้ำฝนรวมในการปลูกมันสำปะหลังเพิ่มขึ้น 1% (หรือร้อยละ1) กำหนดให้ปัจจัยอื่นๆ คงที่ จะทำให้ผลผลิตมันสำปะหลังลดลงร้อยละ 0.1281 เนื่องมาจากความแปรปรวนของปริมาณน้ำฝนรวมถ้ามีสูงหรือต่ำกว่าค่าเฉลี่ยมากจะส่งผลในทิศทางตรงกันข้ามกับระดับผลผลิตมันสำปะหลัง

จากผลการวิเคราะห์สมการความแปรปรวน เมื่อพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจที่ปรับค่าแล้ว (Adjust Coefficient of Determination) ซึ่งมีค่าเท่ากับร้อยละ 24.36 แสดงว่าผลผลิตมันสำปะหลังสามารถอธิบายได้ด้วยปัจจัย พื้นที่เพาะปลูก อุณหภูมิเฉลี่ย ปริมาณน้ำฝนรวม และแปรแนวโน้มเวลา ประมาณร้อยละ 30.14 ส่วนที่เหลืออีกร้อยละ 69.86 เป็นผลกระทบมาจากปัจจัยอื่นๆ ที่ไม่ได้นำมาเข้าร่วมในสมการนี้

ผลของการศึกษาในส่วนนี้ พบว่าปัจจัยทั้ง 6 ตัว มีนัยสำคัญทางสถิติ โดยพบว่าพื้นที่เพาะปลูก อุณหภูมิเฉลี่ย ความแปรปรวนของอุณหภูมิเฉลี่ย ปริมาณน้ำฝนรวม ความแปรปรวนของปริมาณน้ำฝน และแนวโน้มเวลา มีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีความสัมพันธ์กับความแปรปรวนของผลผลิตมันสำปะหลังในทิศทางเดียวกัน บ่งบอกถึงระดับความเสี่ยงของปัจจัยการผลิตทั้ง 6 ตัวแปรที่เพิ่มสูงขึ้น

สรุปผล

ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรม ระบบการผลิตที่ต้องพึ่งพิงลมฟ้าอากาศและน้ำฝนเป็นหลัก เพราะพื้นที่ชลประทานของไทยมีอยู่เพียงหนึ่งในห้าของพื้นที่เพาะปลูกทั้งหมดซึ่งถือว่าค่อนข้างต่ำการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศมีส่วนทำให้ผลผลิตภาคเกษตรของไทยซึ่งต้องพึ่งพิงดินฟ้าอากาศมีความเสี่ยงและมีแนวโน้มจะได้รับผลกระทบสูงยิ่งขึ้นไปกว่าเดิม

ผลจากการประมาณค่าแบบจำลอง Random Effect Model แสดงให้เห็น ตัวแปรอิสระทุกตัวส่งผลกระทบต่อผลผลิตมันสำปะหลังอย่างมีระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99 เมื่อพิจารณาค่าความยืดหยุ่นของอุณหภูมิเฉลี่ยและความแปรปรวนของอุณหภูมิเฉลี่ย พบว่ามีทิศทางตรงกันข้ามกับผลผลิตมันสำปะหลัง ส่วนพื้นที่เพาะปลูก ปริมาณน้ำฝนรวม ความแปรปรวนของปริมาณน้ำฝนรวม และ แนวโน้มเวลามีทิศทางเดียวกันกับผลผลิตมันสำปะหลังอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ หากพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์พบว่าความยืดหยุ่นของอุณหภูมิเฉลี่ยจะมี

ค่ามากกว่าความยืดหยุ่นของปริมาณน้ำฝนรวม แสดงให้เห็นถึงขนาดของผลกระทบของปัจจัยทั้งสองว่าอุณหภูมิเฉลี่ยตอบสนองต่อผลผลิตมันสำปะหลังมากกว่าปริมาณน้ำฝนรวม

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะจากการวิจัย

หน่วยงานที่เกี่ยวข้องรวมทั้งหน่วยงานด้านการส่งเสริมการเกษตรควรมุ่งให้ความรู้และข้อมูลข่าวสารแก่เกษตรกรในเรื่องของแนวทางการปรับตัวและการวางแผนการผลิตให้สอดรับกับการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศโดยเฉพาะอุณหภูมิเฉลี่ยซึ่งมีผลกระทบต่อผลผลิตมันสำปะหลัง พร้อมทั้งจัดหาแหล่งน้ำให้พอเพียงเพื่อใช้ในการเกษตรไม่ว่าจะเป็นการทำชลประทาน การส่งเสริมให้เกษตรขุดบ่อเพื่อกักเก็บน้ำไว้ใช้ในฤดูแล้ง ตลอดจนส่งเสริมเทคโนโลยีทางด้านการเกษตรสมัยใหม่ เช่นการให้น้ำมันสำปะหลังแบบระบบน้ำหยดเพื่อเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิต ตลอดจนการวางแผนการผลิตมันสำปะหลังให้สอดคล้องกับฤดูกาลที่เปลี่ยนแปลงไปได้อย่างมีประสิทธิภาพ รวมทั้งแนะนำวิธีการเตรียมการป้องกันลดความเสียหายของผลผลิตทางการเกษตรจากสภาพอากาศโดยเฉพาะอุณหภูมิเฉลี่ยที่มีแนวโน้มสูงขึ้นจะส่งผลทางด้านลบต่อผลผลิตมันสำปะหลัง

ข้อเสนอแนะเพื่อการศึกษาต่อไป

ตัวแปรสภาพภูมิอากาศที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ได้แก่ อุณหภูมิเฉลี่ย และปริมาณน้ำฝนเป็นหลักในการวิจัย แต่ยังมีตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับสภาพภูมิอากาศที่ไม่ได้นำมาใช้ในการศึกษาครั้งนี้ เช่น ตัวแปรค่าความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ พื้นที่ป่าไม้ จำนวนวันฝนตก อุณหภูมิสูงสุด อุณหภูมิต่ำสุด และปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ เป็นต้น ซึ่งสิ่งเหล่านี้ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ตลอดจนการเพิ่มตัวแปรควบคุมอื่นๆ (Control Variables) ในเรื่องของทฤษฎีการผลิต (Production Function) เช่น จำนวนแรงงานเกษตรกรที่ผลิตมันสำปะหลัง ราคาผลผลิตของมันสำปะหลัง และปริมาณปุ๋ยที่ใส่ เป็นต้น เพื่อให้สอดคล้องกับทฤษฎีทางเศรษฐศาสตร์มากขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณอาจารย์ ผศ.ดร. ขนิษฐา เสถียรพีระกุล อาจารย์ที่ปรึกษาดุษฎีนิพนธ์หลักในการให้คำปรึกษา รศ.ดร.วราภรณ์ ปัญญาวดี ผศ.ดร.เกศสุดา สิทธิสันติกุล และผศ.ดร.นิโรจน์ สินณรงค์ กรรมการที่ปรึกษาร่วมทั้ง 3 ท่านในการให้คำปรึกษาวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

ภาษาไทย

จำนง แก้วชะฎา. (2544). การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศและผลกระทบ. กรุงเทพมหานคร:กรมอุตุนิยมวิทยา.

วิเชียร เกิดสุข, วชิราพร เกิดสุข และ สมศักดิ์ สุขจันทร์. (2548). การศึกษาความเปราะบางและการปรับตัวของเกษตรกรชาวนาทุ่งกุลาร้องไห้ต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

วุฒิ หวังวัชรกุล. (2551). วิกฤติโลกร้อนในทัศนะนักเศรษฐศาสตร์. วารสารเศรษฐศาสตร์สุโขทัยธรรมาธิราช

ศุภกร ชินวรรโณ. (2550). ผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในประเทศไทย: แนวโน้มและประเด็นที่ควรพิจารณา. เอกสารประกอบการประชุมวิชาการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 35, 15 - 17 ตุลาคม 2552, The Tide Resort, ชลบุรี.

ยุทธชัย อนุรักติพันธุ์ และสรรสฤษฎ์ เธียรโพธิ์ภิรักษ์. (2546). ความแห้งแล้งซ้ำซากสู่ภาวการณ์เป็นทะเลทรายของประเทศไทย กรุงเทพฯ : สำนักวิจัยและพัฒนาการจัดการที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน

ศูนย์สารสนเทศการเกษตร สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. (2558). ข้อมูลพื้นฐานเศรษฐกิจการเกษตร.

สหัสชัย คงทน,วินัย ศรวัต และ สุกิจ รัตนศรีวงษ์. (2547).ผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศโลกต่อการผลิตข้าวโพด อ้อยและมันสำปะหลังในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย:พื้นที่ศึกษาจังหวัดขอนแก่น.

สุจริต คูณธนกุลวงศ์ และ วิรัช ฉัตรดรงค์. (2551). การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโลกและผลกระทบต่อการบริหารและจัดการน้ำในพื้นที่ภาคตะวันออก. ช่างพูด, 51(6).

ภาษาต่างประเทศ

Andrew.et.al. (2007).Stata Statisticial Software Release 10 Longitudinal/panel Data.Texas: College station.

Badi H. Baltagi. (2008). Econometric Analysis of Panel Data.Chippenham:CPI Antony Rowe

Baltagi B.H.et al. (2007). Stata Statistical Software Release 10 Longitudinal/panel Data.Texas: College Station.

Chistopher F.Baum. (2006). An Introduction to Modern Econometrics Using Stata.Texas College Station.

Deressa, T., R. Hassan and D. Poonyth. (2005). “Measuring the economic impact of climate change on South Africa’s sugarcane growing regions”. Agrekon 44(4):

Deke, O. (2001). Economic Impact of Climate Change: Simulations with a Regionalized Climate-Economy Model. Kiel working paper No. 1065. Kiel Institute of WorldEconomics, Kiel. Int. J. Global Warming,

Hertel, T.W., and Rosch, S.D. (2010). Climate Change, Agriculture, and Poverty. Applied Economic Perspectives and Policy 32(3)

Isilk,M and Devadoss . (2006). An Analysis of the impact of climate change on crop Yields. Journal of Econometrics

Just,R. E. and Pope,R.D. (1978). Stochastic specification of production functions and economic implication, Journal of Econometrics

Kurukulasuriya, P. and S. Rosenthal. (2003). Climate Change and Agriculture. Agriculture and Rural.

Man-Keun Kim and Arwin Pang. (2005). Climate Change impact on rice yield and production risk, Journal of Rural Development 32(2): 17-29

Studenmund A.H. (2011). Using Econometrics A Practical Guide Sixth Edition.Bangkok Pearson Education Indochina Ltd.