โครงงานวิศวกรรมชลประทาน

(02207499)

ที่ 20 / 2554

การศึกษาปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิงจากถังวัดการใช้น้ำของพืช

Study of Reference Evapotranspiration Estimated From Lysimeter

โดย

นางสาวปวีณ์ธิดา พรมแดง

นางสาวสรกมล อ่องจุ้ย

เสนอ

ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน

นครปฐม 73140

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (วิศวกรรมโยธา-ชลประทาน)

พ.ศ. 2554

ใบรับรองโครงงานวิศวกรรมชลประทาน

ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน

คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เรื่อง การศึกษาปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิงจากถังวัดการใช้น้ำของพืช
Study of Reference Evapotranspiration Estimated From Lysimeter

นามผู้ทำโครงการ นางสาวปวีณ์ธิดา พรมแดง

นางสาวสรกมล อ่องจุ้ย

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

ประธานกรรมการ

.....

(ผศ.ดร. พงศธร โสภาพันธุ์)

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

กรรมการ

.....

(ผศ.ดร.เอกสิทธิ์ โฆสิตสกุลชัย)

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

หัวหน้าภาควิชา

.....

(รศ.สันติ ทองพำนัก)

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

บทคัดย่อ

เรื่อง การศึกษาเปรียบเทียบปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิงจากถังวัดการใช้น้ำของพืช

โดย นางสาวปวีณ์ธิดา พรมแดง

นางสาวสรกมล อ่องจุ้ย

อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ .....

(ผศ.ดร. พงศธร โสภาพันธุ์)

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

ปัจจุบันมีหลากหลายวิธีในการหาปริมาณการใช้น้ำของพืช ซึ่งวิธีการแต่ละวิธีก็มีความแตกต่างกันในรูปแบบของการวัด แต่ในวิธีการนั้นอาจใช้หลักการที่เหมือนกัน ซึ่งในโครงการนี้จะศึกษาการใช้น้ำของพืชโดยใช้ถังวัดการใช้น้ำของพืชแบบระบายน้ำจำนวนสี่ใบ เปรียบเทียบกับ เครื่องตรวจวัดอากาศอัตโนมัติของ สถานีอุตุนิยมวิทยานครปฐม ที่คำนวณจาก สูตร Penman-Monteith และปริมาณการระเหยจากถาดวัดการระเหย Class A-pan ได้ทำการทดลองระหว่างวันที่ 7 กุมภาพันธ์ 2555 – 26 มีนาคม 2555 รวม 49 วัน (7สัปดาห์)

จากการศึกษาพบว่า ปริมาณการใช้น้ำของหญ้านวลน้อยมีการใช้น้ำเฉลี่ย 5.00 มิลลิเมตรต่อวัน ค่าปริมาณการระเหยเฉลี่ยที่ได้จากถาดวัดการระเหย Class A-pan เท่ากับ 5.95 มิลลิเมตรต่อวัน และปริมาณการใช้น้ำเฉลี่ยของพืชอ้างอิงที่คำนวณจาก สูตร Penman-Monteith เท่ากับ 4.27 มิลลิเมตรต่อวัน ซึ่งค่าที่ได้ระหว่างปริมาณการใช้น้ำของหญ้านวลน้อยกับปริมาณการระเหยที่ได้จากถาดวัดการระเหย Class A-pan มีค่าเฉลี่ยใกล้เคียงกัน แต่ปริมาณการใช้น้ำเฉลี่ยของพืชอ้างอิงที่คำนวณจาก สูตร Penman-Monteith มีค่าแตกต่างจากค่าที่ได้จากวิธีอื่น

ABSTRACT

Title : Study of Reference Evapotranspiration Estimated From Lysimeter

By : Miss Paweetida Promdang

Miss Sornkamon Ongjuy

Project Advisor : .....

(Assist.Prof.Dr. Pongsaton Sophaphan)

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

There are several methods for measuring crop evapotranspiration. Each method has different approaches; however, it may be used the same concept. The main propose of this project is to estimate crop evapotranspiration using four Lysimeter tanks comparing with Penman-Monteith method adapted to meteorological data at Nakhonpathom Meteorological station and evapotranspiration from Class A-pan. The experiment was conducted on 49 days (7 weeks) between February 7, 2012 - March 26, 2012.

The study found that average crop evapotranspiration of Manila Grass was 5.00 mm/day. The average volume of evaporation from Class A-pan was 5.95 mm/day and the average reference crop evapotranspiration, which is calculated from the Penman-Monteith equation was equal to 4.27 mm/day. Average crop evapotranspiration of Manila Grass and average volume of evaporation from Class A-pan were nearly the same; however, the average reference crop evapotranspiration according to the Penman-Monteith equation was different from the values obtained by other methods.

คำนิยม

โครงงานวิศวกรรมชลประทานเล่มนี้ สำเร็จลงโดยได้รับความกรุณาจาก ผศ.ดร. พงศธร โสภาพันธุ์ ประธานกรรมการที่ปรึกษา และ ผศ.ดร.เอกสิทธิ์ โฆสิตสกุลชัย กรรมการที่ปรึกษา ที่ได้ช่วยเหลือและให้คำแนะนำเกี่ยวกับการทดลอง และยังช่วยเหลือในการเรียบเรียงโครงงานวิศวกรรมชลประทานฉบับนี้เป็นอย่างดี

ขอขอบพระคุณเจ้าหน้าที่ประจำภาควิชาวิศวกรรมชลประทานทุก ๆ ท่านและเจ้าหน้าที่สถานีอุตุนิยมวิทยานครปฐม ที่กรุณาให้คำปรึกษาและให้ความช่วยเหลือเป็นอย่างดี จนโครงงานวิศวกรรมชลประทานฉบับนี้สำเร็จไปได้ด้วยดี

ปวีณ์ธิดา พรมแดง
สรกมล อ่องจุ้ย
พฤษภาคม 2555

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	(i)
Abstract	(ii)
คำนิยม	(iii)
สารบัญ	(iv)
สารบัญตาราง	(v)
สารบัญภาพ	(viii)
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์	1
1.3 ขอบเขตของการศึกษา	1
บทที่ 2 การตรวจเอกสาร	2
2.1 พืชอ้างอิง	2
2.2 น้ำในดิน	4
2.3 ความชื้นในดิน	5
2.4 การหาปริมาณการใช้น้ำของพืช	7
2.5 สมดุลน้ำในดิน (Soil Water Balance)	11
บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการทดลอง	13
3.1 สถานที่ตั้ง	13

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.2 อุปกรณ์การทดลอง	16
3.3 การติดตั้ง Lysimeter แบบระบายน้ำ	17
3.4 วิธีการทดลอง	22
บทที่ 4 ผลและวิจารณ์	26
บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ	39
5.1 สรุปผลการทดลอง	39
5.2 ข้อเสนอแนะ	40
เอกสารอ้างอิง	41
ภาคผนวก ก	42
ภาคผนวก ข	45
ภาคผนวก ค	49
ภาคผนวก ง	52
ภาคผนวก จ	61
ภาคผนวก ฉ	64

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 สรุปปริมาณการระเหย Class A-pan (Epan) ปริมาณการใช้น้ำ
ของหญ้านวลน้อย (ET) และปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (ETo) รายวัน 26

ตารางที่ 2 สรุปปริมาณการระเหยของถาดวัดการระเหย Class A-pan (Epan)
ปริมาณการใช้น้ำของหญ้านวลน้อย (ET) และปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง
(ETo) รายสัปดาห์ 29

ตารางผนวกที่ 1 สรุปปริมาณการระเหยของถาดวัดการระเหย Class A-pan (Epan)
ปริมาณการใช้น้ำของหญ้านวลน้อย (ET) และปริมาณการใช้น้ำของ
พืชอ้างอิง (ETo) รายสัปดาห์ 43

ตารางผนวกที่ 2 ข้อมูลปริมาณการระเหยจากถาดวัดการระเหย Class A-pan 46

ตารางผนวกที่ 3 ข้อมูลจากสถานีอุตุนิยมวิทยานครปฐม เดือนกุมภาพันธ์ 2555 50

ตารางผนวกที่ 4 ข้อมูลจากสถานีอุตุนิยมวิทยานครปฐม เดือนมีนาคม 2555 51

ตารางผนวกที่ 5 สรุปการคำนวณปริมาณการใช้น้ำของหญ้านวลน้อย
จากถังวัดการใช้น้ำของพืช (Lysimeter) แบบระบายน้ำถังที่ 1 53

ตารางผนวกที่ 6 สรุปการคำนวณปริมาณการใช้น้ำของหญ้านวลน้อย
จากถังวัดการใช้น้ำของพืช (Lysimeter) แบบระบายน้ำถังที่ 2 55

ตารางผนวกที่ 7 สรุปการคำนวณปริมาณการใช้น้ำของหญ้านวลน้อย
จากถังวัดการใช้น้ำของพืช (Lysimeter) แบบระบายน้ำถังที่ 3 57

สารบัญตาราง (ต่อ)

หน้า

ตารางผนวกที่ 8 สรุปการคำนวณปริมาณการใช้น้ำของหญ้านวลน้อย
จากถังวัดการใช้น้ำของพืช (Lysimeter) แบบระบายน้ำถังที่ 4 59

ตารางผนวกที่ 9 สรุปการคำนวณปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง โดย Penman-Monteith
เดือนกุมภาพันธ์ 2555 62

ตารางผนวกที่ 10 สรุปการคำนวณปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง โดย Penman-Monteith
เดือนมีนาคม 2555 63

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 1การจำแนกชนิดของน้ำในดินและความชื้นในดิน 5

ภาพที่ 2 ถาดวัดการระเหยแบบ Class A 10

ภาพที่ 3 ถังวัดการใช้น้ำของพืช (Lysimeter) แบบระบายน้ำ (Percolation Type) 11

ภาพที่ 4 แปลงทดลองภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน 13

ภาพที่ 5 พื้นที่การทดลอง 14

ภาพที่ 6 แปลน Lysimeter แบบระบายน้ำ 15

ภาพที่ 7 Lysimeter แบบระบายน้ำ 16

ภาพที่ 8 ถังน้ำ 16

ภาพที่ 9 ถังตวง 16

ภาพที่ 10 สายยาง 16

ภาพที่ 11 Hook Gauge 16

ภาพที่ 12 ถาดวัดการระเหย Class A-Pan 16

ภาพที่ 13 ลักษณะพื้นที่ที่ศึกษา 17

ภาพที่ 14 ขุดฝัง 17

ภาพที่ 15 ลักษณะการกันแนวสไลด์ตัวของดิน 18

ภาพที่ 16 ลักษณะการสร้างแปลนวาง Lysimeter 18

ภาพที่ 17 สร้างห้องเก็บผล 19

ภาพที่ 18 สร้างถัง Lysimeter 19

ภาพที่ 19 สูบน้ำออก 20

ภาพที่ 20 ปรับระดับความลาดเท 20

สารบัญภาพ (ต่อ)

หน้า

ภาพที่ 21 นำถัง Lysimeter และห้องเก็บผลลง แล้วกลบดิน 21

ภาพที่ 22 ใส่ดินใน Lysimeter ให้มีสภาพใกล้เคียงชั้นดินเดิม 22

ภาพที่ 23 ปรับพื้นที่บริเวณแปลงทดลองให้มีระดับต่ำกว่า Lysimeter 22

ภาพที่ 24 หญ้านวลน้อยขนาดแผ่นละ 50 × 50 เซนติเมตร 23

ภาพที่ 25 ติดตั้งถาดวัดการระเหย 23

ภาพที่ 26 เติมน้ำถาดวัดการระเหย Class A-pan ตามความเหมาะสม 24

ภาพที่ 27 รดน้ำหญ้านวลน้อยในถัง Lysimeter ทั้ง 4 ถัง 24

ภาพที่ 28 วัดระดับน้ำ 25

ภาพที่ 29 ปริมาณการใช้น้ำของหญ้านวลน้อย (ET) รายวัน 30

ภาพที่ 30 ปริมาณการใช้น้ำของหญ้านวลน้อย (ET) เฉลี่ยรายสัปดาห์ 30

ภาพที่ 31 ปริมาณการระเหยจากถาดวัดการระเหย Class A-pan (Epan) รายวัน 31

ภาพที่ 32 ปริมาณการระเหยจากถาดวัดการระเหย Class A-pan (Epan) เฉลี่ยรายสัปดาห์ 31

ภาพที่ 33 ปริมาณการการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (ETo) รายวัน 32

ภาพที่ 34 ปริมาณการการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (ETo) รายสัปดาห์ 32

ภาพที่ 35 เปรียบเทียบปริมาณการใช้น้ำของหญ้านวลน้อยจากถัง Lysimeter ถังที่ 1 (ET1) กับ ปริมาณการระเหยจากถาดวัดการระเหย Class A-pan (Epan) 33

ภาพที่ 36 เปรียบเทียบปริมาณการใช้น้ำของหญ้านวลน้อยจากถัง Lysimeter ถังที่ 2 (ET2) กับปริมาณการระเหยจากถาดวัดการระเหย Class A-pan (Epan) 33

ภาพที่ 37 เปรียบเทียบปริมาณการใช้น้ำของหญ้านวลน้อยจากถัง Lysimeter ถังที่ 3 (ET3) กับปริมาณการระเหยจากถาดวัดการระเหย Class A-pan (Epan) 34

สารบัญภาพ (ต่อ)

หน้า

ภาพที่ 38 เปรียบเทียบปริมาณการใช้น้ำของหญ้านวลน้อยจากถัง Lysimeter ถังที่ 4 (ET4) กับปริมาณการระเหยจากถาดวัดการระเหย Class A-pan (Epan) 34

ภาพที่ 39 เปรียบเทียบปริมาณการใช้น้ำของหญ้านวลน้อยจากถัง Lysimeter ถังที่ 1 (ET1) กับปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (ETo) 35

ภาพที่ 40 เปรียบเทียบปริมาณการใช้น้ำของหญ้านวลน้อยจากถัง Lysimeter ถังที่ 2 (ET2) กับปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (ETo) 35

ภาพที่ 41 เปรียบเทียบปริมาณการใช้น้ำของหญ้านวลน้อยจากถัง Lysimeter ถังที่ 3 (ET3) กับปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (ETo) 36

ภาพที่ 42 เปรียบเทียบปริมาณการใช้น้ำของหญ้านวลน้อยจากถัง Lysimeter ถังที่ 4 (ET4) กับปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (ETo) 36

ภาพที่ 43 เปรียบเทียบปริมาณการระเหยจากถาดวัดการระเหย Class A-pan (Epan) กับปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (ETo) 37

ภาพที่ 44 แนวโน้มปริมาณการระเหยจากถาดวัดการระเหย Class A-pan (Epan) กับปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (ETo) 38

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มา

เนื่องจากทำการติดตั้งถัง Lysimeter แบบระบายน้ำที่บริเวณแปลงทดลอง เพื่อต้องการทราบค่าจากการทดลองกับข้อมูลที่ได้จากเครื่องตรวจวัดอากาศอัตโนมัติที่คำนวณจากสูตร Penman-Monteith และค่าจากถาดวัดการระเหย Class A-pan ว่าค่าที่ได้มีความใกล้เคียงกันหรือไม่

พืชอ้างอิงที่ใช้ คือ หญ้านวลน้อย เป็นพืชคลุมดินเป็นหญ้าที่นิยมนำมาปลูกกลางแจ้งมากที่สุดในประเทศไทย ชอบความชื้นสูงสามารถปรับสภาพแวดล้อมได้ดีทนร้อนและแห้งแล้งได้ดี ใบสีเขียวเข้มมีขนเล็กๆ ใบแคบเรียวยาวสามารถขึ้นได้ดีในดินเกือบทุกชนิดไม่ว่าจะเป็นดินเหนียวหรือดินปนทรายหญ้านวลน้อยขยายพันธุ์โดยการเพาะเมล็ดและการปักชำที่ลำต้น เนื่องจากเป็นหญ้าที่ขึ้นได้ง่ายและเจริญเติบโตเร็ว

1.2 วัตถุประสงค์

1. วัดปริมาณการใช้น้ำของหญ้านวลน้อยโดย Lysimeter แบบระบายน้ำ
2. เปรียบเทียบค่าการใช้น้ำของพืชระหว่างข้อมูลที่ได้จาก Lysimeter แบบระบายน้ำ กับปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง โดยใช้สูตร Penman-Monteith และปริมาณการระเหยจากถาดวัดการระเหย Class A-pan

1.3 ขอบเขตการศึกษา

เป็นการเปรียบเทียบปริมาณการใช้น้ำของหญ้านวลน้อยระหว่างวัดโดยใช้ถัง Lysimeter แบบระบายน้ำ กับถาดวัดการระเหย Class A-Pan และคำนวณหาปริมาณการใช้น้ำของพืชจากสูตร Penman-Monteith โดยใช้ข้อมูลที่ได้จากเครื่องตรวจวัดอากาศอัตโนมัติ พืชอ้างอิงที่ใช้ คือ หญ้านวลน้อย ระยะเวลาในการเก็บข้อมูล 7 สัปดาห์ ตั้งแต่วันที่ 7 กุมภาพันธ์ 2555 ถึง วันที่ 26 มีนาคม 2555

บทที่ 2

การตรวจเอกสาร

ในการศึกษาปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิงจะต้องมีการศึกษารายละเอียดเนื้อหาส่วนที่เกี่ยวข้อง ซึ่งในบทนี้จะกล่าวถึง พืชอ้างอิง น้ำในดิน ความชื้นในดิน การหาปริมาณการใช้น้ำของพืชโดยใช้สมการ Penman–Monteith วิธีสมดุลของน้ำและการหาปริมาณการระเหยจากถาดวัดการระเหย

2.1 พืชอ้างอิง

การคายระเหยของพืชอ้างอิงหรือปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (Reference Crop Evapotranspiratioon, ET หรือ ETo) เป็นอัตราการคายน้ำรวมกับการระเหยจากพื้นผิวที่มีหญ้าสูง 8 ถึง 15 เซนติเมตร ปกคลุมสม่ำเสมอ ซึ่งหญ้านี้จะต้องเป็นช่วงกำลังเจริญเติบโต ปกคลุมเต็มผิวดินและอยู่ในสภาพไม่ขาดน้ำ (Dorenbos et al.,1977)

พืชอ้างอิง (Reference Crop) เป็นพืชที่มีความสูง 0.12 ม. มีค่าความต้านทานผิวคงที่ (Surface Resistance) 70 $s.m^{-1}$ และมีค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อน (Albedo) 0.23 (Allen et al.,1998)

หญ้านวลน้อย (Manila Grass) ชื่อวิทยาศาสตร์ Zeysiamatrella Merr หญ้านวลน้อยเป็นหญ้าพื้นเมืองของไทย ซึ่งความจริงแล้วชื่อภาษาอังกฤษที่ควรจะเป็น Bangkok Grass แต่ที่ได้ชื่อว่า Manila Grass นั้น เนื่องมาจากว่า Dr. C V piper ซึ่งเป็นผู้หนึ่งในบรรดาผู้บุกเบิกงานด้านสนามหญ้าของสหรัฐอเมริกา ได้นำพันธุ์ไปจากมะนิลาเมืองหลวงของฟิลิปปินส์ ในปี 2454 จึงตั้งชื่อตามเมืองหลวงของประเทศนั้นไป บางประเทศว่าเป็นหญ้าพื้นเมืองของประเทศมาเลเซียซึ่งการที่มีหญ้านวลน้อยอยู่ในประเทศนั้น ๆ ก็เพราะนักศึกษาจากไทยไปเรียนวิชาการเกษตรที่ฟิลิปปินส์และประเทศมาเลเซีย ซึ่งมีอาณาเขตติดต่อกับประเทศไทย จึงทำให้หญ้านี้แพร่หลายไปนั่นเอง

หญ้านวลน้อยเป็นที่รู้จักของคนทั่ว ๆ ไป เพราะเป็นหญ้าที่นิยมปลูกกันมาก สามารถขึ้นในดินเกือบทุกชนิด ไม่ว่าจะเป็นดินเหนียวหรือดินร่วนปนทราย และยังปรับตัวให้เข้ากับสิ่งแวดล้อมได้ง่าย นอกจากนี้ยังทนต่อที่ร้อนและแห้งแล้ง หรือที่น้ำท่วมขังได้เป็นครั้งคราว จึงเป็นที่นิยมปลูกกันเป็นหญ้าที่จัดอยู่ในประเภทใกล้เคียงกับหญ้าญี่ปุ่น แต่มีใบใหญ่กว่าและการเจริญเติบโตเร็วกว่า ใบไม่แข็งกระด้างเหมือนหญ้าญี่ปุ่น หญ้าชนิดนี้ขึ้นง่ายและเจริญเติบโตเป็นแผ่นได้เร็วพอสมควร แต่มีช่อดอกค่อนข้างยาวและเห็นได้ชัด มีลักษณะ ดังนี้

1. ลำต้น จะตั้งและแข็งแรง มีลำต้นใต้ดินมาก ปลูกง่ายแตกกอได้เร็ว มีปล้องสั้น และลำต้นยืดหยุ่นตัวดี

2. ใบมีขนาดปานกลาง สีเขียวอ่อน ใบจะยืดหยุ่นตัวดีเช่นกันในเวลาที่เหยียบย่ำ เวลาเดินแล้วจะนุ่มเท้า ขึ้นคลุมดินได้แน่นดี ใบนุ่มกว่าหญ้าญี่ปุ่น และไม่ระคายเคืองผิวหนัง เมื่อตัดเรียบร้อยดูคล้ายพรม

3. ช่อดอกจะค่อนข้างยาว และดอกมีสีน้ำตาลดำเห็นได้ชัดในเวลาออกดอก

หญ้านวลน้อย ชอบขึ้นในที่กลางแจ้ง แต่ในที่ร่มรำไรที่มีแสงแดดพอเพียงก็สามารถขึ้นได้ ถ้าไม่ตัดหญ้านี้จะสูงประมาณ 6 นิ้ว เป็นหญ้าที่ทนต่อการเหยียบย่ำ ทนต่อความแห้งแล้งหรือน้ำขังเป็นครั้งคราว ตลอดจนทนต่ออุณหภูมิสูงได้ดีแต่ในฤดูแล้งต้องหมั่นรดน้ำอยู่เสมอ มิฉะนั้นใบจะเหลืองแต่ไม่ถึงกับตาย นอกจากนี้ยังทนต่อดินเค็มได้บ้าง รวมทั้งยังต้านทานต่อโรคแมลงได้ดีใช้ทำสนามหญ้าทั่วไป เช่น สนามกีฬา สนามเด็กเล่น สวนสาธารณะ สถานที่ราชการ สวนหย่อมในบริเวณบ้าน โรงแรม สวนอาหาร บริษัทห้างร้านใหญ่ ๆ ในสนามกอล์ฟ ใช้ทำกรีนเพราะเป็นหญ้าที่ทนการเหยียบย่ำ รวมทั้งเป็นหญ้าที่ดูแลรักษาง่ายกว่าหญ้าชนิดอื่น ๆ

ข้อดี เป็นหญ้าที่ปลูกแล้วใช้ประโยชน์ได้ทั่วไป ใบมีขนาดกลางและนุ่มเท้าทนต่อการเหยียบย่ำ ทนแล้ง และทนร่มบ้าง การดูแลรักษาก็ง่ายกว่าหญ้าชนิดอื่น ๆ

ข้อเสีย ถ้าปล่อยให้หญ้าออกดอก ดอกของหญ้าเมื่อแก่จะเป็นสีดำ ดูแล้วสนามไม่สวย ถ้าปลูกในที่มีร่มเงามากเกินไปจะไม่ได้ผล เพราะต้นหญ้าจะยาวมาก

2.2 น้ำในดิน

วิบูลย์ (2526), คณาจารย์ภาคปฐพีวิทยา (2541) กล่าวว่า การที่พืชจะเจริญเติบโตได้อย่างเต็มที่นั้นพืชจะต้องดูดน้ำจากดินได้มากพอ ดังนั้นจึงเป็นที่ต้องทราบว่า ดินชนิดหนึ่ง ๆ นั้นมีความสามารถเก็บน้ำไว้ได้มากน้อยเพียงไร พืชนำไปใช้ประโยชน์ได้อย่างแท้จริงเท่าไร ตลอดจนกระทั่งต้องทราบว่าน้ำเคลื่อนที่ในดินอย่างไร และจะให้น้ำแก่ดินเพื่อจะให้ดินนั้นมีความชื้นพอเหมาะอย่างไร

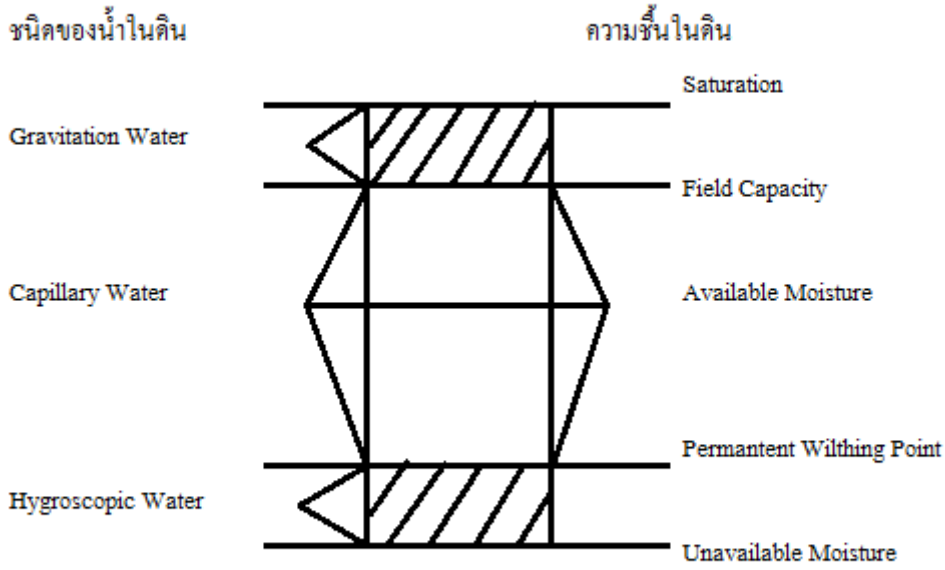
2.2.1 ชนิดของน้ำในดิน

การเรียงตัวของเมล็ดดินทำให้เกิดช่องว่างที่มีขนาดและรูปทรงต่าง ๆ ขึ้น เมื่อฝนตกหรือให้น้ำแก่พืช น้ำจะแทรกเข้าไปในช่องว่างเหล่านี้ และเกาะติดอยู่กับเมล็ดดินด้วยแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลของดินกับโมเลกุลของน้ำ (Adhesive Force) และยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลของน้ำเข้าด้วยกัน (Cohesive Force)สามารถแบ่งชนิดของน้ำตามความสามารถของดินที่ยึดน้ำไว้ได้ 3 ชนิด ดังแสดงในภาพที่ 2 ตามระดับของระดับน้ำที่ถูกดินดูดยึดไว้ตั้งแต่ชั้นนอกเข้าไปในดินที่ติดกับเม็ดดิน คือ

- น้ำอิสระ (Gravitational Water หรือ Free Water) เนื่องจากว่าสสารทุกอย่างที่อยู่บนโลกจะถูกแรงดึงดูดของโลกกระทำตลอดเวลา รวมทั้งน้ำที่ขังอยู่ในช่องระหว่างเม็ดดิน ในช่องว่างขนาดเล็ก ถ้าผลรวมของแรงยึดเหนี่ยวระหว่างน้ำต่อน้ำและดินต่อดินน้อยกว่าแรงดึงดูดของโลก (หรือน้ำที่ได้รับแรงเหนี่ยวรั้งจากอนุภาคดินน้อยมาก) น้ำก็จะไหลจากที่สูงลงสู่ที่ต่ำ ด้วยสาเหตุดังกล่าวจึงเรียกว่า น้ำอิสระ

- น้ำซับ (Capillary Water) น้ำที่เกิดขึ้นในสภาพที่เมื่อฝนหยุดตกหรือหยุดให้น้ำแก่พืช น้ำถูกระบายสู่ส่วนล่างซึ่งใช้เวลาประมาณ 24-48 ชั่วโมง ความชื้นของน้ำซับนี้อนุภาคของดินมีแรงดึงต่อน้ำประมาณ 1/3 บาร์ และเรียกความชื้นในขณะนี้ว่า ความชื้นชลประทาน

- น้ำเยื่อ (Hygroscopic Water) เป็นน้ำที่เกาะติดหรือชิดกับอนุภาคของผิวดินและปรากฏในชั้นที่บางมากที่พืชไม่สามารถนำมาใช้ได้แรงดึงดูดยึดอนุภาคของดินมีประมาณ 31 บาร์



ภาพที่ 1 การจำแนกชนิดของน้ำในดินและความชื้นในดิน

2.3 ความชื้นในดิน

การจำแนกประเภทความชื้นในดิน สามารถจำแนกได้ 5 ชนิด ดังแสดงในภาพที่ 2 ได้แก่

2.3.1 ความชื้นชลประทาน (Field Capacity)

หลังจากน้ำอิสระได้ถูกระบายออกจากช่องว่างขนาดใหญ่หมดแล้วความชื้นในดินก็จะมีการเปลี่ยนแปลงน้อยลง จะคงเหลืออยู่แต่ Capillary Water หรือปริมาณน้ำที่ดินสามารถดูดซับไว้เต็มที่ ซึ่งเรียกว่า ความชื้นชลประทาน (Field Capacity)

2.3.2 จุดเหี่ยวเฉาถาวร (Permanent Wilting Point)

ความชื้นในดินเมื่อพืชไม่สามารถดูดมาใช้ให้เพียงพอสำหรับการคายน้ำ และพืชเริ่มมีการเหี่ยวเฉาอย่างถาวร (Permanent Wilting Point) อาการเหี่ยวเฉาของพืชอาจเกิดขึ้นได้หลายครั้งก่อนจะถึงจุดที่พืชเหี่ยวเฉาอย่างถาวร หลังจากที่ความชื้นในดินลดลงจนถึงจุดเหี่ยวเฉาถาวรแล้ว พืชอาจจะยังดูดความชื้นจากดินได้แม้ว่าจะเป็นปริมาณที่ไม่มากนักก็ตาม กล่าวคือ ความชื้นที่ได้นี้ไม่พอที่จะทำให้พืชสามารถเจริญเติบโตขึ้น แต่ยังสามารถหล่อเลี้ยงชีวิตของพืชอยู่ได้ ถ้าหากไม่ให้น้ำแก่พืชน้ำในดินจะเหลือแต่น้ำเยื่อ (Hygroscopic Water) ซึ่งพืชไม่สามรถดูดไปใช้ได้และจะตายในที่สุด

ความชื้นของดินที่มีแต่น้ำเยื่อเหลืออยู่นี้เรียกว่าเป็นความชื้นที่ Ultimate Wilting Point ความชื้นในดินจากจุดเหี่ยวเฉาถาวรถึง Ultimate Wilting Point เรียกว่า Wilting Range ซึ่งเป็นความชื้นที่พืชเริ่มเหี่ยวเฉาจากใบที่แก่ที่สุดจนกระทั่งเหี่ยวหมดทั้งต้นเมื่อความชื้นในดินถึง Ultimate Wilting Point

2.3.3 ความชื้นที่เป็นประโยชน์ (Available Moisture)

ความชื้นในดินที่พืชนำไปใช้ในการเจริญเติบโตคือ Capillary Water ที่อยู่ระหว่าง Field Capacity และ Permanent Wilting Point ดังนั้นผลต่างระหว่างค่าความชื้นในดินทั้งสอง คือ ความชื้นที่เป็นประโยชน์ (Available Moisture)

2.3.4 ความชื้นที่ไม่เป็นประโยชน์ (Unavailable Moisture)

ความชื้นที่ดินดูดยึดไว้ด้วยพลังงานที่มากกว่าที่จะให้พืชดูดไปใช้ในอัตราที่ทัดเทียมกับอัตราการระเหยน้ำของพืชได้

2.3.5 ความชื้นเกินจำเป็น (Superfluous Moisture)

ความชื้นส่วนที่เกินอำนาจการดูดยึดตามปกติของดิน ซึ่งโดยปกติขังอยู่ในที่ว่างขนาดใหญ่ที่เป็นที่อยู่ของอากาศ และเมื่อมีโอกาสจะเคลื่อนพ้นบริเวณที่รากพืชลึกลงไปในหน้าดิน โดยอิทธิพลแรงดึงดูดของโลก

2.4 การหาปริมาณการใช้น้ำของพืช

วิบูลย์ (2526) กล่าวว่า ปริมาณการใช้น้ำของพืชขึ้นอยู่กับองค์ประกอบที่สำคัญ 4 อย่าง ด้วยกัน คือ สภาพภูมิอากาศรอบ ๆ ต้นพืช ชนิด และอายุของพืชเอง จำนวนความชื้นและคุณสมบัติของดิน และองค์ประกอบอื่น ๆ การที่จะวัดการใช้น้ำของพืชแต่ละชนิดในสภาพภูมิอากาศ ดิน ฯลฯ นั้นเป็นสิ่งที่ทำได้ยากและจะต้องทำการวัดมากมายไม่มีที่สิ้นสุด นักวิทยาศาสตร์จึงได้พยายามหาวิธีที่ง่ายกว่าการวัดโดยตรงทางออกที่เลือกใช้คือ

1. เลือกกำหนดพืชมาชนิดหนึ่งเจริญงอกงามได้ตลอดปีและมีอัตราการใช้น้ำที่ไม่ขึ้นอยู่กับอายุ

2. กำหนดให้ดินมีความชื้นสูงตลอดเวลาเพื่อทำให้คุณสมบัติของดินอย่างอื่น เช่น เนื้อดิน ความเข้มข้นของเกลือในดินในเกณฑ์ปกติ และความสามารถเก็บน้ำไว้ให้พืชใช้ ฯลฯ ให้คุณสมบัตินั้นหมดความสำคัญต่อการใช้น้ำไป

พืชมีคุณสมบัติตรงตามความต้องการในข้อแรกมากที่สุด คือ หญ้า ต่อมาได้มีการเลือกใช้พืชอื่นอีก เช่น อัลฟัลฟา สำหรับองค์ประกอบอื่นๆ ที่มีผลต่อการใช้น้ำของพืช เช่น วิธีการให้น้ำและการไถพรวนดินก็มิใช่องค์ประกอบที่มีความสำคัญมากเหมือน 3 อย่างแรก ดั้งนั้นการใช้น้ำของพืชที่เลือกไว้เมื่อดินมีความชื้นสูงตลอดเวลาก็ขึ้นอยู่กับสภาพภูมิอากาศเพียงอย่างเดียว

การใช้น้ำของพืชอ้างอิงที่เลือกไว้เมื่อปลูกในดินที่มีความชื้นสูงพอตลอดเวลา เพื่อให้อัตราการใช้น้ำขึ้นอยู่กับสภาพอากาศเพียงอย่างเดียวนี้เรียกว่า การใช้น้ำของพืชอ้างอิง หรือ Reference Evapotranspiration และนิยมใช้ตัวย่อว่า ETo

การที่ปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิงขึ้นอยู่กับสภาพภูมิอากาศรอบ ๆ ต้นพืชเพียงอย่างเดียวนี้ ทำให้นักวิทยาศาสตร์สามารถคิดสูตรการคำนวณ ETo โดยใช้ข้อมูลสภาพภูมิอากาศได้มากมาย และเมื่อต้องการทราบการใช้น้ำของพืชชนิดอื่นที่มิใช่พืชอ้างอิงก็คำนวณได้สมการที่ 1

$$ETc = Kc \times ETo \qquad \text{(สมการที่ 1)}$$

โดย ETc = ปริมาณการใช้น้ำของพืช (Crop Evapotranspiration) หน่วย mm/day

Kc = สัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช (Crop Coefficient)

ETo = ปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (Reference Evapotranspiration) หน่วย mm/day

2.4.1 สมการของ FAO Penman-Monteith

เอกสิทธิ์ (2551) กล่าวว่า สมการของ Penman ได้เสนอไว้ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1948 โดย Penman ได้พัฒนาสมการโดยการผสมผสานวิธีการคำนวณการระเหยของน้ำตามหลักสมดุลพลังงานที่พื้นผิว (Surface Energy Balance) เข้ากับวิธีการคำนวณการระเหยของน้ำตามหลักการถ่ายเทมวลสาร (Mass Transfer) สมการดั้งเดิมของ Penman นั้นพัฒนาขึ้นเพื่อใช้ในการคำนวณการระเหยของน้ำจากผิวน้ำ

สมการของ Penman มีการปรับปรุงมาตลอดช่วงเวลา 60 กว่าปีที่ผ่านมา โดยสมการของ Penman- Monteith (Monteith, 1956) ได้มีการพัฒนาสมการของ Penman (1948) เพิ่มเติม โดยสามารถเขียนเป็นสมการ ได้ดังนี้

$$ETo = \frac{0.408\Delta(Rn-G)+\gamma\frac{900}{T+273}u_2(es-ea)}{\Delta+\gamma(1+0.34u_2)} \quad \text{(สมการที่ 2)}$$

สมการ FAO Penman–Monteith ประกอบด้วย พารามิเตอร์ ดังนี้

ETo = ปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง [mm/day^{-1}]

R_n = พลังงานการแผ่รังสีดวงอาทิตย์สุทธิที่พื้นที่ผิว [MJ m^{-2}day^{-1}]

G = พลังงานความร้อนที่ถ่ายลงดิน [MJ m^{-2}day^{-1}]

T = อุณหภูมิอากาศ [°C]

U_2 = ความเร็วลมที่ระดับความสูง 2เมตรจากผิวดิน [ms^{-1}]

es-ea = ผลต่างระหว่างความดันไอน้ำอิ่มตัว (es) กับความดันไอน้ำจริงในอากาศ (ea) [kPa]

Δ = ความชันของโค้งของความดันไอน้ำอิ่มตัวหรือโค้งความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ และแรงดันไอน้ำ [kPa°C^{-1}]

γ = ค่าคงที่ของเทอมความชื้น (Psychrometric Constant) [kPa°C^{-1}]

2.4.2 การประมาณปริมาณการใช้น้ำของพืชจากปริมาณการระเหยจากถาดวัด

เอกสิทธิ์ (2551) กล่าวว่า ถาดวัดการระเหยเป็นเครื่องมือหลักของการประมาณปริมาณการใช้น้ำของพืช จากปริมาณการระเหยจากถาดวัด (ET Estimated from Pan Evapotranspiration) โดยถาดวัดการระเหยนั้นมีอยู่หลายรูปแบบ ในที่นี้ใช้ถาดวัดการระเหยแบบ Class A ดังแสดงในภาพที่ 3 ที่ใช้งานในสถานีตรวจอากาศของสถานีอุตุนิยมวิทยานครปฐม เป็นถาดวัดการระเหยแบบ Class A ซึ่งเป็นมาตรฐานของ องค์กรอุตุนิยมวิทยาโลก (World Meteorological Organization,WMO)

ค่าปริมาณการระเหย น้ำที่วัดได้จากถาดวัดการระเหยยังไม่เป็นค่าเดียวกับปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (ETo) เนื่องจากลักษณะทางกายภาพของถาดวัดการระเหยกับลักษณะของพื้นผิวอ้างอิงมีความแตกต่างกันอาทิ ค่าการสะท้อนพื้นผิว (Albedo) ของน้ำในถาด ซึ่งมีค่าประมาณ 0.05 ถึง 0.08 ในขณะที่พืชพรรณทั่วไป มีค่าการสะท้อนพื้นผิวประมาณ 0.20 ถึง 0.25 (พืชอ้างอิง เท่ากับ 0.23) ดังนั้น จึงเป็นผลทำให้น้ำในถาดวัดการระเหยจะได้รับพลังงานสุทธิมากกว่า เนื่องจากมีการสะท้อนพลังงานออกไปน้อยกว่า นอกจากนี้ การกักเก็บความร้อนของน้ำในถาดวัดมีผลทำให้น้ำยังคงมีการระเหยต่อเนื่อง แม้ว่าในช่วงที่ไม่มีแหล่งพลังงานแสงอาทิตย์ อาทิ ในเวลากลางคืน ซึ่งต่างกับพืชส่วนใหญ่ที่มีการคายน้ำในเวลากลางวันเท่านั้น

ดังนั้น ในคู่มือ FAO – 24 จึงได้แนะนำค่าปรับแก้สำหรับการหาการใช้น้ำของพืชอ้างอิงจากข้อมูลของถาดวัดการระเหยดังสมการที่ 3 ซึ่งจะกล่าวในรายละเอียดของถาดวัดการระเหยแบบมาตรฐาน Class A

$$ETo = kp \times Epan \qquad \text{(สมการที่ 3)}$$

โดย ETo = การคายระเหยอ้างอิง (Reference Evapotranspiration)

Epan = การคายระเหยจากถาดวัด (Pan Coefficient)

Kp = สัมประสิทธิ์ถาดวัดการระเหย (Pan Coefficient)

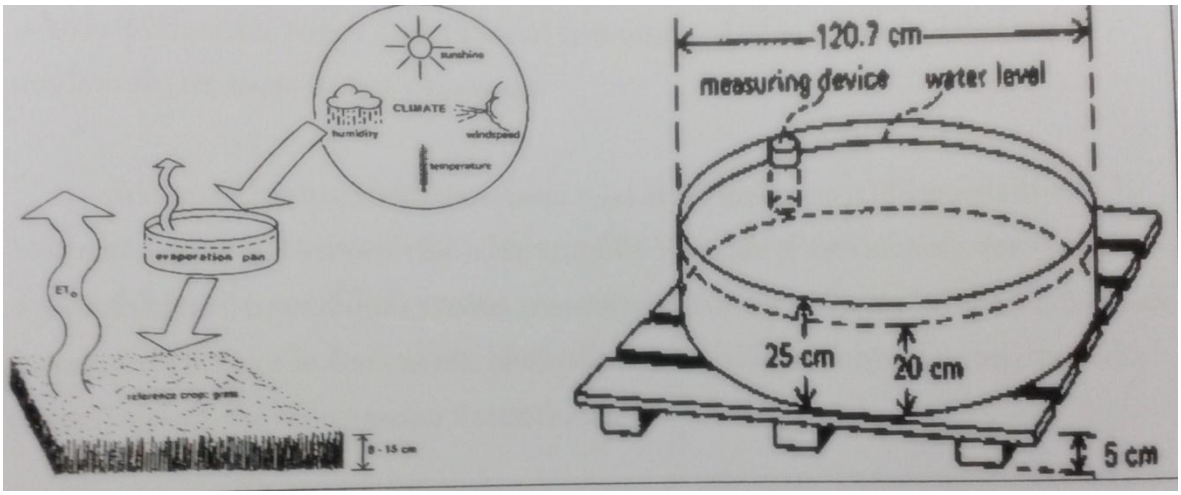
การหาค่าสัมประสิทธิ์ปรับแก้ของถาดวัดการระเหย (kp) จะพิจารณาปัจจัย 3 ประการ ได้แก่ สิ่งแวดล้อมรอบ ๆ บริเวณที่ถาดตั้งอยู่ (Fetch [m]) ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย (RHmean[%]) และความเร็วลมที่ระดับ 2 เมตร ($U_2[ms^{-1}]$)

สิ่งแวดล้อมรอบๆ บริเวณที่ถาดตั้งอยู่ (Fetch) เป็นปัจจัยหนึ่งซึ่งมีผลต่อปริมาณการระเหยของถาดเป็นอย่างมาก สามารถแยกได้เป็น 2 กรณี คือ

1. Case A เป็นกรณีที่ถาดตั้งในสิ่งแวดล้อมที่ชุ่มชื้น (Pan placed in short green cropped area) มีพืชพรรณในบริเวณใกล้เคียงเป็นระยะทางเท่ากับ Fetch

2. Case B เป็นกรณีที่ถาดตั้งในสิ่งแวดล้อมที่แห้งแล้ง (Pan placed in dry follow area) ซึ่งมีผลทำให้การระเหยจากถาดมีค่าสูงมากขึ้น

โดยปกติแล้วข้อมูลของสิ่งแวดล้อมรอบถาดวัดการระเหย หรือ Fetch มักจะไม่สามารถหาได้ในทางปฏิบัติ การประมาณค่าสัมประสิทธิ์ถาดวัดการระเหย เฉพาะกรณีของประเทศไทย การเลือก Case A ค่อนข้างสมเหตุผลกว่า เนื่องจากประเทศไทยอยู่ในเขตชุ่มชื้น และบริเวณที่ตั้งถาดวัดการระเหยมักจะมีพื้นที่เพาะปลูกอยู่ใกล้เคียง



ภาพที่ 2 ถาดวัดการระเหยแบบ Class A

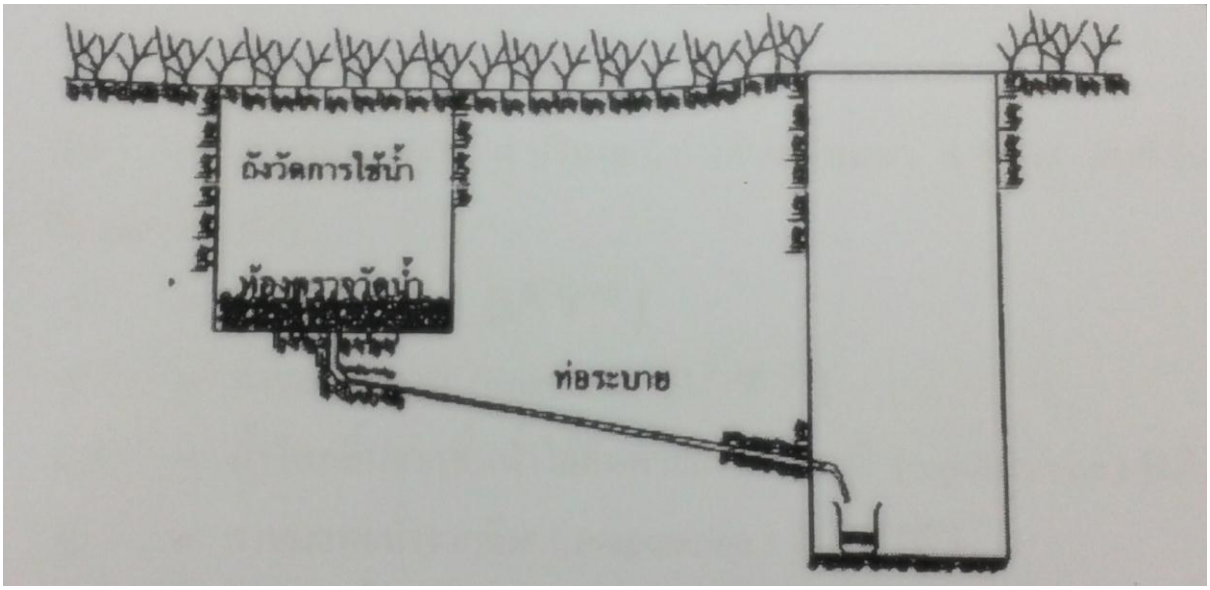
2.4.3 ถังวัดการใช้น้ำของพืช (Lysimeters)

วิบูลย์ (2526) กล่าวว่า ถังวัดการใช้น้ำของพืช (Lysimeters) เป็นถังวัดที่ใช้วัดการใช้น้ำด้วยความแตกต่างระหว่างปริมาณน้ำที่เข้าและระบายน้ำออกจากถัง รวมกับความแตกต่างของจำนวนความชื้นของดินในถัง เมื่อเริ่มต้นและสิ้นสุดระยะเวลาที่ทำการวัด ความละเอียดถูกต้องของถังนี้ขึ้นอยู่กับความสามารถในการหาจำนวนความชื้นของดินในถัง ไม่มีขีดจำกัดเรื่องขนาด เช่น ถังวัดการใช้น้ำแบบระบายน้ำ (Percolation Type) เป็นต้น โดยถังวัดการใช้น้ำของพืชมีหลายประเภทได้แก่

- ประเภทวัดโดยไม่เกี่ยวข้องกับน้ำหนัก (Non-Weighing Lysimeters) ได้แก่ ถังวัดการใช้น้ำแบบระบายน้ำ (Percolation Type) ถังวัดการใช้น้ำแบบน้ำใต้ดินคงที่ (Constant Water Table Type) ถังวัดการใช้น้ำของข้าว (Rice Lysimeters)

- ประเภทการวัดโดยเกี่ยวข้องกับน้ำหนัก (Weighing Lysimeters) ได้แก่ ถังวัดการใช้น้ำแบบชั่งด้วยเครื่องชั่ง (Mechanically Weight Type) ถังวัดการใช้น้ำแบบทุ่นลอย (Float Lysimeters) ถังวัดการใช้น้ำแบบไฮโดรลิค (Hydrualic Weight Type)

ถังวัดการใช้น้ำแบบระบายน้ำ (Percolation Type) เป็นถังวัดปริมาณการใช้น้ำของพืชที่นิยมใช้ในทางด้านชลประทาน หลักการของถังวัดการใช้น้ำแบบนี้คือ วัดการใช้น้ำด้วยความแตกต่างของจำนวนความชื้นของดินในถัง เมื่อเริ่มต้นและสิ้นสุดระยะเวลาที่ทำการวัด ข้อเสียของการใช้เครื่องมือแบบนี้ มีค่าใช้จ่ายในการลงทุนครั้งแรกสูง และจะต้องระมัดระวังเกี่ยวกับตัวถังที่มีการผุกร่อน ดังแสดงในภาพที่ 3



ภาพที่ 3 ถังวัดการใช้น้ำของพืช (Lysimeter) แบบระบายน้ำ (Percolation Type)

2.5 สมดุลน้ำในดิน (Soil Water Balance)

เอกสิทธิ์ (2551) กล่าวว่า วิธีสมดุลน้ำในดินใช้หลักการของการอนุรักษ์มวลสาร (Conservation of Mass) ซึ่งถือว่าอัตราการเปลี่ยนแปลงของน้ำในระบบที่พิจารณา (Changes in Storage) เท่ากับ ผลต่างระหว่างน้ำที่ไหลเข้ากับน้ำที่ไหลออกจากระบบที่พิจารณา

$$\text{Changes in Storage} = \text{Input} - \text{Output}$$

การกำหนดขอบเขตของระบบที่พิจารณาเป็นขั้นตอนแรกของการวิเคราะห์สมดุลน้ำในเขตรากพืช พิจารณาระบบซึ่งขอบเขตด้านบนจากผิวดิน ครอบคลุมจนถึงขอบเขตด้านล่างที่ความลึกของ

เขตรากพืช การเปลี่ยนแปลงปริมาณของน้ำ คือ การเปลี่ยนแปลงความชื้นตลอดความลึกในเขตราก น้ำที่เข้ามาในระบบ ประกอบด้วย น้ำฝน (Rainfall) น้ำชลประทาน (Irrigation) น้ำท่าผิวดินที่ไหลเข้า (Surface Runoff) น้ำไหลเข้าทางใต้ผิวดิน (Subsurface Inflow) น้ำไหลขึ้นจากชั้นน้ำใต้ผิวดินด้วยแรงคาปิลารี (Capillary Rise) ส่วนน้ำที่ไหลออกจากดิน ประกอบด้วย การระเหยจากดิน (Evaporation) การคายน้ำจากพืช (Transpiration) น้ำท่าผิวดินไหลออก (Surface Runoff) น้ำไหลออกจากใต้ผิวดิน (Subsurface Outflow) และน้ำซึมผ่านดินลึกลงในดิน (Deep Percolation)

จากองค์ประกอบสมดุลน้ำข้างต้นสามารถเขียนได้ดัง สมการที่ 4

$$\frac{\Delta S}{\Delta t} = P + Ir + CR - E - T - DP + \Delta RO + \Delta SF \quad \text{(สมการที่ 4)}$$

โดย $\frac{\Delta S}{\Delta t}$ = อัตราการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำที่มีอยู่ในดินเทียบกับเวลา

Δt = เป็นช่วงระยะเวลาที่พิจารณา [T]

ΔS = เป็นผลต่างระหว่าง ปริมาณน้ำในดินที่ขั้นเวลา t+Δt กับที่ขั้นเวลา t หรือ เท่ากับ $S_{t+\Delta t} - S_t$ [L^3]

P = น้ำฝน (Rainfall) [L^3T^{-1}]

Ir = น้ำชลประทาน (Irrigation) [L^3T^{-1}]

CR = น้ำไหลขึ้นจากชั้นน้ำใต้ดินด้วยแรงคาปิลารี (Capillary Rise) [L^3T^{-1}]

E = การระเหยของน้ำจากดิน (Evaporation) [L^3T^{-1}]

T = การคายน้ำจากพืช (Transpiration) [L^3T^{-1}]

DP = น้ำซึมลึกลงใต้ดิน (Deep Percolation) [L^3T^{-1}]

ΔRO = น้ำท่าผิวดินสุทธิ (Surface Runoff) คิดจากน้ำท่าผิวดินที่ไหลเข้าลบน้ำท่าผิวดินไหลออก [L^3T^{-1}]

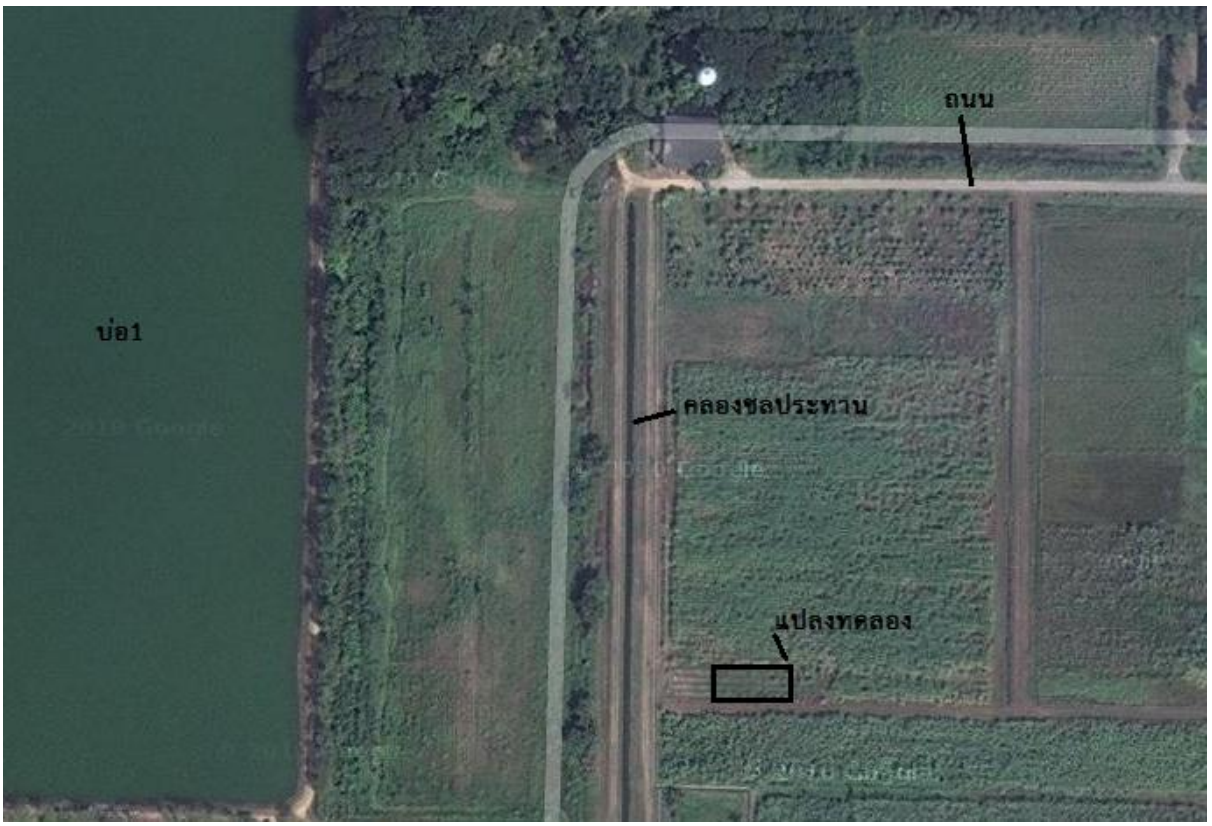
ΔSF = น้ำไหลใต้ผิวดินสุทธิ (Subsurface Outflow) คิดจากน้ำไหลเข้าทางใต้ผิวดินลบน้ำที่ไหลออกทางใต้ผิวดิน [L^3T^{-1}]

บทที่ 3

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

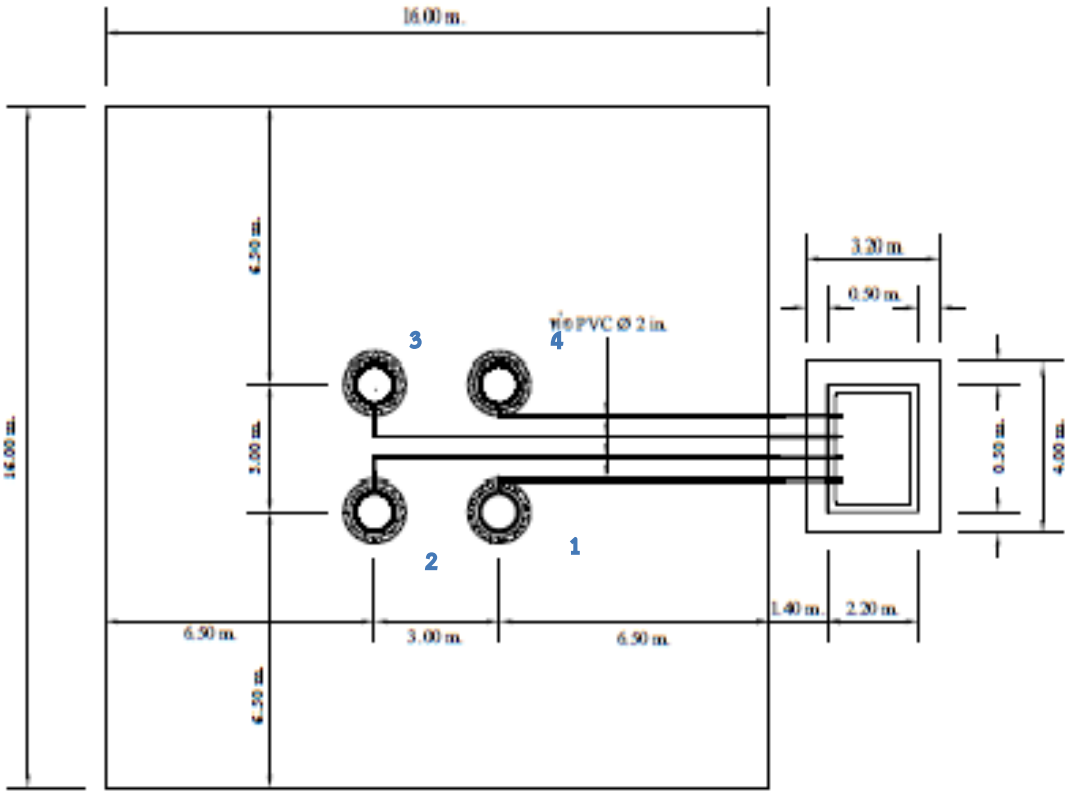
สำหรับการศึกษาในครั้งนี้เป็นการศึกษาปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง ซึ่งได้เลือกวิธีการศึกษาจากการใช้ถังวัดการใช้น้ำของพืช (Lysimeter) แบบระบายน้ำ เปรียบเทียบกับปริมาณการระเหยจากถาดวัดการระเหย Class A-pan และปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง ซึ่งใช้ข้อมูลจากสถานีอุตุนิยมวิทยานครปฐม ซึ่งในบทนี้จะกล่าวถึง สถานที่ตั้งแปลงทดลอง อุปกรณ์การทดลอง การติดตั้งถัง Lysimeter วิธีการทดลองและการเก็บผลการทดลอง

3.1 สถานที่ตั้ง



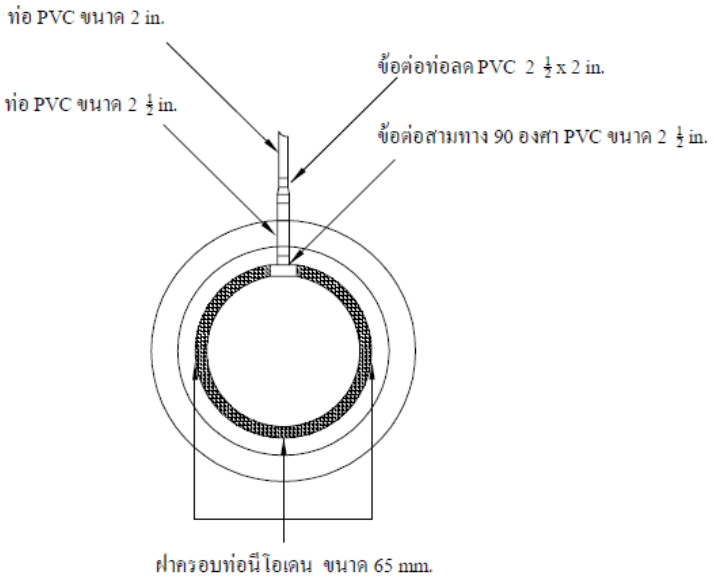
ภาพที่ 4 แปลงทดลองภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน

- Plan **พื้นที่ศึกษาทดลอง**

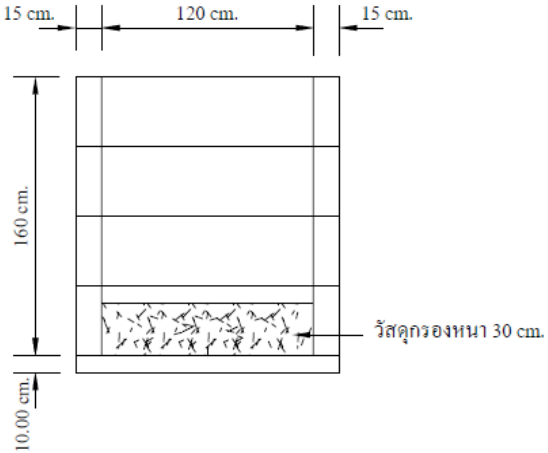


Plan มาตราส่วน 1 : 100

ภาพที่ 5 พื้นที่การทดลอง



ภาพด้านบน



ภาพด้านข้าง

แบบขยายถังLysimeter อัตราส่วน 1 : 25

ภาพที่ 6 แปลน Lysimeter

3.2 อุปกรณ์การทดลอง

ภาพที่ 7 Lysimeter แบบระบายน้ำ

ภาพที่ 8 ถังน้ำ

ภาพที่ 9 ถังตวง

ภาพที่ 10 สายยาง

ภาพที่ 11 Hook Gauge

ภาพที่ 12 ถาดวัดการระเหย Class A-Pan

3.3 การติดตั้ง Lysimeter แบบระบายน้ำ

3.3.1 เลือกและกำหนดพื้นที่

ภาพที่ 13 ลักษณะพื้นที่ที่ศึกษา

3.3.2 ขุดเพื่อฝังท่อ Lysimeter และห้องเก็บผล

ภาพที่ 14 ขุดฝัง

3.3.3 ปักไม้เป็นแนวกันดินสไลด์ตัว

ภาพที่ 15 ลักษณะการกันแนวสไลด์ตัวของดิน

3.3.4 สร้างแปลนวาง Lysimeter

ภาพที่ 16 ลักษณะการสร้างแปลนวาง Lysimeter

3.3.5 สร้างห้องเก็บผลและถัง Lysimeter

ภาพที่ 17 สร้างห้องเก็บผล

ภาพที่ 18 สร้างถัง Lysimeter

3.3.6 สูบน้ำออกจากพื้นที่ที่ทำการศึกษา และปรับพื้นที่ให้ได้ระดับความลาดเท

ภาพที่ 19 สูบน้ำออก

ภาพที่ 20 ปรับระดับความลาดเท

3.3.7 นำถัง Lysimeter และห้องเก็บผลลง แล้วกลบดิน

ภาพที่ 21 นำถัง Lysimeter และห้องเก็บผลลง แล้วกลบดิน

3.4 วิธีการทดลอง

3.4.1 การเตรียมแปลง

3.4.1.1 กำจัดวัชพืชในบริเวณแปลงทดลอง

3.4.1.2 ใส่ดินลงในถัง Lysimeter ให้มีสภาพใกล้เคียงกับชั้นดินในบริเวณแปลงทดลอง

3.4.1.3 ปรับพื้นที่บริเวณแปลงทดลองให้มีระดับต่ำกว่า Lysimeter ประมาณ 5 – 10 เซนติเมตร

ภาพที่ 22 ใส่ดินใน Lysimeter ให้มีสภาพใกล้เคียงชั้นดินเดิม

ภาพที่ 23 ปรับพื้นที่บริเวณแปลงทดลองให้มีระดับต่ำกว่า Lysimeter ประมาณ 5 – 10 เซนติเมตร

3.4.2 การปลูกหญ้านวลน้อย

3.4.2.1 นำหญ้านวลน้อยขนาดแผ่นละ 50 × 50 เซนติเมตร ปูลงในถังวัดการใช้น้ำของพืชจำนวน 4 ถังและบริเวณรอบถัง Lysimeter ห่างจากขอบถังด้านละ 2 เมตร เป็นพื้นที่ทั้งหมด 72.25 ตร.ม.

ภาพที่ 24 หญ้านวลน้อยขนาดแผ่นละ 50 × 50 เซนติเมตร ปูลงในถังวัดการใช้น้ำของพืชจำนวน 4 ถังและบริเวณรอบถัง Lysimeter ห่างจากขอบถังด้านละ 2 เมตร เป็นพื้นที่ทั้งหมด 72.25 ตร.ม.

3.4.3 ติดตั้งถาดวัดการระเหย Class A-pan ห่างจากขอบถัง Lysimeter 1 เมตร

ภาพที่ 25 ติดตั้งถาดวัดการระเหย

3.4.4 เก็บผล

3.4.4.1 เติมน้ำถาดวัดการระเหย Class A-pan อย่างน้อยสูงประมาณ 8 นิ้ว

ภาพที่ 26 เติมน้ำถาดวัดการระเหย Class A-pan ตามความเหมาะสม

3.2.4.2 รดน้ำหญ้านวลน้อยในถัง Lysimeter ทั้ง 4 ถัง (โดยวัดเป็นความลึกของน้ำจากถังน้ำ) และบริเวณแปลงทดลอง

ภาพที่ 27 รดน้ำหญ้านวลน้อยในถัง Lysimeter ทั้ง 4 ถัง

3.4.4.3 เก็บค่าปริมาณการระเหยจากถาดวัดการระเหย Class A-pan โดยใช้ Hook Gauge (วัดที่ระดับความสูงของน้ำ) และปริมาณน้ำที่ไหลออกจากถัง Lysimeter (วัดที่ระดับความสูงของน้ำ) ในวันถัดไป

ภาพที่ 28 วัดระดับน้ำ

3.4.4.4 ทำซ้ำตั้งแต่ข้อ 3.4.4.1 ถึง 3.4.4.3 เป็นประจำตลอด 7 สัปดาห์

3.4.5 คำนวณปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (ETo)

3.4.5.1 คำนวณปริมาณการใช้น้ำของหญ้านวลน้อย (ETo (lysimeter)) รายวัน

3.4.5.2 คำนวณปริมาณการใช้น้ำของพืช โดยใช้สูตร Penman-Monteith ซึ่งได้ข้อมูลจากเครื่องตรวจวัดอากาศอัตโนมัติ

3.4.5.3 คำนวณปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง โดยใช้สูตร Penman-Monteith ซึ่งใช้ข้อมูลจากสถานีอุตุนิยมวิทยานครปฐม โดยข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณ ประกอบด้วย

- อุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุด
- ความชื้นสัมพัทธ์สูงสุดและต่ำสุด
- ความยาวนานแสงแดด
- ความเร็วลม
- ปริมาณน้ำฝน
- ปริมาณการระเหย

3.2.5.4 เปรียบเทียบค่าปริมาณการใช้น้ำของพืชจากถัง Lysimeter แบบระบายน้ำกับ ปริมาณการใช้น้ำของพืช โดยใช้สูตร Penman-Monteith

บทที่ 4

ผลการทดลอง

จากการศึกษาปริมาณการใช้น้ำของพืช (Crop Evapotranspiration; ET) ตั้งแต่วันที่ 7 กุมภาพันธ์ 2555 ถึง 26 มีนาคม 2555 รวม 7 สัปดาห์ ซึ่งในที่นี้ใช้หญ้านวลน้อยในการทดลอง ซึ่งกล่าวถึงตารางสรุปปริมาณการใช้น้ำของหญ้านวลน้อย (ET) ปริมาณการระเหย Class A-pan (Epan) และปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (Reference Crop Evapotranspiration; ETo) รายวันและรายสัปดาห์ รวมถึงภาพการเปรียบเทียบปริมาณการใช้น้ำของหญ้านวลน้อย (ET) ปริมาณการระเหย Class A-pan (Epan) และปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (ETo)

ตารางที่ 1 สรุปปริมาณการระเหย Class A-pan (Epan) ปริมาณการใช้น้ำของหญ้านวลน้อย (ET) และปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (ETo) รายวัน บริเวณพื้นที่ที่ทำการศึกษา ตลอดระยะเวลา 7 สัปดาห์

Date	มม./วัน					
	Epan	ET1	ET2	ET3	ET4	ETo
7/2/2012	5.79	6.67	5.28	3.75	4.61	4.44
8/2/2012	5.59	5.28	4.61	3.75	3.33	4.30
9/2/2012	8.38	5.97	4.61	3.75	3.75	4.09
10/2/2012	3.40	5.47	4.61	4.61	4.61	4.32
11/2/2012	6.35	4.61	5.28	4.83	3.75	4.36
12/2/2012	7.11	5.47	5.61	5.28	4.39	3.47
13/2/2012	8.64	9.86	9.11	10.44	10.61	4.18
14/2/2012	8.59	10.61	10.44	9.39	9.83	4.35
15/2/2012	2.64	9.11	8.53	9.06	8.72	4.20
16/2/2012	5.72	9.83	9.03	9.67	9.22	4.13
17/2/2012	5.72	9.03	9.83	8.97	9.14	4.11
18/2/2012	3.86	9.19	9.81	9.19	9.19	2.02
19/2/2012	6.60	9.28	9.19	9.14	9.03	3.80
20/2/2012	4.98	9.19	9.14	9.19	8.94	4.29
21/2/2012	8.59	9.14	9.03	9.08	8.92	4.16
22/2/2012	4.22	9.03	8.83	8.92	9.03	4.36
23/2/2012	9.19	6.67	4.89	5.39	5.83	4.45
24/2/2012	6.10	5.28	3.75	4.61	3.75	4.72
25/2/2012	7.57	6.67	5.61	6.03	5.36	5.08
26/2/2012	7.11	5.61	5.56	6.03	6.03	4.89

ตารางที่ 1(ต่อ)

Date	มม./วัน					
	Epan	ET1	ET2	ET3	ET4	ETo
27/2/2012	5.84	5.64	5.17	5.69	5.83	5.03
28/2/2012	4.78	5.47	5.06	5.69	5.67	4.73
29/2/2012	6.25	5.22	4.89	5.53	5.42	4.96
1/3/2012	6.76	4.83	5.31	5.64	5.19	3.48
2/3/2012	7.01	4.67	5.28	5.69	5.58	3.16
3/3/2012	4.72	4.72	5.50	5.25	5.67	4.19
4/3/2012	7.49	5.11	5.78	5.44	4.92	4.00
5/3/2012	5.61	4.78	5.61	5.42	4.83	4.37
6/3/2012	6.65	5.19	5.25	5.58	5.44	4.44
7/3/2012	6.50	5.14	5.33	4.94	5.19	4.55
8/3/2012	2.90	5.14	5.28	5.14	5.00	4.63
9/3/2012	2.44	5.00	4.67	4.78	4.50	4.31
10/3/2012	2.59	5.08	4.78	4.89	4.75	4.27
11/3/2012	0.00	4.22	4.47	4.36	4.28	4.23
12/3/2012	3.76	4.17	4.31	4.11	4.14	3.64
13/3/2012	5.03	3.97	4.17	3.89	3.92	4.31
14/3/2012	6.30	4.42	4.50	4.36	4.31	4.62
15/3/2012	5.38	4.47	5.19	4.78	5.03	4.26
16/3/2012	6.65	4.94	5.28	5.14	4.83	4.31
17/3/2012	7.57	4.86	5.31	5.08	4.72	4.58
18/3/2012	7.42	4.67	5.19	4.86	5.11	2.18
19/3/2012	7.37	5.08	4.78	5.36	5.22	4.35
20/3/2012	7.72	5.00	4.69	5.03	5.08	4.82
21/3/2012	7.52	4.92	4.58	5.33	5.22	4.13
22/3/2012	7.47	4.75	4.64	5.08	5.00	4.63
23/3/2012	7.21	4.72	5.14	5.39	4.89	4.79
24/3/2012	6.81	4.64	4.81	5.03	5.31	4.89
25/3/2012	4.98	4.83	4.81	5.47	5.06	4.87
26/3/2012	4.78	5.00	5.06	5.25	4.94	4.70
Average	5.95	5.97	5.87	5.90	5.78	4.27

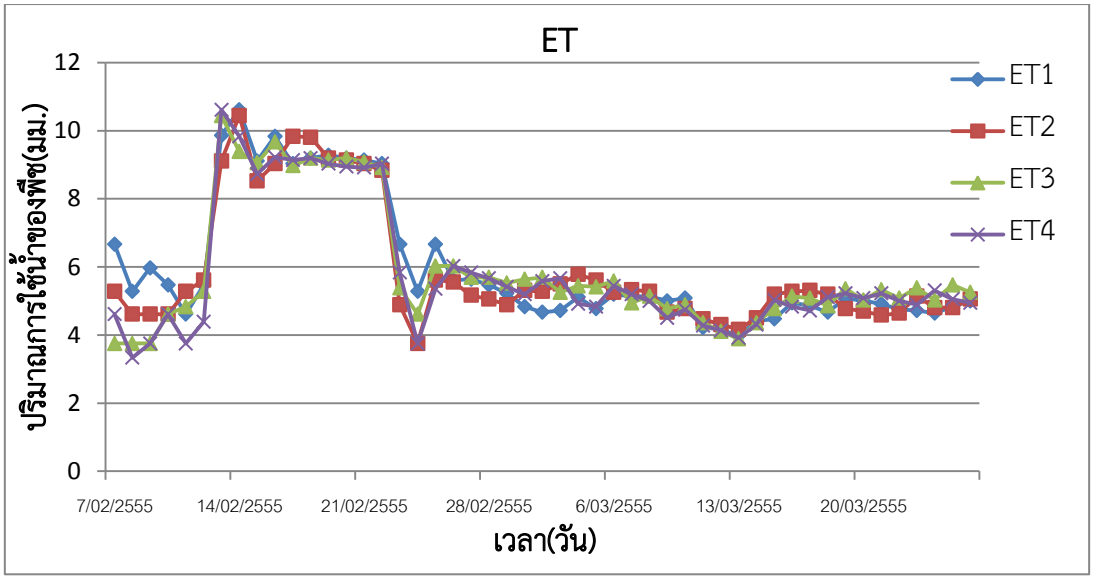
หมายเหตุ ถังวัดการใช้น้ำถังที่ 1 (ET1), ถังวัดการใช้น้ำถังที่ 2 (ET2), ถังวัดการใช้น้ำถังที่ 3 (ET3), ถังวัดการใช้น้ำถังที่ 4 (ET4)

จากตารางที่ 1 จะเห็นได้ว่าตลอดระยะเวลา 7 สัปดาห์ที่ได้ทำการทดลองและเก็บข้อมูล ค่าปริมาณการระเหยจากถาดวัดการระเหย Class A-pan (Epan) ค่าสูงสุดเท่ากับ 9.19 มิลลิเมตรต่อวัน ค่าต่ำสุดเท่ากับ 0.00 มิลลิเมตรต่อวัน เนื่องด้วยในวันที่ 11 มีนาคม 2555 มีฝนตกจึงไม่คิดปริมาณการระเหย และค่าเฉลี่ยตลอดทั้ง 7 สัปดาห์เท่ากับ 5.95 มิลลิเมตรต่อวัน ค่าปริมาณการใช้น้ำของหญ้านวลน้อย (ET) โดยปริมาณการใช้น้ำของหญ้านวลน้อยถังที่ 1 (ET1) มีค่าสูงสุดเท่ากับ 10.61 มิลลิเมตรต่อวัน ค่าต่ำสุดเท่ากับ 3.97 มิลลิเมตรต่อวัน และค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5.97 มิลลิเมตรต่อวัน ปริมาณการใช้น้ำของหญ้านวลน้อยถังที่ 2 (ET2) มีค่าสูงสุดเท่ากับ 10.44 มิลลิเมตรต่อวัน ค่าต่ำสุดเท่ากับ 3.75 มิลลิเมตรต่อวัน และค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5.87 มิลลิเมตรต่อวัน ปริมาณการใช้น้ำของหญ้านวลน้อยถังที่ 3 (ET3) มีค่าสูงสุดเท่ากับ 10.44 มิลลิเมตรต่อวัน ค่าต่ำสุดเท่ากับ 3.75 มิลลิเมตรต่อวัน และค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5.90 มิลลิเมตรต่อวัน และปริมาณการใช้น้ำของหญ้านวลน้อยถังที่ 4 (ET4) มีค่าสูงสุดเท่ากับ 10.61 มิลลิเมตรต่อวัน ค่าต่ำสุดเท่ากับ 3.33 มิลลิเมตรต่อวัน และค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5.78 มิลลิเมตรต่อวัน ซึ่งจะเห็นได้ว่าช่วงวันที่ 13 กุมภาพันธ์ 2555 ถึง 22 กุมภาพันธ์ 2555 มีปริมาณน้ำออกจากถังมากกว่าปกติ จึงทำมีค่าปริมาณการใช้น้ำน้อยกว่าปกติ ทั้งนี้อันเนื่องมาจากความผิดพลาดของอุปกรณ์ และค่าปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (ETo) มีค่าสูงสุดเท่ากับ 5.08 มิลลิเมตรต่อวัน ค่าต่ำสุดเท่ากับ 2.02 มิลลิเมตรต่อวัน และค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.27 มิลลิเมตรต่อวัน

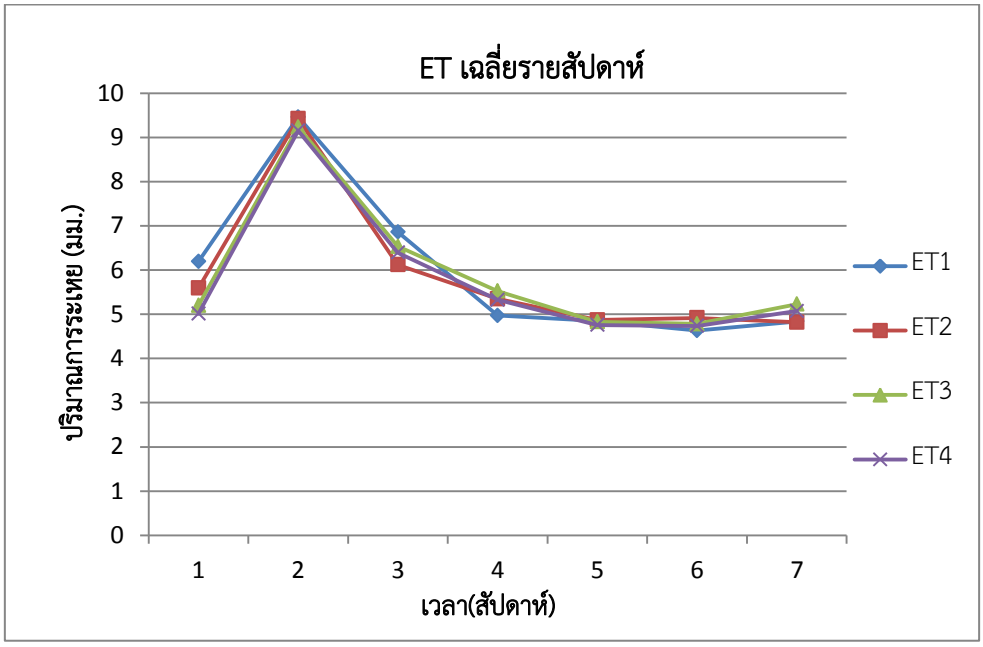
ตารางที่ 2 สรุปปริมาณการระเหยของถาดวัดการระเหย Class A-pan (Epan) ปริมาณการใช้น้ำของหญ้านวลน้อย (ET) และปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (ETo) รายสัปดาห์ บริเวณพื้นที่ที่ทำการศึกษา ตลอดระยะเวลา 7 สัปดาห์

สัปดาห์	เฉลี่ย มม./สัปดาห์				Epan เฉลี่ย (มม.)	ETo เฉลี่ย (มม.)
	ET1	ET2	ET3	ET4		
1	6.19	5.59	5.20	5.01	6.47	4.16
2	9.46	9.42	9.23	9.15	5.44	3.84
3	6.86	6.12	6.54	6.39	6.95	4.67
4	4.97	5.35	5.52	5.33	6.09	4.13
5	4.85	4.87	4.83	4.76	3.55	4.29
6	4.63	4.92	4.78	4.73	6.53	4.09
7	4.84	4.82	5.23	5.07	6.64	4.69

จากการศึกษาปริมาณการใช้น้ำของพืช จะเห็นได้ว่าปริมาณการใช้น้ำของหญ้านวลน้อยที่ได้จากถังวัดการใช้น้ำของพืชแบบระบายน้ำทั้งสี่ใบ (Crop Evapotranspiration; ET) ในสัปดาห์ที่ 2 มีปริมาณการใช้น้ำที่สูงสุดเฉลี่ยเท่ากับ 9.15 – 9.46 มิลลิเมตรต่อสัปดาห์ ปริมาณการระเหยจากถาดวัดการระเหย Class A-pan (Epan) ในสัปดาห์ที่ 3 มีปริมาณการระเหยสูงสุดเฉลี่ยเท่ากับ 6.95 มิลลิเมตรต่อสัปดาห์ และปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (Reference Crop Evapotranspiration; ETo) ซึ่งใช้ข้อมูลจากเครื่องตรวจวัดอากาศอัตโนมัติ ของสถานีอุตุนิยมวิทยานครปฐม ในสัปดาห์ที่ 4 มีปริมาณการใช้น้ำเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 4.69 มิลลิเมตรต่อสัปดาห์

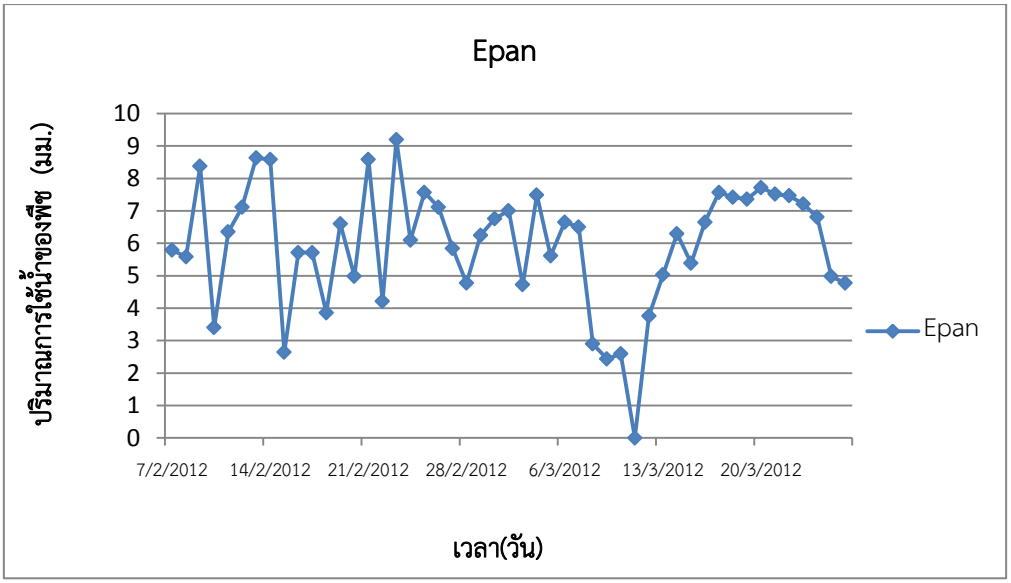


ภาพที่ 29 ปริมาณการใช้น้ำของหญ้านวลน้อย (ET) รายวัน ณ แปลงทดลองภาควิชาวิศวกรรมชลประทานตั้งแต่วันที่ 7 กุมภาพันธ์ 2555 ถึง วันที่ 26 มีนาคม 2555

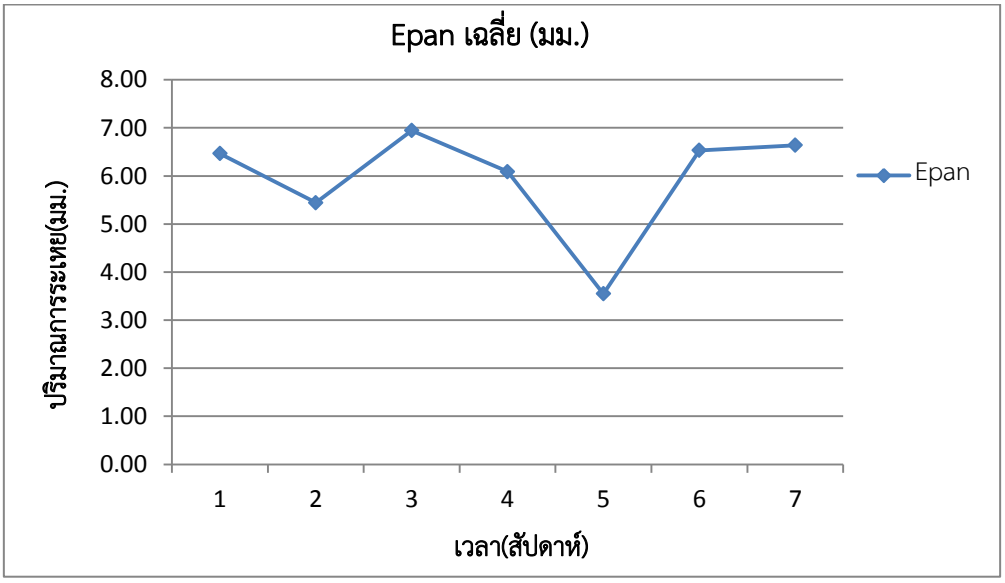


ภาพที่ 30 ปริมาณการใช้น้ำของหญ้านวลน้อย (ET) เฉลี่ยรายสัปดาห์ ณ แปลงทดลองภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน ตั้งแต่วันที่ 7 กุมภาพันธ์ 2555 ถึง วันที่ 26 มีนาคม 2555

จากภาพที่ 29 และภาพที่ 30 เห็นได้ว่าปริมาณการใช้น้ำของหญ้านวลน้อยที่ได้จากถังวัดการใช้น้ำของพืชแบบระบายน้ำทั้งสี่ใบในช่วงสัปดาห์ที่ 2 มีปริมาณการใช้น้ำที่สูงเฉลี่ยเท่ากับ 9.32 มิลลิเมตรต่อสัปดาห์ และในสัปดาห์ที่ 6 มีปริมาณการใช้น้ำที่ต่ำเฉลี่ยเท่ากับ 4.77 มิลลิเมตรต่อสัปดาห์

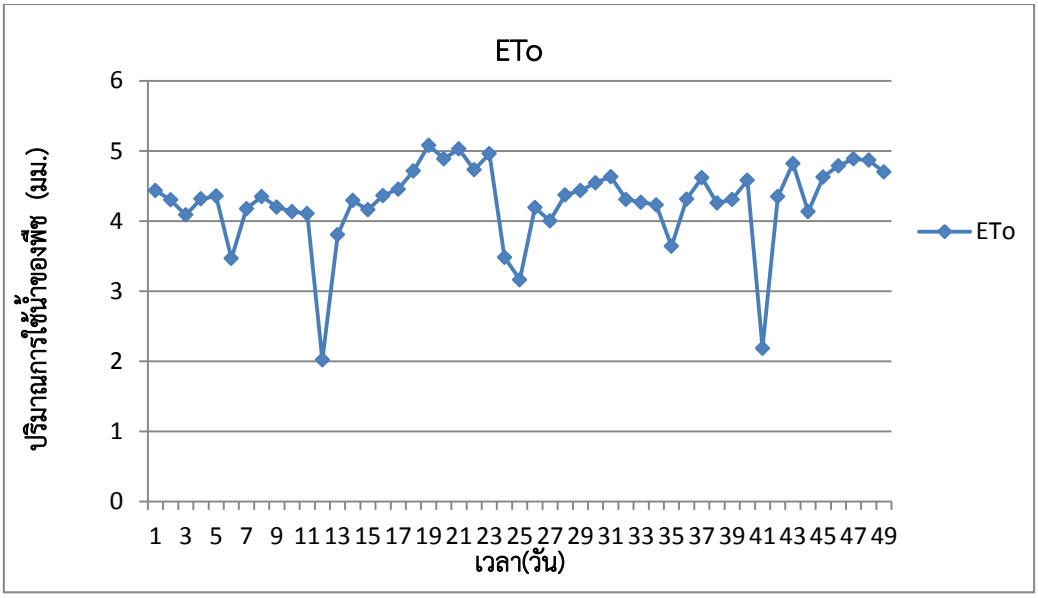


ภาพที่ 31 ปริมาณการระเหยจากถาดวัดการระเหย Class A-pan (Epan) รายวัน ณ แปลงทดลองภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน ตั้งแต่วันที่ 7 กุมภาพันธ์ 2555 ถึง วันที่ 26 มีนาคม 2555

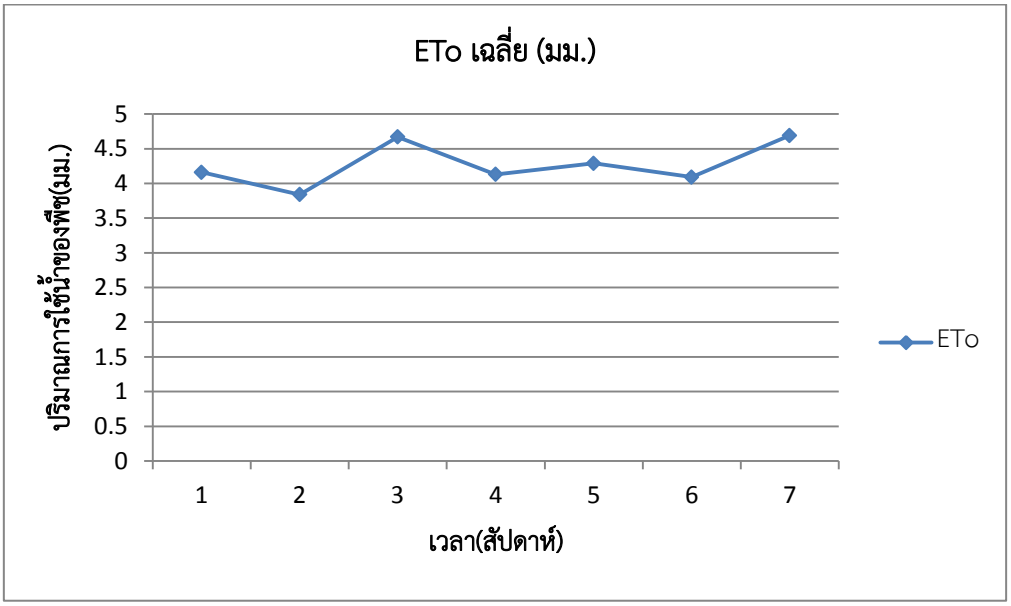


ภาพที่ 32 ปริมาณการระเหยจากถาดวัดการระเหย Class A-pan (Epan) เฉลี่ยรายสัปดาห์ ณ แปลงทดลองภาควิศวกรรมชลประทาน ตั้งแต่วันที่ 7 กุมภาพันธ์ 2555 ถึง วันที่ 26 มีนาคม 2555

จากภาพที่ 31 และ 32 จะเห็นได้ว่าปริมาณการระเหยจากถาดวัดการระเหย Class A-pan (Epan) ในช่วงสัปดาห์ที่ 3 มีปริมาณการระเหยสูงสุดเท่ากับ 6.95 มิลลิเมตรต่อสัปดาห์ และในช่วงสัปดาห์ที่ 5 มีปริมาณการระเหยต่ำสุดเท่ากับ 3.55 มิลลิเมตรต่อสัปดาห์

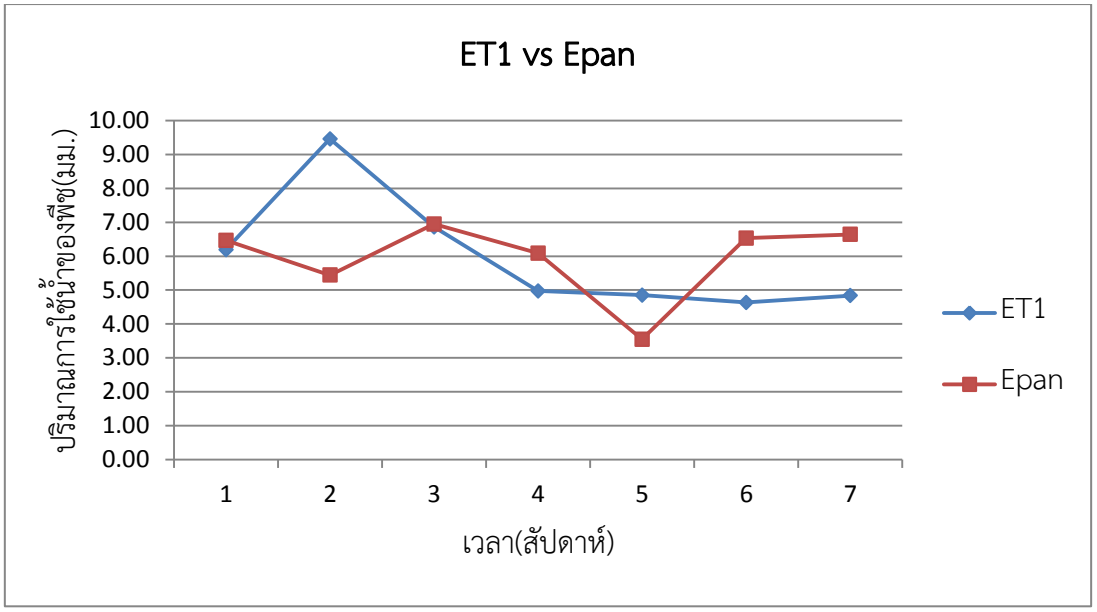


ภาพที่ 33 ปริมาณการการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (ETo) คำนวณโดยใช้สูตร Penman-Monteith ซึ่งใช้ข้อมูลจากสถานีอุตุนิยมวิทยานครปฐม ตั้งแต่วันที่ 7 กุมภาพันธ์ 2555 ถึง วันที่ 26 มีนาคม 2555

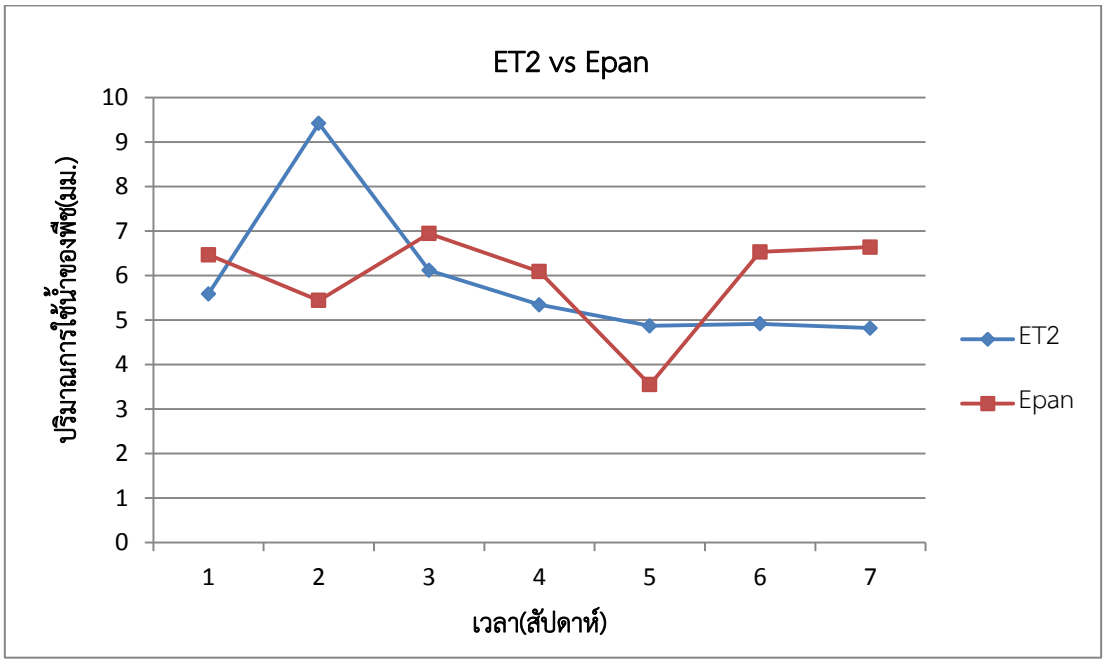


ภาพที่ 34 ปริมาณการการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (ETo) คำนวณโดยใช้สูตร Penman-Monteith ซึ่งใช้ข้อมูลสถานีอุตุนิยมวิทยานครปฐม ตั้งแต่วันที่ 7 กุมภาพันธ์ 2555 ถึง วันที่ 26 มีนาคม 2555

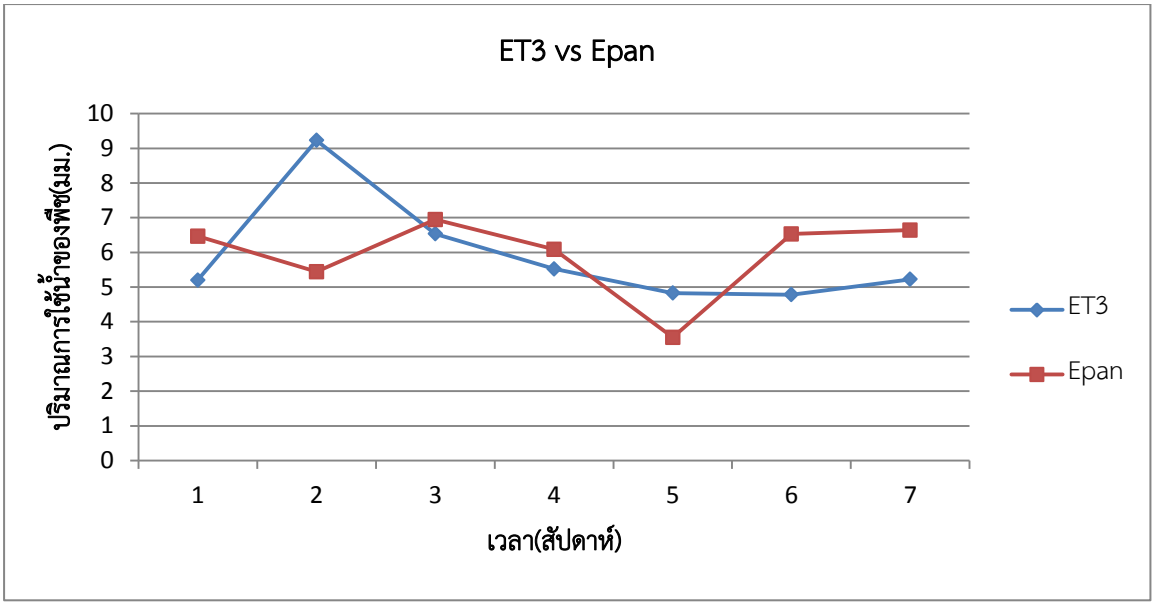
จากภาพที่ 33 และ 34 จะเห็นได้ว่าปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (ETo) ที่ได้จากเครื่องตรวจวัดอากาศอัตโนมัติ มีค่าปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิงสูงสุดในสัปดาห์ที่ 6 เท่ากับ 4.69 มิลลิเมตรต่อสัปดาห์ และมีค่าปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิงต่ำสุดในสัปดาห์ที่ 2 เท่ากับ 3.84 มิลลิเมตรต่อสัปดาห์



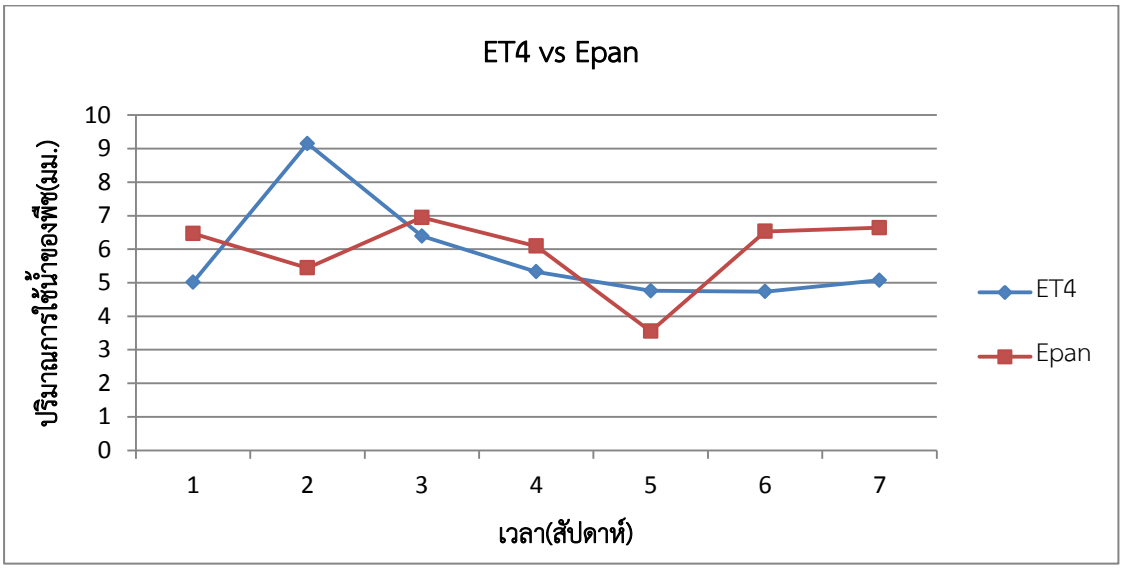
ภาพที่ 35 เปรียบเทียบปริมาณการใช้น้ำของหญ้านวลน้อยจากถัง Lysimeter ถังที่ 1 (ET1) กับปริมาณการระเหยจากถาดวัดการระเหย Class A-pan (Epan) ตั้งแต่วันที่ 7 กุมภาพันธ์ 2555 ถึงวันที่ 26 มีนาคม 2555



ภาพที่ 36 เปรียบเทียบปริมาณการใช้น้ำของหญ้านวลน้อยจากถัง Lysimeter ถังที่ 2 (ET2) กับปริมาณการระเหยจากถาดวัดการระเหย Class A-pan (Epan) ตั้งแต่วันที่ 7 กุมภาพันธ์ 2555 ถึงวันที่ 26 มีนาคม 2555

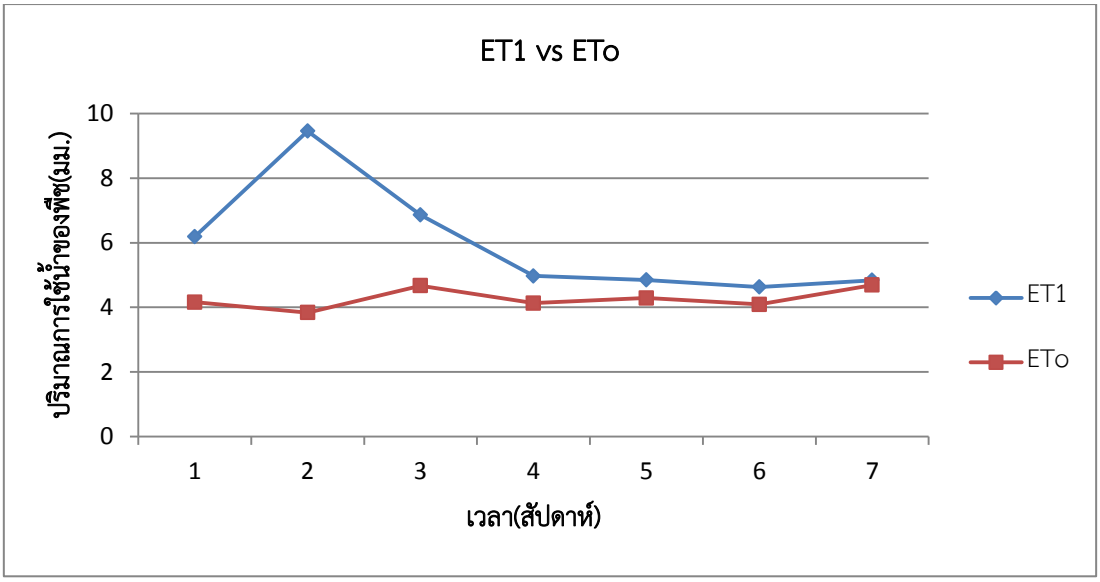


ภาพที่ 37 เปรียบเทียบปริมาณการใช้น้ำของหญ้านวลน้อยจากถัง Lysimeter ถังที่ 3 (ET3) กับปริมาณการระเหยจากถาดวัดการระเหย Class A-pan (Epan) ตั้งแต่วันที่ 7 กุมภาพันธ์ 2555 ถึงวันที่ 26 มีนาคม 2555

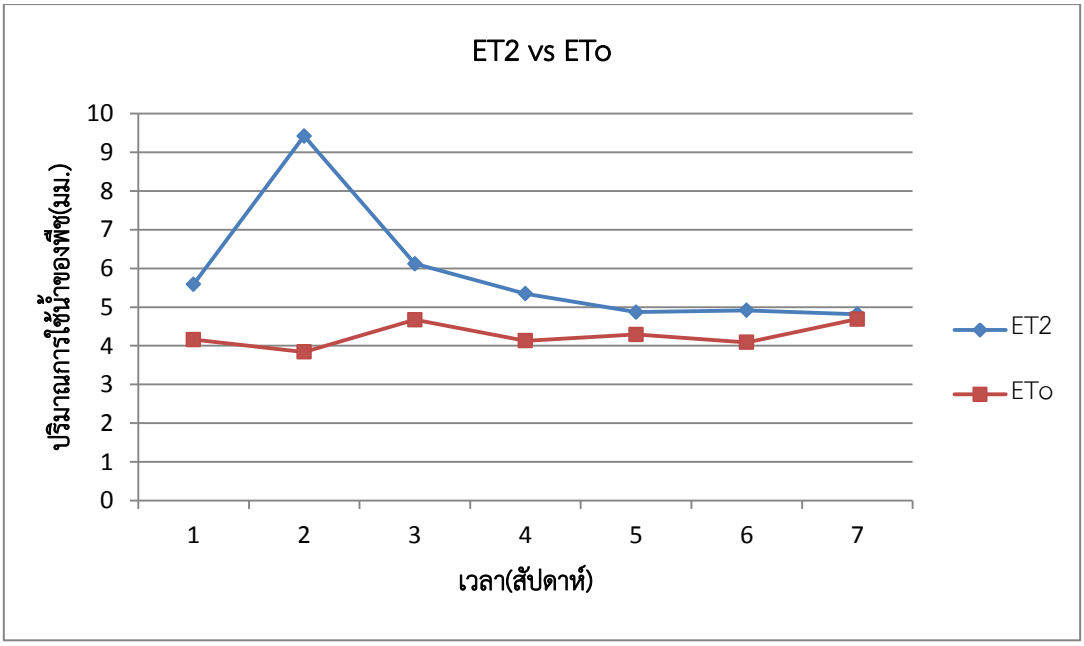


ภาพที่ 38 เปรียบเทียบปริมาณการใช้น้ำของหญ้านวลน้อยจากถัง Lysimeter ถังที่ 4 (ET4) กับปริมาณการระเหยจากถาดวัดการระเหย Class A-pan (Epan) ตั้งแต่วันที่ 7 กุมภาพันธ์ 2555 ถึงวันที่ 26 มีนาคม 2555

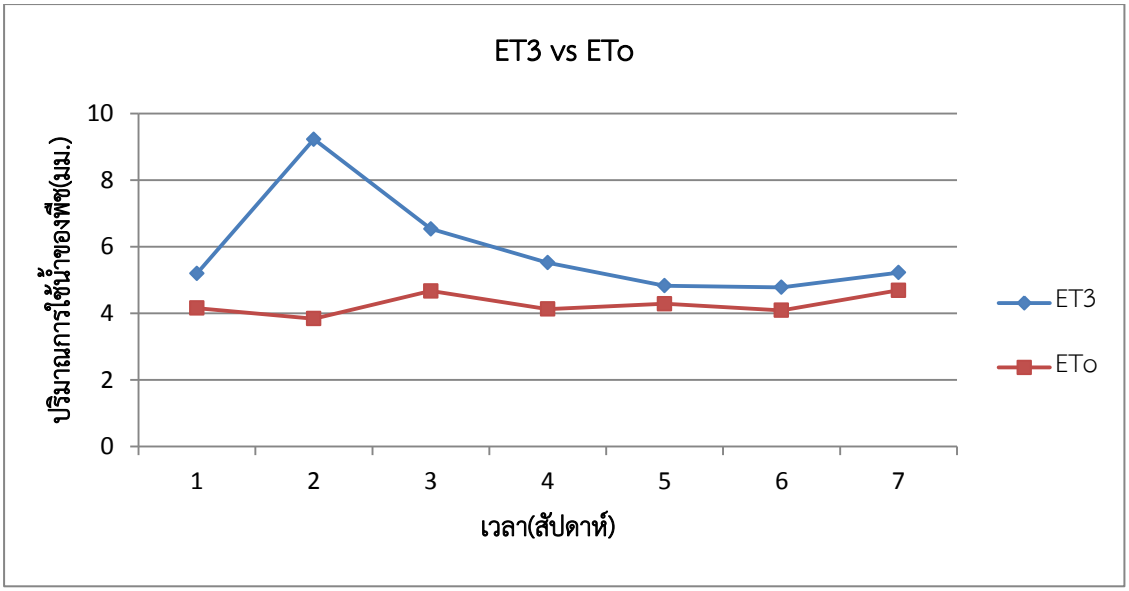
จากภาพที่ 35,36,37,38 จะเห็นได้ว่ามีลักษณะใกล้เคียงกัน เมื่อเปรียบเทียบปริมาณการใช้น้ำของหญ้านวลน้อย (ET) จากถัง Lysimeter ถังที่ 1 ถึง 4 กับ ปริมาณการระเหยจากถาดวัดการระเหย Class A-pan (Epan) ตลอด 7 สัปดาห์ มีค่าที่ต่างกันมากในช่วงสัปดาห์ที่ 2 ซึ่งมีค่าเฉลี่ยต่างกันเท่ากับ 3.87 มิลลิเมตรต่อสัปดาห์



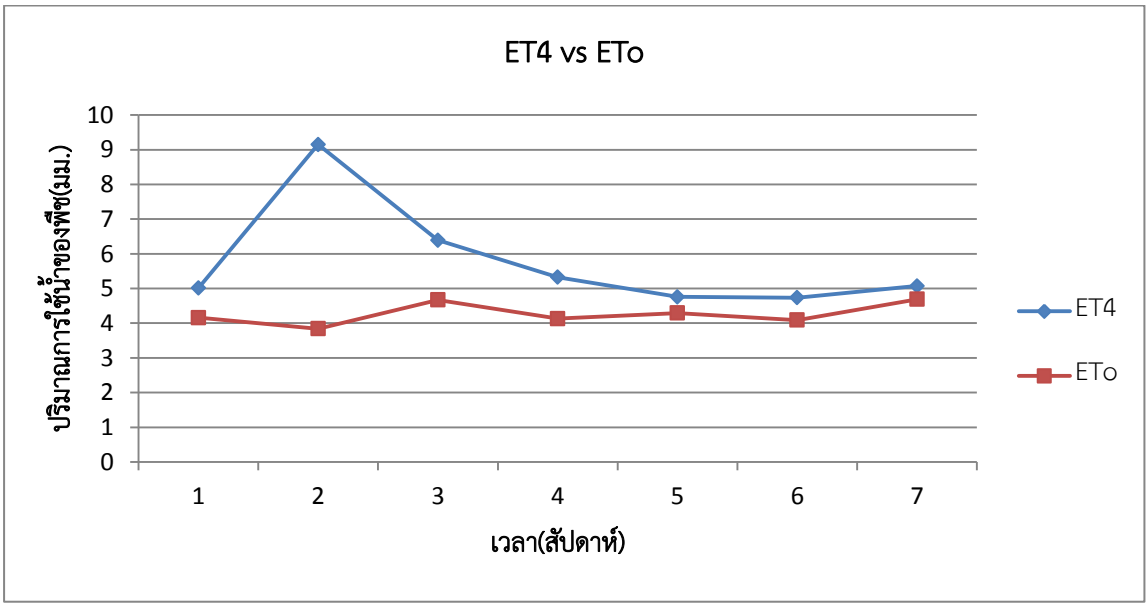
ภาพที่ 39 เปรียบเทียบปริมาณการใช้น้ำของหญ้านวลน้อยจากถัง Lysimeter ถังที่ 1 (ET1) กับปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (ETo) ตั้งแต่วันที่ 7 กุมภาพันธ์ 2555 ถึง วันที่ 26 มีนาคม 2555



ภาพที่ 40 เปรียบเทียบปริมาณการใช้น้ำของหญ้านวลน้อยจากถัง Lysimeter ถังที่ 2 (ET2) กับปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (ETo) ตั้งแต่วันที่ 7 กุมภาพันธ์ 2555 ถึง วันที่ 26 มีนาคม 2555

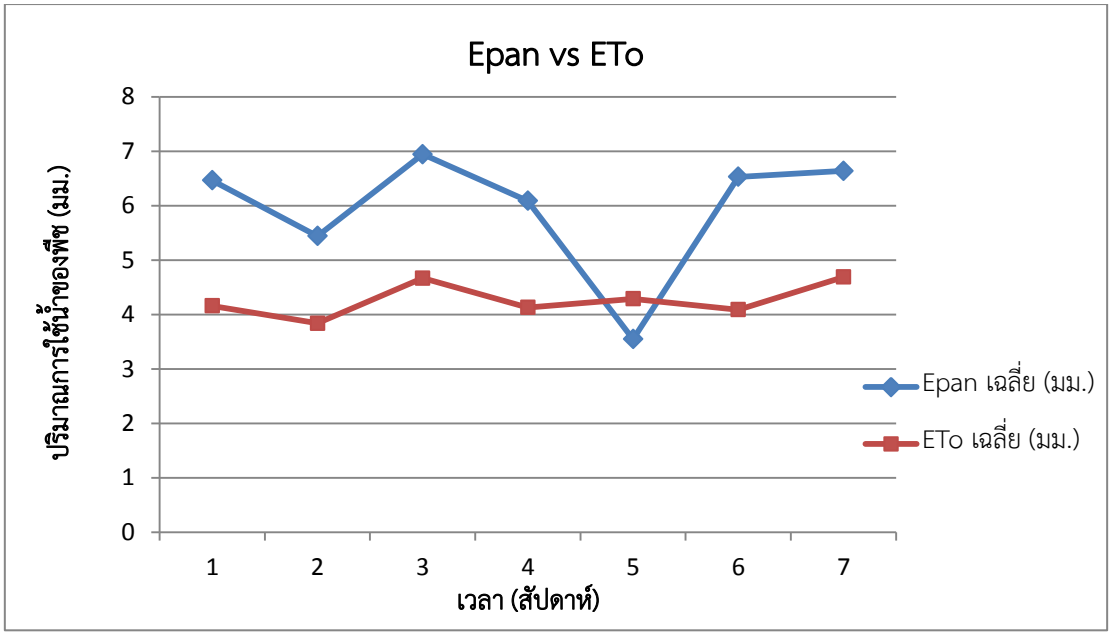


ภาพที่ 41 เปรียบเทียบปริมาณการใช้น้ำของหญ้านวลน้อยจากถัง Lysimeter ถังที่ 3 (ET3) กับปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (ETo) ตั้งแต่วันที่ 7 กุมภาพันธ์ 2555 ถึง วันที่ 26 มีนาคม 2555



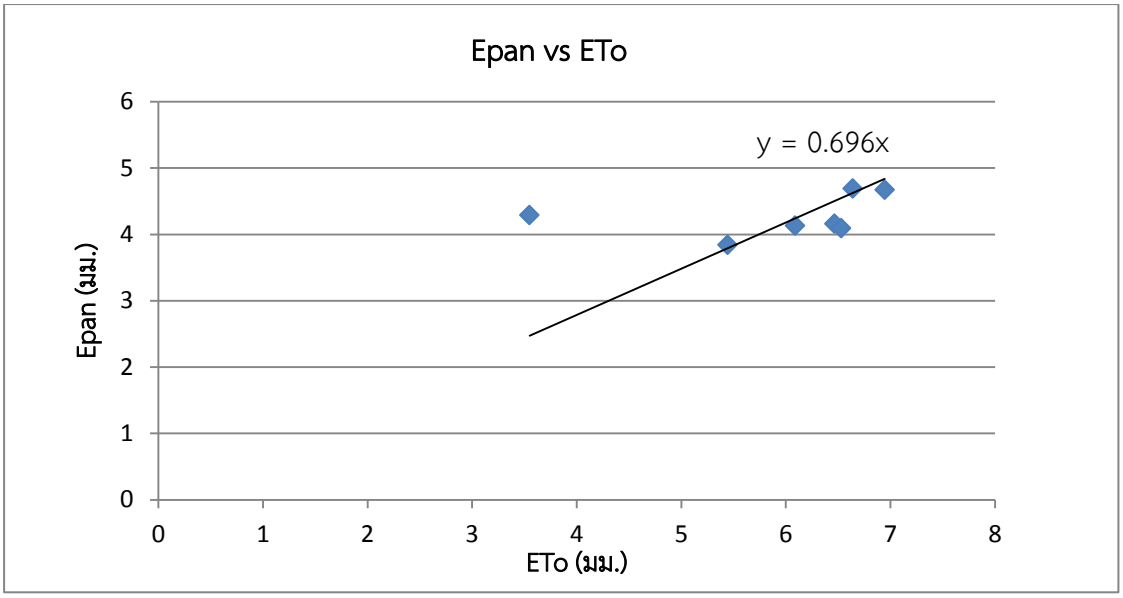
ภาพที่ 42 เปรียบเทียบปริมาณการใช้น้ำของหญ้านวลน้อยจากถัง Lysimeter ถังที่ 4 (ET4) กับปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (ETo) ตั้งแต่วันที่ 7 กุมภาพันธ์ 2555 ถึง วันที่ 26 มีนาคม 2555

จากภาพที่ 39,40,41,42 จะเห็นได้ว่าเมื่อเปรียบเทียบปริมาณการใช้น้ำของหญ้านวลน้อยจากถัง Lysimeter ถังที่ 1 ถึง 4 (ET4) กับปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (ETo) คำนวณโดยวิธี Penman-Monteith ในช่วงสัปดาห์ที่ 2 มีปริมาณการใช้น้ำที่ต่างกันมาก ซึ่งมีค่าเฉลี่ยต่างกันเท่ากับ 5.48 มิลลิเมตรต่อสัปดาห์แต่กราฟมีลักษณะแนวโน้มไปในทางเดียวกัน



ภาพที่ 43 เปรียบเทียบปริมาณการระเหยจากถาดวัดการระเหย Class A-pan (Epan) กับปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (ETo) เฉลี่ยรายสัปดาห์ ตั้งแต่วันที่ 7 กุมภาพันธ์ 2555 ถึง วันที่ 26 มีนาคม 2555

จากภาพที่ 43 จะเห็นได้ว่าเมื่อเปรียบเทียบปริมาณการระเหยจากถาดวัดการระเหย Class A-pan (Epan) กับปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (ETo) เฉลี่ยรายสัปดาห์ มีลักษณะไปในทิศทางเดียวกัน แต่เนื่องด้วยในสัปดาห์ที่ 5 ในวันที่ 11 มีนาคม 2555 มีฝนตก ปริมาณการระเหยที่ได้จากถาดวัดการระเหย Class A-pan เท่ากับ 0.00 มิลลิเมตรต่อวัน จึงถือว่าในไม่มีปริมาณการระเหย



ภาพที่ 44 แนวโน้มปริมาณการระเหยจากถาดวัดการระเหย Class A-pan (Epan) ณ แปลงทดลองภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน กับปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (ETo) จากเครื่องตรวจวัดอากาศอัตโนมัติ สถานีอุตุนิยมวิทยานครปฐม

จากภาพที่ 44 ค่าแนวโน้มปริมาณการระเหยจากถาดวัดการระเหย Class A-pan (Epan) กับปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (ETo) ได้สมการจุดตัดแกนที่ 0 คือ y = 0.696x

จากการศึกษาข้างต้นจะเห็นได้ว่า เมื่อนำค่าปริมาณการใช้น้ำของหญ้านวลน้อยจากถังวัดการใช้น้ำของพืชแบบระบายน้ำ ณ แปลงทดลองภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน กับปริมาณการระเหยจากถาดวัดการระเหย Class A-pan และปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง โดยใช้สูตร Penman-Monteith ตลอดทั้ง 7 สัปดาห์ มาเปรียบเทียบกันแล้วค่าปริมาณการใช้น้ำของหญ้านวลน้อยจากถังวัดการใช้น้ำของพืชแบบระบายน้ำมีค่าเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 5.96 มิลลิเมตรต่อวัน ปริมาณการระเหยจากถาดวัดการระเหย Class A-pan มีค่าเท่ากับ 5.95 มิลลิเมตรต่อวัน และปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง โดยใช้สูตร Penman-Monteith มีค่าเฉลี่ยต่ำสุดเท่ากับ 4.27 มิลลิเมตรต่อวัน

บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

เนื่องด้วยได้ทำการติดตั้งถังปริมาณการใช้น้ำของพืช (Lysimeter) แบบระบายน้ำที่บริเวณแปลงทดลองภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน พืชที่ใช้ในการศึกษาคือหญ้านวลน้อย เพื่อต้องการทราบค่าปริมาณการน้ำของหญ้านวลน้อยจึงได้ทำการศึกษาและได้เปรียบเทียบปริมาณการใช้น้ำของหญ้านวลน้อย (ET) ที่ได้จากถังได้วัดการใช้น้ำของพืชแบบระบายน้ำกับปริมาณการระเหยจากถาดวัดการระเหย Class A-pan (Epan) และปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้าง (ETo) คำนวณโดยใช้สูตร Penman-Monteith ที่ใช้ข้อมูลของสถานีอุตุนิยมวิทยานครปฐม

จากการศึกษาพบว่าปริมาณการใช้น้ำของหญ้านวลน้อยจากถังวัดการใช้น้ำของพืชทั้งสี่ถังเฉลี่ย ตั้งแต่วันที่ 7 กุมภาพันธ์ 2555 ถึง วันที่ 26 มีนาคม 2555 มีค่าปริมาณการใช้น้ำเฉลี่ยเท่ากับ 5.96 มิลลิเมตรต่อวันแต่เนื่องด้วยระหว่างวันที่ 13 กุมภาพันธ์ 2555 ถึง 22 กุมภาพันธ์ 2555 ค่าปริมาณการใช้น้ำของหญ้านวลน้อยจากถังวัดการใช้น้ำของพืชทั้งสี่ถังที่น้อยกว่าปกติจึงไม่นำค่าเหล่านั้นมาคิดค่าเฉลี่ยปริมาณการใช้น้ำของหญ้านวลน้อย ดังนั้นปริมาณการใช้น้ำของหญ้านวลจากถังวัดการใช้น้ำของพืชทั้งสี่ถังมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5.00 มิลลิเมตรต่อวัน ปริมาณการระเหยจากถาดวัดการระเหย Class A-pan เฉลี่ยเท่ากับ 5.95 มิลลิเมตรต่อวันและปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิงคำนวณโดยสูตร Penman-Monteith ที่ใช้ข้อมูลจากสถานีอุตุนิยมวิทยานครปฐม มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.27 มิลลิเมตรต่อวัน ซึ่งจะเห็นได้ว่าเมื่อเปรียบเทียบกันแล้วปริมาณการใช้น้ำของหญ้านวลน้อยกับปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง คำนวณโดยสูตร Penman-Monteith มีค่าใกล้เคียงกัน แต่ค่าปริมาณการใช้น้ำของหญ้านวลน้อยกับปริมาณการระเหยจากถาดวัดการระเหย Class A-pan มีค่าที่ต่างกันมาก แต่อย่างไรก็ตามก็จะเห็นได้ว่าค่าที่ได้จากทั้ง 3 วิธีนั้นมีค่าที่ต่างกันมาก ทั้งนี้อันเนื่องมาจากสภาพแวดล้อมที่เป็นระบบเปิดอาจมีสิ่งรบกวนเข้ามา และระยะทางระหว่างแปลงที่ทำการศึกษากับสถานีอุตุนิยมวิทยานครปฐม มีระยะทางที่ไกลกันจึงอาจทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนของผลที่ได้

ซึ่งการหาปริมาณการใช้น้ำของหญ้านวลน้อยในโครงการ การศึกษาสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของ องุ่น ของ พีระชาติ อุดาการ 2545 เป็นการศึกษาโดยใช้ Lysimeter จำนวน 4 ถัง ระยะเวลาการศึกษา 84 สัปดาห์ มีผลดังนี้ ปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิงสูงสุด เท่ากับ 4.49 มิลลิเมตรต่อวัน และปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิงต่ำสุด เท่ากับ 1.63 มิลลิเมตรต่อวัน ซึ่งมีปริมาณใกล้เคียงกับปริมาณการใช้น้ำของหญ้านวลน้อยในโครงการ การศึกษาปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิงจากถังวัดการใช้น้ำของพืช

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 บริเวณแปลงทดลองควรมีสภาพปิดเช่นเดียวกับสถานีอุตุนิยมวิทยาเพื่อป้องกันสัตว์เข้ามารบกวน

5.2.2 ควรมีการชั่งน้ำหนักหญ้าที่ปลูกใน Lysimeter ให้เท่ากันเพื่อความแม่นยำในการคำนวณ

5.2.3 ควรมีการชั่งน้ำหนักน้ำที่เติมลงในถัง Lysimeter เพื่อให้ได้ค่าที่แม่นยำ

5.2.4 ควรติดตั้งเครื่องตรวจวัดอากาศอัตโนมัติบริเวณแปลงทดลองเพื่อให้ได้ค่าที่แม่นยำมากขึ้น

5.2.5 ควรมีอุปกรณ์ในการเก็บค่าที่ได้มาตรฐานมากกว่านี้

5.2.6 ห้องเก็บผลควรมีแสงสว่าง ที่ระบายอากาศ และฝาปิดด้านบนเพื่อป้องกันฝนและสัตว์ลงไป

- ควรมีแสงสว่างมากว่านี้
- ควรมีที่ระบายอากาศ
- ฝาปิดด้านบนเพื่อป้องกันฝนและสัตว์
- บันไดควรมีความลาดเอียง
- การนำน้ำขึ้นจากห้องเก็บผลมีความลำบาก

เอกสารอ้างอิง

กรมชลประทาน. 2543. ปริมาณการใช้น้ำของพืช ปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิงและค่าสัมประสิทธิ์พืช. กรมชลประทาน, กรุงเทพมหานคร.

พีระชาติ อุดาการ. 2545. การศึกษาหาค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำขององุ่น. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

เอกสิทธิ์ โฆสิตสกุลชัย. 2552.การใช้น้ำของพืช.เอกสารประกอบการสอน.ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, นครปฐม.

ภาคผนวก ก.

ข้อมูลปริมาณการใช้น้ำของหญ้านวลน้อย

จากถังวัดการใช้น้ำของพืช (Lysimeter) แบบระบายน้ำ

ณ แปลงทดลองภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน

ตารางผนวกที่ 1 ข้อมูลปริมาณการใช้น้ำของข้อมูลปริมาณการใช้น้ำของหญ้านวลน้อยจากถังวัดการใช้น้ำของพืช (Lysimeter) แบบระบายน้ำตั้งแต่วันที่ 7 กุมภาพันธ์ 2555 – วันที่ 26 มีนาคม 2555

ว/ด/ป	น้ำชลประทาน (ซม.)	ปริมาณน้ำที่ระบายออก(ซม.)			
		1	2	3	4
7/2/2012	60.00	36.00	41.00	46.50	43.40
8/2/2012	60.00	41.00	43.40	46.50	48.00
9/2/2012	60.00	38.50	43.40	46.50	46.50
10/2/2012	60.00	40.30	43.40	43.40	43.40
11/2/2012	60.00	43.40	41.00	42.60	46.50
12/2/2012	60.00	40.30	39.80	41.00	44.20
13/2/2012	60.00	24.50	27.20	22.40	21.80
14/2/2012	60.00	21.80	22.40	26.20	24.60
15/2/2012	60.00	27.20	29.30	27.40	28.60
16/2/2012	60.00	24.60	27.50	25.20	26.80
17/2/2012	60.00	27.50	24.60	27.70	27.10
18/2/2012	60.00	26.90	24.70	26.90	26.90
19/2/2012	60.00	26.60	26.90	27.10	27.50
20/2/2012	60.00	26.90	27.10	26.90	27.80
21/2/2012	60.00	27.10	27.50	27.30	27.90
22/2/2012	60.00	27.50	28.20	27.90	27.50
23/2/2012	60.00	36.00	42.40	40.60	39.00
24/2/2012	60.00	41.00	46.50	43.40	46.50
25/2/2012	60.00	36.00	39.80	38.30	40.70
26/2/2012	60.00	39.80	40.00	38.30	38.30
27/2/2012	60.00	39.70	41.40	39.50	39.00
28/2/2012	60.00	40.30	41.80	39.50	39.60
29/2/2012	60.00	41.20	42.40	40.10	40.50
1/3/2012	60.00	42.60	40.90	39.70	41.30
2/3/2012	60.00	43.20	41.00	39.50	39.90
3/3/2012	60.00	43.00	40.20	41.10	39.60
4/3/2012	60.00	41.60	39.20	40.40	42.30
5/3/2012	60.00	42.80	39.80	40.50	42.60
6/3/2012	60.00	41.30	41.10	39.90	40.40
7/3/2012	60.00	41.50	40.80	42.20	41.30
8/3/2012	60.00	41.50	41.00	41.50	42.00
9/3/2012	60.00	42.00	43.20	42.80	43.80
10/3/2012	60.00	41.70	42.80	42.40	42.90
11/3/2012	60.00	44.80	43.90	44.30	44.60

ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ)

ว/ด/ป	น้ำชลประทาน (ชม.)	ปริมาณน้ำที่ระบายออก(ชม.)			
		1	2	3	4
12/3/2012	60.00	45.00	44.50	45.20	45.10
13/3/2012	60.00	45.70	45.00	46.00	45.90
14/3/2012	60.00	44.10	43.80	44.30	44.50
15/3/2012	60.00	43.90	41.30	42.80	41.90
16/3/2012	60.00	42.20	41.00	41.50	42.60
17/3/2012	60.00	42.50	40.90	41.70	43.00
18/3/2012	60.00	43.20	41.30	42.50	41.60
19/3/2012	60.00	41.70	42.80	40.70	41.20
20/3/2012	60.00	42.00	43.10	41.90	41.70
21/3/2012	60.00	42.30	43.50	40.80	41.20
22/3/2012	60.00	42.90	43.30	41.70	42.00
23/3/2012	60.00	43.00	41.50	40.60	42.40
24/3/2012	60.00	43.30	42.70	41.90	40.90
25/3/2012	60.00	42.60	42.70	40.30	41.80
26/3/2012	60.00	42.00	41.80	41.10	42.20

ภาคผนวก ข.

ข้อมูลปริมาณการระเหยจากถาดวัดการระเหย Class A-pan

ณ แปลงทดลองภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน

ตารางผนวกที่ 2 ข้อมูลปริมาณการระเหยจากถาดวัดการระเหย Class A-pan ตั้งแต่วันที่ 7 กุมภาพันธ์ 2555 – วันที่ 26 มีนาคม 2555

ว/ด/ป	เวลา	ถาดวัด (นิ้ว)		ว/ด/ป	เวลา	ถาดวัด (นิ้ว)	
		เติม	เก็บ			เติม	เก็บ
	8.25	2.782	0.000	2/3/2012	8.25		1.622
7/2/2012	8.34		2.554	3/3/2012	8.34	2.980	1.436
8/2/2012	8.12		2.334	4/3/2012	8.30		2.685
9/2/2012	8.40		2.004	5/3/2012	8.25		2.464
10/2/2012	8.26		1.870	6/3/2012	8.15		2.202
11/2/2012	8.30		1.620	7/3/2012	8.45		1.946
12/2/2012	8.25		1.340	8/3/2012	8.34		1.832
13/2/2012	8.15	2.940	1.000	9/3/2012	8.12		1.736
14/2/2012	8.45		2.602	10/3/2012	8.40		1.634
15/2/2012	8.33		2.498	11/3/2012	8.25		2.136
16/2/2012	8.28		2.273	12/3/2012	8.43		1.988
17/2/2012	8.20		2.048	13/3/2012	8.30		1.790
18/2/2012	8.26		1.896	14/3/2012	8.26	3.128	1.542
19/2/2012	8.30		1.636	15/3/2012	8.30		2.916
20/2/2012	8.25		1.440	16/3/2012	8.25		2.654
21/2/2012	8.15	3.090	1.102	17/3/2012	8.15		2.356
22/2/2012	8.25		2.924	18/3/2012	8.25		2.064
23/2/2012	8.34		2.562	19/3/2012	8.34	3.262	1.774
24/2/2012	8.12		2.322	20/3/2012	8.12		2.958
25/2/2012	8.40		2.024	21/3/2012	8.40		2.662
26/2/2012	8.26		1.744	22/3/2012	8.25		2.368
27/2/2012	8.35		1.514	23/3/2012	8.34		2.084
28/2/2012	8.30	2.410	1.326	24/3/2012	8.30		1.816
29/2/2012	8.25		2.164	25/3/2012	8.25		1.620
1/3/2012	8.15		1.898	26/3/2012	8.15		1.432

ตารางผนวกที่ 2 (ต่อ)

ว/ด/ป	เวลา	ถาดวัด (นิ้ว)			ถาดวัด (นิ้ว)		ผลต่าง(นิ้ว)	ผลต่าง (มม.)
		เติม	เก็บ		inflow	outflow		
	8.25	2.782	0.000					
7/2/2012	8.34		2.554		2.782	0.228	0.228	5.791
8/2/2012	8.12		2.334			0.220	0.220	5.588
9/2/2012	8.40		2.004			0.330	0.330	8.382
10/2/2012	8.26		1.870			0.134	0.134	3.404
11/2/2012	8.30		1.620			0.250	0.250	6.350
12/2/2012	8.25		1.340			0.280	0.280	7.112
13/2/2012	8.15	2.940	1.000			0.340	0.340	8.636
14/2/2012	8.45		2.602		1.940	0.338	0.338	8.585
15/2/2012	8.33		2.498			0.104	0.104	2.642
16/2/2012	8.28		2.273			0.225	0.225	5.715
17/2/2012	8.20		2.048			0.225	0.225	5.715
18/2/2012	8.26		1.896			0.152	0.152	3.861
19/2/2012	8.30		1.636			0.260	0.260	6.604
20/2/2012	8.25		1.440			0.196	0.196	4.978
21/2/2012	8.15	3.090	1.102			0.338	0.338	8.585
22/2/2012	8.25		2.924		1.988	0.166	0.166	4.216
23/2/2012	8.34		2.562			0.362	0.362	9.195
24/2/2012	8.12		2.322			0.240	0.240	6.096
25/2/2012	8.40		2.024			0.298	0.298	7.569
26/2/2012	8.26		1.744			0.280	0.280	7.112
27/2/2012	8.35		1.514			0.230	0.230	5.842
28/2/2012	8.30	2.410	1.326			0.188	0.188	4.775
29/2/2012	8.25		2.164		1.084	0.246	0.246	6.248
1/3/2012	8.15		1.898			0.266	0.266	6.756
2/3/2012	8.25		1.622			0.276	0.276	7.010
3/3/2012	8.34	2.980	1.436			0.186	0.186	4.724

ตารางผนวกที่ 2 (ต่อ)

ว/ด/ป	เวลา	ถาดวัด (นิ้ว)			ถาดวัด (นิ้ว)		ผลต่าง(นิ้ว)	ผลต่าง (มม.)
		เติม	เก็บ		เติม	เก็บ		
4/3/2012	8.30		2.685		1.544	0.295	0.295	7.493
5/3/2012	8.25		2.464			0.221	0.221	5.613
6/3/2012	8.15		2.202			0.262	0.262	6.655
7/3/2012	8.45		1.946			0.256	0.256	6.502
8/3/2012	8.34		1.832			0.114	0.114	2.896
9/3/2012	8.12		1.736			0.096	0.096	2.438
10/3/2012	8.40		1.634			0.102	0.102	2.591
11/3/2012	8.25		2.136		0.502	0.000	-0.502	0.000
12/3/2012	8.43		1.988			0.148	0.148	3.759
13/3/2012	8.30		1.790			0.198	0.198	5.029
14/3/2012	8.26	3.128	1.542			0.248	0.248	6.299
15/3/2012	8.30		2.916		1.586	0.212	0.212	5.385
16/3/2012	8.25		2.654			0.262	0.262	6.655
17/3/2012	8.15		2.356			0.298	0.298	7.569
18/3/2012	8.25		2.064			0.292	0.292	7.417
19/3/2012	8.34	3.262	1.774			0.290	0.290	7.366
20/3/2012	8.12		2.958		1.488	0.304	0.304	7.722
21/3/2012	8.40		2.662			0.296	0.296	7.518
22/3/2012	8.25		2.368			0.294	0.294	7.468
23/3/2012	8.34		2.084			0.284	0.284	7.214
24/3/2012	8.30		1.816			0.268	0.268	6.807
25/3/2012	8.25		1.620			0.196	0.196	4.978
26/3/2012	8.15		1.432			0.188	0.188	4.775

ภาคผนวก ค.

ข้อมูลจากสถานีอุตุนิยมวิทยานครปฐม

เดือนกุมภาพันธ์ 2555 ถึง มีนาคม 2555

ตารางผนวกที่ 3 ข้อมูลจากสถานีอุตุนิยมวิทยานครปฐม เดือนกุมภาพันธ์ 2555

Date	Air Temperature(°C)			Humidity (%)		Rain	Evap.	Cloud	Sun.	Wind km./hrs.	
	Max.	Min.	G.min.	Max.	Min.	(mm.)	(mm.)	(%)	Sun.	Spd.	Dir.
1	31.2	22.0	20.0	96	60	0.0	2.4	55	5.9	1.4	E
2	32.5	22.4	20.7	96	58	21.0	0.3	65	4.2	1.4	NNE
3	32.2	21.8	20.0	95	60	T	2.4	45	7.3	0.4	E
4	32.2	23.2	21.7	95	62	0.0	3.1	69	6.9	1.8	NE
5	34.3	23.5	21.5	96	54	0.0	4.2	43	9.2	1.1	SE
6	34.9	23.9	22.0	94	47	0.0	4.2	6	9.6	1.4	E
7	35.4	22.3	18.3	94	42	0.0	4.1	0	9.9	2.2	S
8	35.3	21.8	18.5	95	50	0.0	4.0	5	9.7	1.1	SE
9	34.2	23.5	20.0	94	53	0.0	4.0	14	8.3	2.2	S
10	34.3	24.6	22.1	94	52	0.0	4.0	41	8.6	3.2	SSE
11	34.6	23.5	21.0	96	49	0.0	2.6	3	9.2	2.2	SE
12	33.2	22.8	20.0	96	54	0.0	3.8	13	6.5	0.4	S
13	33.7	22.5	19.9	94	52	0.0	3.9	3	8.9	1.8	E
14	35.0	23.0	19.8	95	46	0.0	3.9	0	9.0	2.2	E
15	35.1	23.2	20.2	94	48	0.0	3.2	13	8.7	1.1	E
16	35.3	23.0	19.9	94	50	0.0	5.1	8	8.6	0.4	E
17	34.1	24.3	21.4	95	55	0.0	3.9	46	7.9	1.8	NE
18	31.3	24.2	21.7	95	66	0.0	2.9	74	0.2	1.1	E
19	30.5	22.6	20.0	95	57	0.0	4.3	36	7.8	1.4	N
20	30.7	20.5	17.5	94	48	0.0	3.5	4	10.1	2.2	N
21	33.3	20.0	16.6	96	46	0.0	3.8	0	9.2	1.1	E
22	35.7	19.8	16.0	96	35	0.0	4.3	0	9.6	1.1	E
23	36.5	20.8	16.6	96	38	0.0	4.3	3	10.0	0.0	C
24	36.2	23.6	19.9	94	43	0.0	4.1	0	9.8	1.4	S
25	36.7	24.1	20.6	95	50	0.0	4.8	9	10.2	2.9	E
26	36.0	25.1	22.1	95	56	0.0	5.1	11	9.6	2.2	S
27	35.8	25.5	23.8	93	51	0.0	5.9	34	9.2	5.0	S
28	35.8	24.6	22.1	93	44	0.0	6.6	39	8.6	3.6	S
29	35.3	24.3	21.6	96	50	0.0	3.3	16	9.9	2.9	S
Total	991.3	666.4	585.5	2751	1476	21.0	112.0	655	242.6	51.0	
Mean	34.2	23.0	20.2	95	51	0.7	3.9	23	8.4	1.8	E

T = Trace of rainfall less than 0.1 millimetre

ตารางผนวกที่ 4 ข้อมูลจากสถานีอุตุนิยมวิทยานครปฐม เดือนมีนาคม 2555

Date	Air Temperature(°C)			Humidity (%)		Rain	Evap.	Cloud	Sun.	Wind km./hrs.	
	Max.	Min.	G.min.	Max.	Min.	(mm.)	(mm.)	(%)	(hrs.)	Spd.	Dir.
1	36.2	23.8	21.5	95	42	0.0	5.8	13	9.0	1.8	E
2	36.6	23.6	20.6	95	40	0.0	5.3	16	9.3	2.2	S
3	35.7	25.1	22.5	95	45	0.0	5.3	40	9.5	4.7	SSE
4	36.8	24.5	23.3	94	38	0.0	5.6	34	9.7	3.2	SE
5	36.2	24.3	21.4	94	38	0.0	5.3	48	8.3	2.2	S
6	35.6	24.6	21.9	95	52	0.0	4.6	19	9.4	1.4	ESE
7	36.5	24.4	21.5	96	45	0.0	4.8	24	9.8	1.4	S
8	35.4	25.3	22.7	95	47	T	6.4	78	5.5	2.9	SSE
9	36.3	24.8	22.2	95	50	1.0	4.3	70	8.5	2.5	E
10	35.2	26.0	24.5	95	54	T	3.9	96	4.1	1.1	S
11	32.3	24.6	23.8	96	63	3.5	4.2	78	3.5	1.1	N
12	33.2	25.0	23.0	96	57	T	1.5	43	1.2	1.4	NE
13	35.2	24.2	22.0	95	50	0.0	3.8	29	9.2	1.4	E
14	36.7	24.6	22.6	95	47	0.0	5.5	29	8.4	2.9	SE
15	35.3	23.4	21.4	94	49	0.0	4.3	53	5.0	1.4	ESE
16	36.4	23.6	21.1	95	44	0.0	5.1	30	9.5	1.4	SE
17	36.7	24.5	22.7	94	44	0.0	5.0	18	9.7	4.7	SSE
18	36.4	23.5	19.7	96	24	0.0	4.1	46	8.3	1.1	SSW
19	36.3	24.4	22.0	96	30	0.0	6.3	6	9.4	2.9	SE
20	37.2	22.7	19.6	94	22	0.0	6.4	0	10.3	2.5	S
21	36.4	21.2	19.1	94	22	0.0	6.0	3	10.3	0.4	SE
22	36.5	23.0	18.5	93	34	0.0	5.8	5	9.7	1.8	NE
23	36.5	23.6	21.0	93	38	0.0	4.2	20	9.9	1.8	E
24	35.4	24.8	22.4	92	49	0.0	5.5	79	6.2	2.9	NNE
25	33.1	25.8	24.3	96	60	0.0	2.7	75	2.6	2.2	E
26	34.7	24.6	22.8	96	53	0.0	4.0	76	6.8	1.4	E
27	34.8	24.0	21.6	95	52	0.0	4.3	38	7.1	1.4	E
28	34.8	23.9	21.8	96	46	0.0	4.3	24	7.8	0.0	C
29	37.1	24.8	22.4	95	40	0.0	4.7	39	8.2	0.4	S
30	37.5	25.2	22.5	90	40	0.0	5.2	59	8.0	0.0	C
31	36.0	25.1	22.8	90	49	0.0	6.0	54	6.6	1.1	E
Total	1109.0	752.9	679.2	2930.0	1364.0	4.5	150.2	1242.0	240.8	57.6	
Mean	35.8	24.3	21.9	95	44	0.2	4.8	40.1	7.8	1.9	E

T = Trace of rainfall less than 0.1 millimetre

ภาคผนวก ง.

ตารางสรุปการคำนวณปริมาณการใช้น้ำของหญ้านวลน้อย

จากถังวัดการใช้น้ำของพืช (Lysimeter) แบบระบายน้ำถังที่ 1 ถึง ถังที่ 4

ณ แปลงทดลองภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน

ตารางผนวกที่ 5 สรุปการคำนวณปริมาณการใช้น้ำของหญ้านวลน้อย จากถังวัดการใช้น้ำของพืช (Lysimeter) แบบระบายน้ำถังที่ 1 ตั้งแต่วันที่ 7 กุมภาพันธ์ 2555 – วันที่ 26 มีนาคม 2555

ว/ด/ป	น้ำชลประทาน(ลิตร)	น้ำที่ระบายออกจากถัง (ลิตร)	ปริมาณการใช้น้ำของพืช (ลิตร)	ปริมาณการใช้น้ำของพืช (มิลลิเมตร)
7/2/2012	18.85	11.31	7.54	6.67
8/2/2012	18.85	12.88	5.97	5.28
9/2/2012	18.85	12.10	6.75	5.97
10/2/2012	18.85	12.66	6.19	5.47
11/2/2012	18.85	13.63	5.22	4.61
12/2/2012	18.85	12.66	6.19	5.47
13/2/2012	18.85	7.70	11.15	9.86
14/2/2012	18.85	6.85	12.00	10.61
15/2/2012	18.85	8.55	10.30	9.11
16/2/2012	18.85	7.73	11.12	9.83
17/2/2012	18.85	8.64	10.21	9.03
18/2/2012	18.85	8.45	10.40	9.19
19/2/2012	18.85	8.36	10.49	9.28
20/2/2012	18.85	8.45	10.40	9.19
21/2/2012	18.85	8.51	10.34	9.14
22/2/2012	18.85	8.64	10.21	9.03
23/2/2012	18.85	11.31	7.54	6.67
24/2/2012	18.85	12.88	5.97	5.28
25/2/2012	18.85	11.31	7.54	6.67
26/2/2012	18.85	12.50	6.35	5.61
27/2/2012	18.85	12.47	6.38	5.64
28/2/2012	18.85	12.66	6.19	5.47
29/2/2012	18.85	12.94	5.91	5.22
1/3/2012	18.85	13.38	5.47	4.83
2/3/2012	18.85	13.57	5.28	4.67
3/3/2012	18.85	13.51	5.34	4.72
4/3/2012	18.85	13.07	5.78	5.11
5/3/2012	18.85	13.45	5.40	4.78
6/3/2012	18.85	12.97	5.87	5.19
7/3/2012	18.85	13.04	5.81	5.14
8/3/2012	18.85	13.04	5.81	5.14
9/3/2012	18.85	13.19	5.65	5.00
10/3/2012	18.85	13.10	5.75	5.08
11/3/2012	18.85	14.07	4.78	4.22

ตารางผนวกที่ 5 (ต่อ)

ว/ด/ป	น้ำชลประทาน(ลิตร)	น้ำที่ระบายออกจากถัง (ลิตร)	ปริมาณการใช้น้ำของพืช (ลิตร)	ปริมาณการใช้น้ำของพืช (มิลลิเมตร)
12/3/2012	18.85	14.14	4.71	4.17
13/3/2012	18.85	14.36	4.49	3.97
14/3/2012	18.85	13.85	5.00	4.42
15/3/2012	18.85	13.79	5.06	4.47
16/3/2012	18.85	13.26	5.59	4.94
17/3/2012	18.85	13.35	5.50	4.86
18/3/2012	18.85	13.57	5.28	4.67
19/3/2012	18.85	13.10	5.75	5.08
20/3/2012	18.85	13.19	5.65	5.00
21/3/2012	18.85	13.29	5.56	4.92
22/3/2012	18.85	13.48	5.37	4.75
23/3/2012	18.85	13.51	5.34	4.72
24/3/2012	18.85	13.60	5.25	4.64
25/3/2012	18.85	13.38	5.47	4.83
26/3/2012	18.85	13.19	5.65	5.00

ตารางผนวกที่ 6 สรุปการคำนวณปริมาณการใช้น้ำของหญ้านวลน้อย จากถังวัดการใช้น้ำของพืช (Lysimeter) แบบระบายน้ำถังที่ 2 ตั้งแต่วันที่ 7 กุมภาพันธ์ 2555 – วันที่ 26 มีนาคม 2555

ว/ด/ป	น้ำชลประทาน(ลิตร)	น้ำที่ระบายออกจากถัง (ลิตร)	ปริมาณการใช้น้ำของพืช (ลิตร)	ปริมาณการใช้น้ำของพืช (มิลลิเมตร)
7/2/2012	18.85	12.88	5.97	5.28
8/2/2012	18.85	13.63	5.22	4.61
9/2/2012	18.85	13.63	5.22	4.61
10/2/2012	18.85	13.63	5.22	4.61
11/2/2012	18.85	12.88	5.97	5.28
12/2/2012	18.85	12.50	6.35	5.61
13/2/2012	18.85	8.55	10.30	9.11
14/2/2012	18.85	7.04	11.81	10.44
15/2/2012	18.85	9.20	9.64	8.53
16/2/2012	18.85	8.64	10.21	9.03
17/2/2012	18.85	7.73	11.12	9.83
18/2/2012	18.85	7.76	11.09	9.81
19/2/2012	18.85	8.45	10.40	9.19
20/2/2012	18.85	8.51	10.34	9.14
21/2/2012	18.85	8.64	10.21	9.03
22/2/2012	18.85	8.86	9.99	8.83
23/2/2012	18.85	13.32	5.53	4.89
24/2/2012	18.85	14.61	4.24	3.75
25/2/2012	18.85	12.50	6.35	5.61
26/2/2012	18.85	12.57	6.28	5.56
27/2/2012	18.85	13.01	5.84	5.17
28/2/2012	18.85	13.13	5.72	5.06
29/2/2012	18.85	13.32	5.53	4.89
1/3/2012	18.85	12.85	6.00	5.31
2/3/2012	18.85	12.88	5.97	5.28
3/3/2012	18.85	12.63	6.22	5.50
4/3/2012	18.85	12.32	6.53	5.78
5/3/2012	18.85	12.50	6.35	5.61

ตารางที่ 6 (ต่อ)

ว/ด/ป	น้ำชลประทาน(ลิตร)	น้ำที่ระบายออกจากถัง (ลิตร)	ปริมาณการใช้น้ำของพืช (ลิตร)	ปริมาณการใช้น้ำของพืช (มิลลิเมตร)
6/3/2012	18.85	12.91	5.94	5.25
7/3/2012	18.85	12.82	6.03	5.33
8/3/2012	18.85	12.88	5.97	5.28
9/3/2012	18.85	13.57	5.28	4.67
10/3/2012	18.85	13.45	5.40	4.78
11/3/2012	18.85	13.79	5.06	4.47
12/3/2012	18.85	13.98	4.87	4.31
13/3/2012	18.85	14.14	4.71	4.17
14/3/2012	18.85	13.76	5.09	4.50
15/3/2012	18.85	12.97	5.87	5.19
16/3/2012	18.85	12.88	5.97	5.28
17/3/2012	18.85	12.85	6.00	5.31
18/3/2012	18.85	12.97	5.87	5.19
19/3/2012	18.85	13.45	5.40	4.78
20/3/2012	18.85	13.54	5.31	4.69
21/3/2012	18.85	13.67	5.18	4.58
22/3/2012	18.85	13.60	5.25	4.64
23/3/2012	18.85	13.04	5.81	5.14
24/3/2012	18.85	13.41	5.43	4.81
25/3/2012	18.85	13.41	5.43	4.81
26/3/2012	18.85	13.13	5.72	5.06

ตารางผนวกที่ 7 สรุปการคำนวณปริมาณการใช้น้ำของหญ้านวลน้อย จากถังวัดการใช้น้ำของพืช (Lysimeter) แบบระบายน้ำถังที่ 3 ตั้งแต่วันที่ 7 กุมภาพันธ์ 2555 – วันที่ 26 มีนาคม 2555

ว/ด/ป	น้ำชลประทาน (ลิตร)	น้ำที่ระบายออกจากถัง (ลิตร)	ปริมาณการใช้น้ำของพืช (ลิตร)	ปริมาณการใช้น้ำของพืช (มิลลิเมตร)
7/2/2012	18.85	14.61	4.24	3.75
8/2/2012	18.85	14.61	4.24	3.75
9/2/2012	18.85	14.61	4.24	3.75
10/2/2012	18.85	13.63	5.22	4.61
11/2/2012	18.85	13.38	5.47	4.83
12/2/2012	18.85	12.88	5.97	5.28
13/2/2012	18.85	7.04	11.81	10.44
14/2/2012	18.85	8.23	10.62	9.39
15/2/2012	18.85	8.61	10.24	9.06
16/2/2012	18.85	7.92	10.93	9.67
17/2/2012	18.85	8.70	10.15	8.97
18/2/2012	18.85	8.45	10.40	9.19
19/2/2012	18.85	8.51	10.34	9.14
20/2/2012	18.85	8.45	10.40	9.19
21/2/2012	18.85	8.58	10.27	9.08
22/2/2012	18.85	8.77	10.08	8.92
23/2/2012	18.85	12.75	6.09	5.39
24/2/2012	18.85	13.63	5.22	4.61
25/2/2012	18.85	12.03	6.82	6.03
26/2/2012	18.85	12.03	6.82	6.03
27/2/2012	18.85	12.41	6.44	5.69
28/2/2012	18.85	12.41	6.44	5.69
29/2/2012	18.85	12.60	6.25	5.53
1/3/2012	18.85	12.47	6.38	5.64
2/3/2012	18.85	12.41	6.44	5.69
3/3/2012	18.85	12.91	5.94	5.25
4/3/2012	18.85	12.69	6.16	5.44
5/3/2012	18.85	12.72	6.13	5.42

ตารางผนวกที่ 7 (ต่อ)

ว/ด/ป	น้ำชลประทาน (ลิตร)	น้ำที่ระบายออกจากถัง (ลิตร)	ปริมาณการใช้น้ำของพืช (ลิตร)	ปริมาณการใช้น้ำของพืช (มิลลิเมตร)
6/3/2012	18.85	12.53	6.31	5.58
7/3/2012	18.85	13.26	5.59	4.94
8/3/2012	18.85	13.04	5.81	5.14
9/3/2012	18.85	13.45	5.40	4.78
10/3/2012	18.85	13.32	5.53	4.89
11/3/2012	18.85	13.92	4.93	4.36
12/3/2012	18.85	14.20	4.65	4.11
13/3/2012	18.85	14.45	4.40	3.89
14/3/2012	18.85	13.92	4.93	4.36
15/3/2012	18.85	13.45	5.40	4.78
16/3/2012	18.85	13.04	5.81	5.14
17/3/2012	18.85	13.10	5.75	5.08
18/3/2012	18.85	13.35	5.50	4.86
19/3/2012	18.85	12.79	6.06	5.36
20/3/2012	18.85	13.16	5.69	5.03
21/3/2012	18.85	12.82	6.03	5.33
22/3/2012	18.85	13.10	5.75	5.08
23/3/2012	18.85	12.75	6.09	5.39
24/3/2012	18.85	13.16	5.69	5.03
25/3/2012	18.85	12.66	6.19	5.47
26/3/2012	18.85	12.91	5.94	5.25

ตารางผนวกที่ 8 สรุปการคำนวณปริมาณการใช้น้ำของหญ้านวลน้อย จากถังวัดการใช้น้ำของพืช (Lysimeter) แบบระบายน้ำถังที่ 4 ตั้งแต่วันที่ 7 กุมภาพันธ์ 2555 – วันที่ 26 มีนาคม 2555

ว/ด/ป	น้ำชลประทาน(ลิตร)	น้ำที่ระบายออกจากถัง (ลิตร)	ปริมาณการใช้น้ำของพืช (ลิตร)	ปริมาณการใช้น้ำของพืช (มิลลิเมตร)
7/2/2012	18.85	13.63	5.22	4.61
8/2/2012	18.85	15.08	3.77	3.33
9/2/2012	18.85	14.61	4.24	3.75
10/2/2012	18.85	13.63	5.22	4.61
11/2/2012	18.85	14.61	4.24	3.75
12/2/2012	18.85	13.89	4.96	4.39
13/2/2012	18.85	6.85	12.00	10.61
14/2/2012	18.85	7.73	11.12	9.83
15/2/2012	18.85	8.98	9.86	8.72
16/2/2012	18.85	8.42	10.43	9.22
17/2/2012	18.85	8.51	10.34	9.14
18/2/2012	18.85	8.45	10.40	9.19
19/2/2012	18.85	8.64	10.21	9.03
20/2/2012	18.85	8.73	10.12	8.94
21/2/2012	18.85	8.77	10.08	8.92
22/2/2012	18.85	8.64	10.21	9.03
23/2/2012	18.85	12.25	6.60	5.83
24/2/2012	18.85	14.61	4.24	3.75
25/2/2012	18.85	12.79	6.06	5.36
26/2/2012	18.85	12.03	6.82	6.03
27/2/2012	18.85	12.25	6.60	5.83
28/2/2012	18.85	12.44	6.41	5.67
29/2/2012	18.85	12.72	6.13	5.42
1/3/2012	18.85	12.97	5.87	5.19
2/3/2012	18.85	12.53	6.31	5.58
3/3/2012	18.85	12.44	6.41	5.67
4/3/2012	18.85	13.29	5.56	4.92
5/3/2012	18.85	13.38	5.47	4.83

ตารางผนวกที่ 8 (ต่อ)

ว/ด/ป	น้ำชลประทาน (ลิตร)	น้ำที่ระบายออกจากถัง (ลิตร)	ปริมาณการใช้น้ำของพืช (ลิตร)	ปริมาณการใช้น้ำของพืช (มิลลิเมตร)
6/3/2012	18.85	12.69	6.16	5.44
7/3/2012	18.85	12.97	5.87	5.19
8/3/2012	18.85	13.19	5.65	5.00
9/3/2012	18.85	13.76	5.09	4.50
10/3/2012	18.85	13.48	5.37	4.75
11/3/2012	18.85	14.01	4.84	4.28
12/3/2012	18.85	14.17	4.68	4.14
13/3/2012	18.85	14.42	4.43	3.92
14/3/2012	18.85	13.98	4.87	4.31
15/3/2012	18.85	13.16	5.69	5.03
16/3/2012	18.85	13.38	5.47	4.83
17/3/2012	18.85	13.51	5.34	4.72
18/3/2012	18.85	13.07	5.78	5.11
19/3/2012	18.85	12.94	5.91	5.22
20/3/2012	18.85	13.10	5.75	5.08
21/3/2012	18.85	12.94	5.91	5.22
22/3/2012	18.85	13.19	5.65	5.00
23/3/2012	18.85	13.32	5.53	4.89
24/3/2012	18.85	12.85	6.00	5.31
25/3/2012	18.85	13.13	5.72	5.06
26/3/2012	18.85	13.26	5.59	4.94

ภาคผนวก จ.

ตารางสรุปการคำนวณปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง

โดย Penman-Monteith

ข้อมูลจากสถานีอุตุนิยมวิทยานครปฐม

ตารางผนวกที่ 9 ตารางสรุปการคำนวณปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง โดย Penman-Monteith เดือนกุมภาพันธ์ 2555

ว/ด/ป	T(mean) ℃	γ	U_2	DΔ	es-ea (Kpa)	J	G	Rn (MJ/m^{-2} -day^{-1})	ETo
1/2/2012	26.60	0.067	0.287	0.205	0.800	32	0.000	9.992	3.162
2/2/2012	27.45	0.067	0.287	0.214	0.884	33	0.000	8.840	2.858
3/2/2012	27.00	0.067	0.082	0.209	0.845	34	0.000	11.174	3.475
4/2/2012	27.70	0.067	0.369	0.217	0.832	35	0.000	11.028	3.545
5/2/2012	28.90	0.067	0.225	0.230	1.050	36	0.000	12.939	4.171
6/2/2012	29.40	0.067	0.287	0.236	1.277	37	0.000	13.142	4.320
7/2/2012	28.85	0.067	0.451	0.230	1.366	38	0.000	13.230	4.436
8/2/2012	28.55	0.067	0.225	0.226	1.159	39	0.000	13.359	4.303
9/2/2012	28.85	0.067	0.451	0.230	1.109	40	0.000	12.337	4.088
10/2/2012	29.45	0.067	0.656	0.237	1.161	41	0.000	12.677	4.315
11/2/2012	29.05	0.067	0.451	0.232	1.168	42	0.000	13.136	4.356
12/2/2012	28.00	0.067	0.082	0.220	0.994	43	0.000	10.989	3.467
13/2/2012	28.10	0.067	0.369	0.221	1.087	44	0.000	12.854	4.177
14/2/2012	29.00	0.067	0.451	0.231	1.258	45	0.000	13.034	4.350
15/2/2012	29.15	0.067	0.225	0.233	1.247	46	0.000	12.899	4.198
16/2/2012	29.15	0.067	0.082	0.233	1.208	47	0.000	12.935	4.135
17/2/2012	29.20	0.067	0.369	0.234	1.061	48	0.000	12.506	4.106
18/2/2012	27.75	0.067	0.225	0.217	0.749	49	0.000	6.215	2.018
19/2/2012	26.55	0.067	0.287	0.204	0.863	50	0.000	12.097	3.804
20/2/2012	25.60	0.067	0.451	0.195	1.002	51	0.000	13.565	4.292
21/2/2012	26.65	0.067	0.225	0.205	1.094	52	0.000	13.200	4.159
22/2/2012	27.75	0.067	0.225	0.217	1.423	53	0.000	13.538	4.364
23/2/2012	28.65	0.067	0.000	0.227	1.429	54	0.000	14.154	4.455
24/2/2012	29.90	0.067	0.287	0.242	1.421	55	0.000	14.261	4.715
25/2/2012	30.40	0.067	0.594	0.248	1.276	56	0.000	15.015	5.079
26/2/2012	30.55	0.067	0.451	0.250	1.131	57	0.000	14.704	4.888
27/2/2012	30.65	0.067	1.025	0.251	1.295	58	0.000	14.196	5.028
28/2/2012	30.20	0.067	0.738	0.246	1.429	59	0.000	13.467	4.730
29/2/2012	29.80	0.067	0.594	0.241	1.196	60	0.000	14.797	4.960

ตารางผนวกที่ 10 ตารางสรุปการคำนวณปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง โดย Penman-Monteith เดือนมีนาคม 2555

ว/ด/ป	T(mean) ℃	γ	U_2	Δ	es-ea (Kpa)	J	G	Rn (MJ/m^{-2} -day^{-1})	ETo
1/2/2012	30.000	0.067	0.369	0.243	1.427	32	0.000	10.136	3.483
2/2/2012	30.100	0.067	0.451	0.245	1.488	33	0.000	8.871	3.163
3/2/2012	30.400	0.067	0.963	0.248	1.371	34	0.000	11.374	4.193
4/2/2012	30.650	0.067	0.656	0.251	1.596	35	0.000	10.991	4.004
5/2/2012	30.250	0.067	0.451	0.246	1.556	36	0.000	12.703	4.373
6/2/2012	30.100	0.067	0.287	0.245	1.194	37	0.000	13.471	4.435
7/2/2012	30.450	0.067	0.287	0.249	1.367	38	0.000	13.685	4.547
8/2/2012	30.350	0.067	0.594	0.248	1.316	39	0.000	13.522	4.633
9/2/2012	30.550	0.067	0.512	0.250	1.276	40	0.000	12.621	4.308
10/2/2012	30.600	0.067	0.225	0.251	1.167	41	0.000	12.970	4.267
11/2/2012	28.450	0.067	0.225	0.225	0.822	42	0.000	13.309	4.232
12/2/2012	29.100	0.067	0.287	0.233	0.981	43	0.000	11.165	3.641
13/2/2012	29.700	0.067	0.287	0.240	1.211	44	0.000	13.120	4.313
14/2/2012	30.650	0.067	0.594	0.251	1.359	45	0.000	13.388	4.616
15/2/2012	29.350	0.067	0.287	0.236	1.239	46	0.000	12.963	4.256
16/2/2012	30.000	0.067	0.287	0.243	1.386	47	0.000	12.969	4.309
17/2/2012	30.600	0.067	0.963	0.251	1.450	48	0.000	12.508	4.582
18/2/2012	29.950	0.067	0.225	0.243	1.815	49	0.000	6.128	2.185
19/2/2012	30.350	0.067	0.594	0.248	1.703	50	0.000	12.140	4.348
20/2/2012	29.950	0.067	0.512	0.243	1.934	51	0.000	13.660	4.819
21/2/2012	28.800	0.067	0.082	0.229	1.825	52	0.000	12.867	4.132
22/2/2012	29.750	0.067	0.369	0.240	1.646	53	0.000	13.680	4.627
23/2/2012	30.050	0.067	0.369	0.244	1.574	54	0.000	14.219	4.789
24/2/2012	30.100	0.067	0.594	0.245	1.325	55	0.000	14.361	4.885
25/2/2012	29.450	0.067	0.451	0.237	0.933	56	0.000	14.977	4.869
26/2/2012	29.650	0.067	0.287	0.239	1.112	57	0.000	14.425	4.700
27/2/2012	29.400	0.067	0.287	0.236	1.146	58	0.000	14.046	4.577
28/2/2012	29.350	0.067	0.000	0.236	1.251	59	0.000	13.444	4.265
29/2/2012	30.950	0.067	0.082	0.255	1.552	60	0.000	14.734	4.806

ภาคผนวก ฉ.

การคำนวณปริมาณการใช้น้ำของพืช (ET) ปริมาณการระเหยจากถาดวัดการระเหย Class A-pan และปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง

ตัวอย่างการคำนวณ ETo

การคำนวณปริมาณการใช้น้ำของพืช

คำนวณจากการสมดุลน้ำถังวัดปริมาณการใช้น้ำของพืช

$$ET = Ir + P - DP$$

ตัวอย่างการคำนวณ

ปริมาณการใช้น้ำของพืช วันที่ 7 กุมภาพันธ์ 2555 ถังที่ 1

- น้ำชลประทาน (วัดเป็นความลึกของน้ำที่เติม) เท่ากับ 60 เซนติเมตร

  คิดเป็นน้ำชลประทาน (Ir) = $((\pi \times 10^2) \times 60)/1000$ = 18.85 ลิตร

- ปริมาณน้ำฝน (P) เท่ากับ 0.00 มิลลิเมตร

- ปริมาณน้ำที่ระบายออก (วัดเป็นความลึกของน้ำที่ระบายออก) เท่ากับ 36 เซนติเมตร

  คิดเป็นน้ำที่ระบายออก (DP) = $((\pi \times 10^2) \times 36)/1000$ = 11.31 ลิตร

- เส้นผ่าศูนย์กลางถัง Lysimeter เท่ากับ 1.2 เมตร

- พื้นที่ถัง Lysimeter = $(\pi \times 1.2^2)/4$ = 1.13097 ลูกบาศก์เมตร

ปริมาณการใช้น้ำของพืช (ET1) = 18.85 + 0.00 – 11.31

= 7.54 ลิตร

= (7.54/1000)/(1.13097/1000)

= 6.67 มิลลิเมตร

การคำนวณปริมาณการระเหยจากถาดวัดการระเหย Class A-pan

ตัวอย่างการคำนวณ

ปริมาณการระเหยจากถาดวัดการระเหย Class A-pan วันที่ 7 กุมภาพันธ์ 2555

- ปริมาณน้ำเดิมเท่ากับ 0.00 นิ้ว

- ปริมาณน้ำที่เติมเข้าเท่ากับ 2.782 นิ้ว

- ปริมาณน้ำที่เหลืออยู่เท่ากับ 2.554 นิ้ว

- ปริมาณฝนเท่ากับ 0.00 นิ้ว

ปริมาณการระเหย = ปริมาณน้ำที่เติมเข้า + ปริมาณน้ำเดิม + ปริมาณฝน – ปริมาณน้ำที่เหลืออยู่

= 2.782 + 0.00 + 0.00 - 2.554

= 0.228 นิ้ว

= 0.228×25.4

= 5.791 มิลลิเมตร

การคำนวณปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง

Altitude	7.457 ม.รทก.
Latitude	14°01'N
Wind vane	11 ม.

วันที่ 7 กุมภาพันธ์ 2555

Tmin	22.3°C
Tmax	35.4°C
%RH	68%
Windspeed	2.2 km/hrs
Sunshine	9.9 hr
Tmean	28.85

พารามิเตอร์อากาศ

$$\gamma = 0.065 \times 10^{-3} P$$

$$P = \frac{101.3(293-(0.0065Z)^{5.26}}{293}$$

$$= \frac{101.3(293-\left(0.0065(7.457)\right)^{5.26}}{293}$$

$$= 101.212 \text{ KPa}$$

$$\gamma = 0.665 \times 10^{-3}(101.212)$$

$$= 0.067$$

ความเร็วลม (U_2)

$$U_2 = \frac{UZ \times 4.87}{\ln(67.8(z) - 5.42)}$$

$$U_2 = \frac{(2.2 \times 0.278) \times 4.87}{\ln(67.8(11) - 5.42)}$$

$$= 0.962$$

$$\Delta = \frac{2503 \exp\left(\frac{17.27T}{T+237.3}\right)}{(T+237.3)^2}$$

$$\Delta = \frac{2503 \exp\left(\frac{17.27(28.85)}{28.85+237.3}\right)}{(28.85+237.3)^2}$$

$$= 0.230$$

$$e^o(T_{max}) = 0.6180 \exp\left(\frac{17.27(T_{max})}{T_{max}+237.3}\right)$$

$$= 0.6180 \exp\left(\frac{17.27(35.4)}{(35.4)+237.3}\right)$$

$$= 5.816KPa$$

$$e^o(T_{min}) = 0.6180 \exp\left(\frac{17.27(T_{min})}{T_{min}+237.3}\right)$$

$$= 0.6180 \exp\left(\frac{17.27(22.3)}{22.3+237.3}\right)$$

$$= 2.724KPa$$

$$e_s = \frac{(5.816+2.724)}{2}$$

$$= 4.270\text{KPa}$$

จาก RH $$= \frac{e_a}{e_s}$$

$$e_a = RH \times e_s$$

$$e_a = \frac{68}{100} \times (4.270)$$

$$e_a = 2.90372KPa$$

$$(e_s - e_a) = 4.270 - 2.90372$$

$$= 1.366KPa$$

พลังงานรังสีสุทธิ (Rn-G)

J = Julian Day

= 38

$\emptyset(\text{ละติจูด})14°01'N = 14 + \frac{01}{60}$

$= 14.01667\ Degree$

$\left(14 + \frac{01}{60}\right) \times \frac{\pi}{180} = 0.245 Rad$

dr = ส่วนกลับระยะทางโลก-ดวงอาทิตย์สัมพัทธ์

dr = $1+0.033\cos(\frac{2\pi}{365}J)$

dr = $1+0.033\cos\left(\frac{2\pi}{365}38\right)$

dr = 1.0262

δ = มุมเบนดวงอาทิตย์ตามฤดูกาล

$\delta = 0.409\sin\left(\frac{2\pi}{365}J - 1.39\right)$

$\delta = 0.409\sin\left(\frac{2\pi}{365}38 - 1.39\right)$

$= -0.2745\text{Rad}$

ω_s = มุมดวงอาทิตย์ตามเวลา

$\omega_s = ArcCos[-tan\emptyset \times tan\delta]$

$\omega_s = cos^{-1}[-\tan(0.245) \times \tan(-0.2745))$

$\omega_s = 1.5003 Rad$

ค่าคงที่ Gsc = 118.11

$Ra = \frac{Gsc \times dr}{\pi}[(\omega_s \times \sin\emptyset \times \sin\delta) + (\cos\emptyset \times \cos\delta \times \sin\omega_s)]$

$Ra = \frac{118.11 \times 1.0262}{\pi}[(1.5003 \times \sin 0.245 \times \sin(-0.2745)) + (\cos 0.245 \times \cos(-0.2745) \times \sin 1.5003)]$

$Ra = 32.1273\ \frac{MJ}{m^2.day}$

$N = \frac{24}{\pi}(\omega_s)$

$N = \frac{24}{\pi}(1.5003)$

$N = 11.4602$

$Sun. = 9.9 \quad hr$

$Rs = \left(0.25 + 0.5\frac{n}{N}\right) Ra$

$Rs = \left(0.25 + 0.5\frac{9.9}{11.4602}\right)(32.1273)$

$Rs = 21.9086 \ \frac{MJ}{m^2.day}$

$Rns = (1-\alpha)Rs \quad ; \ \alpha = 0.23 \ Albedo$ พืชอ้างอิง

$Rns = (1-0.23)(21.9086)$

$Rns = 16.8696 \ \frac{MJ}{m^2.day}$

$T_{max} = 35.4 + 273.16$

$T_{max} = 308.560 \ K$

$T_{min} = 22.3 + 273.16$

$T_{min} = 295.46 \ K$

$\sigma \frac{[(T_{\max},K)^4+(T_{min},K)^4]}{2} = 4.903 \frac{[(308.560)^4+(295.460)^4]}{2}$

$= 40.9045$

$0.34 - 0.14\sqrt{ea} = 0.34 - 0.14\sqrt{2.90372}$

$= 0.1014$

$Rso = \left(0.75 + 2 \times 10^{-5}(Z)\right)(Ra)$

$Rso = \left(0.75 + 2 \times 10^{-5}(7.457)\right)(32.1273)$

$Rso = 24.1002$

$1.35\frac{Rs}{Rso} - 0.35 = 1.35\frac{21.9086}{24.1002} - 0.35$

$= 0.8772$

$Rnl = \sigma \frac{[(T_{\max},K)^4+(T_{min},K)^4]}{2} \times 0.34 - 0.14\sqrt{ea} \times 1.35\frac{Rs}{Rso} -$
0.35

$Rnl = 40.9045 \times 0.1014 \times 0.8772$

$Rnl = 3.6398 \ \frac{MJ}{m^2.day}$

$$Rn = Rns - Rnl$$

$$Rn = 16.8696 - 3.6398$$

$$Rn = 13.2298 \quad \frac{MJ}{m^2.day}$$

$$0.408 \times \Delta \times (Rn - G) = 0.408 \times 0.230 \times 13.2298 - 0$$

$$0.408 \times \Delta \times (Rn - G) = 1.240$$

$$\gamma \frac{900}{T+273} \times U_2 \times (es - ea) = 0.067 \frac{900}{28.85+273} \times 0.451 \times 1.366$$

$$\gamma \frac{900}{T+273} \times U_2 \times (es - ea) = 0.1238$$

$$\Delta + \gamma(1 + 0.34U_2) = 0.230 + 0.067(1 + 0.34(0.451))$$

$$\Delta + \gamma(1 + 0.34U_2) = 0.3074$$

$$ETo = \frac{1.240+0.1238}{0.3074}$$

$$ETo = 4.4359 \text{ mm/day}$$