โครงงานวิศวกรรมชลประทาน

(02207499)

ที่16 /2555

# การศึกษาปริมาณการใช้น้ำและการเจริญเติบโตของแตงกวา

# Study on Evapotranspiration and Growth of Cucumber

โดย

นางสาวพรรณิภา ด้วงเกิด

นางสาววรัญญา ดอกรัก

เสนอ

ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน

กำแพงแสน นครปฐม 73140

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต(วิศวกรรมโยธา-ชลประทาน)

พุทธศักราช 2555

ใบรับรองโครงการงานวิศวกรรมชลประทาน

ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน

คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาเกษตรศาสตร์

ปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมชลประทาน

เรื่อง : การศึกษาปริมาณการใช้น้ำและการเจริญเติบโตของแตงกวา

Study on Evapotranspiration and Growth of Cucumber

นามผู้ทำโครงงาน : นางสาวพรรณิภา ด้วงเกิด

นางสาววรัญญา ดอกรัก

ได้รับพิจารณาเห็นชอบ

ประธานที่ปรึกษาโครงการ .....

( ผศ.ดร.เอกสิทธิ์ โฆสิตสกุลชัย )

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

กรรมการโครงการ .....

( ผศ.ดร.พงศธร โสภาพันธุ์ )

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

หัวหน้าภาควิชา .....

( ผศ.นิมิตร เฉิดฉันท์พิพัฒน์)

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

# สารบัญ

หน้า


| | |
|---|---|
| บทคัดย่อ | I |
| Abstract | II |
| คำนิยม | III |
| สารบัญ | IV |
| สารบัญตาราง | VI |
| สารบัญภาพ | VIII |
| บทที่ 1 บทนำ | 1 |
| 1.1 ความเป็นมาและที่มาของปัญหา | 1 |
| 1.2 วัตถุประสงค์ | 2 |
| 1.3 ขอบเขตการศึกษา | 2 |
| บทที่ 2 ตรวจเอกสาร | 3 |
| 2.1 แตงกวา (Cucumber) | 3 |
| 2.2 น้ำในดิน | 14 |
| 2.3 ช่วงของการเจริญเติบโตของพืช | 16 |
| 2.4 การหาปริมาณการใช้น้ำของพืช | 19 |
| บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการทดลอง | 28 |
| 3.1 สถานที่ตั้ง | 28 |
| 3.2 วัสดุอุปกรณ์การทดลอง | 29 |
| 3.3 วิธีการทดลอง | 33 |
| บทที่ 4 ผลและวิจารณ์ | 37 |
| 4.1 ช่วงการเจริญเติบโต | 37 |
| 4.2 ข้อมูลของตัวอย่างแทน | 46 |
| 4.3 ปริมาณการใช้น้ำของพืช | 48 |
| 4.4 ปริมาณการใช้น้ำของแตงกวา | 55 |

**สารบัญ(ต่อ)**

**หน้า**

4.4 ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำ 64

บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ 66

5.1 สรุปผลการทดลอง 66

5.2 ข้อเสนอแนะ 67

เอกสารอ้างอิง

ภาคผนวก ก.

ภาคผนวก ข.

ภาคผนวก ค.

ภาคผนวก ง.

ภาคผนวก จ.

ภาคผนวก ฉ.

ภาคผนวก ช.

# สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 สรุปปัจจัยที่มีผลต่อการคายน้ำของพืช 26

ตารางที่ 2 การเจริญเติบโตของต้นแตงกวา (ความสูง) 42

ตารางที่ 3 การเจริญเติบโตของต้นแตงกวา (น้ำหนัก) 44

ตารางที่ 4 ข้อมูลน้ำหนักแห้งของตัวอย่างแทน 46

ตารางที่ 5 สรุปปริมาณการระเหยของถาดวัดการระเหย Class A-pan (Epan) และปริมาณ 49
การใช้น้ำของพืชอ้างอิงรายวัน ตั้งแต่วันที่ 4 ธันวาคม 2555 ถึงวันที่ 16 มีนาคม 2556

ตารางที่ 6 สรุปปริมาณการระเหยของถาดวัดการระเหย Class A-pan (Epan) และปริมาณ 52
การใช้น้ำของพืชอ้างอิงรายสัปดาห์ ตั้งแต่วันที่ 4 ธันวาคม 2555 ถึงวันที่ 16 มีนาคม 2556

ตารางที่ 7 สรุป ปริมาณการใช้น้ำของแตงกวา (ET) รายวัน ตั้งแต่วันที่ 4 ธันวาคม 2555 56
ถึงวันที่ 21 มกราคม 2556

ตารางที่ 8 สรุป ปริมาณการใช้น้ำของแตงกวา (ET) รายสัปดาห์ ตั้งแต่วันที่ 4 ธันวาคม 2555 58
ถึงวันที่ 21 มกราคม 2556

ตารางที่ 9 สรุปปริมาณการใช้น้ำของแตงกวา (ET) รายวัน ตั้งแต่วันที่ 26 มกราคม 2556 60
ถึงวันที่ 16 มีนาคม 2556

ตารางที่ 10 สรุปปริมาณการใช้น้ำของแตงกวา (ET) รายสัปดาห์ ตั้งแต่วันที่ 26 มกราคม 2556 62
ถึงวันที่ 16 มีนาคม 2556

ตารางที่ 11 ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของแตงกวา (Kc) 64

ตารางผนวกที่ 1 สรุปการคำนวณปริมาณการใช้น้ำของแตงกวา จากถาดวัดการใช้น้ำของพืช 75
(Lysimeter) แบบน้ำใต้ดินคงที่ถังที่ 1 และ 2 ตั้งแต่วันที่ 23 พฤศจิกายน 2555 -
วันที่ 20 มกราคม 2556

ตารางผนวกที่ 2 สรุปการคำนวณปริมาณการใช้น้ำของแตงกวา จากถาดวัดการใช้น้ำของพืช 77
(Lysimeter) แบบน้ำใต้ดินคงที่ถังที่ 1 และ 2 ตั้งแต่วันที่ 27 มกราคม 2555 -
วันที่ 17 มีนาคม 2556

**สารบัญตาราง (ต่อ)**

**หน้า**

ตารางผนวกที่ 3 สรุปการคำนวณปริมาณการใช้น้ำของแตงกวา จากถาดวัดการใช้น้ำของพืช (Lysimeter) แบบระบายน้ำถังที่ 3 ตั้งแต่วันที่ 4 ธันวาคม 2555 –วันที่21 มกราคม 2556 80

ตารางผนวกที่ 4 สรุปการคำนวณปริมาณการใช้น้ำของแตงกวา จากถาดวัดการใช้น้ำของพืช (Lysimeter) แบบระบายน้ำถังที่ 4 ตั้งแต่วันที่ 4 ธันวาคม 2555 - วันที่ 21 มกราคม 2556 82

ตารางผนวกที่ 5 สรุปการคำนวณปริมาณการใช้น้ำของแตงกวา จากถาดวัดการใช้น้ำของพืช (Lysimeter) แบบระบายน้ำถังที่ 3 ตั้งแต่วันที่ 26 มกราคม 2555 - วันที่ 16 มีนาคม 2556 84

ตารางผนวกที่ 6 สรุปการคำนวณปริมาณการใช้น้ำของแตงกวา จากถาดวัดการใช้น้ำของพืช (Lysimeter) แบบระบายน้ำถังที่ 4 ตั้งแต่วันที่ 26 มกราคม 2555 - วันที่ 16 มีนาคม 2556 86

ตารางผนวกที่ 7 ข้อมูลปริมาณการระเหยจากถาดวัดการระเหย Class-A-pan ตั้งแต่วันที่ 4 ธันวาคม 2555 - วันที่ 21 มกราคม 2556 89

ตารางผนวกที่ 8 ข้อมูลปริมาณการระเหยจากถาดวัดการระเหย Class-A-pan ตั้งแต่วันที่ 26 มกราคม 2556 - วันที่ 16 มีนาคม 2556 91

ตารางผนวกที่ 9 ข้อมูลจากสถานีอุตุนิยมวิทยานครปฐม ธันวาคม 2555 94

ตารางผนวกที่ 10 ข้อมูลจากสถานีอุตุนิยมวิทยานครปฐม มกราคม 2556 95

ตารางผนวกที่ 11 ข้อมูลจากสถานีอุตุนิยมวิทยานครปฐม กุมภาพันธ์ 2556 96

ตารางผนวกที่ 12 ข้อมูลจากสถานีอุตุนิยมวิทยานครปฐม มีนาคม 2556 97

ตารางผนวกที่ 13 ตารางสรุปการคำนวณปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง โดย Penman-Monteith เดือนธันวาคม 99

ตารางผนวกที่ 14 ตารางสรุปการคำนวณปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง โดย Penman-Monteith เดือนมกราคม 100

ตารางผนวกที่ 15 ตารางสรุปการคำนวณปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง โดย Penman-Monteith เดือนกุมภาพันธ์ 101

ตารางผนวกที่ 15 ตารางสรุปการคำนวณปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง โดย Penman-Monteith เดือนมีนาคม 102

# สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 1 การจำแนกชนิดของน้ำในดินและความชื้นในดิน 14
ภาพที่ 2 ช่วงของการเจริญเติบโตของพืช 16
ภาพที่ 3 ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช 18
ภาพที่ 4 ถาดวัดการระเหยแบบ Class A 22
ภาพที่ 5 ถังวัดการใช้น้ำของพืช (Lysimeters) แบบระบายน้ำ (Percolation) 23
ภาพที่ 6 ความชื้นในดิน 25
ภาพที่ 7 แปลงทดลองของภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน 28
ภาพที่ 8 ตำแหน่งที่ตั้งถัง Lysimeters 28
ภาพที่ 9 จอบ 29
ภาพที่ 10 เมล็ดพันธุ์ 29
ภาพที่ 11 ปุ๋ยและยาฆ่าแมลง 29
ภาพที่ 12 ตาข่ายและเชือกฟาง 29
ภาพที่ 13 ไม้ปักค้าง 29
ภาพที่ 14 ปั๊มน้ำ 30
ภาพที่ 15 ท่อน้ำและวาล์ว1 นิ้ว 30
ภาพที่ 16 สายยาง 30
ภาพที่ 17 ถังวัดการใช้น้ำของพืช Lysimeters 30
ภาพที่ 18 บัวรดน้ำ 30
ภาพที่ 19 ถังตวงน้ำ 31
ภาพที่ 20 ถาดวัดการระเหยและฮุกเกด 31
ภาพที่ 21 ไม้บรรทัด 31
ภาพที่ 22 ตลับเมตร 31
ภาพที่ 23 เครื่องชั่งน้ำหนัก 31
ภาพที่ 24 ตู้อบ 31

**สารบัญภาพ(ต่อ)**

**หน้า**

ภาพที่ 25 การใช้รถไถกำจัดวัชพืช 32

ภาพที่ 26 การยกร่องแปลง 32

ภาพที่ 27 การคัดเลือกเมล็ดแตงกวา 33

ภาพที่ 28 การปลูกแตงกวา 33

ภาพที่ 29 รดน้ำ 34

ภาพที่ 30 วัดส่วนสูงต้นแตงกวา 34

ภาพที่ 31 ชั่งน้ำหนักแตงกวา 35

ภาพที่ 32 ใส่น้ำลงในถัง Lysimeters ที่ปลูกแตงกวา 36

ภาพที่ 33 วัดน้ำที่ออกจากถัง Lysimeters 36

ภาพที่ 34 วัดปริมาณการระเหย 36

ภาพที่ 35 วันที่ 27 พฤศจิกายน 2555 อายุ 4 วัน (เริ่มงอก) 38

ภาพที่ 36 วันที่ 21 ธันวาคม 2555 อายุ 28 วัน (ออกดอก) 38

ภาพที่ 37 วันที่ 21 ธันวาคม 2555 อายุ 28 วัน (ออกดอก) 39

ภาพที่ 38 วันที่ 21 ธันวาคม 2555 อายุ 28 วัน (ออกดอก) 39

ภาพที่ 39 วันที่ 28 ธันวาคม 2555 อายุ 35 วัน (ผลสด) 40

ภาพที่ 40 วันที่ 28 ธันวาคม 2555 อายุ 35 วัน (ผลสด) 40

ภาพที่ 41 วันที่ 13 มกราคม 2556 อายุ 50วัน (ผลแก่) 41

ภาพที่ 42 วันที่ 13 มกราคม 2556 อายุ 50 วัน (ผลแก่) 41

ภาพที่ 43 ความยาวของต้นแตงกวา 43
ตั้งแต่วันที่ 30 พฤศจิกายน 2555 ถึงวันที่ 18 มกราคม 2556 เป็นเวลา 8 สัปดาห์

ภาพที่ 44 ความยาวผลผลิตแตงกวา 43
ตั้งแต่วันที่ 30 พฤศจิกายน 2555 ถึงวันที่ 18 มกราคม 2556 เป็นเวลา 8 สัปดาห์

ภาพที่ 45 น้ำหนักของต้นแตงกวา 45
ตั้งแต่วันที่ 30 พฤศจิกายน 2555 ถึงวันที่18 มกราคม 2556 เป็นเวลา 8 สัปดาห์

**สารบัญภาพ(ต่อ)**

**หน้า**

ภาพที่ 46 น้ำหนักของผลผลิตแตงกวา 45
ตั้งแต่วันที่ 30 พฤศจิกายน 2555ถึงวันที่ 18 มกราคม 2556 เป็นเวลา 8 สัปดาห์
ภาพที่ 47 น้ำหนักแห้งของต้นแตงกวา 47
ตั้งแต่วันที่ 30 พฤศจิกายน 2555 ถึงวันที่ 18 มกราคม 2556 เป็นเวลา 8 สัปดาห์
ภาพที่ 48 น้ำหนักแห้งของผลผลิตแตงกวา 47
ตั้งแต่วันที่ 30 พฤศจิกายน 2555 ถึงวันที่ 18 มกราคม 2556 เป็นเวลา 8 สัปดาห์
ภาพที่ 49 ปริมาณการระเหยของถาดวัดการระเหย Class A-pan (Epan) 53
และปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (ETo) รายวัน
ตั้งแต่วันที่ 4 ธันวาคม 2555 ถึงวันที่ 16 มีนาคม 2556
ภาพที่ 50 ปริมาณการระเหยของถาดวัดการระเหย Class A-pan (Epan) 53
และปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (ETo) รายเสัปดาห์
ตั้งแต่วันที่ 4 ธันวาคม 2555 ถึงวันที่ 16 มีนาคม 2556
ภาพที่ 51 เปรียบเทียบปริมาณการระเหยของถาดวัดการระเหย Class A-pan (Epan) 53
และปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (ETo) รายวัน
ตั้งแต่วันที่ 4 ธันวาคม 2555 ถึงวันที่ 16 มีนาคม 2556
ภาพที่ 52 เปรียบเทียบปริมาณการระเหยของถาดวัดการระเหย Class A-pan (Epan) 54
และปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (ETo) รายสัปดาห์
ตั้งแต่วันที่ 4 ธันวาคม 2555 ถึงวันที่ 16 มีนาคม 2556
ภาพที่ 53 ปริมาณการใช้น้ำของแตงกวา (ET) รายวัน 59
ตั้งแต่วันที่ 4 ธันวาคม 2555 ถึงวันที่ 21 มกราคม 2556
ภาพที่ 54 ปริมาณการใช้น้ำของแตงกวา (ET) รายสัปดาห์ 59
ตั้งแต่วันที่ 4 ธันวาคม 2555 ถึงวันที่ 21 มกราคม 2556
ภาพที่ 55 ปริมาณการใช้น้ำของแตงกวา (ET) รายวัน 63
ตั้งแต่วันที่ 26 มกราคม 2555 ถึงวันที่ 16 มีนาคม 2556
ภาพที่ 56 ปริมาณการใช้น้ำของแตงกวา (ET) รายสัปดาห์ 63
ตั้งแต่วันที่ 26 มกราคม 2555 ถึงวันที่ 16 มีนาคม 2556
ภาพที่ 57 ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของแตงกวา (Kc) 65

# บทที่ 1

# บทนำ

## 1.1 ความเป็นมาและที่มาของปัญหา

น้ำมีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของพืชเนื่องจากพืชต้องการน้ำตลอดช่วงกาลเพาะปลูก ถ้าให้ น้ำแก่พืชตามปริมาณความต้องการใช้น้ำของพืชที่แท้จริงจะส่งผลให้พืชเจริญเติบโตเต็มที่ ได้ผลผลิตสูง แต่ในขณะที่มีการให้น้ำในปริมาณที่น้อยกว่าความต้องการของพืชจะส่งผลให้พืชไม่เจริญเติบโตหรือได้ผลผลิตที่ต่ำ และถ้ามีการให้น้ำในปริมาณที่มากเกินความต้องการของพืชจะทำให้สิ้นเปลืองน้ำและอาจก่อให้เกิดผลเสียต่อพืชได้

การศึกษาปริมาณการใช้น้ำและการเจริญเติบโตของแตงกวาโดยค่าที่ต้องการคือระยะเวลาการเจริญเติบโตในช่วงต่างๆของแตงกวาซึ่งช่วงการเจริญเติบโตต่างต่างๆของพืชได้แบ่งออกเป็น 4 ช่วงคือช่วงการตั้งต้นช่วงการเจริญเติบโตทางลำต้นช่วงกลางของการเพาะปลูกและช่วงปลายของการเพาะปลูกโดยทำการปลูกแตงกวาประเภทแตงกวาพันธุ์ลูกผสมในแปลงทดลองของภาควิชาวิศวกรรมชลประทานมหาวิยาลัยเกษตรศาสตร์วิทยาเขตกำแพงแสนตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2555 ถึงเดือน มีนาคม พ.ศ. 2556 และเก็บข้อมูลที่จำเป็นเช่นข้อมูลส่วนสูงและผลรวมไปถึงข้อมูลน้ำหนักแห้งของพืชตัวอย่างเพื่อนำมาวิเคราะห์เพื่อให้ได้ช่วงการเจริญเติบโตทั้ง 4 ช่วงตามต้องการ

อย่างไรก็ตามยังไม่มีการศึกษาค้นคว้าในเชิงวิชาการถึงปริมาณการใช้น้ำของแตงกวา โครงการนี้จึงได้ทำการศึกษาปริมาณการใช้น้ำของแตงกวาในถังวัดการใช้น้ำของพืช (Lysimeter) และได้ทำการเปรียบเทียบกับปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง โดยใช้สูตร Penman-Monteithและปริมาณการระเหยจากถาดวัดการระเหย Class-A-pan เพื่อได้ทราบถึงความต้องการปริมาณการใช้น้ำของแตงกวาในช่วงการเจริญเติบโตตั้งแต่ระยะเพาะกล้าจนถึงช่วงเก็บเกี่ยวผลผลิตผลลัพธ์ที่ได้คาดว่าจะเป็นประโยชน์ต่อการวางแผนการให้น้ำแก่แตงกวาอย่างมีประสิทธิภาพ

## 1.2 วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาปริมาณการใช้น้ำและการเจริญเติบโตของแตงกวา มี 2 กรณี ดังนี้

1. ศึกษาและวิเคราะห์ช่วงการเจริญเติบโตของแตงกวาและค่าน้ำหนักแห้ง

2. เพื่อศึกษาหาปริมาณการใช้น้ำของแตงกวา

## 1.3 ขอบเขตการศึกษา

1. พันธุ์พืชที่ใช้: ประเภทแตงกวาทานสดพันธุ์ลูกผสม

2. ช่วงระยะเวลาในการทดลอง: เดือนพฤศจิกายน 2555 ถึง เดือน มีนาคม 2556

3. สถานที่ที่ทำการเพาะปลูก: แปลงทดลองภาควิชาวิศวกรรมชลประทานมหาวิยาลัยเกษตรศาสตร์วิทยาเขตกำแพงแสน

4.วัดปริมาณการใช้น้ำของแตงกวาโดย Lysimeterแบบระบายน้ำ

5.เปรียบเทียบค่าการใช้น้ำของพืชระหว่างข้อมูลที่ได้จาก Lysimeterแบบระบายน้ำและแบบน้ำใต้ดินคงที่ กับปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง โดยใช้สูตร Penman-Monteithและปริมาณการระเหยจากถาดวัดการระเหย Class-A-pan

# บทที่ 2

ตรวจเอกสาร

## 2.1 แตงกวา (Cucumber)

แตงกวา เป็นพืชตระกูลเดียวกันกับแตงโม ฟักทอง บวบ มะระ น้ำเต้าซึ่งมีการปลูกกันอย่างแพร่หลายทั่วทุกภาคของประเทศมีอายุตั้งแต่ปลูกจนถึงเก็บเกี่ยวสั้น โดยใช้เวลาเพียง 30-45 วันหลังจากปลูกเมื่อเปรียบเทียบรายได้จากการปลูกแตงกวากับพืชอื่นๆ หลายชนิดแล้วแตงกวาเป็นพืชหนึ่งที่สามารถทำรายได้ดีทีเดียว สำหรับในแง่ของผู้บริโภคแล้วแตงกวาที่สามารถนำไปปรุงอาหารได้มากมายหลายชนิด เช่น การนำไปแกงจืด ผัด จิ้มน้ำพริก หรืออาจแปรรูปเป็นแตงกวาดองจะเห็นได้ว่าแตงกวาเป็นพืชที่เข้ามามีบทบาทต่อการค้าทั้งในและต่างประเทศ

แตงกวามีถิ่นกำเนิดในประเทศอินเดีย แถบเทือกเขาหิมาลายา มีการบันทึกประวัติการปลูกมากกว่า 3,000 ปีมีการปลูกในประเทศแถบทะเลเมดิเตอร์เรเนียนเมื่อก่อน 2,000 ปีโดยนำผ่านเอเชียกลางและตอนเหนือของทวีปแอฟริกา ในศตวรรษที่ 6 ได้นำไปปลูกในประเทศจีน โดยสันนิษฐานว่าได้นำเข้าประเทศจีน 2 ทาง คือ เส้นทางสายไหม ( Silk road )โดยผ่านประเทศในเอเชียตะวันออกไปสู่ภาคเหนือของประเทศจีนซึ่งได้รับการพัฒนาพันธุ์สำหรับภาคเหนือ( North China type or Summer type ) ส่วนอีกเส้นทางโดยผ่านประเทศในเอเชียตะวันออกเฉียงตะวันออกเฉียงใต้ ได้แก่ พม่า ไทย ลาวไปสู่ทางภาคใต้ของประเทศจีน ซึ่งได้รับการพัฒนาพันธุ์สำหรับภาคใต้ ( South China type or Winter type )ในศตวรรษที่ 9-14 ได้นำไปปลูกในทวีปยุโรปและได้รับการพัฒนาพันธุ์ต้นศตวรรษที่ 19 ได้รับการพัฒนาพันธุ์ให้เหมาะสมต่อ การปลูกได้ในโรงเรือน ศตวรรษที่ 15-16 ได้นำไปปลูกในทวีปอเมริกากลางและอเมริกาเหนือและได้รับการพัฒนาพันธุ์อย่างมากในประเทศสหรัฐอเมริกาตั้งแต่ต้นศตวรรษที่ 19 ปัจจุบันแตงกวาเป็นผักที่นิยมบริโภคทั่วโลก ทั้งในสภาพการบริโภคสดและแปรรูปมีการปลูกทั้งในโรงเรือนและกลางแจ้ง เป็นผักตระกูลแตงที่ได้รับการศึกษา และพัฒนาพันธุ์มากที่สุด

แตงกวาเป็นพืชที่ปลูกง่าย ปลูกได้ตลอดปี พื้นที่ปลูกแตงกวาในประเทศไทยมีประมาณ 75,495 ไร่ต่อปี (ค่าเฉลี่ยจากสถิติการเพาะปลูกผัก 4 ปีการเพาะปลูก ตั้งแต่ 2530/31 - 2533/34 ของกรมส่งเสริมการเกษตร) ปลูกมากในภาคตะวันตก ภาคเหนือ ภาคตะวันออกแยงเหนือ และภาคใต้ สำหรับปริมาณความต้องการใช้เมล็ดพันธุ์แตงกวานั้นประมาณ 26.4 – 37.7 ตัน ต่อปี (อัตราเมล็ดพันธุ์ 350 - 500 กรัม/ไร่)

2.1.1. ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ แตงกวา

แตงกวา มีจำนวนโครโมโซม 2n = 14 เป็นพืชผสมข้ามตามธรรมชาติโดยอาศัยลมและแมลง แต่พบอัตราการผสมตัวเอง 1 - 47 เปอร์เซ็นต์ การแสดงเพศของดอกแตงกวาโดยธรรมชาติมักแสดงดอกเพศผู้และดอกเพศเมียแยกดอก แต่อยู่ภายในต้นเดียวกัน เป็นพืชฤดูเดียว เถาเลื้อยหรือขึ้นค้าง

ระบบราก เป็นระบบรากแก้ว (Tap root system) รากแขนงเป็นจำนวนมาก รากสามารถแผ่ทางด้านกว้างและหยั่งลงได้ลึกถึง 1 เมตร

ลำต้นและใบ เป็นพืชลำต้นเถาเลื้อย เป็นเหลี่ยม มีขนขึ้นปกคลุมทั่วไป มีข้อยาว 10-20 ซม. มือเกาะเกิดออก มาตามข้อ โดยส่วนปลายของมือเกาะไม่มีการแตกแขนงเป็นหลายเส้น ใบมีก้านใบยาว 5-15 ซม. ใบหยาบมีขนใบมีมุมใบ 3-5 มุม ปลายใบแหลม ใบใหญ่แบบ Palmate

มีเส้นใบ 5-7 เส้น ดอกเพศเมียเป็นดอกเดี่ยวเกิดจากบริเวณมุม ใบหรือข้อมีกลีบเลี้ยงสีเขียว 5 กลีบ กลีบดอกสีเหลือง 5 กลีบ รังไข่มีลักษณะกลมยาว 2-5 ซม. มีปุ่มนูนของหนามและขนชัดเจน ส่วนของยอดเกสรตัวเมียมี 2-5 แฉก ส่วนดอกแตงกวาเพศผู้อาจเป็นดอกเดี่ยวหรือเป็นช่อ มีกลีบเลี้ยงและกลีบดอกเหมือนดอกเพศเมีย ละอองเกสรตัวผู้ 3 อัน และมีก้านชูเกสรสั้น ๆ ดอกเพศเมียและดอกแตงกวาเพศผู้บานในตอนเช้าและพร้อมรับการผสมเกสรดอกจะหุบ ตอนบ่ายภายในวันเดียวกัน

ดอกและการออกดอก แตงกวาจะแสดงเพศแบบ Monoeciosซึ่งดอกตัวผู้จะออกก่อนและมีจำนวนมากกว่าดอกตัวเมีย และดอกตัวเมียดอกแรกจะเกิดประมาณข้อที่ 10 ของเถาหลักขึ้นไป หรืออาจจะเกิดบนข้อของกิ่งแขนง การเกิดดอกตัวเมียนั้นขึ้นอยู่กับแสงและอุณหภูมิ คือจะเกิดดอกตัวเมียมากกว่าดอกตัวผู้ ในสภาพช่วงแสงสั้นและมีอุณหภูมิกลางคืนต่ำ ซึ่งตรงกับฤดูหนาวของเมืองไทย ดอกตัวเมียเป็นดอกเดี่ยวเกิดตามมุมใบหรือข้อ มีก้านดอกค่อนข้างสั้น มีกลีบเลี้ยงสีเขียวจำนวน 5 กลีบ กลีบดอกมีสีเหลือง กลีบเลี้ยงและกลีบดอกตั้งอยู่ตรงส่วนปลายของรังไข่ ปลายเกสรตัวมีมีอยู่ 3 แฉก (อาจจะมี 2-5 แฉก) รังไข่มีตั้งแต่ 2-5 ห้อง ดอกตัวผู้เป็นดอกเดี่ยวเกิดตรงมุมใบ อาจจะเกิดเพียงดอกเดี่ยวหรือเกิดเป็นกลุ่มก็ได้ (แต่ละกลุ่มมีตั้งแต่ 2-5 ดอก) กลีบเลี้ยงมีสีเขียว 5 กลีบ กลีบดอกมีสีเหลือง 5 กลีบ มีอับเรณูกลมยาวติดกัน 3 อัน และมีก้านชูสั้น

ผลและเมล็ดหลังการถ่ายละอองเกสรและเกิดการปฏิสนธิ กลีบเลี้ยงและกลีบดอกจะ ร่วงภายใน 2 วัน ต่อมาผลก็จะเจริญต่อโดยมีการเพิ่มขนาดความกว้างและความยาว ผลอ่อนที่เก็บเกี่ยวได้จะมีขนาดกว้าง2-4 ซม.ยาว 8-10 ซม. มีเปลือกสีเขียวเข้มตรงขั้วผล และสีเขียวอ่อนเป็นทางตลอดความยามผล ผลอ่อนของแตงกวาที่ปลูกในเมืองไทยมีหนามสีดำ แต่ในต่าง ประเทศมีหนามสีขาว ไส้ใหญ่เนื้อน้อย หลังผสมเกสร 30 วัน แตงกวาจะเริ่มแก่ โดยสีผลเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีเหลืองเข้ม บางพันธุ์จะมีตาข่ายขึ้นที่ผิวของผล แต่ละผลจะมีเมล็ดสีขาวหรือน้ำตาลอ่อนประมาณ 200-500 เมล็ดต่อผล และมีน้ำหนัก 100 เมล็ด 3-4 กรัม

2.1.2. พันธุ์แตงกวา

พันธุ์แตงกวาที่ใช้ปลูกโดยทั่วไปสามารถจำแนกได้ 2 ประเภทด้วยกัน คือ พันธุ์สำหรับรับประทานสดและพันธุ์สำหรับอุตสาหกรรม

<u>พันธุ์สำหรับรับประทานสด</u> แตงกวาพันธุ์นี้เป็นพันธุ์ที่มีเนื้อบางและไส้ใหญ่ ผลมีน้ำมาก สีของเปลือกไม่เขียวเข้ม เป็นพันธุ์ที่มีทั้งผลเล็กและผลใหญ่ ผลขณะยังอ่อนจะมีหนามขนาดเล็กเต็มไปหมด เมื่อผลเจริญเติบโตเต็มที่หนามจะหลุดไปเอง หนามของแตงกวาสามารถใช้มือลูบออกได้ ซึ่งมีทั้งหนามสีขาวและหนามสีดำ แตงกวาสีขาวจะมีคุณภาพในการเก็บรักษาไว้ได้นานประมาณ 7 วัน แต่แตงกวาหนามสีดำจะเก็บรักษาไว้ได้เพียง 2-3 วัน ผลก็จะเริ่มมีสีเหลือง พันธุ์แตงกวาสำหรับรับประทานสด ได้แก่

1.พันธุ์พื้นเมืองเป็นพันธุ์ที่ให้ผลไม่ใหญ่นัก ยาวประมาณ 7-10 ซม. ผลสีเขียวอ่อนปนขาว กรอบ ไส้ใหญ่และมีน้ำมาก

2.พันธุ์ไจแอนท์คลามบิง (Giant climbing,Takii) ผลมีขนาดใหญ่ ยาวประมาณ 20-25 ซม. มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของผลประมาณ 6 ซม. เนื้อนุ่ม มีผิวสีเขียว หนามสีขาว

3.พันธุ์เบลคานโต ไฮบริด (Belcantohybrid,Royalsluis) เป็นพันธุ์เบา เป็นลูกผสมต้นตัวเมีย ผลสีเขียวเข้ม หนามสีขาว ผลมีขาดใหญ่ยาวประมาณ 24-26 ซม. มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของผลประมาณ 5-6 ซม.

4.พันธุ์สปริง สวอลโลไฮบริด (Spring swallow hybrid,Known-you) เป็นพันธุ์ที่ให้ ผลผลิตสูง ผิวสีเขียวเข้ม ผลยาวประมาณ 25-30 ซม. มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของ ผลประมาณ 7 ซม.

<u>พันธุ์สำหรับอุตสาหกรรม</u>แตงกวาพันธุ์นี้เป็นพันธุ์ที่มีเนื้อหนา ไส้ใหญ่หรือบางพันธุ์ไม่มีไส้ เปลือกมีสีเขียวเข้ม เมื่อนำไปดองจะคงรูปไม่เหี่ยวย่น แตงกวาพันธุ์นี้มักเป็นลูกผสม ไม่ใช่พันธุ์พื้นเมืองของไทย ผลมักมีรูปร่างผอมยาว พันธุ์แตงกวาที่ใช้สำหรับอุตสาหกรรม มีดังนี้

1.พันธุ์โอฟรา ไฮบริด (Ofrahybrid,Royalsluis) เป็นพันธุ์เบา เป็นลูกผสมต้นตัวเมีย อัตราส่วนของความยาวต่อความหนาเท่ากับ 3:1 ผิวผลเรียบ ผลเรียวยาว ไม่มีรสขม

2.พันธุ์โคบัส ไฮบริด (Kobushybrid,Royalsluis) เป็นพันธุ์ค่อนข้างเบา เป็นลูกผสมต้นตัวเมีย อัตราส่วนของความยาวต่อความหนาเท่ากับ 3:1 ผิวผลเป็นหนามขรุขระ

3.พันธุ์ซาลาดิน ไฮบริด (Saladin hybrid,Sluis and groot) ลักษณะของผลผอมสั้น มีหนามสีขาว ผิวสีเขียวเข้ม

4.พันธุ์พิคเคิล152 ไฮบริด (Pickle 152 hybrid,Known-you)เป็นพันธุ์เบา ลักษณะผลผอมยาวประมาณ 30 ซม. เนื้อหนา ผิวสีเขียว มีหนามสีขาวเล็กๆ

2.1.3. สภาพแวดล้อมในการปลูกแตงกวา

อุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการงอกของเมล็ดแตงกวา ระหว่าง 25-30 องศาเซลเซียส สามารถเจริญเติบโตได้ผลดีระหว่างอุณหภูมิ 20-30 องศาเซลเซียส อุณหภูมิกลางวัน 22-28 องศาเซลเซียส แตงกวาจะชะงักการเจริญเติบโต สำหรับอุณหภูมิที่เหมาะสมกับการผสมเกสรนั้นอยู่ระหว่าง 17-25 องศาเซลเซียส

แตงกวาเป็นพืชที่ไม่ต้องการน้ำมากแต่ขาดน้ำไม่ได้ โครงสร้างของดินที่ปลูกแตงกวาควรมีลักษณะเป็นดินร่วนปนทราย มีการระบายน้ำดี ควรมีความเป็นกรด ด่าง (pH) อยู่ระหว่าง 5.5-6.5 ในสภาพดินที่เป็นดินทรายจัด หรือเหนียวจัด จำเป็นต้องปรับปรุงบำรุงดินก่อนการปลูก โดยใช้ปุ๋ยอินทรีย์ เช่น ปุ๋ยคอก หรือปุ๋ยหมักที่สลายตัวแล้วและสภาพความเป็นกรดด่างนั้น ควรจะวิเคราะห์หาค่าความต้องการปูนก่อนที่จะใช้ปูนขาวเพื่อให้มีการใช้ในปริมาณที่เหมาะสม

2.1.4. การเตรียมดินปลูกแตงกวา

ก่อนการปลูกแตงกวา ไถพรวนดินตากไว้ประมาณ 7-10 วัน เพื่อทำลายวัชพืช และศัตรูพืชบางชนิดที่อยู่ในดิน จากนั้นจึงไถพรวนเก็บเอาเศษวัชพืชออก แล้วเตรียมแปลงขนาดกว้าง 1-1.2 เมตร โดยมีความยาวตามลักษณะของพื้นที่ แล้วจึงใส่ปุ๋ยอินทรีย์ลงไป ปรับโครงสร้างของดินให้เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของแตงกวา การเตรียมหลุมปลูกนั้นควรกำหนดระยะระหว่างต้น ประมาณ 60-80 เซนติเมตร ระหว่างแถวประมาณ 1 เมตร สำหรับการใส่ปุ๋ยเคมีรองพื้นนั้นอาจใช้สูตร 15-15-15 ในอัตรา 30-50 กิโลกรัมต่อไร่ ในบางแหล่งอาจใช้ พลาสติกคลุมดินเพื่อรักษาความชื้นในดิน ป้องกันความงอกของวัชพืช และพลาสติกบางชนิดสามารถที่จะไล่แมลงไม่ให้เข้ามาทำลายแตงกวาได้

2.1.5. การเตรียมพันธุ์แตงกวา

ขั้นตอนการเตรียมพันธุ์แตงกวา นับว่าเป็นขั้นตอนที่สำคัญในการปลูกแตงกวา ซึ่งพอแบ่งได้ดังนี้...

1.การคัดเลือกเมล็ดพันธุ์แตงกวา ควรคัดเลือกเมล็ดพันธุ์ที่มีความสมบูรณ์ ซื้อจากร้านค้าให้เลือกซื้อจากร้านที่เชื่อถือ มีการบรรจุหีบห่อ เมล็ดที่สามารถป้องกันความชื้น หรืออากาศ จากภายนอกเข้าไปได้ ลักษณะเมล็ดแตงกวาควรมีการคลุกสารเคมี เพื่อป้องกันศัตรูพืชที่อาจติดมากับเมล็ด และก่อนใช้เมล็ดทุกครั้งควรทำการทดสอบความงอกก่อน

2.การเตรียมดินเพาะกล้าแตงกวา อัตราส่วนดิน : ปุ๋ยคอก 3:1 และใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 12-24-12 อัตรา 0.5 กิโลกรัมต่อต้นกล้า 1 ไร่ คลุกให้เข้ากัน แล้วบรรจุลงในถุงพลาสติกขนาด 6×10 เซนติเมตร เพื่อเตรียมสำหรับหยอดเมล็ดแตงกวาต่อไป

3.ทำการบ่มเมล็ดแตงกวา โดยนำเมล็ดแตงกวาบรรจุถุงพลาสติกที่เจาะรูพรุน แช่ในสารละลายเคมีป้องกันและกำจัดศัตรูพืช เช่น แคปเทนออโธไซด์ ผสมอัตรา 5 กรัมต่อน้ำ 1 ลิตร แช่เมล็ดนาน 30 นาที เพื่อทำลายเชื้อราที่ผิวเมล็ด จากนั้นนำมาแช่น้ำ 4 ชั่วโมง แล้วจึงบ่มในผ้าชุบน้ำหมาด ๆ ซึ่งบรรจุอยู่ในถุงพลาสติกรัดปากถุงให้แน่น บ่มในสภาพอุณหภูมิห้องนาน 24 ชั่วโมง หลังจากรากงอกยาว 0.5 เซนติเมตร จึงนำไปเพาะต่อไป

4.การหยอดเมล็ดลงถุง นำเมล็ดแตงกวาที่ได้บ่มไว้หยอดลงแต่ละถุง จำนวนถุงละ 1 เมล็ด แล้วใช้ดินผสมหยอดกลบบางประมาณ 1 เซนติเมตร

2.1.6 การดูแลรักษากล้าแตงกวา

หลังจากหยอดเมล็ดแล้ว ให้น้ำทันที โดยวิธีการฉีดพ่นให้เป็นฝอยละเอียดที่สุดเท่าที่จะทำได้ ปริมาณน้ำที่ให้นั้นไม่ควรให้ปริมาณที่มากเกินไป ในช่วงฤดูร้อน ควรจะให้วันละ 1 ครั้ง ทั้งนี้ให้ตรวจดูความชื้นก่อนการให้น้ำทุกครั้ง ถุงเพาะกล้านี้ควรเก็บไว้ในที่แดดไม่จัดหรือมีการใช้วัสดุกันแสงไม่ให้มากระทบต้นกล้ามากเกินเกินไปเมื่อแตงกวา เริ่มงอกให้หมั่นตรวจดูความผิดปกติของต้นกล้าเป็นระยะ ๆ หากมีการระบาดของแมลงหรือโรคพืช ต้องรีบกำจัดโดยเร็ว และเมื่อต้นกล้ามีใบจริงประมาณ 3-4 ใบ จะอยู่ในระยะพร้อมที่จะย้ายปลูก

2.1.7. การปลูกแตงกวา

วิธีการปลูกแตงกวานั้น พบว่ามีการปลูกทั้งวิธีการหยอดเมล็ดโดยตรงและเพาะกล้าก่อนแล้วย้ายปลูก การหยอดเมล็ดโดยตรงนั้นอาจจะมีความสะดวกในการปลูก แต่มีข้อเสียคือสิ้นเปลืองเมล็ด หากใช้เมล็ดพันธุ์ลูกผสมซึ่งมีราคาแพงแล้ว จะเกิดความสูญเสียเปล่าและเป็นการเพิ่มต้นทุนการผลิต รวมทั้งวิธีการหยอดเมล็ดนี้จำเป็นที่จะต้องดูแลระยะเริ่มงอกในพื้นที่กว้าง ดังนั้นการใช้วิธีการเพาะกล้าก่อน จึงมีข้อดีหลายประการ อาทิเช่น ประหยัดเมล็ดพันธุ์ ดูแลรักษาง่าย ต้นกล้ามีความสม่ำเสมอ ประหยัดค่าแรงงานในระยะกล้า เป็นต้น

2.1.8. สำหรับการย้ายกล้าปลูกแตงกวา

ให้ดำเนินการตามกระบวนการเพาะกล้าตามที่กล่าวแล้ว และเตรียมหลุมปลูกตามระยะที่กำหนด จากนั้นนำต้นกล้าย้ายปลูกลงในหลุม ตามระยะระหว่างต้นและระหว่างแถวตามที่ได้กำหนดไว้ โดยการฉีกถุงพลาสติกที่ใช้เพาะกล้าออกแล้วย้ายลงในหลุมปลูก ช่วงเวลาที่จะย้ายกล้านั้นควรย้ายช่วงประมาณเวลา 17.00 น. จะทำให้ปฏิบัติงานในไร่นาได้สะดวกและต้นกล้าสามารถปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมได้ดียิ่งขึ้น

2.1.9. การให้น้ำแตงกวา

หลังจากย้ายกล้าแตงกวาปลูกแล้ว ต้องให้น้ำทันที ระบบการให้น้ำนั้นอาจจะแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับสภาพพื้นที่ แต่ระบบที่เหมาะสมกับแตงกวา คือการให้น้ำตามร่อง เพราะว่าจะไม่ทำให้ลำต้น และใบไม่ชื้น ลดการลุกลามของโรคพืชทางใบ ช่วงเวลาการให้น้ำในระยะแรกควรให้ 2-3 วันต่อครั้งและเมื่อต้นแตงกวา เริ่มเจริญเติบโตแล้วจึงปรับช่วงเวลาการให้น้ำให้นานขึ้น ข้อควรคำนึงสำหรับการให้น้ำนั้น คือ ต้องกระจายในพื้นที่สม่ำเสมอตลอดแปลง และตรวจดูความชื้นในดินไม่ให้สูงเกินไปจนกลายเป็นแฉะ เพราะจะทำให้รากเน่าได้

2.1.10. การใส่ปุ๋ยแตงกวา

การใส่ปุ๋ยในแตงกวานั้น อาจแบ่งเป็นระยะต่าง ๆ ดังนี้...

1.ระยะเตรียมดิน ใส่ปุ๋ยอินทรีย์ เช่น ปุ๋ยคอก หรือปุ๋ยหมัก อัตรา 1-2 ตันต่อไร่ และใส่ปุ๋ยสูตร 15-15-15 หรือ 12-24-12 อัตราประมาณ 20-30 กิโลกรัมต่อไร่

2.หลังย้ายปลูกประมาณ 7 วัน ใส่ปุ๋ยที่มีไนโตรเจน เช่น ยูเรีย หรือ แอมโมเนียซัลเฟต ในอัตราประมาณ 20 กิโลกรัมต่อไร่

3.ระยะแตงกวาออกดอก ซึ่งจะใช้ระยะเวลาประมาณ 25 วัน หลังจากย้ายกล้า ใส่ปุ๋ยสูตร 15-15-15 หรือ 12-24-12 อัตรา ประมาณ 20-30 กิโลกรัมต่อไร่

2.1.11. วงจรชีวิตของแตงกวา

วงจรชีวิตของแตงกวา คือกระบวกการพัฒนาหรือกระบวนการเจริญเติบโตของแตงกวาจากระยะการเจริญเติบโตระยะหนึ่งไปสู่ระยะหนึ่ง โดยเริ่มจากระยะเมล็ดพันธุ์ เมื่อนำไปปลูกก็จะงอกแล้วเจริญเติบโตเข้าสู่ระยะต่างๆ ตามลำดับดังนี้คือ ระยะเริ่มเลื้อย ระยะออกดอกและผสมเกสร ระยะเก็บผลสดและเข้าสู่ระยะเก็บผลแก่และเมล็ดพันธุ์ ก็ครบรอบของวงจรชีวิต

การแบ่งระยะหรือช่วงการเจริญเติบโตของพืชขึ้นอยู่กับชนิดและวิธีการดูแลรักษาของพืชแต่ละพืช โดยพิจารณาจากลักษณะของพืชประจำระยะนั้นๆ ซึ่งจะต้องมีความแตกต่างจากระยะอื่นๆชัดเจน ร่วมกับจัดการดูแลรักษาของแต่ระยะ และเมื่อแบ่งออกเป็นระยะต่างๆแล้วจะต้องให้การจัดการดูแลได้สะดวกและมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น ดังนั้นในกรณีของแตงกวาสามารถแบ่งวงจรชีวิตได้เป็น 6 ระยะ คือ ระยะเมล็ดพันธุ์ ระยะงอก ระยะเริ่มเลื้อย ระยะออกดอกและระยะผสมเกสร ระยะเก็บผลสด ระยะเก็บผลแก่และเมล็ดพันธุ์

ข้อมูลที่จำเป็นที่ต้องทราบที่เกี่ยวข้องกับวงจรชีวิตของแตงกวาก็คือ ข้อมูลที่เกี่ยวกับจำนวนระยะ ลักษณะประจำระยะ อายุหรือช่วงเวลาที่ใช้ สภาพแวดล้อมที่พืชต้องการ ปัญหาที่พบและวิธีจัดการในแต่ระยะ

**ระยะที่ 1 ระยะเมล็ดพันธุ์**

เป็นระยะเตรียมเมล็ดพันธุ์สำหรับการไปปลูก นับอายุเป็น 0 วันเนื่องจากไม่มีการปลูก ลักษณะของเมล็ดแตงกวาคือ เมล็ดมีเปลือกหุ้มเมล็ดสีน้ำตาล ไม่มีรอยฉีกหือรอยแตกไม่มีรอยการทำลายโดยแมลง หรือมีจุดหรือแผลที่เกิดจากเชื้อโรคที่เปลือกหุ้มเมล็ด มีน้ำหนักของเมล็ด 3-4 กรัมขึ้นอยู่กับพันธุ์

**ปัญหาที่มักพบในระยะนี้คือ**

เมล็ดพันธุ์ถูกทำลายหรือเสื่อมการงอก เนื่องมาจากการเก็บเกี่ยวเมล็ดในช่วงอายุที่ไม่เหมาะสม การจัดการเมล็ดหลังการเก็บเกี่ยวไม่ดีพอ เช่น เมล็ดมีความชื้นสูง การเก็บเมล็ดพันธุ์ไว้ในภาชนะหรือสภาพที่ไม่เหมาะสม และการถูกแมลงเข้าทำลายในช่วงเก็บรักษา เป็นต้น

**การจัดการ** เก็บเมล็ดพันธุ์ที่มีคุณภาพดี ซึ่งก็เมล็ดพันธุ์ที่ผ่านการตรวจสอบคุณภาพว่ามีคุณภาพดีได้มาตรฐานคุณภาพเมล็ดพันธุ์ ในแง่ของความตรงต่อสายพันธุ์ ความงอก ความบริสุทธิ์ของพันธุ์ ไว้ในที่ๆเหมาะก่อนปลูก ซึ่งก็คือที่ๆมีอุณหภูมิเหมาะสม(ต่ำ) และแห้ง ถ้าเมล็ดพันธุ์ไม่ผ่านการรับรองพันธุ์หรือได้รับเมล็ดพันธุ์มาเก็บไว้นาน

แล้ว ก่อนปลูกควรมรการทดสอบความงอก เพื่อที่จะได้กำหนดปริมาณที่ต้องใช้ต่อหลุมและรวมทั้งหมด และต้องมีการคลุกสารเคมีป้องการโรคและแมลงด้วย

**ระยะที่ 2 ระยะเมล็ดงอก**

เป็นระยะที่เมล็ดงอกโผล่พ้นดิน ซึ่งมีอายุ 3-5 วันจากวันหยอดเมล็ดหรือวันปลูก ในระยะนี้ลักษณะที่สามารถใช้บอกความแตกต่างระหว่างพันธุ์ก็คือ สีโคนต้น รูปร่างของใบเลี้ยงและใบจริง

**ปัญหาที่มักพบในระยะนี้คือ**

1. เมล็ดไม่งอก เนื่องมาจากการเก็บเกี่ยวเมล็ดพันธุ์ในช่วงอายุที่ไม่เหมาะสม การจัดการเมล็ดพันธุ์หลังการเก็บเกี่ยวไม่ดีพอ เช่น เมล็ดพันธุ์มีความชื้นสูง เป็นต้น การเก็บเมล็ดพันธุ์ไว้ในภาชนะและสภาพที่ไม่เหมาะสมและถูกแมลงเช่นมอด เข้าทำลายในระหว่างการเก็บรักษาหรือถูกมดและหนูทำลายหลังจากหยอดเมล็ด

2. เมล็ดงอกไม่ดี งอกช้าและงอกไม่สม่ำเสมอ เนื่องมาจากเป็นเมล็ดเก่าที่เก็บมานานและเสื่อมละเสื่อมความงอก การเตรียมดินไม่ดี ดินอาจจะแข็งหรือแน่นไป ปลูกลึกไป หรือให้น้ำมากไปแฉะจนเมล็ดเน่าหรือให้น้อยไปจนความชื้นไม่พอที่ไม่งอก และถูกมดและหนูเข้าทำลายหลังปลูก

**การจัดการ** หลังปลูกแล้วควรใช้สารเคมีฆ่าแมลงชนิดเม็ดโรยบนหลุมที่ปลูกด้วยเพื่อป้องกันแมลง ใช้เหยื่อล่อหนูเพื่อป้องกันหนู และจัดการแปลงปลูกให้ดีได้แก่ การเตรียมดินและการให้ดิน

**ระยะที่ 3 ระยะเริ่มเลื้อย**

ระยะที่เกิดมือเกาะเริ่มจากส่วนยอด โดยเกิดตามข้อ เมื่อมีอายุ 20 วันนับจากวันหยอดเมล็ดซึ่งขึ้นอยู่กับพันธุ์ และเป็นระยะที่จะต้องปักค้างถ้าปลูกแบบขึ้นค้าง

**ปัญหาที่มักพบในระยะนี้คือ**

แตงกวาเจริญเติบโตไม่ดี ไม่สม่ำเสมอ ต้นแคระแกร็น มีสาเหตุเนื่องจากการจัดการไม่มี เช่น ขาดน้ำ ขาดปุ๋ย วัชพืชขึ้นมาก ดินแน่นแข็งเกินไป เป็นต้น โรคเข้าทำลาย เช่น ราน้ำค้าง ใบหงิก และแมลงเข้าทำลายเช่น เต่าแตง เพลี้ยไฟ ไรแดงและหนอนต่างๆ เป็นต้น

**การจัดการ** จัดการแปลงปลูกให้ดีในเรื่องของการพรวนดิน ให้ปุ๋ย กำจัดวัชพืช ให้น้ำ ระบายน้ำ การฉีดสารเคมีป้องกันกำจัดโรคและแมลง

**ระยะที่ 4 ระยะออกดอกและผสมเกสร**

เป็นระยะที่ต้นแตงกวาออกดอด โดยดอกตัวผู้จะเกิดและบานก่อนที่ข้อเกือบทุกข้อ เมื่ออายุ 28-30 วัน ดอกตัวเมียของแตงกวาจะเกิดและบานหลังดอกตัวผู้ประมาณ 2-3 วัน ระยะนี้ต้องการแมลง เช่น ผึ้งช่วงผสมเกสร สำหรับลักษณะที่บอกความแตกต่างระหว่างพันธุ์แตงกวาในระยะนี้ก็คือ อายุออกดอกและรังไข่ของดอกตัวเมีย เช่นมีรังไข่สีขาวแทนที่จะเป็นสีเขียว

**ปัญหาที่มักพบในระยะนี้ก็คือ**

ต้นแตงกวามีแต่ดอกตัวผู้ มีสาเหตุมากจากพันธุกรรมคือขึ้นอยู่กับพันธุ์ และสาเหตุจากสภาพแวดล้อม ก็คือสภาพที่มีช่วงกลางวันค่อนข้างยาวนานและมีอุณหภูมิสูงในช่วงเดือนพฤษภาคมเป็นสภาพที่เกิดดอกตัวผู้มาก

การผสมไม่ติด ดอกร่วง ซึ่งมีสาเหตุมาจากการไม่ได้รับการผสมเกสร เพราะไม่มีผึ้งหรือมีแต่ถูกฆ่าเนื่องจากการฉีดยาฆ่าแมลงที่เป็นอันตรายแก่ผึ้ง หรือได้รับการผสมแต่ได้รับการจัดการไม่ดี เช่น ขาดน้ำ ขาดปุ๋ย วัชพืชมาก เป็นต้น

โรคเข้าทำลาย เช่น ราน้ำค้างและใบหงิก และแมลงเข้าทำลายเช่น เต่าแมลง เพลี้ยไฟ ไรแดงและหนอนต่างๆ ซึ่งจะทำให้การติดผลและการเจริญเติบโตของผลไม่ดีด้วย

**การจัดการ** ทำการดูแลรักษาแปลงปลูกให้ดีตามคำแนะนำ โดยเฉพาะในเรื่องการใส่ปุ๋ย ให้น้ำ ระบายน้ำ กำจัดวัชพืช ป้องกันกำจัดแมลงและโรค และระมัดระวังในเรื่องการใช้สารเคมีกำจัดแมลงในช่วงออกดอก

**ระยะที่ 5 เก็บผลผลิตสด**

เป็นระยะผลแตงกวาโตได้ขนาดสำหรับใช้รับประทานสด ขนาดของผลมีความยาว 8-10 ซม. กว้าง 3-5 ซม. มีอายุ 30-40 วันนับจากวันหยอดเมล็ด ซึ่งขึ้นอยู่กับพันธุ์ สำหรับลักษณะที่บอกความแตกต่างระหว่างพันธุ์แตงกวาในระยะนี้ก็คือ ผิวของผล สีผล สีหนาม ความยาวของขั้วผล และความดก

**ปัญหาที่มักพบในระยะนี้คือ**

แตงกวาติดลูกน้อย มีผิวของผลแตกต่างกัน มีผลสีขาว และติดลูกที่บิดเบี้ยวมีรูปทรงไม่สมบูรณ์ ซึ่งอาจจะเนื่องจากพันธุกรรม การผสมเกสรไม่ดี การจัดการไม่ดี ตลอดการเข้าทำลายของโรคและแมลง

การจัดการ ปฏิบัติเช่นเดียวกับระยะออกดอกและผสมเกสร

**ระยะที่ 6 ระยะเก็บผลแก่และเก็บเมล็ดพันธุ์**

เป็นระยะที่ผลแตงกวาอาจเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีส้มน้ำตาล บางพันธุ์จะมีลายเป็นตาข่ายขึ้นที่ผิวของผล ซึ่งมีอายุ 75-90 วันขึ้นอยู่กับพันธุ์ เมื่อเก็บผลแล้วจะต้องมีการบ่มผล 3-4 วันจากนั้นจึงผ่าผลแล้วนำไปหมัก 1-2 วันแล้วล้างเมล็ด

**ปัญหาที่มักพบในระยะนี้คือ**

ติดเมล็ดไม่ดีหรือเมล็ดลีบมาก เกิดจากการผสมเกสรไม่ดี ไม่มีแมลงผสมเกสร การจัดการไม่ดี เช่น ขาดน้ำ ขาดธาตุอาหารที่สำคัญบางธาตุ วัชพืชขึ้นมาก

โรคเข้าทำลายราก ลำต้น ใบและผล เช่น โรคราน้ำค้าง ใบหงิกและผลเน่า เนื่องจากมีความชื้นสูงในช่วงผลและติดเมล็ด และแมลงเข้าทำลายเช่น หนอนกัดกินใบและผล เพลี้ยอ่อน เพลี้ยไฟและไรแดงดูดกินน้ำเลี้ยงที่ใบ เป็นต้น ซึ่งจะทำให้การติดเมล็ดไม่ดี การเก็บผลที่ยังแก่ไม่เต็มที่ เนื่องจากผลเปลี่ยนสีเพราะต้นตายเนื่องจากถูกโรคและแมลงเข้าทำลายก่อน ซึ่งจะทำให้ผลผลิตเมล็ดเสียหาย

**การจัดการ** ทำการรักษาแปลงปลูกให้ดีตามคำแนะนำ โดยเฉพาะในเรื่อง การคัดเวลาปลูก เลือกแปลงปลูก มาตรฐานการปลูก การใส่ปุ๋ย การใส่น้ำ ถอนแยก กำจัดวัชพืช การป้องกันกำจัดโรคและแมลง การเก็บเกี่ยวผลแก่ การจัดการหลังเก็บเกี่ยวและการจัดการเมล็ดพันธุ์

2.1.12. แมลงศัตรู แตงกวา

1. **เพลี้ยไฟ** (Thrips : Haplothripsfloricola)
   ลักษณะเป็นแมลงขนาดเล็ก ตัวสีน้ำตาลอ่อนถึงน้ำตาลแก่ พบตามยอดใบอ่อน ดอก และผลอ่อน การทำลาย ดูดน้ำเลี้ยงที่ใบ ดอกอ่อน และยอดอ่อน ทำให้ใบม้วนหงิกงอ รูปร่างผิดปกติเป็นกระจุก มีสีสลับเขียวเป็นทาง ระบาดมากในช่วงที่มีอากาศแห้งแล้งฝนทิ้งช่วง นับเป็นแมลงที่เป็นปัญหาสำคัญที่สุดในการปลูกแตงกวา
   การป้องกันกำจัด ให้น้ำเพิ่มความชื้นในแปลงปลูก โดยให้น้ำเป็นฝอยตอนเช้าและตอนเย็น จะช่วยลดปัญหาของเพลี้ยไฟได้
   ใช้สารฆ่าแมลง คือ สารคาร์โบฟูราน ได้แก่ ฟูราดาน 3 จี หรือ คูราแทร์ 3 จี 1 ช้อนชาต่อหลุม ใส่พร้อมกับการหยอดเมล็ด จะป้องกันได้ประมาณ 2 สัปดาห์
   กรณีที่เริ่มมีการระบาดให้ใช้สารฆ่าแมลง ได้แก่ พอสซ์เมซูโรล แลนเนท ไดคาร์โซล ออลคอลอะโซดริน โตกุไทออน หรือทามารอน เป็นต้น

2. **เพลี้ยอ่อน** (Alphids: Aphids gossypii)
   ลักษณะ เป็นแมลงขนาดเล็ก ลำตัวคล้ายผลฝรั่ง มีท่อเล็ก ๆ ยื่นยาวออกไปทางส่วนท้ายของลำตัว 2 ท่อน เป็นแมลงปากดูด ตัวอ่อนสีเขียว ตัวแก่สีดำและมีปีก
   การทำลาย ดูดน้ำเลี้ยงที่ใบและยอดอ่อน ทำให้ใบม้วน ต้นแคระแกร็น และยังเป็นพาหนะนำไวรัสด้วย มักระบาดมากในช่วงอากาศร้อนและแห้งซึ่งเป็นตอนที่พืชขาดน้ำ โดยมีมดเป็นตัวนำหรือการบินย้ายที่ของตัวแก่
   การป้องกันกำจัด ใช้สารเคมีป้องกันกำจัดแมลงเช่นเดียวกับการป้องกันกำจัดเพลี้ยไฟ

3. **ไรแดง** (Red spider mites: Tetranychus spp.)
   ลักษณะ ไม่ได้เป็นแมลงแต่เป็นสัตว์ที่มีขา 8 ขา มีขนาดเล็กมาก มองเห็นเป็นจุดสีแดง
   การทำลาย ดูดน้ำเลี้ยงที่ใบและหยอดอ่อนทำให้ใบเป็นจุดด่างมีสีซีด โดยจะอยู่ใต้ใบเข้าทำลายร่วมกับเพลี้ยไฟ และเพลี้ยอ่อน มักระบาดมากในช่วงอากาศร้อนและแห้งซึ่งเป็นตอนที่พืชขาดน้ำ
   การป้องกันกำจัด ใช้สารเคมีกำจัดไร ได้แก่ เคลเทน ไตรไทออน หรือ โอไมท์ เป็นต้น

4. **เต่าแตงแดง** (Red cucurbit beetle: Aulacophorasimills) และเต่าแตงดำ (Black cucurbit beetle: A. frontalis)
   ลักษณะ เป็นแมลงปีกแข็ง ปีกมีสีส้มแดงและสีดำเข้ม ตัวมีขนาดเล็กยาวประมาณ 0.5-0.8 ซม. อาศัยอยู่ตามกอข้าวที่เกี่ยวแล้วในนา หรือตามกอหญ้า
   การทำลาย กัดกินใบตั้งแต่ระยะใบเลี้ยงจนกระทั่งต้นโต ทำให้เป็นแผลและเป็นพาหะของโรคเหี่ยวที่เกิดจากเชื้อแบคทีเรียด้วย ตัวเมียวางไข่บริเวณโคนต้น ตัวหนอนกัดกินราก
   การป้องกันกำจัด ควรทำลายแหล่งที่อยู่อาศัยของแมลง รวมทั้งเศษซากแตงหลังการเก็บเกี่ยว

ใช้สารเคมีฉีดพ่น ได้แก่ เซฟวินคาร์โบน๊อกซี-85 หรือ ไบดริน หรือใช้สารเคมีชนิดเม็ด เช่น ฟูราดาน 3 จี หรือคูราแทร์ 3 จี ใส่หลุมปลูกพร้อมกับการหยอดเมล็ด จะป้องกันเต่าแตงได้ประมาณ 2 สัปดาห์

5. **หนอนกินใบแตง** (Leaf eating caterpilla: Palpitaindica) และหนอนไถเปลือกหรือหนอนเจาะผล (Fruit boring caterpillar: Helicoverpaarmigera)
   ลักษณะ หนอนกัดกินใบแตง มีรูปร่างเรียวยาวประมาณ 2 ซม. สีเขียวอ่อน ตรงกลางสันหลังมีเส้นแถบสีขาวตามยาว 2 เส้น หนอนตัวโตเต็มวัยเป็นผีเสื้อที่มีปีกโปร่งใสตรงกลาง ส่วนหนอนเจาะผลมีขนาดใหญ่กว่า ลำตัวยาวสีเขียวอ่อนถึงสีน้ำตาลดำ มีรอยต่อปล้องชัดเจน
   การทำลาย กัดกินใบ ไถเปลือกเป็นแผลและเจาะผลเป็นสาเหตุให้โรคอื่น ๆ เข้าทำลายต่อได้ เช่น โรคผลเน่า
   การป้องกันกำจัด ใช้สารเคมี เช่น อโซดริน แลนเนท ทามารอน โตกุไทออน บุก หรือ อะโกรน่า เป็นต้น

2.1.13. โรคที่เป็นศัตรูสำคัญของแตงกวา ได้แก่

1. **โรคราน้ำค้าง** (Downy mildew) หรือที่เกษตรกรนิยมเรียกว่าโรคใบลาย เกิดจากเชื้อ Psudoperonospora
   ลักษณะอาการ เริ่มเป็นจุดสีเหลืองบนใบ แผลนั้นจะขยายออกเป็นเหลี่ยมในระหว่างเส้นใบ ถ้าเป็นมาก ๆ แผลลามไปทั้งใบทำให้ใบแห้งตาย ในตอนเช้าที่มีหมอกน้ำค้างจัดช่วงหลังฝนตกติดต่อกันทำให้มีความชื้นสูง ในบริเวณปลูก จะพบว่าใต้ใบตรงตำแหน่งของแผลจะมีเส้นใยสีขาวเกาะเป็นกลุ่มและมีสปอร์เป็นผง สีดำ
   การป้องกันกำจัด คลุกเมล็ดแตงด้วยสารเคมีเอพรอน หรือริโดมิลเอ็มแซดก่อนปลูกหรือจะนำเมล็ดมาแช่สารเคมีที่ละลายน้ำเจือจางเป็นเวลา 3 ชั่วโมง เมื่อมีโรคระบาดในแปลงและในช่วงนั้นมีหมอกและน้ำค้างมาก ซึ่งควรฉีด Curzate M8, Antrachorสลับกันเพื่อป้องกันการดื้อสารเคมีของเชื้อ

2. **โรคใบด่าง** (Mosaic)
   เชื้อสาเหตุ Cucumber mosaicvirus
   ลักษณะอาการ ใบด่างสีเขียวเข้มสลับสีเขียวอ่อนหรือด่างเขียวสลับเหลืองเนื้อใบตะปุ่มตะป่ำ มีลักษณะนูนเป็นระยะ ๆ ใบหงิกเสียรูปร่าง
   การป้องกันกำจัด ในปัจจุบันยังไม่มีการใช้สารเคมีหรือวิธีการใด ๆ ที่จะลดความเสียหายเมื่อโรคนี้ระบาด ดังนั้นวิธีที่ดีที่สุดขณะนี้คือการป้องกันไม่ให้เกิดโรค เช่น เลือกแหล่งปลูกที่ปลอดจากเชื้อไวรัส อาจทำได้โดยเลือกแหล่งปลูกที่ไม่เคยปลูกผักตระกูลแตงมาก่อนและทำความสะอาด แปลงปลูกพร้อมทั้งบริเวณใกล้เคียงให้สะอาดไม่ให้เป็นที่อาศัยของเชื้อและ แมลงพาหะ

3. **โรคผลเน่า** (Fruit rot)

   เชื้อสาเหตุ Pythium spp., Rhizoctoniasolani, Botrytis cinerea

   ลักษณะอาการ มักเกิดกับผลที่สัมผัสดิน และผลที่แมลงกัดหรือเจาะทำให้เกิดแผลก่อน จะพบมากในสภาพที่เย็นและชื้น กรณีที่เกิดจากเชื้อพิเทียมจะเป็นแผลฉ่ำน้ำเริ่มจากส่วนปลายผล ถ้ามีความชื้นสูงจะมีเส้นใยฟูสีขาวขึ้นคลุม กรณีที่เกิดจากเชื้อไรซ็อกโทเนียจะเป็นแผลเน่าฉ่ำน้ำบริเวณผิวของผลที่ สัมผัสดิน แผลจะเปลี่ยนจากสีน้ำตาลแก่และมีรอยฉีกของแผลด้วย ส่วนกรณีที่เกิดจากเชื้อโบทริทิ่สนั้น บริเวณส่วนปลายของผลที่เน่า จะมีเชื้อราขึ้นคลุมอยู่

   การป้องกันกำจัด ทำลายผลที่เป็นโรค อย่าให้ผลสัมผัสดิน ป้องกันไม่ให้ผลเกิดบาดแผล

4. **โรคราแป้ง** (Powdery mildew)

   เชื้อสาเหตุ Oidium sp.

   ลักษณะอาการ มักเกิดใบล่างก่อนในระยะที่ผลโตแล้ว บนใบจะพบราสีขาวคล้ายผงแป้งคลุมอยู่เป็นหย่อม ๆ กระจายทั่วไป เมื่อรุนแรงจะคลุมเต็มผิวใบทำให้ใบเปลี่ยนเป็นสีเหลืองแล้วแห้งตาย

   การป้องกันกำจัด ใช้สารเคมี เช่น เบนเลทเดอโรซาลDiametanหรือ Sumilexฉีดพ่นเมื่อพบการระบาด

2.1.14. การเก็บเกี่ยว แตงกวา

อายุการเก็บเกี่ยวของแตงกวา นับจากวันปลูกประมาณ 30-40 วัน แล้วแต่พันธุ์แตงกวาสำหรับบริโภคสดควรเลือกเก็บขณะที่ผลยังอ่อนอยู่เนื้อแน่นกรอบ และสังเกตได้จากมีนวลสีขาวเกาะและยังมีหนามอยู่บ้าง ถ้าผลแก่นวลจะจางหาย สีผลเริ่มเป็นสีเหลือง และไม่มีหนาม การเก็บแตงกวาควรทยอยเก็บวันเว้นวัน ไม่ปล่อยให้แก่คาต้น เพราะจะทำให้ผลผลิตทั้งหมดลดลง โดยปกติจะเก็บเกี่ยวผลผลิตได้ประมาณ 1 เดือน

## 2.2 น้ำในดิน

วิบูลย์(2526), คณาจารย์ภาคปฐพีวิทยา (2541) กล่าวว่า การที่พืชจะเจริญเติบโตได้อย่างเต็มที่นั้น พืชจะต้องดูดน้ำจากดินได้มากพอเวลา ดังนั้นจึงเป็นสิ่งจำเป็นที่ต้องทราบว่า ดินชนิดหนึ่งๆ นั้นมีความสามารถเก็บน้ำไว้ได้มากน้อยเพียงไร พืชนำไปใช้ประโยชน์ได้อย่างแท้จริงเท่าไร ตลอดจนกระทั่งต้องทราบว่าน้ำเคลื่อนที่ในดินได้อย่างไร และจะให้น้ำแก่ดินเพื่อให้ดินนั้นมีความชื้นพอเหมาะอย่างไร

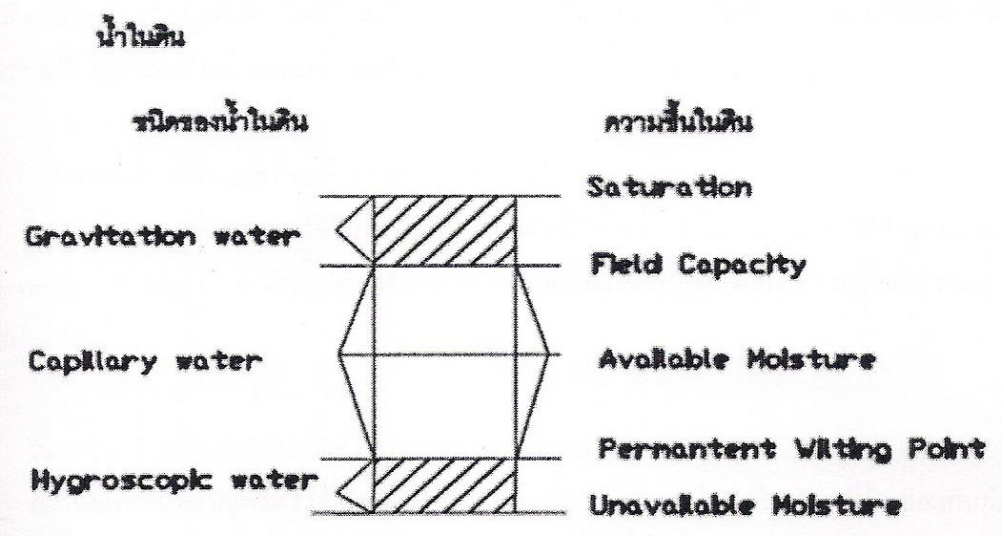
2.2.1.ชนิดของน้ำในดิน

การเรียงตัวของเมล็ดดินทำให้เกิดช่องว่างที่มีขนาดและรูปทรงต่างๆขึ้น เมื่อฝนตกหรือให้น้ำแก่พืช น้ำจะแทรกเข้าไปในช่องว่างเหล่านี้ และเกาะติดอยู่กับเมล็ดดินด้วยแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลของดินกับโมเลกุลของน้ำ (Adhesive force) และแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลของน้ำด้วยกัน (Cohesive force) สามารถแบ่งชนิดของน้ำตามความสามารถของดินที่ยึดน้ำไว้ได้ 3 ชนิด ดังแสดงในภาพที่ 2 ตามระดับของระดับน้ำที่ถูกดินดูดยึดไว้ตั้งแต่ชั้นนอกเข้าไปในที่ติดกับเม็ดดิน คือ

**<u>น้ำอิสระ</u>** (Gravitational water หรือ Free water) เนื่องจากว่าสสารทุกอย่างที่อยู่บนโลกจะถูกแรงดึงดูดของโลกกระทำตลอดเวลา รวมทั้งน้ำที่ขังอยู่ในช่องว่างระหว่างเม็ดดิน ดินด้วยในช่องว่างที่มีขนาดเล็ก ถ้าผลรวมของแรงยึดเหนี่ยวระหว่างน้ำต่อน้ำและดินต่อดินน้อยกว่า แรงดึงดูดของโลก (หรือน้ำที่ได้รับแรงเหนี่ยวรั้งจาก อนุภาคดินน้อยมาก) น้ำก็จะไหลจากที่สูงลงสู่ที่ต่ำ ด้วยสาเหตุดังกล่าวเรียกว่า น้ำอิสระ

**<u>น้ำซับ</u>** (Capillary water) น้ำที่เกิดขึ้นในสภาพที่เมื่อฝนหยุดตกหรือหยุดให้น้ำแก่พืชน้ำถูกระบายสู่ส่วนล่างซึ่งใช้เวลาประมาณ 24-48 ชั่วโมง ความชื้นของน้ำซับนี้อนุภาคของดินมีแรงดึงต่อน้ำประมาณ 1/3 บาร์ และเรียกความชื้นในขณะนี้ว่าความชื้นชลประทาน

**<u>น้ำเยื่อ</u>** (Hygroscopic water) เป็นน้ำที่เกาะติดหรือชิดกับอนุภาคของผิวดินและปรากฏในชั้นที่บางมากที่พืชไม่สามารถนำมาใช้ได้แรงดึงดูดยึดอนุภาคของดินมีค่าประมาณ 31 บาร์




**ภาพที่ 1 การจำแนกชนิดของน้ำในดินและความชื้นในดิน**

2.2.2.ความชื้นในดิน

การจำแนกประเภทความชื้นในดิน สามารถจำแนกได้ 5 ชนิด ดังแสดงในภาพที่ 2 ได้แก่

2.1 ความชื้นชลประทาน(Field capacity)

หลังจากน้ำอิสระได้ถูกระบายออกจากช่องว่างขนาดใหญ่หมดแล้วความชื้นในดินก็จะมีการเปลี่ยนแปลงน้อยลง จะคงเหลืออยู่แต่ Capillary water หรือปริมาณน้ำที่ดินสามารถดูดซับไว้เต็มที่ ซึ่งเรียกว่า ความชื้นชลประทาน (Field capacity)

2.2 จุดเหี่ยวเฉาถาวร (Permanent wilting point)

ความชื้นในดินเมื่อพืชไม่สามารถดูดมาใช้ให้เพียงพอสำหรับการคายน้ำ และพืชเริ่มมีการเหี่ยว เฉาอย่างถาวร เรียกว่าเป็นความชื้นที่จุดเหี่ยวเฉาถาวร (Permanent wilting point) อาการเหี่ยวเฉาของพืชอาจเกิดขึ้นได้หลายครั้งก่อนที่จะถึงจุดที่พืชเหี่ยวเฉาอย่างถาวร หลังจากที่ความชื้นในดินลดลงจนถึงจุดเหี่ยวเฉาถาสรแล้ว พืชอาจจะดูดความชื้นจากดินได้แม้ว่าจะเป็นปริมาณที่ไม่มากนักก็ตาม กล่าวคือ ความชื้นที่ได้นี้ไม่พอที่จะทำให้พืชสามารถเจริญเติบโตขึ้น แต่ยังสามารถหล่อเลี้ยงชีวิตของพืชอยู่ได้ ถ้าหากไม่ให้น้ำแก่พืช น้ำในดินจะเหลือแต่น้ำเยื่อ (Hygroscopic water) ซึ่งพืชไม่สามารถดูดไปใช้ได้และจะตายในที่สุด ความชื้นของดินที่มีแต่น้ำเยื่อเหลืออยู่นี้ เรียกว่าเป็นความชื้นที่ Ultimate wilting point ความชื้นในดินจากจุดเหี่ยวเฉาถาวรถึง Ultimate wilting point เรียกว่า Wilting range ซึ่งเป็นความชื้นที่พืชเริ่มเหี่ยวเฉาจากใบที่แก่ที่สุดจนกระทั่งเหี่ยวหมดทั้งต้นเมื่อความชื้นในดินถึง Ultimate wilting point

2.3 ความชื้นที่พืชนำไปใช้ได้ (Available moisture)

น้ำในรูปของความชื้นในดินที่พืชนำไปใช้สำหรับการเจริญเติบโตก็คือ น้ำซับ ซึ่งอยู่ระหว่าง Field Capacity กับ Permanent wilting point ดังนั้นผลต่างระหว่างความชื้นในดินสองค่านี้ก็คือ ความชื้นที่พืชนำไปใช้ได้ (Available moisture)

2.4 ความชื้นที่พืชนำไปใช้ไม่ได้ (Unavailable moisture)

ความชื้นส่วนที่ดินดูดยึดไว้ด้วยพลังงานที่มากกว่าที่จะให้พืชดูดไปใช้ในอัตราที่ทัดเทียมกับ อัตราการระเหยน้ำของพืชได้

2.5 ความชื้นเกินจำเป็น (Superfluous moisture)

ความชื้นส่วนที่เกินอำนาจดูดยึดตามปกติของดิน ซึ่งโดยปกติขังอยู่ในที่ว่างขนาดใหญ่ที่เป็น ที่อยู่ของอากาศ และเมื่อมีโอกาสจะเคลื่อนพ้นบริเวณที่รากพืชลึกลงไปในหน้าตัดดิน โดยอิทธิพลแรงดึงดูดของโลก

## 2.3 ช่วงของการเจริญเติบโตของพืช

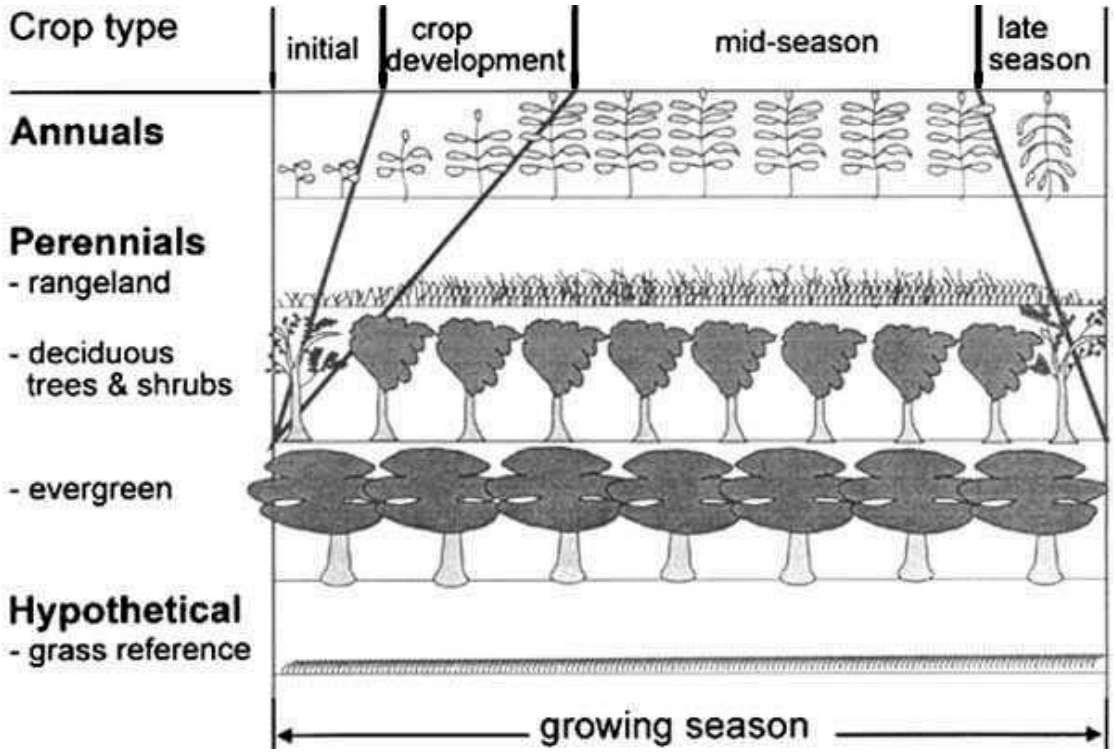
ช่วงของการเจริญเติบโตของพืช (Crop growth stage) สำหรับการหาปริมาณการใช้น้ำของพืชแบ่งเป็น 4 ช่วงประกอบด้วย

(1) ช่วงตั้งตัว (Initial stage)

(2) ช่วงเจริญเติบโตทางลำต้น (Crop development stage)

(3) ช่วงกลางของการเพาะปลูก (Mid-season stage)

(4) ช่วงปลายของการเพาะปลูก (Late season stage)




**ภาพที่ 2 ช่วงของการเจริญเติบโตของพืช**

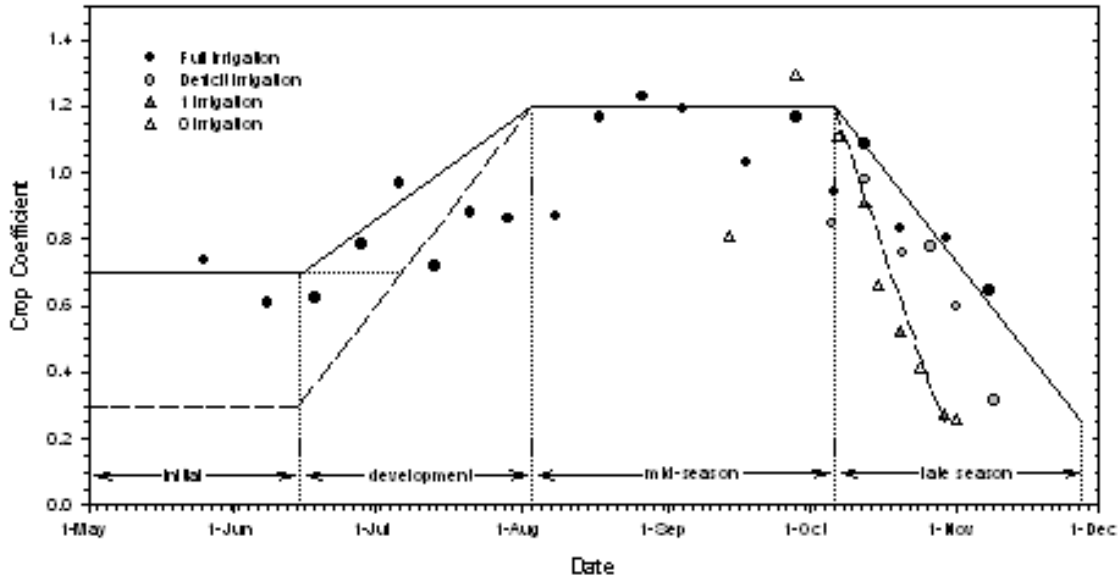
1. ช่วงตั้งตัวของพืชช่วงตั้งตัวของพืช (Initial stage) นับจากวันเริ่มปลูกจนถึงระยะที่พืชปกคลุมดินร้อยละ 10 ความยาวนานของช่วงตั้งตัวนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของพืชช่วงเวลาที่ปลูกและสภาพภูมิอากาศเนื่องจากในช่วงแรกของการปลูกพื้นที่ใบยังมีไม่มากปริมาณการใช้น้ำของพืชส่วนใหญ่จึงเป็นน้ำที่ระเหยจากผิวดิน ดังนั้นในกรณีที่ดินมีความชุ่มชื้นสูงจากน้ำชลประทานและน้ำฝนปริมาณการใช้น้ำของพืชจะมีค่าสูง

2. ช่วงเจริญเติบโตทางลำต้นช่วงเจริญเติบโตทางลำต้น (Crop development stage) นับต่อจากช่วงตั้งตัว ซึ่งพืชปกคลุมดินร้อยละ 10 จนถึงระยะพืชปกคลุมดินเต็มที่ (Effective full cover) ซึ่งส่วนใหญ่จะตรงกับระยะเริ่มออกดอกในกรณีที่ปลูกพืชแบบยกร่องระยะปกคลุมดินเต็มที่อาจพิจารณาจากช่วงที่ใบพืชในแต่ละร่องเริ่มซ้อนทับกันจนเกิดร่มเงาบังผิวดินทั้งหมดนอกจากนี้สำหรับพืชบางชนิดโดยเฉพาะที่มีความสูงกว่า 0.5 เมตรระยะปกคลุมดินเต็มที่อาจมีสัดส่วนที่ปกคลุมดินเพียงร้อยละ 70 ถึง 80 (Vegetation fraction, fc=0.7-0.8) ซึ่งในกรณีนี้อาจสังเกตระยะพืชปกคลุมดินเต็มที่จากระยะแทงช่อดอกของพืชซึ่งทำได้ง่ายกว่าอีกแนวทางหนึ่งสามารถพิจารณากำหนดระยะปกคลุมดินเต็มที่จากค่าของดัชนีพื้นที่ใบหรือ LAI (Leaf area index) ซึ่งคืออัตราส่วนระหว่างพื้นที่ใบทั้งหมดต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ผิวโดยกำหนดให้ LAI มีค่าเท่ากับ 3 เมื่อพืชเติบโตถึงระยะปกคลุมดินเต็มที่ในช่วงของการเจริญเติบโตทางลำต้นนี้พืชจะแผ่ขยายร่มเงาบังผิวดินเพิ่มมากขึ้นซึ่งมีผลให้การระเหยน้ำจากผิวดินมีค่าลดลงส่วนการคายน้ำจะค่อยๆมีสัดส่วนเพิ่มมากขึ้นค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืชในช่วงการเจริญเติบโตทางลำต้นนี้จะสัมพันธ์กับสัดส่วนที่พืชปกคลุมดินและระยะพัฒนาการของพืชโดยทั่วไปเมื่อพืชปกคลุมดินราว 25-40% จะมีค่า Kc = 0.5 และเมื่อพืชปกคลุมดินราว 40-60% จะมีค่า Kc = 0.7 อย่างไรก็ตามค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำจะผันแปรไปตามลักษณะของพืชและสภาพการให้น้ำ

3. ช่วงกลางของการเพาะปลูกช่วงกลางของการเพาะปลูก (Mid-season stage) นับต่อจากช่วงของการเจริญเติบโตทางลำต้นจากระยะที่พืชปกคลุมดินเต็มที่จนถึงระยะเริ่มสุกแก่สังเกตได้จากระยะใบแก่ที่เริ่มเหลืองหรือหลุดร่วงหรือผลเริ่มเปลี่ยนสีช่วงกลางของการเพาะปลูกนี้เป็นช่วงที่ยาวนานที่สุดสำหรับพืชในกลุ่มยืนต้นแต่สำหรับพืชที่เก็บผลสดหรือใบสดอาจเป็นช่วงเวลาเพียงสั้นๆ

4. ช่วงปลายของการเพาะปลูกช่วงปลายของการเพาะปลูก (Late season stage) นับต่อจากช่วงกลางของการเพาะปลูกจากระยะที่ผลผลิตเริ่มสุกแก่จนถึงระยะเก็บเกี่ยวหรือพืชแก่เต็มที่ (Full senescence) ในกรณีของพืชในกลุ่มไม่ยืนต้นระยะสิ้นสุดของการเพาะปลูกจะครบรอบปีซึ่งเป็นวันเดียวกับวันที่เริ่มปลูก

ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืชที่ระยะสิ้นสุดของการเพาะปลูก (Kc end) จะขึ้นกับการเพาะปลูกและการให้น้ำในกรณีที่เก็บเกี่ยวผลผลิตสดซึ่งจะต้องมีการให้น้ำต่อเนื่องจนกระทั่งเก็บเกี่ยวค่าของ Kc end จะมีค่าสูงในขณะที่พืชบางชนิดจะปล่อยผลผลิตให้แห้งในแปลงก่อนเก็บเกี่ยวซึ่งในกรณีนี้ Kc end จะมีค่าลดต่ำลงมาก




**ภาพที่ 3 ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช**

**การกำหนดระยะเวลาของช่วงการเจริญเติบโตและค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืชไร่/พืชผัก**

พื้นที่ปลูกพืชไร่/พืชผักมีกลุ่มพืชหลายกลุ่มเช่นกลุ่มธัญพืชพืชตระกูลถั่วพืชผักขนาดเล็กกินใบ/หัวพืชผักพวกมะเขือพืชผักพวกฟัก-แตงเมื่อพิจารณาค่าแนะนำจากคู่มือ FAO-56 พบว่าค่าของ Kc ในแต่ละกลุ่มพืชมีความแตกต่างกันไม่มากนักกล่าวคือค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืชในช่วงตั้งตัว Kc ini อยู่ในช่วง 0.3-0.7 ซึ่งค่า Kc ini จะต้องมีการปรับแก้โดยพิจารณาจากสภาพการเปลี่ยนแปลงความชื้นในดินจากการให้น้ำส่วนค่า Kc mid ในช่วงของการเพาะปลูกอยู่ในช่วง 0.1-1.15 ซึ่งแปรผันจากความสูงของต้นพืชและค่า Kc end ที่ระยะสิ้นสุดการเพาะปลูกจะขึ้นอยู่กับลักษณะการเก็บเกี่ยวผลผลิตโดยจะมีค่าสูงในกรณีเก็บเกี่ยวสดแต่จะมีค่าต่ำในกรณีเก็บเกี่ยวผลผลิตแห้งในทางตรงกันข้ามกับข้อมูลระยะเวลาของช่วงการเจริญเติบโตของพืชซึ่งพบว่ามีข้อจำกัดในการนำมาใช้ค่อนข้างมากเนื่องจากค่าแนะนำมีชนิดของพืชไม่ตรงกับชนิดของพืชที่ปลูกในประเทศไทยหรือพืชชนิดเดียวกันแต่มีการปลูกในพื้นที่ต่างภูมิภาคกันก็มีระยะเวลาของช่วงการเพาะปลูกต่างกันนอกจากนี้ข้อมูลของพืชที่ปลูกในประเทศไทยมีจำกัดมาก

## 2.4 การหาปริมาณการใช้น้ำของพืช

วิบูลย์ (2526) กล่าวว่า ปริมาณการใช้น้ำของพืชขึ้นอยู่กับองค์ประกอบที่สำคัญ 4 อย่างด้วยกันคือ สภาพภูมิอากาศรอบๆ ต้นพืช ชนิดและอายุของพืชเอง จำนวนความชื้นและคุณสมบัติของดิน และองค์ประกอบอื่นๆ การที่จะวัดการใช้น้ำของพืชแต่ละชนิดในสภาพภูมิอากาศ ดิน ฯลฯ นั้นเป็นสิ่งที่ทำได้ยากและจะต้องทำการวัดมากมายไม่มีที่สิ้นสุด นักวิทยาศาสตร์จึงได้พยายามหาวิธีง่ายกว่าการวัดโดยตรงทางออกที่เลือกใช้ก็คือ

1.เลือกกำหนดพืชขึ้นมาชนิดหนึ่งเจริญงอกงามได้ตลอดปีและมีอัตราการใช้น้ำที่ไม่ขึ้นกับอายุ

2.กำหนดให้ดินมีความชื้นสูงตลอดเวลาเพื่อทำให้คุณสมบัติของดินอย่างอื่น เช่น เนื้อดิน ความเข้มข้นของเกลือในดินในเกณฑ์ปกติ และความสามารถเก็บน้ำไว้ให้พืชใช้ ฯลฯให้คุณสมบัตินั้นหมดความสำคัญต่อการใช้น้ำไป

พืชมีคุณสมบัติตรงตามความต้องการในข้อแรกมากที่สุดคือ หญ้า ต่อมาก็ได้มีการเลือกให้พืชอื่นอีก เช่น อัลฟัลฟา สำหรับองค์ประกอบอื่นๆที่มีผลต่อการใช้น้ำของพืช เช่น วิธีการให้น้ำและการไถพรวนดินก็มิใช่องค์ประกอบที่มีความสำคัญมากเหมือน 3 อย่างแรก ดังนั้นการใช้น้ำของพืชที่เลือกไว้เมื่อดินมีความชื้นสูงตลอดเวลาก็จะขึ้นอยู่กับสภาพภูมิอากาศเพียงอย่างเดียว

การใช้น้ำของพืชอ้างอิงที่เลือกไว้เมื่อปลูกในดินที่มีความชื้นสูงพอตลอดเวลาเพื่อให้อัตราการใช้น้ำขึ้นอยู่กับสภาพภูมิอากาศเพียงอย่างเดียวนี้เรียกว่า การใช้น้ำของพืชอ้างอิง หรือ Reference evapotranspiration และนิยมใช้ตัวย่อว่า ETo

การที่การใช้น้ำของพืชอ้างอิงขึ้นอยู่กับสภาพภูมิอากาศรอบๆต้นพืชเพียงอย่างเดียวนี้ ทำให้นักวิทยาศาสตร์สามารถคิดสูตรสำหรับคำนวณ ETo โดยใช้ข้อมูลสภาพภูมิอากาศได้มากมายและเมื่อต้องการทราบการใช้น้ำของพืชชนิดอื่นที่มิใช่พืชอ้างอิงก็คำนวณโดยสมการที่ 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 (เพนแมน) ได้เสนอไว้ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1948 โดย Penman ได้พัฒนาสมการโดยการผสมผสานวิธีการคำนวณการระเหยน้ำตามหลักสมดุลพลังงานที่พื้นผิว (Surface energy balance) เข้ากับวิธีการคำนวณการระเหยน้ำตามหลักการถ่ายเทมวลสาร (Mass transfer)สมการดั้งเดิมของ Penman นั้นพัฒนาขึ้นเพื่อใช้ในการคำนวณการระเหยน้ำจากผิวน้ำ

สมการของPenman มีการปรับปรุงมาตลอดช่วงเวลากว่า 60 ปีที่ผ่านมา โดยสมการของ Penman-Monteith (Penman-Monteith, 1956) ได้มีการพัฒนาสมการของ Penman (1948) เพิ่มเติม โดยสามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$ET_o = \frac{0.408\Delta(R_n - G) + \gamma\frac{900}{T+273}u_2(e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0.34u_2)} \qquad \text{(สมการที่2)}$$

สมการ FAOPenman-Monteithประกอบด้วย พารามิเตอร์ ดังนี้

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

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

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

T = อุณหภูมิอากาศ [$^oC$]

$U_2$ = ความเร็วลมที่ระดับความสูง 2 เมตร จากผิวดิน [$ms^{-1}$]

$e_s$-$e_a$ = ผลต่างระหว่างความดันไอน้ำอิ่มตัว ($e_s$) กับความดันไอน้ำจริงในอากาศ ($e_a$) [kPa]

$\Delta$ = ความชันของโค้งความดันไอน้ำอิ่มตัวหรือโค้งความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ และแรงดันไอน้ำ [kPa $^oC^{-1}$]

$\gamma$ = ค่าคงที่ของเทอมความชื้น (Psychrometric constant) [kPa $^oC^{-1}$]

2.4.2. การประมาณปริมาณการใช้น้ำของพืชจากปริมาณการระเหยจากถาดวัด

เอกสิทธิ์ (2551) กล่าวว่าถาดวัดการระเหยเป็นเครื่องมือหลักของการประมาณปริมาณการใช้น้ำของพืชจากปริมาณการระเหยจากถาดวัด (ET Estimated from pan evaporation) โยถาดวัดวัดการระเหยนั้นมีอยู่หลายรูปแบบ ในที่นี้ใช้ถาดวัดการระเหยแบบ Class A ที่ใช้งานในสถานีตรวจอากาศของกรมอุตุนิยมวิทยาที่เป็นถาดวัดการระเหยแบบ Class A ซึ่งเป็นมาตรฐานขององค์กรอุตุนิยมวิทยาโลก (World Meteorological Organization, WMO)

ค่าปริมาณการระเหยน้ำที่วัดได้จากถาดวัดการระเหยยังไม่เป็นค่าเดียวกับปริมาฯการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (ETo) เนื่องจากลักษณะทางกายภาพของถาดวัดการระเหยกับลักษณะพื้นผิวอ้างอิงอิงมีความแตกต่างกัน อาทิ ค่าสะท้อนพื้นผิว (Albedo) ของน้ำในถาด ซึ่งมีค่าประมาณ 0.05 ถึง 0.08 ในขณะที่พืชพรรณทั่วไป มีค่าการสะท้อนพื้นผิวประมาณ 0.20 ถึง 0.25 (พืชอ้างอิง เท่ากับ 0.23) ดังนั้นจึงเป็นผลทำให้น้ำในถาดวัดการระเหยจะได้รับพลังงานสุทธิมากกว่า เนื่องจากมีการสะท้อนพลังงานออกไปน้อยกว่านอกจากนี้ การเก็บกักความร้อนของน้ำในถาดวัดก็มีผลทำให้น้ำยังคงมีการระเหยต่อเนื่อง แม้ว่าในช่วงไม่มีแหล่งพลังงานแสงอาทิตย์ อาทิ ในเวลากลางคืน ซึ่งต่างกับพืชส่วนใหญ่ที่มีการคายน้ำในเวลากลางวันเท่านั้น
ดังนั้น ในคู่มือFAO-24 จึงได้แนะนำค่าปรับแก้สำหรับการหาการใช้น้ำของพืชอ้างอิงจากข้อมูลของถาดวัดการระเหยดังสมการ

$$ETo = Kp \times Epan$$

โดยที่

ETo = การคายระเหยอ้างอิง (Reference evapotranspiration)
Epan = การระเหยจากถาดวัด (Pan evaporation)
Kp = สัมประสิทธิ์ถาดวัดการระเหย (Pan coefficient)

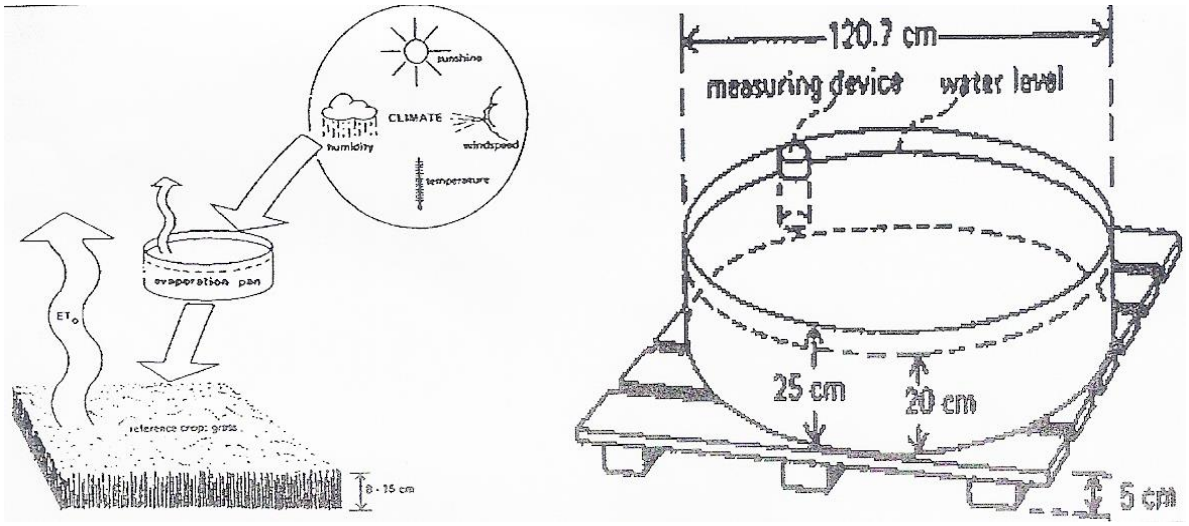
การหาค่าสัมประสิทธิ์ปรับแก้ของถาดวัดการระเหย (Kp) จะพิจารณา ปัจจัย 3 ประการ ได้แก่ สิ่งแวดล้อมรอบๆ บริเวณที่ถาดตั้งอยู่ (Fetch (m)) ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย (RHmean[%]) และความเร็วลมที่ระดับ 2 เมตร ($U_2[ms^{-1}]$)

สิ่งแวดล้อมรอบๆ บริเวณที่ถาดตั้งอยู่ (Fetch) เป็นปัจจัยหนึ่งซึ่งมีผลต่อปริมาณการระเหยของถาดเป็นอย่างมาก สามารถแยกได้เป็น 2 กรณี คือ

1. Class A เป็นกรณีที่ถาดตั้งในสิ่งแวดล้อมที่ชุ่มชื้น (Pan placed in short green cropped area) มีพืชพรรณในบริเวณใกล้เคียงเป็นระยะเท่ากับ fetch

2. Class B เป็นกรณีที่ถาดตั้งในสิ่งแวดล้อมที่แห้งแล้ง (Pan placed in dry fallow area) ซึ่งมีผลทำให้การระเหยจากถาดมีค่าสูงมากขึ้น

โดยปกติแล้วข้อมูลของสิ่งแวดล้อมรอบถาดวัดการระเหย หรือ Fetch มักจะไม่สามารถหาได้ในทางปฏิบัติการประมาณค่าสัมประสิทธิ์การระเหย เฉพาะกรณีของประเทศไทย การเลือก Case A ค่อนข้างสมเหตุสมผลกว่า เนื่องจากประเทศไทยอยู่ในเขตชุ่มชื้น และบริเวณที่ตั้งถาดวัดการระเหยมักจะมีพื้นที่เพาะปลูกอยู่ใกล้เคียง




**ภาพที่ 4 ถาดวัดการระเหยแบบ Class A**

2.4.3. ถังวัดการใช้น้ำของพืช (Lysimeters)

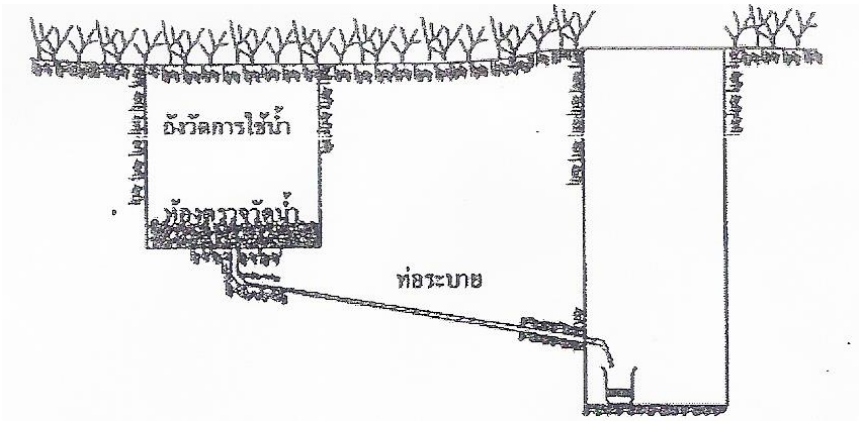
วิบูลย์ (2526) กล่าวว่า ถังวัดการใช้น้ำของพืช (Lysimeters) เป็นถังวัดที่ใช้วัดการใช้น้ำด้วยความแตกต่างระหว่างปริมาณน้ำที่เข้าและระบายน้ำออกจากถัง รวมกับความแตกต่างของจำนวนความชื้นของดินในถังเมื่อเริ่มต้นและสิ้นสุดระยะเวลาที่ทำการวัด ความละเอียดถูกต้องของถังนี้ ขึ้นอยู่กับความสามารถในการหาจำนวนความชื้นของดินในถัง ไม่มีขีดจำวนจำกัดเรื่องขนาด เช่น ถังวัดการใช้น้ำแบบระบายน้ำ Percolation เป็นต้น โดยถังวัดการใช้น้ำของพืชมีหลายประเภท ได้แก่

1. ประเภทวัดโดยไม่เกี่ยวข้องกับน้ำหนัก (Non-weighing lysimeter) ได้แก่ ถังวัดการใช้น้ำแบบระบายน้ำ (Percolation type) ถังวัดการใช้น้ำแบบใต้ดินคงที่ (Constant water table type) ถัง

วัดการใช้น้ำของข้าว (Rice lysimeters)

2.ประเภทวัดโดยเกี่ยวข้องกับน้ำหนัก (Weighing lysimeters) ได้แก่ ถังวัดการใช้น้ำแบบชั่งด้วยเครื่องชั่ง (Mechanically Weight Type) ถังวัดการใช้น้ำแบบทุ่นลอย (Flpatlysimeters) ถังวัดการใช้น้ำแบบไฮดรอลิค (Hydraulic weighing lysimeters)

ถังวัดการใช้น้ำแบบระบายน้ำ (Percolation type) เป็นถังวัดปริมาณการใช้น้ำของพืชที่นิยมใช้ในทางด้านชลประทาน หลักการของถังวัดการใช้น้ำแบบนี้คือ วัดการใช้น้ำด้วยความแตกต่างระหว่างปริมาณน้ำที่เติมเข้าไปและน้ำระบายที่ก้นถัง รวมกับความแตกต่างของจำนวนความชื้นของดินในถัง เมื่อเริ่มต้นและสิ้นสุดระยะเวลาที่ทำการวัด ข้อเสียของการใช้เครื่องมือแบบนี้ มีค่าใช้จ่ายในลงทุนครั้งแรกสูง และจะต้องระมัดระวังเกี่ยวกับตัวถังที่มีการผุกร่อน




**ภาพที่ 5 ถังวัดการใช้น้ำของพืช (Lysimeters) แบบระบายน้ำ (Percolation)**

2.3.4. สมดุลน้ำในดิน (Soil water balance)

เอกสิทธิ์ (2551) กล่าวว่า วิธีสมดุลของน้ำในดินใช้หลักการของการอนุรักษ์มวลสาร (Conservation of mass) ซึ่งถือว่าอัตราการเปลี่ยนแปลงของน้ำในระบบที่พิจารณา (Changes in storage) เท่ากับผลต่างระหว่างน้ำที่ไหลเข้ากับน้ำที่ไหลออกจากระบบที่พิจารณา

Changes in storage = input - output

การกำหนดขอบเขตของระบบที่พิจารณาเป็นขั้นตอนแรกของการวิเคราะห์สมดุลน้ำในเขตรากพืช พิจารณาระบบซึ่งขอบเขตด้านบนจากผิวดิน ครอบคลุมจนถึงขอบเขตด้านล่างที่ความลึกของเขตรากพืชการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำก็คือการเปลี่ยนแปลงความชื้นตลอดความลึกในเขตราก น้ำที่เข้ามาในระบบประกอบด้วยน้ำฝน (Rainfall) น้ำชลประทาน (Irrigation) น้ำท่าผิวดินที่ไหลเข้า (Surface runoff) น้ำไหลเข้าทางใต้ผิวดิน (Subsurface inflow) น้ำไหลขึ้นจากชั้นน้ำใต้ผิวดินด้วยแรงคาปิลารี (Capillary rise) ส่วนน้ำที่ไหลออกจากดินประกอบด้วยการระเหยจากดิน (Evaporation) การคายน้ำจากพืช (Transpiration) น้ำท่าผิวดินไหลออก (Surface runoff) น้ำไหลออกจากทางใต้ผิวดิน (Subsurface outflow) และน้ำซึมผ่านดินบึกลงในดิน (Deep percolation)

จากองค์ประกอบสมดุลน้ำข้างต้นสามารถเขียนได้ดังสมการ

$$\frac{\Delta S}{\Delta t} = P + IR + CR - E - T - DP + \Delta RO + \Delta SF$$

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

$\Delta S$ = เป็นช่วงระยะเวลาที่พิจารณา [T]

$\Delta t$ = เป็นผลต่างระหว่างปริมาณน้ำในดินที่ขั้นเวลา t + $\Delta S$ กับที่ขั้นเวลา t หรือเท่ากับ $St_t\Delta_t^{-S}[L^3]$

P = น้ำฝน (rainfall) $[L^3T^{-1}]$

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

CR = น้ำไหลเข้าจากชั้นน้ำใต้น้ำใต้ดินด้วยแรงคาปิลารี (Capillary rise) $[L^3T^{-1}]$

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

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

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

$\Delta RO$ = น้ำท่าผิวดินสุทธิ (Surface runoff )คิดจากน้ำท่าผิวดินที่ไหลเข้าลบน้ำท่าผิวดินที่ไหลออก$[L^3T^{-1}]$

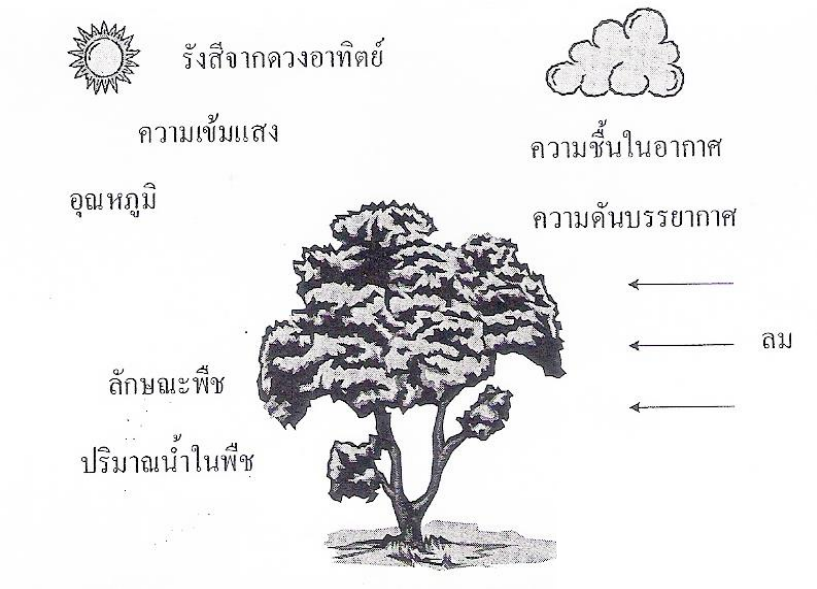
$\Delta SF$ = น้ำไหลใต้ผิวดินสุทธิ (Subsurface outflow) คิดจากน้ำไหลเข้าใต้ผิวดินลบน้ำที่ไหลออกใต้ผิวดิน $[L^3T^{-1}]$

2.3.5. การคายน้ำ (Transpiration)

กีรติ(2537) กล่าวว่า การคายน้ำของพืช คือ กระบวนการที่พืชคายน้ำโดยการระเหยกลายเป็นไอสู่บรรยากาศภายนอก ซึ่งการคายน้ำของพืชเกิดขึ้นได้ 3 แห่ง คือ การคายน้ำจากทางรูใบ (Stomatal transpiration) มีประมาณ 80% การคายน้ำตามบริเวณผิวใบ (Cuticular transpiration) มีประมาณ 20% และ การคายน้ำตามรอยแยกของลำต้นและกิ่งไม้ (Lenticular transpiration) โดยการคายน้ำของพืชเป็นกระบวนการปรุงอาหารเพื่อความเจริญเติบโตของพืช

ปัจจัยที่มีผลต่อการคายน้ำของพืช (Factor affecting transpiration)

ปัจจัยที่มีผลต่อการคายน้ำของพืชประกอบด้วยตัวแปรต่างๆ ดังภาพที่ 5 และตารางที่ 1




**ภาพที่ 6 ความชื้นในดิน**

**ตารางที่** 1 สรุปปัจจัยที่มีผลต่อการคายน้ำของพืช

| ปัจจัยที่มีผลต่อการคายน้ำของพืช | การคายน้ำของพืช | |
|---|---|---|
| | มาก | น้อย |
| 1. รังสีจากดวงอาทิตย์ | มาก (ท้องฟ้าโปร่ง ไม่มีเมฆ) | น้อย (ท้องฟ้ามีเมฆมาก) |
| 2. ความเข้มแสง | มาก | น้อย |
| 3. อุณหภูมิ | สูง | ต่ำ |
| 4. ความชื้นในอากาศ | ความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ | ความชื้นสัมพัทธ์สูง |
| 5. ความดันบรรยากาศ | ต่ำ | สูง |
| 6. ลม | มีลม | ลมอ่อนหรือไม่มีลม |
| 7. ลักษณะของพืช | ขึ้นอยู่กับชนิด อายุ ความหนาแน่น และคุณลักษณะของปากใบ | |
| 8. ปริมาณน้ำในพืช | มาก | น้อย |
| 9. ความชื้นในดิน | มาก | น้อย |

1. <u>รังสีจากดวงอาทิตย์ (Solar radiation)</u> เป็นพลังงานที่สำคัญที่สุดในการคายน้ำของพืช โดยในวันที่ท้องฟ้าโปร่งหรือมีเมฆน้อยรังสีจากดวงอาทิตย์มาถึงพืชมาก ทำให้เกิดการคายน้ำของพืชมาก และวันที่มีเมฆมากรังสีจากดวงอาทิตย์มาถึงพืชน้อย ทำให้เกิดการคายน้ำของพืชน้อย การคายน้ำจะเกิดขึ้นในเวลากลางวันประมาณ 95% ของปริมาณการคายน้ำทั้งหมด
2. <u>ความเข้มแสง (Light Intensity)</u> มีผลทำให้การคายน้ำของพืชมากขึ้น เนื่องจากถ้าความเข้มแสงมาก อุณหภูมิจะสูง ปากใบของพืชจะเปิดกว้างขึ้น ทำให้โมเลกุลของน้ำในพืชระเหยออก โดยกระบวนการคายน้ำได้มากขึ้น
3. <u>อุณหภูมิ (Temperature)</u> ในเวลากลางวันหรือเวลาที่มีอากาศร้อน จนทำให้ปากใบขยายตัว เป็นผลให้เกิดการคายน้ำของพืชมากขึ้น และในวันที่มีอากาศร้อนมากๆ จะพบว่าพืชมีการคายน้ำมาก ใบพืชจะเหี่ยวลง

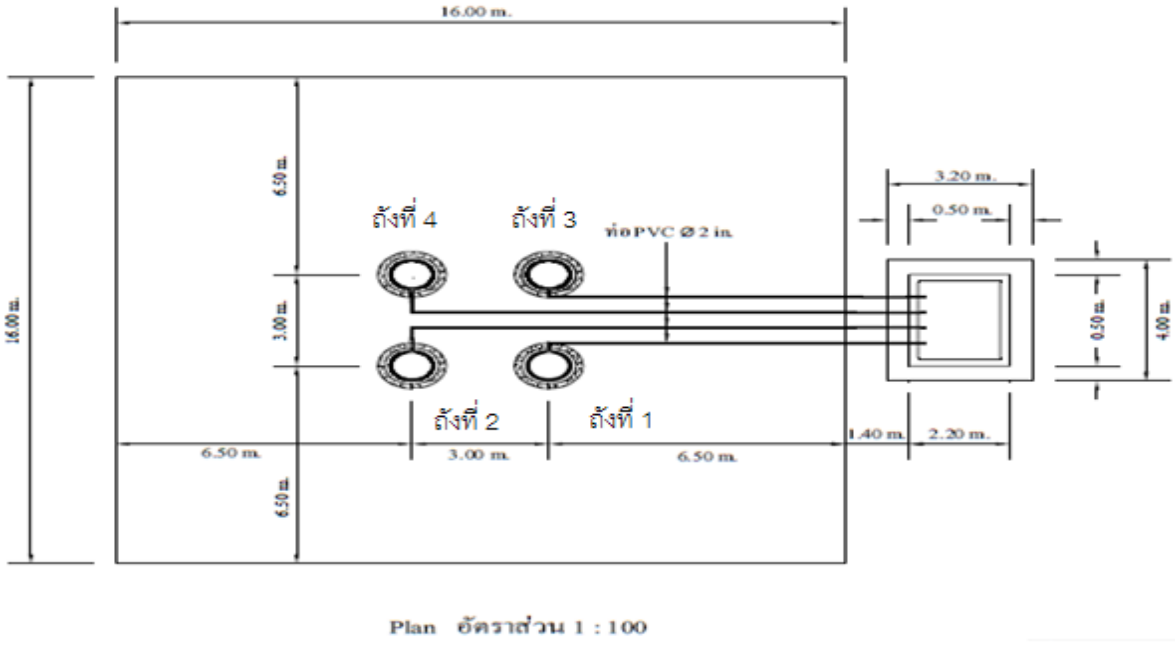
4. ความชื้นในอากาศ (Humidity)ใ นเวลาที่อากาศมีความชื้นสัมพัทธ์สูง จะมีไอน้ำในอากาศมาก ทำให้ช่องว่างในอากาศที่จะรับไอน้ำได้น้อยลง เป็นผลให้เกิดการคายน้ำของพืชต่ำ ส่วนในเวลาที่อากาศมีความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ มีไอน้ำในอากาศน้อย ทำให้มีช่องว่างในอากาศรับไอน้ำได้มากขึ้น เป็นผลให้เกิดการคายน้ำของพืชได้มากขึ้น
5. ความดันบรรยายกาศ (Atmospheric pressure) ถ้าอากาศมีความดันบรรยายกาศสูง การคายน้ำของพืชจะเกิดขึ้นน้อย เนื่องจากปริมาณการคายน้ำของพืชขึ้นอยู่กับผลต่างระหว่างความดันของน้ำในพืชกับความดันบรรยายกาศ ซึ่งในกรณีที่อากาศมีความดันบรรยายกาศสูงนี้จะมีผลต่างความดันของน้ำในพืชกับความดันบรรยายกาศน้อย ส่วนในกรณีที่อากาศมีความดันบรรยายกาศต่ำ จะมีผลต่างความดันของน้ำในพืชกับความดันบรรยายกาศมาก จึงเกิดการคายน้ำของพืชมาก
6. ลม (Wind) เป็นตัวแปรที่ช่วยพัดพาเอาความชื้นและไอน้ำในอากาศออกจากบริเวณที่อยู่รอบๆพืช ทำให้ไอน้ำในพืชสามารถคายน้ำออกสู่บรรยายกาศได้มากขึ้น ดังนั้น ลมจึงช่วยทำให้เกิดอัตราการคายน้ำของพืชได้มากขึ้น
7. ลักษณะของพืช (Physiologic factors) เช่น ชนิดของพืช อายุของพืช โครงสร้างใบ ความหนาแน่น และคุณลักษณะของปากใบ (Characteristics of stomata) ล้วนมีผลต่อปริมาณการคายน้ำของพืชที่แตกต่างกัน
8. ปริมาณน้ำในพืช ถ้ามีมากจะเกิดการคายน้ำมาก ซึ่งถ้าพืชขาดน้ำจะทำให้เซลล์คุม (Guard cell) สูญเสียแรงดันน้ำ มีผลทำให้ปากใบหรี่ลงหรือปิดลง ทำให้การคายน้ำของพืชลดลง หรือหยุดการคายน้ำไปด้วย ซึ่งเป็นปรากฏการณ์ที่ป้องกันการสูญเสียน้ำตามธรรมชาติของพืชไม่ให้มากเกินไป
9. ความชื้นในดิน (Soil moisture) ดินที่มีความชื้นมากพอ พืชจะสามารถดูดน้ำไปใช้ได้มาก ทำให้เกิดการคายน้ำของพืชมากตาม

# บทที่ 3

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

## 3.1 สถานที่ที่ทำการติดตั้ง

**ภาพที่** 7 แปลงทดลองของภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน




**ภาพที่** 8 ตำแหน่งที่ตั้งถัง Lysimeters

## 3.2 วัสดุอุปกรณ์การทดลอง

### 3.2.1 การเตรียมแปลงทดลอง

**ภาพที่** 9 จอบ

### 3.2.2 การปลูกและการดูแลรักษา

**ภาพที่** 10 เมล็ดพันธุ์

**ภาพที่** 11ปุ๋ยและยาฆ่าแมลง

**ภาพที่** 12 ตาข่ายและเชือกฟาง

**ภาพที่** 13ไม้ปักค้าง

**ภาพที่** 14ปั๊มน้ำ

**ภาพที่** 15ท่อน้ำและวาล์ว 1 นิ้ว

**ภาพที่** 16 สายยาง

3.2.3 การเก็บข้อมูล

**ภาพที่** 17ถังวัดการใช้น้ำของพืช Lysimeters ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.5 เมตร

**ภาพที่** 18บัวรดน้ำ

**ภาพที่** 19ถังตวงน้ำ

**ภาพที่** 20ถาดวัดการระเหยและฮุกเกด

**ภาพที่** 21ไม้บรรทัด

**ภาพที่** 22ตลับเมตร

**ภาพที่** 23เครื่องชั่งน้ำหนัก

**ภาพที่** 24ตู้อบ

## 3.3 วิธีการทดลอง

### 3.3.1 การเตรียมแปลงทดลอง

1. ปรับปรุงพื้นที่และกำจัดวัชพืชในแปลงทดลองและบริเวณรอบๆโดยใช้รถไถและแรงงานคน

**ภาพที่** 25 การใช้รถไถกำจัดวัชพืช

2. ไถพรวนดินตากไว้ประมาณ 7 วัน แล้วไถพรวนเก็บเอาเศษวัชพืชออก

3. ยกร่องแปลงขนาดกว้าง 0.6 เมตร สูง 30 เซนติเมตร ระยะห่างระหว่างร่องละ 0.6 เมตร จำนวน 8 แปลง โดยใช้พื้นที่ 14.65×9 ตารางเมตร

**ภาพที่** 26 การยกร่องแปลง

### 3.3.2 การปลูกและดูแลรักษา

1. คัดเลือกเมล็ดพันธุ์แตงกวาที่มีความสมบูรณ์นำมาคลุกกับยาฆ่ามดเพื่อป้องกันการกัดกินเมล็ดของแมลงศัตรูพืช

**ภาพที่** 27 การคัดเลือกเมล็ดแตงกวา

2. นำเมล็ดแตงกวาลงปลูกด้วยวิธีการหยอด ขุดหลุมลึกประมาณ 10-20 เซนติเมตร หยอดเมล็ดแตงกวาลงในหลุมหลุมละประมาณ 3-4 เมล็ด โดยให้แต่ละหลุมห่างกันประมาณ 50-60 เซนติเมตร โดยเมื่อเมล็ดงอกแล้วให้ทำการถอนให้เหลือหลุมละ 3 ต้นโดยคัดต้นที่มีการเจริญเติบโตดีที่สุด

**ภาพที่** 28 การปลูกแตงกวา

3. ให้น้ำทันทีหลังการหยอดโดยวิธีการฉีดพ่นให้เป็นฝอยละเอียดระยะแรกควรน้ำ เช้า-เย็นทุกวัน และเมื่อต้นแตงกวาเริ่มเจริญเติบโตแล้วจึงปรับช่วงเวลาการให้น้ำเป็น วันละ 1 ครั้ง

**ภาพที่** 29 รดน้ำ

4. โดยเมื่อเมล็ดงอก 14-15 วันให้ถอนให้เหลือหลุมละ 1 ต้น ปักไม้ค้างสูงประมาณ 1.5 เมตร

5. หลังย้ายปลูกประมาณ 7 วัน ใส่ปุ๋ยที่มีไนโตรเจนประมาณ 4 กิโลกรัม และระยะแตงกวาออกดอก ซึ่งจะใช้ระยะเวลาประมาณ 25 วัน จะใส่ปุ๋ยสูตร 15-15-15 ประมาณ 4 กิโลกรัม

### 3.3.3 การเก็บข้อมูล

1. เก็บตัวอย่างต้นแตงกวาส่วนเหนือราก นำไปวัดความสูงและชั่งหาน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งหลังการอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมงที่ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน โดยทำการเก็บสัปดาห์ละ 1 ครั้ง ครั้งละ 3 ต้น

**ภาพที่** 30 วัดส่วนสูงต้นแตงกวา

**ภาพที่** 31 ชั่งน้ำหนักแตงกวา

2. ศึกษาระยะการเจริญเติบโต และเก็บข้อมูลการเจริญเติบโตของแตงกวา โดยการสังเกตวัด และการถ่ายรูปเพื่อนำมาวิเคราะห์หาช่วงการเจริญเติบโตของแตงกวา

- ช่วงตั้งตัวของพืช นับจากวันเริ่มปลูกจนถึงระยะที่พืชปกคลุมดินร้อยละ 10

- ช่วงเจริญเติบโตทางลำต้น พิจารณาจากช่วงที่ใบพืชในแต่ละหลุมเริ่มซ้อนทับกันจนเกิดร่มเงาบังผิวดินทั้งหมดและพืชเริ่มออกดอก

- ช่วงกลางของการเพาะปลูก โดยสังเกตได้จากพืชเริ่มออกผลสด และใบเริ่มเปลี่ยนเป็นสีเหลือง - ช่วงปลายของการเพาะปลูก สังเกตจากผลผลิตเริ่มสุกแก่จนถึงระยะเก็บเกี่ยวหรือพืชแก่เต็มที่

3. รวบรวมข้อมูลภูมิอากาศรายวันและข้อมูลอุตุนิยมวิทยา เพื่อนำมาใช้ในการคำนวณหาค่าการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (ETo) รายวัน

4. วัดปริมาณน้ำที่ระบายออกจากถัง Lysimetersทั้ง 2 ถัง เพื่อนำไปลบออกจากน้ำชลประทานเป็นปริมาณการใช้น้ำของแตงกวา

5. เก็บข้อมูลการระเหยจากถาดวัดการระเหยโดยใช้ฮุกเกดทุกวันตลอดการเพาะปลูกเพื่อนำมาคูณกับสัมประสิทธิ์การระเหยหาปริมาณการใช้น้ำของพืช

**ภาพที่** 32 ใส่น้ำลงในถัง Lysimeters ที่ปลูกแตงกวา

**ภาพที่** 33 วัดน้ำที่ออกจากถัง Lysimeters

**ภาพที่** 34 วัดปริมาณการระเหย

# บทที่ 4

# ผลการทดลอง

## 4.1 ช่วงการเจริญเติบโต

การเก็บข้อมูลพัฒนาการเจริญเติบโตของ แบ่งเป็น 4 ช่วง

- ช่วงแรก ระยะเพาะเมล็ดจนกระทั่งเติบโตเป็นต้นกล้า เป็นระยะเวลา 4 วัน หลังจากการเพาะปลูก
- ช่วงที่ 2 ระยะออกดอกและผสมเกสร เป็นระยะเวลา 28 วันหลังจากการเพาะปลูก
- ช่วงที่ 3 ระยะเก็บผลผลิตสด 35 วัน หลังจากการเพาะปลูก
- ช่วงที่ 4 ระยะเก็บผลแก่ 50 วันหลังจากการเพาะปลูก

การกำหนดระยะเวลาของช่วงการเจริญเติบโตแบ่งเป็น 4 ช่วง ประกอบด้วย

- ช่วงที่ 1 ช่วงตั้งตัว (Initial stage) เวลา 4 วัน นับจากวันเริ่มปลูกจนถึงระยะที่พืชปกคลุมดิน
- ช่วงที่ 2 ช่วงเจริญเติบโตทางลำต้น (Crop development stage) เวลา 24 วันหลังจากวันที่ 4 จนถึงวันที่ 28 ของการเพาะปลูก ซึ่งในช่วงเวลานี้พืชปกคลุมดินเต็มที่ซึ่งส่วนใหญ่จะตรงกับระยะเริ่มออกดอก
- ช่วงที่ 3 ช่วงกลางของการเพาะปลูก (Mid-season stage) เวลา 21 วันหลังจากวันที่ 28 จนถึง วันที่ 49 ของการเพาะปลูก เป็นระยะที่พืชปกคลุมดินเต็มที่จนถึงระยะเริ่มสุกแก่สังเกตได้จากระยะใบแก่ที่เริ่มเหลืองหรือหลุดร่วงหรือผลเริ่มเปลี่ยนสี
- ช่วงที่ 4 ช่วงปลายของการเพาะปลูก (Late season stage) เวลา 7 วันหลังจากวันที่ 49 จนถึงวันที่ 56 ของการเพาะปลูก เป็นระยะที่ผลผลิตเริ่มสุกแก่จนถึงระยะเก็บเกี่ยวหรือพืชแก่เต็มที่

โดยเริ่มเก็บข้อมูล วันที่ 23 พฤศจิกายน 2555 ถึง 21 มกราคม 2556 จะทำการเก็บข้อมูลอาทิตย์ละ 1 ครั้ง ครั้งละ 3 ต้น โดยบันทึกวันเริ่มติดดอก วันเริ่มติดผล วันเก็บเกี่ยว ขนาดผลเฉลี่ย และข้อมูลพัฒนาการเจริญเติบโตของแตงกวา

ภาพที่ 34 พืชมีอายุได้ 4วัน ในวันที่ 27 พฤศจิกายน 2555 เป็นวันที่เริ่มเก็บข้อมูลครั้งแรก โดยแตงกวาเริ่มงอกโผล่พ้นดิน

ภาพที่ 35, 36 และ 37พืชมีอายุได้ 28 วัน ในวันที่ 21 ธันวาคม 2555 เป็นวันที่มีการเจริญเติบโตของใบเต็มที่โดยใบเริ่มมีการซ้อนทับกันและเริ่มออกดอก

ภาพที่ 38 และ 39 พืชมีอายุได้ 35 วัน ในวันที่ 28 ธันวาคม 2555 เป็นวันที่พืชเริ่มออกผลสด

ภาพที่ 40 และ 41 พืชมีอายุได้ 50 วัน ในวันที่ 13 มกราคม 2556 เป็นวันที่ผลผลิตเริ่มสุกแก่

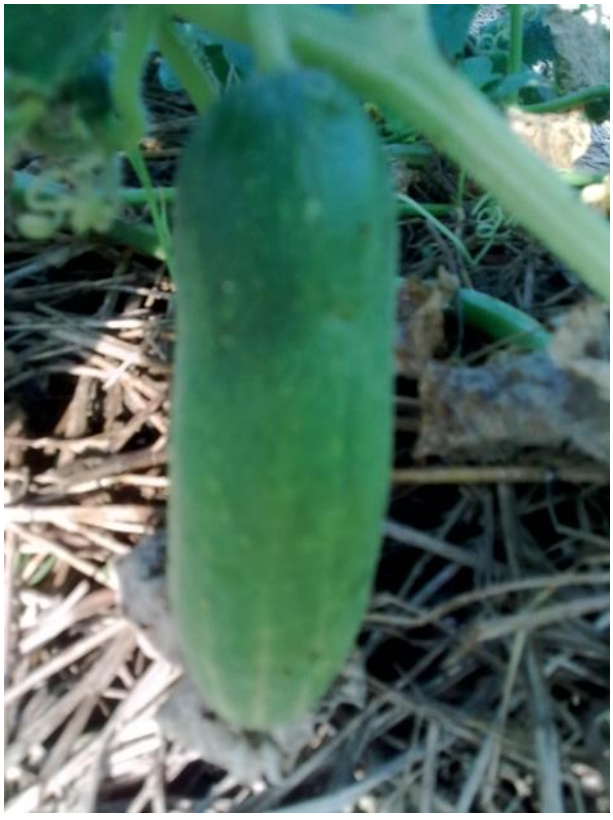
**ภาพที่ 35** วันที่ 27 พฤศจิกายน 2555 อายุ 4 วัน (เริ่มงอก)

**ภาพที่ 36** วันที่ 21 ธันวาคม 2555 อายุ 28 วัน (ออกดอก)

**ภาพที่ 37** วันที่ 21 ธันวาคม 2555 อายุ 28 วัน (ออกดอก)

**ภาพที่ 38** วันที่ 21 ธันวาคม 2555 อายุ 28 วัน (ออกดอก)

**ภาพที่ 39** วันที่ 28 ธันวาคม 2555 อายุ 35 วัน (ผลสด)



**ภาพที่ 40** วันที่ 28 ธันวาคม 2555 อายุ 35 วัน (ผลสด)

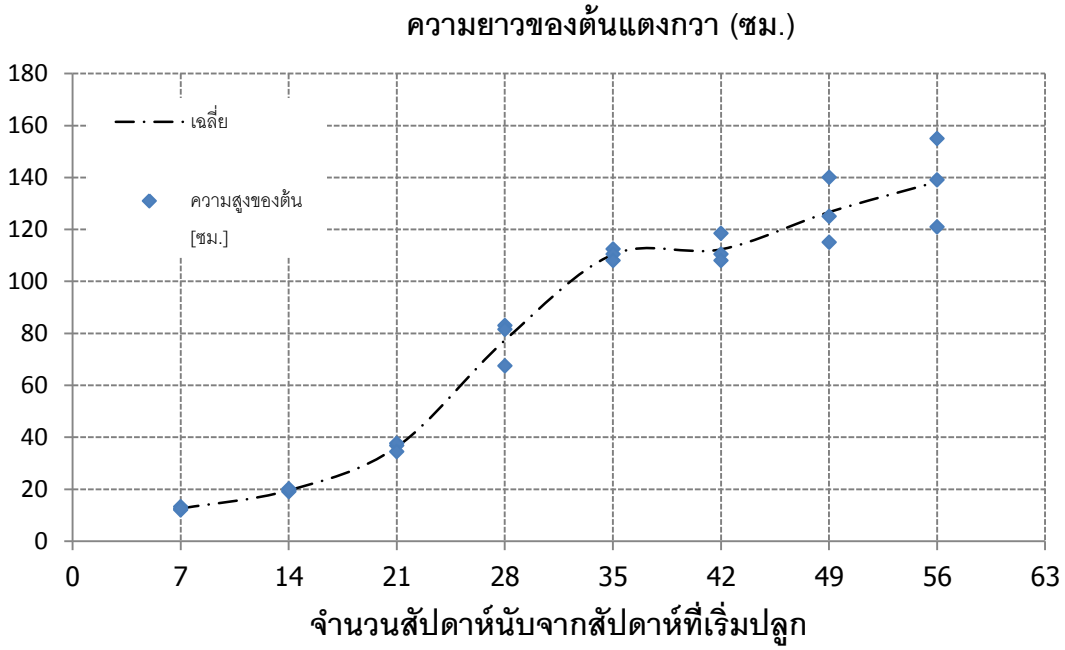
**ภาพที่** 41 วันที่ 13 มกราคม 2556 อายุ 50วัน (ผลแก่)

**ภาพที่** 42 วันที่ 13 มกราคม 2556 อายุ 50 วัน (ผลแก่)

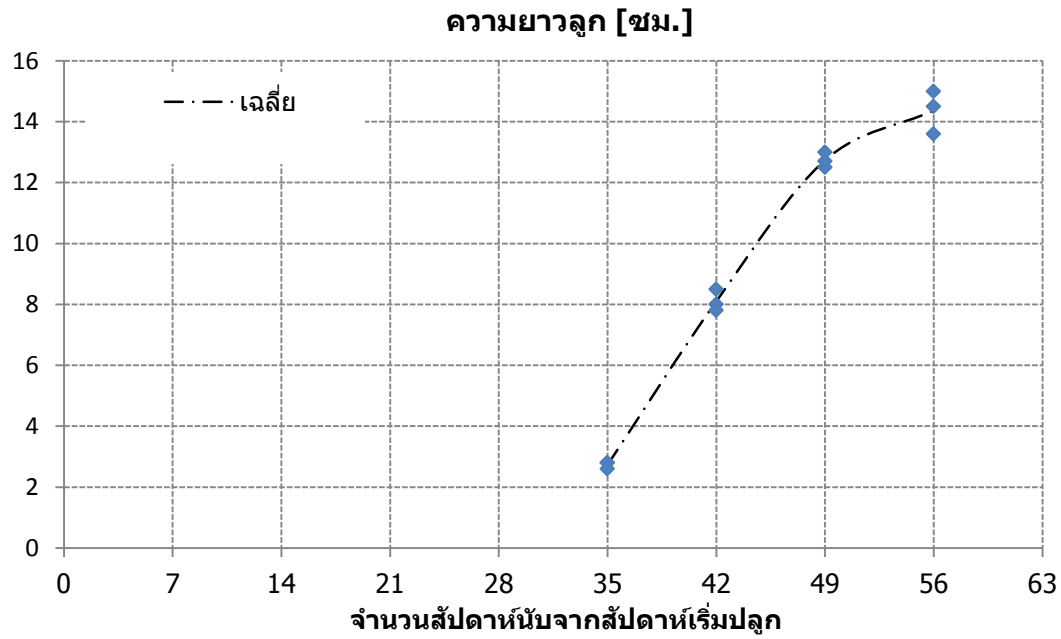
**ตารางที่** 2 การเจริญเติบโตของต้นแตงกวา (ความสูง)

| สัปดาห์ที่ | ว/ด/ป | อายุ(วัน) | ตัวอย่าง | ความสูง (ซม.) | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | ต้น | ผลผลิต |
| 1 | 30/11/2555 | 7 | 1 | 12 | - |
| | | | 2 | 13.2 | - |
| | | | 3 | 12.5 | - |
| 2 | 7/12/2555 | 14 | 1 | 19 | - |
| | | | 2 | 19.5 | - |
| | | | 3 | 20.2 | - |
| 3 | 14/12/2555 | 21 | 1 | 36.8 | - |
| | | | 2 | 37.7 | - |
| | | | 3 | 34.4 | - |
| 4 | 21/12/2555 | 28 | 1 | 83 | - |
| | | | 2 | 67.5 | - |
| | | | 3 | 81.5 | - |
| 5 | 28/12/2555 | 35 | 1 | 112.5 | 2.8 |
| | | | 2 | 110.5 | 2.8 |
| | | | 3 | 108 | 2.6 |
| 6 | 4/1/2556 | 42 | 1 | 118.5 | 8 |
| | | | 2 | 110.5 | 8.5 |
| | | | 3 | 108 | 7.8 |
| 7 | 11/1/2556 | 49 | 1 | 125 | 13 |
| | | | 2 | 140 | 12.5 |
| | | | 3 | 115 | 12.7 |
| 8 | 18/1/25556 | 56 | 1 | 155 | 14.5 |
| | | | 2 | 139 | 13.6 |
| | | | 3 | 121 | 15 |

จากข้อมูลตารางที่ 2 จะเห็นว่าต้นแตงกวาที่อายุ 7 วัน ถึง 35 วันจะมีความยาวเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องแต่พอเมื่ออายุ 35 วัน ถึง 49 วันต้นแตงกวาจะเริ่มมีความยาวเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยต่อสัปดาห์ และลูกแตงกวาจะมีความยาวเริ่มต้นที่สัปดาห์ที่ 5 อายุ 35 วัน โดยความยาวเป็นไปอย่างต่อเนื่อง ซึ่งจะสังเกตได้ว่าต้นแตงกวาจะมีการชะลอความยาวเมื่อเริ่มมีการออกผล




**ภาพที่** 43 ความยาวของต้นแตงกวา ตั้งแต่วันที่ 30 พฤศจิกายน 2555 ถึงวันที่ 18 มกราคม 2556 เป็นเวลา 8 สัปดาห์



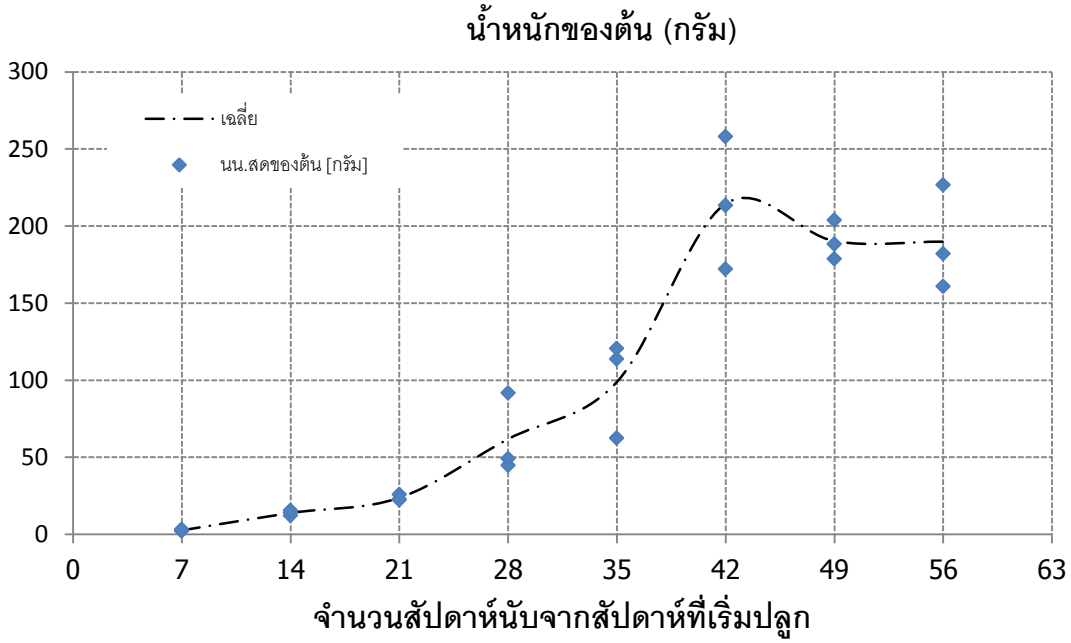

**ภาพที่** 44 ความยาวผลผลิตแตงกวา ตั้งแต่วันที่ 30 พฤศจิกายน 2555 ถึงวันที่ 18 มกราคม 2556 เป็นเวลา 8 สัปดาห์

ภาพที่ 42 และ 43 พบว่าต้นแตงกวามีความยาวเริ่มต้นที่ 7 เซนติเมตร และลูกแตงกวามีความยาวเริ่มต้นที่ 2 เซนติเมตร เมื่อแตงกวาโตเต็มที่ ความยาวของต้นแตงกวาอยู่ในช่วงระหว่าง 150 ถึง 160 เซนติเมตร และความยาวของลูกแตงกวาอยู่ในช่วงระหว่าง 14 ถึง 15 เซนติเมตร

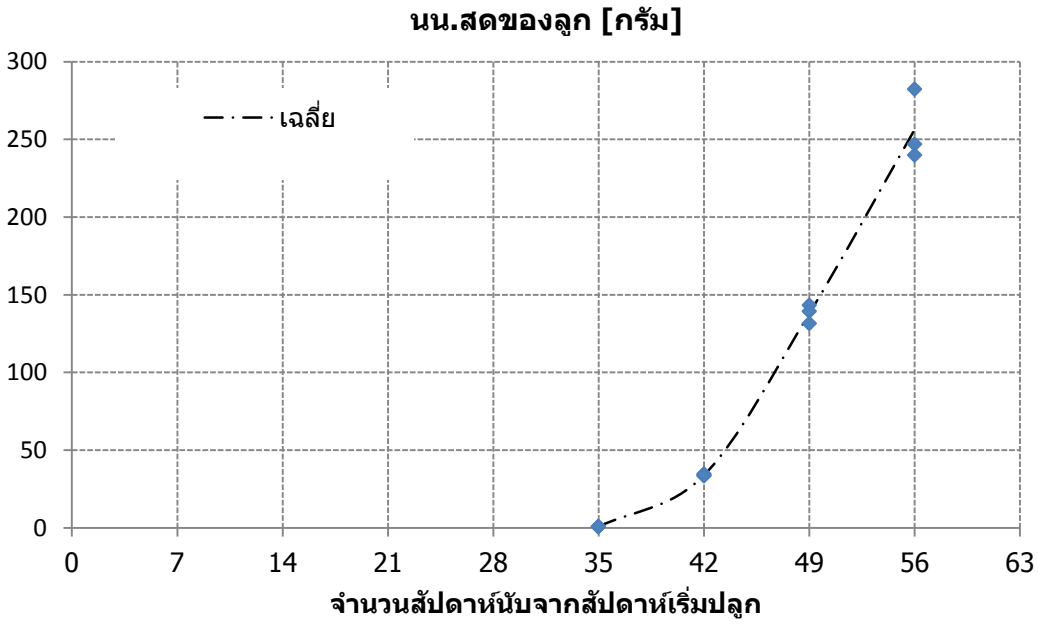
**ตารางที่** 3 การเจริญเติบโตของต้นแตงกวา (น้ำหนัก)

| สัปดาห์ที่ | ว/ด/ป | อายุ(วัน) | ตัวอย่าง | น้ำหนัก(กรัม) | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | ต้น | ผลผลิต |
| 1 | 30/11/2555 | 7 | 1 | 0.57 | - |
| | | | 2 | 0.32 | - |
| | | | 3 | 0.26 | - |
| 2 | 7/12/2555 | 14 | 1 | 1.56 | - |
| | | | 2 | 1.12 | - |
| | | | 3 | 1.72 | - |
| 3 | 14/12/2555 | 21 | 1 | 2.88 | - |
| | | | 2 | 3.05 | - |
| | | | 3 | 2.35 | - |
| 4 | 21/12/2555 | 28 | 1 | 12.02 | - |
| | | | 2 | 5.35 | - |
| | | | 3 | 5.5 | - |
| 5 | 28/12/2555 | 35 | 1 | 14.95 | 0.04 |
| | | | 2 | 15.87 | 0.02 |
| | | | 3 | 8.26 | 0.01 |
| 6 | 4/1/2556 | 42 | 1 | 23.26 | 1.74 |
| | | | 2 | 18.18 | 1.4 |
| | | | 3 | 37.68 | 1.64 |
| 7 | 11/1/2556 | 49 | 1 | 25.9 | 5.2 |
| | | | 2 | 21.7 | 5 |
| | | | 3 | 18.3 | 5.5 |
| 8 | 18/1/25556 | 56 | 1 | 31.7 | 12 |
| | | | 2 | 22.3 | 10.8 |
| | | | 3 | 20.7 | 10 |

จากข้อมูลตารางที่ 3 จะเห็นว่าต้นแตงกวาจะมีน้ำหนักเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องตั้งแต่วันแรกจนถึงวันที่ 42 แล้วหลังจากนั้นน้ำหนักของต้นแตงกวาจะเริ่มลดลง ซึ่งอาจเกิดจากต้นแตงกวาอยู่ในระยะสุดท้ายของการเพาะปลูกทำให้เริ่มมีการเหี่ยวเฉาของต้นได้ และน้ำหนักของลูกแตงกวานั้นจะมีการเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องนับตั้งแต่วันเริ่มออกผล




**ภาพที่** 45 น้ำหนักของต้นแตงกวา ตั้งแต่วันที่ 30 พฤศจิกายน 2555 ถึงวันที่18 มกราคม 2556 เป็นเวลา 8 สัปดาห์




**ภาพที่** 46 น้ำหนักของผลผลิตแตงกวาตั้งแต่วันที่ 30 พฤศจิกายน 2555ถึงวันที่ 18 มกราคม 2556 เป็นเวลา 8 สัปดาห์

ภาพที่ 43 และ 44 พบว่าต้นแตงกวามีน้ำหนักเริ่มต้นที่ 3 กรัม และลูกแตงกวามีน้ำหนักเริ่มต้นที่น้อยกว่า 1 กรัม ที่เมื่อแตงกวาโตเต็มที่ น้ำหนักของต้นแตงกวาอยู่ในช่วงระหว่าง 220 ถึง 230 กรัมและน้ำหนักของลูกแตงกวาอยู่ในช่วงระหว่าง 280 ถึง 290 กรัม

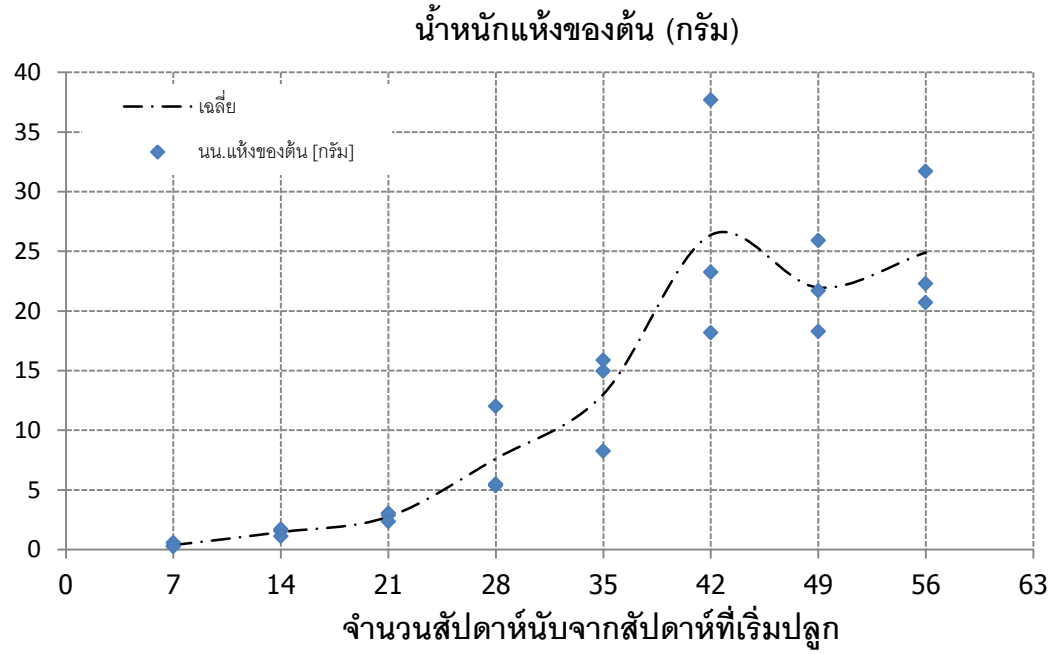
## 4.2 ข้อมูลของตัวอย่างแห้ง

สุ่มเก็บตัวอย่างจากพื้นที่ในแปลงทั้งหมดสัปดาห์ละครั้ง ครั้งละ 3 ตัวอย่าง เป็นเวลา 7 สัปดาห์ นำไปอบแห้งและนำมาชั่งน้ำหนักเพื่อหาน้ำหนักแห้ง

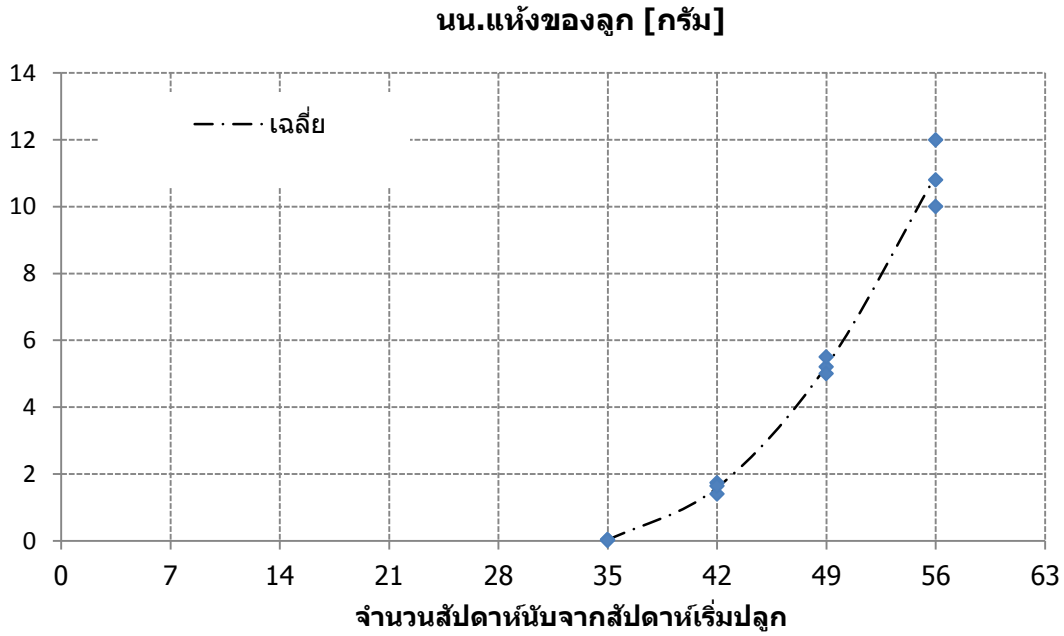
**ตารางที่** 4 ข้อมูลน้ำหนักแห้งของตัวอย่างแห้ง

| สัปดาห์ที่ | ว/ด/ป | อายุ(วัน) | ตัวอย่าง | น้ำหนักแห้ง(กรัม) | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | ต้น | ผลผลิต |
| 1 | 30/11/2555 | 7 | 1 | 0.57 | - |
| | | | 2 | 0.32 | - |
| | | | 3 | 0.26 | - |
| 2 | 7/12/2555 | 14 | 1 | 1.56 | - |
| | | | 2 | 1.12 | - |
| | | | 3 | 1.72 | - |
| 3 | 14/12/2555 | 21 | 1 | 2.88 | - |
| | | | 2 | 3.05 | - |
| | | | 3 | 2.35 | - |
| 4 | 21/12/2555 | 28 | 1 | 12.02 | - |
| | | | 2 | 5.35 | - |
| | | | 3 | 5.5 | - |
| 5 | 28/12/2555 | 35 | 1 | 14.95 | 0.04 |
| | | | 2 | 15.87 | 0.02 |
| | | | 3 | 8.26 | 0.01 |
| 6 | 4/1/2556 | 42 | 1 | 23.26 | 1.74 |
| | | | 2 | 18.18 | 1.4 |
| | | | 3 | 37.68 | 1.64 |
| 7 | 11/1/2556 | 49 | 1 | 25.9 | 5.2 |
| | | | 2 | 21.7 | 5 |
| | | | 3 | 18.3 | 5.5 |
| 8 | 18/1/25556 | 56 | 1 | 31.7 | 12 |
| | | | 2 | 22.3 | 10.8 |
| | | | 3 | 20.7 | 10 |

จากข้อมูลตารางที่ 4 จะเห็นว่าต้นแตงกวาจะมีน้ำหนักเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องตั้งแต่วันแรกจนถึงวันที่ 42 แล้วหลังจากนั้นน้ำหนักของต้นแตงกวาจะลดลงในวันที่ 49 และจะมีการเพิ่มขึ้นอีกเล็กน้อยในวันที่ 56 และน้ำหนักของลูกแตงกวาจะเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องนับจากวันที่ออกผลและจะเพิ่มขึ้นมากสุดในสัปดาห์ที่ 8 ตั้งแต่วันที่ 49 ถึงวันที่ 56




**ภาพที่** 47 น้ำหนักแห้งของต้นแตงกวาตั้งแต่วันที่ 30 พฤศจิกายน 2555 ถึงวันที่ 18 มกราคม 2556 เป็นเวลา 8 สัปดาห์




**ภาพที่** 48 น้ำหนักแห้งของผลผลิตแตงกวาตั้งแต่วันที่ 30 พฤศจิกายน 2555 ถึงวันที่ 18 มกราคม 2556 เป็นเวลา 8 สัปดาห์

จากภาพที่ 45 และ 46 พบว่าต้นแตงกวามีน้ำหนักแห้งเริ่มต้นที่น้อยกว่า 1 กรัม และลูกแตงกวามีน้ำหนักแห้งเริ่มต้นที่น้อยกว่า 1 กรัม เมื่อแตงกวาโตเต็มที่ น้ำหนักแห้งของต้นแตงกวาอยู่ในช่วงระหว่าง 20 ถึง 30 กรัม และน้ำหนักของลูกแตงกวาอยู่ในช่วงระหว่าง 10 ถึง 12 กรัม

## 4.3 ปริมาณการใช้น้ำของพืช

การศึกษาปริมาณการใช้น้ำของพืช (Crop Evapotranspiration; ET) ครั้งแรกตั้งแต่วันที่ 4 ธันวาคม 2555 ถึง 21 มกราคม 2556 และครั้งที่ 2ตั้งแต่วันที่ 26 มกราคม ถึง 16 มีนาคม 2556 รวมครั้งละ 7 สัปดาห์ ซึ่งกล่าวถึงตารางสรุปปริมาณการระเหย Class A-pan (Epan) และปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (Reference Crop Evapotranspiration; ETo) รายวันและรายสัปดาห์ รวมถึงภาพการเปรียบเทียบปริมาณการระเหย Class A-pan (Epan) และปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (ETo)

จากการศึกษาว่า ปริมาณการระเหยของถาดวัดการระเหย Class A-pan (Epan) และปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (ETo) มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.54 มิลลิเมตรต่อวัน และ 3.78 มิลลิเมตรต่อวันตามลำดับ ปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (ETo)จะมีค่าค่อนข้างใกล้เคียงกันมากกว่าปริมาณการระเหยของถาดวัดการระเหย Class A-pan (Epan) และปริมาณการระเหยของถาดวัดการระเหย Class A-pan (Epan) จะมีค่ามากกว่าปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (ETo)

ปริมาณการระเหยของถาดวัดการระเหย Class A-pan (Epan) มีค่าต่ำสุด คือ 2.08 มิลลิเมตรต่อวัน มีค่าสูงสุด คือ 7.78 มิลลิเมตรต่อวัน โดยค่าที่ได้ในแต่ละวันจะมีความแตกต่างกันค่อนข้างมากอาจเกิดจากการรบกวนของสัตว์หรือปริมาณน้ำฝน

ปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (ETo) มีค่าต่ำสุด คือ 1.78 มิลลิเมตรต่อวัน และค่าสูงสุด คือ 4.79 มิลลิเมตร

จะเห็นได้ว่าปริมาณการระเหยของถาดวัดการระเหย Class A-pan (Epan) และปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (ETo) มีค่าที่ไม่สอดคล้องกันซึ่งเกิดจากความคลาดเคลื่อนของถาดวัดการระเหย เช่น ปริมาณน้ำฝน สุนัขกินน้ำ และข้อมูลที่นำมาใช้คิดปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (ETo) ใช้ข้อมูลของสถานีอุตุนิยมวิทยากำแพงแสนทำให้สถานที่วัดจะห่างกับแปลงทดลองค่อนข้างมาก ข้อมูลที่ได้จึงมีความคลาดเคลื่อน

**ตารางที่** 5 สรุปปริมาณการระเหยของถาดวัดการระเหย Class A-pan (Epan) และปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิงรายวัน ตั้งแต่วันที่ 4 ธันวาคม 2555 ถึงวันที่ 16 มีนาคม 2556

| Date | มม./วัน | |
|---|---|---|
| | Epan | ETo |
| 4/12/2012 | 2.92 | 3.50 |
| 5/12/2012 | 2.57 | 3.53 |
| 6/12/2012 | 3.20 | 3.61 |
| 7/12/2012 | 3.53 | 3.99 |
| 8/12/2012 | 2.16 | 3.89 |
| 9/12/2012 | 3.76 | 3.65 |
| 10/12/2012 | 2.08 | 3.54 |
| 11/12/2012 | 3.02 | 3.68 |
| 12/12/2012 | 2.26 | 3.20 |
| 13/12/2012 | 3.38 | 3.76 |
| 14/12/2012 | 3.68 | 3.81 |
| 15/12/2012 | 3.91 | 3.18 |
| 16/12/2012 | 4.37 | 3.94 |
| 17/12/2012 | 4.90 | 3.66 |
| 18/12/2012 | 2.72 | 3.82 |
| 19/12/2012 | 4.19 | 3.66 |
| 20/12/2012 | 2.77 | 3.77 |
| 21/12/2012 | 3.71 | 3.73 |
| 22/12/2012 | 3.43 | 3.59 |
| 23/12/2012 | 5.44 | 3.91 |
| 24/12/2012 | 4.11 | 3.39 |
| 25/12/2012 | 3.61 | 3.49 |
| 26/12/2012 | 2.92 | 3.14 |
| 27/12/2012 | 4.01 | 3.76 |
| 28/12/2012 | 3.25 | 3.78 |
| 29/12/2012 | 4.01 | 3.84 |
| 30/12/2012 | 4.17 | 2.92 |
| 31/12/2012 | 3.56 | 3.82 |
| 1/1/2013 | 3.33 | 3.52 |
| 2/1/2013 | 4.24 | 3.64 |
| 3/1/2013 | 4.19 | 3.84 |
| 4/1/2013 | 3.51 | 3.36 |
| 5/1/2013 | 3.51 | 3.64 |
| 6/1/2013 | 3.10 | 3.68 |
| 7/1/2013 | 3.78 | 3.76 |

| Date | มม./วัน | |
|---|---|---|
| | Epan | ETo |
| 8/1/2013 | 4.50 | 3.82 |
| 9/1/2013 | 4.19 | 3.84 |
| 10/1/2013 | 3.48 | 3.86 |
| 11/1/2013 | 4.60 | 3.74 |
| 12/1/2013 | 3.99 | 3.87 |
| 14/1/2013 | 5.00 | 3.83 |
| 15/1/2013 | 3.99 | 3.83 |
| 16/1/2013 | 3.00 | 3.96 |
| 17/1/2013 | 5.49 | 4.01 |
| 18/1/2013 | 5.18 | 4.12 |
| 19/1/2013 | 3.00 | 3.72 |
| 20/1/2013 | 4.19 | 3.71 |
| 21/1/2013 | 3.84 | 3.82 |
| 22/1/2013 | 3.86 | - |
| 23/1/2013 | 3.70 | - |
| 24/1/2013 | 3.94 | - |
| 25/1/2013 | 4.15 | - |
| 26/1/2013 | 5.68 | 4.05 |
| 27/1/2013 | 4.33 | 4.04 |
| 28/1/2013 | 3.22 | 2.41 |
| 29/1/2013 | 4.35 | 2.74 |
| 30/1/2013 | 3.00 | 3.09 |
| 31/1/2013 | 2.94 | 3.71 |
| 1/2/2013 | 4.53 | 3.68 |
| 2/2/2013 | 3.33 | 2.61 |
| 3/2/2013 | 2.27 | 3.04 |
| 4/2/2013 | 5.98 | 4.30 |
| 5/2/2013 | 3.68 | 3.70 |
| 6/2/2013 | 3.44 | 4.20 |
| 7/2/2013 | 5.20 | 4.26 |
| 8/2/2013 | 4.15 | 4.07 |
| 9/2/2013 | FULL | 3.53 |
| 10/2/2013 | FULL | 2.58 |
| 11/2/2013 | 2.78 | 4.10 |
| 12/2/2013 | 4.56 | 4.20 |
| 13/2/2013 | 5.03 | 4.11 |
| 14/2/2013 | 2.56 | 4.22 |
| 15/2/2013 | 2.85 | 3.95 |

| Date | มม./วัน | |
|---|---|---|
| | Epan | ETo |
| 16/2/2013 | 5.45 | 4.00 |
| 17/2/2013 | 3.51 | 4.20 |
| 18/2/2013 | 3.33 | 4.18 |
| 19/2/2013 | 5.46 | 3.42 |
| 20/2/2013 | 3.33 | 4.37 |
| 21/2/2013 | 2.75 | FULL |
| 22/2/2013 | 6.54 | 3.73 |
| 23/2/2013 | 6.00 | 4.00 |
| 24/2/2013 | 4.20 | 2.83 |
| 25/2/2013 | 5.12 | 4.29 |
| 26/2/2013 | 5.99 | 4.40 |
| 27/2/2013 | 4.79 | 4.47 |
| 28/2/2013 | 5.53 | 4.62 |
| 1/3/2013 | 4.97 | 4.79 |
| 2/3/2013 | 4.50 | FULL |
| 3/3/2013 | 3.57 | 3.13 |
| 4/3/2013 | 2.96 | 1.78 |
| 5/3/2013 | 4.60 | 3.16 |
| 6/3/2013 | 5.32 | 4.15 |
| 7/3/2013 | 4.57 | 4.10 |
| 8/3/2013 | 5.68 | 2.34 |
| 9/3/2013 | 3.33 | 3.63 |
| 10/3/2013 | 7.78 | 4.22 |
| 11/3/2013 | 5.00 | 2.66 |
| 12/3/2013 | 7.22 | 4.46 |
| 13/3/2013 | 6.67 | 4.52 |
| 14/3/2013 | 5.55 | 4.41 |
| 15/3/2013 | 5.57 | 4.35 |
| 16/3/2013 | 4.83 | 4.46 |
| Average | 4.54 | 3.78 |

**หมายเหตุ** FULL คือข้อมูลที่มีความผิดปกติ ไม่สามารถนำค่ามาใช้ค่าได้

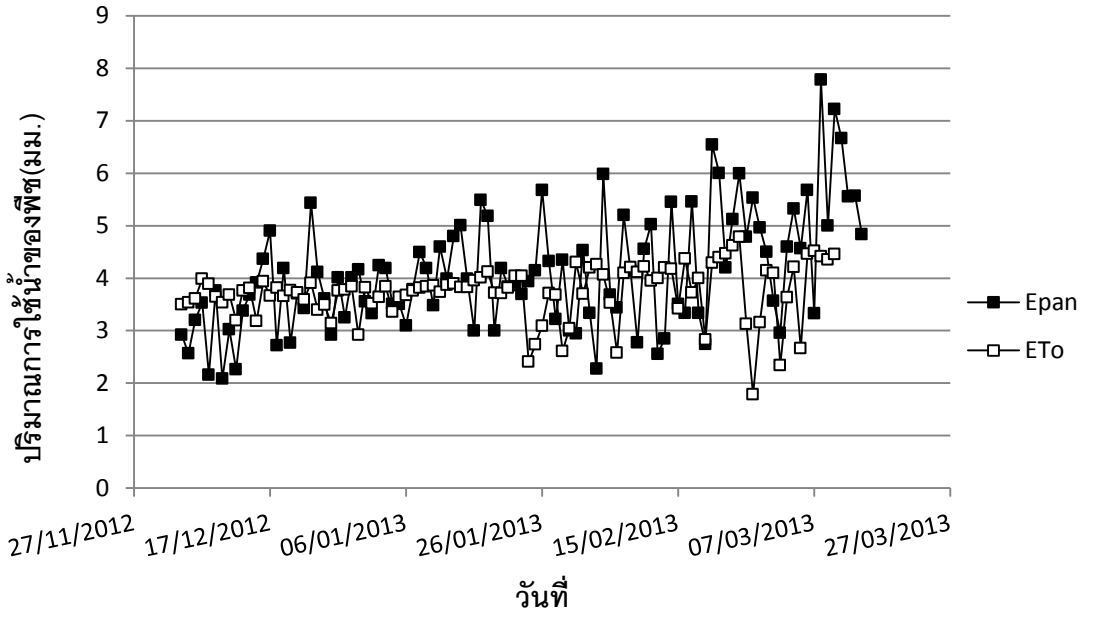
**ตารางที่** 6 สรุปปริมาณการระเหยของถาดวัดการระเหย Class A-pan (Epan) และปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิงรายสัปดาห์ ตั้งแต่วันที่ 4 ธันวาคม 2555 ถึงวันที่ 16 มีนาคม 2556

| สัปดาห์ | Epanเฉลี่ย (มม.) | ETเฉลี่ย (มม.) |
|---|---|---|
| 1 | 2.67 | 3.69 |
| 2 | 3.65 | 3.61 |
| 3 | 3.77 | 3.69 |
| 4 | 3.65 | 3.54 |
| 5 | 3.66 | 3.63 |
| 6 | 4.37 | 3.84 |
| 7 | 4.10 | 3.88 |
| 8 | 4.01 | 3.39 |
| 9 | 4.01 | 3.74 |
| 10 | 3.55 | 3.81 |
| 11 | 4.34 | 3.98 |
| 12 | 5.23 | 4.20 |
| 13 | 4.46 | 3.11 |
| 14 | 5.89 | 4.16 |

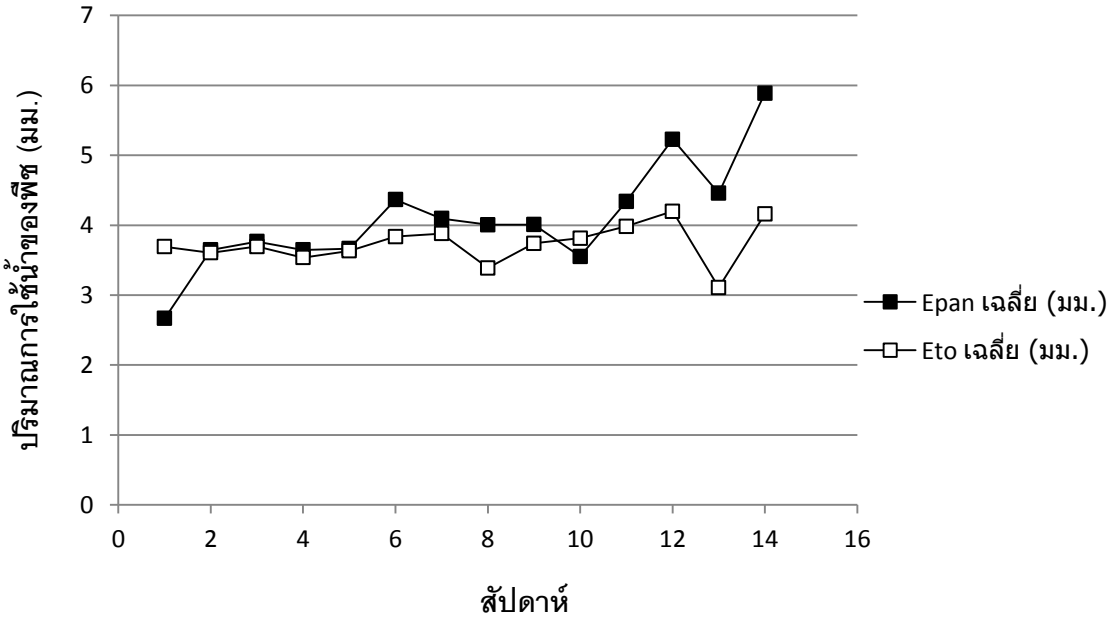
จากการศึกษาว่า ปริมาณการระเหยของถาดวัดการระเหย Class A-pan (Epan) และปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (ETo) จะเห็นว่าปริมาณการระเหยของถาดวัดการระเหย Class A-pan (Epan) มีค่ามากกว่าปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (ETo)

ปริมาณการระเหยของถาดวัดการระเหย Class A-pan (Epan) ในสัปดาห์ที่ 1 มีค่าต่ำสุดคือ 2.67 มิลลิเมตรต่อวัน และสัปดาห์ที่ 14 มีค่าสูงสุด คือ 5.89 มิลลิเมตรต่อวัน

ปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (ETo) ในสัปดาห์ที่ 13 มีค่าต่ำสุดคือ 3.11 มิลลิเมตรต่อวันและสัปดาห์ที่ 12 มีค่าสูงสุด คือ 4.20 มิลลิเมตรต่อวัน

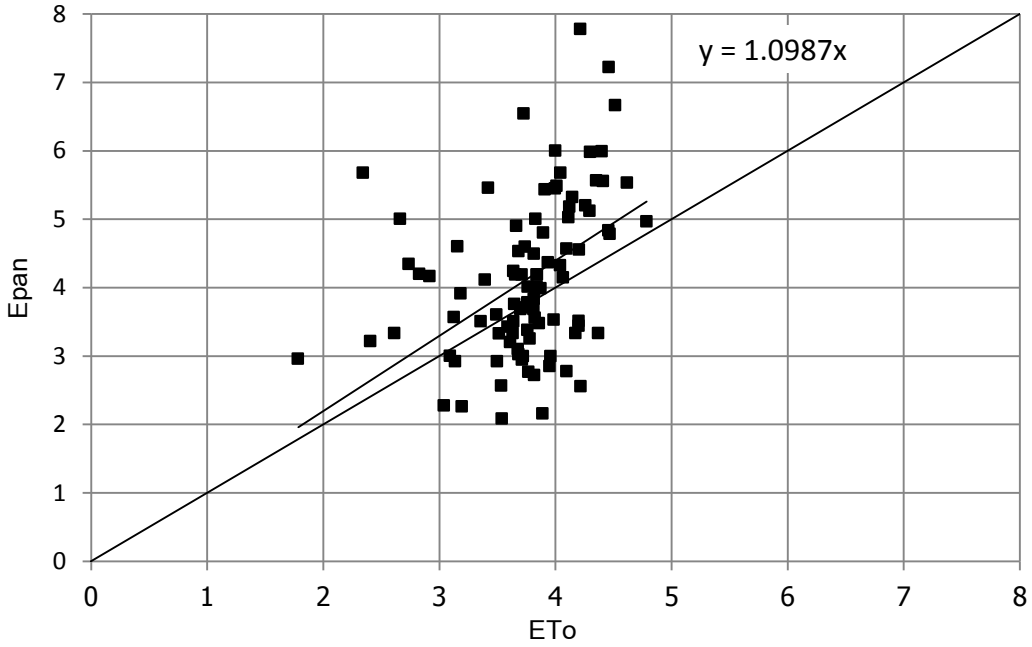



**ภาพที่ 49** ปริมาณการระเหยของถาดวัดการระเหย Class A-pan (Epan) และปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (ETo) รายวันตั้งแต่วันที่ 4 ธันวาคม 2555 ถึงวันที่ 16 มีนาคม 2556

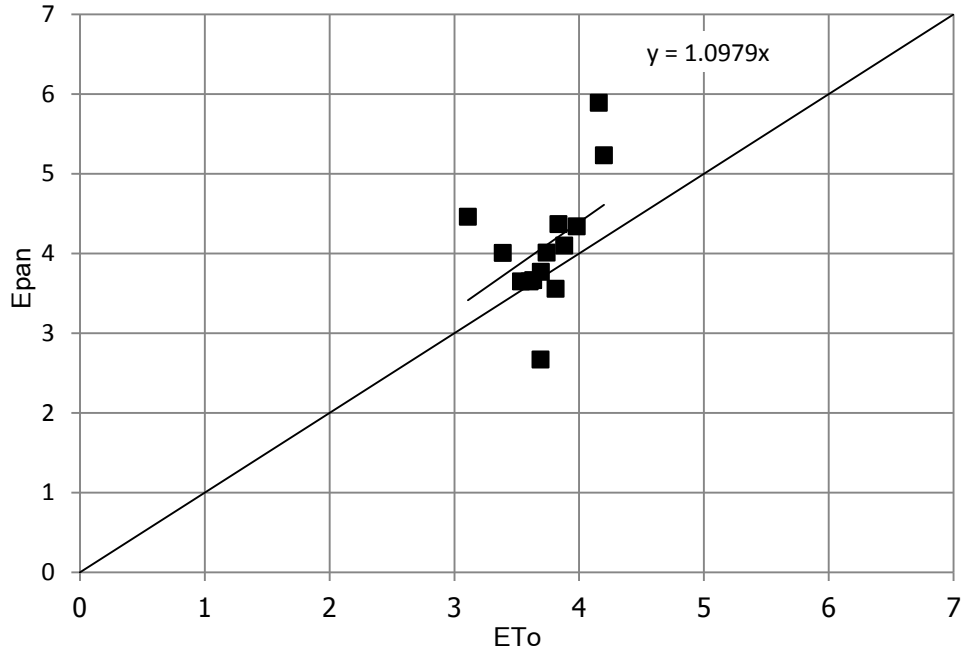



**ภาพที่ 50** ปริมาณการระเหยของถาดวัดการระเหย Class A-pan (Epan) และปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (ETo) รายเสัปดาห์ ตั้งแต่วันที่ 4 ธันวาคม 2555 ถึงวันที่ 16 มีนาคม 2556

จากภาพที่ 47 และ 48 จะเห็นว่าปริมาณการระเหยของถาดวัดการระเหย Class A-pan (Epan) จะมากกว่าปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (ETo) มีค่าสูงสุด คือ 5.89 มิลลิเมตรต่อวัน และค่าต่ำสุด 2.67 มิลลิเมตรต่อวัน




**ภาพที่** 51 เปรียบเทียบปริมาณการระเหยของถาดวัดการระเหย Class A-pan (Epan) และปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (ETo) รายวันตั้งแต่วันที่ 4 ธันวาคม 2555 ถึงวันที่ 16 มีนาคม 2556




**ภาพที่** 52 เปรียบเทียบปริมาณการระเหยของถาดวัดการระเหย Class A-pan (Epan) และปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (ETo) รายสัปดาห์ตั้งแต่วันที่ 4 ธันวาคม 2555 ถึงวันที่ 16 มีนาคม 2556

จากภาพ 49 และ 50 จะเห็นว่า ปริมาณการระเหยของถาดวัดการระเหย Class A-pan (Epan) และปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (ETo) จะมีค่าเกาะกลุ่มกันอยู่ที่ 3.5-4.5 มิลลิเมตร และค่าของรายสัปดาห์จะมีความน่าเชื่อถือมากกว่ารายวัน สามารถนำไปวิเคราะห์ต่อได้

## 4.4 ปริมาณการใช้น้ำของแตงกวา

การศึกษาปริมาณการใช้น้ำของพืช (Crop Evapotranspiration; ET) ครั้งแรกตั้งแต่วันที่ 4 ธันวาคม 2555 ถึง 21 มกราคม 2556 และครั้งที่ 2 ตั้งแต่วันที่ 26 มกราคม ถึง 16 มีนาคม 2556 รวมครั้งละ 7 สัปดาห์ ซึ่งในที่นี้ใช้แตงกวาในการทดลองซึ่งกล่าวถึงตารางสรุปปริมาณการใช้น้ำของแตงกวา(ET) รายวันและรายสัปดาห์

จากการศึกษาปริมาณการใช้น้ำของพืชจะเห็นว่าปริมาณการใช้น้ำของแตงกวามีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 3.41-4.87 มิลลิเมตรต่อวัน มีค่าเฉลี่ยสูงสุด คือ 4.87 มิลลิเมตรต่อวัน ถังวัดการใช้น้ำของพืชถังที่ 1 และ 2 มีค่าสูงสุดคือ 6.61 มิลลิเมตรต่อวัน ถังวัดการใช้น้ำของพืชถังที่ 4 มีค่าต่ำสุดคือ 0.53 มิลลิเมตรต่อวัน โดยถังวัดการใช้น้ำของพืชถังที่ 1 และถังที่ 2 มีค่าปริมาณการใช้น้ำใกล้เคียงกันที่สุดเนื่องจากเป็นถังวัดการใช้น้ำของพืชแบบน้ำใต้ดินคงที่เหมือนกัน และถังที่ 3 และถังที่ 4 มีค่าปริมาณการใช้น้ำใกล้เคียงกันที่สุดเนื่องจากเป็นถังวัดการใช้น้ำของพืชแบบระบายน้ำเหมือนกัน

ถังวัดการใช้น้ำของพืชถังที่ 3 และ 4 ในช่วงแรกมีการผิดพลาดของข้อมูลหลายวันซึ่งอาจเกิดจากการที่ดินในยังไม่อิ่มตัวด้วยน้ำมีปริมาณน้ำฝนเข้ามาเกี่ยวข้อง และในช่วงท้ายการผิดพลาดของมูลอาจเกิดจากถังมีใบไม้หรือมีเศษวัสดุเข้าไปอุดตัน

จะเห็นได้ว่าถังวัดการใช้น้ำของพืชถังที่ 3 และ 4 รายวันซึ่งเป็นแบบระบายน้ำมีข้อมูลที่ไม่แน่นอนและมีการผิดพลาดของข้อมูลค่อนข้างมากไม่ควรนำมาใช้วิเคราะห์ ควรนำไปเฉลี่ยเป็นรายสัปดาห์

**ตารางที่ 7** สรุป ปริมาณการใช้น้ำของแตงกวา (ET) รายวัน ตั้งแต่วันที่ 4 ธันวาคม 2555 ถึงวันที่ 21 มกราคม 2556

| Date | มม./วัน | | | |
|---|---|---|---|---|
| | ET1 | ET2 | ET3 | ET4 |
| 4/12/2012 | - | - | ~~26.83~~* | ~~26.83~~* |
| 5/12/2012 | - | - | ~~10.52~~* | ~~10.52~~* |
| 6/12/2012 | - | - | 4.21 | 4.21 |
| 7/12/2012 | - | - | ~~-1.05~~* | ~~-1.05~~* |
| 8/12/2012 | 1.25 | 2.32 | 1.05 | 2.10 |
| 9/12/2012 | 1.07 | 2.50 | 0.84 | 0.84 |
| 10/12/2012 | 1.25 | 2.32 | 2.00 | 1.89 |
| 11/12/2012 | 1.79 | 1.61 | 3.68 | 3.37 |
| 12/12/2012 | 2.32 | 2.50 | ~~-1.79~~* | ~~-2.31~~* |
| 13/12/2012 | 3.04 | 3.22 | 0.84 | 0.53 |
| 14/12/2012 | 2.86 | 2.68 | 1.26 | 0.95 |
| 15/12/2012 | 3.40 | 3.22 | 1.79 | 1.37 |
| 16/12/2012 | 3.22 | 3.22 | 2.21 | 1.89 |
| 17/12/2012 | 3.57 | 3.57 | 3.05 | 2.95 |
| 18/12/2012 | 3.57 | 3.40 | 3.16 | 3.16 |
| 19/12/2012 | 3.75 | 3.93 | 3.16 | 3.26 |
| 20/12/2012 | 3.93 | 3.93 | 3.16 | 3.37 |
| 21/12/2012 | 4.11 | 4.29 | 3.16 | 3.16 |
| 22/12/2012 | 4.82 | 5.00 | 3.05 | 3.26 |
| 23/12/2012 | 4.29 | 3.93 | 3.16 | 3.37 |
| 24/12/2012 | 4.65 | 4.82 | 3.16 | 3.37 |
| 25/12/2012 | 4.82 | 5.18 | 3.26 | 3.47 |
| 26/12/2012 | 5.72 | 5.72 | 3.26 | 3.47 |
| 27/12/2012 | 6.08 | 6.25 | 3.26 | 3.47 |
| 28/12/2012 | 6.08 | 6.08 | 2.63 | 3.68 |
| 29/12/2012 | 6.25 | 6.25 | 3.16 | 3.68 |
| 30/12/2012 | 6.25 | 6.43 | 3.26 | 4.00 |
| 31/12/2012 | 6.25 | 6.25 | 3.16 | 4.21 |
| 1/1/2013 | 5.54 | 5.72 | 3.79 | 4.42 |
| 2/1/2013 | 6.25 | 6.43 | 3.89 | 4.63 |
| 3/1/2013 | 6.25 | 5.54 | 3.79 | 4.74 |
| 4/1/2013 | 6.43 | 6.08 | 3.68 | 4.74 |
| 5/1/2013 | 6.61 | 6.61 | 3.58 | 5.05 |

| Date | มม./วัน | | | |
|---|---|---|---|---|
| | ET1 | ET2 | ET3 | ET4 |
| 7/1/2013 | 5.72 | 5.90 | 3.89 | 5.10 |
| 8/1/2013 | 5.36 | 5.72 | 3.68 | 5.16 |
| 9/1/2013 | 6.08 | 6.25 | 4.00 | 5.16 |
| 10/1/2013 | 5.90 | 5.90 | 4.10 | 5.16 |
| 11/1/2013 | 6.08 | 5.90 | 4.05 | 5.17 |
| 12/1/2013 | 6.25 | 6.43 | 4.05 | 5.25 |
| 13/1/2013 | 6.08 | 6.43 | 6.21 | ~~7.37~~* |
| 14/1/2013 | 5.90 | 5.90 | ~~10.52~~* | ~~10.52~~* |
| 15/1/2013 | 5.72 | 5.36 | ~~13.68~~* | ~~15.78~~* |
| 16/1/2013 | 5.00 | 4.82 | ~~14.73~~* | ~~21.05~~* |
| 17/1/2013 | 5.36 | 5.90 | 6.31 | ~~20.73~~* |
| 18/1/2013 | 4.65 | 5.18 | 5.68 | ~~19.78~~* |
| 19/1/2013 | 4.65 | 4.65 | 5.26 | ~~9.47~~* |
| 20/1/2013 | 4.29 | 4.47 | 5.26 | ~~8.42~~* |
| 21/1/2013 | - | - | 3.16 | 6.31 |
| Average | 4.74 | 4.87 | 3.41 | 3.65 |

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

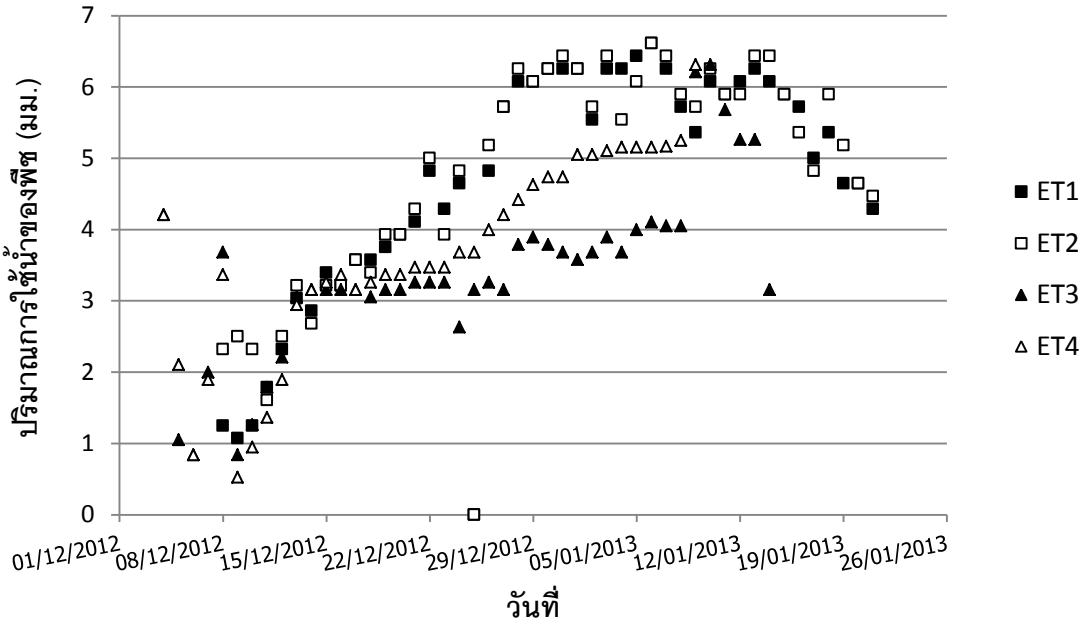
* ค่าที่มีการขีดฆ่าคือค่าข้อมูลที่เกิดจากการผิดพลาดของข้อมูลไม่นำไปวิเคราะห์ อาจเกิดจากความผิดปกติของถังหรือฝนตกไม่นำมาวิเคราะห์

**ตารางที่** 8 สรุป ปริมาณการใช้น้ำของแตงกวา (ET) รายสัปดาห์ ตั้งแต่วันที่ 4 ธันวาคม 2555 ถึงวันที่ 21 มกราคม 2556

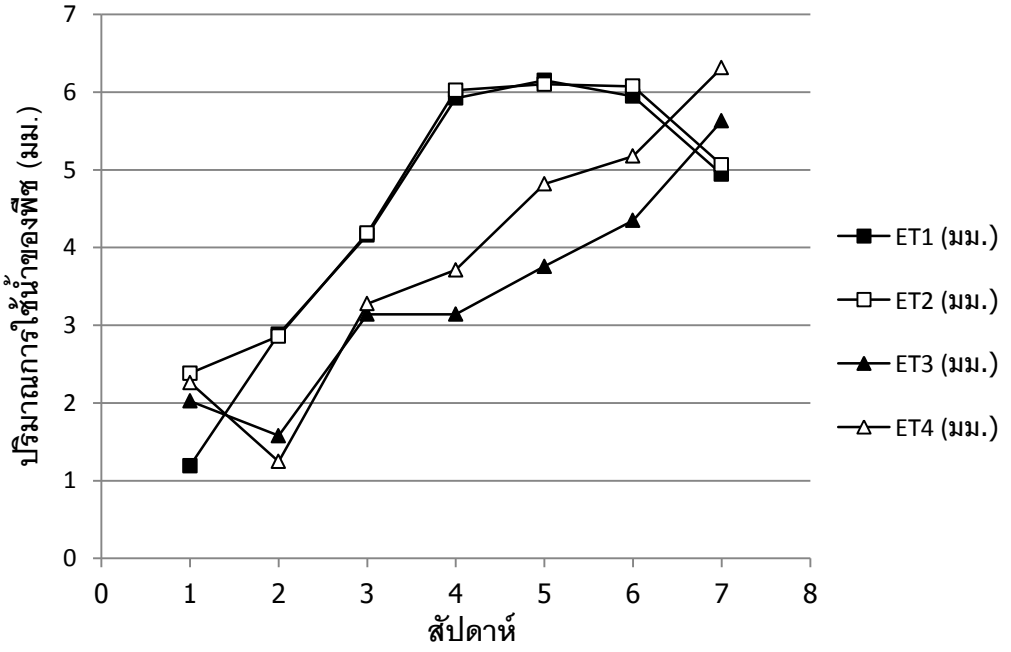
| สัปดาห์ | เฉลี่ย มม./วัน | | | |
|---|---|---|---|---|
| | ET1 | ET2 | ET3 | ET4 |
| 1 | 1.19 | 2.38 | 2.03 | 2.26 |
| 2 | 2.88 | 2.86 | 1.58 | 1.25 |
| 3 | 4.16 | 4.19 | 3.14 | 3.28 |
| 4 | 5.92 | 6.02 | 3.14 | 3.71 |
| 5 | 6.15 | 6.10 | 3.76 | 4.82 |
| 6 | 5.95 | 6.08 | 4.35 | 5.18 |
| 7 | 4.94 | 5.06 | 5.63 | 6.31 |

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

จากการศึกษาปริมาณการใช้น้ำของพืช จะเห็นว่าปริมาณการใช้น้ำของแตงกวาที่ได้จากถังวัดการใช้น้ำของพืชทั้ง 4 ใบ ในแต่ละสัปดาห์มีค่าค่อนข้างใกล้เคียงกัน ถังวัดการใช้น้ำของพืชถังที่ 1 และถังที่ 2 มีค่าปริมาณการใช้น้ำใกล้เคียงกันที่สุดเนื่องจากเป็นถังวัดการใช้น้ำของพืชแบบน้ำใต้ดินดินคงที่เหมือนกัน และถังที่ 3 และถังที่ 4 มีค่าปริมาณการใช้น้ำใกล้เคียงกันที่สุดเนื่องจากเป็นถังวัดการใช้น้ำของพืชแบบระบายน้ำเหมือนกัน โดยมีปริมาณการใช้น้ำของแตงกวาสูงสุดที่สัปดาห์ที่ 7 ที่ถังวัดการใช้น้ำของพืชถังที่ 3 คือ 7.73 มิลลิเมตรต่อวันและมีปริมาณการใช้น้ำของแตงกวาต่ำสุดที่สัปดาห์ที่ 1 ที่ถังวัดการใช้น้ำของพืชถังที่ 1 คือ 1.19 มิลลิเมตรต่อวัน




**ภาพที่** 53 ปริมาณการใช้น้ำของแตงกวา (ET) รายวัน ตั้งแต่วันที่ 4 ธันวาคม 2555 ถึงวันที่ 21 มกราคม 2556




**ภาพที่** 54 ปริมาณการใช้น้ำของแตงกวา (ET) สัปดาห์ ตั้งแต่วันที่ 4 ธันวาคม 2555 ถึงวันที่ 21 มกราคม 2556

จากภาพที่ 48 และ 49 จะเห็นได้ว่าปริมาณการใช้น้ำของแตงกวาที่ได้จากถังวัดการใช้น้ำทั้งสี่ 4 ในช่วงสัปดาห์ที่ 7 มีปริมาณการใช้น้ำสูงสุดเฉลี่ยเท่ากับ 7.73 มิลลิเมตรต่อวัน และสัปดาห์ที่ 1 มีการใช้น้ำต่ำสุดที่ 1.19 มิลลิเมตรต่อวัน

**ตารางที่** 9 สรุปปริมาณการใช้น้ำของแตงกวา (ET) รายวัน ตั้งแต่วันที่ 26 มกราคม 2556 ถึงวันที่ 16 มีนาคม 2556

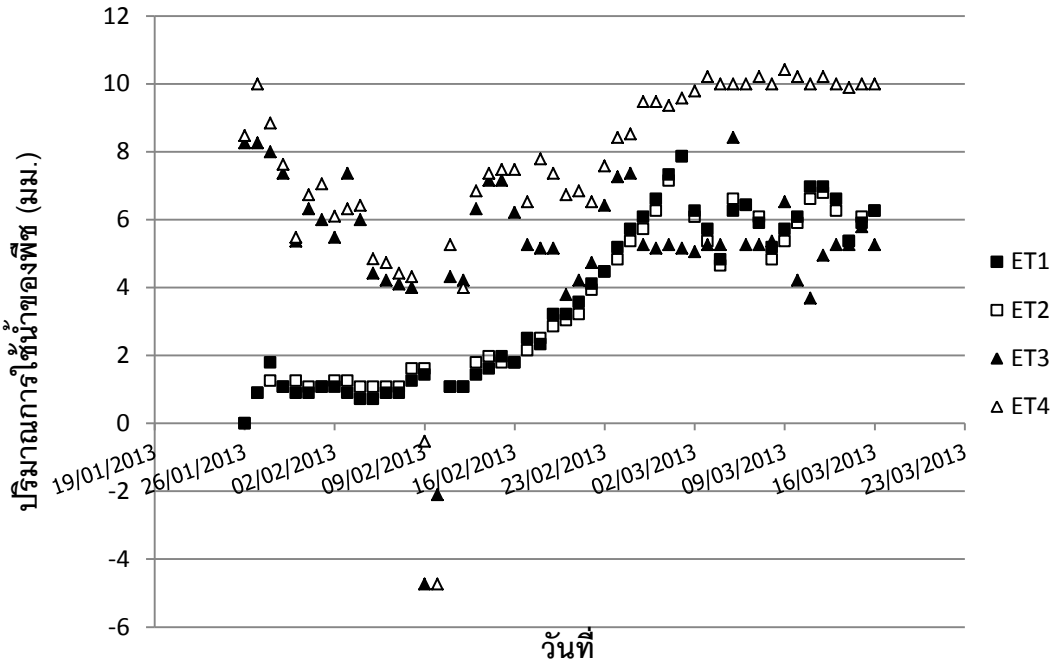
| Date | มม./วัน | | | |
|---|---|---|---|---|
| | ET1 | ET2 | ET3 | ET4 |
| 27/1/2013 | 0.89 | 0.89 | 8.26 | 10.00 |
| 28/1/2013 | 1.79 | 1.25 | 8.00 | 8.84 |
| 29/1/2013 | 1.07 | 1.07 | 7.37 | 7.63 |
| 30/1/2013 | 0.89 | 1.25 | 5.37 | 5.47 |
| 31/1/2013 | 0.89 | 1.07 | 6.31 | 6.73 |
| 1/2/2013 | 1.07 | 1.07 | 6.00 | 7.05 |
| 2/2/2013 | 1.07 | 1.25 | 5.47 | 6.10 |
| 3/2/2013 | 0.89 | 1.25 | 7.37 | 6.31 |
| 4/2/2013 | 0.71 | 1.07 | 6.00 | 6.42 |
| 5/2/2013 | 0.71 | 1.07 | 4.42 | 4.84 |
| 6/2/2013 | 0.89 | 1.07 | 4.21 | 4.74 |
| 7/2/2013 | 0.89 | 1.07 | 4.10 | 4.42 |
| 8/2/2013 | 1.25 | 1.61 | 4.00 | 4.31 |
| 9/2/2013 | 1.43 | 1.61 | -4.74 | -0.53 |
| 10/2/2013 | - | - | -2.10 | -4.74 |
| 11/2/2013 | 1.07 | 1.07 | 4.31 | 5.26 |
| 12/2/2013 | 1.07 | 1.07 | 4.21 | 4.00 |
| 13/2/2013 | 1.43 | 1.79 | 6.31 | 6.84 |
| 14/2/2013 | 1.61 | 1.97 | 7.16 | 7.37 |
| 15/2/2013 | 1.97 | 1.79 | 7.16 | 7.47 |
| 16/2/2013 | 1.79 | 1.79 | 6.21 | 7.47 |
| 17/2/2013 | 2.50 | 2.14 | 5.26 | 6.52 |
| 18/2/2013 | 2.32 | 2.50 | 5.16 | 7.79 |
| 19/2/2013 | 3.22 | 2.86 | 5.16 | 7.37 |
| 20/2/2013 | 3.22 | 3.04 | 3.79 | 6.73 |
| 21/2/2013 | 3.57 | 3.22 | 4.21 | 6.84 |
| 22/2/2013 | 4.11 | 3.93 | 4.74 | 6.52 |
| 23/2/2013 | 4.47 | 4.47 | 6.42 | 7.58 |
| 24/2/2013 | 5.18 | 4.82 | 7.26 | 8.42 |
| 25/12/2012 | 4.82 | 5.18 | 3.26 | 3.47 |
| 26/12/2012 | 5.72 | 5.72 | 3.26 | 3.47 |
| 27/12/2012 | 6.08 | 6.25 | 3.26 | 3.47 |
| 28/12/2012 | 6.08 | 6.08 | 2.63 | 3.68 |
| 29/12/2012 | 6.25 | 6.25 | 3.61 | 3.68 |

| Date | มม./วัน | | | |
|---|---|---|---|---|
| | ET1 | ET2 | ET3 | ET4 |
| 30/12/2012 | 6.25 | 6.43 | 3.26 | 4.00 |
| 31/12/2012 | 6.25 | 6.25 | 3.16 | 4.21 |
| 1/1/2013 | 5.54 | 5.72 | 3.79 | 4.42 |
| 2/1/2013 | 6.25 | 6.43 | 3.89 | 4.63 |
| 3/1/2013 | 6.25 | 5.54 | 3.79 | 4.74 |
| 4/1/2013 | 6.43 | 6.08 | 3.68 | 4.74 |
| 5/1/2013 | 6.61 | 6.61 | 3.58 | 5.05 |
| 6/1/2013 | 6.25 | 6.43 | 3.68 | 5.05 |
| 7/1/2013 | 5.72 | 5.90 | 3.89 | 5.10 |
| 8/1/2013 | 5.36 | 5.72 | 3.68 | 5.16 |
| 9/1/2013 | 6.08 | 6.25 | 4.00 | 5.16 |
| 10/1/2013 | 5.90 | 5.90 | 4.10 | 5.16 |
| 11/1/2013 | 6.08 | 5.90 | 4.05 | 5.17 |
| 12/1/2013 | 6.25 | 6.43 | 4.05 | 5.25 |
| 13/1/2013 | 6.08 | 6.43 | 6.21 | 7.37 |
| 14/1/2013 | 5.90 | 5.90 | 10.52 | 10.52 |
| 15/1/2013 | 5.72 | 5.36 | 13.68 | 15.78 |
| 16/1/2013 | 5.00 | 4.82 | 14.73 | 21.05 |
| 17/1/2013 | 5.36 | 5.90 | 6.31 | 20.73 |
| 18/1/2013 | 4.65 | 5.18 | 5.68 | 19.78 |
| 19/1/2013 | 4.65 | 4.65 | 5.26 | 9.47 |
| 20/1/2013 | 4.29 | 4.47 | 5.26 | 8.42 |
| 21/1/2013 | - | - | 3.16 | 6.31 |
| Average | 3.67 | 3.63 | 5.29 | 7.59 |

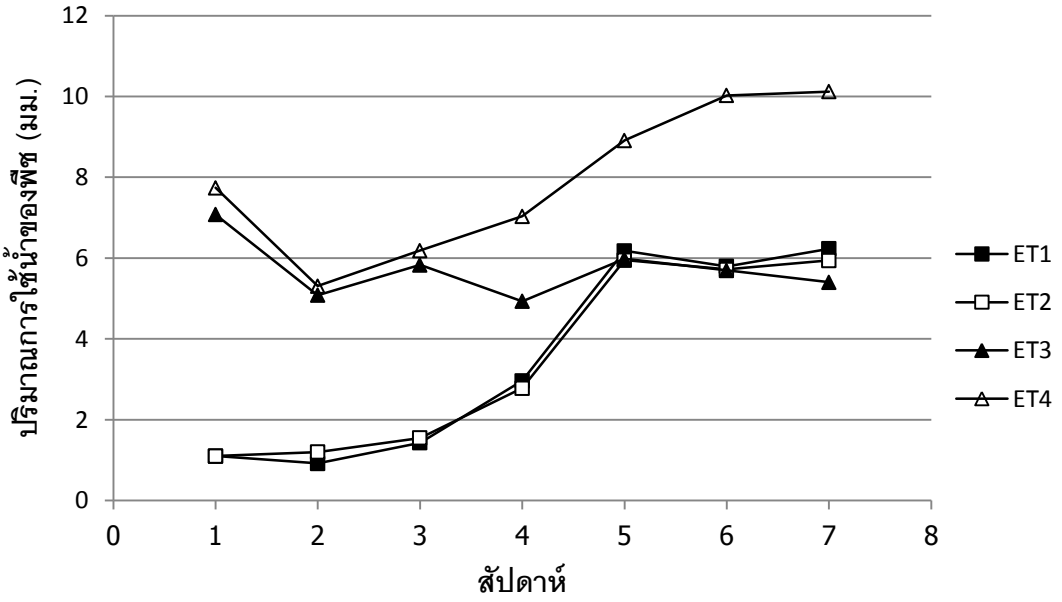
**ตารางที่ 10** สรุปปริมาณการใช้น้ำของแตงกวา (ET) รายสัปดาห์ ตั้งแต่วันที่ 26 มกราคม 2556 ถึงวันที่ 16 มีนาคม 2556

| สัปดาห์ | เฉลี่ย มม./วัน | | | |
|---|---|---|---|---|
| | ET1 | ET2 | ET3 | ET4 |
| 1 | 1.10 | 1.10 | 7.08 | 7.74 |
| 2 | 0.92 | 1.20 | 5.08 | 5.31 |
| 3 | 1.43 | 1.55 | 5.83 | 6.19 |
| 4 | 2.96 | 2.78 | 4.93 | 7.04 |
| 5 | 6.18 | 5.95 | 5.98 | 8.91 |
| 6 | 5.79 | 5.72 | 5.70 | 10.03 |
| 7 | 6.23 | 5.94 | 5.40 | 10.12 |

จากการศึกษาปริมาณการใช้น้ำของพืช จะเห็นว่าปริมาณการใช้น้ำของแตงกวาที่ได้จากถังวัดการใช้น้ำของพืชทั้ง 4 ใบ ในแต่ละสัปดาห์มีค่าค่อนข้างใกล้เคียงกัน ถังวัดการใช้น้ำของพืชถังที่ 1 และถังที่ 2 มีค่าปริมาณการใช้น้ำใกล้เคียงกันที่สุดเนื่องจากเป็นถังวัดการใช้น้ำของพืชแบบน้ำใต้ดินดินคงที่เหมือนกัน และถังวัดการใช้น้ำของพืชถังที่ 4 มีค่าปริมาณการใช้น้ำที่สูงกว่ากว่าถังอื่นๆ ซึ่งอาจเกิดจากการเจริญเติบโตของต้นแตงกวาที่ดีกว่าเมื่อเทียบกับการเจริญเติบโตของถังอื่นๆโดยมีปริมาณการใช้น้ำของแตงกวาสูงสุดที่สัปดาห์ที่ 7 ที่ถังวัดการใช้น้ำของพืชถังที่ 4 คือ 10.12 มิลลิเมตรต่อวัน และมีปริมาณการใช้น้ำของแตงกวาต่ำสุดที่สัปดาห์ที่ 1 ที่ถังวัดการใช้น้ำของพืชถังที่ 1 และ 2 คือ 1.10 มิลลิเมตรต่อวัน




**ภาพที่** 55 ปริมาณการใช้น้ำของแตงกวา (ET) รายวัน ตั้งแต่วันที่ 26 มกราคม 2555 ถึงวันที่ 16 มีนาคม 2556




**ภาพที่** 56 ปริมาณการใช้น้ำของแตงกวา (ET) รายสัปดาห์ ตั้งแต่วันที่ 26 มกราคม 2555 ถึงวันที่ 16 มีนาคม 2556

จากภาพที่ 48 และ 49 จะเห็นได้ว่าปริมาณการใช้น้ำของแตงกวาที่ได้จากถังวัดการใช้น้ำทั้งสี่ 4 ในช่วงสัปดาห์ที่ 7 มีปริมาณการใช้น้ำสูงสุดเฉลี่ยเท่ากับ 10.12 มิลลิเมตรต่อวัน และสัปดาห์ที่ 1 มีการใช้น้ำต่ำสุดที่ 1.10 มิลลิเมตรต่อวัน

## 4.5 ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำ

สัมประสิทธิ์การใช้น้ำของแตงกวาตลอดการเพาะปลูกเป็นเวลา 56วัน ณ แปลงทดลองภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน

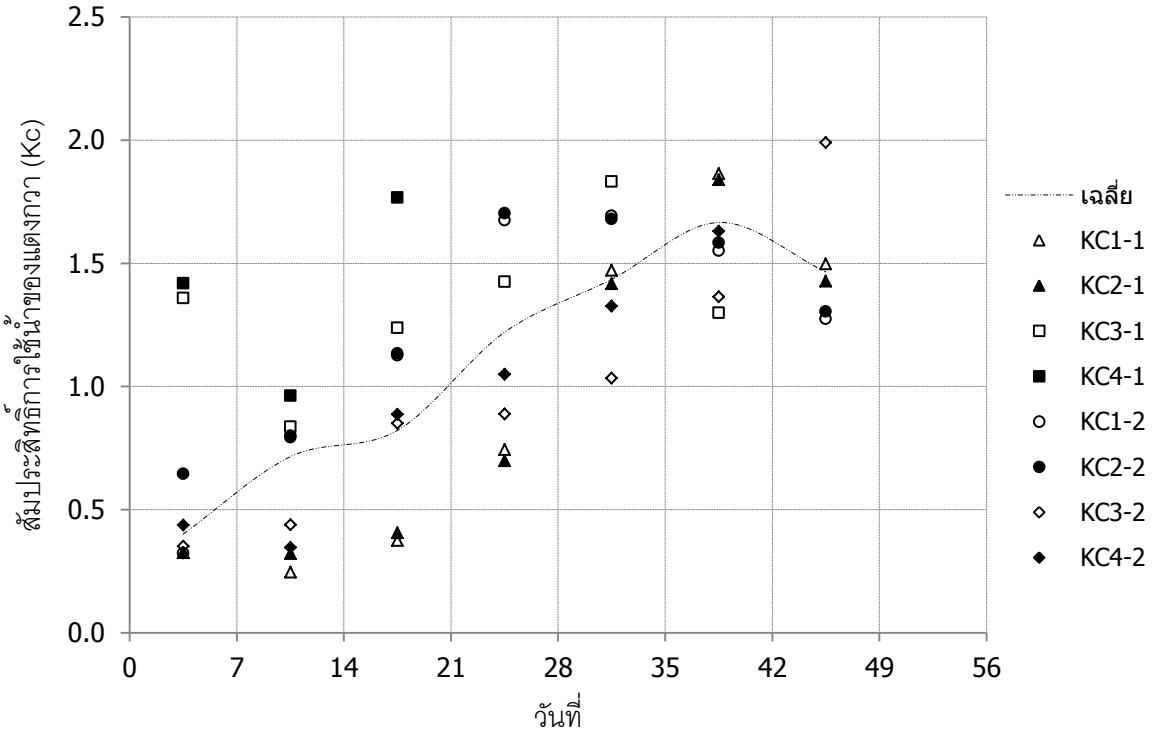
$$KC = \frac{ET}{ETo}$$

**ตารางที่ 11** ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของแตงกวา (Kc)

| วันที่ | KC1-1 | KC2-1 | KC3-1 | KC4-1 | KC1-2 | KC2-2 | KC3-2 | KC4-2 | เฉลี่ย |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 7 | 0.3252 | 0.3252 | ~~2.0893~~* | ~~2.2845~~* | 0.3226 | 0.6452 | 0.3514 | 0.4369 | 0.401 |
| 14 | 0.2457 | 0.3208 | 1.3584 | 1.4187 | 0.8 | 0.793 | 0.4378 | 0.346 | 0.715 |
| 21 | 0.3749 | 0.4061 | 0.8356 | 0.9618* | 1.1262 | 1.1331 | 0.8503 | 0.887 | 0.822 |
| 28 | 0.7435 | 0.6986 | 1.2379 | 1.7663 | 1.6745 | 1.7034 | 0.8883 | 1.0498 | 1.220 |
| 35 | 1.4712 | 1.4165 | 1.4248 | ~~2.1228~~* | 1.6932 | 1.6792 | 1.0343 | 1.3259 | 1.435 |
| 42 | 1.8638 | 1.8392 | 1.8324 | ~~3.2248~~* | 1.5505 | 1.5837 | 1.3636 | 1.6301 | 1.666 |
| 49 | 1.4973 | 1.428 | 1.2983 | ~~2.4325~~* | 1.2738 | 1.3045 | 1.9907 | ~~3.7374~~* | 1.465 |

**หมายเหตุ** ถังวัดการใช้น้ำถังที่ 1ครั้ง 1 (KC1-1) , ถังวัดการใช้น้ำถังที่ 2 ครั้ง 1 (KC2-1) ,ถังวัดการใช้น้ำถังที่ 3 ครั้ง 1 (KC3-1),ถังวัดการใช้น้ำถังที่ 4 ครั้ง 1 (KC4-1),ถังวัดการใช้น้ำถังที่ 1 ครั้ง 2 (KC1-2) ,ถังวัดการใช้น้ำถังที่ 1 ครั้ง 2 (KC2-2) ,ถังวัดการใช้น้ำถังที่ 3 ครั้ง 2 (KC3-2) ,ถังวัดการใช้น้ำถังที่ 4 ครั้ง 2 (KC4-2)

* ค่าที่มีการขีดฆ่าคือค่าข้อมูลที่เกิดจากการผิดพลาดของข้อมูลไม่นำไปวิเคราะห์ อาจเกิดจาความผิดปกติของถังไม่นำมาวิเคราะห์




**ภาพที่** 57 ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของแตงกวา (Kc)

การกำหนดระยะเวลาของช่วงการเจริญเติบโตและค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของแตงกวา

- ช่วงของการเจริญเติบโตของแตงกวาใช้เวลาทั้งสิ้น 56 วัน แบ่งเป็น 4 ช่วง ประกอบด้วย

ช่วงที่ 1 ช่วงตั้งตัว (Initial stage) เวลา 4 วัน

ช่วงที่ 2 ช่วงเจริญเติบโตทางลำต้น (Crop development stage) เวลา 24 วัน

ช่วงที่ 3 ช่วงกลางของการเพาะปลูก (Mid-season stage) เวลา 21วัน

ช่วงที่ 4 ช่วงปลายของการเพาะปลูก (Late season stage) เวลา 7วัน

- ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของแตงกวา

ค่า Kc ini ของแตงกวาในช่วงตั้งต้น เท่ากับ 0.4

ค่า Kc mid ของแตงกวาในช่วงการเพาะปลูก เท่ากับ 1.4

ค่า Kc end ของแตงกวาในช่วงสิ้นสุดการเพาะปลูก เท่ากับ 1.4

จะเห็นว่าค่า Kc end มีค่าค่อนข้างสูงกว่าปกติซึ่งเกิดจากการหาปริมาณการใช้น้ำของแตงกวาสิ้นสุดในช่วงที่แตงกวายังมีผลสดปนอยู่และผลแก่ก็ยังแก่ไม่มากปริมาณการใช้น้ำของแตงกวาจึงมีปริมาณสูง

# บทที่ 5

# สรุปผลและข้อเสนอแนะ

## 5.1 สรุปผลการทดลอง

เนื่องด้วยได้ทำการติดตั้งถังวัดปริมาณการใช้น้ำของพืช (Lysimeter) แบบระบายน้ำที่บริเวณแปลงทดลองภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน พืชที่ใช้ในการศึกษาคือแตงกวา เพื่อต้องการทราบค่าปริมาณการใช้น้ำของแตงกวาจึงได้ทำการศึกษาและได้เปรียบเทียบปริมาณการใช้น้ำของแตงกวา (ET) ที่ได้จากถังวัดการใช้น้ำของพืชแบบระบายน้ำกับปริมาณการใช้น้ำจากถาดวัดการระเหย Class A-pan (Epan) และปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (ETo) คำนวณโดยใช้สูตร Penman-Monteith ที่ใช้ข้อมูลของสถานีอุตุนิยมวิทยานครปฐม

5.1.1สรุปการเจริญเติบโตของแตงกวา

1.การเจริญเติบโต (ความสูง) ของแตงกวาจะเพิ่มขึ้นตามช่วงอายุการเจริญเติบโต (8 สัปดาห์) เพิ่มขึ้นเฉลี่ย 12.57, 19.57, 36.3, 77.33, 110.33, 112.33, 126.67และ138.33 เซนติเมตร ตามลำดับหลังจากสัปดาห์ที่ 9 ความยาวของต้นแตงกวามีการเจริญเติบโตคงที่และลดลง

2.การเจริญเติบโต (ผล) ของแตงกวาจะเพิ่มขึ้นตามช่วงอายุการเจริญเติบโต ในช่วงสัปดาห์ที่ 5-8 ปรากฏว่าน้ำหนัก (สด) ของผลแตงกวา เพิ่มขึ้นเฉลี่ย 0.73, 33.92, 138.03และ256.43 กรัม ตามลำดับ

5.1.2 ข้อมูลของตัวอย่างแห้ง

1.น้ำหนักแห้งของต้นแตงกวา (8 สัปดาห์) เฉลี่ย 0.383, 1.467, 2.76, 7.623, 13.027, 26.373, 21.96 และ 24.9 ตามลำดับ

2.น้ำหนักแห้งของผลแตงกวา (5-8 สัปดาห์) เฉลี่ย 0.02, 1.59, 5.23และ10.93 ตามลำดับ

5.1.3ปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (ETo) คำนวณโดยใช้สูตร Penman-Monteith ตลอดช่วงการเพาะปลูก มีค่าใช้น้ำเฉลี่ยเท่ากับ 3.78มิลลิเมตรต่อสัปดาห์ ส่วนปริมาณการใช้น้ำจากถาดวัดการระเหย Class A-pan (Epan) มีค่าใช้น้ำเฉลี่ยเท่ากับ 4.54มิลลิเมตรต่อสัปดาห์

5.1.4ปริมาณความต้องการน้ำของแตงกวาตลอดฤดูเพาะปลูก(8 สัปดาห์) ที่ได้จากถังวัดการใช้น้ำของพืชทั้ง 4 ใบในแต่ละสัปดาห์มีค่าค่อนข้างใกล้เคียงกัน ถังวัดการใช้น้ำของพืชถังที่ 1 และถังที่ 2 มีค่าปริมาณการใช้น้ำใกล้เคียงกันที่สุดเนื่องจากเป็นถังวัดการใช้น้ำของพืชแบบน้ำใต้ดินดินคงที่เหมือนกัน และถังที่ 3 และถังที่ 4 มีค่าปริมารการใช้น้ำใกล้เคียงกันที่สุดเนื่องจากเป็นถังวัดการใช้น้ำของพืชแบบระบายน้ำเหมือนกัน โดยมีปริมาณการใช้น้ำของแตงกวาสูงสุดที่สัปดาห์ที่ 7 ที่ถังวัดการใช้น้ำของพืชถังที่ 3 คือ 7.73 มิลลิเมตรต่อสัปดาห์และมีปริมาณการใช้น้ำของแตงกวาต่ำสุดที่สัปดาห์ที่ 1 ที่ถังวัดการใช้น้ำของพืชถังที่ 1คือ 1.19 มิลลิเมตรต่อสัปดาห์

5.1.5 สัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช

1. ช่วงของการเจริญเติบโตของแตงกวาใช้เวลาทั้งสิ้น 56 วัน แบ่งเป็น 4 ช่วง ประกอบด้วย

- ช่วงที่ 1 ช่วงตั้งตัว (Initial stage) เวลา 4 วัน
- ช่วงที่ 2 ช่วงเจริญเติบโตทางลำต้น (Crop development stage) เวลา 24 วัน
- ช่วงที่ 3 ช่วงกลางของการเพาะปลูก (Mid-season stage) เวลา 21 วัน
- ช่วงที่ 4 ช่วงปลายของการเพาะปลูก (Late season stage) เวลา 7 วัน

2.ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของแตงกวา

- ค่า Kcini ของแตงกวาในช่วงตั้งต้น เท่ากับ 0.4
- ค่า Kc mid ของแตงกวาในช่วงการเพาะปลูก เท่ากับ 1.4
- ค่า Kc end ของแตงกวาในช่วงสิ้นสุดการเพาะปลูก เท่ากับ 1.4

## 5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 บริเวณแปลงทดลองควรมีสภาพรั้วล้อมเช่นเดียวกับสถานีอุตุนิยมวิทยาเพื่อป้องกันสัตว์เข้ามารบกวน

5.2.2 ควรติดตั้งเครื่องวัดอากาศแบบอัตโนมัติไว้ที่แปลงทดลอง เพื่อที่จะให้ค่าที่แม่นยำยิ่งขึ้น

5.2.3 การเก็บข้อมูลตัวอย่างควรเก็บข้อมูลผลิตทั้ง 2 ครั้ง

5.2.4 การถอนเก็บตัวอย่างควรใช้ความระวังระวัง เนื่องจากอาจทำให้ส่วนต่างๆของพืชเสียหาย

5.2.5 ข้อมูลตัวอย่างแห้งควรแยก ลำต้น ใบและดอก ออกจากกัน

5.2.6 เนื่องจากดินในแปลงทดลองเพาะปลูกขาดความสมดุลในความสมบูรณ์ ทำให้การเจริญเติบโตของพืชไม่สม่ำเสมอกันทั้งแปลง ควรมีการบำรุงดินก่อนการเพาะปลูก

## เอกสารอ้างอิง

กมล เลิศรัตน์.2536.**การผลิตเมล็ดพันธุ์ผัก**.ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น

กีรติ ลีวัจนกุล.2537.**อุทกวิทยา**.ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน วิทยาลัยวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต จังหวัดปทุมธานี

จานุลักษณ์ ขนบดี.2541.**การผลิตเมล็ดพันธุ์ผัก**.สถาบันวิจัยและฝึกอบรมการเกษตรลำปาง สถาบันเทคโนโลยีราชมงคลจังหวัดลำปาง

วิบูลย์ บุญยธโรกุล. 2526. **หลักการชลประทาน**. ภาควิชาวิศวกรรมชลประทานคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิยาลัยเกษตรศาสตร์วิทยาเขตกำแพงแสนจังหวัดนครปฐม

เอกสิทธิ์โฆสิตสกุลชัย. 2552. **การใช้น้ำของพืชทฤษฎีและการประยุกต์**. ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์มหาวิยาลัยเกษตรศาสตร์วิทยาเขตกำแพงแสนจังหวัดนครปฐม

**ภาคผนวก ก.**

**ภาพแสดงการเจริญเติบโตของแตงกวาพันธุ์ลูกผสม**

**ณ แปลงทดลองภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน**

ภาพการเจริญเติบโตของแตงกวา

(Crop 1)

วันที่ 23 พฤศจิกายน 2555 (เริ่มเพาะปลูก)

วันที่ 27 พฤศจิกายน 2555 (อายุ 4 วัน)

วันที่ 30 พฤศจิกายน 2555 (อายุ 7 วัน)

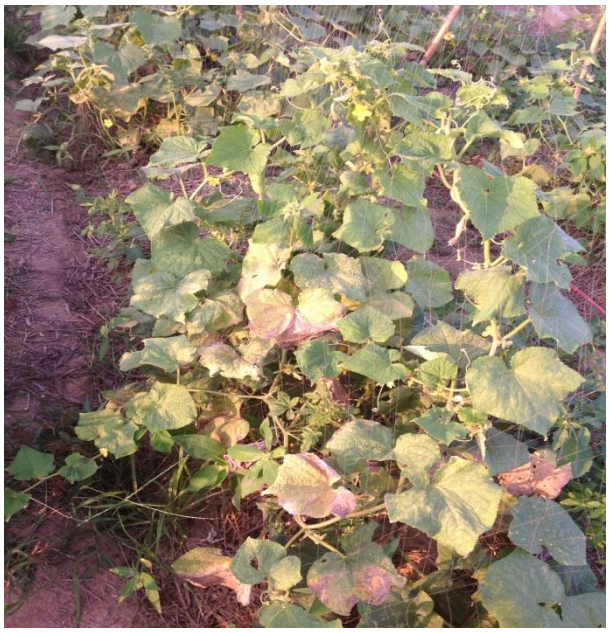
วันที่ 7 ธันวาคม 2555 (อายุ 14 วัน)

วันที่ 14 ธันวาคม 2555 (อายุ 21 วัน)

วันที่ 21 ธันวาคม 2555 (อายุ 28 วัน)

วันที่ 28 ธันวาคม 2555 (อายุ 35 วัน)

วันที่ 4 มกราคม 2556 (อายุ 42 วัน)



วันที่ 11 มกราคม 2556 (อายุ 49 วัน)

วันที่ 18 มกราคม 2556 (อายุ 56 วัน)

ภาพการเจริญเติบโตของแตงกวา

(Crop 2)

วันที่ 27 มกราคม 2556 (เริ่มเพาะปลูก)

วันที่ 31 มกราคม 2556 (อายุ 4 วัน)

วันที่ 3 กุมภาพันธ์ 2556 (อายุ 7 วัน)

วันที่ 10 กุมภาพันธ์ 2556 (อายุ 14 วัน)

วันที่ 17 กุมภาพันธ์ 2556 (อายุ 21 วัน)

วันที่ 24 กุมภาพันธ์ 2556 (อายุ 28 วัน)

วันที่ 3 มีนาคม 2556 (อายุ 35 วัน)

วันที่ 10 มีนาคม 2556 (อายุ 42 วัน)

วันที่ 17 มีนาคม 2556 (อายุ 49 วัน)

# ภาคผนวก ข.

## สรุปการคำนวณปริมาณการใช้น้ำของแตงกวา

## จากถังวัดการใช้น้ำของพืช (Lysimeter) แบบน้ำใต้ดินคงที่ถังที่ 1 และ 2

## ณ แปลงทดลองภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน

**ตารางผนวกที่ 1** สรุปการคำนวณปริมาณการใช้น้ำของแตงกวา จากถาดวัดการใช้น้ำของพืช(Lysimeter) แบบน้ำใต้ดินคงที่ถังที่ 1 และ 2 ตั้งแต่วันที่ 23 พฤศจิกายน 2555 - วันที่ 20 มกราคม 2556

| วันที่ | อายุพืช | ปริมาณน้ำที่พืชใช้จากถัง ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 46.5 cm (mm) | | ปริมาณน้ำที่พืชใช้(ลิตร) | | ปริมาณน้ำที่พืชใช้(mm) | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | ถังที่ 1 | ถังที่ 2 | ถังที่ 1 | ถังที่ 2 | ถังที่ 1 | ถังที่ 2 |
| 23 พ.ย. 55 | 1 | | | | | | |
| 24 พ.ย. 55 | 2 | | | | | | |
| 25 พ.ย. 55 | 3 | | | | | | |
| 26 พ.ย. 55 | 4 | | | | | | |
| 27 พ.ย. 55 | 5 | | | | | | |
| 28 พ.ย. 55 | 6 | | | | | | |
| 29 พ.ย. 55 | 7 | | | | | | |
| 30 พ.ย. 55 | 8 | | | | | | |
| 1 ธ.ค. 55 | 9 | | | | | | |
| 2 ธ.ค. 55 | 10 | | | | | | |
| 3 ธ.ค. 55 | 11 | | | | | | |
| 4 ธ.ค. 55 | 12 | | | | | | |
| 5 ธ.ค. 55 | 13 | | | | | | |
| 6 ธ.ค. 55 | 14 | | | | | | |
| 7 ธ.ค. 55 | 15 | | | | | | |
| 8 ธ.ค. 55 | 16 | 7 | 13 | 1.19 | 2.21 | 1.25 | 2.32 |
| 9 ธ.ค. 55 | 17 | 6 | 14 | 1.02 | 2.38 | 1.07 | 2.50 |
| 10 ธ.ค. 55 | 18 | 7 | 13 | 1.19 | 2.21 | 1.25 | 2.32 |
| 11 ธ.ค. 55 | 19 | 10 | 9 | 1.70 | 1.53 | 1.79 | 1.61 |
| 12 ธ.ค. 55 | 20 | 13 | 14 | 2.21 | 2.38 | 2.32 | 2.50 |
| 13 ธ.ค. 55 | 21 | 17 | 18 | 2.89 | 3.06 | 3.04 | 3.22 |
| 14 ธ.ค. 55 | 22 | 16 | 15 | 2.72 | 2.55 | 2.86 | 2.68 |
| 15 ธ.ค. 55 | 23 | 19 | 18 | 3.22 | 3.06 | 3.40 | 3.22 |
| 16 ธ.ค. 55 | 24 | 18 | 18 | 3.06 | 3.06 | 3.22 | 3.22 |
| 17 ธ.ค. 55 | 25 | 20 | 20 | 3.39 | 3.39 | 3.57 | 3.57 |
| 18 ธ.ค. 55 | 26 | 20 | 19 | 3.39 | 3.22 | 3.57 | 3.40 |
| 19 ธ.ค. 55 | 27 | 21 | 22 | 3.56 | 3.73 | 3.75 | 3.93 |
| 20 ธ.ค. 55 | 28 | 22 | 22 | 3.73 | 3.73 | 3.93 | 3.93 |

**ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ)**

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 21 ธ.ค. 55 | 29 | 23 | 24 | 3.90 | 4.07 | 4.11 | 4.29 |
| 22 ธ.ค. 55 | 30 | 27 | 28 | 4.58 | 4.75 | 4.82 | 5.00 |
| 23 ธ.ค. 55 | 31 | 24 | 22 | 4.07 | 3.73 | 4.29 | 3.93 |
| 24 ธ.ค. 55 | 32 | 26 | 27 | 4.41 | 4.58 | 4.65 | 4.82 |
| 25 ธ.ค. 55 | 33 | 27 | 29 | 4.58 | 4.92 | 4.82 | 5.18 |
| 26 ธ.ค. 55 | 34 | 32 | 32 | 5.43 | 5.43 | 5.72 | 5.72 |
| 27 ธ.ค. 55 | 35 | 34 | 35 | 5.77 | 5.94 | 6.08 | 6.25 |
| 28 ธ.ค. 55 | 36 | 34 | 34 | 5.77 | 5.77 | 6.08 | 6.08 |
| 29 ธ.ค. 55 | 37 | 35 | 35 | 5.94 | 5.94 | 6.25 | 6.25 |
| 30 ธ.ค. 55 | 38 | 35 | 36 | 5.94 | 6.11 | 6.25 | 6.43 |
| 31 ธ.ค. 55 | 39 | 35 | 35 | 5.94 | 5.94 | 6.25 | 6.25 |
| 1 ม.ค. 56 | 40 | 31 | 32 | 5.26 | 5.43 | 5.54 | 5.72 |
| 2 ม.ค. 56 | 41 | 35 | 36 | 5.94 | 6.11 | 6.25 | 6.43 |
| 3 ม.ค. 56 | 42 | 35 | 31 | 5.94 | 5.26 | 6.25 | 5.54 |
| 4 ม.ค. 56 | 43 | 36 | 34 | 6.11 | 5.77 | 6.43 | 6.08 |
| 5 ม.ค. 56 | 44 | 37 | 37 | 6.28 | 6.28 | 6.61 | 6.61 |
| 6 ม.ค. 56 | 45 | 35 | 36 | 5.94 | 6.11 | 6.25 | 6.43 |
| 7 ม.ค. 56 | 46 | 32 | 33 | 5.43 | 5.60 | 5.72 | 5.90 |
| 8 ม.ค. 56 | 47 | 30 | 32 | 5.09 | 5.43 | 5.36 | 5.72 |
| 9 ม.ค. 56 | 48 | 34 | 35 | 5.77 | 5.94 | 6.08 | 6.25 |
| 10 ม.ค. 56 | 49 | 33 | 33 | 5.60 | 5.60 | 5.90 | 5.90 |
| 11 ม.ค. 56 | 50 | 34 | 33 | 5.77 | 5.60 | 6.08 | 5.90 |
| 12 ม.ค. 56 | 51 | 35 | 36 | 5.94 | 6.11 | 6.25 | 6.43 |
| 13 ม.ค. 56 | 52 | 34 | 36 | 5.77 | 6.11 | 6.08 | 6.43 |
| 14 ม.ค. 56 | 53 | 33 | 33 | 5.60 | 5.60 | 5.90 | 5.90 |
| 15 ม.ค. 56 | 54 | 32 | 30 | 5.43 | 5.09 | 5.72 | 5.36 |
| 16 ม.ค. 56 | 55 | 28 | 27 | 4.75 | 4.58 | 5.00 | 4.82 |
| 17 ม.ค. 56 | 56 | 30 | 33 | 5.09 | 5.60 | 5.36 | 5.90 |
| 18 ม.ค. 56 | 57 | 26 | 29 | 4.41 | 4.92 | 4.65 | 5.18 |
| 19 ม.ค. 56 | 58 | 26 | 26 | 4.41 | 4.41 | 4.65 | 4.65 |
| 20 ม.ค. 56 | 59 | 24 | 25 | 4.07 | 4.24 | 4.29 | 4.47 |

**ตารางผนวกที่ 2** สรุปการคำนวณปริมาณการใช้น้ำของแตงกวา จากถาดวัดการใช้น้ำของพืช(Lysimeter) แบบน้ำใต้ดินคงที่ถังที่ 1 และ 2 ตั้งแต่วันที่ 27 มกราคม 255 - วันที่ 17มีนาคม 2556

| วันที่ | อายุพืช | ปริมาณน้ำที่พืชใช้จากถัง ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 46.5 cm (mm) | | ปริมาณน้ำที่พืชใช้(ลิตร) | | ปริมาณน้ำที่พืชใช้(mm) | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | ถังที่ 1 | ถังที่ 2 | ถังที่ 1 | ถังที่ 2 | ถังที่ 1 | ถังที่ 2 |
| 27 ม.ค. 56 | 1 | 5 | 5 | 0.85 | 0.85 | 0.89 | 0.89 |
| 28 ม.ค. 56 | 2 | 10 | 7 | 1.70 | 1.19 | 1.79 | 1.25 |
| 29 ม.ค. 56 | 3 | 6 | 6 | 1.02 | 1.02 | 1.07 | 1.07 |
| 30 ม.ค. 56 | 4 | 5 | 7 | 0.85 | 1.19 | 0.89 | 1.25 |
| 31 ม.ค. 56 | 5 | 5 | 6 | 0.85 | 1.02 | 0.89 | 1.07 |
| 1 ก.พ. 56 | 6 | 6 | 6 | 1.02 | 1.02 | 1.07 | 1.07 |
| 2 ก.พ. 56 | 7 | 6 | 7 | 1.02 | 1.19 | 1.07 | 1.25 |
| 3 ก.พ. 56 | 8 | 5 | 7 | 0.85 | 1.19 | 0.89 | 1.25 |
| 4 ก.พ. 56 | 9 | 4 | 6 | 0.68 | 1.02 | 0.71 | 1.07 |
| 5 ก.พ. 56 | 10 | 4 | 6 | 0.68 | 1.02 | 0.71 | 1.07 |
| 6 ก.พ. 56 | 11 | 5 | 6 | 0.85 | 1.02 | 0.89 | 1.07 |
| 7 ก.พ. 56 | 12 | 5 | 6 | 0.85 | 1.02 | 0.89 | 1.07 |
| 8 ก.พ. 56 | 13 | 7 | 9 | 1.19 | 1.53 | 1.25 | 1.61 |
| 9 ก.พ. 56 | 14 | 8 | 9 | 1.36 | 1.53 | 1.43 | 1.61 |
| 10 ก.พ. 56 | 15 | | | | | | |
| 11 ก.พ. 56 | 16 | 6 | 6 | 1.02 | 1.02 | 1.07 | 1.07 |
| 12 ก.พ. 56 | 17 | 6 | 6 | 1.02 | 1.02 | 1.07 | 1.07 |
| 13 ก.พ. 56 | 18 | 8 | 10 | 1.36 | 1.70 | 1.43 | 1.79 |
| 14 ก.พ. 56 | 19 | 9 | 11 | 1.53 | 1.87 | 1.61 | 1.97 |
| 15 ก.พ. 56 | 20 | 11 | 10 | 1.87 | 1.70 | 1.97 | 1.79 |
| 16 ก.พ. 56 | 21 | 10 | 10 | 1.70 | 1.70 | 1.79 | 1.79 |
| 17 ก.พ. 56 | 22 | 14 | 12 | 2.38 | 2.04 | 2.50 | 2.14 |
| 18 ก.พ. 56 | 23 | 13 | 14 | 2.21 | 2.38 | 2.32 | 2.50 |
| 19 ก.พ. 56 | 24 | 18 | 16 | 3.06 | 2.72 | 3.22 | 2.86 |
| 20 ก.พ. 56 | 25 | 18 | 17 | 3.06 | 2.89 | 3.22 | 3.04 |
| 21 ก.พ. 56 | 26 | 20 | 18 | 3.39 | 3.06 | 3.57 | 3.22 |
| 22 ก.พ. 56 | 27 | 23 | 22 | 3.90 | 3.73 | 4.11 | 3.93 |
| 23 ก.พ. 56 | 28 | 25 | 25 | 4.24 | 4.24 | 4.47 | 4.47 |

**ตารางผนวกที่ 2 (ต่อ)**

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 24 ก.พ. 56 | 29 | 29 | 27 | 4.92 | 4.58 | 5.18 | 4.82 |
| 25 ก.พ. 56 | 30 | 32 | 30 | 5.43 | 5.09 | 5.72 | 5.36 |
| 26 ก.พ. 56 | 31 | 34 | 32 | 5.77 | 5.43 | 6.08 | 5.72 |
| 27 ก.พ. 56 | 32 | 37 | 35 | 6.28 | 5.94 | 6.61 | 6.25 |
| 28 ก.พ. 56 | 33 | 41 | 40 | 6.96 | 6.79 | 7.33 | 7.15 |
| 1 มี.ค. 56 | 34 | 44 | 44 | 7.47 | 7.47 | 7.86 | 7.86 |
| 2 มี.ค.56 | 35 | 35 | 34 | 5.94 | 5.77 | 6.25 | 6.08 |
| 3 มี.ค.56 | 36 | 32 | 30 | 5.43 | 5.09 | 5.72 | 5.36 |
| 4 มี.ค.56 | 37 | 27 | 26 | 4.58 | 4.41 | 4.82 | 4.65 |
| 5 มี.ค.56 | 38 | 35 | 37 | 5.94 | 6.28 | 6.25 | 6.61 |
| 6 มี.ค.56 | 39 | 36 | 36 | 6.11 | 6.11 | 6.43 | 6.43 |
| 7 มี.ค.56 | 40 | 33 | 34 | 5.60 | 5.77 | 5.90 | 6.08 |
| 8 มี.ค.56 | 41 | 29 | 27 | 4.92 | 4.58 | 5.18 | 4.82 |
| 9 มี.ค.56 | 42 | 32 | 30 | 5.43 | 5.09 | 5.72 | 5.36 |
| 10 มี.ค.56 | 43 | 34 | 33 | 5.77 | 5.60 | 6.08 | 5.90 |
| 11 มี.ค.56 | 44 | 39 | 37 | 6.62 | 6.28 | 6.97 | 6.61 |
| 12 มี.ค.56 | 45 | 39 | 38 | 6.62 | 6.45 | 6.97 | 6.79 |
| 13 มี.ค.56 | 46 | 37 | 35 | 6.28 | 5.94 | 6.61 | 6.25 |
| 14 มี.ค.56 | 47 | 30 | 30 | 5.09 | 5.09 | 5.36 | 5.36 |
| 15 มี.ค.56 | 48 | 33 | 34 | 5.60 | 5.77 | 5.90 | 6.08 |
| 16 มี.ค.56 | 49 | 35 | 35 | 5.94 | 5.94 | 6.25 | 6.25 |
| 17 มี.ค.56 | 50 | 33 | 34 | 5.60 | 5.77 | 5.90 | 6.08 |

# ภาคผนวก ค.

## สรุปการคำนวณปริมาณการใช้น้ำของแตงกวา

## จากถังวัดการใช้น้ำของพืช (Lysimeter) แบบระบายน้ำถังที่ 1 และ 2

## ณ แปลงทดลองภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน

**ตารางผนวกที่ 3** สรุปการคำนวณปริมาณการใช้น้ำของแตงกวา จากถาดวัดการใช้น้ำของพืช(Lysimeter) แบบระบายน้ำถังที่ 3 ตั้งแต่วันที่ 4 ธันวาคม 2555 - วันที่ 21 มกราคม 2556

| ว/ด/ป | น้ำ (ลิตร) | น้ำที่ระบายออกจากถัง (ลิตร) | ปริมาณการใช้น้ำของพืช (ลิตร) | ปริมาณการใช้น้ำของพืช (มม) |
|---|---|---|---|---|
| 4/12/2012 | 30 | 4.5 | 25.5 | 26.83 |
| 5/12/2012 | 30 | 20 | 10 | 10.52 |
| 6/12/2012 | 30 | 26 | 4 | 4.21 |
| 7/12/2012 | 15 | 16 | -1 | -1.05 |
| 8/12/2012 | 15 | 14 | 1 | 1.05 |
| 9/12/2012 | 10 | 9.2 | 0.8 | 0.84 |
| 10/12/2012 | 10 | 8.1 | 1.9 | 2.00 |
| 11/12/2012 | 10 | 6.5 | 3.5 | 3.68 |
| 12/12/2012 | 5 | 6.7 | -1.7 | -1.79 |
| 13/12/2012 | 5 | 4.2 | 0.8 | 0.84 |
| 14/12/2012 | 5 | 3.8 | 1.2 | 1.26 |
| 15/12/2012 | 5 | 3.3 | 1.7 | 1.79 |
| 16/12/2012 | 5 | 2.9 | 2.1 | 2.21 |
| 17/12/2012 | 5 | 2.1 | 2.9 | 3.05 |
| 18/12/2012 | 5 | 2 | 3 | 3.16 |
| 19/12/2012 | 5 | 2 | 3 | 3.16 |
| 20/12/2012 | 5 | 2 | 3 | 3.16 |
| 21/12/2012 | 5 | 2 | 3 | 3.16 |
| 22/12/2012 | 5 | 2.1 | 2.9 | 3.05 |
| 23/12/2012 | 5 | 2 | 3 | 3.16 |
| 24/12/2012 | 5 | 2 | 3 | 3.16 |
| 25/12/2012 | 5 | 1.9 | 3.1 | 3.26 |
| 26/12/2012 | 5 | 1.9 | 3.1 | 3.26 |
| 27/12/2012 | 5 | 1.9 | 3.1 | 3.26 |
| 28/12/2012 | 5 | 2.5 | 2.5 | 2.63 |
| 29/12/2012 | 5 | 2 | 3 | 3.16 |
| 30/12/2012 | 5 | 1.9 | 3.1 | 3.26 |
| 31/12/2012 | 5 | 2 | 3 | 3.16 |
| 1/1/2013 | 5 | 1.4 | 3.6 | 3.79 |

**ตารางผนวกที่ 3(ต่อ)**

| ว/ด/ป | น้ำ (ลิตร) | น้ำที่ระบายออกจากถัง (ลิตร) | ปริมาณการใช้น้ำของพืช (ลิตร) | ปริมาณการใช้น้ำของพืช (มม) |
|---|---|---|---|---|
| 2/1/2013 | 5 | 1.3 | 3.7 | 3.89 |
| 3/1/2013 | 5 | 1.4 | 3.6 | 3.79 |
| 4/1/2013 | 5 | 1.5 | 3.5 | 3.68 |
| 5/1/2013 | 5 | 1.6 | 3.4 | 3.58 |
| 6/1/2013 | 5 | 1.5 | 3.5 | 3.68 |
| 7/1/2013 | 5 | 1.3 | 3.7 | 3.89 |
| 8/1/2013 | 5 | 1.5 | 3.5 | 3.68 |
| 9/1/2013 | 5 | 1.2 | 3.8 | 4.00 |
| 10/1/2013 | 5 | 1.1 | 3.9 | 4.10 |
| 11/1/2013 | 5 | 1.15 | 3.85 | 4.05 |
| 12/1/2013 | 5 | 1.15 | 3.85 | 4.05 |
| 13/1/2013 | 7 | 1.1 | 5.9 | 6.21 |
| 14/1/2013 | 10 | 0 | 10 | 10.52 |
| 15/1/2013 | 15 | 2 | 13 | 13.68 |
| 16/1/2013 | 20 | 6 | 14 | 14.73 |
| 17/1/2013 | 20 | 14 | 6 | 6.31 |
| 18/1/2013 | 20 | 14.6 | 5.4 | 5.68 |
| 19/1/2013 | 10 | 5 | 5 | 5.26 |
| 20/1/2013 | 10 | 5 | 5 | 5.26 |
| 21/1/2013 | 10 | 7 | 3 | 3.16 |

**ตารางผนวกที่ 4** สรุปการคำนวณปริมาณการใช้น้ำของแตงกวา จากถาดวัดการใช้น้ำของพืช(Lysimeter) แบบระบายน้ำถังที่ 4 ตั้งแต่วันที่ 4 ธันวาคม 2555 - วันที่ 21 มกราคม 2556

| ว/ด/ป | น้ำ (ลิตร) | น้ำที่ระบายออกจากถัง (ลิตร) | ปริมาณการใช้น้ำของพืช (ลิตร) | ปริมาณการใช้น้ำของพืช (มม) |
|---|---|---|---|---|
| 4/12/2012 | 30 | 4.5 | 25.5 | 26.83 |
| 5/12/2012 | 30 | 20 | 10 | 10.52 |
| 6/12/2012 | 30 | 26 | 4 | 4.21 |
| 7/12/2012 | 15 | 16 | -1 | -1.05 |
| 8/12/2012 | 15 | 13 | 2 | 2.10 |
| 9/12/2012 | 10 | 9.2 | 0.8 | 0.84 |
| 10/12/2012 | 10 | 8.2 | 1.8 | 1.89 |
| 11/12/2012 | 10 | 6.8 | 3.2 | 3.37 |
| 12/12/2012 | 5 | 7.2 | -2.2 | -2.31 |
| 13/12/2012 | 5 | 4.5 | 0.5 | 0.53 |
| 14/12/2012 | 5 | 4.1 | 0.9 | 0.95 |
| 15/12/2012 | 5 | 3.7 | 1.3 | 1.37 |
| 16/12/2012 | 5 | 3.2 | 1.8 | 1.89 |
| 17/12/2012 | 5 | 2.2 | 2.8 | 2.95 |
| 18/12/2012 | 5 | 2 | 3 | 3.16 |
| 19/12/2012 | 5 | 1.9 | 3.1 | 3.26 |
| 20/12/2012 | 5 | 1.8 | 3.2 | 3.37 |
| 21/12/2012 | 5 | 2 | 3 | 3.16 |
| 22/12/2012 | 5 | 1.9 | 3.1 | 3.26 |
| 23/12/2012 | 5 | 1.8 | 3.2 | 3.37 |
| 24/12/2012 | 5 | 1.8 | 3.2 | 3.37 |
| 25/12/2012 | 5 | 1.7 | 3.3 | 3.47 |
| 26/12/2012 | 5 | 1.7 | 3.3 | 3.47 |
| 27/12/2012 | 5 | 1.7 | 3.3 | 3.47 |
| 28/12/2012 | 5 | 1.5 | 3.5 | 3.68 |
| 29/12/2012 | 5 | 1.5 | 3.5 | 3.68 |
| 30/12/2012 | 5 | 1.2 | 3.8 | 4.00 |
| 31/12/2012 | 5 | 1 | 4 | 4.21 |
| 1/1/2013 | 5 | 0.8 | 4.2 | 4.42 |

**ตารางผนวกที่ 4(ต่อ)**

| ว/ด/ป | น้ำ (ลิตร) | น้ำที่ระบายออกจากถัง (ลิตร) | ปริมาณการใช้น้ำของพืช (ลิตร) | ปริมาณการใช้น้ำของพืช (มม) |
|---|---|---|---|---|
| 2/1/2013 | 5 | 0.6 | 4.4 | 4.63 |
| 3/1/2013 | 5 | 0.5 | 4.5 | 4.74 |
| 4/1/2013 | 5 | 0.5 | 4.5 | 4.74 |
| 5/1/2013 | 5 | 0.2 | 4.8 | 5.05 |
| 6/1/2013 | 5 | 0.2 | 4.8 | 5.05 |
| 7/1/2013 | 5 | 0.15 | 4.85 | 5.10 |
| 8/1/2013 | 5 | 0.1 | 4.9 | 5.16 |
| 9/1/2013 | 5 | 0.1 | 4.9 | 5.16 |
| 10/1/2013 | 5 | 0.1 | 4.9 | 5.16 |
| 11/1/2013 | 5 | 0.09 | 4.91 | 5.17 |
| 12/1/2013 | 5 | 0.01 | 4.99 | 5.25 |
| 13/1/2013 | 7 | 0 | 7 | 7.37 |
| 14/1/2013 | 10 | 0 | 10 | 10.52 |
| 15/1/2013 | 15 | 0 | 15 | 15.78 |
| 16/1/2013 | 20 | 0 | 20 | 21.05 |
| 17/1/2013 | 20 | 0.3 | 19.7 | 20.73 |
| 18/1/2013 | 20 | 1.2 | 18.8 | 19.78 |
| 19/1/2013 | 10 | 1 | 9 | 9.47 |
| 20/1/2013 | 10 | 2 | 8 | 8.42 |
| 21/1/2013 | 10 | 4 | 6 | 6.31 |

**ตารางผนวกที่** 5 สรุปการคำนวณปริมาณการใช้น้ำของแตงกวา จากถาดวัดการใช้น้ำของพืช(Lysimeter) แบบระบายน้ำถังที่ 3 ตั้งแต่วันที่ 26 มกราคม 2555 - วันที่ 16 มีนาคม 2556

| ว/ด/ป | น้ำ (ลิตร) | น้ำที่ระบายออกจากถัง (ลิตร) | ปริมาณการใช้น้ำของพืช (ลิตร) | ปริมาณการใช้น้ำของพืช (มม) |
|---|---|---|---|---|
| 26/1/2013 | 10 | 2.15 | 7.85 | 8.26 |
| 27/1/2013 | 10 | 2.15 | 7.85 | 8.26 |
| 28/1/2013 | 10 | 2.4 | 7.6 | 8.00 |
| 29/1/2013 | 10 | 3 | 7 | 7.37 |
| 30/1/2013 | 10 | 4.9 | 5.1 | 5.37 |
| 31/1/2013 | 10 | 4 | 6 | 6.31 |
| 1/2/2013 | 10 | 4.3 | 5.7 | 6.00 |
| 2/2/2013 | 10 | 4.8 | 5.2 | 5.47 |
| 3/2/2013 | 10 | 3 | 7 | 7.37 |
| 4/2/2013 | 10 | 4.3 | 5.7 | 6.00 |
| 5/2/2013 | 10 | 5.8 | 4.2 | 4.42 |
| 6/2/2013 | 10 | 6 | 4 | 4.21 |
| 7/2/2013 | 10 | 6.1 | 3.9 | 4.10 |
| 8/2/2013 | 10 | 6.2 | 3.8 | 4.00 |
| 9/2/2013 | 10 | 14.5 | -4.5 | -4.74 |
| 10/2/2013 | 10 | 12 | -2 | -2.10 |
| 11/2/2013 | 10 | 5.9 | 4.1 | 4.31 |
| 12/2/2013 | 10 | 6 | 4 | 4.21 |
| 13/2/2013 | 10 | 4 | 6 | 6.31 |
| 14/2/2013 | 10 | 3.2 | 6.8 | 7.16 |
| 15/2/2013 | 10 | 3.2 | 6.8 | 7.16 |
| 16/2/2013 | 10 | 4.1 | 5.9 | 6.21 |
| 17/2/2013 | 10 | 5 | 5 | 5.26 |
| 18/2/2013 | 10 | 5.1 | 4.9 | 5.16 |
| 19/2/2013 | 10 | 5.1 | 4.9 | 5.16 |
| 20/2/2013 | 10 | 6.4 | 3.6 | 3.79 |
| 21/2/2013 | 10 | 6 | 4 | 4.21 |
| 22/2/2013 | 10 | 5.5 | 4.5 | 4.74 |
| 23/2/2013 | 10 | 3.9 | 6.1 | 6.42 |

**ตารางผนวกที่ 5(ต่อ)**

| ว/ด/ป | น้ำ (ลิตร) | น้ำที่ระบายออกจากถัง (ลิตร) | ปริมาณการใช้น้ำของพืช (ลิตร) | ปริมาณการใช้น้ำของพืช (มม) |
|---|---|---|---|---|
| 24/2/2013 | 10 | 3.1 | 6.9 | 7.26 |
| 25/2/2013 | 10 | 3 | 7 | 7.37 |
| 26/2/2013 | 10 | 5 | 5 | 5.26 |
| 27/2/2013 | 10 | 5.1 | 4.9 | 5.16 |
| 28/2/2013 | 10 | 5 | 5 | 5.26 |
| 1/3/2013 | 10 | 5.1 | 4.9 | 5.16 |
| 2/3/2013 | 10 | 5.2 | 4.8 | 5.05 |
| 3/3/2013 | 10 | 5 | 5 | 5.26 |
| 4/3/2013 | 10 | 5 | 5 | 5.26 |
| 5/3/2013 | 10 | 2 | 8 | 8.42 |
| 6/3/2013 | 10 | 5 | 5 | 5.26 |
| 7/3/2013 | 10 | 5 | 5 | 5.26 |
| 8/3/2013 | 10 | 4.9 | 5.1 | 5.37 |
| 9/3/2013 | 10 | 3.8 | 6.2 | 6.52 |
| 10/3/2013 | 10 | 6 | 4 | 4.21 |
| 11/3/2013 | 10 | 6.5 | 3.5 | 3.68 |
| 12/3/2013 | 10 | 5.3 | 4.7 | 4.95 |
| 13/3/2013 | 10 | 5 | 5 | 5.26 |
| 14/3/2013 | 10 | 5 | 5 | 5.26 |
| 15/3/2013 | 10 | 4.5 | 5.5 | 5.79 |
| 16/3/2013 | 10 | 5 | 5 | 5.26 |

**ตารางผนวกที่** 6 สรุปการคำนวณปริมาณการใช้น้ำของแตงกวา จากถาดวัดการใช้น้ำของพืช(Lysimeter) แบบระบายน้ำถังที่ 4 ตั้งแต่วันที่ 26 มกราคม 2555 - วันที่ 16 มีนาคม 2556

| ว/ด/ป | น้ำ (ลิตร) | น้ำที่ระบายออกจากถัง (ลิตร) | ปริมาณการใช้น้ำของพืช (ลิตร) | ปริมาณการใช้น้ำของพืช (มม) |
|---|---|---|---|---|
| 26/1/2013 | 10 | 1.95 | 8.05 | 8.47 |
| 27/1/2013 | 10 | 0.5 | 9.5 | 10.00 |
| 28/1/2013 | 10 | 1.6 | 8.4 | 8.84 |
| 29/1/2013 | 10 | 2.75 | 7.25 | 7.63 |
| 30/1/2013 | 10 | 4.8 | 5.2 | 5.47 |
| 31/1/2013 | 10 | 3.6 | 6.4 | 6.73 |
| 1/2/2013 | 10 | 3.3 | 6.7 | 7.05 |
| 2/2/2013 | 10 | 4.2 | 5.8 | 6.10 |
| 3/2/2013 | 10 | 4 | 6 | 6.31 |
| 4/2/2013 | 10 | 3.9 | 6.1 | 6.42 |
| 5/2/2013 | 10 | 5.4 | 4.6 | 4.84 |
| 6/2/2013 | 10 | 5.5 | 4.5 | 4.74 |
| 7/2/2013 | 10 | 5.8 | 4.2 | 4.42 |
| 8/2/2013 | 10 | 5.9 | 4.1 | 4.31 |
| 9/2/2013 | 10 | 10.5 | -0.5 | -0.53 |
| 10/2/2013 | 10 | 14.5 | -4.5 | -4.74 |
| 11/2/2013 | 10 | 5 | 5 | 5.26 |
| 12/2/2013 | 10 | 6.2 | 3.8 | 4.00 |
| 13/2/2013 | 10 | 3.5 | 6.5 | 6.84 |
| 14/2/2013 | 10 | 3 | 7 | 7.37 |
| 15/2/2013 | 10 | 2.9 | 7.1 | 7.47 |
| 16/2/2013 | 10 | 2.9 | 7.1 | 7.47 |
| 17/2/2013 | 10 | 3.8 | 6.2 | 6.52 |
| 18/2/2013 | 10 | 2.6 | 7.4 | 7.79 |
| 19/2/2013 | 10 | 3 | 7 | 7.37 |
| 20/2/2013 | 10 | 3.6 | 6.4 | 6.73 |
| 21/2/2013 | 10 | 3.5 | 6.5 | 6.84 |
| 22/2/2013 | 10 | 3.8 | 6.2 | 6.52 |
| 23/2/2013 | 10 | 2.8 | 7.2 | 7.58 |

**ตารางผนวกที่ 6(ต่อ)**

| ว/ด/ป | น้ำ (ลิตร) | น้ำที่ระบายออกจากถัง (ลิตร) | ปริมาณการใช้น้ำของพืช (ลิตร) | ปริมาณการใช้น้ำของพืช (มม) |
|---|---|---|---|---|
| 24/2/2013 | 10 | 2 | 8 | 8.42 |
| 25/2/2013 | 10 | 1.9 | 8.1 | 8.52 |
| 26/2/2013 | 10 | 1 | 9 | 9.47 |
| 27/2/2013 | 10 | 1 | 9 | 9.47 |
| 28/2/2013 | 10 | 1.1 | 8.9 | 9.37 |
| 1/3/2013 | 10 | 0.9 | 9.1 | 9.58 |
| 2/3/2013 | 10 | 0.7 | 9.3 | 9.79 |
| 3/3/2013 | 10 | 0.3 | 9.7 | 10.21 |
| 4/3/2013 | 10 | 0.5 | 9.5 | 10.00 |
| 5/3/2013 | 10 | 0.5 | 9.5 | 10.00 |
| 6/3/2013 | 10 | 0.5 | 9.5 | 10.00 |
| 7/3/2013 | 10 | 0.3 | 9.7 | 10.21 |
| 8/3/2013 | 10 | 0.5 | 9.5 | 10.00 |
| 9/3/2013 | 10 | 0.1 | 9.9 | 10.42 |
| 10/3/2013 | 10 | 0.3 | 9.7 | 10.21 |
| 11/3/2013 | 10 | 0.5 | 9.5 | 10.00 |
| 12/3/2013 | 10 | 0.3 | 9.7 | 10.21 |
| 13/3/2013 | 10 | 0.5 | 9.5 | 10.00 |
| 14/3/2013 | 10 | 0.6 | 9.4 | 9.89 |
| 15/3/2013 | 10 | 0.5 | 9.5 | 10.00 |
| 16/3/2013 | 10 | 0.5 | 9.5 | 10.00 |

# ภาคผนวก ง.

## ข้อมูลปริมาณการระเหยของถาดวัดการระเหย

## ณ แปลงทดลองภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน

**ตารางแผนวกที่** 7 ข้อมูลปริมาณการระเหยจากถาดวัดการระเหย Class-A-pan ตั้งแต่วันที่ 4ธันวาคม 2555 - วันที่ 21 มกราคม 2556

| ว/ด/ป | เวลา | ถาดวัด (นิ้ว) | | ถาดวัด (นิ้ว) | | ผลต่าง | ผลต่าง |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | เติม | เก็บ | เติม | เก็บ | (นิ้ว) | (มม.) |
| | | 2.698 | 0.000 | | | | |
| 26/1/2013 | 17.12 | | 2.583 | 2.698 | 0.115 | 0.115 | 2.921 |
| 27/1/2013 | 16.50 | | 2.482 | | 0.101 | 0.101 | 2.565 |
| 28/1/2013 | 16.44 | | 2.356 | | 0.126 | 0.126 | 3.200 |
| 29/1/2013 | 17.20 | | 2.217 | | 0.139 | 0.139 | 3.531 |
| 30/1/2013 | 17.15 | | 2.132 | | 0.085 | 0.085 | 2.159 |
| 31/1/2013 | 17.30 | | 1.984 | | 0.148 | 0.148 | 3.759 |
| 1/2/2013 | 17.32 | | 1.902 | | 0.082 | 0.082 | 2.083 |
| 2/2/2013 | 16.55 | 2.782 | 1.783 | | 0.119 | 0.119 | 3.023 |
| 3/2/2013 | 16.57 | | 2.693 | 0.999 | 0.089 | 0.089 | 2.261 |
| 4/2/2013 | 16.30 | | 2.560 | | 0.133 | 0.133 | 3.378 |
| 5/2/2013 | 17.25 | | 2.415 | | 0.145 | 0.145 | 3.683 |
| 6/2/2013 | 17.11 | | 2.261 | | 0.154 | 0.154 | 3.912 |
| 7/2/2013 | 17.17 | | 2.089 | | 0.172 | 0.172 | 4.369 |
| 8/2/2013 | 17.15 | | 1.896 | | 0.193 | 0.193 | 4.902 |
| 9/2/2013 | 16.53 | | 1.789 | | 0.107 | 0.107 | 2.718 |
| 10/2/2013 | 16.50 | 3.291 | 1.624 | | 0.165 | 0.165 | 4.191 |
| 11/2/2013 | 17.00 | | 3.182 | 1.667 | 0.109 | 0.109 | 2.769 |
| 12/2/2013 | 17.05 | | 3.036 | | 0.146 | 0.146 | 3.708 |
| 13/2/2013 | 16.45 | | 2.901 | | 0.135 | 0.135 | 3.429 |
| 14/2/2013 | 17.31 | | 2.687 | | 0.214 | 0.214 | 5.436 |
| 15/2/2013 | 17.25 | | 2.525 | | 0.162 | 0.162 | 4.115 |
| 16/2/2013 | 17.00 | | 2.383 | | 0.142 | 0.142 | 3.607 |
| 17/2/2013 | 16.50 | | 2.268 | | 0.115 | 0.115 | 2.921 |
| 18/2/2013 | 16.35 | 2.988 | 2.110 | | 0.158 | 0.158 | 4.013 |
| 19/2/2013 | 17.27 | | 2.860 | 0.878 | 0.128 | 0.128 | 3.251 |
| 20/2/2013 | 17.10 | | 2.702 | | 0.158 | 0.158 | 4.013 |
| 21/2/2013 | 17.25 | | 2.538 | | 0.164 | 0.164 | 4.166 |
| 22/2/2013 | 17.15 | | 2.398 | | 0.140 | 0.140 | 3.556 |

**ตารางแผนวกที่ 7 (ต่อ)**

| ว/ด/ป | เวลา | ถาดวัด (นิ้ว) | | ถาดวัด (นิ้ว) | | ผลต่าง | ผลต่าง |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | เติม | เก็บ | | | | |
| 1/1/2013 | 17.24 | | 2.267 | | 0.131 | 0.131 | 3.33 |
| 2/1/2013 | 17.20 | | 2.100 | | 0.167 | 0.167 | 4.24 |
| 3/1/2013 | 17.15 | | 1.935 | | 0.165 | 0.165 | 4.19 |
| 4/1/2013 | 17.20 | 2.484 | 1.797 | | 0.138 | 0.138 | 3.51 |
| 5/1/2013 | 16.50 | | 2.346 | 0.69 | 0.138 | 0.138 | 3.51 |
| 6/1/2013 | 16.55 | | 2.224 | | 0.122 | 0.122 | 3.10 |
| 7/1/2013 | 17.10 | | 2.075 | | 0.149 | 0.149 | 3.78 |
| 8/1/2013 | 17.15 | | 1.898 | | 0.177 | 0.177 | 4.50 |
| 9/1/2013 | 16.55 | | 1.733 | | 0.165 | 0.165 | 4.19 |
| 10/1/2013 | 17.30 | | 1.596 | | 0.137 | 0.137 | 3.48 |
| 11/1/2013 | 17.22 | | 1.415 | | 0.181 | 0.181 | 4.60 |
| 12/1/2013 | 17.28 | 3.172 | 1.258 | | 0.157 | 0.157 | 3.99 |
| 13/1/2013 | 16.57 | | 2.983 | 1.91 | 0.189 | 0.189 | 4.80 |
| 14/1/2013 | 17.10 | | 2.786 | | 0.197 | 0.197 | 5.00 |
| 15/1/2013 | 17.25 | | 2.629 | | 0.157 | 0.157 | 3.99 |
| 16/1/2013 | 17.05 | | 2.511 | | 0.118 | 0.118 | 3.00 |
| 17/1/2013 | 16.57 | | 2.295 | | 0.216 | 0.216 | 5.49 |
| 18/1/2013 | 17.32 | | 2.091 | | 0.204 | 0.204 | 5.18 |
| 19/1/2013 | 16.45 | | 1.973 | | 0.118 | 0.118 | 3.00 |
| 20/1/2013 | 16.47 | 2.322 | 1.808 | 0.51 | 0.165 | 0.165 | 4.19 |
| 21/1/2013 | 16.50 | | 2.171 | | 0.151 | 0.15 | 3.84 |

**ตารางแผนวกที่ 8**ข้อมูลปริมาณการระเหยจากถาดวัดการระเหย Class-A-pan ตั้งแต่วันที่ 26 มกราคม 2556 - วันที่ 16 มีนาคม 2556

| ว/ด/ป | เวลา | ถาดวัด (นิ้ว) | | ถาดวัด (นิ้ว) | | ผลต่าง | ผลต่าง |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | เติม | เก็บ | เติม | เก็บ | (นิ้ว) | (มม.) |
| | | 3.172 | 0.000 | | | | |
| 26/1/2013 | 17.05 | | 2.948 | 3.172 | 0.224 | 0.224 | 5.678 |
| 27/1/2013 | 16.50 | | 2.778 | | 0.170 | 0.170 | 4.325 |
| 28/1/2013 | 16.45 | | 2.652 | | 0.127 | 0.127 | 3.217 |
| 29/1/2013 | 17.03 | | 2.480 | | 0.171 | 0.171 | 4.345 |
| 30/1/2013 | 17.20 | | 2.362 | | 0.118 | 0.118 | 3.001 |
| 31/1/2013 | 17.00 | | 2.246 | | 0.116 | 0.116 | 2.944 |
| 1/2/2013 | 17.10 | | 2.068 | | 0.178 | 0.178 | 4.533 |
| 2/2/2013 | 16.43 | 2.330 | 1.937 | | 0.131 | 0.131 | 3.333 |
| 3/2/2013 | 16.55 | | 2.240 | 0.393 | 0.090 | 0.090 | 2.274 |
| 4/2/2013 | 16.39 | | 2.005 | | 0.235 | 0.235 | 5.980 |
| 5/2/2013 | 16.40 | | 1.860 | | 0.145 | 0.145 | 3.684 |
| 6/2/2013 | 17.20 | | 1.725 | | 0.135 | 0.135 | 3.441 |
| 7/2/2013 | 17.15 | | 1.520 | | 0.205 | 0.205 | 5.200 |
| 8/2/2013 | 17.30 | | 1.357 | | 0.163 | 0.163 | 4.146 |
| 9/2/2013 | 16.45 | | FULL | | FULL | FULL | FULL |
| 10/2/2013 | 16.00 | 3.450 | 3.450 | | FULL | FULL | FULL |
| 11/2/2013 | 40.00 | | 3.341 | 0.000 | 0.109 | 0.109 | 2.777 |
| 12/2/2013 | 17.00 | | 3.161 | | 0.179 | 0.179 | 4.556 |
| 13/2/2013 | 17.15 | | 2.963 | | 0.198 | 0.198 | 5.026 |
| 14/2/2013 | 17.05 | | 2.863 | | 0.101 | 0.101 | 2.556 |
| 15/2/2013 | 17.21 | | 2.751 | | 0.112 | 0.112 | 2.850 |
| 16/2/2013 | 17.32 | | 2.536 | | 0.215 | 0.215 | 5.450 |
| 17/2/2013 | 16.55 | | 2.398 | | 0.138 | 0.138 | 3.509 |
| 18/2/2013 | 16.57 | 2.976 | 2.267 | | 0.131 | 0.131 | 3.334 |
| 19/2/2013 | 17.30 | | 2.761 | 0.709 | 0.215 | 0.215 | 5.459 |
| 20/2/2013 | 17.20 | | 2.630 | | 0.131 | 0.131 | 3.333 |
| 21/2/2013 | 16.30 | | 2.522 | | 0.108 | 0.108 | 2.746 |
| 22/2/2013 | 17.25 | | 2.264 | | 0.258 | 0.258 | 6.544 |

**ตารางผนวกที่8 (ต่อ)**

| ว/ด/ป | เวลา | ถาดวัด (นิ้ว) | | ถาดวัด (นิ้ว) | | ผลต่าง | ผลต่าง |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | เติม | เก็บ | เติม | เก็บ | (นิ้ว) | (มม.) |
| 23/2/2013 | 17.11 | | 2.028 | | 0.236 | 0.236 | 6.002 |
| 24/2/2013 | 17.17 | | 1.862 | | 0.165 | 0.165 | 4.200 |
| 25/2/2013 | 17.15 | | 1.661 | | 0.202 | 0.202 | 5.122 |
| 26/2/2013 | 16.53 | 2.540 | 1.425 | | 0.236 | 0.236 | 5.993 |
| 27/2/2013 | 16.50 | | 2.352 | 1.12 | 0.188 | 0.188 | 4.785 |
| 28/2/2013 | 17.00 | | 2.134 | | 0.218 | 0.218 | 5.532 |
| 1/3/2013 | 17.05 | | 1.938 | | 0.195 | 0.195 | 4.965 |
| 2/3/2013 | 16.45 | | 1.761 | | 0.177 | 0.177 | 4.500 |
| 3/3/2013 | 17.31 | | 1.621 | | 0.140 | 0.140 | 3.567 |
| 4/3/2013 | 17.15 | | 1.504 | | 0.117 | 0.117 | 2.960 |
| 5/3/2013 | 17.14 | | 1.323 | | 0.181 | 0.181 | 4.600 |
| 6/3/2013 | 16.55 | 2.873 | 1.114 | | 0.210 | 0.210 | 5.324 |
| 7/3/2013 | 16.37 | | 2.693 | | 0.180 | 0.180 | 4.567 |
| 8/3/2013 | 16.30 | | 2.470 | | 0.224 | 0.224 | 5.678 |
| 9/3/2013 | 17.32 | | 2.338 | | 0.131 | 0.131 | 3.332 |
| 10/3/2013 | 16.53 | | 2.032 | | 0.306 | 0.306 | 7.778 |
| 11/3/2013 | 17.00 | | 1.835 | | 0.197 | 0.197 | 5.002 |
| 12/3/2013 | 17.05 | | 1.551 | | 0.284 | 0.284 | 7.221 |
| 13/3/2013 | 16.45 | | 1.289 | | 0.262 | 0.262 | 6.667 |
| 14/3/2013 | 17.31 | 1.657 | 1.070 | | 0.219 | 0.219 | 5.554 |
| 15/3/2013 | 17.35 | | 1.438 | 0.587 | 0.219 | 0.219 | 5.567 |
| 16/3/2013 | 17.25 | | 1.248 | | 0.190 | 0.190 | 4.834 |

# ภาคผนวก จ.

## ข้อมูลจากสถานีอุตุนิยมวิยานครปฐม

## เดือนธันวาคม 2555 ถึง เดือนมีนาคม 2556

**ตารางผนวกที่ 9**ข้อมูลจากสถานีอุตุนิยมวิทยานครปฐม ธันวาคม 2555

| Date | Air Temperature(oC) | | | Humidity (%) | | Rain | Evap. | Cloud | Sun. | Wind km./hr. | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Max. | Min. | G.min. | Max. | Min. | (mm.) | (mm.) | (%) | (hrs.) | Spd. | Dir. |
| 1 | 32 | 22.5 | 21.6 | 96 | 64 | T | 1.2 | 71 | 4.8 | 1.1 | E |
| 2 | 33.2 | 23.1 | 22.2 | 95 | 56 | 0 | 3.1 | 34 | 7.6 | 0 | C |
| 3 | 33.6 | 22.5 | 21.4 | 97 | 58 | 0 | 3.5 | 26 | 8.8 | 0.4 | WNW |
| 4 | 34.1 | 23 | 22.1 | 96 | 56 | 0 | 2.8 | 19 | 7.1 | 0 | C |
| 5 | 33.5 | 23.1 | 21.9 | 95 | 58 | 0 | 3.6 | 28 | 7.3 | 0.4 | SW |
| 6 | 33.6 | 22.9 | 22 | 97 | 59 | 0 | 3.1 | 35 | 7.6 | 0.4 | E |
| 7 | 34.4 | 22 | 20.6 | 97 | 52 | 0 | 3.7 | 10 | 9.2 | 1.4 | SE |
| 8 | 33.5 | 21 | 19.6 | 97 | 55 | 0 | 2 | 8 | 9.2 | 0.4 | E |
| 9 | 33.6 | 20.7 | 19.8 | 98 | 54 | 0 | 3.7 | 11 | 8.2 | 0.4 | SSW |
| 10 | 33 | 21.4 | 20 | 98 | 54 | 0 | 1.9 | 31 | 7.8 | 0 | C |
| 11 | 33.6 | 21.8 | 20.4 | 98 | 57 | 0 | 3.3 | 15 | 8.2 | 0 | C |
| 12 | 32.3 | 22.6 | 21.2 | 98 | 61 | 0 | 2.1 | 83 | 6.2 | 0 | C |
| 13 | 31.3 | 22.4 | 20.7 | 96 | 56 | 0 | 3.2 | 1 | 8.8 | 2.2 | N |
| 14 | 32.5 | 20 | 19 | 97 | 54 | 0 | 3.6 | 24 | 9.1 | 3.2 | NE |
| 15 | 32.5 | 21.2 | 20.1 | 96 | 60 | 0 | 3.7 | 48 | 6.2 | 1.8 | NE |
| 16 | 33.7 | 22.4 | 20.5 | 98 | 50 | 0 | 4.7 | 13 | 9 | 3.6 | NE |
| 17 | 33 | 21 | 18.8 | 98 | 58 | 0 | 4.8 | 30 | 8.3 | 1.1 | NNE |
| 18 | 33.9 | 21 | 19 | 98 | 51 | 0 | 2.6 | 0 | 8.8 | 2.2 | N |
| 19 | 33.5 | 21.5 | 20.2 | 96 | 58 | 0 | 4.3 | 10 | 8.1 | 1.4 | ENE |
| 20 | 33.2 | 22 | 19.6 | 96 | 54 | 0 | 2.6 | 11 | 8.6 | 1.8 | NE |
| 21 | 34 | 21.5 | 18.5 | 95 | 48 | 0 | 3.8 | 19 | 8.5 | 1.4 | N |
| 22 | 33.4 | 20.2 | 18.2 | 96 | 53 | 0 | 3.4 | 20 | 7.9 | 3.2 | NNE |
| 23 | 33 | 22.9 | 20.6 | 95 | 58 | 0 | 5.7 | 39 | 8.8 | 4.7 | E |
| 24 | 27.7 | 21 | 20.1 | 92 | 60 | 0 | 3.7 | 56 | 7.7 | 6.8 | N |
| 25 | 29 | 18.4 | 16.2 | 96 | 56 | 0 | 3.9 | 56 | 8.5 | 5 | N |
| 26 | 30.5 | 21.5 | 20.1 | 96 | 56 | 0 | 2.9 | 68 | 6.1 | 4 | NE |
| 27 | 31.9 | 20.8 | 18.5 | 97 | 56 | 0 | 4 | 21 | 8.8 | 3.6 | N |
| 28 | 32.7 | 20 | 17.7 | 98 | 55 | 0 | 3 | 19 | 8.8 | 3.6 | N |
| 29 | 33.3 | 20.1 | 17.8 | 98 | 52 | 0 | 4.2 | 4 | 9 | 2.9 | NNE |
| 30 | 32.1 | 20.6 | 18.9 | 96 | 61 | 0 | 3.9 | 53 | 5 | 2.9 | N |
| 31 | 31.9 | 20.8 | 19 | 96 | 60 | 0 | 3.4 | 48 | 9 | 3.2 | N |
| Total | 1013.5 | 665.9 | 616.3 | 2992 | 1740 | T | 105.4 | 911 | 247 | 63.1 | |
| Mean | 32.694 | 21.481 | 19.881 | 96.516 | 56.129 | T | 3.4 | 29.387 | 7.9677 | 2.0355 | N |

T = Trace of rainfall less than 0.1 millimetre

**ตารางผนวกที่** 10ข้อมูลจากสถานีอุตุนิยมวิทยานครปฐม มกราคม 2556

| Date | Air Temperature(oC) | | | Humidity (%) | | Rain | Evap. | Cloud | Sun. | Wind km./hr. | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Max. | Min. | G.min. | Max. | Min. | (mm.) | (mm.) | (%) | (hrs.) | Spd. | Dir. |
| 1 | 28.5 | 17.4 | 16 | 98 | 57 | 0 | 2.6 | 43 | 9 | 1.8 | N |
| 2 | 31.1 | 17.1 | 14.9 | 98 | 51 | 0 | 4.6 | 9 | 9.1 | 1.8 | NE |
| 3 | 32.8 | 18.5 | 16.3 | 97 | 47 | 0 | 4.1 | 21 | 9.7 | 0 | C |
| 4 | 31 | 19 | 18.5 | 96 | 58 | 0 | 1.6 | 36 | 7.4 | 1.8 | NE |
| 5 | 31.6 | 17.7 | 15.5 | 96 | 44 | 0 | 3.3 | 15 | 9 | 1.4 | NNE |
| 6 | 33.2 | 17.3 | 15.1 | 96 | 46 | 0 | 2.4 | 46 | 9 | 0 | C |
| 7 | 32.4 | 16.9 | 14.6 | 97 | 46 | 0 | 4.3 | 31 | 9.3 | 2.2 | NE |
| 8 | 33.5 | 18 | 18 | 96 | 43 | 0 | 4.8 | 1 | 9.3 | 1.1 | E |
| 9 | 33.1 | 18.6 | 17.2 | 96 | 45 | 0 | 4.0 | 0 | 9.3 | 1.4 | NNW |
| 10 | 34.3 | 18.1 | 15 | 96 | 40 | 0 | 3.1 | 3 | 9.4 | 0.4 | NW |
| 11 | 33.9 | 19 | 16.6 | 97 | 53 | 0 | 4.5 | 15 | 8.4 | 1.1 | NE |
| 12 | 34.5 | 21.5 | 18.6 | 96 | 29 | 0 | 4.2 | 5 | 9.1 | 0.4 | ESE |
| 13 | 33 | 17.1 | 12.6 | 96 | 38 | 0 | 5.9 | 0 | 9.5 | 3.2 | S |
| 14 | 32.1 | 17.8 | 14.4 | 95 | 33 | 0 | 5.1 | 0 | 9.5 | 2.2 | WNW |
| 15 | 33 | 16.5 | 15 | 97 | 40 | 0 | 4.2 | 5 | 9.4 | 1.4 | E |
| 16 | 31.8 | 20.3 | 18.5 | 96 | 57 | 0 | 2.0 | 8 | 9.3 | 1.8 | NE |
| 17 | 31.6 | 22 | 18.6 | 95 | 44 | 0 | 6.5 | 28 | 9.3 | 3.2 | E |
| 18 | 31 | 21.4 | 18.4 | 70 | 45 | 0 | 6.0 | 11 | 9.5 | 7.2 | ENE |
| 19 | 29 | 16.5 | 13.5 | 97 | 54 | 0 | 2.2 | 0 | 9.3 | 2.9 | N |
| 20 | 30.7 | 16.2 | 13.3 | 97 | 39 | 0 | 4.3 | 0 | 9.1 | 2.2 | NNW |
| 21 | 32.6 | 17.5 | 15.2 | 97 | 44 | 0 | 3 | 0 | 9.1 | 0.4 | NNW |
| 22 | 33.4 | 17.6 | 16.5 | 98 | 40 | 0 | 2.9 | 1 | 8.9 | 2.2 | N |
| 23 | 34.5 | 20.2 | 18.1 | 96 | 48 | 0 | 3.3 | 0 | 7.8 | 0 | C |
| 24 | 34.5 | 21.6 | 19.5 | 96 | 53 | 0 | 2.5 | 0 | 8.5 | 0 | C |
| 25 | 34.4 | 23.6 | 21.3 | 95 | 55 | 0 | 2.2 | 21 | 8.7 | 3.6 | S |
| 26 | 33.1 | 23.5 | 21.5 | 95 | 60 | 0 | 5.6 | 48 | 8.5 | 4 | SE |
| 27 | 33.3 | 22.2 | 20.5 | 96 | 56 | 0 | 4 | 20 | 9 | 0 | C |
| 28 | 29.7 | 23.1 | 21.1 | 95 | 66 | T | 0.8 | 85 | 2.4 | 2.2 | SE |
| 29 | 30 | 22.1 | 20.7 | 95 | 62 | 0 | 4.4 | 61 | 3.8 | 2.9 | NNE |
| 30 | 31.2 | 21.3 | 21 | 95 | 58 | 0 | 2.7 | 61 | 5.4 | 1.4 | E |
| 31 | 32.9 | 21.8 | 20.2 | 95 | 54 | T | 2.6 | 44 | 7.5 | 3.6 | E |
| Total | 1001.7 | 601.4 | 536.2 | 2955 | 1505 | T | 113.7 | 618 | 262.5 | 57.8 | |
| Mean | 32.313 | 19.4 | 17.297 | 95.323 | 48.548 | T | 3.6677 | 19.935 | 8.4677 | 1.8645 | NE,E |

T = Trace of rainfall less than 0.1 millimetre

**ตารางผนวกที่** 11ข้อมูลจากสถานีอุตุนิยมวิทยานครปฐม กุมภาพันธ์ 2556

| Date | Air Temperature(oC) | | | Humidity (%) | | Rain | Evap. | Cloud | Sun. | Wind km./hr. | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Max. | Min. | G.min. | Max. | Min. | (mm.) | (mm.) | (%) | (hrs.) | Spd. | Dir. |
| 1 | 30.7 | 21.6 | 20.8 | 94 | 63 | 0 | 4.3 | 38 | 7.7 | 4.7 | N |
| 2 | 32 | 22.1 | 21 | 95 | 64 | 0 | 3.3 | 51 | 3.2 | 1.1 | NE |
| 3 | 31.3 | 23.2 | 22.2 | 95 | 58 | 0 | 1.8 | 70 | 4.7 | 4 | N |
| 4 | 33.5 | 22.5 | 21 | 95 | 52 | 0 | 5.9 | 33 | 9.7 | 4 | NNE |
| 5 | 33.7 | 21 | 20.8 | 97 | 55 | 0 | 3 | 16 | 7.7 | 0 | C |
| 6 | 35.5 | 23 | 20.8 | 96 | 48 | 0 | 2.6 | 8 | 9.1 | 1.4 | SE |
| 7 | 36.2 | 22.5 | 20.4 | 95 | 44 | 0 | 5 | 1 | 9.3 | 1.8 | E |
| 8 | 35 | 23.5 | 21 | 96 | 57 | 0 | 3.9 | 24 | 8.3 | 2.9 | SE |
| 9 | 35.5 | 24.2 | 22.5 | 95 | 53 | 12.9 | FULL | 39 | 6.2 | 1.8 | E |
| 10 | 31.1 | 23.5 | 23 | 95 | 71 | T | 0.9 | 80 | 3 | 1.4 | NNE |
| 11 | 33.4 | 23 | 21.5 | 96 | 55 | 0 | 2.7 | 4 | 9.1 | 0 | C |
| 12 | 34.2 | 22.6 | 20.9 | 95 | 49 | 0 | 4.5 | 5 | 9.4 | 1.8 | E |
| 13 | 34.2 | 22.2 | 20.7 | 95 | 57 | 0 | 5.1 | 4 | 8.8 | 3.6 | NNE |
| 14 | 34.2 | 20.9 | 19.7 | 94 | 53 | 0 | 2.6 | 1 | 9.2 | 6.5 | NE |
| 15 | 35.2 | 20.6 | 18.5 | 95 | 42 | 0 | 2.7 | 0 | 8.5 | 2.2 | N |
| 16 | 33.5 | 23.5 | 21.1 | 94 | 57 | 0 | 5.3 | 13 | 8.2 | 4.7 | E |
| 17 | 35 | 22.9 | 23 | 94 | 57 | 0 | 3.5 | 0 | 9.2 | 0 | C |
| 18 | 35.7 | 23.7 | 23 | 94 | 50 | 0 | 3.3 | 30 | 8.8 | 1.8 | E |
| 19 | 35.2 | 23.7 | 22.9 | 96 | 39 | 0 | 5.4 | 25 | 5.5 | 5 | S |
| 20 | 36.5 | 22.6 | 20 | 94 | 45 | 0 | 3.3 | 4 | 9.9 | 0 | C |
| 21 | - | 23.9 | 21.6 | 95 | 61 | 0 | 2.5 | 67 | 3.5 | 3.6 | NNE |
| 22 | 32.5 | 22.5 | 20.9 | 96 | 53 | 0 | 8.1 | 30 | 7.4 | 5 | N |
| 23 | 30.6 | 22.5 | 21.5 | 87 | 54 | 0 | 5.9 | 46 | 9 | 5 | N |
| 24 | 31.5 | 21.6 | 19.3 | 91 | 53 | T | 4.1 | 68 | 4.2 | 1.8 | N |
| 25 | 34.8 | 22 | 20 | 94 | 48 | 0 | 5 | 38 | 9.6 | 3.2 | N |
| 26 | 36.8 | 23.5 | 21 | 96 | 47 | 0 | 6 | 25 | 9.7 | 0 | C |
| 27 | 36.6 | 24 | 21.1 | 95 | 52 | 0 | 4.9 | 7 | 9.5 | 3.2 | SE |
| 28 | 36.6 | 24.5 | 21.9 | 95 | 52 | 0 | 5.5 | 11 | 10 | 3.2 | SE |
| Total | 1013.5 | 665.9 | 616.3 | 2992 | 1740 | T | 105.4 | 911 | 247 | 63.1 | |
| Mean | 32.694 | 21.481 | 19.881 | 96.516 | 56.129 | T | 3.4 | 29.387 | 7.9677 | 2.0355 | N |

T = Trace of rainfall less than 0.1 millimetre

**ตารางผนวกที่** 12ข้อมูลจากสถานีอุตุนิยมวิทยานครปฐม มีนาคม 2556

| Date | Air Temperature(oC) | | | Humidity (%) | | Rain | Evap. | Cloud | Sun. | Wind km./hr. | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Max. | Min. | G.min. | Max. | Min. | (mm.) | (mm.) | (%) | (hrs.) | Spd. | Dir. |
| 1 | 35.6 | 24.5 | 22.2 | 96 | 54 | 0 | 5.0 | 1 | 10.7 | 4.7 | SSE |
| 2 | 36.2 | 23.4 | 20 | 96 | 52 | 0 | 4.5 | 8 | - | 4 | SSE |
| 3 | 33.7 | 23.2 | 21.6 | 96 | 61 | 0.3 | 3.6 | 45 | 4.5 | 6.8 | ESE |
| 4 | 28.6 | 23 | 21.2 | 94 | 76 | T | 2.2 | 0 | 0 | 0.4 | E |
| 5 | 30.5 | 21.6 | 21.1 | 90 | 56 | 0 | 3.3 | 25 | 5.3 | 5.8 | NNW |
| 6 | 32.6 | 20.5 | 18 | 94 | 50 | 0 | 5.3 | 1 | 9.7 | 3.2 | NNE |
| 7 | 34.9 | 20 | 17.6 | 97 | 43 | 0 | 5.7 | 0 | 9.5 | 0 | C |
| 8 | 34 | 22.1 | 20 | 94 | 59 | T | 5.5 | 33 | 1.7 | 3.2 | NNE |
| 9 | 35.8 | 23.3 | 20.6 | 96 | 52 | 0.1 | 2.9 | 38 | 6.5 | 3.2 | S |
| 10 | 36.3 | 23.3 | 21 | 94 | 35 | 0 | 7.9 | 0 | 9.5 | 0 | C |
| 11 | 36.5 | 24.1 | 21 | 95 | 51 | 0 | 4.0 | 33 | 2.7 | 2.2 | SSE |
| 12 | 37.5 | 23.5 | 20.7 | 96 | 26 | 0 | 7.0 | 9 | 9.7 | 3.6 | ESE |
| 13 | 37.6 | 22 | 19.5 | 97 | 28 | 0 | 6.5 | 1 | 10.2 | 2.9 | SW |
| 14 | 36.2 | 21.7 | 18 | 96 | 48 | 0 | 5.3 | 17 | 9.8 | 2.9 | E |
| 15 | 36.1 | 23.9 | 21.6 | 96 | 51 | 0 | 7.5 | 24 | 9 | 5 | S |
| 16 | 36.6 | 23.5 | 22.5 | 95 | 52 | 0 | 4.7 | 11 | 9.5 | 3.6 | ESE |
| 17 | | | | | | | | | | | |
| 18 | | | | | | | | | | | |
| 19 | | | | | | | | | | | |
| 20 | | | | | | | | | | | |
| 21 | | | | | | | | | | | |
| 22 | | | | | | | | | | | |
| 23 | | | | | | | | | | | |
| 24 | | | | | | | | | | | |
| 25 | | | | | | | | | | | |
| 26 | | | | | | | | | | | |
| 27 | | | | | | | | | | | |
| 28 | | | | | | | | | | | |
| 29 | | | | | | | | | | | |
| 30 | | | | | | | | | | | |
| 31 | | | | | | | | | | | |
| Total | 1001.7 | 601.4 | 536.2 | 2955 | 1505 | T | 113.7 | 618 | 262.5 | 57.8 | |
| Mean | 32.313 | 19.4 | 17.297 | 95.323 | 48.548 | T | 3.6677 | 19.935 | 8.4677 | 1.8645 | NE,E |

T = Trace of rainfall less than 0.1 millimetre

# ภาคผนวก ฉ.

## ตารางสรุปการคำนวณปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง

## โดย Penman-monteith

## ข้อมูลสถานีอุตุนิยมวิทยานครปฐม

**ตารางผนวกที่** 13 ตารางสรุปการคำนวณปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง โดย Penman-Monteithเดือนธันวาคม

| ว/ด/ป | Tmean °C | γ | $U_2$ | Δ | es-ea(Kpa) | J | G | Rn (MJ/m²×day) | ETo |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1/12/2012 | 27.250 | 0.067 | 0.065 | 0.212 | 0.757 | 336.000 | 0.000 | 9.369 | 2.920 |
| 2/12/2012 | 28.150 | 0.067 | 0.000 | 0.222 | 0.981 | 337.000 | 0.000 | 11.479 | 3.592 |
| 3/12/2012 | 28.050 | 0.067 | 0.024 | 0.221 | 0.902 | 338.000 | 0.000 | 12.453 | 3.900 |
| 4/12/2012 | 28.550 | 0.067 | 0.000 | 0.226 | 0.991 | 339.000 | 0.000 | 11.130 | 3.499 |
| 5/12/2012 | 28.300 | 0.067 | 0.024 | 0.223 | 0.951 | 340.000 | 0.000 | 11.243 | 3.534 |
| 6/12/2012 | 28.250 | 0.067 | 0.024 | 0.223 | 0.890 | 341.000 | 0.000 | 11.502 | 3.611 |
| 7/12/2012 | 28.200 | 0.067 | 0.083 | 0.222 | 1.043 | 342.000 | 0.000 | 12.623 | 3.986 |
| 8/12/2012 | 27.250 | 0.067 | 0.024 | 0.212 | 0.930 | 343.000 | 0.000 | 12.542 | 3.891 |
| 9/12/2012 | 27.150 | 0.067 | 0.024 | 0.211 | 0.928 | 344.000 | 0.000 | 11.772 | 3.648 |
| 10/12/2012 | 27.200 | 0.067 | 0.000 | 0.211 | 0.920 | 345.000 | 0.000 | 11.439 | 3.539 |
| 11/12/2012 | 27.700 | 0.067 | 0.000 | 0.217 | 0.889 | 346.000 | 0.000 | 11.836 | 3.684 |
| 12/12/2012 | 27.450 | 0.067 | 0.000 | 0.214 | 0.786 | 347.000 | 0.000 | 10.301 | 3.197 |
| 13/12/2012 | 26.850 | 0.067 | 0.130 | 0.208 | 0.884 | 348.000 | 0.000 | 12.065 | 3.760 |
| 14/12/2012 | 26.250 | 0.067 | 0.189 | 0.201 | 0.896 | 349.000 | 0.000 | 12.259 | 3.814 |
| 15/12/2012 | 26.850 | 0.067 | 0.107 | 0.208 | 0.825 | 350.000 | 0.000 | 10.216 | 3.183 |
| 16/12/2012 | 28.050 | 0.067 | 0.213 | 0.221 | 1.044 | 351.000 | 0.000 | 12.313 | 3.938 |
| 17/12/2012 | 27.000 | 0.067 | 0.065 | 0.209 | 0.837 | 352.000 | 0.000 | 11.808 | 3.664 |
| 18/12/2012 | 27.450 | 0.067 | 0.130 | 0.214 | 1.003 | 353.000 | 0.000 | 12.136 | 3.819 |
| 19/12/2012 | 27.500 | 0.067 | 0.083 | 0.215 | 0.900 | 354.000 | 0.000 | 11.680 | 3.656 |
| 20/12/2012 | 27.600 | 0.067 | 0.107 | 0.216 | 0.978 | 355.000 | 0.000 | 11.985 | 3.768 |
| 21/12/2012 | 27.750 | 0.067 | 0.083 | 0.217 | 1.137 | 356.000 | 0.000 | 11.836 | 3.728 |
| 22/12/2012 | 26.800 | 0.067 | 0.189 | 0.207 | 0.969 | 357.000 | 0.000 | 11.405 | 3.589 |
| 23/12/2012 | 27.950 | 0.067 | 0.278 | 0.220 | 0.930 | 358.000 | 0.000 | 12.217 | 3.909 |
| 24/12/2012 | 24.350 | 0.067 | 0.402 | 0.182 | 0.753 | 359.000 | 0.000 | 10.981 | 3.394 |
| 25/12/2012 | 23.700 | 0.067 | 0.296 | 0.176 | 0.743 | 360.000 | 0.000 | 11.540 | 3.494 |
| 26/12/2012 | 26.000 | 0.067 | 0.237 | 0.199 | 0.841 | 361.000 | 0.000 | 10.013 | 3.139 |
| 27/12/2012 | 26.350 | 0.067 | 0.213 | 0.202 | 0.854 | 362.000 | 0.000 | 12.073 | 3.764 |
| 28/12/2012 | 26.350 | 0.067 | 0.213 | 0.202 | 0.866 | 363.000 | 0.000 | 12.117 | 3.779 |
| 29/12/2012 | 26.700 | 0.067 | 0.172 | 0.206 | 0.945 | 364.000 | 0.000 | 12.280 | 3.840 |
| 30/12/2012 | 26.350 | 0.067 | 0.172 | 0.202 | 0.784 | 365.000 | 0.000 | 9.343 | 2.918 |
| 31/12/2012 | 26.350 | 0.067 | 0.189 | 0.202 | 0.800 | 366.000 | 0.000 | 12.322 | 3.824 |

**ตารางผนวกที่ 14** ตารางสรุปการคำนวณปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง โดย Penman-Monteithเดือนมกราคม

| ว/ด/ป | Tmean °C | $\gamma$ | $U_2$ | $\Delta$ | es-ea(Kpa) | J | G | Rn (MJ/m²×day) | ETo |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1/1/2013 | 22.950 | 0.067 | 0.107 | 0.169 | 0.669 | 1.000 | 0.000 | 11.956 | 3.516 |
| 2/1/2013 | 24.100 | 0.067 | 0.107 | 0.180 | 0.834 | 2.000 | 0.000 | 12.128 | 3.638 |
| 3/1/2013 | 25.650 | 0.067 | 0.000 | 0.195 | 1.006 | 3.000 | 0.000 | 12.673 | 3.844 |
| 4/1/2013 | 25.000 | 0.067 | 0.107 | 0.189 | 0.778 | 4.000 | 0.000 | 11.057 | 3.358 |
| 5/1/2013 | 24.650 | 0.067 | 0.083 | 0.185 | 1.013 | 5.000 | 0.000 | 12.027 | 3.639 |
| 6/1/2013 | 25.250 | 0.067 | 0.000 | 0.191 | 1.036 | 6.000 | 0.000 | 12.193 | 3.678 |
| 7/1/2013 | 24.650 | 0.067 | 0.130 | 0.185 | 0.979 | 7.000 | 0.000 | 12.377 | 3.762 |
| 8/1/2013 | 25.750 | 0.067 | 0.065 | 0.196 | 1.117 | 8.000 | 0.000 | 12.451 | 3.816 |
| 9/1/2013 | 25.850 | 0.067 | 0.083 | 0.197 | 1.075 | 9.000 | 0.000 | 12.500 | 3.842 |
| 10/1/2013 | 26.200 | 0.067 | 0.024 | 0.201 | 1.212 | 10.000 | 0.000 | 12.593 | 3.861 |
| 11/1/2013 | 26.450 | 0.067 | 0.065 | 0.203 | 0.947 | 11.000 | 0.000 | 12.113 | 3.738 |
| 12/1/2013 | 28.000 | 0.067 | 0.024 | 0.220 | 1.524 | 12.000 | 0.000 | 12.340 | 3.873 |
| 13/1/2013 | 25.050 | 0.067 | 0.189 | 0.189 | 1.165 | 13.000 | 0.000 | 12.589 | 3.897 |
| 14/1/2013 | 24.950 | 0.067 | 0.130 | 0.188 | 1.242 | 14.000 | 0.000 | 12.463 | 3.828 |
| 15/1/2013 | 24.750 | 0.067 | 0.083 | 0.186 | 1.101 | 15.000 | 0.000 | 12.622 | 3.826 |
| 16/1/2013 | 26.050 | 0.067 | 0.107 | 0.199 | 0.842 | 16.000 | 0.000 | 12.883 | 3.960 |
| 17/1/2013 | 26.800 | 0.067 | 0.189 | 0.207 | 1.125 | 17.000 | 0.000 | 12.724 | 4.010 |
| 18/1/2013 | 26.200 | 0.067 | 0.426 | 0.201 | 1.514 | 18.000 | 0.000 | 12.386 | 4.121 |
| 19/1/2013 | 22.750 | 0.067 | 0.172 | 0.168 | 0.729 | 19.000 | 0.000 | 12.627 | 3.722 |
| 20/1/2013 | 23.450 | 0.067 | 0.130 | 0.174 | 1.013 | 20.000 | 0.000 | 12.398 | 3.712 |
| 21/1/2013 | 25.050 | 0.067 | 0.024 | 0.189 | 1.032 | 20.000 | 0.000 | 12.648 | 3.817 |
| 22/1/2013 | 25.500 | 0.067 | 0.130 | 0.194 | 1.122 | 20.000 | 0.000 | 12.511 | 3.857 |
| 23/1/2013 | 27.350 | 0.067 | 0.000 | 0.213 | 1.110 | 20.000 | 0.000 | 11.926 | 3.696 |
| 24/1/2013 | 28.050 | 0.067 | 0.000 | 0.221 | 1.038 | 20.000 | 0.000 | 12.605 | 3.940 |
| 25/1/2013 | 29.000 | 0.067 | 0.213 | 0.231 | 1.056 | 20.000 | 0.000 | 12.857 | 4.146 |
| 26/1/2013 | 28.300 | 0.067 | 0.237 | 0.223 | 0.905 | 20.000 | 0.000 | 12.672 | 4.045 |
| 27/1/2013 | 27.750 | 0.067 | 0.000 | 0.217 | 0.946 | 20.000 | 0.000 | 12.979 | 4.042 |
| 28/1/2013 | 26.400 | 0.067 | 0.130 | 0.203 | 0.690 | 20.000 | 0.000 | 7.728 | 2.408 |
| 29/1/2013 | 26.050 | 0.067 | 0.172 | 0.199 | 0.751 | 20.000 | 0.000 | 8.786 | 2.737 |
| 30/1/2013 | 26.250 | 0.067 | 0.083 | 0.201 | 0.841 | 20.000 | 0.000 | 10.016 | 3.093 |
| 31/1/2013 | 27.350 | 0.067 | 0.213 | 0.213 | 0.982 | 20.000 | 0.000 | 11.706 | 3.714 |

**ตารางผนวกที่** 15 ตารางสรุปการคำนวณปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง โดย Penman-Monteithเดือนกุมภาพันธ์

| ว/ด/ป | Tmean °C | $\gamma$ | $U_2$ | $\Delta$ | es-ea(Kpa) | J | G | Rn (MJ/m²×day) | ETo |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1/2/2013 | 26.150 | 0.067 | 0.278 | 0.200 | 0.761 | 20.000 | 0.000 | 11.824 | 3.682 |
| 2/2/2013 | 27.050 | 0.067 | 0.065 | 0.210 | 0.769 | 20.000 | 0.000 | 8.388 | 2.613 |
| 3/2/2013 | 27.250 | 0.067 | 0.237 | 0.212 | 0.881 | 20.000 | 0.000 | 9.523 | 3.040 |
| 4/2/2013 | 28.000 | 0.067 | 0.237 | 0.220 | 1.059 | 20.000 | 0.000 | 13.469 | 4.302 |
| 5/2/2013 | 27.350 | 0.067 | 0.000 | 0.213 | 0.937 | 20.000 | 0.000 | 11.936 | 3.700 |
| 6/2/2013 | 29.250 | 0.067 | 0.083 | 0.234 | 1.217 | 20.000 | 0.000 | 13.134 | 4.203 |
| 7/2/2013 | 29.350 | 0.067 | 0.107 | 0.236 | 1.347 | 20.000 | 0.000 | 13.236 | 4.260 |
| 8/2/2013 | 29.250 | 0.067 | 0.172 | 0.234 | 1.013 | 20.000 | 0.000 | 12.631 | 4.066 |
| 9/2/2013 | 29.850 | 0.067 | 0.107 | 0.242 | 1.157 | 20.000 | 0.000 | 10.903 | 3.530 |
| 10/2/2013 | 27.300 | 0.067 | 0.083 | 0.212 | 0.638 | 20.000 | 0.000 | 8.265 | 2.581 |
| 11/2/2013 | 28.200 | 0.067 | 0.000 | 0.222 | 0.986 | 20.000 | 0.000 | 13.084 | 4.097 |
| 12/2/2013 | 28.400 | 0.067 | 0.107 | 0.225 | 1.150 | 20.000 | 0.000 | 13.240 | 4.205 |
| 13/2/2013 | 28.200 | 0.067 | 0.213 | 0.222 | 0.978 | 20.000 | 0.000 | 12.895 | 4.113 |
| 14/2/2013 | 27.550 | 0.067 | 0.385 | 0.215 | 1.052 | 20.000 | 0.000 | 13.071 | 4.219 |
| 15/2/2013 | 27.900 | 0.067 | 0.130 | 0.219 | 1.293 | 20.000 | 0.000 | 12.417 | 3.951 |
| 16/2/2013 | 28.500 | 0.067 | 0.278 | 0.226 | 1.000 | 20.000 | 0.000 | 12.397 | 3.999 |
| 17/2/2013 | 28.950 | 0.067 | 0.000 | 0.231 | 1.043 | 20.000 | 0.000 | 13.300 | 4.201 |
| 18/2/2013 | 29.700 | 0.067 | 0.107 | 0.240 | 1.243 | 20.000 | 0.000 | 12.941 | 4.175 |
| 19/2/2013 | 29.450 | 0.067 | 0.296 | 0.237 | 1.417 | 20.000 | 0.000 | 10.147 | 3.423 |
| 20/2/2013 | 29.550 | 0.067 | 0.000 | 0.238 | 1.365 | 20.000 | 0.000 | 13.747 | 4.371 |
| 21/2/2013 | - | 0.067 | 0.213 | - | - | 20.000 | 0.000 | - | FULL |
| 22/2/2013 | 27.500 | 0.067 | 0.296 | 0.215 | 0.983 | 20.000 | 0.000 | 11.626 | 3.728 |
| 23/2/2013 | 26.550 | 0.067 | 0.296 | 0.204 | 1.062 | 20.000 | 0.000 | 12.597 | 4.000 |
| 24/2/2013 | 26.550 | 0.067 | 0.107 | 0.204 | 1.020 | 20.000 | 0.000 | 9.037 | 2.829 |
| 25/2/2013 | 28.400 | 0.067 | 0.189 | 0.225 | 1.204 | 20.000 | 0.000 | 13.386 | 4.294 |
| 26/2/2013 | 30.150 | 0.067 | 0.000 | 0.245 | 1.312 | 20.000 | 0.000 | 13.745 | 4.399 |
| 27/2/2013 | 30.300 | 0.067 | 0.189 | 0.247 | 1.223 | 20.000 | 0.000 | 13.671 | 4.468 |
| 28/2/2013 | 30.550 | 0.067 | 0.189 | 0.250 | 1.235 | 20.000 | 0.000 | 14.109 | 4.619 |

**ตารางผนวกที่** 15 ตารางสรุปการคำนวณปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง โดย Penman-Monteithเดือนมีนาคม

| ว/ด/ป | Tmean °C | γ | $U_2$ | Δ | es-ea(Kpa) | J | G | Rn (MJ/m²×day) | ETo |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1/3/2013 | 30.050 | 0.067 | 0.278 | 0.244 | 1.124 | 20.000 | 0.000 | 14.646 | 4.786 |
| 2/3/2013 | 29.800 | 0.067 | 0.237 | 0.241 | 1.169 | 20.000 | 0.000 | - | FULL |
| 3/3/2013 | 28.450 | 0.067 | 0.402 | 0.225 | 0.878 | 20.000 | 0.000 | 9.498 | 3.127 |
| 4/3/2013 | 25.800 | 0.067 | 0.024 | 0.197 | 0.510 | 20.000 | 0.000 | 5.850 | 1.784 |
| 5/3/2013 | 26.050 | 0.067 | 0.343 | 0.199 | 0.949 | 20.000 | 0.000 | 9.849 | 3.157 |
| 6/3/2013 | 26.550 | 0.067 | 0.189 | 0.204 | 1.038 | 20.000 | 0.000 | 13.251 | 4.147 |
| 7/3/2013 | 27.450 | 0.067 | 0.000 | 0.214 | 1.204 | 20.000 | 0.000 | 13.201 | 4.097 |
| 8/3/2013 | 28.050 | 0.067 | 0.189 | 0.221 | 0.949 | 20.000 | 0.000 | 7.210 | 2.344 |
| 9/3/2013 | 29.550 | 0.067 | 0.189 | 0.238 | 1.149 | 20.000 | 0.000 | 11.138 | 3.633 |
| 10/3/2013 | 29.800 | 0.067 | 0.000 | 0.241 | 1.598 | 20.000 | 0.000 | 13.221 | 4.216 |
| 11/3/2013 | 30.300 | 0.067 | 0.130 | 0.247 | 1.244 | 20.000 | 0.000 | 8.064 | 2.663 |
| 12/3/2013 | 30.500 | 0.067 | 0.213 | 0.249 | 1.843 | 20.000 | 0.000 | 13.331 | 4.462 |
| 13/3/2013 | 29.800 | 0.067 | 0.172 | 0.241 | 1.731 | 20.000 | 0.000 | 13.741 | 4.517 |
| 14/3/2013 | 28.950 | 0.067 | 0.172 | 0.231 | 1.219 | 20.000 | 0.000 | 13.706 | 4.412 |
| 15/3/2013 | 30.000 | 0.067 | 0.296 | 0.243 | 1.198 | 20.000 | 0.000 | 13.207 | 4.354 |
| 16/3/2013 | 30.050 | 0.067 | 0.213 | 0.244 | 1.211 | 20.000 | 0.000 | 13.647 | 4.459 |

# ภาคผนวก ฉ.

## การคำนวณปริมาณการใช้น้ำของพืช (ET) ปริมาณการระเหยของถาดวัดการระเหย Class A-pan และปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง

### ตัวอย่างการคำนวณ ETo

**การคำนวณปริมาณการใช้น้ำของพืช**

คำนวณจากการสมดุลน้ำถังวัดปริมาณการใช้น้ำของพืช

$$ET = Ir + P - DP$$

**ตัวอย่างการคำนวณ**

ปริมาณการใช้ของพืช วันที่ 6ธันวาคม 2555 ถังที่ 3

- น้ำชลประทาน 30 ลิตร
- ปริมาณน้ำฝน (P) เท่ากับ 0.00 มิลลิเมตร
- ปริมาณน้ำที่ระบายออก26 ลิตร
- เส้นผ่าศูนย์กลางถัง Lysimeterเท่ากับ 1.1เมตร
- พื้นที่ถัง Lysimeter=($\pi \times 1.1^2$)/4 = 0.950331777ลูกบาศก์เมตร

ปริมาณการใช้น้ำของพืช (ET1) = 30 + 0.00 – 26

= 4 ลิตร

= (4/1000)/(0.950331777/1000)

= 4.21มิลลิเมตร

**การคำนวณปริมาณการระเหยจากถาดวัดการระเหย** Class A-pan

**ตัวอย่างการคำนวณ**

ปริมาณการระเหยจากถาดวัดการระเหย Class A-pan วันที่ 4 ธันวาคม 2555

- ปริมาณน้ำเดิมเท่ากับ 0.00 นิ้ว
- ปริมาณน้ำที่เติมเข้าเท่ากับ 2.698นิ้ว
- ปริมาณน้ำที่เหลืออยู่เท่ากับ 2.583นิ้ว
- ปริมาณฝนเท่ากับ 0.00 นิ้ว

ปริมาณการระเหย = ปริมาณน้ำที่เติมเข้า + ปริมาณน้ำเดิม + ปริมาณฝน – ปริมาณน้ำที่เหลืออยู่

= 2.698 + 0.00 + 0.00 - 2.583

= 0.นิ้ว

= 0.115 × 25.4

= 2.921มิลลิเมตร

**การคำนวณปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง**

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

วันที่ 4 ธันวาคม 2555

| | |
|---|---|
| Tmin | 23°C |
| Tmax | 34.1°C |
| %RH | 76% |
| Windspeed | 0 km/hrs |
| Sunshine | 7.1 hr |
| Tmean | 28.55°C |

พารามิเตอร์อากาศ

$\gamma$ $= 0.665 \times 10^{-3}$ P

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

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

= 101.212 KPa

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

= 0.067

ความเร็วลม ($U_2$)

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

$U_2$ $= \frac{(0\times 0.278)\times 4.87}{\ln(67.8(11)-5.42)}$

= 0

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

$\Delta$ $= \frac{2503\exp(\frac{17.27\times 28.55}{28.55+237.3})}{(28.55+237.3)^2}$

= 0.226

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

$= 0.6180 \exp\left(\frac{17.27(34.1)}{34.1+237.3}\right)$

$= 5.412$ KPa

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

$= 0.6180 \exp\left(\frac{17.27(23)}{23+237.3}\right)$

$= 2.843$ KPa

$e_s$ $= \frac{(5.412+2.843)}{2}$

$= 4.127$ KPa

จาก RH $= \frac{e_a}{e_s}$

$e_a$ $= RH \times e_s$

$e_a$ $= \frac{76}{100} \times 4.127$

$e_a$ $= 3.136$ KPa

$(e_s - e_a)$ $= 4.127 - 3.136$

$= 0.991$ KPa

พลังงานรังสีสุทธิ (Rn – G)

J = Julian Day

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

$= 14.01667$ Degree

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

dr = ส่วนกลับระยะทางโลก – ดวงอาทิตย์สัมพัทธ์

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

dr $= 1 + 0.033\cos(\frac{2\pi}{365} \times 339)$

dr $= 1.0295$

$\delta$ = มุมเบนดวงอาทิตย์ตามฤดูกาล

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

$\delta$ $= 0.409\sin(\frac{2\pi}{365} \times 339 - 1.39)$

$= -0.3928$ Rad

$\omega_s$ = มุมดวงอาทิตย์ตามเวลา

$\omega_s$ = ArsCos[-tanø×tan$\delta$]

$\omega_s$ = $\cos^{-1}$[-tan(0.245)×tan(0.3928)]

$\omega_s$ = 1.4672 Rad

ค่าคงที่ Gsc = 118.11

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

Ra = $\frac{118.11 \times 1.0295}{\pi}$[(1.4672×sin(0.245)×sin(-0.3928)+ (cos(0.245)×cos(-0.3928)×sin(1.4672)]

Ra = 29.243 $\frac{MJ}{m^2.day}$

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

N = $\frac{24}{\pi}$(1.4672)

N = 11.2085

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

Rs = (0.25 + 0.5$\frac{7.1}{11.2085}$)×29.243

Rs = 16.5727 $\frac{MJ}{m^2.day}$

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

Rns = (1-0.23)×16.5727

Rns = 12.761 $\frac{MJ}{m^2.day}$

$T_{max}$ = 34.1 + 273.16

= 307.26 K

$T_{min}$ = 23 + 273.16

= 296.16 K

$\sigma\frac{[(T_{max},K)^4+(T_{min},K)^4]}{2}$ = 4.903×$10^{-9}\frac{[(307.26)^4+(296.16)^4]}{2}$

= 40.71

$0.34 - 0.14\sqrt{ea}$ = $0.34 - 0.14\sqrt{3.136}$

= 0.092

Rso = [0.75 + 2×$10^{-5}$(Z)]×Ra

= [0.75 + 2×$10^{-5}$(7.457)]×29.243

= 21.937

$1.35\frac{Rs}{Rso}$ - 0.35 = $1.35\frac{16.5727}{21.937}$ - 0.35

= 0.4353

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

= 40.71 × 0.092 × 0.4353

= 1.6313 $\frac{MJ}{m^2.day}$

Rn = Rns – Rnl

= 12.761 - 1.6313

= 11.13 $\frac{MJ}{m^2.day}$

ETo = $\frac{0.408\Delta(Rn-G)+\gamma\frac{900}{T+273}\times U_2(es-ea)}{\Delta+\gamma(1+0.34U_2)}$

$0.408\Delta(\mathrm{Rn}-\mathrm{G})$ = 0.408 × 0.226 × (11.13 – 0)

= 1.028

$\gamma\frac{900}{T+273}\times U_2(es-ea)$ = 0.067×$\frac{900}{28.55+273}$ × 0 × 0.991

= 0

$\Delta+\gamma(1+0.34U_2)$ = 0.226 + 0.067(1+0.34(0))

= 0.294

ETo = $\frac{1.028+0}{0.294}$

= 3.499 mm/day