โครงงานวิศวกรรมชลประทาน

(02207411)

ที่ 17 /2562

เรื่อง

การประเมินประสิทธิภาพการชลประทานแบบร่องคูสำหรับกล้วยในแปลงทดลองของภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน

Evaluation of Furrow Irrigation Efficiency for Bananas in Experimental Field of Department of Irrigation Engineering

โดย

นางสาวนทีทิพย์ ปัญญาชัย

นายบัณฑิต แก้วผลึก

นายอุดมศักดิ์ ตลอดไธสง

เสนอ

ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน

คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (วิศวกรรมโยธา - ชลประทาน)

พุทธศักราช 2562

ใบรับรองโครงงานวิศวกรรมชลประทาน

ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน

คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน

เรื่อง การประเมินประสิทธิภาพการชลประทานแบบร่องคูสำหรับกล้วยในแปลงทดลองของภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน

นามผู้ทำโครงการ นางสาวนทีทิพย์ ปัญญาชัย
นายบัณฑิต แก้วผลึก
นายอุดมศักดิ์ ตลอดไธสง

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

ประธานกรรมการ .....

(ผศ.นิมิตร เฉิดฉันท์พิพัฒน์)

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

กรรมการ .....

(ผศ.บุญมา ป้านประดิษฐ์)

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

.....

(อ.ดร.ทรงศักดิ์ ภัทราวุฒิชัย)

7 / พ.ค. / 2563

หัวหน้าภาควิชา .....

(ผศ.นิมิตร เฉิดฉันท์พิพัฒน์)

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

บทคัดย่อ

ชื่อเรื่อง : การประเมินประสิทธิภาพการชลประทานแบบร่องคูสำหรับกล้วยในแปลงทดลองของภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน

โดย : นางสาวนทีทิพย์ ปัญญาชัย

นายบัณฑิต แก้วผลึก

นายอุดมศักดิ์ ตลอดไธสง

ประธานที่ปรึกษาโครงงาน : .....

(ผศ.นิมิตร เฉิดฉันท์พิพัฒน์)

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

โครงงานวิศวกรรมชลประทานนี้ จัดทำขึ้นเพื่อจัดทำการประเมินผลการให้น้ำของกล้วยตามความเจริญเติบโตให้มีประสิทธิภาพการชลประทานสูง และเพื่อใช้เป็นข้อมูลในการประกอบการเรียนการสอนภาคปฏิบัติการวิชาการออกแบบการชลประทานและไร่นา โดยมีการประเมินประสิทธิภาพชลประทาน 3 ตัวชี้วัด คือ ความสม่ำเสมอให้การให้น้ำ (DU) ประสิทธิภาพการให้น้ำ (Ea) และความเพียงพอในการให้น้ำ (Es)

ผลการศึกษาที่อายุกล้วย 2 เดือน ถึง 12 เดือน มีความลึกรากเฉลี่ยอยู่ที่ 228 - 776 มิลลิเมตร เมื่อทำการเลือกอัตราการการให้น้ำที่ 5.55 ลิตรต่อวินาที พบว่า มีความสม่ำเสมอให้การให้น้ำ (DU) อยู่ระหว่างร้อยละ 73.77 – 88.42 ประสิทธิภาพการให้น้ำ (Ea) อยู่ระหว่างร้อยละ 27.92 - 58.44 และความเพียงพอในการให้น้ำ (Es) อยู่ที่ร้อยละ 100 โดยในการศึกษาความชื้นที่จุดวิกฤตที่ 0.3 บาร์ และความชื้นชลประทานอยู่ที่ 0.1 บาร์ มีความชื้นอยู่ที่ร้อยละ 26.29 และ 23.16 ตามลำดับ

ABSTRACT

Title : Evaluation of Furrow Irrigation Efficiency for Bananas in Experimental Field of Department of Irrigation Engineering

By : Miss Nateetip Punyachai

Mr. Bundit Kaeophaluek

Mr. Oudomsuk Thalodthaisong

Project Advisor: .....

(Asst. Prof. Nimit Cherdchanpipat)

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

The objective of this irrigation engineering project is to evaluate the furrow irrigation efficiency for bananas according to their growth and to obtain the data used as a material in Design of Farm Irrigation System Laboratory. Three indicators which were distribution uniformity (DU), application efficiency (Ea) and storage efficiency (Es) were specifically studied in this research.

Results indicated that the average depths of banana roots were 228 - 776 millimeters at the age of 2 - 12 months using the watering rate of 5.55 liters per second. The distribution uniformities were in the range of 73.77 – 88.42 percentages, the application efficiencies were about 27.92 - 58.44 percentages, and the storage efficiencies were 100 percentages for all cases. In this study, the moisture at the critical point was 0.3 bars, and the field capacity was 0.1 bars with the moisture content of 26.29% and 23.16% respectively.

คำนิยาม

โครงงานวิศวกรรมชลประทาน เรื่องการประเมินประสิทธิภาพการชลประทานแบบร่องคูตามความเจริญเติบโตของกล้วยในแปลงทดลองของภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีนั้น คณะผู้จัดทำขอกราบขอบพระคุณ ผศ.นิมิตร เฉิดฉันท์พิพัฒน์ และ ผศ.บุญมา ป้านประดิษฐ์ อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานที่ได้กรุณาให้คำแนะนำ คำปรึกษาในการค้นคว้างานวิจัย และตรวจสอบความถูกต้องของโครงงานวิศวกรรมชลประทาน จนทำให้โครงงานวิศวกรรมชลประทานมีความถูกต้องและสมบูรณ์

ขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมชลประทานทุกท่าน ที่ได้กรุณาอบรม บ่มเพาะและมอบความรู้ทางด้านวิชาวิศวกรรมชลประทาน ซึ่งเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการศึกษา ค้นคว้า และจัดทำโครงงาน และขอขอบคุณบุคลากรประจำภาควิชาวิศวกรรมชลประทานทุกท่าน ที่ได้ให้การช่วยเหลือและคำแนะนำต่าง ๆ ในการจัดทำโครงงานวิศวกรรมนี้

สุดท้ายนี้คณะผู้จัดทำขอให้โครงงานวิศวกรรมนี้ได้เป็นประโยชน์ต่อผู้ที่สนใจ และเพื่อใช้เป็นข้อมูลในการประกอบการเรียนการสอนภาคปฏิบัติการวิชาการออกแบบการชลประทานและไร่นา หากมีความบกพร่องหรือผิดพลาดประการใดในโครงงานวิศวกรรมนี้ คณะผู้จัดทำกราบขออภัยมา ณ ที่นี้ด้วย

คณะผู้จัดทำ

นางสาวนทีทิพย์ ปัญญาชัย

นายบัณฑิต แก้วผลึก

นายอุดมศักดิ์ ตลอดไธสง

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	ก
ABSTRACT	ข
คำนิยาม	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ช
สารบัญภาพ	ซ
บทที่ 1 บทนำ	**1-1**
1.1 ความเป็นมาและที่มาของปัญหา	1-1
1.2 วัตถุประสงค์	1-2
1.3 ขอบเขตการศึกษา	1-2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	1-2
บทที่ 2 การตรวจเอกสารและรวบรวมข้อมูล	**2-1**
2.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของกล้วย	2-1
2.2 การให้น้ำแบบร่องคู	2-1
2.3 การประเมินประสิทธิภาพการชลประทาน	2-9

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการ	**3-1**
3.1 วัสดุอุปกรณ์	3-1
3.2 วิธีการทดลอง	3-2
3.2.1 การเตรียมการก่อนทำการประเมิน	3-2
3.2.2 การกำหนดการให้น้ำแก่พืช	3-5
บทที่ 4 ผลการศึกษาและวิจารณ์ผลการศึกษา	**4-1**
4.1 ผลการศึกษาดินบริเวณแปลงทดลองและความยาวรากตามอายุที่ต้องการศึกษา	4-1
4.1.1 ชนิดของดิน	4-1
4.1.2 ค่าความถ่วงจำเพาะปรากฏของดิน, As	4-2
4.1.3 ค่าแรงดึงความชื้น, P_W	4-2
4.1.4 การหาความยาวของราก, d_p	4-3
4.1.5 ปริมาณน้ำที่ต้องให้	4-3
4.1.6 อัตราการดูดซึมน้ำในร่องคู	4-4
4.1.7 การเลือกอัตราการให้น้ำ	4-4
4.2 ผลการศึกษาการประเมินประสิทธิภาพการชลประทานแบบร่องคู	4-6
4.3 รอบเวรการให้น้ำ	4-13

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ	**5-1**
5.1 สรุปผล	5-1
5.2 วิจารณ์ผลการทดลอง	5-1
5.3 ข้อเสนอแนะ	5-1
เอกสารอ้างอิง	1
ภาคผนวก	**3**
ภาคผนวก ก การจำแนกชนิดดิน	4
ภาคผนวก ข ข้อมูลช่วงน้ำหลาก	7
ภาคผนวก ค อัตราการดูดซึมน้ำในร่องคู	11
ภาคผนวก ง การคำนวณหาค่าความชื้นชลประทาน	22
ภาคผนวก จ รอบเวรการให้น้ำ	25
ภาคผนวก ฉ ความลึกของรากกล้วย	28
ภาคผนวก ช การคำนวณการประเมินประสิทธิภาพการชลประทานที่อายุการเจริญเติบโตต่าง ๆ	30
ภาคผนวก ซ มาตรฐาน ICID/ILRI	47

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2-1 ความยาวร่องคูที่แนะนำ เป็นเมตร 2-4

ตารางที่ 2-2 ค่าความถ่วงจำเพาะปรากฏของดิน (As) 2-6

ตารางที่ 2-3 ระดับแรงดึงความชื้นของดินที่ควรให้น้ำเพื่อให้ได้ผลผลิตสูงสุด 2-7

ตารางที่ 4-1 ตารางแสดงการคำนวณหาค่าความถ่วงจำเพาะปรากฏของดิน, As 4-2

ตารางที่ 4-2 ตารางแสดงความลึกของรากกล้วยที่การเจริญเติบโตในช่วงอายุต่าง ๆ 4-3

ตารางที่ 4-3 แสดงปริมาณน้ำที่ต้องให้แก่พืช 4-3

ตารางที่ 4-4 ตารางแสดงเวลาที่น้ำไหลไปสุดร่องโดยใช้เวลา 1/4 ของเวลาที่จะต้องให้น้ำ 4-5

ตารางที่ 4-5 แสดงเวลาการให้น้ำ 4-6

ตารางที่ 4-6 เวลาน้ำหลากจากจุดแรกจนถึงจุดสุดท้ายของแปลง 4-7

ตารางที่ 4-7 ความลึกของน้ำที่ซึมลงดินตามเวลาการให้น้ำของอายุกล้วย 2 เดือน 4-8

ตารางที่ 4-8 ตารางการเก็บค่าเพื่อศึกษาความสม่ำเสมอของการให้น้ำ, DU 4-9

ตารางที่ 4-9 ตารางการเก็บค่าเพื่อศึกษาประสิทธิภาพการให้น้ำ, Ea 4-10

ตารางที่ 4-10 ตารางแสดงค่าความลึกน้ำที่ซึมลงดินกับร้อยละของพื้นที่สะสม 4-11

ตารางที่ 4-11 ตารางการเก็บค่าเพื่อศึกษาความเพียงพอในการให้น้ำ, Es 4-12

ตารางที่ 4-12 แสดงผลการประเมินประสิทธิภาพการชลประทานแบบร่องคูที่ อัตราการให้น้ำ 5.55 ลิตรต่อวินาที 4-12

ตารางที่ 4-13 แสดงผลปริมาณน้ำที่กล้วยใช้ประโยชน์ 4-14

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 2-1 รูปตัดขวางของร่องคู 2-2

ภาพที่ 2-2 ผลของขนาดและรูปร่างแปลงต่อความยาวร่องคู 2-2

ภาพที่ 2-3 ลักษณะการชลประทานแบบร่องคู 2-2

ภาพที่ 2-4 ผลของขนาดและรูปร่างแปลงต่อความยาวร่องคู 2-3

ภาพที่ 2-5 สัดส่วนของทราย ตะกอนทราย และดินเหนียว สำหรับเรียกชื่อดิน 2-5

ภาพที่ 2-6 ความสัมพันธ์ระหว่างเมล็ดดิน น้ำ และอากาศในก้อนดิน 2-6

ภาพที่ 2-7 ความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นในดินกับการกำหนดการให้น้ำแก่พืช 2-7

ภาพที่ 3.1 พื้นที่ขนาดร่องคูแปลงทดลอง 3-2

ภาพที่ 3.2 ร่องคูที่ใช้ในการทดลอง 3-2

ภาพที่ 3.3 เครื่องร่อนผ่านตะแกรง จากห้องปฏิบัติการทางวิศวกรรมโยธา 3-3

ภาพที่ 3.4 เครื่องแยกความชื้นออกจากดิน (Soil Moisture Extractor) 3-3

ภาพที่ 3.5 ติดตั้งรางวัดน้ำแบบไม่มีคอ (Cut-throat Flume) ขนาด 10×90 ซม. 3-4

ภาพที่ 3.6 การวัดอัตราการซึมด้วยวิธี Inflow-Outflow 3-4

ภาพที่ 4-1 กราฟแสดงการแบ่งแยกประเภทเนื้อดินตามสัดส่วนของเมล็ดทราย 4-1

ภาพที่ 4-2 กราฟแรงดึงความชื้นกับปริมาณความชื้นโดยน้ำหนักดินแห้ง 4-2

ภาพที่ 4-3 กราฟอัตราการดูดซึมน้ำในดิน 4-4

ภาพที่ 4-4 กราฟน้ำหลาก 4-4

ภาพที่ 4-5 กราฟแสดงการเลือกอัตราการให้น้ำที่เวลาการให้น้ำ $\frac{t_n}{4}$ 4-5

สารบัญภาพ(ต่อ)

หน้า

ภาพที่ 4-6 ความสัมพันธ์ระหว่างความลึกน้ำที่ซึมลงดินกับร้อยละของพื้นที่สะสม 4-11

ภาพที่ 4-7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับแรงดึงความชื้นในดิน 4-13

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและที่มาของปัญหา

เนื่องจากแปลงทดลองของภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ มีการปลูกกล้วยเป็นจำนวนมาก ยังไม่มีคำแนะนำการให้น้ำแก้ต้นกล้วยและการประเมินประสิทธิภาพการชลประทานอย่างเป็นระบบ เพื่อให้การให้น้ำแก่ต้นกล้วยด้วยวิธีการชลประทานแบบร่องคูมีประสิทธิภาพการชลประทานสูงขึ้น โดยมีการประเมินประสิทธิภาพอยู่ 3 ตัวชี้วัด คือ

ความสม่ำเสมอในการให้น้ำ (Distribution Uniformity, DU) เป็นตัววัดว่าระบบชลประทานนั้นให้น้ำกับแปลงได้สม่ำเสมอดีมากน้อยเพียงใด ถ้าให้น้ำได้สม่ำเสมออย่างสมบูรณ์ (ความสม่ำเสมอจะเท่ากับ 100%) แสดงว่าทุกจุดในแปลงได้รับน้ำเท่ากันทั้งหมด ถ้าให้น้ำไม่สม่ำเสมอจะแสดงว่าบางจุดได้รับน้ำพอดี (Complete Irrigation) บางจุดได้รับน้ำไม่พอ (Under-Irrigation) และบางจุดได้รับน้ำมากเกินไป (Over-Irrigation)

ประสิทธิภาพการให้น้ำ (Application Efficiency, Ea) โดยค่าประสิทธิภาพการให้น้ำจะมีค่ามากที่สุดในกรณีที่ปริมาณน้ำที่นำไปใช้ให้เกิดประโยชน์มีค่าเท่ากับกับปริมาณน้ำทั้งหมดที่ใส่ไปในระบบ และไม่ทำให้เกิดปริมาณน้ำที่ไหลเลยเขตราก (Deep Percolation, DP) กับปริมาณน้ำที่ไหลเลยท้ายแปลง (Runoff, RO)

ความเพียงพอในการให้น้ำ (Storage Efficiency, Es) หรือปริมาณการกักเก็บน้ำ ซึ่งถ้ากรณีที่การให้น้ำไม่สม่ำเสมอมีบางจุดได้รับน้ำมากเกินไปและบางจุดได้รับน้ำน้อยเกินไป กรณีนี้จะบอกถึงความเพียงพอของการชลประทานได้จากเปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ให้น้ำที่ได้รับน้ำเพียงพอกับความต้องการ โดยที่ค่าความเพียงพอของการชลประทาน (Es) จะแปรผกผันกับค่าประสิทธิภาพในการให้น้ำ (Ea) ซึ่งค่าการแปรผกผันจะขึ้นอยู่กับค่าของปริมาณน้ำที่ไหลเลยเขตราก (Deep Percolation, DP) กับปริมาณน้ำที่ไหลเลยท้ายแปลง (Runoff, RO) โดยเมื่อค่าของ DP และ RO มีค่ามากจะทำให้ค่าของประสิทธิภาพในการให้น้ำ (Ea) มีค่าน้อย แต่จะทำให้ค่าของความเพียงพอของการชลประทาน (Es) มีค่ามาก

ซึ่งผลที่ได้นั้นจะทำให้ทราบถึงประสิทธิภาพการชลประทานแบบร่องคู และการเลือกอัตราการไหลระยะเวลาที่ให้น้ำที่เหมาะสมกับอายุของกล้วยและมีประสิทธิภาพการชลประทานสูงตามความเจริญเติบโต จึงมีความจำเป็นที่ต้องศึกษาเพื่อให้ผู้ที่สนใจนำไปเป็นข้อมูลประกอบเลือกใช้การให้น้ำแก่ต้นกล้วยตามความเหมาะสมของแปลงภาควิชาวิศวกรรมชลประทานต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์

เพื่อประเมินประสิทธิภาพการชลประทานแบบร่องคูตามความเจริญเติบโตของกล้วยที่ช่วงอายุ 2, 4, 6, และ 12 เดือน ในแปลงทดลองของภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ให้มีประสิทธิภาพการชลประทานสูง และเพื่อใช้เป็นข้อมูลประกอบการเรียนการสอนภาคปฏิบัติการสำหรับวิชาการออกแบบการชลประทานและไร่นา (Design of Farm Irrigation System)

1.3 ขอบเขตการศึกษา

1. ใช้แปลงทดลองที่มีการปลูกกล้วยของภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ มีการใช้ความยาวของร่องคู 150 เมตร ระยะห่างระหว่างร่องคู 1 เมตร

2. การประเมินประสิทธิภาพการชลประทานแบบร่องคู 3 ตัวชี้วัด คือ ความสม่ำเสมอในการให้น้ำชลประทาน (DU), ประสิทธิภาพการให้น้ำชลประทาน (Ea) และความเพียงพอในการให้น้ำชลประทาน (Es)

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ประสิทธิภาพการชลประทานแบบร่องคูสูงตามที่กำหนดเป้าหมายไว้ คือ ความสม่ำเสมอในการให้น้ำชลประทาน (DU) มากกว่าร้อยละ 80 ประสิทธิภาพการให้น้ำชลประทาน (Ea) มากกว่าร้อยละ 57 ความเพียงพอในการให้น้ำชลประทาน (Es) มากกว่าหรือเท่ากับร้อยละ 100

2. มีบอร์ดแสดงวิธีการและขั้นตอนในการให้น้ำแก่กล้วยบนแผ่นไวนิล ขนาด 1.20 เมตร*4.8 เมตร เพื่อประกอบการเรียนการสอน

บทที่ 2

การตรวจเอกสารและรวบรวมข้อมูล

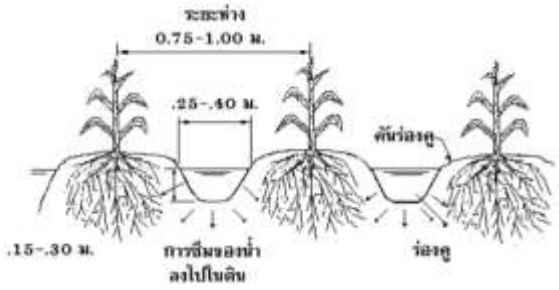
2.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของกล้วย

กล้วยมีระบบรากเป็นแบบรากฝอย รากแผ่กระจายได้ถึง 5.2 เมตร และลึกประมาณ 75 เซนติเมตร ลำต้นของกล้วยที่อยู่ใต้ดินเรียกว่า เหง้า และมีกาบใบซึ่งจะชูก้านใบและใบ เมื่อเจริญแล้วจะมีใบสุดท้ายก่อนเกิดดอกเรียกว่า ใบธง กาบใบกล้วยจะมีช่องอากาศครึ่งหนึ่งของพื้นที่และต่อกันเป็นท่อยาว มีท่อน้ำเลี้ยง ท่อลำเลียงอาหารเรียงขนานกันอย่างต่อเนื่อง ผิวด้านนอกของกาบใบเป็นเงา เป็นใบเดี่ยว แผ่นใบยาวประมาณ 1.5 - 3 เมตร กว้างประมาณ 40 - 60 เซนติเมตร ดอกออกเป็นช่อเรียกว่า หัวปลี ห้อยลงมายาวประมาณ 60 - 130 เซนติเมตร มีกาบใบหุ้มช่อดอกสีแดงปนม่วง มีลักษณะกลมรียาวประมาณ 15 - 30 เซนติเมตร ดอกย่อยออกติดกันเป็นแผง ดอกที่ฐานเป็นดอกตัวเมีย ส่วนปลายเป็นดอกตัวผู้ เมื่อดอกตัวเมียเริ่มเจริญไปเป็นผล ดอกตัวผู้จะร่วงหล่นไป กลุ่มดอกเพศเมียเจริญเป็นผลได้โดยไม่ต้องผสมพันธุ์ กลุ่มผล กล้วย 1 กลุ่ม เรียกว่า 1 หวี ช่อดอกเมื่อเจริญเป็นผล เรียกว่าเครือ บางเครือมีเพียง 2-3 หวี บางเครืออาจมีมากกว่า 10 หวี ทั้งนี้แล้วแต่พันธุ์กล้วย และการบำรุงดูแล เมล็ดมีสีดำซึ่งกล้วยบางต้นและบางพันธุ์เท่านั้นที่มีเมล็ด (ศูนย์วิจัยพืชยืนต้นและไม้ผลเมืองร้อน คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, ม.ป.ป.; โครงการสารานุกรมไทยสำหรับเยาวชน โดยพระราชประสงค์ในพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว, **2548**)

2.2 การใช้น้ำของพืช

2.2 การให้น้ำแบบร่องคู

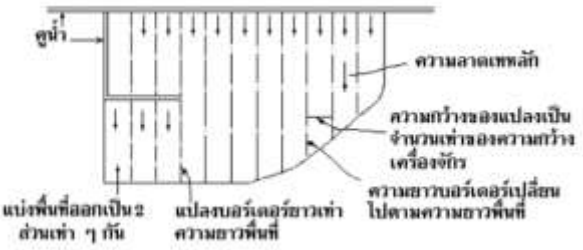
การให้น้ำด้วยวิธีการชลประทานแบบร่องคูจะมีประสิทธิภาพสูงกว่าการให้น้ำของเกษตรกรที่ให้น้ำแก่พืชแบบเช้า-เย็น โดยมีปัจจัยที่เกี่ยวข้อง คือ ความยาวของร่องคู ความชันของร่องคู ชนิดของดิน (**Eba, 2018**) ขนาดของร่องคู รูปร่างของร่องคู และอัตราการไหลของน้ำ ซึ่งจะทำให้การออกแบบและการจัดการนั้นง่ายขึ้น (**Zerihun *et al.*, 2001**) อีกทั้งการชลประทานแบบร่องคูจะให้น้ำแก่พืชได้อย่างพอเพียง สม่ำเสมอทั่วทั้งแปลง และจะมีประสิทธิภาพดี ก็ต่อเมื่อการเลือกรูปร่างร่องคู ระยะห่างระหว่างร่องคู ความยาวร่องคู ความลาดเทและมีการจัดการที่เหมาะสม (วราวุธ, **2545**)



ภาพที่ 2-1 รูปตัดขวางของร่องคู

(ที่มา: วราวุธ (2545))

2.2.1 ขนาดและรูปร่างของร่องคู ในทางปฏิบัติความยาวของร่องคูจะถูกจำกัดโดยขนาดและรูปร่างของแปลงเพาะปลูก ในพื้นที่ขนาดเล็กปกติจะออกแบบให้ความยาวร่องคูเท่ากับความยาวแปลง แต่ในพื้นที่ขนาดใหญ่อาจแบ่งพื้นที่ออกเป็น 2 ส่วนหรือมากกว่าตามความเหมาะสม โดยแต่ละส่วนควรมี ความยาวเท่ากัน การชลประทานแบบร่องคูเป็นการปล่อยให้น้ำไหลไปในคูขนาดเล็กและให้น้ำค่อย ๆ ซึมเข้าไปในดินทางด้านข้าง ๆ และท้องร่องคู การให้น้ำแบบนี้เหมาะสำหรับพืชที่เป็นแถวและพืชที่ไม่ชอบน้ำท่วมโคลน (วราวุธ, **2545**) ดังแสดงในภาพที่ 2-2

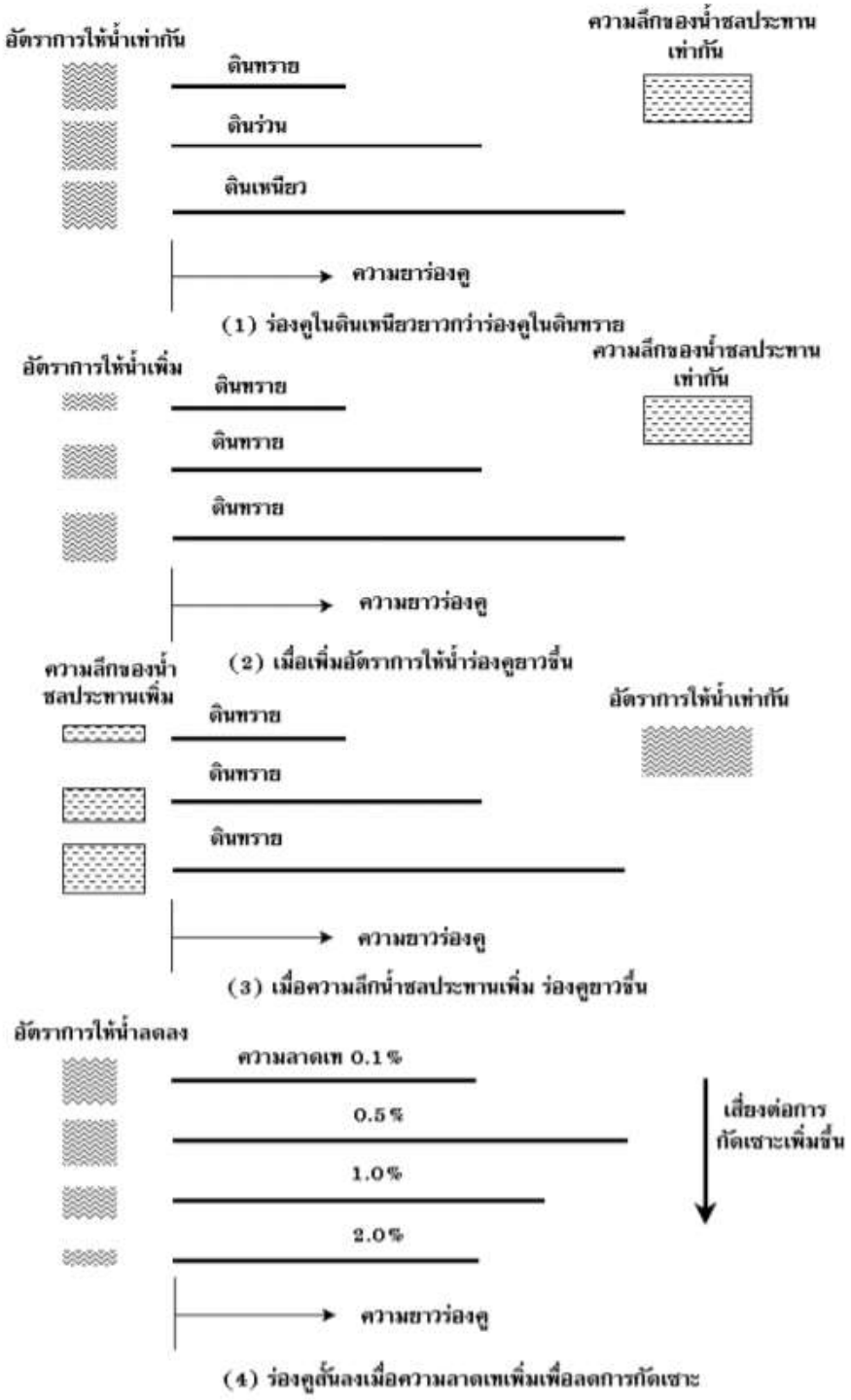


ภาพที่ 2-2 ผลของขนาดและรูปร่างแปลงต่อความยาวร่องคู

(ที่มา: วราวุธ (2545))

ภาพที่ 2-3 ลักษณะการชลประทานแบบร่องคู

(ที่มา: วราวุธ (2545))



ภาพที่ 2-4 ผลของขนาดและรูปร่างแปลงต่อความยาวร่องคู

(ที่มา: วราวุธ และพงศธร (2536))

ตารางที่ 2-1 ความยาวร่องคูที่แนะนำ เป็นเมตร

ความลาดเทของร่องคู %	อัตราการให้น้ำสูงสุด ลิตรต่อวินาที	ดินเหนียว (CLAYS)				ดินร่วน (LOAMS)				ดินทราย (SANDS)			
		ความลึกน้ำที่จะให้ - มม.											
		75	150	225	300	50	100	150	200	50	75	100	125
0.05	12	300	400	400	400	120	270	400	400	60	90	150	190
0.1	6	340	440	470	500	180	340	440	470	90	120	190	220
0.2	3	370	470	530	620	220	370	470	530	120	190	250	300
0.3	2	400	500	620	800	280	400	500	600	150	220	280	400
0.5	1.25	400	500	560	750	280	370	470	530	120	190	250	300
1.0	0.6	280	400	500	600	250	300	370	470	90	150	220	250
1.5	0.4	250	340	430	500	220	280	340	400	80	120	190	220
2.0	0.3	220	270	340	400	180	250	300	340	60	90	150	190

ที่มา: วราวุธ (2545)

2.2.2 อัตราการให้น้ำ ร่องคูจะต้องมีขนาดใหญ่พอให้น้ำไหลได้โดยไม่เกิดการกัดเซาะ ปกติอัตราการให้น้ำจะอยู่ระหว่าง 0.2 ถึง 3 ลิตรต่อวินาที จากการทดลองพบว่าพืชจะได้รับน้ำสม่ำเสมอกันดีถ้าน้ำที่ไหลนั้นไหลไปสุดร่องโดยใช้เวลาเพียง 1/4 ของเวลาที่จะต้องให้น้ำ และพบว่าอัตราการให้น้ำที่มากที่สุดที่จะไม่ทำให้เกิดการกัดเซาะร่องคู (วราวุธ, **2545**) จะประมาณได้จากสมการที่ 1

$$Q = \frac{C}{S} \qquad . \ . \ . \ . \ . \ . \ . \ (1)$$

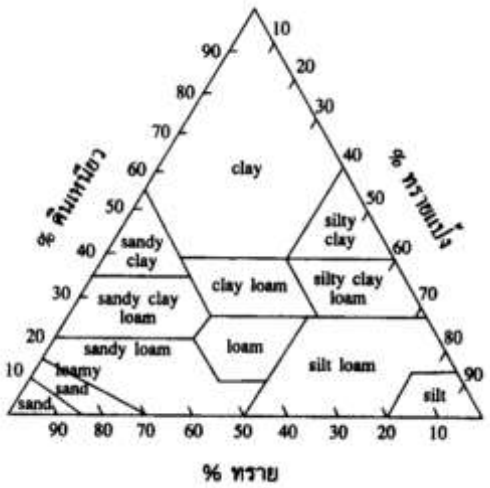
โดย Q = อัตราการให้น้ำสูงสุดที่จะไม่เกิดการกัดเซาะ

S = ความลาดเทของร่องเป็นเปอร์เซ็นต์

C = ค่าคงที่ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.6 เมื่ออัตราการให้น้ำมีหน่วยเป็นลิตรต่อวินาที

2.2.3 คุณสมบัติของดินที่เกี่ยวข้อง

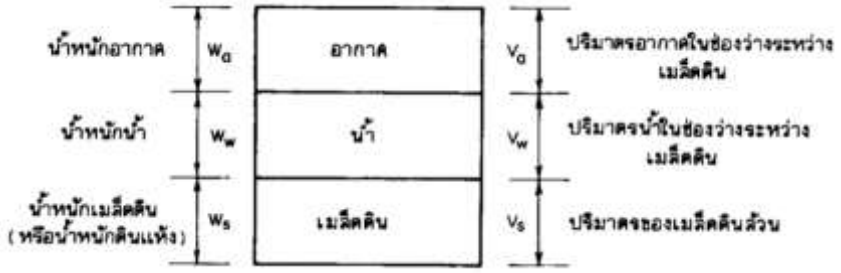
2.2.3.1 เนื้อดิน (Soil Texture) เป็นการแยกเมล็ดดินทั้ง 3 ชนิดออกจากกัน โดยมีทั้งวิธีการ sieve analysis และวิธี hydrometer method ซึ่งเป็นการเอาดินที่ต้องการทราบร้อยละของชนิดเมล็ดดิน จำแนกเป็นเมล็ดทราย เมล็ดตะกอนทราย และเมล็ดดินเหนียว ทำโดยการนำมาบดให้ละเอียดและนำไปผสมกับน้ำและสารเคมีบางชนิดที่ทำให้ดินสามารแยกตัวกันได้ เมื่อทราบร้อยละของเมล็ดทราย เมล็ดตะกอนทราย และเมล็ดดินเหนียวแล้ว เมื่อนำค่าร้อยละของดินที่ได้ในแต่ละชนิดไปเปรียบเทียบกับแผนภาพที่ 2-4 จะสามารถบอกลักษณะของเนื้อดินได้ (วราวุธ, **2545**)



ภาพที่ 2-5 สัดส่วนของทราย ตะกอนทราย และดินเหนียว สำหรับเรียกชื่อดิน

(ที่มา: บุญมา (2546))

2.2.3.2 ความถ่วงจำเพาะปรากฏ (Apparent Specific Gravity) คืออัตราส่วนระหว่างน้ำหนักของดินแห้งต่อน้ำหนักของน้ำที่มีปริมาตรเท่ากับดินทั้งก้อนซึ่งรวมช่องว่างระหว่างเม็ดดินด้วย (วิบูลย์, **2524**)



ภาพที่ 2-6 ความสัมพันธ์ระหว่างเมล็ดดิน น้ำ และอากาศในก้อนดิน

(ที่มา: อภิชาต และคณะ (2524))

จากภาพที่ 2-6 และจากนิยามดังกล่าวจะเขียนความสัมพันธ์ได้ว่า

$$As = \frac{Ws}{\gamma_w V} \qquad \ldots\ldots\ldots (2)$$

โดย As = ความถ่วงจำเพาะปรากฏ

Ws = น้ำหนักของดินแห้ง

V = ปริมาตรของดินทั้งก้อน ซึ่งเท่ากับ ปริมาตรของอากาศ (Va) + ปริมาตรน้ำ (Vw) + ปริมาตรของเมล็ดดิน (Vs)

γ_w = ความหนาแน่นของน้ำซึ่งมีค่าเท่ากับ 1 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร

ตารางที่ 2-2 ค่าความถ่วงจำเพาะปรากฏของดิน (As)

เนื้อดิน	**ค่าความถ่วงจำเพาะปรากฏของดิน (As)**	
	ช่วงค่าปกติ	**ค่าเฉลี่ย**
ดินทราย (Sandy)	1.55 - 1.80	1.65
ดินร่วนปนทราย (Sandy Loam)	1.40 - 1.60	1.50
ดินร่วน (Loam)	1.35 - 1.50	1.40
ดินร่วนปนดินเหนียว (Clay Loam)	1.30 - 1.40	1.35
ดินเหนียวปนตะกอนทราย (Silty Clay)	1.25 - 1.35	1.30
ดินเหนียว (Clay)	1.20 - 1.30	1.25

ที่มา: บุญมา (2546)

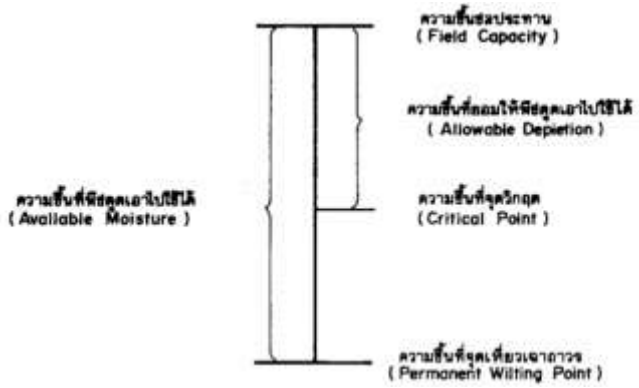
2.2.3.3 แรงดึงความชื้นของดินที่เป็นประโยชน์ต่อพืช เป็นการแสดงให้เห็นถึงพลังงานแรงดึงน้ำในดินที่มีผลต่อกำหนดการควรจะให้น้ำแก่พืชเพื่อใช้ได้ผลผลิตสูงสุด

ตารางที่ 2-3 ระดับแรงดึงความชื้นของดินที่ควรให้น้ำเพื่อให้ได้ผลผลิตสูงสุด

พืช	แรงดึงความชื้น (บาร์)
พืชผลไม้	
มะนาว	0.40
ส้ม	0.20 - 1.00
ไม้ผลประเภทผลัดใบ (แอปเปิล)	0.50 - 0.80
อโวกาโด	0.50
องุ่น (ช่วงเริ่มโต)	0.40 - 0.50
องุ่น (ช่วงโตเต็มที่)	1.00
สตรอเบอร์รี	0.20 - 0.30
แคนตาลูป	0.35 - 0.40
มะเขือเทศ	0.80 - 1.50
กล้วย	0.30 - 1.50

ที่มา: บุญมา (2546)

2.2.4 การกำหนดการให้น้ำแก่พืช เพื่อควบคุมความชื้นในดินในเขตรากพืช ให้อยู่ในช่วงระหว่างจุดเหี่ยวเฉาถาวร (Permanent wilting point) กับความชื้นชลประทาน (Field capacity) นั้นก็คืออยู่ในช่วงความชื้นที่พืชดูดเอาไปใช้ได้ สรุปได้ว่า การให้น้ำแก่พืชจะต้องเริ่มทำเมื่อความชื้นในดินลดลงถึงจุดวิกฤต และปริมาณน้ำที่ให้จะต้องมากพอที่จะเพิ่มความชื้นในดินให้ถึงความชื้นชลประทาน (อภิชาต และคณะ, **2524**)



ภาพที่ 2-7 ความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นในดินกับการกำหนดการให้น้ำแก่พืช

(ที่มา: อภิชาต และคณะ (2524))

ความชื้นชลประทาน (Field Capacity) เป็นความชื้นที่เหลืออยู่ในดินที่อยู่ระหว่าง 1/10 ถึง 1/3 บาร์ ขึ้นอยู่กับความสามารถในการระบายน้ำในดินด้วย โดยดินพื้นที่เพาะปลูกทั่วไปจะมีแรงดึงความชื้นที่ความชื้นชลประทาน 1/10 บาร์ และเนื่องจากปกติแล้วความชื้นที่หลงเหลืออยู่ให้ดินมีปริมาณน้อยมากแล้ว เมื่อมีการเพิ่มขึ้นของแรงดึงความชื้นในดินแล้วมักพบว่าไม่มีค่าที่แตกต่างกันมาก ดังนั้นจึงให้แรงดึงความชื้นที่ 15 บาร์ เป็นความชื้นที่จุดเหี่ยวเฉาถาวร (Permanent Wilting Point) (วิบูลย์, **2526**)

โดยสามารถคำนวณความชื้นในดินได้ดังนี้

1. การคำนวณเปอร์เซ็นต์ความชื้นโดยน้ำหนักดินแห้ง คำนวณได้จาก

$$P_W = \frac{W_W}{W_S} \times 100 \quad \ldots\ldots\ldots (3)$$

เมื่อ P_W = เปอร์เซ็นต์ความชื้นโดยเทียบกับน้ำหนักดินแห้ง

W_W = น้ำหนักของน้ำในดิน (กรัม)

W_S = น้ำหนักของดินอบแห้งด้วยเตาอบ (กรัม)

2. การคำนวณเปอร์เซ็นต์ความชื้นโดยปริมาตร คำนวณได้จาก

$$P_V = P_W \times A_S \quad \ldots\ldots\ldots (4)$$

เมื่อ P_V = เปอร์เซ็นต์ความชื้นโดยปริมาตร

P_W = เปอร์เซ็นต์ความชื้นโดยน้ำหนักดินแห้ง

A_S = ความถ่วงจำเพาะปรากฏ

3. การคำนวณเป็นความลึกของน้ำที่ให้แก่พืช ซึ่งมีความลึกของรากพืชเข้ามาเกี่ยวข้องเมื่อต้องการทราบความชื้นที่อยู่ในเขตราก การชลประทานแบบร่องคูจะต้องคำนวณความลึกของการให้น้ำ โดยการวัดการขาดหายไปของความชื้นในดินและปริมาณน้ำชลประทาน หลังการนั้นจะทำการวัดประสิทธิภาพการชลประทานด้วย (**Holzapfel, 2009**)

$$d_W = \frac{P_W \times A_S \times d_P}{100} \quad \ldots\ldots\ldots (5)$$

เมื่อ d_w = ความลึกของน้ำที่ให้แก่พืช (มม.)

d_p = ความลึกของรากพืช (มม.)

2.2.5 ความลาดเทของร่องคู ร่องคูควรมีความลาดเทสม่ำเสมอซึ่งค่าอย่างน้อยควรมีค่า 0.05 % เพื่อที่จะทำให้แน่ใจว่าน้ำจะไหลในร่องคูได้ด้วยแรงโน้มถ่วงของโลก และสามารถระบายน้ำส่วนเกินได้ทัน โดยที่ความต้องการความลาดเทสูงสุดของร่องคูจะกำหนดจากความเสี่ยงต่อการกัดเซาะของร่องคูซึ่งโดยปกติแล้วน้ำจะกัดเซาะร่องคูได้ง่ายกว่าวิธีการให้น้ำทางผิวดินแบบอื่น ๆ (วราวุธ, **2545**)

2.3 การประเมินประสิทธิภาพการชลประทาน

อัตราการให้น้ำ ความยาวของร่องคู และเวลาของการให้น้ำ เป็นปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับประสิทธิภาพการชลประทานแบบร่องคู ทั้งความสม่ำเสมอในการให้น้ำ (DU), ประสิทธิภาพการให้น้ำ (Ea) และความเพียงพอในการให้น้ำ (Es) (**Holzafel *et al.*, 2001**) โครงงานวิศวกรรมชลประทานเล่มนี้ จึงมีการประเมินประสิทธิภาพการชลประทานทั้ง 3 ตัวชี้วัด คือ

ความสม่ำเสมอในการให้น้ำ (DU) เป็นตัววัดว่าระบบชลประทานนั้นให้น้ำกับแปลงได้ สม่ำเสมอดีมากน้อยเพียงใด ถ้าให้น้ำได้สม่ำเสมออย่างสมบูรณ์ (ความสม่ำเสมอจะเท่ากับ 100 %) แสดงว่าทุกจุดในแปลงได้รับน้ำเท่ากันทั้งหมด โดยไม่มีจุดใดจุดหนึ่งไม่ได้น้ำ แต่ถ้าให้น้ำไม่สม่ำเสมอ ซึ่งแสดงว่าบางจุดได้รับน้ำเพียงพอ บางจุดได้รับน้ำไม่เพียงพอ และบางจุดได้รับน้ำมากจนเกินไป ซึ่งสามารถหาค่าความสม่ำเสมอได้โดยใช้วิธี Distribution Uniformity (DU) ซึ่งจะหาได้จากสมการ

$$DU = \frac{\overline{D}_{LQ}}{\overline{D}} \times 100 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (6)$$

โดย $\overline{D_{LQ}}$ = ความลึกเฉลี่ยของค่าต่ำสุดของน้ำที่ซึมลงไปในดิน ¼ ของจุดที่ทำการวัด

$\overline{D}$ = ความลึกของน้ำที่ซึมลงดินเฉลี่ย

ประสิทธิภาพการให้น้ำ (Ea) เป็นค่าที่แสดงว่าผลการให้น้ำของระบบที่ใช้งานอยู่นั้น มีการให้น้ำได้ดีและมีการสูญเสียน้ำมากแค่ไหน ซึ่งหาได้จากสมการ

$$Ea = \frac{V_{RZ}}{V_T} \times 100 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (7)$$

กรณีการให้น้ำเป็นไปอย่างสมบูรณ์ (Complete Irrigation)

$$V_{RZ} = \frac{D_{RZ}(Fc - \theta)}{100} \quad . \ . \ . \ . \ . \ . \ . \ . \ . \quad (8)$$

$$V_T = \frac{QT}{A} \quad . \ . \ . \ . \ . \ . \ . \ . \ . \ . \quad (9)$$

โดย Ea = ประสิทธิภาพการให้น้ำ เป็น %

V_{RZ} = ปริมาณน้ำที่เก็บกักอยู่ในเขตราก

V_T = ปริมาณน้ำทั้งหมดที่ให้กับแปลง

D_{RZ} = ความลึกของเขตราก

F_C และ θ = ความชื้นที่ Field Capacity และความชื้นก่อนการให้น้ำ เป็น % โดยน้ำหนักดินแห้ง ตามลำดับ

T = ระยะเวลาการให้น้ำ

ปริมาณน้ำที่เก็บกักในเขตราก (V_{RZ}) อาจหาได้อีกวิธี จากสมการ

$$V_{RZ} = VT - DP - RO \quad . \ . \ . \ . \ . \ . \ . \ . \ . \quad (10)$$

โดย DP = ปริมาณน้ำที่ไหลเลยเขตราก

RO = ปริมาณน้ำที่ไหลเลยท้ายแปลง

ความเพียงพอในการให้น้ำ (Es) หาได้จากสมการ

$$Es = \frac{V_{RZ}}{SMD} \times 100 \quad . \ . \ . \ . \ . \ . \ . \ . \quad (11)$$

โดย V_{RZ} = ปริมาณน้ำที่เก็บกักอยู่ในเขตราก

SMD = ปริมาณน้ำในดินที่ขาดหายไป

บทที่ 3

วิธีการดำเนินการ

3.1 วัสดุอุปกรณ์

เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

1. เทปวัดระยะ สำหรับใช้ในการวัดความกว้างและความยาวแปลง

2. หมุดไม้และค้อนสำหรับใช้ในการปักหมุด เป็นตัวกำหนดระยะความยาวของแปลง

3. กล้องระดับและไม้ Staff ใช้ในการหาความลาดเทของแปลง (Slope)

4. นาฬิกาจับเวลาและดูเวลาในการให้น้ำ และหยุดการให้น้ำ

5. เครื่องมือวัดอัตราการไหลของน้ำ โดยใช้รางวัดน้ำแบบไม่มีคอ (Cut-throat Flume) ขนาด 10×90 ซม. ใช้วัดอัตราการไหลของน้ำผ่านหัวแปลงและท้ายแปลง

6. ท่อไซฟอนขนาด 2 นิ้ว ใช้สำหรับให้น้ำในแปลงและเลือกอัตราการให้น้ำ

7. พลั่วขุดดิน และเครื่องมือเก็บตัวอย่างดิน (Soil Core Sampler) ใช้เก็บตัวอย่างดินในแปลงบริเวณที่จะทำการสำรวจ

8. เครื่องอบดิน เพื่อหาเปอร์เซ็นต์ความชื้นโดยน้ำหนักแห้ง

9. กระป๋องเก็บตัวอย่างดิน เพื่อหาเปอร์เซ็นต์ความชื้นโดยน้ำหนักแห้ง

10. เครื่องวัดความชื้น (Tensiometer)

11. เครื่องแยกความชื้นออกจากดิน

12. แบบฟอร์มสำหรับเก็บรวบรวมข้อมูลต่าง ๆ ใช้ในการตรวจสอบประเมินผลและทำการปรับแก้

3.2 วิธีการทดลอง

3.2.1 การเตรียมการก่อนทำการประเมิน

1. วัดความกว้าง ความยาวของแปลงทดลอง และหาความลาดเทของแปลงทดลอง โดยใช้เทปวัดระยะและกล้องระดับ เพื่อออกแบบการให้น้ำแบบร่องคูได้อย่างเหมาสมและเกิดประโยชน์สูงสุด

ภาพที่ 3.1 พื้นที่ขนาดร่องคูแปลงทดลอง

ภาพที่ 3.2 ร่องคูที่ใช้ในการทดลอง

2. ทำการจำแนกชนิดของดินโดยวิธีการร่อนผ่านตะแกรง โดยใช้เครื่องมือจากห้องปฏิบัติการทางวิศวกรรมโยธา

ภาพที่ 3.3 เครื่องร่อนผ่านตะแกรง จากห้องปฏิบัติการทางวิศวกรรมโยธา

3. สร้างกราฟแรงดึงความชื้นโดยการนำ Soil Core Sample ไปเก็บตัวอย่างในบริเวณแปลงทดลอง โดยตอกลึกเลยลงไปในดิน 30 เซนติเมตร เพื่อต้องการดินในส่วนที่ความลึก 30 เซนติเมตร จากนั้นนำไปสร้างกราฟแรงดึงความชื้นจากเครื่องแยกความชื้นออกจากดินที่ 0.1, 0.3, 1, 3, 6 และ 15 บาร์ โดยแต่ละแรงดึงความชื้นนั้นต้องใช้เวลาในการนำดินเข้าเครื่องเป็นเวลา 24 ชั่วโมง

ภาพที่ 3.4 เครื่องแยกความชื้นออกจากดิน (Soil Moisture Extractor)

4. ติดตั้งรางวัดน้ำแบบไม่มีคอขนาด 10x90 เซนติเมตร ที่หัวแปลง กลางแปลงและท้ายแปลง เพื่อวัดอัตราการให้น้ำและนำมาทำการหากราฟน้ำหลาก และกราฟอัตราการซึม

ภาพที่ 3.5 ติดตั้งรางวัดน้ำแบบไม่มีคอ (Cut-throat Flume) ขนาด 10×90 ซม.

5. ปักหมุดหมุดบนหลังคันดินทุก ๆ ระยะ 25 เมตร จุดแรกคือจุดบริเวณของ Cut-throat Flume จุดสุดท้ายอยู่ที่ท้ายของแปลงทดลอง และทำการหาความลาดเทของร่องคูโดยใช้กล่องระดับในการหา

6. ทำการหาสมการอัตราการซึมด้วยวิธี Inflow-Outflow และทำการหากราฟน้ำหลาก โดยให้น้ำด้วยอัตราการไหลที่ต่างกันอย่างน้อย 3 ค่า เพื่อใช้ในการเลือกอัตราการให้น้ำที่เหมาะสมกับระยะเวลาการไหลที่ 1/4 ของความลึกที่จะให้น้ำ

ภาพที่ 3.6 การวัดอัตราการซึมด้วยวิธี Inflow-Outflow

3.2.2 การกำหนดการให้น้ำแก่พืช

1. ทำการติดตั้งเครื่องวัดความชื้น (Tensiometer) ที่ระดับความลึก 30 และ 60 เซนติเมตร เพื่อทำการกำหนดรอบเวรการให้น้ำ

2. ทำการคำนวณหาปริมาณการให้น้ำแก่พืชเพื่อให้ดินในเขตราก (Root Zone) มีความชื้นที่ Field Capacity จากสมการ $$d_W = \frac{P_W \times A_S \times d_P}{100}$$

3. เมื่อทำการคำนวณอัตราการให้น้ำได้แล้ว ทำการหาคำนวณเวลาการให้น้ำแก่พืชจากสมการอัตราการซึม $d = At^B$ โดยให้ระยะเวลาในการให้น้ำตามระยะเวลาการไหลเท่ากับ 1/4 ของเวลาที่คำนวณได้

4. จากสมการอัตราการซึม $d = At^B$ และเลือกอัตราการให้น้ำที่เหมาะสมจากกราฟน้ำหลาก

5. ให้น้ำแก่พืชตามที่เลือกอัตราการไหลและเวลาที่ได้เลือกไว้

6. ทำการคำนวณหาประสิทธิภาพของการให้น้ำ ดังนี้

1. คำนวณ DU จากสูตร $DU = \frac{\overline{D}_{LQ}}{\overline{D}} \times 100$

2. คำนวณ E_a จากสูตร $Ea = \frac{V_{RZ}}{V_T} \times 100$ หรือ $Ea = \frac{SMD}{V_T} \times 100$

3. คำนวณ E_S จากสูตร $Es = \frac{V_{RZ}}{SMD} \times 100$

7. ในการให้น้ำและคำนวณการหาประสิทธิภาพของการให้น้ำในอายุพืชครั้งต่อไป โดยให้ทำการเริ่มการทดลองใหม่ตั้งแต่ข้อที่ 1 ถึง 6 ซ้ำแล้วหารอบเวรการให้น้ำ

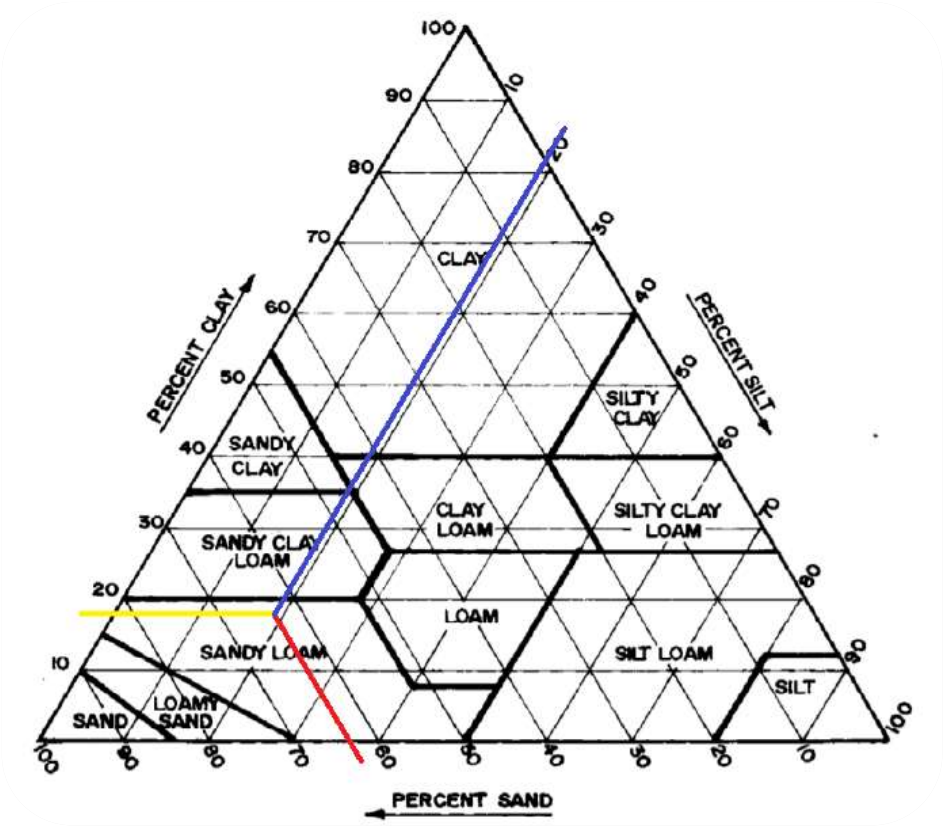
บทที่ 4

ผลการศึกษาและวิจารณ์ผลการศึกษา

4.1 ผลการศึกษาดินบริเวณแปลงทดลองและความยาวรากตามอายุที่ต้องการศึกษา

4.1.1 ชนิดของดิน

จากผลการหาค่าดินจากวิธีการ Sieve analysis และวิธี hydrometer method จะพบร้อยละของดินเหนียว 18% ดินทราย 63% และดินตะกอน 19% จากนั้นจึงนำไปหาชนิดดินได้ดังภาพที่ 4-1



ภาพที่ 4-1 กราฟแสดงการแบ่งแยกประเภทเนื้อดินตามสัดส่วนของเมล็ดทราย

จากกราฟแสดงการแบ่งแยกประเภทเนื้อดินตามสัดส่วนของเมล็ดทราย เมล็ดตะกอนทราย และเมล็ดดินเหนียว ตามมาตราฐานของกระทรวงเกษตรสหรัฐอเมริกา จะพบว่าชนิดของดินในแปลงคือ **ดินร่วนปนทราย** (SANDY LOAM)

4.1.2 ค่าความถ่วงจำพะปรากฏของดิน, As

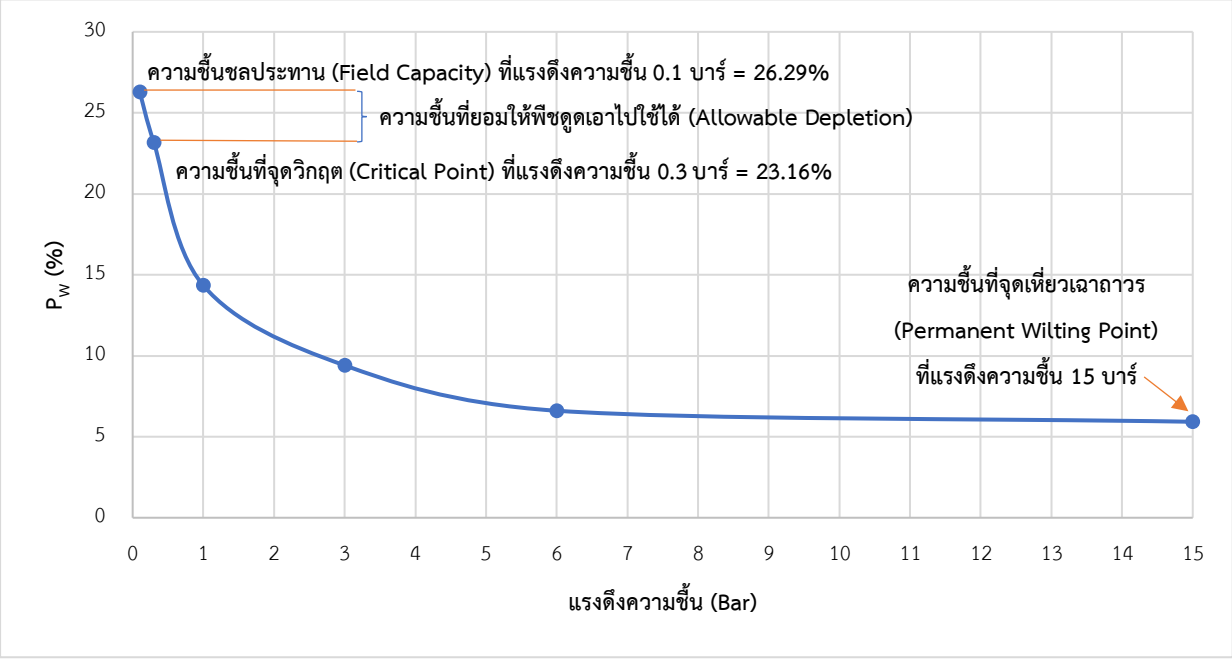
ตารางที่ 4-1 ตารางแสดงการคำนวณหาค่าความถ่วงจำเพาะปรากฏของดิน, As

ความลึกของดิน (ซม.)	น้ำหนักดินแห้ง (กรัม)	ความสูงของวงแหวน (ซม.)	เส้นผ่านศูนย์กลางของวงแหวน (ซม.)	ปริมาตรของดิน (ลบ.ซม.)	As
10	107.37	3.10	5.51	73.92	1.45
20	124.99	3.08	5.50	73.18	1.71
30	113.69	3.00	5.49	71.02	1.60
40	111.30	3.12	5.52	74.67	1.49
				เฉลี่ย	1.56

จากตาราง ค่าความถ่วงจำเพาะปรากฏของดิน (As) มีค่าเท่ากับ **1.56** ซึ่งค่าอยู่ในช่วงของค่าปกติคือ 1.40-1.60 ของดินร่วนปนดินทราย

4.1.3 ค่าแรงดึงความชื้น

จากการนำดินที่ได้จาก Soil Core Sampler แล้วนำไปเข้าเครื่องแยกความชื้นออกจากดิน แล้วนำเข้าตู้อบ จะได้ค่าแรงดึงความชื้นกับค่าปริมาณความชื้นโดยน้ำหนักดินแห้ง (P_W) ดังภาพที่ 4-2



ภาพที่ 4-2 กราฟแรงดึงความชื้นกับปริมาณความชื้นโดยน้ำหนักดินแห้ง

จากภาพที่ 4-2 ค่าความชื้นชลประทาน (P_W ที่แรงดึงความชื้น 0.1 บาร์) และค่าความชื้นที่จุดวิกฤต (Pw ที่แรงดึงความชื้น 0.3 บาร์) มีค่าอยู่ที่ 26.29% และ 23.16% ตามลำดับ ดังนั้นจะได้ค่า P_W สำหรับความชื้นที่ยอมให้พืชดูดเอาไปใช้ (Allowable Depletion) ที่นำไปคำนวณคือ 26.29 - 23.16 = 3.13% โดยน้ำหนักดินแห้ง

4.1.4 การหาความลึกของราก, d_p

ทำการขุดรากกล้วยที่การเจริญเติบโตในช่วงอายุ 2, 4, 6 และ 12 เดือน โดยขุดรากกล้วยจำนวน 3 ต้น และใช้ความลึกรากกล้วยทั้ง 3 ความลึกมาเป็นค่าความลึกเฉลี่ยของรากกล้วยที่การเจริญเติบโตในช่วงอายุต่าง ๆ จากการขุดรากกล้วยที่การเจริญเติบโตในช่วงอายุต่าง ๆ ได้ผลของความลึกรากเฉลี่ย ดังแสดงในตารางที่ 4-2

ตารางที่ 4-2 ตารางแสดงความลึกของรากกล้วยที่การเจริญเติบโตในช่วงอายุต่าง ๆ

อายุของกล้วย (เดือน)	ความลึกของรากกล้วย ต้นที่ 1 (มม.)	ความลึกของรากกล้วย ต้นที่ 2 (มม.)	ความลึกของรากกล้วย ต้นที่ 3 (มม.)	ความลึกของรากกล้วย เฉลี่ย (มม.)
2	220	230	235	228.33
4	245	270	320	278.33
6	355	380	345	360.00
12	750	770	810	776.67

4.1.5 ปริมาณน้ำที่ต้องให้

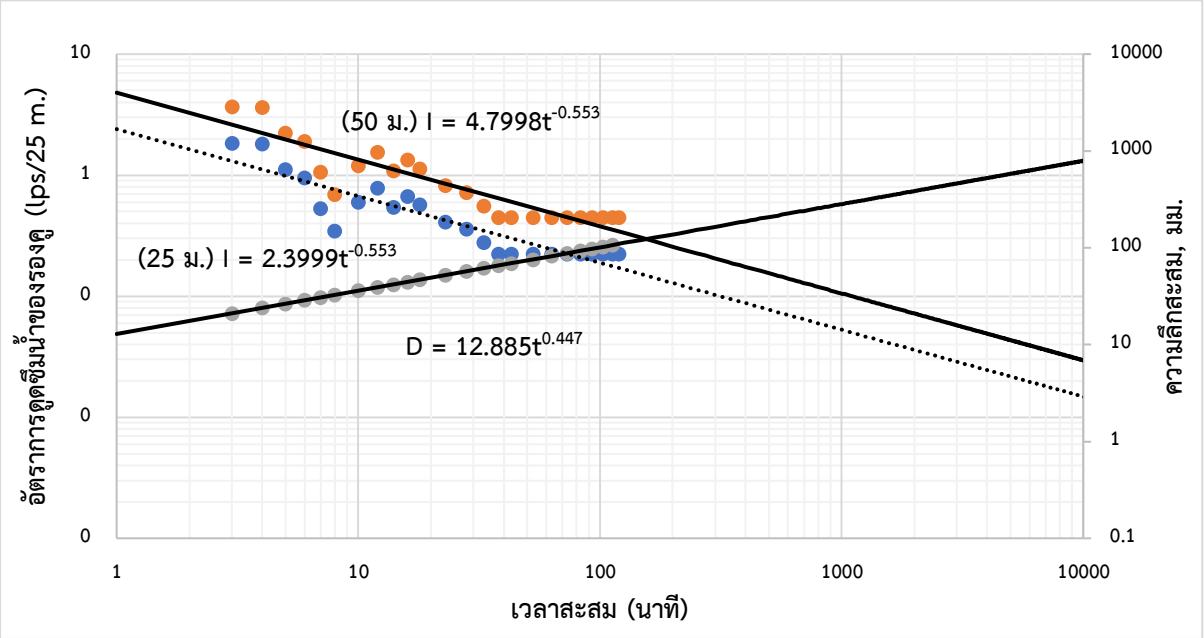
ปริมาณน้ำที่ต้องให้ เป็นความลึกน้ำที่ต้องให้แก่พืชได้จากการคำนวณสมการที่ 5 จะได้ค่าความลึกน้ำที่ต้องให้แก่กล้วย ดังแสดงในตารางที่ 4-3

ตารางที่ 4-3 แสดงปริมาณน้ำที่ต้องให้แก่พืช

อายุของกล้วย (เดือน)	ความชื้นที่ยอมให้พืชดูดเอาไปใช้ (P_W)	ค่าความถ่วงจำเพาะปรากฏ (As)	ความลึกของรากกล้วย เฉลี่ย (มม.)	ความลึกน้ำที่ต้องให้ (d_w) (มม.)
2	3.13%	1.56	228.33	11.16
4			278.33	13.61
6			360.00	17.60
12			776.67	37.98

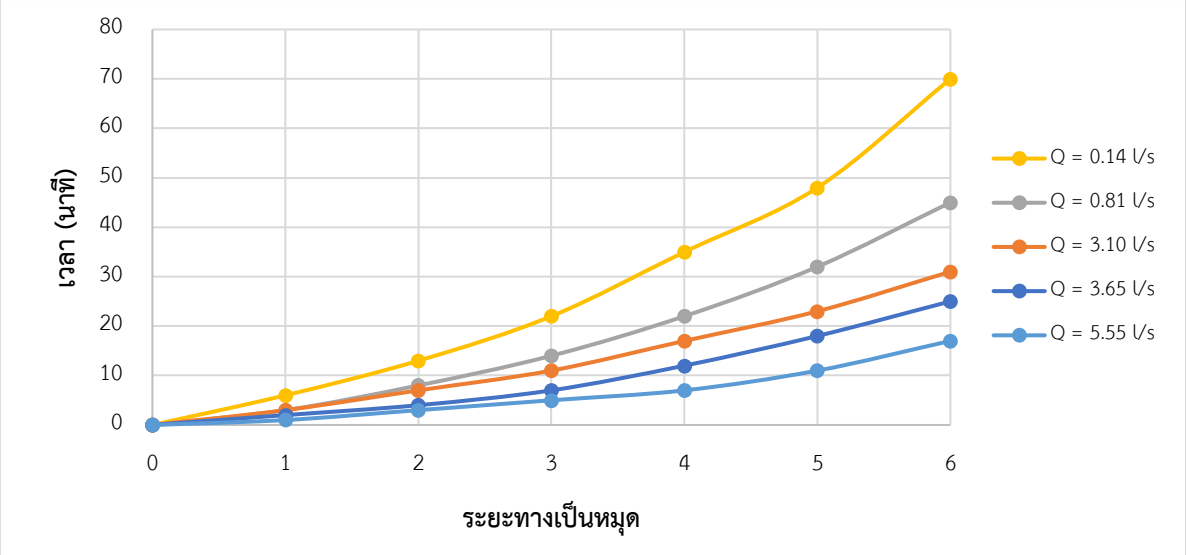
4.1.6 อัตราการดูดซึมน้ำในร่องคู

จากสมการอัตราการดูดซึมในร่องคูของอัตราการไหล 5.55 ลิตรต่อวินาที ในภาพที่ 4-3 จะได้ $D = 12.885\ t^{0.447}$ ซึ่งทำการอินทิเกรตจากสมการ $I = 2.3999\ t^{-0.553}$ เทียบกับเวลา จากค่าที่ได้นั้นจะนำค่าความลึกน้ำที่ต้องให้แก่กล้วย แทนในสมการ $D = 12.885\ t^{0.447}$ เพื่อทำการหาระยะเวลาที่น้ำจะซึมลงดินตามความลึกน้ำที่กล้วยต้องการ



ภาพที่ 4-3 กราฟอัตราการดูดซึมน้ำในดิน

4.1.7 การเลือกอัตราการให้น้ำ



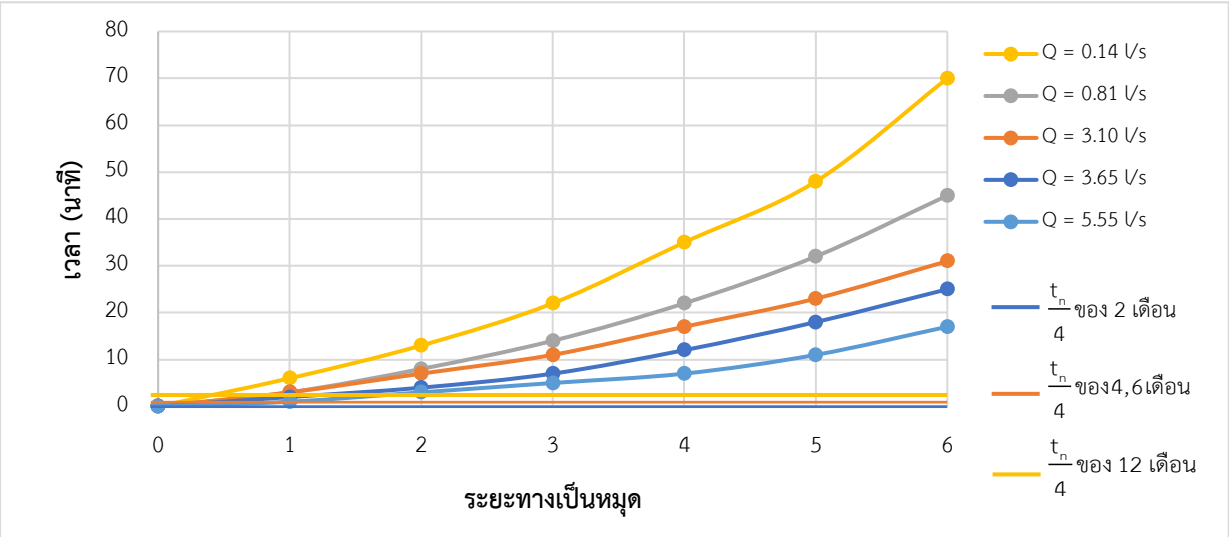
ภาพที่ 4-4 กราฟน้ำหลาก

การให้น้ำแบบร่องคูนั้นมีสิ่งที่สำคัญคือ การให้น้ำนั้นต้องให้ด้วยอัตราการให้น้ำที่สูงเพื่อให้น้ำไหลไปยังท้ายแปลงให้ได้ภายในเวลา 1/4 ของเวลาที่จะต้องการให้น้ำซึมลงดิน ดังแสดงในตารางที่ 4-4

ตารางที่ 4-4 ตารางแสดงเวลาที่น้ำไหลไปสุดร่องโดยใช้เวลา 1/4 ของเวลาที่จะต้องให้น้ำ

อายุกล้วย (เดือน)	$t_n = (\frac{d_W}{12.8854})^{\frac{1}{0.447}}$	$\frac{t_n}{4}$ (นาที)
2	1	0.25
4	2	0.50
6	2	0.50
12	12	3

เมื่อทำการเลือกอัตราการให้น้ำที่เวลาการให้น้ำ $\frac{t_n}{4}$ ในภาพที่ 4-5 พบว่าเวลาที่น้ำหลากไปยังท้ายแปลงมีค่าต่ำกว่าเวลาน้ำหลากของอัตราการให้น้ำสูงสุดที่ 5.55 ลิตรต่อวินาที จึงเลือกใช้อัตราการให้น้ำที่ 5.55 ลิตรต่อวินาที ทำการคำนวณเวลาการให้น้ำจากเวลาที่น้ำไหลจากจุดแรกจนถึงจุดปลายแปลงของอัตราการไหล 5.55 ลิตรต่อวินาที และเพิ่มเวลาการให้น้ำที่จุดปลายแปลงตามเวลาการซึมลงดิน ดังแสดงในตารางที่ 4-5



ภาพที่ 4-5 กราฟแสดงการเลือกอัตราการให้น้ำที่เวลาการให้น้ำ $\frac{t_n}{4}$

ตารางที่ 4-5 แสดงเวลาการให้น้ำ

อายุกล้วย (เดือน)	อัตราการให้น้ำ (ลิตรต่อวินาที)	เวลาน้ำหลาก (t_{adv}) (นาที)	เวลาการให้น้ำที่จุดปลายแปลง (t_n) (นาที)	เวลาการให้น้ำ (To) (นาที)
2	5.55	17	1	18
4	5.55	17	2	19
6	5.55	17	2	19
12	5.55	17	12	29

เมื่อเลือกใช้อัตราการให้น้ำชลประทานแบบร่องคู 5.55 ลิตรต่อวินาที และทำการประเมินประสิทธิภาพการชลประทานในช่วงอายุกล้วย 2 เดือนแล้ว พบว่ามีประสิทธิภาพในการให้น้ำสูงและความเพียงพอในการให้น้ำตามเป้าหมายที่ได้กำหนดไว้ แต่ความสม่ำเสมอในการให้น้ำไม่เป็นไปตามเป้าหมายที่ได้กำหนดไว้ เนื่องจากแปลงทดลองมีวัชพืชขึ้นบริเวณร่องคูจึงทำให้ค่าความสม่ำเสมอในการให้น้ำมีค่าต่ำกว่าที่ควร ดังแสดงผลการประเมินประสิทธิภาพการชลประทานในหัวข้อ 4.2

4.2 ผลการศึกษาการประเมินประสิทธิภาพการชลประทานแบบร่องคู

ความสม่ำเสมอของการให้น้ำ, DU

เป็นตัววัดว่าระบบชลประทานนั้นให้น้ำกับแปลงได้ สม่ำเสมอดีมากน้อยเพียงใด เมื่อทำการทดลองให้น้ำที่อัตราการให้น้ำ 5.55 ลิตรต่อวินาที จากนั้นประเมินความสม่ำเสมอของการให้น้ำ, DU ที่กล้วยอายุ 2 เดือน ดังนี้

การวิเคราะห์ความสม่ำเสมอการให้น้ำ, DU

ตัวอย่างการคำนวณความสม่ำเสมอการให้น้ำที่อายุกล้วย 2 เดือน

- รากกล้วยลึกเฉลี่ย 228.33 มม.
- ความมลึกของน้ำในดินที่ต้องให้การชลประทาน

จาก $$d_w = \frac{P_w \times A_s \times d_p}{100}$$

$$d_w = \frac{(26.29 - 23.17) \times 1.56 \times 228.33}{100}$$

$$d_w = 11.16 \text{ มม.}$$

- สมการอัตราการดูดซึม

จาก $D = 12.8854\ t^{0.447}$ มม.

จะได้ เวลาที่นำไปหาอัตราการให้น้ำจากกราฟน้ำหลาก

จะได้เวลาการให้น้ำที่บริเวณท้ายร่องคู $t_n = (\frac{d_w}{12.8854})^{\frac{1}{0.447}}$ = 1 นาที

จากหัวข้อที่ 2.2.2 **อัตราการให้น้ำ พืชจะได้รับน้ำสม่ำเสมอกันดีถ้าน้ำที่ไหลนั้นไหลไปสุดร่องโดยใช้เวลาเพียง 1/4 ของเวลาที่จะต้องให้น้ำ** (วราวุธ, **2545**)

จะได้เวลาการให้น้ำที่ t/4 เพื่อนำไปเปรียบเทียบ **ภาพที่** 4-5 เพื่อหาอัตราการไหลที่เหมาะสม

จะได้ t_{adv} = 0.25 นาที

เมื่อพิจารณาจากกราฟน้ำหลากแล้ว ไม่สามารถเลือกอัตราการให้น้ำได้

- เลือกพิจารณาที่ Q = 5.55 ลิตรต่อวินาที จะได้ t_{adv} = 17 นาที โดย t_{adv} เป็นเวลาของเวลาน้ำหลากจากจุดแรกจนถึงจุดท้ายแปลง จะได้เวลาน้ำหลากหรือค่า t_{adv} เพื่อนำไปคำนวณต่อไปดังตารางที่ 4-7

ตารางที่ 4-6 เวลาน้ำหลากจากจุดแรกจนถึงจุดสุดท้ายของแปลง

หมุดที่	ระยะ(ม.)	เวลา		
		เวลา น.	ห่างกัน	สะสม, t_{adv}
0		16.40		0
1	25.00	16.41	1	1
2	50.00	16.43	2	3
3	75.00	16.45	2	5
4	100.00	16.47	2	7
5	125.00	16.51	4	11
6	150.00	16.57	6	17

1.1 อัตราการให้น้ำ = 5.55 ลิตรต่อวินาที

1.2 เวลาการให้น้ำ, To คิดจากเวลาที่น้ำไหลจากจุดแรกจนถึงจุดปลายแปลง, t_{adv} และเพิ่มเวลาการให้น้ำที่จุดปลายแปลงตามเวลาการซึมลึกลงดินตามความลึกราก, t_n

จะได้ $To = t_{adv} + t_n = 17 + 1 = 18$ นาที

1.3 ปริมาณน้ำที่ให้, $V_T = Q \times To \times 60 = 5.55 \times 18 \times 60 = 5994$ ลิตร

หาความลึกของน้ำที่ซึมลงไปในดินของแต่หมุด จากสมการอัตราการดูดซึมที่อัตราการไหล 5.55 ลิตรต่อวินาที คือ $D = 12.8854\ t^{0.447}$ จะได้ความลึกน้ำที่แต่ละหมุดดังตารางที่ 4-9

ตารางที่ 4-7 ความลึกของน้ำที่ซึมลงดินตามเวลาการให้น้ำของอายุกล้วย 2 เดือน

หมุดที่	T_{adv}	To	$D = 12.8854\ t^{0.447}$ มม.
0	0	18	46.90
1	1	17	45.72
2	3	15	43.23
3	5	13	40.55
4	7	11	37.64
5	11	7	30.75
6	17	1	12.89

(ระยะระหว่างหมุด = 25 เมตร)

$$\overline{D} = \frac{(\frac{46.90}{2}) + 45.72 + 43.23 + 40.55 + 37.64 + 30.75 + (\frac{12.89}{2})}{6} = 37.96 \text{ มม.}$$

$$\overline{D}_{LQ} = \frac{(\frac{37.64}{2}) + 30.75 + (\frac{12.89}{2})}{6} = 28.01 \text{ มม.}$$

$$DU = \frac{\overline{D}_{LQ}}{\overline{D}} \times 100$$

ดังนั้น $DU = \frac{28.01}{37.96} \times 100 = 73.77\%$

ในการประเมินความสม่ำเสมอในการให้น้ำอายุกล้วย 2 เดือน พบว่ามีประสิทธิภาพต่ำกว่าเป้าหมายที่กำหนดไว้ คือควรมากกว่าร้อยละ 80 ทั้งนี้กล้วยที่อายุ 4 และ 6 เดือนก็มีประสิทธิภาพต่ำกว่าเป้าหมายที่กำหนดไว้ ทั้งนี้เนื่องจากร่องคูมีวัชพืชขึ้นปกคลุมสูงจึงทำให้ประสิทธิภาพต่ำกว่าที่กำหนด ยกเว้นกล้วยที่อายุ 12 เดือน ที่มีประสิทธิภาพมากกว่าเป้าหมายที่กำหนด ดังแสดงในตารางที่ 4-8

ตารางที่ 4-8 ตารางการเก็บค่าเพื่อศึกษาความสม่ำเสมอของการให้น้ำ, DU

อายุกล้วย (เดือน)	เวลาการให้น้ำ (นาที)	ความลึกของรากกล้วย (มม.)	ความลึกของน้ำในดิน (มม.)	อัตราการให้น้ำ (ลิตรต่อวินาที)	ความลึกของที่ซึมลงดินเฉลี่ย,$\overline{D}$ (มม.)	ความลึกเฉลี่ยของค่าต่ำสุดของน้ำที่ซึมลงดิน, D_{LQ} (มม.)	ความสม่ำเสมอในการให้น้ำ (DU,%)
2	18	228.33	11.16	5.55	37.96	28.01	73.77
4	19	278.33	13.61	5.55	39.65	30.49	76.91
6	19	360.00	17.60	5.55	39.65	30.49	76.91
12	29	776.67	37.98	5.55	52.09	46.06	88.42

ผลการศึกษาประสิทธิภาพการให้น้ำ, Ea

ประสิทธิภาพการให้น้ำเป็นตัววัดว่าปริมาณน้ำที่นำไปใช้ให้เกิดประโยชน์มีค่าเท่ากับกับปริมาณน้ำทั้งหมดที่ให้กับแปลง และไม่ทำให้เกิดปริมาณน้ำที่ไหลเลยเขตรากกับปริมาณน้ำที่ไหลเลยท้ายแปลง ทำการทดลองให้น้ำที่อัตราการให้น้ำ 5.55 ลิตรต่อวินาที จากนั้นประเมินประสิทธิภาพการให้น้ำ, Ea ที่กล้วยอายุ 2 เดือน ดังนี้

การวิเคราะห์ประสิทธิภาพการให้น้ำ, Ea

ตัวอย่างการวิเคราะห์ประสิทธิภาพการให้น้ำที่อายุ 2 เดือน

- ค่า $V_{RZ} = d_w$
- ค่า $V_T = \frac{QT}{A} = \frac{5.55 \times 18 \times 60}{150 \times 1} = \frac{5994}{150} = 39.96$ มม.

$$Ea = \frac{V_{RZ}}{V_T} \times 100$$

ดังนั้น $$Ea = \frac{11.16}{39.96} \times 100 = 27.92\%$$

การหาปริมาณน้ำที่ไหลเลยเขตราก, DP

จาก $DP = \overline{D} - V_{RZ}$

$DP = 37.9 - 11.16 = 26.74$ มม

$$DP = \frac{26.74}{39.96} \times 100 = 67.59\%$$

การหาปริมาณน้ำไหลเลยท้ายแปลง, RO

จาก $RO = 100 - Ea - DP$

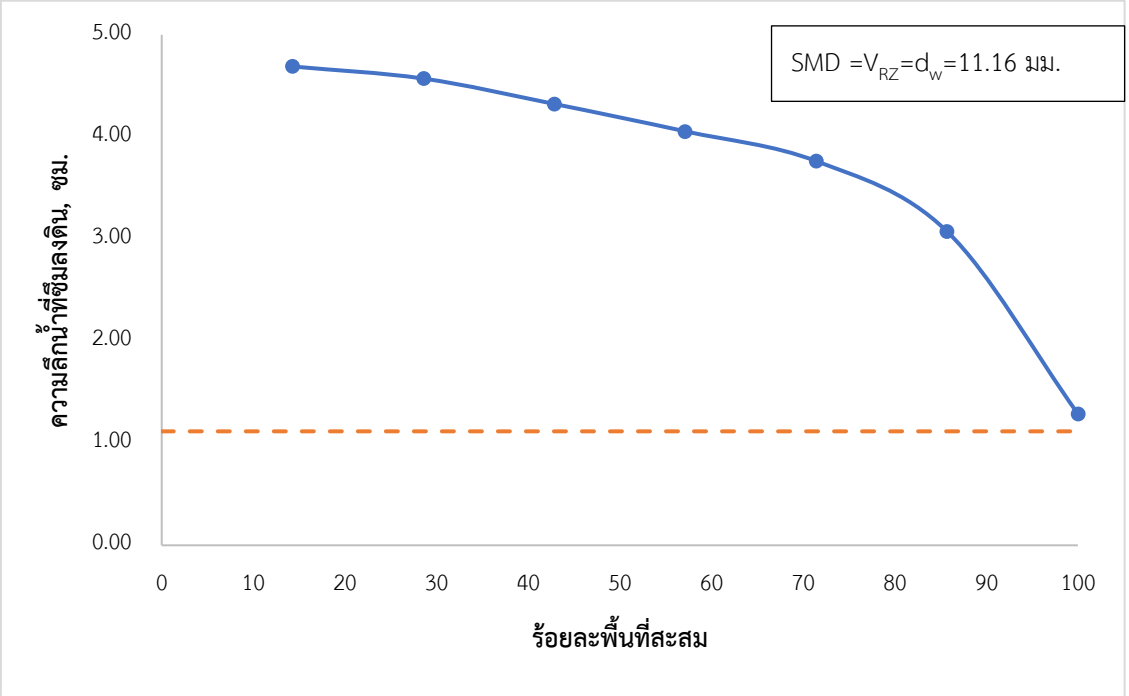
$RO = 100 - 27.92 - 67.59 = 4.49\%$

ในการประเมินประสิทธิภาพการให้น้ำอายุกล้วย 2 เดือน พบว่ามีประสิทธิภาพต่ำกว่าเป้าหมายตามมาตรฐาน ICID/ILRI (FAO) ซึ่งได้กำหนดว่าการให้แบบร่องคูจะมีประสิทธิภาพในการให้น้ำ (Ea) ควรมากกว่าร้อยละ 57 ทั้งนี้กล้วยที่อายุ 4 และ 6 เดือนก็มีประสิทธิภาพต่ำกว่าเป้าหมายเช่นกัน ประสิทธิภาพการให้น้ำสูงกว่าเป้าหมายที่กำหนดเมื่ออายุกล้วยที่ 12 เดือน ดังแสดงในตารางที่ 4-9

ตารางที่ 4-9 ตารางการเก็บค่าเพื่อศึกษาประสิทธิภาพการให้น้ำ, Ea

อายุกล้วย (เดือน)	เวลาการให้น้ำ (นาที)	ความลึกของรากกล้วย (มม.)	ความลึกของน้ำในดิน (มม.)	อัตราการให้น้ำ (ลิตรต่อวินาที)	ปริมาณน้ำที่ให้ (ลิตร)	ประสิทธิภาพในการให้น้ำ (Ea,%)
2	18	228.33	11.16	5.55	5994	27.92
4	19	278.33	13.61	5.55	6327	32.26
6	19	360.00	17.60	5.55	6327	41.74
12	29	776.67	37.98	5.55	9657	58.44

ผลการศึกษาความเพียงพอในการให้น้ำ, Es



ภาพที่ 4-6 ความสัมพันธ์ระหว่างความลึกน้ำที่ซึมลงดินกับร้อยละของพื้นที่สะสม

ตารางที่ 4-10 ตารางแสดงค่าความลึกน้ำที่ซึมลงดินกับร้อยละของพื้นที่สะสม

ความลึกน้ำที่ซึมลงดิน, ซม.	ร้อยละของพื้นที่ (%)	ร้อยละของพื้นที่สะสม (%)
4.69	14.29	14.29
4.57	14.29	28.57
4.32	14.29	42.86
4.06	14.29	57.14
3.76	14.29	71.43
3.08	14.29	85.71
1.29	14.29	100

ร้อยละของพื้นที่คิดจาก $\frac{100\%}{7\text{หมุด}} = 14.29\%$

$$Es = \frac{V_{RZ}}{SMD} \times 100$$

ดังนั้น Es = 100%

ในการประเมินความเพียงพอในการให้น้ำอายุกล้วย 2 เดือน พบว่ามีประสิทธิภาพเป็นไปตามเป้าหมายที่กำหนดไว้ คือควรมากกว่าหรือเท่ากับร้อยละ 100 ทั้งนี้กล้วยที่อายุ 4, 6 และ 12 เดือนก็มีประสิทธิภาพเป็นไปตามเป้าหมายที่กำหนดไว้เช่นกัน ดังแสดงในตารางที่ 4-11

ตารางที่ 4-11 ตารางการเก็บค่าเพื่อศึกษาความเพียงพอในการให้น้ำ, Es

อายุกล้วย (เดือน)	เวลาการให้น้ำ (นาที)	ความลึกของรากกล้วย (มม.)	ปริมาณน้ำที่ต้องการ (มม.)	ปริมาณน้ำที่เก็บกักในเขตราก (มม.)	ความเพียงพอในการให้น้ำ (Es,%)
2	18	228.33	11.16	12.89	100
4	19	278.33	13.61	17.57	100
6	19	360.00	17.60	17.57	100
12	29	776.67	37.98	39.13	100

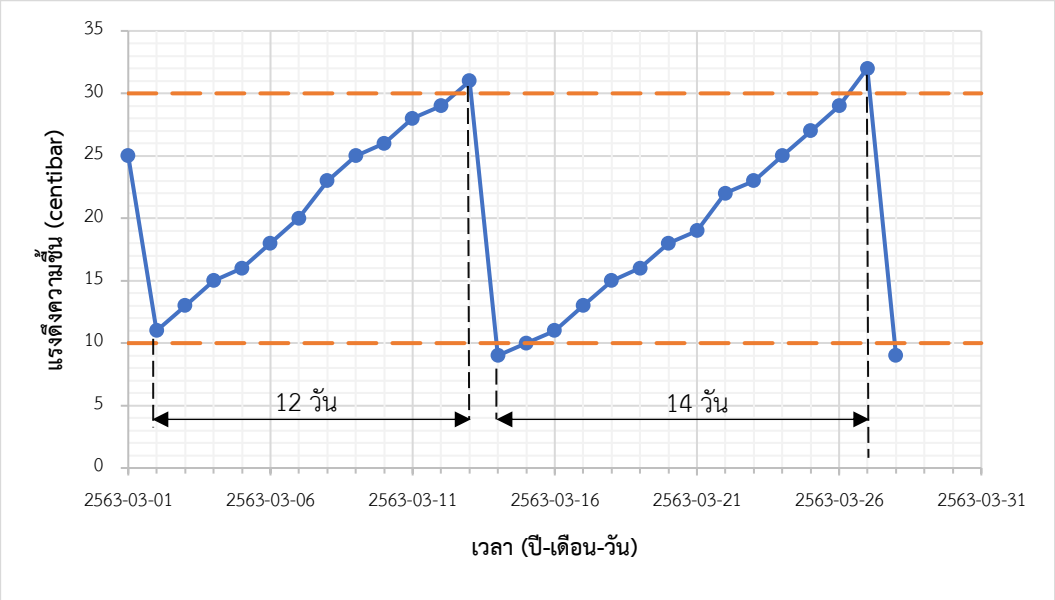
จากการประเมินประสิทธิภาพทั้ง 3 ตัวชี้วัด คือ ความสม่ำเสมอในการให้น้ำ ประสิทธิภาพในการให้น้ำ และความเพียงพอในการให้น้ำ โดยเลือกใช้อัตราการให้น้ำที่ 5.55 ลิตรต่อวินาที ซึ่งมากกว่าอัตราการให้น้ำสูงสุดที่ไม่ทำให้เกิดการกัดเซาะขึ้นระหว่างการให้น้ำ ซึ่งจากการทดลองให้น้ำแล้วไม่เกิดการกัดเซาะร่องคูขึ้น จึงทำการให้น้ำแก่กล้วยทั้งอายุ 2, 4, 6 และ 12 เดือน พร้อมทั้งประเมินประสิทธิภาพการชลประทานแล้วมีประสิทธิภาพในการให้น้ำสูง ดังแสดงผลตามตารางที่ 4-12

ตารางที่ 4-12 แสดงผลการประเมินประสิทธิภาพการชลประทานแบบร่องคูที่อัตราการให้น้ำ 5.55 ลิตรต่อวินาที

อายุของกล้วย (เดือน)	ความลึกของราก (มม.)	ความลึกของน้ำในดิน (มม.)	อัตราการให้น้ำเฉลี่ย ลิตรต่อวินาที)	ระยะเวลาในการให้น้ำ (นาที)	ปริมาณน้ำไหลเลยเขตราก (DP,%)	ปริมาณน้ำไหลเลยท้ายแปลง (Ro,%)	ประสิทธิภาพในการให้น้ำ (Ea,%)	ความสม่ำเสมอในการให้น้ำ (DU,%)	ความเพียงพอในการให้น้ำ (Es,%)
2	228.33	11.16	5.55	18	67.59	4.49	27.92	73.77	100
4	278.33	13.61	5.55	19	61.73	6.01	32.26	76.91	100
6	360.00	17.60	5.55	19	52.27	5.99	41.74	76.91	100
12	776.67	37.98	5.55	29	21.96	19.60	58.44	88.42	100

4.3 รอบเวรการให้น้ำ

ก่อนจะทำการให้น้ำในแต่ละครั้งจะทำการตรวจสอบว่าค่าแรงดึงความชื้นในดิน หากมีค่าสูงเกินกว่าที่พืชจะทนได้ก็จะต้องให้น้ำแก่พืชคือที่ 0.3 บาร์ โดยการตรวจสอบแรงดึงความชื้นในดินจะใช้ Tensiometer เครื่องวัดความชื้นในดินเพื่อหารอบเวรในการให้น้ำแก่พืช จะได้ความสัมพันธ์ระหว่างช่วงเวลากับแรงดึงความชื้นได้ดัง ภาพที่ 4-7 ซึ่งจากกราฟจะได้รอบเวรการให้น้ำทุก ๆ 12-14 วัน



ภาพที่ 4-7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลากับแรงดึงความชื้นในดิน

จากรอบเวรการให้น้ำจากการตรวจสอบ พบว่าปริมาณน้ำที่กล้วยนำไปใช้ประโยชน์มีการคำนวณได้จากปริมาณที่กล้วยต้องการในแต่ละช่วงอายุต่อรอบเวรการให้น้ำในแต่ละครั้ง คำนวณได้ดังนี้

$$\text{ปริมาณน้ำที่กล้วยใช้ประโยชน์} = \frac{\text{ปริมาณน้ำที่ต้องการ}}{\text{รอบเวรการให้น้ำ}} = \frac{11.16}{12} = 0.93 \text{ มม.ต่อวัน และ}$$

$$\frac{11.16}{14} = 0.80 \text{ มม.ต่อวัน}$$

ในการหาปริมาณน้ำที่กล้วยช่วงอายุ 2-12 เดือนพบว่าปริมาณน้ำที่กล้วยนำไปใช้ประโยชน์มีค่าอยู่ระหว่าง 0.80 - 3.17 มิลลิเมตรต่อวัน ดังแสดงในตารางที่ 4-13

ตารางที่ 4-13 แสดงผลปริมาณน้ำที่กล้วยใช้ประโยชน์

อายุกล้วย (เดือน)	**ปริมาณน้ำที่ต้องการ (มม.)**	**รอบเวรการให้น้ำ (วัน)**	**ปริมาณน้ำที่กล้วยใช้ประโยชน์ (มม.ต่อวัน)**
2	11.16	12 - 14	0.80 - 0.93
4	13.61	12 - 14	0.97 - 1.13
6	17.60	12 - 14	1.26 - 1.47
12	37.98	12 - 14	2.71 - 3.17

บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผล

จากการทดลองการให้น้ำแก่กล้วยตามความเจริญเติบโตโดยวิธีการชลประทานแบบร่องคู เมื่อทำการประเมินผลพบว่าความสม่ำเสมอในการให้น้ำ (DU) อยู่ระหว่างร้อยละ 73.77 – 88.42 ประสิทธิภาพการให้น้ำ (Ea) อยู่ระหว่างร้อยละ 27.92 - 58.44 และความเพียงพอในการให้น้ำ (Es) อยู่ที่ร้อยละ 100 โดยมีการศึกษาความชื้นที่จุดวิกฤตที่ 0.3 บาร์ และความชื้นชลประทานอยู่ที่ 0.1 บาร์ มีแรงดึงความชื้นร้อยละ 23.16 และร้อยละ 26.29 โดยน้ำหนักดินแห้ง ตามลำดับ ผลที่ได้จากการประเมินมีค่ามากกว่าเป้าหมายที่ตั้งไว้ ยกเว้นความสม่ำเสมอในการให้น้ำ (DU) ที่ช่วงอายุการเจริญเติบโตของกล้วย 2 , 4 และ 6 เดือน เนื่องจากแปลงทดลองในการให้น้ำแก่กล้วยนั้นมีวัชพืชขึ้นบริเวณร่องคูจึงส่งผลให้ความสม่ำเสมอในการให้น้ำต่ำกว่าเป้าหมายที่ตั้งไว้ และถ้าต้องการไม่ให้การกัดเซาะเกิดขึ้นระหว่างการให้น้ำ ควรเลือกอัตราการให้น้ำที่ $Q = \frac{S}{C} = \frac{0.59}{0.6} = 0.983$ ลิตรต่อวินาที แต่จากการทดลองพบว่าระหว่างการให้น้ำที่อัตราการให้น้ำที่ 5.55 ลิตรต่อวินาทีไม่เกิดการกัดเซาะขึ้นและยังให้ประสิทธิภาพสูง จึงเลือกใช้อัตราการให้น้ำที่ 5.55 ลิตรต่อวินาที

5.2 วิจารณ์ผลการทดลอง

จากตารางที่ 4-12 พบว่าตลอดการให้น้ำ 12 เดือนในอัตราการให้น้ำ 5.55 ลิตรต่อวินาที เพื่อให้น้ำไหลหลากจากหัวแปลงไปยังท้ายแปลงตามกฎ 1/4 ของระยะเวลาการให้น้ำไม่สามารถทำได้เนื่องจากจะเกิดการกัดเซาะ และมี RO ต่ำมากไม่เกิน 6% ในระยะเวลาไม่เกิน 6 เดือน เมื่อกล้วยระยะเวลา 12 เดือน รากกล้วยมีความลึกมากขึ้น ประสิทธิภาพการให้น้ำจะดีขึ้น เนื่องจาก ระยะเวลาน้ำหลากจากหัวแปลงไปยังท้ายแปลงเข้าใกล้กฎ 1/4 ของระยะเวลาให้น้ำ แต่จะมี RO เพิ่มขึ้นแทน ซึ่งจากมาตรฐาน ICID/ILRI (FAO) ได้สรุปผลว่าการให้แบบร่องคูจะมีประสิทธิภาพในการให้น้ำ (Ea) ร้อยละ 57 ซึ่งการศึกษานี้พบว่าให้น้ำแก่กล้วยที่อายุ 12 เดือน จะได้ ประสิทธิภาพในการให้น้ำ (Ea) ร้อยละ 58.44 ถือว่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน

5.3 ข้อเสนอแนะ

เนื่องจากกล้วยช่วง 2-6 เดือน จะมีรากอยู่ที่ประมาณ 228-360 มม. (ตารางที่ 4-2) ดังนั้นเพื่อลด DP ลงจึงควรปลูกกล้วยให้ลึกประมาณ 50 เซนติเมตร และควรมีการศึกษาเพิ่มเติม ในช่วง 2 - 6 เดือน ควรปรับการให้น้ำจากปกติเป็นแบบ Surge flow เป็นการให้น้ำแล้วทำการหยุดน้ำเป็นช่วง ๆ หรือวิธีลดอัตราการให้น้ำเมื่อไหลไปถึงท้ายร่อง (Cut-back) เพื่อลดปริมาณน้ำที่ไหลเลยเขตราก (DP)

เอกสารอ้างอิง

โครงการสารานุกรมไทยสำหรับเยาวชน โดยพระราชประสงค์ในระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว. 2548. **สารานุกรมไทยสำหรับเยาวชน เล่มที่ 30 โดยพระราชประสงค์ในระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว**. พิมพ์ครั้งที่ 1. สำนักพิมพ์อมรินทร์พริ้นติงแอนด์พับลิชชิ่ง,กรุงเทพฯ.

บุญมา ป้านประดิษฐ์. 2546. **หลักการชลประทาน.** ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน.

วราวุธ วุฒิวนิชย์ และพงศธร โสภาพันธุ์. 2536. **การชลประทานแบบบนผิวดิน.** ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน.

วราวุธ วุฒิวนิชย์. 2525. เอกสารประกอบการสอนวิชา วศ.ชป. 425 **(การออกแบบระบบชลประทานบนแปลงเพาะปลูก).** ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วราวุธ วุฒิวนิชย์. 2545. **การออกแบบระบบชลประทานในไร่นา.** พิมพ์ครั้งที่ 1. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัย เกษตรศาสตร์,กรุงเทพฯ.

วิบูลย์ บุญยธโรกุล. 2526. **หลักการชลประทาน.** ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัย เกษตรศาสตร์. โรงพิมพ์เอเชีย,กรุงเทพฯ.

ศูนย์วิจัยพืชยืนต้นและไม้ผลเมืองร้อน คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. ม.ป.ป. กล้วย. แหล่งที่มา: http://natres.psu.ac.th/researchcenter/tropicalfruit/fruit/banana.html, 12 กันยายน 2562.

อภิชาต อนุกูลอำไพ, วิบูลย์ บุญยธโรกุล, วราวุธ วุฒิวณิชย์, โกวิท ท้วมเสงี่ยม, และมนตรี ค้ำชู. 2524. **คู่มือการชลประทานระดับไร่นา.** ภาควิชาวิศวกรรมเกษตรและอาหาร สถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย.

Eba, A.T. 2018. The Impact of Alternate Furrow Irrigation on Water Productivity and Yield of Potato at Small Scale Irrigation, Ejere District, West Shoa, Ethiopia. **Journal of Plant Science and Agriculture Research.** Vol.2 No.2:16.

Holzapfel, E.A., Leiva C., Marino, M.A., Paredes, J., Arumi, J.L., and Billib, M., 2010. Furrow Irrigation Management and Design Criteria Using Efficiency Parameters

and Simulation Models. **Chilean Journal of Agriculture Research** 2010 70(2): 287-296.

Shayannejad, M. 2009. Effect of Every-Other Furrow Irrigation on Water Use Efficiency, Starch and Protein Contents of Potato. **Journal of Agriculture Science CCSE** Vol.1 No.2: 107-112.

Zerihun, D., Sanchez, C.A., and Farrell-Poe, K.L. 2001. Analysis and Design of Furrow Irrigation Systems. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering.** 2001 127(3): 161-169

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

การจำแนกชนิดดิน

Irrigation Engineering

Laboratory Faculty of Engineering

Kasetsart University Kamphaengsean Campus

SIEVE ANALYSIS

Project : ทดสอบดิน

Test by : น.ส.นทีทิพย์ ปัญญาชัย, นายบัณฑิต แก้วผลึก, นายอุดมศักดิ์ ตลอดไธสง

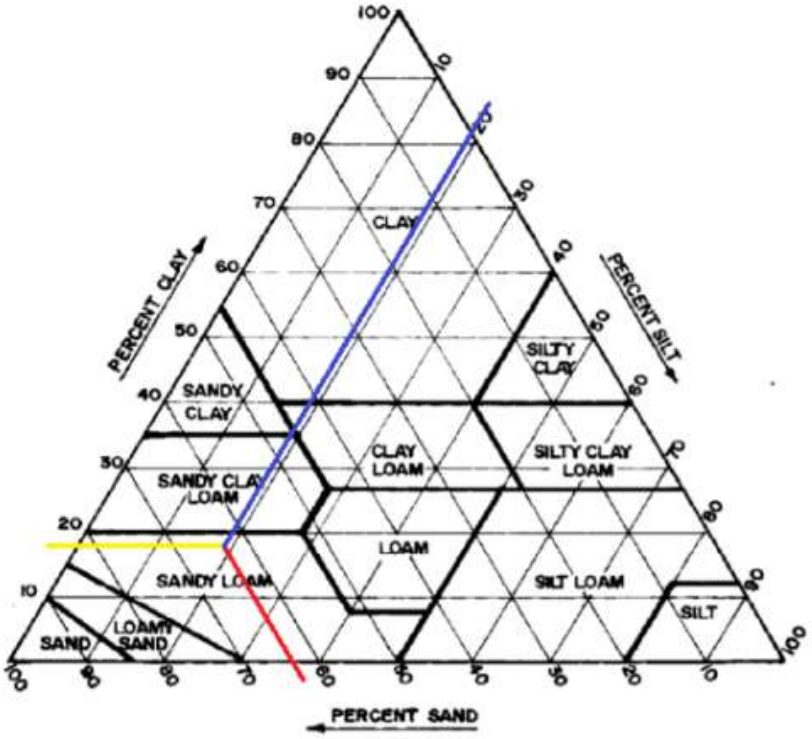
SOIL SAMPLE WELGHT

weight of container + Dry soil (g.)	1537.7
weight of container (g.)	368.96
weight of dry soil (g.)	1168.74

SIEVE ANALYSIS

sieve No.	**sieve opening (มม.)**	**Wt. of sieve (g.)**	**Wt. of sieve + soil (g.)**	**Wt. of soil Retained (g.)**	**% retained**	**% cumulative**	**% Finer**
3/8	2.000	366.98	473.53	106.55	9.12	9.12	90.88
10	1.000	353.83	531.74	177.91	15.22	24.34	75.66
40	0.500	337.22	462.76	125.54	10.74	35.08	64.92
100	0.250	330.24	656.65	326.41	27.93	63.01	36.99
200	0.125	335.05	532.31	197.26	16.88	79.89	20.11
pan		358.16	584.74	226.58	19.39	99.27	0.73
total				1160.25	99.27		

Wt. of dry soil before sieve (g.)	1168.74
Wt. of dry soil after sieve (g.)	1160.25
Wt. of losses (g.)	8.49
% losses	0.73



ตารางผนวก ก-2 ตารางแสดงร้อยละของชนิด

ชนิดดิน	ร้อยละ
ดินเหนียว	18
ดินทราย	63
ดินตะกอน	19

ภาคผนวก ข

ข้อมูลช่วงน้ำหลาก

ตารางผนวก ข ตารางบันทึกข้อมูลช่วงน้ำหลาก

ข้อมูลช่วงน้ำหลากในการให้น้ำแบบร่องคู

วิธีการให้น้ำ ร่องคู เนื้อดิน ดินร่วนปนทราย ปลูกพืช กล้วย

ลักษณะทั่วไปของแปลงที่เกี่ยวข้องกับการให้น้ำ slope = 0.0058

หมายเหตุ : ขนาดรางวัดน้ำ 10×90 เซนติเมตร

ระยะห่างระหว่างหมุด 25 เมตร

อัตราการให้น้ำ 0.14 ลิตรต่อวินาที

หมุดที่	ระยะ (ม.)	เวลา		
		เวลา น.	ห่างกัน	สะสม
0		9.00		0
1	25.00	9.06	6	6
2	50.00	9.13	7	13
3	75.00	9.22	9	22
4	100.00	9.35	13	35
5	125.00	9.48	13	48
6	150.00	10.10	22	70

อัตราการให้น้ำ 0.81 ลิตรต่อวินาที

หมุดที่	ระยะ (ม.)	เวลา		
		เวลา น.	ห่างกัน	สะสม
0		17.12		0
1	25.00	17.15	3	3
2	50.00	17.2	5	8
3	75.00	17.26	6	14
4	100.00	17.34	8	22
5	125.00	17.44	10	32
6	150.00	17.57	13	45

อัตราการให้น้ำ 3.10 ลิตรต่อวินาที

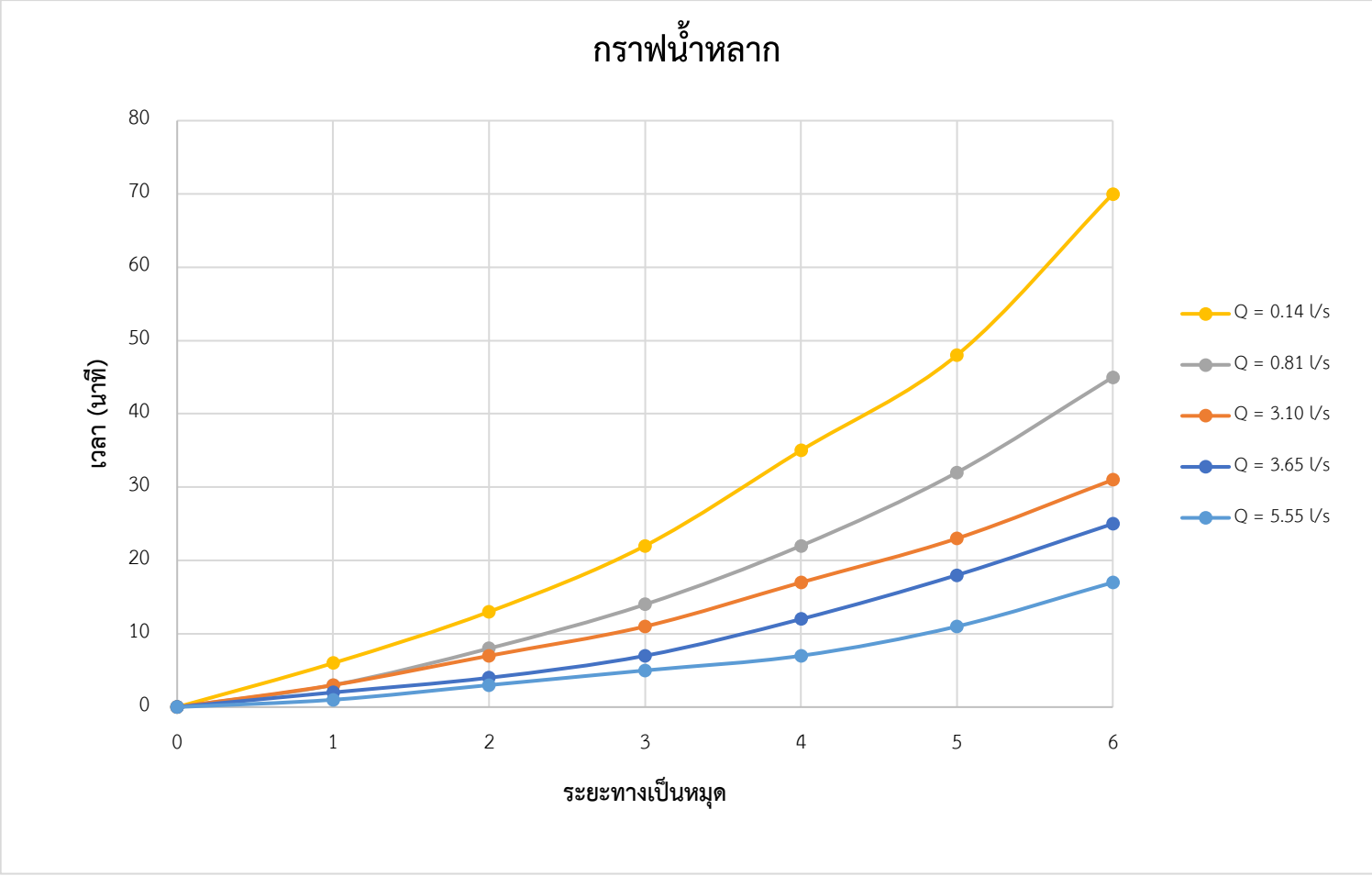
หมุดที่	ระยะ (ม.)	เวลา		
		เวลา น.	ห่างกัน	สะสม
0		15.58		0
1	25.00	16.01	3	3
2	50.00	16.05	4	7
3	75.00	16.09	4	11
4	100.00	16.15	6	17
5	125.00	16.21	6	23
6	150.00	16.29	8	31

อัตราการให้น้ำ 3.65 ลิตรต่อวินาที

หมุดที่	ระยะ (ม.)	เวลา		
		เวลา น.	ห่างกัน	สะสม
0		16.21		0
1	25.00	16.23	2	2
2	50.00	16.25	2	4
3	75.00	16.28	3	7
4	100.00	16.33	5	12
5	125.00	16.39	6	18
6	150.00	16.46	7	25

อัตราการให้น้ำ 5.55 ลิตรต่อวินาที

หมุดที่	ระยะ (ม.)	เวลา		
		เวลา น.	ห่างกัน	สะสม
0		16.40		0
1	25.00	16.41	1	1
2	50.00	16.43	2	3
3	75.00	16.45	2	5
4	100.00	16.47	2	7
5	125.00	16.51	4	11
6	150.00	16.57	6	17


กราฟน้ำหลาก
เวลา (นาที)
ระยะทางเป็นหมุด
0
10
20
30
40
50
60
70
80
0
1
2
3
4
5
6
Q = 0.14 l/s
Q = 0.81 l/s
Q = 3.10 l/s
Q = 3.65 l/s
Q = 5.55 l/s

ภาคผนวก ค

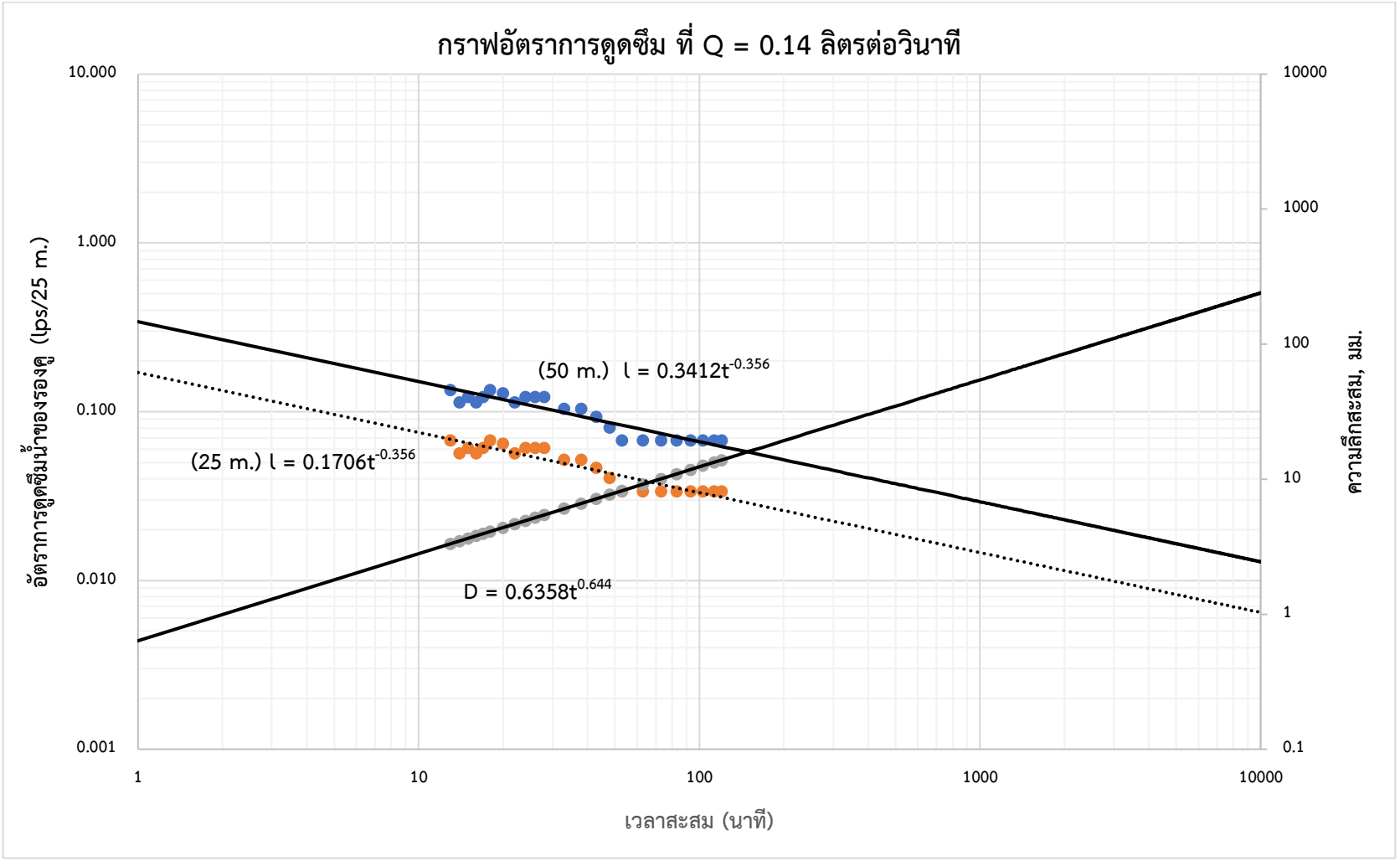
อัตราการดูดซึมน้ำในร่องคู

ตารางที่ ค-1 ข้อมูลการวัดอัตราการดูดซึมน้ำในร่องคูที่อัตราการไหล 0.14 ลิตรต่อวินาที

สถานที่ทำการวัด แปลงทดลองภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน ร่องคูที่ 2 รูปร่าง ตัวยู

ความลาดเทร่อง 0.0058 สภาพทั่วไป ดินร่วนปนทราย พืชที่ปลูก กล้วย

เวลา			อาคารวัดน้ำไหลเข้า			อาคารวัดน้ำไหลออก			อัตราการดูดซึม (l/s)	
เวลา (min)	ห่างกัน (min)	สะสม (min)	Head เหนือ (cm)	Head ท้าย (cm)	อัตราการไหล (l/s)	Head เหนือ (cm)	Head ท้าย (cm)	อัตราการไหล (l/s)	ต่อ 50 เมตร	ต่อ 25 เมตร
9:00		0	2	2	0.27					
9:13	13	13.00	7.50	6.10	0.14	5.00	4.70	0.01	0.13	0.07
	1.00	14.00	7.50	6.10	0.14	6.60	6.00	0.03	0.11	0.06
	1.00	15.00	7.50	6.10	0.14	7.40	6.90	0.02	0.12	0.06
	1.00	16.00	7.50	6.10	0.14	9.00	8.40	0.03	0.11	0.06
	1.00	17.00	7.50	6.10	0.14	9.20	8.70	0.02	0.12	0.06
	1.00	18.00	7.50	6.10	0.14	9.50	9.20	0.01	0.13	0.07
	2.00	20.00	7.50	6.10	0.14	10.30	9.90	0.01	0.13	0.06
	2.00	22.00	7.50	6.10	0.14	10.40	9.80	0.03	0.11	0.06
	2.00	24.00	7.50	6.10	0.14	10.90	10.40	0.02	0.12	0.06
	2.00	26.00	7.50	6.10	0.14	10.90	10.40	0.02	0.12	0.06
	2.00	28.00	7.60	6.30	0.12	11.40	10.90	0.02	0.12	0.06
	5.00	33.00	7.80	6.50	0.12	11.50	10.80	0.04	0.10	0.05
	5.00	38.00	8.00	6.50	0.16	11.50	10.80	0.04	0.10	0.05
	5.00	43.00	8.00	6.50	0.16	11.60	10.80	0.05	0.09	0.05
	5.00	48.00	8.00	6.80	0.11	11.70	10.80	0.06	0.08	0.04
	5.00	53.00	8.00	6.90	0.09	11.80	10.80	0.08	0.07	0.03
	10.00	63.00	8.40	6.90	0.16	11.80	10.80	0.08	0.07	0.03
	10.00	73.00	8.40	7.00	0.14	11.80	10.80	0.08	0.07	0.03
	10.00	83.00	8.30	6.90	0.14	11.80	10.80	0.08	0.07	0.03
	10.00	93.00	8.30	6.90	0.14	11.80	10.80	0.08	0.07	0.03
	10.00	103.00	8.30	6.90	0.14	11.80	10.80	0.08	0.07	0.03
	10.00	113.00	8.30	6.90	0.14	11.80	10.80	0.08	0.07	0.03
11:00	7.00	120.00	8.30	6.90	0.14	11.80	10.80	0.08	0.07	0.03
			เฉลี่ย		0.14					

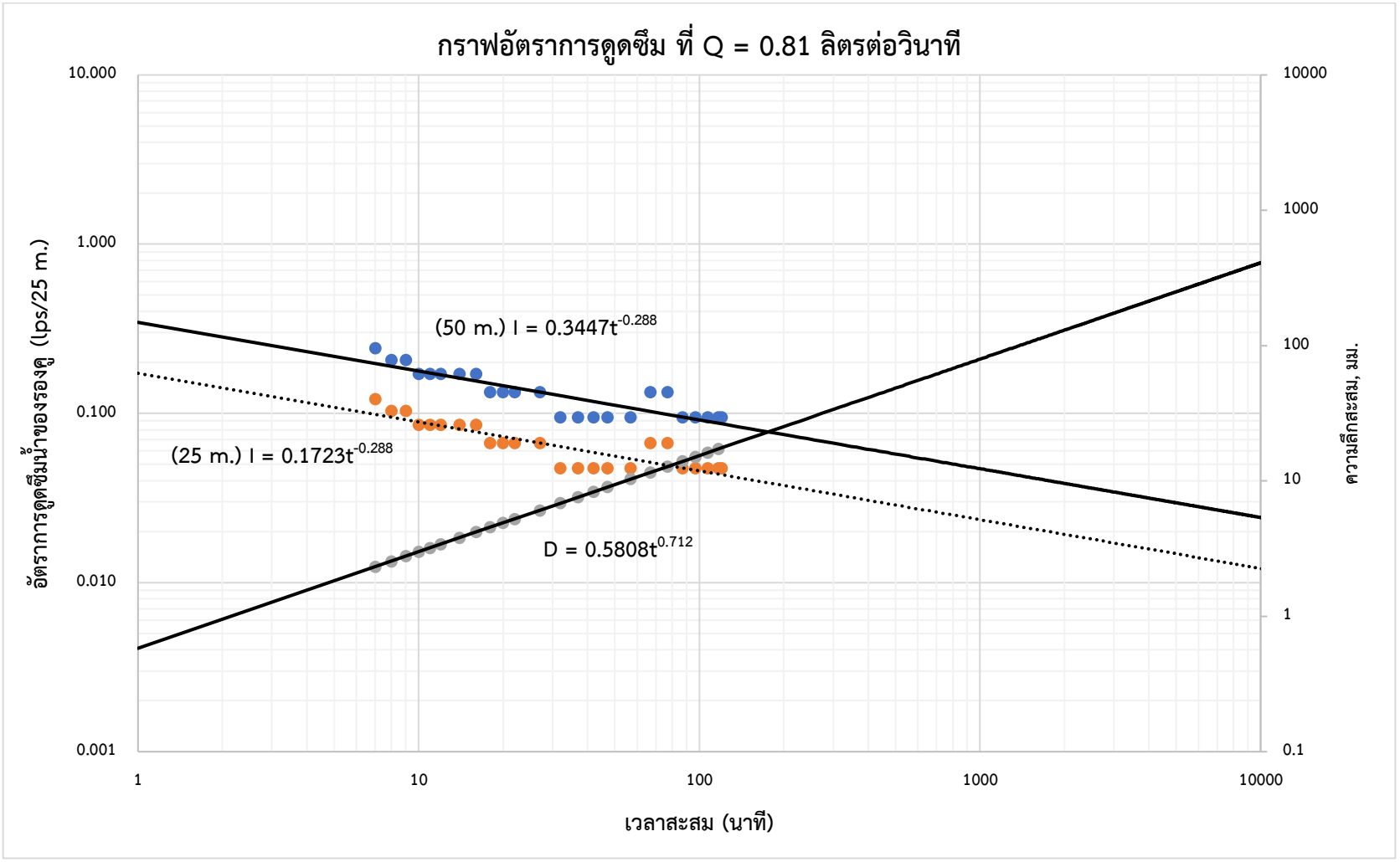

กราฟอัตราการดูดซึม ที่ Q = 0.14 ลิตรต่อวินาที
10.000
1.000
0.100
0.010
0.001
10000
1000
100
10
1
0.1
1
10
100
1000
10000
อัตราการดูดซึมน้ำของรองดู (lps/25 m.)
ความลึกสะสม, มม.
เวลาสะสม (นาที)
(50 m.) I = 0.3412t-0.356
(25 m.) I = 0.1706t-0.356
D = 0.6358t0.644

ตารางที่ ค-2 ข้อมูลการวัดอัตราการดูดซึมน้ำในร่องคูที่อัตราการไหล 0.81 ลิตรต่อวินาที

สถานที่ทำการวัด แปลงทดลองภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน ร่องคูที่ 2 รูปร่าง ตัวยู

ความลาดเทร่อง 0.0058 สภาพทั่วไป ดินร่วนปนทราย พืชที่ปลูก กล้วย

เวลา			อาคารวัดน้ำไหลเข้า		อาคารวัดน้ำไหลออก		อัตราการดูดซึม (l/s)	
เวลา (min)	ห่างกัน (min)	สะสม (min)	Head (cm)	อัตราการไหล (l/s)	Head (cm.)	อัตราการไหล (l/s)	ต่อ 50 เมตร	ต่อ 25 เมตร
17:12		0	3	0.57				
17:19	7	7.00	3.80	0.88	3.00	0.57	0.24	0.12
	1.00	8.00	3.90	0.92	3.10	0.61	0.21	0.10
	1.00	9.00	3.90	0.92	3.10	0.61	0.21	0.10
	1.00	10.00	4.00	0.97	3.20	0.64	0.17	0.09
	1.00	11.00	4.00	0.97	3.20	0.64	0.17	0.09
	1.00	12.00	4.00	0.97	3.20	0.64	0.17	0.09
	2.00	14.00	4.00	0.97	3.20	0.64	0.17	0.09
	2.00	16.00	4.00	0.97	3.20	0.64	0.17	0.09
	2.00	18.00	4.00	0.97	3.30	0.68	0.13	0.07
	2.00	20.00	3.60	0.80	3.30	0.68	0.13	0.07
	2.00	22.00	3.60	0.80	3.30	0.68	0.13	0.07
	5.00	27.00	3.60	0.80	3.30	0.68	0.13	0.07
	5.00	32.00	3.60	0.80	3.40	0.72	0.09	0.05
	5.00	37.00	3.50	0.76	3.40	0.72	0.09	0.05
	5.00	42.00	3.50	0.76	3.40	0.72	0.09	0.05
	5.00	47.00	3.50	0.76	3.40	0.72	0.09	0.05
	10.00	57.00	3.40	0.72	3.40	0.72	0.09	0.05
	10.00	67.00	3.40	0.72	3.30	0.68	0.13	0.07
	10.00	77.00	3.40	0.72	3.30	0.68	0.13	0.07
	10.00	87.00	3.40	0.72	3.40	0.72	0.09	0.05
	10.00	97.00	3.40	0.72	3.40	0.72	0.09	0.05
	10.00	107.00	3.40	0.72	3.40	0.72	0.09	0.05
	10.00	117.00	3.40	0.72	3.40	0.72	0.09	0.05
18:21	3.00	120.00	3.40	0.72	3.4	0.72	0.09	0.05
			เฉลี่ย	0.81				

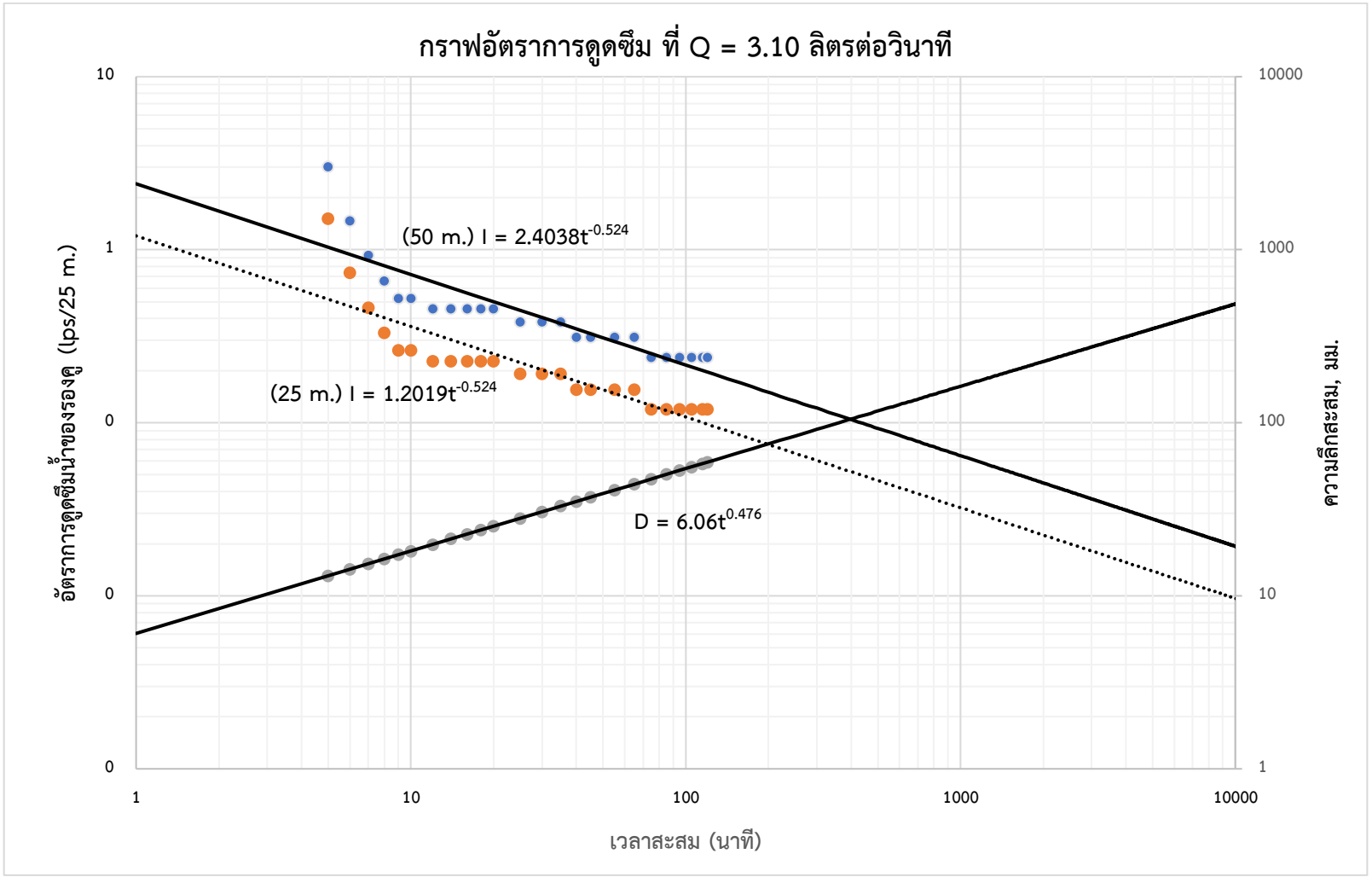

กราฟอัตราการดูดซึม ที่ Q = 0.81 ลิตรต่อวินาที
10.000
1.000
0.100
0.010
0.001
อัตราการดูดซึมน้ำของรองดู (lps/25 m.)
10000
1000
100
10
1
0.1
ความลึกสะสม, มม.
(50 m.) I = 0.3447t-0.288
(25 m.) I = 0.1723t-0.288
D = 0.5808t0.712
1
10
100
1000
10000
เวลาสะสม (นาที)

ตารางที่ ค-3 ข้อมูลการวัดอัตราการดูดซึมน้ำในร่องคูที่อัตราการไหล 3.10 ลิตรต่อวินาที

สถานที่ทำการวัด แปลงทดลองภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน ร่องคูที่ 1 รูปร่าง ตัวยู

ความลาดเทร่อง 0.0058 สภาพทั่วไป ดินร่วนปนทราย พืชที่ปลูก กล้วย

เวลา			อาคารวัดน้ำไหลเข้า		อาคารวัดน้ำไหลออก		อัตราการดูดซึม (l/s)	
เวลา (min)	ห่างกัน (min)	สะสม (min)	Head (cm)	อัตราการไหล (l/s)	Head (cm.)	อัตราการไหล (l/s)	ต่อ 50 เมตร	ต่อ 25 เมตร
15:58		0	8.0	3.47				
16:03	5	5.00	8.4	3.79	1.00	0.08	3.02	1.51
	1.00	6.00	8.2	3.63	5.30	1.63	1.47	0.74
	1.00	7.00	7.9	3.39	6.20	2.17	0.93	0.46
	1.00	8.00	7.9	3.39	6.60	2.43	0.66	0.33
	1.00	9.00	7.7	3.23	6.80	2.57	0.52	0.26
	1.00	10.00	7.7	3.23	6.80	2.57	0.52	0.26
	2.00	12.00	7.6	3.15	6.90	2.64	0.45	0.23
	2.00	14.00	7.6	3.15	6.90	2.64	0.45	0.23
	2.00	16.00	7.4	3.00	6.90	2.64	0.45	0.23
	2.00	18.00	7.3	2.93	6.90	2.64	0.45	0.23
	2.00	20.00	7.3	2.93	6.90	2.64	0.45	0.23
	5.00	25.00	7.3	2.93	7.00	2.71	0.38	0.19
	5.00	30.00	7.3	2.93	7.00	2.71	0.38	0.19
	5.00	35.00	7.3	2.93	7.00	2.71	0.38	0.19
	5.00	40.00	7.3	2.93	7.10	2.78	0.31	0.16
	5.00	45.00	7.3	2.93	7.10	2.78	0.31	0.16
	10.00	55.00	7.3	2.93	7.10	2.78	0.31	0.16
	10.00	65.00	7.3	2.93	7.10	2.78	0.31	0.16
	10.00	75.00	7.3	2.93	7.20	2.86	0.24	0.12
	10.00	85.00	7.3	2.93	7.20	2.86	0.24	0.12
	10.00	95.00	7.3	2.93	7.20	2.86	0.24	0.12
	10.00	105.00	7.3	2.93	7.20	2.86	0.24	0.12
	10.00	115.00	7.3	2.93	7.20	2.86	0.24	0.12
17:58	5.00	120.00	7.3	2.93	7.20	2.86	0.24	0.12
			เฉลี่ย	3.10				

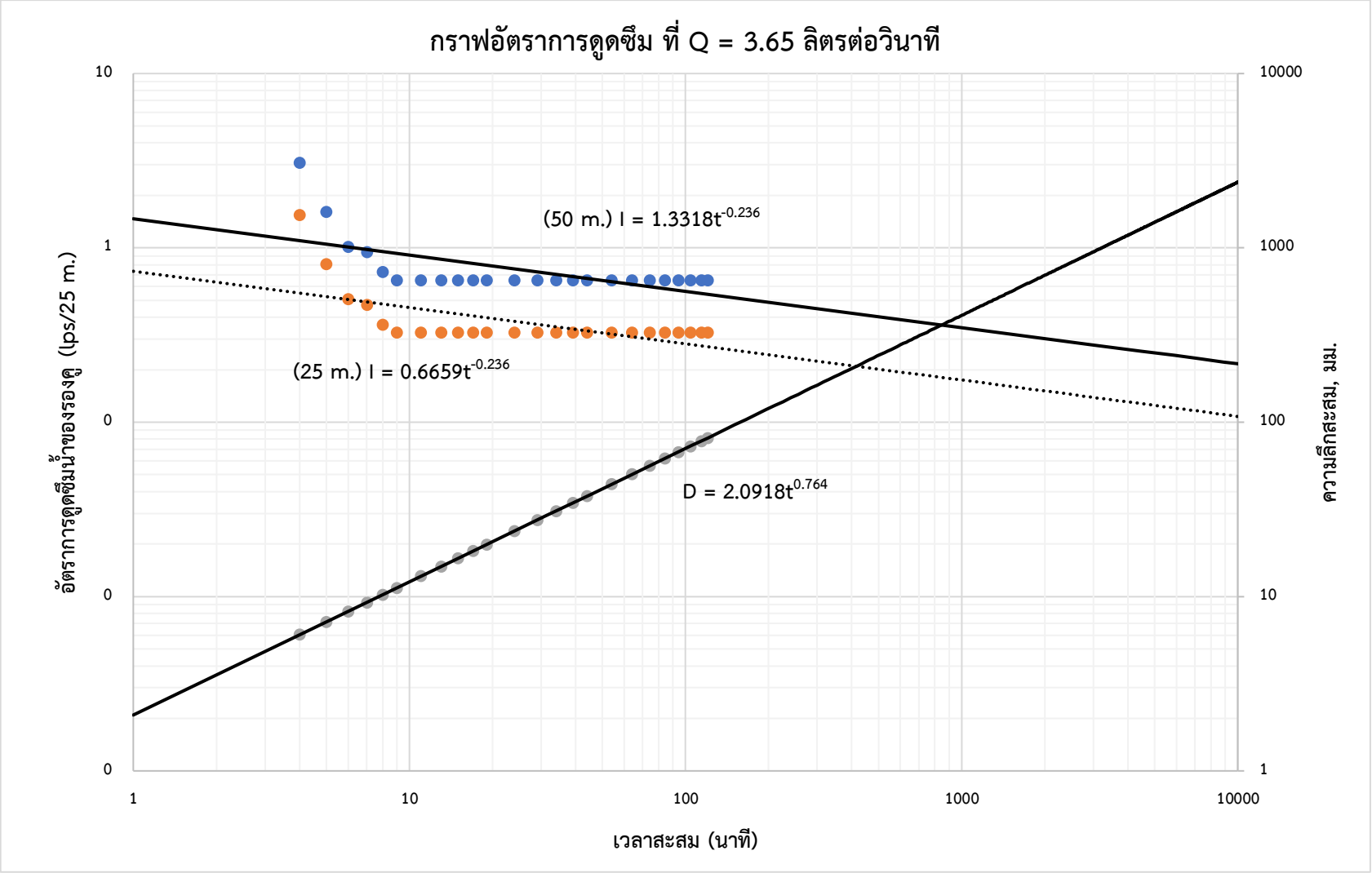

กราฟอัตราการดูดซึม ที่ Q = 3.10 ลิตรต่อวินาที
(50 m.) I = 2.4038t^-0.524
(25 m.) I = 1.2019t^-0.524
D = 6.06t^0.476
อัตราการดูดซึมน้ำของรองดู (lps/25 m.)
ความลึกสะสม, ซม.
เวลาสะสม (นาที)
10
1
0
0
0
10000
1000
100
10
1
1
10
100
1000
10000

ตารางที่ ค-4 ข้อมูลการวัดอัตราการดูดซึมน้ำในร่องคูที่อัตราการไหล 3.65 ลิตรต่อวินาที

สถานที่ทำการวัด แปลงทดลองภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน ร่องคูที่ 1 รูปร่าง ตัวยู

ความลาดเทร่อง 0.0058 สภาพทั่วไป ดินร่วนปนทราย พืชที่ปลูก กล้วย

เวลา			อาคารวัดน้ำไหลเข้า		อาคารวัดน้ำไหลออก		อัตราการดูดซึม (l/s)	
เวลา (min)	ห่างกัน (min)	สะสม (min)	Head (cm)	อัตราการไหล (l/s)	Head (cm.)	อัตราการไหล (l/s)	ต่อ 50 เมตร	ต่อ 25 เมตร
16:21		0	8.9	4.22				
16:25	4	4.00	9.00	4.31	3.00	0.57	3.08	1.54
	1.00	5.00	8.70	4.05	6.00	2.04	1.61	0.81
	1.00	6.00	8.60	3.96	6.90	2.64	1.01	0.51
	1.00	7.00	8.50	3.88	7.00	2.71	0.94	0.47
	1.00	8.00	8.40	3.79	7.30	2.93	0.73	0.36
	1.00	9.00	8.40	3.79	7.40	3.00	0.65	0.33
	2.00	11.00	8.40	3.79	7.40	3.00	0.65	0.33
	2.00	13.00	8.30	3.71	7.40	3.00	0.65	0.33
	2.00	15.00	8.20	3.63	7.40	3.00	0.65	0.33
	2.00	17.00	8.20	3.63	7.40	3.00	0.65	0.33
	2.00	19.00	8.10	3.55	7.40	3.00	0.65	0.33
	5.00	24.00	8.00	3.47	7.40	3.00	0.65	0.33
	5.00	29.00	8.00	3.47	7.40	3.00	0.65	0.33
	5.00	34.00	8.00	3.47	7.40	3.00	0.65	0.33
	5.00	39.00	8.00	3.47	7.40	3.00	0.65	0.33
	5.00	44.00	8.00	3.47	7.40	3.00	0.65	0.33
	10.00	54.00	8.00	3.47	7.40	3.00	0.65	0.33
	10.00	64.00	8.00	3.47	7.40	3.00	0.65	0.33
	10.00	74.00	8.00	3.47	7.40	3.00	0.65	0.33
	10.00	84.00	8.00	3.47	7.40	3.00	0.65	0.33
	10.00	94.00	8.00	3.47	7.40	3.00	0.65	0.33
	10.00	104.00	8.00	3.47	7.40	3.00	0.65	0.33
	10.00	114.00	8.00	3.47	7.40	3.00	0.65	0.33
18:21	6.00	120.00	8.00	3.47	7.4	3.00	0.65	0.33
			เฉลี่ย	3.65				

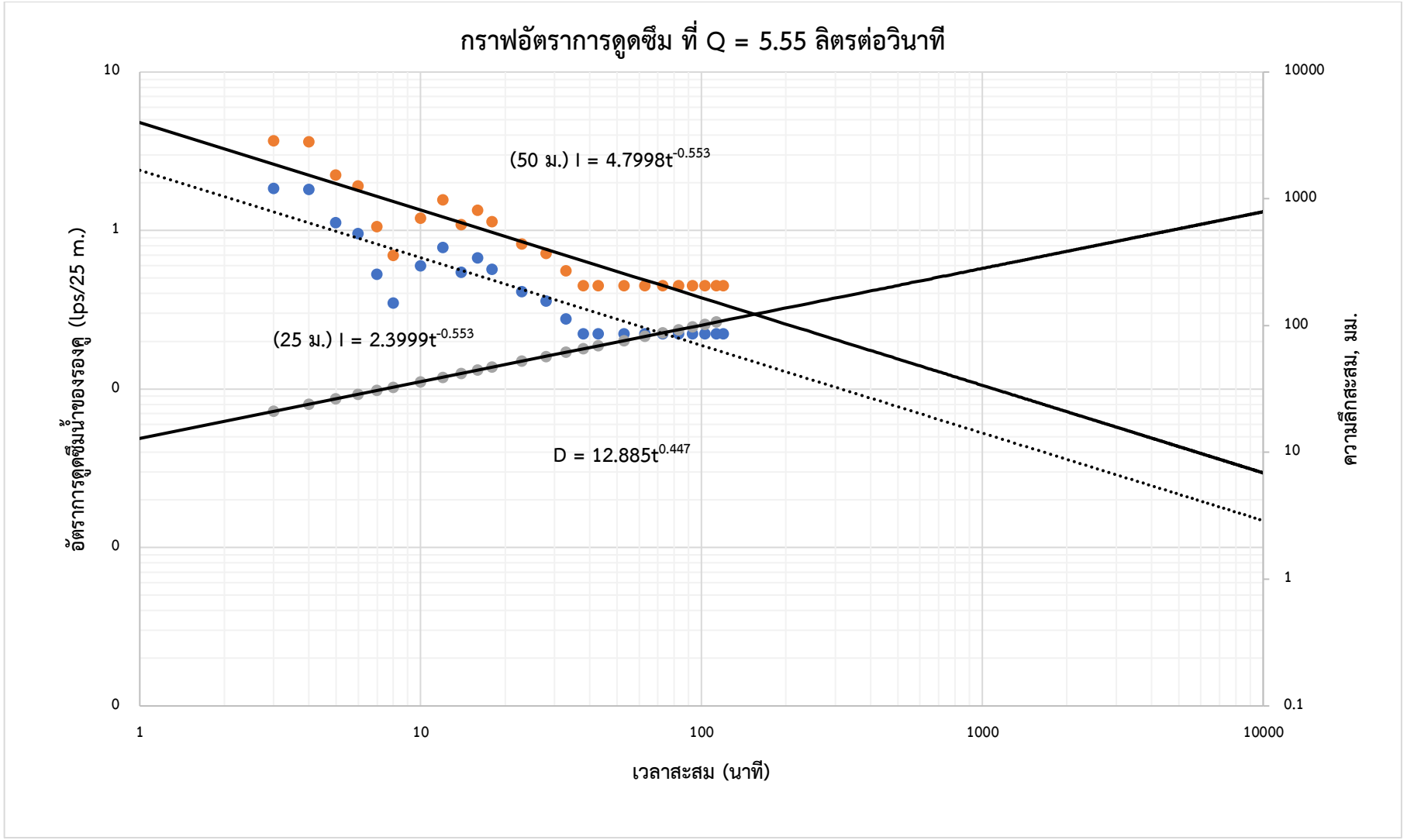

กราฟอัตราการดูดซึม ที่ Q = 3.65 ลิตรต่อวินาที
(50 m.) I = 1.3318t^-0.236
(25 m.) I = 0.6659t^-0.236
D = 2.0918t^0.764
อัตราการดูดซึมน้ำของรองดู (lps/25 m.)
ความลึกสะสม, มม.
เวลาสะสม (นาที)
10
1
0
0
10000
1000
100
10
1
1
10
100
1000
10000

ตารางที่ ค-6 ข้อมูลการวัดอัตราการดูดซึมน้ำในร่องคูที่อัตราการไหล 5.55 ลิตรต่อวินาที

สถานที่ทำการวัด แปลงทดลองภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน ร่องคูที่ 2 รูปร่าง ตัวยู

ความลาดเทร่อง 0.0058 สภาพทั่วไป ดินร่วนปนทราย พืชที่ปลูก กล้วย

เวลา			อาคารวัดน้ำไหลเข้า			อาคารวัดน้ำไหลออก			อัตราการดูดซึม (l/s)	
เวลา (min)	ห่างกัน (min)	สะสม (min)	Head เหนือ (cm)	Head ท้าย (cm)	อัตราการไหล (l/s)	Head เหนือ (cm)	Head ท้าย (cm)	อัตราการไหล (l/s)	ต่อ 50 เมตร	ต่อ 25 เมตร
16:40		0	7	6.3	2.71					
16:43	3	3.00	9.60	9.50	4.85	5.70	5.30	1.86	3.69	1.84
	1.00	4.00	9.60	9.50	4.85	5.80	5.40	1.92	3.63	1.81
	1.00	5.00	9.70	9.60	4.94	7.80	7.10	3.31	2.24	1.12
	1.00	6.00	9.80	9.70	5.04	8.20	7.90	3.63	1.92	0.96
	1.00	7.00	9.90	9.80	5.13	9.20	8.70	4.48	1.06	0.53
	1.00	8.00	10.00	9.80	5.23	9.60	9.40	4.85	0.70	0.35
	2.00	10.00	10.10	9.90	5.32	10.70	9.80	4.35	1.20	0.60
	2.00	12.00	10.20	10.20	5.42	11.40	10.90	3.99	1.56	0.78
	2.00	14.00	10.30	10.30	5.52	11.80	11.20	4.46	1.09	0.55
	2.00	16.00	10.40	10.30	5.62	12.40	12.00	4.20	1.34	0.67
	2.00	18.00	10.60	10.50	5.82	12.80	12.40	4.41	1.14	0.57
	5.00	23.00	10.70	10.60	5.92	13.40	13.00	4.72	0.82	0.41
	5.00	28.00	10.80	10.70	6.02	13.60	13.20	4.83	0.72	0.36
	5.00	33.00	10.80	10.70	6.02	13.90	13.50	4.99	0.56	0.28
	5.00	38.00	10.80	10.70	6.02	14.10	13.70	5.10	0.45	0.22
	5.00	43.00	10.80	10.70	6.02	14.10	13.70	5.10	0.45	0.22
	10.00	53.00	10.80	10.70	6.02	14.10	13.70	5.10	0.45	0.22
	10.00	63.00	10.80	10.70	6.02	14.10	13.70	5.10	0.45	0.22
	10.00	73.00	10.80	10.70	6.02	14.10	13.70	5.10	0.45	0.22
	10.00	83.00	10.80	10.70	6.02	14.10	13.70	5.10	0.45	0.22
	10.00	93.00	10.80	10.70	6.02	14.10	13.70	5.10	0.45	0.22
	10.00	103.00	10.80	10.70	6.02	14.10	13.70	5.10	0.45	0.22
	10.00	113.00	10.80	10.70	6.02	14.10	13.70	5.10	0.45	0.22
18:40	7.00	120.00	10.80	10.70	6.02	14.10	13.70	5.10	0.45	0.22
			เฉลี่ย		5.55					


กราฟอัตราการดูดซึม ที่ Q = 5.55 ลิตรต่อวินาที
(50 ม.) I = 4.7998t^-0.553
(25 ม.) I = 2.3999t^-0.553
D = 12.885t^0.447
อัตราการดูดซึมน้ำของรองดู (lps/25 m.)
ความลึกสะสม, มม.
เวลาสะสม (นาที)
10
1
0
0
0
10000
1000
100
10
1
0.1
1
10
100
1000
10000

ภาคผนวก ง

การคำนวณหาค่าความชื้นชลประทาน

ตารางผนวก ค การคำนวณหาค่าความชื้นชลประทาน ความชื้นที่จุดวิกฤต และความชื้นที่จุดเหี่ยวเฉาถาวร

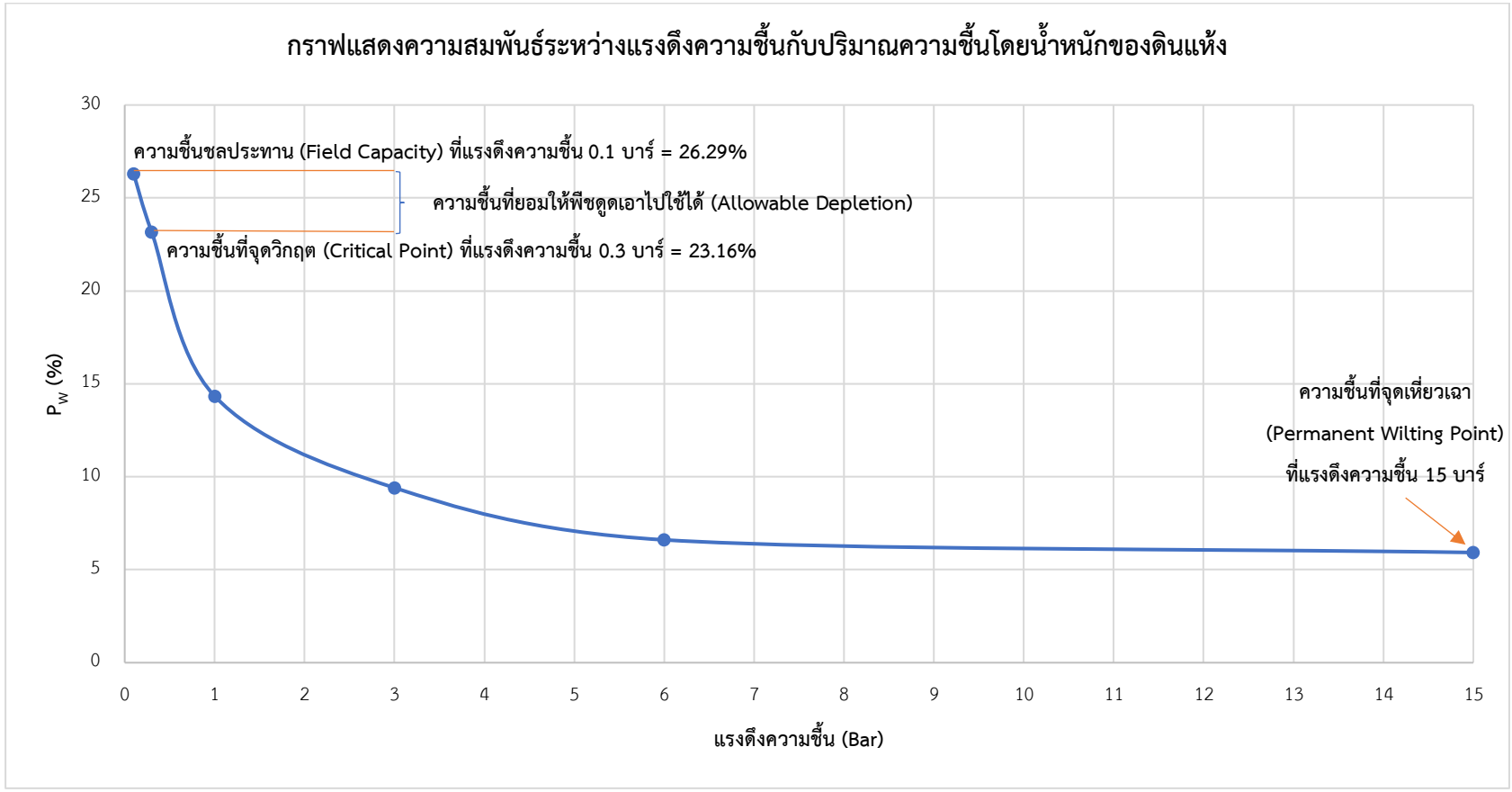
แรงดึงความชื้น (บาร์)	น.น.ดินเปียก+อุปกรณ์ (ก่อนอบ)	น.น.ดินเปียก+อุปกรณ์ (หลังอบ)	น.น.อุปกรณ์ *	P_W (ร้อยละโดยน.น.ดินแห้ง)
0.1	205.39	179.43	80.70	26.29
0.3	197.94	175.43	78.26	23.17
1	187.18	173.60	78.91	14.34
3	179.89	170.69	72.91	9.41
6	196.04	188.49	74.20	6.61
15	180.60	174.57	72.80	5.93

*หมายเหตุ น.น.อุปกรณ์ หมายถึง น.น.กระป๋องและวงแหวนใส่ดิน

ตัวอย่างการคำนวณ

$$P_W = \frac{W_W}{W_S} \times 100\%$$

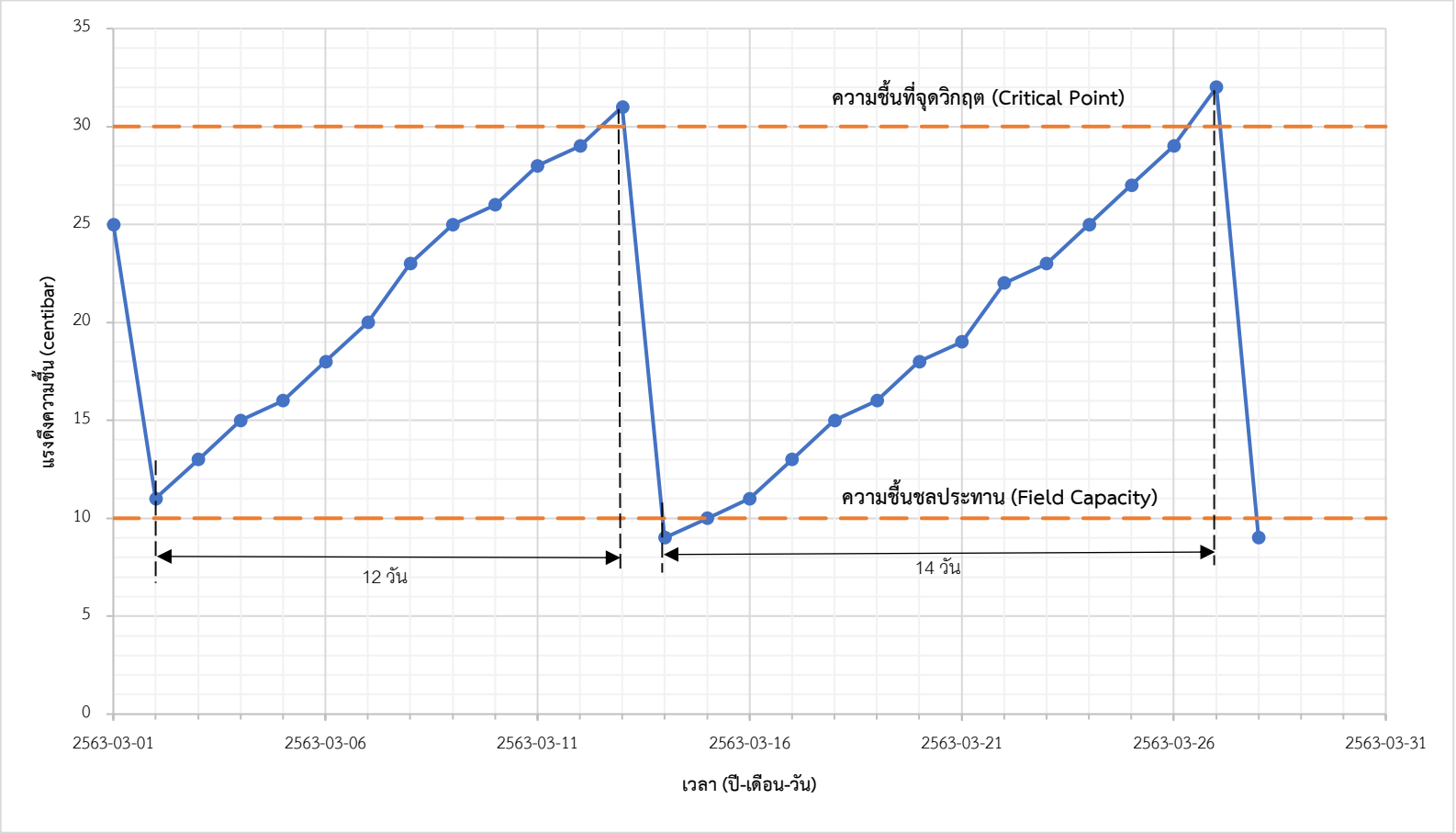
$$P_W = \frac{205.39 - 80.7}{179.43 - 80.7} \times 100\% = 26.29\%$$


กราฟแสดงความสมพันธ์ระหว่างแรงดึงความชื้นกับปริมาณความชื้นโดยน้ำหนักของดินแห้ง
ความชื้นชลประทาน (Field Capacity) ที่แรงดึงความชื้น 0.1 บาร์ = 26.29%
ความชื้นที่ยอมให้พืชดูดเอาไปใช้ได้ (Allowable Depletion)
ความชื้นที่จุดวิกฤต (Critical Point) ที่แรงดึงความชื้น 0.3 บาร์ = 23.16%
ความชื้นที่จุดเหี่ยวเฉา
(Permanent Wilting Point)
ที่แรงดึงความชื้น 15 บาร์
P_W (%)
แรงดึงความชื้น (Bar)
0
5
10
15
20
25
30
0
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15

ภาคผนวก จ

รอบเวรการให้น้ำ

ข้อมูลที่ได้จากการวัด			
วันที่	**ว/ด/ป**	**แรงดึงความชื้น (centibar)**	**หมายเหตุ**
1	1 มี.ค. 2563	25	
2	2 มี.ค. 2563	11	
3	3 มี.ค. 2563	13	
4	4 มี.ค. 2563	15	
5	5 มี.ค. 2563	16	
6	6 มี.ค. 2563	18	
7	7 มี.ค. 2563	20	
8	8 มี.ค. 2563	23	
9	9 มี.ค. 2563	25	
10	10 มี.ค. 2563	26	
11	11 มี.ค. 2563	28	
12	12 มี.ค. 2563	29	
13	13 มี.ค. 2563	31	ทำการให้น้ำ
14	14 มี.ค. 2563	9	
15	15 มี.ค. 2563	10	
16	16 มี.ค. 2563	11	
17	17 มี.ค. 2563	13	
18	18 มี.ค. 2563	15	
19	19 มี.ค. 2563	16	
20	20 มี.ค. 2563	18	
21	21 มี.ค. 2563	19	
22	22 มี.ค. 2563	22	
23	23 มี.ค. 2563	23	
24	24 มี.ค. 2563	25	
25	25 มี.ค. 2563	27	
26	26 มี.ค. 2563	29	
27	27 มี.ค. 2563	32	ทำการให้น้ำ
28	28 มี.ค. 2563	9	


35
30
25
20
15
10
5
0
แรงดึงความชื้น (centibar)
ความชื้นที่จุดวิกฤต (Critical Point)
ความชื้นชลประทาน (Field Capacity)
12 วัน
14 วัน
2563-03-01
2563-03-06
2563-03-11
2563-03-16
2563-03-21
2563-03-26
2563-03-31
เวลา (ปี-เดือน-วัน)

ภาคผนวก ฉ

ความลึกของรากกล้วย

ตารางผนวก จ แสดงความลึกของรากกล้วย

อายุของกล้วย (เดือน)	ความลึกของราก (มิลลิเมตร)			เฉลี่ย (มิลลิเมตร)	ตัวอย่างรูปภาพความลึกของราก
2	220	230	235	228.33	
4	245	270	320	278.33	
6	355	380	345	360.00	
12	750	770	810	776.67	

ภาคผนวก ช

การคำนวณการประเมินประสิทธิภาพการชลประทานที่อายุการเจริญเติบโตต่าง ๆ

การให้น้ำและการประเมินประสิทธิภาพการชลประทานที่ช่วงอายุการเจริญเติบโต 2 เดือน

1. การให้น้ำ

- รากกล้วยลึกเฉลี่ย 228.33 มม.
- ความมลึกของน้ำในดินที่ต้องให้การชลประทาน

$$d_w = \frac{P_W \times A_S \times d_P}{100}$$

$$d_w = \frac{(26.29 - 23.17) \times 1.56 \times 228.33}{100}$$

$$d_w = 11.16 \text{ มม.}$$

จาก $D = 12.8854\ t^{0.447}$ มม.

จะได้ เวลาที่นำไปหาอัตราการให้น้ำจากกราฟน้ำหลาก

$$t_n = \left(\frac{11.16}{12.8854}\right)^{\frac{1}{0.447}} = 1 \text{ นาที}$$

$t_{adv} = 0.25$ นาที

เมื่อพิจารณาจากกราฟน้ำหลากแล้ว ไม่สามารถเลือกอัตราการให้น้ำได้

- เมื่อเลือกพิจารณาที่ Q = 5.55 ลิตรต่อวินาที จะได้ t_{adv} = 17 นาที

1.1 อัตราการให้น้ำ = 5.55 ลิตรต่อวินาที

1.2 เวลาการให้น้ำ, To = 17 + 1 = 18 นาที

1.3 ปริมาณน้ำที่ให้ = Q x T x 60 = 5.55 × 18 × 60 = 5994 ลิตร

= 5.994 ลูกบาศก์เมตร

2. การประเมินประสิทธิภาพการชลประทาน

การวิเคราะห์ความสม่ำเสมอการให้น้ำ, DU

หาความลึกของน้ำที่ซึมลงไปในดินของแต่หมุด จากสมการอัตราการดูดซึมที่อัตราการไหล 5.55 ลิตรต่อวินาที คือ $D = 12.8854\ t^{0.447}$ จะได้ความลึกน้ำที่แต่ละหมุดดังตาราง

หมุดที่	T_{adv}	To	$D = 12.8854\ t^{0.447}$ มม.
0	0	18	46.90
1	1	17	45.72
2	3	15	43.23
3	5	13	40.55
4	7	11	37.64
5	11	7	30.75
6	17	1	12.89

(ระยะระหว่างหมุด = 25 เมตร)

$$\overline{D} = \frac{(\frac{46.90}{2}) + 45.72 + 43.23 + 40.55 + 37.64 + 30.75 + (\frac{12.89}{2})}{6} = 37.96 \text{ มม.}$$

$$\overline{D}_{LQ} = \frac{(\frac{37.64}{2}) + 30.75 + (\frac{12.89}{2})}{6} = 28.01 \text{ มม.}$$

จากสมการที่ 3

$$DU = \frac{\overline{D}_{LQ}}{\overline{D}} \times 100$$

ดังนั้น $DU = \frac{28.01}{37.96} \times 100 = 73.77\%$

การวิเคราะห์ประสิทธิภาพการให้น้ำ, Ea

ตัวอย่างการวิเคราะห์ประสิทธิภาพการให้น้ำที่อายุ 2 เดือน

- ค่า $V_{RZ} = d_w$
- ค่า $V_T = \frac{QT}{A} = \frac{5.55 \times 18 \times 60}{150 \times 1} = \frac{5994}{150} = 39.96$

$$Ea = \frac{V_{RZ}}{V_T} \times 100$$

ดังนั้น $Ea = \frac{11.16}{39.96} \times 100 = 27.92\%$

การหาปริมาณน้ำที่ไหลเลยเขตราก, DP

จาก $DP = \overline{D} - V_{RZ}$

$DP = 37.9 - 11.16 = 26.74$ มม

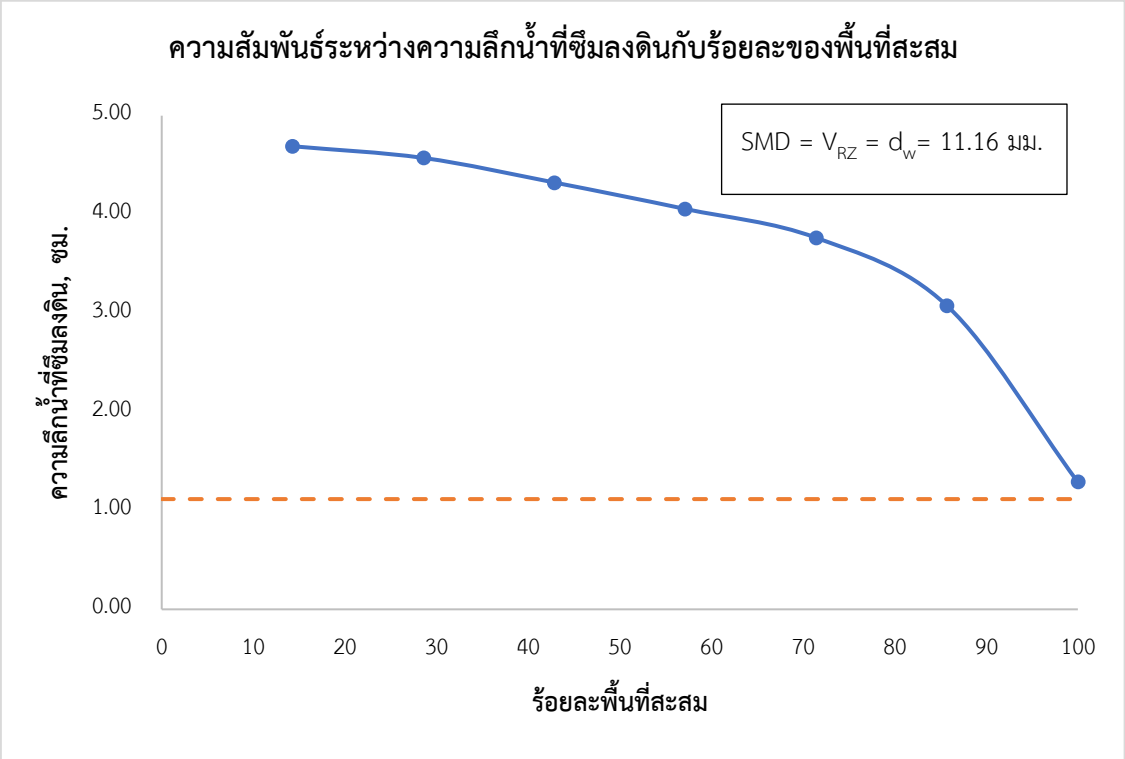
$$DP = \frac{26.74}{39.96} \times 100 = 67.59\%$$

การหาปริมาณน้ำไหลเลยท้ายแปลง, RO

จาก $RO = 100 - Ea - DP$

$RO = 100 - 27.92 - 67.59 = 4.49\%$

การวิเคราะห์ความพียงพอในการให้น้ำ, Es



ความลึกน้ำที่ซึมลงดิน, ซม.	ร้อยละของพื้นที่ (%)	ร้อยละของพื้นที่สะสม (%)
4.69	14.29	14.29
4.57	14.29	28.57
4.32	14.29	42.86
4.06	14.29	57.14
3.76	14.29	71.43
3.08	14.29	85.71
1.29	14.29	100

จากสมการที่ 8

$$Es = \frac{V_{RZ}}{SMD} \times 100$$

ดังนั้น Es = 100%

การให้น้ำและการประเมินประสิทธิภาพการชลประทานที่ช่วงอายุการเจริญเติบโต 4 เดือน

1. การให้น้ำ

- รากกล้วยลึกเฉลี่ย 278.33 มม.
- ความมลึกของน้ำในดินที่ต้องให้การชลประทาน

จาก $$d_w = \frac{P_W \times A_S \times d_P}{100}$$

$$d_w = \frac{(26.29 - 23.17) \times 1.56 \times 278.33}{100}$$

$$d_w = 13.61 \text{ มม.}$$

- สมการอัตราการดูดซึม

จาก $D = 12.8854\ t^{0.447}$ มม.

จะได้ เวลาที่นำไปหาอัตราการให้น้ำจากกราฟน้ำหลาก

$$t_n = (\frac{13.61}{12.8854})^{\frac{1}{0.447}} = 2 \text{ นาที}$$

t_{adv} = 0.50 นาที

เมื่อพิจารณาจากกราฟน้ำหลากแล้ว ไม่สามารถเลือกอัตราการให้น้ำได้

- เมื่อเลือกพิจารณาที่ Q = 5.55 ลิตรต่อวินาที จะได้ t_{adv} = 17 นาที

1.1 อัตราการให้น้ำ = 5.55 ลิตรต่อวินาที

1.2 เวลาการให้น้ำ, To = 17 + 2 = 19 นาที

1.3 ปริมาณน้ำที่ให้ = Q x T x 60 = 5.55 × 19 × 60 = 6327 ลิตร

= 6.327 ลูกบาศก์เมตร

2. การประเมินประสิทธิภาพการชลประทาน

การวิเคราะห์ความสม่ำเสมอการให้น้ำ, DU

หาความลึกของน้ำที่ซึมลงไปในดินของแต่หมุด จากสมการอัตราการดูดซึมที่อัตราการไหล 5.55 ลิตรต่อวินาที คือ $D = 12.8854\ t^{0.447}$ จะได้ความลึกน้ำที่แต่ละหมุดดังตาราง

หมุดที่	T_{adv}	To	$D = 12.8854\ t^{0.447}$ มม.
0	0	19	48.05
1	1	18	46.90
2	3	16	44.50
3	5	14	41.92
4	7	12	39.13
5	11	8	32.64
6	17	2	17.57

(ระยะระหว่างหมุด = 25 เมตร)

$$\overline{D} = \frac{(\frac{48.05}{2}) + 46.90 + 44.50 + 41.92 + 39.13 + 32.64 + (\frac{17.57}{2})}{6} = 39.65 \text{ มม.}$$

$$\overline{D}_{LQ} = \frac{(\frac{39.13}{2}) + 32.64 + (\frac{17.57}{2})}{6} = 30.49 \text{ มม.}$$

จากสมการที่ 3

$$DU = \frac{\overline{D}_{LQ}}{\overline{D}} \times 100$$

ดังนั้น $DU = \frac{30.49}{39.65} \times 100 = 76.91\%$

การวิเคราะห์ประสิทธิภาพการให้น้ำ, Ea

ตัวอย่างการวิเคราะห์ประสิทธิภาพการให้น้ำที่อายุ 4 เดือน

- ค่า $V_{RZ} = d_w$
- ค่า $V_T = \frac{QT}{A} = \frac{5.55 \times 19 \times 60}{150 \times 1} = \frac{6327}{150} = 42.18$

$$Ea = \frac{V_{RZ}}{V_T} \times 100$$

ดังนั้น $Ea = \frac{13.61}{42.18} \times 100 = 32.26\%$

การหาปริมาณน้ำที่ไหลเลยเขตราก, DP

จาก $DP = \overline{D} - V_{RZ}$

$DP = 39.65 - 13.61 = 26.04$ มม

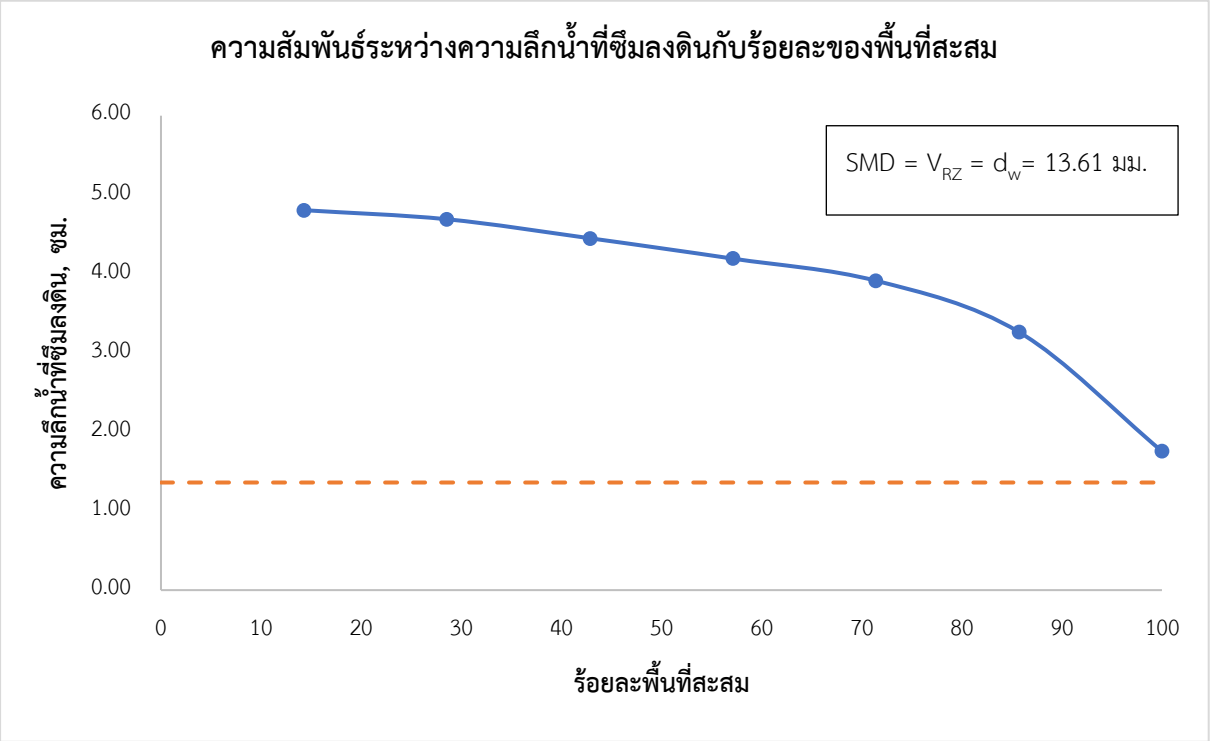
$$DP = \frac{26.04}{42.18} \times 100 = 61.73\%$$

การหาปริมาณน้ำไหลเลยท้ายแปลง, RO

จาก $RO = 100 - Ea - DP$

$RO = 100 - 32.26 - 61.73 = 6.01\%$

การวิเคราะห์ความพียงพอในการให้น้ำ, Es



ความลึกน้ำที่ซึมลงดิน, ซม.	ร้อยละของพื้นที่ (%)	ร้อยละของพื้นที่สะสม (%)
4.81	14.29	14.29
4.69	14.29	28.57
4.45	14.29	42.86
4.19	14.29	57.14
3.91	14.29	71.43
3.26	14.29	85.71
1.76	14.29	100

จากสมการที่ 8

$$Es = \frac{V_{RZ}}{SMD} \times 100$$

ดังนั้น Es = 100%

การให้น้ำและการประเมินประสิทธิภาพการชลประทานที่ช่วงอายุการเจริญเติบโต 6 เดือน

1. การให้น้ำ

- รากกล้วยลึกเฉลี่ย 360.00 มม.
- ความมลึกของน้ำในดินที่ต้องให้การชลประทาน

จาก $$d_w = \frac{P_W \times A_S \times d_P}{100}$$

$$d_w = \frac{(26.29 - 23.17) \times 1.56 \times 360.00}{100}$$

$$d_w = 17.60 \text{ มม.}$$

- สมการอัตราการดูดซึม

จาก **$D = 12.8854\ t^{0.447}$** มม.

จะได้ เวลาที่นำไปหาอัตราการให้น้ำจากกราฟน้ำหลาก

$$t_n = (\frac{17.60}{12.8854})^{\frac{1}{0.447}} = 2 \text{ นาที}$$

t_{adv} = 0.50 นาที

เมื่อพิจารณาจากกราฟน้ำหลากแล้ว ไม่สามารถเลือกอัตราการให้น้ำได้

- เมื่อเลือกพิจารณาที่ Q = 5.55 ลิตรต่อวินาที จะได้ t_{adv} = 17 นาที

1.1 อัตราการให้น้ำ = 5.55 ลิตรต่อวินาที

1.2 เวลาการให้น้ำ, To = 17 + 2 = 19 นาที

1.3 ปริมาณน้ำที่ให้ = Q x T x 60 = 5.55 × 19 × 60 = 6327 ลิตร

= 6.327 ลูกบาศก์เมตร

2. การประเมินประสิทธิภาพการชลประทาน

การวิเคราะห์ความสม่ำเสมอการให้น้ำ, DU

หาความลึกของน้ำที่ซึมลงไปในดินของแต่หมุด จากสมการอัตราการดูดซึมที่อัตราการไหล 5.55 ลิตรต่อวินาที คือ $D = 12.8854\ t^{0.447}$ จะได้ความลึกน้ำที่แต่ละหมุดดังตาราง

หมุดที่	T_{adv}	To	$D = 12.8854\ t^{0.447}$ มม.
0	0	19	48.05
1	1	18	46.90
2	3	16	44.50
3	5	14	41.92
4	7	12	39.13
5	11	8	32.64
6	17	2	17.57

(ระยะระหว่างหมุด = 25 เมตร)

$$\overline{D} = \frac{(\frac{48.05}{2}) + 46.90 + 44.50 + 41.92 + 39.13 + 32.64 + (\frac{17.57}{2})}{6} = 39.65 \text{ มม.}$$

$$\overline{D}_{LQ} = \frac{(\frac{39.13}{2}) + 32.64 + (\frac{17.57}{2})}{6} = 30.49 \text{ มม.}$$

จากสมการที่ 3

$$DU = \frac{\overline{D}_{LQ}}{\overline{D}} \times 100$$

ดังนั้น $DU = \frac{30.49}{39.65} \times 100 = 76.91\%$

การวิเคราะห์ประสิทธิภาพการให้น้ำ, Ea

ตัวอย่างการวิเคราะห์ประสิทธิภาพการให้น้ำที่อายุ 6 เดือน

- ค่า $V_{RZ} = d_w$
- ค่า $V_T = \frac{QT}{A} = \frac{5.55 \times 19 \times 60}{150 \times 1} = \frac{6327}{150} = 42.18$

$$Ea = \frac{V_{RZ}}{V_T} \times 100$$

ดังนั้น $Ea = \frac{17.61}{42.18} \times 100 = 41.74\%$

การหาปริมาณน้ำที่ไหลเลยเขตราก, DP

จาก $DP = \overline{D} - V_{RZ}$

$DP = 39.65 - 17.60 = 22.05$ มม

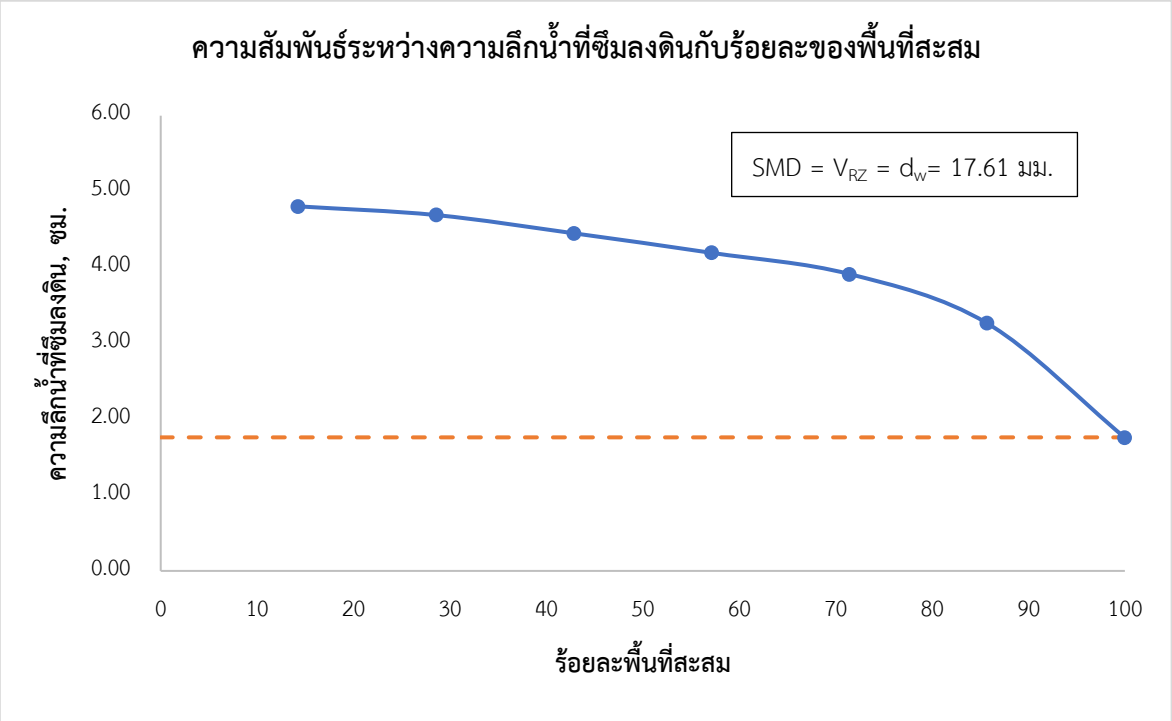
$$DP = \frac{22.05}{42.18} \times 100 = 52.27\%$$

การหาปริมาณน้ำไหลเลยท้ายแปลง, RO

จาก $RO = 100 - Ea - DP$

$RO = 100 - 41.74 - 52.27 = 5.99\%$

การวิเคราะห์ความพียงพอในการให้น้ำ, Es



ความลึกน้ำที่ซึมลงดิน, ซม.	ร้อยละของพื้นที่ (%)	ร้อยละของพื้นที่สะสม (%)
4.81	14.29	14.29
4.69	14.29	28.57
4.45	14.29	42.86
4.19	14.29	57.14
3.91	14.29	71.43
3.26	14.29	85.71
1.76	14.29	100

จากสมการที่ 8

$$Es = \frac{V_{RZ}}{SMD} \times 100$$

ดังนั้น Es = 100%

การให้น้ำและการประเมินประสิทธิภาพการชลประทานที่ช่วงอายุการเจริญเติบโต 12 เดือน

1. การให้น้ำ

- รากกล้วยลึกเฉลี่ย 776.67 มม.
- ความมลึกของน้ำในดินที่ต้องให้การชลประทาน

จาก $$d_w = \frac{P_W \times A_S \times d_P}{100}$$

$$d_w = \frac{(26.29 - 23.17) \times 1.56 \times 776.67}{100}$$

$$d_w = 37.98 \text{ มม.}$$

- สมการอัตราการดูดซึม

จาก $D = 12.8854\ t^{0.447}$ มม.

จะได้ เวลาที่นำไปหาอัตราการให้น้ำจากกราฟน้ำหลาก

$$t_n = (\frac{37.98}{12.8854})^{\frac{1}{0.447}} = 12 \text{ นาที}$$

t_{adv} = 3 นาที

เมื่อพิจารณาจากกราฟน้ำหลากแล้ว ไม่สามารถเลือกอัตราการให้น้ำได้

- เมื่อเลือกพิจารณาที่ Q = 5.55 ลิตรต่อวินาที จะได้ t_{adv} = 17 นาที

1.1 อัตราการให้น้ำ = 5.55 ลิตรต่อวินาที

1.2 เวลาการให้น้ำ, To = 17 + 12 = 29 นาที

1.3 ปริมาณน้ำที่ให้ = Q x T x 60 = 5.55 × 29 × 60 = 9657 ลิตร

= 9.657 ลูกบาศก์เมตร

2. การประเมินประสิทธิภาพการชลประทาน

การวิเคราะห์ความสม่ำเสมอการให้น้ำ, DU

หาความลึกของน้ำที่ซึมลงไปในดินของแต่หมุด จากสมการอัตราการดูดซึมที่อัตราการไหล 5.55 ลิตรต่อวินาที คือ $D = 12.8854\ t^{0.447}$ จะได้ความลึกน้ำที่แต่ละหมุดดังตาราง

หมุดที่	T_{adv}	To	$D = 12.8854\ t^{0.447}$ มม.
0	0	29	58.05
1	1	28	57.14
2	3	26	55.28
3	5	24	53.34
4	7	22	51.31
5	11	18	46.90
6	17	12	39.13

(ระยะระหว่างหมุด = 25 เมตร)

$$\overline{D} = \frac{(\frac{58.05}{2}) + 57.14 + 55.28 + 53.34 + 51.31 + 46.90 + (\frac{39.13}{2})}{6} = 52.09 \text{ มม.}$$

$$\overline{D}_{LQ} = \frac{(\frac{51.31}{2}) + 46.90 + (\frac{39.13}{2})}{6} = 46.06 \text{ มม.}$$

จากสมการที่ 3

$$DU = \frac{\overline{D}_{LQ}}{\overline{D}} \times 100$$

ดังนั้น $DU = \frac{46.06}{52.09} \times 100 = 88.42\%$

การวิเคราะห์ประสิทธิภาพการให้น้ำ, Ea

ตัวอย่างการวิเคราะห์ประสิทธิภาพการให้น้ำที่อายุ 12 เดือน

- ค่า $V_{RZ} = d_w$
- ค่า $V_T = \frac{QT}{A} = \frac{5.55 \times 29 \times 60}{150 \times 1} = \frac{9657}{150} = 64.38$

$$Ea = \frac{V_{RZ}}{V_T} \times 100$$

ดังนั้น $$Ea = \frac{37.98}{64.38} \times 100 = 58.44\%$$

การหาปริมาณน้ำที่ไหลเลยเขตราก, DP

จาก $$DP = \overline{D} - V_{RZ}$$

$$DP = 52.09 - 37.98 = 14.11 \text{ มม}$$

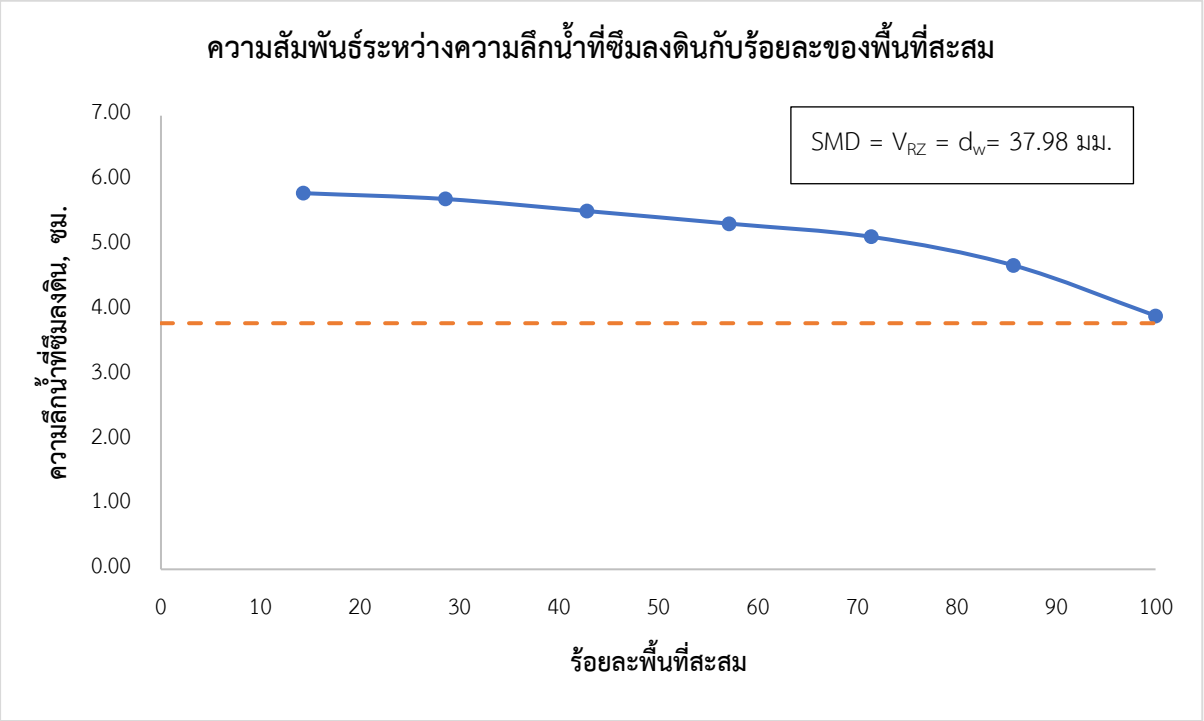
$$DP = \frac{14.11}{64.38} \times 100 = 21.96\%$$

การหาปริมาณน้ำไหลเลยท้ายแปลง, RO

จาก $$RO = 100 - Ea - DP$$

$$RO = 100 - 41.74 - 52.27 = 5.99\%$$

การวิเคราะห์ความพียงพอในการให้น้ำ, Es



ความลึกน้ำที่ซึมลงดิน, ซม.	ร้อยละของพื้นที่ (%)	ร้อยละของพื้นที่สะสม (%)
5.80	14.29	14.29
5.71	14.29	28.57
5.53	14.29	42.86
5.33	14.29	57.14
5.13	14.29	71.43
4.69	14.29	85.71
3.91	14.29	100

จากสมการที่ 8

$$Es = \frac{V_{RZ}}{SMD} \times 100$$

ดังนั้น Es = 100%

ภาคผนวก ซ

มาตรฐาน ICID/ILRI

ตารางที่ 6.7 ประสิทธิภาพในการส่งน้ำ (E_c) ประสิทธิภาพของคูส่งน้ำ (E_b) ประสิทธิภาพของระบบส่งน้ำ ($E_d = E_b.E_c$) และประสิทธิภาพในการให้น้ำ (E_a) สำหรับวิธีการส่งน้ำ ขนาดของพื้นที่ ลักษณะของดินและวิธีการให้น้ำแบบต่าง ๆ

			ICID/ILRI
Conveyance Efficicney (E_c)			
Continuous supply with no substantial change in flow			0.9
Rotational supply in projects of 3000-7000 ha and rotation areas of 70-300 ha, with effective management			0.8
Rotational supply in large schemes (>10 000 ha) and small schemes (<1000 ha) with respective problematic communication and less effective management:			
based on predetermined schedule			0.7
based on advance request			0.65
Field Canal Efficiency (E_b)			
Blocks larger than 20 ha:	unlined		0.8
	lined or piped		0.9
Blocks up to 20 ha:	unlined		0.7
	lined or piped		0.8
Distribution Efficiency ($E_d = E_c.E_b$)			
Average for rotational supply with management and communication adequate			0.65
sufficient			0.55
insufficient			0.40
poor			0.30
Field Application Efficiency (E_a)	**USDA**	**US (SCS)**	
Surface methods			
light soils	0.55		
medium soils	0.70		
heavy soils	0.60		
graded border		0.60-0.75	0.53
basin and level border		0.60-0.80	0.58
contour ditch		0.50-0.55	
furrow		0.55-0.70	0.57
corrugation		0.50-0.70	
Subsurface		up to 0.80	
Sprinkler, hot dry climate		0.60	
moderate climate		0.70	0.67
humid and cool		0.80	
Rice			0.32

Source: Doorenbos, J.and W.O. Pruitt, 1977. Crop Water Requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper No. 24. FAO, Rome.

(ที่มา: อภิชาต และคณะ (2524))