โครงงานวิศวกรรมชลประทาน

(02207499)

ที่ 17/2563

เรื่อง การประมาณค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำพืช (Kc) ของอ้อย โดยใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมจาก IrriSAT

Estimating Crop Coefficieant (Kc) of Sugar Cane using Satellite image data from IrriSAT

โดย

นางสาวฐิติมา ปิดตานัง

เสนอ

ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน

คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม 73140

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต(วิศวกรรมโยธา-ชลประทาน)

พุทธศักราช 2563

ใบรับรองโครงงานวิศวกรรมชลประทาน

ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมชลประทาน กำแพงแสน

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน

เรื่อง การประมาณค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำพืช (Kc) ของอ้อย
โดยใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมจาก IrriSAT
Estimating Crop Coefficieant (Kc) of Sugar Cane using Satellite image data from IrriSAT

นามผู้ทำโครงงาน นางสาวฐิติมา ปิดตานัง

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

ประธานกรรมการ .....

(รศ.ดร.สมชาย ดอนเจดีย์)

...../...../.....

กรรมการ .....

( )

...../...../.....

กรรมการ .....

( )

...../...../.....

บทคัดย่อ

เรื่อง การประมาณค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำพืช (Kc) ของอ้อยโดยใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมจากIrriSAT

โดย นางสาวฐิติมา ปิดตานัง

อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน

.....

( )

...../...../.....

งานวิจัยนี้ได้มีการนำเสนอแนวทางการประมาณค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช(Kc)ผ่านบริการเว็บไซต์ IrriSAT จากกระบวนการแปรภาพถ่ายดาวเทียมโดยการประเมินค่าดัชนีพืชพรรณ (Normalized Difference Vegetation Index) โดยงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาแนวทางสมการปรับแก้ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืชจาก IrriSAT ให้สอดคล้องกับค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำอ้อยของกรมชลประทานจากพื้นที่การศึกษา6แปลงเพาะปลูกในจังหวัดราชบุรีซึ่งทราบวันเก็บเกี่ยวที่แน่นอนของแต่ละแปลง เลือกทำการปรับแก้ข้อมูลด้วยวิธีการแบ่งช่วงชุดข้อมูลตามขั้นของการเติมโตซึ่งมาจากข้อมูลขององค์การอาหารและการเกษตรแห่งสหประชาชาติ(Food and Agriculture Organization of the United Nations; FAO) ซึ่งแบ่งเป็นช่วงของอ้อยตอในเขตละติจูดต่ำทั้งหมด4 ช่วงคือ Init. 25 วัน, Dev. 70 วัน, Mid. 135 วัน, และ Late จำนวนวันที่เหลือจนถึงวันตัด จากผลการศึกษาพบว่าค่าปรับแก้แต่ละช่วงคือ 2.695, 3.093, 1.937, 0.993 ตามลำดับ หลังจากทำการปรับแก้แล้วได้มีการทวนสอบเพื่อตรงจพิสูจน์การใช้ค่าปรับแก้ในพื้นที่อื่น รวมทั้งได้มีการตรวจสอบค่าความสัมพันธ์เชิงสถิติคณิตศาสตร์พบว่ามีผลสอดคล้องกับค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของอ้อยที่ได้จากกรมชลประทาน ดังนั้นค่าปรับแก้สัมประสิทธิ์การใช้น้ำของอ้อยจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมของ IrriSATสามารถนำไปใช้งานต่อได้

ABSTRACT

Title : Estimating Crop Coefficieant (Kc) of Sugar Cane using Satellite image data from IrriSAT

By : Miss Thitima Pidtamumg

Project Advisor :

.....

(Assoc.Prof.Somchai Donjadee)

...../...../.....

This research proposes to estimate the water consumption coefficient of plants (Kc) through the IrriSAT website from the satellite image transformation process by evaluating the Normalized Difference Vegetation Index. The solution equation for water use coefficient of IrriSAT plants to be consistent with the coefficient of sugar cane juice use of the Royal Irrigation Department from the study area of 6 planting plots in Ratchaburi Province with the exact harvest date of each plot. Select to modify the data by means of a data set segmentation according to the growth stage, which is derived from the Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), which is divided into a range of stump sugar cane. All four low latitudes are Init. 25 days, Dev. 70 days, Mid. 135 days, and Late. The number of days left to cut off. According to the results of the study, it was found that the correction values for each period were 2.695, 3.093, 1.937, 0.993, respectively. After the adjustments were made, they were verified to prove the use of corrections in other areas. In addition, the mathematical statistical relationship was examined, and found that the results were consistent with the coefficient of water use of sugarcane obtained from the Royal Irrigation Department. Therefore, the correction of the coefficient of water use of sugarcane from the satellite image data of IrriSAT can be used further.

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานวิจัยเล่มนี้สามารถประสบความสำเร็จบรรลุเป้าหมายไปด้วยดี เนื่องจากได้รับความอนุเคราะห์และสนับสนุนเป็นอย่างดียิ่งจาก รศ.ดร.สมชาย ดอนเจดีย์ อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษาความรู้ แนวคิด คำแนะนำ และปรับแก้ข้อบกพร่องจนงานวิจัยสำเร็จได้ ผู้วิจัย ขอกราบขอบพระคุณ ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณ รศ.วราวุธ วุฒิวณิชย์ เป็นอย่างสูงที่ให้ความอนุเคราะห์สอนการใช้งาน IrriSAT พร้อมชี้นำแนวทางการศึกษาตั้งแต่ต้นจนสำเร็จของวิจัยนี้

ขอขอบพระคุณ นายธเนศ สัมฤทธิ์นรพงศ์ ผู้ช่วยแนะแนวทางให้คำปรึกษาอันมีประโยชน์อย่างยิ่งในการศึกษาวิจัยนี้และขอขอบคุณเพื่อนๆ พ่อแม่ ที่ให้กำลังใจ รวมถึงเกษตรกรผู้ให้ข้อมูลในการทำวิจัยในครั้งนี้ จึงขอขอบพระคุณทุกท่านไว้ ณ โอกาสนี้

อนึ่ง ผู้วิจัยหวังว่า งานวิจัยฉบับนี้จะมีประโยชน์ในการใช้พัฒนาต่อ จึงขอมอบส่วนดีทั้งหมดนี้ ให้แก่ผู้มีพระคุณทุกท่าน สำหรับข้อบกพร่องต่างๆที่อาจเกิดขึ้นนั้น ผู้วิจัยขอน้อมรับผิดเพียงผู้เดียว และยินดีรับฟังคำแนะนำจากทุกท่านที่ได้เข้ามาศึกษา เพื่อเป็นประโยชน์ในการพัฒนางานวิจัยต่อไป

ผู้จัดทำ

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อ	i
ABSTRACT	ii
กิตติกรรมประกาศ	iii
สารบัญ	iv
สารบัญภาพ	vi
สารบัญตาราง	viii
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ	ix
1. บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของงานวิจัย	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน	2
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	3
2.1.1ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องในการประมาณค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำพืช (KC)	3
2.1.2 สัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช(Kc) จาก IrriSAT	5
2.1.3 การปรับแก้และการตรวจพิสูจน์ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของอ้อย	6
3. วิธีการดำเนินการ	8
3.1 ลักษณะพื้นที่ศึกษา	8
3.2 จัดเตรียมข้อมูลค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำพืชจากโปรแกรม IrriSAT	

สารบัญ(ต่อ)

3.3 จัดเตรียมข้อมูลค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำพืชจากกรมชลประทาน 9

3.4การแบ่งช่วงวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาค่าปรับแก้ 9

3.5การสอบเทียบค่าปรับแก้ข้อมูลค่าสัมประสิทธิ์ใช้น้ำของอ้อย 11

3.6การทวนสอบค่าปรับแก้ข้อมูลค่าสัมประสิทธิ์ใช้น้ำของอ้อย 11

3.7 การตรวจพิสูจน์ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของอ้อย 12

4.ผลการวิจัย 13

4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า KC TN 13

4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า KC IrriSAT กับ KC RID ในการสอบเทียบ 17

4.3 ปรับปรุงข้อมูลการใช้น้ำของพืชจากการจัดช่วงเวลาของข้อมูล 20

4.4 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า KC IrriSAT กับ Kc RID ในการทวนสอบ 22

4.5 ผลการตรวจพิสูจน์ความแม่นยำของค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของอ้อยหลังปรับแก้ 25

5. สรุปผลการดำเนินงานและข้อเสนอแนะ 26

5.1 สรุปผลและอภิปรายผลการศึกษา 26

5.2 ข้อเสนอแนะ 26

บรรณนานุกรม 27

ประวัตินิสิต 28

สารบัญภาพ

เรื่อง **หน้า**

รูปที่ 1 ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของอ้อยจากสูตร Pemman-Monteith 4

รูปที่ 2 พื้นที่การศึกษาไร่ดอนเสลา 8

รูปที่ 3 พื้นที่การศึกษาไร่ป.สงวนชัย 8

รูปที่ 4 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า KC TN กับ KC FAO ของไร่ ป.สงวนชัยแปลงที่1 13

รูปที่ 5 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า KC TN กับ KC FAO ของไร่ ป.สงวนชัยแปลงที่2 14

รูปที่ 6 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า KC TN กับ KC FAO ของไร่ ป.สงวนชัยแปลงที่3 14

รูปที่ 7 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า KC TN กับ KC FAO ของไร่ ป.สงวนชัยแปลงที่5 15

รูปที่ 8 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า KC TN กับ KC RID ของไร่ ป.สงวนชัยแปลงที่1 15

รูปที่ 9 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า KC TN กับ KC RID ของไร่ ป.สงวนชัยแปลงที่2 16

รูปที่ 10 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า KC TN กับ KC RID ของไร่ ป.สงวนชัยแปลงที่3 16

รูปที่ 11 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า KC TN กับ KC RID ของไร่ ป.สงวนชัยแปลงที่5 17

รูปที่ 12 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า KC RID กับ KC IrriSAT ก่อนปรับแก้ของไร่ ป.สงวนชัยแปลงที่1 18

รูปที่ 13 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า KC RID กับ KC IrriSAT ก่อนปรับแก้ของไร่ ป.สงวนชัยแปลงที่2 18

รูปที่ 14 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า KC RID กับ KC IrriSAT ก่อนปรับแก้ของไร่ ป.สงวนชัยแปลงที่3 19

รูปที่ 15 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า KC RID กับ KC IrriSAT ก่อนปรับแก้ของไร่ ป.สงวนชัยแปลงที่5 19

รูปที่ 16 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า KC RID กับ KC IrriSAT หลังแก้ของไร่ป.สงวนชัยแปลงที่1 20

รูปที่ 17 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า KC RID กับ KC IrriSAT หลังแก้ของไร่ป.สงวนชัยแปลงที่2 21

รูปที่ 18 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า KC RID กับ KC IrriSAT หลังแก้ของไร่ป.สงวนชัยแปลงที่3 21

สารบัญภาพ(ต่อ)

รูปที่ 19 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า KC RID กับ KC IrriSAT หลังแก้ของไร่ป.สงวนชัยแปลงที่5 22

รูปที่ 20 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า KC RID กับ KC IrriSAT ก่อนปรับแก้ของไร่ดอนเสลา 23
ในการทวนสอบ

รูปที่ 21 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า KC RID กับ KC IrriSAT ก่อนปรับแก้ของไร่ป.สงวนชัย4 23
ในการทวนสอบ

รูปที่ 22 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า KC RID กับ KC IrriSAT หลังปรับแก้ของไร่ดอนเสลา 24
ในการทวนสอบ

รูปที่ 23 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า KC RID กับ KC IrriSAT หลังปรับแก้ของไร่ป.สงวนชัย4 24
ในการทวนสอบ

รูปที่ 24 กราฟความสัมพันธ์ของค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำอ้อยจากการสอบเทียบ 26

รูปที่ 25 กราฟความสัมพันธ์ของค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำอ้อยจากการทวนสอบ 26

สารบัญตาราง

เรื่อง **หน้า**

ตารางที่ 1 ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของอ้อย 3

ตารางที่ 2 ระยะเวลาการเจริญเติบโตของอ้อยตามขั้นตอนการเจริญเติบโต 4

ตารางที่ 3 แสดงจำนวนวันที่ต้องทำการInterpolationของเดือนที่มีการเก็บเกี่ยวต่างกัน 9

ตารางที่ 4 แสดงการInterpolateค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของออ้อยแยกตามเดือนเก็บเกี่ยว 10

ตารางที่ 5 แสดงค่าปรับแก้ของแต่ละช่วงการเจริญเติบโต 20

ตารางที่ 6 แสดงผลการตรวจพิสูจน์ความแม่นยำทางสถิติคณิตศาสตร์ 25

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

ให้อธิบายสัญลักษณ์และคายอ่อตามรูปแบบดังนี้

ET_C	=	ปริมาณการใช้น้ำพืช
ET_O	=	ปริมาณการใช้น้ำพืชอ้างอิง
Kc	=	สัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช
NDVI	=	ค่าดัชนีพืชพรรณ
R_{NIR}	=	สะท้อนในช่วงคลื่นใกล้อินฟาเรด
R_{RED}	=	การสะท้อนช่วงคลื่นตามองเห็นสีแดง
K_i	=	ค่าคงที่ในการปรับแก้ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของอ้อยตามช่วงเวลา
Kc_{RID}	=	สัมประสิทธิ์การใช้น้าของพืชที่ได้จากกรมชลประทาน
$Kc_{IrriSAT}$	=	สัมประสิทธิ์การใช้นheของพืชที่ได้จากโปรแกรม IrriSAT
$Kc_{IrriSAT}$(adj.)	=	ค่าสัมประสิทธิ์อ้อยหลังปรับแก้

1.บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของงานวิจัย

อ้อยเป็นพืชอุตสาหกรรมที่มีความสำคัญต่อเศรษฐกิจของประเทศไทย เพราะไทยเป็นผู้ส่งออกน้ำตาลทรายรายใหญ่เป็นอันดับที่ 2 ของโลก รองจากประเทศบราซิล เป็นอุตสาหกรรมที่มีผู้เกี่ยวข้องมากมายในทุกระดับ ตั้งแต่ระดับไร่นาถึงโรงงานน้ำตาลและอุตสาหกรรมต่อเนื่องอื่นๆ เช่น การผลิตไฟฟ้า ไม้อัด กระดาษ เอทานอล สุรา ผลิตภัณฑ์อาหาร และอาหารสัตว์ เป็นต้น อุตสาหกรรมนี้มีส่วนช่วยสร้างงานได้ มากกว่า 1 ล้านคน โดยในปัจจุบันประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกมากกว่า 11 ล้านไร่ อย่างไรก็ตามผลผลิตอ้อยเฉลี่ยต่อตันอ้อยของไทยก็นับว่ายังต่ำกว่าประเทศคู่แข่งทางการค้าที่สำคัญโดยเฉพาะบราซิลและออสเตรเลีย ผลผลิตเฉลี่ยต่อไร่ของอ้อยไทยยังต่ำอยู่นั้นมีสาเหตุมาจากปัจจัยหลายประการ หนึ่งในนั้นคือการขาดแหล่งน้ำและระบบการให้น้ำชลประทานที่มีประสิทธิภาพ (เกษสุดาและ คณะ,2561) วิธีการแก้ไขที่เป็นไปได้คือการปรับปรุงประสิทธิภาพเพื่อการชลประทาน ด้วยการใช้ข้อมูลที่มีความแม่นยำและถูกต้องสำหรับการคำนวณปริมาณน้ำชลประทาน การปลูกอ้อยในประเทศไทยมีความหลากหลายและแตกต่างกันไปในแต่ละภูมิภาคมีความหลากหลายของช่วงการปลูกและเก็บเกี่ยวผลผลิตเนื่องจากอ้อยที่ปลูกจะส่งผลผลิตเข้าโรงงานน้ำตาลซึ่งมีช่วงเวลาเปิดหีบอ้อยยาวนานในช่วงเดือนพฤศจิกายนถึงเดือนเมษายนตามการประชุมข้อตกลงของกลุ่มโรงงานน้ำตาลขึ้นอยู่กับเขตพื้นที่ตั้งของโรงงาน การเพาะปลูกอ้อยในพื้นที่มีความหลากหลายของช่วงเวลาไม่สามารถทำปฏิทินการเพาะปลูกที่แน่นอนได้ดังนั้นการแปรผลด้วยภาพถ่ายดาวเทียมจึงเป็นเครื่องมือสนับสนุนให้ความสามารถสำรวจและติดตามใกล้เคียงกับเวลาปัจจุบันเพื่อคาดการณ์การส่งน้ำชลประทานที่เหมาะสม(ธเนศและ จุติเทพ,2564)

ในปัจจุบันนี้มีการพัฒนาเว็บไซต์ IrriSAT เพื่อช่วยในสนับสนุนการจัดการระบบชลประทานโดยนำภาพถ่ายทางดาวเทียมมาวิเคราะห์หาค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช(Kc) ที่สามารถทำการสำรวจระยะไกลและสำรวจแปลงเพาะปลูกพื้นขนาดใหญ่และมีการปลูกพืชหลากชนิดได้ส่งผลให้การจัดการระบบชลประทานมีความสะดวก รวดเร็วและแม่นยำมากยิ่งขึ้น เพิ่มประสิทธิภาพระบบการจัดการน้ำชลประทานสามรถจัดสรรได้ตรงต่อความต้องการน้ำในแต่ละช่วงเวลาด้วยการใช้ข้อมูลที่เป็นปัจจุบันและมีความแม่นยำในพื้นที่นั้นๆ ซึ่งค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืชนั้นเป็นค่าที่มีการเปลี่ยนแปลงไปตามชนิดของพืช และช่วงเวลาในการเจริญเติบโต ของพืชชนิดนั้นๆ ทำให้ค่าความต้องการใช้น้ำของพืชแตกต่างกัน เว็บไซต์IrriSATจะทำการวิเคราะห์จากความสัมพันธ์เชิงเส้นกับดาวเทียมที่ได้มาจาก Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) (Janelle et al., 2015) สามารถช่วยในการจัดสรรการส่งน้ำที่เหมาะสมกับพื้นที่แบบจำเพาะพื้นที่ ส่งผลให้เกิดการจัดการระบบชลประทานอย่างมีประสิทธิภาพและช่วย

ยกระดับผลผลิตอ้อยได้สูงขึ้น ทั้งนี้การใช้เว็บไซต์IrriSATต้องการตัวป้อนข้อมูลสำหรับการหาค่าสัมประสิทธิ์ความต้องการน้ำคือข้อมูลจัดการแปลงปลูกพืช(managementdata) ซึ่งต้องทราบปฏิทินการเพาะปลูกที่แน่นอน

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

1. เพื่อเปรียบเทียบข้อมูลของค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช(Kc)ที่ได้จากโปรแกรม IrriSAT และค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช(Kc)ที่ได้จากกรมชลประทานของอ้อย
2. เพื่อหาค่าปรับแก้ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช ที่ได้จากโปรแกรม IrriSAT กับค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืชที่ได้จากกรมชลประทานของอ้อย

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

1. พื้นที่ศึกษา ภายในจังหวัดราชบุรี 2 ที่ได้แก่
   ไร่เสลาหอม หมู่บ้านดอนเสลา ตำบลท่าผา อำเภอบ้านโป่ง จำนวน 1 แปลง
   ไร่ป.สงวนชัย ตำบลเขาปากช่อง อำเภอจอมบึง จำนวน 5 แปลง
2. เปรียบเทียบข้อมูลของค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืชอ้อยที่ได้จาก IrriSAT และค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืชอ้อยที่ได้จากกรมชลประทาน เพื่อให้ได้สมการความสัมพันธ์

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ทราบความสัมพันธ์ระหว่างค่า Kc ที่ได้จาก IrriSAT และค่า Kc ที่ได้จากกรมชลประทานของอ้อยเพื่อนำไปใช้ประโยชน์ต่อในด้านชลประทานและการเกษตร

2. ทฤษฎีที่และงานวิจัยเกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องในการประมาณค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำพืช (KC)

2.1.1 สัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช (Crop Coefficient; Kc)

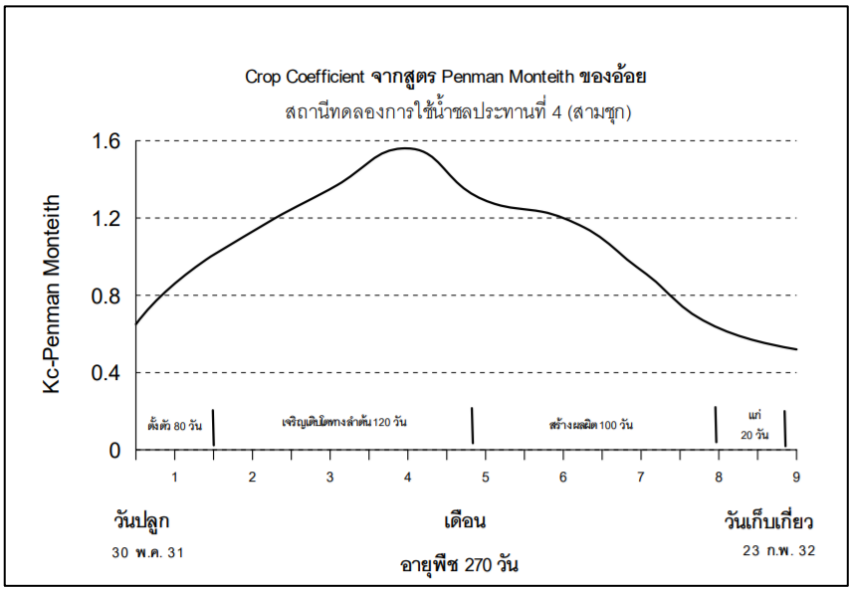
สัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช(Kc) เป็นอัตราส่วนระหว่างปริมาณการใช้น้ำของพืชต่อปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิงดังสมการ(1) สัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืชเป็นการผนวกรวมปัจจัยของพืชชนิดหนึ่งๆ ที่มีสภาพแตกต่างจากพืชอ้างอิง 4 ประการ ประกอบด้วย 1) ความสูงของต้นพืช 2) สภาพการสะท้อนพลังงานของพื้นผิว (albedo) 3) ความต้านทานการเคลื่อนที่ของไอน้ำของพืช 4) สภาพการระเหยจากดินโดยเฉพาะอย่างยิ่งจากพื้นดินเปล่า (เอกสิทธิ์,2552)

$$K_c = \frac{ET_C}{ET_O} \qquad (1)$$

สัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืชในประเทศไทยมีเอกสารวิชาการเผยแพร่ของกลุ่มงานวิจัยการใช้น้ำชลประทาน สำนักอุทกวิทยาและการบริหารน้ำ นำเสนอข้อมูลค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของอ้อย(Kc) ตลอดการเพาะปลูกพืชที่คำนวณจาก7วิธีดังตารางที่ 1 ความสัมพันธ์ของค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของอ้อยกับช่วงอายุการเจริญเติบโตอ้างอิงที่คำนวณจากสมการ Penman-Monteithดังรูปที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืชของอ้อย

เดือน	Modified Penman	Blaney-Criddle	Pan Method	Thornthwaite	Hargreaves	Radiation	Penman-Monteith
1	0.47	0.56	0.56	0.56	0.6	0.53	0.65
2	0.68	0.83	0.84	0.71	0.83	0.8	0.86
3	0.85	1.04	0.94	0.88	1	1.04	1.13
4	1.03	1.28	1.27	1.06	1.16	1.21	1.35
5	1.2	1.54	1.73	1.18	1.35	1.41	1.56
6	1	1.17	1.5	1.14	1.19	1.06	1.29
7	0.86	0.98	1.23	0.8	1.16	0.96	1.2
8	0.65	0.68	0.74	0.93	0.88	0.63	0.93
9	0.5	0.57	0.48	0.53	0.55	0.53	0.63
10	0.42	0.53	0.45	0.44	0.48	0.48	0.52
เฉลี่ย	0.76	0.9	0.92	0.82	0.91	0.85	1



รูปที่ 1 ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของอ้อยจากสูตร Penman-Monteith

ที่มา : กลุ่มงานวิจัยการใช้น้ำชลประทาน (2555)

สัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืชตามคู่มือแนะนำFAO-56 ซึ่งเผยแพร่โดยองค์การอาหารและการเกษตรแห่งสหประชาชาติ(Food and Agriculture Organization of the United Nations; FAO) แบ่งขั้นตอนการเจริญเติบโตออกเป็น 4 ระยะคือ 1)ช่วงตั้งตัวของพืช (initial stage) 2)ช่วงการเจริญเติบโตทางลำต้น (crop development stage) 3)ช่วงกลางของการเพาะปลูก (mid-season stage) 4)ช่วงปลายของการเพาะปลูก (late season stage) สัมประสิทธิ์การใช้น้ำของอ้อยแนะนำชุดเดียว โดยค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำช่วงตั้งตัว Kc_{ini} = 0.15 ในช่วงกลางของการเพาะปลูก Kc_{mid} = 1.2 ที่ระยะสิ้นสุดการเพาะปลูก Kc_{end} = 0.7ระยะการเวลาของช่วงการเจริญเติบโตของอ้อยแบ่งเป็น 2 ประเภท คือ อ้อยเริ่มปลูก(Virgin) และอ้อยตอ(Ratoon) ตามถิ่นที่อยู่ 3 พื้นที่ คือ เขตละติจูดต่ำ(Low Latitudes) เขตร้อน(Tropics) และฮาวาย(Hawaii,USA) ตามตารางที่2

ตารางที่ 2 ระยะเวลาการเจริญเติบโตของอ้อยตามขั้นการเจริณเติบโต

sugar cane	Int.(Lini)	Dev.(Ldev)	Mid (Lmid)	Late (L late)	Total	Region
virgin	35	60	190	120	405	Low Latitudes
	50	70	220	140	480	Tropics
	75	105	330	210	720	Hawaii,USA
ratoon	25	70	135	50	280	Low Latitudes
	30	50	180	60	320	Tropics
	35	105	210	70	420	Hawaii,USA

2.1.2 สัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช(Kc) จาก IrriSAT

ระบบ IrriSAT เป็นระบบติดตามการใช้น้ำพืชโดยใช้เทคโนโลยีภาพถ่ายดาวเทียมเข้ามาช่วย สามารถเข้าใช้งาน ได้ที่ https://irrisat-cloud.appspot.com โดยระบบดังกล่าวจะใช้ข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมเพื่อหาค่าดัชนีพืชพรรณ(Vegetation Index) ซึ่งค่าดัชนีพืชพรรณมีความสัมพันธ์โดยตรงกับสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช (Kc)ในการแปลภาพถ่ายดาวเทียมสำหรับหาค่าดัชนีพืชพรรณด้วยวิธี Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) จากความสัมพันธ์เชิงเส้นระหว่าง NDVI และการปกคลุมของเรือนยอดสำหรับพืชต่างๆดังสมการที่ (2) (Trout and Johnson,2007)

$$Kc = 1.37NDVI - 0.086 \quad (2)$$

ในการทดลองใช้บริการ IrriSAT ก่อนหน้านี้มีการใช้ภาพ Landsat5 ซึ่งให้ความละเอียดเชิงพื้นที่ 30 เมตร ซึ่งเพียงพอสำหรับการบันทึกความแปรปรวนเชิงพื้นที่ของการใช้น้ำพืชในเขตชลประทาน อีเมลจะถูกส่งไปที่ไฟล์ผู้ดูแลระบบ IrriSAT เมื่อมีภาพดาวเทียม Landsat ใหม่พร้อมใช้งานผู้ดูแลระบบจะดำเนินการดังนี้

1. ดาวน์โหลดภาพล่าสุด

2. คัดกรองเมฆด้วยตนเองตามการตรวจสอบภายใน ERDAS IMAGINE

3. เรียกใช้สคริปต์ ERDAS เพื่อสร้างไฟล์ CSV ที่มีค่า Kc ของแปลง

4. อัปโหลด CSV ไปยังฐานข้อมูล IrriSAT เพื่อประมวลผลต่อไป

กระบวนการนี้มักใช้เวลานานสำหรับผู้ดูแลระบบและต้องทำซ้ำทุกๆ 8 วันโดยประมาณเมื่อมีภาพใหม่ อย่างไรก็ตามความก้าวหน้าล่าสุดในการเข้าถึงคลังข้อมูลที่รับรู้จากระยะไกลและดำเนินการทางวิทยาศาสตร์มีไฟล์เก็บถาวรขนาดเพตะไบต์ของภาพทั่วโลกซึ่งครอบคลุมช่วง 40 ปีที่ผ่านมาและใช้โมเดลการคำนวณแบบกระจายโดยใช้วิธีการแบบตามเวลาจริง ซึ่งหมายความว่าการประมวลผลจะทำงานแบบตามเวลาจริง อย่างไรก็ตามจะไม่เกิดขึ้นจนกว่าจะทำเป็นเอาต์พุตหรือเป็นข้อมูลเข้าสู่กระบวนการอื่น (Jamie et al. 2015) การประมวลผลภาพถ่ายจากดาวเทียมอาจมีความผิดพลาดของข้อมูลที่เกิดจากความคลาดเคลื่อนของข้อมูล สัญญาณที่รบกวนและ ความบิดเบี้ยวเชิงเรขาคณิตซึ่งเกิดขึ้นในกระบวนการถ่ายภาพ การบันทึกข้อมูลสัญญาณ การสะท้อนของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า การส่งสัญญาณ และการโคจรของดาวเทียมจึงจำเป็นต้องมีกระบวนการปรับแก้ค่า

จากงานวิจัยของ Fulvio et al.(2013) กล่าวว่าการตรวจสอบความแปรปรวนเชิงพื้นที่และเชิงเวลาของพืชเป็นสิ่งสำคัญในการจัดการที่ดินและแหล่งน้ำที่มีผลกระทบอย่างมีนัยสำคัญต่อความยั่งยืนของสมัยใหม่เกษตรกรรม. เมฆปกคลุมลดความละเอียดชั่วคราวของการดึงข้อมูลตามอย่างเห็นได้ชัดจึงต้องหาค่าNDVI

ค่าNormalized Difference Vegetation Index (NDVI) สัมพันธ์กับสัดส่วนของรังสีที่ดูดซับด้วยแสงคำนวณโดยใช้การสะท้อนสเปกตรัม จากแถบอินฟราเรดที่มองเห็นและใกล้โดยใช้ความสัมพันธ์ดังสมการที่(3) (Rouse et al., 1974)

$$NDVI = \frac{NIR-R}{NIR+R} \quad (3)$$

โดยที่ NIR และ R คือการสะท้อนแสงในช่วงความยาวคลื่นใกล้อินฟราเรดและสีแดงตามลำดับ

จากงานวิจัยของณัฐธยาน์ และคณะ(2562) กล่าวว่า นำค่า Kc และค่า NDVI ที่ผ่านวิธีปรับความเรียบมาวิเคราะห์ด้วยแบบจำลองการถดถอยเชิงเส้นอย่างง่าย โดยกำหนดให้ค่า NDVI เป็นตัวแปรอิสระ และค่า Kcเป็นตัวแปรตาม และทำการประมาณตัวแบบในสมการถดถอยในรูปแบบสมการที่(4)

$$Kc = (a \times NDVI) - b \quad (4)$$

เมื่อ a คือ ค่า slope of regression และ b คือintercept สัมประสิทธิ์ของตัวแปรอิสระ

จากงานวิจัยของธเนศกล่าวว่ากระบวนการปรับแก้ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืชจากระบบติดตามการใช้น้ำบนเว็บไซต์ IrriSAT เป็นค่าที่ประมาณการจากการแปลงค่าดัชนีพืชพรรณสอดคล้องต่อค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของอ้อยที่พัฒนาโดยองค์การอาหารและการเกษตรแห่งสหประชาชาติ สำหรับพื้นที่แปลงเพาะปลูกอ้อยที่ทราบปฏิทินเพาะปลูกแน่นอนในพื้นที่โครงการชลประทานแม่กลองใหญ่ได้อย่างเหมาะสมโดยสมการที่ใช้ในการปรับแก้คือสมการที่ 5 ความสำคัญทางสถิติในกระบวนการสอบเทียบและทวนสอบเพราะว่าสมการที่ปรับแก้ที่พัฒนาขึ้นจากกระบวนการนี้มีความแม่นยำสูงและสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้สำหรับการคำนวณการให้น้ำและปริมาณน้ำชลประทานสำหรับการเพาะปลูกในชลประทานแม่กลองใหญ่

$$Kc_{_Adj} = 1.4847 Kc_{_IrriSAT} \quad (5)$$

2.1.3 การปรับแก้และการตรวจพิสูจน์ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของอ้อย

ในการนำข้อมูลไปใช้จำเป็นต้องดำเนินการปรับแก้และตรวจพิสูจน์ค่าสัมประสิทธิ์ที่ได้จากการใช้น้ำของอ้อยเพื่อยืนยันความถูกต้องของข้อมูลโดยการเทียบข้อมูลค่า Kc จากIrriSAT ที่ปรับแก้เปรียบเทียบกับค่า Kc ของกรมชลประทาน โดยอิงอายุของอ้อยตามปฏิทินการเพาะปลูกในพื้นที่การศึกษาซึ่งการตรวจพิสูจน์ความแม่นยำ

ของค่าปรับแก้จะใช้ความสัมพันธ์ทางด้านสถิติทางคณิตศาสตร์ จากงานวิจัยของทำการปรับแก้และตรวจพิสูจน์ พิสูจน์ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของอ้อยจากข้อมูลของ Kc IrriSAT เปรียบเทียบกับ Kc FAO ดังนี้

1. ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (Coefficent of Determination; R^2) เป็นตัวบ่งชี้ความสัมพันธ์ของข้อมูลจากการวิเคราะห์ถดถอยเชิงเส้น มีค่าระหว่าง 0 ถึง 1 ซึ่งหากมีค่าใกล้ 1 หมายถึงตัวแปรอิสระสามารถอธิบายการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรตามได้มากหากมีค่าใกล้ 0 หมายถึงข้อมูลมีความสัมพันธ์แบบตัวแปรอิสระสามารถอธิบายการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรตามได้น้อยคำนวณได้จากสมการที่ 6

$$R^2 = \left(\frac{COV(O,P)}{\sqrt{VAR(O)VAR(P)}}\right)^2 \quad (6)$$

2. รากที่สองของค่าเฉลี่ยความผิดพลาดกำลังสองเป็นค่าวัดความคลาดเคลื่อนของการคาดคะเนข้อมูลจริง คำนวณได้จากสมการที่ 7

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(Pi - Oi)^2} \quad (7)$$

3. ค่าความสัมพันธ์คาดเคลื่อนเฉลี่ยเป็นค่าเฉลี่ยของผลต่างระหว่างการคาดคะเนกับค่าจริงถ้าหากมีค่าใกล้เคียงศูนย์หมายถึงค่าจากการคาดคะเนมีความคลาดเคลื่อนน้อยคำนวณได้จากสมการ 8

$$ARE = \frac{100}{n}\sum_{i=1}^{n}\left|\frac{Oi-Pi}{Oi}\right| \quad (8)$$

4. ร้อยละความเอนเอียงของการประมาณเป็นดัชนีที่วัดแนวโน้มโดยเฉลี่ยของข้อมูลจากร้อยละความแตกต่างระหว่างค่าจริงกับค่าการคาดคะเนถ้าหากมีค่าเข้าใกล้ 0 หมายถึงการคาดคะเนมีความน่าเชื่อถือถ้ามีค่าเป็นบวกหมายถึงค่าจากการคาดคะเนมีค่าต่ำกว่าค่าจริงคำนวณได้จากสมการที่ 9

$$PBIAS = 100\frac{\sum_{i=1}^{n}(Oi-Pi)}{\sum_{i=1}^{n}Oi} \quad (9)$$

5. NSE เป็นดัชนีที่บ่งบอกถึงความสัมพันธ์ของความแปรปรวนระหว่างค่าจากการคาดคะเนกับค่าจริงเมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าจริงกับค่าเฉลี่ยโดยนิยมใช้คาดคะเนความแม่นยำหรือประสิทธิภาพการคาดคะเนคำนวณได้จากสมการที่10

$$NSE = 1 - \frac{\sum_{i=1}^{n}(Oi-Pi)^2}{\sum_{i=1}^{n}(Oi-\bar{O}i)^2} \quad (10)$$

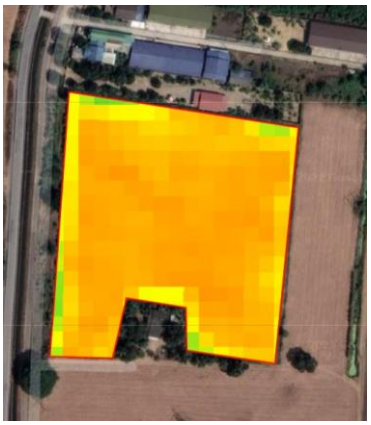
3.วิธีการดำเนินการ

3.1 ลักษณะพื้นที่ศึกษา

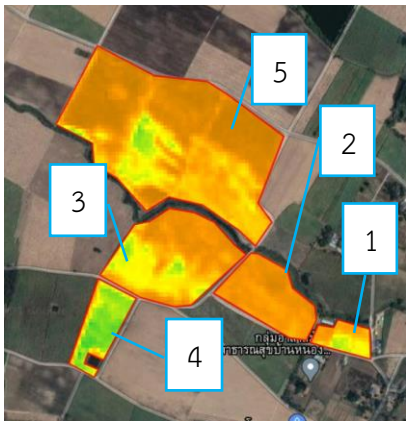
ในการศึกษานี้ได้เลือกไร่อ้อย 2 แห่งใน จ.ราชบุรี เป็นพื้นที่ตัวแทนในการทดสอบสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช (Kc) จาก โปรแกรม IrriSAT เปรียบเทียบกับสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช (Kc) จากกรมชลประทานคือ

1) ไร่เสลาหอม หมู่บ้านดอนเสลา ตำบลท่าผา อำเภอบ้านโป่ง มีจำนวน1แปลง ขนาดพื้นที่เพาะปลูกรวม 15ไร่ ตามรูปที่2 โดยจะใช้แปลงนี้เป็นแปลงทวนสอบค่าปรับแก้ที่ได้เนื่องจากเป็นคนละอำเภอ

2) ไร่ป.สงวนชัย อำเภอโพธาราม ตำบลเขาปากช่อง อำเภอจอมบึง มีจำนวน 5 แปลง ขนาดพื้นที่เพาะปลูกรวม193ไร่ ตามรูปที่3 โดยจะใช้แปลงที่ 4 ในการเป็นแปลงทวนสอบค่าปรับแก้เนื่องจากเป็นแปลงที่ใกล้กับแปลงสอบเทียบ เพื่อยืนยันว่าค่าปรับแก้ที่ได้มานั้นสามารถใช้ได้กับทุกพื้นที่ในประเทศไทยโดยไร่อ้อยทั้ง6แปลงเป็นอ้อยตอลักษณะการให้น้ำเป็นแบบปล่อยลาดโดยเกษตรเป็นผู้ประเมินความชื้นดินที่เหมาะสมแก่การให้น้ำแต่ละรอบ15 วัน/ครั้ง เว้นช่วงที่มีฝนตกหรือไวขึ้นหากอ้อยมีความเฉาจากการฉีดยากำจัดวัชพืชหรือความชื้นในดินที่น้อยเกินไปจากสภาพอากาศและจะหยุดให้ในช่วงที่อ้อยเจริญเติบโตได้9-10เดือนเพื่อให้อ้อยรักษาความหวานก่อนส่งผลผลิตเข้าโรงงานน้ำตาล ในช่วงระหว่างการเจริญเติบโตมีการปลูกซ่อมอ้อยในบางจุดที่อ้อยไม่โตหรือตายจากการขาดน้ำเนื่องจากสภาพพื้นที่ดินมีความสูงต่ำไม่เท่ากันเป็นบางจุด มีการกำจัดวัชพืชด้วยยาคลุมและยาฆ่าหญ้ารวมถึงใช้แรงงานและเครื่องจักรอย่างสม่ำเสมอ มีการบำรุงอ้อยด้วยการใส่ปุ๋ยเฉลี่ยไร่ละปลูกตามช่วงเวลาที่เหมาะสม สำหรับวันเก็บเกี่ยวแต่ละแปลงเป็นไปตามตารางที่ 3 จากการสอบถามข้อมูลจากเกษตรวันเก็บเกี่ยวขึ้นอยู่กับการประเมินตามสถานการณ์เนื่องจากรอบตัดต้องจองคิวผู้เหมาตัดหรือรถตัดอ้อยจากโรงงานทำให้จำนวนวันจนถึงวันตัดมากกว่าการประเมิณค่าKcของกรมชลประทานที่10เดือน อย่างไรก็ตามจะอยู่ในช่วงหีบอ้อยของโรงงานน้ำตาล



รูปที่ 2 พื้นที่ไร่หนองกวาง



รูปที่ 3 พื้นที่ไร่ป.สงวนชัย

3.2 จัดเตรียมข้อมูลค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืชจากโปรแกรม IrriSAT

การใช้งานเว็บไซต์ IrriSAT ที่ https://irrisat-cloud.appspot.com/ จำเป็นต้องมีการเข้าสู่ระบบด้วย Google Account เพื่อทำการเลือกแปลงการศึกษาโดย ปักหมุดรอบพื้นที่การศึกษา จากนั้นทำการใส่ข้อมูลการจัดการแปลงโดยใส่วันเก็บเกี่ยวของปีของปี 2015 ในช่องวันปลูกและใส่ข้อมูลวันที่ปัจจุบันเป็นวันเก็บเกี่ยว เพื่อที่จะใช้ข้อมูลถึงปัจจุบันในการศึกษา จากนั้นดาวน์โหลดข้อมูลจากเว็บไซต์จะได้ไฟล์นามสกุล .csv ออกมา ในการศึกษานี้จะเลือกข้อมูลที่มีรอยละทัศนวิสัยของดาวเทียมในพื้นที่(Field Visibility) มากกว่าร้อยละ 80 ตามคำแนะนำของงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ข้อมูลที่มีร้อยละทัศนวิสัยต่ำกว่า 80 จะไม่นำค่าเหล่านี้มาวิเคราะห์ได้เนื่องจากเกิดปัญหาตอนที่ทำการถ่ายภาพ อาจจะมีเมฆมากเกินไปหรือสภาพ อากาศแปรปรวนให้ทำการลบค่าออกจากตารางข้อมูล

3.3 จัดเตรียมข้อมูลค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืชจากกรมชลประทาน

นำข้อมูลค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืชของอ้อยที่ได้จากกรมชลประทานตามตารางที่ 1 ที่เป็นข้อมูลรายเดือนจำนวน 10 เดือน โดยเลือกใช้ข้อมูลจากวิธี Penman-Monteith เนื่องจากเป็นวิธีที่ได้รับการยอมรับอย่างแพร่หลาย ทำให้ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืชที่คำนวณมีความแม่นยำมากกว่าวิธีอื่นๆ เนื่องจากข้อมูลที่ได้จากIrriSAT เป็นข้อมูลที่มีค่าราย 8 วัน จึงจำเป็นต้องมีการInterpolation ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืชของอ้อยที่ได้จากกรมชลประทาน เพื่อทำให้ข้อมูลออกมาเป็นข้อมูลราย 8 วันเหมือนกับข้อมูลที่ได้จากโปรแกรม IrriSAT โดยทำการInterpolationแยกตามเดือนที่มีการเก็บเกี่ยวตามตารางที่ 4 ซึ่งในพื้นที่การศึกษาทั้ง6แปลงจะมีการเก็บเกี่ยวในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ มีนาคม และเมษายน ตามการจัดการแปลงของเกษตรกรดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 แสดงจำนวนวันที่ต้องทำการInterpolationของเดือนที่มีการเก็บเกี่ยวต่างกัน

เริ่มเดือนกุมภาพันธ์		เริ่มเดือนมีนาคม		เริ่มเดือนเมษายน	
เดือน	จำนวนวันในเดือน	เดือน	จำนวนวันในเดือน	เดือน	จำนวนวันในเดือน
ก.พ.	28	มี.ค.	31	เม.ย.	30
มี.ค.	31	เม.ย.	30	พ.ค.	31
เม.ย.	30	พ.ค.	31	มิ.ย.	30
พ.ค.	31	มิ.ย.	30	ก.ค.	31
มิ.ย.	30	ก.ค.	31	ส.ค.	31
ก.ค.	31	ส.ค.	31	ก.ย.	30
ส.ค.	31	ก.ย.	30	ต.ค.	31
ก.ย.	30	ต.ค.	31	พ.ย.	30
ต.ค.	31	พ.ย.	30	ธ.ค.	31
พ.ย.	30	ธ.ค.	31	ม.ค.	31
รวม	304.6	รวม	306	รวม	306

ตารางที่ 4 แสดงการ Interpolate ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำพืชของกรมชลประทานแยกตามเดือนเก็บเกี่ยว

เก็บเกี่ยวในเดือนกุมภาพันธ์					เก็บเกี่ยวในเดือนมีนาคม					เก็บเกี่ยวในเดือนมีนาคม				
Date	t1	Kc_RID	slope	Kc_in	Date	t1	Kc_RID	slope	Kc_in	Date	t1	Kc_RID	slope	Kc_in
1	0	0.585	0.005	0.59	1	0	0.585	0.004	0.589	1	0	0.585	0.005	0.59
9	0	0.585	0.005	0.627	9	0	0.585	0.004	0.623	9	0	0.585	0.004	0.624
17	14	0.65	0.007	0.67	17	15.5	0.65	0.007	0.66	17	15	0.65	0.007	0.664
25	14	0.65	0.007	0.725	25	15.5	0.65	0.007	0.715	25	15	0.65	0.007	0.719
33	14	0.65	0.007	0.779	33	15.5	0.65	0.007	0.77	33	15	0.65	0.007	0.774
41	14	0.65	0.007	0.833	41	15.5	0.65	0.007	0.826	41	15	0.65	0.007	0.829
49	45	0.86	0.009	0.896	49	46	0.86	0.009	0.887	49	45.5	0.86	0.009	0.891
57	45	0.86	0.009	0.968	57	46	0.86	0.009	0.957	57	45.5	0.86	0.009	0.962
65	45	0.86	0.009	1.04	65	46	0.86	0.009	1.028	65	45.5	0.86	0.009	1.033
73	45	0.86	0.009	1.112	73	46	0.86	0.009	1.099	73	45.5	0.86	0.009	1.103
81	75	1.13	0.007	1.173	81	76.5	1.13	0.007	1.162	81	76	1.13	0.007	1.166
89	75	1.13	0.007	1.229	89	76.5	1.13	0.007	1.22	89	76	1.13	0.007	1.224
97	75	1.13	0.007	1.286	97	76.5	1.13	0.007	1.278	97	76	1.13	0.007	1.281
105	75	1.13	0.007	1.343	105	76.5	1.13	0.007	1.336	105	76	1.13	0.007	1.339
113	106	1.35	0.007	1.399	113	107	1.35	0.007	1.391	113	106.5	1.35	0.007	1.394
121	106	1.35	0.007	1.455	121	107	1.35	0.007	1.446	121	106.5	1.35	0.007	1.448
129	106	1.35	0.007	1.511	129	107	1.35	0.007	1.501	129	106.5	1.35	0.007	1.502
137	136	1.56	-0.009	1.551	137	107	1.35	0.007	1.557	137	106.5	1.35	0.007	1.557
145	136	1.56	-0.009	1.482	145	137.5	1.56	-0.009	1.495	145	137.5	1.56	-0.009	1.494
153	136	1.56	-0.009	1.412	153	137.5	1.56	-0.009	1.425	153	137.5	1.56	-0.009	1.423
161	136	1.56	-0.009	1.342	161	137.5	1.56	-0.009	1.355	161	137.5	1.56	-0.009	1.352
169	167	1.29	-0.003	1.284	169	168.5	1.29	-0.003	1.289	169	168	1.29	-0.003	1.287
177	167	1.29	-0.003	1.261	177	168.5	1.29	-0.003	1.265	177	168	1.29	-0.003	1.263
185	167	1.29	-0.003	1.238	185	168.5	1.29	-0.003	1.241	185	168	1.29	-0.003	1.24
193	167	1.29	-0.003	1.215	193	168.5	1.29	-0.003	1.218	193	168	1.29	-0.003	1.216
201	198	1.2	-0.009	1.173	201	199	1.2	-0.009	1.182	201	198.5	1.2	-0.009	1.178
209	198	1.2	-0.009	1.101	209	199	1.2	-0.009	1.111	209	198.5	1.2	-0.009	1.107
217	198	1.2	-0.009	1.029	217	199	1.2	-0.009	1.041	217	198.5	1.2	-0.009	1.036
225	198	1.2	-0.009	0.957	225	199	1.2	-0.009	0.97	225	198.5	1.2	-0.009	0.965
233	228	0.93	-0.01	0.882	233	229.5	0.93	-0.01	0.896	233	229	0.93	-0.01	0.891
241	228	0.93	-0.01	0.804	241	229.5	0.93	-0.01	0.817	241	229	0.93	-0.01	0.812
249	228	0.93	-0.01	0.727	249	229.5	0.93	-0.01	0.738	249	229	0.93	-0.01	0.733
257	228	0.93	-0.01	0.649	257	229.5	0.93	-0.01	0.66	257	229	0.93	-0.01	0.655
265	259	0.63	-0.004	0.608	265	260	0.63	-0.004	0.612	265	259.5	0.63	-0.004	0.61
273	259	0.63	-0.004	0.579	273	260	0.63	-0.004	0.583	273	259.5	0.63	-0.004	0.582
281	259	0.63	-0.004	0.549	281	260	0.63	-0.004	0.554	281	259.5	0.63	-0.004	0.554
289	289	0.52	0.004	0.52	289	260	0.63	-0.004	0.525	289	259.5	0.63	-0.004	0.525
297	289	0.52	0.004	0.554	297	290.5	0.52	0.004	0.547	297	290.5	0.52	0.004	0.547
305	304.5	0.585	0.002	0.586	305	290.5	0.52	0.004	0.581	305	290.5	0.52	0.004	0.581
					306	292.4	0.528	0.004	0.583	306	292.4	0.528	0.004	0.583
					313	306	0.585	0.002	0.598	313	306	0.585	0.002	0.598

3.4 การแบ่งช่วงวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาค่าปรับแก้

ทำการปรับแก้ค่า Kc_IrriSAT ด้วยสมการที่ 5 เพื่อตรวจสอบความสัมพันธ์ของค่าสัมประสิทธิ์ใช้น้ำของอ้อยในไทยกับ FAO-56 ในช่วงเวลาการเก็บเกี่ยวแต่ละปี โดยดูจากค่าความสัมพันธ์เป็นตัวบ่งชี้ หากมีค่ามากแสดงว่าค่าสัมประสิทธิ์ใช้น้ำของอ้อยในไทยกับ FAO-56 มีความสัมพันธ์กันจริงและช่วงเวลาการเก็บเกี่ยวที่เก็บข้อมูลมานั้นถูกต้อง สำหรับพื้นที่การศึกษาอยู่ในเขตละติจูดต่ำและในพื้นที่ศึกษาเป็นอ้อยตออายุตั้งแต่ปีค.ศ. 2015 ถึง 2021 ดังนั้นจึงเลือกใช้ช่วงค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของอ้อยสำหรับอ้อยตอในพื้นที่ละติจูดละติจูดต่ำเป็นค่าอ้างอิงตามตารางที่ 1 โดยแบ่งช่วงวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาค่าปรับแก้ 4 ช่วง เป็นระยะเวลาในแต่ละขั้นการเจริญเติบโตของอ้อยที่อ้างอิงตามแนวทางของ FAO-56 ซึ่งมีความสอดคล้องกับข้อมูลจากดาวเทียมในเว็บไซต์ IrriSAT ที่เป็นข้อมูลที่วิเคราะห์มาจากแนวทาง FAO-56

3.5 การสอบเทียบค่าปรับแก้ข้อมูลค่าสัมประสิทธิ์ใช้น้ำของอ้อย

สัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช K_C จากการแปรผลโดยเป็นค่า K_C ในพื้นที่เขตภูมิอากาศกึ่งแห้งแล้งดังนั้นจึงจำเป็นต้องหาความสัมพันธ์ของข้อมูลเพื่อปรับแก้ค่า K_C ให้สามารถใช้ในพื้นที่เพาะปลูกได้อย่างเหมาะสม(ธเนศ และ จุติเทพ,2564)โดยหาค่าปรับแก้ด้วยวิธีการนำ K_Cของกรมชลประทานมาเทียบกับ K_C ของ IrriSAT ตามสมการที่ 10 แล้วนำค่า Kในช่วงเดียวกันของทุกพื้นที่ศึกษาพื้นที่มาเฉลี่ย เพื่อให้ได้ค่า K_{adj} ในแต่ละช่วงการเจริญเติบโตไปใช้ในการนำไปคำนวณปริมาณการใช้น้ำของพืชในแต่ละช่วงการเจริญเติบโตของอ้อย

$$\mathrm{K}_{adj} = \frac{\mathrm{Kc_{RID}}}{\mathrm{Kc_{IrriSAT}}} \tag{11}$$

K_{adj} = สัมประสิทธิ์ในปรับแก้ในแต่ละการแบ่งช่วง

Kc_{RID} = ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของอ้อย จากสำนักอุทกวิทยาและบริหารน้ำ กรมชลประทาน

$Kc_{IrriSAT}$ = ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของอ้อย จาก IrriSAT

3.5 การทวนสอบค่าปรับแก้ข้อมูลค่าสัมประสิทธิ์ใช้น้ำของอ้อย

ในการทวนสอบนั้นจะนำค่าปรับแก้ที่ได้จากการสอบเทียบมาปรับแก้ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืชที่ได้จาก IrriSAT แล้วนำค่าที่ได้จากการทวนสอบไปตรวจพิสูจน์ตามแนวทางคณิตศาสตร์เพื่อหาข้อสรุป

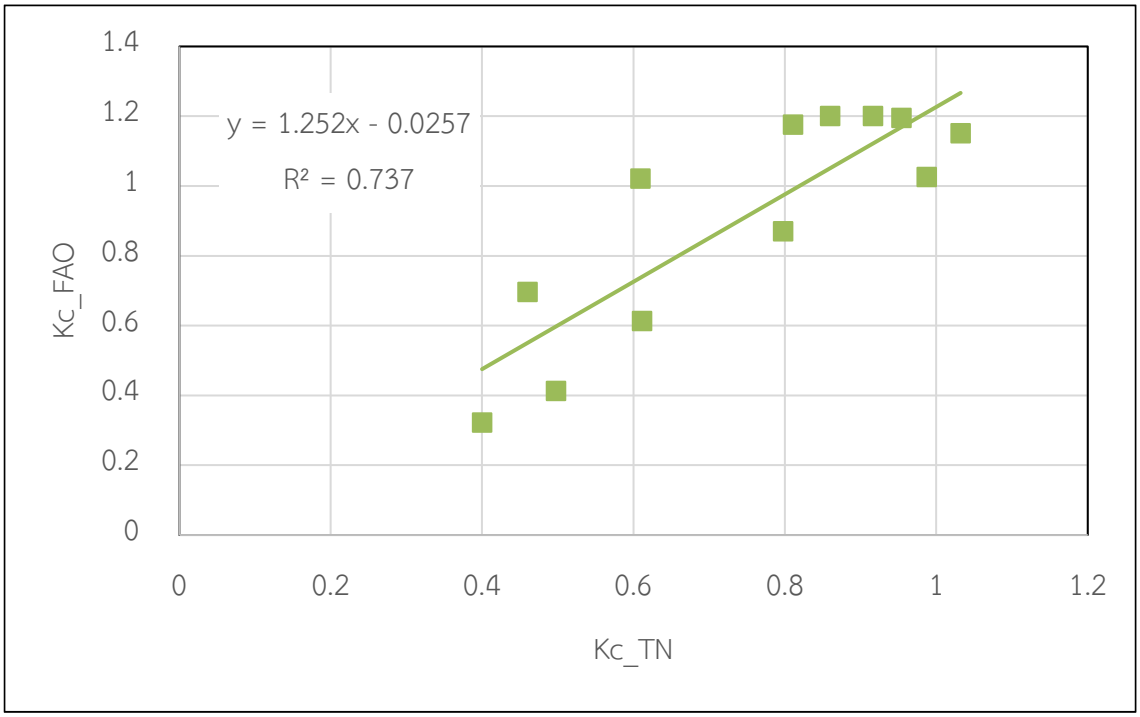
3.6การตรวจพิสูจน์ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของอ้อย

การตรวจพิสูจน์ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของอ้อยทำการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของการปรับแก้ระหว่างค่า Kc_{Rid} กับ Kc_{adj*} ด้วยดัชนีต่างๆดังนี้ R^2, RMSE, ARE, PBIAS, NSE เพื่อยืนยันความถูกต้องของข้อมูลที่จะนำไปใช้ รวมถึงตรวจสอบความสอดคล้องของสมการปรับแก้ค่าสัมประสิทธิ์จากงานวิจัยของธเนศกับ Kc_{Rid}

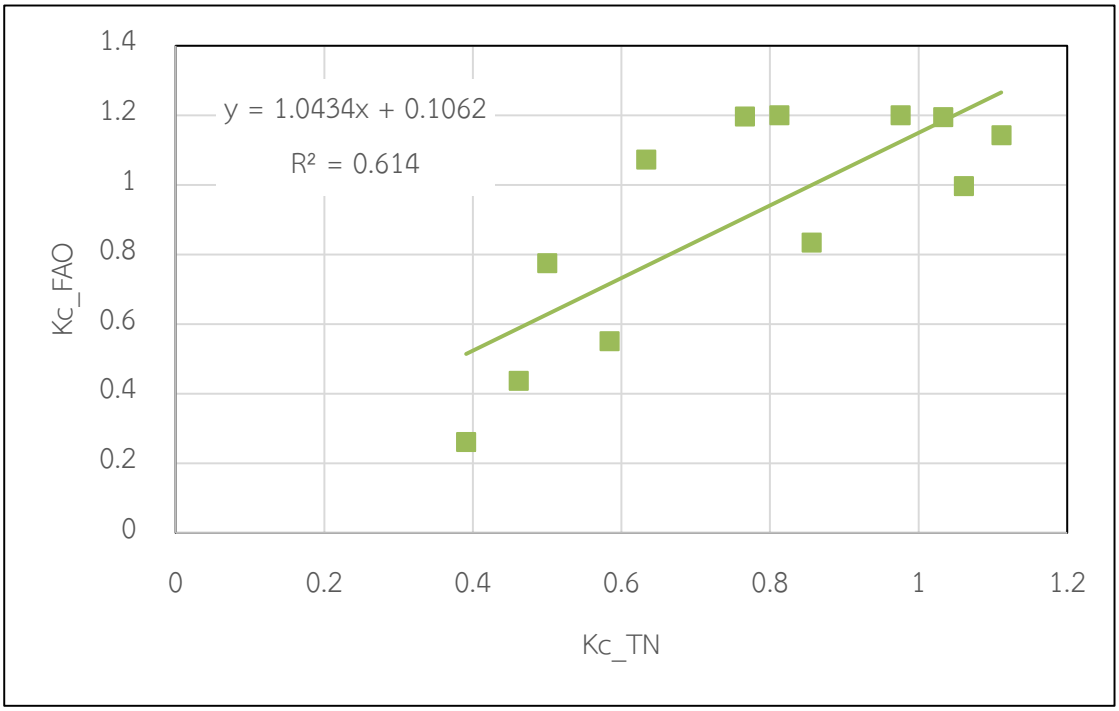
4.ผลการวิจัย

4.1 ความสัมพันธ์ของ KC_TN

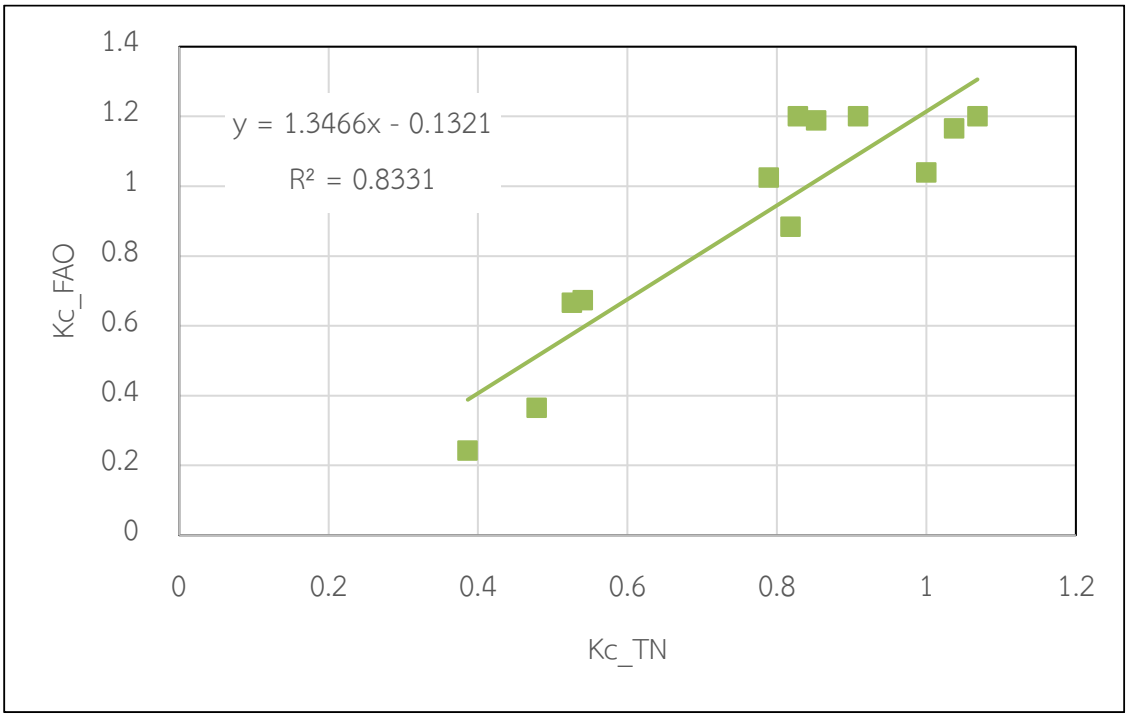
เพื่อตรวจสอบค่าตวามสัมพันธ์ระหว่าง Kc_FAO กับค่า Kc_TN ใช้เพื่อเป็นแนวทางยืนยันช่วงเวลาเก็บเกี่ยวและเป็นแนวทางในการแบ่งช่วงการเจริญเติบโตตาม FAO-56 โดยทำในพื้นที่สอบเทียบมีค่าดังนี้ 0.737, 0.614, 0.8331, 0.8302 ตามลำดับ ดังรูปที่ 4 ถึง 7 ซึ่งถือเป็นค่าความสัมพันธ์ที่สูงสามารถนายืนยันได้ หลังจากนั้นจึงนำค่าKc_TN เทียบกับ Kc_RID เพื่อตรวจสอบความสัมพันธ์ของทั้งสอง มีค่าดังนี้ 0.00002, 0.023, 0.0276, 0.0259 ความสัมพันธ์ระหว่าง Kc_TN และ Kc_RID มีค่าต่ำดังรูปที่ 8 ถึง 11 จึงทำการปรับแก้ตามช่วงอายุการเจริญเติบโตของอ้อย



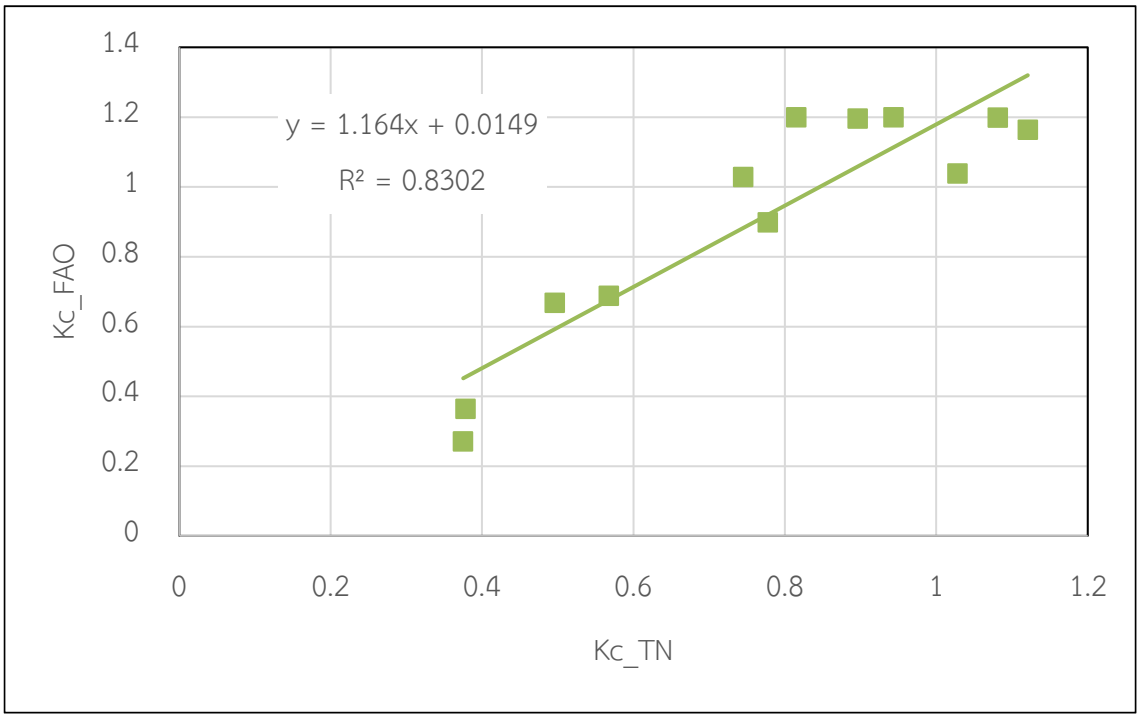
รูปที่ 4 ความสัมพันธ์ระหว่าง Kc_TN กับ Kc_FAO ของไร่ป.สงวนชัยแปลงที่ 1



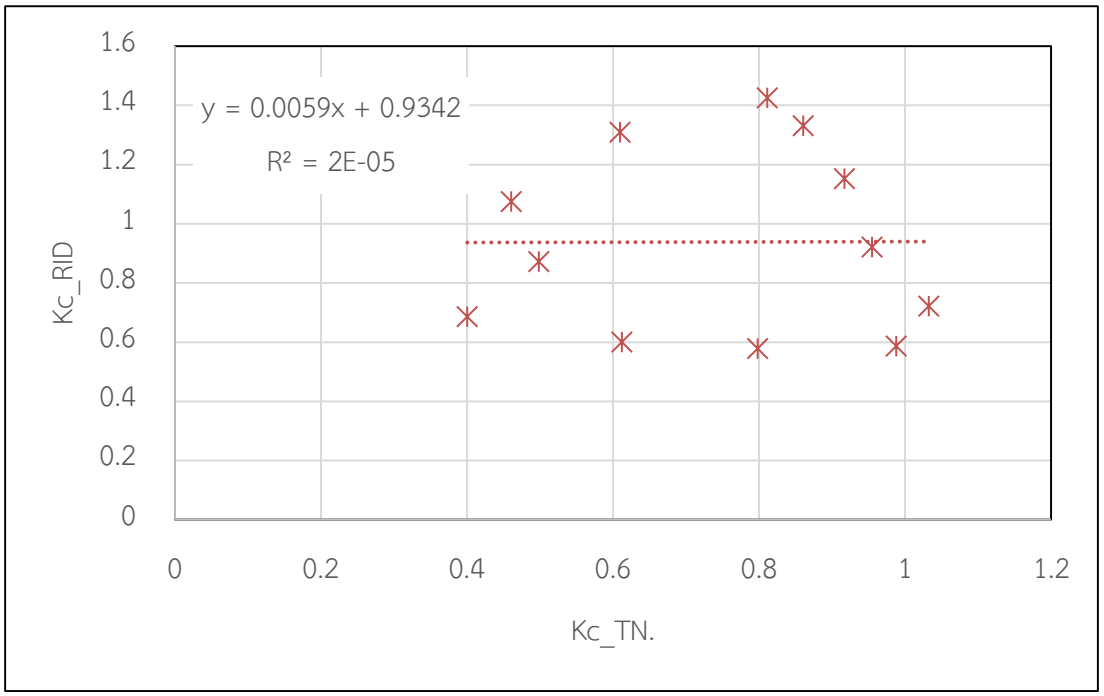
รูปที่ 5 ความสัมพันธ์ระหว่าง Kc_TN กับ Kc_FAO ของไร่ป.สงวนชัยแปลงที่ 2



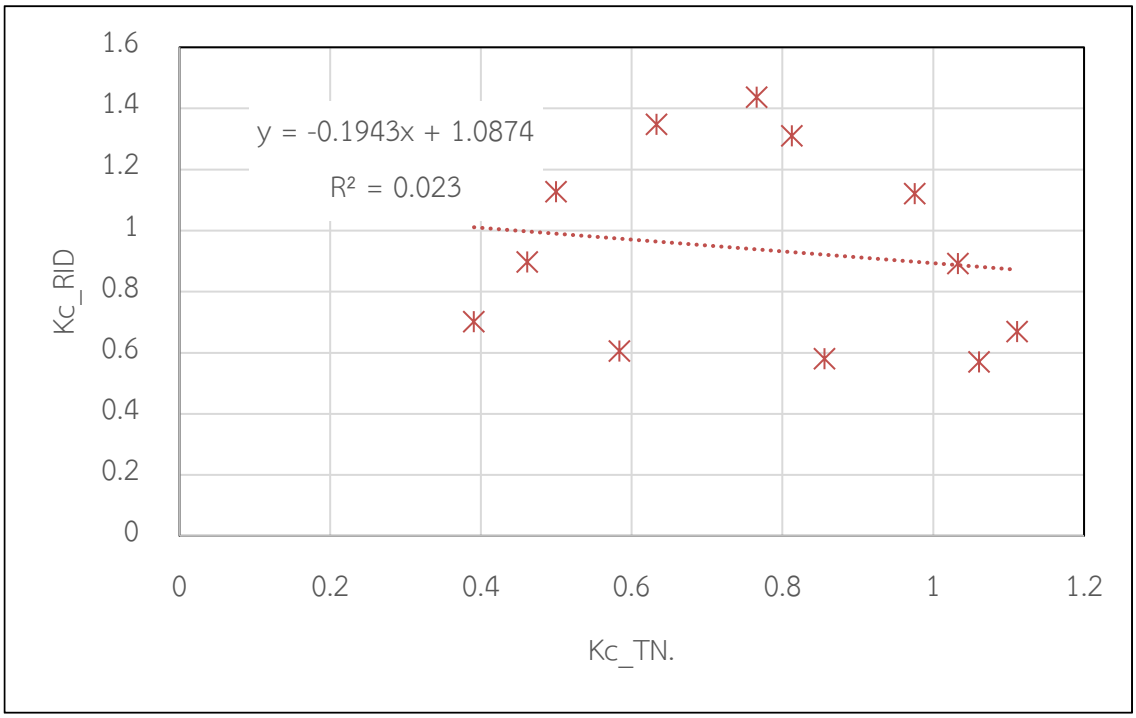
รูปที่ 6 ความสัมพันธ์ระหว่าง Kc_TN กับ Kc_FAO ของไร่ป.สงวนชัยแปลงที่ 3



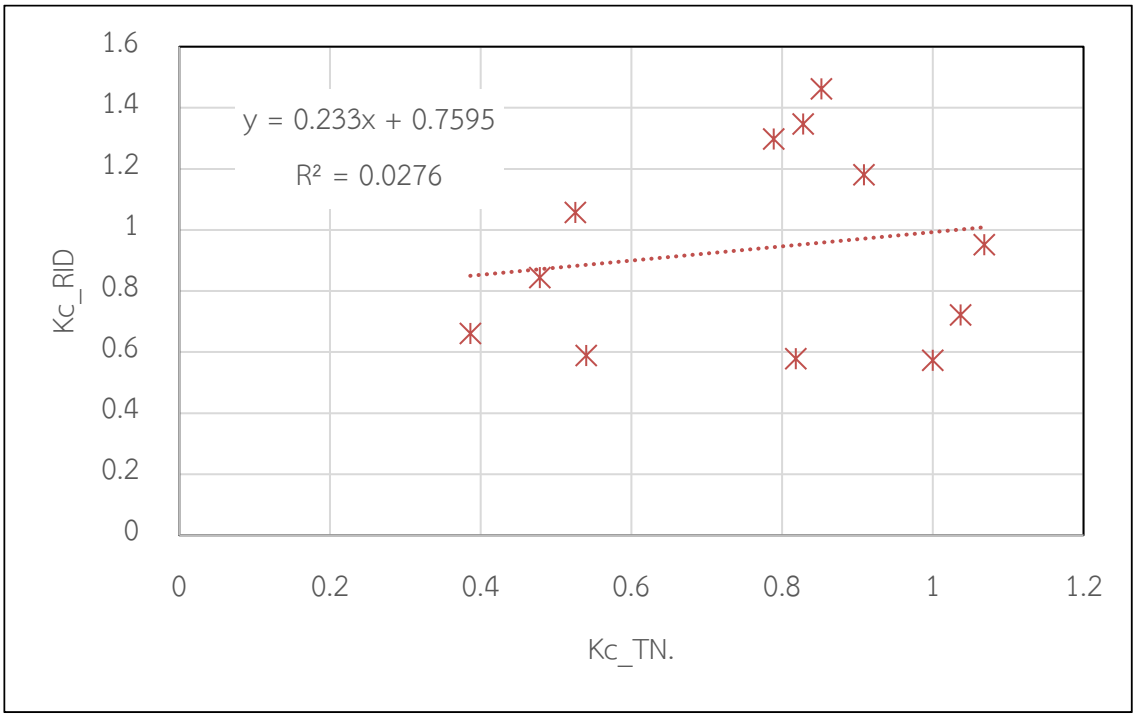
รูปที่ 7 ความสัมพันธ์ระหว่าง Kc_TN กับ Kc_FAO ของไร่ป.สงวนชัยแปลงที่ 5



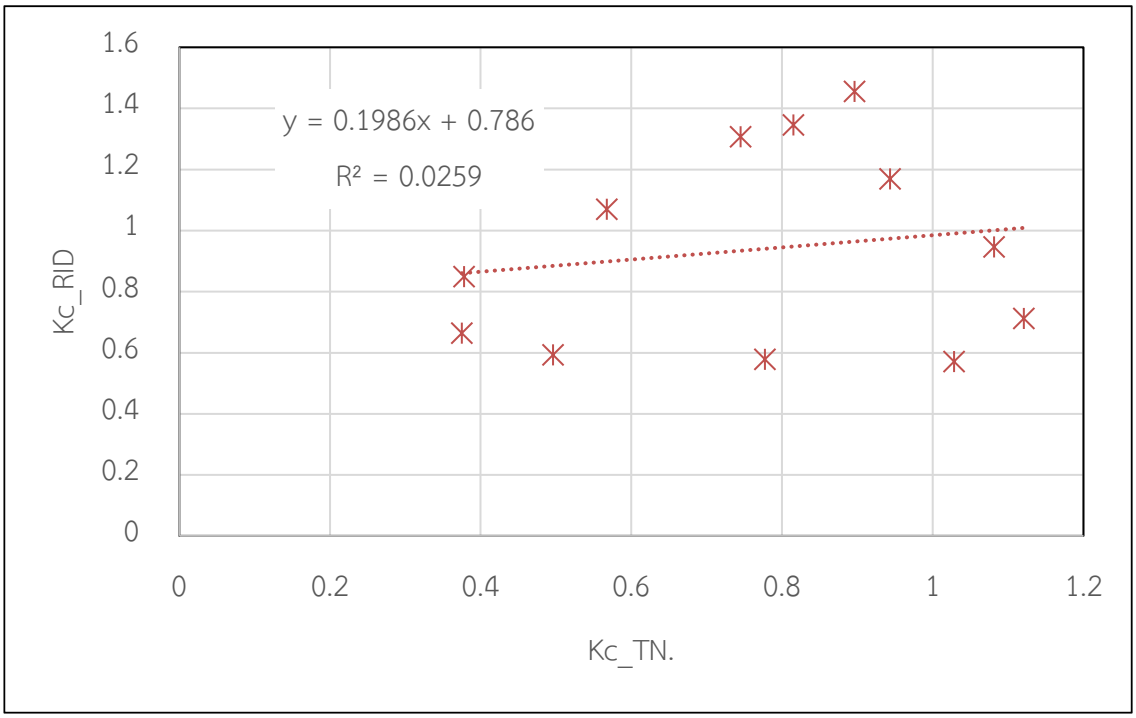
รูปที่ 8 ความสัมพันธ์ระหว่าง Kc_TN กับ Kc_RID ของไร่ป.สงวนชัยแปลงที่ 1



รูปที่ 9 ความสัมพันธ์ระหว่าง Kc_TN กับ Kc_RID ของไร่ป.สงวนชัยแปลงที่ 2



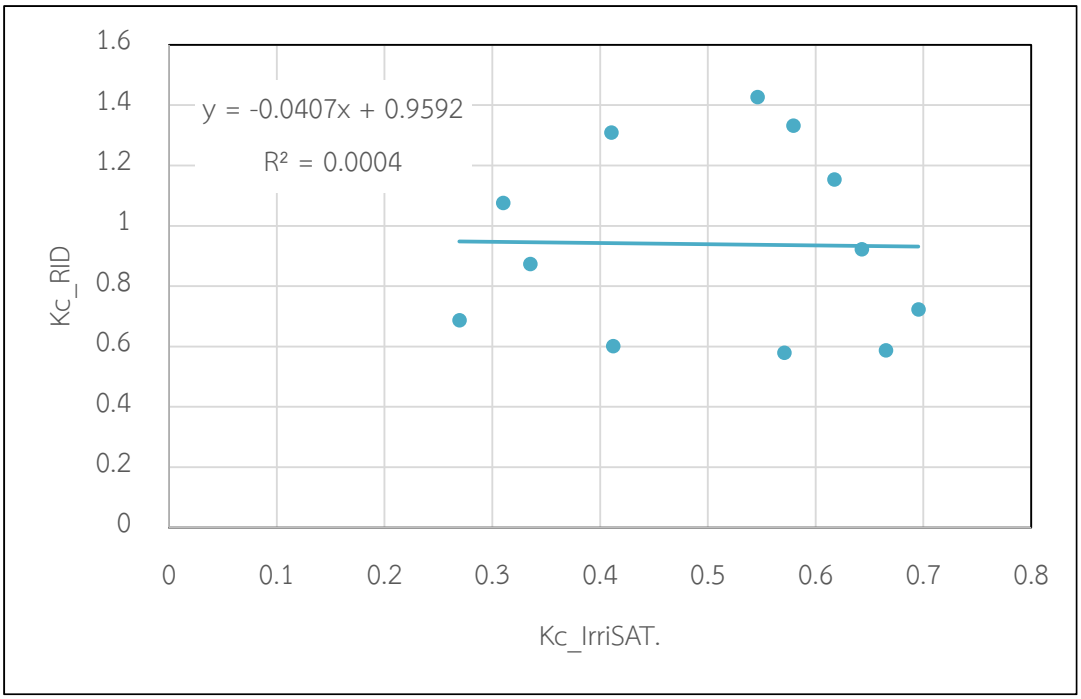
รูปที่ 10 ความสัมพันธ์ระหว่าง Kc_TN กับ Kc_RID ของไร่ป.สงวนชัยแปลงที่ 3



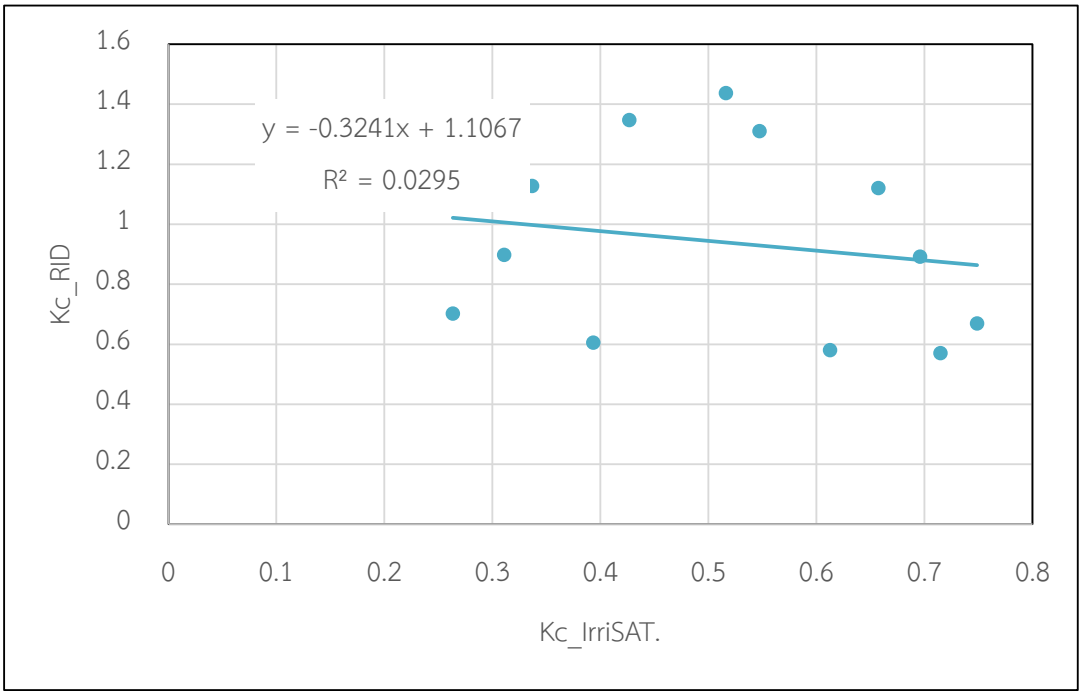
รูปที่ 11 ความสัมพันธ์ระหว่าง Kc_TN กับ Kc_RID ของไร่ป.สงวนชัยแปลงที่ 5

4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า KC IrriSAT กับ KC RID ในการสอบเทียบ

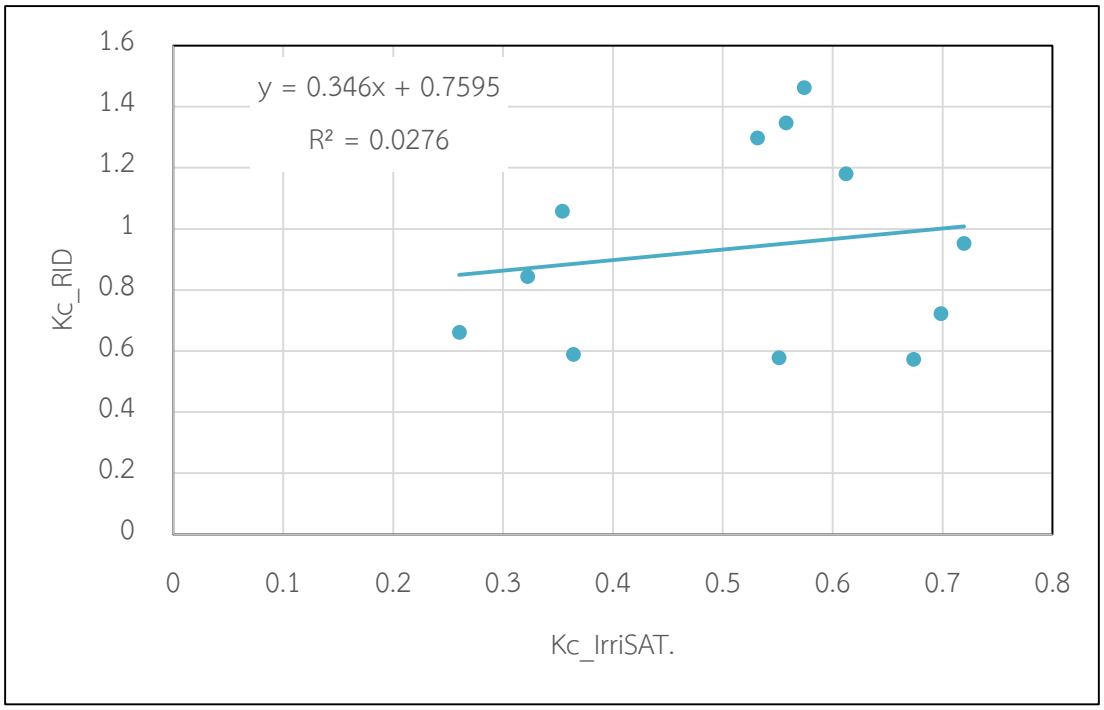
ผลการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างค่า Kc_IrriSAT กับค่าKc_RID ด้วยวิธีการถดถอยเชิงเส้นอย่างง่าย จากพื้นที่การศึกษา โดยใช้ข้อมูลการจัดการแปลงตามปฏิทินการเพาะปลูกจริงในช่วงระยะเวลาตั้งแต่ปีค.ศ.2015-2021 พบว่าค่าR-Squaredที่มาจากความสัมพันธ์ระหว่าง Kc_IrriSAT กับค่าKc_RID เรียงจากไร่ป.สงวนชัยแปลงที่ 1 ถึงแปลงที่ 5 มีค่า 0.0004, 0.0295, 0.0276, และ 0.021 ตามลำดับ ดังรูปที่ 12 ถึง 15



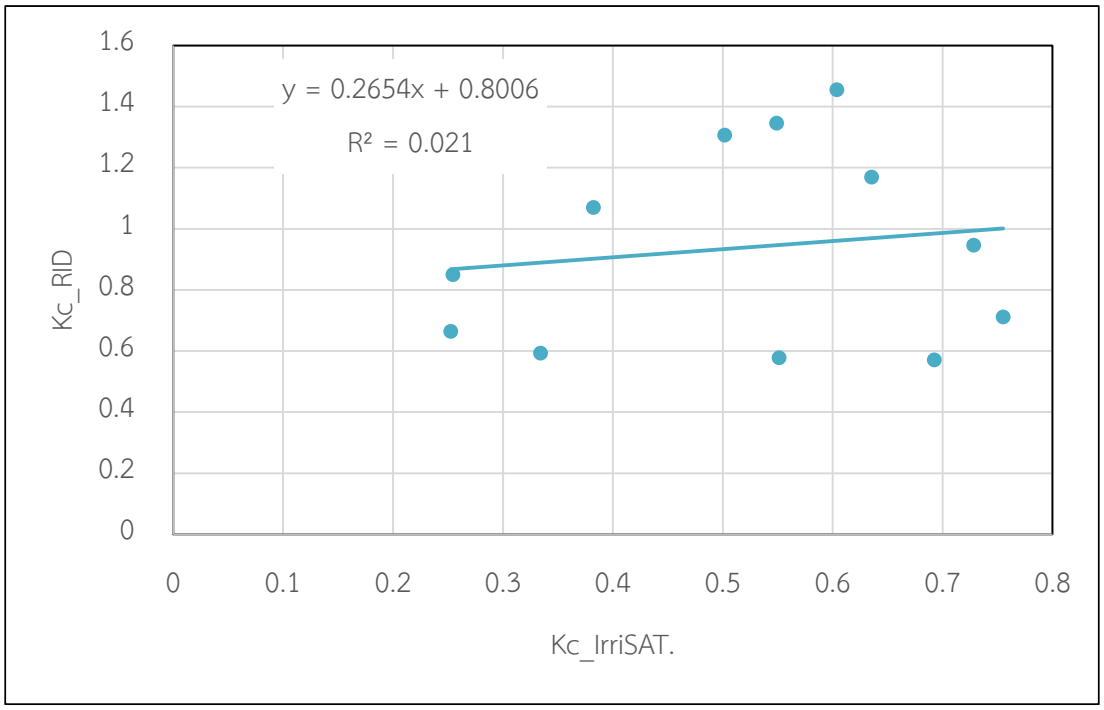
รูปที่ 12 ความสัมพันธ์ระหว่าง Kc_RID กับ Kc_IrriSAT ก่อนปรับแก้ของไร่ไร่ป.สงวนชัยแปลงที่ 1



รูปที่ 13 ความสัมพันธ์ระหว่าง Kc_RID กับ Kc_IrriSAT ก่อนปรับแก้ของไร่ไร่ป.สงวนชัยแปลงที่ 2



รูปที่ 14 ความสัมพันธ์ระหว่าง Kc_RID กับ Kc_IrriSAT ก่อนปรับแก้ของไร่ไร่ป.สงวนชัยแปลงที่ 3



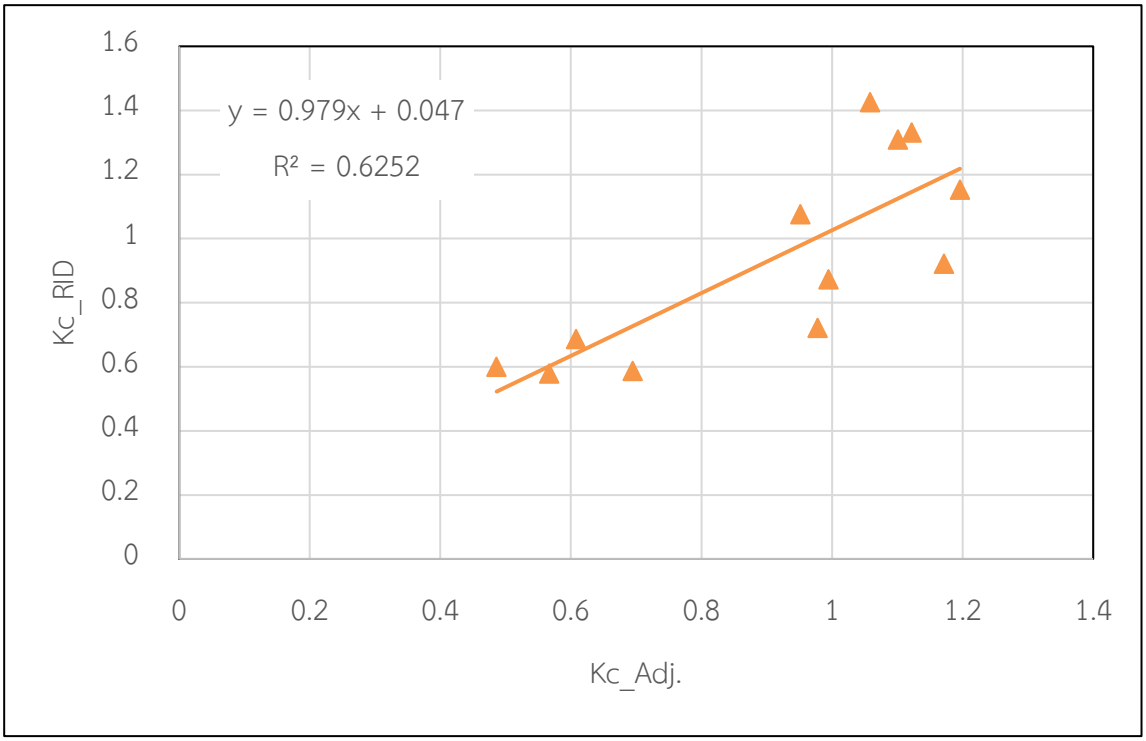
รูปที่ 15 ความสัมพันธ์ระหว่าง Kc_RID กับ Kc_IrriSAT ก่อนปรับแก้ของไร่ไร่ป.สงวนชัยแปลงที่ 4

4.3 การปรับปรุงข้อมูลค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำพืช (Kc) ของอ้อยจากการจัดช่วงเวลาของข้อมูล

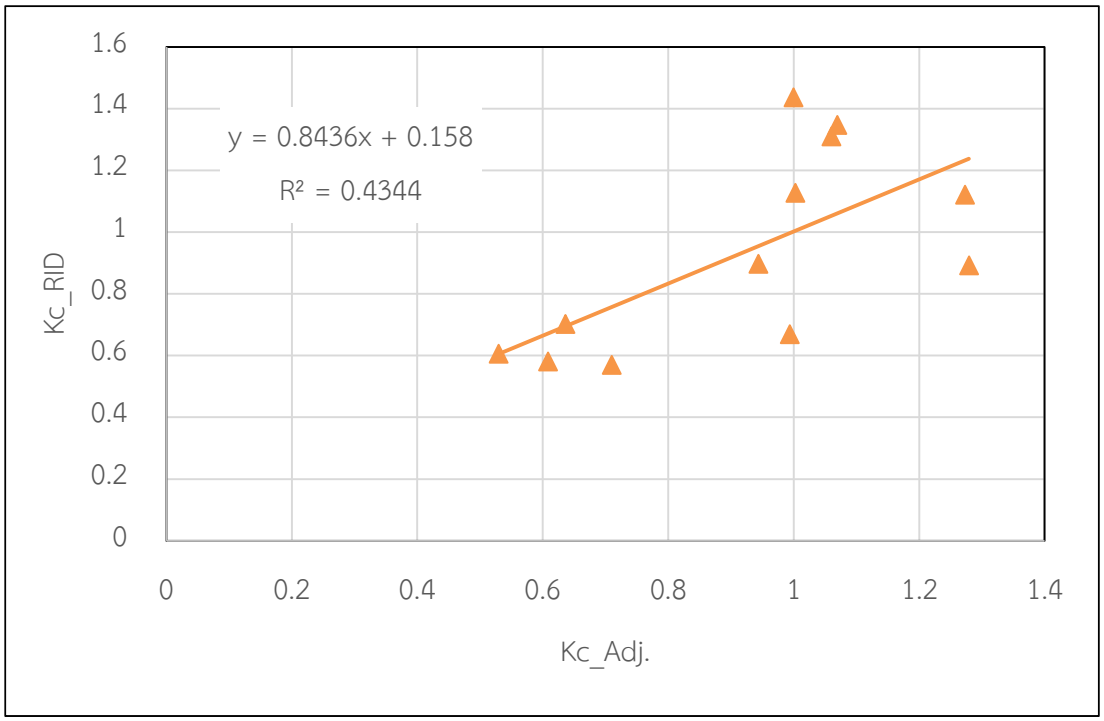
ในวิจัยนี้ได้มีการแบ่งช่วงเวลาตามขั้นการเจริญเติบโตของอ้อยอ้างอิงตามFAO-56 เพื่อใช้เป็นช่วงเวลาของข้อมูลในการปรับแก้ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของอ้อยโดยคำนวณจากสมการที่ 11 ของพื้นที่การศึกษาแต่ละแปลง จากนั้นเพื่อให้ได้ค่าปรับแก้ตามช่วงการเจริญเติบโตที่สามารถนำไปใช้ได้กับทุกพื้นที่ในประเทศไทยจึงทำการเฉลี่ยรวมเป็นค่า K_{adj} ดังตารางที่ 5 จากความสัมพันธ์ภายใต้เงื่อนไขตัวคูณปรับแก้ค่า $KC_{IrriSATadj}$ สำหรับอ้อยที่คำนวณจากสมการที่ 10 และเปรียบเทียบค่าKc_RID กับ Kc_{adj} พบว่ามีค่าR-Squaredเพิ่มขึ้นโดยเรียงจากไร่ป.สงวนชัยแปลงที่ 1 ถึงแปลงที่ 5 มีค่า 0.6252, 0.4344, 0.6083 และ 0.5693 ตามลำดับ ดังรูปที่ 16 ถึง 19

ตารางที่ 5 แสดงค่าปรับแก้ Kc_{adj} แต่ละช่วงการเจริญเติบโต

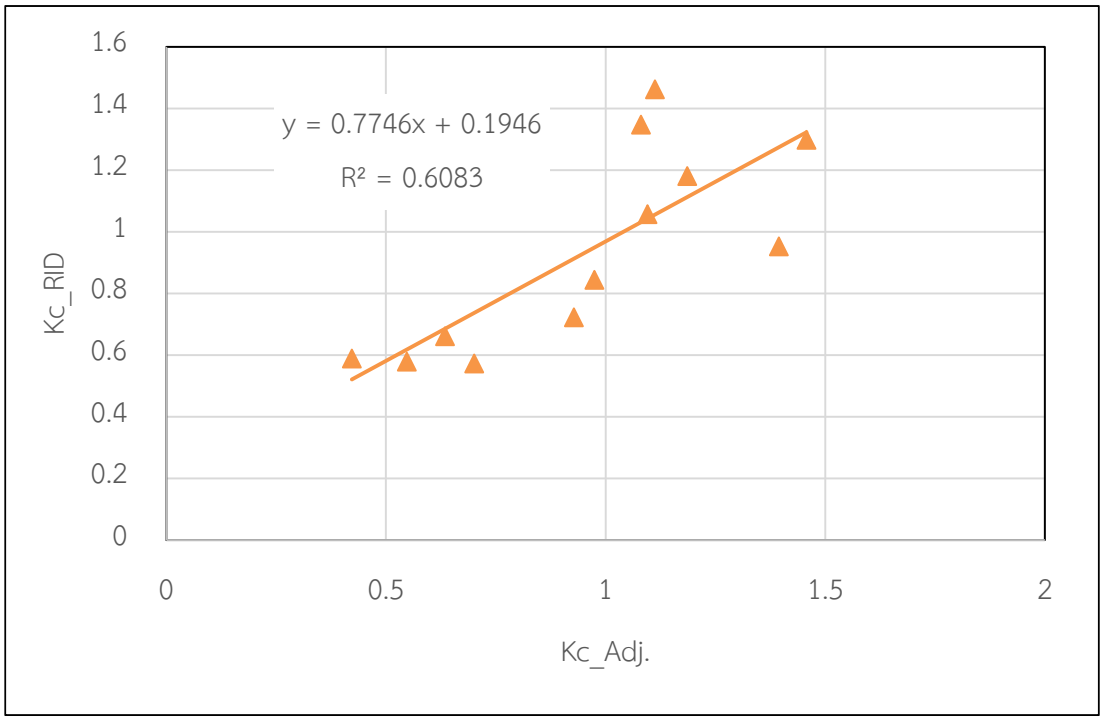
ช่วงการเจริญเติบโต(วัน)	วันที่ 1-25	วันที่33-105	วันที่113-249	วันที่249-เก็บเกี่ยว
ค่าปรับแก้	2.694584567	3.093355224	1.937228432	0.993015185



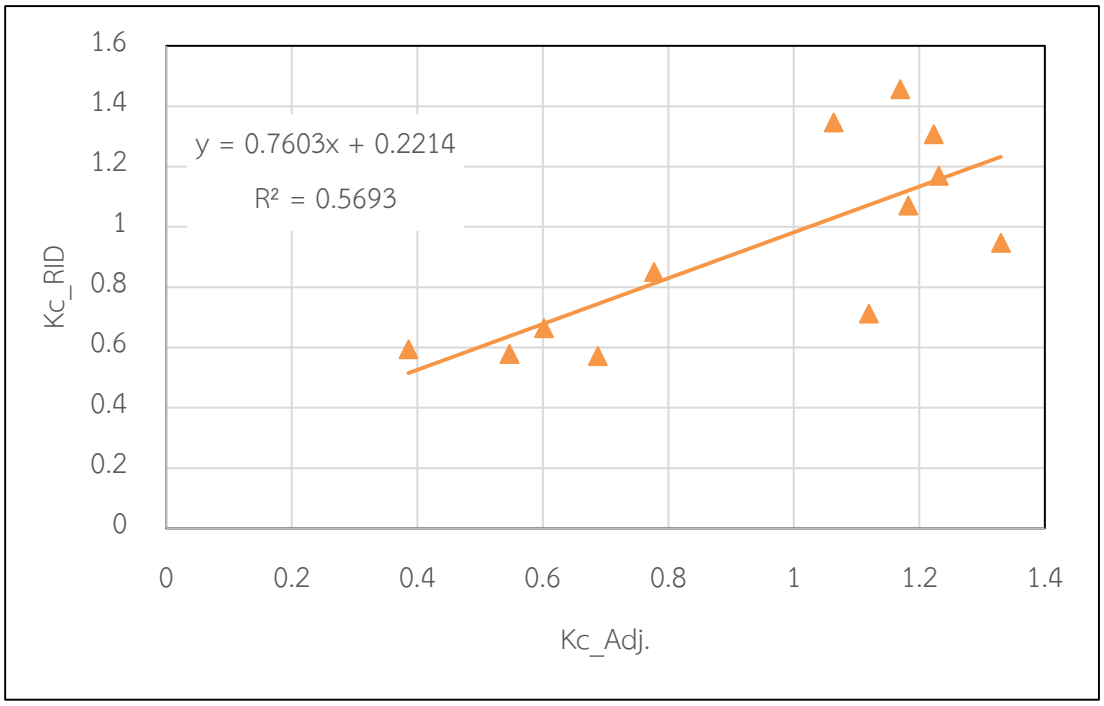
รูปที่ 16 ความสัมพันธ์ระหว่าง Kc_RID กับ Kc_IrriSAT หลังปรับแก้ของไร่ป.สงวนชัยแปลงที่ 1



รูปที่ 17 ความสัมพันธ์ระหว่าง Kc_RID กับ Kc_IrriSAT หลังปรับแก้ของไร่ป.สงวนชัยแปลงที่ 2



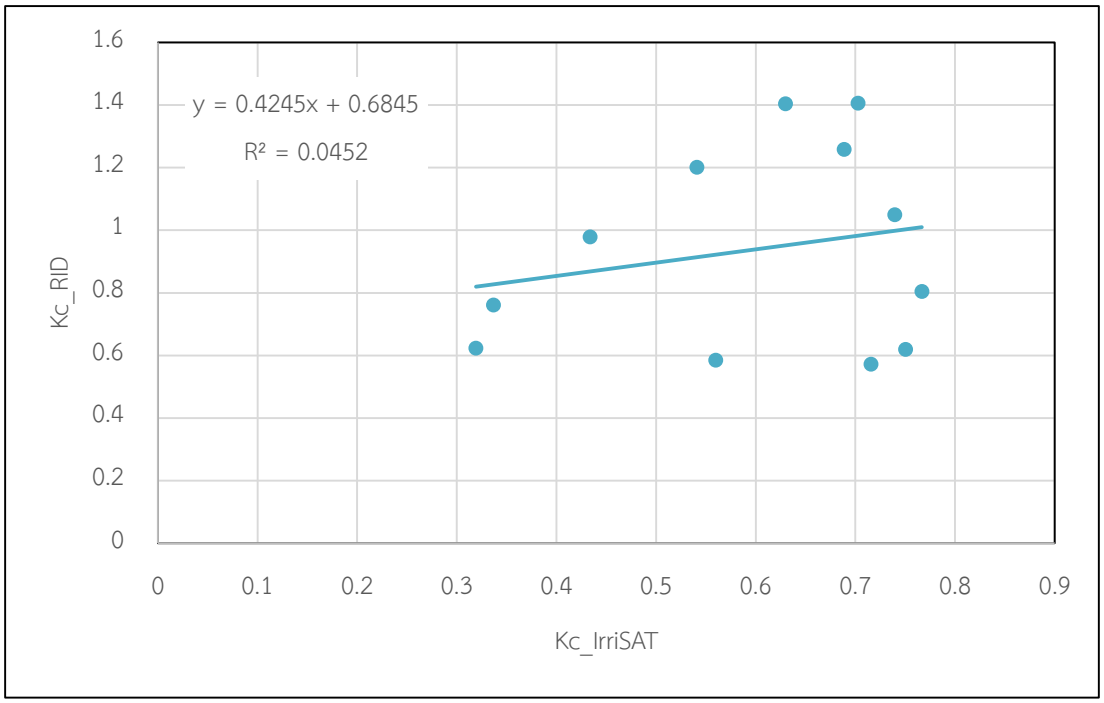
รูปที่ 18 ความสัมพันธ์ระหว่าง Kc_RID กับ Kc_IrriSAT หลังปรับแก้ของไร่ป.สงวนชัยแปลงที่ 3



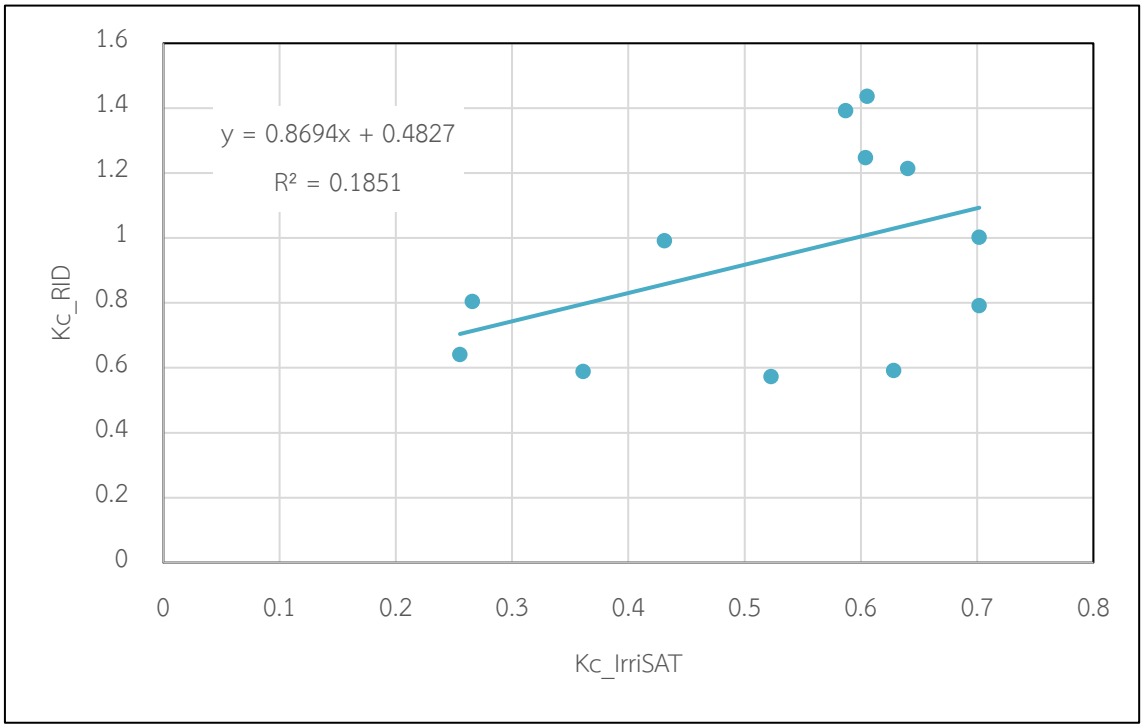
รูปที่ 19 ความสัมพันธ์ระหว่าง Kc_RID กับ Kc_IrriSAT หลังปรับแก้ของไร่ป.สงวนชัยแปลงที่ 5

4.4 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า KC IrriSAT กับ KC RID ในการทวนสอบ

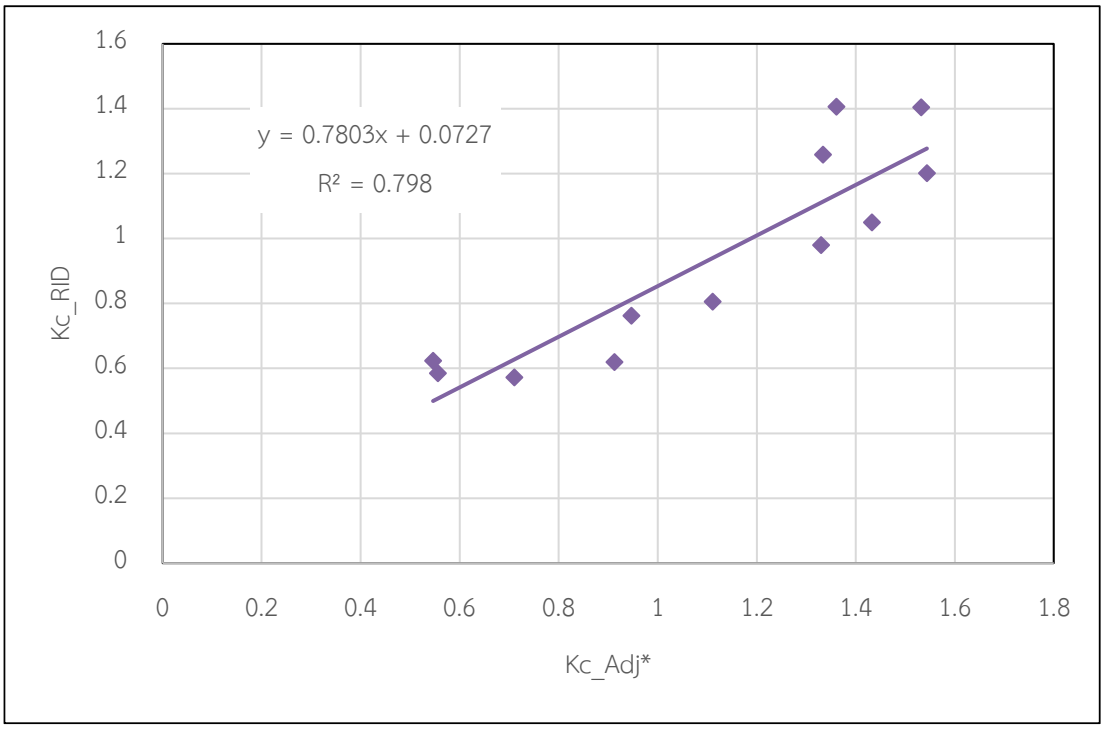
หลังจากการสอบเทียบแล้วนั้น จะทำการทวนสอบในพื้นที่ที่ต่างอำเภอคือแปลงดอนเสลา และในพื้นที่ใกล้กับการสอบเทียบคือแปลงป.สงวนชัย 4 เพื่อตรวจสอบว่าค่าความสัมพันธ์ระหว่างKc_RID กับ Kc_{adj} สามารถนำไปใช้ได้ในทุกพื้นที่ในประเทศไทย โดยจากผลวิจัยพบว่าค่าR-Squared เพิ่มขึ้นจากก่อนการปรับแก้ที่มีค่า 0.0452 และ 0.1851 เรียงลำดับจากแปลงดอนเสลาไปแปปลงไร่ป.สงวนชัย4 ดังรูปที่ 20 และ 21 หลังการสอบทวนหลังปรับแก้มีค่า R-Squared 0.798 และ 0.6255 ตามลำดับ ดังรูปที่ 22 และ 23



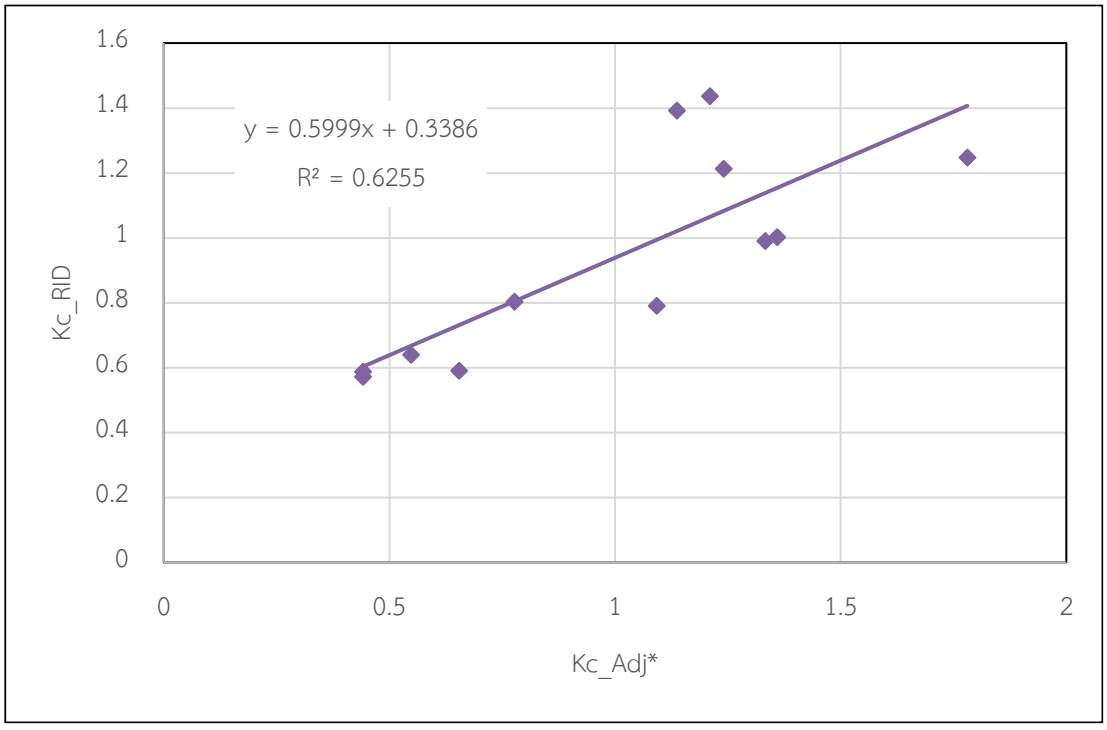
รูปที่ 20 ความสัมพันธ์ระหว่าง Kc_RID กับ Kc_IrriSAT ก่อนปรับแก้ของไร่ดอนเสลาในการทวนสอบ



รูปที่ 21 ความสัมพันธ์ระหว่าง Kc_RID กับ Kc_IrriSAT ก่อนปรับแก้ของไร่ป.สงวนชัย4 ในการทวนสอบ



รูปที่ 22 ความสัมพันธ์ระหว่าง Kc_RID กับ Kc_IrriSAT หลังปรับแก้ของไร่ดอนเสลาในการทวนสอบ



รูปที่ 23 ความสัมพันธ์ระหว่าง Kc_RID กับ Kc_IrriSAT หลังปรับแก้ของไร่ป.สงวนชัย4 ในการทวนสอบ

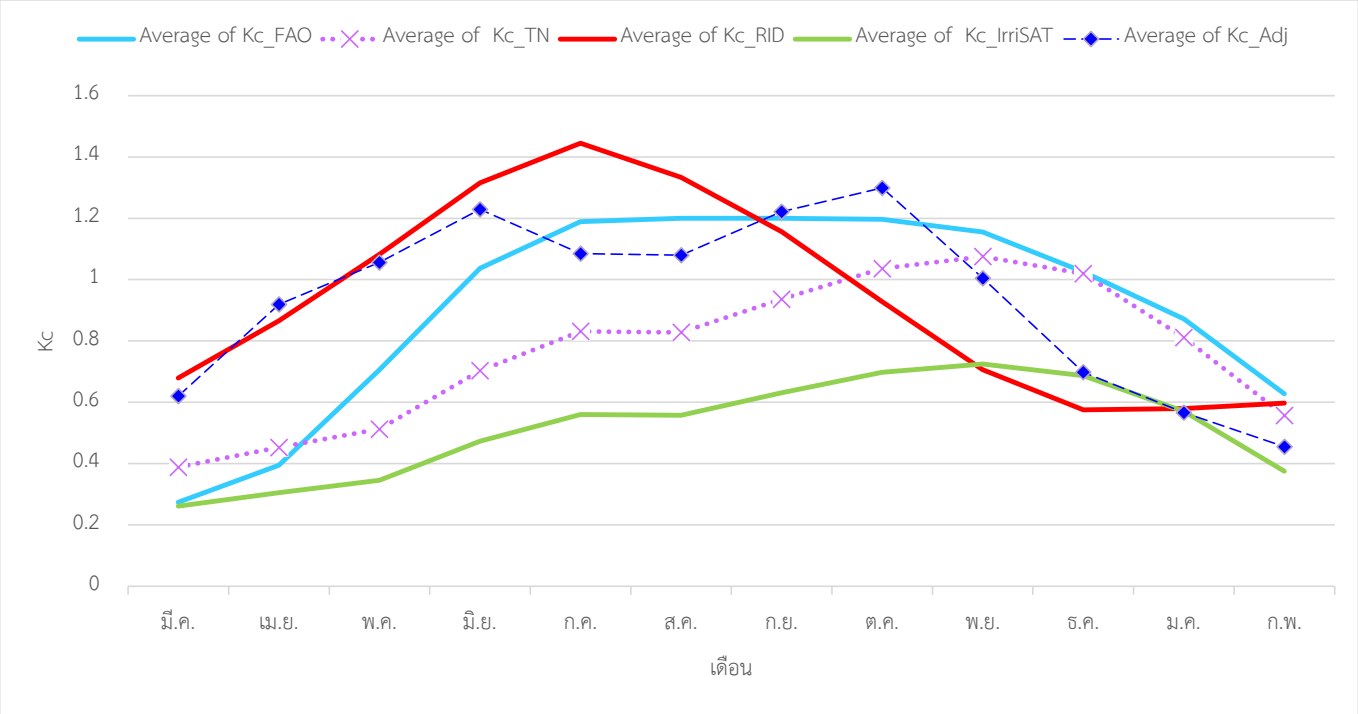
4.2 ผลการตรวจพิสูจน์ความแม่นยำของค่าสัมประสิทธิ์ใช้น้ำของอ้อยหลังปรับแก้

เมื่อปรับแก้ค่าสัมประสิทธิ์ใช้น้ำของอ้อยและตรวจพิสูจน์ความแม่นยำของค่าหลังปรับแก้จะได้ค่าของสถิติคณิตศาสตร์ดังตารางที่ 6 เนื่องจากความแม่นยำของข้อมูลสูงขึ้นส่งผลให้ค่า NSE มีค่าสูงขึ้น ค่าRMSE, ARE, PBIAS มีค่าลดลง แนวโน้มความสัมพันธ์ของค่าสัมประสิทธิ์ใช้น้ำของอ้อยจาก IrriSAT หลังการปรับแก้ในขั้นตอนการสอบเทียบและทวนสอบมีความสอดคล้องกับค่าสัมประสิทธิ์ใช้น้ำของอ้อยจากกรมชลประทานมีความสอดคล้องกันมากขึ้นดังรูปที่ 24 และ 25

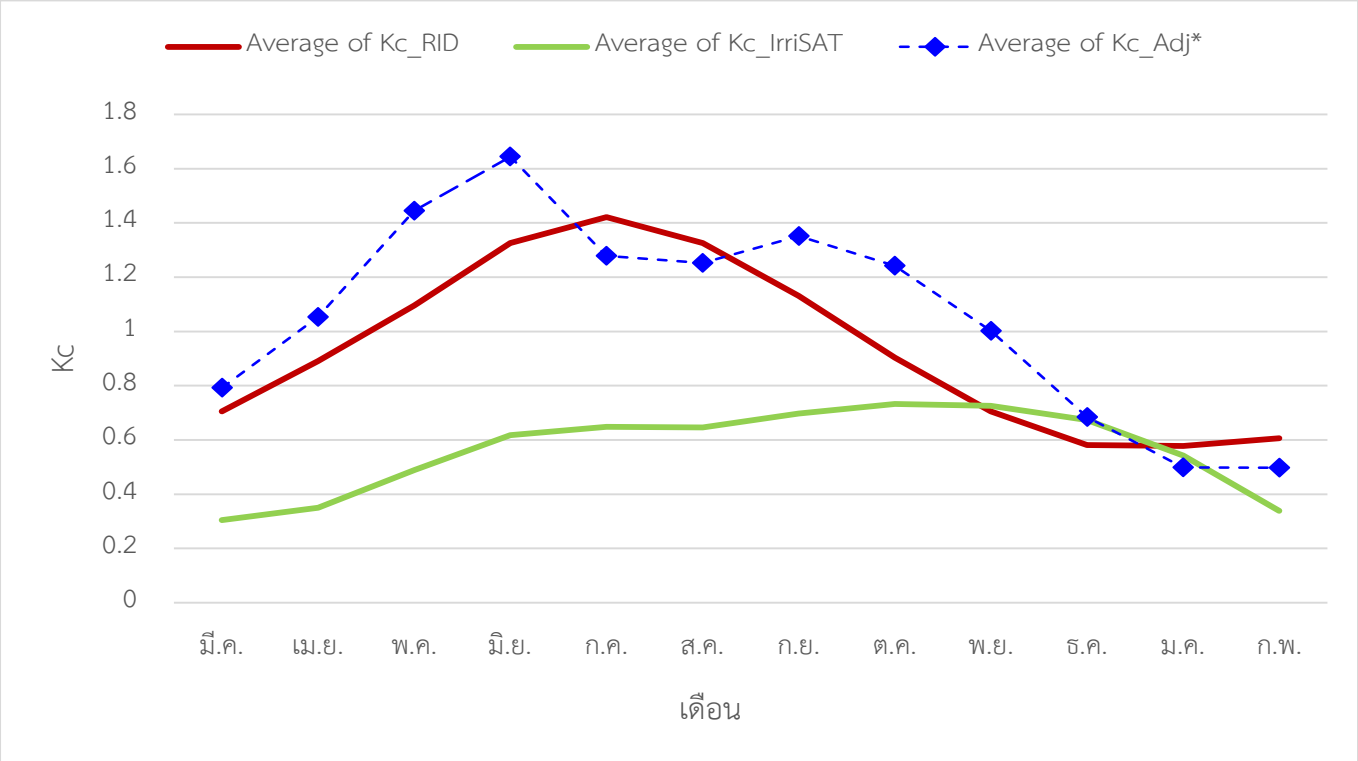
ตารางที่ 6 แสดงผลผลการตรวจพิสูจน์ความแม่นยำ

แปลงศึกษา	การปรับแก้	R^2	NSE	RMSE	ARE	PBIAS
สงวนชัย1	ก่อนปรับแก้	0.0004	-2.35	0.55	42.22	46.25
	หลังปรับแก้	0.6252	0.62	0.19	16.66	2.97
สงวนชัย2	ก่อนปรับแก้	0.0295	-2.34	0.56	44.15	44.76
	หลังปรับแก้	0.4344	0.42	0.23	20.24	1.42
สงวนชัย3	ก่อนปรับแก้	0.0276	-1.9	0.53	41.98	44.8
	หลังปรับแก้	0.6083	0.55	0.21	17.53	-2.34
สงวนชัย5	ก่อนปรับแก้	0.021	-1.95	0.53	43.34	44.59
	หลังปรับแก้	0.5693	0.51	0.22	19.93	-0.5
ดอนเสลา*	ก่อนปรับแก้	0.0452	-1.26	0.46	37.53	39.23
	หลังปรับแก้	0.798	0.42	0.23	22.53	-18.23
สงวนชัย4*	ก่อนปรับแก้	0.1851	-1.62	0.5	41.09	44.08
	หลังปรับแก้	0.6255	0.31	0.26	21.97	-6.59

*การทวนสอบ



รูปที่ 24 กราฟความสัมพันธ์ของค่าสัมประสิทธิ์อ้อยจากการสอบเทียบ



รูปที่ 25 กราฟความสัมพันธ์ของค่าสัมประสิทธิ์อ้อยจากการทวนสอบ

5.สรุปและข้อเสนอแนะ

5.1สรุปผลและอภิปรายผลการศึกษา

จากผลการศึกษางานวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่ากระบวนการปรับแก้ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของอ้อยจากระบบติดตามการใช้น้ำบนเว็บไซต์ IrriSATซึ่งเป็นค่าประมาณจากการแปลงค่าดัชนีพืชพรรณ NDVI โดยการแปลงภาพถ่ายดาวเทียมให้ค่าที่สอดคล้องต่อค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของอ้อยที่เผยแพร่โดย ส่วนการใช้น้ำชลประทาน สำนักบริหารน้ำและอุทกวิทยา โดยค่าปรับแก้สัมประสิทธิ์การใช้น้ำอ้อยตอในพื้นที่ศึกษาตามช่วงการเจริญเติบโตของอ้อยจากFAO-56(Kc_{adj}) โดยช่วงอายุปรับแก้คือ 25,70,135 และ 50 วัน มีค่าคือ 2.695, 3.093, 1.937 และ 0.993 ตามลำดับ เมื่อพิจารณาค่าความสัมพันธ์ทางสถิติคณิตศาสตร์ในกระบวนการตรวจพิสูจน์พบว่าค่าปรับแก้ที่พัฒนาขึ้นจากกระบวนการนี้มีความแม่นยำเพิ่มมากขึ้นสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการจักการระบบให้น้ำชลประทานแก่การเพาะปลูกอ้อยได้โดย

5.2 ข้อเสนอแนะ

การใช้งานระบบ IrriSAT จำเป็นจะต้องทำการคัดเลือกช่วงทัศนวิสัยของดาวเทียมในการทำการประมาณค่า เนื่องจากการอ่านค่าดาวเทียมที่มีเมฆบังจะส่งผลให้ค่าที่ได้เกิดความคลาดเคลื่อนดังนั้นควรเลือกค่าทัศนวิสัยของดาวเทียมในช่วง80เป็นต้นไป รวมถึงควรเพิ่มพื้นที่ศึกษาอ้อยแปลงใหญ่ในเขตภูมิภาคอื่นๆในประเทศไทยเพื่อตรวจสอบและพัฒนาความแม่นยำของข้อมูลที่ได้จาก IrriSAT เนื่องจากอ้อยเป็นเป็นพืชเศรษฐกิจของไทยซึ่งมีแปลงเพาะปลูกในทุกภูมิภาค

บรรณานุกรม

เกษสุดา เดชภิมล และคณะ. 2561. **องค์ความรู้สำหรับการพัฒนาอ้อย**. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น

ธเนศ สัมฤทธิ์นรพงศ์ และ จุติเทพ วงษ์เพ็ชร์, “การปรับแก้ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของอ้อยจากเครื่องมือสนับสนุนการตัดสินใจสำหรับการบริหารจัดการน้ำชลประทานโดยเว็บไซต์ IrriSAT :กรณีศึกษาพื้นที่เพาะปลูกอ้อยในเขตชลประทานแม่กลองใหญ่,” **วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ**, ปีที่ 31, ฉบับที่ 2, หน้าที่ 179-190, เม.ย.-มิ.ย 2564.

ณัฐธยาน์ นามอินทร์ , เกศวรา สิทธิโชค และ ชูพันธ์ ชมภูจันทร์. 2562. การประมาณค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำพืช (Kc) ของข้าวนาหว่านน้ำตมโดยใช้ดัชนีพืชพรรณจากภาพดาวเทียมหลายช่วงเวลา, **วารสารสมาคมสำรวจข้อมูลระยะไกลและสารสนเทศภูมิศาสตร์แห่งประเทศไทย** 20 (2): 331-344.

ฝ่ายเผยแพร่การใช้น้ำชลประทาน. 2555. **ค่าสัมประสิทธิ์พืชโดยวิธี Penman- Monteith (Crop coefficient (Kc) of Penman Monteith)**. ส่วนการใช้น้ำชลประทาน. สำนักบริหารจัดการน้ำและอุทกวิทยา.

เอกสิทธิ์ โฆสิตสกุลชัย. (2552). **การใช้น้ำของพืช ทฤษฎีและการประยุกต์ (Crop Evapotranspiration Theory and Applications.)** ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม.

John Hornbuckle, Jamie Vleeshouwe, Carlos Ballester, Janelle Montgomery, Robert Hoohers and Robert Birdgart. 2016. **IrriSAT Technical Reference.** Deakin Universiry, Australia.

Janelle Montgomery, John Hornbuckle, Iain Hume, and Jamie Vleeshouwer. IrriSAT – weather based scheduling and benchmarking technology. In **Proxeeding of the 17th ASA Conference.** 20-24 September 2015, Australian Society of Agronomy. Hobart, Australia.

ประวัตินิสิต

ชื่อ นางสาว ฐิติมา ปิดตานัง เลขประจำตัวนิสิต 6020500063

ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมชลประทาน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน

ที่อยู่ปัจจุบัน 1/8 หมู่ที่ 2 ตำบล กรับใหญ่ อำเภอ บ้านโป่ง จังหวัด ราชบุรี 70190

โทรศัพท์บ้าน 032-366041 โทรศัพท์เคลื่อนที่ 092-8879496

E-mail : Thitima.pid@ku.th

ระดับการศึกษา : ปริญญาตรี

คุณวุฒิการศึกษา	โรงเรียน/สถาบัน	ปีการศึกษาที่จบ
มัธยมศึกษาตอนต้น	โรงเรียนนารีวุฒิ	2556
มัธยมศึกษาตอนปลาย	โรงเรียนสาธิตแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ศูนย์วิจัยและพัฒนาการศึกษา	2559