โครงงานวิศวกรรมชลประทาน

(02207499)

ที่ 20/2559

เรื่อง

การประเมินประสิทธิภาพการให้น้ำแก่ข้าวโพดฝักอ่อนโดยระบบน้ำหยดแรงดันต่ำ

Determination of water efficiencies in baby corn farming using a low pressure drip irrigation system

โดย

นาย ชนะ ดอกกุหลาบ

นาย อรรถชัย นิลเอวะ

เสนอ

ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน

คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม 73140

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (วิศวกรรมโยธา – ชลประทาน)

พุทธศักราช 2559

ใบรับรองโครงงานวิศวกรรมชลประทาน

ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน

คณะวิศวกรรมศาสตร์กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เรื่อง การประเมินประสิทธิภาพการให้น้ำแก่ข้าวโพดฝักอ่อนโดยระบบน้ำหยดแรงดันต่ำ

นามผู้ทำโครงการ

นายชนะ ดอกกุหลาบ

นายอรรถชัย นิลเอวะ

ได้พิจารณาเห็นชอบ

ประธานกรรมการ ……………………………………………….

(ผศ. บุญมา ป้านประดิษฐ์)

………../……..…/………..

กรรมการ ……………………………………………….

(อ.ดร. เกศวรา สิทธิโชค)

………../……..…/………..

หัวหน้าภาควิชา ……………………………………………….

(ผศ. นิมิต เฉิดฉันท์พิพัฒน์)

………../……..…/………..

บทคัดย่อ

ชื่อเรื่อง : การประเมินประสิทธิภาพการให้น้ำแก่ข้าวโพดฝักอ่อนโดยระบบน้ำหยดแรงดันต่ำ

โดย : นาย ชนะ ดอกกุหลาบ

นาย อรรถชัย นิลเอวะ

อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ : ……………………………………………….

(ผศ. บุญมา ป้านประดิษฐ์)

………../…..……/………..

ระบบชลประทานแบบหยดจัดว่าเป็นระบบให้น้ำที่มีประสิทธิภาพสูง ทำให้สามารถประหยัดน้ำ ประหยัดแรงงานและพลังงาน ในการเพาะปลูกพืชได้รับน้ำอย่างทั่วถึง องค์ประกอบอย่างหนึ่งที่สำคัญของระบบให้น้ำมีประสิทธิภาพสูง ก็คือแรงดันใช้การ (Working Pressure) ที่จะทำให้อัตราการไหลเป็นไปตามข้อกำหนดของหัวจ่ายน้ำ ซึ่งโดยทั่วไปจะกำหนดไว้ประมาณ 1-2 บรรยากาศหรือเทียบเป็นความสูงของน้ำ 10-20 เมตร ในพื้นที่นอกเขตชลประทาน ส่วนใหญ่แหล่งไฟฟ้าจะไปไม่ทั่วถึง เกษตรกรจะใช้เครื่องยนต์สูบน้ำและต้องเดินเครื่องให้น้ำ ประมาณ 10-20 ชั่วโมง/วัน ซึ่งยากต่อการปฏิบัติ เกษตรกรจึงได้เปลี่ยนแปลงแรงดันใช้การ จาก 10-20 เมตร (ความสูงของน้ำ) เหลือเพียงแรงดันใช้การ 3 เมตร (ความสูงของน้ำ) โดยการจัดหาถังน้ำสำรองมาติดตั้งและสูบน้ำไปเก็บไว้ในถังแล้วปล่อยให้น้ำผ่านหัวน้ำหยด ให้น้ำแก่พืชต่อไป คำถามก็คือ ระบบน้ำหยดที่มีการเปลี่ยนแปลงแรงดันดังกล่าว จะยังสามารถใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพหรือไม่

โครงงานวิศวกรรมชลประทาน เรื่อง การประเมินประสิทธิภาพการให้น้ำแก่ข้าวโพดฝักอ่อนโดยระบบน้ำหยดแรงดันต่ำ จึงเป็นการทดลองใช้ระบบน้ำหยดแบบ in line ที่แรงดันต่ำกว่า 0.3 บรรยากาศ หรือ 3 เมตรความสูงของน้ำ เพื่อหาคำตอบด้านเทคนิคว่าจะมีความเหมาะสมต่อการใช้งานหรือไม่ โดยมีดรรชนีตรวจวัดทางด้านประสิทธิภาพ ได้แก่ ความสม่ำเสมอในการให้น้ำ (Eu) ประสิทธิภาพในการให้น้ำ (Ea) และความพอเพียงในการให้น้ำ (Es) เป็นเกณฑ์เปรียบเทียบ

วิธีการศึกษาได้ทำการติดตั้งระบบให้น้ำแบบ in line ในพื้นที่ กว้าง 20 x ยาว 40.5 เมตร ที่แรงดันใช้การ 3 เมตรโดยที่คุณลักษณะของท่อกำหนดมาตรฐานที่แรงดันใช้การ 10 เมตร อัตราการไหล 2.00 ลิตร/ชั่วโมง ระยะจุดออกน้ำทุก 0.30 เมตร ที่ใช้สำหรับดินร่วนปนตะกอนทราย ติดตั้งมาตรวัดน้ำ ตรวจวัดอัตราการไหลตามค่าการใช้น้ำของข้าวโพดฝักอ่อน นำมาประเมินค่า Eu และ Ea ส่วน Es ตรวจสอบจากมาตราวัดแรงดึงความชื้นที่กำหนดไว้ 0.5 บาร์

ผลการศึกษาที่ระยะการเจริญเติบโตในช่วงต่าง ๆ พบว่า Eu มีค่าอยู่ที่ ร้อยละ 86.15 –94.51 Ea มีค่าอยู่ที่ร้อยละ 81.66 –100 และค่า Es อยู่ที่ร้อยละ 98 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่สูง ดังนั้นการศึกษาครั้งนี้สรุปได้ว่า ระบบน้ำหยดแบบ in line ที่แรงดันใช้การของหัวจ่ายน้ำ 3 เมตรของน้ำ มีประสิทธิภาพสูงสามารถนำไปประยุกต์ใช้เป็นต้นแบบให้แก่เกษตรกรได้กับทุกพื้นที่ของประเทศไทย

ABSTRACT

Title : Determination of water efficiencies in baby corn farming using a low pressure drip irrigation system

By : Mr.Chana Dokkulab

Mr.Attachai Nil-a-wa

Project Advisor : ………………………………………………………………………………

(Asst.Boonma Panpradist)

…………../………..…/…………

Drip irrigation systems are recognized for their high water efficiencies and thereby can significantly reduce cost, labor, and energy consumption in farming. To achieve high water efficiencies and ensure uniformed distribution, a drip irrigation system typically relies on a working pressure of 10-22 mH2O. Maintaining this level of pressure is, however, challenging especially in remote farming areas lacking access to electricity. An engine can be used to generate a high pressure but requires a long period of daily operation (i.e. 10-20 h), making this approach impractical in most settings. On the other hand, a lower pressure (i.e. 3 mH2O) is more achievable where a storage tank can be used to store and distribute water for a drip irrigation system. However, the water efficiencies of a low-pressure drip system have not been investigated. In this study, we aimed to determine the water efficiencies of a low-pressure irrigation system.

A baby corn field plot of 20m x 40.5m was used as a model system to determine the water efficiencies of a low-pressure drip irrigation system. In-line drip irrigation with a working pressure of 3 mH2O was installed using the standard pipes suitable for a working pressure of 10 mH2O and a flow rate of 2 L/h. Dripping outlets were installed 0.3m apart along pipelines. Water flow rates and soil moisture tensions were measured over the course of baby corn growth. Uniformity emission (Eu), application efficiency (Ea) and suffering storage (Es) were determined and compared to those of the standard in-line drip irrigation system.

The Eu, Ea, and Es of this low-pressure drip irrigation was 86.15 to 94.51, 81.66-100 and 98, respectively. These levels of Eu, Ea and Es are considered high and comparable to the standard system. Based on this finding, the low-pressure drip irrigation yielded high water efficiencies. This promotes the idea to further use this approach in other remote farming areas of Thailand where a high working pressure is not accessible.

คำนิยม

โครงงานวิศวกรรมชลประทานเล่มนี้เป็นการประเมินประสิทธิภาพการให้น้ำสำหรับข้าวโพดอ่อนด้วยระบบน้ำหยด ซึ่งสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีด้วยการให้คำปรึกษาแนะนำ ค้นคว้า ตลอดจนตรวจสอบและแก้ไขจาก ผศ.บุญมา ป้านประดิษฐ์อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ จนกระทั่งโครงงานวิศวกรรมชลประทานเล่มนี้สำเร็จลุล่วงอย่างถูกต้องและสมบูรณ์ที่สุด

ขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมชลประทานทุกท่านที่ได้มอบความรู้อันเป็นประโยชน์ในการค้นคว้าวิจัย และขอขอบคุณบุคลากรทุกท่านในภาควิชาวิศวกรรมชลประทานที่สนับสนุนข้อมูลและให้คำแนะนำต่างๆ

และสุดท้ายนี้ประโยชน์และความรู้ที่ได้จากโครงงานวิศวกรรมชลประทานคณะผู้จัดทำยินดีที่จะนำเสนอโครงงานเล่มนี้ไปเป็นตัวอย่างให้แก่องค์กรและประชาชนที่สนใจในโครงการนี้เพื่อประโยชน์ต่อประเทศชาติ คณะผู้จัดทำขอขอบพระคุณบิดา มารดา ที่คอยอบรมเลี้ยงดู ผู้มีพระคุณ และคณาจารย์ทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้จนสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับโครงงานเล่มนี้ได้เป็นอย่างดี

คณะผู้จัดทำ

นายชนะ ดอกกุหลาบ

นายอรรถชัย นิลเอวะ

กรกฎาคม 2560

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	ก
ABSTRACT	ข
คำนิยม	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ช
สารบัญภาพ	ซ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์	1
1.3 ขอบเขตการวิจัย	1
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	1
บทที่ 2 การตรวจเอกสารและรวบรวมข้อมูล	2
2.1 รายละเอียดเกี่ยวกับข้าวโพดฝักอ่อน	2
2.2 รายละเอียดเกี่ยวกับระบบให้น้ำแบบหยด	11
2.3 วิธีการประเมินความสม่ำเสมอในการให้น้ำ (Emission uniformity, EU), ประสิทธิภาพในการให้น้ำ (Application Efficiency, Ea) และความพอเพียงในการให้น้ำ (Es) ของระบบน้ำหยด	13

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการทดลอง	16
3.1 ระบบการให้น้ำแบบหยดที่แรงดัน 0.3 บาร์	16
3.2 วิธีการประเมินความสม่ำเสมอ (EU)	19
3.3 วิธีการประเมินประสิทธิภาพการให้น้ำแก่พืช(Ea)	21
3.4 วิธีการประเมินความพอเพียง (Es)	23
บทที่ 4 ผลการศึกษา และการวิจารณ์	24
4.1 ผลการศึกษา (ความสม่ำเสมอในการให้น้ำ ,EU)	24
4.2 ผลการศึกษา(ประสิทธิภาพการให้น้ำ, Ea)	27
4.3 ผลการทดลอง(ความพอพียงในการให้น้ำ, Es)	35
บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ	37
5.1 สรุปผลการทดลอง	37
5.2 ข้อเสนอแนะ	37
อ้างอิง	38
ภาคผนวก	39
ภาคผนวก ก การจำแนกชนิดดินด้วยวิธี SIEVE ANALYSIS และวิธี HYDROMETER	40
ภาคผนวก ข การคำนวณหาค่าความชื้นชลประทานและความชื้นที่จุดเหี่ยวเฉาถาวร	45
ภาคผนวก ค รายการคำนวณความชื้นของดินในแปลงชลประทาน	47

ภาคผนวก ง รอบเวรการให้น้ำ 49

ภาคผนวก จ การเจริญเติบโตของข้าวโพดฝักอ่อน 54

ภาคผนวก ฉ การเก็บตัวอย่างน้ำและการประเมินความสม่ำเสมอในการให้น้ำ 58

ภาคผนวก ช ปริมาณน้ำที่ใช้จริงจากมาตรวัดกับปริมาณน้ำที่มาจากการคำนวณ 65

ภาคผนวก ซ การประเมินประสิทธิภาพการให้น้ำแก่พืช (Ea) 67

ภาคผนวก ฌ ความต้องการน้ำของพืชรายวันตลอดการเพาะปลูก 74

ภาคผนวก ญ เวลาการให้น้ำแก่พืช 77

ภาคผนวก ฎ ปริมาณน้ำที่จัดส่งให้แก่พืชตลอดการเพาะปลูกทั้ง

ระบบการให้น้ำแบบร่องคูและแบบหยดตามทฤษฎี 79

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2-1 ค่าสัมประสิทธิ์ของถาดวัดการระเหย สำหรับข้าวโพด	2
ตารางที่ 2-2 อัตราการระเหยจากถาดวัด (มม./วัน) ของจังหวัด นครปฐม	3
ตารางที่ 2-3 ความต้องการน้ำของพืช (ET)	3
ตารางที่ 2-4 ปริมาณน้ำที่พืชต้องการในระบบร่องคู่	3
ตารางที่ 2-5 ปริมาณน้ำที่พืชต้องการในระบบน้ำหยด	4
ตารางที่ 2-6 ความถ่วงจำเพาะของดินแต่ละชนิด	7
ตารางที่ 2-7 ความสามารถอุ้มน้ำของดินในแต่ละช่วงอายุการเจริญเติบโตของพืช	8
ตารางที่ 2-8 รอบเวรการให้น้ำ	8
ตารางที่ 2-9 ปริมาณน้ำที่จะให้แก่พืช (mm)	9
ตารางที่ 2-10 ระยะเวลาการให้น้ำ	9
ตารางที่ 2-11 ค่า ETa จากประสิทธิภาพการให้น้ำ (Ea) 90%	14
ตารางที่ 3-1 แบบบันทึกตัวอย่างน้ำ	20
ตารางที่3-2 แบบการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำ	21
ตารางที่3- 3 แบบบันทึกการประเมินประสิทธิภาพการให้น้ำ	23
ตารางที่4-1อัตราการไหลจากจุดเก็บตัวอย่างน้ำ 12 จุด ในแต่ละรอบการให้น้ำ	24
ตารางที่4-2 อัตราการไหลของน้ำในแต่ละรอบการให้น้ำ	26
ตารางที่ 4-3 อัตราการไหลเฉลี่ย	27
ตารางที่ 4-4 การเจริญเติบโตของข้าวโพดฝักอ่อน	29
ตาราง 4-5 การคำนวณประสิทธิภาพการให้น้ำจากพื้นที่ทรงพุ่ม	32

สารบัญภาพ

	หน้า
ภาพที่ 2-1 บริเวณที่ติดตั้งเครื่อง Watermark Soil Moisture Sensor	5
ภาพที่ 2-2 ค่าเฉลี่ยของความชื้นที่พืชดูดไปจากดินในชั้นต่างๆ	5
ภาพที่ 2-3 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความลึกรากกับช่วงเวลาในการเพาะปลูก	6
ภาพที่ 2-4 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงดึงความชื้นกับเปอร์เซ็นต์ความชื้น	7
ภาพที่ 2-5 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงดึงความชื้นในดินกับช่วงเวลาตามทฤษฎี	10
ภาพที่ 3-1 ถังจ่ายน้ำสูง 3 เมตร	16
ภาพที่ 3-2 วาล์วลูกลอย	16
ภาพที่ 3-3 ระบบชลประทานแบบหยดภายในแปลงทดลอง	17
ภาพที่ 3-4 สายน้ำหยดที่ต่อจากท่อประธานย่อย	17
ภาพที่ 3-5 เทปน้ำหยดยี่ห้อไททารา ขนาด 16 mm	18
ภาพที่ 3-6 วาล์วเปิด/ปิด น้ำและเมตรวัดน้ำแบบพลาสติก	18
ภาพที่ 3-7 เครื่องอ่านค่า และ Watermark Soil Moisture Sensor	18
ภาพที่ 3-8 จุดที่ทำการเก็บตัวอย่างน้ำ	19
ภาพที่ 3-9 เก็บตัวอย่างน้ำโดยขวดน้ำขนาด 1.5 ลิตร	19
ภาพที่ 3-10 นาฬิกาจับเวลา	19
ภาพที่ 3-11 กระบอกตวง	20
ภาพที่ 3-12 มาตรวัดน้ำ	22
ภาพที่ 3-13 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงดึงความชื้นในดินกับช่วงเวลา	22

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ 4-1 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงดึงความชื้นกับช่วงเวลา 28

ภาพที่ 4-2 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงดึงความชื้นกับเปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของดินแห้ง 31

ภาพที่ 4-3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างการให้น้ำจริงกับเปอร์เซ็นต์การเจริญเติบโต 33

ภาพที่4- 4 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงดึงความชื้นกับช่วงเวลา 35

ภาพที่ 4-5 แสดงช่วงเวลาที่แรงดึงความเกิน 0.5 บาร์ 35

ภาพที่ ก-1 กราฟการกระจายตัวของเม็ดดิน 40

ภาพที่ ก-2 ชนิดของดิน : ดินร่วนปนตะกอนทราย 41

ภาพที่ ง-1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดึงความชื้นกับช่วงเวลา 50

ภาพที่ จ-1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความยาวรากกับช่วงเวลา 54

ภาพที่ จ-1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความกว้างใบกับช่วงเวลา 54

ภาพที่ ฌ-1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความต้องการน้ำของพืชกับเปอร์เซ็นต์การเติบโต 71

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

ระบบชลประทานแบบหยดมีประสิทธิภาพการให้น้ำมากกว่า 80% ขณะที่ระบบชลประทานแบบผิวดิน สปริงเกอร์มีประสิทธิภาพเพียง 70-85% ในระบบน้ำหยดจะกำหนดแรงดันใช้การของหัวจ่ายน้ำมากกว่า 1 บาร์ (10 เมตร น้ำ) ทำให้เกษตรกรเลือกเครื่องสูบที่แรงดันสูง ดังนั้นการประเมินหาค่าความสม่ำเสมอในการให้น้ำ (EU) ประสิทธิภาพการให้น้ำ (Ea) และความพอเพียงในการให้น้ำ (Es) ของระบบน้ำหยดแรงดันต่ำกว่า 10 เมตร จึงมีความจำเป็นเพื่อศึกษา เพื่อหาคำตอบยืนยันความเหมาะสมเพื่อประยุกต์ใช้ให้กับเกษตรกรต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์

ทำการทดลองที่สภาวะแรงดันน้ำ ใช้การของหัวจ่ายน้ำต่ำกว่าข้อกำหนดเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานของหัวจ่ายน้ำที่ผลิตในโรงงานโดยทดลองที่แรงดันน้ำ 0.3 บาร์(3 เมตร) ว่ามีความเหมาะสมขยายผลให้เกษตรกรใช้งาน โดยใช้ดรรชนี ด้านประสิทธิภาพได้แก่

1. ความสม่ำเสมอในการให้น้ำ (Emission uniformity, Eu)
2. ประสิทธิภาพการให้น้ำ (Application Efficiency, Ea)
3. ความพอเพียงในการให้น้ำ (Storage Efficiency, Es)

1.3 ขอบเขตการวิจัย

1) ใช้ทดลองสำหรับข้าวโพดอ่อนโดยกำหนดค่าแรงดึงความชื้นในดินในการให้น้ำที่ 0.5บาร์
2) ทดลองแปลงภาควิชาวิศวกรรมชลประทานมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน
3) ใช้ท่อไทยธาราที่มีแรงดันใช้การที่ 1 บาร์(10 เมตร) อัตราการไหล 2 ลิตร/ชั่วโมง ระยะ จุดออกของน้ำ 0.3เมตร

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1) ได้ต้นแบบระบบน้ำหยดแรงดันต่ำกว่าที่กำหนดเพื่อประยุกต์ใช้งานได้ตามความเหมาะสมด้านวิศวกรรมและความสามารถของเกษตรกร

2) มีโอกาสสร้างรายได้ให้แก่เกษตรกรในสภาวะพื้นที่ที่มีปริมาณน้ำจำกัด

บทที่ 2

การตรวจเอกสารและรวบรวมข้อมูล

1 รายละเอียดเกี่ยวกับข้าวโพดฝักอ่อน

1.1 ข้าวโพดฝักอ่อน

ข้าวโพดอ่อนถือเป็นผักอุตสาหกรรมและนับเป็นผักที่นิยมปลูก เนื่องจากมีเทคโนโลยีการผลิต ที่ไม่ยุ่งยากมีระบบตลาด ที่สะดวกและมั่นคงพอควร ไม่ต้องใช้สารเคมีอันตรายและเป็นพืชที่มีอายุการเก็บเกี่ยวสั้น โดยใช้ระยะเวลาในการเพาะปลูก 65 วัน เกษตรกรส่วนใหญ่ที่ทำการเพาะปลูกข้าวโพดฝักอ่อนมักเลือกใช้วิธีการให้น้ำแบบร่องคู เนื่องจากเป็นวิธีที่ไม่ยุ่งยาก ซึ่งการให้น้ำแบบร่องคูจะมีประสิทธิภาพการให้น้ำอยู่ที่ 50% จากการลงพื้นที่สอบถามและเก็บข้อมูลจากเกษตรกรที่ทำการเพาะปลูกข้าวโพดฝักอ่อน เกษตรกรโดยทั่วไปทำการเพาะปลูกข้าวโพดฝักอ่อนจำนวน 4 โซน ขนาดโซนละ 30 x 25 เมตรคิดเป็นพื้นที่ 1.87 ไร่ ผลผลิตข้าวโพดฝักอ่อนต่อไร่ ไร่ละ 2,200 กิโลกรัม ใช้น้ำตลอดการเพาะปลูกอยู่ที่ 751.65 ลบ.ม. ต่อไร่ แต่ ระบบการให้น้ำแบบหยด ใช้น้ำเพียง 417.30 ลบ.ม. ต่อไร่ โดยการคำนวณปริมาณน้ำมาจาก ตารางที่2-3 และ2-4 ในหัวข้อ1.2

1.2 การใช้น้ำของข้าวโพดฝักอ่อน

สามารถทราบความต้องการน้ำตาม ทฤษฎีได้จาก สมการ

$$ET = Kp \times Ep \qquad \text{... (สมการที่ 1)}$$ โดย

Kp = สัมประสิทธิ์ของถาดวัดการระเหย ซึ่งจะแปรผันตามชนิดของพืชและอายุของพืช

Epan = ปริมาณการระเหยของน้ำจากถาดวัดการระเหยมาตรฐาน

ตารางที่ 2- 1 ค่าสัมประสิทธิ์ของถาดวัดการระเหย สำหรับข้าวโพด (Kp)

พืช	เปอร์เซ็นต์อายุของข้าวโพดหวาน										
	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
ข้าวโพดหวาน	0.2	0.3	0.5	0.65	0.8	0.9	0.9	0.85	0.75	0.6	0.5

<u>หมายเหตุ</u> อ้างอิงจาก (วิบูลย์ 2526)

ตารางที่ 2- 2 อัตราการระเหยจากถาดวัด (มม./วัน) ของจังหวัด นครปฐม

เดือน	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
Epan	3.81	4.43	5.10	5.27	4.77	4.33	4.26	4.06	3.87	3.81	3.87	3.74

ที่มา : วิบูลย์ (2526)

จากค่า Kp ของตารางที่ 2-1 และค่า Epan ของตารางที่ 2-2 สามารถคำนวณหาความต้องการน้ำของพืชจากสมการที่ 1 ได้ค่าดังตารางที่ 2-3 โดยทำการเลือกค่า Epan ของเดือน มี.ค ,เม.ย และ พ.ค

ตารางที่ 2- 3 ความต้องการน้ำของพืช (ET) ตั้งแต่วันที่ 27 ก.พ ถึง 4 พ.ค 2560

ระยะเวลาการปลูก (วัน)	10	20	30	40	50	60	65
เดือนในการเพาะปลูก	มี.ค			เม.ย			พ.ค
เปอร์เซ็นต์การเติบโต	15.38	30.77	46.15	61.54	76.92	92.31	100
Kp	0.50	0.80	0.90	0.85	0.75	0.50	0.50
Epan (mm/day)	5.10	5.10	5.10	5.27	5.27	5.27	4.77
ET (mm/day)	2.55	4.08	4.59	4.48	3.95	2.64	2.39

จากตารางที่ 2-3 ถ้าปลูกด้วยระบบให้น้ำแบบร่องคู ซึ่งมีประสิทธิภาพการให้น้ำ 50 % จะต้องทำการให้น้ำแก่พืชดังตารางที่ 2-4 ส่วนตารางที่ 2-5 คือปริมาณน้ำที่ให้ด้วยระบบน้ำหยดที่ประสิทธิภาพ 90 %

ตารางที่ 2- 4 ปริมาณน้ำที่พืชต้องการในระบบร่องคูตั้งแต่วันที่ 27 ก.พ ถึง 4 พ.ค 2560

ระยะเวลาการปลูก (วัน)	10	20	30	40	50	60	65
เดือนในการเพาะปลูก	มี.ค			เม.ย			พ.ค
เปอร์เซ็นต์การเติบโต	15.38	30.77	46.15	61.54	76.92	92.31	100
ET (mm/day)	2.55	4.08	4.59	4.48	3.95	2.64	2.39
Efficiency 50 %	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
ปริมาณน้ำที่จัดส่งให้แก่พืช (mm/day)	5.10	8.16	9.18	8.96	7.90	5.28	4.78
ปริมาณน้ำที่จัดส่งให้แก่พืช (m^3/rai/day)	8.16	13.06	14.69	14.34	12.64	8.45	7.65
ปริมาณน้ำที่จัดส่งให้แก่พืชตามช่วงอายุ (m^3/rai)	81.60	130.60	146.90	143.40	126.40	84.50	38.25
รวมปริมาณน้ำที่ต้องจัดส่งให้แก่พืช (m^3/rai)	751.65						

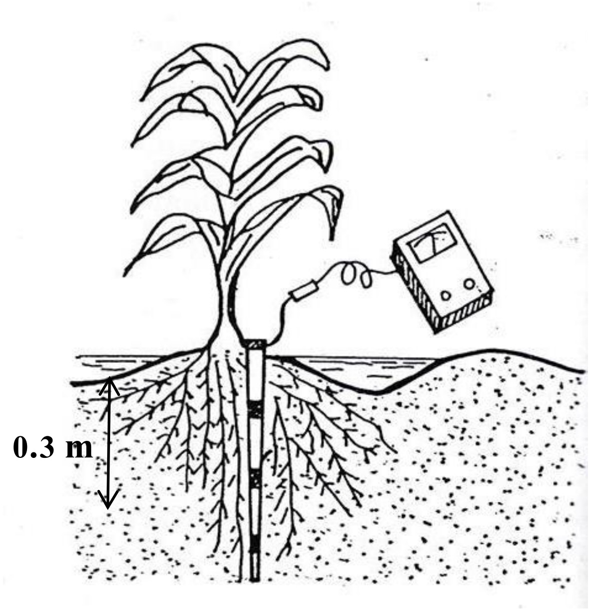
ตารางที่ 2- 5 ปริมาณน้ำที่พืชต้องการในระบบน้ำหยดตั้งแต่วันที่ 27 ก.พ ถึง 4 พ.ค 2560

ระยะเวลาการปลูก (วัน)	10	20	30	40	50	60	65
เดือนในการเพาะปลูก	มี.ค			เม.ย			พ.ค
เปอร์เซ็นต์การเติบโต	15.38	30.77	46.15	61.54	76.92	92.31	100
ET (mm/day)	2.55	4.08	4.59	4.48	3.95	2.64	2.39
Efficiency 90 %	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.9
ปริมาณน้ำที่พืชต้องการ (mm/day)	2.83	4.53	5.10	4.98	4.39	2.93	2.65
ปริมาณน้ำที่พืชต้องการ (m^3/rai/day)	4.53	7.25	8.16	7.96	7.02	4.69	4.24
ปริมาณน้ำที่จัดส่งให้แก่พืชตามช่วงอายุ (m^3/rai)	45.30	72.50	81.60	79.60	70.20	46.90	21.20
รวมปริมาณน้ำที่ต้องจัดส่งให้แก่พืช (m^3/rai)	417.30						

1.3 แรงดึงความชื้นในการให้น้ำสำหรับข้าวโพดฝักอ่อน

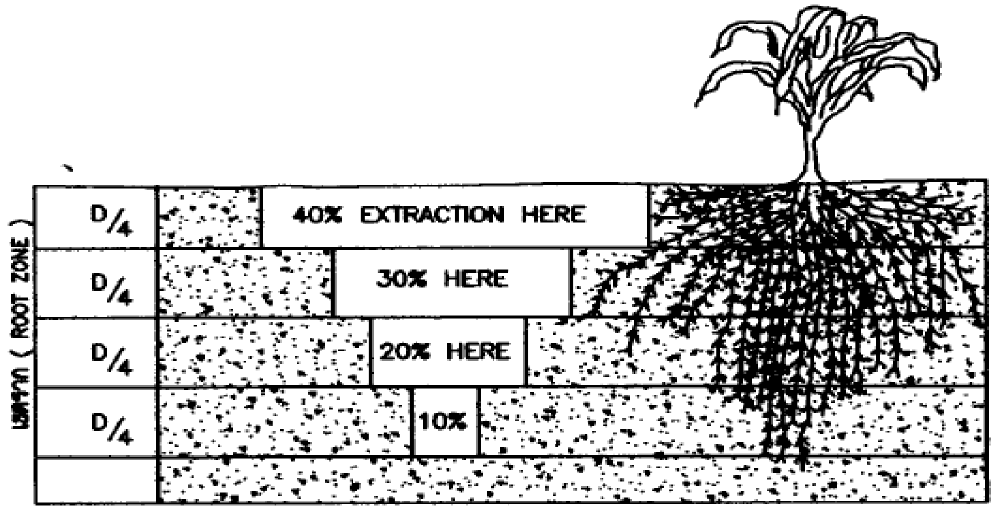
แรงดึงความชื้นของดินที่ควรให้น้ำ สำหรับการปลูกข้าวโพดฝักอ่อนควรมีค่าแรงดึงความชื้นระหว่าง 0.50 – 1.00 บาร์ โดย ทำการเลือกแรงดึงความชื้น 0.5 บาร์ เป็นจุดกำหนดการให้น้ำแก่พืช ซึ่งเป็นค่าต่ำสุดของแรงดึงความชื้นของดินที่ควรให้น้ำ

ในการตรวจวัดแรงดึงความชื้นในดินนั้นได้มีการติดตั้งเครื่อง Watermark Soil Moisture Sensor เพื่อวัดความชื้นของดินในเขตรากพืช โดยความลึกของรากข้าวโพดฝักอ่อนจากการศึกษา(มนตรี ค้ำชู 2543) พบว่าเมื่อโตเต็มที่ มีความยาวรากประมาณ 70-110 เซนติเมตร ซึ่งการทดลองครั้งนี้คาดการณ์ความยาวราก 70 เซนติเมตร เพื่อทำการติดตั้งเครื่องมือที่ความลึก 30 เซนติเมตร เนื่องจากรากพืชส่วนใหญ่อยู่ที่ครึ่งหนึ่งของความยาวรากพืชมีประสิทธิภาพในการดูดน้ำถึงร้อยละ70 ตามภาพที่ 2-1 และ 2-2



ภาพที่ 2-1 บริเวณที่ติดตั้งเครื่อง Watermark Soil Moisture Sensor

ที่มา : วิบูลย์. (2526)

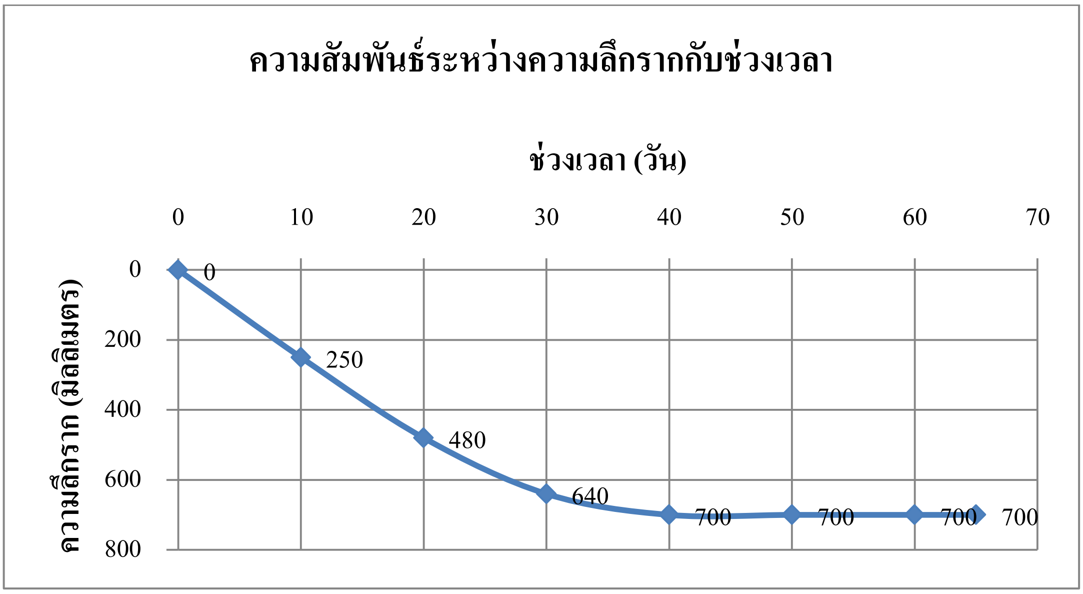


ภาพที่ 2-2 ค่าเฉลี่ยของความชื้นที่พืชดูดไปจากดินในชั้นต่างๆ

ที่มา : วิบูลย์. (2526)

1.4 รากของข้าวโพดฝักอ่อน

ข้าวโพดฝักอ่อนจะมีการเจริญเติมโตของแต่ละช่วงอายุโดยความยาวรากจะมีการเปลี่ยนแปลงไปโดยถ้าเขียนเป็นความสัมพันธ์กับช่วงเวลาจะได้ดังภาพที่ 2-3 โดยนำข้อมูลจากหัวข้อ 1.3 มาใช้เพื่อประกอบการคำนวณหาความสามารถในการอุ้มน้ำของดินในหัวข้อ1.5และใช้เปรียบเทียบกับความลึกรากพืชที่เกิดขึ้นจริง



ภาพที่ 2-3 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความลึกรากกับช่วงเวลาในการเพาะปลูก

1.5 ความสามารถในการอุ้มน้ำของดินเพื่อใช้กำหนดรอบเวรการให้น้ำ

$$dw = \frac{Pw \times As \times dp}{100} \quad \text{... (สมการที่ 2)}$$

เมื่อ

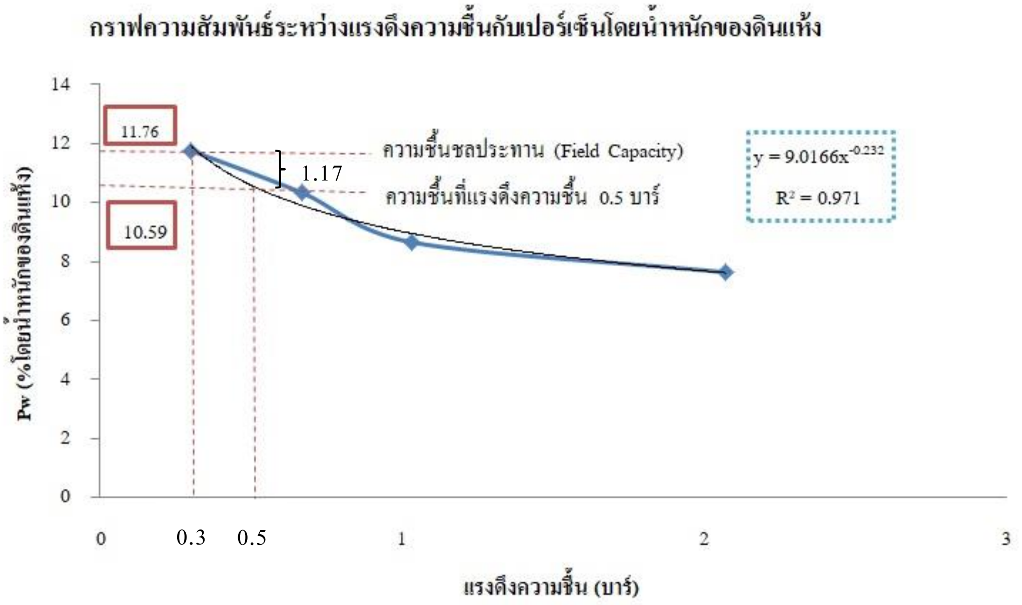
dw = ความสามารถในการอุ้มน้ำของดิน (มิลลิเมตร)

Pw = เปอร์เซ็นต์ความชื้นจากจุดความชื้นชลประทาน (Fc) ถึงจุดกำหนดการให้น้ำแก่พืช (ภาพที่ 2-4)

As = ค่าความถ่วงจำเพาะปรากฏของดิน (As=1.5) (ตารางที่ 2-6)

dp = ความลึกใช้การของรากพืช (มิลลิเมตร)

1.5.1) จากภาพที่ 2-4 ซึ่งนำมาจาก ภาคผนวก ข จะเห็นได้ว่าที่แรงดึงความชื้น 0.3 บาร์ซึ่งเป็นค่าความชื้นชลประทาน (Fc) มีเปอร์เซ็นต์ความชื้นเท่ากับ 11.76 และที่ 0.5 บาร์ซึ่งเป็นจุดกำหนดการให้น้ำมีค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นกับ 10.59 ดังนั้นค่า Pw = 11.76 – 10.59 = 1.17 เปอร์เซ็นต์



ภาพที่ 2-4 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงดึงความชื้นกับเปอร์เซ็นต์ความชื้น

1.5.2) ค่าความถ่วงจำเพาะของดิน (As)

ตารางที่ 2- 6 ความถ่วงจำเพาะของดินแต่ละชนิด

เนื้อดิน	ความถ่วงจำเพาะปรากฏของดิน (As)
ดินทราย (Sandy)	1.55 – 1.80 (เฉลี่ย 1.65)
ดินร่วนปนทราย (Sandy Loam)	1.40 – 1.60 (เฉลี่ย 1.50)
ดินร่วน (Loam)	1.35 – 1.50 (เฉลี่ย 1.40)
ดินร่วนปนดินเหนียว (Clay Lame)	1.30 – 1.40 (เฉลี่ย 1.35)
ดินเหนียวปนตะกอนทราย (Silty Clay)	1.25 – 1.35 (เฉลี่ย 1.30)
ดินเหนียว (Clay)	1.20 – 1.30 (เฉลี่ย 1.25)

ที่มา : อภิชาต และคณะ (2524)

ดังนั้นจากความลึกรากพืชตามภาพที่ 2-3 ค่า Pw เท่ากับ 1.17 ตามภาพที่ 2-4 และค่า As เท่ากับ 1.5 ตามตารางที่ 2-6 ความสามารถในการอุ้มน้ำของดินที่อายุพืชจะมีค่าดังตารางที่ 2-7

ตารางที่ 2- 7 ความสามารถอุ้มน้ำของดินในแต่ละช่วงอายุการเจริญเติบโตของพืช

วันที่	10	20	30	40	50	60	65
Pw (%) (จาก**ข้อ 1.5.1**)	1.17	1.17	1.17	1.17	1.17	1.17	1.17
ความถ่วงจำเพาะของดิน (As)	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
ความยาวราก (มิลลิเมตร) (จาก**ภาพที่ 2-3**)	250	480	640	700	700	700	700
ความสามารถในการอุ้มน้ำของดิน (dw) (มิลลิเมตร)	4.39	8.42	11.23	12.29	12.29	12.29	12.29

1.6 รอบเวรการให้น้ำ

$$\text{รอบเวรการให้น้ำ} = \frac{dw}{ET} \quad \text{... (สมการที่ 3)}$$

เมื่อ

dw = ความสามารถในการอุ้มน้ำของดิน (มิลลิเมตร) จากตาราง 2-7

ET = ความต้องการน้ำของพืช (มิลลิเมตรต่อวัน)

จากหัวข้อ 1.2 และ1.5 สามารถคิดรอบเวรการให้น้ำได้ดังตารางที่ 2-8ซึ่งมีรอบเวรการให้น้ำอยู่ในช่วง2-5วัน

ตารางที่ 2- 8 รอบเวรการให้น้ำตามทฤษฎี เพื่อใช้คาดการณ์

ระยะเวลาการปลูก(วัน)	10	20	30	40	50	60	65
เปอร์เซ็นต์การเติบโต	15.38	30.77	46.15	61.54	76.92	92.31	100
ความสามารถในการอุ้มน้ำของดิน (mm) (**ตารางที่ 2-7**)	4.39	8.42	11.23	12.29	12.29	12.29	12.29
ปริมาณน้ำที่พืชต้องการ (mm/day) (**ตารางที่ 2-5**)	2.83	4.53	5.10	4.98	4.39	2.93	2.65
รอบเวร (วัน)	2	2	2	2	3	4	5

1.7 ปริมาณน้ำที่จะให้แก่พืชตามทฤษฎี

1.7.1 ปริมาณน้ำที่จะให้แก่พืชตามทฤษฎี (mm)

ปริมาณน้ำที่จะให้แก่พืชตามอายุ = ปริมาณน้ำที่พืชต้องการตามอายุ × รอบเวรการให้น้ำซึ่งได้แสดงในตารางที่ 2-9

ตารางที่ 2- 9 ปริมาณน้ำที่จะให้แก่พืช (mm)

ระยะเวลาการปลูก(วัน)	10	20	30	40	50	60	65
ปริมาณน้ำที่พืชต้องการ (mm/day) (**ตารางที่ 2-5**)	2.83	4.53	5.10	4.98	4.39	2.93	2.65
รอบเวร (วัน) (**ตารางที่ 2-8**)	2	2	2	2	3	4	5
ปริมาณน้ำที่จะให้แก่พืช (mm)	5.66	9.06	10.2	9.96	13.17	11.72	13.25

1.7.2 ระยะเวลาการให้น้ำตามทฤษฎี (ชั่วโมง)

$$\text{ระยะเวลาการให้น้ำ} = \frac{\text{ปริมาณน้ำที่จะให้แก่พืชตามอายุพืช(mm)} \times \text{พื้นที่ตามอายุการเจริญเติบโต(ตารางเมตร)}}{\text{อัตราการไหล(ลิตร/ชั่วโมง)}}$$

… (สมการที่ 4)

ตารางที่ 2- 10 ระยะเวลาการให้น้ำ

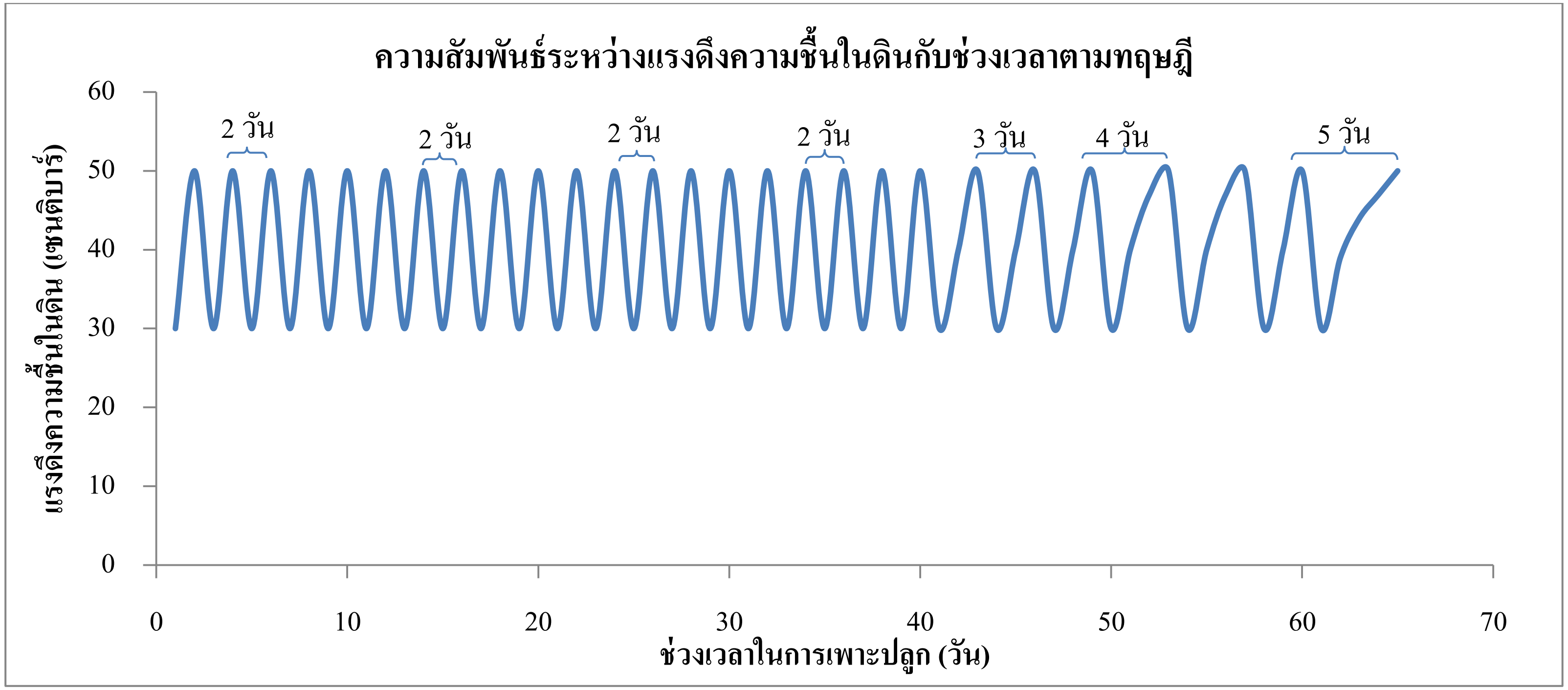
ระยะเวลาการปลูก(วัน)	10	20	30	40	50	60	65
ปริมาณน้ำที่จะให้แก่พืช (mm)(**ตารางที่ 2-9**)	5.66	9.06	10.2	9.96	13.17	11.72	13.25
พื้นที่ (ตารางเมตร)	40.5	40.5	40.5	40.5	40.5	40.5	40.5
อัตราการไหล (ลิตรต่อชั่วโมง)	270	270	270	270	270	270	270
เวลาการให้น้ำ (ชั่วโมง)	0.8	1.4	1.5	1.5	2.0	1.7	2.0

<u>หมายเหตุ</u> 1.) พื้นที่ = ความกว้างแปลง × ความยาวแปลง = 40.5 × 1= 40.5 m^2

2.) จำนวนหัวน้ำหยด = $\frac{\text{ความยาวแปลง}}{\text{ระยะห่างระหว่างหัวน้ำหยด}} = \frac{40.5}{0.3}$ = 135 หัว

3.) อัตราการไหล = จำนวนหัวน้ำหยด × อัตราการไหล = 135 × 2.0 = 270 l/hr

จาก**ตารางที่ 2-8** สามารถนำรอบเวรมาเป็นแนวทาง หาความสัมพันธ์ระหว่างแรงดึงความชื้นในดินกับช่วงเวลาตามทฤษฎี ได้ดังภาพที่ 2-5



ภาพที่ 2-5 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงดึงความชื้นในดินกับช่วงเวลาตามทฤษฎี

ที่ได้กล่าวนำทั้งหมดนี้เป็นเพียงหลักการสำหรับการทดลองในครั้งนี้ โดยในการทดสอบจริงนั้นจะทำการหารอบเวรจาก เครื่องตรวจวัดแรงดึงความชื้นในดิน โดยการกำหนดรอบเวรการให้น้ำเมื่อแรงดึงความชื้นในดินถึง 0.5 บาร์

2 รายละเอียดเกี่ยวกับระบบให้น้ำแบบหยด

2.1 ความหมายของน้ำหยด

เป็นระบบการให้น้ำแก่พืชด้วยปริมาณน้อยๆ อย่างช้าๆ แต่ให้บ่อยครั้ง ตามความเหมาะสมของพืชและดิน และให้น้ำเฉพาะบริเวณเขตรากพืชเท่านั้น จุดมุ่งหมายของน้ำหยดคือรักษาความชื้นของดินบริเวณเขตรากพืชให้อยู่ในระดับที่พืชสามารถดูดความชื้นไปใช้

2.2 ข้อดีของชลประทานแบบหยด

- <u>ประหยัดน้ำ</u> เป็นการให้น้ำแบบเจาะจงบริเวณ โดยการส่งน้ำผ่านระบบท่อและปล่อยออกทางหัวน้ำหยด ซึ่งจะติดตั้งบริเวณโดนต้น ของพืช และจะทำการส่งน้ำโดยการซึมผ่านผิวดินลงไปในบริเวณเขตรากอย่างช้าๆและสม่ำเสมอ
- <u>เพิ่มผลผลิต</u> เนื่องจากการให้น้ำแบบหยดสามารถควบคุมความชื้นในดินให้อยู่ในเกณฑ์ที่พอเหมาะ ตามความเหมาะสมของดินจึงทำให้พืช งอกงาม และ ได้ผลผลิตดีที่สุด
- <u>ใช้แรงงานน้อย</u> เนื่องจากการติดตั้งอุปกรณ์ค่อนข้างถาวร พร้อมที่จะเปิดใช้งานได้ทุกเมื่อแค่ เปิด/ปิด วาล์ว
- <u>เพิ่มประสิทธิภาพการให้ปุ๋ย</u> โดยการนำปุ๋ยที่ละลายกับน้ำหรือละลายน้ำได้เกือบหมดเพื่อป้อมกันการอุดตัน ให้พร้อมรอบเวรการให้น้ำแก่พืช ช่วยให้ปุ๋ยเข้าไปในดินโดยตรงและช่วยเพิ่มอัตราการเจริญเติบโตของพืช

2.3 ข้อเสียของชลประทานแบบหยด

- <u>การอุดตันของหัวจ่ายน้ำ</u> เป็นปัญหาที่พบมากในระบบน้ำหยด แก้ไขโดยการติดตั้งเครื่องกรอง และ คอยทำความสะอาดไส้กรองอยู่เรื่อยๆ
- <u>ความเสียหายของอุปกรณ์</u> เกิดจากการทำงาน ตอนกำจัดวัชพืช หรือ จากสัตว์มากัดแทะท่อ เป็นต้น
- <u>ค่าลงทุนครั้งแรกค่อนข้างสูง</u> เนื่องจากระบบนี้ต้องใช้ท่อแขนง ท่อแยกประธานและท่อประธานเป็นจำนวนมากและต้องใช้หัวจ่ายน้ำเป็นจำนวนมากเช่นกัน

2.4 ชนิดของหัวจ่ายน้ำ

หัวปล่อยน้ำเป็นอุปกรณ์ที่เปรียบเสมือนหัวใจของระบบชลประทานแบบหยดซึ่งสามารถนำไปติดตั้งกับท่อแขนงได้เป็น 3 ลักษณะดังต่อไปนี้

1) <u>หัวปล่อยน้ำที่ติดตั้งบนท่อแขนง</u> (On-line emitter) คือใช้วิธีการเจาะผนังท่อและเสียบหัวปล่อยน้ำติดตั้งไว้บนผนังท่อด้านบน เป็นลักษณะที่นิยมใช้กันทั่วไป

2) <u>หัวปล่อยน้ำที่ติดตั้งเป็นส่วนเดียวกับท่อแขนง</u> (In-line emitter) หรือที่อยู่ภายในท่อแขนง แบบนี้สะดวกในการติดตั้งและเก็บรักษา เพราะไม่มีส่วนยื่นออกมาเกะกะ นอกจากนี้ยังสามารถสั่งตัดหัวมาจากโรงงานตามระยะที่ต้องการได้ และนำมาวางในพื้นที่เพาะปลูกได้เลย โดยมีเกณฑ์การเลือกดังนี้

ดินเหนียว เลือกใช้ระยะระหว่างหัว 0.6 เมตร ดินร่วน เลือกใช้ระยะระหว่างหัว 0.3 เมตร ดินทราย เลือกใช้ระยะระหว่างหัว 0.1-0.2 เมตร

3) <u>หัวปล่อยน้ำที่ติดตั้งต่อยื่นออกมาจากท่อแขนง</u> (riser) แบบนี้นับว่าประหยัดและกระจายน้ำได้ดีกว่าแบบอื่นๆ เพราะสามารถกระจายจุดการให้น้ำ ออกไปได้กว้างโดยรอบต้นจากท่อแขนงสายเดียว

โดยการทดลองเราเลือกใช้ หัวปล่อยน้ำแบบ ส่วนเดียวกับท่อแขนง ทั้งนี้เพราะมีท่อผลิตจำหน่ายในท้องตลาดแล้วและออกแบบง่ายเพียงแต่เลือกระยะหัวให้สอดคล้องกับชนิดของดิน และเมื่อทำการเก็บตัวอย่างดินจากแปลงทดลอง ภาควิชาวิศวกรรมชลประทานพบว่าชนิดดิน เป็นดิน “ร่วนปนตะกอนทราย” จึงเลือกระยะของหัวปล่อยน้ำที่ระยะ 0.3 เมตรซึ่งสอดคล้องกับ มนตรี ค้ำชู(2545) กล่าวว่า ดินร่วนปนทรายมีพื้นที่เปียกน้ำ 0.8 – 1.5 ตร.เมตร

3. วิธีการประเมินความสม่ำเสมอในการให้น้ำ (Emission uniformity, Eu), ประสิทธิภาพในการให้น้ำ (Application Efficiency, Ea) และ ความพอเพียงในการให้น้ำ (Storage Efficiency, Es) ของระบบน้ำหยด

3.1) ความสม่ำเสมอในการให้น้ำ (Emission uniformity, Eu)

การวัดความสม่ำเสมอของการจ่ายน้ำจากหัวปล่อยน้ำ ภายในระบบการชลประทานแบบหยด สำหรับค่าที่ทดสอบในสนามได้ดังสมการ

$$EU = \frac{qn}{qa} \times 100\% \quad \text{… (สมการที่ 5)}$$

เมื่อ EU = ความสม่ำเสมอของการจ่ายน้ำที่วัดในสนาม

qn = อัตราการไหลเฉลี่ยของค่าที่ต่ำที่สุด ¼ ของข้อมูลที่วัดได้ในสนาม

qa = อัตราการไหลเฉลี่ยของหัวจ่ายน้ำทั้งหมดที่วัดได้ในสนาม

(มนตรี, 2545)สำหรับค่า EU ในระบบการให้น้ำแบบหยดนั้น บางครั้งถือว่า เป็นประสิทธิภาพการให้น้ำแก่แปลง (Ea) นั่นเอง สำหรับหัวปล่อยน้ำที่ใช้กับพืชที่ปลูกชิดกัน ($St \leq 1.5$ ม) ทั้งถาวรและกึ่งถาวรโดยพื้นที่สม่ำเสมอ $86 \leq EU \leq 90$ ดังนั้นจะใช้ EU เท่ากับ 86 เป็นค่าเปรียบเทียบการวิจารณ์ผล

3.2) ประสิทธิภาพในการให้น้ำ (Application Efficiency, Ea)

ปริมาณน้ำที่ให้แก่พืช เป็นน้ำที่ทำให้ความชื้นในดินสูงขึ้น โดยเก็บไว้ในเขตรากพืชเพื่อให้พืชนำเอาไปใช้ ปริมาณน้ำที่ซึมลงไปในดินเลยเขตรากพืชเป็นการสูญเสียน้ำ การวัดปริมาณน้ำที่พืชเอาไปใช้ได้จริงซึ่งอยู่ในเขตรากพืช เปรียบเทียบกับปริมาณน้ำที่จ่ายให้กับแปลงเพราะปลูก คือค่าประสิทธิภาพการให้น้ำซึ่งหาได้จากดังสมการต่อไปนี้

$$Ea = \frac{ET}{ETa} \times 100 \qquad \text{... (สมการที่ 6)}$$

เมื่อ Ea = ประสิทธิภาพของการให้น้ำ

ET = ปริมาณความต้องการน้ำของพืช (มม./วัน)

ETa = ปริมาณน้ำที่ให้จริงแก่พืช (มม./วัน)

โดยได้กำหนด Ea เท่ากับร้อยละ 90 มาจากความสม่ำเสมอในการให้น้ำ (EU) ดังนั้นสามารถคำนวณ ETa จากสมการ $ETa\ (\text{มม./วัน}) = \frac{ET}{Ea}$ ... (สมการที่ 7) จะได้ค่าดัง**ตารางที่ 2-11** ซึ่งเป็นค่า ETa ตามทฤษฎี

ตารางที่ 2- 11 ค่า ETa จากประสิทธิภาพการให้น้ำ (Ea) 90%

ระยะเวลาการปลูก(วัน)	10	20	30	40	50	60
ET (mm/day)	2.55	4.08	4.59	4.48	3.95	2.64
Ea = 90%	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90
ETa (mm/day)	2.83	4.53	5.10	4.98	4.39	2.93
ETa ($ม^3$/วัน/ไร่)	45.33	72.53	81.60	79.64	70.27	23.42

แต่ในวิจารณ์ผลการทดลอง ได้นำค่า ETa มาคิดย้อนกลับ จากปริมาณน้ำที่ให้จริง โดยคิดจากสมาการ

$$ETa\ (\text{มม./วัน}) = \frac{\text{ปริมาณน้ำที่ให้ (ลิตร)}}{\text{พื้นที่ (ตารางเมตร)} \times \text{รอบเวร (วัน)}} \qquad \text{... (สมการที่ 8)}$$

<u>หมายเหตุ</u> พื้นที่(ตารางเมตร) = ความกว้างใบ (เมตร) × ความยาวแปลง (เมตร)

ค่า ETa ตามสมการที่ 8 เป็นค่าการใช้น้ำจริงที่คิดย้อนกลับ หากคำนวณแล้วได้ค่า ETa มากกว่าค่า ETa ในตารางที่ 2-11 จะถือว่ามีประสิทธิภาพการให้น้ำ (Ea) ต่ำกว่า 90 % แต่ถ้าหากคำนวณแล้วได้น้อยกว่าตารางที่ 2-11 จะถือว่ามีประสิทธิภาพการให้น้ำ (Ea) มากกว่า 90 %

3.3) ความพอเพียงในการให้น้ำ (Storage Efficiency ,Es)

จากที่กล่าวไว้ แรงดึงความชื้นที่จุดให้น้ำแก่ข้าวโพดฝักอ่อน คือ 0.5 บาร์ ดังนั้นในการประเมินความพอเพียงในการให้น้ำจึงกำหนด แรงดึงความชื้น 0.5 บาร์เป็นเกณฑ์ ถ้าหากตลอดระยะเวลาการเพาะปลูกข้าวโพดฝักอ่อน 65 วัน มีค่าแรงดึงความชื้นไม่เกิน 0.5 บาร์ จะถือว่ามีความพอเพียงในการให้น้ำ 100 เปอร์เซ็นต์ แต่ในกรณีช่วงเวลาใดที่แรงดึงความชื้นเกิน 0.5 บาร์ จะถือว่าช่วงเวลานั้นขาดความพอเพียงในการให้น้ำ และจะทำการประเมินความพอเพียงในการให้น้ำตลอดการเพาะปลูกจากสมการ

$$\text{ความพอเพียงในการให้น้ำ (Es)} = \frac{\text{ช่วงเวลาที่แรงดึงความชื้นไม่เกิน 0.5 บาร์}}{\text{ช่วงเวลาในการเพาะปลูกทั้งหมด}} \times 100\% \quad \text{… (สมการที่ 9)}$$

บทที่ 3

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

สำหรับการทดลองในครั้งนี้เป็นการเป็นการประเมินประสิทธิภาพการให้น้ำแก่ข้าวโพดฝักอ่อนด้วยระบบน้ำหยดที่แรงดันต่ำ (0.3 บาร์) โดยจะทำการประเมินความสม่ำเสมอในการให้น้ำ (EU), ความพอเพียงในการให้น้ำ (Es)และ ประสิทธิภาพการให้น้ำ (Ea) ซึ่งในบทนี้จะกล่าวถึงวิธีการทดลองและการติดตั้งอุปกรณ์ในระบบการให้น้ำแบบหยดที่แรงดันต่ำ และการเก็บผลการทดลอง

3.1 ระบบการให้น้ำแบบหยดที่แรงดัน 0.3 บาร์

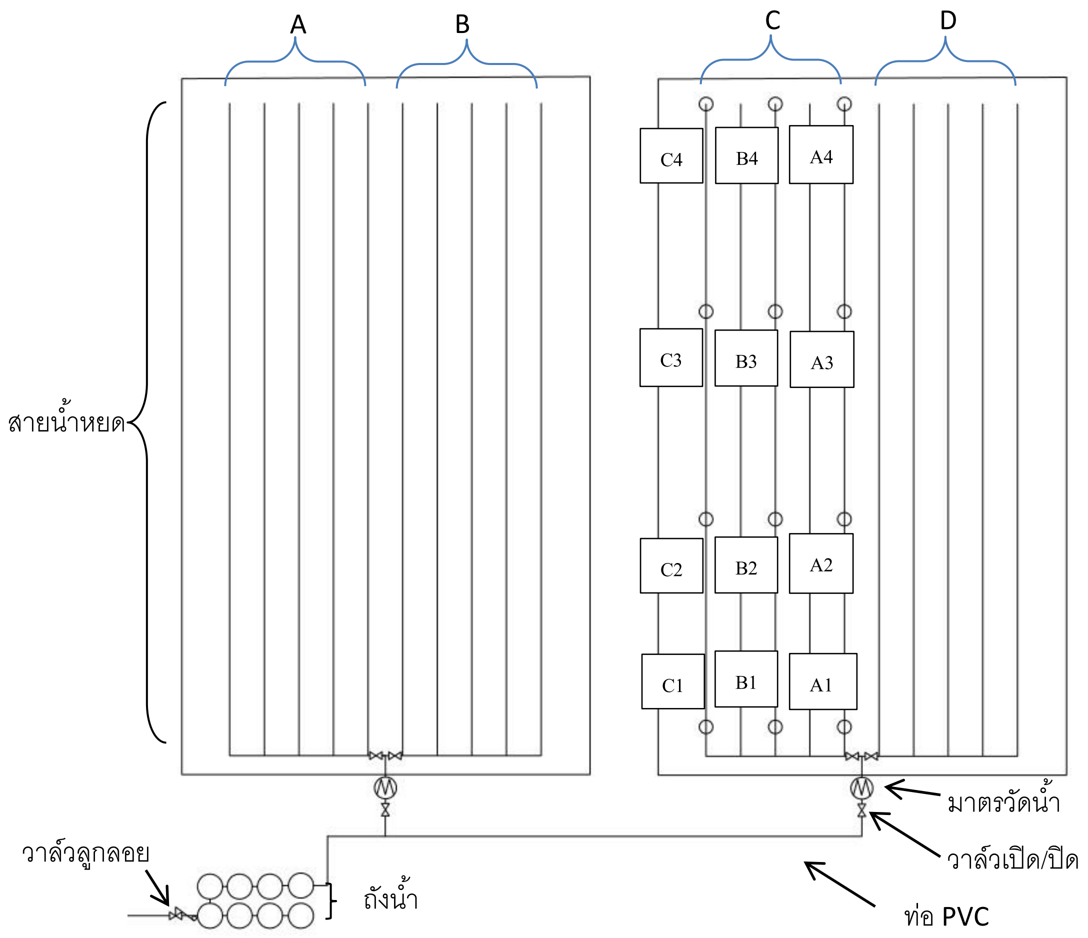
1.) ทำการติดตั้งถังน้ำขนาด 200 ลิตร จำนวน10 ใบ ที่ความสูง 3 เมตร โดยทำการต่อท่อเชื่อมต่อกันระหว่างถังน้ำทั้งหมด 10 ถัง

ภาพที่ 3- 1 ถังจ่ายน้ำสูง 3 เมตร

2.) ทำการติดตั้งวาล์วลูกลอยตรงบริเวณจุดที่ปล่อยน้ำเข้าสู่ถังน้ำ

ภาพที่ 3- 2 วาล์วลูกลอย

3.) ทำการติดตั้งท่อ ประธานขนาด 2 นิ้ว ยาว 6 เมตร และท่อประธานย่อยขนาด 1 นิ้ว ยาว 2 เมตร และท่อแขนง ขนาด 16 มิลลิเมตร ยาว 40.5 เมตร จากถังที่สูง3เมตรเข้าสู่แปลงทดลองทั้งสองแปลงและทำการติดวาล์วน้ำและมาตรวัดน้ำบริเวณหัวแปลงทั้ง 2 แปลง เพื่อทำการอ่านค่าปริมาณน้ำที่ปล่อยเข้าสู่แปลงโดยแปลงจะแบ่งเป็น 4 แปลง คือ แปลง A B C และ D แปลงกว้าง 5 เมตร ยาว 40.5 เมตร



ภาพที่ 3- 3 ระบบชลประทานแบบหยดภายในแปลงทดลอง

ภาพที่ 3- 4 สายน้ำหยดที่ต่อจากท่อประธานย่อย

ภาพที่ 3- 6 เทปน้ำหยดยี่ห่อไทยธารา ขนาด 16 mm

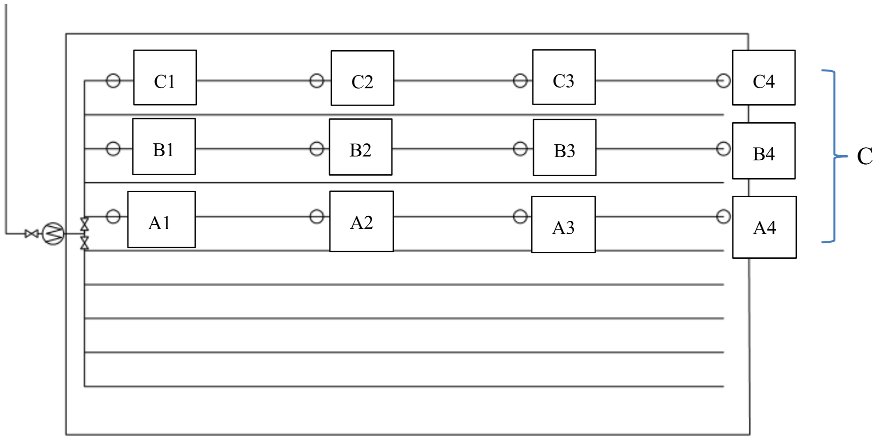
ภาพที่ 3- 5 วาล์วเปิด/ปิด น้ำและเมตรวัดน้ำ

4.) ทำการติดตั้งเครื่องวัดแรงดึงความชื้นที่บริเวณ หัวแปลง A และ ท้ายแปลง C ที่ความลึก 0.3 เมตร และ 0.6 เมตร

ภาพที่ 3- 6 เครื่องอ่านค่า และ Watermark Soil Moisture Sensor

3.2 วิธีการประเมินความสม่ำเสมอ (EU)

1.) หลังจากติดตั้งระบบให้น้ำแบบหยดแล้วจึงทำการทดลองความสม่ำเสมอของการให้น้ำที่แปลง C ว่ามีความสม่ำเสมอเพียงใด โดยทำการปล่อยน้ำแล้วเก็บตัวอย่างน้ำ 12 จุด แล้วจับเวลาหลังจากเริ่มปล่อยน้ำ



ภาพที่ 3- 7 จุดที่ทำการเก็บตัวอย่างน้ำ

ภาพที่ 3- 8 เก็บตัวอย่างน้ำโดยขวดน้ำขนาด 1.5 ลิตร

ภาพที่ 3- 9 นาฬิกาจับเวลา

2.)หลังจากปล่อยน้ำจนครบเวลาที่กำหนด ทำการอ่านค่าปริมาณน้ำของตัวอย่างน้ำในขวด โดยใช้กระบอกตวงเป็นเครื่องมืออ่านค่า โดยจะมีหน่วยเป็นมิลลิลิตร

ภาพที่ 3- 10 กระบอกตวง

3.) ทำการบันทึกปริมาณน้ำที่วัดได้จากกระบอกตวง ลงในแบบบันทึก และเวลาในการเก็บตัวอย่างน้ำลงในตารางที่3-1แล้วการวิเคราะห์ข้อมูลจากตารางที่3-1 เพื่อหาอัตราการไหลของหัวจ่ายน้ำ(ลิตร/ชั่วโมง) และประเมินความสม่ำเสมอในการให้น้ำลงในตารางที่3-2

ตารางที่3- 1 แบบบันทึกตัวอย่างน้ำ

การให้ครั้งที่											
วันที่											
เวลาที่เริ่มปล่อยน้ำ											
เวลาที่เก็บค่าตัวอย่าง											
เวลา											
ปริมาณของน้ำตัวอย่างทั้งหมด (มิลลิลิตร)											
A1	A2	A3	A4	B1	B2	B3	B4	C1	C2	C3	C4

ตารางที่3- 2 แบบการวิเคราะห์อัตราการไหลของน้ำ

การให้ครั้งที่											
วันที่											
ปริมาณของน้ำตัวอย่างทั้งหมด (ลิตร/ชั่วโมง)											
A1	A2	A3	A4	B1	B2	B3	B4	C1	C2	C3	C4
อัตราการไหลของหัวจ่ายน้ำทั้งเฉลี่ย(qa) (ลิตร/ชั่วโมง)											
ปริมาณของน้ำตัวอย่างที่น้อยที่สุด 1/4 ของตัวอย่างทั้งหมด (ลิตร/ชั่วโมง)											
A1	A2	A3	A4	B1	B2	B3	B4	C1	C2	C3	C4
อัตราการไหลของหัวจ่ายน้ำที่น้อยที่สุด 1/4 ของตัวอย่างน้ำทั้งหมดเฉลี่ย(qn) (ลิตร/ชั่วโมง)											
ความสม่ำเสมอของการให้น้ำ(EU)(%)											

3.3 วิธีการประเมินประสิทธิภาพการให้น้ำแก่พืช(Ea)

1.) ในการทดลองครั้งที่นี้ได้กำหนดจุดให้น้ำ เมื่อแรงดึงความชื้นในดินมีค่าเท่ากับ 0.5 บาร์โดยทำการติดตั้งเครื่องวัดแรงดึงความชื้น(Tensiometer) ขุดฝัง Watermark Soil Moisture Sensor ไว้ที่ความลึก 0.3 เมตร และ 0.6 เมตรหลังจากนั้นทำการเก็บค่าแรงดึงความชื้นในดิน จากเครื่องอ่านค่า

<u>ข้อดีของเครื่อง</u>

-สามารถถอดเก็บตัวอ่านค่าได้ ซึ่งต่างจากเครื่อง Tensiometer แบบปักที่ต้องฝังไว้ในดินตลอด ซึ่งง่ายต่อการรบกวนหรือสูญหาย

-อ่านค่าได้แม่นยำเนื่องจากเป็นระบบดิจิตอล

<u>ข้อเสียของเครื่อง</u>

-เนื่องจากไม่เห็นการเปลี่ยนแปลงของค่าแบบ Tensiometer แบบปักซึ่งมีหน้าปัดแสดงผลตลอดเวลา จึงทำให้บางช่วงค่าแรงดึงความชื้นในดินเพิ่มขึ้นอย่างเร็วจึงไม่สามารถสังเกตได้

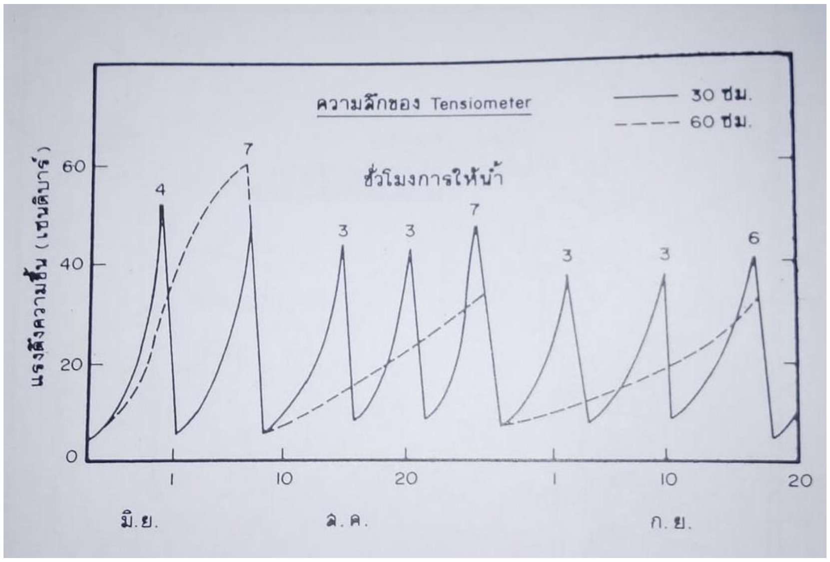
2.) เมื่อแรงความชื้นใกล้ถึง 0.5 บาร์ ทำการคำนวณเวลาการให้น้ำในรอบนี้จากรอบเวรการให้น้ำครั้งที่ผ่านมาจากสมการที่กล่าวมาในบทที่ 2 แล้วทำการให้น้ำแก่พืชตามเวลาที่คำนวณได้

3.) ทำการวัดปริมาณน้ำที่ให้แก่พืชตามเวลาที่คำนวณได้จาก**ข้อ 2.)** จากมาตรวัดน้ำบริเวณหัวแปลง

ภาพที่ 3- 11 มาตรวัดน้ำ

4.)ในการให้น้ำแต่ละครั้งทำการจดบันทึก ความกว้างของใบ และความยาวของราก เพื่อที่จะนำมาคำนวณพื้นที่ให้น้ำในแต่ละรอบเวรนั้นๆ

5.)เมื่อนำค่าแรงความชื้นภายในดินมาพล็อตกราฟกับช่วงเวลา จะสามารถเห็นความสัมพันธ์ และเห็นรอบเวรการให้น้ำในแต่ละรอบดังภาพที่ 3-13



ภาพที่ 3- 12 ตัวอย่างความสัมพันธ์ระหว่างแรงดึงความชื้นในดินกับช่วงเวลา

6.)เมื่อทราบรอบเวร,ความกว้างใบ,ความลึกราก และปริมาณน้ำที่ให้จริงแก่พืชแล้วนั้น สามารถคำนวณ ET_a ได้จากสมการที่กล่าวไว้ในบทที่ 2 แล้วนำมาเทียบกับกับค่า ET จะทราบประสิทธิภาพการให้น้ำในแต่ละรอบเวรโดยทำการบันทึกข้อมูลลงในตารางที่3-3

ตารางที่3- 3 แบบบันทึกการประเมินประสิทธิภาพการให้น้ำ

การให้น้ำครั้งที่		
วันที่		
ความกว้างใบ		เมตร
ความยาวแปลง		เมตร
ความลึกของราก		เซนติเมตร
รอบเวร		วัน
เวลาการให้น้ำ		ชั่วโมง
ความถ่วงจำเพาะ(As)		
ความชื้นในดินก่อนการให้น้ำ		เปอร์เซ็นต์
มาตรวัดน้ำ		
ก่อนให้น้ำ	หลังให้น้ำ	ปริมาณน้ำที่ให้
ความต้องการน้ำของพืชในรอบเวร(ET)		mm/day
ปริมาณน้ำที่ให้จริงแก่พืชในรอบเวร(ET_a)		mm/day
ความต้องการน้ำของพืช(dw)		mm
ประสิทธิภาพการให้น้ำแก่พืช (Ea)		เปอร์เซ็นต์

3.4 วิธีการประเมินความพอเพียง (Es)

1.)ในการทดลองครั้งนี้ได้กำหนดจุดให้น้ำไว้ที่แรงดึงความชื้น 0.5 บาร์ จึงทำการเก็บข้อมูลแรงดึงความชื้นทุกวันตลอดการเพาะปลูก

2.)เมื่อทราบแรงดึงความชื้นตลอดการเพาะปลูกข้าวโพดฝักอ่อน จึงสามารถประเมินความพอเพียงของการให้น้ำได้โดยการพิจารณา หากแรงดึงความชื้นตลอดอายุการเพาะปลูกไม่เกิน 0.5 บาร์ตามที่ตั้งข้อกำหนดไว้จะถือว่ามีความพอเพียง 100 เปอร์เซ็นต์ แต่หาก มีช่วงหนึ่งช่วงใดที่แรงดึงความชื้นในดินมากกว่า 0.5 บาร์นั้นจะถือว่าขาดความพอเพียงโดยจะแยกคิดว่า ขาดความพอเพียงไปกี่วัน แล้วเทียบกับระยะเวลาการเพาะปลูกทั้งหมดก็จะทราบความพอเพียงของการให้น้ำตลอดการเพาะปลูก

บทที่ 4

ผลการศึกษาและการวิจารณ์

4.1 ผลการศึกษาความสม่ำเสมอในการให้น้ำ ,EU

ทำการตรวจวัดอัตราการของหัวจ่ายน้ำที่แปลง C ตามที่ได้กล่าวไว้ในบทที่ 3 โดยได้ผลการศึกษาดังตัวอย่าง

ตารางที่ 4- 1 อัตราการไหลจากจุดเก็บตัวอย่างน้ำ 12 จุด ในแต่ละรอบการให้น้ำ

ครั้ง	อายุพืช (วัน)	% การเติบโต	เวลาให้น้ำ (hr)	วันที่	อัตราการไหลที่จุดปล่อย (ลิตร / ชั่วโมง)											
					A1	A2	A3	A4	B1	B2	B3	B4	C1	C2	C3	C4
1	22	33.85	2	20/03/2560	1.26	1.05	1.05	1.26	1.32	1.35	1.26	1.44	1.41	1.35	1.50	1.35
2	28	43.08	6	26/03/2560	1.35	1.32	1.20	1.20	1.35	1.20	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35
3	40	61.54	7	07/04/2560	1.26	1.28	1.35	1.20	1.35	1.29	1.14	1.28	1.32	1.35	1.35	1.32
4	48	73.85	5	15/04/2560	1.29	1.20	1.20	1.32	1.26	1.35	1.20	1.05	1.20	1.26	1.32	1.35
5	53	81.54	3	20/04/2560	1.35	1.32	1.35	1.29	1.32	1.20	1.05	1.14	1.20	1.28	1.29	1.20

วิเคราะห์ผลการทดลองความสม่ำเสมอในการให้น้ำ ,EU

วิธีการคำนวณหาค่าความสม่ำเสมอในการให้น้ำ(Eu) โดย ใช้ข้อมูลจาก**ตารางที่ 4-1**

ตัวอย่างการคำนวณการให้น้ำครั้งที่ 1

- การคำนวณหาอัตราการไหล

$$qa = \frac{q_{A1} + q_{A2} + q_{A3} + \dots + q_{C4}}{12}$$

$$qa = \frac{1.26+1.05+1.05+1.26+1.32+1.35+1.26+1.44+1.41+1.35+1.50+1.35}{12}$$

= 1.30 ลิตร / ชั่วโมง

$$qn = \frac{1.05+1.05+1.26}{3}$$

= 1.12 ลิตร/ชั่วโมง

$$EU = \frac{1.12}{1.3} \times 100\%$$

$$= 86.15\ \%$$

แล้วทำการการคำนวณในรูปแบบเดียวกัน ทำให้ทราบค่าของการให้น้ำที่ของครั้งที่ 2-6 ดังตารางที่4-2

ตารางที่4- 2 อัตราการไหลของน้ำในแต่ละรอบการให้น้ำ

ครั้งที่	อายุพืช (วัน)	เปอร์เซ็นต์การเติบโต	วันที่	การให้น้ำ (ชั่วโมง)	q_a (ลิตร / ชั่วโมง)	q_n (ลิตร / ชั่วโมง)	EU เปอร์เซ็นต์
1	22	33.85	20/03/2560	2	1.30	1.12	86.15
2	28	43.08	26/03/2560	6	1.31	1.20	91.62
3	40	61.54	07/04/2560	7	1.29	1.22	94.51
4	48	73.85	15/04/2560	5	1.25	1.15	92.00
5	53	81.54	20/04/2560	3	1.25	1.13	90.46

วิจารณ์ผลการทดลองความสม่ำเสมอในการให้น้ำ ,EU

มนตรี ค้ำชู (2543) กล่าวว่า สำหรับหัวปล่อยน้ำที่ใช้กับพืชที่ปลูกชิดกัน พื้นที่สม่ำเสมอ ควรมีค่าความสม่ำเสมอในการให้น้ำ(EU) อยู่ในช่วง 86-90 % จากผลการทดลองพบว่า ความสม่ำเสมอการให้น้ำมีค่า Eu อยู่ 86.15-94.51 ซึ่งหากเฉลี่ยแล้ว = 90.94 % ซึ่งให้ผลว่าเป็นค่าความสม่ำเสมอ EU ที่สูงและอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน

4.2 ผลการศึกษาประสิทธิภาพการให้น้ำ, Ea

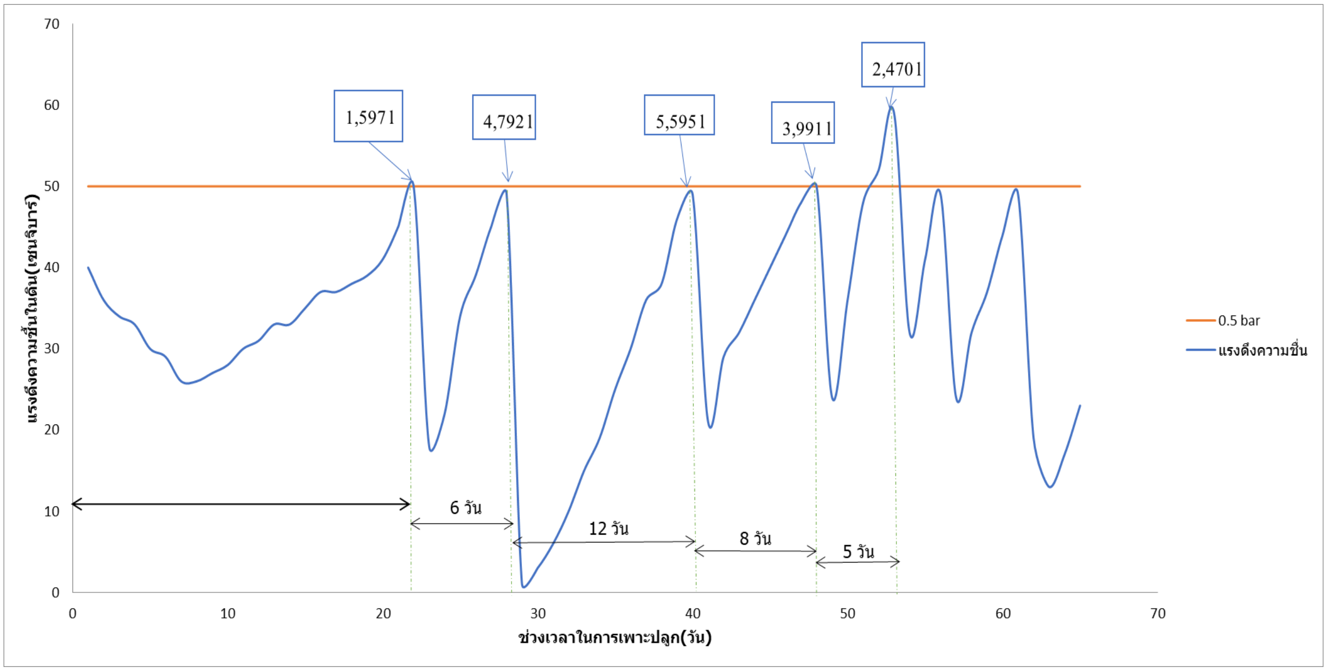
1 ผลการวัดอัตราการไหล จำนวน 5 ครั้ง ข้อมูลอัตราการไหลและปริมาณน้ำดังตารางที่ 4-3

ตารางที่4- 3 อัตราการไหลเฉลี่ยและปริมาณน้ำ

ครั้งที่	วันที่	จำนวนชั่วโมง	ปริมาณน้ำที่ให้ (ลิตร)	อัตราการไหลเฉลี่ย(ลิตร/ชั่วโมง)
1	20/03/2560	2	1,597	1.30
2	26/03/2560	6	4,792	1.31
3	07/04/2560	7	5,595	1.29
4	15/04/2560	5	3,991	1.25
5	20/04/2560	3	2,470	1.25

<u>หมายเหตุ</u> ในการให้น้ำได้ทำการคำนวณเวลาในการให้น้ำในคอลัมน์ 3ไว้ใน ภาคผนวก ญ

2 ผลการตรวจวัดแรงดึงความชื้นและนำมาพล๊อตกราฟตามภาพที่ 4-1



ภาพที่4- 1 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงดึงความชื้นกับช่วงเวลาของการทดลองปลูกข้าวโพด 65 วัน

3 การเจริญเติบโตของข้าวโพดฝักอ่อนได้ทำการเก็บตัวอย่างโดยบันทึกเป็นรูปภาพตามตารางที่4-4

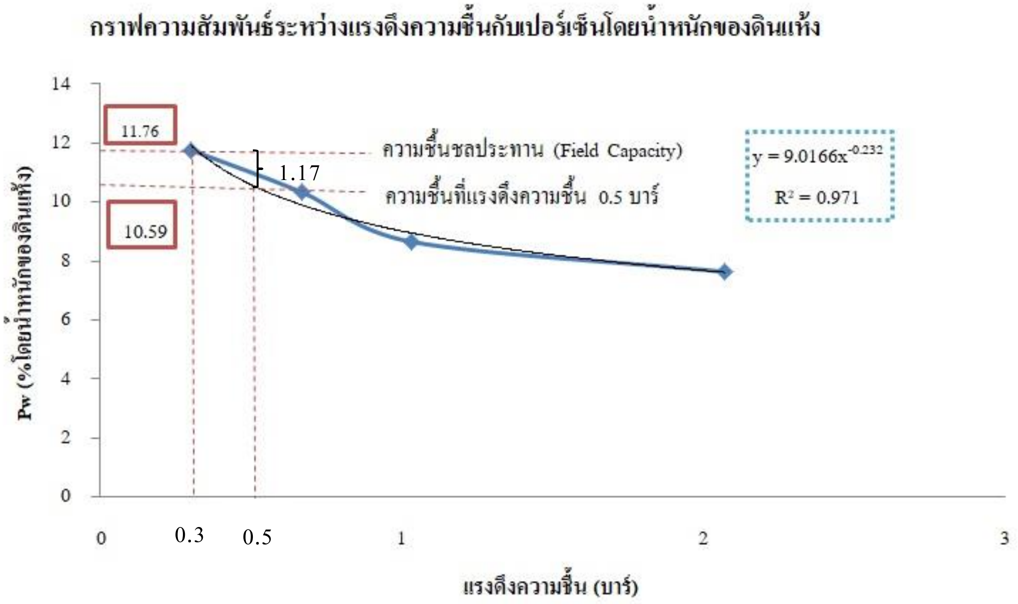
ตารางที่4- 4 การเจริญเติบโตของข้าวโพดฝักอ่อน

อายุของพืช (วัน)	วันที่	ราก (mm)	ทรงพุ่ม (cm)	รูปภาพความกว้างใบ
22	20/03/2560	80	30	
28	26/03/2560	220	42	
40	07/04/2560	320	80	

อายุของพืช (วัน)	วันที่	ราก (mm)	ทรงพุ่ม (cm)	รูปภาพความกว้างใบ
48	15/04/2560	350	92	
53	20/04/2560	370	105	
56	23/04/2560	410	110	

4 ค่าความชื้นชลประทาน (Field capacity)

ค่าชื้นชลประทานอยู่ที่แรงดึงความชื้น 0.3 บาร์ จากข้อมูลภาคผนวก ข จะทราบได้ว่า ความชื้นชลประทาน มีค่าเท่ากับ 11.76 เปอร์เซ็นต์ และนำค่าจาก ภาคผนวก ข มาพล็อตกราฟได้ดังรูปต่อไปนี้



ภาพที่ 2-4 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงดึงความชื้นกับเปอร์เซ็น

หลังจากทำการหาความสัมพันธ์แล้วสามารถหาเปอร์เซ็นต์ความชื้นของดินที่แรงดึงความชื้น 0.5 บาร์ ได้เท่ากับ **10.59** เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก

การวิเคราะห์ข้อมูลประสิทธิภาพการให้น้ำ, Ea

ทำการประเมิน Ea ในแต่ละรอบเวรการให้น้ำ โดยคาดการณ์พื้นที่รับน้ำ กำหนดทรงพุ่มเท่ากับความกว้างร่อง(1เมตร) ตามตารางที่ 4-5

ตารางที่4-5 การคำนวณประสิทธิภาพการให้น้ำจากการคาดการณ์

การให้น้ำครั้งที่	รอบเวร (วัน)	เวลาการให้น้ำ (hr)	ปริมาณน้ำที่ให้ (ลิตรต่อ 5 ร่อง)	ทรงพุ่ม (m.)	ความยาวแปลงต่อ 1 ร่อง (m.)	ETa (mm/day)	ET (mm/day)	Ea (%)
1	6	2	1597	1	40.5	1.314	4.165	316.97
2	12	6	4792	1	40.5	1.972	4.666	236.61
3	8	7	5595	1	40.5	3.454	4.347	125.85
4	5	5	3991	1	40.5	3.941	3.952	100.28
5	3	3	2470	1	40.5	4.065	3.162	77.79

จากตารางที่ 4-5 พบว่าเมื่อคำนวณกาค่า ETa โดยใช้ความกว้างของทรงพุ่ม 1 เมตร Ea มีค่ามากกว่า 100 เปอร์เซ็นต์ซึ่งไม่สมเหตุผล จึงได้ทำการคำนวณเปรียบเทียบโดยใช้ทรงพุ่มที่ตรวจวัดจริงจากตาราง 4-4 มาคำนวณ ได้ผลตามตารางที่ 4-6 ที่ให้ผลสอดคล้องตามความเป็นจริง ซึ่งสามารถหาค่า ETa จากสูตร $ET_a = \frac{\text{ปริมาณน้ำที่ให้จริง}}{\text{รอบเวร} \times \text{พื้นที่}}$ ในการให้น้ำครั้งที่ 1 สามารถคำนวณ ET_a = 4.381 mm/day และค่าความต้องการน้ำของพืช (ET) = 4.165 mm/day ซึ่งนำมาคำนวณ ประสิทธิภาพการให้น้ำจากสมการ $Ea = \frac{ET}{ETa} \times 100\%$ ได้ค่า $\frac{4.165}{4\ 381} \times 100=$ 95.06 เปอร์เซ็นต์แล้วทำการคำนวณประสิทธิภาพการให้น้ำของการให้น้ำครั้งที่ 2 ถึง 6 ได้ค่า Ea เท่ากับ 99.39% ,100.71%, 92.25% และ81.66% ตามลำดับ และมีค่าประสิทธิภาพการให้น้ำเฉลี่ย เท่ากับ 93.67 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่4- 6 การคำนวณประสิทธิภาพการให้น้ำจากพื้นที่ทรงพุ่ม

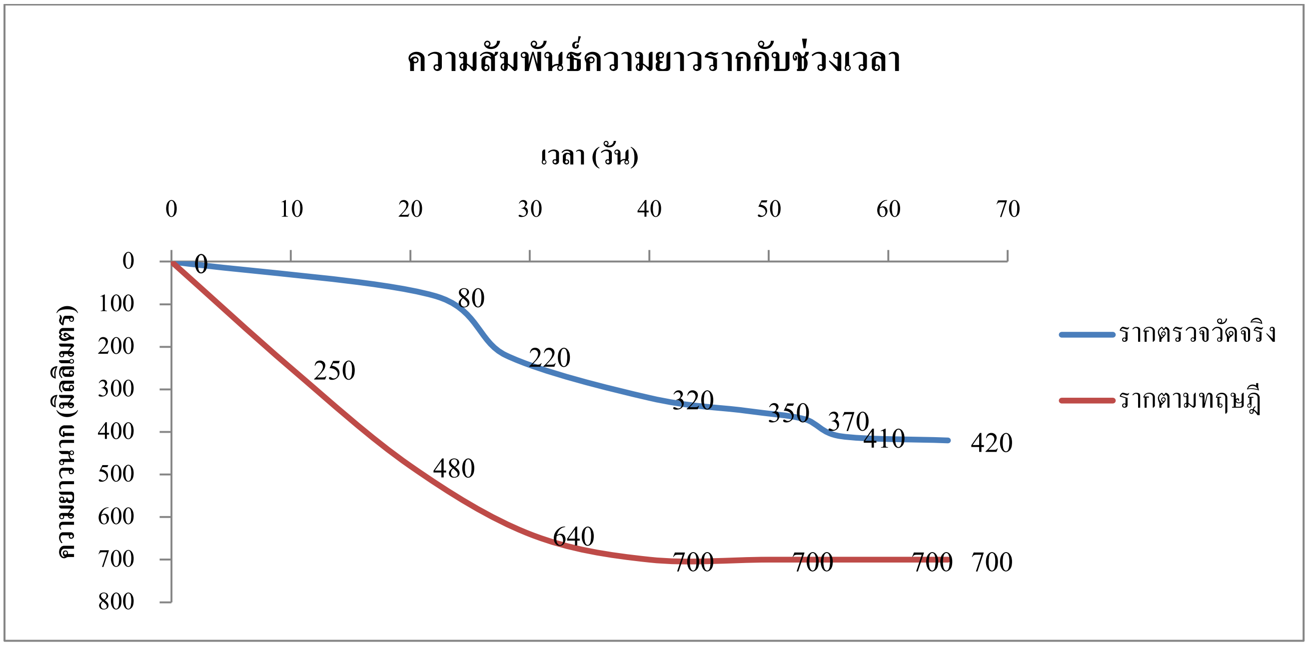
การให้น้ำครั้งที่	รอบเวร (วัน)	เวลาการให้น้ำ (hr)	ปริมาณน้ำที่ให้ (ลิตร ต่อ 5 ร่อง)	ทรงพุ่ม (m.)	ความยาวแปลง (m.)	ETa (mm/day)	ET (mm/day)	Ea (%)
1	6	2	1597	0.30	40.5	4.381	4.165	95.06
2	12	6	4792	0.42	40.5	4.695	4.666	99.39
3	8	7	5595	0.80	40.5	4.317	4.347	100.71
4	5	5	3991	0.92	40.5	4.284	3.952	92.25
5	3	3	2470	1.05	40.5	3.872	3.162	81.66

การเปรียบเทียบรากพืชที่วัดได้จริงกับที่คาดการณ์ จากรูปที่ 2-3 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความลึกรากกับช่วงเวลาการปลูกที่คาดการณ์ไว้ และ น้ำผลที่ตรวจวัดจริงมาพล๊อตเปรียบเทียบตามภาพที่ 4-3 เมื่อคำนวณความสามารถในการอุ้มน้ำของดินจากสูตร $dw = \frac{Pw \times As \times dp}{100}$ จากข้อมูลในตารางที่ 4-4 ทำการวิเคราะห์รอบเวร ได้ผลการคำนวณดังตารางที่ 4-7

ตารางที่4- 7 ความสามารถในการอุ้มน้ำของดินและรอบเวรการให้น้ำ

การให้น้ำครั้งที่	1	2	3	4	5
ความยาวราก (mm)	80	220	320	350	370
Pw (%)	1.17	1.17	1.17	1.17	1.17
ความสามารถในการอุ้มน้ำของดิน (dw) (mm)	1.404	3.861	5.616	6.1425	6.4935
ความต้องการน้ำของพืช (mm/day)	4.165	4.666	4.347	3.952	3.162
รอบเวรการให้น้ำ (วัน)	0.3	0.8	1.3	1.6	2.1

พบว่ารอบเวรประมาณ 1-2 วันตามตารางที่ 4-7 ไม่สอดคล้องกับความเป็นจริงที่ได้จากการตรวจวัด ดังนั้นจึงมีมาตรวัดความชื้น เพื่อตรวจสอบรอบเวรการให้น้ำจึงจะส่งผลให้การให้น้ำจริงเกิดประโยชน์สูงสุด



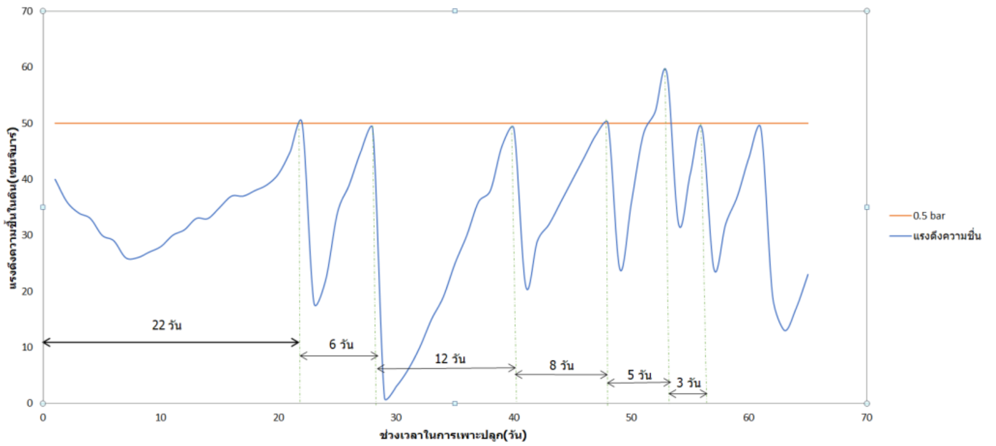
ภาพที่4- 2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความลึกรากพืช กับช่วงเวลา

วิจารณ์ผลการทดลองประสิทธิภาพการให้น้ำ, Ea

จากการวิเคราะห์ข้อมูลจากตารางที่ 4-6 จะทำให้ทราบค่าประสิทธิภาพการให้น้ำ (Ea) ของการให้น้ำทั้ง 5 ครั้ง ซึ่งได้ค่าเท่ากับ 95.06%, 99.39% ,100.71%, 92.25% และ 81.66% ตามลำดับ ตามเกณฑ์มาตรฐานนั้นระบบให้น้ำแบบหยดควรมีประสิทธิภาพมากกว่า 90% โดยเมื่อเทียบกับค่าประสิทธิภาพการให้น้ำเฉลี่ยในการทดลองครั้งนี้ มีประสิทธิภาพการให้น้ำสูงตามเกณฑ์มาตรฐาน แต่มีค่า dw ที่ต่ำซึ่งมาจากความลึกของรากพืช ดังนั้นการคำนวณรอบเวรจากความสามารถในการอุ้มน้ำของดินไม่น่าจะถูกต้อง ดังนั้นการใช้เครื่องมือวัดความชื้นในดินน่าจะถูกต้องมากกว่า

4.3 ผลการทดลองความพอเพียงในการให้น้ำ, Es

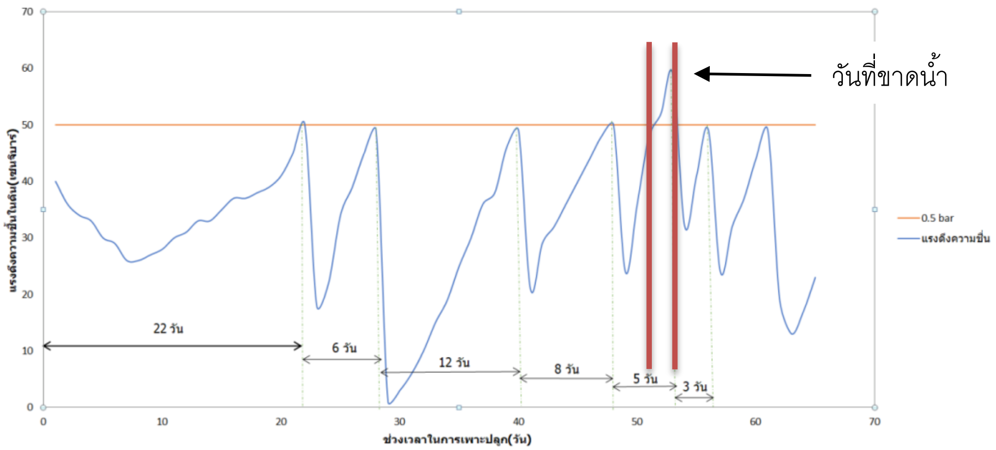
ในการทดลองครั้งได้ทำการติดตั้ง Watermark Soil Moisture Sensor ไว้ที่ความลึก 0.3 เมตร แล้วทำการเก็บความค่าแรงดึงความชื้นในดิน ซึ่งหากหาความสัมพันธ์ระหว่างแรงดึงความชื้นในดินกับช่วงเวลาจะสามารถพล็อตกราฟได้ดังภาพที่ 4-4รายละเอียดภาพตาม ภาคผนวก ง



ภาพที่4- 3 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงดึงความชื้นกับช่วงเวลา

วิเคราะห์ผลการทดลองความพอเพียงในการให้น้ำ, Es

จากภาพที่ 4-4 จะทราบว่ามีช่วงวันที่ 19-20 เมษายน 2560 มีค่าแรงดึงความชื้นมากกว่า 0.5 บาร์ ซึ่งในช่วงดังกล่าวถือว่าขาดความพอเพียงในการให้น้ำ และในตลอดระยะเวลาการเพาะปลูกจะมีค่าพอเพียงในการให้น้ำเท่ากับ $\frac{63}{65} \times 100\% = 96.92\ \%$



ภาพที่ 4- 4 แสดงช่วงเวลาที่แรงดึงความเกิน 0.5 บาร์

วิจารณ์ผลการทดลอง(ความพอเพียงในการให้น้ำ, Es)

ในปกติเมื่อวัดความชื้น ถ้าหาเครื่องวัดแรงดึงความชื้นมีมาตรที่แสดงแรงดึงความชื้นอย่างต่อเนื่อง (Real time)จะทำให้การตรวจวัดไม่เกิดความผิดพลาด การทดลองครั้งนี้เกิดการผิดพลาดในการวัด(Human error) จึงทำให้ Es ไม่เพียงพอ.

บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผล

จากการทดลองปลูกข้าวฝักอ่อนโดยการให้น้ำแบบหยด โดยทั่วไปนั้นระบบชลประทานแบบหยดจะต้องใช้แรงดัน 10 เมตร H_2O หรือ1 บาร์ แต่ในการทดลองครั้งนี้ใช้แรงดันในระบบให้น้ำแบบหยดเพียง 3 เมตร H_2O หรือ 0.3 บาร์ ซึ่งเป็นแรงดันต่ำแล้วทำการตรวจวัดแรงดันที่ปลายสายน้ำหยด มีค่า 1.22 เมตร H_2O หรือ 0.12 บาร์ เมื่อทำการประเมินความสม่ำเสมอในการให้น้ำ (EU) โดยมีค่าความสม่ำเสมอในการให้น้ำเฉลี่ย 90.94 เปอร์เซ็นต์ ประสิทธิภาพการให้น้ำเฉลี่ย (Ea) เท่ากับ 93.67 เปอร์เซ็นต์และความพอเพียงในการให้น้ำ (Es) เท่ากับ 96.92 เปอร์เซ็นต์มีความเหมาะสมด้านเทคนิค เป็นการยืนยันว่าระบบการให้น้ำแบบหยดที่แรงดัน 3 เมตรH_2Oหรือ 0.3 บาร์ สายน้ำหยดแบบ Inline ความยาว40.5 เมตรระยะออกทุก 0.3 เมตร สามารถนำมาใช้ได้

5.2 ข้อเสนอแนะ

ระบบการให้น้ำหยดแบบ Inline นี้สามารถเป็นต้นแบบให้กับเกษตรกรที่สนใจจะนำไปประยุกต์ใช้กับพื้นที่การเพาะปลูกของตนเองได้ หากแต่ ต้องทราบชนิดของดินบริเวณแปลงเพาะปลูกของตน เพื่อที่จะเลือกระยะห่างระหว่างหัวน้ำหยด ได้ถูกต้อง ดินเหนียว เลือกใช้ระยะระหว่างหัว 0.6 เมตร ดินร่วน เลือกใช้ระยะระหว่างหัว 0.3 เมตร ดินทราย เลือกใช้ระยะระหว่างหัว 0.1-0.2 เมตรโดยเมื่อทำการเลือกระยะห่างระหว่างหัวน้ำหยดแล้วนั้น จำเป็นต้องตรวจสอบว่า มีแรงดันที่ปลายสายเพียงพอที่จะทำให้ระบบน้ำหยดทำงานได้มีประสิทธิภาพ ถ้าหากมีแรงดันไม่พอให้ทำการลดความยาวของสายน้ำหยด เป็นต้น.

เอกสารอ้างอิง

มนตรี ค้ำชู.2532 .หลักชลประทานแบบหยด การออกแบบและแก้ปัญหา,ภาควิชา วิศวกรรมชลประทาน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

มนตรี ค้ำชู.2543.คู่มือการฝึกอบรม การออกแบบติดตั้งระบบให้น้ำแบบประหยัด,(Micro-irrigation)และการจัดการน้ำให้มีประสิทธิภาพ

วิบูลย์ บุญยธโรกุล.2526.หลักการชลประทาน ,ภาควิชา วิศวกรรมชลประทาน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อภิชาต อนุกูลอำไพ.2524.คู่มือการชลประทานระดับไร่นา ,ภาควิชาวิศวกรรมเกษตรและอาหาร สถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก.

การจำแนกชนิดดินด้วยวิธี SIEVE ANALYSIS และวิธี HYDROMETER

Irrigation Engineering Laboratory							
Faculty of Engineering							
Kasetsart University Kamphaengsaen Campus							
SIEVE ANALYSIS							
Project				ทดสอบดินแปลงทดลองภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน			
Soil Description				ดินร่วนปนตะกอนทราย			
Test By				ชนะ ดอกกุหลาบ			
Date				8/7/2560			
SOIL SAMPLE WEIGHT							
weight of container + Dry soil (g)			1192.3				
weight of container (g)			192.3				
weight of dry soil (g)			1000				
SEIVE ANALYSIS							
sieve No.	**sieve opening (mm)**	**Wt. of sieve (g)**	**Wt. of sieve + soil (g)**	**Wt. of soil Retained (g)**	**% retained**	**% cumulative**	**% Finer**
4	4.75	469.8	470.7	0.9	0.1	0.1	99.9
8	2.38	694.4	696.8	2.4	0.2	0.3	99.7
16	1.19	442.5	445.8	3.3	0.3	0.7	99.3
30	0.589	599.1	611	11.9	1.2	1.8	98.2
50	0.297	333.9	359.6	25.7	2.6	4.4	95.6
100	0.15	315.3	429	113.7	11.4	15.8	84.2
200	0.074	295.9	434	138.1	13.8	29.6	70.4
pan		489.9	1193.9	704	70.4	100.0	0.0
total				1000	100		
wt. of dry soil before sieve (g)	1000						
wt.of dry soil after sieve (g)	1000						
wt.of losses (g)	0						
% losses	0.00						

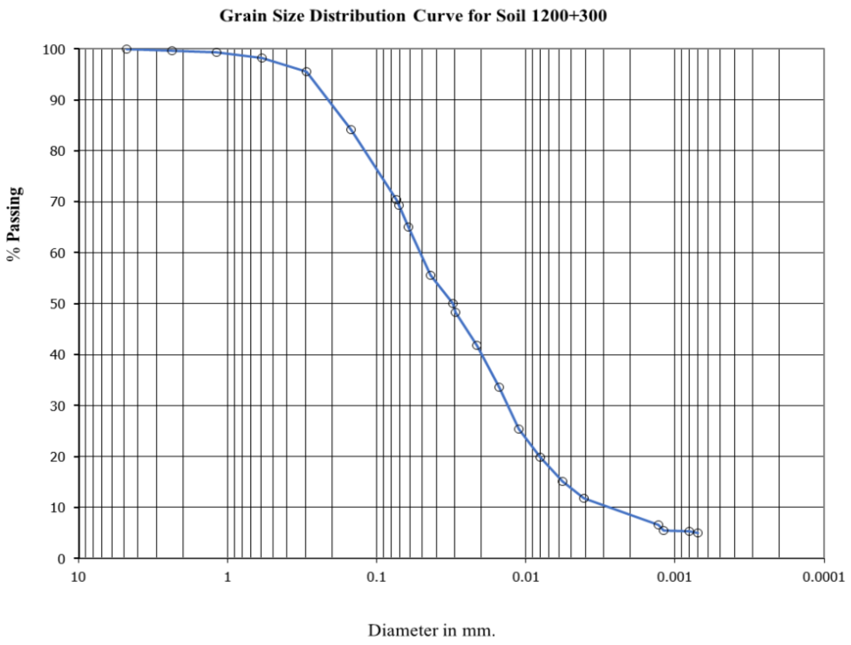
แล้วทำการจำแนกชนิดดินด้วยวิธี HYDROMETER ได้ค่าดังต่อไปนี้

sieve opening (mm)	**% Finer**
0.0709	69.32
0.0615	65.1
0.0438	55.54
0.0311	50.12
0.0298	48.35
0.0214	41.84
0.0152	33.6
0.0112	25.44
0.008	19.81
0.0057	15.05
0.0041	11.87
0.0013	6.6
0.0012	5.51
0.0008	5.39
0.0007	5.09

การจำแนกประเภทของดินตามขนาดของดินตามมาตรฐาน ASTM D422-63 จากตารางที่ 1

ระบบ	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง								
	3"	3/4"	#4	#10	#40	#200	ขนาดรูตะแกรงมาตรฐาน		
Unified และ USBR	หิน	กรวด หยาบ	กรวด ละเอียด	ทราย หยาบ	ทราย ปานกลาง	ทราย ละเอียด	ตะกอนทรายหรือดินเหนียว		
	75	19	4.75	2	0.425	0.075			
ASTM D422-63	หิน	กรวด		ทราย หยาบ	ทราย ปานกลาง	ทราย ละเอียด	ตะกอนทราย	ดินเหนียว	แขวนลอย
	75	19	4.75	2	0.425	0.075	0.005	0.001	
JIS	หิน	กรวด หยาบ	กรวด ปานกลาง	กรวด ละเอียด	ทราย หยาบ	ทราย ละเอียด	ตะกอนทราย	ดินเหนียว	แขวนลอย
	75	20	5	2	0.425	0.075	0.005	0.001	
CAA	กรวด				ทราย หยาบ	ทราย ละเอียด	ตะกอนทราย	ดินเหนียว	
				2	0.25	0.05	0.005		

ตารางที่ ก-1 การจำแนกแสดงการจำแนกประเภทของดินตามขนาดของดิน



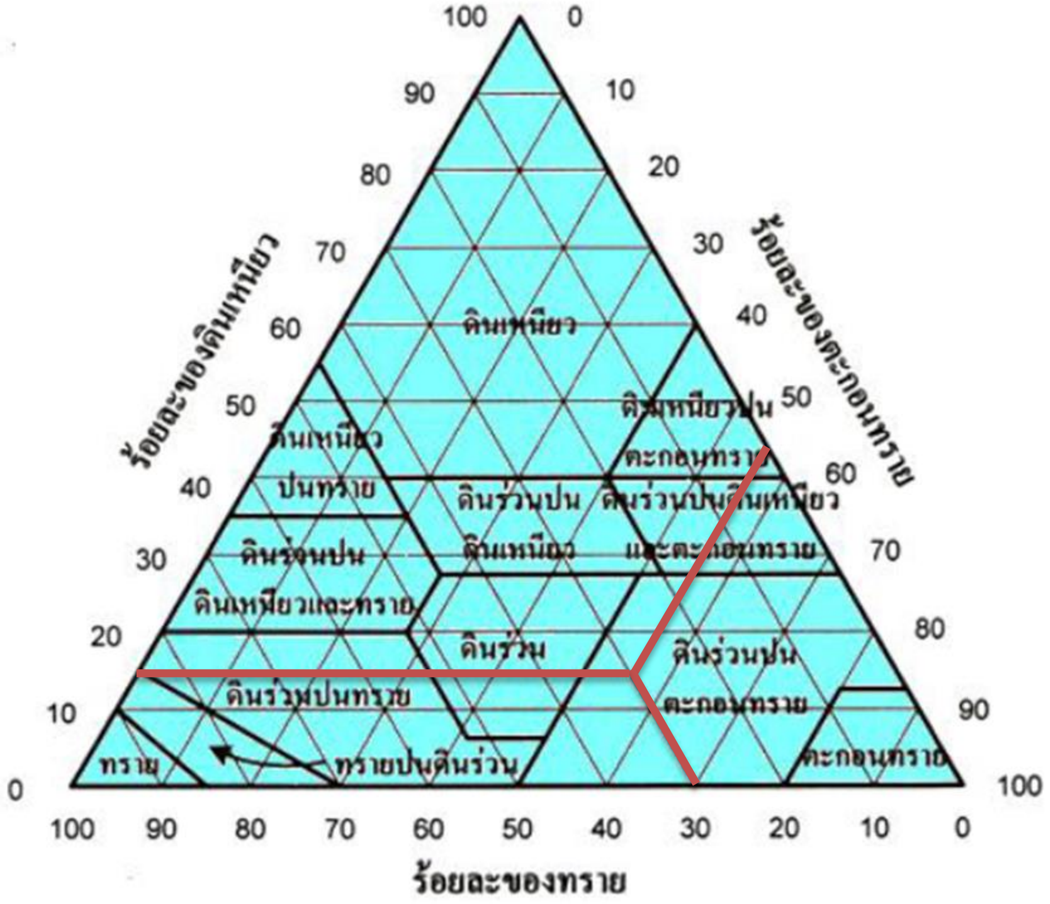
ภาพที่ ก-1 กราฟการกระจายตัวของเม็ดดิน

จากข้อมูลข้างต้นสามารถสรุปได้ว่า

Sand หาจากกราฟการกระจายตัวของเม็ดดินโดยอยู่ในช่วง 4.75mm-0.075mm เท่ากับ 29.60 %

Silt หาจากกราฟการกระจายตัวของเม็ดดินโดยอยู่ในช่วง 0.075mm-0.0005mm เท่ากับ 56.74 %

Clay หาจาก %Finer ผ่านตะแกรงเบอร์ #200 หักลบกับ %Finer ของ Silt เท่ากับ 13.57 %



ภาพที่ ก-2 ชนิดของดิน : ดินร่วนปนตะกอนทราย

ภาคผนวก ข

การคำนวณหาค่าความชื้นชลประทาน

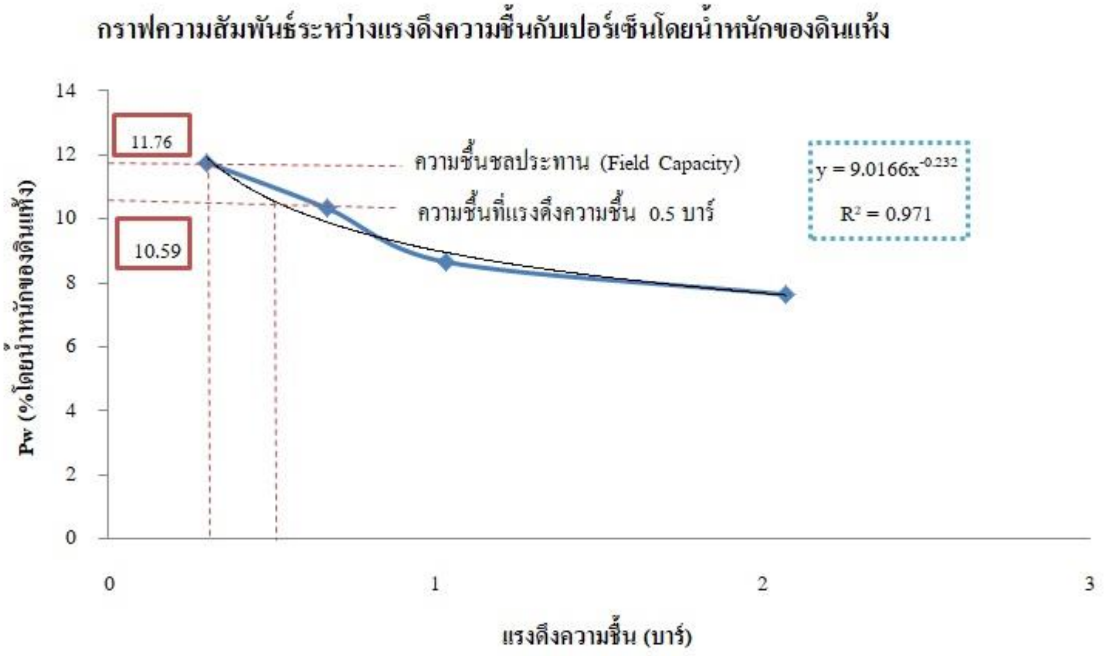
การคำนวณหาค่าความชื้นชลประทาน

แรงดึงความชื้น(bar)	0.3	0.67	1.03	2.07
น้ำหนักดิน+วงแหวน+กระดาษรอง (g)	192.37	190.64	188.63	187.40
น้ำหนักดินแห้ง+วงแหวน+กระดาษรอง (g)	178.19	178.19	178.19	178.19
น้ำหนักวงแหวน (g)	57.24	57.24	57.24	57.24
น้ำหนักกระดาษรอง (g)	0.42	0.42	0.42	0.42
น้ำหนักน้ำ (g)	14.18	12.45	10.44	9.21
น้ำหนักดินแห้ง	120.53	120.53	120.53	120.53
Pw (%) โดนน้ำหนักของดินแห้ง	11.765	10.330	8.662	7.642

ตัวอย่างการคำนวณค่าความชื้นชลประทาน $Pw = 100\% \times \frac{Ww}{Ws}$

$= 100\% \times \frac{14.18}{120.53}$

= 11.765 % โดยน้ำหนัก



ภาคผนวก ค

รายการคำนวณความชื้นของดินในแปลงชลประทาน

รายการคำนวณความชื้นของดินในแปลงชลประทาน

วันที่	20/03/2560	26/03/2560	07.04/2560	15/04/2560	20/04/2560	23/04/2560
น.น.ดินเปียก+น.น.กระป๋อง(g)	82.12	86.04	85.44	74.57	76.72	81.65
น.น.ดินแห้ง+น.น.กระป๋อง(g)	77.94	80.8	79.76	71.64	73.67	77.72
น.น.กระป๋อง (g)	40.54	40.72	40.59	40.78	40.55	40.55
น.น.ดินเปียก (g)	41.58	45.32	44.85	33.79	36.17	41.1
น.น.ดินแห้ง (g)	37.4	40.08	39.17	30.86	33.12	37.17
น.น.น้ำ (g)	4.18	5.24	5.68	2.93	3.05	3.93
Pw (%) โดยน้ำหนัก	11.18	13.07	14.50	9.49	9.21	10.57

ตัวอย่างการคำนวณเปอร์เซ็นต์ความชื้นของวันที่ 20/03/2560

$$Pw = \frac{Ww}{Ws} \times 100\%$$

$$= \frac{82.12-77.94}{77.94-40.54} \times 100\%$$

$$= 11.18\%$$

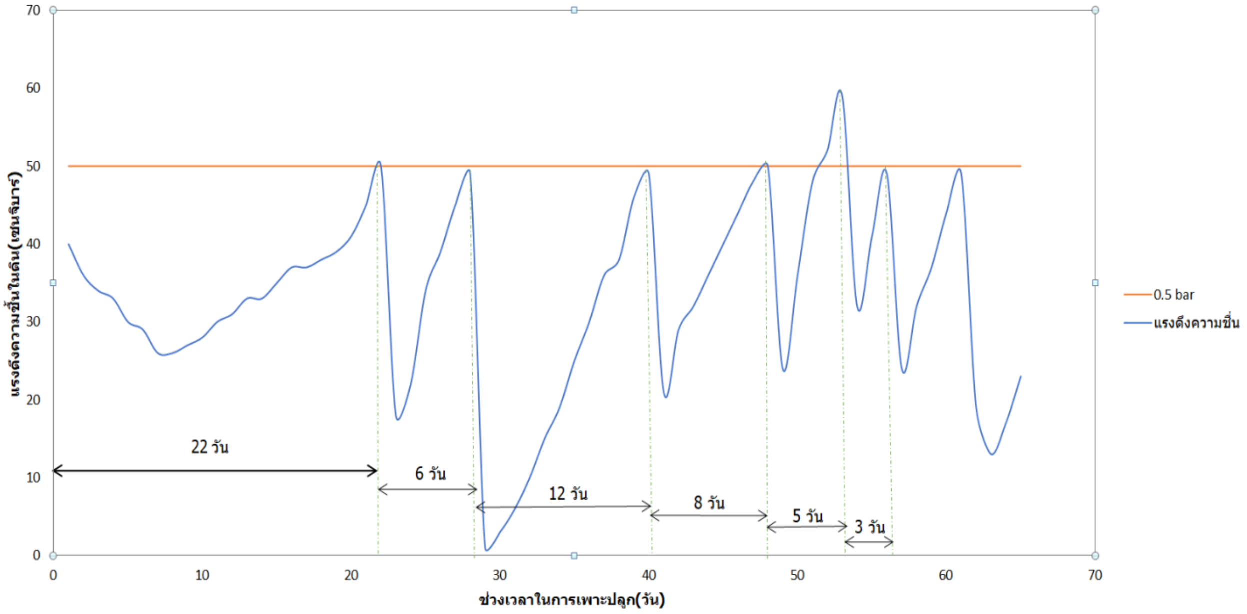
ภาคผนวก ง

รอบเวรการให้น้ำ

ข้อมูลที่ได้จากการวัด			
วันที่		แรงดึงความชื้น (centibar)	หมายเหตุ
1	27 ก.พ. 2560	40	
2	28 ก.พ. 2560	36	
3	1 มี.ค. 2560	34	
4	2 มี.ค. 2560	33	
5	3 มี.ค. 2560	30	
6	4 มี.ค. 2560	29	
7	5 มี.ค. 2560	26	
8	6 มี.ค. 2560	26	
9	7 มี.ค. 2560	27	
10	8 มี.ค. 2560	28	
11	9 มี.ค. 2560	30	
12	10 มี.ค. 2560	31	
13	11 มี.ค. 2560	33	
14	12 มี.ค. 2560	33	
15	13 มี.ค. 2560	35	
16	14 มี.ค. 2560	37	
17	15 มี.ค. 2560	37	
18	16 มี.ค. 2560	38	
19	17 มี.ค. 2560	39	
20	18 มี.ค. 2560	41	
21	19 มี.ค. 2560	45	
22	20 มี.ค. 2560	50	ให้น้ำครั้งที่ 1
23	21 มี.ค. 2560	18	
24	22 มี.ค. 2560	22	
25	23 มี.ค. 2560	34	

ข้อมูลที่ได้จากการวัด			
วันที่		ความชื้น (cintibar)	หมายเหตุ
26	24 มี.ค. 2560	39	
27	25 มี.ค. 2560	45	
28	26 มี.ค. 2560	49	ให้น้ำครั้งที่ 2
29	27 มี.ค. 2560	1	ฝนตก 114.1 mm
30	28 มี.ค. 2560	3	
31	29 มี.ค. 2560	6	
32	30 มี.ค. 2560	10	
33	31 มี.ค. 2560	15	
34	1 เม.ย. 2560	19	
35	2 เม.ย. 2560	25	
36	3 เม.ย. 2560	30	
37	4 เม.ย. 2560	36	
38	5 เม.ย. 2560	38	
39	6 เม.ย. 2560	46	
40	7 เม.ย. 2560	49	ให้น้ำครั้งที่ 3
41	8 เม.ย. 2560	21	
42	9 เม.ย. 2560	29	
43	10 เม.ย. 2560	32	
44	11 เม.ย. 2560	36	
45	12 เม.ย. 2560	40	
46	13 เม.ย. 2560	44	
47	14 เม.ย. 2560	48	
48	15 เม.ย. 2560	50	ให้น้ำครั้งที่ 4
49	16 เม.ย. 2560	24	
50	17 เม.ย. 2560	36	

ข้อมูลที่ได้จากการวัด			
วันที่		ความชื้น (cintibar)	หมายเหตุ
51	18 เม.ย. 2560	48	
52	19 เม.ย. 2560	52	
53	20 เม.ย. 2560	59	ให้น้ำครั้งที่ 5
54	21 เม.ย. 2560	32	
55	22 เม.ย. 2560	41	
56	23 เม.ย. 2560	49	ฝนตก 18.9 mm
57	24 เม.ย. 2560	24	ฝนตก 48.4 mm
58	25 เม.ย. 2560	32	
59	26 เม.ย. 2560	37	
60	27 เม.ย. 2560	44	
61	28 เม.ย. 2560	49	ให้น้ำครั้งที่ 6
62	29 เม.ย. 2560	19	
63	30 เม.ย. 2560	13	
64	1 พ.ค. 2560	17	
65	2 พ.ค. 2560	23	



ภาพที่ ง-1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดึงความชื้นกับช่วงเวลา

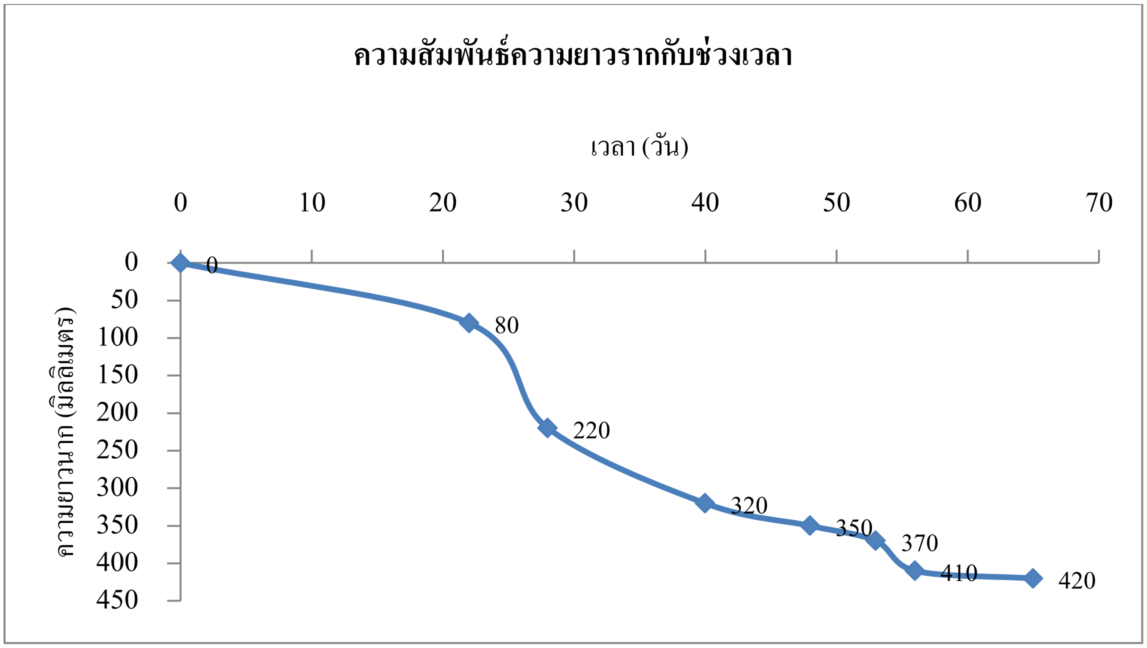
ภาคผนวก จ

การเจริญเติบโตของข้าวโพดฝักอ่อน

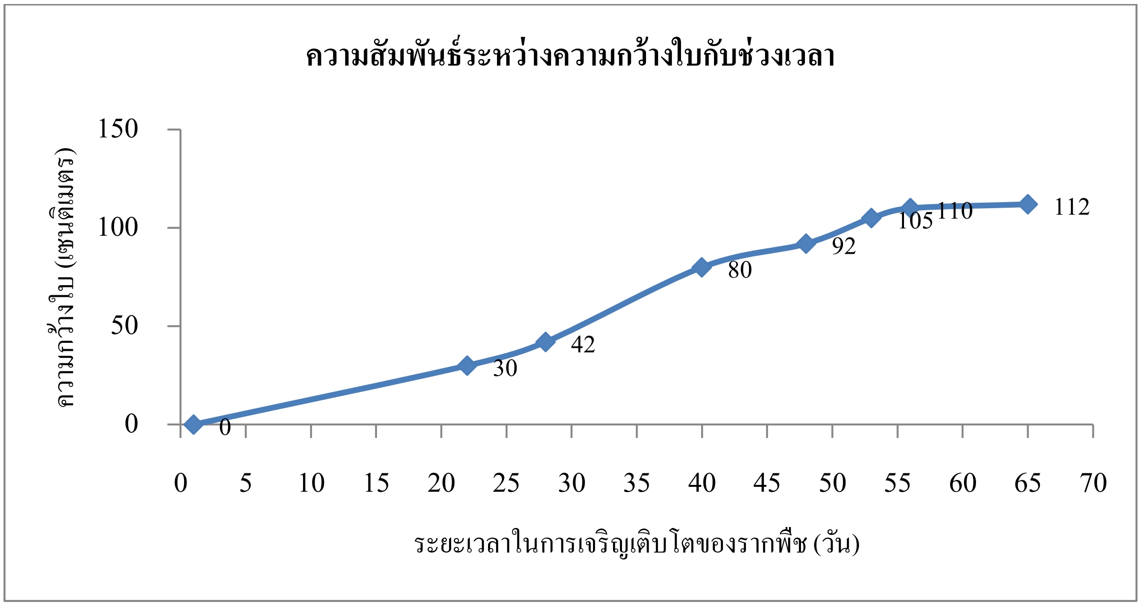
การเจริญเติบโตของข้าวโพดฝักอ่อน

อายุของพืช (วัน)	วันที่	ราก (mm)	ทรงพุ่ม (cm)	รูปภาพความกว้างใบ
22	20/03/2560	80	30	
28	26/03/2560	220	42	
40	07/04/2560	320	80	

อายุของพืช (วัน)	วันที่	ราก (mm)	ทรงพุ่ม (cm)	รูปภาพความกว้างใบ
48	15/04/2560	350	92	
53	20/04/2560	370	105	
56	23/04/2560	410	110	



ภาพที่ จ-1กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความยาวรากกับช่วงเวลา



ภาพที่ จ-2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความกว้างใบกับช่วงเวลา

ภาคผนวก ฉ

การเก็บตัวอย่างน้ำและการประเมินความสม่ำเสมอในการให้น้ำ

การเก็บตัวอย่างน้ำและการประเมินความสม่ำเสมอในการให้น้ำ

การให้ครั้งที่ 1 (ข้อมูล)											
วันที่				20/03/2560							
เวลาที่เริ่มปล่อยน้ำ				16.00 น.							
เวลาที่เก็บค่าตัวอย่าง				16.20 น.							
เวลา				20 นาที							
ปริมาณของน้ำตัวอย่างทั้งหมด (มิลลิลิตร)											
A1	A2	A3	A4	B1	B2	B3	B4	C1	C2	C3	C4
420	350	350	420	440	450	420	480	470	450	500	450

การให้ครั้งที่ 1 (วิเคราะห์)											
วันที่				20/03/2560							
ปริมาณของน้ำตัวอย่างทั้งหมด (ลิตร/ชั่วโมง)											
A1	A2	A3	A4	B1	B2	B3	B4	C1	C2	C3	C4
1.26	1.05	1.05	1.26	1.32	1.35	1.26	1.44	1.41	1.35	1.50	1.35
อัตราการไหลของตัวอย่างน้ำทั้งเฉลี่ย(qa) (ลิตร/ชั่วโมง)								1.3			
ปริมาณของน้ำตัวอย่างที่น้อยที่สุด 1/4 ของตัวอย่างทั้งหมด (ลิตร/ชั่วโมง)											
A1	A2	A3	A4	B1	B2	B3	B4	C1	C2	C3	C4
1.26	1.05	1.05									
อัตราการไหลของตัวอย่างน้ำที่น้อยที่สุด 1/4 ของตัวอย่างน้ำทั้งหมดเฉลี่ย(qn) (ลิตร/ชั่วโมง)								1.12			
ความสม่ำเสมอของการให้น้ำ(EU)(%)								86.15			

การให้ครั้งที่ 2											
วันที่				26/03/2560							
เวลาที่เริ่มปล่อยน้ำ				12.50 น.							
เวลาที่เก็บค่าตัวอย่าง				13.10 น.							
เวลา				20 นาที							
ปริมาณของน้ำตัวอย่างทั้งหมด (มิลลิลิตร)											
A1	A2	A3	A4	B1	B2	B3	B4	C1	C2	C3	C4
450	439	400	400	450	400	450	420	450	450	450	450

การให้ครั้งที่ 2											
วันที่				26/03/2560							
ปริมาณของน้ำตัวอย่างทั้งหมด (ลิตร/ชั่วโมง)											
A1	A2	A3	A4	B1	B2	B3	B4	C1	C2	C3	C4
1.35	1.32	1.20	1.20	1.35	1.20	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35
อัตราการไหลของตัวอย่างน้ำทั้งเฉลี่ย(qa) (ลิตร/ชั่วโมง)								1.31			
ปริมาณของน้ำตัวอย่างที่น้อยที่สุด 1/4 ของตัวอย่างทั้งหมด (ลิตร/ชั่วโมง)											
A1	A2	A3	A4	B1	B2	B3	B4	C1	C2	C3	C4
		1.20	1.20		1.20						
อัตราการไหลของตัวอย่างน้ำที่น้อยที่สุด 1/4 ของตัวอย่างน้ำทั้งหมดเฉลี่ย (qn) (ลิตร/ชั่วโมง)								1.20			
ความสม่ำเสมอของการให้น้ำ(EU)(%)								91.60			

การให้ครั้งที่ 3											
วันที่				07/04/2560							
เวลาที่เริ่มปล่อยน้ำ				12.30 น.							
เวลาที่เก็บค่าตัวอย่าง				12.50 น.							
เวลา				20 นาที							
ปริมาณของน้ำตัวอย่างทั้งหมด (มิลลิลิตร)											
A1	A2	A3	A4	B1	B2	B3	B4	C1	C2	C3	C4
420	245	450	400	450	430	380	425	440	450	450	440

การให้ครั้งที่ 3											
วันที่				07/04/2560							
ปริมาณของน้ำตัวอย่างทั้งหมด (ลิตร/ชั่วโมง)											
A1	A2	A3	A4	B1	B2	B3	B4	C1	C2	C3	C4
1.26	1.28	1.35	1.20	1.35	1.29	1.14	1.28	1.32	1.35	1.35	1.32
อัตราการไหลของตัวอย่างน้ำทั้งเฉลี่ย(qa) (ลิตร/ชั่วโมง)								1.29			
ปริมาณของน้ำตัวอย่างที่น้อยที่สุด 1/4 ของตัวอย่างทั้งหมด (ลิตร/ชั่วโมง)											
A1	A2	A3	A4	B1	B2	B3	B4	C1	C2	C3	C4
1.26			1.20			1.14					
อัตราการไหลของตัวอย่างน้ำที่น้อยที่สุด 1/4 ของตัวอย่างน้ำทั้งหมดเฉลี่ย (qn) (ลิตร/ชั่วโมง)								1.22			
ความสม่ำเสมอของการให้น้ำ(EU)(%)								94.51			

การให้ครั้งที่ 4											
วันที่				15/04/2560							
เวลาที่เริ่มปล่อยน้ำ				13.32 น.							
เวลาที่เก็บค่าตัวอย่าง				13.52 น.							
เวลา				20 นาที							
ปริมาณของน้ำตัวอย่างทั้งหมด (มิลลิลิตร)											
A1	A2	A3	A4	B1	B2	B3	B4	C1	C2	C3	C4
430	400	400	440	420	450	400	350	400	420	440	450

การให้ครั้งที่ 4											
วันที่				15/04/2560							
ปริมาณของน้ำตัวอย่างทั้งหมด (ลิตร/ชั่วโมง)											
A1	A2	A3	A4	B1	B2	B3	B4	C1	C2	C3	C4
1.29	1.20	1.20	1.32	1.26	1.35	1.20	1.05	1.20	1.26	1.32	1.35
อัตราการไหลของตัวอย่างน้ำทั้งเฉลี่ย(qa) (ลิตร/ชั่วโมง)								1.25			
ปริมาณของน้ำตัวอย่างที่น้อยที่สุด 1/4 ของตัวอย่างทั้งหมด (ลิตร/ชั่วโมง)											
A1	A2	A3	A4	B1	B2	B3	B4	C1	C2	C3	C4
	1.20	1.20					1.05				
อัตราการไหลของตัวอย่างน้ำที่น้อยที่สุด 1/4 ของตัวอย่างน้ำทั้งหมดเฉลี่ย (qn) (ลิตร/ชั่วโมง)								1.15			
ความสม่ำเสมอของการให้น้ำ(EU)(%)								92			

<table>
<tr><td colspan="12">การให้ครั้งที่ 5</td></tr>
<tr><td colspan="4">วันที่</td><td colspan="8">20/04/2560</td></tr>
<tr><td colspan="4">เวลาที่เริ่มปล่อยน้ำ</td><td colspan="8">18.50 น.</td></tr>
<tr><td colspan="4">เวลาที่เก็บค่าตัวอย่าง</td><td colspan="8">19.10 น.</td></tr>
<tr><td colspan="4">เวลา</td><td colspan="8">20 นาที</td></tr>
<tr><td colspan="12">ปริมาณของน้ำตัวอย่างทั้งหมด (มิลลิลิตร)</td></tr>
<tr><td>A1</td><td>A2</td><td>A3</td><td>A4</td><td>B1</td><td>B2</td><td>B3</td><td>B4</td><td>C1</td><td>C2</td><td>C3</td><td>C4</td></tr>
<tr><td>450</td><td>440</td><td>450</td><td>430</td><td>440</td><td>400</td><td>350</td><td>380</td><td>400</td><td>425</td><td>430</td><td>400</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td colspan="12">การให้ครั้งที่ 5</td></tr>
<tr><td colspan="4">วันที่</td><td colspan="8">20/04/2560</td></tr>
<tr><td colspan="12">ปริมาณของน้ำตัวอย่างทั้งหมด (ลิตร/ชั่วโมง)</td></tr>
<tr><td>A1</td><td>A2</td><td>A3</td><td>A4</td><td>B1</td><td>B2</td><td>B3</td><td>B4</td><td>C1</td><td>C2</td><td>C3</td><td>C4</td></tr>
<tr><td>1.35</td><td>1.32</td><td>1.35</td><td>1.29</td><td>1.32</td><td>1.20</td><td>1.05</td><td>1.14</td><td>1.20</td><td>1.28</td><td>1.29</td><td>1.20</td></tr>
<tr><td colspan="8">อัตราการไหลของตัวอย่างน้ำทั้งเฉลี่ย(qa) (ลิตร/ชั่วโมง)</td><td colspan="4">1.25</td></tr>
<tr><td colspan="12">ปริมาณของน้ำตัวอย่างที่น้อยที่สุด 1/4 ของตัวอย่างทั้งหมด (ลิตร/ชั่วโมง)</td></tr>
<tr><td>A1</td><td>A2</td><td>A3</td><td>A4</td><td>B1</td><td>B2</td><td>B3</td><td>B4</td><td>C1</td><td>C2</td><td>C3</td><td>C4</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>1.20</td><td>1.05</td><td>1.14</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td colspan="8">อัตราการไหลของตัวอย่างน้ำที่น้อยที่สุด 1/4 ของตัวอย่างน้ำทั้งหมดเฉลี่ย (qn) (ลิตร/ชั่วโมง)</td><td colspan="4">1.13</td></tr>
<tr><td colspan="8">ความสม่ำเสมอของการให้น้ำ(EU)(%)</td><td colspan="4">90.46</td></tr>
</table>

การให้ครั้งที่ 6											
วันที่				23/04/2560							
เวลาที่เริ่มปล่อยน้ำ				18.42 น.							
เวลาที่เก็บค่าตัวอย่าง				19.02 น.							
เวลา				20 นาที							
ปริมาณของน้ำตัวอย่างทั้งหมด (มิลลิลิตร)											
A1	A2	A3	A4	B1	B2	B3	B4	C1	C2	C3	C4
440	450	400	370	400	450	450	460	350	420	400	450

การให้ครั้งที่ 6											
วันที่				23/04/2560							
ปริมาณของน้ำตัวอย่างทั้งหมด (ลิตร/ชั่วโมง)											
A1	A2	A3	A4	B1	B2	B3	B4	C1	C2	C3	C4
1.32	1.35	1.20	1.11	1.20	1.35	1.35	1.38	1.05	1.26	1.20	1.35
อัตราการไหลของตัวอย่างน้ำทั้งเฉลี่ย(qa) (ลิตร/ชั่วโมง)								1.26			
ปริมาณของน้ำตัวอย่างที่น้อยที่สุด 1/4 ของตัวอย่างทั้งหมด (ลิตร/ชั่วโมง)											
A1	A2	A3	A4	B1	B2	B3	B4	C1	C2	C3	C4
		1.20	1.11					1.05			
อัตราการไหลของตัวอย่างน้ำที่น้อยที่สุด 1/4 ของตัวอย่างน้ำทั้งหมดเฉลี่ย (qn) (ลิตร/ชั่วโมง)								1.12			
ความสม่ำเสมอของการให้น้ำ(EU)(%)								88.89			

ภาคผนวก ช

ปริมาณน้ำที่ใช้จริงจากมาตรวัดกับปริมาณน้ำที่มาจากการคำนวณ

ปริมาณน้ำที่ใช้จริงจากมาตรวัดกับปริมาณน้ำที่มาจากการคำนวณ

ให้น้ำครั้งที่	วันที่	เวลาการให้น้ำ (ชั่วโมง)	อัตราการไหล (ลิตร/ชั่วโมง)	จำนวนหัวน้ำหยด	ปริมาณน้ำที่ให้ไป มาตรวัด (ลบ.ม.)	ปริมาณน้ำที่ให้ไปการคำนวณ (ลบ.ม.)	ความแตกต่าง (%)
1	20/03/2560	2	1.30	675	1.597	1.755	9.003
2	26/03/2560	6	1.31	675	4.792	5.3055	9.679
3	7/4/2560	7	1.29	675	5.595	6.09525	8.207
4	15/04/2560	5	1.25	675	3.991	4.21875	5.399
5	20/04/2560	3	1.25	675	2.407	2.53125	4.909
6	23/04/2560	5	1.26	675	3.998	4.2525	5.985

ตัวอย่างการคำนวณ <u>ให้น้ำครั้งที่ 1</u>

$$\text{ปริมาณที่ให้ไปจากการคำนวณ} = \frac{\text{จำนวนหัวน้ำหยด}\times\text{อัตราการไหล(ลิตร/ชั่วโมง)}\times\text{เวลาการให้น้ำ(ชั่วโมง)}}{1000}$$

$$= \frac{675\times1.3\times2}{1000}$$

= 1.755 ลูกบาศก์เมตร

$$\text{ความแตกต่าง} = \frac{\text{ปริมาณน้ำที่ให้ไปการคำนวณ}-\text{ปริมาณน้ำที่ให้ไป มาตรวัด}}{\text{ปริมาณน้ำที่ให้ไปการคำนวณ}}\times 100\%$$

$$= \frac{1.755-1.597}{1.755}\times100\ \%$$

= 9.003 %

ภาคผนวก ซ

การประเมินประสิทธิภาพการให้น้ำแก่พืช (Ea) และการคำนวณความสามารถในการอุ้มน้ำของดิน (dw)

การประเมินประสิทธิภาพการให้น้ำแก่พืช (Ea)

<table>
<tr><td colspan="3">การให้น้ำครั้งที่ 1</td></tr>
<tr><td colspan="2">วันที่</td><td>20/03/2560</td></tr>
<tr><td colspan="2">ความกว้างใบ</td><td>0.3 เมตร</td></tr>
<tr><td colspan="2">ความยาวแปลง</td><td>40.5 เมตร</td></tr>
<tr><td colspan="2">ความลึกของราก(dp)</td><td>22 เซนติเมตร</td></tr>
<tr><td colspan="2">รอบเวร</td><td>6 วัน</td></tr>
<tr><td colspan="2">เวลาการให้น้ำ</td><td>2 ชั่วโมง</td></tr>
<tr><td colspan="2">ความถ่วงจำเพาะ(As)</td><td>1.5</td></tr>
<tr><td colspan="2">ความชื้นในดินก่อนการให้น้ำ</td><td>11.18 เปอร์เซ็นต์</td></tr>
<tr><td colspan="3">มาตรวัดน้ำ</td></tr>
<tr><td>ก่อนให้น้ำ</td><td>หลังให้น้ำ</td><td>ปริมาณน้ำที่ให้(ลบ.เมตร)</td></tr>
<tr><td>25.3050</td><td>26.9020</td><td>1.597</td></tr>
<tr><td colspan="2">ความต้องการน้ำของพืชในรอบเวร(ET)</td><td>4.165 mm/day</td></tr>
<tr><td colspan="2">ปริมาณน้ำที่ให้จริงแก่พืชในรอบเวร(ETa)</td><td>4.381 mm/day</td></tr>
<tr><td colspan="2">ความต้องการน้ำของพืช(dw)</td><td>2.17 mm</td></tr>
<tr><td colspan="2">ประสิทธิภาพการให้น้ำแก่พืช (Ea)</td><td>95.06 เปอร์เซ็นต์</td></tr>
</table>

<u>วิธีการคำนวณ</u>

1.) น้ำที่ให้จริง (ETa) = $\dfrac{\text{ปริมาณน้ำที่ทำการให้ (ลิตร)}}{\text{ทรงพุ่ม (เมตร)} \times \text{ความยาวแปลง (เมตร)} \times \text{จำนวนร่อง} \times \text{รอบเวร (วัน)}}$

$$= \frac{1{,}597}{0.3 \times 40.5 \times 5 \times 6} = 4.381 \text{ mm/day}$$

2.) ความต้องการน้ำของพืชในรอบเวร(ET)= $\dfrac{\text{ค่าความต้องการน้ำของพืชในช่วงรอบเวร}}{\text{รอบเวร}} = \dfrac{24.99}{6} = 4.165$ mm/day

3.) ความสามารถในการอุ้มน้ำของดิน (dw) $= \dfrac{Pw \times As \times dp}{100}$

$$= \frac{(11.76-11.18) \times 1.5 \times 220}{100}$$

= 1.91 มม.

การให้น้ำครั้งที่ 2		
วันที่		26/03/2560
ความกว้างใบ		0.42 เมตร
ความยาวแปลง		40.5 เมตร
ความลึกของราก(dp)		29 เซนติเมตร
รอบเวร		12 วัน
เวลาการให้น้ำ		6 ชั่วโมง
ความถ่วงจำเพาะ(As)		1.5
ความชื้นในดินก่อนการให้น้ำ		13.07 เปอร์เซ็นต์
มาตรวัดน้ำ		
ก่อนให้น้ำ	หลังให้น้ำ	ปริมาณน้ำที่ให้(ลบ.เมตร)
29.2750	34.0670	4.792
ความต้องการน้ำของพืชในรอบเวร(ET)		4.667 mm/day
ปริมาณน้ำที่ให้จริงแก่พืชในรอบเวร(ET_a)		4.695 mm/day
ความต้องการน้ำของพืช(dw)		-6.46 mm
ประสิทธิภาพการให้น้ำแก่พืช (Ea)		99.36 เปอร์เซ็นต์

<u>วิธีการคำนวณ</u>

1.) น้ำที่ให้จริง (ETa) = $\dfrac{\text{ปริมาณน้ำที่ทำการให้ (ลิตร)}}{\text{ทรงพุ่ม (เมตร)} \times \text{ความยาวแปลง (เมตร)} \times \text{จำนวนร่อง} \times \text{รอบเวร (วัน)}}$

$$= \frac{4{,}792}{0.42 \times 40.5 \times 5 \times 12} = 4.695 \text{ mm/day}$$

2.) ความต้องการน้ำของพืชในรอบเวร(ET)= $\dfrac{\text{ค่าความต้องการน้ำของพืชในช่วงรอบเวร}}{\text{รอบเวร}} = \dfrac{56.00}{12} = 4.667$ mm/day

3.) ความสามารถในการอุ้มน้ำของดิน (dw) $= \dfrac{Pw \times As \times dp}{100}$

$$= \frac{(11.76-13.07) \times 1.5 \times 290}{100} = -5.70 \text{ มม.}$$

* ไม่มีการคำนวณให้น้ำ เนื่องจากในดินมีความชื้นเพียงพอ

การให้น้ำครั้งที่ 3			
วันที่		07/04/2560	
ความกว้างใบ		0.8	เมตร
ความยาวแปลง		40.5	เมตร
ความลึกของราก(dp)		32	เซนติเมตร
รอบเวร		8	วัน
เวลาการให้น้ำ		7	ชั่วโมง
ความถ่วงจำเพาะ(As)		1.7	
ความชื้นในดินก่อนการให้น้ำ		14.50	เปอร์เซ็นต์
มาตรวัดน้ำ			
ก่อนให้น้ำ	หลังให้น้ำ	ปริมาณน้ำที่ให้(ลบ.เมตร)	
37.8977	43.4927	5.595	
ความต้องการน้ำของพืชในรอบเวร(ET)		4.348	mm/day
ปริมาณน้ำที่ให้จริงแก่พืชในรอบเวร(ET_a)		4.317	mm/day
ความต้องการน้ำของพืช(dw)		-14.9	mm
ประสิทธิภาพการให้น้ำแก่พืช (Ea)		100.71	เปอร์เซ็นต์

<u>วิธีการคำนวณ</u>

1.) น้ำที่ให้จริง (ETa) = $\frac{\text{ปริมาณน้ำที่ทำการให้ (ลิตร)}}{\text{ทรงพุ่ม (เมตร)} \times \text{ความยาวแปลง (เมตร)} \times \text{จำนวนร่อง} \times \text{รอบเวร (วัน)}}$

$$= \frac{5{,}595}{0.8 \times 40.5 \times 5 \times 8} = 4.317 \text{ mm/day}$$

2.) ความต้องการน้ำของพืชในรอบเวร(ET)= $\frac{\text{ค่าความต้องการน้ำของพืชในช่วงรอบเวร}}{\text{รอบเวร}} = \frac{34.78}{8}$ = 4.348 mm/day

3.) ความสามารถในการอุ้มน้ำของดิน (dw) $= \frac{Pw \times As \times dp}{100}$

$$= \frac{(11.76-14.50) \times 1.5 \times 320}{100} = -13.15 \text{ มม.}$$

* ไม่มีการคำนวณให้น้ำ เนื่องจากในดินมีความชื้นเพียงพอ

การให้น้ำครั้งที่ 4		
วันที่		15/04/2560
ความกว้างใบ		0.92 เมตร
ความยาวแปลง		40.5 เมตร
ความลึกของราก(dp)		35 เซนติเมตร
รอบเวร		5 วัน
เวลาการให้น้ำ		5 ชั่วโมง
ความถ่วงจำเพาะ(As)		1.7
ความชื้นในดินก่อนการให้น้ำ		9.49 เปอร์เซ็นต์
มาตรวัดน้ำ		
ก่อนให้น้ำ	หลังให้น้ำ	ปริมาณน้ำที่ให้(ลบ.เมตร)
47.5693	51.8603	3.991
ความต้องการน้ำของพืชในรอบเวร(ET)		3.953 mm/day
ปริมาณน้ำที่ให้จริงแก่พืชในรอบเวร(ET_a)		4.284 mm/day
ความต้องการน้ำของพืช(dw)		13.51 mm
ประสิทธิภาพการให้น้ำแก่พืช (Ea)		92.25 เปอร์เซ็นต์

วิธีการคำนวณ

1.) น้ำที่ให้จริง (ETa) = $\dfrac{\text{ปริมาณน้ำที่ทำการให้ (ลิตร)}}{\text{ทรงพุ่ม (เมตร)} \times \text{ความยาวแปลง (เมตร)} \times \text{จำนวนร่อง} \times \text{รอบเวร (วัน)}}$

$= \dfrac{3{,}991}{0.92 \times 40.5 \times 5 \times 5} = 4.284$ mm/day

2.) ความต้องการน้ำของพืชในรอบเวร(ET)= $\dfrac{\text{ค่าความต้องการน้ำของพืชในช่วงรอบเวร}}{\text{รอบเวร}} = \dfrac{19.76}{5} = 3.953$ mm/day

3.) ความสามารถในการอุ้มน้ำของดิน (dw) $= \dfrac{Pw \times As \times dp}{100}$

$= \dfrac{(11.76-9.49) \times 1.5 \times 350}{100}$

$=$ 11.92 มม.

การให้น้ำครั้งที่ 5		
วันที่	20/04/2560	
ความกว้างใบ	1.05	เมตร
ความยาวแปลง	40.5	เมตร
ความลึกของราก(dp)	37	เซนติเมตร
รอบเวร	3	วัน
เวลาการให้น้ำ	3	ชั่วโมง
ความถ่วงจำเพาะ(As)	1.7	
ความชื้นในดินก่อนการให้น้ำ	9.21	เปอร์เซ็นต์
มาตรวัดน้ำ		
ก่อนให้น้ำ	หลังให้น้ำ	ปริมาณน้ำที่ให้(ลบ.เมตร)
52.6266	55.0336	2.407
ความต้องการน้ำของพืชในรอบเวร(ET)	3.162	mm/day
ปริมาณน้ำที่ให้จริงแก่พืชในรอบเวร(ET_a)	3.872	mm/day
ความต้องการน้ำของพืช(d)	16.04	mm
ประสิทธิภาพการให้น้ำแก่พืช (Ea)	81.66	เปอร์เซ็นต์

<u>วิธีการคำนวณ</u>

1.) น้ำที่ให้จริง (ETa) = $\dfrac{\text{ปริมาณน้ำที่ทำการให้ (ลิตร)}}{\text{ทรงพุ่ม (เมตร)} \times \text{ความยาวแปลง (เมตร)} \times \text{จำนวนร่อง} \times \text{รอบเวร (วัน)}}$

$$= \frac{1{,}597}{1.05 \times 40.5 \times 5 \times 3} = 4.381 \text{ mm/day}$$

2.) ความต้องการน้ำของพืชในรอบเวร(ET)= $\dfrac{\text{ค่าความต้องการน้ำของพืชในช่วงรอบเวร}}{\text{รอบเวร}} = \dfrac{9.49}{3} = 3.162$ mm/day

3.) ความสามารถในการอุ้มน้ำของดิน (dw) $= \dfrac{Pw \times As \times dp}{100}$

$$= \frac{(11.76-9.21) \times 1.5 \times 370}{100}$$

$$= 14.15 \text{ มม.}$$

การให้น้ำครั้งที่ 6		
วันที่		23/04/2560
ความกว้างใบ		1.10 เมตร
ความยาวแปลง		40.5 เมตร
ความลึกของราก		41 เซนติเมตร
รอบเวร		6 วัน
เวลาการให้น้ำ		5 ชั่วโมง
ความถ่วงจำเพาะ(As)		1.7
ความชื้นในดินก่อนการให้น้ำ		10.57 เปอร์เซ็นต์
มาตรวัดน้ำ		
ก่อนให้น้ำ	หลังให้น้ำ	ปริมาณน้ำที่ให้(ลบ.เมตร)
64.2282	68.2262	3.998
ความต้องการน้ำของพืชในรอบเวร(ET)		2.899 mm/day
ปริมาณน้ำที่ให้จริงแก่พืชในรอบเวร(ETa)		2.991 mm/day
ความต้องการน้ำของพืช(dw)		8.3 mm
ประสิทธิภาพการให้น้ำแก่พืช (Ea)		96.89 เปอร์เซ็นต์

วิธีการคำนวณ

1.) น้ำที่ให้จริง (ETa) = $\dfrac{\text{ปริมาณน้ำที่ทำการให้ (ลิตร)}}{\text{ทรงพุ่ม (เมตร)} \times \text{ความยาวแปลง (เมตร)} \times \text{จำนวนร่อง} \times \text{รอบเวร (วัน)}}$

$= \dfrac{3{,}998}{1.10 \times 40.5 \times 5 \times 6} = 2.991$ mm/day

2.) ความต้องการน้ำของพืชในรอบเวร(ET)= $\dfrac{\text{ค่าความต้องการน้ำของพืชในช่วงรอบเวร}}{\text{รอบเวร}} = \dfrac{17.39}{6} = 2.899$ mm/day

3.) ความสามารถในการอุ้มน้ำของดิน (dw) $= \dfrac{Pw \times As \times dp}{100}$

$= \dfrac{(11.76-10.57) \times 1.5 \times 410}{100}$

$= 7.32$ มม.

ภาคผนวก ฌ

ความต้องการน้ำของพืชรายวันตลอดการเพาะปลูก

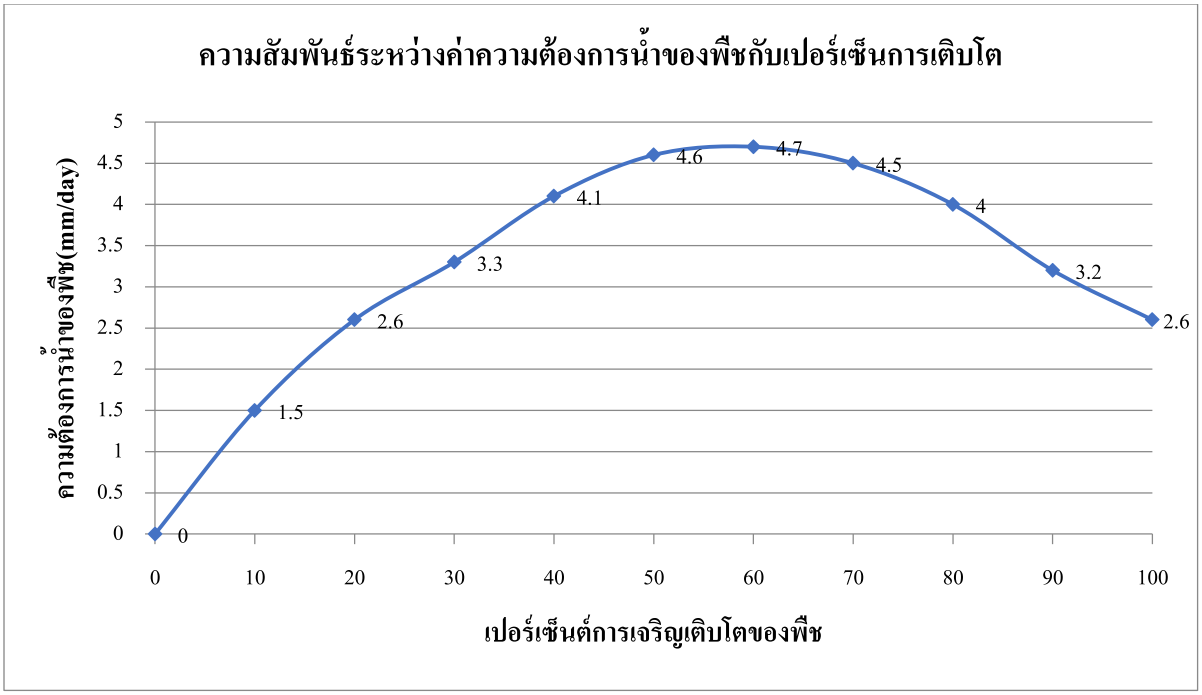
ความต้องการน้ำของพืชรายวันตลอดการเพาะปลูก

เปอร์เซ็นต์การเจริญเติบโต	10%						20%							30%						40%							50%						60%						
วันที่	27	28	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	1	2	3	4	5	6
เดือน	ก.พ		มี.ค																															เม.ย					
K_P	0.2	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
E_P(mmday)	4.4	4.4	5.1	5.1	5.1	5.1	5.1	5.1	5.1	5.1	5.1	5.1	5.1	5.1	5.1	5.1	5.1	5.1	5.1	5.1	5.1	5.1	5.1	5.1	5.1	5.1	5.1	5.1	5.1	5.1	5.1	5.1	5.1	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3
ET(mm/day)	0.9	1.3	1.5	1.5	1.5	1.5	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	4.1	4.1	4.1	4.1	4.1	4.1	4.1	4.6	4.6	4.6	4.6	4.6	4.6	4.6	4.7	4.7	4.7	4.7	4.7	4.7

เปอร์เซ็นต์การเจริญเติบโต	70%						80%							90%						100%						
วันที่	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	1	2
เดือน	เม.ย																								พ.ค	
K_P	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
E_P(mmday)	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	4.8	4.8
ET(mm/day)	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4	4	4	4	4	4	4	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.4	2.4

ข้าวโพดฝักอ่อนมีความต้องการน้ำตลอดการเพาะปลูก = 226.684 mm/65day

ค่าความต้องการน้ำเฉลี่ย = 3.487 mm/day



ภาพที่ ฌ-1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความต้องการน้ำของพืชกับเปอร์เซ็นต์การเติบโต

ภาคผนวก ญ

เวลาการให้น้ำแก่พืช

เวลาการให้น้ำแก่พืช

ในการคำนวณเวลาของการให้น้ำนั้นจำเป็นต้องทราบ พื้นที่รับน้ำ, ความต้องการน้ำของพืช, อัตราการไหล, และ ช่วงเวลา แต่เนื่องจากไม่ทราบความกว้างใบที่แท้จริง จึงทำการกำหนดความกว้างใบเท่ากับความกว้างของร่องคือ 1 เมตร และอัตราการไหลเท่ากับ 1.3 ลิตร/ชั่วโมง เพื่อที่จะคำนวณเวลาในการให้น้ำดังต่อไปนี้

วันที่	ช่วงเวลา	พื้นที่รับน้ำ (m^2)			ความต้องการน้ำของพืช (mm/day)	อัตราการไหล (ลิตร/ชั่วโมง)	จำนวนหัวน้ำหยด	เวลาในการให้น้ำคำนวณ (hr)	เวลาในการให้น้ำจริง (hr)
		ความยาวแปลง (m)	ความกว้างใบ (m)	จำนวนร่อง					
20/03/2560	2	40.5	1	5	4.16	1.3	675	1.92	2
26/03/2560	6	40.5	1	5	4.67	1.3	675	6.47	6
07/04/2560	8	40.5	1	5	4.35	1.3	675	8.03	7
15/04/2560	8	40.5	1	5	3.95	1.3	675	7.29	5
20/04/2560	5	40.5	1	5	3.16	1.3	675	3.65	3

ตัวอย่างการคำนวณ วันที่ 20/03/2560

$$\text{เวลาการให้น้ำ} = \frac{\text{พื้นที่รับน้ำ } (m^2) \times \text{ความต้องการน้ำของพืช (mm/day)} \times \text{ช่วงเวลา}}{\text{อัตราการไหล (ลิตร/ชั่วโมง)} \times \text{จำนวนหัวน้ำหยด}}$$

$$= \frac{40.5 \times 1 \times 5 \times 4.16 \times 2}{1.3 \times 675}$$

$$= 1.92 \text{ hr}$$

ดังนั้น เวลาให้น้ำ ของวันที่ 20/03/2560 เท่ากับ 2 hr

ภาคผนวก ฎ

ปริมาณน้ำที่จัดส่งให้แก่พืชตลอดการเพาะปลูกทั้งระบบการให้น้ำแบบร่องคูและแบบหยดตามทฤษฎี

การให้น้ำแบบร่องคู

ตารางที่ 2- 12 ปริมาณน้ำที่พืชต้องการในระบบร่องคูตั้งแต่วันที่ 27 ก.พ ถึง 4 พ.ค 2560

ระยะเวลาการปลูก (วัน)	10	20	30	40	50	60	65
เปอร์เซ็นต์การเติบโต	15.38	30.77	46.15	61.54	76.92	92.31	100
ET (mm/day)	2.55	4.08	4.59	4.48	3.95	2.64	2.39
Efficiency 50 %	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
ปริมาณน้ำที่จัดส่งให้แก่พืช (mm/day)	5.10	8.16	9.18	8.96	7.90	5.28	4.78
ปริมาณน้ำที่จัดส่งให้แก่พืช (m^3/rai/day)	8.16	13.06	14.69	14.34	12.64	8.45	7.65

ช่วง 0 - 10 วัน จะต้องจัดส่งน้ำแก่พืช เท่ากับ 8.16 × 10 = 81.6 0 m^3/rai/10day

ช่วง 10 - 20 วัน จะต้องจัดส่งน้ำแก่พืช เท่ากับ 13.06× 10 = 130.60 m^3/rai/10day

ช่วง 20 - 30 วัน จะต้องจัดส่งน้ำแก่พืช เท่ากับ 14.69× 10 = 146.90 m^3/rai/10day

ช่วง 30 -40 วัน จะต้องจัดส่งน้ำแก่พืช เท่ากับ 14.34× 10 = 143.40 m^3/rai/10day

ช่วง 40 - 50 วัน จะต้องจัดส่งน้ำแก่พืช เท่ากับ 12.64× 10 = 126.40 m^3/rai/10day

ช่วง 50 - 60 วัน จะต้องจัดส่งน้ำแก่พืช เท่ากับ 8.45× 10 = 84.50 m^3/rai/10day

ช่วง 60 - 65 วัน จะต้องจัดส่งน้ำแก่พืช เท่ากับ 7.65× 5 = 38.25 m^3/rai/5day

รวมปริมาณน้ำที่จะต้องจัดให้แก่พืชแบบร่องคู เป็นระยะเวลา 65 วัน = 751.65 m^3/rai

การให้น้ำแบบร่องคู

ตารางที่ 2- 13 ปริมาณน้ำที่พืชต้องการในระบบน้ำหยดตั้งแต่วันที่ 27 ก.พ ถึง 4 พ.ค 2560

ระยะเวลาการปลูก (วัน)	10	20	30	40	50	60	65
เปอร์เซ็นต์การเติบโต	15.38	30.77	46.15	61.54	76.92	92.31	100
ET (mm/day)	2.55	4.08	4.59	4.48	3.95	2.64	2.39
Efficiency 90 %	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.9
ปริมาณน้ำที่พืชต้องการ (mm/day)	2.83	4.53	5.10	4.98	4.39	2.93	2.65
ปริมาณน้ำที่พืชต้องการ (m^3/rai/day)	4.53	7.25	8.16	7.96	7.02	4.69	4.24

ช่วง 0 - 10 วัน จะต้องจัดส่งน้ำแก่พืช เท่ากับ 4.53 × 10 = 45.30 m^3/rai/10day

ช่วง 10 - 20 วัน จะต้องจัดส่งน้ำแก่พืช เท่ากับ 7.25 × 10 = 72.50 m^3/rai/10day

ช่วง 20 - 30 วัน จะต้องจัดส่งน้ำแก่พืช เท่ากับ 8.16 × 10 = 81.60 m^3/rai/10day

ช่วง 30 -40 วัน จะต้องจัดส่งน้ำแก่พืช เท่ากับ 7.96 × 10 = 79.60 m^3/rai/10day

ช่วง 40 - 50 วัน จะต้องจัดส่งน้ำแก่พืช เท่ากับ 7.02 × 10 = 70.20 m^3/rai/10day

ช่วง 50 - 60 วัน จะต้องจัดส่งน้ำแก่พืช เท่ากับ 4.69 × 10 = 46.90 m^3/rai/10day

ช่วง 60 - 65 วัน จะต้องจัดส่งน้ำแก่พืช เท่ากับ 4.24 × 5 = 21.20 m^3/rai/5day

รวมปริมาณน้ำที่จะต้องจัดให้แก่พืชแบบร่องคู เป็นระยะเวลา 65 วัน = 417.30 m^3/rai