โครงงานวิศวกรรมชลประทาน

(02207499)

ที่ 10/2556

การประเมินประสิทธิผลการชลประทานแบบท่วมเป็นผืนของการปลูกหญ้าเนเปียร์

Evaluation of Effectiveness on Border Irrigation for Napier Grass

โดย

นายณรงค์ศักดิ์ พัวพันธ์

นางสาวอรทัย โกยกิจเจริญ

เสนอ

ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน

คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

กำแพงแสน นครปฐม 73140

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (วิศวกรรมโยธา-ชลประทาน)

พ.ศ. 2556

ใบรับรองโครงงานวิศวกรรมชลประทาน

ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน

คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เรื่อง การประเมินประสิทธิผลการชลประทานแบบท่วมเป็นผืนของการปลูกหญ้าเนเปียร์

นามผู้ทำโครงการ นายณรงค์ศักดิ์ พัวพันธ์
นางสาวอรทัย โกยกิจเจริญ

ได้พิจารณาเห็นชอบ

ประธานกรรมการ .....
(ผศ. บุญมา ป้านประดิษฐ์)
...../...../.....

กรรมการ .....
(ผศ. นิมิตร เฉิดฉันท์พิพัฒน์)
...../...../.....

หัวหน้าภาควิชา .....
(ผศ. นิมิตร เฉิดฉันท์พิพัฒน์)
...../...../.....

บทคัดย่อ

ชื่อเรื่อง : การประเมินประสิทธิผลการชลประทานแบบท่วมเป็นผืนของการปลูกหญ้าเนเปียร์

โดย : นายณรงค์ศักดิ์ พัวพันธ์

นางสาวอรทัย โกยกิจเจริญ

อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ : .....

(ผศ. บุญมา ป้านประดิษฐ์)

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

การประเมินประสิทธิผลการชลประทานแบบท่วมเป็นผืนของการปลูกหญ้าเนเปียร์ เป็นการศึกษาความสม่ำเสมอในการให้น้ำ ประสิทธิภาพในการให้น้ำและความเพียงพอในการให้น้ำของหญ้าเนเปียร์หรือที่ชาวบ้านเรียกกันว่าหญ้าเลี้ยงช้างซึ่งนำเข้าจากประเทศไต้หวัน เป็นพืชตระกูลเดียวกับอ้อย มีลำต้นใหญ่และโตเร็ว กรมปศุสัตว์ให้ความสนใจ จึงพัฒนาเป็นพืชอาหารสัตว์ ได้นำพันธุ์มาทดลองปลูก พบว่าหญ้าเนเปียร์มีลักษณะเก็บเกี่ยวได้ง่าย สามารถนำมาเป็นอาหารของวัว นอกจากนี้ยังสามารถใช้เป็นพลังงานเชื้อเพลิง ในอนาคตกำลังจะถูกนำมาเป็นพืชพลังงานทดแทนเพื่อผลิตเอทานอล

ในการกำหนดการให้น้ำแก่หญ้าเนเปียร์จะพิจารณาที่ความชื้น 50 % ของความชื้นที่พืชนำไปใช้ได้ อัตราการให้น้ำจะพิจารณาจากขนาดมาตรฐานสำหรับการออกแบบท่วมเป็นผืนสำหรับพืชที่รากลึก ดินเป็นดินร่วนปนทราย แปลงทดลองมีความลาดเท 0.44 % กว้าง 9.7 เมตร ยาว 198 เมตร และมีอัตราการให้น้ำต่อความกว้าง 4-6 ลิตร/วินาที/เมตร หรือ 38.8-58.2 ลิตร/วินาที สำหรับแปลงทดลอง

เมื่อทำการทดลองประเมินการให้น้ำจำนวน 6 ครั้ง ผลการทดลองพบว่า อัตราการให้น้ำอยู่ในช่วง 25.218-35.424 ลิตร/วินาที ซึ่งต่ำกว่าค่าแนะนำตามมาตรฐาน ความสม่ำเสมอในการให้น้ำ (DU) อยู่ในช่วง 70.641-82.438 % ประสิทธิภาพในการให้น้ำ (E_a) อยู่ในช่วง 57.915-73.013 % และความเพียงพอในการให้น้ำ (E_s) เท่ากับ 100 % เมื่อใช้ความลึกของน้ำที่ได้จากการตรวจวัดเป็นฐานในการคำนวณทดแทนความลึกของน้ำที่ได้จากการคาดการณ์ก่อนให้น้ำ

ในการทดลองครั้งที่ 11 (ปรับแก้) โดยใช้อัตราการให้น้ำอยู่ในช่วงที่กำหนดที่อัตราการให้น้ำเท่ากับ 42.5 ลิตร/วินาที ซึ่งอยู่ในช่วง 38.8-58.2 ลิตร/วินาที ประสิทธิภาพการให้น้ำ (E_a) เท่ากับ 42.2 % ความสม่ำเสมอในการให้น้ำ (DU) เท่ากับ 84 % ความเพียงพอในการให้น้ำ (E_s) เท่ากับ 100 % (D>SMD)

จากการศึกษาพบว่า ควรเลือกอัตราการให้น้ำ (Unit Flow) ที่เหมาะสมตามข้อแนะนำในตารางมาตรฐานสำหรับออกแบบการให้น้ำแบบท่วมเป็นผืนสำหรับพืชที่รากลึก ถ้าเลือกอัตราการให้น้ำต่ำกว่าตารางแนะนำที่ได้จากการคำนวณจะทำให้ประสิทธิผลไม่ดีพอ นอกจากนี้ยังพบว่าการระบายน้ำที่ท้ายแปลงของการให้น้ำแบบผืนมีการระบายน้ำที่ไม่ดีพอส่งผลให้ความสม่ำเสมอ (DU) ซึ่งเป็นดัชนีตัวหนึ่งคลาดเคลื่อน

ABSTRACT

Title : Evaluation of effectiveness on border Irrigation for Napier grass

By : Mr. Narongsak Pourphan

: Miss Oratai Koaykitjarern

Project Advisor : .....

(Asst. Prof. Boonma Panpradit)

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

To evaluate effectiveness of border irrigation for Napier grasses, the irrigation uniformity, efficiency and adequateness were studied. Napier grass was imported from Taiwan. In Thailand, it was known as fed elephant grass. This grass is in the same family of sugar cane. It is big stem and grow apace. Department of Livestock Development was attened to develope as forage crop. The Napier characteristic is easily to harvest and not only be used as cow feed but can be used as plant fuel. In the future, it would be used as alternative energy.

In this study, the grass was irrigated at 50 % of available moisture left. Fromstandard border irrigation design for deep root plant, sandy loam and plot with slope 0.44 %, 9.7 meters wide, 198 meters long, the unit flow should be at 4-6 liters/second/meters or 38.8 to 58.2 liters/second.

6 experimentals were done. It found that the range of irrigation rate was 25.218-35.424 liters/second lower than standard design above, the distribution uniformity (DU) was between 70.641-82.438 %, the application efficiency (E_a) was during 57.915-73.013 % and 100 % adequacy of irrigation (E_s) when the depth of water measured was used as the basis for calculating instead of the forecasted depth.

In the 11th experiment (revised) with 42.5 liters/second irrigated rate which was in the range of standard design suggestion, an application efficiency (E_a) was 42.2 %, the distribution uniformity (DU) was 84 % and 100 % adequacy of irrigation (D > SMD)

The study was found that irrigation rate (Unit flow) should be followed the suggestion of the standard design for border irrigation with deep root plants. If the irrigation rate is lower than that, the result will be ineffective. Furthermore, they also found that the drainage at the end of plot was not good enough. This let the distribution uniformity (DU) deviated.

คำนิยม

โครงงานวิศวกรรมชลประทานเล่มนี้สำเร็จลุลวงด้วยดี ด้วยความช่วยเหลือจากบุคคลหลายฝ่าย คณะทำงานขอขอบคุณ ผศ.บุญมา ป้านประดิษฐ์ อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานวิศวกรรม ซึ่งท่านได้ให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นต่าง ๆ อันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการทำโครงงานวิศวกรรม ทั้งยังช่วยแก้ปัญหาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นระหว่างการดำเนินงานอีกด้วย

ขอขอบคุณ ผศ.นิมิตร เฉิดฉันท์พิพัฒน์ กรรมการที่ปรึกษาโครงงาน อ.ดร.ยุทธนา ตาละลักษมณ์ คุณระวี อยู่สำราญ คุณสุรพล ชีพเจริญ และคุณฉลอง มาตรทอง สำหรับข้อเสนอแนะ ความช่วยเหลือในเรื่องการจัดหาอุปกรณ์ในการทดลองและในทุก ๆ ด้านในการทำโครงงานวิศวกรรมตั้งแต่ต้นจนสำเร็จ นอกจากนี้ขอขอบคุณเพื่อน ๆ วิศวกรรมชลประทาน รุ่น 66 ทุกคน และพี่นิสิตปริญญาโท ที่ช่วยเหลือในการทดลองและให้คำแนะนำจนโครงงานวิศวกรรมสำเร็จลุล่วงด้วยดี

สุดท้ายนี้ ประโยชน์และความดีทั้งหลายอันพึงจะได้รับจากโครงงานวิศวกรรมเล่มนี้ คณะทำงานขอมอบให้แด่ บิดา มารดา และผู้มีพระคุณทุกท่าน ตลอดจนครูอาจารย์ที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้จนประสบความสำเร็จในการศึกษา

ณรงค์ศักดิ์ พัวพันธ์

อรทัย โกยกิจเจริญ

พฤษภาคม 2557

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ

ABSTRACT

คำนิยม

สารบัญ (1)

สารบัญตาราง (3)

สารบัญภาพ (4)

บทที่ 1 คำนำ วัตถุประสงค์ ขอบเขตการศึกษา 1

1.1 คำนำ 1

1.2 วัตถุประสงค์ 1

1.3 ขอบเขตการศึกษา 1

บทที่ 2 การตรวจเอกสาร 2

2.1 หญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 2

2.2 หลักการชลประทาน 3

2.3 การกำหนดการให้น้ำแก่พืช 5

2.4 ลักษณะการดูดซึมน้ำของดิน (Intake Characteristics of Soil) 7

2.5 เครื่องมือวัดอัตราการไหล 9

2.6 การให้น้ำด้วยการชลประทานแบบท่วมเป็นผืนลาด 12

2.7 ดัชนีที่ใช้ในการประเมินผล 17

บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการทดลอง 22

3.1 อุปกรณ์ 22

3.2 วิธีการทดลอง 23

บทที่ 4 ผลการศึกษาและวิจารณ์ผล 32

4.1 ผลการศึกษาในห้องปฏิบัติการและในสนาม 32

4.2 ผลการทดลองให้น้ำ 37

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.3 วิเคราะห์ผลการทดลอง 37

4.4 วิจารณ์ผล 42

บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ 43

5.1 สรุปผลการทดลอง 43

5.2 ข้อเสนอแนะ 43

เอกสารอ้างอิง 44

ภาคผนวก 45

ภาคผนวก ก รายการคำนวณ 46

ภาคผนวก ข ภาพแปลงทดลองและการเจริญเติบโตของหญ้าเนเปียร์ 100

ภาคผนวก ค การคำนวณการใช้น้ำของหญ้าเนเปียร์ 105

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

2.1 ค่าความชื้นชลประทานและความชื้นที่จุดเหี่ยวเฉาถาวรของดินชนิดต่างๆ 4

2.2 ขนาดมาตรฐานสำหรับออกแบบการให้น้ำแบบท่วมเป็นผืน (Border Irrigation) สำหรับพืชที่รากลึก 14

2.3 ระยะเวลาการหยุดการให้น้ำที่เหมาะสม 15

2.4 ประสิทธิภาพการให้น้ำ (E_a) สำหรับวิธีการส่งน้ำ ขนาดของพื้นที่ ลักษณะของดินและวิธีการให้น้ำแบบต่าง ๆ 21

3.1 แบบบันทึกข้อมูลน้ำหลาก 28

3.2 แบบบันทึกข้อมูลน้ำแห้ง 30

4.1 ผลการทดลองการให้น้ำ 38

4.2 วิเคราะห์ผลการทดลองการให้น้ำ 40

สารบัญตารางผนวก

ตารางผนวกที่ **หน้า**

ก1 การคำนวณความลาดเทของแปลง 47

ก2 การคำนวณหาความถ่วงจำเพาะปรากฏของดิน 47

ก3 การคำนวณหาค่าความชื้นชลประทานและความชื้นที่จุดเหี่ยวเฉาถาวร 48

ก4 ข้อมูลการซึมของน้ำผ่านผิวดิน วัดโดย Infiltrometer 49

ค1 แสดงค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของอ้อย 107

ค2 แสดงปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิงโดยวิธี Penman-Monteith รายเดือนจังหวัดนครปฐม (มิลิเมตร/วัน) 108

ค3 แสดงการใช้น้ำของหญ้าเนเปียร์ในรอบการปลูกที่ 2 (มิลลิเมตร / วัน) 108

สารบัญภาพ

ภาพที่ **หน้า**

2.1 ลักษณะทั่วไปของหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 2

2.2 ความสามารถในการดูดน้ำไปใช้ของพืชที่ความลึกของรากพืช 4

2.3 ความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นในดินกับการกำหนดการให้น้ำ 5

2.4 ขนาดของรางวัดน้ำแบบไม่มีคอ 9

2.5 ค่าสัมประสิทธิ์โดยทั่ว ๆ ไปของ Free flow และ Submerged flow และค่ายกกำลัง และ St สำหรับ Cut – throat flumes 10

2.6 ลักษณะการให้น้ำแบบท่วมเป็นผืนลาด 12

2.7 การชลประทานแบบท่วมเป็นผืนลาด 13

2.8 ลักษณะของการชลประทานแบบผิวดินในช่วงน้ำหลาก 16

2.9 ช่วงระยะเวลาต่าง ๆ ในการชลประทาแบบผิวดิน 16

2.10 ผลของ Advance Ratio DP ,RO , และ E_a 19

2.11 ลักษณะของการแจกแจงความถี่สะสม ซึ่งใช้วัดความเพียงพอในการชลประทาน 20

3.1 แปลงทดลอง 23

3.2 การเก็บตัวอย่างดินโดยใช้ Soil Core Sampler 24

3.3 เครื่องแยกความชื้นออกจากดิน (Soil Moisture Extractor) 24

3.4 การหาอัตราการซึมของน้ำผ่านผิวดิน 25

3.5 การติดตั้งรางวัดน้ำแบบไม่มีคอ (Cut-throat Flume) 25

3.6 หญ้าเนเปียร์หลังจากการเก็บเกี่ยวรอบที่ 1 26

3.7 การเก็บตัวอย่างดิน 26

3.8 วัดความยาวรากพืช 27

3.9 การปล่อยน้ำเข้าแปลงโดยใช้ท่อไซฟอน 27

3.10 การวัดระดับน้ำ 28

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ **หน้า**

3.11 น้ำหลาก 29

3.12 น้ำแผ่ไปถึงหมุดต่างๆ 29

3.13 น้ำแห้ง 29

4.1 รายงานผลการวิเคราะห์ชนิดดิน 33

4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการดูดซึม ความลึกสะสมกับเวลา 34

4.3 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นและแรงดึงความชื้น 36

4.4 แสดงเปอร์เซ็นต์ความชื้นที่หมุดต่างๆ 35

สารบัญภาพผนวก

ภาพผนวกที่ **หน้า**

ก1 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการดูดซึม ความลึกสะสมกับเวลา 50

ก2 กราฟน้ำหลาก-น้ำแห้งที่อัตราการไหล 35.424 ลิตร/วินาที 52

ก3 ความลึกของน้ำที่ซึมผ่านผิวดินที่หมุดต่าง ๆ ด้วย
อัตราการไหล 35.424 ลิตร/วินาที 57

ก4 กราฟน้ำหลาก-น้ำแห้งที่อัตราการไหล 25.218 ลิตร/วินาที 59

ก5 ความลึกของน้ำที่ซึมผ่านผิวดินที่หมุดต่าง ๆ ด้วย
อัตราการไหล 25.218 ลิตร/วินาที 64

ก6 กราฟน้ำหลาก-น้ำแห้งที่อัตราการไหล 29.238 ลิตร/วินาที 66

ก7 ความลึกของน้ำที่ซึมผ่านผิวดินที่หมุดต่าง ๆ ด้วย
อัตราการไหล 29.238 ลิตร/วินาที 71

ก8 กราฟน้ำหลาก-น้ำแห้งที่อัตราการไหล 29.688 ลิตร/วินาที 73

ก9 ความลึกของน้ำที่ซึมผ่านผิวดินที่หมุดต่าง ๆ ด้วย
อัตราการไหล 29.688 ลิตร/วินาที 78

ก10 กราฟน้ำหลาก-น้ำแห้งที่อัตราการไหล 29.508 ลิตร/วินาที 80

สารบัญภาพผนวก (ต่อ)

ภาพผนวกที่ **หน้า**

ก11 ความลึกของน้ำที่ซึมผ่านผิวดินที่หมุดต่าง ๆ ด้วย
อัตราการไหล 29.508 ลิตร/วินาที 85
ก12 กราฟน้ำหลาก-น้ำแห้งที่อัตราการไหล 34.598 ลิตร/วินาที 87
ก13 ความลึกของน้ำที่ซึมผ่านผิวดินที่หมุดต่าง ๆ ด้วย
อัตราการไหล 34.598 ลิตร/วินาที 92
ก14 กราฟน้ำหลาก-น้ำแห้งที่อัตราการไหล 42.500 ลิตร/วินาที 94
ก15 ความลึกของน้ำที่ซึมผ่านผิวดินที่หมุดต่าง ๆ ด้วย
อัตราการไหล 42.500 ลิตร/วินาที 99
ข1 ขนาดแปลงและระยะปลูก 101
ข2 ลักษณะแปลงที่ใช้ในการทดลอง 102
ข3 สัปดาห์ที่ 1 102
ข4 สัปดาห์ที่ 2 102
ข5 สัปดาห์ที่ 3 103
ข6 สัปดาห์ที่ 4 103
ข7 สัปดาห์ที่ 5 103
ข8 สัปดาห์ที่ 7 104
ข9 สัปดาห์ที่ 8 หัวแปลง 104
ข10 สัปดาห์ที่ 8 ท้ายแปลง 104

บทที่ 1

คำนำ วัตถุประสงค์ ขอบเขตการศึกษา

1.1 คำนำ

ระบบการชลประทานในไร่นาจะสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพก็ต่อเมื่อเกษตรกร รู้ถึงวิธีการควบคุมน้ำที่จะต้องให้แก่แปลงเพาะปลูก เช่น การเลือกวิธีการให้น้ำ อัตราการให้น้ำ ขนาดของแปลง ระยะเวลาในการให้น้ำ สิ่งเหล่านี้ต้องมีความสัมพันธ์กัน และต้องสัมพันธ์กับอัตราการดูดซึมน้ำของดิน ความต้องการน้ำของพืช ชนิดดิน ชนิดของพืชที่ปลูก สภาพแปลงเพื่อการให้น้ำเป็นไปอย่างสม่ำเสมอตลอดจนการใช้น้ำในไร่นาที่มีประสิทธิภาพ และลดการสูญเสียน้ำระหว่างการให้น้ำให้น้อยที่สุด

ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน ได้ทดลองทำการปลูกหญ้าเนเปียร์(สายพันธุ์ไต้หวันหรือปากช่อง 1) ที่มีความกว้างของแปลง 9.70 เมตร ยาว 198 เมตร และต้องการศึกษาว่าการให้น้ำมีประสิทธิผลมากน้อยเพียงใด เพื่อใช้ประกอบการเรียนการสอนในวิชาการออกแบบระบบชลประทานในไร่นาครั้งต่อไป นอกจากนี้จะเป็นประโยชน์แก่เกษตรกรหรือผู้สนใจทั่ว ๆ ไป ในการเลือกใช้ระบบการให้น้ำแบบท่วมเป็นผืนและวางแผนการให้น้ำได้อย่างเหมาะสมเพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดและการเพาะปลูกได้ผลผลิตดี

1.2 วัตถุประสงค์

เพื่อประเมินหาประสิทธิผลการชลประทานแบบท่วมเป็นผืนของการปลูกหญ้าเนเปียร์ ได้แก่ ความสม่ำเสมอในการให้น้ำ (Distribution Uniformity) ประสิทธิภาพในการให้น้ำ (Application Efficiency) และความเพียงพอในการให้น้ำ (Adequacy of Irrigation)

1.3 ขอบเขตการศึกษา

ทำการทดลองประเมินประสิทธิผลการให้น้ำในแปลงวิจัยของภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ขนาดแปลงที่ทำการทดลองกว้าง 9.7 เมตร ยาว 198 เมตร โดยการปลูกหญ้าเนเปียร์และประเมินประสิทธิผลการชลประทานแบบท่วมเป็นผืนในรอบการเก็บเกี่ยวที่ 2 เท่านั้น

บทที่ 2

การตรวจเอกสาร

2.1 หญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1

สถานีอาหารสัตว์ยโสธร (ม.ป.ป.) กล่าวถึงหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 ว่าเป็นหญ้าเนเปียร์ที่นำเข้าจากไต้หวัน แล้วนำมาปลูกคัดเลือกทดสอบที่ศูนย์วิจัยและพัฒนาอาหารสัตว์นครราชสีมา

ไกรลาศ และคณะ (2556) ได้กล่าวถึงลักษณะทั่วไปของหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 ว่าเป็นหญ้าเนเปียร์ลูกผสม เกิดจากการผสมข้ามระหว่างหญ้าเนเปียร์ยักษ์และหญ้าไข่มุก ลักษณะภายนอกประกอบด้วยลำต้นมีข้อและปล้องชัดเจน ลักษณะลำต้นและทรงต้นตั้งตรง มีใบเกิดสลับข้างกัน มีส่วนกาบใบหุ้มลำต้นไว้ โตเต็มที่สูงประมาณ 5 เมตร รากเป็นระบบรากฝอยแข็งแรง แผ่กะจายออกรอบลำต้นในรัศมีประมาณ 50-100 เซนติเมตร ทนแล้ง ตอบสนองต่อน้ำและปุ๋ยดี ปรับตัวได้ดีในดินหลายสภาพ ให้ผลผลิตตลอดทั้งปี ปลูกครั้งเดียวเก็บเกี่ยวต่อเนื่องได้นาน 8-9 ปี

การให้น้ำสามารถให้ได้หลายวิธี เช่น ระบบน้ำหยด ระบบฟลัดฟลูมปล่อยน้ำไหลไปตามร่องปลูก ระบบการปล่อยน้ำเข้าร่องปลูกด้วยท่อผ้า ระบบสปริงเกิ้ลข้อเหวี่ยง

ภาพที่ 2.1 ลักษณะทั่วไปของหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1

ที่มา: ไกรลาส และคณะ (2556)

2.2 หลักการชลประทาน

อภิชาต และคณะ (2524) ได้กล่าวถึงหลักการชลประทานไว้ว่า องค์ประกอบสำคัญของการเพาะปลูกมีอยู่ 4 อย่างด้วยกัน คือ ดิน พืช น้ำ และพลังงานแสงแดดพืชเจริญเติบโตงอกงามได้จะต้องปลูกในดินที่มีแร่ธาตุอาหารสมบูรณ์ มีความชุ่มชื้นที่เหมาะสมและแสงแดด องค์ประกอบทั้ง 4 นี้ นอกจากพันธุ์พืชแล้วล้วนขึ้นอยู่กับธรรมชาติ

2.2.1 ความชื้นชลประทาน (Field Capacity)

ความชื้นชลประทาน (Field Capacity) คือ ปริมาณความชื้นในดินหลังจากน้ำอิสระถูกระบายออกไปหมดแล้ว ในทางปฏิบัติถือว่าปริมาณความชื้นในดินที่มีการระบายน้ำได้ดี หลังจากมีฝนตกชุกหรือหยุดให้น้ำแล้ว 2-3 วัน เป็นความชื้นชลประทาน (Field Capacity)

2.2.2 จุดเหี่ยวเฉาถาวร (Permanent Wilting Point)

ความชื้นที่จุดเหี่ยวเฉาถาวร (Permanent Wilting Point) คือ ความชื้นในดินเมื่อพืชไม่สามารถดูดมาใช้ทดแทนการคายน้ำ และพืชเริ่มมีการเหี่ยวเฉาอย่างถาวร

2.2.3 ความชื้นที่พืชนำไปใช้ได้ (Available Moisture)

ความชื้นที่พืชนำไปใช้ได้ (Available Moisture) คือ ผลต่างซึ่งอยู่ระหว่างความชื้นชลประทาน (Field Capacity) กับความชื้นที่จุดเหี่ยวเฉาถาวร (Permanent Wilting Point) มักวัดเป็นเปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของดินแห้ง เปอร์เซ็นต์ปริมาตร หรือเป็นความลึกน้ำ

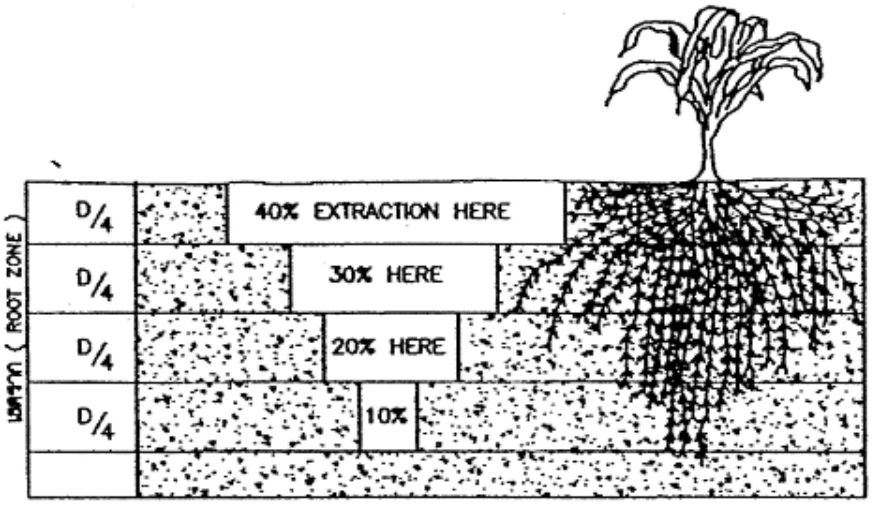
ตารางที่ 2.1 ค่าความชื้นชลประทานและความชื้นที่จุดเหี่ยวเฉาถาวรของดินชนิดต่าง ๆ

เนื้อดิน	ความชื้นชลประทาน % โดยน้ำหนักดินแห้ง	ความชื้นที่จุดเหี่ยวเฉาถาวร % โดยน้ำหนักดินแห้ง
ดินทราย (Sand)	6-12 (เฉลี่ย 9)	2-6 (เฉลี่ย 4)
ดินร่วนปนทราย (Sandy Loam)	10-18 (เฉลี่ย 14)	4-8 (เฉลี่ย 6)
ดินร่วน (Loam)	18-26 (เฉลี่ย 22)	8-12 (เฉลี่ย 10)
ดินร่วนปนดินเหนียว (Clay Loam)	23-31 (เฉลี่ย 27)	11-15 (เฉลี่ย 13)
ดินเหนียวปนตะกอนทราย (Silty Clay)	27-35 (เฉลี่ย 31)	13-17 (เฉลี่ย 15)
ดินเหนียว (Clay)	31-39 (เฉลี่ย 35)	15-19 (เฉลี่ย 17)

ที่มา: อภิชาต และคณะ (2524)

2.2.4 ปริมาณน้ำที่จะให้แก่พืช

บุญมา (2524) กล่าวว่าปริมาณน้ำที่จะให้ขึ้นอยู่กับความลึกของรากพืช โดยพิจารณาจากภาพที่ 2.2 คือความสามารถของรากพืชในการดูดน้ำไปใช้ โดยปกติจะใช้เพียงครึ่งหนึ่งของความลึกรากพืช เรียกว่า รากพืชใช้การ เพราะมีประสิทธิภาพในการดูดน้ำถึง 70 %

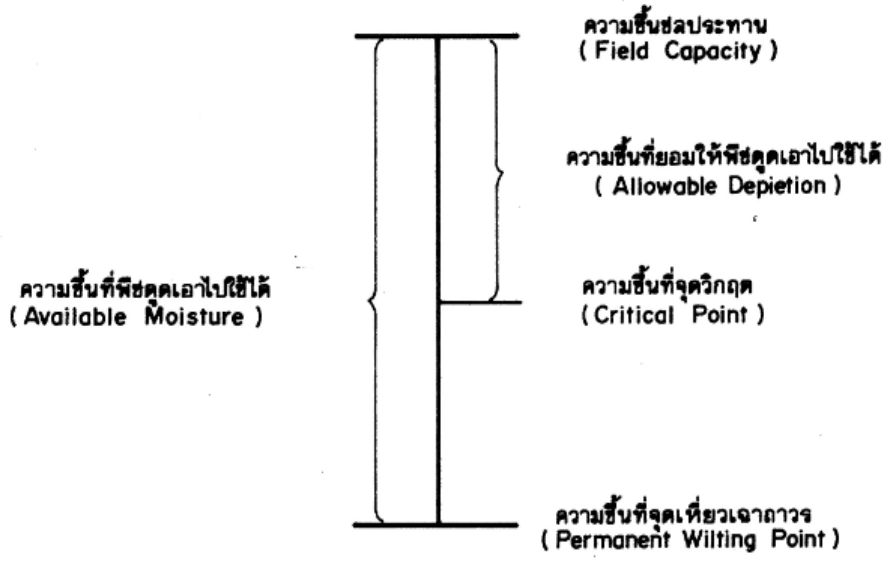


ภาพที่ 2.2 ความสามารถในการดูดน้ำไปใช้ของพืชที่ความลึกของรากพืช

ที่มา: บุญมา (2546)

2.3 การกำหนดการให้น้ำแก่พืช

อภิชาต และคณะ (2524) กล่าวว่าการให้น้ำแก่พืชจะเริ่มทำเมื่อความชื้นในดินลดลงใกล้ถึงจุดเหี่ยวเฉาถาวร ส่วนจะให้ลดลงมากน้อยแค่ไหน ขึ้นอยู่กับความสามารถในการอุ้มน้ำของดิน ความสามารถในการทนแล้งของพืช และสภาพภูมิอากาศ โดยทั่ว ๆ ไปจะยอมให้ความชื้นในดินลดลงประมาณ 50 ถึง 75 เปอร์เซ็นต์ของความชื้นที่พืชดูดไปใช้ได้ ซึ่งความชื้นในดินที่ยอมให้ลดลงก่อนทำการให้น้ำครั้งต่อไปเรียกว่า “ความชื้นที่ยอมให้พืชดูดไปใช้ได้ (Allowable soil moisture deficiency หรือเรียกสั้น ๆ ว่า Allowable depletion)” ส่วนความชื้นที่เหลือในดินหลังจากที่พืชดูดเอา Allowable depletion ไปให้หมดแล้วคือ ความชื้นที่จุดวิกฤต (Critical moisture level หรือ Critical point) ซึ่งความสัมพันธ์ระหว่างเทอมต่าง ๆ ที่กล่าวถึงจะแสดงไว้ในภาพที่ 2.3



ภาพที่ 2.3 ความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นในดินกับการกำหนดการให้น้ำ

ที่มา: อภิชาต และคณะ (2524)

การที่จะรู้ว่าความชื้นในดินลดลงถึงจุดวิกฤตหรือยังจะต้องมีการตรวจวัดความชื้นในดินในเขตรากพืช ในที่นี้จะขอกล่าววิธีการวัดความชื้นของดินโดยการชั่งน้ำหนัก จะช่วยให้ทราบว่าควรให้น้ำแก่พืชหรือยัง และถ้าต้องให้จะต้องให้ด้วยปริมาณเท่าใด

การกำหนดให้น้ำแก่พืชโดยการวัดความชื้นของดินโดยการชั่งน้ำหนัก (Gravimetric Sampling)

โดยการกำหนดการให้น้ำแก่พืชของหญ้าเนเปียร์จะคำนวณจากความชื้นที่อยู่ในดินในรูปความลึกของน้ำที่จะให้จากสูตร

$$d = \frac{P_W . A_S . D}{100} \qquad (1)$$

เมื่อ P_w = ความชื้นที่จะให้น้ำแก่พืชเป็นเปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของดินแห้งที่จุด Field Capacity และจุดกำหนดการให้น้ำ

d = มีหน่วยเป็น มิลลิเมตร

1.
$$P_W = 100 \frac{W_w}{W_s} \qquad (2)$$

เมื่อ P_w = ความชื้นเป็นเปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของดินแห้ง

W_w = น้ำหนักของน้ำในดิน

W_s = น้ำหนักของดินแห้ง

2. ความถ่วงจำเพาะปรากฏของดิน (Apparent specific gravity)

$$A_S = \frac{W_s}{\gamma_w V} \qquad (3)$$

เมื่อ A_s = ความถ่วงจำเพาะปรากฏ

W_s = น้ำหนักของดินแห้ง

V = ปริมาตรของดินทั้งก้อน ซึ่งเท่ากับ ปริมาตรของอากาศ (V_a) +ปริมาตรน้ำ (V_w)+ปริมาตรของเมล็ดดิน (V_s)

γ_w = ความหนาแน่นของน้ำซึ่งมีค่าเท่ากับ 1 กรัม ต่อ ลูกบาศก์เซนติเมตร

ถ้ารู้ค่าความถ่วงจำเพาะปรากฏของดิน (As) จะสามารถแปลงค่าความชื้นในดินจากเปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักเป็นเปอร์เซ็นต์โดยปริมาตรได้จากสมการ

$$P_V = P_W . A_S \qquad (4)$$

3. ความลึกของรากพืช (D) มีหน่วยเป็นมิลลิเมตร สำหรับหญ้าเนเปียร์ได้จากการขุดทดลองจริง

4. ความชื้นชลประทาน หมายถึง ความชื้นที่เหลืออยู่ในดินเมื่อแรงดึงความชื้นภายในดินมีค่าอยู่ระหว่าง 1/10 ถึง 1/3 บรรยากาศ ความชื้นที่จุดเหี่ยวเฉาถาวร คือ ความชื้นที่เหลืออยู่ในดินเมื่อดินมีแรงดึงความชื้นเท่ากับ 15 บรรยากาศ

5. วิบูลย์ (2526) กล่าวว่าการใช้น้ำของพืช สามารถคำนวณโดยใช้สูตร

$$ET=K_c.ET_p \qquad (5)$$

เมื่อ ET = การใช้น้ำของพืชที่ต้องการทราบ

K_C = สัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืชดังกล่าว

ET_p = การใช้น้ำของพืชอ้างอิง หรือ Potential Evapotranspiration

2.4 ลักษณะการดูดซึมน้ำของดิน (Intake Characteristics of Soil)

อภิชาต และคณะ (2524) กล่าวว่าการดูดซึมน้ำของดิน หรือการซึมของน้ำลงไปในดิน (Infiltration) คือ การเคลื่อนที่ของน้ำจากผิวดินเข้าไปในดินตามช่องว่างระหว่างเม็ดดิน ตามรอยแตกระแหง ด้วยแรงดึงดูดของโลก แรงดูดซับน้ำของผิวดิน และแรงเนื่องจากความกดดันของน้ำที่ขังอยู่บนผิวดิน ส่วนอัตราการดูดซึมน้ำของดิน ต่อหนึ่งหน่วยเวลาเรียกว่า Intake Rate หรือเรียกอีกอย่างว่าอัตราการซึมของน้ำผ่านผิวดิน (Infiltration Rate)

อัตราการดูดซึมน้ำของดินจะมีค่าสูงในตอนแรกที่เริ่มทำการให้น้ำ เมื่อให้น้ำต่อไปเรื่อย ๆ อัตราการดูดซึมน้ำของดินก็จะค่อย ๆ ลดลงเรื่อย ๆ จนกระทั่งในที่สุดจะมีค่าเกือบคงที่ เรียกว่า อัตราการดูดซึมพื้นฐาน (Infiltration Capacity) หรือถ้าพิจารณาความลึกสะสม (Accumulated Depth) ของน้ำที่ซึมลงไปในดิน จะเห็นว่ามีค่าเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ เมื่อเวลาเพิ่มขึ้น

การวัดอัตราการดูดซึมน้ำของดิน

การวัดอัตราการดูดซึมน้ำของดินจะแตกต่างกันไปตามลักษณะของการให้น้ำชลประทาน การให้น้ำชลประทานแบบท่วมเป็นผืน (Flooding Irrigation) จะต้องใช้วิธีการวัดแบบใช้ถังวัดอัตราการซึม (Infiltrometer) หรือวัดแบบให้น้ำท่วมขังบนผิวดินในแปลง (Ponding) ในที่นี้จะใช้วิธีการวัดอัตราการดูดซึมน้ำของดินโดยใช้ถังกลม

ถ้านำเอาความลึกน้ำสะสม (Accumulated Depth) และเวลานับจากเริ่มต้นให้น้ำท่วมผิวดินมาเขียนลงในกระดาษกราฟ จะได้ความสัมพันธ์ในรูปของ สมการยกกำลังสอง

$$D = At^{B} \qquad (6)$$

เมื่อ D = ความลึกของน้ำสะสมที่ซึมลงไปในดิน (มิลลิเมตร)

t = ระยะเวลานับตั้งแต่เริ่มต้นให้น้ำ (นาที)

A และ B = เป็นค่าคงที่ของสมการ

จากสมการความลึกของน้ำสะสมที่ซึมลงไปในดิน จะสามารถเปลี่ยนแปลงเป็นสมการดูดซึมน้ำของดินได้โดย

$$I = \frac{d}{dt}(D)$$

$$= \frac{d}{dt}At^{B}$$

$$= A.Bt^{B-1} \qquad (7)$$

เมื่อ I = อัตราการดูดซึมน้ำของดิน (มิลลิเมตร ต่อ นาที)

t = ระยะเวลานับตั้งแต่เริ่มต้นให้น้ำ (นาที)

หรือ

$$I = kt^{n} \qquad (8)$$

เมื่อ I = อัตราการดูดซึมน้ำของดิน (มิลลิเมตร ต่อ ชั่วโมง)

t = ระยะเวลานับตั้งแต่เริ่มต้นให้น้ำ (นาที)

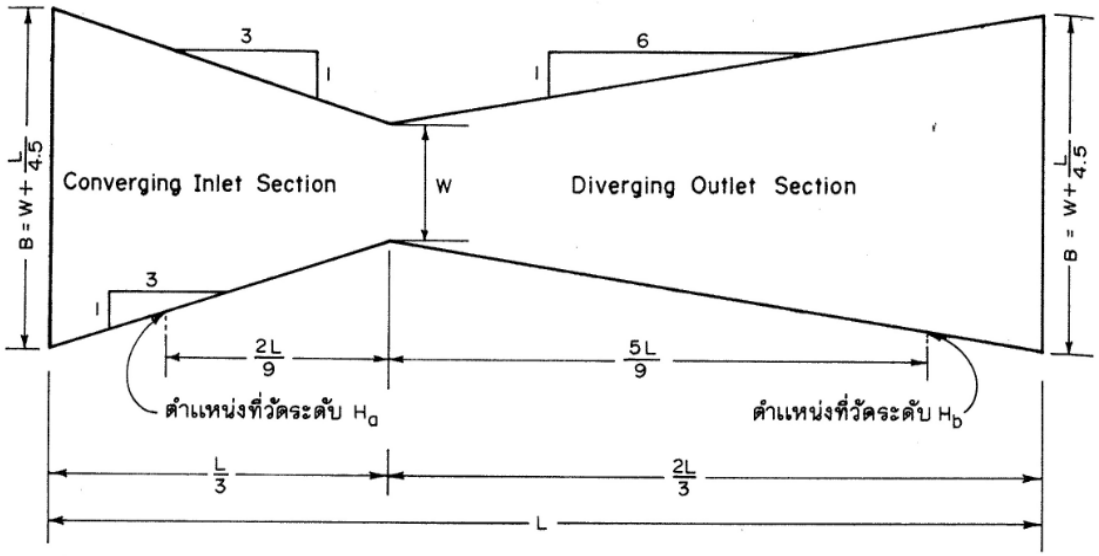
k = เป็นระยะจากจุดกำเนิดถึงจุดที่กราฟตัดแกนตั้ง ซึ่งจะมีค่าเท่ากับ 60 A.B

n = ความลาดเทของกราฟ ซึ่งจะมีค่าเท่ากับ B-1

2.5 เครื่องมือวัดอัตราการไหล

อภิชาต และคณะ (2524) กล่าวถึง **Cut-throat Flume (CTF) รางวัดน้ำแบบไม่มีคอ** ว่าเป็นเครื่องมือวัดน้ำที่พัฒนามาจากรางวัดน้ำแบบ Parshall มีลักษณะที่สำคัญดังนี้

1. มีทางผายเข้า (Converging inlet Section) และผายออกทาง (Diverging Outlet Section)
2. พื้นของรางวัดน้ำเรียบตลอดไม่มีช่องเอียงขึ้นลงเหมือนกับรางวัดน้ำแบบ Parshall แต่มีกำแพงตั้งเหมือนกัน
3. รางวัดน้ำทุกขนาดที่มีความยาวเท่ากัน จะมีขนาดเรขาคณิตเหมือนกัน เช่นระยะผายเข้าจะเอียง 3 : 1 ระยะผายออกจะเอียง 6 : 1 จะต่างกันแค่เพียงแต่ความกว้างของคอรางน้ำ (throat)
4. หน้าตัดของรางวัดน้ำจะเป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้าโดยตลอด
5. มีตำแหน่งที่ต้องการวัดระดับน้ำอยู่ 2 ตำแหน่งตามภาพ คือ Ha และ Hb



ภาพที่ 2.4 ขนาดของรางวัดน้ำแบบไม่มีคอ

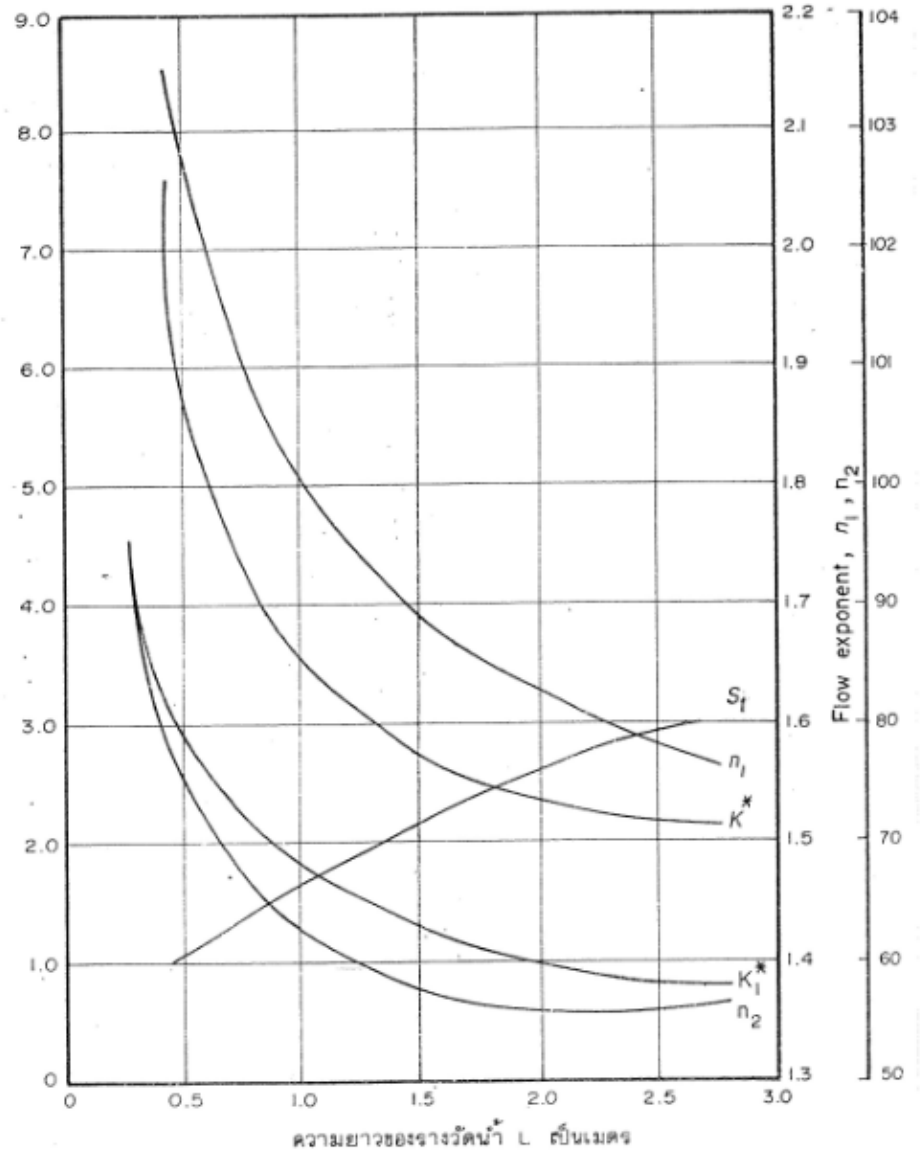
ที่มา: อภิชาต และคณะ (2524)

การที่จะทราบได้ว่าการไหลของน้ำเป็นไปในลักษณะใด จะต้องกำหนดด้วยค่า Percent Submergence (S) = Hb/Ha × 100 คือเราอ่านค่า Ha และ Hb แล้วนำมาหาค่า S เมื่อทราบค่าความยาวของ Flume (L) เราก็สามารถทราบค่า Percent Transition Submergence (St)

ถ้า S > St การไหลจะเป็นลักษณะ Submergence flow

ถ้า S < St การไหลจะเป็นลักษณะ Free flow

ถ้า S = St การไหลจะเป็นลักษณะ Transition submergence ลักษณะการไหลแบบนี้ โอกาสจะเกิดน้อย



ภาพที่ 2.5 ค่าสัมประสิทธิ์โดยทั่ว ๆ ไปของ Free flow และ Submerged flow และค่ายกกำลัง และ St สำหรับ Cut – throat flumes

ที่มา: อภิชาต และคณะ (2524)

2.5.1 ปริมาณน้ำที่ไหลผ่าน CTF กรณี Free flow

$$Q=CHa^{n_1} \qquad (9)$$

$$C=k^{*}W^{1.025} \qquad (10)$$

เมื่อ Q = อัตราการไหล (ลูกบาศก์เมตร ต่อ วินาที)

Ha = ระดับน้ำทางผายเข้า (เมตร)

W = ความกว้างของคอรางน้ำ (เมตร)

C = ค่าสัมประสิทธิ์เมื่อการไหลผ่านรางเป็นแบบอิสระ (Free flow coefficient) ไม่มีหน่วย

K^{*} = ค่าสัมประสิทธิ์ความยาวของราง (Flume Length coefficient) ไม่มีหน่วย

2.5.2 ปริมาณน้ำที่ไหลผ่าน CTF ในกรณี Submergence

$$Q=\frac{C_1(Ha-Hb)^{n_1}}{(-\log S)^{n_2}} \qquad (11)$$

$$C_{1=}\ k_1^{*}W^{1.025} \qquad (12)$$

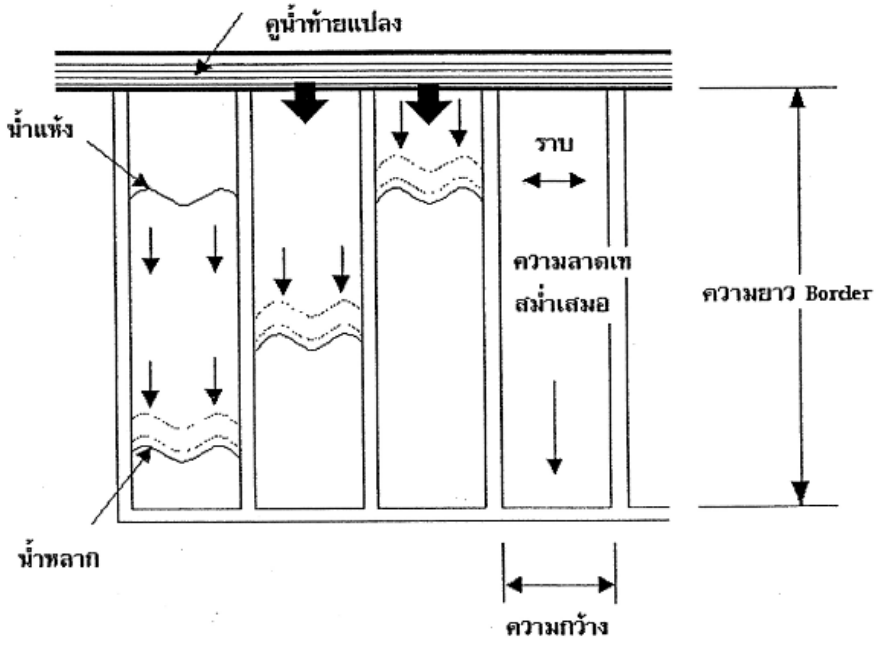
เมื่อ Hb = ระดับน้ำทางผายออก (เมตร)

S = อัตราส่วนของระดับน้ำทางด้านเหนือน้ำกับระดับน้ำทางด้านท้ายน้ำ

$k^{*}_{1}, n_1, n_{2,}$ อ่านจากกราฟภาพที่ 2.5

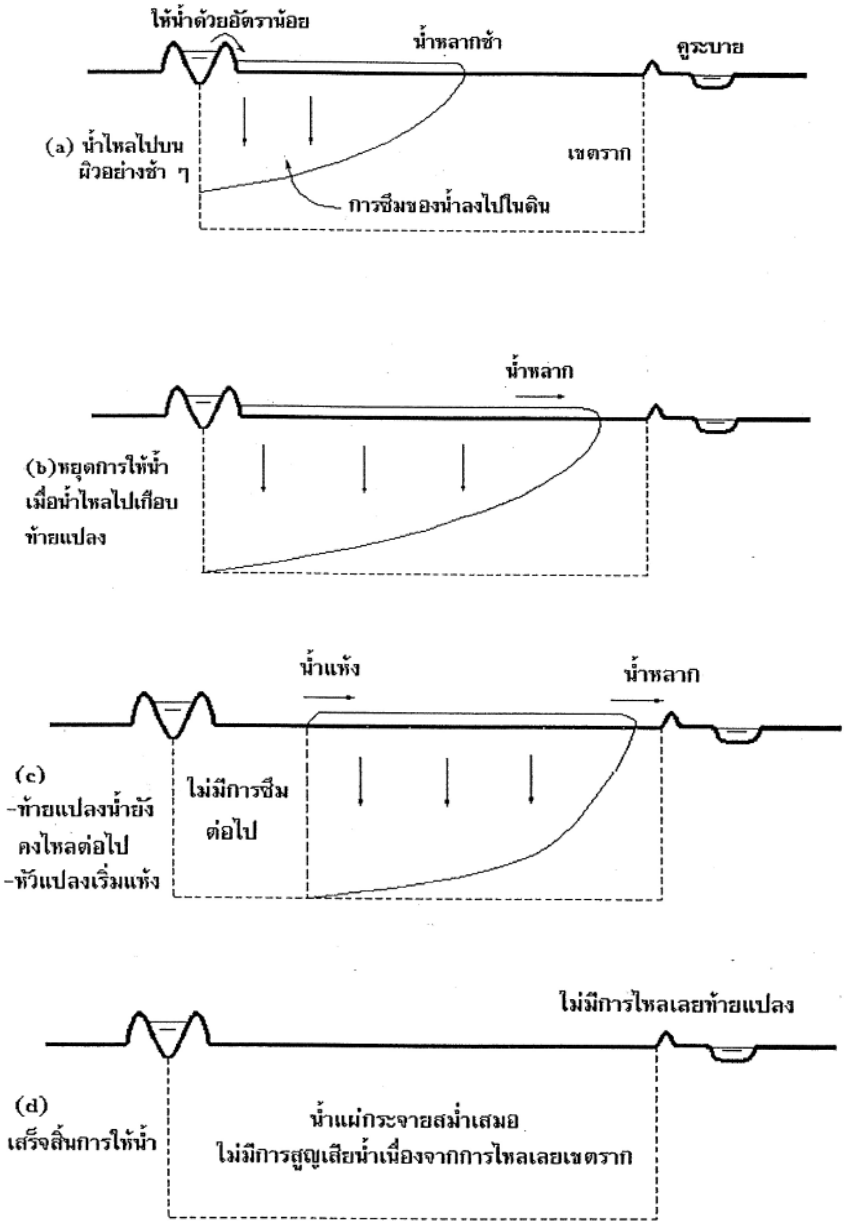
2.6 การให้น้ำด้วยการชลประทานแบบท่วมเป็นผืนลาด

วราวุธ (2545) กล่าวถึงวิธีการชลประทานแบบท่วมเป็นผืนลาดว่า แปลงต้องมีความลาดเทจากหัวแปลงสู่ท้ายแปลง ผู้ให้น้ำต้องเลือกอัตราการให้น้ำและหยุดการให้น้ำให้เหมาะสม หยุดการให้น้ำก่อนที่จะไหลไปถึงท้ายแปลง โดยไม่ก่อให้เกิดการสูญเสียน้ำโดยเปล่าประโยชน์เนื่องจากการไหลเลยท้ายแปลงมากเกินไป การให้น้ำแบบท่วมเป็นผืนลาดจะมีการสูญเสียน้ำ 2 ส่วนคือ การไหลเลยท้ายแปลงและการไหลเลยเขตรากพืช



ภาพที่ 2.6 ลักษณะการให้น้ำแบบท่วมเป็นผืนลาด

ที่มา: วราวุธ (2545)



ภาพที่ 2.7 การชลประทานแบบท่วมเป็นผืนลาด

ที่มา: วราวุธ (2545)

อภิชาต และคณะ (2524) กล่าวว่าความลาดเทของพื้นที่ควรสม่ำเสมอตลอดความยาวของแปลง ยกเว้นในบริเวณ 10 ถึง 15 เมตรแรกนับจากหัวแปลงซึ่งควรจะราบกว่า เพื่อช่วยให้น้ำแผ่กระจายออกเต็มความกว้างก่อนที่จะไหลต่อไปยังท้ายแปลงเป็นผลให้การให้น้ำสม่ำเสมอดีขึ้น ความลาดเทที่ใช้กันมีขนาดตั้งแต่ 0.15 เปอร์เซ็นต์ จนถึง 7 เปอร์เซ็นต์ ในพื้นที่ที่ปลูกหญ้าเลี้ยงสัตว์

การให้น้ำโดยวิธีนี้ต้องการอัตราการส่งน้ำค่อนข้างสูง แต่ถ้าอัตราการส่งน้ำมีค่าต่ำแล้ว เราจะไม่สามารถให้น้ำครั้งละน้อย ๆ ได้ เพราะต้องใช้เวลามากกว่าน้ำจะไหลไปถึงท้ายแปลงซึ่งจะทำให้น้ำขังบนผิว

ดินนานและความลึกของน้ำที่ซึมผ่านผิวดินจะมากกว่าที่ต้องการ เพื่อความสะดวกเรามักจะวัดอัตราการให้น้ำเป็นอัตราการไหลของน้ำต่อหนึ่งหน่วยความกว้างของแปลง เช่น ลิตรต่อวินาที ต่อเมตร อัตราการให้น้ำต่อหนึ่งหน่วยความกว้างนี้ เรียกว่า **"Unit Flow"** เมื่อเราคูณค่านี้ด้วยความกว้างของแปลงก็จะได้อัตราการให้น้ำต่อหนึ่งแปลง อัตราการให้น้ำสำหรับดินชนิดต่าง ๆ อาจเลือกได้จาก ตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 ขนาดมาตรฐานสำหรับออกแบบการให้น้ำแบบท่วมเป็นผืน (Border Irrigation) สำหรับพืชที่รากลึก

ชนิดดิน	อัตราการซึม	ความลาดเท	อัตราการให้น้ำต่อความกว้าง 1 m	ความลึกของน้ำที่จะให้	ขนาดของแปลง	
					กว้าง	ยาว
	มม./ชม.	%	ลิตร/วินาที	มม.	เมตร	เมตร
ดินทราย (Sand)	25	.2-.4 .4-.6 .6-1.0	10-15 8-10 5-8	100 100 100	12-30 9-12 6-9	60-90 60-90 75
ดินทรายปนดินร่วน (Loamy sand)	18-25	.2-.4 .4-.6 .6-1.0	7-10 5-8 3-6	125 125 125	12-30 9-12 6-9	75-150 75-150 75
ดินร่วนปนทราย (Sandy loam)	12-18	.2-.4 .4-.6 .6-1.0	5-7 4-6 2-4	150 160 160	12-30 6-12 6	90-250 90-180 90
ดินร่วนปนดินเหนียว (Clay loam)	6-8	.2-.4 .4-.6 .6-1.0	3-4 2-3 1-2	175 175 175	12-30 6-12 6	180-300 90-180 90
ดินเหนียว (Clay)	2.5-6	.2-.3	2-4	200	12-13	350

ที่มา: อภิชาต และคณะ (2524)

แนวทางในการพิจารณาเบื้องต้นสำหรับการตัดสินเมื่อไหร่จะหยุดการให้น้ำ

ตารางที่ 2.3 ระยะเวลาการหยุดการให้น้ำที่เหมาะสม

ชนิดดิน	ควรหยุดการให้น้ำเมื่อน้ำไหลได้เป็นระยะทาง
ดินเหนียว	0.6
ดินร่วน	0.7 - 0.8
ดินทราย	เกือบถึงท้ายแปลง

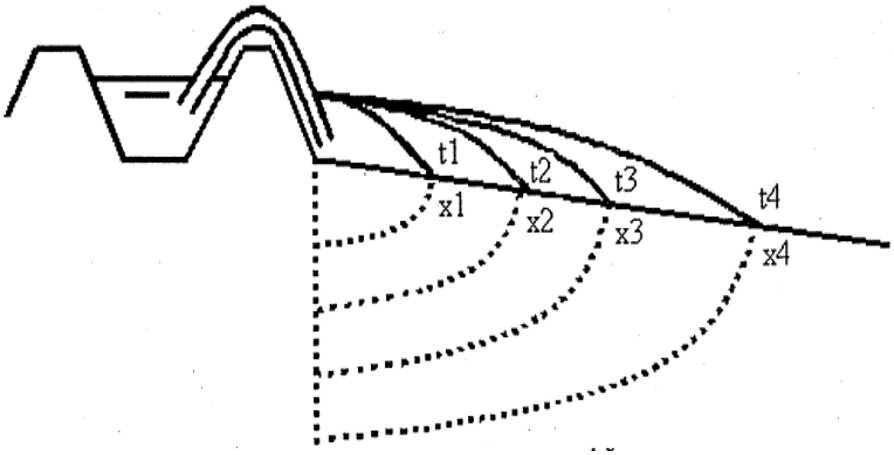
ที่มา: วราวุธ (2545)

2.6.1 ชลศาสตร์ของการไหลของน้ำทางผิวดิน

วราวุธ (2545) กล่าวว่า ในการให้น้ำทางผิวดินจะให้น้ำแก่พืชโดยการปล่อยน้ำให้ไหลไปบนผิวดินแล้วซึมลงไปในเขตรากให้พืชใช้ เมื่อเริ่มให้น้ำโดยเปิดให้น้ำไหลเข้าทางหัวแปลง น้ำจะเคลื่อนตัวเป็นแผ่นบาง ๆ ไปตามความลาดเทของพื้นที่ บางส่วนจะซึมลงไปในดิน ที่เหลือจะเคลื่อนตัวไปข้างหน้า ถ้าหากอัตราการให้น้ำสูงกว่าผลรวมของอัตราที่น้ำซึมลงไปในดิน น้ำก็จะเคลื่อนตัวไปข้างหน้าไปเรื่อย ๆ ช่วงระยะเวลาตั้งแต่เริ่มให้น้ำจนกระทั่งน้ำเคลื่อนตัวไปถึงท้ายแปลงเรียกว่า **ช่วงน้ำหลาก** (Advance Phase) กราฟซึ่งพล็อตแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลานับจากเริ่มต้นให้น้ำ (แกน y) กับระยะทางที่น้ำไหลไปถึงจุดต่าง ๆ นับจากหัวแปลง (แกน x) เรียกว่า **กราฟน้ำหลาก** (Advance Curve)

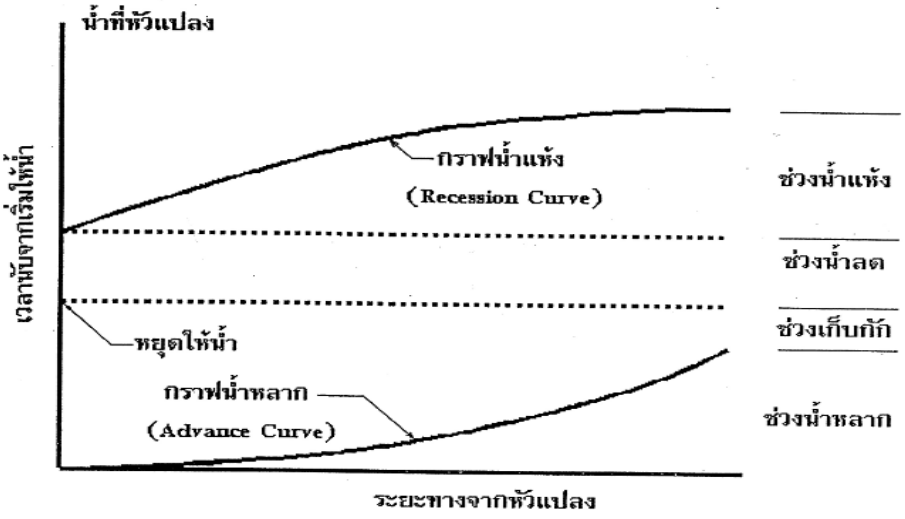
หลังจากที่น้ำไหลไปถึงท้ายแปลงแล้วถ้ายังไม่หยุดให้น้ำ ตลอดความยาวของแปลงก็จะมีน้ำขังอยู่ น้ำดังกล่าวจะไหลซึมลงไปเก็บกักไว้ในดิน บางส่วนก็จะไหลเลยท้ายแปลงออกไปเป็น Runoff ช่วงระยะเวลาหลังจากน้ำไหลไปถึงท้ายแปลงแล้วจนถึงเวลาที่หยุดให้น้ำเรียกว่า **ช่วงเก็บกัก** (Storage Phase)

หลังจากหยุดให้น้ำที่หัวแปลงแล้ว ในแปลงอาจจะมีน้ำขังอยู่ ระดับน้ำที่หัวแปลงก็จะค่อย ๆ ลดหายไป ส่วนอื่น ๆ ถัดมาก็จะแห้งตาม ช่วงระยะเวลานับจากหยุดให้น้ำจนกระทั่งน้ำที่หัวแปลงแห้งเรียกว่า **กราฟน้ำแห้ง** (Recession Curve)



ภาพที่ 2.8 ลักษณะของการชลประทานแบบผิวดินในช่วงน้ำหลาก

ที่มา: วราวุธ (2545)



ภาพที่ 2.9 ช่วงระยะเวลาต่าง ๆ ในการชลประทานแบบผิวดิน

ที่มา: วราวุธ (2545)

2.6.2 **ข้อผิดพลาดในการให้น้ำแบบ Border** ได้แก่ วราวุธ (2545)

(1) การเตรียมดินไม่ดี

ถ้าแปลง Border มีความลาดเทไม่สม่ำเสมอ จะทำให้น้ำแผ่กระจายไม่สม่ำเสมอ ซึ่งจะมีผลต่อการเจริญเติบโตและให้ผลผลิตของพืช หรือกรณีที่แปลง Border มีความลาดเทตามขวาง น้ำจะไหลเอียงลงสู่ด้านต่ำ แต่กรณีดังกล่าวอาจแก้ไขได้ชั่วคราว โดยการทำคันดินแบ่งแปลงให้แคบลง จะช่วยลดปัญหาที่น้ำไหลเอียงลงสู่คันแปลงด้านต่ำ

(2) มีดินหลายชนิดในแปลง

การมีดินหลายชนิดในแปลง Border วิธีแก้ คือต้องแบ่งแปลงให้มีเพียงดินชนิดเดียวในแปลง

(3) ใช้อัตราการให้น้ำผิด

ถ้าอัตราการให้น้ำน้อยเกินไปน้ำจะไหลช้า จึงต้องให้น้ำเป็นเวลานาน จะก่อให้เกิดการสูญเสียน้ำโดยเปล่าประโยชน์มากเกินไป มักเกิดกับแปลงที่เป็นดินทราย ในทางตรงกันข้าม ถ้าเลือกอัตราการให้น้ำที่มากเกินไป น้ำจะไหลถึงจุดที่ควรหยุดการให้น้ำเร็วเกินไป น้ำยังซึมลงไปในดินไม่เพียงพอ ถ้าต้องการให้น้ำเพียงพอกับความต้องการ จะต้องปล่อยให้น้ำไหลเลยท้ายแปลงเป็นจำนวนมาก มักเกิดกับแปลงที่เป็นดินเหนียว

(4) การกำหนดเวลาการให้น้ำแน่นอนตายตัว (Fixed Irrigation Schedule)

อย่างเช่น กำหนดเวลาการให้น้ำเป็น 12 ชั่วโมง หรือ 24 ชั่วโมง ทั้งๆ ที่ความจริงแล้วมีความต้องการน้ำเพียง 6-10 ชั่วโมง กรณีดังกล่าวก่อให้เกิดการสูญเสียน้ำโดยเปล่าประโยชน์ และยังชะล้างปุ๋ยออกจากดินอีกด้วย

2.7 ดัชนีที่ใช้ในการประเมินผล วราวุธ (2545) กล่าวถึง

2.7.1 **ความสม่ำเสมอในการให้น้ำ** (Distribution Uniformity)

ความสม่ำเสมอในการให้น้ำเป็นตัววัดว่าระบบชลประทานนั้นให้น้ำกับแปลงได้สม่ำเสมอดีมากน้อยเพียงใด ถ้าให้น้ำได้สม่ำเสมออย่างสมบูรณ์ (ความสม่ำเสมอจะเท่ากับ 100) แสดงว่าทุกจุดในแปลงได้รับน้ำเท่ากันหมด ถ้าให้น้ำไม่สม่ำเสมอแสดงว่าบางจุดได้รับน้ำพอดี (Complete Irrigation) บางจุดได้รับน้ำไม่พอ (Under-Irrigation) และบางจุดได้รับน้ำมากเกินไป (Over- Irrigation)

ความสม่ำเสมอในการให้น้ำคำนวณได้จากสมการ

$$DU = 100 \frac{\overline{D}_{LQ}}{\overline{D}} \qquad (13)$$

เมื่อ DU = ความสม่ำเสมอในการให้น้ำ , %

$\overline{D}_{LQ}$ = ความลึกเฉลี่ยของค่าต่ำสุดของน้ำที่ซึมลงไปในดินจำนวน ¼ ของจุดที่ทำการวัด (Low Quarter Average Depth) ,มิลลิเมตร

$\overline{D}$ = ความลึกเฉลี่ยของน้ำที่ซึมลงไปในดินในแปลง ,มิลลิเมตร

2.7.2 ประสิทธิภาพในการให้น้ำ (Application Efficiency)

เป็นค่าประสิทธิภาพที่แสดงว่า ผลการให้น้ำของระบบที่ใช้อยู่นั้น ให้น้ำได้ดีเพียงใดจะมีการสูญเสียน้ำมากแค่ไหน ถ้ามีค่าต่ำแสดงว่าการสูญเสียของน้ำเนื่องมาจากซึมลึกเลยเขตรากพืชมาก (Deep Percolation Losses) คำนวณได้จากสมการ

$$E_a = 100 \frac{V_{RZ}}{V_T} \qquad (14)$$

กรณีที่การให้น้ำเป็นไปอย่างสมบูรณ์ (Complete Irrigation)

$$V_{RZ} = \frac{D_{RZ}(FC-\theta)}{100} \qquad (15)$$

$$V_T = \frac{Q.T}{A} \qquad (16)$$

เมื่อ E_a = ประสิทธิภาพการให้น้ำ เป็น %

V_{RZ} = ปริมาณน้ำที่เก็บกักอยู่ในเขตราก ,มิลลิเมตร

V_T = ปริมาณน้ำทั้งหมดที่ให้กับแปลง,มิลลิเมตร

D_{RZ} = ความลึกของเขตราก ,มิลลิเมตร

FC และ θ = ความชื้นที่ Field Capacity และความชื้นก่อนการให้น้ำเป็น % โดยปริมาตร ตามลำดับ

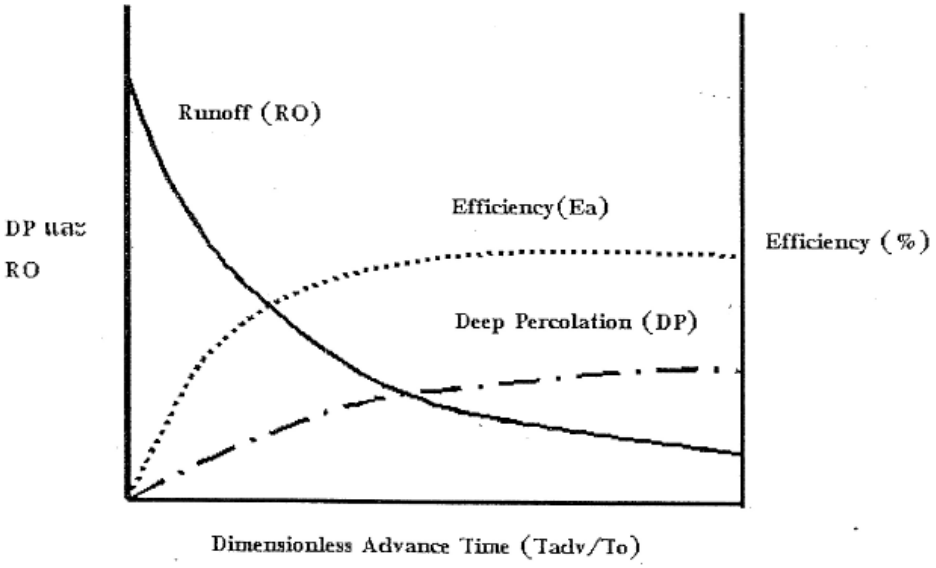
Q = อัตราการให้น้ำเฉลี่ย ,ลิตร ต่อ วินาที

T = ระยะเวลาการให้น้ำ ,นาที

ถ้าความลึกต่ำสุดเกินเขตรากหรือเกินค่า SMD การคำนวณหา E_a จะหาได้จากสมการ

$$E_a = \frac{SMD}{V_T} \times 100 \qquad (17)$$

ปริมาณน้ำที่ไหลเลยเขตรากและปริมาณน้ำที่ไหลเลยท้ายแปลง (หรือประสิทธิภาพการให้น้ำ E_a) จะขึ้นอยู่กับอัตราส่วนระหว่างเวลาที่น้ำหลากไปถึงท้ายแปลง (T_{adv}) กับเวลาที่การให้น้ำซึมลงไปในดินตามปริมาณที่ต้องการ (T_i หรือ T_0) ดังแสดงในภาพที่ 2.10 อัตราส่วน T_{adv} / T_i เรียกว่า Advance Ratio

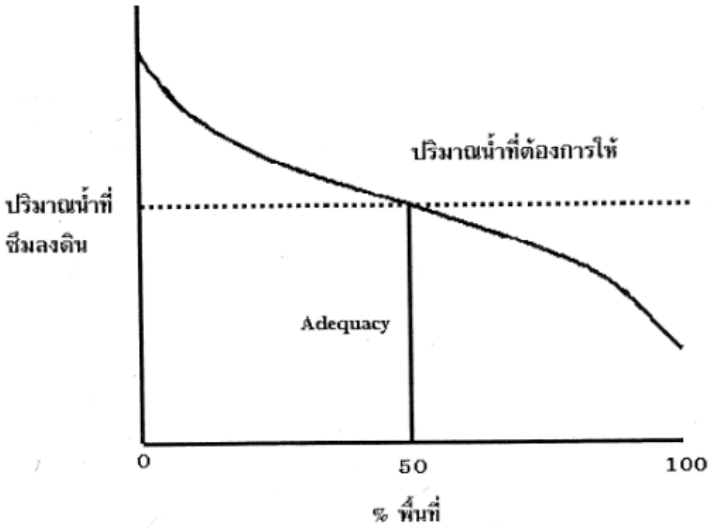


ภาพที่ 2.10 ผลของ Advance Ratio ต่อ DP , RO และ E_a

ที่มา: วราวุธ (2545)

2.7.3 **ความเพียงพอในการให้น้ำ** (Adequacy of Irrigation)

กรณีที่การให้น้ำไม่สม่ำเสมอมีบางจุดได้รับน้ำมากเกินไป และบางจุดได้รับน้ำน้ำน้อยเกินไป จะบอกความเพียงพอของการชลประทานได้จาก % ของพื้นที่ให้น้ำที่ได้รับน้ำเพียงพอกับความต้องการเปอร์เซ็นต์ดังกล่าวหาได้โดยวิธีวิเคราะห์การแจกแจงความถี่สะสม (Cumulative Frequency Distribution) ดังภาพที่ 2.11 จะเห็นว่ามี 50 % ของพื้นที่ได้รับน้ำมากกว่าที่ต้องการ แสดงว่าความเพียงพอของการชลประทานเท่ากับ 50 %



ภาพที่ 2.11 ลักษณะของการแจกแจงความถี่สะสม ซึ่งใช้วัดความพียงพอในการชลประทาน
ที่มา: วราวุธ (2545)

กรณีที่การให้น้ำไม่สมบูรณ์ (Under Irrigation) ดรรชนีความพอเพียงของการชลประทานที่ใช้คือ ประสิทธิภาพการเก็บกัก (Storage Efficiency, E_s)

$$E_s = 100 \frac{V_{RZ}}{SMD} \qquad (18)$$

V_{RZ} = ปริมาณน้ำที่เก็บกักอยู่ในเขตรากหลังการให้น้ำ

SMD = ปริมาณน้ำในดินที่ขาดหายไป, $(SMD = \frac{D_{RZ}\left(FC-\theta\right)}{100})$

ตารางที่ 2.4 ประสิทธิภาพการให้น้ำ (E_a) สำหรับวิธีการส่งน้ำ ขนาดของพื้นที่ลักษณะของดินและวิธีการให้น้ำแบบต่างๆ

ประสิทธิภาพการให้น้ำ (Application Efficiency, E_a)	
ให้น้ำทางผิวดิน:	
ดินทราย	55%
ดินร่วน	70%
ดินเหนียว	60%
แบบท่วมเป็นผืนยาว (Graded Border)	60 – 75%
แบบท่วมเป็นอ่างหรือเป็นผืนราบ (Basin and Level Border)	60 – 80%
แบบท่วมจากคูตามเส้นของเนิน (Contour Ditch)	50 – 55%
แบบร่องคู (Furrow)	55 – 70%
แบบร่องคูเล็ก (Corrugation)	50 – 70%
ให้น้ำใต้ผิวดิน	ไม่เกิน 80%
ให้น้ำแบบฉีดฝอย	
อากาศร้อนและแห้ง	60%
อากาศอบอุ่นปานกลาง	70%
อากาศชุ่มชื้นและเย็น	80%
การให้น้ำสำหรับนาข้าว	32%

ที่มา: อภิชาต และคณะ (2524)

บทที่ 3

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

3.1 อุปกรณ์

เครื่องมือที่ใช้ในการทดลองมีดังนี้

1. เทปวัดระยะ สำหรับใช้วัดความกว้าง ยาวของแปลง
2. หมุดไม้และฆ้อนสำหรับตอก ใช้กำหนดระยะแต่ละจุดของแปลง
3. นาฬิกาจับเวลาหรือนาฬิกาข้อมือ ใช้บอกเวลาการให้น้ำ การหยุดน้ำ และน้ำหลากน้ำแห้ง
4. กล้องระดับและไม้ staff ใช้หาความลาดเทของแปลงทดลอง (slope)
5. เครื่องมือวัดอัตราการไหลของน้ำ โดยใช้รางวัดน้ำแบบไม่มีคอ (Cut-throat Flume) ขนาด 20x90 cm.และ 30x90 cm ใช้วัดอัตราการไหลผ่านของน้ำในแปลง
6. ท่อไซฟอนขนาด 2 นิ้ว ใช้สำหรับเลือกอัตราการให้น้ำ
7. พลั่วขุดดิน และเครื่องมือเก็บตัวอย่างดิน (Soil Core Sampler) ใช้เก็บตัวอย่างดินที่จะสำรวจ
8. เครื่องอบดิน เพื่อหาเปอร์เซ็นต์ความชื้นโดยน้ำหนักแห้ง
9. กระป๋องเก็บตัวอย่างดิน เพื่อหาเปอร์เซ็นต์ความชื้นโดยน้ำหนักแห้ง
10. เครื่องมือวัดอัตราการซึมผ่านผิวดิน (Infiltrometer) ถังตักน้ำและตะขอวัดระดับน้ำ (Hook Gate) ใช้ในการหาความลึกของน้ำที่หมุดต่างๆ จากสูตร $D = At^B$
11. แบบฟอร์มสำหรับจดข้อมูลต่าง ๆ ใช้ในการตรวจการประเมินผลและปรับแก้ครั้งต่อไป

3.2 วิธีการทดลอง

3.2.1 การเตรียมการก่อนประเมินผล

1. วัดความกว้าง ยาว ของแปลงทดลอง

ภาพที่ 3.1 แปลงทดลอง

2. ตรวจสอบชนิดดิน โดยการขุดดินลึกลงไปประมาณ 1 หน้าจอบเก็บตัวอย่างดินประมาณ 1 กิโลกรัม โดยส่งไปทดสอบที่ห้องปฏิบัติการวิเคราะห์วิจัยดินพืชและวัสดุเกษตร และหาความลาดชันของพื้นที่ เพื่อกำหนด Unit flow

3. เก็บตัวอย่างดินโดยใช้ Soil Core Sampler ตอกลึกลงไป 15 เซนติเมตร และค่อย ๆ ดึงขึ้นมาจากนั้นใช้ใบมีดตัดตัวอย่างดินที่อยู่ในวงแหวนขนาดความสูง 1 เซนติเมตรเพื่อจะนำไปเข้าเครื่องหาแรงดึงความชื้นหาความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นกับแรงดึงความชื้น ตามภาพที่ 3.3 และตัดตัวอย่างที่อยู่ในวงแหวนขนาดความสูง 3 เซนติเมตรเพื่อนำไปหาความถ่วงจำเพาะปรากฏของดินในแปลง โดยนำไปชั่งน้ำหนักและอบเป็นเวลา 24 ชั่วโมง

4. ตรวจวัดความชื้นของดินที่จุดความชื้นชลประทาน (1/3 บรรยากาศ) จุดเหี่ยวเฉาถาวร (15 บรรยากาศ) และจุดกำหนดการให้น้ำที่ 50% ของความชื้นที่พืชดูดเอาไปใช้ได้ (Available Moisture)

ภาพที่ 3.2 การเก็บตัวอย่างดินโดยใช้ Soil Core Sampler

ภาพที่ 3.3 เครื่องแยกความชื้นออกจากดิน (Soil Moisture Extractor)

ภาพที่ 3.3 (ต่อ) เครื่องแยกความชื้นออกจากดิน (Soil Moisture Extractor)

5. ติดตั้งเครื่องมือวัดอัตราการซึมของน้ำ และตรวจวัดอัตราการซึมน้ำของดินเพื่อใช้คำนวณความลึกของน้ำที่ให้

ภาพที่ 3.4 การหาอัตราการซึมของน้ำผ่านผิวดิน

6. ติดตั้งรางวัดน้ำแบบไม่มีคอขนาด 30x90 cm ที่หัวแปลงจำนวน 2 ตัว และท้ายแปลงขนาด 20x90 cm จำนวน 2 ตัว

ภาพที่ 3.5 การติดตั้งรางวัดน้ำแบบไม่มีคอ (Cut-throat Flume)

7. ปลูกหญ้าเนเปียร์จำนวน 6 แถว (ระยะห่างระหว่างต้นเท่ากับ 0.75 เมตร)

ภาพที่ 3.6 หญ้าเนเปียร์หลังจากเก็บเกี่ยวรอบที่ 1

3.2.2 การกำหนดการให้น้ำแก่พืช

1. เก็บตัวอย่างดิน 3 จุดในแปลงทดลง บริเวณหัวแปลง กลางแปลง ท้ายแปลงและเก็บดินลึกลงไปตามความยารากพืช โดยจะเก็บเพียงครึ่งหนึ่งของความยาวรากพืช แล้วนำมาอบเพื่อหาความชื้นในดิน และกำหนดวันให้น้ำ

ภาพที่ 3.7 การเก็บตัวอย่างดิน

ภาพที่ 3.8 วัดความยาวรากพืช

2. คำนวณการให้น้ำแก่พืชเพื่อให้ดินในเขตราก (Root Zone) มีความชื้นที่ Field Capacity จากสูตร $d=\frac{P_w.A_s.D}{100}$ หรือ $SMD=\frac{(FC-\theta)D_{RZ}}{100}$

3. จากความกว้างของแปลงเลือก Unit flow จากตารางที่ 2.2 เช่น ความลาดเท 0.4-0.6 % ดินเป็นดินร่วนปนทราย อัตราการให้น้ำเท่ากับ 4-6 ลิตร/วินาที/เมตร คำนวณอัตราการให้น้ำเท่ากับ 38.8 – 58.2 ลิตร/วินาที

4. ปักหมุดทุกระยะ 25 เมตร พร้อมกำหนดจุดหยุดการให้น้ำจากตาราง 2.3 โดยเลือกที่ 0.7 ของความยาวแปลง เท่ากับ 0.7×198 เมตร = 138.6 เมตร

5. ทำการให้น้ำโดยปล่อยน้ำเข้าทางหัวแปลง (ใช้ท่อไซฟอน) บันทึกระยะเวลาเริ่มให้น้ำ และบันทึกกราฟน้ำหลากตามตารางที่ 3.1 พร้อมทั้งวัดค่าระดับน้ำด้านหน้ารางวัดน้ำ (Ha) และด้านหลังรางวัดน้ำ (Hb) ทุก ๆ 5 นาที โดยจะวัดระดับน้ำดังกล่าวจนกว่าระดับน้ำจะคงที่จึงหยุดทำการวัด (เพื่อนำมาหาอัตราการไหล)

ภาพที่ 3.9 การปล่อยน้ำเข้าแปลงโดยใช้ท่อไซฟอน

ตารางที่ 3.1 แบบบันทึกข้อมูลน้ำหลาก

เวลา			หมุดที่ *
เวลา น.	ห่างกัน	สะสม	
			0
			1
			2
			3
			4
			5
			6
			7
			7.92

ภาพที่ 3.10 การวัดระดับน้ำ

ภาพที่ 3.11 น้ำหลาก

ภาพที่ 3.12 น้ำแผ่ไปถึงหมุดต่าง ๆ

6. เมื่อถึงจุดหยุดน้ำ บันทึกระยะเวลาการหยุดน้ำ และเวลาน้ำที่หมุดต่างๆแห้ง (Lag time) ตามตารางที่ 3.2

ภาพที่ 3.13 น้ำแห้ง

ตารางที่ 3.2 แบบบันทึกข้อมูลน้ำแห้ง

เวลา			หมุดที่ *
เวลา น.	ห่างกัน	สะสม	
			0
			0
			0
			1
			2
			3
			4
			5
			6
			7
			7.92

หมายเหตุ ในกรณีที่เป็นข้อมูลช่วงน้ำแห้ง (Recession Phase) ของการให้น้ำแบบท่วมเป็นผืนลาด บรรทัดแรกของช่องควรเป็นเวลาที่เริ่มให้น้ำ บรรทัดที่สองเป็นเวลาที่หยุดการให้น้ำและ บรรทัดที่สาม คือเวลาที่น้ำเริ่มแห้ง ทั้งสามบรรทัดนี้เป็นเวลาที่หมุดแรก

*หมุดแรกที่หัวแปลงนับเป็นศูนย์

7. ทำการคำนวณหาประสิทธิผลของการให้น้ำ ดังนี้

1. ความลึกของน้ำที่หมุดต่างๆ จากสูตร $D = At^B$ จากหน้า 8

2. คำนวณปริมาณน้ำที่ให้ทั้งหมดของแปลง $V_T = \frac{QT}{A}$ จากหน้า 18

3. คำนวณ DU จากสูตร $DU = \frac{\bar{D}_{LQ}}{\bar{D}}$ จากหน้า 18

4. คำนวณ E_s จากสูตร $E_s = \frac{V_{RZ}}{SMD} \times 100$ จากหน้า 20

5. คำนวณ E_a จากสูตร $E_a = \frac{V_{RZ}}{V_T} \times 100$ หรือ $E_a = \frac{SMD}{V_T} \times 100$ จากหน้า 18 และ 19

8. แปรผลและปรับแก้การให้น้ำครั้งต่อไป

9. เริ่มทำการทดลองใหม่ตั้งแต่ ข้อ 1 ถึง 8 ซ้ำ จนถึงรอบการเก็บเกี่ยว

หมายเหตุ 1. ถ้าให้น้ำต่ำกว่า SMD จะปรับแก้ระยะเวลาการให้น้ำมีความถี่มากขึ้นโดยคำนวณจากสูตร ความถี่ในการให้น้ำ (วัน/ครั้ง) $= \frac{\text{ความชื้นที่ให้จริง (มม.)}}{\text{การใช้น้ำของพืช (มม./วัน)}}$

2. ตารางที่ 2.2 ขนาดมาตรฐานสำหรับออกแบบการให้น้ำแบบท่วมเป็นผืน (Border Irrigation) สำหรับพืชที่รากลึก และตารางที่ 2.3 การหยุดการให้น้ำที่เหมาะสมเป็นแนวทางที่จะใช้คาดการณ์เบื้องต้น ในการหาอัตราการให้น้ำและเวลาในการให้น้ำ ส่วนปริมาณที่แท้จริงได้จากการตรวจวัด

บทที่ 4

ผลการศึกษาและวิจารณ์ผล

4.1 ผลการศึกษาในห้องปฏิบัติการและในสนาม

1. ชนิดดิน ได้ทำการเก็บตัวอย่างและส่งให้ห้องปฏิบัติการวิเคราะห์วิจัยดินแลวัสดุเกษตร ผลปรากฏว่าดินเป็นดินร่วนปนทราย (Sandy Loam) ตามภาพที่ 4.1

2. ความลาดเทของแปลงเท่ากับ 0.44 % ขนาดแปลงกว้าง 9.7 เมตร ยาว 198 เมตร

ดังนั้นจากข้อ 1 และ 2 อัตราการให้น้ำต่อหน่วยเมื่อพิจารณาตามตารางแนะนำการออกแบบ จะอยู่ในช่วง 4-6 ลิตร/วินาที/เมตร หรือเมื่อคูณด้วยความกว้างแปลง เท่ากับ 38.8-58.2 ลิตร/วินาที

3. ค่าการดูดซึม ตามภาพที่ 4.2

(3.1) สมการอัตราการดูดซึม $I = 65.703t^{-0.365}$

เมื่อ I = อัตราการดูดซึมน้ำของดิน (มม/ชม)

t = เวลาสะสม (นาที)

(3.2) สมการความลึกสะสม $D=1.7245t^{0.635}$

เมื่อ D = ความลึกสะสม (มม)

t = เวลาสะสม (นาที)

ส่วนรายการคำนวณอยู่ในภาคผนวก ก

รายงานผลการวิเคราะห์
ห้องปฏิบัติการวิเคราะห์วิจัยดินพืชและวัสดุเกษตร ฝ่ายปฏิบัติการวิจัยและเรือนปลูกพืชทดลอง
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม โทร. 0 3428 1092 ต่อ 481,464,458

รายงานเลขที่ SF2557/168 วันที่ 5 เดือน มิถุนายน พ.ศ.2557

ชื่อ : คุณอรทัย โกยกิจเจริญ **ที่อยู่ :** 21/105 หอพักนิสิตหญิง มหาวิทยาเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม 73140

Sample Name ชื่อตัวอย่าง	Lab Code รหัสตัวอย่าง	Sand (%)	Silt (%)	Clay (%)	Texture[1]
ดินแปลง ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน	57-5-28-68	56.67	27.17	16.17	Sandy Loam
ผู้วิเคราะห์		ขวัญ			

เทียบกับ น้ำหนักอบแห้ง

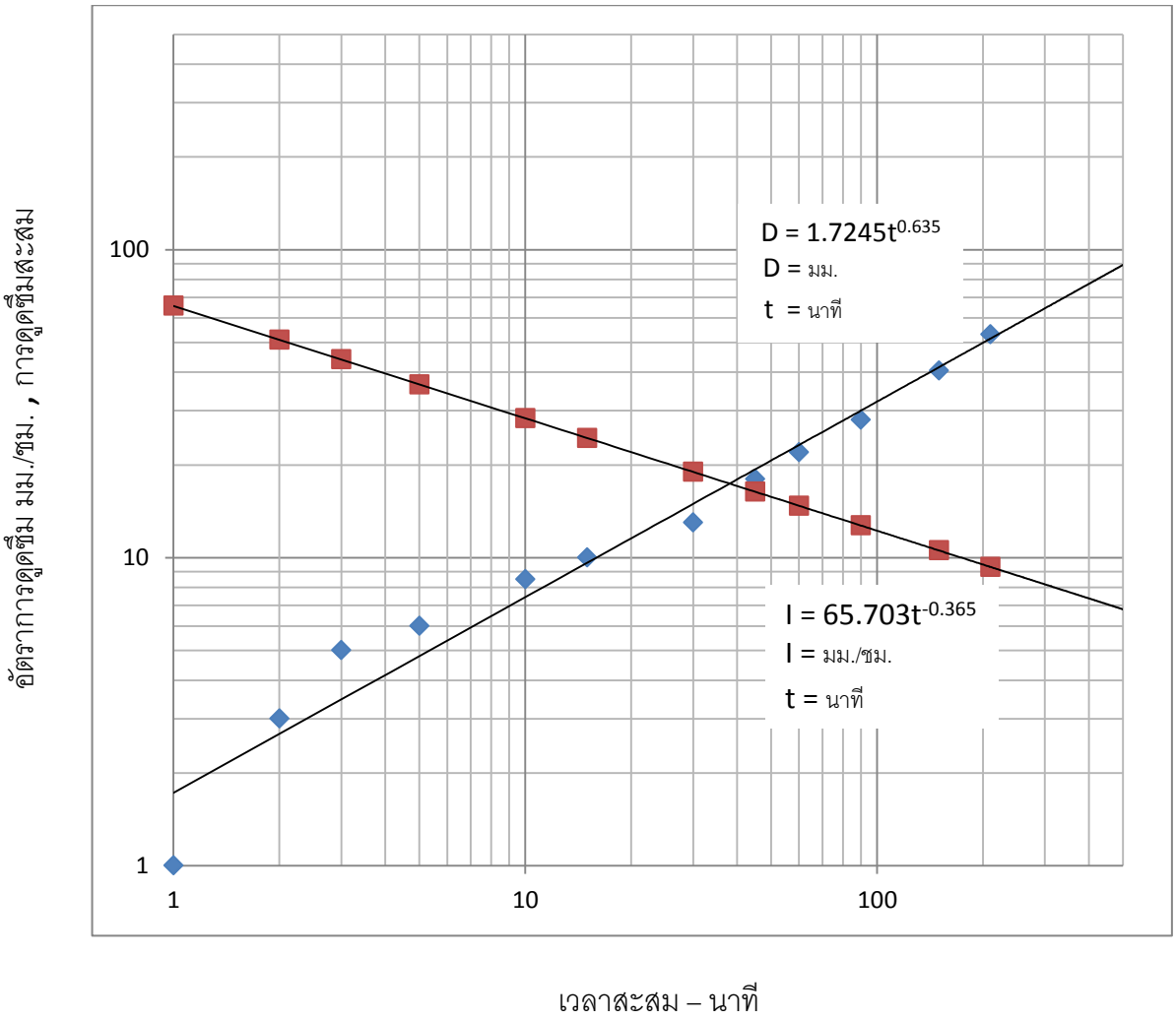
1 = Pipette method

(นางจันทร์จรัส วีรสาร)
ผู้ตรวจสอบผล

(นางจันทร์จรัส วีรสาร)
หัวหน้าโครงการการบริการวิเคราะห์ตัวอย่างเพื่อการเกษตร

หมายเหตุ : ผลการวิเคราะห์นี้ใช้ได้เฉพาะตัวอย่างที่ส่งมาและตัวอย่างนี้จะเก็บรักษาไว้ภายใน 3 เดือนเท่านั้น

ภาพที่ 4.1 รายงานผลการวิเคราะห์ชนิดดิน



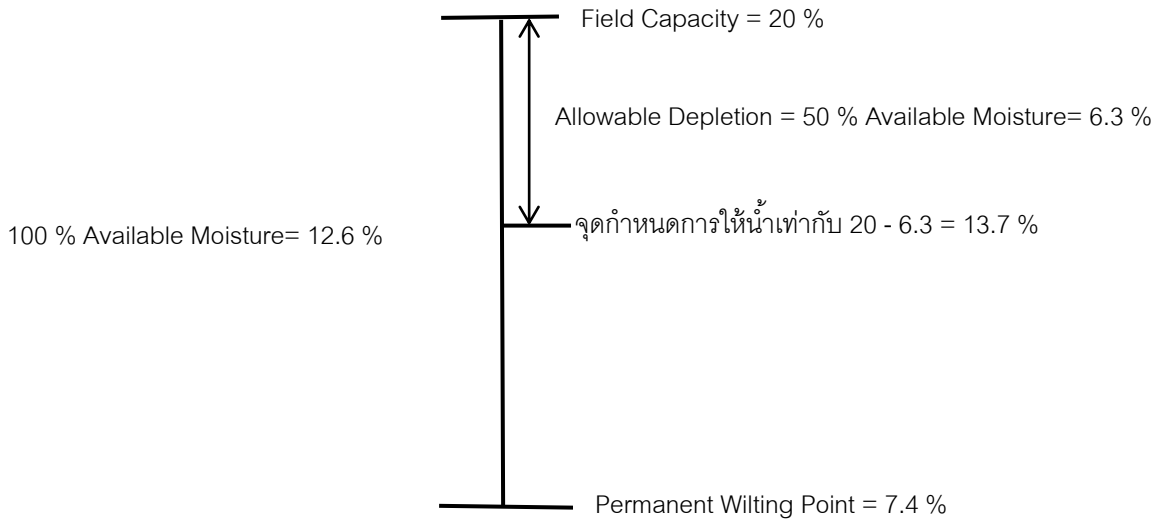
ภาพที่ 4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการดูดซึม ความลึกสะสมกับเวลา

4. ค่าความชื้นชลประทานและความชื้นในการกำหนดการให้น้ำจากภาพที่ 4.3 เป็นกราฟความสามารถในการอุ้มน้ำของดินซึ่งเป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์ความชื้นและแรงดึงความชื้น โดยมีค่าที่จะนำไปใช้กำหนดการให้น้ำดังนี้

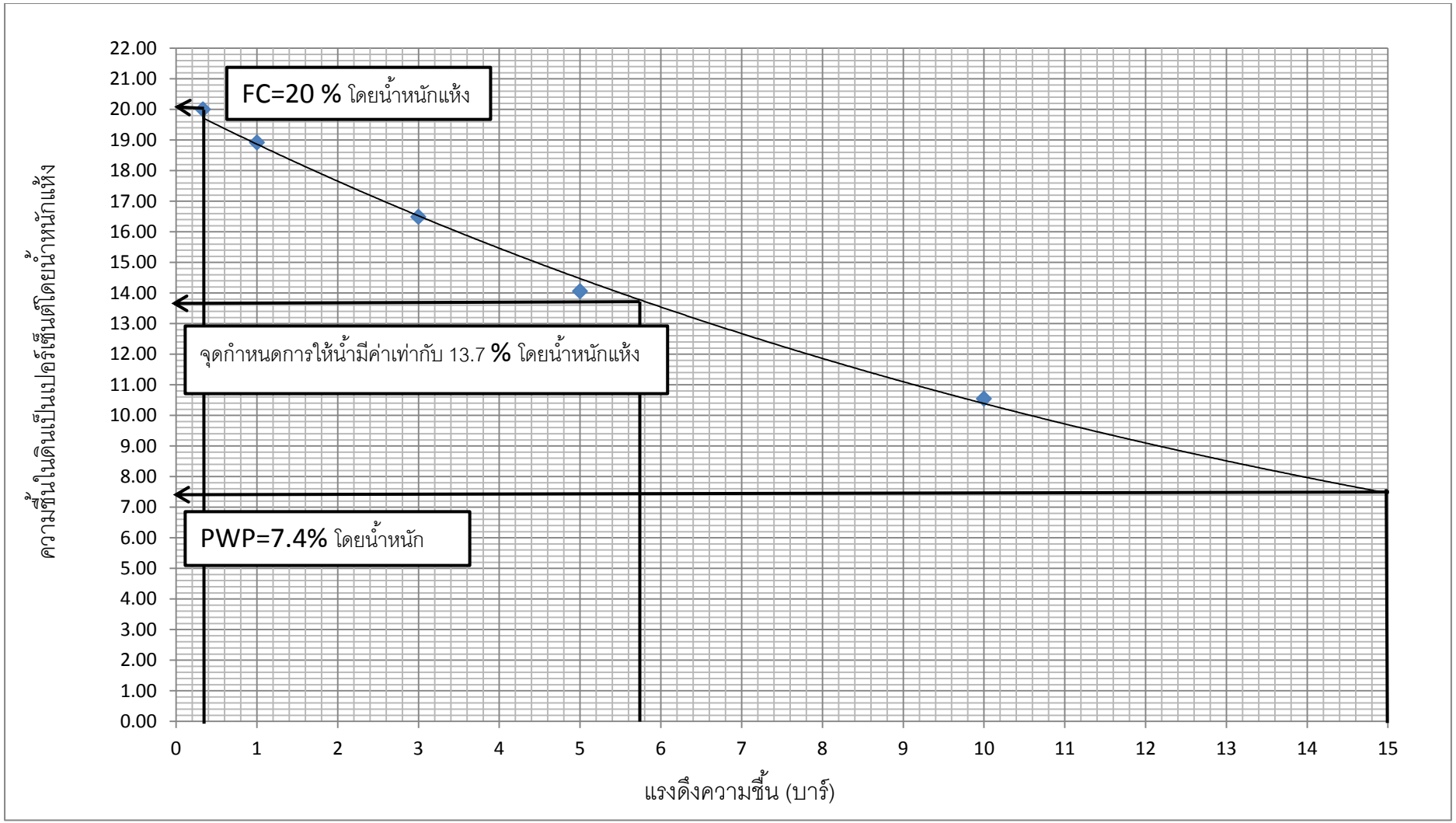
(4.1) ความชื้นชลประทาน 20 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแห้ง (แรงดึงความชื้น 0.3 บาร์)

(4.2) ความชื้นที่จุดเหี่ยวเฉาถาวร 7.4 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแห้ง (แรงดึงความชื้น 15 บาร์)

(4.3) เพื่อกำหนดให้จุดกำหนดการให้น้ำเท่ากับ 50 เปอร์เซ็นต์ของความชื้นที่เป็นประโยชน์ ดังนั้นความชื้นในการกำหนดการให้น้ำเท่ากับ 20-0.5(20-7.4) = 13.7 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแห้ง ตามภาพที่ 4.4



ภาพที่ 4.4 แสดงเปอร์เซ็นต์ความชื้นที่จุดต่าง ๆ



ภาพที่ 4.3 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นและแรงดึงความชื้น

4.2 ผลการทดลองให้น้ำ

ได้ทำการตรวจวัดการให้น้ำแก่พืชจำนวน 11 ครั้ง ตั้งแต่วันที่ 20 มีนาคม 2557 ถึงวันที่ 18 มิถุนายน 2557 ได้ผลการทดลองตามตารางที่ 4.1

4.3 วิเคราะห์ผลการทดลอง

จากตารางที่ 4.1 นำมาวิเคราะห์ผลตามที่ได้ศึกษาไว้ในหัวข้อการตรวจเอกสาร บทที่ 2 หน้า 17-20 และวิเคราะห์ผลตามตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.1 ผลการทดลองการให้น้ำ

①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	
ครั้งที่	ความลึกรากพืช (มม)	เปอร์เซ็นต์ความชื้น	ความลึกของน้ำที่ให้ (มม)	อัตราการให้น้ำ (ลิตร/วินาที)	ระยะทางหยุดน้ำ (เมตร)	ระยะเวลา Lag time (นาที)	ระยะเวลาให้น้ำ (นาที)	ปริมาณน้ำที่ให้ (ลบ.ม)	หมายเหตุ
1	-	-	-	-	-	-	-	-	ไม่ประเมินผล*
2	600	15.28	24.355	35.424	125	15	38	80.767	
3	650	11.85	45.559	25.218	100	18	35	52.958	
4	650	11.28	48.745	29.238	113	14	42	73.679	
5	-	-	-	-	-	-	-	-	ไม่ประเมินผล*
6	650	12.13	43.993	29.688	113	14	41	73.032	
7	650	11.79	45.894	29.508	125	17	46	81.443	
8	650	11.24	48.968	34.598	113	13	37	76.808	
9	-	-	-	-	-	-	-	-	ไม่ประเมินผล**
10	-	-	-	-	-	-	-	-	ไม่ประเมินผล*
11	650	12.26	43.267	42.500	198	33	68	173.400	

หมายเหตุ 1. คอลัมน์ ②,③ มาจากการวัดจริง

2. คอลัมน์ ④ คำนวณจากสูตร $SMD = \frac{D_{RZ} \times (FC - \theta)}{100}$

3. คอลัมน์ ⑤,⑥,⑦ และ ⑧ มาจากการวัดจริง

4. คอลัมน์ ⑨ คำนวณจาก $\frac{⑤ \times ⑧ \times 60}{1000}$

5. * ไม่ประเมินผลเพราะ อุปกรณ์และบุคลากรไม่เพียงพอสำหรับการประเมินผลการทดลอง

** ไม่ประเมินผลเพราะ ความชื้นเพียงพอเนื่องจากมีฝนตก

ตารางที่ 4.2 วิเคราะห์ผลการทดลองการให้น้ำ

①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩
ครั้งที่	ความลึกของน้ำที่คำนวณ (มม)	ความลึกจากการทดลองให้น้ำ (มม)	V_{RZ} (มม)	การใช้น้ำของพืช (มม/วัน)	ความถี่ในการให้น้ำ (วัน/ครั้ง)	V_T (มม)	ประสิทธิผลการให้น้ำ		
							E_s (%)	DU (%)	E_a (%)
1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	24.355	25.508	24.355	-	-	42.053	100	70.641	57.915
3	45.559	20.132	20.132	4.40	5	27.573	100	81.884	73.013
4	48.745	25.900	25.900	4.40	6	38.363	100	82.438	67.513
5	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	43.993	26.752	26.752	4.40	6	38.026	100	80.830	70.351
7	45.894	30.549	30.549	4.40	7	42.405	100	81.525	72.043
8	48.968	29.018	29.018	4.54	6	39.991	100	76.703	72.559
9	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10	-	-	-	-	-	-	-	-	-
11	43.267	64.274	43.267	-	-	90.284	100	84.004	47.923

หมายเหตุ 1. คอลัมน์ ② คำนวณจากสูตร $SMD = \frac{D_{RZ} \times (FC - \theta)}{100}$ (ตาราง 4.2)

2. คอลัมน์ ③ คำนวณจากสูตร $D = At^{B}$

3. ในกรณีที่ความลึกของการให้น้ำจริงในคอลัมน์ ③ ต่ำกว่าการคำนวณในคอลัมน์ ② จะปรับแก้โดยใช้ V_{RZ} เท่ากับค่าที่วัดได้จริงในการ คำนวณหา E_a,E_s และ DU และเพิ่มความถี่ของการให้น้ำเร็วขึ้น จากสูตร ความถี่ในการให้น้ำ = $\frac{\text{ความลึกของน้ำที่ให้ (มม)}}{\text{ปริมาณการใช้น้ำของพืช } (\frac{\text{มม}}{\text{วัน}})}$ โดยปริมาณการใช้น้ำแสดงไว้ในภาคผนวก ค

4.4 วิจารณ์ผล

4.4.1 ในการให้น้ำจำนวน 6 ครั้ง เมื่อคำนวณความลึกของการให้น้ำจากสูตร SMD = $\frac{D_{RZ} \times (FC - \theta)}{100}$ แล้วเลือกอัตราการให้น้ำต่ำกว่าอัตราการให้น้ำตามตารางแนะนำและหยุดการให้น้ำตามระยะทางในตารางการให้น้ำที่ 2.2, 2.3 ตามลำดับพบว่า ความลึกในการทดลองให้น้ำที่ตรวจวัดได้ต่ำกว่าความลึกของน้ำที่จะให้ที่ได้จากการคำนวณ ทั้งนี้เพราะเลือกอัตราการให้น้ำไม่เหมาะสมเพราะท่อไซฟอนที่ใช้ในการให้น้ำมีจำกัด การแก้ไขเฉพาะหน้าทำได้โดยปรับความถี่ของการให้น้ำให้เร็วขึ้น โดยค่าความเพียงพอในการให้น้ำ (E_s) ทั้งหมดมีค่า 100 % ความสม่ำเสมอในการให้น้ำ (DU) อยู่ในช่วง 70-83 % และประสิทธิภาพในการให้น้ำ (E_a) อยู่ในช่วง 57-73 %

4.4.2 จากข้อ 4.4.1 ในการทดลองเมื่อคำนวณหาความลึกของการให้น้ำจากการทดลองวัดความชื้น จากสูตร SMD = $\frac{D_{RZ} \times (FC - \theta)}{100}$ แล้วได้ทดลองเลือกอัตราการให้น้ำที่อยู่ระหว่าง 38.8-58.2 ลิตร/วินาที ซึ่งเท่ากับ 42.5 ลิตร/วินาที พบว่าค่าความลึกของน้ำที่ตรวจวัดได้ในการทดลองมีค่ามากกว่าจากการคำนวณ โดยมีค่า E_s เท่ากับ 100 %, E_a เท่ากับ 47.923 % และ DU เท่ากับ 84% เมื่อเทียบ E_a กับข้อ 4.4.1 พบว่ามีค่าลดลง เนื่องจากปริมาณน้ำไหลเลยเขตรากพืชและไหลเลยท้ายแปลงมากขึ้นซึ่งเป็นไปตามทฤษฎี

4.4.3 ทั้งข้อ4.4.1 และ4.4.2 เมื่อพิจารณาประสิทธิภาพในการให้น้ำ (E_a) จะอยู่ในช่วง 47-73 % เมื่อเทียบกับค่ามาตรฐานแบบท่วมผืนยาว (Grade Border) จะอยู่ที่ 60-75 % (ในบทที่ 2 หน้า 21) พบว่าต่ำกว่าค่ามาตรฐาน เพราะส่วนใหญ่เลือกอัตราการให้น้ำไม่เหมาะสม ส่วนค่า DU ทั้งหมดอยู่ในระดับสูงมากกว่า 70 % แต่ความลึกของน้ำที่ตรวจวัดได้ด้านท้ายแปลงสูงกว่าทางด้านหัวแปลงซึ่งผิดจากความเป็นจริง เพราะมีน้ำไหลย้อนกลับเนื่องจากมีสิ่งกีดขวางทำให้น้ำไหลเลยท้ายแปลงไม่สะดวก

บทที่ 5

สรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

1. ถ้าเลือกอัตราการให้น้ำไม่เหมาะสม โดยมีค่าน้อยกว่าคำแนะนำจะทำให้ความลึกของน้ำที่ตรวจวัดได้ต่ำกว่าความลึกของน้ำที่ได้จากการคำนวณจะส่งผลให้ E_a มากกว่า 100 % ในทางปฏิบัติไม่สามารถให้น้ำซ้ำได้จึงได้ปรับใช้ความลึกของน้ำที่ตรวจวัดได้เป็นตัวประเมินและปรับแก้ ให้ระยะเวลาในการให้น้ำมีความถี่เร็วขึ้น

2. ถ้าเลือกอัตราการให้น้ำที่อยู่ในช่วงที่เหมาะสมค่าDU จะสูง E_s เท่ากับ 100% แต่ E_a ต่ำ สามารถแก้ไขได้โดยทดลองหยุดการให้น้ำเร็วขึ้น

3. สำหรับการปลูกหญ้าเนเปียร์ที่กำแพงแสน จะมีรากพืชยาว 650 มิลลิเมตร การให้น้ำควรเลือกตามตารางที่ 2.2 ซึ่งควรอยู่ที่ 38.8-42.5 ลิตร/วินาที

ซึ่งทั้ง 3 ข้อเป็นไปตามทฤษฎี วราวุธ (2545) กล่าวไว้ว่า ข้อผิดพลาดที่พบในการให้น้ำแบบ Border ได้แก่ การเตรียมดินไม่ดี ใช้อัตราการให้น้ำผิด

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. ควรปรับพื้นที่ด้านท้ายแปลงให้มีความลาดเทสม่ำเสมอเพื่อให้ DU สม่ำเสมอมากขึ้น และระบายน้ำส่วนเกินออกจากแปลงโดยที่น้ำไม่ไหลย้อนกลับด้านท้ายแปลง

2. ควรมีการทดลองที่อัตราการให้น้ำตั้งแต่ 38.8-58.2 ลิตร/วินาที พร้อมทั้งกำหนดจุดหยุดการให้น้ำที่ 0.7 0.8 และ 0.9 เพื่อให้ E_a สูงขึ้น

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

รายการคำนวณ

ความลาดเทของแปลงทดลอง

ตารางผนวกที่ ก1 การคำนวณความลาดเทของแปลงทดลอง

แปลงทดลอง	BS	FS	HI	Elevation
ท้ายแปลง	1.58		1.58	0
กลางแปลง	1.63	1.21	2	0.37
หัวแปลง		1.135		0.865

ความลาดเทของแปลงทดลองมีค่า = 0.865/198

= 0.004369

= 0.004369×100

= 0.44 %

ความถ่วงจำเพาะปรากฏของดิน (Apparent specific gravity, As)

การเก็บตัวอย่างดินเพื่อหาความถ่วงจำเพาะปรากฏของดินมีข้อมูลดังต่อไปนี้

ขนาดวงแหวน: เส้นผ่าศูนย์กลาง 5.4 เซนติเมตร สูง 3 เซนติเมตร

ปริมาตรวงแหวน (V) $= \frac{\pi D^2}{4} \times h$

$= \frac{\pi \times 5.4^2}{4} \times 3$

= 68.707 ลบ.ซม.

ตารางผนวกที่ ก2 การคำนวณหาความถ่วงจำเพาะปรากฏของดิน

รายละเอียด	หัวแปลง	กลางแปลง	ท้ายแปลง
น.น.ดิน+น.น.กระป๋อง+น.น.วงแหวนหลังอบ (g)	184.12	195.14	192.07
น.น.กระป๋อง+น.น.วงแหวน (g)	71.94	71.61	73.24
น.น.ดินแห้ง ,Ws (g)	112.18	123.53	118.83
γ_w (g/cm^2)	1	1	1
$As = \frac{W_s}{\gamma_w \times V}$	1.633	1.798	1.730

ความถ่วงจำเพาะปรากฏเฉลี่ย มีค่าเท่ากับ (1.633+1.798+1.730)/3 = 1.72

ค่าความชื้นชลประทาน (Field Capacity) **และความชื้นที่จุดเหี่ยวเฉาถาวร** (Permanent wilting Point)

การเก็บตัวอย่างดินเพื่อหาค่าความชื้นที่ Field Capacity และจุดเหี่ยวเฉาถาวรมีข้อมูลดังต่อไปนี้

ตารางผนวกที่ ก3 การคำนวณหาค่าความชื้นชลประทานและความชื้นที่จุดเหี่ยวเฉาถาวร

แรงดึงความชื้น (บาร์)	1/3	1	3	5	10
น.น.ดินเปียก+น.น.วงแหวนที่แรงดึงความชื้นต่าง ๆ (g)	62.7	62.3	61.4	60.5	59.2
น.น.ดินแห้ง+น.น.วงแหวน	55.3	55.3	55.3	55.3	55.3
น.น.วงแหวน (g)	18.3	18.3	18.3	18.3	18.3
น.น.ดินเปียก (g)	44.4	44	43.1	42.2	40.9
น.น.ดินแห้ง,Ws (g)	37	37	37	37	37
น.น.น้ำ,Ww (g)	7.4	7	6.1	5.2	3.9
$P_w = \frac{w_w}{w_s}$ 100 (เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของดินแห้ง)	20	18.92	16.49	14.05	10.54

ค่าอัตราการดูดซึมของดิน

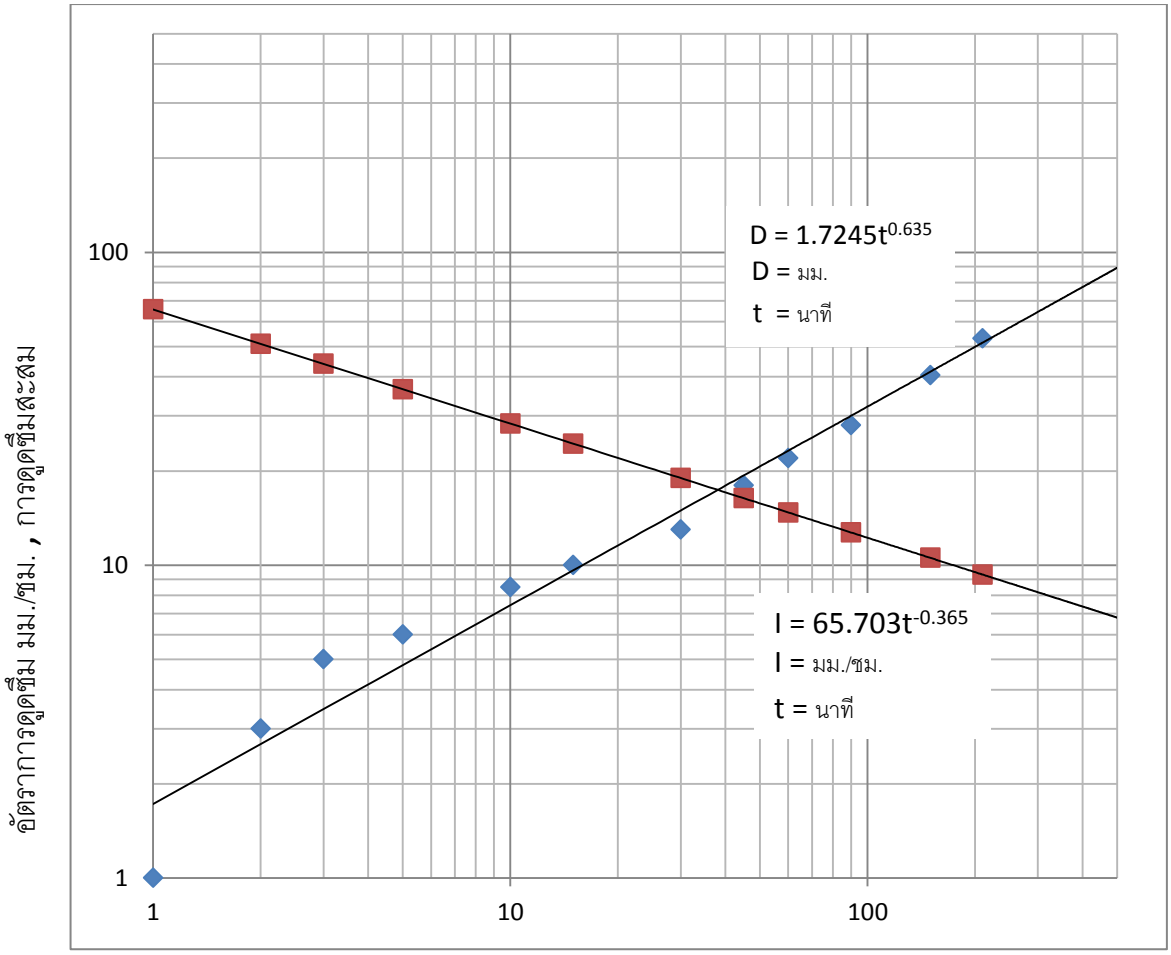
ตารางผนวกที่ ก4 ข้อมูลการซึมของน้ำผ่านผิวดิน วัดโดย Infiltrometer

สถานที่ทำการวัด แปลง Border วันที่ 31 ส.ค. 2556

เนื้อดิน ดินร่วนปนทราย พืชที่ปลูก หญ้าเนเปียร์ไต้หวัน (ปากช่อง 1)

หมายเหตุ

เวลา (นาที)			การดูดซึมน้ำของดิน (มม.)		
เวลา น.	เวลาต่าง	เวลาสะสม	ความลึก	ความลึกต่าง	ความลึกสะสม
12:00	1	0	184	0	0
01	1	1	185	1	1
02	1	2	187	2	3
03	2	3	189	2	5
05	5	5	190	1	6
10	5	10	192.5	2.5	8.5
15	15	15	194	1.5	10
30	15	30	197	3	13
45	15	45	202	5	18
13:00	30	60	206	4	22
30	60	90	212	6	28
14:30	60	150	224.5	12.5	40.5
15:30		210	237	12.5	53



ภาพผนวกที่ ก1 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการดูดซึม ความลึกสะสมกับเวลา

จากกราฟการดูดซึมสะสม ระยะทางจากจุดกำเนิด ถึงจุดที่ตัดแกนตั้งเท่ากับ 1.7245 และ Slope ของเส้นเท่ากับ 0.635 ดังนั้นสมการของการดูดซึมสะสม (Accumulated Depth) คือ

$$D = 1.7245t^{0.635} \quad \text{มิลลิเมตร}$$

สมการอัตราการดูดซึมน้ำของดิน หาได้ดังนี้

$$K = 60.A.B$$

$$= 60 \times 1.7245 \times 0.635 = 65.703$$

$$N = B-1$$

$$= 0.635-1 = -0.365$$

$$I = 65.703t^{-0.365} \quad \text{มม. /ชม.}$$

แบบบันทึกข้อมูล

ข้อมูลช่วงเวลาน้ำหลาก (Advance Phase) และช่วงเวลาน้ำแห้ง (Recession Phase)

สถานที่ทดลอง แปลงทดลองภาควิชา วศ.ชป วันที่ 26 มี.ค.2557

วิธีการให้น้ำ Border เนื้อดิน ดินร่วนปนทราย พืชที่ปลูก หญ้าเนเปียร์ไต้หวัน (ปากช่อง 1)

ความลึกของน้ำที่ต้องการให้ 24.355 มม. อัตราการให้น้ำ 35.424 ลิตร/วินาที

(ช่วงน้ำหลาก)

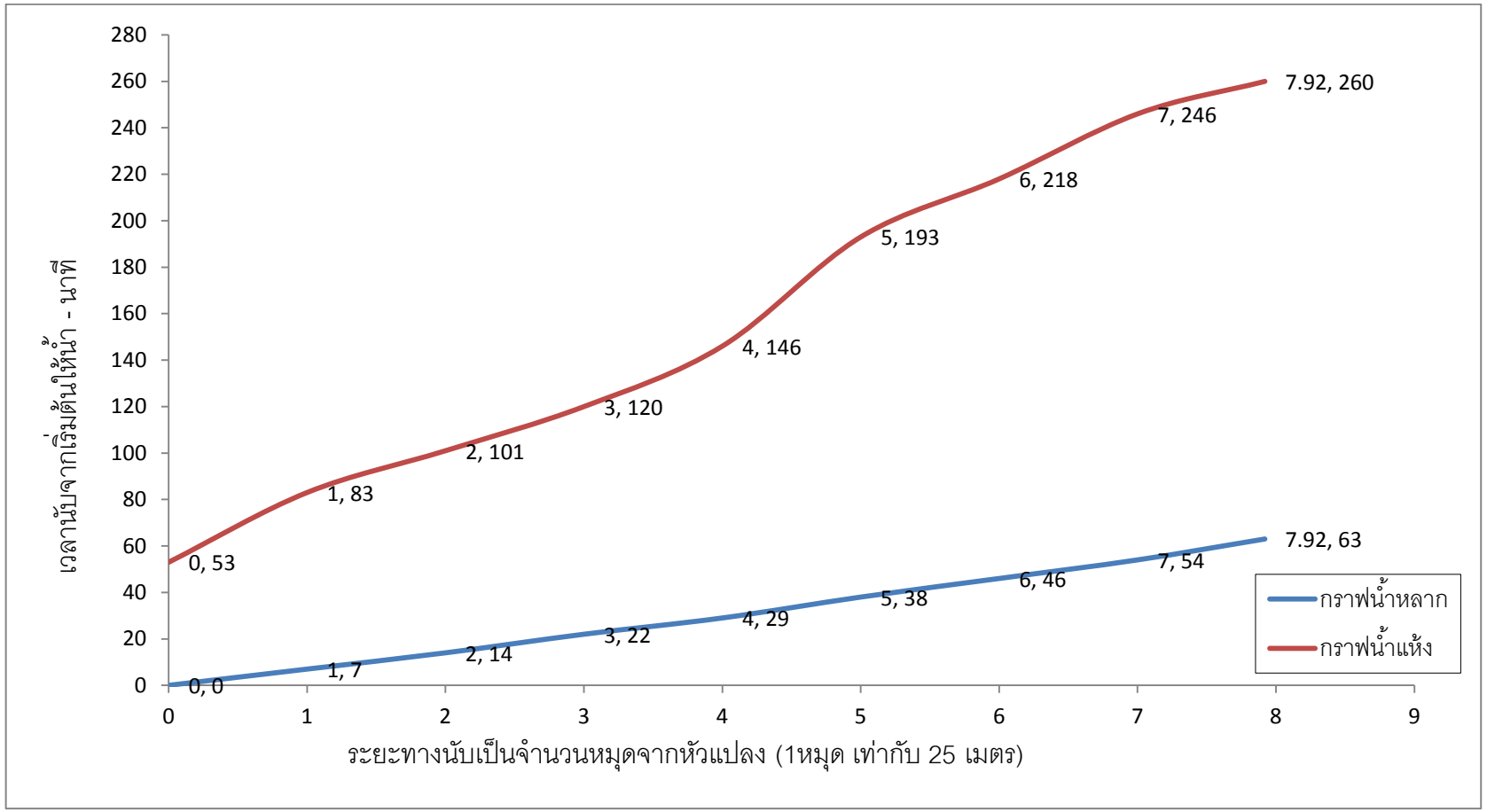
เวลา			หมุดที่ *
เวลา น.	ห่างกัน	สะสม	
10.09	7	0	0
10.16	7	7	1
10.23	8	14	2
10.31	7	22	3
10.38	9	29	4
10.47	8	38	5
10.55	8	46	6
11.03	9	54	7
11.12		63	7.92

(ช่วงน้ำแห้ง)

เวลา			หมุดที่ *
เวลา น.	ห่างกัน	สะสม	
10.09	38	0	0
10.47	15	38	0
11.02	30	53	0
11.32	18	83	1
11.50	19	101	2
12.09	26	120	3
12.35	47	146	4
13.22	25	193	5
13.47	28	218	6
14.15	28	246	7
14.29	14	260	7.92

หมายเหตุ ในกรณีที่เป็นข้อมูลช่วงน้ำแห้ง (Recession Phase) ของการให้น้ำแบบท่วมเป็นผืนลาด บรรทัดแรกของช่องควรเป็นเวลาที่เริ่มให้น้ำ บรรทัดที่สองเป็นเวลาที่หยุดการให้น้ำและบรรทัดที่สาม คือเวลาที่น้ำเริ่มแห้ง ทั้งสามบรรทัดนี้เป็นเวลาที่หมุดแรก

*หมุดแรกที่หัวแปลงนับเป็นศูน



ภาพผนวกที่ ก2 กราฟน้ำหลาก-น้ำแห้งที่อัตราการไหล 35.424 ลิตร/วินาที

หมายเหตุ คู่อันดับ (x,y) x คือ หมุดที่ และ y คือ เวลาสะสม

ข้อมูลความชื้นก่อนการให้น้ำ

รายละเอียด	หัวแปลง	กลางแปลง	ท้ายแปลง
-เบอร์กระป๋องเก็บตัวอย่างดิน	44	45	46
-น.น.กระป๋องเก็บตัวอย่างดิน (g)	16.65	16.54	15.89
-น.น.ดินเปียก+น.น.กระป๋อง (g)	110.34	102.42	150.96
-น.น.ดินแห้ง+น.น.กระป๋อง (g)	97.69	92.05	131.84
-น.น.ดินแห้ง,Ws (g)	81.04	75.51	115.95
-น.น.น้ำในดิน,(Ww) (g)	12.65	10.37	19.12
ความชื้นในดิน ($P_w = \frac{W_w}{W_s} \times 100$)	15.61	13.73	16.49

ดังนั้น Pw = (15.61+13.73+16.49)/3 = 15.28 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของดินแห้ง

ความชื้นเป็นเปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร (Pv) = Pw × As

= 15.28 × 1.72

= 26.282

ความชื้นที่ Field Capacity = 20 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของดินแห้ง

% ความชื้นที่ Field Capacity โดยปริมาตร (Pv) = Pw × As

= 20 × 1.72

= 34.4

หาความลึกของน้ำที่จะให้และปริมาตรน้ำในดินที่ขาดหายไป (SMD)

ความลึกราก (D_{RZ}) ประมาณ 600 มิลลิเมตร แต่ในการให้น้ำตามหลักจะใช้เพียงครึ่งหนึ่งของความลึกรากพืชซึ่งจะมีประสิทธิภาพในการดูดน้ำถึง 70 %

$$\therefore SMD = \frac{D_{RZ} \times (FC - \emptyset)}{100}$$

$$= \frac{300 \times (34.4 - 26.282)}{100}$$

= 24.355 มิลลิเมตร

อัตราการไหล 35.424 ลิตร/วินาที

จากกราฟอัตราการดูดซึม ความลึกสะสมกับเวลาสะสมได้ความสัมพันธ์เป็นสมการเส้นตรง คือ

$I = 65.703t^{-0.365}$ มม. /ชม.

และ $D = 1.7245t^{0.635}$ มิลลิเมตร

หมุดที่	To (นาที)	Di (มม.)
0	53	21.457
1	76	26.976
2	87	29.394
3	108	33.720
4	117	35.478
5	155	42.415
6	172	45.313
7	192	48.591
7.92	197	49.391

$$\overline{D} = \frac{21.457}{2} + 26.976 + 29.394 + \ldots + 45.313 + \frac{48.591}{2} + [(\frac{48.591}{2} + \frac{49.391}{2}) \times 0.92]$$

$$\overline{D} = \frac{293.393}{7.92}$$

$\overline{D} = 37.045$ มม.

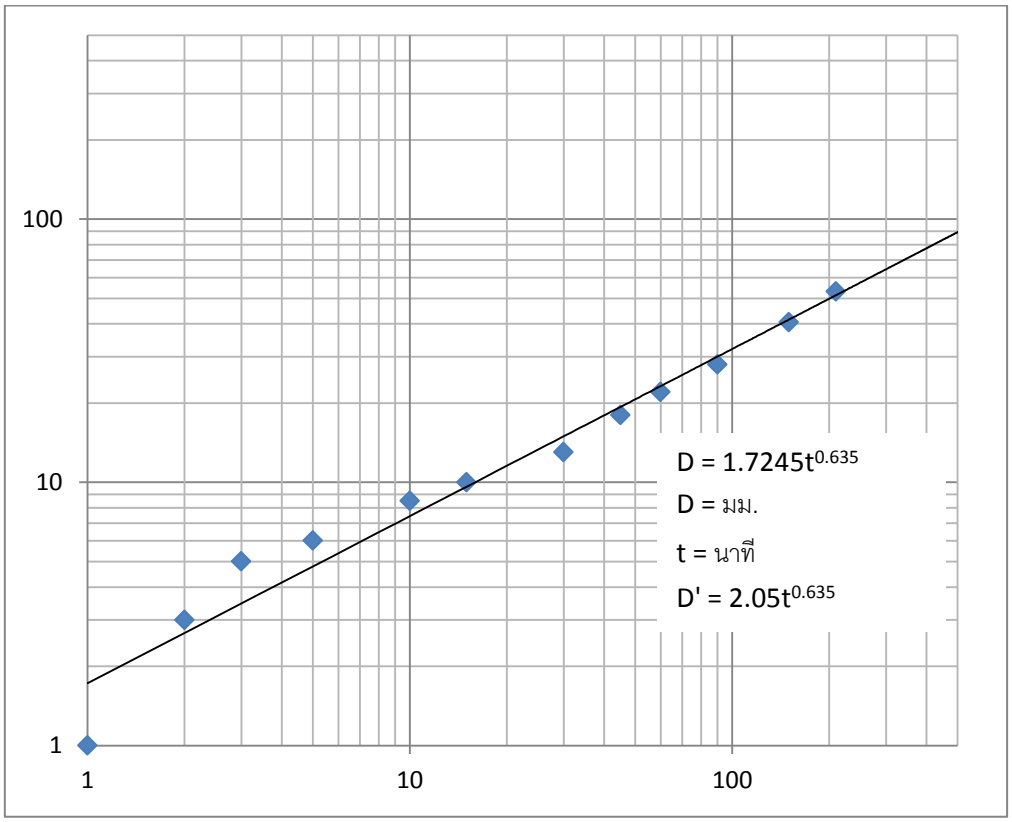
เนื่องจากให้น้ำด้วยอัตรา 35.424 ลิตร / วินาที เป็นเวลานาน 38 นาที บนพื้นที่กว้าง 9.7 เมตร ยาว 198 เมตร ดังนั้นความลึกเฉลี่ยของน้ำที่แท้จริงมีค่าเท่ากับ QT =DA

$QT = DA$

$$D = \frac{35.424 \times 38 \times 60}{9.7 \times 198}$$

$= 42.053$ มิลลิเมตร

ซึ่งไม่เท่ากับ $\bar{D}$ ที่หาได้จากกราฟการดูดซึมสะสม จึงปรับแก้กราฟการดูดซึมสะสม ให้ถูกต้องโดยการลากเส้นใหม่ให้ผ่านค่า 42.053 มม. ที่เวลาบนกราฟเดิมมีค่าเท่ากับ 37.045 มม. และลากกราฟเส้นนี้ขนานกับกราฟเดิมและเรียกกราฟที่ได้ใหม่ว่า “กราฟปรับค่า” (Adjusted)



ทำให้ได้สมการของการดูดซึมสะสมใหม่ คือ $D' = 2.05t^{0.635}$ นำมาคำนวณความลึกของน้ำที่ซึมผ่านผิวดินที่หมุดต่าง ๆ ใหม่อีกครั้งดังนี้

หมุดที่	To (นาที)	Di (มม.)
0	53	25.508
1	76	32.068
2	87	34.942
3	108	40.085
4	117	42.175
5	155	50.421
6	172	53.866
7	192	57.763
7.92	197	58.714

$$\overline{D} = \frac{25.508}{2} + 32.068 + 34.942 + \ldots + 53.866 + \frac{57.763}{2} + [(\frac{57.763}{2} + \frac{58.714}{2}) \times 0.92]$$

$$\overline{D} = \frac{348.771}{7.92}$$

$\overline{D}$ = 44.037 มม.

ความลึกเฉลี่ยของน้ำที่ซึมผ่านผิวดินเท่ากับ 44.037 มม. ซึ่งใกล้เคียงกับค่าที่ให้จริง ๆ คือ 42.053 มม.

$\overline{D}_{LQ}$ คือ ความลึกเฉลี่ยของน้ำที่ซึมลงไปในดินในช่วงระยะ $\frac{1}{4}$ (หรือ = 1.98 หมุด) จากหัวแปลง

$D_{1.98}$ = 32.068-(32.068-34.942)×0.98

$D_{1.98}$ = 34.8845

$$\overline{D}_{LQ} = (\frac{34.884+32.068}{2} \times 0.98 \times \frac{32.068+25.508}{2}) \div 1.98$$

$\overline{D}_{LQ}$ = 31.108 มม.

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

$$= \frac{31.108}{44.037} \times 100$$

=70.641 %

ประสิทธิภาพในการให้น้ำ

เนื่องจากความลึกต่ำสุดเกินเขตรากพืชหรือเกินค่า SMD ดังนั้น Ea หาได้จากสมการ

$$E_a = \frac{SMD}{V_T} \times 100$$

$$V_T = \frac{Q.T}{A}$$

$$= \frac{35.424 \times 38 \times 60}{9.7 \times 198}$$

= 42.053 มม.

$$E_a = \frac{24.355}{42.053} \times 100$$

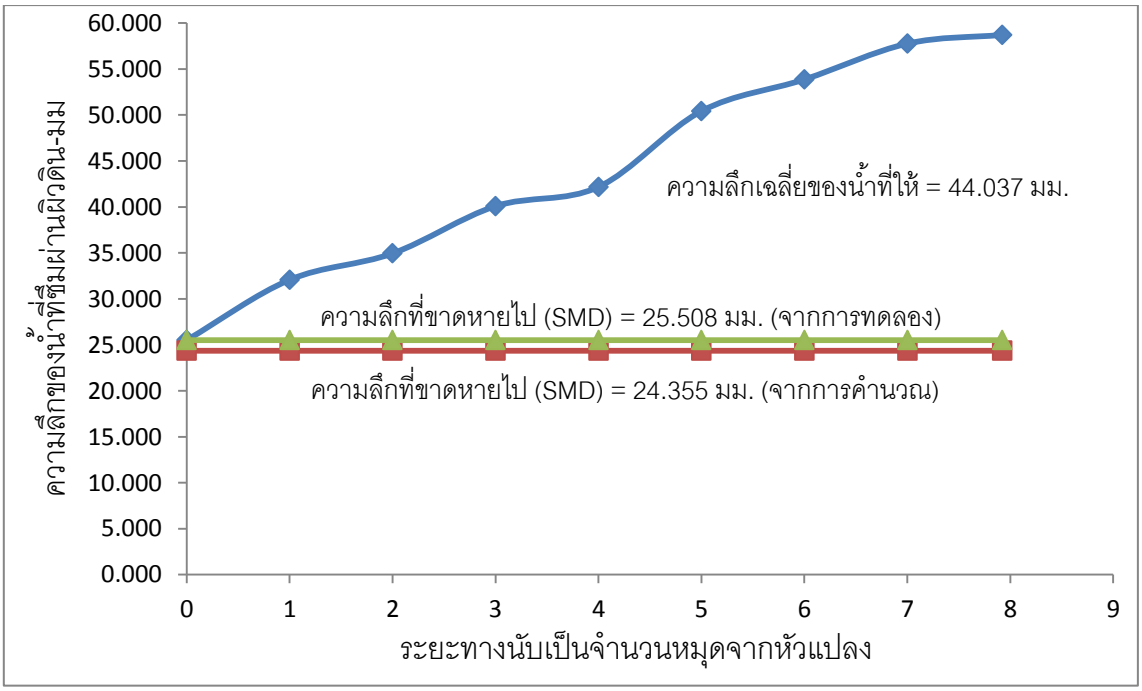
$$= 57.915\ \%$$

ความเพียงพอในการให้น้ำ, $E_s = \frac{V_{RZ}}{SMD} \times 100$

V_{RZ} = SMD =24.355

$$E_s = \frac{24.355}{24.355} \times 100$$

$$= 100\ \%$$



ภาพผนวกที่ ก3 ความลึกของน้ำที่ซึมผ่านผิวดินที่หมุดต่าง ๆ ด้วยอัตราการไหล 35.424 ลิตร/วินาที

แบบบันทึกข้อมูล

ข้อมูลช่วงเวลาน้ำหลาก (Advance Phase) และช่วงเวลาน้ำแห้ง (Recession Phase)

สถานที่ทดลอง แปลงทดลองภาควิชา วศ.ชป วันที่ 3 เม.ย.2557

วิธีการให้น้ำ Border เนื้อดิน ดินร่วนปนทราย พืชที่ปลูก หญ้าเนเปียร์ไต้หวัน (ปากช่อง 1)

ความลึกของน้ำที่ต้องการให้ 45.559 มม. อัตราการให้น้ำ 25.218 ลิตร/วินาที

(ช่วงน้ำหลาก)

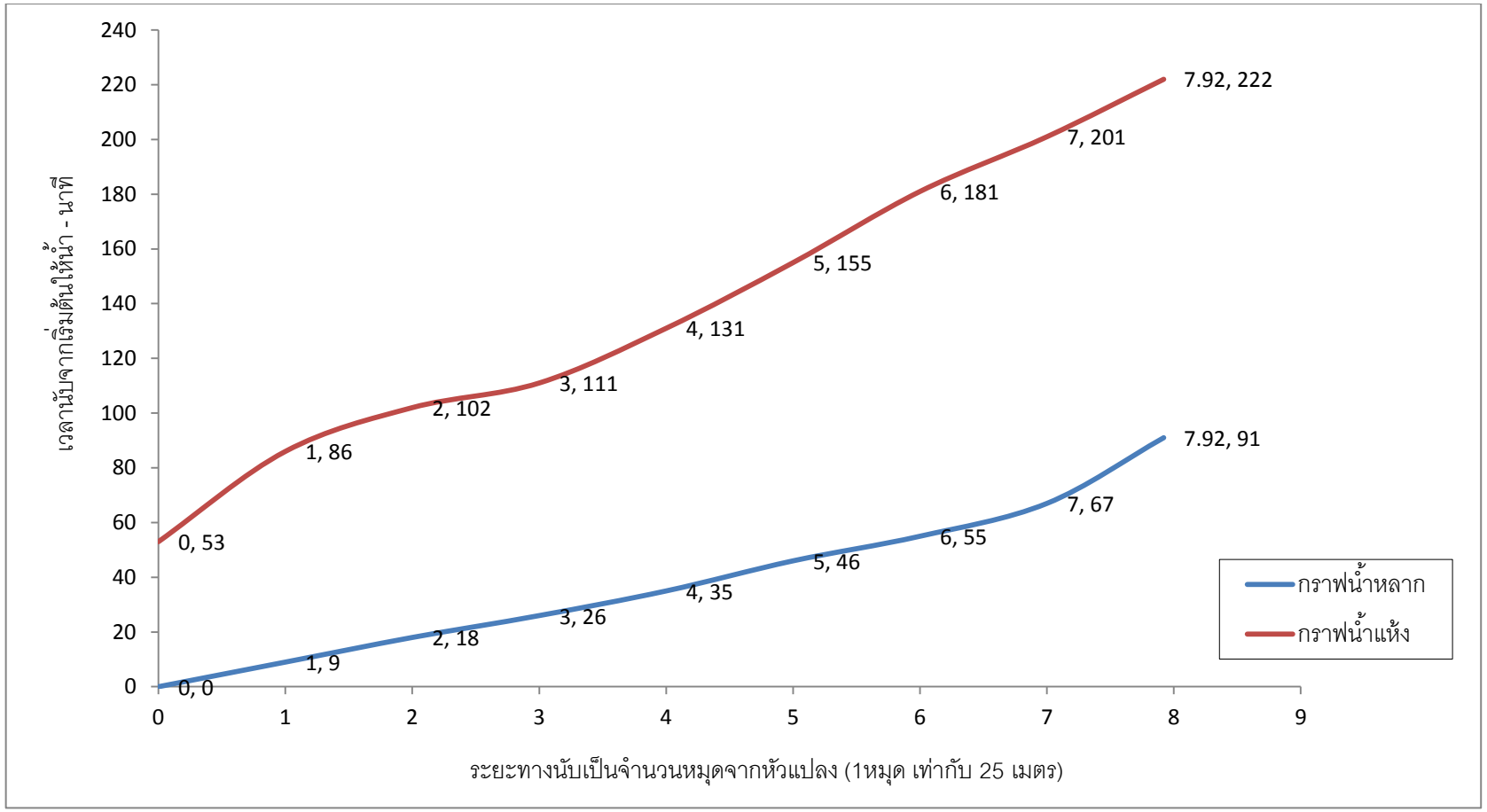
เวลา			หมุดที่ *
เวลา น.	ห่างกัน	สะสม	
09.24	9	0	0
09.33	9	9	1
09.42	8	18	2
09.50	9	26	3
09.59	11	35	4
10.10	9	46	5
10.19	12	55	6
10.31	24	67	7
10.55		91	7.92

(ช่วงน้ำแห้ง)

เวลา			หมุดที่ *
เวลา น.	ห่างกัน	สะสม	
09.24	35	0	0
09.59	18	35	0
10.17	33	53	0
10.50	16	86	1
11.06	9	102	2
11.15	20	111	3
11.35	24	131	4
11.59	26	155	5
12.25	20	181	6
12.45	21	201	7
13.06		222	7.92

หมายเหตุ ในกรณีที่เป็นข้อมูลช่วงน้ำแห้ง (Recession Phase) ของการให้น้ำแบบท่วมเป็นผืนลาด บรรทัดแรกของช่องควรเป็นเวลาที่เริ่มให้น้ำ บรรทัดที่สองเป็นเวลาที่หยุดการให้น้ำและ บรรทัดที่สาม คือเวลาที่น้ำเริ่มแห้ง ทั้งสามบรรทัดนี้เป็นเวลาที่หมุดแรก

*หมุดแรกที่หัวแปลงนับเป็นศูนย์



ภาพผนวกที่ ก4 กราฟน้ำหลาก-น้ำแห้งที่อัตราการไหล 25.218 ลิตร/วินาที

หมายเหตุ คู่อันดับ (x,y) x คือ หมุดที่ และ y คือ เวลาสะสม

ข้อมูลความชื้นก่อนการให้น้ำ

รายละเอียด	หัวแปลง	กลางแปลง	ท้ายแปลง
-เบอร์กระป๋องเก็บตัวอย่างดิน	32	35	47
-น.น.กระป๋องเก็บตัวอย่างดิน (g)	17.26	17.03	17.04
-น.น.ดินเปียก+น.น.กระป๋อง (g)	126.31	131.55	136.21
-น.น.ดินแห้ง+น.น.กระป๋อง (g)	116.68	118.34	122.67
-น.น.ดินแห้ง,Ws (g)	99.42	101.31	105.63
-น.น.น้ำในดิน,(Ww) (g)	9.63	13.21	13.54
ความชื้นในดิน ($P_w = \frac{W_w}{W_s} \times 100$)	9.69	13.04	12.82

ดังนั้น Pw = (9.69+13.04+12.82)/3 = 11.85 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของดินแห้ง

ความชื้นเป็นเปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร (Pv) = Pw × As

= 11.85 × 1.72

= 20.382

ความชื้นที่ Field Capacity = 20 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของดินแห้ง

% ความชื้นที่ Field Capacity โดยปริมาตร (Pv) = Pw × As

= 20 × 1.72

= 34.4

หาความลึกของน้ำที่จะให้และปริมาตรน้ำในดินที่ขาดหายไป (SMD)

ความลึกราก (D_{RZ}) ประมาณ 650 มิลลิเมตร แต่ในการให้น้ำตามหลักจะใช้เพียงครึ่งหนึ่งของความลึกรากพืชซึ่งจะมีประสิทธิภาพในการดูดน้ำถึง 70 %

$$\therefore SMD = \frac{D_{RZ} \times (FC - \emptyset)}{100}$$

$$= \frac{325 \times (34.4 - 20.382)}{100}$$

= 45.559 มิลลิเมตร

อัตราการไหล 25.218 ลิตร/วินาที

จากกราฟอัตราการดูดซึม ความลึกสะสมกับเวลาสะสมได้ความสัมพันธ์เป็นสมการเส้นตรง คือ

$I = 65.703t^{-0.365}$ มม. /ชม.

และ $D = 1.7245t^{0.635}$ มิลลิเมตร

หมุดที่	To (นาที)	Di (มม.)
0	53	21.457
1	77	27.201
2	84	28.746
3	85	28.963
4	96	31.290
5	109	33.918
6	126	37.188
7	134	38.670
7.92	131	38.118

$$\overline{D} = \frac{21.457}{2} + 27.201 + 28.746 + \ldots + 37.188 + \frac{38.67}{2} + [(\frac{38.67}{2} + \frac{38.118}{2}) \times 0.92]$$

$$\overline{D} = \frac{252.692}{7.92}$$

$\overline{D}$ = 31.906 มม.

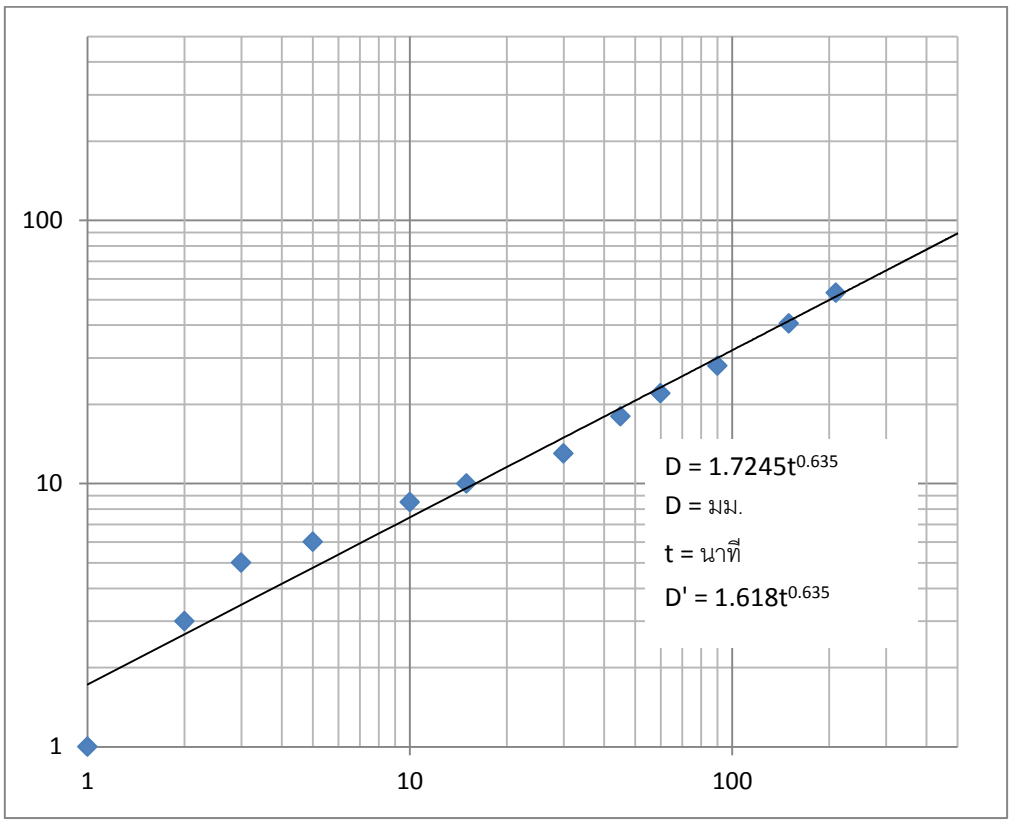
เนื่องจากให้น้ำด้วยอัตรา 25.218 ลิตร / วินาที เป็นเวลานาน 35 นาที บนพื้นที่กว้าง 9.7 เมตร ยาว 198 เมตร ดังนั้นความลึกเฉลี่ยของน้ำที่แท้จริงมีค่าเท่ากับ

$QT = DA$

$$D = \frac{25.218 \times 35 \times 60}{9.7 \times 198}$$

D = 27.573 มิลลิเมตร

ปรับแก้กราฟการดูดซึมสะสม



จากการปรับแก้กราฟการดูดซึมสะสมทำให้ได้ สมการของการดูดซึมสะสมใหม่ คือ $D'=1.618t^{0.635}$ นำมาคำนวณความลึกของน้ำที่ซึมผ่านผิวดินที่หมุดต่าง ๆ ใหม่อีกครั้งดังนี้

หมุดที่	To (นาที)	Di (มม.)
0	53	20.132
1	77	25.521
2	84	26.971
3	85	27.174
4	96	29.358
5	109	31.823
6	126	34.891
7	134	36.282
7.92	131	35.764

$$\overline{D} = \frac{20.132}{2} + 25.521 + 26.971 + \ldots + 34.891 + \frac{36.282}{2} + [(\frac{36.282}{2} + \frac{35.764}{2}) \times 0.92]$$

$$\overline{D} = \frac{237.087}{7.92}$$

$\overline{D}$ = 29.935 มม.

ความลึกเฉลี่ยของน้ำที่ซึมผ่านผิวดินเท่ากับ 29.935 มม. ซึ่งใกล้เคียงกับค่าที่ให้จริง ๆ คือ 27.573 มม.

$\overline{D}_{LQ}$ คือ ความลึกเฉลี่ยของน้ำที่ซึมลงไปในดินในช่วงระยะ $\frac{1}{4}$ (หรือ = 1.98 หมุด) จากหัวแปลง

$$D_{1.98} = 25.521 - (25.521 - 26.971) \times 0.98$$

$$D_{1.98} = 26.942$$

$$\overline{D}_{LQ} = (\frac{26.942 + 25.521}{2} \times 0.98 \times \frac{25.521 + 20.132}{2}) \div 1.98$$

$\overline{D}_{LQ}$ = 24.512 มม.

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

$$= \frac{24.512}{29.935} \times 100$$

$$= 81.884\ \%$$

ประสิทธิภาพในการให้น้ำ, $E_a = \frac{V_{RZ}}{V_T} \times 100$

เนื่องจาก SMD = 45.559 มม. แสดงว่าการให้น้ำไม่เพียงพอ (Under Irrigation) ตลอดความยาวแปลง (ทุกหมุด)

$$V_{RZ} = 20.132 \text{ มม}$$

$$V_T = \frac{Q.T}{A}$$

$$= \frac{25.218 \times 35 \times 60}{9.7 \times 198}$$

$$= 27.573 \text{ มม.}$$

$$E_a = \frac{20.132}{27.573} \times 100$$

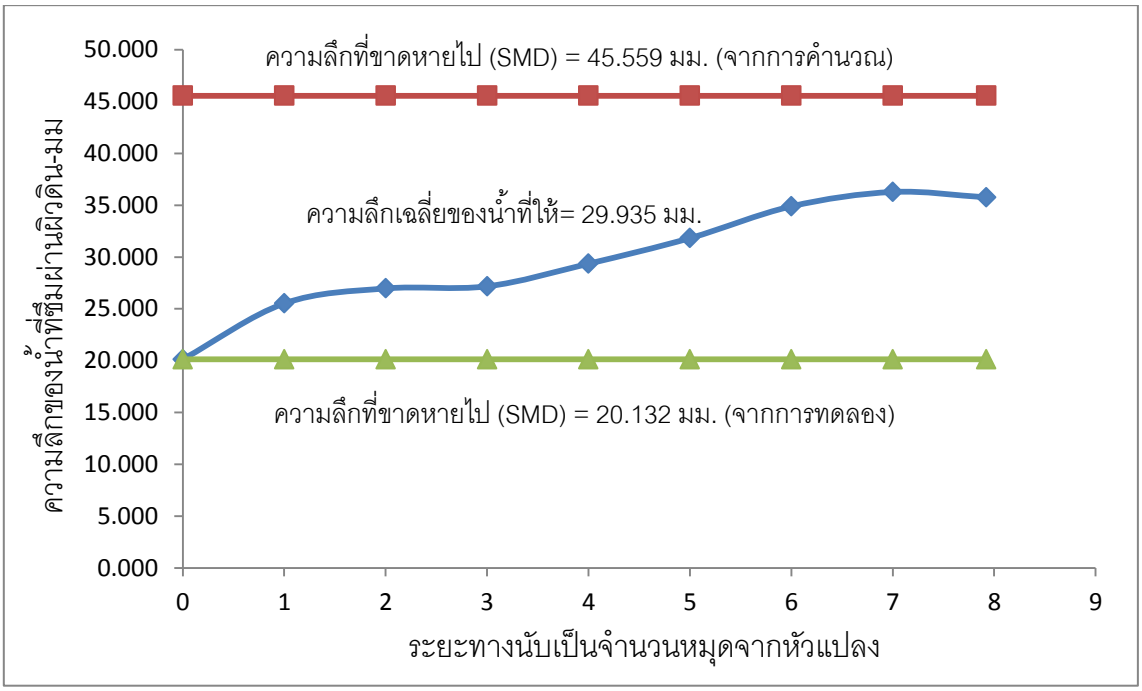
$$= 73.013\ \%$$

ความเพียงพอในการให้น้ำ, $E_s = \frac{V_{RZ}}{SMD} \times 100$

จากการคำนวณ SMD มีค่าเท่ากับ 45.559 มม. แต่ในการทดลอง SMD มีค่าเท่ากับ 20.132 มม. ดังนั้น

$$E_s = \frac{20.132}{20.132} \times 100$$

$$= 100\ \%$$



ภาพผนวกที่ ก5 ความลึกของน้ำที่ซึมผ่านผิวดินที่หมุดต่าง ๆ ด้วยอัตราการไหล 25.218 ลิตร/วินาที

แบบบันทึกข้อมูล

ข้อมูลช่วงเวลาน้ำหลาก (Advance Phase) และช่วงเวลาน้ำแห้ง (Recession Phase)

สถานที่ทดลอง แปลงทดลองภาควิชา วศ.ชป วันที่ 9 เม.ย.2557

วิธีการให้น้ำ Border เนื้อดิน ดินร่วนปนทราย พืชที่ปลูก หญ้าเนเปียร์ไต้หวัน (ปากช่อง 1)

ความลึกของน้ำที่ต้องการให้ 48.745 มม. อัตราการให้น้ำ 29.238 ลิตร/วินาที

(ช่วงน้ำหลาก)

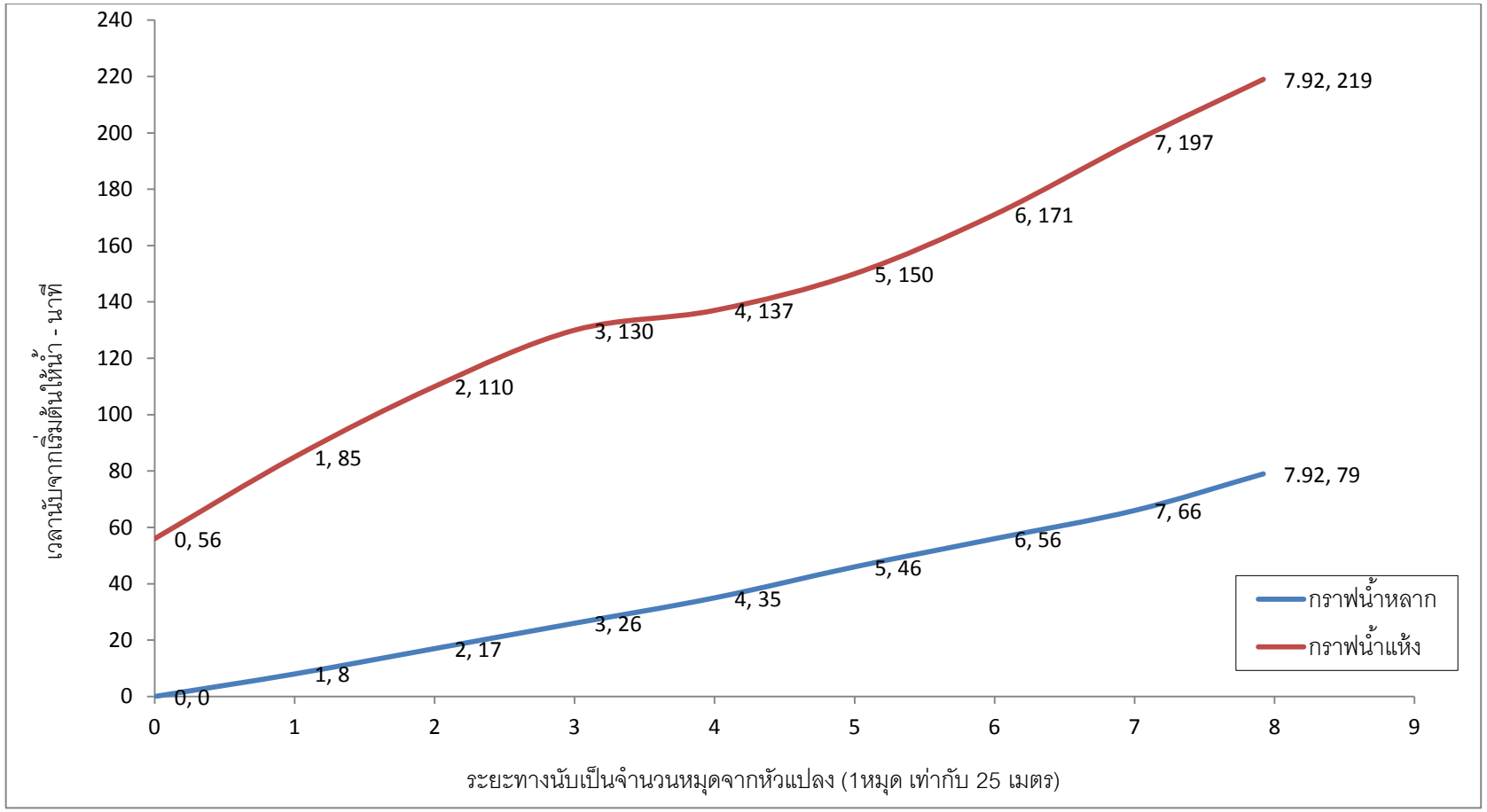
เวลา			หมุดที่ *
เวลา น.	ห่างกัน	สะสม	
09.10	8	0	0
09.18	9	8	1
09.27	9	17	2
09.36	9	26	3
09.45	11	35	4
09.56	10	46	5
10.06	10	56	6
10.16	13	66	7
10.29		79	7.92

(ช่วงน้ำแห้ง)

เวลา			หมุดที่ *
เวลา น.	ห่างกัน	สะสม	
09.10	42	0	0
09.52	14	42	0
10.06	29	56	0
10.35	25	85	1
11.00	20	110	2
11.20	7	130	3
11.27	13	137	4
11.40	21	150	5
12.01	26	171	6
12.27	22	197	7
12.49		219	7.92

หมายเหตุ ในกรณีที่เป็นข้อมูลช่วงน้ำแห้ง (Recession Phase) ของการให้น้ำแบบท่วมเป็นผืนลาด บรรทัดแรกของช่องควรเป็นเวลาที่เริ่มให้น้ำ บรรทัดที่สองเป็นเวลาที่หยุดการให้น้ำและ บรรทัดที่สาม คือเวลาที่น้ำเริ่มแห้ง ทั้งสามบรรทัดนี้เป็นเวลาที่หมุดแรก

*หมุดแรกที่หัวแปลงนับเป็นศูนย์



ภาพผนวกที่ ก6 กราฟน้ำหลาก-น้ำแห้งที่อัตราการไหล 29.238 ลิตร/วินาที

หมายเหตุ คู่อันดับ (x,y) x คือ หมุดที่ และ y คือ เวลาสะสม

ข้อมูลความชื้นก่อนการให้น้ำ

รายละเอียด	หัวแปลง	กลางแปลง	ท้ายแปลง
-เบอร์กระป๋องเก็บตัวอย่างดิน	32	35	47
-น.น.กระป๋องเก็บตัวอย่างดิน (g)	17.26	17.03	17.04
-น.น.ดินเปียก+น.น.กระป๋อง (g)	136.03	114.97	149.18
-น.น.ดินแห้ง+น.น.กระป๋อง (g)	125.52	104.51	134.84
-น.น.ดินแห้ง,Ws (g)	108.26	87.48	117.8
-น.น.น้ำในดิน,(Ww) (g)	10.51	10.46	14.34
ความชื้นในดิน ($P_w = \frac{W_w}{W_s} \times 100$)	9.71	11.96	12.17

ดังนั้น Pw = (9.71+11.96+12.17)/3 = 11.28 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของดินแห้ง

ความชื้นเป็นเปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร (Pv) = Pw × As

= 11.28 × 1.72

= 19.402

ความชื้นที่ Field Capacity = 20 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของดินแห้ง

% ความชื้นที่ Field Capacity โดยปริมาตร (Pv) = Pw × As

= 20 × 1.72

= 34.4

หาความลึกของน้ำที่จะให้และปริมาตรน้ำในดินที่ขาดหายไป (SMD)

ความลึกราก (D_{RZ}) ประมาณ 650 มิลลิเมตร แต่ในการให้น้ำตามหลักจะใช้เพียงครึ่งหนึ่งของความลึกรากพืชซึ่งจะมีประสิทธิภาพในการดูดน้ำถึง 70 %

$$\therefore SMD = \frac{D_{RZ} \times (FC - \emptyset)}{100}$$

$$= \frac{325 \times (34.4 - 19.402)}{100}$$

= 48.745 มิลลิเมตร

อัตราการไหล 29.238 ลิตร/วินาที

จากกราฟอัตราการดูดซึม ความลึกสะสมกับเวลาสะสมได้ความสัมพันธ์เป็นสมการเส้นตรง คือ

$I = 65.703t^{-0.365}$ มม. /ชม.

และ $D = 1.7245t^{0.635}$ มิลลิเมตร

หมุดที่	To (นาที)	Di (มม.)
0	56	22.221
1	77	27.201
2	93	30.665
3	104	32.921
4	102	32.518
5	104	32.921
6	115	35.092
7	131	38.118
7.92	140	39.761

$$\overline{D} = \frac{22.221}{2} + 27.201 + 30.665 + \ldots + 35.092 + \frac{38.118}{2} + [(\frac{38.118}{2} + \frac{39.761}{2}) \times 0.92]$$

$$\overline{D} = \frac{257.313}{7.92}$$

$\overline{D} = 32.489$ มม.

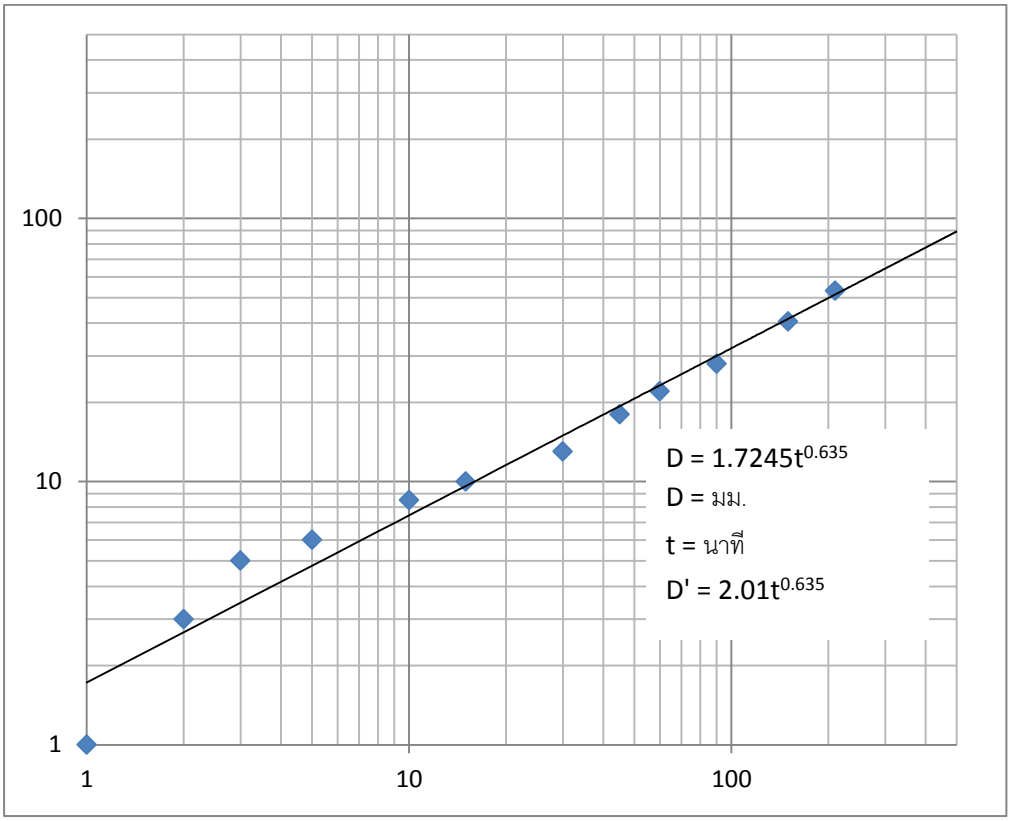
เนื่องจากให้น้ำด้วยอัตรา 29.238 ลิตร / วินาที เป็นเวลานาน 42 นาที บนพื้นที่กว้าง 9.7 เมตร ยาว 198 เมตร ดังนั้นความลึกเฉลี่ยของน้ำที่แท้จริงมีค่าเท่ากับ

$QT = DA$

$$D = \frac{29.238 \times 42 \times 60}{9.7 \times 198}$$

$D = 38.363$ มิลลิเมตร

ปรับแก้กราฟการดูดซึมสะสม



จากการปรับแก้กราฟการดูดซึมสะสมทำให้ได้ สมการของการดูดซึมสะสมใหม่ คือ $D' = 2.01t^{0.635}$ นำมาคำนวณความลึกของน้ำที่ซึมผ่านผิวดินที่หมุดต่าง ๆ ใหม่อีกครั้งดังนี้

หมุดที่	To (นาที)	Di (มม.)
0	56	25.900
1	77	31.704
2	93	35.742
3	104	38.372
4	102	37.902
5	104	38.372
6	115	40.901
7	131	44.429
7.92	140	46.343

$$\overline{D} = \frac{25.9}{2} + 31.704 + 35.742 + \ldots + 40.901 + \frac{44.429}{2} + [(\frac{44.429}{2} + \frac{46.343}{2}) \times 0.92]$$

$$\overline{D} = \frac{299.913}{7.92}$$

$\overline{D}$ = 37.868 มม.

ความลึกเฉลี่ยของน้ำที่ซึมผ่านผิวดินเท่ากับ 37.868 มม. ซึ่งใกล้เคียงกับค่าที่ให้จริง ๆ คือ 38.363 มม.

$\overline{D}_{LQ}$ คือ ความลึกเฉลี่ยของน้ำที่ซึมลงไปในดินในช่วงระยะ $\frac{1}{4}$ (หรือ = 1.98 หมุด) จากหัวแปลง

$D_{1.98}$ = 31.704-(31.704-35.742)×0.98

$D_{1.98}$ = 35.661

$$\overline{D}_{LQ} = (\frac{35.661+31.704}{2} \times 0.98 \times \frac{31.704+25.9}{2}) \div 1.98$$

$\overline{D}_{LQ}$ = 31.218 มม.

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

$$= \frac{31.218}{37.868} \times 100$$

= 82.438 %

ประสิทธิภาพในการให้น้ำ, $E_a = \frac{V_{RZ}}{V_T} \times 100$

เนื่องจาก SMD = 48.745 มม. แสดงว่าการให้น้ำไม่เพียงพอ (Under Irrigation) ตลอดความยาวแปลง (ทุกหมุด)

V_{RZ} = 25.900 มม

$$V_T = \frac{Q.T}{A}$$

$$= \frac{29.238 \times 42 \times 60}{9.7 \times 198}$$

= 38.363 มม.

$$E_a = \frac{25.900}{38.363} \times 100$$

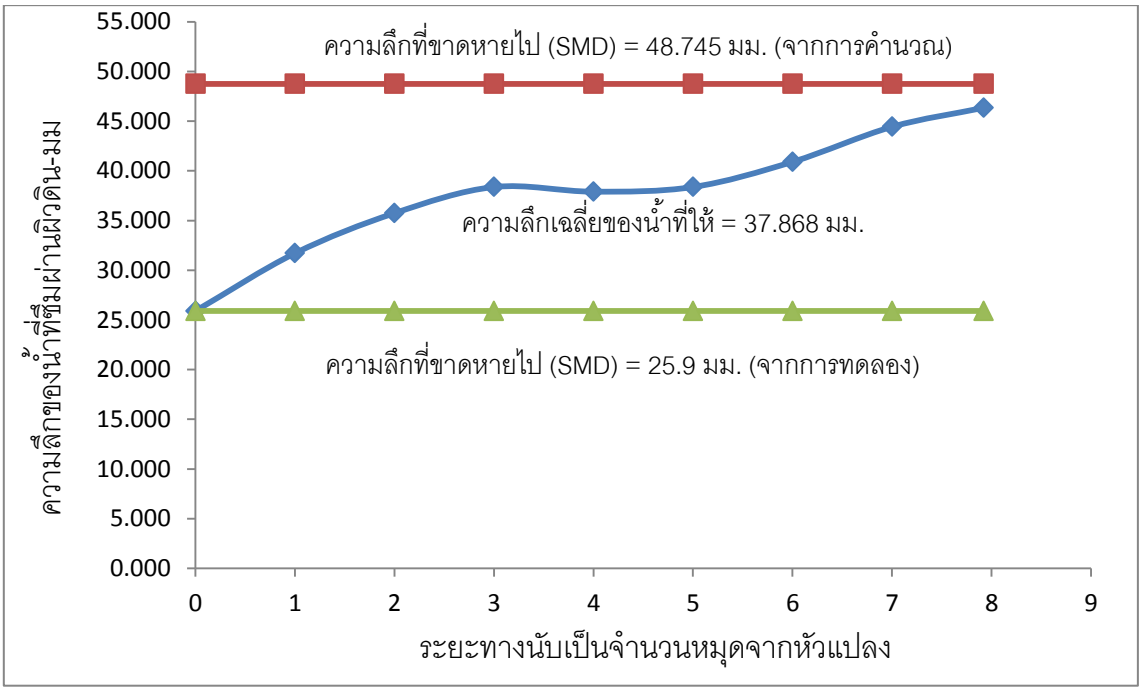
$$= 67.513\ \%$$

ความเพียงพอในการให้น้ำ, $E_s = \frac{V_{RZ}}{SMD} \times 100$

จากการคำนวณ SMD มีค่าเท่ากับ 48.745 มม. แต่ในการทดลอง SMD มีค่าเท่ากับ 25.90 มม. ดังนั้น

$$E_s = \frac{25.90}{25.90} \times 100$$

$$= 100\ \%$$



ภาพผนวกที่ ก7 ความลึกของน้ำที่ซึมผ่านผิวดินที่หมุดต่าง ๆ ด้วยอัตราการไหล 29.238 ลิตร/วินาที

แบบบันทึกข้อมูล

ข้อมูลช่วงเวลาน้ำหลาก (Advance Phase) และช่วงเวลาน้ำแห้ง (Recession Phase)

สถานที่ทดลอง แปลงทดลองภาควิชา วศ.ชป วันที่ 21 เม.ย.2557

วิธีการให้น้ำ Border เนื้อดิน ดินร่วนปนทราย พืชที่ปลูก หญ้าเนเปียร์ไต้หวัน (ปากช่อง 1)

ความลึกของน้ำที่ต้องการให้ 43.993 มม. อัตราการให้น้ำ 29.688 ลิตร/วินาที

(ช่วงน้ำหลาก)

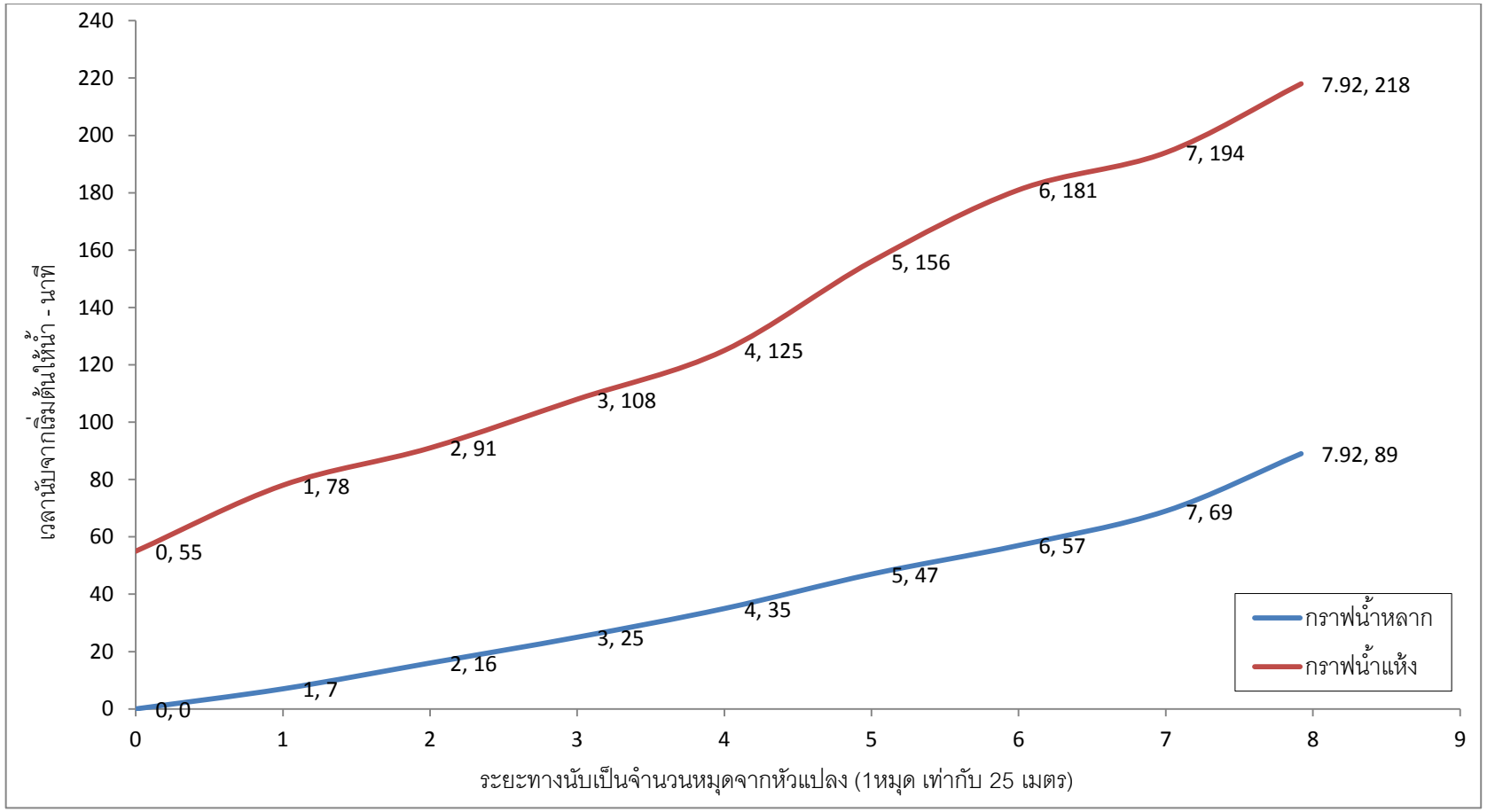
เวลา			หมุดที่ *
เวลา น.	ห่างกัน	สะสม	
09.09	7	0	0
09.16	9	7	1
09.25	9	16	2
09.34	10	25	3
09.44	12	35	4
09.56	10	47	5
10.06	12	57	6
10.18	20	69	7
10.38		89	7.92

(ช่วงน้ำแห้ง)

เวลา			หมุดที่ *
เวลา น.	ห่างกัน	สะสม	
09.09	42	0	0
09.50	14	41	0
10.04	23	55	0
10.27	13	78	1
10.40	17	91	2
10.57	17	108	3
11.14	31	125	4
11.45	25	156	5
12.10	13	181	6
12.23	24	194	7
12.47		218	7.92

หมายเหตุ ในกรณีที่เป็นข้อมูลช่วงน้ำแห้ง (Recession Phase) ของการให้น้ำแบบท่วมเป็นผืนลาด บรรทัดแรกของช่องควรเป็นเวลาที่เริ่มให้น้ำ บรรทัดที่สองเป็นเวลาที่หยุดการให้น้ำและ บรรทัดที่สาม คือเวลาที่น้ำเริ่มแห้ง ทั้งสามบรรทัดนี้เป็นเวลาที่หมุดแรก

*หมุดแรกที่หัวแปลงนับเป็นศูนย์



ภาพผนวกที่ ก8 กราฟน้ำหลาก-น้ำแห้งที่อัตราการไหล 29.688 ลิตร/วินาที

หมายเหตุ คู่อันดับ (x,y) x คือ หมุดที่ และ y คือ เวลาสะสม

ข้อมูลความชื้นก่อนการให้น้ำ

รายละเอียด	หัวแปลง	กลางแปลง	ท้ายแปลง
-เบอร์กระป๋องเก็บตัวอย่างดิน	32	35	47
-น.น.กระป๋องเก็บตัวอย่างดิน (g)	17.26	17.03	17.04
-น.น.ดินเปียก+น.น.กระป๋อง (g)	113.38	125.44	140.05
-น.น.ดินแห้ง+น.น.กระป๋อง (g)	104.18	112.64	126.47
-น.น.ดินแห้ง,Ws (g)	86.92	95.61	109.43
-น.น.น้ำในดิน,(Ww) (g)	9.20	12.80	13.58
ความชื้นในดิน ($P_w = \frac{W_w}{W_s} \times 100$)	10.58	13.39	12.41

ดังนั้น Pw = (10.58+13.39+12.41)/3 = 12.13 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของดินแห้ง

ความชื้นเป็นเปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร (Pv) = Pw × As

= 12.13 × 1.72

= 20.864

ความชื้นที่ Field Capacity = 20 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของดินแห้ง

% ความชื้นที่ Field Capacity โดยปริมาตร (Pv) = Pw × As

= 20 × 1.72

= 34.4

หาความลึกของน้ำที่จะให้และปริมาตรน้ำในดินที่ขาดหายไป (SMD)

ความลึกราก (D_{RZ}) ประมาณ 650 มิลลิเมตร แต่ในการให้น้ำตามหลักจะใช้เพียงครึ่งหนึ่งของความลึกรากพืชซึ่งจะมีประสิทธิภาพในการดูดน้ำถึง 70 %

$$\therefore SMD = \frac{D_{RZ} \times (FC - \emptyset)}{100}$$

$$= \frac{325 \times (34.4 - 20.864)}{100}$$

= 43.993 มิลลิเมตร

อัตราการไหล 29.688 ลิตร/วินาที

จากกราฟอัตราการดูดซึม ความลึกสะสมกับเวลาสะสมได้ความสัมพันธ์เป็นสมการเส้นตรง คือ

$I = 65.703t^{-0.365}$ มม. /ชม.

และ $D = 1.7245t^{0.635}$ มิลลิเมตร

หมุดที่	To (นาที)	Di (มม.)
0	55	21.968
1	71	25.835
2	75	26.750
3	83	28.528
4	90	30.034
5	109	33.918
6	124	36.812
7	125	37.000
7.92	129	37.747

$$\overline{D} = \frac{21.968}{2} + 25.835 + 26.75 + \ldots + 36.812 + \frac{37}{2} + [(\frac{37}{2} + \frac{37.747}{2}) \times 0.92]$$

$$\overline{D} = \frac{245.745}{7.92}$$

$\overline{D}$ = 31.028 มม.

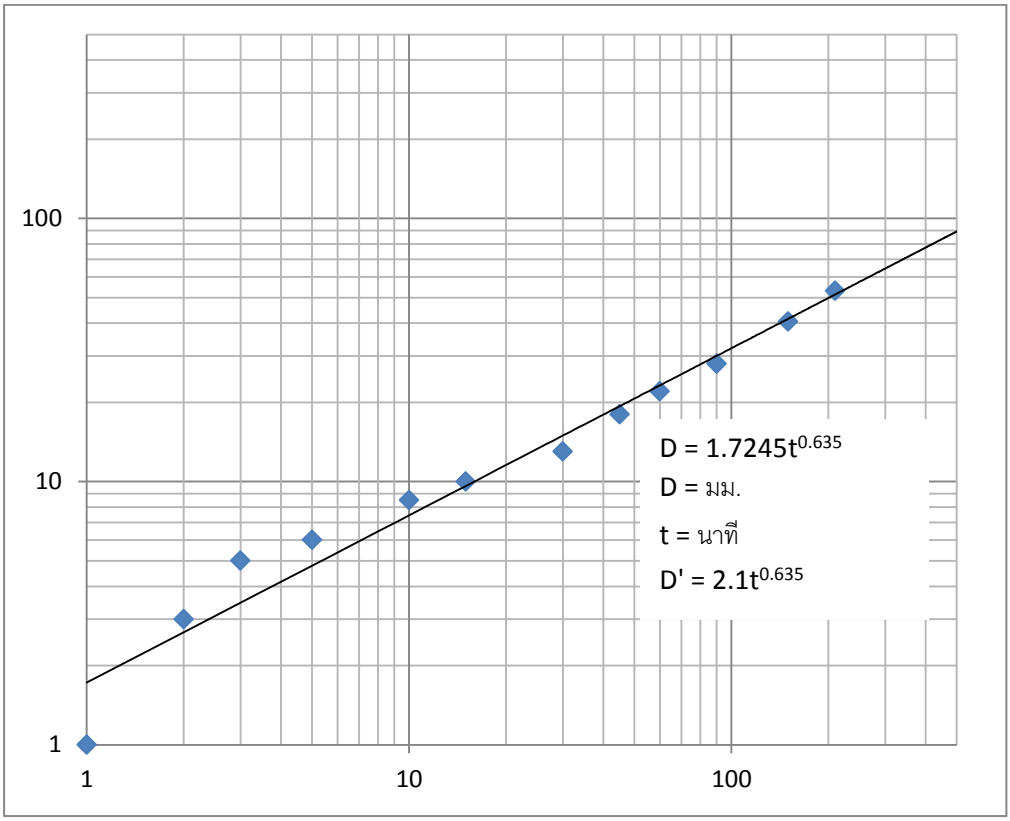
เนื่องจากให้น้ำด้วยอัตรา 29.688 ลิตร / วินาที เป็นเวลานาน 41 นาที บนพื้นที่กว้าง 9.7 เมตร ยาว 198 เมตร ดังนั้นความลึกเฉลี่ยของน้ำที่แท้จริงมีค่าเท่ากับ

$QT = DA$

$$D = \frac{29.688 \times 41 \times 60}{9.7 \times 198}$$

D = 38.026 มิลลิเมตร

ปรับแก้กราฟการดูดซึมสะสม



จากการปรับแก้กราฟการดูดซึมสะสมทำให้ได้ สมการของการดูดซึมสะสมใหม่ คือ $D' = 2.1t^{0.635}$ นำมาคำนวณความลึกของน้ำที่ซึมผ่านผิวดินที่หมุดต่าง ๆ ใหม่อีกครั้งดังนี้

หมุดที่	To (นาที)	Di (มม.)
0	55	26.752
1	71	31.461
2	75	32.575
3	83	34.740
4	90	36.573
5	109	41.303
6	124	44.827
7	125	45.056
7.92	129	45.967

$$\overline{D} = \frac{26.752}{2} + 31.461 + 32.575 + \ldots + 44.827 + \frac{45.056}{2} + [(\frac{45.056}{2} + \frac{45.967}{2}) \times 0.92]$$

$$\overline{D} = \frac{299.254}{7.92}$$

$\overline{D}$ = 37.784 มม.

ความลึกเฉลี่ยของน้ำที่ซึมผ่านผิวดินเท่ากับ 37.784 มม. ซึ่งใกล้เคียงกับค่าที่ให้จริง ๆ คือ 38.026 มม.

$\overline{D}_{LQ}$ คือ ความลึกเฉลี่ยของน้ำที่ซึมลงไปในดินในช่วงระยะ $\frac{1}{4}$ (หรือ = 1.98 หมุด) จากหัวแปลง

$D_{1.98}$ = 31.461-(31.461-32.575)×0.98

$D_{1.98}$ = 32.553

$$\overline{D}_{LQ} = (\frac{32.553+31.461}{2} \times 0.98 \times \frac{31.461+26.752}{2}) \div 1.98$$

$\overline{D}_{LQ}$ = 30.542 มม.

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

$$= \frac{30.542}{37.785} \times 100$$

= 80.830 %

ประสิทธิภาพในการให้น้ำ, $E_a = \frac{V_{RZ}}{V_T} \times 100$

เนื่องจาก SMD = 43.993 มม. แสดงว่าการให้น้ำไม่เพียงพอ (Under Irrigation) ในบางหมุด

V_{RZ} = 26.752 มม

$$V_T = \frac{Q.T}{A}$$

$$= \frac{29.688 \times 41 \times 60}{9.7 \times 198}$$

= 38.026 มม.

$$E_a = \frac{26.752}{38.026} \times 100$$

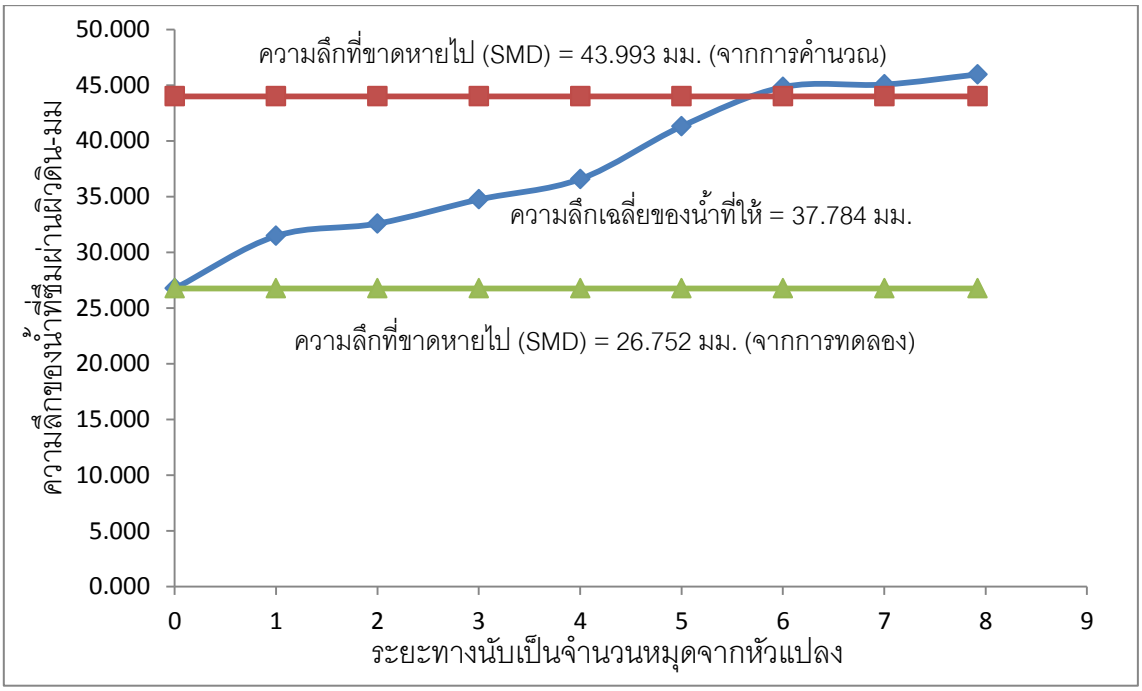
$$= 70.351\ \%$$

ความเพียงพอในการให้น้ำ, $E_s = \frac{V_{RZ}}{SMD} \times 100$

จากการคำนวณ SMD มีค่าเท่ากับ 43.993 มม. แต่ในการทดลอง SMD มีค่าเท่ากับ 26.752 มม. ดังนั้น

$$E_s = \frac{26.752}{26.752} \times 100$$

$$= 100\ \%$$



ภาพผนวกที่ ก9 ความลึกของน้ำที่ซึมผ่านผิวดินที่หมุดต่าง ๆ ด้วยอัตราการไหล 29.688 ลิตร/วินาที

แบบบันทึกข้อมูล

ข้อมูลช่วงเวลาน้ำหลาก (Advance Phase) และช่วงเวลาน้ำแห้ง (Recession Phase)

สถานที่ทดลอง แปลงทดลองภาควิชา วศ.ชป วันที่ 26 เม.ย.2557

วิธีการให้น้ำ Border เนื้อดิน ดินร่วนปนทราย พืชที่ปลูก หญ้าเนเปียร์ไต้หวัน (ปากช่อง 1)

ความลึกของน้ำที่ต้องการให้ 45.894 มม. อัตราการให้น้ำ 29.508 ลิตร/วินาที

(ช่วงน้ำหลาก)

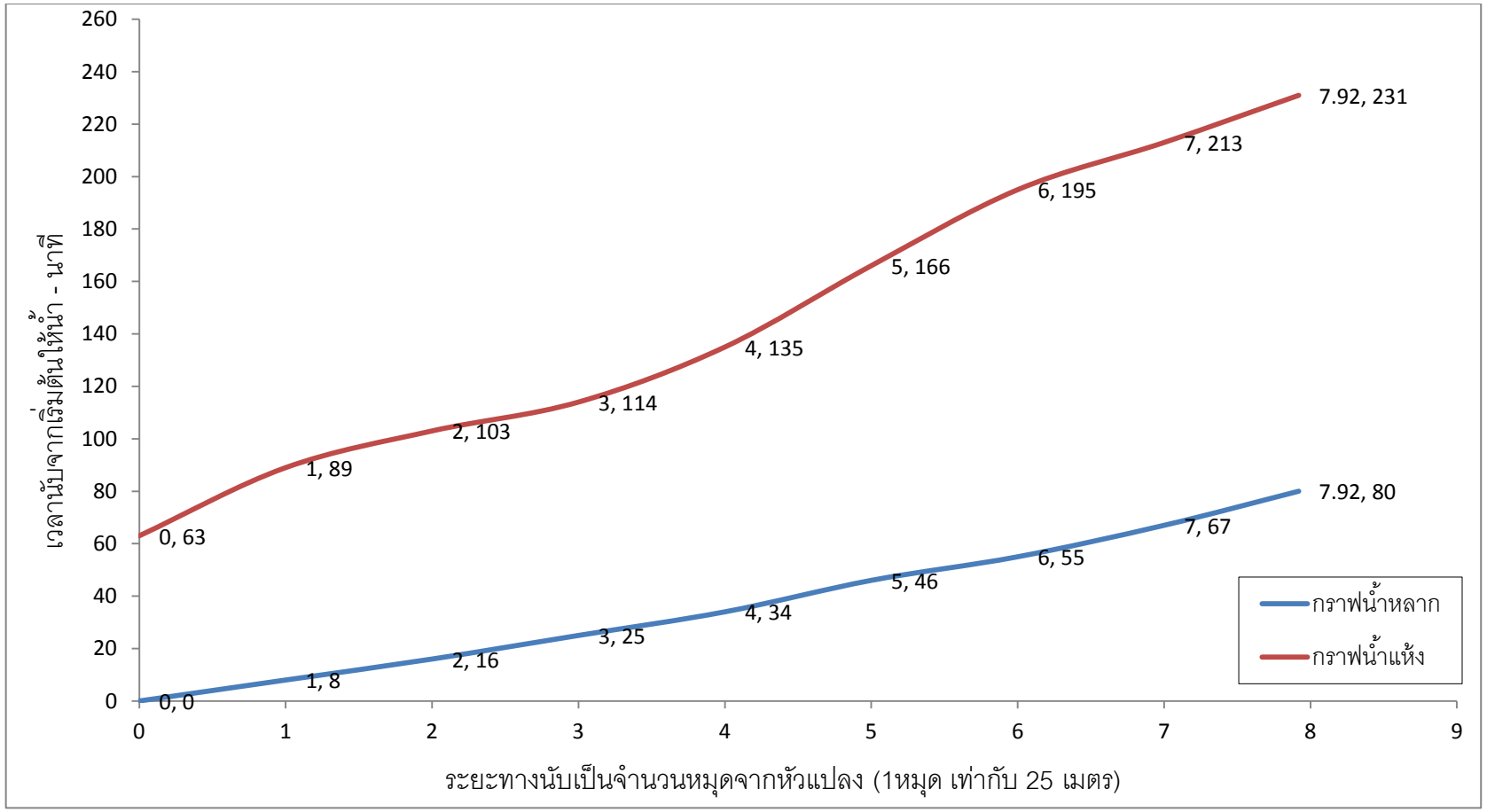
เวลา			หมุดที่ *
เวลา น.	ห่างกัน	สะสม	
09.14	8	0	0
09.22	8	8	1
09.30	9	16	2
09.39	9	25	3
09.48	12	34	4
10.00	9	46	5
10.09	12	55	6
10.21	13	67	7
10.34		80	7.92

(ช่วงน้ำแห้ง)

เวลา			หมุดที่ *
เวลา น.	ห่างกัน	สะสม	
09.14	46	0	0
10.00	17	46	0
10.17	26	63	0
10.43	14	89	1
10.57	11	103	2
11.08	21	114	3
11.29	31	135	4
12.00	29	166	5
12.29	18	195	6
12.47	18	213	7
13.05		231	7.92

หมายเหตุ ในกรณีที่เป็นข้อมูลช่วงน้ำแห้ง (Recession Phase) ของการให้น้ำแบบท่วมเป็นผืนลาด บรรทัดแรกของช่องควรเป็นเวลาที่เริ่มให้น้ำ บรรทัดที่สองเป็นเวลาที่หยุดการให้น้ำและ บรรทัดที่สาม คือเวลาที่น้ำเริ่มแห้ง ทั้งสามบรรทัดนี้เป็นเวลาที่หมุดแรก

*หมุดแรกที่หัวแปลงนับเป็นศูนย์



ภาพผนวกที่ ก10 กราฟน้ำหลาก-น้ำแห้งที่อัตราการไหล 29.508 ลิตร/วินาที

หมายเหตุ คู่อันดับ (x,y) x คือ หมุดที่ และ y คือ เวลาสะสม

ข้อมูลความชื้นก่อนการให้น้ำ

รายละเอียด	หัวแปลง	กลางแปลง	ท้ายแปลง
-เบอร์กระป๋องเก็บตัวอย่างดิน	32	35	47
-น.น.กระป๋องเก็บตัวอย่างดิน (g)	17.26	17.03	17.04
-น.น.ดินเปียก+น.น.กระป๋อง (g)	119.08	114.39	129.27
-น.น.ดินแห้ง+น.น.กระป๋อง (g)	108.63	104.03	117.22
-น.น.ดินแห้ง,Ws (g)	91.37	87	100.18
-น.น.น้ำในดิน,(Ww) (g)	10.45	10.36	12.05
ความชื้นในดิน ($P_w = \frac{W_w}{W_s} \times 100$)	11.44	11.91	12.03

ดังนั้น Pw = (11.44+11.91+12.03)/3 = 11.79 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของดินแห้ง

ความชื้นเป็นเปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร (Pv) = Pw × As

= 11.79 × 1.72

= 20.279

ความชื้นที่ Field Capacity = 20 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของดินแห้ง

% ความชื้นที่ Field Capacity โดยปริมาตร (Pv) = Pw × As

= 20 × 1.72

= 34.4

หาความลึกของน้ำที่จะให้และปริมาตรน้ำในดินที่ขาดหายไป (SMD)

ความลึกราก (D_{RZ}) ประมาณ 650 มิลลิเมตร แต่ในการให้น้ำตามหลักจะใช้เพียงครึ่งหนึ่งของความลึกรากพืชซึ่งจะมีประสิทธิภาพในการดูดน้ำถึง 70 %

$$\therefore SMD = \frac{D_{RZ} \times (FC - \emptyset)}{100}$$

$$= \frac{325 \times (34.4 - 20.279)}{100}$$

= 45.894 มิลลิเมตร

อัตราการไหล 29.508 ลิตร/วินาที

จากกราฟอัตราการดูดซึม ความลึกสะสมกับเวลาสะสมได้ความสัมพันธ์เป็นสมการเส้นตรง คือ

$I = 65.703t^{-0.365}$ มม. /ชม.

และ $D = 1.7245t^{0.635}$ มิลลิเมตร

หมุดที่	To (นาที)	Di (มม.)
0	63	23.947
1	81	28.090
2	87	29.394
3	89	29.821
4	101	32.315
5	120	36.053
6	140	39.761
7	146	40.835
7.92	151	41.717

$$\overline{D} = \frac{23.947}{2} + 28.09 + 29.394 + \ldots + 39.761 + \frac{40.835}{2} + [(\frac{40.835}{2} + \frac{41.717}{2}) \times 0.92]$$

$$\overline{D} = \frac{265.799}{7.92}$$

$\overline{D} = 33.560$ มม.

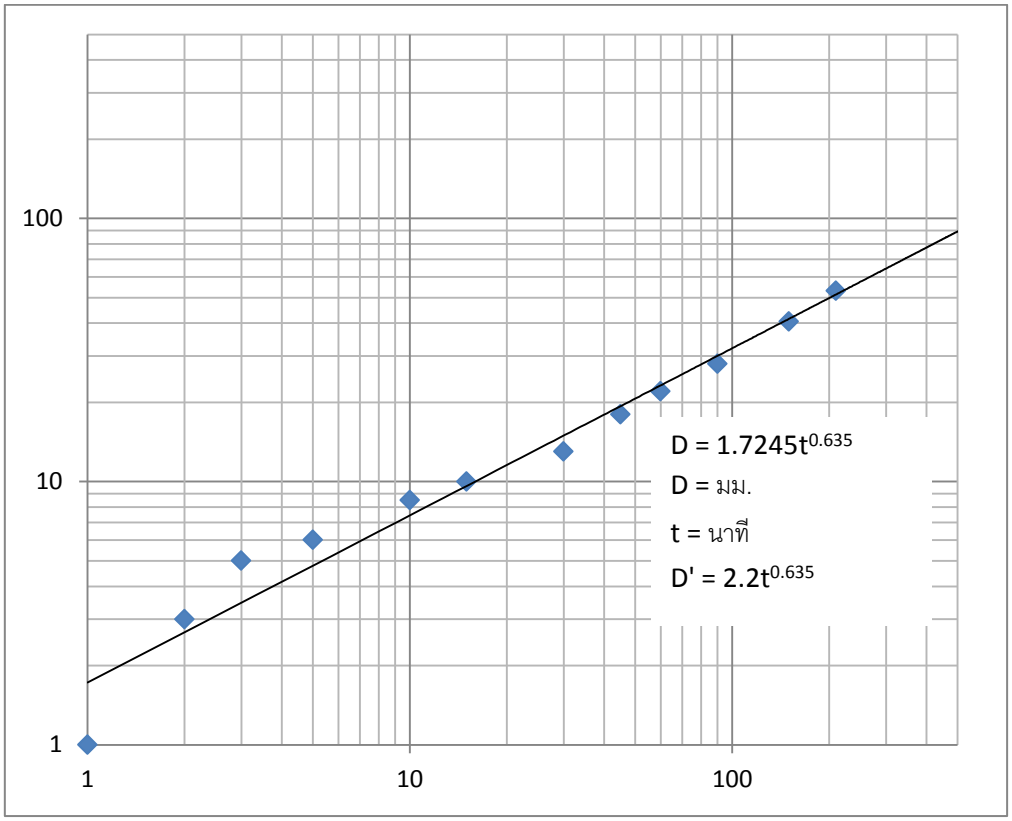
เนื่องจากให้น้ำด้วยอัตรา 29.508 ลิตร / วินาที เป็นเวลานาน 46 นาที บนพื้นที่กว้าง 9.7 เมตร ยาว 198 เมตร ดังนั้นความลึกเฉลี่ยของน้ำที่แท้จริงมีค่าเท่ากับ

$QT = DA$

$$D = \frac{29.508 \times 46 \times 60}{9.7 \times 198}$$

$D = 42.405$ มิลลิเมตร

ปรับแก้กราฟการดูดซึมสะสม



จากการปรับแก้กราฟการดูดซึมสะสมทำให้ได้ สมการของการดูดซึมสะสมใหม่ คือ $D' = 2.2t^{0.635}$ นำมาคำนวณความลึกของน้ำที่ซึมผ่านผิวดินที่หมุดต่าง ๆ ใหม่อีกครั้งดังนี้

หมุดที่	To (นาที)	Di (มม.)
0	63	30.549
1	81	35.835
2	87	37.499
3	89	38.044
4	101	41.226
5	120	45.994
6	140	50.724
7	146	52.094
7.92	151	53.220

$$\overline{D} = \frac{30.549}{2} + 35.835 + 37.499 + \ldots + 50.724 + \frac{52.094}{2} + [(\frac{52.094}{2} + \frac{53.22}{2}) \times 0.92]$$

$$\overline{D} = \frac{339.088}{7.92}$$

$\overline{D}$ = 42.814 มม.

ความลึกเฉลี่ยของน้ำที่ซึมผ่านผิวดินเท่ากับ 42.814 มม. ซึ่งใกล้เคียงกับค่าที่ให้จริง ๆ คือ 42.405 มม.

$\overline{D}_{LQ}$ คือ ความลึกเฉลี่ยของน้ำที่ซึมลงไปในดินในช่วงระยะ $\frac{1}{4}$ (หรือ = 1.98 หมุด) จากหัวแปลง

$D_{1.98}$ = 35.835-(35.835-37.499)×0.98

$D_{1.98}$ = 37.466

$$\overline{D}_{LQ} = (\frac{37.466+35.835}{2} \times 0.98 \times \frac{35.835+30.549}{2}) \div 1.98$$

$\overline{D}_{LQ}$ = 34.904 มม.

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

$$= \frac{34.904}{42.814} \times 100$$

= 81.525 %

ประสิทธิภาพในการให้น้ำ, $E_a = \frac{V_{RZ}}{V_T} \times 100$

เนื่องจาก SMD = 45.894 มม. แสดงว่าการให้น้ำไม่เพียงพอ (Under Irrigation) ในบางหมุด

V_{RZ} = 30.549 มม

$$V_T = \frac{Q.T}{A}$$

$$= \frac{29.508 \times 46 \times 60}{9.7 \times 198}$$

= 42.405 มม.

$$E_a = \frac{30.549}{42.405} \times 100$$

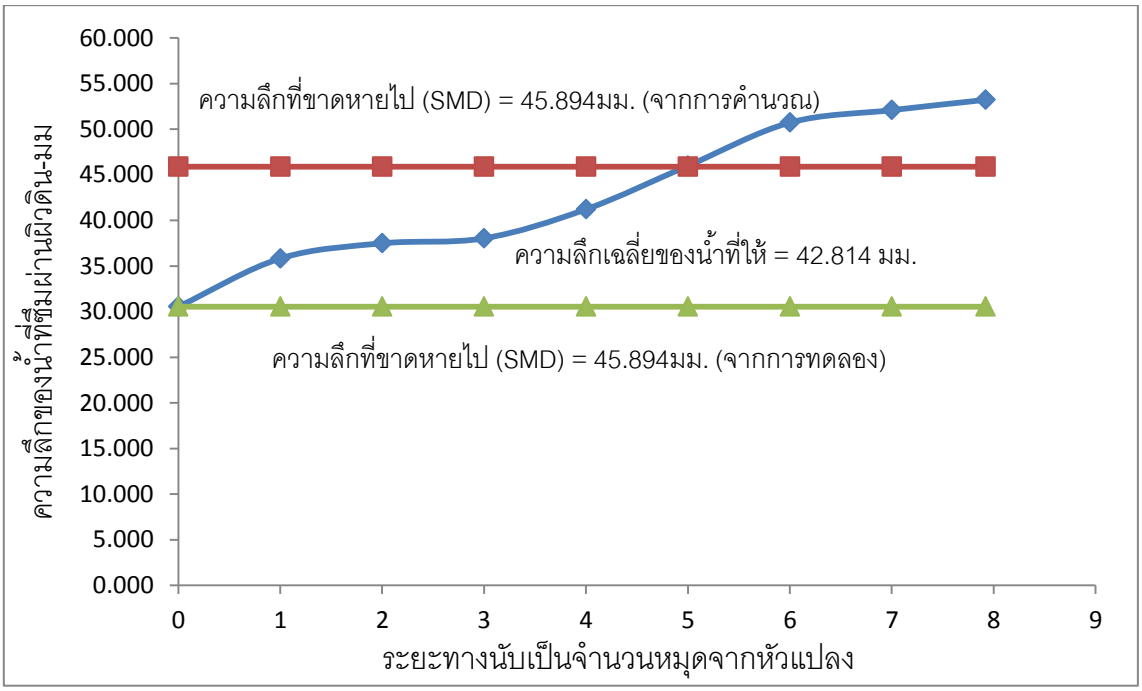
$$= 72.043\ \%$$

ความเพียงพอในการให้น้ำ, $E_s = \frac{V_{RZ}}{SMD} \times 100$

จากการคำนวณ SMD มีค่าเท่ากับ 45.894 มม. แต่ในการทดลอง SMD มีค่าเท่ากับ 30.549 มม. ดังนั้น

$$E_s = \frac{30.549}{30.549} \times 100$$

$$= 100\ \%$$



ภาพผนวกที่ ก11 ความลึกของน้ำที่ซึมผ่านผิวดินที่หมุดต่าง ๆ ด้วยอัตราการไหล 29.508 ลิตร/วินาที

แบบบันทึกข้อมูล

ข้อมูลช่วงเวลาน้ำหลาก (Advance Phase) และช่วงเวลาน้ำแห้ง (Recession Phase)

สถานที่ทดลอง แปลงทดลองภาควิชา วศ.ชป วันที่ 1 พ.ค.2557

วิธีการให้น้ำ Border เนื้อดิน ดินร่วนปนทราย พืชที่ปลูก หญ้าเนเปียร์ไต้หวัน (ปากช่อง 1)

ความลึกของน้ำที่ต้องการให้ 48.968 มม. อัตราการให้น้ำ 34.598 ลิตร/วินาที

(ช่วงน้ำหลาก)

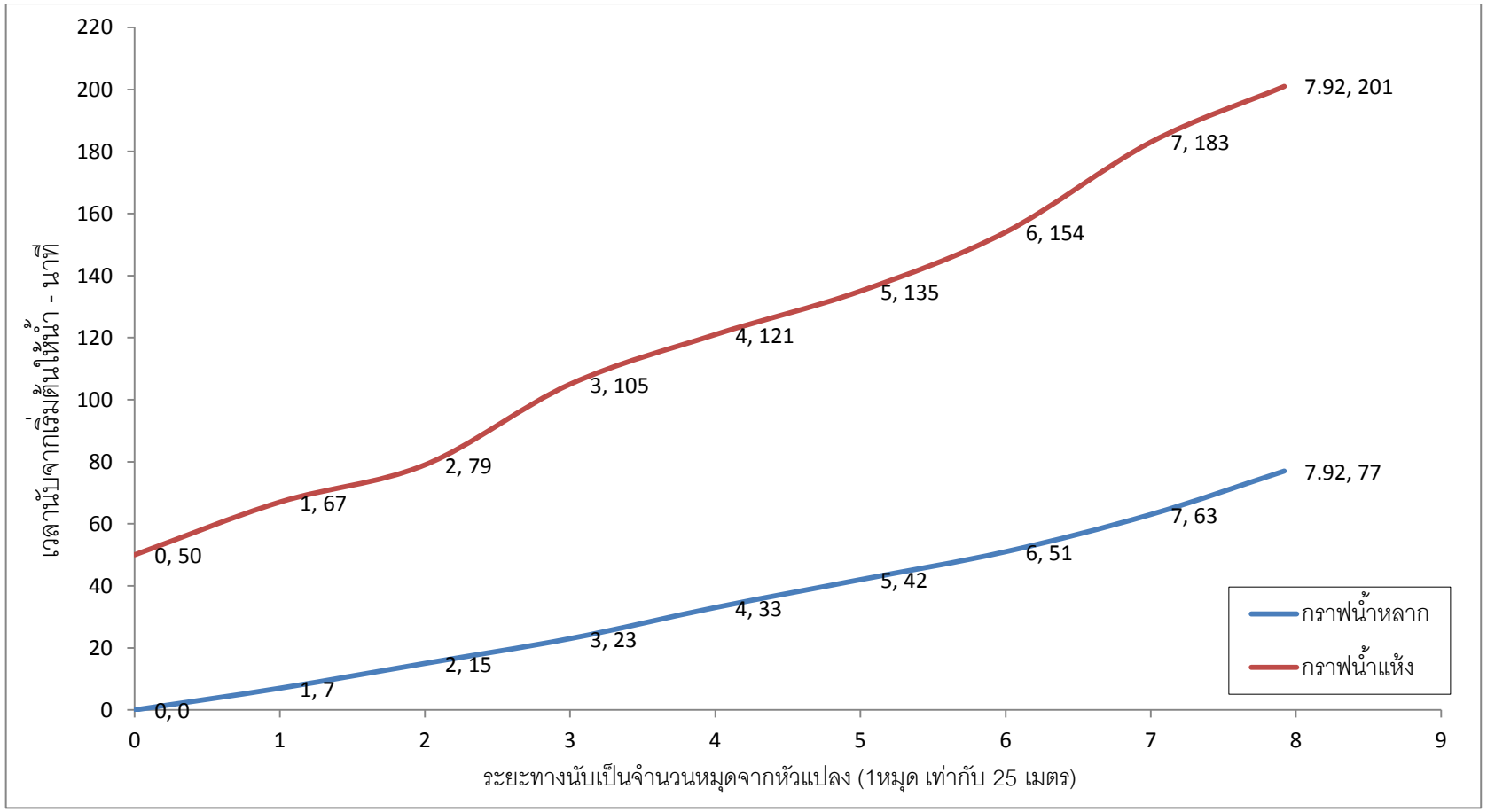
เวลา			หมุดที่ *
เวลา น.	ห่างกัน	สะสม	
09.39	7	0	0
09.46	8	7	1
09.54	8	15	2
10.02	10	23	3
10.12	9	33	4
10.21	9	42	5
10.30	12	51	6
10.42	14	63	7
10.56		77	7.92

(ช่วงน้ำแห้ง)

เวลา			หมุดที่ *
เวลา น.	ห่างกัน	สะสม	
09.39	37	0	0
10.16	13	37	0
10.29	17	50	0
10.46	12	67	1
10.58	26	79	2
11.24	16	105	3
11.40	14	121	4
11.54	19	135	5
12.13	29	154	6
12.42	18	183	7
13.00		201	7.92

หมายเหตุ ในกรณีที่เป็นข้อมูลช่วงน้ำแห้ง (Recession Phase) ของการให้น้ำแบบท่วมเป็นผืนลาด บรรทัดแรกของช่องควรเป็นเวลาที่เริ่มให้น้ำ บรรทัดที่สองเป็นเวลาที่หยุดการให้น้ำและ บรรทัดที่สาม คือเวลาที่น้ำเริ่มแห้ง ทั้งสามบรรทัดนี้เป็นเวลาที่หมุดแรก

*หมุดแรกที่หัวแปลงนับเป็นศูนย์



ภาพผนวกที่ ก12 กราฟน้ำหลาก-น้ำแห้งที่อัตราการไหล 34.598 ลิตร/วินาที

หมายเหตุ คู่อันดับ (x,y) x คือ หมุดที่ และ y คือ เวลาสะสม

ข้อมูลความชื้นก่อนการให้น้ำ

รายละเอียด	หัวแปลง	กลางแปลง	ท้ายแปลง
-เบอร์กระป๋องเก็บตัวอย่างดิน	32	35	47
-น.น.กระป๋องเก็บตัวอย่างดิน (g)	17.26	17.03	17.04
-น.น.ดินเปียก+น.น.กระป๋อง (g)	132.34	106.80	135.70
-น.น.ดินแห้ง+น.น.กระป๋อง (g)	119.69	98.03	124.39
-น.น.ดินแห้ง,Ws (g)	102.43	81	107.35
-น.น.น้ำในดิน,(Ww) (g)	12.65	8.77	11.31
ความชื้นในดิน ($P_w = \frac{W_w}{W_s} \times 100$)	12.35	10.83	10.54

ดังนั้น Pw = (12.35+10.83+10.54)/3 = 11.24 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของดินแห้ง

ความชื้นเป็นเปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร (Pv) = Pw × As

= 11.24 × 1.72

= 19.333

ความชื้นที่ Field Capacity = 20 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของดินแห้ง

% ความชื้นที่ Field Capacity โดยปริมาตร (Pv) = Pw × As

= 20 × 1.72

= 34.4

หาความลึกของน้ำที่จะให้และปริมาตรน้ำในดินที่ขาดหายไป (SMD)

ความลึกราก (D_{RZ}) ประมาณ 650 มิลลิเมตร แต่ในการให้น้ำตามหลักจะใช้เพียงครึ่งหนึ่งของความลึกรากพืชซึ่งจะมีประสิทธิภาพในการดูดน้ำถึง 70 %

$$\therefore SMD = \frac{D_{RZ} \times (FC - \emptyset)}{100}$$

$$= \frac{325 \times (34.4 - 19.333)}{100}$$

= 48.968 มิลลิเมตร

อัตราการไหล 34.598 ลิตร/วินาที

จากกราฟอัตราการดูดซึม ความลึกสะสมกับเวลาสะสมได้ความสัมพันธ์เป็นสมการเส้นตรง คือ

$I = 65.703t^{-0.365}$ มม. /ชม.

และ $D = 1.7245t^{0.635}$ มิลลิเมตร

หมุดที่	To (นาที)	Di (มม.)
0	50	20.678
1	60	23.216
2	64	24.187
3	82	28.310
4	88	29.608
5	93	30.665
6	103	32.720
7	120	36.053
7.92	124	36.812

$$\overline{D} = \frac{20.678}{2} + 23.216 + 24.187 + \ldots + 32.72 + \frac{36.053}{2} + [(\frac{36.053}{2} + \frac{38.812}{2}) \times 0.92]$$

$$\overline{D} = \frac{230.59}{7.92}$$

$\overline{D} = 29.115$ มม.

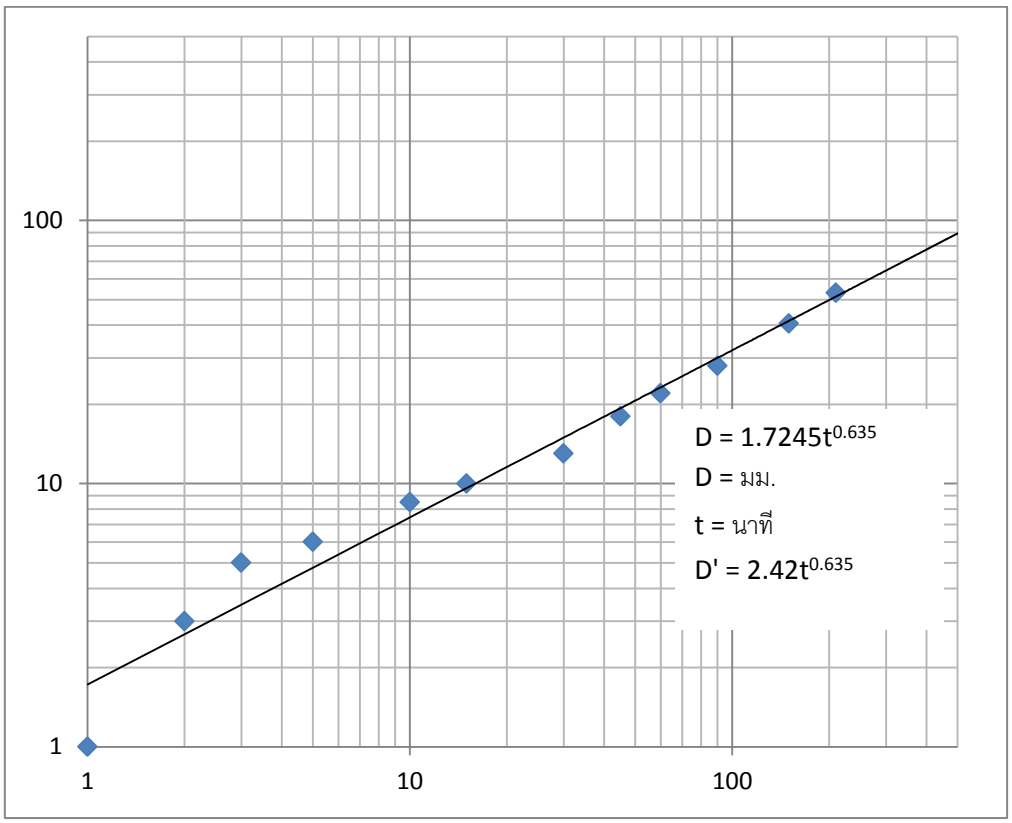
เนื่องจากให้น้ำด้วยอัตรา 34.598 ลิตร / วินาที เป็นเวลานาน 37 นาที บนพื้นที่กว้าง 9.7 เมตร ยาว 198 เมตร ดังนั้นความลึกเฉลี่ยของน้ำที่แท้จริงมีค่าเท่ากับ

$QT = DA$

$$D = \frac{34.598 \times 37 \times 60}{9.7 \times 198}$$

$D = 39.991$ มิลลิเมตร

ปรับแก้กราฟการดูดซึมสะสม



จากการปรับแก้กราฟการดูดซึมสะสมทำให้ได้ สมการของการดูดซึมสะสมใหม่ คือ $D' = 2.42t^{0.635}$ นำมาคำนวณความลึกของน้ำที่ซึมผ่านผิวดินที่หมุดต่าง ๆ ใหม่อีกครั้งดังนี้

หมุดที่	To (นาที)	Di (มม.)
0	50	29.018
1	60	32.579
2	64	33.942
3	82	39.727
4	88	41.549
5	93	43.033
6	103	45.916
7	120	50.594
7.92	124	51.658

$$\overline{D} = \frac{29.018}{2} + 32.579 + 33.942 + \ldots + 45.916 + \frac{50.594}{2} + [(\frac{50.594}{2} + \frac{51.658}{2}) \times 0.92]$$

$$\overline{D} = \frac{323.588}{7.92}$$

$\overline{D}$ = 40.857 มม.

ความลึกเฉลี่ยของน้ำที่ซึมผ่านผิวดินเท่ากับ 40.857 มม. ซึ่งใกล้เคียงกับค่าที่ให้จริง ๆ คือ 39.991 มม.

$\overline{D}_{LQ}$ คือ ความลึกเฉลี่ยของน้ำที่ซึมลงไปในดินในช่วงระยะ $\frac{1}{4}$ (หรือ = 1.98 หมุด) จากหัวแปลง

$D_{1.98}$ = 32.579-(32.579-33.942)×0.98

$D_{1.98}$ = 33.915

$$\overline{D}_{LQ} = (\frac{33.915+32.579}{2} \times 0.98 \times \frac{32.579+29.018}{2}) \div 1.98$$

$\overline{D}_{LQ}$ = 31.339 มม.

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

$$= \frac{31.339}{40.857} \times 100$$

= 76.703 %

ประสิทธิภาพในการให้น้ำ, $E_a = \frac{V_{RZ}}{V_T} \times 100$

เนื่องจาก SMD = 48.968 มม. แสดงว่าการให้น้ำไม่เพียงพอ (Under Irrigation) ในบางหมุด

V_{RZ} = 29.018 มม

$$V_T = \frac{Q.T}{A}$$

$$= \frac{34.598 \times 37 \times 60}{9.7 \times 198}$$

= 39.991 มม.

$$E_a = \frac{29.018}{39.991} \times 100$$

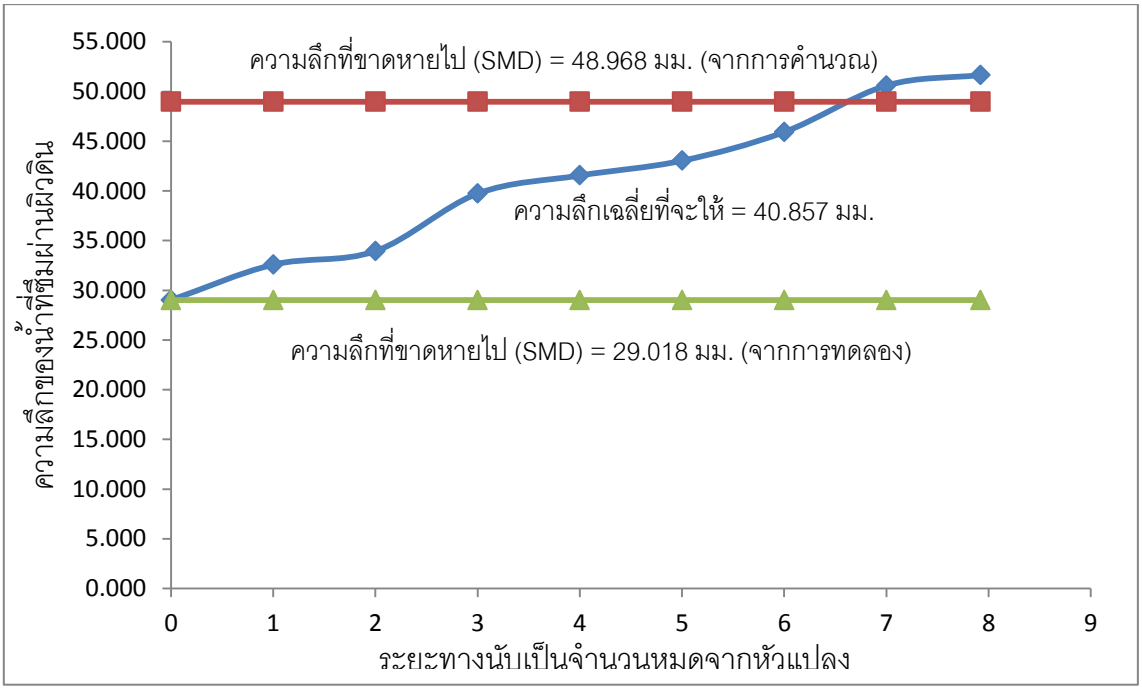
$$= 72.559\ \%$$

ความเพียงพอในการให้น้ำ, $E_s = \frac{V_{RZ}}{SMD} \times 100$

จากการคำนวณ SMD มีค่าเท่ากับ 48.968 มม. แต่ในการทดลอง SMD มีค่าเท่ากับ 29.018 มม. ดังนั้น

$$E_s = \frac{29.018}{29.018} \times 100$$

$$= 100\ \%$$



ภาพผนวกที่ ก13 ความลึกของน้ำที่ซึมผ่านผิวดินที่หมุดต่าง ๆ ด้วยอัตราการไหล 34.598 ลิตร/วินาที

แบบบันทึกข้อมูล

ข้อมูลช่วงเวลาน้ำหลาก (Advance Phase) และช่วงเวลาน้ำแห้ง (Recession Phase)

สถานที่ทดลอง แปลงทดลองภาควิชา วศ.ชป วันที่ 18 มิ.ย. 2557

วิธีการให้น้ำ Border เนื้อดิน ดินร่วนปนทราย พืชที่ปลูก หญ้าเนเปียร์ไต้หวัน (ปากช่อง 1)

ความลึกของน้ำที่ต้องการให้ 43.267 มม. อัตราการให้น้ำ 42.5 ลิตร/วินาที

(ช่วงน้ำหลาก)

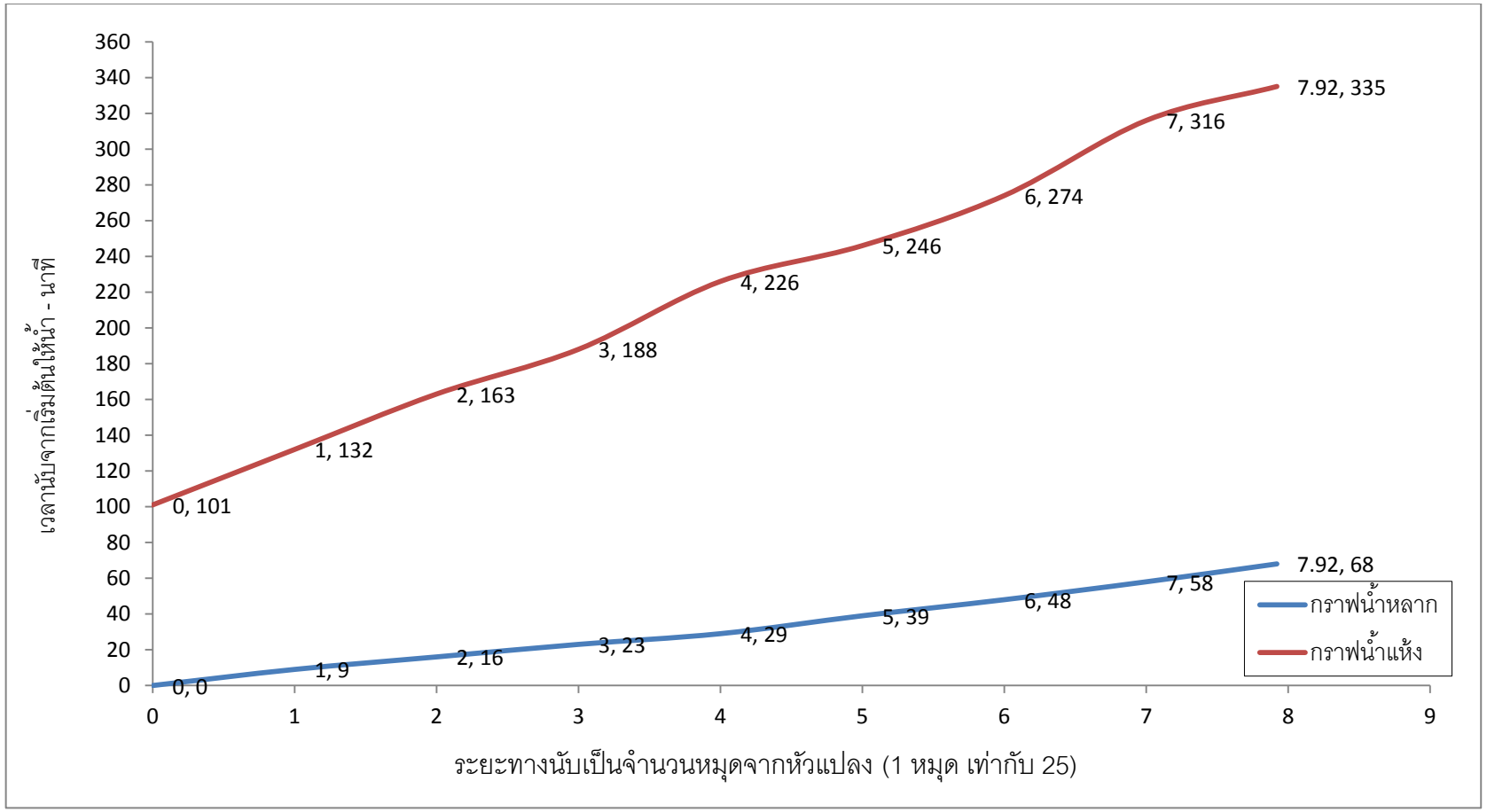
เวลา			หมุดที่ *
เวลา น.	ห่างกัน	สะสม	
11.01	9	0	0
11.10	7	9	1
11.17	7	16	2
11.24	6	23	3
11.30	10	29	4
11.40	9	39	5
11.49	10	48	6
11.59	10	58	7
12.09		68	7.92

(ช่วงน้ำแห้ง)

เวลา			หมุดที่ *
เวลา น.	ห่างกัน	สะสม	
11.01	68	0	0
12.09	33	68	0
12.42	31	101	0
13.13	31	132	1
13.44	25	163	2
14.09	38	188	3
14.47	20	226	4
15.07	28	246	5
15.35	42	274	6
16.17	19	316	7
16.36		335	7.92

หมายเหตุ ในกรณีที่เป็นข้อมูลช่วงน้ำแห้ง (Recession Phase) ของการให้น้ำแบบท่วมเป็นผืนลาด บรรทัดแรกของช่องควรเป็นเวลาที่เริ่มให้น้ำ บรรทัดที่สองเป็นเวลาที่หยุดการให้น้ำและ บรรทัดที่สาม คือเวลาที่น้ำเริ่มแห้ง ทั้งสามบรรทัดนี้เป็นเวลาที่หมุดแรก

*หมุดแรกที่หัวแปลงนับเป็นศูนย์



ภาพผนวกที่ ก14 กราฟน้ำหลาก-น้ำแห้งที่อัตราการไหล 42.5 ลิตร/วินาที

หมายเหตุ คู่อันดับ (x,y) x คือ หมุดที่ และ y คือ เวลาสะสม

ข้อมูลความชื้นก่อนการให้น้ำ

รายละเอียด	หัวแปลง	กลางแปลง	ท้ายแปลง
-เบอร์กระป๋องเก็บตัวอย่างดิน	32	35	46
-น.น.กระป๋องเก็บตัวอย่างดิน (g)	17.26	17.03	15.89
-น.น.ดินเปียก+น.น.กระป๋อง (g)	129.48	107.36	121.06
-น.น.ดินแห้ง+น.น.กระป๋อง (g)	117.64	98.28	108.31
-น.น.ดินแห้ง,Ws (g)	100.38	81.25	92.42
-น.น.น้ำในดิน,(Ww) (g)	11.84	9.08	12.75
ความชื้นในดิน ($P_w = \frac{W_w}{W_s} \times 100$)	11.80	11.18	13.80

ดังนั้น Pw = (11.80+11.18+13.80)/3 = 12.26 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของดินแห้ง

ความชื้นเป็นเปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร (Pv) = Pw × As

= 12.26 × 1.72

= 21.087

ความชื้นที่ Field Capacity = 20 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของดินแห้ง

% ความชื้นที่ Field Capacity โดยปริมาตร (Pv) = Pw × As

= 20 × 1.72

= 34.4

หาความลึกของน้ำที่จะให้และปริมาตรน้ำในดินที่ขาดหายไป (SMD)

ความลึกราก (D_{RZ}) ประมาณ 650 มิลลิเมตร แต่ในการให้น้ำตามหลักจะใช้เพียงครึ่งหนึ่งของความลึกรากพืชซึ่งจะมีประสิทธิภาพในการดูดน้ำถึง 70 %

$$\therefore SMD = \frac{D_{RZ} \times (FC - \emptyset)}{100}$$

$$= \frac{325 \times (34.4 - 21.087)}{100}$$

= 43.267 มิลลิเมตร

อัตราการไหล 42.5 ลิตร/วินาที

จากกราฟอัตราการดูดซึม ความลึกสะสมกับเวลาสะสมได้ความสัมพันธ์เป็นสมการเส้นตรง คือ

$I = 65.703t^{-0.365}$ มม. /ชม.

และ $D = 1.7245t^{0.635}$ มิลลิเมตร

หมุดที่	To (นาที)	Di (มม.)
0	101	32.315
1	123	36.623
2	147	41.012
3	165	44.133
4	197	49.391
5	207	50.969
6	226	53.892
7	258	58.619
7.92	267	59.910

$$\overline{D} = \frac{32.315}{2} + 36.623 + 41.012 + \ldots + 53.892 + \frac{58.619}{2} + [(\frac{58.619}{2} + \frac{59.910}{2}) \times 0.92]$$

$$\overline{D} = \frac{376.01}{7.92}$$

$\overline{D} = 47.476$ มม.

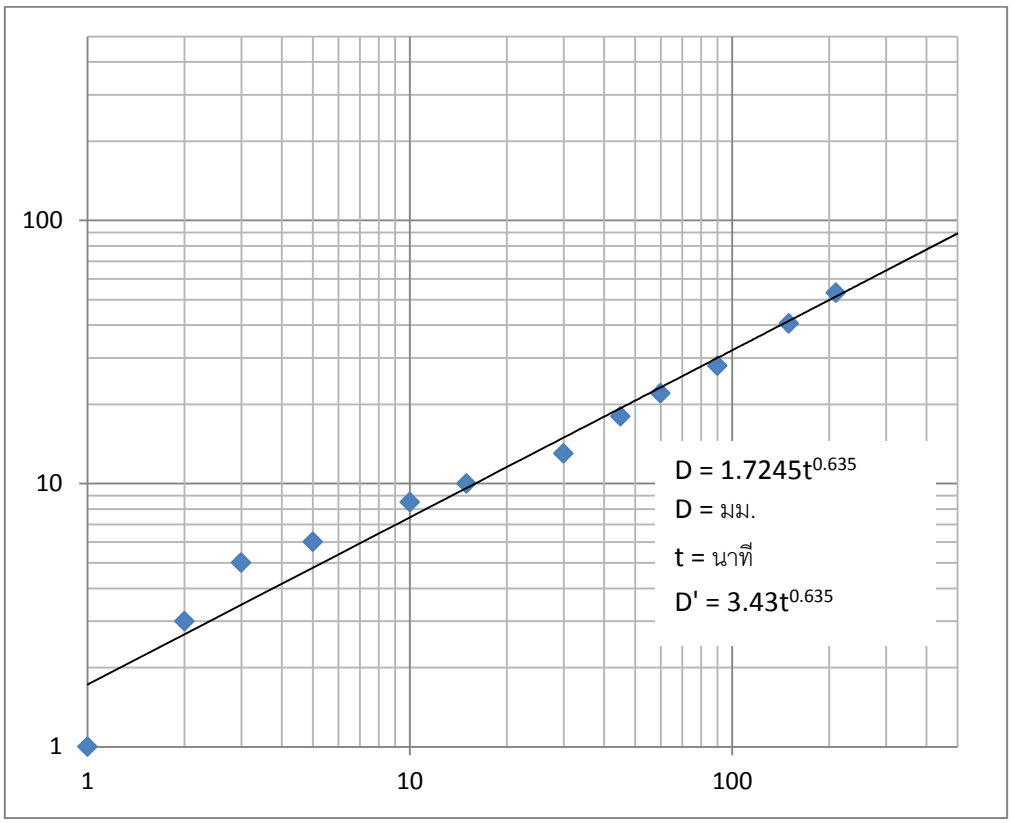
เนื่องจากให้น้ำด้วยอัตรา 42.5 ลิตร / วินาที เป็นเวลานาน 68 นาที บนพื้นที่กว้าง 9.7 เมตร ยาว 198 เมตร ดังนั้นความลึกเฉลี่ยของน้ำที่แท้จริงมีค่าเท่ากับ

$QT = DA$

$$D = \frac{42.5 \times 68 \times 60}{9.7 \times 198}$$

$D = 90.284$ มิลลิเมตร

ปรับแก้กราฟการดูดซึมสะสม



จากการปรับแก้กราฟการดูดซึมสะสมทำให้ได้ สมการของการดูดซึมสะสมใหม่ คือ $D'=3.43t^{0.635}$ นำมาคำนวณความลึกของน้ำที่ซึมผ่านผิวดินที่หมุดต่าง ๆ ใหม่อีกครั้งดังนี้

หมุดที่	To (นาที)	Di (มม.)
0	101	64.274
1	123	72.842
2	147	81.572
3	165	87.780
4	197	98.238
5	207	101.376
6	226	107.190
7	258	116.593
7.92	267	119.160

$$\overline{D} = \frac{64.274}{2} + 72.842 + 81.572 + \ldots + 107.19 + \frac{116.593}{2} + [(\frac{116.593}{2} + \frac{119.16}{2}) \times 0.92]$$

$$\overline{D} = \frac{747.878}{7.92}$$

$\overline{D}$ =94.429 มม.

ความลึกเฉลี่ยของน้ำที่ซึมผ่านผิวดินเท่ากับ 94.429 มม. ซึ่งใกล้เคียงกับค่าที่ให้จริง ๆ คือ 90.284 มม.

$\overline{D}_{LQ}$ คือ ความลึกเฉลี่ยของน้ำที่ซึมลงไปในดินในช่วงระยะ $\frac{1}{4}$ (หรือ = 1.98 หมุด) จากหัวแปลง

$$D_{1.98} = 72.842-(72.842-81.572)\times 0.98$$

$$D_{1.98} = 81.397$$

$$\overline{D}_{LQ} = (\frac{81.397+72.842}{2} \times 0.98 \times \frac{72.842+81.572}{2}) \div 1.98$$

$\overline{D}_{LQ}$ = 79.324 มม.

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

$$= \frac{79.324}{94.429} \times 100$$

$$= 84.004\%$$

ประสิทธิภาพในการให้น้ำ

เนื่องจากความลึกต่ำสุดเกินเขตรากพืชหรือเกินค่า SMD ดังนั้น Ea หาได้จากสมการ

$$E_a = \frac{SMD}{V_T} \times 100$$

$$V_T = \frac{Q.T}{A}$$

$$= \frac{42.5\times 68\times 60}{9.7\times 198}$$

= 90.284 มม.

$$E_a = \frac{43.267}{90.284} \times 100$$

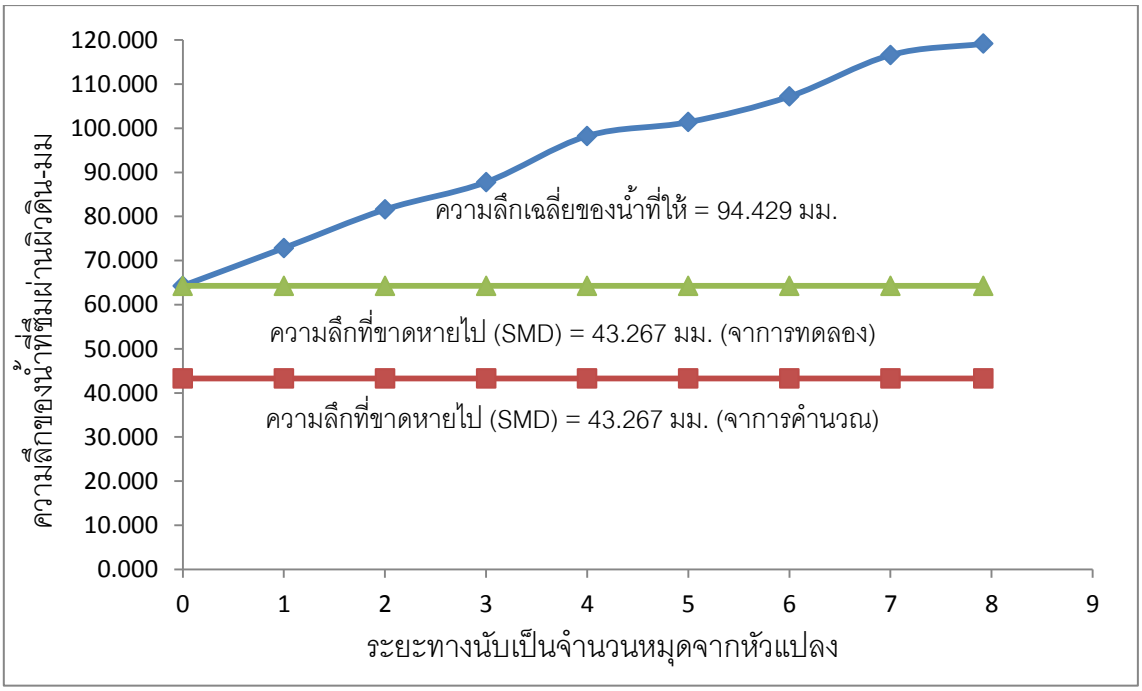
$$= 47.923\ \%$$

ความเพียงพอในการให้น้ำ, $E_s = \frac{V_{RZ}}{SMD} \times 100$

V_{RZ} = SMD = 43.267

$$E_s = \frac{43.267}{43.267} \times 100$$

$$= 100\ \%$$

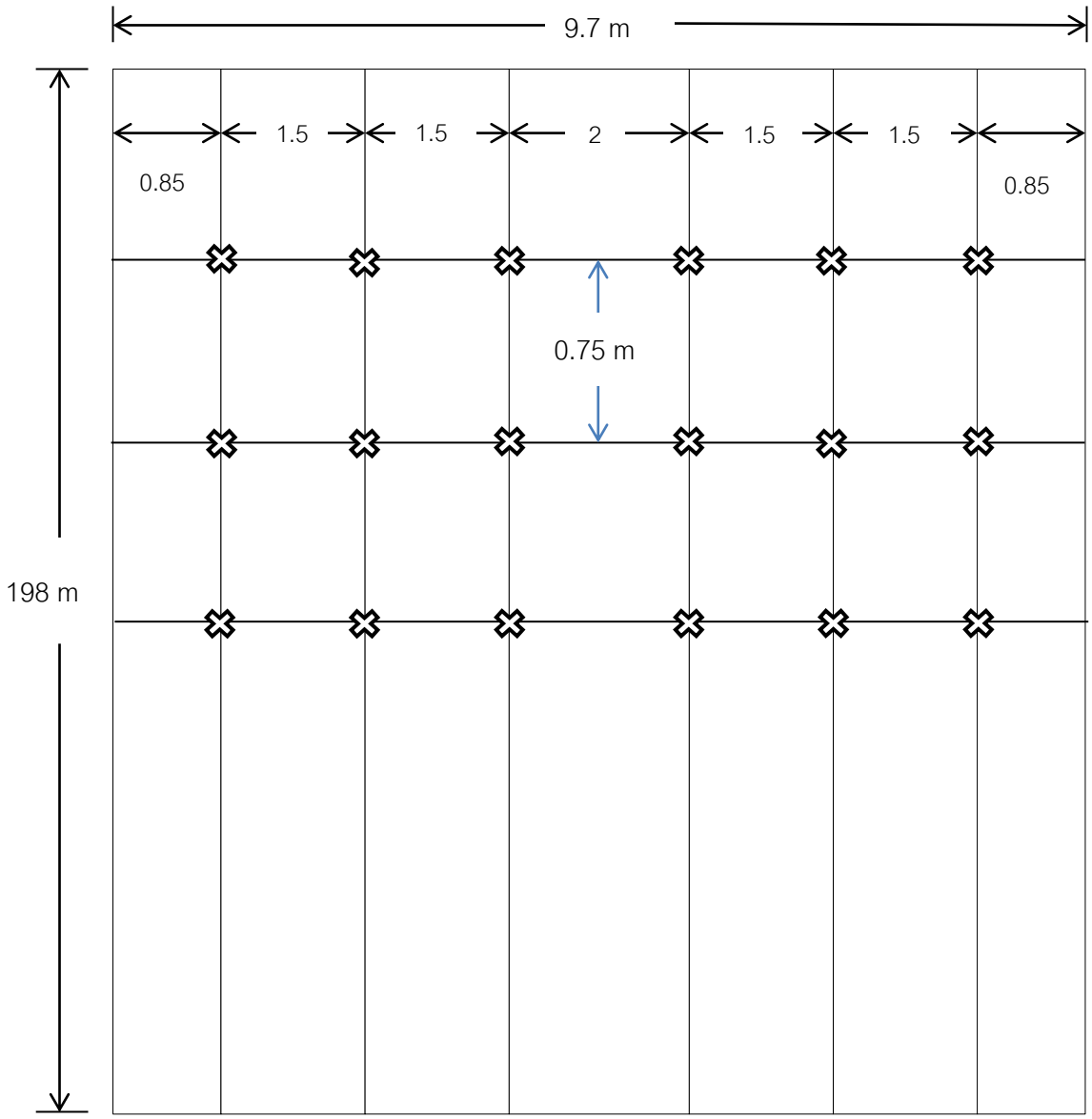


ภาพผนวกที่ ก15 ความลึกของน้ำที่ซึมผ่านผิวดินที่หมุดต่าง ๆ ด้วยอัตราการไหล 42.5 ลิตร/วินาที

ภาคผนวก ข

ภาพแปลงทดลองและการเจริญเติบโตของหญ้าเนเปียร์

ภาพแปลงการทดลอง



ภาพผนวกที่ ข1 ขนาดแปลงและระยะปลูก

ภาพผนวกที่ ข2 ลักษณะแปลงที่ใช้ในการทดลอง

การเจริญเติบโตของหญ้าเนเปียร์ ในรอบการเก็บเกี่ยวที่ 2

ภาพผนวกที่ ข3 สัปดาห์ที่ 1

ภาพผนวกที่ ข4 สัปดาห์ที่ 2

ภาพผนวกที่ ข5 สัปดาห์ที่ 3

ภาพผนวกที่ ข6 สัปดาห์ที่ 4

ภาพผนวกที่ ข7 สัปดาห์ที่ 5

ภาพผนวกที่ ข8 สัปดาห์ที่ 7

ภาพผนวกที่ ข9 สัปดาห์ที่ 8 บริเวณหัวแปลง

ภาพผนวกที่ ข10 สัปดาห์ที่ 8 บริเวณท้ายแปลง

ภาคผนวก ค

การคำนวณการใช้น้ำของหญ้าเนเปียร์

การคำนวณการใช้น้ำของหญ้าเนเปียร์

จากสูตร $ET = K_c ET_p$

เมื่อ ET = การใช้น้ำของพืชที่ต้องการทราบ มม./วัน

K_c = สัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืชดังกล่าว

ET_p = การใช้น้ำของพืชอ้างอิง หรือ Potential Evapotranspiration มม./วัน

1. ในการตรวจสอบเอกสารพบว่าไม่มีค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของหญ้าเนเปียร์ (K_C) จึงใช้ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของอ้อย (K_C) ซึ่งเป็นพืชตระกูลเดียวกันกับหญ้าเนเปียร์ ดังตารางผนวกที่ ค1

2. หาค่าการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (ET_p) จากวิธี Penman-Monteith รายเดือนจังหวัดนครปฐม (มิลิเมตร/วัน) ซึ่งจะได้ค่าตามตารางผนวกที่ ค2

3. ในการปลูกหญ้าเนเปียร์รอบที่ 1 เริ่มปลูกวันที่ 1 พฤศจิกายน 2556 และวันเก็บเกี่ยวผลผลิต วันที่ 11 มีนาคม 2557 ดังนั้นระยะเวลาในการทดลองประเมินประสิทธิผลรอบที่ 2 ดังตารางผนวกที่ ค3 จะอยู่ในช่วง วันที่ 12 มีนาคม 2557 ถึงวันเก็บเกี่ยวผลผลิต วันที่ 20 พฤษภาคม 2557 โดยใช้เวลาทั้งหมด 69 วัน

ตารางผนวกที่ ค1 แสดงค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของอ้อย

เดือนที่	ค่าสัมประสิทธิ์พืช (Crop Coefficient ; Kc)						
	Modified Penman	Blaney-Criddle	Pan Method	Thornthwaite	Hargreaves	Radiation	Penman-Monteith
1	0.47	0.56	0.56	0.56	0.60	0.53	0.65
2	0.68	0.83	0.84	0.71	0.83	0.80	0.86
3	0.85	1.04	0.94	0.88	1.00	1.04	1.13
4	1.03	1.28	1.27	1.06	1.16	1.21	1.35
5	1.20	1.54	1.73	1.18	1.35	1.41	1.56
6	1.00	1.17	1.50	1.14	1.19	1.06	1.29
7	0.86	0.98	1.23	0.80	1.16	0.96	1.20
8	0.65	0.68	0.74	0.93	0.88	0.63	0.93
9	0.50	0.57	0.48	0.53	0.55	0.53	0.63
10	0.42	0.53	0.45	0.44	0.48	0.48	0.52
เฉลี่ย	0.76	0.90	0.92	0.82	0.91	0.85	1.01

ที่มา: กลุ่มงานวิจัยการใช้น้ำชลประทาน (ม.ป.ป.)

ตารางผนวกที่ ค2 แสดงปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิงโดยวิธี Penman-Monteith รายเดือนจังหวัดนครปฐม (มิลิเมตร/วัน)

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.
มม.	มม.	มม.	มม.	มม.	มม.	มม.	มม.	มม.	มม.	มม.	มม.
3.70	4.35	5.15	5.12	4.02	4.00	3.63	3.16	3.44	3.69	3.92	3.66

ตารางผนวกที่ ค3 แสดงการใช้น้ำของหญ้าเนเปียร์ในรอบการปลูกที่ 2 (มิลลิเมตร/วัน)

	เดือน		
	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.
	มม./วัน	มม./วัน	มม./วัน
ETp	5.15	5.12	4.02
Kc	0.65	0.86	1.13
ET	3.35	4.40	4.54

หมายเหตุ เนื่องจากหญ้าเนเปียร์เป็นพืชตระกูลเดียวกับอ้อย จึงใช้ค่าการใช้น้ำของอ้อยมาเปรียบเทียบเป็นค่าการใช้น้ำของหญ้าเนเปียร์

เอกสารอ้างอิง

กลุ่มงานวิจัยการใช้น้ำชลประทาน. ม.ป.ป. **ค่าสัมประสิทธิ์พืช (Kc) ของพืช 40 ชนิด**. แหล่งที่มา: http://water.rid.go.th/hwm/cropwater/CWRdata/Kc/kc_th.pdf, 15 มิถุนายน 2557

ไกรลาศ เขียวทอง และคณะ. 2556. **คู่มือการปลูกหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1**. แหล่งที่มา: http://webkc.dede.go.th/testmax/sites/default/files/%E0%B8%84%E0%B8%B9%E0%B9%88%E0%B8%A1%E0%B8%B7%E0%B8%AD%E0%B8%81%E0%B8%B2%E0%B8%A3%E0%B8%9B%E0%B8%A5%E0%B8%B9%E0%B8%81%E0%B8%AB%E0%B8%8D%E0%B9%89%E0%B8%B2%E0%B9%80%E0%B8%99%E0%B9%80%E0%B8%9B%E0%B8%B5%E0%B8%A2%E0%B8%A3%E0%B9%8C.pdf, 19 พฤษภาคม 2557

นิรนาม. ม.ป.ป. **ปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิงโดยวิธี Penman Monteith รายเดือนภาคกลางและตะวันตก**. แหล่งที่มา: http://water.rid.go.th/hwm/cropwater/CWRdata/ETo/eto_central.pdf, 15 มิถุนายน 2557

นิรนาม. ม.ป.ป. **หญ้าเนเปียร์**. แหล่งที่มา: http://www.biogang.net/biodiversity_view.php?menu=biodiversity&uid=48036&id=183182, 15 มิถุนายน 2557

บุญมา ป้านประดิษฐ์. 2546. **หลักการชลประทาน ทฤษฎีและการประยุกต์**. ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน

วราวุธ วุฒิวณิชย์. 2545. **การออกแบบระบบชลประทานในไร่นา**. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพ

วิบูลย์ บุญยธโรกุล. 2526. **หลักการชลประทาน**. ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์,.โรงพิมพ์เอเชีย

สถานีพัฒนาอาหารสัตว์ยโสธร. 2557. **หญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1**. แหล่งที่มา: http://nsys-yst.dld.go.th/index.php?option=com_content&view=article&id=141&Itemid=91, 19 พฤษภาคม 2557

อภิชาต อนุกูลอำไพ และคณะ. 2524. **คู่มือการชลประทานระดับไร่นา**. ภาควิชาวิศวกรรมเกษตรและอาหาร สถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย, ม.ป.ท.