ใบรับรองวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (การจัดการทรัพยากร)

ปริญญา

การจัดการทรัพยากร | โครงการสหวิทยาการระดับบัณฑิตศึกษา

สาขา | **ภาควิชา**

เรื่อง การประเมินผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่มีต่อรายได้ภาคการเกษตรในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย

Impact Assessment of Climate Change on Agricultural Revenue in Northeastern Thailand

นามผู้วิจัย นางสาวชนาพร คำวงษ์

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก .....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุวรรณา ประณีตวตกุล, Ph.D.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม .....

(รองศาสตราจารย์วิพักตร์ จินตนา, Ph.D.)

ประธานสาขาวิชา .....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุวรรณา ประณีตวตกุล, Ph.D.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

.....

(รองศาสตราจารย์กัญจนา ธีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ ..... **เดือน** ..... **พ.ศ.** .....

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การประเมินผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ที่มีต่อรายได้ภาคการเกษตรในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย

Impact Assessment of Climate Change on Agricultural Revenue in Northeastern Thailand

โดย

นางสาวชนาพร คำวงษ์

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (การจัดการทรัพยากร)
พ.ศ. 2553

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ชนาพร คำวงษ์ 2553: การประเมินผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่มีต่อรายได้ภาคการเกษตรในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (การจัดการทรัพยากร) สาขาการจัดการทรัพยากร โครงการสหวิทยาการระดับบัณฑิตศึกษา อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุวรรณา ประณีตวตกุล, Ph.D. 154 หน้า

ภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยมีความอ่อนไหวต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ อันเนื่องมาจากความเสื่อมโทรมของทรัพยากรธรรมชาติ ปัจจัยด้านภูมิศาสตร์และเศรษฐกิจสังคม การศึกษาครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ประเมินผลกระทบที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงรายได้สุทธิภาคการเกษตรโดยการวิเคราะห์สมการถดถอยเชิงซ้อน เก็บรวบรวมข้อมูลจาก 19 จังหวัดในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ในช่วง พ.ศ. 2544-2550 และประมวลความคิดเห็นและแนวทางการปรับตัวของเกษตรกรเพื่อลดผลกระทบดังกล่าว กรณีศึกษาจังหวัดนครราชสีมาและชัยภูมิ จำนวน 160 ครัวเรือน

ผลการวิเคราะห์แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ในคาบ 50 ปี (พ.ศ. 2503-2552) เมื่อเปรียบเทียบกับค่าปกติ 30 ปี (พ.ศ. 2503-2532) พบว่า อุณหภูมิเฉลี่ย อุณหภูมิสูงสุด และอุณหภูมิต่ำสุด ทั้งรายเดือน รายฤดูกาล และรายปี มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นกว่าค่าปกติตั้งแต่ พ.ศ. 2520 เป็นต้นมา ส่วนปริมาณฝนมีแนวโน้มเพิ่มสูงในฤดูหนาวและฤดูร้อนและมีแนวโน้มลดลงในช่วงต้นฤดูฝนและปลายฤดูฝน สอดคล้องกับแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงจำนวนวันฝนตก การประเมินผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่มีต่อรายได้สุทธิภาคการเกษตรโดยอาศัยการวิเคราะห์แบบจำลองริคาร์เดียน (Ricardian model) เมื่อพิจารณาเฉพาะปัจจัยด้านภูมิอากาศพบว่าผลกระทบส่วนเพิ่มของอุณหภูมิเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้น ในฤดูร้อนและต้นฤดูฝนส่งผลให้รายได้สุทธิภาคการเกษตรลดลง 173.80-292.61 บาท/ไร่/ปี ปริมาณฝนเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้น ในฤดูร้อนและต้นฤดูฝนส่งผลให้รายได้สุทธิภาคการเกษตรเพิ่มขึ้น 31.21-81.54 บาท/ไร่/ปี แต่หากปริมาณฝนเฉลี่ยเพิ่มขึ้นในช่วงปลายฤดูฝนส่งผลให้รายได้สุทธิภาคการเกษตรลดลงเท่ากับ 20.03-31.20 บาท/ไร่/ปี สำหรับแนวทางการปรับตัวเพื่อลดผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่เกษตรกรในเขตชลประทานและนอกเขตชลประทานเลือกปฏิบัติมากที่สุดได้แก่ การย้ายแรงงานสู่นอกภาคการเกษตร การปรับตัวโดยการจัดการทรัพยากรดินและที่ดิน ได้แก่ การเปลี่ยนชนิดพืช ปรับปรุงคุณภาพดิน ขยับเลื่อนเวลาเพาะปลูก ปลูกพืชที่หลากหลายมากขึ้น ปลูกไม้ยืนต้นเป็นแนวกันลมพายุ ปรับปรุงหรือเปลี่ยนพันธุ์พืช และทำวนเกษตร การจัดการทรัพยากรน้ำ ได้แก่ เพิ่มการกักเก็บน้ำฝนในพื้นที่การเกษตร และปรับปรุงระบบการให้น้ำพืช ตามลำดับ

เพื่อบรรเทาผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ หน่วยงานที่เกี่ยวข้องควรดำเนินนโยบายเพื่อฟื้นฟูคุณภาพทรัพยากรธรรมชาติอย่างบูรณาการร่วมกับหน่วยงานภาคการเกษตรเพื่อส่งเสริมให้เกษตรกรสร้างแนวทางการปรับตัวโดยการปรับปรุงเทคโนโลยีการผลิตและการจัดการทรัพยากรทางการเกษตรอย่างเหมาะสม

_____ _____ ___ / ___ / ___

ลายมือชื่อนิสิต ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Chanaporn Khamwong 2010: Impact Assessment of Climate Change on Agricultural Revenue in Northeastern Thailand. Master of Science (Resource Management), Major Field: Resource Management, Interdisciplinary Graduate Program. Thesis Advisor: Assistant Professor Suwanna Praneetvatakul, Ph.D. 154 pages.

Northeastern Thailand is vulnerable to climate change due to resource degradation as well as geographic and socioeconomic factors. This study aims to analyze trend of climate change and to assess its impact on farm net revenue in the region. The impact on farm net revenue were analyzed using multiple regression model. The panel data for 7 years (during 2001-2008) in 19 provinces in northeastern region were used in this study. Then, to analyse farmer's perceptions and adaptation strategies to climate change, 160 sampled households in Nakhon Ratchasima and Chaiyaphum provinces were gathered and analyzed.

The results show that in the Northeast the temperature is likely to increase during all season, while the rainfall increases in winter and summer, but decreases during rainy season as the number of rainy days. Using the Ricardian model to analyzed the impacts, estimated marginal impacts suggest that due to temperature rise in summer and early rainy season decline farm net revenue by 173.80-292.61 bath/rai/year. Increase rainfall in summer and early rainy season on the other hand would lead to growing farm net revenue by 31.21-81.54 bath/rai/year. But rainfall increase at the end of rainy season will affects farm net revenue decline by 20.03-31.20 bath/rai/year. Farmer in both, where irrigation and rainfed areas have strategies for adapting to climate change included labor migration, change in crop choices, improved soil quality, different planting dates, add to stored water, crop diversification, change crop variety and plant breeding, agro-forestry and improved water systems.

In order to reduce damage from climate change, related agencies to the natural resources and agricultural sectors should support farmers on adequate cropping techniques and agricultural resource management while at the same to the encouraging farmers to plan adaptation to climate change.

_____ _____ ___ / ___ / ___

Student's signature Thesis Advisor's signature

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

กิตติกรรมประกาศ

ในการศึกษาค้นคว้าและเรียบเรียงวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุวรรณา ประณีตวตกุล ประธานกรรมการที่ปรึกษา ที่ได้กรุณาเสียสละเวลาในการตรวจสอบและให้คำแนะนำอันเป็นแนวทางที่เป็นประโยชน์ต่อวิทยานิพนธ์ฉบับนี้มาโดยตลอด และขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.วิพักตร์ จินตนา กรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ ดร.วุฒิ หวังวัชรกุล ผู้แทนบัณฑิตวิทยาลัย ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. นุชนาถ มั่งคั่ง ประธานการสอบ รองศาสตราจารย์สยาม อรุณศรีมรกต ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก และคณาจารย์สาขาการจัดการทรัพยากรทุกท่าน ที่ได้กรุณาให้ข้อเสนอแนะตลอดจนให้คำแนะนำในการแก้ไขปรับปรุงเพื่อให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สมบูรณ์มากยิ่งขึ้นและสำเร็จได้ด้วยดี

พร้อมกันนี้ผู้เขียนขอขอบคุณโครงการวิจัยเรื่อง “Vulnerability to Climate Change: Adaptation Strategies and Layers of Resilience” ซึ่งดำเนินการโดยกรมวิชาการเกษตรร่วมกับ International Crops Research Institute for Semiarid Tropics (ICRISAT) สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร และฝ่ายข้อมูลภูมิอากาศ กรมอุตุนิยมวิทยา ที่ได้อนุเคราะห์ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้

ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณบิดาและมารดาที่เป็นกำลังใจและให้การสนับสนุนมาโดยตลอด รวมถึงเพื่อนๆ ทุกคนที่ได้ให้กำลังใจและช่วยเหลือในทุกด้าน

ชนาพร คำวงษ์

มีนาคม 2553

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญ

หน้า

สารบัญตาราง (3)

สารบัญภาพ (6)

บทที่ 1 บทนำ 1
- ความสำคัญของปัญหา 1
- วัตถุประสงค์ของการศึกษา 5
- ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 5
- ขอบเขตการศึกษา 5

บทที่ 2 การตรวจเอกสาร 6
- แนวความคิดและทฤษฎี 6
- งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 17
- ภูมิอากาศและการเกษตรในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 38

บทที่ 3 วิธีการศึกษา 46
- การเก็บรวบรวมข้อมูล 48
- การวิเคราะห์ข้อมูล 50
- แบบจำลองที่ใช้ในการศึกษา 55

บทที่ 4 แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 58
- แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ 58
- แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงปริมาณฝน 74

บทที่ 5 ผลกระทบต่อรายได้ภาคการเกษตรและแนวทางการปรับตัวของเกษตรกร 84
- ผลกระทบการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่มีต่อรายได้ภาคการเกษตรในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 84
- แนวทางการปรับตัวของเกษตรกร 94
- วิจารณ์ผลการวิจัย 105

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 6 สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ 107
สรุปผลการศึกษา 107
ข้อเสนอแนะ 113

เอกสารและสิ่งอ้างอิง 115

ภาคผนวก 123

ประวัติการศึกษาและการทำงาน 154

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	สัดส่วนพื้นที่ชลประทานต่อพื้นที่ถือครองทางการเกษตร พ.ศ. 2550	3
2	งานวิจัยที่เกี่ยวข้องในการประเมินผลกระทบการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโดยการวิเคราะห์แบบจำลองริคาร์เดียน	36
3	จำนวนตัวอย่างเกษตรกรที่เลือกทำการศึกษาในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ พ.ศ. 2552	50
4	ผลการวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อรายได้สุทธิภาคการเกษตรของเกษตรกรในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ พ.ศ. 2544-2550	90
5	ผลกระทบส่วนเพิ่มของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่มีต่อรายได้สุทธิภาคการเกษตรของเกษตรกร ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ พ.ศ. 2544-2550	93
6	ปริมาณฝนและจำนวนวันฝนตกรายปีเฉลี่ยในคาบ 50 ปี (พ.ศ. 2503-2552) รายจังหวัด ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	95
7	การรับรู้ถึงการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของเกษตรกรในเขตชลประทาน จังหวัดนครราชสีมาและจังหวัดชัยภูมิ พ.ศ. 2552	99
8	ผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อวิถีชีวิตของเกษตรกร จังหวัดนครราชสีมาและจังหวัดชัยภูมิ พ.ศ. 2552	101
9	แนวทางการปรับตัวของเกษตรกรในระดับครัวเรือนต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ จังหวัดนครราชสีมาและจังหวัดชัยภูมิ พ.ศ. 2552	104

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่		หน้า
1	สถานีอุตุนิยมวิทยาที่ทำการเก็บข้อมูลในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ พ.ศ. 2503-2552	124
2	ค่าสถิติพรรณนาของตัวแปรในสมการผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่มีต่อรายได้สุทธิภาคการเกษตร ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ พ.ศ. 2544-2550	125
3	อุณหภูมิเฉลี่ยและค่าผิดสภาพ (anomaly) ในคาบ 50 ปี (พ.ศ. 2503-2552) รายเดือน ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	126
4	อุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยและค่าผิดสภาพ (anomaly) ในคาบ 50 ปี (พ.ศ. 2503-2552) รายเดือน ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	130
5	อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยและค่าผิดสภาพ (anomaly) ในคาบ 50 ปี (พ.ศ. 2503-2552) รายเดือน ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	134
6	ปริมาณฝนเฉลี่ยและค่าสัดส่วน (ratio) ในคาบ 50 ปี (พ.ศ. 2503-2552) รายเดือน ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	138
7	จำนวนวันฝนตกเฉลี่ยและค่าผิดสภาพ (anomaly) ในคาบ 50 ปี (พ.ศ. 2503-2552) รายเดือน ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	142

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่		หน้า
8	อุณหภูมิเฉลี่ยและค่าผิดสภาพ (anomaly) ในคาบ 50 ปี (พ.ศ. 2503-2552) รายฤดูกาล ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	146
9	อุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยและค่าผิดสภาพ (anomaly) ในคาบ 50 ปี (พ.ศ. 2503-2552) รายฤดูกาล ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	147
10	อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยและค่าผิดสภาพ (anomaly) ในคาบ 50 ปี (พ.ศ. 2503-2552) รายฤดูกาล ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	148
11	ปริมาณฝนเฉลี่ยและค่าสัดส่วน (ratio) ในคาบ 50 ปี (พ.ศ. 2503-2552) รายฤดูกาล ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	149
12	จำนวนวันฝนตกเฉลี่ยและค่าผิดสภาพ (anomaly) ในคาบ 50 ปี (พ.ศ. 2503-2552) รายฤดูกาล ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	150
13	อุณหภูมิเฉลี่ย อุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ย อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยและค่าผิดสภาพ (anomaly) ในคาบ 50 ปี (พ.ศ. 2503-2552) รายปี ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	151
14	ปริมาณฝนเฉลี่ยและค่าสัดส่วน (ratio) ในคาบ 50 ปี (พ.ศ. 2503-2552) รายปี ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	152
15	จำนวนวันฝนตกเฉลี่ยและค่าผิดสภาพ (anomaly) ในคาบ 50 ปี (พ.ศ. 2503-2552) รายปี ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	153

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	ทฤษฎีค่าเช่าที่ดินของเดวิด ริคาร์โด	12
2	การปรับตัวของเกษตรกรเมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ	14
3	กรอบแนวคิดในการศึกษา	47
4	แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเฉลี่ยรายเดือน ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ พ.ศ. 2503-2552	61
5	แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเฉลี่ยรายฤดูกาล ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ พ.ศ. 2503-2552	63
6	แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเฉลี่ยรายปี ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ พ.ศ. 2503-2552	63
7	แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยรายเดือน ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ พ.ศ. 2503-2552	66
8	แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยรายฤดูกาล ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ พ.ศ. 2503-2552	68
9	แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยรายปี ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ พ.ศ. 2503-2552	68
10	แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยรายเดือน ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ พ.ศ. 2503-2552	71

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
11	แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยรายฤดูกาล ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ พ.ศ. 2503-2552	73
12	แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยรายปี ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ พ.ศ. 2503-2552	73
13	แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงปริมาณฝนรวมรายเดือน ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ พ.ศ. 2503-2552	76
14	แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงปริมาณฝนรวมรายฤดูกาล ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ พ.ศ. 2503-2552	78
15	แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงปริมาณฝนรวมรายปี ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ พ.ศ. 2503-2552	78
16	แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงจำนวนวันฝนตกรายเดือน ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ พ.ศ. 2503-2552	81
17	แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงจำนวนวันฝนตกรายฤดูกาล ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ พ.ศ. 2503-2552	83
18	แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงจำนวนวันฝนตกรายปี ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ พ.ศ. 2503-2552	83

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

บทที่ 1

บทนำ

ความสำคัญของปัญหา

การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโลกทั้งที่เกิดขึ้นจากกิจกรรมของมนุษย์ที่มีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกเข้าสู่ชั้นบรรยากาศเป็นจำนวนมากทั้งจากสาขาพลังงาน จากการใช้เชื้อเพลิงประเภทฟอสซิล ภาคอุตสาหกรรม ภาคการเกษตร การสูญเสียพื้นที่ป่าไม้และการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน โดยมีสัดส่วนของก๊าซเรือนกระจกที่สำคัญ ได้แก่ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ก๊าซมีเทน (CH_4) ไอน้ำ (water vapor) โอโซน (O_3) ก๊าซไนตรัสออกไซด์ (N_2O) ก๊าซคลอโรฟลูโอโรคาร์บอน (CFCs) ซัลเฟอร์เฮกซะฟลูออโรคาร์บอน (SF_6) ไฮโดรฟลูออโรคาร์บอน (HFCs) เปอร์ฟลูออโรคาร์บอน (PFCs) และไตรฟลูออโรเมทิลซัลเฟอร์เพนตะฟลูออไรด์ (SF_5CF_3) สะสมในระดับที่เพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง จากรายงานของคณะกรรมการระหว่างรัฐบาลว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Intergovernmental Panel on Climate Change หรือ IPCC) ในปี 2007 พบว่า ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เพิ่มสูงขึ้นนั้นจะมีผลทำให้อุณหภูมิอากาศผิวพื้นโลกในภูมิภาคต่างๆ เปลี่ยนไป ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงขององค์ประกอบภูมิอากาศที่จะส่งผลกระทบโดยตรงต่อการผลิตพืช อย่างเช่น อุณหภูมิ ซึ่งพบว่าหากปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศเพิ่มขึ้นจากเดิมสองเท่า จะส่งผลให้อุณหภูมิผิวพื้นโลกเพิ่มขึ้น 1-3.5 องศาเซลเซียส ภายใน พ.ศ. 2643 (ค.ศ. 2100) การเปลี่ยนแปลงปริมาณฝนและความชื้น ซึ่งอาจก่อให้เกิดปัญหาการขาดแคลนน้ำในการทำการเกษตร ความเสียหายจากสภาวะความรุนแรงของลมฟ้าอากาศ (extreme weather events) เช่น น้ำท่วม ฝนแล้ง และการระบาดของโรคพืชและแมลงศัตรูพืช (Kurukulasuriya and Rosenthal, 2003) ผนวกกับประเด็นด้านความต้องการอาหารของประชากรทั่วโลกที่เพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง ทำให้เกิดการทำการเกษตรอย่างเข้มข้นส่งผลต่อความความเสื่อมคุณภาพของทรัพยากรดินเนื่องจากการชะล้างพังทลายของดิน การลดลงของธาตุอาหารพืชในดิน เป็นต้น ซึ่งปัจจัยเหล่านี้ล้วนส่งผลกระทบต่อการลดลงของผลิตภาพในภาคการเกษตร

ประเทศไทยตั้งอยู่ทางทิศตะวันออกเฉียงใต้ของทวีปเอเชียระหว่างละติจูด 5 องศา 37 ลิปดาเหนือกับ 20 องศา 27 ลิปดาเหนือ และระหว่างลองติจูด 97 องศา 22 ลิปดาตะวันออก กับ 105 องศา 37 ลิปดาตะวันออก และมีภูมิอากาศแบบเขตร้อน (tropic climate) ซึ่ง IPCC (2007) ได้คาดการณ์ว่าประเทศที่มีภูมิอากาศแบบเขตร้อนจะได้รับผลกระทบในเชิงลบจากอุณหภูมิที่เพิ่มสูงขึ้น การเพิ่มขึ้น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ทั้งความถี่และความรุนแรงของพายุหมุนเขตร้อน และภายใน พ.ศ. 2593 ภาคการเกษตรจะมีน้ำใช้ลดลง เนื่องจากปริมาณฝนลดลง มีการเปลี่ยนแปลงของการกระจายน้ำฝนและการระเหยของน้ำ สอดคล้องกับการศึกษาการผันแปรของอุณหภูมิและปริมาณฝนในประเทศไทยนในรอบ 49 ปี (พ.ศ. 2494-2542) พบว่าอุณหภูมิของประเทศไทยมีแนวโน้มสูงขึ้นทั้งอุณหภูมิเฉลี่ย อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ย และอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ย โดยอุณหภูมิสูงสุดและอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยรายปีสูงกว่าค่าเฉลี่ยมากที่สุด 0.7 องศาเซลเซียส

อุณหภูมิที่เพิ่มสูงขึ้นจะส่งผลกระทบเชิงลบต่อการผลิตพืช ซึ่งพืชจะให้ผลผลิตสูงที่ระดับอุณหภูมิที่เหมาะสม (optimum temperature) ประมาณ 20-30 องศาเซลเซียส พื้นที่การเกษตรในเขตร้อนซึ่งปกติอุณหภูมิเฉลี่ยค่อนข้างสูงอยู่แล้ว (ประมาณ 29 องศาเซลเซียส) เมื่ออุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ส่งผลให้ผลผลิตโดยรวมของพืชในเขตร้อนจะลดลง (กัณฑรีย์ บุญประกอบ, 2550) เช่น การศึกษาของ International Rice Research Institute (IRRI) พบว่าผลผลิตข้าวจะลดลงประมาณร้อยละ 10 เมื่ออุณหภูมิต่ำสุดเพิ่มขึ้นทุก 1 องศาเซลเซียส ในฤดูเพาะปลูก ในขณะที่แนวโน้มปริมาณฝนที่ลดลงก่อให้เกิดภัยแล้งในหลายพื้นที่สร้างความเสียหายต่อผลผลิตทางการเกษตรเป็นมูลค่ามหาศาล ในประเทศไทยตั้งแต่ พ.ศ. 3532-2550 พื้นที่การเกษตรได้รับผลกระทบจากภัยแล้ง 1,350,118 ไร่ มูลค่าความเสียหายรวม 198,304 ล้านบาท (กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย, 2551)

ภาคตะวันออกเฉียงเหนือถือเป็นแหล่งเพาะปลูกพืชที่สำคัญของประเทศที่มีการเพาะปลูกพืชเศรษฐกิจที่สำคัญ เช่น ข้าว มันสำปะหลัง อ้อย และข้าวโพด เป็นจำนวนมาก แต่ส่วนใหญ่ยังทำการเพาะปลูกในเขตอาศัยน้ำฝนเป็นหลัก จากข้อมูลสัดส่วนพื้นที่ชลประทานต่อพื้นที่ถือครองทางการเกษตรในตารางที่ 1 จะพบว่าภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีพื้นที่การเกษตรรวมทั้งสิ้น 57,073,489 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 43.78 ของพื้นที่การเกษตรทั้งหมดของประเทศ ในขณะที่มีพื้นที่การเกษตรอยู่ในเขตชลประทานเพียง 3,740,279 ไร่ หรือคิดเป็นร้อยละ 6.55 ของพื้นที่ถือครองทางการเกษตรทั้งหมด ทั้งนี้เนื่องมาจากข้อจำกัดด้านภูมิประเทศที่เป็นที่ราบเป็นส่วนใหญ่ทำให้ไม่สามารถทำการก่อสร้างโครงการเขื่อนขนาดใหญ่ได้ ทำให้การจัดสรรทรัพยากรน้ำให้มีความพอเพียงในภาค การเกษตรของภาคตะวันออกเฉียงเหนือนั้นทำได้ยาก และจากการที่แนวโน้มของปริมาณฝนและจำนวนวันฝนตกที่ลดลงหรือเกิดฝนทิ้งช่วงยาวนานจะสร้างความเสียหายต่อภาคการเกษตรมากยิ่งขึ้นเนื่องจากการขาดแคลนน้ำใช้ในการเพาะปลูกพืชของเกษตรกร ตัวอย่างเช่น การเกิดภัยแล้งใน ทุ่งกุลาร้องไห้ในรอบ 10 ปี (พ.ศ. 2537-2547) ก่อให้เกิดความเสียหายต่อเกษตรกรถึงร้อยละ 69.6 ของจำนวน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ครัวเรือนเกษตรกรทั้งหมด นอกจากนี้ยังพบว่าพื้นที่ที่ประสบภัยแล้งดังกล่าวแล้วส่วนหนึ่งยังได้รับผลกระทบจากอุทกภัยด้วยเช่นกัน ซึ่งเกษตรกรส่วนใหญ่ยังคงมีความสามารถในการจัดการเศรษฐกิจของครัวเรือนต่ำ ครัวเรือนมีทรัพยากรการผลิตไม่เพียงพอต้องพึ่งพิงปัจจัยการผลิตจากนอกครัวเรือนทั้งด้านแรงงานและสารเคมีทางการเกษตรต่างๆ (วิเชียร เกิดสุข, วชิราพร เกิดสุข, และ สมศักดิ์ สุขจันทร์, 2548)

ตารางที่ 1 สัดส่วนพื้นที่ชลประทานต่อพื้นที่ถือครองทางการเกษตรเป็นรายภาค พ.ศ. 2550

ภาค	พื้นที่ถือครองทางการเกษตร[1/] (ไร่)	พื้นที่ชลประทาน[2/] (ไร่)	สัดส่วนพื้นที่ชลประทานต่อพื้นที่ถือครองทางเกษตร (%)
ภาคเหนือ	27,749,604	4,492,565	16.19
ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	57,073,489	3,740,279	6.55
ภาคกลาง	25,769,604	13,113,604	50.89
ภาคใต้	19,760,646	2,388,159	12.09
รวมทั้งประเทศ	130,353,309	23,734,607	18.21

ที่มา: [1/] สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (2552)

[2/] กรมชลประทาน (2552)

ภัยแล้งเป็นปัญหาที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือต้องเผชิญตลอดมาซึ่งมีความเกี่ยว เนื่องจากสภาพภูมิอากาศและข้อจำกัดทางดิน ภายใต้อนุสัญญาว่าด้วยการต่อต้านการแปรสภาพเป็นทะเลทราย (Convention to Combat Desertification หรือ CCD) ที่ประเทศไทยได้เข้าร่วมดำเนินการกับสหประชาชาติ โดยกรมพัฒนาที่ดินได้ทำการศึกษาเพื่อประเมินว่าประเทศไทยอยู่ในระดับใดของ ความแห้งแล้งซ้ำซากจนเข้าสู่ภาวะการเป็นทะเลทราย พบว่าพื้นที่ที่มีปัจจัยบ่งชี้ว่าได้แปรสภาพเป็นทะเลทรายแล้วอยู่ในพื้นที่ราบของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ปัญหาดังกล่าวส่งผลโดยตรงต่อการลดลงของผลผลิตพืชโดยเฉพาะพืชเศรษฐกิจที่สำคัญ เช่น ข้าว มันสำปะหลัง ข้าวโพด และอ้อย ซึ่งเป็นพืชที่ทำการเพาะปลูกเป็นจำนวนมากในพื้นที่ดังกล่าว

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ปัจจัยที่เป็นข้อบ่งชี้ว่าที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือได้แปรสภาพเป็นทะเลทรายได้แก่ข้อบ่งชี้เรื่องดินและความเสื่อมโทรมของทรัพยากรดิน กรมพัฒนาที่ดิน (2545) รายงานว่าภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีดินที่เป็นทรายจำนวน 33.45 ล้านไร่ หรือคิดเป็นร้อยละ 32 ของพื้นที่ภาค ซึ่งดินทรายเป็นดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ และปัญหาความเสื่อมโทรมของทรัพยากรดินได้แก่ ปัญหาการแพร่กระจายของดินเค็ม พบว่า ปัจจุบันมีพื้นที่ที่มีดินเค็มรวม 17.81 ล้านไร่ โดยมีดินเค็มจัด 1.47 ล้านไร่ ดินเค็มปานกลาง 3.69 ล้านไร่ และดินเค็มน้อย 12.64 ล้านไร่ จังหวัดที่มีพื้นที่ที่เป็นดินเค็มมากที่สุด คือ จังหวัดนครราชสีมา จำนวน 475,201 ไร่ รองลงมาได้แก่ จังหวัดมหาสารคาม 168,010 ไร่ และจังหวัดนครพนม 160,103 ไร่ ปัญหาการแพร่กระจายของดินเค็มดังกล่าวมีผลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของพืช เนื่องจากปริมาณเกลือที่ละลายอยู่ในสารละลายดินมากเกินไปทำให้พืชเกิดอาการขาดน้ำ พื้นที่ดังกล่าวจึงไม่สามารถปลูกพืชได้ ดินขาดพืชที่ขึ้นปกคลุมหน้าดินทำให้น้ำในดินระเหยไปอย่างรวดเร็วส่งผลให้เกิดความแห้งแล้งตามมา

ประกอบกับปัญหาการสูญเสียพื้นที่ป่าไม้ จากรายงานสถิติพื้นที่ป่าไม้ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือในรอบ 45 ปี (พ.ศ. 2504-2549) พบว่าพื้นที่ป่าไม้ลดลงจาก 44.3 ล้านไร่ หรือร้อยละ 41.99 ของพื้นที่ภาค ใน พ.ศ. 2504 เหลือเพียง 15.34 ล้านไร่ ใน พ.ศ. 2549 หรือร้อยละ 14.54 ของพื้นที่ทั้งหมดของภาค (กรมป่าไม้, 2552) เมื่อพิจารณาสัดส่วนพื้นที่ป่าไม้ต่อพื้นที่ทั้งหมดรายจังหวัด พบว่าจังหวัดที่มีสัดส่วนพื้นที่ป่าไม้ต่อพื้นที่ทั้งหมดสูงที่สุด คือ จังหวัดเลย (ร้อยละ 56.99) เป็นจังหวัดที่ไม่มีปัญหาดินเค็มเลย ในขณะที่จังหวัดที่มีสัดส่วนพื้นที่ป่าไม้ต่อพื้นที่ทั้งหมดต่ำที่สุดได้แก่ จังหวัดมหาสารคาม (ร้อยละ 2.61) มีปัญหาพื้นที่มีดินเค็มมากสูงเป็นอันดับสองของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ซึ่งปัญหาการลดลงของพื้นที่ป่าไม้ส่งผลให้หน้าดินขาดการปกคลุมสกัดกั้นและดูดซับน้ำฝนทำให้เกิดการชะล้างพังทลายของดิน ดินขาดอินทรียวัตถุที่สะสมในดิน ทำให้โครงสร้างของดินเปลี่ยนไปและทำให้น้ำในดินระเหยอย่างรวดเร็ว ยิ่งเป็นการเพิ่มความรุนแรงของปัญหาความแห้งแล้งในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

จากปัจจัยต่างๆ ดังกล่าว ทำให้ภาคการเกษตรในภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีความอ่อนไหวต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ทั้งนี้การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณผลผลิตและศักยภาพในการผลิตย่อมส่งผลกระทบต่อรายได้จากภาคการเกษตรของเกษตรกร วิถีชีวิตความเป็นอยู่ รวมทั้งผลกระทบต่อมูลค่าทางเศรษฐกิจและการพัฒนาประเทศการศึกษาแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศและความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยภูมิอากาศที่ส่งผลกระทบต่อภาคการเกษตรดังกล่าว จะช่วยสร้างความรู้ความเข้าใจผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นอันจะนำไปสู่การสร้างแนวทางในการวางมาตรการในปรับตัวของเกษตรกรและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องเพื่อลดความเสียหาย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1. เพื่อวิเคราะห์แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศผ่านตัวแปรภูมิอากาศที่สำคัญ ได้แก่ อุณหภูมิ และปริมาณฝน ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย

2. เพื่อประเมินผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงรายได้สุทธิภาคการเกษตรของเกษตรกรในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

3. เพื่อประมวลความคิดเห็นและแนวทางในการปรับตัวของเกษตรกรเพื่อลดผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ กรณีศึกษาจังหวัดนครราชสีมา และจังหวัดชัยภูมิ

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

การศึกษาในครั้งนี้ จะทำให้ได้ผลการศึกษาที่เป็นข้อมูลแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและผลกระทบของการเปลี่ยนสภาพภูมิอากาศที่มีต่อรายได้ภาคการเกษตรของเกษตรกรในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย รวมทั้งความคิดเห็นของเกษตรกรเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อการทำการเกษตร ซึ่งจะเป็นข้อมูลพื้นฐานที่สำคัญในการสร้างความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับผลกระทบที่อาจเกิดขึ้น อันจะนำ ไปสู่การวางแผนการดำเนินการและสร้างแนวทางในการปรับตัวของเกษตรกร รวมถึงหน่วยงาน ที่เกี่ยวข้องเพื่อลดและบรรเทาผลกระทบ ซึ่งจะช่วยลดความเสียหายทั้งด้านเศรษฐกิจ สังคม และ วิถีชีวิตความเป็นอยู่ของเกษตรกร

ขอบเขตการศึกษา

ในการศึกษาประมวลแนวทางการปรับตัวของเกษตรกร โดยนำข้อมูลที่ได้จากการศึกษาในโครงการวิจัยเรื่อง “Vulnerability to Climate Change: Adaptation Strategies and Layers of Resilience” ใน พ.ศ. 2552 ซึ่งดำเนินการโดยกรมวิชาการเกษตรร่วมกับ International Crops Research Institute for Semi Arid Tropics (ICRISAT) พื้นที่ที่ทำการศึกษาได้แก่ ตำบลส้มป่อย และตำบลกุดน้ำใส อำเภอจัตุรัส จังหวัดชัยภูมิ และตำบลท่าเยี่ยมและตำบลพลับพลา อำเภอโชคชัย จังหวัดนครราชสีมา

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

บทที่ 2

การตรวจเอกสาร

ในบทนี้ได้กล่าวถึงแนวความคิดและทฤษฎีที่ใช้ในการวิเคราะห์ ตลอดจนข้อสมมติต่างๆ ที่จำเป็นในการวิเคราะห์ การตรวจสอบเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ข้อมูลพื้นฐานด้านภูมิอากาศและภาคการเกษตร เพื่อนำมาประกอบการศึกษาเรื่องผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่มีต่อรายได้ภาคการเกษตรของเกษตรกรในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย

แนวความคิดและทฤษฎี

ภาวะเรือนกระจก (greenhouse effect)

ภาวะเรือนกระจก หมายถึง การชั้นบรรยากาศของโลกกระทำตัวเสมือนกระจกที่ยอมให้รังสีคลื่นสั้นจากดวงอาทิตย์ผ่านทะลุมายังผิวโลกได้ แต่จะดูดกลืนรังสีคลื่นยาวที่โลกคายออกไปไม่ให้หลุดออกนอกบรรยากาศ จากนั้นบรรยากาศจะแผ่รังสีความร้อนอีกครั้งหนึ่ง ซึ่งรังสีความร้อนเหล่านี้ส่วนหนึ่งจะหลุดหายไปในอวกาศ และอีกส่วนหนึ่งจะกลับลงสู่บรรยากาศชั้นล่างและพื้นผิวโลก ทำให้ผิวพื้นโลกยังคงร้อน แม้ว่าจะเป็นเวลากลางคืนที่ไม่ได้รับพลังงานจากดวงอาทิตย์แล้วก็ตาม เป็นการควบคุมอุณหภูมิของโลกให้คงที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของสิ่งมีชีวิต (จำนง แก้วชะฎา, 2544)

ปัจจุบันกิจกรรมของมนุษย์ที่มีผลทำให้ปริมาณก๊าซเรือนกระจกและละอองต่างๆ ในบรรยากาศเพิ่มมากขึ้น ก๊าซเหล่านี้สามารถสกัดกั้นรังสีคลื่นยาวช่วงอินฟาเรดหรือรังสีความร้อนเอาไว้ในชั้นบรรยากาศของโลก ดังนั้นชั้นบรรยากาศของโลกจึงดูดซับพลังงานความร้อนที่รังสีเหล่านี้ปลดปล่อยออกมาในปริมาณมาก ทำให้พื้นผิวโลกและชั้นบรรยากาศมีอุณหภูมิเฉลี่ยสูงขึ้นส่งผลกระทบต่อสภาพภูมิอากาศของโลก ก๊าซเรือนกระจกที่สำคัญ ได้แก่ ไอน้ำ (water vapor) โอโซน (O_3) ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ก๊าซมีเทน (CH_4) ก๊าซไนตรัสออกไซด์ (N_2O) ก๊าซคลอโรฟลูโอโรคาร์บอน (CFCs) ซัลเฟอร์เฮกซะฟลูออโรคาร์บอน (SF_6) ไฮโดรฟลูออโรคาร์บอน (HFCs) เปอร์ฟลูออโรคาร์บอน (PFCs) และไตรฟลูออโรเมทิลซัลเฟอร์เพนตะฟลูออไรด์ (SF5CF3) การเผาไหม้เชื้อเพลิงจากถ่านหิน น้ำมันและก๊าซธรรมชาติ รวมทั้งการตัดไม้ทำลายป่าทำให้ลดแหล่งดูดซับ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ การทำการเกษตรกรรมโดยเฉพาะการปลูกข้าวในนาที่มีน้ำขัง และการปศุสัตว์ปล่อยก๊าซมีแทนและไนตรัสออกไซด์ นอกจากนี้กระบวนการแปรรูปอุตสาหกรรมปล่อยสารฮาโลคาร์บอน (CFCs, HFCs, PFCs) มีการประเมินว่าก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์เป็นการเพิ่มขึ้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มากกว่าร้อยละ 60 ก๊าซมีเทน ร้อยละ 15-20 และก๊าซไนตรัสออกไซด์ ร้อยละ 15 การเพิ่มขึ้นของก๊าซเรือนกระจกเหล่านี้ยังส่งผลกระทบต่อเนื่องทำให้ระดับไอน้ำ ในชั้นบรรยากาศเพิ่มขึ้นอีกด้วย (สำนักนโยบายและแผนสิ่งแวดล้อม, 2543)

ภาวะโลกร้อน (global warming)

การศึกษาในปัจจุบันพบว่ากำลังมีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นกับสภาพแวดล้อมของโลก การเพิ่มระดับของปรากฏการณ์เรือนกระจกทำให้อุณหภูมิเฉลี่ยที่พื้นผิวโลกเพิ่มสูงขึ้น หรือที่เรียกกันทั่วไปว่า ภาวะโลกร้อน ซึ่งหลักฐานที่สนับสนุนข้อสรุปนี้ได้จากการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และอุณหภูมิเฉลี่ยของพื้นผิวโลกย้อนกลับไปเป็นเวลากว่าหนึ่งแสนปี จากการวิเคราะห์ฟองก๊าซในแกนน้ำแข็งที่ขุดเจาะได้จากบริเวณขั้วโลกใต้ นอกจากนี้การศึกษาวิจัยในช่วงสิบปีที่ผ่านมายังแสดงให้เห็นถึงการละลายของน้ำแข็งบริเวณขั้วโลกและบน ภูเขาสูงต่างๆ การตายของปะการังในเขตร้อนเนื่องจากอุณหภูมิของน้ำทะเลเพิ่มสูงขึ้น (Campbell, Reece and Mitchell, 1999 อ้างใน สนธยา จำปานิล, 2547)

สภาวะที่โลกมีอุณหภูมิเฉลี่ยสูงขึ้น หรือที่เรียกว่า ภาวะโลกร้อน (global warming) นี้ แม้ว่าจะมีการคาดการณ์ว่าอุณหภูมิจะสูงขึ้นเพียงไม่กี่องศา แต่ผลกระทบที่คาดว่าจะเกิดนั้นจะมีความรุนแรงในหลายๆ ด้าน โดย IPCC (2007) ประมาณการว่าในอดีตหมื่นปีที่ผ่านมา อุณหภูมิโลกเพิ่มขึ้นเพียงประมาณ 5 องศาเซลเซียสเท่านั้น หากอุณหภูมิโลกเปลี่ยนแปลงเร็วกว่าอดีตด้วยอัตรา 1 ถึง 3.5 องศาเซลเซียสดังกล่าว ผลกระทบที่เกิดขึ้นคือความรุนแรงของพายุต่างๆ ที่เกิดขึ้น ปริมาณและรูปแบบการตกของฝนจะเปลี่ยนไปบางพื้นที่บางประเทศจะได้ประโยชน์จากสภาวะโลกร้อน ในขณะที่บางประเทศจะได้รับความเดือดร้อน อุณหภูมิผิวโลกที่จะสูงขึ้นดังกล่าวจะทำให้ระดับน้ำทะเลเฉลี่ยของโลกเพิ่มขึ้นปีละ 1-2 มิลลิเมตร จากการละลายของน้ำแข็งในเขตขั้วโลก หรืออาจรุนแรงขนาดที่จะทำให้ระดับน้ำทะเลสูงขึ้นถึง 20 เซนติเมตรภายในปี พ.ศ. 2573 ด้านหน่วยอุตุนิยมวิทยาโลกของสหประชาชาติ รายงานว่าช่วงปี 2548 เป็นทศวรรษแห่งโลกร้อนที่สุดเป็นประวัติกาล โดยอุณหภูมิเพิ่มขึ้น 0.48 องศาเซลเซียส บริเวณพื้นที่โลกร้อนได้แพร่กระจายออกไปจากอดีตตั้งแต่แอฟริกา ออสเตรเลีย บราซิล จีน และสหรัฐ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (climate change)

ลมฟ้าอากาศ (weather) หมายถึง สภาวะอากาศหรือลักษณะอากาศที่มีการเปลี่ยนแปลงต่อเนื่องในระยะเวลาอันสั้น เช่น วัน สัปดาห์ ของสถานที่ใดสถานที่หนึ่ง ในการศึกษาลมฟ้าอากาศมักจะศึกษาเกี่ยวกับองค์ประกอบอุตุนิยมวิทยาได้แก่ พลังงานจากดวงอาทิตย์ อุณหภูมิ ความกดอากาศ ลม ความชื้น ฝน เป็นต้น

สภาพภูมิอากาศ (climate) หมายถึง สภาพของบรรยากาศโดยทั่วไปของท้องถิ่นต่างๆ ซึ่งเป็นผลเฉลี่ยจากการเปลี่ยนแปลงลมฟ้าอากาศ ภูมิอากาศจึงเป็นค่าปานกลางของลักษณะลมฟ้าอากาศในระยะเวลานานของสถานที่ใดสถานที่หนึ่ง เช่น ศึกษาในระยะเวลา 10 ปี 20 ปี หรือ 30 ปี ในการศึกษาต้องอาศัยผลการตรวจอากาศประจำวันหรือลมฟ้าอากาศ เพราะเมื่อมีการตรวจอากาศในท้องถิ่นชั่วระยะเวลาหนึ่งแล้ว จะมีการรวบรวมข้อมูลเข้าเป็นหมวดหมู่เพื่อหาผลรวมหรือค่าเฉลี่ยขององค์ประกอบอุตุนิยมวิทยาแต่ละชนิด แล้วนำไปวิเคราะห์จัดทำเป็นภูมิอากาศของสถานที่นั้นๆ

คำจำกัดความของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศมี 2 แบบ ตามความหมายของอนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (United Nations Framework Convention on Climate Change หรือ UNFCCC) และ IPCC ดังนี้

UNFCCC ได้นิยามความหมายของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศไว้ว่า “การเปลี่ยนแปลงใดๆ ของอากาศ ซึ่งเกิดขึ้นจากกิจกรรมของมนุษย์ ทั้งทางตรงและทางอ้อม อันทำให้ส่วนประกอบของบรรยากาศโลกเปลี่ยนแปลงไป นอกเหนือจากการเปลี่ยนแปลงโดยธรรมชาติในช่วงเวลาเดียวกัน”

IPCC ได้จำกัดความไว้ว่า “ความแปรปรวนอย่างมีนัยยะสำคัญทางสถิติของสภาวะภูมิอากาศหรือความแปรปรวนที่เกิดขึ้นอย่างถาวรเป็นเวลานาน (ทศวรรษหรือนานกว่านั้น) การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศเกิดขึ้นเนื่องจากกระบวนการภายในหรือแรงกดดันภายนอก หรือเกิดจากการเปลี่ยนแปลงของบรรยากาศ หรือพื้นดิน ที่เกิดจากกิจกรรมต่อเนื่องของมนุษย์” (กัณฑรีย์ บุญประกอบ, 2548)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อการผลิตและผลผลิตพืช

Hulme (1996) ได้กล่าวว่าการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศจะส่งผลกระทบต่อการผลิตและผลผลิตพืชในภาคการเกษตรอันเนื่องมาจากปัจจัยด้านภูมิอากาศดังนี้ 1) การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิและปริมาณฝน 2) การเพิ่มขึ้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในชั้นบรรยากาศ 3) การขาดแคลนน้ำใช้ในภาคการเกษตร 4) การเพิ่มขึ้นของสภาวะความรุนแรงของลมฟ้าอากาศ (extreme weather events)

1. การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิและปริมาณฝน

IPCC (2001) ได้ประเมินว่าในปัจจุบันอุณหภูมิเฉลี่ยของผิวโลกสูงขึ้น 0.6 ± 2.0 องศาเซลเซียส การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิดังกล่าวส่งผลกระทบต่อการผลิตพืชทั้งทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงระดับความชื้นในดิน การเปลี่ยนแปลงความยาวนานของช่วงเวลาการเจริญเติบโตของพืช Rosenzweig and Hillel (1995) กล่าวว่าในประเทศที่ตั้งอยู่ในละติจูดที่สูงขึ้นไป อุณหภูมิที่สูงขึ้นจะส่งผลให้ระยะเวลาของฤดูเพาะปลูกยาวนานขึ้น ประเทศเหล่านี้จะได้ผลกระทบในเชิงบวกขณะที่ละติจูดที่ต่ำลงมาอุณหภูมิที่เพิ่มสูงขึ้นจะส่งผลกระทบเชิงลบต่อการผลิตพืช ซึ่งพืชจะให้ผลผลิตสูงที่ระดับอุณหภูมิที่เหมาะสม (optimum temperature) ประมาณ 20-30 องศาเซลเซียส พื้นที่การเกษตรในเขตร้อนซึ่งปกติอุณหภูมิเฉลี่ยค่อนข้างสูงอยู่แล้ว เมื่ออุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศส่งผลให้ผลผลิตโดยรวมของพืชในเขตร้อนจะลดลง

การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศทำให้ปริมาณและการกระจายของน้ำฝนเปลี่ยนแปลงไป แบบจำลองภูมิอากาศทั้งหมดได้พยากรณ์ว่าหยาดน้ำฟ้าในระดับโลกจะเพิ่มมากขึ้น โดยส่วนใหญ่ฝนจะตกรุนแรงมากขึ้น ปริมาณฝนต่อวันสูงขึ้น ถึงแม้ว่าฝนมรสุมแถบศูนย์สูตรจะขยายขอบเขตเข้าไปยังแถบที่ตั้งในละติจูดที่สูงขึ้นไป ในเขตทะเลทรายซาฮาร่า ของทวีปแอฟริกา และทางตะวันตกเฉียงเหนือของประเทศอินเดีย จะช่วยลดภาวะความแห้งแล้งลงได้บ้างก็ตาม แต่ฝนที่ตกรุนแรงขึ้นจะก่อให้เกิดน้ำท่วมและการชะล้างพังทลายของดิน ผลที่ตามมาคือพืชผลได้รับความเสียหายและสูญเสียพื้นที่ที่เหมาะสมกับการทำการเกษตรไปในบริเวณอื่นๆ เช่น ในเขตร้อนที่อยู่กลางทวีป หรือในบางแห่งปริมาณฝนอาจลดลง ทำให้เกิดความแห้งแล้งหรือฝนทิ้งช่วง (prolong drought) เป็นเวลานานทำให้การเจริญเติบโตของพืชผลจำนวนมากสูญเสียไป (จำนง แก้วชะฎา, 2544)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2. ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

ผลกระทบจากการเพิ่มขึ้นของปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ โดยมีการคาดการว่าปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้นจะส่งผลกระทบเชิงบวกกับการเจริญเติบโตของพืช โดยเมื่อแบ่งพืชเป็นสองกลุ่ม คือ C_3^1 ได้แก่ ข้าวสาลี ข้าว ถั่วเหลือง ซึ่งเป็นพืชหลักที่สำคัญพบว่าเมื่อปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศเพิ่มสูงขึ้น พืชในกลุ่มนี้จะให้ผลผลิตเพิ่มขึ้น ในขณะที่พืชกลุ่ม C_4 ได้แก่ เดือย ข้าวฟ่าง และข้าวโพด รวมทั้งอ้อยและวัชพืชอื่นๆ เจริญเติบโตได้ดีในระดับคาร์บอนไดออกไซด์ในปัจจุบัน หากปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศเพิ่มขึ้นส่งผลให้ผลผลิตของพืชกลุ่มนี้ไม่เพิ่มขึ้นมากนัก ก๊าชคาร์บอนไดออกไซด์มีความสัมพันธ์กับการเปิดปิดปากใบของพืช ทำให้พืชหลายชนิดมีความต้องการใช้น้ำสำหรับการคายระเหยน้ำลดลง และเพิ่มอัตราการสังเคราะห์แสงของพืชมากขึ้น IPCC (1996) และ Reilly *et al.* (1996) กล่าวเช่นเดียวกันว่าเมื่อประมาณการว่าปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศเพิ่มขึ้นเท่าตัว จะส่งผลให้ผลผลิตพืชเพิ่มขึ้นประมาณร้อยละ 10-30 และประสิทธิภาพในการใช้น้ำของพืชก็เพิ่มขึ้นในอัตราเดียวกัน (Ringius *et al.,* 1996)

3. การขาดแคลนน้ำใช้ในภาคการเกษตร

การวิเคราะห์แนวโน้มของผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อทรัพยากรน้ำในประเทศไทยได้มีการศึกษาประเมินผลกระทบต่อขีดความสามารถในการกักเก็บน้ำของเขื่อนศรีนครินทร์และในพื้นที่ลุ่มน้ำเจ้าพระยา ผลการศึกษาของน้ำในเขื่อนศรีนครินทร์ชี้ให้เห็นว่าอัตราการระเหยของน้ำที่เพิ่มสูงขึ้น อาจทำให้ปริมาณน้ำในลุ่มน้ำเหนือเขื่อนศรีนครินทร์ลดต่ำลงภายใน 10-15 ปี ส่วนการศึกษาในลุ่มน้ำเจ้าพระยา พบว่า อุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นและปริมาณฝนที่มีแนวโน้มลดลง อันเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ทำให้มีการใช้น้ำสำหรับการคายระเหยสูงขึ้น อาจทำให้ปริมาณน้ำท่าในลุ่มน้ำเจ้าพระยาลดลงมากกว่าร้อยละ 30-50 ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อภาคเกษตรกรรมในบริเวณโดยรอบเป็นอย่างมาก

4. สภาวะความรุนแรงของลมฟ้าอากาศ

การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศการเกษตรในระยะยาวให้เปลี่ยนแปลงไป เนื่องจากการเพิ่มขึ้นของความถี่ของสภาวะความรุนแรงของลมฟ้าอากาศ ทั้งการเกิด

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

คลื่นความร้อน (heat wave) ความแห้งแล้ง น้ำท่วม และพายุหมุนเขตร้อน ซึ่งพบว่าความถี่และความรุนแรงของพายุหมุนเขตร้อนในแถบแปซิฟิกได้เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องในช่วงทศวรรษที่ผ่านมา ฝนที่ตกรุนแรงและต่อเนื่องเป็นเวลานานส่งผลให้เกิดการชะล้างพังทลายของดิน การปลดปล่อยสารเคมีในภาคการเกษตร รวมไปถึงการชะล้างของเสียจากปศุสัตว์ลงสู่แหล่งน้ำ สาธารณะที่สำคัญ คือ การก่อให้เกิดอุทกภัยในหลายพื้นที่สร้างความเสียหายต่อพื้นที่การเกษตรเป็นจำนวนมาก กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย (2551) ได้รายงานสถิติอุทกภัยในประเทศไทยช่วง พ.ศ. 2532-2550 อุทกภัยได้สร้างความเสียหายต่อพื้นที่การเกษตรรวมทั้งสิ้น 171,862,302ไร่ โดยมีมูลค่าความเสียหายรวมสูงถึง 102,914.32 ล้านบาท ในขณะที่พื้นที่ที่มีปริมาณฝนลดลงก่อให้เกิดภัยแล้งสร้างความเสียหายต่อผลผลิตทางการเกษตรเป็นมูลค่ามหาศาลเช่นกัน ในประเทศไทยพื้นที่การเกษตรได้รับผลกระทบจากภัยแล้ง 1,350,118 ไร่ มูลค่าความเสียหายรวม 198,304 ล้านบาท

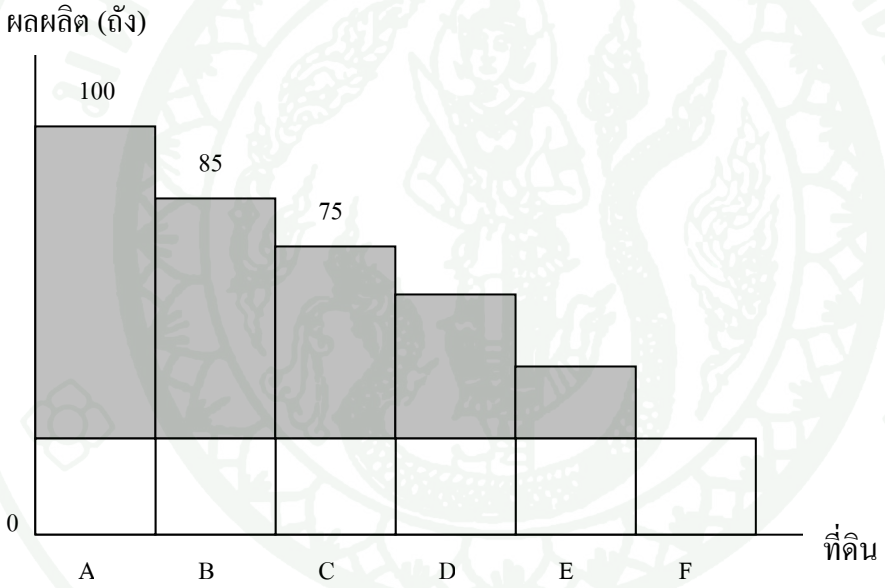
ทฤษฎีค่าเช่าที่ดินของ เดวิด ริคาร์โด (David Ricardo)

Ricardo (1817) กล่าวว่าปัจจัยในการผลิตมี 3 ชนิด คือ แรงงาน ที่ดินและทุน แรงงานได้รับผลตอบแทน คือ ค่าจ้าง ที่ดินได้รับผลตอบแทนคือค่าเช่า และทุนได้รับกำไร ค่าเช่าในความคิดของริคาร์โด คือ ส่วนหนึ่งของผลิตผลที่เกิดขึ้นจากพื้นดิน ซึ่งจ่ายให้เจ้าของที่ดินสำหรับการใช้ประโยชน์จากที่ดินนั้น เช่นเดียวกับแนวคิดของ โรเบิร์ต มัลธัส ที่ว่า ค่าเช่า คือ มูลค่าส่วนหนึ่งของผลิตผลทั้งหมดหลังจากหักต้นทุนทั้งหมดอันเนื่องมาจากการเพาะปลูก ไม่ว่าจะจ่ายออกไปในรูปแบบใดก็ตาม รวมทั้งกำไรซึ่งเป็นผลตอบแทนของทุนซึ่งคิดตามอัตรากำไรที่เป็นอยู่ในภาคการเกษตร

โกวิทย์ โปษยานนท์ และคณะ (2539) ได้อธิบายแนวคิดของริคาร์โดเกี่ยวกับทฤษฎีค่าเช่าว่า ในขณะที่ประชากรมีจำนวนไม่มาก แต่ที่ดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ยังมีอยู่เป็นจำนวนมาก การใช้ที่ดินในการทำการเกษตรไม่มากนักจึงทำให้ไม่มีค่าเช่าที่ดินเกิดขึ้น แต่เมื่อจำนวนประชากรเพิ่มมากขึ้น ที่ดินมีจำนวนจำกัดและมีคุณภาพแตกต่างกัน จึงจำเป็นต้องมีการใช้ที่ดินที่มีคุณภาพรองลงมาในการทำการเกษตร และการผลิตทางด้านเกษตรนั้นจะเป็นไปตามกฎการลดน้อยถอยลงของผลได้ คือ การที่ใช้ทุนและแรงงานในสัดส่วนที่คงที่ทำการผลิตบนที่ดินจำนวนเดิม ผลิตผลส่วนที่เพิ่มนั้นจะลดลง ยิ่งเมื่อมีการใช้ที่ดินที่มีคุณภาพรองลงมามาใช้ทำการเพาะปลูก ทำให้ต้นทุนการผลิตสินค้าเกษตรสูงขึ้น เนื่องจากใช้ทุนและแรงงานในจำนวนเท่าเดิมแต่ได้ผลผลิตน้อยลง ดังนั้นภายใต้ตลาดแข่งขันสมบูรณ์ค่าเช่าที่ดินที่เกิดขึ้น ยิ่งค่าเช่าสูงย่อมแสดงถึงคุณภาพที่ดินที่ดีกว่า โดยสรุปคือค่าเช่าคือความแตกต่างของผลผลิตบนที่ดินซึ่งมีคุณภาพต่างกัน แต่ใช้จำนวนทุนและแรงงานในการผลิต

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เท่ากัน อธิบายได้จากภาพที่ 1 สมมติว่ามีการใช้เงินทุน จำนวน 1,000 บาท ซื้อเครื่องจักร และจ้างแรงงานในการปลูกข้าว บนที่ดินแปลงหนึ่ง คือ ที่ดินแปลง A ได้ผลผลิตข้าว 100 ถัง ซึ่งในกรณีนี้ที่ดินแปลง A ยังไม่มีค่าเช่า ต่อมาเมื่อใช้เงินทุนอีก 1,000 บาท ปลูกข้าวบนที่ดินแปลง B ซึ่งมีคุณภาพด้อยกว่าจะได้ผลผลิตข้าว 85 ถัง ในกรณีเช่นนี้ที่ดินแปลง A จะได้รับค่าเช่า จำนวน 15 ถัง ในขณะที่ที่ดินแปลง B จะไม่ได้รับค่าเช่าเลย และในทำนองเดียวกันที่ดินแปลง C ปลูกข้าวด้วยจำนวนเงินทุนเท่ากันจะได้ผลผลิตข้าว 75 ถัง ที่ดินแปลง B จะได้ค่าเช่า 10 ถัง และที่ดินแปลง A จะได้ค่าเช่า 25 ถัง และจะเห็นได้ว่ายิ่งที่ดินแปลง D, E และ F ถูกนำมาใช้อีกต่อไป ที่ดินแปลงที่มีคุณภาพดีกว่าจะยิ่งได้รับค่าเช่าเพิ่มขึ้น แสดงด้วยพื้นที่ที่แรเงา ส่วนพื้นที่ที่ไม่ได้แรเงาแสดงผลผลิตซึ่งคุ้มกับต้นทุนการผลิตบนที่ดินแปลงที่คุณภาพด้อยที่สุด



ภาพที่ 1 ทฤษฎีค่าเช่าที่ดินของเดวิด ริคาร์โด
ที่มา: โกวิทย์ โปษยานนท์ และคณะ (2539)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

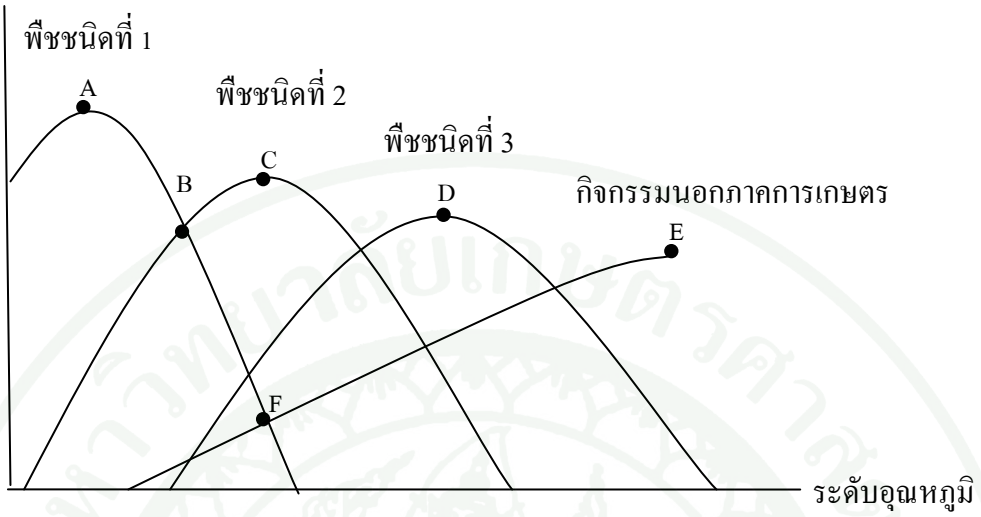
แบบจำลองริคาร์เดียน (Ricardian model)

Mendelsohn, Nordhaus and Shaw (1994) ได้นำแนวคิดเรื่องค่าเช่าหรือผลตอบแทนในที่ดินการเกษตรของเดวิด ริคาร์โด มาเป็นแนวทางในการหามูลค่าของผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศที่มีต่อภาคการเกษตรผ่านการเปลี่ยนแปลงรายได้จากฟาร์มของเกษตรกรซึ่งเป็นตัวสะท้อนถึงมูลค่าที่ดินการเกษตร โดยได้กล่าวว่าการประเมินผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่ผ่านมาจะใช้การวิเคราะห์คือ การประเมินผลกระทบผ่านการเปลี่ยนแปลงผลผลิตพืช เช่น การประเมินผลกระทบจากแบบจำลองการผลิตพืช (process crop model) อย่างเช่น CERES crop model หรือการศึกษาจากการทำการทดลองในแปลงทดลอง เพื่อวัดผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ซึ่งการประเมินผลกระทบจากแนวคิดดังกล่าวจะมีความเอนเอียง (bias) และประมาณการเกินจริง (overestimate) เนื่องจากการประเมินโดยอาศัยแบบจำลองการผลิตพืชนั้น ไม่ได้คำนึงถึงการปรับตัว (adaptation) ของเกษตรกร โดยอาศัยการทดแทนกันของปัจจัยการผลิตได้แก่ ที่ดิน

แนวคิดดังกล่าวเสนอว่า เกษตรกรที่ได้รับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศจะมีการปรับตัว (adaptation) ภายใต้การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโดยการนำที่ดินไปใช้ประโยชน์อย่างอื่นที่ได้ค่าเช่าหรือผลตอบแทนในที่ดิน (land rent or land value) มากกว่า อธิบายได้ดังภาพที่ 2 ภายใต้สภาพภูมิอากาศปัจจุบัน เกษตรกรใช้ที่ดินในการเพาะปลูกพืชชนิดที่ 1 ที่ก่อให้เกิดรายได้สูงสุดที่จุด A ต่อมาเมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศส่งผลให้อุณหภูมิเพิ่มขึ้นไปถึงระดับที่ทำให้รายได้จากการปลูกพืชชนิดที่ 1 ลดลงจากจุด A มาอยู่ที่จุด B ทำให้รายได้จากการปลูกพืชชนิดที่ 1 ต่ำกว่าการนำที่ดินไปปลูกพืชชนิด อื่นที่ตอบสนองต่อการเพิ่มอุณหภูมิได้ดีกว่า เกษตรกรจะปรับตัวโดยการนำที่ดินไปพืชชนิดที่ 2 ที่ทำให้เกิดรายได้สูงสุดที่จุด C จนกระทั่งเมื่ออุณหภูมิเพิ่มไปถึงจุดที่ไม่เหมาะสมกับการปลูกพืชชนิดที่ 2 ทำให้รายได้จากการปลูกพืชดังกล่าวลดลง เกษตรกรจะเปลี่ยนไปปลูกพืชชนิดใหม่ จนในที่สุดหากอุณหภูมิเพิ่มถึงจุดหนึ่งที่ไม่เหมาะสมกับการทำการเกษตร เกษตรกรจะเลือกนำที่ดินไปใช้ในกิจกรรมอื่นนอกภาคการเกษตรที่ก่อให้เกิดรายได้ที่สูงกว่าแทน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

รายได้ของเกษตรกร



ภาพที่ 2 การปรับตัวของเกษตรกรเมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ
ที่มา: Mendelsohn, Nordhaus and Shaw (1994)

การประเมินผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อภาคการเกษตรโดยอาศัยแบบจำลองริคาร์เดียน เป็นการวิเคราะห์ข้อมูลจากการเก็บข้อมูลแบบตัดขวาง เพื่อหาผลกระทบของปัจจัยด้านภูมิอากาศได้แก่ อุณหภูมิและปริมาณฝน (โดยไม่ได้พิจารณาถึงปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศ) ปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรทางการเกษตรอื่นๆ ได้แก่ ชนิดดิน ความลาดชันของพื้นที่ แหล่งน้ำใช้ในการเกษตร รวมทั้งปัจจัยด้านเศรษฐกิจและสังคมของครัวเรือนเกษตรกรที่มีผลกระทบต่อรายได้สุทธิของเกษตรกร โดยวัดผลกระทบผ่านการเปลี่ยนแปลงรายได้สุทธิจากการเกษตร (farm net revenue) ซึ่งถือเป็นผลตอบแทนหรือค่าเช่าที่ดินการเกษตร (farmland value) ตามแนวคิดของริคาร์โด โดยมีข้อสมมติที่ใช้ในการศึกษาของ Mendelsohn, Nordhaus and Shaw (1994) มีดังนี้

1. ภูมิอากาศมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงฟังก์ชันการผลิตพืช

2. ตลาดสินค้าและตลาดปัจจัยการผลิตเป็นตลาดแข่งขันสมบูรณ์

3. ระบบเศรษฐกิจมีการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ดังนั้นราคาที่ดินจะปรับตัวเข้าสู่ดุลยภาพในระยะยาว

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

4. กำหนดให้ราคาตลาดคงที่ไม่เปลี่ยนแปลง ดังนั้นการวิเคราะห์จะไม่พิจารณาถึงผลกระทบด้านราคา (price effect)

5. การปรับตัวของเกษตรกรหมาย รวมถึงการปรับเปลี่ยนปลูกพืชชนิดใหม่ หรือการเปลี่ยนแปลงการใช้ปัจจัยการผลิต เทคโนโลยีและการจัดการฟาร์มก็ได้ โดยจะไม่พิจารณาถึงต้นทุนที่เกิดขึ้นจากการปรับตัวของเกษตรกร

แนวคิดของ Mendelsohn, Nordhaus and Shaw (1994) อยู่บนพื้นฐานที่ว่าเกษตรกรย่อมมุ่งหวังกำไรสูงสุด (maximize profit) โดยเกษตรกรจะเลือกใช้ปัจจัยการผลิตและเลือกปลูกพืชชนิดที่ให้ผลตอบแทนสูงสุด ดังนี้

$$\text{Max } P_iQ_i\text{-}C_i(K, E) - P_LL_i \qquad (1)$$

กำหนดให้

P_i คือ ราคาผลผลิตพืชชนิด i

Q_i คือ ปริมาณผลผลิตพืชชนิด i

$C_i(K, E)$ คือ ฟังก์ชันต้นทุนการผลิตพืชชนิด i, K คือ เวคเตอร์ค่าใช้จ่ายในการซื้อปัจจัยการผลิตพืชชนิด i (ยกเว้นที่ดิน) E คือ เวคเตอร์ปัจจัยสิ่งแวดล้อมภายนอก

P_LL_i คือ ค่าเช่าหรือมูลค่าที่ดิน (land value) ต่อไร่ในการปลูกพืชชนิด i

ภายใต้เงื่อนไขการเป็นตลาดแข่งขันสมบูรณ์ที่สุด เกษตรกรจะได้รับกำไรส่วนเกินเท่ากับ 0

$$P_iQ_i\text{-}C_i(K, E) - P_LL_i = 0 \qquad (2)$$

ซึ่งกำไรในที่นี้เกิดจากรายได้รวมจากการผลิตพืชหักออกด้วยต้นทุนรวมในการผลิตพืช และค่าเช่าที่ดิน ซึ่งก็คือ รายได้สุทธิภาคการเกษตร (farm net revenue) ที่เกิดขึ้นจากการใช้ที่ดินในการผลิตพืชที่เกิดขึ้นกับเกษตรกร ดังนั้นถ้าการเลือกผลิตพืชชนิด i มีความเหมาะสมกับศักยภาพของที่ดิน ปัจจัยการผลิต (K) และปัจจัยสิ่งแวดล้อมภายนอก (E) ดังนั้นรายได้สุทธิจากการใช้ที่ดินผลิต

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

พืชชนิด i ควรจะเท่ากับค่าเช่าหรือมูลค่าที่ดินตามแนวคิดของเดวิด ริคาร์โด แก้สมการที่ (2) โดยย้ายข้าง $P_L L_i$ จะได้ว่า ค่าเช่าที่ดินต่อไร่เท่ากับรายได้สุทธิภาคการเกษตรต่อไร่ (NR) ดังสมการ

$$NR = P_L L_i \quad (3)$$

เมื่อคำนึงถึงว่าเกษตรกรย่อมปรารถนารายได้สุทธิสูงสุด เกษตรกรจึงย่อมมีการปรับตัวโดยอัตโนมัติ (autonomous adaptation) กล่าวคือในขณะที่มีการใช้ปัจจัยการผลิต (K) เท่าเดิม แต่เกิดการเปลี่ยนแปลงเงื่อนไขด้านภูมิอากาศและทรัพยากรทางการเกษตรอื่นๆ (E) ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงรายได้สุทธิของเกษตรกร เกษตรกรจะมีการปรับตัวเพื่อรองรับการเปลี่ยนแปลงเงื่อนไขด้านปัจจัยสิ่งแวดล้อมภายนอกเพื่อให้ได้รับรายได้สุทธิสูงสุด ดังนั้นจะไม่คำนึงถึงต้นทุนในการปรับตัวของเกษตรกรดังข้อสมมติในการศึกษา จึงได้ว่ารายได้สุทธิภาคการเกษตรเป็นฟังก์ชันของปัจจัยสิ่งแวดล้อมภายนอก (E) ดังสมการ

$$NR = Q_i(F, Z, H, G) \quad (4)$$

กำหนดให้

F คือ ตัวแปรด้านภูมิอากาศ ได้แก่ อุณหภูมิ และปริมาณฝน
Z คือ ตัวแปรด้านดิน
H คือ ตัวแปรด้านอุทก
G คือ ตัวแปรด้านสังคมและเศรษฐกิจครัวเรือนเกษตร

ตัวแปรภูมิอากาศ (F) ได้แก่ อุณหภูมิ และปริมาณฝน จะมีความสัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงรายได้สุทธิภาคการเกษตรในลักษณะที่ไม่ใช่สมการเส้นตรง แต่เป็นไปในลักษณะสมการกำลังสอง (quadratic) เขียนในรูปแบบจำลองพื้นฐานของ Ricardian model ตามแนวคิดของ Mendelsohn, Nordhaus, and Shaw (1994) ได้ดังนี้

$$NR = ß_0 + ß_1 F + ß_2 F^2 + ß_3 Z + ß_4 H + ß_5 G + u \quad (5)$$

โดยที่ u คือ error term

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การทบทวนเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้องประกอบด้วย 2 ส่วน คือ การทบทวนเกี่ยวกับวิธีการศึกษาผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อภาคการเกษตร และงานวิจัยด้าน การประเมินผลกระทบการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อภาคการเกษตรโดยอาศัยแบบจำลองทางเศรษฐมิติ

วิธีการศึกษาผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อภาคการเกษตร

การพัฒนาการศึกษาผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่มีต่อภาคการเกษตรมีมาอย่างต่อเนื่อง การศึกษาเพื่อหาผลกระทบที่เกิดขึ้นในระดับต่างๆ กัน ตั้งแต่ผลกระทบที่เกิดขึ้นในระดับฟาร์มเกษตรกร ระดับภูมิภาค ระดับประเทศ และระดับโลก เช่น ผลกระทบต่อระบบการผลิตและผลผลิตพืช รายได้ของเกษตรกร การเพิ่มขึ้นของการระบาดของโรคและแมลงศัตรูพืช ผลกระทบต่อมูลค่าทางเศรษฐกิจการส่งออกและการจ้างงาน การเปลี่ยนแปลงและขยับเลื่อนของพื้นที่การเกษตรในภูมิภาคต่างๆ ประเด็นด้านความมั่นคงด้านอาหารของประชากรโลก เป็นต้น (Parry, Rosenzweig and Iglesias, 1998) ซึ่งสามารถสรุปวิธีการศึกษาผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อภาคการเกษตรได้เป็น 2 แนวทาง ได้แก่ การวิเคราะห์ผลกระทบผ่านแบบจำลองการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ และการวิเคราะห์แบบจำลองทางเศรษฐศาสตร์

แบบจำลองการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและแบบจำลองการผลิตพืช

การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่เกิดขึ้นจากกิจกรรมของมนุษย์ที่ได้ปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกขึ้นสู่ชั้นบรรยากาศ ซึ่งก่อให้เกิดความผิดสภาพของภูมิอากาศโลก นักวิทยาศาสตร์ในหลายสถาบันได้สร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ลอกเลียนสภาพภูมิอากาศโลก (Global Climate Models or General Circulation Models: GCMs)[1] เช่น Goddard Institute of Space Studies (GISS), Geofluid

[1] แบบจำลองภูมิอากาศโลก (GCMs) เป็นการสร้างเหตุการณ์ภูมิอากาศโลกเมื่อก๊าซเรือนกระจกในบรรยากาศมีปริมาณเพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่า ของปัจจุบัน ซึ่งเรียกว่า double CO_2 (2 x CO_2) การที่ใช้ความเข้มข้นระดับนี้เป็นเกณฑ์ เนื่องจากการประมวลผลของ GCMs มีความซับซ้อนมาก ใช้ข้อมูลเวลาและทรัพยากรอื่นๆ ในการประมวลผลมาก จึงสามารถสร้างสภาพภูมิอากาศได้เมื่อปริมาณ CO_2 มีอยู่ในระดับนี้เท่านั้น แต่ต่อมามีการพัฒนา Transient scenarios ขึ้น คือ เมื่อปริมาณ CO_2 มีกึ่งหนึ่งของ double CO_2 (กัณฑรีย์ บุญประกอบ, 2550)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Dynamic Laboratory (GFDL), United Kingdom Meteorological Office (UKMO), และ Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization (CSIRO) เพื่อทำการพยากรณ์การเปลี่ยนแปลงค่าตัวแปรภูมิอากาศ เช่น อุณหภูมิ ปริมาณฝน รังสีแสงอาทิตย์ (solar radiation) ในอนาคตอีกประมาณ 100 ปีข้างหน้า โดยสร้างภาพจำลองให้มีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกในระดับต่างๆ (IPCC SRES scenarios)[2] จากปัจจุบัน

ในการประเมินผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อภาคการเกษตร ทำได้โดยนำผลการพยากรณ์ค่าตัวแปรด้านภูมิอากาศจากแบบจำลองทำนายการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศเป็นข้อมูลนำเข้าสู่แบบจำลองการผลิตพืช (process crop model) เช่น CERES crop model ที่อยู่ภายใต้แบบจำลอง Decision Support System for Agrotechnology Transfer (DSSAT) หรือ PLANTGRO เป็นต้น ซึ่งได้พัฒนาขึ้นมาภายใต้โครงการ The ICASA/IBSNET (International Consortium for Application of Systems Approaches to Agriculture-International Benchmark Sites Network for Agrotechnology Transfer) ผลการศึกษาที่ได้จะแสดงผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นต่อภาคการเกษตรเมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในระยะยาวที่มีปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ในชั้นบรรยากาศในระดับแตกต่างกัน เช่น การเปลี่ยนแปลงผลผลิตพืช ระยะเวลาการเจริญเติบโตของพืช เป็นต้น แบบจำลองการผลิตพืชสามารถพยากรณ์ผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อผลผลิตพืชเศรษฐกิจหลักได้หลายชนิด เช่น ข้าว มันสำปะหลัง อ้อย ข้าวโพด ข้าวสาลี ถั่วเหลือง เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีการศึกษาผลกระทบต่อภาคการเกษตรโดยอาศัย GCMs ร่วมกับการใช้ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ (geographic information systems: GIS) เพื่อทำการศึกษาการเปลี่ยนแปลงและขยับเลื่อนพื้นที่เพาะปลูกพืชในประเทศสหรัฐอเมริกาโดย Eswaran and Van den Berg (1993)

---

[2] ภาพฉายจำลองปริมาณก๊าซเรือนกระจกในโลกอนาคต IPCC SRES Scenarios (Special Report on Emission Scenarios) คือ การคาดการณ์ปริมาณก๊าซเรือนกระจกในอนาคต โดยการสร้างภาพฉายจำลองโลกในอนาคตตามการพัฒนาเศรษฐกิจ สังคม การเติบโตของประชากรและเทคโนโลยี ซึ่ง IPCC ทำการประเมินภาพจำลองของการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกเป็น 4 แบบหลัก คือ A1 A2 B1 B2 ซึ่งแต่ละภาพจำลองมีความหมายดังนี้

A Scenarios (ตระกูล A) เป็นการพัฒนาที่มุ่งเน้นด้านเศรษฐกิจเป็นหลัก (more economic)

B Scenarios (ตระกูล B) เป็นการพัฒนาที่มุ่งเน้นสิ่งแวดล้อม (more environmental)

1 Scenarios (สายพันธุ์ 1) เป็นการพัฒนาที่มีความร่วมมือระหว่างประเทศ มีการถ่ายทอดเทคโนโลยี (more global)

2 Scenarios (สายพันธุ์ 2) เน้นความร่วมมือระหว่างภูมิภาค (more regional)

นอกจากนี้ยังมี Scenarios A1FI คือ ใช้พลังงานฟอสซิลอย่างเข้มข้น A1T มีเทคโนโลยีด้านพลังงานหมุนเวียนทันสมัย และ A1B คือ มีความสมดุลของทุกๆ ส่วน (กัณฑรีย์ บุญประกอบ, 2550)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สำหรับประเทศไทยได้มีการศึกษาผลกระทบการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อภาคการเกษตร โดยอาศัยการวิเคราะห์ผ่านแบบจำลองทำนายการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ เช่น สำนักนโยบายและแผนสิ่งแวดล้อม (2543) ได้ทำการศึกษาผลระทบต่อภาคการเกษตร โดยอาศัยภาพจำลองการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (climate change scenarios) ได้แก่ HadCM2, ECHAM4, CGCM และ CGCM1 ร่วมกับแบบจำลองการผลิตพืช Decision Support System for Agrotechnology Transfer (DSSAT) ในพื้นที่ศึกษาได้แก่ จังหวัดนครสวรรค์ นครราชสีมา ร้อยเอ็ด และสุรินทร์ พบว่าการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในระยะยาว (ค.ศ. 2050-2080) ก่อให้เกิดผลกระทบต่อผลผลิตพืช ได้แก่ ข้าว ข้าวโพด ในระดับที่แตกต่างกันในแต่ละแบบจำลองและแต่ละจังหวัด ซึ่งผลโดยรวมพบว่าจะส่งผลให้ผลผลิตพืชทั้งข้าวและข้าวโพดลดลง นอกจากผลกระทบต่อผลผลิตยังพบว่าการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศยังส่งผลกระทบต่อระยะการเจริญเติบโตของพืช คือ เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นจะส่งผลให้ข้าวโพดออกดอกช้าลง ส่งผลให้อายุการเก็บเกี่ยวช้าลง และผลกระทบที่เกิดขึ้นจะแตกต่างกันตามการจัดการเพาะปลูก เช่น แปลงเพาะปลูกที่มีการใส่ปุ๋ย ผลผลิตจะลดลงน้อยกว่าแปลงเพาะปลูกที่ไม่ได้ใส่ปุ๋ย

วิเชียร เกิดสุข, สหัสชัย คงทน, และ อรรถชัย จินตะเวช (2547) ได้ทำการศึกษาผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อการผลิตข้าวหอมมะลิ 105 ในพื้นที่ทุ่งกุลาร้องไห้ โดยใช้จำลองการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ คือ CCAM (Comformal Cubic Atmospheric Model) จากสถาบัน CSIRO ร่วมกับแบบจำลองการผลิตพืช CERES-Rice model ซึ่งอยู่ภายใต้แบบจำลอง DSSAT ผลการศึกษาพบว่าในปี พ.ศ. 2583-2592 และ พ.ศ. 2609-2618 เมื่อก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้นจากปัจจุบันเป็น 1.5 เท่า และ 2 เท่า ตามลำดับ จะส่งผลให้ผลผลิตเฉลี่ยของข้าวหอมมะลิ 105 ในพื้นที่ทุ่งกุลาร้องไห้เพิ่มขึ้นจากปัจจุบันถึงร้อยละ 184 และ 182 ตามลำดับ

พ.ศ. 2547 สหัสชัย คงทน, วินัย สรวัต และ สุกิจ รัตนศรีวงษ์ ได้ทำการศึกษาผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อการผลิตข้าวโพด อ้อย และมันสำปะหลัง ในพื้นที่จังหวัดขอนแก่น โดยใช้จำลองการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ คือ CCAM ร่วมกับแบบจำลองการผลิตพืช CERES Maize ของข้าวโพด GUMCAS ของมันสำปะหลัง และ CANEGRO ของอ้อย ผลการศึกษาพบว่า การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศส่งผลให้ผลผลิตข้าวโพดและอ้อยเพิ่มขึ้น แต่ผลผลิตมันสำปะหลังจะลดลง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การศึกษาโดยอาศัยแบบจำลองการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศร่วมกับแบบจำลองการผลิตพืชมีประโยชน์มากในการอธิบายผลกระทบที่เกิดขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ เนื่องจากสามารถแสดงผลกระทบด้านชีววิทยาของพืชจากการเพิ่มขึ้นของระดับคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศได้ และยังสามารถพิจารณาปัจจัยด้านอุทกวิทยา และปัจจัยด้านดินได้เป็นอย่างดี อย่างไรก็ตามการศึกษาโดยวิธีดังกล่าวยังมีข้อจำกัดอยู่บ้าง โดย Barron (1995) ได้กล่าวว่าการศึกษาผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโดยอาศัยแบบจำลองทำนายการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศยังคงมีข้อจำกัดอันเนื่องมาจากปัจจัยต่างๆ ได้แก่ 1) ความผันแปรตามธรรมชาติของภูมิอากาศ 2) การไม่สามารถทำการทำนายได้อย่างแม่นยำแน่นอนเกี่ยวกับระดับการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกในอนาคต 3) ปัจจัยต่างๆ ที่ไม่สามารถควบคุมได้ เช่น การเกิดโรคระบาดและแมลงศัตรูพืชใหม่ๆ การเกิดภัยธรรมชาติ และ 4) การขาดความรู้อย่างสมบูรณ์ของมนุษย์เกี่ยวกับระบบโดยรวมของภูมิอากาศโลก

นอกจากนี้ยังมีข้อจำกัดในเชิงเวลาและพื้นที่ เนื่องจากช่วงเวลาที่ทำการศึกษาเป็นการทำนายไปในอนาคตประมาณ 100 ปีข้างหน้า และการเปลี่ยนแปลงค่าตัวแปรด้านสภาพภูมิอากาศที่ได้ดังกล่าวเป็นค่าเฉลี่ยในระดับโลก ค่าที่ได้จึงมีความไม่แน่นอนสูงในการศึกษาจึงจำเป็นต้องศึกษาเปรียบเทียบหลายๆแบบจำลอง (วุฒิ หวังวัชรกุล, 2551) และเนื่องจากความซับซ้อนในการประเมินผลของแบบจำลอง การศึกษาจึงต้องการความสมบูรณ์ของข้อมูล ความเหมาะสมและความพร้อมของอุปกรณ์ในการประมวลผล เช่น คอมพิวเตอร์ที่มีหน่วยความจำสูง โปรแกรมสำเร็จรูป รวมถึงต้องใช้ทักษะของผู้ศึกษาวิจัยในระดับสูง

แบบจำลองการประเมินผลกระทบทางเศรษฐศาสตร์

ในการประเมินผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่มีต่อภาคการเกษตรโดยอาศัยหลักการทางเศรษฐศาสตร์นั้น จะทำการพิจารณาทั้งในด้านผู้ผลิตและผู้บริโภคในภาคการเกษตร รวมทั้งผลกระทบที่จะเกิดขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงเงื่อนไขทั้งด้านราคาปัจจัยการผลิตและผลผลิต เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศจะส่งผลกระทบต่อต้นทุนในการผลิตและคุณภาพของผลผลิต แบบจำลองทางเศรษฐศาสตร์จึงต้องออกแบบเพื่อทำการประเมินผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่อาจเกิดขึ้นต่อระบบการผลิต การบริโภค รายได้ ผลิตภัณฑ์มวลรวมภายในประเทศ การจ้างงาน และผลตอบแทนในภาคการเกษตร ซึ่งจะตั้งอยู่บนข้อสมมติที่ว่าพฤติกรรมของมนุษย์จะมุ่งหวังกำไรและอรรถประโยชน์สูงสุด

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การพัฒนาแบบจำลองทางเศรษฐศาสตร์เพื่อการศึกษาผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศเป็นไปอย่างต่อเนื่องทั้งแบบจำลองโปรแกรมทางคณิตศาสตร์ (mathematical programming models) ในการประเมินผลกระทบในระดับฟาร์มเกษตรกร ระดับภูมิภาค และระดับประเทศ และแบบจำลองทางเศรษฐมิติ (econometric models) การประเมินผลกระทบในระดับภูมิภาค ระดับประเทศ และระดับโลก (Parry, Rosenzweig and Iglesias, 1998) การศึกษาผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อภาคการเกษตร โดยอาศัยแบบจำลองทางเศรษฐศาสตร์สามารถแบ่งได้เป็นแบบจำลองดุลยภาพทั่วไป (general equilibrium) และแบบจำลองดุลยภาพเฉพาะส่วน (partial equilibrium)

แบบจำลองดุลยภาพทั่วไป

แบบจำลองดุลยภาพทั่วไปจะมุ่งเน้นศึกษาวิเคราะห์ผลกระทบที่เกิดขึ้นต่อตลาดทั้งหมดในระบบเศรษฐกิจโดยไม่แยกวิเคราะห์ตลาดใดตลาดหนึ่ง ซึ่งเหมาะสำหรับการประเมินผลกระทบต่อภาคการเกษตรในระดับประเทศ หรือระดับโลก เนื่องจากคำนึงถึงผลกระทบทางเศรษฐกิจรอบด้านที่ส่งผลต่อกันระหว่างตลาดทั่วทั้งระบบเศรษฐกิจ เช่น การศึกษาในประเด็นด้านความมั่นคงของอาหารของประชากรโลก หรือประเด็นด้านการค้าระหว่างประเทศ แบบจำลองที่ถูกสร้างและนำมาใช้ในการศึกษา เช่น the basic linked system (BLS) โดย Rosenzweig and Parry (1994), Fischer *et al*. (1996, 2005), Parry *et al*. (1999, 2004) และแบบจำลอง computable general equilibrium (CGE) โดย Darwin *et al*. (1995), Nordhaus and Yang (1996), Yates and Strzepek (1998), Deke *et al*. (2001)

แบบจำลอง BLS ได้พัฒนาขึ้นโดย International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA) เพื่อเป็นกรอบแนวคิดในการวิเคราะห์ระบบการผลิตอาหารโลก ทั้งการบริโภค การผลิต และการค้าระหว่างประเทศของสินค้าเกษตรในระดับภูมิภาคและระดับดับโลก มีการนำแบบจำลอง BLS มาใช้ในการประเมินผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในประเด็นเรื่องผลกระทบต่อการผลิตและการบริโภคในภาคการเกษตร โดยเฉพาะผลกระทบต่อการผลิตธัญพืชซึ่งเป็นอาหารหลักของประชากรโลก การวิเคราะห์แบบจำลอง BLS จะต้องอาศัยภาพจำลองการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก (SRES scenarios) ในกรณีที่มีการเปลี่ยนแปลงประชากรและการพัฒนาเศรษฐกิจในแบบต่างๆ เป็นพื้นฐานในการวิเคราะห์หาผลกระทบ โดยพบว่า เมื่อกำหนดให้ ค.ศ. 1990 เป็นปีฐานการผลิตธัญพืชทั้งหมดของโลกเท่ากับ 1.8 พันล้านตัน และใน ค.ศ. 2080 ภายใต้ SRES scenarios

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

แบบ B1 และ A2 การผลิตธัญพืชทั้งหมดของโลกจะลดลงเหลือการผลิตอยู่ในช่วง 1.4-1.6 พันล้านตัน ขึ้นอยู่กับ SRES scenarios ในขณะที่การเปลี่ยนแปลงพื้นที่เพาะปลูกพบว่า ในปีฐาน มีพื้นที่เพาะปลูกในประเทศพัฒนาแล้วประมาณ 600 พันล้านเฮกตาร์ อยู่ในประเทศกำลังพัฒนา 870 พันล้านเฮกตาร์ ซึ่งร้อยละ 30 อยู่ในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ และใน ค.ศ. 2080 พบว่า พื้นที่เพาะปลูกในประเทศพัฒนาแล้วจะอยู่ในระดับใกล้เคียงกับ ค.ศ. 1990 ในขณะที่ในประเทศกำลังพัฒนาในทวีปแอฟริกา อเมริกาใต้ และเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ พื้นที่เพาะปลูกจะเพิ่มขึ้นร้อยละ 10-30 เนื่องจากการขาดพื้นที่ที่เหมาะสมหรือขาดการแข่งขันในการใช้ที่ดินสำหรับภาคการผลิตอื่นๆ ด้านความมั่นคงด้านอาหาร พบว่าจำนวนประชากรที่ขาดสารอาหารจะลดลงเหลือต่ำกว่าร้อยละ 20 ของประชากรทั่วโลก เนื่องจากการพัฒนาเศรษฐกิจตามภาพจำลองการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกแบบต่างๆ (Fischer *et al*., 2005)

แบบจำลอง CGE เป็นแบบจำลองที่เหมาะในการประเมินผลกระทบเมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงภาคส่วนใดส่วนหนึ่งต่อภาคส่วนที่เหลือทั้งหมดของระบบเศรษฐกิจ และเหมาะสำหรับประเมินผลกระทบในประเด็นด้านสิ่งแวดล้อม เนื่องจากจะคำนึงถึงความเชื่อมโยงกันของผลกระทบต่อระบบเศรษฐกิจทั้งหมดที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงปัจจัยภายนอก แบบจำลอง CGE จึงถูกนำมาใช้ในการประเมินผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศอย่างแพร่หลาย เช่น Dake *et al*. (1995) ได้ใช้แบบจำลอง CGE ร่วมกับระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ (GIS) ในการประเมินผลกระทบต่อภาคการเกษตรในประเทศสหรัฐอเมริกา โดยผนวกภาคการเกษตรร่วมกับกิจกรรมในภาคเศรษฐกิจอื่นๆ ของสหรัฐอเมริกาและภูมิภาคอื่นๆ ของโลก เมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์จะแสดงการเปลี่ยนแปลง และขยับเลื่อนของพื้นที่ที่มีลักษณะทางภูมิศาสตร์ ดิน ภูมิอากาศ และอุทกวิทยา ที่เหมาะสมในการเป็นพื้นที่การเกษตร และแบบจำลอง CGE จะแสดงผลกระทบเศรษฐกิจ เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงราคาและผลผลิตการเกษตรของภูมิภาคและของโลก Winter *et al*. (1996) ได้ใช้แบบจำลอง CGE ในการศึกษาผลกระทบการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่มีต่อภูมิภาคที่กำลังพัฒนาและเป็นผู้ผลิตและส่งออกสินค้าเกษตรที่สำคัญของโลก ได้แก่ ทวีปแอฟริกา ทวีปอเมริกาใต้ และทวีปเอเชีย พบว่าเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ระบบเศรษฐกิจของภูมิภาคเหล่านี้จะถูกกระทบเนื่องจากผลผลิตทางการเกษตรจะลดลง โดยเฉพาะทวีปแอฟริกาซึ่งจะได้รับผลกระทบมากที่สุด

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

แบบจำลองดุลยภาพเฉพาะส่วน

สำหรับแบบจำลองดุลยภาพเฉพาะส่วน จะมุ่งเน้นศึกษาผลกระทบที่เกิดขึ้นในแต่ละภาคส่วนของระบบเศรษฐกิจ เช่น ผลกระทบต่อสินค้าชนิดใดชนิดหนึ่งหรือตลาดใดตลาดหนึ่ง เช่น

การวิเคราะห์เขตนิเวศน์เกษตร (the agro-ecological zoning หรือ AEZ) เป็นการประเมินพื้นที่และระบบนิเวศน์ที่มีความเหมาะสมทางชีวภาพในการผลิตพืช ตัวชี้วัดพื้นที่และระบบนิเวศน์ที่มีความเหมาะสม ได้แก่ ชนิดพันธุ์พืช เทคโนโลยีการผลิตที่มีอยู่ ปัจจัยด้านดิน และปัจจัยด้านภูมิอากาศ (Food and Agriculture Organization [FAO], 1996) เมื่อนำตัวชี้วัดดังกล่าวมาพิจารณาแบบจำลองจะสามารถระบุพื้นที่ที่มีศักยภาพในการผลิตพืช จากการที่แบบจำลองต้องอาศัยตัวชี้วัดที่สำคัญคือ ปัจจัยภูมิอากาศว่าพื้นที่ใดที่มีศักยภาพในการผลิตพืช จึงนำไปสู่การนำมาใช้ในการประเมินผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงตัวแปรภูมิอากาศที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงผลผลิตพืชและการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการเพาะปลูก ในการวิเคราะห์ AEZ นั้นจะต้องประกอบด้วยสามส่วนที่สำคัญได้แก่ 1) ประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินในการเลือกระบบการทำการเกษตร เพื่อใช้ในการกำหนดการใช้ปัจจัยการผลิต การจัดการการเพาะปลูก และระบบนิเวศน์จำเพาะที่เหมาะสำหรับพืชแต่ละชนิด 2) ฐานข้อมูลทรัพยากรดิน อันประกอบไปด้วย ข้อมูลภูมิอากาศเกษตร ภูมิประเทศ และข้อมูลดิน 3) ขั้นตอนการคำนวณศักยภาพในการก่อให้เกิดผลผลิต โดยการจับคู่ระหว่างชนิดพืชและประเภทการใช้ที่ดินกับเขตนิเวศน์เกษตรในฐานข้อมูล ซึ่งแบบจำลองพัฒนาขึ้นมาเพื่อหาศักยภาพในการผลิตพืชในระบบนิเวศน์ที่แตกต่างกันโดยใช้การจำลอง (simulation) มากกว่าการวัดจากผลผลิตที่เกิดขึ้นจริง

โดยในปี 2005 FAO ได้ใช้การวิเคราะห์ AEZ ประมาณการขนาดพื้นที่ที่มีศักยภาพในการทำการเกษตรทั่วโลกเมื่อการเกิดเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ โดยกำหนดให้อุณหภูมิเพิ่มขึ้น 3 องศาเซลเซียส และปริมาณฝนเพิ่มขึ้นร้อยละ 10 พบว่า การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศดังกล่าวจะส่งผลให้พื้นที่การเกษตรในเขตอาศัยน้ำฝนเพิ่มขึ้นร้อยละ 4 ซึ่งในประเทศที่พัฒนาแล้วจะมีพื้นที่ที่มีศักยภาพในการทำการเกษตรเพิ่มขึ้นร้อยละ 25 ในขณะที่ประเทศที่กำลังพัฒนาจะสูญเสียพื้นที่ที่มีศักยภาพในการทำการเกษตรไปร้อยละ 11 ในปี ค.ศ. 1977-2100 ซึ่งแสดงให้เห็นได้อย่างชัดเจนว่าแต่ละภูมิภาคในโลกจะได้รับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศไม่เท่ากัน (FAO, 2005) ซึ่งข้อจำกัดของการวิเคราะห์ AEZ คือ แบบจำลองจะไม่สามารถทำนายผลได้หากขาดองค์ประกอบข้างต้นส่วนใดส่วนหนึ่ง หรือองค์ประกอบดังกล่าวขาดความสัมพันธ์กันอย่างชัดเจน (Mendelsohn and Tiwari, 2000)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การวิเคราะห์ผลการทดลองในแปลงทดลองเป็นอีกวิธีหนึ่งในการศึกษาเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างการผลิตพืชและการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ โดยอาศัยการทำการทดลองหรือการวิจัยเชิงประจักษ์ โดยจะการทำการเพาะปลูกพืชในแปลงทดลองจริงภายใต้การควบคุมปัจจัยภูมิอากาศที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช ได้แก่ อุณหภูมิ ปริมาณฝน และระดับคาร์บอนไดออกไซด์ เพื่อวัดการเปลี่ยนแปลงการเจริญเติบโตและผลผลิตพืชเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงปัจจัยด้านภูมิอากาศ เปรียบเทียบกับผลที่เกิดขึ้นในแปลงทดลองที่ไม่ได้ทำการควบคุมปัจจัยภูมิอากาศ หรือการอยู่ภายใต้ภูมิอากาศปัจจุบันนั่นเอง การเปลี่ยนแปลงผลผลิตเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงที่ประมาณการได้จะเป็นตัวสะท้อนผลกระทบโดยรวมที่อาจเกิดขึ้นต่อภาคการเกษตรของประเทศ และสามารถนำข้อมูลการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวเข้าสู่แบบจำลองทางเศรษฐศาสตร์เพื่อหาการเปลี่ยนแปลงมูลค่าทางเศรษฐกิจของภาคการเกษตรและการเปลี่ยนแปลงในสวัสดิการสังคม คือ ด้านผู้ผลิต และผู้บริโภค (Adams, 1989)

ข้อได้เปรียบของการศึกษาโดยอาศัยวิธีการดังกล่าว คือ สามารถอธิบายผลกระทบการเปลี่ยนแปลงปัจจัยภูมิอากาศต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตพืชได้อย่างละเอียดและชัดเจน เนื่องจากปัจจัยดังกล่าวอยู่ภายใต้การควบคุม แต่ข้อจำกัดของการประเมินผลกระทบโดยอาศัยการทดลองคือมูลค่าของผลกระทบที่ได้อาจเป็นการประมาณการเกินจริง (over estimates) เนื่องจากไม่สามารถพิจารณาถึงผลจากการปรับตัวของเกษตรกรที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ เช่น การเปลี่ยนแปลงรูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดิน การเปลี่ยนระบบการปลูกพืช การปรับปรุงพันธุ์พืช หรือการเปลี่ยนแปลงเทคโนโลยีการเพาะปลูก (Mendelsohn, Nordhaus and Shaw, 1994) รวมทั้งข้อจำกัดด้านงบประมาณในการศึกษาวิจัย ซึ่งหากต้องทำแปลงทดลองเพื่อทดสอบทางเลือกในการปรับตัวของเกษตรกรในแต่ละรูปแบบจะต้องใช้งบประมาณ บุคลากรและพื้นที่ทำแปลงศึกษาเป็นจำนวนมาก

วิธีการศึกษาโดยอาศัยแบบจำลอง Static World Policy Simulation (SWOPSIM) ในการหาผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงการผลิตสินค้าเกษตรของโลก เมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ซึ่ง SWOPSIM เป็นแบบจำลองที่อธิบายระบบตลาดโลกของสินค้าการเกษตรผ่านระบบสมการอุปสงค์และอุปทานภายในประเทศของประเทศต่างๆ แบบจำลองประกอบด้วยสินค้าเกษตร 20 ชนิด ได้แก่ พืช 8 ชนิด ปศุสัตว์ 4 ชนิด ผลิตภัณฑ์นม 4 ชนิด ธัญพืชให้โปรตีน 2 ชนิด และผลิตภัณฑ์น้ำมัน 2 ชนิด Tobey, Reilly and Kane (1992) ได้ศึกษาผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโดยอาศัยแบบจำลอง SWOPSIM โดยกำหนดว่าตลาดสินค้าเกษตรโลกจะประกอบด้วยประเทศสหรัฐอเมริกา แคนาดา ประชาคมยุโรป ออสเตรเลีย อาร์เจนตินา ไทย จีน บราซิล สหภาพ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

โซเวียต ญี่ปุ่น และกลุ่มยุโรปเหนือ ได้แก่ สวีเดน ฟินแลนด์ นอร์เวย์ ออสเตรีย และสวิตเซอร์แลนด์ และประเทศอื่นๆ กำหนดให้อยู่ในกลุ่มประเทศที่เหลือ ผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่าเมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงปริมาณผลผลิตธัญพืชในประเทศต่างๆ ในตลาดโลก ประเทศไทยจะได้รับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงมูลค่าทางเศรษฐกิจของสินค้าธัญพืชอยู่ในช่วงร้อยละ -5.10 ถึง +7.5 จากปีฐานคือ ค.ศ. 1986 ที่ประเทศไทยมีมูลค่าทางเศรษฐกิจของสินค้าธัญพืชเท่ากับ 4.84 ล้านดอลล่าร์ และโดยรวมของตลาดโลกจะมีการเปลี่ยนแปลงมูลค่าทางเศรษฐกิจของธัญพืชอยู่ในช่วงร้อยละ -3.05 ถึง +1.54

การประเมินผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อภาคการเกษตรโดยการวิเคราะห์แบบจำลองทางเศรษฐมิติ ได้แก่ แบบจำลองริคาร์เดียน (Ricardian model) ซึ่งพัฒนาโดย Mendelsohn, Nordhaus and Shaw (1994) เป็นการศึกษาโดยการวิเคราะห์ข้อมูลภาคตัดขวาง โดยวิธีการวิเคราะห์การถดถอยเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยสิ่งแวดล้อมภายนอก เช่น ภูมิอากาศ ที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงรายได้สุทธิภาคการเกษตร ซึ่งเป็นตัวสะท้อนผลตอบแทนในที่ดินตามแนวคิดของ Ricardo (1817) รวมถึงปัจจัยด้านอื่นๆ ที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงรายได้สุทธิภาคการเกษตร และหาผลกระทบส่วนเพิ่ม (marginal impact) ต่อรายได้สุทธิภาคการเกษตรเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงปัจจัยภายนอกต่างๆ

ข้อได้เปรียบของการประเมินผลกระทบจากแบบจำลองริคาร์เดียน คือ สามารถนับรวมผลจากการปรับตัวของเกษตรกรเพื่อหาผลกระทบที่เกิดขึ้นจริงได้ กล่าวคือ ในการเพาะปลูกเกษตรกรย่อมมุ่งหวังกำไรสูงสุด ดังนั้นเกษตรกรจะปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ไม่ว่าจะเป็นการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน เปลี่ยนระบบการปลูกพืช เปลี่ยนชนิดหรือพันธุ์พืช ปรับเปลี่ยนเทคโนโลยีการเพาะปลูก ซึ่งต้นทุนและผลตอบแทนจากการปรับตัวเหล่านี้ย่อมสะท้อนได้จากกำไรหรือรายได้สุทธิจากการเพาะปลูกของเกษตรกร ไม่ใช่การวัดผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงผลผลิตดังวิธีการศึกษาอื่น จึงช่วยลดการประเมินผลกระทบที่มีการประมาณการเกินจริง

อย่างไรก็ตามแบบจำลองนี้ยังคงมีข้อจำกัด คือ เนื่องจากการศึกษาไม่ได้ใช้ผลจากการทดลองจากแปลงทดลองจริงซึ่งปัจจัยทุกอย่างจะถูกควบคุม ซึ่งในความเป็นจริงแล้วการปรับตัวของเกษตกรที่เกิดขึ้นอาจไม่ใช่ผลจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ แต่อาจเกิดจากปัจจัยแวดล้อมอื่นๆ เช่น ปัจจัยทางเศรษฐกิจและสังคมอีกหลายประการที่ไม่อาจนำไปพิจารณาในแบบจำลองได้หมด และรวมทั้งข้อจำกัดที่แบบจำลองไม่สามารถพิจารณาผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงระดับคาร์บอนได

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ออกไซด์ได้ ซึ่งข้อจำกัดในการพิจารณาผลกระทบจากระดับคาร์บอนไดออกไซด์นี้ ได้มีการนำข้อมูลค่าตัวแปรภูมิอากาศจากการทำนายของแบบจำลองภูมิอากาศโลก (GCMs) ร่วมกับผลจากการวิเคราะห์การถดถอยพหุจากแบบจำลองริคาร์เดียน มาสร้างสถานการณ์จำลอง (scenarios) เพื่อทำการทำนายผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นในอนาคต เช่น Sanghi, Mendelsohn and Dinar (1998), Seo, Mendelsohn, and Manasinghe (2005), Molua and Lambi (2006), Ouedraogo, Some and Dembele (2006), Wang *et al*. (2008), Fleischer, Lichtman and Mendelsohn (2008)

จากการทบทวนเอกสารเกี่ยวกับวิธีการศึกษาและประเมินผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อภาคการเกษตร สามารถสรุปได้ว่าวิธีการศึกษาแต่ละวิธีมีข้อได้เปรียบและข้อจำกัดที่แตกต่างกัน สำหรับประเทศไทยการศึกษาประเมินผลกระทบการยังคงจำกัดอยู่ที่วิธีการศึกษาโดยอาศัยแบบจำลองทำนายการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ซึ่งผลการศึกษาก็พบว่ายังคงมีความแตกต่างกันของผลการทำนายของแต่ละแบบจำลอง และการศึกษาโดยวิธีดังกล่าวต้องจำต้องมีความพร้อมด้านทรัพยากรที่ใช้ในการศึกษาในหลายด้าน ดังนั้น ในการศึกษาครั้งนี้ภายใต้ข้อจำกัดในการศึกษาทั้งด้านงบประมาณ และเวลา จึงได้เลือกวิธีการประเมินผลกระทบโดยวิธีการวิเคราะห์การถดถอยจากแบบจำลองริคาร์เดียน ซึ่งมีความเหมาะสมภายใต้ข้อจำกัดดังกล่าว และยังสามารถให้ข้อมูลที่สำคัญและเป็นประโยชน์ต่อการวางแผนและนโยบายเพื่อการสร้างแนวทางการปรับตัวและการลดผลกระทบต่อไป

งานวิจัยด้านการประเมินผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโดยการวิเคราะห์การถดถอย

Mendelsohn, Nordhaus and Shaw (1994) ได้นำแนวคิดของนักเศรษฐศาสตร์ คือ เดวิด ริคาร์โด เกี่ยวกับแนวความคิดเรื่องผลตอบแทนของที่ดินหรือค่าเช่าที่ดิน มาเป็นแนวทางในการวัดผลกระทบทางเศรษฐศาสตร์ที่มีต่อภาคการเกษตรในประเทศสหรัฐอเมริกา และใช้วิธีการวิเคราะห์การถดถอยเชิงซ้อน (multiple regression analysis) เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างรายได้สุทธิทางการเกษตร และตัวแปรด้านสภาพภูมิอากาศ ได้แก่ อุณหภูมิ ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายฤดูกาล และตัวแปรด้านกายภาพอื่นๆ เช่น ชนิดดิน ความชันของพื้นที่ ซึ่ง Mendelsohn, Nordhaus and Shaw ได้กล่าวว่า ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรด้านภูมิอากาศและรายได้สุทธิภาคการเกษตรมีความสัมพันธ์กันไม่ใช่ในเชิงเส้นตรง แต่เป็นในเชิงสมการยกกำลังสอง (quadratic term) จึงได้ทำการวิเคราะห์ตัวแปรภูมิอากาศยกกำลังสองด้วย ผลของการวิเคราะห์สรุปได้ว่า ตัวแปรด้านภูมิอากาศและตัวแปรด้านภูมิอากาศยกกำลังสอง มีความสัมพันธ์ต่อการเปลี่ยนแปลงรายได้สุทธิทางการเกษตรอย่างมีนัยสำคัญ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ทางสถิติ คือ เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น 1 องศาฟาเรนไฮต์ในฤดูหนาว ส่งผลให้รายได้ของเกษตรกรจากการเพาะปลูก เพิ่มขึ้น 138-160 ดอลล่าร์ต่อเอเคอร์ หากอุณหภูมิเพิ่มขึ้นในฤดูร้อน จะทำให้รายได้ของเกษตรกรลดลดประมาณ 88-132 ดอลล่าร์ต่อเอเคอร์ สำหรับการเปลี่ยนแปลงปริมาณฝนพบว่าการเพิ่มขึ้นของปริมาณฝนในทุกฤดูได้ส่งผลให้รายได้จากการเพาะปลูกของเกษตรกรในประเทศสหรัฐอเมริกามีมูลค่าเพิ่มขึ้น ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิและปริมาณฝนในฤดูกาลที่แตกต่างกันจะส่งผลกระทบต่อรายได้สุทธิภาคการเกษตรในลักษณะที่แตกต่างกัน

ความสนใจที่จะทำการประเมินผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อภาคการเกษตรในเขตร้อน (tropical zone) มากขึ้น เนื่องจาก IPCC ได้ระบุว่าประเทศที่ตั้งอยู่ในเขตร้อนจะได้รับผลกระทบในเชิงลบมากกว่าส่วนอื่น โดยเฉพาะประเทศในทวีปเอเชียและทวีปแอฟริกา โดยในปี 1998 Sanghi, Mendelsohn and Dinar ได้นำแบบจำลองริคาร์เดียนมาใช้ในการประเมินผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อผลผลิตทางการเกษตรและมูลค่าที่ดินในประเทศบราซิลและอินเดีย ตัวแปรอิสระที่เป็นปัจจัยด้านภูมิอากาศที่นำมาศึกษาได้แก่ อุณหภูมิเฉลี่ยรายฤดูกาล ปริมาณฝนเฉลี่ยรายฤดูกาล ตัวแปรด้านดิน ได้แก่ ระดับการชะล้างพังทลายของดิน และดินชนิดต่างๆ ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าปัจจัยด้านภูมิอากาศมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงรายได้ของเกษตรกรอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และผลกระทบสุทธิที่เกิดขึ้นเป็นลบ ซึ่งเกิดจากผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงรายได้สุทธิเกษตรกรในเชิงลบในพื้นที่ภาคตะวันตกของประเทศมากกว่าผลกระทบในเชิงบวกของภาคใต้ในประเทศ โดยผู้ศึกษาได้กำหนดให้อุณหภูมิเพิ่มขึ้น 2 องศาเซลเซียส ขณะที่ปริมาณฝนเพิ่มขึ้นร้อยละ 8 ในปี 2100 ผลการศึกษาพบว่าจะทำให้รายได้สุทธิภาคการเกษตรลดลงร้อยละ 12.3 ในประเทศอินเดียและร้อยละ 20 ในประเทศบราซิล และพบว่าการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิจะส่งผลกระทบในเชิงลบต่อรายได้สุทธิของเกษตรกร ในขณะที่ปริมาณฝนที่เพิ่มขึ้นจะส่งผลให้รายได้สุทธิเกษตรกรเพิ่มขึ้น ในภาพจำลองที่กำหนดให้อุณหภูมิเพิ่มขึ้น 2 องศาเซลเซียส และปริมาณฝนเพิ่มขึ้นร้อยละ 7

Kumar and Parikh (1998) ได้วัดแนวทางการปรับตัวและประเมินผลกระทบต่อภาคการเกษตร โดยหาความสัมพันธ์ระหว่างระดับรายได้สุทธิของเกษตรกรกับตัวแปรภูมิอากาศโดยใช้การวิเคราะห์ผ่านแบบจำลองริคาร์เดียนในประเทศอินเดีย ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศก่อให้เกิดความสูญเสียในรายได้สุทธิประมาณร้อยละ 9-25 เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น 2-3.5 องศาเซลเซียส ผลผลิตข้าวลดลงร้อยละ 30-35 เป็นมูลค่าประมาณ 3-4 ล้านดอลล่าร์ แม้เกษตรกรจะมีการ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ปรับตัวโดยการเปลี่ยนระบบการเพาะปลูกและปัจจัยการผลิตต่างๆ เพื่อรองรับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ แต่ผลกระทบเชิงลบต่อรายได้ของเกษตรกรยังคงเกิดขึ้น

ด้านการปรับตัวเพื่อลดผลกระทบของเกษตรกร Olesen and Bindi (2002) ได้เสนอแนวทางในการตัดสินใจเปลี่ยนแปลงขนาดฟาร์มให้มีความเหมาะสม ถือเป็นการปรับตัวเพื่อรองรับผลกระทบที่สำคัญอีกแนวทางหนึ่ง โดยการนำแนวคิดทางเศรษฐศาสตร์มาเป็นเกณฑ์ในการตัดสินใจปรับขนาดฟาร์มทั้งการปรับปรุงในระยะสั้นและการเปลี่ยนแปลงในระยะยาว ซึ่งการปรับตัวในระยะสั้นจะไม่สามารถเปลี่ยนแปลงระบบสำคัญๆ ได้ อาจทำได้โดยการปรับปรุงการเพาะปลูก อย่างเช่น พืชที่ชอบอุณหภูมิที่อบอุ่นก็ปลูกเร็วขึ้นหรือเก็บเกี่ยวเร็วขึ้นกว่าปัจจุบัน ซึ่งการปลูกที่เร็วขึ้นจะช่วยเพิ่มความยาวของฤดูเจริญเติบโต ทำให้มีศักยภาพในการให้ผลตอบแทนสูงขึ้น ส่วนการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินในระยะยาวเกิดจากเกษตรกรเริ่มให้การยอมรับที่จะเปลี่ยนแปลงชนิดพืชที่ปลูกให้เหมาะสม ซึ่งการจัดสรรที่ดินในการปลูกพืชให้เกิดเสถียรภาพอาจต้องเปลี่ยนพืชที่มีความผันแปรของผลผลิตสูง อย่างเช่น ข้าวสาลี ทดแทนด้วยพืชที่มีผลิตภาพต่ำแต่มีผลตอบแทนที่แน่นอน อย่างเช่น ทุ่งหญ้าเลี้ยงสัตว์ซึ่งจะช่วยในการรักษาความชุ่มชื้นของดินอีกด้วย

ในประเทศไต้หวัน ซึ่งมีภูมิอากาศแบบกึ่งเขตร้อนก็ได้มีการศึกษาผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศที่มีต่อภาคการเกษตรเช่นกัน โดยการวิเคราะห์การถดถอยพหุจากแบบจำลองริคาร์เดียนจากข้อมูลอนุกรมเวลา (time series) ผลการศึกษาพบว่าปัจจัยด้านสภาพอากาศ คืออุณหภูมิและปริมาณฝนมีความสัมพันธ์ต่อการเปลี่ยนแปลงรายได้สุทธิของเกษตรกรอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยปัจจัยด้านปริมาณฝนมีบทบาทต่อการเปลี่ยนแปลงของรายได้สุทธิของเกษตรกรมากกว่าปัจจัยด้านอุณหภูมิ ส่วนปัจจัยด้านการจัดการมีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกันกับรายได้สุทธิภาคเกษตร ปัจจัยด้านที่ดินพบว่าที่ดินที่มีความลาดชันต่ำจะได้รับผลกระทบด้านลบมากกว่า และ Chang (2002) ได้สร้างภาพจำลองการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (climate change scenarios) ที่มีตัวแปรเป็นอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงในช่วง 0 ถึง +2.5 องศาเซลเซียสและปริมาณฝนที่เปลี่ยนแปลงในช่วงร้อยละ -10 ถึง +15 เพื่อหาการเปลี่ยนแปลงและการกระจายสวัสดิการสังคมโดยใช้ปี 1994 เป็นปีฐาน ผลการศึกษาพบว่าในภาคการเกษตรของประเทศไต้หวันซึ่งมีภูมิอากาศแบบกึ่งเขตร้อน แม้จะมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิและปริมาณฝน แต่สวัสดิการของสังคมโดยรวมเมื่อเทียบจากปีฐานยังคงเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง อยู่ในช่วงร้อยละ 1.80-5.86 ส่วนในแง่การกระจายสวัสดิการสังคมไปสู่ผู้ผลิตและผู้บริโภค พบว่าการกระจายผลประโยชน์จะไปสู่ผู้ผลิตมากกว่าผู้บริโภค ยกเว้นใน scenarios ที่กำหนด

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ให้อุณหภูมิไม่เปลี่ยนแปลงแต่ปริมาณฝนเปลี่ยนแปลง พบว่า สวัสดิการในส่วนผู้ผลิตจะเปลี่ยนแปลงลดลงร้อย ละ 0.06-3.26 แต่สวัสดิการของผู้บริโภคเพิ่มขึ้น

สำหรับภาคการเกษตรในแถบเอเชียใต้อย่างเช่นประเทศศรีลังกา พบว่าการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิในทุกฤดูกาลจะส่งผลให้รายได้สุทธิภาคการเกษตรของประเทศศรีลังกาลดลง ในขณะที่หากปริมาณฝนเพิ่มขึ้นจะส่งผลกระทบในเชิงบวก ยกเว้นหากปริมาณฝนเพิ่มขึ้นในฤดูหนาวจะส่งผลให้รายได้สุทธิภาคการเกษตรลดลง และเมื่อสร้างภาพจำลองให้อุณหภูมิเพิ่มขึ้น 2 องศาเซลเซียส และปริมาณฝนเพิ่มขึ้นร้อยละ 7 จะส่งผลให้รายได้สุทธิภาคการเกษตรลดลงร้อยละ 27 หากอุณหภูมิเพิ่มขึ้น 3.5 องศาเซลเซียส และปริมาณฝนเพิ่มขึ้นร้อยละ 7 จะทำให้รายได้สุทธิภาคการเกษตรลดลงถึงร้อยละ 40 (Seo, Mendelsohn, and Manasinghe, 2005)

ภาคการเกษตรของทวีปแอฟริกามีความเสี่ยงและความเปราะบางต่อการได้รับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศเนื่องจากภูมิภาคนี้ต้องเผชิญกับปัญหาความร้อนและความแห้งแล้งมายาวนาน การผลิตในภาคการเกษตรของทวีปยังคงใช้เทคโนโลยีขั้นพื้นฐาน ซึ่งเป็นข้อจำกัดที่สำคัญในการปรับตัวเพื่อลดผลกระทบของเกษตรกร โดยในปี 2005 Deressa, Hassan and Poonyt ทำการศึกษาผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อการเปลี่ยนแปลงรายได้สุทธิของเกษตรกรผู้ปลูกอ้อยในพื้นที่ 11 อำเภอของประเทศแอฟริกาใต้โดยวิเคราะห์ผ่านแบบจำลองริคาร์เดียน ตัวแปรที่นำมาศึกษาได้แก่ อุณหภูมิ และปริมาณฝน เฉลี่ยรายฤดูกาล ชนิดดินในอำเภอนั้นๆ และกำหนดให้การมีชลประทานเป็นตัวแปรหุ่น ซึ่งผลการวิเคราะห์พบว่าอุณหภูมิและปริมาณฝนมีความสัมพันธ์ต่อรายได้สุทธิของเกษตรกรในลักษณะที่แตกต่างกันในแต่ละฤดูกาล และการเพาะปลูกอ้อยในแอฟริกาใต้มีความอ่อนไหวต่อการเพิ่มของอุณหภูมิมากกว่าปริมาณฝน และพบว่าหากฟาร์มเกษตรกรอยู่ในพื้นที่ชลประทานจะได้รับผลกระทบเชิงลบน้อยกว่าพื้นที่ปลูกอ้อยที่ไม่มีเขตชลประทาน แต่เมื่อพิจารณาส่วนต่างของผลกระทบที่ได้รับแล้ว พื้นที่ปลูกอ้อยนอกเขตชลประทานได้รับผลกระทบเชิงลบมากกว่าพื้นที่ปลูกอ้อยในเขตชลประทาน เพียงร้อยละ 1 ดังนั้นการเพิ่มพื้นที่ชลประทานจึงอาจไม่ใช่แนวทางการปรับตัวเพื่อลดผลกระทบที่เหมาะสมสำหรับการผลิตอ้อย

Sene, Diop and Dieng (2006) ศึกษาผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อการเปลี่ยนแปลงรายได้สุทธิภาคการเกษตรและการปรับตัวของเกษตรกรในประเทศเซเนกัล ซึ่งประชากรส่วนใหญ่ยากจนมาก ซึ่งพบว่าเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น 1 องศาเซลเซียส จะส่งผลให้รายได้เกษตรกรลดลง 15 ดอลล่าร์ต่อเฮกตาร์ ซึ่งสูงมากเมื่อเทียบกับรายได้สุทธิสูงสุดที่เกษตรกรในประเทศ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

นี้ได้รับเพียงปีละ 1,090 ดอลล่าร์ต่อปี ในขณะที่หากปริมาณฝนเพิ่มขึ้นทุก 1 มิลลิเมตร จะช่วยเพิ่มรายได้สุทธิให้เกษตรกร 16 ดอลล่าร์ต่อเฮกตาร์ ด้านความคิดเห็นต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของเกษตรกรผู้ตอบแบบสอบถามจำนวน 129 ครัวเรือน ในช่วงปี 1960-2002 ผลพบว่า เกษตรกรร้อยละ 69 รู้สึกว่าอุณหภูมิเพิ่มขึ้น ร้อยละ 85 รู้สึกว่าจำนวนวันฝนตกลดลง และร้อยละ 84 ของเกษตรกรผู้ตอบแบบสอบถามรู้สึกว่าเกิดความแห้งแล้งฝนทิ้งช่วงยาวนานบ่อยขึ้น และฤดูฝนมาล่าช้ากว่าปกติ ด้านการปรับตัวของเกษตรกรพบว่าเกษตรกรในประเทศเซเนกัลมีความสามารถปรับตัวลดผลกระทบได้ต่ำเนื่องมาจากความยากจนและการขาดแคลนเทคโนโลยี ซึ่งเกษตรกรร้อยละ 31 ของเกษตรกรที่ตอบแบบสอบถาม ไม่มีวิธีการปรับตัวเมื่อต้องเผชิญปัญหาความร้อนที่เพิ่มขึ้น และปัญหาการเปลี่ยนแปลงรูปแบบของฝน ร้อยละ 50 ปรับตัวโดยการปรับเวลาการหว่านเมล็ดพันธุ์ เกษตรกรส่วนใหญ่จะรอให้ฝนตกก่อนหว่านเมล็ดพันธุ์เพื่อลดความเสียหาย ร้อยละ 25 มีการปรับตัวโดยการเปลี่ยนใช้พันธุ์พืชที่แตกต่างจากเดิม

Molua and Lambi (2006) ศึกษาผลกระทบการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่มีต่อรายได้สุทธิภาคการเกษตรของเกษตรกรในประเทศแคเมอรูน ซึ่งนอกจากจะศึกษาความสัมพันธ์ของตัวแปรด้านภูมิอากาศได้แก่อุณหภูมิและปริมาณน้ำฝนรายฤดูกาล ตัวแปรด้านอุทก ได้แก่ พื้นที่ชลประทาน และตัวแปรด้านเศรษฐกิจสังคมครัวเรือนเกษตรแล้ว ผู้ศึกษายังได้ใส่ตัวแปรหุ่นด้านการปรับตัวของเกษตรกรได้แก่ การปรับตัวผ่านการจัดการดิน และการจัดการการเพาะปลูก ซึ่งหมายรวมถึง การลดการไถพรวน การเพิ่มรอบการเพาะปลูกต่อปี และการเลือกปลูกพืชที่มีวงจรชีวิตยาวนาน พบว่าตัวแปรหุ่นด้านการปรับตัวในการจัดการดินและตัวแปรหุ่นด้านการจัดการการเพาะปลูกมีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกับการเปลี่ยนแปลงรายได้สุทธิของเกษตรกรอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับร้อยละ 95 และร้อยละ 90 ตามลำดับ

นอกจากนี้ Molua and Lambi ยังได้ทำการทำนายผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นในอนาคตโดยอาศัยค่าการเปลี่ยนแปลงตัวแปรภูมิอากาศจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ลอกเลียนสภาพภูมิอากาศโลก (GCMs) จำนวน 5 แบบจำลอง ได้แก่ แบบจำลอง CGCM2 CSIRO2 ECHAM HadCM3 และ PCM ภายใต้ภาพจำลองการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก A2 (การพัฒนาที่มุ่งเน้นเศรษฐกิจและมีการร่วมมือระหว่างภูมิภาค) และ B2 (การพัฒนาที่มุ่งเน้นการรักษาสิ่งแวดล้อมและมีการร่วมมือระหว่างภูมิภาค) ซึ่งผลของตัวแปรภูมิอากาศจากแบบจำลองภูมิอากาศโลกที่นำมาศึกษานี้เป็นผลการศึกษาของ Strzepek and McCluskey (2006) ที่ได้ทำการลดปรับขนาด (downscale) เป็นข้อมูลตัวแปรสภาพภูมิอากาศระดับประเทศของประเทศแคเมอรูน ผลการทำนายจากทั้ง 5 แบบจำลองพบว่าภายใต้ภาพจำลอง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การปล่อยก๊าซเรือนกระจกแบบ A2 ในปี 2020 มีเพียงแบบจำลอง CSIRO2 ที่ทำนายว่ารายได้สุทธิของเกษตรกรจะลดลง 23 ดอลล่าร์ต่อเฮกตาร์ และรายได้สุทธิภาคการเกษตรโดยรวมของประเทศแคเมอรูนจะลดลง 5.4 ล้านดอลล่าร์ ในขณะที่แบบจำลองอื่นทำนายว่ารายได้สุทธิภาคการเกษตรจะเพิ่มขึ้น แต่ในระยะยาว ในปี 2100 มีความแตกต่างกันมากของผลในแต่ละแบบจำลอง โดยแบบจำลอง CSIRO2 และ HadCM3 ทำนายว่ารายได้สุทธิภาคการเกษตรจะลดลงทั้งระดับฟาร์ม และระดับประเทศ ในขณะที่แบบจำลอง CGCM2 ทำนายว่ารายได้สุทธิจะเพิ่มขึ้นในระดับฟาร์ม แต่ในระดับประเทศรายได้สุทธิจะลดลง 1.5 ล้านดอลล่าร์ และภายใต้ภาพจำลองการปล่อยก๊าซเรือนกระจกแบบ B2 จะได้ผลใกล้เคียงกับผลการทำนายของภาพจำลองแบบ A2 แต่ผลการทำนายชี้ให้เห็นว่าผลกระทบในเชิงลบที่เกิดขึ้นจะมากกว่าผลการทำนายของภาพจำลองแบบ A2

ภายใต้แนวทางการศึกษาเดียวกันกับ Molua and Lambi ในประเทศแคเมอรูน Ouedraogo, Some and Dembele (2006) ได้ทำการศึกษาในประเทศบูร์กินาฟาโซ และได้ทำการศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับการรับรู้ของเกษตรกรเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ การปรับตัวเพื่อลดผลกระทบ ผลการศึกษาพบว่า หากอุณหภูมิเพิ่มขึ้น 1 องศาเซลเซียส รายได้สุทธิของเกษตรกรจะลดลง 19 ดอลล่าร์ต่อเฮกตาร์ ในขณะที่หากปริมาณฝนเพิ่มขึ้น 1 มิลลิเมตร จะส่งผลให้รายได้สุทธิของเกษตรกรเพิ่มขึ้น 2.7 ดอลล่าร์ต่อเฮกตาร์ และจะพบว่าตัวแปรที่มีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกับรายได้สุทธิของเกษตรกรอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ได้แก่ ระดับการส่งเสริมการเกษตร และพื้นที่ชลประทาน และในการทำนายผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นภายใต้ภาพจำลองการปล่อยก๊าซเรือนกระจกแบบ A2 พบว่าในปี 2050 รายได้สุทธิภาคการเกษตรของเกษตรกรจะลดลงในช่วงร้อยละ 71-84 และในปี 2010 ผลการทำนายจะมีความแตกต่างกันในแต่ละแบบจำลอง โดยการเปลี่ยนแปลงรายได้สุทธิภาคการเกษตรจะอยู่ในช่วงร้อยละ -180 ถึง +634 ส่วนการทำนายผลกระทบภายใต้ภาพจำลองการปล่อยก๊าซเรือนกระจกแบบ B2 ในปี 2050 รายได้สุทธิภาคการเกษตรของเกษตรกรจะลดลงในช่วงร้อยละ 74-84 แต่ในระยะยาวในปี 2010 ผลการทำนายจากภาพจำลองแบบ B2 ไม่มีความแตกต่างกับผลจากภาพจำลองแบบ A2 และผลการศึกษาเกี่ยวกับการรับรู้ของเกษตรกรจากการตอบแบบสอบถาม จำนวน 1,510 คน ร้อยละ 35.5 ของเกษตรกรรู้สึกว่าปริมาณฝนลดลง ร้อยละ 10.8 รู้สึกว่าการมาของฝนช้าลง ด้านการปรับตัวที่เกษตรกรเห็นว่ามีความเหมาะสมมากที่สุดได้แก่ วิธีการปรับปรุงพันธุ์พืชให้มีความทนแล้งเพื่อแก้ปัญหาปริมาณฝนที่ลดลง (ร้อยละ 32) รองลงมาได้แก่ การทำวนเกษตร (ร้อยละ 27) การปรับเปลี่ยนระบบการเพาะปลูก การใช้ปุ๋ยชีวภาพ และการปลูกป่าทดแทน เป็นวิธีการปรับตัวลดผลกระทบที่เกษตรกรเห็นด้วยรองลงมาตามลำดับ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Deressa (2007) ใช้แบบจำลองริคาร์เดียนในการหาความสัมพันธ์ของการเปลี่ยนแปลงตัวแปรภูมิอากาศที่มีต่อรายได้สุทธิของเกษตรกร ผลการศึกษาพบว่า หากอุณหภูมิเพิ่มขึ้นในฤดูหนาวและฤดูร้อน 1 องศาเซลเซียส ส่งผลให้เกษตรกรมีรายได้ลดลงประมาณ 997 และ 177 ดอลล่าร์ต่อเฮกตาร์ตามลำดับ ในขณะที่หากอุณหภูมิเพิ่มขึ้นในฤดูใบไม้ผลิและฤดูฝน ทำให้เกษตรกรจะมีรายได้เพิ่มขึ้นประมาณ 337 และ 1,879 ดอลล่าร์ต่อเฮกตาร์ตามลำดับ สำหรับตัวแปรปริมาณฝนหากฝนเพิ่มมากขึ้นในฤดูหนาวจะส่งผลให้รายได้สุทธิภาคการเกษตรลดลง 464 ดอลล่าร์ต่อเฮกตาร์ และรายได้สุทธิลดลง 18 และ 64 ดอลล่าร์ต่อเฮกตาร์หากปริมาณฝนเพิ่มขึ้นในฤดูฝนและฤดูร้อนตามลำดับ แต่หากปริมาณฝนเพิ่มขึ้นในฤดูใบไม้ผลิกลับส่งผลให้รายได้สุทธิภาคการเกษตรเพิ่มขึ้น 225 ดอลล่าร์ต่อเฮกตาร์ และตัวแปรด้านเศรษฐกิจสังคมครัวเรือน พบว่าทั้งตัวแปรขนาดครัวเรือนเฉลี่ย และระยะห่างจากตลาดปัจจัยการผลิตมีความสัมพันธ์ในทิศทางตรงข้ามกับรายได้สุทธิภาคการเกษตรของครัวเรือนเกษตรกรในประเทศเอธิโอเปีย

การประเมินผลกระทบในประเทศอียิปต์โดย Eid, El-Marsafawy and Ouda (2007) เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของตัวแปรภูมิอากาศที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงรายได้สุทธิภาคการเกษตร ซึ่งสำหรับประเทศอียิปต์ซึ่งไม่มีความแตกต่างของปริมาณฝนรายฤดูกาลมากนัก เนื่องจากปริมาณฝนของประเทศอียิปต์น้อยมากและการทำเกษตรส่วนใหญ่ต้องพึ่งพาน้ำจากชลประทานอยู่แล้ว ตัวแปรด้านปริมาณน้ำฝนจึงใช้ปริมาณฝนเฉลี่ยรายปี ผลการศึกษาพบว่า หากอุณหภูมิเพิ่มขึ้น 1 องศาเซลเซียสในฤดูร้อนจะทำให้รายได้เกษตรกรลดลง แต่หากอุณหภูมิเพิ่มขึ้นในฤดูหนาว กลับส่งผลดีต่อภาคการเกษตรในประเทศอียิปต์ เกษตรกรจะมีรายได้เพิ่มขึ้น ส่วนปริมาณฝนที่เพิ่มขึ้นจะทำให้รายได้สุทธิภาคการเกษตรของเกษตรกรเพิ่มมากขึ้น และผู้ศึกษาได้ทำการวิเคราะห์ความอ่อนไหว (sensitivity analysis) หากมีการเปลี่ยนแปลงระดับอุณหภูมิจากปัจจุบันเพิ่มขึ้น 1.5 องศาเซลเซียส ส่งผลให้เกษตรกรจะมีรายได้ลดลง 2,755 ดอลล่าร์ต่อเฮกตาร์ และหากอุณหภูมิเพิ่มขึ้น 3.5 องศาเซลเซียส ส่งผลให้เกษตรกรจะมีรายได้ลดลง 6,613 ดอลล่าร์ต่อเฮกตาร์

การศึกษาผลกระทบต่อภาคการเกษตรของประเทศเคนย่า โดยใช้การวิเคราะห์จากแบบจำลองริคาร์เดียน เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างรายได้สุทธิของเกษตรกรกับตัวแปรด้านสภาพภูมิอากาศ ดิน และข้อมูลด้านเศรษฐกิจสังคมของครัวเรือนเกษตรกร โดย Mariara and Karanja (2007) โดยสร้างแบบจำลองจำนวน 3 แบบจำลองซึ่งแบบจำลองที่ 1 ใส่เฉพาะตัวแปรด้านสภาพอากาศ แบบจำลองที่ 2 เพิ่มตัวแปรทางกายภาพอื่นเช่น ชนิดดิน และแบบจำลองที่ 3 เพิ่มตัวแปรด้านเศรษฐกิจสังคมของครัวเรือนเกษตรกรเข้าไปด้วย เช่น จำนวนสมาชิกครัวเรือนเกษตรกร อัตราค่าจ้าง เป็นต้น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ผลการวิเคราะห์การถดถอยพบว่าแบบจำลองที่ 3 มีค่าสัมประสิทธิ์ตัวกำหนด (R^2) และค่า F-statistics เพิ่มขึ้นอย่างมากจากแบบจำลองที่ใส่ตัวแปรด้านสภาพภูมิอากาศเพียงอย่างเดียว ทำให้เห็นได้ว่าปัจจัยด้านเศรษฐกิจสังคมของเกษตรกรมีผลกระทบต่อรายได้สุทธิของเกษตรกรอย่างมีนัยสำคัญ ทั้งนี้ ผลกระทบทางเศรษฐศาสตร์ที่เกิดขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อภาคการเกษตรในแต่ละพื้นที่ พบว่า จะได้รับผลกระทบไม่เท่ากัน เมื่อพยากรณ์ผลกระทบในอนาคตโดยอาศัยแบบจำลองสภาพภูมิอากาศโลก ได้แก่ แบบจำลอง CCC ที่กำหนดให้อุณหภูมิเพิ่มขึ้น 3.5 องศาเซลเซียส ปริมาณฝนลดลงร้อยละ 20 และแบบจำลอง GFDL ที่กำหนดให้อุณหภูมิเพิ่มขึ้น 4 องศาเซลเซียส ปริมาณฝนลดลงร้อยละ 20 โดย Mariara and Karanja ได้แบ่งโซนที่ได้รับผลกระทบเป็นโซนที่มีศักยภาพในการปรับตัวรับผลกระทบระดับต่ำ และปานกลาง กับโซนที่สามารถปรับตัวได้สูง ผลการทำนายของแบบจำลองพบว่า ผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศจะส่งผลให้เกิดความเสียหายต่อภาคการเกษตรในโซนศักยภาพต่ำและปาน กลางประมาณ 97.01 ถึง 236.63 ดอลล่าร์สหรัฐต่อเฮกตาร์ ในโซนที่มีศักยภาพสูงจะมีความเสียหายประมาณ -0.11 ถึง 63.34 ดอลล่าร์สหรัฐต่อเฮกตาร์เท่านั้น

Wang *et al.* (2008) ทำการประเมินผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในประเทศจีน พบว่า การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิให้ผลกระทบที่แตกต่างกันในแต่ละภูมิภาคของประเทศ ซึ่งในภาคกลางของประเทศเกษตรกรจะได้รับผลประโยชน์เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น ในขณะที่ทางภาคเหนือของประเทศจะได้รับผลกระทบเชิงลบ เกษตรกรจะมีรายได้ลดลงเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น และหากปริมาณฝนเพิ่มขึ้นทางภาคใต้ของจีน ซึ่งมีปริมาณฝนตกชุกอยู่แล้ว เกษตรกรจะมีรายได้ลดลงประมาณ 153 ดอลล่าร์ต่อเฮกตาร์ เมื่อปริมาณฝนเพิ่มขึ้นทุกๆ 1 มิลลิเมตร และผลกระทบที่เกิดขึ้นกับพื้นที่เกษตรในเขตชลประทานและนอกเขตชลประทานก็แตกต่างกัน คือ หากอุณหภูมิเพิ่มขึ้น 1 องศาเซลเซียส ในเขตชลประทานจะทำให้รายได้สุทธิของเกษตรเพิ่มขึ้น 68 ดอลล่าร์ต่อเฮกตาร์ แต่หากอุณหภูมิเพิ่มขึ้นในพื้นที่นอกเขตชลประทานจะส่งผลให้รายได้ของเกษตรกรลดลง 95 ดอลล่าร์ต่อเฮกตาร์ ส่วนตัวแปรอื่น พบว่า หากพื้นที่การเกษตรมีสัดส่วนของดินเหนียวมากกว่าดินทรายจะทำให้รายได้สุทธิของเกษตรกรเพิ่มขึ้น

Fleischer, Lichtman and Mendelsohn (2008) ทำการศึกษาผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อภาคการเกษตรของประเทศอิสราเอล ซึ่งอยู่ในภูมิภาคเอเชียตะวันออกกลางและมีปัญหาการขาดแคลนน้ำในภาคการเกษตรอย่างมาก การจัดการน้ำใช้ในภาคการเกษตรของประเทศอิสราเอลนั้นจะใช้ระบบโควต้าในการจัดสรรน้ำให้เกษตรกร ผู้ศึกษาจึงได้สร้างแบบจำลอง 2 แบบ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

จำลอง เพื่อวัดความสำคัญของอุปทานน้ำที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงรายได้สุทธิของเกษตรกรเมื่อได้รับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลง สภาพภูมิอากาศ แบบจำลองที่ 1 กรณีได้รับโควต้าน้ำชลประทาน และแบบจำลองที่ 2 กรณีที่เกษตรกรไม่ได้รับโควต้าในการใช้น้ำชลประทาน พบว่าในกรณีที่ได้รับโควต้าจัดสรรน้ำชลประทานเพิ่มขึ้นทุก 1 มิลลิเมตร เกษตรกรจะได้รับรายได้สุทธิเพิ่มขึ้นถึง 1,500 ดอลล่าร์ต่อปี

และมีการศึกษาแนวทางการปรับตัวของเกษตรกรโดยการปรับเปลี่ยนพืชที่ทำการเพาะปลูก โดย Seo and Mendelsohn (2008) ได้ศึกษาถึงผลกระทบต่อการลดลงของผลตอบแทนในการปลูกพืชที่เกษตรกรเคยปลูกอยู่ เมื่ออุณหภูมิโลกสูงขึ้นนั้น จะมีผลให้เกษตรกรปรับตัวเปลี่ยนไปปลูกพืชที่ให้ผลตอบแทนที่ดีกว่าในลักษณะใด โดยอาศัยวิธีการวิเคราะห์แบบจำลองมัลติโนเมียลโลจิทโดยเก็บตัวอย่างจากเกษตรกร 949 คนจาก 7 ประเทศในอเมริกาใต้ ศึกษาในพืชที่สำคัญ 7 ชนิดได้แก่ ผักและผลไม้ ข้าวโพด ข้าวสาลี น้ำเต้า ข้าว มัน ถั่วเหลือง ตัวแปรด้านปัจจัยภูมิอากาศได้แก่ อุณหภูมิ และปริมาณฝน ตัวแปรที่ไม่ใช่ปัจจัยด้านภูมิอากาศได้แก่ ปัจจัยดิน อายุเกษตรกร ระดับการศึกษาของเกษตรกร ขนาดครัวเรือน ราคาสินค้าเกษตร เมื่อศึกษาความสัมพันธ์พบว่า ระดับการศึกษาของเกษตรกรมีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกันกับผลตอบแทนในการปลูกพืชทุกชนิด ส่วนปัจจัยด้านชนิดดินพบว่าเมื่อชนิดดินเป็นชนิดลูวิซอล เกษตรกรมีแนวโน้มจะเลือกปลูกข้าวสาลี มันฝรั่ง ถั่วเหลืองมากกว่าพืชชนิดอื่น ปัจจัยด้านขนาดครัวเรือนพบว่าเกษตรกรที่มีครอบครัวขนาดใหญ่มีความน่าจะเป็นในการเลือกปลูก ข้าวโพด มันฝรั่ง ถั่วเหลือง ข้าวสาลี มากกว่าชนิดอื่น ส่วนเกษตรกรที่มีครอบครัวขนาดเล็กกว่าจะเลือกปลูกพืชที่มีวิธีการง่ายๆ ปัจจัยด้านอายุ พบว่า เกษตรกรที่มีอายุมากขึ้นมีความน่าจะเป็นว่าจะเลือกปลูกข้าวสาลีมากกว่าอย่างอื่น ส่วนปัจจัยด้านราคาผลผลิตมีเพียงราคาของข้าวโพดและข้าวสาลีเท่านั้น ที่มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญต่อการเลือกปลูกพืชและมีความสัมพันธ์ไปในทิศทางเดียวกัน คือ เมื่อราคาสูงขึ้นมีความน่าจะเป็นที่เกษตรกรจะเลือกปลูกพืชชนิดนั้นเพิ่มขึ้น ปัจจัยด้านสภาพอากาศผลการศึกษาพบว่า เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศเกษตรกรที่ในพื้นที่การเกษตรที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิเฉลี่ยจะเลือกปลูกมันฝรั่งและข้าวสาลี พื้นที่การเกษตรที่มีอุณหภูมิใกล้เคียงกับอุณหภูมิเฉลี่ยจะเลือกปลูก ข้าวโพด ถั่วเหลือง ข้าว ส่วนพื้นที่การเกษตรที่มีอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิเฉลี่ยจะเลือกปลูกผลไม้ ผัก น้ำเต้า ส่วนพื้นที่การเกษตรที่แล้งกว่าจะเลือกปลูกข้าวโพดและมันฝรั่ง พื้นที่การเกษตรที่มีความแห้งแล้งปานกลางจะเลือกปลูกถั่วเหลืองและข้าวสาลี พื้นที่ที่มีปริมาณฝนมากกว่าจะเลือกปลูกผัก ผลไม้ และน้ำเต้า

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

จากการทบทวนงานวิจัยด้านการประเมินผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อภาคการเกษตรโดยวิธีวิเคราะห์การถดถอยได้แก่ แบบจำลองริคาร์เดียน สรุปได้ว่ามีการนำแบบจำลองริคาร์เดียนมาใช้ในการประเมินผลกระทบในหลายประเทศและหลายภูมิภาค โดยเฉพาะทวีปเอเชียและทวีปแอฟริกาที่ตั้งอยู่ในเขตร้อน ซึ่งมีความอ่อนไหวต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโดยมีแนวโน้มว่าภูมิภาคดังกล่าว อาจต้องเผชิญปัญหาการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิและการลดลงของปริมาณฝน ซึ่งจะส่งผลกระทบโดยตรงกับการเปลี่ยนแปลงรายได้ภาคการเกษตรของเกษตรกร ซึ่งตัวแปรตามที่ใช้ในการศึกษาของ Mendelsohn, Nordhaus and Shaw (1994) ผู้พัฒนาแบบจำลองริคาร์เดียน ได้แก่ รายได้สุทธิจากภาคการเกษตร ตัวแปรอิสระที่นำมาศึกษาแบ่งเป็นปัจจัยด้านต่างๆ ได้แก่ ปัจจัยด้านภูมิอากาศ ประกอบด้วย ตัวแปรอุณหภูมิเฉลี่ยรายฤดูกาล และตัวแปรอุณหภูมิเฉลี่ยรายฤดูกาลกำลังสอง ตัวแปรปริมาณฝนเฉลี่ยรายฤดูกาล และตัวแปรปริมาณฝนเฉลี่ยรายฤดูกาลกำลังสอง ปัจจัยด้านดินและภูมิศาสตร์ ได้แก่ ที่ตั้งของพื้นที่เพาะปลูกบนระดับละติจูด ลองติจูด และความสูงจากระดับน้ำทะเล ร้อยละของพื้นที่ที่เป็นดินเหนียว ร้อยละของพื้นที่ที่เป็นดินทราย อัตราการชะล้างพังทลายของดิน ร้อยละของพื้นที่ที่มักมีน้ำท่วม ความลาดชันของ พื้นที่เพาะปลูก และปัจจัยด้านอุทก ได้แก่ ร้อยละของพื้นที่ชลประทาน และในการศึกษาของ Deressa (2007), Mariara and Karanja (2007) ได้เพิ่มปัจจัยด้านเศรษฐกิจสังคมครัวเรือนเกษตรเข้าไปในระบบสมการได้แก่ ระยะห่างของฟาร์มไปตลาด ตัวแปรหุ่นการเป็นเจ้าของฟาร์มปศุสัตว์ ระดับการศึกษาของหัวหน้าครัวเรือน และขนาดครัวเรือนเกษตรกร ขนาดพื้นที่ถือครอง และพบว่าระบบสมการสามารถอธิบายความสัมพันธ์ของตัวแปรอิสระที่มีต่อตัวแปรตามได้ดียิ่งขึ้น ในขณะที่ Eid, El-Marsafawy and Ouda (2007) ได้เพิ่มตัวแปรด้านปัจจัยการผลิตเข้าไปในระบบสมการด้วยได้แก่ ต้นทุนค่าจ้างแรงงาน และจำนวนเครื่องจักรกลที่ใช้ในการเกษตรด้วย ดังสรุปไว้ในตารางที่ 2

ผลการศึกษาของงานวิจัยที่เกี่ยวข้องโดยส่วนใหญ่พบว่าผลกระทบที่เกิดขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อภาคการเกษตรในแต่ละประเทศและแต่ละภูมิภาคของโลก จะได้รับผลกระทบแตกต่างกันในเชิงพื้นที่และเวลา กล่าวคือ ในพื้นที่และฤดูกาลที่ต่างกันผลกระทบที่ได้รับจะไม่เท่ากัน และสามารถประเมินผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นในอนาคตได้โดยการสร้างภาพจำลองการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศภายใต้เงื่อนไขแตกต่างกัน ทั้งการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ และการเปลี่ยนแปลงปริมาณฝน ด้านการปรับตัวของเกษตรกรพบว่าเกษตรกรที่มีศักยภาพในการปรับตัวน้อยกว่าจะได้รับผลกระทบมากกว่าเกษตรกรที่สามารถปรับตัวได้ดีกว่า แนวทางในการปรับตัวของเกษตรกร เช่น การปรับระยะเวลาการปลูกและการเก็บเกี่ยว การปรับเทคโนโลยีการผลิตในฟาร์มของตน การปรับปรุงพันธุ์พืช รวมถึงการปรับเปลี่ยนชนิดพืชที่ได้รับรายได้สูงกว่าเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องในการประเมินผลกระทบการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโดยการวิเคราะห์แบบจำลองริคาร์เดียน

ปี	ผู้ศึกษา	ตัวแปร	ตัวแปรอิสระ	ปัจจัยที่มีอิทธิพล	ผลกระท
1994	Mendelsohn, Nordhaus and Shaw	รายได้สุทธิการเกษตร	- อุณหภูมิ และปริมาณฝนเฉลี่ยรายฤดูกาล - อุณหภูมิ และปริมาณฝนเฉลี่ยรายฤดูกาลกำลังสอง - ความหนาแน่นของประชากร - ละติจูด และความสูงจากระดับน้ำทะเล - ร้อยละของพื้นที่ที่เป็นดินเหนียว - ร้อยละของพื้นที่ที่เป็นดินทราย - อัตราการชะล้างพังทลายของดิน - ร้อยละของพื้นที่ที่น้ำท่วมเป็นประจำ - ความลาดชันของพื้นที่เพาะปลูก - ร้อยละของพื้นที่ชลประทาน	- อุณหภูมิ และปริมาณฝนเฉลี่ยรายฤดูกาล - อุณหภูมิ และปริมาณฝนเฉลี่ยรายฤดูกาลกำลังสอง - ละติจูด และความสูงจากระดับน้ำทะเล - อัตราการชะล้างพังทลายของดิน - ร้อยละของพื้นที่ที่น้ำ ท่วม เป็น ประจำ - ความลาดชันของพื้นที่เพาะปลูก	+/- +/- - - - +
2007	Deressa	รายได้สุทธิการเกษตร	- อุณหภูมิ และปริมาณฝนเฉลี่ยรายฤดูกาล - อุณหภูมิ และปริมาณฝนเฉลี่ยรายฤดูกาลกำลังสอง - ตัวแปรหุ่นการมีฟาร์มปศุสัตว์ - ระดับการศึกษาของหัวหน้าครัวเรือน - ระยะห่างจากฟาร์มไปตลาด - ขนาดครัวเรือนเกษตรกร	- อุณหภูมิ และปริมาณฝนเฉลี่ยรายฤดูกาล - อุณหภูมิ และปริมาณฝนเฉลี่ยรายฤดูกาลกำลังสอง - ขนาดครัวเรือนเกษตรกร - ร้อยละของพื้นที่ที่เป็นดินชนิด Lithosols	+/- +/- + +

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 2 (ต่อ)

ปี	ผู้ศึกษา	ตัวแปร	ตัวแปรอิสระ	ปัจจัยที่มีอิทธิพล	ผลกระทบ
			- ร้อยละของพื้นที่ที่เป็นดินชนิด Nitosols		
			- ร้อยละของพื้นที่ที่เป็นดินชนิด Lithosol		
2007	Mariara and Karanja	รายได้สุทธิการเกษตร	- อุณหภูมิ และปริมาณฝนเฉลี่ยรายฤดูกาล	- อุณหภูมิ และปริมาณฝนเฉลี่ยรายฤดูกาล	+/-
			- อุณหภูมิ และปริมาณฝนเฉลี่ยรายฤดูกาลกำลังสอง	- อุณหภูมิ และปริมาณฝนเฉลี่ยรายฤดูกาล กำลังสอง	+/-
			- ตัวแปรหุ่นการเป็นเจ้าของฟาร์มปศุสัตว์	- ตัวแปรหุ่นการเป็นเจ้าของฟาร์มปศุสัตว์	-
			- ขนาดพื้นที่ถือครองทางการเกษตร	-ขนาดพื้นที่ถือครอง	+
			- ขนาดครัวเรือน	- อัตราค่าจ้างแรงงานชาย	-
			- อัตราค่าจ้างแรงงานชาย	- ตัวแปรหุ่นการมีพื้นที่ชลประทาน	+
			- ตัวแปรหุ่นการมีพื้นที่ชลประทาน	- อุณหภูมิ และปริมาณฝนเฉลี่ยรายฤดูกาล	+/-
2007	Eid, El Marsafawy and Ouda		- อุณหภูมิ และปริมาณฝนเฉลี่ยรายฤดูกาล	- อุณหภูมิ และปริมาณฝนเฉลี่ยรายฤดูกาล กำลังสอง	+/-
			- อุณหภูมิ และปริมาณฝนเฉลี่ยรายฤดูกาลกำลังสอง	- ต้นทุนค่าจ้างแรงงาน	-
			- ระยะห่างจากฟาร์มไปตลาด	- จำนวนเครื่องจักรกลการเกษตร	+
			- ต้นทุนค่าจ้างแรงงาน	-ขนาดพื้นที่ถือครองทางการเกษตร	+
			- จำนวนเครื่องจักรกลการเกษตร	-ขนาดครัวเรือนเกษตรกร	+
			- ขนาดพื้นที่ถือครองทางการเกษตร		
			- ขนาดครัวเรือนเกษตรกร		

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภูมิอากาศและการเกษตรในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

ภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีพื้นที่รวมทั้งสิ้น 168,854.35 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 32.91 ของพื้นที่ประเทศ แบ่งพื้นที่เป็น 19 จังหวัด ได้แก่ เลย หนองบัวลำภู อุดรธานี หนองคาย สกลนคร นครพนม มุกดาหาร ยโสธร อำนาจเจริญ อุบลราชธานี ศรีสะเกษ สุรินทร์ บุรีรัมย์ มหาสารคาม ร้อยเอ็ด กาฬสินธุ์ ขอนแก่น ชัยภูมิ นครราชสีมา

เขตภูมิอากาศเกษตร

จากลักษณะภูมิประเทศของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ที่มีเทือกเขาสูงทางด้านใต้ และด้านตะวันตกนี้ จึงปิดกั้นกระแสอากาศที่มีไอน้ำและความชื้นจากทะเล ทำให้ภาคนี้มีฝนตกน้อยและไม่สม่ำเสมอ ฝนจะตกน้อยทางด้านตะวันตกของภาคและค่อยๆตกมากขึ้นในด้านตะวันออกของภาค ลักษณะอากาศของภาคนี้ในฤดูหนาวอากาศจะหนาวจัด เพราะได้รับลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนืออย่างเต็มที่ ฤดูร้อนจะร้อนจัดเพราะพื้นดินแห้งแล้งและห่างไกลทะเล จากการจัดของกรมวิชาการเกษตร (2535) พื้นที่ของภาคตะวันออกเฉียงเหนือแบ่งออกได้เป็น 3 เขตภูมิอากาศเกษตร ดังนี้

1. เขตภูมิอากาศเกษตรที่ 6 ที่ราบสูงตามแนวชายฝั่งแม่น้ำโขง (Mekhong plateau)

เขตภูมิอากาศเกษตรนี้ประกอบด้วย 9 จังหวัด ได้แก่ เลย หนองบัวลำภู อุดรธานี หนองคาย สกลนคร นครพนม มุกดาหาร อำนาจเจริญ และอุบลราชธานี เขตนี้มีพื้นที่ตั้งอยู่ตอนบนของภาคติดสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว โดยมีแม่น้ำโขงเป็นพรมแดนกั้น จากจังหวัดเลยจนถึงจังหวัดอุบลราชธานีอยู่ระหว่างละติจูด 14.0 องศาเหนือ ถึง 18.0 องศาเหนือ และลองติจูด 101.0 ถึง 106.0 องศาตะวันออก เมื่อพิจารณาถึงที่ตั้งทางภูมิศาสตร์ของเขตนี้พบว่าเป็นเขตที่อยู่ห่างจากทะเลมากที่สุด ทำให้ฝนที่เกิดจากมรสุมตะวันตกเฉียงใต้จึงน้อยมากเมื่อเทียบกับเขตอื่นๆ ของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ฝนที่ตกในเขตนี้ส่วนมากเป็นฝนที่เกิดจากพายุดีเปรสชั่นที่เคลื่อนเข้ามาทางทะเลจีนใต้ ซึ่งทำให้เขตนี้จะได้รับอิทธิพลจากพายุดีเปรสชั่นอย่างเต็มที่และรุนแรงกว่าเขตอื่น ส่งผลให้ปริมาณฝนเฉลี่ยของพื้นที่ตามแนวริมฝั่งแม่น้ำโขงอยู่ระหว่าง 1,500-2,000 มิลลิเมตรต่อปี ซึ่งเป็นพื้นที่ที่มีปริมาณฝนสูงสุดเมื่อเทียบกับเขตอื่นๆ ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และยังสูงกว่าภาคกลางและภาคเหนืออีกด้วย และพบว่าเขตนี้ไม่ค่อยเกิดฝนทิ้งช่วงเหมือนกับเขตอื่นๆ ในภาคเดียวกัน อย่างไรก็ตามเขตนี้ยังคงเป็นเขตที่แห้งแล้งเมื่อเทียบกับภาคอื่นๆของประเทศ เนื่องจากเป็นที่ราบสูงดินส่วนมากเป็นหินตะกอนในระดับไม่ลึกมาก ทำให้ไม่สามารถกักเก็บน้ำไว้ได้เมื่อฝนทิ้ง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ช่วงจะขาดความชุ่มชื้น และในฤดูร้อนจะมีอากาศร้อนมาก เนื่องจากตั้งลึกห่างจากทะเลและมีภูเขากั้นอยู่รอบด้านทำให้ลมทะเลไม่สามารถเข้าถึงได้

ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยสูงสุดต่ำสุด อยู่ระหว่างร้อยละ 95-41 โดยความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยสูงสุดอยู่ที่เดือนกันยายนและต่ำสุดที่เดือนมีนาคม เขตนี้อยู่ในระหว่างเส้นรุ้งที่ค่อนข้างกว้าง คือ อยู่ระหว่างเส้นรุ้งที่ 14.5 องศาเหนือ ถึง 18.0 องศาเหนือ เส้นแวง 101.0 ถึง 106.0 องศาตะวันออก ทางตอนใต้ของเขตจะมีกลางวันและกลางคืนเท่ากันอยู่ 2 ช่วง คือ ราวปลายเดือนมีนาคมและปลายเดือนกันยายนคือมีกลางวันและกลางคืนเทากันกันประมาณ 12.0 ชั่วโมง วันยาวที่สุดอยู่ราวปลายเดือนมิถุนายน ประมาณ 13.0 ชั่วโมง วันสั้นที่สุดอยู่ราวปลายเดือนธันวาคมประมาณ 11.15 ชั่วโมง ดังนั้น ช่วงความยาวของวันทางตอนใต้ของเขตอยู่ระหว่าง 11.15 -15.00 ชั่วโมง ส่วนทางตอนเหนือของเขตจะมีวันยาวที่สุดอยู่ราวปลายเดือนมิถุนายน ประมาณ 13.1 ชั่วโมง และวันสั้นที่สุดประมาณ 11.04 ชั่วโมง ดังนั้นความยาวของวันทางตอนเหนือของเขตอยู่ระหว่าง 11.04-13.12 ชั่วโมง สำหรับความเข้มของรังสีดวงอาทิตย์ (solar radiation) โดยเฉลี่ยสูงสุดในเดือนมีนาคม-เมษายน ประมาณ 495 cal/cm^2/day และต่ำสุดในเดือนสิงหาคม ประมาณ 345 จังหวัดอุบลราชธานีและหนองคายเป็นจังหวัดที่มีความเข้มของรังสีดวงอาทิตย์โดยเฉลี่ยทั้งปีสูงสุดและต่ำสุด

2. เขตภูมิอากาศเกษตรที่ 7 ที่สูงตอนกลางและที่ต่ำทางทิศใต้ (central highland and southern lowland)

เขตภูมิอากาศเกษตรที่ 7 ประกอบด้วย 7 จังหวัด ได้แก่ กาฬสินธุ์ มหาสารคาม ร้อยเอ็ด ยโสธร ศรีสะเกษ สุรินทร์ และบุรีรัมย์ พื้นที่ส่วนใหญ่ของเขตนี้เรียกว่า แอ่งโคราช ตั้งอยู่ระหว่างเส้นรุ้งที่ 14.5-17.0 องศาเหนือ และลองติจูดที่ 102.5-105 องศาตะวันออก บริเวณนี้มีสภาพพื้นที่เป็นแบบลูกคลื่นลอนลาดจนถึงราบเรียบ แอ่งนี้ได้รับน้ำจากแม่น้ำมูลซึ่งมีต้นน้ำอยู่ที่เนินเขาตะวันตกเฉียงใต้ของที่ราบสูงไปบรรจบกับแม่น้ำชีที่จังหวัดอุบลราชธานีแล้วจึงไหลลงสู่แม่น้ำโขง

เขตที่สูงตอนกลางและที่ต่ำทางทิศใต้ของภาคตะวันออกเฉียงเหนือนี้มีปริมาณฝนตกเฉลี่ยอยู่ที่ 1,000-1,400 มิลลิเมตรต่อปี ซึ่งน้อยกว่าเขตที่ราบสูงตามแนวชายฝั่งแม่น้ำโขงอยู่มาก เนื่องจากมีทิวเขาเป็นกำแพงกั้นกระแสอากาศชุ่มชื้นของลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ซึ่งเป็นสิ่งที่มาของฝนทั้งสองด้าน ทำให้มีปริมาณฝนน้อยเมื่อเทียบกับเขตบริเวณริมแม่น้ำโขง ปริมาณฝนเฉลี่ยรายปีเพียง 1,100-1,200 มิลลิเมตรต่อปี และเนื่องจากเป็นเขตที่อยู่ห่างจากทะเลและมีภูเขากั้นขวางอยู่ทำให้เมื่อฤดูร้อน อากาศจะร้อนจัด ส่วนในฤดูหนาวได้รับมวลอากาศเย็นจากลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ในช่วงเดือนพฤศจิกายนถึงเดือนกุมภาพันธ์ จึงทำให้อากาศเย็นปกคลุมไปทั่วทั้งเขต แต่อากาศยังไม่หนาวเท่าบริเวณเขตตอนบนและริมแม่น้ำโขงที่ได้รับอิทธิพลของมวลอากาศเย็นจากลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนืออย่างเต็มที่

เขตนี้เป็นพื้นที่ที่มีป่าไม้น้อยมากเมื่อเทียบกับเขตอื่นๆ ประกอบกับการอยู่ห่างไกลทะเล ดังกล่าวทำให้ความชื้นสัมพัทธ์ของบริเวณนี้น้อยมาก เฉลี่ยสูงสุด-ต่ำสุด อยู่ระหว่างร้อยละ 95-41 ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยสูงสุดอยู่ที่เดือนกันยายนและต่ำสุดในเดือนเมษายน ความยาวของวันจะสูงสุดในช่วงปลายเดือนมิถุนายนอยู่ระหว่าง 13.0-13.12 ชั่วโมง ช่วงวันที่สั้นที่สุดในราวปลายเดือนธันวาคม จะอยู่ระหว่าง 11.07-11.15 ชั่วโมง ซึ่งในเขตนี้เป็นเขตที่มีความเข้มของรังสีดวงอาทิตย์สูงมากเมื่อเปรียบเทียบกับเขตอื่น โดยมีความเข้มของรังสีดวงอาทิตย์โดยเฉลี่ยของทั้งเขตสูงสุดในเดือนเมษายน ประมาณ 530 cal/cm^2/day และต่ำสุดในเดือนสิงหาคม-กันยายน ประมาณ 415 cal/cm^2/day จังหวัดร้อยเอ็ดเป็นจังหวัดที่มีความเข้มของรังสีดวงอาทิตย์โดยเฉลี่ยทั้งปีสูงสุด และจังหวัดสุรินทร์เป็นจังหวัดที่มีความเข้มของรังสีดวงอาทิตย์โดยเฉลี่ยทั้งปีต่ำสุด

3. เขตภูมิอากาศเกษตรที่ 8 ที่สูงด้านตะวันตก (western highland)

ประกอบด้วยจังหวัดต่างๆ 3 จังหวัด ได้แก่ ขอนแก่น ชัยภูมิ และนครราชสีมา ที่ตั้งทางภูมิศาสตร์อยู่ระหว่างเส้นรุ้ง 14.5 ถึง 17.0 องศาเหนือ และเส้นแวง 101.5 ถึง 103.0 องศาตะวันออก ลักษณะภูมิประเทศจะมีสภาพพื้นที่เป็นเนินเขาถึงภูเขา เห็นได้ชัดเจนแต่บริเวณที่ติดกับทางด้านทิศตะวันออกเฉียงเหนือ สภาพพื้นที่เป็นลูกคลื่นลอนลาด ลักษณะผิวดินเป็นดินร่วนปนทราย ส่วนใต้ดินในระดับลึกนั้นเป็นหินตะกอนหรือหินทรายตะแคงลาดไปทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือ ลักษณะพื้นดินไม่เก็บซับน้ำเมื่อฝนตกลงมาแผ่นดินไม่ดูดซับน้ำฝน แต่ไหลเทไปสู่แม่น้ำลำธารอย่างรวดเร็ว ประกอบกับเป็นเจตที่มีปริมาณฝนน้อยที่สุดของภาค จึงมักเกิดความแห้งแล้งขึ้นโดยทั่วไปและมีความรุนแรงมากกว่าเขตอื่น แม้จะมีอาณาเขตติดต่อกับภาคกลางแต่เนื่องด้วยมีเทือกเขาเพชรบูรณ์และเทือกเขาสันกำแพงกั้น จึงเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้ภูมิอากาศของเขตนี้แตกต่างจากภาคกลางอย่างมาก เพราะเทือกเขาทั้งสองเป็นเครื่องกีดขวางทางมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ซึ่งจะนำฝนมาตกในเขตนี้และทำให้มีฝนตกทางด้านตะวันตกและด้านใต้ของภูเขา คือ เขตของภาคกลางเสียส่วนใหญ่ แต่ในเขตนี้จะเกิดเขตเงาฝน (rain shadow) ทำให้ปริมาณฝนในเขตนี้น้อยมาก และในฤดูหนาวเทือกเขาทั้งสองจะเป็นตัวกั้นลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือที่พัดลมหนาวมาจากประเทศจีน ทำให้ภาคกลางจะหนาวเย็นน้อยกว่าภาคตะวันออกเฉียงเหนือหรือเขตนี้ค่อนข้างมาก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ฝนที่เกิดขึ้นในเขตที่สูงด้านตะวันตกนี้ได้รับอิทธิพลจากลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้น้อยมาก ฝนส่วนใหญ่ได้จากพายุดีเปรสชั่น ซึ่งเคลื่อนเข้ามาทางฝั่งทะเลจีนใต้ทางอ่าวตังเกี๋ยผ่านเวียดนามเข้ามาถึงเขตนี้ แต่เนื่องด้วยเขตนี้อยู่ห่างจากทางผ่านของแนวพายุดีเปรสชั่นค่อนข้างมากเมื่อเทียบกับเขตที่สูงตอนเหนือและเขตบริเวณริมน้ำโขงและตอนกลางของภาค ทำให้ฝนที่เกิดจากพายุดีเปรสชั่นมีน้อย โดยทั่วไปจะมีพายุดีเปรสชั่นเข้ามาประมาณ 3-4 ลูกต่อปี ถ้าปีใดมีน้อยความแห้งแล้งก็มักจะเกิดขึ้นอย่างรุนแรงและฤดูฝนก็จะสิ้นสุดในภาคนี้ก่อนขณะที่ภาคอื่นๆยังมีฝนตกอยู่ ทำให้เขตนี้มีปริมาณฝนเพียง 1,025 มิลลิเมตรต่อปี เดือนมิถุนายน กรกฎาคม และสิงหาคม มักเกิดฝนทิ้งช่วงเป็นประจำ ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยสูงสุด-ต่ำสุดของทั้งเขตอยู่ระหว่างร้อยละ 94-38 ความชื้นสัมพัทธ์สูงสุดอยู่ในช่วงเดือนกันยายนและต่ำสุดในเดือนมีนาคม ซึ่งจัดว่ามีความชื้นสัมพัทธ์ค่อนข้างต่ำเมื่อเทียบกับเขตอื่นๆ ของภาคเนื่องจากปริมาณฝนที่น้อยรวมถึงลักษณะดินที่ไม่กักเก็บความชื้น ความเข้มของรังสีดวงอาทิตย์โดยเฉลี่ยของทั้งเขตสูงสุดในเดือนเมษายน ประมาณ 516 cal/cm2/day และต่ำสุดในเดือนสิงหาคม-กันยายน ประมาณ 389 cal/cm^2/day จังหวัดขอนแก่นเป็นจังหวัดที่มีความเข้มของรังสีดวงอาทิตย์โดยเฉลี่ยทั้งปีสูงสุด และจังหวัดนครราชสีมาเป็นจังหวัดที่มีความเข้มของรังสีดวงอาทิตย์โดยเฉลี่ยทั้งปีต่ำสุด

พืชและระบบการปลูกพืชที่สำคัญ

ภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีพื้นที่ทำการเกษตรที่มากที่สุดในประเทศ ประมาณ 57,073,489 ไร่ ใน พ.ศ. 2550 คิดเป็นร้อยละ 43.78 ของพื้นที่การเกษตรทั้งหมดของประเทศ และเป็นแหล่งปลูกพืชเศรษฐกิจที่สำคัญ เช่น ข้าวนาปี มันสำปะหลัง ข้าวโพด อ้อย นอกจากนี้เกษตรกรยังทำการเพาะปลูกพืชรองอีกหลายชนิด ซึ่งพืชและระบบการปลูกพืชที่สำคัญในภาคตะวันออกเฉียงเหนือเป็นดังนี้

ข้าวนาปี เป็นพืชหลักที่สำคัญที่สุดของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ใน พ.ศ. 2551 ภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีพื้นที่ปลูกข้าวนาปี ประมาณ 33,071,286 ไร่ ได้ผลผลิตรวมทั้งสิ้น 10,298,483 ตัน ผลผลิตโดยเฉลี่ย 331 กิโลกรัมต่อไร่ จังหวัดอุบลราชธานี เป็นจังหวัดที่มีพื้นที่ปลูกข้าวนาปีมากที่สุด ประมาณ 3.26 ล้านไร่ เกษตรกรจะเริ่มปลูกข้าวตั้งแต่เดือนมิถุนายน เมื่อมีฝนเพียงพอแต่บางปีเมื่อมีฝนน้อยหรือล่าช้า เกษตรกรจะเลื่อนเวลาปลูกออกไป ข้าวนาปีที่เกษตรกรทำการเพาะปลูกจะมีทั้งข้าวเหนียวและข้าวเจ้า วิธีการปลูกมีทั้งปักดำ หว่านข้าวแห้งและหยอด สำหรับพื้นที่นาที่อยู่นอกเขตชลประทานและมีปริมาณฝนค่อนข้างน้อยหรืออยู่บริเวณที่ดอน เกษตรกรมักนิยมวิธีหว่านข้าวแห้ง ซึ่งวิธีนี้มักให้ผลผลิตต่ำกว่าวิธีการปักดำโดยจะให้ผลผลิตเฉลี่ยประมาณ 312 กิโลกรัมต่อไร่

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

มันสำปะหลัง เป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญรองลงมาจากข้าวนาปี ภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังประมาณ 4.5 ล้านไร่ ได้ผลผลิตรวมทั้งสิ้นประมาณ 15.57 ล้านตัน ผลผลิตโดยเฉลี่ย 3,571 กิโลกรัมต่อไร่ จังหวัดที่ปลูกมันสำปะหลังมากที่สุดคือจังหวัดนครราชสีมา มีพื้นที่เพาะปลูกประมาณ 2.03 ล้านไร่ ผลผลิตรวม 7.12 ล้านตัน ผลผลิตโดยเฉลี่ย 3,594 กิโลกรัมต่อไร่ มันสำปะหลังเป็นพืชที่เกษตรกรในภาคตะวันออกเฉียงเหนือนิยมปลูกเพิ่มมากขึ้น โดยเฉพาะในเขตภูมิอากาศเกษตรที่ราบสูงฝั่งตะวันตก 3 จังหวัด ได้แก่ ขอนแก่น ชัยภูมิ และนครราชสีมา เนื่องจากเขตภูมิอากาศเกษตรนี้ประสบปัญหาเรื่องลักษณะดินที่ไม่กักเก็บน้ำ ปริมาณฝนที่น้อยเนื่องจากอยู่ในเขตเงาฝน และการขาดแคลนพื้นที่ชลประทาน ประกอบกับมันสำปะหลังเป็นพืชที่ใช้ปัจจัยการผลิต เช่น ปุ๋ย สารเคมีกำจัดแมลงน้อย โดยเกษตรกรจะทำการเพาะปลูกมันสำปะหลัง 2 ช่วงด้วยกัน คือ ช่วงก่อนฤดูฝน คือ เดือนเมษายน-พฤษภาคม และช่วงปลายฤดูฝน เดือนตุลาคม-พฤศจิกายน และทำการเก็บเกี่ยวผลผลผลิตเมื่ออายุ 8-12 เดือน

อ้อย ภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีพื้นที่ปลูกอ้อย ประมาณ 2,111,756 ไร่ ได้ผลผลิตรวมทั้งสิ้น 22,839,496 ตัน ผลผลิตโดยเฉลี่ย 10,815 กิโลกรัมต่อไร่ จังหวัดนครราชสีมาเป็นจังหวัดที่มีพื้นที่ปลูกอ้อยมากที่สุด ประมาณ 422,097 ไร่ รองลงมาได้แก่จังหวัดขอนแก่น ซึ่งพื้นที่ปลูกอ้อยในเขตที่สูงฝั่งตะวันตกเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว พื้นที่ส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ที่ปลูกข้าวโพดมาก่อน ทั้งนี้เพราะอ้อยเป็นพืชที่ทนแล้งได้ดีกว่าข้าวโพด ราคาผลผลิตที่มั่นคง เพราะมีราคาประกันและมีโรงงานหีบอ้อยเพิ่มมากขึ้นเกษตรกรมักนิยมปลูกอ้อยในช่วงต้นฝน ประมาณเดือนพฤษภาคม-มิถุนายน

ข้าวโพด พ.ศ. 2552 ภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีพื้นที่ปลูกข้าวโพด ประมาณ 1,552,102 ไร่ ได้ผลผลิตรวมทั้งสิ้น 877,698 ตัน ผลผลิตโดยเฉลี่ย 583 กิโลกรัมต่อไร่ จังหวัดนครราชสีมาเป็นจังหวัดที่มีพื้นที่ปลูกข้าวโพดมากที่สุด ประมาณ 716,916 ไร่ ในอดีตที่ผ่านมาเกษตรกรจะปลูกข้าวโพดและตามด้วยข้าวโพดอีกครั้งหนึ่งโดยเฉพาะในจังหวัดนครราชสีมา แต่ด้วยปัญหาความแปรปรวนของลมฟ้าอากาศทำให้การปลูกสองครั้งมีความเสี่ยงต่อการเสียหายของผลผลิต โดยเกษตรกรจะทำการเพาะปลูกข้าวโพดในช่วงที่มีฝนในเดือนเมษายน-พฤษภาคม และเก็บเกี่ยวในเดือนกรกฎาคม-สิงหาคม และปลูกข้าวโพดอีกครั้งหนึ่งเก็บเกี่ยวในช่วงปลายฤดูฝนประมาณตุลาคม-พฤศจิกายน แต่ปัจจุบันเกษตรกรมักทำการปลูกข้าวโพดในช่วงปลายฤดูฝนเพียงครั้งเดียว เนื่องจากข้าวโพดที่ปลูกพืชแรกมักได้รับความเสียหายจากปัญหาฝนทิ้งช่วงในช่วงเดือนมิถุนายน-กรกฎาคมเป็นประจำ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ยางพารา ภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีพื้นที่ปลูกยางพาราเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว พ.ศ. 2549 มีพื้นที่เพาะปลูกยางพาราประมาณ 1.53 ล้านไร่ เพิ่มขึ้นเป็น 2.79 ล้านไร่ ใน พ.ศ. 2551 หรือเพิ่มขึ้นร้อยละ 82.3 ทั้งนี้เนื่องจากปัจจัยด้านภูมิอากาศที่เอื้ออำนวย การเพาะปลูกไม่ยุ่งยากใช้ปัจจัยการผลิตน้อยสามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตได้ตลอดทั้งปี และเกษตรกรขายได้ราคาดี เขตที่มีพื้นที่ปลูกยางพารามากที่สุด ได้แก่ เขตที่ราบสูงริมฝั่งแม่น้ำโขง เนื่องจากสภาพภูมิประเทศและภูมิอากาศที่เอื้ออำนวย โดยเฉพาะในจังหวัดหนองคายมีพื้นที่ปลูกยางพาราถึง 637,834 ไร่ มากที่สุดในภาค นิยมปลูกในเขตอาศัยน้ำฝนทั้งปลูกเป็นพืชเชิงเดี่ยวและปลูกแซม

ปอแก้ว ปอแก้วมีการเพาะปลูกเฉพาะในภาคกลางและภาคตะวันออกเฉียงเหนือเท่านั้น ในอดีตปอแก้วเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ แต่ปัจจุบันพบว่าพื้นที่เพาะปลูกปอแก้วมีแนวโน้มลดลงอย่างมาก โดยใน พ.ศ. 2544 มีพื้นที่ปลูกปอแก้ว 198,970 ไร่ ลดลงเหลือ 101,306 ไร่ ใน พ.ศ. 2547 และใน พ.ศ. 2551 ภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีพื้นที่เพาะปลูกปอแก้วเพียง 9,660 ไร่ ผลผลิตรวม 2,905 ตัน ผลผลิตโดยเฉลี่ย 325 กิโลกรัมต่อไร่ โดยจังหวัดที่มีการเพาะปลูกปอแก้วมากที่สุด คือ อุบลราชธานี เกษตรกรมักนิยมปลูกปอแก้วเป็นพืชเชิงเดี่ยว แต่มีส่วนน้อยที่เกษตรกรปลูกปอแก้วเป็นพืชปลูกก่อนข้าวนาปี โดยจะเริ่มทำการเพาะปลูกในเดือนมีนาคมถึงเมษายน และทำการเก็บเกี่ยวผลผลิตในเดือนกันยายนถึงตุลาคม

ถั่วเหลือง พ.ศ. 2551 มีพื้นที่เพาะปลูกถั่วเหลืองประมาณ 215,112 ไร่ ผลผลิตรวม 47,477 ตัน ผลผลิตโดยเฉลี่ย 231 กิโลกรัมต่อไร่ จังหวัดชัยภูมิเป็นจังหวัดที่มีพื้นที่ปลูกถั่วเหลืองมากที่สุด ประมาณ 64,437 ไร่ ผลผลิตรวมประมาณ 14,115 ตัน ผลผลิตโดยเฉลี่ย 230 กิโลกรัมต่อไร่ เป็นพืชที่ปลูกทั้งในเขตชลประทานและนอกเขตชลประทาน ไม่สามารถแยกพื้นที่ได้อย่างชัดเจน เกษตรกรที่ปลูกถั่วเหลืองในเขตชลประทานส่วนใหญ่จะปลูกหลังเก็บเกี่ยวข้าว ส่วนที่ปลูกในเขตน้ำฝนมักปลูกเป็นพืชเชิงเดี่ยว เริ่มทำการเพาะปลูกในเดือนธันวาคม-มกราคม เก็บเกี่ยวผลผลิตในเดือนเมษายน-พฤษภาคม

ถั่วลิสง ภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีพื้นที่เพาะปลูกถั่วลิสงประมาณ 82,122 ไร่ ผลผลิตรวม 17,547 ตัน ผลผลิตโดยเฉลี่ย 242 กิโลกรัมต่อไร่ จังหวัดบุรีรัมย์เป็นจังหวัดที่มีพื้นที่ปลูกถั่วลิสงมากที่สุด ประมาณ 12,136 ไร่ ผลผลิตรวมประมาณ 2,296 ตัน ผลผลิตโดยเฉลี่ย 243 กิโลกรัมต่อไร่ ระบบการเพาะปลูกจะคล้ายกับถั่วเหลือง คือ เกษตรกรที่ปลูกลิสงในเขตชลประทานส่วนใหญ่จะปลูกหลังเก็บเกี่ยวข้าว เริ่มทำการเพาะปลูกในเดือนธันวาคม-มกราคม เก็บเกี่ยวประมาณเดือน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

มีนาคม-เมษายน ส่วนที่ปลูกในเขตน้ำฝนมักปลูกเป็นพืชเชิงเดี่ยว เริ่มทำการเพาะปลูกในเดือนพฤษภาคม-มิถุนายน เก็บเกี่ยวผลผลิตประมาณเดือนสิงหาคม-กันยายน

โครงสร้างครัวเรือนภาคการเกษตร

ลักษณะครัวเรือนเกษตร ครัวเรือนเกษตรในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ พ.ศ. 2550 มีจำนวนทั้งสิ้น 2,688,561 ครัวเรือน ลดลงจาก พ.ศ. 2550 ที่มีครัวเรือนเกษตรเท่ากับ 2,695,472 ครัวเรือน เท่ากับร้อยละ 0.25 โดยจังหวัดนครราชสีมาเป็นจังหวัดที่มีครัวเรือนเกษตรมากที่สุดจำนวน 230,159 ครัวเรือน และจังหวัดมุกดาหารเป็นจังหวัดที่มีครัวเรือนเกษตรน้อยที่สุดในภาค เท่ากับ 49,230 ครัวเรือน ซึ่งครัวเรือนเกษตรในภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีขนาดของครัวเรือนเฉลี่ยลดลงอย่างต่อเนื่องตั้งแต่ พ.ศ. 2544 เป็นต้นมา โดยใน พ.ศ. 2550 ครัวเรือนเกษตรมีขนาดเฉลี่ยเท่ากับ 4.05 คนต่อครัวเรือน ลดลงจากปี 2549 ที่มีขนาดครัวเรือนเฉลี่ยเท่ากับ 4.19 คนต่อครัวเรือน สะท้อนให้เห็นถึงสถานการณ์ของประชากรและแรงงานในภาคการเกษตรที่หดตัวลดลง ซึ่งจะกระทบต่อการขาดแคลนแรงงาน

ขนาดพื้นที่ถือครองของครัวเรือน การถือครองที่ดินของครัวเรือนเกษตรพบว่ามีขนาดพื้นที่ถือครองโดยเฉลี่ยทั้งภาคตะวันออกเฉียงเหนือเท่ากับ 21.62 ไร่ต่อครัวเรือน ลดลงจาก พ.ศ. 2549 ที่มีขนาดพื้นที่ถือครองเฉลี่ยครัวเรือนละ 21.41 ไร่ต่อครัวเรือน จังหวัดที่ครัวเรือนเกษตรมีพื้นที่ถือครองมากที่สุดได้แก่ จังหวัดนครราชสีมา มีพื้นที่ถือครอง 32.1 ไร่ต่อครัวเรือน ในขณะที่จังหวัดกาฬสินธุ์มีพื้นที่ถือครองน้อยที่สุดเท่ากับ 15.3 ไร่ต่อครัวเรือน

ลักษณะการถือครองที่ดินของครัวเรือนเกษตร ภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีสัดส่วนของครัวเรือนที่มีที่ดินของตนเองอย่างเดียวสูงกว่าภาคอื่นๆ ของประเทศ พ.ศ. 2550 ครัวเรือนเกษตรในภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีลักษณะการถือครองที่ดินที่เป็นของตนเองร้อยละ 50.96 ของพื้นที่ถือครองการเกษตรทั้งหมด รองลงมา คือ พื้นที่ของตนเองรวมกับที่จัดสรรและทำฟรี ร้อยละ 23.69 ลักษณะการถือครองที่น้อยที่สุด คือ พื้นที่เช่าอย่างเดียว ร้อยละ 0.20 ของพื้นที่ถือครองการเกษตรทั้งหมด ประเภทเอกสารสิทธิที่ดินที่ครอบครองส่วนใหญ่ ร้อยละ 56.80 คือ โฉนด และนส.3/นส.3ก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดินของครัวเรือนเกษตร ครัวเรือนเกษตรในภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดินเป็นที่นามากที่สุด ร้อยละ 67.84 ของพื้นที่ถือครอง และเป็นสัดส่วนการใช้ที่ดินเป็นที่นาที่มากที่สุดในประเทศ รองลงมา คือ พื้นที่ปลูกพืชไร่ ร้อยละ 14.93 ที่ไม้ยืนต้น/สวนผลไม้ ร้อยละ 6.71 ที่สวนผัก ร้อยละ 0.42 ที่รกร้างว่างเปล่า ร้อยละ 1.62 ทุ่งหญ้าเลี้ยงสัตว์ ร้อยละ 1.30 ที่ป่าถือครอง ร้อยละ 11.06 ที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ร้อยละ 1.02 ที่เลี้ยงปศุสัตว์ ร้อยละ 0.79 และเป็นพื้นที่ห้วย หนอง คลอง บึง เพียงร้อยละ 0.19

พื้นที่ชลประทาน ภาคตะวันออกเฉียงเหนือเป็นภาคที่มีสัดส่วนพื้นที่ชลประทานต่อพื้นที่การเกษตรน้อยที่สุดในประเทศ ครัวเรือนเกษตรในภาคตะวันออกเฉียงเหนือส่วนใหญ่ต้องทำการเกษตรในพื้นที่ที่ไม่มีน้ำชลประทาน ใน พ.ศ. 2550 ภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีพื้นที่ชลประทานรวม 3,724,379 ไร่ เมื่อเทียบสัดส่วนต่อพื้นที่การเกษตรแล้วเท่ากับร้อยละ 6.2 เพิ่มขึ้นเล็กน้อยจาก พ.ศ. 2549 ที่มีสัดส่วนพื้นที่ชลประทานต่อพื้นที่การเกษตรเท่ากับร้อยละ 6.0 จังหวัดที่มีสัดส่วนพื้นที่ชลประทานต่อพื้นที่การเกษตรมากที่สุดได้แก่ จังหวัดกาฬสินธุ์ ร้อยละ 19.9 ส่วนจังหวัดที่มีสัดส่วนพื้นที่ชลประทานน้อยที่สุด คือ จังหวัดหนองบัวลำภู มีสัดส่วนพื้นที่ชลประทานต่อพื้นที่การเกษตรเพียงร้อยละ 0.2 ความแตกต่างในการเข้าถึงแหล่งน้ำชลประทานย่อมส่งผลกระทบต่อโครงสร้างการผลิตพืชและสัตว์และอาจนำไปสู่ระดับรายได้และการกระจายรายได้ที่แตกต่างกันด้วย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

บทที่ 3

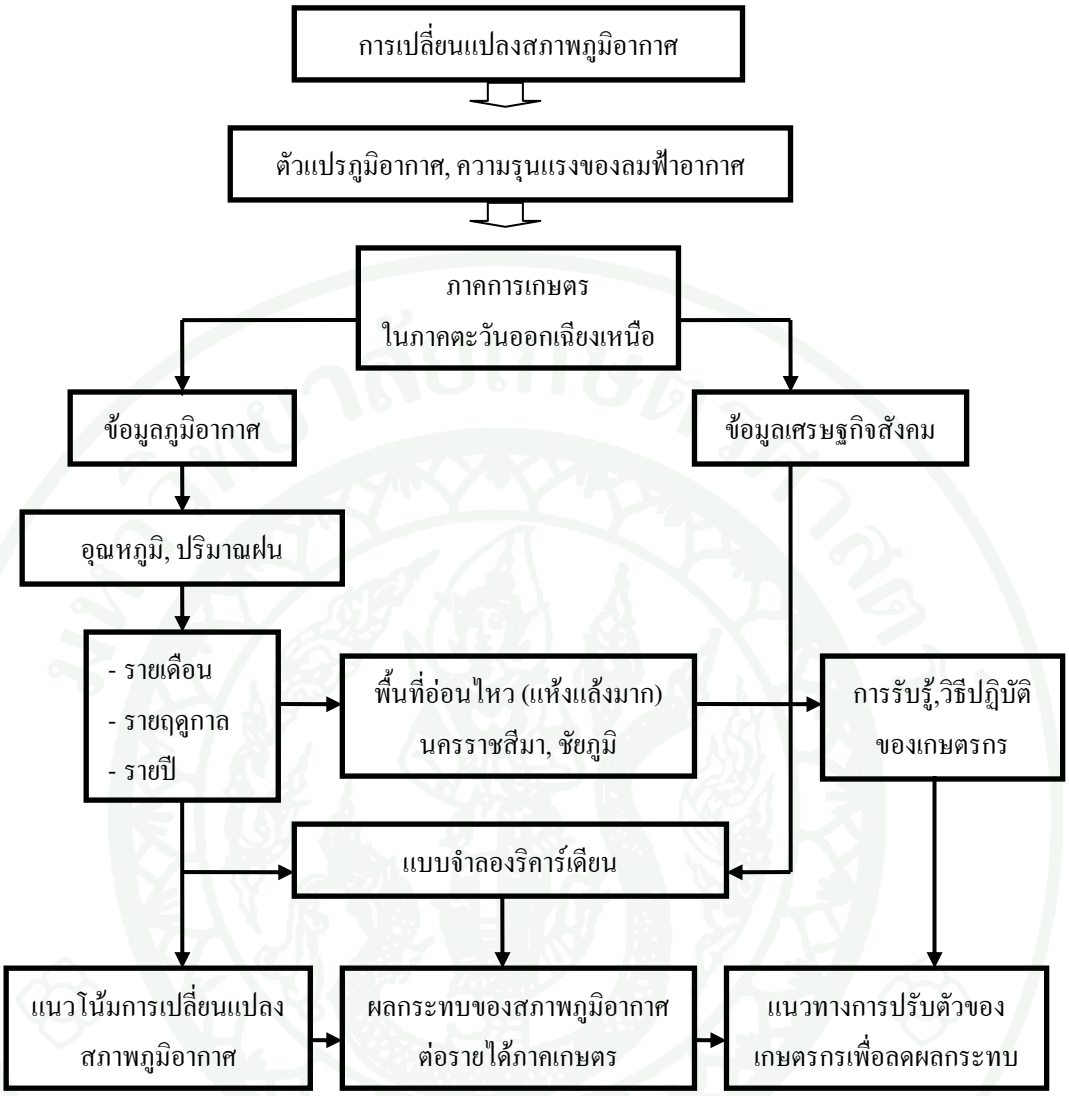
วิธีการศึกษา

ในบทนี้ได้อธิบายถึงกรอบแนวคิด วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล ระเบียบวิธีวิจัยในการวิเคราะห์ข้อมูลรวมถึงแบบจำลองที่ใช้ในการศึกษา เพื่อให้สามารถบรรลุวัตถุประสงค์ของการศึกษาที่ได้กำหนดไว้

การประเมินผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่มีผลต่อรายได้สุทธิภาคการเกษตรในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย มีแนวคิดและกระบวนการวิจัยเป็นไปตามกรอบแนวคิดในภาพที่ 3 กล่าวคือ เมื่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศย่อมก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงตัวแปรภูมิอากาศ เช่น อุณหภูมิ ปริมาณฝน รังสีดวงอาทิตย์ ความชื้นสัมพัทธ์ และอีกหลายองค์ประกอบภูมิอากาศ รวมถึงการเปลี่ยนแปลงของภาวะความรุนแรงของภูมิอากาศ ได้แก่ น้ำท่วม พายุ คลื่นความร้อน ความแห้งแล้ง เป็นต้น เหล่านี้ล้วนส่งผลกระทบโดยตรงต่อภาคการเกษตรภาคการผลิตที่ต้องพึ่งพาภูมิอากาศเป็นสำคัญ เมื่อพิจารณาพื้นที่เสี่ยงและอ่อนไหวของประเทศไทยพบว่าภาคตะวันออกเฉียงเหนือเป็นภูมิภาคที่มีความเสี่ยงและความอ่อนไหวมากที่สุด อันเนื่องมาจากปัญหาความเสื่อมโทรมของทรัพยากร ภูมิศาสตร์และปัจจัยด้านเศรษฐกิจสังคม

การศึกษาผลกระทบดังกล่าวได้นำข้อมูลภูมิอากาศมาวิเคราะห์ทางสถิติหาแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงตัวแปรภูมิอากาศ ได้แก่ อุณหภูมิ และปริมาณฝน เป็นค่าเฉลี่ยรายเดือน รายฤดูกาล และรายปี ได้ข้อมูลแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ เมื่อพิจารณาแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวพบว่า พื้นที่ที่มีความอ่อนไหวต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศมากที่สุด คือ จังหวัดนครราชสีมาและชัยภูมิ เนื่องจากเป็นที่ที่มีความแห้งแล้งและปัจจัยเสี่ยงหลายประการ ทั้งสองจังหวัดจึงเป็นกรณีศึกษาที่ดีในการประมวลหาความคิดเห็นและแนวทางการปรับตัวของเกษตรกรเพื่อรองรับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ จากนั้นนำค่าตัวแปรภูมิอากาศรายฤดูกาลที่คำนวณไว้กับข้อมูลเศรษฐกิจสังคมของเกษตรกรในพื้นที่ 19 จังหวัดตะวันออกเฉียงเหนือ ในช่วง พ.ศ. 2544-2550 เป็นข้อมูลนำเข้าแบบจำลองริคาร์เดียนเพื่อประเมินหาผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่มีต่อรายได้สุทธิภาคการเกษตร ซึ่งผลการศึกษาที่ได้จะแสดงให้เห็นความเชื่อมโยงระหว่างสถานการณ์ผลกระทบที่เกิดขึ้น และการปรับตัวของเกษตรกรต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 3 กรอบแนวคิดในการวิจัย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์ประกอบด้วย 2 ส่วน ดังรายละเอียดต่อไปนี้

ข้อมูลทุติยภูมิ (secondary data)

1. รวบรวมข้อมูลอุตุนิยมวิทยา เพื่อวิเคราะห์แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในภาคตะวันออกเฉียงเหนือได้แก่ ข้อมูลสถิติอุณหภูมิ และปริมาณฝน โดยได้ทำการรวบรวมข้อมูลจากฝ่ายข้อมูลภูมิอากาศ กรมอุตุนิยมวิทยา เป็นระยะเวลา 50 ปี คือ ในช่วง พ.ศ. 2503-2552 (ค.ศ. 1960-2009) จากสถานีอุตุนิยมวิทยาทั้งสิ้น 26 สถานี ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โดยมี 3 จังหวัดที่ไม่มีที่ตั้งของสถานีอุตุนิยมวิทยา ได้แก่ ยโสธร อำนาจเจริญ และหนองบัวลำภู จึงได้รวบรวมข้อมูลจากสถานีในจังหวัดข้างเคียง จำนวน 3 สถานี มาหาค่าเฉลี่ยเพื่อเป็นข้อมูลตัวแทนของจังหวัดดังกล่าว (รายละเอียดดังตารางผนวกที่ 1) ทั้งนี้ข้อมูลแต่ละชนิดที่ได้จากกรมอุตุนิยมวิทยาได้มีการหาค่าเฉลี่ยรายเดือนจากค่ารายวันของข้อมูลไว้เรียบร้อยแล้ว ในที่นี้ค่าเฉลี่ยรายเดือน จึงหมายถึง ค่าเฉลี่ยของข้อมูลสำหรับเดือนใดๆ ซึ่งประกอบด้วย

1.1 ข้อมูลอุณหภูมิ โดยข้อมูลอุณหภูมิที่ใช้ในการวิเคราะห์ คือ อุณหภูมิอากาศผิวพื้นที่ทำการตรวจวัดใน 3 ลักษณะดังนี้

1.1.1 อุณหภูมิเฉลี่ย มีหน่วยเป็นองศาเซลเซียส โดยกรมอุตุนิยมวิทยาได้ทำการตรวจวัดอุณหภูมิอากาศทุก 3 ชั่วโมง คือ เวลา 01.00 04.00 07.00 10.00 13.00 16.00 19.00 และ 22.00 แล้วนำมาคำนวณค่าเฉลี่ยเลขคณิตเป็นอุณหภูมิเฉลี่ยรายวัน จากอุณหภูมิเฉลี่ยรายวันของแต่ละเดือนนำมาคำนวณค่าเฉลี่ยเลขคณิตเป็นอุณหภูมิเฉลี่ยรายเดือน

1.1.2 อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ย คือ อุณหภูมิอากาศที่สูงที่สุดในแต่ละวันซึ่งตรวจวัดจากเทอร์โมมิเตอร์แบบสูงสุด หน่วยเป็นองศาเซลเซียส นำค่าอุณหภูมิสูงสุดรายวันมาคำนวณหาค่าเฉลี่ยเลยคณิตเป็นอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยรายเดือน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1.1.3 อุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ย คือ อุณหภูมิอากาศต่ำที่สุดในแต่ละวันซึ่งตรวจ วัดจากเทอร์โมมิเตอร์แบบต่ำสุด หน่วยเป็นองศาเซลเซียส นำค่าอุณหภูมิต่ำสุดรายวันมาคำนวณหาค่าเฉลี่ยเลขคณิตเป็นอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยรายเดือน

1.2 ข้อมูลปริมาณฝน โดยข้อมูลปริมาณฝนที่ใช้ในการวิเคราะห์ คือ ปริมาณฝนรวมและจำนวนวันฝนตก

1.2.1 ปริมาณฝนรวม ประกอบด้วยปริมาณฝนรวมรายเดือน ซึ่งหมายถึงผลรวมของปริมาณฝนรายวันในแต่ละเดือน ส่วนปริมาณฝนรวมรายปี หมายถึง ผลรวมของปริมาณฝนรายเดือนทั้ง 12 เดือน มีหน่วยเป็นมิลลิเมตร

1.2.2 จำนวนวันฝนตก ประกอบด้วยจำนวนวันฝนตกรวมรายเดือน และจำนวนวันฝนตกรวมรายปี มีหน่วยเป็นวัน

2. รวบรวมข้อมูลทางเศรษฐกิจและสังคมในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ได้แก่ รายได้สุทธิจากภาคการเกษตร ขนาดครัวเรือนเกษตรกร ขนาดพื้นที่ถือครองทางการเกษตร พื้นที่ชลประทานรายจังหวัด จัดทำไว้โดยสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตรและกรมชลประทาน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ในการประเมินผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่มีต่อรายได้สุทธิภาคการเกษตร โดยการวิเคราะห์สมการถดถอยเชิงซ้อน (multiple regression analysis) ได้เก็บรวบข้อมูลเป็นรายจังหวัดในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ รวม 19 จังหวัด ในช่วง พ.ศ. 2544-2550 (7 ปี) เป็นตัวอย่างในการศึกษา รวมทั้งสิ้นจำนวน 133 ตัวอย่าง

สำหรับข้อมูลพื้นฐานที่เกี่ยวข้องกับภาพรวมทั่วไปทางด้านการทำการเกษตร ทำการรวบรวมข้อมูลจากการค้นคว้าจากหนังสือ เอกสาร วิทยานิพนธ์ และบทความทางวิชาการ รวมถึงจากหน่วยงานราชการต่างๆ ที่เกี่ยวข้องได้แก่ สำนักงานสถิติแห่งชาติ

ข้อมูลปฐมภูมิ (primary data)

ข้อมูลที่ได้จากการสำรวจภาคสนามภายใต้โครงการวิจัยเรื่อง “Vulnerability to Climate Change: Adaptation Strategies and Layers of Resilience” ซึ่งดำเนินการโดยกรมวิชาการเกษตร

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ร่วมกับ International Crops Research Institute for Semiarid Tropics (ICRISAT) โดยใช้แบบสอบถาม สอบถามเกษตรกร จำนวน 160 ครัวเรือน ในพื้นที่ศึกษาในจังหวัดชัยภูมิได้แก่ ตำบลส้มป่อย และตำบลกุดน้ำใส อำเภอจัตุรัส ในจังหวัดนครราชสีมา ได้แก่ ตำบลท่าเยี่ยม และตำบลพลับพลา อำเภอโชคชัย (ตารางที่ 3) เพื่อให้ได้ข้อมูลความคิดเห็นของเกษตรกรเกี่ยวกับผลกระทบและแนวทางการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

ตารางที่ 3 จำนวนตัวอย่างเกษตรกรที่เลือกทำการศึกษาในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ พ.ศ. 2552

จังหวัด	อำเภอ	ตำบล	หมู่บ้าน	จำนวนตัวอย่าง
นครราชสีมา	โชคชัย	ท่าเยี่ยม	หมู่ 8 บ้านดอนไพล	40
		พลับพลา	หมู่ 12 บ้านกุดสวาย	40
ชัยภูมิ	จัตุรัส	กุดน้ำใส	หมู่ 7 บ้านท่าแตง	40
		ส้มป่อย	หมู่ 4 บ้านหนองม่วง	40
รวม				**160**

การวิเคราะห์ข้อมูล

เพื่อบรรลุวัตถุประสงค์ข้อที่ 1 ในการวิเคราะห์แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศจากข้อมูลสถิติอุตุนิยมวิทยาที่ทำการเก็บรวบรวมไว้จากสถานีอุตุนิยมวิทยา จำนวน 26 สถานี ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือในช่วง พ.ศ. 2503-2552 (50 ปี) เพื่อการวิเคราะห์แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ และการวิเคราะห์แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงปริมาณฝน โดยอาศัยแนวทางการศึกษาแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิและปริมาณฝนของกรมอุตุนิยมวิทยา โดยจะทำการวิเคราะห์ค่าของข้อมูลปริมาณฝนและอุณหภูมิทั้งรายเดือน รายฤดูกาล และรายปี ที่เปลี่ยนแปลงไปจากค่าปกติ โดยใช้ค่าปกติที่เป็นมาตรฐานสากล คือ ค่าปกติ (standard normal) ซึ่งเป็นค่าเฉลี่ยข้อมูลในช่วงเวลา 30 ปี ระหว่าง พ.ศ. 2504-2533 (ค.ศ. 1961-1990) การวิเคราะห์ในส่วนนี้ใช้ข้อมูลเฉลี่ยของจังหวัดต่างๆ ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เพื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงภาพรวมในระดับภาค และระดับจังหวัด โดยมีวิธีการวิเคราะห์ข้อมูลดังนี้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1. การวิเคราะห์แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ พ.ศ. 2503-2552 ประกอบด้วย

1.1 การวิเคราะห์แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิรายเดือน

- นำข้อมูลอุณหภูมิเฉลี่ย อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ย อุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ย รายเดือน ของเดือนมกราคมของทุกปี ในช่วง พ.ศ. 2504-2533 (คาบ 30 ปี) ของทุกสถานี มาคำนวณค่าเฉลี่ยเลขคณิตเพื่อหาค่าปกติ (standard normal) ประจำเดือนมกราคม ของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

- หาค่าปกติ (standard normal) ประจำเดือนกุมภาพันธ์-ธันวาคม โดยวิธีการเดียวกับเดือนมกราคม

- นำข้อมูลอุณหภูมิเฉลี่ย อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ย อุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ย รายเดือนของทุกปี พ.ศ. 2503-2552 (จำนวน 50 ปี) มาคำนวณหาค่าผิดสภาพ (anomaly) มีสูตรการคำนวณ คือ (จิราภรณ์ จุฬากรณ์, พิศ คงบริรักษ์ และ ชุติมา คตสุก, 2545)

$$\text{anomaly} = \frac{\bar{x} - \overline{X}}{SD}$$

โดยที่ $\bar{x}$ คือ ค่าเฉลี่ยของข้อมูลในช่วงเวลาหนึ่ง

$\overline{X}$ คือ ค่าปกติ (ค่าเฉลี่ย 30 ปี ค.ศ. 1961-1990)

S.D. คือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูล

- นำค่าผิดสภาพที่ได้มาแสดงให้เห็นแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของข้อมูลด้วยแนวโน้มเชิงเส้น (linear trend) ในรูปแบบแผนภูมิอนุกรมเวลา

1.2 การวิเคราะห์แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิรายฤดูกาล

- นำข้อมูลอุณหภูมิเฉลี่ย อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ย อุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ย รายเดือนของทุกปี ในช่วง พ.ศ. 2504-2533 ของทุกสถานี มาหาค่าเฉลี่ยเลขคณิตเป็นข้อมูลรายฤดูกาล โดยนำข้อมูลเดือนมิถุนายน-สิงหาคม มาคำนวณหาค่าเฉลี่ยของต้นฤดูฝน เดือนกันยายน-พฤศจิกายน เป็น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ปลายฤดูฝน เดือนธันวาคม-กุมภาพันธ์ เป็นฤดูหนาว และเดือนมีนาคม-เดือนพฤษภาคม เป็นฤดูร้อน จะได้เป็นค่าปกติรายฤดูกาล (คาบ 30 ปี)

- นำข้อมูลอุณหภูมิเฉลี่ย อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ย อุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ย รายเดือนในแต่ละปี มาคำนวณหาค่าเฉลี่ยเลขคณิตเป็นข้อมูลรายฤดูกาลของทุกปี

- นำข้อมูลอุณหภูมิเฉลี่ย อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ย อุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ย รายฤดูกาลของทุกปี พ.ศ. 2503-2552 (จำนวน 50 ปี) มาคำนวณหาค่าผิดสภาพ (anomaly) ด้วยวิธีการเดียวกับอุณหภูมิเฉลี่ยรายเดือน

1.3 การวิเคราะห์แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิรายปี

- นำข้อมูลอุณหภูมิเฉลี่ย อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ย อุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ย ของทุกเดือนตั้งแต่เดือนมกราคม-ธันวาคม มาหาค่าเฉลี่ยเลขคณิตเป็นค่าเฉลี่ยรายปี และนำค่าเฉลี่ยที่ได้ในแต่ละปี จำนวน 30 ปี ในช่วง พ.ศ. 2504-2533 มาคำนวณหาค่าเฉลี่ยเลขคณิตอีกครั้ง จะได้ค่าปกติรายปี (คาบ 30 ปี)

- นำข้อมูลอุณหภูมิเฉลี่ย อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ย อุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ย รายปี ของทุกปี พ.ศ. 2503-2552 (จำนวน 50 ปี) มาคำนวณหาค่าผิดสภาพ (anomaly) ด้วยวิธีการเดียวกับอุณหภูมิเฉลี่ยรายเดือนและรายฤดูกาล

2. การวิเคราะห์แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงปริมาณฝน พ.ศ. 2503-2552 ประกอบด้วย

2.1 การวิเคราะห์แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงปริมาณฝนรวมรายเดือน

- นำข้อมูลปริมาณฝนรวมรายเดือน ของเดือนมกราคมของทุกปีในช่วง พ.ศ. 2504-2533 (คาบ 30 ปี) ของทุกสถานี มาคำนวณค่าเฉลี่ยเลขคณิตเพื่อหาค่าปกติ (standard normal) ประจำเดือนมกราคม ของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

- หาค่าปกติประจำเดือนกุมภาพันธ์-ธันวาคม โดยวิธีการเดียวกับเดือนมกราคม

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

- นำข้อมูลปริมาณฝนรวมรายเดือนของทุกปี พ.ศ. 2503-2552 (จำนวน 50 ปี) มาคำนวณหาแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงปริมาณฝนจากค่าร้อยละของสัดส่วนของฝนช่วงเวลาใดช่วงเวลาหนึ่งต่อค่าปกติ (ratio)

- นำค่าร้อยละที่ได้มาแสดงให้เห็นแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของข้อมูลด้วยแนวโน้มเชิงเส้นในรูปแบบแผนภูมิอนุกรมเวลา

- การวิเคราะห์แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงปริมาณฝนรวมรายฤดูกาล และรายปี โดยการนำข้อมูลปริมาณฝนรายฤดูกาล และรายปี มาคำนวณด้วยวิธีการเดียวกับรายเดือนและแสดงผล

2.2 การวิเคราะห์แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงจำนวนวันฝนตก

- นำข้อมูลจำนวนวันฝนตกรายเดือน ของเดือนมกราคมของทุกปีในช่วง พ.ศ. 2504-2533 (คาบ 30 ปี) ของทุกสถานี มาคำนวณค่าเฉลี่ยเลขคณิตเพื่อหาค่าปกติ (standard normal) ประจำเดือนมกราคม-ธันวาคม ของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

- นำข้อมูลจำนวนวันฝนตกรวมรายเดือนของทุกปี พ.ศ. 2503-2552 (จำนวน 50 ปี) มาคำนวณหาแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงปริมาณฝนจากค่าผิดสภาพ (anomaly)

- การวิเคราะห์แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงจำนวนวันฝนตกรวมรายฤดูกาล และรายปี โดยคำนวณด้วยวิธีการเดียวกับจำนวนวันฝนตกรายเดือนและแสดงผล

เพื่อบรรลุวัตถุประสงค์ข้อที่ 2 ในการวิเคราะห์ผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อการเปลี่ยนแปลงรายได้สุทธิภาคการเกษตรของเกษตรกร โดยในการศึกษาครั้งนี้มุ่งศึกษาปัจจัยที่ส่งผลกระทบ ได้แก่ ปัจจัยด้านภูมิอากาศ ปัจจัยด้านเศรษฐกิจสังคมของครัวเรือนเกษตรกร โดยทำการวิเคราะห์สมการถดถอยเชิงซ้อน (multiple regression analysis) เพื่อหาค่าความสัมพันธ์ของตัวแปรตามและตัวแปรอิสระหลายตัวแปร และนำผลที่ได้ไปพยากรณ์ผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่มีต่อรายได้ภาคการเกษตร ซึ่งตัวแปรที่นำมาศึกษาประกอบด้วย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตัวแปรตาม

รายได้สุทธิภาคการเกษตร ได้ทำเก็บรวบรวมข้อมูลรายได้สุทธิภาคการเกษตรจากสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร รายได้สุทธิภาคการเกษตร ในที่นี้จึงหมายถึงรายได้เงินสดบวกรายได้ที่ไม่ใช้เงินสดซึ่งได้จากผลผลิต ผลพลอยได้ และสิ่งอื่นใดจากกระบวนการผลิตทางการเกษตรหักออกด้วยมูลค่าปัจจัยการผลิตที่ซื้อมาใช้ไปในกระบวนการผลิตทางการเกษตร

ตัวแปรอิสระ

1. ปัจจัยด้านภูมิอากาศ ได้แก่ ตัวแปรอุณหภูมิ และปริมาณฝน ประกอบด้วย

1.1 ตัวแปรอุณหภูมิเฉลี่ยรายฤดูกาลและปริมาณฝนเฉลี่ยรายฤดูกาล

เพื่อให้สอดคล้องกับช่วงเวลาการเพาะปลูกพืชของเกษตรกร และชีววิทยาของพืช ซึ่งพบว่าการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิและปริมาณฝนในฤดูกาลที่แตกต่างกัน จะส่งผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของพืชและรายได้สุทธิภาคการเกษตรของเกษตรกรในลักษณะที่แตกต่างกัน จึงได้นำค่าอุณหภูมิและปริมาณฝนเฉลี่ยรายเดือนมาคำนวณเป็นอุณหภูมิและปริมาณฝนเฉลี่ยรายฤดูกาล ประกอบด้วย ฤดูหนาว (ธ.ค.-ก.พ.) ฤดูร้อน (มี.ค.-พ.ค.) ต้นฤดูฝน (มิ.ย.-ส.ค.) ปลายฤดูฝน (ก.ย.-พ.ย.) ทั้งนี้พบว่าเกษตรกรในภาคตะวันออกเฉียงเหนือจะมีช่วงเพาะปลูกและเก็บเกี่ยวพืชเศรษฐกิจหลักหมุนเวียนตลอดทั้งปี เช่น พืชที่ปลูกช่วงต้นฝน ได้แก่ มันสำปะหลังต้นฤดู ปอแก้ว ข้าว ข้าวนาปี พืชที่ปลูกช่วงปลายฝน ได้แก่ ข้าว ข้าวนาปี มันสำปะหลังปลายฤดู ข้าวโพด ซึ่งจะทำการเก็บเกี่ยวในช่วงต้นฤดูหนาว และพืชบางชนิด เช่น มันสำปะหลังปลายฤดู อ้อยโรงงาน ช่วงการเก็บเกี่ยวจะยาวไปจนถึงฤดูหนาวและฤดูร้อน ดังนั้น ในการพิจารณาผลกระทบของปัจจัยภูมิอากาศจึงนำตัวแปรอุณหภูมิและปริมาณฝนในทุกฤดูกาลมาพิจารณา

1.2 ตัวแปรอุณหภูมิเฉลี่ยรายฤดูกาลและปริมาณฝนเฉลี่ยรายฤดูกาลยกกำลังสอง

ได้เพิ่มตัวแปรอุณหภูมิและปริมาณฝนยกกำลังสองเข้าไปในระบบสมการ เนื่องจากการทบทวนเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พบว่า ตัวแปรภูมิอากาศจะมีความสัมพันธ์ต่อการเปลี่ยนแปลงรายได้สุทธิภาคการเกษตรไม่ใช่ในลักษณะสมการเชิงเส้นตรง แต่เป็นในลักษณะสมการยกกำลังสอง (quadratic function)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2. ปัจจัยด้านเศรษฐกิจสังคมของครัวเรือนเกษตร ประกอบด้วย

2.1 ตัวแปรขนาดครัวเรือน

ข้อมูลขนาดครัวเรือน มีหน่วยเป็นคนต่อครัวเรือน เป็นค่าเฉลี่ยของจำนวนประชากรทั้งหมดต่อจำนวนครัวเรือนทั้งหมด

2.2 ตัวแปรขนาดพื้นที่ถือครองทางการเกษตร

เพื่อแสดงถึงขีดความสามารถในการปรับตัวของเกษตรกร (adaptive capacity) ซึ่งพื้นที่ถือครองทางการเกษตร ในที่นี้หมายรวมถึงพื้นที่รวมของที่ดินทุกผืนที่ถือครองอยู่และใช้ในการทำการเกษตรซึ่งอาจเป็นเจ้าของ เช่า หรือได้ทำฟรี ตามนิยามของสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร

2.3 ตัวแปรสัดส่วนพื้นที่ชลประทาน

หมายถึง จำนวนพื้นที่ชลประทานทั้งหมดต่อจำนวนพื้นที่ถือครองทางเกษตรทั้งหมด หน่วยเป็นร้อยละ

แบบจำลองที่ใช้ในการศึกษา

แบบจำลองที่ใช้ในการประเมินผลกระทบจากปัจจัยด้านต่างๆ ที่มีผลกระทบต่อรายได้สุทธิของเกษตรกรในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โดยอาศัยแนวคิดของ Mendelsohn, Nordhaus and Shaw (1994) แต่เพื่อลดความเอนเอียงของผลการวิเคราะห์จากแนวคิดที่กำหนดให้เวคเตอร์ค่าใช้จ่ายของปัจจัยการผลิต (K) คงที่ ในการศึกษาครั้งนี้จะกำหนดให้เวคเตอร์ค่าใช้จ่ายของปัจจัยการผลิตไม่คงที่ จึงได้ว่า รายได้สุทธิภาคการเกษตรเป็นฟังก์ชันของเวคเตอร์ค่าใช้จ่ายปัจจัยการผลิต (K) และปัจจัยสิ่งแวดล้อมภายนอก (E) จากสมการ (5) ในบทที่สอง เพิ่มปัจจัย (K) เข้าไปดังสมการ

$$NR = \beta_0 + \beta_1 K + \beta_2 F + \beta_3 F^2 + \beta_4 Z + \beta_5 H + \beta_6 G + u \qquad (6)$$

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

จากสมการ (6) ใส่ปัจจัยภูมิอากาศ ได้แก่ ตัวแปรอุณหภูมิเฉลี่ยรายฤดูกาล ตัวแปรปริมาณฝนเฉลี่ยรายฤดูกาล ปัจจัยด้านปัจจัยทางเศรษฐกิจสังคมของครัวเรือนเกษตรกร ได้แก่ ตัวแปรขนาดครัวเรือนเฉลี่ย และตัวแปรขนาดพื้นที่ถือครองทางการเกษตรเฉลี่ย ส่วนปัจจัยด้านอุทกได้กำหนดตัวแปรสัดส่วนพื้นที่ชลประทานต่อพื้นที่การเกษตรทั้งหมด จะได้สมการดังนี้

$$NR = ß_0+ß_1K+ß_2T_S+ß_3T^2_S+ß_4R_S+ß_5R^2_S+ß_6HS+ß_7FS+ß_8IRRI+u \quad (7)$$

กำหนดให้

NR คือ รายได้สุทธิภาคการเกษตร (บาท/ไร่/ปี)
K คือ เวคเตอร์ค่าใช้จ่ายสำหรับปัจจัยการผลิต (บาท/ไร่/ปี)
T คือ อุณหภูมิเฉลี่ยรายฤดูกาล (องศาเซลเซียส)
T^2 คือ อุณหภูมิเฉลี่ยรายฤดูกาลกำลังสอง (องศาเซลเซียส)
R คือ ปริมาณฝนเฉลี่ยรายฤดูกาล (มิลลิเมตร)
R^2 คือ ปริมาณฝนเฉลี่ยรายฤดูกาลกำลังสอง (มิลลิเมตร)
s คือ ฤดูกาลที่ 1-4 ได้แก่ 1 คือ หนาว (ธ.ค.-ก.พ.) 2 คือ ร้อน (มี.ค.-พ.ค.) 3 คือ ต้นฝน (มิ.ย.-ส.ค.) 4 คือ ปลายฝน (ก.ย.-พ.ย.)
HS คือ ขนาดครัวเรือนเกษตรกร (คน/ครัวเรือน)
FS คือ ตัวแปร proxy ด้านขีดความสามารถในการปรับตัว
IRRI คือ สัดส่วนพื้นที่ชลประทานต่อพื้นที่ถือครองทางการเกษตร (%)
u คือ ค่าความคลาดเคลื่อน

เนื่องจากปัจจัยภูมิอากาศมีความสัมพันธ์ต่อการเปลี่ยนแปลงรายได้สุทธิภาคการเกษตรในรูปแบบสมการกำลังสอง (quadratic term) การวิเคราะห์ผลกระทบส่วนเพิ่ม (marginal impact) จึงจะพิจารณาจากสมการ (Kaufmann, 1998)

$$NR = ß_1F + ß_2F^2 \quad (8)$$

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

โดยที่ NR คือ รายได้สุทธิภาคการเกษตร

$ß_1, ß_2$ คือ ค่าสัมประสิทธิ์หน้าตัวแปรปัจจัยภูมิอากาศ

F คือ ตัวแปรภูมิอากาศ (อุณหภูมิรายฤดูกาล, ปริมาณฝนรายฤดูกาล)

เพื่อที่จะให้ทราบผลกระทบของปัจจัยภูมิอากาศ (F) ที่มีต่อรายได้สุทธิภาคการเกษตร (NR) จึงทำการหาอนุพันธ์บางส่วน (partial derivatives) ของ F ต่อ NR โดยนำค่าเฉลี่ย (mean) ของตัวแปรภูมิอากาศรายฤดูกาล (รายละเอียดดังตารางผนวกที่ 2) แทนค่า F และแทนค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปรภูมิอากาศรายฤดูกาลที่ได้จากการวิเคราะห์สมการถดถอยเชิงซ้อน ($ß_1, ß_2$) สามารถคำนวณได้ดังนี้

$$\frac{\partial NR}{\partial F} = ß_1 + 2ß_2F \qquad (9)$$

และเพื่อบรรลุวัตถุประสงค์ข้อที่ 3 จะทำการวิเคราะห์ข้อมูลปฐมภูมิที่ได้จากแบบสอบถามภายใต้โครงการวิจัยเรื่อง “Vulnerability to Climate Change: Adaptation Strategies and Layers of Resilience” เกี่ยวกับความคิดเห็นของเกษตรกรในพื้นที่ศึกษา และนำเสนอข้อมูลในรูปคำอธิบายประกอบตาราง และค่าสถิติอย่างง่าย เพื่ออธิบายถึงความคิดเห็นของเกษตรกรเกี่ยวกับแนวทางการปรับตัวเพื่อลดผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ กรณีศึกษาในจังหวัดนครราชสีมาและจังหวัดชัยภูมิ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

บทที่ 4

แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

การวิเคราะห์แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของภูมิอากาศในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยเพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ในข้อที่ 1 ได้ทำการวิเคราะห์ผ่านตัวแปรภูมิอากาศที่สำคัญ ได้แก่ อุณหภูมิ และปริมาณฝน ซึ่งการวิเคราะห์แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ ได้แบ่งการวิเคราะห์ข้อมูล 3 แบบ ได้แก่ อุณหภูมิเฉลี่ย อุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ย และอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ย ส่วนการวิเคราะห์แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงปริมาณฝน แบ่งการวิเคราะห์เป็น การเปลี่ยนแปลงปริมาณฝนรวมเฉลี่ย และจำนวนวันฝนตก ซึ่งแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูลรายเดือน รายฤดูกาล และรายปี จากการศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูลดังกล่าว ทำให้ได้ผลการศึกษาดังต่อไปนี้

แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ

แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเฉลี่ย

1. แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเฉลี่ยรายเดือน

จากการนำข้อมูลอุณหภูมิเฉลี่ยของแต่ละเดือนของทุกปี ในช่วงปี พ.ศ. 2503-2552 (ค.ศ. 1960-2009) มาวิเคราะห์ทางสถิติเปรียบเทียบกับค่าปกติในรอบ 30 ปี (ค.ศ. 1961-1990) พบว่าอุณหภูมิเฉลี่ยรายเดือนในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงที่แตกต่างกันในแต่ละเดือน ดังแสดงในภาพที่ 4

มกราคม อุณหภูมิเฉลี่ยในเดือนมกราคมมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นอย่างชัดเจน เมื่อเปรียบเทียบกับค่าปกติที่มีค่าเท่ากับ 22.8 องศาเซลเซียส โดยอุณหภูมิเฉลี่ยเริ่มมีแนวโน้มสูงกว่าค่าปกติตั้งแต่ พ.ศ. 2517 และปีที่มีค่าผิดสภาพของอุณหภูมิเฉลี่ยสูงที่สุดได้แก่ พ.ศ. 2548 ที่มีอุณหภูมิเฉลี่ยเท่ากับ 28.3 องศาเซลเซียส

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

กุมภาพันธ์ เป็นเดือนที่มีแนวโน้มอุณหภูมิเฉลี่ยเพิ่มขึ้นสูงสุด ซึ่งในเดือนนี้อุณหภูมิเฉลี่ยมีค่าปกติเท่ากับ 25.4 องศาเซลเซียส และ พ.ศ. 2541 (ค.ศ. 1998) เป็นปีที่อุณหภูมิเฉลี่ยในเดือนกุมภาพันธ์มีค่าผิดสภาพสูงที่สุด

มีนาคม อุณหภูมิเฉลี่ยมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นจากค่าปกติ (28° องศาเซลเซียส) และใน พ.ศ. 2535 เป็นปีที่มีค่าผิดสภาพของอุณหภูมิเฉลี่ยเดือนมีนาคมสูงที่สุด ซึ่งสูงกว่าค่าปกติเท่ากับ 2.82 องศาเซลเซียส

เมษายน อุณหภูมิเฉลี่ยในเดือนเมษายนของแต่ละปีมีค่าความผิดสภาพที่ไม่แน่นอน แต่แนวโน้มโดยรวมพบว่า อุณหภูมิเฉลี่ยในเดือนเมษายนมีแนวโน้มลดลง ปีที่มีอุณหภูมิเฉลี่ยต่ำกว่าค่าปกติที่สุดได้แก่ พ.ศ. 2551 มีค่าผิดสภาพของอุณหภูมิเฉลี่ยเท่ากับ -2.40 องศาเซลเซียส

พฤษภาคม อุณหภูมิเฉลี่ยของเดือนพฤษภาคมของแต่ละปีมีค่าความผิดสภาพที่ไม่แน่นอนและมีความแตกต่างกัน แต่มีแนวโน้มลดลง โดยในช่วง 30 ปีแรก อุณหภูมิเฉลี่ยมีค่าใกล้เคียงกับค่าปกติและค่อยๆ ลดต่ำลงกว่าค่าปกติในช่วง 20 ปีหลัง ซึ่งเดือนพฤษภาคมจะมีอุณหภูมิเฉลี่ยที่มีค่าปกติเท่ากับ 29 องศาเซลเซียส

มิถุนายน แม้จะมีค่าความผิดสภาพของอุณหภูมิเฉลี่ยที่แตกต่างกันในแต่ละปี แต่พบว่าเป็นเดือนเดียวที่อุณหภูมิเฉลี่ยมีแนวโน้มไม่เปลี่ยนแปลง โดยมีค่าปกติเท่ากับ 28.4 องศาเซลเซียส

กรกฎาคม อุณหภูมิเฉลี่ยมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นอย่างช้าๆ โดยในช่วง 40 ปีแรก แม้อุณหภูมิเฉลี่ยมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นแต่ยังคงมีค่าต่ำกว่าค่าปกติ (ค่าปกติ 28.1 องศาเซลเซียส) และเริ่มเพิ่มสูงกว่าค่าปกติในช่วง 10 ปีหลัง

สิงหาคม มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเฉลี่ยเช่นเดียวกับเดือนกรกฎาคม คือมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างช้าๆ และสูงกว่าค่าปกติในช่วงทศวรรษหลัง

กันยายน อุณหภูมิเฉลี่ยมีแนวโน้มลดลง และพบว่าแนวโน้มเชิงเส้นของอุณหภูมิเฉลี่ยจะต่ำกว่าค่าปกติโดยตลอดในช่วง 50 ปีที่ผ่านมา ซึ่งค่าปกติเท่ากับ 27.4 องศาเซลเซียส โดยใน พ.ศ. 2525 เป็นปีที่มีอุณหภูมิเฉลี่ยเดือนกันยายนต่ำกว่าค่าปกติที่สุด อุณหภูมิเฉลี่ยเท่ากับ 25.5 องศาเซลเซียส คิดเป็นค่าผิดสภาพเท่ากับ -3.73 องศาเซลเซียส จัดเป็นค่าผิดสภาพที่ต่ำที่สุด

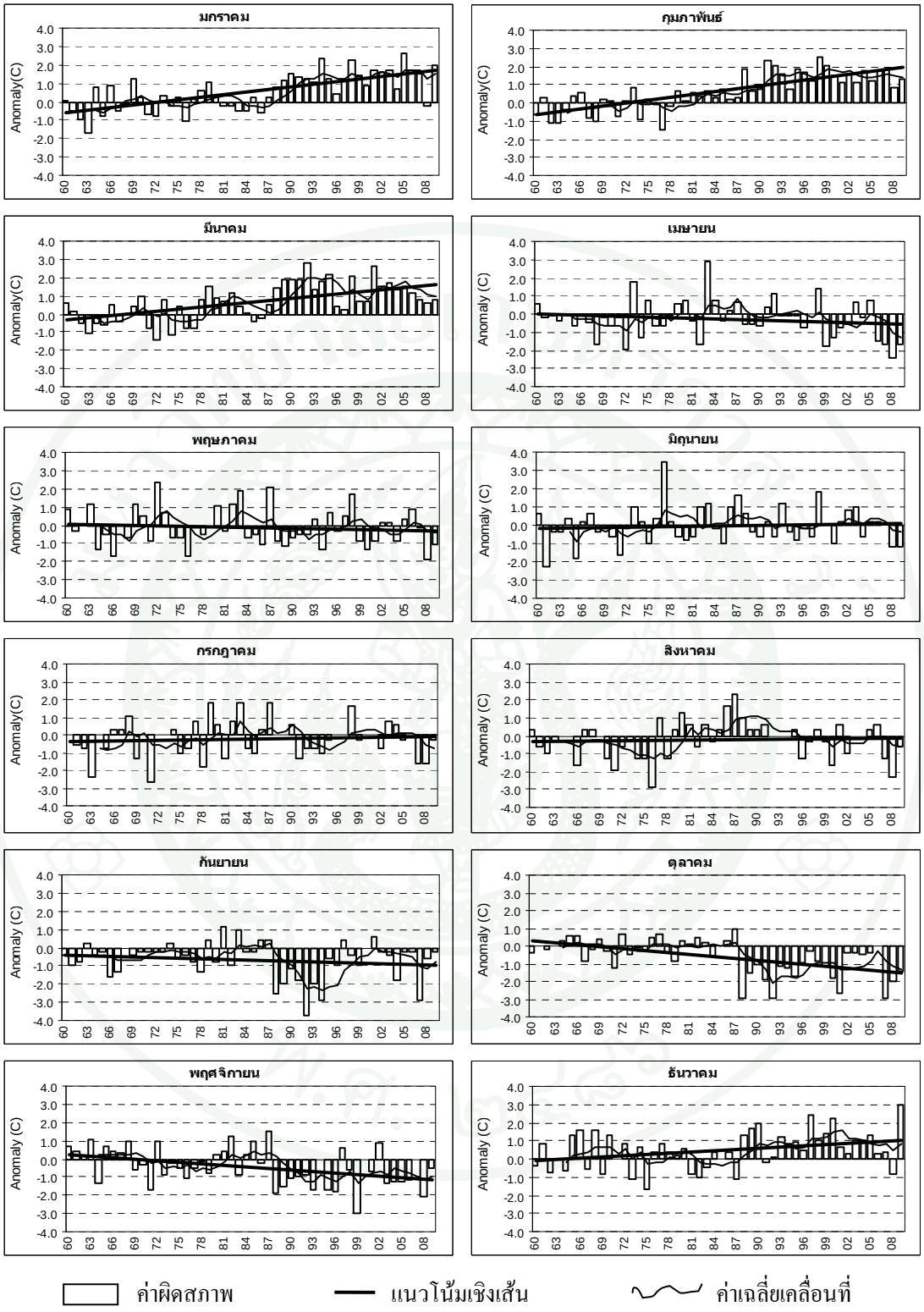
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตุลาคม อุณหภูมิเฉลี่ยมีแนวโน้มลดลงอย่างรวดเร็วและต่ำกว่าค่าปกติอย่างเห็นได้ชัด อุณหภูมิสูงกว่าค่าปกติเล็กน้อยในช่วง 5 ปีแรก และหลังจากนั้นอุณหภูมิเฉลี่ยมีแนวโน้มลดลงอย่างรวดเร็ว และพบว่าหลังจาก พ.ศ. 2530 เป็นต้นมา เดือนตุลาคมของทุกปีจะมีอุณหภูมิเฉลี่ยต่ำกว่า 26.5 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นค่าปกติ

พฤศจิกายน มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเฉลี่ยที่ลดลงต่ำกว่าค่าปกติอย่างชัดเจน แต่ไม่เปลี่ยนแปลงมากเท่าเดือนตุลาคม โดยเดือนพฤศจิกายนจะมีอุณหภูมิเฉลี่ยปกติเท่ากับ 24.6 องศาเซลเซียส และ พ.ศ. 2542 เป็นปีที่มีอุณหภูมิเฉลี่ยต่ำกว่าค่าปกติมากที่สุด อุณหภูมิเฉลี่ยอยู่ที่ 20.7 องศาเซลเซียส

ธันวาคม อุณหภูมิเฉลี่ยในเดือนธันวาคมมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น โดยเริ่มมีการเปลี่ยนแปลงหลังทศวรรษแรกและเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องในช่วงเวลาต่อมา ซึ่งเดือนธันวาคมจะมีอุณหภูมิเฉลี่ยปกติเท่ากับ 22.4 องศาเซลเซียส และใน พ.ศ. 2551 เป็นปีที่มีอุณหภูมิเฉลี่ยสูงที่สุด เท่ากับ 26.9 องศาเซลเซียส คิดเป็นค่าผิดสภาพเท่ากับ +2.98 องศาเซลเซียส

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 4 แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเฉลี่ยรายเดือน ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ พ.ศ. 2503-2552

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2. แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเฉลี่ยรายฤดูกาล

เมื่อนำข้อมูลอุณหภูมิเฉลี่ยในรายฤดูกาลของแต่ละปีมาเทียบกับค่าปกติ 30 ปี แล้ว ปรากฏว่าภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มีแนวโน้มอุณหภูมิเฉลี่ยเพิ่มสูงขึ้นในทุกฤดูกาล (ภาพที่ 5) และปีที่มีค่าผิดสภาพของอุณหภูมิเฉลี่ยสูงกว่าค่าปกติมากคือ พ.ศ. 2541 (ค.ศ. 1998)

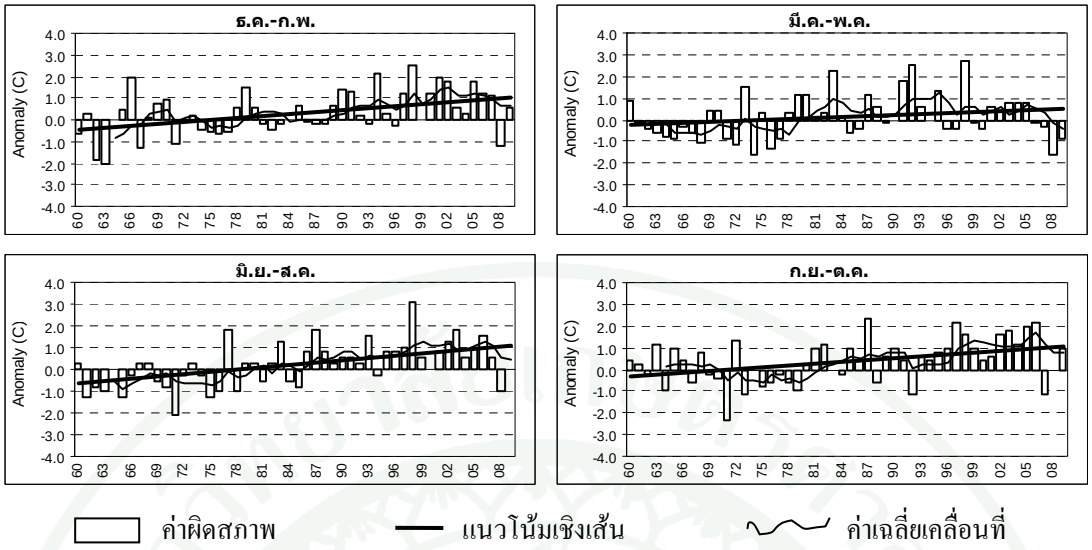
ฤดูหนาว (ธ.ค.-ก.พ.) พบว่า แนวโน้มอุณหภูมิเฉลี่ยมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นกว่าค่าปกติในช่วงหลังจาก พ.ศ. 2517 เป็นต้นมา ในช่วงฤดูนี้ของปีภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีอุณหภูมิเฉลี่ยที่ค่าปกติเท่ากับ 23.5 องศาเซลเซียส โดยปีที่มีค่าผิดสภาพสูงกว่าค่าปกติมากที่สุดได้แก่ พ.ศ. 2541 ที่มีอุณหภูมิเฉลี่ยเท่ากับ 25.8 องศาเซลเซียส และมีค่าผิดสภาพเท่ากับ 2.5 องศาเซลเซียส

ฤดูร้อน (มี.ค.-พ.ค.) พบว่า แนวโน้มอุณหภูมิเฉลี่ยมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นกว่าค่าปกติในช่วงหลังจาก พ.ศ. 2517 เป็นต้นมา ในช่วงฤดูนี้ของปีภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีอุณหภูมิเฉลี่ยที่ค่าปกติเท่ากับ 23.5 องศาเซลเซียส โดยปีที่มีค่าผิดสภาพสูงกว่าค่าปกติมากที่สุดได้แก่ พ.ศ. 2541 ที่มีอุณหภูมิเฉลี่ยเท่ากับ 25.8 องศาเซลเซียส และมีค่าผิดสภาพเท่ากับ 2.5 องศาเซลเซียส

ต้นฤดูฝน (มิ.ย.-ส.ค.) อุณหภูมิเฉลี่ยในช่วงต้นฝนของภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีแนวโน้มสูงขึ้นกว่าค่าปกติอย่างชัดเจน มีค่าปกติของอุณหภูมิเฉลี่ยเท่ากับ 28.1 องศาเซลเซียส โดยเริ่มมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเฉลี่ยที่สูงกว่าค่าปกติในช่วง พ.ศ. 2525 มีค่าผิดสภาพของอุณหภูมิเฉลี่ยอยู่ในช่วง -2.07 ถึง +3.10 ปี ที่มีค่าผิดสภาพของอุณหภูมิเฉลี่ยสูงที่สุด คือ พ.ศ. 2541

ปลายฤดูฝน (ก.ย.-พ.ย.) มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิเฉลี่ยในลักษณะและค่าที่ใกล้เคียงกับแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของช่วงต้นฝน ซึ่งในช่วงปลายฤดูฝนนี้ภาคตะวันออกเฉียงเหนือจะมีระดับอุณหภูมิเฉลี่ยที่ค่าปกติเท่ากับ 26.1 องศาเซลเซียส มีค่าผิดสภาพของอุณหภูมิเฉลี่ยอยู่ในช่วง -2.4 ถึง +2.4 องศาเซลเซียส

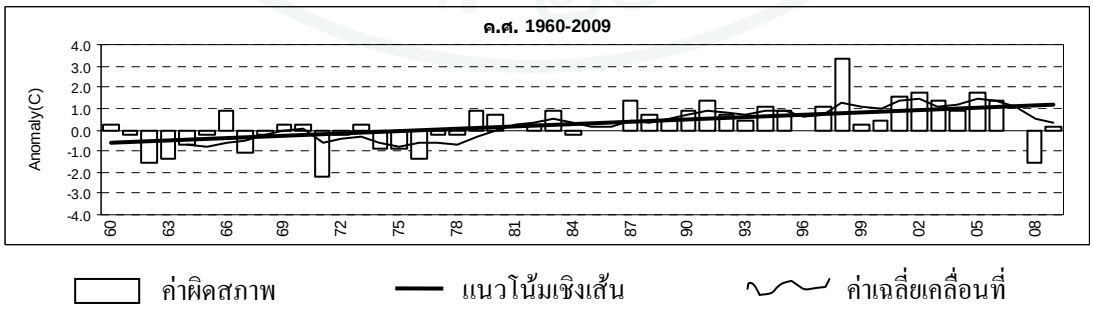
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 5 แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเฉลี่ยรายฤดูกาล ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ พ.ศ. 2503-2552

3. แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเฉลี่ยรายปี

อุณหภูมิเฉลี่ยรายปีของภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นกว่าค่าปกติ (ภาพที่ 6) โดยค่าปกติอยู่ที่ 26.7 องศาเซลเซียส อุณหภูมิเฉลี่ยเริ่มสูงกว่าค่าปกติตั้งแต่ พ.ศ. 2530 เป็นต้นมา และใน พ.ศ. 2541 ที่ประเทศไทยเกิดปรากฏการณ์เอลนีโญครั้งรุนแรง ส่งผลให้อุณหภูมิเฉลี่ยในภาคตะวันออกเฉียงเหนืออุณหภูมิเฉลี่ยเท่ากับ 28.2 องศาเซลเซียส มีค่าผิดสภาพสูงกว่าค่าปกติถึง +3.3 องศาเซลเซียส และหลังจากนั้นเป็นต้นมา พ.ศ. 2550 เป็นปีเดียวที่มีอุณหภูมิเฉลี่ยต่ำกว่าค่าปกติ เท่ากับ -1.54 องศาเซลเซียส



ภาพที่ 6 แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเฉลี่ยรายปี ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ พ.ศ. 2503-2552

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ย

1. แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยรายเดือน

อุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยรายเดือนของภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีแนวโน้มสูงขึ้นกว่าค่าปกติในทุกเดือน ดังภาพที่ 7

มกราคม อุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยในเดือนมกราคมมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับค่าปกติที่มีค่าเท่ากับ 15.8 องศาเซลเซียส โดยอุณหภูมิเฉลี่ยเริ่มมีแนวโน้มสูงกว่าค่าปกติตั้งแต่ พ.ศ. 2527 และปีที่มีค่าผิดสภาพของอุณหภูมิเฉลี่ยสูงที่สุดได้แก่ พ.ศ. 2544 ที่มีอุณหภูมิเฉลี่ยเท่ากับ 19.5 องศาเซลเซียส

กุมภาพันธ์ ในเดือนนี้อุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยมีค่าปกติเท่ากับ 18.6 องศาเซลเซียส และมีค่าผิดสภาพที่แตกต่างกันทั้งในเชิงบวกและในเชิงลบ ซึ่งจะเห็นได้ว่าลักษณะการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิเฉลี่ยต่ำสุดของเดือนกุมภาพันธ์จะเพิ่มขึ้นในช่วงเวลาหนึ่ง และลดลงในช่วงเวลาหนึ่งสลับกัน แต่แนวโน้มโดยรวมอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยมีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มสูงขึ้น

มีนาคม อุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นจากค่าปกติ 21.5 องศาเซลเซียส โดยอุณหภูมิเฉลี่ยเริ่มมีแนวโน้มสูงกว่าค่าปกติตั้งแต่ พ.ศ. 2527 และใน พ.ศ. 2541 เป็นปีที่มีค่าผิดสภาพของอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยสูงที่สุดซึ่งสูงกว่าค่าปกติเท่ากับ 2.1 องศาเซลเซียส

เมษายน อุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยในเดือนเมษายน มีแนวโน้มเปลี่ยนแปลงเพิ่มสูงกว่าค่าปกติ ในช่วง 25 ปีหลัง ตั้งแต่ พ.ศ. 2527 เป็นต้นมา โดยในเดือนเมษายนมีค่าปกติของอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยยเท่ากับ 23.7 องศาเซลเซียส ปีที่มีอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยสูงกว่าค่าปกติที่สุดได้แก่ พ.ศ. 2526 มีค่าผิดสภาพของอุณหภูมิเฉลี่ยเท่ากับ +2.8 องศาเซลเซียส

พฤษภาคม อุณหภูมิเฉลี่ยของเดือนพฤษภาคมของแต่ละปีมีค่าความผิดสภาพที่ไม่แน่นอนและมีความแตกต่างกัน แต่มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นในลักษณะเพิ่มขึ้นในช่วงเวลาหนึ่งและลดลงในช่วงเวลาหนึ่งสลับกัน โดยในช่วง 15 ปีแรก อุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยมีค่าต่ำกว่าค่าปกติแต่ค่อยๆ เพิ่มสูงขึ้นใน 35 ปีหลัง ซึ่งเดือนพฤษภาคมจะมีอุณหภูมิเฉลี่ยที่มีค่าปกติเท่ากับ 24.2 องศาเซลเซียส โดยใน พ.ศ. 2541 เป็นปีที่มีค่าผิดสภาพของอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยสูงกว่าค่าปกติที่สุดในรอบปี เท่ากับ +3.3 องศาเซลเซียส

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

มิถุนายน อุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นหลังจาก พ.ศ. 2520 เป็นต้นมา และเพิ่มสูงกว่าค่าปกติที่เท่ากับ 24.3 องศาเซลเซียส และ พ.ศ. 2541 เป็นปีที่มีค่าผิดสภาพของอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยของเดือนมิถุนายนสูงกว่าค่าปกติที่สุด เท่ากับ +2.7 องศาเซลเซียส

กรกฎาคม อุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วง 30 ปีหลัง เดือนกรกฎาคมมีอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยที่เป็นค่าปกติเท่ากับ 28.1 องศาเซลเซียส และตั้งแต่ พ.ศ. 2529 เป็นต้นมาเดือนกรกฎาคมของทุกปีอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยของเดือนกรกฎาคมไม่เคยต่ำกว่าค่าปกติเลย

สิงหาคม มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยสูงขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วง 3 ทศวรรษหลัง โดยหลังจาก พ.ศ. 2520 เป็นต้นมาอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยในเดือนนี้ไม่เคยต่ำกว่าค่าปกติ 23.8 องศาเซลเซียส และเป็นเดือนที่มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยสูงกว่าค่าปกติมากที่สุด

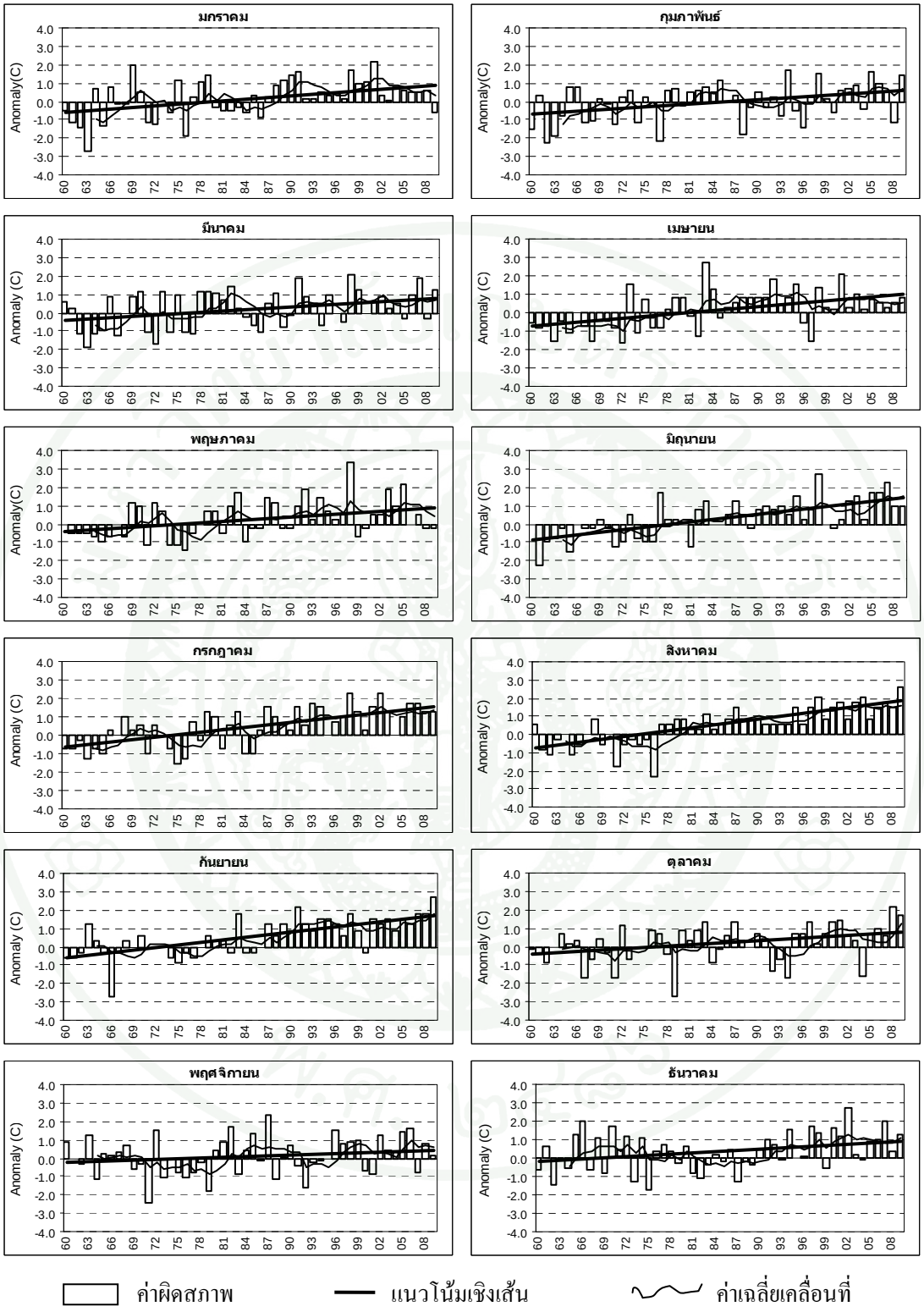
กันยายน อุณหภูมิเฉลี่ยต่ำสุดมีแนวโน้มเพิ่มสูงกว่าค่าปกติ ในเดือนนี้ภาคตะวันออกเฉียงเหนือจะมีอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยปกติเท่ากับ 23.4 องศาเซลเซียส โดยใน พ.ศ. 2509 เป็นปีที่มีค่าผิดสภาพของอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยต่ำกว่าค่าปกติมากที่สุด และ พ.ศ. 2552 เป็นปีที่มีค่าผิดสภาพสูงกว่าค่าปกติมากที่สุด

ตุลาคม อุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยมีแนวโน้มเพิ่มสูงกว่าค่าปกติ โดยในเดือนตุลาคมของทุกปีจะมีอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยที่เป็นค่าปกติเท่ากับ 22.2 องศาเซลเซียส

พฤศจิกายน จัดเป็นเดือนที่มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยแตกต่างจากค่าปกติ น้อยที่สุด โดยมีค่าปกติเท่ากับ 19.6 องศาเซลเซียส และมีลักษณะการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นช่วงเวลาหนึ่งและลดลงช่วงเวลาหนึ่งสลับกัน

ธันวาคม อุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยในเดือนธันวาคมมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น ซึ่งจะมีอุณหภูมิต่ำสุด เฉลี่ยปกติเท่ากับ 15.9 องศาเซลเซียส และใน พ.ศ. 2545 อุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยของเดือนธันวาคมสูงถึง 20.1 องศาเซลเซียส เป็นสถิติอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยที่สูงที่สุดในรอบ 50 ปี

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 7 แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยรายเดือน ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ พ.ศ. 2503-2552

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2. แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยรายฤดูกาล

อุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มีแนวโน้มเปลี่ยนแปลงสูงขึ้นกว่าค่าปกติในทุกฤดูกาล (ภาพที่ 8)

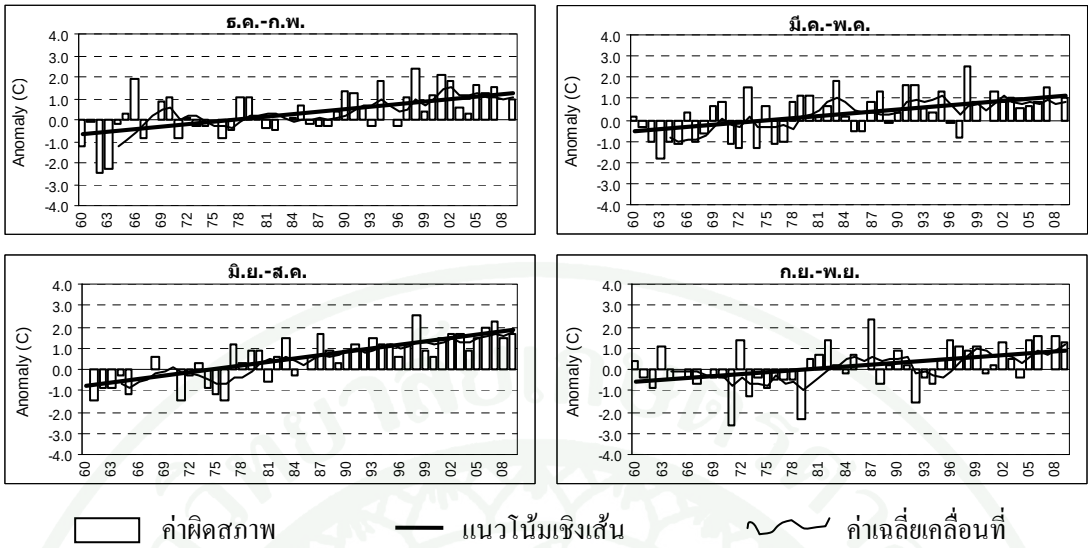
ฤดูหนาว (ธ.ค.-ก.พ.) มีค่าปกติอยู่ที่ 16.7 องศาเซลเซียส และมีค่าผิดปกติของอุณหภูมิอยู่ในช่วง -2.4 ถึง +2.3 องศาเซลเซียส หลังจาก พ.ศ. 2520 เป็นต้นมา อุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยในฤดูหนาวเริ่มมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นกว่าค่าปกติ ซึ่งฤดูหนาวใน พ.ศ. 2541 เป็นปีที่มีอุณหภูมิต่ำสุด เท่ากับ 19.2 องศาเซลเซียส เป็นสถิติที่สูงสุดในรอบ 50 ปี

ฤดูร้อน (มี.ค.-พ.ค.) อุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยมีแนวโน้มเปลี่ยนแปลงสูงขึ้น โดยในฤดูร้อนจะมีค่าปกติของอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยเท่ากับ 23.1 องศาเซลเซียส จากการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าในคาบ 50 ปีที่ผ่านมา มีค่าผิดสภาพของอุณหภูมิเฉลี่ยอยู่ในช่วง -1.8 ถึง +2.5 โดยใน พ.ศ. 2541 เป็นปีที่มีอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยในฤดูร้อนสูงกว่าค่าปกติมากที่สุดที่ระดับอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ย 24.3 องศาเซลเซียส

ต้นฤดูฝน (มิ.ย.-ส.ค.) อุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยในช่วงต้นฝนของภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นกว่าค่าปกติอย่างรวดเร็วหลังจาก พ.ศ. 2520 และเป็นฤดูกาลที่มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยสูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับฤดูกาลอื่น โดยในฤดูนี้จะมีค่าปกติของอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยเท่ากับ 24.0 องศาเซลเซียส มีค่าผิดสภาพของอุณหภูมิเฉลี่ยอยู่ในช่วง -1.4 ถึง +2.6 ปีที่มีค่าผิดสภาพของอุณหภูมิเฉลี่ยสูงที่สุดคือ พ.ศ. 2541 มีอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยอยู่ที่ 19.2 องศาเซลเซียส

ปลายฤดูฝน (ก.ย.-พ.ย.) ค่าผิดสภาพของอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยของฤดูกาลนี้มีค่าค่อนข้างแตกต่างกันในแต่ละปี แต่แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงโดยรวมเพิ่มสูงขึ้นแต่ไม่สูงเท่าการเปลี่ยนแปลงในต้นฤดูฝน ในช่วงปลายฤดูฝนนี้ภาคตะวันออกเฉียงเหนือจะมีระดับอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยที่ค่าปกติเท่ากับ 21.7 องศาเซลเซียส มีค่าผิดสภาพของอุณหภูมิเฉลี่ยอยู่ในช่วง -2.6 ถึง +2.3 องศาเซลเซียส ค่าผิดสภาพที่ต่างจากค่าปกติมากที่สุดของฤดูนี้กลับเป็นค่าผิดสภาพในเชิงลบ คือ พ.ศ. 2514 มีอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยเท่ากับ 20.2 องศาเซลเซียส

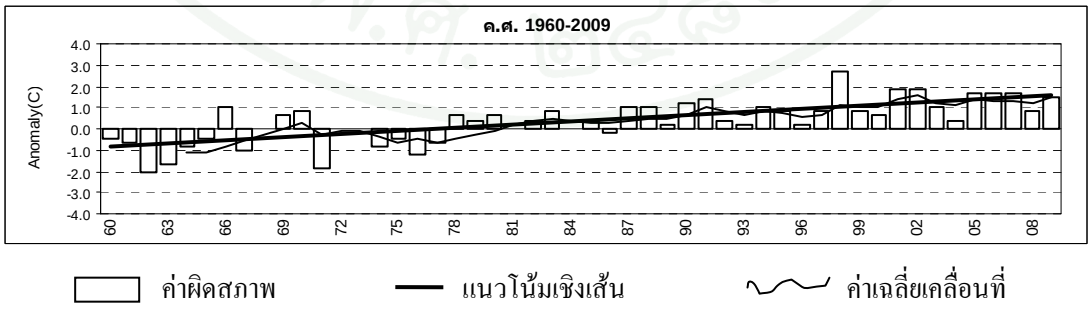
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 8 แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยรายดูกาล ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ พ.ศ. 2503-2552

3. แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยรายปี

อุณหภูมิต่ำสุดมีแนวโน้มสูงขึ้นกว่าค่าปกติที่อยู่ที่ 21.4 องศาเซลเซียส พิจารณาจากภาพที่ 9 เห็นได้ว่าอุณหภูมิต่ำสุดรายปีมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นตั้งแต่ พ.ศ. 2521 เป็นต้นมา หลังจากนั้นมีเพียง พ.ศ. 2529 เพียงปีเดียวที่มีอุณหภูมิต่ำสุดต่ำกว่าค่าปกติ และ พ.ศ. 2541 ก็เป็นปีที่มีอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยผิดสภาพสูงกว่าค่าปกติที่สุดในรอบ 50 ปี โดยมีอุณหภูมิต่ำสุดอยู่ที่ 22.7 คิดเป็นค่าปกติเท่ากับ +2.7 องศาเซลเซียส



ภาพที่ 9 แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิต่ำสุดรเฉลี่ยรายปี ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ พ.ศ. 2503-2552

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงอุณภูมิสูงสุด

1. แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยรายเดือน

ในช่วงเวลา 50 ปี (พ.ศ. 2503-2552) อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยรายเดือนในภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงสูงขึ้นกว่าค่าปกติในทุกเดือน ดังแสดงในภาพที่ 10

มกราคม อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยในเดือนมกราคมในช่วง 25 ปีแรก มีแนวโน้มเพิ่มสูงแต่ยังคงต่ำกว่าค่าปกติ และค่อยๆเพิ่มสูงขึ้นกว่าค่าปกติในช่วง 25 ปีหลัง อุณหภูมิสูงสุดที่ค่าปกติเท่ากับ 30.0 องศาเซลเซียส และปีที่มีค่าผิดสภาพของอุณหภูมิเฉลี่ยสูงที่สุดได้แก่ พ.ศ. 2541 ที่มีอุณหภูมิเฉลี่ยเท่ากับ 33.3 องศาเซลเซียส

กุมภาพันธ์ ในเดือนนี้อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยมีค่าปกติเท่ากับ 32.4 องศาเซลเซียส การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิเฉลี่ยสูงสุดของเดือนกุมภาพันธ์จะเพิ่มขึ้นอย่างช้าๆ และใน พ.ศ. 2551 เป็นปีที่อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยมีค่าต่ำกว่าค่าปกติมากที่สุด มีอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยเท่ากับ 29.0 องศาเซลเซียส

มีนาคม การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นจากค่าปกติ 34.7 ° องศาเซลเซียส แต่แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงไม่ต่างจากค่าปกติมากนัก

เมษายน อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยในเดือนเมษายนมีค่าใกล้เคียงกับค่าปกติ 35.6 องศาเซลเซียส อย่างไรก็ตามในช่วง 5 ปีหลัง อุณหภูมิสูงสุดมีแนวโน้มเปลี่ยนแปลงเพิ่มสูง

พฤษภาคม อุณหภูมิเฉลี่ยของเดือนพฤษภาคมของแต่ละปีมีค่าความผิดสภาพที่ไม่แน่นอนและมีความแตกต่างกัน และมีการเปลี่ยนแปลงในลักษณะเพิ่มขึ้นในช่วงเวลาหนึ่งและลดลงในช่วงเวลาหนึ่งสลับกัน ซึ่งเดือนพฤษภาคมจะมีอุณหภูมิเฉลี่ยที่มีค่าปกติเท่ากับ 33.9 องศาเซลเซียส ในช่วง 4 ทศวรรษแรก อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยไม่ต่างจากค่าปกติ แต่ในทศวรรษหลังอุณหภูมิสูงสุดเริ่มมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงที่เพิ่มสูงขึ้นกว่าค่าปกติ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

มิถุนายน อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นหลังจาก พ.ศ. 2520 ซึ่งเป็นปีที่มีค่าผิดสภาพของอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยสูงกว่าค่าปกติมากที่สุด ในปีดังกล่าวมีอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยเท่ากับ 35.3 องศาเซลเซียส คิดเป็นค่าผิดสภาพเท่ากับ +3.1 องศาเซลเซียส โดยในเดือนมิถุนายนภาคตะวันออกเฉียงเหนือจะมีอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยปกติเท่ากับ 32.7 องศาเซลเซียส

กรกฎาคม อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยที่เป็นค่าปกติเท่ากับ 32.2 องศาเซลเซียส และ พ.ศ. 2514 เป็นปีที่อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยต่างจากค่าปกติมากที่สุดมีค่าผิดสภาพเท่ากับ -2.4 องศาเซลเซียส

สิงหาคม เป็นเดือนที่มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยสูงกว่าค่าปกติตลอดช่วงเวลา 50 ปี โดยมีค่าปกติเท่ากับ 31.1 องศาเซลเซียส จะเห็นว่าแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยเป็นไปอย่างรวดเร็วและสูงกว่าค่าปกติมาก โดยเฉพาะใน พ.ศ. 2541 อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยของเดือนนี้สูงถึง 33.0 องศาเซลเซียส และมีค่าผิดสภาพเท่ากับ +3.6 ซึ่งถือเป็นค่าผิดสภาพที่สูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับทุกเดือนและทุกปี

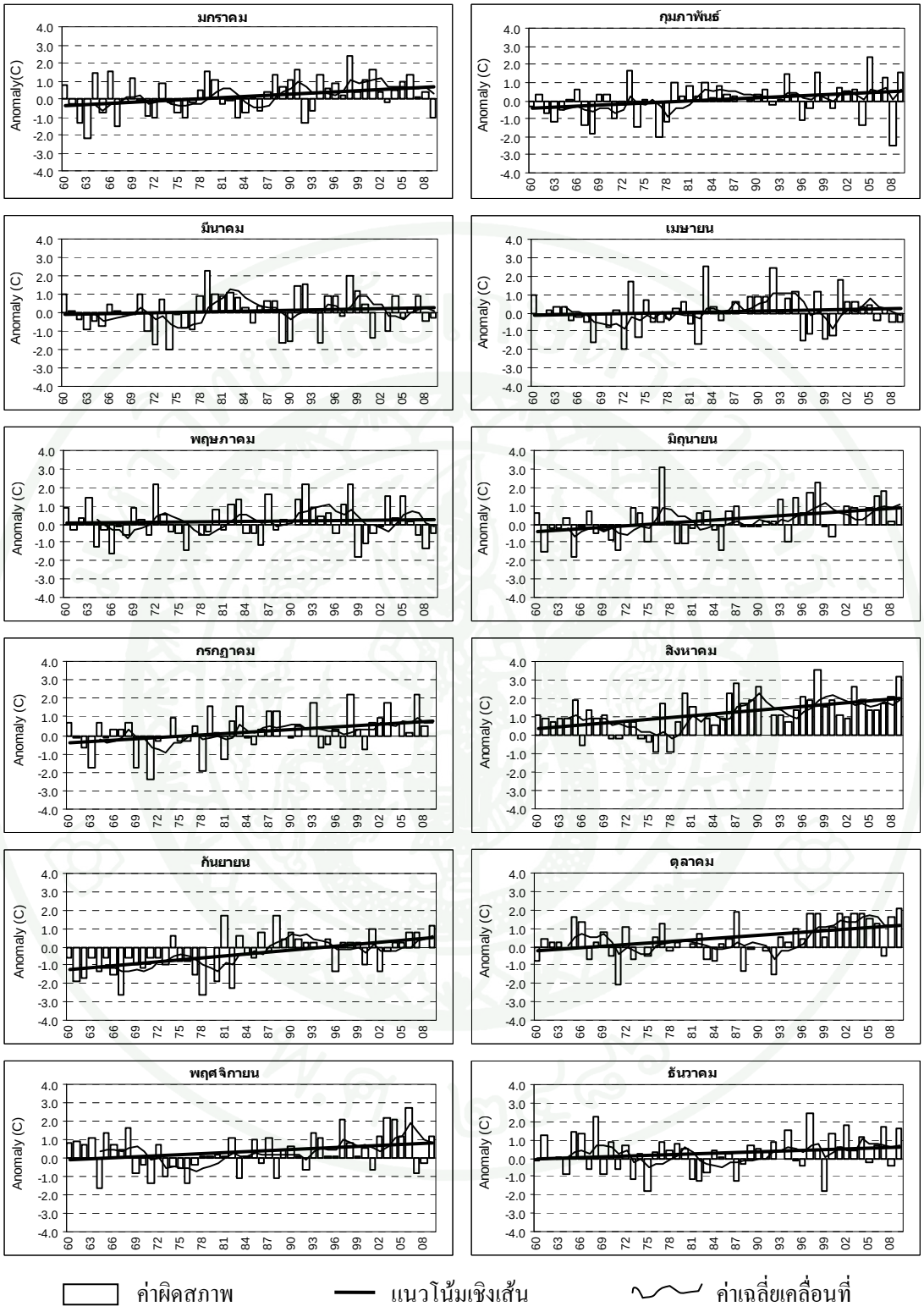
กันยายน อุณหภูมิเฉลี่ยสูงสุดมีแนวโน้มเพิ่มสูงกว่าค่าปกติ ซึ่งในช่วง 40 ปีแรก แม้แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยจะมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น แต่ยังคงต่ำกว่าค่าปกติ และเพิ่มสูงกว่าค่าปกติในช่วง 10 ปีหลัง ในเดือนนี้ภาคตะวันออกเฉียงเหนือจะมีอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยปกติเท่ากับ 31.6 องศาเซลเซียส

ตุลาคม อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยเริ่มมีแนวโน้มเพิ่มสูงกว่าค่าปกติในหลังทศวรรษแรกช่วง พ.ศ. 2514 ในเดือนนี้อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยที่เป็นค่าปกติเท่ากับ 30.8 องศาเซลเซียส และพบว่าในช่วง 17 ปีหลังจาก พ.ศ. 2536 เป็นต้นมา อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยสูงกว่าค่าปกติในอัตราใกล้เคียงกัน มีเพียง พ.ศ. 2550 ปีเดียวที่อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยต่ำกว่าค่าปกติ

พฤศจิกายน แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยเพิ่มสูงขึ้นกว่าค่าปกติ หลังจาก พ.ศ. 2515 เป็นต้นมา โดยมีค่าอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยท่ากับ 29.9 องศาเซลเซียส

ธันวาคม อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยในเดือนธันวาคมมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น ซึ่งในเดือนนี้จะมีอุณหภูมิสูงสุด เฉลี่ยปกติเท่ากับ 29.0 องศาเซลเซียส

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 10 แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยรายเดือน ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ พ.ศ. 2503-2552

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2. แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยรายฤดูกาล

เมื่อทำการวิเคราะห์ข้อมูลของอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยในรายฤดูกาลของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ในช่วง พ.ศ. 2503-2552 เปรียบเทียบกับค่าปกติ พบว่า มีแนวโน้มอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยเพิ่มสูงขึ้นในทุกฤดูกาล (ภาพที่ 11)

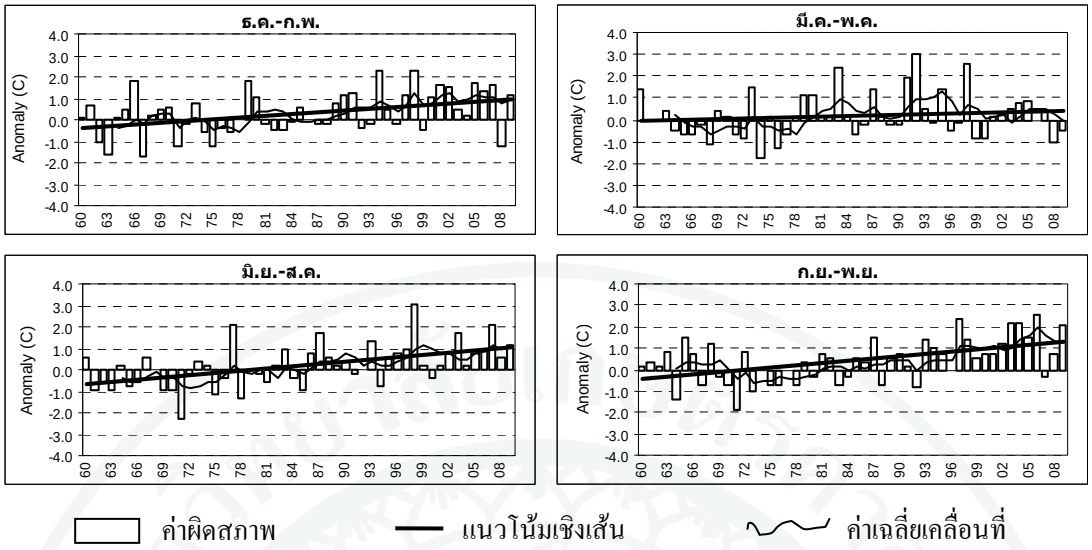
ฤดูหนาว (ธ.ค.-ก.พ.) แนวโน้มอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นกว่าค่าปกติในช่วงหลังจาก พ.ศ. 2517 เป็นต้นมา ในช่วงฤดูนี้ของปีภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีอุณหภูมิเฉลี่ยที่ค่าปกติเท่ากับ 30.4 องศาเซลเซียส ซึ่งในช่วง 10 ปีหลัง ตั้งแต่ พ.ศ. 2543 (ค.ศ. 2000) อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยในฤดูหนาวมีค่าผิดสภาพที่สูงกว่าค่าปกติ ยกเว้นใน พ.ศ. 2551 ที่มีค่าผิดสภาพต่ำกว่าค่าปกติเท่ากับ -1.27 องศาเซลเซียส

ฤดูร้อน (มี.ค.-พ.ค.) ค่าผิดสภาพของอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยในฤดูร้อนมีค่าแตกต่างกันทั้งในเชิงบวกและลบ แต่การเปลี่ยนแปลงโดยรวมมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นกว่าค่าปกติ แต่อัตราการเปลี่ยนแปลงไม่ต่างจากค่าปกติมากนัก โดยในฤดูร้อนจะมีค่าปกติของอุณหภูมิเฉลี่ยเท่ากับ 34.7 องศาเซลเซียส จากการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า ในคาบ 50 ปีที่ผ่านมา มีค่าผิดสภาพของอุณหภูมิเฉลี่ยอยู่ในช่วง -1.7 ถึง +3.0 องศาเซลเซียส โดยใน พ.ศ. 2535 เป็นปีที่มีอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยในฤดูร้อนสูงกว่าค่าปกติมากที่สุดที่ระดับอุณหภูมิสูงถึง 37.1 องศาเซลเซียส

ต้นฤดูฝน (มิ.ย.-ส.ค.) อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยในช่วงต้นฝนของภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีแนวโน้มสูงขึ้นกว่าค่าปกติ ซึ่งค่าปกติของอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยเท่ากับ 32.2 องศาเซลเซียส โดยเริ่มมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเฉลี่ยที่สูงกว่าค่าปกติในช่วง พ.ศ. 2525 มีค่าผิดสภาพของอุณหภูมิเฉลี่ยอยู่ในช่วง -2.3 ถึง +3.1 องศาเซลเซียส ปีที่มีค่าผิดสภาพของอุณหภูมิเฉลี่ยสูงที่สุดคือ พ.ศ. 2541

ปลายฤดูฝน (ก.ย.-พ.ย.) มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยเพิ่มสูงขึ้นในช่วงปลายฤดูฝนนี้ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ จะมีระดับอุณหภูมิเฉลี่ยที่ค่าปกติเท่ากับ 30.7 องศาเซลเซียส มีค่าผิดสภาพของอุณหภูมิเฉลี่ยอยู่ในช่วง -1.8 ถึง +2.5 องศาเซลเซียส

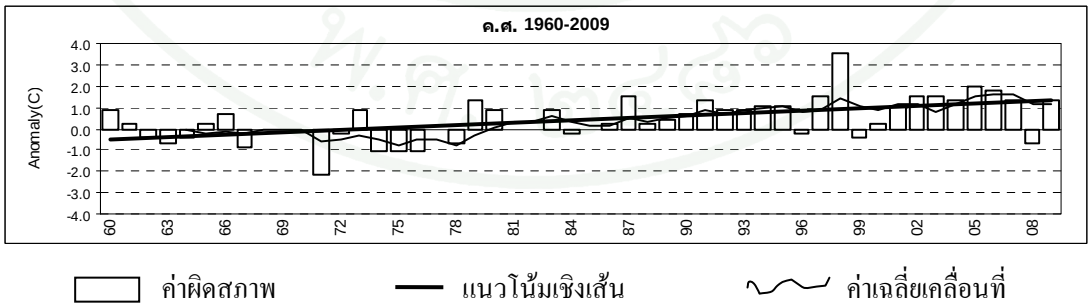
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 11 แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยรายฤดูกาล ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ พ.ศ. 2503-2552

3. แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิสูงสุดรายปี

ภาพที่ 12 แสดงให้เห็นว่าการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยรายปีของภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีแนวโน้มเพิ่มสูงกว่าค่าปกติ โดยค่าปกติอยู่ที่ 32.0 องศาเซลเซียส อุณหภูมิเฉลี่ยเริ่มสูงกว่าค่าปกติประมาณ พ.ศ. 2520 เป็นต้นมา และใน พ.ศ. 2541 เป็นปีที่มีอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ย 33.6 องศาเซลเซียส มีค่าผิดสภาพสูงกว่าค่าปกติถึง +3.5 องศาเซลเซียส



ภาพที่ 12 แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยรายปี ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ พ.ศ. 2503-2552

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงปริมาณฝน

การเปลี่ยนแปลงปริมาณฝนรวม

1. แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงปริมาณฝนรวมรายเดือน

เมื่อนำข้อมูลปริมาณฝนรวมรายเดือนของแต่ละปี จำนวน 50 ปี (พ.ศ. 2503-2552) มาหาร้อยละของสัดส่วนปริมาณฝนของแต่ละเดือนเปรียบเทียบกับค่าปกติ (พ.ศ. 2503-2552) พบว่า ปริมาณฝนในภาคตะวันออกเฉียงเหนือไม่ต่างจากค่าปกติมากนัก แต่เมื่อพิจารณาแนวโน้มการเปลี่ยนแปลง พบว่า ปริมาณฝนเริ่มมีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มสูงขึ้นจากค่าปกติในบางเดือน และแนวโน้มลดลงในเดือนกันยายนเพียงเดือนเดียว ดังแสดงในภาพที่ 13

มกราคม เป็นเดือนที่ปริมาณฝนมีความแตกต่างกันในแต่ละช่วงเวลาโดยปีที่มีค่าแตกต่างจากค่าปกติมากที่สุดคือเดือนมกราคมใน พ.ศ. 2512 ปริมาณฝนเท่ากับ 31 มิลลิเมตร/เดือน ในขณะที่ค่าปกติของปริมาณฝนในเดือนมกราคมเท่ากับ 4 มิลลิเมตร/เดือน ซึ่งเมื่อพิจารณาแนวโน้มเชิงเส้น พบว่า แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของปริมาณฝนมีแนวโน้มค่อยๆลดลงต่ำกว่าค่าปกติ

กุมภาพันธ์ ในเดือนกุมภาพันธ์ภาคตะวันออกเฉียงเหนือจะมีปริมาณฝนที่ค่าปกติเท่ากับ 15.7 มิลลิเมตร/เดือน และพบว่าแนวโน้มปริมาณฝนในเดือนกุมภาพันธ์มีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นโดยเริ่มสูงกว่าค่าปกติใน พ.ศ. 2530

มีนาคม การเปลี่ยนแปลงปริมาณฝนมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นจากค่าปกติมาโดยตลอดตั้งแต่ พ.ศ. 2510 โดยในเดือนมีนาคมค่าปกติของปริมาณฝนเท่ากับ 36.6 มิลลิเมตร/เดือน

เมษายน ปริมาณฝนในเดือนเมษายนมีแนวโน้มไม่ต่างไปจากค่าปกติ ที่มีปริมาณฝนประมาณ 85.0 มิลลิเมตร/เดือน

พฤษภาคม เดือนพฤษภาคมเป็นเดือนแรกที่เข้าสู่ฤดูฝนในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ค่าปกติของปริมาณฝนในเดือนนี้เท่ากับ 188.8 มิลลิเมตร/เดือน และแนวโน้มปริมาณฝนไม่มีการเปลี่ยนแปลงต่างไปจากค่าปกติ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

มิถุนายน ปริมาณฝนมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงไม่ต่างไปจากค่าปกติ ที่มีปริมาณฝนประมาณ 215.7 มิลลิเมตร/เดือน

กรกฎาคม ในเดือนกรกฎาคมภาคตะวันออกเฉียงเหนือจะมีปริมาณฝนที่ค่าปกติเท่ากับ 204.5 มิลลิเมตร/เดือน และพบว่าแนวโน้มปริมาณฝนในเดือนนี้ไม่ต่างจากค่าปกติ

สิงหาคม ปริมาณฝนมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงไม่ต่างไปจากค่าปกติ ที่มีปริมาณฝนประมาณ 257.7 มิลลิเมตร/เดือน

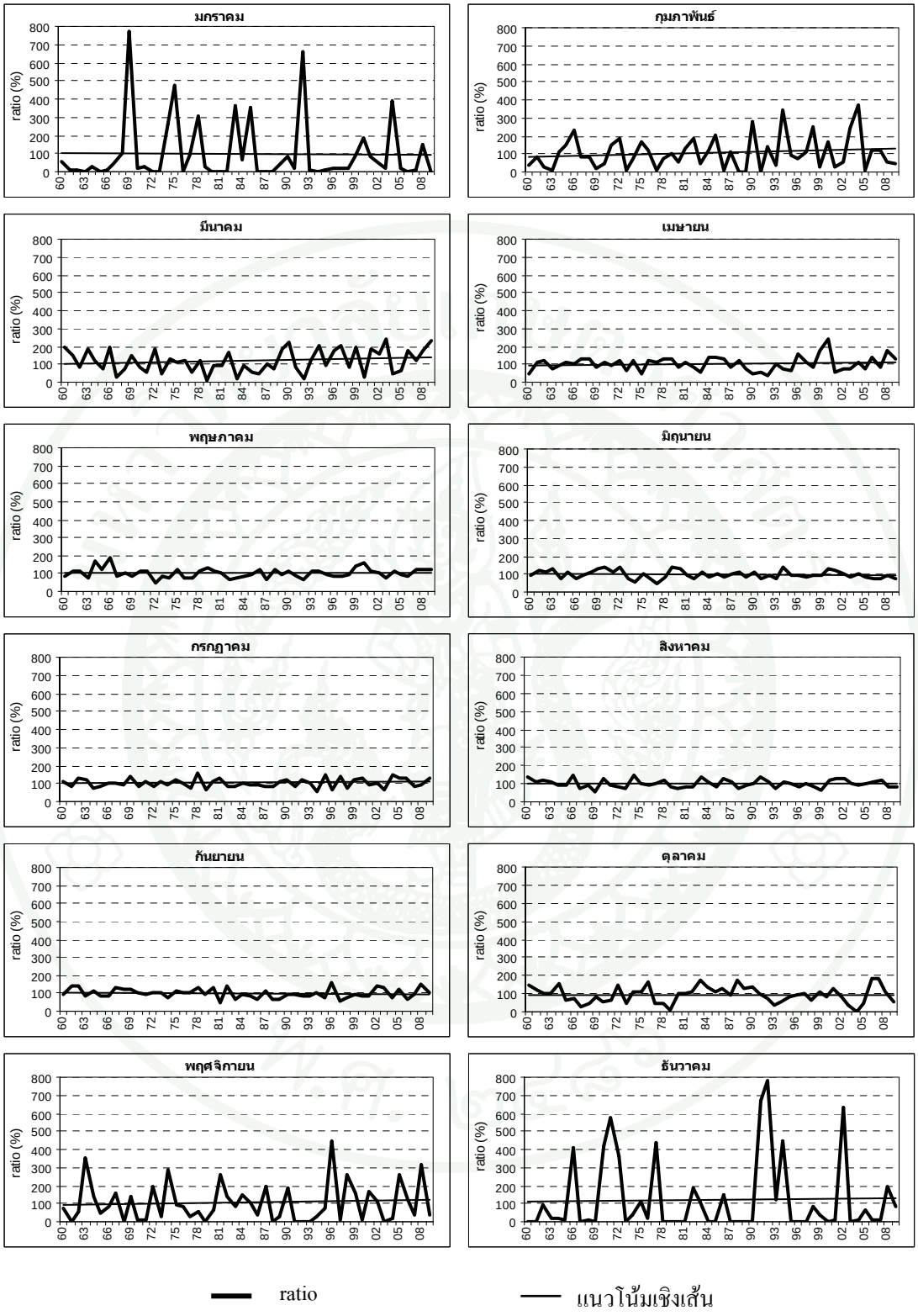
กันยายน เป็นเดือนที่มีปริมาณฝนมากที่สุดในรอบปี โดยในภาคตะวันออกเฉียงเหนือจะมีปริมาณฝนที่ค่าปกติเท่ากับ 258.2 มิลลิเมตร/เดือน และในเดือนกันยายน พ.ศ. 2539 เป็นปีที่มีปริมาณฝนรวมสูงสุดเท่ากับ 409.9 มิลลิเมตร/เดือน ซึ่งเป็นสถิติปริมาณฝนรวมรายเดือนที่สูงที่สุดในรอบ 50 ปี แต่แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงโดยรวมมีแนวโน้มลดลงต่ำกว่าค่าปกติเล็กน้อย

ตุลาคม ค่าปกติของปริมาณฝนในเดือนนี้เท่ากับ 114.5 มิลลิเมตร/เดือน ซึ่งแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงไม่ต่างไปจากค่าปกติ

พฤศจิกายน ค่าปกติของปริมาณฝนในเดือนนี้เท่ากับ 18.2 มิลลิเมตร/เดือน พบว่าปริมาณฝนรวมในเดือนนี้มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นกว่าค่าปกติตั้งแต่ พ.ศ. 2537 และใน พ.ศ. 2539 เป็นปีที่ปริมาณฝนในเดือนนี้มีปริมาณสูงที่สุด เมื่อเทียบกับเดือนเดียวกันในปีอื่นๆ ปริมาณฝนรวมเท่ากับ 81.7 มิลลิเมตร/เดือน

ธันวาคม เดือนธันวาคมจะมีปริมาณฝนที่ผันผวนแตกต่างกันในแต่ละช่วงเวลา ซึ่งจะมีค่าปกติของปริมาณฝนเท่ากับ 2.7 มิลลิเมตร/เดือน เห็นได้ว่าปริมาณฝนรวมในเดือนนี้มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นสูงกว่าค่าปกติอย่างเห็นได้ชัด ซึ่งจัดเป็นเดือนที่มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของปริมาณฝนที่มากที่สุดในรอบปี โดยใน พ.ศ. 2535 เป็นปีที่มีปริมาณฝนต่างจากค่าปกติมากที่สุด โดยมีปริมาณฝนรวม 21.1 มิลลิเมตร/เดือน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 13 แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงปริมาณฝนรวมรายเดือน ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ พ.ศ. 2503-2552

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2. แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงปริมาณฝนรวมรายฤดูกาล

เมื่อวิเคราะห์ปริมาณฝนรวมรายฤดูกาลในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ พบว่า ปริมาณฝนมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจนในฤดูหนาว และมีแนวโน้มเพิ่มสูงขค้นเล็กน้อยในฤดูร้อน ส่วนในช่วงต้นฝนและปลายฝนปริมาณฝนรวมยังคงไม่ต่างไปจากค่าปกติ ดังภาพที่ 14

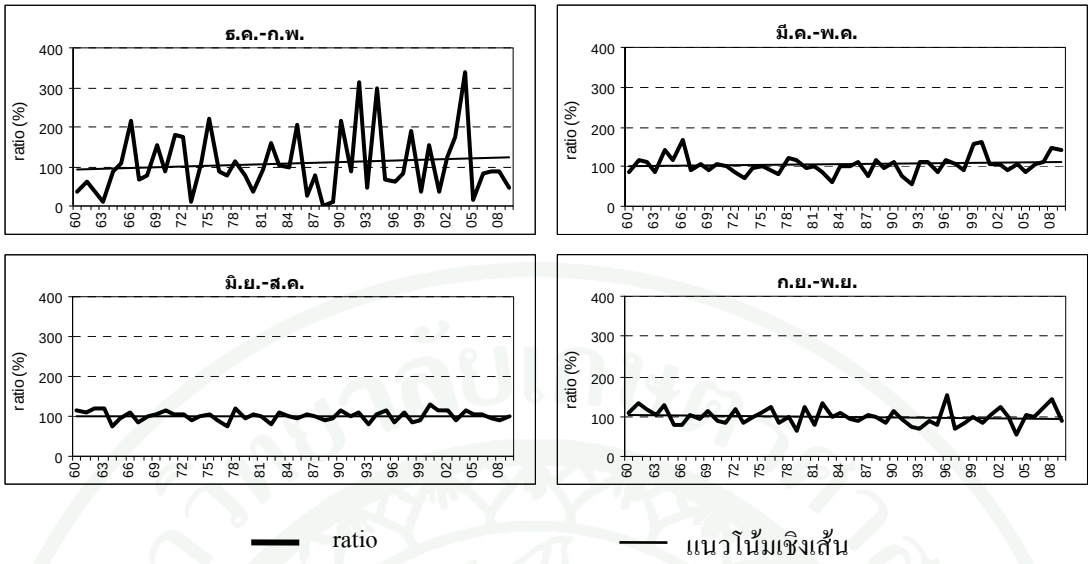
ฤดูหนาว (ธ.ค.-ก.พ.) แนวโน้มปริมาณฝนในฤดูหนาวมีแนวโน้มเพิ่มสูงกว่าค่าปกติอย่างเห็นได้ชัด โดยเริ่มมีแนวโน้มสูงกว่าค่าปกติในช่วง พ.ศ. 2523 เป็นต้นมา ซึ่งในฤดูหนาวของภาคตะวันออกเฉียงเหนือจะมีปริมาณฝนรวมที่ค่าปกติเท่ากับ 22.1 มิลลิเมตร ใน พ.ศ. 2547 เป็นปีที่ปริมาณฝนในฤดูหนาวสูงกว่าค่าปกติมากที่สุดเท่ากับ 74.9 มิลลิเมตร

ฤดูร้อน (มี.ค.-พ.ค.) ปริมาณฝนมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นกว่าค่าปกติ โดยในฤดูร้อนของภาคตะวันออกเฉียงเหนือจะมีปริมาณฝนที่ค่าปกติเท่ากับ 310.3 มิลลิเมตร และใน พ.ศ. 2509 เป็นปีที่มีปริมาณฝนในฤดูร้อนสูงค่าปกติมากที่สุดโดยมีปริมาณฝนเท่ากับ 520.1 มิลลิเมตร

ต้นฤดูฝน (มิ.ย.-ส.ค.) แนวโน้มปริมาณฝนไม่แตกต่างจากค่าปกติ ปริมาณฝนในฤดูนี้จะมีค่าปกติที่ 674.3 มิลลิเมตร ซึ่งเป็นช่วงที่มีปริมาณฝนมากที่สุดในรอบปี โดยปีที่มีปริมาณฝนในต้นฤดูฝนสูงที่สุดของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ได้แก่ พ.ศ. 2543 มีปริมาณฝนรวมรายฤดูกาลเท่ากับ 873.2 มิลลิเมตร และปีที่มีปริมาณฝนต่ำที่สุดได้แก่ พ.ศ. 2507 มีปริมาณฝนรวมรายฤดูกาลเพียง 505.5 มิลลิเมตร

ปลายฤดูฝน (ก.ย.-พ.ย.) ปริมาณฝนมีแนวโน้มลดลงต่ำกว่าค่าปกติเล็กน้อยหลังจาก พ.ศ. 2540 เป็นต้นมา ในฤดูนี้จะมีปริมาณฝนที่ค่าปกติเท่ากับ 387.5 มิลลิเมตร ปีที่มีปริมาณฝนในปลายฤดูฝนสูงที่สุดของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ได้แก่ พ.ศ. 2539 มีปริมาณฝนรวมรายฤดูกาลเท่ากับ 597.3 มิลลิเมตร และปีที่มีปริมาณฝนต่ำที่สุดได้แก่ พ.ศ. 2547 มีปริมาณฝนรวมในฤดูกาลนี้เพียง 205.5 มิลลิเมตร

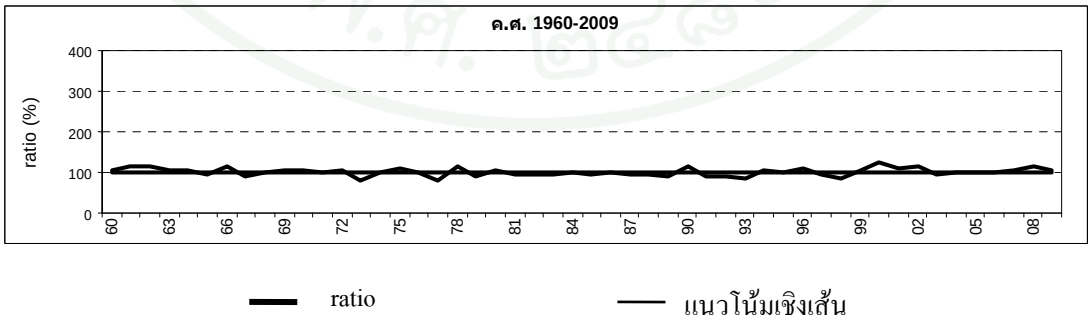
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 14 แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงปริมาณฝนรวมรายฤดูกาล ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ พ.ศ. 2503-2552

3. แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงปริมาณฝนรวมรายปี

การเปลี่ยนแปลงปริมาณฝนรวมรายปีของภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีแนวโน้มไม่ต่างไปจากค่าปกติ (ภาพที่ 15) โดยมีปริมาณฝนรวมที่ค่าปกติเท่ากับ 1,401.2 มิลลิเมตร/ปี โดยปีที่มีปริมาณฝนรวมรายปีสูงที่สุดของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ได้แก่ พ.ศ. 2543 มีปริมาณฝนรวมรายปีเท่ากับ 1,730.6 มิลลิเมตร และปีที่มีปริมาณฝนต่ำที่สุดได้แก่ พ.ศ. 2520 มีปริมาณฝนรวมรายปีเพียง 1,116.6 มิลลิเมตร



ภาพที่ 15 แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงปริมาณฝนรวมรายปี ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ พ.ศ. 2503-2552

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงจำนวนวันฝนตก

1. แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงจำนวนวันฝนตกรายเดือน

เมื่อนำข้อมูลจำนวนวันฝนตกรวมรายเดือนมาหาค่าผิดสภาพของแต่ละปีเปรียบเทียบกับค่าปกติ 30 ปี (พ.ศ. 2503-2552) พบว่า ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ในช่วงเวลา 50 ปีที่ผ่านมา จำนวนวันฝนตกมีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นและลดลงแตกต่างกันไปในแต่ละเดือน โดยเดือนที่มีแนวโน้มจำนวนวันฝนตกเพิ่มขึ้นได้แก่ เดือนมกราคม มีนาคม และกรกฎาคม เดือนที่จำนวนวันฝนตกไม่ต่างจากค่าปกติมากนัก ได้แก่ เดือนมกราคม เมษายน พฤษภาคม พฤศจิกายน และธันวาคม ส่วนเดือนที่จำนวนวันฝนตกมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นได้แก่ เดือนมิถุนายน สิงหาคม กันยายน และตุลาคม ดังแสดงในภาพที่ 16

มกราคม จำนวนวันฝนตกในเดือนมกราคมของภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีแนวโน้มไม่ต่างไปจากค่าปกติที่มีจำนวนวันฝนตกจำนวน 0.9 วัน/เดือน โดยในรอบ 50 ปีที่ผ่านมา เดือนนี้มีจำนวนวันฝนตกสูงที่สุด เท่ากับ 4.5 วัน ในเดือนมกราคม พ.ศ. 2518

กุมภาพันธ์ แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงจำนวนวันฝนตกในเดือนกุมภาพันธ์ในช่วง 45 ปีแรกไม่แตกต่างจากค่าปกติ และเริ่มมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นกว่าค่าปกติในช่วง 5 ปีหลัง คือตั้งแต่ พ.ศ. 2547 ซึ่งในเดือนนี้จะมีค่าปกติของจำนวนวันฝนตกเท่ากับ 2.2 วัน/เดือน

มีนาคม ในเดือนนี้การเปลี่ยนแปลงจำนวนวันฝนตกมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นจากค่าปกติมากที่สุดในรอบปี โดยแนวโน้มเริ่มมีการเปลี่ยนแปลงสูงกว่าค่าปกติตั้งแต่ พ.ศ. 2528 เป็นต้นมา ปีที่มีวันฝนตกในเดือนมีนาคมสูงที่สุด คือ พ.ศ. 2544 มีวันฝนตกถึง 9.5 วัน/เดือน เมื่อเทียบกับค่าปกติของจำนวนวันฝนตกเดือนมีนาคมที่เท่ากับ 4.3 วัน/เดือน

เมษายน จำนวนวันฝนตกในเดือนเมษายนมีแนวโน้มไม่ต่างไปจากค่าปกติ ที่มีปริมาณฝนประมาณ 8.0 วัน/เดือน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

พฤษภาคม เดือนพฤษภาคมเป็นเดือนแรกที่เข้าสู่ฤดูฝนในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ค่าปกติของจำนวนวันฝนตกในเดือนนี้เท่ากับ 15.5 วัน/เดือน แม้จำนวนวันฝนตกจะไม่ต่างไปจากค่าปกติมากนัก แต่แนวโน้มโดยรวมจำนวนวันฝนตกในเดือนนี้เริ่มลดลงเล็กน้อย

มิถุนายน จำนวนวันฝนตกในเดือนมิถุนายนมีแนวโน้มลดลงอย่างชัดเจน โดยค่าปกติของจำนวนวันฝนตกของเดือนนี้อยู่ที่ 16.6 วัน/เดือน และเริ่มลดลงต่ำกว่าค่าปกติประมาณช่วง พ.ศ. 2533 (ค.ศ. 1990) หรือประมาณ 20 ปีที่ผ่านมา

กรกฎาคม เดือนกรกฎาคมเป็นเดือนเดียวของฤดูฝนในภาคตะวันออกเฉียงเหนือที่มีแนวโน้มจำนวนวันฝนตกเพิ่มขึ้นเล็กน้อย ตั้งแต่ พ.ศ. 2543 (ค.ศ. 2000) เป็นต้นมา ซึ่งปกติเดือนนี้จะมีจำนวนวันฝนตกเท่ากับ 17.0 วัน/เดือน

สิงหาคม เป็นเดือนที่มีจำนวนวันฝนตกสูงที่สุดในรอบปี ซึ่งปกติจะมีจำนวนวันฝนตกประมาณ 19.3 วัน/เดือน พบว่า เดือนสิงหาคมมีจำนวนวันฝนตกมีแนวโน้มลดลงจากที่ในช่วง 20 ปีแรกจำนวนวันฝนตกสูงกว่าค่าปกติ และเริ่มลดลงอย่างต่อเนื่องจนต่ำกว่าค่าปกติประมาณช่วง พ.ศ. 2537

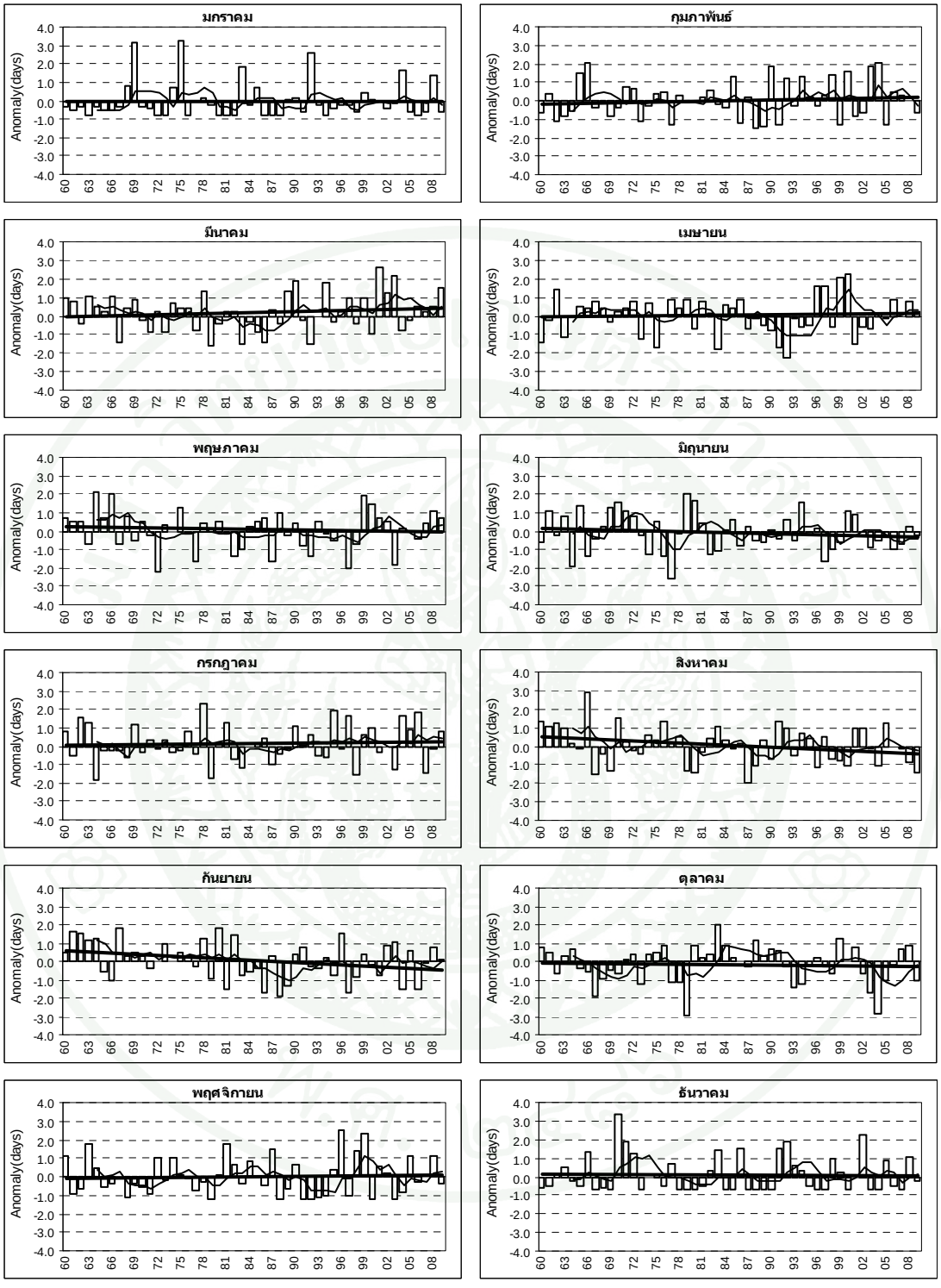
กันยายน แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของจำนวนวันฝนตกในเดือนกันยายนเป็นไปในลักษณะเช่นเดียวกับเดือนสิงหาคม โดยในเดือนนี้มีค่าปกติของจำนวนวันฝนตกอยู่ที่ 18.2 วัน/เดือน

ตุลาคม แนวโน้มจำนวนวันฝนตกของเดือนตุลาคมลดลงต่ำกว่าค่าปกติมาตั้งแต่ พ.ศ. 2523 หรือประมาณ 30 ปีมาแล้ว ซึ่งค่าปกติของจำนวนวันฝนตกในเดือนนี้เท่ากับ 10.4 วัน/เดือน

พฤศจิกายน ค่าปกติของจำนวนวันฝนตกในเดือนนี้เท่ากับ 2.7 วัน/เดือน พบว่า การเปลี่ยนแปลงของจำนวนวันฝนตกในเดือนนี้มีไม่แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงไม่ต่างจากค่าปกติ

ธันวาคม ค่าปกติของจำนวนวันฝนตกในเดือนนี้เท่ากับ 0.6 วัน/เดือน พบว่า การเปลี่ยนแปลงของจำนวนวันฝนตกในเดือนนี้มีไม่แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงไม่ต่างจากค่าปกติ เช่นเดียงกับเดือนพฤศจิกายน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 16 แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงจำนวนวันฝนตกรายเดือน ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ พ.ศ. 2503-2552

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2. แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงจำนวนวันฝนตกรายฤดูกาล

ภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของจำนวนวันฝนตกที่แตกต่างกันในแต่ละฤดูกาล ซึ่งพบว่าจำนวนวันฝนตกปริมาณฝนมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจนในฤดูหนาว และมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นเล็กน้อยในฤดูร้อน แต่กลับมีแนวโน้มลดลงทั้งในต้นฤดูฝนและปลายฤดูฝน ดังภาพที่ 17

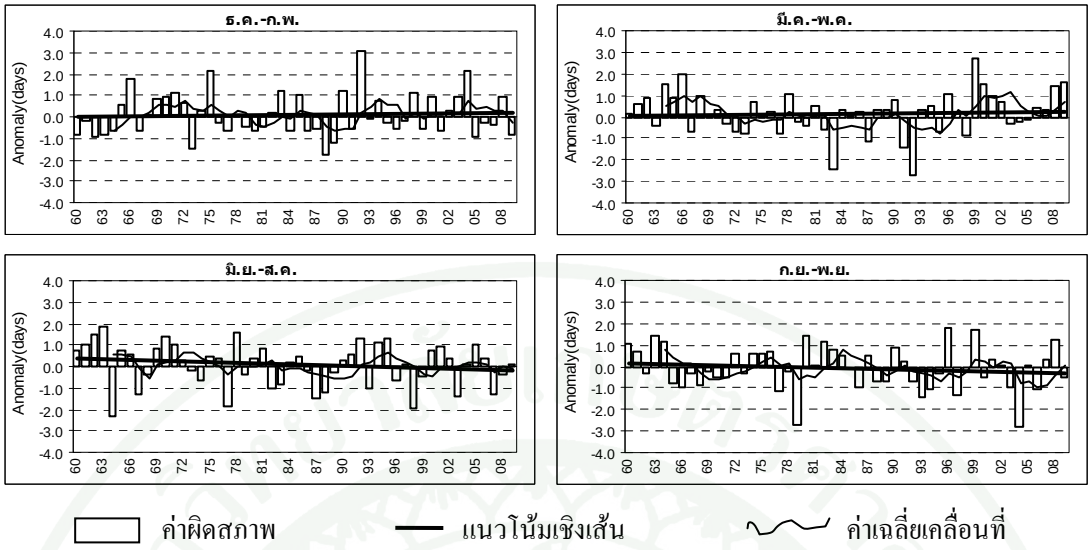
ฤดูหนาว (ธ.ค.-ก.พ.) จำนวนวันฝนตกในฤดูหนาวของภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีแนวโน้มเพิ่มสูงกว่าค่าปกติเล็กน้อย ซึ่งในฤดูนี้ปกติจะมีจำนวนวันฝนตกเท่ากับ 3.6 วัน โดยใน พ.ศ. 2535 เป็นปีที่ฤดูหนาวมีจำนวนวันฝนตกเท่ากับ 9.9 วัน ซึ่งต่างจากค่าปกติมากที่สุด ค่าผิดสภาพของจำนวนวันฝนตกในฤดูหนาวในรอบ 50 ปี อยู่ในช่วง -1.7 ถึง +3.0 วัน

ฤดูร้อน (มี.ค.-พ.ค.) จำนวนวันฝนตกมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นกว่าค่าปกติตั้งแต่ พ.ศ. 2529 เป็นต้นมา โดยในฤดูร้อนของภาคตะวันออกเฉียงเหนือจะมีจำนวนวันฝนตกที่ค่าปกติเท่ากับ 27.7 วัน ซึ่งใน พ.ศ. 2542 เป็นปีที่มีจำนวนวันฝนตกในฤดูร้อนสูงกว่าค่าปกติมากที่สุดโดยมีจำนวนวันฝนตกเท่ากับ 38.6 วัน ค่าผิดสภาพของจำนวนวันฝนตกในฤดูร้อน อยู่ในช่วง -2.7 ถึง +2.7 วัน

ต้นฤดูฝน (มิ.ย.-ส.ค.) แนวโน้มจำนวนวันฝนตกลดลงต่ำกว่าค่าปกติ จำนวนวันฝนตกในฤดูนี้จะมีค่าปกติที่ 52.9 วัน โดยปีที่มีจำนวนวันฝนตกในต้นฤดูฝนน้อยที่สุดของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ได้แก่ พ.ศ. 2507 มีจำนวนวันฝนตกรายฤดูกาลเท่ากับ 44.3 วัน ค่าผิดสภาพของจำนวนวันฝนตกในต้นฤดูฝน อยู่ในช่วง -2.3 ถึง +1.8 วัน

ปลายฤดูฝน (ก.ย.-พ.ย.) หลัง พ.ศ. 2530 เป็นต้นมา จำนวนวันฝนตกมีแนวโน้มลดลงต่ำกว่าค่าปกติอย่างเห็นได้ชัดกว่าฤดูกาลอื่นๆ ในฤดูนี้โดยปกติจะมีจำนวนวันฝนตกเท่ากับ 31.3 วัน ปีที่มีจำนวนวันฝนตกปลายฤดูฝนสูงที่สุดของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ได้แก่ พ.ศ. 2539 มีจำนวนวันฝนตกรวมรายฤดูกาลเท่ากับ 40.8 วัน และปีที่มีจำนวนวันฝนต่ำที่สุดได้แก่ พ.ศ. 2547 มีจำนวนวันฝนตกรวมรายฤดูกาลเพียง 16.2 วัน

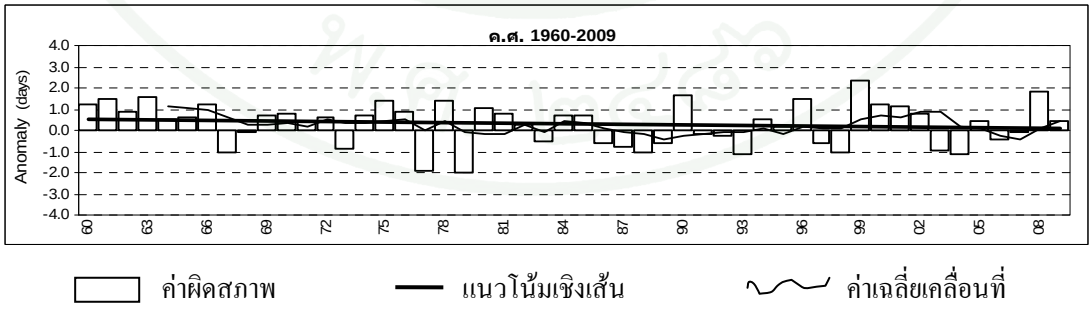
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 17 แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงจำนวนวันฝนตกรายฤดูกาล ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ พ.ศ. 2503-2552

3. แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงจำนวนวันฝนตกรายปี

ภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของจำนวนวันฝนตกลดลงอย่างเห็นได้ชัด แม้ยังลดลงไม่ต่ำกว่าค่าปกติก็ตาม (ภาพที่ 18) จำนวนวันฝนตกรายปีที่ค่าปกติจะเท่ากับ 113.6 วัน ในขณะที่ปีที่มีจำนวนวันฝนตกสูงที่สุดคือ พ.ศ. 2542 มีจำนวนวันฝนตกเท่ากับ 132.4 วัน และปีที่มีจำนวนวันฝนตกต่ำที่สุดคือ พ.ศ. 2522 มีจำนวนวันฝนตกรายปีเพียง 97.3 วัน



ภาพที่ 18 แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงจำนวนวันฝนตกรายปี ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ พ.ศ. 2503-2552

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

บทที่ 5

ผลกระทบต่อรายได้ภาคการเกษตรและแนวทางการปรับตัวของเกษตรกร

ในบทนี้ได้แบ่งการวิเคราะห์ข้อมูลเป็น 2 ส่วนได้แก่ ส่วนที่ 1 ผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่มีต่อรายได้ภาคการเกษตรของเกษตรกรในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โดยวิธีการวิเคราะห์สมการถดถอยเชิงซ้อน (multiple regression analysis) ส่วนที่ 2 การประมวลความคิดเห็นและวิเคราะห์แนวทางการปรับตัวของเกษตรกร กรณีศึกษาจังหวัดนครราชสีมาและจังหวัดชัยภูมิ พร้อมทั้งได้นำเสนอข้อวิจารณ์ผลการวิเคราะห์ผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่มีต่อรายได้ภาคการเกษตรและแนวทางการปรับตัวของเกษตรกร

ผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่มีต่อรายได้ภาคการเกษตร ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

การวิเคราะห์ผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่มีต่อรายได้ภาคการเกษตร ใน ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ผ่านการวิเคราะห์สมการถดถอยเชิงซ้อนเพื่ออธิบายปัจจัยที่มีผลกระทบต่อรายได้ภาคการเกษตรของเกษตรกร โดยแบ่งการวิเคราะห์สมการตามแหล่งรายได้ภาคการเกษตร ทั้งนี้ เพื่ออธิบายผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่มีต่อรายได้สุทธิภาคการเกษตร ที่เกิดจากแหล่งรายได้ที่แตกต่างกันของเกษตรกร ได้แก่

สมการที่ 1 ผลกระทบต่อรายได้สุทธิภาคการเกษตรที่ได้จากการเพาะปลูกพืชและเลี้ยงสัตว์ของเกษตรกร (NR_1)

สมการที่ 2 ผลกระทบต่อรายได้สุทธิที่ได้จากการเพาะปลูกพืชของเกษตรกร (NR_2)

สมการที่ 3 ผลกระทบต่อรายได้สุทธิที่ได้จากการเพาะปลูกเฉพาะข้าวและพืชไร่ของเกษตรกร (NR_3)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อรายได้สุทธิภาคการเกษตรที่สำคัญ ได้แก่ ตัวแปรค่าใช้จ่ายปัจจัยการผลิต ตัวแปรภูมิอากาศ ได้แก่ ตัวแปรอุณหภูมิหน่วยเป็นองศาเซลเซียส ประกอบด้วย อุณหภูมิเฉลี่ยรายฤดูกาล อุณหภูมิเฉลี่ยรายฤดูกาลกำลังสอง ตัวแปรปริมาณฝนหน่วยเป็นมิลลิเมตร ได้แก่ ปริมาณฝนเฉลี่ยรายฤดูกาล และปริมาณฝนเฉลี่ยรายฤดูกาลกำลังสอง ขนาดครัวเรือนเฉลี่ย ขนาดพื้นที่ถือครองทางการเกษตรเฉลี่ย และร้อยละของสัดส่วนพื้นที่ชลประทานต่อพื้นที่การเกษตร โดยมีข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์จำนวน 133 ตัวอย่าง

เมื่อได้ทำการทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระ พบว่า เกิดปัญหาตัวแปรอิสระมีความสัมพันธ์กัน (multicollinearity) จึงได้ตัดตัวแปรอิสระที่เกิดปัญหามีความสัมพันธ์กันออกจากระบบสมการ ได้แก่ ตัวแปรอุณหภูมิเฉลี่ยฤดูหนาว ตัวแปรอุณหภูมิเฉลี่ยปลายฤดูฝน และรูปกำลังสอง คือ ตัวแปรอุณหภูมิเฉลี่ยฤดูหนาวกำลังสอง และตัวแปรอุณหภูมิเฉลี่ยปลายฤดูฝนกำลังสอง ผลการวิเคราะห์สมการดังแสดงในตารางที่ 4 และสามารถสรุปผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่มีต่อรายได้สุทธิภาคการเกษตรของเกษตรกรในภาคตะวันออกเฉียงเหนือได้ดังนี้

ผลกระทบต่อรายได้สุทธิภาคการเกษตรที่ได้จากการเพาะปลูกพืชและเลี้ยงสัตว์ของเกษตรกร

ผลการวิเคราะห์ผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่มีต่อรายได้สุทธิภาคการเกษตรที่ได้จากการเพาะปลูกพืชและเลี้ยงสัตว์ของเกษตรกรในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (NR_1) ปรากฏว่า ค่า Adjusted R-squared ($\overline{R}^2$) เท่ากับ 0.431 หมายความว่า การเปลี่ยนแปลงรายได้สุทธิภาคการเกษตรที่เกิดจากการเพาะปลูกและเลี้ยงสัตว์ของเกษตรกรสามารถอธิบายได้โดยค่าใช้จ่ายในการซื้อปัจจัยการผลิต (K) อุณหภูมิเฉลี่ยฤดูร้อน (T_2) อุณหภูมิเฉลี่ยต้นฤดูฝน (T_3) อุณหภูมิเฉลี่ยฤดูร้อนกำลังสอง (T_2^2) อุณหภูมิเฉลี่ยต้นฤดูฝนกำลังสอง (T_3^2) ปริมาณฝนเฉลี่ยฤดูหนาว (R_1) ปริมาณฝนเฉลี่ยฤดูร้อน (R_2) ปริมาณฝนเฉลี่ยต้นฤดูฝน (R_3) ปริมาณฝนเฉลี่ยปลายฤดูฝน (R_4) ขนาดครัวเรือนเฉลี่ย (HS) ขนาดพื้นที่ถือครองเฉลี่ย (FS) และสัดส่วนพื้นที่ชลประทานต่อพื้นที่การเกษตร (IRRI) ได้ประมาณร้อนละ 43.1 ส่วนที่เหลือประมาณร้อยละ 56.9 เป็นผลเนื่องมาจากปัจจัยอื่นๆ ที่ไม่ได้นำมาพิจารณาในสมการ เมื่อทดสอบนัยสำคัญทางสถิติของค่าสัมประสิทธิ์ของปัจจัยทุกตัว โดยพิจารณาจากค่า F-statistic ปรากฏว่า ปัจจัยทุกตัวสามารถอธิบายสมการผลกระทบต่อรายได้สุทธิภาคการเกษตรจากการเพาะปลูกพืชและเลี้ยงสัตว์ของเกษตรกรได้อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เมื่อทดสอบนัยสำคัญทางสถิติของค่าสัมประสิทธิ์ของปัจจัยแต่ละตัว โดยพิจารณาจากค่าสถิติ t-statistic พบว่า ปัจจัยที่มีผลกระทบในทางบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ได้แก่ ปริมาณฝนเฉลี่ยในต้นฤดูฝน (R_3) ขนาดครัวเรือนเฉลี่ย (HS) และขนาดพื้นที่ถือครองเฉลี่ย (FS) โดยมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และร้อยละของสัดส่วนพื้นที่ชลประทานต่อพื้นที่การเกษตร (IRRI) ที่นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 90 อธิบายได้ดังนี้คือ เมื่อปริมาณฝนเฉลี่ยในช่วงต้นฤดูฝนเพิ่มขึ้นทุกๆ 1 มิลลิเมตร ส่งผลให้รายได้สุทธิภาคการเกษตรที่ได้จากการปลูกพืชและเลี้ยงสัตว์ของเกษตรกรเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้น 61.14 บาท/ไร่/ปี และครัวเรือนเกษตรกรที่มีจำนวนสมาชิกเพิ่มขึ้น 1 คน ส่งผลให้จำนวนแรงงานในครัวเรือนเพิ่มมากขึ้นเช่นกัน เมื่อมีจำนวนแรงงานในการทำการเกษตรมากขึ้นรายได้ภาคการเกษตรจึงเพิ่มขึ้น 125.67 บาท/ไร่/ปี ครัวเรือนที่มีพื้นที่ ถือครองทางการเกษตรที่มีขนาดใหญ่ อาจทำให้เกษตรกรสามารถสร้างรายได้ภาคการเกษตรได้สูงขึ้นเนื่องจากมีศักยภาพในการปรับตัวสูงกว่าครัวเรือนที่มีพื้นที่ถือครองน้อยกว่า และหากพื้นที่การเกษตรมีสัดส่วนพื้นที่ชลประทานต่อพื้นที่การเกษตรเพิ่มขึ้นร้อยละ 1 ส่งผลให้รายได้สุทธิภาคการเกษตรของเกษตรกรเพิ่มขึ้น 29.99 บาท/ไร่/ปี เนื่องจากการมีระบบชลประทานที่ดีและพอเพียงทำให้สามารถจัดสรรน้ำใช้ในภาคการเกษตรให้เกษตรกรได้เพิ่มขึ้นเกษตรกรจะสามารถทำการเพาะปลูกได้ตลอดทั้งปี เช่น สามารถปลูกข้าวนาปรัง หรือพืชผักอื่นๆ ส่งผลให้รายได้สุทธิภาคการเกษตรสูงขึ้น

สำหรับปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงรายได้สุทธิภาคการเกษตรในเชิงลบ ได้แก่ ค่าใช้จ่ายในการซื้อปัจจัยการผลิต (K) อุณหภูมิเฉลี่ยฤดูร้อน (T_2) และอุณหภูมิเฉลี่ยต้นฤดูฝน (T_3) คือ เมื่อค่าใช้จ่ายในการซื้อปัจจัยการผลิตเพิ่มขึ้น 1 บาท ส่งผลให้รายได้สุทธิภาคการเกษตรลดลง 1.73 บาท/ไร่/ปี ส่วนปัจจัยด้านภูมิอากาศที่ส่งผลทำให้รายได้สุทธิภาคการเกษตรลดลง ได้แก่ อุณหภูมิเฉลี่ยเพิ่มขึ้นในฤดูร้อนและต้นฤดูฝนส่งผลให้รายได้ลดลง เนื่องจากในฤดูร้อนอุณหภูมิค่อนข้างสูงอยู่แล้วหากอุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้นอีกย่อมก่อให้เกิดการเพิ่มขึ้นของอัตราการระเหยส่งผลให้ความชื้นในดินลดลงเกิดปัญหาความแห้งแล้งที่รุนแรงยิ่งขึ้น ส่งผลกระทบต่อรายได้สุทธิทั้งจากการปลูกพืชและการเลี้ยงสัตว์ กรณีที่อุณหภูมิเพิ่มขึ้นในช่วงต้นฤดูฝนจะสร้างความเสียหายต่อพืชที่เกษตรกรเริ่มเพาะปลูก เช่น เกษตรกรที่ใช้วิธีทำนาแบบหว่านข้าวแห้ง อุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นทำให้ความชื้นในดินลดลงดินแห้งและแข็งยากต่อการเจริญเติบโตของเมล็ดพันธุ์ข้าวที่เกษตรกรหว่านไว้ สำหรับตัวแปรปริมาณฝน พบว่า ปริมาณฝนเฉลี่ยในปลายฤดูฝน (R_4) ที่เพิ่มขึ้น จะส่งผลกระทบให้รายได้สุทธิภาคการเกษตรลดลง ทั้งนี้ อาจเนื่องจากช่วงดังกล่าวเป็นช่วงเวลาในการเก็บเกี่ยวผลผลิต

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ปริมาณฝนที่เพิ่มขึ้นอาจสร้างความเสียหายต่อผลผลิตพืชในขณะรอการเก็บเกี่ยว ส่วนปริมาณฝนเฉลี่ยในฤดูหนาวและฤดูร้อนไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงรายได้สุทธิภาคการเกษตรอย่างมีนัยสำคัญ

ผลกระทบต่อรายได้สุทธิภาคการเกษตรที่ได้จากการเพาะปลูกพืชของเกษตรกร

ผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่มีต่อรายได้สุทธิภาคการเกษตรที่ได้จากการเพาะปลูกพืชรวมทุกชนิดของเกษตรกรโดยไม่รวมรายได้จากการเลี้ยงสัตว์ ปรากฏว่า ค่า Adjusted R-squared ($\overline{R}^2$) เท่ากับ 0.601 หมายความว่า การเปลี่ยนแปลงรายได้สุทธิภาคการเกษตรที่เกิดจากการเพาะปลูกพืชเพียงอย่างเดียว โดยไม่รวมรายได้สุทธิจากการเลี้ยงสัตว์ของเกษตรกรสามารถอธิบายได้โดย ค่าใช้จ่ายในการซื้อปัจจัยการผลิต (K) อุณหภูมิเฉลี่ยต้นฤดูฝน (T_3) อุณหภูมิเฉลี่ยฤดูร้อนกำลังสอง (T_2^2) อุณหภูมิเฉลี่ยต้นฤดูฝนกำลังสอง (T_3^2) ปริมาณฝนเฉลี่ยฤดูหนาว (R_1) ปริมาณฝนเฉลี่ยฤดูร้อน (R_2) ปริมาณฝนเฉลี่ยต้นฤดูฝน (R_3) ปริมาณฝนเฉลี่ยปลายฤดูฝน (R_4) ขนาดครัวเรือนเฉลี่ย (HS) ขนาดพื้นที่ถือครองเฉลี่ย (FS) และสัดส่วนพื้นที่ชลประทานต่อพื้นที่การเกษตร (IRRI) ได้ประมาณร้อนละ 60.1 ส่วนที่เหลือประมาณร้อยละ 39.9 เป็นผลเนื่องมาจากปัจจัยอื่นๆ ที่ไม่ได้นำมาพิจารณาในสมการ เมื่อทดสอบนัยสำคัญทางสถิติของค่าสัมประสิทธิ์ของปัจจัยทุกตัว โดยพิจารณาจากค่า F-statistic ปรากฏว่า ปัจจัยทุกตัวสามารถอธิบายสมการผลกระทบต่อรายได้สุทธิภาคการเกษตรจากการเพาะปลูกพืชและเลี้ยงสัตว์ของเกษตรกรได้ อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99 จะเห็นได้ว่าในสมการนี้ตัวแปรอิสระสามารถอธิบายการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรตาม คือ รายได้สุทธิจากการปลูกพืชโดยไม่รวมรายได้จากการเลี้ยงสัตว์ได้ดีกว่าสมการที่ (8) ที่ตัวแปรตามคือรายได้สุทธิภาคการเกษตรที่เกิดจากรายได้รวมทั้งจากการปลูกพืชและเลี้ยงสัตว์

เมื่อทดสอบนัยสำคัญทางสถิติของค่าสัมประสิทธิ์ของปัจจัยแต่ละตัว โดยพิจารณาจากค่าสถิติ t-statistic พบว่า ปัจจัยที่มีผลกระทบในทางบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ได้แก่ อุณหภูมิเฉลี่ยในต้นฤดูฝนยกกำลังสอง (T_3^2) ปริมาณฝนเฉลี่ยในฤดูร้อน (R_2) ปริมาณฝนเฉลี่ยในต้นฤดูฝน (R_3) ขนาดครัวเรือนเฉลี่ย (HS) และขนาดพื้นที่ถือครองเฉลี่ย (FS) และร้อยละของสัดส่วนพื้นที่ชลประทานต่อพื้นที่การเกษตร (IRRI) ในขณะที่ค่าใช้จ่ายในการซื้อปัจจัยการผลิต (K) อุณหภูมิเฉลี่ยฤดูร้อน (T_2) อุณหภูมิเฉลี่ยต้นฤดูฝน (T_3) และปริมาณฝนเฉลี่ยในปลายฤดูฝน (R_4) ปริมาณฝนเฉลี่ยในปลายฤดูฝน (R_4) ปริมาณฝนเฉลี่ยฤดูร้อน (R_2^2) ส่งผลกระทบในเชิงลบต่อการเปลี่ยนแปลงรายได้สุทธิที่ได้จากการปลูกพืชของเกษตรกร

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เมื่อพิจารณาผลกระทบของปัจจัยด้านภูมิอากาศที่มีต่อรายได้สุทธิจากการปลูกพืชของเกษตรกร พบว่า อุณหภูมิเฉลี่ยทั้งในฤดูร้อนและต้นฤดูฝนมีค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปรกำลังหนึ่งเป็นค่าลบในขณะที่สัมประสิทธิ์ของตัวแปรกำลังสองมีค่าบวก จากการทบทวนเอกสารพบว่าถ้าค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปรเป็นไปในลักษณะดังกล่าว แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิเฉลี่ยกับรายได้สุทธิภาคการเกษตรเป็นไปในลักษณะ u-shaped คือ เมื่ออุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้นรายได้สุทธิภาคการเกษตรจะลดลงจนถึงจุดหนึ่งที่การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิ จะส่งผลให้รายได้ภาคการเกษตรค่อยๆ เพิ่มขึ้น ด้านปริมาณฝนเฉลี่ยในฤดูร้อนพบว่าค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปรกำลังหนึ่งเป็นค่าบวกส่วนค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปรกำลังสองเป็นค่าลบ แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฝนเฉลี่ยในฤดูร้อนกับการเปลี่ยนแปลงรายได้สุทธิจากการปลูกพืชรวมในลักษณะ hill-shaped คือ เมื่อปริมาณฝนเพิ่มขึ้นในฤดูร้อนจะส่งผลให้รายได้สุทธิจากการปลูกพืชจะเพิ่มสูงขึ้น จนเมื่อปริมาณฝนเฉลี่ยเพิ่มไปจนถึงจุดหนึ่งจะส่งผลให้รายได้สุทธิลดลง สอดคล้องกับสภาพภูมิอากาศในภาคตะวันออกเฉียงเหนือที่ในฤดูร้อนภาคนี้ต้องประสบปัญหาความแห้งแล้งเสมอ การเพิ่มขึ้นของปริมาณฝนย่อมช่วยบรรเทาปัญหาความแห้งแล้ง และเกษตรกรอาจปลูกพืชฤดูแล้งเพิ่มได้จากเดิมที่ต้องปล่อยพื้นที่การเกษตรว่างเปล่าเพราะขาดแคลนน้ำ ส่งผลให้เกษตรกรได้รับรายได้เพิ่มขึ้น แต่หากปริมาณฝนที่มากเกินไปอาจทำให้เกิดอุทกภัยสร้างความเสียหายต่อทรัพย์สินทางการเกษตรของเกษตรกร ในขณะที่ปริมาณฝนในช่วงต้นฤดูฝนที่เพิ่มขึ้น จะส่งผลให้รายได้สุทธิจากการปลูกพืชทั้งหมดเพิ่มขึ้นเช่นกัน แต่หากปริมาณฝนเพิ่มขึ้นในช่วงปลายฤดูฝนจะส่งผลให้รายได้สุทธิจากการปลูกพืชทั้งหมดของเกษตรกรลดลง

ผลกระทบต่อรายได้สุทธิภาคการเกษตรที่ได้จากการเพาะปลูกข้าวและพืชไร่ของเกษตรกร

ผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่มีต่อรายได้สุทธิภาคการเกษตรที่ได้จากการเพาะปลูกเฉพาะข้าวและพืชไร่ของเกษตรกรในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (NR_3) พิจารณาค่า Adjusted R-squared ($\overline{R}^2$) เท่ากับ 0.637 หมายความว่า การเปลี่ยนแปลงรายได้สุทธิที่เกิดจากการเพาะปลูกพืชเฉพาะข้าวและพืชไร่ของเกษตรกรอย่างเดียว สามารถอธิบายได้โดย ค่าใช้จ่ายในการซื้อปัจจัยการผลิต (K) อุณหภูมิเฉลี่ยในฤดูร้อน (T_2) อุณหภูมิเฉลี่ยต้นฤดูฝน (T_3) อุณหภูมิเฉลี่ยฤดูร้อนกำลังสอง (T22) อุณหภูมิเฉลี่ยต้นฤดูฝนกำลังสอง (T32) ปริมาณฝนเฉลี่ยฤดูหนาว (R1) ปริมาณฝนเฉลี่ยฤดูร้อน (R_2) ปริมาณฝนเฉลี่ยต้นฤดูฝน (R_3) ปริมาณฝนเฉลี่ยปลายฤดูฝน (R_4) ขนาดครัวเรือนเฉลี่ย (HS) ขนาดพื้นที่ถือครองเฉลี่ย (FS) และสัดส่วนพื้นที่ชลประทานต่อพื้นที่การเกษตร (IRRI) ได้ประมาณร้อนละ 63.7 ส่วนที่เหลือประมาณร้อยละ 36.3 เป็นผลเนื่องมาจากปัจจัยอื่นๆ ที่ไม่ได้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

นำมาพิจารณาในสมการ เมื่อทดสอบนัยสำคัญทางสถิติของค่าสัมประสิทธิ์ของปัจจัยทุกตัว โดยพิจารณาจากค่า F-statistic ปรากฏว่า ปัจจัยทุกตัวสามารถอธิบายสมการผลกระทบต่อรายได้สุทธิภาคการเกษตรจากการเพาะปลูกพืชและเลี้ยงสัตว์ของเกษตรกรได้ อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99 จะเห็นได้ว่า ในสมการนี้ตัวแปรอิสระสามารถอธิบายการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรตามคือ รายได้สุทธิจากการปลูกพืชเฉพาะข้าวและพืชไร่ดีกว่าสมการที่ (8) ที่ตัวแปรตามคือรายได้สุทธิภาคการเกษตรที่เกิดจากรายได้ รวมทั้งจากการปลูกพืชและเลี้ยงสัตว์ และและสมการที่ (9) ที่ตัวแปรตามคือ รายได้สุทธิที่เกิดจากรายได้จากการเพาะปลูกพืชรวมทั้งหมดของเกษตรกร

เมื่อทดสอบนัยสำคัญทางสถิติของค่าสัมประสิทธิ์ของปัจจัยแต่ละตัว โดยพิจารณาจากค่าสถิติ t-statistic พบว่า ปัจจัยที่มีผลกระทบในทางบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ได้แก่ อุณหภูมิเฉลี่ยในต้นฤดูฝนยกกำลังสอง (T_3^2) ปริมาณฝนเฉลี่ยในฤดูร้อน (R_2) ปริมาณฝนเฉลี่ยในต้นฤดูฝน (R_3) ขนาดครัวเรือนเฉลี่ย (HS) และขนาดพื้นที่ถือครองเฉลี่ย (FS) และร้อยละของสัดส่วนพื้นที่ชลประทานต่อพื้นที่การเกษตร (IRRI) ในขณะที่ค่าใช้จ่ายในการซื้อปัจจัยการผลิต (K) อุณหภูมิเฉลี่ยฤดูร้อน (T_2) อุณหภูมิเฉลี่ยต้นฤดูฝน (T_3) และปริมาณฝนเฉลี่ยในปลายฤดูฝน (R_4) ปริมาณฝนเฉลี่ยในปลายฤดูฝน (R_4) ปริมาณฝนเฉลี่ยฤดูร้อน (R_2^2) ปริมาณฝนเฉลี่ยต้นฤดูฝน (R_3^2) ส่งผลกระทบในเชิงลบต่อการเปลี่ยนแปลงรายได้สุทธิที่ได้จากการปลูกพืชของเกษตรกร

เมื่อพิจารณาเฉพาะผลกระทบที่มีต่อรายได้สุทธิจากการปลูกพืชเฉพาะข้าวและพืชไร่ของเกษตรกรที่เกิดจากปัจจัยด้านภูมิอากาศ ปรากฏว่า อุณหภูมิเฉลี่ยทั้งในฤดูร้อนและต้นฤดูฝนมีค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปรกำลังหนึ่งเป็นค่าลบ ในขณะที่สัมประสิทธิ์ของตัวแปรกำลังสองมีค่าบวก ซึ่งลักษณะดังกล่าวแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิเฉลี่ยกับรายได้สุทธิภาคการเกษตรเป็นไปในลักษณะ u-shaped แต่พบว่าตัวแปรอุณหภูมิเฉลี่ยในต้นฤดูฝนมีความสัมพันธ์ต่อตัวแปรอิสระที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99 ซึ่งเพิ่มขึ้นจากสมการที่ (8) และ (9) สำหรับผลกระทบของปริมาณฝน พบว่า ปริมาณฝนเฉลี่ยในฤดูร้อนมีค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปรกำลังหนึ่งเป็นค่าบวก ส่วนค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปรกำลังสองเป็นค่าลบแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฝนเฉลี่ยในฤดูร้อนกับการเปลี่ยนแปลงรายได้สุทธิจากการปลูกพืชรวมในลักษณะ hill-shaped เช่นเดียวกับสองสมการข้างต้น แต่ตัวแปรปริมาณฝนเฉลี่ยในช่วงปลายฤดูฝนมีค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปรกำลังหนึ่งเป็นลบและค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปรกำลังสองมีค่าเป็นบวก แสดงความสัมพันธ์ของปริมาณฝนเฉลี่ยปลายฤดูฝนต่อการเปลี่ยนแปลงรายได้สุทธิจากการปลูกข้าวและพืชไร่เป็นในลักษณะ u-shaped ซึ่งแตกต่างจากตัวแปรปริมาณฝนเฉลี่ยในฤดูร้อนและต้นฤดูฝน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 4 ผลการวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อรายได้สุทธิภาคการเกษตรของเกษตรกรในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ พ.ศ. 2544-2550

ตัวแปรอิสระ	รายได้สุทธิภาคการเกษตร (พืชรวม+เลี้ยงสัตว์) (NR_1)	รายได้สุทธิ (พืชรวม) (NR_2)	รายได้สุทธิ (ข้าว +พืชไร่) (NR_3)
ค่าใช้จ่ายซื้อปัจจัยการผลิต (K)	-1.728	-1.524	-1.174
	(-5.991)***	(-10.299)***	(-11.674)***
อุณหภูมิเฉลี่ยฤดูร้อน (T_2)	-403.023	-531.358	-484.966
	(-2.229)*	(-2.002)*	(-2.585)**
อุณหภูมิเฉลี่ยฤดูร้อนกำลังสอง (T_2^2)	6.394	8.046	6.369
	(0.204)	(0.003)	(1.562)
อุณหภูมิเฉลี่ยต้นฤดูฝน (T_3)	-516.565	-583.992	-629.673
	(-2.919)*	(-3.343)***	(-4.511)***
อุณหภูมิเฉลี่ยต้นฤดูฝนกำลังสอง (T_3^2)	6.490	7.627	7.654
	(6.497)	(1.965)**	(2.999)***
ปริมาณฝนเฉลี่ยฤดูหนาว (R_1)	12.083	13.828	15.542
	(1.110)	(1.033)	(1.289)
ปริมาณฝนเฉลี่ยฤดูหนาวกำลังสอง (R_1^2)	-0.003	-0.009	-0.009
	(-1.161)	(-1.006)	(-1.087)
ปริมาณฝนเฉลี่ยฤดูร้อน (R_2)	33.641	44.285	45.719
	(0.960)	(2.178)**	(2.516)**
ปริมาณฝนเฉลี่ยฤดูร้อนกำลังสอง (R_2^2)	-0.004	-0.006	-0.007
	(-0.757)	(-1.833)*	(-2.088)**
ปริมาณฝนเฉลี่ยต้นฤดูฝน (R_3)	61.135	61.418	81.773
	(2.165)**	(2.986)**	(3.745)***
ปริมาณฝนเฉลี่ยต้นฤดูฝนกำลังสอง (R_3^2)	-0.001	-0.002	-0.004
	(-0.299)	(-1.039)	(-2.738)**
ปริมาณฝนเฉลี่ยปลายฤดูฝน (R_4)	-21.398	-21.597	-31.432
	(-1.734)*	(-1.187)*	(-1.268)*
ปริมาณฝนเฉลี่ยปลายฤดูฝนกำลังสอง (R_4^2)	0.001	0.002	0.004
	(0.588)	(1.641)	(1.836)*
ขนาดครัวเรือนเฉลี่ย (HS)	125.671	99.330	166.704
	(2.776)**	(2.239)**	(3.171)**

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 4 (ต่อ)

ตัวแปรอิสระ	รายได้สุทธิภาคการเกษตร (พืชรวม+เลี้ยงสัตว์) (NR_1)	รายได้สุทธิ (พืชรวม) (NR_2)	รายได้สุทธิ (ข้าว +พืชไร่) (NR_3)
ขนาดพื้นที่ถือครองเฉลี่ย (FS)	23.818	19.546	33.053
	(2.025)**	(2.127)**	(3.076)**
สัดส่วนพื้นที่ชลประทานต่อพื้นที่เกษตร	29.994	15.460	17.793
(IRRI)	(1.811)*	(1.801)*	(1.977)*
ค่าคงที่	13392.1	26894.8	18672.9
	(2.777)**	(2.609)**	(2.446)**
Adjusted-R squared	0.431	0.601	0.637
F-statistic	8.491	11.862	12.689
จำนวนตัวอย่าง	133	133	133

*** คือ มีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99

** คือ มีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

* คือ มีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 90

ตัวเลขในวงเล็บคือค่า t-statistics

ผลกระทบส่วนเพิ่มของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่มีต่อรายได้สุทธิภาคการเกษตร

ผลการวิเคราะห์ผลกระทบส่วนเพิ่มของอุณหภูมิและปริมาณฝนรายฤดูกาลต่อการเปลี่ยนแปลงรายได้สุทธิภาคการเกษตร ได้แสดงไว้ในตารางที่ 5 เมื่อพิจารณาผลกระทบส่วนเพิ่มของปัจจัยภูมิอากาศต่อการเปลี่ยนแปลงรายได้สุทธิภาคการเกษตรจากแหล่งรายได้ที่แตกต่างกันของเกษตรกร ประกอบด้วย รายได้สุทธิภาคการเกษตรจากการเพาะปลูกพืชและเลี้ยงสัตว์ (NR_1) รายได้สุทธิจากการเพาะปลูกพืชรวมโดยไม่รวมจากการเลี้ยงสัตว์ (NR_2) และรายได้สุทธิจากการเพาะปลูกเฉพาะข้าวและพืชไร่ (NR_3) พบว่า การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิเฉลี่ยในฤดูร้อน 1 องศาเซลเซียส ส่งผลให้รายได้สุทธิภาคการเกษตรลดลง 28.21-111.62 บาท/ไร่/ปี ในขณะที่อุณหภูมิเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้นในต้นฤดูฝนจะส่งผลกระทบทำให้รายได้สุทธิภาคการเกษตรลดลงเท่ากับ 145.6-181 บาท/ไร่/ปี เห็นได้ว่าการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิในฤดูร้อนส่งผลกระทบต่อการลดลงของรายได้น้อยกว่าการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิเฉลี่ยในต้นฤดูฝน ทั้งนี้ อาจเป็นเพราะอุณหภูมิเฉลี่ยในฤดูร้อนของภาค

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตะวันออกเฉียงเหนือไม่มีการเปลี่ยนแปลงมากนักในขณะที่อุณหภูมิในช่วงต้นฤดูฝนมีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มสูงขึ้นมากกว่า ดังจะเห็นได้จากผลการศึกษาแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในบทที่ 5 ซึ่งค่าผลกระทบดังกล่าวสอดคล้องกับช่วงเวลาในการเพาะปลูกพืชของเกษตรกร เนื่องจากในช่วงฤดูร้อนเกษตรกรส่วนใหญ่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือมักไม่ได้ทำการเพาะปลูกพืชหลัก เนื่องจากมีพื้นที่การเกษตรอยู่นอกเขตชลประทาน อุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นจึงส่งผลกระทบทำให้รายได้ลดลงไม่มากนักแต่ในช่วงต้นฤดูฝน ซึ่งเป็นช่วงที่เกษตรกรทำการเพาะปลูกพืชหลัก เช่น ข้าวนาปี หรือมันสำปะหลังต้นฤดู การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิอาจทำให้พืชที่เกษตรกรเริ่มปลูกตายหรือไม่เจริญเติบโตและให้ผลผลิตน้อย จึงส่งผลทำให้รายได้ลดลงมาก ผลกระทบโดยรวมที่เกิดจากการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิจะส่งผลให้รายได้ลดลง 183.80-292.61 บาท/ไร่/ปี

ผลกระทบของปริมาณฝนเฉลี่ยต่อการเปลี่ยนแปลงรายได้สุทธิภาคการเกษตร สรุปได้ว่า เมื่อปริมาณฝนเฉลี่ยเพิ่มขึ้นในฤดูหนาวทุกๆ 1 มิลลิเมตร ส่งผลให้รายได้สุทธิเพิ่มขึ้นเพียง 11.93-15.01 บาท/ไร่/ปี ปริมาณฝนที่เพิ่มขึ้นในฤดูร้อนเพิ่มรายได้ให้เกษตรกร 31.21-45.31 บาท/ไร่/ปี และปริมาณฝนที่เพิ่มขึ้นในช่วงต้นฤดูฝนเพิ่มรายได้ให้เกษตรกร 59.69-81.54 บาท/ไร่/ปี แต่หากปริมาณฝนเพิ่มขึ้นในช่วงปลายฤดูฝนจะส่งผลให้รายได้ลดลง 20.03-31.2 บาท/ไร่/ปี เนื่องจากช่วงเวลาดังกล่าว คือ ช่วงเดือนกันยายนถึงเดือนพฤศจิกายน ซึ่งเป็นช่วงเก็บเกี่ยวผลผลิตปริมาณฝนที่เพิ่มขึ้นอาจสร้างความเสียหายต่อผลผลิตได้ อย่างไรก็ตามผลกระทบจากการเพิ่มขึ้นของปริมาณฝนโดยรวมยังคงเป็นบวก เท่ากับ 82.21-110.66 บาท/ไร่/ปี

เมื่อพิจารณาผลกระทบของภูมิอากาศต่อรายได้สุทธิภาคการเกษตรในภาพรวม พบว่า ปัจจัยด้านภูมิอากาศ ได้แก่ อุณหภูมิและปริมาณฝน มีความสัมพันธ์ต่อการเปลี่ยนแปลงรายได้สุทธิภาคการเกษตรแตกต่างกันไปในแต่ละฤดูกาล โดยในช่วงต้นฤดูฝนเป็นฤดูที่มีความสำคัญของภาคการเกษตรในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เนื่องจากหากมีการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิเฉลี่ยในช่วงนี้จะส่งผลให้รายได้ลดลงมากที่สุด แต่หากปริมาณฝนเพิ่มในช่วงนี้รายได้สุทธิภาคการเกษตรจะเพิ่มขึ้นมากที่สุดเมื่อเทียบกับฤดูกาลอื่น

นอกจากนี้ ขนาดของผลกระทบก็แตกต่างกันในแต่ละรูปแบบของรายได้สุทธิภาคการเกษตรที่นำมาพิจารณา ซึ่งพบว่า การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศส่งผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงรายได้สุทธิที่ได้จากการเพาะปลูกเฉพาะข้าวและพืชไร่ (NR_3) ลดลงมากที่สุด รองลงมาได้แก่ ผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงรายได้สุทธิจากการปลูกพืชรวม (NR_2) และผลกระทบต่อรายได้สุทธิภาค

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การเกษตรที่เกิดจากการปลูกพืชและเลี้ยงสัตว์ (NR_1) ได้รับผลกระทบในเชิงลบน้อยที่สุด แสดงให้เห็นว่าเกษตรกรที่มีรายได้หลักมาจากการปลูกพืชเชิงเดี่ยวอย่างการปลูกข้าวหรือพืชไร่เท่านั้นจะได้รับผลกระทบเชิงลบมากกว่าเกษตรกรที่มีการปลูกพืชผสมผสานและมีการเลี้ยงสัตว์ เนื่องจากการปลูกพืชเชิงเดี่ยวหรือเลือกปลูกเฉพาะพืชหลัก เช่น ข้าวหรือพืชไร่อย่างเดียว เมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ ปริมาณฝน หรือเกิดภาวะความรุนแรงของลมฟ้าอากาศ เกษตรกรจะได้รับผลกระทบจากผลผลิตเสียหายทั้งหมด ในขณะที่เกษตรกรที่ปลูกพืชผสมผสานหรือมีการเลี้ยงสัตว์ทำให้สามารถหมุนเวียนสร้างรายได้ให้เกษตรกรได้ตลอดปี เมื่อเกิดการเปลี่ยนของปัจจัยภูมิอากาศดังกล่าว แหล่งรายได้ของเกษตรกรจะไม่สูญเสียไปทั้งหมด ทำให้เกษตรกรได้รับผลกระทบในเชิงลบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศน้อยกว่า

ตารางที่ 5 ผลกระทบส่วนเพิ่มของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่มีต่อรายได้สุทธิภาคการเกษตรของเกษตรกรในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ พ.ศ. 2544-2550

(หน่วย: บาท/ไร่/ปี)

ผลกระทบส่วนเพิ่ม	รายได้สุทธิภาคการเกษตร (พืชรวม+เลี้ยงสัตว์) (NR_1)	รายได้สุทธิ (พืชรวม) (NR_2)	รายได้สุทธิ (ข้าว+พืชไร่) (NR_3)
อุณหภูมิเฉลี่ยในฤดูร้อน (°ซ)	-28.21	-59.70	-111.62
อุณหภูมิเฉลี่ยในต้นฤดูฝน (°ซ)	-145.60	-148.03	-181.00
รวมอุณหภูมิเฉลี่ย	-173.80	-207.73	-292.61
ปริมาณฝนเฉลี่ยในฤดูหนาว (มม.)	11.93	13.36	15.01
ปริมาณฝนเฉลี่ยในฤดูร้อน (มม.)	31.21	40.64	45.31
ปริมาณฝนเฉลี่ยในต้นฤดูฝน (มม.)	59.69	58.53	81.54
ปริมาณฝนเฉลี่ยในปลายฤดูฝน (มม.)	-20.61	-20.03	-31.20
รวมปริมาณฝนเฉลี่ย	82.21	92.50	110.66

หมายเหตุ: จำนวน 133 ตัวอย่าง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

แนวทางการปรับตัวของเกษตรกร

การผลิตในภาคการเกษตรจำเป็นต้องอาศัยปัจจัยการผลิตทั้งทุน แรงงาน และที่ดินตามแนวคิดของเดวิด ริคาร์โด ซึ่งที่ดินที่เป็นปัจจัยการผลิตนี้ไม่เพียงหมายถึงแต่ทรัพยากรดินที่ใช้ในการเพาะปลูกเท่านั้นยังหมายรวมถึงทรัพยากรน้ำ ป่าไม้ อากาศ อุณหภูมิ แสงแดด ที่ประกอบรวมเป็นทรัพยากรธรรมชาติทางการเกษตรที่มีความสำคัญต่อการผลิตในภาคการเกษตรทั้งสิ้นจะขาดซึ่งความเหมาะสมของทรัพยากรใดทรัพยากรหนึ่งไม่ได้ การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศส่งผลกระทบให้ทรัพยากรธรรมชาติทางการเกษตรเหล่านี้เกิดการเปลี่ยนแปลงไปและเสื่อมคุณภาพ จนทำให้ผลิตภาพทางการเกษตรลดลง การปรับตัวของเกษตรกรโดยอาศัยแนวทางการจัดการทรัพยากรธรรมชาติทางการเกษตรดังกล่าวจึงเป็นแนวทางการปรับตัว เพื่อให้สามารถลดผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศได้อย่างยั่งยืน อย่างไรก็ตามทรัพยากรดินและน้ำถือเป็นทรัพยากรธรรมชาติหลักทางการเกษตรที่มนุษย์มีส่วนเข้ามาจัดการได้มากกว่าทรัพยากรอื่นๆ ที่อยู่นอกเหนือจากการควบคุมของมนุษย์ ดังนั้นในการวิเคราะห์แนวทางการปรับตัวของเกษตรกรจึงมุ่งพิจารณาวิธีการปรับตัวภายใต้แนวทางการจัดการทรัพยากรดินและทรัพยากรน้ำเป็นสำคัญ

ในการวิเคราะห์แนวทางการปรับตัวของเกษตรกรต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบสอบถามภายใต้โครงการวิจัยเรื่อง “Vulnerability to Climate Change: Adaptation Strategies and Layers of Resilience” ที่ดำเนินการโดยกรมวิชาการเกษตรร่วมกับ ICRISAT ใน พ.ศ. 2552 กรณีศึกษาในจังหวัดนครราชสีมาและจังหวัดชัยภูมิ จากเกษตรกรจำนวน 160 ครัวเรือน โดยทำการการวิเคราะห์ในประเด็นดังต่อไปนี้ คือ 1) การรับรู้การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของเกษตรกร 2) ผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อการทำการเกษตรของเกษตรกร และ 3) แนวทางการปรับตัวของเกษตรกรต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

จากการวิเคราะห์ข้อมูลสถิติภูมิอากาศเพื่อหาแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ พบว่า จังหวัดนครราชสีมาและจังหวัดชัยภูมิเป็นพื้นที่ที่มีความอ่อนไหวต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ พิจารณาจากปริมาณฝนรวมรายปีเฉลี่ยคาบ 50 ปี (พ.ศ. 2503-2552) ดังตารางที่ 6 พบว่า ภาคตะวันออกเฉียงเหนือจะมีปริมาณฝนรวมรายปีเฉลี่ยที่ 1,434.4 มิลลิเมตร/ปี และมีจำนวนวันฝนตกเท่ากับ 114.9 วัน/ปี จังหวัดนครพนมเป็นจังหวัดที่มีปริมาณฝนรวมรายปีเฉลี่ยและจำนวนวันฝนตกรายปีเฉลี่ยสูงที่สุด ในขณะที่จังหวัดนครราชสีมาเป็นจังหวัดที่มีปริมาณฝนรวมรายปีน้อยที่สุดในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มีปริมาณฝนรวมรายปีเฉลี่ยเพียง 1,087.1

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

มิลลิเมตร/ปี จำนวนวันฝนตกเท่ากับ 114.1 วัน/ปี รองลงมา คือ จังหวัดชัยภูมิ มีปริมาณฝนรวมรายปีเฉลี่ย 1,156.2 มิลลิเมตร/ปีและมีจำนวนวันฝนตกเพียง 102.5 วัน/ปี เนื่องจากพื้นที่ทั้งสองจังหวัดอยู่ในเขตเงาฝน (rain shadow) ทำให้มีปริมาณฝนน้อยมากเมื่อเทียบกับพื้นที่ส่วนอื่นๆ ของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ประกอบกับปัจจัยด้านลักษณะโครงสร้างของดินที่เป็นดินทรายที่ไม่กักเก็บน้ำ โดยเฉพาะบริเวณที่ราบในจังหวัดนครราชสีมา และปัญหาการแพร่กระจายของดินเค็มในระดับรุนแรงส่งผลให้ปัญหาความแห้งแล้งในพื้นที่สองจังหวัดนี้ทวีความรุนแรงมากยิ่งขึ้น ซึ่งปัจจัยทั้งหมดนี้ส่งผลกระทบโดยตรงกับภาคการเกษตรและวิถีชีวิตของเกษตรกรในทั้งสองจังหวัด

พื้นที่ทำการศึกษาได้แก่ หมู่ 8 บ้านดอนไพล ตำบลท่าเยี่ยม และหมู่ 12 บ้านกุดสวาย ตำบลพลับพลา อำเภอโชคชัย จังหวัดนครราชสีมา เป็นตัวแทนของหมู่บ้านที่มีพื้นที่ทำการเกษตรอยู่ในเขตชลประทาน ในขณะที่พื้นที่ หมู่ 7 บ้านท่าแตง ตำบลกุดน้ำใส และหมู่ 4 บ้านหนองม่วง ตำบลส้มป่อย อำเภอจัตุรัส จังหวัดชัยภูมิ เป็นตัวแทนพื้นที่ทำการเกษตรที่อยู่นอกเขตชลประทาน เก็บข้อมูลจากเกษตรกร จำนวน 40 ครัวเรือนต่อหมู่บ้าน

ตารางที่ 6 ปริมาณฝนและจำนวนวันฝนตกรายปีเฉลี่ยในคาบ 50 ปี (พ.ศ. 2503-2552) รายจังหวัดภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

จังหวัด	ปริมาณฝนรายปีเฉลี่ย (มม.)	จำนวนวันฝนตกรายปีเฉลี่ย (วัน)
นครพนม	2,201.4	131.8
อำนาจเจริญ	1,670.2	114.3
หนองคาย	1,611.2	126.4
อุบลราชธานี	1,608.3	119.8
กาฬสินธุ์	1,601.8	118.7
สกลนคร	1,580.3	124.6
มุกดาหาร	1,502.8	116.5
อุดรธานี	1,456.8	120.4
ศรีสะเกษ	1,454.4	106.9
ยโสธร	1,402.8	106.6
สุรินทร์	1,382.7	115.4
ร้อยเอ็ด	1,381.3	106.2

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 6 (ต่อ)

จังหวัด	ปริมาณฝนรายปีเฉลี่ย (มม.)	จำนวนวันฝนตกรายปีเฉลี่ย (วัน)
หนองบัวลำภู	1,276.7	115.1
มหาสารคาม	1,249.0	102.2
เลย	1,236.8	123.5
ขอนแก่น	1,202.1	104.3
บุรีรัมย์	1,191.2	113.1
ชัยภูมิ	1,156.2	102.5
นครราชสีมา	1,087.1	114.1
เฉลี่ยทั้งภาค	**1,434.4**	**114.9**

การรับรู้ถึงการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของเกษตรกร

การวิเคราะห์การรับรู้ถึงการเปลี่ยนสภาพภูมิอากาศของเกษตรกรในพื้นที่ศึกษา โดยเกษตรกรที่อยู่ในเขตชลประทาน ได้แก่ บ้านดอนไพลและบ้านกุดสวาย ในจังหวัดนครราชสีมา รวม 80 ครัวเรือน และเกษตรกรที่อยู่นอกเขตชลประทาน ได้แก่ บ้านท่าแตงและบ้านหนองม่วง จังหวัดชัยภูมิ อีกจำนวน 80 ครัวเรือน โดยให้เกษตรกรทำการเปรียบเทียบระหว่างช่วงปีปัจจุบัน พ.ศ. 2552 เทียบกับ พ.ศ. 2503 (ค.ศ. 1960) ซึ่งเป็นปีฐาน ผลปรากฏว่าเกษตรกรในเขตชลประทานส่วนใหญ่ จำนวน 44 ครัวเรือน หรือร้อยละ 55 เห็นว่าปริมาณฝนมีแนวโน้มลดลง และร้อยละ 35 เห็นว่าปริมาณฝนเพิ่มขึ้นจากเดิม ในขณะที่มีเพียงร้อยละ 10 เห็นว่าปริมาณฝนไม่เปลี่ยนแปลงไปจากอดีต เป็นไปในทิศทางเดียวกับการรับรู้เรื่องการเปลี่ยนแปลงจำนวนวันฝนตกของเกษตรกรที่ส่วนใหญ่ ร้อยละ 56.3 เห็นว่าจำนวนวันที่มีฝนตกลดลง ร้อยละ 37.5 เห็นว่าจำนวนวันฝนตกเพิ่มขึ้น และร้อยละ 6.2 ที่เห็นว่าจำนวนวันฝนตกไม่เปลี่ยนแปลง ด้านการรับรู้เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิและความร้อน มีเกษตรกรในเขตชลประทานจำนวนถึง 75 ครัวเรือน หรือร้อยละ 93.8 เห็นว่าอุณหภูมิอากาศเพิ่มขึ้นจากอดีตอย่างมาก มีเพียง 3 ครัวเรือน (ร้อยละ 3.7) ที่เห็นว่าอุณหภูมิอากาศลดลงจากอดีต และอีก 2 ครัวเรือน เห็นว่าอุณหภูมิอากาศไม่เปลี่ยนแปลงไปจากเดิม ดังแสดงในตารางที่ 7

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ด้านการรับรู้ของเกษตรกรเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงเวลาการเริ่มตกของฝนต้นฤดูที่เป็นช่วงเวลาเริ่มต้นทำการเพาะปลูกพืชของเกษตรกร พบว่า จำนวนของเกษตรกรในเขตชลประทานที่เห็นว่าการเริ่มของฝนต้นฤดูทั้งเร็วกว่าปกติ และมาล่าช้ากว่าปกติ มีจำนวนใกล้เคียงกัน กล่าวคือ เกษตรกรจำนวน 39 ครัวเรือน หรือร้อยละ 48.8 เห็นว่าปัจจุบันฝนต้นฤดูมาเร็วกว่าปกติคือฝนจะเริ่มตกตั้งแต่ปลายเดือนเมษายน ทำให้เกษตรกรไม่สามารถเตรียมการเพาะปลูกได้ทันและเมื่อรอไปจนต้นฤดูฝนคือ ในช่วงเดือนมิถุนายนฝนกลับทิ้งช่วงไป ส่งผลกระทบต่อฤดูกาลเพาะปลูกของเกษตรกรอย่างมาก ในขณะที่เกษตรกรจำนวน 33 ครัวเรือน หรือร้อยละ 42.2 เห็นว่าการมาของฝนต้นฤดูล่าช้าไปจากเดิมคือ เมื่อถึงเดือนมิถุนายนเริ่มมีฝนเล็กน้อยเกษตรกรที่ทำนาหว่านข้าวแห้งจะทำการหว่านเมล็ดพันธุ์และเกษตรกรที่ปลูกมันต้นฤดูฝนเริ่มทำการปลูก แต่ฝนกลับทิ้งช่วงหลังจากที่หว่านเมล็ดพันธุ์ข้าวไปสร้างความเสียหายต่อเมล็ดพันธุ์และต้นพืชที่เริ่มปลูก เมื่อถามถึงการเปลี่ยนแปลงการกระจายตัวของฝน เกษตรกรส่วนใหญ่ ร้อยละ 68.8 เห็นว่า ปัจจุบันรูปแบบการกระจายตัวของฝนมีการตกอย่างกระจุกตัวและทิ้งช่วงมากกว่าในอดีต และร้อยละ 21.2 เห็นว่าฝนยังคงตกสม่ำเสมอและกระจายตัวดี และเกษตรกรร้อยละ 10 เห็นว่าการตกและการกระจายตัวของฝนไม่มีการเปลี่ยนแปลงจากเดิม สำหรับเกษตรกรนอกเขตชลประทาน จากจำนวนทั้งสิ้น 80 ครัวเรือน ปรากฏว่ามีเกษตรกรจำนวน 61 ครัวเรือน หรือคิดเป็นร้อยละ 76.3 เห็นว่าปริมาณฝนลดลงจากเดิม และร้อยละ 22.5 เห็นว่าปริมาณฝนเพิ่มขึ้นจากเดิม และมีเพียงร้อยละ 1.2 ที่เห็นว่าปริมาณฝนไม่มีการเปลี่ยนแปลงไปจากเดิม ซึ่งสอดคล้องกับความคิดเห็นเกี่ยวกับแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงจำนวนวันฝนตกที่เกษตรกร ร้อยละ 76.3 เห็นว่า จำนวนวันฝนตกมีแนวโน้มลดลงจากอดีต ด้านความคิดเห็นเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศ พบว่า เกษตรกรถึงร้อยละ 98.8 เห็นว่า อุณหภูมิอากาศเพิ่มขึ้นจากอดีตอย่างมาก มีเกษตรกรเพียงร้อยละ 1.2 ที่เห็นว่าอุณหภูมิอากาศไม่ต่างไปจากอดีต และไม่มีเกษตรที่เห็นว่าอุณหภูมิลดลงกว่าอดีตเลย

ด้านการรับรู้ของเกษตรกรนอกเขตชลประทานเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงเวลาการเริ่มตกของฝนต้นฤดูที่เป็นช่วงเวลาเริ่มต้นทำการเพาะปลูกพืชของเกษตรกรเป็นไปในทิศทางเดียวกับเกษตรกรที่อยู่ในเขตชลประทาน กล่าวคือ เกษตรกรที่เห็นว่าฝนต้นฤดูมาเร็วกว่าปกติมีจำนวนที่ใกล้เคียงกับเกษตรกรที่เห็นว่าฝนต้นฤดูมาล่าช้ากว่าปกติ โดยเกษตรกรที่เห็นว่าการเริ่มของฝนต้นฤดูทั้งเร็วกว่าปกติ มีจำนวน 48.8 ครัวเรือน หรือร้อยละ 48.8 ในขณะที่เกษตรกร จำนวน 34 ครัวเรือน หรือร้อยละ 42.5 เห็นว่าการมาของฝนต้นฤดูล่าช้ากว่าปกติ ทำให้ฤดูกาลเพาะปลูกของเกษตรกรมีการเปลี่ยนแปลงไปมาก เมื่อถามถึงการเปลี่ยนแปลงการกระจายตัวของฝน เกษตรกรส่วนใหญ่ ร้อยละ 83.8 เห็นว่าปัจจุบันรูปแบบการกระจายตัวของฝนมีการตกอย่างกระจุกตัวและทิ้งช่วงมากกว่าในอดีต และร้อยละ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

12.5 เห็นว่าฝนยังคงตกสม่ำเสมอและกระจายตัวดี และมีเกษตรกรเพียงร้อยละ 3.7 ที่เห็นว่ารูปแบบการกระจายตัวของฝนไม่เปลี่ยนแปลงไปจากในอดีต

เมื่อพิจารณาการรับรู้เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของเกษตรกรทั้งในเขตชลประทานและอยู่นอกเขตชลประทานโดยรวมสรุปได้ว่า เกษตรกรส่วนใหญ่เห็นว่าสภาพภูมิอากาศมีการเปลี่ยนแปลงไปจากอดีต โดยเห็นว่าปริมาณฝนและจำนวนวันฝนตกมีแนวโน้มลดลงกว่าในอดีตที่ผ่านมา ในขณะที่อุณหภูมิอากาศมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นจากเดิมอย่างมาก และเกษตรกรเห็นว่าปัจจุบันฝนต้นฤดูจะเริ่มตกเร็วกว่าปกติแต่ฝนตกอย่างกระจุกตัวและทิ้งช่วงมากขึ้น ซึ่งส่งผลกระทบต่อการเพาะปลูกของเกษตรกร แต่เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบแล้วจะเห็นได้ว่าเกษตรกรที่อยู่นอกเขตชลประทานมีความคิดเห็น และการรับรู้ว่าสภาพภูมิอากาศมีการเปลี่ยนแปลงไปจากเดิมมากกว่าเกษตรกรในเขตชลประทาน เห็นได้จากจำนวนเกษตรกรที่ระบุว่าสภาพภูมิอากาศไม่มีการเปลี่ยนแปลงไปจากเดิมมีจำนวนน้อยกว่าเกษตรกรในเขตชลประทาน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 7 การรับรู้ถึงการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของเกษตรกรในเขตชลประทาน จังหวัดนครราชสีมาและจังหวัดชัยภูมิ พ.ศ. 2552

การเปลี่ยนแปลง	ในเขตชลประทาน						นอกเขตชลประทาน					
	เพิ่มขึ้น		ลดลง		ไม่เปลี่ยนแปลง		เพิ่มขึ้น		ลดลง		ไม่เปลี่ยนแปลง	
	ครัวเรือน	ร้อยละ	ครัวเรือน	ร้อยละ	ครัวเรือน	ร้อยละ	ครัวเรือน	ร้อยละ	ครัวเรือน	ร้อยละ	ครัวเรือน	ร้อยละ
ปริมาณฝน	28	35.0	44	55.0	8	10.0	18	22.5	61	76.3	1	1.2
จำนวนวันฝนตก	30	37.5	45	56.3	15	6.2	17	21.2	61	76.3	2	2.5
อุณหภูมิของอากาศ	75	93.8	3	3.7	2	2.5	79	98.8	-	-	1	1.2
	เร็วกว่าปกติ		ล่าช้ากว่าปกติ		ไม่เปลี่ยนแปลง		เร็วกว่าปกติ		ล่าช้ากว่าปกติ		ไม่เปลี่ยนแปลง	
การมาของมรสุม (ฝนต้นฤดู)	39	48.8	33	42.2	8	10.0	39	48.8	34	42.5	7	8.7
	กระจายตัวดี		กระจุกตัว/ทิ้งช่วง		ไม่เปลี่ยนแปลง		กระจายตัวดี		กระจุกตัว/ทิ้งช่วง		ไม่เปลี่ยนแปลง	
การกระจายตัวของฝน	17	21.2	55	68.8	8	10.0	10	12.5	67	83.8	3	3.7

หมายเหตุ: ในเขตชลประทาน จำนวน 80 ครัวเรือน

นอกเขตชลประทาน จำนวน 80 ครัวเรือน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อการทำการเกษตรของเกษตรกร

การวิเคราะห์ผลกระทบของการเปลี่ยนสภาพภูมิอากาศต่อการทำการเกษตรของเกษตรกรในพื้นที่ศึกษา โดยสอบถามเกษตรกรในประเด็นที่ว่าเกษตรกรเห็นว่าการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศได้ก่อให้เกิดปัญหาที่ได้ระบุไว้หรือไม่ แล้วปัญหาดังกล่าวส่งผลกระทบต่อการทำการเกษตรและวิถีชีวิตของเกษตรกรหรือไม่ ปรากฏว่าเกษตรกรในเขตชลประทานเห็นว่าการที่อุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้นจะส่งผลกระทบต่อการทำการเกษตรมากที่สุด ร้อยละ 86.25 รองลงมา คือ ปัญหาความแห้งแล้ง ร้อยละ 77.5 การเปลี่ยนแปลงปริมาณฝนและการกระจายตัวของฝน ร้อยละ 72.5 รู้สึกกังวลเกี่ยวกับผลกระทบจากน้ำท่วมจำนวน 27 ครัวเรือน หรือร้อยละ 33.75 และกังวลกับปัญหาความรุนแรงของพายุเพียง 8 ครัวเรือน หรือคิดเป็นร้อยละ 10 ตามลำดับ สำหรับเกษตรกรนอกเขตชลประทานเห็นว่าปัญหาการเปลี่ยนแปลงปริมาณและการกระจายตัวของฝน จะส่งผลกระทบต่อการทำการเกษตรของตนมากที่สุด จำนวน 77 ครัวเรือน หรือคิดเป็นร้อยละ 96.3 ของเกษตรกรผู้ตอบแบบสอบถามที่อยู่นอกเขตชลประทาน ปัญหาที่เกษตรกรมีความกังวลรองลงมาคือความแห้งแล้งที่เพิ่มขึ้น ร้อยละ 92.75 การเพิ่มของอุณหภูมิอากาศ ร้อยละ 53.75 และปัญหาน้ำท่วม ร้อยละ 16.25 ตามลำดับ โดยเกษตรกรในกลุ่มนี้มีความกังวลเกี่ยวกับปัญหาที่เกิดขึ้นจากความรุนแรงของพายุเพียงร้อยละ 6.25 (ตารางที่ 8)

เห็นได้ว่า เกษตรกรที่อยู่ในเขตชลประทานและนอกเขตชลประทานมีความวิตกกังวลเกี่ยวกับปัญหาที่แตกต่างกัน กล่าวคือ เกษตรกรที่อยู่ในพื้นที่ชลประทานจะมีความวิตกกังวลเกี่ยวกับปัญหาเรื่องอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นในขณะที่เกษตรกรที่อยู่นอกเขตชลประทานมีความกังวลเกี่ยวกับแนวโน้มปริมาณฝนที่ลดลงและปัญหาความแห้งแล้งมากกว่า เนื่องจากเขตนี้มีปัญหาการขาดแคลนน้ำใช้การเกษตรอยู่แล้ว หากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศก่อให้เกิดฝนแล้งและฝนทิ้งช่วงเพิ่มมากขึ้นอีกย่อมส่งผลให้ปัญหาการขาดแคลนน้ำในพื้นที่การเกษตรนอกเขตชลประทานมีความรุนแรงมากขึ้น และเป็นที่น่าสังเกตว่าเกษตรกรทั้งสองกลุ่มมีความกังวลเกี่ยวกับปัญหาความถี่และความรุนแรงของพายุน้อยมาก ทั้งนี้ อาจเนื่องมาจากจังหวัดนครราชสีมาและจังหวัดชัยภูมิอยู่ในเขตภูมิอากาศเกษตรที่ไม่ค่อยประสบปัญหาที่เกิดจากความรุนแรงของพายุเท่าใดนัก ต่างจากเขตอื่นๆ ของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โดยเฉพาะตอนบนของภาคที่มักประสบปัญหาความรุนแรงของพายุหมุนเขตร้อนที่เกิดจากมหาสมุทรแปซิฟิกเหนือด้านตะวันตก และทะเลจีนใต้ที่พัดผ่านเข้ามาทางตอนบนของภาคตะวันออกเฉียงเหนืออยู่เสมอ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 8 ผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อวิถีชีวิตของเกษตรกร จังหวัดนครราชสีมาและจังหวัดชัยภูมิ พ.ศ. 2552

ผลกระทบ	ในเขตชลประทาน		นอกเขตชลประทาน	
	ครัวเรือน	ร้อยละ	ครัวเรือน	ร้อยละ
ความแห้งแล้ง	62	77.50	75	93.75
น้ำท่วม	27	33.75	13	16.25
การเปลี่ยนแปลงปริมาณฝน/การกระจายตัวของฝน	58	72.50	77	96.25
อุณหภูมิที่สูงขึ้น	69	86.25	43	53.75
ความถี่/ความรุนแรงของพายุที่เพิ่มขึ้น	8	10.00	5	6.25

หมายเหตุ: ในเขตชลประทาน จำนวน 80 ครัวเรือน
นอกเขตชลประทาน จำนวน 80 ครัวเรือน

แนวทางการปรับตัวของเกษตรกรต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

ในการวิเคราะห์แนวทางการปรับตัวของเกษตรกรต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ได้ให้เกษตรกรระบุวิธีการปรับตัวภายใต้แนวทางการจัดการทรัพยากรดินและที่ดิน และการจัดการทรัพยากรน้ำ ที่เกษตรกรได้เลือกปฏิบัติซึ่งอาจระบุได้หลายวิธีต่อ 1 ครัวเรือน ทั้งนี้ได้ให้เกษตรระบุสาเหตุของการปรับตัวนั้นด้วย ทำการคัดเลือกมาเฉพาะการปรับตัวอันเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศเท่านั้น โดยได้ทำการตัดแนวทางการปรับตัวเนื่องจากปัจจัยอื่นออกไป เช่น ปัจจัยด้านราคา ปัจจัยด้านตลาด เพื่อป้องกันความเอนเอียงจากปัจจัยอื่นที่ไม่เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ตารางที่ 9 แสดงผลการวิเคราะห์แนวทางการปรับตัวของเกษตรกร ซึ่งสามารถสรุปได้ดังนี้

เกษตรกรในเขตชลประทาน จังหวัดนครราชสีมา รวม 80 ครัวเรือน มีวิธีการปรับตัวอย่างน้อย 1 วิธี ซึ่งพบว่าภายใต้แนวทางการจัดการทรัพยากรดินและที่ดิน เกษตรกรได้เลือกวิธีเพิ่มการปลูกพืชคลุมดินและรักษาความชื้นในดินมากที่สุด ร้อยละ 86.3 รองลงมาได้แก่ การเปลี่ยนชนิดพืช ร้อยละ 83.8 โดยเกษตรกรได้ให้เหตุผลว่าในอดีตก่อนการมีชลประทาน เกษตรกรในบ้านดอนไพล และบ้านกุดสวาย จังหวัดนครราชสีมาปลูกพืชหลักที่สำคัญได้แก่ ข้าวนาปี ฝ้ายและปอแก้ว ต่อมาเกษตรกร

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

รู้สึกว่าปัญหาความแห้งแล้งทวีความรุนแรงมาก น้ำตามแหล่งน้ำที่ปลูกปอแก้วขาดแคลนมาก ประกอบกับได้มีการปรับปรุงพันธุ์มันสำปะหลังขึ้นโดยกรมวิชาการเกษตร ทำให้มันสำปะหลังให้ผลผลิตสูงขึ้น และเนื่องจากมันสำปะหลังที่เป็นพืชทนแล้งได้ดี ใช้ปัจจัยการผลิตน้อยเกษตรกรไม่ต้องดูแลมาก จึงได้รับความนิยมจากเกษตรกรจากเดิมที่เกษตรกรปลูกมันสำปะหลังเพียงเล็กน้อยในไร่นาก็เริ่มขยายพื้นที่การปลูกมันสำปะหลังมากขึ้นโดยเปลี่ยนจากพื้นที่ปลูกปอแก้วเป็นพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังแทน ปัจจุบันพื้นที่ปลูกปอแก้วจึงเหลือน้อยมาก และมันสำปะหลังกลายเป็นพืชเศรษฐกิจหลักรองจากข้าวนาปี วิธีการปรับตัวที่เกษตรกรเลือกปฏิบัติรองลงมาได้แก่ วิธีการใส่เศษซากพืชและปุ๋ยสดเพื่อเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของทรัพยากรดิน ร้อยละ 66.3 การขยับเลื่อนเวลาเพาะปลูก ร้อยละ 46.3 การปลูกพืชให้หลากหลายชนิดมากขึ้น ร้อยละ 23.8 การเปลี่ยนพันธุ์พืช 21.3 การปลูกไม้ยืนต้น ร้อยละ 6.3 และการทำวนเกษตรร้อยละ 3.8 ตามลำดับ

ด้านการจัดการทรัพยากรน้ำ พบว่าเกษตรกรส่วนใหญ่ได้เลือกวิธีเพิ่มการกักเก็บน้ำฝนในในพื้นที่ไร่นาของตนเองโดยการขุดบ่อหรือสระเพิ่มขึ้นมากที่สุด ร้อยละ 35 รองลงมาคือ การปรับปรุงระบบการให้น้ำพืช ร้อยละ 2.5 ส่วนวิธีการนำน้ำบาดาลมาใช้ในการเพาะปลูกนั้นพบว่าไม่มีเกษตรกรเลือกปฏิบัติวิธีนี้เนื่องจากเกษตรกรพบว่าน้ำบาดาลมีความเค็มมากขึ้นหากนำมาใช้ในการเพาะปลูกพืชอาจตายได้ สำหรับการปรับตัวในด้านอื่นๆ ได้แก่ การเพิ่มการทำงานนอกภาคการเกษตร พบว่า ร้อยละ 72.5 ของเกษตรกรเลือกปฏิบัติวิธีนี้ โดยเกษตรกรกล่าวว่าในปีที่แล้งมากๆ ทำการเกษตรไม่ได้จึงเลือกที่จะย้ายมาทำงานนอกภาคการเกษตรแทน ทั้งการทำก่อสร้างและเป็นพนักงานโรงงานเพื่อเพิ่มรายได้

สำหรับเกษตรกรนอกเขตชลประทาน ในสองหมู่บ้านของจังหวัดชัยภูมิ จำนวน 80 ครัวเรือน พบว่า ทุกครัวเรือนมีวิธีการปรับตัวอย่างน้อย 1 วิธี วิธีการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศภายใต้แนวทางการจัดการทรัพยากรดินและที่ดินที่เกษตรกรกลุ่มนี้เลือกปฏิบัติมากที่สุด คือ การขยับเลื่อนเวลาเพาะปลูก ร้อยละ 93.8 สาเหตุเนื่องมาจากการที่พื้นที่การเกษตรอยู่นอกเขตชลประทานไม่สามารถจัดสรรน้ำให้เกษตรกรได้ตลอดเวลา ดังนั้นวิธีการปรับตัวที่ดีที่สุดคือปรับระบบการเพาะปลูกตามลมฟ้าอากาศ คือ เมื่อฝนต้นฤดูมาเกษตรกรจึงค่อยปลูกพืชและปรับวิธีการปลูกจากปักดำกล้าเปลี่ยนเป็นนาหว่านข้าวแห้งแทน วิธีการปรับตัวที่เกษตรกรเลือกปฏิบัติ รองลงมาได้แก่ การเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ให้ดินโดยการใส่เศษซากพืชและปุ๋ยสด จำนวน 60 ครัวเรือน ร้อยละ 75 และการเปลี่ยนพืชที่ปลูก จำนวน 48 ครัวเรือน คิดเป็นร้อยละ 60 โดยเปลี่ยนจากปอแก้วมาเป็นมันสำปะหลังด้วยเหตุผลเดียวกับเกษตรกรในเขตชลประทาน รองลงมา คือ เพิ่มการปลูกพืชคลุมดิน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

และรักษาความชื้นในดิน ร้อยละ 47.5 และการปลูกพืชให้หลายหลายมากขึ้น โดยเกษตรกรจำนวน 29 ครัวเรือน หรือร้อยละ 36.3 ที่ได้เลือกปฏิบัติวิธีนี้ทั้งหมดอยู่ในบ้านท่าแตง ตำบลกุดน้ำใส เนื่องจากผู้นำชุมชนได้แนะนำให้เกษตรกรในหมู่บ้านได้จัดสรรพื้นที่ไปทำการปลูกพืชผักที่มีอายุการเพาะปลูกสั้น เช่น พริก ผักบุ้ง สะระแหน่ และผักสวนครัวอื่น เสริมจากการปลูกข้าวและมันสำปะหลัง หมุนเวียนเพื่อให้เกษตรกรมีรายได้ตลอดปี ซึ่งหมู่บ้านนี้แม้อยู่นอกเขตชลประทานแต่สามารถทำการเพาะปลูกพืชผักได้เนื่องจากหมู่บ้านสามารถใช้น้ำจากลำห้วยส้มป่อย ที่ได้รับน้ำจากแม่น้ำมูล

เกษตรกรนอกเขตชลประทานส่วนใหญ่ ร้อยละ 52.5 นิยมจัดการทรัพยากรน้ำเพื่อการเกษตรโดยการเพิ่มการขุดสระหรือบ่อเพื่อกักเก็บน้ำฝนในไร่นาของตนเอง เนื่องจากต้องอาศัยน้ำฝนในการทำการเกษตรเพียงอย่างเดียวเท่านั้น จึงต้องทำการกักเก็บให้เพียงพอต่อการใช้ในการเพาะปลูกมากที่สุด จากการสอบถามเกษตรกรที่ไม่ได้ปรับตัวด้วยวิธีนี้พบว่าเนื่องจากมีพื้นที่ถือครองขนาดเล็กจึงไม่ต้องการที่จะแบ่งพื้นที่ไร่นาให้เป็นแหล่งน้ำเพราะเกรงว่าพื้นที่เพาะปลูกจะลดลง ส่วนการจัดการทรัพยากรน้ำโดยวิธีอื่น คือ การปรับปรุงระบบให้น้ำพืชและการจัดการน้ำใต้ดิน พบว่า เกษตรกรกลุ่มนี้ไม่ได้เลือกปฏิบัติวิธีดังกล่าวเนื่องจากไม่มีระบบชลประทานรองรับ

เมื่อพิจารณาจากเกษตรกรทั้งในเขตชลประทานและนอกเขตชลประทาน แนวทางการปรับตัวของทั้งสองกลุ่มโดยสรุปเป็นดังนี้ เมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศเกษตรกรเลือกที่จะย้ายแรงงานสู่นอกภาคการเกษตรมากที่สุด ร้อยละ 72.8 ส่วนการปรับตัวภายใต้แนวทางการจัดการทรัพยากรดินและที่ดิน เป็นแนวทางที่เกษตรกรเลือกปฏิบัติรองลงมา โดยพบว่าเกษตรกรเลือกใช้ประโยชน์ที่ดินโดยการปรับเปลี่ยนพืชที่เหมาะสมกับสภาพภูมิอากาศที่เปลี่ยนแปลงไป (ร้อยละ 63.9) คือ จากการระบบการเพาะปลูกแบบข้าวนาปีและปอแก้วเป็นพืชเชิงเดี่ยว หรือระบบปลูกปอแก้วก่อนข้าวนาปี มาเป็นข้าวนาปีและมันสำปะหลังทั้งเชิงเดี่ยวและผสมผสาน เกษตรกร ร้อยละ 62.8 เลือกปรับปรุงบำรุงดินโดยการใส่เศษซากพืชและปุ๋ยพืชสด และเกษตรกรร้อยละ 62.2 มีการขยับเลื่อนเวลาเพาะปลูกตามลมฟ้าอากาศ จากจำนวนนี้พบว่าเป็นเกษตรกรในพื้นที่นอกเขตชลประทานมากกว่าเกษตรกรในเขตชลประทาน การรักษาความชื้นในดินโดยการปลูกพืชคลุมดิน มีเกษตรกรเลือกปฏิบัติ ร้อยละ 59.4 และพบว่า เกษตรกรทั้งสองกลุ่มเลือกวิธีการปรับตัวโดยการปลูกไม้ยืนต้นและการทำวนเกษตรน้อยมาก เพียงร้อยละ 6.1 และ ร้อยละ 2.8 ตามลำดับ ด้านการปรับตัวภายใต้แนวทางการจัดการทรัพยากรน้ำ พบว่าวิธีที่เกษตรกรเลือกปฏิบัติมากที่สุด คือ เพิ่มการกักเก็บน้ำฝนในในไร่นา (ร้อยละ 38.9) โดยเกษตรกรที่อยู่นอกเขตชลประทานจะเลือกปฏิบัติมากกว่าเกษตรกรในเขตชลประทาน ส่วนการนำน้ำบาดาลมาใช้หรือปรับปรุงระบบให้น้ำพืชไม่เป็นที่นิยมของเกษตรกร

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ทั้งสองกลุ่มเนื่องจากต้องใช้ต้นทุนสูงและประสบปัญหาน้ำบาดาลมีความเค็มเพิ่มขึ้น เนื่องจากปัญหาการแพร่กระจายของดินเค็ม

ตารางที่ 9 แนวทางการปรับตัวของเกษตรกรในระดับครัวเรือนต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ จังหวัดนครราชสีมาและจังหวัดชัยภูมิ พ.ศ. 2552

แนวทางการปรับตัว	ในเขตชลประทาน		นอกเขตชลประทาน	
	ครัวเรือน	ร้อยละ	ครัวเรือน	ร้อยละ
การจัดการทรัพยากรดินและที่ดิน				
- ปลูกพืชคลุมดิน, รักษาความชื้นในดิน	69	86.3	38	47.5
- การเปลี่ยนชนิดพืช	67	83.8	48	60.0
- ใส่เศษซากพืช/ใช้ปุ๋ยพืชสด	53	66.3	60	75.0
- ขยับเลื่อนเวลาเพาะปลูก	37	46.3	75	93.8
- ปลูกพืชที่หลากหลายมากขึ้น	19	23.8	29	36.3
- การเปลี่ยนพันธุ์พืช	17	21.3	6	7.5
- การปลูกไม้ยืนต้นทำแนวกันลม	5	6.3	6	7.5
- ทำวนเกษตร	3	3.8	2	2.5
- เปลี่ยนการใช้ประโยชน์ที่ดินสู่นอกภาคการเกษตร	-	-	-	-
การจัดการทรัพยากรน้ำ				
- เพิ่มการกักเก็บน้ำฝนในที่ตนเอง (ขุดบ่อ/สระ)	28	35.0	42	52.5
- ปรับปรุงระบบให้น้ำ (พ่นน้ำฝอย/น้ำหยด)	2	2.5	-	-
- เพิ่มการจัดการน้ำใต้ดิน (นำน้ำบาดาลมาใช้)	-	-	-	-
การจัดการแรงงาน				
- เพิ่มการทำงานนอกภาคการเกษตร	58	72.5	73	91.3

หมายเหตุ: ในเขตชลประทาน จำนวน 80 ครัวเรือน
นอกเขตชลประทาน จำนวน 80 ครัวเรือน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิจารณ์ผลการวิจัย

ผลการวิเคราะห์ผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่มีต่อรายได้ภาคการเกษตรในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยโดยอาศัยแบบจำลองริคาร์เดียน พบว่า การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิส่งผลกระทบเชิงลบทำให้รายได้สุทธิภาคการเกษตรลดลง ในขณะที่การเพิ่มขึ้นของปริมาณฝนส่งผลให้รายได้สุทธิภาคการเกษตรเพิ่มขึ้น สอดคล้องกับผลการศึกษาในหลายประเทศที่มีภูมิอากาศแบบเขตร้อน (tropical climate) เช่นเดียวกับประเทศไทย ดังที่ได้ทำการทบทวนเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้องไว้ในบทที่ 2 เช่น ในทวีปเอเชีย ได้แก่ บราซิล อินเดีย ศรีลังกา อิสราเอล ส่วนในทวีปแอฟริกา ได้แก่ แอฟริกาใต้ เซเนกัล แคเมอรูน บูร์กินาฟาโซ เอธิโอเปีย เคนย่า และอียิปต์ เนื่องจากประเทศที่มีภูมิอากาศแบบเขตร้อน โดยปกติจะมีอุณหภูมิเฉลี่ยที่สูงอยู่แล้วการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิจึงส่งผลในเชิงลบต่อภาคการเกษตร แต่การเพิ่มขึ้นของปริมาณฝนจะช่วยทำให้มีน้ำใช้ในภาคเกษตรเพิ่มขึ้นจะช่วยบรรเทาปัญหาความแห้งแล้งที่ประเทศในกลุ่มนี้ต้องเผชิญตลอดมาส่งผลให้รายได้สุทธิเพิ่มสูงขึ้น ทั้งนี้ รายได้สุทธิภาคการเกษตรที่เพิ่มขึ้นอาจเนื่องมาจากผลผลิตพืชที่เพิ่มขึ้น เพราะมีปริมาณฝนเพียงพอต่อการเจริญเติบโต หรืออาจเนื่องมาจากต้นทุนการผลิตของเกษตรกรลดลง โดยเฉพาะต้นทุนการผลิตที่เกิดจากการจัดหาน้ำมาใช้ในภาคการเกษตรของเกษตรกร เช่น ในกรณีของประเทศอิสราเอลซึ่งโดยปกติจะมีปริมาณฝนน้อยมาก เกษตรกรต้องซื้อน้ำชลประทานเพื่อใช้ในการเพาะปลูกและเลี้ยงสัตว์ ดังนั้นปริมาณฝนที่เพิ่มขึ้นจึงช่วยลดต้นทุนในการซื้อน้ำส่งผลให้รายได้สุทธิภาคการเกษตรเพิ่มขึ้น (Fleischer, Lichtman and Mendelsohn, 2008)

อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาผลกระทบของอุณหภูมิเฉลี่ยในแต่ละฤดูกาล พบว่า ลักษณะความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิเฉลี่ยรายฤดูกาลกับรายได้สุทธิภาคการเกษตรมีความแตกต่างกันในแต่ละฤดูกาลและแต่ละประเทศ ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยอุณหภูมิเฉลี่ยทั้งในฤดูร้อนและต้นฤดูฝนมีความสัมพันธ์ต่อการเปลี่ยนแปลงรายได้สุทธิภาคการเกษตรในลักษณะ u-shaped คือ เมื่ออุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้นส่งผลให้รายได้สุทธิภาคการเกษตรลดลงจนถึงจุดหนึ่งที่การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิส่งผลให้รายได้สุทธิภาคการเกษตรค่อยๆ เพิ่มขึ้น เช่นเดียวกับประเทศเซเนกัล (Sene *et al*., 2006) และบูร์กินาฟาโซ (Ouedraogo *et al*., 2006) ในขณะที่อุณหภูมิเฉลี่ยในช่วงต้นฤดูฝนของประเทศบราซิล อินเดีย (Sanghi *et al*., 1998) ศรีลังกา (Seo *et al*., 2005) แคเมอรูน (Molua and lambi, 2006) เอธิโอเปีย (Deressa, 2007) อียิปต์ (Eid *et al*., 2007) และเคนย่า (Mariara and Karanja, 2007) มีความสัมพันธ์ต่อการเปลี่ยนแปลงรายได้สุทธิภาคการเกษตรในลักษณะ hill-shaped สำหรับความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฝนเฉลี่ยในทุกฤดูกาลกับการเปลี่ยนแปลงรายได้สุทธิภาคการเกษตรในภาค

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยมีลักษณะเป็น hill-shaped ยกเว้นในช่วงปลายฤดูฝนที่เป็นลักษณะ u-shaped คือ เมื่อปริมาณฝนเพิ่มขึ้นกลับทำให้รายได้สุทธิภาคการเกษตรลดลง ทั้งนี้ อาจเนื่องมาจากช่วงดังกล่าวเป็นช่วงเก็บเกี่ยวผลผลิต หากปริมาณฝนเพิ่มขึ้นอาจสร้างความเสียหายแก่ผลผลิตที่รอการเก็บเกี่ยว ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาในประเทศศรีลังกาโดย seo *et al*. (2005)

ผลการศึกษาการรับรู้ของเกษตรกรเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศสะท้อนให้เห็นว่าเกษตรกรส่วนใหญ่รับรู้ว่าสภาพภูมิอากาศมีการเปลี่ยนแปลงไปจากอดีต โดยเห็นว่าปริมาณฝนและจำนวนวันฝนตกมีแนวโน้มลดลงกว่าในอดีตที่ผ่านมา ในขณะที่อุณหภูมิอากาศมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นจากเดิมอย่างมาก และเกษตรกรเห็นว่าปัจจุบันฝนต้นฤดูจะเริ่มตกเร็วกว่าปกติแต่ฝนตกอย่างกระจุกตัวและทิ้งช่วงมากขึ้น ซึ่งเป็นไปในทิศทางเดียวกับผลการวิเคราะห์แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในคาบ 50 ปี ที่ได้นำเสนอไว้ในบทที่ 5 ที่แสดงให้เห็นว่าภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิที่เพิ่มสูงขึ้น ในขณะที่ปริมาณฝนและจำนวนวันฝนตกมีแนวโน้มลดลงในช่วงฤดูฝนแต่กลับมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นในช่วงฤดูหนาวและฤดูร้อนซึ่งแสดงถึงการขยับเลื่อนช่วงเวลาในการมาของฝนต้นฤดู นอกจากนี้ความคิดเห็นของเกษตรกรในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศดังกล่าวยังสอดคล้องกับความคิดเห็นของเกษตรกรในประเทศเซเนกัลจากผลการศึกษาของ Sene *et al*. (2006)

ด้านแนวทางการปรับตัวเพื่อลดผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ พบว่าเกษตรกรแต่ละครัวเรือนมีวิธีการปรับตัวอย่างน้อย 1 วิธี โดยวิธีที่เกษตรกรโดยรวมทั้งที่อยู่ในเขตชลประทานนอกเขตชลประทานเลือกปฏิบัติมากที่สุด คือ การเคลื่อนย้ายแรงงานสู่นอกภาคการเกษตร รองลงมา คือ การเปลี่ยนชนิด ปรับปรุงคุณภาพดินโดยการใส่เศษซากพืชและปุ๋ยพืชสด ขยับเลื่อนเวลาเพาะปลูก รักษาความชื้นในดิน เพิ่มการกักเก็บน้ำฝน การปลูกพืชที่หลากหลาย การปลูกไม้ยืนต้นเป็นแนวป้องกันลมพายุ ปรับปรุงหรือเปลี่ยนพันธุ์พืช การทำวนเกษตร และปรับปรุงระบบการให้น้ำพืช ตามลำดับ ซึ่งแตกต่างไปจากผลการศึกษาของ Sene *et al*. (2006) ที่พบว่า เกษตรกรในประเทศเซเนกัล เกือบร้อยละ 24 ไม่มีวิธีการปรับตัวเมื่อต้องเผชิญกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศเนื่องมาจากข้อจำกัดด้านทรัพยากร เทคโนโลยี และปัญหาความยากจนของเกษตรกร ส่วนวิธีการปรับตัวที่เกษตรในเซเนกัลเลือกปฏิบัติมากที่สุดคือเปลี่ยนมาปลูกพืชทนแล้ง รองลงมา คือ การทำวนการเกษตร ปรับเปลี่ยนช่วงเวลาการเพาะปลูก ตามลำดับ และเกษตรกรส่วนหนึ่งยังคงพึ่งพาการสวดอธิษฐานต่อสิ่งที่ตนนับถือตามความเชื่อเมื่อต้องเผชิญปัญหาความแห้งแล้ง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

บทที่ 6

สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

สรุปผลการศึกษา

การประเมินผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) วิเคราะห์แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศผ่านตัวแปรภูมิอากาศที่สำคัญได้แก่ อุณหภูมิและปริมาณฝน ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย 2) ประเมินผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงรายได้สุทธิภาคการเกษตรของเกษตรกรในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และ 3) ประมวลความคิดเห็นและแนวทางการปรับตัวของเกษตรกรเพื่อลดผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ กรณีศึกษาจังหวัดนครราชสีมาและจังหวัดชัยภูมิ ผลการศึกษาสรุปได้ดังนี้

แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

อุณหภูมิในภาคตะวันออกเฉียงเหนือในคาบ 50 ปี (พ.ศ. 2503-2552) เมื่อเปรียบเทียบกับค่าปกติ 30 ปี (พ.ศ. 2503-2532) พบว่า อุณหภูมิเฉลี่ย อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ย และอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยทั้งรายเดือน รายฤดูกาล และรายปี มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงเพิ่มสูงขึ้นกว่าค่าปกติ โดยเริ่มเพิ่มสูงขึ้น ในช่วง พ.ศ. 2520 เป็นต้นมา นั่นคือ อุณหภูมิเริ่มเพิ่มสูงขึ้นประมาณ 3 ทศวรรษมาแล้ว และเมื่อพิจารณาปีที่อุณหภูมิมีค่าผิดสภาพที่ต่างจากค่าปกติมากๆ ได้แก่ พ.ศ. 2541 ซึ่งสอดคล้องกับการที่ในปีดังกล่าวเกิดปรากฏการณ์เอลนีโญครั้งรุนแรงขึ้น หลายประเทศได้รับผลกระทบจากการเกิดปัญหาความแห้งแล้งอย่างมากรวมถึงประเทศไทยด้วย เนื่องจากการเกิดเอลนีโญจะส่งผลให้ปริมาณฝนลดลงและอุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้นอย่างมาก

การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิรายเดือนมีความแตกต่างกันในแต่ละเดือนแต่เป็นไปในทิศทางเดียวกัน คือ มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น และสอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิรายฤดูกาล กล่าวคือ อุณหภูมิรายฤดูกาลมีแนวโน้มสูงขึ้นในทุกฤดู โดยในฤดูหนาว (ธ.ค.-ก.พ.) อุณหภูมิมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นกว่าค่าปกติอย่างชัดเจน แต่ในฤดูร้อน (มี.ค.-พ.ค.) แม้อุณหภูมิจะมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น แต่อัตราการเปลี่ยนแปลงต่ำกว่าและช้ากว่าฤดูอื่นๆ และในต้นฤดูฝน (มิ.ย.-ส.ค.) กลับเป็นฤดูที่มีแนวโน้ม

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้นมากที่สุด โดยเฉพาะอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยที่ในช่วง 20 ปีหลังที่มีการเพิ่มสูงขึ้นอย่างกระจุกตัว สำหรับในช่วงปลายฤดูฝน (ก.ย.-พ.ย.) อุณหภูมิมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นอย่างชัดเจนเช่นกัน และเป็นฤดูกาลที่อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยเพิ่มสูงขึ้นกว่าทุกฤดู

แนวโน้มการเปลี่ยนปริมาณฝนในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ แม้จะแตกต่างกันไปในแต่ละเดือน แต่พบว่า แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงยังคงไม่ต่างไปจากค่าปกติมากนัก โดยเดือนที่มีแนวโน้มปริมาณฝนเพิ่มสูงขึ้นได้แก่ กุมภาพันธ์ มีนาคม เมษายน พฤศจิกายน และธันวาคม ส่วนเดือนที่มีแนวโน้มปริมาณฝนลดลงได้แก่ เดือนกันยายน และตุลาคม แต่เมื่อพิจารณาปริมาณฝนเป็นรายฤดูกาล พบว่า ในฤดูหนาวปริมาณฝนมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นอย่างชัดเจน ส่วนในฤดูร้อนปริมาณฝนเพิ่มขึ้นเล็กน้อย แต่ปริมาณฝนกลับมีแนวโน้มลดลงในช่วงต้นฤดูฝนและปลายฤดูฝน และปริมาณฝนรวมรายปีไม่มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงไปจากค่าปกติ

จำนวนวันฝนตกมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงที่แตกต่างกันในแต่ละเดือน โดยเดือนที่จำนวนวันฝนตกมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นได้แก่ กุมภาพันธ์ มีนาคม เมษายน กรกฎาคม ส่วนเดือนที่จำนวนวันฝนตกมีแนวโน้มลดลงได้แก่ เดือนพฤษภาคม มิถุนายน สิงหาคม กันยายน และตุลาคมเมื่อพิจารณาจำนวนวันฝนตกรายฤดูกาล พบว่า จำนวนวันฝนตกมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นในฤดูหนาวและฤดูร้อน และมีแนวโน้มลดลงในต้นฤดูฝนและปลายฤดูฝน และจำนวนวันฝนตกรวมรายปีมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของจำนวนวันฝนตกลดลงอย่างเห็นได้ชัด แม้ยังลดลงไม่ต่ำกว่าค่าปกติก็ตาม ซึ่งการเปลี่ยนแปลงที่ควรพิจารณาเป็นสำคัญ คือ แม้ปริมาณฝนรายฤดูกาลจะไม่ต่างจากค่าปกติมากนัก แต่แนวโน้มจำนวนวันฝนตกที่ลดลงทั้งในช่วงต้นฝนและปลายฝน ซึ่งอาจแสดงให้เห็นแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงในประเด็นที่ว่าในฤดูฝนของภาคตะวันออกเฉียงเหนือจะมีรูปแบบการตกของฝนที่ทิ้งช่วงและฝนตกแบบกระจุกตัวมากขึ้น

ผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงรายได้สุทธิภาคการเกษตร

1. ผลกระทบที่มีต่อรายได้สุทธิภาคการเกษตรที่มาจากการเพาะปลูกพืชและเลี้ยงสัตว์

การวิเคราะห์ผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่มีต่อรายได้สุทธิภาคการเกษตรที่มาจากการเพาะปลูกพืชและเลี้ยงสัตว์ (NR_1) พบว่า ปัจจัยที่มีผลกระทบในทางบวกต่อการเปลี่ยนแปลงรายได้สุทธิภาคการเกษตรกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ได้แก่ ปริมาณฝนเฉลี่ยในต้น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ฤดูฝน (R_3) ขนาดครัวเรือนเฉลี่ย (HS) และขนาดพื้นที่ถือครองเฉลี่ย (FS) ร้อยละของสัดส่วนพื้นที่ชลประทานต่อพื้นที่การเกษตร (IRRI) สำหรับปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงรายได้สุทธิภาคการเกษตรในเชิงลบ ได้แก่ ค่าใช้จ่ายในการซื้อปัจจัยการผลิต (K) อุณหภูมิเฉลี่ยฤดูร้อน (T_2) อุณหภูมิเฉลี่ยต้นฤดูฝน (T_3) และปริมาณฝนเฉลี่ยในปลายฤดูฝน (R_4) ส่วนปริมาณฝนเฉลี่ยในฤดูหนาวและฤดูร้อนไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงรายได้สุทธิภาคการเกษตรอย่างมีนัยสำคัญ

ผลกระทบจากปัจจัยภูมิอากาศส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงรายได้สุทธิภาคการเกษตรดังนี้ หากอุณหภูมิเฉลี่ยในฤดูร้อนและต้นฤดูฝนเพิ่มขึ้นจะส่งผลให้รายได้ลดลง สำหรับตัวแปรปริมาณฝน พบว่า ปริมาณฝนเฉลี่ยในช่วงต้นฤดูฝนที่เพิ่มขึ้น จะส่งผลกระทบให้รายได้สุทธิภาคการเกษตรเพิ่มขึ้น ในขณะที่หากปริมาณฝนเฉลี่ยเพิ่มขึ้นในช่วงปลายฝนส่งผลให้รายได้สุทธิภาคการเกษตรลดลง

2. ผลกระทบที่มีต่อรายได้สุทธิภาคการเกษตรที่มาจากการเพาะปลูกพืช

เมื่อพิจารณาผลกระทบที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงรายได้สุทธิภาคการเกษตรที่เกิดจากการปลูกพืชรวมทุกชนิดโดยไม่รวมรายได้จากการเลี้ยงสัตว์ของเกษตรกร (NR_2) พบว่า ปัจจัยที่มีผลกระทบในทางบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ได้แก่ อุณหภูมิเฉลี่ยในต้นฤดูฝนยกกำลังสอง (T_3^2) ปริมาณฝนเฉลี่ยในฤดูร้อน (R_2) ปริมาณฝนเฉลี่ยในต้นฤดูฝน (R_3) ขนาดครัวเรือนเฉลี่ย (HS) และขนาดพื้นที่ถือครองเฉลี่ย (FS) และร้อยละของสัดส่วนพื้นที่ชลประทานต่อพื้นที่การเกษตร (IRRI) ในขณะที่ค่าใช้จ่ายในการซื้อปัจจัยการผลิต (K) อุณหภูมิเฉลี่ยฤดูร้อน (T_2) อุณหภูมิเฉลี่ยต้นฤดูฝน (T_3) และปริมาณฝนเฉลี่ยในปลายฤดูฝน (R_4) ปริมาณฝนเฉลี่ยในปลายฤดูฝน (R_4) และปริมาณฝนเฉลี่ยฤดูร้อนกำลังสอง (R_2^2) ส่งผลกระทบในเชิงลบต่อการเปลี่ยนแปลงรายได้สุทธิที่ได้จากการปลูกพืชของเกษตรกร

เมื่อพิจารณาผลกระทบของปัจจัยด้านภูมิอากาศที่มีต่อรายได้สุทธิจากการปลูกพืชของเกษตรกร พบว่า เมื่ออุณหภูมิเฉลี่ยทั้งในฤดูร้อนและในช่วงต้นฤดูฝนเพิ่มขึ้นส่งผลให้รายได้สุทธิจากการปลูกพืชของเกษตรกรลดลง สำหรับการเปลี่ยนแปลงปริมาณฝนเฉลี่ยส่งผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงรายได้สุทธิจากการปลูกพืชรวมดังนี้ หากปริมาณฝนทั้งในฤดูร้อนและต้นฤดูฝนเพิ่มขึ้นจะส่งผลให้รายได้สุทธิจากการปลูกพืชทั้งหมดเพิ่มขึ้น แต่หากปริมาณฝนเพิ่มขึ้นในช่วงปลายฤดูฝนจะส่งผลให้รายได้สุทธิจากการปลูกพืชทั้งหมดของเกษตรกรลดลง ส่วนปริมาณฝนในฤดูหนาวไม่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงรายได้สุทธิจากการปลูกพืชอย่างมีนัยสำคัญ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3. ผลกระทบที่มีต่อรายได้สุทธิภาคการเกษตรที่มาจากการเพาะปลูกเฉพาะข้าวและพืชไร่

จากสมการผลกระทบต่อรายได้สุทธิภาคการเกษตรจากการเพาะปลูกเฉพาะข้าว และพืชไร่ของเกษตรกรในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ พบว่า ปัจจัยที่มีผลกระทบในทางบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ได้แก่ อุณหภูมิเฉลี่ยในต้นฤดูฝนยกกำลังสอง (T_3^2) ปริมาณฝนเฉลี่ยในฤดูร้อน (R_2) ปริมาณฝนเฉลี่ยในต้นฤดูฝน (R_3) ขนาดครัวเรือนเฉลี่ย (HS) และขนาดพื้นที่ถือครองเฉลี่ย (FS) และร้อยละของสัดส่วนพื้นที่ชลประทานต่อพื้นที่การเกษตร (IRRI) ในขณะที่ค่าใช้จ่ายในการซื้อปัจจัยการผลิต (K) อุณหภูมิเฉลี่ยฤดูร้อน (T_2) อุณหภูมิเฉลี่ยต้นฤดูฝน (T_3) และปริมาณฝนเฉลี่ยในปลายฤดูฝน (R4) ปริมาณฝนเฉลี่ยในปลายฤดูฝน (R4) ปริมาณฝนเฉลี่ยฤดูร้อน (R22) ปริมาณฝนเฉลี่ยต้นฤดูฝน (R32) ส่งผลกระทบในเชิงลบต่อการเปลี่ยนแปลงรายได้สุทธิที่ได้จากการปลูกข้าวและพืชไร่ของเกษตรกร

เมื่อพิจารณาเฉพาะผลกระทบที่เกิดจากปัจจัยด้านภูมิอากาศ ปรากฏว่า เมื่ออุณหภูมิเฉลี่ยทั้งในฤดูร้อนและในช่วงต้นฤดูฝน จะส่งผลให้รายได้สุทธิจากการปลูกพืชเฉพาะข้าวและพืชไร่ของเกษตรกรลดลง ด้านปริมาณฝนเฉลี่ยพบว่าหากปริมาณฝนทั้งในฤดูร้อนและต้นฤดูฝนส่งผลให้รายได้สุทธิจากการปลูกพืชทั้งหมดเพิ่มขึ้น แต่หากปริมาณฝนเพิ่มขึ้นในช่วงปลายฤดูฝนจะส่งผลให้รายได้สุทธิจากการปลูกพืชทั้งหมดของเกษตรกรลดลง ส่วนปริมาณฝนในฤดูหนาวไม่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงรายได้สุทธิจากการปลูกพืชอย่างมีนัยสำคัญ ตัวแปรปริมาณฝนเฉลี่ยในฤดูร้อนและต้นฤดูฝนมีค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปรกำลังหนึ่งเป็นค่าบวกส่วนค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปรกำลังสองเป็นค่าลบ ซึ่งจะมีความสัมพันธ์ที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงรายได้สุทธิจากการปลูกข้าวและพืชไร่ในลักษณะ hill-shaped ในขณะที่ปริมาณฝนเฉลี่ยในฤดูหนาวมีความสัมพันธ์ต่อการเปลี่ยนแปลงรายได้สุทธิภาคการเกษตรในทางตรงกันข้าม คือเป็นไปในลักษณะ u-shaped

ขนาดของผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่เกิดขึ้นจะแตกต่างกัน ซึ่งพบว่า การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศส่งผลกระทบในเชิงลบต่อการเปลี่ยนแปลงรายได้สุทธิที่ได้จากการเพาะปลูกเฉพาะข้าวและพืชไร่ (NR_3) มากที่สุด รองลงมาได้แก่ ผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงรายได้สุทธิจากการปลูกพืชรวม (NR_2) และรายได้สุทธิภาคการเกษตรที่เกิดจากการปลูกพืชและเลี้ยงสัตว์ (NR_1) ได้รับผลกระทบในเชิงลบน้อยที่สุด

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

แนวทางการปรับตัวของเกษตรกร

การวิเคราะห์การรับรู้ถึงการเปลี่ยนสภาพภูมิอากาศของเกษตรกรในพื้นที่ศึกษา ผลปรากฏว่า เกษตรกรในเขตชลประทานส่วนใหญ่ ร้อยละ 55 เห็นว่าปริมาณฝนมีแนวโน้มลดลง เป็นไปในทิศทางเดียวกับการรับรู้เรื่องการเปลี่ยนแปลงจำนวนวันฝนตกของเกษตรกรที่ส่วนใหญ่ร้อยละ 56.3 เห็นว่าจำนวนวันที่มีฝนตกลดลง ด้านการรับรู้เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิและความร้อน เกษตรกรส่วนใหญ่ ร้อยละ 93.8 เห็นว่าอุณหภูมิอากาศเพิ่มขึ้นจากอดีตอย่างมาก เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงเวลาการเริ่มตกของฝนต้นฤดูที่เป็นช่วงเวลาเริ่มต้นทำการเพาะปลูกพืชของเกษตรกร พบว่า จำนวนของเกษตรกรในเขตชลประทานที่เห็นว่าการเริ่มของฝนต้นฤดูทั้งเร็วกว่าปกติ และมาล่าช้ากว่าปกติมีจำนวนใกล้เคียงกัน คือ ร้อยละ 48.8 และร้อยละ 42.2 ตามลำดับ เมื่อถามถึงการเปลี่ยนแปลงการกระจายตัวของฝน เกษตรกรร้อยละ 68.8 เห็นว่า ปัจจุบันรูปแบบการกระจายตัวของฝนมีการตกอย่างกระจุกตัวและทิ้งช่วงมากกว่าในอดีต

สำหรับเกษตรกรนอกเขตชลประทาน ปรากฏว่า มีเกษตรกรร้อยละ 76.3 เห็นว่าปริมาณฝนลดลงจากเดิม ซึ่งสอดคล้องกับความคิดเห็นเกี่ยวกับแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงจำนวนวันฝนตกที่เกษตรกรร้อยละ 76.3 เห็นว่าจำนวนวันฝนตกมีแนวโน้มลดลงจากอดีต ด้านความคิดเห็นเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศ พบว่า เกษตรกรถึงร้อยละ 98.8 เห็นว่าอุณหภูมิอากาศเพิ่มขึ้นจากอดีตอย่างมาก ด้านการรับรู้เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงเวลาการเริ่มตกของฝนต้นฤดูเป็นไปในทิศทางเดียวกับเกษตรกรที่อยู่ในเขตชลประทาน กล่าวคือ เกษตรกรที่เห็นว่าฝนต้นฤดูมาเร็วกว่าปกติมีจำนวนที่ใกล้เคียงกับเกษตรกรที่เห็นว่าฝนต้นฤดูมาล่าช้ากว่าปกติ โดยเกษตรกรที่เห็นว่าการเริ่มของฝนต้นฤดูทั้งเร็วกว่าปกติ คิดเป็นร้อยละ 48.8 ในขณะที่เกษตรกร ร้อยละ 42.5 เห็นว่าการมาของฝนต้นฤดูล่าช้ากว่าปกติ ทำให้ฤดูกาลเพาะปลูกของเกษตรกรมีการเปลี่ยนแปลงไปมาก เมื่อถามถึงการเปลี่ยนแปลงการกระจายตัวของฝน เกษตรกรส่วนใหญ่ ร้อยละ 83.8 เห็นว่า ปัจจุบันรูปแบบการกระจายตัวของฝนมีการตกอย่างกระจุกตัวและทิ้งช่วงมากกว่าในอดีต

เมื่อพิจารณาการรับรู้เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของเกษตรกรทั้งในเขตชลประทานและอยู่นอกเขตชลประทานโดยรวมสรุปได้ว่า เกษตรกรส่วนใหญ่เห็นว่าสภาพภูมิอากาศมีการเปลี่ยนแปลงไปจากอดีต โดยเห็นว่าปริมาณฝนและจำนวนวันฝนตกมีแนวโน้มลดลง ในขณะที่อุณหภูมิอากาศเพิ่มสูงขึ้นจากเดิมอย่างมาก และเห็นว่าปัจจุบันฝนต้นฤดูจะเริ่มตกเร็วกว่าปกติ แต่ฝนตกอย่างกระจุกตัวและทิ้งช่วงมากขึ้น แต่เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบแล้วจะเห็นได้ว่าเกษตรกรที่อยู่นอกเขตชลประทานมีความคิดเห็นและการรับรู้ว่าสภาพภูมิอากาศมีการเปลี่ยนแปลงไปจากเดิมมากกว่าเกษตรกรในเขตชลประทาน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ที่เกษตรกรเห็นว่าเป็นปัญหาและสร้างความยากลำบากในการทำการเกษตร มีดังนี้ เกษตรกรในเขตชลประทานเห็นว่าการที่อุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้นจะส่งผลกระทบต่อการทำการเกษตรมากที่สุด ร้อยละ 86.3 รองลงมา คือ ปัญหาความแห้งแล้ง (ร้อยละ 77.5) การเปลี่ยนแปลงปริมาณฝนและการกระจายตัวของฝน (ร้อยละ 72.5) ปัญหาน้ำท่วมตามลำดับ และกังวลเกี่ยวกับปัญหาและความถี่และความรุนแรงของพายุน้อยที่สุด สำหรับเกษตรกรนอกเขตชลประทาน เห็นว่า ปัญหาการเปลี่ยนแปลงปริมาณและการกระจายตัวของฝนจะส่งผลกระทบต่อการทำการเกษตรของตนมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 96.3 รองลงมาคือความแห้งแล้งที่เพิ่มขึ้น การเพิ่มของอุณหภูมิอากาศ และปัญหาน้ำท่วม ตามลำดับ โดยเกษตรกรในกลุ่มนี้มีความกังวลเกี่ยวกับปัญหาที่เกิดขึ้นจากความรุนแรงของพายุเพียงร้อยละ 6.25

ด้านแนวทางการปรับตัวเพื่อลดผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่เกษตรกรเฉลี่ย รวมทั้งเกษตรกรที่อยู่ในเขตชลประทานและเกษตรกรที่อยู่นอกเขตชลประทานเลือกปฏิบัติมากที่สุดเรียงตามลำดับดังนี้

1. การย้ายแรงงานสู่นอกภาคการเกษตร
2. การเปลี่ยนชนิดพืช จากการปลูกปอแก้วที่ต้องอาศัยน้ำมากมาปลูกมันสำปะหลัง
3. ปรับปรุงคุณภาพดินโดยการใส่เศษซากพืชและปุ๋ยพืชสด
4. ขยับเลื่อนเวลาเพาะปลูกไปตามการเริ่มต้นของฤดูฝน
5. รักษาความชื้นในดินและปลูกพืชคลุมดินในช่วงที่ไม่ได้ทำการเพาะปลูก
6. เพิ่มการกักเก็บน้ำฝนในไร่นาของตนเอง
7. ปลูกพืชที่หลากหลายมากขึ้น เพื่อให้มีรายได้หมุนเวียนทั้งปี
8. ปลูกไม้ยืนต้นเป็นแนวป้องกันลมพายุ
9. ปรับปรุงหรือเปลี่ยนพันธุ์พืชที่มีความทนแล้งมากขึ้น
10. ทำวนเกษตร
11. ปรับปรุงระบบการให้น้ำพืช เช่น ระบบน้ำพ่นฝอยหรือระบบน้ำหยด

ส่วนวิธีการปรับตัวที่เกษตรกรไม่ได้เลือกปฏิบัติคือ การจัดการแหล่งน้ำใต้ดินเพื่อนำน้ำบาดาลมาใช้ในภาคการเกษตร และการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินสู่นอกภาคการเกษตร

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาวิจัยเรื่อง การประเมินผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่มีต่อรายได้ภาคการเกษตรของเกษตรกรในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย ทำให้ได้มาซึ่งข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์ดังนี้

1. หน่วยงานที่เกี่ยวข้องควรดำเนินนโนบายเพื่อฟื้นฟูคุณภาพทรัพยากรธรรมชาติในภาคตะวันออกเฉียงเหนือเพื่อบรรเทาผลกระทบที่เกิดขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ เนื่องจากปัญหาความเสื่อมโทรมของทรัพยากรธรรมชาติ อันได้แก่ ทรัพยากรดิน ทรัพยากรน้ำ และทรัพยากรป่าไม้ เป็นปัจจัยสำคัญปัจจัยหนึ่งที่ทำให้ภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีความเสี่ยงและความอ่อนไหวต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

2. หน่วยงานที่มีหน้าที่ในการส่งเสริมความรู้ด้านการเกษตร ควรมีการส่งเสริมและให้ความรู้แก่เกษตรกรในการปรับเปลี่ยนระบบการเพาะปลูกและเทคโนโลยีการผลิตให้เหมาะสมกับสภาพภูมิอากาศที่เปลี่ยนแปลงไป เนื่องจากผลการวิเคราะห์ชี้ให้เห็นว่าภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีแนวโน้มอุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้นในทุกฤดูกาล ส่วนปริมาณฝนมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นในช่วงฤดูหนาวและฤดูร้อน ในขณะที่ในฤดูฝนมีแนวโน้มปริมาณฝนและจำนวนวันฝนตกลดลงแสดงให้เห็นว่าจะในฤดูฝนมีเกิดปัญหาฝนกระจุกตัวและทิ้งช่วงมากขึ้น ซึ่งแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศดังกล่าวจะส่งผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงฤดูกาลเพาะปลูกของเกษตรกรอย่างมาก

3. หน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับการจัดการทรัพยากรธรรมชาติและภาคการเกษตรควรดำเนินงานร่วมกันอย่างบูรณาการในการส่งเสริมให้เกษตรกรมีแนวทางการปรับตัวอย่างเป็นระบบเพื่อรองรับผลกระทบที่จะเกิดขึ้นในระยะยาว เนื่องผลการศึกษาพบว่าการปรับตัวของเกษตรกรยังคงเป็นแบบปรับตัวโดยอัตโนมัติ (autonomous adaptation) ในระดับครัวเรือนต่างคนต่างปฏิบัติ เกษตรกรยังคงเลือกวิธีปฏิบัติเพื่อแก้ไขปัญหาในระยะสั้น ได้แก่ การเคลื่อนย้านแรงงานสู่นอกภาคการเกษตร ส่วนแนวทางการปรับตัวเพื่อแก้ปัญหาในระยะยาว โดยการจัดการทรัพยากรทางการเกษตร ได้แก่ ทรัพยากรดินและที่ดิน และทรัพยากรน้ำ เช่น การปลูกไม้ยืนต้น การทำวนเกษตร การพัฒนาและปรับปรุงแหล่งน้ำใช้ภาคการเกษตร ยังคงมีการนำไปปฏิบัติไม่มากนักในหมู่เกษตรกร

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ข้อเสนอแนะในการศึกษาครั้งต่อไป

1. ควรพิจารณาตัวแปรภูมิอากาศอื่นๆที่มีผลต่อภาคการเกษตรให้ครอบคลุม เช่น ความชื้นสัมพัทธ์ รังสีดวงอาทิตย์ และปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ในอากาศ เพื่อให้สามารถอธิบายผลกระทบที่เกิดขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อภาคการเกษตรได้อย่างถูกต้องและแม่นยำมากยิ่งขึ้น

2. ควรเพิ่มการวิเคราะห์ผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่มีต่อรายได้ภาคการเกษตร โดยเปรียบเทียบผลกระทบที่เกิดขึ้นกับเกษตรกรโดยมีเงื่อนไขแตกต่างกัน เช่น ระหว่างเกษตรกรที่มีการปรับตัวกับเกษตรกรที่ไม่มีการปรับตัว เพื่อแสดงผลกระทบที่เกิดขึ้นเมื่อเกษตรกรมีการปรับตัวที่แตกต่างกันหรือมีศักยภาพในการปรับตัวแตกต่างกัน

3. เพิ่มการศึกษาผลกระทบต่อรายได้สุทธิภาคการเกษตรร่วมกับภาพจำลองการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (climate scenarios) เพื่อให้สามารถทำนายผลกระทบต่อรายได้สุทธิภาคการเกษตรที่อาจเกิดขึ้นภายใต้สภาพภูมิอากาศในอนาคต

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กัณฑรีย์ บุญประกอบ. 2548. ความเชื่อมโยงของอนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศกับอนุสัญญาความหลากหลายทางชีวภาพ. **เอกสารประกอบการประชุมเชิงปฏิบัติการความหลากหลายทางชีวภาพด้านป่าไม้และสัตว์ป่า: ความก้าวหน้าของผลงานวิจัยและกิจกรรม ปี 2548**. ณ รีเจนท์ ชะอำ, 22 สิงหาคม 2548.

_____. 2550. **บทสรุปสำหรับผู้บริหารบทสังเคราะห์เรื่องโลกร้อนของ IPCC 2007 จากรายงาน Climate Change 2007: Synthesis Report IPCC Fourth Assessment (AR4)**. คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง (Online). www.ru.ac.th/climate-change, 18 มกราคม 2552.

โกวิทย์ โปษยานนท์. 2539. **ประวัติและลัทธิเศรษฐกิจ**. นนทบุรี: มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

กรมชลประทาน. 2552. **พื้นที่ชลประทานที่สร้างเสร็จในปีงบประมาณ 2549**. กรุงเทพมหานคร: กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

กรมป่าไม้. 2552. **สถิติป่าไม้ของประเทศไทย**. กรุงเทพมหานคร: กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.

กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย. 2551. **ข้อมูลสาธารณภัยในประเทศไทย พ.ศ. 2532-2551**. กรุงเทพมหานคร: กระทรวงมหาดไทย.

กรมพัฒนาที่ดิน. 2545. **การประเมินการสูญเสียดินในประเทศไทย**. กรุงเทพมหานคร: กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

กรมวิชาการเกษตร. 2535. **ระบบการปลูกพืชในเขตภูมิอากาศเกษตรของประเทศไทย**. กรุงเทพมหานคร: กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

จิราภรณ์ จุธากรณ์, พิศ คงบริรักษ์ และ ชุติมา คตสุก. 2545. **สถิติวิเคราะห์อุณหภูมิและปริมาณฝนของประเทศไทยในคาบ 50 ปี (ค.ศ. 1951-2000)**. กรุงเทพมหานคร: กรมอุตุนิยมวิทยา.

จำนง แก้วชะฎา. 2544. **การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศและผลกระทบ**. กรุงเทพมหานคร: กรมอุตุนิยมวิทยา.

วิเชียร เกิดสุข, วชิราพร เกิดสุข และ สมศักดิ์ สุขจันทร์. 2548. **การศึกษาความเปราะบางและการปรับตัวของเกษตรกรชาวนาทุ่งกุลาร้องไห้ต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ** (Online). www.seastart.or.th., 15 มิถุนายน 2551.

วิเชียร เกิดสุข, สหัสชัย คงทน และ อรรถชัย จินตะเวช. 2547. **ผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศต่อการผลิตข้าวในทุ่งกุลาร้องไห้** (Online). www.seastart.or.th., 15 มิถุนายน 2551.

วุฒิ หวังวัชรกุล. 2551. วิกฤติโลกร้อนในทัศนะนักเศรษฐศาสตร์. **วารสารเศรษฐศาสตร์สุโขทัยธรรมาธิราช** 1 (มิถุนายน 2551): 1-30.

สหัสชัย คงทน, วินัย ศรวัต และ สุกิจ รัตนศรีวงษ์. 2547. **ผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศโลกต่อการผลิตข้าวโพด อ้อยและมันสำปะหลัง ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย: พื้นที่ศึกษา จังหวัดขอนแก่น** (Online). www.seastart.or.th., 15 มิถุนายน 2551.

สนธยา จำปานิล. 2547. **การเปรียบเทียบผลผลิตและการย่อยสลายของเศษซากพืชเพื่อประเมินการสะสมคาร์บอนในระบบนิเวศป่าในเขตอุทยานแห่งชาติแก่งกระจานประเทศไทย**. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาชีววิทยา, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2551. **สถานการณ์และแนวโน้มสินค้าเกษตรที่สำคัญปี 2551** (Online). www.oae.go.th, 3 มีนาคม 2552.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สำนักนโยบายและแผนสิ่งแวดล้อม. 2543. **รายงานหลัก การศึกษาประเมินผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศตามสาขาต่างๆ**. กรุงเทพมหานคร: กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม.

Adams, R. M. 1989. "Global climate change and agriculture: an economic perspective." **American Journal of Agricultural Economics**. 71(5): 1272-1279.

Barron, E. J. 1995. "Climate models, how reliable are their prediction". **Consequences** (Online). www.gcrio.org/consequenses/fall95/mod.html., August 15, 2009.

Chang, C. C. 2002. "The potential impact of climate change on Taiwan's agriculture." **Agricultural Economics**. 27: 51-64.

Campbell, N. A., J. B. Reece and L. Mitchell. 1999. **Biology**. 5th ed. New York: Benjamin/Cummings, an imprint of Addison Wesley Longman, Inc.

Darwin, R. 1995. **World Agriculture and Climate Change: Economic Adaptations.** Economic Research Service, AER-703, United State Department of Agriculture, Washington, DC.

Deke, O. 2001. **Economic Impact of Climate Change: Simulations with a Regionalized Climate-Economy Model**. Kiel working paper No. 1065. Kiel Institute of World Economics, Kiel.

Deressa, T. 2007. "Measuring the economic impact of climate change on Ethiopian Agriculture: Ricardian Approach". **Policy Research Working Paper No 4342**. The World Bank. Washington, D.C.

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): 524-542.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Eid, H. M., S. M. El-Marsafawy and A. O. Salib. 2007. **Assessing the Economic Impacts of Climate Change on Agriculture in Egypt A Ricardian Approach**. Policy Research Working Paper No. 4293. the World Bank.

Eswaran, H., E. van den Berg and P. Reich. 1993. "Organic carbon in soils of the world". **Soil Science Society of America Journal**. 57: 192-194.

Fischer, G. 1996. "Impacts of potential climate change on global and regional food production and vulnerability". p.115-159. *In* Downing E. T. (ed). **Climate Change and World Food Security**. vol. 137. Berlin: Springer-Verlag.

Fischer, G. 2005. "Socio-economic and climate change impacts on agriculture: an integrated assessment 1990-2080". **Philosophical Transactions of the Royal Society B.** (360): 2067-2083.

Fleischer, A., I. Lichtman, and R. Mendelsohn. 2008. "Climate change, irrigation, and Israeli agriculture: will warming be harmful?". **Ecological Economics.** 65: 508-515.

Food and Agriculture Organization. 1996. **Agro-Ecological Zoning: Guidelines, Food and Agriculture Organization. Soils Bulletin 73**. Rome, Italy.

_____. 2005. **Estimates of Agricultural Land Use, Internet Database** (Online). http://www.faostat.fao.org/., August 15, 2009.

Hulme, M. 1996. **Climate Change and Southern Africa**. Norwich, United Kingdom: Climatic Research Unit, University of East Anglia.

IPCC. 1996. **Impacts, Adaptations, and Mitigation of Climate Change: Scientific-Technical Analyses-Contribution of Working Group II to the IPCC Second Assessment Report**. Cambridge, U.K.: Cambridge University Press.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

IPCC. 2001. **Climate Change 2001: Impacts, Adaptation and Vulnerability, Technical Summary, IPCC Publication** (Online). http://www.ipcc.ch/pub/wg2TARtechsum.pdf, March 20, 2009.

_____. 2007. **Climate Change 2007: Synthesis Report IPCC Fourth Assessment (AR4)** (Online). www.ipcc.ch, March 20, 2009.

Kaufmann, K. R. 1998. "Commentary the impact of climate change on US agriculture: a response to Mendelsohn et al. (1994)". **Ecological Economics.** 26: 113-119.

Kumar, K. S. and J. Parikh. 1998. "Climate Change Impacts on Indian Agriculture: The Ricardian Approach". In Dinar, A., (eds). **Measuring the Impact of Climate Change on Indian Agriculture**. World Bank Technical Paper 402. Washington, D.C.

Kurukulasuriya, P. and S. Rosenthal. 2003. **Climate Change and Agriculture**. Agriculture and Rural Development Department. The World Bank Environmental Department. 106 pp.

Mariara K. J. and F. K. Karanja. 2007. "The economic impact of climate change on Kenyan crop agriculture: A Ricardian approach". **Global and Planetary Change**. 57: 319-330.

Mendelsohn, R. and D. Tiwari. 2000. "Two essays on climate change and agriculture: a developing country perspective". **FAO Economic and Social Development Paper 145**. Rome, Italy.

Mendelsohn, R., W. D. Nordhaus and D. Shaw. 1994. "The impact of global warming on agriculture: A Ricardian analysis". **American Economic Review**. 84: 753-771.

Molua, E. L. and C. M. Lambi. 2006. **The Economic Impact of Climate Change on Agriculture in Cameroon**. CEEPA Discussion Paper No. 17, Centre for Environmental Economics and Policy in Africa (CEEPA). University of Pretoria.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Nordhaus, W. D. and Z. Yang. 1996. "A regional dynamic general-equilibrium model of alternative climate change stretegies". **American Economic Review** 86(4): 711-763.

Olesen, J. E. and M. Bindi. 2002. "Consequences of climate change for European agricultural productivity, land use and policy". **European Journal of Agronomy** 16: 239-262.

Ouedraogo, M., L. Some and Y. Dembele. 2006. **Economic Impact Assessment of Climate Change on Agriculture in Burkina Faso: a Ricardian Approach**. CEEPA Discussion Paper No. 24, Centre for Environmental Economics and Policy in Africa (CEEPA). University of Pretoria.

Parry, M. L., C. Rosenzweig and A. Iglesias. 1998. "Agriculture". *In* Feenstra, J. F. **Handbook on Methods for Climate Change Impact Assessment and Adaptation Strategies.** The United Nation Environment Programme.

Parry, M. L. 1999. "Climate change and world food security: a new assessment". **Global Environmental Change** 9: 51-67.

_____. 2004. "Effects of climate change on global food production under SRES emissions and socio-economic scenarios". **Global Environmental Change** 14: 53-67.

Ricardo, D. 1817. **Principles of Political Economy and Taxation**. John Murray, London.

Reilly, J. 1996. "Agriculture in a changing climate: impacts and adaptations." in IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), Watson R., Zinyowera M., Moss R. and Dokken D. (eds), 1996. **Climate Change 1995: Impacts, Adaptations, and Mitigation of Climate Change: Scientific-Technical Analyses**. Cambridge University Press.

Ringius, L. 1996. **Climate Change in Africa: Issues and Challenges in Agriculture and Water for sustainable development**. Report 1996: 8, CICERO (Center for International Climate and Environmental Research), University of Oslo.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Rosenzweig, C. and D. Hillel. 1995. **Climate Change and the Global Harvest: Potential Impacts on the Greenhouse Effect on Agriculture**. New York, Oxford University Press.

Rosenzweig, C. and M. L. Parry. 1994. "Potential impact of climate change on world food supply". **Nature** 367: 133-138.

Sanghi, A., R. Mendelsohn and A. Dinar. 1998. "The climate sensitivity of Indian agriculture". In A. Dinar, *et al.* (eds.), **Measuring the Impact of Climate Change on Indian Agriculture**. World Bank Technical Paper 402, Washington, D.C.

Sene, I. M., M. Diop and A. Dieng. 2006. **Impacts of Climate Change on The Revenues and Adaptation of Farmers in Senegal**. CEEPA Discussion Paper No. 20, Centre for Environmental Economics and Policy in Africa (CEEPA). University of Pretoria.

Seo, S. N., R. Mendelsohn and M. Munasinghe. 2005. "Climate change and agriculture in Sri-Lanka: a Ricardian valuation". **Environment and Development Economics** 10: 581-596.

Seo, S. N. and R. Mendelsohn. 2008. "An analysis of crop choice: adapting to climate change in South American farms". **Ecological Economics** (Online). www.sciencedirect.com., January 18, 2009.

Sombroek, W. S. and R. Gommes. 1996. "The climate change-agriculture conundrum." *In* Bazzaz F. and W. Sombroek, (eds.). **Global Climate Change and Agricultural Production**. Food and Agriculture Organization and John Wiley.

Strzepek, K. and A. McCluskey. 2006. **District Level Hydroclimatic Time Series and Scenario Analyses to Assess the Impacts of Climate Change on Regional Water Resources and Agriculture in Africa**. CEEPA Discussion Paper No. 13, Centre for Environmental Economics and Policy in Africa, University of Pretoria.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Tobey, J., J. Reilly and S. Kane. 1992. "Economics implications of global climate change for world agriculture". **Journal of Agricultural and Resource Economics** 17(1): 195-204.

Wang, J. 2008. **Can China Continue Feeding Itself the Impact of Climate Change on Agriculture**. Policy Research Working Paper No. 4470. the World Bank. Washington, D.C.

Winter, P. 1996. **Climate Change, Agriculture, and Developing Economies**. Working paper No. 785. Department of Agricultural and Resource economics, Division of Agriculture and Resource Economics. University of California at Berkley.

Yates, D. and K. Strzepek. 1998. "Modeling the Nile Basin under climate change". **Journal of Hydrologic Engineering**. 3(2): 98-108.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาคผนวก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 1 สถานีอุตุนิยมวิทยาที่เก็บรวบรวมข้อมูลในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ พ.ศ. 2503-2552

จังหวัด	สถานีอุตุนิยมวิทยาที่เก็บข้อมูล
เลย	เลย, สกษ. เลย
หนองบัวลำภู	อุดรธานี, ขอนแก่น, เลย
อุดรธานี	อุดรธานี
หนองคาย	หนองคาย
สกลนคร	สกลนคร, สกษ. สกลนคร
นครพนม	นครพนม, สกษ. นครพนม
มุกดาหาร	มุกดาหาร
ยโสธร	ร้อยเอ็ด, ศรีสะเกษ, สกษ. ร้อยเอ็ด
อำนาจเจริญ	มุกดาหาร, อุบลราชธานี, สกษ. อุบลราชธานี
อุบลราชธานี	อุบลราชธานี, สกษ. อุบลราชธานี
ศรีสะเกษ	สกษ. ศรีสะเกษ
สุรินทร์	สุรินทร์, สกษ. สุรินทร์, ท่าตูม
บุรีรัมย์	บุรีรัมย์, นางรอง
มหาสารคาม	โกสุมพิสัย
ร้อยเอ็ด	ร้อยเอ็ด, สกษ. ร้อยเอ็ด
กาฬสินธุ์	กมลาไสย
ขอนแก่น	ขอนแก่น, สกษ. ท่าพระ
ชัยภูมิ	ชัยภูมิ
นครราชสีมา	นครราชสีมา, โชคชัย, สกษ. ปากช่อง

หมายเหตุ: สกษ. คือ สถานีตรวจอากาศเกษตร

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 2 ค่าสถิติพรรณนาของตัวแปรในสมการผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่มีต่อรายได้สุทธิภาคการเกษตร ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ พ.ศ. 2544-2550

ตัวแปร	Mean	Max.	Min.	S.D.
รายได้สุทธิภาคการเกษตร(พืชรวม+เลี้ยงสัตว์) (NR_1)	2154.18	7506.40	1131.70	806.63
รายได้สุทธิ (พืชรวม) (NR_2)	1399.31	2967.70	587.10	504.95
รายได้สุทธิ (ข้าว+พืชไร่) (NR_2)	1185.47	2685.90	295.10	491.69
ค่าใช้จ่ายซื้อปัจจัยการผลิต (K)	819.93	1488.80	302.30	256.94
อุณหภูมิเฉลี่ยฤดูร้อน (T_2)	29.31	31.90	27.40	0.68
อุณหภูมิเฉลี่ยต้นฤดูฝน (T_3)	28.58	30.10	27.60	0.42
อุณหภูมิเฉลี่ยฤดูร้อนกำลังสอง (T_2^2)	859.48	1017.60	750.80	40.19
อุณหภูมิเฉลี่ยต้นฤดูฝนกำลังสอง (T_3^2)	816.76	906.00	763.40	24.35
ปริมาณฝนเฉลี่ยฤดูหนาว (R_1)	25.96	105.20	0.00	27.55
ปริมาณฝนเฉลี่ยฤดูร้อน (R_2)	304.04	505.30	106.70	85.71
ปริมาณฝนเฉลี่ยต้นฤดูฝน (R_3)	722.90	1930.80	278.40	282.94
ปริมาณฝนเฉลี่ยปลายฤดูฝน (R_4)	391.88	734.30	27.20	135.44
ปริมาณฝนเฉลี่ยฤดูหนาวกำลังสอง (R_1^2)	1427.08	11067.00	0.00	2569.60
ปริมาณฝนเฉลี่ยฤดูร้อนกำลังสอง (R_2^2)	99732.56	255328.10	11391.30	53268.07
ปริมาณฝนเฉลี่ยต้นฤดูฝนกำลังสอง (R_3^2)	602031.28	3727988.60	77489.90	532495.67
ปริมาณฝนเฉลี่ยปลายฤดูฝนกำลังสอง (R_4^2)	171778.66	539196.50	737.10	106690.02
ขนาดครัวเรือนเฉลี่ย (HS)	4.30	5.50	3.20	0.37
ขนาดพื้นที่ถือครองเฉลี่ย (FS)	21.61	33.85	15.18	4.08
สัดส่วนพื้นที่ชลประทานต่อพื้นที่เกษตร (IRRI)	5.49	19.90	0.10	3.77

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 3 อุณหภูมิเฉลี่ยและค่าผิดสภาพ (anomaly) ในคาบ 50 ปี (พ.ศ. 2503-2552) รายเดือน ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

	ค่าปกติ	1960	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984
													ม.ค. (°ซ)													
	22.8	22.9	21.7	20.7	19.1	24.5	21.2	24.6	21.7	22.6	25.4	23.3	21.3	21.1	23.5	22.3	23.3	20.5	23	24	25.1	23.4	22.3	22.4	21.8	21.8
Anomaly		0.1	-0.5	-1.0	-1.7	0.8	-0.8	0.9	-0.5	-0.1	1.2	0.2	-0.7	-0.8	0.3	-0.2	0.2	-1.1	0.1	0.6	1.1	0.3	-0.2	-0.2	-0.5	-0.5
													ก.พ. (°ซ)													
	25.4	24.1	25.9	23.3	23.3	24.6	26.1	26.5	23.7	23.4	25.8	25.6	23.9	25.5	27.1	23.6	25.7	25.3	22.5	25.0	26.7	25.5	26.4	26.1	26.7	26.0
Anomaly		-0.7	0.3	-1.1	-1.1	-0.4	0.4	0.6	-0.9	-1.0	0.2	0.1	-0.8	0.1	0.9	-0.9	0.2	-0.1	-1.5	-0.2	0.7	0.1	0.5	0.4	0.7	0.3
													มี.ค. (°ซ)													
	28.0	28.8	28.2	27.3	26.6	27.3	27.2	28.7	27.5	28.0	28.5	29.3	27.0	26.1	29.1	26.4	28.5	27.0	27.0	29.1	30.0	29.2	28.9	29.5	28.6	28.1
Anomaly		0.6	0.1	-0.5	-1.0	-0.5	-0.6	0.5	-0.4	0.0	0.4	1.0	-0.7	-1.4	0.8	-1.2	0.4	-0.7	-0.7	0.8	1.5	0.9	0.7	1.1	0.4	0.1
													เม.ย. (°ซ)													
	29.6	30.1	29.4	29.5	29.3	29.6	29.0	29.5	29.2	28.1	29.4	29.0	29.4	27.8	31.2	28.4	30.3	29.0	29.0	29.5	30.1	30.3	29.3	28.1	32.2	30.3
Anomaly		0.5	-0.2	-0.1	-0.3	0.0	-0.7	-0.1	-0.4	-1.6	-0.2	-0.7	-0.2	-2.0	1.7	-1.3	0.8	-0.7	-0.7	-0.1	0.5	0.8	-0.3	-1.6	2.8	0.8
													พ.ค. (°ซ)													
	29.0	29.5	28.8	29.0	29.7	28.2	28.7	28.0	29.0	28.6	29.7	29.3	28.5	30.4	29.4	28.6	28.6	28.0	28.9	28.7	29.0	29.6	28.8	29.7	30.1	28.6
Anomaly		0.8	-0.3	0.0	1.2	-1.3	-0.5	-1.7	0.0	-0.7	1.2	0.5	-0.8	2.4	0.7	-0.7	-0.7	-1.7	-0.2	-0.5	0.0	1.0	-0.3	1.2	1.9	-0.7
													มิ.ย. (°ซ)													
	28.4	28.7	27.3	28.2	28.2	28.6	27.5	28.5	28.7	28.2	28.3	28.1	27.6	28.3	28.9	28.5	27.9	28.6	30.1	28.5	28.1	28.0	28.1	28.9	29.0	28.3
Anomaly		0.6	-2.2	-0.4	-0.4	0.4	-1.8	0.2	0.6	-0.4	-0.2	-0.6	-1.6	-0.2	1.0	0.2	-1.0	0.4	3.4	0.2	-0.6	-0.8	-0.6	1.0	1.2	-0.2

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 3 (ต่อ)

	ค่าปกติ	1960	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984
													ก.ค. (°ซ)													
	28.1	28.1	27.9	27.8	27.2	28.1	27.8	28.2	28.2	28.5	27.6	28.1	27.1	28.1	28.1	28.2	27.7	27.8	28.4	27.4	28.8	28.3	27.6	28.4	28.8	27.8
Anomaly		0.0	-0.5	-0.8	-2.4	0.0	-0.8	0.3	0.3	1.1	-1.3	0.0	-2.6	0.0	0.0	0.3	-1.1	-0.8	0.8	-1.8	1.8	0.5	-1.3	0.8	1.8	-0.8
													ส.ค. (°ซ)													
	27.7	27.8	27.5	27.4	27.6	27.7	27.7	27.2	27.8	27.8	27.7	27.3	27.1	27.5	27.6	27.3	27.3	26.8	28.0	27.3	27.8	28.1	27.9	27.5	27.9	27.6
Anomaly		0.3	-0.6	-1.0	-0.3	0.0	0.0	-1.6	0.3	0.3	0.0	-1.3	-1.9	-0.6	-0.3	-1.3	-1.3	-2.9	1.0	-1.3	0.3	1.3	0.6	-0.6	0.6	-0.3
													ก.ย. (°ซ)													
	27.4	27.2	26.9	27.0	27.5	27.2	27.3	26.6	26.7	27.4	27.2	27.3	27.3	27.3	27.3	27.5	27.1	27.2	27.0	26.7	27.6	27.0	28.0	26.9	27.9	27.3
Anomaly		-0.4	-1.0	-0.8	0.2	-0.4	-0.2	-1.6	-1.4	0.0	-0.4	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2	0.2	-0.6	-0.4	-0.8	-1.4	0.4	-0.8	1.2	-1.0	1.0	-0.2
													ต.ค. (°ซ)													
	26.5	26.1	26.5	26.3	26.5	26.8	27.1	27.1	25.6	26.3	26.9	26.2	25.1	27.2	26.0	26.4	26.2	27.0	27.2	26.1	25.6	26.8	26.6	27.0	26.7	25.9
Anomaly		-0.4	0.0	-0.2	0.0	0.3	0.5	0.5	-0.8	-0.2	0.4	-0.3	-1.3	0.6	-0.5	-0.1	-0.3	0.5	0.6	-0.4	-0.8	0.3	0.1	0.5	0.2	-0.5
													พ.ย. (°ซ)													
	24.6	25.5	25.1	24.8	26.0	22.9	25.5	25.1	25.0	25.9	23.8	24.2	22.3	25.9	23.4	24.3	23.9	23.2	23.9	24.4	23.6	24.9	25.2	26.2	23.5	24.9
Anomaly		0.7	0.4	0.2	1.1	-1.3	0.7	0.4	0.3	1.0	-0.6	-0.3	-1.7	1.0	-0.9	-0.2	-0.5	-1.1	-0.5	-0.2	-0.8	0.2	0.5	1.2	-0.8	0.2
													ธ.ค. (°ซ)													
	22.4	21.9	23.7	21.3	22.4	21.4	24.4	24.8	21.5	24.8	21.2	24.3	22.4	23.7	20.7	23.4	19.8	22.9	23.6	22.9	22.7	23.3	21.1	20.8	21.7	22.9
Anomaly		-0.3	0.9	-0.7	0.0	-0.7	1.3	1.6	-0.6	1.6	-0.8	1.3	0.0	0.9	-1.1	0.7	-1.7	0.3	0.8	0.3	0.2	0.6	-0.9	-1.1	-0.5	0.3

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 3 (ต่อ)

	ค่าปกติ	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
													ม.ค. (°ซ)													
	22.8	23.2	21.6	23.3	24.5	25.3	26.1	25.7	25.5	25.0	27.7	25.4	23.7	25.3	27.6	25.8	24.7	26.4	26.3	26.5	24.3	28.3	26.5	26.1	22.3	27.0
Anomaly		0.2	-0.6	0.2	0.8	1.2	1.6	1.4	1.3	1.0	2.3	1.2	0.4	1.2	2.3	1.4	0.9	1.7	1.6	1.7	0.7	2.6	1.7	1.6	-0.2	2.0
													ก.พ. (°ซ)													
ค่าปกติ	25.4	26.9	25.7	25.9	29.0	26.7	27.1	30.0	29.4	28.4	26.8	29.1	28.6	27.7	30.3	29.4	28.3	27.6	28.5	27.5	28.9	27.8	28.8	29.0	27.0	27.9
Anomaly		0.8	0.2	0.3	1.9	0.7	0.9	2.4	2.1	1.5	0.7	1.9	1.6	1.2	2.5	2.1	1.5	1.1	1.6	1.1	1.8	1.2	1.7	1.9	0.8	1.3
													มี.ค. (°ซ)													
ค่าปกติ	28.0	27.4	27.7	28.7	29.9	30.5	30.5	30.5	31.8	29.8	30.4	30.9	28.5	28.3	30.8	28.9	28.9	31.5	30.1	30.3	29.8	30.1	29.5	29.1	28.8	29.0
Anomaly		-0.4	-0.2	0.5	1.4	1.9	1.9	1.9	2.8	1.3	1.8	2.1	0.4	0.2	2.1	0.7	0.7	2.6	1.6	1.7	1.3	1.6	1.1	0.8	0.6	0.7
													เม.ย. (°ซ)													
ค่าปกติ	29.6	29.3	29.8	30.2	29.1	29.1	29.0	29.9	30.6	29.5	29.5	29.5	28.9	29.6	30.9	28.0	28.4	28.9	29.1	30.2	29.4	30.3	28.2	28.1	27.4	28.1
Anomaly		-0.3	0.2	0.7	-0.5	-0.5	-0.7	0.3	1.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.8	0.0	1.4	-1.7	-1.3	-0.8	-0.5	0.7	-0.2	0.8	-1.5	-1.6	-2.4	-1.6
													พ.ค. (°ซ)													
ค่าปกติ	29.0	28.7	28.4	30.2	28.5	28.3	28.6	28.7	28.7	29.2	28.2	29.4	28.8	29.3	30.0	28.5	28.2	28.5	29.1	29.1	28.5	29.2	29.5	28.9	27.9	28.4
Anomaly		-0.5	-1.0	2.0	-0.8	-1.2	-0.7	-0.5	-0.5	0.3	-1.3	0.7	-0.3	0.5	1.7	-0.8	-1.3	-0.8	0.2	0.2	-0.8	0.3	0.8	-0.2	-1.9	-1.0
													มิ.ย. (°ซ)													
ค่าปกติ	28.4	27.9	28.9	29.2	28.7	28.2	28.1	28.5	28.1	29.0	28.2	28.0	28.3	28.1	29.3	28.4	27.9	28.5	28.8	28.9	28.1	28.5	28.5	28.4	27.8	27.8
Anomaly		-1.0	1.0	1.6	0.6	-0.4	-0.6	0.2	-0.6	1.2	-0.4	-0.8	-0.2	-0.6	1.8	0.0	-1.0	0.2	0.8	1.0	-0.6	0.2	0.2	0.0	-1.2	-1.2

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 3 (ต่อ)

	ค่าปกติ	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
														ก.ค. (°ซ)												
	28.1	27.7	28.2	28.8	28.1	28.1	28.3	27.6	27.8	27.8	27.7	28.0	28.1	28.1	28.7	28.0	28.1	28.1	27.8	28.4	28.3	28.0	28.1	27.5	27.5	28.0
Anomaly		-1.1	0.3	1.8	0.0	0.0	0.5	-1.3	-0.8	-0.8	-1.1	-0.3	0.0	0.0	1.6	-0.3	0.0	0.0	-0.8	0.8	0.5	-0.3	0.0	-1.6	-1.6	-0.3
														ส.ค. (°ซ)												
	27.7	27.8	28.2	28.4	28.0	27.8	27.8	27.9	27.7	27.7	27.7	27.8	27.3	27.6	27.8	27.6	27.2	27.9	27.4	27.7	27.7	27.8	27.9	27.3	27.0	27.5
Anomaly		0.3	1.6	2.3	1.0	0.3	0.3	0.6	0.0	0.0	0.0	0.3	-1.3	-0.3	0.3	-0.3	-1.6	0.6	-1.0	0.0	0.0	0.3	0.6	-1.3	-2.3	-0.6
														ก.ย. (°ซ)												
	27.4	27.3	27.6	27.6	26.1	26.4	26.8	26.5	25.5	26.4	25.9	27.1	26.9	27.6	27.2	26.9	27.4	27.7	27.3	27.2	26.5	27.3	27.3	25.9	27.1	27.3
Anomaly		-0.2	0.4	0.4	-2.5	-2.0	-1.2	-1.8	-3.7	-2.0	-2.9	-0.6	-1.0	0.4	-0.4	-1.0	0.0	0.6	-0.2	-0.4	-1.8	-0.2	-0.2	-2.9	-0.6	-0.2
														ต.ค. (°ซ)												
	26.5	26.5	26.8	27.6	23.2	24.8	25.3	24.4	23.2	25.2	25.1	24.6	25.5	26.2	25.6	25.2	24.5	23.6	26.1	26.1	26.0	26.1	26.5	23.2	24.3	24.9
Anomaly		0.0	0.3	1.0	-3.0	-1.5	-1.1	-1.9	-3.0	-1.2	-1.3	-1.7	-0.9	-0.3	-0.8	-1.2	-1.8	-2.6	-0.4	-0.4	-0.5	-0.4	0.0	-3.0	-2.0	-1.5
														พ.ย. (°ซ)												
	24.6	25.9	24.3	26.6	22.1	22.6	23.2	23.3	23.5	22.4	24.6	22.3	22.2	25.4	23.8	20.7	24.5	23.7	25.7	22.8	23.0	23.0	23.1	24.5	21.9	23.9
Anomaly		1.0	-0.2	1.5	-1.9	-1.5	-1.1	-1.0	-0.8	-1.7	0.0	-1.7	-1.8	0.6	-0.6	-3.0	-0.1	-0.7	0.8	-1.4	-1.2	-1.2	-1.1	-0.1	-2.1	-0.5
														ธ.ค. (°ซ)												
	22.4	22.4	22.9	20.7	24.3	24.9	25.3	22.1	22.5	24.2	23.6	23.8	23.1	26.0	24.0	24.5	25.8	23.4	22.8	24.0	24.0	24.3	22.8	23.0	21.2	26.9
Anomaly		0.0	0.3	-1.1	1.3	1.7	1.9	-0.2	0.1	1.2	0.8	0.9	0.5	2.4	1.1	1.4	2.3	0.7	0.3	1.1	1.1	1.3	0.3	0.4	-0.8	3.0

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 4 อุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยและค่าผิดสภาพ (anomaly) ในคาบ 50 ปี (พ.ศ. 2503-2552) รายเดือน ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

	ค่าปกติ	1960	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984
													ม.ค. (°ซ)													
	15.8	15.0	13.8	13.3	11.2	17.0	13.5	17.2	15.6	15.5	19.2	16.6	13.9	13.7	15.8	14.7	17.8	12.5	16.2	17.6	18.2	15.2	15.0	14.9	15.2	14.7
Anomaly		-0.5	-1.2	-1.5	-2.7	0.7	-1.3	0.8	-0.1	-0.2	2.0	0.5	-1.1	-1.2	0.0	-0.6	1.2	-1.9	0.2	1.0	1.4	-0.3	-0.5	-0.5	-0.3	-0.6
													ก.พ. (°ซ)													
	18.6	16.4	19.1	15.3	15.8	17.4	19.7	19.8	16.9	17.0	18.8	18.4	16.8	19.0	19.5	16.9	19.0	18.3	15.4	19.5	19.6	18.3	19.3	19.5	19.7	19.4
Anomaly		-1.5	0.3	-2.3	-1.9	-0.8	0.8	0.8	-1.2	-1.1	0.1	-0.1	-1.2	0.3	0.6	-1.2	0.3	-0.2	-2.2	0.6	0.7	-0.2	0.5	0.6	0.8	0.5
													มี.ค. (°ซ)													
	21.5	22.1	21.7	20.3	19.5	20.3	20.5	22.4	20.2	21.5	22.4	22.7	20.4	19.7	22.7	20.4	22.5	20.4	20.3	22.7	22.7	22.6	22.2	23.0	21.7	21.3
Anomaly		0.6	0.2	-1.1	-1.9	-1.1	-1.0	0.9	-1.2	0.0	0.9	1.1	-1.0	-1.7	1.1	-1.0	1.0	-1.0	-1.1	1.1	1.1	1.0	0.7	1.4	0.2	-0.2
													เม.ย. (°ซ)													
	23.7	23.3	23.1	23.2	22.6	23.4	22.9	23.7	23.2	22.6	23.4	23.4	23.1	22.5	24.8	22.9	24.2	23.1	23.1	23.8	24.3	24.3	23.6	22.8	25.7	24.6
Anomaly		-0.6	-0.8	-0.7	-1.5	-0.4	-1.1	0.0	-0.7	-1.5	-0.4	-0.4	-0.8	-1.7	1.5	-1.1	0.7	-0.8	-0.8	0.1	0.8	0.8	-0.1	-1.2	2.8	1.2
													พ.ค. (°ซ)													
	24.2	24.2	24.0	24.0	24.0	23.9	23.8	23.9	24.2	23.9	24.7	24.6	23.7	24.7	24.5	23.7	23.7	23.6	24.0	24.2	24.5	24.5	24.0	24.6	24.9	23.8
Anomaly		0.0	-0.5	-0.5	-0.5	-0.7	-0.9	-0.7	0.0	-0.7	1.2	0.9	-1.2	1.2	0.7	-1.2	-1.2	-1.4	-0.5	0.0	0.7	0.7	-0.5	0.9	1.7	-0.9
													มิ.ย. (°ซ)													
	24.3	24.3	23.4	23.9	24.0	24.2	23.7	24.3	24.2	24.2	24.4	24.2	23.8	23.9	24.5	24.0	23.9	23.9	25.0	24.4	24.4	24.3	23.8	24.6	24.8	24.3
Anomaly		0.0	-2.2	-1.0	-0.7	-0.2	-1.5	0.0	-0.2	-0.2	0.2	-0.2	-1.2	-1.0	0.5	-0.7	-1.0	-1.0	1.7	0.2	0.2	0.0	-1.2	0.7	1.2	0.0

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 4 (ต่อ)

	ค่าปกติ	1960	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984
													ก.ค. (°ซ)													
	24.0	23.7	23.7	23.9	23.5	23.7	23.6	24.1	24.0	24.4	24.1	24.2	23.6	24.2	24.0	23.7	23.4	23.5	24.3	23.9	24.5	24.4	23.7	24.2	24.5	23.6
Anomaly		-0.8	-0.8	-0.3	-1.3	-0.8	-1.0	0.3	0.0	1.0	0.3	0.5	-1.0	0.5	0.0	-0.8	-1.5	-1.3	0.8	-0.3	1.3	1.0	-0.8	0.5	1.3	-1.0
													ส.ค. (°ซ)													
	23.8	24.0	23.5	23.4	23.7	23.8	23.4	23.6	23.8	24.1	23.6	23.8	23.2	23.6	23.7	23.6	23.7	23.0	24.0	24.0	24.1	24.1	23.9	23.9	24.2	23.9
Anomaly		0.6	-0.9	-1.2	-0.3	0.0	-1.2	-0.6	0.0	0.9	-0.6	0.0	-1.7	-0.6	-0.3	-0.6	-0.3	-2.3	0.6	0.6	0.9	0.9	0.3	0.3	1.2	0.3
													ก.ย. (°ซ)													
	23.4	23.2	23.2	23.3	23.8	23.5	23.3	22.5	23.3	23.5	23.4	23.6	23.4	23.4	23.4	23.2	23.1	23.3	23.2	23.4	23.6	23.5	23.5	23.3	24.0	23.3
Anomaly		-0.6	-0.6	-0.3	1.2	0.3	-0.3	-2.8	-0.3	0.3	0.0	0.6	0.0	0.0	0.0	-0.6	-0.9	-0.3	-0.6	0.0	0.6	0.3	0.3	-0.3	1.8	-0.3
													ต.ค. (°ซ)													
	22.2	22.1	21.9	21.6	22.2	22.7	22.3	22.4	21.0	21.7	22.5	22.0	21.0	23.0	21.7	22.2	22.2	22.8	22.7	21.9	20.3	22.8	22.4	22.8	23.1	21.6
Anomaly		-0.1	-0.4	-0.9	0.0	0.7	0.1	0.3	-1.7	-0.7	0.4	-0.3	-1.7	1.1	-0.7	0.0	0.0	0.9	0.7	-0.4	-2.7	0.9	0.3	0.9	1.3	-0.9
													พ.ย. (°ซ)													
	19.3	20.3	19.3	18.9	20.8	17.9	19.6	19.5	19.7	20.1	18.6	18.9	16.4	21.1	18.0	19.3	18.4	18.0	18.4	19.0	17.2	19.8	20.4	21.3	18.2	19.8
Anomaly		0.8	0.0	-0.3	1.3	-1.2	0.3	0.2	0.3	0.7	-0.6	-0.3	-2.4	1.5	-1.1	0.0	-0.8	-1.1	-0.8	-0.3	-1.8	0.4	0.9	1.7	-0.9	0.4
													ธ.ค. (°ซ)													
	15.9	14.9	16.9	13.7	15.8	15.0	17.9	19.0	14.9	17.6	14.7	18.5	16.6	17.7	13.9	17.6	13.3	16.5	17.0	16.4	15.5	16.9	14.7	14.3	15.3	16.2
Anomaly		-0.7	0.7	-1.4	-0.1	-0.6	1.3	2.0	-0.7	1.1	-0.8	1.7	0.5	1.2	-1.3	1.1	-1.7	0.4	0.7	0.3	-0.3	0.7	-0.8	-1.0	-0.4	0.2

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 4 (ต่อ)

	ค่าปกติ	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
													ม.ค. (°ซ)													
	15.8	16.4	14.3	16.2	17.3	17.8	18.3	18.5	16.1	16.0	16.6	16.4	16.5	16.0	18.7	17.5	17.6	19.5	16.4	15.9	17.2	16.8	16.7	16.6	16.9	14.8
Anomaly		0.3	-0.9	0.2	0.9	1.2	1.5	1.6	0.2	0.1	0.5	0.3	0.4	0.1	1.7	1.0	1.0	2.2	0.3	0.1	0.8	0.6	0.5	0.5	0.6	-0.6
													ก.พ. (°ซ)													
	18.6	20.3	18.6	19.1	16.0	18.1	19.4	18.1	18.9	17.5	21.1	17.8	16.5	18.9	20.8	18.8	17.7	19.5	19.6	19.9	18.0	21.0	20.0	19.4	16.9	20.7
Anomaly		1.2	0.0	0.3	-1.8	-0.3	0.5	-0.3	0.2	-0.8	1.7	-0.5	-1.4	0.2	1.5	0.1	-0.6	0.6	0.7	0.9	-0.4	1.6	1.0	0.5	-1.2	1.4
													มี.ค. (°ซ)													
	21.5	20.8	20.4	22.0	22.6	20.7	21.4	23.5	22.4	22.0	20.8	22.5	21.5	21.0	23.7	22.8	21.5	22.1	22.4	21.7	22.0	21.2	22.5	23.5	21.2	22.8
Anomaly		-0.7	-1.0	0.5	1.0	-0.8	-0.1	1.9	0.9	0.5	-0.7	1.0	0.0	-0.5	2.1	1.2	0.0	0.6	0.9	0.2	0.5	-0.3	1.0	1.9	-0.3	1.2
													เม.ย. (°ซ)													
	23.7	23.5	23.9	24.1	24.3	24.3	24.3	24.3	25.0	24.0	24.3	24.8	23.3	22.6	24.7	23.9	23.8	25.2	23.9	24.4	23.8	24.2	24.1	23.9	24.1	24.3
Anomaly		-0.3	0.3	0.6	0.8	0.8	0.8	0.8	1.8	0.4	0.8	1.5	-0.6	-1.5	1.4	0.3	0.1	2.1	0.3	1.0	0.1	0.7	0.6	0.3	0.6	0.8
													พ.ค. (°ซ)													
	24.2	24.1	24.1	24.8	24.7	24.1	24.1	24.6	25.0	24.3	24.8	24.5	24.3	24.4	25.6	23.9	24.1	24.4	24.4	25.0	24.6	25.1	24.2	24.4	24.1	24.1
Anomaly		-0.2	-0.2	1.4	1.2	-0.2	-0.2	0.9	1.9	0.2	1.4	0.7	0.2	0.5	3.3	-0.7	-0.2	0.5	0.5	1.9	0.9	2.1	0.0	0.5	-0.2	-0.2
													มิ.ย. (°ซ)													
	24.3	24.3	24.5	24.8	24.5	24.2	24.6	24.7	24.6	24.7	24.5	24.9	24.4	24.6	25.4	24.3	24.2	24.4	24.8	24.9	24.4	25.0	25.0	25.2	24.7	24.7
Anomaly		0.0	0.5	1.2	0.5	-0.2	0.7	1.0	0.7	1.0	0.5	1.5	0.2	0.7	2.7	0.0	-0.2	0.2	1.2	1.5	0.2	1.7	1.7	2.2	1.0	1.0

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 4 (ต่อ)

	ค่าปกติ	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
													ก.ค. (°ซ)													
	24.0	23.6	24.1	24.6	24.4	24.2	24.1	24.6	24.2	24.7	24.6	24.0	24.3	24.4	24.9	24.5	24.1	24.6	24.9	24.5	24.0	24.4	24.7	24.7	24.5	24.5
Anomaly		-1.0	0.3	1.5	1.0	0.5	0.3	1.5	0.5	1.8	1.5	0.0	0.8	1.0	2.3	1.3	0.3	1.5	2.3	1.3	0.0	1.0	1.8	1.8	1.3	1.3
													ส.ค. (°ซ)													
	23.8	24.0	24.1	24.3	24.1	24.1	24.1	24.0	24.0	24.0	24.0	24.3	24.0	24.3	24.5	24.1	24.3	24.4	24.1	24.4	24.5	24.1	24.3	24.4	24.3	24.7
Anomaly		0.6	0.9	1.5	0.9	0.9	0.9	0.6	0.6	0.6	0.6	1.5	0.6	1.5	2.0	0.9	1.5	1.7	0.9	1.7	2.0	0.9	1.5	1.7	1.5	2.6
													ก.ย. (°ซ)													
	23.4	23.3	23.4	23.8	23.6	23.8	23.7	24.1	23.8	23.7	23.9	23.9	23.8	23.6	24.0	23.7	23.3	23.9	23.8	23.9	23.7	23.9	23.8	24.0	24.0	24.3
Anomaly		-0.3	0.0	1.2	0.6	1.2	0.9	2.1	1.2	0.9	1.5	1.5	1.2	0.6	1.8	0.9	-0.3	1.5	1.2	1.5	0.9	1.5	1.2	1.8	1.8	2.8
													ต.ค. (°ซ)													
	22.2	22.1	22.6	23.1	22.4	22.2	22.7	22.5	21.3	21.7	21.0	22.7	22.7	23.1	22.3	22.7	23.1	23.2	22.6	22.4	21.1	22.7	22.9	22.6	23.7	23.4
Anomaly		-0.1	0.6	1.3	0.3	0.0	0.7	0.4	-1.3	-0.7	-1.7	0.7	0.7	1.3	0.1	0.7	1.3	1.4	0.6	0.3	-1.6	0.7	1.0	0.6	2.2	1.7
													พ.ย. (°ซ)													
	19.3	20.9	19.1	22.1	17.9	19.4	20.1	18.8	17.4	19.0	19.1	19.3	21.1	20.2	20.3	20.5	18.5	18.2	20.8	19.8	19.7	21.0	21.2	18.4	20.2	19.5
Anomaly		1.3	-0.2	2.3	-1.2	0.1	0.7	-0.4	-1.6	-0.3	-0.2	0.0	1.5	0.8	0.8	1.0	-0.7	-0.9	1.3	0.4	0.3	1.4	1.6	-0.8	0.8	0.2
													ธ.ค. (°ซ)													
	15.9	15.6	16.6	13.9	15.6	15.4	16.6	17.4	17.0	15.8	18.2	15.9	16.1	18.6	18.0	15.0	18.4	17.7	20.1	16.2	15.7	17.3	17.4	18.9	16.4	17.8
Anomaly		-0.2	0.5	-1.3	-0.2	-0.3	0.5	1.0	0.7	-0.1	1.5	0.0	0.1	1.8	1.4	-0.6	1.6	1.2	2.8	0.2	-0.1	0.9	1.0	2.0	0.3	1.2

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 5 อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยและค่าผิดสภาพ (anomaly) ในคาบ 50 ปี (พ.ศ. 2503-2552) รายเดือน ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

	ค่าปกติ	1960	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984
													ม.ค. (°ซ)													
	30.0	31.0	29.6	28.1	26.9	32.0	29.0	32.1	27.9	29.8	31.6	29.9	28.7	28.6	31.2	29.8	28.9	28.6	29.8	30.7	32.1	31.5	29.6	29.9	28.5	28.9
Anomaly		0.7	-0.3	-1.4	-2.2	1.4	-0.7	1.5	-1.5	-0.1	1.2	-0.1	-0.9	-1.0	0.9	-0.1	-0.8	-1.0	-0.1	0.5	1.5	1.1	-0.3	-0.1	-1.1	-0.8
													ก.พ. (°ซ)													
	32.4	32.0	32.8	31.4	30.8	31.7	32.5	33.2	30.6	29.9	32.9	32.8	31.1	32.1	34.6	30.4	32.5	32.4	29.7	30.8	33.8	32.7	33.5	32.7	33.7	32.6
Anomaly		-0.3	0.3	-0.7	-1.2	-0.5	0.1	0.6	-1.3	-1.8	0.4	0.3	-1.0	-0.2	1.6	-1.5	0.1	0.0	-2.0	-1.2	1.0	0.2	0.8	0.2	1.0	0.1
													มี.ค. (°ซ)													
	34.7	35.9	34.8	34.3	33.7	34.2	33.9	35.2	34.8	34.6	34.6	35.9	33.5	32.7	35.5	32.4	34.6	33.8	33.7	35.7	37.3	35.9	35.7	36.0	35.6	35.0
Anomaly		1.0	0.1	-0.3	-0.9	-0.4	-0.7	0.4	0.1	-0.1	-0.1	1.0	-1.0	-1.7	0.7	-2.0	-0.1	-0.8	-0.9	0.9	2.3	1.0	0.9	1.1	0.8	0.3
													เม.ย. (°ซ)													
	35.6	36.8	35.6	35.8	36.0	36.0	35.1	35.3	35.0	33.6	35.5	34.6	35.8	33.2	37.7	34.0	36.4	35.0	35.0	35.2	35.9	36.3	34.9	33.5	38.7	36.0
Anomaly		1.0	0.0	0.2	0.3	0.3	-0.4	-0.2	-0.5	-1.6	-0.1	-0.8	0.2	-2.0	1.7	-1.3	0.7	-0.5	-0.5	-0.3	0.2	0.6	-0.6	-1.7	2.5	0.3
													พ.ค. (°ซ)													
	32.9	34.8	33.6	34.2	35.4	32.6	33.6	32.2	33.8	33.3	34.8	34.1	33.3	36.2	34.4	33.5	33.4	32.4	33.9	33.3	33.5	34.7	33.6	35.0	35.3	33.4
Anomaly		0.9	-0.3	0.3	1.4	-1.2	-0.3	-1.6	-0.1	-0.6	0.9	0.2	-0.6	2.2	0.5	-0.4	-0.5	-1.4	0.0	-0.6	-0.4	0.8	-0.3	1.0	1.3	-0.5
													มิ.ย. (°ซ)													
	33.7	33.2	31.4	32.5	32.5	33.0	31.2	32.6	33.3	32.3	32.4	32.0	31.5	32.7	33.4	33.2	31.9	33.4	35.3	32.8	31.8	31.8	32.5	33.2	33.3	32.4
Anomaly		0.6	-1.6	-0.2	-0.2	0.4	-1.8	-0.1	0.7	-0.5	-0.4	-0.8	-1.4	0.0	0.8	0.6	-1.0	0.8	3.1	0.1	-1.1	-1.1	-0.2	0.6	0.7	-0.4

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 5 (ต่อ)

	ค่าปกติ	1960	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984
													ก.ค. (°ซ)													
	32.2	32.6	32.1	31.8	31.1	32.6	32.1	32.4	32.4	32.6	31.1	32.1	30.7	32.0	32.2	32.8	32.0	32.0	32.5	31.0	33.2	32.3	31.4	32.7	33.2	32.1
Anomaly		0.6	-0.2	-0.6	-1.8	0.6	-0.2	0.3	0.3	0.6	-1.8	-0.2	-2.4	-0.3	0.0	1.0	-0.3	-0.3	0.5	-1.9	1.6	0.2	-1.3	0.8	1.6	-0.2
													ส.ค. (°ซ)													
	31.6	31.7	31.6	31.5	31.6	31.6	32.1	30.8	31.8	31.6	31.7	31.0	31.0	31.5	31.5	31.0	30.9	30.6	32.0	30.6	31.5	32.3	31.9	31.1	31.6	31.4
Anomaly		1.1	0.9	0.8	0.9	0.9	1.9	-0.6	1.3	0.9	1.1	-0.2	-0.2	0.8	0.8	-0.2	-0.4	-0.9	1.7	-0.9	0.8	2.3	1.5	0.0	0.9	0.6
													ก.ย. (°ซ)													
	31.3	31.3	30.6	30.7	31.3	30.9	31.3	30.8	30.2	31.3	31.1	31.0	31.3	31.3	31.1	31.9	31.2	31.2	30.8	30.2	31.6	30.6	32.5	30.4	31.9	31.4
Anomaly		-0.6	-1.8	-1.7	-0.6	-1.3	-0.6	-1.5	-2.6	-0.6	-0.9	-1.1	-0.6	-0.6	-0.9	0.6	-0.7	-0.7	-1.5	-2.6	0.0	-1.8	1.7	-2.2	0.6	-0.4
													ต.ค. (°ซ)													
	30.8	30.2	31.1	31.0	31.0	30.8	32.0	31.8	30.3	31.0	31.4	30.4	29.3	31.6	30.3	30.8	30.4	31.2	31.7	30.6	31.0	30.8	30.9	31.3	30.3	30.2
Anomaly		-0.8	0.4	0.3	0.3	0.0	1.7	1.4	-0.7	0.3	0.8	-0.6	-2.1	1.1	-0.7	0.0	-0.6	0.6	1.2	-0.3	0.3	0.0	0.1	0.7	-0.7	-0.8
													พ.ย. (°ซ)													
	29.9	30.8	30.9	30.7	31.2	28.0	31.5	30.7	30.4	31.8	29.0	29.5	28.3	30.7	28.8	29.4	29.3	28.3	29.5	30.0	30.0	30.1	30.0	31.2	28.7	30.0
Anomaly		0.8	0.9	0.7	1.1	-1.7	1.4	0.7	0.4	1.7	-0.8	-0.3	-1.4	0.7	-1.0	-0.4	-0.5	-1.4	-0.3	0.1	0.1	0.2	0.1	1.1	-1.0	0.1
													ธ.ค. (°ซ)													
	29.0	28.8	30.6	29.0	29.1	27.8	30.9	30.7	28.2	32.0	27.8	30.1	28.2	29.9	27.5	29.3	26.6	29.4	30.2	29.5	30.0	29.7	27.5	27.4	28.0	29.6
Anomaly		-0.2	1.2	0.0	0.1	-0.9	1.5	1.3	-0.6	2.3	-0.9	0.8	-0.6	0.7	-1.1	0.2	-1.8	0.3	0.9	0.4	0.8	0.5	-1.1	-1.2	-0.8	0.5

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 5 (ต่อ)

	ค่าปกติ	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
													ม.ค. (°ซ)													
	30.0	30.1	29.1	30.5	31.8	30.9	31.5	32.2	28.1	29.1	31.8	30.8	31.2	30.2	33.3	30.5	31.4	32.2	30.5	29.8	30.7	31.3	31.8	30.1	30.5	28.6
Anomaly		0.1	-0.6	0.4	1.3	0.6	1.1	1.6	-1.4	-0.6	1.3	0.6	0.9	0.1	2.4	0.4	1.0	1.6	0.4	-0.1	0.5	0.9	1.3	0.1	0.4	-1.0
													ก.พ. (°ซ)													
	32.4	33.5	32.9	32.7	32.4	32.5	32.8	33.2	32.1	32.5	34.4	32.8	30.9	31.8	34.5	32.9	31.8	33.3	33.1	33.2	30.6	35.7	33.0	34.1	29.0	34.5
Anomaly		0.8	0.4	0.2	0.0	0.1	0.3	0.6	-0.2	0.1	1.5	0.3	-1.1	-0.4	1.6	0.4	-0.4	0.7	0.5	0.6	-1.3	2.4	0.4	1.3	-2.5	1.6
													มี.ค. (°ซ)													
	34.7	34.1	35.1	35.4	35.4	32.8	32.9	36.4	36.5	34.9	32.8	35.7	35.7	34.5	37.0	36.1	35.2	33.1	34.7	33.5	35.8	34.4	35.0	35.8	34.2	34.4
Anomaly		-0.5	0.3	0.6	0.6	-1.6	-1.6	1.5	1.6	0.2	-1.6	0.9	0.9	-0.2	2.0	1.2	0.4	-1.4	0.0	-1.0	1.0	-0.3	0.3	1.0	-0.4	-0.3
													เม.ย. (°ซ)													
	35.6	35.1	35.7	36.3	35.5	36.7	36.7	36.7	38.6	35.7	36.6	37.0	33.7	34.2	37.0	33.9	34.1	37.8	36.3	36.3	36.0	36.1	35.1	35.9	35.0	35.0
Anomaly		-0.4	0.1	0.6	-0.1	0.9	0.9	0.9	2.5	0.1	0.8	1.1	-1.6	-1.1	1.1	-1.4	-1.2	1.8	0.6	0.6	0.3	0.4	-0.4	0.2	-0.5	-0.5
													พ.ค. (°ซ)													
	32.9	33.4	32.7	35.6	33.6	34.1	33.9	35.3	36.2	34.8	34.3	34.5	33.4	35.0	36.2	32.0	32.8	33.4	33.8	35.5	34.2	35.5	34.0	33.3	32.5	33.4
Anomaly		-0.5	-1.1	1.6	-0.3	0.2	0.0	1.3	2.2	0.9	0.4	0.6	-0.5	1.0	2.2	-1.8	-1.0	-0.5	-0.1	1.5	0.3	1.5	0.1	-0.6	-1.3	-0.5
													มิ.ย. (°ซ)													
	33.7	31.5	33.3	33.5	32.6	32.6	32.6	32.8	32.8	33.8	31.9	33.9	33.2	34.1	34.6	32.6	32.1	32.7	33.5	33.4	32.7	33.4	34.0	34.2	32.8	33.4
Anomaly		-1.4	0.7	1.0	-0.1	-0.1	-0.1	0.1	0.1	1.3	-1.0	1.4	0.6	1.7	2.3	-0.1	-0.7	0.0	1.0	0.8	0.0	0.8	1.6	1.8	0.1	0.8

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 5 (ต่อ)

	ค่าปกติ	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
													ก.ค. (°ซ)													
	32.2	31.9	32.4	33.0	33.0	32.2	32.1	32.5	32.2	33.3	31.8	31.9	32.4	31.8	33.6	32.4	31.7	32.6	32.8	33.3	32.2	32.6	32.3	33.6	32.5	32.2
Anomaly		-0.5	0.3	1.3	1.3	0.0	-0.2	0.5	0.0	1.8	-0.6	-0.5	0.3	-0.6	2.2	0.3	-0.8	0.6	1.0	1.8	0.0	0.6	0.2	2.2	0.5	0.0
													ส.ค. (°ซ)													
	31.6	31.6	32.3	32.6	32.0	32.1	32.5	31.1	31.7	31.7	31.5	31.8	32.2	32.1	33.0	31.9	32.1	31.7	31.6	32.5	32.1	31.8	31.8	32.0	32.2	32.8
Anomaly		0.9	2.3	2.8	1.7	1.9	2.6	0.0	1.1	1.1	0.8	1.3	2.1	1.9	3.6	1.5	1.9	1.1	0.9	2.6	1.9	1.3	1.3	1.7	2.1	3.2
													ก.ย. (°ซ)													
	31.3	31.3	32.0	31.5	32.5	31.8	32.0	31.8	31.7	31.7	31.6	31.8	30.9	31.7	31.7	31.7	31.1	32.1	30.9	31.5	31.7	31.7	32.0	32.0	31.6	32.2
Anomaly		-0.6	0.7	-0.2	1.7	0.4	0.7	0.4	0.2	0.2	0.0	0.4	-1.3	0.2	0.2	0.2	-0.9	0.9	-1.3	-0.2	0.2	0.2	0.7	0.7	0.0	1.1
													ต.ค. (°ซ)													
	30.8	30.9	31.1	32.2	29.8	30.7	30.8	30.6	29.7	31.2	31.0	31.5	31.1	32.1	32.1	31.2	31.6	32.1	32.0	32.1	32.1	31.9	31.7	30.4	32.0	32.3
Anomaly		0.1	0.4	1.9	-1.4	-0.1	0.0	-0.3	-1.5	0.6	0.3	1.0	0.4	1.8	1.8	0.6	1.1	1.8	1.7	1.8	1.8	1.5	1.2	-0.6	1.7	2.1
													พ.ย. (°ซ)													
	29.9	31.0	29.6	31.1	28.6	30.4	30.6	30.0	29.2	31.5	31.2	30.0	30.0	32.3	30.8	30.0	30.5	29.2	31.3	32.4	32.3	31.3	33.0	29.0	29.6	31.3
Anomaly		1.0	-0.3	1.0	-1.1	0.4	0.6	0.1	-0.6	1.4	1.1	0.1	0.1	2.1	0.8	0.1	0.5	-0.6	1.2	2.2	2.1	1.2	2.7	-0.8	-0.3	1.2
													ธ.ค. (°ซ)													
	29.0	29.1	29.3	27.4	28.6	29.9	29.7	29.4	30.1	28.9	31.0	28.8	28.4	32.2	29.5	26.6	30.7	29.8	31.4	29.5	30.5	28.7	29.9	31.2	28.5	31.1
Anomaly		0.1	0.2	-1.2	-0.3	0.7	0.5	0.3	0.8	-0.1	1.5	-0.2	-0.5	2.4	0.4	-1.8	1.3	0.6	1.8	0.4	1.1	-0.2	0.7	1.7	-0.4	1.6

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 6 ปริมาณฝนเฉลี่ยและค่าสัดส่วน (ratio) ในคาบ 50 ปี (พ.ศ. 2503-2552) รายเดือน ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

	ค่าปกติ	1960	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984
													ม.ค. (มม.)													
	4.3	2.2	0.3	0.4	0.0	1.3	0.1	0.4	1.7	4.1	31.0	0.6	1.0	0.0	0.1	10.4	18.9	0.0	3.7	12.3	1.0	0.0	0.0	0.0	14.6	2.5
Ratio (%)		55.0	7.5	10.0	0.0	32.5	2.5	10.0	42.5	102.5	775.0	15.0	25.0	0.0	2.5	260.0	472.5	0.0	92.5	307.5	25.0	0.0	0.0	0.0	365.0	62.5
													ก.พ. (มม.)													
	15.9	5.3	13.0	4.8	1.5	17.1	23.0	35.8	13.0	13.1	3.4	7.8	23.0	28.8	2.0	12.1	26.6	18.7	1.3	12.3	16.3	8.1	20.5	29.9	7.2	19.0
Ratio (%)		33.8	82.8	30.6	9.6	108.9	146.5	228.0	82.8	83.4	21.7	49.7	146.5	183.4	12.7	77.1	169.4	119.1	8.3	78.3	103.8	51.6	130.6	190.4	45.9	121.0
													มี.ค. (มม.)													
	37.7	73.2	53.6	30.7	68.0	43.4	28.5	70.0	11.4	27.5	53.3	30.8	20.7	69.3	16.1	46.5	40.5	42.6	22.1	44.8	5.1	33.9	32.6	62.2	5.4	35.2
Ratio (%)		200.0	146.4	83.9	185.8	118.6	77.9	191.3	31.1	75.1	145.6	84.2	56.6	189.3	44.0	127.0	110.7	116.4	60.4	122.4	13.9	92.6	89.1	169.9	14.8	96.2
													เม.ย. (มม.)													
	86.1	38.1	93.0	99.5	63.6	82.0	92.8	90.2	111.3	108.9	68.8	96.6	79.9	103.1	54.2	102.0	35.7	101.1	92.5	113.9	112.7	67.9	92.1	72.7	44.0	118.5
Ratio (%)		44.8	109.4	117.1	74.8	96.5	109.2	106.1	130.9	128.1	80.9	113.6	94.0	121.3	63.8	120.0	42.0	118.9	108.8	134.0	132.6	79.9	108.4	85.5	51.8	139.4
													พ.ค. (มม.)													
	187.9	161.0	219.3	217.1	142.2	313.6	236.9	359.9	153.1	200.7	164.7	210.6	218.2	89.2	151.1	149.7	239.6	144.8	140.5	217.6	246.6	212.1	192.1	130.5	139.9	164.3
Ratio (%)		85.3	116.2	115.0	75.3	166.1	125.5	190.6	81.1	106.3	87.2	111.5	115.6	47.2	80.0	79.3	126.9	76.7	74.4	115.3	130.6	112.3	101.7	69.1	74.1	87.0
													มิ.ย. (มม.)													
	213.8	196.8	270.8	238.6	276.8	152.3	237.8	169.7	197.3	232.6	285.1	291.7	232.2	305.1	165.8	127.1	214.7	152.4	104.3	181.0	293.3	290.9	204.2	157.1	240.0	179.1
Ratio (%)		91.2	125.5	110.6	128.3	70.6	110.2	78.7	91.5	107.8	132.2	135.2	107.6	141.4	76.9	58.9	99.5	70.7	48.4	83.9	136.0	134.9	94.7	72.8	111.3	83.0

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 6 (ต่อ)

	ค่าปกติ	1960	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984
													ก.ค. (มม.)													
	205.1	221.2	166.2	271.1	256.1	152.9	170.3	205.0	200.1	197.6	282.6	174.4	224.1	178.1	230.0	186.2	242.2	204.1	146.6	317.4	133.3	221.9	264.2	174.8	167.8	207.0
Ratio (%)		108.2	81.3	132.6	125.2	74.8	83.3	100.2	97.8	96.6	138.2	85.3	109.6	87.1	112.5	91.1	118.4	99.8	71.7	155.2	65.2	108.5	129.2	85.5	82.1	101.2
													ส.ค. (มม.)													
	257.7	362.2	289.2	309.5	291.9	229.1	228.2	373.5	188.2	245.1	146.4	337.7	248.8	219.4	196.7	369.3	260.7	242.9	266.4	305.9	222.1	180.5	212.5	218.8	348.4	289.5
Ratio (%)		140.6	112.2	120.1	113.3	88.9	88.6	144.9	73.0	95.1	56.8	131.0	96.5	85.1	76.3	143.3	101.2	94.3	103.4	118.7	86.2	70.0	82.5	84.9	135.2	112.3
													ก.ย. (มม.)													
	253.4	238.8	370.4	367.8	217.6	292.9	220.4	210.3	341.5	315.3	313.7	277.5	240.9	259.9	277.6	205.2	286.4	261.6	270.5	330.0	232.3	341.7	132.8	359.4	177.6	234.0
Ratio (%)		92.5	143.5	142.4	84.3	113.4	85.4	81.4	132.3	122.1	121.5	107.5	93.3	100.7	107.5	79.5	110.9	101.3	104.8	127.8	90.0	132.3	51.4	139.2	68.8	90.6
													ต.ค. (มม.)													
	117.1	166.0	140.3	118.8	113.4	183.3	69.0	83.5	35.6	53.0	95.5	66.1	75.3	167.2	49.0	123.3	121.3	193.8	51.2	51.7	9.7	114.9	118.3	125.8	196.9	154.0
Ratio (%)		145.0	122.5	103.8	99.0	160.1	60.3	72.9	31.1	46.3	83.4	57.7	65.8	146.0	42.8	107.7	105.9	169.3	44.7	45.2	8.5	100.3	103.3	109.9	172.0	134.5
													พ.ย. (มม.)													
	18.2	13.1	0.8	9.5	64.4	24.8	8.2	14.4	28.1	0.1	26.0	1.5	1.9	35.1	4.3	52.6	17.5	15.8	5.7	10.0	0.2	12.6	47.3	24.8	15.9	27.4
Ratio (%)		72.0	4.4	52.2	353.8	136.3	45.1	79.1	154.4	0.5	142.9	8.2	10.4	192.9	23.6	289.0	96.2	86.8	31.3	54.9	1.1	69.2	259.9	136.3	87.4	150.5
													ธ.ค. (มม.)													
	2.7	0.0	0.1	2.4	0.6	0.4	0.2	11.1	0.0	0.2	0.0	11.2	15.6	9.9	0.0	1.0	2.9	0.4	11.8	0.0	0.0	0.1	0.1	4.9	3.0	0.0
Ratio (%)		0.0	3.7	88.9	22.2	14.8	7.4	411.1	0.0	7.4	0.0	414.8	577.8	366.7	0.0	37.0	107.4	14.8	437.0	0.0	0.0	3.7	3.7	181.5	111.1	0.0

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 6 (ต่อ)

	ค่าปกติ	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
													ม.ค. (มม.)													
	4.3	14.0	0.0	0.0	0.0	1.8	3.4	0.9	26.5	0.5	0.0	0.5	0.9	0.9	0.6	3.4	7.6	3.3	2.0	0.8	15.8	0.8	0.0	0.3	6.0	0.1
Ratio (%)		350.0	0.0	0.0	0.0	45.0	85.0	22.5	662.5	12.5	0.0	12.5	22.5	22.5	15.0	85.0	190.0	82.5	50.0	20.0	395.0	20.0	0.0	7.5	150.0	2.5
													ก.พ. (มม.)													
	15.9	31.6	1.8	17.1	0.0	0.2	43.8	0.4	21.9	6.1	53.8	14.5	12.4	17.3	39.7	3.9	25.9	4.6	8.3	37.5	59.0	1.0	18.7	18.6	9.4	7.9
Ratio (%)		201.3	11.5	108.9	0.0	1.3	279.0	2.5	139.5	38.9	342.7	92.4	79.0	110.2	252.9	24.8	165.0	29.3	52.9	238.9	375.8	6.4	119.1	118.5	59.9	50.3
													มี.ค. (มม.)													
	37.7	19.5	16.5	38.4	27.0	68.1	82.4	30.6	7.4	42.8	73.4	35.0	64.3	73.4	31.4	70.8	10.1	69.4	58.4	87.4	18.0	24.8	63.5	45.7	63.2	85.3
Ratio (%)		53.3	45.1	104.9	73.8	186.1	225.1	83.6	20.2	116.9	200.5	95.6	175.7	200.5	85.8	193.4	27.6	189.6	159.6	238.8	49.2	67.8	173.5	124.9	172.7	233.1
													เม.ย. (มม.)													
	86.1	122.1	110.9	72.7	100.7	61.0	41.2	45.4	30.8	88.3	60.0	52.9	138.2	92.5	67.7	152.8	203.3	45.2	65.8	62.1	95.8	67.1	118.4	68.9	151.5	112.0
Ratio (%)		143.6	130.5	85.5	118.5	71.8	48.5	53.4	36.2	103.9	70.6	62.2	162.6	108.8	79.6	179.8	239.2	53.2	77.4	73.1	112.7	78.9	139.3	81.1	178.2	131.8
													พ.ค. (มม.)													
	187.9	173.8	223.8	130.0	238.1	168.9	219.3	155.2	130.6	217.8	211.9	183.1	161.3	156.5	179.8	262.0	294.5	210.1	202.6	140.4	209.5	178.9	151.6	235.1	237.0	230.3
Ratio (%)		92.1	118.5	68.9	126.1	89.5	116.2	82.2	69.2	115.4	112.2	97.0	85.4	82.9	95.2	138.8	156.0	111.3	107.3	74.4	111.0	94.8	80.3	124.5	125.5	122.0
													มิ.ย. (มม.)													
	213.8	216.9	174.2	220.3	231.6	179.0	249.0	166.3	200.8	152.5	307.7	198.5	197.3	173.5	209.9	208.1	289.3	264.6	228.7	183.9	229.6	188.8	162.1	160.0	203.7	167.9
Ratio (%)		100.6	80.8	102.1	107.4	83.0	115.4	77.1	93.1	70.7	142.7	92.0	91.5	80.4	97.3	96.5	134.1	122.7	106.0	85.3	106.4	87.5	75.2	74.2	94.4	77.8

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 6 (ต่อ)

	ค่าปกติ	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
													ก.ค. (มม.)													
	205.1	190.0	184.0	180.1	171.0	221.1	249.7	162.6	250.0	212.3	120.2	309.6	140.3	293.2	142.7	242.4	266.0	187.9	215.7	139.2	305.6	269.3	265.5	178.8	194.7	272.9
Ratio (%)		92.9	90.0	88.1	83.6	108.1	122.1	79.5	122.2	103.8	58.8	151.4	68.6	143.4	69.8	118.5	130.1	91.9	105.5	68.1	149.4	131.7	129.8	87.4	95.2	133.4
													ส.ค. (มม.)													
	257.7	217.9	335.1	284.0	190.9	227.7	264.9	345.0	279.8	189.8	292.4	270.0	220.8	260.7	222.2	162.4	318.0	339.5	334.2	272.3	227.6	259.0	286.2	306.2	207.3	221.3
Ratio (%)		84.6	130.0	110.2	74.1	88.4	102.8	133.9	108.6	73.7	113.5	104.8	85.7	101.2	86.2	63.0	123.4	131.7	129.7	105.7	88.3	100.5	111.1	118.8	80.4	85.9
													ก.ย. (มม.)													
	253.4	213.1	181.2	281.4	182.2	179.8	245.9	248.0	211.2	218.1	271.3	198.1	409.9	146.5	205.0	246.9	220.7	224.4	356.6	344.6	199.2	312.6	158.3	251.9	378.6	271.0
Ratio (%)		82.5	70.2	109.0	70.6	69.6	95.2	96.0	81.8	84.5	105.1	76.7	158.8	56.7	79.4	95.6	85.5	86.9	138.1	133.5	77.1	121.1	61.3	97.6	146.6	105.0
													ต.ค. (มม.)													
	117.1	130.3	150.2	108.7	195.1	143.6	154.1	118.6	79.3	44.9	61.9	99.0	105.7	111.7	76.1	123.1	92.8	148.3	92.9	46.7	2.7	49.9	212.3	211.0	126.7	60.6
Ratio (%)		113.8	131.2	94.9	170.4	125.4	134.6	103.6	69.3	39.2	54.1	86.5	92.3	97.6	66.5	107.5	81.0	129.5	81.1	40.8	2.4	43.6	185.4	184.3	110.7	52.9
													พ.ย. (มม.)													
	18.2	18.7	7.2	35.4	0.3	5.4	33.7	0.6	0.4	0.5	5.0	13.3	81.7	2.5	47.9	28.4	2.4	31.3	21.0	0.1	3.6	48.0	22.0	7.2	57.0	7.0
Ratio (%)		102.7	39.6	194.5	1.6	29.7	185.2	3.3	2.2	2.7	27.5	73.1	448.9	13.7	263.2	156.0	13.2	172.0	115.4	0.5	19.8	263.7	120.9	39.6	313.2	38.5
													ธ.ค. (มม.)													
	2.7	0.0	4.1	0.0	0.0	0.0	0.0	18.2	21.1	3.3	12.1	0.1	0.0	0.0	2.2	1.0	0.0	0.3	17.1	0.0	0.2	1.8	0.3	0.2	5.4	2.2
Ratio (%)		0.0	151.9	0.0	0.0	0.0	0.0	674.1	781.5	122.2	448.1	3.7	0.0	0.0	81.5	37.0	0.0	11.1	633.3	0.0	7.4	66.7	11.1	7.4	200.0	81.5

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 7 จำนวนวันฝนตกและค่าผิดสภาพ (anomaly) ในคาบ 50 ปี (พ.ศ. 2503-2552) รายเดือน ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

	ค่าปกติ	1960	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984
													ม.ค. (วัน)													
	0.9	0.5	0.3	0.5	0.0	0.5	0.3	0.3	0.5	1.8	4.4	0.5	0.4	0.0	0.0	1.7	4.5	0.0	0.9	1.1	0.6	0.0	0.0	0.0	2.9	0.6
Anomaly		-0.4	-0.5	-0.4	-0.8	-0.4	-0.5	-0.5	-0.4	0.8	3.1	-0.4	-0.4	-0.8	-0.8	0.7	3.2	-0.8	0.0	0.2	-0.3	-0.8	-0.8	-0.8	1.8	-0.3
													ก.พ. (วัน)													
	2.2	1.3	2.8	0.5	0.9	1.4	4.4	5.2	1.6	2.0	0.9	1.7	3.3	3.2	0.5	1.8	2.7	2.9	0.2	2.6	2.1	2.2	2.5	3.0	1.9	1.7
Anomaly		-0.6	0.4	-1.1	-0.9	-0.5	1.5	2.0	-0.4	-0.1	-0.9	-0.3	0.7	0.7	-1.1	-0.3	0.3	0.5	-1.3	0.3	-0.1	0.0	0.2	0.5	-0.2	-0.3
													มี.ค. (วัน)													
	4.3	6.3	5.8	3.5	6.4	5.3	4.8	6.5	1.5	5.2	6.1	3.9	2.5	4.8	2.6	5.7	5.1	5.2	2.8	6.9	1.0	3.5	4.7	4.8	1.2	3.6
Anomaly		1.0	0.7	-0.4	1.0	0.5	0.2	1.1	-1.4	0.4	0.9	-0.2	-0.9	0.2	-0.8	0.7	0.4	0.4	-0.7	1.3	-1.6	-0.4	0.2	0.2	-1.5	-0.3
													เม.ย. (วัน)													
	8.0	5.0	7.5	10.9	5.6	8.0	9.0	8.8	9.6	8.8	7.4	8.5	8.9	9.6	5.5	9.5	4.4	8.0	9.9	8.8	9.8	6.6	9.6	8.2	4.3	9.3
Anomaly		-1.4	-0.2	1.4	-1.1	0.0	0.5	0.4	0.8	0.4	-0.3	0.2	0.4	0.8	-1.2	0.7	-1.7	0.0	0.9	0.4	0.9	-0.7	0.8	0.1	-1.8	0.6
													พ.ค. (วัน)													
	15.5	17.1	16.8	16.6	13.9	20.5	17.2	20.2	13.9	17.4	14.3	16.6	14.9	10.4	16.3	15.3	18.5	15.2	11.6	16.4	15.8	16.8	15.2	12.4	13.2	16.0
Anomaly		0.7	0.6	0.5	-0.7	2.1	0.7	2.0	-0.7	0.8	-0.5	0.5	-0.3	-2.2	0.3	-0.1	1.3	-0.1	-1.7	0.4	0.1	0.6	-0.1	-1.3	-1.0	0.2
													มิ.ย. (วัน)													
	16.6	15.0	19.4	16.1	18.5	11.8	20.0	13.2	15.5	17.3	19.7	20.5	19.2	18.6	16.1	13.4	18.0	13.3	10.2	16.3	21.7	20.7	17.7	13.5	14.0	16.8
Anomaly		-0.6	1.1	-0.2	0.8	-1.9	1.4	-1.4	-0.4	0.3	1.2	1.6	1.0	0.8	-0.2	-1.3	0.6	-1.3	-2.6	-0.1	2.0	1.6	0.4	-1.2	-1.0	0.1

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 7 (ต่อ)

	ค่าปกติ	1960	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984
													ก.ค. (วัน)													
	17.0	18.7	15.9	20.4	19.8	13.0	16.5	16.4	16.5	15.6	19.6	16.3	17.8	16.6	17.7	16.3	16.5	18.7	16.1	22.0	13.2	17.3	19.7	15.4	14.4	16.8
Anomaly		0.8	-0.5	1.6	1.3	-1.9	-0.2	-0.3	-0.2	-0.7	1.2	-0.3	0.4	-0.2	0.3	-0.3	-0.2	0.8	-0.4	2.3	-1.8	0.1	1.3	-0.7	-1.2	-0.1
													ส.ค. (วัน)													
	19.3	22.0	21.5	21.8	21.3	19.5	19.0	25.3	16.2	18.4	16.6	22.4	19.7	18.8	18.4	20.6	20.0	22.1	19.6	20.4	16.6	16.4	18.6	20.1	21.4	20.0
Anomaly		1.3	1.1	1.2	1.0	0.1	-0.1	2.9	-1.5	-0.4	-1.3	1.5	0.2	-0.2	-0.4	0.6	0.3	1.4	0.1	0.5	-1.3	-1.4	-0.3	0.4	1.0	0.3
													ก.ย. (วัน)													
	18.2	19.4	22.3	22.1	21.2	21.3	16.7	15.5	22.8	19.0	19.4	19.0	17.1	18.1	20.7	18.2	19.5	18.9	17.4	21.4	15.8	22.8	14.4	21.8	16.3	16.8
Anomaly		0.5	1.6	1.5	1.2	1.2	-0.6	-1.1	1.8	0.3	0.5	0.3	-0.4	0.0	1.0	0.0	0.5	0.3	-0.3	1.2	-0.9	1.8	-1.5	1.4	-0.7	-0.5
													ต.ค. (วัน)													
	10.4	13.0	12.1	8.3	11.5	12.5	9.0	8.5	4.1	7.3	8.7	8.3	10.6	11.8	6.4	11.6	12.1	13.3	6.6	6.7	0.6	13.4	11.0	11.8	17.2	13.1
Anomaly		0.8	0.5	-0.6	0.3	0.6	-0.4	-0.6	-1.9	-0.9	-0.5	-0.6	0.1	0.4	-1.2	0.4	0.5	0.9	-1.1	-1.1	-2.9	0.9	0.2	0.4	2.0	0.8
													พ.ย. (วัน)													
	2.7	4.9	0.9	1.4	6.3	3.6	1.5	2.0	2.7	0.4	2.0	1.5	0.8	4.8	2.3	4.7	2.9	2.6	1.2	2.1	0.2	2.9	6.3	4.0	2.0	4.3
Anomaly		1.1	-0.9	-0.6	1.8	0.4	-0.6	-0.3	0.0	-1.1	-0.3	-0.6	-0.9	1.0	-0.2	1.0	0.1	0.0	-0.7	-0.3	-1.2	0.1	1.8	0.6	-0.3	0.8
													ธ.ค. (วัน)													
	0.6	0.1	0.2	0.7	1.0	0.4	0.2	1.7	0.0	0.1	0.0	3.4	2.2	1.6	0.0	0.6	0.7	0.2	1.2	0.0	0.0	0.0	0.2	0.9	1.8	0.0
Anomaly		-0.6	-0.5	0.1	0.5	-0.2	-0.5	1.3	-0.7	-0.6	-0.7	3.3	1.9	1.2	-0.7	0.0	0.1	-0.5	0.7	-0.7	-0.7	-0.7	-0.5	0.4	1.4	-0.7

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 7 (ต่อ)

	ค่าปกติ	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
													ม.ค. (วัน)													
	0.9	1.7	0.0	0.0	0.0	1.0	1.1	0.2	3.8	0.6	0.0	0.4	0.6	0.6	0.2	1.4	1.0	0.8	0.4	0.7	2.7	0.2	0.0	0.2	2.4	0.2
Anomaly		0.7	-0.8	-0.8	-0.8	0.1	0.2	-0.6	2.6	-0.3	-0.8	-0.4	-0.3	-0.3	-0.6	0.4	0.1	-0.1	-0.4	-0.2	1.6	-0.6	-0.8	-0.6	1.3	-0.6
													ก.พ. (วัน)													
	2.2	4.1	0.4	2.5	0.0	0.1	5.0	0.2	4.0	1.8	4.2	2.5	1.8	2.6	4.3	0.2	4.5	0.9	1.3	4.9	5.3	0.2	2.9	2.6	2.2	1.3
Anomaly		1.3	-1.2	0.2	-1.5	-1.4	1.9	-1.3	1.2	-0.3	1.3	0.2	-0.3	0.3	1.4	-1.3	1.5	-0.9	-0.6	1.8	2.1	-1.3	0.5	0.3	0.0	-0.6
													มี.ค. (วัน)													
	4.3	2.5	1.5	5.0	3.4	6.9	8.1	3.9	1.3	4.3	7.9	3.6	4.8	6.3	3.5	6.2	2.3	9.5	6.7	8.6	2.7	3.9	5.3	4.7	5.4	7.3
Anomaly		-0.9	-1.4	0.3	-0.4	1.3	1.9	-0.2	-1.5	0.0	1.8	-0.3	0.2	1.0	-0.4	0.9	-1.0	2.6	1.2	2.1	-0.8	-0.2	0.5	0.2	0.5	1.5
													เม.ย. (วัน)													
	8.0	8.8	9.8	6.5	7.7	7.0	6.3	4.5	3.2	7.8	6.7	7.0	11.4	11.3	6.8	12.4	12.7	4.9	6.8	6.6	8.3	7.8	9.8	8.0	9.7	8.4
Anomaly		0.4	0.9	-0.7	-0.1	-0.5	-0.8	-1.7	-2.3	-0.1	-0.6	-0.5	1.6	1.6	-0.6	2.1	2.2	-1.5	-0.6	-0.7	0.1	-0.1	0.9	0.0	0.8	0.2
													พ.ค. (วัน)													
	15.5	16.6	17.1	11.7	17.9	14.9	16.4	13.6	12.4	16.6	15.2	14.4	15.7	10.8	13.8	20.1	18.8	17.2	16.7	11.2	15.8	15.5	14.6	16.4	18.1	17.1
Anomaly		0.5	0.7	-1.6	1.0	-0.3	0.4	-0.8	-1.3	0.5	-0.1	-0.5	0.1	-2.0	-0.7	2.0	1.4	0.7	0.5	-1.8	0.1	0.0	-0.4	0.4	1.1	0.7
													มิ.ย. (วัน)													
	16.6	18.1	14.7	17.2	15.2	15.1	16.8	15.6	18.2	15.2	20.5	16.1	16.9	12.5	14.2	15.0	19.2	18.8	16.1	14.3	15.4	16.0	14.2	14.9	17.2	16.0
Anomaly		0.6	-0.8	0.2	-0.6	-0.6	0.1	-0.4	0.6	-0.6	1.6	-0.2	0.1	-1.6	-1.0	-0.6	1.0	0.9	-0.2	-0.9	-0.5	-0.2	-1.0	-0.7	0.2	-0.2

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 7 (ต่อ)

	ค่าปกติ	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
													ก.ค. (วัน)													
	17.0	17.4	18.0	14.9	16.0	16.6	19.3	17.2	18.3	15.8	15.7	21.2	16.6	20.5	13.6	18.3	19.2	16.3	16.8	14.3	20.6	18.9	20.9	13.9	16.6	18.8
Anomaly		0.2	0.5	-1.0	-0.5	-0.2	1.1	0.1	0.6	-0.6	-0.6	2.0	-0.2	1.6	-1.6	0.6	1.0	-0.3	-0.1	-1.3	1.7	0.9	1.8	-1.4	-0.2	0.8
													ส.ค. (วัน)													
	19.3	19.1	19.6	15.2	17.2	20.0	17.9	22.1	21.2	18.2	20.8	20.2	17.0	20.3	17.8	17.7	17.2	21.3	21.3	19.0	17.2	21.8	19.2	19.1	17.6	16.4
Anomaly		-0.1	0.1	-2.0	-1.0	0.3	-0.7	1.4	0.9	-0.5	0.7	0.4	-1.1	0.5	-0.7	-0.8	-1.0	1.0	1.0	-0.1	-1.0	1.2	0.0	-0.1	-0.8	-1.4
													ก.ย. (วัน)													
	18.2	17.2	13.8	18.9	13.2	14.8	19.2	20.1	17.5	17.2	18.6	16.2	22.0	13.9	16.1	19.2	17.6	16.2	20.3	21.0	14.3	19.7	14.4	17.9	20.2	18.5
Anomaly		-0.4	-1.7	0.3	-1.9	-1.3	0.4	0.7	-0.3	-0.4	0.2	-0.8	1.5	-1.7	-0.8	0.4	-0.2	-0.8	0.8	1.1	-1.5	0.6	-1.5	-0.1	0.8	0.1
													ต.ค. (วัน)													
	10.4	11.1	10.3	9.5	14.1	11.2	12.7	12.3	9.5	5.6	6.2	9.9	11.1	9.6	8.2	14.5	10.5	12.9	8.2	4.8	0.9	6.8	9.8	12.5	13.1	6.9
Anomaly		0.2	0.0	-0.3	1.1	0.2	0.7	0.6	-0.3	-1.4	-1.3	-0.1	0.2	-0.2	-0.7	1.2	0.0	0.7	-0.7	-1.7	-2.8	-1.1	-0.2	0.6	0.8	-1.0
													พ.ค. (วัน)													
	2.7	2.7	1.8	5.7	0.3	1.3	4.1	0.2	0.3	0.5	0.7	3.4	7.8	0.6	5.5	7.3	0.3	3.8	3.0	0.3	1.0	4.9	2.1	2.7	4.9	2.0
Anomaly		0.0	-0.4	1.5	-1.2	-0.7	0.7	-1.2	-1.2	-1.1	-1.0	0.3	2.5	-1.0	1.4	2.3	-1.2	0.5	0.1	-1.2	-0.8	1.1	-0.3	0.0	1.1	-0.3
													ธ.ค. (วัน)													
	0.6	0.0	1.9	0.0	0.0	0.0	0.0	1.9	2.2	1.1	0.9	0.2	0.0	0.0	1.4	0.8	0.0	0.6	2.5	0.0	0.0	1.3	0.2	0.0	1.5	0.4
Anomaly		-0.7	1.6	-0.7	-0.7	-0.7	-0.7	1.6	1.9	0.6	0.4	-0.5	-0.7	-0.7	1.0	0.2	-0.7	0.0	2.3	-0.7	-0.7	0.8	-0.5	-0.7	1.1	-0.2

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 8 อุณหภูมิเฉลี่ยและค่าผิดสภาพ (anomaly) ในคาบ 50 ปี (พ.ศ. 2503-2552) รายฤดูกาล ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

	ค่าปกติ	1960	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984
												ฤดูหนาว (ธ.ค.-ก.พ.)														
	23.5	22.9	23.8	21.8	21.6	23.5	23.9	25.3	22.3	23.6	24.2	24.4	22.5	23.4	23.7	23.1	23.0	22.9	23.0	24.0	24.9	24.0	23.3	23.1	23.3	23.5
Anomaly		-0.6	0.3	-1.8	-2.1	0.0	0.4	1.9	-1.3	0.1	0.8	1.0	-1.1	-0.1	0.2	-0.4	-0.5	-0.6	-0.5	0.5	1.5	0.5	-0.2	-0.4	-0.2	0.0
												ฤดูร้อน (มี.ค.-พ.ค.)														
	28.9	29.5	28.8	28.6	28.5	28.4	28.3	28.7	28.5	28.2	29.2	29.2	28.3	28.1	29.9	27.8	29.1	28.0	28.3	29.1	29.7	29.7	29.0	29.1	30.4	29.0
Anomaly		0.9	-0.1	-0.4	-0.6	-0.7	-0.9	-0.3	-0.6	-1.0	0.4	0.4	-0.9	-1.2	1.5	-1.6	0.3	-1.3	-0.9	0.3	1.2	1.2	0.1	0.3	2.2	0.1
												ต้นฤดูฝน (มิ.ย.-ส.ค.)														
	28.1	28.2	27.6	27.8	27.7	28.1	27.6	28.0	28.2	28.2	27.9	27.8	27.3	28.0	28.2	28.0	27.6	27.7	28.8	27.7	28.2	28.2	27.9	28.2	28.6	27.9
Anomaly		0.3	-1.3	-0.8	-1.0	0.0	-1.3	-0.3	0.3	0.3	-0.5	-0.8	-2.1	-0.3	0.3	-0.3	-1.3	-1.0	1.8	-1.0	0.3	0.3	-0.5	0.3	1.3	-0.5
												ปลายฤดูฝน (ก.ย.-พ.ย.)														
	26.1	26.3	26.2	26.0	26.7	25.6	26.6	26.3	25.8	26.5	26.0	25.9	24.9	26.8	25.5	26.1	25.7	25.8	26.0	25.8	25.6	26.2	26.6	26.7	26.1	26.0
Anomaly		0.4	0.2	-0.2	1.2	-1.0	1.0	0.4	-0.6	0.8	-0.2	-0.4	-2.3	1.4	-1.2	0.0	-0.8	-0.6	-0.2	-0.6	-1.0	0.2	1.0	1.2	0.0	-0.2
	ค่าปกติ	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
												ฤดูหนาว (ธ.ค.-ก.พ.)														
	23.5	24.1	23.4	23.3	23.3	24.1	24.8	24.7	23.7	23.3	25.5	23.8	23.2	24.6	25.8	23.5	24.6	25.3	25.1	24.0	23.8	25.1	24.6	24.5	22.4	24.0
Anomaly		0.6	-0.1	-0.2	-0.2	0.6	1.4	1.3	0.2	-0.2	2.2	0.3	-0.3	1.2	2.5	0.0	1.2	1.9	1.7	0.5	0.3	1.7	1.2	1.1	-1.2	0.5
												ฤดูร้อน (มี.ค.-พ.ค.)														
	28.9	28.5	28.6	29.7	29.3	28.8	28.9	30.1	30.6	29.3	28.9	29.8	28.6	28.6	30.7	28.8	28.6	29.3	29.2	29.4	29.4	29.4	28.8	28.7	27.8	28.3
Anomaly		-0.6	-0.4	1.2	0.6	-0.1	0.0	1.8	2.5	0.6	0.0	1.3	-0.4	-0.4	2.7	-0.1	-0.4	0.6	0.4	0.7	0.7	0.7	-0.1	-0.3	-1.6	-0.9
												ต้นฤดูฝน (มิ.ย.-ส.ค.)														
	28.1	27.8	28.4	28.8	28.4	28.2	28.3	28.3	28.2	28.7	28.0	28.4	28.4	28.5	29.3	28.3	28.1	28.4	28.6	28.8	28.3	28.5	28.7	28.3	27.7	28.1
Anomaly		-0.8	0.8	1.8	0.8	0.3	0.5	0.5	0.3	1.5	-0.3	0.8	0.8	1.0	3.1	0.5	0.0	0.8	1.3	1.8	0.5	1.0	1.5	0.5	-1.0	0.0
												ปลายฤดูฝน (ก.ย.-พ.ย.)														
	26.1	26.6	26.3	27.3	25.8	26.4	26.6	26.3	25.5	26.4	26.3	26.5	26.6	27.2	26.9	26.6	26.3	26.4	26.9	27.0	26.7	27.1	27.2	25.5	26.1	26.6
Anomaly		1.0	0.4	2.3	-0.6	0.6	1.0	0.4	-1.2	0.6	0.4	0.8	1.0	2.2	1.6	1.0	0.4	0.6	1.6	1.8	1.2	2.0	2.2	-1.2	0.0	1.0

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 9 อุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยและค่าผิดสภาพ (anomaly) ในคาบ 50 ปี (พ.ศ. 2503-2552) รายฤดูกาล ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

	ค่าปกติ	1960	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984
													ฤดูหนาว (ธ.ค.-ก.พ.)														
	16.7	15.4	16.6	14.1	14.3	16.5	17.0	18.7	15.8	16.7	17.6	17.8	15.8	16.8	16.4	16.4	16.7	15.8	16.2	17.8	17.8	16.8	16.3	16.2	16.7	16.8
Anomaly		-1.2	-0.1	-2.4	-2.3	-0.2	0.3	1.9	-0.8	0.0	0.8	1.0	-0.8	0.1	-0.3	-0.3	0.0	-0.8	-0.5	1.0	1.0	0.1	-0.4	-0.5	0.0	0.1
													ฤดูร้อน (มี.ค.-พ.ค.)													
	23.1	23.2	22.9	22.5	22.0	22.5	22.4	23.3	22.5	22.7	23.5	23.6	22.4	22.3	24.0	22.3	23.5	22.4	22.5	23.6	23.8	23.8	23.2	23.5	24.2	23.2
Anomaly		0.2	-0.3	-1.0	-1.8	-1.0	-1.2	0.3	-1.0	-0.7	0.7	0.8	-1.2	-1.3	1.5	-1.3	0.7	-1.2	-1.0	0.8	1.2	1.2	0.2	0.7	1.8	0.2
													ต้นฤดูฝน (มิ.ย.-ส.ค.)													
	24.0	24.0	23.5	23.7	23.7	23.9	23.6	24.0	24.0	24.2	24.0	24.0	23.5	23.9	24.1	23.7	23.6	23.5	24.4	24.1	24.3	24.3	23.8	24.2	24.5	23.9
Anomaly		0.0	-1.4	-0.9	-0.9	-0.3	-1.1	0.0	0.0	0.6	0.0	0.0	-1.4	-0.3	0.3	-0.9	-1.1	-1.4	1.1	0.3	0.9	0.9	-0.6	0.6	1.4	-0.3
													ปลายฤดูฝน (ก.ย.-พ.ย.)													
	21.7	21.9	21.5	21.2	22.3	21.4	21.7	21.5	21.3	21.7	21.5	21.5	20.2	22.5	21.0	21.5	21.2	21.4	21.4	21.4	20.4	22.0	22.1	22.5	21.8	21.6
Anomaly		0.4	-0.4	-0.9	1.1	-0.5	0.0	-0.4	-0.7	0.0	-0.4	-0.4	-2.6	1.4	-1.2	-0.4	-0.9	-0.5	-0.5	-0.5	-2.3	0.5	0.7	1.4	0.2	-0.2
	ค่าปกติ	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
													ฤดูหนาว (ธ.ค.-ก.พ.)													
	16.7	17.4	16.5	16.4	16.4	17.1	18.1	18.0	17.3	16.4	18.6	16.7	16.4	17.8	19.2	17.1	17.9	18.9	18.6	17.3	17.0	18.4	18.0	18.3	16.7	17.7
Anomaly		0.7	-0.2	-0.3	-0.3	0.4	1.3	1.2	0.6	-0.3	1.8	0.0	-0.3	1.0	2.3	0.4	1.1	2.1	1.8	0.6	0.3	1.6	1.2	1.5	0.0	0.9
													ฤดูร้อน (มี.ค.-พ.ค.)													
	23.1	22.8	22.8	23.6	23.9	23.0	23.3	24.1	24.1	23.4	23.3	23.9	23.0	22.6	24.6	23.6	23.1	23.9	23.6	23.7	23.4	23.5	23.6	24.0	23.1	23.7
Anomaly		-0.5	-0.5	0.8	1.3	-0.2	0.3	1.7	1.7	0.5	0.3	1.3	-0.2	-0.8	2.5	0.8	0.0	1.3	0.8	1.0	0.5	0.7	0.8	1.5	0.0	1.0
													ต้นฤดูฝน (มิ.ย.-ส.ค.)													
	24.0	24.0	24.2	24.6	24.3	24.1	24.3	24.4	24.3	24.5	24.4	24.4	24.2	24.4	24.9	24.3	24.2	24.5	24.6	24.6	24.3	24.5	24.7	24.8	24.5	24.6
Anomaly		0.0	0.6	1.7	0.9	0.3	0.9	1.1	0.9	1.4	1.1	1.1	0.6	1.1	2.6	0.9	0.6	1.4	1.7	1.7	0.9	1.4	2.0	2.3	1.4	1.7
													ปลายฤดูฝน (ก.ย.-พ.ย.)													
	21.7	22.1	21.7	23.0	21.3	21.8	22.2	21.8	20.8	21.5	21.3	22.0	22.5	22.3	22.2	22.3	21.6	21.8	22.4	22.0	21.5	22.5	22.6	21.7	22.6	22.4
Anomaly		0.7	0.0	2.3	-0.7	0.2	0.9	0.2	-1.6	-0.4	-0.7	0.5	1.4	1.1	0.9	1.1	-0.2	0.2	1.2	0.5	-0.4	1.4	1.6	0.0	1.6	1.2

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 10 อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยและค่าผิดสภาพ (anomaly) ในคาบ 50 ปี (พ.ศ. 2503-2552) รายฤดูกาล ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

	ค่าปกติ	1960	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984
												ฤดูหนาว (ธ.ค.-ก.พ.)														
	30.4	30.5	31.0	29.5	29.0	30.5	30.8	32.0	28.9	30.6	30.8	30.9	29.3	30.2	31.1	29.9	29.3	30.1	29.9	30.4	32.0	31.3	30.2	30.0	30.0	30.3
Anomaly		0.1	0.7	-1.0	-1.6	0.1	0.5	1.8	-1.7	0.2	0.5	0.6	-1.3	-0.2	0.8	-0.6	-1.3	-0.3	-0.6	0.0	1.8	1.0	-0.2	-0.5	-0.5	-0.1
												ฤดูร้อน (มี.ค.-พ.ค.)														
	34.7	35.8	34.7	34.7	35.0	34.3	34.2	34.2	34.5	33.8	35.0	34.8	34.2	34.0	35.9	33.3	34.8	33.7	34.2	34.8	35.6	35.6	34.8	34.8	36.6	34.8
Anomaly		1.4	0.0	0.0	0.4	-0.5	-0.6	-0.6	-0.3	-1.1	0.4	0.1	-0.6	-0.9	1.5	-1.8	0.1	-1.3	-0.6	0.1	1.1	1.1	0.1	0.1	2.4	0.1
												ต้นฤดูฝน (มิ.ย.-ส.ค.)														
	32.2	32.5	31.7	31.9	31.7	32.3	31.8	31.9	32.5	32.2	31.7	31.7	31.0	32.1	32.4	32.3	31.6	32.0	33.3	31.5	32.2	32.1	31.9	32.3	32.7	32.0
Anomaly		0.6	-1.0	-0.6	-1.0	0.2	-0.8	-0.6	0.6	0.0	-1.0	-1.0	-2.3	-0.2	0.4	0.2	-1.2	-0.4	2.1	-1.3	0.0	-0.2	-0.6	0.2	1.0	-0.4
												ปลายฤดูฝน (ก.ย.-พ.ย.)														
	30.0	30.8	30.9	30.8	31.2	29.9	31.6	31.1	30.3	31.4	30.5	30.3	29.6	31.2	30.1	30.7	30.3	30.3	30.7	30.3	30.9	30.5	31.1	31.0	30.3	30.5
Anomaly		0.2	0.3	0.2	0.9	-1.4	1.5	0.7	-0.7	1.2	-0.3	-0.7	-1.9	0.9	-1.0	0.0	-0.7	-0.7	0.0	-0.7	0.3	-0.3	0.7	0.5	-0.7	-0.3
	ค่าปกติ	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
												ฤดูหนาว (ธ.ค.-ก.พ.)														
	30.4	30.9	30.4	30.2	30.2	31.1	31.4	31.5	30.1	30.2	32.4	30.8	30.2	31.4	32.4	30.0	31.3	31.8	31.7	30.8	30.6	31.9	31.6	31.8	29.3	31.4
Anomaly		0.6	0.0	-0.2	-0.2	0.8	1.2	1.3	-0.3	-0.2	2.3	0.5	-0.2	1.2	2.3	-0.5	1.0	1.6	1.5	0.5	0.2	1.7	1.4	1.6	-1.3	1.2
												ฤดูร้อน (มี.ค.-พ.ค.)														
	34.7	34.2	34.5	35.8	34.8	34.5	34.5	36.2	37.1	35.1	34.6	35.8	34.3	34.6	36.7	34.0	34.0	34.8	34.9	35.1	35.3	35.4	34.7	35.0	33.9	34.3
Anomaly		-0.6	-0.3	1.4	0.1	-0.3	-0.3	1.9	3.0	0.5	-0.1	1.4	-0.5	-0.1	2.5	-0.9	-0.9	0.1	0.3	0.5	0.8	0.9	0.0	0.4	-1.0	-0.5
												ต้นฤดูฝน (มิ.ย.-ส.ค.)														
	32.2	31.7	32.6	33.1	32.5	32.3	32.4	32.1	32.2	32.9	31.8	32.5	32.6	32.7	33.8	32.3	32.0	32.3	32.6	33.1	32.3	32.6	32.7	33.3	32.5	32.8
Anomaly		-1.0	0.8	1.7	0.6	0.2	0.4	-0.2	0.0	1.3	-0.8	0.6	0.8	1.0	3.1	0.2	-0.4	0.2	0.8	1.7	0.2	0.8	1.0	2.1	0.6	1.2
												ปลายฤดูฝน (ก.ย.-พ.ย.)														
	30.0	31.0	30.9	31.6	30.3	31.0	31.1	30.8	30.2	31.5	31.3	31.1	30.7	32.1	31.5	31.0	31.1	31.1	31.4	32.0	32.0	31.6	32.2	30.5	31.1	31.9
Anomaly		0.5	0.3	1.5	-0.7	0.5	0.7	0.2	-0.9	1.4	1.0	0.7	0.0	2.4	1.4	0.5	0.7	0.7	1.2	2.2	2.2	1.5	2.6	-0.3	0.7	2.0

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 11 ปริมาณฝนรวมเฉลี่ยและค่าสัดส่วน (ratio) ในคาบ 50 ปี (พ.ศ. 2503-2552) รายฤดูกาล ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

	ค่าปกติ	1960	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984
												ฤดูหนาว (ธ.ค.-ก.พ.)														
	22.1	7.6	13.5	7.7	2.1	18.8	23.4	47.3	14.8	17.4	34.4	19.2	39.6	38.7	2.1	23.6	48.4	19.0	16.8	24.6	17.3	8.2	20.6	34.9	22.2	21.5
Ratio (%)		34.2	60.9	34.9	9.4	85.2	105.8	214.4	66.8	78.7	155.6	86.9	179.5	175.5	9.3	106.7	219.3	86.2	76.0	111.6	78.4	36.9	93.2	157.9	100.6	97.4
												ฤดูร้อน (มี.ค.-พ.ค.)														
	310.3	272.3	365.9	347.3	273.9	439.0	358.2	520.1	275.8	337.2	286.8	336.5	318.8	261.6	221.4	298.2	315.8	288.5	255.1	376.3	364.4	304.2	316.9	265.4	183.1	318.0
Ratio (%)		87.8	117.9	111.9	88.3	141.5	115.5	167.6	88.9	108.7	92.4	108.5	102.7	84.3	71.4	96.1	101.8	93.0	82.2	121.3	117.4	98.0	102.1	85.5	59.0	102.5
												ต้นฤดูฝน (มิ.ย.-ส.ค.)														
	674.3	780.3	726.3	819.2	824.9	506.6	636.3	748.2	585.6	675.2	714.0	787.6	705.1	702.6	592.5	682.6	717.7	599.4	517.3	804.3	648.7	693.3	680.9	550.7	756.3	675.6
Ratio (%)		115.7	107.7	121.5	122.3	75.1	94.4	111.0	86.8	100.1	105.9	116.8	104.6	104.2	87.9	101.2	106.4	88.9	76.7	119.3	96.2	102.8	101.0	81.7	112.2	100.2
												ปลายฤดูฝน (ก.ย.-พ.ย.)														
	387.5	417.9	511.5	462.6	395.3	501.0	297.6	308.1	405.2	368.4	435.2	345.1	318.1	462.3	330.8	381.1	425.2	471.3	327.4	391.7	242.1	469.1	298.5	509.9	389.8	415.4
Ratio (%)		107.8	132.0	119.4	102.0	129.3	76.8	79.5	104.6	95.1	112.3	89.0	82.1	119.3	85.4	98.3	109.7	121.6	84.5	101.1	62.5	121.1	77.0	131.6	100.6	107.2
	ค่าปกติ	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
												ฤดูหนาว (ธ.ค.-ก.พ.)														
	22.1	45.6	5.9	16.5	0.0	2.0	47.2	19.5	69.4	9.9	66.0	15.1	13.3	18.3	42.5	8.2	33.5	8.1	27.4	38.2	75.0	3.6	18.4	19.0	18.9	10.5
Ratio (%)		206.6	26.7	74.6	0.0	9.2	213.9	88.5	314.3	44.8	298.7	68.3	60.3	82.9	192.3	37.3	151.9	36.9	124.2	173.1	339.4	16.2	83.2	86.2	85.6	47.7
												ฤดูร้อน (มี.ค.-พ.ค.)														
	310.3	315.5	351.2	231.8	365.8	298.0	343.0	231.2	168.8	348.9	345.3	271.0	363.8	322.4	278.9	485.6	507.9	324.7	326.8	289.8	323.3	270.8	326.8	349.6	451.7	443.4
Ratio (%)		101.7	113.2	74.7	117.9	96.0	110.5	74.5	54.4	112.4	111.3	87.3	117.2	103.9	89.9	156.5	163.7	104.7	105.3	93.4	104.2	87.3	105.3	112.7	145.6	142.9
												ต้นฤดูฝน (มิ.ย.-ส.ค.)														
	674.3	624.8	693.4	658.2	593.4	627.7	763.5	673.9	730.5	554.7	720.3	778.0	558.4	727.3	574.8	612.9	873.2	792.1	778.6	595.3	762.8	717.2	713.7	645.0	605.7	686.6
Ratio (%)		92.7	102.8	97.6	88.0	93.1	113.2	99.9	108.3	82.3	106.8	115.4	82.8	107.9	85.2	90.9	129.5	117.5	115.5	88.3	113.1	106.4	105.8	95.7	89.8	101.8
												ปลายฤดูฝน (ก.ย.-พ.ย.)														
	387.5	362.0	338.6	409.1	377.6	328.8	433.7	367.2	290.9	263.5	338.2	310.5	597.4	260.7	329.0	388.9	316.0	404.1	470.6	391.4	205.5	410.5	378.8	470.1	562.3	351.1
Ratio (%)		93.4	87.4	105.6	97.4	84.9	111.9	94.7	75.1	68.0	87.3	80.1	154.2	67.3	84.9	100.4	81.5	104.3	121.4	101.0	53.0	105.9	97.8	121.3	145.1	90.6

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 12 จำนวนวันฝนตกเฉลี่ยและค่าผิดสภาพ (anomaly) ในคาบ 50 ปี (พ.ศ. 2503-2552) รายฤดูกาล ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

	ค่าปกติ	1960	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984
												ฤดูหนาว (ธ.ค.-ก.พ.)														
	3.6	1.9	3.3	1.7	1.9	2.3	4.8	7.2	2.2	3.8	5.4	5.5	5.9	4.9	0.5	4.1	8.0	3.1	2.3	3.8	2.7	2.2	2.7	4.0	6.0	2.2
Anomaly		-0.8	-0.2	-0.9	-0.8	-0.6	0.6	1.7	-0.7	0.1	0.9	0.9	1.1	0.6	-1.5	0.3	2.1	-0.3	-0.6	0.1	-0.4	-0.7	-0.4	0.2	1.2	-0.7
												ฤดูร้อน (มี.ค.-พ.ค.)														
	27.7	28.4	30.2	31.0	25.9	33.8	31.0	35.6	25.0	31.3	27.8	28.8	26.3	24.8	24.4	30.5	28.0	28.4	24.4	32.0	26.6	26.1	29.6	25.4	18.0	28.9
Anomaly		0.2	0.6	0.8	-0.4	1.5	0.8	2.0	-0.7	0.9	0.0	0.3	-0.3	-0.7	-0.8	0.7	0.1	0.2	-0.8	1.1	-0.3	-0.4	0.5	-0.6	-2.4	0.3
												ต้นฤดูฝน (มิ.ย.-ส.ค.)														
	52.9	55.7	56.7	58.3	59.6	44.4	55.6	54.8	48.2	51.3	55.9	58.1	56.7	54.1	52.2	50.3	54.5	54.1	45.9	58.6	51.5	54.4	56.1	49.1	49.8	53.7
Anomaly		0.8	1.0	1.5	1.8	-2.3	0.7	0.5	-1.3	-0.4	0.8	1.4	1.0	0.3	-0.2	-0.7	0.4	0.3	-1.9	1.6	-0.4	0.4	0.9	-1.0	-0.8	0.2
												ปลายฤดูฝน (ก.ย.-พ.ย.)														
	31.3	37.3	35.3	29.7	39.0	37.4	27.2	26.0	29.6	26.7	30.1	28.7	28.5	34.7	29.4	34.6	34.6	34.8	25.2	30.2	16.6	39.1	31.8	37.6	35.4	34.2
Anomaly		1.1	0.7	-0.3	1.4	1.1	-0.8	-1.0	-0.3	-0.9	-0.2	-0.5	-0.5	0.6	-0.4	0.6	0.6	0.7	-1.1	-0.2	-2.7	1.4	0.1	1.2	0.8	0.5
	ค่าปกติ	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
												ฤดูหนาว (ธ.ค.-ก.พ.)														
	3.6	5.8	2.3	2.5	0.0	1.1	6.1	2.4	10.0	3.4	5.2	3.0	2.4	3.2	5.9	2.5	5.5	2.2	4.3	5.5	8.0	1.7	3.1	2.9	5.5	1.9
Anomaly		1.1	-0.6	-0.5	-1.7	-1.2	1.2	-0.6	3.1	-0.1	0.8	-0.3	-0.6	-0.2	1.1	-0.5	0.9	-0.7	0.3	0.9	2.2	-0.9	-0.3	-0.4	0.9	-0.8
												ฤดูร้อน (มี.ค.-พ.ค.)														
	27.7	27.9	28.4	23.2	29.0	28.8	30.8	22.0	16.8	28.8	29.8	25.0	32.0	28.4	24.1	38.7	33.9	31.5	30.2	26.4	26.7	27.3	29.2	29.1	33.3	34.0
Anomaly		0.1	0.2	-1.1	0.3	0.3	0.8	-1.4	-2.7	0.3	0.5	-0.7	1.1	0.2	-0.9	2.8	1.6	1.0	0.6	-0.3	-0.2	-0.1	0.4	0.4	1.4	1.6
												ต้นฤดูฝน (มิ.ย.-ส.ค.)														
	52.9	54.6	52.3	47.3	48.5	51.7	54.0	54.8	57.6	49.2	57.0	57.6	50.5	53.3	45.6	51.0	55.5	56.5	54.2	47.7	53.2	56.8	54.4	47.9	51.3	53.0
Anomaly		0.5	-0.2	-1.5	-1.2	-0.3	0.3	0.5	1.3	-1.0	1.1	1.3	-0.6	0.1	-1.9	-0.5	0.7	1.0	0.3	-1.4	0.1	1.0	0.4	-1.3	-0.4	0.0
												ปลายฤดูฝน (ก.ย.-พ.ย.)														
	31.3	31.0	26.0	34.1	27.6	27.3	36.0	32.6	27.3	23.3	25.6	29.5	40.8	24.1	29.8	40.3	28.4	32.9	31.5	26.1	16.3	31.4	25.4	33.0	38.2	28.4
Anomaly		-0.1	-1.0	0.5	-0.7	-0.7	0.9	0.2	-0.7	-1.5	-1.1	-0.3	1.8	-1.3	-0.3	1.7	-0.5	0.3	0.0	-1.0	-2.8	0.0	-1.1	0.3	1.3	-0.5

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 13 อุณหภูมิเฉลี่ย อุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ย อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ย และค่าผิดสภาพ (anomaly) ในคาบ 50 ปี (พ.ศ. 2503-2552) รายปี ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

	ค่าปกติ	1960	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984
												อุณหภูมิเฉลี่ย (°ซ)														
	26.7	26.8	26.6	26.0	26.1	26.4	26.6	27.1	26.2	26.6	26.8	26.8	25.7	26.6	26.8	26.3	26.3	26.1	26.6	26.6	27.1	27.0	26.7	26.8	27.1	26.6
Anomaly		0.2	-0.2	-1.5	-1.3	-0.7	-0.2	0.9	-1.1	-0.2	0.2	0.2	-2.2	-0.2	0.2	-0.9	-0.9	-1.3	-0.2	-0.2	0.9	0.7	0.0	0.2	0.9	-0.2
												อุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ย (°ซ)														
	21.4	21.2	21.1	20.4	20.6	21.0	21.2	21.9	20.9	21.4	21.7	21.8	20.5	21.4	21.4	21.0	21.2	20.8	21.1	21.7	21.6	21.7	21.4	21.6	21.8	21.4
Anomaly		-0.4	-0.6	-2.1	-1.7	-0.8	-0.4	1.0	-1.0	0.0	0.6	0.8	-1.9	0.0	0.0	-0.8	-0.4	-1.3	-0.6	0.6	0.4	0.6	0.0	0.4	0.8	0.0
												อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ย (°ซ)														
	32.0	32.4	32.1	31.8	31.7	31.8	32.1	32.3	31.6	32.0	32.0	32.0	31.0	31.9	32.4	31.5	31.5	31.5	32.0	31.7	32.6	32.4	32.0	32.0	32.4	31.9
Anomaly		0.9	0.2	-0.4	-0.7	-0.4	0.2	0.7	-0.9	0.0	0.0	0.0	-2.2	-0.2	0.9	-1.1	-1.1	-1.1	0.0	-0.7	1.3	0.9	0.0	0.0	0.9	-0.2
	ค่าปกติ	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
												อุณหภูมิเฉลี่ย (°ซ)														
	26.7	26.7	26.7	27.3	27.0	26.9	27.1	27.3	27.0	26.9	27.2	27.1	26.7	27.2	28.2	26.8	26.9	27.4	27.5	27.3	27.1	27.5	27.3	26.7	26.0	26.7
Anomaly		0.0	0.0	1.3	0.7	0.4	0.9	1.3	0.7	0.4	1.1	0.9	0.0	1.1	3.3	0.2	0.4	1.5	1.8	1.3	0.9	1.8	1.3	0.0	-1.5	0.1
												อุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ย (°ซ)														
	21.4	21.6	21.3	21.9	21.9	21.5	22.0	22.1	21.6	21.5	21.9	21.8	21.5	21.8	22.7	21.8	21.7	22.3	22.3	21.9	21.6	22.2	22.2	22.2	21.8	22.1
Anomaly		0.4	-0.2	1.0	1.0	0.2	1.2	1.4	0.4	0.2	1.0	0.8	0.2	0.8	2.7	0.8	0.6	1.9	1.9	1.0	0.4	1.6	1.6	1.6	0.8	1.5
												อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ย (°ซ)														
	32.0	32.0	32.1	32.7	32.1	32.2	32.3	32.6	32.4	32.4	32.5	32.5	31.9	32.7	33.6	31.8	32.1	32.5	32.7	32.7	32.6	32.9	32.8	32.6	31.7	32.6
Anomaly		0.0	0.2	1.5	0.2	0.4	0.7	1.3	0.9	0.9	1.1	1.1	-0.2	1.5	3.5	-0.4	0.2	1.1	1.5	1.5	1.3	2.0	1.8	1.3	-0.7	1.3

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 14 ปริมาณฝนรวมและค่าสัดส่วน (ratio) ในคาบ 50 ปี (พ.ศ. 2503-2552) รายปี ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

ปี	ค่าปกติ	ปริมาณฝน	Ratio (%)	ปี	ค่าปกติ	ปริมาณฝน	Ratio (%)
1960	1,401.2	1,478.0	105.5	1985	1,401.2	1,347.9	96.2
1961		1,617.1	115.4	1986		1,389.0	99.1
1962		1,636.8	116.8	1987		1,315.5	93.9
1963		1,496.2	106.8	1988		1,336.8	95.4
1964		1,465.4	104.6	1989		1,256.6	89.7
1965		1,315.4	93.9	1990		1,587.4	113.3
1966		1,623.7	115.9	1991		1,291.7	92.2
1967		1,281.4	91.4	1992		1,259.6	89.9
1968		1,398.1	99.8	1993		1,176.9	84.0
1969		1,470.3	104.9	1994		1,469.7	104.9
1970		1,471.9	105.0	1995		1,374.6	98.1
1971		1,381.7	98.6	1996		1,532.9	109.4
1972		1,465.2	104.6	1997		1,328.8	94.8
1973		1,146.7	81.8	1998		1,225.1	87.4
1974		1,385.5	98.9	1999		1,495.7	106.7
1975		1,507.1	107.6	2000		1,730.6	123.5
1976		1,378.3	98.4	2001		1,529.0	109.1
1977		1,116.6	79.7	2002		1,603.4	114.4
1978		1,596.9	114.0	2003		1,314.8	93.8
1979		1,272.4	90.8	2004		1,366.5	97.5
1980		1,474.7	105.2	2005		1,402.0	100.1
1981		1,316.8	94.0	2006		1,411.2	100.7
1982		1,360.8	97.1	2007		1,483.8	105.9
1983		1,351.3	96.4	2008		1,638.7	116.9
1984		1,430.5	102.1	2009		1,491.6	106.5

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 15 จำนวนวันฝนตกและค่าผิดสภาพ (anomaly) ในคาบ 50 ปี (พ.ศ. 2503-2552) รายปี ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

ปี	ค่าปกติ (วัน)	จำนวนวันฝนตก (วัน)	Anomaly	ปี	ค่าปกติ (วัน)	จำนวนวันฝนตก (วัน)	Anomaly
1960	113.6	123.3	1.2	1985	113.6	119.3	0.7
1961		125.5	1.5	1986		109.0	-0.6
1962		120.7	0.9	1987		107.0	-0.8
1963		126.5	1.6	1988		105.1	-1.0
1964		117.8	0.5	1989		108.9	-0.6
1965		118.6	0.6	1990		126.8	1.6
1966		123.6	1.2	1991		111.8	-0.2
1967		105.0	-1.1	1992		111.8	-0.2
1968		113.2	-0.1	1993		104.7	-1.1
1969		119.1	0.7	1994		117.6	0.5
1970		119.7	0.7	1995		115.1	0.2
1971		117.4	0.5	1996		125.6	1.5
1972		118.4	0.6	1997		108.9	-0.6
1973		106.4	-0.9	1998		105.4	-1.0
1974		119.5	0.7	1999		132.5	2.3
1975		125.0	1.4	2000		123.2	1.2
1976		120.4	0.8	2001		123.1	1.2
1977		97.7	-1.9	2002		120.2	0.8
1978		124.6	1.4	2003		105.7	-1.0
1979		97.4	-2.0	2004		104.2	-1.2
1980		121.8	1.0	2005		117.2	0.4
1981		120.1	0.8	2006		110.1	-0.4
1982		116.0	0.3	2007		112.8	-0.1
1983		109.3	-0.5	2008		128.3	1.8
1984		119.1	0.7	2009		117.4	0.5

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ประวัติการศึกษาและการทำงาน

ชื่อ–นามสกุล	นางสาวชนาพร คำวงษ์
วัน เดือน ปี ที่เกิด	วันที่ 8 เดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2527
สถานที่เกิด	อำเภออัมพวา จังหวัดสมุทรสงคราม
ประวัติการศึกษา	ศศ.บ. (เศรษฐศาสตร์)
	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์