



วิทยานิพนธ์

การพัฒนาและประยุกต์ใช้แบบจำลองกำหนดการให้น้ำพืช: กรณีศึกษาโครงการ
ชลประทานแม่กลองใหญ่

DEVELOPMENT OF CROP IRRIGATION SCHEDULE MODEL AND
ITS APPLICATION: CASE STUDY OF THE GREATER MAE
KLONG IRRIGATION PROJECT

นายธนศ สัมฤทธิ์นรพงศ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ปีการศึกษา ๒๕๖๒



577785291

KU_Thesis 6124500418 thesis / recv: 29062563 11:28:00 / seq: 50



6124500418_577785291

ใบรับรองวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ปริญญา วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมชลประทาน)

สาขาวิชา วิศวกรรมชลประทาน

ภาควิชา วิศวกรรมชลประทาน

เรื่อง การพัฒนาและประยุกต์ใช้แบบจำลองกำหนดการให้น้ำพืช: กรณีศึกษาโครงการชลประทาน
แม่กลองใหญ่

Development of Crop Irrigation Schedule Model and Its Application: Case Study of the
Greater Mae Klong Irrigation Project

นามผู้วิจัย นายชเนศ สัมฤทธิ์นรพงศ์

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(อาจารย์จตุเทพ วงษ์เพชร, Ph.D.)

หัวหน้าภาควิชา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์นิมิตร เติตฉันทพัฒนา, วศ.ม.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์ศรีจิตรา เจริญลาภนพรัตน์, Ph.D.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ เดือน พ.ศ.



วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การพัฒนาและประยุกต์ใช้แบบจำลองกำหนดการให้น้ำพืช: กรณีศึกษาโครงการชลประทานแม่
กลองใหญ่

Development of Crop Irrigation Schedule Model and Its Application: Case Study of the Greater
Mae Klong Irrigation Project

โดย

นายธนศ สัมฤทธิ์นรพงศ์

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมชลประทาน)

ปีการศึกษา 2562

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



577785291

KTU_Thesis 6124500418 thesis / rev: 29062563 11:28:00 / seq: 50

ชเนศ สัมฤทธิ์นรพงศ์ : การพัฒนาและประยุกต์ใช้แบบจำลองกำหนดการให้น้ำพืช: กรณีศึกษา
โครงการชลประทานแม่กลองใหญ่ ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรม
ชลประทาน) สาขาวิชาวิศวกรรมชลประทาน ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน อาจารย์ที่ปรึกษา
วิทยานิพนธ์หลัก: อาจารย์จตุเทพ วงษ์เพชร, Ph.D. ปีการศึกษา 2562

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาแบบจำลองกำหนดการให้น้ำพืช (Crop Irrigation Scheduling Model; CIS Model) ซึ่งเป็นเครื่องมือสนับสนุนการตัดสินใจในเรื่องการให้น้ำแก่เกษตรกรในระดับไร่นาสำหรับพื้นที่เพาะปลูกของโครงการชลประทานแม่กลองใหญ่ โดยที่แบบจำลองดังกล่าวคำนวณกำหนดการให้น้ำชลประทานที่เหมาะสมต่อพืชแบบเรียลไทม์ จากรูปแบบการเพาะปลูก คุณสมบัติดิน และสภาพภูมิอากาศ การสอบเทียบแบบจำลองในแปลงเพาะปลูกอ้อยจากการเปรียบเทียบปริมาณความชื้นในดินระหว่างการคำนวณจากแบบจำลองและการตรวจวัด พบว่าแบบจำลองมีความน่าเชื่อถืออยู่ในเกณฑ์ค่อนข้างสูงแสดงค่าดัชนีความแม่นยำทางสถิติซึ่งประกอบด้วยสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) และ Nash-Sutcliffe Efficiency (NSE) เท่ากับ 0.76 และ 0.68 ตามลำดับ อีกทั้งยังได้ดำเนินการต่อยอดนวัตกรรมด้านเกษตรอัจฉริยะของแบบจำลองดังกล่าวเพื่อสนับสนุนการตัดสินใจในจัดสรรน้ำในโครงข่ายระบบคลองส่งน้ำในพื้นที่โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาสองพี่น้องซึ่งเป็นพื้นที่ต้นแบบ โดยดำเนินการพัฒนาแอปพลิเคชันสนับสนุนการจัดสรรน้ำแบบเรียลไทม์และระบบการตอบโต้อัตโนมัติระหว่างผู้ใช้งานกับ Line ซึ่งแอปพลิเคชันดังกล่าวประเมินปริมาณน้ำชลประทานที่จัดสรรให้ในคลองชลประทานแต่ละพื้นที่ โดยคำนึงถึงกำหนดการให้น้ำพืชซึ่งคำนวณจากแบบจำลองกำหนดพืช (CIS Model) นอกเหนือจากนั้นยังได้ใช้เทคโนโลยีการสำรวจระยะไกลในการตรวจสอบสถานะการเจริญเติบโตของพืชสำหรับพื้นที่ชลประทานในแต่ละพื้นที่ และนำเข้าข้อมูลสู่แบบจำลองกำหนดการให้น้ำพืช (CIS Model) ผลการศึกษาจากงานวิจัยนี้มีบทบาทสำคัญในการบริหารจัดการน้ำชลประทานในพื้นที่โครงการชลประทานแม่กลองใหญ่

ลายมือชื่อนิสิต

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

Tanet Samritnorapong : Development of Crop Irrigation Schedule Model and Its Application: Case Study of the Greater Mae Klong Irrigation Project. Master of Engineering (Irrigation Engineering), Major Field: Irrigation Engineering, Department of Irrigation Engineering. Thesis Advisor: Mister Jutithev Vongphet, Ph.D. Academic Year 2019

The objective of this research was to develop a model to support farmer's decisions on water application on farm-scale in the Greater Mae Klong Irrigation Project, namely the Crop Irrigation Scheduling Model (CIS Model). The model calculated real-time irrigation schedule by considering the characteristics of cultivation patterns, soil conditions, and climate. On the calibration and validation processes, depleted soil moisture contents between observed and calculated in the sugarcane field were compared to demonstrate the accuracy of the model. As a result, the model had high reliability, indicated by concerning the coefficient of determination (R^2) and Nash-Sutcliffe Efficiency (NSE) equal to 0.76 and 0.68 respectively. Moreover, this research was expanded by incorporating the intelligent agriculture innovation of the model to support the decision to allocate water in the canal network in the area of the Songphinong Operation and Maintenance Project. The real-time decision support system on irrigation water allocation was developed in the patterns of web applications and automatic reply message conversations in application Line by considering information of irrigation canal network and crops water requirements which were calculated by the CIS model. In addition, the remote sensing technology was used to monitor crop's growing state for each irrigated zone and incorporated the data into the CIS model. The results of this study could play important role on the irrigation water management in the Greater Mae Klong irrigation project.

_____ / _____ / _____
Student's signature

_____ / _____ / _____
Thesis Advisor's signature

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ถูกล่วงไปได้ด้วยดี ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ อ.ดร.จตุเทพ วงษ์เพ็ชร อาจารย์ที่ปรึกษา และ รศ.ดร.วราวุธ วุฒิวณิชย์ ตลอดจนคณาจารย์ทุกท่านในภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน ที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ ให้คำปรึกษา ติดตามการดำเนินงานวิจัย และตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนเสร็จสมบูรณ์

ขอกราบขอบพระคุณคณะกรรมการและผู้ทรงคุณวุฒิซึ่งประกอบไปด้วย ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ไชยาพงษ์ เทพประสิทธิ์ กรรมการวิชาเอก อาจารย์ ดร.เกษรรา สิริโชค กรรมการวิชาการ และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุภัทรา วิเศษศรี ภาควิชาวิศวกรรมแหล่งน้ำ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก ซึ่งให้คำแนะนำเพิ่มเติม ทำให้สามารถดำเนินการทำวิทยานิพนธ์ให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

การดำเนินงานวิจัยนี้ ได้รับทุนสนับสนุนจากสำนักงานพัฒนาการวิจัยเกษตร (องค์การมหาชน) ทุนอุดหนุนวิจัย ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2561 ทำให้การดำเนินงานวิจัยเป็นผลสำเร็จ

ผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่า วิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะสามารถเป็นประโยชน์แก่ผู้ที่สนใจ และผู้ที่เกี่ยวข้องในการนำไปใช้เป็นประโยชน์ต่อไป

ธเนศ สัมฤทธิ์นรพงศ์

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ง
กิตติกรรมประกาศ.....	จ
สารบัญ	ฉ
สารบัญตาราง	ญ
สารบัญภาพ	ฎ
สารบัญตารางผนวก.....	ฏ
สารบัญภาพผนวก.....	ฒ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 คำนำ	1
1.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	2
1.2.1 เกษตรความแม่นยำสูง	2
1.2.2 ความต้องการน้ำของพืช	3
1.2.3 การพัฒนาเครื่องมือสนับสนุนการตัดสินใจให้น้ำพืช	5
1.3 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	6
1.4 ขอบเขตงานวิจัย.....	6
1.5เค้าโครงวิทยานิพนธ์.....	6
บทที่ 2 พื้นที่ศึกษาและข้อมูลที่เกี่ยวข้อง	9
2.1 โครงการชลประทานแม่กลองใหญ่	9
2.1.1 ข้อมูลปฏิทินการเพาะปลูกในพื้นที่.....	13
2.1.2 การใช้ประโยชน์ที่ดิน.....	13

2.2 สภาพภูมิอากาศ.....	17
บทที่ 3 การพัฒนาฐานข้อมูล	26
3.1 บทนำ.....	26
3.2 การพัฒนาฐานข้อมูลสภาพภูมิอากาศ	26
3.2.1 การกำหนดที่ตั้งสถานีตรวจวัดสภาพภูมิอากาศ	26
3.3 การรวบรวมฐานข้อมูลพืช	28
3.3.1 ความยาวรากพืชใช้การ	28
3.3.2 สัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช.....	29
3.4 การทดสอบคุณสมบัติดิน.....	31
3.4.1 อุปกรณ์ในการดำเนินการ.....	31
3.4.2 วิธีดำเนินการ	32
3.5 ผลลัพธ์และการอภิปรายผล	44
3.5.1 ฐานข้อมูลสภาพภูมิอากาศ.....	44
3.5.2 ฐานข้อมูลพืช.....	46
3.5.3 ฐานข้อมูลคุณสมบัติดิน	48
3.6 สรุปและข้อเสนอแนะ.....	53
3.6.1 สรุปผลการศึกษา.....	53
3.6.2 ข้อเสนอแนะ.....	54
บทที่ 4 การพัฒนาแบบจำลองกำหนดการให้น้ำพืช.....	55
4.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องต่อการพัฒนาแบบจำลอง.....	55
4.1.1 การคำนวณความต้องการใช้น้ำเพื่อการเกษตร.....	55
4.1.2 ปริมาณน้ำในดินที่มีความสำคัญทางด้านชลประทาน.....	59
4.1.3 การพิจารณากำหนดการให้น้ำ.....	61
4.1.4 สมดุลน้ำ.....	63

4.1.5 การคำนวณปริมาณน้ำที่ให้แก่พืช	66
4.2 กระบวนการคำนวณของแบบจำลอง	66
4.3 การตรวจพิสูจน์ความแม่นยำของแบบจำลอง	67
4.4 แนวทางการพัฒนาแบบจำลองกำหนดการให้น้ำพืช	69
4.5 ผลลัพธ์และการอภิปรายผล	71
4.5.1 การนำเข้าข้อมูลและการแสดงผลของแบบจำลองกำหนดการให้น้ำพืช	71
4.5.2 การสอบเทียบแบบจำลอง	72
4.6 สรุปและข้อเสนอแนะ	73
4.6.1 สรุปผลการศึกษา	73
4.6.2 ข้อเสนอแนะ	73
บทที่ 5 การพัฒนาแอปพลิเคชันสนับสนุนการจัดสรรน้ำในพื้นที่ต้นแบบ	75
5.1 บทนำ	75
5.2 พื้นที่ศึกษา	75
5.3 การพัฒนาการปรับแก้ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืชจาก IriSAT	81
5.3.1 ระบบติดตามการใช้น้ำของพืชบน IriSAT	81
5.3.2 แนวทางการปรับแก้ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืชจาก IriSAT	82
5.4 การพัฒนาแบบจำลองสนับสนุนการตัดสินใจในการจัดสรรน้ำชลประทาน	89
5.5 การเผยแพร่แอปพลิเคชันและรับเสนอข้อคิดเห็น	91
5.6 ผลลัพธ์และการอภิปรายผล	92
5.6.1 ผลการปรับแก้สัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืชจาก IriSAT	92
5.6.2 แอปพลิเคชันสนับสนุนการจัดสรรน้ำ	96
5.6.3 ข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะจากการจัดอบรมเผยแพร่แอปพลิเคชันสนับสนุนการ จัดสรรน้ำ	100
5.7 สรุปและข้อเสนอแนะ	100

5.7.1 สรูลผลการศึกษา100

5.7.2 ข้อเสนอแนะ101

บทที่ 6 สรูลและข้อเสนอแนะ102

6.1 สรูลผลการศึกษา102

6.2 ข้อเสนอแนะ105

6.2.1 การพัฒนาฐานข้อมูล105

6.2.2 การพัฒนาแบบจำลองกำหนดการให้น้ำพืช105

6.2.3 การพัฒนาแอปพลิเคชันสนับสนุนการจัดสรรน้ำในพื้นที่ต้นแบบ106

เอกสารและสิ่งอ้างอิง.....107

ภาคผนวก114

ภาคผนวก ก ข้อมูลสภาพภูมิอากาศในพื้นที่โครงการชลประทานแม่กลองใหญ่.....115

ภาคผนวก ข กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงดึงและความชื้นจำแนกตามกลุ่มชุดดินและความลึก
.....119

ภาคผนวก ค ฐานข้อมูลกลุ่มชุดดินซึ่งเป็นตัวแทนในระดับตำบลที่แนะนำแก่ผู้ใช้งาน135

ภาคผนวก ง การปรับแก้สัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืชจาก IrrisAT146

ภาคผนวก จ การคำนวณของแบบจำลองกำหนดการให้น้ำพืช153

ภาคผนวก ฉ คู่มือการใช้งานแอปพลิเคชันการจัดสรรน้ำชลประทาน158

ภาคผนวก ช ผลงานวิชาการจากการดำเนินการวิจัย.....162

ประวัติการศึกษา และการทำงาน.....189



577785291

KU Thesisis 6124500418 thesisis / recv: 29062563 11:28:00 / seq: 50

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 1 ขนาดพื้นที่ชลประทานจำแนกตามโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษา	10
ตารางที่ 2 การใช้ประโยชน์ที่ดินจำแนกตามขอบเขตพื้นที่ชลประทาน โครงการชลประทานแม่ กลองใหญ่.....	15
ตารางที่ 3 ปริมาณฝนรายปีเฉลี่ยในพื้นที่การศึกษา.....	20
ตารางที่ 4 อุณหภูมิสูงสุดในพื้นที่การศึกษา.....	21
ตารางที่ 5 อุณหภูมิเฉลี่ยในพื้นที่การศึกษา	22
ตารางที่ 6 อุณหภูมิต่ำสุดในพื้นที่การศึกษา	23
ตารางที่ 7 อุณหภูมิที่จุดน้ำค้างในพื้นที่การศึกษา	24
ตารางที่ 8 ความเร็วลมเฉลี่ยในพื้นที่การศึกษา.....	25
ตารางที่ 9 สรุปข้อมูลชุดดินในโครงการชลประทานแม่กลองใหญ่.....	34
ตารางที่ 10 สรุปข้อมูลชุดดินในโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษา	35
ตารางที่ 11 สรุปข้อมูลชุดดินในโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษา (ต่อ).....	36
ตารางที่ 12 สรุปข้อมูลชุดดินในโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษา (ต่อ).....	37
ตารางที่ 13 ข้อมูลในการนำเข้าแบบจำลอง Rosetta	43
ตารางที่ 14 ตำแหน่งสถานีตรวจวัดสภาพภูมิอากาศที่ดำเนินการติดตั้งในพื้นที่โครงการชลประทาน แม่กลองใหญ่.....	44
ตารางที่ 15 ฐานข้อมูลสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช.....	46
ตารางที่ 16 สัมประสิทธิ์การใช้น้ำของอ้อย.....	46
ตารางที่ 17 สัมประสิทธิ์การใช้น้ำของไม้ผล-ไม้ยืนต้น	47
ตารางที่ 18 สัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืชต่างๆ รายสัปดาห์	47
ตารางที่ 19 ตำแหน่งที่เก็บตัวอย่างดินสำหรับการทดสอบตัวอย่างดิน	49

ตารางที่ 20 ตารางคุณสมบัติของดิน50

ตารางที่ 21 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงดินความชื้นในดินกับปริมาณความชื้นในดิน51

ตารางที่ 22 ฐานข้อมูลคุณสมบัติและลักษณะของดิน.....53

ตารางที่ 23 อัตราส่วนของน้ำในดินที่พืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ก่อนเกิดความเครียด.....62

ตารางที่ 24 การจัดการข้อมูลสภาพภูมิอากาศก่อนนำเข้าแบบจำลอง70

ตารางที่ 25 ข้อมูลคลองส่งน้ำในโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาสองพี่น้อง.....80

ตารางที่ 26 การใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาสองพี่น้อง80

ตารางที่ 27 ระยะเวลาในแต่ละขั้นการเจริญเติบโตของอ้อยจากการศึกษาโดย FAO85

ตารางที่ 28 ผลการตรวจพิสูจน์ข้อมูลการคัดเลือกแนวทางจากร้อยละทัศนวิสัย92

ตารางที่ 29 ผลการเปรียบเทียบดัชนีความแม่นยำค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืชระหว่างค่าจาก IrrisAT และ ค่าที่ได้จากกระบวนการสอบเทียบ.....93

ตารางที่ 30 ผลการเปรียบเทียบดัชนีความแม่นยำค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืชระหว่างค่าจาก IrrisAT และ ค่าที่ได้จากกระบวนการทวนสอบ93

ตารางที่ 31 การปรับแก้ค่าปรับแก้สัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช (K_c) จาก IrrisAT ในพื้นที่โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาสองพี่น้อง96

577785291
 KU Thesisis 6124500418 thesisis / recv: 29062563 11:28:00 / seq: 50

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 1	แผนผังการดำเนินงานวิจัยโดยรวม	8
ภาพที่ 2	แหล่งน้ำต้นทุนของกลุ่มน้ำแม่กลองและ โครงการชลประทานแม่กลองใหญ่.....	11
ภาพที่ 3	โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาในพื้นที่โครงการชลประทานแม่กลองใหญ่	12
ภาพที่ 4	ปฏิทินการเพาะปลูกในพื้นที่โครงการชลประทานแม่กลองใหญ่	13
ภาพที่ 5	การกระจายตัวของการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่โครงการชลประทานแม่กลองใหญ่	16
ภาพที่ 6	ปริมาณฝนรายปีเฉลี่ยในพื้นที่การศึกษา	18
ภาพที่ 7	อุณหภูมิสูงสุดในพื้นที่การศึกษา	18
ภาพที่ 8	อุณหภูมิเฉลี่ยในพื้นที่การศึกษา.....	18
ภาพที่ 9	อุณหภูมิต่ำสุดในพื้นที่การศึกษา.....	19
ภาพที่ 10	อุณหภูมิต่อจุดน้ำค้างในพื้นที่การศึกษา	19
ภาพที่ 11	ความเร็วลมเฉลี่ยในพื้นที่การศึกษา	19
ภาพที่ 12	แผนผังการดำเนินการพัฒนาฐานข้อมูลสำหรับแบบจำลองกำหนดการให้น้ำพืช.....	27
ภาพที่ 13	สัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืชโดย FAO.....	30
ภาพที่ 14	แผนที่กลุ่มชุดดินโครงการชลประทานแม่กลองใหญ่.....	33
ภาพที่ 15	ตำแหน่งการเก็บตัวอย่างดิน	38
ภาพที่ 16	ตำแหน่งที่ตั้งสถานีตรวจวัดภูมิอากาศ	45
ภาพที่ 17	กราฟแสดงลักษณะการอุ้มน้ำของกลุ่มชุดดินที่ 3 ที่ความลึก 15 เซนติเมตร	52
ภาพที่ 18	กราฟแสดงลักษณะการอุ้มน้ำของกลุ่มชุดดินที่ 3 ที่ความลึก 30 เซนติเมตร	52
ภาพที่ 19	กราฟแสดงลักษณะการอุ้มน้ำของกลุ่มชุดดินที่ 3 ที่ความลึก 45 เซนติเมตร	52
ภาพที่ 20	สมมูลน้ำในเขตรากพืช	63
ภาพที่ 21	สมมูลน้ำในเขตรากพืชที่ใช้สำหรับแบบจำลอง.....	65



ภาพที่ 22 สมดุลความน้ำในนาข้าวสำหรับแบบจำลอง.....65

ภาพที่ 23 แผนผังการทำงานของแบบจำลอง67

ภาพที่ 24 หน้าต่างกำหนดรายละเอียดของแปลงเพาะปลูกสำหรับผู้ใช้งานของแบบจำลอง
กำหนดการให้น้ำพืช.....71

ภาพที่ 25 หน้าต่างแสดงผลการคำนวณของแบบจำลองกำหนดการให้น้ำพืช71

ภาพที่ 26 การเปรียบเทียบค่าความชื้นในดินจากการคำนวณโดยแบบจำลองกำหนดการให้น้ำพืชกับ
การตรวจวัดโดยเซนเซอร์ตรวจวัดความชื้นในดิน.....72

ภาพที่ 27 แผนผังการดำเนินการพัฒนาแอปพลิเคชันสนับสนุนการบริหารจัดการน้ำในพื้นที่
ต้นแบบ.....76

ภาพที่ 28 ปฏิทินเพาะปลูกโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาสองพี่น้อง77

ภาพที่ 29 คลองส่งน้ำในพื้นที่โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาสองพี่น้อง78

ภาพที่ 30 การใช้ประโยชน์ที่ดินในโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาสองพี่น้อง.....79

ภาพที่ 31 กระบวนการปรับแก้ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช (K_c) จาก IrrisAT.....83

ภาพที่ 32 พื้นที่ศึกษาสำหรับการปรับแก้ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของอ้อย85

ภาพที่ 33 พื้นที่ศึกษาสำหรับการปรับแก้ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของข้าว.....87

ภาพที่ 34 พื้นที่ศึกษาสำหรับการปรับแก้ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของมะม่วง87

ภาพที่ 35 การทำงานของระบบ Line ChatBot และฐานข้อมูลแบบจำลอง90

ภาพที่ 36 QR Code สำหรับการเข้าใช้งานแอปพลิเคชันสนับสนุนการจัดสรรน้ำ.....98

ภาพที่ 37 ตัวอย่างการเข้าใช้งานแอปพลิเคชันสนับสนุนการจัดสรรน้ำ98

ภาพที่ 38 QR Code สำหรับการเข้าใช้งานระบบตอบโต้อัตโนมัติสำหรับสนับสนุนการจัดสรรน้ำ.....99

ภาพที่ 39 การตอบโต้ของระบบการตอบโต้อัตโนมัติระหว่าง Line กับผู้ใช้งาน99



สารบัญตารางผนวก

หน้า

ตารางผนวกที่ ก1 ข้อมูลสภาพภูมิอากาศจากสถานีอุตุนิยมวิทยา จ.นครปฐม.....	110
ตารางผนวกที่ ก2 ข้อมูลสภาพภูมิอากาศจากสถานีอุตุนิยมวิทยา จ.ราชบุรี.....	111
ตารางผนวกที่ ก3 ข้อมูลสภาพภูมิอากาศจากสถานีสถานีอุตุนิยมวิทยาเกษตรอู่ทอง.....	112
ตารางผนวกที่ ค1 ข้อมูลชุดดินตัวแทนแต่ละตำบลในพื้นที่ชลประทานแม่กลองใหญ่.....	130
ตารางผนวกที่ ค2 ข้อมูลชุดดินตัวแทนแต่ละตำบลในพื้นที่ชลประทานแม่กลองใหญ่ (ต่อ).....	131
ตารางผนวกที่ ค3 ข้อมูลชุดดินตัวแทนแต่ละตำบลในพื้นที่ชลประทานแม่กลองใหญ่ (ต่อ).....	132
ตารางผนวกที่ ค4 ข้อมูลชุดดินตัวแทนแต่ละตำบลในพื้นที่ชลประทานแม่กลองใหญ่ (ต่อ).....	133
ตารางผนวกที่ ค5 ข้อมูลชุดดินตัวแทนแต่ละตำบลในพื้นที่ชลประทานแม่กลองใหญ่ (ต่อ).....	134
ตารางผนวกที่ ค6 ข้อมูลชุดดินตัวแทนแต่ละตำบลในพื้นที่ชลประทานแม่กลองใหญ่ (ต่อ).....	135
ตารางผนวกที่ ค7 ข้อมูลชุดดินตัวแทนแต่ละตำบลในพื้นที่ชลประทานแม่กลองใหญ่ (ต่อ).....	136
ตารางผนวกที่ ค8 ข้อมูลชุดดินตัวแทนแต่ละตำบลในพื้นที่ชลประทานแม่กลองใหญ่ (ต่อ).....	137
ตารางผนวกที่ ค9 ข้อมูลชุดดินตัวแทนแต่ละตำบลในพื้นที่ชลประทานแม่กลองใหญ่ (ต่อ).....	138
ตารางผนวกที่ ค10 ข้อมูลชุดดินตัวแทนแต่ละตำบลในพื้นที่ชลประทานแม่กลองใหญ่ (ต่อ).....	139



KU_Thesis 6124500418 thesis / rev: 29062563 11:28:00 / seq: 50

สารบัญภาพผนวก

หน้า

ภาพผนวกที่ ข1 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงดึงและความชื้นกลุ่มชุดดินที่ 1 ที่ความลึก ระดับ 15 cm.....	114
ภาพผนวกที่ ข2 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงดึงและความชื้นกลุ่มชุดดินที่ 1 ที่ความลึก ระดับ 30 cm.....	114
ภาพผนวกที่ ข3 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงดึงและความชื้นกลุ่มชุดดินที่ 1 ที่ความลึก ระดับ 45 cm.....	115
ภาพผนวกที่ ข4 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงดึงและความชื้นกลุ่มชุดดินที่ 2 ที่ความลึก ระดับ 15 cm.....	115
ภาพผนวกที่ ข5 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงดึงและความชื้นกลุ่มชุดดินที่ 2 ที่ความลึก ระดับ 30 cm.....	116
ภาพผนวกที่ ข6 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงดึงและความชื้นกลุ่มชุดดินที่ 2 ที่ความลึก ระดับ 45 cm.....	116
ภาพผนวกที่ ข7 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงดึงและความชื้นกลุ่มชุดดินที่ 3 ที่ความลึก ระดับ 15 cm.....	117
ภาพผนวกที่ ข8 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงดึงและความชื้นกลุ่มชุดดินที่ 3 ที่ความลึก ระดับ 30 cm.....	117
ภาพผนวกที่ ข9 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงดึงและความชื้นกลุ่มชุดดินที่ 3 ที่ความลึก ระดับ 45 cm.....	118
ภาพผนวกที่ ข10 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงดึงและความชื้นกลุ่มชุดดินที่ 4 ที่ความลึก ระดับ 15 cm.....	118



ภาพผนวกที่ ข11 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงดึงและความชื้นกลุ่มชุดดินที่ 4 ที่ความลึก
ระดับ 30 cm.....119

ภาพผนวกที่ ข12 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงดึงและความชื้นกลุ่มชุดดินที่ 4 ที่ความลึก
ระดับ 45 cm.....119

ภาพผนวกที่ ข13 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงดึงและความชื้นกลุ่มชุดดินที่ 6 ที่ความลึก
ระดับ 15 cm.....120

ภาพผนวกที่ ข14 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงดึงและความชื้นกลุ่มชุดดินที่ 6 ที่ความลึก
ระดับ 30 cm.....120

ภาพผนวกที่ ข15 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงดึงและความชื้นกลุ่มชุดดินที่ 6 ที่ความลึก
ระดับ 45 cm.....121

ภาพผนวกที่ ข16 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงดึงและความชื้นกลุ่มชุดดินที่ 7 ที่ความลึก
ระดับ 15 cm.....121

ภาพผนวกที่ ข17 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงดึงและความชื้นกลุ่มชุดดินที่ 7 ที่ความลึก
ระดับ 30 cm.....122

ภาพผนวกที่ ข18 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงดึงและความชื้นกลุ่มชุดดินที่ 7 ที่ความลึก
ระดับ 45 cm.....122

ภาพผนวกที่ ข19 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงดึงและความชื้นกลุ่มชุดดินที่ 8 ที่ความลึก
ระดับ 15 cm.....123

ภาพผนวกที่ ข20 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงดึงและความชื้นกลุ่มชุดดินที่ 8 ที่ความลึก
ระดับ 30 cm.....123

ภาพผนวกที่ ข21 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงดึงและความชื้นกลุ่มชุดดินที่ 8 ที่ความลึก
ระดับ 45 cm.....124

ภาพผนวกที่ ข22 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงดึงและความชื้นกลุ่มชุดดินที่ 11 ที่ความลึก
ระดับ 15 cm.....124

ภาพผนวกที่ ข23 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงดึงและความชื้นกลุ่มชุดดินที่ 11 ที่ความลึก ระดับ 30 cm.....	125
ภาพผนวกที่ ข24 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงดึงและความชื้นกลุ่มชุดดินที่ 11 ที่ความลึก ระดับ 45 cm.....	125
ภาพผนวกที่ ข25 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงดึงและความชื้นกลุ่มชุดดินที่ 33 ที่ความลึก ระดับ 15 cm.....	126
ภาพผนวกที่ ข26 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงดึงและความชื้นกลุ่มชุดดินที่ 33 ที่ความลึก ระดับ 30 cm.....	126
ภาพผนวกที่ ข27 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงดึงและความชื้นกลุ่มชุดดินที่ 33 ที่ความลึก ระดับ 45 cm.....	127
ภาพผนวกที่ ข28 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงดึงและความชื้นกลุ่มชุดดินที่ 38 ที่ความลึก ระดับ 15 cm.....	127
ภาพผนวกที่ ข29 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงดึงและความชื้นกลุ่มชุดดินที่ 38 ที่ความลึก ระดับ 30 cm.....	128
ภาพผนวกที่ ข30 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงดึงและความชื้นกลุ่มชุดดินที่ 38 ที่ความลึก ระดับ 45 cm.....	128
ภาพผนวกที่ ง1 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของอ้อยกับค่าจาก IrrisAT.....	141
ภาพผนวกที่ ง2 การเปรียบเทียบระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของอ้อยกับค่าจาก IrrisAT.....	141
ภาพผนวกที่ ง3 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของข้าวกับค่าจาก IrrisAT.....	142
ภาพผนวกที่ ง4 การเปรียบเทียบระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของข้าวกับค่าจาก IrrisAT.....	142
ภาพผนวกที่ ง5 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของมะม่วงกับค่าสัมประสิทธิ์ การใช้ของพืชจากIrrisAT.....	143



577785291

KU Thesisis 6124500418 thesisis / recv: 29062563 11:28:00 / seq: 50

ภาพผนวกที่ ๖ การเปรียบเทียบระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของมะม่วงกับค่าจาก IrrisAT ผลการตรวจพิสูจน์ความแม่นยำของสมการปรับแก้.....143

ภาพผนวกที่ ๗ การเปรียบเทียบระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของอ้อยกับค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของอ้อยจาก IrrisAT ในกระบวนการสอบเทียบ.....144

ภาพผนวกที่ ๘ การเปรียบเทียบระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของอ้อยกับค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของอ้อยจาก IrrisAT ในกระบวนการทวนสอบ.....144

ภาพผนวกที่ ๙ การเปรียบเทียบระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของอ้อยกับค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของข้าวจาก IrrisAT ในกระบวนการสอบเทียบ.....145

ภาพผนวกที่ ๑๐ การเปรียบเทียบระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของอ้อยกับค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของข้าวจาก IrrisAT ในกระบวนการทวนสอบ.....145

ภาพผนวกที่ ๑๑ การเปรียบเทียบระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของอ้อยกับค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของมะม่วงจาก IrrisAT ในกระบวนการสอบเทียบ.....146

ภาพผนวกที่ ๑๒ การเปรียบเทียบระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของอ้อยกับค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของมะม่วงจาก IrrisAT ในกระบวนการทวนสอบ.....146

ภาพผนวกที่ ๑๓ ตัวอย่างการแสดงผลของแบบจำลอง.....148

ภาพผนวกที่ ๑๔ ตัวอย่างการคำนวณของแบบจำลองกำหนดการให้น้ำพืช.....149

ภาพผนวกที่ ๑๕ ตัวอย่างการคำนวณของแบบจำลองกำหนดการให้น้ำพืช (ต่อ).....150

ภาพผนวกที่ ๑๖ ตัวอย่างการคำนวณของแบบจำลองกำหนดการให้น้ำพืช (ต่อ).....151

ภาพผนวกที่ ๑๗ QR Code สำหรับการเข้าใช้งานแอปพลิเคชันสนับสนุนการจัดสรรน้ำ.....153

ภาพผนวกที่ ๑๘ การแสดงผลแบบรายการ (List) ของแอปพลิเคชันสนับสนุนการจัดสรรน้ำ.....153

ภาพผนวกที่ ๑๙ การแสดงผลแบบแผนที่ (Map) ของแอปพลิเคชันสนับสนุนการจัดสรรน้ำ.....154

ภาพผนวกที่ ๒๐ การแสดงผลข้อมูลสำหรับสนับสนุนการจัดสรรน้ำจากแอปพลิเคชันสนับสนุนการจัดสรรน้ำ.....154

577785291
 KU Thesisis 6124500418 thesisis / recv: 29062563 11:28:00 / seq: 50

ภาพผนวกที่ ฉ5 การอบรมและเผยแพร่การใช้งานแอปพลิเคชันสนับสนุนการจัดสรรน้ำ
ชลประทาน.....155

ภาพผนวกที่ ช1 บทความงานวิจัยเรื่องการพัฒนาแบบจำลองกำหนดการให้น้ำอ้อย.....158

ภาพผนวกที่ ช2 บทความงานวิจัยเรื่องการพัฒนาแบบจำลองกำหนดการให้น้ำอ้อย (ต่อ).....159

ภาพผนวกที่ ช3 บทความงานวิจัยเรื่องการพัฒนาแบบจำลองกำหนดการให้น้ำอ้อย (ต่อ).....160

ภาพผนวกที่ ช4 บทความงานวิจัยเรื่องการพัฒนาแบบจำลองกำหนดการให้น้ำอ้อย (ต่อ).....161

ภาพผนวกที่ ช5 บทความงานวิจัยเรื่องการพัฒนาแบบจำลองกำหนดการให้น้ำอ้อย (ต่อ).....162

ภาพผนวกที่ ช6 บทความงานวิจัยเรื่องการพัฒนาแบบจำลองกำหนดการให้น้ำอ้อย (ต่อ).....163

ภาพผนวกที่ ช7 บทความงานวิจัยเรื่องการพัฒนาแบบจำลองกำหนดการให้น้ำอ้อย (ต่อ).....164

ภาพผนวกที่ ช8 บทความงานวิจัยเรื่องการประยุกต์ใช้แบบจำลองกำหนดการให้น้ำอ้อยเพื่อ
เปรียบเทียบปริมาณความต้องการน้ำชลประทานภายใต้การเปลี่ยนแปลงปฏิทินเพาะปลูก.....165

ภาพผนวกที่ ช9 บทความงานวิจัยเรื่องการประยุกต์ใช้แบบจำลองกำหนดการให้น้ำอ้อยเพื่อ
เปรียบเทียบปริมาณความต้องการน้ำชลประทานภายใต้การเปลี่ยนแปลงปฏิทินเพาะปลูก(ต่อ)...166

ภาพผนวกที่ ช10 บทความงานวิจัยเรื่องการประยุกต์ใช้แบบจำลองกำหนดการให้น้ำอ้อยเพื่อ
เปรียบเทียบปริมาณความต้องการน้ำชลประทานภายใต้การเปลี่ยนแปลงปฏิทินเพาะปลูก(ต่อ)...167

ภาพผนวกที่ ช11 บทความงานวิจัยเรื่องการประยุกต์ใช้แบบจำลองกำหนดการให้น้ำอ้อยเพื่อ
เปรียบเทียบปริมาณความต้องการน้ำชลประทานภายใต้การเปลี่ยนแปลงปฏิทินเพาะปลูก(ต่อ)...168

ภาพผนวกที่ ช12 บทความงานวิจัยเรื่องการประยุกต์ใช้แบบจำลองกำหนดการให้น้ำอ้อยเพื่อ
เปรียบเทียบปริมาณความต้องการน้ำชลประทานภายใต้การเปลี่ยนแปลงปฏิทินเพาะปลูก(ต่อ)...169

ภาพผนวกที่ ช13 บทความงานวิจัยเรื่องการประยุกต์ใช้แบบจำลองกำหนดการให้น้ำอ้อยเพื่อ
เปรียบเทียบปริมาณความต้องการน้ำชลประทานภายใต้การเปลี่ยนแปลงปฏิทินเพาะปลูก(ต่อ)...170

ภาพผนวกที่ ช14 บทความงานวิจัยเรื่องการประยุกต์ใช้แบบจำลองกำหนดการให้น้ำอ้อยเพื่อ
เปรียบเทียบปริมาณความต้องการน้ำชลประทานภายใต้การเปลี่ยนแปลงปฏิทินเพาะปลูก(ต่อ)...171

ภาพผนวกที่ ข15 บทความงานวิจัยเรื่องการประยุกต์ใช้แบบจำลองกำหนดการให้น้ำอ้อยเพื่อ เปรียบเทียบปริมาณความต้องการน้ำชลประทานภายใต้การเปลี่ยนแปลงปฏิทินเพาะปลูก(ต่อ)...172	172
ภาพผนวกที่ ข16 บทความงานวิจัยเรื่องการประยุกต์ใช้แบบจำลองกำหนดการให้น้ำอ้อยเพื่อ เปรียบเทียบปริมาณความต้องการน้ำชลประทานภายใต้การเปลี่ยนแปลงปฏิทินเพาะปลูก(ต่อ)...173	173
ภาพผนวกที่ ข17 บทความงานวิจัยเรื่องการประยุกต์ใช้แบบจำลองกำหนดการให้น้ำอ้อยเพื่อ เปรียบเทียบปริมาณความต้องการน้ำชลประทานภายใต้การเปลี่ยนแปลงปฏิทินเพาะปลูก(ต่อ)...174	174
ภาพผนวกที่ ข18 บทความงานวิจัยเรื่องการประยุกต์ใช้แบบจำลองกำหนดการให้น้ำอ้อยเพื่อ เปรียบเทียบปริมาณความต้องการน้ำชลประทานภายใต้การเปลี่ยนแปลงปฏิทินเพาะปลูก(ต่อ)...175	175
ภาพผนวกที่ ข19 บทความงานวิจัยเรื่องการปรับแก้ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของอ้อยจากการ แปรภาพถ่ายดาวเทียม โดย IriSAT.....176	176
ภาพผนวกที่ ข20 บทความงานวิจัยเรื่องการปรับแก้ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของอ้อยจากการ แปรภาพถ่ายดาวเทียม โดย IriSAT (ต่อ).....177	177
ภาพผนวกที่ ข21 บทความงานวิจัยเรื่องการปรับแก้ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของอ้อยจากการ แปรภาพถ่ายดาวเทียม โดย IriSAT (ต่อ).....178	178
ภาพผนวกที่ ข22 บทความงานวิจัยเรื่องการปรับแก้ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของอ้อยจากการ แปรภาพถ่ายดาวเทียม โดย IriSAT (ต่อ).....189	189
ภาพผนวกที่ ข23 บทความงานวิจัยเรื่องการปรับแก้ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของอ้อยจากการ แปรภาพถ่ายดาวเทียม โดย IriSAT (ต่อ).....180	180
ภาพผนวกที่ ข24 บทความงานวิจัยเรื่องการปรับแก้ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของอ้อยจากการ แปรภาพถ่ายดาวเทียม โดย IriSAT (ต่อ).....181	181
ภาพผนวกที่ ข25 บทความงานวิจัยเรื่องการปรับแก้ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของอ้อยจากการ แปรภาพถ่ายดาวเทียม โดย IriSAT (ต่อ).....182	182
ภาพผนวกที่ ข26 บทความงานวิจัยเรื่องการปรับแก้ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของอ้อยจากการ แปรภาพถ่ายดาวเทียม โดย IriSAT (ต่อ).....183	183



577785291

KU Thesisis 6124500418 thesisis / recv: 29062563 11:28:00 / seq: 50

บทที่ 1 บทนำ

1.1 คำนำ

น้ำเป็นทรัพยากรที่มีความสำคัญต่อด้านเกษตรกรรมอย่างมาก ถ้าหากในการเพาะปลูกมีการขาดแคลนน้ำย่อมทำให้การเพาะปลูกไม่ประสบความสำเร็จหรือผลผลิตน้อยกว่าที่ควรเป็น โดยที่ความต้องการน้ำสำหรับภาคเกษตรกรรมในประเทศไทยคิดเป็นร้อยละ 70 ของความต้องการน้ำทั้งหมด (สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย, 2555; สิตาวิริ์ ชีรวีรุพห์, 2559) ดังนั้นการบริหารจัดการน้ำสำหรับการเกษตรจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่ง สำหรับการบริหารจัดการน้ำให้พื้นที่เพาะปลูกให้ได้รับน้ำอย่างเพียงพอและเหมาะสม

ปัจจุบันประเทศไทยมีการผลักดันนโยบายไทยแลนด์ 4.0 ซึ่งเป็นโมเดลขับเคลื่อนประเทศไทยไปสู่ความมั่นคง มั่งคั่ง และยั่งยืน โดยที่กลุ่มเกษตรและอาหารใช้เทคโนโลยีชีวภาพ เป็นกลุ่มเทคโนโลยีกลุ่มที่ 1 ในอุตสาหกรรมเป้าหมายที่ทางรัฐบาลได้มีนโยบายสำคัญที่ต้องการปรับเปลี่ยนจาก “ระบบเศรษฐกิจที่พึ่งพาเทคโนโลยีจากภายนอกเป็นส่วนใหญ่” สู่ “ระบบเศรษฐกิจที่เน้นการพัฒนา เทคโนโลยีของตนเองในระดับที่เหมาะสม” โดยได้ปรับเปลี่ยนจาก จาก 10 อุตสาหกรรมแห่งอนาคตสู่ 5 กลุ่มเทคโนโลยีและอุตสาหกรรมเป้าหมาย ซึ่งกลุ่มเกษตรและอาหารใช้เทคโนโลยีชีวภาพ (Food & Agriculture - Biotech) เป็นกลุ่มเป้าหมายที่ 1 ของ 5 กลุ่มเทคโนโลยีและอุตสาหกรรมเป้าหมาย โดยเกษตรแม่นยำ (Precision Agriculture) และ เทคโนโลยีเกษตรเชิงตัวเลขและการจัดการ (Digital Agriculture Technology & Management) เป็นส่วนหนึ่งของกลุ่มเครื่องมือที่เป็นกลไกขับเคลื่อนไปสู่ระบบเกษตรแปลงไร่นาแบบอัจฉริยะ (Smart Farm) เพื่อให้สามารถใช้ทรัพยากรที่มีอยู่ได้อย่างมั่นคงและยั่งยืน โดยปัจจุบันยังคงขาดแบบจำลองที่สามารถสนับสนุนการตัดสินใจให้น้ำแก่เกษตรกรที่เหมาะสมกับประเทศไทย

โครงการชลประทานแม่กลองใหญ่ เป็นโครงการชลประทานที่มีขนาดใหญ่ มีพื้นที่โครงการประมาณ 3.2 ล้านไร่ ประกอบด้วย โครงการส่งน้ำบำรุงรักษา ครอบคลุมพื้นที่ถึง 7 จังหวัด ได้แก่ กาญจนบุรี ราชบุรี สุพรรณบุรี นครปฐม เพชรบุรี สมุทรสาคร และสมุทรสงคราม โครงการนี้ นอกจากจะอำนวยความสะดวกในด้านการชลประทาน การจัดหาเพื่ออุปโภค บริโภค การบรรเทาอุทกภัย การประมง และคมนาคมแล้ว ยังครอบคลุมถึงการระบายน้ำและการป้องกันน้ำเค็ม โดยการใช้น้ำภาคเกษตรกรรมยังคงเป็นกลุ่มผู้ใช้น้ำรายหลักของกลุ่มน้ำแม่กลอง หรือคิดเป็นร้อยละ 70 ของปริมาณความต้องการใช้น้ำทั้งหมดในกลุ่มน้ำ (สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำและการเกษตร, 2555)

โดยพื้นที่เกษตรกรรมในโครงการชลประทานมีความหลากหลายของชนิดพืชที่ปลูก โดยมีทั้งข้าว พืชสวน พืชผัก และ พืชเศรษฐกิจ เช่น อ้อย เป็นต้น จากลักษณะความหลากหลายของการปลูกพืช และพื้นที่ที่มีขนาดใหญ่ดังที่กล่าวมา ทำให้มีความหลากหลายของข้อมูลการปลูกพืช ทั้งในด้าน ชนิด และระยะเวลาในการปลูก รวมถึงวิธีการให้น้ำ ซึ่งส่งผลต่อช่วงเวลาที่เหมาะสม และปริมาณ น้ำที่จะต้องให้แก่พืช อีกทั้งจากนโยบายของรัฐบาลที่ได้สนับสนุนให้เกษตรกรเปลี่ยนรูปแบบการ ปลูกพืชเป็นพืชที่ใช้น้ำน้อยแต่มีราคา เช่น พืชสวน พืชผัก และ พืชเศรษฐกิจ เพื่อลดการใช้น้ำและ เพิ่มรายได้ให้กับเกษตรกร รวมถึงนโยบายเกษตรแปลงใหญ่ที่ให้เกษตรกรรวมกลุ่มโดยพิจารณา ความเหมาะสมของพื้นที่ สภาพภูมิอากาศ ชนิดดิน และการรวมกลุ่มเกษตรกร ดังนั้น แบบจำลอง สำหรับสนับสนุนการตัดสินใจในการให้น้ำแก่เกษตรกรจะเป็นเครื่องมือที่ช่วยอำนวยความสะดวก ให้แก่เกษตรกรที่ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเรื่องการบริหารจัดการน้ำในระดับไร่นา อีกทั้งยังเป็น เครื่องมือที่ช่วยในการวางแผนการผลิตสินค้าทางการเกษตร และใช้ทรัพยากรที่มีอยู่ให้เกิดความ ยั่งยืน

1.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1.2.1 เกษตรความแม่นยำสูง

เกษตรความแม่นยำสูง (Precision Agriculture) เป็นการนำเทคโนโลยีต่างๆ และการจัดการ ข้อมูลในพื้นที่เพาะปลูก อาทิเช่น ภูมิประเทศ ลักษณะดิน ปริมาณน้ำ สภาพภูมิอากาศ เพื่อบริหาร จัดการพื้นที่เพาะปลูกให้มีความเหมาะสมและมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ทำให้สามารถลดต้นทุนใน กระบวนการผลิต เพิ่มคุณภาพและมาตรฐานผลผลิต ลดความเสี่ยงในการเพาะปลูก และช่วงให้มี ผลผลิตสูงสุด โดยในปัจจุบันการเกษตรแม่นยำสูงได้รับความสนใจและนำมาใช้ในการเกษตร หลากหลายรูปแบบ (Lowenberg-Deboer, 2004; สำนักงานที่ปรึกษาการเกษตรต่างประเทศ ประจำ กรุงแคนเบอร์รา, 2561) เทคโนโลยีเกษตรแม่นยำประกอบด้วย 3 องค์ประกอบหลัก คือ 1) เทคโนโลยีในการเก็บข้อมูล เช่น เซนเซอร์ (Sensors) อากาศยานไร้คนขับ (Drone) ดาวเทียม (Satellite) เป็นต้น 2) เทคโนโลยีในการสื่อสารและจัดการข้อมูล เช่น อินเทอร์เน็ต คลื่นวิทยุ ดาวเทียม เป็นต้น 3) เทคโนโลยีในการประมวลผลและวิเคราะห์ข้อมูล เช่น Algorithm Software เป็นต้น โดยข้อมูลในระบบจะเป็นข้อมูลเรียลไทม์และมีความละเอียดสูง ทำการวิเคราะห์ข้อมูลรวม กับระบบภูมิสารสนเทศ (Geographic Information System; GIS) เพื่อที่จะระบุตามสถานีและเวลา อย่างแม่นยำ (นิพนธ์ พัวพงศกร, 2560)

การทำเกษตรแม่นยำสูงเป็นแนวคิดที่ทำให้เกิดการทำการเกษตรอัจฉริยะ (Smart Farm) ซึ่งในปัจจุบันการทำเกษตรอัจฉริยะยังคงมีต้นทุนสูงมาก เหมาะกับการปลูกพืชที่ผลผลิตมีมูลค่าสูง ส่วนใหญ่ของการทำการเกษตรกรรมความแม่นยำสูงมีการทำงานด้วยระบบ IoT (Internet of Think) เนื่องจากมีความแม่นยำสูง ทำงานได้ง่าย แต่สามารถใช้ได้ในเฉพาะพื้นที่หรือเครื่องมือที่ติดตั้งระบบ เช่น ระบบให้น้ำอัตโนมัติจากการตรวจวัดความชื้นในดิน ระบบตรวจสอบสุขภาพของพืชแบบเรียลไทม์ (Ciprian-Radu Rad, 2015; Uferah Shafi, 2019; Yousfi Salima, 2019) แต่การพัฒนาเกษตรแม่นยำสูงจากการใช้ฐานข้อมูลเชิงพื้นที่ (Spatial Database) ยังไม่นิยมเนื่องจากมีความแตกต่างกันสำหรับพื้นที่เพาะปลูก สภาพภูมิอากาศ รวมถึงพันธุ์พืช เพื่อสนับสนุนการพัฒนาการเกษตร โดยทั่วไปและการจัดการฟาร์มที่มีประสิทธิภาพ โดยเฉพาะการใช้นวัตกรรมด้านต่างๆ เป็นปัจจัยสำคัญ (Aker, 2011; Marius Michels, 2020) ดังนั้นการพัฒนาเครื่องมือสำหรับการทำการเกษตรแม่นยำสูงจากการใช้ฐานข้อมูลเชิงพื้นที่จึงเป็นประโยชน์กับเกษตรกรจำนวนมาก มีความสำคัญต่อการเพิ่มผลผลิต การลดการใช้น้ำ (Laurens Klerkx, 2019; Pedersen Søren Marcus, 2017; Sayan Kumar Roy, 2020)

1.2.2 ความต้องการน้ำของพืช

ปริมาณน้ำที่สูญเสียในแปลงเพาะปลูกเกิดขึ้นได้จากหลายปัจจัย ได้แก่ การไหลบ่าล้นท้ายแปลง การซึมเลยเขตราก การคายน้ำของพืช (Transpiration) และการระเหยของน้ำในดิน (Evaporation) (FAO, 1974; SSSA, 2008) โดยที่ปริมาณการใช้น้ำของพืช (Crop Water Requirement) เกิดจากการคายระเหยน้ำ หรือปริมาณน้ำในดินที่สูญเสียออกไปจากพืชนำไปใช้ รวมถึงน้ำที่ระเหยขึ้นสู่อากาศ โดยน้ำที่สูญเสียจากกระบวนการนี้จะถูกชดเชยด้วยน้ำฝน เพื่อเสริมปริมาณน้ำที่ไม่เพียงพอจากปริมาณฝนจึงให้น้ำชลประทานที่เข้าสู่ในพื้นที่เพาะปลูกนั้นๆ สำหรับพื้นที่ชลประทาน (Shahzada Adnan, 2011) อย่างไรก็ตามสำหรับการหาความต้องการน้ำของพืชสามารถหาได้จากการทำการทดลองภาคสนาม แต่สามารถทำได้ยาก และมีค่าใช้จ่ายสูง เพื่อหลีกเลี่ยงข้อจำกัดนั้นจึงมีการหาความต้องการน้ำทางอ้อมจากสมการอย่างง่าย (Empirical Formula) เพื่อหาปริมาณความต้องการน้ำของพืชที่เกิดจากการระเหยของน้ำและการคายน้ำของพืชหรือที่เรียกว่าการคายระเหย (Evapotranspiration) โดยการคำนวณปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (Reference Crop Evapotranspiration; ET₀) และปริมาณความต้องการน้ำของพืช (Crop Evapotranspiration; ET_c) เพื่อนำมาใช้คำนวณความต้องการน้ำชลประทาน (Crop Water Requirements; CWR) สำหรับการวางแผนการให้น้ำ การส่งน้ำชลประทาน และการจัดสรรทรัพยากรน้ำที่มีอยู่ให้สามารถใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Branislava Lalic, 2013; FAO, 1998; Layheang Song, 2015; Margarita Garcia-Vila,



577785291

KU Thesisis 6124500418 thesisis / recv: 29062563 11:28:00 / seq: 50

2009; Marvin E. Jensen, 1990) ซึ่งในอดีตจนถึงปัจจุบันมีการพัฒนาแบบจำลองต่างๆ เพื่อประเมิน ET₀, ET_c และ CRW อาทิเช่น แบบจำลอง CROPWAT (Smith, 1992) แบบจำลอง GCWM (Global Crop Water Model) (Stefan Siebert, 2008) แบบจำลอง GeoWRSI (Water Requirements Satisfaction Index) (CU, 2017) แบบจำลอง AquaCrop (FAO, 2018) โดยที่แบบจำลองต่างๆ นี้เป็นที่ยอมรับของผู้ใช้งานทั่วไป มีข้อดีในการใช้งานที่หลากหลาย (Ofentse Moseki, 2019) แต่ยังพบข้อจำกัดของแบบจำลองที่เหมือนกันคือการนำเข้าข้อมูลตามเวลาปัจจุบัน (Real Time) ซึ่งจะทำให้ความแม่นยำของแบบจำลองสูงขึ้นและมีความเหมาะสมกับการใช้แบบจำลองในระดับพื้นที่เพาะปลูกสำหรับสนับสนุนการตัดสินใจให้น้ำ นอกจากนั้นการนำผลการวิเคราะห์จากแบบจำลองมาพัฒนาต่อยังคงเป็นเรื่องที่ยังยากไม่เหมาะสมกับการนำมาพัฒนา (Mohamed Ammar, 2019; P. S. Minhas, 2020; Ricardo D. Rosa, 2012) ดังนั้นการพัฒนาแบบจำลองจำเป็นต้องให้ข้อมูลอยู่ในรูปแบบที่สามารถใช้งานต่อได้สะดวก

นอกเหนือจากแบบจำลองประเมินความต้องการน้ำ ปัจจุบันมีเทคโนโลยีในการแปลงภาพถ่ายดาวเทียมมาช่วยในการประเมินความต้องการน้ำของพืชจากการแปลภาพถ่ายดาวเทียมให้อยู่ในรูปของดัชนีพืชพรรณ (Normalized Difference Vegetation Index; NDVI) ซึ่งมีความสัมพันธ์โดยตรงกับความสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช (Crop Coefficient; K_c) (Guido D'Urso, 2013; Janelle Montgomery, 2015; Muhammad Shahinur Alam, 2018) มีความสำคัญต่อการประเมินความต้องการน้ำชลประทานทั้งในพื้นที่เพาะปลูก เช่น พื้นที่เพาะปลูกที่มีการเพาะปลูกต่างเวลา พื้นที่เพาะปลูกที่มีการเพาะปลูกต่างชนิดกัน เป็นต้น ทำให้สามารถประเมินความต้องการน้ำในพื้นที่เพาะปลูกได้อย่างแม่นยำ รวมถึงทำให้สามารถประเมินความต้องการน้ำในพื้นที่ชลประทานได้อย่างมีประสิทธิภาพว่าการประเมินความต้องการน้ำชลประทานจากแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินร่วมกับปฏิทินเพาะปลูกที่ไม่แน่นอน (Fabio Maselli, 2014; Silva, 2020; Yaoliang Chen, 2018) ดังนั้นการประเมินความต้องการน้ำชลประทานจากภาพถ่ายดาวเทียมจึงมีความสำคัญต่อพื้นที่แปลงเพาะปลูกขนาดใหญ่และพื้นที่ชลประทาน ทำให้สามารถบริหารจัดการน้ำได้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น (Célia Toureiro, 2017; Samuel O. Ihuoma, 2019; Tyler Johnson, 2012)

จากการทบทวนการศึกษาต่างๆ ในด้านการศึกษาความต้องการน้ำของพืช พบว่าการพัฒนาแบบจำลองที่มีฐานข้อมูลแบบเรียลไทม์ มีความเหมาะสมสำหรับสนับสนุนการตัดสินใจให้น้ำ เมื่อนำมาพัฒนาร่วมกับการประเมินค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืชจากการแปลภาพถ่ายดาวเทียม จะ

ทำให้มีเครื่องมือในการกำหนดแนวทางการส่งน้ำในพื้นที่ชลประทาน ทำให้การส่งน้ำมีประสิทธิภาพมากขึ้น เนื่องจากการส่งน้ำที่เหมาะสมต่อความต้องการน้ำในเวลานั้นๆ

1.2.3 การพัฒนาเครื่องมือสนับสนุนการตัดสินใจให้น้ำพืช

การพัฒนาเทคโนโลยีต่างๆ ทางด้านเกษตรกรรมในปัจจุบันมีมากมายทั้งอุปกรณ์เครื่องมือสำหรับการทำการเพาะปลูก รวมถึงเครื่องมือเทคโนโลยีจากการนำข้อมูลมาวิเคราะห์และช่วยแนะนำแนวทางในการทำการเพาะปลูกในด้านต่างๆ โดยตัวอย่างของเทคโนโลยีในประเทศไทยที่ใช้สำหรับแนะนำแนวทางการเพาะปลูกให้กับเกษตรกร นอกจากนี้ยังมีการพัฒนาเป็นแอปพลิเคชัน เช่น การให้ความรู้ในด้านการใช้พื้นที่ที่เหมาะสม การติดตามโรคระบาดและแมลงระบาด การติดตามและเฝ้าระวังภัยพิบัติ (กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2561; บริษัท รักบ้านเกิด จำกัด, 2561) ซึ่งเป็นเครื่องมือที่ทำให้เกษตรกรมีเครื่องมือในการทำการเพาะปลูกได้ดีขึ้น แต่สิ่งที่มีความสำคัญต่อการเพาะปลูกประการหนึ่งคือการให้น้ำพืชอย่างเหมาะสม โดยในปัจจุบันมีทั้งระบบการให้น้ำอัตโนมัติ รวมถึงเครื่องมือสำหรับการแนะนำการให้น้ำที่เหมาะสม โดยระบบการให้น้ำอัตโนมัติ เป็นข้อจำกัดสำหรับเกษตรกรที่มีทุนสำหรับการเพาะปลูกต่ำ ไม่สามารถปรับปรุงรูปแบบหรืออุปกรณ์ที่มีอยู่ได้ ดังนั้นการพัฒนาเครื่องมือสนับสนุนการตัดสินใจให้น้ำกับพืชจึงเป็นสิ่งที่จะช่วยให้เกษตรกรจำนวนมากทำการเพาะปลูกได้อย่างเหมาะสม มีประสิทธิภาพ และเพิ่มผลผลิต ซึ่งปัจจุบันมีการพัฒนาเครื่องมือเครื่องมือสนับสนุนการตัดสินใจให้น้ำกับพืชเป็นจำนวนมาก (Carmen Alcaide Zaragoza, 2020; Claire Serra-Wittling, 2019; Kyriakos D. Giannoulis, 2020; Zhuanyun Si, 2020)

อย่างไรก็ตามเครื่องมือเหล่านั้นมีข้อจำกัดในการประยุกต์ใช้กับพื้นที่ขนาดใหญ่ เนื่องจากข้อมูลพื้นที่ที่แตกต่างกัน รวมถึงในประเทศไทยยังไม่มีเครื่องมือสนับสนุนการตัดสินใจให้น้ำกับพืชจากการวิเคราะห์ข้อมูลในฐานข้อมูล ดังนั้นการพัฒนาเครื่องมือสนับสนุนการตัดสินใจให้น้ำกับพืชจากการวิเคราะห์ข้อมูลในฐานข้อมูลเป็นสิ่งที่จำเป็นต่อการศึกษาและวิจัย รวมถึงการพัฒนาต่อยอดให้สามารถประเมินปริมาณน้ำในพื้นที่ชลประทานเพื่อให้มีการให้น้ำในแปลงเพาะปลูก และการจัดสรรน้ำในระบบชลประทานมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น นำไปสู่การบริหารจัดการน้ำที่น้ำที่ยั่งยืน

1.3 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาแบบจำลองสนับสนุนการตัดสินใจในเรื่องการให้น้ำแก่เกษตรกรในระดับแปลงไร่นาในพื้นที่เกษตรกรรมภายในโครงการชลประทานแม่กลองใหญ่ ซึ่งมีรายละเอียดของวัตถุประสงค์ย่อยดังต่อไปนี้

- 1) เพื่อพัฒนาเครื่องมือในการสนับสนุนการตัดสินใจในการให้น้ำแก่เกษตรกร
- 2) เพื่อจัดทำฐานข้อมูลภูมิอากาศ การเพาะปลูกพืช กลุ่มชุดดิน คุณสมบัติของดิน และปริมาณความต้องการน้ำของพืช
- 3) เพื่อศึกษาและต่อยอดนวัตกรรมด้านเกษตรอัจฉริยะสำหรับการจัดสรรน้ำ ในพื้นที่ต้นแบบโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาสองพี่น้อง

1.4 ขอบเขตงานวิจัย

- 1) พื้นที่ศึกษาในงานวิจัยนี้คือพื้นที่เกษตรกรรมภายในโครงการชลประทานแม่กลองใหญ่
- 2) ข้อมูลสภาพภูมิอากาศรวบรวมจากสถานีอุตุนิยมวิทยา ที่ครอบคลุมพื้นที่โครงการชลประทานแม่กลองใหญ่
- 3) ผลการสอบเทียบความถูกต้องของแบบจำลองดำเนินการในพื้นที่เพาะปลูกในพื้นที่ของโครงการชลประทานแม่กลองใหญ่ ซึ่งพืชที่เลือกใช้สำหรับการสอบเทียบแบบจำลองคือ อ้อย ซึ่งเป็นพืชที่มีพื้นที่เพาะปลูกมากในโครงการชลประทานแม่กลองใหญ่
- 4) การนำเสนอข้อมูลการสนับสนุนการตัดสินใจในการให้น้ำในระดับแปลงไร่นา และนำข้อมูล ช่วงเวลาที่ในการให้น้ำพืช (กำหนดการให้น้ำ) และปริมาณน้ำที่เหมาะสม ซึ่งมีความสอดคล้องกับสภาพภูมิอากาศ ชนิดและอายุของพืช ชนิดดิน และวิธีการให้น้ำ
- 5) พื้นที่ศึกษาต้นแบบสำหรับการต่อยอดนวัตกรรม โดยพัฒนาเครื่องมือสนับสนุนการจัดสรรน้ำในระบบโครงข่ายจัดสรรน้ำของโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาสองพี่น้อง

1.5 कैโครงการวิทยานิพนธ์

โครงร่างวิทยานิพนธ์เรื่องการพัฒนาและประยุกต์ใช้แบบจำลองกำหนดการให้น้ำพืช: กรณีศึกษาโครงการชลประทานแม่กลองใหญ่ มีแผนผังการดำเนินงานวิจัยดังภาพที่ 1

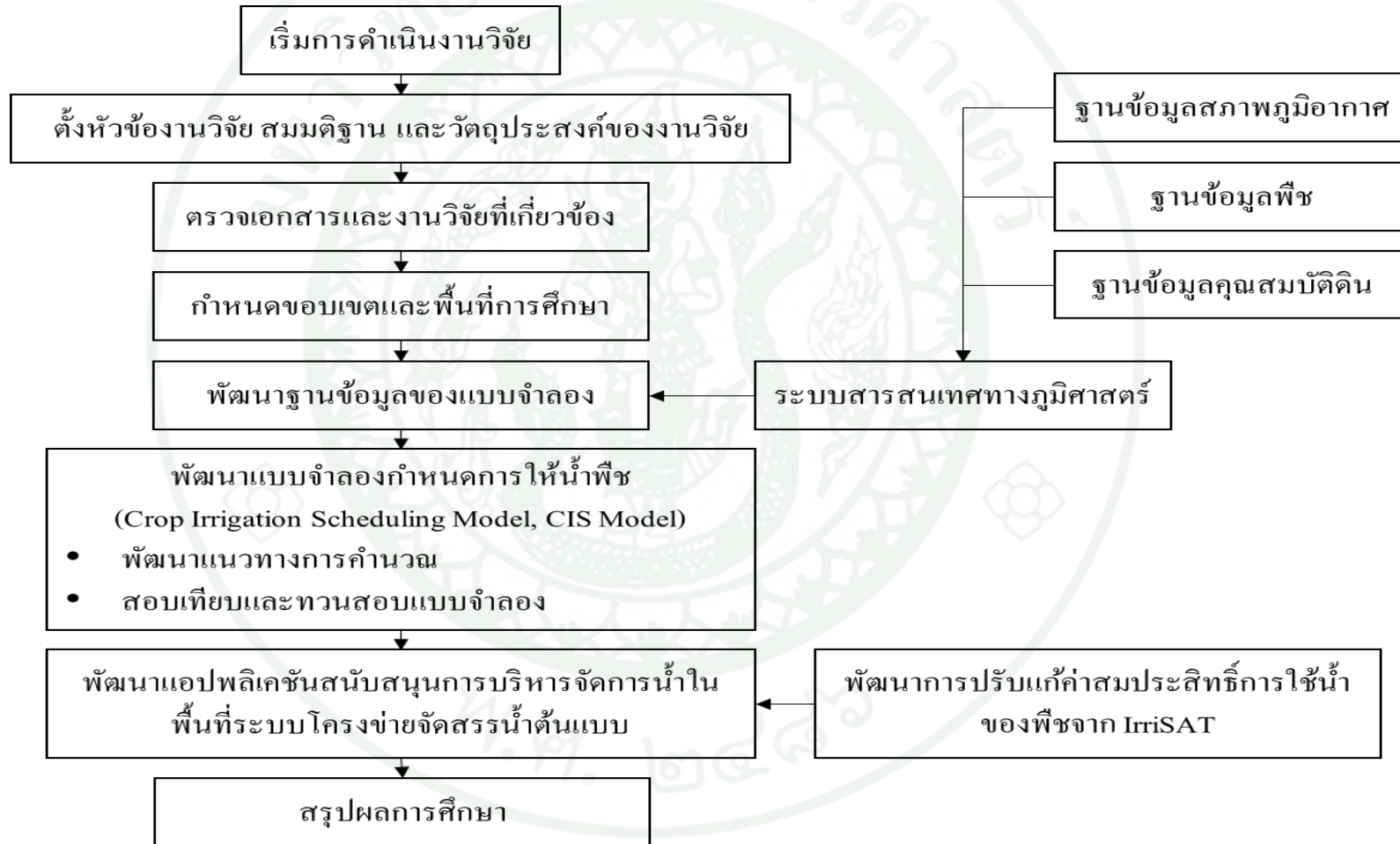
มีการแบ่งเนื้อหาของงานวิจัยออกเป็นส่วนต่างๆ ดังนี้

- **บทที่ 1 บทนำ** กล่าวถึงที่มาและความสำคัญของงานวิจัย รวมถึงระบุดูวัตถุประสงค์และขอบเขตของงาน เพื่อให้ผู้อ่านเข้าใจรายละเอียดโดยรวมของงานวิจัย
- **บทที่ 2 พื้นที่ศึกษาและข้อมูลที่เกี่ยวข้อง** อธิบายขอบเขตของงานวิจัย และรายละเอียดของพื้นที่ศึกษา โดยกล่าวถึง ปฏิทินการเพาะปลูกและการใช้ประโยชน์ที่ดิน รวมถึงข้อมูลสภาพอากาศ ภายในพื้นที่โครงการชลประทานแม่กลองใหญ่
- **บทที่ 3 การพัฒนาฐานข้อมูล** อธิบาย การรวบรวมข้อมูล วิเคราะห์ข้อมูล รวมถึงทำการทดลอง เพื่อพัฒนาฐานข้อมูลที่ประกอบด้วย ฐานข้อมูลสภาพภูมิอากาศ ฐานข้อมูลพืช และฐานข้อมูลกลุ่มชุดดิน
- **บทที่ 4 การพัฒนาแบบจำลองกำหนดการให้น้ำพืช** อธิบายหลักการและกระบวนการในการพัฒนาแบบจำลอง
- **บทที่ 5 การพัฒนาแอปพลิเคชันสนับสนุนการบริหารจัดการน้ำในพื้นที่ต้นแบบ** อธิบายการพัฒนาต่อยอดแบบจำลองกำหนดการให้น้ำพืช เพื่อสนับสนุนการบริหารจัดการน้ำชลประทานให้มีประสิทธิภาพ โดยพัฒนารวมกับการใช้ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำที่ถูกแปลผลจากภาพถ่ายดาวเทียม
- **บทที่ 6 สรุปและข้อเสนอแนะ** อธิบายสรุปผลการศึกษางานวิจัย และข้อเสนอแนะสำหรับการพัฒนางานและต่อยอดงานวิจัย



577785291

KU Thesisis 6124500418 thesisis / recv: 29062563 11:28:00 / seq: 50



ภาพที่ 1 แผนผังการดำเนินงานวิจัยโดยรวม

บทที่ 2 พื้นที่ศึกษาและข้อมูลที่เกี่ยวข้อง

2.1 โครงการชลประทานแม่กลองใหญ่

โครงการชลประทานแม่กลองใหญ่เป็นโครงการชลประทานหนึ่งในแผนพัฒนาลุ่มน้ำแม่กลอง มีพื้นที่โครงการประมาณ 3.2 ล้านไร่ โดยมีพื้นที่ชลประทานประมาณ 2.8 ล้านไร่ (ร้อยละ 87.5 ของพื้นที่โครงการ) ภายใต้การควบคุมรับผิดชอบของสำนักงานชลประทานที่ 13 โดยมีแหล่งน้ำที่สำคัญ ได้แก่ เขื่อนศรีนครินทร์และเขื่อนวชิราลงกรณ์ และมีเขื่อนทดน้ำแม่กลองเป็นหัวงานของโครงการ ตั้งอยู่ที่ ตำบลม่วงชุม อำเภอท่าม่วง จังหวัดกาญจนบุรี โครงการชลประทานแม่กลองใหญ่มีวัตถุประสงค์เพื่อทดน้ำและส่งน้ำให้กับพื้นที่เพาะปลูกในบริเวณที่ลุ่มสองฝั่งตามลำน้ำแม่กลองครอบคลุมพื้นที่ 7 จังหวัด ประกอบด้วย กาญจนบุรี สุพรรณบุรี นครปฐม ราชบุรี สมุทรสาคร สมุทรสงคราม และเพชรบุรี

การบริหารจัดการโครงการชลประทานแม่กลองใหญ่ แบ่งการบริหารออกเป็นโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษา 11 โครงการ ประกอบด้วย โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาเขื่อนแม่กลอง มีที่ตั้งอยู่บริเวณหัวงานเขื่อนซึ่งไม่มีพื้นที่ชลประทานในการรับผิดชอบ ทำหน้าที่ควบคุมประตูระบายน้ำของเขื่อนแม่กลอง และประตูระบายน้ำปากคลองส่งน้ำ สำหรับส่งน้ำให้กับพื้นที่โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาทั้ง 10 โครงการ ได้แก่ โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาพนมทวน สองพี่น้อง บางเลน กำแพงแสน นครปฐม นครชุม ราชบุรีฝั่งซ้าย ดำเนินสะดวก ท่ามะกา และราชบุรีฝั่งขวา มีขนาดพื้นที่ชลประทานในแต่ละโครงการฯ แสดงดังตารางที่ 1 โดยมีลักษณะขอบเขตและพื้นที่แสดงดังภาพที่ 2 และ ภาพที่ 3

การส่งน้ำในพื้นที่ชลประทานโครงการชลประทานแม่กลองใหญ่มีรูปแบบการส่งน้ำในพื้นที่แบบตลอดเวลา (Continuous Flow Method) และมีการปรับรูปแบบในการส่งน้ำเมื่อเกิดภาวะภัยแล้งให้อยู่ในรูปแบบการส่งน้ำแบบรอบเวร (Rotational Method) ในปี พ.ศ. 2558-59 โดยส่งน้ำแบบหมุนเวียนในแต่ละโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาซึ่งแต่ละโครงการจะมีรอบเวรการส่งน้ำ 7 วัน และหยุดส่งน้ำ 14 วัน

ตารางที่ 1 ขนาดพื้นที่ชลประทานจำแนกตามโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษา

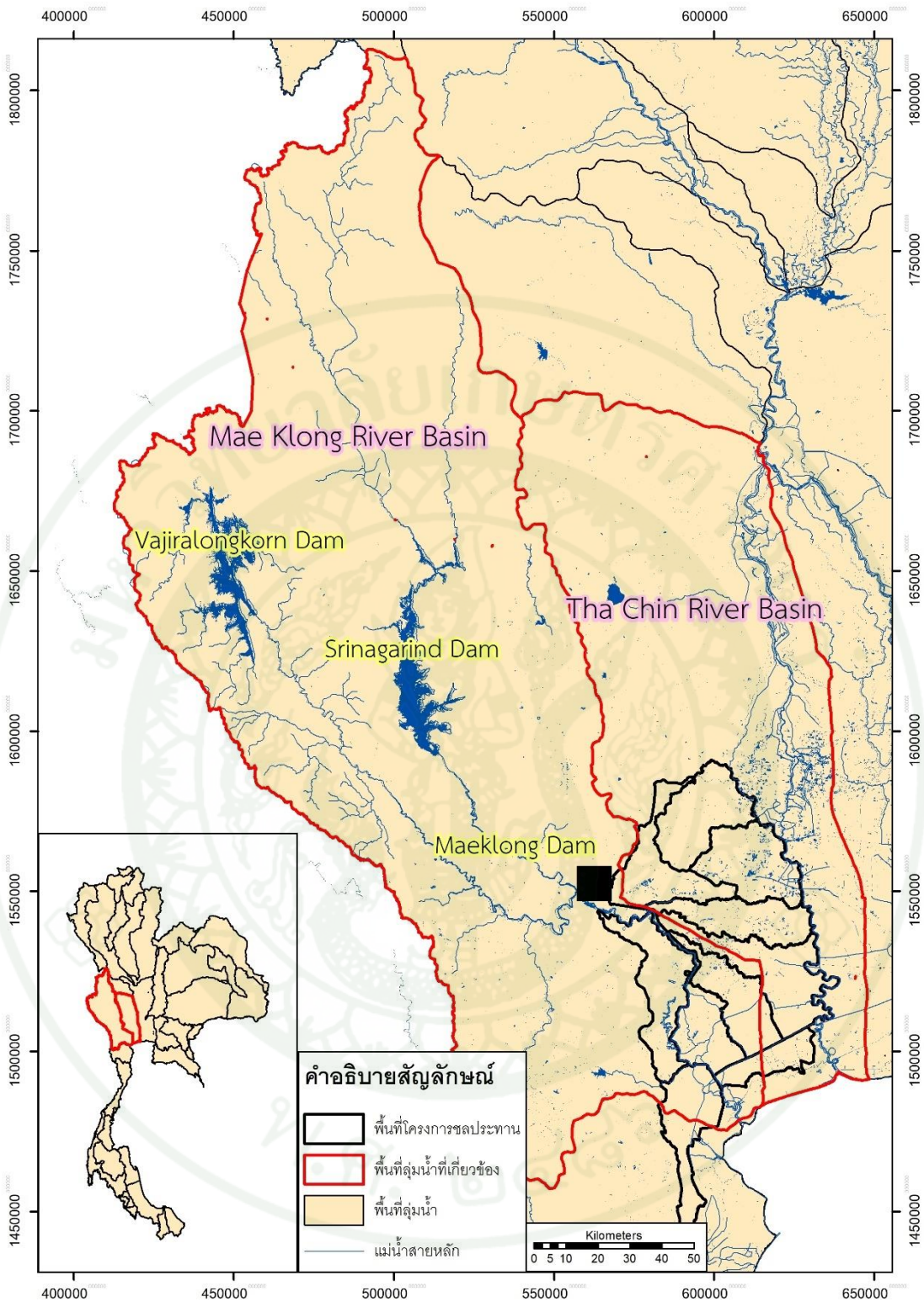
โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษา	ขนาดพื้นที่ (ไร่)
โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาพนมทวน	333,060
โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาสองพี่น้อง	370,722
โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาบางเลน	369,242
โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษากำแพงแสน	305,673
โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษานครปฐม	445,440
โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษานครชุม	295,601
โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาราชบุรีฝั่งซ้าย	240,406
โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาราชบุรีฝั่งขวา	324,365
โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่ามะกา	373,639
โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาดำเนินสะดวก	155,472



577785291

KU_Thesis 6124500418 thesis / rev: 29062563 11:28:00 / seq: 50

577785291
KU IThesis 6124500418 thesis / recv: 29062563 11:28:00 / seq: 50



ภาพที่ 2 แหล่งน้ำต้นทุนของกลุ่มน้ำแม่กลองและโครงการชลประทานแม่กลองใหญ่

2.1.1 ข้อมูลปฏิทินการเพาะปลูกในพื้นที่

ข้อมูลปฏิทินการเพาะปลูกรวบรวมจากสำนักชลประทานที่ 13 โดยปฏิทินการเพาะปลูกดังกล่าวเป็นการกำหนดระยะเวลาปลูกพืชในพื้นที่ชลประทาน เพื่อให้สอดคล้องกับการส่งน้ำในพื้นที่โครงการชลประทานแม่กลองใหญ่ โดยปฏิทินการปลูกพืชกำหนดจากช่วงอายุของพืชแต่ละชนิด รูปแบบการเพาะปลูกตั้งแต่ช่วงระยะเวลาเตรียมแปลงจนกระทั่งเก็บเกี่ยว

ภาพที่ 4 แสดงปฏิทินการเพาะปลูกพืชจำแนกประเภทตามลักษณะพืชในพื้นที่โครงการชลประทานแม่กลองใหญ่ โดยที่ข้าวนาปรังกำหนดให้เริ่มปลูกในเดือนกุมภาพันธ์และทำการเก็บเกี่ยวเดือนมิถุนายน ในขณะที่ข้าวนาปีเริ่มทำการเพาะปลูกตั้งแต่เดือนกรกฎาคมถึงกลางเดือนสิงหาคมและทำการเก็บเกี่ยวตั้งแต่เดือนตุลาคมถึงเดือนพฤศจิกายน ส่วนอ้อยซึ่งเป็นพืชเศรษฐกิจหลักของพื้นที่ชลประทานในเขตโครงการชลประทานแม่กลองใหญ่เช่นกันกำหนดให้เริ่มทำการเพาะปลูกเดือนกุมภาพันธ์และเก็บเกี่ยวในเดือนพฤศจิกายน ส่วนพืชชนิดอื่น ๆ มีการทำการเพาะปลูกทั้งปี (กรมชลประทาน, 2555b)

ชนิดพืช	ปฏิทินการปลูกพืช												
	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	
ข้าว		■						■					
อ้อย		■											
พืชไร่-พืชผัก	■												
สวนผลไม้-ไม้ยืนต้น	■												
บ่อปลา-บ่อกุ้ง	■												

ภาพที่ 4 ปฏิทินการเพาะปลูกในพื้นที่โครงการชลประทานแม่กลองใหญ่

2.1.2 การใช้ประโยชน์ที่ดิน

ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินรวบรวมจาก กรมพัฒนาที่ดินซึ่งเป็นข้อมูลพืชไร่มีพื้นที่รวมทั้งสิ้น 525,294 ไร่สำรวจ พ.ศ. 2560-2561 การจำแนกประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินมีรายละเอียดแสดงดังตารางที่ 2 และมีการกระจายตัวของการใช้ประโยชน์ที่ดินแต่ละชนิดแสดงดังภาพที่ 5 จากข้อมูลพบว่าในพื้นที่โครงการชลประทานแม่กลองใหญ่ซึ่งมีพื้นที่ทั้งสิ้น 3,213,620 ไร่ มีรายละเอียดของการใช้ประโยชน์ที่ดินดังนี้ นาข้าวมียพื้นที่รวมทั้งสิ้น 965,125 ไร่ พืชผักมีพื้นที่รวมทั้งสิ้น 157,637 ไร่ ไม้ผล-ไม้ยืนต้นมีพื้นที่รวมทั้งสิ้น 455,639 ไร่ ประมงมีพื้นที่รวมทั้งสิ้น 374,886 ไร่ ป่า

ไม่มีพื้นที่รวมทั้งสิ้น 14,829 ไร่ พื้นที่อื่นๆ 6 มีพื้นที่รวมทั้งสิ้น 720,209 ไร่จากการพิจารณาการกระจายตัวเชิงพื้นที่ของการใช้ประโยชน์ที่ดิน พบว่า นาข้าวซึ่งเป็นพืชที่ทำการเพาะปลูกมากที่สุด ในโครงการชลประทานแม่กลองใหญ่ กระจายตัวอยู่ในพื้นที่โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาพนมทวน โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาสองพี่น้อง โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาบางเลน โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาท่ามะกา และโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาราชบุรีฝั่งขวา ซึ่งพื้นที่ดังกล่าวจะกระจายตัวบริเวณทั้งริมฝั่งแม่น้ำแม่กลอง และแม่น้ำท่าจีน ซึ่งดินมีลักษณะเป็นดินเนื้อละเอียด ในส่วนของพืชไร่ พื้นที่ส่วนใหญ่เป็นการเพาะปลูกอ้อยซึ่งกระจายตัวในพื้นที่โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาพนมทวน โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาสองพี่น้อง โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาบางเลน โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษากำแพงแสน ซึ่งมีลักษณะการกระจายตัวบริเวณดินที่เป็นดินร่วนหรือเป็นดินปนทราย สำหรับการเพาะปลูกไม้ผล-ไม้ยืนต้น มีการทำการเพาะปลูกเป็นบริเวณกว้างในพื้นที่โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษานครปฐม โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาราชบุรีฝั่งขวา โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาราชบุรีฝั่งซ้าย โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษานครปฐม และโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาคำเนินสะดวก โดยพื้นที่ส่วนใหญ่กระจายตัวอยู่บริเวณดินที่เป็นลักษณะดินดอนสามเหลี่ยมปากแม่น้ำ และอาจได้รับอิทธิพลจากปรากฏการณ์น้ำขึ้นน้ำลงเนื่องจากการหนุนตัวของระดับน้ำทะเล



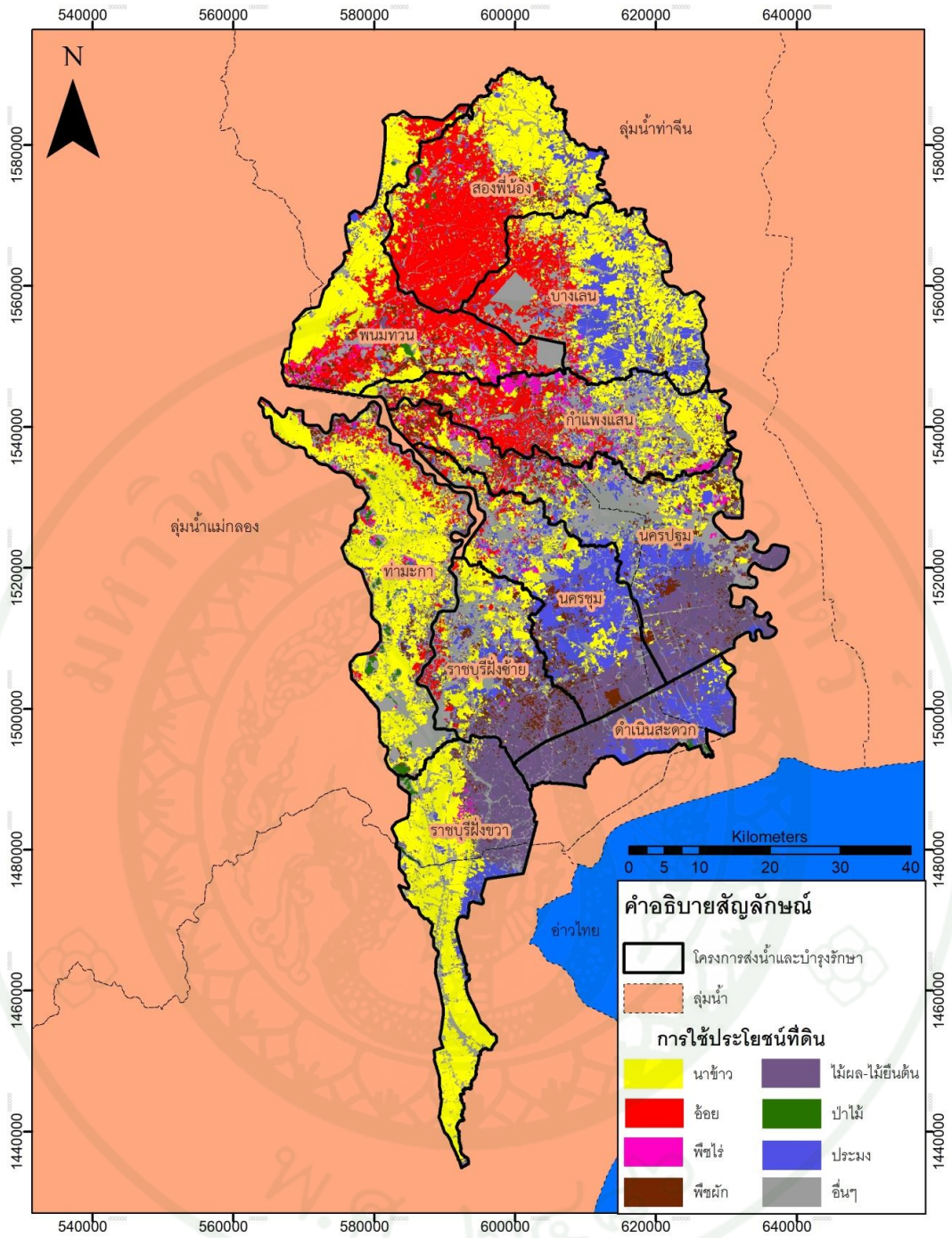
577785291

KU Thesisis 6124500418 thesisis / recv: 29062563 11:28:00 / seq: 50

ตารางที่ 2 การใช้ประโยชน์ที่ดินจำแนกตามขอบเขตพื้นที่ชลประทานโครงการชลประทานแม่กลองใหญ่

โครงการส่งน้ำและ บำรุงรักษา	พื้นที่ (ไร่)						
	นาข้าว	พืชผัก	พืชไร่	ไม้ผล-ไม้ ยืนต้น	ประมง	ป่าไม้	พื้นที่อื่นๆ
กำแพงแสน	78,628	24,917	77,852	13,017	23,144	61	88,053
ดำเนินสะดวก	2,964	2,041	34	83,973	45,888	979	19,592
ท่ามะกา	203,414	11,141	29,435	14,924	8,314	8,502	97,910
นครปฐม	47,439	19,236	13,304	59,774	89,192	0	66,656
นครปฐม	53,696	38,750	32,923	119,154	60,241	0	140,676
บางเลน	127,873	5,757	63,038	6,525	80,183	0	85,865
พนมทวน	122,084	19,233	120,024	5,368	6,703	1,760	57,888
ราชบุรีฝั่งขวา	165,994	4,022	2,252	77,965	16,418	2,224	55,490
ราชบุรีฝั่งซ้าย	45,359	27,138	8,196	66,813	26,748	0	66,153
สองพี่น้อง	117,674	5,402	178,236	8,126	18,055	1,303	41,926
รวม	965,125	157,637	525,294	455,639	374,886	14,829	720,209

577785291 KU IThesis 6124500418 thesis / rev: 29062563 11:28:00 / seq: 50



ภาพที่ 5 การกระจายตัวของการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่โครงการชลประทานแม่กลองใหญ่

2.2 สภาพภูมิอากาศ

จากการรวบรวมข้อมูลสภาพภูมิอากาศรายวันจากสถานีตรวจวัดสภาพภูมิอากาศ ของกรมอุตุนิยมวิทยา ซึ่งตั้งครอบคลุมพื้นที่โครงการชลประทานแม่กลองใหญ่ จำนวน 3 สถานี ได้แก่ สถานีตรวจวัดสภาพภูมิอากาศเกษตรอู่ทอง สถานีตรวจวัดภูมิอากาศนครปฐม และสถานีตรวจวัดภูมิอากาศราชบุรี มีข้อมูลแสดงดังภาคผนวก ก ซึ่งมีคาบการตรวจวัดจำนวนตั้งแต่ 10-37 ปี โดยนำข้อมูลดังกล่าวมาดำเนินการเฉลี่ยข้อมูลเชิงพื้นที่ด้วยวิธี **Inverse Distance Weighting (IDW)** เพื่อคำนวณสภาพภูมิอากาศเฉลี่ยของพื้นที่การศึกษา ซึ่งข้อมูลที่ได้ดำเนินการรวบรวมและวิเคราะห์ ได้แก่ ข้อมูลปริมาณน้ำฝน ข้อมูลอุณหภูมิซึ่งประกอบด้วยข้อมูลสูงสุด ข้อมูลเฉลี่ย ข้อมูลต่ำสุด และข้อมูลอุณหภูมิที่จุดน้ำค้าง และ ข้อมูลความเร็วลม ซึ่งข้อมูลสภาพภูมิอากาศรายปีเฉลี่ย แสดงดังภาพที่ 6 ถึง ภาพที่ 11 ตามลำดับ และมีรายละเอียดแสดงดัง ตารางที่ 3 ถึง ตารางที่ 8 จากการศึกษาข้อมูลดังกล่าวพบว่า

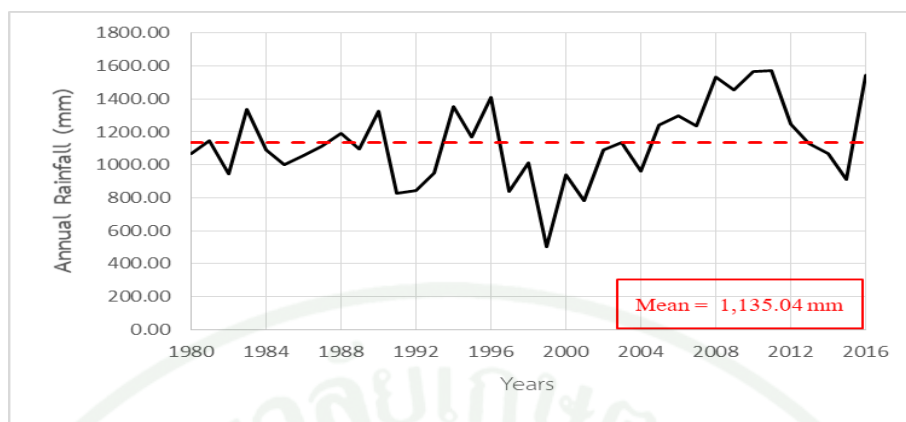
อุณหภูมิสูงสุดมีค่าเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 34.04 องศาเซลเซียส โดยมีค่าสูงสุดเท่ากับ 35.46 องศาเซลเซียส ในปี ค.ศ. 2015 (พ.ศ. 2558) และมีค่าต่ำสุดเท่ากับ 32.82 องศาเซลเซียส ในปี ค.ศ. 2011 (พ.ศ. 2554)

อุณหภูมิเฉลี่ยมีค่าเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 28.41 องศาเซลเซียส 28.41 โดยมีค่าสูงสุดเท่ากับ 29.50 องศาเซลเซียส ในปี ค.ศ. 1980 (พ.ศ. 2523) และมีค่าต่ำสุดเท่ากับ 27.56 องศาเซลเซียส ในปี ค.ศ. 2011 (พ.ศ. 2554)

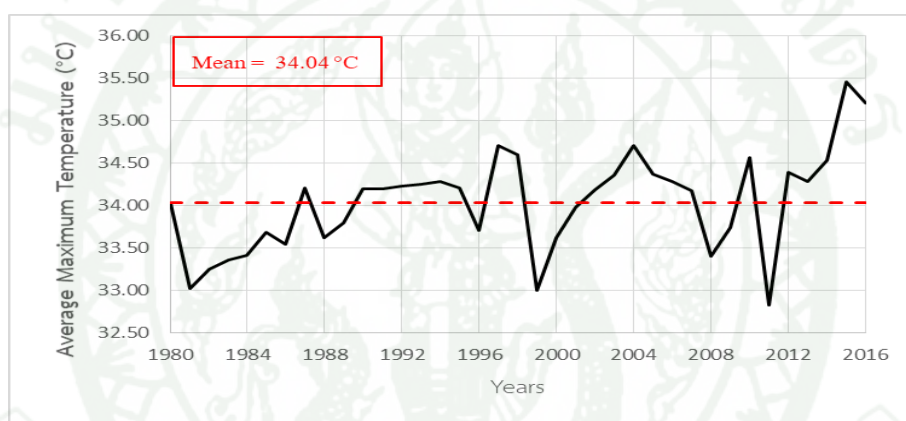
อุณหภูมิต่ำสุดมีค่าเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 23.87 องศาเซลเซียส โดยมีค่าสูงสุดเท่ากับ 24.62 องศาเซลเซียส ในปี ค.ศ. 1992 (พ.ศ. 2535) และมีค่าต่ำสุดเท่ากับ 23.21 องศาเซลเซียส ในปี ค.ศ. 2012 (พ.ศ. 2555)

อุณหภูมิที่จุดน้ำค้างมีค่าเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 22.22 องศาเซลเซียส โดยมีค่าสูงสุดเท่ากับ 23.68 องศาเซลเซียส ในปี ค.ศ. 2012 (พ.ศ. 2555) และมีค่าต่ำสุดเท่ากับ 21.18 องศาเซลเซียส ในปี ค.ศ. 1993 (พ.ศ. 2536) ซึ่งข้อมูลดังกล่าวเป็นข้อมูลที่สำคัญที่จำเป็นต่อการคำนวณปริมาณความชื้นสัมพัทธ์

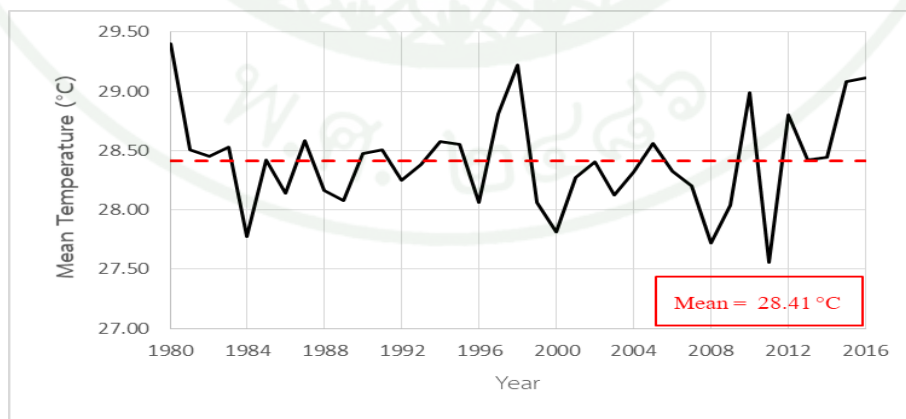
ความเร็วลมมีค่าเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 0.92 เมตร/วินาที โดยมีค่าสูงสุดเท่ากับ 1.49 เมตร/วินาที ในปี ค.ศ. 1980 (พ.ศ. 2523) และมีค่าต่ำสุดเท่ากับ 0.56 เมตร/วินาที ในปี ค.ศ. 1998 (พ.ศ. 2541)



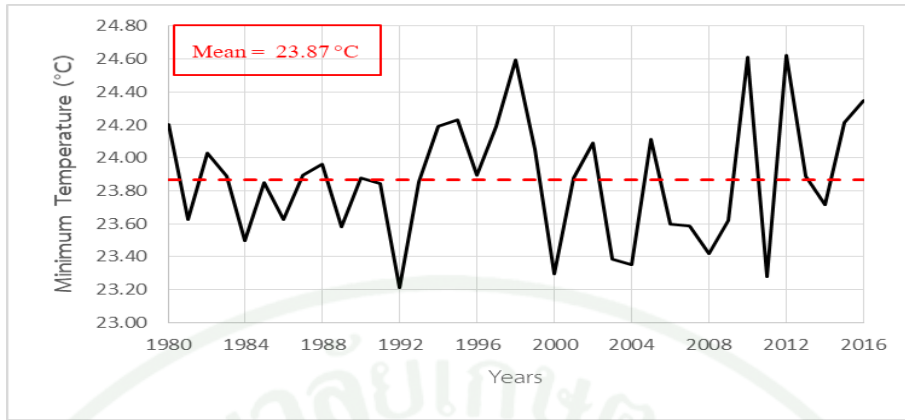
ภาพที่ 6 ปริมาณฝนรายปีเฉลี่ยในพื้นที่การศึกษา



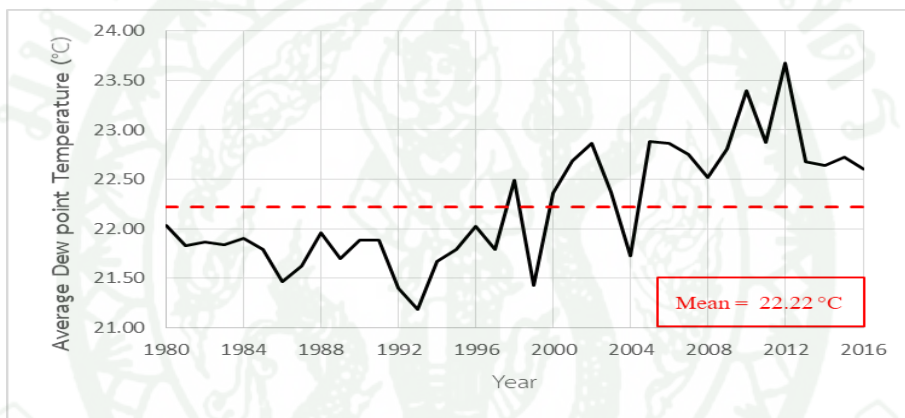
ภาพที่ 7 อุณหภูมิสูงสุดในพื้นที่การศึกษา



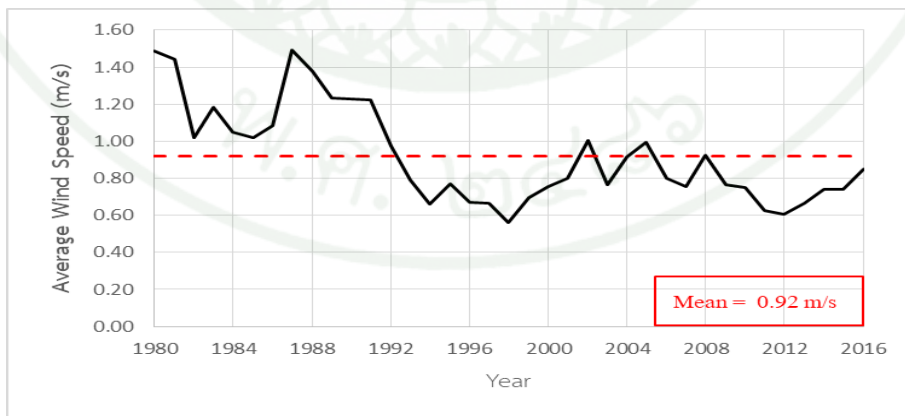
ภาพที่ 8 อุณหภูมิเฉลี่ยในพื้นที่การศึกษา



ภาพที่ 9 อุณหภูมิต่ำสุดในพื้นที่การศึกษา



ภาพที่ 10 อุณหภูมิที่จุดน้ำค้างในพื้นที่การศึกษา



ภาพที่ 11 ความเร็วลมเฉลี่ยในพื้นที่การศึกษา



ตารางที่ 3 ปริมาณฝนรายปีเฉลี่ยในพื้นที่การศึกษา

ปี	ปริมาณฝนรวมรายเดือน (มม.)												
	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	รวม
1980	0.00	0.08	7.11	147.79	99.82	172.72	97.34	199.57	184.72	122.68	36.07	0.00	1067.91
1981	0.00	10.92	70.10	48.26	189.74	140.97	161.64	100.08	265.94	59.94	100.90	0.01	1148.50
1982	5.82	9.37	13.62	111.54	78.21	147.04	77.01	147.81	230.81	92.43	12.63	19.54	945.82
1983	2.07	1.06	8.74	24.46	187.89	146.05	139.45	197.51	302.66	306.69	22.12	1.23	1339.92
1984	0.27	53.85	33.02	123.23	35.81	94.74	250.19	146.81	176.78	122.94	51.56	0.00	1089.20
1985	5.08	2.19	4.09	49.32	105.16	113.97	105.92	155.70	236.73	198.27	24.64	0.28	1001.34
1986	6.84	1.32	0.00	62.74	146.75	121.16	178.56	175.26	239.30	122.68	3.37	1.02	1059.00
1987	0.21	2.03	10.92	75.95	48.51	170.18	120.90	135.89	327.41	130.56	92.46	0.00	1115.02
1988	0.00	22.10	8.89	140.21	157.99	154.69	112.52	207.01	245.36	144.02	0.00	0.00	1192.78
1989	4.06	0.00	7.87	129.03	181.36	111.00	61.98	145.29	305.31	133.86	19.05	0.00	1098.80
1990	0.00	0.00	32.77	13.97	250.44	133.35	51.56	57.66	273.30	443.48	70.36	0.00	1326.90
1991	0.51	1.02	9.14	74.93	176.02	95.48	87.12	122.68	157.99	84.07	0.62	19.05	828.64
1992	0.25	4.06	0.00	4.06	37.08	181.86	125.22	131.32	178.05	153.42	1.02	25.91	842.26
1993	0.00	0.00	7.11	22.61	216.41	23.11	101.35	119.63	270.00	84.33	102.36	1.02	947.93
1994	3.05	102.11	217.17	88.14	180.34	97.79	72.14	149.61	267.97	176.02	0.00	0.00	1354.33
1995	12.95	0.00	0.92	26.92	134.87	77.22	154.69	285.75	357.38	102.62	4.57	11.18	1169.06
1996	0.00	6.10	2.03	129.03	215.14	125.98	183.39	59.18	348.74	180.34	108.20	50.29	1408.43
1997	0.00	0.00	4.06	12.19	61.47	9.14	76.96	86.11	325.63	201.68	55.88	7.87	840.99
1998	67.06	7.11	30.99	16.00	103.05	86.53	192.28	194.37	163.99	106.57	43.18	0.00	1011.14
1999	0.64	1.34	0.92	33.18	41.92	42.70	55.14	67.66	90.38	129.29	37.79	0.76	501.72
2000	0.17	4.37	11.71	68.01	144.12	203.93	88.73	94.36	148.77	171.72	2.48	0.00	938.38
2001	4.79	2.83	71.53	30.17	145.70	101.09	119.14	59.07	148.01	96.77	4.51	0.17	783.79
2002	15.77	0.00	4.51	26.41	66.63	104.50	156.01	157.54	310.20	177.43	18.22	51.80	1089.01
2003	0.00	57.99	61.74	32.52	90.32	194.74	155.45	209.35	266.38	68.23	0.00	0.00	1136.70
2004	3.64	70.19	1.16	18.73	53.33	137.46	235.91	122.51	312.21	4.43	0.05	0.00	959.63
2005	0.23	0.23	110.48	55.31	59.94	154.15	161.23	252.34	304.07	80.54	53.13	10.35	1242.00
2006	0.00	61.03	11.93	116.61	89.88	246.98	102.98	162.12	279.93	213.35	11.92	0.09	1296.82
2007	0.01	0.00	6.42	118.84	262.38	145.03	190.42	68.87	242.78	183.66	15.64	0.00	1234.04
2008	23.86	18.52	16.49	149.69	125.15	144.21	154.10	208.77	421.69	220.02	52.14	0.00	1534.64
2009	0.00	2.11	39.07	68.08	270.53	122.74	194.00	229.37	262.77	254.43	12.18	0.00	1455.28
2010	23.95	0.07	3.09	8.63	95.26	218.69	173.85	233.96	259.50	531.59	0.00	19.38	1567.96
2011	0.00	49.71	106.31	138.18	300.19	90.36	200.36	273.06	236.69	149.59	22.94	3.88	1571.27
2012	18.90	5.45	26.77	47.57	173.20	100.92	139.59	130.05	333.76	200.78	65.91	2.86	1245.75
2013	6.77	3.03	61.54	71.59	137.02	166.96	91.83	94.72	382.35	99.02	16.14	0.00	1130.97
2014	0.00	1.96	25.54	178.44	109.92	147.35	94.75	209.17	155.68	113.60	29.26	0.65	1066.31
2015	8.11	12.23	82.91	38.19	38.84	41.54	77.69	127.53	240.57	177.05	44.45	20.85	909.97
2016	10.61	0.00	0.17	8.94	144.47	113.88	166.28	334.67	392.31	289.46	83.13	0.41	1544.34
เฉลี่ย	6.10	13.90	30.02	67.82	133.92	126.49	132.64	158.17	260.71	165.61	32.94	6.72	1135.04

ตารางที่ 4 อุณหภูมิสูงสุดในพื้นที่การศึกษา

ปี	อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยรายเดือน (°C)												
	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	รวม
1980	33.68	35.18	37.56	37.51	37.00	32.97	33.57	32.65	31.82	31.81	32.19	32.37	34.02
1981	32.03	34.75	35.81	36.27	34.48	32.77	32.35	32.26	32.63	32.03	30.93	30.08	33.03
1982	32.33	34.53	36.18	35.11	35.55	33.07	33.11	31.88	31.68	32.20	32.54	30.84	33.25
1983	31.66	34.61	36.03	37.20	36.75	33.69	33.91	32.60	32.17	31.16	30.15	30.52	33.37
1984	31.22	33.67	35.01	36.03	35.72	34.02	33.34	33.12	32.51	31.89	32.31	32.16	33.42
1985	33.43	35.35	36.78	36.80	34.92	32.97	32.66	33.16	32.08	32.15	32.31	31.74	33.70
1986	31.76	34.23	35.75	36.38	34.12	34.51	32.81	33.43	33.19	32.37	32.28	31.78	33.55
1987	32.91	34.71	36.30	37.62	36.83	34.67	35.09	34.40	32.79	32.97	32.26	30.00	34.21
1988	33.88	34.73	36.92	36.24	34.30	34.07	33.69	33.35	33.44	31.49	30.51	30.80	33.62
1989	33.28	34.22	35.16	37.51	35.41	33.70	33.99	33.76	32.61	32.35	32.03	31.49	33.79
1990	34.00	35.56	36.22	37.89	35.45	34.53	33.95	34.30	32.85	31.89	31.80	32.09	34.21
1991	33.74	35.30	37.04	37.11	36.83	33.98	34.08	32.96	32.96	32.13	32.37	32.00	34.21
1992	31.86	34.46	36.81	39.11	38.27	34.84	33.88	33.08	33.30	31.25	31.43	32.51	34.23
1993	32.56	34.32	36.46	37.09	36.06	35.81	35.01	33.39	32.84	32.75	33.31	31.48	34.26
1994	34.31	36.47	35.78	36.96	35.33	33.73	33.08	32.99	33.01	32.89	33.52	33.51	34.30
1995	33.62	34.67	37.16	38.03	35.77	35.12	34.14	33.29	32.55	32.54	32.11	31.60	34.22
1996	33.41	33.64	36.59	35.74	34.68	34.45	33.37	33.44	32.57	33.02	32.27	31.23	33.70
1997	32.41	34.84	36.28	36.66	36.75	36.53	34.43	34.42	33.37	33.58	33.34	33.93	34.71
1998	34.63	36.15	37.76	37.29	36.76	35.12	34.12	33.51	32.91	33.10	32.21	31.77	34.61
1999	32.61	34.09	36.58	34.67	32.94	33.24	33.55	33.15	32.80	32.16	31.59	28.64	33.00
2000	33.35	33.68	36.39	34.84	34.30	33.50	33.39	33.61	32.55	33.01	32.05	32.76	33.62
2001	34.07	35.07	34.18	38.91	34.48	34.09	34.00	33.27	33.43	33.00	31.19	32.20	33.99
2002	32.32	35.34	36.62	38.68	35.21	34.63	33.84	33.35	32.28	33.18	32.44	32.41	34.19
2003	32.03	34.61	35.47	38.10	37.00	34.19	33.61	33.84	32.94	33.81	34.60	32.25	34.37
2004	33.56	33.00	37.41	39.27	36.39	34.31	33.89	34.05	33.19	34.12	34.57	32.70	34.71
2005	33.19	36.53	36.27	36.92	37.14	35.09	33.91	33.89	32.95	33.48	32.43	30.79	34.38
2006	33.66	34.68	37.03	37.73	34.44	34.31	33.61	33.41	32.93	32.95	34.28	32.44	34.29
2007	32.91	34.97	37.51	37.39	33.80	35.10	34.15	33.91	33.44	32.40	31.22	33.32	34.18
2008	33.01	33.03	36.35	36.32	33.84	34.08	33.74	33.39	32.87	33.04	31.02	30.14	33.40
2009	30.53	35.19	35.69	36.36	34.54	34.01	33.18	34.44	33.77	32.72	32.19	32.38	33.75
2010	32.20	35.95	37.04	39.65	38.89	36.14	34.19	33.08	33.07	31.35	31.89	31.49	34.58
2011	30.94	34.31	31.29	35.08	34.45	33.77	33.42	32.99	32.61	32.04	32.61	30.57	32.84
2012	32.58	35.03	36.64	37.69	35.94	34.14	33.77	33.38	32.86	33.69	33.78	33.30	34.40
2013	32.98	35.43	36.70	38.31	37.35	34.51	33.72	34.25	32.98	32.76	33.08	29.52	34.30
2014	31.10	34.85	37.23	37.41	36.81	35.44	34.68	33.91	33.75	33.29	33.86	32.16	34.54
2015	31.48	35.42	36.79	37.92	39.01	37.87	36.75	35.36	34.12	33.50	34.30	33.03	35.46
2016	32.85	34.62	38.34	41.06	39.06	35.69	34.34	34.59	33.15	33.37	33.40	32.07	35.21
เฉลี่ย	32.76	34.79	36.35	37.27	35.85	34.45	33.85	33.51	32.89	32.63	32.44	31.73	34.04

ตารางที่ 5 อุณหภูมิเฉลี่ยในพื้นที่การศึกษา

ปี	อุณหภูมิเฉลี่ยรายเดือน (°C)												
	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	รวม
1980	27.69	29.79	31.89	32.25	32.04	28.87	29.46	28.89	28.24	28.49	28.09	27.18	29.41
1981	26.56	29.12	30.51	30.69	29.66	29.01	28.80	28.59	28.66	28.66	27.10	24.85	28.52
1982	26.26	28.60	30.04	30.41	30.40	28.86	28.83	28.26	27.79	28.22	28.18	25.67	28.46
1983	26.27	28.98	30.54	31.65	31.07	29.58	29.76	28.67	28.31	27.51	25.34	24.73	28.53
1984	25.37	27.76	28.79	30.05	29.65	28.62	27.98	27.96	27.52	26.92	26.83	25.92	27.78
1985	27.06	29.42	30.56	30.69	29.45	28.57	28.05	28.48	27.71	27.61	27.80	25.76	28.43
1986	25.82	28.23	29.10	30.19	29.06	29.24	27.84	28.59	28.48	27.82	27.28	26.13	28.15
1987	27.12	28.65	29.78	30.88	30.59	29.30	29.30	28.97	28.29	28.16	27.87	24.18	28.59
1988	27.18	28.88	30.37	30.28	29.04	28.88	28.58	28.06	28.27	27.16	25.80	25.49	28.17
1989	27.43	27.80	28.72	31.01	29.67	28.44	28.50	28.28	27.71	27.65	26.91	24.89	28.08
1990	27.70	28.72	29.46	31.11	29.42	29.35	28.55	28.85	27.88	27.59	26.96	26.20	28.48
1991	27.89	28.24	30.41	30.71	30.25	28.72	28.75	28.01	28.28	27.50	26.94	26.34	28.50
1992	26.06	27.34	29.60	31.94	31.52	29.08	28.71	27.91	28.21	26.64	25.96	26.02	28.25
1993	26.23	27.08	29.67	30.73	29.99	29.95	29.56	27.94	27.80	27.80	27.76	26.06	28.38
1994	27.52	29.55	29.12	30.46	29.72	28.74	28.36	27.83	28.46	27.38	28.38	27.61	28.59
1995	27.23	27.83	30.28	31.75	30.37	29.93	28.58	28.35	27.69	27.94	27.13	25.60	28.56
1996	26.72	27.06	29.89	29.97	29.29	28.87	28.37	28.46	27.45	28.13	27.41	25.09	28.06
1997	25.66	28.61	29.46	30.29	30.50	30.47	29.15	29.00	28.29	28.41	28.07	27.82	28.81
1998	28.00	29.80	31.02	31.59	30.98	30.00	29.18	28.88	28.49	28.76	27.37	26.69	29.23
1999	26.93	28.56	30.18	29.22	28.64	28.80	29.02	28.58	28.15	27.62	27.18	23.96	28.07
2000	26.04	26.49	29.55	29.35	28.92	28.53	28.41	28.47	27.62	27.90	26.11	26.31	27.81
2001	27.39	28.06	28.89	32.56	28.80	28.83	28.93	28.58	28.29	28.13	25.08	25.75	28.27
2002	25.19	28.60	30.18	31.40	29.48	29.23	29.07	28.38	27.62	27.96	27.23	26.59	28.41
2003	24.60	27.64	28.92	31.56	30.70	28.79	28.41	28.53	27.75	28.35	27.79	24.55	28.13
2004	26.03	26.36	30.54	32.31	29.99	29.01	28.50	28.74	28.03	28.27	27.76	24.30	28.32
2005	25.99	29.74	29.72	31.10	30.91	29.75	28.67	28.78	28.04	28.31	27.06	24.80	28.57
2006	25.66	28.11	30.62	31.00	28.98	29.09	28.83	28.33	28.02	28.19	28.13	25.06	28.33
2007	25.42	27.64	30.89	30.91	28.72	29.54	28.76	28.78	28.30	27.56	25.43	26.49	28.20
2008	25.60	27.06	29.58	30.20	28.71	28.66	28.45	28.23	27.88	28.22	26.05	24.04	27.72
2009	23.50	28.44	29.45	30.38	29.21	28.95	28.51	29.08	28.56	28.21	26.50	25.76	28.05
2010	26.51	29.74	30.57	32.83	32.24	30.48	29.28	28.17	28.16	27.31	26.86	25.87	29.00
2011	24.69	27.76	26.54	29.39	28.97	28.92	28.34	28.30	27.98	27.80	27.36	24.74	27.57
2012	27.05	28.75	30.41	31.39	30.04	29.06	28.47	28.39	28.07	28.45	28.34	27.30	28.81
2013	26.11	28.95	30.27	31.60	31.19	29.25	28.61	28.85	27.82	27.96	27.75	22.84	28.43
2014	23.29	28.07	30.55	31.03	30.80	29.94	29.30	28.43	28.46	27.91	27.83	25.81	28.45
2015	24.24	27.99	30.30	31.12	32.28	31.29	30.33	29.13	28.65	28.08	28.67	26.92	29.08
2016	25.98	27.41	31.32	33.87	32.54	29.99	28.81	28.78	28.24	28.42	27.89	26.12	29.11
เฉลี่ย	26.22	28.29	29.94	31.02	30.10	29.26	28.78	28.50	28.09	27.92	27.20	25.66	28.41

ตารางที่ 6 อุณหภูมิต่ำสุดในพื้นที่การศึกษา

ปี	อุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยรายเดือน (°C)												
	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	รวม
1980	19.97	23.74	25.68	26.64	26.81	24.90	25.18	24.55	24.97	24.29	22.93	20.81	24.20
1981	19.13	22.79	24.58	25.13	25.19	24.93	24.77	24.87	24.93	24.65	23.22	19.33	23.63
1982	20.02	23.36	25.44	25.87	26.12	25.20	24.78	24.92	24.63	24.66	23.64	19.72	24.03
1983	20.71	22.91	25.00	26.64	25.93	25.43	24.96	24.97	24.93	24.41	21.29	19.47	23.89
1984	20.02	23.17	23.92	25.30	25.48	24.86	24.38	24.51	24.18	23.27	22.21	20.72	23.50
1985	21.16	23.76	25.09	25.59	25.50	25.05	24.18	24.85	24.35	24.02	23.30	19.41	23.86
1986	20.31	22.91	23.83	25.31	25.21	25.11	24.28	24.65	24.45	24.52	22.36	20.57	23.63
1987	21.43	23.25	24.35	25.90	25.91	25.06	24.47	24.67	24.56	24.48	24.39	18.32	23.90
1988	20.71	23.82	25.44	26.02	25.41	25.14	24.99	24.73	24.94	24.26	21.85	20.32	23.97
1989	22.42	22.91	24.02	25.97	25.11	24.36	24.64	24.40	23.93	23.87	22.56	18.75	23.58
1990	22.33	23.49	24.42	25.60	25.15	25.18	24.48	24.96	24.15	23.73	22.67	20.38	23.88
1991	22.70	21.56	24.43	25.38	26.04	25.31	24.93	24.54	24.81	23.87	21.64	20.73	23.83
1992	21.22	22.14	24.59	26.63	26.19	24.49	24.01	23.93	23.66	22.35	19.99	19.35	23.21
1993	21.13	21.34	24.32	25.62	25.79	25.76	25.54	24.49	24.56	24.28	22.54	20.78	23.84
1994	21.44	24.45	24.26	25.86	25.75	25.35	24.92	24.82	24.97	23.06	23.55	21.97	24.20
1995	20.89	22.43	25.47	26.56	26.02	25.69	25.03	25.04	25.01	24.90	23.08	20.56	24.22
1996	20.90	21.82	24.79	25.74	25.35	25.30	24.73	25.17	24.80	24.53	23.47	20.10	23.89
1997	19.92	23.27	24.60	25.22	26.05	25.82	25.37	25.30	24.59	24.62	23.29	22.20	24.19
1998	22.53	24.48	25.30	26.37	26.28	25.68	25.15	25.10	25.07	24.68	22.71	21.80	24.60
1999	22.06	23.49	25.13	25.11	25.09	25.48	25.28	24.99	24.64	24.50	23.45	19.40	24.05
2000	19.99	20.39	23.64	25.30	24.93	25.14	25.03	24.93	24.16	24.26	20.95	20.68	23.28
2001	21.75	21.80	24.68	27.34	25.21	25.19	25.35	25.17	24.57	24.80	20.19	20.33	23.87
2002	19.06	23.19	25.15	26.02	25.61	25.54	25.60	24.84	24.62	24.03	23.33	22.08	24.09
2003	18.53	21.97	23.94	26.20	25.94	25.23	24.71	25.00	24.53	24.21	22.34	18.03	23.39
2004	19.81	20.79	24.81	26.62	25.86	25.39	24.61	25.14	24.35	23.24	22.04	17.57	23.35
2005	20.02	24.70	24.20	26.38	26.43	25.87	25.15	25.05	24.55	24.42	22.87	19.87	24.13
2006	18.79	22.65	25.32	25.55	24.91	25.12	25.26	24.86	24.46	24.36	22.97	18.95	23.60
2007	19.26	21.57	25.78	25.75	25.18	25.49	25.06	25.03	24.59	24.01	20.52	20.64	23.57
2008	19.41	22.11	24.24	25.58	25.02	25.00	25.00	24.68	24.57	24.73	21.95	18.71	23.42
2009	17.22	22.78	24.56	25.40	25.48	25.53	25.20	25.32	25.10	24.82	21.76	20.32	23.62
2010	21.88	24.84	24.90	27.22	27.44	25.94	25.60	24.94	24.92	24.24	22.41	21.07	24.62
2011	18.93	22.25	22.36	24.74	24.96	25.47	24.82	24.78	24.81	24.35	22.64	19.29	23.28
2012	22.35	23.77	25.32	26.20	25.74	25.72	25.01	25.15	24.91	24.46	24.33	22.57	24.63
2013	20.38	23.50	25.10	26.18	26.58	25.59	25.12	25.09	24.64	24.12	23.51	16.95	23.90
2014	16.04	22.41	25.05	25.92	26.19	26.10	25.68	24.95	24.86	24.11	23.12	20.20	23.72
2015	18.02	21.85	25.25	25.23	27.11	26.39	26.06	25.29	24.84	24.21	24.28	21.94	24.21
2016	20.12	20.93	25.37	27.77	27.19	25.95	25.06	24.94	24.96	24.95	23.65	21.20	24.34
เฉลี่ย	20.34	22.77	24.71	25.94	25.79	25.37	24.98	24.88	24.64	24.22	22.62	20.14	23.87

ตารางที่ 7 อุณหภูมิที่จุดน้ำค้างในพื้นที่การศึกษา

ปี	อุณหภูมิที่จุดน้ำค้างเฉลี่ยรายเดือน (°C)												
	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	รวม
1980	16.72	18.96	22.32	23.25	23.70	24.30	24.09	24.03	24.26	23.92	20.68	18.07	22.02
1981	15.72	19.61	21.93	23.55	24.20	23.97	24.12	23.95	24.39	23.37	21.64	15.48	21.83
1982	16.87	20.09	22.26	22.38	23.60	23.95	23.58	23.56	24.23	23.80	21.41	16.62	21.86
1983	16.21	20.67	21.18	23.54	23.84	24.39	24.05	24.34	24.63	23.83	18.61	16.74	21.84
1984	16.97	21.09	21.60	24.14	23.77	23.66	23.56	23.58	24.16	22.71	20.21	17.52	21.91
1985	18.58	20.78	20.87	22.84	21.76	22.86	23.18	23.68	24.01	23.35	22.33	17.29	21.79
1986	16.54	19.43	19.06	23.34	23.79	23.66	23.46	23.97	23.77	23.74	19.33	17.44	21.46
1987	16.48	19.08	20.32	22.38	23.85	24.53	23.22	24.09	24.54	23.94	23.17	13.85	21.62
1988	17.88	21.63	22.07	23.94	24.56	23.99	24.26	24.56	24.51	23.38	17.15	15.64	21.96
1989	19.40	20.68	21.09	22.86	23.53	23.31	23.50	23.39	23.88	23.21	19.22	16.21	21.69
1990	19.70	20.74	21.46	22.04	23.86	23.49	22.95	23.30	23.90	23.25	20.77	17.10	21.88
1991	20.31	17.84	22.49	22.94	23.84	23.85	23.54	23.70	24.45	22.83	19.15	17.39	21.86
1992	17.86	19.61	21.23	22.38	23.33	23.82	23.25	23.89	23.92	22.19	17.34	17.85	21.39
1993	17.71	18.06	22.23	22.49	23.32	23.20	22.81	23.22	23.95	22.12	19.74	15.20	21.17
1994	17.97	20.57	21.33	23.52	23.99	23.71	23.35	23.53	24.19	21.20	18.71	17.94	21.67
1995	17.04	18.40	21.71	23.92	24.16	24.20	23.86	24.59	24.62	23.43	19.83	15.56	21.78
1996	17.88	16.95	22.13	24.28	24.90	24.81	23.93	24.09	24.58	23.07	21.41	16.17	22.02
1997	16.95	19.28	21.36	21.72	23.24	22.76	23.00	23.41	24.08	23.94	21.58	20.05	21.78
1998	20.50	22.12	22.39	23.62	24.28	24.29	24.33	24.28	24.19	22.95	20.27	16.67	22.49
1999	16.93	18.13	20.67	23.54	23.96	23.92	24.28	23.66	23.88	23.47	20.80	13.76	21.42
2000	18.90	18.78	20.45	24.09	24.56	24.49	24.19	24.14	23.96	24.54	20.41	19.70	22.35
2001	20.53	19.38	22.78	23.93	24.41	24.26	24.15	24.28	24.70	24.90	19.48	19.20	22.67
2002	18.24	20.85	22.27	22.73	24.41	24.51	23.88	23.91	24.68	24.10	22.77	21.91	22.86
2003	17.89	21.02	22.52	23.72	23.82	24.18	24.58	24.52	24.69	23.93	21.36	16.19	22.37
2004	18.29	19.15	21.31	22.03	23.89	23.65	24.38	24.15	24.59	22.55	20.37	16.27	21.72
2005	18.67	22.05	21.28	24.41	24.45	24.68	24.42	24.19	24.98	24.15	22.67	18.76	22.89
2006	18.24	21.21	22.72	23.43	24.54	24.96	24.56	24.40	25.02	24.61	22.53	18.15	22.86
2007	17.87	20.17	22.81	23.82	25.03	25.35	24.45	24.47	25.07	23.88	19.85	20.13	22.74
2008	18.97	19.61	21.28	24.13	24.27	24.48	24.19	24.46	24.50	24.93	21.23	18.09	22.51
2009	16.51	21.21	22.83	23.74	24.55	24.46	24.41	24.74	25.07	25.04	21.14	19.97	22.81
2010	21.28	22.97	21.71	23.54	24.64	24.97	25.16	25.06	25.31	24.38	21.18	20.54	23.39
2011	17.65	21.50	21.58	24.31	25.13	24.71	24.91	24.89	25.29	24.34	22.05	18.20	22.88
2012	21.67	22.77	22.79	23.91	24.65	24.61	24.20	23.95	25.11	24.39	24.31	21.83	23.68
2013	19.57	21.95	22.51	23.31	24.46	24.81	24.24	24.07	24.76	23.62	22.47	16.45	22.69
2014	15.39	20.67	22.80	23.91	24.97	24.81	24.59	24.53	24.86	24.11	22.76	18.31	22.64
2015	16.78	19.38	23.14	22.55	24.20	23.66	23.73	24.53	25.11	24.48	23.88	21.11	22.71
2016	19.17	17.31	21.14	23.31	24.20	24.27	24.49	24.53	25.06	25.07	22.88	19.61	22.59
เฉลี่ย	18.10	20.10	21.77	23.34	24.10	24.15	23.97	24.10	24.51	23.69	20.94	17.76	22.21



ตารางที่ 8 ความเร็วลมเฉลี่ยในพื้นที่การศึกษา

ปี	ความเร็วลมเฉลี่ยรายเดือน (เมตร/วินาที)												รวม
	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	
1980	1.08	2.04	1.83	1.97	2.17	1.22	1.64	1.17	0.77	0.88	1.53	1.58	1.49
1981	1.37	1.43	1.40	1.63	1.35	1.57	1.27	1.56	0.91	1.30	1.32	2.16	1.44
1982	1.17	0.90	1.20	1.10	1.01	1.19	1.09	0.98	0.56	0.57	1.03	1.39	1.02
1983	1.39	1.31	1.56	1.54	1.45	0.91	1.00	0.96	0.57	0.91	1.32	1.25	1.18
1984	1.07	0.94	1.29	1.24	1.10	1.05	1.00	1.15	0.65	0.58	1.23	1.29	1.05
1985	1.09	1.20	1.38	1.29	0.77	1.15	0.90	1.08	0.64	0.62	0.80	1.30	1.02
1986	1.34	1.15	1.44	0.97	0.81	0.80	0.87	0.82	0.88	0.81	1.69	1.45	1.08
1987	1.51	1.60	1.61	1.43	2.00	1.65	1.44	1.24	0.94	0.93	1.53	2.04	1.49
1988	1.15	1.12	1.98	1.35	1.28	1.17	1.23	1.06	0.76	0.88	2.46	2.10	1.38
1989	1.25	1.07	1.62	1.62	1.34	1.02	1.07	1.03	0.89	0.91	1.71	1.29	1.23
1990	0.97	1.14	1.57	1.58	1.14	1.20	1.15	1.19	0.72	1.14	1.33	1.58	1.23
1991	0.92	1.39	1.89	1.51	1.13	1.07	1.18	1.04	0.75	0.87	1.35	1.56	1.22
1992	1.29	0.92	1.05	1.15	1.17	1.01	0.96	0.72	0.50	0.69	1.39	0.87	0.98
1993	0.97	0.77	0.94	0.69	0.81	0.68	0.69	0.57	0.46	0.65	0.85	1.39	0.79
1994	0.53	0.70	0.66	0.43	0.63	0.63	0.63	0.59	0.44	0.64	1.03	1.00	0.66
1995	0.88	0.79	0.91	0.63	0.62	0.72	0.59	0.54	0.52	0.54	1.00	1.52	0.77
1996	0.59	1.07	0.66	0.67	0.50	0.46	0.63	0.52	0.42	0.68	0.95	0.92	0.67
1997	0.64	0.65	0.73	0.53	0.63	0.63	0.67	0.71	0.54	0.53	0.83	0.86	0.66
1998	0.75	0.44	0.55	0.54	0.54	0.42	0.51	0.52	0.38	0.51	0.63	0.94	0.56
1999	0.77	0.81	0.69	0.63	0.62	0.51	0.57	0.52	0.42	0.50	0.86	1.48	0.70
2000	0.68	0.98	1.06	1.08	0.91	0.87	0.79	0.56	0.75	0.33	0.55	0.50	0.76
2001	0.75	0.97	0.80	1.61	1.01	0.68	0.96	0.77	0.35	0.46	0.58	0.67	0.80
2002	0.75	1.21	1.97	1.44	1.45	1.02	1.42	0.96	0.52	0.42	0.51	0.39	1.01
2003	0.59	0.78	0.98	1.37	0.97	0.85	0.84	0.69	0.34	0.55	0.53	0.70	0.77
2004	0.64	1.15	1.81	1.62	1.20	1.14	0.52	0.67	0.60	0.54	0.66	0.47	0.92
2005	0.76	1.63	1.62	1.28	1.11	1.44	0.83	1.11	0.63	0.52	0.48	0.59	1.00
2006	0.57	0.92	1.69	1.38	0.72	0.86	1.05	0.70	0.31	0.41	0.41	0.59	0.80
2007	0.58	1.09	1.59	1.31	0.53	0.63	0.74	0.68	0.39	0.51	0.51	0.55	0.76
2008	0.83	0.91	1.43	1.21	0.87	0.90	1.08	1.00	0.62	0.52	0.81	0.94	0.93
2009	1.08	0.75	1.16	0.75	0.74	1.40	0.91	0.60	0.41	0.31	0.54	0.54	0.77
2010	0.54	1.00	1.10	1.59	1.20	0.72	0.56	0.47	0.35	0.39	0.50	0.62	0.75
2011	0.69	0.68	0.68	0.73	0.59	0.87	0.70	0.59	0.41	0.42	0.46	0.72	0.63
2012	0.48	0.67	1.00	0.93	0.67	0.90	0.64	0.52	0.35	0.35	0.37	0.40	0.61
2013	0.58	0.68	1.06	1.07	0.73	0.65	0.61	0.51	0.40	0.44	0.61	0.63	0.66
2014	0.73	1.08	1.13	1.01	0.63	0.97	0.78	0.62	0.44	0.37	0.42	0.70	0.74
2015	0.52	0.88	1.29	0.84	1.04	0.96	0.99	0.59	0.44	0.37	0.46	0.47	0.74
2016	0.69	0.95	1.34	1.79	1.36	0.90	0.75	0.60	0.40	0.38	0.45	0.63	0.85
เฉลี่ย	0.87	1.02	1.26	1.18	1.00	0.94	0.90	0.80	0.55	0.61	0.91	1.03	0.92

บทที่ 3 การพัฒนาฐานข้อมูล

3.1 บทนำ

ฐานข้อมูลสำหรับแบบจำลองกำหนดการให้น้ำพืชมีความสำคัญต่อการพัฒนาแบบจำลอง เนื่องจากเป็นข้อมูลปฐมภูมิที่ใช้สำหรับการคำนวณกำหนดการให้น้ำพืชโดยแบบจำลอง ซึ่งฐานข้อมูลที่จำเป็นประกอบด้วย ฐานข้อมูลสภาพอากาศ ข้อมูลพืช และกลุ่มชุดดิน โดยที่ทั้ง 3 องค์ประกอบเป็นข้อมูลที่สำคัญ ไม่สามารถขาดองค์ประกอบอย่างใดอย่างหนึ่งได้ ความแม่นยำของการคำนวณขึ้นอยู่กับความละเอียดของฐานข้อมูลและวิธีการคำนวณ การพัฒนาฐานข้อมูลมีขั้นตอนดำเนินการแสดงดัง ภาพที่ 12

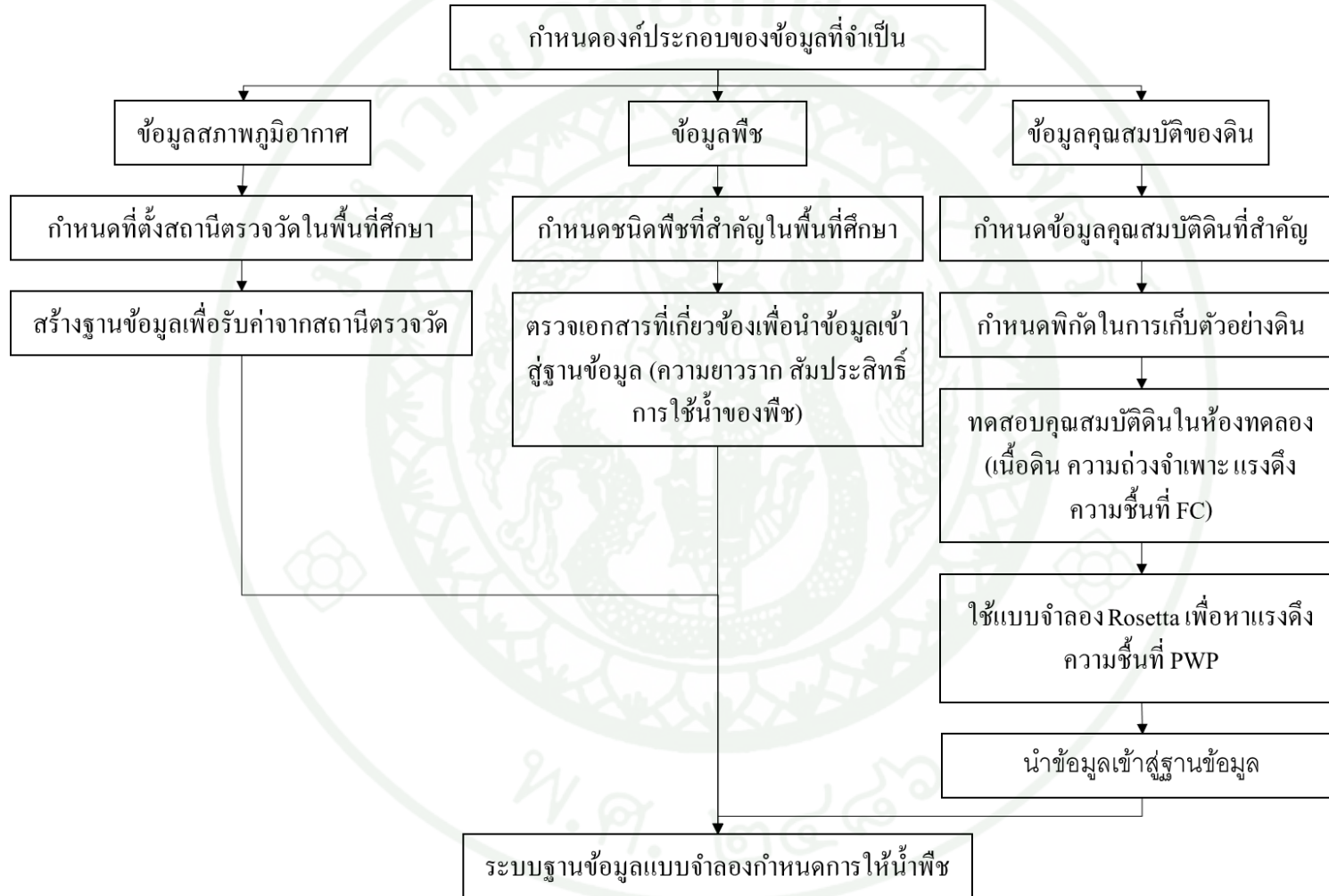
3.2 การพัฒนาฐานข้อมูลสภาพภูมิอากาศ

ฐานข้อมูลสภาพภูมิอากาศแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มคือ 1.กลุ่มข้อมูลสภาพภูมิอากาศที่นำมาคำนวณปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (Reference Crop Evapotranspiration; ET_0) ซึ่งในการพัฒนาแบบจำลองได้ประยุกต์ใช้สมการ Penman Monteith ซึ่งมีปัจจัยทางภูมิอากาศที่สำคัญในการคำนวณ ประกอบด้วย อุณหภูมิสูงสุด อุณหภูมิต่ำสุด ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ ความเร็วลมที่ความสูง 2 เมตรจากผิวดิน และความยาวช่วงโมงแสงแดด 2.ข้อมูลปริมาณน้ำฝน เป็นข้อมูลที่จะนำเข้ามาสำหรับการคำนวณความชื้นในดินที่เพิ่มขึ้น สำหรับการสร้างฐานข้อมูลสภาพภูมิอากาศมีการดำเนินการดังนี้

3.2.1 การกำหนดที่ตั้งสถานีตรวจวัดสภาพภูมิอากาศ

จากการรวบรวมข้อมูลที่ตั้งของสถานีตรวจวัดสภาพภูมิอากาศของกรมอุตุนิยมวิทยาพบว่า สถานีตรวจวัดสภาพภูมิอากาศที่ตั้งอยู่ในบริเวณพื้นที่การศึกษามีระยะห่างกันมากกว่า 30 กิโลเมตร อีกทั้งยังมีการกระจายตัวครอบคลุมพื้นที่การศึกษาไม่ครอบคลุมพื้นที่การศึกษาเท่าที่ควร ซึ่งการดำเนินการติดตั้งสถานีตรวจวัดสภาพภูมิอากาศจากโครงการวิจัยนี้ มีพื้นที่เป้าหมายให้ครอบคลุมพื้นที่โครงการชลประทานแม่กลองใหญ่ ซึ่งเป็นพื้นที่เป้าหมายในการคำนวณปริมาณการใช้น้ำของพืชจากสภาพภูมิอากาศให้มีความแม่นยำ และน่าเชื่อถือมากยิ่งขึ้น

การกำหนดตำแหน่งที่ตั้งสถานีตรวจวัดสภาพภูมิอากาศพิจารณาจากขอบเขตของโครงการชลประทานแม่กลองใหญ่ และงบประมาณในการดำเนินการสถานีตรวจวัด จากการทบทวนความเหมาะสมของการติดตั้งสถานีจากงบประมาณและรัศมีของการตรวจวัดที่เหมาะสม สามารถดำเนินการติดตั้งได้ทั้งหมด 5 สถานี โดยมีรัศมีตรวจวัดครอบคลุมประมาณ 15-30 กิโลเมตร



ภาพที่ 12 แผนผังการดำเนินการพัฒนาฐานข้อมูลสำหรับแบบจำลองกำหนดการให้น้ำพืช

3.2.2 การสร้างฐานข้อมูลสภาพภูมิเพื่อนำเข้าแบบจำลอง

ข้อมูลตรวจวัดจากสถานีตรวจวัดสภาพภูมิอากาศ เป็นข้อมูลการตรวจวัดทุก 15 นาที และทำการบันทึกลงฐานข้อมูลออนไลน์ (Cloud Server) โดยใช้ฐานข้อมูล MySQL เป็นระบบฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ เป็นการเก็บข้อมูลในรูปของตาราง (Table) มีการเก็บข้อมูลเป็นแบบแถว (Row) และคอลัมน์ (Column) ซึ่งในการเชื่อมโยงกันระหว่างข้อมูลในตารางต่างๆ จะเชื่อมโยงโดยใช้การอ้างอิงจากข้อมูลในคอลัมน์ที่กำหนดไว้ โดยมี Function การทำงานแบบ Relation Database Management System (RDBMS) โดยอาศัย Structured Query Language (SQL) เป็นภาษาในสื่อสาร

การเตรียมข้อมูลสำหรับนำเข้าแบบจำลอง โดยการกำหนดช่วงข้อมูล โดยใช้ข้อมูลที่ตรวจวัด 07:00 น. ของวันก่อนหน้าถึง 06:59 น. เป็นค่าสภาพภูมิอากาศในวันที่ปัจจุบันซึ่งเป็นรูปแบบข้อมูลแบบเดียวกับการรายงานผลจากการตรวจวัดโดยกรมอุตุนิยมวิทยา เชื่อมต่อข้อมูลจากฐานข้อมูลของแบบจำลองด้วย Google Sheets โดยใช้ Sheetgo ซึ่งเป็นส่วนเสริมของ Google Sheets สำหรับการเชื่อมต่อกับฐานข้อมูล MySQL เพื่อให้ข้อมูลอยู่ในรูปของ Spreadsheets ทำให้การเข้าถึงข้อมูลง่ายต่อการใช้งาน รวมถึงการนำข้อมูลมาคำนวณและวิเคราะห์ข้อมูลได้สะดวก

3.3 การรวบรวมฐานข้อมูลพืช

ข้อมูลของพืชที่จำเป็นต่อการคำนวณกำหนดการให้น้ำกับพืชคือข้อมูลทางกายภาพประกอบด้วยความยาวรากพืชใช้การ และข้อมูลพฤติกรรมการใช้น้ำของพืช ประกอบด้วย ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช (Crop Coefficient) และค่าสัมประสิทธิ์ความชื้นที่ขอมให้ลดลงได้ (Depletion Fraction) ซึ่งข้อมูลของพืชจากฐานข้อมูลมีความสำคัญในการคำนวณปริมาณน้ำที่พืชใช้ส่งผลต่อความชื้นในดินที่ลดลง การเก็บกักปริมาณน้ำในดินรวมถึงความสามารถในการทดต่อการขาดน้ำ ซึ่งรายละเอียดของข้อมูลมีดังนี้

3.3.1 ความยาวรากพืชใช้การ

ความยาวของรากพืชเป็นสิ่งที่กำหนดขอบเขตหรือความลึกของชั้นดินที่พืชสามารถนำน้ำในดินไปใช้ได้ โดยความยาวของรากพืชมีความสำคัญในการคำนวณปริมาณน้ำที่ให้กับต้นพืชในหน่วยความลึกของน้ำ หรือใช้สำหรับการเปลี่ยนหน่วยความลึกของปริมาณน้ำที่พืชใช้ หรือปริมาณฝนใช้การที่เติมความชื้นลงดิน มีความสัมพันธ์ดังสมการที่ 1 โดยฐานข้อมูลรากพืชมีข้อมูลดังตารางที่ 15

$$dw = Pw \times As \times dp \quad \text{สมการที่ 1}$$

โดยที่ dw คือ หน่วยความลึกของน้ำในดินที่จะให้ (มิลลิเมตร)

dp คือ ความลึกของรากพืช (มิลลิเมตร)

As คือ ความถ่วงจำเพาะปรากฏของดิน

Pw คือ ร้อยละความชื้นที่จะต้องให้กับพืชจากความชื้นที่กำหนดการให้น้ำถึงที่จุดความชื้นชลประทาน

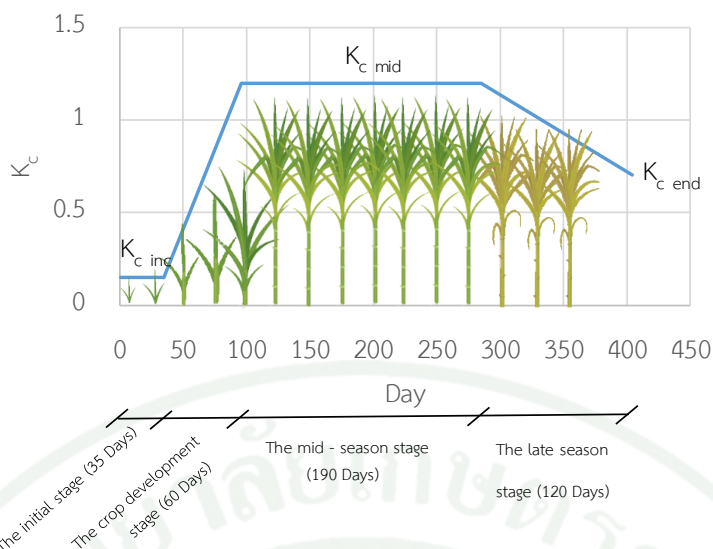
3.3.2 สัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช

สัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช (Crop Coefficient; K_c) คือ ค่าคงที่จากอัตราส่วนของปริมาณการใช้น้ำของพืชชนิดต่าง ๆ (Crop Evapotranspiration; ET_c) เทียบกับปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (Reference Crop Evapotranspiration; ET_o) ในช่วงเวลาเดียวกัน มีความสัมพันธ์ดังสมการที่ 2 ซึ่งมีปัจจัยที่พืชชนิดต่าง ๆ มีความแตกต่างจากพืชอ้างอิง 4 ปัจจัย คือ 1) ความสูงของต้นพืช 2) การสะท้อนของพื้นผิว (Albedo) 3) สภาพความต้านทานการเคลื่อนที่ของไอน้ำของพืช และ 4) สภาพการระเหยน้ำจากดิน โดยเฉพาะอย่างยิ่งสำหรับการระเหยจากผิวดินเปล่า (เอกสิทธิ์ โฆสิต สกฤษชัย, 2552)

$$K_c = \frac{ET_c}{ET_o} \quad \text{สมการที่ 2}$$

จำแนกเป็น 3 ช่วง คือ $K_{c\text{ ini}}$ ในช่วงตั้งตัวของพืช $K_{c\text{ mid}}$ ในช่วงกลางของการเพาะปลูก และ $K_{c\text{ end}}$ ในวันสุดท้ายก่อนเก็บเกี่ยว ซึ่งในช่วงการเจริญเติบโตทางลำต้นและช่วงปลายของการเพาะปลูก ซึ่งเป็นค่าเฉลี่ยเชิงเส้นของ $K_{c\text{ ini}}$ กับ $K_{c\text{ mid}}$ และ $K_{c\text{ mid}}$ กับ $K_{c\text{ end}}$ ตามลำดับแสดงดังภาพที่ 13 (Richard, 1998)

เมื่อค่า ET_c และ ET_o เป็นค่าการใช้น้ำของพืชที่ทำการตรวจวันในช่วงเวลาเดียวกัน โดยองค์ประกอบต่างๆ คุณสมบัติต่างๆ มีความคล้ายคลึงกันค่า K_c ที่ได้ของพืชชนิดต่างๆจึงสามารถนำไปใช้ได้โดยทั่วไป (อมรเทพ เจริญสุข และนรุตม์ เกาะสมัน, 2556) กรมชลประทานได้ดำเนินการวิจัยเกี่ยวกับปริมาณการใช้น้ำของพืชที่สถานีทดลองการใช้น้ำชลประทานทั้ง 9 แห่งคือ สถานีทดลองการใช้น้ำ ชลประทานที่ 1 (แม่แตง) จังหวัดเชียงใหม่ สถานีทดลองการใช้น้ำชลประทานที่ 2 (พิษณุโลก) จังหวัดพิษณุโลก สถานีทดลองการใช้น้ำชลประทานที่ 3 (ห้วยบ้านยาง) จังหวัดนครราชสีมา สถานีทดลองการใช้น้ำชลประทานที่ 4 (สามชุก) จังหวัดสุพรรณบุรี



ภาพที่ 13 สัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืชโดย FAO

สถานีทดลองการใช้น้ำชลประทานที่ 5 (แม่กลองใหญ่) จังหวัดนครปฐม สถานีทดลองการใช้น้ำชลประทานที่ 6 (เพชรบุรี) จังหวัดเพชรบุรี สถานีทดลองการใช้น้ำชลประทานที่ 7 (ปัตตานี) จังหวัดยะลา สถานีทดลองการใช้น้ำชลประทานที่ 8 (นครศรีธรรมราช) จังหวัดนครศรีธรรมราช และศูนย์สาธิตการใช้น้ำชลประทานแม่กลอง จังหวัดกาญจนบุรี อนึ่งยังได้ดำเนินการหาปริมาณการใช้น้ำในนอกพื้นที่สถานีทดลองฯ เช่นศูนย์ศึกษาการพัฒนาภูพาน อันเนื่องมาจากพระราชดำริ จังหวัดสกลนคร บางครั้งได้ทำการวิจัยหาปริมาณการใช้น้ำในแปลงเกษตรกร ซึ่งอยู่ในพื้นที่ส่งน้ำของโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาซึ่งแต่ละสถานีที่ตั้งอยู่ในท้องที่ต่างๆ เช่น ภาคเหนือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคกลาง ภาคตะวันตก และภาคใต้ ซึ่งมีสภาพภูมิอากาศที่แตกต่างกันข้อมูลที่ได้นำมาวิเคราะห์เพื่อหาค่าปริมาณการใช้น้ำของพืชตามช่วงการเจริญเติบโตตั้งแต่ปลูกจนกระทั่งเก็บเกี่ยวและบางพืชเป็นไม้ยืนต้นมีปริมาณการใช้น้ำตลอดปีนำมาวิเคราะห์หาค่าสัมประสิทธิ์พืช (K_c) โดยการคำนวณหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิงโดยวิธี Penman-Monteith (Reference Crop Evapotranspiration, ET_0 Penman - Monteith) กับปริมาณการใช้น้ำจริงที่ได้จากการทดลองในถังวัดปริมาณการใช้น้ำของพืช (Lysimeter Tank) ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อการชลประทาน

ค่าสัมประสิทธิ์พืชที่กลุ่มงานวิจัยการใช้น้ำชลประทานได้ศึกษาทดลองวิเคราะห์ปริมาณการใช้น้ำเพิ่มเติมเป็นค่าสัมประสิทธิ์พืชไว้ 43 ชนิดได้แก่ ข้าว กข. (นาดำ) ข้าว กข. (นาหว่านน้ำ

นม) ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ข้าวเหนียวพันธุ์สกลนคร (น้ำคำ) ข้าวบาสมาดิ ข้าวสาละ ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ข้าวโพดหวาน ข้าวฟ่าง ถั่วเหลือง ถั่วลิสง ถั่วเขียว งา ยาสูบ ทานตะวัน แดงโม มะเขือเทศ หอมหัวใหญ่ หอมแดง มะระ กะหล่ำดอก กระน้ำ ผ้าย อ้อย ละหุ่ง หน่อไม้ฝรั่ง เผือก มะนาว มะม่วง ส้มโอ บานชื่น ปทุมมา กุหลาบ หน้้ารัฐเนเปียร์ ถั่วไมยรา หน้้าแฝก ขนุน ถั่วถั่วน้ำหว่า ถั่วถั่วหอม ธิปถุยาธิ มะลิ และสบู่ดำ (กรมชลประทาน, 2555a) โดยข้อมูลสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืชที่นำเข้ามา ในฐานข้อมูลพืชแสดงดังตารางที่ 16 ถึง ตารางที่ 18

3.4 การทดสอบคุณสมบัติดิน

คุณสมบัติของดินเป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อความสามารถในการเก็บกักน้ำในดิน ซึ่งมีความสำคัญต่อกำหนดการให้น้ำพืช เนื่องจากปริมาณน้ำที่ถูกเก็บกักมีความแตกต่างกันในดินแต่ละชนิด สำหรับการทดสอบคุณสมบัติดินเพื่อนำข้อมูลมาใช้สำหรับกำหนดการให้น้ำมีข้อมูลที่สำคัญคือ ความชื้นที่จุดชลประทาน (Field Capacity; FC) และความชื้นที่จุดเหี่ยวเฉาถาวร (Permanent Wilting Point; PWP) ซึ่งมีเนื้อดินและความถ่วงจำเพาะปรากฏเป็นปัจจัยหลัก โดยปริมาณน้ำที่ถูกกักเก็บระหว่างความชื้นที่จุดชลประทานและความชื้นที่จุดเหี่ยวเฉาถาวรคือปริมาณน้ำที่พืชสามารถนำไปใช้ได้

3.4.1 อุปกรณ์ในการดำเนินการ

การเก็บตัวอย่างดิน มีอุปกรณ์ที่สำคัญสำหรับการดำเนินงานได้แก่

1. Soil Core Sampler
2. Hand Auger
3. กระป๋องสำหรับเก็บตัวอย่างดิน
4. พลั่วและจอบ

การทดสอบคุณสมบัติของดิน มีอุปกรณ์ที่สำคัญสำหรับการดำเนินงานได้แก่

1. ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2)
2. แคลกอน (Calgon)
3. ตะแกรงที่มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 2 มม.
4. เครื่องชั่งน้ำหนัก

5. เครื่องปั่นดิน (Mechanical Mixer)
6. กระบอกไฮโดรมิเตอร์ (Hydrometer Jar) 1000 cm³
7. ปีกเกอร์ (Beaker)
8. ตู้อบดิน
9. Chamber Extractor

3.4.2 วิธีดำเนินการ

1) การรวบรวมข้อมูลในพื้นที่ศึกษา

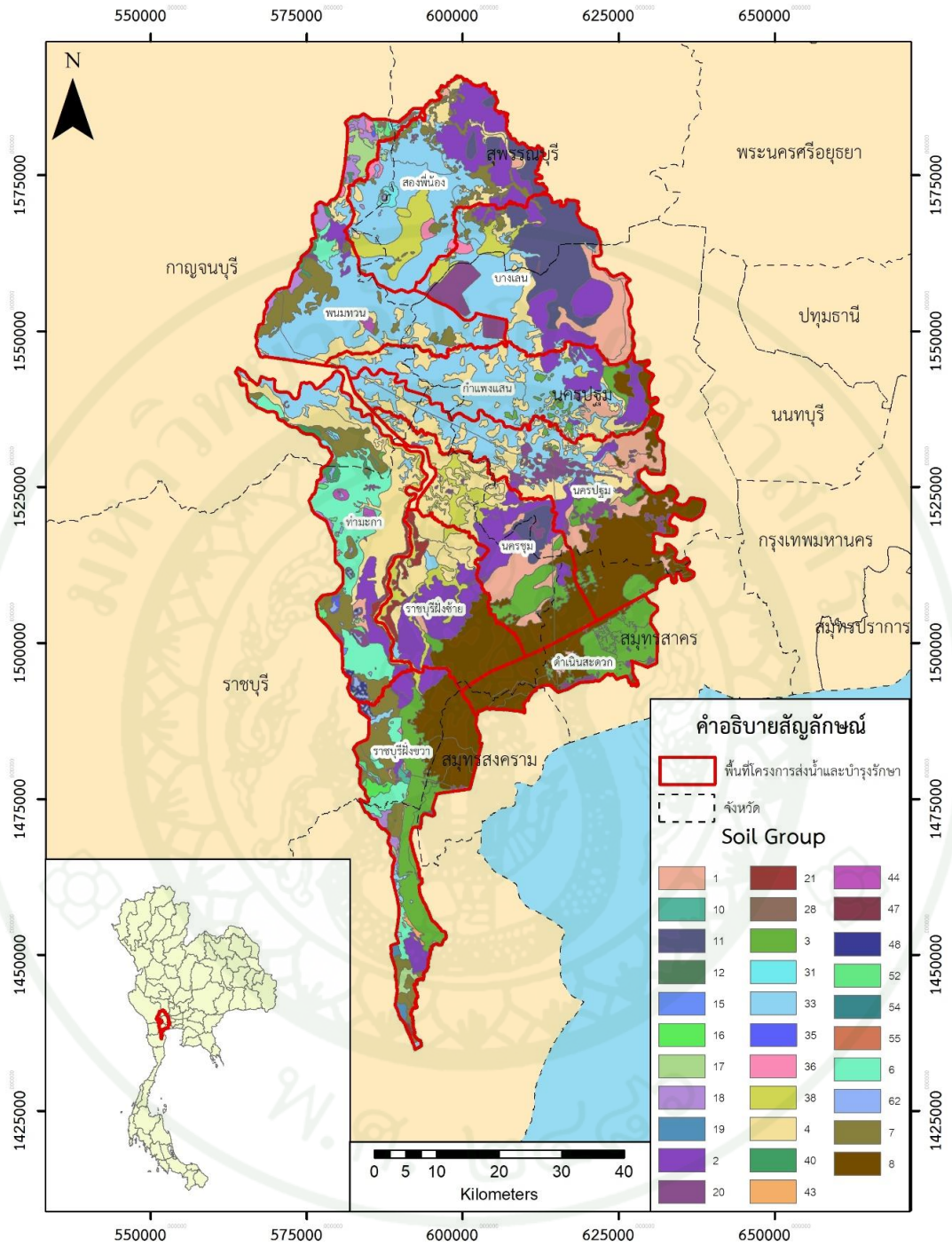
กลุ่มชุดดิน คือการจำแนกแผนที่ดิน โดยกรมพัฒนาที่ดินจากการพัฒนาเกณฑ์การคัดแยก โดยการรวบรวมชุดดินที่มีลักษณะ คุณสมบัติ ศักยภาพในการเพาะปลูก รวมถึงการจัดการดินที่มีรูปแบบคล้ายคลึงกัน มาจัดกลุ่มให้อยู่ในกลุ่มเดียวกัน ทำให้ง่ายต่อการทำงานหลายๆ ด้าน เช่น การให้คำแนะนำสำหรับพื้นที่กลุ่มชุดดินต่างๆ การตรวจสอบลักษณะดิน การใช้ที่ดินและการจัดการดินที่เหมาะสมแก่เกษตรกรหรือผู้ที่สนใจทั่วไป โดยในการจัดกลุ่มชุดดินนั้นประกอบด้วย 62 กลุ่ม แบ่งออกเป็น 2 กลุ่มหลักๆ คือ กลุ่มชุดดินที่พบในพื้นที่ลุ่ม ประกอบด้วย กลุ่มชุดดินที่ 1-25 และกลุ่มชุดดินที่ 57-59 อีกกลุ่มคือกลุ่มชุดดินที่พบในพื้นที่ดอน ประกอบด้วย กลุ่มชุดดินที่ 26-56 และ 60-62 (สำนักสำรวจดินและวางแผนการใช้ที่ดิน, 2548)

จากแผนที่กลุ่มชุดดินที่พัฒนาขึ้นโดยสำนักสำรวจดินและวางแผนการใช้ที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน ในพื้นที่โครงการชลประทานแม่กลองใหญ่ มีแผนที่กลุ่มชุดดินแสดงดังภาพที่ 14 และสรุปภาพรวมของชนิดและขนาดของพื้นที่ที่ครอบคลุมในเขตพื้นที่การศึกษาแสดงดังตารางที่ 9 และสรุปข้อมูลกลุ่มชุดดินในแต่ละโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาภายใต้โครงการชลประทานแม่กลองใหญ่แสดงดังตารางที่ 10 ถึงตารางที่ 12

2) การเก็บตัวอย่างดิน

จากการจัดทำฐานข้อมูลกลุ่มชุดดินพบว่า มีกลุ่มชุดดินหลักได้ 10 กลุ่มชุดดิน ครอบคลุมพื้นที่ร้อยละ 91.65 ซึ่งข้อมูลกลุ่มชุดดินนำมาเป็นฐานข้อมูลสารสนเทศทางภูมิศาสตร์สำหรับการพัฒนาและการประยุกต์ใช้กราฟลักษณะความอุ้มน้ำของดิน โดยการสุ่มเก็บตัวอย่างดินในพื้นที่โครงการชลประทานแม่กลองใหญ่แสดงดังภาพที่ 15 โดยการเก็บตัวอย่างทำการเก็บตัวอย่าง

แผนที่กลุ่มชุดดินโครงการชลประทานแม่กลองใหญ่



ภาพที่ 14 แผนที่กลุ่มชุดดินโครงการชลประทานแม่กลองใหญ่

577785291 KU IThesis 6124500418 thesis / rev: 29062563 11:28:00 / seq: 50

ตารางที่ 9 สรุปข้อมูลชุดดินในโครงการชลประทานแม่กลองใหญ่

กลุ่มชุดดิน	พื้นที่ (ตร.กม.)	พื้นที่ (ไร่)	ร้อยละของพื้นที่ทั้งหมด (%)
33	1,150.65	719,156	22.38
8	701.80	438,624	13.65
4	690.79	431,743	13.43
2	566.13	353,832	11.01
3	361.07	225,666	7.02
7	311.28	194,547	6.05
1	249.51	155,943	4.85
11	238.10	148,811	4.63
6	223.27	139,544	4.34
38	219.93	137,458	4.28
อื่นๆ	429.27	268,291	8.35
รวม	5,141.78	3,213,615	100



577785291

KU_Thesis 6124500418 thesis / recv: 29062563 11:28:00 / seq: 50

ตารางที่ 10 สรุปข้อมูลชุดดินในโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษา

โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษา	กลุ่มชุดดิน	พื้นที่ (ตร.กม.)	พื้นที่ (ไร่)	ร้อยละของพื้นที่ทั้งหมด (%)
กำแพงแสน	33	266.34	166,461	54.46
	4	92.69	57,929	18.95
	2	62.84	39,273	12.85
	อื่นๆ	67.20	42,001	13.74
	รวม	489.06	305,665	100
ดำเนินสะดวก	8	125.74	78,585	50.55
	3	109.52	68,452	44.03
	20	9.28	5,800	3.73
	อื่นๆ	4.22	2,635	1.69
	รวม	248.75	155,472	100
ท่ามะกา	6	166.41	104,007	27.84
	4	153.69	96,055	25.71
	7	76.31	47,694	12.76
	อื่นๆ	201.41	125,884	33.69
	รวม	597.82	373,639	100
นครชุม	4	102.56	64,100	21.68
	8	86.32	53,950	18.25
	2	75.09	46,929	15.88
	อื่นๆ	208.99	130,622	44.19
	รวม	472.96	295,601	100



ตารางที่ 11 สรุปข้อมูลชุดดินในโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษา (ต่อ)

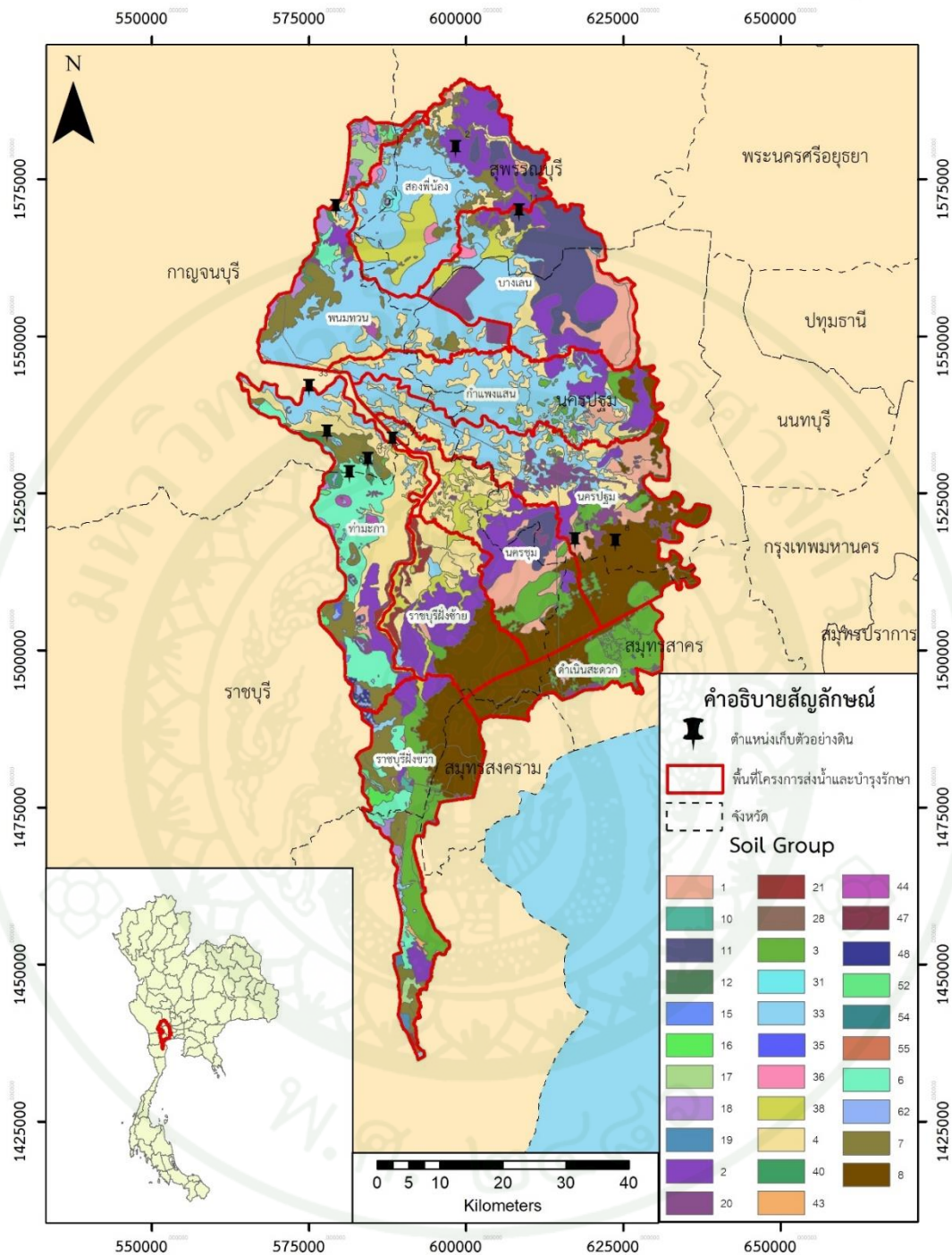
โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษา	กลุ่มชุดดิน	พื้นที่ (ตร.กม.)	พื้นที่ (ไร่)	ร้อยละของพื้นที่ทั้งหมด (%)
นครปฐม	8	221.66	138,537	31.1
	33	156.71	97,942	21.99
	4	131.83	82,391	18.5
	อื่นๆ	202.51	126,570	28.41
	รวม	712.70	445,440	100
บางเลน	11	164.81	103,006	27.9
	33	131.83	82,396	22.31
	2	86.21	53,879	14.59
	อื่นๆ	207.94	129,964	35.2
	รวม	590.79	369,244	100
พนมทวน	33	272.07	170,042	51.05
	7	72.21	45,133	13.55
	4	55.03	34,395	10.33
	อื่นๆ	133.59	83,491	25.07
	รวม	532.90	333,061	100
ราชบุรีฝั่งขวา	8	134.86	84,286	25.98
	3	127.93	79,957	24.65
	7	90.05	56,284	17.35
	อื่นๆ	166.14	103,838	32.01
	รวม	518.98	324,365	100

ตารางที่ 12 สรุปข้อมูลชุดดินในโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษา (ต่อ)

โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษา	กลุ่มชุดดิน	พื้นที่ (ตร.กม.)	พื้นที่ (ไร่)	ร้อยละของพื้นที่ทั้งหมด (%)
ราชบุรีฝั่งซ้าย	8	110.37	68,980	28.69
	2	109.07	68,168	28.36
	4	78.25	48,908	20.34
	อื่นๆ	86.96	54,351	22.61
	รวม	384.65	240,407	100
สองพี่น้อง	33	244.61	152,883	41.24
	2	114.75	71,719	19.35
	38	64.20	40,127	10.82
	อื่นๆ	169.59	105,993	28.59
	รวม	593.15	370,722	100



แผนที่ตำแหน่งสำรวจตัวอย่างดินในโครงการชลประทานแม่กลองใหญ่



ภาพที่ 15 ตำแหน่งการเก็บตัวอย่างดิน

577785291 KU IThesis 6124500418 thesis / rev: 29062563 11:28:00 / seq: 50

2 แบบคือ การเก็บตัวอย่างดินแบบคงสภาพ โดยใช้ Soil Core Sample เก็บที่ความลึก 15 30 และ 45 เซนติเมตร เพื่อทดสอบความถ่วงจำเพาะของดิน และแรงดึงความชื้นของดิน การเก็บตัวอย่างดินอีกแบบคือการเก็บตัวอย่างดินแบบเปลี่ยนสภาพ เพื่อทดสอบลักษณะเนื้อดิน

3) การทดสอบคุณสมบัติดินในห้องปฏิบัติการ

การทดสอบเนื้อดิน

เนื้อดิน (Soil Texture) คือปริมาณสัดส่วนของอนุภาคเม็ดดินที่รวมกันอยู่เป็นก้อนดิน ประกอบด้วยทราย ตะกอนทราย และอนุภาคดินเหนียว โดยที่สัดส่วนของอนุภาคเม็ดดินเป็นผลโดยตรงต่อคุณสมบัติอื่นของดิน สามารถทดสอบหาเนื้อดินได้โดยวิธีวัดความเร็วการตกจมของเม็ดดินในน้ำหรือวิธีไฮโดรมิเตอร์ (Hydrometer Method) เป็นวิธีวิเคราะห์ที่ใช้อุปกรณ์และสารเคมีสามารถแยกทราย ตะกอนทราย และอนุภาคดินเหนียวได้อย่างถูกต้อง โดยอาศัยหลักการเมื่อวัตถุที่มีขนาดแตกต่างกันจะตกตะกอนที่เวลาต่างกัน มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. แยกอินทรีย์สารจากส่วนอื่นๆ โดยใช้ ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2)
2. แยกอนุภาคอินทรีย์ทุกอนุภาคให้อยู่ในสภาพเดี่ยวๆ (Dispersing Agent) โดยใช้ โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) หรือแคลกอน (Calgon) 5 %
3. แยกส่วนดินผง ขนาดใหญ่กว่าขนาด 2 มม. ออกไปโดยใช้วิธีร่อนด้วยตะแกรงที่มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 2 มิลลิเมตร
4. ปั่นสารแขวนลอยด้วยเครื่องปั่น ถ้ำยของผสมลงในกระบอกตวงแบบตกตะกอน (Sedimentation Cylinder) ให้หมดแล้วหย่อนไฮโดรมิเตอร์ ลงไปโดยตั้งเวลาอ่านที่ 40 วินาที และ 2 ชั่วโมง อ่านอุณหภูมิ ค่าที่อ่านได้ที่ 40 วินาทีเป็นปริมาณของกลุ่ม ทรายแป้ง และ ดินเหนียว และ แคลกอน รวมกัน ส่วน 2 ชั่วโมงเป็นปริมาณของกลุ่มขนาดของดินเหนียวและ แคลกอน นำเอาผลการทดลองไปหาร้อยละของทราย จะกอนทราย และอนุภาคดินเหนียว ดังสมการที่ 3 และ สมการที่

4

$$R_s = R_t + 0.36(t - L) \text{ สำหรับสารแขวนลอยดิน} \quad \text{สมการที่ 3}$$

$$C_s = C_r + 0.50(t_c - L) \text{ สำหรับสารละลายแคลกอน} \quad \text{สมการที่ 4}$$

โดยที่ R_s คือ ค่าที่ควรอ่านได้ของแวนลอยดินที่อุณหภูมิ L° (กรัม/ลิตร)

R_t คือ ค่าที่อ่านได้ของสารแวนลอยดินที่อุณหภูมิ t_{40s} หรือ t_{2hr} (กรัม/ลิตร)

C_s คือ ค่าที่อ่านได้ของแคลกอนที่อุณหภูมิ L° (กรัม/ลิตร)

C_r คือ ค่าที่ควรอ่านได้จากสารละลายแคลกอนที่อุณหภูมิ t_c (กรัม/ลิตร)

t คือ อุณหภูมิของสารแวนลอยดินที่ 40 วินาที หรือที่ 2 ชั่วโมง เท่ากับ t_{40s} และ t_{2hr} ตามลำดับ

t_c คือ อุณหภูมิของสารละลายแคลกอน

การทดสอบความถ่วงจำเพาะปรากฏ

ความถ่วงจำเพาะปรากฏของดิน (Apparent Specific Gravity; A_s) คืออัตราส่วนระหว่างน้ำหนักของดินต่อน้ำหนักของน้ำที่มีปริมาตรเท่ากับดิน โดยเป็นปริมาตรจากเม็ดดินรวมทั้งช่องว่างที่แทรกอยู่ในเนื้อดิน ความถ่วงจำเพาะปรากฏในกรณี Bulk Density มีการใช้สำหรับงานด้านชลประทานอย่างแพร่หลาย โดยความถ่วงจำเพาะปรากฏคำนวณได้จากสมการ 5 ทำการทดสอบได้โดยการเก็บตัวอย่างดินด้วย Soil Core Sampler ซึ่งเป็นการเก็บตัวอย่างดินแบบไม่ทำลายโครงสร้างของดินหรือการเก็บตัวอย่างดินคงสภาพ (Undisturbed Sample) ในระดับความลึกต่างๆ คือ 15 30 และ 45 เซนติเมตร (ใช้ Hand Augur ในการเจาะนำเพื่อให้สามารถเก็บตัวอย่างดินในระดับที่ต้องการ) จากนั้นนำตัวอย่างเก็บใส่ในกระป๋องเก็บตัวอย่างเพื่อนำเข้าสู่ห้องปฏิบัติการ

การทดสอบในห้องปฏิบัติการสำหรับการหาความถ่วงจำเพาะทำได้โดยการนำตัวอย่างดินเข้าสู่อบดินที่อุณหภูมิ 105°C เป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง เพื่อให้ตัวอย่างดินแห้งไม่มีความชื้นอยู่ในดิน นำตัวอย่างดินหลังจากการอบแห้งซึ่งน้ำหนักบนเครื่องชั่ง (มีความละเอียด 0.01 g) ชั่งตัวอย่างละ 3 ครั้ง และทำการวัดขนาดของตัวอย่างดิน โดยทำการวัดเส้นผ่านศูนย์กลางและความสูง 3 ครั้งและทำการเฉลี่ยค่าเพื่อทำการคำนวณปริมาตรของตัวอย่างดิน และหาความถ่วงจำเพาะของตัวอย่างดินได้ดังสมการที่ 5

$$A_s = \frac{W_s}{V \rho_w} \quad \text{สมการที่ 5}$$

โดยที่ A_s คือ ความถ่วงจำเพาะปรากฏของดิน

W_s คือ น้ำหนักของดินแห้ง (กรัม)

V คือ ปริมาตรของดิน (ลบ.ซม.)

ρ_w คือ ความหนาแน่นของน้ำ (กรัม/ลบ.ซม.)

การทดสอบแรงดึงความชื้นในดิน

การทดสอบแรงดึงความชื้นในดินเพื่อหาความชื้นชลประทาน (FC) และ ความชื้นที่จุดเหี่ยวเฉาถาวร (PWP) สำหรับการสร้างกำหนดการให้น้ำพืชโดยพิจารณาความสามารถในดึงความชื้นในดิน ทำการทดสอบได้โดยการเก็บตัวอย่างดินด้วย Soil Core Sampler ซึ่งเป็นการเก็บตัวอย่างดินแบบไม่ทำลายโครงสร้างของดินหรือการเก็บตัวอย่างดินคงสภาพ (Undisturbed Sample) ในระดับความลึกต่างๆ คือ 15 30 และ 45 เซนติเมตร (ใช้ Hand Augur ในการเจาะนำเพื่อให้สามารถเก็บตัวอย่างดินในระดับที่ต้องการ) จากนั้นนำตัวอย่างเก็บใส่ในกระป๋องเก็บตัวอย่างเพื่อนำเข้าสู่ห้องปฏิบัติการ โดยมีขั้นตอนการทดสอบในห้องปฏิบัติการดังนี้

1. นำตัวอย่างดินและ Pressure Plate แฉ่น้ำเป็นเวลา 24 ชั่วโมง เพื่อให้ตัวอย่างดินและ Pressure Plate อิ่มตัวด้วยน้ำ
2. นำตัวอย่างดินและ Pressure Plate วางลงใน Chamber Extractor ปิดฝา Pressure Chamber โดยความดันเริ่มต้นที่ทำกรทดสอบอยู่ที่ ความชื้นชลประทาน (FC) โดยกำหนดให้ควบคุมความดันที่ 1/3 bar และความชื้นที่จุดเหี่ยวเฉาถาวร (PWP) กำหนดให้ควบคุมความดัน 15 bar ควบคุมให้แรงดันอยู่ในภาวะคงที่อยู่ตลอดเวลาเป็นเวลา 24 ชั่วโมง
3. นำตัวอย่างดินหลังจากนำเข้า Chamber Extractor ชั่งน้ำหนักบนเครื่องชั่ง (มีความละเอียด 0.01 กรัม) ชั่งตัวอย่างละ 3 ครั้ง
4. นำตัวอย่างดินเข้าสู่อบดินที่อุณหภูมิ 105 °C เป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง เพื่อให้ตัวอย่างดินแห้งไม่มีความชื้นอยู่ในดิน นำตัวอย่างดินหลังจากการอบเข้าชั่งน้ำหนักบนเครื่องชั่ง (มีความละเอียด 0.01 g) ชั่งตัวอย่างละ 3 ครั้ง และนำวงแหวนและกระป๋องใส่ตัวอย่างชั่งน้ำหนัก

การคำนวณความชื้นที่อยู่ในดินดังสมการที่ 6 และสามารถคำนวณให้อยู่ในรูปของความชื้นของดินโดยปริมาตร (Volumetric water content; θ) ได้ดังสมการที่ 7

$$w = \frac{(W_{sw} + W_c) - (W_s + W_c)}{(W_s + W_c) - W_c} \times 100 \quad \text{สมการที่ 6}$$

$$\theta = \frac{(W_{sw} + W_c) - (W_s + W_c)}{\rho_w V_s} \times 100 = w \times A_s \quad \text{สมการที่ 7}$$

โดยที่ w คือ ปริมาณความชื้นในดิน (% โดยน้ำหนัก)

θ คือ ปริมาณความชื้นในดิน (% โดยปริมาตร)

W_{sw} คือ น้ำหนักของดินและน้ำในดิน (กรัม)

W_s คือ น้ำหนักของดินแห้ง (กรัม)

W_c คือ น้ำหนักของวงแหวนและกระป๋องใส่ตัวอย่าง (กรัม)

A_s คือ ความถ่วงจำเพาะปรากฏของดิน

V คือ ปริมาตรของดิน (ลบ.ซม.)

ρ_w คือ ความหนาแน่นของน้ำ (กรัม/ลบ.ซม.)

4) การประเมินคุณสมบัติไฮดรอลิกด้วยแบบจำลอง (Rosetta Model)

การประเมินคุณสมบัติทางไฮดรอลิกด้วยแบบจำลอง Rosetta สามารถแปลผลจากข้อมูลคุณสมบัติเบื้องต้นของดินเพื่อทำนายคุณสมบัติทางไฮดรอลิก โดยแบบจำลอง Rosetta สามารถใช้การประเมินคุณสมบัติดังต่อไปนี้

1. พารามิเตอร์ของแรงดึงความชื้นในดิน
2. พารามิเตอร์การนำน้ำของดินที่อิ่มตัวด้วยน้ำ
3. พารามิเตอร์นำน้ำของดินที่ไม่อิ่มตัวตาม van Genuchten (1980) และ Mualem (1976)

ข้อมูลที่ต้องการนำเข้าแบบจำลอง Rosetta เพื่อคาดการณ์คุณสมบัติทางไฮดรอลิกตามข้อมูลที่น่าเข้า สามารถนำเข้าได้ตามข้อมูลที่มีซึ่งสามารถแบบรูปแบบในการนำเข้าข้อมูลได้ 5 รูปแบบ

แสดงดังตารางที่ 13 โดยแบบจำลองมีการวิเคราะห์ด้วยระบบโครงข่ายประสาท (Neural Network) สำหรับการคาดการณ์ที่แม่นยำจำเป็นต้องใช้ข้อมูลในการนำเข้ามาเพิ่มขึ้น (Todd, 1999)

ความสัมพันธ์ของแรงดึงความชื้นในดิน (van Genuchten, 1980) แสดงดังสมการที่ 8 ซึ่งสามารถหาปริมาณความชื้นในดินที่แรงดึงความชื้นระดับต่างๆ จากความสัมพันธ์ของสมการ

$$\frac{\theta - \theta_r}{\theta_m - \theta_r} = \left(\frac{1}{1 + (\alpha h)^n} \right)^m \quad \text{สมการที่ 8}$$

โดยที่ θ คือ Water Contents

θ_m คือ Maximum Water Contents

θ_r คือ Residual Water contents

h คือ แรงดึงความชื้นในดิน (kPa)

α n และ m คือ พารามิเตอร์ที่ไม่เจาะจง (Undetermined Parameters)

ตารางที่ 13 ข้อมูลในการนำเข้าแบบจำลอง Rosetta

รูปแบบการนำเข้าข้อมูล	Soil textural class	Sand, silt and clay percentages	Bulk density	Water retention point at 33 kPa	Water retention point at 1500 kPa
1	●				
2		●			
3		●	●		
4		●	●	●	
5		●	●	●	●

3.5 ผลลัพธ์และการอภิปรายผล

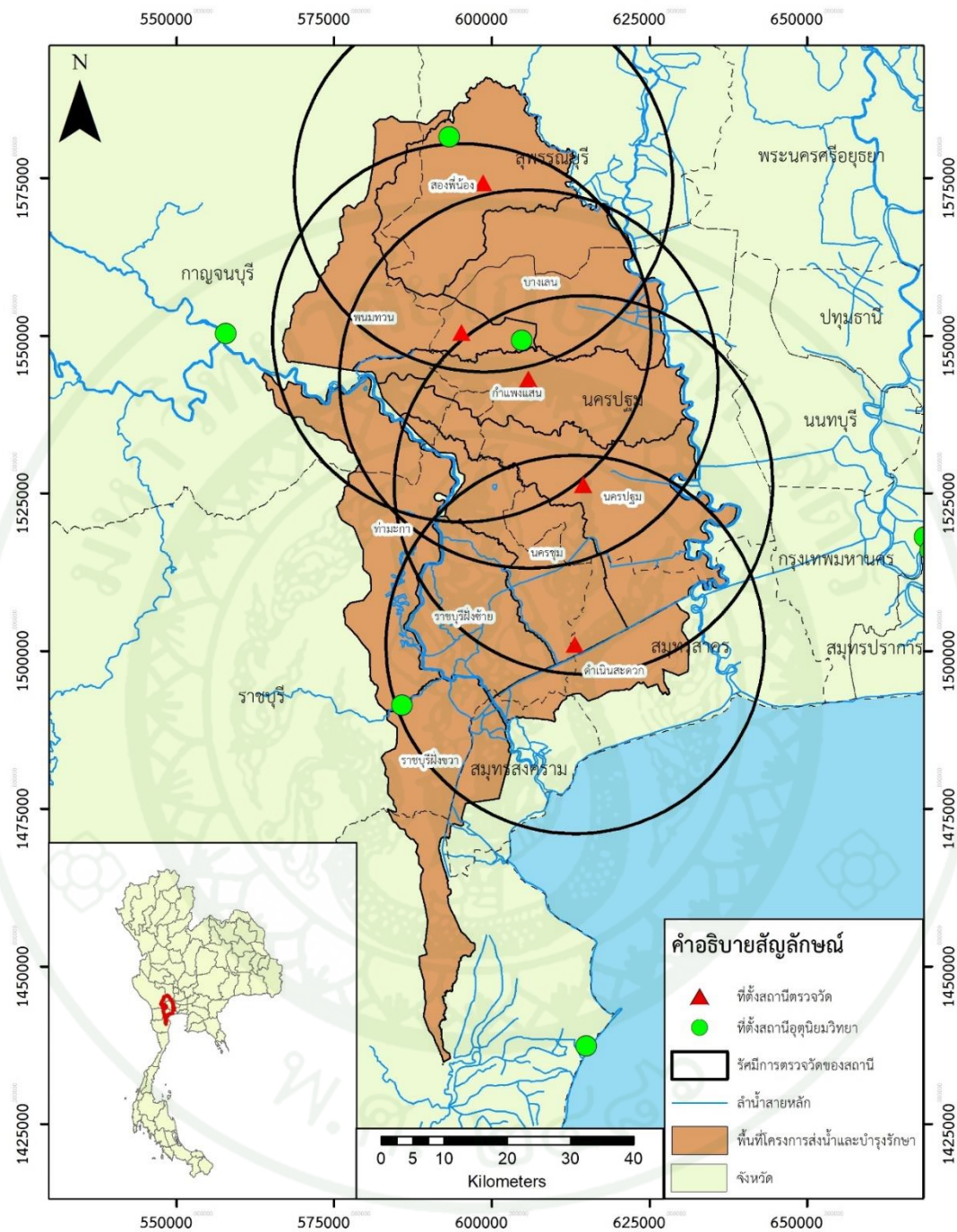
3.5.1 ฐานข้อมูลสภาพภูมิอากาศ

ฐานข้อมูลสภาพภูมิอากาศสำหรับแบบจำลองกำหนดการให้น้ำพืช นำเข้าจากสถานีตรวจวัดภูมิอากาศที่ติดตั้งในพื้นที่ทั้งหมด 5 สถานี รัศมีการตรวจวัด 15-30 กิโลเมตร โดยรัศมีการตรวจวัดครอบคลุมร้อยละ 90 ของพื้นที่ชลประทานแม่กลองใหญ่ ซึ่งมีพื้นที่บางส่วนที่สถานีตรวจวัดภูมิอากาศไม่ครอบคลุม เนื่องจากเป็นข้อจำกัดของสถานีในการติดตั้งสถานี ตำแหน่งที่ทำการติดตั้งสถานีตรวจวัดภูมิอากาศทั้ง 5 สถานีแสดงดัง ตารางที่ 14 และ ภาพที่ 16

ตารางที่ 14 ตำแหน่งสถานีตรวจวัดสภาพภูมิอากาศที่ดำเนินการติดตั้งในพื้นที่โครงการชลประทานแม่กลองใหญ่

สถานีที่	สถานที่	จังหวัด	UTM 47N	
			E	N
1	คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน	นครปฐม	595,230	1,550,440
2	สถานีทดลองการใช้น้ำที่ 5 (แม่กลอง)	นครปฐม	605,840	1,543,130
3	มูลนิธิชัยพัฒนา	นครปฐม	614,530	1,526,320
4	ที่ทำการฝายส่งน้ำที่ 3 โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาสองพี่น้อง	สุพรรณบุรี	598,660	1,574,240
5	อำเภอบ้านแพ้ว	สมุทรสาคร	613,200	1,501,020

แผนที่ที่ตั้งสถานีตรวจวัดสภาพภูมิอากาศและรัศมีการตรวจวัด 30 กิโลเมตร
โครงการชลประทานแม่กลองใหญ่



ภาพที่ 16 ตำแหน่งที่ตั้งสถานีตรวจวัดภูมิอากาศ



3.5.2 ฐานข้อมูลพืช

ฐานข้อมูลพืชประกอบด้วย ข้อมูลความยาวรากพืช และสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช (K_c) โดยมีข้อมูลของ ข้าว กข. นาคำ ข้าวขาวดอกมะลิ 105 นาคำ ข้าวนาหว่าน น้ำตม อ้อย ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ข้าวโพดหวาน พืชผัก และไม้ผล-ไม้ยืนต้น ครอบคลุมชนิดพืชตามการใช้ประโยชน์ที่ดิน ประมาณร้อยละ 90 ของการเพาะปลูกทั้งหมด โดยค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืชผัก และไม้ผล-ไม้ยืนต้น มีการใช้ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของคะน้า และมะม่วง เป็นตัวแทนข้อมูลตามลำดับ ข้อมูลที่นำเข้าไปในฐานข้อมูลพืชมีข้อมูลดัง ตารางที่ 15 ถึง ตารางที่ 18

ตารางที่ 15 ฐานข้อมูลสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช

ชนิดพืช	ความยาวรากใช้การ (mm)
อ้อย	600
ข้าว กข. นาคำ	300
ข้าวขาวดอกมะลิ 105 นาคำ	300
ข้าวนาหว่าน น้ำตม	300
ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์	300
ข้าวโพดหวาน	300
พืชผัก	150
ไม้ผล	1,200

ที่มา: (วิบูลย์, 2526)

ตารางที่ 16 สัมประสิทธิ์การใช้น้ำของอ้อย

เดือนที่	K_c อ้อย	เดือนที่	K_c อ้อย
1	0.65	6	1.29
2	0.86	7	1.2
3	1.13	8	0.93
4	1.35	9	0.63
5	1.56	10	0.52

ที่มา: (กรมชลประทาน, 2555)

ตารางที่ 17 สัมประสิทธิ์การใช้น้ำของไม้ผล-ไม้ยืนต้น

เดือนที่	K _c ไม้ผล- ไม้ยืนต้น	เดือนที่	K _c ไม้ผล- ไม้ยืนต้น
ม.ค.	1.69	ก.ค.	2.46
ก.พ.	1.61	ส.ค.	2.53
มี.ค.	1.27	ก.ย.	2.28
เม.ย.	1.24	ต.ค.	2.29
พ.ค.	1.19	พ.ย.	2.5
มิ.ย.	2.1	ธ.ค.	1.9

ที่มา: (กรมชลประทาน, 2555)

ตารางที่ 18 สัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืชต่างๆ รายสัปดาห์

สัปดาห์ที่	K _c					
	ข้าว กข นาดำ	ข้าวขาว ดอกมะลิ 105 นาดำ	ข้าว นาหว่าน น้ำตม	ข้าวโพด เลี้ยงสัตว์	ข้าวโพด หวาน	พืชผัก
1	1.03	0.66	0.8	0.63	0.65	0.54
2	1.07	0.79	1.05	0.72	0.68	0.6
3	1.12	0.97	1.25	0.86	0.84	0.68
4	1.29	1.18	1.4	1.13	0.99	0.72
5	1.38	1.35	1.5	1.35	1.16	0.78
6	1.45	1.51	1.55	1.52	1.22	0.83
7	1.5	1.61	1.6	1.61	1.21	0.73
8	1.48	1.64	1.63	1.63	1.15	0.67
9	1.42	1.62	1.68	1.58	0.96	-
10	1.34	1.6	1.6	1.5	0.72	-
11	1.23	1.55	1.5	1.38	0.61	-
12	0.94	1.46	1.36	1.15	-	-
13	0.86	1.28	1.08	0.9	-	-
14	-	1.08	0.65	0.67	-	-

ที่มา: (กรมชลประทาน, 2555)

3.5.3 ฐานข้อมูลคุณสมบัติดิน

การทดสอบคุณสมบัติของดินในงานวิจัยนี้ทำการสุ่มเก็บตัวอย่างดินสำหรับทดสอบมีตำแหน่งแสดงดังตารางที่ 19 ทำการทดสอบ 3 คุณสมบัติ ประกอบด้วย ทดสอบเนื้อดิน ความถ่วงจำเพาะปรากฏ และแรงดึงความชื้นในดิน จากตัวอย่างดินของ 10 กลุ่มชุดดิน ที่ระดับความลึกของดินที่แตกต่างกัน 3 ระดับ ได้แก่ 15 30 และ 45 เซนติเมตร รวมตัวอย่างดินที่ทำการทดสอบ 30 ตัวอย่าง สำหรับการทดสอบความถ่วงจำเพาะปรากฏของดินและแรงดึงความชื้นที่ 0.33 bar รวมถึงตัวอย่างสำหรับการทดสอบเนื้อดิน 10 ตัวอย่างสำหรับกลุ่มชุดดินแต่ละกลุ่ม จากการทดลองพบว่าประเภทเนื้อดินส่วนใหญ่ในพื้นที่โครงการชลประทานแม่กลองใหญ่ส่วนใหญ่เป็นดินเหนียว (Clay) 5 กลุ่มชุดดิน ประกอบด้วยกลุ่มชุดดินที่ 1 2 3 8 และ 11 ดินร่วนเหนียว (Clay Loam) 2 กลุ่มชุดดินประกอบด้วยกลุ่มชุดดินที่ 6 และ 33 ดินร่วนเหนียวปนตะกอน (Silty Clay Loam) 2 กลุ่มชุดดินประกอบด้วยกลุ่มชุดดินที่ 7 และ 38 ดินร่วนเหนียวปนทราย (Sandy Clay Loam) 1 กลุ่มชุดดินประกอบด้วยกลุ่มชุดดินที่ 4

ผลการทดสอบความถ่วงจำเพาะปรากฏของดินสำหรับกลุ่มชุดดินทั้ง 10 กลุ่ม ซึ่งถือเป็นตัวแทนของดินแต่ละความลึกความลึกแสดงดังตารางที่ 20 เช่นกัน โดยความถ่วงจำเพาะปรากฏของดินอยู่ในช่วงระหว่าง 1.17 กรัม/ลิตร ถึง 1.92 กรัม/ลิตร โดยดินที่มีลักษณะดินเหนียวเป็นส่วนประกอบหลักซึ่งเป็นดินที่มีเนื้อดินละเอียด มีค่าความถ่วงจำเพาะปรากฏของดินอยู่ในค่าเฉลี่ยที่ค่อนข้างต่ำ คือ ตั้งแต่ 1.17 กรัม/ลิตร ถึง 1.45 กรัม/ลิตร ในขณะที่ค่าความถ่วงจำเพาะปรากฏของดินสำหรับดินร่วนมีค่าค่อนข้างสูง คือ ตั้งแต่ 1.31 กรัม/ลิตร ถึง 1.92 กรัม/ลิตร

จากการพิจารณาผลความสามารถในการอุ้มน้ำของดิน พบว่าดินที่มีลักษณะละเอียดหรือมีดินเหนียวเป็นส่วนประกอบหลักมีค่าปริมาณความชื้นโดยปริมาตรที่ค่อนข้างสูง คือ $0.43 \text{ m}^3/\text{m}^3$ ถึง $0.52 \text{ m}^3/\text{m}^3$ สำหรับความชื้นชลประทาน (Field Capacity) และ $0.23 \text{ m}^3/\text{m}^3$ ถึง $0.31 \text{ m}^3/\text{m}^3$ สำหรับความชื้นที่จุดเหี่ยวเฉาวร (Permanent Wilting Point) ในขณะที่ดินที่มีลักษณะเป็นดินร่วนมีค่าปริมาณความชื้นโดยปริมาตรที่ค่อนข้างต่ำ คือ $0.27 \text{ m}^3/\text{m}^3$ ถึง $0.44 \text{ m}^3/\text{m}^3$ สำหรับความชื้นชลประทาน (Field capacity) และ $0.17 \text{ m}^3/\text{m}^3$ ถึง $0.28 \text{ m}^3/\text{m}^3$ สำหรับความชื้นที่จุดเหี่ยวเฉาวร (Permanent Wilting Point)

กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงดึงและความชื้น ถูกพัฒนาขึ้นโดยอ้างอิงสมการของ van Genuchten, (1980) ซึ่งแสดงในสมการที่ 7 ซึ่งเป็นการหาค่าความสัมพันธ์ระหว่างแรงดึงและความชื้นจากกลุ่มชุดดินที่ได้ทำการทดลองเก็บไว้ในฐานข้อมูล โดยอ้างอิงจากชนิดดินซึ่งจำแนกตามอัตราส่วนระหว่าง ดินทราย (Sand) ดินตะกอน (Silt) และดินเหนียว (Clay) ซึ่งผลการพัฒนากราฟความสัมพันธ์แรงดึงความชื้น (Soil Moisture Tension) ของกลุ่มชุดดินทั้ง 10 กลุ่ม ซึ่งถือเป็นตัวแทนของดินในแต่ละความลึกแสดงดังตารางที่ 20 และตารางที่ 21 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงดึงและความชื้นมีตัวอย่างแสดงดัง ภาพที่ 17 ถึง ภาพที่ 19 โดยค่าความชื้นในดินที่พืชสามารถนำไปใช้ได้ทั้งหมด (Total Available Moisture Content) ซึ่งก็คือปริมาณความชื้นที่อยู่ระหว่างความชื้นที่จุลชลประทาน (Field Capacity) หรือเท่ากับ 33 kPa และ ความชื้นที่จุดเหี่ยวเฉาถาวร (Permanent Wilting Point) หรือเท่ากับ 1500 kPa โดยฐานข้อมูลคุณสมบัติของดินที่นำเข้ามาแบบจำลองมีรายละเอียดแสดงดังตารางที่ 22 และมีรายละเอียดข้อมูลมูลกลุ่มชุดดินที่เป็นตัวแทนของแต่ละตำบลมีรายละเอียดแสดงดังภาคผนวก ค

ตารางที่ 19 ตำแหน่งที่เก็บตัวอย่างดินสำหรับการทดสอบตัวอย่างดิน

ลำดับที่	N	E	Soil Group
1	1,517,242	617,376	1
2	1,579,695	598,411	2
3	1,530,065	584,450	3
4	1,570,298	579,316	4
5	1,527,934	581,501	6
6	1,534,430	577,939	7
7	1,517,025	623,805	8
8	1,569,627	608,461	11
9	1,541,675	575,070	33
10	1,533,246	588,379	38

ตารางที่ 20 ตารางคุณสมบัติของดิน

Soil Group	Depth (cm)	% Sand	% Silt	% Clay	Soil Texture	Bulk density	θ_r	θ_s	α	n	m
1	15	3.37	22.49	73.87	Clay	1.3	0.1082	0.5187	0.0196	1.232	0.1883
	30	3.37	22.49	73.87	Clay	1.17	0.113	0.5631	0.0229	1.2357	0.1907
	45	3.37	22.49	73.87	Clay	1.27	0.1093	0.5288	0.0202	1.2334	0.1892
2	15	16.4	32	51.6	Clay	1.3	0.1007	0.5025	0.0167	1.3207	0.2428
	30	16.4	32	51.6	Clay	1.33	0.0997	0.4935	0.0165	1.3189	0.2418
	45	16.4	32	51.6	Clay	1.35	0.0991	0.4875	0.0163	1.317	0.2407
3	15	28.4	22	49.6	Clay	1.26	0.0932	0.4993	0.0244	1.2764	0.2166
	30	28.4	22	49.6	Clay	1.26	0.1034	0.527	0.0088	1.2806	0.2191
	45	28.4	22	49.6	Clay	1.72	0.0808	0.3617	0.0256	1.183	0.1547
4	15	62.4	14	23.6	Sandy clay loam	1.51	0.0629	0.4113	0.0157	1.3128	0.2383
	30	62.4	14	23.6	Sandy clay loam	1.92	0.0481	0.3012	0.0313	1.1727	0.1473
	45	62.4	14	23.6	Sandy clay loam	1.85	0.0525	0.3245	0.0176	1.1989	0.1659
6	15	24.4	37.4	38.2	Clay loam	1.6	0.0791	0.3974	0.0106	1.2903	0.225
	30	24.4	37.4	38.2	Clay loam	1.72	0.0693	0.3545	0.0186	1.2204	0.1806
	45	24.4	37.4	38.2	Clay loam	1.63	0.0753	0.3838	0.0134	1.2633	0.2084
7	15	16.4	44.4	39.2	Silty clay loam	1.6	0.0807	0.3995	0.0107	1.2978	0.2295
	30	16.4	44.4	39.2	Silty clay loam	1.54	0.1039	0.4461	0.0037	1.5205	0.3423
	45	16.4	44.4	39.2	Silty clay loam	1.69	0.0792	0.3815	0.0101	1.2776	0.2173
8	15	4.4	38	57.6	Clay	1.25	0.1024	0.5013	0.0164	1.2963	0.2286
	30	4.4	38	57.6	Clay	1.17	0.108	0.5576	0.0192	1.2933	0.2268
	45	4.4	38	57.6	Clay	1.27	0.105	0.526	0.0174	1.2978	0.2295
11	15	18.4	18	63.6	Clay	1.26	0.1058	0.5213	0.0211	1.2552	0.2033
	30	18.4	18	63.6	Clay	1.48	0.0977	0.4511	0.0191	1.2218	0.1815
	45	18.4	18	63.6	Clay	1.45	0.0988	0.4607	0.0192	1.2283	0.1859
33	15	24.4	44	31.6	Clay loam	1.66	0.0795	0.3894	0.0054	1.422	0.2968
	30	24.4	44	31.6	Clay loam	1.58	0.0903	0.418	0.0034	1.5725	0.3641
	45	24.4	44	31.6	Clay loam	1.52	0.0796	0.4152	0.0064	1.4358	0.3035
38	15	16.4	46	37.6	Silty clay loam	1.5	0.083	0.4238	0.0074	1.3511	0.2599
	30	16.4	46	37.6	Silty clay loam	1.31	0.0818	0.4603	0.0154	1.3658	0.2679
	45	16.4	46	37.6	Silty clay loam	1.42	0.0869	0.4476	0.0087	1.3836	0.2772

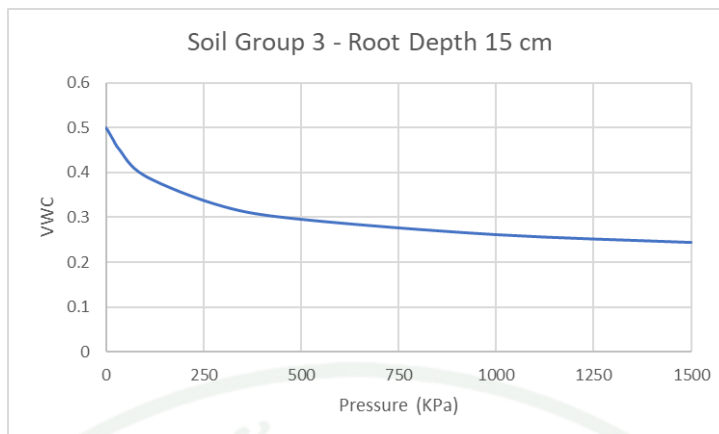


577785291

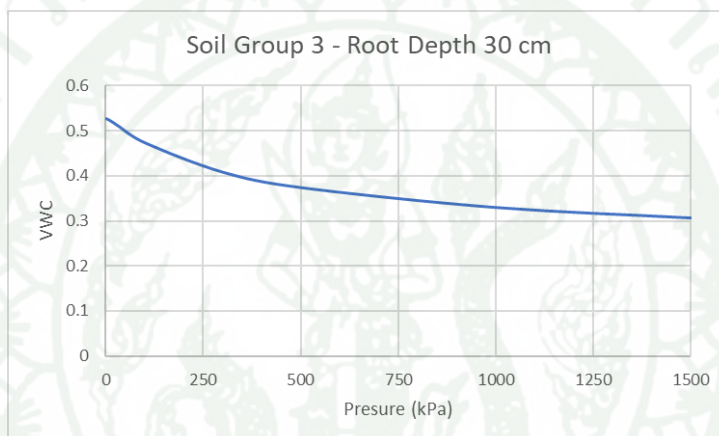
KU Thesisis 6124500418 thesis / recv: 29062563 11:28:00 / seq: 50

ตารางที่ 21 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันความชื้นในดินกับปริมาณความชื้นในดิน

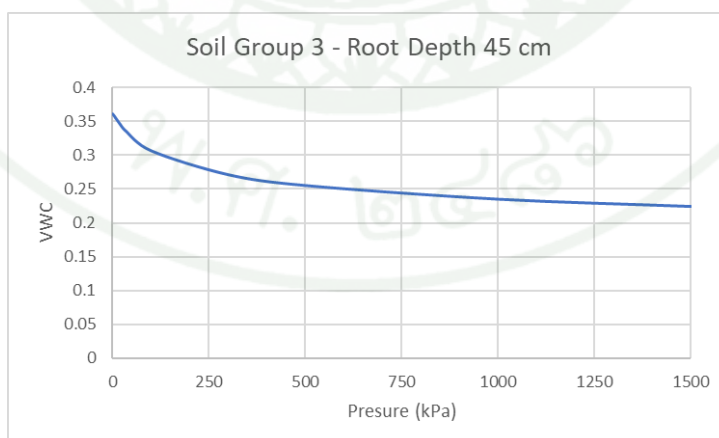
Soil Group	Depth (cm)	Volumetric water content (m^3/m^3) at matric potential (kPa) of									
		0	5	10	20	33	100	300	500	1000	1500
1	15	0.5187	0.5144	0.5091	0.498	0.4846	0.4362	0.3749	0.3473	0.313	0.295
	30	0.5631	0.5574	0.5504	0.5363	0.5195	0.4623	0.3941	0.3641	0.3274	0.3082
	45	0.5288	0.5243	0.5186	0.5069	0.4927	0.4423	0.3794	0.3511	0.3163	0.2979
2	15	0.5025	0.4989	0.4938	0.4824	0.4674	0.409	0.3337	0.3011	0.2625	0.2431
	30	0.4935	0.49	0.4851	0.4742	0.4598	0.4033	0.3298	0.2978	0.2599	0.2408
	45	0.4875	0.4841	0.4794	0.4687	0.4547	0.3995	0.3273	0.2958	0.2584	0.2395
3	15	0.4993	0.4935	0.4861	0.4708	0.4526	0.3921	0.3237	0.2949	0.2606	0.243
	30	0.527	0.5253	0.523	0.5176	0.51	0.4735	0.4084	0.3743	0.3304	0.307
	45	0.3617	0.3581	0.3539	0.3459	0.3369	0.3072	0.2717	0.2557	0.2355	0.2246
4	15	0.4113	0.4084	0.4044	0.3953	0.3833	0.3353	0.2713	0.243	0.2092	0.1921
	30	0.3012	0.2972	0.2928	0.2847	0.276	0.2489	0.2182	0.2045	0.1873	0.178
	45	0.3245	0.3221	0.3192	0.3134	0.3062	0.2795	0.2437	0.2268	0.2054	0.1938
6	15	0.3974	0.3958	0.3936	0.3885	0.3814	0.3491	0.2965	0.2705	0.2378	0.2208
	30	0.3545	0.3517	0.3483	0.3413	0.3327	0.3013	0.2605	0.2417	0.2183	0.2058
	45	0.3838	0.3817	0.379	0.3729	0.3648	0.3314	0.2823	0.259	0.2299	0.2147
7	15	0.3995	0.3979	0.3956	0.3903	0.383	0.3496	0.2957	0.2692	0.2363	0.2191
	30	0.4461	0.4458	0.4453	0.4439	0.4415	0.4236	0.3665	0.326	0.2699	0.241
	45	0.3815	0.3801	0.3781	0.3736	0.3674	0.3389	0.2912	0.2672	0.2366	0.2205
8	15	0.5013	0.4978	0.493	0.4825	0.4687	0.4151	0.3445	0.3132	0.2755	0.2563
	30	0.5576	0.5528	0.5464	0.5324	0.5149	0.4505	0.3712	0.337	0.2961	0.2754
	45	0.526	0.522	0.5166	0.5047	0.4893	0.4308	0.3558	0.323	0.2838	0.2638
11	15	0.5213	0.5165	0.5102	0.4974	0.4818	0.4269	0.3604	0.3312	0.2958	0.2774
	30	0.4511	0.4476	0.4432	0.4343	0.4234	0.3838	0.3328	0.3096	0.2805	0.2651
	45	0.4607	0.457	0.4525	0.4431	0.4316	0.39	0.3366	0.3124	0.2823	0.2664
33	15	0.3894	0.3889	0.388	0.3857	0.382	0.3593	0.304	0.271	0.2282	0.2062
	30	0.418	0.4178	0.4174	0.4163	0.4142	0.3984	0.3433	0.3022	0.2448	0.2156
	45	0.4152	0.4145	0.4133	0.4101	0.405	0.3748	0.3081	0.2715	0.2261	0.2035
38	15	0.4238	0.4228	0.4212	0.4174	0.4118	0.3816	0.3219	0.2898	0.2491	0.2281
	30	0.4603	0.4573	0.4528	0.4423	0.428	0.3691	0.2915	0.2584	0.2202	0.2014
	45	0.4476	0.4463	0.4443	0.4392	0.4316	0.3922	0.3208	0.2853	0.2421	0.2205



ภาพที่ 17 กราฟแสดงลักษณะการอุ้มน้ำของกลุ่มชุดดินที่ 3 ที่ความลึก 15 เซนติเมตร



ภาพที่ 18 กราฟแสดงลักษณะการอุ้มน้ำของกลุ่มชุดดินที่ 3 ที่ความลึก 30 เซนติเมตร



ภาพที่ 19 กราฟแสดงลักษณะการอุ้มน้ำของกลุ่มชุดดินที่ 3 ที่ความลึก 45 เซนติเมตร

ตารางที่ 22 ฐานข้อมูลคุณสมบัติและลักษณะของดิน

Soil Group	Layer					
	0.15 m		0.3 m		0.45 m	
	% by V		% by V		% by V	
	FC	PWP	FC	PWP	FC	PWP
1	48.46	29.50	51.95	30.82	49.27	29.79
2	46.74	24.31	45.98	24.08	45.47	23.95
3	45.26	24.30	51.00	30.70	33.69	22.46
4	38.33	19.21	27.60	17.80	30.62	19.38
6	38.14	22.08	33.27	20.58	36.48	21.47
7	38.30	21.91	44.15	24.10	36.74	22.05
8	46.87	25.63	51.49	27.54	48.93	26.38
11	48.18	27.74	42.34	26.51	43.16	26.64
33	38.20	20.62	41.42	21.56	40.50	20.35
38	41.18	22.81	42.80	20.14	43.16	22.05

3.6 สรุปและข้อเสนอแนะ

3.6.1 สรุปผลการศึกษา

ฐานข้อมูลสภาพภูมิอากาศ จากสถานีตรวจวัดภูมิอากาศที่ตั้งในพื้นที่ทั้งหมด 5 สถานี รัศมีการตรวจวัด 15-30 กิโลเมตร มีพื้นที่ครอบคลุมร้อยละ 90 ของพื้นที่ชลประทานแม่กลองใหญ่ แสดงดังภาพที่ 16 ซึ่งสามารถครอบคลุมได้เกือบทั้งพื้นที่ศึกษา แต่เนื่องด้วยข้อจำกัดของสถานีที่ตั้งสถานี และงบประมาณในการติดตั้งสถานี

ฐานข้อมูลพืชครอบคลุมชนิดพืชตามการใช้ประโยชน์ที่ดินประมาณร้อยละ 90 ของการเพาะปลูกทั้งหมดมีข้อมูลแสดงดังตารางที่ 15 ถึง ตารางที่ 18 โดยการใช้ข้อมูลจากฐานข้อมูลพืช จำเป็นต้องระบุชนิดพืชและปฏิทินเพาะปลูกที่ถูกต้อง ไม่เช่นนั้นการนำข้อมูลไปใช้ในการคำนวณ หรือวิเคราะห์ต่ออาจเกิดความผิดพลาดได้ เช่นการใช้ประเมินความต้องการน้ำของพื้นที่โครงการชลประทาน

ฐานข้อมูลกลุ่มชุดดินครอบคลุมพื้นที่ตามแผนที่กลุ่มชุดดินตาม กรมพัฒนาที่ดิน ร้อยละ 90 ของพื้นที่การศึกษา การทดลองเกิดอุปสรรคในการทดลอง เนื่องจากการทดลองมีปัญหาทางเครื่องมือ

ไม่สามารถทดสอบแรงดึงความชื้นที่ 15 บาร์ ได้ รวมถึงจำเป็นต้องใช้ตัวอย่างดินจำนวนมากในการสร้างกราฟแรงดึงความชื้น ดังนั้นจึงใช้แบบจำลอง Rosetta สำหรับการประมาณค่าความชื้นที่แรงดึงความชื้นต่างๆ โดยค่าที่มีความสำคัญต่อกำหนดการให้น้ำที่สำคัญคือความชื้นที่แรงดึงความชื้น 15 บาร์ หรือความชื้นที่จุดเหี่ยวเฉาวร (Permanent Wilting Point) มีตัวอย่างแสดงดัง ภาพที่ 17 ถึง ภาพที่ 19

3.6.2 ข้อเสนอแนะ

สำหรับการสร้างฐานข้อมูลสภาพภูมิอากาศเพื่อเพิ่มความละเอียดของข้อมูลในพื้นที่ห่างจากสถานีออกไป จำเป็นต้องติดตั้งสถานีตรวจวัดเพิ่มเติม โดยเฉพาะสถานีตรวจวัดน้ำฝน เนื่องจากเป็นข้อมูลที่มีความแปรปรวนสูง หรือนำข้อมูลจากสถานีจากกรมอุตุนิยมวิทยาเพิ่ม ทำให้มีจำนวนข้อมูลที่มากขึ้น รวมถึงการใช้ปัญญาประดิษฐ์หรือ AI (Artificial Intelligence) เข้ามาช่วยในการจัดการข้อมูล จะทำให้ข้อมูลที่ได้ในแต่ละพื้นที่มีความแม่นยำมากยิ่งขึ้น

ฐานข้อมูลพืช การนำข้อมูลไปใช้กับพื้นที่ขนาดใหญ่ เช่น พื้นที่เกษตรแปลงใหญ่ พื้นที่โครงการชลประทาน ถ้าหากไม่สามารถระบุการเพาะปลูกทั้งหมดในพื้นที่ รวมถึงพฤติกรรมการเพาะปลูกที่แน่นอนได้ จะทำให้การประเมินปริมาณน้ำที่ต้องส่งคลาดเคลื่อน แต่ปัจจุบันมีเทคโนโลยีการแปลงภาพถ่ายดาวเทียม โดยการแปลงภาพถ่ายดาวเทียมเป็นค่าดัชนีพืชพรรณ (NDVI) ซึ่งมีความสัมพันธ์โดยตรงกับค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช จะทำให้สามารถใช้งานข้อมูลเพื่อการคำนวณได้อย่างถูกต้องและแม่นยำมากยิ่งขึ้น ซึ่งอาจไว้เป็นทางเลือกของผู้ใช้งาน

การทดสอบคุณภาพดินเพื่อสร้างฐานข้อมูลดิน การใช้แบบจำลอง Rosetta เป็นทางเลือกหนึ่งเมื่อการทดสอบคุณสมบัติดินไม่สามารถทดสอบได้ทั้งหมด ทำให้สามารถประเมินความชื้นที่จุดเหี่ยวเฉาวรได้ ถ้าหากไม่มีข้อจำกัดในการดำเนินการ ควรทำการทดสอบคุณสมบัติของดินทั้งหมดเพื่อให้มีข้อมูลที่ใกล้เคียงกับสภาพพื้นที่ศึกษามากที่สุด

บทที่ 4 การพัฒนาแบบจำลองกำหนดการให้น้ำพืช

4.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องต่อการพัฒนาแบบจำลอง

แบบจำลองมีกระบวนการทำงานเป็นไปตามภาพที่ 23 ในการทำงานของแบบจำลองถูกแบ่งออกเป็น 3 ส่วนคือ ส่วนการนำเข้าข้อมูล การคำนวณ และแสดงผล การนำเข้าข้อมูลประกอบด้วย การนำเข้าข้อมูลโดยประกอบด้วย ได้แก่ วันที่เริ่มทำการเพาะปลูก ชนิดพืชที่ปลูก วิธีการให้น้ำ และในส่วนของกรนำเข้าข้อมูลโดยฐานข้อมูล ประกอบด้วย ข้อมูลอุตุนิยมวิทยา ข้อมูลจำเพาะของพืช และข้อมูลคุณสมบัติของดิน นอกเหนือจากนั้นจะเป็นส่วนของการคำนวณ โดยแบบจำลองมีรายละเอียดดังนี้

4.1.1 การคำนวณความต้องการใช้น้ำเพื่อการเกษตร

ความต้องการใช้น้ำ หมายถึง ปริมาณน้ำรวม (โดยคิดเป็นความลึกของน้ำ) ที่ต้องการเพื่อนำไปใช้ในการคายน้ำของพืช และการระเหยน้ำจากผิวดินความต้องการน้ำของพืชแต่ละชนิดย่อมไม่เท่ากัน ทั้งนี้เนื่องจากสรีระและกายวิภาคของพืช โดยน้ำเป็นสิ่งที่จำเป็นสำหรับการปลูกพืชเพื่อสังเคราะห์แสงและการเจริญเติบโต แต่น้ำที่ได้จากฝนมีปริมาณไม่เพียงพอและไม่สม่ำเสมอ ดังนั้นจึงต้องมีการส่งน้ำเพื่อทดแทนส่วนที่ขาดหายไป โดยความต้องการน้ำของพืชนั้น จะขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง เช่น ฤดูกาลปลูก วิธีการปลูก ชนิดและอายุของพืชพันธุ์ ลักษณะของดิน และสภาพภูมิอากาศ เป็นต้น

1) ปริมาณน้ำทั้งหมดที่ต้องให้แก่พืช

ปริมาณน้ำทั้งหมดที่ต้องให้แก่พืช (Gross Water Application; W_g) หรือความต้องการน้ำชลประทาน คือปริมาณน้ำที่ต้องการให้น้ำกับพืชเพื่อเติมความชื้นในดินให้อยู่ในช่วงที่พืชสามารถนำน้ำมาใช้ประโยชน์ได้นอกเหนือจากปริมาณฝนใช้การ ซึ่งจะขึ้นอยู่กับวิธีการให้น้ำ ชนิดดิน และสภาพพื้นที่เพาะปลูก เป็นต้น ปริมาณน้ำทั้งหมดที่ต้องให้แก่พืชจะทำให้ทุกจุดในพื้นที่เพาะปลูกได้รับน้ำเพียงพอหรือได้รับน้ำอย่างน้อยเท่ากับปริมาณน้ำสุทธิตี่จะต้องให้แก่พืช (Net Water Appliation; W_n) หรือปริมาณน้ำที่เพิ่มระดับความชื้นถึงจุดความชื้นชลประทาน (Field Capacity) โดยการคำนวณปริมาณน้ำสุทธิตี่จะต้องให้แก่พืชโดยไม่คำนึงถึงการควบคุมความเข้มข้นของเกลือในเขตราก สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 9 เมื่อพิจารณาพร้อมกับ ประสิทธิภาพของระบบส่งน้ำ และระบบให้น้ำ หรือประสิทธิภาพรวมของการชลประทาน จะสามารถคำนวณปริมาณน้ำทั้งหมดที่ต้องให้แก่พืชสามารถคำนวณได้จากสมการที่ 10 (วิบูลย์ บุญชูโรกุล, 2526)

$$W_n = ET_c + P - Re \quad \text{สมการที่ 9}$$

โดยที่ W_n คือ ปริมาณน้ำสุทธิที่จะต้องให้แก่พืช (มิลลิเมตร)

ET_c คือ ปริมาณการใช้น้ำของพืช (มิลลิเมตร)

P คือ ปริมาณน้ำที่รั่วซึมในแปลง (มิลลิเมตร)

Re คือ ปริมาณฝนใช้การ (มิลลิเมตร)

$$W_g = \frac{W_n}{E_i} \quad \text{สมการที่ 10}$$

โดยที่ W_g คือ ปริมาณน้ำทั้งหมดที่ต้องให้แก่พืช (มิลลิเมตร)

E_i คือ ประสิทธิภาพรวมของการชลประทาน (มิลลิเมตร)

2) ปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง

การใช้น้ำของพืชอ้างอิง (Reference Crop Evapotranspiration; ET_0) ในปัจจุบันมีสมการหรือวิธีการต่าง ๆ อยู่หลากหลายวิธีรวมถึงค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืชก็เช่นกัน โดยในแต่ละวิธีการเป็นการคำนวณด้วยสมการอย่างง่าย (Empirical Equation) การคำนวณการใช้น้ำของพืชบางวิธีการต้องการข้อมูลเพียง 1-2 ข้อมูลในการคำนวณ ตลอดจนกระทั่งการคำนวณที่มีความสัมพันธ์ซับซ้อนต้องการใช้ข้อมูลในการคำนวณมากและมีการบวนการคำนวณที่ซับซ้อน อย่างไรก็ตามวิธีการในการคำนวณที่เหมาะสมนั้นขึ้นอยู่กับลักษณะของงาน ความละเอียดและความถูกต้อง รวมถึงข้อมูลที่มีในการนำเข้าการคำนวณหรือเครื่องมือที่มีอยู่ในการตรวจวัดข้อมูลเพื่อนำเข้าการคำนวณ (กรมชลประทาน, 2554)

การหาปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (ET_0) ในปัจจุบันมีอยู่หลายวิธีการ ซึ่งในสมการของแต่ละวิธีการจะอาศัยข้อมูลที่แตกต่างกัน สมการที่ใช้จะขึ้นอยู่กับข้อมูลภูมิอากาศที่มีจากการตรวจวัดและความสามารถในการนำไปใช้งาน วิธีการหรือสมการที่นิยมสำหรับงานทางด้านชลประทานที่ใช้กันแพร่หลาย คือ E-pan, Modified Penman, Penman Monteith, BlaneyCriddle, Thornthwaite, Hargreaves และ Radiation

ในปัจจุบันกรมชลประทาน สังกัดกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ยึดหลักการคำนวณความต้องการน้ำของพืชอ้างอิงโดยวิธีการ Penman Monteith ที่มีการอาศัยทั้งปัจจัยทางด้านภูมิศาสตร์

และปัจจัยทางด้านภูมิอากาศในการคำนวณ (ส่วนการใช้น้ำชลประทาน, 2555) ดังสมการที่ 11 ทำให้ผลการคำนวณมีความถูกต้องและแม่นยำใกล้เคียงกับความต้องการใช้น้ำของพืชจริงมากที่สุด ข้อมูลที่ต้องการในการคำนวณมีดังนี้

1. พิกัดทางภูมิศาสตร์ (เส้นรุ้ง, ความสูงจากระดับทะเลปานกลาง)
2. อุณหภูมิของอากาศ (สูงสุด, ต่ำสุด, เฉลี่ย)
3. ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ (เฉลี่ย)
4. ความเร็วลมผิวดินหรือที่ระดับ 2.00 เมตร (เฉลี่ย)
5. จำนวนชั่วโมงแสงแดด หรือค่าความครึ้มของเมฆ (เฉลี่ย)

$$ET_o = \frac{0.408\Delta(R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} U_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0.34U_2)} \quad \text{สมการที่ 11}$$

โดยที่ ET_o คือ ปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (mm/day)

R_n คือ พลังงานการแผ่รังสีดวงอาทิตย์สุทธิที่พื้นที่ผิว ($MJ/m^2/day$)

T คือ อุณหภูมิอากาศ ($^{\circ}C$)

U_2 คือ ความเร็วลมที่ระดับ 2 เมตรจากผิวดิน (ms^{-1})

$e_s - e_a$ คือ ผลต่างระหว่างความดันไอน้ำอิ่มตัว (e_s) กับความดันไอน้ำจริงในอากาศ (e_a) (kPa)

Δ คือ ความชันของโค้งของความดันไอน้ำอิ่มตัวหรือโค้งความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและแรงดันไอน้ำ ($kPa/^{\circ}C$)

γ = ค่าคงที่ของเทอมความชื้น Psychrometric Constant ($kPa/^{\circ}C$)

จากการเปรียบเทียบค่า ET_o โดยวิธีของ Penman Monteith และวิธีของ Modified Penman ที่คำนวณจากข้อมูลทางสภาพภูมิอากาศในช่วงเวลาตั้งแต่วันที่ 16 สิงหาคม พ.ศ.2434 ถึง 15 ตุลาคม พ.ศ.2534 กับค่า ET_o ที่วัดได้จาก Lysimeter จากการคำนวณที่ได้สามารถสรุปผลได้ดังนี้ ค่า ET_o จากวิธีของ Penman Monteith เทียบกับค่าปริมาณการใช้น้ำของพืชที่วัดได้จาก Lysimeter มีความ

แตกต่างกันประมาณ 0.17 มิลลิเมตรต่อวัน ส่วนจากวิธีของ Modified Penman เทียบกับค่าปริมาณการใช้น้ำของพืช ที่วัดได้จาก Lysimeter มีความแตกต่างกันประมาณ 1.05 มิลลิเมตรต่อวัน จากค่าความที่ได้อ้างอิง ถ้าหากจะทำการประมาณค่าการใช้น้ำของพืชอ้างอิงควรเลือกใช้วิธีของ Penman Monteith เพราะมีค่าความคลาดเคลื่อนน้อย และมีค่าใกล้เคียงกับค่าการใช้น้ำของพืชจริง (ทงนศักดิ์เชิดนรินทร์, 2544)

2) ปริมาณการใช้น้ำของพืช

ปริมาณการใช้น้ำของพืช (Consumptive Use or Crop Evapotranspiration ; ET_c) คือปริมาณน้ำที่พืชนำไปใช้และปริมาณน้ำที่สูญเสียในบริเวณนั้นจากกระบวนการคายน้ำและการระเหย (การคายระเหย) ปัจจัยที่ส่งผลต่อความต้องการน้ำของพืชคือช่วงอายุของพืชและสภาพภูมิอากาศในพื้นที่เพาะปลูกในขณะนั้น ซึ่งการหาค่าการใช้น้ำของพืชมีอยู่หลายวิธีสามารถแบ่งออกเป็น 2 แบบหลักๆ ได้แก่ การหาปริมาณการใช้น้ำของพืชโดยวิธีการตรวจวัดเป็นวิธีการที่ใช้ในการวัดปริมาณการใช้น้ำในแปลงเพาะปลูกหรือแปลงตัวอย่าง และการหาปริมาณการใช้น้ำของพืชโดยอาศัยข้อมูลภูมิอากาศโดยมีการใช้เครื่องมือต่างๆ หรือเรียกว่าการหาปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง เป็นวิธีการหาปริมาณการใช้น้ำของพืชโดยอาศัยข้อมูลภูมิอากาศพิจารณารวมกับชนิดและอายุของพืช ดัง

สมการที่ 12

$$ET_c = K_c \times ET_o$$

สมการที่ 12

โดยที่ ET_c คือ ปริมาณการใช้น้ำของพืช (mm/day)

K_c คือ สัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช

ET_o คือ ปริมาณการใช้น้ำอ้างอิง (mm/day)

3) ปริมาณฝนใช้การ

ปริมาณฝนใช้การฝนใช้การ (Effective Rainfall; Re) คือส่วนหนึ่งของปริมาณน้ำฝนที่ตกลงมายังพื้นที่ และสามารถนำไปใช้ประโยชน์ตามวัตถุประสงค์หรือความต้องการใช้น้ำ สำหรับในด้านการชลประทานปริมาณฝนใช้การ หมายถึงน้ำฝนที่ตกลงในแปลงเพาะปลูก และมีประโยชน์ต่อการเตรียมแปลงเพาะปลูก หรือมีประโยชน์สำหรับพืชดูดน้ำเพื่อใช้ในการเจริญเติบโตและเพื่อการระเหยในแปลง

ฝนใช้การสำหรับพื้นที่เพาะปลูกอาจมีประโยชน์โดยตรงต่อหรือประโยชน์ทางอ้อมสำหรับการเพาะปลูก น้ำส่วนที่ไหลซึมเก็บอยู่ในช่วงของเขตรากพืชจะสามารถดูดไปใช้ได้ ส่วนน้ำที่ไหลซึมเลยเขตรากจะต้องมีประโยชน์ในการควบคุมความชื้นของเกลือในเขตราก หรือในกรณีที่เป็นข้าวนา ฝนที่เป็นประโยชน์คือฝนที่ตกลงมาแล้วชั้นอยู่ในแปลงนาและไม่เป็นอันตรายต่อต้นข้าว สัดส่วนของฝนที่เป็นประโยชน์ต่อการเพาะปลูกขึ้นอยู่กับองค์ประกอบหลายปัจจัย เช่น ชนิดและอายุของพืชที่ปลูก อัตราและปริมาณของฝนที่ตก ลักษณะภูมิอากาศ ลักษณะภูมิประเทศ ความขรุขระหรือระดับน้ำในแปลงก่อนฝนตก วิธีการชลประทานและการจัดการน้ำ เป็นต้น สัดส่วนของฝนใช้การจะมีสัดส่วนของฝนใช้การที่สูงหรือต่ำขึ้นอยู่กับช่วงเวลาที่เกิดฝน เช่น ถ้าฝนตกในช่วงที่กำลังต้องการให้น้ำแก่พืช สัดส่วนของฝนใช้การจะสูง หรือในทางตรงกันข้าม ถ้าฝนตกหลังจากที่ให้น้ำแก่พืชไม่นาน สัดส่วนฝนจะการจะต่ำหรืออาจไม่เป็นประโยชน์ต่อพืชเลยก็ได้ หรืออาจจะเป็นโทษต่อพืชที่ปลูก ต้องมีการระบายออกเพื่อไม่ให้พืชที่ปลูกเสียหายจากการท่วมขังของฝนที่ตก (กาญจณี จิตนิยม และปานศักดิ์ สักดิ์วิโรจน์, 2543)

4.1.2 ปริมาณน้ำในดินที่มีความสำคัญทางด้านชลประทาน

1) ความชื้นชลประทาน

ความชื้นชลประทาน (Field Capacity; FC) คือความชื้นในดินหลังจากที่น้ำอิสระ (Free Water) ได้ถูกระบายออกจากช่องว่างขนาดใหญ่ เหลือเพียงแต่ปริมาณน้ำที่ถูกยึดหน่วงด้วยแรงดึง Capillary (Capillary Water) หรือปริมาณน้ำที่ดินสามารถดูดซับไว้ได้เต็มที่ ในการปฏิบัติงานไม่สามารถคำนวณหรือทดลองออกมามีค่าที่แน่นอน ในทางปฏิบัติสำหรับดินที่มีการระบายน้ำได้ดี ความชื้นชลประทานเป็นค่าความชื้นในดินหลังจากที่มีฝนตกหนักหรือหลังการให้น้ำ 2-3 วัน น้ำจากการหาค่าความชื้นชลประทานสามารถหาได้จากทดลองหาปริมาณน้ำที่ดินดูดซับด้วยแรงดึงดูด 1/3 bar

2) ความชื้นที่จุดเหี่ยวเฉาถาวร

ความชื้นที่จุดเหี่ยวเฉาถาวร (Permanent Wilting Point; PWP) คือความชื้นในดินที่มีปริมาณต่ำ พืชไม่สามารถดูดซึมน้ำขึ้นมาใช้ได้ ทำให้พืชเกิดการเหี่ยวเฉาอย่างถาวร ส่งผลให้พืชตายจากการขาดน้ำ จากการหาค่าความชื้นที่จุดที่จุดเหี่ยวเฉาถาวรสามารถหาได้จากทดลองหาปริมาณน้ำที่ดินดูดซับด้วยแรงดึงดูด 15 bar

3) ปริมาณน้ำที่พืชสามารถนำไปใช้ได้ทั้งหมด

ปริมาณน้ำที่พืชสามารถนำไปใช้ได้ทั้งหมด (Total Available Water; TAW) คือปริมาณน้ำที่อยู่ในเขตรากพืชซึ่งอยู่ในรูปของความชื้นในดิน โดยปริมาณน้ำจะมีค่าเท่ากับปริมาณน้ำที่อยู่ระหว่างความชื้นชลประทานและความชื้นที่จุดเหี่ยวเฉาถาวร เป็นปริมาณน้ำที่พืชสามารถนำมาใช้ได้ แต่ถ้าหากมีปริมาณน้อยลงจะทำให้พืชสามารถนำน้ำมาใช้ได้ยากขึ้น โดยที่ถ้าหากปริมาณน้ำลดลงมากกว่าปริมาณน้ำที่พืชสามารถนำไปใช้ได้โดยไม่เกิดผลกระทบ (Readily Available Water; RAW) จะทำให้พืชสามารถนำน้ำขึ้นมาใช้นี้น้อยกว่าการคายระเหยของพืชและทำให้พืชเริ่มเกิดอาการเหี่ยวเฉา

เมื่อพืชเกิดการขาดน้ำหรือปริมาณความชื้นในดินลดต่ำกว่าปริมาณน้ำที่พืชสามารถนำไปใช้ได้โดยไม่เกิดผลกระทบ (RAW) ปริมาณการใช้น้ำที่แท้จริงของพืช (Actual Evapotranspiration; ET_a) จะมิต่ำกว่าปริมาณการใช้น้ำของพืช (Crop Evapotranspiration; ET_c) ที่คำนวณได้ จากการคำนวณการใช้น้ำที่แท้จริงของพืชเมื่อพิจารณารวมกับความชื้นในดินจะต้องปรับแก้ค่าด้วยสัมประสิทธิ์การขาดน้ำ (Water Stress Coefficient; K_s) ซึ่งสามารถคำนวณได้จากสมการที่ 13 และคำนวณการใช้น้ำที่แท้จริงได้ดังสมการที่ 14

$$K_s = \frac{TAW - D_r}{TAW - RAW} = \frac{TAW - D_r}{(1 - p)TAW} \quad \text{สมการที่ 13}$$

$$ET_a = K_s \times K_c \times ET_c = K_s \times ET_c \quad \text{สมการที่ 14}$$

โดยที่ K_s คือ สัมประสิทธิ์การขาดน้ำ

TAW คือ ปริมาณน้ำที่พืชสามารถนำไปใช้ได้ทั้งหมด

RAW คือ ปริมาณน้ำที่พืชสามารถนำไปใช้ได้โดยไม่เกิดผลกระทบ

D_r คือ ปริมาณน้ำในดินที่สูญเสียออกไปจากการคายระเหย

p คือ อัตราส่วนของน้ำในดินที่พืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ก่อนเกิด
ความเครียด (Depletion Fraction)

ET_a คือ ปริมาณการใช้น้ำที่แท้จริงของพืช (มิลลิเมตร)

ET_c คือ ปริมาณการใช้น้ำของพืช (มิลลิเมตร)

ET_a คือ ปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (มิลลิเมตร)

K_c คือ สัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช

4.1.3 การพิจารณากำหนดการให้น้ำ

1) ความสามารถในการอุ้มน้ำของดิน

ความสามารถในการอุ้มน้ำของดิน เป็นความสัมพันธ์ระหว่างแรงดึงความชื้นในดินกับปริมาณความชื้นในดิน ซึ่งเรียกว่า เส้นกราฟความสามารถในการอุ้มน้ำของดิน (Soil Moisture Characteristics curve) เส้นกราฟความสามารถของน้ำในดิน เป็นเส้นแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำในช่องว่างดินกับค่าพลังงานก่อกับก่อดิน โดยที่จุดความชื้นชลประทาน (Field Capacity Point) และความชื้นที่จุดเหี่ยวเฉาถาวร (Permanent Wilting Point) ส่วนตัวอย่างการเปลี่ยนแปลงความชื้นที่พลังงานก่อกับต่างๆ ถูกแสดงในภาพที่ 17 ถึง ภาพที่ 19 กราฟแสดงความอุ้มน้ำของดินจะแตกต่างกันตามชนิดของดิน ซึ่งระดับความชื้นที่เป็นประโยชน์ต่อพืชจะอยู่ระหว่างจุดความชื้นชลประทานและจุดเหี่ยวเฉาถาวร โดยกราฟแสดงความอุ้มน้ำของดินจะเป็นเกณฑ์กำหนดช่วงเวลาและปริมาณของน้ำที่เหมาะสมที่ต้องให้น้ำแก่พืช

โดยความชื้นในดินมีความสัมพันธ์ทั้งโดยตรงและทางอ้อมอย่างมากกับพืชที่อยู่บนดิน และจุลินทรีย์ที่อาศัยอยู่ในดิน เพื่อการใช้ประโยชน์จากดินได้อย่างเหมาะสม ความชื้นในดินจึงเป็นส่วนสำคัญที่ต้องคำนึงถึง (มนทรา กำดี และศศิมา กุลสุวรรณ, 2554)

2) กำหนดการให้น้ำพืช

กำหนดการให้น้ำของพืชเป็นปัจจัยสำคัญที่กำหนดผลผลิตของพืชทั้งด้านปริมาณและด้านคุณภาพ ถ้าหากพืชมีการขาดน้ำในช่วงใดช่วงหนึ่งจะทำให้เกิดความเสียหายต่อผลผลิตได้ ซึ่งพืชแต่ละชนิดมีความทนทานต่อการขาดน้ำที่ต่างกัน เมื่อปริมาณน้ำในดินต่ำกว่าเกณฑ์จะทำให้พืชไม่สามารถนำน้ำมาใช้ตามความต้องการได้หรือการเกิดความเครียดของพืชซึ่งจะส่งผลกระทบต่อผลผลิต ปริมาณน้ำที่พืชสามารถนำมาใช้ได้โดยไม่ทำให้เกิดความเครียดคำนวณดังสมการที่ 15 โดยปริมาณน้ำที่พืชนำไปใช้ได้จะเป็นส่วนที่กำหนดช่วงเวลาที่เหมาะสมแก่การให้น้ำ (Allen et al., 1998)

$$RAW = p \times TAW \quad \text{สมการที่ 15}$$

โดยที่ RAW คือ ความชื้นที่ยอมให้พืชนำไปใช้โดยไม่เกิดความเครียด (Readily Available Water)

p คือ อัตราส่วนของน้ำในดินที่พืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ก่อนเกิดความเครียด (Depletion Fraction)

TAW คือ ปริมาณน้ำที่พืชสามารถนำไปใช้ได้ทั้งหมด (Total Available Water)

การปรับแก้อัตราส่วนของน้ำในดินที่พืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ก่อนเกิดความเครียด เนื่องจากปริมาณการใช้น้ำของพืชมีค่าไม่เท่ากับ 5 mm/day จำเป็นต้องการการปรับแก้ค่า สามารถปรับแก้ค่าได้ดังสมการที่ 16

$$p' = p + 0.04(5 - ET_c) \quad \text{สมการที่ 16}$$

โดยที่ p' คือ อัตราส่วนของน้ำในดินที่พืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ก่อนเกิดความเครียด (Depletion Fraction) หลังการปรับแก้ค่าเมื่อมีค่า ET_c ไม่เท่ากับ 5 mm/day

p คือ อัตราส่วนของน้ำในดินที่พืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ก่อนเกิดความเครียด (Depletion Fraction) เมื่อมีค่า ET_c เท่ากับ 5 mm/day

ET_c คือ ปริมาณการใช้น้ำของพืช (mm)

ตารางที่ 23 อัตราส่วนของน้ำในดินที่พืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ก่อนเกิดความเครียด

ชนิดพืช	Depletion Fraction, P ($ET_c \approx 5$ mm/day)
อ้อย	0.65
ข้าว	0.20*
ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์	0.55
ข้าวโพดหวาน	0.5
พืชผัก	0.45
ไม้ผล	0.5**

หมายเหตุ * ค่า p ของข้าวที่มีความชื้นดินที่อยู่ในจุดอิ่มตัว

** ค่าเฉลี่ยของไม้ผล

4.1.4 สมดุลน้ำ

การคำนวณสมดุลน้ำในดินมีการใช้หลักของการอนุรักษ์มวลสาร (Conservation of Mass) ที่พิจารณาน้ำในระบบไม่มีการสูญหาย ดังนั้นอัตราการเปลี่ยนแปลงของน้ำในระบบเท่ากับ ผลต่างระหว่างน้ำที่ไหลเข้ากับไหลออกจากระบบ โดยกำหนดขอบเขตของระบบที่พิจารณาที่ผิวดินจนถึงเขตรากพืชแสดงดังภาพที่ 20 ซึ่งสามารถพิจารณาได้ดังสมการที่ 17

$$\frac{\Delta S}{\Delta t} = Re + IRR + CR - ET_c - DP + \Delta RO + \Delta SF \quad \text{สมการที่ 17}$$

โดยที่ $\Delta S/\Delta t$ คือ อัตราการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำที่อยู่ในดินเทียบกับเวลา

Re คือ ปริมาณฝนใช้การ

IRR คือ ปริมาณน้ำชลประทาน

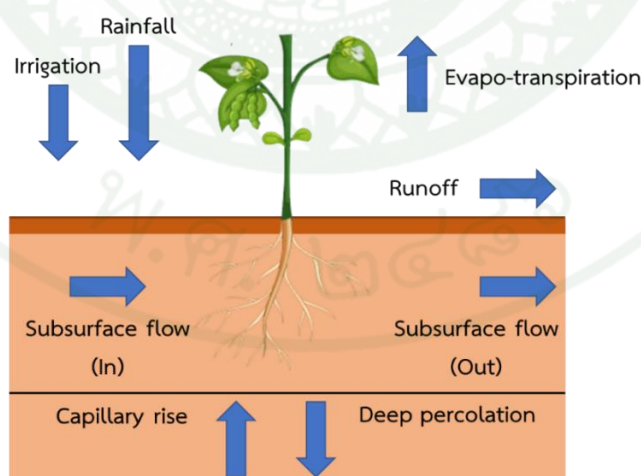
CR คือ ปริมาณน้ำที่ไหลขึ้นด้วยแรงคาปิลารี (Capillary Rise)

ET_c คือ ปริมาณการคายระเหยน้ำ

DP คือ ปริมาณน้ำที่ซึมลึกเลยเขตราก (Deep Percolation)

ΔRO คือ ปริมาณน้ำท่าผิวดินสุทธิ (Surface Runoff) พิจารณาจากส่วนต่างระหว่างน้ำท่าผิวดินที่ไหลเข้ากับน้ำท่าที่ไหลออกจากระบบ

ΔSF คือ ปริมาณน้ำไหลใต้ผิวดิน (Subsurface Outflow) พิจารณาส่วนต่างระหว่างน้ำที่ไหลเข้ากับน้ำที่ไหลออกทางใต้ผิวดิน



ภาพที่ 20 สมดุลน้ำในเขตรากพืช

ที่มา: Hillel, 1998

1) สมดุลน้ำในเขตรากพืชทั่วไป

สมดุลของน้ำในเขตราก คือการพิจารณาถึงความสัมพันธ์ของปริมาณน้ำที่ไหลเข้าและออก จากดินที่พิจารณาแสดงดังภาพที่ 20 โดยปริมาณน้ำที่ไหลเข้าทำให้ความชื้นดินสูงขึ้นคือ ปริมาณ ฝนใช้การที่ตกลงยังพื้นที่ หรือน้ำที่ได้จากการชลประทาน และปริมาณน้ำที่ไหลออกทำให้ความชื้น ลดลงคือ การคายระเหย (Evapotranspiration) ในพื้นที่ ซึ่งด้านความชื้นในดินจะไม่พิจารณาถึงน้ำที่ ไหลบ่าบนหน้าดินและน้ำที่ไหลซึมเลยเขตราก เนื่องจากการพิจารณาเฉพาะน้ำที่อยู่ในส่วนบริเวณ รากของพืชแสดงดังภาพที่ 21

ปริมาณความชื้นในดินปัจจุบัน (Sm_i) มีการคำนวณจากวิธีการสมดุลน้ำสำหรับความลึก รากจะมีการพิจารณาถึงปริมาณความชื้นในวันก่อนหน้า (Sm_{i-1}), ปริมาณน้ำฝนใช้การที่เกิดขึ้นใน วันนั้น (Re_i) ปริมาณน้ำชลประทานที่ให้ (IRR_i) และปริมาณการใช้น้ำของพืชในวันปัจจุบัน (ETC_i) เป็นไปตามสมการที่ 18 ซึ่งทั้งหมดเป็นหน่วยความลึกของน้ำ

$$Sm_i = Sm_{i-1} + Re_i + IRR_i - ETC_i \quad \text{สมการที่ 18}$$

โดยที่ Sm_i คือ ปริมาณความชื้นในดินปัจจุบัน
 Sm_{i-1} คือ ปริมาณความชื้นในดินของวันก่อนหน้า
 Re_i คือ ปริมาณฝนใช้การในวันปัจจุบัน
 IRR_i คือ ปริมาณน้ำชลประทานที่พืชได้รับ
 ETC_i คือ ปริมาณการใช้น้ำของพืชในวันปัจจุบัน

2) สมดุลน้ำในนาข้าว

สมดุลน้ำในนาข้าวเป็นการพิจารณาปริมาณน้ำที่เข้าและออกจากนาข้าวแสดงดังภาพที่ 22 โดยเปรียบเทียบปริมาณน้ำที่เพิ่มขึ้นและลดลงในหน่วยความลึกของน้ำ ปัจจัยที่ทำให้ปริมาณน้ำ แปรลงสูงขึ้นคือ ปริมาณฝนใช้การในวันนั้น (Re_i) และปริมาณน้ำชลประทานที่ให้ (IRR_i) ปัจจัยที่ ทำให้ปริมาณน้ำในแปรลงลดลงคือ ปริมาณการใช้น้ำของข้าวในวันนั้น (ETC_i) และปริมาณน้ำที่ ไหลซึมเลยเขตราก (Dp) สามารถได้ดังสมการที่ 19 (ฉลอง เกิดพิทักษ์, 2560)

$$ST_i = ST_{i-1} + Re_i + IRR_i - ETC_i - Dp \quad \text{สมการที่ 19}$$

โดยที่ ST_i คือ ระดับน้ำในแปรลงของวันปัจจุบัน

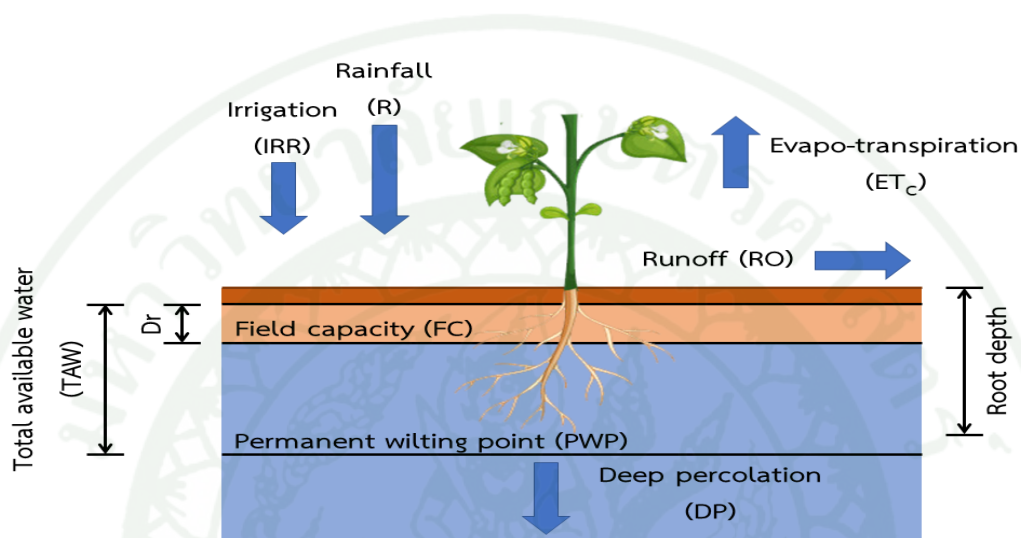
ST_{i-1} คือ ระดับน้ำในแปลงนาของวันก่อนหน้า

Re_i คือ ปริมาณฝนใช้การในวันปัจจุบัน

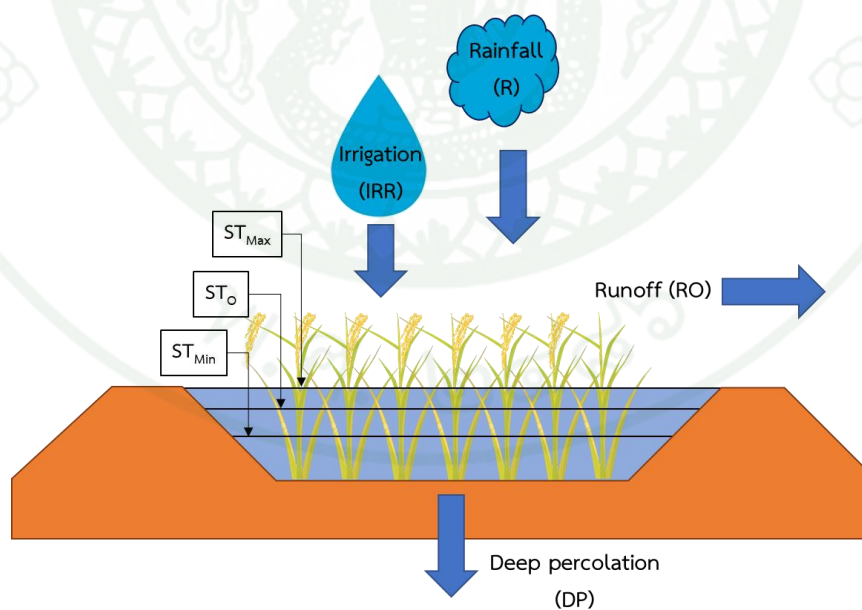
IRR_i คือ ปริมาณน้ำชลประทานที่พืชได้รับ

ET_c คือ ปริมาณการใช้น้ำของพืชในวันปัจจุบัน

Dp คือ ปริมาณน้ำที่ไหลซึมลงดิน



ภาพที่ 21 สมดุลน้ำในเขตรากพืชที่ใช้สำหรับแบบจำลอง



ภาพที่ 22 สมดุลความน้ำในนาข้าวสำหรับแบบจำลอง

4.1.5 การคำนวณปริมาณน้ำที่ให้แก่พืช

การคำนวณความลึกของน้ำที่ให้กับพืช เป็นคำนวณปริมาณน้ำในหน่วยความลึกที่ต้องให้ เพื่อเพิ่มความชุ่มชื้นให้แก่ดิน โดยจะพิจารณาความลึกของรากพืชร่วมด้วย โดยคำนวณปริมาณน้ำสามารถคำนวณได้ดังสมการที่ 20

$$dw = Pw \times As \times dp \quad \text{สมการที่ 20}$$

โดยที่ dw คือ หน่วยความลึกของน้ำในดินที่จะให้ (มิลลิเมตร)

dp คือ ความลึกของรากพืช (มิลลิเมตร)

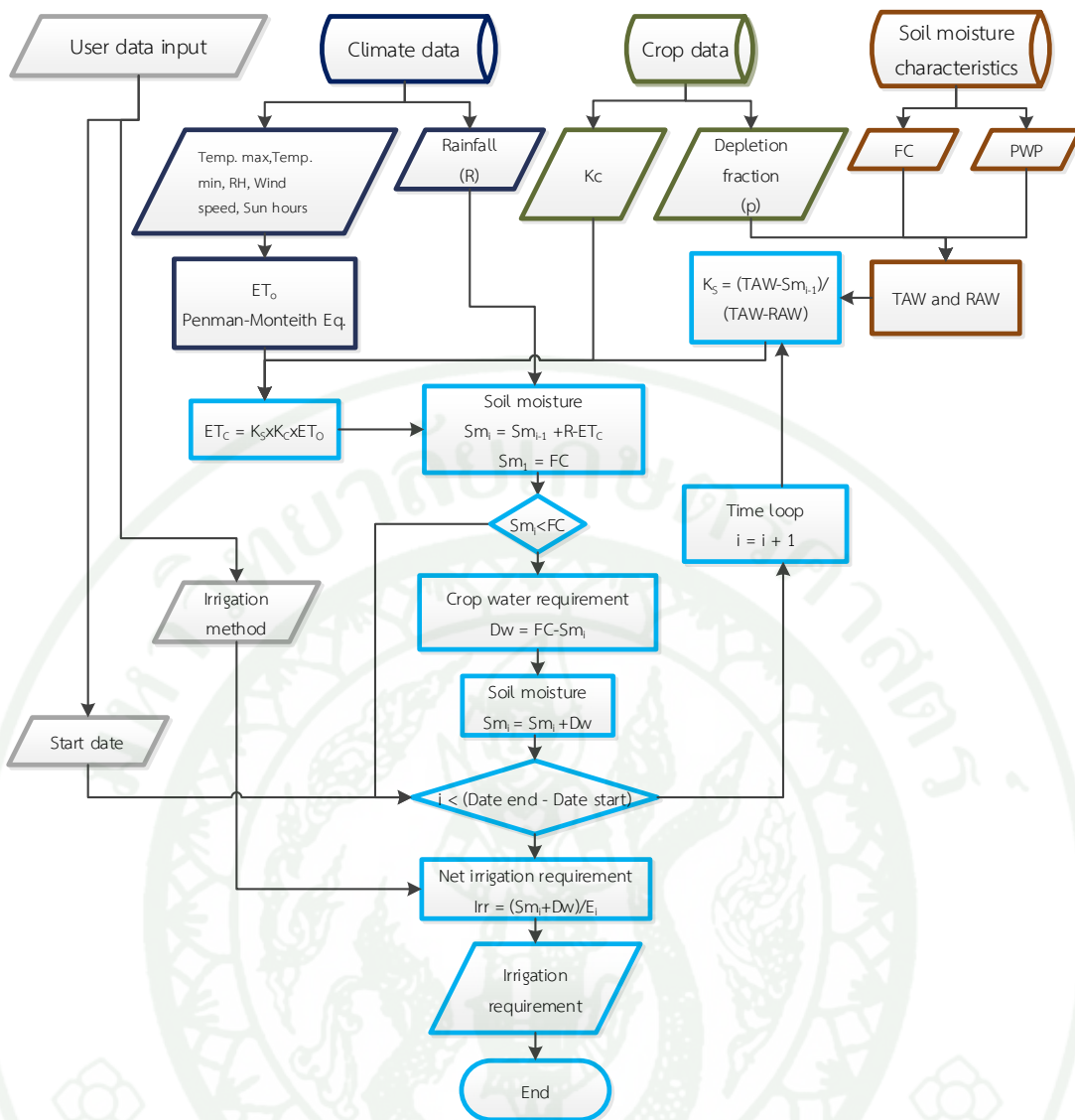
As คือ ความถ่วงจำเพาะปรากฏของดิน

Pw คือ ร้อยละของความชื้นที่จะต้องให้กับพืชจากความชื้นที่กำหนดการให้น้ำถึงที่จุดความชื้นชลประทาน

4.2 กระบวนการคำนวณของแบบจำลอง

แบบจำลองมีกระบวนการทำงานเป็นไปตามภาพที่ 23 ในการทำงานของแบบจำลองแบ่งออกเป็น 3 ส่วนคือ ส่วนการนำเข้าข้อมูล การคำนวณ และแสดงผล การนำเข้าข้อมูลประกอบด้วย การนำเข้าข้อมูลโดยผู้ใช้ ได้แก่ วันที่เริ่มทำการเพาะปลูก ชนิดพืชที่ปลูก วิธีการให้น้ำ และในส่วนของการนำเข้าข้อมูลโดยฐานข้อมูล ได้แก่ ข้อมูลอุตุนิยมวิทยา ข้อมูลจำเพาะของพืช และข้อมูลคุณสมบัติของดิน นอกเหนือจากนั้นจะเป็นส่วนของการคำนวณ โดยแบบจำลองมีรายละเอียดดังนี้

การคำนวณปริมาณความชื้นดินในวันปัจจุบันคำนวณโดยพิจารณาความชื้นในวันก่อนหน้า ร่วมกับปริมาณน้ำที่เพิ่มขึ้นจากปริมาณฝนหรือการให้น้ำชลประทาน และปริมาณน้ำที่ลดลงจากการคายระเหยของพืช โดยที่ความชื้นดินของวันเริ่มต้นมีค่าเท่ากับที่จุดความชื้นชลประทาน เมื่อปริมาณความชื้นในดินต่ำกว่าความชื้นที่จุดวิกฤตที่พิจารณาจากความสามารถในการขาดน้ำร่วมกับคุณสมบัติของดิน จะมีการคำนวณปริมาณน้ำที่ต้องให้แก่พืช และจะมีการคำนวณต่อในวันถัดไป หรือปริมาณความชื้นในดินสูงกว่าความชื้นที่จุดวิกฤตจะมีการคำนวณต่อในวันถัดไป ซึ่งแบบจำลองจะมีการคำนวณตั้งแต่วันที่เริ่มปลูกถึงวันปัจจุบัน มีตัวอย่างแสดงการคำนวณดังภาคผนวก จ และแสดงผลการจำลองความชื้นดินในวันปัจจุบันที่ส่วนสุดท้ายคือส่วนการแสดงผล



ภาพที่ 23 แผนผังการทำงานของแบบจำลอง

4.3 การตรวจพิสูจน์ความแม่นยำของแบบจำลอง

ค่าสัมประสิทธิ์ในการตัดสินใจ (Coefficient of Determination, R^2) เป็นตัวบ่งชี้ความสัมพันธ์ของข้อมูลจากการวิเคราะห์ถดถอยเชิงเส้น (Linear Regression) ซึ่งมีค่าระหว่าง 0 ถึง 1 ซึ่งหากมีค่าใกล้ 1 หมายถึง ตัวแปรอิสระสามารถอธิบายการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรตามได้มาก หากมีค่าใกล้ 0 หมายถึงข้อมูลมีความสัมพันธ์แบบตัวแปรอิสระสามารถอธิบายการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรตามได้น้อย กำหนดได้ดังสมการที่ 21

$$R^2 = \left(\frac{COV(O,P)}{\sqrt{VAR(O)VAR(P)}} \right)^2 \quad \text{สมการที่ 21}$$

รากที่สองของค่าเฉลี่ยความผิดพลาดกำลังสอง (Root Mean Square Error, RMSE) เป็นค่าวัดความคลาดเคลื่อนของการคาดคะเนกับข้อมูลจริง คำนวณได้ดังสมการที่ 22

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (P_i - O_i)^2} \quad \text{สมการที่ 22}$$

ค่าความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์เฉลี่ย (Average Relative Error, ARE) เป็นค่าเฉลี่ยของผลต่างระหว่างจากการคาดคะเนกับค่าจริง ถ้าหากมีค่าใกล้เคียง 0 หมายถึงค่าจากการคาดคะเนมีความคลาดเคลื่อนน้อย คำนวณได้ดังสมการที่ 23

$$ARE = \frac{100}{n} \sum_{i=1}^n \left| \frac{O_i - P_i}{O_i} \right| \quad \text{สมการที่ 23}$$

ร้อยละความเอนเอียงของการประมาณ (Percent Bias, PBIAS) เป็นดัชนีที่วัดแนวโน้มโดยเฉลี่ยของข้อมูลจากร้อยละของความแตกต่างระหว่างค่าจริงกับค่าจากการคาดคะเน ถ้าหากมีค่าเข้าใกล้ 0 หมายถึงการคาดคะเนค่ามีความน่าเชื่อถือ ถ้ามีค่าเป็นบวก หมายถึงค่าจากการคาดคะเนมีค่าต่ำกว่าค่าจริง คำนวณได้ดังสมการที่ 24

$$PBIAS = 100 \frac{\sum_{i=1}^n (O_i - P_i)}{\sum_{i=1}^n O_i} \quad \text{สมการที่ 24}$$

Nash-Sutcliffe Efficiency (NSE) เป็นดัชนีที่บ่งบอกถึงความสัมพันธ์ของความแปรปรวนระหว่างค่าจากการคาดคะเนกับค่าจริง เมื่อเทียบกับความแตกต่างระหว่างค่าจริงกับค่าเฉลี่ย นิยมใช้ในการคาดคะเนความแม่นยำหรือประสิทธิภาพของการคาดคะเน คำนวณได้ดังสมการที่ 25

$$NSE = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (O_i - P_i)^2}{\sum_{i=1}^n (O_i - \bar{O})^2} \quad \text{สมการที่ 25}$$

โดยที่ O_i คือค่าความชื้นดินจากการตรวจวัด P_i คือค่าความชื้นดินจากการคำนวณด้วยแบบจำลอง \bar{O} และ \bar{P} คือค่าเฉลี่ยของความชื้นดินจากการตรวจวัดและความชื้นดินจากการคำนวณ

ด้วยแบบจำลอง ตามลำดับ n คือจำนวนข้อมูล $COV(O, P)$ คือความแปรปรวนรวมระหว่างค่าความชื้นดินจากการตรวจวัด และค่าความชื้นดินจากการคำนวณด้วยแบบจำลอง และ VAR คือความแปรปรวนของข้อมูล

4.4 แนวทางการพัฒนาแบบจำลองกำหนดการให้น้ำพืช

การพัฒนาแบบจำลองกำหนดการให้น้ำพืช มีแนวทางการพัฒนาเรียงลำดับดังต่อไปนี้

1. สร้างฐานข้อมูลสำหรับแบบจำลอง โดยแบ่งฐานข้อมูลออกเป็น 3 ส่วนคือ 1) ฐานข้อมูลสภาพภูมิอากาศ ประกอบด้วยข้อมูลอุณหภูมิสูงสุด อุณหภูมิต่ำสุด ความชื้นสัมพัทธ์ ความเร็วลมที่ระดับความสูง 2 เมตร ชั่วโมงแสงแดด ซึ่งเป็นข้อมูลสำคัญสำหรับการคำนวณความต้องการน้ำของพืช และข้อมูลปริมาณฝนสำหรับการคำนวณความชื้นในดินซึ่งเป็นส่วนที่เพิ่มปริมาณความชื้นในดิน 2) ฐานข้อมูลพืช ประกอบด้วย สัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช ความยาวรากพืช และค่าสัมประสิทธิ์ความชื้นที่ยอมให้ลดลงได้ (Depletion Fraction) 3) ฐานข้อมูลคุณสมบัติของดิน ประกอบด้วย กลุ่มชุดดิน ความชื้นที่ความชื้นชลประทานและความชื้นที่จุดเหี่ยวเฉาถาวร

2. การสร้างส่วนของการคำนวณโดยส่วนการคำนวณแบ่งออกเป็น 3 ส่วนหลัก ประกอบด้วย 1) การคำนวณความต้องการน้ำของพืชโดยใช้ข้อมูลสภาพภูมิอากาศและข้อมูลตำแหน่งทางภูมิศาสตร์ในการคำนวณความต้องการน้ำของพืชอ้างอิง เมื่อพิจารณารวมกับสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืชเพื่อการคำนวณความต้องการน้ำของพืชชนิดต่างๆ 2) การคำนวณความชื้นในดินสำหรับพืชทั่วไป และการคำนวณระดับน้ำในแปลงนาสำหรับข้าว การคำนวณความชื้นในดินสำหรับพืชทั่วไปข้อมูลที่สำคัญคือ ปริมาณการใช้น้ำของพืชสำหรับปัจจัยที่ทำให้ความชื้นดินที่ลดลง ปริมาณฝนใช้การและปริมาณน้ำชลประทานสำหรับปัจจัยที่ทำให้ความชื้นดินที่เพิ่มขึ้น โดยที่ความยาวรากพืชเป็นส่วนที่กำหนดความชื้นที่สามารถนำมาใช้ได้ ในส่วนของการคำนวณระดับน้ำในแปลงนาสำหรับข้าวข้อมูลที่สำคัญคือ ปริมาณการใช้น้ำของพืชและอัตราการซึมสำหรับปัจจัยที่ทำให้ความชื้นดินที่ลดลง ปริมาณฝนใช้การและปริมาณน้ำชลประทานสำหรับปัจจัยที่ทำให้ความชื้นดินที่เพิ่มขึ้น 3) การคำนวณกำหนดการให้น้ำโดยที่พิจารณาจากความชื้นในดิน เมื่อความชื้นดินมีค่าต่ำกว่าความชื้นที่จุดเหี่ยวเฉาถาวรแบบจำลองจะมีการคำนวณปริมาณน้ำที่ต้องส่งให้เพิ่มเติมความชื้นในดินให้ถึงความชื้นที่จุดชลประทาน

3. การสร้างส่วนในการแสดงผลของแบบจำลอง มีการเชื่อมต่อกับฐานข้อมูล โดยที่ส่วนการแสดงผลสำหรับผู้ใช้งานประกอบไปด้วยส่วนของการรับข้อมูลจากผู้ใช้คือวันที่ปลูก วันที่

ปัจจุบัน ชนิดพืช วิธีการให้น้ำ กลุ่มชุดดิน ขนาดพื้นที่เพาะปลูก อัตราการสูบน้ำ แสดงดังภาพที่ 24 และส่วนของการแสดงผลของผลการคำนวณของแบบจำลองมีการแสดงผล การแจ้งเตือนการให้น้ำ ปริมาณน้ำที่ต้องส่งน้ำให้กับพื้นที่ และเวลาในการให้น้ำ แสดงดังภาพที่ 25

4. การสอบเทียบแบบจำลองกับพื้นที่เพาะปลูกจริง โดยเลือกพื้นที่แปลงทดลองเพาะปลูก อ้อย ในพื้นที่สถานีทดลองการใช้น้ำชลประทานที่ 5 (แม่กลองใหญ่) กลุ่มชุดดินในแปลงเพาะปลูก อยู่ในกลุ่มชุดดินที่ 33 มีความลึกเขตราก 60 เซนติเมตร เริ่มเพาะปลูกในวันที่ 1 มีนาคม พ.ศ.2562 ช่วงเวลาที่สอบเทียบและทวนสอบแบบจำลองกับความชื้นที่ตรวจวัดด้วยเซนเซอร์วัดความชื้นในดินอยู่ในช่วงระหว่างวันที่ 8 ตุลาคม ถึง 29 พฤศจิกายน พ.ศ. 2562 (ช่วงอายุ 221-273 วัน) ในการทดลองเพาะปลูกมีการรอบเวรในการให้น้ำทุก 7 วัน ข้อมูลสภาพภูมิอากาศใช้ข้อมูลจากสถานีตรวจวัดสภาพภูมิอากาศที่ตั้งอยู่ในสถานีทดลองการใช้น้ำชลประทานที่ 5 (แม่กลองใหญ่) และติดตั้งเซนเซอร์ตรวจวัดความชื้นในดินที่รายงานค่าทุก 15 นาที ซึ่งในการนำข้อมูลเข้าแบบจำลอง กำหนดช่วงเวลาของข้อมูลคือ 07:00น. ของวันก่อนหน้า – 06:59 น. ของวันนั้น โดยมีการจัดการข้อมูลสภาพภูมิอากาศก่อนนำเข้าแบบจำลองแสดงดังตารางที่ 24 หลังจากนั้นนำค่าความชื้นดินที่ได้จากการคำนวณของแบบจำลองเทียบกับความชื้นในดินที่ตรวจวัดโดยเซนเซอร์ตรวจวัดความชื้นในดินค่าตรวจวัด ซึ่งค่าที่ได้จากการตรวจวัดทุก 15 นาที ทำการเฉลี่ยค่าเคลื่อนที่ 25 ช่วงเวลาเพื่อลดความกระจ่ายตัวของข้อมูล โดยมีดัชนีในการสอบเทียบได้แก่ R^2 NSE RMSE ARE และ PBIAS

ตารางที่ 24 การจัดการข้อมูลสภาพภูมิอากาศก่อนนำเข้าแบบจำลอง

ลำดับ ที่	ข้อมูล	การจัดการ ข้อมูล
1	อุณหภูมิสูงสุด	สูงสุด
2	อุณหภูมิต่ำสุด	ต่ำสุด
3	ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ	เฉลี่ย
4	ความเร็วลม	เฉลี่ย
5	ชั่วโมงแสงแดด	รวม
6	ปริมาณฝน	รวม

4.5 ผลลัพธ์และการอภิปรายผล

4.5.1 การนำเข้าข้อมูลและการแสดงผลของแบบจำลองกำหนดการให้น้ำพืช

แบบจำลองกำหนดการให้น้ำพืชถูกพัฒนาขึ้นให้สามารถเข้าถึงได้ง่ายทั้งการใช้งานและการนำเข้าข้อมูลสู่ฐานข้อมูล เหมาะกับการพัฒนาและประยุกต์ใช้แบบจำลอง โดยในแบบจำลองถูกพัฒนาขึ้นสำหรับพื้นที่โครงการชลประทานแม่กลองใหญ่ โดยมีหน้าต่างกำหนดรายละเอียดของแปลงเพาะปลูกสำหรับผู้ใช้งานของแบบจำลองกำหนดการให้น้ำพืชแสดงดังภาพที่ 24 ผู้ใช้งานสามารถเลือกข้อมูลของพื้นที่เพาะปลูกจาก Drop-down List โดยผู้ใช้งานจำเป็นต้องเลือกข้อมูลวันที่เริ่มการเพาะปลูก (Date Start) วันที่ต้องการแสดงผล (Date End) ชนิดพืช (Crop) วิธีการให้น้ำในแปลงเพาะปลูก (Irrigation Method) กลุ่มชุดดิน (Soil Group) และนำเข้าข้อมูลโดยการพิมพ์รายละเอียดในช่อง พื้นที่ (Area) อัตราการสูบน้ำ (Pump Rate) โดยที่ ข้อมูลของเขตราก (Root Zone) ชั้นดิน (Soil Layer) ความชื้นที่จุดชลประทาน (FC) และ ความชื้นที่จุดเหี่ยวเฉาถาวร (PWP) แสดงขึ้น โดยการเชื่อมโยงระหว่างข้อมูลที่ใช้เลือกกับฐานข้อมูลของแบบจำลอง ส่วนถัดมาคือหน้าต่างแสดงผลการคำนวณของแบบจำลองกำหนดการให้น้ำพืชแสดงดังภาพที่ 25 โดยมีการแสดงข้อมูลการแจ้งเตือน (Alert) เพื่อช่วยสนับสนุนการตัดสินใจในการให้น้ำ ซึ่งจะมีการแสดงปริมาณน้ำที่ต้องส่งน้ำให้กับพื้นที่ (Volume Irrigation) และเวลาในการให้น้ำ (Time Irrigation) โดยมีตัวอย่างของการใช้งานแบบจำลองและรายการคำนวณแสดงดังภาคผนวก จ

	DAY	MONTH	YEAR	DATE
Date Start	1	1	2019	1/1/2019
Date End	25	8	2019	25/8/2019

Crop	อ้อย	▼
Irrigation Method	ให้น้ำแบบผิวดิน	▼
Soil Group	33	▼
Area	20	ไร่
Pump Rate	6000	L/min
Root Zone	600	mm
Soil Layer	0.3-0.6	m
FC	40.50	% by V
PWP	20.35	% by V

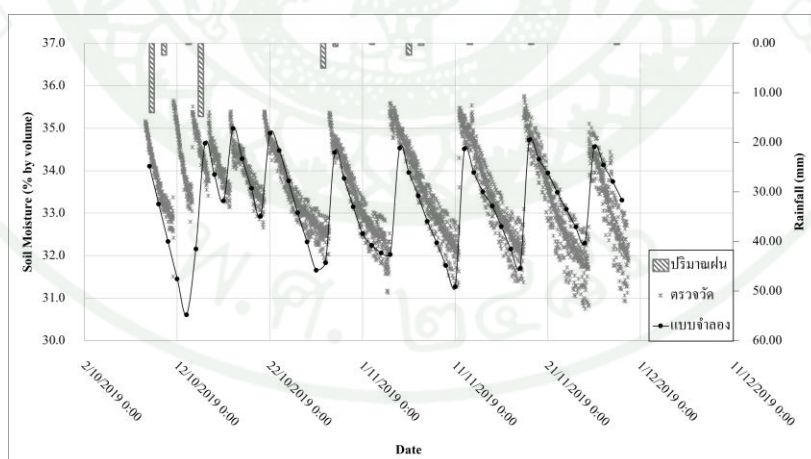
ภาพที่ 24 หน้าต่างกำหนดรายละเอียดของแปลงเพาะปลูกสำหรับผู้ใช้งานของแบบจำลองกำหนดการให้น้ำพืช

Alert	ควรให้น้ำ	
Volume Irrigation	2,631	m ³
Time Irrigation	7.31	Hour

ภาพที่ 25 หน้าต่างแสดงผลการคำนวณของแบบจำลองกำหนดการให้น้ำพืช

4.5.2 การสอบเทียบแบบจำลอง

การสอบเทียบการคำนวณพื้นที่แปลงทดลองเพาะปลูกอ้อย สถานีทดลองการใช้น้ำชลประทานที่ 5 (แม่กลองใหญ่) จากการคำนวณด้วยแบบจำลองกำหนดการให้น้ำพืช พบว่าความสัมพันธ์ของข้อมูลตามผลทางสถิติต่างๆ มีค่า R^2 เท่ากับ 0.76 NSE เท่ากับ 0.68 RMSE เท่ากับ 0.48 ARE เท่ากับ 1.19 % PBIAS เท่ากับ -0.04% ซึ่งภาพที่ 26 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างค่าความชื้นภายในดินที่ได้จากการคำนวณโดยอัลกอริทึมสำหรับการคำนวณกำหนดการให้น้ำจากแบบจำลองและค่าตรวจวัดโดยเซนเซอร์ตรวจวัดความชื้นในดินจากการตรวจวัดทุก 15 นาที ทำการเฉลี่ยค่าเคลื่อนที่ 25 ช่วงเวลาเพื่อลดความกระจ่ายตัวของข้อมูล จากภาพพบว่าทุก 7 วันค่าความชื้นในดินมีการเพิ่มสูงขึ้นจนถึงความชื้นที่จุดชลประทาน (FC) ซึ่งมีความสอดคล้องกันระหว่างแบบจำลองและเซนเซอร์ตรวจวัดความชื้นในดิน ในส่วนของปริมาณน้ำที่สูญเสียหรือถูกพืชนำไปใช้ทั้งการคำนวณด้วยแบบจำลองและเซนเซอร์ตรวจวัดความชื้นในดินมีแนวโน้มเช่นเดียวกัน และในส่วนของปริมาณฝนที่ตกลงมาในแปลงเพาะปลูกทำให้ความชื้นในดินมีค่าสูงขึ้นหรือความชื้นในดินที่สูญเสียในวันนั้นๆ ลดลง ซึ่งมีแนวโน้มเช่นเดียวกันระหว่างแบบจำลองและเซนเซอร์ตรวจวัดความชื้นในดิน ยกเว้นในวันที่ 14 ตุลาคม พ.ศ.2562 ที่ความชื้นดินจากเซนเซอร์ตรวจวัดความชื้นในดินมีค่าสูงขึ้นถึงค่าความชื้นที่จุดชลประทาน (FC) แต่แบบจำลองมีค่าสูงขึ้นแต่ไม่ถึงความชื้นที่จุดชลประทาน



ภาพที่ 26 การเปรียบเทียบค่าความชื้นในดินจากการคำนวณ โดยแบบจำลองกำหนดการให้น้ำพืชกับการตรวจวัดโดยเซนเซอร์ตรวจวัดความชื้นในดิน

4.6 สรุปและข้อเสนอแนะ

4.6.1 สรุปผลการศึกษา

แบบจำลองกำหนดการให้น้ำพืช ถูกพัฒนาขึ้นสำหรับเกษตรกรและผู้สนใจ เพื่อสนับสนุนการตัดสินใจให้น้ำในพื้นที่เพาะปลูก ภายในพื้นที่โครงการชลประทานแม่กลองใหญ่ ซึ่งแบบจำลองมีฐานข้อมูลที่ครอบคลุมพื้นที่ส่วนใหญ่ในโครงการชลประทานแม่กลองใหญ่ สามารถเข้าถึงในการใช้งานแบบจำลองได้ง่าย และมีความแม่นยำอยู่ในเกณฑ์น่าพึงพอใจ โดยการสอบเทียบการคำนวณด้วยแบบจำลองกำหนดการให้น้ำพืชสำหรับการคำนวณความชื้นในดินเทียบกับการตรวจวัดความชื้นในดินด้วยเซนเซอร์ในเวลาเดียวกันช่วงระหว่างวันที่ 8 ตุลาคม ถึง 29 พฤศจิกายน พ.ศ. 2562 ครอบคลุมช่วงเวลาในการส่งน้ำ จากการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองพบว่าแบบจำลองมีความถูกต้องแม่นยำร้อยละ 87 หรือมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R) เท่ากับ 0.87 หรือสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) เท่ากับ 0.76 ผลการคำนวณขอบแบบจำลองมีค่า R^2 มากกว่า 0.75 การคำนวณจากแบบจำลองมีความสัมพันธ์กับค่าความชื้นในดินที่ตรวจวัดสูง ประสิทธิภาพของการคาดคะเนหรือค่า Nash-Sutcliffe Efficiency (NSE) เท่ากับ 0.68 ผลการคำนวณขอบแบบจำลองมีค่า NSE ระหว่าง 0.36-0.75 เป็นที่น่าพึงพอใจ ค่ารากที่สองของค่าเฉลี่ยความผิดพลาดกำลังสอง (RMSE) เท่ากับร้อยละ 0.48 ของความชื้นดินโดยปริมาตร ค่าความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์เฉลี่ย (ARE) เท่ากับร้อยละ 1.19 ความเอนเอียงของการประมาณค่าหรือค่าร้อยละความเอนเอียงของการประมาณ (PBIAS) เท่ากับร้อยละ -0.04 ซึ่งค่าจากการคำนวณด้วยแบบจำลองมีความเอนเอียงในการคำนวณน้อยมากเนื่องจากค่า PBIAS มีค่าเข้าใกล้ 0 จากความสัมพันธ์พบว่าการคำนวณด้วยกระบวนการคำนวณมีความสอดคล้องและมีความคลาดเคลื่อนต่ำเทียบกับการคำนวณความชื้นดินจากการตรวจวัด ผลจากการสอบเทียบมีความสัมพันธ์ระหว่างสูงกระบวนการคำนวณความชื้นในดินจากแบบจำลองสามารถเป็นตัวแทนของความชื้นในดินสำหรับการเพาะปลูกได้

4.6.2 ข้อเสนอแนะ

1) แบบจำลองมีความแม่นยำอยู่ในเกณฑ์ปานกลาง-สูง ซึ่งมีศักยภาพในการใช้งาน และสามารถนำมาพัฒนาแบบจำลองให้มีความแม่นยำที่สูงขึ้น ซึ่งสามารถศึกษาเพิ่มเติม เช่น การสอบเทียบกับพื้นที่เพาะปลูกอื่นเพื่อให้มีความหลากหลายของพืช กลุ่มชุดดิน และสภาพภูมิอากาศ การสอบเทียบกับการตรวจวัดความชื้นดินจากการตรวจวัดความชื้นดินโดยตรงจากการชั่งตวง เพื่อให้สามารถคำนวณความชื้นดินให้มีความสัมพันธ์สูงยิ่งขึ้น

2) แบบจำลองกำหนดการให้น้ำพืชมีความสามารถในการคำนวณปริมาณน้ำชลประทานในระดับแปลงเพาะปลูก รวมถึงสามารถพัฒนาให้เป็นเครื่องมือคำนวณความต้องการในพื้นที่ชลประทานสำหรับเจ้าหน้าที่ชลประทาน เพื่อเป็นเครื่องมือสนับสนุนการตัดสินใจในการบริหารจัดการน้ำชลประทานให้สามารถส่งน้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพ ในขณะที่เจ้าหน้าที่มีอัตรากำลังลดลงอย่างต่อเนื่อง



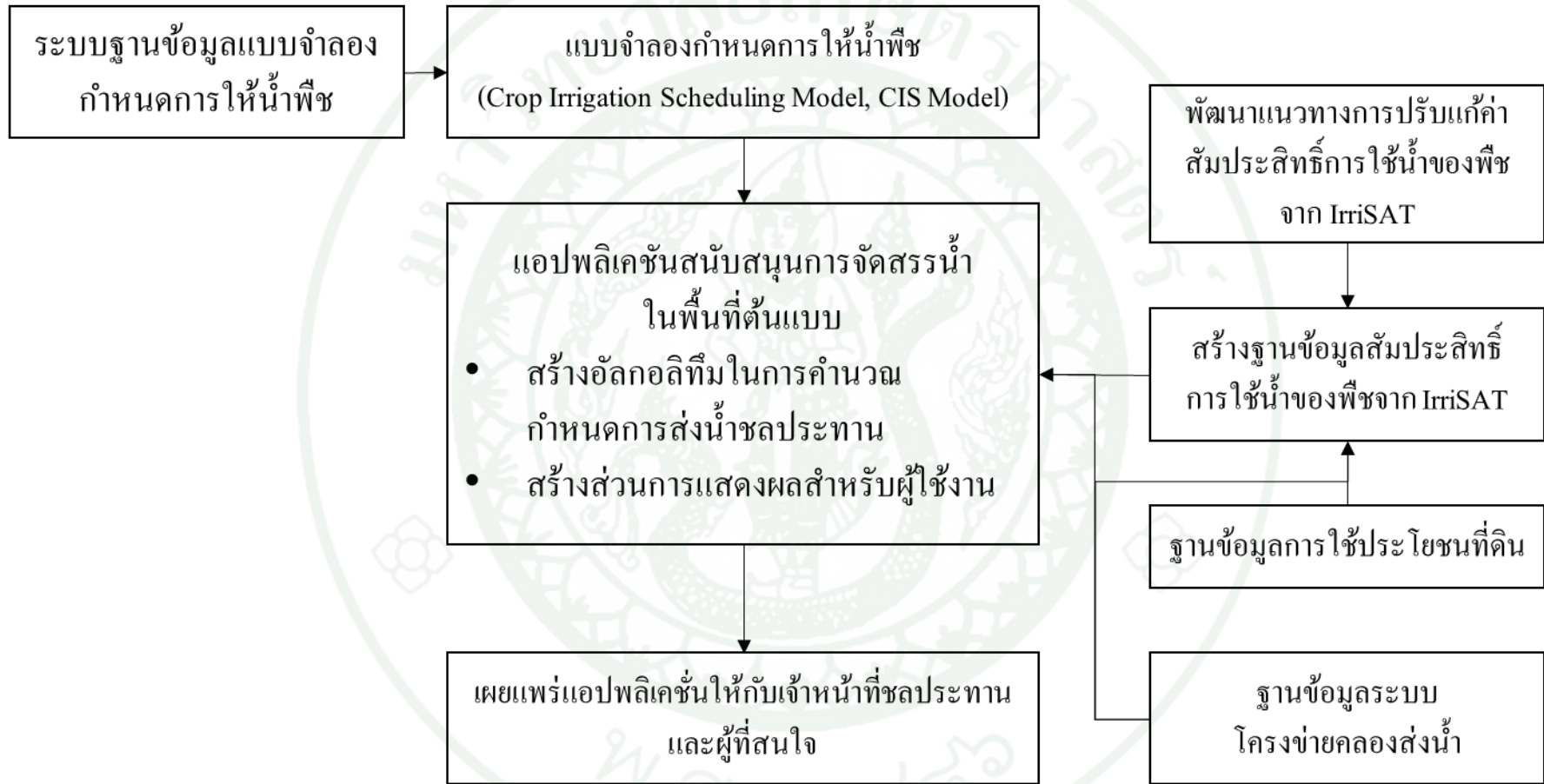
บทที่ 5 การพัฒนาแอปพลิเคชันสนับสนุนการจัดสรรน้ำในพื้นที่ต้นแบบ

5.1 บทนำ

พื้นที่เกษตรกรรมภายใต้โครงการชลประทานแม่กลองใหญ่ มีความหลากหลายของชนิดพืชที่เพาะปลูกโดยมีทั้ง ข้าว อ้อย ไม้ผล-ไม้ยืนต้น และพืชผัก จากความหลากหลายของลักษณะพืชที่เพาะปลูก รวมถึงช่วงเวลาในการเพาะปลูกที่แตกต่างกันในแต่ละพื้นที่ และพื้นที่ชลประทานเป็นพื้นที่ขนาดใหญ่ ซึ่งทำให้ปริมาณน้ำที่ต้องการน้ำและช่วงเวลาที่ต้องการน้ำในแต่ละพื้นที่มีความแตกต่างกัน ส่งผลให้เกิดความยุ่งยากในการบริหารจัดการน้ำสำหรับการส่งน้ำและการกระจายน้ำในพื้นที่ชลประทาน ทำให้การส่งน้ำในระบบชลประทานค่อนข้างไม่ตรงตามความต้องการของพื้นที่จึงทำให้ประสิทธิภาพการส่งน้ำในระบบชลประทานต่ำ จึงจำเป็นต้องมีเครื่องมือที่ช่วยสนับสนุนการตัดสินใจในการบริหารจัดการน้ำชลประทาน ซึ่งจากการพัฒนาแบบจำลองกำหนดการให้น้ำพืช พบว่ามีความแม่นยำค่อนข้างสูงและมีศักยภาพในการพัฒนาต่อยอดเพื่อสนับสนุนการตัดสินใจในการบริหารจัดการน้ำชลประทานแสดงดังภาพที่ 27 จากแบบจำลองกำหนดการให้น้ำพืชมีกำหนดการให้น้ำพืชเป็นแบบรอบเวร แต่ในระบบการส่งน้ำในพื้นที่โครงการชลประทานแม่กลองใหญ่มีระบบการส่งน้ำชลประทานแบบตลอดเวลา (Continuous Flow Method) เพื่อที่จะสามารถนำแบบจำลองกำหนดการให้น้ำพืชมาประยุกต์ใช้สำหรับโครงการชลประทานและเจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้องจึงต้องปรับเปลี่ยนโครงสร้างการทำงานบางส่วน โดยเลือกพื้นที่โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาสองพี่น้องเป็นพื้นที่ศึกษาและวิจัย เนื่องจากเป็นโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาที่อยู่ในโครงการชลประทานแม่กลองใหญ่ มีความครบถ้วนของข้อมูลระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographic Information System; GIS) รวมถึงมีการติดตั้งสถานีตรวจวัดสภาพภูมิอากาศในพื้นที่ โดยพื้นที่ที่มีการเพาะปลูกที่หลากหลาย มีช่วงการเพาะปลูกที่แตกต่างกันในพื้นที่ ขาดต่อการติดตามการเพาะปลูกเพื่อที่จะส่งน้ำให้มีความเหมาะสมทั้งช่วงเวลาและปริมาณ เพื่อที่จะติดตามการเพาะปลูกรวมถึงคาดการณ์การส่งน้ำให้มีความเหมาะสมโดยนำแบบจำลองกำหนดการให้น้ำพืชประยุกต์ใช้ร่วมกับค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืชจาก IrrisAT

5.2 พื้นที่ศึกษา

โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาสองพี่น้องเป็นโครงการชลประทานที่อยู่ภายใต้โครงการชลประทานแม่กลองใหญ่ แบ่งการบริหารจัดการน้ำในโครงการออกเป็นฝ่ายส่งน้ำและบำรุงรักษา 4 ฝ่าย ประกอบด้วย ฝ่ายส่งน้ำและบำรุงรักษาที่ 1 มีพื้นที่ชลประทาน 77,950 ไร่ ฝ่ายส่งน้ำและบำรุงรักษาที่ 2 มีพื้นที่ชลประทาน 92,000 ไร่ ฝ่ายส่งน้ำและบำรุงรักษาที่ 3 มีพื้นที่ชลประทาน

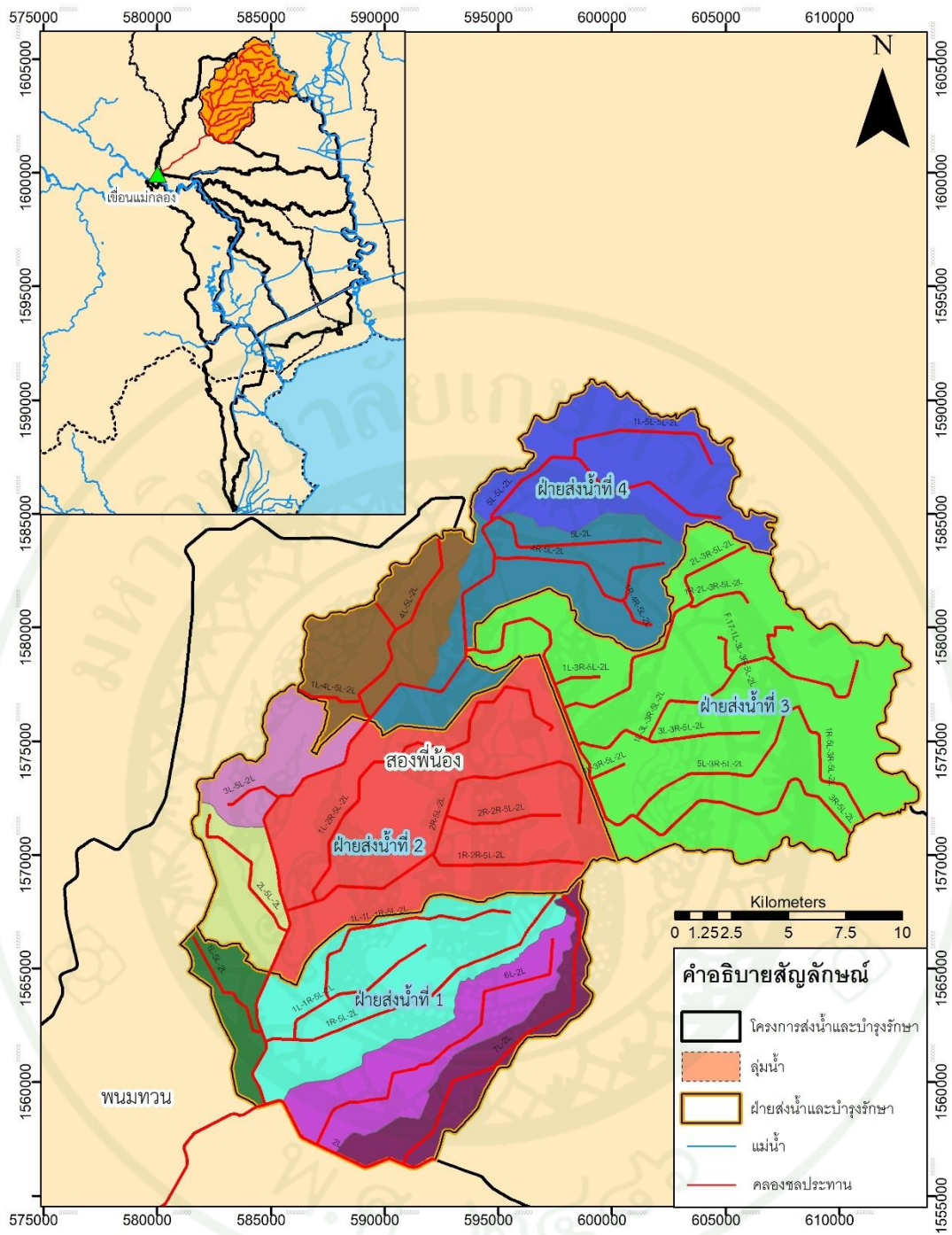


ภาพที่ 27 แผนผังการดำเนินการการพัฒนาแอปพลิเคชันสนับสนุนการบริหารจัดการน้ำในพื้นที่ต้นแบบ

71,500 ไร่ และฝายส่งน้ำและบำรุงรักษาที่ 4 มีพื้นที่ชลประทาน 65,550 ไร่ การส่งน้ำในพื้นที่ทำการส่งน้ำในพื้นที่ด้วยวิธี Gravity รับน้ำจากการผันน้ำที่ประตูระบายน้ำเขื่อนแม่กลอง เข้าสู่คลองสายใหญ่ 2 ซ้าย (2L) ซึ่งสามารถส่งน้ำได้ครอบคลุมพื้นที่โครงการทั้งหมด โดยส่งน้ำเข้าสู่คลองสายซอยและคูส่งน้ำแสดงดังภาพที่ 29 และมีรายละเอียดแสดงดังตารางที่ 25 ส่งน้ำตลอดเวลาครอบคลุมตลอดช่วงการเพาะปลูก พื้นที่เพาะปลูกอ้อยมีการให้น้ำด้วยวิธีร่องคู (Furrow Irrigation) โดยการให้น้ำจะใช้น้ำเฉพาะเวลากลางวัน เพื่อการส่งน้ำให้ได้ตามความต้องการและลดความสูญเสียสำหรับการส่งน้ำจึงมีอ่างพักน้ำในเวลากลางคืน (Night Storage) ซึ่งการส่งน้ำสำหรับการเพาะปลูกอ้อยครอบคลุมตลอดทั้งปี สำหรับพื้นที่ปลูกข้าวอยู่ในพื้นที่ระบบจัดรูปที่ดิน (Land Consolidation) ทำการส่งน้ำตั้งแต่กลางเดือนมกราคม ถึงเดือนกันยายน เพื่อหลีกเลี่ยงผลกระทบจากน้ำท่วมในช่วงเดือนตุลาคมของทุกปี โดยใน 1 ปีสามารถทำนาได้ถึง 2 ครั้ง มีปฏิทินการเพาะปลูกของโครงการแสดงดังตารางที่ 28 พืชที่สำคัญของพื้นที่คือ อ้อย และข้าว มีการใช้ประโยชน์ที่ดินแสดงดังภาพที่ 30 มีรายละเอียดแสดงดังตารางที่ 26 พบว่าการเพาะปลูกในพื้นที่ฝายส่งน้ำที่ 1 และ 2 มีการเพาะปลูกอ้อยเป็นส่วนใหญ่ โดยมีการทำนาและเพาะปลูกพืชอื่นเพียงเล็กน้อย ซึ่งพื้นที่ในฝายส่งน้ำที่ 3 และ 4 มีความแตกต่างออกไปคือ มีการทำนาข้าวเป็นส่วนใหญ่เนื่องจากเป็นพื้นที่ลุ่มและมีการเพาะปลูกอ้อยในพื้นที่ทิศตะวันตกเฉียงใต้มองเห็นได้ชัดเนื่องจากเป็นพื้นที่ดินดอน

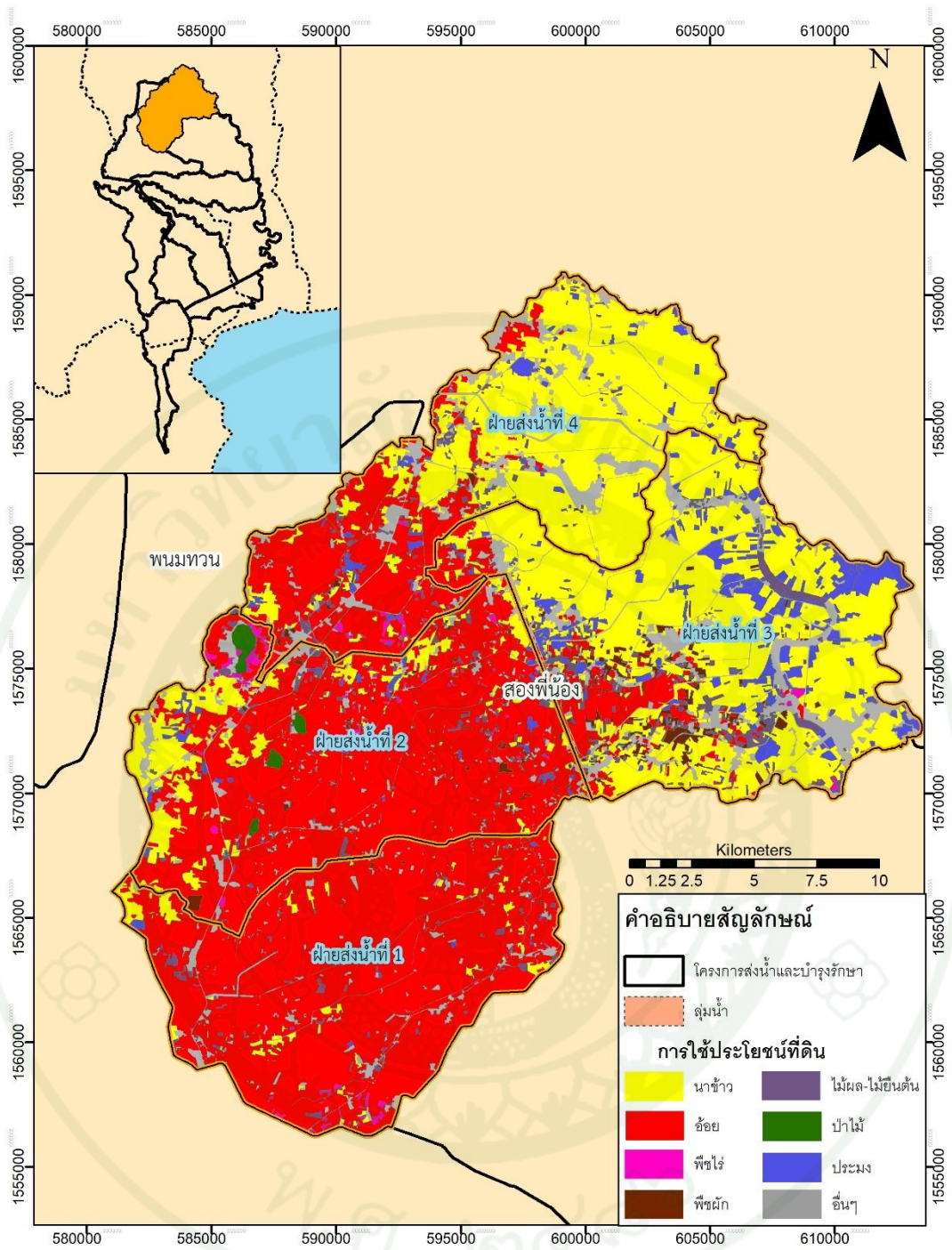
ภาพที่ 28 ปฏิทินเพาะปลูกโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาสองพี่น้อง

ชนิดพืช	ปฏิทินการเพาะปลูก											
	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
ข้าว												
อ้อย												
พืชไร่-พืชผัก												
ไม้ผล-ไม้ยืนต้น												



ภาพที่ 29 คลองส่งน้ำในพื้นที่โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาสองพี่น้อง

577785291
 KU IThesis 6124500418 thesis / recv: 29062563 11:28:00 / seq: 50



ภาพที่ 30 การใช้ประโยชน์ที่ดินในโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาสองพี่น้อง

ตารางที่ 25 ข้อมูลคลองส่งน้ำในโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาสองพี่น้อง

ชื่อคลอง	กม.		ความยาว (กม.)	อัตราการไหลออกแบบที่ กม.0+000 (ลบ.ม./วินาที)
	เริ่มต้น	สิ้นสุด		
5L-2L	0+000	41+320	41.32	51.1
1L-5L-2L	0+000	5+520	5.52	0.64
2L-5L-2L	0+000	7+010	7.01	1.46
3L-5L-2L	0+000	2+620	2.62	1.04
4L-5L-2L	0+000	9+500	9.5	5.29
5L-5L-2L	0+000	12+600	12.6	6.25
1R-5L-2L	0+000	14+980	14.98	4.91
3R-5L-2L	0+000	27+530	27.53	20.25
4R-5L-2L	0+000	9+450	9.45	2.18
2R-5L-2L	0+000	18+480	18.48	9.82
6L-2L	0+000	15+770	15.77	3.16
7L-2L	0+000	15+910	15.91	2.1

ตารางที่ 26 การใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาสองพี่น้อง

คลอง	การใช้ประโยชน์ที่ดิน (ไร่)							รวม	
	นาข้าว	พืชไร่	ไม้ผล-ไม้ยืนต้น	พืชผัก	ประมง	ป่าไม้	พื้นที่อื่นๆ		
5L-2L	1L-5L-2L	1,104	5,825	253	1	167	0	645	7,995
	1R-5L2L	649	35,219	344	74	85	0	2,180	38,550
	2L-5L-2L	3,416	6,794	98	243	224	0	1,096	11,870
	2R-5L-2L	4,184	59,046	1,245	738	1,214	577	5,166	72,169
	3L-5L-2L	3,619	5,068	222	131	470	726	2,044	12,280
	3R-5L-2L	57,763	9,158	3,925	3,746	12,539	0	14,448	101,578
	4L-5L-2L	2,689	14,162	591	264	682	0	3,352	21,740
	4R-5L-2L	18,593	8,497	756	122	819	0	4,240	33,028
	5L-5L-2L	24,422	1,369	247	49	1,623	0	5,360	33,071
6L-2L	-	780	19,945	168	15	112	0	1,254	22,275
7L-2L	-	438	13,151	277	19	117	0	1,585	15,585
รวม		117,656	178,236	8,126	5,402	18,051	1,303	41,369	370,142

5.3 การพัฒนาการปรับแก้ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืชจาก IrriSAT

ความก้าวหน้าทางด้านการสำรวจระยะไกลด้วยภาพถ่ายดาวเทียม (Satellite Remote Sensing) ในปัจจุบันมีความสามารถในการใช้ภาพถ่ายดาวเทียมเป็นเครื่องมือที่สามารถสำรวจและติดตามค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช (K_c) ซึ่งมีข้อดีในการสำรวจข้อมูลในพื้นที่ขนาดใหญ่ มีความหลากหลายของพืช และมีปฏิทินการเพาะปลูกที่ซับซ้อน เครื่องมือที่ใช้สำรวจและติดตามค่า K_c ที่มีความสะดวกในการใช้งานและมีงานวิจัยรองรับคือ IrriSAT ซึ่งการสำรวจและติดตามค่า K_c ถูกกำหนดการแปรผลจากความสัมพันธ์ของดัชนีพืชพรรณแบบผลต่างนอร์มอลไลซ์ (Normalized Difference Vegetation Index, NDVI) โดย IrriSAT เปิดให้บริการผ่านทางเว็บไซต์ www.irrisat-cloud.appspot.com ด้วยการประมวลผลภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 7 และ Landsat 8 เป็นหลัก ที่ความละเอียด 30 x 30 m ระยะเวลาทุก 8 วัน จากงานวิจัยพบว่าค่า NDVI มีความสัมพันธ์โดยตรงกับ K_c ส่วนใหญ่ได้กำหนดความสัมพันธ์ระหว่าง K_c กับ NDVI เป็นสมการเส้นตรง (Alfonso, 2017) โดย NDVI เป็นดัชนีที่ใช้มากที่สุดเนื่องจากมีความแปรผันตามคลอโรฟิลล์ ซึ่งสามารถแปลผลได้ง่าย รวดเร็ว และตรวจจับการเปลี่ยนแปลงของพืชได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Antonio, 2017) ในกระบวนการประมวลผลภาพจากภาพถ่ายดาวเทียมอาจมีความผิดพลาดของข้อมูลที่เกิดจากความคลาดเคลื่อนของข้อมูล (Data Error) สัญญาณที่รบกวน (Noise) และความบิดเบือนเชิงเรขาคณิต โดยเกิดขึ้นในกระบวนการถ่ายภาพ การบันทึกข้อมูลสัญญาณ การสะท้อนของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า การส่งสัญญาณ และการโคจรของดาวเทียม จึงจำเป็นต้องมีกระบวนการปรับแก้ค่า (ภาคภูมิ เหล่าตระกูล, 2558)

5.3.1 ระบบติดตามการใช้น้ำของพืชบน IrriSAT

IrriSAT คือระบบติดตามการใช้น้ำของพืชบนเว็บไซต์ โดยใช้ข้อมูลจากภาพถ่ายดาวเทียมเพื่อหาค่าดัชนีพืชพรรณ (Vegetation Index) ซึ่งค่าดัชนีพืชพรรณมีความสัมพันธ์โดยตรงกับสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช (K_c) ในการแปลภาพถ่ายดาวเทียมสำหรับหาค่าดัชนีพืชพรรณ ด้วยวิธี Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) โดยการใช้หลักความสัมพันธ์ระหว่างค่าความแตกต่างของร้อยละการสะท้อนของคลื่นรังสีอินฟราเรดช่วงคลื่นสั้น (Near infrared, NIR) กับช่วงคลื่นที่ตามองเห็นสีแดง (Red, R) และเทียบสัดส่วนกับผลรวมของร้อยละการสะท้อนของคลื่นรังสีอินฟราเรดช่วงคลื่นสั้น (NIR) กับช่วงคลื่นที่ตามองเห็นสีแดง (R) เพื่อปรับค่าให้อยู่ในลักษณะการกระจายแบบปกติ (Compton, 1979) ตามสมการที่ 26 โดยค่า NDVI มีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง -1 ถึง 1 เมื่อมีพืชปกคลุมมาก ค่าการสะท้อนคลื่นรังสีอินฟราเรดช่วงคลื่นสั้นจะมากกว่าช่วงคลื่นที่ตา

มองเห็นสีแดงค่า NDVI จะมีค่าเป็นบวก เมื่อพืชปกคลุมพื้นดินน้อยหรือไม่มีพืชปกคลุมค่าการสะท้อนของคลื่นรังสีอินฟราเรดช่วงคลื่นสั้นและคลื่นที่ตามองเห็นสีแดงจะมีค่าใกล้เคียงกันทำให้ค่า NDVI ใกล้เคียงหรือเท่ากับ 0 และเมื่อเป็นกรณีผิวน้ำการสะท้อนของคลื่นที่ตามองเห็นสีแดงจะมากกว่าคลื่นอินฟราเรดช่วงคลื่นสั้นเนื่องจากช่วงคลื่นอินฟราเรดช่วงคลื่นสั้นมีความยาวคลื่นมากกว่าคลื่นที่ตามองเห็นสีแดงทำให้ช่วงคลื่นอินฟราเรดสะท้อนจากผิวน้ำได้น้อยกว่าทำให้ค่า NDVI มีค่าเป็นลบ (Li, 2014)

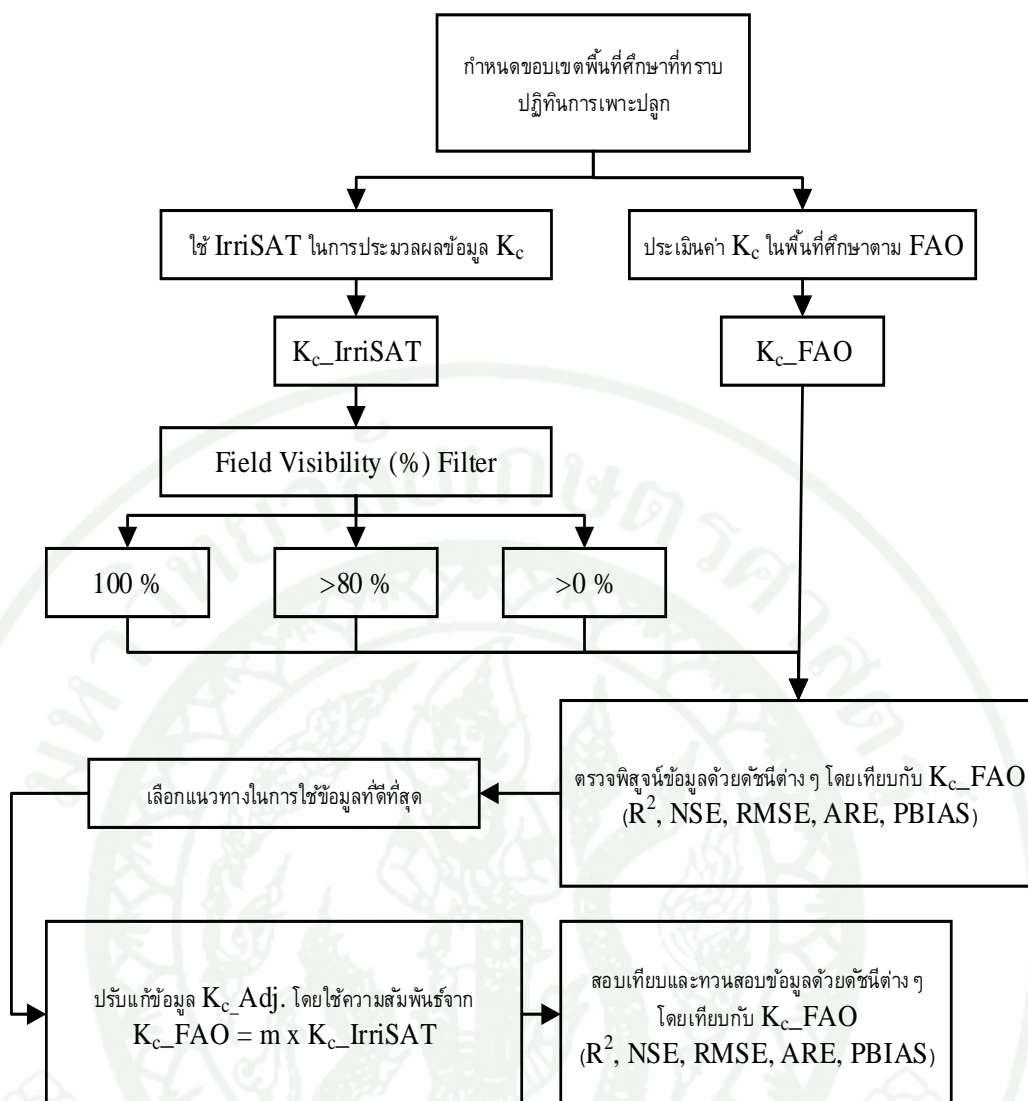
$$NDVI = \frac{NIR - R}{NIR + R} \quad \text{สมการที่ 26}$$

โดยระบบติดตามการใช้น้ำของพืชบนเว็บไซต์ IrrisAT ดำเนินการประมาณค่า K_c จากความสัมพันธ์ที่มีต่อค่า NDVI สำหรับพืชในพื้นที่เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้งแสดงดังสมการที่ 27 (Thomas, 2007) และ (John, 2016) ซึ่งพัฒนาความสัมพันธ์จากพืชผักหลากหลายชนิด เช่น ผักกาดหอม พริกไทย และกระเทียม เป็นต้น เพื่อความแม่นยำในการประเมินค่า K_c จึงจำเป็นต้องปรับแก้ค่า K_c อื่นๆ นอกจากพืชผัก เช่น ข้าว พืชไร่ และไม้ผล-ไม้ยืนต้น

$$K_c = 1.37NDVI - 0.086 \quad \text{สมการที่ 27}$$

5.3.2 แนวทางการปรับแก้ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืชจาก IrrisAT

การปรับแก้ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของอ้อยจากระบบติดตามการใช้น้ำของพืชบนเว็บไซต์ IrrisAT ดำเนินการ โดยเลือกพื้นที่ตัวอย่างของแปลงเพาะปลูกที่สามารถระบุปฏิทินเพาะปลูกได้อย่างแน่นอน เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างค่า K_c จาก IrrisAT ($K_{c_IrrisAT}$) กับค่า K_c จากการรวบรวมข้อมูล ซึ่งพิจารณาตามอายุของอ้อยในแปลงเพาะปลูกในพื้นที่ตัวอย่าง (K_{c_FAO}) มีกระบวนการแสดงดังภาพที่ 31 โดยมีรายละเอียดขั้นตอนการปรับแก้ดังต่อไปนี้



ภาพที่ 31 กระบวนการปรับแก้ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช (K_c) จาก IrriSAT

1) กำหนดขอบเขตการศึกษา

การปรับแก้สัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืชจาก IrriSAT เพื่อให้มีความเหมาะสมกับพืชในพื้นที่โดยมีพืชตัวแทน 3 ชนิด ประกอบด้วย อ้อย ข้าวนาหว่านน้ำตาม และมะม่วง โดยพืชทั้ง 3 ชนิดเป็นตัวแทนของ พืชไร่ นาข้าว และไม้ผล-ไม้ยืนต้น ในพื้นที่โครงการชลประทานแม่กลองใหญ่ จากการรวบรวมข้อมูลและการสัมภาษณ์เจ้าหน้าที่ชลประทานและเกษตรกรในพื้นที่ จึงเลือกพื้นที่ตัวแทนสำหรับปรับแก้ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืชจาก IrriSAT มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. พื้นที่ศึกษาสำหรับการปรับแก้ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของอ้อย แปลงเพาะปลูกที่ 1 ตั้งอยู่ในพิกัด 591940E 1554770N แปลงเพาะปลูกที่ 2 ตั้งอยู่ในพิกัด 592060E 1554720N ซึ่งทั้ง 2 แปลงเพาะปลูกอยู่ในเขตละติจูด 14.06° N อยู่ระหว่างเส้นศูนย์สูตรกับ Tropic of Cancer (23.5° N) ซึ่งอยู่ในเขตละติจูดต่ำ และพันธุ์อ้อยในพื้นที่ศึกษาเป็นพันธุ์ขอนแก่น 2 อายุเก็บเกี่ยว 12 เดือน ทั้งพื้นที่ศึกษาและช่วงเวลาในการเจริญเติบโตสอดคล้องกับอ้อยใหม่ในเขตละติจูดต่ำ ดังนั้นจึงเลือกใช้ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของอ้อยสำหรับอ้อยใหม่ ในพื้นที่ละติจูดต่ำเป็นค่าอ้างอิง (ตารางที่ 27) โดยมีค่า $K_{c\text{ ini}}$ $K_{c\text{ mid}}$ และ $K_{c\text{ end}}$ เท่ากับ 0.15 1.2 และ 0.7 ตามลำดับ มีพื้นที่ศึกษาแสดงดังภาพที่ 32 สำหรับแปลงเพาะปลูกที่ 1 เริ่มเพาะปลูกในวันที่ 3 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2561 และเก็บเกี่ยวผลผลิตในวันที่ 30 มกราคม พ.ศ.2562 ระยะเวลาเพาะปลูก 362 วัน ในขณะที่แปลงที่ 2 เริ่มเพาะปลูกในวันที่ 9 กุมภาพันธ์ พ.ศ.2561 เก็บเกี่ยวผลผลิตวันที่ 8 มีนาคม พ.ศ.2562 ระยะเวลาเพาะปลูก 392 วัน โดยทั้ง 2 แปลงเป็นอ้อยปลูกใหม่ พันธุ์ขอนแก่น 2 พื้นที่ 6.8 และ 9.7 ไร่ ตามลำดับ มีลักษณะการให้น้ำตามความชื้นดินที่เหมาะสมด้วยการประเมินโดยเกษตรกร โดยกำหนดการให้น้ำมีลักษณะเป็นการให้น้ำในช่วงระยะเวลา 15-30 วัน/ครั้ง เนื่องจากรูปแบบการส่งน้ำในพื้นที่เป็นการส่งน้ำแบบรอบเวรในการศึกษาให้พื้นที่แปลงเพาะปลูกที่ 1 สำหรับการสอบเทียบการปรับแก้สัมประสิทธิ์การใช้น้ำของอ้อย และพื้นที่แปลงเพาะปลูกที่ 2 สำหรับการทวนสอบการปรับแก้สัมประสิทธิ์การใช้น้ำของอ้อย

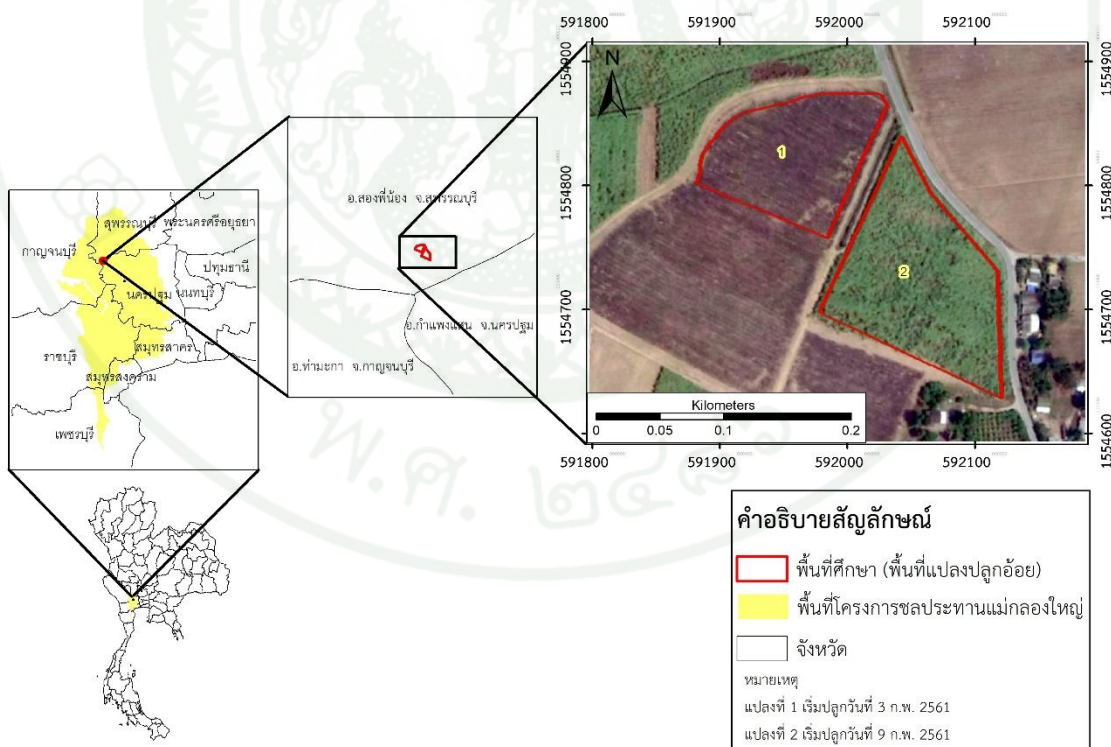


577785291

KU Thesisis 6124500418 thesisis / recv: 29062563 11:28:00 / seq: 50

ตารางที่ 27 ระยะเวลาในแต่ละขั้นการเจริญเติบโตของอ้อยจากการศึกษาโดย FAO

Sugarcane		Time (Day)				
		Init. (L _{ini})	Dev. (L _{dev})	Mid (L _{mid})	Late (L _{late})	Total
Virgin	Low Latitudes	35	60	190	120	405
	Tropics	50	70	220	140	480
	Hawaii, USA	75	105	330	210	720
Ratoon	Low Latitudes	25	70	135	50	280
	Tropics	30	50	180	60	320
	Hawaii, USA	35	105	210	70	420



ภาพที่ 32 พื้นที่ศึกษาสำหรับการปรับแก้ค่าสัมประสิทธิ์การใช้ น้ำของอ้อย

2. พื้นที่การปรับแก้ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของข้าว พื้นที่ศึกษาที่ 1 ตั้งอยู่ในพิกัด 606060E 1584680N พื้นที่ศึกษาที่ 2 ตั้งอยู่ในพิกัด 603450E 1588370N แสดงดังภาพที่ 33 สำหรับพื้นที่ศึกษาที่ 1 เริ่มเพาะปลูกในวันที่ 15-31 มกราคม พ.ศ. 2562 และเก็บเกี่ยวผลผลิตในวันที่ 15 เมษายน-1 พฤษภาคม พ.ศ.2562 ในขณะที่พื้นที่ศึกษาที่ 2 เริ่มเพาะปลูกในวันที่ 1-15 มกราคม พ.ศ. 2562 เก็บเกี่ยวผลผลิตวันที่ 1-15 เมษายน พ.ศ.2562 โดยทั้ง 2 พื้นที่ศึกษาเป็นการปลูกข้าวแบบนาหว่านน้ำตม พื้นที่ 135 และ 95 ไร่ ตามลำดับ มีลักษณะการให้น้ำตามระดับน้ำในนาข้าวที่เหมาะสมด้วยการประเมินโดยเกษตรกร ในการศึกษาให้พื้นที่ศึกษาที่ 1 สำหรับการสอบเทียบการปรับแก้สัมประสิทธิ์การใช้น้ำของข้าว และพื้นที่ศึกษาที่ 2 สำหรับการทวนสอบการปรับแก้สัมประสิทธิ์การใช้น้ำของข้าว

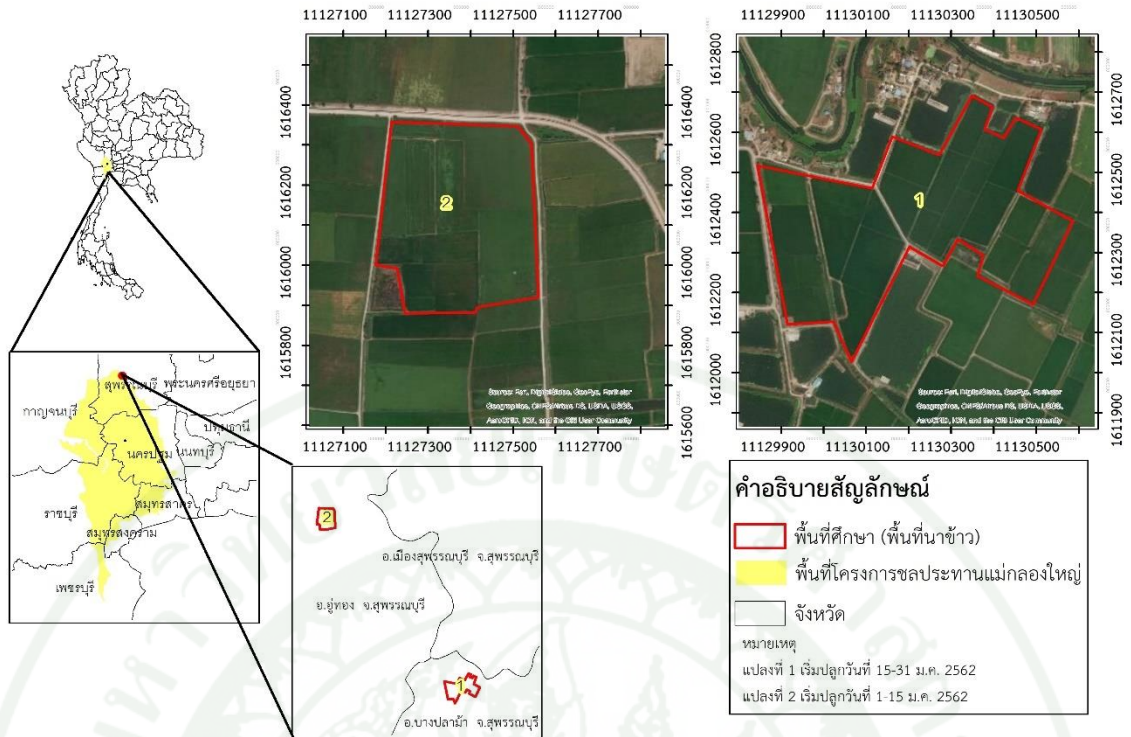
3. พื้นที่การปรับแก้ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของมะม่วง พื้นที่ศึกษาตั้งอยู่ในพิกัด 603900E 1552150N อยู่ในแปลงสาธิตภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน แสดงดังภาพที่ 34 มะม่วงในพื้นที่ศึกษาอยู่ในช่วงการเจริญเติบโตเต็มที่ที่สามารถให้ผลผลิตได้ โดยอายุของต้นมะม่วงในพื้นที่มีอายุมากกว่า 10 ปี ในการศึกษาให้การเพาะปลูกในปี พ.ศ. 2559 สำหรับการสอบเทียบการปรับแก้สัมประสิทธิ์การใช้น้ำของมะม่วง และการเพาะปลูกในปี พ.ศ. 2560 สำหรับการทวนสอบการปรับแก้สัมประสิทธิ์การใช้น้ำของมะม่วง



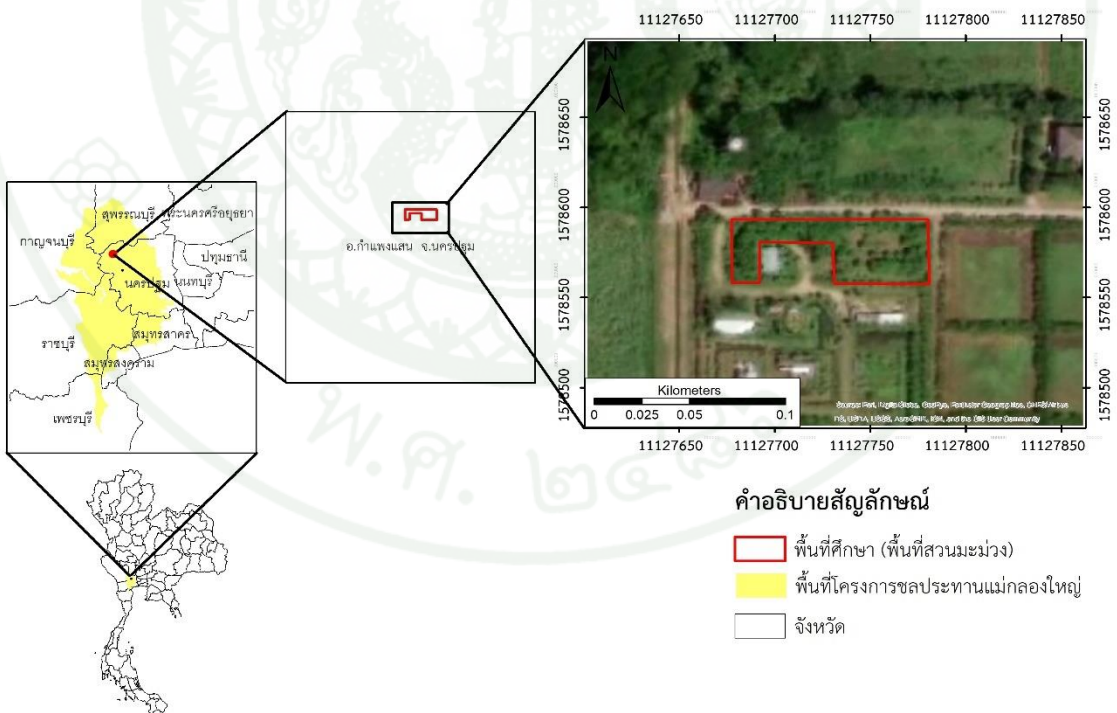
577785291

KU Thesisis 6124500418 thesisis / revv: 29062563 11:28:00 / seq: 50

577785291 KU Thesisis 6124500418 thesis / rev: 29062563 11:28:00 / seq: 50



ภาพที่ 33 พื้นที่ศึกษาสำหรับการปรับแก้ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของข้าว



ภาพที่ 34 พื้นที่ศึกษาสำหรับการปรับแก้ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของมะม่วง

2) การคัดเลือกแนวทางการใช้ข้อมูลที่ดีที่สุดจากร้อยละทัศนวิสัยของดาวเทียมในพื้นที่

การประเมินค่า K_c โดย IriSAT มีกระบวนการประเมินค่า K_c โดยใช้ภาพถ่ายทางดาวเทียม แปลผลเป็นค่า NDVI และใช้ความสัมพันธ์ระหว่างค่า NDVI และ K_c เพื่อคำนวณค่า K_c จากการแปลภาพถ่ายดาวเทียม แต่การแปลผลจากภาพถ่ายดาวเทียมอาจมีความผิดพลาดเนื่องจากทัศนวิสัยของดาวเทียมในพื้นที่ จึงทำการตรวจพิสูจน์ข้อมูลที่ทำให้ความสัมพันธ์ของข้อมูลสูงสุดและความผิดพลาดของข้อมูลต่ำที่สุด โดยการตรวจพิสูจน์ข้อมูลเพื่อด้วยค่าความสัมพันธ์ทางสถิติ ซึ่งประกอบด้วย 1) R^2 2) RMSE 3) ARE 4) PBIAS และ 5) NSE ซึ่งค่าความสัมพันธ์ทางสถิติดังกล่าว เป็นการเปรียบเทียบระหว่างค่า K_c IriSAT กับค่า K_c จากการรวบรวมข้อมูล โดยข้อมูล K_c จาก IriSAT (K_c IriSAT) สามารถจัดกลุ่มเพื่อตรวจพิสูจน์ข้อมูลจำแนกตามร้อยละทัศนวิสัยของดาวเทียมในพื้นที่ (Field Visibility) ซึ่งประกอบด้วย 1) ร้อยละทัศนวิสัยของดาวเทียมในพื้นที่ (Field Visibility) ร้อยละ 100 2) ร้อยละทัศนวิสัยของดาวเทียมในพื้นที่ (Field Visibility) มากกว่าร้อยละ 80 และ 3) ร้อยละทัศนวิสัยของดาวเทียมในพื้นที่ (Field Visibility) ทุกช่วงทัศนวิสัย โดยเลือกแปลงเพาะปลูกอ้อยแปลงเพาะปลูกที่ 1 ในการการคัดเลือกแนวทางการใช้ข้อมูล แสดงดังตารางที่ 28

3) การปรับแก้ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืชจากระบบติดตามการใช้น้ำบนเว็บไซต์ IriSAT

สัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช (K_c) จากการแปลผลโดย IriSAT เป็นค่า K_c ในพื้นที่เขตภูมิอากาศกึ่งแห้งแล้ง ดังนั้นจำเป็นต้องหาความสัมพันธ์ของข้อมูลเพื่อปรับแก้ค่า K_c ให้สามารถใช้ในพื้นที่เพาะปลูกในพื้นที่ชลประทานแม่กลองใหญ่ได้อย่างเหมาะสม โดยเลือกข้อมูลจากแปลงเพาะปลูกที่ 1 สำหรับพื้นที่ศึกษาของอ้อย และนาข้าว และการเพาะปลูกในปี 2559 สำหรับ พื้นที่ศึกษาของมะม่วง เพื่อดำเนินการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นอย่างง่าย (Simple Regression Analysis) โดยกำหนดให้ K_c IriSAT เป็นตัวแปรอิสระ (Independent Variable) และ K_c จากการรวบรวมข้อมูลเป็นตัวแปรตาม (Dependent Variable) ซึ่งแปรผันไปตามตัวแปรอิสระ มีค่าต่ำสุดที่เป็นไปได้เท่ากับ 0 เนื่องจากค่า K_c มีค่าต่ำสุดที่เป็นไปได้เท่ากับ 0 (สำหรับพื้นที่ดินเปล่า หรือ Bare Soil)

4) การสอบเทียบและการทวนสอบ

การสอบเทียบและทวนสอบดำเนินการในแปลงเพาะปลูกที่มีอายุของพืชและปฏิทินเพาะปลูกที่แตกต่างกัน โดยแบ่งออกเป็น 2 พื้นที่คือ แปลงเพาะปลูกที่ 1 สำหรับการสอบเทียบ และแปลงเพาะปลูกที่ 2 สำหรับการทวนสอบเพื่อตรวจสอบความสัมพันธ์ที่นำมาปรับแก้ข้อมูลให้สามารถใช้สอบเทียบข้อมูลแปลงที่ 1 ระหว่าง K_c Adj กับ K_c จากการรวบรวมข้อมูล ด้วยดัชนีต่างๆ คือ R^2 RMSE ARE PBIAS NSE และนำความสัมพันธ์จากพื้นที่แปลงที่ 1 ปรับแก้ค่า K_c IrrisAT ในพื้นที่แปลงที่ 2 ทำการทวนสอบอีกครั้งด้วยดัชนีเดียวกัน

5.4 การพัฒนาแบบจำลองสนับสนุนการตัดสินใจในการจัดสรรน้ำชลประทาน

1. การสร้างฐานข้อมูลสภาพภูมิอากาศโดยการนำเข้าข้อมูลจากสถานีตรวจวัดสภาพภูมิอากาศจากสถานีที่ติดตั้งในสำนักงานฝ่ายส่งน้ำและบำรุงที่ 3 โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาสองพี่น้อง เนื่องจากเป็นสถานีที่มีรัศมีตรวจวัดครอบคลุมในพื้นที่สำหรับการพัฒนาแบบจำลองกำหนดการส่งน้ำชลประทาน โดยข้อมูลที่จำเป็นได้แก่ อุณหภูมิสูงสุด อุณหภูมิต่ำสุด ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ ความเร็วลมที่ระดับ 2 เมตรจากผิวดิน ชั่วโมงแสงแดด และปริมาณฝน โดยเป็นข้อมูลรายวัน แสดงดังหัวข้อที่ 3.2

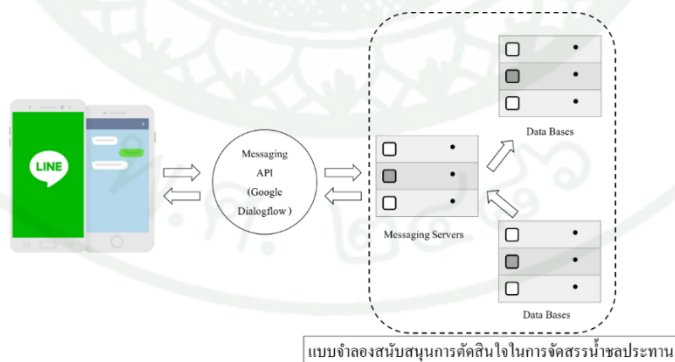
2. การสร้างฐานข้อมูลการเพาะปลูกในพื้นที่ศึกษาโดยการนำเข้าข้อมูลสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืชจาก IrrisAT ซึ่งข้อมูลที่ได้เป็นข้อมูลในรูปแบบของพื้นที่ขอบเขตการส่งน้ำในแต่ละคลอง โดยมีขอบเขตแสดงดังตารางที่ 26 หลังจากการนำเข้าข้อมูลสัมประสิทธิ์การใช้น้ำจาก IrrisAT ทำการปรับแก้ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืชสำหรับ นาข้าว พืชไร่ และ ไม้ผล- ไม้ยืนต้น

3. การคำนวณกำหนดการส่งน้ำชลประทานในพื้นที่โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาสองพี่น้องซึ่งมีรูปแบบการส่งน้ำแบบตลอดเวลา ส่วนของการคำนวณประกอบด้วยการคำนวณความต้องการน้ำของพืชอ้างอิงจากฐานข้อมูลสภาพภูมิอากาศ เมื่อพิจารณาพร้อมกับค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืชในแต่ละพื้นที่ทำให้สามารถคำนวณความต้องการน้ำในขอบเขตการส่งน้ำในแต่ละคลอง เมื่อคำนวณร่วมกับประสิทธิภาพชลประทานจะสามารถคำนวณปริมาณน้ำที่ต้องส่งให้แต่ละคูคลองวันต่างๆ แบบเรียลไทม์

4. การแสดงผลจากแบบจำลองสนับสนุนการตัดสินใจในการจัดสรรน้ำชลประทานแสดงอยู่ในรูปแบบของเว็บแอปพลิเคชัน (Web Application) สามารถแสดงผลผ่าน สมาร์ทโฟน แท็บเล็ต หรือคอมพิวเตอร์ มีลักษณะการทำงานเป็นแอปพลิเคชัน (Application) ที่ทำงานผ่านเบราว์เซอร์ (Browser) เพื่อเป็นการลดทรัพยากรในการประมวลผล สำหรับการสร้างส่วนแสดงผลมีการแบ่ง

ออกเป็น 2 รูปแบบคือ รูปแบบรายการ (List) เพื่อความสะดวกในการค้นหาหรือติดตามการส่งน้ำตามรายชื่อของคลองส่งน้ำ และรูปแบบแผนที่เพื่อความสะดวกในการค้นหาและติดตามตามตำแหน่งประตูระบายน้ำปากคลอง โดยข้อมูลที่แสดงผลประกอบด้วย ค่าความต้องการน้ำของพีชอ้างอิง (ET_0) ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพีช (K_c) เฉลี่ยในพื้นที่ส่งน้ำในคลองนั้นๆ ค่าความต้องการน้ำของพีชในพื้นที่ส่งน้ำ ขนาดพื้นที่ส่งน้ำ ความต้องการน้ำของพีช (ET_c) ความต้องการน้ำชลประทาน และอัตราการไหลในคลองที่ต้องการเพื่อให้สามารถส่งน้ำได้ตามความต้องการ

5. การพัฒนาการแสดงผลของแบบจำลองสนับสนุนการตัดสินใจในการจัดสรรน้ำชลประทานให้สามารถเข้าถึงได้ง่ายนอกเหนือจากการใช้งานผ่านเว็บแอปพลิเคชัน นั่นคือระบบ Line ChatBot หรือบัญชีไลน์ที่สามารถตอบโต้กับผู้ใช้งานได้อัตโนมัติ ซึ่งทำการเชื่อมโยงฐานข้อมูล และการคำนวณของแบบจำลองด้วย Google Script ส่งข้อมูลไปยัง Google Dialogflow เพื่อรับและส่งข้อมูลให้ระหว่าง Line ChatBot และ Google Script แสดงดังภาพที่ 35 โดยกำหนดให้ Google Dialogflow รับข้อมูลของชื่อคลองจาก Line เพื่อเรียกดูข้อมูลจากแบบจำลอง ซึ่งจะแสดงค่าปริมาณความต้องการน้ำของพีชอ้างอิง (ET_0) ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพีช (K_c) เฉลี่ยในพื้นที่ส่งน้ำในคลองนั้นๆ ค่าปริมาณความต้องการน้ำของพีชในพื้นที่ส่งน้ำ ขนาดพื้นที่ส่งน้ำ ความต้องการน้ำของพีช (ET_c) ความต้องการน้ำชลประทานจากประสิทธิภาพรวมของโครงการชลประทานร้อยละ 60 และอัตราการไหลในคลองที่ต้องการเพื่อให้สามารถส่งน้ำได้ตามความต้องการ ซึ่งมีข้อมูลเช่นเดียวกับเว็บแอปพลิเคชัน



ภาพที่ 35 การทำงานของระบบ Line ChatBot และฐานข้อมูลแบบจำลอง

5.5 การเผยแพร่แอปพลิเคชันและรับเสนอข้อคิดเห็น

การเผยแพร่และแนะนำการใช้งานแอปพลิเคชันสนับสนุนการจัดสรรน้ำชลประทาน ดำเนินการจัดอบรมและรับเสนอข้อคิดเห็นสำหรับการปรับปรุงระบบเพื่อให้เหมาะกับผู้ใช้งาน โดยดำเนินการจัดอบรมให้กับกลุ่มเจ้าหน้าที่กรมชลประทาน โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาสองพี่น้อง ณ ที่ทำการฝ่ายส่งน้ำและบำรุงรักษาที่ 3 โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาสองพี่น้อง มีผู้เข้าร่วมรับการอบรมเผยแพร่การใช้งานแอปพลิเคชันสนับสนุนการจัดสรรน้ำชลประทานประกอบด้วย หัวหน้าฝ่ายส่งน้ำและบำรุงรักษา พนักงานส่งน้ำ เจ้าหน้าที่ที่มีส่วนเกี่ยวข้อง และกลุ่มผู้มีความสนใจ มีการดำเนินการเผยแพร่ข้อมูลแอปพลิเคชันสนับสนุนการจัดสรรน้ำชลประทาน โดยการนำเสนอข้อมูลต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาแอปพลิเคชันสนับสนุนการจัดสรรน้ำชลประทานประกอบด้วย ที่มาและความสำคัญสำหรับการพัฒนาแอปพลิเคชันสนับสนุนการจัดสรรน้ำชลประทาน การพัฒนาฐานข้อมูล การปรับแก้ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืชจาก IrrisAT การพัฒนาแบบจำลองสนับสนุนการตัดสินใจในการจัดสรรน้ำชลประทาน การแสดงผลการทำงานของแอปพลิเคชันสนับสนุนการจัดสรรน้ำชลประทาน ซึ่งมีคู่มือการใช้งานแอปพลิเคชันสนับสนุนการจัดสรรน้ำชลประทานประกอบการอบรมแสดงดังภาคผนวก จ ซึ่งเป็นคู่มือประกอบการใช้งานสำหรับแอปพลิเคชันจัดสรรน้ำชลประทาน ในพื้นที่ต้นแบบ โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาสองพี่น้อง ในการอบรมมีการแสดงตัวอย่างการใช้งานแอปพลิเคชันสนับสนุนการจัดสรรน้ำชลประทาน รวมถึงให้ผู้เข้าร่วมการอบรมทดลองใช้งานแอปพลิเคชัน เพื่อให้ผู้เข้าร่วมอบรมเข้าใจการทำงานของแอปพลิเคชันสนับสนุนการจัดสรรน้ำชลประทาน สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการสนับสนุนการจัดสรรน้ำชลประทาน โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาสองพี่น้อง รวมถึงการรับเสนอข้อคิดเห็นสำหรับการพัฒนาแอปพลิเคชันสนับสนุนการจัดสรรน้ำชลประทานเพื่อให้สามารถพัฒนาเครื่องมือที่ช่วยในการสนับสนุนการจัดสรรน้ำชลประทานที่ตรงตามความต้องการของผู้ใช้งาน มีข้อมูลครบถ้วนสำหรับสนับสนุนการจัดสรรน้ำชลประทาน และความสะดวกในการเข้าใช้งาน

หลังจากรับเสนอข้อคิดเห็นจากผู้เข้าร่วมอบรมจึงทำการพัฒนาแอปพลิเคชันสนับสนุนการจัดสรรน้ำชลประทาน โดยพัฒนาแอปพลิเคชันที่ช่วยในการสนับสนุนการจัดสรรน้ำชลประทานที่ตรงตามความต้องการของผู้ใช้งาน มีข้อมูลครบถ้วนสำหรับสนับสนุนการจัดสรรน้ำชลประทาน และความสะดวกในการเข้าใช้งาน เหมาะสำหรับเจ้าหน้าที่จัดสรรน้ำทุกตำแหน่งการทำงาน เช่น หัวหน้าฝ่ายจัดสรรน้ำ หัวหน้าฝ่ายส่งน้ำและบำรุงรักษา พนักงานส่งน้ำ และเจ้าหน้าที่ที่มีส่วนเกี่ยวข้องเพื่อให้สามารถปฏิบัติงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

5.6 ผลลัพธ์และการอภิปรายผล

5.6.1 ผลการปรับแก้สัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืชจาก IrriSAT

1) การตรวจพิสูจน์ค่า K_c IrriSAT สำหรับแต่ละช่วงของร้อยละทัศนวิสัยของดาวเทียมในพื้นที่

การคัดเลือกแนวทางการใช้ข้อมูลที่ดีที่สุดจากร้อยละทัศนวิสัยของดาวเทียมในพื้นที่ โดยเลือกแปลงเพาะปลูกอ้อย แปลงเพาะปลูกที่ 1 ในการการคัดเลือกแนวทางการใช้ข้อมูล จากการตรวจพิสูจน์ข้อมูล พบว่าช่วงของร้อยละ 100 ทัศนวิสัยของดาวเทียมในพื้นที่ทำให้ข้อมูลที่ได้มีความสัมพันธ์ของข้อมูลสูงสุดแสดงดังตารางที่ 28 โดยมีค่า R^2 และ NSE สูงสุดเท่ากับ 0.91 และ 0.00 ตามลำดับ ความคลาดเคลื่อนและความเอนเอียงของข้อมูลมีค่าต่ำที่สุด โดยมีค่า RMSE ARE และ PBIAS เท่ากับ 0.36 35.78 และ 34.43 ตามลำดับ ดังนั้นจึงเลือกใช้ช่วงของร้อยละ 100 ทัศนวิสัยของดาวเทียมในพื้นที่ สำหรับการสร้างความสัมพันธ์ในการปรับแก้ข้อมูล

2) ผลการพัฒนาสมการปรับแก้

การปรับแก้ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืชชนิดต่างๆ ประกอบด้วย อ้อย ข้าว และมะม่วง มีความสัมพันธ์ดังสมการ 28 29 และ 30 ตามลำดับ แสดงดังError! Reference source not found. ถึงError! Reference source not found. ตามลำดับ (ภาคผนวก ง) สำหรับการปรับแก้ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของอ้อย ข้าว และมะม่วง มีการตรวจพิสูจน์ข้อมูลพบว่ามีค่า R^2 NSE RMSE ARE และ PBIAS แสดงดังตารางที่ 29 และ ตารางที่ 30

ตารางที่ 28 ผลการตรวจพิสูจน์ข้อมูลการคัดเลือกแนวทางจากร้อยละทัศนวิสัย

Indicators	Field visibility (%)		
	100	>80	>0
	K_c IrriSAT vs K_c FAO		
R^2	0.91	0.9	0.9
NSE	0.002	-0.053	-0.126
RMSE	0.36	0.34	0.38
ARE	35.78	36.02	36.61

PBIAS	34.43	34.74	36.63
-------	-------	-------	-------

ตารางที่ 29 ผลการเปรียบเทียบดัชนีความแม่นยำค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืชระหว่างค่าจาก IrriSAT และ ค่าที่ได้จากกระบวนการสอบเทียบ

Indicators	Sugarcane		Rice		Mango	
	K_c (IrriSAT)	K_c (Adj)*	K_c (IrriSAT)	K_c (Adj)*	K_c (IrriSAT)	K_c (Adj)*
R^2	0.92	0.92	0.91	0.91	0.59	0.59
NSE	0.06	0.91	-0.40	0.91	-6.04	0.56
RMSE	0.35	0.11	0.64	0.16	1.35	0.34
ARE	34.69	14.54	53.87	36.82	65.67	15.57
PBIAS	33.06	0.61	52.68	1.24	66.99	-4.21

* ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืชที่ได้จากกระบวนการสอบเทียบ

ตารางที่ 30 ผลการเปรียบเทียบดัชนีความแม่นยำค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืชระหว่างค่าจาก IrriSAT และ ค่าที่ได้จากกระบวนการทวนสอบ

Indicators	Sugarcane		Rice		Mango	
	K_c (IrriSAT)	K_c (Adj)**	K_c (IrriSAT)	K_c (Adj)**	K_c (IrriSAT)	K_c (Adj)**
R^2	0.91	0.91	0.80	0.80	0.45	0.42
NSE	-0.06	0.89	-0.67	0.78	-6.61	0.40
RMSE	0.37	0.12	0.66	0.24	1.37	0.39
ARE	85.53	36.90	81.72	87.40	65.69	19.08
PBIAS	169.38	7.09	50.83	-2.63	67.23	-3.66

** ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืชที่ได้จากกระบวนการทวนสอบ

$$K_c \text{ _Sugarcane} = 1.4847 \times K_c \text{ _IrriSAT} \quad \text{สมการที่ 28}$$

$$K_c \text{ _Rice} = 2.0871 \times K_c \text{ _IrriSAT} \quad \text{สมการที่ 29}$$

$$K_c \text{ _Orchard} = 3.0446 \times K_c \text{ _IrriSAT} \quad \text{สมการที่ 30}$$

เมื่อปรับแก้ข้อมูลและสอบเทียบข้อมูลโดยใช้ข้อมูลแปลงที่ 1 สำหรับอ้อยและข้าว ส่วนมะม่วงใช้ข้อมูลในปี พ.ศ. 2559 จาก ตารางที่ 29 พบว่าค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของอ้อยมีค่า R^2 NSE RMSE ARE และ PBIAS เท่ากับ 0.92 0.91 0.11 14.54 และ 0.61 ตามลำดับ โดยที่ความแปรปรวนลดลงของค่า K_c จาก IriSAT หลังจากการปรับแก้เนื่องจากค่า NSE สูงขึ้น รวมถึงความคลาดเคลื่อนและความเอนเอียงของข้อมูลลดลงเนื่องจาก RMSE ARE และ PBIAS ลดลง ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของข้าวมีค่า R^2 NSE RMSE ARE และ PBIAS เท่ากับ 0.91 0.91 0.16 36.82 และ 1.24 ตามลำดับ โดยที่ความแปรปรวนลดลงของค่า K_c จาก IriSAT หลังจากการปรับแก้เนื่องจากค่า NSE สูงขึ้น รวมถึงความคลาดเคลื่อนและความเอนเอียงของข้อมูลลดลงเนื่องจาก RMSE ARE และ PBIAS ลดลง ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของมะม่วงมีค่า R^2 NSE RMSE ARE และ PBIAS เท่ากับ 0.59 0.56 0.34 15.57 และ -4.21 ตามลำดับ โดยที่ความแปรปรวนลดลงของค่า K_c จาก IriSAT หลังจากการปรับแก้เนื่องจากค่า NSE สูงขึ้น รวมถึงความคลาดเคลื่อนและความเอนเอียงของข้อมูลลดลงเนื่องจาก RMSE ARE และ PBIAS ลดลง

การทวนสอบข้อมูลโดยใช้พื้นที่แปลงเพาะปลูกที่ 2 สำหรับอ้อยและข้าว ส่วนมะม่วงใช้ข้อมูลในปี พ.ศ. 2560 จากตารางที่ 30 พบว่าการปรับแก้ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของอ้อยมีการตรวจพิสูจน์ข้อมูลพบว่ามีค่า R^2 NSE RMSE ARE และ PBIAS เท่ากับ 0.91 -0.06 0.37 85.53 และ 169.38 เมื่อปรับแก้ข้อมูลและทวนสอบข้อมูลพบว่าค่า R^2 NSE RMSE ARE และ PBIAS เท่ากับ 0.91 0.89 0.12 36.90 และ 7.09 ตามลำดับ โดยที่ความแปรปรวนลดลงของค่า K_c จาก IriSAT หลังจากการปรับแก้เนื่องจากค่า NSE สูงขึ้น รวมถึงความคลาดเคลื่อนและความเอนเอียงของข้อมูลลดลงเนื่องจาก RMSE ARE และ PBIAS ลดลง การปรับแก้ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของข้าวมีการตรวจพิสูจน์ข้อมูลพบว่ามีค่า R^2 NSE RMSE ARE และ PBIAS เท่ากับ 0.80 -0.67 0.66 81.72 และ 50.83 เมื่อปรับแก้ข้อมูลและทวนสอบข้อมูลพบว่าค่า R^2 NSE RMSE ARE และ PBIAS เท่ากับ 0.80 0.78 0.24 87.40 และ -2.63 ตามลำดับ โดยที่ความแปรปรวนลดลงของค่า K_c จาก IriSAT หลังจากการปรับแก้เนื่องจากค่า NSE สูงขึ้น รวมถึงความคลาดเคลื่อนและความเอนเอียงของข้อมูลลดลงเนื่องจาก RMSE ARE และ PBIAS ลดลง การปรับแก้ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของมะม่วงมีการตรวจพิสูจน์ข้อมูลพบว่ามีค่า R^2 NSE RMSE ARE และ PBIAS เท่ากับ 0.45 -6.61 1.37 65.69 และ 67.23 เมื่อปรับแก้ข้อมูลและทวนสอบข้อมูลพบว่าค่า R^2 NSE RMSE ARE และ PBIAS เท่ากับ 0.42 0.40 0.39 19.08 และ -3.66 ตามลำดับ โดยที่ความแปรปรวนลดลงของค่า K_c จาก IriSAT หลังจากการปรับแก้เนื่องจากค่า NSE สูงขึ้น รวมถึงความคลาดเคลื่อนและความเอนเอียงของข้อมูลลดลง

เนื่องจาก RMSE ARE และ PBIAS ลดลง จากการทวนสอบพบว่ามีความแม่นยำของความแปรปรวน ความคลาดเคลื่อนและความเอนเอียงของข้อมูลลดลง สอดคล้องเช่นเดียวกับการสอบเทียบ ความสัมพันธ์จากการปรับเทียบและการสอบเทียบแสดงดังภาพผนวกที่ ๑1 ถึงภาพผนวกที่ ๑2

3) การปรับแก้ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืชในระดับพื้นที่ชลประทาน

การปรับแก้ค่าปรับแก้สัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช (K_c) จาก IrrisAT ในพื้นที่ศึกษาทำการปรับแก้ค่าโดยใช้ค่าน้ำหนักพื้นที่ตามการใช้ประโยชน์ที่ดิน โดยให้ค่าปรับแก้สัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช (K_c) จาก IrrisAT ของการใช้ประโยชน์ที่ดินต่างๆ คือ นาข้าวเท่ากับ 2.0871 พืชไร่เท่ากับ 1.4847 ไม้ผลไม้ยืนต้นเท่ากับ 3.1571 พืชผักและอื่นๆ เท่ากับ 1 คำนวณดัง สมการที่ 31 โดยมีผลการปรับแก้สำหรับแต่ละพื้นที่แสดงดังตารางที่ 31

$$K_c(Adj. - Irr. - Area) = \left(\frac{2.0871A_{Rice} + 1.4847A_{Upland} + 3.1571A_{Orchard-Perennial} + A_{Vegetable} + A_{Other}}{A_{Rice} + A_{Upland} + A_{Orchard-Perennial} + A_{Vegetable} + A_{Other}} \right) \times K_c(IrrisAT)$$

สมการที่ 31

- โดยที่
- A_{Rice} คือ พื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินในการเพาะปลูกข้าว (ไร่)
 - A_{Upland} คือ พื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินในการเพาะปลูกพืชไร่ (ไร่)
 - $A_{Orchard-Perennial}$ คือ พื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินในการเพาะปลูกไม้ผล-ไม้ยืนต้น (ไร่)
 - $A_{Vegetable}$ คือ พื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินในการเพาะปลูกข้าว (ไร่)
 - A_{Other} คือ พื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินอื่นๆ (ไร่)
 - K_c IrrisAT คือ ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืชจากระบบติดการการใช้น้ำของพืช IrrisAT

ตารางที่ 31 การปรับแก้ค่าปรับแก้สัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช (K_c) จาก IrriSAT ในพื้นที่โครงการ
ส่งน้ำและบำรุงรักษาสองพี่น้อง

คลอง		ค่าปรับแก้สัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช (K_c) จาก IrriSAT
5L-2L	1L-5L-2L	1.57
	1R-5L2L	1.48
	2L-5L-2L	1.61
	2R-5L-2L	1.5
	3L-5L-2L	1.56
	3R-5L-2L	1.75
	4L-5L-2L	1.51
	4R-5L-2L	1.79
	5L-5L-2L	1.84
6L-2L	-	1.49
7L-2L	-	1.48

5.6.2 แอปพลิเคชันสนับสนุนการจัดสรรน้ำ

แอปพลิเคชันสนับสนุนการจัดสรรน้ำในพื้นที่ต้นแบบถูกพัฒนาขึ้นสำหรับจัดสรรน้ำในพื้นที่โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาสองพี่น้อง โดยการนำเข้าข้อมูลสภาพภูมิอากาศที่ตรวจวัดโดยสถานีอุตุนิยมวิทยาที่ตั้งในสำนักงานฝ่ายส่งน้ำและบำรุงรักษาที่ 3 โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาสองพี่น้อง ขนาดพื้นที่และระบบโครงข่ายการจัดสรรน้ำในโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาสองพี่น้อง และฐานข้อมูลสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืชจาก IrriSAT ที่ปรับแก้สำหรับพื้นที่โครงการ การแสดงผลของแอปพลิเคชันสนับสนุนการจัดสรรน้ำอยู่ในรูปแบบของเว็บแอปพลิเคชันซึ่งสามารถใช้งานได้ตามลิงค์ www.appsheets.com/start/a20dba45-2e3d-4733-ae5b-85f6b57d8e0b หรือใช้งานจากการสแกน QR Code ที่แสดงดังภาพที่ 36 ซึ่งแอปพลิเคชันสามารถแสดงผลได้ 2 รูปแบบ คือ แสดงข้อมูลในรูปแบบของแผนที่ และแสดงข้อมูลในรูปแบบตามรายการคลอง แอปพลิเคชัน

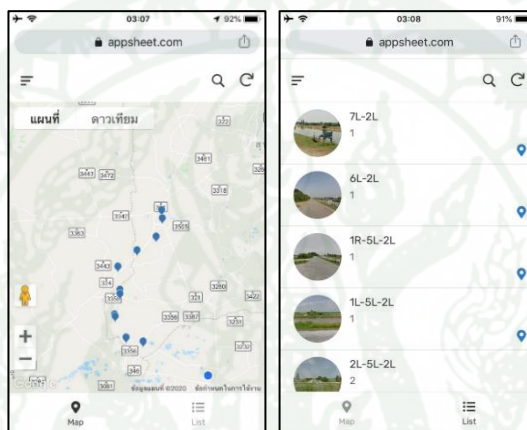
สนับสนุนการจัดสรรน้ำแสดงดังภาพที่ 37 มีรูปแบบการแสดงผลสำหรับเลือกข้อมูลพื้นที่ที่ต้องการ 2 แบบคือ แสดงผลในรูปแบบแผนที่โดยมีตำแหน่งของอาคารควบคุมน้ำปากคลองในแต่ละคลองแสดงดังภาพที่ 37 a) และอีกรูปแบบมีการแสดงผลแบบรายการ โดยแสดงเป็นชื่อคลองและฝ่ายส่งน้ำแสดงดังภาพที่ 37 b) โดยที่มีหน้าแสดงผลการคำนวณและรายละเอียดของพื้นที่ที่สำคัญต่อการจัดสรรน้ำ ประกอบด้วย ค่าปริมาณความต้องการน้ำของพืชอ้างอิง (ET_0) ค่ามวลจากข้อมูลสภาพภูมิอากาศที่ตรวจวัดโดยสถานีอุตุนิยมวิทยาที่ตั้งในสำนักงานฝ่ายส่งน้ำและบำรุงรักษาที่ 3 ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช (K_c) เฉลี่ยในพื้นที่ส่งน้ำในคลองนั้นๆ หลังจากการปรับแก้ค่าจาก IriSAT ค่าความต้องการน้ำของพืชในพื้นที่ส่งน้ำ (ET_c) ที่พิจารณาจากค่า ET_0 และ K_c ขนาดพื้นที่ส่งน้ำของคลองส่งน้ำ ความต้องการน้ำของพืชในพื้นที่คลองส่งน้ำคิดเป็นปริมาตรที่ต้องส่ง (ลบ.ม.) ความต้องการน้ำชลประทานพิจารณาจากความต้องการน้ำของพืชในพื้นที่คลองส่งน้ำรวมกับค่าสัมประสิทธิ์การส่งน้ำชลประทาน โดยกำหนดให้เท่ากับร้อยละ 60 และอัตราการไหลในคลองที่ต้องการเพื่อให้สามารถส่งน้ำได้ตามความต้องการพิจารณาจากการส่งน้ำแบบตลอดเวลา แสดงดังภาพที่ 37 c) ซึ่งข้อมูลที่แสดงผลเป็นข้อมูลรายวันตามเวลาจริง (Real Time) ทำให้สามารถติดตามปริมาณความต้องการน้ำในแต่ละพื้นที่ส่งและสามารถจัดสรรน้ำในพื้นที่ได้ตามความต้องการ โดยมีข้อมูลที่สำคัญสำหรับการพัฒนาแบบจำลองสนับสนุนการจัดสรรน้ำชลประทานและแอปพลิเคชันสนับสนุนการจัดสรรน้ำ ประกอบด้วย ข้อมูลสภาพภูมิอากาศที่ตรวจวัดด้วยสถานีตรวจวัดสภาพภูมิอากาศทำการฝ่ายส่งน้ำและบำรุงรักษาที่ 3 โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาสองพี่น้อง เนื่องจากเป็นสถานที่ที่ตั้งในพื้นที่ต้นแบบ รวมถึงข้อมูลสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช (K_c) จาก IriSAT ที่ทำการปรับแก้ค่าสำหรับพื้นที่ส่งน้ำนั้นๆ

นอกจากแอปพลิเคชันสนับสนุนการจัดสรรน้ำ ยังมีระบบการตอบโต้อัตโนมัติระหว่างผู้ใช้งานกับ Line (Line ChatBot) ซึ่งใช้ฐานข้อมูลและอัลกอริทึมเดียวกับแอปพลิเคชันสนับสนุนการจัดสรรน้ำ เพื่อให้ง่ายต่อการเข้าถึงในการใช้งานเพียงแค้ใช้งานผ่านแอปพลิเคชันที่ใช้ในการติดต่อสื่อสาร Line สามารถเข้าใช้งานโดยเข้าร่วมผ่านทาง QR Code ที่แสดงดังภาพที่ 38 ผลการมี การตอบโต้ผู้ใช้งานเมื่อผู้ใช้งานสอบถามข้อมูลในคลองส่งน้ำที่ต้องการสอบถามมี แสดงผลการคำนวณและรายละเอียดของพื้นที่ที่สำคัญต่อการจัดสรรน้ำ ประกอบด้วย ค่าความต้องการน้ำของพืชอ้างอิง (ET_0) ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช (K_c) เฉลี่ยในพื้นที่ส่งน้ำในคลองนั้นๆ ค่าความต้องการน้ำของพืชในพื้นที่ส่งน้ำ (ET_c) ขนาดพื้นที่ส่งน้ำ ความต้องการน้ำของพืช ความต้องการน้ำ

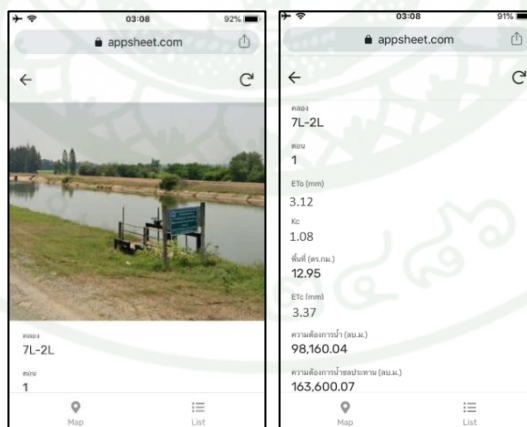
ชลประทาน และอัตราการไหลในคลองที่ต้องการเพื่อให้สามารถส่งน้ำได้ตามความต้องการ เช่นเดียวกับแอปพลิเคชันสนับสนุนการจัดสรรน้ำ แสดงดังภาพที่ 39



ภาพที่ 36 QR Code สำหรับการเข้าใช้งานแอปพลิเคชันสนับสนุนการจัดสรรน้ำ



a) การแสดงผลบนแผนที่ b) การแสดงผลแบบรายการ

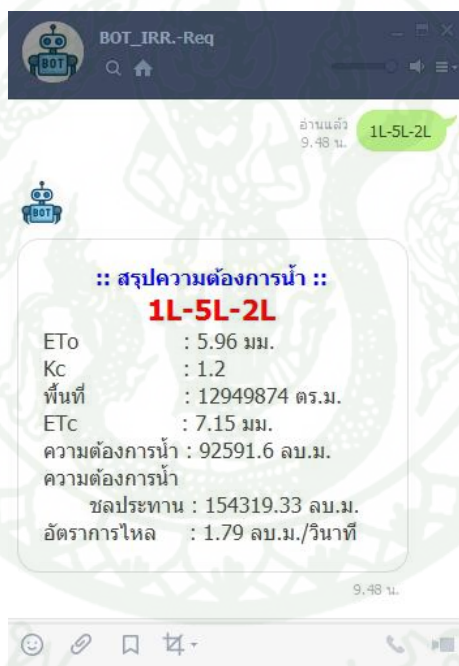


c) หน้าแสดงผลการคำนวณและรายละเอียดของพื้นที่

ภาพที่ 37 ตัวอย่างการใช้งานแอปพลิเคชันสนับสนุนการจัดสรรน้ำ



ภาพที่ 38 QR Code สำหรับการเข้าใช้งานระบบตอบโต้อัตโนมัติสำหรับสนับสนุนการจัดสรรน้ำ



ภาพที่ 39 การตอบโต้ของระบบการตอบโต้อัตโนมัติระหว่าง Line กับผู้ใช้งาน

5.6.3 ข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะจากการจัดอบรมเผยแพร่แอปพลิเคชันสนับสนุนการจัดสรรน้ำ

จากการจัดอบรมเผยแพร่แอปพลิเคชันสนับสนุนการจัดสรรน้ำจากข้อคิดเห็นสำหรับผู้เข้าร่วมอบรมโดยเป็นเจ้าของน้ำที่จัดสรรน้ำ โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาสองพี่น้อง พบว่าข้อมูลที่แสดงผลในแอปพลิเคชันสนับสนุนการจัดสรรน้ำมีความเหมาะสมต่อการทำงาน สามารถช่วยสนับสนุนการจัดสรรน้ำให้สามารถส่งน้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพ แต่อย่างไรก็ตามสำหรับเจ้าหน้าที่บางส่วน เช่น พนักงานส่งน้ำ เป็นต้น จำเป็นต้องใช้งานหรือเข้าถึงข้อมูลได้ง่าย ไม่มีความซับซ้อนในการใช้งาน ดังนั้นจึงมีแนวคิดในการพัฒนาเครื่องสนับสนุนการจัดสรรน้ำอื่น โดยมีแนวคิดสำหรับการเข้าถึงข้อมูลได้ง่าย มีรูปแบบไม่ซับซ้อน เข้าถึงการใช้งานได้ตลอดเวลา มีความเกี่ยวข้องกับการใช้ชีวิตประจำวัน จากการทบทวนแนวคิดนี้จึงได้พัฒนาระบบการตอบโต้อัตโนมัติระหว่างผู้ใช้งานกับ Line (Line ChatBot) ที่มีฐานข้อมูลและอัลกอริทึมเดียวกับแอปพลิเคชันสนับสนุนการจัดสรรน้ำ เพื่อให้ง่ายต่อการเข้าถึงในการใช้งานเพียงแค่งานผ่านแอปพลิเคชันที่ใช้ในการติดต่อสื่อสาร Line ซึ่งเจ้าหน้าที่มีการใช้งานทุกคน

5.7 สรุปและข้อเสนอแนะ

5.7.1 สรุปผลการศึกษา

การปรับแก้ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืชจาก IrrisAT มีความเหมาะสมต่อการนำมาใช้กับพื้นที่โครงการชลประทานแม่กลองใหญ่ โดยพืชที่ปรับแก้ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืชจาก IrrisAT ได้แก่ ข้าวนาหว่านน้ำตม อ้อย และมะม่วง เป็นตัวแทนของพื้นที่ นาข้าว พืชไร่ และไม้ผล-ไม้ยืนต้น ตามลำดับ โดยผลการสอบเทียบและทวนสอบแสดงให้เห็นว่าความสัมพันธ์สูงชัน ความคลาดเคลื่อนและความเอนเอียงลดลงมาก จึงสามารถนำมาปรับแก้ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืชในพื้นที่โครงการชลประทานใหญ่ได้

แอปพลิเคชันสนับสนุนการจัดสรรน้ำสามารถใช้งานได้ทั้ง ซึ่งสามารถใช้งานได้ทั้งในระบบ Android ios และคอมพิวเตอร์ เนื่องจากอยู่ในระบบเว็บแอปพลิเคชันจึงกำจัดข้อจำกัดของการใช้งาน เหมาะกับเจ้าหน้าที่ชลประทานทุกระดับชั้น รวมถึงผู้ที่สนใจ ทำให้สามารถจัดสรรน้ำได้ตรงความต้องการน้ำในพื้นที่ เนื่องจากมีการติดตามทั้งสภาพภูมิอากาศ และการใช้ประโยชน์ที่ดิน ในรูปแบบใกล้เคียงเวลาปัจจุบัน (Near Real Time) ซึ่งเป็นเครื่องมือสนับสนุนการตัดสินใจในการจัดสรรน้ำชลประทานสำหรับเจ้าหน้าที่ที่มีอัตรากำลังลดลงอย่างต่อเนื่อง

แนวคิดจากการอบรมและเผยแพร่แอปพลิเคชัน ที่มีแนวคิดว่าจะควมต่อการเข้าใช้งานในทุก ระดับชั้น โดยเข้าถึงข้อมูลจากแอปพลิเคชัน Line ที่ปัจจุบันในประเทศไทยมีการใช้งานเป็นจำนวนมาก รวมถึงเจ้าหน้าที่จัดสรรน้ำทุกคน ใช้สำหรับติดต่อสื่อสารต่างๆ ไป และติดต่อสื่อสารในการ ปฏิบัติหน้าที่ในการทำงาน ดังนั้นจึงมีการพัฒนาระบบการตอบโต้อัตโนมัติระหว่างผู้ใช้งานกับ Line (Line ChatBot) สามารถเข้าถึงได้ง่ายเนื่องจากเจ้าหน้าที่ชลประทานทุกระดับชั้น รวมถึงผู้ที่ สนใจ เนื่องจากมีการใช้งานแอปพลิเคชัน Line เป็นประจำอยู่แล้ว เมื่อมีระบบการตอบโต้อัตโนมัติ ระหว่างผู้ใช้งานกับ Line ทำให้การใช้งานและการเข้าถึงง่ายขึ้น และมีกระบวนการนำเข้าสู่ข้อมูลสู่ แบบจำลองและอัลกอริทึมการคำนวณเช่นเดียวกับแอปพลิเคชันสนับสนุนการจัดสรรน้ำ

5.7.2 ข้อเสนอแนะ

- 1) แอปพลิเคชันสนับสนุนการจัดสรรน้ำถูกพัฒนาขึ้นในพื้นที่ต้นแบบ ซึ่งอยู่ในพื้นที่ โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาสองพี่น้อง เนื่องจากในพื้นที่มีความหลากหลายในการเพาะปลูก มี ข้อมูลที่ครบถ้วนสมบูรณ์และสามารถเข้าถึงข้อมูลได้ สามารถขยายขอบเขตของแอปพลิเคชันได้ถ้า หากมีข้อมูลที่ครบถ้วนและเพียงพอ
- 2) แอปพลิเคชันสนับสนุนการจัดสรรน้ำถูกพัฒนาขึ้นสำหรับกรณีการส่งน้ำแบบ ตลอดเวลาเนื่องจากเป็นข้อจำกัดของ โครงสร้างอาคารส่งน้ำ แต่สามารถพัฒนาเพื่อสนับสนุนการส่ง น้ำแบบรอบเวรสำหรับกรณีน้ำไม่เพียงพอ หรือสำหรับพื้นที่ชลประทานที่มีการส่งน้ำแบบรอบเวร
- 3) แอปพลิเคชันมีศักยภาพสำหรับพัฒนาต่อยอดแอปพลิเคชันสนับสนุนการจัดสรรน้ำให้ สามารถบริหารจัดการครอบคลุมทั้งระบบลุ่มน้ำ เพื่อให้สามารถบริหารจัดการน้ำในลุ่มน้ำได้อย่างมี ประสิทธิภาพ



577785291

KU Thesisis 6124500418 thesisis / recv: 29062563 11:28:00 / seq: 50

บทที่ 6 สรุปและข้อเสนอแนะ

6.1 สรุปผลการศึกษา

งานวิจัยเรื่องการพัฒนาแบบจำลองกำหนดการให้น้ำพืช: กรณีศึกษาโครงการชลประทานแม่กลองใหญ่ มีวัตถุประสงค์ของงานวิจัยเพื่อ 1) พัฒนาเครื่องมือในการสนับสนุนการตัดสินใจในการให้น้ำแก่เกษตรกร 2) เพื่อจัดทำฐานข้อมูลภูมิอากาศ การเพาะปลูกพืช กลุ่มชุดดิน คุณสมบัติของดิน และความต้องการน้ำของพืช และ 3) เพื่อศึกษาและต่อ ยอดคนวัตกรรมการเกษตรอัจฉริยะสำหรับการจัดสรรน้ำในพื้นที่ดินแบบ จากการศึกษาสามารถสรุปผลการศึกษาได้ดังต่อไปนี้ 1) ผลของงานวิจัยนี้สามารถพัฒนาแบบจำลองกำหนดการให้น้ำพืช โดยมีผลจากแบบจำลองสามารถเป็นตัวแทนของความชื้นในดินสำหรับการเพาะปลูกได้ 2) ฐานข้อมูลสำหรับแบบจำลองกำหนดการให้น้ำพืช ฐานข้อมูลภูมิอากาศ การเพาะปลูกพืช กลุ่มชุดดิน คุณสมบัติของดิน และความต้องการน้ำของพืช ครอบคลุมพื้นที่ศึกษากว่าร้อยละ 90 ของพื้นที่ศึกษา และ 3) การต่อยอดคนวัตกรรมการเกษตรอัจฉริยะสำหรับการจัดสรรน้ำในพื้นที่ดินแบบ โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาสองพี่น้อง ได้ทำการพัฒนาแอปพลิเคชันสนับสนุนการจัดสรรน้ำ และระบบการตอบโต้อัตโนมัติระหว่างผู้ใช้งานกับ Line ที่พัฒนาจากแบบจำลองกำหนดการให้น้ำพืชเพื่อสนับสนุนการทำงานของผู้ที่ชลประทาน สามารถเข้าถึงการใช้งานได้ง่ายและมีข้อมูลครบถ้วนสำหรับการสนับสนุนการจัดสรรน้ำ โดยงานวิจัยมีผลการศึกษาที่มีรายละเอียดในแต่ละบทดังต่อไปนี้

จากบทที่ 3 สามารถสรุปผลได้ว่า ฐานข้อมูลสภาพภูมิอากาศ จากสถานีตรวจวัดภูมิอากาศที่ตั้งในพื้นที่ยังขาด 5 สถานี รัศมีการตรวจวัด 15-30 กิโลเมตร มีพื้นที่ครอบคลุมร้อยละ 90 ของพื้นที่ชลประทานแม่กลองใหญ่ ซึ่งสามารถครอบคลุมได้เกือบทั้งพื้นที่ศึกษา แต่เนื่องด้วยข้อจำกัดของสถานีที่ตั้งสถานี และงบประมาณในการติดตั้งสถานี ฐานข้อมูลพืชครอบคลุมชนิดพืชตามการใช้ประโยชน์ที่ดินประมาณร้อยละ 90 ของการเพาะปลูกทั้งหมด โดยการใช้ข้อมูลจากฐานข้อมูลพืชจำเป็นต้องระบุชนิดพืชและปฏิทินเพาะปลูกที่ถูกต้อง ไม่เช่นนั้นการนำข้อมูลไปใช้ในการคำนวณหรือวิเคราะห์ต่ออาจเกิดความผิดพลาดได้ เช่นการใช้ประเมินความต้องการน้ำของพื้นที่โครงการชลประทาน ฐานข้อมูลกลุ่มชุดดินครอบคลุมพื้นที่ตามแผนที่กลุ่มชุดดินตาม กรมพัฒนาที่ดิน ร้อยละ 90 ของพื้นที่การศึกษา การทดลองเกิดอุปสรรคในการทดลอง เนื่องจากการทดลองมีปัญหาทางเครื่องมือไม่สามารถทดสอบแรงดึงความชื้นที่ 15 บาร์ ได้ รวมถึงจำเป็นต้องใช้ตัวอย่างดินจำนวนมากในการสร้างกราฟแรงดึงความชื้น ดังนั้นจึงใช้แบบจำลอง Rosetta สำหรับการประมาณค่า

ความชื้นที่แรงดึงความชื้นต่างๆ โดยค่าที่มีความสำคัญต่อกำหนดการให้น้ำที่สำคัญคือความชื้นที่แรงดึงความชื้น 15 บาร์ หรือความชื้นที่จุดเหี่ยวเฉาถาวร (Permanent Wilting Point)

จากบทที่ 4 สามารถสรุปผลได้ว่า แบบจำลองกำหนดการให้น้ำพืช ถูกพัฒนาขึ้นสำหรับเกษตรกรและผู้สนใจ เพื่อสนับสนุนการตัดสินใจให้น้ำในพื้นที่เพาะปลูก ภายในพื้นที่โครงการชลประทานแม่กลองใหญ่ ซึ่งแบบจำลองมีฐานข้อมูลที่ครอบคลุมพื้นที่ส่วนใหญ่ในโครงการชลประทานแม่กลองใหญ่ สามารถเข้าถึงในการใช้งานแบบจำลองได้ง่าย และมีความแม่นยำอยู่ในเกณฑ์น่าพึงพอใจ โดยการสอบเทียบการคำนวณด้วยแบบจำลองกำหนดการให้น้ำพืชสำหรับการคำนวณความชื้นในดินเทียบกับการตรวจวัดความชื้นในดินด้วยเซนเซอร์ในเวลาเดียวกันช่วงระหว่างวันที่ 8 ตุลาคม ถึง 29 พฤศจิกายน พ.ศ. 2562 ครอบคลุมช่วงเวลาในการส่งน้ำ จากการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองพบว่าแบบจำลองมีความถูกต้องแม่นยำร้อยละ 87 หรือมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R) เท่ากับ 0.87 หรือสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) เท่ากับ 0.76 ผลการคำนวณขอบแบบจำลองมีค่า R^2 มากกว่า 0.75 การคำนวณจากแบบจำลองมีความสัมพันธ์กับค่าความชื้นในดินที่ตรวจวัดสูง ประสิทธิภาพของการคาดคะเนหรือค่า Nash-Sutcliffe Efficiency (NSE) เท่ากับ 0.68 ผลการคำนวณขอบแบบจำลองมีค่า NSE ระหว่าง 0.36-0.75 เป็นที่น่าพึงพอใจ ค่ารากที่สองของค่าเฉลี่ยความผิดพลาดกำลังสอง (RMSE) เท่ากับร้อยละ 0.48 ของความชื้นดินโดยปริมาตร ค่าความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์เฉลี่ย (ARE) เท่ากับร้อยละ 1.19 ความเอนเอียงของการประมาณค่าหรือค่าร้อยละความเอนเอียงของการประมาณ (PBIAS) เท่ากับร้อยละ -0.04 ซึ่งค่าจากการคำนวณด้วยแบบจำลองมีความเอนเอียงในการคำนวณน้อยมากเนื่องจากค่า PBIAS มีค่าเข้าใกล้ 0 จากความสัมพันธ์พบว่า การคำนวณด้วยกระบวนการคำนวณมีความสอดคล้องและมีความคลาดเคลื่อนต่ำเทียบกับค่าความชื้นดินจากการตรวจวัด ผลจากการสอบเทียบมีความสัมพันธ์ระหว่างสูงกระบวนการคำนวณความชื้นในดินจากแบบจำลองสามารถเป็นตัวแทนของความชื้นในดินสำหรับการเพาะปลูกได้

จากบทที่ 5 สามารถสรุปผลได้ว่า การปรับแก้ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืชจาก IrrisAT มีความเหมาะสมต่อการนำมาใช้กับพื้นที่โครงการชลประทานแม่กลองใหญ่ โดยพืชที่ปรับแก้ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืชจาก IrrisAT ได้แก่ ข้าวนาหว่านน้ำตม อ้อย และมะม่วง เป็นตัวแทนของพื้นที่ นาข้าว พืชไร่ และไม้ผล-ไม้ยืนต้น ตามลำดับ โดยผลการสอบเทียบและทวนสอบแสดงให้เห็นว่าความสัมพันธ์สูงขึ้น ความคลาดเคลื่อนและความเอนเอียงลดลงมาก จึงสามารถนำมา

ปรับแก้ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืชในพื้นที่โครงการชลประทานใหญ่ได้ และในส่วนของแอปพลิเคชันสนับสนุนการจัดสรรน้ำสามารถเข้าใช้งานได้ง่าย ซึ่งสามารถเข้าใช้งานได้ทั้งในระบบ Android ios และคอมพิวเตอร์ เนื่องจากอยู่ในระบบเว็บแอปพลิเคชันจึงกำจัดข้อจำกัดของการเข้าใช้งาน เหมาะกับเจ้าหน้าที่ชลประทานทุกระดับชั้น รวมถึงผู้ที่สนใจ ทำให้สามารถจัดสรรน้ำได้ตรงความต้องการน้ำในพื้นที่ เนื่องจากมีการติดตามทั้งสภาพภูมิอากาศ และการใช้ประโยชน์ที่ดิน ในรูปแบบใกล้เคียงเวลาปัจจุบัน (Near Real Time) ซึ่งเป็นเครื่องมือสนับสนุนการตัดสินใจในการจัดสรรน้ำชลประทานสำหรับเจ้าหน้าที่ที่มีอัตรากำลังลดลงอย่างต่อเนื่อง นอกเหนือจากการแสดงผลผ่านเว็บแอปพลิเคชัน ยังมีการพัฒนาระบบการตอบโต้อัตโนมัติระหว่างผู้ใช้งานกับ Line (Line ChatBot) สามารถเข้าถึงได้ง่ายเนื่องจากเจ้าหน้าที่ชลประทานทุกระดับชั้น รวมถึงผู้ที่สนใจ มีการใช้งานแอปพลิเคชัน Line เป็นประจำอยู่แล้ว เมื่อมีระบบการตอบโต้อัตโนมัติระหว่างผู้ใช้งานกับ Line ทำให้การใช้งานและการเข้าถึงง่ายขึ้น และมีกระบวนการนำเข้าสู่ข้อมูลสู่แบบจำลองและอัลกอริทึมการคำนวณเช่นเดียวกับแอปพลิเคชันสนับสนุนการจัดสรรน้ำ

จากการดำเนินงานวิจัยทำให้ได้รับผลิตภัณฑ์จากงานวิจัย 2 อย่างคือแบบจำลองกำหนดการให้น้ำพืชในพื้นที่โครงการชลประทานแม่กลองใหญ่ ช่วยให้สามารถช่วยสนับสนุนในการตัดสินใจให้น้ำพืชในแปลงเพาะปลูก โดยมีข้อมูลตรวจวัดสภาพภูมิอากาศ ข้อมูลคุณสมบัติดินในพื้นที่ ทำให้การคำนวณของแบบจำลองมีค่าใกล้เคียงกับค่าความชื้นดินในพื้นที่ ส่งผลให้การเพาะปลูกมีประสิทธิภาพขึ้น และในส่วนของแอปพลิเคชันสนับสนุนการจัดสรรน้ำเป็นอีกผลิตภัณฑ์ของงานวิจัยที่ได้ทำการพัฒนาต่อยอดจากแบบจำลองกำหนดการให้น้ำพืช ให้สามารถสนับสนุนการจัดสรรน้ำในพื้นที่ต้นแบบ โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาสองพี่น้อง ทำให้สามารถจัดสรรน้ำได้ตรงความต้องการ เนื่องจากการส่งน้ำแบบเดิมมีการกำหนดแผนการส่งน้ำและปฏิทินการเพาะปลูกไว้ล่วงหน้า แต่แอปพลิเคชันสนับสนุนการจัดสรรน้ำมีการคำนวณสภาพภูมิอากาศในเวลาปัจจุบัน ประกอบกับการหาความต้องการน้ำของพืช ด้วยสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืชจาก IriSAT ที่ได้ผลจากภาพถ่ายดาวเทียม ทำให้สามารถคำนวณความต้องการน้ำของพืช รวมถึงความต้องการน้ำชลประทาน ได้ใกล้เคียงกับปัจจุบัน (Near Real Time) ทำให้การจัดสรรน้ำทำได้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

6.2 ข้อเสนอแนะ

6.2.1 การพัฒนาฐานข้อมูล

สำหรับการสร้างฐานข้อมูลสภาพภูมิอากาศเพื่อเพิ่มความละเอียดของข้อมูลในพื้นที่ห่างจากสถานีออกไป จำเป็นต้องติดตั้งสถานีตรวจวัดเพิ่มเติม โดยเฉพาะสถานีตรวจวัดน้ำฝน เนื่องจากเป็นข้อมูลที่มีความแปรปรวนสูง หรือนำข้อมูลจากสถานีจากกรมอุตุนิยมวิทยาเพิ่ม ทำให้มีจำนวนข้อมูลที่มากขึ้น รวมถึงการใช้ปัญญาประดิษฐ์หรือ AI (Artificial Intelligence) เข้ามาช่วยในการจัดการข้อมูล จะทำให้ข้อมูลที่ได้ในแต่ละพื้นที่มีความแม่นยำมากยิ่งขึ้น

ฐานข้อมูลพืช การนำข้อมูลไปใช้กับพื้นที่ขนาดใหญ่ เช่น พื้นที่เกษตรแปลงใหญ่ พื้นที่โครงการชลประทาน ถ้าหากไม่สามารถระบุการเพาะปลูกทั้งหมดในพื้นที่ รวมถึงปฏิทินการเพาะปลูกที่แน่นอนได้ จะทำให้การประเมินปริมาณน้ำที่ต้องส่งคลาดเคลื่อน แต่ปัจจุบันมีเทคโนโลยีการแปลงภาพถ่ายดาวเทียม โดยการแปลงภาพถ่ายดาวเทียมเป็นค่าดัชนีพืชพรรณ (NDVI) ซึ่งมีความสัมพันธ์โดยตรงกับค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช จะทำให้สามารถใช้งานข้อมูลเพื่อการคำนวณได้อย่างถูกต้องและแม่นยำมากยิ่งขึ้น ซึ่งอาจไว้เป็นทางเลือกของผู้ใช้งาน

การทดสอบคุณภาพดินเพื่อสร้างฐานกลุ่มชุดดิน การใช้แบบจำลอง Rosetta เป็นทางเลือกหนึ่งเมื่อการทดสอบคุณสมบัติดินไม่สามารถทดสอบได้ทั้งหมด ทำให้สามารถประเมินความชื้นที่จุดเดี่ยวเฉพาะได้ ถ้าหากไม่มีข้อจำกัดในการดำเนินการ ควรทำการทดสอบคุณสมบัติของดินทั้งหมดเพื่อให้มีข้อมูลที่ใกล้เคียงกับสภาพพื้นที่ศึกษามากที่สุด

6.2.2 การพัฒนาแบบจำลองกำหนดการให้น้ำพืช

แบบจำลองมีความแม่นยำอยู่ในเกณฑ์ปานกลาง-สูง ซึ่งมีศักยภาพในการใช้งาน และสามารถนำมาพัฒนาแบบจำลองให้มีความแม่นยำที่สูงขึ้น ซึ่งสามารถศึกษาเพิ่มเติม เช่น การสอบเทียบกับพื้นที่เพาะปลูกอื่นเพื่อให้มีความหลากหลายของ พืช ชุดดิน และสภาพอากาศ การสอบเทียบกับการตรวจวัดความชื้นดินจากการตรวจวัดความชื้นดินโดยตรงจากการชั่งตวง เพื่อให้สามารถคำนวณความชื้นดินให้มีความสัมพันธ์สูงยิ่งขึ้น

แบบจำลองกำหนดการให้น้ำพืชมีความสามารถในการคำนวณปริมาณน้ำชลประทานในระดับแปลงเพาะปลูก รวมถึงสามารถพัฒนาให้เป็นเครื่องมือคำนวณความต้องการในพื้นที่ชลประทานสำหรับเจ้าหน้าที่ชลประทาน เพื่อเป็นเครื่องมือสนับสนุนการตัดสินใจในการบริหาร

จัดการน้ำชลประทานให้สามารถส่งน้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพ ในขณะที่เจ้าหน้าที่มีอัตรากำลังลดลงอย่างต่อเนื่อง

6.2.3 การพัฒนาแอปพลิเคชันสนับสนุนการจัดการน้ำในพื้นที่คันแบบ

แอปพลิเคชันสนับสนุนการจัดการน้ำถูกพัฒนาขึ้นในพื้นที่คันแบบ ซึ่งอยู่ในพื้นที่โครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาสองพี่น้อง เนื่องจากในพื้นที่มีความหลากหลายในการเพาะปลูก มีข้อมูลที่ครบถ้วนสมบูรณ์และสามารถเข้าถึงข้อมูลได้ สามารถขยายขอบเขตของแอปพลิเคชันได้ถ้าหากมีข้อมูลที่ครบถ้วนและเพียงพอ

แอปพลิเคชันสนับสนุนการจัดการน้ำถูกพัฒนาขึ้นสำหรับกรณีการส่งน้ำแบบตลอดเวลา เนื่องจากเป็นข้อจำกัดของโครงสร้างอาคารส่งน้ำ แต่สามารถพัฒนาเพื่อสนับสนุนการส่งน้ำแบบรอบเวรสำหรับกรณีน้ำไม่เพียงพอ หรือสำหรับพื้นที่ชลประทานที่มีการส่งน้ำแบบรอบเวร

แอปพลิเคชันมีศักยภาพสำหรับพัฒนาต่อยอดแอปพลิเคชันสนับสนุนการจัดการน้ำให้สามารถบริหารจัดการครอบคลุมทั้งระบบลุ่มน้ำ เพื่อให้สามารถบริหารจัดการน้ำในลุ่มน้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพ



เอกสารและสิ่งอ้างอิง

- Aker, J. (2011). Dial “A” for agriculture: a review of information and communication technologies for agricultural extension in developing countries. *Agricultural Economics*, 42(6).
doi:<https://doi.org/10.1111/j.1574-0862.2011.00545.x>
- Alfonso, C. I., Campos; Anna, Osann; Guido, D’Urso; Massimo, Menenti; . (2017). Remote Sensing for Crop Water Management: From ET Modelling to Services for the End Users. *Sensors*, 17, 1104-1129.
- Antonio, R. F. I., Del’Arco Sanches;. (2017). *Sensoriamento remoto em agricultura*. São Paulo: Oficina de Textos.
- Branislava Lalic, M. F., Goran Jacimovic, Goran Jacimovic. (2013). *Assessment of climate change impact on crop water requirements in Serbia in 2030 using CROPWAT model*. Paper presented at the Environmental changes and adaptation strategies, Skalice, Slovakia.
- Carmen Alcaide Zaragoza, R. G. P., Irene Fernández García, Emilio Camacho Poyato, Juan Antonio Rodríguez Díaza. (2020). Open source application for optimum irrigation and fertilization using reclaimed water in olive orchards. *Computers and Electronics in Agriculture*, 173.
doi:<https://doi.org/10.1016/j.compag.2020.105407>
- Célia Toureiro, R. S., Shakib Shahidian, Adélia Sousa. (2017). Irrigation management with remote sensing: Evaluating irrigation requirement for maize under Mediterranean climate condition. *Agricultural Water Management*, 184, 211-220.
doi:<https://doi.org/10.1016/j.agwat.2016.02.010>
- Ciprian-Radu Rad, O. H., Ioana-Alexandra Takacs, Gheorghe Olteanu. (2015). Smart Monitoring of Potato Crop: A Cyber-Physical System Architecture Model in the Field of Precision Agriculture. *Agriculture and Agricultural Science Procedia*, 6, 73-79.
doi:10.1016/j.aaspro.2015.08.041
- Claire Serra-Wittling, B. M., Bruno Cheviron. (2019). Plot level assessment of irrigation water savings due to the shift from sprinkler to localized irrigation systems or to the use of soil hydric status probes. Application in the French context. *Agricultural Water Management*, 223. doi:<https://doi.org/10.1016/j.agwat.2019.06.017>



577785291

KU Thesisis 6124500418 thesis / recv: 29062563 11:28:00 / seq: 50

- Compton, J. T. (1979). Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation. *Remote Sensing of Environment*, 8, 127-150.
- CU. (2017). *Water Requirement Satisfaction Index (WRSI) and Geo-spatial WRSI*. Columbia, USA.: University of Columbia.
- Fabio Maselli, D. P., Marta Chiesi, Giorgio Matteucci, Luca Angeli, Antonio Raschi, Guenther Seufert. (2014). Operational monitoring of daily evapotranspiration by the combination of MODIS NDVI and ground meteorological data: Application and evaluation in Central Italy. *Remote Sensing of Environment*, 152, 279-290.
doi:<https://doi.org/10.1016/j.rse.2014.06.021>
- FAO. (1974). *Effective rainfall in irrigated agriculture*. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- FAO. (1998). *The state of food and agriculture: 1998*. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- FAO. (2018). *AquaCrop*. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Guido D'Urso, C. D. M., Salvatore Falanga Bolognesi. (2013). *IRRISAT: the Italian On-line Satellite Irrigation Advisory Service*. Paper presented at the EFITA-WCCA-CIGR Conference "Sustainable Agriculture through ICT Innovation", Turin, Italy.
- Janelle Montgomery, J. H., Iain Hume, Jamie Vleeshouwer. (2015). *IrrisAT – weather based scheduling and benchmarking technology*. Paper presented at the ASA Conference, Hobart, Australia.
- John, H. J., Vleeshouwer; Carlos, Ballester; Janelle, Montgomery; Robert, Hoogers; Robert, Bridgart;. (2016). *IrrisAT Technical Reference*. Paper presented at the Irrigation Australia International Conference.
- Kyriakos D. Giannoulis, C.-A. K., Nikolaos Gougoulis, Eleni Wogiatzi. (2020). Irrigation and nitrogen application affect Greek oregano (*Origanum vulgare* ssp. *hirtum*) dry biomass, essential oil yield and composition. *Industrial Crops and Products*, 150.
doi:<https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2020.112392>
- Laurens Klerkx, E. J., Pierre Labarthe. (2019). A review of social science on digital agriculture, smart farming and agriculture 4.0: New contributions and a future research agenda. *NJAS - Wageningen Journal of Life Sciences*, 90-91. doi:<https://doi.org/10.1016/j.njas.2019.100315>

- Layheang Song, C. O., Chantha Oeurng, John Hornbuckle. (2015). *Assessment of Rice Water Requirement by Using CROPWAT Model*. Paper presented at the Science Council of Asia Board Meeting and International Symposium under theme of “Science and Technology for Culture”, Siem Reap, Cambodia.
- Li, Z. T., Debao. (2014). *A modified perpendicular drought index in NIR Red reflectance space*. Paper presented at the Earth and Environmental Science.
- Lowenberg-Deboer, R. B. J. (2004). Precision Agriculture and Sustainability. *Precision Agriculture*, 5, 359-387.
- Margarita Garcia-Vila, E. F., Luciano Mateos, Francisco Orgaz, Pasquale Steduto. (2009). Deficit Irrigation Optimization of Cotton with AquaCrop. *Agronomy Journal*. doi:10.2134/agronj2008.0179s
- Marius Michels, W. F., Jan-Henning Feil, Oliver Musshoff, Johanna Pigisch, Saskia Krone (2020). Smartphone adoption and use in agriculture: empirical evidence from Germany. *Precision Agriculture*, 21, 403-425. doi:https://doi.org/10.1007/s11119-019-09675-5
- Marvin E. Jensen, R. G. A. (1990). *Evapotranspiration and Irrigation Water Requirements*: American Society of Civil Engineers.
- Mohamed Ammar, E. D. (2019). On the accuracy of crop production and water requirement calculations: Process-based crop modeling at daily, semi-weekly, and weekly time steps for integrated assessments. *Journal of Environmental Management*, 238, 460-472. doi:https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.03.030
- Muhammad Shahinur Alam, D. L., Muhammad Moshir Rahman. (2018). A refined method for rapidly determining the relationship between canopy NDVI and the pasture evapotranspiration coefficient. *Computers and Electronics in Agriculture*, 147, 12-17.
- Ofentse Moseki, M. M.-H., Keotshephile Kashe. (2019). Crop water and irrigation requirements of *Jatropha curcas* L. in semi-arid conditions of Botswana: applying the CROPWAT model. *Agricultural Water Management*, 225. doi:https://doi.org/10.1016/j.agwat.2019.105754
- P. S. Minhas, T. B. R., Tiago B. Ramos, Alon Ben-Gal, Alon Ben-Gal, L. S. Pereira. (2020). Coping with salinity in irrigated agriculture: Crop evapotranspiration and water management issues. *Agricultural Water Management*, 227. doi:https://doi.org/10.1016/j.agwat.2019.105832

- Pedersen Søren Marcus, L. K. M. (2017). Precision Agriculture: Technology and Economic Perspectives. *Progress in Precision Agriculture*.
- Ricardo D. Rosa, P. P., Gonçalo C. Rodrigues, Isabel Alves, Rui M. Fernando, Luis S. Pereira, Richard G. Allen. (2012). Implementing the dual crop coefficient approach in interactive software. 1. Background and computational strategy. *Agricultural Water Management*, 103, 8-24. doi:<https://doi.org/10.1016/j.agwat.2011.10.013>
- Richard, G. A. L., S. Pereira; Dirk, Raes; Martin, Smith. (1998). *Crop Evapotranspiration - Guidelines for Computing Crop Water Requirements - FAO Irrigation and Drainage Paper 56*. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Samuel O. Ihuoma, C. A. M. (2019). Crop reflectance indices for mapping water stress in greenhouse grown bell pepper. *Agricultural Water Management*, 219, 49-58. doi:<https://doi.org/10.1016/j.agwat.2019.04.001>
- Sayan Kumar Roy, D. D. (2020). Genetic Algorithm based Internet of Precision Agricultural Things (IopaT) for Agriculture 4.0. *Internet of Things*. doi:<https://doi.org/10.1016/j.iot.2020.100201>
- Shahzada Adnan, A. H. K. (2011). Effective Rainfall for Irrigated Agriculture Plains of Pakistan. *Pakistan Journal of Meteorology*, 6(11), 61-72.
- Silva, G. H. d. (2020). Biodegradable mulch of recycled paper reduces water consumption and crop coefficient of pak choi. *Scientia Horticulturae*, 267. doi:<https://doi.org/10.1016/j.scienta.2020.109315>
- Smith, M. (1992). *CROPWAT A computer program for irrigation planning and management*. Rome: FAO, Land and Water Development Division.
- SSSA. (2008). *Glossary of Soil Science Terms*: Soil Science Society of America.
- Stefan Siebert, P. D. (2008). *The Global Crop Water Model (GCWM): Documentation and first results for irrigated crops*. Germany: Institute of Physical Geography, University of Frankfurt.
- Thomas, J. T. L., F. Johnson;. (2007). *Estimating crop water use from remotely sensed NDVI, Crop Models and Reference ET*. Paper presented at the International Conference on Irrigation and Drainage.

- Todd, S. (1999, 5/21/2019). ROSETTA Model. Retrieved from <https://www.ars.usda.gov/pacific-west-area/riverside-ca/agricultural-water-efficiency-and-salinity-research-unit/docs/model/rosetta-model/>
- Tyler Johnson, K. B. (2012). A remote sensing approach for estimating the location and rate of urban irrigation in semi-arid climates. *Journal of Hydrology*, 414-415, 86-98. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2011.10.016>
- Uferah Shafi, R. M., José García-Nieto, Syed Ali Hassan, Syed Ali Raza Zaidi, Naveed Iqbal. (2019). Precision Agriculture Techniques and Practices: From Considerations to Applications. *Sensors*, 19. doi:10.3390/s19173796
- Yaoliang Chen, D. L., Emilio Moran, Mateus Batistella, Luciano Vieir, DutraeIeda Del'ArcoSanches, Ramon Felipe Bicudoda Silva, Jingfeng Huang, Alfredo José BarretoLuiz, Maria Antonia Falcão de Oliveirae. (2018). Mapping croplands, cropping patterns, and crop types using MODIS time-series data. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 69, 133-147. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jag.2018.03.005>
- Yousfi Salima, J. F. M. P., Gregorio rincón de la horra, Pedro V. Mauri Ablanque. (2019). *Remote Sensing Data: Useful Way for the Precision Agriculture*. Paper presented at the International Conference on Internet of Things: Systems, Management and Security, Granada, Spain, Spain.
- Zhuanyun Si, M. Z., Faisal Mehmood, Guangshuai Wang, Yang Gao, Aiwang Duan. (2020). Effects of nitrogen application rate and irrigation regime on growth, yield, and water-nitrogen use efficiency of drip-irrigated winter wheat in the North China Plain. *Agricultural Water Management*, 231. doi:<https://doi.org/10.1016/j.agwat.2020.106002>
- กรมชลประทาน. (2554). คู่มือการหาปริมาณการใช้น้ำของพืช ปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิงแลพค่าสัมประสิทธิ์พืช. กรุงเทพฯ: ส่วนการใช้น้ำชลประทาน สำนักอุทกวิทยาและบริหารน้ำ กรมชลประทาน.
- กรมชลประทาน. (2555a). ค่าสัมประสิทธิ์พืชโดยวิธี *Penman-Monteyth*. กรุงเทพฯ: ส่วนการใช้น้ำสำนักบริหารจัดการน้ำและอุทกวิทยา กรมชลประทาน.
- กรมชลประทาน. (2555b). ปฏิทินการเพาะปลูก. กรุงเทพฯ: กรมชลประทาน.

- กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. (2561). Mobile Application. Retrieved from https://www.moac.go.th/service_all-mobile_app
- กาญจน์ จิตนิยม และปานศักดิ์ ศักดิ์วีโรจน์. (2543). การศึกษาฝนใช้การของพืชไร่ในประเทศไทย. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- ฉลอง เกิดพิทักษ์. (2560). แบบจำลองความต้องการน้ำชลประทานและการประยุกต์ใช้งาน. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ทงศักดิ์ เชิดนรินทร์. (2544). การเปรียบเทียบค่า *Etp* โดยวิธี *Penman Moteith* และวิธี *Modified Penman* กับ *Lisimeter*. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- นิพนธ์ พัวพงศกร. (2560). *Thailand 4.0* กับความท้าทาย ภาคเกษตร. Paper presented at the การประชุมวิชาการดินและปุ๋ยแห่งชาติ.
- บริษัท รักบ้านเกิด จำกัด. (2561). เรื่องเค็ดเกร็ดเกษตร. Retrieved from <https://www.rakbankerd.com/agriculture/hilight-view.php?id=129&s=tblheight>
- ภาคภูมิ เหล่าตระกูล. (2558). การแปลตีความข้อมูลจากดาวเทียมด้วยสายดา. Retrieved from <https://www.gistda.or.th/main/th/node/997>
- มนทิรา กำดี และศศิมา กุลสุวรรณ. (2554). การวิเคราะห์คุณสมบัติของดินเพื่อการชลประทาน กรณีศึกษาโครงการจัดรูปที่ดินจังหวัดนครปฐม. . มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- วิบูลย์ บุญชูโรกุล. (2526). หลักการชลประทาน. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำและการเกษตร. (2555). การดำเนินการด้านการรวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูลโครงการพัฒนาระบบคลังข้อมูล 25 ลุ่มน้ำ และแบบจำลองน้ำท่วมน้ำแล้ง ลุ่มน้ำแม่กลอง. กรุงเทพฯ: สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำและการเกษตร (องค์การมหาชน).
- ส่วนการใช้น้ำชลประทาน. (2555). คำสัมประสิทธิ์พืชโดยวิธี *Penman – Monteith*. กรุงเทพฯ: สำนักบริหารจัดการน้ำและอุทกวิทยา กรมชลประทาน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย. (2555). ประเทศไทยควรจัดการน้ำ ในช่วงภัยแล้งอย่างไร. กรุงเทพฯ: สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย.
- สำนักงานที่ปรึกษาการเกษตรต่างประเทศ ประจำกรุงแคนเบอร์รา. (2561). การเกษตรแม่นยำสูง (*Precision Agriculture*). แคนเบอร์รา: สำนักงานที่ปรึกษาการเกษตรต่างประเทศ ประจำกรุงแคนเบอร์รา.
- สำนักสำรวจดินและวางแผนการใช้ที่ดิน. (2548). มหัศจรรย์พันธุดิน. กรุงเทพฯ: กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

สิตาวีร์ ชีรวีรุพห์. (2559). สมาร์ทฟาร์ม (*Smart Farm*) การทำเกษตรที่เป็รมิตรกับสิ่งแวดล้อม.

กรุงเทพฯ: สำนักวิชาการ สำนักงานเลขาธิการสภาผู้แทนราษฎร.

อมรเทพ เจริญสุข และนรุตม์ เกาะสมัน. (2556). การวิเคราะห์ความต้องการใช้น้ำของจังหวัด

นครปฐม. . มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

เอกสิทธิ์ โฆสิตสกุลชัย. (2552). การใช้น้ำของพืช ทฤษฎีและการประยุกต์. กรุงเทพฯ: ภาควิชา

วิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.





577785291

KT IThesis 6124500418 thesis / rev: 29062563 11:28:00 / seq: 50





577785291

KT IThesis 6124500418 thesis / rev: 29062563 11:28:00 / seq: 50



ภาคผนวก ก

ข้อมูลสภาพภูมิอากาศในพื้นที่โครงการชลประทานแม่กลองใหญ่

ตารางผนวกที่ ก1 ข้อมูลสภาพภูมิอากาศจากสถานีอุตุนิยมวิทยา จ.นครปฐม

เดือนที่	อุณหภูมิเฉลี่ย (°C)	อุณหภูมิที่จุดน้ำค้าง(°C)	ความเร็วลมเฉลี่ย(m/s)	อุณหภูมิสูงสุด(°C)	อุณหภูมิต่ำสุด(°C)	ปริมาณฝนรวม (mm)
1	26.26	18.38	1.12	32.06	21.13	9.57
2	28.28	20.76	1.00	34.04	23.54	7.14
3	29.58	22.53	1.29	35.41	25.04	30.40
4	30.64	23.68	1.27	36.59	26.04	78.67
5	30.41	24.35	1.17	35.97	26.27	110.89
6	29.45	24.37	1.22	34.64	25.76	137.24
7	28.76	24.18	1.09	33.67	25.35	118.05
8	28.64	24.39	0.92	33.61	25.24	169.42
9	28.28	24.72	0.69	32.98	25.12	308.05
10	28.21	23.94	0.70	32.79	24.78	168.57
11	27.99	21.41	1.14	33.04	23.88	41.57
12	26.42	18.41	1.36	31.88	21.52	1.67
เฉลี่ย	28.58	22.59	1.08	33.89	24.47	1,181.23*

* ค่าผลรวม

ตารางผนวกที่ ก2 ข้อมูลสภาพภูมิอากาศจากสถานีอุตุนิยมวิทยา จ.ราชบุรี

เดือนที่	อุณหภูมิเฉลี่ย (°C)	อุณหภูมิที่จุดน้ำค้าง(°C)	ความเร็วลมเฉลี่ย(m/s)	อุณหภูมิสูงสุด(°C)	อุณหภูมิต่ำสุด(°C)	ปริมาณฝนรวม (mm)
1	26.66	38.17	5.18	32.59	20.44	6.89
2	28.80	88.36	3.44	34.64	23.29	9.16
3	30.06	40.57	1.55	36.14	24.77	30.47
4	30.82	62.74	10.63	36.66	25.84	73.91
5	30.07	23.65	1.32	35.51	25.67	128.62
6	28.93	23.85	2.92	33.63	25.00	120.61
7	28.71	60.95	1.14	33.44	24.65	113.14
8	28.47	23.91	2.79	33.05	24.71	141.50
9	28.11	24.23	4.49	32.43	24.63	253.73
10	27.82	23.58	2.82	31.95	24.28	140.80
11	27.12	41.88	1.43	31.69	22.78	32.34
12	25.50	16.48	3.61	31.07	19.81	5.96
เฉลี่ย	28.42	39.03	3.44	33.57	23.82	1,057.13*

* ค่าผลรวม

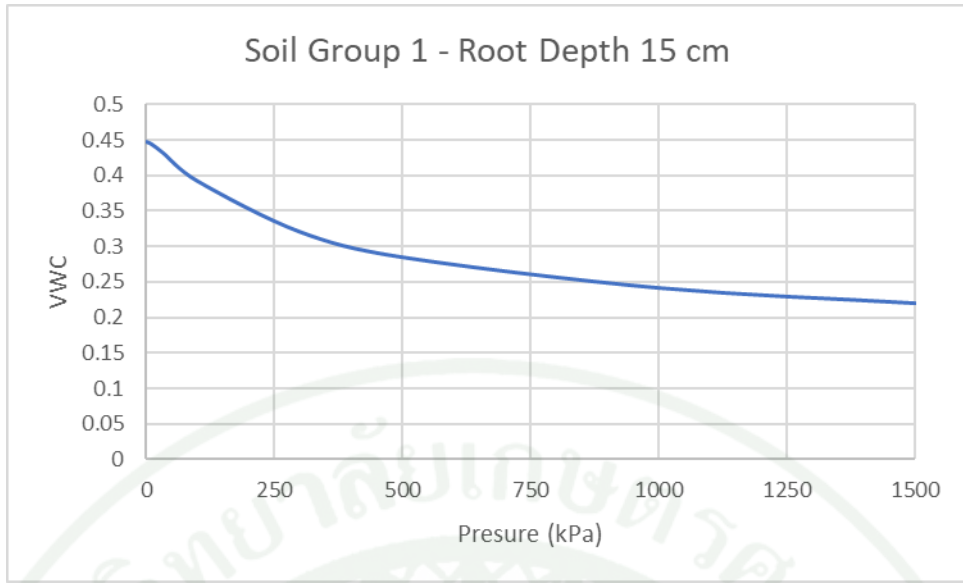
ตารางผนวกที่ ก3 ข้อมูลสภาพภูมิอากาศจากสถานีสถานีอุตุนิยมวิทยาเกษตรอุทุม

เดือนที่	อุณหภูมิเฉลี่ย (°C)	อุณหภูมิที่จุดน้ำค้าง(°C)	ความเร็วลมเฉลี่ย(m/s)	อุณหภูมิสูงสุด(°C)	อุณหภูมิต่ำสุด(°C)	ปริมาณฝนรวม (mm)
1	25.11	18.83	0.48	31.96	19.24	12.81
2	28.12	20.53	0.75	35.04	22.26	9.55
3	30.04	22.10	1.07	36.53	24.65	39.43
4	31.51	23.51	1.01	38.04	26.06	75.35
5	30.62	24.69	0.69	36.64	26.12	178.77
6	29.62	24.66	0.73	35.11	25.72	131.78
7	28.84	24.56	0.61	34.19	25.21	145.56
8	28.62	24.65	0.47	33.95	24.99	208.05
9	28.29	25.14	0.28	33.40	24.84	282.11
10	28.00	24.62	0.22	32.88	24.36	229.22
11	27.35	22.68	0.28	32.87	22.88	29.39
12	25.26	19.57	0.38	31.57	19.94	5.14
เฉลี่ย	28.45	22.96	0.58	34.35	23.85	1,347.17*

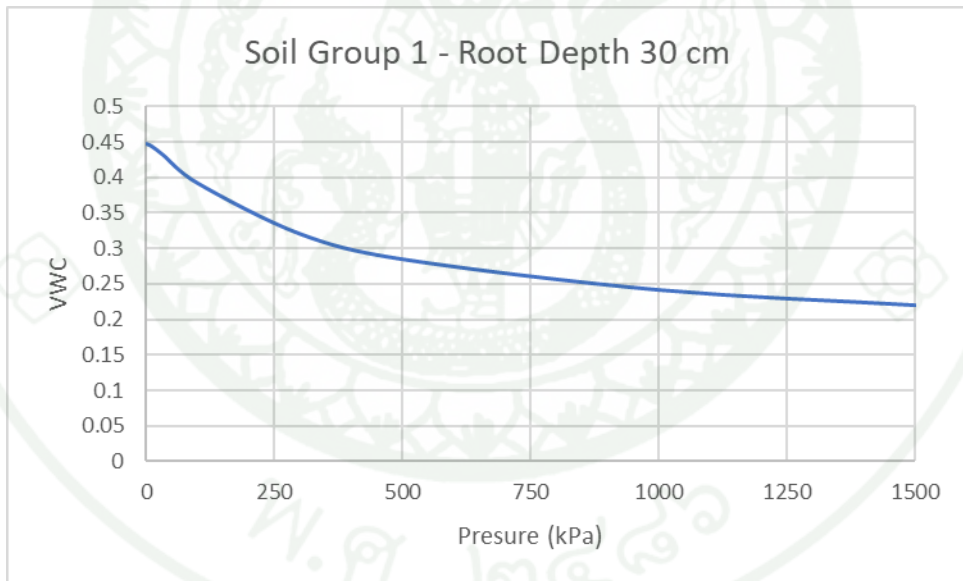
* ค่าผลรวม



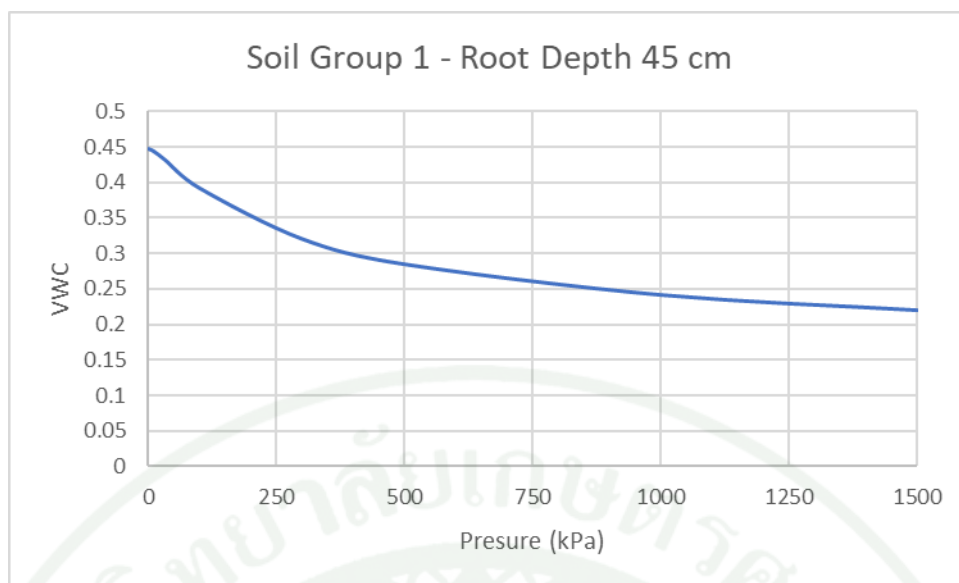
ภาคผนวก ข
กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงดึงและความชื้นจำแนกตามกลุ่มชุดดินและความลึก



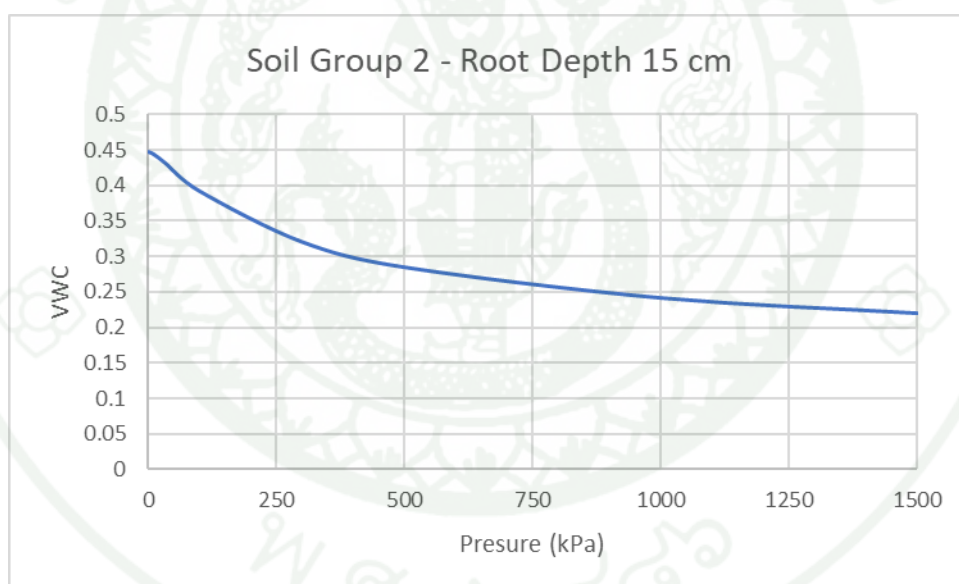
ภาพผนวกที่ ข1 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงดึงและความชื้นกลุ่มชุดดินที่ 1 ที่ความลึกระดับ 15 cm



ภาพผนวกที่ ข2 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงดึงและความชื้นกลุ่มชุดดินที่ 1 ที่ความลึกระดับ 30 cm

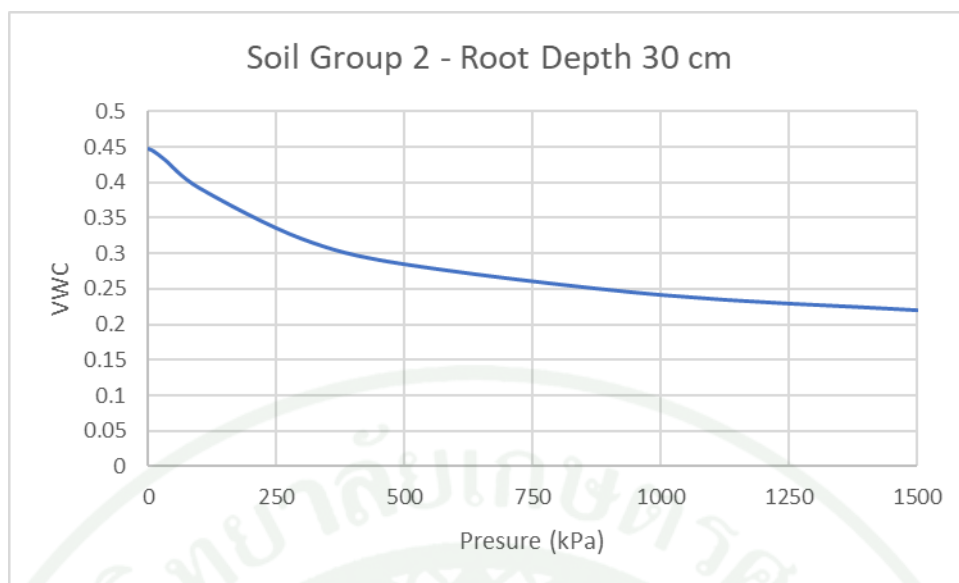


ภาพผนวกที่ ข3 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงดึงและความชื้นกลุ่มชุดดินที่ 1 ที่ความลึกระดับ 45 cm

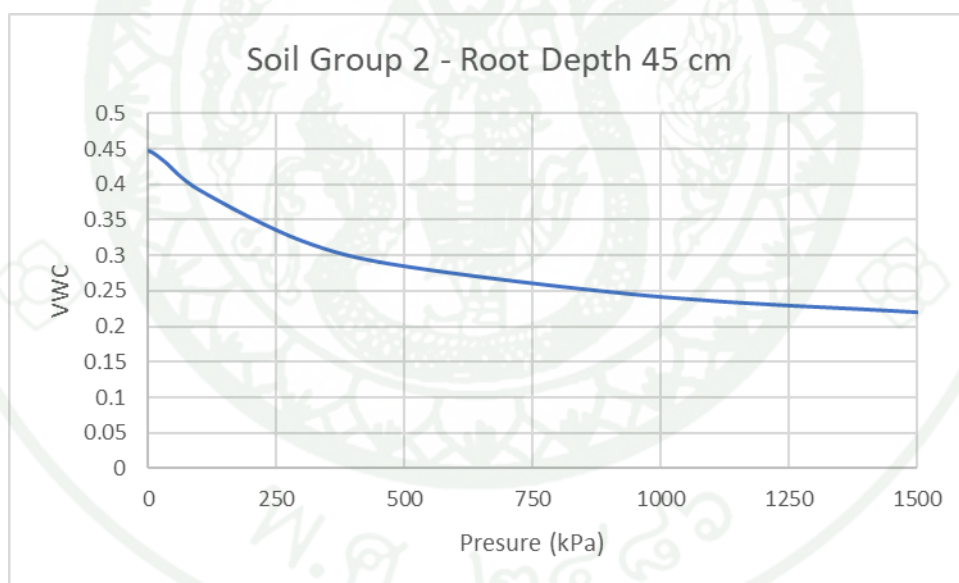


ภาพผนวกที่ ข4 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงดึงและความชื้นกลุ่มชุดดินที่ 2 ที่ความลึกระดับ 15 cm

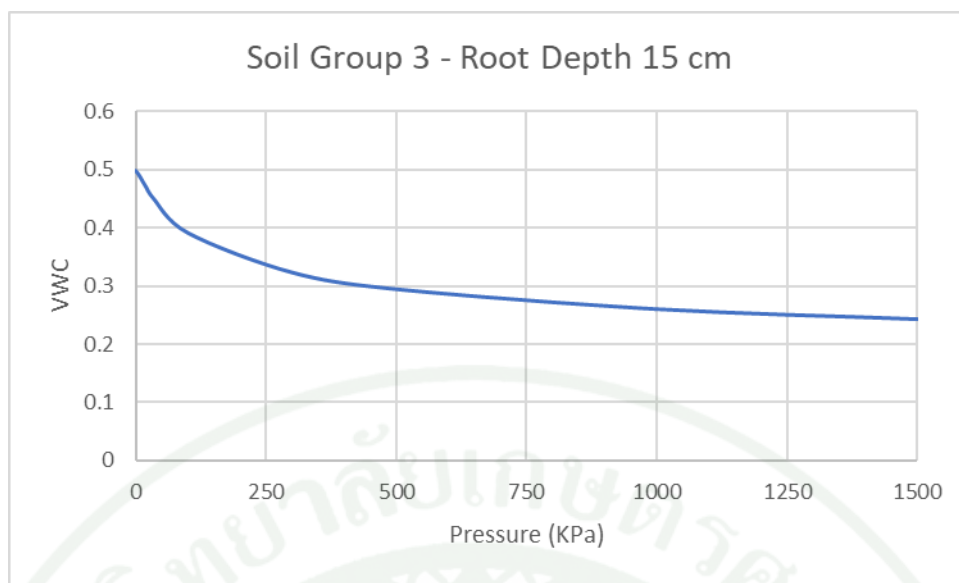




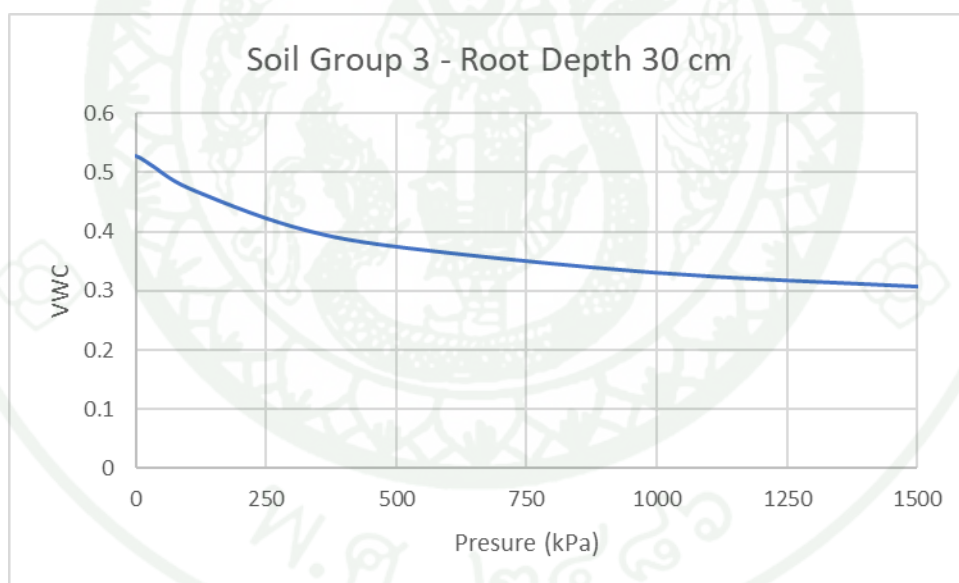
ภาพผนวกที่ ข5 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงดึงและความชื้นกลุ่มชุดดินที่ 2 ที่ความลึกระดับ 30 cm



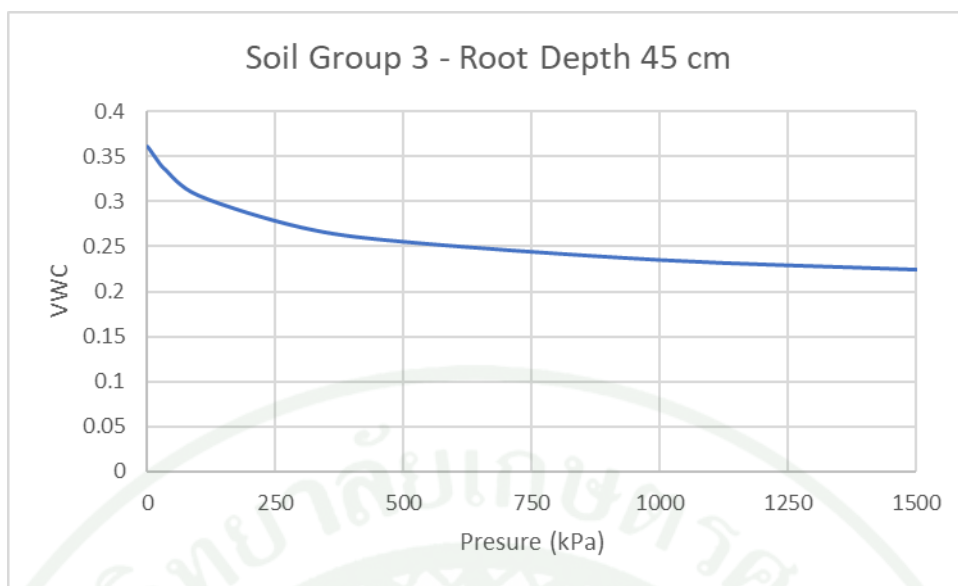
ภาพผนวกที่ ข6 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงดึงและความชื้นกลุ่มชุดดินที่ 2 ที่ความลึกระดับ 45 cm



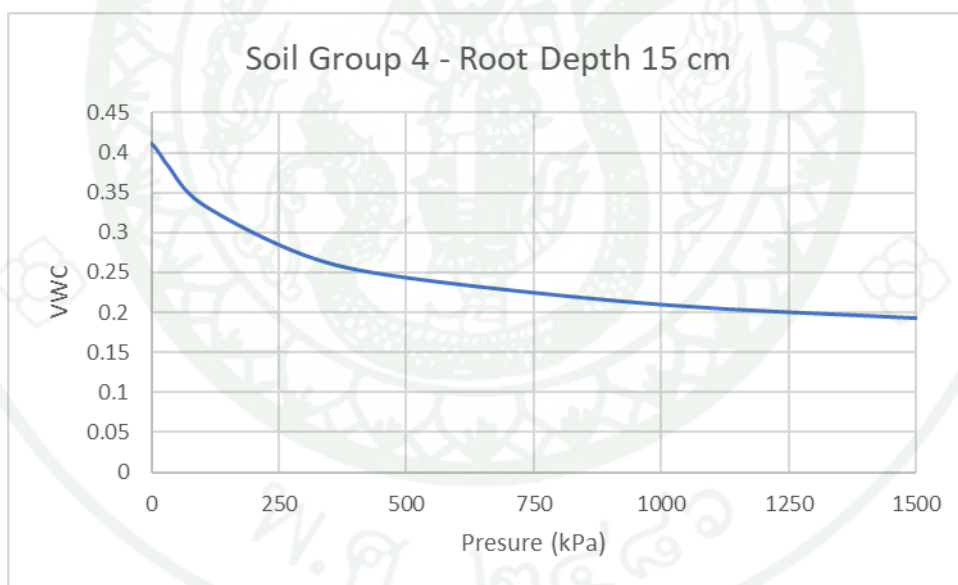
ภาพผนวกที่ ข7 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงดึงและความชื้นกลุ่มชุดดินที่ 3 ที่ความลึกระดับ 15 cm



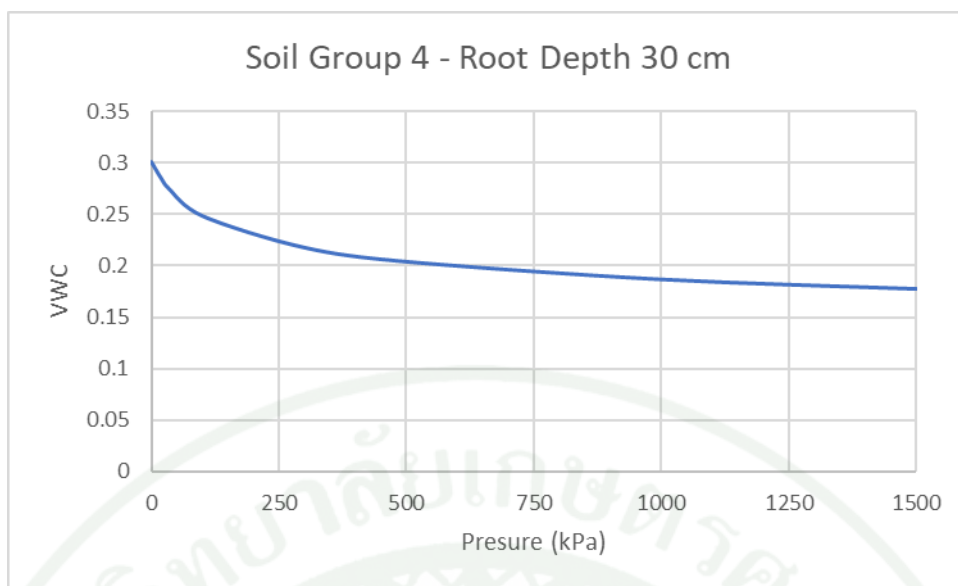
ภาพผนวกที่ ข8 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงดึงและความชื้นกลุ่มชุดดินที่ 3 ที่ความลึกระดับ 30 cm



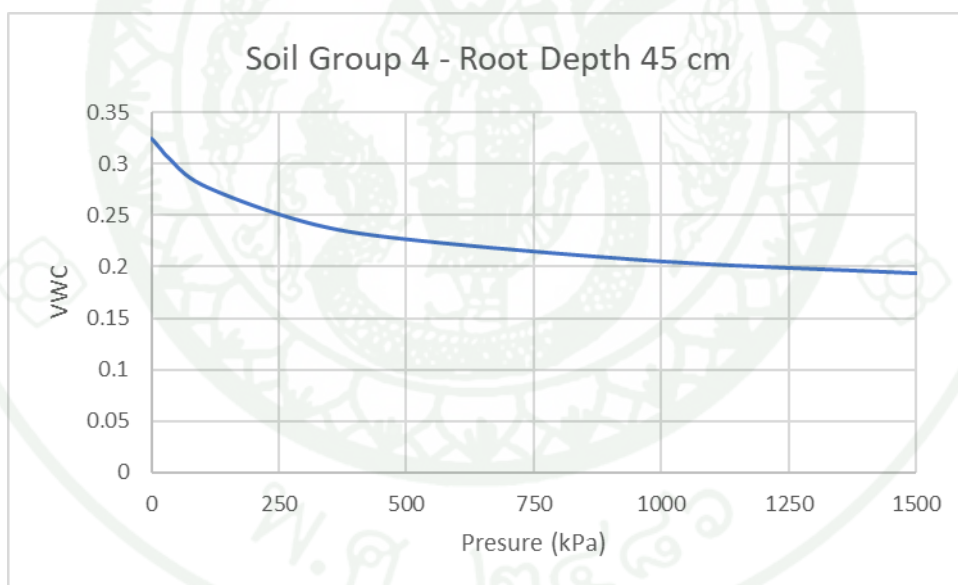
ภาพผนวกที่ ข9 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงดึงและความชื้นกลุ่มชุดดินที่ 3 ที่ความลึกระดับ 45 cm



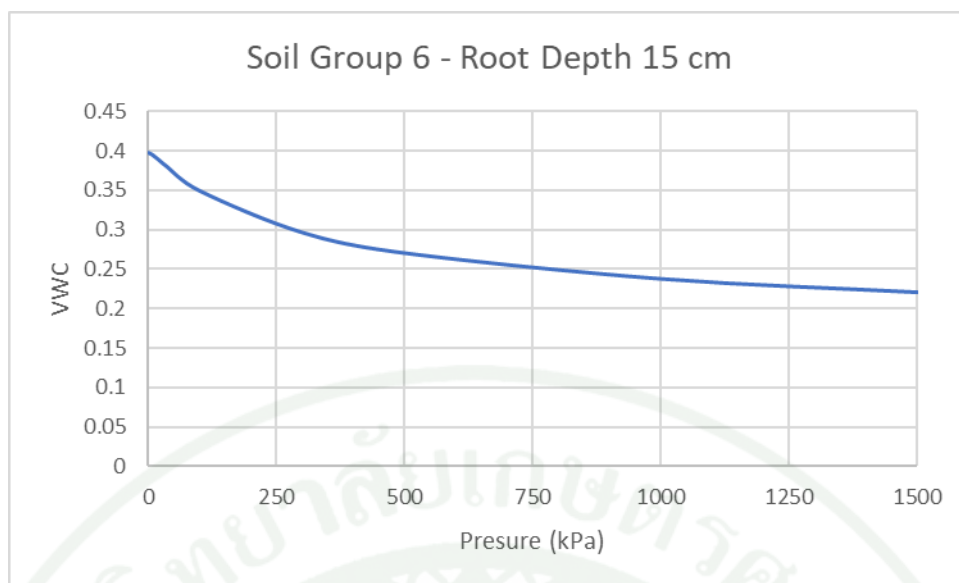
ภาพผนวกที่ ข10 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงดึงและความชื้นกลุ่มชุดดินที่ 4 ที่ความลึกระดับ 15 cm



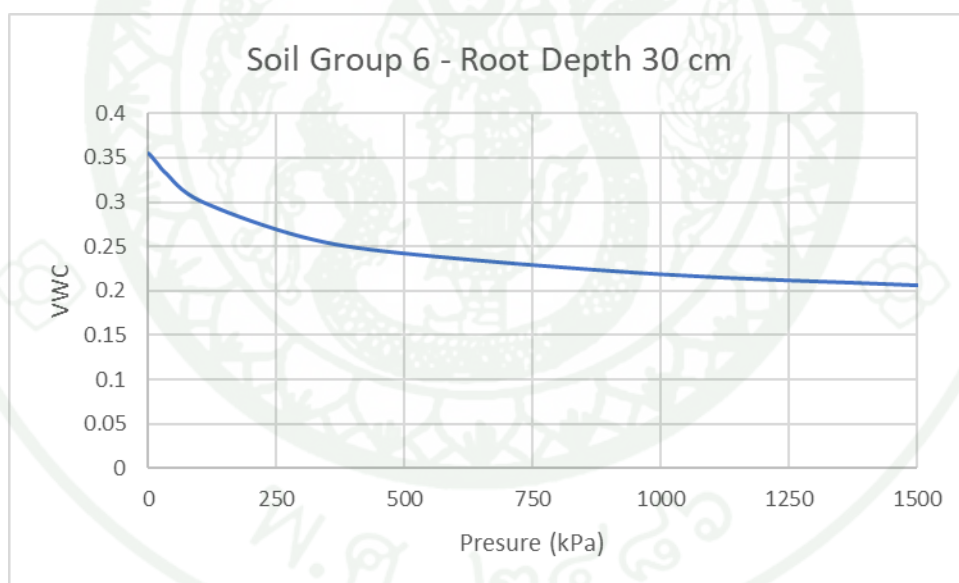
ภาพผนวกที่ ข11 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงดึงและความชื้นกลุ่มชุดดินที่ 4 ที่ความลึกระดับ 30 cm



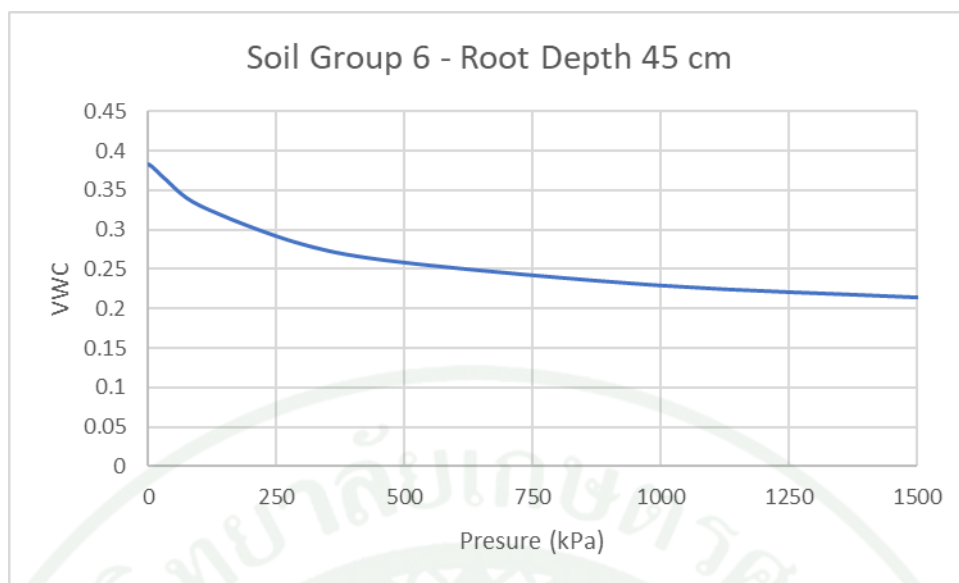
ภาพผนวกที่ ข12 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงดึงและความชื้นกลุ่มชุดดินที่ 4 ที่ความลึกระดับ 45 cm



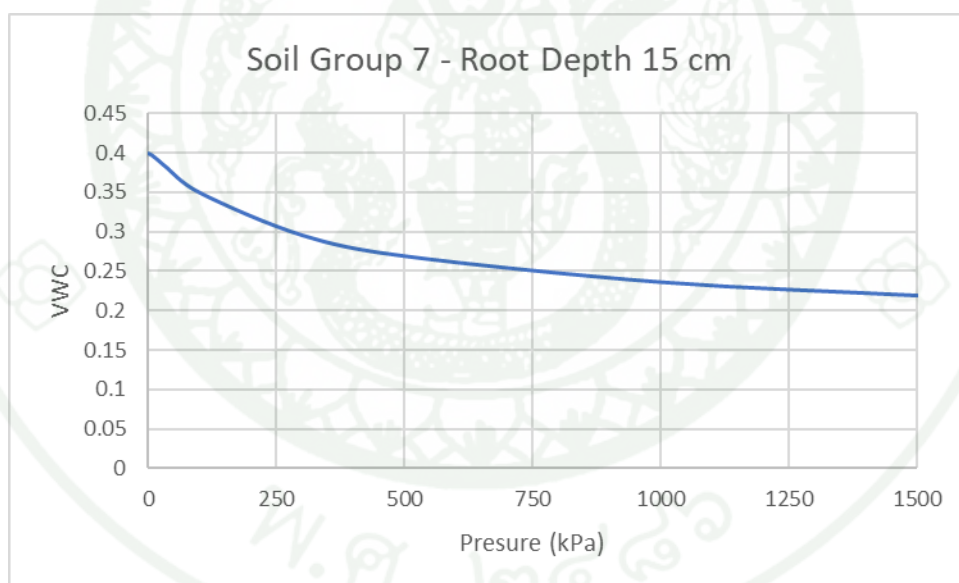
ภาพผนวกที่ ข13 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงดึงและความชื้นกลุ่มชุดดินที่ 6 ที่ความลึกระดับ 15 cm



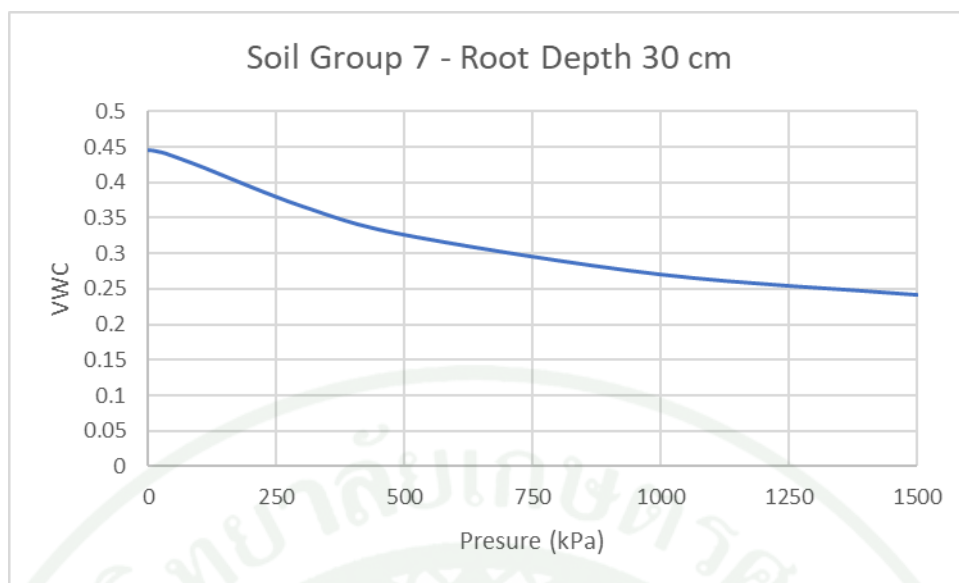
ภาพผนวกที่ ข14 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงดึงและความชื้นกลุ่มชุดดินที่ 6 ที่ความลึกระดับ 30 cm



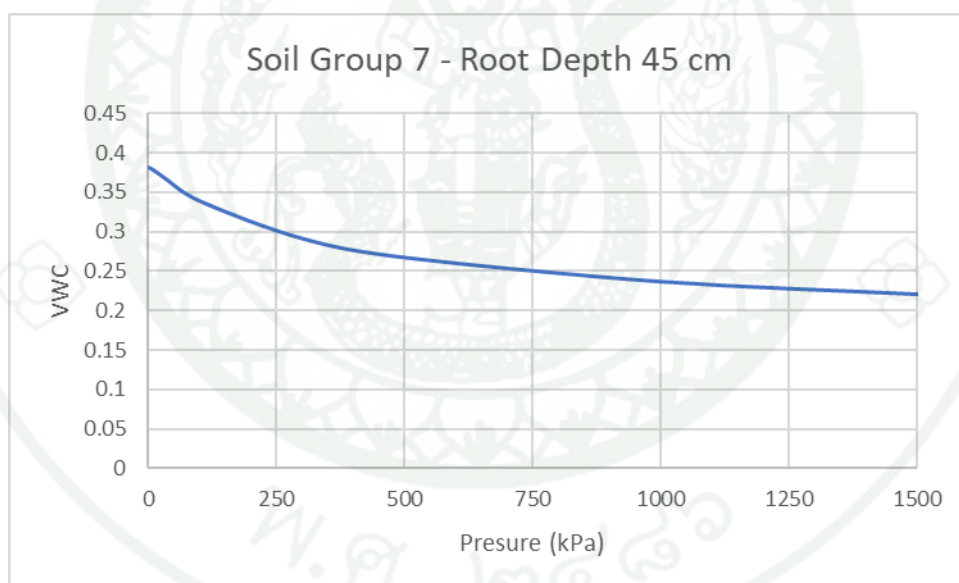
ภาพผนวกที่ ข15 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงดึงและความชื้นกลุ่มชุดดินที่ 6 ที่ความลึกระดับ 45 cm



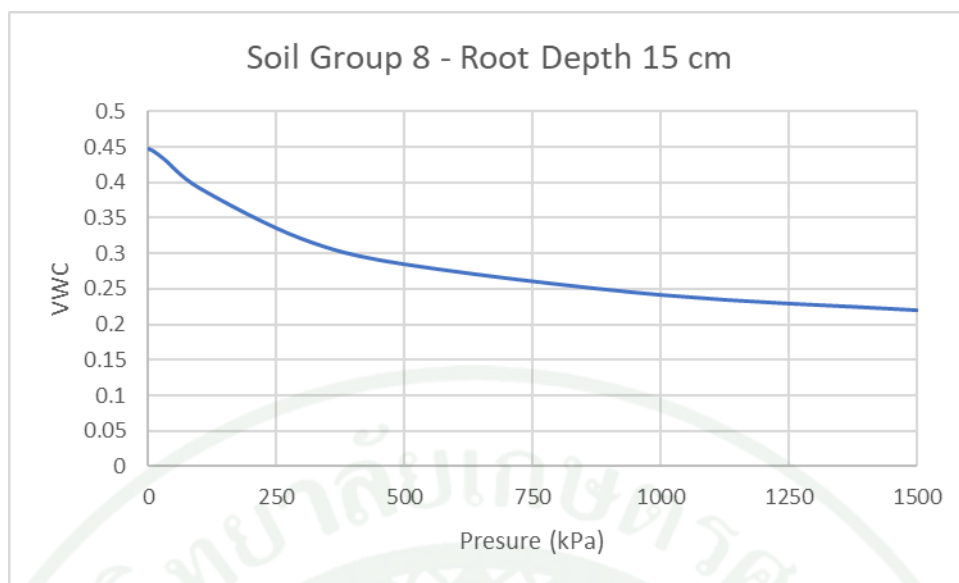
ภาพผนวกที่ ข16 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงดึงและความชื้นกลุ่มชุดดินที่ 7 ที่ความลึกระดับ 15 cm



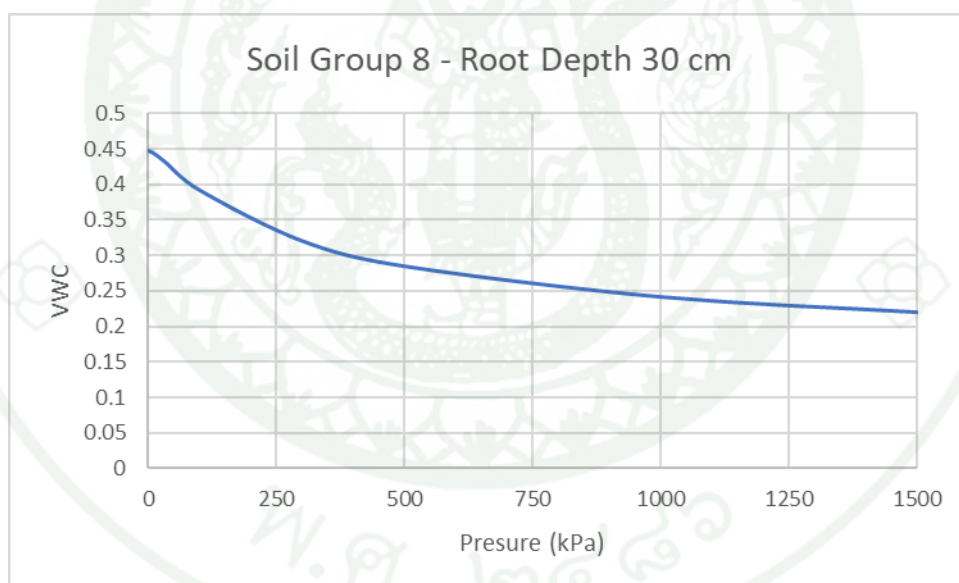
ภาพผนวกที่ ข17 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงดึงและความชื้นกลุ่มชุดดินที่ 7 ที่ความลึกระดับ 30 cm



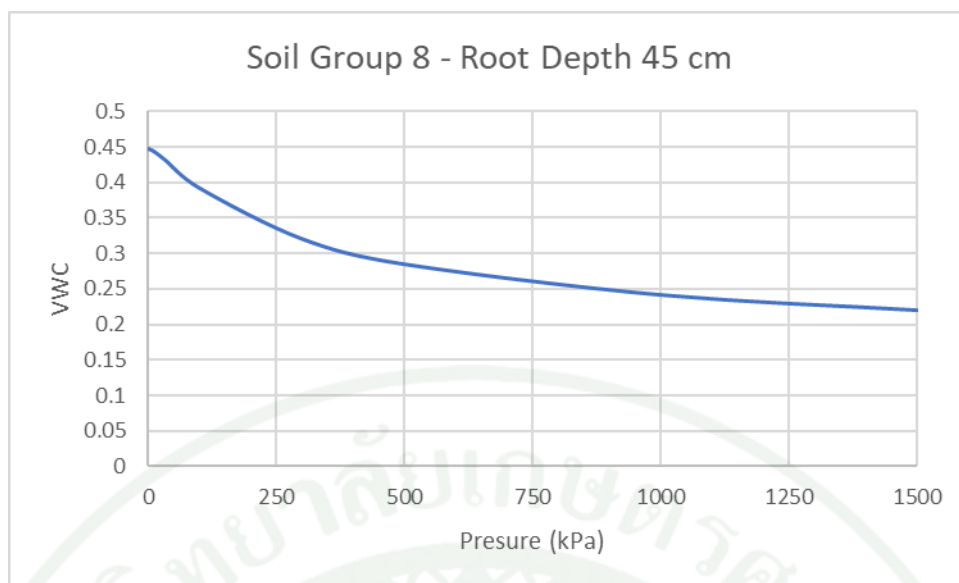
ภาพผนวกที่ ข18 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงดึงและความชื้นกลุ่มชุดดินที่ 7 ที่ความลึกระดับ 45 cm



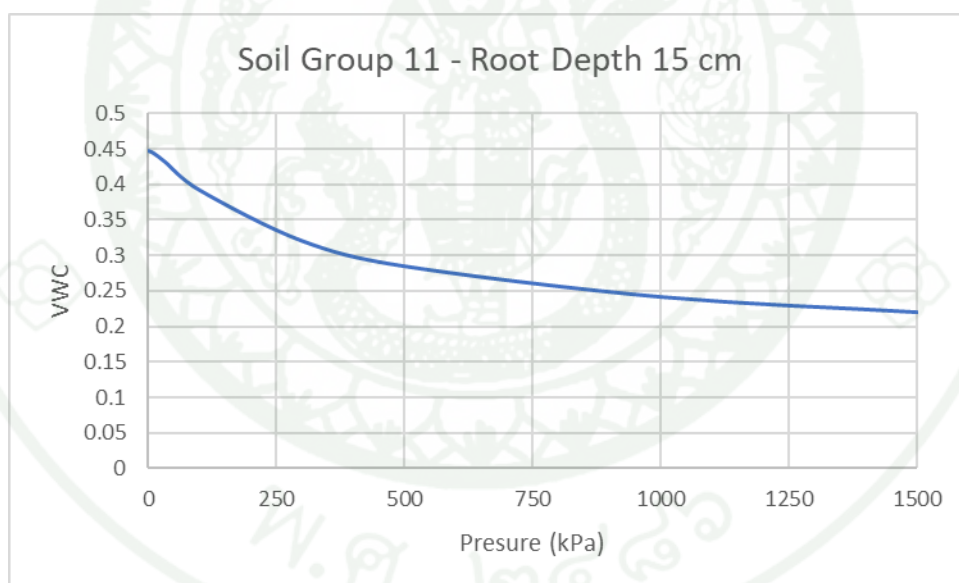
ภาพผนวกที่ ข19 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงดึงและความชื้นกลุ่มชุดดินที่ 8 ที่ความลึกระดับ 15 cm



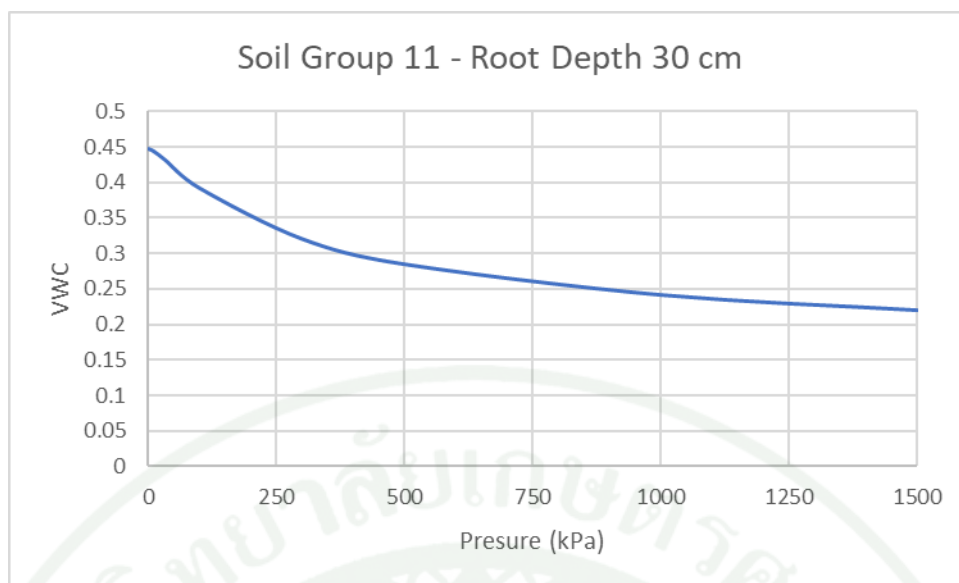
ภาพผนวกที่ ข20 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงดึงและความชื้นกลุ่มชุดดินที่ 8 ที่ความลึกระดับ 30 cm



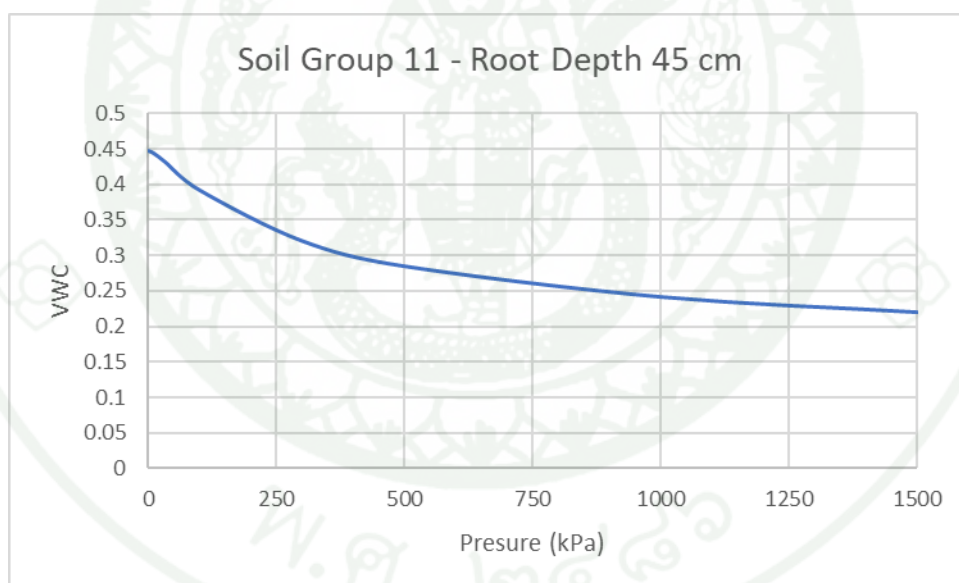
ภาพผนวกที่ ข21 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงดึงและความชื้นกลุ่มชุดดินที่ 8 ที่ความลึกระดับ 45 cm



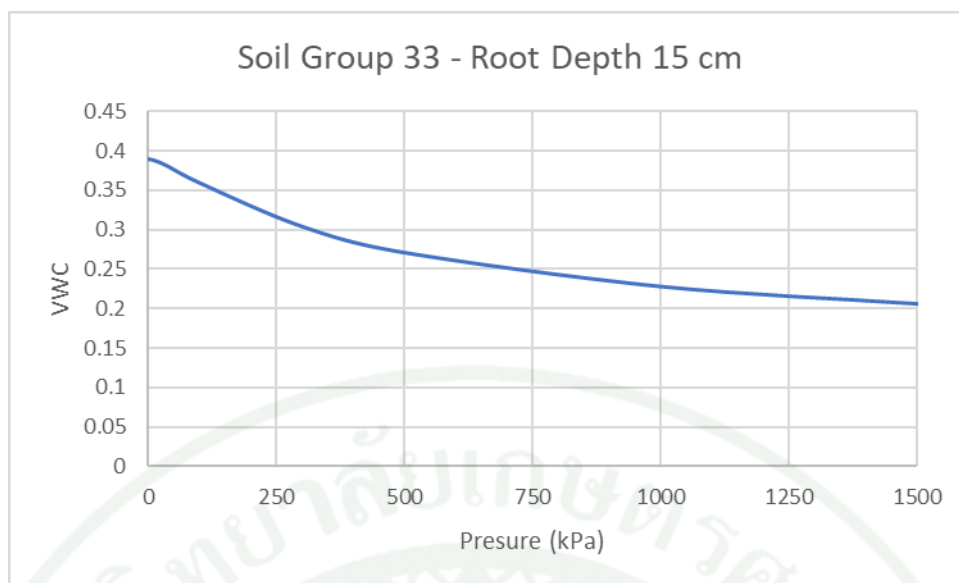
ภาพผนวกที่ ข22 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงดึงและความชื้นกลุ่มชุดดินที่ 11 ที่ความลึกระดับ 15 cm



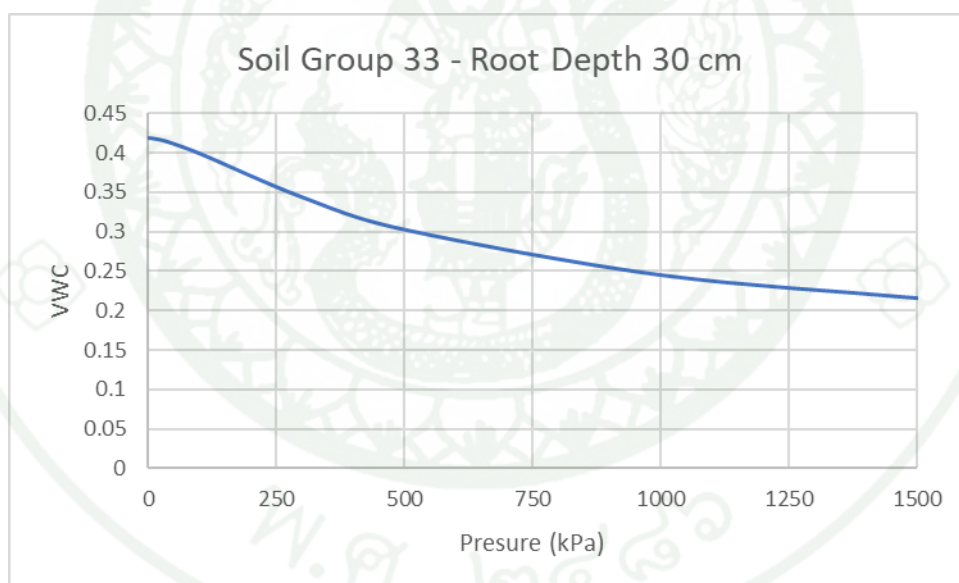
ภาพผนวกที่ ข23 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงดึงและความชื้นกลุ่มชุดดินที่ 11 ที่ความลึกระดับ 30 cm



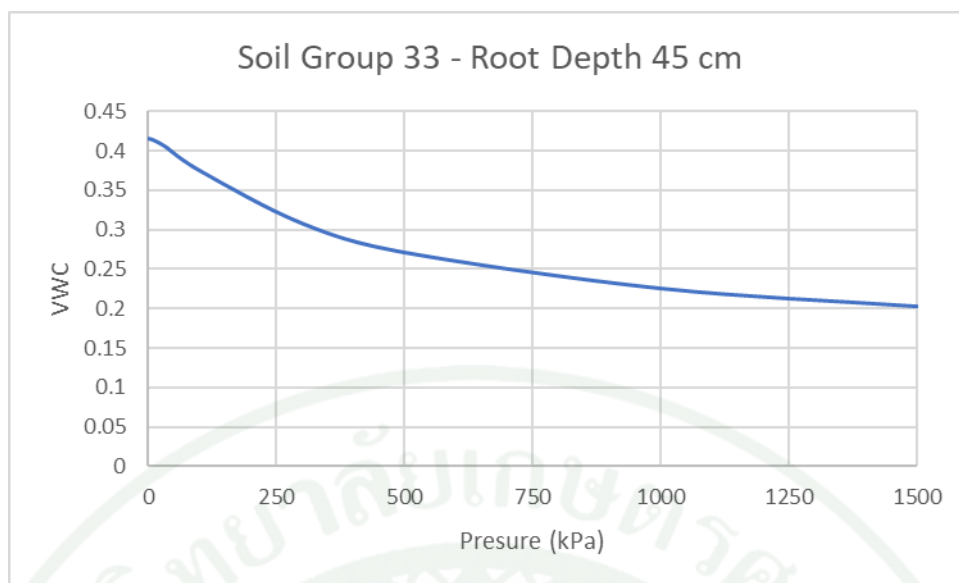
ภาพผนวกที่ ข24 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงดึงและความชื้นกลุ่มชุดดินที่ 11 ที่ความลึกระดับ 45 cm



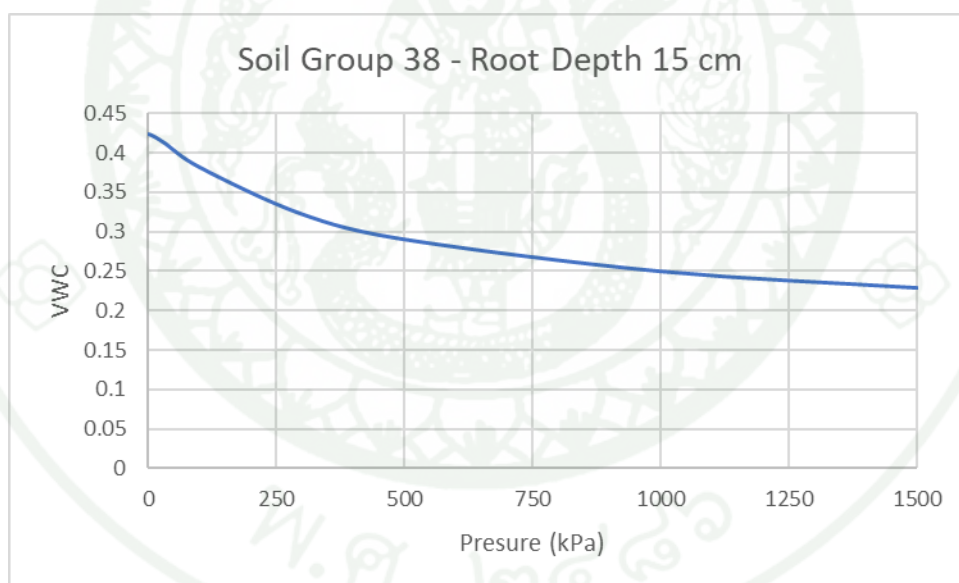
ภาพผนวกที่ ข25 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงดึงและความชื้นกลุ่มชุดดินที่ 33 ที่ความลึกระดับ 15 cm



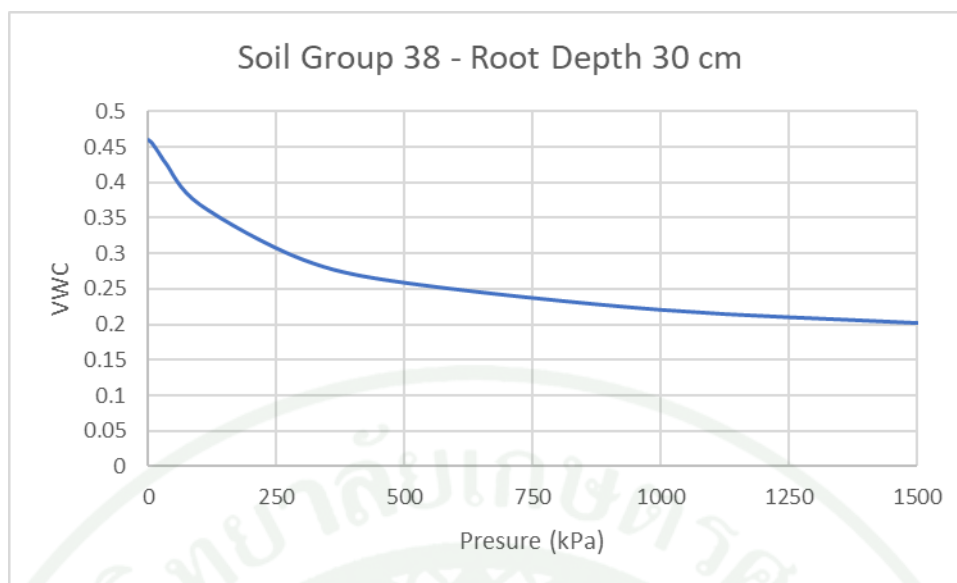
ภาพผนวกที่ ข26 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงดึงและความชื้นกลุ่มชุดดินที่ 33 ที่ความลึกระดับ 30 cm



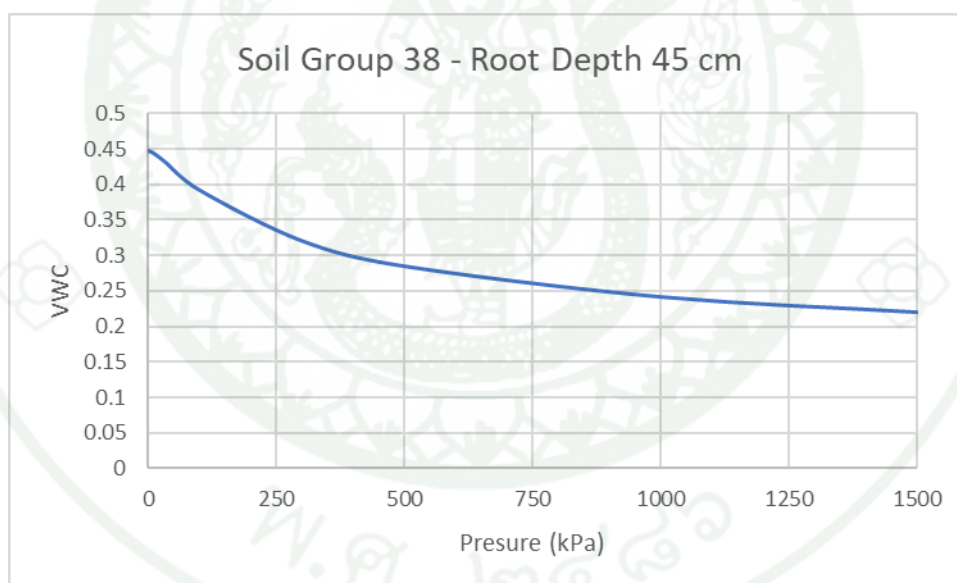
ภาพผนวกที่ ข27 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงดึงและความชื้นกลุ่มชุดดินที่ 33 ที่ความลึกระดับ 45 cm



ภาพผนวกที่ ข28 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงดึงและความชื้นกลุ่มชุดดินที่ 38 ที่ความลึกระดับ 15 cm



ภาพผนวกที่ ข29 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงดึงและความชื้นกลุ่มชุดดินที่ 38 ที่ความลึกระดับ 30 cm



ภาพผนวกที่ ข30 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงดึงและความชื้นกลุ่มชุดดินที่ 38 ที่ความลึกระดับ 45 cm



577785291

ku Theslis 6124500418 thesis / rev: 29062563 11:28:00 / seq: 50



ภาคผนวก ค

ฐานข้อมูลกลุ่มชุดดินซึ่งเป็นตัวแทนในระดับตำบลที่แนะนำแก่ผู้ใช้งาน

ตารางผนวกที่ ๑๑ ข้อมูลชุดคินตัวแทนแต่ละตำบลในพื้นที่ชลประทานแม่กลองใหญ่

จังหวัด	อำเภอ	ตำบล	กลุ่มชุดคินในพื้นที่ (ไร่)										กลุ่มชุดคิน ตัวแทน
			1	2	3	4	6	7	8	11	33	38	
กาญจนบุรี	กิ่ง อ.ห้วยกระเจา	ดอนเสลบล	0	0	0	0	0	244	0	0	4,497	0	33
กาญจนบุรี	กิ่ง อ.ห้วยกระเจา	สระลงเรือ	0	0	0	0	0	1,602	0	0	693	0	7
กาญจนบุรี	ท่าม่วง	เขาน้อย	0	0	0	111	0	11	0	0	186	0	33
กาญจนบุรี	ท่าม่วง	ท่าตะคร้อ	0	0	0	5,194	0	103	0	0	6,535	0	33
กาญจนบุรี	ท่าม่วง	ท่าม่วง	0	0	0	0	0	0	0	0	25	0	33
กาญจนบุรี	ท่าม่วง	ท่าล้อ	0	0	0	0	0	0	0	0	235	0	33
กาญจนบุรี	ท่าม่วง	ทุ่งทอง	0	0	0	412	0	2,328	0	0	14,313	0	33
กาญจนบุรี	ท่าม่วง	พังครุ	0	6,737	0	4,055	2,077	3,123	0	0	22,252	8,898	33
กาญจนบุรี	ท่าม่วง	ม่วงชุม	0	0	0	3,341	838	1,490	0	0	1,567	0	4
กาญจนบุรี	ท่าม่วง	วังขนาย	0	0	0	159	0	0	0	0	2,060	0	33
กาญจนบุรี	ท่าม่วง	วังศาลา	0	0	0	2,701	0	0	0	0	5,375	0	33
กาญจนบุรี	ท่าม่วง	หนองขาว	0	0	0	0	0	3,801	0	0	11	0	7
กาญจนบุรี	ท่ามะกา	เขาสมลิบทาบ	0	0	0	329	0	4,285	0	0	0	0	7
กาญจนบุรี	ท่ามะกา	โคกคบอง	0	0	0	0	6,942	6,709	0	0	0	0	6
กาญจนบุรี	ท่ามะกา	ดอนขมิ้น	0	0	0	3,649	0	0	0	0	987	916	4
กาญจนบุรี	ท่ามะกา	ดอนชะอ้อม	0	0	0	2,841	0	0	0	0	17,671	0	33
กาญจนบุรี	ท่ามะกา	ตะคร้อเอน	0	0	0	9,504	0	0	0	0	23,124	0	33
กาญจนบุรี	ท่ามะกา	ท่ามะกา	0	0	0	3,694	0	0	0	0	7,595	0	33
กาญจนบุรี	ท่ามะกา	ท่าเรือ	0	0	0	219	0	0	0	0	1,124	0	33
กาญจนบุรี	ท่ามะกา	ท่าเสา	0	0	556	4,048	572	2,743	0	0	0	27	4
กาญจนบุรี	ท่ามะกา	พงศึก	0	0	0	2,714	237	5,037	0	0	84	0	7
กาญจนบุรี	ท่ามะกา	พระแท่น	0	0	0	7,263	0	227	0	0	5,455	0	4
กาญจนบุรี	ท่ามะกา	ยางม่วง	0	0	0	8,221	0	0	0	0	5,679	0	4
กาญจนบุรี	ท่ามะกา	สนามเช้า	0	0	0	3,606	0	0	0	0	10,627	0	33
กาญจนบุรี	ท่ามะกา	แสนคอ	0	0	0	6,093	0	728	0	0	5,418	0	4
กาญจนบุรี	ท่ามะกา	หนองลาน	0	0	0	2,602	0	1,416	0	0	15,571	0	33
กาญจนบุรี	ท่ามะกา	ห้วยเหนียว	0	0	0	6,844	0	974	0	0	167	0	4
กาญจนบุรี	ท่ามะกา	อุโลกสีห์มัน	0	0	0	2,405	0	564	0	0	27,629	0	33



577785291 KU Thesisis 6124500418 thesisis / recv: 29062563 11:28:00 / seq: 50

ตารางผนวกที่ ๑๒ ข้อมูลชุดคินตัวแทนแต่ละตำบลในพื้นที่ชลประทานแม่กลองใหญ่ (ต่อ)

จังหวัด	อำเภอ	ตำบล	กลุ่มชุดคินในพื้นที่ (ไร่)										กลุ่มชุดคิน ตัวแทน
			1	2	3	4	6	7	8	11	33	38	
กาญจนบุรี	พนมทวน	คอนเจดีย์	0	0	0	0	0	12,794	0	0	23,032	0	33
กาญจนบุรี	พนมทวน	ทุ่งสมอ	0	0	0	0	0	6,563	0	0	0	0	7
กาญจนบุรี	พนมทวน	พนมทวน	0	2,185	0	201	6,557	8,320	0	0	1,153	0	7
กาญจนบุรี	พนมทวน	รางหวาย	0	0	0	6,851	0	1,302	0	0	19,007	0	33
กาญจนบุรี	พนมทวน	หนองโรง	0	0	0	0	0	94	0	0	0	0	7
นครปฐม	กำแพงแสน	กระดืบ	0	0	0	0	0	0	0	0	14,366	1,821	33
นครปฐม	กำแพงแสน	คอนข่อย	731	6,625	0	3,202	0	0	0	2,238	4,793	0	2
นครปฐม	กำแพงแสน	ทุ่งกระพังโหม	0	531	0	6,777	0	0	0	0	20,179	0	33
นครปฐม	กำแพงแสน	ทุ่งขวาง	0	0	0	4,645	0	0	0	0	11,702	0	33
นครปฐม	กำแพงแสน	ทุ่งบัว	0	0	0	3,822	0	2,326	0	0	20,069	0	33
นครปฐม	กำแพงแสน	ทุ่งลูกนก	0	0	0	11,760	0	2,396	0	0	33,696	0	33
นครปฐม	กำแพงแสน	สะพานนา	0	13	0	4,031	0	0	0	3,244	7,962	0	33
นครปฐม	กำแพงแสน	สระสีม	146	8,355	0	5,424	0	0	0	3,548	16,202	0	33
นครปฐม	กำแพงแสน	ห้วยขวาง	0	0	392	3,555	0	0	0	0	16,604	0	33
นครปฐม	กำแพงแสน	ห้วยหมอนทอง	0	0	0	5,917	0	0	0	0	17,353	0	33
นครปฐม	ดอนตูม	ดอนพุทรา	2,165	3,637	2,264	2,091	0	0	722	0	2,740	0	2
นครปฐม	ดอนตูม	ดอนรวก	1,165	0	0	3,359	0	0	0	0	1,517	0	4
นครปฐม	ดอนตูม	บ้านหลวง	3,525	372	647	1,895	0	0	48	0	1,676	0	1
นครปฐม	ดอนตูม	ลำลูกบัว	767	8,623	0	234	0	0	0	38	1,048	0	2
นครปฐม	ดอนตูม	ลำเหย	0	3,285	1,391	1,872	0	0	0	0	7,446	0	33
นครปฐม	ดอนตูม	สามง่าม	0	6,202	397	1,552	0	0	0	0	6,244	1,548	33
นครปฐม	ดอนตูม	ห้วยด้วน	2,209	803	0	1,418	0	0	0	0	2,516	0	33
นครปฐม	ดอนตูม	ห้วยพระ	0	2,366	1,860	404	0	0	0	0	8,060	0	33
นครปฐม	นครชัยศรี	ขุนแก้ว	79	0	0	0	0	0	4,081	0	0	0	8
นครปฐม	นครชัยศรี	โลกพระเจดีย์	554	0	719	0	0	0	11,855	0	0	0	8
นครปฐม	นครชัยศรี	จิวราย	0	0	0	0	0	0	51	0	0	0	8
นครปฐม	นครชัยศรี	คอนแฝก	756	0	0	0	0	0	1,291	0	0	0	8
นครปฐม	นครชัยศรี	ท่ากระชับ	1,762	0	840	201	0	0	1,934	0	0	0	8
นครปฐม	นครชัยศรี	ท่าค้ำหนัก	1,500	0	1,390	1,338	0	0	1,973	0	0	0	8
นครปฐม	นครชัยศรี	ท่าพระยา	107	0	0	2,819	0	0	0	0	346	0	4

ตารางผนวกที่ ๓ ข้อมูลชุดดินตัวแทนแต่ละตำบลในพื้นที่ชลประทานแม่กลองใหญ่ (ต่อ)

จังหวัด	อำเภอ	ตำบล	กลุ่มชุดดินในพื้นที่ (ไร่)										กลุ่มชุดดิน ตัวแทน
			1	2	3	4	6	7	8	11	33	38	
นครปฐม	นครชัยศรี	ไทยवास	0	0	0	0	0	0	645	0	0	0	8
นครปฐม	นครชัยศรี	นครชัยศรี	431	0	12	0	0	0	640	0	0	0	8
นครปฐม	นครชัยศรี	บางกระเบา	218	0	578	0	0	0	662	0	0	0	8
นครปฐม	นครชัยศรี	บางแก้ว	1,450	0	680	410	0	0	2,266	0	0	0	8
นครปฐม	นครชัยศรี	บางแก้วฟ้า	0	689	8	0	0	0	1,275	0	72	0	8
นครปฐม	นครชัยศรี	บางพระ	0	3,343	380	0	0	0	1,289	0	293	0	2
นครปฐม	นครชัยศรี	พะเนียด	0	0	0	2,768	0	0	0	0	1,021	0	4
นครปฐม	นครชัยศรี	ลานตากฟ้า	0	0	0	0	0	0	51	0	0	0	8
นครปฐม	นครชัยศรี	วัดแก	961	0	0	116	0	0	348	0	0	0	1
นครปฐม	นครชัยศรี	วัดละมุด	2,918	3,607	534	1,009	0	0	2,115	0	783	0	2
นครปฐม	นครชัยศรี	วัดสำโรง	2,801	0	0	0	0	0	1,761	0	0	0	1
นครปฐม	นครชัยศรี	ศรีมหาโพธิ์	3,827	446	481	1,696	0	0	0	0	891	0	1
นครปฐม	นครชัยศรี	ศรีษะทอง	3,101	1	0	3,353	0	0	351	0	793	0	4
นครปฐม	นครชัยศรี	สัมปทาน	4,467	0	0	0	0	0	1,184	0	0	0	1
นครปฐม	นครชัยศรี	ห้วยพลู	0	0	0	0	0	0	1,046	0	0	0	8
นครปฐม	นครชัยศรี	แหลมบัว	6,804	2,092	281	2,765	0	0	623	0	2,103	0	1
นครปฐม	บางเลน	คลองนกกระทุง	0	335	0	0	0	0	1,189	0	0	0	8
นครปฐม	บางเลน	คอนดุม	7,721	6,111	0	0	0	0	0	698	1,457	0	1
นครปฐม	บางเลน	ไทรงาม	3,448	438	0	0	0	0	0	0	0	0	1
นครปฐม	บางเลน	บางไทรป่า	9,785	2,195	0	0	0	0	0	347	0	0	1
นครปฐม	บางเลน	บางปลา	5,673	4,051	3,401	0	0	0	5,800	0	0	0	8
นครปฐม	บางเลน	บางระกำ	1,192	3,510	4,046	1,855	0	0	4,070	0	0	0	8
นครปฐม	บางเลน	บางหลวง	4,663	1,541	0	0	0	0	0	29,880	394	0	11
นครปฐม	บางเลน	ไผ่หูช้าง	3,030	11,560	0	0	0	0	0	4,575	0	0	2
นครปฐม	บางเลน	ลำพญา	0	23	0	0	0	0	2,530	0	0	0	8
นครปฐม	บางเลน	หินมูล	6,676	4,801	0	0	0	0	0	68	0	0	1
นครปฐม	เมืองนครปฐม	เขตเทศบาล	0	0	0	0	0	0	0	0	243	0	33
นครปฐม	เมืองนครปฐม	ดอนขยหอม	12,360	5,908	4,333	0	0	0	1,237	4,459	0	0	1
นครปฐม	เมืองนครปฐม	ตาก้อง	0	3	1,370	2,956	0	0	0	0	5,813	0	33
นครปฐม	เมืองนครปฐม	ถนนขาด	54	6,856	1,126	1,652	0	0	0	140	119	0	2

ตารางผนวกที่ 4 ข้อมูลชุดคินตัวแทนแต่ละตำบลในพื้นที่ชลประทานแม่กลองใหญ่ (ต่อ)

จังหวัด	อำเภอ	ตำบล	กลุ่มชุดคินในพื้นที่ (ไร่)										กลุ่มชุดคิน ตัวแทน
			1	2	3	4	6	7	8	11	33	38	
นครปฐม	เมืองนครปฐม	ทัพหลวง	0	0	1,154	1,924	0	0	0	0	11,842	0	33
นครปฐม	เมืองนครปฐม	ทุ่งน้อย	0	0	0	3,783	0	0	0	0	2,827	0	4
นครปฐม	เมืองนครปฐม	ธรรมศาลา	0	531	0	1,239	0	0	0	0	1,869	0	33
นครปฐม	เมืองนครปฐม	นครปฐม	0	0	349	1,129	0	687	0	0	3,696	0	33
นครปฐม	เมืองนครปฐม	บ่อพลับ	0	0	0	447	0	0	0	0	1,457	0	33
นครปฐม	เมืองนครปฐม	บางแอม	0	1,329	0	3,703	0	0	0	6,106	559	0	11
นครปฐม	เมืองนครปฐม	บ้านยาง	0	0	0	5,715	0	0	0	0	12,147	1,243	33
นครปฐม	เมืองนครปฐม	พระประโทน	0	663	0	314	0	0	0	0	1,270	0	33
นครปฐม	เมืองนครปฐม	โพรงมะเดื่อ	0	374	0	9,068	0	0	0	0	9,699	0	33
นครปฐม	เมืองนครปฐม	มาบแค	0	336	1,238	3,479	0	0	0	0	4,949	0	33
นครปฐม	เมืองนครปฐม	ลำพญา	0	87	0	1,265	0	0	0	0	2,237	0	33
นครปฐม	เมืองนครปฐม	วังตะกู	0	0	0	1,317	0	0	0	0	3,248	0	33
นครปฐม	เมืองนครปฐม	สนามจันทร์	0	68	0	3,813	0	0	0	0	621	0	4
นครปฐม	เมืองนครปฐม	สระกระเทียม	1,046	11,375	0	4,419	0	0	0	119	0	1,167	2
นครปฐม	เมืองนครปฐม	สวนป่าน	0	1,377	0	1,227	0	0	0	0	0	2,697	38
นครปฐม	เมืองนครปฐม	สามคาบเขือก	0	1,200	0	2,619	0	0	0	0	2,420	0	4
นครปฐม	เมืองนครปฐม	หนองงูเห่า	0	0	0	966	0	0	0	0	17,062	0	33
นครปฐม	เมืองนครปฐม	หนองดินแดง	0	2,812	0	4,913	0	0	0	0	0	0	4
นครปฐม	เมืองนครปฐม	หนองปากโลง	0	0	0	3,515	0	0	0	0	5,177	0	33
นครปฐม	เมืองนครปฐม	ห้วยจรเข้ม	0	16	0	1,279	0	0	0	0	883	0	4
นครปฐม	สามพราน	คลองจินดา	0	0	0	0	0	0	12,066	0	0	0	8
นครปฐม	สามพราน	ทรงคนอง	0	0	0	0	0	0	3,103	0	0	0	8
นครปฐม	สามพราน	ท่าข้าม	0	0	0	0	0	0	17	0	0	0	8
นครปฐม	สามพราน	ท่าตลาด	21	0	0	0	0	0	3,909	0	0	0	8
นครปฐม	สามพราน	บางกระทีก	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	8
นครปฐม	สามพราน	บางเดย	0	0	0	0	0	0	1,330	0	0	0	8
นครปฐม	สามพราน	บ้านใหม่	679	0	0	3,098	3,658	37	4,269	0	3,346	0	8
นครปฐม	สามพราน	ยายชา	0	0	0	0	0	0	1,222	0	0	0	8
นครปฐม	สามพราน	ไร่ขิง	0	0	0	0	0	0	1,170	0	0	0	8
นครปฐม	สามพราน	สามพราน	0	0	0	0	0	0	1,703	0	0	0	8

577785291

KU_Thesis 6124500418 thesis / rev: 29062563 11:28:00 / seq: 50

ตารางผนวกที่ ๓ ข้อมูลชุดคินตัวแทนแต่ละตำบลในพื้นที่ชลประทานแม่กลองใหญ่ (ต่อ)

จังหวัด	อำเภอ	ตำบล	กลุ่มชุดคินในพื้นที่ (ไร่)										กลุ่มชุดคิน ตัวแทน	
			1	2	3	4	6	7	8	11	33	38		
นครปฐม	สามพราน	หอมเกร็ด	894	0	0	0	0	0	0	3,546	0	0	0	8
เพชรบุรี	เขาย้อย	เขาย้อยเขต ศ.	0	0	4,597	0	10	0	0	0	1,416	0	3	
เพชรบุรี	เขาย้อย	ทับคาบ	0	0	5,115	0	598	0	0	0	923	0	3	
เพชรบุรี	เขาย้อย	บางเค็มเขต ศ.	0	0	2,863	0	0	496	0	0	0	0	3	
เพชรบุรี	เขาย้อย	สระพัง	0	0	5,124	0	0	0	0	64	119	0	3	
เพชรบุรี	เขาย้อย	หนองชุมพล	7	0	0	0	21	1,690	0	0	0	0	7	
เพชรบุรี	เขาย้อย	หนองชุมพลเหนือ	176	0	0	0	3,884	3,484	0	0	0	0	6	
เพชรบุรี	เขาย้อย	หนองปรัง	0	0	3,743	0	2,947	0	0	0	0	0	3	
เพชรบุรี	เขาย้อย	หนองปลาไหล	0	0	6,273	0	0	0	0	0	119	0	3	
เพชรบุรี	เขาย้อย	หัวท่าช้าง	0	1,260	0	0	1,955	0	0	0	427	0	6	
เพชรบุรี	เขาย้อย	หัวไร่	0	0	5,590	0	0	1,327	0	0	0	0	3	
เพชรบุรี	ท่ายาง	ท่าแลง	0	0	0	0	0	255	0	0	756	0	33	
เพชรบุรี	บ้านลาด	บ้านทาน	0	303	0	0	0	2,699	0	0	0	0	7	
เพชรบุรี	บ้านลาด	ไร่โคก	0	1,221	0	0	1,431	3,299	0	0	0	0	7	
เพชรบุรี	บ้านลาด	สะพานไกร	0	241	0	0	0	197	0	0	0	0	2	
เพชรบุรี	บ้านลาด	หนองกะปุ	0	0	0	0	0	2,676	0	0	0	0	7	
เพชรบุรี	บ้านลาด	หัวข้อง	0	0	0	0	0	2,932	0	0	0	0	7	
เพชรบุรี	บ้านลาด	หัวถลิก	0	0	0	0	0	1,101	0	0	0	0	7	
เพชรบุรี	เมืองเพชรบุรี	คันมะพร้าว	0	805	2,148	0	130	0	0	0	0	0	3	
เพชรบุรี	เมืองเพชรบุรี	บางจาก	0	0	1,923	0	0	0	0	0	142	0	3	
เพชรบุรี	เมืองเพชรบุรี	วังตะโก	0	0	1,467	0	0	0	0	0	363	0	3	
เพชรบุรี	เมืองเพชรบุรี	หัวสะพาน	0	6,449	1,056	0	0	0	0	0	178	0	2	
ราชบุรี	จอมบึง	ปากช่อง	0	0	0	0	0	4,614	0	0	0	0	7	
ราชบุรี	ดำเนินสะดวก	ขุนพิทักษ์	0	0	0	0	0	0	9,926	0	0	0	8	
ราชบุรี	ดำเนินสะดวก	คอนกรวย	1,168	0	1,445	0	0	0	16,435	0	0	0	8	
ราชบุรี	ดำเนินสะดวก	คอนคลัง	1,566	0	5,392	0	0	0	4,548	0	0	0	3	
ราชบุรี	ดำเนินสะดวก	คอนไผ่	0	0	0	0	0	0	11,858	0	0	0	8	
ราชบุรี	ดำเนินสะดวก	ดำเนินสะดวก	0	0	0	0	0	0	5,490	0	0	0	8	
ราชบุรี	ดำเนินสะดวก	คาหลวง	0	0	0	0	0	0	4,434	0	0	0	8	
ราชบุรี	ดำเนินสะดวก	ท่าน้ำค	0	0	0	0	0	0	9,202	0	0	0	8	
ราชบุรี	ดำเนินสะดวก	บัวงาม	2,693	0	3,512	0	0	0	2,443	0	0	0	3	

ตารางผนวกที่ ๑๖ ข้อมูลชุดดินตัวแทนแต่ละตำบลในพื้นที่ชลประทานแม่กลองใหญ่ (ต่อ)

จังหวัด	อำเภอ	ตำบล	กลุ่มชุดดินในพื้นที่ (ไร่)										กลุ่มชุดดิน ตัวแทน
			1	2	3	4	6	7	8	11	33	38	
ราชบุรี	ดำเนินสะดวก	บ้านไร่	0	8,835	802	0	0	0	1,509	0	0	3,404	2
ราชบุรี	ดำเนินสะดวก	ประสาทสิทธิ์	0	0	13	0	0	0	9,193	0	0	0	8
ราชบุรี	ดำเนินสะดวก	แพงพวย	0	6,247	0	0	0	0	18,806	0	0	45	8
ราชบุรี	ดำเนินสะดวก	ศรีสุราษฎร์	0	0	0	0	0	0	4,046	0	0	0	8
ราชบุรี	ดำเนินสะดวก	สีหมัน	0	0	0	0	0	0	6,449	0	0	0	8
ราชบุรี	บางแพ	คอนคา	9,275	598	6,271	0	0	0	1,197	338	0	0	1
ราชบุรี	บางแพ	คอนใหญ่	6,904	3,765	0	0	0	0	0	6,136	0	0	1
ราชบุรี	บางแพ	บางแพ	1,005	18,546	0	6,734	0	0	0	0	0	0	2
ราชบุรี	บางแพ	โพหัก	1,965	0	10,036	0	0	0	1,491	0	0	0	3
ราชบุรี	บางแพ	วังเย็น	942	4,409	0	12,455	0	0	0	1,712	0	176	4
ราชบุรี	บางแพ	วัดแก้ว	204	8,171	6	53	0	0	1,779	0	0	1,862	2
ราชบุรี	บางแพ	หัวโพ	8,235	1,249	0	0	0	0	123	0	0	0	1
ราชบุรี	บ้านโป่ง	กรับใหญ่	0	0	0	3,092	0	0	0	0	19,121	0	33
ราชบุรี	บ้านโป่ง	เขาขลุ่ย	0	0	0	18	14,152	0	0	0	0	0	6
ราชบุรี	บ้านโป่ง	กุ่มพยอม	0	0	0	7,848	1,451	0	0	0	435	1,840	4
ราชบุรี	บ้านโป่ง	ดอนกระเบื้อง	0	0	0	5,141	0	0	0	0	0	5,454	38
ราชบุรี	บ้านโป่ง	ท่าผา	0	0	0	15,399	0	0	0	0	5,480	545	4
ราชบุรี	บ้านโป่ง	นครชุมน์	0	0	0	6,720	0	0	0	0	0	877	4
ราชบุรี	บ้านโป่ง	บ้านโป่ง	0	0	0	111	0	0	0	0	0	349	38
ราชบุรี	บ้านโป่ง	บ้านม่วง	0	0	0	5,787	220	0	0	0	0	952	4
ราชบุรี	บ้านโป่ง	เบิกไพร	0	0	0	4,014	0	0	0	0	675	2,926	4
ราชบุรี	บ้านโป่ง	ปากแรด	0	0	0	5,038	0	0	0	0	0	3,437	4
ราชบุรี	บ้านโป่ง	ลาดบัวขาว	0	0	0	3,912	0	0	0	0	1,014	1,123	4
ราชบุรี	บ้านโป่ง	สวนกล้วย	0	0	0	4,633	0	0	0	0	0	2,109	4
ราชบุรี	บ้านโป่ง	หนองกบ	0	0	0	7,084	0	0	0	0	351	2,909	4
ราชบุรี	บ้านโป่ง	หนองปลาหมอ	0	0	0	2,431	17,937	312	0	0	0	0	6
ราชบุรี	บ้านโป่ง	หนองอ้อ	0	0	0	8,842	0	0	0	0	0	6,834	4
ราชบุรี	ปากท่อ	ดอนทราย	0	7,554	0	545	2,903	7,272	0	0	0	1,394	2
ราชบุรี	ปากท่อ	ทุ่งหลวง	0	0	0	0	99	2,867	0	0	30	0	7

ตารางผนวกที่ ๓7 ข้อมูลชุดดินตัวแทนแต่ละตำบลในพื้นที่ชลประทานแม่กลองใหญ่ (ต่อ)

จังหวัด	อำเภอ	ตำบล	กลุ่มชุดดินในพื้นที่ (ไร่)										กลุ่มชุดดิน ตัวแทน
			1	2	3	4	6	7	8	11	33	38	
ราชบุรี	ปากท่อ	บ่อกระดาน	0	0	2,192	0	2,613	4,658	182	51	674	0	7
ราชบุรี	ปากท่อ	ปากท่อ	0	439	3,795	0	696	5	0	0	0	0	3
ราชบุรี	ปากท่อ	ป่าไถ่	0	957	3,208	0	169	2,525	0	0	0	0	3
ราชบุรี	ปากท่อ	วังมะนาว	0	0	1,802	0	5,688	40	0	0	0	0	6
ราชบุรี	ปากท่อ	วัดยางงาม	0	0	4,041	0	0	0	2,681	0	0	0	3
ราชบุรี	ปากท่อ	วันดาว	0	0	4,641	0	0	0	125	0	0	0	3
ราชบุรี	ปากท่อ	หนองกระทุ่ม	0	0	0	0	1,765	8,472	0	0	0	0	7
ราชบุรี	โพธาราม	เขาชะงุ้ม	0	0	0	0	6,306	1,432	0	0	0	0	6
ราชบุรี	โพธาราม	คลองข่อย	0	0	0	1,051	0	0	0	0	0	1,413	38
ราชบุรี	โพธาราม	คลองคาคด	0	0	0	10,737	0	0	0	0	1,233	551	4
ราชบุรี	โพธาราม	เจ็ดเสมียน	0	901	0	2,422	0	0	0	0	0	2,534	38
ราชบุรี	โพธาราม	ชำแระ	0	0	0	10,350	1,328	0	0	0	0	265	4
ราชบุรี	โพธาราม	เตาปูน	0	0	0	3,504	15,990	247	0	0	0	0	6
ราชบุรี	โพธาราม	ท่าชุมพล	0	744	0	7,802	0	0	0	0	0	2,491	4
ราชบุรี	โพธาราม	ธรรมเสน	0	2,993	0	1,883	4,987	597	0	0	0	0	6
ราชบุรี	โพธาราม	นางแก้ว	0	1,942	0	2,600	3,220	1,024	0	0	0	0	6
ราชบุรี	โพธาราม	บางโคนด	0	4,133	0	3,365	0	0	0	0	0	2,220	2
ราชบุรี	โพธาราม	บ้านฆ้อง	0	6	0	2,228	0	0	0	0	1,117	678	4
ราชบุรี	โพธาราม	บ้านเลือก	0	0	0	9,413	0	0	0	0	129	1,730	4
ราชบุรี	โพธาราม	บ้านสิงห์	0	9,219	0	3,143	0	0	0	0	202	5,015	2
ราชบุรี	โพธาราม	โพธาราม	0	0	0	676	0	0	0	0	62	834	38
ราชบุรี	โพธาราม	สร้อยฟ้า	0	0	0	3,891	0	0	0	0	0	2,085	4
ราชบุรี	โพธาราม	หนองโพ	0	616	0	3,589	0	0	0	0	0	2,094	4
ราชบุรี	เมืองราชบุรี	เกาะพลับพลา	1,209	1,671	0	0	3,009	5,922	0	0	0	0	7
ราชบุรี	เมืองราชบุรี	เขาเรียง	2,417	1,370	0	476	0	3,926	0	0	0	0	7
ราชบุรี	เมืองราชบุรี	คู่งกระดิน	0	5,590	0	0	0	0	6,325	0	0	78	8
ราชบุรี	เมืองราชบุรี	คู่งน้ำวน	0	674	0	0	0	0	5,637	0	0	191	8
ราชบุรี	เมืองราชบุรี	คูบัว	0	6,891	1,995	0	2,051	6,088	0	0	865	0	2
ราชบุรี	เมืองราชบุรี	โคกหม้อ	0	4,842	0	7	0	0	0	0	1,020	160	2
ราชบุรี	เมืองราชบุรี	เจดีย์หัก	0	570	0	0	9,283	2	0	0	0	0	6



577785291

KU Thesisis 6124500418 thesis / revc: 29062563 11:28:00 / seq: 50

ตารางผนวกที่ ๑๘ ข้อมูลชุดดินตัวแทนแต่ละตำบลในพื้นที่ชลประทานแม่กลองใหญ่ (ต่อ)

จังหวัด	อำเภอ	ตำบล	กลุ่มชุดดินในพื้นที่ (ไร่)										กลุ่มชุดดิน ตัวแทน
			1	2	3	4	6	7	8	11	33	38	
ราชบุรี	เมืองราชบุรี	ดอนตะโก	0	1,128	0	0	2,180	5,881	0	0	0	0	7
ราชบุรี	เมืองราชบุรี	ดอนแร่	0	0	0	0	852	0	0	0	0	0	6
ราชบุรี	เมืองราชบุรี	ท่าราบ	0	2,439	0	1,998	0	0	0	0	0	1,803	2
ราชบุรี	เมืองราชบุรี	บางป่า	0	2,188	2,027	0	0	0	6,225	0	0	1,317	8
ราชบุรี	เมืองราชบุรี	พงสาว	0	3,801	0	0	0	0	0	0	254	2,773	2
ราชบุรี	เมืองราชบุรี	พิศุลทอง	151	4,978	926	0	0	0	0	0	0	1,260	2
ราชบุรี	เมืองราชบุรี	สามเรือน	1,697	8,431	0	0	0	0	0	0	0	1,034	2
ราชบุรี	เมืองราชบุรี	หนองกลางนา	413	2,023	0	0	0	0	0	0	0	2,444	38
ราชบุรี	เมืองราชบุรี	หน้าเมือง	0	534	0	0	3,582	0	0	0	0	742	6
ราชบุรี	เมืองราชบุรี	หลุมดิน	0	3,247	0	0	1,570	0	0	0	82	1,264	2
ราชบุรี	เมืองราชบุรี	ห้วยไผ่	0	0	0	0	1,625	272	0	0	0	0	6
ราชบุรี	เมืองราชบุรี	หินกอง	0	0	0	0	3,991	12	0	0	0	0	6
ราชบุรี	เมืองราชบุรี	อ่างทอง	0	0	0	0	20	5,106	0	0	1,341	0	7
ราชบุรี	วัดเพลง	เกาะศาลพระ	0	303	4,304	0	0	0	4,936	0	0	20	8
ราชบุรี	วัดเพลง	จอมประทัด	0	0	3,050	0	0	0	4,099	0	0	0	8
ราชบุรี	วัดเพลง	วัดเพลง	0	0	1,320	0	0	0	6,850	0	0	0	8
สมุทรสงคราม	บางคนที	กระดิงงา	0	0	0	0	0	0	1,867	0	0	0	8
สมุทรสงคราม	บางคนที	จอมปลวก	0	0	0	0	0	0	2,817	0	0	0	8
สมุทรสงคราม	บางคนที	ดอนมะโนรา	0	0	0	0	0	0	5,243	0	0	0	8
สมุทรสงคราม	บางคนที	บางกุ้ง	0	0	0	0	0	0	1,619	0	0	0	8
สมุทรสงคราม	บางคนที	บางนกแขวก	0	0	0	0	0	0	1,733	0	0	0	8
สมุทรสงคราม	บางคนที	บางอีรังค์	0	0	0	0	0	0	4,889	0	0	0	8
สมุทรสงคราม	บางคนที	บางสะแก	0	0	0	0	0	0	3,449	0	0	0	8
สมุทรสงคราม	บางคนที	บ้านบางคนที	0	0	0	0	0	0	2,975	0	0	0	8
สมุทรสงคราม	บางคนที	บ้านปราโมทย์	0	0	0	0	0	0	3,218	0	0	0	8
สมุทรสงคราม	บางคนที	ชายแพะ	0	0	0	0	0	0	1,797	0	0	0	8
สมุทรสงคราม	บางคนที	โรงหีบ	0	0	0	0	0	0	2,449	0	0	0	8
สมุทรสงคราม	เมืองสมุทรสงคราม	นางตะเคียน	0	0	0	0	0	0	802	0	0	0	8
สมุทรสงคราม	อัมพวา	แควอ้อม	0	0	0	0	0	0	3,054	0	0	0	8
สมุทรสงคราม	อัมพวา	ท่าลา	0	0	0	0	0	0	2,696	0	0	0	8



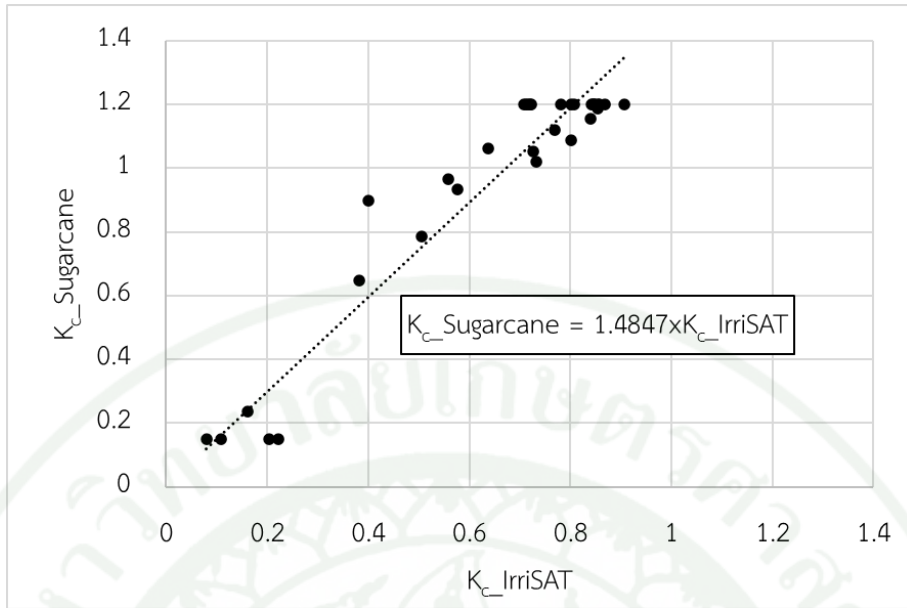
ตารางผนวกที่ ๑๑ ข้อมูลชุดดินตัวแทนแต่ละตำบลในพื้นที่ชลประทานแม่กลองใหญ่ (ต่อ)

จังหวัด	อำเภอ	ตำบล	กลุ่มชุดดินในพื้นที่ (ไร่)										กลุ่มชุดดิน ตัวแทน
			1	2	3	4	6	7	8	11	33	38	
สมุทรสงคราม	อัมพวา	บางช้าง	729	0	0	0	0	0	17,632	0	0	0	8
สมุทรสงคราม	อัมพวา	บางนางลี่	0	0	0	0	0	0	5,223	0	0	0	8
สมุทรสงคราม	อัมพวา	ปลายโพรง	0	0	0	0	0	0	7,511	0	0	0	8
สมุทรสงคราม	อัมพวา	แพรกหนามแดง	0	0	7,027	0	0	0	3,747	0	0	0	3
สมุทรสงคราม	อัมพวา	ยี่สาร	0	0	619	0	0	0	1,061	0	0	0	8
สมุทรสงคราม	อัมพวา	วัดประดู่	0	0	1,261	0	0	0	8,688	0	0	0	8
สมุทรสงคราม	อัมพวา	สวนหลวง	0	0	0	0	0	0	1,656	0	0	0	8
สมุทรสงคราม	อัมพวา	เหมืองใหม่	0	0	0	0	0	0	7,430	0	0	0	8
สมุทรสาคร	กระทุ่มแบน	ท่าไม้	0	0	0	2,947	0	85	2,194	0	4,006	0	33
สมุทรสาคร	กระทุ่มแบน	บางขวาง	186	0	542	0	0	0	4,761	0	0	0	8
สมุทรสาคร	กระทุ่มแบน	หนองนกไข่	0	0	2,758	0	0	0	4,356	0	0	0	8
สมุทรสาคร	กระทุ่มแบน	อ้อมใหญ่	0	0	0	0	0	0	62	0	0	0	8
สมุทรสาคร	บ้านแพ้ว	เกษตรพัฒนา	0	0	781	0	0	0	6,823	0	0	0	8
สมุทรสาคร	บ้านแพ้ว	เขื่อนขันธุ์	675	3,164	3,283	0	0	0	16,072	0	0	0	8
สมุทรสาคร	บ้านแพ้ว	คลองตัน	0	0	5,365	0	0	0	1,347	0	0	0	3
สมุทรสาคร	บ้านแพ้ว	เจ็ทรว	0	0	380	0	0	0	8,936	0	0	0	8
สมุทรสาคร	บ้านแพ้ว	บ้านแพ้ว	0	5	2,362	0	0	0	14,223	0	0	0	8
สมุทรสาคร	บ้านแพ้ว	ชกกระบิตร	901	0	8,418	0	0	0	7,011	0	0	0	3
สมุทรสาคร	บ้านแพ้ว	โรงเข้	1,129	0	3,052	0	0	0	17,459	0	0	0	8
สมุทรสาคร	บ้านแพ้ว	สวนส้ม	0	0	4,764	0	0	0	681	0	0	0	3
สมุทรสาคร	บ้านแพ้ว	หนองบัว	0	0	1,072	0	0	0	8,163	0	0	0	8
สมุทรสาคร	บ้านแพ้ว	หนองสองห้อง	1	0	712	0	0	0	13,449	0	0	0	8
สมุทรสาคร	บ้านแพ้ว	หลักสอง	0	0	153	0	0	0	9,115	0	0	0	8
สมุทรสาคร	บ้านแพ้ว	หลักสาม	0	0	20,659	0	0	0	1,783	0	0	0	3
สมุทรสาคร	บ้านแพ้ว	อำแพง	0	0	9,672	0	0	0	147	0	0	0	3
สมุทรสาคร	เมืองสมุทรสาคร	ชัยมงคล	0	0	8,913	0	0	0	0	183	0	0	3
สมุทรสาคร	เมืองสมุทรสาคร	ท่าทราย	0	0	109	0	0	0	0	0	0	0	3
สมุทรสาคร	เมืองสมุทรสาคร	บางกระเจ้า	0	0	2,551	0	0	0	0	0	0	0	3
สมุทรสาคร	เมืองสมุทรสาคร	บางไทรค์	0	0	2,624	0	0	0	337	0	0	0	3
สมุทรสาคร	เมืองสมุทรสาคร	บ้านเกาะ	0	0	6,917	0	0	0	0	0	0	0	3

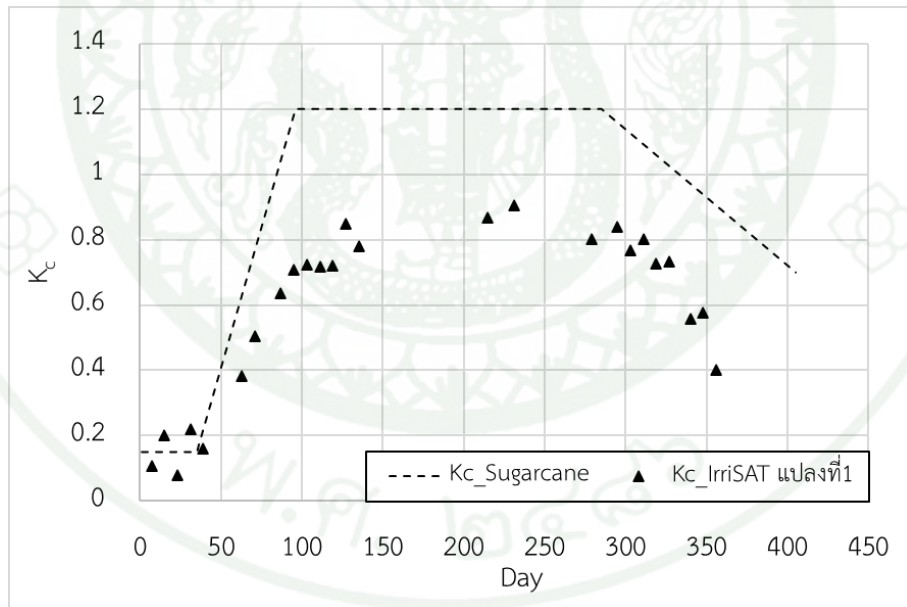
ตารางผนวกที่ 10 ข้อมูลชุดคินตัวแทนแต่ละตำบลในพื้นที่ชลประทานแม่กลองใหญ่ (ต่อ)

จังหวัด	อำเภอ	ตำบล	กลุ่มชุดคินในพื้นที่ (ไร่)										กลุ่มชุดคิน ตัวแทน
			1	2	3	4	6	7	8	11	33	38	
สมุทรสาคร	เมืองสมุทรสาคร	บ้านบ่อ	0	0	160	0	0	0	168	0	0	0	8
สุพรรณบุรี	บางปลาม้า	วัดโบสถ์	0	3,489	0	0	0	0	0	55	0	0	2
สุพรรณบุรี	เมืองสุพรรณบุรี	วังน้ำเย็น	0	20	0	0	0	0	0	0	0	0	2
สุพรรณบุรี	เมืองสุพรรณบุรี	สวนแดง	0	85	0	0	0	0	0	30	0	0	2
สุพรรณบุรี	สองพี่น้อง	คอนมะนาว	0	188	0	2,411	0	851	0	13,652	1,058	2,470	11
สุพรรณบุรี	สองพี่น้อง	คันคาล	0	0	0	0	0	0	0	742	0	0	11
สุพรรณบุรี	สองพี่น้อง	ทุ่งคอก	0	4,504	0	3,509	0	8,824	0	203	15,763	10,007	33
สุพรรณบุรี	สองพี่น้อง	เนินพระปรารักษ์	0	5,090	0	0	0	1,245	0	7,488	0	360	11
สุพรรณบุรี	สองพี่น้อง	บ่อสุพรรณ	0	0	0	648	0	3,520	0	0	65,349	25,922	33
สุพรรณบุรี	สองพี่น้อง	บางตะเคียน	0	0	0	0	0	0	0	384	0	0	11
สุพรรณบุรี	สองพี่น้อง	บางคาเดร	0	0	0	0	0	0	0	48	0	0	11
สุพรรณบุรี	สองพี่น้อง	บางเลน	9,988	0	0	0	0	0	618	22,364	60	0	11
สุพรรณบุรี	สองพี่น้อง	บ้านกุ่ม	0	0	0	0	0	0	0	775	0	0	11
สุพรรณบุรี	สองพี่น้อง	ศรีสำราญ	495	14,257	0	5,026	0	7,701	0	2,323	4,055	0	2
สุพรรณบุรี	สองพี่น้อง	สองพี่น้อง	0	1,656	0	0	0	1,104	0	5,554	0	0	11
สุพรรณบุรี	สองพี่น้อง	หนองบ่อ	0	0	0	78	0	1,015	0	0	18,028	9,068	33
สุพรรณบุรี	สองพี่น้อง	ห้วยม่วง	0	0	0	2,693	0	0	0	10,356	4,238	83	11
สุพรรณบุรี	สองพี่น้อง	หัวโพธิ์	1,216	3,807	0	3,264	0	0	0	13,907	2	0	11
สุพรรณบุรี	อู่ทอง	กระจัน	364	8,520	0	1,659	0	2,307	0	0	0	0	2
สุพรรณบุรี	อู่ทอง	จรเข้สามพัน	0	0	410	1,381	0	4,048	0	0	22,322	0	33
สุพรรณบุรี	อู่ทอง	เจดีย์	0	4,199	0	0	0	0	0	2,055	0	0	2
สุพรรณบุรี	อู่ทอง	คอนมะเกลือ	0	4,646	0	0	0	3,626	0	197	1,921	0	2
สุพรรณบุรี	อู่ทอง	บ้านคอน	0	14,799	0	1,838	0	1,192	0	4,687	120	0	2
สุพรรณบุรี	อู่ทอง	ผู้ทะลาย	0	7,612	0	4,340	0	2,431	0	0	1,117	0	2
สุพรรณบุรี	อู่ทอง	สระพังลาน	0	2,715	0	212	0	930	0	45	12,673	0	33
สุพรรณบุรี	อู่ทอง	สระขายโสม	0	5,351	0	0	0	1,612	0	0	14,044	0	33
สุพรรณบุรี	อู่ทอง	อู่ทอง	547	27	0	1,560	0	2,723	0	0	0	0	7

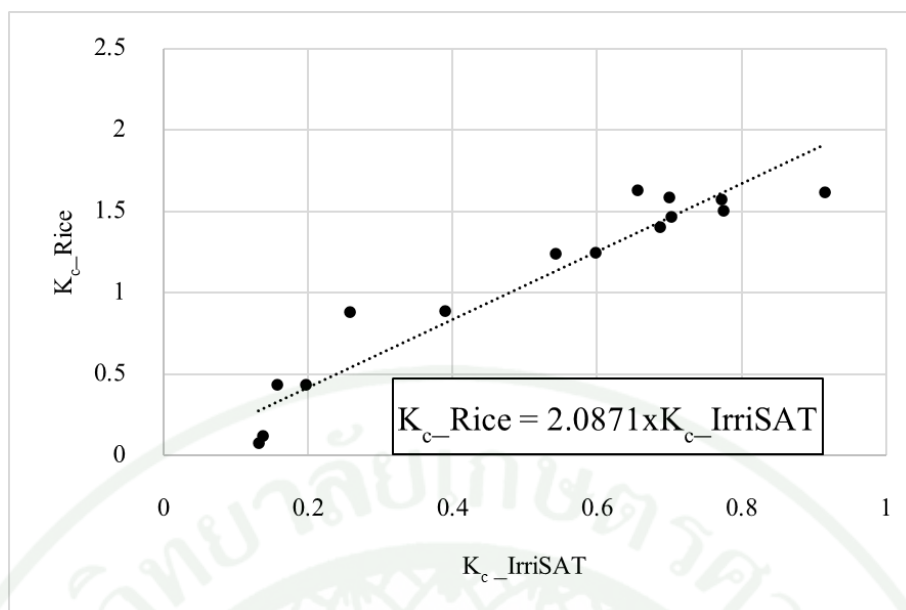
ภาคผนวก
การปรับแก้สัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืชจาก IrrisAT



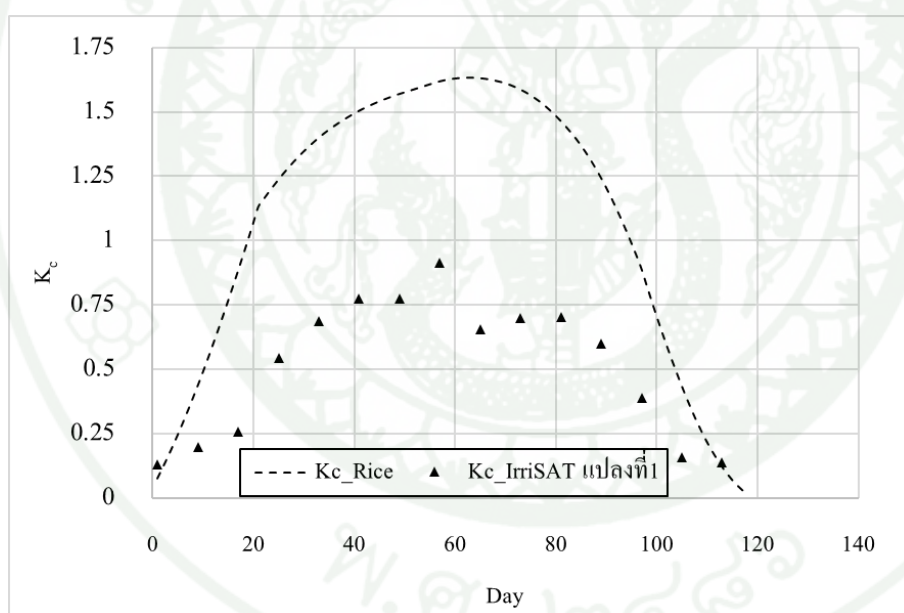
ภาพผนวกที่ ๑ ความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของอ้อยกับค่าจาก IrriSAT



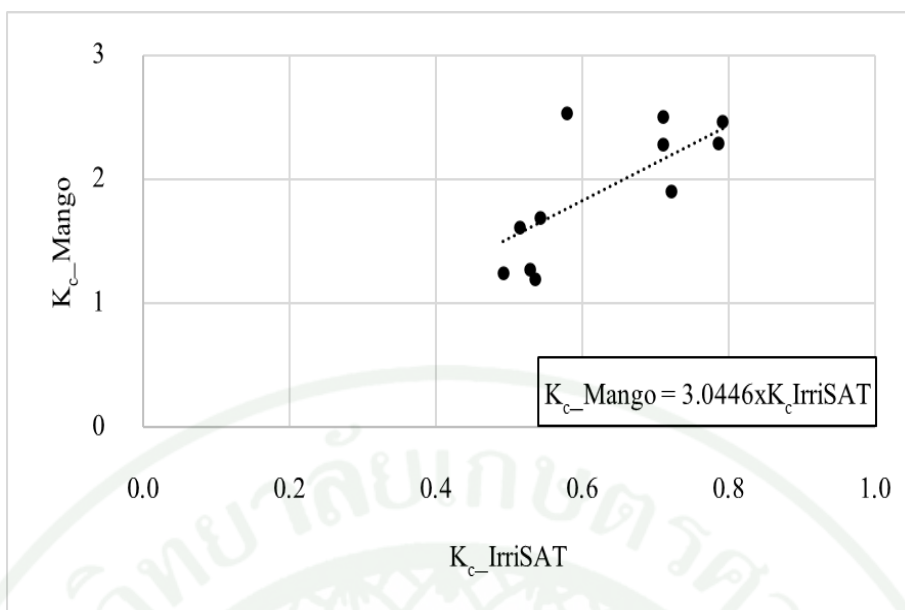
ภาพผนวกที่ ๒ การเปรียบเทียบระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของอ้อยกับค่าจาก IrriSAT



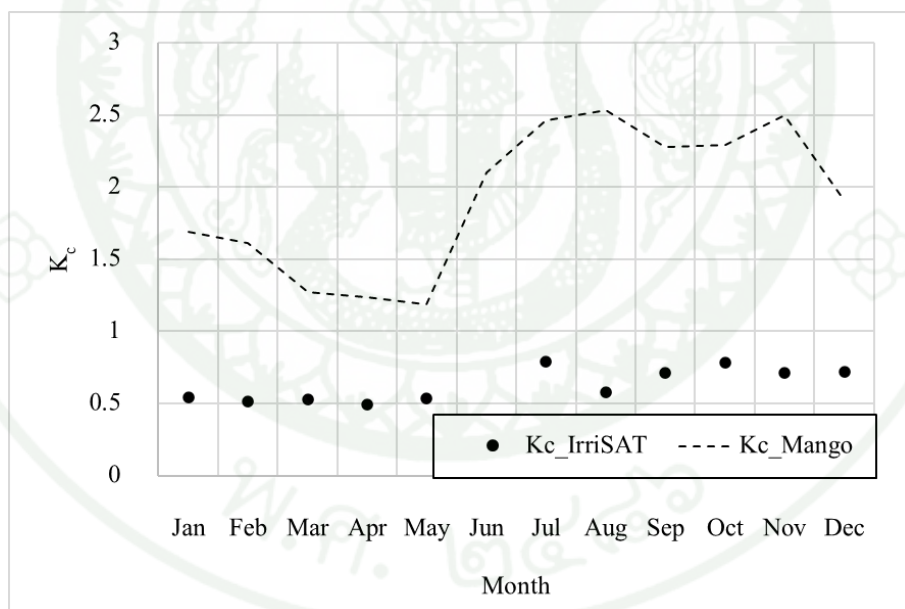
ภาพผนวกที่ 33 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของข้าวกับค่าจาก IrriSAT



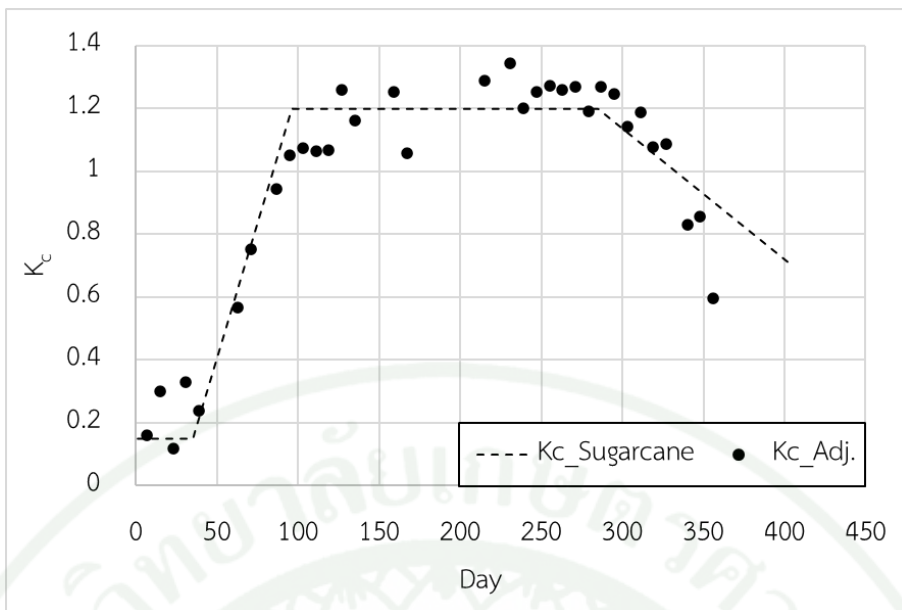
ภาพผนวกที่ 34 การเปรียบเทียบระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของข้าวกับค่าจาก IrriSAT



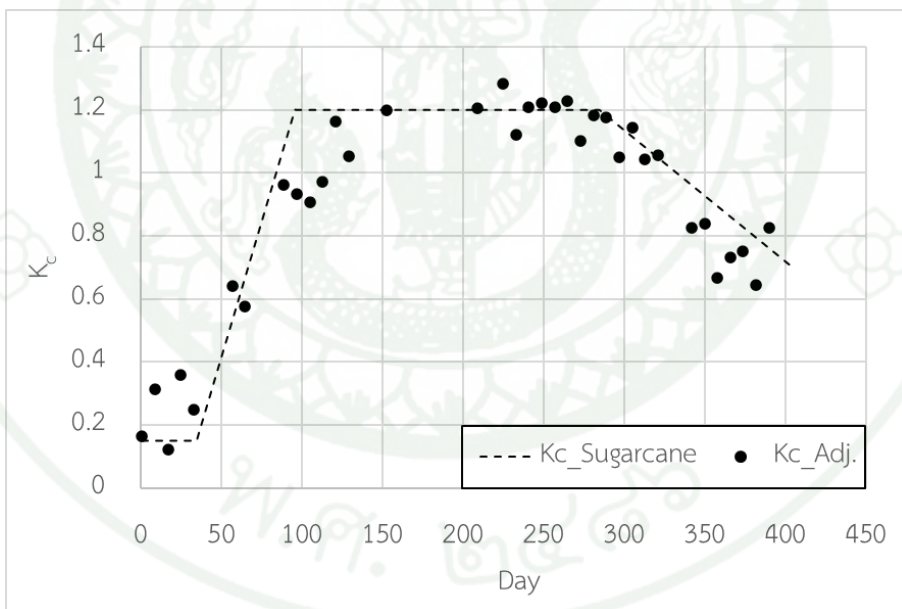
ภาพผนวกที่ 5 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของมะม่วงกับค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืชจาก IrriSAT



ภาพผนวกที่ 6 การเปรียบเทียบระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของมะม่วงกับค่าจาก IrriSAT ผลการตรวจพิสูจน์ความแม่นยำของสมการปรับแก้

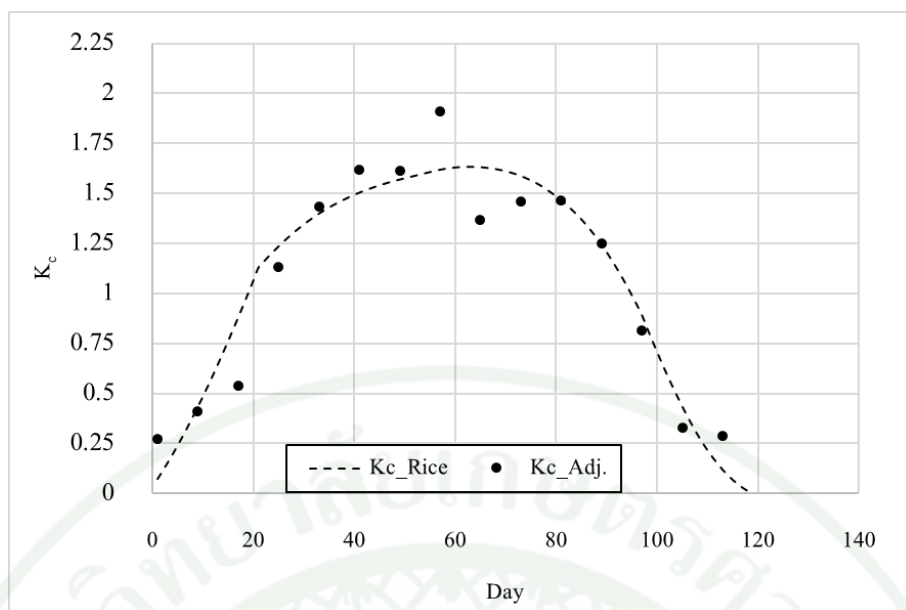


ภาพผนวกที่ ๗ การเปรียบเทียบระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของอ้อยกับค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของอ้อยจาก IrrisAT ในกระบวนการสอบเทียบ

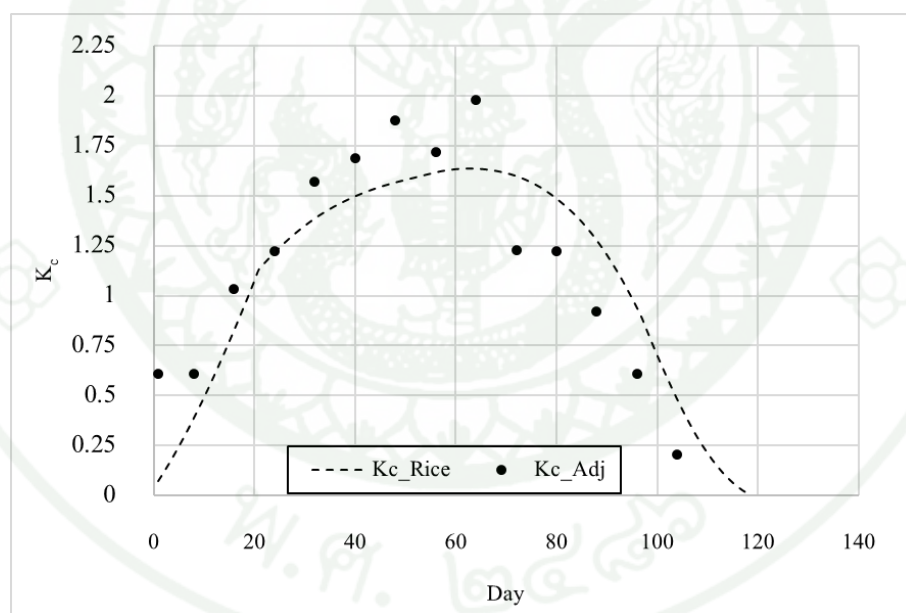


ภาพผนวกที่ ๘ การเปรียบเทียบระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของอ้อยกับค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของอ้อยจาก IrrisAT ในกระบวนการทวนสอบ

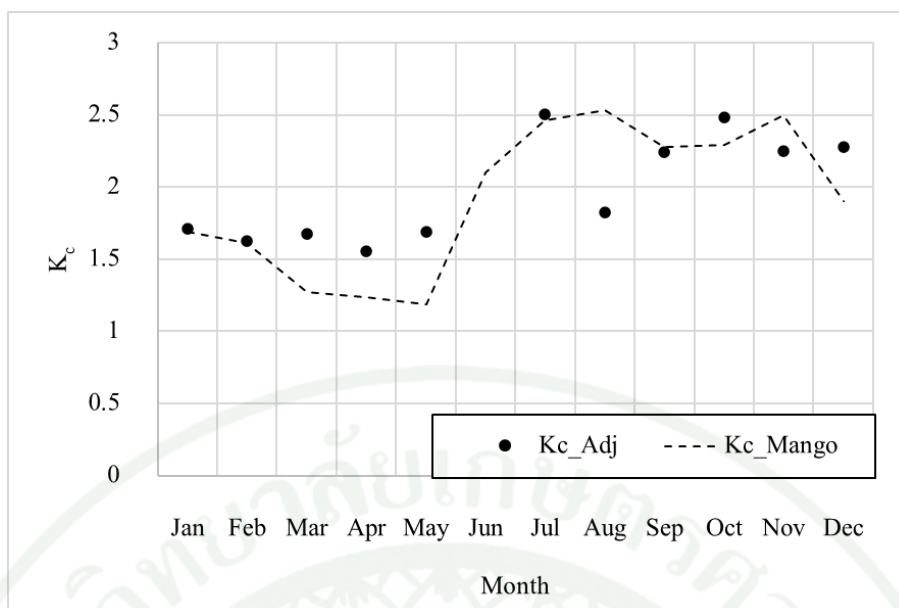




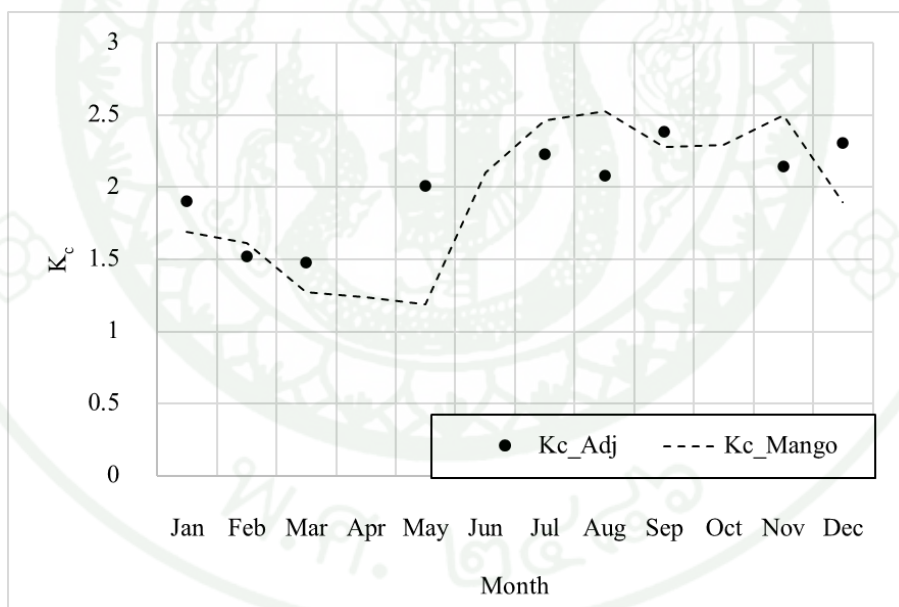
ภาพผนวกที่ 9 การเปรียบเทียบระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของอ้อยกับค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของข้าวจาก IriSAT ในกระบวนการสอบเทียบ



ภาพผนวกที่ 10 การเปรียบเทียบระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของอ้อยกับค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของข้าวจาก IriSAT ในกระบวนการทวนสอบ



ภาพผนวกที่ 11 การเปรียบเทียบระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของอ้อยกับค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของมะม่วงจาก IrrisAT ในกระบวนการสอบเทียบ



ภาพผนวกที่ 12 การเปรียบเทียบระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของอ้อยกับค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของมะม่วงจาก IrrisAT ในกระบวนการทวนสอบ

577785291
KU Thesisis 6124500418 thesis / revv: 29062563 11:28:00 / seq: 50



ตัวอย่างการคำนวณของกำหนดการให้น้ำพืชโดยการนำเข้าข้อมูลสภาพภูมิอากาศจากสถานีอุตุนิยมวิทยา จ.นครปฐม พื้นที่ทำการจำลองกำหนดการให้น้ำคืออ้อย ที่มีการให้น้ำแบบร่องคูหรือการให้น้ำแบบฝิวดิน ปลูกอยู่ในพื้นที่ดินที่มีคุณสมบัติอยู่ในกลุ่มชุดดินที่ 33 พื้นที่ปลูก 20 ไร่ และมีการให้น้ำแบบฝิวคูหรือการให้น้ำแบบร่องคู โดยมีการใช้ปั๊มสูบน้ำเข้าแปลงด้วยอัตรา 8,000 ลบ.ม. ต่อนาที่ เริ่มเพาะปลูกในวันที่ 1 กุมภาพันธ์ พ.ศ.2562 วันที่สิ้นสุดของการจำลองกำหนดการให้น้ำ 25 เมษายน พ.ศ.2562 โดยมีตัวอย่างการแสดงผลแสดงดัง**Error! Reference source not found.** โดยที่ความลึกเขตรากกำหนดโดยชนิดพืชที่เลือก เมื่อพิจารณาพร้อมกับกลุ่มชุดดินแบบจำลองจะมีการเชื่อมโยงฐานข้อมูลดินโดยเลือกความชื้นที่ซุชชลประทาน (FC) และความชื้นที่จุดเหี่ยวเฉาถาวร (PWP) ในกลุ่มชุดดินที่ 33 ที่ความลึก 0.3-0.6 เมตร เมื่อแบบจำลองทำการคำนวณความชื้นในดินแบบอนุกรมเวลารายวัน จนถึงวันที่สิ้นสุดการคำนวณที่กำหนดแสดงดัง**Error! Reference source not found.** ถึง **Error! Reference source not found.** หลังจากนั้นแบบจำลองทำการแสดงผลการแจ้งเตือนในการให้น้ำ ปริมาณที่ให้ และเวลาที่ใช้ในการให้น้ำ

	DAY	MONTH	YEAR	DATE	Crop	อ้อย	
Date Start	1	2	2019	1/2/2019	Irrigation Method	ให้น้ำแบบฝิวดิน	
Date End	25	4	2019	25/4/2019	Soil Group	33	
					Area	20	ไร่
					Pump Rate	8,000	L/min
					Root Zone	600	mm
					Soil Layer	0.3-0.6	m
					FC	40.50	% by V
					PWP	20.35	% by V

Alert	ครบให้น้ำ	
Volume Irrigation	6,138	m ³
Time Irrigation	12.79	Hour

ภาพผนวกที่ ๑1 ตัวอย่างการแสดงผลของแบบจำลอง



ภาพผนวกที่ จ2 ตัวอย่างการคำนวณของแบบจำลองกำหนดการให้น้ำพืช

DAY	Date	ET _o (mm)	K _c	ET _c (mm)	p	TAW (%)	CP (%)	Dr (%)	K _s	ET _c adj (mm)	ET _c adj (%)	Rain (mm)	Eff Rain (%)	SM Start (%)	IRR (%)	SM End (%)	Eff Rain (mm)	Loss Rain (mm)	IRR (mm)	IRR Req. (mm)	Check Balance	%	Volume IRR (m ³)	Alert	
1	1/2/2019	4.14	0.65	2.69	0.74	20.15	25.54	0.00	1.00	2.69	0.45	0.00	0.00	40.50	0.00	40.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100	0.00	-	
2	2/2/2019	3.62	0.65	2.35	0.76	20.15	25.27	0.45	1.00	2.35	0.39	0.00	0.00	40.05	0.00	39.66	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	97.77	0.00	-
3	3/2/2019	3.97	0.65	2.58	0.75	20.15	25.45	0.84	1.00	2.58	0.43	0.00	0.00	39.66	0.00	39.23	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	95.83	0.00	-
4	4/2/2019	4.07	0.65	2.65	0.74	20.15	25.51	1.27	1.00	2.65	0.44	0.00	0.00	39.23	0.00	38.79	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	93.69	0.00	-
5	5/2/2019	4.25	0.65	2.76	0.74	20.15	25.60	1.71	1.00	2.76	0.46	0.00	0.00	38.79	0.00	38.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	91.50	0.00	-
6	6/2/2019	4.63	0.65	3.01	0.73	20.15	25.80	2.17	1.00	3.01	0.50	0.00	0.00	38.33	0.00	37.83	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	89.22	0.00	-
7	7/2/2019	4.44	0.65	2.88	0.73	20.15	25.70	2.67	1.00	2.88	0.48	0.00	0.00	37.83	0.00	37.35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	86.73	0.00	-
8	8/2/2019	4.29	0.65	2.79	0.74	20.15	25.62	3.15	1.00	2.79	0.46	0.00	0.00	37.35	0.00	36.88	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	84.35	0.00	-
9	9/2/2019	4.28	0.65	2.78	0.74	20.15	25.61	3.62	1.00	2.78	0.46	0.00	0.00	36.88	0.00	36.42	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	82.04	0.00	-
10	10/2/2019	2.96	0.65	1.92	0.77	20.15	24.92	4.08	1.00	1.92	0.32	0.00	0.00	36.42	0.00	36.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	79.74	0.00	-
11	11/2/2019	3.94	0.65	2.56	0.75	20.15	25.44	4.40	1.00	2.56	0.43	0.00	0.00	36.10	0.00	35.67	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	78.15	0.00	-
12	12/2/2019	4.37	0.65	2.84	0.74	20.15	25.66	4.83	1.00	2.84	0.47	0.00	0.00	35.67	0.00	35.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	76.03	0.00	-
13	13/2/2019	4.80	0.65	3.12	0.73	20.15	25.89	5.30	1.00	3.12	0.52	0.00	0.00	35.20	0.00	34.68	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	73.68	0.00	-
14	14/2/2019	4.54	0.65	2.95	0.73	20.15	25.75	5.82	1.00	2.95	0.49	0.00	0.00	34.68	0.00	34.18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	71.10	0.00	-
15	15/2/2019	4.51	0.65	2.93	0.73	20.15	25.74	6.32	1.00	2.93	0.49	0.00	0.00	34.18	0.00	33.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	68.66	0.00	-
16	16/2/2019	4.70	0.65	3.05	0.73	20.15	25.83	6.80	1.00	3.05	0.51	0.00	0.00	33.70	0.00	33.19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	66.23	0.00	-
17	17/2/2019	4.58	0.65	2.98	0.73	20.15	25.77	7.31	1.00	2.98	0.50	0.00	0.00	33.19	0.00	32.69	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	63.71	0.00	-
18	18/2/2019	4.61	0.65	2.99	0.73	20.15	25.79	7.81	1.00	2.99	0.50	0.00	0.00	32.69	0.00	32.19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	61.25	0.00	-
19	19/2/2019	4.23	0.65	2.75	0.74	20.15	25.59	8.31	1.00	2.75	0.46	0.00	0.00	32.19	0.00	31.73	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	58.77	0.00	-
20	20/2/2019	3.99	0.65	2.59	0.75	20.15	25.46	8.77	1.00	2.59	0.43	0.00	0.00	31.73	0.00	31.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	56.50	0.00	-
21	21/2/2019	4.36	0.65	2.84	0.74	20.15	25.66	9.20	1.00	2.84	0.47	0.00	0.00	31.30	0.00	30.83	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	54.36	0.00	-
22	22/2/2019	3.47	0.65	2.26	0.76	20.15	25.19	9.67	1.00	2.26	0.38	0.00	0.00	30.83	0.00	30.45	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	52.01	0.00	-
23	23/2/2019	3.86	0.65	2.51	0.75	20.15	25.40	10.05	1.00	2.51	0.42	0.00	0.00	30.45	0.00	30.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	50.14	0.00	-
24	24/2/2019	3.95	0.65	2.57	0.75	20.15	25.44	10.46	1.00	2.57	0.43	0.00	0.00	30.04	0.00	29.61	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	48.06	0.00	-
25	25/2/2019	3.84	0.65	2.50	0.75	20.15	25.38	10.89	1.00	2.50	0.42	0.00	0.00	29.61	0.00	29.19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	45.94	0.00	-
26	26/2/2019	3.18	0.65	2.07	0.77	20.15	25.04	11.31	1.00	2.07	0.34	0.00	0.00	29.19	0.00	28.85	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	43.88	0.00	-
27	27/2/2019	2.74	0.65	1.78	0.78	20.15	24.81	11.65	1.00	1.78	0.30	0.00	0.00	28.85	0.00	28.55	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	42.17	0.00	-
28	28/2/2019	3.33	0.65	2.16	0.76	20.15	25.12	11.95	1.00	2.16	0.36	0.00	0.00	28.55	0.00	28.19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	40.70	0.00	-
29	1/3/2019	4.45	0.65	2.89	0.73	20.15	25.70	12.31	1.00	2.89	0.48	0.00	0.00	28.19	0.00	27.71	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	38.91	0.00	-
30	2/3/2019	4.49	0.65	2.92	0.73	20.15	25.72	12.79	1.00	2.92	0.49	0.00	0.00	27.71	0.00	27.22	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	36.52	0.00	-



ภาพผนวกที่ จ3 ตัวอย่างการคำนวณของแบบจำลองกำหนดการให้น้ำพืช (ต่อ)

DAY	Date	ET _o (mm)	K _c	ET _c (mm)	p	TAW (%)	CP (%)	Dr (%)	K _s	ET _c adj (mm)	ET _c adj (%)	Rain (mm)	Eff Rain (%)	SM Start (%)	IRR (%)	SM End (%)	Eff Rain (mm)	Loss Rain (mm)	IRR (mm)	IRR Req. (mm)	Check Balance	%	Volume IRR (m ³)	Alert
31	3/3/2019	4.98	0.86	4.28	0.68	20.15	26.82	13.28	1.00	4.28	0.71	0.00	0.00	27.22	0.00	26.51	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	34.10	0.00	-
32	4/3/2019	4.36	0.86	3.75	0.70	20.15	26.40	13.99	1.00	3.75	0.63	0.00	0.00	26.51	0.00	25.88	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	30.56	0.00	-
33	5/3/2019	4.42	0.86	3.80	0.70	20.15	26.44	14.62	0.91	3.46	0.58	0.00	0.00	25.88	15.19	40.50	0.00	0.00	91.15	182.31	0.00	27.46	5833.90	ตรวจพบน้ำ
34	6/3/2019	4.62	0.86	3.98	0.69	20.15	26.58	0.00	1.00	3.98	0.66	0.00	0.00	40.50	0.00	39.84	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	0.00	-
35	7/3/2019	4.77	0.86	4.10	0.69	20.15	26.68	0.66	1.00	4.10	0.68	0.00	0.00	39.84	0.00	39.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	96.71	0.00	-
36	8/3/2019	3.99	0.86	3.43	0.71	20.15	26.14	1.35	1.00	3.43	0.57	0.00	0.00	39.15	0.00	38.58	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	93.32	0.00	-
37	9/3/2019	4.27	0.86	3.67	0.70	20.15	26.33	1.92	1.00	3.67	0.61	0.00	0.00	38.58	0.00	37.97	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	90.48	0.00	-
38	10/3/2019	4.49	0.86	3.86	0.70	20.15	26.49	2.53	1.00	3.86	0.64	0.00	0.00	37.97	0.00	37.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	87.44	0.00	-
39	11/3/2019	4.36	0.86	3.75	0.70	20.15	26.40	3.17	1.00	3.75	0.63	0.00	0.00	37.33	0.00	36.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	84.25	0.00	-
40	12/3/2019	4.74	0.86	4.08	0.69	20.15	26.66	3.80	1.00	4.08	0.68	0.00	0.00	36.70	0.00	36.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	81.14	0.00	-
41	13/3/2019	4.70	0.86	4.04	0.69	20.15	26.63	4.48	1.00	4.04	0.67	0.00	0.00	36.02	0.00	35.35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	77.77	0.00	-
42	14/3/2019	4.75	0.86	4.09	0.69	20.15	26.67	5.15	1.00	4.09	0.68	0.00	0.00	35.35	0.00	34.67	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	74.43	0.00	-
43	15/3/2019	4.45	0.86	3.83	0.70	20.15	26.46	5.83	1.00	3.83	0.64	0.00	0.00	34.67	0.00	34.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	71.04	0.00	-
44	16/3/2019	4.77	0.86	4.11	0.69	20.15	26.68	6.47	1.00	4.11	0.68	0.00	0.00	34.03	0.00	33.34	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	67.88	0.00	-
45	17/3/2019	3.94	0.86	3.39	0.71	20.15	26.11	7.16	1.00	3.39	0.57	0.00	0.00	33.34	0.00	32.78	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	64.48	0.00	-
46	18/3/2019	4.41	0.86	3.79	0.70	20.15	26.43	7.72	1.00	3.79	0.63	0.00	0.00	32.78	0.00	32.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	61.68	0.00	-
47	19/3/2019	4.73	0.86	4.06	0.69	20.15	26.65	8.35	1.00	4.06	0.68	0.00	0.00	32.15	0.00	31.47	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	58.54	0.00	-
48	20/3/2019	4.58	0.86	3.94	0.69	20.15	26.55	9.03	1.00	3.94	0.66	0.00	0.00	31.47	0.00	30.81	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	55.18	0.00	-
49	21/3/2019	4.64	0.86	3.99	0.69	20.15	26.59	9.69	1.00	3.99	0.66	0.00	0.00	30.81	0.00	30.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	51.92	0.00	-
50	22/3/2019	4.62	0.86	3.98	0.69	20.15	26.58	10.35	1.00	3.98	0.66	0.00	0.00	30.15	0.00	29.48	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	48.62	0.00	-
51	23/3/2019	4.92	0.86	4.23	0.68	20.15	26.78	11.02	1.00	4.23	0.71	0.00	0.00	29.48	0.00	28.78	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	45.33	0.00	-
52	24/3/2019	3.57	0.86	3.07	0.73	20.15	25.85	11.72	1.00	3.07	0.51	0.00	0.00	28.78	0.00	28.27	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	41.83	0.00	-
53	25/3/2019	4.67	0.86	4.02	0.69	20.15	26.61	12.23	1.00	4.02	0.67	0.00	0.00	28.27	0.00	27.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	39.29	0.00	-
54	26/3/2019	4.75	0.86	4.08	0.69	20.15	26.66	12.90	1.00	4.08	0.68	41.70	6.95	27.60	0.00	33.87	41.70	0.00	0.00	0.00	0.00	35.97	0.00	-
55	27/3/2019	2.70	0.86	2.32	0.76	20.15	25.24	6.63	1.00	2.32	0.39	0.00	0.00	33.87	0.00	33.48	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	67.08	0.00	-
56	28/3/2019	5.37	0.86	4.62	0.67	20.15	27.10	7.02	1.00	4.62	0.77	0.00	0.00	33.48	0.00	32.71	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	65.16	0.00	-
57	29/3/2019	4.76	0.86	4.10	0.69	20.15	26.67	7.79	1.00	4.10	0.68	0.00	0.00	32.71	0.00	32.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	61.34	0.00	-
58	30/3/2019	5.30	0.86	4.56	0.67	20.15	27.04	8.47	1.00	4.56	0.76	0.00	0.00	32.03	0.00	31.27	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	57.95	0.00	-
59	31/3/2019	4.13	0.86	3.55	0.71	20.15	26.23	9.23	1.00	3.55	0.59	0.00	0.00	31.27	0.00	30.68	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	54.18	0.00	-
60	1/4/2019	4.55	0.86	3.91	0.69	20.15	26.53	9.82	1.00	3.91	0.65	0.00	0.00	30.68	0.00	30.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	51.25	0.00	-



ภาพผนวกที่ ๑๔ ตัวอย่างการคำนวณของแบบจำลองกำหนดการให้น้ำพืช (ต่อ)

DAY	Date	ET _o (mm)	K _c	ET _c (mm)	p	TAW (%)	CP (%)	Dr (%)	K _s	ET _c adj (mm)	ET _c adj (%)	Rain (mm)	Eff Rain (%)	SM Start (%)	IRR (%)	SM End (%)	Eff Rain (mm)	Loss Rain (mm)	IRR (mm)	IRR Req. (mm)	Check Balance	%	Volume IRR (m ³)	Alert
61	2/4/2019	4.21	1.13	4.75	0.66	20.15	27.20	10.48	1.00	4.75	0.79	0.00	0.00	30.02	0.00	29.23	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	48.01	0.00	-
62	3/4/2019	2.46	1.13	2.78	0.74	20.15	25.62	11.27	1.00	2.78	0.46	0.00	0.00	29.23	0.00	28.77	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	44.08	0.00	-
63	4/4/2019	1.66	1.13	1.88	0.77	20.15	24.89	11.73	1.00	1.88	0.31	0.00	0.00	28.77	0.00	28.46	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	41.78	0.00	-
64	5/4/2019	1.20	1.13	1.35	0.80	20.15	24.46	12.04	1.00	1.35	0.23	0.00	0.00	28.46	0.00	28.23	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	40.23	0.00	-
65	6/4/2019	1.17	1.13	1.32	0.80	20.15	24.44	12.27	1.00	1.32	0.22	0.00	0.00	28.23	0.00	28.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	39.11	0.00	-
66	7/4/2019	1.42	1.13	1.60	0.79	20.15	24.66	12.49	1.00	1.60	0.27	0.00	0.00	28.01	0.00	27.74	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	38.02	0.00	-
67	8/4/2019	1.80	1.13	2.03	0.77	20.15	25.01	12.76	1.00	2.03	0.34	0.00	0.00	27.74	0.00	27.41	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	36.69	0.00	-
68	9/4/2019	1.95	1.13	2.20	0.76	20.15	25.15	13.09	1.00	2.20	0.37	0.00	0.00	27.41	0.00	27.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	35.01	0.00	-
69	10/4/2019	1.90	1.13	2.15	0.76	20.15	25.10	13.46	1.00	2.15	0.36	0.00	0.00	27.04	0.00	26.68	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	33.19	0.00	-
70	11/4/2019	1.90	1.13	2.15	0.76	20.15	25.11	13.82	1.00	2.15	0.36	0.00	0.00	26.68	0.00	26.32	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	31.42	0.00	-
71	12/4/2019	1.96	1.13	2.21	0.76	20.15	25.15	14.18	1.00	2.21	0.37	0.00	0.00	26.32	0.00	25.95	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	29.64	0.00	-
72	13/4/2019	1.89	1.13	2.14	0.76	20.15	25.09	14.55	1.00	2.14	0.36	0.00	0.00	25.95	0.00	25.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	27.81	0.00	-
73	14/4/2019	1.84	1.13	2.08	0.77	20.15	25.05	14.90	1.00	2.08	0.35	0.00	0.00	25.60	0.00	25.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	26.05	0.00	-
74	15/4/2019	1.39	1.13	1.57	0.79	20.15	24.64	15.25	1.00	1.57	0.26	16.70	2.78	25.25	0.00	27.77	16.70	0.00	0.00	0.00	0.00	24.32	0.00	-
75	16/4/2019	1.77	1.13	2.00	0.77	20.15	24.99	12.73	1.00	2.00	0.33	0.00	0.00	27.77	0.00	27.44	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	36.84	0.00	-
76	17/4/2019	1.04	1.13	1.18	0.80	20.15	24.32	13.06	1.00	1.18	0.20	0.00	0.00	27.44	0.00	27.24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	35.18	0.00	-
77	18/4/2019	1.65	1.13	1.86	0.78	20.15	24.88	13.26	1.00	1.86	0.31	0.00	0.00	27.24	0.00	26.93	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	34.21	0.00	-
78	19/4/2019	1.68	1.13	1.90	0.77	20.15	24.91	13.57	1.00	1.90	0.32	0.00	0.00	26.93	0.00	26.61	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	32.67	0.00	-
79	20/4/2019	1.93	1.13	2.18	0.76	20.15	25.13	13.89	1.00	2.18	0.36	0.00	0.00	26.61	0.00	26.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	31.09	0.00	-
80	21/4/2019	1.95	1.13	2.21	0.76	20.15	25.15	14.25	1.00	2.21	0.37	0.00	0.00	26.25	0.00	25.88	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	29.29	0.00	-
81	22/4/2019	1.90	1.13	2.15	0.76	20.15	25.11	14.62	1.00	2.15	0.36	0.00	0.00	25.88	0.00	25.53	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	27.46	0.00	-
82	23/4/2019	1.91	1.13	2.15	0.76	20.15	25.11	14.97	1.00	2.15	0.36	0.00	0.00	25.53	0.00	25.17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	25.68	0.00	-
83	24/4/2019	1.85	1.13	2.09	0.77	20.15	25.06	15.33	1.00	2.09	0.35	0.00	0.00	25.17	0.00	24.82	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	23.90	0.00	-
84	25/4/2019	1.62	1.13	1.83	0.78	20.15	24.85	15.68	0.99	1.82	0.30	0.00	0.00	24.82	15.99	40.50	0.00	0.00	95.91	191.82	0.00	22.18	6138.28	ควรเพิ่มน้ำ

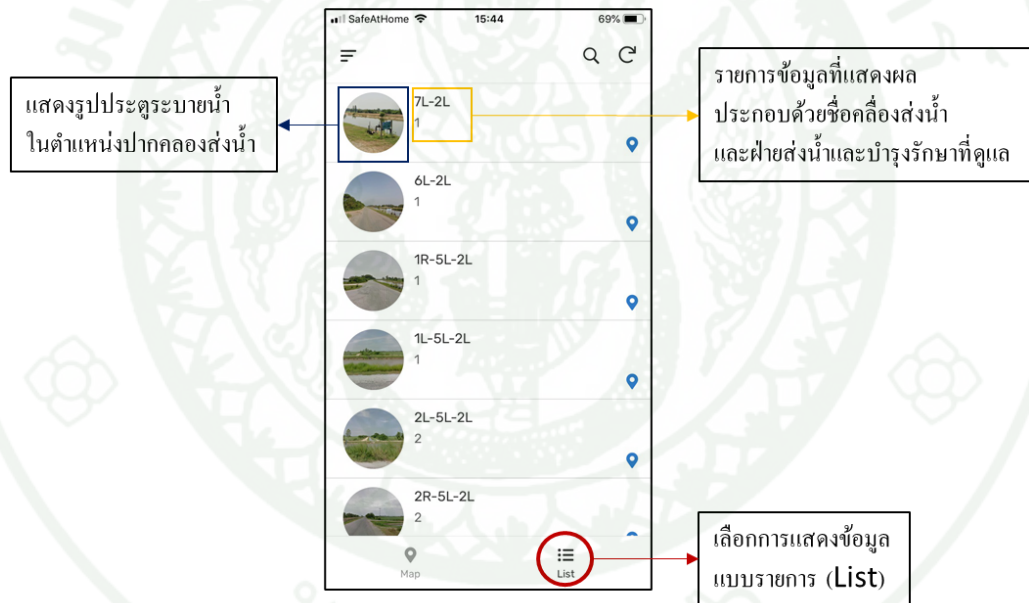
577785291
KU Thesais 6124500418 thesis / rev: 29062563 11:28:00 / seq: 50



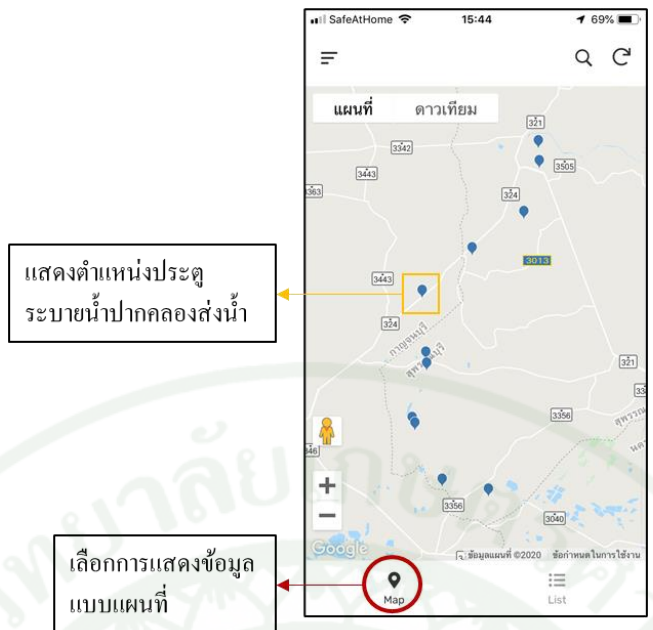
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



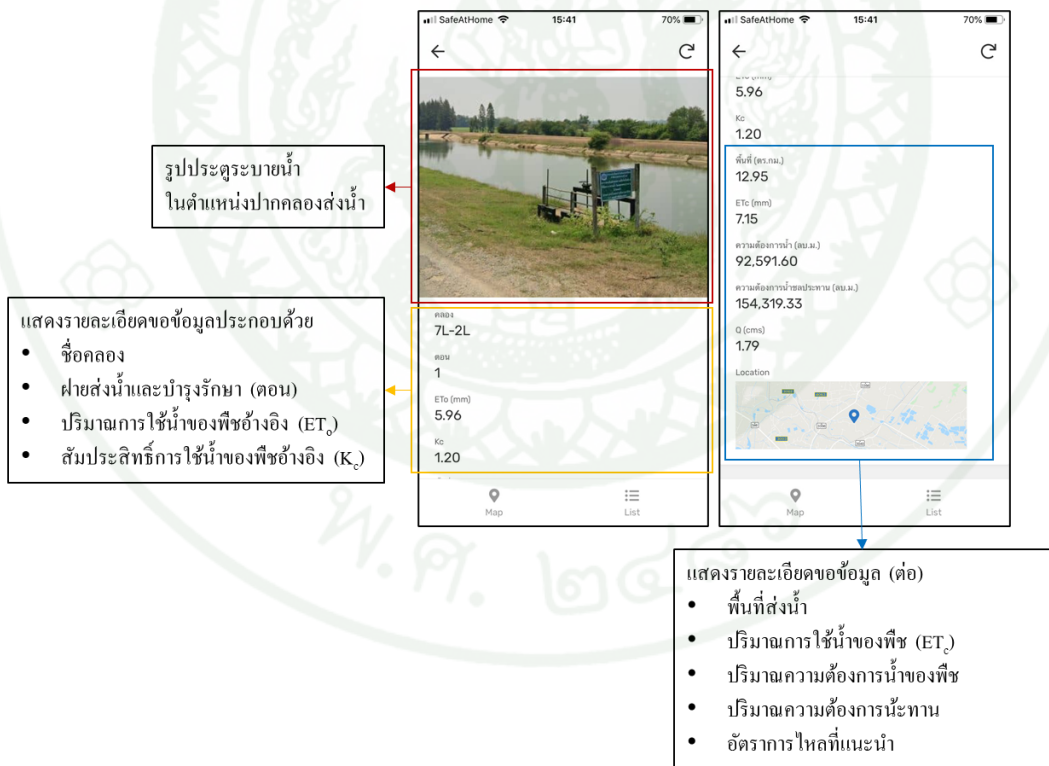
ภาพผนวกที่ ๑1 QR Code สำหรับการเข้าใช้งานแอปพลิเคชันสนับสนุนการจัดสรรน้ำ



ภาพผนวกที่ ๑2 การแสดงผลข้อมูลแบบรายการ (List) ของแอปพลิเคชันสนับสนุนการจัดสรรน้ำ



ภาพผนวกที่ ๓ การแสดงผลข้อมูลแบบแผนที่ (Map) ของแอปพลิเคชันสนับสนุนการจัดสรรน้ำ



ภาพผนวกที่ ๔ การแสดงผลข้อมูลสำหรับสนับสนุนการจัดสรรน้ำจากแอปพลิเคชันสนับสนุนการจัดสรรน้ำ

577785291
 KU Thesisis 6124500418
 thesisis / recv: 29062563 11:28:00 / seq: 50



ภาพผนวกที่ ๑๕ การอบรมและเผยแพร่การใช้งานแอปพลิเคชันสนับสนุนการจัดสรรน้ำชลประทาน





577785291

KT ThesIs 6124500418 thesis / rev: 29062563 11:28:00 / seq: 50



ภาคผนวก ข
ผลงานวิชาการจากการดำเนินการวิจัย



577785291

KU Thesisis 6124500418 thsisis / revcv: 29062563 11:28:00 / seq: 50

ผลงานวิชาการจากการดำเนินการวิจัยซึ่งเป็นส่วนหนึ่งที่ทำให้สามารถพัฒนา ปรับปรุงและแก้ไขให้ผลงานมีความสมบูรณ์ ซึ่งเริ่มจากการพัฒนาแบบจำลองกำหนดการให้น้ำอ้อย (Sugarcane Irrigation Schedule Model, SCIS Model) ได้เผยแพร่งานวิจัยเรื่องการพัฒนาแบบจำลองกำหนดการให้น้ำอ้อย ในงานประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทยระดับชาติครั้งที่ 19 วันที่ 26-27 เมษายน พ.ศ. 2561 และการนำแบบจำลองกำหนดการให้น้ำอ้อยมาประยุกต์ใช้เพื่อการศึกษาช่วงเวลาเพาะปลูกที่เหมาะสมสำหรับอ้อย ซึ่งได้เผยแพร่งานวิจัยเรื่องการประยุกต์ใช้แบบจำลองกำหนดการให้น้ำอ้อยเพื่อเปรียบเทียบปริมาณความต้องการน้ำชลประทานภายใต้การเปลี่ยนแปลงปฏิทินเพาะปลูก ในงานประชุมวิชาการระดับชาติ ครั้งที่ 15 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน วันที่ 6-7 ธันวาคม พ.ศ.2561 โดยที่แบบจำลองกำหนดการให้น้ำพืชพัฒนามาจากแบบจำลองกำหนดการให้น้ำอ้อย ทำการขยายขอบเขตพื้นที่ศึกษา รวมถึงการสร้างฐานข้อมูลที่มีความหลากหลาย และการพัฒนาเครื่องมือสำหรับสนับสนุนการตัดสินใจจัดสรรน้ำ

จากแนวความคิดการพัฒนาเครื่องมือสำหรับสนับสนุนการตัดสินใจจัดสรรน้ำ จำเป็นต้องมีข้อมูลที่ใกล้เคียงกับเวลาปัจจุบันเพื่อให้สามารถจัดสรรน้ำให้ได้ตรงตามความต้องการ และในส่วนของการเพาะปลูกในพื้นที่ที่เป็นปัญหาหนึ่งที่พบได้บ่อยครั้ง เช่น การเพาะปลูกพืชที่หลากหลาย การเพาะปลูกในเวลาที่แตกต่างกัน และการเพาะปลูกที่ไม่ตรงตามปฏิทินการเพาะปลูกของพื้นที่ ทำให้ยากที่จะรวบรวมข้อมูล ซึ่งข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมก็เป็นส่วนหนึ่งที่ทำให้สามารถรับข้อมูลใกล้เคียงกับเวลาปัจจุบัน จากการศึกษาพบว่าภาพถ่ายดาวเทียมสามารถแปลผลเป็นค่าดัชนีพืชพรรณ (NDVI) และหาความสัมพันธ์กับค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืชได้ ซึ่งปัจจุบันมีเครื่องมือสนับสนุนการตัดสินใจเพื่อช่วยในการจัดการให้น้ำในแปลงเพาะปลูกโดย IriSAT ซึ่งสามารถติดตามค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืชได้ แต่ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืชยังไม่มีความเหมาะสมกับพืชในประเทศไทย เพื่อให้สามารถนำค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืชจาก IriSAT มาประยุกต์ใช้ จำเป็นต้องปรับแก้ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืชโดยมีแนวคิดเริ่มต้นจากการปรับแก้ค่าสำหรับอ้อย โดยมีแนวคิดแสดงดัง งานวิจัยเรื่องการปรับแก้ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของอ้อยจากการแปรภาพถ่ายดาวเทียม โดย IriSAT แสดงผลงานในงานประชุมวิชาการระดับชาติ ครั้งที่ 16 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน วันที่ 3-4 ธันวาคม พ.ศ.2562 ซึ่งผลงานดังกล่าวเป็นเพียงแนวคิดในการปรับแก้ค่าเพียงเท่านั้น แต่ภายหลังมีการพัฒนาและแก้ไขในการปรับแก้ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืชสามารถประยุกต์ใช้งานในพื้นที่โครงการชลประทานได้

การประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทยระดับชาติ ครั้งที่ 19 วันที่ 26-27 เมษายน 2561



การประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย

ระดับชาติ ครั้งที่ 19 วันที่ 26-27 เมษายน 2561

Available online at www.tsaе.asia

1 การพัฒนาแบบจำลองกำหนดการให้น้ำอ้อย

2 Development of Sugar Cane Irrigation Schedule Model

3 ธเนศ สัมฤทธิ์นรพงศ์^{1*}, จุติเทพ วงษ์เพชร¹, ระวี อยู่สำราญ¹, พงศธร โสภำพันธุ์¹

4 Tane Samritnorapong^{1*}, Jutitthep Vongphet¹, Rawee Yoosamran¹, Pongsathorn Sopaphun¹

5 ¹ห้องปฏิบัติการวิจัยจำลองระบบทรัพยากรน้ำด้วยคอมพิวเตอร์และระบบสารสนเทศ ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขต

6 กำแพงแสน, นครปฐม, รหัสไปรษณีย์ 73140

7 ¹Laboratory of Water Resources Computer Modelling and Information System (WRMIS LAB), Department of Irrigation Engineering,

8 Faculty of Engineering at Khamphaengsaen, Kasetsart University, Nakhon Pathom, 73140

9 *Corresponding author: Tel: +66-9-1403-6278, E-mail: tanets.2538@gmail.com

10 บทคัดย่อ

11 แบบจำลองกำหนดการให้น้ำอ้อย (Sugar Cane Irrigation Schedule Model ,SCIS) ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อสนับสนุนการตัดสินใจการ
12 ให้น้ำแก้อ้อยโดยแบบจำลองคำนวณปริมาณและช่วงเวลาที่เหมาะสมในการให้น้ำจากปริมาณความชื้นในดินซึ่งพิจารณาจากปริมาณ
13 ความต้องการน้ำของอ้อยร่วมกับปริมาณฝนใช้การ กำหนดการให้น้ำถูกแจ้งต่อผู้ใช้เมื่อปริมาณความชื้นในดินมีค่าน้อยกว่าร้อยละ 50
14 ของความชื้นที่พืชนำไปใช้ได้และปริมาณน้ำชลประทานเพื่อชดเชยความชื้นในดินที่หายไปจากจุดความชื้นชลประทานโดยพิจารณาจาก
15 กราฟความอุ้มน้ำของดินแบบจำลองถูกประยุกต์ใช้กับการปลูกอ้อยตั้งแต่วันที่ 1 เมษายน ถึง 31 ธันวาคม พ.ศ. 2560 (อายุอ้อย 9
16 เดือน) โดยพิจารณาให้น้ำที่ขุดรากลึก 30 และ 60 cm ซึ่งมีจำนวนครั้งในการให้น้ำ 27 และ 14 ครั้ง และปริมาณน้ำที่พืชใช้ทั้งหมด
17 เท่ากับ 1,132.46 และ 906.58 m³ ต่อไร่ตามลำดับ แบบจำลองนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้สนับสนุนการตัดสินใจในการให้น้ำเพื่อรักษา
18 ความชื้นในดินให้อยู่ในระดับที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตตลอดช่วงอายุของอ้อย อีกทั้งยังอำนวยความสะดวกแก่เกษตรกรให้มีการ
19 บริหารจัดการน้ำสำหรับแปลงอ้อยอย่างมีประสิทธิภาพ และได้มาซึ่งผลผลิตสูงสุด นอกเหนือจากนั้นแบบจำลองนี้สามารถเป็นต้นแบบ
20 ในการคำนวณกำหนดการให้น้ำที่เหมาะสมสำหรับพืชชนิดอื่น อีกทั้งยังสามารถประยุกต์ใช้กับระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์เพื่อทำ
21 การจำลองเชิงพื้นที่

22 คำสำคัญ: อ้อย, กำหนดการให้น้ำ, ความต้องการน้ำชลประทาน

23 Abstract

24 Sugar Cane Irrigation Schedule Model (SCIS) was developed to support the decision on water application for
25 sugar cane. The irrigation amount and time were generated by considering soil moisture content which are
26 governed by sugar cane water requirement and effective rainfall. The irrigation schedule was notified to users
27 when soil moisture content suddenly lower than 50% of available moisture content, and the amount of
28 irrigation water was estimated to compensate moisture in soil to the field capacity point by referring the soil
29 moisture characteristics curve. The SCIS model was applied to the sugar cane field in Nakhon Pathom during 1
30 April to 31 December 2017 (Sugar cane age; 9 months) by assuming for two different cases of root depths; those
31 are 30 and 60 cm. As the results of two cases of root depths, thirty and sixty-centimeters, numbers of irrigation
32 time were 27 and 14, and total of irrigation water volumes were 1,132.46 and 906.58 m³, respectively. The model
33 enables to generate irrigation schedule for sugar cane, and facilitates farmers to effectively manage the irrigation

1

ภาพผนวกที่ ๑1 บทความงานวิจัยเรื่องการพัฒนาแบบจำลองกำหนดการให้น้ำอ้อย



1 system for their sugar cane fields with high productivity. Furthermore, the model will be developed for other
 2 several crops. In addition this model would be incorporated with the Geo-Information System to create the
 3 spatial-irrigation schedule.

4 Keywords: Sugar cane, Irrigation schedule, Irrigation water requirement

5 **1 บทนำ**

6 อ้อยเป็นพืชเศรษฐกิจหลักที่สำคัญของประเทศตาม
 7 ยุทธศาสตร์สินค้าพืชเศรษฐกิจ 4 สินค้า ซึ่งประกอบด้วย ข้าวโพด
 8 เลี้ยงสัตว์ มันสำปะหลัง ปาล์มน้ำมัน และอ้อย และเป็นวัตถุดิบ
 9 หลักที่ใช้ในการผลิตน้ำตาลทราย และพลังงานทดแทน ที่มี
 10 ความสำคัญต่อระบบเศรษฐกิจของไทยเป็นอย่างมากดังนั้นอ้อย
 11 จึงมีความจำเป็นต่อระบบเศรษฐกิจของประเทศไทยเป็นอย่างมาก
 12 มาก

13 ประเทศไทยมีการเพาะปลูกอ้อยเป็นจำนวนมากนับแต่อดีต
 14 ปัจจุบัน อีกทั้งการเพาะปลูกอ้อยยังเป็นอีกทางเลือกที่เกษตรกร
 15 ปรับเปลี่ยนรูปแบบการเพาะปลูกจากข้าวเป็นพืชเศรษฐกิจอื่นที่มี
 16 ความเหมาะสม ดังนั้นผู้ที่ทำการวิจัยจึงมีแนวคิดที่ต้องการ
 17 ช่วยเหลือเกษตรกรให้สามารถปลูกอ้อยได้อย่างมีประสิทธิภาพ
 18 ลดค่าใช้จ่าย ประหยัดเวลา และทำให้เกิดผลผลิตสูงสุด ซึ่งปัจจัย
 19 ที่เกี่ยวข้องมีอยู่หลายปัจจัยได้แก่ ธาตุอาหารในดิน วัชพืช
 20 ศัตรูพืช และปัจจัยที่สำคัญที่สุดคือน้ำ

21 ธงชัย และคณะ, (2550) ศึกษาประเมินความต้องการน้ำของ
 22 อ้อย โดยพบว่าหากพิจารณาผลผลิตที่ 15 ตันต่อไร่ อ้อยมีความ
 23 ต้องการน้ำตั้งแต่ 1,335-1,770mm ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสภาพภูมิอากาศ
 24 ชนิดดินในพื้นที่ และชนิดพันธุ์ที่ปลูก จะเห็นได้ว่าการผลิตอ้อยมี
 25 ความต้องการใช้น้ำในปริมาณที่สูง จึงจำเป็นต้องมีการศึกษา
 26 จัดการน้ำในไร่อ้อยให้มีประสิทธิภาพจะทำให้ช่วยเพิ่มผลผลิต
 27 และสามารถใช้น้ำที่มีอยู่อย่างจำกัดให้เกิดประโยชน์สูงสุด ยิ่งไป
 28 กว่านั้นในปัจจุบันเกษตรกรผู้ปลูกอ้อยส่วนใหญ่มีวิธีการให้น้ำโดย
 29 อาศัยประสบการณ์ ทั้งการพิจารณาช่วงเวลาและปริมาณน้ำที่ให้
 30 ส่งผลให้การให้น้ำไม่มีประสิทธิภาพ เนื่องจากการให้น้ำไม่ตรง
 31 ตามความต้องการ ผู้วิจัยจึงมีแนวความคิดในการพัฒนา
 32 แอปพลิเคชันการให้น้ำแก่อ้อยเพื่อสนับสนุนการตัดสินใจแก่
 33 เกษตรกรในการให้น้ำทั้งช่วงเวลาและปริมาณความต้องการน้ำที่

34 **เหมาะสม**

35 งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาแบบจำลองกำหนดการให้
 36 น้ำอ้อย ด้วยวิธีวิเคราะห์ความชื้นที่คงเหลือในดิน จากการ
 37 พิจารณาข้อมูลสภาพภูมิอากาศร่วมกับสภาพพื้นที่และรูปแบบ
 38 การเพาะปลูก ซึ่งเป็นขั้นตอนแรกในการพัฒนาแอปพลิเคชัน
 39 สนับสนุนการตัดสินใจแก่เกษตรกรในการให้น้ำอ้อย อีกทั้งยัง
 40 ประยุกต์ใช้แบบจำลองกับพื้นที่การปลูกอ้อยในเขต อ.
 41 กำแพงแสน จ.นครปฐม เพื่อพิจารณาประสิทธิภาพและข้อจำกัด
 42 ของแบบจำลอง

43 **2 อุปกรณ์และวิธีการ**

44 **2.1 การคำนวณความต้องการน้ำชลประทาน**

45 **2.1.1 ความต้องการน้ำของพืช**

46 พืชมีความต้องการใช้น้ำสำหรับกระบวนการเจริญเติบโต การ
 47 คายน้ำของพืช และอื่นๆ ปัจจัยที่มีผลต่อความต้องการน้ำของพืช
 48 คือช่วงอายุของพืชที่ปลูกและสภาพภูมิอากาศในขณะนั้นหรือใน
 49 รูปแบบของการคำนวณความต้องการใช้น้ำของพืช (Etc) คือ
 50 สัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช (Kc) และปริมาณการใช้น้ำของพืช
 51 อ้างอิง (ETo) มีความสัมพันธ์กันดังสมการ (1) แบบจำลอง
 52 กำหนดการให้น้ำอ้อยมีการนำค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของอ้อยซึ่ง
 53 พัฒนาโดยกรมชลประทานมีค่าดัง Table1และใช้สมการ
 54 penman monteith ในการคำนวณปริมาณการใช้น้ำของพืช
 55 อ้างอิง โดยมีการใช้ข้อมูลสภาพภูมิอากาศดังนี้ พิกัดทาง
 56 ภูมิศาสตร์, อุณหภูมิของอากาศ, ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ,
 57 ความเร็วลมจากผิวดินที่ระดับ 2.00 m และจำนวนชั่วโมง
 58 แสงแดด (Allen, 1998)

$$Etc = Kc \times Eto \tag{1}$$

Table1 Crop coefficient of sugar cane.

Month	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Kc Penman Monteith	0.65	0.86	1.13	1.35	1.56	1.29	1.2	0.93	0.63	0.52

ที่มา: (กรมชลประทาน, 2555)

ภาพผนวกที่ ๒๒ บทความงานวิจัยเรื่องการพัฒนาแบบจำลองกำหนดการให้น้ำอ้อย (ต่อ)

การประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย ระดับชาติ ครั้งที่ 19 วันที่ 26-27 เมษายน 2561

2.1.2 **ผืนใช้การ**

ปริมาณผืนใช้การผืนใช้การ คือส่วนหนึ่งของปริมาณน้ำฝนที่ตกลงมายังพื้นที่ และสามารถนำไปใช้ประโยชน์ตามวัตถุประสงค์หรือความต้องการใช้น้ำ สำหรับในด้านการชลประทานปริมาณผืนใช้การ หมายถึงน้ำฝนที่ตกลงในแปลงเพาะปลูก และมีประโยชน์ต่อการเตรียมแปลงเพาะปลูก หรือมีประโยชน์สำหรับพืชดูดน้ำเพื่อใช้ในการเจริญเติบโตและการระเหยในแปลง ซึ่งในการพัฒนาแบบจำลองกำหนดการให้น้ำอ้อยมีการคำนวณหาปริมาณผืนใช้การด้วยวิธี Soil Conservation Service (SCS) ถูกพัฒนาโดยหน่วยงาน United States Department of Agriculture(USDA) ปริมาณผืนใช้การ (R_i) มีการพิจารณาจากปริมาณฝน(R_p), สภาพภูมิอากาศ (Et), ข้อมูลความชื้นของดิน(F) และความสามารถเก็บน้ำของดินในเขตรากพืช(D)คำนวณได้ดังสมการ (2) ซึ่งการคำนวณมีหน่วยความลึกน้ำเป็น cm (ศิริพร, 2545)

R_i = (0.329 × R_p^{0.284} - 0.116) × (10^{0.009Et}) × F × 2.54 (2)
โดยที่ F = 0.532 + 0.116D - 0.99D² + 0.0002D³

2.1.3 **การคำนวณความต้องการน้ำชลประทาน**

ความต้องการน้ำชลประทานสุทธิ คือปริมาณน้ำทั้งหมดที่ต้องทำให้เพียงพอต่อความต้องการของพืชเพิ่มเติมจากปริมาณผืนใช้การสามารถคำนวณได้ดังสมการ (3)
Irr .WR . = (Etc - R_r / Eff . Irr . (3)
โดยหากพิจารณาปริมาณน้ำชลประทานที่ให้จากปริมาณความชื้นในดินต่ำกว่าความชื้นที่ยอมให้ โดยการให้น้ำจะมีปริมาณน้ำถึงจุดให้น้ำชลประทาน (Field Capacity) เป็นไปตามสมการ (3) และความต้องการน้ำ(Irr .WR .) จะพิจารณาจากปริมาณน้ำที่พืชต้องการ(Consumptive use) และประสิทธิภาพการชลประทาน ซึ่งประสิทธิภาพการชลประทานมีความแตกต่างกันในแต่ละวิธีการให้น้ำ การให้น้ำแบบผิวดินอยู่ในช่วงร้อยละ 60-80, การให้น้ำแบบฉีดฝอยอยู่ในช่วงร้อยละ 70-80 และการให้น้ำแบบน้ำหยดอยู่ในช่วงร้อยละ 85-90 (บุญมา, 2546)

ปริมาณน้ำที่ให้พิจารณาการให้น้ำถึงความชื้นชลประทาน(Field Capacity : FC) หรือเท่ากับที่แรงดึงความชื้น 1/3 bar ซึ่งปริมาณความชื้นในดินต้องไม่ต่ำกว่าจุดเหี่ยวเฉาถาวร (Permanent wilting point : PWP) หรือเท่ากับที่แรงดึงความชื้น 15 bar เพื่อให้พืชเหี่ยวเฉาจากการขาดน้ำโดยแบบจำลองมีการกำหนดการให้น้ำเมื่อปริมาณความชื้นในดินคงเหลือต่ำกว่าความชื้นที่จุดวิกฤต(Critical point : CP) ซึ่งอยู่กึ่งกลางระหว่างความชื้นชลประทานและจุดเหี่ยวเฉาถาวรหรือที่

ร้อยละ 50 ของปริมาณความชื้นที่พืชนำไปใช้ได้ทั้งหมด (Available water content : AWC) ปริมาณน้ำชลประทานเพียงพอต่อการใช้น้ำของอ้อยคำนวณได้ดังสมการ (4)

dw = Pw × As × dp (4)

ในการคำนวณสมการ (4) dw คือปริมาณน้ำชลประทาน, Pw คือปริมาณความชื้นในดินที่เพิ่มขึ้นเพื่อเติมความชื้นในดินให้ถึงความชื้นชลประทาน, As คือความถ่วงจำเพาะปรากฏของดิน และ dp คือความลึกของเขตราก โดยความลึกของเขตรากพิจารณาที่ความลึกครึ่งหนึ่งของความลึกราก ซึ่งปริมาณน้ำที่พืชนำไปใช้ร้อยละ 70 ถูกดูดซึมจากความลึกรากที่ร้อยละ 50 แบบจำลองกำหนดการให้น้ำอ้อยทำการคำนวณสำหรับอ้อยที่มีความลึกของราก 60 และ 120 cm ซึ่งมี การพิจารณาเขตรากที่ความลึก 30 และ 60 cm (วิบูลย์, 2526)

2.2 **คุณสมบัติของดิน**

2.2.1 **ความสามารถในการอุ้มน้ำของดิน**

การพัฒนาแบบจำลองกำหนดการให้น้ำแก่อ้อยถูกออกแบบจากการใช้ความรู้พื้นฐานในเรื่องความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นในดินกับปริมาณน้ำที่พืชต้องการ เกณฑ์การให้น้ำขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของดินโดยการใช้กราฟความอุ้มน้ำของดินเป็นตัวกำหนด ในการพัฒนาแบบจำลองกำหนดการให้น้ำอ้อยถูกพัฒนาขึ้นเพื่อจำลองกำหนดการให้น้ำอ้อยภายในแปลงสาธิตภาควิศวกรรมชลประทาน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ทำการเจาะสำรวจดินแบบคงสภาพด้วยกระบอเก็บตัวอย่างดิน (Soil core sampler) ที่ระดับความลึก 30, 60 cm จากผิวดิน และทำการทดสอบในห้องปฏิบัติการเพื่อทดสอบหาความชื้นในดินเมื่อมีแรงดึงความชื้นที่ค่าต่าง ๆ ด้วยหม้อความดัน (Extractor chamber)

2.2.2 **ความถ่วงจำเพาะของดิน**

ในงานชลประทานมักใช้ค่าความถ่วงจำเพาะปรากฏมากกว่าความถ่วงจำเพาะที่แท้จริง ซึ่งความถ่วงจำเพาะปรากฏของดิน (Apparent specific gravity, As) คำนวณได้จากการเปรียบเทียบอัตราส่วนน้ำหนักของเมล็ดดิน(W_s) ต่อปริมาตรของเมล็ดดินรวมช่องว่าง (V) กับน้ำหนักจำเพาะของน้ำ (γ_w) คำนวณได้ดังสมการ (5) โดยการเจาะสำรวจดินในภาคสนามด้วยกระบอเก็บตัวอย่างดิน (Soil core sampler) นำเข้าเตาอบ 24 ชั่วโมงเพื่อให้ระเหย ซึ่งเฉพาะน้ำหนักของเมล็ดดิน และวัดปริมาตรรวมของกระบอเก็บตัวอย่าง

As = W_s / V γ_w (5)

ภาพผนวกที่ 3 ข บทความงานวิจัยเรื่องการพัฒนาแบบจำลองกำหนดการให้น้ำอ้อย (ต่อ)

577785291 KU Thesisis 6124500418 thesisis / recv: 29062563 11:28:00 / seq: 50

การประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย ระดับชาติ ครั้งที่ 19 วันที่ 26-27 เมษายน 2561

2.2.3 การพัฒนาแบบจำลองกำหนดการให้น้ำและการประยุกต์ใช้ 26 นำเข้าข้อมูลอุตุณิยวิทยา, สัมประสิทธิ์การใช้น้ำของอ้อย (Kc)

2.2.3.1 การจัดทำฐานข้อมูล 27 และคุณสมบัติของดิน (ความสามารถในการอุ้มน้ำของดินและ

3 การพัฒนาแบบจำลองกำหนดการให้น้ำแก่อ้อยมีการ 28 ความถ่วงจำเพาะของดิน) นอกเหนือจากส่วนน้ำเข้าข้อมูลจะเป็น
4 พัฒนาขึ้นมาเพื่อพัฒนากำหนดการให้น้ำแก่อ้อยสำหรับแปลง 29 ส่วนการคำนวณ ในส่วนการคำนวณปริมาณฝนใช้การตามสมการ
5 สาธิตภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 30 (2) และปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิงตามสมการ Penman
6 วิทยาเขตกำแพงแสน ซึ่งใช้ข้อมูลสภาพภูมิอากาศจากสถานี 31 Monteith เป็นการนำข้อมูลอุตุณิยวิทยามาคำนวณ ซึ่งปริมาณ
7 อุตุณิยวิทยา จังหวัดนครปฐม ในปี พ.ศ.2560 32 การใช้น้ำของพืชอ้างอิงและสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของอ้อยถูกนำไป
33 จำนวนการใช้น้ำของอ้อย เมื่อมีข้อมูลการใช้น้ำของอ้อยและฝน

8 ฐานข้อมูลภายในมีการแบ่งเป็น 3 ส่วนคือ 1) ข้อมูลสภาพ 34 ใช้อการในวันนั้นๆแล้วจะทำการคำนวณปริมาณความชื้นในดินที่
9 ภูมิอากาศซึ่งนำไปคำนวณการใช้น้ำของพืชและปริมาณฝนใช้การ 35 คงเหลือในวันนั้น ๆตามสมการ (6) ถ้าปริมาณความชื้นในดินต่ำ
10 , 2) สัมประสิทธิ์การใช้น้ำของอ้อยและ 3) การคำนวณความชื้น 36 กว่าร้อยละ 50 ของความชื้นที่เป็นประโยชน์ต่อพืชจะมีการ
11 ในดิน 37 จำนวนปริมาณน้ำที่ต้องให้แก่อ้อย และจะมีการคำนวณต่อในวัน

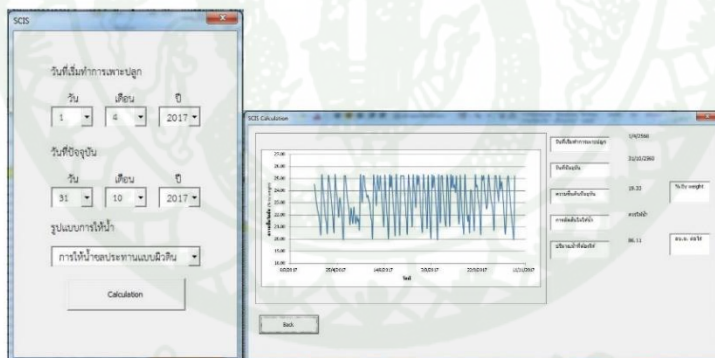
2.2.3.2 การสร้างอินเตอร์เฟซสำหรับผู้ใช้งาน 38 ถัดไป หรือปริมาณความชื้นในดินสูงกว่าร้อยละ 50 ของความชื้น

13 การสร้างอินเตอร์เฟซสำหรับผู้ใช้งานถูกพัฒนาขึ้นจากภาษา 39 ที่เป็นประโยชน์ต่อพืชจะมีการคำนวณต่อในวันถัดไป ซึ่ง
14 Visual basic ซึ่งสามารถทำการเชื่อมต่อกับฐานข้อมูล โดยที่ 40 แบบจำลองจะมีการคำนวณตั้งแต่วันที่เริ่มปลูกถึงวันปัจจุบัน และ
15 อินเตอร์เฟซสำหรับผู้ใช้งานประกอบไปด้วยส่วนของการรับข้อมูล 41 ส่วนสุดท้ายคือส่วนการแสดงผล

16 จากผู้ใช้คือวันที่ปลูก, วันที่ปัจจุบัน, วิธีการให้น้ำ เป็นไปตาม 42 ปริมาณความชื้นของดินปัจจุบัน (Sm_i) มีการคำนวณจาก
17 Figure 1(a) และส่วนของการแสดงผลมีการแสดงผลวันที่เริ่มทำ 43 วิธีการสมมูลย์น้ำสำหรับความลึกรากจะมีการพิจารณาถึงปริมาณ
18 การเพาะปลูก, วันที่ปัจจุบัน, ความชื้นดินปัจจุบัน, การตัดสินใจ 44 ความชื้นในวันก่อนหน้า (Sm_{i-1}), ปริมาณน้ำฝนใช้การที่เกิดขึ้นใน
19 ให้น้ำ และปริมาณน้ำที่ต้องให้เป็นไปตาม Figure 1(b) 45 วันนั้น (Re) และปริมาณการใช้น้ำของพืชในวันนั้น (ET_c) เป็นไป

2.2.3.3 การทำงานของแบบจำลองกำหนดการให้น้ำอ้อย 46 ตามสมการ (6) ซึ่งทั้งหมดเป็นหน่วยความลึกของน้ำ

21 การทำงานของแบบจำลองกำหนดการให้น้ำอ้อยมีการทำงาน 47 $Sm_i = Sm_{i-1} + Re_i + IRR_i - ETc_i$ (6)
22 เป็นไปตาม Figure 2 ในการทำงานของแบบจำลองกำหนดการ 48 สำหรับช่วงเวลาที่เหมาะสมสำหรับการให้น้ำจะถูกกำหนด
23 ให้น้ำอ้อยจะถูกแบ่งการนำเข้าข้อมูลออกเป็นสองส่วนคือ ส่วน 49 โดยกราฟความอุ้มน้ำของดิน ซึ่งปริมาณความชื้นในดินที่
24 ของการนำเข้าโดยผู้ใช้โดยนำเข้าข้อมูลวันที่เริ่มปลูก วันที่ปัจจุบัน 50 เหมาะสมสำหรับอ้อยไม่ความต่ำกว่าความชื้นที่จุดวิกฤต(บุชจ
25 และวิธีการให้น้ำส่วนของการนำเข้าข้อมูลจากฐานข้อมูลโดยการ 51 รินทร์ และอรรถสิทธิ์, 2555)



(a) Interface for input data by user.(b)Interface display for user form.
Figure 1 SCIS model

4

ภาพผนวกที่ 4 บทความงานวิจัยเรื่องการพัฒนาแบบจำลองกำหนดการให้น้ำอ้อย (ต่อ)

การประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย ระดับชาติ ครั้งที่ 19 วันที่ 26-27 เมษายน 2561

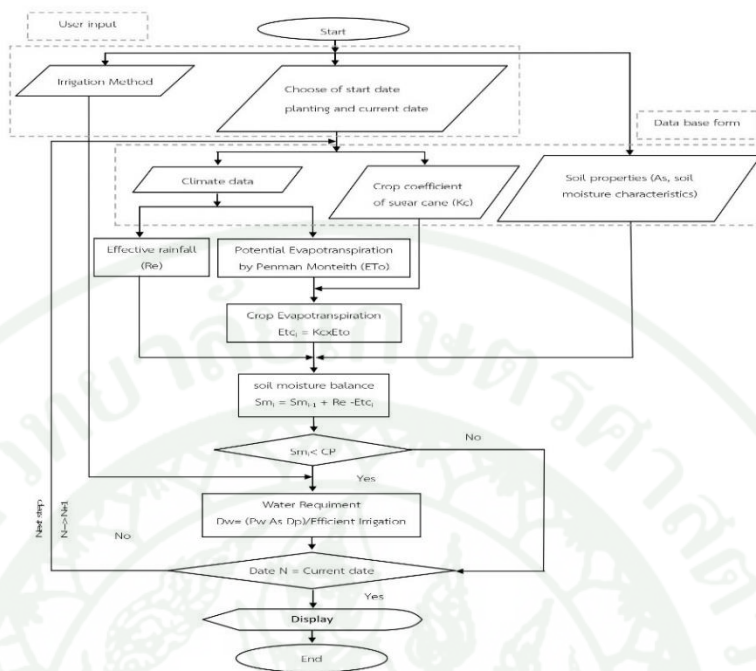


Figure 2 SCIS model flow chart.

3 ผลและวิจารณ์

3.1 คุณสมบัติของดิน

กราฟความสามารถในการอุ้มน้ำของดินสร้างขึ้นจาก
ความสัมพันธ์ระหว่างแรงดึงความชื้นกับความชื้นในดินโดยมี
ค่าแรงดึงความชื้นที่ตั้งแต่ 0 จนถึง 15 bar สามารถสร้างกราฟ
ความสามารถในการอุ้มน้ำที่ระดับความลึก 30 และ 60 cm ของ
ดินเป็นไปตาม Figure 3(a) และ Figure 3(b)ตามลำดับ ซึ่งจาก
กราฟสามารถอ่านค่าความชื้นชลประทาน (Field capacity)
เท่ากับร้อยละ 25 และ 30 โดยน้ำหนัก และจุดเหี่ยวเฉาถาวร
(Permanent wilting point) เท่ากับร้อยละ 15 และ 20 โดย
น้ำหนัก ดังนั้นของความชื้นที่เป็นประโยชน์ต่อพืช (Available
water content)เท่ากับร้อยละ 10 โดยน้ำหนัก และจุดวิกฤต
(Critical point) เท่ากับร้อยละ 20 และ 25 โดยน้ำหนัก

ความว่างจำเพาะปรากฏจากการทดสอบในห้องปฏิบัติการที่
เขตราก 30 cm มีค่าเท่ากับ 1.52 ซึ่งบ่งบอกว่าเนื้อดินเป็นดิน
ร่วนปนทราย และ 60 cm มีค่าเท่ากับ 1.27 ซึ่งบ่งบอกว่าเนื้อดิน
เป็นดินเหนียวปนตะกอนทรายเป็นไปตาม Table 2

Table 2 Apparent specific gravity at 30 cm of root depth.

Category	Depth (cm)	
	30	60
Average weight (g)	100.58	84.41
Average volume (cm ³)	66.38	66.66
Apparent specific gravity	1.52	1.27

ภาพผนวกที่ 5 บทความงานวิจัยเรื่องการพัฒนาแบบจำลองกำหนดการให้น้ำอ้อย (ต่อ)

การประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย ระดับชาติ ครั้งที่ 19 วันที่ 26-27 เมษายน 2561

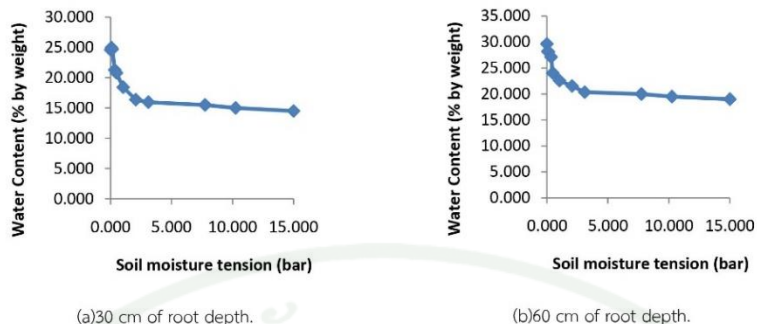


Figure 3 Soil moisture characteristics.

3.2 การคำนวณกำหนดการให้น้ำอ้อย

แบบจำลองกำหนดการให้น้ำอ้อยพิจารณาภายในแปลงสาธิต
 ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยา
 เขตกำแพงแสน ตั้งแต่วันที่ 1 เมษายน ถึง 31 ธันวาคม พ.ศ.
 2560 (อายุอ้อย 9 เดือน) ที่เขตความลึกของราก 30 และ 60
 cm มีผลการคำนวณคือมีจำนวนครั้งในการให้น้ำ 27 และ 14
 ครั้ง และปริมาณน้ำที่พืชใช้ทั้งหมดคิดเป็นต่อไร่เท่ากับ 1,132.46
 และ 906.58 m³ เมื่อคำนวณปริมาณความต้องการน้ำชลประทาน
 เท่ากับ 1617.80 และ 1295.11 m³ ตามลำดับมีความใกล้เคียง
 กับงานวิจัยของธงชัยและคณะ ปริมาณความชื้นในดินและ
 ปริมาณน้ำชลประทานที่ให้ที่เขตความลึกของราก 30 และ 60

12 cm แสดงผลในรูปแบบกราฟเป็นไปตาม Figure 4 และ Figure 5

13 ตามลำดับ จากกราฟจะเห็นได้ว่าเมื่อมีปริมาณความชื้นในดินต่ำ
 14 กว่าร้อยละ 20 โดยน้ำหนัก จะมีการให้น้ำชลประทานทำให้
 15 ปริมาณความชื้นในดินสูงขึ้นจนถึงจุดชลประทาน และในการ
 16 สูงขึ้นของความชื้นในดินนอกเหนือจากการให้น้ำชลประทานจะ
 17 เป็นผลจากปริมาณฝนใช้การ

18 แบบจำลองกำหนดการให้น้ำอ้อยมีการวิเคราะห์การให้น้ำ
 19 วิเคราะห์ความชื้นดินให้อยู่ในช่วงร้อยละ 100-50 ของความชื้น
 20 เป็นประโยชน์ต่อพืช(Available water content : AWC)เพื่อให้
 21 อ้อยไม่เกิดความเครียดจากการขาดน้ำทำให้อ้อยมีการ
 22 เจริญเติบโตที่ดีทำให้การปลูกอ้อยได้รับผลผลิตสูง

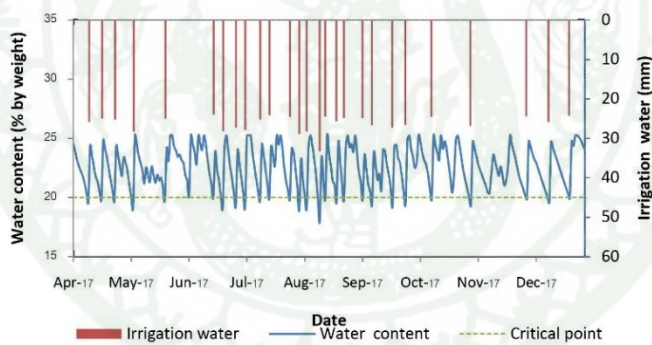
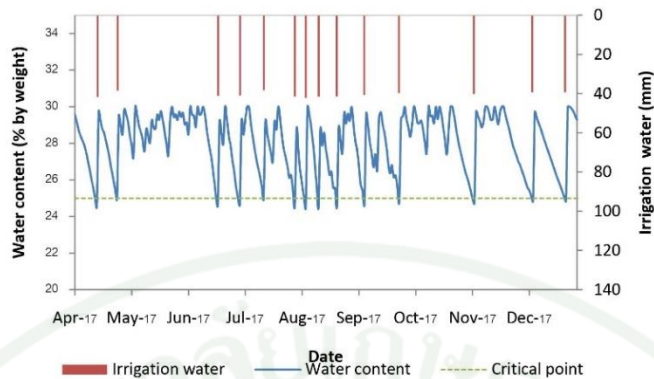


Figure 4 Graph of daily soil moisture and irrigation water at 30 cm of root depth.

ภาพผนวกที่ ๖ บทความงานวิจัยเรื่องการพัฒนาแบบจำลองกำหนดการให้น้ำอ้อย (ต่อ)

การประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย ระดับชาติ ครั้งที่ 19 วันที่ 26-27 เมษายน 2561



1 4 สรุป

2 แบบจำลองถูกพัฒนาขึ้นโดยการสร้างฐานข้อมูลซึ่ง

3 ประกอบด้วย การคำนวณปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง,

4 ฐานข้อมูลค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของอ้อย, ฐานข้อมูลฝน และ

5 ส่วนของการคำนวณความชื้นในดิน ซึ่งแบบจำลองถูกนำไป

6 ประยุกต์ใช้กับการปลูกอ้อยในแปลงสาธิตภาควิชาวิศวกรรม

7 ชลประทาน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน

8 ได้ผลการจำลองที่เขตความลึกของราก 30 และ 60 cm ซึ่ง

9 แบบจำลองมีศักยภาพในการคำนวณกำหนดการให้น้ำอ้อย โดย

10 สามารถพัฒนาเพื่อทำกำหนดการให้น้ำกับพืชชนิดอื่น ๆ ได้

11 แบบจำลองการให้น้ำของอ้อยสามารถพัฒนาต่อเพื่อเพิ่ม

12 ศักยภาพในการคำนวณและวิเคราะห์กำหนดการให้น้ำโดยการ

13 สอบเทียบข้อมูลกับความชื้นในภาคสนามและทำการปรับแก้

14 สมการในการคำนวณ

15 5 กิตติกรรมประกาศ

16 ผู้วิจัยขอขอบคุณห้องปฏิบัติการวิจัยการ จำลองระบบ

17 ทรัพยากรน้ำด้วยคอมพิวเตอร์และระบบสารสนเทศภาควิชา

18 วิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์กำแพงแสน

19 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ที่ให้การสนับสนุนในการทำวิจัย จน

20 ให้งานวิจัยสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

21 6 เอกสารอ้างอิง

22 กรมชลประทาน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2555. ค่า

23 สัมประสิทธิ์พืชโดยวิธี Penman – Monteith. ส่วนการให้น้ำ

24 ชลประทาน สำนักบริหารจัดการน้ำและอุทกวิทยา กรม

25 ชลประทาน.

26 งดชัย ตั้งเปรมศรี, วันทนา ตั้งเปรมศรี, ประชา ถ้ำทอง และ

27 ณรงค์ ย้อนใจทัน. 2550. การให้น้ำอ้อยที่ปลูกในดินชุด

28 กำแพงแสน. เรื่องเติมการประชุมทางวิชาการของ

29 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 45: สาขาพืช, 11-17

30 บุขจรินทร์ พึ่งพา และอรธสิทธิ์ บุญธรรม. 2555. การศึกษา

31 ปริมาณน้ำที่เหมาะสมในแต่ละช่วงของอายุการเจริญเติบโต

32 ของ อ้อย. การ ประ ชุม วิ ชา ก ร าร หั ง ข า ตี

33 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ครั้งที่ 9,

34 2241-2247

35 บุญมา ปานประดิษฐ์. 2546. หลักการชลประทาน. ภาควิชา

36 วิศวกรรม ชล ประ ทาน คณ วิ ศ ว ก ร ม ศ า ส ต ร

37 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

38 วิบูลย์ บุญธโรกุล. 2526. หลักการชลประทาน. ภาควิชา

39 วิศวกรรม ชล ประ ทาน คณ วิ ศ ว ก ร ม ศ า ส ต ร

40 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

41 ศิริพร ด่านยุทธศิลป์. 2545. การเปรียบเทียบวิธีวิเคราะห์ผืนใช้

42 การสำหรับปลูกอ้อย. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตร์

43 มหามบัณฑิต. กรุงเทพมหานคร: บัณฑิตวิทยาลัย,

44 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

45 Allen, R. G., Pereira, L. S., Raes, D., & Smith, M. (1998).

46 Cropevapotranspiration: Guidelines for computing

47 crop water requirements. Irrigation and Drainage

48 Paper No. 56. Rome, Italy: United Nations FAO.

ภาพผนวกที่ 7 บทความงานวิจัยเรื่องการพัฒนาแบบจำลองกำหนดการให้น้ำอ้อย (ต่อ)

577785291
 KU_Thesis 6124500418 thesis / revc: 29062563 11:28:00 / seq: 50

การประชุมวิชาการระดับชาติ ครั้งที่ 15 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน วันที่ 6-7 ธันวาคม 2561

**การประยุกต์ใช้แบบจำลองกำหนดการให้น้ำอ้อยเพื่อเปรียบเทียบปริมาณความต้องการน้ำ
ชลประทานภายใต้การเปลี่ยนแปลงปฏิทินการเพาะปลูก**

**Application of the Sugar Cane Irrigation Scheduling Model to Compare the Irrigation Water
Requirement under Changing of Crop Calendar**

ธเนศ สัมฤทธิ์นรพงศ์¹ จุติเทพ วงษ์เพ็ชรวิ และ ระวี อยู่สำราญ¹

Tanet Samritnorapong¹, Jutithep Vongphet¹ and Rawee Yoosamran¹

บทคัดย่อ

แบบจำลองกำหนดการให้น้ำอ้อย (Sugar Cane Irrigation Schedule Model ,SCIS) พัฒนาขึ้นเพื่อสนับสนุนการตัดสินใจการให้น้ำแก่อ้อย โดยแบบจำลองคำนวณกำหนดการให้น้ำซึ่งประกอบด้วยปริมาณน้ำและช่วงเวลาที่เหมาะสม งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประยุกต์ใช้แบบจำลองในเพื่อเปรียบเทียบปริมาณความต้องการน้ำชลประทานภายใต้การเปลี่ยนแปลงปฏิทินการเพาะปลูกโดยกำหนดวันเริ่มเพาะปลูกตั้งแต่พฤศจิกายนถึงเมษายน ในพื้นที่ อ.กำแพงแสน จ.นครปฐม ข้อมูลอุตุนิยมวิทยาที่ใช้ในการวิเคราะห์อยู่ในช่วงปี พ.ศ. 2548-2560 ซึ่งแบ่งการวิเคราะห์เป็น 3 กรณีศึกษาคือ ปีที่มีปริมาณน้ำฝนสูงสุด ปีที่มีปริมาณน้ำฝนเท่ากับค่าเฉลี่ย และปีที่มีปริมาณน้ำฝนต่ำสุด ผลการวิเคราะห์จากแบบจำลองพบว่าปริมาณน้ำชลประทานที่อ้อยต้องการเฉลี่ยเท่ากับ 824.07 878.94 และ 955.12 mm ตามลำดับ จากผลการศึกษาพบว่าการปลูกอ้อยในเดือนมีนาคมถึงเมษายนมีความเหมาะสมสูงสุดทางด้านปริมาณการใช้น้ำชลประทานต่ำสุด โดยผลของแบบจำลองสามารถช่วยในการตัดสินใจศึกษาความเหมาะสมของช่วงเวลาในการเพาะปลูกประกอบกับปัจจัยด้านอื่นๆ

คำสำคัญ : กำหนดการให้น้ำ, ความต้องการน้ำชลประทาน, แบบจำลองกำหนดการให้น้ำอ้อย, อ้อย

ABSTRACT

Sugar Cane Irrigation Schedule Model (SCIS) was developed to support the decision on water application for sugar cane by developing the irrigation schedule. The objective of this study is to apply the SCIS model to compare the amount of irrigated water for sugarcane under changing of crop calendar during November-April in Nakhon Pathom Province. The meteorological data during the year 2005 to 2017, was analyzed in 3 scenarios. Those are the year of highest rainfall, averaged meteorological data and the year of lowest rainfall. The calculated results showed that the average irrigation water requirement was 824.07, 878.94 and 955.12 mm, respectively. The results showed that sugarcane planting in March-April was the highest in terms of irrigation water use. The model's result can help determine the suitability of cropping pattern with other factors.

Keyword: Irrigation scheduling, Irrigation water, SCIS model, Sugar cane

E-mail address : tanets.2538@gmail.com

¹ ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน

¹ Department of Irrigation Engineering, Faculty of Engineering at Kamphaengsaen, Kasetsart University

**ภาพผนวกที่ ๗8 บทความงานวิจัยเรื่องการประยุกต์ใช้แบบจำลองกำหนดการให้น้ำอ้อยเพื่อ
เปรียบเทียบปริมาณความต้องการน้ำชลประทานภายใต้การเปลี่ยนแปลงปฏิทินเพาะปลูก**

การประชุมวิชาการระดับชาติ ครั้งที่ 15 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน วันที่ 6-7 ธันวาคม 2561

คำนำ

การเพาะปลูกอ้อยเป็นทางเลือกหนึ่งที่เกษตรกรปรับเปลี่ยนรูปแบบการเพาะปลูกพืชที่ใช้น้ำมากเป็นพืชอื่นที่มีความเหมาะสม เพื่อลดการใช้น้ำในการเพาะปลูก โดยปัจจุบันอ้อยถูกกำหนดเป็นพืชเศรษฐกิจหลักที่สำคัญของประเทศตามยุทธศาสตร์สินค้าพืชเศรษฐกิจ 4 สินค้า ซึ่งประกอบด้วย ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ มันสำปะหลัง ปาล์มน้ำมัน และอ้อย ซึ่งอ้อยเป็นวัตถุดิบหลักที่ใช้ในการผลิตน้ำตาลทราย และพลังงานทดแทน ดังนั้นอ้อยจึงมีความจำเป็นต่อระบบเศรษฐกิจของประเทศไทยเป็นอย่างมาก (กระทรวงอุตสาหกรรม, 2559) โดยที่ประเทศไทยมีการเพาะปลูกอ้อยเป็นจำนวนมากนับแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน ดังนั้นผู้ทำการวิจัยจึงมีแนวคิดที่ต้องการช่วยเหลือเกษตรกรให้สามารถปลูกอ้อยได้อย่างมีประสิทธิภาพลดค่าใช้จ่าย ประหยัดเวลา และทำให้เกิดผลผลิตสูงสุด ซึ่งปัจจัยที่เกี่ยวข้องมีอยู่หลายปัจจัยได้แก่ ธาตุอาหารในดิน, วัชพืช, ศัตรูพืช และปัจจัยที่สำคัญที่สุดคือการให้น้ำ

ช่วงฤดูกาลเพาะปลูกของอ้อยถูกกำหนดโดยช่วงเวลาในการเก็บเกี่ยวผลผลิต โดยทั่วไปแล้วเกษตรกรจะมีการเก็บเกี่ยวผลผลิตในช่วงเดือนพฤศจิกายน-เมษายน เพื่อนำส่งโรงงานซึ่งเป็นช่วงที่โรงงานเปิดหีบอ้อย ทั้งนี้โรงงานจะเปิดหีบอ้อยได้ต้องเป็นไปตามที่คณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทรายกำหนดเท่านั้น (ฤทัยชนก, 2558) ซึ่งช่วงเวลาในการเพาะปลูกจะมีความสำคัญต่อปริมาณน้ำที่อ้อยใช้ โดยทั่วไปเกษตรกรไม่ได้คำนึงถึงลักษณะภูมิอากาศที่แตกต่างในแต่ละช่วงอายุของอ้อยซึ่งมีผลต่อปริมาณความต้องการน้ำของอ้อย ดังนั้นการกำหนดเวลาในการเพาะปลูกจึงมีส่วนสำคัญอย่างมาก

การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Climate Change) เป็นปรากฏการณ์ที่มีผลกระทบต่อสภาพภูมิอากาศเปลี่ยนแปลงจากเดิมรวมถึงก่อให้เกิดภัยพิบัติทางธรรมชาติ โดยเฉพาะภัยแล้งซึ่งมีผลกระทบต่อการผลิตน้ำทั้งในภาคเกษตรกรรม และการอุปโภค-บริโภค ในส่วนภาคเกษตรกรรมของประเทศไทยมีปริมาณการใช้น้ำสูงสุด ดังนั้นในส่วนของภาคเกษตรกรรมต้องมีการปรับตัวให้สามารถเพาะปลูกได้อย่างมีประสิทธิภาพและได้รับผลกระทบน้อยที่สุด โดยในช่วงปี พ.ศ.2558-2559 ประเทศไทยประสบปัญหาภัยแล้งรุนแรงในรอบ 33 ปี (2524-2557) ส่งผลให้ปริมาณน้ำในเขื่อนขนาดใหญ่มีปริมาณไม่เพียงพอต่อความต้องการน้ำสำหรับภาคเกษตรกรรม (กรมชลประทาน, 2559) จึงมีแนวคิดสำหรับแก้ไขปัญหาในการเพาะปลูกอ้อยเพื่อให้สามารถเพาะปลูกอ้อยได้อย่างมีประสิทธิภาพในช่วงประสบปัญหาภัยแล้ง โดยการประเมินปริมาณความต้องการน้ำชลประทานสำหรับอ้อยเพื่อกำหนดปริมาณน้ำที่เป็นไปตามความต้องการต่อการเจริญเติบโตของอ้อย

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ในการเปรียบเทียบปริมาณความต้องการน้ำชลประทานภายใต้การเปลี่ยนแปลงปฏิทินการเพาะปลูก เพื่อศึกษาช่วงเวลาในการเพาะปลูกที่เหมาะสม โดยประยุกต์ใช้แบบจำลองกำหนดการให้น้ำอ้อยที่พัฒนาขึ้นด้วยวิธีวิเคราะห์ความชื้นที่คงเหลือในดิน จากการพิจารณาข้อมูลสภาพภูมิอากาศร่วมกับสภาพพื้นที่และรูปแบบการเพาะปลูก ซึ่งแบบจำลองนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้สนับสนุนการตัดสินใจในการให้น้ำเพื่อรักษาความชื้นในดินให้อยู่ในระดับที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตตลอดช่วงอายุของอ้อย อีกทั้งยังอำนวยความสะดวกแก่เกษตรกรให้มีการบริหารจัดการน้ำสำหรับแปลงอ้อยอย่างมีประสิทธิภาพ และได้มาซึ่งผลผลิตสูงสุด (ธนศ., 2561)

ภาพผนวกที่ ๑๖ บทความงานวิจัยเรื่องการประยุกต์ใช้แบบจำลองกำหนดการให้น้ำอ้อยเพื่อเปรียบเทียบปริมาณความต้องการน้ำชลประทานภายใต้การเปลี่ยนแปลงปฏิทินเพาะปลูก(ต่อ)

การประชุมวิชาการระดับชาติ ครั้งที่ 15 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน วันที่ 6-7 ธันวาคม 2561

อุปกรณ์และวิธีการ

1. การคำนวณความต้องการน้ำชลประทาน

1.1 การคำนวณความต้องการน้ำของพืช

พืชมีความต้องการใช้น้ำสำหรับการเจริญเติบโต การคายน้ำของพืช และอื่นๆ ปัจจัยที่มีผลต่อความต้องการน้ำของพืชคือช่วงอายุของพืชที่ปลูกและสภาพภูมิอากาศในขณะนั้นหรือในรูปแบบของการคำนวณความต้องการใช้น้ำของพืช (Etc) คือสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช (Kc) และปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (ETo) มีความสัมพันธ์กันดังสมการ (1) แบบจำลองกำหนดการให้น้ำอ้อยมีการนำค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของอ้อยซึ่งพัฒนาโดยกรมชลประทานมีค่าดัง Table1 และใช้สมการ penman monteith ในการคำนวณปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง โดยมีการใช้ข้อมูลพิกัดทางภูมิศาสตร์ร่วมกับข้อมูลสภาพภูมิอากาศดังนี้ อุณหภูมิของอากาศ ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ ความเร็วลมจากผิวดินที่ระดับ 2.00 m และจำนวนชั่วโมงแสงแดด (Allen, 1998)

$$Etc = Kc \times Eto \quad (1)$$

1.2 การคำนวณปริมาณฝนใช้การ

ปริมาณฝนใช้การฝนใช้การ คือส่วนหนึ่งของปริมาณน้ำฝนที่ตกลงมายังพื้นที่ และสามารถนำไปใช้ประโยชน์ตามวัตถุประสงค์หรือความต้องการใช้น้ำ สำหรับในด้านการชลประทานปริมาณฝนใช้การ หมายถึงน้ำฝนที่ตกลงในแปลงเพาะปลูก และมีประโยชน์ต่อการเตรียมแปลงเพาะปลูก หรือมีประโยชน์สำหรับพืชดูดน้ำเพื่อใช้ในการเจริญเติบโตและการระเหยในแปลง ซึ่งในการพัฒนาแบบจำลองกำหนดการให้น้ำอ้อยมีการคำนวณวิเคราะห์ปริมาณฝนใช้การด้วยวิธี Soil Conservation Service (SCS) ปริมาณฝนใช้การ (Re) มีการพิจารณาจากปริมาณฝน (R) สภาพภูมิอากาศ (E) ข้อมูลความชื้นของดิน (F) และความสามารถเก็บน้ำของดินในเขตรากพืช (D) คำนวณได้ดังสมการ (2) ซึ่งการคำนวณมีหน่วยความลึกน้ำเป็นเซนติเมตร (ศิริพร, 2545)

$$R_r = (0.329 \times R^{0.234} - 0.116) \times (10^{0.0095R}) \times F \times 2.54 \quad \text{โดยที่ } F = 0.532 + 0.116D - 0.99D^2 + 0.0002D^3 \quad (2)$$

1.3 การคำนวณความต้องการน้ำชลประทาน

ความต้องการน้ำชลประทานสุทธิ คือปริมาณน้ำทั้งหมดที่ต้องให้เพื่อให้เพียงพอต่อความต้องการของพืชเพิ่มเติมจากปริมาณฝนใช้การสามารถคำนวณได้ดังสมการ (3)

$$Irr.WR. = \frac{Etc - R_r}{Eff.Irr.} \quad (3)$$

โดยหากพิจารณาปริมาณน้ำชลประทานที่ได้จากปริมาณความชื้นในดินต่ำกว่าความชื้นที่ยอมให้โดยการให้น้ำจะมีการให้น้ำถึงจุดให้น้ำชลประทาน (Field Capacity) เป็นไปตามสมการ (3) และความต้องการน้ำชลประทาน (Irr. WR) จะพิจารณาจากปริมาณน้ำที่พืชต้องการ (Consumptive use) และประสิทธิภาพการชลประทาน (Eff. Irr.) ซึ่งประสิทธิภาพการชลประทานมีความแตกต่างกันในแต่ละวิธีการให้น้ำ การให้น้ำแบบผิวดินอยู่ในช่วงร้อยละ 60 การให้น้ำแบบฉีดฝอยอยู่ในช่วงร้อยละ 75 และการให้น้ำแบบน้ำหยดอยู่ในช่วงร้อยละ 90 (Brouwer, 1989)

Table1 Crop coefficient of sugar cane.

Month	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Kc Penman Monteith	0.65	0.86	1.13	1.35	1.56	1.29	1.2	0.93	0.63	0.52

ที่มา: (กรมชลประทาน, 2555)

ภาพผนวกที่ ข10 บทความงานวิจัยเรื่องการประยุกต์ใช้แบบจำลองกำหนดการให้น้ำอ้อยเพื่อเปรียบเทียบปริมาณความต้องการน้ำชลประทานภายใต้การเปลี่ยนแปลงปฏิทินเพาะปลูก (ต่อ)

การประชุมวิชาการระดับชาติ ครั้งที่ 15 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน วันที่ 6-7 ธันวาคม 2561

1.4 กำหนดการให้น้ำอ้อย

ปริมาณน้ำที่ให้ออกมาการให้น้ำถึงความชื้นชลประทาน (Field Capacity : FC) หรือเท่ากับที่แรงดึงความชื้น 1/3 bar ซึ่งปริมาณความชื้นในดินต้องไม่ต่ำกว่าจุดเหี่ยวเฉาถาวร (Permanent wilting point : PWP) หรือเท่ากับที่แรงดึงความชื้น 15 bar เพื่อไม่ให้พืชเหี่ยวเฉาจากการขาดน้ำโดยแบบจำลองมีการกำหนดการให้น้ำเมื่อปริมาณความชื้นในดินคงเหลือต่ำกว่าความชื้นที่จุดวิกฤต (Critical point : CP) ซึ่งอยู่กึ่งกลางระหว่างความชื้นชลประทานและจุดเหี่ยวเฉาถาวรหรือที่ร้อยละ 50 ของปริมาณความชื้นที่พืชนำไปใช้ได้ทั้งหมด (Available water content : AWC) (นุชจรินทร์ และอรุณสิทธิ์, 2555) ปริมาณน้ำชลประทานที่ให้แก่อ้อยคำนวณได้ดังสมการ (4)

$$dw = Pw \times As \times dp \quad (4)$$

ในการคำนวณสมการ (4) dw คือปริมาณน้ำชลประทาน, Pw คือปริมาณความชื้นในดินที่เพิ่มขึ้นเพื่อเติมความชื้นในดินให้ถึงความชื้นชลประทาน (Readily available water : RAW), As คือความถ่วงจำเพาะปรากฏของดิน และ dp คือความลึกของเขตราก โดยความลึกของเขตรากพิจารณาจากความลึกครึ่งหนึ่งของความลึกราก ซึ่งปริมาณน้ำที่พืชนำไปใช้ร้อยละ 70 ถูกดูดซึมจากความลึกรากที่ร้อยละ 50 แบบจำลองกำหนดการให้น้ำอ้อยทำการคำนวณสำหรับอ้อยที่มีความลึกของราก 60 cm จึงมีการพิจารณาเขตรากที่ความลึก 30 cm (วิบูลย์, 2526)

2. คุณสมบัติดิน

2.1 ความสามารถในการกักน้ำของดิน

การพัฒนาแบบจำลองกำหนดการให้น้ำแก่อ้อยถูกออกแบบจากการใช้ความรู้พื้นฐานในเรื่องความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นในดินกับปริมาณน้ำที่พืชต้องการ เกณฑ์การให้น้ำขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของดินโดยการใช้อุณหภูมิของดินเป็นตัวกำหนด ในการพัฒนาแบบจำลองกำหนดการให้น้ำอ้อยถูกพัฒนาขึ้นเพื่อจำลองกำหนดการให้น้ำอ้อยภายในแปลงสาธิตภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ทำการเจาะสำรวจดินแบบคงสภาพด้วยกระบอเก็บตัวอย่างดิน (Soil core sampler) ที่ระดับความลึกดิน 30 cm และทำการทดสอบในห้องปฏิบัติการเพื่อทดสอบหาความชื้นในดินเมื่อมีแรงดึงความชื้นที่ค่าต่าง ๆ ด้วยหม้อความดัน (Extractor chamber)

2.2 ความถ่วงจำเพาะของดิน

ในงานชลประทานมักใช้ค่าความถ่วงจำเพาะปรากฏมากกว่าความถ่วงจำเพาะที่แท้จริง ซึ่งความถ่วงจำเพาะปรากฏของดิน (Apparent specific gravity, As) คำนวณได้จากการเปรียบเทียบอัตราส่วนน้ำหนักของเมล็ดดิน (Ws) ต่อปริมาตรของเมล็ดดินรวมช่องว่าง (V) กับน้ำหนักจำเพาะของน้ำ (Yw) คำนวณได้ดังสมการ (5) โดยการเจาะสำรวจดินในภาคสนามด้วยกระบอเก็บตัวอย่างดิน (Soil core sampler) นำเข้าเตาอบ 24 ชั่วโมงเพื่อให้ น้ำระเหย ซึ่งเฉพาะน้ำหนักของเมล็ดดิน และวัดปริมาตรรวมของกระบอเก็บตัวอย่าง

$$As = \frac{Ws}{V \cdot Yw} \quad (5)$$

3. สภาพภูมิอากาศ

ลักษณะอากาศของจังหวัดนครปฐม ขึ้นอยู่กับอิทธิพลของลมมรสุมที่พัดประจำฤดูกาล 2 ชนิดคือ ลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ ซึ่งจะพัดพามวลอากาศเย็นและแห้งจากประเทศจีนปกคลุมประเทศไทยในช่วงฤดู

ภาพผนวกที่ 12 บทความงานวิจัยเรื่องการประยุกต์ใช้แบบจำลองกำหนดการให้น้ำอ้อยเพื่อเปรียบเทียบปริมาณความต้องการน้ำชลประทานภายใต้การเปลี่ยนแปลงปฏิทินเพาะปลูก (ต่อ)

การประชุมวิชาการระดับชาติ ครั้งที่ 15 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน วันที่ 6-7 ธันวาคม 2561

หนาว ทำให้จังหวัดนครปฐมมีอากาศหนาวเย็นและแห้งแล้งทั่วไป กับลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ซึ่งจะพัดพา มวลอากาศชื้นจากทะเลและมหาสมุทรปกคลุมประเทศไทยในช่วงฤดูฝน ทำให้จังหวัดนครปฐมมีฝนตกทั่วไป โดยสภาพภูมิอากาศเฉลี่ยรายวันจากสถานีอุตุนิยมวิทยา จังหวัดนครปฐม ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2548-2560 มีข้อมูลดังนี้ อุณหภูมิสูงสุด 33.45 องศาเซลเซียส อุณหภูมิต่ำสุด 23.17 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ 74.3 % ที่ ระดับความสูงจากผิวดิน 2 m มีความเร็วลม 0.98 m/s และชั่วโมงความยาวนานของแสงแดด 6.73 ชั่วโมง

4. การพัฒนาแบบจำลองกำหนดการให้น้ำและการประยุกต์ใช้

4.1 การจัดทำฐานข้อมูล

การพัฒนาแบบจำลองกำหนดการให้น้ำแก่อ้อย (Sugar Cane Irrigation Schedule Model ,SCIS Model) มีการพัฒนาขึ้นมาเพื่อพัฒนากำหนดการให้น้ำแก่อ้อยสำหรับแปลงสาธิตภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ซึ่งใช้ข้อมูลสภาพภูมิอากาศจากสถานีอุตุนิยมวิทยา จังหวัด นครปฐม ในปี พ.ศ.2548-2560 โดยข้อมูลสภาพภูมิอากาศที่นำเข้าแบบจำลองมีการศึกษาในกรณีศึกษา 3 กรณี คือ ข้อมูลในปีที่มีปริมาณฝนสูงสุด ข้อมูลปีที่มีปริมาณน้ำฝนเท่ากับค่าเฉลี่ย โดยการเฉลี่ยข้อมูลสภาพภูมิอากาศ ในปี พ.ศ.2548-2560 และข้อมูลในปีที่มีปริมาณฝนต่ำสุด ในส่วนของฐานข้อมูลภายในมีการแบ่งเป็น 3 ส่วนคือ 1) ข้อมูลสภาพภูมิอากาศซึ่งนำไปคำนวณการใช้น้ำของพืชและปริมาณฝนใช้การ 2) สมประสิทธิ์การให้น้ำของ อ้อยและ 3) การคำนวณความชื้นในดิน

4.2 การสร้างอินเตอร์เฟสสำหรับผู้ใช้งาน

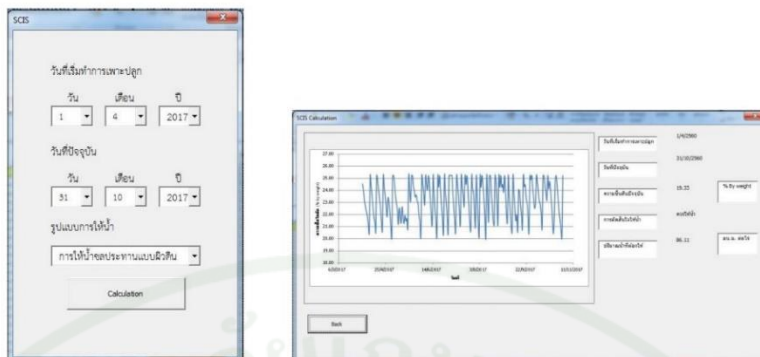
การสร้างอินเตอร์เฟสสำหรับผู้ใช้งานถูกพัฒนาขึ้นจากภาษา Visual basic ซึ่งสามารถทำการเชื่อมต่อกับฐานข้อมูล โดยที่อินเตอร์เฟสสำหรับผู้ใช้งานประกอบไปด้วยส่วนของการรับข้อมูลจากผู้ใช้คือวันที่ปลูก, วันที่ ปัจจุบัน, วิธีการให้น้ำ เป็นไปตาม Figure 1(a) และส่วนของการแสดงผลมีการแสดงผลวันที่เริ่มทำการเพาะปลูก วันที่ปัจจุบัน ความชื้นดินปัจจุบัน การตัดสินใจให้น้ำ และปริมาณน้ำที่ต้องให้เป็นไปตาม Figure 1(b)

4.3 แบบจำลองกำหนดการให้น้ำอ้อย

แบบจำลองกำหนดการให้น้ำอ้อยมีการทำงานเป็นไปตาม Figure 2 ในการทำงานของแบบจำลอง กำหนดการให้น้ำอ้อยจะถูกแบ่งการนำเข้าข้อมูลออกเป็นสองส่วนคือ ส่วนของการนำเข้าข้อมูลโดยผู้ใช้โดยนำเข้าข้อมูล วันที่เริ่มปลูก วันที่ปัจจุบัน และวิธีการให้น้ำส่วนของการนำเข้าข้อมูลจากฐานข้อมูลโดยการนำเข้าข้อมูล อุตุนิยมวิทยา, สมประสิทธิ์การให้น้ำของอ้อย (Kc) และคุณสมบัติของดิน (ความสามารถในการกักน้ำของดิน และความถ่วงจำเพาะของดิน) นอกเหนือจากส่วนนำเข้าข้อมูลจะเป็นส่วนการคำนวณ ในส่วนการคำนวณ ปริมาณฝนใช้การตามสมการ (2) และปริมาณการให้น้ำของพืชอ้างอิงตามสมการ Penman Monteith เป็นการนำ ข้อมูลอุตุนิยมวิทยามาคำนวณ ซึ่งปริมาณการให้น้ำของพืชอ้างอิงและสมประสิทธิ์การให้น้ำของอ้อยถูกนำไป คำนวณการให้น้ำของอ้อย เมื่อมีข้อมูลการให้น้ำของอ้อยและฝนใช้การในวันนั้น ๆ แล้วจะทำการคำนวณปริมาณ ความชื้นในดินที่คงเหลือในวันนั้น ๆ ตามสมการ (6) ถ้าปริมาณความชื้นในดินต่ำกว่าร้อยละ 50 ของความชื้นที่ เป็นประโยชน์ต่อพืชจะมีการคำนวณปริมาณน้ำที่ต้องให้แก่อ้อย และจะมีการคำนวณต่อในวันถัดไป หรือปริมาณ ความชื้นในดินสูงกว่าร้อยละ 50 ของความชื้นที่เป็นประโยชน์ต่อพืชจะมีการคำนวณต่อในวันถัดไป ซึ่ง แบบจำลองจะมีการคำนวณตั้งแต่วันที่เริ่มปลูกถึงวันปัจจุบัน และส่วนสุดท้ายคือส่วนการแสดงผล

ภาพผนวกที่ ข13 บทความงานวิจัยเรื่องการประยุกต์ใช้แบบจำลองกำหนดการให้น้ำอ้อยเพื่อ เปรียบเทียบปริมาณความต้องการน้ำชลประทานภายใต้การเปลี่ยนแปลงปฏิทินเพาะปลูก(ต่อ)

การประชุมวิชาการระดับชาติ ครั้งที่ 15 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน วันที่ 6-7 ธันวาคม 2561



(a) Interface for input data by user. (b) Interface display for user form.

Figure 1 SCIS model

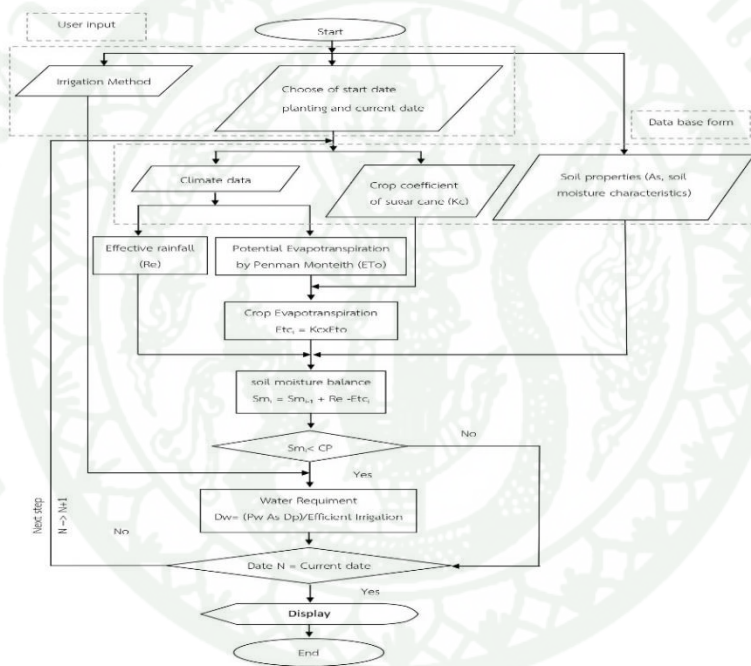


Figure 2 The algorithm of the SCIS model

ภาพผนวกที่ ข14 บทความงานวิจัยเรื่องการประยุกต์ใช้แบบจำลองกำหนดการให้น้ำอ้อยเพื่อเปรียบเทียบปริมาณความต้องการน้ำชลประทานภายใต้การเปลี่ยนแปลงปฏิทินเพาะปลูก (ต่อ)

การประชุมวิชาการระดับชาติ ครั้งที่ 15 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน วันที่ 6-7 ธันวาคม 2561

ปริมาณความชื้นของดินปัจจุบัน (Sm_t) มีการคำนวณจากวิธีการสมดุลน้ำสำหรับความลึกรากจะมีการพิจารณาถึงปริมาณความชื้นในวันก่อนหน้า (Sm_{t-1}), ปริมาณน้ำฝนใช้การที่เกิดขึ้นในวันนั้น (Re_t) และปริมาณการใช้น้ำของพืชในวันนั้น (ET_c) เป็นไปตามสมการ (6) ซึ่งทั้งหมดเป็นหน่วยความลึกของน้ำ

$$Sm_t = Sm_{t-1} + Re_t + IRR_t - ET_c \quad (6)$$

สำหรับช่วงเวลาที่เหมาะสมสำหรับการให้น้ำจะถูกกำหนดโดยกราฟความชุ่มน้ำของดิน ซึ่งปริมาณความชื้นในดินที่เหมาะสมสำหรับข้อไม่ความต่ำกว่าความชื้นที่จุดวิกฤต (บุญมา, 2546)

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. คุณสมบัติของดิน

กราฟความสามารรถในการชุ่มน้ำของดินสร้างขึ้นจากความสัมพันธ์ระหว่างแรงดึงความชื้นกับความชื้นในดินโดยมีค่าแรงดึงความชื้นตั้งแต่ 0 จนถึง 15 bar สามารถสร้างกราฟความสามารรถในการชุ่มน้ำที่ระดับความลึก 30 cm ซึ่งค่าความชื้นชลประทาน (Field capacity) เท่ากับร้อยละ 25 โดยน้ำหนัก และจุดเหี่ยวเฉาถาวร (Permanent wilting point) เท่ากับร้อยละ 15 โดยน้ำหนัก ดังนั้นของความชื้นที่เป็นประโยชน์ต่อพืช (Available water content) เท่ากับร้อยละ 10 โดยน้ำหนัก และความชื้นที่จุดวิกฤต (Critical point) เท่ากับร้อยละ 20 โดยน้ำหนัก ความถ่วงจำเพาะปรากฏจากการทดสอบในห้องปฏิบัติการที่เขตราก 30 cm มีค่าเท่ากับ 1.52 ซึ่งบ่งบอกว่าเนื้อดินเป็นดินร่วนปนทราย

2. ผลการคำนวณจากแบบจำลอง

การคำนวณจากแบบจำลองโดยการนำเข้าข้อมูลสภาพภูมิอากาศในปี พ.ศ.2548-2560 สถานีอุตุนิยมวิทยา จังหวัดนครปฐม โดยมีการศึกษาใน 3 กรณีการศึกษาคือ ในกรณีปีที่มีปริมาณน้ำฝนสูงสุด โดยนำข้อมูลสภาพภูมิอากาศในปี พ.ศ. 2554 ซึ่งเป็นปีที่มีปริมาณฝนรวมรายปีสูงสุด มาวิเคราะห์ผลจากแบบจำลอง กรณีปีที่มีปริมาณน้ำฝนเท่ากับค่าเฉลี่ย โดยการนำข้อมูลปีที่มีปริมาณน้ำฝนเท่ากับค่าเฉลี่ยรายวันในปี พ.ศ. 2548-2560 มาวิเคราะห์ผลจากแบบจำลอง และกรณีปีที่มีปริมาณน้ำฝนต่ำสุด โดยนำข้อมูลสภาพภูมิอากาศในปี พ.ศ. 2557 ซึ่งเป็นปีที่มีปริมาณฝนรวมรายปีต่ำสุด มาวิเคราะห์ผลจากแบบจำลอง ผลจากการคำนวณแสดงดัง Figure 3 ซึ่งแบ่งส่วนในการวิเคราะห์ได้ดังนี้ ปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิงและปริมาณการใช้น้ำของข้อยอดตลอดฤดูการเพาะปลูกเฉลี่ยของในกรณีปีที่มีปริมาณน้ำฝนเท่ากับค่าเฉลี่ย และกรณีปีที่มีปริมาณน้ำฝนต่ำสุดมีค่าใกล้เคียงกันซึ่งมีความแตกต่างกันเพียงเล็กน้อย โดยที่กรณีปีที่มีปริมาณน้ำฝนสูงสุดมีค่าต่ำกว่าทั้ง 2 กรณีอย่างชัดเจนแสดงดัง Figure 3(a) และ Figure 3(b) ปริมาณฝนใช้การตลอดฤดูการเพาะปลูก ในกรณีปีที่มีปริมาณน้ำฝนสูงสุดมีปริมาณฝนใช้การมากที่สุดแตกต่างกับกรณีปีที่มีปริมาณน้ำฝนเท่ากับค่าเฉลี่ยและกรณีปีที่มีปริมาณน้ำฝนต่ำสุดอย่างชัดเจนแสดงดัง Figure 3(c) โดยมีค่าเฉลี่ย 810.35, 452.44 และ 434.26 mm ตามลำดับ ปริมาณน้ำที่ให้เพิ่มเติมเพื่อให้ข้อยอดได้รับน้ำอย่างพอ ในกรณีปีที่มีปริมาณน้ำฝนสูงสุดมีปริมาณน้ำที่ต้องให้ตลอดการเพาะปลูกต่ำที่สุด โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 824.07 mm ในกรณีปีที่มีปริมาณน้ำฝนเท่ากับค่าเฉลี่ยมีปริมาณน้ำที่ต้องให้ตลอดการเพาะปลูกเฉลี่ย 878.94 mm และในกรณีปีที่มีปริมาณน้ำฝนต่ำสุดมีปริมาณน้ำที่ต้องให้ตลอดการเพาะปลูกสูงที่สุด โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 955.12 mm ซึ่งจากรูป Figure 3(d) ความถี่ในการให้น้ำในกรณีปีที่มีปริมาณน้ำฝนสูงสุดความถี่ในการให้น้ำมีแนวโน้มลดลงเมื่อปลูกข้อยอดในเดือนพฤศจิกายน-

ภาพผนวกที่ ข15 บทความงานวิจัยเรื่องการประยุกต์ใช้แบบจำลองกำหนดการให้น้ำอ้อยเพื่อเปรียบเทียบปริมาณความต้องการน้ำชลประทานภายใต้การเปลี่ยนแปลงปฏิทินเพาะปลูก (ต่อ)

การประชุมวิชาการระดับชาติ ครั้งที่ 15 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน วันที่ 6-7 ธันวาคม 2561

กุ่มภาพันท์ และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อปลูกอ้อยในเดือนมีนาคม-เมษายน กรณีปีที่มีปริมาณน้ำฝนเท่ากับค่าเฉลี่ย และกรณีปีที่มีปริมาณน้ำฝนต่ำสุดความถี่ในการให้น้ำมีแนวโน้มลดลงเมื่อปลูกอ้อยตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน-เมษายนแสดงดัง Figure 3(e) โดยมีค่าเฉลี่ยของความถี่ในการให้น้ำคือ 32, 34 และ 37 ครั้ง ตามลำดับ ปริมาณน้ำชลประทานที่ให้อ้อยต่อครั้ง ในกรณีปีที่มีปริมาณน้ำฝนสูงสุดปริมาณน้ำชลประทานที่ให้อ้อยต่อครั้งต่ำสุดเท่ากับ 25.86 mm เมื่อมีการปลูกในเดือนมีนาคม ในกรณีปีที่มีปริมาณน้ำฝนเท่ากับค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำชลประทานที่ให้อ้อยต่อครั้งต่ำสุดเท่ากับ 25.48 mm เมื่อมีการปลูกในเดือนเมษายน และในกรณีปีที่มีปริมาณน้ำฝนต่ำสุดปริมาณน้ำชลประทานที่ให้อ้อยต่อครั้งต่ำสุดเท่ากับ 25.79 mm เมื่อมีการปลูกในเดือนเมษายน

จากผลการศึกษาพบว่า การปลูกอ้อยในเดือนมีนาคมถึงเมษายนมีความเหมาะสมสูงสุดทางด้านปริมาณการใช้น้ำชลประทานต่ำสุด ซึ่งการประเมินการใช้น้ำของอ้อยสรุปได้ว่าเวลาในการปลูกอ้อยที่มีความเหมาะสมต่อการเพาะปลูก กรณีปีที่มีปริมาณน้ำฝนเท่ากับค่าเฉลี่ย และกรณีปีที่มีปริมาณน้ำฝนต่ำสุด อยู่ในช่วงเดือนเมษายน และกรณีปีที่มีปริมาณน้ำฝนสูงสุดอยู่ในช่วงเดือนมีนาคม แสดงดัง Figure 4 ทั้งนี้ต้องศึกษาความเหมาะสมทางด้านอื่นประกอบ เพื่อที่จะสามารถกำหนดเดือนที่เหมาะสมที่สุดในการปลูกอ้อยให้แก่เกษตรกร

สรุปผลและเสนอแนะ

แบบจำลองถูกพัฒนาขึ้นโดยการสร้างฐานข้อมูลซึ่งประกอบด้วย การคำนวณปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง ฐานข้อมูลค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของอ้อย ฐานข้อมูลฝน และส่วนของการคำนวณความชื้นในดิน ซึ่งแบบจำลองถูกนำไปประยุกต์ใช้ในการคำนวณปริมาณน้ำที่อ้อยต้องการในกรณีกรณีปีที่มีปริมาณน้ำฝนสูงสุด กรณีปีที่มีปริมาณน้ำฝนเท่ากับค่าเฉลี่ย และกรณีปีที่มีปริมาณน้ำฝนต่ำสุด ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาเป็นข้อมูลสภาพภูมิอากาศ สถานีอุตุนิยมวิทยาจังหวัดนครปฐมในปี พ.ศ.2548-2560 โดยทำการศึกษาในพื้นที่แปลงสาธิต ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ได้ผลการจำลองที่เขตความลึกของราก 30 cm ซึ่งแบบจำลองมีศักยภาพในการคำนวณกำหนดการให้น้ำอ้อยและปริมาณน้ำที่ต้องให้ตลอดฤดูการเพาะปลูก จากการประเมินการใช้น้ำของอ้อยสรุปได้ว่าเวลาในการปลูกอ้อยที่มีความเหมาะสมต่อการเพาะปลูก กรณีปีที่มีปริมาณน้ำฝนเท่ากับค่าเฉลี่ย และกรณีปีที่มีปริมาณน้ำฝนต่ำสุด อยู่ในช่วงเดือนเมษายน และกรณีปีที่มีปริมาณน้ำฝนสูงสุด อยู่ในช่วงเดือนมีนาคม เนื่องจากปริมาณน้ำชลประทานที่อ้อยต้องการตลอดการเพาะปลูกมีปริมาณต่ำที่สุด

การคาดการณ์สภาพภูมิอากาศล่วงหน้าเป็นส่วนสำคัญสำหรับการกำหนดการให้น้ำ ซึ่งแบบจำลองจะมีความแม่นยำมากขึ้นหากเพิ่มเติมในส่วนของการคาดการณ์สภาพภูมิอากาศล่วงหน้า

ภาพผนวกที่ ข16 บทความงานวิจัยเรื่องการประยุกต์ใช้แบบจำลองกำหนดการให้น้ำอ้อยเพื่อเปรียบเทียบปริมาณความต้องการน้ำชลประทานภายใต้การเปลี่ยนแปลงปฏิทินเพาะปลูก (ต่อ)

การประชุมวิชาการระดับชาติ ครั้งที่ 15 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน วันที่ 6-7 ธันวาคม 2561

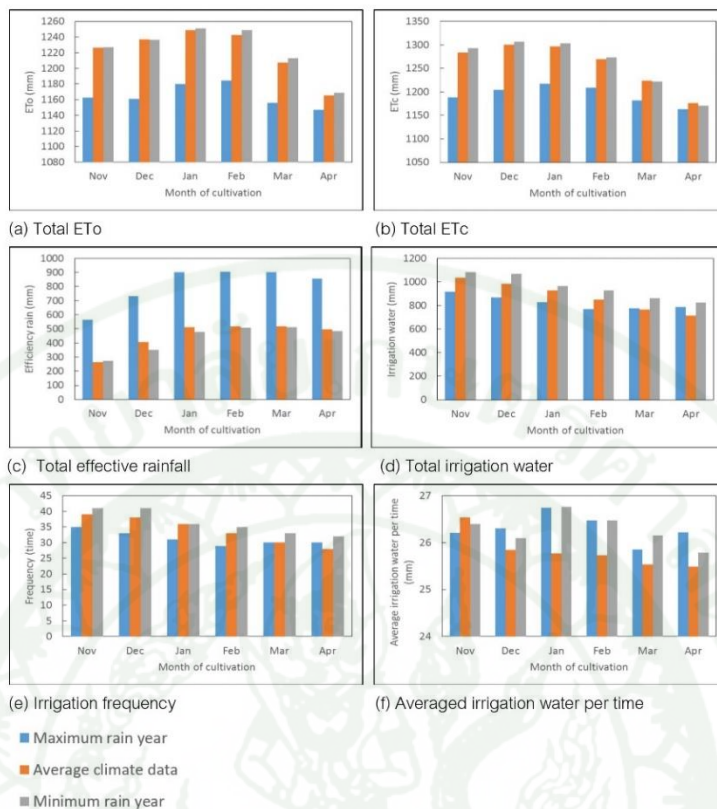


Figure 3 The calculated results from SCIS model under changing cropping calendar

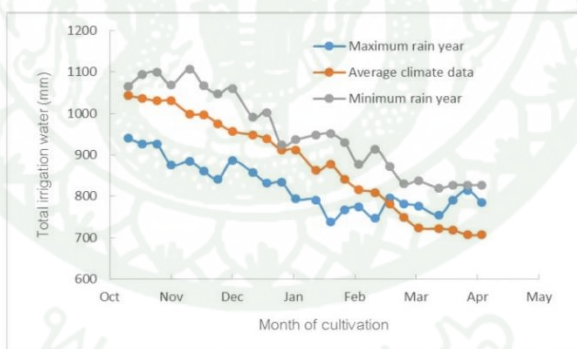


Figure 4 Total irrigation from SCIS model under changing cropping calendar

ภาพผนวกที่ ข17 บทความงานวิจัยเรื่องการประยุกต์ใช้แบบจำลองกำหนดการให้น้ำอ้อยเพื่อเปรียบเทียบปริมาณความต้องการน้ำชลประทานภายใต้การเปลี่ยนแปลงปฏิทินเพาะปลูก (ต่อ)

การประชุมวิชาการระดับชาติ ครั้งที่ 15 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน วันที่ 6-7 ธันวาคม 2561

เอกสารอ้างอิง

- กรมชลประทาน. 2559. **สถานการณ์น้ำและผลการดำเนินงานของกรมชลประทานปี พ.ศ. 2559**. กรมชลประทาน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.
- กรมชลประทาน. 2555. **คำสัมประสิทธิ์พีชโดยวิธี Penman – Monteith**. ส่วนการใช้น้ำชลประทาน สำนักบริหารจัดการน้ำและอุทกวิทยา กรมชลประทาน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.
- นุชจรินทร์ พึ่งพา และอรุณสิทธิ์ บุญธรรม. 2555. **การศึกษาปริมาณน้ำที่เหมาะสมในแต่ละช่วงของอายุการเจริญเติบโตของอ้อย**. การประชุมวิชาการแห่งชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ครั้งที่ 9, 2241-2247
- บุญมา บ้านประดิษฐ์. 2546. **หลักการชลประทาน**. ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- วิบูลย์ บุญยธโรกุล. 2526. **หลักการชลประทาน**. ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ศิริพร ด่านยุทธศิลป์. 2545. **การเปรียบเทียบวิธีวิเคราะห์ผืนใช้การสำหรับปลูกอ้อย**. วิทยานิพนธ์ วิศวกรรมศาสตร์ มหาบัณฑิต. กรุงเทพมหานคร: บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- สำนักปลัดกระทรวงอุตสาหกรรม. 2559. **แผนยุทธศาสตร์กระทรวงอุตสาหกรรม พ.ศ.2560-2564**. กระทรวงอุตสาหกรรม, กรุงเทพฯ.
- ฤทัยชนก เมืองรัตน์. 2558. **รายงานการศึกษากองทุนอ้อยและน้ำตาลทราย**. สำนักงานประมาณของรัฐสภา, กรุงเทพฯ.
- Allen, R. G., Pereira, L. S., Raes, D., & Smith, M. (1998). *Cropevapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements*. Irrigation and Drainage Paper No. 56. Rome, Italy: United Nations FAO.
- Brouwer, C. Prins, K. Heibloem, M. (1989). *Irrigation Water Management: Irrigation Scheduling*. Rome, Italy: United Nations FAO.

ภาพผนวกที่ ข18 บทความงานวิจัยเรื่องการประยุกต์ใช้แบบจำลองกำหนดการให้น้ำอ้อยเพื่อเปรียบเทียบปริมาณความต้องการน้ำชลประทานภายใต้การเปลี่ยนแปลงปฏิทินเพาะปลูก (ต่อ)

การประชุมวิชาการระดับชาติ ครั้งที่ 16 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน วันที่ 3-4 ธันวาคม 2562

การปรับแก้สัมประสิทธิ์การใช้น้ำของอ้อยจากการแปลภาพถ่ายดาวเทียมโดย IriSAT
The Adjustment Crop Coefficient from Visual Interpretation Satellite Images by IriSAT

ธนศ สัมฤทธิ์นรพงศ์¹ และ จุติเทพ วงษ์เพชร¹
Tanet Samritnorapong¹, and Jutitthep Vongphet¹

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์พัฒนาแนวทางในการปรับเทียบสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของอ้อย สำหรับพื้นที่ศึกษาที่มีความแตกต่างของปฏิทินการเพาะปลูก เพื่อให้สามารถเป็นตัวแทนของพื้นที่ชลประทานหรือพื้นที่เกษตรแปลงใหญ่จากการสำรวจและติดตามโดย IriSAT ในพื้นที่ศึกษาที่มีปฏิทินการเพาะปลูกที่แน่นอนเพื่อปรับเทียบค่ากับ Kc ตามปฏิทินเพาะปลูกจาก FAO ซึ่งสามารถปรับค่า Kc จาก IriSAT ที่มีความเหมาะสมที่สุดจากการทดลองด้วยสมการ $Kc(adj.) = 0.9937LN(Kc(IriSAT)) + 1.4014$ โดยที่ Kc(IriSAT) มากกว่า 0.244 โดยมีค่า R เท่ากับ 0.77 RMSE เท่ากับ 0.32 และ ARE เท่ากับ 0.50 สำหรับพื้นที่ปลูกอ้อยที่มีความหลากหลายของปฏิทินเพาะปลูก ซึ่งสามารถนำสมการปรับแก้ค่า Kc จาก IriSAT กับพื้นที่ชลประทานที่มีการเพาะปลูกอ้อยเป็นหลัก หรือพื้นที่เกษตรกรรมแปลงใหญ่ที่มีการปลูกอ้อยเป็นหลัก ทั้งนี้เพื่อความเหมาะสมกับพื้นที่ชลประทานที่มีความหลากหลายของพืชควรมีการปรับแก้ค่า Kc ให้เหมาะสมกับพืชนั้นๆ

คำสำคัญ : สัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช, อ้อย

Abstract

The objective of this research is to develop for calibrating the crop coefficient (Kc) of sugarcane. For study areas that have different planting calendars are able to represent irrigation areas or large agricultural farm from IriSAT surveys and monitoring in the study area that has a certain planting calendar to calibrate with Kc according to the cultivation calendar from FAO. Which can adjust Kc from IriSAT is the most suitable from the experiment with the equation $Kc(adj.) = 0.9937LN(Kc(IriSAT)) + 1.4014$, where Kc(IriSAT) is more than 0.244 with an R value that is 0.77 RMSE is 0.32 and ARE is 0.51 for sugarcane planting areas with a variety of planting calendar. Which can take the Kc correction equation with irrigated areas that are mainly sugarcane cultivation. where sugarcane is mainly grown in order to be suitable for irrigation areas with a variety of plants, the Kc value should be adjusted to suit that plant.

Keyword : Crop coefficient, Sugarcane
E-mail address : tanets.2538@gmail.com

¹ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน
Department of Irrigation Engineering, Faculty of Engineering at Kamphaengsaen, Kasetsart University

ภาพผนวกที่ ข19 บทความงานวิจัยเรื่องการปรับแก้ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของอ้อยจากการแปลภาพถ่ายดาวเทียมโดย IriSAT

การประชุมวิชาการระดับชาติ ครั้งที่ 16 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน วันที่ 3-4 ธันวาคม 2562

คำนำ

ปริมาณการใช้น้ำของพืชมีความสำคัญทางด้านชลประทานและเกษตรกรรม ซึ่งเป็นปัจจัยหนึ่งสำหรับกำหนดเวลาให้น้ำและปริมาณน้ำที่เหมาะสม โดยปริมาณการใช้น้ำของพืชถูกกำหนดด้วยสภาพภูมิอากาศ ชนิดพืชที่ปลูก และอายุของพืช ซึ่งชนิดพืชและอายุของพืชได้ถูกทำการทดลองเพื่อหาค่าเป็นตัวแปรสำหรับการคำนวณ หรือที่เรียกว่าค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช (Crop coefficient, Kc) แต่ในปัจจุบันการใช้น้ำสำหรับพื้นที่ขนาดใหญ่ มีความซับซ้อนของชนิดพืชและช่วงเวลาในการเพาะปลูก ทำให้มีโอกาสผิดพลาดในการคำนวณการใช้น้ำของพืชในพื้นที่ขนาดใหญ่ ซึ่งส่งผลกระทบต่อการส่งน้ำที่อาจส่งให้มากกว่าหรือน้อยกว่าความต้องการจริง

ในปัจจุบันความก้าวหน้าทางด้านการสำรวจระยะไกลด้วยภาพถ่ายดาวเทียม (satellite remote sensing) มีความสามารถในการใช้ภาพถ่ายดาวเทียมเป็นเครื่องมือที่สามารถสำรวจและติดตามค่าสัมประสิทธิ์ความต้องการน้ำของพืช (Kc) ซึ่งมีข้อดีในการสำรวจข้อมูลในพื้นที่ขนาดใหญ่ มีความหลากหลายของพืช และมีปฏิทินการเพาะปลูกที่ซับซ้อน เครื่องมือที่ใช้สำรวจและติดตามค่า Kc ที่มีความสะดวกในการใช้งานและมีงานวิจัยรองรับคือ IriSAT ซึ่งการสำรวจและติดตามค่า Kc ถูกกำหนดการแปรผลจากความสัมพันธ์ของดัชนีพืชพรรณแบบผลต่างนอร์มอลไลซ์ (Normalized Difference Vegetation Index, NDVI) โดย IriSAT เปิดให้บริการผ่านทางเว็บไซต์ www.irisat-cloud.appspot.com จากงานวิจัยพบว่าค่า NDVI มีความสัมพันธ์โดยตรงกับ Kc (Alfonso et al., 2017) ส่วนใหญ่ได้กำหนดความสัมพันธ์ระหว่าง Kc กับ NDVI เป็นสมการเส้นตรง (ณัฐยานี และคณะ, 2562)

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์พัฒนาแนวทางในการปรับเทียบสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของอ้อยจากการแปลภาพถ่ายดาวเทียม IriSAT สำหรับพื้นที่ศึกษาที่มีความแตกต่างของปฏิทินการเพาะปลูก เพื่อให้สามารถเป็นตัวแทนของพื้นที่ชลประทานหรือพื้นที่เกษตรแปลงใหญ่

พื้นที่ศึกษาและข้อมูลที่ใช้ในงานวิจัย

1. พื้นที่การศึกษา

แปลงอ้อยทดลองเพาะปลูกภายในสถานีทดลองการใช้น้ำชลประทานที่ 5 (แม่กลองใหญ่) จ.นครปฐม แปลงตัวอย่างมีการทดลองปลูกอ้อยที่มีปฏิทินการเพาะปลูกแตกต่างกันเหมาะแก่การจำลองพื้นที่ศึกษาในรูปแบบเกษตรแปลงใหญ่หรือพื้นที่โครงการชลประทาน โดยแปลงตัวอย่างมีทั้งหมด 3 แปลง ระยะเวลาในการเพาะปลูกต่างกัน 1 เดือน โดยเริ่มปลูกในวันที่ 1 กุมภาพันธ์ 1 มีนาคม และ 1 เมษายน แสดงดังรูปที่ 1 สำหรับการทดลองการให้น้ำแบบรอบเวรเป็นระยะ 1 สัปดาห์เพื่อลดปัจจัยในการขาดน้ำของพืชที่ส่งผลกระทบต่อเปรียบเทียบสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช

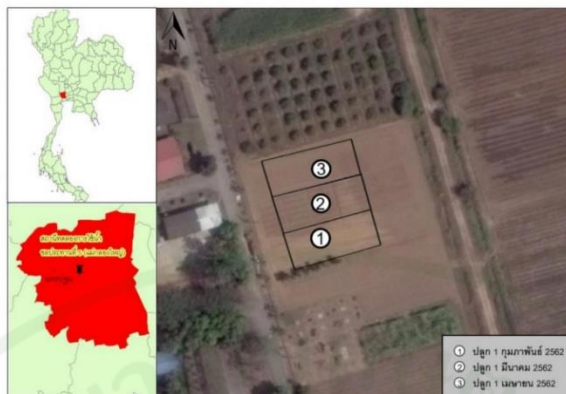
2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 สัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช (Crop coefficient, Kc)

สัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช (Kc) คือ ค่าคงที่จากอัตราส่วนของปริมาณการใช้น้ำของพืชชนิดต่างๆ (Crop Evapotranspiration, ETc) เทียบกับปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (Reference Crop Evapotranspiration, ETo) ในช่วงเวลาเดียวกัน (Allen et al., 1998) มีความสัมพันธ์ดังสมการที่ (1) โดยการทดลองวัดปริมาณการใช้น้ำของพืชชนิดต่างๆ และทดลองวัดปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิงหรือการคำนวณโดย

ภาพผนวกที่ 20 บทความงานวิจัยเรื่องการปรับแก้ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของอ้อยจากการแปลภาพถ่ายดาวเทียม โดย IriSAT (ต่อ)

การประชุมวิชาการระดับชาติ ครั้งที่ 16 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน วันที่ 3-4 ธันวาคม 2562



รูปที่ 1 พื้นที่ศึกษา

สมการต่างๆ เช่น สมการของ Penman monteith สมการของ Thorthwaite และสมการของ Blaney-Criddle เป็นต้น (วิบูลย์, 2526)

$$Kc = \frac{ETc}{ETo} \quad (1)$$

สัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช (Kc) โดยองค์การอาหารและการเกษตรแห่งสหประชาชาติ (Food and Agriculture Organization of the United Nations, FAO) ได้ทำการศึกษาและวิจัย ซึ่งสามารถแบ่งตามขั้นของการเจริญเติบโตออกเป็น 4 ระยะคือ ช่วงแรก (The initial stage) ช่วงการเจริญเติบโตของพืช (The crop development stage) ช่วงกลางฤดูการ (The mid - season stage) และช่วงปลายฤดูการ (The late season stage) โดยที่ Kc ถูกแบ่งออกเป็น 3 ช่วง คือ Kc ini ในช่วงแรก Kc mid ในช่วงกลางฤดูการ และ Kc end ในขั้นสุดท้ายก่อนเก็บเกี่ยว มีค่าเท่ากับ 0.15 1.2 และ 0.7 ตามลำดับ ซึ่งในช่วงการเจริญเติบโตของพืช และช่วงปลายฤดูการ จะเป็นค่าเฉลี่ยเชิงเส้นของ Kc ini กับ Kc mid และ Kc mid กับ Kc end ตามลำดับแสดงดังรูปที่ 2

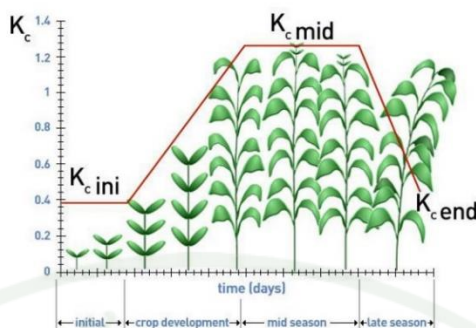
สัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืชมีความสำคัญต่องานด้านชลประทานและการเกษตร ในกรณีที่ในพื้นที่นั้นไม่มีการทดลองหาปริมาณการใช้น้ำของพืชชนิดนั้น จะสามารถหาปริมาณการใช้น้ำในพื้นที่นั้นได้จากการคำนวณ ซึ่งจำเป็นต่อการคำนวณปริมาณน้ำที่ต้องส่งให้พื้นที่ชลประทาน รวมถึงการกำหนดให้น้ำในแปลงเพาะปลูก

2.2 สัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช (Kc) โดย IrrisAT

IrrisAT คือระบบติดตามการใช้น้ำของพืชบนเว็บไซต์ โดยใช้ข้อมูลจากภาพถ่ายดาวเทียมเพื่อหาค่าดัชนีพืชพรรณ (Normalized Difference Vegetation Index, NDVI) ซึ่งค่าดัชนีพืชพรรณมีความสัมพันธ์โดยตรงกับสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช (Kc) ในการแปลภาพถ่ายดาวเทียมสำหรับหาค่าดัชนีพืชพรรณด้วยวิธี NDVI โดยการให้หลักความสัมพันธ์ระหว่างค่าความแตกต่างของร้อยละการสะท้อนของคลื่นรังสีอินฟราเรดช่วงคลื่นสั้น (Near infrared, NIR) กับช่วงคลื่นที่ตามองเห็นสีแดง (R) และเทียบสัดส่วนกับผลรวมของร้อยละการสะท้อนของคลื่นรังสีอินฟราเรดช่วงคลื่นสั้น (NIR) กับช่วงคลื่นที่ตามองเห็นสีแดง (R) เพื่อปรับค่าให้อยู่ในลักษณะการกระจายแบบปกติ (Tucker, 1979) ตามสมการ (2) โดยค่า NDVI มีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง -1 ถึง 1 เมื่อมีพืชปก

ภาพผนวกที่ ข21 บทความงานวิจัยเรื่องการปรับแก้ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของอ้อยจากการแปรภาพถ่ายดาวเทียม โดย IrrisAT (ต่อ)

การประชุมวิชาการระดับชาติ ครั้งที่ 16 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน วันที่ 3-4 ธันวาคม 2562



รูปที่ 2 สัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช

(ที่มา : <http://www.fao.org/land-water/databases-and-software/crop-information/sugarcane/en>)

คลุมมาก ค่าการสะท้อนคลื่นรังสีอินฟราเรดช่วงคลื่นสั้นจะมากกว่าช่วงคลื่นที่ตามองเห็นสีแดงค่า NDVI จะมีค่าเป็นบวก เมื่อพืชปกคลุมพื้นดินน้อยหรือไม่มีพืชปกคลุมค่าการสะท้อนของคลื่นรังสีอินฟราเรดช่วงคลื่นสั้นและคลื่นที่ตามองเห็นสีแดงจะมีค่าใกล้เคียงกันทำให้ค่า NDVI ใกล้เคียงหรือเท่ากับ 0 และเมื่อเป็นกรณีมีน้ำการสะท้อนของคลื่นที่ตามองเห็นสีแดงจะมากกว่าคลื่นอินฟราเรดเนื่องจากช่วงคลื่นอินฟราเรดมีความยาวคลื่นมากกว่าคลื่นที่ตามองเห็นสีแดงทำให้ช่วงคลื่นอินฟราเรดสะท้อนจากมีน้ำได้น้อยกว่าทำให้ค่า NDVI มีค่าเป็นลบ (Li et al., 2014)

$$NDVI = \frac{NIR - R}{NIR + R} \quad (2)$$

ในการหาค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช IrrisAT นำผลงานวิจัยของ Trout and Johnson(2007) ได้นำเสนอความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีพืชพรรณ (NDVI) กับ สัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช (Kc) ในพื้นที่เขตภูมิอากาศกึ่งแห้งแล้งดังสมการ (3) (Hombuckle et al., 2016)

$$Kc = 1.37NDVI - 0.086 \quad (3)$$

2.3 การปรับเทียบและตรวจพิสูจน์ข้อมูล

การปรับแก้และตรวจสอบข้อมูลสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช (Kc) เพื่อยืนยันความถูกต้องของข้อมูลที่นำไปใช้ โดยการสอบเทียบเป็นการนำข้อมูล Kc จาก IrrisAT ที่ปรับแก้ค่าเปรียบเทียบกับ Kc จาก FAO ตามปฏิทินการเพาะปลูกในพื้นที่ศึกษา ซึ่งมีการตรวจสอบความถูกต้องจากด้วยความสัมพันธ์ทางสถิติ มีดังนี้

ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation Coefficient, r) เป็นตัวบ่งชี้ความสัมพันธ์ของข้อมูล ซึ่งมีค่าระหว่าง -1 ถึง 1 ซึ่งหากมีค่าใกล้ 1 หมายถึงข้อมูลมีความสัมพันธ์กันโดยตรง หากมีค่าใกล้ -1 หมายถึงข้อมูลมีความสัมพันธ์แบบผกผัน และหากมีค่าเท่ากับ 0 หมายถึงข้อมูลไม่มีความสัมพันธ์ต่อกัน คำนวณได้ดังสมการ (4)

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}} \quad (4)$$

ภาพผนวกที่ ข22 บทความงานวิจัยเรื่องการปรับแก้ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของอ้อยจากการแปรภาพถ่ายดาวเทียม โดย IrrisAT (ต่อ)

การประชุมวิชาการระดับชาติ ครั้งที่ 16 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน วันที่ 3-4 ธันวาคม 2562

รากที่สองของค่าเฉลี่ยความผิดพลาดกำลังสอง (Root Mean Square Error, RMSE) เป็นค่าวัดความคลาดเคลื่อนของข้อมูลพยากรณ์จากข้อมูลจริง คำนวณได้ดังสมการ (5)

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - y_i)^2} \quad (5)$$

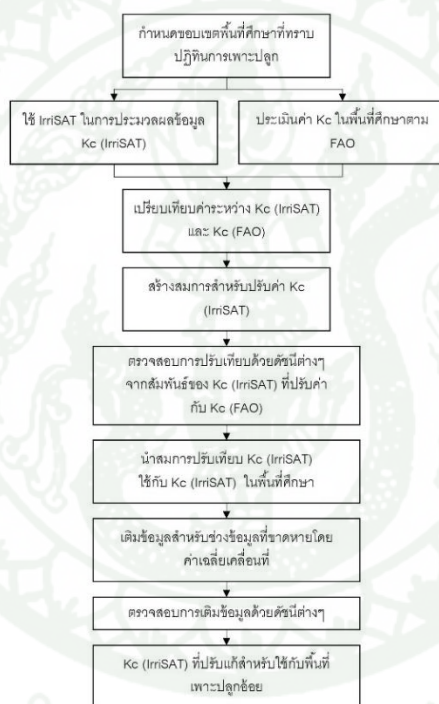
ค่าความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์เฉลี่ย (Average relative error, ARE) คือค่าเฉลี่ยของผลต่างระหว่างค่าที่พยากรณ์กับค่าจริง ถ้าหากมีค่าใกล้เคียง 0 หมายถึงค่าที่พยากรณ์มีความคลาดเคลื่อนน้อย คำนวณได้ดังสมการ (6)

$$ARE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left| \frac{y_i - x_i}{y_i} \right| \quad (6)$$

โดยที่ x_i คือค่า Kc จาก IrrSAT ตามปฏิทินเพาะปลูก y_i คือค่า Kc จาก IrrSAT \bar{x} และ \bar{y} คือค่าเฉลี่ยของค่า Kc จาก IrrSAT ตามปฏิทินเพาะปลูก และ Kc จาก IrrSAT ตามลำดับ และ n คือจำนวนข้อมูล

วิธีการทดลอง

การประยุกต์ใช้ IrrSAT เพื่อหาสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืชที่เหมาะสมสำหรับพื้นที่ศึกษา โดยการเลือกตัวอย่างพื้นที่เพาะปลูกที่มีการกระจายตัวของการเพาะปลูกสำหรับพื้นที่ศึกษามีการกระจายตัวของการเพาะปลูก



รูปที่ 3 ขั้นตอนการปรับแก้ค่า Kc จาก IrrSAT

ภาพผนวกที่ ข23 บทความงานวิจัยเรื่องการปรับแก้ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของอ้อยจากการแปรภาพถ่ายดาวเทียมโดย IrrSAT (ต่อ)

การประชุมวิชาการระดับชาติ ครั้งที่ 16 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน วันที่ 3-4 ธันวาคม 2562

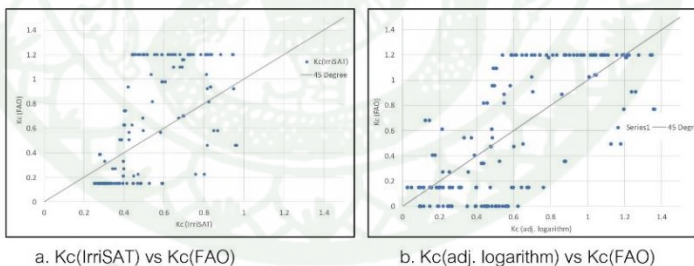
ที่แตกต่างกัน 1 เดือน และกำหนดให้ใช้สัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืชตาม FAO ให้ตรงตามวันเพาะปลูก มีวิธีการดังรูปที่ 3 โดยกำหนดพื้นที่ศึกษาที่มีปฏิทินการเพาะปลูกที่แน่นอนและมีปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อความเครียดของพืชน้อย นำข้อมูล Kc จากการประมวลผลโดย IriSAT เทียบกับค่า Kc จาก FAO ในช่วงเวลาเดียวกัน หาความสัมพันธ์ของข้อมูล และสร้างสมการในการปรับแก้ข้อมูลโดยใช้สมการเส้นตรง ลอการิทึม และกำลัง โดยจะเลือกวิธีการปรับแก้ข้อมูลจากดัชนีที่บ่งชี้ข้อมูลที่มีความสัมพันธ์มากที่สุด นำสมการที่ได้ปรับเทียบกับ Kc ในพื้นที่ศึกษา หาความสัมพันธ์สำหรับการเติมข้อมูลที่ขาดหายจากการใช้ค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ 4 5 6 และ 7 ช่วงเวลา โดยเลือกวิธีการเติมข้อมูลที่ดัชนีที่บ่งชี้ข้อมูลที่มีความสัมพันธ์มากที่สุด นำสมการสำหรับการปรับเทียบและวิธีการเติมข้อมูลที่ขาดหายใช้กับข้อมูล Kc (IriSAT) ในพื้นที่เพาะปลูกย่อย

ผลการทดลองและวิจารณ์ผล

การประเมินค่า Kc โดย IriSAT เป็นการประเมินโดยใช้ความสัมพันธ์ระหว่าง Kc และ NDVI โดยค่า NDVI ถูกประเมินโดยใช้ภาพถ่ายดาวเทียม ซึ่งอาจมีความคลาดเคลื่อนจึงทำการปรับเทียบกับพื้นที่ที่มีปฏิทินเพาะปลูกชัดเจนในพื้นที่ศึกษา โดยความสัมพันธ์สำหรับการปรับค่า Kc (IriSAT) กับ Kc (FAO) แสดงดังรูปที่ 4 ซึ่งสามารถสร้างความสัมพันธ์ในรูปแบบการต่างๆ โดยให้ Kc (IriSAT) เป็นตัวแปรต้น และ Kc (FAO) เป็นตัวแปรตาม โดยใช้สมการเส้นตรง ลอการิทึม และกำลัง แสดงดังตารางที่ 1 มีสมการและความสัมพันธ์ดัง มีค่า R เท่ากับ 0.74 0.77 และ 0.71 ตามลำดับ RMSE เท่ากับ 0.34 0.32 และ 0.36 ตามลำดับ ARE เท่ากับ 0.51 0.50

ตาราง 1 สมการและความสัมพันธ์จากการปรับเทียบค่า Kc จาก IriSAT

Case	R	RMSE	ARE	
Kc(IriSAT)	0.74	0.40	0.60	
Correction equation				
Linear	$Kc(adj.)=1.902Kc(IriSAT)-0.3182$	0.74	0.34	0.51
logarithm	$Kc(adj.)=0.9937LN(Kc(IriSAT))+1.4014$; When $Kc(IriSAT)>0.244$	0.77	0.32	0.50
Power	$Kc(adj.)=1.8203Kc(IriSAT)^{1.5855}$	0.71	0.36	0.55



รูปที่ 4 ความสัมพันธ์ระหว่าง Kc(IriSAT) และ Kc(FAO)

ภาพผนวกที่ ข24 บทความงานวิจัยเรื่องการปรับแก้ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของอ้อยจากการแปรภาพถ่ายดาวเทียม โดย IriSAT (ต่อ)

การประชุมวิชาการระดับชาติ ครั้งที่ 16 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน วันที่ 3-4 ธันวาคม 2562

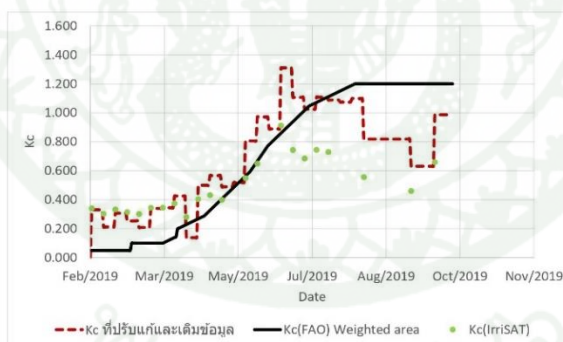
และ 0.55 ตามลำดับ โดยการปรับเทียบค่า Kc จาก IriSAT เลือกใช้สมการลอการิทึมเนื่องจากข้อมูลมีความสัมพันธ์สูงสุดและข้อมูลมีความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์สูงสุด ค่าเฉลี่ยของรากที่สองของกำลังสองของความคลาดเคลื่อนและค่าความคลาดเคลื่อนสัมพันธ์เฉลี่ยต่ำสุด

สำหรับข้อมูลที่ขาดหายจำเป็นต้องเติมข้อมูลให้ครบถ้วนก่อนการนำมาใช้งานซึ่งการเติมข้อมูลทำการเติมโดยใช้ค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ของข้อมูลก่อนหน้า สำหรับค่า Kc(IriSAT) ที่ปรับแก้ด้วยสมการลอการิทึม ใช้ค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ 4 5 6 และ 7 ช่วงข้อมูลก่อนหน้า โดยมีค่า RMSE เท่ากับ 0.17 0.2 0.23 และ 0.26 ดังนั้นจึงเลือกใช้การเติมข้อมูลโดยค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ของ 4 ช่วงข้อมูลก่อนหน้าเนื่องจากมีความคลาดเคลื่อนน้อย ซึ่งมีค่า RMSE ต่ำที่สุด Kc จากการปรับแก้และเติมข้อมูลแสดงดังรูปที่ 5 โดยการนำสมการปรับแก้ค่า Kc จาก IriSAT ประยุกต์ใช้กับพื้นที่ศึกษาธรรม เปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ยถ่วงน้ำหนักจากพื้นที่ (Weighted area average) ของ Kc จาก FAO ในพื้นที่ศึกษาธรรม ตั้งแต่วันที่ 1 กุมภาพันธ์ ถึง 4 ตุลาคม ซึ่งเป็นช่วงตั้งแต่ช่วงแรกจนถึงช่วงกลางของการเพาะปลูก

สรุปผลและเสนอแนะ

สถานีทดลองการใช้น้ำชลประทานที่ 5 (แม่กลองใหญ่) จ.นครปฐม โดยมีแปลงเพาะปลูกอ้อยที่มีความแตกต่างกันสำหรับปฏิทินการเพาะปลูก เพื่อให้สามารถเป็นตัวแทนของพื้นที่โครงการชลประทานหรือพื้นที่แปลงเกษตรขนาดใหญ่ที่มีความหลากหลายช่วงเวลาในการเพาะปลูกสำหรับอ้อย โดยการปรับแก้ค่า Kc จาก IriSAT ที่มีความเหมาะสมที่สุดจากการทดลองด้วยสมการ $Kc(adj.) = 0.9937LN(Kc(IriSAT)) + 1.4014$ โดยที่ $Kc(IriSAT)$ มากกว่า 0.244 เนื่องจากเป็นขีดจำกัดที่ทำให้ค่า Kc ที่ปรับแก้ค่ามากกว่า 0 โดยมีค่า R เท่ากับ 0.77 RMSE เท่ากับ 0.32 และ ARE เท่ากับ 0.50

จากผลการทดลองสำหรับแปลงตัวอย่างพบว่า Kc จาก IriSAT มีค่าสูงกว่า Kc จาก FAO ตามปฏิทินเพาะปลูกในช่วงก่อนการเพาะปลูกและการเพาะปลูกในช่วงแรกเนื่องจาก Kc จาก IriSAT โดยการแปลผลจากภาพถ่ายดาวเทียมในพื้นที่ขนาดเล็กสำหรับดินเปล่า (Bare soil) จึงมีความคลาดเคลื่อนสูง ในช่วงเวลาอื่น Kc จาก IriSAT มีค่าต่ำกว่า Kc จาก FAO ตามปฏิทินเพาะปลูก ดังนั้นเพื่อเพิ่มความแม่นยำในการปรับแก้ค่า Kc จาก IriSAT การแบ่งช่วงตามขั้นของการเจริญเติบโตสำหรับการปรับแก้ค่าหรือการปรับเทียบข้อมูล Kc ตลอด



รูปที่ 5 สัมประสิทธิ์การใช้น้ำของอ้อยที่ถูกปรับแก้และเติมข้อมูล

ภาพผนวกที่ ข25 บทความงานวิจัยเรื่องการปรับแก้ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของอ้อยจากการแปรภาพถ่ายดาวเทียมโดย IriSAT (ต่อ)

การประชุมวิชาการระดับชาติ ครั้งที่ 16 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์วิทยาเขตกำแพงแสน วันที่ 3-4 ธันวาคม 2562

ช่วงการเพาะปลูกเป็นอีกวิธีที่มีความเหมาะสม จากงานวิจัยที่มีการปรับเทียบค่า NDVI กับ Kc แบบแบ่งช่วงเวลา เจริญเติบโตสนับสนุนว่าค่า Kc ที่ได้มีความสัมพันธ์สูง (Farg et al., 2012)

เอกสารอ้างอิง

- ณัฐธยาน์ นามอินทร์, เกศวรา สิทธิโชค และ ชูพันธุ์ ชมภูจันทร์. 2562. การประมาณค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำพืช (Kc) ของข้าวนาหว่านน้ำตาม โดยใช้ดัชนีพืชพรรณจากภาพถ่ายดาวเทียมหลายช่วงเวลา. วารสารสมาคมสำรวจข้อมูลระยะไกลและสารสนเทศภูมิศาสตร์แห่งประเทศไทย. กรุงเทพมหานคร.
- วิบูลย์ บุญยธโรกุล. 2526. **หลักการชลประทาน**. ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- Alfonso, C., Isidro C., Anna O., Guido D. & Massimo, M. (2017). Remote Sensing for Crop Water Management: From ET Modelling to Services for the End Users, Sensors, 2017, 1104-1129. Basel, Switzerland.
- Hornbuckle, J., Vleeshouwer, J., Ballester, C., Montgomery, J., Hoogers, R. & Bridgart, R. (2016). IrrisAT Technical Reference. Irrigation Australia International Conference 2016, Melbourne Convention & Exhibition Centre.
- Li, Z. & Tan, D. (2014) A modified perpendicular drought index in NIR Red reflectance space, IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science, 17,1-6.
- Trout, T.J. & Johnson, L.F. (2007). Estimating crop water use from remotely sensed NDVI, Crop Models and Reference ET. USCID Fourth International Conference on Irrigation and Drainage, The Role of Irrigation and Drainage in a sustainable Future, Eds. Clemmens, A.J., Anderson, S.S., Sacramento, California, October 3-6, 2007.
- Allen, R. G., Pereira, L. S., Raes, D., & Smith, M. (1998). **Cropevapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements**. Irrigation and Drainage Paper No. 56. Rome, Italy: United Nations FAO.
- Tucker, C. (1979), Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation, **Remote Sensing of Environment**, 8, 127-150. Baltimore, United States.
- Farg, E., Arafat, S.M., Abd El-Wahed, M.S. & EL-Gindy, A.M. (2012). Estimation of Evapotranspiration ETc and Crop Coefficient Kc of Wheat, in south Nile Delta of Egypt Using integrated FAO-56 approach and remote sensing data. **The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Sciences** 2012, 83-89.

ภาพผนวกที่ ข26 บทความงานวิจัยเรื่องการปรับแก้ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของอ้อยจากการแปรภาพถ่ายดาวเทียม โดย IrrisAT (ต่อ)

ประวัติการศึกษา และการทำงาน

ชื่อ-นามสกุล นายธนศ สัมฤทธิ์นรพงศ์
วัน เดือน ปี เกิด 14 ตุลาคม 2538
สถานที่เกิด สมุทรสาคร
ที่อยู่ปัจจุบัน 29 ม.10 ต.บ่อสุพรรณ อ.สองพี่น้อง จ.สุพรรณบุรี
ประวัติการศึกษา ปริญญาตรี วิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์กำแพงแสน
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน
ประสบการณ์การทำงาน วิศวกรแหล่งน้ำ บริษัท เอช ทู โอ คอนซัลท์ จำกัด.



577785291

KT Thesais 6124500418 thesis / rev: 29062563 11:28:00 / seq: 50