

การศึกษาหาค่าปริมาณการใช้น้ำและสัมประสิทธิ์การใช้น้ำขององุ่น (Study of Evapotranspiration and Crop Coefficient of Grape)

โดย วรารุธ วุฒินิษฐ์¹ และพีระชาติ อุดการ²

บทคัดย่อ

ในการทดลองวัดค่าปริมาณการใช้น้ำขององุ่นพันธุ์ปิอบดำ ปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง และคำนวณหาสัมประสิทธิ์การใช้น้ำขององุ่น โดยใช้ถังวัดการใช้น้ำของพืชแบบระบายน้ำ ซึ่งติดตั้งที่ สถานีวิจัยการใช้น้ำชลประทาน ห้วยบ้านยาง จ.นครราชสีมา ของกรมชลประทาน ระหว่าง เมษายน 2542 ถึง พฤศจิกายน 2543 รวม 84 สัปดาห์ หรือ 2 ฤดูกาลเก็บเกี่ยว พบว่าปริมาณการใช้น้ำขององุ่น และพืชอ้างอิง มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.7 และ 3.2 มม./วัน ตามลำดับ ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำขององุ่นพันธุ์ปิอบดำ (K_c) ในช่วงตั้งตัว เจริญเติบโตทางลำต้น ตัดแต่งกิ่ง ออกดอกออกผล และช่วงผลแก่-เก็บเกี่ยว มีค่า 0.48, 0.70, 0.81, 1.06 และ 1.03 ตามลำดับ ค่า K_c เฉลี่ยตลอดฤดูกาลเท่ากับ 0.85 โดยมีระดับความเชื่อมั่น 95% เท่ากับ ± 0.04

คำสำคัญ : Crop Coefficient, Evapotranspiration, Grape, Pan Coefficient, Percolation Type Lysimeter

¹ รองศาสตราจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กำแพงแสน

² นายช่างโยธา โครงการพัฒนาลุ่มน้ำก้ำอันเนื่องมาจากพระราชดำริ กรมชลประทาน

คำนำ

ปริมาณการใช้น้ำของพืช (Crop Evapotranspiration, E_t) หมายถึง ปริมาณน้ำที่พืชใช้ในกระบวนการคายระเหยน้ำ ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการสังเคราะห์แสง เพื่อสร้างอาหาร และการเจริญเติบโตของพืช โดยทั่วไปตามหลักการชลประทานถือว่าพืชที่ไม่เป็นโรคจะใช้น้ำตามปกติ ถ้าความชื้นในดินไม่จำกัด แต่เมื่อใดก็ตามที่ความชื้นในดินต่ำกว่าระดับวิกฤติ (Critical Moisture Level หรือ Critical Point) พืชจะดูดน้ำจากดินได้น้อยลง การใช้น้ำของพืชในกระบวนการคายระเหยน้ำจะลดลง ซึ่งจะมีผลทำให้การเจริญเติบโตและผลผลิตของพืชลดลงด้วย ดังนั้นในการออกแบบโครงการชลประทาน หรือในการบริหารจัดการน้ำชลประทาน จึงมีความจำเป็นต้องรู้ค่าปริมาณการใช้น้ำของพืชที่ปลูกในโครงการชลประทาน เพื่อจะได้นำไปใช้ในการออกแบบขนาดแหล่งน้ำ ขนาดคลองส่งน้ำและอาคารควบคุมน้ำ ตลอดจนวางแผนการส่งน้ำให้พืชได้อย่างถูกต้องเหมาะสม เพื่อให้สามารถเพาะปลูกพืชได้ผลผลิตสูงสุดต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ ในกรณีมีน้ำไม่จำกัด หรือเพื่อให้สามารถเพาะปลูกพืชได้ผลผลิตต่อหนึ่งหน่วยน้ำสูงสุดในกรณีมีน้ำจำกัด

อย่างไรก็ตามปริมาณการใช้น้ำของพืชขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ มากมาย เช่น ชนิดและช่วงเวลาในการเจริญเติบโตของพืช สภาพภูมิอากาศ และความชื้นในดิน พืชชนิดเดียวกันที่ปลูกต่างพื้นที่ มีสภาพภูมิอากาศและความชื้นในดินต่างกันย่อมมีการใช้น้ำต่างๆ ดังนั้นการศึกษาหาปริมาณการใช้น้ำของพืช (Crop Evapotranspiration) โดยทั่วไป จะทำโดยการควบคุมความชื้นในดินให้อยู่เหนือระดับความชื้นวิกฤติ เพื่อจำกัดอิทธิพลเนื่องจากความชื้นในดิน และปกติจะทำการศึกษาหาปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (Reference Crop Evapotranspiration, E_{To}) ควบคู่กันไป เพื่อกำจัดอิทธิพลของชนิดและช่วงเวลาในการเจริญเติบโตของพืช และระดับความชื้นในดินออกไป ทำให้ปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิงขึ้นอยู่กับอิทธิพลของภูมิอากาศเพียงอย่างเดียว ตามนิยามของ Doorenbos และ Pruitt (1984) ที่ว่าปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิงคือปริมาณน้ำที่สูญเสียจากพืชและดินในกระบวนการคายระเหยน้ำบนพื้นที่เพาะปลูกซึ่งมีพืชสีเขียวต้นเตี้ย ความสูง 8-15 ซม. ขึ้นปกคลุมพื้นที่สม่ำเสมอ มีการเจริญเติบโตดีและไม่มีการขาดน้ำเลย ตามความหมายนี้ปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิงมีความหมายในทำนองเดียวกับคำว่า Potential Evapotranspiration (E_{Tp}) โดยทั่วไปจึงถือว่า E_{To} และ E_{Tp} คือค่าเดียวกัน

ปริมาณการใช้น้ำของพืช (E_t) และปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (E_{To}) สามารถวัดโดยตรงโดยใช้ถังวัดการใช้น้ำของพืช (Lysimeter) อย่างไรก็ตามการวัดโดยใช้ถังวัดการใช้น้ำของพืชต้องเสียเวลาและค่าใช้จ่ายสูงมากจึงทำเฉพาะในการศึกษาวิจัยเท่านั้น ดังนั้นโดยทั่วไปจะคำนวณหาปริมาณการใช้น้ำของพืช (E_t) จากปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (E_{To}) ซึ่งคำนวณจากสูตร เช่น สูตรของ Penman Monteith (วรารุณ. 2539; Vudhivanich. 1996) โดยใช้ข้อมูลภูมิอากาศ ดังสมการ

$$ET_c = K_c \cdot ET_o \dots\dots\dots(1)$$

เมื่อ K_c = สัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช (Crop Coefficient) ซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดและระยะเวลาในการเจริญเติบโตของพืช

Doorenbos และ Kassam (1986) ได้รวบรวมค่า K_c ของพืชชนิดต่างๆ โดยแบ่งช่วงเวลากการเจริญเติบโตออกเป็น 5 ระยะคือ ระยะตั้งตัว (Initial) ระยะเจริญเติบโตของลำต้น (Crop Development) ระยะออกดอกติดดอกผล (Mid Season) ระยะผลแก่ (Late Season) และระยะเก็บเกี่ยว (At Harvest) ดังแสดงในตารางที่ 1 กรมชลประทานโดยฝ่ายวิจัยการใช้น้ำชลประทานได้ทำการศึกษาทดลองหาสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช เช่น ข้าวโพด ฝ้าย และ อ้อย (ดังแสดงในรูปที่ 1) อย่างไรก็ตามยังไม่เคยมีการทดลองหาค่าปริมาณการใช้น้ำและสัมประสิทธิ์การใช้น้ำขององุ่นในประเทศไทย ประกอบกับองุ่นเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศ จึงมีความจำเป็นต้องศึกษาหาค่าปริมาณการใช้น้ำและสัมประสิทธิ์การใช้น้ำขององุ่น ซึ่งถือว่าเป็นวัตถุประสงค์หลักของการศึกษานี้

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

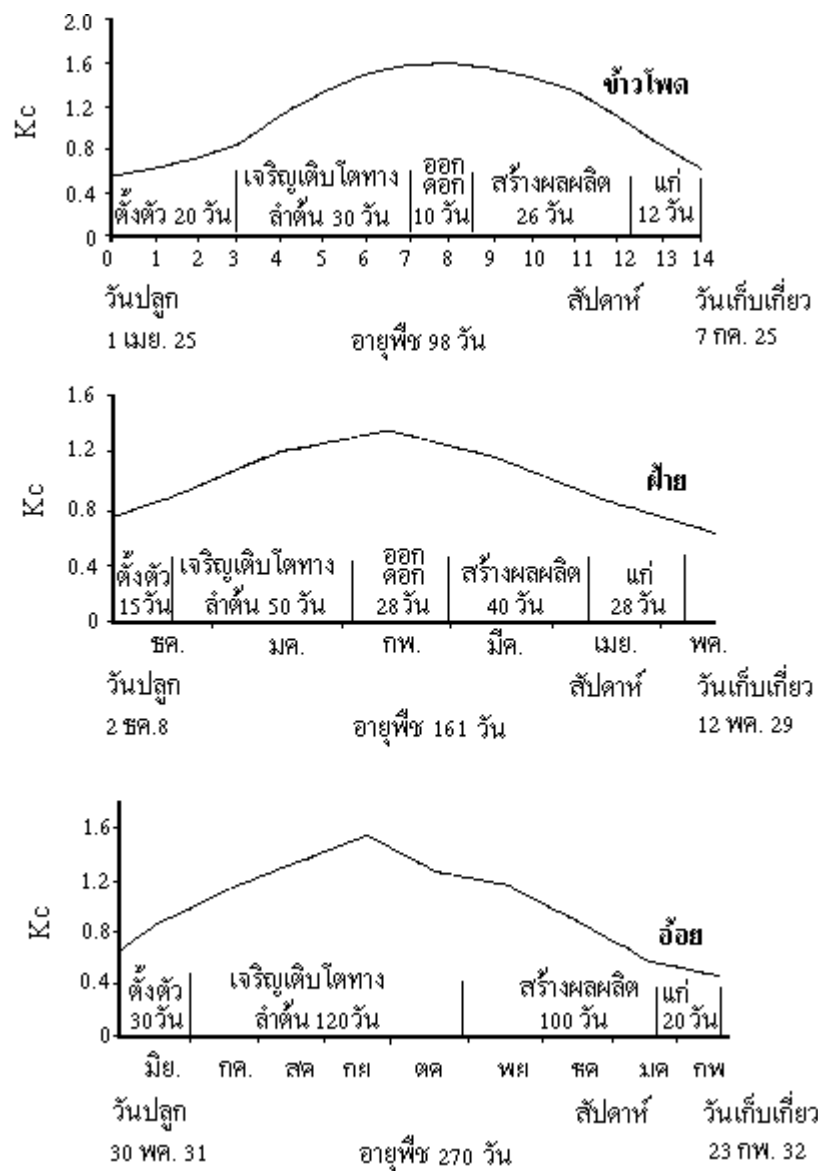
1. ถังวัดการใช้น้ำของพืชแบบระบายน้ำ (Percolation Type Lysimeter)
 - ขนาด ϕ 1.50 ม. ลึก 2.00 ม. สำหรับปลูกองุ่นพันธุ์ป๊อปดำ (Black Ribier) จำนวน 4 ถัง
 - ขนาด ϕ 1.00 ม. ลึก 1.00 ม. สำหรับปลูกหน้วนวนน้อย จำนวน 4 ถัง
 โครงสร้างถังวัดการใช้น้ำขององุ่นและหน้วนวน มีรายละเอียดดังรูปที่ 2
2. เครื่องมือเก็บตัวอย่างดิน (Soil Core Sampler) 1 ชุด
3. เครื่องมือวัดความชื้นในดินแบบ Gypsum Block โดยใช้ Gypsum Block จำนวน 20 ก้อน
4. ถังวัดน้ำฝน 1 ชุด
5. ถาดวัดการระเหยแบบ เอ ขนาด ϕ 120 ซม. ลึก 25 ซม. 1 ชุด

วิธีการ

1. ติดตั้งถังวัดการใช้น้ำขององุ่น จำนวน 4 ถัง (A1, A2, A3, A4) และหน้วนวนน้อย จำนวน 4 ถัง (B1, B2, B3, B4) พร้อมอุปกรณ์ตรวจวัดปริมาณน้ำที่ไหลเลยเขตราก ถังวัดน้ำฝน และถาดวัดการระเหยแบบ เอ ณ สถานีวิจัยการใช้น้ำชลประทาน ห้วยบ้านยาง จ.นครราชสีมา ดังแสดงในรูปที่ 3

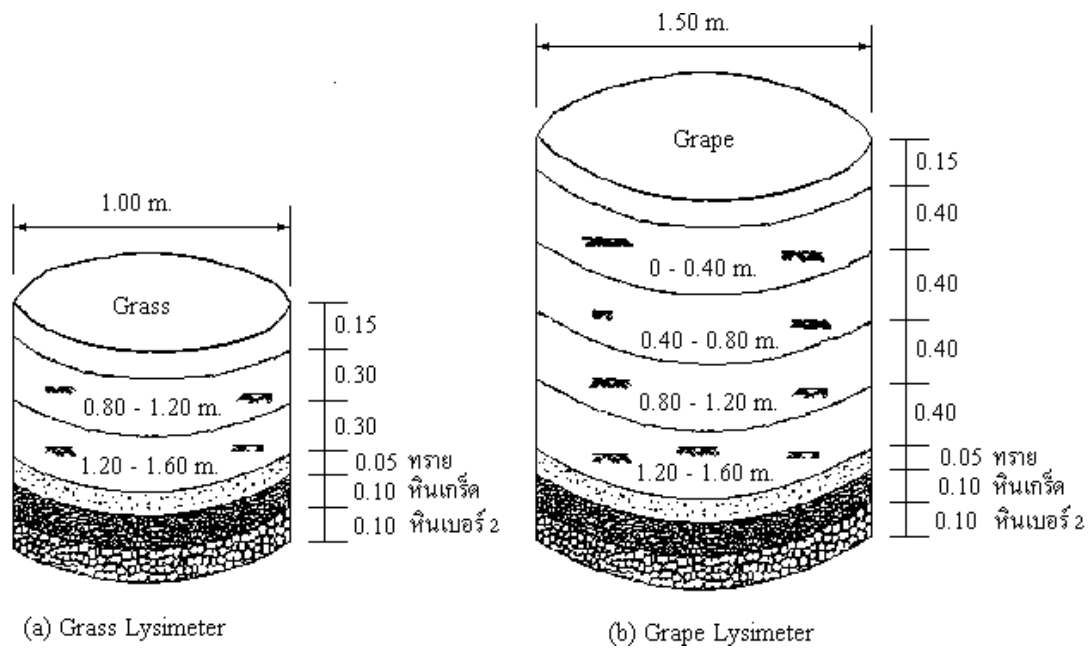
ตารางที่ 1 สัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช (Kc) (Doorenbos และ Kassam. 1988)

Crop	Crop development stages					Total growing period
	Initial	Crop development	Mid-season	Late season	At harvest	
Banana						
tropical	0.4-0.5	0.7-0.85	1.0-1.1	0.9-1.0	0.75-0.85	0.7-0.8
subtropical	0.5-0.65	0.8-0.9	1.0-1.2	1.0-1.15	1.0-1.15	0.85-0.95
Bean						
Green	0.3-0.4	0.65-0.75	1.95-1.05	0.9-0.95	0.85-0.95	0.85-0.9
dry	0.3-0.4	0.7-0.8	1.05-1.2	0.65-0.75	0.25-0.3	0.7-0.8
Cabbage	0.4-0.5	0.7-0.8	0.95-1.1	0.9-1.0	0.8-0.95	0.7-0.8
Cotton	0.4-0.5	0.7-0.8	1.05-1.25	0.8-0.9	0.65-0.7	0.8-0.9
Grape	0.35-0.55	0.6-0.8	0.7-0.9	0.6-0.8	0.55-0.7	0.55-0.75
Groundnut	0.4-0.5	0.7-0.8	0.95-1.1	0.75-0.85	0.55-0.6	0.75-0.8
Maize						
Sweet	0.3-0.5	0.7-0.9	1.05-1.2	1.0-1.15	0.95-1.1	0.8-0.95
grain	0.3-0.5	0.7-0.85	1.05-1.2	0.8-0.95	0.55-0.6	0.75-0.9
Onion						
Dry	0.4-0.6	0.7-0.8	0.95-1.1	0.85-0.9	0.75-0.85	0.8-0.9
green	0.4-0.6	0.6-0.75	0.95-1.05	0.95-1.05	0.95-1.05	0.65-0.8
Pea, fresh	0.4-0.5	0.7-0.85	1.05-1.2	1.0-1.15	0.95-1.1	0.8-0.95
Pepper, fresh	0.3-0.4	0.6-0.75	0.95-1.1	0.85-1.0	0.8-0.9	0.7-0.8
Potato	0.4-0.5	0.7-0.8	1.05-1.2	0.85-0.95	0.7-0.75	0.75-0.9
Rice	1.1-1.15	1.1-1.5	1.1-1.3	0.95-1.05	0.95-1.05	1.05-1.2
Safflower	0.3-0.4	0.7-0.8	1.05-1.2	0.65-0.7	0.2-0.25	0.65-0.7
Sorghum	0.3-0.4	0.7-0.75	1.0-1.15	0.75-0.8	0.5-0.55	0.75-0.85
Soybean	0.3-0.4	0.7-0.8	1.0-1.15	0.7-0.8	0.4-0.5	0.75-0.9
Sugarbeet	0.4-0.5	0.75-0.85	1.05-1.2	0.9-1.0	0.6-0.7	0.8-0.9
Sugarcane	0.4-0.5	0.7-1.0	1.0-1.3	0.75-0.8	0.5-0.6	0.85-1.05
Sunflower	0.3-0.4	0.7-0.8	1.05-1.2	0.7-0.8	0.35-0.45	0.75-0.85
Tobacco	0.3-0.4	0.7-0.8	1.0-1.2	0.9-1.0	0.75-0.85	0.85-0.95
Tomato	0.4-0.5	0.7-0.8	1.05-1.25	0.8-0.95	0.6-0.65	0.75-0.9
Watermelon	0.4-0.5	0.7-0.8	0.95-1.05	0.8-0.9	0.65-0.75	0.75-0.85
Wheat	0.3-0.4	0.7-0.8	1.05-1.2	0.65-0.75	0.2-0.25	0.8-0.9
Alfalfa	0.3-0.4				1.05-1.2	0.85-1.05
Citrus						
clean weeding						0.65-0.75
no weed control						0.85-0.9
Olive						0.4-0.6
First	: Under high humidity (RHmin > 70%) and low wind (U<5 m/sec).					
Second figure	: Under low humidity (RHmin < 20%) and strong wind (U>5 m/sec).					

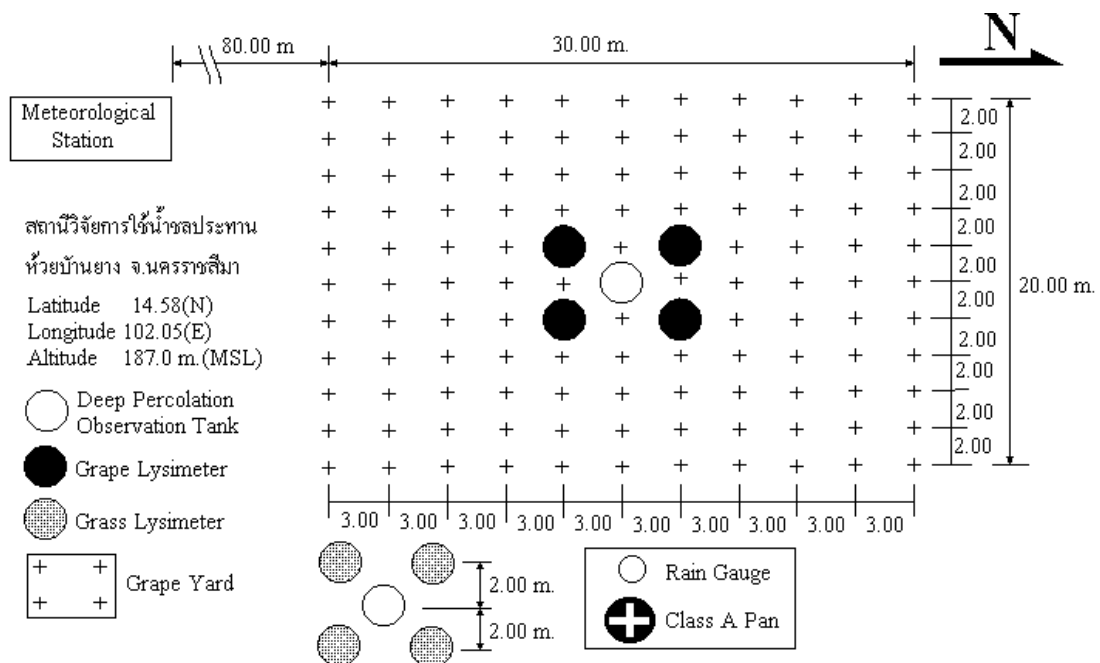


รูปที่ 1 สมบัติการใช้ของ ข้าวโพด ฝ้าย และ อ้อย (กรมชลประทาน. 2539)

- ติดตั้งเครื่องมือวัดความชื้นในดินแบบ Gypsum Block ในถัง A1, A2, A3 และ A4 ถึงละ 4 ระดับคือ ระดับ 0.2, 0.6, 1.00 และ 1.40 ม. และใน ถัง B1, B2, B3 และ B4 ที่ระดับ 0.15 ม.
- ทำการสอบเทียบเครื่องมือวัดความชื้นในดินแบบ Gypsum Block โดยการเทียบกับความชื้นที่หาโดยการวัดความชื้นโดยตรง (Gravimetric Sampling)



รูปที่ 2 รายละเอียดดินในถังวัดการใช้น้ำขององุ่นและหญ้า



รูปที่ 3 ผังแปลงทดลองวัดการใช้น้ำของพืช

4. ทำการตรวจวัดปริมาณน้ำที่ให้กับถึง ปริมาณน้ำที่ไหลออกจากถัง ความชื้นในดิน ปริมาณฝน ปริมาณการระเหยจากภาควัดการระเหยแบบ เอ (Epan) เป็นประจำทุกวัน ตลอดช่วงเวลาที่ทดลอง

5. คำนวณหาปริมาณการใช้น้ำขององุ่น (ETc) และของหลัำนวลน้อย (ETo(Lysimeter)) รายสัปดาห์ ตามหลักสมมูลน้ำในถังวัดการใช้น้ำของพืช (Slatyer, 1967) ดังสมการ (2) และคำนวณหาสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช (Kc) จากสูตรดังสมการ (3)

$$ET = I + R + \Delta S - P \quad \dots\dots\dots (2)$$

เมื่อ ET = ETc หรือ ETo, มม.
 I = ปริมาณน้ำชลประทานที่ให้ถึง, มม.
 R = ปริมาณฝนที่ตก, มม.
 ΔS = ปริมาณความชื้นของดินในถังที่เปลี่ยนแปลงในแต่ละสัปดาห์, มม.
 P = ปริมาณน้ำที่ไหลออกทางก้นถัง, มม.

$$Kc = \frac{ETc}{ETo} \quad \dots\dots\dots (3)$$

6. คำนวณหาปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิงโดยใช้สูตร Penman-Monteith (ETo(PM)) แล้วนำไปเปรียบเทียบกับ ETo(Lysimeter) เพื่อตรวจสอบความแม่นยำของการคำนวณ ETo โดยสูตร Penman-Monteith

7. คำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์ของภาควัดการระเหย (Kp) จากสูตร

$$Kp = \frac{ETo}{Epan} \quad \dots\dots\dots (4)$$

ผลและวิจารณ์

ความสัมพันธ์ระหว่างค่า ETc ขององุ่น ETo และ Epan

ค่า ETc ขององุ่นและ ETo ของหลัำนวลน้อยรายสัปดาห์ซึ่งคำนวณได้จากสมมูลของน้ำในถังวัดการใช้น้ำของพืชเป็นเวลา 84 สัปดาห์ ซึ่งครอบคลุมช่วงตัดแต่งกิ่ง (Branch Cutting) ออกดอกออกผล (Blossom and Yield Formation หรือ Mid Season) และช่วงผลแก่-เก็บเกี่ยว (Late Season and

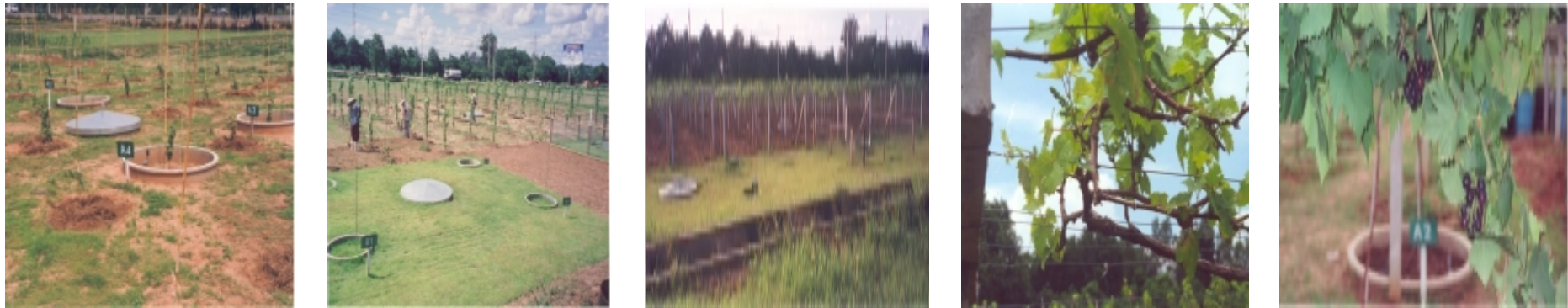
Harvesting) 2 รอบ หรือ 2 ฤดูกาลเก็บเกี่ยว ถูกพล็อตเปรียบเทียบ ETo(PM) และ Epan ในรูปที่ 4 ซึ่งจะเห็นได้ว่า ETc, ETo(Lysimeter), ETo(PM) และ Epan มีค่าการผันแปรที่สัมพันธ์ซึ่งกันและกัน โดย ETc, ETo(Lysimeter), ETo(PM) และ Epan มีค่าเฉลี่ย 2.7, 3.2, 5.5 และ 4.2 มม./วัน ตามลำดับ ETc ของอุ้งนุ่นในช่วงตั้งตัว (สัปดาห์ที่ 1-10) ช่วงเจริญเติบโตทางลำต้น (สัปดาห์ที่ 11-25) มีค่าต่ำกว่า ETo(Lysimeter) มาก เนื่องจากต้นอุ้งนุ่นยังเล็กและใช้น้ำน้อย แต่หลังจากช่วงตัดแต่งกิ่งครั้งแรก ETc ของอุ้งนุ่นจะใกล้เคียงกับ ETo(Lysimeter) ค่า Epan มีค่าสูงกว่า ETc อย่างค่อนข้างสม่ำเสมอในทุกสัปดาห์ที่ทดลอง โดยมีค่าสูงกว่า ETc ประมาณ 55% โดยเฉลี่ย ขณะที่ ETo(PM) มีค่าสูงที่สุด และมีค่ามากกว่า ETo (Lysimeter) โดยเฉลี่ยประมาณ 72% ผลการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) ดังตารางที่ 2 พบว่า ETc มีความสัมพันธ์กับ ETo (Lysimeter) ค่อนข้างดี ($r = 0.6173$) และ ETo (Lysimeter) มีความสัมพันธ์กับ ETo(PM) และ Epan อยู่ในเกณฑ์ดี r เท่ากับ 0.8295 และ 0.8884 ตามลำดับ

ตารางที่ 2 สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่าง ETc, ETo(Lysimeter), ETo(PM) และ Epan

	<i>ETc</i>	<i>ETo(Lysimeter)</i>	<i>ETo(PM)</i>	<i>Epan</i>
ETc	1			
ETo(Lysimeter)	0.6173	1		
ETo(PM)	0.3877	0.8295	1	
Epan	0.3378	0.8884	0.9178	1

การเปรียบเทียบค่า ETo(PM) กับ ETo(Lysimeter)

Penman-Monteith ถือเป็นวิธีการคำนวณ ETo ที่มีความคลาดเคลื่อนในการคำนวณต่ำกว่าวิธีอื่นและ FAO แนะนำให้ใช้เป็นวิธีมาตรฐานในการคำนวณ ETo (Allen *et al.*, 1998) จากการคำนวณค่า ETo รายวัน โดยใช้สูตร Penman-Monteith หรือ ETo(PM) แล้วนำมาหาค่ารายสัปดาห์ มีหน่วยเป็น มม./วัน เปรียบเทียบกับผลการตรวจวัดค่า ETo ที่วัดด้วยถังวัดการใช้น้ำของพืช หรือ ETo(Lysimeter) พบว่า ETo(PM) มีค่าสูงกว่า ETo(Lysimeter) ตลอดช่วง 84 สัปดาห์ที่ทำการทดลอง แสดงว่าสูตร Penman-Monteith มีความคลาดเคลื่อนในการคำนวณ ETo รายสัปดาห์ ผลการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่าง ETo(Lysimeter) และ ETo(PM) พบว่ามีความสัมพันธ์ดังรูปที่ 5 ซึ่งมีความสัมพันธ์เป็นสมการเส้นตรงคือ $ETo(Lysimeter) = 0.5114 ETo(PM) + 0.3844$ มีค่า $r^2 = 0.6881$ และมีความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (Standard Error of Estimation) เท่ากับ 0.3 มม./วัน ซึ่งแสดงให้เห็นว่า



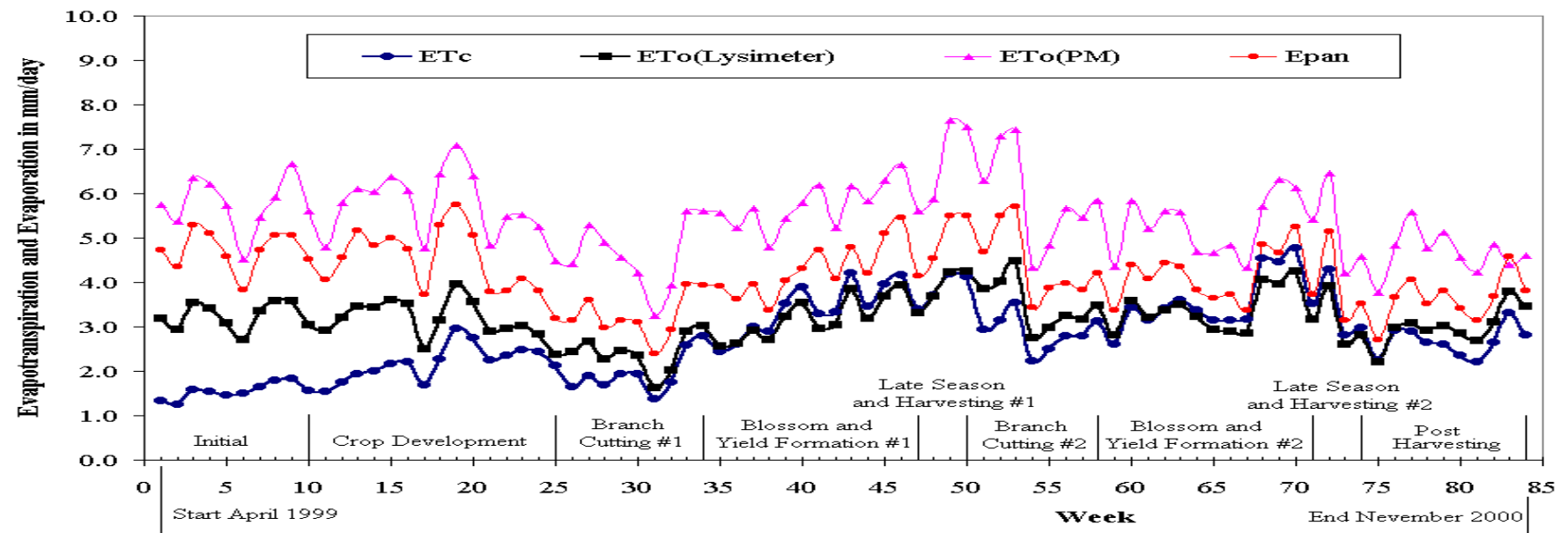
Week 2

Week 6

Week 26

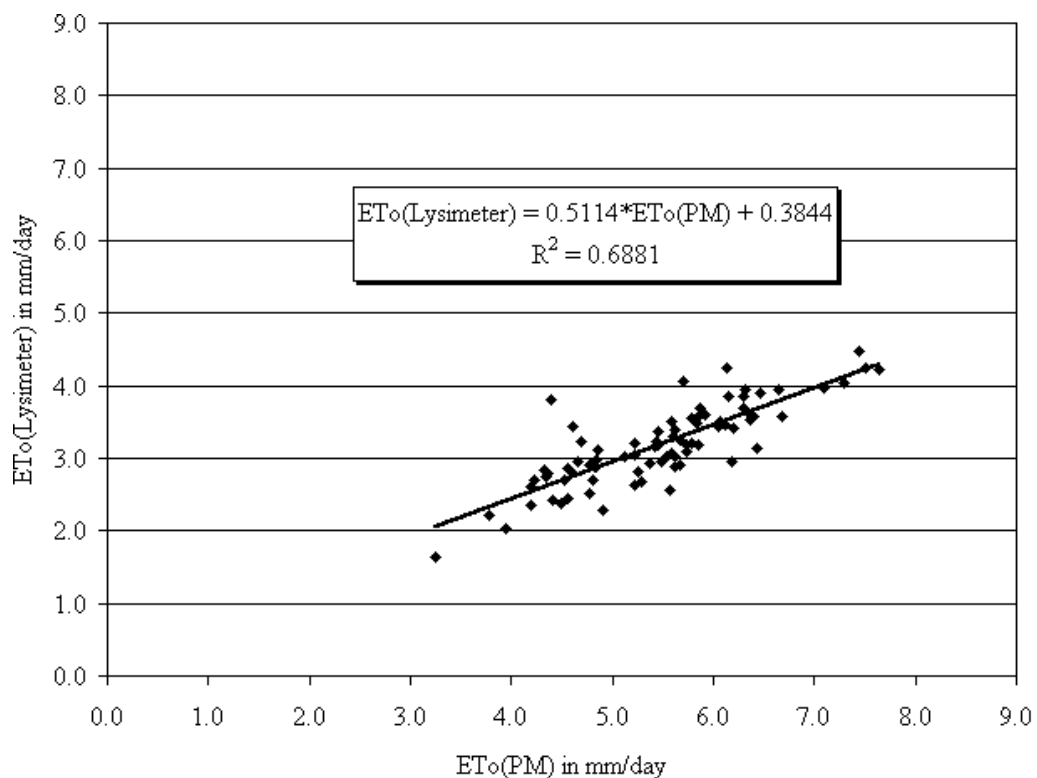
Week 35

Week 46



รูปที่ 4 ค่า ET_c , $E_{To}(\text{Lysimeter})$, $E_{To}(\text{PM})$ และ E_{pan} รายสัปดาห์ที่วัดได้จากการทดลอง

ETo(PM) ยังทำนายค่า ETo(Lysimeter) ในประเทศไทยได้ไม่ดีเท่าที่ควร จึงควรได้มีการศึกษาถึงการนำสูตร Penman-Monteith มาคำนวณค่า ETo ในประเทศไทยว่าควรมีการปรับปรุงสมการหรือพารามิเตอร์ของสมการอย่างไร เพื่อให้สามารถคำนวณค่า ETo ที่แท้จริงได้

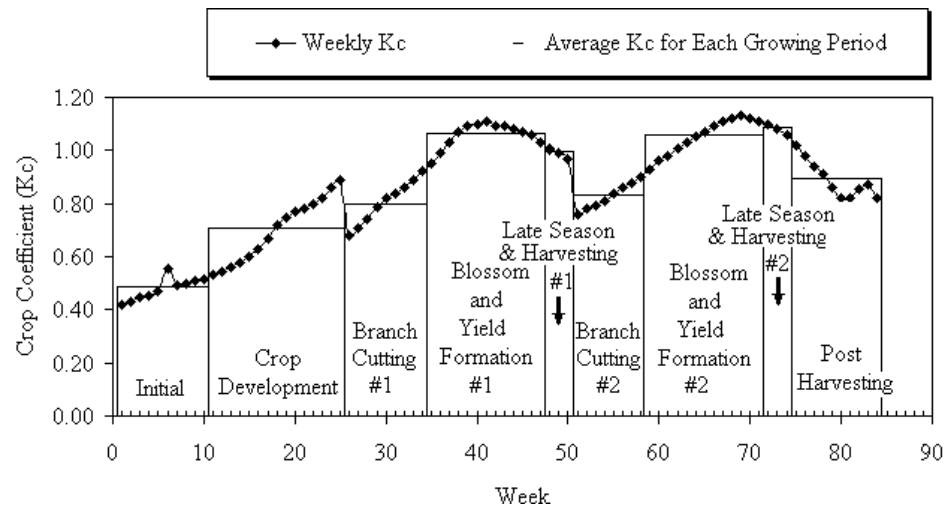


รูปที่ 5 ความสัมพันธ์ระหว่าง ETo(Lysimeter) และ ETo(PM)

สัมประสิทธิ์การใช้น้ำขององุ่น

ผลการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำขององุ่น ($K_c = \frac{ET_c}{ET_o}$) แสดงอยู่ในรูปที่ 6 ซึ่งจะเห็นว่าในช่วงต้นฤดู K_c มีค่าน้อย เฉลี่ยประมาณ 0.48 และมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องในช่วงเจริญเติบโตทางลำต้น ช่วงสัปดาห์แรกของตัดแต่งกิ่ง K_c จะลดลงอย่างกะทันหันแล้วจะค่อยๆ เพิ่มขึ้น จนมีค่าสูงสุดประมาณ 1.12 ในช่วงออกดอกออกผล หลังจากนั้น K_c จะค่อยๆ ลดลง ในช่วงผลแก่และเก็บเกี่ยว หลังเก็บเกี่ยวองุ่นในปีแรก จะมีการตัดแต่งกิ่งซึ่ง K_c จะลดลงอย่างกะ

ทันหัน แล้ว Kc จะค่อยๆ เพิ่มขึ้นจนมีค่าสูงสุดในช่วงออกดอกออกผลของปีที่ 2 กราฟ Kc ของช่วงออกดอกออกผล ช่วงผลแก่และเก็บเกี่ยวของปี 1 และปี 2 มีลักษณะใกล้เคียงกัน จึงสามารถนำมาสรุปเป็นค่า Kc ที่ช่วงระยะการเจริญเติบโตต่างๆ ขององุ่นได้ดังตารางที่ 3



รูปที่ 6 สัมประสิทธิ์การใช้น้ำรายสัปดาห์ขององุ่น

ตารางที่ 3 Kc ขององุ่นพันธุ์ปี๊ปดำที่ทดลองเปรียบเทียบกับ Kc ขององุ่นจากตารางที่ 1

ช่วงระยะ การเจริญเติบโต	(1) ตั้งตัว	(2) เจริญ เติบโต	(3) ตัดแต่งกิ่ง	(4) ออกดอก ออกผล	(5) ผลแก่-เก็บ เกี่ยว	เฉลี่ย
ระยะเวลา (สัปดาห์)	10	15	9	13	3	รวม = 50
Kc จากการทดลอง RH ~ 49.5-89.8% U > 11.5 m/s	0.48	0.70	0.81	1.06	1.03	0.85 ± 0.04
Kc (FAO#33) RHmin > 70% U < 5 m/sec	0.35	0.6	NA	0.7	0.6/0.55	0.55
Kc (FAO#33) RHmin < 20% U > 5 m/sec	0.55	0.8	NA	0.9	0.8/0.7	0.75

ผลการทดลองพบว่า Kc มีค่าใกล้เคียงกับ Kc ของ FAO#33 (Doorenbos และ Kassam, 1988) ในช่วงตั้งตัว และช่วงเจริญเติบโตทางลำต้น แต่ช่วงออกดอกออกผล ช่วงผลแก่-เก็บเกี่ยวค่า Kc ทดลองมีค่าสูงกว่า Kc ของ FAO#33 ประมาณ 20% Kc เฉลี่ยตลอดฤดูกาลมีค่าเท่ากับ 0.85 และมีค่าระดับความเชื่อมั่น 95% เท่ากับ ± 0.04 ค่า Kc เฉลี่ยของการทดลองสูงกว่า Kc เฉลี่ยของ FAO#33 ประมาณ 20% (ดูรูปที่ 7) FAO#33 ไม่ได้รายงาน Kc ในช่วงตัดแต่งกิ่ง การที่ Kc ทดลองต่างจาก Kc ของ FAO#33 อาจเกิดจากพันธุ์องุ่นที่ใช้ทดลองต่างจากที่รายงานใน FAO#33 ซึ่งไม่ได้ระบุพันธุ์องุ่น

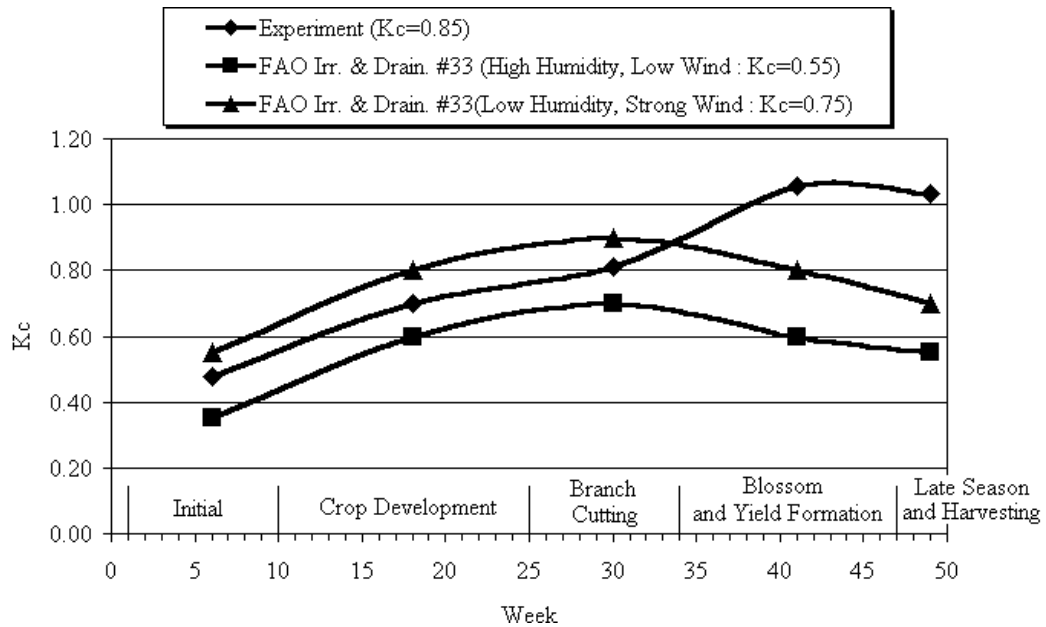
สัมประสิทธิ์การวัดการระเหยแบบ เอ (Kp)

กรณีที่มีข้อมูลภูมิอากาศไม่เพียงพอสำหรับการคำนวณ ETo โดยใช้สูตร เช่น Penman-Monteith จะสามารถคำนวณหา ETo ได้จากค่า Epan ถ้าทราบสัมประสิทธิ์ของสภาพการระเหย โดยสมการ $ETo = Kp \cdot Epan$ ผลการคำนวณค่า Kp รายสัปดาห์ตลอด 84 สัปดาห์ที่ทดลองได้ค่าดังแสดงใน รูปที่ 8 ซึ่งพบว่า Kp มีค่าผันแปรอยู่ในช่วง 0.59-0.9 มีค่าเฉลี่ย 0.76 และมีค่าระดับความเชื่อมั่น 95% เท่ากับ ± 0.01 ค่า Kp เฉลี่ยที่ได้จากการทดลองนี้ค่อนข้างสอดคล้องกับผลการทดลองอื่นๆ จึงน่าจะนำมาใช้ในการคำนวณได้

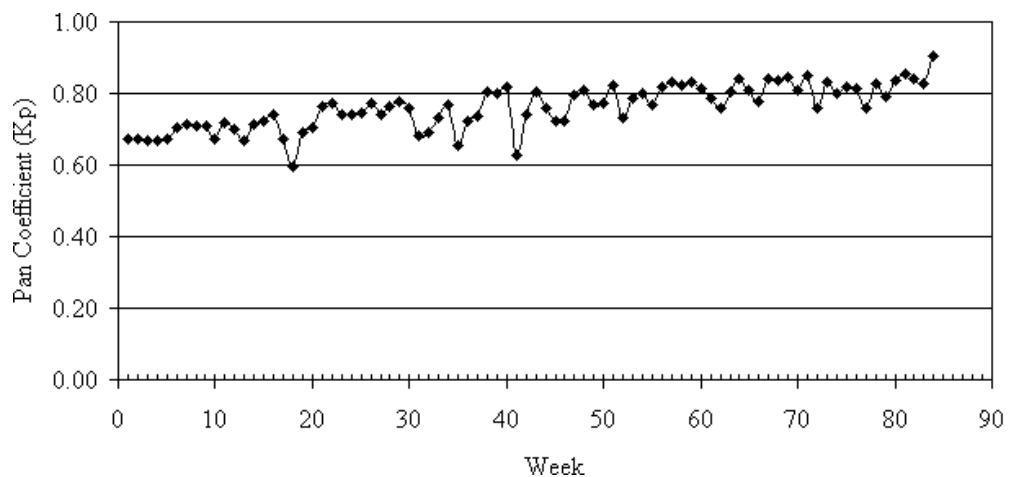
สรุป

ผลการทดลองหาค่าปริมาณการใช้น้ำขององุ่นพันธุ์ปิอบดำ ปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (หญ้านวลน้อย) และสัมประสิทธิ์การใช้น้ำขององุ่นพันธุ์ปิอบดำ โดยใช้ถึงวัดการให้น้ำแบบระบายน้ำที่สถานีวิจัยการให้น้ำชลประทาน ห้วยบ้านยาง จ.นครราชสีมา ระหว่าง เมษายน 2542 ถึง พฤศจิกายน 2543 เป็นเวลา 84 สัปดาห์ หรือ 2 ฤดูกาลเก็บเกี่ยว พบว่าองุ่นและพืชอ้างอิงมีการใช้น้ำเฉลี่ย 2.7 และ 3.2 มม./วัน โดยมีระดับความเชื่อมั่น 95% เท่ากับ ± 0.19 และ ± 0.12 มม./วัน ตามลำดับ ค่า Kc ในช่วงตั้งตัว เจริญเติบโตทางลำต้น ตัดแต่งกิ่ง ออกดอกออกผล และช่วงผลแก่-เก็บเกี่ยว มีค่า 0.48, 0.70, 0.81, 1.06 และ 1.03 ตามลำดับ ค่า Kc เฉลี่ยตลอดฤดูกาล เท่ากับ 0.85 ค่า Kc ที่ทดลองได้มีค่าสอดคล้องกับ Kc ของ FAO #33 ยกเว้นช่วงออกดอกออกผล และช่วงผลแก่-เก็บเกี่ยว อย่างไรก็ตาม FAO #33 ไม่ได้ระบุถึงพันธุ์องุ่นที่ทดลองและใช้เป็นตัวแทนองุ่นโดยทั่วไป ซึ่งอาจเป็นผลทำให้ค่า Kc ใน 2 ช่วงหลังต่างกันได้ ค่า ETo ที่

คำนวณจากสูตร Penman-Monteith ต่างจาก ETo (Lysimeter) ซึ่งใช้หุ้ำนวลน้อยเป็นพืชอ้างอิงอย่างสำคัญ จึงควรได้มีการวิจัยถึงการใช้สูตร Penman-Monteith ในประเทศไทยต่อไป



รูปที่ 7 ผลการเปรียบเทียบ K_c ที่ทดลองกับ K_c ของ FAO Irr. & Drain #33



รูปที่ 8 ค่าสัมประสิทธิ์การวัดการระเหยแบบ เอ

เอกสารอ้างอิง

1. กรมชลประทาน. 2539. ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืชโดยวิธี Penman-Monteith.
เอกสารวิชาการทะเบียนวิจัย ชป. 21/2539. สำนักอุทกวิทยาและบริหารน้ำ กรมชล
ประทาน กรุงเทพฯ 40น.
2. วราวุธ วุฒิวิณิชย์. 2539. การคำนวณ ETo ของประเทศไทย โดยวิธี Penman-Monteith
วิศวกรรมสาร มก. 29:91-105.
3. Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D. and M. Smith. 1998. Crop Evapotranspiration-
Guidelines for Computing Crop Water Requirements. Irrigation and Drainage
Paper No. 56. FAO. Rome.
4. Doorenbos, J. and A.H. Kassam. 1988. Crop Yield Response to Water Irrigation
and Drainage Paper No. 33. FAO, Rome. 193p.
5. Doorenbos, J. and W.O. Pruitt. 1984. Guidelines for Predicting Crop Water
Requirements, Irrigation and Drainage Paper No.24. FAO, Rome.144p.
6. Slatyer, R.O. 1967. Plant Water Relationships. Academic Press. New York. 452p.
7. Vudhivanich, V. 1996. Monthly Potential Evapotranspiration of Thailand, Kasetsart J.
(Nat. Sci.) 30:392-399.