

รายงานผลการวิจัยฉบับสมบูรณ์

การทำนายผลผลิตข้าวและข้าวโพดเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลง
สภาพอากาศที่รุนแรง บริเวณพื้นที่สูงลุ่มน้ำแม่แจ่ม
Crop Yield Projection at Mae Cham Sub Basin
under Extreme Climate Change

โดย

นายยุทธศาสตร์ อรุณรัตน์

นายพงศ์ธร เพียรพิทักษ์

นางสาวสมจินต์ วานิชเสถียร

นางสาววิชิตา อินทศรี

นายณรงค์เดช ฮองกุล

นายธัญชย์ คำขำ

ทะเบียนวิจัยเลขที่ 61-63-18-99-020101-009-108-01-13

กลุ่มวิจัยและพัฒนากาบบรรเทาภาวะโลกร้อนทางการเกษตร

กองวิจัยและพัฒนากาบบรรเทาภาวะโลกร้อนทางการเกษตร

กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์

เดือนกรกฎาคม 2564

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(3)
สารบัญตารางภาคผนวก	(4)
สารบัญภาพภาคผนวก	(5)
บทคัดย่อ	
Abstract	
หลักการและเหตุผล	1
วัตถุประสงค์	1
การตรวจเอกสาร	1
ระยะเวลาและสถานที่ดำเนินการ	13
วิธีดำเนินการวิจัย	13
ผลการวิจัยและวิจารณ์	14
สรุปผลการทดลอง	43
ข้อเสนอแนะ	44
ประโยชน์ที่ได้รับ	44
เอกสารอ้างอิง	45
ภาคผนวก	47

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ปริมาณธาตุอาหารในดินในพื้นที่ปลูกข้าวและข้าวโพดบริเวณลุ่มน้ำแม่แจ่ม	17
2	ระดับความอุดมสมบูรณ์ของดินในพื้นที่ปลูกข้าวและข้าวโพดบริเวณลุ่มน้ำแม่แจ่ม	17
3	การคำนวณต้นทุน รายได้ และกำไรสุทธิ ในพื้นที่ปลูกข้าวบริเวณลุ่มน้ำแม่แจ่ม	23
4	การคำนวณต้นทุน รายได้ และกำไรสุทธิ ในพื้นที่ปลูกข้าวโพดบริเวณลุ่มน้ำแม่แจ่ม	24
5	การทำนายผลผลิตข้าวจากฐานข้อมูลปี พ.ศ. 2561	25
6	การทำนายผลผลิตข้าวจากฐานข้อมูลปี พ.ศ. 2562	26
7	การทำนายผลผลิตข้าวจากฐานข้อมูลปี พ.ศ. 2563	26
8	การทำนายผลผลิตข้าวจากฐานข้อมูลปี พ.ศ. 2561 - 2563	27
9	การคาดการณ์ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจจากการทำนายผลผลิตข้าวในอนาคต	28
10	การทำนายผลผลิตข้าวโพดจากฐานข้อมูลปี พ.ศ. 2561	34
11	การทำนายผลผลิตข้าวโพดจากฐานข้อมูลปี พ.ศ. 2562	35
12	การทำนายผลผลิตข้าวโพดจากฐานข้อมูลปี พ.ศ. 2563	35
13	การทำนายผลผลิตข้าวโพดจากฐานข้อมูลปี พ.ศ. 2561 - 2563	36
14	การคาดการณ์ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจจากการทำนายผลผลิตข้าวโพดในอนาคต	37

สารบัญญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	การสังเคราะห์แสงของพืช C3 และ C4	4
2	ความสัมพันธ์ระหว่างก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และการสังเคราะห์แสงของพืช C3 และ C4	5
3	การปล่อยก๊าซเรือนกระจกในปี ค.ศ. 2000 - 2100 ตามแบบจำลอง RCPs	7
4	การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิบนพื้นผิวโลกในปี ค.ศ. 2000 - 2100 ตามแบบจำลอง RCPs	7
5	แผนผังองค์ประกอบที่สำคัญตามแบบจำลอง AquaCrop	9
6	เมนูหลักของโปรแกรม AquaCrop	9
7	ตัวอย่างการกำหนดตัวแปรเพื่อทดสอบความแตกต่างทางสถิติ	11
8	จุดเก็บตัวอย่างในพื้นที่ปลูกข้าว บริเวณลุ่มน้ำแม่แจ่ม ปี พ.ศ. 2561 - 2563	14
9	จุดเก็บตัวอย่างในพื้นที่ปลูกข้าวโพด บริเวณพื้นที่สูงลุ่มน้ำแม่แจ่ม ปี พ.ศ. 2561 - 2563	15
10	แผนที่ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน บริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำแม่แจ่ม ปี พ.ศ. 2561 - 2563	18
11	แผนที่ปริมาณคาร์บอนในดิน บริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำแม่แจ่ม ปี พ.ศ. 2561 - 2563	19
12	แผนที่ปริมาณไนโตรเจนในดิน บริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำแม่แจ่ม ปี พ.ศ. 2561 - 2563	20
13	แผนที่ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน บริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำแม่แจ่ม ปี พ.ศ. 2561 - 2563	21
14	แผนที่ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดิน บริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำแม่แจ่ม ปี พ.ศ. 2561 - 2563	22
15	ผลผลิตข้าวในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่แจ่ม ปี พ.ศ. 2561 - 2563	29
16	การทำนายผลผลิตข้าวในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่แจ่ม ปี พ.ศ. 2573 ด้วยแบบจำลอง RCP6.0	30
17	การทำนายผลผลิตข้าวในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่แจ่ม ปี พ.ศ. 2603 ด้วยแบบจำลอง RCP6.0	31
18	การทำนายผลผลิตข้าวในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่แจ่ม ปี พ.ศ. 2573 ด้วยแบบจำลอง RCP8.5	32
19	การทำนายผลผลิตข้าวในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่แจ่ม ปี พ.ศ. 2603 ด้วยแบบจำลอง RCP8.5	33
20	ผลผลิตข้าวโพดในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่แจ่ม ปี พ.ศ. 2561 - 2563	38
21	การทำนายผลผลิตข้าวโพดในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่แจ่ม ปี พ.ศ. 2573 ด้วยแบบจำลอง RCP6.0	39
22	การทำนายผลผลิตข้าวโพดในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่แจ่ม ปี พ.ศ. 2603 ด้วยแบบจำลอง RCP6.0	40
23	การทำนายผลผลิตข้าวโพดในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่แจ่ม ปี พ.ศ. 2573 ด้วยแบบจำลอง RCP8.5	41
24	การทำนายผลผลิตข้าวโพดในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่แจ่ม ปี พ.ศ. 2603 ด้วยแบบจำลอง RCP8.5	42

สารบัญตารางภาคผนวก

ตารางผนวกที่		หน้า
1	ปริมาณธาตุอาหารในดินในพื้นที่ปลูกข้าวและข้าวโพดบริเวณลุ่มน้ำแม่แจ่ม	47
2	ข้อมูลสภาพภูมิอากาศที่ใช้ในการทำนายผลผลิตข้าวบริเวณลุ่มน้ำแม่แจ่ม	62
3	ข้อมูลสภาพภูมิอากาศที่ใช้ในการทำนายผลผลิตข้าวโพดบริเวณลุ่มน้ำแม่แจ่ม	63
4	ข้อมูลการจัดการพื้นที่เพาะปลูกที่ใช้ในการทำนายผลผลิตข้าวด้วย แบบจำลอง RCP6.0	64
5	ข้อมูลการจัดการพื้นที่เพาะปลูกที่ใช้ในการทำนายผลผลิตข้าวด้วย แบบจำลอง RCP8.5	66
6	ข้อมูลการจัดการพื้นที่เพาะปลูกที่ใช้ในการทำนายผลผลิตข้าวโพดด้วย แบบจำลอง RCP6.0	68
7	ข้อมูลการจัดการพื้นที่เพาะปลูกที่ใช้ในการทำนายผลผลิตข้าวโพดด้วย แบบจำลอง RCP8.5	70
8	การวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของผลผลิตข้าวและข้าวโพดจากการทำนาย ผลผลิตในปี พ.ศ. 2573 และ 2603 โดยใช้โปรแกรม AquaCrop เวอร์ชัน 5 ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์	72
9	การวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของผลผลิตข้าวและข้าวโพดจากการทำนาย ผลผลิตในปี พ.ศ. 2573 และ 2603 โดยใช้โปรแกรม AquaCrop เวอร์ชัน 5 ที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์	73

สารบัญญากาศคผนวก

ภาพผนวกที่		หน้า
1	แบบสำรวจข้อมูลเกษตรกรด้านการปลูกพืช หน้าที่ 1	74
2	แบบสำรวจข้อมูลเกษตรกรด้านการปลูกพืช หน้าที่ 2	75
3	การสำรวจพื้นที่ปลูกข้าวบริเวณลุ่มน้ำแม่แจ่ม	76
4	การสัมภาษณ์เกษตรกรเกี่ยวกับการปลูกข้าว	77
5	การสำรวจพื้นที่ปลูกข้าวโพดบริเวณลุ่มน้ำแม่แจ่ม	78
6	การสัมภาษณ์เกษตรกรเกี่ยวกับการปลูกข้าวโพด	79

แบบรายงานผลการวิจัยฉบับสมบูรณ์

ทะเบียนวิจัย	61-63-18-99-020101-009-108-01-13
ชื่อโครงการวิจัย	การทำนายผลผลิตข้าวและข้าวโพดเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศที่รุนแรงบริเวณพื้นที่สูงลุ่มน้ำแม่แจ่ม Crop Yield Projection at Mae Cham Sub Basin under Extreme Climate Change
ผู้รับผิดชอบ	นายยุทธศาสตร์ อนุรักษ์พันธุ์
หน่วยงาน	กองวิจัยและพัฒนาการจัดการที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน
ผู้ร่วมดำเนินการ	นายพงศ์ธร เพียรพิทักษ์ นางสาววิจิตา อินทรศรี นางสาวสมจินต์ วาณิชเสถียร นายณรงค์เดช ฮองกุล นายธนัญชัย คำขำ
หน่วยงาน	กองวิจัยและพัฒนาการจัดการที่ดิน
เริ่มต้น	เดือนตุลาคม พ.ศ. 2560
สิ้นสุด	เดือนกันยายน พ.ศ. 2563
รวมระยะเวลาทั้งสิ้น	3 ปี
สถานที่ดำเนินการ	บริเวณพื้นที่สูงลุ่มน้ำแม่แจ่ม จังหวัดเชียงใหม่

ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานทั้งสิ้น

ปีงบประมาณ	งบบุคลากร	งบดำเนินงาน	รวม
2561	-	720,000	720,000
2562	-	245,698	245,698
2563	-	425,132	425,132
รวม	-	1,390,830	1,390,830

แหล่งงบประมาณที่ใช้ งบประมาณปกติของกรมพัฒนาที่ดิน

พร้อมนี้ได้แนบรายละเอียดตามแบบฟอร์มที่กำหนดมาแล้ว

ลงชื่อ



(นายยุทธศาสตร์ อนุรักษ์พันธุ์)

ผู้รับผิดชอบโครงการ

ลงชื่อ



(นายประเสริฐ เทพนรประไพ)

ประธานคณะกรรมการกลั่นกรองผลงานวิชาการของหน่วยงานต้นสังกัด

วันที่ 30 เดือน กรกฎาคม พ.ศ. 2564

ทะเบียนวิจัยเลขที่	61-63-18-99-020101-009-108-01-13	
ชื่อโครงการวิจัย	การทำนายผลผลิตข้าวและข้าวโพดเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศที่รุนแรง บริเวณพื้นที่สูงลุ่มน้ำแม่แจ่ม Crop Yield Projection at Mae Cham Sub Basin under Extreme Climate Change	
กลุ่มชุดดินที่	-	
สถานที่ดำเนินการ	บริเวณพื้นที่สูงลุ่มน้ำแม่แจ่ม จังหวัดเชียงใหม่	
ผู้ร่วมดำเนินการ	นายยุทธศาสตร์ อนุรักษ์พันธุ์	Mr.Yuthasart Anuluxtipun
	นายพงศ์ธร เพียรพิทักษ์	Mr.Phongthorn Phianphitak
	นางสาววิชิตา อินทรศรี	Miss Wichita Intharasri
	นางสาวสมจินต์ วาณิชเสถียร	Miss Somjin Wanichsathian
	นายณรงค์เดช ฮองกุล	Mr.Narongdech Hongkul
	นายธัญญชัย คำขำ	Mr.Thanun Dumkhum

บทคัดย่อ

การศึกษาการทำนายผลผลิตข้าวและข้าวโพดเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศที่รุนแรง บริเวณพื้นที่สูงลุ่มน้ำแม่แจ่ม ระยะเวลาดำเนินงาน 3 ปี ในเดือนตุลาคม พ.ศ. 2560 - กันยายน พ.ศ. 2563 ได้รวบรวมข้อมูลด้านการเพาะปลูกจากการทำแบบสอบถามเกษตรกรจำนวน 442 ราย วิเคราะห์ร่วมกับข้อมูลสภาพภูมิอากาศจากกรมอุตุนิยมวิทยารายวัน และข้อมูลการจำลองสภาพภูมิอากาศในอนาคตจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ PRECIS ได้แก่ อุณหภูมิสูงสุด อุณหภูมิต่ำสุด ความเร็วลม ความชื้นสัมพัทธ์ รังสีดวงอาทิตย์ เพื่อคาดการณ์ผลผลิตข้าวและข้าวโพดล่วงหน้าในปี พ.ศ. 2573 (ค.ศ. 2030) และ 2603 (ค.ศ. 2060) โดยใช้แบบจำลอง AquaCrop เวอร์ชัน 5 ในการทำนายผลผลิตภายใต้ภาพฉายการปล่อยก๊าซเรือนกระจกแบบ Representative Concentration Pathway หรือ RCP มี 4 แบบจำลอง ได้แก่ RCP2.6 RCP4.5 RCP6.0 และ RCP8.5 โดยจะสนใจที่ RCP6.0 คือ สถานการณ์ที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในระดับปานกลาง และ RCP8.5 คือ สถานการณ์ที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในระดับสูง เป็นประเด็นศึกษาเปรียบเทียบ

ผลการทำนายผลผลิตข้าวและข้าวโพดในปี พ.ศ. 2573 และ 2603 เมื่อเทียบกับผลผลิตในปีฐาน (พ.ศ. 2561 - 2563) พบว่า ปริมาณผลผลิตมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นมากกว่าลดลง โดยผลผลิตข้าวเฉลี่ยในปีฐาน เท่ากับ 623 กิโลกรัมต่อไร่ เมื่อทำนายผลผลิตในปี พ.ศ. 2573 และ 2603 จากการใช้แบบจำลอง RCP6.0 ได้ผลผลิตเฉลี่ย 635 และ 682 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจากปีฐาน ร้อยละ 1.85 และ 9.47 ตามลำดับ และการทำนายผลผลิตโดยใช้แบบจำลอง RCP8.5 ได้ผลผลิตเฉลี่ย 601 และ 717 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งมีแนวโน้มลดลงจากปีฐาน ร้อยละ 3.54 ในปี พ.ศ. 2573 และเพิ่มขึ้นจากปีฐาน ร้อยละ 15.00 ในปี พ.ศ. 2603 ตามลำดับ ในขณะที่ผลผลิตข้าวโพดเฉลี่ยในปีฐานเท่ากับ 872 กิโลกรัมต่อไร่ เมื่อทำนายผลผลิตในปี พ.ศ. 2573 และ 2603 จากการใช้แบบจำลอง RCP6.0 ได้ผลผลิตเฉลี่ย 879 และ 896 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจากปีฐาน ร้อยละ 0.87 และ 2.76 ตามลำดับ และการทำนายผลผลิตโดยใช้แบบจำลอง RCP8.5 ได้ผลผลิตเฉลี่ย 883

และ 900 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจากปีฐาน ร้อยละ 1.27 และ 3.24 ตามลำดับ และเมื่อนำข้อมูลจากการทำนายรายปีมาวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติแบบ Paired Sample T-test แบ่งออกเป็น 2 แบบจำลอง ได้แก่ RCP6.0 และ RCP8.5 โดยที่เป็นผลผลิตข้าว 6 คู่ และผลผลิตข้าวโพด 6 คู่ ผลที่ได้คือมี 10 คู่ ที่แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่คู่ของผลผลิตข้าวระหว่างปีฐานกับปี พ.ศ. 2573 ที่ได้จากแบบจำลอง RCP6.0 และคู่ของผลผลิตข้าวระหว่างปีฐานกับปี พ.ศ. 2573 ที่ได้จากแบบจำลอง RCP8.5 ไม่แสดงความแตกต่างกันทางสถิติ จึงสรุปได้ว่าปริมาณผลผลิตข้าวและข้าวโพดบริเวณพื้นที่สูงลุ่มน้ำแม่แจ่มมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในอนาคต ถึงแม้จะได้รับผลกระทบโดยตรงจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่รุนแรง

คำสำคัญ: ผลผลิตข้าว, ผลผลิตข้าวโพด, การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่รุนแรง, AquaCrop

Abstract

A study on Crop Yield Projection at Mae Cham Sub Basin under Extreme Climate Change has been completed since October 2017 to September 2020. 422 Sampling questionnaires were collected from farmers and analyzed together with from the meteorological data by means of the PRECIS mathematical model such as max-min temperature, rainfall, wind speed, relative humidity and solar radiation. All data has been predicted rice and maize yield production in 2030 and 2060. The AquaCrop model version 5 can project yield production scenario as the Representative Concentration Pathway (RCP). There are four scenario platforms: RCP2.6, RCP4.5, RCP6.0, and RCP8.5. This project is going to focus RCP6.0 and RCP8.5 scenarios that RCP6.0 scenario is a moderate greenhouse gas emissions and RCP8.5 scenarios is a high levels of greenhouse gas emissions.

The result shows that rice and maize yields in 2030 and 2060 compare to base line year 2018-2020 significant different. Almost data of crop yields show higher yield than lower yield. The average rice yield in the base line year is 623 kilograms/rai but the yields in 2030 and 2060 by means of RCP6.0 scenario, the average rice yield is 635 and 682 kilograms/rai as an increase of 1.85 and 9.47 percentages respectively. The RCP8.5 scenarios the average rice yield is 601 kilograms/rai as 3.54 percentages decreasing in 2030 but 717 kilograms/rai as 15 percentages increasing in 2060 respectively. Whereas, the average maize yield in the base line year is 872 kilograms/rai. The RCP6.0 scenario projects in 2030 and 2060 that the average maize yield is 879 and 896 kilograms/rai as an increase of 0.87 and 2.76 percentages, respectively. The RCP8.5 scenarios the average maize yield is 883 and 900 kilograms/rai as a 1.27 and 3.24 percentage increasing respectively. The AquaCrop model projection by means of Paired T-test consists of 2 groups in RCP6.0 and RCP8.5 scenarios among 12 categories, 6 pairs of rice yields and 6 pairs of maize yields. The result is 10 pairs that show 99 percentages significant differences. Two paired t-test show non-significant different between base line year and 2030 (RCP6.0 scenario). The last comparative is base line and 2030 (RCP8.5 scenario). Finally concluded that rice and maize yields production in the Mae Cham River Basin tends to increase in the near future as extremely climate change condition.

Keywords: Rice production, Maize production, Extremely climate change, AquaCrop

หลักการและเหตุผล

การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Climate Change) คือ การเปลี่ยนแปลงลักษณะอากาศเฉลี่ย (Average Weather) ในพื้นที่หนึ่ง ลักษณะอากาศเฉลี่ย หมายความว่ารวมถึง ลักษณะทั้งหมดที่เกี่ยวข้องกับอากาศ เช่น อุณหภูมิ ฝน ลม เป็นต้น (กรมอุตุนิยมวิทยา, ม.ป.ป) จากข้อมูลสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร พื้นที่เพาะปลูกข้าวนาปีจังหวัดเชียงใหม่ ปี พ.ศ. 2556 - 2558 มีเนื้อที่ 477,417 456,116 383,246 ไร่ ตามลำดับ จะเห็นว่าพื้นที่เพาะปลูกข้าวนาปีในจังหวัดเชียงใหม่ลดลง เนื่องจากช่วงต้นฤดูฝน ในเดือนพฤษภาคมถึงมิถุนายน ปี พ.ศ. 2558 ปริมาณฝนสะสมทั้งปีมีค่าต่ำกว่าค่าเฉลี่ยปกติเกือบทุกภาค ทำให้เกษตรกรปลูกข้าวล่าช้า บางพื้นที่ไม่สามารถปลูกข้าวนาปีได้ ประกอบกับราคามีแนวโน้มลดลง เกษตรกรบางส่วนจึงปรับเปลี่ยนไปปลูกพืชอื่นเช่นเดียวกับพื้นที่เพาะปลูกข้าวโพดจังหวัดเชียงใหม่มีแนวโน้มลดลง ในปี พ.ศ. 2556 - 2558 มีเนื้อที่ 192,378 189,443 185,477 ไร่ ตามลำดับ เนื่องจากประสบปัญหาภัยแล้ง ฝนทิ้งช่วง (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2558) จะเห็นได้ว่าการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศนี้ส่งผลกระทบต่อภาคการเกษตรอย่างมาก เนื่องจากการทำเกษตรกรรมต้องพึ่งพิงปัจจัยจากธรรมชาติในการเจริญเติบโตของพืชผล จาก การเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศนี้จึงควรมีการทำนายผลผลิตพืชในอนาคตเพื่อศึกษาผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อการลดลงหรือเพิ่มขึ้นของผลผลิต โดยใช้โปรแกรม AquaCrop เวอร์ชัน 5 ทำนายผลผลิตข้าวและข้าวโพด ในปี พ.ศ. 2573 และ 2603 ของจังหวัดเชียงใหม่ บริเวณลุ่มน้ำแม่แจ่มตอนล่าง เพื่อเป็นแนวทางในการแก้ไข การปรับตัวของเกษตรกรเพื่อให้ดำรงอยู่ได้อย่างยั่งยืนต่อไป

วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อการลดลงหรือเพิ่มขึ้นของผลผลิตข้าวและข้าวโพด โดยใช้โปรแกรม AquaCrop เวอร์ชัน 5 ทำนายผลผลิต ในปี พ.ศ. 2573 และ 2603

การตรวจเอกสาร

อำเภอแม่แจ่ม จังหวัดเชียงใหม่ มีพื้นที่ทั้งหมดประมาณ 2,733 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นพื้นที่ 1,708,289 ไร่ อยู่ในลุ่มน้ำหลัก 2 ลุ่มน้ำ คือ ลุ่มน้ำปิงและลุ่มน้ำสาละวิน โดยมีพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาที่ครอบคลุมพื้นที่ส่วนใหญ่ของอำเภอ คือ ลุ่มน้ำแม่แจ่มตอนล่างและลุ่มน้ำแม่แจ่มตอนบน โดยมีพื้นที่ 859,160 และ 845,843 ไร่ ตามลำดับ (สำนักงานจังหวัดเชียงใหม่, 2558) จากรายงานผลสำมะโนการเกษตร พ.ศ. 2556 พบว่า อำเภอแม่แจ่ม มีจำนวนผู้ถือครองทำการเกษตรมากที่สุดในจังหวัดเชียงใหม่ โดยมีจำนวนเกษตรกร 10,468 ราย และมีเนื้อที่ถือครองทำการเกษตรทั้งสิ้น 184,648 ไร่ แบ่งออกเป็น พืชไร่ 119,537 ไร่ ข้าว 42,140 ไร่ พืชผัก 17,378 ไร่ พืชยืนต้นและไม้ผล 4,021 ไร่ และยางพารา 990 ไร่ ตามลำดับ (สำนักงานสถิติแห่งชาติ, 2558)

1. ข้าว

ข้าวมีชื่อสามัญ Rice ชื่อวิทยาศาสตร์ *Oryza sativa* L. ชื่อวงศ์ POACEAE ลักษณะทั่วไป เป็นพืชน้ำล้มลุกเขตร้อน ชอบขึ้นในที่ดินเหนียวมีน้ำท่วมขัง มีบางพันธุ์ที่สามารถขึ้นได้ในที่ดอนเรียกว่า "ข้าวไร่" ข้าว

มีลำต้นกลางและแตกเป็นข้อเจริญเติบโตแบบแตกกอ ใบยาวเรียวยาวคล้ายเหมือนใบตะไคร้หรือใบหญ้าคา ดอกออกเป็นช่อดอกรวมที่ปลายยอด เรียกว่า "รวงข้าว" ผลหรือเมล็ดเมื่อยังอ่อนจะมีสีเขียว เมื่อแก่จะมีสีเหลืองทอง เมื่อพบรวงข้าวโผล่พ้นจากใบธงประมาณ 80 เปอร์เซ็นต์ ของแปลง กำหนดให้เป็นวันออกดอก เมื่อผ่านไปประมาณ 21 วัน ให้ระบายน้ำออกจากแปลงนา และจะสามารถเกี่ยวข้าวได้เมื่อผ่านไปประมาณ 28-30 วัน นับจากวันออกดอก ทั้งนี้ การปลูกข้าวมี 2 ลักษณะ คือ นาดำและนาหว่าน

นาดำ คือ การปลูกข้าวโดยใช้ต้นกล้าปักดำลงไปบนดิน โดยปักดำจึบละ 3-5 ต้น ความลึกประมาณ 3-5 เซนติเมตร จะทำให้ข้าวแตกกอใหม่ได้เต็มที่ ควรทำเป็นแถวเป็นแนวซึ่งจะทำให้ง่ายต่อการกำจัดวัชพืช การใส่ปุ๋ย การพ่นยากำจัดโรคแมลง และยังทำให้ข้าวแต่ละกอมีโอกาสได้รับอาหารและแสงแดดอย่างสม่ำเสมอ ทั้งนี้ ระดับน้ำในการปักดำ ควรมีระดับน้ำในนาอย่างน้อยที่สุด เพียงแค่คลุมผิวดิน เพื่อป้องกันวัชพืช และประคองต้นข้าวไว้ไม่ให้ล้ม การควบคุมระดับน้ำหลังปักดำก็เป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่ง เพราะระดับน้ำลึกจะทำให้ต้นข้าวแตกกอน้อย ซึ่งจะทำให้ผลผลิตต่ำ ควรควบคุมให้อยู่ในระดับลึกประมาณ 10 เซนติเมตร เท่านั้น สำหรับระยะปักดำที่เหมาะสมขึ้นอยู่กับชนิดและพันธุ์ข้าว ได้แก่ พันธุ์ข้าวไม่ไวต่อช่วงแสงหรือข้าวนาปรัง เช่น สุพรรณบุรี1 ชัยนาท1 พิษณุโลก2 สันป่าตอง1 ควรใช้ระยะปักดำระหว่างแถวและระหว่างกอ 20x20 เซนติเมตร หรือ 20x25 เซนติเมตร และพันธุ์ข้าวไวต่อช่วงแสงหรือข้าวนาปี เช่น เหลืองประทิว123 ปทุมธานี 60 ขาวดอกมะลิ105 กข15 กข6 ควรใช้ระยะปักดำ 25x25 เซนติเมตร สำหรับอายุกล้าที่เหมาะสมในการปักดำขึ้นอยู่กับชนิดและพันธุ์ข้าว ได้แก่ พันธุ์ข้าวไม่ไวต่อช่วงแสง เช่น สุพรรณบุรี1 ชัยนาท1 พิษณุโลก2 ควรใช้กล้าที่มีอายุประมาณ 20-25 วัน และพันธุ์ข้าวไวต่อช่วงแสง เช่น เหลืองประทิว123 ขาวดอกมะลิ105 ปทุมธานี60 กข15 กข6 ควรใช้กล้าที่มีอายุประมาณ 25-30 วัน

นาหว่าน คือ การปลูกข้าวโดยหว่านเมล็ดลงไปบนนาที่เตรียมพื้นที่ไว้แล้วโดยตรง และควรหว่านให้สม่ำเสมอทั่วแปลง เพื่อที่ต้นข้าวจะได้รับธาตุอาหาร แสงแดด และเจริญเติบโตสม่ำเสมอ ทำให้ได้ผลผลิตสูง สำหรับนาที่มีลักษณะเป็นดินทรายมีตะกอนน้อยหลังจากทำเทือกแล้วควรหว่านทันที กักน้ำไว้หนึ่งคืนแล้วจึงระบายออก จะทำให้ข้าวงอกและจับดินดียิ่งขึ้น การทำนาหว่านน้าตม จะต้องมีการดูแลให้ต้นข้าวงอกดีโดยพิจารณาถึงพันธุ์ข้าว การใช้พันธุ์ข้าวนาปีซึ่งมีลำต้นสูง ควรจะทำการหว่านข้าวให้ล่า ให้อายุข้าวจากหว่านถึงออกดอกประมาณ 70-80 วัน เนื่องจากความยาวแสงจะลดลง จะทำให้ต้นข้าวเตี้ยลง เนื่องจากถูกจำกัดเวลาในการเจริญเติบโตทางต้นและทางใบ ทำให้ต้นข้าวแข็งแรงและไม่ล้มง่าย สำหรับข้าวที่ไม่ไวแสงหรือข้าวนาปรังไม่มีปัญหา เพียงแต่กระะยะให้เก็บเกี่ยวในระยะฝนทิ้งช่วง หรือหมดฝน หรือหลีกเลี่ยงไม่ให้ข้าวบางพันธุ์ เช่น ปทุมธานี1 ออกดอกในฤดูหนาว เป็นต้น ระดับน้ำ การจะผลผลิตข้าวให้ได้ผลผลิตสูงการควบคุมระดับน้ำเป็นสิ่งสำคัญ โดยเฉพาะตั้งแต่เริ่มหว่านจนข้าวแตกกอ ระดับน้ำไม่ควรเกิน 5 เซนติเมตร เมื่อข้าวแตกกอเต็มที่ ระดับน้ำอาจเพิ่มสูงขึ้นได้ เพื่อจะได้ไม่ต้องสูบน้ำบ่อย ๆ แต่ไม่ควรเกิน 10 เซนติเมตร เพราะถ้าระดับน้ำสูงจะทำให้ต้นข้าวที่แตกกอเต็มที่แล้ว เพิ่มความสูงของต้นและความยาวของใบ โดยไม่ได้ประโยชน์อะไร เป็นเหตุให้ต้นข้าวล้ม เกิดการทำลายของโรคและแมลงได้ง่าย (สำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร, ม.ป.ป)

การเก็บเกี่ยวข้าว มีระยะเวลาที่เหมาะสม คือ 28-30 วัน หลังข้าวออกดอก การเก็บเกี่ยวในระยะนี้ ทำให้ได้ข้าวที่มีคุณภาพการสีดี ถ้าเก็บเกี่ยวเร็วหรือช้าเกินไปมีผลต่อคุณภาพเมล็ด คือ การเก็บเกี่ยวเร็วเกินไปเมล็ดข้าวน้ำหนกเบา การสะสมแป้งไม่เต็มที่ ข้าวมีความชื้นสูง ถ้าลดความชื้นล่าช้า ทำให้ข้าวเสื่อมคุณภาพ มี

จุลินทรีย์เข้าทำลาย คุณภาพการสีต่ำได้ข้าวเต็มเมล็ดและต้นข้าวต่ำ เมล็ดยังเขียว อ่อน มีข้าวหักและปน การเก็บเกี่ยวช้าเกินไป สูญเสียผลผลิตข้าว เพราะข้าวแห้งกรอบ ร่วงหล่นในนา นก หนู และแมลง เข้าทำลาย คุณภาพการสีต่ำ ได้ข้าวเต็มเมล็ดและต้นข้าวต่ำ เพราะเมล็ดกรอบและมีรอยแตกร้าว กรณีรวงข้าวแช่น้ำ ทำให้เกิดเมล็ดงอก (กรมการข้าว, ม.ป.ป)

2. ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ เป็นพืชไร่ที่นิยมปลูกอย่างมากในพื้นที่อำเภอแม่แจ่ม เนื่องจากเป็นพืชเศรษฐกิจที่มีความต้องการมากในอุตสาหกรรมอาหารสัตว์และยังเป็นพืชที่ปลูกง่าย ใช้น้ำน้อย โดยเฉพาะอย่างยิ่งบริเวณพื้นที่สูงซึ่งอาศัยน้ำฝนตามธรรมชาติในการเจริญเติบโต (ชนกนันทน์ และภูวรินทร์, 2564) ทั้งนี้ การปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ สามารถแบ่งออกเป็น 2 ระบบการผลิต ได้แก่ การปลูกเพื่อผลิตเมล็ดพันธุ์และการปลูกเพื่อเป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมอาหารสัตว์ ซึ่งจะมีวิธีการปลูกและการจัดการที่แตกต่างกัน

การปลูกข้าวโพดเพื่อผลิตเมล็ดพันธุ์ หรือเรียกว่า “ข้าวโพดถอดดอก” จะได้ผลผลิตเป็นเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดลูกผสม (F1 hybrid) โดยนำเมล็ดพันธุ์ต้นพ่อและต้นแม่มาปลูกเป็นแถวสลับกัน (ต้นพ่อพันธุ์ 1 แถว สลับกับต้นแม่พันธุ์ 4 แถว) เมื่อต้นแม่พันธุ์เจริญเติบโตจนมีข้อเกสรตัวผู้ เกษตรกรจะต้องดึงข้อเกสรออกเพื่อป้องกันการปนเปื้อนจากเกสรตัวผู้จากแปลงปลูกข้าวโพดพันธุ์อื่น ๆ ดังนั้น การปลูกข้าวโพดเพื่อผลิตเมล็ดพันธุ์จึงต้องปลูกในพื้นที่ห่างไกลจากแปลงปลูกข้าวโพดพันธุ์อื่น ๆ หรือปลูกเหลื่อมเวลา

การปลูกข้าวโพดเพื่อเป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมอาหารสัตว์ ส่วนใหญ่ใช้เมล็ดพันธุ์ลูกผสมเนื่องจากให้ผลผลิตสูงกว่าเมล็ดพันธุ์แบบเปิด และยังหาซื้อได้ง่ายทั้งตามห้างร้านและเกษตรกรที่ปลูกข้าวโพดถอดดอก โดยพันธุ์ที่นิยมปลูกในพื้นที่อำเภอแม่แจ่มคือ พันธุ์ 888 หรือเรียกว่า “ทองแปด” และ “ฝักแฝด” (วสันต์ และคณะ, 2559)

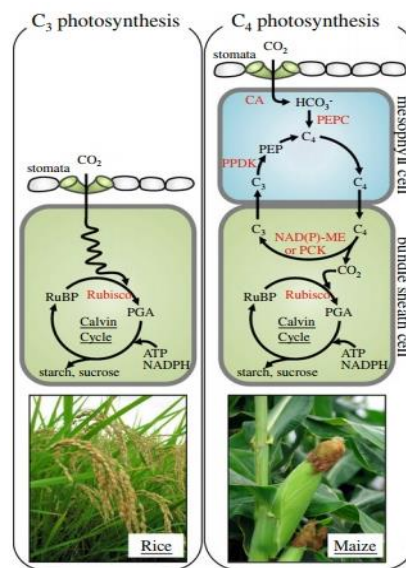
ทั้งนี้ การเพาะปลูกข้าวโพด ควรเลือกสภาพพื้นที่ปลูกเป็นที่ดอนหรือน้ำไม่ท่วมขัง มีการระบายน้ำดี มีปริมาณน้ำฝนกระจายสม่ำเสมอ ดินที่เหมาะสมควรเป็นดินร่วนปนทราย มีปริมาณธาตุอาหารพืชอุดมสมบูรณ์ มีความเป็นกรดต่างระหว่าง 5.5-7.0 มีอินทรีย์วัตถุไม่ต่ำกว่าร้อยละ 1 การเตรียมดินทำภายหลังจากฝนตกแล้ว 1-2 ครั้ง โดยไถตะให้ดินลึก 20-30 เซนติเมตร ตากดินไว้ประมาณ 10-15 วัน แล้วไถพรวน การปลูกใช้ระยะห่างระหว่างหลุม 20-25 เซนติเมตร หยอดเมล็ดหลุมละ 1-2 เมล็ด เมื่อข้าวโพดมีอายุได้ 14 วัน ถอนแยกให้เหลือหลุมละต้น การให้ปุ๋ย ดินแต่ละชนิดมีความอุดมสมบูรณ์ของดินไม่เท่ากันจึงควรใส่ปุ๋ยเคมีให้ถูกชนิด ถูกอัตรา และถูกเวลา การเก็บเกี่ยว ระยะเวลาที่เหมาะสมคือเมื่อข้าวโพดแก่จัดหรือแห้งหมดทั้งแปลง สังเกตจากใบข้าวโพดเปลี่ยนเป็นสีฟางข้าว เมล็ดจะมีความชื้นต่ำกว่า 25 เปอร์เซ็นต์ ทั้งนี้ไม่ควรเก็บเกี่ยวข้าวโพดหลังจากฝนตก เพราะเมล็ดจะมีความชื้นสูง (สำนักงานเกษตรอำเภอโพธาราม, 2559)

3. ระบบการสังเคราะห์แสงระหว่างพืช C3 และ C4

ระบบการสังเคราะห์แสงแบบ C3 เกิดจากการที่ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) รวมตัวกับสารตั้งต้น ribulose-1,5-bisphosphate (RuBP) โดยอาศัยเอนไซม์ ribulose-1,5-bisphosphate carboxylase oxygenase (Rubisco) ในวัฏจักรคัลวิน (Calvin cycle) แล้วได้ผลิตภัณฑ์ที่เป็นสารอินทรีย์ที่มีองค์ประกอบของคาร์บอน 3 อะตอมคือ 3-phosphoglycerate (3-PGA) เป็นผลิตภัณฑ์แรกและเกิดการเปลี่ยนแปลงต่อไปจนได้ผลิตภัณฑ์ในรูปของน้ำตาลชนิดต่าง ๆ เรียกว่าการสังเคราะห์แสงแบบ C3 และเรียกวัฏจักรแบบนี้

ว่าวัฏจักร C₃ (C₃ photosynthetic pathway) (ภาพที่ 1) พืชที่ใช้ระบบการสังเคราะห์แสงแบบนี้จึงถูกเรียกว่าพืช C₃ พืชกลุ่มนี้ถือเป็นประชากรส่วนใหญ่ของพืชที่พบบนโลกนี้คิดเป็นจำนวน 95 เปอร์เซ็นต์ พืช C₃ ที่สำคัญได้แก่ ข้าวเจ้า ข้าวสาลี ข้าวบาเลย์ และถั่วต่าง ๆ

ระบบการสังเคราะห์แสงแบบ C₄ เป็นระบบการสังเคราะห์แสงที่มีการตรึง CO₂ สองครั้ง ครั้งแรก CO₂ จากอากาศซึ่งผ่านเข้ามาทางปากใบ (stomata) จะถูกตรึงไว้โดยการรวมกับสาร phosphoenolpyruvate (PEP) โดยเอนไซม์ phosphoenolpyruvate carboxylase (PEPC) เกิดเป็นสารประกอบที่มีคาร์บอน 4 อะตอม คือ oxaloacetate (OAA) ซึ่งจะถูกเปลี่ยนแปลงต่อไปเป็น malate (MA) จากนั้น CO₂ จะถูกปลดปล่อยออกมาจากโมเลกุลของ MA และจะถูกตรึงอีกครั้งหนึ่งโดยการรวมตัวกับ RuBP แล้วเข้าสู่วัฏจักรคัลวินต่อไป เช่นเดียวกับระบบการสังเคราะห์แสงแบบ C₃ (ภาพที่ 1) พืชที่ใช้ระบบการสังเคราะห์แสงแบบ C₄ นี้ เรียกว่า พืช C₄ มักจะเป็นพืชที่มีถิ่นกำเนิดในเขตร้อนเขตรึ่งเขตร้อน เช่น ข้าวโพด อ้อย ข้าวฟ่าง เป็นต้น

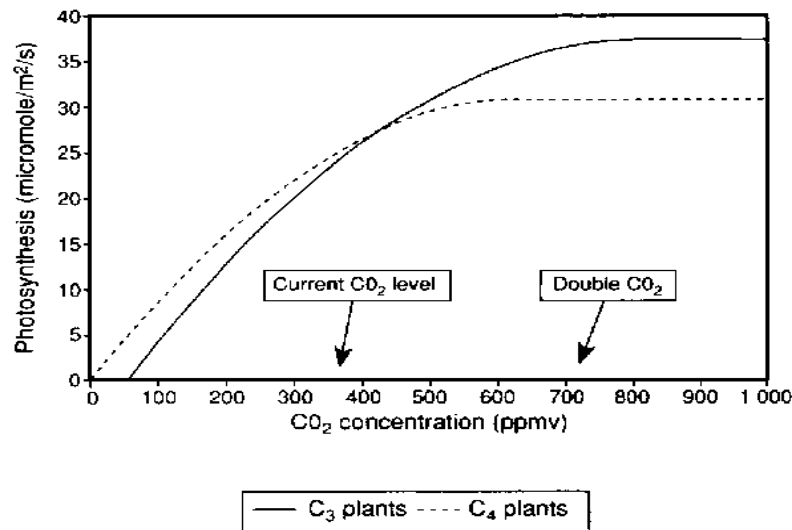


ภาพที่ 1 การสังเคราะห์แสงของพืช C₃ และ C₄

การสังเคราะห์แสงแบบ C₃ และ C₄ มีความสัมพันธ์ต่อการเปลี่ยนแปลงของปริมาณ CO₂ ในชั้นบรรยากาศได้แตกต่างกัน การสังเคราะห์แสงแบบ C₄ ได้รับประโยชน์มากกว่าภายใต้สภาวะที่มี CO₂ ในชั้นบรรยากาศน้อยหรือมีอุณหภูมิสูง ในขณะที่ในพืช C₃ จะเกิดกระบวนการหายใจเชิงแสง (photorespiration) ค่อนข้างสูงในสภาพบรรยากาศดังกล่าว ภายใต้สภาวะเช่นนี้ประสิทธิภาพการสังเคราะห์แสงแบบ C₄ จะเหนือกว่าแบบ C₃ อย่างไรก็ตามภายใต้สิ่งแวดล้อมที่มีการยกระดับของปริมาณ CO₂ หรือที่อุณหภูมิต่ำ ประสิทธิภาพของการสังเคราะห์แสงใน C₃ จะสูงกว่า เพราะว่าการหายใจเชิงแสงจะลดลงและการใช้ ATP ที่สิ้นเปลืองของ C₄ ทำให้มันด้อยประสิทธิภาพลงในสภาวะที่มีแสงแดดจัด ร้อนและแห้งแล้ง พืช C₃ จะลดการสูญเสียน้ำด้วยการปิดปากใบส่วนใหญ่เอาไว้ ทำให้ CO₂ จากอากาศผ่านเข้ามาทางปากใบได้น้อยมาก รวมทั้ง O₂ ที่เกิดจากปฏิกิริยาที่ต้องใช้แสงไม่สามารถปล่อยออกสู่บรรยากาศได้ จะถูกสะสมอยู่ในคลอโรพลาสต์มากขึ้นเรื่อย ๆ เมื่อการตรึง CO₂ เกิดขึ้นได้น้อย พืช C₃ จะทำการตรึง O₂ ที่สะสมค้างคั่งค้างอยู่นั้นเอาไว้แทน เนื่องจากเอนไซม์ Rubisco นั้นมีความสามารถในการจับกับออกซิเจนได้ด้วย เมื่อ O₂ รวมตัวกับ RuBP เกิดเป็นสารประกอบอินทรีย์ที่มีคาร์บอน 2 อะตอมคือ phosphoglycolate (2-PG) สารอินทรีย์ที่เกิดขึ้นนี้จะถูก

ขนส่งออกจากคลอโรพลาสต์ และถูกนำไปสลายที่ไมโทคอนเดรียและเพอร์ออกซิโซม (peroxisome) ซึ่งจะทำให้ได้ CO_2 ออกมา และจะสามารถถูกนำไปใช้ในการสร้างน้ำตาลต่อไปได้ อย่างไรก็ตามการสร้างอาหารจะเกิดขึ้นน้อยกว่าปกติ ปฏิกิริยาการใช้ O_2 และปลดปล่อย CO_2 ในขณะที่มีแสงนี้เรียกว่าการหายใจเชิงแสง (photorespiration) เมื่อพืชมีการหายใจเชิงแสงเกิดขึ้นจะทำให้เกิดการสูญเสียสารอินทรีย์ในวัฏจักรคัลวิน บางส่วนไปเนื่องจากได้ถูกนำไปใช้ในการตรึง O_2 จึงมีผลทำให้ประสิทธิภาพในการสังเคราะห์แสงลดลง (อภิชาติ, ม.ป.ป.)

สรุปได้ว่า การเพิ่มขึ้นของ CO_2 ในชั้นบรรยากาศ ส่งผลให้การสังเคราะห์แสงของพืช C_3 ดีกว่าพืช C_4 โดยพืช C_3 จะสังเคราะห์แสงได้ดีในช่วงที่อากาศของโลกมีระดับความเข้มข้น CO_2 ต่ำกว่า 400 ppmV อย่างไรก็ตามในทางกลับกัน เมื่อระดับความเข้มข้น CO_2 เพิ่มขึ้นเกินกว่า 400 ppmV พืช C_4 จะสังเคราะห์แสงได้ดีกว่า C_3 เพราะในวัฏจักรคัลวิน พืช C_4 จะทำหน้าที่ในการสังเคราะห์แสงเพิ่มขึ้นเมื่อ CO_2 มีระดับความเข้มข้นสูงกว่า 400 ppmV (Ghannoum *et al.*, 2011) ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 ความสัมพันธ์ระหว่างก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และการสังเคราะห์แสงของพืช C_3 และ C_4

การเพิ่มขึ้นของ CO_2 ในชั้นบรรยากาศ กล่าวถึงปริมาณในการเพิ่มขึ้นเป็นจำนวนเท่าไร การศึกษาการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศโลกนั้นเป็นระบบใหญ่ จำเป็นต้องมีการแตกย่อยระบบเพื่อทำการศึกษาระบบของพืชก็มีโมเดล (Model) ที่ใช้ในการทำนายได้ แต่ปัญหาคือความน่าเชื่อถือของโมเดล อย่างไรก็ตามยังไม่มีเครื่องมืออื่น ๆ ที่สามารถนำมาใช้พยากรณ์ได้อย่างถูกต้องที่สุด ทำให้นักวิจัย นักวิทยาศาสตร์ และนักคิดค้นต่าง ๆ พยายามที่จะค้นคิดวิธีการในประเมินให้ได้มีประสิทธิภาพที่สุด ทำให้มีข้อมูลใหม่ ๆ ออกมาอย่างต่อเนื่อง สำหรับพืชที่มีการตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลง สามารถทำการศึกษาระดับแปลงทดลองได้ไม่ยุ่งยาก เนื่องจากการศึกษาในโรงเรือนทดลอง (Grow chamber) ซึ่งมีการควบคุมสภาพแวดล้อม (Control environment) ส่วนพืชที่ทำการศึกษามากคือพืชในกลุ่ม C_3 และ C_4 ซึ่งเป็นกลุ่มพืชที่มีข้อดีและข้อเด่นแตกต่างกัน ในพืช C_4 จะมีประสิทธิภาพในการตรึง CO_2 ดีกว่าพืช C_3 โดยหากนำพืชทั้งสองกลุ่มนี้ไปอยู่ด้วยกันแล้วใช้ฝาครอบปิดไว้ ปล่อยให้อุณหภูมิลดลง พืช C_3 จะตายก่อนพืช C_4 แสดงว่าในพืช C_4 น่าจะมีกลไกบางอย่างที่สามารถควบคุมปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ (Concentrated CO_2) ได้ดีกว่า ซึ่งเกี่ยวข้องกับตรึง CO_2 ของเอนไซม์ Rubisco ที่จะสร้างน้ำตาล ดังนั้น หากนำความรู้นี้มาพัฒนาในพืช C_3

ในการควบคุมปริมาณค่า CO₂ ที่เพิ่มขึ้น ซึ่งน่าจะทำให้พืช C3 มีความสามารถในการสร้างผลผลิต (Productivity) เพิ่มขึ้นด้วย แต่ในพืช C4 อาจเพิ่มขึ้นแต่ไม่มากนัก (เอ็จ, 2554)

4. ภาพจำลองการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

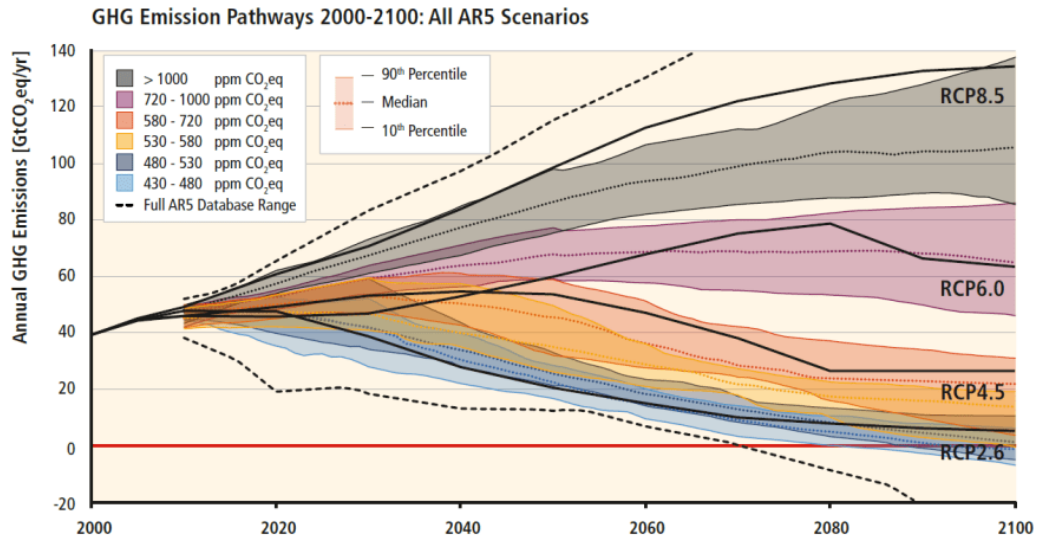
ปริมาณก๊าซเรือนกระจกในบรรยากาศในอนาคตเป็นข้อมูลสำคัญที่ใช้เป็นข้อมูลนำเข้าให้กับแบบจำลองภูมิอากาศ ซึ่งคณะกรรมการระหว่างรัฐบาลว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ หรือ IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) ได้พัฒนาภาพฉายการปล่อยก๊าซเรือนกระจกแบบใหม่ โดยพิจารณาจากปัจจัยต่าง ๆ เช่น จำนวนประชากร เศรษฐกิจ การใช้พลังงาน การใช้ประโยชน์ที่ดิน เทคโนโลยี และนโยบายด้านสภาพภูมิอากาศ เป็นต้น เรียกว่า Representative Concentration Pathway หรือ RCP ทั้งสิ้น 4 ภาพฉาย ได้แก่ RCP2.6 RCP4.5 RCP6.0 และ RCP8.5

RCP2.6 มีการลดก๊าซเรือนกระจกอย่างเข้มข้น จึงเป็นวิธีที่แรงบังคับการแผ่รังสีเพิ่มขึ้นจนมีค่าสูงสุดประมาณ 3.0 วัตต์ต่อตารางเมตร ก่อนปี ค.ศ. 2100 ความเข้มข้นของก๊าซเรือนกระจกในบรรยากาศประมาณ 490 พันส่วนในล้านส่วนคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า และลดลงหลังจากนั้นจนมีค่า 2.6 วัตต์ต่อตารางเมตร หรือค่าความเข้มข้นของก๊าซเรือนกระจกในบรรยากาศประมาณ 475 พันส่วนในล้านส่วนคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า โดยมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงสุดในปี ค.ศ. 2010 - 2020 และลดลงภายในปี ค.ศ. 2100

RCP4.5 มีการลดก๊าซเรือนกระจกปานกลาง จึงเป็นวิธีที่แรงบังคับการแผ่รังสีเพิ่มขึ้นจนมีค่าเท่ากับ 4.5 วัตต์ต่อตารางเมตร ในปี ค.ศ. 2100 และมีค่าคงที่หลังจากปี ค.ศ. 2100 ความเข้มข้นของก๊าซเรือนกระจกในบรรยากาศที่สัมพันธ์กับแรงบังคับการแผ่รังสีในปี ค.ศ. 2100 มีค่าประมาณ 650 ส่วนในล้านส่วนคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า โดยมีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงสุดในปี ค.ศ. 2040 และ 2080 และคงอัตราการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกอย่างต่อเนื่องจนถึงปี ค.ศ. 2100 จึงจะเริ่มคงที่และลดลง ตามลำดับ

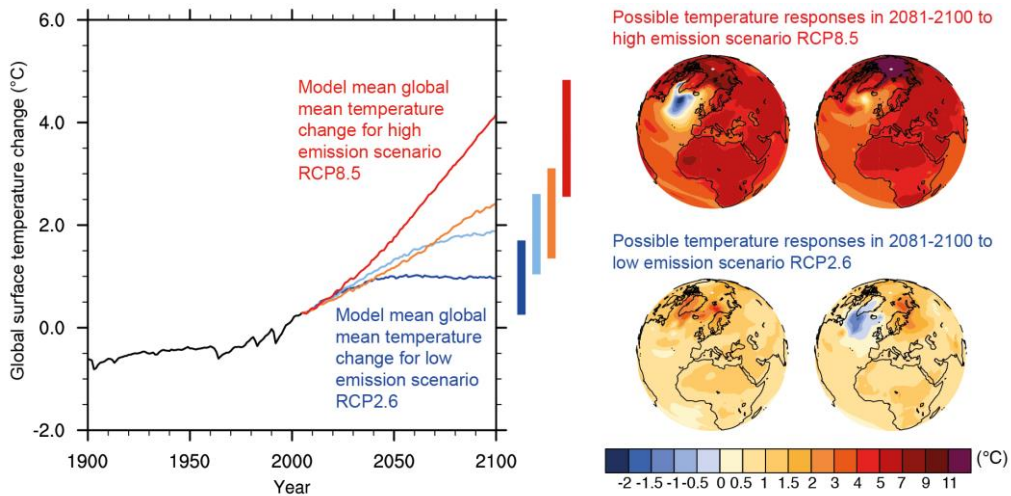
RCP6.0 มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกปานกลาง จึงเป็นวิธีที่แรงบังคับการแผ่รังสีเพิ่มขึ้นจนมีค่าเท่ากับ 6.0 วัตต์ต่อตารางเมตร ในปี ค.ศ. 2100 และมีค่าคงที่หลังจากปี ค.ศ. 2100 ความเข้มข้นของก๊าซเรือนกระจกในบรรยากาศที่สัมพันธ์กับแรงบังคับการแผ่รังสีในปี ค.ศ. 2100 มีค่าประมาณ 850 ส่วนในล้านส่วนก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า โดยมีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงสุดในปี ค.ศ. 2040 และ 2080 และคงอัตราการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกอย่างต่อเนื่องจนถึงปี ค.ศ. 2100 จึงจะเริ่มคงที่และลดลง ตามลำดับ

RCP8.5 มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูง จึงเป็นวิธีที่แรงบังคับการแผ่รังสีเพิ่มขึ้นจนมีค่าเท่ากับ 8.5 วัตต์ต่อตารางเมตร ในปี ค.ศ. 2100 และยังคงเพิ่มต่อไปหลังจากนั้น ความเข้มข้นของก๊าซเรือนกระจกในบรรยากาศที่สัมพันธ์กับแรงบังคับการแผ่รังสีในปี ค.ศ. 2100 มีค่าประมาณ 1,370 ส่วนในล้านส่วนคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (สำนักงานศูนย์ข้อมูลข่าวสารการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของประเทศไทย, ม.ป.ป)



ภาพที่ 3 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกในปี ค.ศ. 2000 - 2100 ตามแบบจำลอง RCPs
ที่มา: IPCC (2014)

ความเข้มข้นของก๊าซเรือนกระจกในชั้นบรรยากาศที่เพิ่มขึ้นส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิเช่นกัน ในกรณีที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตามแบบจำลอง RCP2.6 RCP4.5 RCP6.0 และ RCP8.5 พบว่า ในปี ค.ศ. 2100 อุณหภูมิบนพื้นผิวโลกโดยเฉลี่ยจะเพิ่มขึ้นประมาณ 1 - 4 องศาเซลเซียส ตามลำดับ



ภาพที่ 4 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิบนพื้นผิวโลกในปี ค.ศ. 2000 - 2100 ตามแบบจำลอง RCPs
ที่มา: IPCC (2014)

5. การจำลองสภาพอากาศความละเอียดสูงโดยแบบจำลองภูมิอากาศ PRECIS

แบบจำลองเชิงตัวเลข PRECIS คือการจำลองสถานการณ์สภาพภูมิอากาศอนาคตในการศึกษานั้น เป็นการจำลองสภาพอากาศที่มีความละเอียดเชิงพื้นที่ที่ 0.22 องศา หรือประมาณ 25 กิโลเมตร โดยใช้แบบจำลองเชิงตัวเลข PRECIS (Providing Regional Climates for Impacts Studies) ซึ่งเป็นแบบจำลองภูมิอากาศระดับภูมิภาคที่พัฒนาขึ้นโดย The Met Office Hadley Centre for Climate Prediction and Research ประเทศอังกฤษ โดยมีเป้าหมายเพื่อสร้างแบบจำลองที่สามารถนำไปใช้ได้กับทุกพื้นที่ทั่วโลกโดยคำนวณได้บนเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลประสิทธิภาพสูงเพื่อตอบสนองความต้องการของประเทศต่าง ๆ ที่มีความประสงค์

จะศึกษาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของภูมิภาคตัวเอง โดยมีพื้นฐานการพัฒนามาจากแบบจำลองภูมิอากาศระดับภูมิภาครุ่นที่ 3 ของ Hadley Centre โดยเน้นการพัฒนาไปที่ความสะดวกของการใช้งานและการแสดงผลแก่ผู้ใช้ (Simson *et al.*, 2006)

การจำลองสภาพอากาศโดยแบบจำลองเชิงตัวเลข PRECIS ประกอบด้วย

1) ข้อมูลพลศาสตร์ ประกอบด้วยการจำลองการไหลเวียนของบรรยากาศในทางอุทกนิยมิวิทยาและเทอร์โมไดนามิกของบรรยากาศ รวมถึงผลกระทบที่เกิดขึ้นบริเวณผิวพื้นและการรบกวนการไหลเวียนของบรรยากาศเนื่องจากอิทธิพลของความสูงของพื้นที่

2) วัฏจักรของซัลเฟอร์ในบรรยากาศ พิจารณาการกระจายตัวและช่วงชีวิตของผงซัลเฟตในบรรยากาศ ซึ่งอยู่บนพื้นฐานของความหนาแน่นและปริมาณการปลดปล่อยซัลเฟอร์ไดออกไซด์ทั้งจากธรรมชาติและมนุษย์

3) เมฆและหยาดน้ำฟ้า พิจารณาการเกิดเมฆก่อตัวทางตั้งและเมฆแผ่นขนาดใหญ่จากผลของหยาดน้ำฟ้ารวมถึงปริมาณรังสีที่บรรยากาศได้รับ

4) กระบวนการในการรับและแผ่รังสี ภายในแบบจำลองจะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ ความชื้น ความหนาแน่น คุณสมบัติของก๊าซในบรรยากาศ ความหนาแน่นของซัลเฟต ผุ่นควันแขวนลอยในบรรยากาศ เมฆ การเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาล ซึ่งเป็นผลมาจากปริมาณรังสีที่โลกได้รับจากดวงอาทิตย์ในแต่ละช่วงเวลาของปี

5) คุณสมบัติของพื้นดิน พิจารณาถึงการปกคลุมดินในแง่ผลกระทบต่อ การไหลเวียนของอากาศ การรับพลังงานจากรังสีดวงอาทิตย์ หยาดน้ำฟ้า การปลดปล่อยพลังงานความร้อนและความชื้นกลับสู่บรรยากาศ การไหลบ่าของน้ำที่เกิดจากฝน อุณหภูมิตามความลึกของดิน ความสามารถในการรองรับและการดูดซึมน้ำ

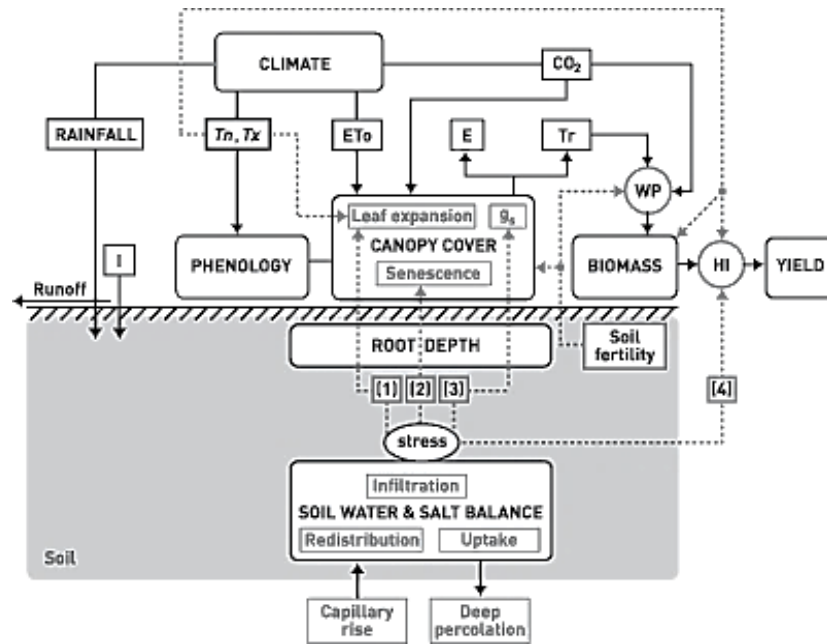
เงื่อนไขขอบเขตของการคำนวณ แบ่งเป็น 2 ส่วนได้แก่

1) ขอบเขตบนพื้นผิวของการคำนวณ ต้องการข้อมูลนำเข้าเฉพาะในบริเวณที่ปกคลุมด้วยน้ำเท่านั้น โดยปัจจัยที่ต้องการ ได้แก่ อุณหภูมิบริเวณพื้นผิวและการปกคลุมของน้ำแข็งตลอดช่วงเวลาที่ทำ การคำนวณด้วยแบบจำลอง

2) ขอบเขตด้านข้างของการคำนวณ ต้องการข้อมูลทางพลศาสตร์ของบรรยากาศที่ขอบของการคำนวณ ประกอบด้วยข้อมูล ความกดอากาศที่ผิวพื้น ลม อุณหภูมิ ความชื้นและข้อมูลทางเคมีของบรรยากาศ สำหรับขอบเขตด้านบนของการคำนวณต้องการเพียงข้อมูลปริมาณรังสีจากดวงอาทิตย์เท่านั้น (ศุภกร และคณะ, 2553)

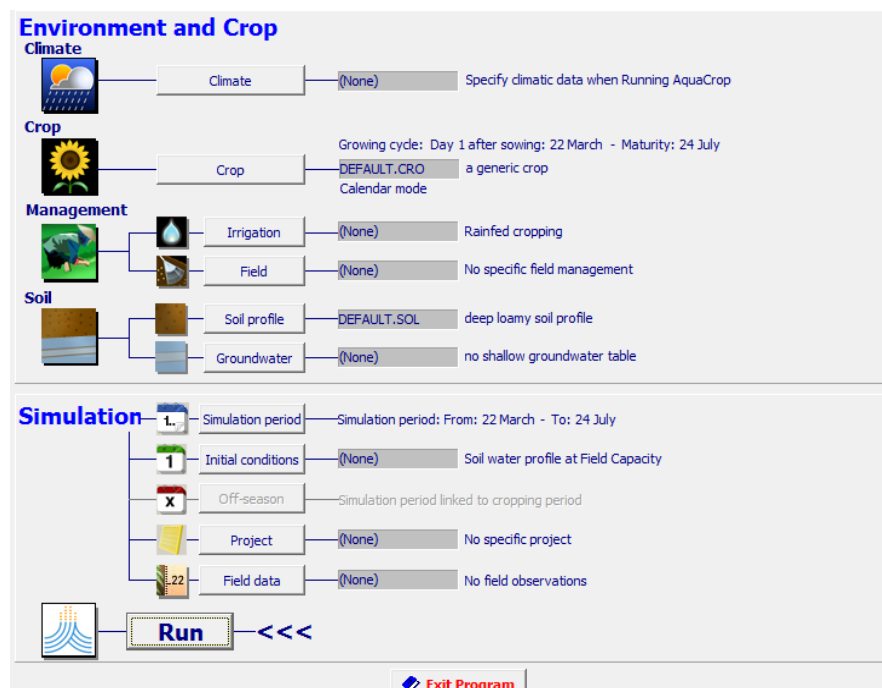
6. แบบจำลอง AquaCrop

AquaCrop หรือ Crop Water Productivity Model เป็นแบบจำลองการเพาะปลูกพืชที่ถูกพัฒนาขึ้นโดย FAO ในปี ค.ศ. 2012 สามารถจำลองสถานการณ์การเจริญเติบโตของพืชและผลผลิตพืช โดยเฉพาะพืชที่มีลักษณะลำต้นอวบน้ำ (Herbaceous crops) เช่น ข้าว ข้าวโพด แบบจำลอง AquaCrop สามารถจำลองสมดุลของคาร์บอน ธาตุอาหาร การใช้น้ำของพืชและการตอบสนองของพืชต่อการขาดน้ำ โดยอาศัยสมการทางคณิตศาสตร์อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างกระบวนการทางสรีระวิทยาของพืชกับปัจจัยต่าง ๆ ดังภาพที่ 5



ภาพที่ 5 แผนผังองค์ประกอบที่สำคัญตามแบบจำลอง AquaCrop

โปรแกรม AquaCrop เวอร์ชัน 5.0 แบ่งเมนูหลักออกเป็น 2 ส่วนใหญ่ ๆ ได้แก่ สภาพสิ่งแวดล้อมกับการเพาะปลูกพืช (Environment and Crop) และการจำลองสถานการณ์ (Simulation) ดังภาพที่ 6



ภาพที่ 6 เมนูหลักของโปรแกรม AquaCrop

ส่วนที่ 1 ข้อมูลสภาพสิ่งแวดล้อมกับการเพาะปลูกพืช (Environment and Crop) ประกอบด้วย 4 ปัจจัยหลัก ได้แก่

1) Climate เป็นข้อมูลด้านสภาพอากาศ ได้แก่ อุณหภูมิ ปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (ETO) ปริมาณน้ำฝน ความชื้น รังสีดวงอาทิตย์ และความเร็วลม

2) Crops เป็นข้อมูลด้านลักษณะทางสรีรวิทยาของพืชแต่ละชนิด ซึ่งในโปรแกรมได้มีค่าเริ่มต้นของพืชแต่ละชนิดไว้ให้สามารถเลือกใช้เป็นตัวแทน หรือสร้างข้อมูลใหม่โดยการป้อนข้อมูลต่าง ๆ เช่น วันปลูก วันเก็บเกี่ยว การเจริญเติบโตของลำต้นและใบในการปกคลุมดิน การคายน้ำของพืช การผลิตชีวมวล เป็นต้น เพื่อให้ลักษณะของพืชนี้ใกล้เคียงกับสภาพความเป็นจริง

3) Management สำหรับการจัดการแบ่งออกเป็น การจัดการแปลงเพาะปลูก และการจัดการน้ำชลประทาน ซึ่งการจัดการแปลงเพาะปลูก ประกอบด้วย ความอุดมสมบูรณ์ของดิน การปกคลุมดิน น้ำผิวดิน และการกำหนดระดับความสูงของคันนา ส่วนการจัดการน้ำชลประทาน สามารถเลือกได้ทั้ง ระบบเกษตรน้ำฝน และระบบเกษตรชลประทาน ส่วนระบบเกษตรชลประทาน สามารถเลือกวิธีการให้น้ำ ได้ทั้ง แบบผิวดิน สปริงเกลอร์ น้ำหยด และแบบให้น้ำทางใต้ผิวดิน นอกจากนี้ยังสามารถกำหนดปริมาณน้ำ ระยะเวลาการให้น้ำ และคุณภาพของน้ำที่ให้

4) Soil ในส่วนของดินจะเป็นเรื่องของลักษณะกายภาพของดิน แบ่งออกเป็นสองส่วนคือ หน้าตัดดิน และน้ำใต้ดิน สำหรับหน้าตัดดิน สามารถกำหนดเลือกลักษณะของชั้นดิน ลักษณะผิวดิน การระเหยของน้ำในดิน การจำกัดการขยายบริเวณส่วนของรากในชั้นดิน และการกำหนดจุดสูงสุดที่น้ำซึมขึ้นไป ด้วยแรงคาปิลารีของดิน ซึ่งในส่วนของหน้าตัดดินนี้มีข้อมูลขั้นต้นให้เลือกใช้ โดยแบ่งออกตามลักษณะของเนื้อดินเป็น 14 ชนิด ส่วนในเรื่องของน้ำใต้ดินนั้นจะเป็นการกำหนดระดับน้ำใต้ดินและคุณภาพของน้ำใต้ดิน

ส่วนที่ 2 การจำลองสถานการณ์ (Simulation) ประกอบด้วยส่วนสำคัญ 3 ส่วน คือ

1) ช่วงระยะเวลาการจำลอง (Simulation period) เป็นการกำหนดช่วงเวลาที่ต้องการหรือสนใจศึกษา

2) ข้อมูลเริ่มต้น (Initial conditions) เป็นการกำหนดข้อมูลเริ่มต้นของน้ำในดิน ความเค็มของดิน การเจริญเติบโตของพืชและผลผลิต

3) ข้อมูลจากภาคสนาม (Field data) โดยสามารถนำเข้าข้อมูลที่บันทึกจริงจากภาคสนาม เพื่อการสอบเทียบแบบจำลอง (วรารุช, 2559)

7. การทดสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่มที่สัมพันธ์กัน (Paired Sample T-test)

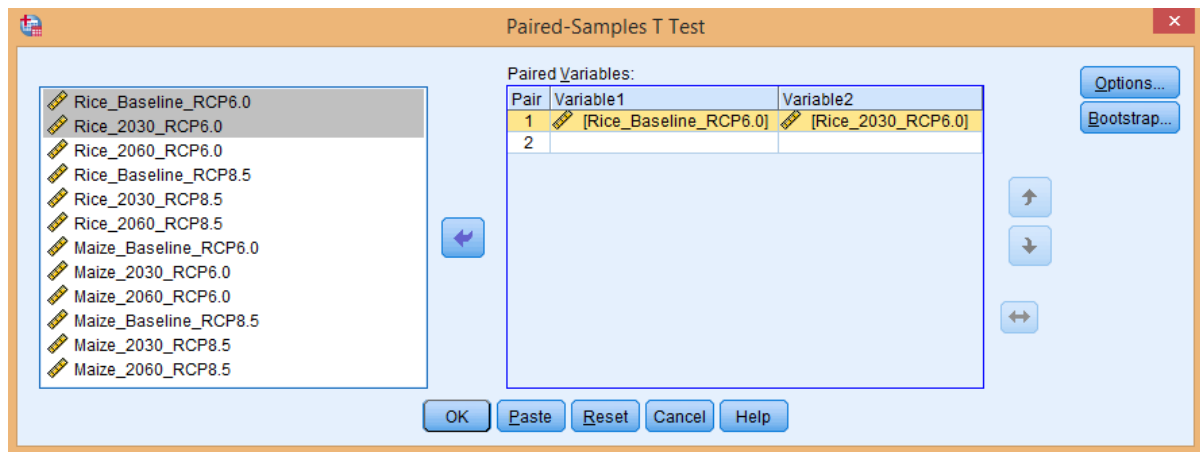
ในการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยสองค่าว่ามีความแตกต่างกันหรือไม่ โดยค่าเฉลี่ยทั้งสองค่านี้นี้วัดมาจากกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่มที่สัมพันธ์กัน โดยอาจจะวัดมาจากกลุ่มตัวอย่างกลุ่มเดียวกัน 2 ครั้ง หรือวัดมาจากกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่มที่ได้มาจากการจับคู่คุณลักษณะที่เท่าเทียมกัน มีขั้นตอนการทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยดังนี้

1) ตั้งสมมติฐาน

- สมมติฐานหลัก $H_0 : \mu_1 = \mu_2$ (ค่าเฉลี่ยกลุ่มตัวอย่างที่ 1 ไม่แตกต่างจากกลุ่มที่ 2)
- สมมติฐานรอง $H_1 : \mu_1 \neq \mu_2$ (ค่าเฉลี่ยกลุ่มตัวอย่างที่ 1 แตกต่างจากกลุ่มที่ 2)

2) ทดสอบด้วยโปรแกรม SPSS แบบ Paired Sample T-test

- คลิก Analyze => Compare means => Paired Sample T-test
- เลือกคู่ตัวแปรที่ต้องการทดสอบเข้าไปอยู่ใน Paired Variables แล้วคลิก OK ดังภาพที่ 7



ภาพที่ 7 ตัวอย่างการกำหนดตัวแปรเพื่อทดสอบความแตกต่างทางสถิติ

3) แปรผล

- สังเกตค่า Sig. (2-tailed) ถ้ามีค่ามากกว่าค่าระดับความเชื่อมั่นตามที่กำหนด แสดงว่าไม่อาจปฏิเสธสมมติฐานหลัก นั่นคือ ยอมรับ $H_0 : \mu_1 = \mu_2$ (ค่าเฉลี่ยกลุ่มตัวอย่างที่ 1 ไม่แตกต่างจากกลุ่มที่ 2)
- สังเกตค่า Sig. (2-tailed) ถ้ามีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับค่าระดับความเชื่อมั่นตามที่กำหนด แสดงว่าปฏิเสธสมมติฐานหลัก และยอมรับสมมติฐานรอง $H_1 : \mu_1 \neq \mu_2$ (ค่าเฉลี่ยกลุ่มตัวอย่างที่ 1 แตกต่างจากกลุ่มที่ 2) (อนันตกุล, ม.ป.ป.)

8. งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการศึกษา

เกริก และคณะ (2552) ได้การศึกษาผลกระทบของภาวะโลกร้อนต่อการผลิตข้าว อ้อย มันสำปะหลัง และข้าวโพดของประเทศไทย โดยใช้แบบจำลองพืช DSSAT ร่วมกับระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ และใช้ข้อมูลสภาพภูมิอากาศปี ค.ศ. 1980 - 2099 จากการจำลองของ ECHAM4-PRECIS เป็นตัวแปรขับเคลื่อนภายใต้ข้อกำหนดที่ไม่มีการระบาดของโรคแมลง และมีการจัดการพืชตามคำแนะนำของกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ พบว่าการเพิ่มขึ้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และอุณหภูมิ มีผลกระทบในระยะยาวค่อนข้างต่ำต่อผลผลิตข้าว อ้อย และข้าวโพด แต่ทำให้ผลผลิตของมันสำปะหลังลดลงถึงร้อยละ 43 ในแง่ความแปรปรวนของผลผลิตซึ่งเป็นปัจจัยที่สำคัญต่อความเสี่ยงของระบบการผลิตถือว่ามีความแปรปรวนสูง โดยมีค่าความแปรปรวนระหว่างปีเฉลี่ยร้อยละ 14 สำหรับข้าว ร้อยละ 18 สำหรับอ้อย ร้อยละ 34 สำหรับมันสำปะหลัง และร้อยละ 41 สำหรับข้าวโพด ความแปรปรวนระหว่างพื้นที่มีค่าสูงมากขึ้นเฉลี่ยร้อยละ 33 สำหรับข้าว ร้อยละ 23 สำหรับอ้อย ร้อยละ 33 สำหรับมันสำปะหลัง และร้อยละ 45 สำหรับข้าวโพด พื้นที่ปลูกข้าววน้ำฝนที่ได้รับผลกระทบรุนแรงส่วนใหญ่อยู่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ สำหรับนาข้าวชลประทานอยู่ในภาคกลางและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ส่วนพื้นที่ปลูกอ้อยและมันสำปะหลังที่ได้รับผลกระทบสูงอยู่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และพื้นที่ปลูกข้าวโพดอยู่ในภาคเหนือและบริเวณรอยต่อกับภาคตะวันออกเฉียงเหนือ สาเหตุเกิดจากความแปรปรวนของฝนที่จะแสดงออกอย่างรุนแรงในดินที่มีความสามารถในการอุ้มน้ำและความอุดมสมบูรณ์ต่ำ ดังนั้นการปรับตัวจึงต้องพัฒนาโดยการขยายระบบชลประทานและอนุรักษ์ความอุดมสมบูรณ์ของดิน

จิรสรณ์ และคณะ (2555) ได้ศึกษาผลกระทบการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศต่อการผลิตข้าวของประเทศไทย โดยใช้แบบจำลอง MWCropDEE2.0 ร่วมกับแบบจำลองภูมิอากาศโลก 3 รูปแบบ 8 ชุดข้อมูล ได้แก่ RCP4.5 RCP6.0 และ RCP8.5 จาก GCM-GFDL-ESM2M และ GCM-HadGEM2-ES และภาพจำลอง RCP4.5 และ RCP8.5 จาก GCM-MPI-ESM-LR ผลการศึกษาพบว่า การจำลองการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศทั้ง 8 ชุดข้อมูล มีผลต่อการเพิ่มขึ้นของผลผลิตข้าวหน้าน้ำฝนคิดเป็น ร้อยละ 3 - 31 ในขณะที่ข้าวนาชลประทานมีผลผลิตลดลงคิดเป็น ร้อยละ 2 - 30 ในช่วงปี ค.ศ. 2090 - 2099 เมื่อเทียบกับช่วงปี ค.ศ. 2010 - 2019 ในภาพรวมสรุปได้ว่า RCP8.5 มีผลกระทบต่อผลผลิตข้าวมากกว่า RCP6.0 และ RCP4.5 และ RCPs จาก GCM-HadGEM2-ES มีผลกระทบต่อผลผลิตข้าวมากกว่า GCM-MPI-ESM-LR และ GCM-GFDL-ESM2M

ยุทศาสตร์ (2559) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการประเมินผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศบริเวณขอบแม่น้ำโขงของภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคเหนือร่วมกับคณะกรรมการแม่น้ำโขง (Mekong River Commission: MRC) โดยใช้โปรแกรม AquaCrop จำลองผลผลิตในปี ค.ศ. 2030 และ 2060 ของข้าวและข้าวโพด โดยใช้ข้อมูลสภาพภูมิอากาศจากแบบจำลอง SimCLIM ภายใต้เงื่อนไขความเป็นไปได้ด้านภูมิอากาศ 4 สถานการณ์ที่แสดงถึงปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ถูกลบออกได้แก่ RCP2.6 RCP4.5 RCP6.0 และ RCP8.5 พบว่าผลผลิตของพืชทั้งสองชนิดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นมากกว่าลดลง ตามปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ในอากาศที่เพิ่มขึ้นในแต่ละปี ซึ่งแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นได้จากแบบจำลองไม่รวมการเกิดจากภัยแล้ง น้ำท่วม และแผ่นดินถล่ม เป็นต้น

พรพรรณ (2559) ได้ศึกษาผลกระทบที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อการผลิตพืชไร่และพืชทดแทนพลังงาน ได้แก่ ถั่วเขียว ถั่วเหลือง ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ข้าวโพดหวาน และงา โดยการสำรวจเก็บตัวอย่าง และสัมภาษณ์เกษตรกรที่ปลูกพืชเศรษฐกิจดังกล่าว พบว่า สภาพภูมิอากาศที่เปลี่ยนแปลงไปส่งผลให้อุณหภูมิสูงสุดและอุณหภูมิต่ำสุดมีแนวโน้มสูงกว่าค่าเฉลี่ยในปีฐาน (พ.ศ. 2514 - 2543) ประมาณ 0.4 - 1.2 องศาเซลเซียส และจำนวนวันฝนตกใน 1 ปี น้อยลงกว่าค่าเฉลี่ยในปีฐาน ทำให้การตกของฝนครั้งหนึ่ง ๆ มีปริมาณมากขึ้น โดยเฉพาะในช่วงปลายฝนจากเดิมที่เคยฝนตกวันละประมาณ 14 - 16 มิลลิเมตร ปัจจุบันฝนตกวันละประมาณ 30 - 150 มิลลิเมตร และการกระจายตัวไม่ทั่วถึงเช่นแต่ก่อน ส่งผลกระทบต่อ การเจริญเติบโตของพืช โดยมีแนวโน้มทำให้ผลผลิตพืชลดลง และเกิดการระบาดของแมลงศัตรูพืชและโรคพืชมากยิ่งขึ้น

ระยะเวลาและสถานที่ดำเนินการ

ระยะเวลาดำเนินงาน	เริ่มต้นเดือน ตุลาคม พ.ศ. 2560
	สิ้นสุดเดือน กันยายน พ.ศ. 2563
สถานที่ดำเนินการ	บริเวณพื้นที่สูงลุ่มน้ำแม่แจ่ม จังหวัดเชียงใหม่

วิธีดำเนินการวิจัย

1. วางแผนสำรวจข้อมูล และวางจุดสำรวจ

เลือกจุดสำรวจ โดยแบ่งออกเป็นพื้นที่ต้นน้ำ กลางน้ำ และปลายน้ำ ของลุ่มน้ำแม่แจ่มตอนล่าง ในการทำแบบสอบถามเกี่ยวกับ ต้นทุน รายได้ ผลผลิต การจัดการพื้นที่เพาะปลูก ระบบการให้น้ำพื้นที่เพาะปลูก และข้อมูลที่ใช้ในการจำลองโปรแกรม AquaCrop เวอร์ชัน 5

2. ดำเนินงานจัดรวบรวมฐานข้อมูล

2.1 ข้อมูลเกี่ยวกับสภาพภูมิอากาศจากกรมอุตุนิยมวิทยา ได้แก่ อุณหภูมิสูงสุด อุณหภูมิต่ำสุด ปริมาณน้ำฝน ความเร็วลม ความชื้นสัมพัทธ์ รังสีดวงอาทิตย์ รายวัน ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2523 ถึงปัจจุบัน เพื่อจำลองการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในปี พ.ศ. 2573 และ 2603 ด้วยแบบจำลอง PRECIS

2.2 ข้อมูลของกรมพัฒนาที่ดินที่เกี่ยวข้อง เช่น ข้อมูลชุดดิน กลุ่มชุดดิน การใช้ประโยชน์ที่ดิน พื้นที่เสี่ยงภัย ข้อมูลเศรษฐกิจการเกษตรของพืชหลัก ข้อมูลทางเคมีและกายภาพของดิน ข้อมูลด้านอนุรักษ์ดินและน้ำ ดินที่มีปัญหา งานวิจัยที่เกี่ยวข้องทั้งการปรับปรุงบำรุงดินและเกษตรอินทรีย์

3. การเก็บข้อมูลสนาม

3.1 การทำแบบสอบถามและการสัมภาษณ์เกษตรกร

3.2 การจัดการพื้นที่เพาะปลูก ได้แก่ ชนิดดิน (Soil type) ความอุดมสมบูรณ์ดิน (Soil fertility) ความสูงคันดิน (Soil bund) สิ่งปกคลุมดิน (Mulches)

3.3 การเจริญเติบโตของพืช ได้แก่ การปกคลุมพื้นที่เรือนยอด (Canopy cover), มวลชีวภาพ (Biomass) และปริมาณความชื้นในดิน (Soil water content) ของนาข้าวและแปลงข้าวโพดรวมทั้งลักษณะทั่วไปของพื้นที่ศึกษา

4. ดำเนินการศึกษา วิเคราะห์ข้อมูล

4.1 วิเคราะห์ความอุดมสมบูรณ์ของดินด้วยเครื่อง Elemental Analyzer

4.2 วิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทนทางเศรษฐกิจที่ได้จากแบบสอบถามและการสัมภาษณ์เกษตรกรในพื้นที่ปลูกข้าวและข้าวโพดบริเวณพื้นที่สูงลุ่มน้ำแม่แจ่ม จังหวัดเชียงใหม่

4.3 ดำเนินการศึกษา ทำนายผลผลิตข้าวและข้าวโพดในปี พ.ศ. 2573 และ 2603 ด้วยโปรแกรม AquaCrop เวอร์ชัน 5 ภายใต้การปล่อยก๊าซเรือนกระจกตามแบบจำลอง RCP6.0 และ RCP8.5 จากนั้นจัดทำแผนที่ผลผลิตข้าวและข้าวโพดจากการทำนายด้วยโปรแกรมทางด้านสารสนเทศภูมิศาสตร์

5. สรุปผลการศึกษา

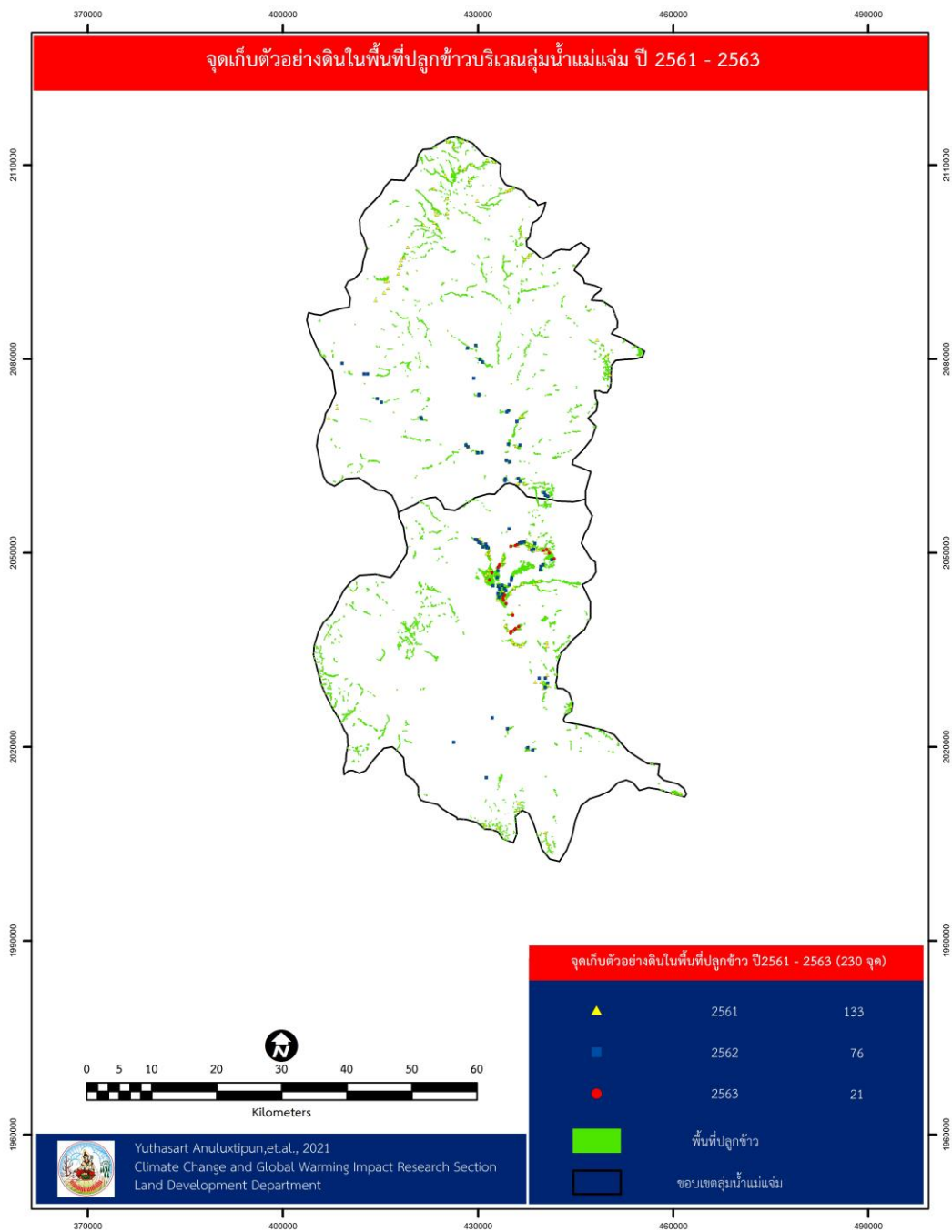
ผลการวิจัยและวิจารณ์

จากการศึกษาการทำนายผลผลิตข้าวและข้าวโพดเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศที่รุนแรง บริเวณพื้นที่สูงลุ่มน้ำแม่แจ่ม ได้ผลการศึกษาดังต่อไปนี้

1. การสำรวจและเก็บข้อมูลภาคสนาม

1.1 จุดเก็บตัวอย่างพื้นที่ปลูกข้าว

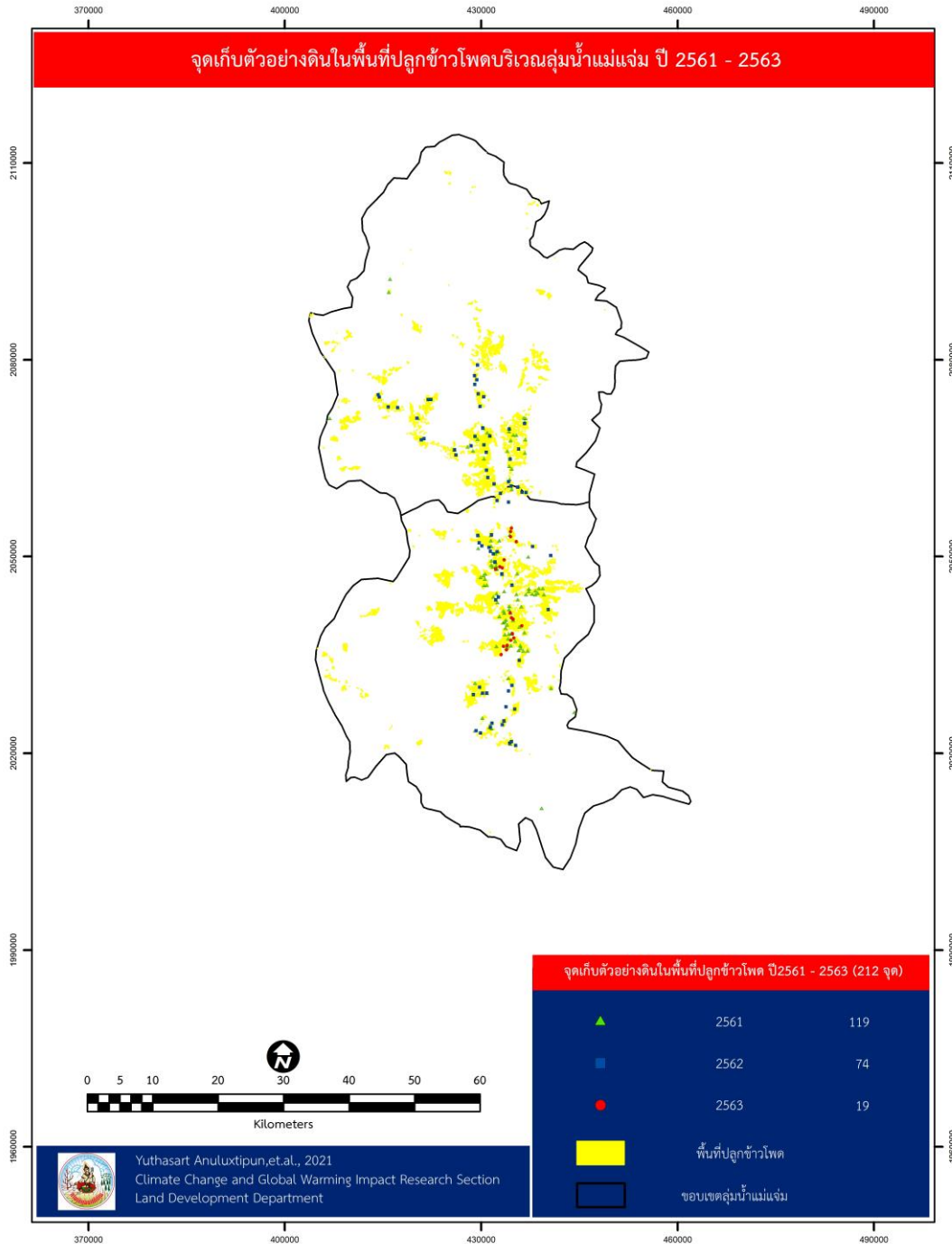
จากการสำรวจและเก็บข้อมูลภาคสนามเพื่อใช้ในการทำนายผลผลิตข้าว ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2561 - 2563 ทั้งสิ้น 230 จุด แบ่งออกเป็น ปี พ.ศ. 2561 จำนวน 133 จุด ปี พ.ศ. 2562 จำนวน 76 จุด และปี พ.ศ. 2563 จำนวน 21 จุด ดังภาพที่ 8



ภาพที่ 8 จุดเก็บตัวอย่างในพื้นที่ปลูกข้าว บริเวณลุ่มน้ำแม่แจ่ม ปี พ.ศ. 2561 - 2563

1.2 จุดเก็บตัวอย่างพื้นที่ปลูกข้าวโพด

จากการสำรวจและเก็บข้อมูลภาคสนามเพื่อใช้ในการทำนายผลผลิตข้าวโพด ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2561 - 2563 ทั้งสิ้น 212 จุด แบ่งออกเป็น ปี พ.ศ. 2561 จำนวน 119 จุด ปี พ.ศ. 2562 จำนวน 74 จุด และปี พ.ศ. 2563 จำนวน 19 จุด ดังภาพที่ 9



ภาพที่ 9 จุดเก็บตัวอย่างในพื้นที่ปลูกข้าวโพด บริเวณพื้นที่สูงลุ่มน้ำแม่แจ่ม ปี พ.ศ. 2561 - 2563

2. การวิเคราะห์ความอุดมสมบูรณ์ของดินในพื้นที่ปลูกข้าวและข้าวโพดบริเวณลุ่มน้ำแม่แจ่ม

จากการเก็บตัวอย่างดิน จำนวน 442 ตัวอย่าง ในพื้นที่ปลูกข้าวและข้าวโพดบริเวณลุ่มน้ำแม่แจ่ม นำมาวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารในดินด้วยเครื่อง Elemental Analyzer เพื่อประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดินโดยใช้เกณฑ์ของสำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน (2547) ในการจำแนกระดับความอุดมสมบูรณ์ จากนั้นนำผลการวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารในดินไปประมวลผลด้วยโปรแกรมทางด้านสารสนเทศภูมิศาสตร์ผ่านการวิเคราะห์เชิงพื้นที่โดยการ Interpolation ด้วยวิธี IDW (Inverse Distance Weighted) เพื่อจัดทำแผนที่แสดงระดับความอุดมสมบูรณ์ของดิน ได้ผลการวิเคราะห์ดังนี้

ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินมีค่าต่ำสุด-สูงสุด อยู่ในช่วง 0.92 - 5.98 เปอร์เซ็นต์ คิดเป็นค่าเฉลี่ย 2.88 เปอร์เซ็นต์ โดยมีค่ามัธยฐานและฐานนิยม เท่ากับ 2.74 และ 3.61 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ทั้งนี้ พื้นที่ส่วนใหญ่มีระดับความอุดมสมบูรณ์ของดินสูง (ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินมีค่าอยู่ในช่วง 2.50 - 3.50 เปอร์เซ็นต์) คิดเป็นพื้นที่ 1,438,153 ไร่ หรือร้อยละ 58.60 ของพื้นที่ลุ่มน้ำแม่แจ่ม

ปริมาณคาร์บอนในดินมีค่าต่ำสุด-สูงสุด อยู่ในช่วง 0.53 - 3.47 เปอร์เซ็นต์ คิดเป็นค่าเฉลี่ย 1.66 เปอร์เซ็นต์ โดยมีค่ามัธยฐานและฐานนิยม เท่ากับ 1.62 และ 2.09 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ทั้งนี้ พื้นที่ส่วนใหญ่มีระดับความอุดมสมบูรณ์ของดินสูง (ปริมาณคาร์บอนในดินมีค่าอยู่ในช่วง 1.45 - 2.03 เปอร์เซ็นต์) คิดเป็นพื้นที่ 1,428,776 ไร่ หรือร้อยละ 58.21 ของพื้นที่ลุ่มน้ำแม่แจ่ม

ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดมีค่าต่ำสุด-สูงสุด อยู่ในช่วง 0.05 - 0.57 เปอร์เซ็นต์ คิดเป็นค่าเฉลี่ย 0.15 เปอร์เซ็นต์ โดยมีค่ามัธยฐานและฐานนิยม เท่ากับ 0.14 และ 0.10 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ทั้งนี้ พื้นที่ส่วนใหญ่มีระดับความอุดมสมบูรณ์ของดินต่ำ (ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดมีค่าอยู่ในช่วง 0.10 - 0.30 เปอร์เซ็นต์) คิดเป็นพื้นที่ 2,313,438 ไร่ หรือร้อยละ 94.26 ของพื้นที่ลุ่มน้ำแม่แจ่ม

ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์มีค่าต่ำสุด-สูงสุด อยู่ในช่วง 2.40 - 99.00 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม คิดเป็นค่าเฉลี่ย 53.39 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม โดยมีค่ามัธยฐานและฐานนิยม เท่ากับ 49.60 และ 90.20 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ทั้งนี้ พื้นที่ส่วนใหญ่มีระดับความอุดมสมบูรณ์ของดินสูงมาก (ปริมาณฟอสฟอรัสมีค่ามากกว่า 25 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) คิดเป็นพื้นที่ 1,947,629 ไร่ หรือร้อยละ 79.35 ของพื้นที่ลุ่มน้ำแม่แจ่ม

และปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์มีค่าต่ำสุด-สูงสุด อยู่ในช่วง 3.00 - 159.90 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม คิดเป็นค่าเฉลี่ย 120.13 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม โดยมีค่ามัธยฐานและฐานนิยม เท่ากับ 126.95 และ 128.00 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ทั้งนี้พื้นที่ส่วนใหญ่มีระดับความอุดมสมบูรณ์ของดินสูงมาก (ปริมาณโพแทสเซียมมีค่ามากกว่า 120 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) คิดเป็นพื้นที่ 1,276,191 ไร่ หรือร้อยละ 52.00 ของพื้นที่ลุ่มน้ำแม่แจ่ม ดังตารางที่ 1 และตารางที่ 2

ตารางที่ 1 ปริมาณธาตุอาหารในดินในพื้นที่ปลูกข้าวและข้าวโพดบริเวณลุ่มน้ำแม่แจ่ม

ธาตุอาหารในดิน	ปริมาณธาตุอาหาร				
	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าเฉลี่ย	มัธยฐาน	ฐานนิยม
อินทรีย์วัตถุในดิน (เปอร์เซ็นต์)	0.92	5.98	2.88	2.74	1.95
คาร์บอนในดิน (เปอร์เซ็นต์)	0.53	3.47	1.66	1.62	1.13
ไนโตรเจนทั้งหมด (เปอร์เซ็นต์)	0.05	0.57	0.15	0.14	0.10
ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (มิลลิกรัม/กิโลกรัม)	2.40	99.00	53.39	49.60	90.80
โพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ (มิลลิกรัม/กิโลกรัม)	3.00	159.90	120.13	126.95	128.00

ที่มา: จากการวิเคราะห์

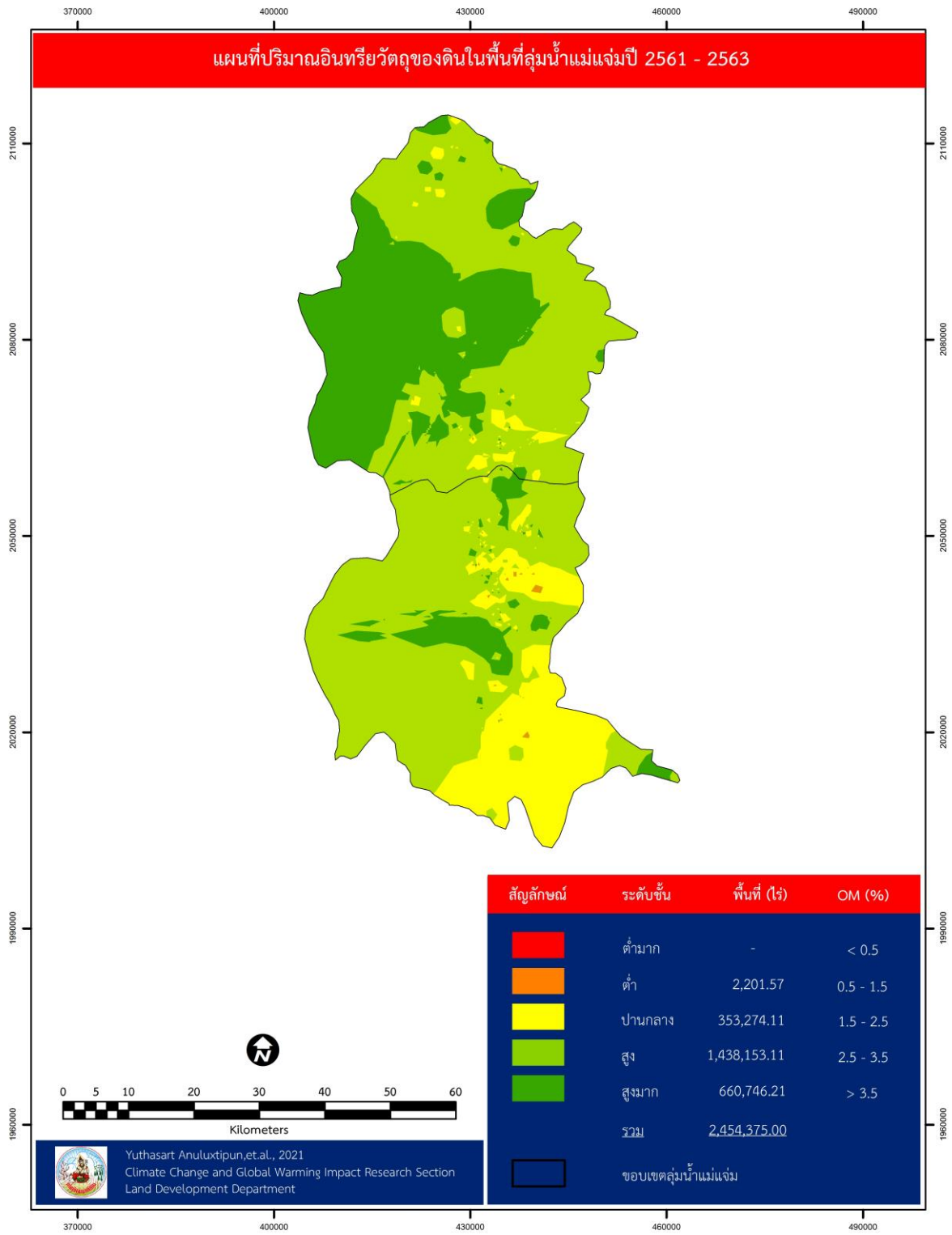
ตารางที่ 2 ระดับความอุดมสมบูรณ์ของดินในพื้นที่ปลูกข้าวและข้าวโพดบริเวณลุ่มน้ำแม่แจ่ม

ธาตุอาหาร ในดิน	หน่วย พื้นที่	ระดับความอุดมสมบูรณ์ของดิน					รวม
		ต่ำมาก	ต่ำ	ปานกลาง	สูง	สูงมาก	
อินทรีย์วัตถุ ในดิน	ไร่	-	2,202	353,274	1,438,153	660,746	2,454,375
	ร้อยละ	-	0.09	14.39	58.60	26.92	100.00
คาร์บอน ในดิน	ไร่	61	3,920	365,705	1,428,776	655,912	2,454,375
	ร้อยละ	0.003	0.16	14.90	58.21	26.72	100.00
ไนโตรเจน ทั้งหมด	ไร่	72,221	2,313,438	68,716	-	-	2,454,375
	ร้อยละ	2.94	94.26	2.80	-	-	100.00
ฟอสฟอรัสที่ เป็นประโยชน์	ไร่	98	15,469	51,883	439,295	1,947,629	2,454,375
	ร้อยละ	0.004	0.63	2.11	17.90	79.35	100.00
โพแทสเซียมที่ เป็นประโยชน์	ไร่	-	1,639	144,031	1,032,514	1,276,191	2,454,375
	ร้อยละ	-	0.07	5.87	42.07	52.00	100.00

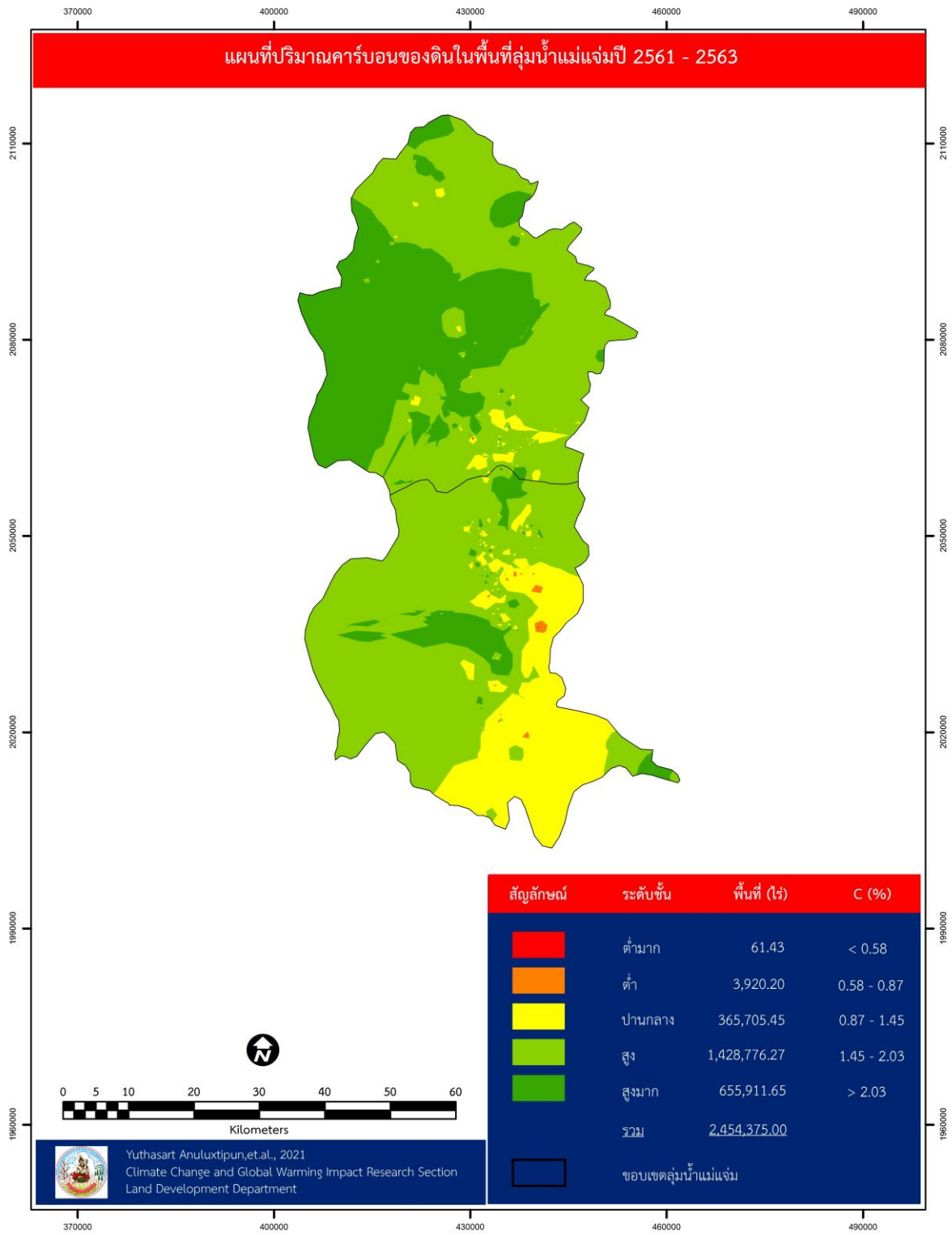
ที่มา: จากการวิเคราะห์

อย่างไรก็ตาม จะสังเกตได้ว่าพื้นที่บริเวณลุ่มน้ำแม่แจ่มมีระดับความอุดมสมบูรณ์ของดินอยู่ในช่วงสูงถึงสูงมาก โดยเฉพาะปริมาณอินทรีย์วัตถุ คาร์บอน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม อาจมีสาเหตุมาจากลักษณะการทำการเกษตรในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่แจ่มมีการปลูกพืชหมุนเวียนส่งผลให้มีปริมาณอินทรีย์วัตถุและคาร์บอนสะสมในดินสูงเนื่องจากการย่อยสลายของเศษพืช ในขณะที่การปลูกข้าวและข้าวโพดต้องพึ่งพาการใส่ปุ๋ยเคมีเพื่อเพิ่มปริมาณธาตุอาหารอาจส่งผลให้ดินมีปริมาณของฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมตกค้างในดินสูงได้ ในขณะที่ไนโตรเจนซึ่งปกติจะอยู่ในรูปของก๊าซเป็นส่วนใหญ่จึงสะสมในดินได้น้อย ส่งผลให้ระดับความอุดมสมบูรณ์ของดินที่ประเมินด้วยปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดอยู่ในระดับต่ำ

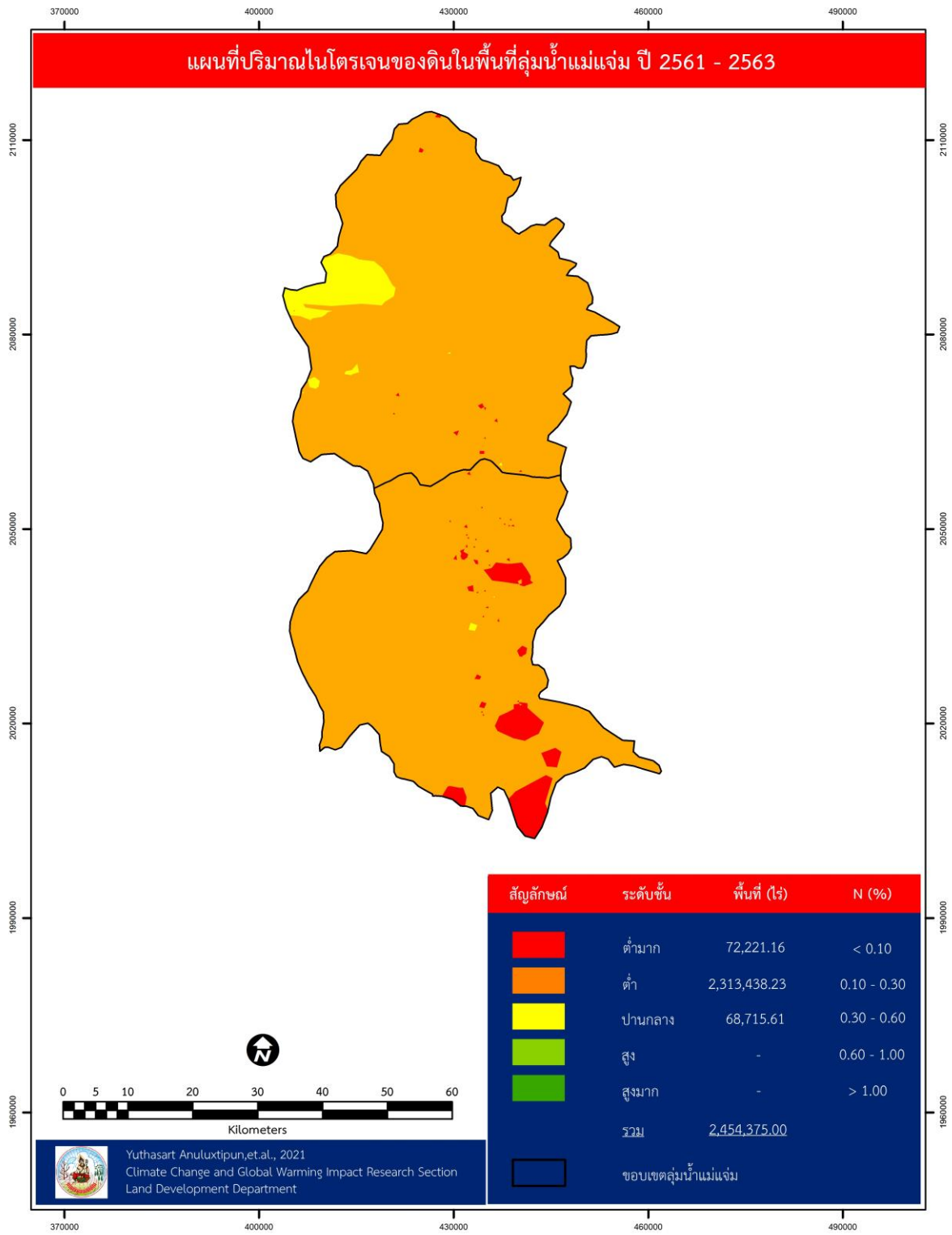
ทั้งนี้ การประมวลผลด้วยโปรแกรมทางด้านสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อจัดทำแผนที่แสดงระดับความอุดมสมบูรณ์ของดิน จำแนกตามธาตุอาหารในดินทั้ง 5 ธาตุ โดยพื้นที่ที่มีสีแดงเป็นพื้นที่ที่มีระดับความอุดมสมบูรณ์ต่ำมาก และพื้นที่ที่มีสีเขียวเข้มเป็นพื้นที่ที่มีระดับความอุดมสมบูรณ์ของดินสูงมาก แสดงดังภาพที่ 10 ถึงภาพที่ 14



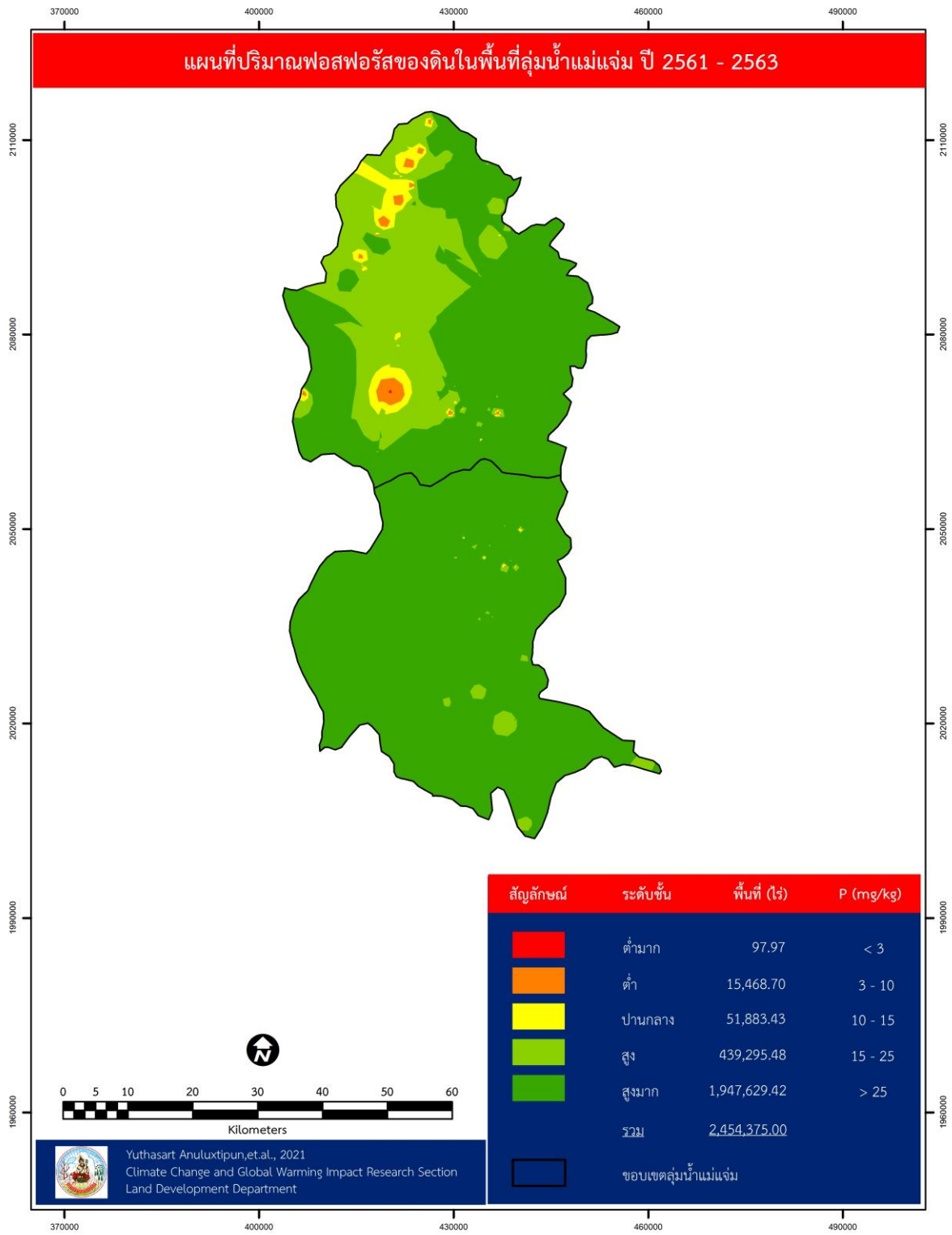
ภาพที่ 10 แผนที่ปริมาณอินทรียวตฤในดิน บริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำแม่แจ่ม ปี พ.ศ. 2561 - 2563



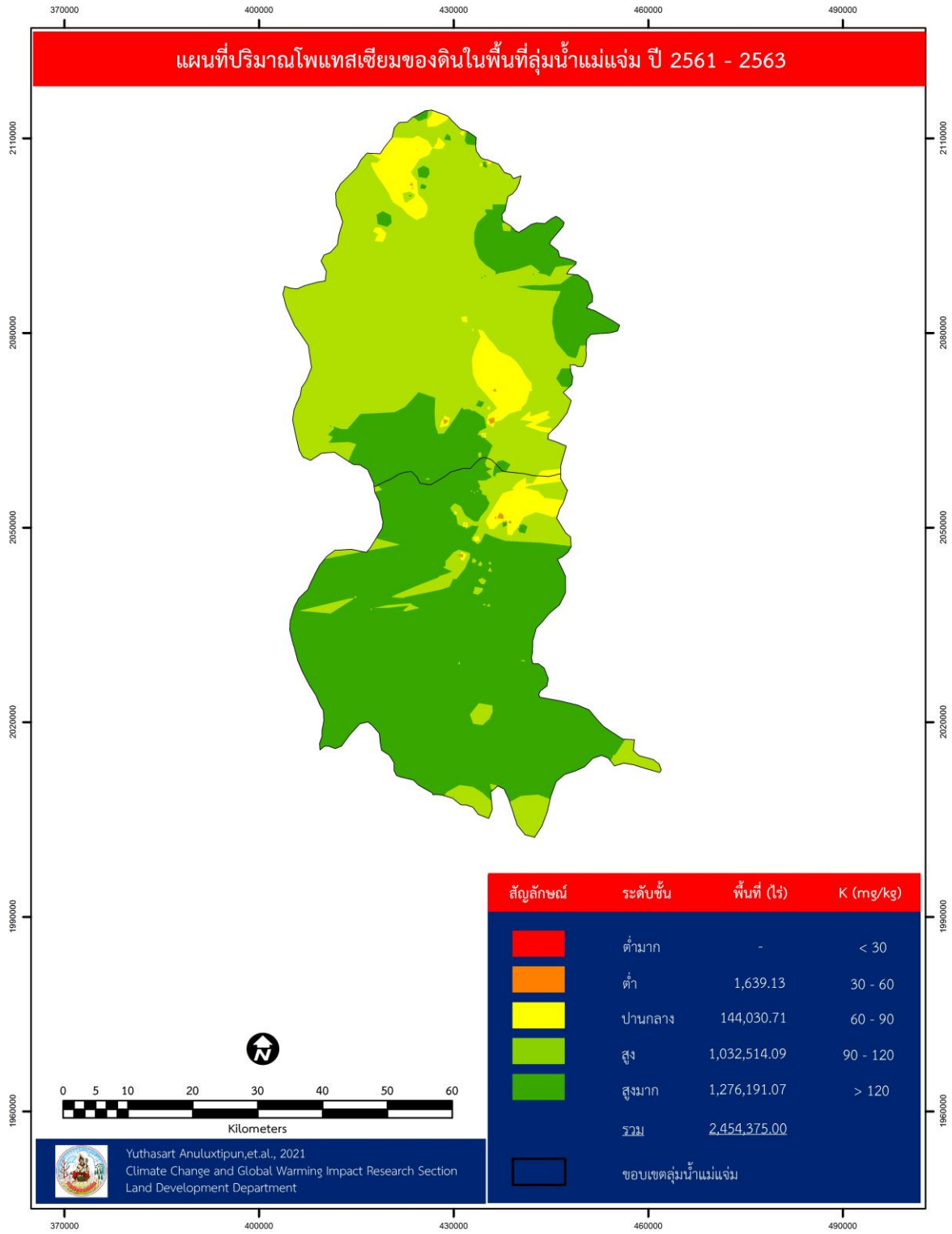
ภาพที่ 11 แผนที่ปริมาณคาร์บอนในดิน บริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำแม่แจ่ม ปี พ.ศ. 2561 - 2563



ภาพที่ 12 แผนที่ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในดิน บริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำแม่แจ่ม ปี พ.ศ. 2561 - 2563



ภาพที่ 13 แผนที่ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน บริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำแม่แจ่ม ปี พ.ศ. 2561 - 2563



ภาพที่ 14 แผนที่ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดิน บริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำแม่แจ่ม ปี พ.ศ. 2561 - 2563

3. การวิเคราะห์ต้นทุน รายได้ และกำไรสุทธิ จากแบบสอบถามเกษตรกร

3.1 แบบสอบถามเกษตรกรในพื้นที่ปลูกข้าว

การทำแบบสอบถามเกษตรกรในพื้นที่ปลูกข้าว พบว่า เกษตรกรนิยมปลูกข้าวเหนียว ได้แก่ พันธุ์ กข 6 กข 10 สันปาดทอง 1 และชีวแม่จัน และปลูกข้าวเจ้า ได้แก่ พันธุ์ข้าวพื้นเมือง กข 1 และข้าวหอมแดง โดยปลูกในช่วงฤดูฝนระหว่างเดือนมิถุนายนถึงสิงหาคม สามารถคำนวณต้นทุน รายได้ และกำไรสุทธิ ดังนี้

ในปี พ.ศ. 2561 เกษตรกรมีต้นทุนทั้งหมดเฉลี่ย 3,454 บาทต่อไร่ แบ่งออกเป็นค่าวัสดุการเกษตร 934 บาทต่อไร่ และค่าจ้างแรงงาน 2,520 บาทต่อไร่ ได้ผลผลิตเฉลี่ย 608 กิโลกรัมต่อไร่ ราคาขายเฉลี่ย 9 บาทต่อกิโลกรัม มีรายได้ทั้งหมด 5,472 บาทต่อไร่ คิดเป็นกำไรสุทธิ 2,018 บาทต่อไร่

ในปี พ.ศ. 2562 เกษตรกรมีต้นทุนทั้งหมดเฉลี่ย 3,475 บาทต่อไร่ แบ่งออกเป็นค่าวัสดุการเกษตร 1,196 บาทต่อไร่ และค่าจ้างแรงงาน 2,279 บาทต่อไร่ ได้ผลผลิตเฉลี่ย 678 กิโลกรัมต่อไร่ ราคาขายเฉลี่ย 10 บาทต่อกิโลกรัม มีรายได้ทั้งหมด 6,780 บาทต่อไร่ คิดเป็นกำไรสุทธิ 3,305 บาทต่อไร่

และในปี พ.ศ. 2563 เกษตรกรมีต้นทุนทั้งหมดเฉลี่ย 3,769 บาทต่อไร่ แบ่งออกเป็นค่าวัสดุการเกษตร 1,119 บาทต่อไร่ และค่าจ้างแรงงาน 2,650 บาทต่อไร่ ได้ผลผลิตเฉลี่ย 554 กิโลกรัมต่อไร่ ราคาขายเฉลี่ย 12 บาทต่อกิโลกรัม มีรายได้ทั้งหมด 6,648 บาทต่อไร่ คิดเป็นกำไรสุทธิ 2,879 บาทต่อไร่

ดังนั้น เกษตรกรมีต้นทุนทั้งหมดเฉลี่ย 3,622 บาทต่อไร่ แบ่งออกเป็นค่าวัสดุการเกษตร 1,158 บาทต่อไร่ และค่าจ้างแรงงาน 2,465 บาทต่อไร่ ได้ผลผลิตเฉลี่ย 613 กิโลกรัมต่อไร่ ราคาขายเฉลี่ย 10 บาทต่อกิโลกรัม มีรายได้ทั้งหมดเฉลี่ย 6,133 บาทต่อไร่ คิดเป็นกำไรสุทธิ 2,511 บาทต่อไร่ ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 การคำนวณต้นทุน รายได้ และกำไรสุทธิ ในพื้นที่ปลูกข้าวบริเวณลุ่มน้ำแม่แจ่ม

รายการ	ปี พ.ศ. 2561	ปี พ.ศ. 2562	ปี พ.ศ. 2563	ค่าเฉลี่ย
ต้นทุนทั้งหมด (บาท/ไร่)	3,454	3,475	3,769	3,622
1. ต้นทุนค่าวัสดุการเกษตร (บาท/ไร่)	934	1,196	1,119	1,158
- เมล็ดพันธุ์ (บาท/ไร่)	118	132	160	146
- ปุ๋ยเคมี/ปุ๋ยอินทรีย์ (บาท/ไร่)	417	757	535	646
- สารกำจัดศัตรูพืช (บาท/ไร่)	149	120	323	222
- น้ำมันเชื้อเพลิง (บาท/ไร่)	250	188	100	144
2. ต้นทุนค่าจ้างแรงงาน (บาท/ไร่)	2,520	2,279	2,650	2,465
- จ้างไถ (บาท/ไร่)	587	580	450	515
- จ้างปลูก (บาท/ไร่)	833	961	1,067	1,014
- จ้างเก็บเกี่ยว (บาท/ไร่)	1,100	738	1,133	936
ผลผลิตเฉลี่ย (กิโลกรัม/ไร่)	608	678	554	613
ราคาขายเฉลี่ย (บาท/กิโลกรัม)	9	10	12	10
รายได้ทั้งหมด (บาท/ไร่)	5,472	6,780	6,648	6,133
กำไรสุทธิ (บาท/ไร่)	2,018	3,305	2,879	2,511

3.2 แบบสอบถามเกษตรกรในพื้นที่ปลูกข้าวโพด

การทำแบบสอบถามเกษตรกรในพื้นที่ปลูกข้าวโพด พบว่า เกษตรกรนิยมปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ได้แก่ พันธุ์โพอเนยี ซีพี 888 และนครสวรรค์ 3 และปลูกข้าวโพดหวาน ได้แก่ พันธุ์ชูการ์สตาร์พลัส และไฮบริกซ์ โดยปลูกในช่วงต้นฤดูฝนระหว่างเดือนพฤษภาคมถึงมิถุนายน สามารถคำนวณต้นทุน รายได้ และกำไรสุทธิ ดังนี้

ในปี พ.ศ. 2561 เกษตรกรมีต้นทุนทั้งหมดเฉลี่ย 3,340 บาทต่อไร่ แบ่งออกเป็นค่าวัสดุการเกษตร 1,682 บาทต่อไร่ และค่าจ้างแรงงาน 1,659 บาทต่อไร่ ได้ผลผลิตเฉลี่ย 1,094 กิโลกรัมต่อไร่ ราคาขายเฉลี่ย 4 บาทต่อกิโลกรัม มีรายได้ทั้งหมด 4,376 บาทต่อไร่ คิดเป็นกำไรสุทธิ 1,036 บาทต่อไร่

ในปี พ.ศ. 2562 เกษตรกรมีต้นทุนทั้งหมดเฉลี่ย 3,598 บาทต่อไร่ แบ่งออกเป็นค่าวัสดุการเกษตร 1,922 บาทต่อไร่ และค่าจ้างแรงงาน 1,676 บาทต่อไร่ ได้ผลผลิตเฉลี่ย 891 กิโลกรัมต่อไร่ ราคาขายเฉลี่ย 6 บาทต่อกิโลกรัม มีรายได้ทั้งหมด 5,346 บาทต่อไร่ คิดเป็นกำไรสุทธิ 1,748 บาทต่อไร่

และในปี พ.ศ. 2563 เกษตรกรมีต้นทุนทั้งหมดเฉลี่ย 2,909 บาทต่อไร่ แบ่งออกเป็นค่าวัสดุการเกษตร 1,531 บาทต่อไร่ และค่าจ้างแรงงาน 1,378 บาทต่อไร่ ได้ผลผลิตเฉลี่ย 1,040 กิโลกรัมต่อไร่ ราคาขายเฉลี่ย 5 บาทต่อกิโลกรัม มีรายได้ทั้งหมด 5,200 บาทต่อไร่ คิดเป็นกำไรสุทธิ 2,291 บาทต่อไร่

ดังนั้น เกษตรกรมีต้นทุนทั้งหมดเฉลี่ย 3,241 บาทต่อไร่ แบ่งออกเป็นค่าวัสดุการเกษตร 1,714 บาทต่อไร่ และค่าจ้างแรงงาน 1,527 บาทต่อไร่ ได้ผลผลิตเฉลี่ย 1,008 กิโลกรัมต่อไร่ ราคาขายเฉลี่ย 5 บาทต่อกิโลกรัม มีรายได้ทั้งหมดเฉลี่ย 5,042 บาทต่อไร่ คิดเป็นกำไรสุทธิ 1,801 บาทต่อไร่ ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 การคำนวณต้นทุน รายได้ และกำไรสุทธิ ในพื้นที่ปลูกข้าวโพดบริเวณลุ่มน้ำแม่แจ่ม

รายการ	ปี พ.ศ. 2561	ปี พ.ศ. 2562	ปี พ.ศ. 2563	ค่าเฉลี่ย
ต้นทุนทั้งหมด (บาท/ไร่)	3,340	3,598	2,909	3,241
1. ต้นทุนค่าวัสดุการเกษตร (บาท/ไร่)	1,682	1,922	1,531	1,714
- เมล็ดพันธุ์ (บาท/ไร่)	547	348	406	377
- ปุ๋ยเคมี/ปุ๋ยอินทรีย์ (บาท/ไร่)	903	1,166	838	1,002
- สารกำจัดศัตรูพืช (บาท/ไร่)	231	331	287	309
- น้ำมันเชื้อเพลิง (บาท/ไร่)	0	77	0	26
2. ต้นทุนค่าจ้างแรงงาน (บาท/ไร่)	1,659	1,676	1,378	1,527
- จ้างไถ (บาท/ไร่)	553	443	300	372
- จ้างปลูก (บาท/ไร่)	434	375	378	377
- จ้างเก็บเกี่ยว (บาท/ไร่)	671	858	700	779
ผลผลิตเฉลี่ย (กิโลกรัม/ไร่)	1,094	891	1,040	1,008
ราคาขายเฉลี่ย (บาท/กิโลกรัม)	4	6	5	5
รายได้ทั้งหมด (บาท/ไร่)	4,376	5,346	5,200	5,042
กำไรสุทธิ (บาท/ไร่)	1,036	1,748	2,291	1,801

4. การทำนายผลผลิตโดยใช้โปรแกรม AquaCrop เวอร์ชัน 5

4.1 การทำนายผลผลิตในพื้นที่ปลูกข้าว

จากการสุ่มตัวอย่างแบบสอบถามเกษตรกรในพื้นที่ปลูกข้าว ปีละ 10 ตัวอย่าง รวมทั้งสิ้น 30 ตัวอย่าง มาใช้ในการทำนายผลผลิตข้าวในปี พ.ศ. 2573 และ 2603 ได้ผลการศึกษาดังนี้

จากฐานข้อมูลปี พ.ศ. 2561 ข้าวมีผลผลิตเฉลี่ย 678 กิโลกรัมต่อไร่ เมื่อทำนายผลผลิตในปี พ.ศ. 2573 และ 2603 จากการใช้แบบจำลอง RCP6.0 พบว่า ได้ผลผลิตเฉลี่ย 704 และ 753 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจากปีฐาน ร้อยละ 3.92 และ 11.18 ตามลำดับ ในขณะที่การใช้แบบจำลอง RCP8.5 พบว่า ได้ผลผลิตเฉลี่ย 654 และ 785 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งมีแนวโน้มลดลงจากปีฐาน ร้อยละ 3.44 ในปี พ.ศ. 2573 และเพิ่มขึ้นจากปีฐาน ร้อยละ 15.83 ในปี พ.ศ. 2603 ตามลำดับ ดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 การทำนายผลผลิตข้าวจากฐานข้อมูลปี พ.ศ. 2561

ลำดับ	พิกัดจุดเก็บตัวอย่าง		ผลผลิต (กิโลกรัม/ไร่)				
	X	Y	ฐานข้อมูล	แบบจำลอง RCP6.0		แบบจำลอง RCP8.5	
			ปี 2561	ปี 2573	ปี 2603	ปี 2573	ปี 2603
1	433233	2043152	667	704	770	712	767
2	432023	2047346	667	688	747	676	787
3	434681	2066977	666	673	611	623	618
4	421314	2070784	667	688	751	573	785
5	423267	2101075	800	856	943	875	981
6	425248	2102522	600	620	677	547	708
7	441164	2099088	600	619	677	561	707
8	434300	2106073	643	663	725	594	758
9	432344	2045106	800	819	852	654	920
10	425358	2113605	667	713	781	727	818
ผลผลิตเฉลี่ย (กิโลกรัม/ไร่)			678	704	753	654	785
ผลผลิตเพิ่มขึ้น/ลดลง (ร้อยละ)				3.92	11.18	-3.44	15.83

จากฐานข้อมูลปี พ.ศ. 2562 ข้าวมีผลผลิตเฉลี่ย 605 กิโลกรัมต่อไร่ เมื่อทำนายผลผลิตในปี พ.ศ. 2573 และ 2603 จากการใช้แบบจำลอง RCP6.0 พบว่า ได้ผลผลิตเฉลี่ย 595 และ 641 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งมีแนวโน้มลดลงจากปีฐาน ร้อยละ 1.60 ในปี พ.ศ. 2573 และเพิ่มขึ้นจากปีฐาน ร้อยละ 5.94 ตามลำดับ ในขณะที่การใช้แบบจำลอง RCP8.5 พบว่า ได้ผลผลิตเฉลี่ย 588 และ 678 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งมีแนวโน้มลดลงจากปีฐาน ร้อยละ 2.84 ในปี พ.ศ. 2573 และเพิ่มขึ้นจากปีฐาน ร้อยละ 12.04 ในปี พ.ศ. 2603 ตามลำดับ ดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 การทำนายผลผลิตข้าวจากฐานข้อมูลปี พ.ศ. 2562

ลำดับ	พิกัดจุดเก็บตัวอย่าง		ผลผลิต (กิโลกรัม/ไร่)				
	X	Y	ฐานข้อมูล	แบบจำลอง RCP6.0		แบบจำลอง RCP8.5	
			ปี 2562	ปี 2573	ปี 2603	ปี 2573	ปี 2603
1	440694	2029903	333	331	351	325	389
2	437100	2051694	750	778	845	728	889
3	434790	2053736	750	779	846	751	890
4	431296	2051011	960	998	1,091	995	1,139
5	440362	2030631	333	346	381	354	391
6	438416	2019507	750	503	645	596	679
7	440332	2029201	670	663	674	620	764
8	431406	2050784	600	624	628	613	666
9	430101	2051634	500	512	492	473	493
10	441333	2048922	400	417	452	421	478
ผลผลิตเฉลี่ย (กิโลกรัม/ไร่)			605	595	641	588	678
ผลผลิตเพิ่มขึ้น/ลดลง (ร้อยละ)				-1.60	5.94	-2.84	12.04

จากฐานข้อมูลปี พ.ศ. 2563 ข้าวมีผลผลิตเฉลี่ย 587 กิโลกรัมต่อไร่ เมื่อทำนายผลผลิตในปี พ.ศ. 2573 และ 2603 จากการใช้แบบจำลอง RCP6.0 พบว่า ได้ผลผลิตเฉลี่ย 605 และ 653 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจากปีฐาน ร้อยละ 3.01 และ 11.15 ตามลำดับ ในขณะที่การใช้แบบจำลอง RCP8.5 พบว่า ได้ผลผลิตเฉลี่ย 562 และ 688 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งมีแนวโน้มลดลงจากปีฐาน ร้อยละ 4.38 ในปี พ.ศ. 2573 และเพิ่มขึ้นจากปีฐาน ร้อยละ 17.09 ในปี พ.ศ. 2603 ตามลำดับ ดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 การทำนายผลผลิตข้าวจากฐานข้อมูลปี พ.ศ. 2563

ลำดับ	พิกัดจุดเก็บตัวอย่าง		ผลผลิต (กิโลกรัม/ไร่)				
	X	Y	ฐานข้อมูล	แบบจำลอง RCP6.0		แบบจำลอง RCP8.5	
			ปี 2563	ปี 2573	ปี 2603	ปี 2573	ปี 2603
1	435204	2044966	667	684	710	557	765
2	433931	2042703	714	733	768	583	818
3	435013	2037582	600	617	689	631	709
4	436000	2051288	750	775	840	748	884
5	431800	2045872	582	601	653	583	686

ตารางที่ 7 การทำนายผลผลิตข้าวจากฐานข้อมูลปี พ.ศ. 2563 (ต่อ)

ลำดับ	พิกัดจุดเก็บตัวอย่าง		ผลผลิต (กิโลกรัม/ไร่)				
	X	Y	ฐานข้อมูล	แบบจำลอง RCP6.0		แบบจำลอง RCP8.5	
			ปี 2563	ปี 2573	ปี 2603	ปี 2573	ปี 2603
6	440945	2049999	545	564	617	568	644
7	432158	2046931	500	518	566	520	590
8	440063	2050382	500	514	568	527	591
9	423023	2037528	529	542	576	447	618
10	430685	2082102	484	500	539	451	569
ผลผลิตเฉลี่ย (กิโลกรัม/ไร่)			587	605	653	562	688
ผลผลิตเพิ่มขึ้น/ลดลง (ร้อยละ)				3.01	11.15	-4.38	17.09

ดังนั้น จากฐานข้อมูลปี พ.ศ. 2561 - 2563 ข้าวมีผลผลิตเฉลี่ย 623 กิโลกรัมต่อไร่ เมื่อทำนายผลผลิตในปี พ.ศ. 2573 และ 2603 จากการใช้แบบจำลอง RCP6.0 พบว่า ได้ผลผลิตเฉลี่ย 635 และ 682 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจากปีฐาน ร้อยละ 1.85 และ 9.47 ตามลำดับ ในขณะที่การใช้แบบจำลอง RCP8.5 พบว่า ได้ผลผลิตเฉลี่ย 601 และ 717 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งมีแนวโน้มลดลงจากปีฐาน ร้อยละ 3.54 ในปี พ.ศ. 2573 และเพิ่มขึ้นจากปีฐาน ร้อยละ 15.00 ในปี พ.ศ. 2603 ตามลำดับ ดังตารางที่ 8

ตารางที่ 8 การทำนายผลผลิตข้าวจากฐานข้อมูลปี พ.ศ. 2561 - 2563

รายการ	ผลผลิต (กิโลกรัม/ไร่)				
	ค่าเฉลี่ย ปีฐาน	แบบจำลอง RCP6.0		แบบจำลอง RCP8.5	
		ปี 2573	ปี 2603	ปี 2573	ปี 2603
ปี 2561	678	704	753	654	785
ปี 2562	605	595	641	588	678
ปี 2563	587	605	653	562	688
ผลผลิตเฉลี่ย (กิโลกรัม/ไร่)	623	635	682	601	717
ผลผลิตเพิ่มขึ้น/ลดลง (ร้อยละ)		1.85	9.47	-3.54	15.00
การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก (ppm CO ₂ equivalent)	410	429	511	449	604
ก๊าซเรือนกระจกเพิ่มขึ้น (ร้อยละ)		4.63	24.63	9.51	47.32

จากตารางที่ 8 แสดงให้เห็นว่าในปี พ.ศ. 2573 และ 2603 มีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกเพิ่มสูงขึ้นจากปัจจุบัน ซึ่งส่งกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงของผลผลิตข้าวในอนาคต โดยผลผลิตข้าวมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นมากกว่าลดลง สอดคล้องกับปริมาณการปลดปล่อยของก๊าซเรือนกระจกที่เพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามการทำนายผลผลิตในปี พ.ศ. 2573 ด้วยแบบจำลอง RCP8.5 ผลผลิตข้าวมีแนวโน้มลดลงเนื่องจากการคาดการณ์สภาพภูมิอากาศ พบว่า ปริมาณน้ำฝนในบริเวณพื้นที่ศึกษามีปริมาณลดลง ทำให้ข้าววนาน้ำฝนมีผลผลิตลดลง

เมื่อนำผลที่ได้จากการทำนายมาวิเคราะห์ทางสถิติแบบ Pair Sample T-test เพื่อสรุปยืนยันความแตกต่างทางสถิติถึงการเปลี่ยนแปลงของผลผลิตข้าวในอนาคตเมื่อเปรียบเทียบกับปีฐาน พบว่า คู่ของผลผลิตข้าวในปีฐานกับผลผลิตข้าวในปี พ.ศ. 2573 ตามแบบจำลอง RCP6.0 และคู่ของผลผลิตข้าวในปีฐานกับผลผลิตข้าวในปี พ.ศ. 2573 ตามแบบจำลอง RCP8.5 มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่คู่ของผลผลิตข้าวในปีฐานกับผลผลิตข้าวในปี พ.ศ. 2603 ตามแบบจำลอง RCP6.0 คู่ของผลผลิตข้าวในปีฐานกับผลผลิตข้าวในปี พ.ศ. 2603 ตามแบบจำลอง RCP8.5 คู่ของผลผลิตข้าวในปี พ.ศ. 2573 กับผลผลิตข้าวในปี พ.ศ. 2603 ตามแบบจำลอง RCP6.0 และคู่ของผลผลิตข้าวในปี พ.ศ. 2573 กับผลผลิตข้าวในปี พ.ศ. 2603 ตามแบบจำลอง RCP8.5 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ทั้งนี้ เมื่อทำการวิเคราะห์ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ โดยกำหนดให้ต้นทุนทั้งหมดและราคาขายเฉลี่ยมีค่าคงที่ทุกปี ซึ่งเป็นค่าที่ได้จากการวิเคราะห์แบบสอบถามเกษตรกรในปี พ.ศ. 2561 - 2563 จากการคำนวณพบว่า หากในอนาคตผลผลิตข้าวมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น อาจทำให้เกษตรกรได้กำไรสุทธิเพิ่มขึ้น ร้อยละ 4.60 - 36.04 โดยมีรายละเอียดดังนี้ จากการทำนายผลผลิตในปี พ.ศ. 2561 - 2563 ข้าวมีผลผลิตเฉลี่ย 623 กิโลกรัมต่อไร่ คิดเป็นรายได้ทั้งหมด 6,230 บาทต่อไร่ และมีกำไรสุทธิ 2,608 บาทต่อไร่ เมื่อพิจารณาผลผลิตในปี พ.ศ. 2573 และ 2603 จากการใช้แบบจำลอง RCP6.0 เกษตรกรมีกำไรสุทธิ 2,728 และ 3,198 บาทต่อไร่ ซึ่งมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจากปีฐาน ร้อยละ 4.60 และ 22.62 ตามลำดับ ในขณะที่การใช้แบบจำลอง RCP8.5 เกษตรกรมีกำไรสุทธิ 2,388 และ 3,548 บาทต่อไร่ ซึ่งมีแนวโน้มลดลงจากปีฐาน ร้อยละ 8.44 ในปี พ.ศ. 2573 และเพิ่มขึ้นจากปีฐาน ร้อยละ 36.04 ในปี พ.ศ. 2603 ตามลำดับ ดังตารางที่ 9

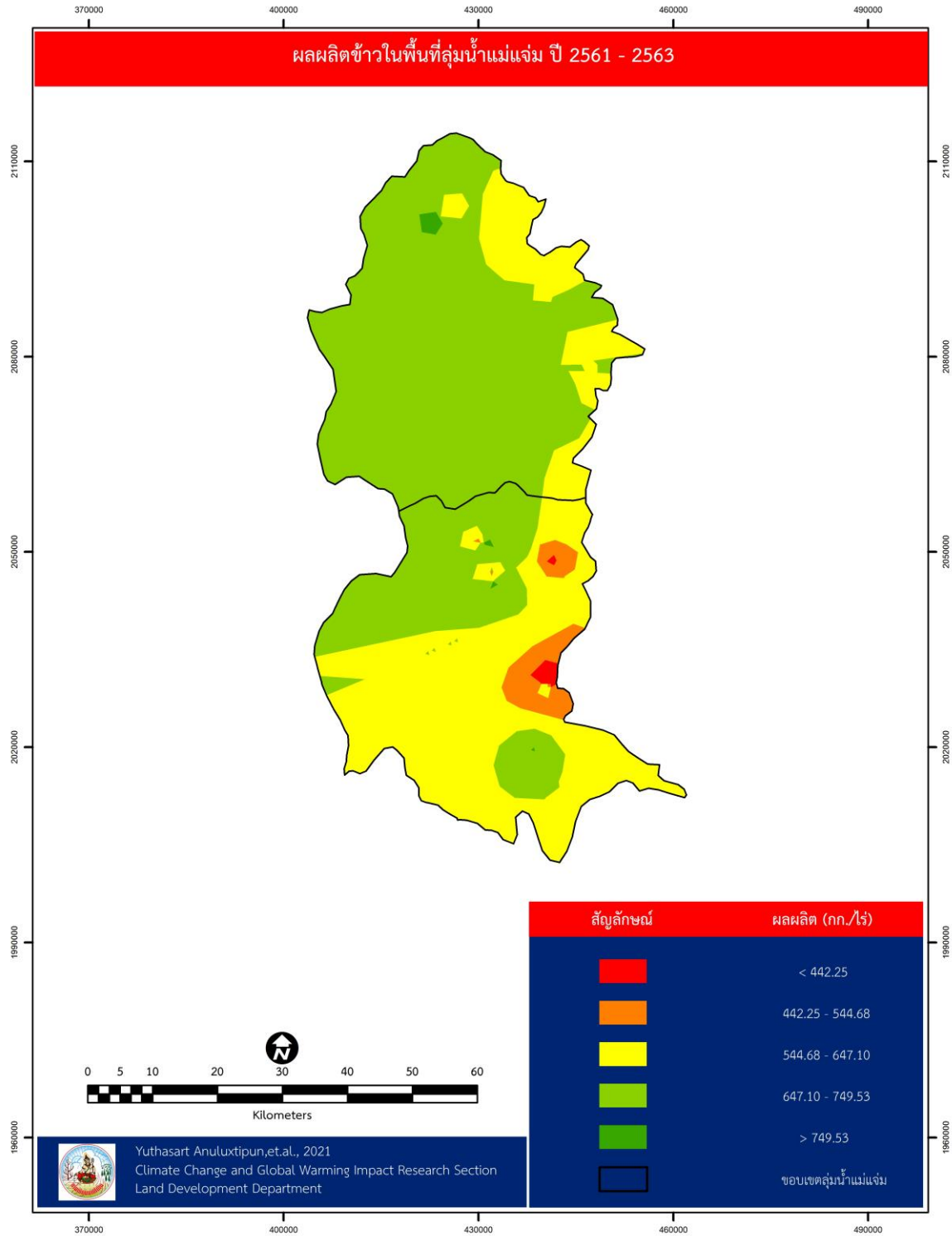
ตารางที่ 9 การคาดการณ์ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจจากการทำนายผลผลิตข้าวในอนาคต

รายการ	ค่าเฉลี่ยปีฐาน	แบบจำลอง RCP6.0		แบบจำลอง RCP8.5	
	ปี 2561-2563	ปี 2573	ปี 2603	ปี 2573	ปี 2603
ต้นทุนทั้งหมด* (บาท/ไร่)	3,622	3,622	3,622	3,622	3,622
ราคาขายเฉลี่ย* (บาท/กิโลกรัม)	10	10	10	10	10
ผลผลิตเฉลี่ย** (กิโลกรัม/ไร่)	623	635	682	601	717
รายได้ทั้งหมด (บาท/ไร่)	6,230	6,350	6,820	6,010	7,170
กำไรสุทธิ (บาท/ไร่)	2,608	2,728	3,198	2,388	3,548
กำไรสุทธิเพิ่มขึ้น/ลดลง (ร้อยละ)		4.60	22.62	-8.44	36.04

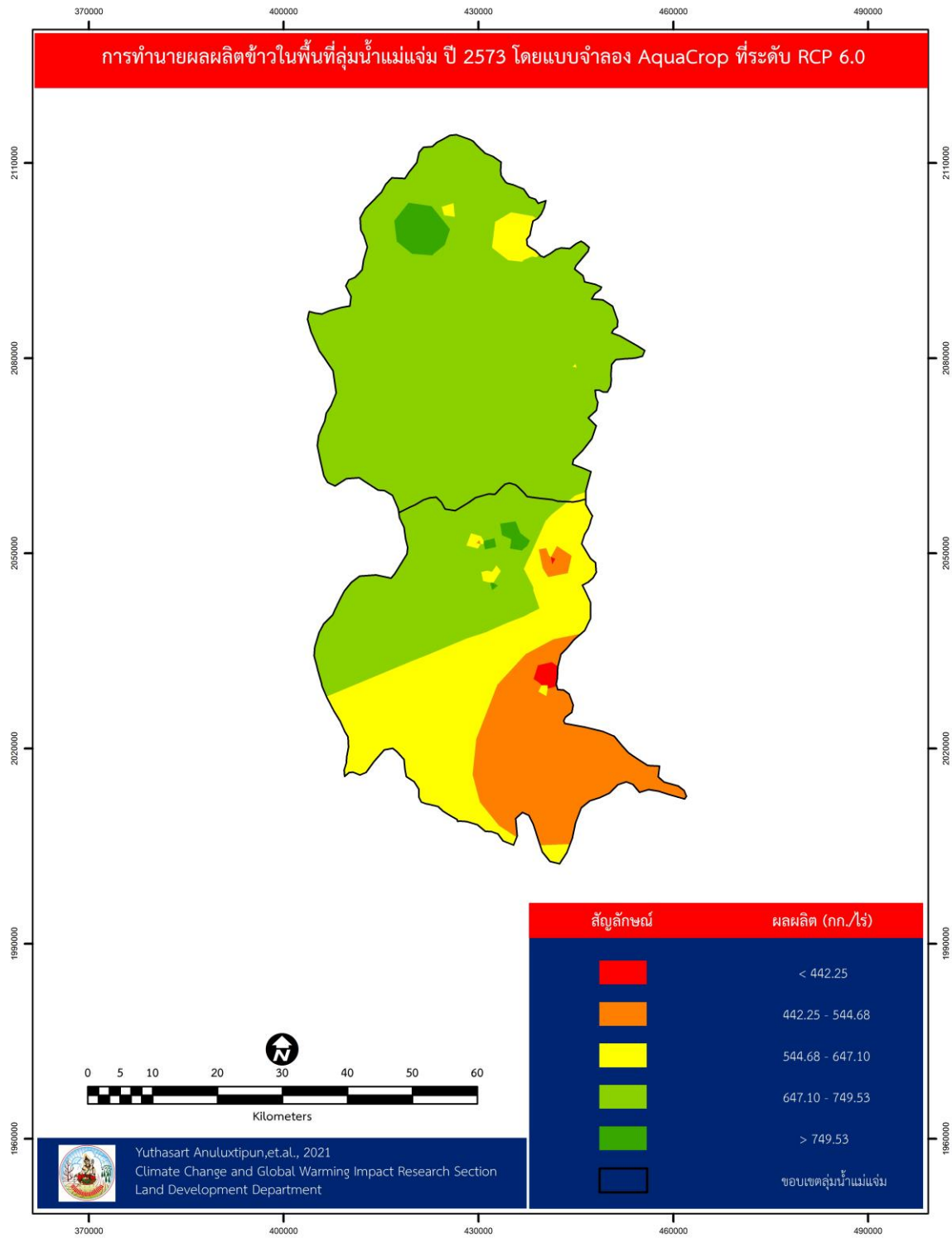
หมายเหตุ: * ต้นทุนทั้งหมดและราคาขายเฉลี่ย ได้จากการคำนวณต้นทุน รายได้ และกำไรสุทธิ ในพื้นที่ปลูกข้าวบริเวณลุ่มน้ำแม่แจ่ม

** ผลผลิตเฉลี่ย ได้จากการทำนายผลผลิตข้าวจากฐานข้อมูลปี พ.ศ. 2561 - 2563

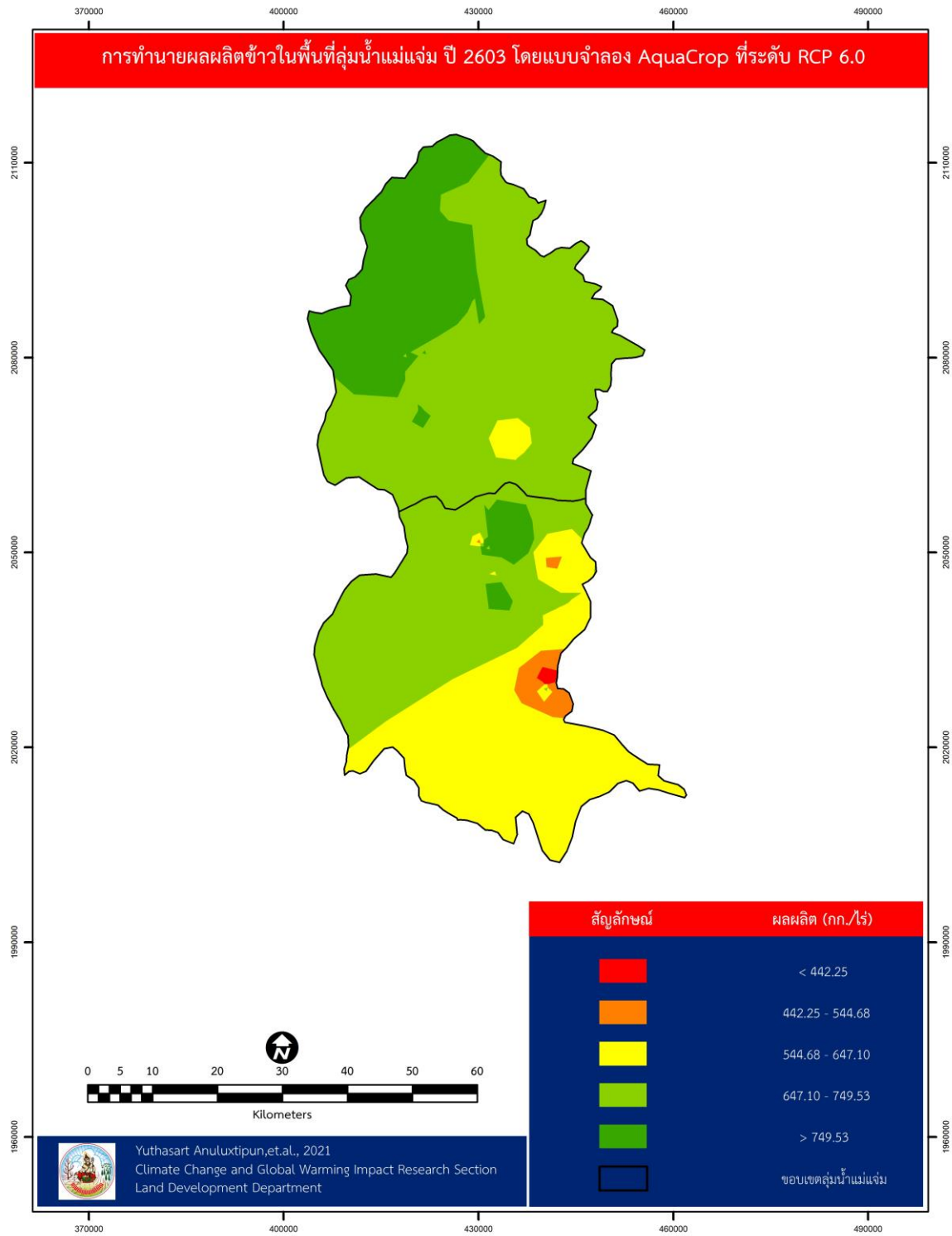
จากนั้นนำผลการทำนายผลผลิตข้าวในปี พ.ศ. 2573 และ 2603 ทั้งการทำนายด้วยแบบจำลอง RCP6.0 และ RCP8.5 มาประมวลผลด้วยโปรแกรมสารสนเทศภูมิศาสตร์ เพื่อจัดทำแผนที่แสดงผลผลิตข้าวในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่แจ่ม โดยพื้นที่ที่มีสีแดงเป็นพื้นที่ที่มีผลผลิตน้อยที่สุด และพื้นที่ที่มีสีเขียวเข้มเป็นพื้นที่ที่มีผลผลิตมากที่สุด พร้อมทั้งแผนที่แสดงผลผลิตข้าวในปี พ.ศ. 2561 - 2563 ดังภาพที่ 15 ถึงภาพที่ 19



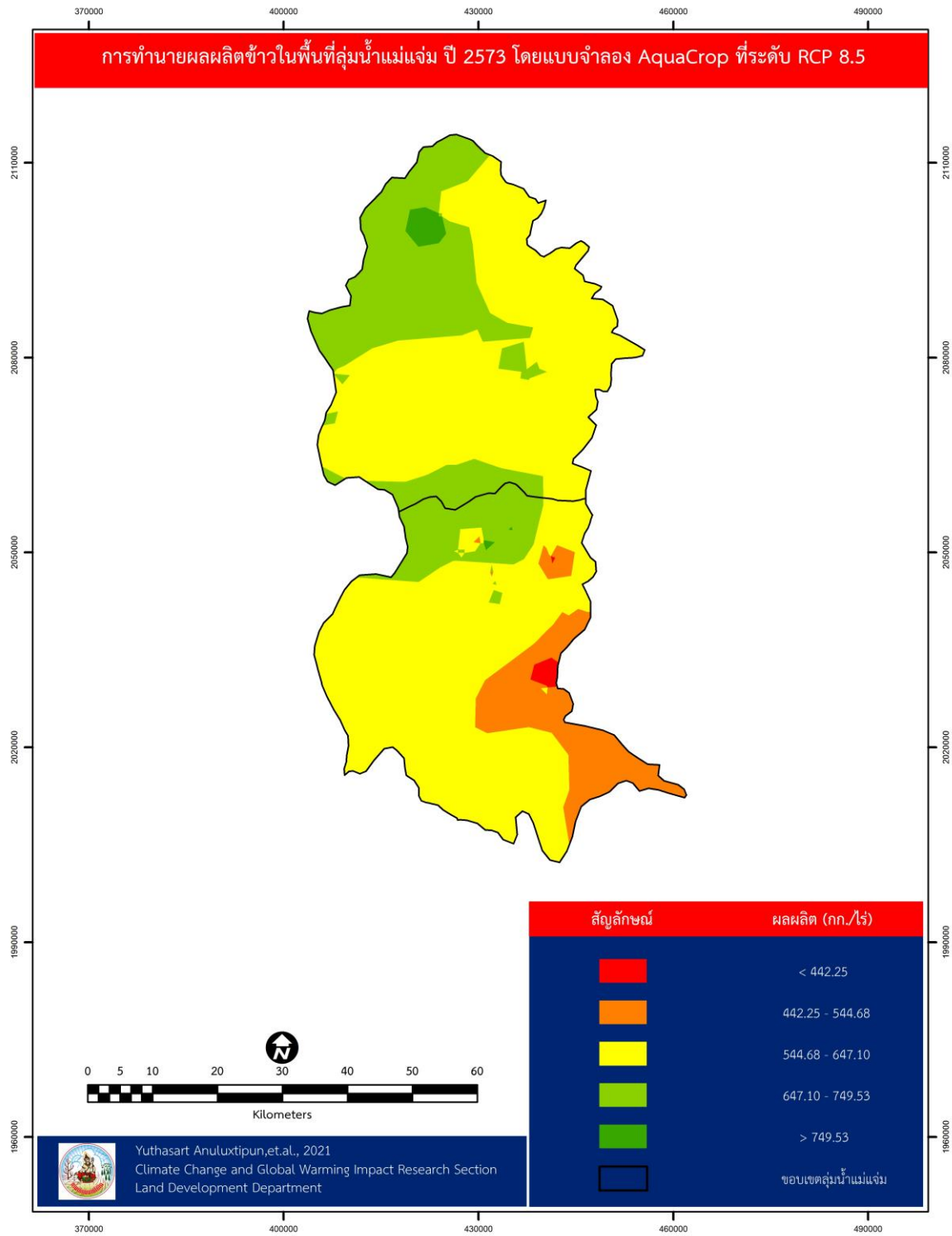
ภาพที่ 15 ผลผลิตข้าวในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่แจ่ม ปี พ.ศ. 2561 - 2563



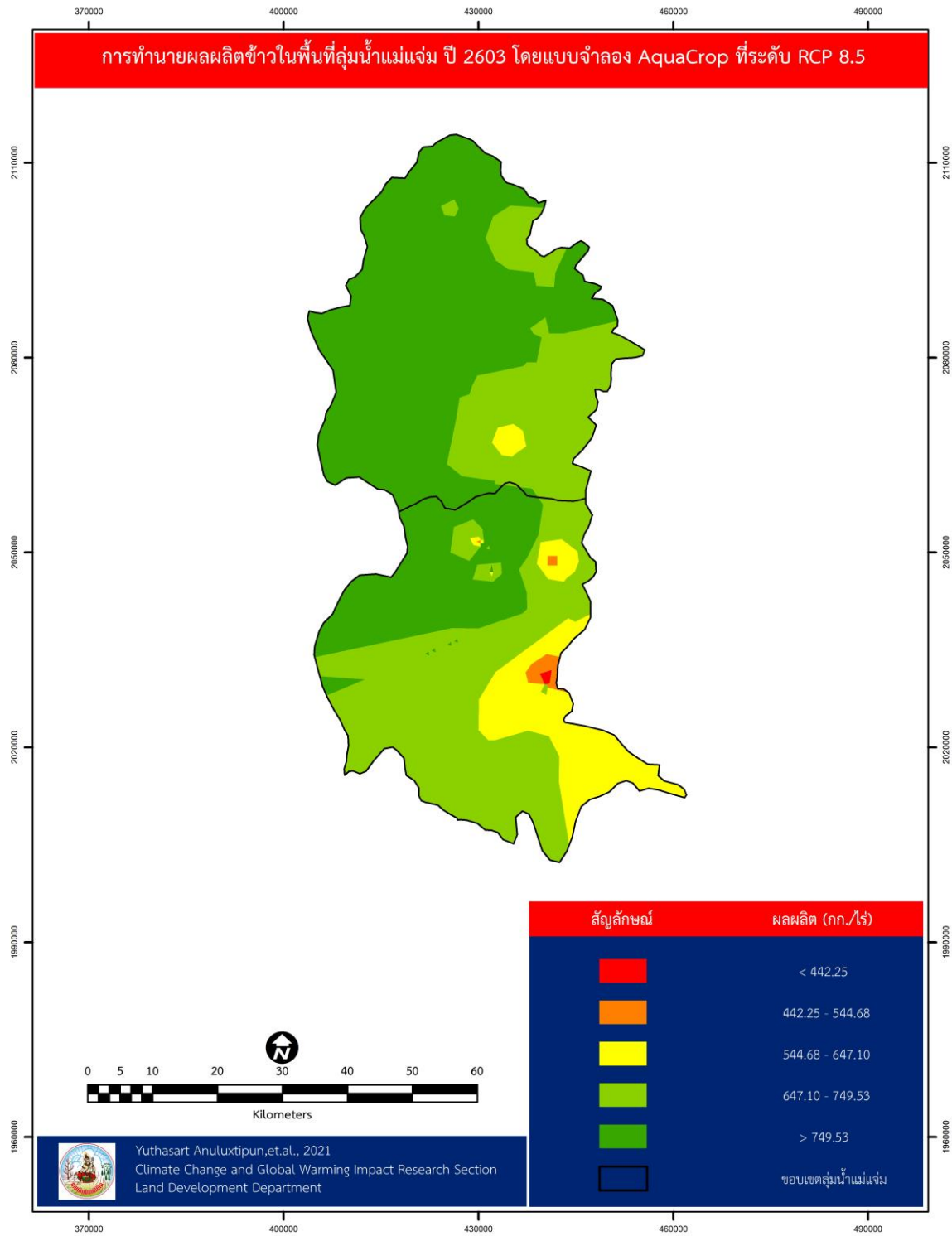
ภาพที่ 16 การทำนายผลผลิตข้าวในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่แจ่ม ปี พ.ศ. 2573 ด้วยแบบจำลอง RCP6.0



ภาพที่ 17 การทำนายผลผลิตข้าวในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่แจ่ม ปี พ.ศ. 2603 ด้วยแบบจำลอง RCP6.0



ภาพที่ 18 การทำนายผลผลิตข้าวในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่แจ่ม ปี พ.ศ. 2573 ด้วยแบบจำลอง RCP8.5



ภาพที่ 19 การทำนายผลผลิตข้าวในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่แจ่ม ปี พ.ศ. 2603 ด้วยแบบจำลอง RCP8.5

4.2 การทำนายผลผลิตในพื้นที่ปลูกข้าวโพด

จากการสุ่มตัวอย่างแบบสอบถามเกษตรกรในพื้นที่ปลูกข้าวโพด ปีละ 10 ตัวอย่าง รวมทั้งสิ้น 30 ตัวอย่าง มาใช้ในการทำนายผลผลิตข้าวโพดในปี พ.ศ. 2573 และ 2603 ได้ผลการศึกษาดังนี้

จากฐานข้อมูลปี พ.ศ. 2561 ข้าวโพดมีผลผลิตเฉลี่ย 791 กิโลกรัมต่อไร่ เมื่อทำนายผลผลิตในปี พ.ศ. 2573 และ 2603 จากการใช้แบบจำลอง RCP6.0 พบว่า ได้ผลผลิตเฉลี่ย 798 และ 813 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจากปีฐาน ร้อยละ 0.96 และ 2.85 ตามลำดับ ในขณะที่การใช้แบบจำลอง RCP8.5 พบว่า ได้ผลผลิตเฉลี่ย 802 และ 817 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจากปีฐาน ร้อยละ 1.40 และ 3.38 ตามลำดับ ดังตารางที่ 10

ตารางที่ 10 การทำนายผลผลิตข้าวโพดจากฐานข้อมูลปี พ.ศ. 2561

ลำดับ	พิกัดจุดเก็บตัวอย่าง		ผลผลิต (กิโลกรัม/ไร่)				
	X	Y	ฐานข้อมูล	แบบจำลอง RCP6.0		แบบจำลอง RCP8.5	
			ปี 2561	ปี 2573	ปี 2603	ปี 2573	ปี 2603
1	428287	2065974	750	757	772	761	775
2	433682	2043566	867	875	891	879	896
3	433499	2044682	666	673	684	676	689
4	430427	2045592	750	757	771	761	776
5	430010	2051912	667	673	686	676	689
6	429910	2046827	600	606	617	609	620
7	432080	2049331	880	888	905	893	910
8	430615	2047358	860	868	885	872	889
9	432598	2050762	700	707	720	710	724
10	431072	2052945	1,167	1,178	1,201	1,183	1,206
ผลผลิตเฉลี่ย (กิโลกรัม/ไร่)			791	798	813	802	817
ผลผลิตเพิ่มขึ้น/ลดลง (ร้อยละ)				0.96	2.85	1.40	3.38

จากฐานข้อมูลปี พ.ศ. 2562 ข้าวโพดมีผลผลิตเฉลี่ย 878 กิโลกรัมต่อไร่ เมื่อทำนายผลผลิตในปี พ.ศ. 2573 และ 2603 จากการใช้แบบจำลอง RCP6.0 พบว่า ได้ผลผลิตเฉลี่ย 886 และ 902 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจากปีฐาน ร้อยละ 0.85 และ 2.75 ตามลำดับ ในขณะที่การใช้แบบจำลอง RCP8.5 พบว่า ได้ผลผลิตเฉลี่ย 889 และ 907 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจากปีฐาน ร้อยละ 1.26 และ 3.22 ตามลำดับ ดังตารางที่ 11

ตารางที่ 11 การทำนายผลผลิตข้าวโพดจากฐานข้อมูลปี พ.ศ. 2562

ลำดับ	พิกัดจุดเก็บตัวอย่าง		ผลผลิต (กิโลกรัม/ไร่)				
	X	Y	ฐานข้อมูล	แบบจำลอง RCP6.0		แบบจำลอง RCP8.5	
			ปี 2562	ปี 2573	ปี 2603	ปี 2573	ปี 2603
1	434347	2021536	587	592	603	594	606
2	429894	2023074	1,000	1,008	1,028	1,013	1,032
3	435253	2021184	400	404	411	405	413
4	434652	2021797	1,000	1,009	1,028	1,013	1,033
5	428825	2028946	667	672	685	675	688
6	429767	2030061	1,000	1,009	1,028	1,013	1,033
7	432129	2049189	1,250	1,262	1,285	1,266	1,291
8	431580	2053306	1,000	1,008	1,028	1,012	1,032
9	435583	2060594	1,000	1,006	1,024	1,011	1,029
10	430101	2051634	880	888	904	891	909
ผลผลิตเฉลี่ย (กิโลกรัม/ไร่)			878	886	902	889	907
ผลผลิตเพิ่มขึ้น/ลดลง (ร้อยละ)				0.85	2.75	1.26	3.22

จากฐานข้อมูลปี พ.ศ. 2563 ข้าวโพดมีผลผลิตเฉลี่ย 946 กิโลกรัมต่อไร่ เมื่อทำนายผลผลิตในปี พ.ศ. 2573 และ 2603 จากการใช้แบบจำลอง RCP6.0 พบว่า ได้ผลผลิตเฉลี่ย 953 และ 971 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจากปีฐาน ร้อยละ 0.81 และ 2.69 ตามลำดับ ในขณะที่การใช้แบบจำลอง RCP8.5 พบว่า ได้ผลผลิตเฉลี่ย 957 และ 976 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจากปีฐาน ร้อยละ 1.17 และ 3.15 ตามลำดับ ดังตารางที่ 12

ตารางที่ 12 การทำนายผลผลิตข้าวโพดจากฐานข้อมูลปี พ.ศ. 2563

ลำดับ	พิกัดจุดเก็บตัวอย่าง		ผลผลิต (กิโลกรัม/ไร่)				
	X	Y	ฐานข้อมูล	แบบจำลอง RCP6.0		แบบจำลอง RCP8.5	
			ปี 2563	ปี 2573	ปี 2603	ปี 2573	ปี 2603
1	434885	2040459	800	807	822	809	825
2	433983	2036467	917	924	941	927	945
3	434487	2053815	714	720	733	722	736
4	434529	2037227	1,000	1,008	1,027	1,012	1,032
5	433862	2035788	500	504	513	506	516

ตารางที่ 12 การทำนายผลผลิตข้าวโพดจากฐานข้อมูลปี พ.ศ. 2563 (ต่อ)

ลำดับ	พิกัดจุดเก็บตัวอย่าง		ผลผลิต (กิโลกรัม/ไร่)				
	X	Y	ฐานข้อมูล	แบบจำลอง RCP6.0		แบบจำลอง RCP8.5	
			ปี 2563	ปี 2573	ปี 2603	ปี 2573	ปี 2603
6	434640	2040646	1,000	1,007	1,027	1,012	1,032
7	477570	2052178	1,500	1,512	1,540	1,518	1,548
8	432229	2048078	1,667	1,680	1,712	1,686	1,719
9	423023	2037528	673	678	691	681	694
10	430685	2082102	688	694	707	696	710
ผลผลิตเฉลี่ย (กิโลกรัม/ไร่)			946	953	971	957	976
ผลผลิตเพิ่มขึ้น/ลดลง (ร้อยละ)				0.81	2.69	1.17	3.15

ดังนั้น จากฐานข้อมูลปี พ.ศ. 2561 - 2563 ข้าวโพดมีผลผลิตเฉลี่ย 872 กิโลกรัมต่อไร่ เมื่อทำนายผลผลิตในปี พ.ศ. 2573 และ 2603 จากการใช้แบบจำลอง RCP6.0 พบว่า ได้ผลผลิตเฉลี่ย 879 และ 896 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจากปีฐาน ร้อยละ 0.87 และ 2.76 ตามลำดับ ในขณะที่การใช้แบบจำลอง RCP8.5 พบว่า ได้ผลผลิตเฉลี่ย 883 และ 900 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจากปีฐาน ร้อยละ 1.27 และ 3.24 ตามลำดับ ดังตารางที่ 13

ตารางที่ 13 การทำนายผลผลิตข้าวโพดจากฐานข้อมูลปี พ.ศ. 2561 - 2563

รายการ	ผลผลิต (กิโลกรัม/ไร่)				
	ค่าเฉลี่ย ปีฐาน	แบบจำลอง RCP6.0		แบบจำลอง RCP8.5	
		ปี 2573	ปี 2603	ปี 2573	ปี 2603
ปี 2561	791	798	813	802	817
ปี 2562	878	886	902	889	907
ปี 2563	946	953	971	957	976
ผลผลิตเฉลี่ย (กิโลกรัม/ไร่)	872	879	896	883	900
ผลผลิตเพิ่มขึ้น/ลดลง (ร้อยละ)		0.87	2.76	1.27	3.24
การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก (ppm CO ₂ equivalent)	410	429	511	449	604
ก๊าซเรือนกระจกเพิ่มขึ้น (ร้อยละ)		4.63	24.63	9.51	47.32

จากตารางที่ 13 แสดงให้เห็นว่าในปี พ.ศ. 2573 และ 2603 มีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกเพิ่มสูงขึ้นจากปัจจุบัน ซึ่งส่งกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงของผลผลิตข้าวโพดในอนาคต โดยผลผลิตข้าวโพดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น สอดคล้องกับปริมาณการปลดปล่อยของก๊าซเรือนกระจกที่เพิ่มขึ้น

เมื่อนำผลที่ได้จากการทำนายภาวะทางสถิติแบบ Pair Sample T-test เพื่อสรุปยืนยันความแตกต่างทางสถิติถึงการเปลี่ยนแปลงของผลผลิตข้าวโพดในอนาคตเมื่อเปรียบเทียบกับปีฐาน พบว่า ผลผลิตข้าวโพดระหว่างปีฐานกับผลผลิตข้าวโพดที่ได้จากการทำนายในปี พ.ศ. 2573 และ 2603 ด้วยแบบจำลอง RCP6.0 และ RCP8.5 และผลผลิตข้าวโพดที่ได้จากการทำนายในปี พ.ศ. 2573 และ 2603 ด้วยแบบจำลอง RCP6.0 และ RCP8.5 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ทั้งนี้ เมื่อทำการวิเคราะห์ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ โดยกำหนดให้ต้นทุนทั้งหมดและราคาขายเฉลี่ยมีค่าคงที่ทุกปี ซึ่งเป็นค่าที่ได้จากการวิเคราะห์แบบสอบถามเกษตรกรในปี พ.ศ. 2561 - 2563 จากการคำนวณพบว่า หากในอนาคตผลผลิตข้าวโพดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น อาจทำให้เกษตรกรได้กำไรสุทธิเพิ่มขึ้น ร้อยละ 3.13 - 12.51 โดยมีรายละเอียดดังนี้ จากการทำนายผลผลิตในปี พ.ศ. 2561 - 2563 ข้าวโพดมีผลผลิตเฉลี่ย 872 กิโลกรัมต่อไร่ คิดเป็นรายได้ทั้งหมด 4,360 บาทต่อไร่ และมีกำไรสุทธิ 1,119 บาทต่อไร่ เมื่อพิจารณาผลผลิตในปี พ.ศ. 2573 และ 2603 จากการใช้แบบจำลอง RCP6.0 เกษตรกรมีกำไรสุทธิ 1,154 และ 1,239 บาทต่อไร่ ซึ่งมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจากปีฐาน ร้อยละ 3.13 และ 10.72 ตามลำดับ ในขณะที่การใช้แบบจำลอง RCP8.5 เกษตรกรมีกำไรสุทธิ 1,174 และ 1,259 บาทต่อไร่ ซึ่งมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจากปีฐาน ร้อยละ 4.91 และ 12.51 ตามลำดับ ดังตารางที่ 14

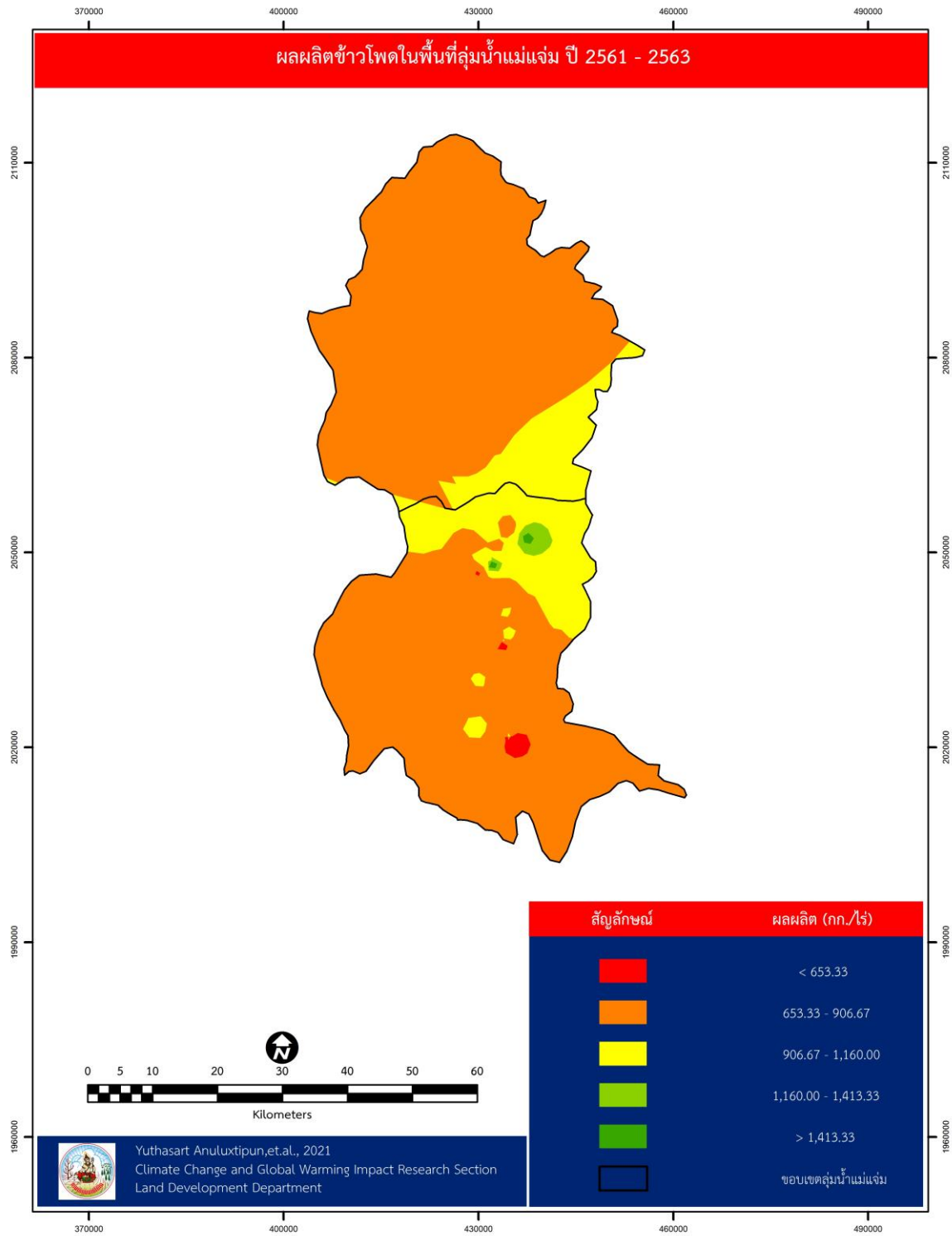
ตารางที่ 14 การคาดการณ์ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจจากการทำนายผลผลิตข้าวโพดในอนาคต

รายการ	ค่าเฉลี่ยปีฐาน ปี 2561 - 2563	แบบจำลอง RCP6.0		แบบจำลอง RCP8.5	
		ปี 2573	ปี 2603	ปี 2573	ปี 2603
ต้นทุนทั้งหมด* (บาท/ไร่)	3,241	3,241	3,241	3,241	3,241
ราคาขายเฉลี่ย* (บาท/กิโลกรัม)	5	5	5	5	5
ผลผลิตเฉลี่ย** (กิโลกรัม/ไร่)	872	879	896	883	900
รายได้ทั้งหมด (บาท/ไร่)	4,360	4,395	4,480	4,415	4,500
กำไรสุทธิ (บาท/ไร่)	1,119	1,154	1,239	1,174	1,259
กำไรสุทธิเพิ่มขึ้น/ลดลง (ร้อยละ)		3.13	10.72	4.91	12.51

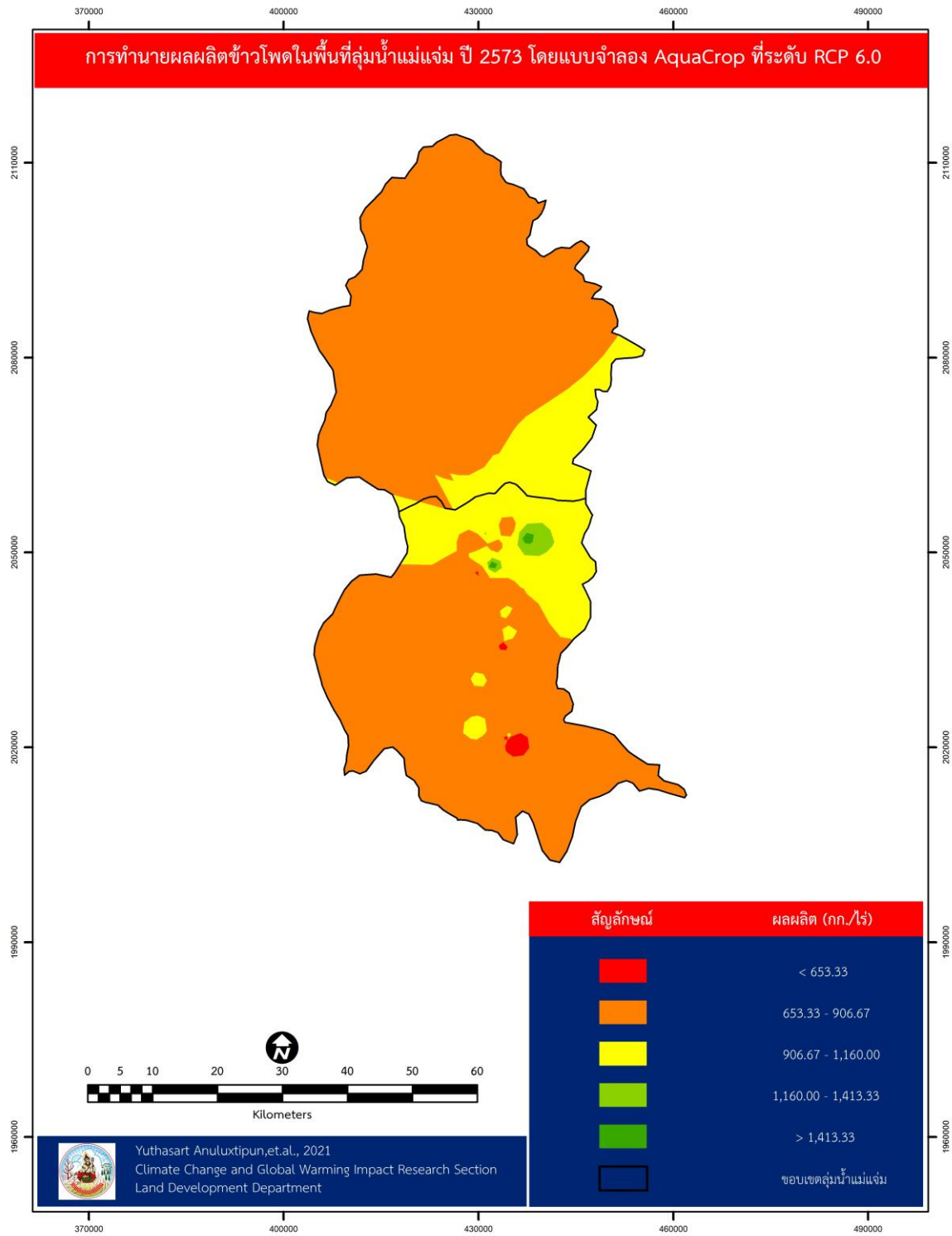
หมายเหตุ: * ต้นทุนทั้งหมดและราคาขายเฉลี่ย ได้จากการคำนวณต้นทุน รายได้ และกำไรสุทธิ ในพื้นที่ปลูกข้าวโพดบริเวณลุ่มน้ำแม่แจ่ม

** ผลผลิตเฉลี่ย ได้จากการทำนายผลผลิตข้าวโพดจากฐานข้อมูลปี พ.ศ. 2561 - 2563

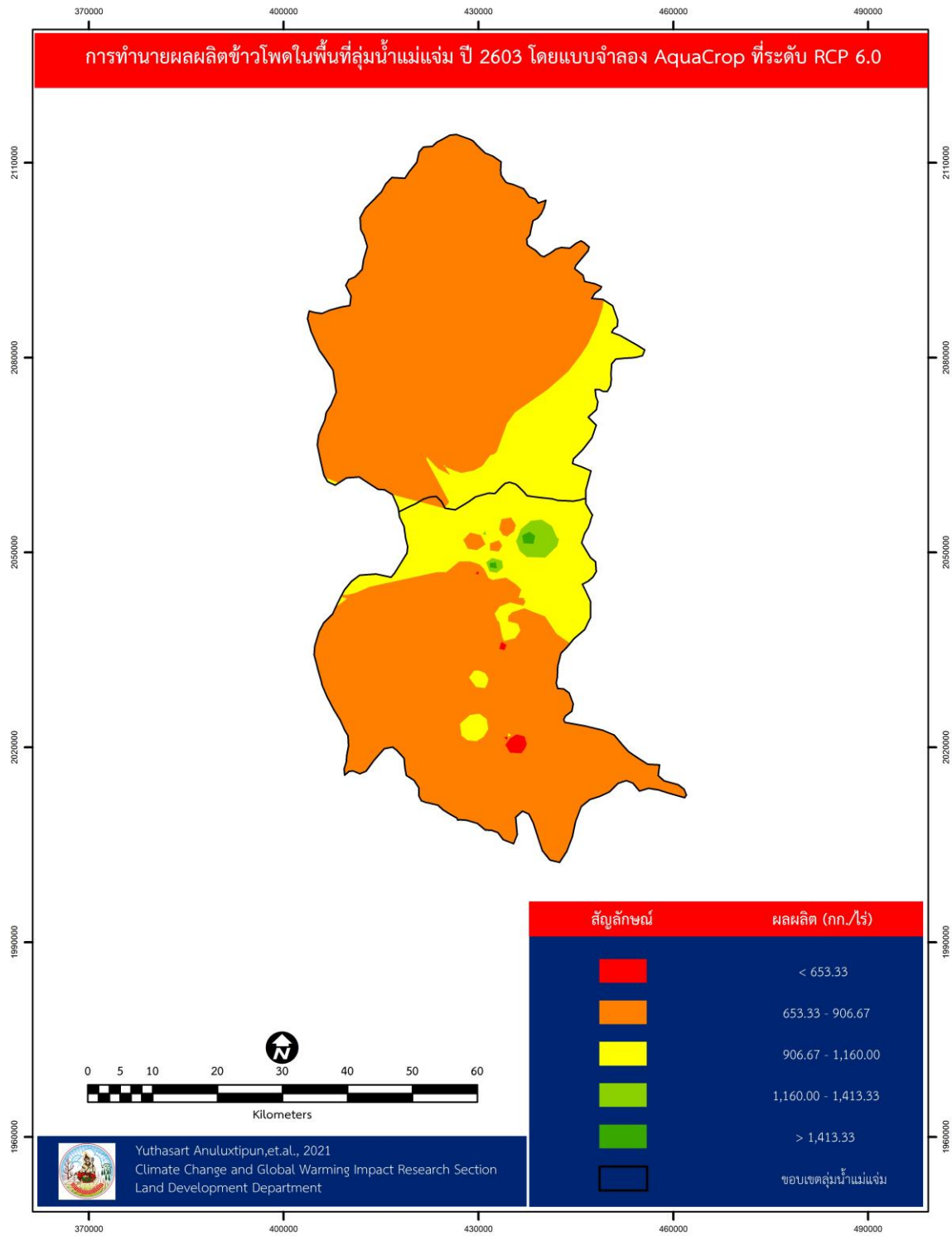
จากนั้นนำผลการทำนายผลผลิตข้าวโพดในปี พ.ศ. 2573 และ 2603 ทั้งการทำนายด้วยแบบจำลอง RCP6.0 และ RCP8.5 มาประมวลผลด้วยโปรแกรมสารสนเทศภูมิศาสตร์ เพื่อจัดทำแผนที่แสดงผลผลิตข้าวโพดในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่แจ่ม โดยพื้นที่ที่มีสีแดงเป็นพื้นที่ที่มีผลผลิตน้อยที่สุด และพื้นที่ที่มีสีเขียวเข้มเป็นพื้นที่ที่มีผลผลิตมากที่สุด พร้อมทั้งแผนที่แสดงผลผลิตข้าวโพดในปี พ.ศ. 2561 - 2563 ดังภาพที่ 20 ถึงภาพที่ 24



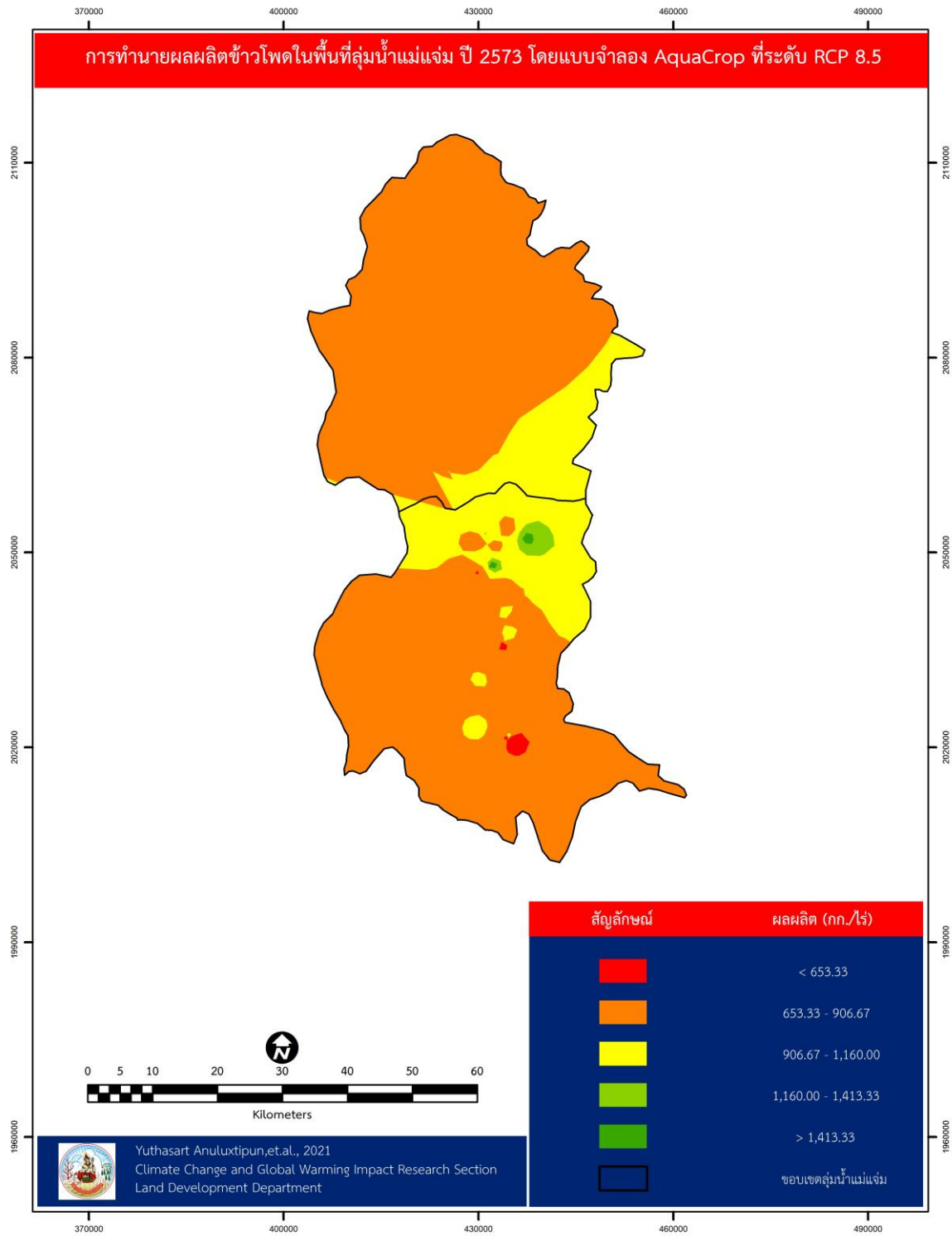
ภาพที่ 20 ผลผลิตข้าวโพดในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่แจ่ม ปี พ.ศ. 2561 - 2563



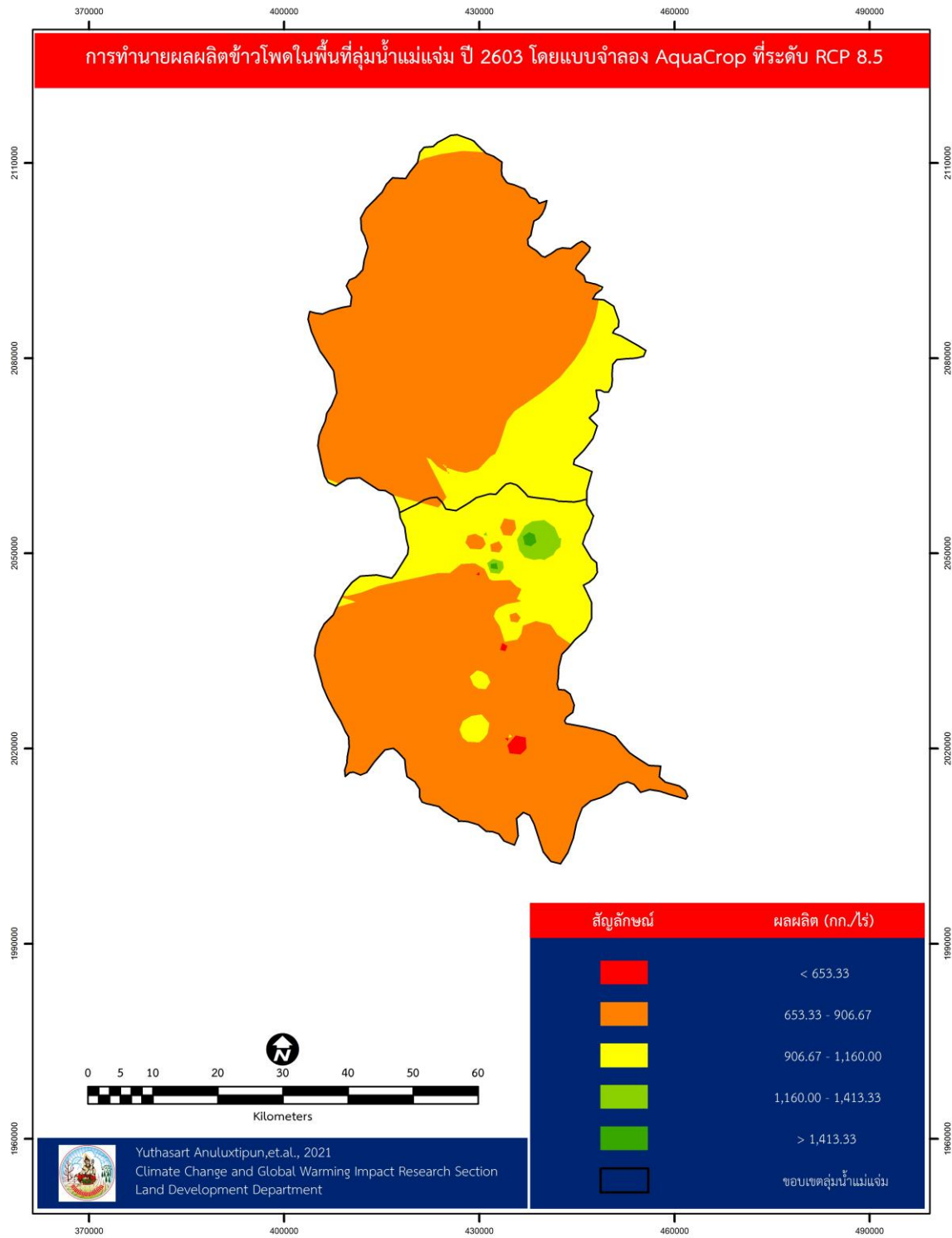
ภาพที่ 21 การทำนายผลผลิตข้าวโพดในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่แจ่ม ปี พ.ศ. 2573 ด้วยแบบจำลอง RCP6.0



ภาพที่ 22 การทำนายผลผลิตข้าวโพดในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่แจ่ม ปี พ.ศ. 2603 ด้วยแบบจำลอง RCP6.0



ภาพที่ 23 การทำนายผลผลิตข้าวโพดในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่แจ่ม ปี พ.ศ. 2573 ด้วยแบบจำลอง RCP8.5



ภาพที่ 24 การทำนายผลผลิตข้าวโพดในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่แจ่ม ปี พ.ศ. 2603 ด้วยแบบจำลอง RCP8.5

สรุปผลการทดลอง

การศึกษาการทำนายผลผลิตข้าวและข้าวโพดเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศที่รุนแรง บริเวณพื้นที่สูงลุ่มน้ำแม่แจ่ม โดยการประยุกต์ใช้โปรแกรม AquaCrop เวอร์ชัน 5 ทำนายผลผลิตในปี พ.ศ. 2573 และ 2603 โดยใช้ข้อมูลสภาพภูมิอากาศจากแบบจำลอง PRECIS ภายใต้เงื่อนไขการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตามแบบจำลอง RCP6.0 และ RCP8.5 สามารถสรุปผลการศึกษาได้ดังนี้

1. การวิเคราะห์ความอุดมสมบูรณ์ของดินในพื้นที่ปลูกข้าวและข้าวโพดบริเวณลุ่มน้ำแม่แจ่ม

จากการเก็บตัวอย่างดินในพื้นที่ปลูกข้าวและข้าวโพดรวม 442 ตัวอย่าง เมื่อนำมาวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารในดิน พบว่า บริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำแม่แจ่มมีระดับความอุดมสมบูรณ์ของดินโดยเฉลี่ยอยู่ในช่วงต่ำไปถึงสูงมาก โดยธาตุอาหารที่มีความอุดมสมบูรณ์ของดินในระดับต่ำ คือ ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด มีค่าเฉลี่ย 0.15 เปอร์เซ็นต์ ธาตุอาหารที่มีความอุดมสมบูรณ์ของดินในระดับสูง ได้แก่ ปริมาณอินทรีย์วัตถุ และคาร์บอนในดิน มีค่าเฉลี่ย 2.88 และ 1.66 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และธาตุอาหารที่มีความอุดมสมบูรณ์ของดินในระดับสูงมาก ได้แก่ ปริมาณฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ มีค่าเฉลี่ย 53.39 และ 120.13 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ

2. การวิเคราะห์ต้นทุน รายได้ และกำไรสุทธิ จากแบบสอบถามเกษตรกร

พื้นที่ปลูกข้าว เกษตรกรมีต้นทุนทั้งหมดเฉลี่ย 3,622 บาทต่อไร่ โดยแบ่งออกเป็นค่าวัสดุการเกษตร 1,158 บาทต่อไร่ และค่าจ้างแรงงาน 2,465 บาทต่อไร่ ได้ผลผลิตเฉลี่ย 613 กิโลกรัมต่อไร่ ราคาขายเฉลี่ย 10 บาทต่อกิโลกรัม มีรายได้ทั้งหมดเฉลี่ย 6,133 บาทต่อไร่ คิดเป็นกำไรสุทธิ 2,511 บาทต่อไร่

พื้นที่ปลูกข้าวโพด เกษตรกรมีต้นทุนทั้งหมดเฉลี่ย 3,241 บาทต่อไร่ โดยแบ่งออกเป็นค่าวัสดุการเกษตร 1,714 บาทต่อไร่ และค่าจ้างแรงงาน 1,527 บาทต่อไร่ ได้ผลผลิตเฉลี่ย 1,008 กิโลกรัมต่อไร่ ราคาขายเฉลี่ย 5 บาทต่อกิโลกรัม มีรายได้ทั้งหมดเฉลี่ย 5,042 บาทต่อไร่ คิดเป็นกำไรสุทธิ 1,801 บาทต่อไร่

3. การทำนายผลผลิตโดยใช้โปรแกรม AquaCrop เวอร์ชัน 5

ข้าวในปฏิฐาน (พ.ศ. 2561 - 2563) มีผลผลิตเฉลี่ย 623 กิโลกรัมต่อไร่ เมื่อทำนายผลผลิตในปี พ.ศ. 2573 และ 2603 จากการใช้แบบจำลอง RCP6.0 พบว่า ได้ผลผลิตเฉลี่ย 635 และ 682 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจากปฏิฐาน ร้อยละ 1.85 และ 9.47 ตามลำดับ ในขณะที่การใช้แบบจำลอง RCP8.5 พบว่า ได้ผลผลิตเฉลี่ย 601 และ 717 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งมีแนวโน้มลดลงจากปฏิฐาน ร้อยละ 3.54 ในปี พ.ศ. 2573 และเพิ่มขึ้นจากปฏิฐาน ร้อยละ 15.00 ในปี พ.ศ. 2603 ตามลำดับ

การคาดการณ์ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจจากการทำนายผลผลิตข้าวในอนาคต พบว่า หากในอนาคตผลผลิตข้าวมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น อาจทำให้เกษตรกรได้กำไรสุทธิเพิ่มขึ้น ร้อยละ 4.60 - 36.04 เมื่อเทียบกับกำไรสุทธิที่ได้จากปฏิฐาน โดยในปฏิฐานเกษตรกรได้กำไรสุทธิ 2,608 บาทต่อไร่ เมื่อพิจารณาผลผลิตในปี พ.ศ. 2573 และ 2603 จากการใช้แบบจำลอง RCP6.0 เกษตรกรได้กำไรสุทธิ 2,728 และ 3,198 บาทต่อไร่ ซึ่งมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจากปฏิฐาน ร้อยละ 4.60 และ 22.62 ตามลำดับ ในขณะที่การใช้แบบจำลอง RCP8.5 เกษตรกรได้กำไรสุทธิ 2,388 และ 3,548 บาทต่อไร่ ซึ่งมีแนวโน้มลดลงจากปฏิฐาน ร้อยละ 8.44 ในปี พ.ศ. 2573 และเพิ่มขึ้นจากปฏิฐาน ร้อยละ 36.04 ในปี พ.ศ. 2603 ตามลำดับ

ข้าวโพดในปีฐาน (พ.ศ. 2561 - 2563) มีผลผลิตเฉลี่ย 872 กิโลกรัมต่อไร่ เมื่อทำนายผลผลิตในปี พ.ศ. 2573 และ 2603 จากการใช้แบบจำลอง RCP6.0 พบว่า ได้ผลผลิตเฉลี่ย 879 และ 896 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจากปีฐาน ร้อยละ 0.87 และ 2.76 ตามลำดับ ในขณะที่การใช้แบบจำลอง RCP8.5 พบว่า ได้ผลผลิตเฉลี่ย 883 และ 900 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจากปีฐาน ร้อยละ 1.27 และ 3.24 ตามลำดับ

การคาดการณ์ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจจากการทำนายผลผลิตข้าวโพดในอนาคต พบว่า หากในอนาคตผลผลิตข้าวโพดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น อาจทำให้เกษตรกรได้กำไรสุทธิเพิ่มขึ้น ร้อยละ 3.13 - 12.51 เมื่อเทียบกับกำไรสุทธิที่ได้จากปีฐาน โดยในปีฐานเกษตรกรได้กำไรสุทธิ 937 บาทต่อไร่ เมื่อพิจารณาผลผลิตในปี พ.ศ. 2573 และ 2603 จากการใช้แบบจำลอง RCP6.0 เกษตรกรได้กำไรสุทธิ 972 และ 1,057 บาทต่อไร่ ซึ่งมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจากปีฐาน ร้อยละ 3.74 และ 12.81 ตามลำดับ ในขณะที่การใช้แบบจำลอง RCP8.5 เกษตรกรได้กำไรสุทธิ 992 และ 1,077 บาทต่อไร่ ซึ่งมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจากปีฐาน ร้อยละ 5.87 และ 14.94 ตามลำดับ

จากการใช้แบบจำลอง RCP6.0 เป็นสถานการณ์ที่ใช้มาตรการลดก๊าซเรือนกระจกปานกลาง พบว่าในปี พ.ศ. 2573 และ 2603 มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจก 429 และ 511 ppm ซึ่งมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจากปีฐาน 410 ppm คิดเป็น ร้อยละ 4.63 และ 24.63 ตามลำดับ และการใช้แบบจำลอง RCP8.5 เป็นสถานการณ์ที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในระดับสูงที่เกิดจากการเติบโตของประชากรและยังคงพึ่งพาเชื้อเพลิงฟอสซิล พบว่าในปี พ.ศ. 2573 และ 2603 มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจก 449 และ 604 ppm ซึ่งมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจากปีฐาน 410 ppm คิดเป็น ร้อยละ 9.51 และ 47.32 ตามลำดับ อาจสรุปได้ว่าปริมาณผลผลิตข้าวและข้าวโพดในอนาคตมีความสอดคล้องกับปริมาณก๊าซเรือนกระจกไปในทิศทางที่เพิ่มขึ้นเช่นเดียวกัน อาจเนื่องมาจากพืชใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในกระบวนการสังเคราะห์แสง ผลผลิตที่ได้จากการทำนายจึงมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ที่เพิ่มขึ้นในอนาคต อย่างไรก็ตามผลที่ได้จากการวิเคราะห์ยังไม่ได้พิจารณาถึงปัจจัยอื่น ๆ ที่สามารถส่งผลกระทบต่อกระบวนการเปลี่ยนแปลงของผลผลิตได้โดยตรง เช่น ภัยพิบัติทางธรรมชาติและการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน

ข้อเสนอแนะ

ข้อมูลสภาพภูมิอากาศเป็นข้อมูลทุติยภูมิบริเวณกว้าง ไม่เจาะจงเฉพาะพื้นที่ที่รายละเอียดเกษตรกรทำการนำเข้าโปรแกรม AquaCrop เวอร์ชัน 5 ส่งผลต่อผลลัพธ์ที่ได้จากการประมวลผลมีความคลาดเคลื่อนได้ จึงควรมีการปรับปรุงข้อมูลให้เฉพาะเจาะจงในพื้นที่เพื่อให้การทำนายมีความแม่นยำมากยิ่งขึ้น

ประโยชน์ที่ได้รับ

1. ข้อมูลจากการทำนายนี้ สามารถนำไปปรับใช้เพื่อการจัดการพื้นที่อย่างเหมาะสมในการปลูกข้าวและข้าวโพด เพื่อเป็นแนวทางในการปรับตัวและแก้ไขในการทำเกษตรกรรมในอนาคตของเกษตรกรให้มีชีวิตดำรงอยู่ได้อย่างยั่งยืนต่อไป
2. เป็นองค์ความรู้ในการวางแผนบริหารจัดการพื้นที่อย่างยั่งยืน
3. เป็นองค์ความรู้ที่จะขยายผลไปสู่พื้นที่อื่น ๆ ต่อไป
4. นำไปเผยแพร่ ลงวารสารหรือเอกสารวิชาการที่เกี่ยวข้อง

เอกสารอ้างอิง

- เกริก ปั่นเพชร และคณะ. 2552. ผลกระทบของภาวะโลกร้อนต่อการผลิต ข้าว อ้อย มันสำปะหลังและข้าวโพดของประเทศไทย. 168 น.
- กรมการข้าว. ม.ป.ป. องค์ความรู้เรื่องข้าว. แหล่งที่มา: <http://www.brrd.in.th/rkb/Postharvest>, 1 ตุลาคม 2559.
- กรมอุตุวิทยา. ม.ป.ป. ความรู้ด้านอุตุวิทยา. แหล่งที่มา: <http://www.tmd.go.th/info/info.php?FileID=86>, 1 ตุลาคม 2559.
- จิรสรณ์ สันติสิริสมบุรณ์ และคณะ. 2555. การลดขนาดแบบจำลองภูมิอากาศโลกเพื่อการศึกษาผลกระทบการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศต่อการผลิตข้าวของประเทศไทย. แหล่งที่มา: https://elibrary.trf.or.th/project_content.asp?PJID=RDG5530007, 12 พฤษภาคม 2564.
- ชนกนันท์ นันตะวัน และภูวรินทร์ อินดี. 2564. ส่องข้าวโพดเลี้ยงสัตว์แม่แจ่มจากโครงสร้างวงจรหนี้สู่วงจรมลพิษ. แหล่งที่มา: <https://greennews.agency/?p=22969>, 11 พฤษภาคม 2564.
- พรพรรณ สุทธิแย้ม. 2559. การศึกษาผลกระทบที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อการผลิตพืชไร่และพืชทดแทนพลังงาน. แหล่งที่มา: <https://www.doa.go.th/research/attachment.php?aid=2888>, 12 พฤษภาคม 2564.
- ยุทธศาสตร์ อนุรักษ์พันธุ. 2559. BASIN-WIDE ASSESSMENT OF CLIMATE CHANGE IMPACT AND ADAPTATION OPTIONS IN LOWER MEKONG BASIN. 95 น.
- วราวุธ วุฒินิชย์. 2559. แบบจำลอง AquaCrop. วันชูชาติ สมาคมศิษย์เก่าวิศวกรรมชลประทานในพระบรมราชูปถัมภ์. น. 67-86.
- ศุภกร ชินวรรณโณ และคณะ. 2553. การจัดทำภาพฉายอนาคตการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศของประเทศไทยจากผลของแบบจำลองภูมิอากาศระดับท้องถิ่น PRECIS. แหล่งที่มา: <http://www.thailandadaptation.net/pdf/pdf3/11.pdf>, 1 ตุลาคม 2559.
- วสันต์ ปัญญาแก้ว และคณะ. 2559. ข้าวโพดแม่แจ่ม. แหล่งที่มา: http://www.ete.eng.cmu.ac.th/news_detail.php?nid=63, 11 พฤษภาคม 2564.
- สำนักงานเกษตรอำเภอโพธารมย์. 2559. ขั้นตอนการปฏิบัติในการผลิตข้าวโพดของกรมวิชาการเกษตร. แหล่งที่มา: <http://phonsawan.nakhonphanom.doe.go.th/Corn.pdf>, 1 ตุลาคม 2559.
- สำนักงานจังหวัดเชียงใหม่. 2558. โครงการบริหารจัดการน้ำจังหวัดเชียงใหม่ อำเภอแม่แจ่ม. เชียงใหม่: สำนักงานจังหวัดเชียงใหม่.
- สำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร. ม.ป.ป. คลังข้อมูลสารสนเทศข้าวเชิงลึก. แหล่งที่มา: http://www.arda.or.th/kasetinfo/rice/rice-cultivate&fertiliset/rice-cultivate_manage_nadam.html, 1 ตุลาคม 2559.

- สำนักงานศูนย์ข้อมูลข่าวสารการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของประเทศไทย. ม.ป.ป. ผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศระดับโลกและประเทศไทย. แหล่งที่มา: http://t-plat.deqp.go.th/2-ผลกระทบ/ผลกระทบ_2/, 12 พฤษภาคม 2564.
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2558. สถิติการเกษตรของประเทศไทยปี 2558. แหล่งที่มา: http://www.oae.go.th/download/download_journal/2559/yearbook58.pdf, 1 ตุลาคม 2559.
- สำนักงานสถิติแห่งชาติ. 2558. สำมะโนการเกษตร พ.ศ. 2556 จังหวัดเชียงใหม่. แหล่งที่มา: http://www.nso.go.th/sites/2014/Documents/Agri/2556/reports-full/50_chiangmai.pdf, 1 ตุลาคม 2559.
- สำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน. 2547. คู่มือการวิเคราะห์ตัวอย่างดิน น้ำ ปุ๋ย พีช วัสดุปรับปรุงดิน และการวิเคราะห์เพื่อตรวจรับรองมาตรฐานสินค้า. แหล่งที่มา: https://oer.learn.in.th/search_detail/ZipDownload/113553, 11 พฤษภาคม 2564.
- เอ็จ สโรบล. 2554. Mechanisms of Plant Responses to Global Climate Change. แก่นเกษตร 39 ฉบับพิเศษ 2. น. 22-23
- อนันตกุล อินทรผดุง. ม.ป.ป. ปฏิบัติการใช้โปรแกรม SPSS 20.0 การสร้างไฟล์และการวิเคราะห์ T-test และ ANOVA. แหล่งที่มา: http://www.anantakul.net/learning/Example_T-test_and_ANOVA.pdf, 11 พฤษภาคม 2564.
- อภิชาติ วรรณวิจิตร. ม.ป.ป. โครงการสถานภาพงานวิจัยด้านเทคโนโลยีชีวภาพกับการปรับปรุงระบบการสังเคราะห์แสงภายใต้สภาวะโลกร้อน. แหล่งที่มา: <http://dna.kps.ku.ac.th/v2016/index.php/news-articles-rice-rsc-rgdu-knowledge/2015-03-26-02-15-39/c4-project-rice?showall=1&limitstart=>, 10 ธันวาคม 2559.
- Ghannoum, O.; Evans, J.R. & von Caemmerer, S. 2011. Nitrogen and water use efficiency of C4 plants. In: Raghavendra, A.S. & Sage, R.S. (Eds.) C4 Photosynthesis and Related CO₂ Concentrating Mechanisms, Springer Science Business Media B.V., Dordrecht, The Netherlands, pp.129-146.
- IPCC. 2014. Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Available Source: https://web.archive.org/web/20140625124719/http://www.climatechange2013.org/images/report/WG1AR5_ALL_FINAL.pdf, May 13, 2021.
- Simson, W., D. Hassell., D. Hein, R. Jones. and R. Taylor. 2006. Installing using the Hadley Centre regional climate modeling system, PRECIS: version 1.4.6. Met Office Hadley Centre, Exeter, UK.

ภาคผนวก

ตารางผนวกที่ 1 ปริมาณธาตุอาหารในดินในพื้นที่ปลูกข้าวและข้าวโพดบริเวณลุ่มน้ำแม่แจ่ม

ลำดับ	จุดเก็บตัวอย่างดิน		ปริมาณ อินทรีย์วัตถุ (เปอร์เซ็นต์)	ปริมาณ คาร์บอน (เปอร์เซ็นต์)	ไนโตรเจน ทั้งหมด (เปอร์เซ็นต์)	ฟอสฟอรัส ที่เป็นประโยชน์ (มก./กก.)	โพแทสเซียม ที่เป็นประโยชน์ (มก./กก.)
	UTM_X	UTM_Y					
1	433499	2044682	1.32	0.77	0.07	97.50	105.50
2	434462	2021407	1.55	0.90	0.08	95.30	102.00
3	434451	2021766	1.04	0.60	0.05	28.70	99.00
4	432189	2049121	1.68	0.85	0.08	47.80	128.00
5	432123	2049245	1.46	0.97	0.07	98.00	159.00
6	432781	2052457	2.18	1.26	0.11	69.70	152.00
7	431598	2023740	3.85	2.23	0.19	95.80	153.00
8	431287	2023920	3.66	2.12	0.18	67.40	144.00
9	433236	2024356	2.02	1.17	0.10	92.70	158.10
10	431596	2024615	4.21	2.44	0.21	90.20	128.00
11	433567	2024899	2.90	1.68	0.15	15.30	153.00
12	431472	2052436	3.73	2.16	0.19	90.30	104.00
13	430184	2025365	2.80	1.62	0.14	91.60	123.00
14	439245	2051607	4.04	2.34	0.20	96.90	130.00
15	430844	2029175	2.70	1.57	0.14	42.10	118.00
16	440681	2029943	2.42	1.40	0.12	9.90	124.00
17	430143	2029145	1.21	0.70	0.06	32.90	147.00
18	444244	2026250	2.08	1.21	0.10	61.70	158.00
19	434132	2031439	2.43	1.41	0.12	82.20	139.00
20	431548	2051564	5.09	2.95	0.25	94.90	108.00
21	435725	2035691	4.25	2.47	0.21	57.40	124.00
22	436415	2035600	3.31	1.92	0.17	39.90	138.00
23	437097	2035616	3.65	2.12	0.18	94.30	119.00
24	434545	2036417	1.72	1.00	0.09	97.40	135.00
25	435196	2037095	2.26	1.31	0.11	13.50	124.00
26	433947	2036108	2.48	1.44	0.12	22.50	125.00
27	432330	2036311	4.26	2.47	0.21	80.50	110.00
28	429058	2030704	2.44	1.42	0.12	39.80	123.00
29	434631	2038344	3.61	2.09	0.18	90.50	136.00
30	434701	2038194	2.29	1.33	0.11	31.30	100.00

ตารางผนวกที่ 1 ปริมาณธาตุอาหารในดินในพื้นที่ปลูกข้าวและข้าวโพดบริเวณลุ่มน้ำแม่แจ่ม (ต่อ)

ลำดับ	จุดเก็บตัวอย่างดิน		ปริมาณ อินทรีย์วัตถุ (เปอร์เซ็นต์)	ปริมาณ คาร์บอน (เปอร์เซ็นต์)	ไนโตรเจน ทั้งหมด (เปอร์เซ็นต์)	ฟอสฟอรัส ที่เป็นประโยชน์ (มก./กก.)	โพแทสเซียม ที่เป็นประโยชน์ (มก./กก.)
	UTM_X	UTM_Y					
31	431303	2068491	3.39	1.25	0.17	11.80	124.00
32	433932	2036433	2.15	1.97	0.11	96.30	149.00
33	434226	2038166	3.70	2.15	0.19	95.20	133.00
34	435955	2036427	1.86	1.08	0.09	21.90	128.00
35	434098	2037480	3.15	1.83	0.16	49.60	136.00
36	436038	2036023	4.66	2.70	0.23	97.90	147.00
37	436595	2038416	3.02	1.75	0.15	91.30	150.00
38	433725	2039092	2.97	1.72	0.15	97.40	136.00
39	433725	2039092	1.95	1.13	0.10	94.50	137.00
40	433604	2038084	2.23	1.29	0.11	92.40	126.00
41	433374	2039904	1.97	1.14	0.10	46.50	148.00
42	433984	2039603	3.20	1.86	0.16	93.40	128.00
43	433778	2040316	1.84	1.07	0.09	99.00	101.00
44	434245	2041932	1.95	1.13	0.10	97.30	100.00
45	430906	2068884	4.44	2.58	0.22	62.20	111.00
46	434877	2040268	2.30	1.33	0.12	89.90	114.00
47	433576	2040051	2.01	1.17	0.10	33.20	118.00
48	435839	2039303	2.72	1.58	0.14	67.00	109.10
49	434484	2041428	2.42	1.40	0.12	88.20	122.00
50	432774	2040878	1.07	0.62	0.05	47.00	140.00
51	433527	2041358	3.71	2.15	0.19	91.50	139.00
52	433411	2041713	2.30	1.33	0.12	43.70	117.00
53	436140	2042394	1.75	1.02	0.09	24.40	144.00
54	434274	2042430	3.37	1.95	0.17	28.80	102.00
55	435588	2043431	1.00	0.58	0.05	51.60	110.00
56	435375	2044229	2.82	1.64	0.14	81.30	152.00
57	438282	2044188	1.83	1.06	0.09	15.40	132.00
58	439587	2044219	1.30	0.75	0.07	13.10	110.00
59	436839	2044219	1.06	0.61	0.05	32.20	149.00
60	437802	2044278	1.30	0.75	0.07	2.40	99.50
61	431865	2043860	3.57	2.07	0.18	93.70	125.00

ตารางผนวกที่ 1 ปริมาณธาตุอาหารในดินในพื้นที่ปลูกข้าวและข้าวโพดบริเวณลุ่มน้ำแม่แจ่ม (ต่อ)

ลำดับ	จุดเก็บตัวอย่างดิน		ปริมาณ อินทรีย์วัตถุ (เปอร์เซ็นต์)	ปริมาณ คาร์บอน (เปอร์เซ็นต์)	ไนโตรเจน ทั้งหมด (เปอร์เซ็นต์)	ฟอสฟอรัส ที่เป็นประโยชน์ (มก./กก.)	โพแทสเซียม ที่เป็นประโยชน์ (มก./กก.)
	UTM_X	UTM_Y					
62	432465	2043005	4.13	2.40	0.21	70.40	149.00
63	432363	2044350	3.13	1.82	0.16	59.10	148.50
64	438639	2044404	1.65	0.96	0.08	46.00	134.00
65	438288	2044800	2.61	1.51	0.13	38.90	136.00
66	437274	2044701	1.88	1.09	0.09	25.20	118.00
67	437296	2045064	2.72	1.58	0.14	33.30	128.00
68	439413	2045161	1.97	1.14	0.10	88.60	142.00
69	438814	2045161	3.16	1.83	0.16	19.80	122.00
70	430427	2045592	1.22	0.71	0.06	12.00	114.00
71	435513	2047385	2.22	1.29	0.11	22.60	148.00
72	434693	2045631	1.25	0.73	0.06	9.00	142.00
73	429910	2046827	2.79	1.62	0.14	32.50	131.00
74	430577	2046591	2.64	1.53	0.13	61.60	157.00
75	430837	2045644	4.15	2.41	0.21	68.80	116.00
76	432259	2048071	2.54	1.47	0.13	50.30	157.20
77	430343	2047128	5.48	3.18	0.27	95.50	108.00
78	430615	2047358	4.09	2.37	0.20	69.70	154.00
79	433191	2047284	1.24	0.72	0.06	18.00	134.00
80	431545	2048686	2.12	1.23	0.11	9.40	149.00
81	431764	2048415	3.92	2.27	0.20	25.60	126.00
82	431576	2049361	2.02	1.17	0.10	71.80	139.00
83	432280	2048544	1.69	0.98	0.08	91.30	148.10
84	432368	2048116	2.69	1.56	0.13	34.40	154.50
85	432154	2050431	1.56	0.90	0.08	27.10	111.10
86	432598	2050762	3.29	1.91	0.16	93.80	107.50
87	431496	2053255	2.39	1.39	0.12	49.50	154.00
88	429539	2053255	3.01	1.75	0.15	65.50	117.00
89	429539	2051261	1.73	1.00	0.09	74.50	140.00
90	434364	2053293	1.94	1.13	0.10	60.70	126.00
91	434661	2060258	3.94	2.29	0.20	34.60	138.10
92	435711	2060698	2.55	1.48	0.13	39.10	156.00

ตารางผนวกที่ 1 ปริมาณธาตุอาหารในดินในพื้นที่ปลูกข้าวและข้าวโพดบริเวณลุ่มน้ำแม่แจ่ม (ต่อ)

ลำดับ	จุดเก็บตัวอย่างดิน		ปริมาณ อินทรีย์วัตถุ (เปอร์เซ็นต์)	ปริมาณ คาร์บอน (เปอร์เซ็นต์)	ไนโตรเจน ทั้งหมด (เปอร์เซ็นต์)	ฟอสฟอรัส ที่เป็นประโยชน์ (มก./กก.)	โพแทสเซียม ที่เป็นประโยชน์ (มก./กก.)
	UTM_X	UTM_Y					
93	434349	2061773	1.43	0.83	0.07	80.00	147.00
94	437198	2059938	4.89	2.84	0.37	85.50	141.00
95	434673	2063341	3.61	2.09	0.18	73.10	120.00
96	434272	2063787	2.23	1.29	0.11	6.60	132.00
97	430337	2069554	1.66	0.96	0.08	10.60	129.00
98	434463	2065030	1.15	0.67	0.06	23.70	143.00
99	430434	2064939	0.92	0.53	0.05	79.80	129.00
100	436665	2065800	2.89	1.68	0.14	94.00	105.00
101	436768	2071065	1.93	1.12	0.10	70.10	105.00
102	425919	2066268	3.45	2.00	0.17	22.80	141.00
103	428760	2066118	2.62	1.52	0.13	30.20	113.10
104	427926	2066755	5.28	3.06	0.26	14.60	113.00
105	433994	2066072	2.83	1.64	0.14	20.60	159.00
106	436724	2067848	2.18	1.26	0.11	4.70	149.00
107	435388	2068489	3.19	1.85	0.16	21.00	86.00
108	434501	2067680	2.32	1.35	0.12	97.10	100.00
109	434325	2069526	1.97	1.14	0.10	44.60	108.50
110	434248	2069064	1.26	0.73	0.06	25.60	133.00
111	429449	2067920	2.61	1.51	0.13	3.90	148.00
112	436650	2070486	3.01	1.75	0.15	17.40	139.00
113	434931	2068544	1.74	1.01	0.09	38.80	104.00
114	436511	2071126	2.08	1.21	0.10	15.10	128.00
115	420382	2071115	4.35	2.52	0.22	2.40	107.00
116	406871	2071067	3.65	2.12	0.31	8.90	102.00
117	415883	2090331	3.99	2.31	0.57	8.40	152.00
118	416094	2092305	4.93	2.86	0.25	11.40	155.00
119	429056	2023428	3.26	1.89	0.16	19.30	120.00
120	440837	2004911	1.80	1.04	0.09	15.40	100.00
121	432987	2007491	2.71	1.57	0.14	90.80	99.00
122	431117	2007897	1.61	0.93	0.08	35.60	142.00
123	436089	2010216	2.01	1.17	0.10	72.30	114.00

ตารางผนวกที่ 1 ปริมาณธาตุอาหารในดินในพื้นที่ปลูกข้าวและข้าวโพดบริเวณลุ่มน้ำแม่แจ่ม (ต่อ)

ลำดับ	จุดเก็บตัวอย่างดิน		ปริมาณ อินทรีย์วัตถุ (เปอร์เซ็นต์)	ปริมาณ คาร์บอน (เปอร์เซ็นต์)	ไนโตรเจน ทั้งหมด (เปอร์เซ็นต์)	ฟอสฟอรัส ที่เป็นประโยชน์ (มก./กก.)	โพแทสเซียม ที่เป็นประโยชน์ (มก./กก.)
	UTM_X	UTM_Y					
124	436249	2011253	2.07	1.20	0.10	90.50	123.00
125	459939	2012819	5.18	3.00	0.26	21.80	124.00
126	461074	2012818	2.47	1.43	0.12	26.20	3.00
127	434629	2037998	1.69	0.98	0.08	94.10	128.00
128	444241	2026249	1.99	1.15	0.10	8.00	149.00
129	440652	2029540	2.01	1.17	0.10	26.10	100.00
130	435790	2035839	3.89	2.26	0.19	94.80	141.20
131	436488	2035589	2.80	1.62	0.14	92.80	139.00
132	436913	2035905	1.34	0.78	0.07	35.80	143.00
133	435262	2036514	2.77	1.61	0.14	95.60	144.00
134	435292	2036166	3.16	1.83	0.16	79.50	126.00
135	435456	2038038	2.14	1.24	0.11	22.40	109.00
136	436227	2038492	3.16	1.83	0.16	82.00	138.00
137	435189	2037831	1.13	0.66	0.06	91.70	104.00
138	434244	2038727	2.31	1.34	0.12	87.80	109.00
139	435284	2040693	2.49	1.44	0.12	98.00	113.00
140	433682	2043566	2.99	1.73	0.15	93.60	141.00
141	433055	2042761	3.45	2.00	0.17	83.50	120.00
142	434945	2043731	1.62	0.94	0.08	89.40	143.00
143	434144	2042982	2.46	1.43	0.12	51.80	139.00
144	433913	2044141	3.54	2.05	0.18	83.60	134.00
145	433868	2042926	2.27	1.32	0.11	93.00	144.00
146	435562	2044475	1.80	1.04	0.09	91.30	115.00
147	433113	2043714	3.37	1.66	0.17	90.80	129.50
148	433293	2044945	0.92	0.53	0.05	87.00	100.50
149	433237	2043152	3.57	2.07	0.18	92.30	129.50
150	435539	2044703	2.41	1.40	0.12	90.90	152.00
151	434099	2044420	2.38	1.38	0.12	85.00	103.00
152	433699	2044975	1.36	0.79	0.07	92.50	132.50
153	438645	2045211	1.16	0.67	0.06	95.30	133.50
154	436809	2045229	2.82	1.64	0.14	89.80	152.00

ตารางผนวกที่ 1 ปริมาณธาตุอาหารในดินในพื้นที่ปลูกข้าวและข้าวโพดบริเวณลุ่มน้ำแม่แจ่ม (ต่อ)

ลำดับ	จุดเก็บตัวอย่างดิน		ปริมาณ อินทรีย์วัตถุ (เปอร์เซ็นต์)	ปริมาณ คาร์บอน (เปอร์เซ็นต์)	ไนโตรเจน ทั้งหมด (เปอร์เซ็นต์)	ฟอสฟอรัส ที่เป็นประโยชน์ (มก./กก.)	โพแทสเซียม ที่เป็นประโยชน์ (มก./กก.)
	UTM_X	UTM_Y					
155	439393	2045587	3.18	1.84	0.16	88.00	125.00
156	431481	2046805	1.79	1.04	0.09	96.30	135.00
157	431199	2046557	1.50	0.87	0.08	84.40	122.50
158	432023	2047346	1.45	0.84	0.07	90.50	145.00
159	433522	2048104	2.53	1.47	0.13	97.60	52.40
160	431637	2047343	2.79	1.62	0.14	92.00	135.00
161	433458	2048355	1.90	1.10	0.10	90.40	80.00
162	434008	2048568	3.36	1.95	0.17	96.20	149.00
163	432013	2049068	1.71	0.99	0.09	92.70	142.00
164	433861	2049373	3.37	1.95	0.17	90.90	137.50
165	431714	2049791	3.60	2.09	0.18	59.00	130.00
166	439160	2050485	1.54	0.89	0.08	30.10	60.80
167	431776	2050436	1.32	0.77	0.07	91.90	48.80
168	431353	2049837	3.98	2.31	0.20	79.00	120.00
169	439823	2050512	2.74	1.59	0.14	43.60	59.60
170	438711	2050870	2.94	1.71	0.15	88.80	39.00
171	437903	2050727	1.29	0.75	0.06	29.00	124.00
172	431304	2051158	1.98	1.15	0.10	97.30	98.00
173	438091	2051202	3.03	1.76	0.15	90.20	83.90
174	436067	2051167	2.67	1.55	0.13	60.90	71.60
175	436542	2051594	2.06	1.19	0.10	81.70	98.90
176	430622	2051657	2.50	1.45	0.13	34.00	120.00
177	437164	2051746	1.83	1.06	0.09	40.50	34.40
178	437493	2051439	3.27	1.90	0.16	90.20	40.70
179	430010	2051912	2.68	1.55	0.13	75.00	124.50
180	430273	2052174	2.26	1.31	0.11	93.70	67.80
181	436126	2060760	2.84	1.65	0.14	71.20	101.00
182	437185	2060705	2.21	1.28	0.11	75.50	102.00
183	436485	2061160	2.97	1.72	0.15	57.30	100.00
184	434124	2061416	1.89	1.10	0.09	63.20	100.00
185	434515	2064208	1.96	1.14	0.10	91.80	53.60

ตารางผนวกที่ 1 ปริมาณธาตุอาหารในดินในพื้นที่ปลูกข้าวและข้าวโพดบริเวณลุ่มน้ำแม่แจ่ม (ต่อ)

ลำดับ	จุดเก็บตัวอย่างดิน		ปริมาณ อินทรีย์วัตถุ (เปอร์เซ็นต์)	ปริมาณ คาร์บอน (เปอร์เซ็นต์)	ไนโตรเจน ทั้งหมด (เปอร์เซ็นต์)	ฟอสฟอรัส ที่เป็นประโยชน์ (มก./กก.)	โพแทสเซียม ที่เป็นประโยชน์ (มก./กก.)
	UTM_X	UTM_Y					
186	429993	2065543	4.66	2.70	0.23	51.10	142.00
187	435910	2066517	1.65	0.96	0.08	57.30	35.70
188	428605	2066332	2.10	1.22	0.11	32.70	36.50
189	434515	2064208	4.62	2.68	0.23	80.50	122.50
190	429993	2065543	3.25	1.89	0.16	29.50	142.10
191	435910	2066517	4.06	2.35	0.20	16.40	107.00
192	436773	2071064	3.19	1.85	0.16	41.80	72.80
193	436618	2071091	2.17	1.26	0.11	92.60	20.70
194	408356	2072346	3.86	2.24	0.32	97.80	105.00
195	450247	2077577	3.61	2.09	0.18	25.40	118.00
196	449858	2080407	3.22	1.87	0.16	54.90	148.00
197	447199	2073019	2.58	1.50	0.13	97.10	123.00
198	425248	2102522	2.05	1.19	0.10	69.40	128.50
199	423663	2102305	3.48	2.02	0.17	16.90	57.40
200	437114	2095380	3.86	2.24	0.19	11.60	149.50
201	437980	2096133	2.33	1.35	0.12	17.30	113.50
202	441164	2049088	2.65	1.54	0.13	33.40	133.50
203	436512	2099976	4.87	2.82	0.24	22.60	112.00
204	435114	2106285	2.03	1.65	0.10	19.90	44.10
205	428701	2107698	3.68	1.65	0.18	15.50	106.50
206	427991	2109274	2.46	1.63	0.12	49.00	66.00
207	427991	2109274	3.29	1.91	0.16	39.40	65.00
208	427208	2109499	2.47	1.62	0.12	33.60	94.00
209	429105	2110041	3.40	1.97	0.17	27.00	129.50
210	432449	2110523	3.66	1.63	0.18	51.60	127.00
211	431395	2110744	2.78	1.64	0.14	27.10	83.00
212	426326	2112789	3.98	2.31	0.20	6.80	76.50
213	425358	2113650	5.71	3.31	0.29	17.90	156.00
214	427628	2113697	1.73	1.64	0.09	42.80	65.00
215	439710	2029973	2.66	1.54	0.13	44.30	134.00
216	440107	2029081	3.36	1.95	0.17	42.70	134.00

ตารางผนวกที่ 1 ปริมาณธาตุอาหารในดินในพื้นที่ปลูกข้าวและข้าวโพดบริเวณลุ่มน้ำแม่แจ่ม (ต่อ)

ลำดับ	จุดเก็บตัวอย่างดิน		ปริมาณ อินทรีย์วัตถุ (เปอร์เซ็นต์)	ปริมาณ คาร์บอน (เปอร์เซ็นต์)	ไนโตรเจน ทั้งหมด (เปอร์เซ็นต์)	ฟอสฟอรัส ที่เป็นประโยชน์ (มก./กก.)	โพแทสเซียม ที่เป็นประโยชน์ (มก./กก.)
	UTM_X	UTM_Y					
217	438813	2030017	2.12	1.23	0.11	53.00	124.50
218	440618	2031070	1.59	0.92	0.08	28.10	127.00
219	440627	2035620	2.84	0.87	0.14	74.30	117.00
220	435247	2046512	1.50	1.65	0.08	85.70	125.00
221	431285	2045722	0.93	2.82	0.05	34.70	37.60
222	440520	2036089	4.87	0.54	0.24	95.40	134.00
223	440389	2050010	1.87	1.08	0.09	3.40	132.50
224	438443	2050381	1.44	0.84	0.07	34.40	61.80
225	437916	2050569	3.07	1.78	0.15	20.00	138.00
226	440817	2050627	2.66	1.54	0.13	92.00	159.00
227	437656	2095819	3.34	1.94	0.17	45.70	142.50
228	434785	2106073	4.52	1.66	0.23	63.90	158.00
229	434300	2105940	2.49	1.44	0.12	27.30	72.90
230	440311	2006692	1.89	1.10	0.09	56.70	119.00
231	421314	2070784	1.05	0.61	0.05	8.70	105.50
232	407048	2070843	3.91	2.27	0.20	8.70	102.00
233	419219	2097272	2.68	1.55	0.13	4.10	152.50
234	414256	2089090	3.90	2.26	0.32	37.30	150.00
235	418620	2095660	2.29	1.33	0.11	14.70	72.70
236	415552	2090280	4.94	2.87	0.37	21.10	152.00
237	423829	2100272	2.93	1.70	0.15	27.30	61.20
238	416159	2090915	4.41	2.56	0.35	16.60	152.10
239	423267	2101075	3.38	1.96	0.17	11.50	124.00
240	415779	2092048	5.56	1.65	0.28	6.50	155.00
241	416123	2092085	4.40	1.63	0.22	63.10	155.10
242	425196	2104809	3.82	2.22	0.19	21.00	150.50
243	423530	2102881	2.03	1.64	0.10	3.90	56.30
244	424988	2108399	1.88	1.66	0.09	7.40	73.50
245	421661	2100738	2.39	1.39	0.12	4.30	84.20
246	423216	2106314	4.06	2.35	0.20	6.00	67.50
247	417773	2093182	4.21	2.44	0.21	27.40	157.00

ตารางผนวกที่ 1 ปริมาณธาตุอาหารในดินในพื้นที่ปลูกข้าวและข้าวโพดบริเวณลุ่มน้ำแม่แจ่ม (ต่อ)

ลำดับ	จุดเก็บตัวอย่างดิน		ปริมาณ อินทรีย์วัตถุ (เปอร์เซ็นต์)	ปริมาณ คาร์บอน (เปอร์เซ็นต์)	ไนโตรเจน ทั้งหมด (เปอร์เซ็นต์)	ฟอสฟอรัส ที่เป็นประโยชน์ (มก./กก.)	โพแทสเซียม ที่เป็นประโยชน์ (มก./กก.)
	UTM_X	UTM_Y					
248	417847	2094068	5.17	3.00	0.26	92.60	158.00
249	418036	2094645	3.03	1.76	0.15	73.20	158.10
250	418151	2095284	3.95	2.29	0.20	5.40	92.00
251	437654	2019730	1.95	1.13	0.10	16.10	134.00
252	441071	2050255	2.88	1.67	0.14	50.60	115.00
253	433157	2047366	2.85	1.65	0.14	18.00	134.00
254	434693	2045632	2.80	1.62	0.16	9.00	142.00
255	432639	2043806	4.08	2.37	0.20	47.00	140.00
256	431876	2050422	1.53	0.89	0.09	92.60	141.00
257	432129	2049189	5.45	3.16	0.32	27.10	111.10
258	429816	2072896	2.91	1.69	0.15	32.40	130.00
259	432415	2050732	3.02	1.75	0.19	51.60	127.00
260	431580	2053306	3.30	1.92	0.16	90.20	128.00
261	429488	2053219	2.16	1.26	0.14	65.50	117.00
262	432201	2043411	2.45	1.42	0.14	50.20	157.10
263	440645	2050159	2.50	1.45	0.12	26.00	99.90
264	437847	2051533	2.18	1.27	0.20	29.00	124.00
265	440645	2050159	4.71	2.73	0.22	26.10	100.00
266	429540	2074807	5.15	2.98	0.28	30.80	124.00
267	428974	2077597	2.08	1.21	0.14	19.10	118.00
268	433235	2024339	4.35	2.53	0.23	92.70	158.10
269	433488	2024945	2.53	1.47	0.20	97.50	105.50
270	434347	2021536	2.54	1.47	0.16	80.00	147.00
271	431658	2024605	4.29	2.49	0.25	59.00	130.00
272	429224	2023448	3.05	1.77	0.18	3.60	145.00
273	440254	2041926	1.33	0.77	0.10	56.70	119.00
274	430233	2029141	2.65	1.54	0.18	93.60	67.70
275	430850	2029179	3.13	1.82	0.18	62.20	111.00
276	435728	2066415	1.76	1.02	0.10	94.60	141.00
277	435583	2060594	2.75	1.59	0.19	51.60	110.00
278	431350	2068361	2.89	1.68	0.18	79.00	120.00

ตารางผนวกที่ 1 ปริมาณธาตุอาหารในดินในพื้นที่ปลูกข้าวและข้าวโพดบริเวณลุ่มน้ำแม่แจ่ม (ต่อ)

ลำดับ	จุดเก็บตัวอย่างดิน		ปริมาณ อินทรีย์วัตถุ (เปอร์เซ็นต์)	ปริมาณ คาร์บอน (เปอร์เซ็นต์)	ไนโตรเจน ทั้งหมด (เปอร์เซ็นต์)	ฟอสฟอรัส ที่เป็นประโยชน์ (มก./กก.)	โพแทสเซียม ที่เป็นประโยชน์ (มก./กก.)
	UTM_X	UTM_Y					
279	420185	2071083	3.55	2.06	0.21	2.40	107.00
280	428449	2066899	2.27	1.32	0.12	32.70	36.50
281	425946	2066284	4.11	2.38	0.22	6.70	76.40
282	430266	2069614	4.54	2.63	0.20	93.70	67.80
283	435828	2034166	2.87	1.66	0.12	67.00	109.10
284	434692	2030361	4.76	2.76	0.22	8.90	141.90
285	434182	2029494	3.69	2.14	0.19	95.20	133.00
286	433780	2027072	1.43	0.83	0.08	90.80	137.40
287	435130	2026744	2.42	1.40	0.16	91.60	103.90
288	429894	2023074	3.22	1.87	0.15	32.50	131.00
289	436837	2059778	4.91	2.85	0.27	32.20	149.00
290	431402	2024008	1.76	1.02	0.11	90.10	102.00
291	435253	2021184	1.64	0.95	0.12	95.60	144.00
292	434652	2021797	3.82	2.21	0.18	34.60	138.10
293	436233	2059797	2.08	1.21	0.11	90.40	122.90
294	428825	2028946	3.08	1.78	0.19	19.00	117.00
295	434431	2064868	5.18	3.00	0.24	28.70	99.00
296	436630	2070277	3.01	1.75	0.13	17.30	138.90
297	434302	2069459	3.94	2.28	0.16	44.50	108.40
298	429767	2030061	2.22	1.29	0.12	32.20	128.00
299	432413	2058550	2.33	1.35	0.09	51.50	126.90
300	432952	2059643	2.41	1.40	0.10	90.80	99.00
301	431981	2061072	2.32	1.35	0.16	92.70	142.00
302	431016	2062058	2.35	1.36	0.10	35.60	142.00
303	430819	2063169	3.24	1.88	0.13	68.80	116.00
304	434553	2060765	2.44	1.41	0.14	94.10	128.00
305	431409	2050784	2.28	1.32	0.14	90.30	104.00
306	434179	2061420	3.57	2.07	0.13	95.10	132.90
307	434167	2058286	5.19	3.01	0.24	95.00	132.80
308	430433	2067020	4.80	2.78	0.25	79.80	129.00
309	430792	2065924	4.60	2.67	0.22	68.70	115.00

ตารางผนวกที่ 1 ปริมาณธาตุอาหารในดินในพื้นที่ปลูกข้าวและข้าวโพดบริเวณลุ่มน้ำแม่แจ่ม (ต่อ)

ลำดับ	จุดเก็บตัวอย่างดิน		ปริมาณ อินทรีย์วัตถุ (เปอร์เซ็นต์)	ปริมาณ คาร์บอน (เปอร์เซ็นต์)	ไนโตรเจน ทั้งหมด (เปอร์เซ็นต์)	ฟอสฟอรัส ที่เป็นประโยชน์ (มก./กก.)	โพแทสเซียม ที่เป็นประโยชน์ (มก./กก.)
	UTM_X	UTM_Y					
310	429050	2068335	3.73	2.17	0.22	19.30	120.00
311	421264	2067973	3.77	2.19	0.28	8.70	105.50
312	420840	2067787	1.65	0.96	0.08	8.30	105.30
313	430101	2051634	5.16	2.99	0.34	32.90	147.00
314	415801	2072819	3.64	2.11	0.16	8.30	151.00
315	414447	2074323	3.08	1.79	0.47	19.00	150.00
316	414249	2074661	4.07	2.36	0.24	37.30	150.00
317	426138	2065479	3.57	2.07	0.19	6.80	76.50
318	417246	2072707	5.06	2.94	0.29	27.40	157.00
319	430393	2074362	2.76	1.60	0.19	11.90	113.00
320	429430	2079190	4.42	2.56	0.24	3.90	148.00
321	429030	2076245	5.18	3.01	0.23	19.20	119.00
322	422327	2073925	3.07	1.78	0.16	6.00	67.50
323	429350	2076940	2.06	1.19	0.12	3.70	146.00
324	431201	2051376	2.98	1.73	0.15	34.70	37.60
325	429682	2052102	5.31	3.08	0.21	32.10	127.00
326	421894	2073925	4.25	2.47	0.17	5.00	67.40
327	428408	2081680	2.20	1.27	0.11	32.50	36.30
328	429674	2082105	3.85	2.23	0.19	31.00	126.00
329	430145	2074542	2.60	1.51	0.13	91.60	123.00
330	429940	2065492	3.82	2.21	0.19	29.50	142.10
331	437667	2019860	1.60	0.93	0.08	2.40	99.50
332	440694	2029903	2.51	1.46	0.13	91.90	158.90
333	436650	2051604	2.20	1.27	0.11	17.40	139.00
334	437100	2051694	1.95	1.13	0.10	11.60	149.50
335	431296	2051011	2.93	1.70	0.15	11.80	124.00
336	431199	2051338	3.32	1.92	0.17	84.40	122.50
337	439422	2030613	2.06	1.20	0.10	13.00	109.90
338	440362	2030631	1.65	0.96	0.08	3.30	132.40
339	438416	2019507	1.24	0.72	0.06	34.40	61.80
340	434532	2022808	1.43	0.83	0.07	97.40	135.00

ตารางผนวกที่ 1 ปริมาณธาตุอาหารในดินในพื้นที่ปลูกข้าวและข้าวโพดบริเวณลุ่มน้ำแม่แจ่ม (ต่อ)

ลำดับ	จุดเก็บตัวอย่างดิน		ปริมาณ อินทรีย์วัตถุ (เปอร์เซ็นต์)	ปริมาณ คาร์บอน (เปอร์เซ็นต์)	ไนโตรเจน ทั้งหมด (เปอร์เซ็นต์)	ฟอสฟอรัส ที่เป็นประโยชน์ (มก./กก.)	โพแทสเซียม ที่เป็นประโยชน์ (มก./กก.)
	UTM_X	UTM_Y					
341	432174	2024509	2.83	1.64	0.14	47.80	128.00
342	440332	2029201	2.08	1.21	0.10	3.20	132.30
343	431406	2050784	3.02	1.75	0.15	90.20	103.00
344	431565	2050794	2.74	1.59	0.14	71.80	139.00
345	430758	2050943	2.55	1.48	0.13	68.60	114.00
346	430404	2051512	3.15	1.82	0.16	12.00	114.00
347	429801	2052055	3.14	1.82	0.16	32.30	129.00
348	430101	2051634	2.04	1.18	0.10	32.80	148.00
349	429599	2052083	2.31	1.34	0.12	30.90	125.00
350	434233	2061502	1.60	0.93	0.08	87.80	109.00
351	434143	2061174	3.75	2.17	0.19	51.80	139.00
352	430291	2079901	4.40	2.56	0.22	10.60	129.00
353	430721	2079521	3.32	1.92	0.17	68.50	113.00
354	436497	2061086	2.00	1.16	0.10	15.10	128.00
355	440193	2059311	2.09	1.21	0.10	56.60	118.90
356	440364	2058934	1.61	0.94	0.08	3.40	132.50
357	440734	2058797	3.62	2.10	0.18	92.00	159.00
358	434345	2064345	1.44	0.83	0.07	79.90	146.90
359	434671	2066818	2.33	1.35	0.12	73.10	120.00
360	437115	2017116	3.11	1.80	0.16	40.50	34.40
361	434662	2072013	4.38	2.54	0.22	73.00	119.90
362	429353	2077027	3.20	1.86	0.41	3.80	147.00
363	428153	2066670	1.96	1.14	0.10	32.40	36.20
364	428446	2066433	2.85	1.66	0.14	32.60	36.40
365	430641	2065520	2.72	1.58	0.14	68.40	112.00
366	436186	2061537	1.97	1.14	0.10	81.90	137.90
367	421250	2070952	3.22	1.87	0.16	8.40	105.40
368	421322	2070742	1.74	1.01	0.09	4.30	84.20
369	415125	2073318	4.31	2.50	0.22	21.10	152.00
370	414508	2073870	5.33	3.09	0.27	20.00	151.00
371	412464	2077694	5.87	3.41	0.29	37.10	148.00

ตารางผนวกที่ 1 ปริมาณธาตุอาหารในดินในพื้นที่ปลูกข้าวและข้าวโพดบริเวณลุ่มน้ำแม่แจ่ม (ต่อ)

ลำดับ	จุดเก็บตัวอย่างดิน		ปริมาณ อินทรีย์วัตถุ (เปอร์เซ็นต์)	ปริมาณ คาร์บอน (เปอร์เซ็นต์)	ไนโตรเจน ทั้งหมด (เปอร์เซ็นต์)	ฟอสฟอรัส ที่เป็นประโยชน์ (มก./กก.)	โพแทสเซียม ที่เป็นประโยชน์ (มก./กก.)
	UTM_X	UTM_Y					
372	413003	2077677	4.37	2.54	0.22	37.20	149.00
373	415816	2080654	3.71	2.15	0.19	8.40	152.00
374	415707	2079329	5.87	3.40	0.29	6.50	155.00
375	434892	2064090	1.62	0.94	0.08	38.80	104.00
376	436446	2066666	1.55	0.90	0.08	57.30	100.00
377	436405	2051534	2.24	1.30	0.11	39.90	138.00
378	434790	2053736	5.98	3.47	0.30	89.70	113.80
379	430100	2074384	1.91	1.11	0.10	32.70	146.00
380	434422	2071795	2.20	1.28	0.11	28.60	98.90
381	435980	2070318	4.67	2.71	0.23	97.80	146.90
382	435200	2046167	3.83	2.22	0.19	85.70	125.00
383	438746	2051448	1.88	1.09	0.09	53.00	124.50
384	433247	2043165	2.07	1.20	0.10	87.00	100.50
385	433069	2043705	3.77	2.19	0.19	90.70	129.80
386	433709	2043579	3.42	1.98	0.17	97.40	136.00
387	433700	2044998	2.30	1.33	0.11	97.30	135.90
388	432275	2044930	2.48	1.44	0.12	91.30	148.10
389	433298	2044376	4.30	2.50	0.22	46.50	148.00
390	433124	2044859	3.48	2.02	0.17	17.90	133.90
391	434813	2045095	2.95	1.71	0.15	89.90	114.00
392	432952	2046218	2.83	1.64	0.14	90.70	98.90
393	433056	2047268	2.34	1.36	0.12	90.60	129.70
394	434088	2044524	2.83	1.64	0.14	49.60	136.00
395	434284	2044164	2.50	1.45	0.12	28.80	72.90
396	435131	2045755	1.85	1.07	0.09	91.70	104.00
397	439963	2048178	2.30	1.34	0.12	42.60	133.90
398	439578	2047409	3.11	1.80	0.16	13.10	110.00
399	438570	2050584	1.54	0.89	0.08	46.00	134.00
400	438244	2050475	4.33	2.51	0.34	15.40	132.00
401	439665	2047908	3.42	1.98	0.17	44.30	134.00
402	441333	2048922	3.40	1.97	0.17	7.90	148.90

ตารางผนวกที่ 1 ปริมาณธาตุอาหารในดินในพื้นที่ปลูกข้าวและข้าวโพดบริเวณลุ่มน้ำแม่แจ่ม (ต่อ)

ลำดับ	จุดเก็บตัวอย่างดิน		ปริมาณ อินทรีย์วัตถุ (เปอร์เซ็นต์)	ปริมาณ คาร์บอน (เปอร์เซ็นต์)	ไนโตรเจน ทั้งหมด (เปอร์เซ็นต์)	ฟอสฟอรัส ที่เป็นประโยชน์ (มก./กก.)	โพแทสเซียม ที่เป็นประโยชน์ (มก./กก.)
	UTM_X	UTM_Y					
403	434422	2041409	4.07	2.36	0.20	28.50	98.80
404	434885	2040459	1.83	1.06	0.09	38.70	103.90
405	436211	2039449	4.33	2.51	0.31	82.00	138.00
406	432861	2048453	3.35	1.94	0.18	90.60	98.80
407	433220	2048266	2.41	1.40	0.14	92.60	158.00
408	433519	2049497	2.55	1.48	0.14	97.60	52.40
409	435005	2037568	3.24	1.88	0.17	19.60	43.80
410	434498	2053022	3.13	1.82	0.17	97.10	100.00
411	433983	2036467	1.71	0.99	0.10	93.40	128.00
412	434649	2054340	3.40	1.97	0.16	34.50	138.00
413	434487	2053815	2.43	1.41	0.11	97.00	99.90
414	435360	2052275	5.56	3.22	0.22	81.30	152.00
415	432229	2048078	3.55	2.06	0.19	50.30	157.20
416	433412	2036316	2.62	1.52	0.16	90.40	80.00
417	434529	2037227	4.30	2.50	0.22	97.30	134.90
418	433862	2035788	4.74	2.75	0.10	93.00	144.00
419	434640	2040646	3.11	1.80	0.14	34.40	137.90
420	433052	2035039	3.71	2.15	0.48	83.50	120.00
421	434792	2038237	2.79	1.62	0.16	89.80	113.90
422	435578	2038091	3.52	2.04	0.18	51.50	109.90
423	435088	2037893	1.95	1.13	0.10	19.90	44.10
424	436000	2051288	2.87	1.66	0.14	97.90	147.00
425	440063	2050382	3.35	1.94	0.17	42.70	134.00
426	440575	2050537	4.98	2.89	0.25	28.10	127.00
427	440945	2049999	3.90	2.27	0.20	50.60	115.00
428	433295	2048169	2.08	1.21	0.10	46.40	147.90
429	431800	2045861	1.64	0.95	0.08	93.70	125.00
430	432158	2046931	3.02	1.75	0.15	47.70	127.00
431	435355	2040376	2.40	1.40	0.12	81.20	151.90
432	435014	2037582	1.40	0.81	0.07	19.70	43.90
433	435067	2051029	3.17	1.84	0.16	19.80	44.00

ตารางผนวกที่ 1 ปริมาณธาตุอาหารในดินในพื้นที่ปลูกข้าวและข้าวโพดบริเวณลุ่มน้ำแม่แจ่ม (ต่อ)

ลำดับ	จุดเก็บตัวอย่างดิน		ปริมาณ อินทรีย์วัตถุ (เปอร์เซ็นต์)	ปริมาณ คาร์บอน (เปอร์เซ็นต์)	ไนโตรเจน ทั้งหมด (เปอร์เซ็นต์)	ฟอสฟอรัส ที่เป็นประโยชน์ (มก./กก.)	โพแทสเซียม ที่เป็นประโยชน์ (มก./กก.)
	UTM_X	UTM_Y					
434	435770	2038323	3.08	1.78	0.15	94.80	141.20
435	434069	2043492	2.37	1.38	0.12	49.50	159.90
436	433846	2043057	2.73	1.58	0.14	90.90	137.50
437	433931	2042703	2.01	1.17	0.10	96.30	149.00
438	434324	2042150	2.92	1.69	0.15	44.60	108.50
439	441711	2049123	3.26	1.89	0.16	8.00	149.00
440	435742	2051162	4.86	2.82	0.24	94.70	141.10
441	433109	2047811	3.56	2.06	0.30	90.80	129.50
442	436239	2038640	2.72	1.58	0.14	90.50	123.00
	ค่าต่ำสุด		0.92	0.53	0.05	2.40	3.00
	ค่าสูงสุด		5.98	3.47	0.57	99.00	159.90
	ค่าเฉลี่ย		2.88	1.66	0.15	53.39	120.13
	มัธยฐาน		2.74	1.62	0.14	49.60	126.95
	ฐานนิยม		3.61	2.09	0.10	90.20	128.00

ตารางผนวกที่ 2 ข้อมูลสภาพภูมิอากาศที่ใช้ในการทำนายผลผลิตข้าวบริเวณลุ่มน้ำแม่แจ่ม

สภาพภูมิอากาศ	แบบจำลอง	ปี	พ.ศ. 2561	พ.ศ. 2562	พ.ศ. 2563	ค่าเฉลี่ย
อุณหภูมิสูงสุด (องศาเซลเซียส)	-	ปีฐาน	32.97	34.26	34.32	33.85
	RCP6.0	พ.ศ. 2573	30.60	31.76	31.54	31.30
		พ.ศ. 2603	30.98	32.05	31.83	31.62
	RCP8.5	พ.ศ. 2573	30.39	31.47	31.25	31.04
		พ.ศ. 2603	30.61	31.76	31.53	31.30
อุณหภูมิต่ำสุด (องศาเซลเซียส)	-	ปีฐาน	22.44	22.39	22.41	22.41
	RCP6.0	พ.ศ. 2573	19.49	20.78	20.55	20.27
		พ.ศ. 2603	19.93	21.17	20.96	20.69
	RCP8.5	พ.ศ. 2573	19.22	20.51	20.29	20.01
		พ.ศ. 2603	20.19	21.48	21.26	20.98
ปริมาณฝนสะสม (มิลลิเมตร)	-	ปีฐาน	980.20	972.10	1,081.90	1,011.40
	RCP6.0	พ.ศ. 2573	1,450.24	1,243.63	1,231.37	1,308.41
		พ.ศ. 2603	1,115.49	895.30	898.47	969.75
	RCP8.5	พ.ศ. 2573	1,070.14	860.84	871.78	934.25
		พ.ศ. 2603	1,590.17	1,438.27	1,448.35	1,492.26
ความชื้น แสงอาทิตย์ (วัตต์ต่อตาราง เมตร)	-	ปีฐาน	14.62*	15.09*	15.09*	14.94*
	RCP6.0	พ.ศ. 2573	201.51	203.50	202.64	202.55
		พ.ศ. 2603	197.07	197.40	196.41	196.96
	RCP8.5	พ.ศ. 2573	203.89	204.41	203.41	203.90
		พ.ศ. 2603	194.19	196.89	196.00	195.70
ความเร็วลม (เมตรต่อวินาที)	-	ปีฐาน	1.43**	1.18**	1.09**	1.23**
	RCP6.0	พ.ศ. 2573	2.00	2.06	2.05	2.04
		พ.ศ. 2603	2.18	2.21	2.21	2.20
	RCP8.5	พ.ศ. 2573	2.08	2.12	2.11	2.10
		พ.ศ. 2603	2.14	2.18	2.18	2.17
ความชื้นสัมพัทธ์ (เปอร์เซ็นต์)	-	ปีฐาน	70.69	65.95	65.50	67.38
	RCP6.0	พ.ศ. 2573	70.75	70.75	70.75	70.75
		พ.ศ. 2603	70.71	70.71	70.71	70.71
	RCP8.5	พ.ศ. 2573	70.75	70.75	70.75	70.75
		พ.ศ. 2603	70.71	70.71	70.71	70.71

หมายเหตุ: * หน่วยเมกะจูลต่อตารางเมตร, ** หน่วยนอต

ตารางผนวกที่ 3 ข้อมูลสภาพภูมิอากาศที่ใช้ในการทำนายผลผลิตข้าวโพดบริเวณลุ่มน้ำแม่แจ่ม

สภาพภูมิอากาศ	แบบจำลอง	ปี	พ.ศ. 2561	พ.ศ. 2562	พ.ศ. 2563	ค่าเฉลี่ย
อุณหภูมิสูงสุด (องศาเซลเซียส)	-	ปีฐาน	32.97	34.26	34.32	33.85
	RCP6.0	พ.ศ. 2573	31.76	32.81	32.45	32.34
		พ.ศ. 2603	32.05	33.05	32.72	32.61
	RCP8.5	พ.ศ. 2573	31.47	32.48	32.12	32.02
		พ.ศ. 2603	31.76	32.78	32.42	32.32
อุณหภูมิต่ำสุด (องศาเซลเซียส)	-	ปีฐาน	22.44	22.39	22.41	22.41
	RCP6.0	พ.ศ. 2573	20.78	21.30	21.00	21.03
		พ.ศ. 2603	21.17	21.66	21.39	21.41
	RCP8.5	พ.ศ. 2573	20.51	21.01	20.73	20.75
		พ.ศ. 2603	21.48	22.02	21.70	21.73
ปริมาณฝนสะสม (มิลลิเมตร)	-	ปีฐาน	980.20	972.10	1,081.90	1,011.40
	RCP6.0	พ.ศ. 2573	1,243.63	1,045.74	1,039.34	1,109.57
		พ.ศ. 2603	895.30	767.49	765.09	809.29
	RCP8.5	พ.ศ. 2573	860.84	751.06	759.94	790.61
		พ.ศ. 2603	1,438.27	1,178.33	1,199.15	1,271.92
ความชื้น แสงอาทิตย์ (วัตต์ต่อตาราง เมตร)	-	ปีฐาน	14.62*	15.09*	15.09*	14.94*
	RCP6.0	พ.ศ. 2573	203.50	208.79	206.04	206.11
		พ.ศ. 2603	197.40	202.72	200.25	200.12
	RCP8.5	พ.ศ. 2573	204.41	209.58	206.74	206.91
		พ.ศ. 2603	196.89	200.76	199.36	199.00
ความเร็วลม (เมตรต่อวินาที)	-	ปีฐาน	1.43**	1.18**	1.09**	1.23**
	RCP6.0	พ.ศ. 2573	2.06	2.14	2.10	2.10
		พ.ศ. 2603	2.21	2.28	2.25	2.25
	RCP8.5	พ.ศ. 2573	2.12	2.19	2.15	2.15
		พ.ศ. 2603	2.18	2.26	2.23	2.22
ความชื้นสัมพัทธ์ (เปอร์เซ็นต์)	-	ปีฐาน	70.69	65.95	65.50	67.38
	RCP6.0	พ.ศ. 2573	70.75	70.75	70.75	70.75
		พ.ศ. 2603	70.71	70.71	70.71	70.71
	RCP8.5	พ.ศ. 2573	70.75	70.75	70.75	70.75
		พ.ศ. 2603	70.71	70.71	70.71	70.71

หมายเหตุ: * หน่วยเมกะจูลต่อตารางเมตร, ** หน่วยนอต

ตารางผนวกที่ 4 ข้อมูลการจัดการพื้นที่เพาะปลูกที่ใช้ในการทำนายผลผลิตข้าวด้วยแบบจำลอง RCP6.0

ลำดับ	พิกัดจุดเก็บตัวอย่าง					ลักษณะการปลูกพืช				ดิน	การจัดการ			
	UTM_X	UTM_Y	ตำบล	อำเภอ	จังหวัด	ดัชนีการเก็บเกี่ยว (เปอร์เซ็นต์)	ความหนาแน่น (ตัน/ตร.ม.)	สัดส่วนการปลูก	การลดลงของการเจริญเติบโตของพืช (วัน)		ความอุดมสมบูรณ์ของดิน (เปอร์เซ็นต์)	ความสูงคันดิน (เมตร)	การคลุมดิน (เปอร์เซ็นต์)	การให้น้ำ
1	441164	2099088	ยังเมิน	สะเมิง	เชียงใหม่	46	13.3	93	31	ร่วนปนทราย	70	0.4	10	น้ำฝน
2	432023	2047346	ช่างเคิ่ง	แม่แจ่ม	เชียงใหม่	46	11.1	94	30	ร่วนปนทราย	85	0.4	10	น้ำฝน
3	433233	2043152	ท่าผา	แม่แจ่ม	เชียงใหม่	44	11.1	95	34	ร่วนปนทราย	80	0.4	10	ชลประทาน
4	432344	2045106	ท่าผา	แม่แจ่ม	เชียงใหม่	49	39.8	95	34	ร่วนปนทราย	80	0.4	10	ชลประทาน
5	434681	2066977	แม่ณาจร	แม่แจ่ม	เชียงใหม่	40	11.1	95	33	ร่วนปนทราย	90	0.4	10	น้ำฝน
6	421314	2070784	แม่ศึก	แม่แจ่ม	เชียงใหม่	43	11.1	96	34	ร่วนปนทราย	75	0.4	10	น้ำฝน
7	423267	2101075	แจ่มหลวง	กัลยาณิวัฒนา	เชียงใหม่	49	11.1	92	32	ร่วนปนทราย	90	0.4	10	น้ำฝน
8	425248	2102522	แจ่มหลวง	กัลยาณิวัฒนา	เชียงใหม่	46	11.1	92	31	ร่วนปนทราย	70	0.4	10	น้ำฝน
9	434300	2106073	บ้านจันทร์	กัลยาณิวัฒนา	เชียงใหม่	44	13.3	94	33	ร่วนปนทราย	75	0.4	10	น้ำฝน
10	425358	2113605	บ้านจันทร์	กัลยาณิวัฒนา	เชียงใหม่	50	26.6	95	33	ร่วนปนทราย	70	0.4	10	น้ำฝน
11	438416	2019507	กองแขก	แม่แจ่ม	เชียงใหม่	42	26.6	95	32	ร่วนปนทราย	90	0.6	20	น้ำฝน
12	440694	2029903	กองแขก	แม่แจ่ม	เชียงใหม่	38	26.6	85	28	ร่วนปนทราย	60	0.4	30	น้ำฝน
13	440362	2030631	กองแขก	แม่แจ่ม	เชียงใหม่	39	35.4	87	27	ร่วนปนทราย	60	0.4	10	น้ำฝน
14	440332	2029201	กองแขก	แม่แจ่ม	เชียงใหม่	44	31.9	93	33	ร่วนปนทราย	80	0.25	10	น้ำฝน
15	437100	2051694	ช่างเคิ่ง	แม่แจ่ม	เชียงใหม่	44	39.8	94	34	ร่วนปนทราย	80	0.4	10	น้ำฝน
16	431406	2050784	ช่างเคิ่ง	แม่แจ่ม	เชียงใหม่	43	25.0	96	32	ร่วน	70	0.3	20	ชลประทาน
17	434790	2053736	ช่างเคิ่ง	แม่แจ่ม	เชียงใหม่	49	16.0	95	33	ร่วนปนทราย	80	0.4	10	น้ำฝน
18	441333	2048922	ช่างเคิ่ง	แม่แจ่ม	เชียงใหม่	40	31.9	89	28	ร่วนปนทราย	65	0.6	10	น้ำฝน
19	431296	2051011	แม่ศึก	แม่แจ่ม	เชียงใหม่	51	25.0	95	33	ร่วน	90	0.4	10	น้ำฝน
20	430101	2051634	แม่ศึก	แม่แจ่ม	เชียงใหม่	42	25.0	92	28	ร่วนปนทราย	70	0.3	20	ชลประทาน

ตารางผนวกที่ 4 ข้อมูลการจัดการพื้นที่เพาะปลูกที่ใช้ในการทำนายผลผลิตข้าวด้วยแบบจำลอง RCP6.0 (ต่อ)

ลำดับ	พิกัดจุดเก็บตัวอย่าง					ลักษณะการปลูกพืช				ดิน	การจัดการ			
	UTM_X	UTM_Y	ตำบล	อำเภอ	จังหวัด	ดัชนีการเก็บเกี่ยว (เปอร์เซ็นต์)	ความหนาแน่น (ตัน/ตร.ม.)	สัดส่วนการปลูกคลุมดินสูงสุด (เปอร์เซ็นต์)	การลดลงของการเจริญเติบโตของพืช (วัน)		ชนิดดิน	ความอุดมสมบูรณ์ของดิน (เปอร์เซ็นต์)	ความสูงคันดิน (เมตร)	การคลุมดิน (เปอร์เซ็นต์)	การให้น้ำ
21	435204	2044966	กองแขกใต้	แม่แจ่ม	เชียงใหม่	44	13.3	94	31	ร่วนปนทราย	85	0.4	10	ชลประทาน
22	435013	2037582	กองแขกใต้	แม่แจ่ม	เชียงใหม่	39	7.1	93	33	ร่วน	80	0.4	20	น้ำฝน
23	436000	2051288	ช่างเคิ่ง	แม่แจ่ม	เชียงใหม่	45	12.3	93	32	ร่วนปนทราย	90	0.3	10	น้ำฝน
24	431800	2045872	ช่างเคิ่ง	แม่แจ่ม	เชียงใหม่	37	14.8	94	32	ร่วนปนทราย	85	0.2	10	น้ำฝน
25	440945	2049999	ช่างเคิ่ง	แม่แจ่ม	เชียงใหม่	35	26.6	94	32	ร่วน	80	0.4	10	น้ำฝน
26	432158	2046931	ช่างเคิ่ง	แม่แจ่ม	เชียงใหม่	32	39.8	95	32	ร่วน	80	0.3	10	น้ำฝน
27	440063	2050382	ช่างเคิ่ง	แม่แจ่ม	เชียงใหม่	32	39.8	95	32	ร่วน	80	0.4	20	ชลประทาน
28	433931	2042703	ท่าผา	แม่แจ่ม	เชียงใหม่	46	13.3	92	30	ร่วนปนทราย	90	0.6	10	น้ำฝน
29	423023	2037528	ท่าผา	แม่แจ่ม	เชียงใหม่	35	26.6	94	32	ร่วนปนทราย	80	0.4	10	น้ำฝน
30	430685	2082102	แม่ณาจร	แม่แจ่ม	เชียงใหม่	35	26.6	91	32	ร่วนปนทราย	75	0.4	10	น้ำฝน

หมายเหตุ: ลำดับที่ 1 - 10 คือข้อมูลปี พ.ศ. 2561, ลำดับที่ 11 - 20 คือข้อมูลปี พ.ศ. 2562 และลำดับที่ 21 - 30 คือข้อมูลปี พ.ศ. 2563

ตารางผนวกที่ 5 ข้อมูลการจัดการพื้นที่เพาะปลูกที่ใช้ในการทำนายผลผลิตข้าวด้วยแบบจำลอง RCP8.5

ลำดับ	พิกัดจุดเก็บตัวอย่าง					ลักษณะการปลูกพืช				ดิน	การจัดการ			
	UTM_X	UTM_Y	ตำบล	อำเภอ	จังหวัด	ดัชนีการเก็บเกี่ยว (เปอร์เซ็นต์)	ความหนาแน่น (ตัน/ตร.ม.)	สัดส่วนการปลูก	การลดลงของการเจริญเติบโตของพืช (วัน)		ชนิดดิน	ความอุดมสมบูรณ์ของดิน (เปอร์เซ็นต์)	ความสูงคันดิน (เมตร)	การคลุมดิน (เปอร์เซ็นต์)	การให้น้ำ
1	441164	2099088	ยั้งเมิน	สะเมิง	เชียงใหม่	45	13.3	95	32	ร่วนปนทราย	70	0.4	10	น้ำฝน
2	432023	2047346	ช่างเคิ่ง	แม่แจ่ม	เชียงใหม่	46	11.1	92	30	ร่วนปนทราย	85	0.4	10	น้ำฝน
3	433233	2043152	ท่าผา	แม่แจ่ม	เชียงใหม่	44	11.1	93	33	ร่วนปนทราย	80	0.4	10	ชลประทาน
4	432344	2045106	ท่าผา	แม่แจ่ม	เชียงใหม่	50	39.8	95	32	ร่วนปนทราย	80	0.4	10	ชลประทาน
5	434681	2066977	แม่ณาจร	แม่แจ่ม	เชียงใหม่	42	11.1	94	31	ร่วนปนทราย	90	0.4	10	น้ำฝน
6	421314	2070784	แม่ศึก	แม่แจ่ม	เชียงใหม่	43	11.1	94	33	ร่วนปนทราย	75	0.4	10	น้ำฝน
7	423267	2101075	แจ่มหลวง	กัลยาณิวัฒนา	เชียงใหม่	49	11.1	95	31	ร่วนปนทราย	90	0.4	10	น้ำฝน
8	425248	2102522	แจ่มหลวง	กัลยาณิวัฒนา	เชียงใหม่	46	11.1	95	31	ร่วนปนทราย	70	0.4	10	น้ำฝน
9	434300	2106073	บ้านจันทร์	กัลยาณิวัฒนา	เชียงใหม่	44	13.3	93	32	ร่วนปนทราย	75	0.4	10	น้ำฝน
10	425358	2113605	บ้านจันทร์	กัลยาณิวัฒนา	เชียงใหม่	49	26.6	96	34	ร่วนปนทราย	70	0.4	10	น้ำฝน
11	438416	2019507	กองแขก	แม่แจ่ม	เชียงใหม่	43	26.6	95	30	ร่วนปนทราย	90	0.6	20	น้ำฝน
12	440694	2029903	กองแขก	แม่แจ่ม	เชียงใหม่	38	26.6	84	27	ร่วนปนทราย	60	0.4	30	น้ำฝน
13	440362	2030631	กองแขก	แม่แจ่ม	เชียงใหม่	39	35.4	86	26	ร่วนปนทราย	60	0.4	10	น้ำฝน
14	440332	2029201	กองแขก	แม่แจ่ม	เชียงใหม่	44	31.9	91	32	ร่วนปนทราย	80	0.25	10	น้ำฝน
15	437100	2051694	ช่างเคิ่ง	แม่แจ่ม	เชียงใหม่	43	39.8	95	35	ร่วนปนทราย	80	0.4	10	น้ำฝน
16	431406	2050784	ช่างเคิ่ง	แม่แจ่ม	เชียงใหม่	43	25.0	94	32	ร่วน	70	0.3	20	ชลประทาน
17	434790	2053736	ช่างเคิ่ง	แม่แจ่ม	เชียงใหม่	49	16.0	93	32	ร่วนปนทราย	80	0.4	10	น้ำฝน
18	441333	2048922	ช่างเคิ่ง	แม่แจ่ม	เชียงใหม่	40	31.9	88	28	ร่วนปนทราย	65	0.6	10	น้ำฝน
19	431296	2051011	แม่ศึก	แม่แจ่ม	เชียงใหม่	50	25.0	96	34	ร่วน	90	0.4	10	น้ำฝน
20	430101	2051634	แม่ศึก	แม่แจ่ม	เชียงใหม่	42	25.0	95	28	ร่วนปนทราย	70	0.3	20	ชลประทาน

ตารางผนวกที่ 5 ข้อมูลการจัดการพื้นที่เพาะปลูกที่ใช้ในการทำนายผลผลิตข้าวด้วยแบบจำลอง RCP8.5 (ต่อ)

ลำดับ	พิกัดจุดเก็บตัวอย่าง					ลักษณะการปลูกพืช				ดิน	การจัดการ			
	UTM_X	UTM_Y	ตำบล	อำเภอ	จังหวัด	ดัชนีการเก็บเกี่ยว (เปอร์เซ็นต์)	ความหนาแน่น (ตัน/ตร.ม.)	สัดส่วนการปลูกคลุมดินสูงสุด (เปอร์เซ็นต์)	การลดลงของการเจริญเติบโตของพืช (วัน)		ชนิดดิน	ความอุดมสมบูรณ์ของดิน (เปอร์เซ็นต์)	ความสูงคันดิน (เมตร)	การคลุมดิน (เปอร์เซ็นต์)	การให้น้ำ
21	435204	2044966	กองแขกใต้	แม่แจ่ม	เชียงใหม่	44	13.3	92	30	ร่วนปนทราย	85	0.4	10	ชลประทาน
22	435013	2037582	กองแขกใต้	แม่แจ่ม	เชียงใหม่	39	7.1	91	32	ร่วน	80	0.4	20	น้ำฝน
23	436000	2051288	ช่างเคิ่ง	แม่แจ่ม	เชียงใหม่	45	12.3	91	31	ร่วนปนทราย	90	0.3	10	น้ำฝน
24	431800	2045872	ช่างเคิ่ง	แม่แจ่ม	เชียงใหม่	37	14.8	92	31	ร่วนปนทราย	85	0.2	10	น้ำฝน
25	440945	2049999	ช่างเคิ่ง	แม่แจ่ม	เชียงใหม่	35	26.6	91	32	ร่วน	80	0.4	10	น้ำฝน
26	432158	2046931	ช่างเคิ่ง	แม่แจ่ม	เชียงใหม่	32	39.8	91	33	ร่วน	80	0.3	10	น้ำฝน
27	440063	2050382	ช่างเคิ่ง	แม่แจ่ม	เชียงใหม่	32	39.8	91	33	ร่วน	80	0.4	20	ชลประทาน
28	433931	2042703	ท่าผา	แม่แจ่ม	เชียงใหม่	43	13.3	93	31	ร่วนปนทราย	90	0.6	10	น้ำฝน
29	423023	2037528	ท่าผา	แม่แจ่ม	เชียงใหม่	35	26.6	92	32	ร่วนปนทราย	80	0.4	10	น้ำฝน
30	430685	2082102	แม่ณาจร	แม่แจ่ม	เชียงใหม่	33	26.6	93	33	ร่วนปนทราย	75	0.4	10	น้ำฝน

หมายเหตุ: ลำดับที่ 1 - 10 คือข้อมูลปี พ.ศ. 2561, ลำดับที่ 11 - 20 คือข้อมูลปี พ.ศ. 2562 และลำดับที่ 21 - 30 คือข้อมูลปี พ.ศ. 2563

ตารางผนวกที่ 6 ข้อมูลการจัดการพื้นที่เพาะปลูกที่ใช้ในการทำนายผลผลิตข้าวโพดด้วยแบบจำลอง RCP6.0

ลำดับ	พิกัดจุดเก็บตัวอย่าง					ลักษณะการปลูกพืช				ดิน	การจัดการ			
	UTM_X	UTM_Y	ตำบล	อำเภอ	จังหวัด	ดัชนีการเก็บเกี่ยว (เปอร์เซ็นต์)	ความหนาแน่น (ต้น/ตร.ม.)	สัดส่วนการปลูกคลุมดินสูงสุด (เปอร์เซ็นต์)	การลดลงของการเจริญเติบโตของพืช (วัน)		ความอุดมสมบูรณ์ของดิน (เปอร์เซ็นต์)	ความสูงคันดิน (เมตร)	การคลุมดิน (เปอร์เซ็นต์)	การให้น้ำ
1	430427	2045592	ช่างเคิ่ง	แม่แจ่ม	เชียงใหม่	40	10.6	89	23	ร่วนปนทราย	65	-	-	น้ำฝน
2	429910	2046827	ช่างเคิ่ง	แม่แจ่ม	เชียงใหม่	38	10.6	91	23	ร่วนปนทราย	55	-	-	น้ำฝน
3	432080	2049331	ช่างเคิ่ง	แม่แจ่ม	เชียงใหม่	46	10.6	96	22	ร่วนปนทราย	65	-	-	น้ำฝน
4	430615	2047358	ช่างเคิ่ง	แม่แจ่ม	เชียงใหม่	41	11.4	93	24	ร่วนปนทราย	70	-	-	น้ำฝน
5	432598	2050762	ช่างเคิ่ง	แม่แจ่ม	เชียงใหม่	38	13.3	88	24	ร่วนปนทราย	60	-	-	น้ำฝน
6	433682	2043566	ท่าผา	แม่แจ่ม	เชียงใหม่	42	5.3	90	23	ร่วนปนทราย	75	-	-	น้ำฝน
7	428287	2065974	แม่ศึก	แม่แจ่ม	เชียงใหม่	41	21.3	86	23	ร่วนปนทราย	65	-	-	น้ำฝน
8	433499	2044682	แม่ศึก	แม่แจ่ม	เชียงใหม่	39	13.3	86	22	ร่วนปนทราย	60	-	-	ชลประทาน
9	430010	2051912	แม่ศึก	แม่แจ่ม	เชียงใหม่	43	5.3	93	22	ร่วนปนทราย	55	-	-	น้ำฝน
10	431072	2052945	แม่ศึก	แม่แจ่ม	เชียงใหม่	47	13.3	92	24	ร่วนปนทราย	80	-	-	น้ำฝน
11	434347	2021536	กองแขก	แม่แจ่ม	เชียงใหม่	37	5.3	91	24	ร่วนปนทราย	55	-	-	น้ำฝน
12	429894	2023074	กองแขก	แม่แจ่ม	เชียงใหม่	46	10.6	93	23	ร่วนปนทราย	75	-	-	น้ำฝน
13	435253	2021184	กองแขก	แม่แจ่ม	เชียงใหม่	32	13.3	80	20	ร่วนปนทราย	50	-	-	น้ำฝน
14	434652	2021797	กองแขก	แม่แจ่ม	เชียงใหม่	46	6.6	91	24	ร่วนปนทราย	75	-	-	น้ำฝน
15	428825	2028946	กองแขก	แม่แจ่ม	เชียงใหม่	38	5.3	86	23	ร่วนปนทราย	65	-	-	น้ำฝน
16	429767	2030061	กองแขก	แม่แจ่ม	เชียงใหม่	45	8.0	90	23	ร่วนปนทราย	80	-	-	น้ำฝน
17	432129	2049189	ช่างเคิ่ง	แม่แจ่ม	เชียงใหม่	55	8.0	94	22	ร่วนปนทราย	80	-	-	น้ำฝน
18	435583	2060594	แม่นาจร	แม่แจ่ม	เชียงใหม่	46	9.3	94	23	ร่วนปนทราย	75	-	-	น้ำฝน
19	431580	2053306	แม่ศึก	แม่แจ่ม	เชียงใหม่	46	8.0	90	24	ร่วนปนทราย	75	-	-	น้ำฝน
20	430101	2051634	แม่ศึก	แม่แจ่ม	เชียงใหม่	46	6.6	93	24	ร่วนปนทราย	65	-	-	ชลประทาน

ตารางผนวกที่ 6 ข้อมูลการจัดการพื้นที่เพาะปลูกที่ใช้ในการทำนายผลผลิตข้าวโพดด้วยแบบจำลอง RCP6.0 (ต่อ)

ลำดับ	พิกัดจุดเก็บตัวอย่าง					ลักษณะการปลูกพืช				ดิน	การจัดการ			
	UTM_X	UTM_Y	ตำบล	อำเภอ	จังหวัด	ดัชนีการเก็บเกี่ยว (เปอร์เซ็นต์)	ความหนาแน่น (ตัน/ตร.ม.)	สัดส่วนการปลูกคลุมดินสูงสุด (เปอร์เซ็นต์)	การลดลงของการเจริญเติบโตของพืช (วัน)		ชนิดดิน	ความอุดมสมบูรณ์ของดิน (เปอร์เซ็นต์)	ความสูงคันดิน (เมตร)	การคลุมดิน (เปอร์เซ็นต์)	การให้น้ำ
21	434885	2040459	กองแขก	แม่แจ่ม	เชียงใหม่	46	5.3	82	23	ร่วนปนทราย	65	-	-	น้ำฝน
22	433983	2036467	กองแขก	แม่แจ่ม	เชียงใหม่	46	8.0	86	23	ร่วนปนทราย	70	-	-	น้ำฝน
23	433862	2035788	กองแขก	แม่แจ่ม	เชียงใหม่	30	2.7	71	21	ร่วนปนทราย	75	-	-	น้ำฝน
24	434529	2037227	กองแขกใต้	แม่แจ่ม	เชียงใหม่	51	10.6	94	23	ร่วน	65	-	-	น้ำฝน
25	434487	2053815	ช่างเคิ่ง	แม่แจ่ม	เชียงใหม่	42	13.3	82	22	ร่วนปนทราย	65	-	-	น้ำฝน
26	477570	2052178	ช่างเคิ่ง	แม่แจ่ม	เชียงใหม่	59	10.6	91	22	ร่วน	90	-	-	น้ำฝน
27	432229	2048078	ช่างเคิ่ง	แม่แจ่ม	เชียงใหม่	61	15.9	93	24	ร่วนปนทราย	90	-	-	น้ำฝน
28	434640	2040646	ท่าผา	แม่แจ่ม	เชียงใหม่	51	15.9	93	24	ร่วนปนทราย	65	-	-	น้ำฝน
29	423023	2037528	ท่าผา	แม่แจ่ม	เชียงใหม่	33	8.0	85	20	ร่วนปนทราย	80	-	-	น้ำฝน
30	430685	2082102	แม่ณาจร	แม่แจ่ม	เชียงใหม่	34	8.0	83	22	ร่วนปนทราย	75	-	-	น้ำฝน

หมายเหตุ: ลำดับที่ 1 - 10 คือข้อมูลปี พ.ศ. 2561, ลำดับที่ 11 - 20 คือข้อมูลปี พ.ศ. 2562 และลำดับที่ 21 - 30 คือข้อมูลปี พ.ศ. 2563

ตารางผนวกที่ 7 ข้อมูลการจัดการพื้นที่เพาะปลูกที่ใช้ในการทำนายผลผลิตข้าวโพดด้วยแบบจำลอง RCP8.5

ลำดับ	พิกัดจุดเก็บตัวอย่าง					ลักษณะการปลูกพืช				ดิน	การจัดการ			
	UTM_X	UTM_Y	ตำบล	อำเภอ	จังหวัด	ดัชนีการเก็บเกี่ยว (เปอร์เซ็นต์)	ความหนาแน่น (ต้น/ตร.ม.)	สัดส่วนการปลูกคลุมดินสูงสุด (เปอร์เซ็นต์)	การลดลงของการเจริญเติบโตของพืช (วัน)		ความอุดมสมบูรณ์ของดิน (เปอร์เซ็นต์)	ความสูงคันดิน (เมตร)	การคลุมดิน (เปอร์เซ็นต์)	การให้น้ำ
1	430427	2045592	ช่างเคิ่ง	แม่แจ่ม	เชียงใหม่	39	10.6	88	23	ร่วนปนทราย	65	-	-	น้ำฝน
2	429910	2046827	ช่างเคิ่ง	แม่แจ่ม	เชียงใหม่	38	10.6	90	23	ร่วนปนทราย	55	-	-	น้ำฝน
3	432080	2049331	ช่างเคิ่ง	แม่แจ่ม	เชียงใหม่	46	10.6	95	23	ร่วนปนทราย	65	-	-	น้ำฝน
4	430615	2047358	ช่างเคิ่ง	แม่แจ่ม	เชียงใหม่	41	11.4	93	23	ร่วนปนทราย	70	-	-	น้ำฝน
5	432598	2050762	ช่างเคิ่ง	แม่แจ่ม	เชียงใหม่	39	13.3	88	24	ร่วนปนทราย	60	-	-	น้ำฝน
6	433682	2043566	ท่าผา	แม่แจ่ม	เชียงใหม่	42	5.3	89	23	ร่วนปนทราย	75	-	-	น้ำฝน
7	428287	2065974	แม่ศึก	แม่แจ่ม	เชียงใหม่	41	21.3	86	23	ร่วนปนทราย	65	-	-	น้ำฝน
8	433499	2044682	แม่ศึก	แม่แจ่ม	เชียงใหม่	39	13.3	85	23	ร่วนปนทราย	60	-	-	ชลประทาน
9	430010	2051912	แม่ศึก	แม่แจ่ม	เชียงใหม่	43	5.3	92	23	ร่วนปนทราย	55	-	-	น้ำฝน
10	431072	2052945	แม่ศึก	แม่แจ่ม	เชียงใหม่	48	13.3	92	24	ร่วนปนทราย	80	-	-	น้ำฝน
11	434347	2021536	กองแขก	แม่แจ่ม	เชียงใหม่	37	5.3	91	23	ร่วนปนทราย	55	-	-	น้ำฝน
12	429894	2023074	กองแขก	แม่แจ่ม	เชียงใหม่	46	10.6	93	22	ร่วนปนทราย	75	-	-	น้ำฝน
13	435253	2021184	กองแขก	แม่แจ่ม	เชียงใหม่	33	13.3	80	20	ร่วนปนทราย	50	-	-	น้ำฝน
14	434652	2021797	กองแขก	แม่แจ่ม	เชียงใหม่	46	6.6	91	23	ร่วนปนทราย	75	-	-	น้ำฝน
15	428825	2028946	กองแขก	แม่แจ่ม	เชียงใหม่	38	5.3	86	23	ร่วนปนทราย	65	-	-	น้ำฝน
16	429767	2030061	กองแขก	แม่แจ่ม	เชียงใหม่	46	8.0	91	22	ร่วนปนทราย	80	-	-	น้ำฝน
17	432129	2049189	ช่างเคิ่ง	แม่แจ่ม	เชียงใหม่	55	8.0	93	22	ร่วนปนทราย	80	-	-	น้ำฝน
18	435583	2060594	แม่นาจร	แม่แจ่ม	เชียงใหม่	45	9.3	93	23	ร่วนปนทราย	75	-	-	น้ำฝน
19	431580	2053306	แม่ศึก	แม่แจ่ม	เชียงใหม่	46	8.0	90	23	ร่วนปนทราย	75	-	-	น้ำฝน
20	430101	2051634	แม่ศึก	แม่แจ่ม	เชียงใหม่	46	6.6	93	24	ร่วนปนทราย	65	-	-	ชลประทาน

ตารางผนวกที่ 7 ข้อมูลการจัดการพื้นที่เพาะปลูกที่ใช้ในการทำนายผลผลิตข้าวโพดด้วยแบบจำลอง RCP8.5 (ต่อ)

ลำดับ	พิกัดจุดเก็บตัวอย่าง					ลักษณะการปลูกพืช				ดิน	การจัดการ			
	UTM_X	UTM_Y	ตำบล	อำเภอ	จังหวัด	ดัชนีการเก็บเกี่ยว (เปอร์เซ็นต์)	ความหนาแน่น (ตัน/ตร.ม.)	สัดส่วนการปลูกคลุมดินสูงสุด (เปอร์เซ็นต์)	การลดลงของการเจริญเติบโตของพืช (วัน)		ชนิดดิน	ความอุดมสมบูรณ์ของดิน (เปอร์เซ็นต์)	ความสูงคันดิน (เมตร)	การคลุมดิน (เปอร์เซ็นต์)	การให้น้ำ
21	434885	2040459	กองแขก	แม่แจ่ม	เชียงใหม่	46	5.3	81	24	ร่วนปนทราย	65	-	-	น้ำฝน
22	433983	2036467	กองแขก	แม่แจ่ม	เชียงใหม่	46	8.0	85	24	ร่วนปนทราย	70	-	-	น้ำฝน
23	433862	2035788	กองแขก	แม่แจ่ม	เชียงใหม่	30	2.7	70	22	ร่วนปนทราย	75	-	-	น้ำฝน
24	434529	2037227	กองแขกใต้	แม่แจ่ม	เชียงใหม่	51	10.6	93	24	ร่วน	65	-	-	น้ำฝน
25	434487	2053815	ช่างเคิ่ง	แม่แจ่ม	เชียงใหม่	42	13.3	81	22	ร่วนปนทราย	65	-	-	น้ำฝน
26	477570	2052178	ช่างเคิ่ง	แม่แจ่ม	เชียงใหม่	59	10.6	91	22	ร่วน	90	-	-	น้ำฝน
27	432229	2048078	ช่างเคิ่ง	แม่แจ่ม	เชียงใหม่	61	15.9	92	24	ร่วนปนทราย	90	-	-	น้ำฝน
28	434640	2040646	ท่าผา	แม่แจ่ม	เชียงใหม่	51	15.9	93	23	ร่วนปนทราย	65	-	-	น้ำฝน
29	423023	2037528	ท่าผา	แม่แจ่ม	เชียงใหม่	33	8.0	84	20	ร่วนปนทราย	80	-	-	น้ำฝน
30	430685	2082102	แม่ณาจร	แม่แจ่ม	เชียงใหม่	34	8.0	82	23	ร่วนปนทราย	75	-	-	น้ำฝน

หมายเหตุ: ลำดับที่ 1 - 10 คือข้อมูลปี พ.ศ. 2561, ลำดับที่ 11 - 20 คือข้อมูลปี พ.ศ. 2562 และลำดับที่ 21 - 30 คือข้อมูลปี พ.ศ. 2563

ตารางผนวกที่ 8 การวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของผลผลิตข้าวและข้าวโพดจากการทำนายผลผลิตในปี พ.ศ. 2573 และ 2603 โดยใช้โปรแกรม AquaCrop เวอร์ชัน 5 ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

		Paired Samples Test							
		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
					Lower	Upper			
Pair 1	Rice_Baseline_RCP6.0 Rice_2030_RCP6.0	-11.57	50.17	9.16	-30.30	7.17	-1.263	29	0.217
Pair 2	Rice_Baseline_RCP6.0 Rice_2060_RCP6.0	-59.00	50.78	9.27	-77.96	-40.04	-6.364	29	0.000
Pair 3	Rice_2030_RCP6.0 Rice_2060_RCP6.0	-47.43	36.10	6.59	-60.91	-33.95	-7.197	29	0.000
Pair 4	Rice_Baseline_RCP8.5 Rice_2030_RCP8.5	22.13	60.03	10.96	-0.28	44.55	2.02	29	0.053
Pair 5	Rice_Baseline_RCP8.5 Rice_2060_RCP8.5	-93.47	55.48	10.13	-114.18	-72.75	-9.227	29	0.000
Pair 6	Rice_2030_RCP8.5 Rice_2060_RCP8.5	-115.60	64.58	11.79	-139.72	-91.48	-9.804	29	0.000
Pair 7	Maize_Baseline_RCP6.0 Maize_2030_RCP6.0	-7.43	2.27	0.41	-8.28	-6.59	-17.94	29	0.000
Pair 8	Maize_Baseline_RCP6.0 Maize_2060_RCP6.0	-23.93	7.54	1.38	-26.75	-21.12	-17.38	29	0.000
Pair 9	Maize_2030_RCP6.0 Maize_2060_RCP6.0	-16.50	5.37	0.98	-18.51	-14.49	-16.817	29	0.000
Pair 10	Maize_Baseline_RCP8.5 Maize_2030_RCP8.5	-11.17	3.21	0.59	-12.36	-9.97	-19.075	29	0.000
Pair 11	Maize_Baseline_RCP8.5 Maize_2060_RCP8.5	-28.33	8.59	1.57	-31.54	-25.13	-18.071	29	0.000
Pair 12	Maize_2030_RCP8.5 Maize_2060_RCP8.5	-17.17	5.48	1.00	-19.21	-15.12	-17.145	29	0.000

ตารางผนวกที่ 9 การวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของผลผลิตข้าวและข้าวโพดจากการทำนายผลผลิตในปี พ.ศ. 2573 และ 2603 โดยใช้โปรแกรม AquaCrop เวอร์ชัน 5 ที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

		Paired Samples Test							
		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	99% Confidence Interval of the Difference				
					Lower	Upper			
Pair 1	Rice_Baseline_RCP6.0 Rice_2060_RCP6.0	-59.00	50.78	9.27	-84.55	-33.45	-6.364	29	0.000
Pair 2	Rice_2030_RCP6.0 Rice_2060_RCP6.0	-47.43	36.10	6.59	-65.60	-29.27	-7.197	29	0.000
Pair 3	Rice_Baseline_RCP8.5 Rice_2060_RCP8.5	-93.47	55.48	10.13	-121.39	-65.54	-9.227	29	0.000
Pair 4	Rice_2030_RCP8.5 Rice_2060_RCP8.5	-115.60	64.58	11.79	-148.10	-83.10	-9.804	29	0.000
Pair 5	Maize_Baseline_RCP6.0 Maize_2030_RCP6.0	-7.43	2.27	0.41	-8.58	-6.29	-17.940	29	0.000
Pair 6	Maize_Baseline_RCP6.0 Maize_2060_RCP6.0	-23.93	7.54	1.38	-27.73	-20.14	-17.380	29	0.000
Pair 7	Maize_2030_RCP6.0 Maize_2060_RCP6.0	-16.50	5.37	0.98	-19.20	-13.80	-16.817	29	0.000
Pair 8	Maize_Baseline_RCP8.5 Maize_2030_RCP8.5	-11.17	3.21	0.59	-12.78	-9.55	-19.075	29	0.000
Pair 9	Maize_Baseline_RCP8.5 Maize_2060_RCP8.5	-28.33	8.59	1.57	-32.66	-24.01	-18.071	29	0.000
Pair 10	Maize_2030_RCP8.5 Maize_2060_RCP8.5	-17.17	5.48	1.00	-19.93	-14.41	-17.145	29	0.000

พิกัดแปลงเกษตรกร	เลขที่แบบสอบถาม.....
x.....y.....	วันที่.....เดือน.....ปี.....
แบบสำรวจข้อมูลเกษตรกรด้านการปลูกพืช	
“การปรับตัวต่อสภาพภูมิอากาศที่รุนแรงโดยการจัดการดินและน้ำในพืชเศรษฐกิจบนพื้นที่ลุ่มน้ำแม่แจ่ม”	
ผู้สัมภาษณ์.....	
1. ข้อมูลพื้นฐานเกษตรกร	
ชื่อ <input type="checkbox"/> หญิง <input type="checkbox"/> ชาย <input type="checkbox"/> นาย <input type="checkbox"/> นาง <input type="checkbox"/> นางสาว.....	อายุ..... ปี
ที่อยู่ บ้านเลขที่..... หมู่ที่..... ตำบล..... อำเภอ.....	
จังหวัด.....	เบอร์โทรศัพท์.....
ข้อมูลพื้นฐาน	รายละเอียด
ชนิดพืช	<input type="checkbox"/> ข้าวพันธุ์..... <input type="checkbox"/> ข้าวโพดพันธุ์.....
วิธีการปลูก	<input type="checkbox"/> นาดำ <input type="checkbox"/> นาหว่าน <input type="checkbox"/> หยอดเมล็ด <input type="checkbox"/> อื่นๆ.....
อัตราเมล็ดพันธุ์	เมล็ดพันธุ์..... <input type="checkbox"/> กิโลกรัม <input type="checkbox"/> กระสอบ <input type="checkbox"/> อื่น ๆ..... ต่อ.....ไร่
วันปลูก	ปลูกวันที่.....
ระยะปลูก	ระยะระหว่างแถว..... เซนติเมตร ระยะระหว่างต้น..... เซนติเมตร
พื้นที่เพาะปลูก	<input type="checkbox"/> ของตนเอง เนื้อที่.....ไร่ <input type="checkbox"/> เช่า เนื้อที่.....ไร่ <input type="checkbox"/> เครือข่ายบริษัท เนื้อที่.....ไร่
แหล่งน้ำ	<input type="checkbox"/> น้ำฝน <input type="checkbox"/> ชลประทาน <input type="checkbox"/> บ่อน้ำที่ขุดเอง <input type="checkbox"/> บ่อน้ำ พต. <input type="checkbox"/> แหล่งน้ำธรรมชาติ <input type="checkbox"/> บ่อน้ำบาดาล
จำนวนครั้งในการปลูกต่อปี	<input type="checkbox"/> 1 ครั้ง <input type="checkbox"/> 2 ครั้ง <input type="checkbox"/> 3 ครั้ง <input type="checkbox"/> 4 ครั้ง <input type="checkbox"/> ตลอดปี <input type="checkbox"/> อื่น ๆ.....
วันที่ออกดอก	ช่วงเวลาการออกดอก/แตกหน่อ.....(วัน/สัปดาห์/เดือน)
วันที่เก็บเกี่ยว	ช่วงเวลาที่ใช้ในการเก็บเกี่ยว.....(วัน/สัปดาห์/เดือน)
ระยะเก็บเกี่ยว	ระยะเก็บเกี่ยว..... <input type="checkbox"/> วัน <input type="checkbox"/> เดือน
ขนาดทรงพุ่ม/ความยาวรากพืช (เจริญเติบโตเต็มที่)	เส้นผ่าศูนย์กลางทรงพุ่ม..... ซม. / กว้าง..... ซม. ยาว..... ซม. / ความยาวรากพืช..... ซม.
ผลผลิตเฉลี่ยรวมต่อครั้ง	ผลผลิต..... <input type="checkbox"/> ตัน <input type="checkbox"/> กิโลกรัม <input type="checkbox"/> ถัง <input type="checkbox"/> กระสอบ
รายได้รวมต่อครั้งราคาต่อผลผลิต	ราคา.....บาทต่อ <input type="checkbox"/> ตัน <input type="checkbox"/> กิโลกรัม <input type="checkbox"/> ถัง <input type="checkbox"/> กระสอบ
เมล็ดพันธุ์พืชปยุสด	<input type="checkbox"/> ไม่ใช่ <input type="checkbox"/> ใช่ (ระบุ)..... อัตราเมล็ด..... กิโลกรัม/ไร่
ปัญหาที่พบ	<input type="checkbox"/> ไม่มี <input type="checkbox"/> น้ำท่วม <input type="checkbox"/> ฝนแล้ง <input type="checkbox"/> โรค/แมลง <input type="checkbox"/> ไม่มีตลาด <input type="checkbox"/> อื่น ๆ.....
2. ข้อมูลการเกษตร (สำหรับผู้สัมภาษณ์)	
ข้อมูลพื้นฐาน	รายละเอียด
การปกคลุมเรือนยอดในพื้นที่	
เปอร์เซ็นต์การปกคลุมด้วยวัชพืช/อื่นๆ	
ข้อมูล ณ วันที่สำรวจ	อายุของพืช..... (วัน/สัปดาห์/เดือน) ความสูงของต้น..... ซม.
วันที่.....	ขนาดทรงพุ่ม กว้าง..... ซม. ยาว..... ซม.
	พบการออกดอก <input type="checkbox"/> พบ <input type="checkbox"/> ไม่พบ / พบการแตกหน่อ <input type="checkbox"/> พบ <input type="checkbox"/> ไม่พบ / พบการออกผล <input type="checkbox"/> พบ <input type="checkbox"/> ไม่พบ
ความลึกสุดของราก	
การไหลบ่าของน้ำ	
ชอบคูน้ำและคันดิน (ลึกและกว้าง)	
ความอุดมสมบูรณ์ของดิน	

ภาพผนวกที่ 1 แบบสำรวจข้อมูลเกษตรกรด้านการปลูกพืช หน้าที่ 1

3. ต้นทุนการผลิต		
ต้นทุน	ปริมาณที่ใช้	ราคา
<input type="checkbox"/> ค่าเมล็ดพันธุ์ข้าว	..... ( กก./ กระสอบ /..... )	.....บาท
<input type="checkbox"/> ค่าเมล็ดพันธุ์ข้าวโพด	ต่อ ไร่	
ปุ๋ยคอก (<input type="checkbox"/> ชี้ไก่ <input type="checkbox"/> ชี้วัว <input type="checkbox"/> ชี้หมู <input type="checkbox"/> ชี้ค่างคาว <input type="checkbox"/> อื่นๆ..... )	..... ( กก./ กระสอบ /..... )	.....บาท
	ต่อ ไร่	
ปุ๋ยเคมี สูตร (ระบุ).....	..... ( กก./ กระสอบ /.....) ต่อ ไร่	.....บาท
สูตร (ระบุ).....	..... ( กก./ กระสอบ /.....) ต่อ ไร่	.....บาท
สูตร (ระบุ).....	..... ( กก./ กระสอบ /.....) ต่อ ไร่	.....บาท
ปุ๋ยอินทรีย์ <input type="checkbox"/> ปุ๋ยหมัก สูตร (ระบุ).....	..... ( กก./ กระสอบ /.....) ต่อ ไร่	.....บาท
<input type="checkbox"/> อินทรีย์ชีวภาพ สูตร (ระบุ).....	..... ( กก./ กระสอบ /.....) ต่อ ไร่	.....บาท
<input type="checkbox"/> อินทรีย์เคมี สูตร (ระบุ).....	..... ( กก./ กระสอบ /.....) ต่อ ไร่	.....บาท
วัสดุที่ใช้ปกคลุมดิน <input type="checkbox"/> อินทรีย์วัตถุ <input type="checkbox"/> ฟาง/หญ้า <input type="checkbox"/> อื่นๆ.....		.....บาท
สารกำจัดศัตรูพืช (ระบุ) .....	..... ( ลิตร / แกลลอน /.....) ต่อ ไร่	.....บาท
ค่าจ้างไถ <input type="checkbox"/> ทำเอง <input type="checkbox"/> จ้างเหมา ไถ..... ครั้ง ประเภทการไถ .....		.....บาท
ค่าจ้างปลูก <input type="checkbox"/> ทำเอง <input type="checkbox"/> จ้างเหมา		.....บาท
ค่าจ้างเก็บเกี่ยว <input type="checkbox"/> ทำเอง <input type="checkbox"/> จ้างเหมา <input type="checkbox"/> รายวัน		.....บาท
ค่าเช่าที่ดิน <input type="checkbox"/> เงิน <input type="checkbox"/> ผลผลิต.....(กก./ตัน/.....)		.....บาท
ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง		.....บาท
ค่าไฟฟ้า		.....บาท
ค่าน้ำประปา		.....บาท

ภาพผนวกที่ 2 แบบสำรวจข้อมูลเกษตรกรด้านการปลูกพืช หน้าที่ 2



ภาพผนวกที่ 3 การสำรวจพื้นที่ปลูกข้าวบริเวณลุ่มน้ำแม่แจ่ม



ภาพผนวกที่ 4 การสัมภาษณ์เกษตรกรเกี่ยวกับการปลูกข้าว



ภาพผนวกที่ 5 การสำรวจพื้นที่ปลูกข้าวโพดบริเวณลุ่มน้ำแม่แจ่ม



ภาพผนวกที่ 6 การสัมภาษณ์เกษตรกรเกี่ยวกับการปลูกข้าวโพด

