



รายงานฉบับสมบูรณ์
(Final Report)

โครงการศึกษาผลกระทบของสภาพภูมิอากาศที่มีต่อผลผลิตของไม้ผลบนพื้นที่สูง

Impacts of Climate on Fruit Production in the Highlands

แผนงานวิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตและคุณภาพผลิตผลเกษตรบนพื้นที่สูง

โดย

สุรินทร์ นิลสำราญจิต และคณะ

สนับสนุนทุนวิจัยโดย สถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง (องค์การมหาชน)

ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2562

รายงานฉบับสมบูรณ์
(Final Report)

โครงการศึกษาผลกระทบของสภาพภูมิอากาศที่มีต่อผลผลิตของไม้ผลบนพื้นที่สูง

Impacts of Climate on Fruit Production in the Highlands

แผนงานวิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตและคุณภาพผลิตผลเกษตรบนพื้นที่สูง

คณะผู้วิจัย

สังกัด

ผศ.ดร.สุรินทร์ นิลสำราญจิต

คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ผศ.ดร.เยาวเรศ เซาวนพูนผล

คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ดร.กนิษฐา เอื้องสวัสดิ์

คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

นายสุริยา ตาเที่ยง

คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ตุลาคม 2562

กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยในโครงการศึกษาผลกระทบของสภาพภูมิอากาศที่มีต่อผลผลิตของไม้ผลบนพื้นที่สูงนี้ ได้รับการสนับสนุนจากสถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง (องค์การมหาชน) ที่ได้เล็งเห็นความสำคัญของประเด็นในเรื่องการจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมอย่างยั่งยืนที่ได้รับผลกระทบจากเปลี่ยนแปลงจากการเกิดสภาวะโลกร้อนที่กำลังเป็นปัญหาหลายอย่างเกิดขึ้นกับไม้ผลบนพื้นที่สูง เพื่อเตรียมพร้อมกับการรองรับการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศตามแผนงานวิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตและคุณภาพผลผลิตเกษตรบนพื้นที่สูงในการแก้ไขปัญหาจากความแปรปรวนของสภาพภูมิอากาศ ซึ่งได้อนุเคราะห์ให้ทุนสนับสนุนการวิจัยอย่างต่อเนื่องและให้ความสำคัญกับแนวทางการนำไปใช้ให้เกิดประโยชน์จากงานวิจัยในพื้นที่ของมูลนิธิโครงการหลวง

การดำเนินงานนี้เน้นศึกษากับงานไม้ผลบนพื้นที่สูงภายใต้การดำเนินงานในพื้นที่ของเกษตรกรรมและมูลนิธิโครงการหลวง โดยเฉพาะสถานีเกษตรหลวง (อ่างขาง อินทนนท์) และศูนย์พัฒนาโครงการหลวง (ห้วยน้ำขุน แม่แะ วัดจันทร์ แม่ปุนหลวง หนองเขียว หมอกจำม๋ พระบาทห้วยต้ม ห้วยลึก ขุนแปะ หุ่นเจิง หุ่นเรา หนองหอย) ทางคณะผู้วิจัยขอขอบคุณทุกท่านที่มีส่วนให้ความช่วยเหลืออนุเคราะห์ข้อมูลในการศึกษาครั้งนี้ รวมถึงผู้บริหาร ผู้อำนวยการ หัวหน้าสถานี/ศูนย์ และเจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้องของมูลนิธิโครงการหลวงและสถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง (องค์การมหาชน) ที่ให้ความช่วยเหลือในการดำเนินงานวิจัยนี้เป็นอย่างยิ่ง

ขอขอบคุณ ดร.กุลทีณี ผิวนิล และ คุณทูลโรย มะลิแก้ว จากงานพัฒนาและส่งเสริมการผลิตไม้ผล สำนักงานมูลนิธิโครงการหลวง และผู้ที่เกี่ยวข้องในพื้นที่ทุกท่าน เช่น คุณประเสริฐ จอมดวง คุณอรรรพ เปรมขันธ์ชัย คุณนิยม ยอดเชียงคำ คุณชาญชัย คำลือ คุณณัฐวิ มาบางครุ คุณชัยฤทธิ์ ยุติธรรม คุณนวรรตน์ ดวงดี คุณอังคณา อารอด และผู้ที่มีได้กล่าวนามไว้ที่เกี่ยวข้องทุกท่าน ได้กรุณาให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลอุทยานวิทยา ข้อมูลพืชมาใช้ในการศึกษานี้ และอำนวยความสะดวกในพื้นที่อย่างเต็มที่ รวมถึงเกษตรกรในพื้นที่ ศูนย์อุตุนิยมวิทยาภาคเหนือ และหน่วยงานอื่น ๆ ที่ยินดีให้เข้าไปใช้พื้นที่ในการเก็บข้อมูลและตัวอย่างมาใช้ในการศึกษาตามวัตถุประสงค์ทุกประการ

นอกจากนี้ คณะผู้วิจัยต้องขอขอบคุณ ดร.อัจฉรา ภาวศุทธิ์ ผู้ประสานงานโครงการวิจัยและเจ้าหน้าที่ของสถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง (องค์การมหาชน) ทุกท่านที่ช่วยเหลือในการดำเนินงานติดต่อประสานงาน และอำนวยความสะดวกในการวิจัยนี้สำเร็จผลได้ในทุกขั้นตอนและบรรลุตามวัตถุประสงค์ทุกประการเป็นอย่างดี

คณะผู้วิจัย

ตุลาคม 2562

คณะผู้วิจัย

ชื่อ-สกุล (ภาษาไทย).	นายสุรินทร์ นิลสำราญจิต
ชื่อ-สกุล (อังกฤษ)	Mr. Surin Nilsamranchit
คุณวุฒิ	ปริญญาเอก
ตำแหน่ง (ทางวิชาการ/ ราชการ)	ผู้ช่วยศาสตราจารย์
หน่วยงาน	สาขาวิชาพืชสวน ภาควิชาพืชศาสตร์และปฐพีศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
ที่อยู่	239 ถนนห้วยแก้ว ตำบลสุเทพ อำเภอเมือง เชียงใหม่ 50200
โทรศัพท์/โทรสาร	0-5394-4040 ต่อ 116
มือถือ	08-1950-4143
E-mail:	surinaggie@hotmail.com
ชื่อ-สกุล (ภาษาไทย)	นางสาวเยาวเรศ เชาวนพูนผล
ชื่อ-สกุล (ภาษาอังกฤษ)	Ms.Yaovarate Chaovanapoonphol
คุณวุฒิ	ปริญญาเอก
ตำแหน่ง (ทางวิชาการ/ราชการ)	ผู้ช่วยศาสตราจารย์
หน่วยงาน	ภาควิชาพัฒนาเศรษฐกิจการเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
ที่อยู่	239 ถนนห้วยแก้ว ตำบลสุเทพ อำเภอเมือง เชียงใหม่ 50200
โทรศัพท์	0-5394-4065
E-mail	yao_chao@yahoo.com
ชื่อ-สกุล (ภาษาไทย)	นางกนิษฐา เอื่องสวัสดิ์
ชื่อ-สกุล (อังกฤษ)	Mrs. Kanita Ueangsawat
คุณวุฒิ	ปริญญาเอก
ตำแหน่ง (ทางวิชาการ/ ราชการ)	นักวิทยาศาสตร์ ชำนาญการ
หน่วยงาน	สาขาวิชาปฐพีศาสตร์ ภาควิชาพืชศาสตร์และปฐพีศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
ที่อยู่	239 ถนนห้วยแก้ว ตำบลสุเทพ อำเภอเมือง เชียงใหม่ 50200
โทรศัพท์/โทรสาร	0-5394-4034 ต่อ 107
E-mail:	kanita.u@cmu.ac.th

ค

ชื่อ-สกุล (ภาษาไทย)	นายสุริยา ตาเที่ยง
ชื่อ-สกุล (อังกฤษ)	Mr. Suriya Tateing
คุณวุฒิ	ปริญญาโท
ตำแหน่ง (ทางวิชาการ/ ราชการ)	นักวิทยาศาสตร์
หน่วยงาน	สาขาวิชาพืชสวน ภาควิชาพืชศาสตร์และปฐพีศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
ที่อยู่	239 ถ.ห้วยแก้ว ต.สุเทพ อ.เมือง จ.เชียงใหม่ 50200
โทรศัพท์/โทรสาร	0-5394-4042
E-mail:	a_azura@windowslive.com



บทสรุปสำหรับผู้บริหาร

ความเป็นมาของโครงการ

การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศส่งผลกระทบต่อการเกษตรทั้งทางตรงและทางอ้อม การศึกษาสภาวะโลกร้อนในประเทศไทยในรอบ 30 ปีที่ผ่านมา มีอุณหภูมิสูงขึ้นเฉลี่ย 1 องศาเซลเซียส (°ซ) ซึ่งปรากฏการณ์นี้ส่งผลให้เกิดภัยธรรมชาติ ทั้งสภาวะแห้งแล้งที่รุนแรงและยาวนาน ฝนตกหนักน้ำท่วม และเอ่อล้นแหล่งกักเก็บน้ำ ส่งผลกระทบต่อภาคการเกษตรและเศรษฐกิจอย่างสูง (พูลศิริ และ นวลปรานค์, 2550) การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของโลกสะท้อนแนวโน้มที่แท้จริงในระยะยาวประเมินว่าพืชสวนได้รับความเสียหายจากผลกระทบของสภาวะโลกร้อนมากขึ้น (เกียรตินันต์, 2556) โดยเฉพาะพื้นที่ทำการเกษตรอาศัยน้ำฝนมีความอ่อนไหวต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศกับการผลิตไม้ผลเขตหนาวในบริเวณที่มีอากาศหนาวเย็นบนพื้นที่สูงภายใต้สภาพภูมิอากาศตามฤดูกาลในรอบปีที่สัมพันธ์กับพัฒนาการของพืช ควรได้รับการพิจารณาปัจจัยสภาพอากาศเฉพาะในแต่ละท้องที่เพื่อวางแผนการส่งเสริมในแต่ละพื้นที่ส่งเสริม สำหรับเตรียมความพร้อมการแปรปรวนสภาพภูมิอากาศที่มีต่อผลกระทบของผลผลิตไม้ผลบนพื้นที่สูง

สภาพภูมิอากาศในพื้นที่สูงมีแนวโน้มเปลี่ยนแปลงประมาณ 2 °ซ ในอีก 50 ปีข้างหน้า การผันแปรของสภาพอากาศน่าจะมีผลกระทบต่อการให้ผลผลิตของไม้ผลจากการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศในปีที่เกิดปรากฏการณ์เอลนีโญและลานีญา จึงได้ศึกษาความสัมพันธ์ของข้อมูลอุตุนิยมวิทยาต่อการให้ผลผลิตของไม้ผลสำหรับใช้เป็นเครื่องมือวางแผนการการปรับตัวระยะยาวเตรียมพร้อมรับมือสถานการณ์ที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ งานวิจัยนี้จึงศึกษาและประมวลผลกระทบจากความแปรปรวนของสภาพภูมิอากาศและเสนอแนะแนวทางการปรับตัวในการลดผลกระทบจากการแปรปรวนของสภาพภูมิอากาศที่มีต่อการให้ผลผลิตไม้ผลบนพื้นที่สูงสำหรับเจ้าหน้าที่และเกษตรกรผู้ปลูกไม้ผลของมูลนิธิโครงการหลวงในการเตรียมพร้อมรับมือผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศและนำไปสู่การตัดสินใจในการปลูกไม้ผลบนพื้นที่สูงได้

วัตถุประสงค์

- 1) เพื่อศึกษาและประมวลผลกระทบจากความแปรปรวนของสภาพภูมิอากาศต่อการผลิตไม้ผลในพื้นที่มูลนิธิโครงการหลวง
- 2) เพื่อเสนอแนะแนวทางการปรับตัวในการลดผลกระทบจากการแปรปรวนของสภาพภูมิอากาศที่มีต่อการให้ผลผลิตไม้ผลบนพื้นที่สูง

ประมวลผลการวิจัยแยกตามวัตถุประสงค์ตลอดโครงการ

1. การศึกษาและประมวลผลกระทบจากความแปรปรวนของสภาพภูมิอากาศต่อการผลิตไม้ผลในพื้นที่มูลนิธิโครงการหลวง

การศึกษาการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศบนพื้นที่สูงได้นำข้อมูลอุตุนิยมวิทยาของพื้นที่สูงมาวิเคราะห์การผันแปรของอุณหภูมิในช่วงฤดูหนาว โดยเฉพาะเดือนมกราคมและธันวาคมมีความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) และค่าสัมประสิทธิ์การผันแปร (%CV) สูง จึงน่าจะทำให้มีผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของไม้ผลจากสภาวะผันแปรของภูมิอากาศที่เกิดขึ้นในบางปีของอิทธิพลปรากฏการณ์ El Niño และ La Niña ทำให้มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิและปริมาณฝนด้วย ได้นำมาใช้ในการพัฒนาแบบจำลองพยากรณ์สภาพภูมิอากาศที่เกิดขึ้น โดยพบค่าความสัมพันธ์ค่อนข้างสูงจากข้อมูลอากาศของสถานีเกษตรหลวงอ่างขาง และศึกษาการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในอนาคตในอีก 50 ปีข้างหน้าให้ค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิเปลี่ยนแปลงไปไม่เกิน 2 °C จากข้อมูลอุตุนิยมวิทยาที่รวบรวมระหว่างปี พ.ศ.2547-2556 ได้นำมาจัดทำภาพจำลองภูมิอากาศที่เกิดขึ้นและทำภาพจำลองภูมิอากาศในอนาคตระหว่างปี พ.ศ. 2558-2597 สำหรับศึกษาผลกระทบต่อพืชที่มีความต้องการสภาพภูมิอากาศบนพื้นที่สูง

ในการศึกษาผลกระทบของสภาพภูมิอากาศต่อผลผลิตไม้ผลบนพื้นที่สูง ควรมีการพัฒนาฐานข้อมูลภูมิอากาศและฐานข้อมูลพืชให้มีการบันทึกอย่างต่อเนื่อง สำหรับในการพัฒนาแบบจำลองให้มีความแม่นยำและถูกต้องมากยิ่งขึ้น ได้รวบรวมข้อมูลสภาพอากาศมาวิเคราะห์และพัฒนาเป็นแบบจำลองสภาพภูมิอากาศ พบว่ารูปแบบการผันแปรอุณหภูมิเฉลี่ยของแต่ละเดือนในพื้นที่สถานีเกษตรหลวงอ่างขางและศูนย์พัฒนาโครงการหลวงห้วยน้ำขุ่น เป็นไปในทำนองเดียวกันโดยผันแปรไปตามฤดูกาลของภูมิภาคนี้ มีช่วงความแตกต่างของอุณหภูมิสูงสุดกับอุณหภูมิต่ำสุดเป็นช่วงกว้างมากระหว่างเดือนมกราคมถึงเมษายน และค่อนข้างแคบระหว่างเดือนพฤษภาคมถึงตุลาคมในช่วงฤดูฝนที่มีอุณหภูมิสูงสุดต่ำลง ขณะที่อุณหภูมิต่ำสุดสูงขึ้นในช่วงเดือนพฤษภาคมและลดต่ำลงในเดือนตุลาคม ในช่วงเข้าสู่ฤดูหนาว สภาพอากาศของสถานีเกษตรหลวงอ่างขางมีแนวโน้มอุณหภูมิสูงสุดลดลง อุณหภูมิต่ำสุดเพิ่มขึ้นและช่วงที่มีอากาศเย็นสุดอยู่ในเดือนมกราคมหรือธันวาคม ปริมาณน้ำฝนรวมเพิ่มขึ้นเล็กน้อยและผันแปรไม่แน่นอนในการตกของฝนเดือนพฤศจิกายนถึงกุมภาพันธ์มากขึ้น ส่วนสภาพอากาศของศูนย์พัฒนาโครงการหลวงห้วยน้ำขุ่นมีการผันแปรของอุณหภูมิสูงสุดเพิ่มสูงขึ้นค่อนข้างมากต่อเนื่องและอุณหภูมิต่ำสุดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเช่นกัน แต่ปริมาณน้ำฝนรวมมีแนวโน้มลดลง

ในการทดสอบแบบจำลองสภาพอากาศเพื่อคาดการณ์ภูมิอากาศล่วงหน้าของสถานีเกษตรหลวงอ่างขางและศูนย์พัฒนาโครงการหลวงห้วยน้ำขุ่น โดยใช้ตัวชี้วัด Southern oscillation index (SOI) กับข้อมูลอุตุนิยมวิทยาที่บันทึกได้ พบว่ามีความชัดเจนเฉพาะในปีที่เกิดปรากฏการณ์เอลนีโญ

หรือลานีญาชนิดปานกลางและรุนแรงเท่านั้น โดยเฉพาะมักพบกับ SOI ที่มีความสัมพันธ์ค่อนข้างชัดเจนกับอุณหภูมิสูงสุด อุณหภูมิต่ำสุดในช่วงเดือนสิงหาคมถึงธันวาคมและน้ำฝนในช่วงเดือนมีนาคมถึงมิถุนายน ผลการศึกษาค่าเฉลี่ยรายเดือนของอุณหภูมิสูงสุด อุณหภูมิต่ำสุด ปริมาณน้ำฝนในช่วงระยะเวลา 26 ปี (พ.ศ. 2531-2556) มีบางเดือนเท่านั้นที่แสดงความสัมพันธ์กันค่อนข้างสูงกับค่าเฉลี่ย 3 เดือน SOI โดยเฉพาะปีที่อยู่ในปรากฏการณ์เอลนีโญและลานีญาชนิดปานกลางและรุนแรง สามารถนำมาใช้พยากรณ์อุณหภูมิสูงสุดในบางเดือนของสถานีเกษตรหลวงอ่างขาง ให้คลาดเคลื่อนไม่เกินร้อยละ 5 ส่วนของศูนย์พัฒนาโครงการหลวงห้วยน้ำขุ่นใช้พยากรณ์ได้เฉพาะในเดือนมีนาคมเท่านั้น แต่การพยากรณ์ปริมาณน้ำฝนให้ค่าคลาดเคลื่อนสูงมาก ผลการทดสอบแบบจำลองสภาพภูมิอากาศยังให้ค่าการพยากรณ์คลาดเคลื่อนไปค่อนข้างมากและพยากรณ์ไม่ได้ในทุกเดือนของรอบปี จากแบบจำลองสภาพอากาศนี้จำเป็นต้องทดสอบความแม่นยำในปีที่จะเกิดปรากฏการณ์เอลนีโญและลานีญาชนิดปานกลางและรุนแรงต่อไป ส่วนการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในระยะยาวที่ได้วิเคราะห์จากแบบจำลองสภาพอากาศระดับภูมิภาค ECHAM4-PRECIS ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2531-2564 พบว่าอุณหภูมิสูงสุดและอุณหภูมิต่ำสุดของพื้นที่ศึกษามีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ปริมาณน้ำฝนรวมมีแนวโน้มไม่แน่นอน มีการผันแปรระหว่างปีค่อนข้างสูงและได้ถูกนำมาทดสอบความแม่นยำด้วยข้อมูลอุตุนิมิตวิทยาในปี พ.ศ. 2557-2558 นี้

การเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศในช่วง 32 ปี ระหว่าง พ.ศ. 2530-2561 มีสภาพภูมิอากาศตามปกติอยู่ร้อยละ 25 ของปีที่ศึกษา โดยเกิดการแปรปรวนของปรากฏการณ์เอลนีโญเกิดขึ้นค่อนข้างสูงถึงร้อยละ 75 จัดเป็นสภาวะของปรากฏการณ์เอลนีโญมากกว่าลานีญาที่ร้อยละ 40.7 และ 34.4 ตามลำดับ ในปี พ.ศ. 2561 มีแนวโน้มเกิดปรากฏการณ์ลานีญาชนิดอ่อน เริ่มมาตั้งแต่เดือนสิงหาคม พ.ศ. 2560 และต่อเนื่องมาถึงเดือนมกราคม พ.ศ. 2561 จึงแสดงผลกระทบทำให้อุณหภูมิอากาศค่อนข้างเย็นกว่าปีปกติ และมีปริมาณน้ำฝนสูงขึ้นในบางเดือน จึงส่งผลกระทบต่อปริมาณผลผลิตของพลับมากขึ้นได้ ความสัมพันธ์ของดัชนีปรากฏการณ์เอลนีโญ (ENSO) ชนิด SOI ระหว่างค่าเฉลี่ย 3 เดือนในช่วงตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน-ธันวาคม-มกราคม (NDJ) ถึงเดือนตุลาคม-พฤศจิกายน-ธันวาคม (OND) ซึ่งเป็นช่วงการพักตัวของต้นพลับ ในปี พ.ศ. 2546-2560 ช่วงเวลา 15 ปี ของพื้นที่สถานีเกษตรหลวงอ่างขางและศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแม่แฮ แสดงความสัมพันธ์ค่อนข้างต่ำไม่เกิน 0.50 โดยค่าสัมประสิทธิ์เป็นลบ ยกเว้นในพื้นที่ของสถานีเกษตรหลวงอ่างขาง ในช่วงเดือนเมษายน-พฤษภาคม-มิถุนายน (AMJ) ถึงเดือนกรกฎาคม-สิงหาคม-กันยายน (JAS) ซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์เป็นบวก การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการเกิดปรากฏการณ์เอลนีโญหรือลานีญาในปี พ.ศ. 2546-2560 ช่วงเวลา 15 ปี ต่อการผันแปรของผลผลิตพลับมีทั้งการเพิ่มขึ้นและลดลงไปจากค่าเฉลี่ย โดยปรากฏการณ์ลานีญาชนิดอ่อน ชนิดปานกลาง และปรากฏการณ์เอลนีโญชนิดอ่อน มีผลกระทบต่อผลผลิตพลับลดลงเล็กน้อย (น้อยกว่าร้อยละ 20) ในทางตรงกันข้ามกับ

การเกิดปรากฏการณ์ลานีญาชนิดรุนแรงนั้น มีแนวโน้มให้ผลผลิตพลับพลึงลดลงในสถานีเกษตรหลวงอ่างขางได้ สำหรับผลผลิตพลับพลึงในพื้นที่ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแม่แฮไม่พบความสัมพันธ์กับการเพิ่มขึ้นและลดลงของปริมาณผลผลิตพลับพลึง แต่มีแนวโน้มลดลงมากในปีที่เกิดปรากฏการณ์ลานีญาชนิดรุนแรงและเพิ่มขึ้นสูงมากในปีที่เกิดปรากฏการณ์เอลนีโญชนิดรุนแรงให้ผลในทำนองเดียวกับสถานีเกษตรหลวงอ่างขางด้วย

สำหรับพื้นที่ปลูกพลับพลึงที่บ้านหลวงในปี พ.ศ. 2550-2560 ช่วงเวลา 11 ปี ของสถานีเกษตรหลวงอ่างขาง ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแม่ปอนหลวง และศูนย์พัฒนาโครงการหลวงห้วยน้ำซุ่น ในช่วงตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน-ธันวาคม-มกราคม (NDJ) ถึงเดือนตุลาคม-พฤศจิกายน-ธันวาคม (OND) ซึ่งเป็นช่วงการพักตัวของต้นพลับพลึง ไม่พบความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเช่นกัน ดังนั้น ค่าเฉลี่ย 3 เดือน SOI จึงยังไม่เหมาะสมในการนำมาใช้หาความสัมพันธ์กับผลผลิตของไม้ผลในพื้นที่ศึกษาได้ สำหรับผลการศึกษาด้านการผันแปรของผลผลิตพลับพลึงที่บ้านหลวงระหว่างการเกิดปรากฏการณ์เอลนีโญหรือลานีญาในปี พ.ศ. 2550-2560 ช่วงเวลา 11 ปี ไม่พบความสัมพันธ์ต่อการผันแปรของผลผลิตในสามพื้นที่ศึกษา แต่ปีที่เกิดปรากฏการณ์เอลนีโญชนิดรุนแรงในช่วงต้นปีที่มีสภาพอากาศอุณหภูมิสูงและแห้งแล้งกว่าปีปกติ มีแนวโน้มที่ผลผลิตเพิ่มขึ้นปีอื่น ๆ ควรมีการศึกษายืนยันในระยะยาวถึงผลกระทบต่อปริมาณผลผลิตในพื้นที่ศึกษาต่อไป การศึกษานี้ได้แสดงแนวโน้มถึงผลกระทบของสภาพอากาศผิดปกติในปีที่เกิดปรากฏการณ์เอลนีโญและลานีญาต่อการเพิ่มขึ้นหรือลดลงผลผลิตของพลับพลึง อาโวคาโด และมะม่วงจากระดับความรุนแรงของการเกิดปรากฏการณ์เอลนีโญและลานีญาเปรียบเทียบกับปีปกติแล้ว พบว่าปรากฏการณ์เอลนีโญชนิดปานกลางมีผลต่อการลดลงของผลผลิตไม้ผลทั้งสามชนิด โดยเฉพาะอย่างยิ่งกับมะม่วงพันธุ์นวลคำลดลงถึงร้อยละ 68 สำหรับผลกระทบจากการเกิดปรากฏการณ์ลานีญาชนิดอ่อนส่งผลต่อผลผลิตพลับพลึงเพิ่มขึ้นร้อยละ 45 ในปีที่เกิดลานีญาชนิดอ่อน ปานกลาง และรุนแรงไม่ส่งผลกระทบต่อปริมาณผลผลิตของอาโวคาโดมากนัก ดังนั้น การคาดการณ์ระดับของการเกิดปรากฏการณ์เอลนีโญและลานีญาในช่วงต้นปี อาจเป็นแนวทางในการนำไปใช้ประโยชน์ต่อการพยากรณ์ผลผลิตไม้ผลของมูลนิธิโครงการหลวงได้ล่วงหน้า

ในการศึกษาพื้นที่ที่มีการผลิตไม้ผลบนพื้นที่สูง แสดงให้เห็นว่าสถานี/ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงที่มีที่ตั้งอยู่ในเขตจังหวัดเชียงใหม่ เชียงราย และลำพูน จากระดับความสูงเหนือระดับน้ำทะเลตั้งแต่ 495-1,400 เมตร มีทั้งสภาพภูมิประเทศ สภาพดิน และสภาพอากาศแตกต่างกัน และสภาพอากาศของพื้นที่มีการผันแปรในรอบปีคล้ายคลึงกัน ซึ่งแต่ละพื้นที่มีความแตกต่างกันในเชิงปริมาณที่วัดได้ ในการศึกษาสมบัติของดินทางกายภาพ เคมี และความชื้นในดินในแต่ละช่วงของปี พ.ศ.2558 เพื่อวิเคราะห์ความเป็นประโยชน์ของน้ำในดินต่อไม้ผลในระดับความลึกของดิน 4 ชั้น ความลึกดินถึงระดับ 100 เซนติเมตรที่รากของไม้ผลนั้น พบว่าความชื้นของดินในทุกระดับผันแปรไป

ตามฤดูกาล ความชื้นดินในช่วงต้นปียังมีความชื้นที่เก็บสะสมไว้ในดินมาจากฤดูฝน แต่ลดลงอย่างรวดเร็วในเดือนมีนาคมจนถึงในเดือนพฤษภาคมจึงมีความชื้นเพิ่มขึ้นได้จากการมีฝนตกลงมาบ้าง ความชื้นในดินระดับรากยังมีปริมาณน้ำในดินคงตัวอยู่ในช่วงฤดูแล้งและเพิ่มขึ้นเมื่อเข้าสู่ฤดูฝนเพียงพอต่อพืชสามารถดูดไปใช้ประโยชน์ได้ ในแต่ละพื้นที่ศึกษามีลักษณะของดินที่แตกต่างกันไป จึงน่าจะมีผลต่อการให้ผลผลิตและคุณภาพผลได้ สำหรับการศึกษาการคายระเหยอ้างอิง (ET_o) ได้ใช้วิธีการ modified Penman-Monteith จากข้อจำกัดที่มีข้อมูลเกี่ยวข้องกับบันทึกไว้จากอุณหภูมิสูงสุดและอุณหภูมิต่ำสุด พบว่ามีค่าสูงกว่าค่าที่คำนวณจากวิธีมาตรฐานของ Penman-Monteith ประมาณร้อยละ 20 จะเห็นได้ว่าข้อมูลสภาพอากาศและลักษณะดินของแต่ละพื้นที่มีความเฉพาะเจาะจงจึงเป็นตัวแปรที่สำคัญที่ต้องนำมาพิจารณาถึงผลกระทบต่อการให้ผลผลิตของไม้ผลเป็นอย่างมาก การถ่ายทอดความรู้เกี่ยวกับอัตราการคายระเหยอ้างอิง (ET_o) และการคายระเหยของพืช (ET_c) แสดงถึงความต้องการใช้น้ำของพืชสามารถนำมาใช้ให้ความรู้กับเจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตรสำหรับการให้คำแนะนำแก่เกษตรกรผู้ปลูกไม้ผลในพื้นที่ได้ เมื่อคำนวณหาอัตราการคายระเหยของพื้นที่ปลูกมะม่วงมีค่าการคายระเหยสูงและสูงกว่าปริมาณน้ำฝนที่ได้รับในบางเดือน จึงมีความเสี่ยงในการขาดแคลนน้ำได้มากกว่าพลับและอาโวคาโดที่มีอัตราการคายระเหยน้อยกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณฝนในพื้นที่ศึกษานี้แล้ว เมื่อวิเคราะห์สภาพอากาศในพื้นที่ผลิตมะม่วงพันธุ์นวลคำของศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหมอกจ๋ามมีสภาพอากาศร้อนกว่าพื้นที่ของศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหนองเขียวที่มีอากาศเย็นและยาวนานกว่าด้วย จึงอาจมีผลกระทบต่อการออกดอกของมะม่วงได้แตกต่างกัน แต่การตกของฝนมีความแตกต่างกันเล็กน้อย หากพิจารณาศักยภาพพื้นที่โดยรวมของศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหนองเขียวเป็นพื้นที่ที่มีสภาพอากาศและความชื้นในดินเหมาะสมต่อการปลูกมะม่วงและอาโวคาโดบนที่สูงแบบอาศัยน้ำฝนได้ดีและยังมีสภาพอากาศหนาวเย็นกว่าพื้นที่ของศูนย์พัฒนาโครงการหลวงทุ่งเริงด้วย การกระจายตัวของการตกของฝนในพื้นที่ปลูกน่าจะได้ใช้พิจารณาผลกระทบต่อน้ำที่พืชจะได้รับน้ำอย่างสม่ำเสมอด้วย

ผลการศึกษาเปรียบเทียบค่าสมมูลน้ำ (ET_c-Rainfall) ในแต่ละเดือนของปีที่เกิดปรากฏการณ์เอลนีโญชนิดปานกลางนั้น พบว่าปริมาณน้ำฝนน้อยกว่าปกติ โดยเฉพาะอย่างยิ่งช่วงต้นฤดูฝนในเดือนพฤษภาคมและมิถุนายน ทำให้ค่าสมมูลน้ำของไม้ผลทั้งสามชนิดแสดงค่าติดลบตั้งแต่เดือนมกราคมถึงมิถุนายน โดยค่าสมมูลน้ำในพลับและอาโวคาโดมีค่าต่ำกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับมะม่วง เนื่องจากมะม่วงมีค่าการใช้น้ำหรือ ET_c สูงกว่ามาก ให้ผลสอดคล้องกับผลกระทบของสภาพอากาศในปรากฏการณ์เอลนีโญชนิดปานกลางที่ทำให้ผลผลิตมะม่วงพันธุ์นวลคำลดลงอย่างมากจากการขาดน้ำเป็นเวลานาน และยังแสดงให้เห็นว่าปริมาณการคายระเหยของไม้ผลทั้งสามชนิดในแต่ละพื้นที่ปลูกมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นทุกปี อาจเนื่องมาจากแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิในพื้นที่ด้วย

จากการศึกษาผลกระทบของสภาพอากาศที่ผิดปกติมีสาเหตุสำคัญจากความสมดุลของปริมาณการระเหยน้ำของพืชและน้ำที่ได้รับมาจากการตกของฝนในแต่ละเดือน

การพัฒนาและทดสอบแบบจำลองพืชด้วยโปรแกรม Microsoft Excel และโปรแกรม SPSS เป็นเครื่องมือในการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของปัจจัยสภาพอากาศกับผลผลิตของพลับ มะม่วง พันธ์นวลคำ และอาโวคาโดพันธุ์บัคคาเนียนั้น พบว่าแบบจำลองพืชของแต่ละพื้นที่ศึกษาใช้ปัจจัยสภาพอากาศเป็นตัวแปรแตกต่างกันจากอุณหภูมิอากาศ ปริมาณน้ำฝน จำนวนวันที่มีฝนตก และความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศในระยะก่อนเก็บเกี่ยวผลระหว่างเดือนมกราคมถึงมิถุนายน จึงสามารถใช้พยากรณ์ได้ล่วงหน้าไม่เท่ากัน ผลการวิเคราะห์ที่ให้ความสัมพันธ์ที่มีนัยสำคัญทางสถิติในการวิเคราะห์สมการถดถอยเชิงเส้น แสดงค่า P-value น้อยกว่า 0.05 ในทุกแบบจำลองพืช จึงให้ค่าความแม่นยำแตกต่างกันไป ค่าสัมประสิทธิ์ (R) อยู่ระหว่าง 0.639-0.971

การศึกษาและทดสอบแบบจำลองพืชที่พยากรณ์ผลกระทบต่อผลผลิตของพลับ ด้วยข้อมูลสภาพอากาศและปริมาณผลผลิตในปี พ.ศ. 2557 และ 2558 นั้น ได้มีการทดสอบตามแบบจำลองพืช (พลับ) ของสถานีเกษตรหลวงอ่างขาง (YPA) และศูนย์พัฒนาโครงการหลวงห้วยน้ำขุ่น (YPH) แล้วเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแบบจำลองพืชจากการคำนวณปริมาณผลผลิตพลับควรให้ค่าเบี่ยงเบนน้อยที่สุดและน่าจะไม่เกินร้อยละ 50 ของปริมาณผลผลิตจริง นอกจากนั้นยังได้พัฒนาแบบจำลองพืช (พลับ) ของสถานีเกษตรหลวงอ่างขางจากข้อมูลอุตุนิยมหาวิทยาลัยในเดือนมกราคมและกุมภาพันธ์ขึ้นมาจำนวน 4 แบบ ได้แก่ แบบ YPA(1), แบบ YPA(2), แบบ YPA(3) และแบบ YPA(4) และได้พัฒนาแบบจำลองพืช (พลับ) ของศูนย์พัฒนาโครงการหลวงห้วยน้ำขุ่นจากปัจจัยที่ได้ศึกษามา จำนวน 2 แบบ ได้แก่ แบบ Y1PH และแบบ Y2PH ด้วยข้อมูลในปี พ.ศ. 2557 แล้ว ยังให้ค่า P-value น้อยกว่าสมมติฐานหลักของความสัมพันธ์เชิงเส้นที่ระดับความสำคัญ 0.05 จึงแสดงความแตกต่างทางสถิติอยู่

ผลการทดสอบแบบจำลองพืชของพลับจากผลการศึกษาในปี พ.ศ. 2559 ได้ความสัมพันธ์ของปริมาณผลผลิตกับจำนวนวันที่มีฝนตกในช่วงเดือนก่อนระยะเก็บเกี่ยวที่กระทบต่อการให้ผลผลิตของพลับ แสดงความสัมพันธ์ของปัจจัยที่ศึกษาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ได้นำเสนอเป็นแบบจำลองพืช (พลับ) ของสถานีเกษตรหลวงอ่างขาง (YPA₅₉) ให้ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) เท่ากับ 0.487 สัมพันธ์กับจำนวนวันฝนตกสะสมของเดือนมีนาคมถึงมิถุนายน ซึ่งเป็นช่วงการติดผลอ่อนถึงระยะการพัฒนาของผลสามารถพยากรณ์ล่วงหน้าได้ในช่วง 2-6 เดือนก่อนเก็บเกี่ยว และได้นำมาเปรียบเทียบประสิทธิภาพกับแบบจำลองพืช YPA, YPA(1), YPA(2), YPA(3), YPA(4) โดยผลการทดสอบในปี พ.ศ. 2560 ตามแบบ YPA(1), YPA(2) และ YPA(3) ให้ค่าเบี่ยงเบนไปเพียงร้อยละ 0.5, 9 และ 4 เท่านั้น เช่นเดียวกับแบบจำลองพืช YPA₅₉ ให้ค่าเบี่ยงเบนไปไม่มากนัก ซึ่งแสดงผลการคาดการณ์ได้ใกล้เคียงผลผลิตจริง สำหรับผลการทดสอบในปี พ.ศ. 2561 นี้ ตามแบบ YPA, YPA(1), YPA(2),

YPA(3) และ YPA(4) ได้ผลการคาดการณ์ปริมาณผลผลิตอยู่ระหว่าง 2,182-2,560 กิโลกรัม ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกัน แต่ยังอยู่ระหว่างการรวบรวมข้อมูลผลผลิตจริงของปี พ.ศ. 2561 นี้

สำหรับพื้นที่ของศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแม่แอ้ได้ความสัมพันธ์ของการให้ผลผลิตกับจำนวนวันที่มีฝนในเดือนมกราคม สามารถพยากรณ์ล่วงหน้าได้ในช่วง 6 เดือนก่อนเก็บเกี่ยว โดยผลการทดสอบแบบจำลองพืชในปี พ.ศ. 2560 คาดการณ์ว่าผลผลิตจะมีออกมาค่อนข้างมากถึง 61,217 กิโลกรัม ซึ่งมีความเบี่ยงเบนไปร้อยละ 20 กับผลผลิตจริงเท่ากับ 50,707 กิโลกรัม แต่การทดสอบในปี พ.ศ. 2561 คาดการณ์ผลผลิตตามแบบจำลองพืชเพียง 3,831 กิโลกรัมเท่านั้น แต่ข้อมูลผลผลิตที่ได้มาจริง จำนวน 48,561 กิโลกรัม ให้ค่าเบี่ยงเบนไปถึงร้อยละ 92 ซึ่งผิดพลาดไปอย่างมากจากการแทนค่าในแบบจำลองพืชด้วยจำนวนวันฝนตกในเดือนมกราคมส่งผลต่อการคาดการณ์มีโอกาสผิดพลาดสูง ทำให้ประสิทธิภาพของแบบจำลองพืชนี้ไม่แม่นยำได้ ในการศึกษาที่ผ่านมา แบบจำลองพืช YPH₅₉ ของศูนย์พัฒนาโครงการหลวงห้วยน้ำขุ่น แสดงค่าแตกต่างของข้อมูลปริมาณผลผลิตจริงกับแบบจำลองพืชที่คลาดเคลื่อนไปอย่างมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งในปี พ.ศ. 2559 มีปริมาณผลผลิตส่งออกจำหน่ายเหลือเพียง 20 กว่ากิโลกรัม ซึ่งลดลงจากปริมาณผลผลิตที่มากกว่า 11,300 กิโลกรัม สำหรับการทดสอบในปี พ.ศ. 2561 ยังให้ผลต่างของข้อมูลผลผลิตเบี่ยงเบนไปอย่างมากจากข้อมูลผลผลิตที่มากกว่า 64,168 กิโลกรัม มีปริมาณเพิ่มขึ้นเป็นเท่าตัว จึงอาจมีความผิดปกติของปริมาณผลผลิตที่สามารถผลิตได้ประมาณ 17,000 กิโลกรัม น่าจะเกี่ยวข้องกับการบริหารจัดการทำให้ข้อมูลผลผลิตผิดพลาดอย่างไม่น่าเชื่อถือ ดังนั้น หากมีปัจจัยด้านอื่น ๆ เข้ามามีอิทธิพลด้วยแล้วจะไม่สามารถใช้แบบจำลองพืชในการพยากรณ์ผลผลิตได้

การศึกษาและพัฒนาแบบจำลองพืชที่พยากรณ์ผลกระทบต่อการให้ผลผลิตของมะม่วงและอาโวคาโดบนพื้นที่สูงนั้น ใช้ความสัมพันธ์ของปัจจัยสภาพอากาศในเดือนมกราคมถึงมิถุนายน ได้แบบจำลองพืช (มะม่วงพันธุ์นวลคำ) ของศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหมอกจ๋ามตามแบบที่ 1 จำนวน 3 แบบ ได้แก่ แบบ MJ1, แบบ MJ2, แบบ MJ3 และได้แบบจำลองพืช (มะม่วงพันธุ์นวลคำ) ของศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหนองเขียวตามแบบที่ 2 จำนวน 3 แบบ ได้แก่ แบบ NK1, แบบ NK2, แบบ NK3 ส่วนความสัมพันธ์ของปัจจัยสภาพอากาศในเดือนธันวาคมถึงมิถุนายน ได้แบบจำลองพืช (อาโวคาโดพันธุ์คาคาเนีย) ของศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหนองเขียวตามแบบที่ 3 จำนวน 6 แบบ ได้แก่ แบบ NK1, แบบ NK2, แบบ NK3, แบบ NK4, แบบ NK5, แบบ NK6 ได้แบบจำลองพืช (อาโวคาโดพันธุ์คาคาเนีย) ของศูนย์พัฒนาโครงการหลวงทุ่งเริงตามแบบที่ 4 จำนวน 6 แบบ ได้แก่ แบบ TR1, แบบ TR2, แบบ TR3, แบบ TR*4, แบบ TR*5, แบบ TR*6 ในแต่ละแบบจำลองพืชเหล่านี้ให้ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจมากกว่า 90 เปอร์เซนต์ขึ้นไป ซึ่งอยู่ในระดับที่น่าเชื่อถือได้ เพื่อใช้เป็นเครื่องมือในการศึกษาผลของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่มีผลต่อไม้ผลบนพื้นที่สูง นอกจากนั้นแบบจำลองที่ได้ต้องมีการนำไปทดสอบกับผลที่เกิดขึ้นจริงเพื่อให้สามารถนำไปพยากรณ์สิ่งที่จะเกิดขึ้น

ในอนาคตและคำแนะนำในการปรับตัวของเกษตรกรสำหรับเตรียมการรองรับผลกระทบกับงานส่งเสริมการผลิตไม้ผลของมูลนิธิโครงการหลวงต่อไป

การศึกษาการทดสอบแบบจำลองพืชที่พยากรณ์ผลกระทบของสภาพภูมิอากาศต่อผลผลิตพลับ มะม่วง และอาโวคาโดในพื้นที่ของโครงการหลวง จากการแทนค่าด้วยข้อมูลในปี พ.ศ. 2559 และ 2560 จะเห็นได้ว่าผลการทดสอบแบบจำลองพืช (พลับ) ของสถานีเกษตรหลวงอ่างขาง (YPA₅₉) ได้แสดงถึงปริมาณผลผลิตมีความสัมพันธ์กับจำนวนวันฝนตกสะสมของเดือนมีนาคมถึงมิถุนายนที่มีผลกระทบในเชิงลบนั้น สามารถใช้พยากรณ์ผลผลิตล่วงหน้าได้ในช่วง 2 เดือนก่อนเก็บเกี่ยว ให้ค่าเบี่ยงเบนไปร้อยละ 31 และ 16 ตามลำดับ สำหรับพื้นที่ของศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแม่แฮ (YPM₅₉) ได้วิเคราะห์ความสัมพันธ์กับจำนวนวันที่มีฝนหรือความถี่ในการตกของฝนในเดือนมกราคม ผลการทดสอบในปี พ.ศ. 2559 และ 2560 ให้ค่าเบี่ยงเบนไปไม่มากนักอยู่ที่ร้อยละ 28 และ 20 ตามลำดับ ใช้พยากรณ์ล่วงหน้าได้ในช่วง 6 เดือนก่อนเก็บเกี่ยว จึงนำไปใช้สำหรับเตรียมพร้อมในการรองรับผลกระทบจากสภาพอากาศที่เกิดขึ้นต่อการให้ผลผลิตได้

จากการทดสอบแบบจำลองพืช (มะม่วงพันธุ์นวลคำ) แบบ MJ3 ของศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหมอกจ๋ามสามารถพยากรณ์ล่วงหน้าได้ในช่วง 2.5 เดือนก่อนเก็บเกี่ยว จากผลการทดสอบแบบจำลองพืชในปี พ.ศ. 2559, 2560 ให้ค่าเบี่ยงเบนไปที่ร้อยละ 33 และ 31 ตามลำดับ ยังให้ผลต่างของข้อมูลผลผลิตมีค่าเบี่ยงเบนไปบ้าง จึงยังใช้พยากรณ์ผลผลิตได้ใกล้เคียง สำหรับศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหนองเขียวเสนอแบบจำลองพืช (มะม่วงพันธุ์นวลคำ) แบบ NK3 ให้ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ 0.876 สามารถใช้พยากรณ์ล่วงหน้าได้ในช่วง 2 เดือนก่อนเก็บเกี่ยว จากการแทนค่าด้วยข้อมูลปริมาณน้ำฝนสะสมของเดือนมกราคมและกุมภาพันธ์ อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยและอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยของเดือนมกราคมและกุมภาพันธ์ แล้วยังให้ผลการทดสอบในปี พ.ศ. 2559 ให้ค่าเบี่ยงเบนไปที่ร้อยละ 35 จึงสามารถเตรียมพร้อมรองรับผลกระทบจากสภาพอากาศที่เกิดขึ้นได้ล่วงหน้า แต่ในปีพ.ศ. 2560 นี้ ได้พยากรณ์ผลผลิตให้ค่าเบี่ยงเบนแตกต่างไปจากปริมาณผลผลิตจริงอย่างมาก ทั้งนี้เกิดจากผลผลิตในพื้นที่เสียหายไม่ได้คุณภาพจึงไม่สามารถส่งผลจำหน่ายได้ เหลือผลผลิตอยู่เพียง 1,393 กิโลกรัมเท่านั้น

สำหรับการทดสอบแบบจำลองพืชของอาโวคาโดพันธุ์อัคคาเนียในแบบจำลองพืช YVnk3 ของศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหนองเขียว จากการแทนค่าด้วยข้อมูลตัวแปรสภาพอากาศของปี พ.ศ. 2559 และ 2560 พยากรณ์ผลกระทบต่อผลผลิตได้ก่อนการเก็บเกี่ยวผลประมาณ 2 เดือน ผลการทดสอบให้ค่าเบี่ยงเบนที่ร้อยละ 55 และ 76 ตามลำดับ สำหรับศูนย์พัฒนาโครงการหลวงทุ่งเร่ได้นำเสนอแบบจำลองพืช YVtr4 ให้ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ 0.982 จากผลการทดสอบในปี พ.ศ. 2559 มีความเบี่ยงเบนค่อนข้างมาก สามารถพยากรณ์ล่วงหน้าได้ในช่วง 4 เดือนก่อนเก็บเกี่ยว

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลผลผลิตพล้มของศูนย์พัฒนาโครงการหลวงห้วยน้ำขุ่นและศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแม่ปุนหลวงมีจำนวนข้อมูลที่ได้มาไม่สมบูรณ์และค่อนข้างจำกัด จึงไม่ให้ผลลัพธ์ที่เหมาะสมสำหรับเป็นแบบจำลองพีชที่ใช้พยากรณ์ผลผลิตพล้มได้ สำหรับพื้นที่ของสถานีเกษตรหลวงอ่างขาง ได้ผลการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นจากข้อมูลในช่วงเวลา 3 ปี ระหว่าง พ.ศ. 2558-2560 โดยมีตัวแปรจากอุณหภูมิต่ำสุดในเดือนมกราคมที่เป็นระยะการพักตัวก่อนการออกดอกที่มีความสัมพันธ์กับการให้ผลผลิต มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R) ระหว่าง 0.982 ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) ระหว่าง 0.965 และค่า P-value เท่ากับ 0.035 มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จึงนำมาสร้างแบบจำลองพีชที่ใช้พยากรณ์ผลผลิตพล้มได้ในช่วง 4 เดือนก่อนเก็บเกี่ยว ดังนั้น การหาความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตและสภาพอากาศ ถึงแม้จะแสดงความสัมพันธ์ทางสถิติแล้ว ยังต้องนำมาพิจารณาการนำไปใช้ประโยชน์ได้ล่วงหน้า สำหรับเตรียมพร้อมรองรับผลกระทบจากสภาพอากาศที่เกิดขึ้นต่อการให้ผลผลิตด้วย การนำแบบจำลองพีชไปใช้ประโยชน์ได้จึงไม่ควรได้รับผลกระทบจากปัจจัยอื่นเข้ามามีอิทธิพลร่วมด้วย หากเป็นเช่นนั้นจะไม่สามารถใช้แบบจำลองพีชในการพยากรณ์ผลผลิตได้แม่นยำ

การเจริญเติบโตของพลัมพันธุ์ P2 เกิดขึ้นจากการเจริญของตาประมาณปลายเดือนกุมภาพันธ์หลังจากต้นพันธุ์การพักตัวในฤดูหนาวแล้ว ยอดและกิ่งเจริญอย่างรวดเร็วประมาณเดือนมีนาคม พร้อมกับการออกดอกบริเวณซอกใบที่โคนกิ่งใหม่ จากการศึกษาในปี พ.ศ. 2560 ได้ศึกษาในพื้นที่สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง ไม่พบการร่วงของดอกสัมพันธ์กับข้อมูลสภาพอากาศ การติดผลเกิดขึ้นได้อย่างต่อเนื่อง แต่พบการร่วงของผลอ่อนตั้งแต่ช่วงเดือนมีนาคมถึงเดือนเมษายนที่มีสภาพอากาศแปรปรวน สภาพอากาศช่วงต้นเดือนเมษายนส่งผลกระทบต่อการร่วงของผลอ่อนได้อย่างต่อเนื่องจนถึงเดือนพฤษภาคมเป็นระยะวิกฤติที่เกิดขึ้นอย่างชัดเจน พบความสัมพันธ์แบบเชิงเส้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติต่อการร่วงของผลจากค่าอุณหภูมิสูงสุดรายวันในวันที่ 3 ($3dT_{max}$) ก่อนการร่วงของผล ในปี พ.ศ. 2561 ได้ศึกษาทบทวนผลกระทบของสภาพอากาศต่อระยะวิกฤติการให้ผลผลิตของพลัมพันธุ์ P2 ในพื้นที่สถานีเกษตรหลวงอ่างขางที่ผ่านมา พบว่าการร่วงของผลเกิดขึ้นตั้งแต่กลางเดือนเมษายนถึงต้นเดือนพฤษภาคมในระยะผลอ่อนที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางผลระหว่าง 1.5-2.2 เซนติเมตรและเกิดการร่วงเล็กน้อยในช่วงที่ผลมีขนาดใหญ่ขึ้น พบความสัมพันธ์ทางสถิติของค่าอุณหภูมิสูงสุดรายวันในวันที่ 4 ($4dT_{max}$) ก่อนการร่วงของผลอ่อน มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R) เท่ากับ 0.998 ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) เท่ากับ 0.996 และค่า P-value เท่ากับ 0.042 ผลการศึกษาในพื้นที่ศึกษาของศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแม่แฮกับพลัมพันธุ์ P2 พบการร่วงของผลอ่อนที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางระหว่าง 1.5-2.2 เซนติเมตรตั้งแต่ช่วงกลางเดือนเมษายนเช่นกัน พบว่าค่าอุณหภูมิสูงสุดรายวันในวันที่ 5 ($5dT_{max}$) ก่อนการร่วงของผล มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R) เท่ากับ 0.999 ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) เท่ากับ 0.999 และค่า P-value เท่ากับ 0.022

ส่วนผลกระทบของสภาพภูมิอากาศที่มีต่อระยะวิกฤติของการพัฒนาการออกดอกและการให้ผลผลิตของพลับ พบว่าการออกดอกและการให้ผลผลิตของพลับพันธุ์ P2 ในพื้นที่ของสถานีเกษตรหลวงอ่างขาง พบว่าดอกไม่ได้รับอิทธิพลจากอุณหภูมิต่อการร่วงของดอกเลย แต่พบผลกระทบต่อการร่วงของผลที่เกิดขึ้นในช่วงเดือนเมษายนถึงพฤษภาคม มีความสัมพันธ์ของอุณหภูมิสูงสุดรายวันในวันที่ 3 ก่อนการร่วงของผล จึงนำมาสร้างสมการที่ใช้พยากรณ์ผลกระทบของสภาพภูมิอากาศต่อการร่วงของผลได้

การศึกษาการเกิดดอกของมะม่วงพันธุ์นวลคำมีการออกดอกของศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหนองเขียวในช่วงเดือนธันวาคมจนถึงกุมภาพันธ์หลังจากต้นได้ผ่านความแห้งแล้งและอากาศเย็นอย่างเพียงพอ การออกดอกเกิดจากปลายยอดในช่อดอก การแสดงเพศดอกที่เกิดขึ้นมีร้อยละของดอกเพศผู้จำนวนมากเมื่อเปรียบเทียบกับดอกสมบูรณ์เพศ จึงมีโอกาสดังกล่าวได้น้อยเพียงร้อยละ 0.93-1.27 ของจำนวนดอกทั้งหมด การเกิดดอกสมบูรณ์เพศมีความสัมพันธ์กับผลต่างของอุณหภูมิต่ำสุดในวันที่ 6 กับวันที่ 5 ก่อนดอกบาน อาจกล่าวได้ว่าสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกันมีผลต่อการเกิดดอกและการแสดงเพศดอกของมะม่วงพันธุ์นวลคำได้ การพัฒนาผลมะม่วงมีจำนวนผลเพียงเล็กน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับจำนวนดอกที่เกิดขึ้นในช่อ การร่วงของผลอ่อนยังเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องได้หลังจากการติดผลแล้ว จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ข้อมูลสภาพอากาศรายวันก่อนการร่วงของผล พบว่าอุณหภูมิต่ำสุดรายวันก่อนการร่วงของผล 2 วัน มีผลกระทบต่อการร่วงของผลอ่อนได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ไม่สามารถหาความสัมพันธ์กับสภาพแวดล้อมได้ในระยะผลเจริญเติบโตมากขึ้น

การศึกษาการเกิดดอกของอาโวคาโดพันธุ์บักคาเนี่ยพัฒนาขึ้นมาจากปลายยอดที่พร้อมออกดอก มีการเปลี่ยนแปลงที่สังเกตได้ในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ มีจำนวนดอกที่เกิดขึ้นต่อช่อดอกประมาณ 84-406 ดอก การแสดงเพศดอกพบเป็นดอกเพศผู้จำนวนมากกว่าร้อยละ 90 ในขณะที่มีดอกเพศเมียไม่เกินร้อยละ 2 เท่านั้น จึงมีโอกาสดังกล่าวได้น้อย ในการวิเคราะห์ความสัมพันธ์การแสดงเพศของดอกกับข้อมูลสภาพอากาศรายวัน พบว่าค่าอุณหภูมิต่ำสุดรายวันในวันที่ 4 ก่อนการบานดอกมีผลต่อการเกิดดอกเพศผู้จำนวนมาก จึงไม่สามารถติดผลได้มาก เป็นสาเหตุให้พบการร่วงของดอกได้ นอกจากนั้นได้ศึกษาความสัมพันธ์การร่วงของผล พบว่าค่าอุณหภูมิเฉลี่ยรายวันในวันที่ 3 ก่อนการร่วงของผลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ยังแสดงให้เห็นว่าสภาพภูมิอากาศกระทบต่อการร่วงของผลในระยะผลอ่อนได้มากกว่าระยะผลเจริญเติบโต จึงนำมาสร้างสมการที่ใช้พยากรณ์ผลกระทบของสภาพภูมิอากาศต่อการแสดงเพศดอกและการร่วงของผลได้

การเจริญเติบโตของพลัมพันธุ์แดงบ้านหลวงเกิดขึ้นจากการเจริญของตาดอกบานประมาณปลายเดือนมกราคม ช่วงเวลาการบานดอกใช้เวลาสั้น ๆ จากนั้นมีการพัฒนาของผลอ่อนเจริญต่อเนื่องตั้งแต่เดือนกุมภาพันธ์ถึงมีนาคมที่มีสภาพอากาศค่อนข้างแปรผันรายวัน แต่ระยะผลแก่ในเดือนพฤษภาคมมีสภาพอากาศแตกต่างของอุณหภูมिरายวันไม่มากนัก ในพื้นที่ของสถานีเกษตรหลวง

อย่างขางพบการร่วงของผลในช่วงกลางเดือนกุมภาพันธ์ถึงกลางเดือนมีนาคมในระยะติดผลอ่อนที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางระหว่าง 1.0-2.0 เซนติเมตร พบความสัมพันธ์ทางสถิติของค่าอุณหภูมิสูงสุดรายวันในวันที่ 9 (9dTmax) ก่อนการร่วงของผล มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R) เท่ากับ 1.000 ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) เท่ากับ 0.999 และค่า P-value เท่ากับ 0.016 ผลการศึกษาในพื้นที่ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแม่ปุนหลวง พบการร่วงของผลอ่อนที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางมากกว่า 1 เซนติเมตรก่อนการพัฒนาเกลาแข็งข้างในผลตั้งแต่ในช่วงกลางเดือนกุมภาพันธ์ถึงต้นเดือนมีนาคม พบว่าค่าอุณหภูมิสูงสุดรายวันในวันที่ 5 (5dTmax) ก่อนการร่วงของผล มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R) เท่ากับ 1.000 ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) เท่ากับ 1.000 และค่า P-value เท่ากับ 0.010 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติด้วย การเก็บเกี่ยวผลพลัมพันธุ์แดงบ้านหลวงในพื้นที่ปลูกของศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแม่ปุนหลวงอยู่ประมาณต้นเดือนพฤษภาคม ซึ่งเร็วกว่าในพื้นที่ของสถานีเกษตรหลวงอ่างขาง ซึ่งผลสุกแก่ประมาณปลายเดือนพฤษภาคม ดังนั้น ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าอุณหภูมิเป็นปัจจัยที่มีผลต่อการออกดอกและการร่วงของดอกและผลด้วย จึงส่งผลต่อการให้ผลผลิตของไม้ผล ซึ่งอาจใช้เป็นแนวเตรียมพร้อมกับผลกระทบจากการแปรปรวนของสภาพภูมิอากาศต่อการวางแผนการผลิตและการตลาดสำหรับเกษตรกรผู้ปลูกไม้ผลบนพื้นที่สูงและเจ้าหน้าที่ของมูลนิธิโครงการหลวงต่อไป

การลดผลกระทบของสภาพอากาศต่อการร่วงของผลในระยะวิกฤติของการให้ผลผลิตของพลับ มะม่วง และอาโวคาโด เพื่อช่วยการติดผลและลดการร่วงของผลในช่วงระยะวิกฤติจากผลกระทบของสภาพภูมิอากาศจากการใช้สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชด้วยการฉีดพ่นสารละลายจิบเบอเรลลินที่ระดับความเข้มข้น 30 มิลลิกรัมต่อลิตรกับพลับพันธุ์ P2 ในระยะดอกบานเต็มที่มีผลต่อการคงอยู่ของจำนวนผลมากกว่าร้อยละ 90 ในสถานีเกษตรหลวงอ่างขาง การใช้สารละลายเอ็นเอเอ (NAA) ที่ระดับความเข้มข้น 25 มิลลิกรัมต่อลิตรทำให้การคงอยู่ของจำนวนผลที่ร้อยละ 33 กับมะม่วงพันธุ์นวลคำและสารละลายจิบเบอเรลลินที่ระดับความเข้มข้น 50 มิลลิกรัมต่อลิตรในระยะช่อดอกเริ่มโผล่ออกมาจากตาของอาโวคาโดพันธุ์บักคาเนียช่วยให้การคงอยู่ของจำนวนผลในช่อไม่เกิดการร่วงของผลในศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหนองเขียว ดังนั้น การใช้สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชจึงขึ้นอยู่กับปัจจัยจากความเข้มข้นของสาร ชนิดพืช ระยะการพัฒนาของพืช ความสมบูรณ์ของต้น และสภาพแวดล้อมในพื้นที่ด้วย

2. การเสนอแนะแนวทางการปรับตัวในการลดผลกระทบจากการแปรปรวนของสภาพภูมิอากาศที่มีต่อการให้ผลผลิตไม้ผลบนพื้นที่สูง

ข้อเสนอแนะแนวทางการลดผลกระทบจากการแปรปรวนของสภาพภูมิอากาศต่อการปลูกไม้ผลบนพื้นที่สูงในพื้นที่ส่งเสริมนั้น ประกอบด้วยการจัดเตรียมข้อมูลด้วยการจัดทำระบบเก็บข้อมูลสภาพอากาศและข้อมูลพืชที่ส่งเสริมให้กับเกษตรกร การเลือกพื้นที่ปลูกและการจัดสรรเลือกพื้นที่

ส่งเสริมให้กับเกษตรกร การสนับสนุนการวิจัยศึกษาด้านสภาพภูมิอากาศและการวิจัยพืช การใช้เทคโนโลยีการผลิตพืชที่เหมาะสม วิธีการและกลยุทธ์การปรับตัวของเกษตรกรที่นำไปใช้ได้ และการสนับสนุนทางด้านนโยบายเป็นแผนแม่บทการพัฒนาพื้นที่สูงอย่างยั่งยืนสำหรับลดผลกระทบจากการแปรปรวนของสภาพภูมิอากาศและการปรับตัวของเกษตรกรผู้ปลูกไม้ผลบนพื้นที่สูงของมูลนิธิโครงการหลวง

สรุปผลการวิจัย

การศึกษาผลกระทบของการแปรปรวนของภูมิอากาศต่อการปลูกไม้ผลบนพื้นที่สูงมีการผันแปรสภาพอากาศคล้ายคลึงกันในรอบปี ซึ่งมีความแตกต่างกันในเชิงปริมาณที่วัดได้ นำข้อมูลสภาพอากาศมาสร้างแบบจำลองสภาพภูมิอากาศที่มีความสัมพันธ์อย่างชัดเจนระหว่าง Southern oscillation index (SOI) กับอุณหภูมิสูงสุด อุณหภูมิต่ำสุด และปริมาณน้ำฝนในบางเดือนของรอบปี ซึ่งการทดสอบแบบจำลองสภาพภูมิอากาศบนพื้นที่สูงสามารถใช้พยากรณ์ได้ในบางพื้นที่ จำเป็นต้องทดสอบความแม่นยำในปีที่ได้รับอิทธิพลจากการเกิดปรากฏการณ์เอลนีโญและลานีญาชนิดปานกลางและรุนแรง ซึ่งน่าจะนำมาใช้ประมาณการผลผลิตไม้ผลได้ ส่วนแบบจำลองสภาพอากาศในระยะยาว (พ.ศ. 2531-2564) ระดับภูมิภาค ECHAM4-PRECIS พบว่าอุณหภูมิสูงสุดและอุณหภูมิต่ำสุดของพื้นที่ศึกษามีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ปริมาณน้ำฝนรวมไม่แน่นอน และมีการผันแปรระหว่างปีค่อนข้างสูง

การแปรปรวนของปรากฏการณ์เอลนีโญจัดเป็นสภาวะของปรากฏการณ์เอลนีโญมากกว่าลานีญา ผลกระทบจากปรากฏการณ์ลานีญาชนิดรุนแรงมีแนวโน้มให้ผลผลิตของพลับพลึงได้ แต่ไม่พบความสัมพันธ์ต่อผลผลิตพลัมพันธุ์แดงบ้านหลวงอย่างชัดเจน โดยปัจจัยสภาพอากาศของอุณหภูมิสูงสุดรายวันส่งผลกระทบต่อการร่วงของผลอ่อนแสดงความสัมพันธ์ในรูปสมการแบบเชิงเส้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งยังขึ้นอยู่กับพื้นที่ในแต่ละแห่งที่มีสภาพภูมิประเทศ สภาพดิน สภาพอากาศ และชนิดของพืชที่แตกต่างกันด้วย พบว่าการคายระเหยจากพื้นที่ปลูกมะม่วงสูงกว่าปริมาณน้ำฝนที่ได้รับในบางเดือนและมากกว่าพลับกับอาโวคาโด

การพัฒนาและทดสอบแบบจำลองพืชจากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของสภาพอากาศและผลผลิตของพลับ มะม่วงพันธุ์นวลคำ อาโวคาโดพันธุ์บัคคาเนีย และพลัมพันธุ์แดงบ้านหลวง ด้วยการใช้ปัจจัยสภาพอากาศเป็นตัวแปรในระยะก่อนเก็บเกี่ยวผล ผลการวิเคราะห์ที่ได้พบความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในรูปสมการถดถอยเชิงเส้น มีความแม่นยำและใช้ได้เฉพาะพื้นที่เพื่อพยากรณ์ผลผลิตได้ล่วงหน้าต่างกันในแต่ละแบบจำลองพืช ผลการทดสอบแบบจำลองพืชให้ค่าคลาดเคลื่อนไปบ้าง หากมีปัจจัยด้านอื่น ๆ เข้ามามีอิทธิพลด้วย จึงไม่สามารถนำแบบจำลองพืชไปใช้ได้ผลที่แม่นยำนัก จึงเป็นข้อจำกัดประสิทธิภาพของแบบจำลองพืชในการพยากรณ์ได้ล่วงหน้า

จากการศึกษาผลกระทบของสภาพภูมิอากาศยังมีผลต่อการแสดงออกของเพศดอกและการร่วงของผลอ่อนได้มากกว่าระยะผลเจริญเติบโตของไม้ผล แนวทางการลดผลกระทบของสภาพอากาศ

ต่อการร่วงของผลในระยะวิกฤติของการให้ผลผลิตของพลับ มะม่วง และอาโวคาโด ด้วยการใช้สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชชนิดพ่นในระยะดอกบานเต็มที่ ทำให้มีจำนวนผลคงอยู่บนต้นได้และลดการร่วงของผลอ่อนจึงเป็นวิธีการปฏิบัติอย่างหนึ่งที่ช่วยลดความเสียหายของผลผลิตได้ในบางพื้นที่จากผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศ

การใช้ประโยชน์จากแบบจำลองสภาพภูมิอากาศและแบบจำลองพืชควรเป็นรูปแบบที่ง่ายสามารถเข้าถึงข้อมูลและรับรู้สถานการณ์สภาพภูมิอากาศและผลผลิตไม้ผลได้ การจัดทำระบบติดตามข้อมูลสภาพอากาศและการติดตั้งเครื่องมืออุตุนิยมวิทยาให้เป็นไปตามมาตรฐานจากเจ้าหน้าที่ผู้รับผิดชอบโดยตรงเป็นสิ่งจำเป็นต่อการพัฒนาประสิทธิภาพ จากความคิดเห็นของเกษตรกรผู้ปลูกไม้ผลบนพื้นที่สูงได้รับผลกระทบจากการผันแปรของสภาพอากาศต่อการให้ผลผลิตที่เกิดขึ้น จึงควรมีนโยบายและการวางแผนงานในการแจ้งข่าวให้กับเกษตรกรจะได้รับมือเตรียมพร้อมแก้ไขสถานการณ์ล่วงหน้าได้ทันทั่วทั้งสำหรับเกษตรกรบนพื้นที่สูงและเจ้าหน้าที่ของมูลนิธิโครงการหลวงต่อไป



Executive Summary

Background of the project

Climate change affects agriculture both directly and indirectly. The study of global warming in Thailand over the past 30 years has increased the average temperature of 1 °C. This phenomenon has resulted in natural disasters, both severe/long period of drought regimes, and heavy rain becomes to flooding and overflowing water in reservoirs. These impacts on the agricultural and economic sectors are high (Poonsiri and Nuan Prang, 2007). Changing global temperatures reflect the real trend in the long run. (Kiattanan, 2013), especially agricultural areas, relying on rainwater to be sensitive to climate change and the production of temperate fruit crops in areas with cold weather on the highlands under seasonal climate in the year related to plant development. It should be considered for specific weather factors in each region to plan the extension in each area for preparing climate variability on the impacts of fruit production in the highlands.

The climate in the highlands is likely to change around 2 °C in the next 50 years. Climate variation may have an impact on the yield of fruit crop under the climate change in the year by El Niño and La Niña phenomena. Therefore, the study on the relationship of meteorological data to the yield of the fruit crop for use as a planning tool for long-term adaptation prepared to cope with the situation caused by climate change. In this research has been the studying and processing an impact of climate variability and suggesting adaptive approaches to reduce the impact of climate variability on fruit crop in the highlands. For the authorities and the fruit growers of the Royal Project Foundation prepare for the impact of climate change and lead to decision on fruit crop grown in the highlands.

Objectives

1. To study and process the impacts of climate variability on production of fruit crops in the Royal Project Foundation areas
2. To suggest the adaptation to reduce the impacts of climate variability on the yield of fruit crops in the highlands

Processing research separated by purpose

1. The study and processed results of climate change impacts on fruit production in the Royal Project Foundation areas

This study on the climate change in the highlands analyzed the variation of temperature in the winter, particularly in January and December. It showed that the standard deviation (SD) and coefficient of variation (% CV) were the high values. Result of climate analysis found that the variation of temperature in the winter, particularly in January and December, with the standard deviation (SD) and coefficient of variation (% CV) high. Influencing by the phenomenon of El Niño and La Niña affected the variable temperature as well as precipitation, also impacted on growth and development of fruit crops. This study has prepared monthly scenarios of climate and found a high correlation of meteorological data in Ang Khang Royal Agricultural Station. Climate change study in the next 50 years, the average maximum temperature tended to decrease, but the minimum temperature was likely to rise in contrast. The weather in highland areas may be changed to no more than 2 °C. From the meteorological data collected during 2547-2556 BE had created their scenarios of climate and had prepared climate scenarios in the future during 2558-2597 BE for the impacts on the chilling requirement of tree in highland areas.

Study on the impact of meteorology on temperate fruit productivity in the highlands should be developed the database of climate and plant yield for their continuous recording. The modeling development will be precise and accurate forecasting. Collected data of climate was analyzed and developed to be the climate model. This result revealed that the variable patterns of average temperature in monthly of Ang Khang Royal Agricultural Station (AKG) and Huai Nam Khun Royal Developmental Center (HNK) showed similarly followed in a local season of northern. Temperature range between maximum and minimum values was found widely indifference from January to April and narrowly from May to October during the rainy season with lower maximum temperature. While minimum temperature rose in May and dropped in October during the onset of the winter season. Weather in ANK had tended the maximum temperature decreasing and minimum temperature increasing, also occurring of cold weather period found in January or December. The total

precipitation increased slightly by more variable and uncertain happenings from November to February. Weather in HNK with maximum temperature was steadily increased by continuous period also minimum temperature be rising as well, in contrast, the total precipitation decrease.

Validation of climate models for climate forecasting of Ang Khang Royal Agricultural Station and Huai Nam Khun Royal Developmental Center were determined the relation between Southern oscillation index (SOI) and the recorded meteorological data of these locations. The result showed that it found the distinct relation on SOI with maximum temperature, the minimum temperature during the period of August to December and precipitation during the period of March to June. The results showed that the monthly average of the maximum temperature, minimum temperature, and precipitation during 26 years ago (2531-2556) where grown persimmon mango and avocado areas had only a few months of relatively high correlation with average 3 months by SOI, especially in the year of El Niño and La Niña at medium and strong levels. It predicted the maximum temperatures in March, May, and June of Ang Khang Royal Agricultural Station by showing no more than 5%. While climate model of Huai Nam Khun Royal Project Development Center could expect the maximum temperature only in March. But, the precipitation forecast was too high to be acceptable. The validate results of climate models revealed in a fairly accurate deviation from the measurable data and no prophecy in every month of the year. They must be accuracy under the moderate and severe phenomenon of El Niño and La Niña regimes. Climate change for the long period analyzed by the climate model under the regional level of ECHAM4-PRECIS since 2531-2564 BE. It revealed that maximum temperature and minimum temperature of these studied locations tend to increase but precipitation was uncertainly and highly variability in a year. Climate model testing was also studied its accuracy with the meteorological data of the year 2557-2558 BE.

The climate change during the 32 years in the years 2530-2561 had the 25 % normal climate of the study period. The variation of the ENSO phenomenon was quite high, up to 75%, the phenomenon of El Niño more than La Niña at 40.7% and 34.4%, respectively. In the year 2561, it showed a tendency of La Niña phenomenon was weak type that the weather be cooler than the normal year and the precipitation

happened higher in some months which there was an impact on increasing of the persimmon yield. The relationship between the ENSO phenomena of SOI type between the 3-month mean, from November-December-January (NDJ) to October-November-December (OND) at the dormant period of persimmon trees was studied during 15 years in the Ang Khang Royal Agricultural Station and Mae Hae Royal Development Project areas. The relationship was relatively low with a negative coefficient of 0.50, except in the area of Ang Khang Royal Agricultural Station during April-May-June (AMJ) to July-August-September (JAS) was a positive coefficient. A study of the relationship between the occurrence of the El Niño or La Niña phenomenon in the years 2546-2560 over for 15 years, varied in persimmon productivity both of increased and decreased yields from the mean. The effect of La Niña in weak type, medium type, and El Niño in strong type decreased slightly the persimmon yield (less than 20%). In contrast to the La Niña in strong type, there was a tendency for decreasing the persimmon yield in the Ang Khang Royal Agricultural Station. Whereas in the Mae Hae Project Development Center area had not correlated with the increase and decrease in the persimmon yield but it showed a trend of decline in the occurrence of the La Niña in strong type as same as the increase dramatically in the year of the El Niño in strong type similarly to Ang Khang Royal Agricultural Station.

For the area of plum ‘Dang Ban Luang’ in the years 2550 - 2560, the period of 11 years of Ang Khang Royal Agricultural Station. Mae Poon Luang Royal Development Project and Huay Nam Khun Royal Development Project during November-December-January (NDJ) to October-November-December (OND), which affected the dormant period of plum trees was no statistically significant relationship. Therefore, the average of 3 months SOI was not suitable to be used concerning the yield of fruit trees in the study areas. The results of the study on the variation of plum ‘Dang Ban Luang’ yield during the El Niño or La Niña events in the year 2550-2560 during the 11 years did not find any correlation to the variance in the three study locations. But the year of El Niño in strong type at the beginning of the year with high temperatures and arid conditions had a trend of increased yield, it should have a long-term positive impact on yields in this study area. This study showed the tendency of impacts under the abnormal conditions in the year of El Niño and La Niña affected an increase or decrease through

yield of persimmon, avocado, and mango in growing areas of the Royal Project Foundation. From the severe level of El Niño and La Niña phenomena compared with the normal year on yield showed that the moderate El Niño phenomenon decreased all yield of three fruit crops, especially in mango crop loosed by the 68%. For the impact of the medium La Niña phenomenon on the yield of persimmon increased by 45%, but it did not affect the yield at the medium and strong levels. At the level of weak, medium, or strong La Niña phenomena did not affect the output in case of avocado. Therefore, the prediction of El Niño and La Niña level since the beginning of the year may be a guideline to utilize the forecast on advance fruit yield of the Royal Project Foundation.

The studied result on the fruit production area in the highland showed that station and developmental centers of the Royal Project located in Chiang Mai, Chiang Rai and Lamphun provinces from altitudes ranging at 495-1,400 meters above sea level differed between the geographic, soil and weather conditions. Weather in each location was varied similarly around the year, but it showed differed by quantitative measurements. The study of soil properties on physical, chemical, and soil moisture were investigated the water utilization at 4 levels in depth from 0-100 centimeters from the interval year 2558 BE. The result showed that soil moisture varied in seasonal changes at all depth levels. The earlier year accumulated moisture from the rain of the last year, but it was decreased steeply in March and moisture condition received some rainfall in May. The soil moisture under root zone was stable in the dry season and it increased gradually the sufficiency available water in the onset of the rainy season. In each location had different soil characteristics that effect on yield and fruit quality. For reference evapotranspiration used the modified Penman-Monteith method with limited data recording of maximum temperature and minimum temperature. Result revealed that the evapotranspiration values were differed higher than 20% when compared with calculating by the standardized method of Penman-Monteith. These results showed that weather data and soil characteristics had the specific variable of each location which there were important to consider the impact on fruit yield. Knowledge transferring about the rate of reference crop evapotranspiration (ET_o) and crop evapotranspiration (ET_c) indicated to water supply for crops should be

educated to officers who advised for fruit growers in the agricultural extension areas. Calculated represents of evapotranspiration in mango cultivated area was higher than the rainfall in this location for some month, then it risked into water deficit regimes. The cultivated area of mango showed evapotranspiration values moreover than persimmon and avocado that they had lower when compared with total rainfall understudied locations. Analyze of weather in Mango 'Chiin Hwang' production of MJM had more high temperature than NKW where be more cold area and long duration impacted to different flowering, but it was no more different precipitation. Considering the overall potential of NKW area suited for mango and avocado production due to optimized climate and soil moisture in rainfed highlands, moreover, there was colder weather than in TRG. However, annual rainfall distribution during cultivation was considered the impacts on water supply.

The result of the comparative study on the water balance (ET_c-Rainfall) in each month of the year occurred the El Niño phenomenon in medium type, it found that rainfall was less than normal, the especially early rainy season in May and June. Water balance values of three fruit crops showed negative values from January to June. The water balance values in persimmon and avocado were lower when compared to mango. Since mango had higher ET_c values which more consistent with the weather impacts of the medium El Niño phenomenon. It showed that effect decreased the mango yield due to a long duration of drought condition. Moreover, the evapotranspiration volume of three fruit crops in each growing area was likely to increase every year. It may be due to the rising temperature in that area. Based on the study of abnormal weather impacts, there is an important cause of the balance of the amount of water evaporation of plants and water derived from the rainfall in each month.

The developing and testing of plant models were analyzed by Microsoft Excel program and SPSS program on the weather data and yield of persimmon, mango 'Chiin Hwang' and avocado 'Buccania'. The result showed that weather variable factors in each location differed on temperature, precipitation, rainy day frequency, and air humidity before harvesting period during January to June, which they could forecast the yield unequal period before harvesting. Analysis of relationship was statistically

significant linear regression showed P-value less than 0.05 in all plant models, therefore they had different accuracy. These 12 plant models gave coefficient (R) range at 0.639-0.971

The study and plant models testing on forecasting to impact on persimmon yield were determined on the meteorological data and their yield of AKG and HNK in the year 2557 and 2558 BE. Effectiveness of the models was compared on the yield with deviational values should be at least or no different over 50% of recorded yield. Moreover, plant models of persimmon in AKG from meteorological data of January and February were developed into 4 models: YPA(1), YPA(2), YPA(3) and YPA(4) while the models of persimmon in HNK by data of the year 2557 BE were developed into 2 models : Y1PH and Y1PH. These models gave the P-value less than the assumption of a linear regression at the 0.05 level, which shows a statistically significant difference.

The validated results of the plant model of persimmon in the year 2559 were calculated with the correlations of precipitation frequency before the harvest months when the impact on persimmon production. It was proposed as a plant model (YPA59) of Ang Khang Royal Agricultural Station with the determination coefficient (R^2) of 0.487 which correlated with the rainy day's number of March to June at the fruit developmental stage and predicted for 2-6 months before harvest. The validation of the model (YPA59) was compared with YPA, YPA(1), YPA(2), YPA(3), and YPA(4). The model (YPA59) showed not so much deviation while the other models of YPA(1), YPA(2) and YPA(3) gave only 0.5, 9, and 4% of the deviations, respectively. The results showed similar values with the approximated yields. The validated results of the year 2561 followed as YPA, YPA (1), YPA (2), YPA (3) and YPA (4) was about 2,182-2,560 kilograms, while the model (YPA59) gave 3,734 kilograms compared with the actual yield was 2,800 kilograms in the year 2561.

For the Mae Hae Royal Project Development Center area, the equation of was proposed as a plant model (YPM_{59}) which correlated with the rainy day's number of January and predicted for 6 months before harvest. The validated results of the plant model in the year 2560 expected to yield up to 61,217 kilograms, which closed to the output yield of 50,707 kilograms with a deviation of 20%. However, in the year 2561, of the plant model was estimated only 3,831 kilograms, but the actual yield of 48,561

kilograms gave a deviation of 92%, which was a huge mistake in representing the plant model by the number of rainy days in January with a high probability of error. The effectiveness of this plant model was not accurate. In the previous study, the Y_{PH59} model of the Huai Nam Khun Royal Project Development Center revealed the differences from the forecasted yield in the year 2560. It reduced to just over 20 kilograms, which was reduced from the quantitative production of more than 11,300 kilograms. In the year 2561, it also gained erroneous differences in yield data of 64,168 kilograms from their productivity amount of 17,000 kilograms. They may be irregularities in yield which related to management. If other factors are influencing it, then the model can not be used forecasting in yield.

The study and plant models developing on forecasting to impact on mango and avocado yield in highlands were determined on the meteorological data and their yield relationships. Mango 'Chiin Hwang' models in the pattern no.1 of MJM consisted of 3 models (MJ1, MJ2, and MJ3) and the pattern no.2 of NKW consisted of 3 models (NK1, NK2, and NK3) by the relation of meteorological data from January to June. Avocado 'Buccania' models in the pattern no.3 of NKW consisted of 6 models (NK1, NK2, NK3, NK4, NK5, and NK6) and the pattern no.4 of TRG consisted of 6 models (TR1, TR2, TR3, TR*4, TR*5, and TR*6) by the relation of meteorological data from December to June. These plant models gave the coefficient of determination moreover 90% which showing acceptable levels that they could be used as a tool to study the effects of climate change affected fruit production on the highlands. Besides, the model testing against actual results of meteorology and plant productivity should be done to predict what will happen in the future and guidelines for farmers to adjust competitiveness through prepare to the impact on the fruit production of Royal Project.

A study on validation of plant models that predicts the effects of climate on yields of persimmon, mango, and avocado in the Royal Project area was determined based on the weather data in the year 2559 and 2560. The results showed that the plant model (persimmon) of Ang Khang Royal Agricultural Station (Y_{PA59}) was a relationship between the numbers of rainy days of March to June and predicted yield with negative correlation during 2 months before harvest. The deviated differences of

the plant model (YPA₅₉) showed at 31 and 16%, respectively. For the plant model (persimmon) of Mae Hae Project Development Center (YPM₅₉) was calculated by the frequency of rainy days in January. It revealed that the results of the year 2559 and 2560 were deviated differences in the plant model (YPM₅₉) at 28 and 20%, respectively. So, the predictability model could be used for predicting the yield of persimmon during 6 months before harvest and also used to maintain the impacts of weather on productivity.

To validate the plant model of mango (MJ3) of Mok Jam Royal Project Development Center, the predictable model during 2.5 months before the harvest was tested by the data in the year 2559-2560. Efficacy evaluation of this plant model was deviated 33 and 31%, respectively. Therefore, the yield has much smaller forecast errors. For the plant model for mango (NK3) of Nong Keaw Royal Project Development Center showed a high coefficient of 0.876, which was predictable during the 2 months before harvest and calculated by the accumulated rainfall in January and February, the average maximum temperature and the average minimum temperature in January and February variables. The testing result showed that in the year 2559 the various deviations were 35%. Thus, it could be used to warn of the impact of weather conditions on productivity. Whereas the result in the year 2017, the various deviations were found very different from the recorded yield value. The yield of mango was 1,393 kg due to damaged and its low quality to sell.

To validate the plant model YV_{NK3} of avocado 'Buccania' in Nong Keaw Royal Project Development Center, this plant model was calculated by using the weather data in the year 2559 and 2560 to predict the avocado yield during 2 months before harvest. It revealed that the yield forecast showed the deviation at 55 and 76%, respectively. For the plant model YV_{TR4} for avocado 'Buccania' in Thung Reang Royal Project Development Center, it had the coefficient of determination at 0.982 and also quite different in yield when calculated by using weather data in the year 2559 for predictability during 4 months before harvest.

The data analysis of the Huai Nam Khun Royal Project Development Center and the Mae Poon Luang Royal Project Development Center were incomplete and insufficient, then no results for suitable modeling predicted plum yield. For the Ang

Khang Royal Agricultural Station, linear regression analysis was performed from the data for the 3 years during the years 2558-2560, which the minimum temperature in January correlated to yield with the correlation coefficient (R) of 0.982, the determination coefficient (R^2) of 0.965 and the P-value of 0.035 was statistically significant. This plant model could be used to predict yield in the 4 months before harvest. Therefore, the relationship between yield and weather variables was showed the statistical relationship and also considered for useful purposes of the weather impact on yield. The plant models are used to explain and predict the dependent variable and are used to associate with the requirements in those plant models. It should not be influenced by other factors. In some years, there are various factors due to any reason, the plant models cannot be used to accurately yield forecasting.

The growth of persimmon 'P2' emerged from the bud after a break of rest in the winter at the end of February. Shoots and branches grew rapidly in March. Flowering found at the leaf axile from the base position of new branches. In the past study of the year 2560, the weather was not correlated to flower drop in the Ang Khang Royal Agricultural Station area. Fruit set was happened continuously, however, the young fruit drop occurred from March to April under variable weather. The weather in early April affected continuously the young fruit drop until May as a critical period. The linear correlation coefficient was statistically significant by the maximum temperature at 3 days before the fall (3dTmax). In the year 2561, a study on the impact of weather on the productivity critical period of persimmon 'P2' in Ang Khang Royal Agricultural Station was repeated. Results showed that the fruit drop occurred from mid-April to early May in young fruit with 1.5-2.2 cm of diameter and a slight decrease after fruit growth. The linear correlation coefficient was statistically significant by the daily maximum temperature at 4 days before the fall (4dTmax) with the correlation coefficient (R) of 0.998, the determination coefficient (R^2) of 0.996, and the P-value of 0.042. For the persimmon 'P2' in Mae Hae Royal Project Development Center, it found the fruit drop occurred from mid-April in young fruit with 1.5-2.2 cm of diameter. The linear correlation coefficient was statistically significant by the daily maximum temperature at 5 days before the fall (5dTmax) with the correlation coefficient (R) of 0.999, the determination coefficient (R^2) of 0.999, and the P-value of 0.022. Study on

the climate impacts on the critical stage of flowering development and yield was investigated on persimmon 'P2' at Ang Khang Royal Agricultural Station area. It was found that the flowering had not affected flower drop by temperature, but fruit drop correlated with the daily maximum temperature on day 3 before dropping. For the climate impact predicting on the fruit drop was calculated as shown in the equation.

The flowering study of mango 'Chiin Hwang' was conducted from December to February after past sufficient to drought and cool weather at Nong Keaw Royal Project Development Center. Flowering on the inflorescence emerged at the terminal bud. The flowering sex expressions had a high percentage of male flowers compared to perfect flowers. Therefore, there were found only 0.93-1.27% of the total flowers. Occurring of perfect flowers correlated with the difference between a minimum and maximum temperature on day 6 and day 5 before blooming. It found that the different environments affected the flowering and the fruit setting of mango 'Chiin Hwang'. The development of mango fruit had only a small number of fruit when compared with the number of flowers in their inflorescence. Young fruit drop was also occurring after the fruit developed. It was found that the daily minimum temperature on day 2 before dropping related to the significant effect on the fruit drop. However, it could not find a possible relationship with the environment at the fruit growth stage.

The flowering of avocado 'Buccania' emerged from the terminal bud before they blossom in February. The number of flowers per inflorescence was observed about 84-406 flowers. Floral sex expression was found to be more than 90% as the male flower, while as female flower be less than 2%, so there was a chance of less fruit setting. Relationship of floral sex expression and daily weather data were analyzed. It was found that the daily minimum temperature on day 4 before blooming affected increase number of male flowers which did not develop to fruit sets and caused a lot of flower drop. Besides, a relationship of fruit drop was studied that the daily mean temperature on day 3 before dropping showed a significant difference. So, the climate condition impacted on fruit drop at the young fruit more than fruit growth stages. The equations for predicting the impact of climate on the floral sex expression and fruit drop were manipulated.

The growth of plum ‘Dang Ban Luang’ emerged from the floral bud in late January. Flowering had a short period before the young fruit development continuous under the daily variable weather from February to March. The differences in daily temperature were not high at the mature stage in May. Under the Ang Khang Royal Agricultural Station area found the young fruit drop at 1.0-2.0 cm of diameter in the mid-February to mid-March. The linear correlation coefficient was statistically significant by the daily maximum temperature at 9 days before the fall (9dTmax) with the correlation coefficient (R) of 1.000, the determination coefficient (R^2) of 0.999, and the P-value of 0.016. Study results in the Mae Poon Luang Royal Project Development Center were found the young fruit drop at more 1 cm of diameter before pit hardening in the mid-February to early March. The linear correlation coefficient was statistically significant by the daily maximum temperature at 5 days before the fall (5dTmax) with the correlation coefficient (R) of 1.000, the determination coefficient (R^2) of 1.000, and the P-value of 0.010. The harvesting time of plum ‘Dang Ban Luang’ in the Mae Poon Luang Royal Project Development Center was in early May faster than the Ang Khang Royal Agricultural Station areas in late May. Therefore, the results revealed that temperature was a factor as affecting the flowering development, flower and fruit dropping, and also its fruit crop yield. These data will provide information on a guideline for preparation of climate variability impacts on production plan and marketing of the fruit growers in the highlands and officers of Royal Project Foundation.

The reduction to the impacts of climate on fruit dropping during the critical period of the production of persimmon, mango and avocado was studied to promote the fruiting and reduce the fruit dropping during the critical period due to the climate impacts by the use of plant growth regulators. The results of spraying with gibberellin solution at a concentration of 30 mg/L at the flower full bloom stage of persimmon ‘P2’ affected to fruit number retaining more than 90% in the Ang Khang Royal Agricultural Station. The use of NAA solution at a concentration of 25 mg/L maintained at 33% retaining to fruit number of mango ‘Chiin Hwang’, also gibberellin solution at a concentration of 50 mg/L at the inflorescence emerging stage of avocado ‘Buccania’ showed persisted of fruit number without any loss in the the inflorescences in the Nong Keaw Royal Project Development Center. Then, using plant growth regulators

depended on the other factors as the concentration of solutions, kind of plants, plant developmental stages, healthy trees, and as well as the local environments.

2. Suggestions to adaptation for adaptation to reduce the impacts of climate variability on a yield of fruit crops in the highlands

Making recommendations for fruit growers' adaptation to mitigate the impacts of climate change was presented to preparing support and propose ways to reduce the impact severity of fruit growers in the Royal Project Foundation extension areas. It consisted to follow as I) information preparation and information dissemination to create understanding for fruit growers, II) choosing planting areas and balancing the environment in the highland, III) supporting climate education and plant research, IV) appropriate use of crop production technology, V) preparing to cope with climate change that occurs, VI) methods and strategies for adaptation of fruit growers using, VII) policy support is a master plan for sustainable area development to support climate change in preparation for the impacts of climate change on fruit growers in the Royal Project areas.

Conclusion

The study on the impacts of climate variability on fruit cultivation in highlands varied similarly around the year that differed by quantitative measurements. Climate data were developed to be the climate model that has a clear relationship between the Southern oscillation index (SOI) with maximum temperature, minimum temperature, and precipitation in some month of the year. The validated results of a climate model in the highlands were forecasted only some area. It needs the study for accuracy testing under the moderate and severe phenomenon of El Niño and La Niña regimes to an estimate the fruit yield. Climate model for a long period (2531-2564 BE.) under the regional level of ECHAM4-PRECIS revealed that maximum temperature and minimum temperature in the highlands tend to increase but precipitation was uncertainly and highly variability in a year.

The variable of the ENSO phenomenon was the situation of the El Niño more than La Niña. The impact of the La Niña in strong type showed likely a trend of the decreased persimmon yield, while no significant relationship on the yield of plum

‘Dang Ban Luang’. Climate factors impacted on the fruit dropping among young fruit by showing significantly relationship in the linear equation. Moreover, it depends on the difference of the geographic, soil, weather conditions, and kind of plants. The result showed that the evapotranspiration in mango cultivated area was higher than the rainfall in location for some month and showed amount more than persimmon and avocado.

The developing and testing of plant models were analyzed on the weather data and yield of persimmon, mango ‘Chiin Hwang’, avocado ‘Buccania’, and plum ‘Dang Ban Luang’ by the weather factors before harvesting period. The result showed that the relationship was statistically significant linear regression which could forecast the accuracy in some specific area before harvesting period in each plant models. The validated results were reliably deviated by the other factors influencing it. The plant model could not be used to predict the accuracy yield, therefore was a limitation of the efficiency in forecasting in advance.

From the study, the impact of climate influenced the floral sex expression and fruit drop at the young fruit more than the fruit growth stages. Guidelines for reducing weather impacts on fruit drop during the critical period of persimmon, mango and avocado productions were studied by using plant growth regulators to spray in full bloom period. The result showed that the number of fruits remaining on the tree was found and decreased the fruit drop which gave a method to reduce the yield damage in some areas due to the impacts of climate change.

Utilization of the climate model and plant model should be designed to facilitate easy access to information and timely situational awareness on the climate and fruit yield. Preparation of the meteorological monitoring and instrument setting to meet the standards by the directly responsible personnel are necessary for the development of efficiency. In the opinion of fruit growers on highland areas fruit growers are affected by climate variability on their gainful yield. Then, it should have the policy and plan to inform information for growers will be gotten promptly in time to remedy the situation for highland farmers and Royal Project officers.

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
คณะผู้วิจัย	ข
บทสรุปสำหรับผู้บริหาร	ง
Executive Summary	ด
สารบัญ	ย
สารบัญตาราง	ว
สารบัญรูป	กก
สารบัญรูปภาคผนวก	คณ
บทคัดย่อ	ณณ
Abstract	ตต
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 หลักการและเหตุผล	1
1.2 วัตถุประสงค์	3
1.3 กรอบแนวความคิด	3
1.4 ขอบเขตของการศึกษา	4
บทที่ 2 การตรวจเอกสาร	6
บทที่ 3 วิธีการวิจัย	15
3.1 วิธีการดำเนินการวิจัย	15
3.2 สถานที่ดำเนินงานวิจัย	18
บทที่ 4 ผลการวิจัย	19
4.1 การทบทวนแบบจำลองพืชของพลับ มะม่วง อาโวคาโด	19
4.1.1 การทบทวนแบบจำลองพืชที่พยากรณ์ผลกระทบต่อผลผลิตพลับ	19
4.1.2 การทบทวนแบบจำลองพืชที่พยากรณ์ผลกระทบต่อผลผลิตมะม่วง	40
พันธุ์วลคำ	
4.1.3 การทบทวนแบบจำลองพืชที่พยากรณ์ผลกระทบต่อผลผลิต	
อาโวคาโดพันธุ์อัคคาเนีย	56

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.2 การศึกษาและประมวลผลกระทบจากความแปรปรวนของสภาพภูมิอากาศต่อการผลิตไม้ผล 3 ชนิด ได้แก่ พลับ มะม่วง อาโวคาโด ในพื้นที่มูลนิธิโครงการหลวง	84
4.2.1 การวิเคราะห์สภาพภูมิอากาศในพื้นที่ศึกษา	88
4.2.2 ภาพฉายแบบจำลองการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศเชิงพื้นที่	92
4.2.3 การพัฒนาแบบจำลองอากาศบนพื้นที่สูงที่พยากรณ์การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ	104
4.2.4 การวิเคราะห์สภาพภูมิอากาศที่มีผลต่อการเกิดน้ำค้างแข็ง	110
4.2.5 การศึกษาปรากฏการณ์เอลนีโญหรือลานีญาระหว่างปี พ.ศ. 2530-2561	112
4.2.6 การศึกษาและประมวลผลกระทบจากความแปรปรวนของสภาพภูมิอากาศต่อการผลิตไม้ผล 3 ชนิด ได้แก่ พลับ มะม่วง อาโวคาโด ในพื้นที่มูลนิธิโครงการหลวง	115
4.2.7 การศึกษาความแปรปรวนของสภาพอากาศในพื้นที่ปลูกไม้ผล 3 ชนิด คือ พลับ มะม่วง อาโวคาโด ในพื้นที่เพิ่มเติม 2 แห่งต่อชนิดไม้ผล ในพื้นที่มูลนิธิโครงการหลวง เพื่อวิเคราะห์เปรียบเทียบในเชิงพรรณนาระหว่างพื้นที่ศึกษาที่ผ่านมา รวมถึงแนวโน้มของผลกระทบต่อผลผลิตไม้ผลทั้งสามชนิดในพื้นที่มูลนิธิโครงการหลวง	136
4.3 การศึกษาและทดสอบสภาวะวิกฤติของสภาพภูมิอากาศต่อการผลิตไม้ผล 3 ชนิด ได้แก่ พลับ มะม่วง อาโวคาโด ในพื้นที่มูลนิธิโครงการหลวง	162
4.3.1 ประมวลผลและรวบรวมข้อมูลที่ได้มาจากการศึกษาระยะวิกฤติของการให้ผลผลิตของพลับพันธุ์ P2 มะม่วงพันธุ์นวลคำ อาโวคาโดพันธุ์บัวคานี โดยนำเสนอเป็นข้อมูลเบื้องต้นของระยะวิกฤติที่กระทบต่อการให้ผลผลิตของไม้ผลทั้ง 3 ชนิด	162
4.3.2 การศึกษาและทดสอบสภาวะวิกฤติของสภาพภูมิอากาศต่อการผลิตพลับในพื้นที่มูลนิธิโครงการหลวง	189
4.3.3 การศึกษาและทดสอบสภาวะวิกฤติของสภาพภูมิอากาศต่อการผลิตมะม่วงในพื้นที่มูลนิธิโครงการหลวง	202

4.3.4 การศึกษาและทดสอบสภาวะวิกฤติของสภาพภูมิอากาศต่อ การผลิตอาโวคาโดในพื้นที่มูลนิธิโครงการหลวง	215
4.3.5 การศึกษาชนิดและระดับความเข้มข้นของสารควบคุมการ เจริญเติบโตในช่วงระยะหลังดอกบานถึงระยะแรกของการติดผล ต่อการติดผล สำหรับเป็นแนวทางการลดผลกระทบของสภาพ อากาศต่อการร่วงของผลในระยะวิกฤติของการให้ผลผลิตของ ไม้ผลทั้ง 3 ชนิด (พลับพลาพันธุ์ P2 มะม่วงพันธุ์นวลคำ อาโวคาโด พันธุ์บัวคานี)	224
4.4 เสนอแนะแนวทางการปรับตัวในการลดผลกระทบจากการแปรปรวนของ สภาพภูมิอากาศที่มีต่อการให้ผลผลิตไม้ผลบนพื้นที่สูง	233
บทที่ 5 วิจัยผลการวิจัย	241
บทที่ 6 สรุปผลการวิจัย	282
เอกสารอ้างอิง	288
ภาคผนวก	293
ตารางสรุปเปรียบเทียบแผนงานวิจัยกับผลงานวิจัย	300

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 1 ผลการประมาณค่าผลผลิตตามแบบจำลองพืชของพลับในพื้นที่สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง	29
ตารางที่ 2 ค่าตัวแปร $error_{t-1}$ สำหรับแทนค่าในแบบจำลองพืชของพลับในพื้นที่สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง	30
ตารางที่ 3 ผลต่างของข้อมูลผลผลิตในแบบจำลองพืชที่ปรับแล้วสำหรับการพยากรณ์ปริมาณผลผลิตของพลับในพื้นที่สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง	31
ตารางที่ 4 ผลการประมาณค่าผลผลิตตามแบบจำลองของพลับในพื้นที่ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงห้วยน้ำขุ่น	34
ตารางที่ 5 ค่าตัวแปร $error_{t-1}$ สำหรับแทนค่าในแบบจำลองพืชของพลับในพื้นที่ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงห้วยน้ำขุ่น	35
ตารางที่ 6 ผลต่างของข้อมูลผลผลิตในแบบจำลองพืชที่ปรับแล้วสำหรับการพยากรณ์ปริมาณผลผลิตของพลับในพื้นที่ของศูนย์พัฒนาโครงการหลวงห้วยน้ำขุ่น	36
ตารางที่ 7 ผลการประมาณค่าผลผลิตตามแบบจำลองพืชของพลับในพื้นที่ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงวัดจันทร์	39
ตารางที่ 8 ค่าตัวแปร $error_{t-1}$ สำหรับแทนค่าในแบบจำลองพืชของพลับในพื้นที่ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงวัดจันทร์	39
ตารางที่ 9 ผลต่างของข้อมูลผลผลิตในแบบจำลองพืชที่ปรับแล้วสำหรับการพยากรณ์ปริมาณผลผลิตของพลับในพื้นที่ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงวัดจันทร์	40
ตารางที่ 10 ผลการประมาณค่าผลผลิตตามแบบจำลองพืชของมะม่วงพันธุ์นวลคำในพื้นที่ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหมอกจ๋าม	47
ตารางที่ 11 ค่าตัวแปร $error_{t-1}$ สำหรับแทนค่าในแบบจำลองพืชของมะม่วงพันธุ์นวลคำในพื้นที่ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหมอกจ๋าม	48
ตารางที่ 12 ผลต่างของข้อมูลผลผลิตในแบบจำลองพืชที่ปรับแล้วสำหรับการพยากรณ์ปริมาณผลผลิตของมะม่วงพันธุ์นวลคำในพื้นที่ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหมอกจ๋าม	48
ตารางที่ 13 ผลการประมาณค่าผลผลิตตามแบบจำลองพืชของมะม่วงพันธุ์นวลคำในพื้นที่ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหนองเขียว	52

สารบัญตาราง (ต่อ)

	หน้า
ตารางที่ 14 ค่าตัวแปร $error_{t-1}$ สำหรับแทนค่าในแบบจำลองพีชของมะม่วงพันธุ์ นวลคำในพื้นที่ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหนองเขียว	53
ตารางที่ 15 ผลต่างของข้อมูลผลผลิตในแบบจำลองพีชที่ปรับแล้วสำหรับการพยากรณ์ ปริมาณผลผลิตของมะม่วงพันธุ์นวลคำในพื้นที่ศูนย์พัฒนาโครงการหลวง หนองเขียว	53
ตารางที่ 16 ผลการประมาณค่าผลผลิตตามแบบจำลองพีชของอาโวคาโดพันธุ์บัคคาเนีย ในพื้นที่ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหนองเขียว	63
ตารางที่ 17 ค่าตัวแปร $error_{t-1}$ สำหรับแทนค่าในแบบจำลองพีชของอาโวคาโดพันธุ์ บัคคาเนียในพื้นที่ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหนองเขียว	65
ตารางที่ 18 ผลต่างของข้อมูลผลผลิตในแบบจำลองพีชที่ปรับแล้วสำหรับการพยากรณ์ ปริมาณผลผลิตของอาโวคาโดพันธุ์บัคคาเนียในพื้นที่ศูนย์พัฒนาโครงการ หลวงหนองเขียว	65
ตารางที่ 19 ผลการประมาณค่าผลผลิตตามแบบจำลองพีชของอาโวคาโดพันธุ์บัคคาเนีย ในพื้นที่ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงทุ่งเริง	70
ตารางที่ 20 ค่าตัวแปร $error_{t-1}$ สำหรับแทนค่าในแบบจำลองพีชของอาโวคาโดพันธุ์ บัคคาเนียในพื้นที่ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงทุ่งเริง	71
ตารางที่ 21 ผลต่างของข้อมูลผลผลิตในแบบจำลองพีชที่ปรับแล้วสำหรับการพยากรณ์ ปริมาณผลผลิตของอาโวคาโดพันธุ์บัคคาเนียในพื้นที่ศูนย์พัฒนาโครงการ หลวงทุ่งเริง	72
ตารางที่ 22 ผลการประมาณค่าผลผลิตตามแบบจำลองพีชของอาโวคาโดพันธุ์บัคคาเนีย ในพื้นที่ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงทุ่งเริง	74
ตารางที่ 23 ค่าตัวแปร $error_{t-1}$ สำหรับแทนค่าในแบบจำลองพีชของอาโวคาโดพันธุ์ บัคคาเนียในพื้นที่ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงทุ่งเริง	74
ตารางที่ 24 ผลต่างของข้อมูลผลผลิตในแบบจำลองพีชที่ปรับแล้วสำหรับการพยากรณ์ ปริมาณผลผลิตของอาโวคาโดพันธุ์บัคคาเนียในพื้นที่ศูนย์พัฒนาโครงการ หลวงทุ่งเริง	75

สารบัญตาราง (ต่อ)

	หน้า
ตารางที่ 25 ผลการประมาณค่าแบบจำลองพืชของอาโวคาโดพันธุ์บักคาเนียในพื้นที่ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหนองหอย	76
ตารางที่ 26 ค่าตัวแปร $error_{t-1}$ สำหรับแทนค่าในแบบจำลองพืชของอาโวคาโดพันธุ์บักคาเนียในพื้นที่ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหนองหอย	77
ตารางที่ 27 ผลต่างของข้อมูลผลผลิตในแบบจำลองพืชที่ปรับแล้วสำหรับการพยากรณ์ปริมาณผลผลิตของอาโวคาโดพันธุ์บักคาเนียในพื้นที่ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหนองหอย	78
ตารางที่ 28 ผลการศึกษาปัจจัยสภาพอากาศที่มีนัยสำคัญทางสถิติต่อการใช้พยากรณ์ปริมาณผลผลิตของพลับในพื้นที่มูลนิธิโครงการหลวง	80
ตารางที่ 29 ผลการศึกษาปัจจัยสภาพอากาศที่มีนัยสำคัญทางสถิติต่อการใช้พยากรณ์ปริมาณผลผลิตของมะม่วงพันธุ์นวลคำในพื้นที่มูลนิธิโครงการหลวง	81
ตารางที่ 30 ผลการศึกษาปัจจัยสภาพอากาศที่มีนัยสำคัญทางสถิติต่อการใช้พยากรณ์ปริมาณผลผลิตของอาโวคาโดพันธุ์บักคาเนียในพื้นที่มูลนิธิโครงการหลวง	83
ตารางที่ 31 สถานีอุตุนิยมวิทยาข้างเคียงที่ให้ประกอบการทำแบบจำลองสภาพภูมิอากาศ	85
ตารางที่ 32 แบบจำลองสภาพภูมิอากาศในอนาคต 50 ปีข้างหน้าของสถานีเกษตรหลวงอ่างขางตามการพยากรณ์ในระยะยาวภายใต้การพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแบบ A2 และ B2	96
ตารางที่ 33 การเปลี่ยนแปลงของค่าเฉลี่ยในรอบทศวรรษในช่วงปีพ.ศ. 2558 - 2607 ในแต่ละพื้นที่ตาม ECHAM4-PRECIS แบบ A2 และ B2	102
ตารางที่ 34 แบบจำลองสภาพอากาศของอุณหภูมิสูงสุด (Tmax) อุณหภูมิต่ำสุด (Tmin) และปริมาณฝน (Rainfall) ในแต่ละเดือนของสถานีเกษตรหลวงอ่างขางจากความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ย SOI (3 เดือน) เป็นค่า X และ ค่าสภาพอากาศเป็นค่า Y	107
ตารางที่ 35 วันที่เกิดน้ำค้างแข็งในพื้นที่ของสถานีเกษตรหลวงอ่างขางระหว่างช่วงปี พ.ศ. 2544 - 2556 (ค.ศ. 2001 - 2013)	111
ตารางที่ 36 ค่าเฉลี่ย 3 เดือนของ SOI และเหตุการณ์การเกิดปรากฏการณ์เอลนีโญและลานีญาระดับความรุนแรงต่าง ๆ ในช่วงปี พ.ศ. 2530 - 2561	114

สารบัญตาราง (ต่อ)

		หน้า
ตารางที่ 37	ข้อมูลปริมาณผลผลิตของพลับ มะม่วงพันธุ์นวลคำ และอาโวคาโดพันธุ์ บัคคาเนียในพื้นที่มูลนิธิโครงการหลวงที่ศึกษาเพิ่มเติม	136
ตารางที่ 38	ปริมาณผลผลิตพลับในพื้นที่ของมูลนิธิโครงการหลวง จำนวน 4 แห่ง ตาม สภาพแปรปรวนของภูมิอากาศภายใต้ปรากฏการณ์เอนโซระหว่างปี พ.ศ. 2546 – 2561	143
ตารางที่ 39	ปริมาณผลผลิตมะม่วงพันธุ์นวลคำในพื้นที่ของมูลนิธิโครงการหลวง จำนวน 4 แห่ง ตามสภาพแปรปรวนของภูมิอากาศภายใต้ปรากฏการณ์เอนโซ ระหว่างปี พ.ศ. 2546 – 2561	150
ตารางที่ 40	ปริมาณผลผลิตอาโวคาโดพันธุ์บัคคาเนียในพื้นที่ของมูลนิธิโครงการหลวง จำนวน 4 แห่ง ตามสภาพแปรปรวนของภูมิอากาศภายใต้ปรากฏการณ์ เอนโซระหว่างปี พ.ศ. 2546 – 2561	159
ตารางที่ 41	การวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลอากาศกับการร่วงของผลพลับใน สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง	166
ตารางที่ 42	ค่าทางสถิติของตัวแปรอิสระต่าง ๆ ที่นำมาวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น ระหว่างข้อมูลอากาศกับการร่วงของผลพลับในสถานีเกษตรหลวงอ่างขาง	166
ตารางที่ 43	การวิเคราะห์ความแปรปรวนของอุณหภูมิสูงสุดรายวันในวันที่ 4 ก่อนการ ร่วงของผลพลับพันธุ์ P2 ในสถานีเกษตรหลวงอ่างขาง	167
ตารางที่ 44	ค่าทางสถิติของตัวแปรอิสระต่าง ๆ ที่นำมาวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น ระหว่างอุณหภูมิสูงสุดรายวันในวันที่ 4 ก่อนการร่วงของผลพลับพันธุ์ P2 ในสถานีเกษตรหลวงอ่างขาง	167
ตารางที่ 45	การวิเคราะห์ความแปรปรวนของอุณหภูมิสูงสุดรายวันในวันที่ 2 ก่อนการ ร่วงของผลพลับพันธุ์ P2 ในสถานีเกษตรหลวงอ่างขาง	167
ตารางที่ 46	ค่าทางสถิติของตัวแปรอิสระต่าง ๆ ที่นำมาวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น ระหว่างอุณหภูมิสูงสุดรายวันในวันที่ 2 ก่อนการร่วงของผลพลับพันธุ์ P2 ในสถานีเกษตรหลวงอ่างขาง	168
ตารางที่ 47	การวิเคราะห์ความแปรปรวนของอุณหภูมิสูงสุดรายวันในวันที่ 1 ก่อน การร่วงของผลพลับพันธุ์ P2 ในสถานีเกษตรหลวงอ่างขาง	168

สารบัญตาราง (ต่อ)

		หน้า
ตารางที่ 48	ค่าทางสถิติของตัวแปรอิสระต่าง ๆ ที่นำมาวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นระหว่างอุณหภูมิสูงสุดรายวันในวันที่ 1 ก่อนการร่วงของผลพลับพันธุ์ P2 ในสถานีเกษตรหลวงอ่างขาง	168
ตารางที่ 49	การวิเคราะห์ความแปรปรวนของอุณหภูมิสูงสุดรายวันในวันที่ 5 ก่อนการร่วงของผลพลับพันธุ์ P2 ในศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแม่แฮ	170
ตารางที่ 50	ค่าทางสถิติของตัวแปรอิสระต่าง ๆ ที่นำมาวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นระหว่างอุณหภูมิสูงสุดรายวันในวันที่ 5 ก่อนการร่วงของผลพลับพันธุ์ P2 ในศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแม่แฮ	171
ตารางที่ 51	การวิเคราะห์ความแปรปรวนของอุณหภูมิสูงสุดรายวันในวันที่ 1 ก่อนการร่วงของผลพลับพันธุ์ P2 ในศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแม่แฮ	171
ตารางที่ 52	ค่าทางสถิติของตัวแปรอิสระต่าง ๆ ที่นำมาวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นระหว่างอุณหภูมิสูงสุดรายวันในวันที่ 1 ก่อนการร่วงของผลพลับพันธุ์ P2 ในศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแม่แฮ	171
ตารางที่ 53	การวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลอากาศกับการเกิดดอกเพศผู้ของมะม่วงพันธุ์นวลคำในศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหนองเขียว	175
ตารางที่ 54	ค่าทางสถิติของตัวแปรอิสระต่าง ๆ ที่นำมาวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นระหว่างข้อมูลอากาศกับการเกิดดอกเพศผู้ของผลมะม่วงพันธุ์นวลคำในศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหนองเขียว	175
ตารางที่ 55	การวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลอากาศกับการเกิดดอกสมบูรณ์เพศของมะม่วงพันธุ์นวลคำในศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหนองเขียว	175
ตารางที่ 56	ค่าทางสถิติของตัวแปรอิสระต่าง ๆ ที่นำมาวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นระหว่างข้อมูลอากาศกับการเกิดดอกสมบูรณ์เพศของมะม่วงพันธุ์นวลคำในศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหนองเขียว	176
ตารางที่ 57	การวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลอากาศกับการร่วงของผลมะม่วงพันธุ์นวลคำในศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหนองเขียว	178

สารบัญตาราง (ต่อ)

		หน้า
ตารางที่ 58	ค่าทางสถิติของตัวแปรอิสระต่าง ๆ ที่นำมาวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นระหว่างข้อมูลอากาศกับการร่วงของผลมะม่วงพันธุ์นวลคำในศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหนองเขียว	178
ตารางที่ 59	การวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลอากาศกับการเกิดดอกเพศผู้ของอาโวคาโดพันธุ์บัคคาเนียในศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหนองเขียว	183
ตารางที่ 60	ค่าทางสถิติของตัวแปรอิสระต่าง ๆ ที่นำมาวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นระหว่างข้อมูลอากาศกับการเกิดดอกเพศผู้ของอาโวคาโดพันธุ์บัคคาเนียในศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหนองเขียว	183
ตารางที่ 61	การวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลอากาศกับการเกิดดอกเพศเมียของอาโวคาโดพันธุ์บัคคาเนียในศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหนองเขียว	184
ตารางที่ 62	ค่าทางสถิติของตัวแปรอิสระต่าง ๆ ที่นำมาวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นระหว่างข้อมูลอากาศกับการเกิดดอกเพศเมียของอาโวคาโดพันธุ์บัคคาเนียในศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหนองเขียว	184
ตารางที่ 63	การวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลอากาศกับการร่วงของผลอาโวคาโดพันธุ์บัคคาเนียในศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหนองเขียว	186
ตารางที่ 64	ค่าทางสถิติของตัวแปรอิสระต่าง ๆ ที่นำมาวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นระหว่างข้อมูลอากาศกับการร่วงของผลอาโวคาโดพันธุ์บัคคาเนียในศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหนองเขียว	187
ตารางที่ 65	สหสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิสูงสุดรายวันและร้อยละการร่วงของพลับพันธุ์ P2 ระยะผลอ่อนในสถานีเกษตรหลวงอ่างขางของปี พ.ศ. 2562	195
ตารางที่ 66	การวิเคราะห์ความแปรปรวนของอุณหภูมิสูงสุดรายวันในวันที่ 2 ก่อนการร่วงของผลพลับพันธุ์ P2 ในสถานีเกษตรหลวงอ่างขางของปี พ.ศ. 2562	196
ตารางที่ 67	ค่าทางสถิติของตัวแปรอิสระต่าง ๆ ที่นำมาวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นระหว่างอุณหภูมิสูงสุดรายวันในวันที่ 2 ก่อนการร่วงของผลพลับพันธุ์ P2 ในสถานีเกษตรหลวงอ่างขางของปี พ.ศ. 2562	196

สารบัญตาราง (ต่อ)

		หน้า
ตารางที่ 68	สหสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิสูงสุดรายวันและร้อยละการร่วงของพลับ พันธุ์ P2 ระยะผลอ่อนในศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแม่แฮของปี พ.ศ. 2562	201
ตารางที่ 69	การวิเคราะห์ความแปรปรวนของอุณหภูมิสูงสุดรายวันในวันที่ 6 ก่อน การร่วงของผลพลับพันธุ์ P2 ในศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแม่แฮ	201
ตารางที่ 70	ค่าทางสถิติของตัวแปรอิสระต่าง ๆ ที่นำมาวิเคราะห์การถดถอย เชิงเส้นระหว่างอุณหภูมิสูงสุดรายวันในวันที่ 6 ก่อนการร่วงของผล พลับในศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแม่แฮ	201
ตารางที่ 71	สหสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิสูงสุดรายวันและร้อยละการร่วงของ มะม่วงพันธุ์นวลคำ ระยะผลอ่อน ในศูนย์พัฒนาโครงการหลวง หนองเขียว ของปี พ.ศ. 2562	209
ตารางที่ 72	การวิเคราะห์ความแปรปรวนของอุณหภูมิต่ำสุดรายวันในวันที่ 2 ก่อน การร่วงของผลมะม่วงพันธุ์นวลคำในศูนย์พัฒนาโครงการหลวง หนองเขียว	210
ตารางที่ 73	ค่าทางสถิติของตัวแปรอิสระต่าง ๆ ที่นำมาวิเคราะห์การถดถอย เชิงเส้นระหว่างอุณหภูมิต่ำสุดรายวันในวันที่ 2 ก่อนการร่วงของผล มะม่วงพันธุ์นวลคำในศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหนองเขียว	210
ตารางที่ 74	สหสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิต่ำสุดรายวันและร้อยละการร่วงของ มะม่วงพันธุ์นวลคำ ระยะผลอ่อน ในศูนย์พัฒนาโครงการหลวงห้วยลึก ของปี พ.ศ. 2562	212
ตารางที่ 75	การวิเคราะห์ความแปรปรวนของอุณหภูมิต่ำสุดรายวันในวันที่ 5 ก่อน การร่วงของผลมะม่วงพันธุ์นวลคำในศูนย์พัฒนาโครงการหลวงห้วยลึก	213
ตารางที่ 76	ค่าทางสถิติของตัวแปรอิสระต่าง ๆ ที่นำมาวิเคราะห์การถดถอย เชิงเส้นระหว่างอุณหภูมิต่ำสุดรายวันในวันที่ 5 ก่อนการร่วงของผล มะม่วงพันธุ์นวลคำในศูนย์พัฒนาโครงการหลวงห้วยลึก	213

สารบัญตาราง (ต่อ)

	หน้า
ตารางที่ 77 สหสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิสูงสุดรายวันและร้อยละการร่วงของ มะม่วงพันธุ์นวลคำ ระยะผลอ่อน ในศูนย์พัฒนาโครงการหลวงห้วยลึก ของปี พ.ศ. 2562	214
ตารางที่ 78 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของอุณหภูมิสูงสุดรายวันในวันที่ 4 ก่อน การร่วงของผลมะม่วงพันธุ์นวลคำในศูนย์พัฒนาโครงการหลวงห้วยลึก	214
ตารางที่ 79 ค่าทางสถิติของตัวแปรอิสระต่าง ๆ ที่นำมาวิเคราะห์การถดถอย เชิงเส้นระหว่างอุณหภูมิสูงสุดรายวันในวันที่ 4 ก่อนการร่วงของผล มะม่วงพันธุ์นวลคำในศูนย์พัฒนาโครงการหลวงห้วยลึก	215
ตารางที่ 80 สหสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิเฉลี่ยรายวันและร้อยละการร่วงของ อาโวคาโดพันธุ์บัคคาเนียระยะผลอ่อน ในศูนย์พัฒนาโครงการหลวง หนองเขียว ของปี พ.ศ. 2562	221
ตารางที่ 81 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของอุณหภูมิเฉลี่ยรายวันในวันที่ 2 ก่อน การร่วงของผลอาโวคาโดพันธุ์บัคคาเนียในศูนย์พัฒนาโครงการหลวง หนองเขียว	221
ตารางที่ 82 ค่าทางสถิติของตัวแปรอิสระต่าง ๆ ที่นำมาวิเคราะห์การถดถอย เชิงเส้นระหว่างอุณหภูมิเฉลี่ยรายวันในวันที่ 2 ก่อนการร่วงของผล อาโวคาโดพันธุ์บัคคาเนียในศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหนองเขียว	221
ตารางที่ 83 สหสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิสูงสุดรายวันและร้อยละการร่วงของ อาโวคาโดพันธุ์บัคคาเนียระยะผลอ่อน ในศูนย์พัฒนาโครงการหลวง ทุ่งเริง ของปี พ.ศ. 2562	223
ตารางที่ 84 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของอุณหภูมิสูงสุดรายวันในวันที่ 6 ก่อน การร่วงของผลอาโวคาโดพันธุ์บัคคาเนียในศูนย์พัฒนาโครงการหลวง ทุ่งเริง	223
ตารางที่ 85 ค่าทางสถิติของตัวแปรอิสระต่าง ๆ ที่นำมาวิเคราะห์การถดถอย เชิงเส้นระหว่างอุณหภูมิสูงสุดรายวันในวันที่ 6 ก่อนการร่วงของผล อาโวคาโดพันธุ์บัคคาเนียในศูนย์พัฒนาโครงการหลวงทุ่งเริง	223

สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 1 ปริมาณการผลิตพลับของสถานีเกษตรหลวงอ่างขางระหว่างปี พ.ศ. 2546-2561	19
รูปที่ 2 ปริมาณผลผลิตรายวันและช่วงการเก็บผลผลิตพลับของสถานีเกษตรหลวงอ่างขางในปี พ.ศ. 2560 และ 2561	19
รูปที่ 3 ช่วงเวลาการให้ผลผลิตพลับของสถานีเกษตรหลวงอ่างขางระหว่างเดือนกรกฎาคมถึงตุลาคม พ.ศ. 2546-2561	20
รูปที่ 4 ปริมาณผลผลิตพลับแยกตามเกรดและพันธุ์ของสถานีเกษตรหลวงอ่างขางปี พ.ศ. 2546-2557	21
รูปที่ 5 คุณภาพผลตามเกรดของผลผลิตพลับในสัดส่วนร้อยละจากผลผลิตทั้งหมดในปี พ.ศ. 2546-2557 ของสถานีเกษตรหลวงอ่างขาง	21
รูปที่ 6 ปริมาณการผลิตพลับของศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแม่แฮระหว่างปี พ.ศ. 2546-2561	22
รูปที่ 7 ปริมาณผลผลิตรายวันและช่วงการเก็บผลผลิตพลับของศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแม่แฮในปี พ.ศ. 2560 และ 2561	22
รูปที่ 8 ช่วงเวลาการให้ผลผลิตพลับของศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแม่แฮระหว่างเดือนกรกฎาคมถึงตุลาคม พ.ศ. 2546-2561	23
รูปที่ 9 ปริมาณผลผลิตพลับแยกตามเกรดและพันธุ์ของศูนย์พัฒนาโครงการหลวงห้วยน้ำขุนปี พ.ศ. 2546-2557	24
รูปที่ 10 คุณภาพผลตามเกรดของผลผลิตพลับในสัดส่วนร้อยละจากผลผลิตทั้งหมดในปี พ.ศ. 2546-2557 ของศูนย์พัฒนาโครงการหลวงห้วยน้ำขุน	24
รูปที่ 11 ประสิทธิภาพการทดสอบผลผลิตตามแบบจำลองพืชของพลับที่มาจากการศึกษาระหว่างปี พ.ศ. 2546 - 2561 ในพื้นที่สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง	27
รูปที่ 12 ประสิทธิภาพการทดสอบผลผลิตตามแบบจำลองพืชของพลับ จำนวน 4 แบบที่มาจากการศึกษาระหว่างปี พ.ศ. 2546 - 2561 ในพื้นที่ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงห้วยน้ำขุน	33
รูปที่ 13 ประสิทธิภาพการประเมินผลผลิตตามแบบจำลองพืชของพลับ YPM ₅₉ ของศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแม่แฮ	37
รูปที่ 14 ประสิทธิภาพการประเมินผลผลิตตามแบบจำลองพืชของพลับ YPW ₅₉ ในพื้นที่ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงวัดจันทร์	38

สารบัญรูป (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 15 ปริมาณการผลิตมะม่วงพันธุ์นวลคำของศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหมอกจ้ามระหว่างปี พ.ศ. 2547 - 2560	41
รูปที่ 16 ช่วงเวลาการให้ผลผลิตมะม่วงพันธุ์นวลคำของศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหมอกจ้ามระหว่างเดือนมิถุนายนถึงสิงหาคม พ.ศ. 2548 - 2560	41
รูปที่ 17 ปริมาณการผลิตมะม่วงพันธุ์นวลคำของศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหนองเขียวระหว่างปี พ.ศ. 2547 - 2560	42
รูปที่ 18 ปริมาณผลผลิตรายวันและช่วงการเก็บผลผลิตมะม่วงพันธุ์นวลคำของศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหนองเขียวในปี พ.ศ. 2559 และ 2560	42
รูปที่ 19 ช่วงเวลาการให้ผลผลิตมะม่วงพันธุ์นวลคำของศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหนองเขียวระหว่างเดือนมิถุนายนถึงกรกฎาคม พ.ศ. 2550 - 2560	43
รูปที่ 20 ประสิทธิภาพการทดสอบผลผลิตตามแบบจำลองพืชของมะม่วงพันธุ์นวลคำจำนวน 4 แบบที่มาจากการศึกษาระหว่างปี พ.ศ. 2548 - 2560 ในพื้นที่ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหมอกจ้าม	45
รูปที่ 21 ประสิทธิภาพการทดสอบผลผลิตตามแบบจำลองพืชของมะม่วงพันธุ์นวลคำจำนวน 4 แบบที่มาจากการศึกษาระหว่างปี พ.ศ. 2548 - 2560 ในพื้นที่ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหนองเขียว	51
รูปที่ 22 ประสิทธิภาพการประเมินผลผลิตมะม่วงพันธุ์นวลคำตามแบบจำลองพืช YMKP ₅₉ ในพื้นที่ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงขุนแปะ	54
รูปที่ 23 ประสิทธิภาพการประเมินผลผลิตมะม่วงพันธุ์นวลคำตามแบบจำลองพืช YMP ₅₉ ในพื้นที่ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงพระบาทห้วยต้ม	55
รูปที่ 24 ปริมาณการผลิตอาโวคาโดพันธุ์บัคคาเนียของศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหนองเขียวระหว่างปี พ.ศ. 2547 - 2560	56
รูปที่ 25 ปริมาณผลผลิตรายวันและช่วงการเก็บผลผลิตอาโวคาโดพันธุ์บัคคาเนียของศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหนองเขียวในปี พ.ศ. 2559 และ 2560	57
รูปที่ 26 ช่วงเวลาการให้ผลผลิตอาโวคาโดของศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหนองเขียวระหว่างเดือนกันยายนถึงพฤศจิกายน พ.ศ. 2548 - 2560	57
รูปที่ 27 ปริมาณการผลิตอาโวคาโดพันธุ์บัคคาเนียของศูนย์พัฒนาโครงการหลวงทุ่งเริงระหว่างปี พ.ศ. 2547 - 2560	58

สารบัญรูป (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 28 ปริมาณผลผลิตรายวันและช่วงการเก็บผลผลิตอาโวคาโดพันธุ์บัคคาเนีย ของศูนย์พัฒนาโครงการหลวงทุ่งเริงในปี พ.ศ. 2559 และ 2560	58
รูปที่ 29 ช่วงเวลาการให้ผลผลิตอาโวคาโดของศูนย์พัฒนาโครงการหลวงทุ่งเริง ระหว่างเดือนกรกฎาคมถึงพฤศจิกายน พ.ศ. 2547 - 2560	59
รูปที่ 30 ประสิทธิภาพการทดสอบผลผลิตตามแบบจำลองพืชของอาโวคาโดพันธุ์ บัคคาเนียที่มาจากการศึกษาระหว่างปี พ.ศ. 2547 - 2560 ในพื้นที่ศูนย์ พัฒนาโครงการหลวงหนองเขียว	62
รูปที่ 31 ประสิทธิภาพการทดสอบผลผลิตตามแบบจำลองพืชของอาโวคาโดพันธุ์ บัคคาเนียที่มาจากการศึกษาระหว่างปี พ.ศ. 2547 - 2560 ในพื้นที่ศูนย์ พัฒนาโครงการหลวงทุ่งเริง	69
รูปที่ 32 ประสิทธิภาพการประเมินผลผลิตตามแบบจำลองพืชของอาโวคาโดพันธุ์ บัคคาเนีย YVTO ₅₉ ในพื้นที่ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงทุ่งเริง	73
รูปที่ 33 ประสิทธิภาพการประเมินผลผลิตตามแบบจำลองพืชของอาโวคาโดพันธุ์ บัคคาเนีย YVNH ₅₉ ในพื้นที่ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหนองหอย	76
รูปที่ 34 ตำแหน่งที่ตั้งของสถานีตรวจวัดอากาศข้างเคียงพื้นที่ศึกษา	87
รูปที่ 35 สภาพอากาศของสถานีเกษตรหลวงอ่างขางเฉลี่ยในแต่ละเดือน โดย (ก) อุณหภูมิสูงสุดอุณหภูมิต่ำสุด (ข) ปริมาณน้ำฝน (ค) ความชื้นสัมพัทธ์และ จำนวนชั่วโมงที่มีแสงแดดและ (ง) อัตราความเร็วลมและการคายระเหยน้ำ	89
รูปที่ 36 ความผิดปกติจากค่าปีฐานของอุณหภูมิสูงสุด (ก) อุณหภูมิต่ำสุด (ข) และ ปริมาณน้ำฝน (ค) และค่าสูงสุด - ต่ำสุดของปี (-) ของสถานีเกษตรหลวง อ่างขางในช่วงปี พ.ศ. 2531 - 2556 (ค.ศ. 1988 - 2013) พร้อมทั้งเส้นแนว โน้ม (เส้นทึบ) และค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ 3 ปี แสดงถึงแนวโน้มการเคลื่อนที่ของ ค่าเฉลี่ย (moving average) ที่จะเกิดขึ้นต่อเนื่องในอนาคตระยะสั้น (เส้นประ)	91
รูปที่ 37 แบบจำลองสภาพภูมิอากาศของอุณหภูมิสูงสุด (Tmax) อุณหภูมิต่ำสุด (Tmin) และปริมาณน้ำฝน (rainfall) เป็นค่าเฉลี่ยรายปีของสถานีเกษตร หลวงอ่างขางพร้อมกับเส้นแนวโน้มระหว่างปี พ.ศ. 2558 - 2607 (ค.ศ. 2015 - 2064) ที่ได้จากการคาดการณ์ด้วยแบบจำลอง ECHAM-PRECIS และได้ผ่านการปรับค่า (rescale) แล้ว	95

สารบัญรูป (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 38 การผันแปรของอุณหภูมิสูงสุด (Tmax) และอุณหภูมิต่ำสุด (Tmin) ระหว่างปี พ.ศ. 2558 - 2607 (ค.ศ. 2015 - 2064) ของสถานีเกษตรหลวงอ่างขาง (ANK) ภายใต้การพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแบบ A2 และ B2	96
รูปที่ 39 การผันแปรของปริมาณน้ำฝน ระหว่างปี พ.ศ. 2558 - 2607 (ค.ศ. 2015 - 2064) ของสถานีเกษตรหลวงอ่างขาง (ANK) ภายใต้การพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแบบ A2 และ B2	96
รูปที่ 40 ค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิสูงสุด อุณหภูมิต่ำสุด และปริมาณน้ำฝนในแต่ละช่วงทศวรรษระหว่างปี พ.ศ. 2558 - 2607 (ค.ศ. 2015 - 2064) ของสถานีเกษตรหลวงอ่างขางภายใต้การพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแบบ A2 และ B2	97
รูปที่ 41 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิสูงสุดในช่วงทศวรรษระหว่าง พ.ศ. 2558 - 2607 (ค.ศ. 2015 - 2064) ตาม ECHAM4-PRECIS แบบ A2 และ B2	99
รูปที่ 42 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิต่ำสุดช่วงทศวรรษระหว่าง พ.ศ. 2558 - 2607 (ค.ศ. 2015 - 2064) ตาม ECHAM4-PRECIS แบบ A2 และ B2	100
รูปที่ 43 การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำฝนสะสมในช่วงทศวรรษระหว่าง พ.ศ. 2558 - 2607 (ค.ศ. 2015 - 2064) ตาม ECHAM4-PRECIS แบบ A2 และ B2	101
รูปที่ 44 ผลต่างของข้อมูลอุตุนิยมวิทยาในพื้นที่สูง จำนวน 4 แห่ง ในช่วงทศวรรษระหว่าง พ.ศ. 2558 - 2607	103
รูปที่ 45 ร้อยละความผิดปกติของ (ก) อุณหภูมิสูงสุด Tmax (ข) อุณหภูมิต่ำสุด Tmin (°ซ) และ (ค) ปริมาณน้ำฝน (%) ในปีของเหตุการณ์ El Niño (EN) และ La Niña (LN) ชนิดรุนแรง (S) ปานกลาง (M) และอ่อน (W) จากค่าเฉลี่ยของเหตุการณ์ในปีฐาน ระหว่างปี พ.ศ. 2533 - 2556	105
รูปที่ 46 เปรียบเทียบการผันแปรของค่าเฉลี่ยอุณหภูมิสูงสุด (Tmax) อุณหภูมิต่ำสุด (Tmin) และปริมาณน้ำฝน (Rainfall) ของสถานีเกษตรหลวงอ่างขาง (ANK) สถานีเกษตรหลวงอินทนนท์ (INT) ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงห้วยน้ำซุ่น (HNK) และศูนย์พัฒนาโครงการหลวงวัดจันทร์ (WAC) ในปีที่เกิดปรากฏการณ์ El Niño และ La Niña ชนิดรุนแรง (S) กับปีที่เหตุการณ์ปกติ (Normal)	106

สารบัญรูป (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 47 สัมประสิทธิ์ของความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ย 3 เดือน SOI (Southern oscillation index) กับสภาพอากาศรายเดือนอุณหภูมิสูงสุด Tmax (ก) อุณหภูมิต่ำสุด Tmin (ข) และปริมาณน้ำฝน (ค) ของสถานีเกษตรหลวงอ่างขาง	108
รูปที่ 48 ความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลสภาพอากาศในส่วนของอุณหภูมิสูงสุด อุณหภูมิต่ำสุด และปริมาณน้ำฝนที่คำนวณได้จากแบบจำลอง ECHAM4-PRECIS ภายใต้การพัฒนาแบบ A2 และ B2 หลังจากที่ถูกปรับค่าแล้ว (rescaled) กับค่าที่ได้จากการตรวจวัดจริงจากสถานีเกษตรหลวงอ่างขาง	109
รูปที่ 49 ค่าเฉลี่ย 3 เดือนของ SOI และเหตุการณ์เกิดปรากฏการณ์เอลนีโญ (EN) ลานีญา (LN) และปกติ (Normal) ตั้งแต่เดือน NDJ ปี พ.ศ. 2556 ถึง DJF ปี พ.ศ. 2561	112
รูปที่ 50 ระยะเวลาการพัฒนาของพลับเปรียบเทียบสภาพอากาศเฉลี่ยในรอบปีของสถานีเกษตรหลวงอ่างขางและศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแม่แฮ	116
รูปที่ 51 การผันแปรของผลผลิตพลับจากค่าเฉลี่ยในพื้นที่ของสถานีเกษตรหลวงอ่างขางและศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแม่แฮ ระหว่างปี พ.ศ. 2546-2561	117
รูปที่ 52 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R) ระหว่างการผันแปรอุณหภูมิสูงสุด (Tmax) ต่ำสุด (Tmin) และปริมาณน้ำฝนในบางเดือนกับการเพิ่มขึ้นและลดลงของผลผลิตพลับในพื้นที่ของสถานีเกษตรหลวงอ่างขางและศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแม่แฮ	118
รูปที่ 53 การผันแปรของอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยและปริมาณน้ำฝนในเดือนมกราคมและกุมภาพันธ์ ระหว่างปี พ.ศ. 2546 - 2561 ของสถานีเกษตรหลวงอ่างขาง	119
รูปที่ 54 การผันแปรของอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยและปริมาณน้ำฝนในเดือนมกราคมและกุมภาพันธ์ ระหว่างปี พ.ศ. 2546 - 2561 ของศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแม่แฮ	120
รูปที่ 55 การเปรียบเทียบความแตกต่างของปริมาณผลผลิตพลับจากค่าเฉลี่ยของสถานีเกษตรหลวงอ่างขางกับศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแม่แฮ ระหว่างปี พ.ศ. 2546 - 2561 กับการเกิดปรากฏการณ์เอลนีโญ (EN) และลานีญา (LN) ระดับอ่อน (W) ปานกลาง (M) รุนแรง (S) และสภาพอากาศปกติ (N)	121

สารบัญรูป (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 56 ความแตกต่างจากค่าเฉลี่ยของปริมาณผลผลิตพลับของสถานีเกษตรหลวงอ่างขางที่ระดับความรุนแรงของการเกิดปรากฏการณ์เอลนีโญและลานีญา ระหว่างปี พ.ศ. 2550 - 2561	122
รูปที่ 57 ระยะการพัฒนาของมะม่วงพันธุ์นวลคำกับการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศเฉลี่ยในรอบปีของศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหนองเขียวและศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหมอกจ๋าม	123
รูปที่ 58 การผันแปรของปริมาณผลผลิตมะม่วงพันธุ์นวลคำจากค่าเฉลี่ยในพื้นที่ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหนองเขียวและศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหมอกจ๋าม ระหว่างปี พ.ศ. 2550 - 2561	124
รูปที่ 59 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R) ระหว่างการผันแปรของอุณหภูมิสูงสุด (Tmax) อุณหภูมิต่ำสุด (Tmin) และปริมาณน้ำฝนในบางเดือนกับการเพิ่มขึ้นและลดลงของปริมาณผลผลิตมะม่วงพันธุ์นวลคำในพื้นที่ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหนองเขียวและศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหมอกจ๋าม	125
รูปที่ 60 การผันแปรของปริมาณน้ำฝนในเดือนมกราคมถึงเมษายน ระหว่างปี พ.ศ. 2546 - 2561 ของศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหมอกจ๋าม	126
รูปที่ 61 การผันแปรของปริมาณน้ำฝนในเดือนมกราคมถึงเมษายน ระหว่างปี พ.ศ. 2546 - 2560 ของศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหนองเขียว	127
รูปที่ 62 การเปรียบเทียบความแตกต่างของผลผลิตมะม่วงพันธุ์นวลคำจากค่าเฉลี่ยของศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหนองเขียวและศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหมอกจ๋าม ระหว่างปี พ.ศ. 2550 - 2561 กับปรากฏการณ์เอลนีโญ (EN) และลานีญา (LN) ในความรุนแรงชนิดอ่อน (W) ชนิดปานกลาง (M) ชนิดรุนแรง (S) และสภาพอากาศปกติ (N)	128
รูปที่ 63 ความแตกต่างจากค่าเฉลี่ยของปริมาณผลผลิตมะม่วงพันธุ์นวลคำของสถานีเกษตรหลวงอ่างขางที่ระดับความรุนแรงในการเกิดปรากฏการณ์เอลนีโญและลานีญา ระหว่างปี พ.ศ. 2550 - 2561	129
รูปที่ 64 ระยะพัฒนาการของอาโวคาโดพันธุ์คคาเนียกับสภาพภูมิอากาศเฉลี่ยในรอบปีของศูนย์พัฒนาโครงการหลวงทุ่งเรังและศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหนองเขียว	130

สารบัญรูป (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 65 การผันแปรของปริมาณผลผลิตอาโวคาโดพันธุ์บัคคาเนียจากค่าเฉลี่ยในพื้นที่ของศูนย์พัฒนาโครงการหลวงทุ่งเริงและศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหนองเขียว ระหว่างปี พ.ศ. 2548 - 2561	131
รูปที่ 66 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R) ระหว่างการผันแปรอุณหภูมิสูงสุด (Tmax) อุณหภูมิต่ำสุด (Tmin) และปริมาณน้ำฝนในบางเดือนกับการเพิ่มขึ้นและลดลงของปริมาณผลผลิตอาโวคาโดพันธุ์บัคคาเนียในพื้นที่ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงทุ่งเริงและศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหนองเขียว	132
รูปที่ 67 การผันแปรของอุณหภูมิต่ำสุด (Tmin) ในเดือนมกราคม มีนาคม และเมษายน ระหว่างปี พ.ศ. 2546 - 2561 ของศูนย์พัฒนาโครงการหลวงทุ่งเริงและศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหนองเขียว	132
รูปที่ 68 การเปรียบเทียบความแตกต่างของปริมาณผลผลิตมะม่วงพันธุ์นวลค่าจากค่าเฉลี่ยของศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหนองเขียวและศูนย์พัฒนาโครงการหลวงทุ่งเริง ระหว่างปี พ.ศ. 2550 - 2561 กับปรากฏการณ์เอลนีโญ (EN) และลานีญา (LN) ชนิดอ่อน (W) ชนิดปานกลาง (M) ชนิดรุนแรง (S) และสภาพอากาศปกติ (N)	135
รูปที่ 69 ความแตกต่างจากค่าเฉลี่ยของปริมาณผลผลิตอาโวคาโดพันธุ์บัคคาเนียของศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหนองเขียวและศูนย์พัฒนาโครงการหลวงทุ่งเริง ที่ระดับความรุนแรงของการเกิดปรากฏการณ์เอลนีโญและลานีญา ระหว่างปี พ.ศ. 2550 - 2561	135
รูปที่ 70 พื้นที่การปลูกพลับของมูลนิธิโครงการหลวงที่ศึกษา จำนวน 4 แห่ง	138
รูปที่ 71 สภาพภูมิอากาศเฉลี่ยในรอบปีของศูนย์พัฒนาโครงการหลวงทุ่งหลวงและศูนย์พัฒนาโครงการหลวงห้วยส้มป่อย	139
รูปที่ 72 ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิสูงสุด (Tmax) อุณหภูมิต่ำสุด (Tmin) และปริมาณน้ำฝน (Rainfall) รายเดือนของสถานีเกษตรหลวงอ่างขาง (ANK) ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแม่แฮ (MHE) ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงทุ่งหลวง (TUL) และศูนย์พัฒนาโครงการหลวงห้วยส้มป่อย (HSP)	140

สารบัญรูป (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 73 ค่าสหสัมพันธ์ระหว่างการแปรปรวนของผลผลิตพลับกับสภาพภูมิอากาศจากอุณหภูมิสูงสุด (Tmax) อุณหภูมิต่ำสุด (Tmin) และปริมาณน้ำฝน (Rainfall) ของสถานีเกษตรหลวงอ่างขาง (ANK) ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแม่แฮ (MHE) ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงทุ่งหลวง (TUL) และศูนย์พัฒนาโครงการหลวงห้วยส้มป่อย (HSP)	141
รูปที่ 74 ความแตกต่างของปริมาณผลผลิตพลับจากค่าเฉลี่ยในช่วงปี พ.ศ. 2546 - 2561 ของสถานีเกษตรหลวงอ่างขาง (ANK) ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแม่แฮ (MHE) ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงทุ่งหลวง (TUL) และศูนย์พัฒนาโครงการหลวงห้วยส้มป่อย (HSP)	144
รูปที่ 75 พื้นที่การปลูกมะม่วงพันธุ์นวลคำของมูลนิธิโครงการหลวงที่ศึกษา จำนวน 4 แห่ง	146
รูปที่ 76 สภาพภูมิอากาศเฉลี่ยในรอบปีของศูนย์พัฒนาโครงการหม่อนเงาะและศูนย์พัฒนาโครงการหลวงห้วยเสี้ยว	147
รูปที่ 77 ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิสูงสุด (Tmax) อุณหภูมิต่ำสุด (Tmin) และปริมาณน้ำฝน (Rainfall) รายเดือนของศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหนองเขียว (NKE) ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหมอกจ๋าม (MOK) ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหม่อนเงาะ (MNG) และศูนย์พัฒนาโครงการหลวงห้วยเสี้ยว (HUS)	148
รูปที่ 78 ค่าสหสัมพันธ์ระหว่างการแปรปรวนของผลผลิตมะม่วงพันธุ์นวลคำกับสภาพอากาศของอุณหภูมิสูงสุด (Tmax) อุณหภูมิต่ำสุด (Tmin) และปริมาณน้ำฝน (Rainfall) ของศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหนองเขียว (NKE) ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหมอกจ๋าม (MOK) ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหม่อนเงาะ (MNG) และศูนย์พัฒนาโครงการหลวงห้วยเสี้ยว (HUS)	151
รูปที่ 79 การเปรียบเทียบความแตกต่างจากค่าเฉลี่ยของผลผลิตมะม่วงพันธุ์นวลคำในพื้นที่ศึกษา ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหนองเขียว (NKE) ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหมอกจ๋าม (MOK) ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหม่อนเงาะ (MNG) และศูนย์พัฒนาโครงการหลวงห้วยเสี้ยว (HUS)	152
รูปที่ 80 พื้นที่การปลูกอาโวคาโดพันธุ์บัคคาเนียของมูลนิธิโครงการหลวงที่ศึกษา จำนวน 4 แห่ง	154

สารบัญรูป (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 81 สภาพภูมิอากาศเฉลี่ยในรอบปีของศูนย์พัฒนาโครงการหลวงม่อนเงาะ (MNG) และสถานีเกษตรหลวงอินทนนท์ (ITN)	155
รูปที่ 82 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยอุณหภูมิสูงสุด (Tmax) อุณหภูมิต่ำสุด (Tmin) และ ปริมาณน้ำฝน (Rainfall) รายเดือนของศูนย์พัฒนาโครงการหลวง หนองเขียว (NKE) ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงทุ่งเร่ง (TRE) ศูนย์พัฒนา โครงการหลวงม่อนเงาะ (MNG) และสถานีเกษตรหลวงอินทนนท์ (ITN)	156
รูปที่ 83 ค่าสหสัมพันธ์ระหว่างการแปรปรวนของผลผลิตอาโวคาโดพันธุ์บัวคาคาเนีย กับสภาพอากาศของอุณหภูมิสูงสุด (Tmax) อุณหภูมิต่ำสุด (Tmin) และ ปริมาณน้ำฝน (Rainfall) ของศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหนองเขียว (NKE) ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงทุ่งเร่ง (TRE) ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงม่อนเงาะ (MNG) และสถานีเกษตรหลวงอินทนนท์ (ITN)	158
รูปที่ 84 ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของผลผลิตอาโวคาโดพันธุ์บัวคาคาเนียในพื้นที่ ศึกษา ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหนองเขียว (NKE) ศูนย์พัฒนาโครงการ หลวงทุ่งเร่ง (TRE) ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงม่อนเงาะ (MNG) และสถานี เกษตรหลวงอินทนนท์ (ITN)	159
รูปที่ 85 สถานการณ์การผลิตพืชในช่วงเดือนมกราคมถึงกันยายน พ.ศ. 2562 เพื่อ การวิเคราะห์พื้นที่ในการผลิตไม้ผลบนพื้นที่สูงของมูลนิธิโครงการหลวง จำนวน 5 แห่ง	161
รูปที่ 86 ลักษณะดอกของพลับและการเกิดดอกของพลับพันธุ์ P2 ในเดือนมีนาคม พ.ศ. 2560 ที่สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง	162
รูปที่ 87 จำนวนผลต่อกิ่งของพลับพันธุ์ P2 ในพื้นที่ของสถานีเกษตรหลวงอ่างขาง ปี พ.ศ. 2560	164
รูปที่ 88 จำนวนผลของพลับพันธุ์ P2 ในพื้นที่ของสถานีเกษตรหลวงอ่างขาง ปี พ.ศ. 2561	164
รูปที่ 89 การร่วงของผลพลับพันธุ์ P2 ในพื้นที่ของสถานีเกษตรหลวงอ่างขาง ปี พ.ศ. 2560	165
รูปที่ 90 การร่วงของผลพลับพันธุ์ P2 ในพื้นที่ของสถานีเกษตรหลวงอ่างขาง ปี พ.ศ. 2561	165

สารบัญรูป (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 91 จำนวนผลของพลับพันธุ์ P2 ที่ใช้ศึกษาในพื้นที่ปลูกสามแห่งของศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแม่แฮ ปี พ.ศ. 2561	169
รูปที่ 92 จำนวนผลตอกิ่งของพลับพันธุ์ P2 ที่ใช้ศึกษาในพื้นที่ปลูกสามแห่งของศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแม่แฮ ปี พ.ศ. 2561	169
รูปที่ 93 การร่วงของพลับพันธุ์ P2 ที่ใช้ศึกษาในพื้นที่ปลูกสามแห่งของศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแม่แฮ ปี พ.ศ. 2561	170
รูปที่ 94 จำนวนผลตอกิ่งของพลับในพื้นที่ปลูก 3 แห่งของสถานีเกษตรหลวงอ่างขาง	172
รูปที่ 95 จำนวนผลตอกิ่งของพลับในพื้นที่ปลูก 3 แห่งของศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแม่แฮ	172
รูปที่ 96 ลักษณะดอกของมะม่วง*และการเกิดดอกของมะม่วงพันธุ์นวลคำในเดือนมีนาคม ที่ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหนองเขียว	174
รูปที่ 97 จำนวนผลร่วงของมะม่วงพันธุ์นวลคำในพื้นที่ปลูก 3 แห่งของศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหนองเขียว	177
รูปที่ 98 การร่วงของมะม่วงพันธุ์นวลคำในพื้นที่ปลูก 3 แห่งของศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหนองเขียว	177
รูปที่ 99 จำนวนผลของมะม่วงพันธุ์นวลคำในพื้นที่ปลูก 3 แห่งของศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหนองเขียว	179
รูปที่ 100 การคงอยู่ของมะม่วงพันธุ์นวลคำในพื้นที่ปลูก 3 แห่งของศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหนองเขียว	179
รูปที่ 101 จำนวนผลของมะม่วงพันธุ์นวลคำในพื้นที่ปลูก 3 แห่งของศูนย์พัฒนาโครงการหลวงห้วยลึก	180
รูปที่ 102 การคงอยู่ของมะม่วงพันธุ์นวลคำในพื้นที่ปลูก 3 แห่งของศูนย์พัฒนาโครงการหลวงห้วยลึก	180
รูปที่ 103 ลักษณะดอกของอาโวคาโด*และการเกิดดอกของอาโวคาโดพันธุ์ัคคาเนียในเดือนมีนาคมที่ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหนองเขียว	182
รูปที่ 104 จำนวนผลต่อช่อของอาโวคาโดพันธุ์ัคคาเนียในพื้นที่ปลูก 3 แห่งของศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหนองเขียว	185
รูปที่ 105 จำนวนผลร่วงของอาโวคาโดพันธุ์ัคคาเนียในพื้นที่ปลูก 3 แห่งของศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหนองเขียว	185

สารบัญรูป (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 106 การร่วของอาโวคาโดพันธุ์บัคคาเนียในพื้นที่ปลูก 3 แห่งของศูนย์พัฒนา โครงการหลวงหนองเขียว	186
รูปที่ 107 จำนวนผลต่อช่อของอาโวคาโดพันธุ์บัคคาเนียในพื้นที่ปลูก 3 แห่งของศูนย์ พัฒนาโครงการหลวงหนองเขียว	187
รูปที่ 108 การคงอยู่ของอาโวคาโดพันธุ์บัคคาเนียในพื้นที่ปลูก 3 แห่งของศูนย์พัฒนา โครงการหลวงหนองเขียว	188
รูปที่ 109 จำนวนผลต่อช่อของอาโวคาโดพันธุ์บัคคาเนียในพื้นที่ปลูก 3 แห่งของศูนย์ พัฒนาโครงการหลวงทุ่งเริง	188
รูปที่ 110 การคงอยู่ของอาโวคาโดพันธุ์บัคคาเนียในพื้นที่ปลูก 3 แห่งของศูนย์พัฒนา โครงการหลวงทุ่งเริง	189
รูปที่ 111 สภาพภูมิอากาศรายวันของอุณหภูมิสูงสุด (Tmax) อุณหภูมิต่ำสุด (Tmin) และอุณหภูมิเฉลี่ย (Tmean) ในเดือนมกราคมถึงกรกฎาคม พ.ศ. 2561 ของสถานีเกษตรหลวงอ่างขาง	190
รูปที่ 112 การเตรียมพื้นที่ศึกษาปลัฟพันธุ์ P2 ในระยะการพักตัวของต้น จำนวน 3 แปลงในพื้นที่สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง	191
รูปที่ 113 สภาพภูมิอากาศรายวันของอุณหภูมิสูงสุด (Tmax) อุณหภูมิต่ำสุด (Tmin) และอุณหภูมิเฉลี่ย (Tmean) ในเดือนมกราคมถึงสิงหาคม พ.ศ. 2562 ใน พื้นที่ปลูกปลัฟพันธุ์ P2 จำนวน 3 พื้นที่ปลูกของสถานีเกษตรหลวงอ่างขาง	192
รูปที่ 114 การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิรายวันจากระดับอุณหภูมิสูงสุดวิกฤติที่ 28.34 °ซ (เส้นประ) ระหว่างเดือนเมษายน พ.ศ. 2562 ที่มีผลกระทบต่อการร่ว ของผลอ่อนปลัฟพันธุ์ P2 ในสถานีเกษตรหลวงอ่างขาง	194
รูปที่ 115 การศึกษาระยะวิกฤติของการให้ผลผลิตของปลัฟพันธุ์ P2 ในแปลง เกษตรกร จำนวน 3 แปลง ในพื้นที่ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแม่แฮ	197
รูปที่ 116 สภาพภูมิอากาศรายวันของอุณหภูมิสูงสุด (Tmax) อุณหภูมิต่ำสุด (Tmin) และอุณหภูมิเฉลี่ย (Tmean) ในเดือนมกราคมถึงสิงหาคม พ.ศ. 2562 ใน พื้นที่ปลูกปลัฟพันธุ์ P2 จำนวน 3 พื้นที่ปลูกของศูนย์พัฒนาโครงการหลวง แม่แฮ	198

สารบัญรูป (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 117 การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิรายวันจากระดับอุณหภูมิสูงสุดวิกฤติที่ 34.32 °ซ (เส้นประ) ระหว่างเดือนเมษายน พ.ศ. 2562 ที่มีผลกระทบต่อ การร่วงของผลอ่อนลับพันธุ์ P2 ในศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแม่แฮ	200
รูปที่ 118 การเตรียมพื้นที่ศึกษามะม่วงพันธุ์นวลคำและอาโวคาโดพันธุ์บัคคาเนียใน แปลงของเกษตรกร จำนวน 6 แปลง ในพื้นที่ศูนย์พัฒนาโครงการหลวง หนองเขียว	203
รูปที่ 119 การเตรียมพื้นที่ศึกษามะม่วงพันธุ์นวลคำในแปลงของเกษตรกรและในศูนย์ พัฒนาโครงการหลวงห้วยลึก	204
รูปที่ 120 สภาพภูมิอากาศรายวันของอุณหภูมิสูงสุด (Tmax) อุณหภูมิต่ำสุด (Tmin) และอุณหภูมิเฉลี่ย (Tmean) ในเดือนมกราคมถึงกรกฎาคม พ.ศ. 2562 ในพื้นที่ปลูกมะม่วงพันธุ์นวลคำ จำนวน 3 พื้นที่ปลูกของศูนย์พัฒนา โครงการหลวงหนองเขียว	205
รูปที่ 121 สภาพภูมิอากาศรายวันของอุณหภูมิสูงสุด (Tmax) อุณหภูมิต่ำสุด (Tmin) และอุณหภูมิเฉลี่ย (Tmean) ในเดือนมกราคมถึงกรกฎาคม พ.ศ. 2562 ในพื้นที่ปลูกมะม่วงพันธุ์นวลคำ จำนวน 3 พื้นที่ปลูกของศูนย์พัฒนา โครงการหลวงห้วยลึก	206
รูปที่ 122 การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิเฉลี่ยรายวันจากระดับอุณหภูมิวิกฤติที่ 22.83 °ซ (เส้นประ) ระหว่างเดือนเมษายน พ.ศ. 2562 ที่มีผลกระทบท่อการร่วง ของผลอ่อนมะม่วงพันธุ์นวลคำ ในศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหนองเขียว	208
รูปที่ 123 การร่วงของผลระหว่างการเจริญเติบโตของมะม่วงพันธุ์นวลคำในพื้นที่ปลูก 3 แห่งของศูนย์พัฒนาโครงการหลวงห้วยลึก	211
รูปที่ 124 สภาพภูมิอากาศรายวันของอุณหภูมิสูงสุด (Tmax) อุณหภูมิต่ำสุด (Tmin) และอุณหภูมิเฉลี่ย (Tmean) ในเดือนมกราคมถึงกรกฎาคม พ.ศ. 2562 ในพื้นที่ปลูกอาโวคาโดพันธุ์บัคคาเนีย จำนวน 3 พื้นที่ปลูกของศูนย์พัฒนา โครงการหลวงหนองเขียว	216
รูปที่ 125 สภาพภูมิอากาศรายวันของอุณหภูมิสูงสุด (Tmax) อุณหภูมิต่ำสุด (Tmin) และอุณหภูมิเฉลี่ย (Tmean) ในเดือนมกราคมถึงสิงหาคม พ.ศ. 2562 ใน พื้นที่ปลูกอาโวคาโดพันธุ์บัคคาเนีย จำนวน 3 พื้นที่ปลูกของศูนย์พัฒนา โครงการหลวงทุ่งเริง	217

สารบัญรูป (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 126 การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิรายวันจากระดับอุณหภูมิสูงสุดวิกฤติที่ 30.35 °ซ (เส้นประ) ระหว่างเดือนเมษายน พ.ศ. 2562 ที่มีผลกระทบต่อการร่วงของผลอ่อนอาโวคาโดพันธุ์บัคคาเนียในศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหนองเขียว	219
รูปที่ 127 การร่วงของผลระหว่างการเจริญเติบโตของอาโวคาโดพันธุ์บัคคาเนียในพื้นที่ปลูก 3 แห่งของศูนย์พัฒนาโครงการหลวงทุ่งเริง	222
รูปที่ 128 การศึกษาผลของการใช้สารละลายจิบเบอเรลลินที่ระดับความเข้มข้นต่างกันต่อการติดผลของพลับพันธุ์ P2 ในพื้นที่สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง	224
รูปที่ 129 ผลของระดับความเข้มข้นของสารละลายจิบเบอเรลลินในระยะหลังดอกบานเริ่มมีการติดผลจำนวน 3 ระดับต่อการติดผลของพลับพันธุ์ P2 ในพื้นที่สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง	225
รูปที่ 130 ผลของระดับความเข้มข้นของสารละลายจิบเบอเรลลินในระยะหลังดอกบานเริ่มมีการติดผลจำนวน 3 ระดับต่อการติดผลของพลับพันธุ์ P2 ในพื้นที่ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแม่แฮ	226
รูปที่ 131 การศึกษาผลของการใช้สารละลายจิบเบอเรลลินที่ระดับความเข้มข้นต่างกันต่อการติดผลของพลับพันธุ์ P2 ในพื้นที่ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแม่แฮ	227
รูปที่ 132 การศึกษาผลของการใช้สารละลาย NAA ที่ระดับความเข้มข้นต่างกันต่อการติดผลของมะม่วงพันธุ์นวลคำในพื้นที่ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหนองเขียว	228
รูปที่ 133 ผลของระดับความเข้มข้นของ NAA จำนวน 3 ระดับต่อการติดผลของมะม่วงพันธุ์นวลคำในช่วงระยะหลังดอกบานถึงระยะติดผลในพื้นที่ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหนองเขียว	228
รูปที่ 134 ผลของระดับความเข้มข้นของ NAA จำนวน 3 ระดับต่อการติดผลของมะม่วงพันธุ์นวลคำในช่วงระยะหลังดอกบานถึงระยะติดผลในพื้นที่ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงห้วยลึก	229
รูปที่ 135 การศึกษาผลของการใช้สารละลาย NAA ที่ระดับความเข้มข้นต่างกันต่อการติดผลของมะม่วงพันธุ์นวลคำในพื้นที่ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงห้วยลึก	230

สารบัญรูป (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 136 การศึกษาผลของการใช้สารละลายจิบเบอเรลลินที่ระดับความเข้มข้นต่างกันต่อการติดผลของอาโวคาโดพันธุ์คาคาเนียในพื้นที่ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหนองเขียว	231
รูปที่ 137 ผลของระดับความเข้มข้นของจิบเบอเรลลิน จำนวน 3 ระดับต่อการติดผลของอาโวคาโดพันธุ์คาคาเนียในช่วงระยะหลังดอกบานถึงระยะติดผลในพื้นที่ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหนองเขียว	231
รูปที่ 138 การศึกษาผลของการใช้สารละลายจิบเบอเรลลินที่ระดับความเข้มข้นต่างกันต่อการติดผลของอาโวคาโดพันธุ์คาคาเนียในพื้นที่ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงทุ่งเริง	232
รูปที่ 139 ผลของระดับความเข้มข้นของจิบเบอเรลลิน จำนวน 3 ระดับต่อการติดผลของอาโวคาโดพันธุ์คาคาเนียในช่วงระยะหลังดอกบานถึงระยะติดผลในพื้นที่ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงทุ่งเริง	232
รูปที่ 140 แผนภูมิการดำเนินงานการใช้ประโยชน์และการเตรียมพร้อมกับผลกระทบจากการแปรปรวนของสภาพภูมิอากาศ	235

สารบัญรูปภาคผนวก

	หน้า
รูปภาคผนวกที่ 1	294
แบบจำลองพืชที่ได้มาไว้สำหรับพยากรณ์ผลกระทบต่อการให้ ผลผลิตของพลับบนพื้นที่สูง	
รูปภาคผนวกที่ 2	295
แบบจำลองพืชที่ได้มาไว้สำหรับพยากรณ์ผลกระทบต่อการให้ ผลผลิตของมะม่วงบนพื้นที่สูง	
รูปภาคผนวกที่ 3	296
แบบจำลองพืชที่ได้มาไว้สำหรับพยากรณ์ผลกระทบต่อการให้ ผลผลิตของอาโวคาโดบนพื้นที่สูง	
รูปภาคผนวกที่ 4	297
ระยะการพัฒนาของพลับพันธุ์ P2 ตั้งแต่ระยะออกดอกถึงระยะ ผลแก่ที่สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง	
รูปภาคผนวกที่ 5	298
ระยะการพัฒนาของมะม่วงพันธุ์นวลคำตั้งแต่ระยะออกดอกถึง ระยะผลแก่ที่ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงห้วยลึก	
รูปภาคผนวกที่ 6	299
ระยะการพัฒนาของอาโวคาโดพันธุ์บัคคาเนียตั้งแต่ระยะออกดอก ถึงระยะผลแก่ที่ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหนองเขียว	

