



ใบรับรองวิทยานิพนธ์
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
.....
วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (พืชไร่)
.....
ปริญญา

.....
พืชไร่
.....
สาขา

.....
พืชไร่นา
.....
ภาควิชา

เรื่อง การศึกษาปริมาณการใช้น้ำของสบู่ดำ

Study on Consumptive Use of Water of Physic Nut (*Jatropha curcas* L.)

นามผู้วิจัย นายขวัญชัย เชชอุปการ

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(.....
รองศาสตราจารย์สมบัติ ชินะวงศ์, Ph.D.
.....)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(.....
รองศาสตราจารย์พงศ์ศักดิ์ ชลชนสวัสดี, CEM.
.....)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(.....
ผู้ช่วยศาสตราจารย์เอกสิทธิ์ โมลิตสกุลชัย, Dipl.Docteur.
.....)

หัวหน้าภาควิชา

(.....
รองศาสตราจารย์สนธิชัย จันทน์เปรม, Ph.D.
.....)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

(.....
รองศาสตราจารย์กัญจนา วีระกุล, D.Agr.
.....)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ เดือน พ.ศ.

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การศึกษาปริมาณการใช้น้ำของสบู่ดำ

Study on Consumptive Use of Water of Physic Nut (*Jatropha curcas* L.)

โดย

นายขวัญชัย เดชอุปการ

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (พืชไร่)

พ.ศ. 2552

ขวัญชัย เดชอุปการ 2552: การศึกษาปริมาณการใช้น้ำของสับปะรด ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (พืชไร่) สาขาพืชไร่ ภาควิชาพืชไร่นา อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: รองศาสตราจารย์สมบัติ ชินะวงศ์, Ph.D. 127 หน้า

การศึกษาปริมาณการใช้น้ำของสับปะรด มีวัตถุประสงค์เพื่อหาปริมาณการให้น้ำและช่วงเวลาการให้น้ำ สับปะรด โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 3 การทดลองคือ 1 การศึกษาปริมาณการใช้น้ำของสับปะรดโดยใช้ระบบน้ำหยด จัดตั้งทดลองแบบ Split Plot in CRD (Completely Randomize Design) มีรูปแบบการปลูก (ต้นกล้าที่เพาะจากท่อนพันธุ์และเมล็ดพันธุ์) เป็นปัจจัยหลัก และอัตราการให้น้ำ (1.5, 4.5, 8 และ 12 ลิตร/สัปดาห์) เป็นปัจจัยรอง เปรียบเทียบการเจริญเติบโตและผลผลิตระหว่างปัจจัยต่างๆ เริ่มการทดลองเดือนกุมภาพันธ์ 2549 ถึงเดือนมกราคม 2550 การทดลองที่ 2 การศึกษาปริมาณการใช้น้ำของสับปะรดโดยใช้ถังวัดปริมาณการใช้น้ำของพืช โดยปลูกสับปะรดในถังวัดปริมาณการใช้น้ำปริมาตร 3.77 ม³ และพื้นที่รอบถัง ปลูกหญ้านวลน้อยในถังปริมาตร 3.04 ม³ และพื้นที่รอบถังซึ่งอยู่ใกล้กับแปลงสับปะรด เก็บข้อมูลปริมาณน้ำระบายจากถังวัดการใช้น้ำ ปริมาณน้ำชลประทาน ปริมาณน้ำฝน และปริมาณความชื้นดินในถังปลูก เพื่อใช้ในการคำนวณหาปริมาณการใช้น้ำของสับปะรด และหญ้านวลน้อย โดยใช้หลักสมมูลของน้ำ คำนวณหาปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิงโดยใช้สมการของ Penman-Monteith และปริมาณการระเหยน้ำจากถาดวัดการระเหย เริ่มการทดลองวันที่ 27 พฤษภาคม 2551 ถึงวันที่ 27 ตุลาคม 2551 ณ แปลงทดลองภาควิชาพืชไร่นา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน การทดลองที่ 3 ศึกษาผลของช่วงเวลาการให้น้ำที่มีต่อจำนวนช่อดอกและการเจริญเติบโตของสับปะรด ประกอบด้วย 4 ตำหรับการทดลองคือ 1 ให้น้ำชลประทานตลอดการทดลอง 2 หยุดการให้น้ำเมื่อเริ่มออกดอก 3 เริ่มการให้น้ำเมื่อเริ่มออกดอก และ 4 ไม่มีการให้น้ำชลประทาน เปรียบเทียบจำนวนช่อดอกและการเจริญเติบโต

จากการทดลองพบว่า การให้น้ำหยดที่อัตรา 12 ลิตร/สัปดาห์ จะทำให้การเจริญเติบโตและผลผลิตสูงที่สุด และการปลูกด้วยเมล็ดพันธุ์มีการเจริญเติบโตสูงกว่าท่อนพันธุ์แต่ไม่มีความแตกต่างทางด้านผลผลิต ปริมาณการใช้น้ำและค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของสับปะรดในระยะก่อนออกดอก ระยะออกดอก และระยะติดผล มีค่าเฉลี่ย 3.85, 4.21 และ 6.00 มิลลิเมตร/วัน และ 0.96, 1.11 และ 1.54 ตามลำดับ ปริมาณการใช้น้ำอ้างอิงที่คำนวณจากหญ้านวลน้อย สมการ Penman-Monteith และค่าการระเหยน้ำจากถาดวัดมีค่าเฉลี่ย 3.90, 3.72 และ 3.45 มิลลิเมตร/วัน สับปะรดในสภาพแปลงปกติและมีการให้น้ำชลประทานจะมีการเจริญเติบโตและผลผลิตสูงที่สุดและเมื่อไม่มีการให้น้ำชลประทานจะทำให้ผลผลิตลดลง 58.96 % การให้น้ำตลอดช่วงการทดลองจะมีการเจริญเติบโตและจำนวนช่อดอกมากที่สุด และการหยุดให้น้ำในช่วงเริ่มออกดอกจะทำให้จำนวนช่อดอกลดลง

Khwanchai Detupakarn 2009: Study on Consumptive Use of Water of Physic Nut (*Jatropha curcas* L.). Master of Science (Agronomy), Major Field: Agronomy, Department of Agronomy.
Thesis Advisor: Associate Professor Sombat Chinawong, Ph.D. 127 pages.

The study on consumptive use of water of physic nut has the objectives to determine the consumptive use and time of water application of physic nut. The experiment was dividing into 3 categories. 1. The study on evapotranspiration of physic nut by drip irrigation system. Used the split plot in completely randomized design, the main plot was planting method (transplanting from seedling and cutting) and sub plot was the rate of water (1.5, 4.5, 8 and 12 liters/week). The experiment was started from February 2006 until January 2007. 2. Study on evapotranspiration of physic nut and Manila grass by Lysimeter method. The physic nut was grown in 4 lysimeters (percolation type) with the volume of 3.77 m³ and Manila grass was also growing in 4 lysimeter tank of 3.04 m³ in size close to physic nut cultivating area. Data collected on drainage water, irrigation water, rainfall and soil moisture content, used the meteorological data to calculating reference evapotranspiration by Penman-Monteith equation and class A pan evaporation. Compared between physic nut evapotranspiration and reference evapotranspiration for calculating crop coefficient. Growth and yield compared among Lysimeter, irrigation field and non-irrigation field. The experiment was started from May 27, 2008 until September 27, 2008, at Agronomy field, Kasetsart University, Kamphaengsaen campus. 3. Effect of water applies on number of inflorescence and growth of physic nut. That consisted of 4 treatments: 1. Irrigation, 2. stop irrigation at initiate flowering, 3. start irrigation at initiate flowering and 4. Throughout growing period no irrigation.

The results of study show that 12 liter/week of application rate of water gave the average highest growth and yield and growth of seedling higher than cutting, but, non significant difference on yield. The consumptive use of water and crop coefficient of physic nut at before flowering stage, flowering stage and fruiting stage were 3.84, 4.21 and 6.00 mm.day⁻¹ and 0.96, 1.11 and 1.54 respectively, The reference evapotranspiration measured from Manila grass, Penman-Monteith equation and pan evaporation were 3.90, 3.72 and 3.45 mm.day⁻¹. The data showed that the highest growth, yield and the number of inflorescence were under irrigation throughout growing period and yield reduces 58.96% in no irrigation field and found that growth and inflorescence number reduced when stop irrigation at initiate flowering stage.

Student's signature

Thesis Advisor's signature

กิตติกรรมประกาศ

ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.สมบัติ ชินะวงศ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์
หลัก รองศาสตราจารย์พงศ์ศักดิ์ ชลชนสวัสดิ์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์เอกสิทธิ์ โฆสิตสกุลชัย
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่ให้คำปรึกษาในการเรียน การศึกษาค้นคว้า ตลอดจนการตรวจ
แก้วิทยานิพนธ์จนเสร็จสมบูรณ์ และกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.วราวุธ วุฒินิชย์
ผู้แทนบัณฑิตวิทยาลัย รองศาสตราจารย์ พร รุ่งแจ้ง ผู้ทรงคุณวุฒิ และดร.วิศิษฐ์ ใจอารีย์ ประธานใน
การสอบ ที่ได้ให้คำแนะนำและตรวจแก้วิทยานิพนธ์ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอกราบขอบพระคุณ ครูและอาจารย์ทุกท่านที่ได้อบรมสั่งสอนและมอบความรู้ที่เป็น
ประโยชน์ และกราบขอบพระคุณ บริษัท โปรเท็คเตอร์ (ประเทศไทย) จำกัด ภาควิชาพืชไร่นา
และบัณฑิตวิทยาลัย ที่ได้มอบทุนสนับสนุนงานวิจัยจนประสบความสำเร็จ ขอขอบคุณทีมงาน
โรงเรียนสบูดำ และพี่ๆ เพื่อนๆ น้องๆ ทุกคน ที่เป็นกำลังใจและให้ความช่วยเหลือในการทำ
วิทยานิพนธ์จนสำเร็จ

ด้วยความดีหรือประโยชน์อันใดเนื่องจากวิทยานิพนธ์เล่มนี้ ขอมอบให้คุณพ่อ คุณแม่ และ
ครอบครัว ที่ได้อบรมเลี้ยงดู ให้คำปรึกษา ให้การสนับสนุน และให้กำลังใจมาตลอด

ขวัญชัย เดชอุปการ

เมษายน 2552

สารบัญ

หน้า

สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(5)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	2
การตรวจเอกสาร	3
อุปกรณ์และวิธีการ	19
อุปกรณ์	19
วิธีการ	21
ผลและวิจารณ์	30
สรุปและข้อเสนอแนะ	55
สรุป	55
ข้อเสนอแนะ	57
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	59
ภาคผนวก	63
ประวัติการศึกษาและการทำงาน	127

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ระยะเวลาของแต่ละช่วงการทดลอง	23
2	การเปรียบเทียบการเจริญเติบโตและผลผลิตของสบู่ดำที่ปลูกจากต้นกล้าที่เพาะจากท่อนพันธุ์ เมื่อให้น้ำในอัตราที่ต่างกัน	31
3	การเปรียบเทียบการเจริญเติบโตและผลผลิตของสบู่ดำที่ปลูกจากต้นกล้าที่เพาะจากเมล็ดพันธุ์ เมื่อให้น้ำในอัตราที่ต่างกัน	32
4	การเปรียบเทียบการเจริญเติบโตและผลผลิตระหว่างสบู่ดำที่ปลูกจากต้นกล้าที่เพาะจากท่อนพันธุ์และจากเมล็ดพันธุ์	35
5	การเปรียบเทียบน้ำหนักแห้งของสบู่ดำที่ได้รับอัตราการให้น้ำที่แตกต่างกัน	37
6	ค่าการวิเคราะห์ดินในถังวัดการใช้น้ำของสบู่ดำ และหญ้านวลน้อย	39
7	อุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย สูงสุด และต่ำสุด ในแต่ละช่วงการทดลอง	40
8	ปริมาณน้ำฝน ปริมาณการระเหยน้ำจากถาดวัดการระเหย และปริมาณน้ำชลประทาน	41
9	ปริมาณน้ำระบายออกจากถังวัดการใช้น้ำของสบู่ดำ และหญ้านวลน้อย ในแต่ละช่วงการทดลอง	42
10	การเปรียบเทียบปริมาณการใช้น้ำอ้างอิง ที่คำนวณจากปริมาณการใช้น้ำของหญ้านวลน้อย สมการ Penman-Monteith และปริมาณการระเหยน้ำจากถาดวัด และค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของสบู่ดำที่เปรียบเทียบระหว่างปริมาณการใช้น้ำของสบู่ดำกับปริมาณการใช้น้ำอ้างอิง	46
11	ปริมาณการใช้น้ำอ้างอิง คำนวณจากปริมาณการใช้น้ำของหญ้านวลน้อย สมการ Penman-Monteith และปริมาณการระเหยน้ำจากถาดวัดการระเหย ในแต่ละช่วงการทดลอง	47
12	การเปรียบเทียบความสูงและความกว้างทรงพุ่ม และเส้นผ่าศูนย์กลางลำต้นของสบู่ดำที่ปลูกในถังวัดการใช้น้ำ ในสภาพแปลงปกติไม่มี และมีการให้น้ำชลประทาน	49

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
13	การเปรียบเทียบจำนวนช่อดอก จำนวนช่อผล และน้ำหนักเมล็ดแห้ง ของสบู่ดำที่ปลูกในถังวัดการให้น้ำ ในสภาพแปลงปกติไม่มีและ มีการให้น้ำชลประทาน	51
14	การเปรียบเทียบจำนวนกิ่งในแต่ละข้อแยก ของสบู่ดำที่ปลูกในถังวัดการ ให้น้ำในสภาพแปลงปกติมีและไม่มีการให้น้ำชลประทาน	52
15	การเปรียบเทียบน้ำหนักแห้งจากส่วนต่างๆ ของสบู่ดำที่ปลูกในถังวัดการ ให้น้ำในสภาพแปลงปกติมีและไม่มีการให้น้ำชลประทาน	52
16	การเปรียบเทียบความสูงทรงพุ่ม ความกว้างทรงพุ่ม เส้นผ่าศูนย์กลางลำต้น และจำนวนช่อดอก ของสบู่ดำในแต่ละรูปแบบของช่วงเวลาการให้น้ำ	53
17	การเปรียบเทียบต้นทุนและผลผลิตของการใช้ระบบน้ำหยด การให้น้ำ ตามร่องและการไม่ให้น้ำชลประทาน (อาศัยน้ำฝน)	54

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่	หน้า
1 แสดงการคำนวณปริมาณความชื้นดินในถังปลูกสับุดำ	64
2 แสดงการคำนวณปริมาณความชื้นดินในถังปลูกหลัำนวลน้อย	76
3 แสดงการคำนวณปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิงโดยใช้สมการ Penman-Monteith	90
4 การคำนวณปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิงจากปริมาณการระเหยน้ำ จากถาดวัดการระเหย	117

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	ระดับความชื้นในดินที่จุดต่างๆ และความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นในดินกับการกำหนดการให้น้ำแก่พืช	8
2	ถาดวัดการระเหยน้ำมาตรฐานแบบ เอ	17
3	การแยกสภาพแวดล้อมบริเวณถาดวัดการระเหยน้ำเป็น 2 กรณี	17
4	แสดงภาพตัดขวางถึงวัดการใช้น้ำของสบู่ดำ	22
5	ความสัมพันธ์เชิงถดถอยระหว่างอัตราการให้น้ำกับน้ำหนักเมล็ด	33
6	เปรียบเทียบความสูงและความกว้างทรงพุ่ม ระหว่างต้นที่ปลูกจากต้นกล้าที่เพาะจากท่อนพันธุ์และเมล็ดพันธุ์	35
7	เปรียบเทียบจำนวนช่อดอกและช่อผล ระหว่างต้นที่ปลูกจากท่อนพันธุ์และเมล็ดพันธุ์	36
8	เปรียบเทียบน้ำหนักเมล็ดแห้ง ระหว่างต้นที่ปลูกจากท่อนพันธุ์และเมล็ดพันธุ์	36
9	ความสัมพันธ์เชิงถดถอยระหว่างอัตราการให้น้ำกับน้ำหนักแห้งของสบู่ดำ	38
10	ปริมาณการใช้น้ำของสบู่ดำในแต่ละถึงวัดการให้น้ำ	43
11	ปริมาณการใช้น้ำของหญ้านวลน้อยในแต่ละถึงวัดการให้น้ำ	44
12	ปริมาณการใช้น้ำของสบู่ดำ หญ้านวลน้อย และค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของสบู่ดำในระยะก่อนออกดอก ระยะออกดอก และระยะติดผล	44
13	ความสัมพันธ์เชิงถดถอยระหว่างปริมาณการใช้น้ำของหญ้านวลน้อย และปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิงที่คำนวณจากสมการ Penman-Monteith และปริมาณการระเหยน้ำจากถาดวัด	48
14	ความสัมพันธ์เชิงถดถอยระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของสบู่ดำ ที่เปรียบเทียบระหว่าง หญ้านวลน้อย สมการ Penman-Monteith และปริมาณการระเหยน้ำจากถาดวัด	48

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพผนวกที่	หน้า
1 ค่าการสอบเทียบเครื่องวัดแรงดึงความชื้นดินความยาว 30 เซนติเมตร	88
2 ค่าการสอบเทียบเครื่องวัดแรงดึงความชื้นดินความยาว 60 เซนติเมตร	89
3 แสดงการปลูกสบู่ดำในถังวัดการใช้น้ำในแต่ละถัง	124
4 แสดงการปลูกหญ้าหวานลงในถังวัดการใช้น้ำ	124
5 แปลงการทดลองที่ 1 การศึกษาปริมาณการใช้น้ำของสบู่ดำโดยใช้ระบบน้ำหยด	125
6 แปลงการทดลองที่ 3 การศึกษาผลของช่วงเวลาการให้น้ำที่มีต่อจำนวนช่อดอกและการเจริญเติบโตของสบู่ดำ	125
7 ลักษณะต้นสบู่ดำที่ปลูกในถังวัดการใช้น้ำ	126
8 ลักษณะต้นสบู่ดำที่ปลูกในสภาพแปลงปกติและมีการให้น้ำชลประทาน	126
9 ลักษณะต้นสบู่ดำที่ปลูกในสภาพแปลงปกติและไม่มีการให้น้ำชลประทาน	126

การศึกษาปริมาณการใช้น้ำของสบู่ดำ

Study on Consumptive Use of Water of Physic Nut (*Jatropha curcas* L.)

คำนำ

ปัจจุบันหลายประเทศให้ความสำคัญกับการหาแหล่งพลังงานทดแทนพลังงานจากฟอสซิล ไม่ว่าจะเป็นพลังงานจากลม น้ำ แสงอาทิตย์ และพลังงานจากชีวมวล พืชพลังงานเป็นทางเลือกอีกแหล่งหนึ่งที่สามารถปลูกหมุนเวียนเพื่อใช้เป็นพลังงานได้อย่างต่อเนื่อง สามารถแบ่งได้เป็น 3 ประเภท คือ พืชที่ให้ชีวมวล พืชที่ให้แป้งและน้ำตาล และพืชให้น้ำมัน

สบู่ดำเป็นพืชที่กำลังได้รับการพัฒนาให้เป็นพืชพลังงานอีกชนิดหนึ่ง เพราะนอกจากจะมีผลผลิตที่สามารถนำมาสกัดน้ำมันได้แล้ว ยังมีการเจริญเติบโตที่รวดเร็ว และทนต่อสภาพแห้งแล้งได้ดี แต่ในปัจจุบันสบู่ดำยังให้ผลผลิตต่ำ เนื่องจากยังขาดพันธุ์ที่ดี รวมทั้งยังไม่มีรูปแบบการเกษตรที่ถูกต้องและเหมาะสม

น้ำคือปัจจัยที่จำเป็นอย่างยิ่งต่อการเจริญเติบโตและการสร้างผลผลิตของพืช ถึงแม้สบู่ดำจะทนแล้งได้ดีแต่จะให้ผลผลิตน้อยถ้าหากขาดน้ำเป็นเวลานาน ในขณะที่เดียวกันสบู่ดำก็ไม่ทนต่อสภาพน้ำท่วมขัง ดังนั้นการจัดการน้ำที่เหมาะสมจะทำให้สามารถเพิ่มศักยภาพการเจริญเติบโตและการสร้างผลผลิตของสบู่ดำ การทดลองนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปริมาณการใช้น้ำและช่วงเวลาการให้น้ำที่เหมาะสมต่อสบู่ดำ ซึ่งผลจากการทดลองนี้น่าจะเป็นประโยชน์ต่อเกษตรกรผู้ผลิตในการวางแผนการจัดการน้ำให้กับสบู่ดำได้อย่างเหมาะสม

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาปริมาณการใช้น้ำของสนุ่นดำโดยใช้ระบบน้ำหยด
2. เพื่อศึกษาปริมาณการใช้น้ำของสนุ่นดำโดยใช้วิธีวัดจากถังวัดปริมาณการใช้น้ำของพืช
3. เพื่อศึกษาค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำ (K_c) ของสนุ่นดำโดยเปรียบเทียบกับค่าปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง
4. เพื่อศึกษาผลของช่วงเวลาการให้น้ำที่มีต่อการเจริญเติบโต และจำนวนช่อดอกของสนุ่นดำ

การตรวจเอกสาร

สบู่ดำ

สบู่ดำจัดอยู่ในวงศ์ Euphorbiaceae เป็นไม้พุ่มที่มีความทนทานต่อสภาพการขาดน้ำได้ดี มีการปลูกในอเมริกากลางและใต้ เอเชียตะวันออกเฉียงใต้ อินเดีย และแอฟริกา ปัจจุบันสบู่ดำเป็นพืชที่ได้รับการพิจารณาให้เป็นพืชน้ำมันอีกชนิดหนึ่งที่สร้างความหวังในการนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงจากธรรมชาติ เหมาะสำหรับปลูกในพื้นที่รกร้างว่างเปล่า สามารถเจริญเติบโตในสภาพดินเสื่อมโทรม และยังให้ผลผลิตอย่างเหมาะสมโดยไม่ต้องมีการดูแลรักษา (Kumar and Sharma *et.al*, 2008) ในหลายประเทศใช้นโยบายของรัฐในการส่งเสริมการปลูกสบู่ดำเพื่อนำมาผลิตเป็นไบโอดีเซล เป็นการเพิ่มรายได้ให้กับชุมชนในชนบท (Baruti and Gray, 2007)

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

สบู่ดำเป็นพืชอายุข้ามปี สามารถให้ผลผลิตและมีอายุได้ถึง 50 ปี มีการเจริญเติบโตเร็ว ทนแล้ง มีทรงพุ่มหนา กิ่งและลำต้นมีลักษณะเรียบสีเทาหรือค่อนข้างแดง เนื้อไม้ด้านในสีขาว ใบมีสีเขียวเข้มจนถึงอ่อนเรียงตัวแบบสลับ (alternately) มีน้ำยางสีค่อนข้างขาว ลักษณะผลเป็นรูปไข่ ติดเป็นช่อ มีประมาณ 10 ผลต่อช่อ (Baruti and Gray, 2007) ระพีพันธุ์ และสุขสันต์ (2525) กล่าวว่า ลักษณะใบมีรอยหยัก (lobe) ตื้น ๆ ประมาณ 3-5 หยัก ขนาดของแผ่นใบเฉลี่ยมีความยาวประมาณ 19.78 เซนติเมตร และมีความกว้างประมาณ 16.67 เซนติเมตร จะเริ่มทิ้งใบในฤดูแล้งและเมื่อแล้งจัดก็จะทิ้งหมดทั้งต้น ลักษณะดอกเป็นดอกไม่สมบูรณ์เพศ ดอกตัวผู้และดอกตัวเมียอยู่แยกกัน (monoecious) ออกดอกที่ปลายกิ่ง อัตราส่วนระหว่างดอกตัวผู้และดอกตัวเมียอยู่ระหว่าง 13:1 ถึง 29:1 และลดลงตามอายุของพืชโดยปกติจะออกดอกหนึ่งครั้งต่อปีในช่วงฤดูฝน แต่ถ้ามีการชลประทานจะสามารถออกดอกได้ตลอดทั้งปี หลังจากได้รับการผสมเกสรดอกจะเปลี่ยนเป็นผลสีเขียวลักษณะกลมรี (Achten *et al.*, 2008) ผลเป็นแบบ nut-like มี 3 พู 1 ผล จะติดเมล็ด 2-3 เมล็ด รูปร่างเมล็ดเป็นแบบรีมีเปลือกหุ้มสีดำ จัดเป็นพวก albuminous seed โดยมีเยื่อ albumin นุ่มภายในเป็นที่เก็บสะสมน้ำมันและสารพวก curcin ส่วนของ endosperm และ embryo มีสีขาว (ระพีพันธุ์ และสุขสันต์, 2525) เมล็ดจะมีสารพิษหลายชนิดเช่น phorbol esters, curcin, trypsin inhibitors, lectins และ phytates ดังนั้นน้ำมันและกากจึงไม่สามารถรับประทานได้ (Achten *et al.*, 2008) สบู่ดำมีระบบรากฝอย (fibrous root system) เพราะรากแก้วจะไม่พัฒนาโดยรากจะงอกออกมาจากเมล็ด

หลังจากเพาะเมล็ดประมาณ 7-10 วัน และจะเจริญเติบโตโดยแผ่กระจายไปทั้งตามแนวรัศมีทรงพุ่ม และตามแนวตั้ง (ระพีพันธ์ และสุขสันต์, 2525)

การปลูกและการดูแลรักษา

สนับดำขยายพันธุ์ได้ง่ายโดยใช้เมล็ดและท่อนพันธุ์แต่การปลูกจากท่อนพันธุ์จะมีอายุการเจริญเติบโตที่สั้นกว่า ทนต่อสภาพแห้งแล้งและโรคได้น้อยกว่าการปลูกจากเมล็ด เนื่องจากต้นที่ปลูกจากท่อนพันธุ์ไม่มีการสร้างรากแก้ว (tap roots) รากที่เกิดขึ้นจะเป็นรากปลอม (pseudo-taproots) และสามารถหยั่งลงชั้นดินได้เพียง 1/2 และ 2/3 เมื่อเทียบกับต้นที่มีรากแก้ว วิธีการปลูกมีความแตกต่างกันขึ้นอยู่กับพื้นที่และสภาพภูมิอากาศ เช่น การปลูกจากเมล็ดโดยตรง หรือการเพาะเป็นต้นกล้าก่อนย้ายลงปลูก มีการรายงานว่าที่ระยะปลูก 3×3 เมตร จะให้ผลผลิตมากที่สุด โดยทั่วไปสนับดำจะให้ผลผลิตอยู่ในช่วง 0.1 ถึง 15 ตัน/เฮกตาร์/ปี (Kumar and Sharma, 2008) สนับดำเป็นพืชที่ต้องการใช้ธาตุอาหารจากดินจำนวนมากพอสมควร ดังนั้นการปลูกสนับดำเชิงพาณิชย์จึงมีความจำเป็นต้องเติมธาตุอาหารลงในดินให้แก่สนับดำ (พรชัย, 2549) สมบัติ (2549) รายงานว่า การกำจัดวัชพืชมีความสำคัญมากโดยเฉพาะในช่วงแรกของการปลูกเมื่อสนับดำยังมีอายุอยู่ในช่วง 1-3 เดือน เนื่องจากวัชพืชจะแข่งขันกับสนับดำสูงหากไม่มีการดูแลที่วัชพืชจะขึ้นคลุมต้นสนับดำ การกำจัดวัชพืชทำได้โดยการถากรอบโคนต้น จากนั้นใช้สารกำจัดวัชพืชเช่น พาราควอต หรือไกลโฟเสท ฉีดในร่องน้ำ เมื่อสนับดำมีอายุ 3-4 เดือนทรงพุ่มของสนับดำจะปกคลุมโคนต้นวัชพืชจะขึ้นได้น้อย แต่ยังคงมีวัชพืชขึ้นในร่องน้ำ ซึ่งสามารถกำจัดวัชพืชโดยสารกำจัดวัชพืช สมบัติ (2549) ยังรายงานต่ออีกว่า เมื่อสนับดำอายุ 1 ปี จะมีทรงพุ่มที่ใหญ่ประมาณ 2 เมตรซิกกัน และมีความสูงมากกว่า 2 เมตร ทำให้การเก็บเกี่ยวเป็นไปได้ลำบาก จึงควรตัดแต่งกิ่งให้มีความสูงที่สะดวกต่อการเก็บเกี่ยว และการจัดการด้านอื่น ๆ ซึ่งหลังจากการเก็บเกี่ยวสนับดำสามารถกลับมาให้ผลผลิตอีกครั้ง หลังจากตัดแต่งกิ่งประมาณ 3 เดือน Achten *et al.* (2008) รายงานว่าเพื่อให้ได้น้ำมันที่มีคุณภาพ ควรเก็บเกี่ยวที่ระยะสุกแก่ โดยสังเกตจากสีของผลจะเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีเหลืองและน้ำตาล ระยะสุกแก่จะมีอายุประมาณ 90 วัน หลังออกดอก แต่ผลจะไม่สุกแก่พร้อมกันดังนั้นจึงต้องเก็บด้วยมือซึ่งต้องใช้แรงงานมาก

ประโยชน์ของสนับดำ

สนับดำสามารถปลูกเป็นแนวรั้วเพื่อป้องกันสัตว์เช่น วัว และแพะเข้าทำลายแปลงการเกษตรได้เป็นอย่างดี มีราคาถูกกว่ารั้วที่ทำจากลวด (Kumar and Sharma, 2008) และเนื่องจากสนับดำมีระบบ

รากที่ตื้นและแพร่กระจายจึงสามารถช่วยลดการพังทลายของดินได้ และร่อนมาจากทรงพุ่มทำให้มีการเพิ่มจำนวนและกิจกรรมต่างๆของไส้เดือนดินมากขึ้นซึ่งจะช่วยปรับโครงสร้างและเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดิน (Baruti and Gray, 2007) ถากสับคั่วที่ได้จากขบวนการหีบน้ำมันยังคงมี curcun ซึ่งเป็นโปรตีนที่มีสารพิษจึงไม่เหมาะที่จะนำไปเป็นอาหารสัตว์ แต่สามารถนำไปทำเป็นปุ๋ย หรือ biogas ได้ (Kumar and Sharma, 2008) ไพจิตร และคณะ (2525) ได้รายงานการสกัดน้ำมันสับคั่วในห้องปฏิบัติการ โดยใช้วิธีบดให้ละเอียดทั้งเมล็ด และสกัดด้วยตัวทำละลาย ปิโตรเลียมอีเทอร์ได้น้ำมัน 34.96 เปอร์เซ็นต์ จากเมล็ดรวมเปลือก (Seed) และได้น้ำมัน 54.68 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้งในเนื้อ (kernel) วัฒนา และคณะ (2526) รายงานว่า การสกัดจากเมล็ดตากแห้งทั้งเปลือก บีบด้วยไฮดรอลิกได้น้ำมัน 12.50 เปอร์เซ็นต์ และสกัดด้วยเฮกเซนได้น้ำมันอีก 30.27 เปอร์เซ็นต์ รวมน้ำมันจากเมล็ด 42.77 เปอร์เซ็นต์ จากการสกัดจากเนื้อเมล็ด (kernel) เมื่ออัดด้วยเครื่องบีบไฮดรอลิกได้น้ำมัน 36 เปอร์เซ็นต์ สกัดด้วย เฮกเซนได้น้ำมันอีก 38.14 เปอร์เซ็นต์ รวมได้น้ำมัน 74.14 เปอร์เซ็นต์ Kumar and Sharma (2008) รายงานว่าในน้ำมันสับคั่วมีโปรตีนไขมัน และความชื้นประมาณ 24.60, 47.25 และ 5.54 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และยังพบว่าเมล็ดสับคั่วในประเทศเม็กซิโกชนิดหนึ่งสามารถรับประทานได้โดยการนำมาต้มหรืออบ สับคั่วยังสามารถแปรรูปเป็น สบู่ สารกำจัดแมลง เทียน และมีคุณสมบัติเป็นยาเช่น สามารถรักษา โรคมาลาเรีย ท้องผูก และริดสีดวงทวารได้ (Baruti and Gray, 2007)

การจัดการน้ำในสับคั่ว

ถึงแม้ว่าสับคั่วมีเจริญเติบโตได้ในสภาพพื้นที่ที่มีปริมาณน้ำฝนน้อย (200 มม.) แต่ก็ยังสามารถเจริญเติบโตได้ดีและตอบสนองต่อพื้นที่น้ำฝน (>1200 มม.) โดยเฉพาะในสภาพอากาศร้อน เช่น ในประเทศ นิการากัว สับคั่วมีการเจริญเติบโตได้ดีภายใต้อากาศร้อนและมีปริมาณน้ำฝนมากกว่า 1000 มิลลิเมตร (Riyadh, 2002) Jones and Miller (1997) กล่าวว่าสับคั่วมีชีวิตรอดได้ในสภาพที่ขาดน้ำเป็นเวลามากกว่า 2 ปีและกลับมาเจริญเติบโตได้ใหม่เมื่อได้รับน้ำฤดูฝน และในสภาพพื้นที่ที่มีการชลประทานที่ดีจะให้ผลผลิตตลอดทั้งปี NIIR Board of Consultants and Engineer (2007) รายงานว่า สับคั่วต้องการใช้น้ำน้อยมาก และสามารถมีชีวิตรอดได้ในสภาพแห้งแล้งที่ยาวนาน โดยมีการทิ้งใบเพื่อลดการคายน้ำ แต่ข้อมูลทางด้านปริมาณน้ำฝนที่เหมาะสมยังมีความแตกต่างกัน บางแห่งรายงานว่าสับคั่วต้องการปริมาณน้ำฝน 600 และ 800 มิลลิเมตร ในอินเดีย รายงานว่าสับคั่วจะมีการเจริญเติบโตได้ดีเมื่อได้รับปริมาณน้ำฝน 1,380 มิลลิเมตร ในช่วงหน้าแล้งจะมีการให้น้ำทุก 7 หรือ 15 วันขึ้นอยู่กับช่วงอายุและความต้องการ อย่างไรก็ตามการให้น้ำทุกสัปดาห์จะดีที่สุด Gush (2008) ทำการวัดอัตรา sap flow ในต้นสับคั่วพบว่ามีความสูงที่สุดที่ 32.9

กิโลกรัม/วัน และมีค่าเฉลี่ยตลอดอายุเท่ากับ 5.4 กิโลกรัม/วัน และพบว่ามีค่าสูงสุดในฤดูร้อนส่วนในช่วงฤดูหนาว อัตรา sap flow จะลดลงซึ่งได้รับผลมาจากสภาพภูมิอากาศ เช่น อุณหภูมิ และแสงลดลง ทำให้มีการเปลี่ยนแปลงทางด้านสรีรวิทยา (ใบร่วง) และหลังจากผ่านฤดูหนาวอัตรา sap flow ก็จะเพิ่มขึ้น พรชัย (2549) กล่าวว่า สนุ่ดำเป็นพืชที่ต้องการน้ำตลอดปี แต่ไม่ต้องการสภาพน้ำท่วมขัง ดังนั้นจึงต้องมีการให้น้ำและมีการระบายน้ำที่ดี การให้น้ำแก่สนุ่ดำในทางปฏิบัติจะให้เฉพาะช่วงฤดูแล้ง ซึ่งไม่ควรให้มากจนเกินไป วิธีการให้น้ำที่ดีก็คือให้น้ำน้อยๆ แต่บ่อยครั้ง สมบัติ (2549) รายงานว่า ในฤดูฝนหากมีฝนตกสม่ำเสมอ และมีความชื้นเพียงพอ อาจไม่ต้องให้น้ำ แต่ควรมีการเตรียมการระบายน้ำ เนื่องจากสนุ่ดำจะตายเมื่อมีน้ำท่วมขัง โดยเฉพาะเมื่อสนุ่ดำยังมีอายุน้อย และต้นยังไม่แข็งแรง ฤดูแล้งสนุ่ดำจะทิ้งใบตามธรรมชาติ แม้จะมีการให้น้ำทุก 15 วัน ดังนั้นควรเพิ่มความถี่ในการให้น้ำเป็นทุก 5-7 วัน เพื่อให้สนุ่ดำไม่ทิ้งใบและรักษาการออกดอก ติดผล และให้ผลผลิตในช่วงฤดูแล้ง แต่อย่างไรก็ตามในสภาพความชื้นสูงหรือมีการให้น้ำชลประทานและปุ๋ยมากเกินไปจะช่วยให้มีชีวมวลมากขึ้นแต่ผลผลิตจะลดลง (Achten *et al.*, 2008)

ความสำคัญของน้ำต่อการเพาะปลูกพืช

น้ำเป็นส่วนประกอบที่สำคัญของพืช ในพืชที่เป็นไม้เนื้ออ่อนและกำลังเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว จะประกอบไปด้วยน้ำเป็นส่วนใหญ่ โดยน้ำจะเป็นตัวทำลาย และเป็นตัวกลางของปฏิกิริยาเคมี เป็นตัวกลางสำหรับการลำเลียงสารละลายทั้งอินทรีย์และอนินทรีย์ เป็นตัวทำให้เซลล์พืชเต่ง ซึ่งความเต่งนี้จะช่วยในการขยายตัวของเซลล์ และทำให้พืชคงรูปร่างอยู่ได้ ช่วยรักษาโครงสร้างของเอ็นไซม์และช่วยในการทำงานของเอ็นไซม์ การคายน้ำช่วยลดอุณหภูมิที่ผิวของพืช และเป็นวัตถุดิบในการสังเคราะห์แสงของพืช (นวรรค์, 2541) โดยทั่วไปพืชประกอบด้วยน้ำประมาณร้อยละ 80 โดยน้ำหนักสด พืชอวบน้ำจะมีน้ำเป็นส่วนประกอบสูงถึงร้อยละ 90-95 ปริมาณน้ำจะแตกต่างกันไปตามชนิด อายุ และส่วนต่างๆ ของพืช เช่น ราก ลำต้น ใบ ผล และเมล็ด (ดิเรก และคณะ, 2545) ปฏิสัมพันธ์ระหว่าง พืช สภาพอากาศ น้ำ และดิน เป็นองค์ประกอบที่มีผลต่อกระบวนการ ชีววิทยา สรีรวิทยา กายภาพวิทยา และเคมีวิทยา งานวิจัยส่วนใหญ่จะใช้ข้อมูลเหล่านี้ในศึกษาเกี่ยวกับน้ำ อย่างไรก็ตามในการปฏิบัติจริงๆ จะลดจำนวนองค์ประกอบต่างๆ ลง และเลือกใช้อุปกรณ์ประกอบบางตัวในการวิเคราะห์การตอบสนองของพืชต่อระดับน้ำในแปลงปลูก (Doorenbos and Kassam, 1979)

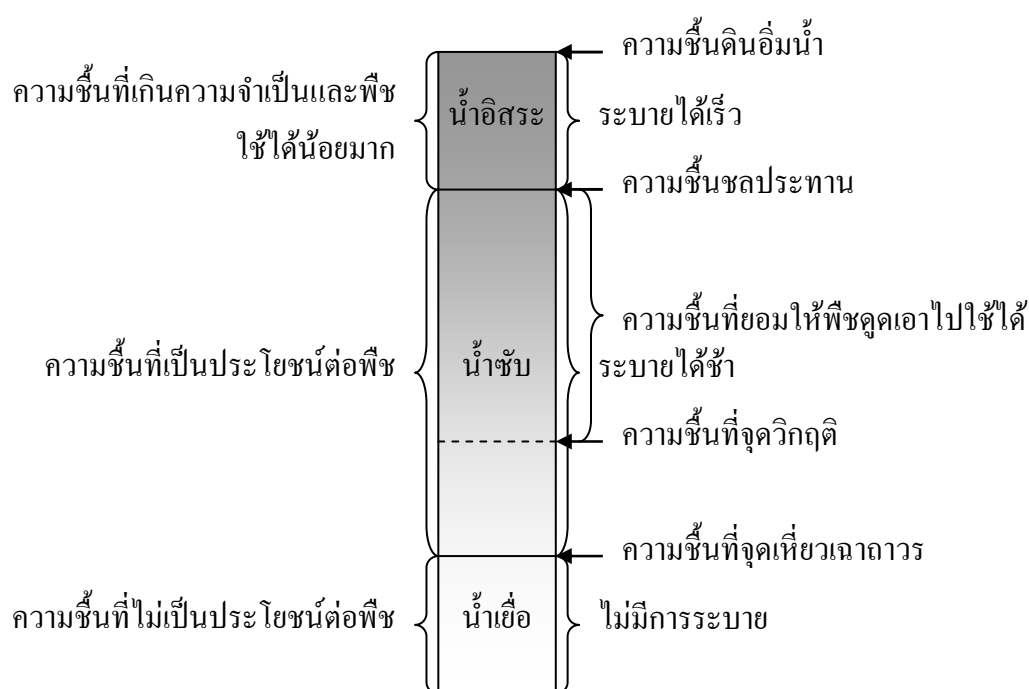
ความสัมพันธ์ระหว่างดิน น้ำ และพืช

เนื่องจากเราทำการปลูกพืชบนดินและทำการให้น้ำเพื่อให้พืชได้เจริญเติบโต ดังนั้นจึงจำเป็นที่ควรจะทราบถึงความสัมพันธ์ระหว่างดิน น้ำ และพืชในส่วนที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบระบบให้น้ำ (ดิเรก และคณะ, 2545) รูปแบบต่างๆของน้ำในดินค่อนข้างซับซ้อน จะผันแปรจากสภาพที่เคลื่อนไหวได้อย่างอิสระไปจนถึงสภาพที่จับยึดแน่นกับผิวอนุภาคดิน อาจแบ่งได้เป็นชนิดใหญ่ๆ ได้ 3 ชนิด (แม้ว่าไม่อาจแยกกันอย่างชัดเจนก็ตาม) ได้แก่ น้ำอิสระ (gravitational water) น้ำซับ (capillary water) และน้ำเยื่อ (hygroscopic water) รวมทั้งน้ำในดินยังมีรูปแบบของ water of hydrate oxide ของเหล็ก อะลูมิเนียม และซิลิกอน เป็นต้น ซึ่งยากต่อการแยกออกและพืชไม่สามารถนำมาใช้ได้ (กวิศร์, 2547)

ความชื้นที่เป็นประโยชน์ต่อพืชหรือความชื้นที่พืชสามารถดูดเอาไปใช้ได้

ดินโดยทั่วไปจะมีส่วนประกอบที่สำคัญอันประกอบขึ้นด้วยสสาร 3 สถานะคือ ของแข็ง ของเหลว และก๊าซ ชนิด ปริมาณ และการจัดเรียงตัวกันของสสารทั้ง 3 สถานะทำให้แบ่งแยกและเรียกชื่อดิน ได้ต่างชนิดกันรวมทั้งทำให้ดินแต่ละชนิดสามารถเก็บกักน้ำไว้ในดินได้ต่างกัน ซึ่งเราเรียกว่า ความสามารถในการอุ้มน้ำของดิน (water holding capacity of soil) โดยทั่วไปจะมี ความสัมพันธ์กับลักษณะเนื้อดิน และโครงสร้างดิน เฉพาะอย่างยิ่งขนาดและปริมาตรของช่องว่างระหว่างเม็ดดินเป็นสำคัญการที่น้ำจะแทรกอยู่ตามช่องว่างระหว่างเม็ดดินได้นั้นอาศัยแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลของดินและโมเลกุลของน้ำ (cohesive force) และแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลของน้ำด้วยกัน (adhesive force) ซึ่งรวมเรียกว่าแรงดูดซับ (capillary force) ถ้าหากปริมาณน้ำที่มีอยู่ในดินนั้นอยู่เต็มช่องว่างระหว่างเม็ดดินเราเรียกดินนั้นว่า ดินอิ่มตัว (saturated) น้ำที่มีอยู่เต็มช่องว่างระหว่างเม็ดดินเมื่อถูกกระทำด้วยแรงดึงดูดของโลกก็จะระบายออกจากช่องว่างขนาดใหญ่ลงสู่ที่ต่ำ น้ำในดินที่ไหลด้วยสาเหตุดังกล่าวเราเรียกว่าน้ำอิสระ (gravitational water หรือ free water) เมื่อน้ำอิสระระบายออกจนหมดใช้เวลาประมาณ 2 -3 วัน ความชื้นในดินที่จุดนี้เราเรียกว่าความชื้นชลประทาน (field capacity) ซึ่งถือว่าเป็นค่าพิสัยบน (upper Limit) ของช่วงระดับความชื้นที่เป็นประโยชน์ต่อพืชของดิน สำหรับดินเนื้อปานกลาง และดินเนื้อละเอียด พืชต้องใช้แรงดึงความชื้นประมาณ 1/3 บาร์ สำหรับดินเนื้อหยาบพืชต้องใช้แรงดึงความชื้นประมาณ 1/10 บาร์ จากพิสัยบน (upper limit) จนถึงพิสัยล่าง (lower limit) ณ จุดที่มีความชื้นเท่ากับความชื้น ณ จุดเหี่ยวเฉาถาวร (permanent wilting point) เราเรียกปริมาณน้ำที่อยู่ในดินของช่วงพิสัยบนจนถึงช่วงพิสัยล่างนี้ว่า น้ำซับ (capillary water) โดยถือว่าปริมาณน้ำที่มีอยู่ในดินในช่วงนี้เป็น 100 เปอร์เซ็นต์ ของปริมาณน้ำ

ในดินที่พืชนำไปใช้ได้ ที่ระดับความชื้น ณ จุดเหี่ยวเฉาถาวรนี้พืชต้องใช้แรงดึงความชื้นประมาณ 15 บาร์ โดยมีพืชไม่กี่ชนิดที่สามารถสร้างแรงดึงความชื้นในรากได้ถึง 15 บาร์ (วิบูลย์, 2526) ดิเรก และคณะ (2545) กล่าวว่า พืชไม่สามารถใช้ความชื้นที่ดินอุ้มไว้ได้นี้ทั้งหมดเพราะเมื่อระดับความชื้นในดินถูกพืชใช้จนเหลือความชื้นน้อยมากจนใกล้ถึงจุดเหี่ยวเฉาถาวรแล้วพืชอาจได้รับความเสียหายได้ เพราะความชื้นในช่วงนี้จะถูกดินดูดยึดเอาไว้มากจนรากพืชไม่สามารถดูดมาใช้ได้ ดังนั้นจึงต้องทำการให้น้ำเมื่อความชื้นในดินลดลงใกล้ถึงจุดเหี่ยวเฉาถาวรซึ่งเรื่องนี้เป็นเรื่องที่สำคัญต่อการตัดสินใจในการกำหนดในการให้น้ำแก่พืชมาก ซึ่งโดยทั่วไป จะยอมให้ความชื้นในดินลดลงประมาณ 50 ถึง 60 เปอร์เซ็นต์ ของความชื้นที่พืชดูดเอาไปใช้ได้ซึ่งความชื้นในดินที่ยอมให้ลดลงก่อนทำการให้น้ำครั้งต่อไปเรียกว่า ความชื้นที่ยอมให้พืชดูดไปใช้ได้ ส่วนความชื้นที่เหลือในดินหลังจากที่พืชดูดเอาความชื้นที่ยอมให้ดูดไปใช้ได้หมดแล้วคือ ความชื้นจุดวิกฤติ ซึ่งคำอธิบายดังกล่าวนี้สามารถแสดงให้เห็นได้ง่าย ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 ระดับความชื้นในดินที่จุดต่างๆ และความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นในดินกับการกำหนดการให้น้ำแก่พืช

ที่มา: ดัดแปลงจาก ดิเรก และคณะ (2545)

การหาจำนวนความชื้นในดิน

Cuenca (1989) กล่าวว่า มีวิธีการหาความชื้นดินอยู่มากมายหลายวิธี ซึ่งจะทำให้การตรวจวัดก่อนที่จะมีการให้น้ำโดยการประเมินค่าความแห้งของดินต่อการเจริญเติบโตของพืชที่ยอมรับได้เป็นตัวชี้วัด พร้อมกับการประเมินสภาพอากาศ เพื่อใช้พิจารณาเวลาในการให้น้ำ การตรวจวัดความชื้นดินหลังการให้น้ำ เพื่อประเมินปริมาณน้ำที่จะทำให้ดินบริเวณเขตรากมีความชื้นที่เพียงพอ โดยปกติตารางในการให้น้ำของการปลูกพืชในระดับการค้า จะใช้เครื่องมือในการตรวจวัดสถานะของน้ำในดิน

วิธีมาตรฐานที่ใช้ในการหาความชื้นดินคือ การหาน้ำหนักของดินที่หายไปหลังจากอบ นอกจากนี้ ยังมีการหาค่าความชื้นด้วยเครื่องวัดแรงดึงความชื้นดิน (Tensiometer) ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่ใช้วัดหาความชื้นในดินภาคสนาม ประกอบด้วยรูพรุนเซรามิก ฟังดิน และบรรจุน้ำเต็ม ต่อเข้ากับมานอมิเตอร์ ถ้าความชื้นในดินลดลงต่ำกว่าความชื้นอิ่มตัว น้ำจะถูกดึงออกจากถ้วย และจะเกิดความดันเป็นลบ แสดงด้วยระดับน้ำในมานอมิเตอร์ Tensiometer สามารถวัด soil moisture tension ได้จากค่าอิ่มตัวถึงประมาณ 100 kPa (สายสุณีย์, 2546) แรงดึงความชื้นคือแรงซึ่งใช้วัดความเหนียวแน่นที่ยึดน้ำเอาไว้และเป็นแรงที่ต้องใช้เพื่อที่จะดูดน้ำออกจากดินต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ หน่วยที่ใช้วัดแรงดึงความชื้นคือบรรยากาศ (bar) (ความกดดันของอากาศที่ระดับน้ำทะเลเฉลี่ยที่อุณหภูมิ 21 องศาเซลเซียส) หรือนิวตันต่อตารางเมตร (N/m^2) หรือ Pascal (Pa) โดยที่ 1 bar มีค่าเท่ากับ 10^5 Pa หรือเท่ากับความกดดัน 14.17 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว หรือแท่งน้ำสูง 34.01 ฟุต หรือแท่งน้ำสูง 1,036 เซนติเมตร ค่าแรงดึงความชื้นของดิน จะบ่งบอกความยากง่ายที่พืชจะนำน้ำจากดินไปใช้ประโยชน์ ไม่ได้เป็นสิ่งที่แสดงปริมาณความชื้นที่มีอยู่ในดิน แรงดึงความชื้นที่จุดเหี่ยวเฉาถาวร มีค่าตั้งแต่ 70 ถึง 40 บรรยากาศ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับอัตราการใช้น้ำของพืช ความหนาแน่นและการกระจายของราก โครงสร้างของดิน เนื้อดิน และปริมาณเกลือในดิน อย่างไรก็ตาม เนื่องจากว่าโดยปกติแล้วความชื้นที่เหลืออยู่ในดินก็จะไม่แตกต่างกันมากนัก มักถือว่าความชื้นดินเมื่อมีแรงดึงความชื้น 15 บรรยากาศ เป็นความชื้นที่จุดเหี่ยวเฉาถาวร (วิบูลย์, 2526)

การระเหยและการคายน้ำของพืช

ในเรื่องวัฏจักรของน้ำ หัวข้อที่มีความสำคัญและเป็นที่สนใจในการทำเกษตร คือ การระเหยน้ำ และการคายน้ำของพืช โดยสามในสี่ของปริมาณน้ำจากฟ้าทั้งหมดที่โลกได้รับ กลับคืนสู่บรรยากาศ โดยการ ระเหย และการคายน้ำ (Fangmeier *et al.*, 2006) ปริมาณน้ำทั้งหมดที่สูญเสียไป

จากแปลงพืชโดยการระเหยจากดิน (soil evaporation) และการคายน้ำจากพืช (plant transpiration) เรียกว่า การคายระเหยน้ำ (evapotranspiration, ET) การระเหยน้ำเป็นกระบวนการที่อาศัยพลังงานในการเปลี่ยนสถานะจากของเหลวไปเป็นไอน้ำ อัตราของการคายน้ำขึ้นอยู่กับ 1) vapor pressure gradient 2) resistance to flow 3) ความสามารถของพืชและดินในการลำเลียงน้ำไปสู่จุดที่มีการคายน้ำ การคายน้ำเป็นกระบวนการหลักที่กระตุ้นให้พืชดูดน้ำทวนทิศทางการดึงดูดของโลก และ frictional resistance ในทางลำเลียงภายในต้นพืช อัตราการดูดน้ำจะถูกควบคุมโดยอัตราการคายน้ำเป็นหลัก ส่วน root pressure ซึ่งเป็น active absorption ของน้ำจะมีความสำคัญน้อยกว่าในการดูดน้ำและความสำคัญจะเด่นชัดก็ต่อเมื่อพืชมีการคายน้ำหรือหยุดการคายน้ำเท่านั้น (นวรรัตน์, 2541) การระเหย (evaporation) หมายถึงการที่น้ำมีการเปลี่ยนแปลงสถานะไปเป็นไอน้ำ หรือโมเลกุลของน้ำไปเป็นไอ ล่องลอยไปสู่อากาศ น้ำหนึ่งกรัม ระเหยกลายเป็นไอ ต้องการความร้อน 2.5 kJ (หรือ 500 แคลอรี) โดยได้รับความร้อนจากรังสีแสงอาทิตย์ ความร้อนจากบรรยากาศชั้นบน หรือความร้อนจากใต้พิภพเป็นสำคัญ (สายสุนีย์, 2546) การระเหยและการคายน้ำของพืช ซึ่งเรียกรวมกันว่า การคายระเหยน้ำของพืช (ET) จะใช้เป็นข้อมูลในการหาปริมาณการใช้น้ำของพืช ซึ่งมีวิธีการตรวจวัดต่างๆ เช่น (1) ใช้ถังวัดการใช้น้ำหรือ Lysimeter ในการศึกษา (2) การตรวจวัดในแปลงโดยการวัดปริมาณน้ำเข้า-ออกในพื้นที่ศึกษาขนาดเล็ก (3) การศึกษาจากปริมาณน้ำในดินหรือความชื้นดิน (4) ศึกษาจากข้อมูลทางภูมิอากาศ (5) ศึกษาจากปริมาณการใช้น้ำของพืชและการระเหยน้ำจากผิวน้ำและผิวดิน (6) ศึกษาปริมาณน้ำที่เข้า-ออกพื้นที่ศึกษาซึ่งเป็นพื้นที่ขนาดใหญ่ และใช้ระยะเวลานาน (Allen *et al.*, 1998) สิทธิพร (2536) กล่าวว่าสิ่งที่สำคัญที่ควบคุมการระเหยของพื้นผิวดินและผิวน้ำคือ ความชื้นในบรรยากาศ ลม และความร้อนจากดวงอาทิตย์ ซึ่งจะเป็นตัวควบคุมการระเหยจากแปลงพืชด้วย น้ำส่วนใหญ่ที่พืชดูดเข้าไปจะถูกคายออกมาทางใบโดยผ่านรูเล็กๆ ตามผิวใบเรียกว่า Stomata กรรมวิธีนี้เรียกว่าการคายน้ำ ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของวัฏจักรของน้ำ โดยความแตกต่างของความเข้มข้นระหว่างน้ำหล่อเลี้ยงที่อยู่ในเซลล์ของรากพืช และน้ำที่อยู่ในดิน ทำให้เกิดความดัน Osmotic ทำให้น้ำในดินสามารถเคลื่อนผ่านเนื้อเยื่อของรากพืชเข้าไปในเซลล์รากพืชได้ จากนั้นจะเคลื่อนตัวไปยัง intercellular space ในขณะที่อากาศเคลื่อนตัวเข้าสู่ใบ น้ำก็จะถูกปล่อยออกผ่านทาง Stomata (สายสุนีย์, 2546) potential evapotranspiration จะมีค่ามากกว่า เท่ากับ หรือน้อยกว่า ค่าของ evapotranspiration ก็ได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบต่างๆ เช่น ความชื้นในดินระหว่างฤดูกาลเพาะปลูก หรือชนิดของพืชที่ปลูก เป็นต้น (ราลีนี, 2539) การสูญเสียน้ำสู่บรรยากาศถูกกำหนดโดยทั้งปัจจัยแวดล้อมและปัจจัยพืช ผลของปัจจัยแวดล้อมต่อการคายระเหยน้ำเรียกว่า atmospheric demand หรือ evaporatory demand ยิ่ง atmospheric demand สูง การสูญเสียน้ำก็ยิ่งเร็ว ปัจจัยที่กล่าวถึงต่อไปนี้มีอิทธิพลต่อ atmospheric demand (นวรรัตน์, 2541)

1. แสงอาทิตย์ (solar radiation) จากแสงอาทิตย์ทั้งหมดที่ถูกดูดซับไว้โดยใบพืชเพียง 1 ถึง 5% เท่านั้นที่ถูกนำไปใช้เพื่อการสังเคราะห์แสง และ 75 ถึง 85% จะไปทำให้อุณหภูมิใบเพิ่มขึ้น และทำให้เกิดการคายน้ำ แสงอาทิตย์เพิ่มขึ้นจึงไปทำให้ atmospheric demand เพิ่มขึ้น
2. อุณหภูมิ (temperature) การที่อุณหภูมิเพิ่มขึ้นจะมีผลให้ความสามารถของอากาศในการอุ้มน้ำมากขึ้น ซึ่งหมายถึง atmospheric demand สูงขึ้น
3. ความชื้นสัมพัทธ์ (relative humidity) ปริมาณน้ำในอากาศเพิ่มขึ้นทำให้ Ψ_{air} เพิ่มขึ้น ซึ่งหมายความว่า atmospheric demand ลดลงเมื่อความชื้นสัมพัทธ์เพิ่มขึ้น
4. ลม (wind) การคายน้ำเกิดขึ้นเมื่อน้ำมีการแพร่ออกจากปากใบ เมื่อลมสงบจะทำให้เกิด diffusion gradient barrier รอบๆปากใบ ทำให้การคายน้ำลดลง เมื่อลมพัดพาเอาความชื้นรอบๆใบออกไป จะทำให้เกิดความแตกต่างมากขึ้นระหว่าง water potential ภายในใบและนอกปากใบ และมีผลให้การแพร่ของน้ำออกจากใบมากขึ้น

การทราบว่าสภาพแวดล้อมและพืชมีอิทธิพลต่อการคายระเหยน้ำอย่างไรช่วยให้สามารถอธิบายรูปแบบการคายระเหยในแปลงในแต่ละวันได้ ปากใบเปิดในการตอบสนองต่อแสง และการคายระเหยน้ำเพิ่มขึ้นไปกับการเพิ่มแสงอาทิตย์และอุณหภูมิอากาศ ถ้า atmospheric demand ไม่มากไปกว่าความสามารถของพืชที่จะส่งน้ำให้แก่ใบ การคายระเหยน้ำจะสูงสุดในช่วงบ่าย เมื่ออุณหภูมิของอากาศสูงที่สุด การคายระเหยน้ำในแต่ละวันจะเริ่มลดลงในช่วงใกล้เย็นเนื่องจากพลังงานแสงน้อยลงและอุณหภูมิลดลง (นวรรค์, 2541)

วิธีการหาอัตราการระเหยที่ใช้ในปัจจุบัน ที่ได้เลือกมาเปรียบเทียบกับอัตราการระเหยที่ประเมินจากภาพถ่ายดาวเทียม ได้แก่ การหาอัตราการระเหยโดยวิธี FAO Penman-Monteith (Allen *et al.*, 1998) และการหาอัตราการระเหยโดยใช้ค่าวัดการระเหย class A (Doorenbos and Pruitt, 1977) อัตราการระเหยที่หาจากวิธี FAO Penman-Monteith นั้นเป็นอัตราการระเหยหรือปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (reference crop evapotranspiration, ET_o) ซึ่งมีสมมติฐานว่าเป็นอัตราการระเหยจากหญ้าที่ปกคลุมดินสม่ำเสมอและมีน้ำไม่จำกัด และอัตราการระเหยที่หาจากค่าวัดการระเหยได้ใช้ค่าปรับแก้มาเป็นปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง เช่นเดียวกัน (เอกสิทธิ์, 2547)

ปริมาณการใช้น้ำของพืช

ปริมาณการใช้น้ำของพืชเป็นข้อมูลที่สำคัญอย่างยิ่งที่ผู้ออกแบบระบบชลประทานและโครงการชลประทานจำเป็นต้องทราบ เพราะปริมาณการใช้น้ำของพืชนี้จะเข้ามาเกี่ยวข้องกับปริมาณและความถี่ในการให้น้ำ การออกแบบขนาดอาคารชลประทาน การจัดหาंनाมาให้กับโครงการชลประทาน ตลอดจนการศึกษาว่าโครงการชลประทานนั้นจะให้ผลที่คุ้มค่าหรือไม่ด้วยปริมาณการใช้น้ำของพืช ที่ภาษาอังกฤษเรียกว่า consumptive use of water หรือ evapotranspiration เป็นปริมาณน้ำทั้งหมดที่สูญเสียจากพื้นที่เพาะปลูกสู่บรรยากาศในรูปของไอน้ำ ปริมาณดังกล่าวนี้ประกอบขึ้นด้วยส่วนใหญ่ ๆ สองส่วน (วิบูลย์, 2526)

1. ปริมาณน้ำที่พืชดูดไปจากดิน นำไปใช้สร้างเซลล์และเนื้อเยื่อแล้วคายออกทางใบสู่บรรยากาศ ซึ่งเรียกว่า การคายน้ำ (transpiration)
2. ปริมาณน้ำที่ระเหยจากผิวดินบริเวณรอบๆ ต้นพืช จากผิวน้ำในขณะให้น้ำหรือขณะที่มีน้ำขังอยู่และจากน้ำที่เกาะอยู่ตามใบเนื่องจากฝนหรือการให้น้ำซึ่งเรียกว่า การระเหย (evaporation)

วิบูลย์ (2526) รายงานว่า การใช้น้ำของพืชเมื่อดินมีความชื้นมากพอตลอดเวลา นั้น ขึ้นอยู่กับสภาพอากาศรอบๆ ต้นพืช ชนิดของพืช และช่วงการเจริญเติบโต (growth stages) โดยปกติแล้วพืชมีการใช้น้ำน้อยที่สุดเมื่อเริ่มเพาะปลูกและเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จนกระทั่งมากที่สุดเมื่อพืชเจริญเติบโตเต็มที่ และจะค่อยๆ ลดลงเมื่อพืชออกผล ผลแก่ และถึงเวลาเก็บเกี่ยว เราอาจแบ่งการเจริญเติบโตของพืชออกเป็น 3 ช่วงด้วยกันคือ ช่วงเจริญเติบโตทางลำต้นและใบ (vegetative Stage) ช่วงออกดอก (flowering Stage) และช่วงออกผล (fruiting Stage) สำหรับช่วงการผลิใบยังแบ่งออกเป็นสองช่วงย่อยคือ เมื่อพืชยังอ่อนอยู่ และเมื่อพืชมีการแตกกิ่งก้านอย่างเต็มที่แล้ว ส่วนช่วงออกผลอาจแบ่งออกเป็น 2 ช่วง ได้เช่นกันคือ ช่วงที่ผลและเมล็ดยังสดอยู่ (wet fruiting stage) และช่วงที่เมล็ดหรือผลเริ่มแห้ง (dry fruiting stage) ซึ่งพืชจะต้องการน้ำน้อยมาก Allen, *et al.*, (1998) กล่าวว่า ช่วงเวลาที่พืชต้องการน้ำมากที่สุดจะแตกต่างกันไปตามชนิดของพืช ถึงแม้ว่าตลอดช่วงการเจริญเติบโตของพืช พืชจะใช้น้ำอย่างต่อเนื่อง แต่อัตราการใช้น้ำจะขึ้นอยู่กับ ชนิดของพืช ระดับการเจริญเติบโต และสภาพภูมิอากาศ เช่น ความเข้มแสง อุณหภูมิ ลม และความชื้น

การหาปริมาณการใช้น้ำของพืชโดยการวัดโดยตรง

ในการวัดปริมาณการใช้น้ำของพืชโดยตรงนั้นสามารถนำผลที่ได้รับนี้ไปใช้ประโยชน์ได้โดยตรงซึ่งอาจกระทำได้หลายวิธี ซึ่งแต่ละวิธีมีข้อดีและข้อเสียตลอดจนมีปัญหาดังต่อไปนี้ อย่างไรก็ตามการที่จะเลือกใช้วิธีใดวิธีหนึ่งขึ้นอยู่กับความละเอียดถูกต้องของข้อมูลที่ต้องการค่าใช้จ่ายในการซื้อและติดตั้งเครื่องมือ ชนิดของพืชที่ต้องการตรวจวัด และองค์ประกอบอื่นๆ อีกหลายอย่าง วิธีที่ใช้กันทั่วไปในงานทางด้านชลประทาน มี 3 ลักษณะคือ การศึกษาจากจำนวนความชื้นในดิน การศึกษาจากแปลงทดลอง และการวัดจากถังวัดการใช้น้ำของพืช (Lysimeter) (ดิเรก และคณะ, 2545) คำว่า Lysimeter มาจากภาษากรีก คำว่า lysis และ meteon มีความหมายว่า ลงด้านล่าง และ การวัด ตามลำดับ วิธีการนี้สามารถนำมาใช้ประโยชน์ในการศึกษาหาปริมาณ และ ส่วนประกอบของน้ำที่ไหลซึมลึกลงด้านล่าง จริงๆ แล้วความหมายยังกล่าวถึงเครื่องมือหรืออุปกรณ์ที่บรรจุดิน และรองรับน้ำฝน หรือน้ำชลประทาน และจัดเตรียมภาชนะที่ใช้เก็บและวัดปริมาณน้ำที่ไหลซึมลงมาด้านล่าง (Aboukhaled *et al.*, 1982) Lysimeter เป็นการวัดการคายน้ำรวมการระเหย โดยการใช้ภาชนะบรรจุดิน ซึ่งมีชื่อเรียกหลายชื่อเช่น tanks, evapotranspirometers, หรือ Lysimeter โดยภาชนะ 2 ชนิดแรกผนึกกันสนิทไม่ให้น้ำไหลผ่าน ส่วน Lysimeter เป็นภาชนะที่ยอมให้น้ำไหลผ่านทางด้านล่างได้ เพื่อให้เกิดความดันมีค่าเป็นลบ การคายน้ำรวมการระเหยสามารถคำนวณหาได้จากการศึกษาสภาพสมดุลของน้ำสำหรับภาชนะหรือถัง (สายสุณีย์, 2546) ดังนี้

$$\Sigma \text{Input} - \Sigma \text{Output} - \text{ET} = \text{soil moisture content change} \quad \dots\dots\dots(1)$$

โดยจะต้องทำการวัดเทอมปริมาณไหลเข้า และปริมาณการไหลออกจาก Lysimeter ทุกเทอม รวมทั้งเทอม soil moisture content หรือปริมาณความชื้นของดินใน Lysimeter ที่เปลี่ยนแปลงต่อจากนั้นจึงคำนวณค่า ET จากสมการข้างบน ถังวัดการใช้น้ำของพืชนั้น ถ้าจะเปรียบเทียบแล้วก็คือกระถางต้นไม้ขนาดใหญ่ที่ปลูกด้วยพืชที่ต้องการวัดปริมาณการใช้น้ำ แล้วตั้งอยู่ในพื้นที่ที่ปลูกพืชเดียวกัน โดยให้มีสภาพทั้งภายในและภายนอกกระถางคล้ายคลึงกับสภาพที่เป็นจริงตามธรรมชาติมากที่สุด กระถางดังกล่าวออกแบบให้สามารถวัดปริมาณน้ำที่สูญเสียบไปเพื่อจะได้นำมาคำนวณเป็นปริมาณการใช้น้ำของพืชในช่วงระยะเวลาต่างๆ ได้ ปริมาณการใช้น้ำของพืชนิยมบอกเป็นความลึกของน้ำต่อหนึ่งหน่วยเวลา เช่น มิลลิเมตรต่อวัน การใช้ถังวัดการใช้น้ำแบบระบายน้ำ (percolation type) ถังแบบนี้วัดการใช้น้ำด้วยความแตกต่างระหว่างปริมาณน้ำที่เดิมเข้าไปและระบายออกที่ก้นถัง รวมกับความแตกต่างของจำนวนความชื้นของดินในถังเมื่อเริ่มต้นและสิ้นสุดระยะเวลาที่ทำการวัด ความละเอียดถูกต้องของถังประเภทนี้ขึ้นอยู่กับความสามารถในการคำนวณ

จำนวนความชื้นของดินในถัง ซึ่งอาจจะทำได้โดยการเก็บตัวอย่างดินหรือใช้เครื่องวัดแบบนิวตรอน (neutron moisture) อย่างไรก็ตาม ถังประเภทนี้มักใช้วัดอัตราการใช้น้ำระยะยาว เช่น ต่อเดือนหรือตลอดฤดูกาลปลูกเพาะปลูก ซึ่งความแตกต่างของจำนวนความชื้นของดินภายในถังเมื่อเริ่มต้นและสิ้นสุดระยะเวลาที่ทำการวัดมีผลต่อความละเอียดถูกต้องน้อยกว่า (วินูลย์, 2526)

การหาปริมาณการใช้น้ำของพืชจากการคำนวณโดยใช้ข้อมูลจากภูมิอากาศ

การประเมินหาปริมาณการใช้น้ำของพืช โดยใช้ข้อมูลจากภูมิอากาศโดยมีหลักการและแนวคิดที่ว่าปริมาณการใช้น้ำของพืชจะมีปริมาณมากหรือน้อยเพียงใดขึ้นอยู่กับองค์ประกอบที่สำคัญ 4 อย่างคือ สภาพของดิน ชนิดและอายุของพืช สภาพภูมิอากาศรอบๆ ต้นพืช และการจัดการเพาะปลูก สามารถเลือกใช้สมการใดสมการหนึ่งที่เหมาะสมกับข้อมูลทางภูมิอากาศที่มีอยู่จาก 3 วิธีดังต่อไปนี้

1. วิธีที่หนึ่งโดยใช้ข้อมูลศักย์การคายระเหยน้ำของพืช หรือปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (ET_o) และค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช หลักการในการดำเนินการก็คือให้พืชมีการเจริญงอกงามดี มีอัตราการใช้น้ำสูงตลอดเวลา แต่ผลของการใช้น้ำของพืชจะไม่มีผลกระทบต่อการจัดการเพาะปลูกหรือองค์ประกอบอื่นๆ ทั้งนี้เพื่อให้การใช้น้ำของพืชที่เลือกมาศึกษาขึ้นอยู่กับสภาพภูมิอากาศเพียงอย่างเดียวเท่านั้น ซึ่งพืชที่มีคุณสมบัติดังกล่าวนี้มากที่สุดก็คือหญ้า และต่อมาก็มีการใช้พืชอื่นๆ อีก เช่น อัลฟัลฟา มาทำการศึกษา เราเรียกการใช้น้ำของพืชอ้างอิงที่เลือกมาปลูกในดินที่มีความชื้นสูงตลอดเวลา เพื่อให้อัตราการใช้น้ำขึ้นอยู่กับสภาพภูมิอากาศเพียงอย่างเดียวว่าการใช้น้ำของพืชอ้างอิง หรือ ศักย์การใช้น้ำของพืช หรือ ศักย์การคายระเหยของน้ำ ตรงกับภาษาอังกฤษว่า potential evapotranspiration และนิยมใช้ตัวย่อว่า ET_o จากหลักดังกล่าวสามารถคำนวณอัตราการคายระเหยของน้ำจริง (ET หรือ ET_a) ของแปลงพืชชนิดอื่นที่ไม่ใช่พืชอ้างอิง โดยใช้สมการดังต่อไปนี้ (ดิเรก และคณะ, 2545)

$$ET_a = ET_o \times K_c \quad \dots\dots\dots(2)$$

เมื่อ ET_a = เป็นการใช้น้ำของพืชที่ต้องการทราบ
 ET_o = เป็นปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง
 K_c = สัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช

ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืชหรือ K_c เป็นค่าที่ขึ้นอยู่กับชนิดและอายุของพืชเพียงอย่างเดียว ค่าดังกล่าวนี้ได้จากการทดลองวัดจริงๆ ในสนามโดยการปลูกหญ้าหรือพืชอ้างอิงอื่นๆ และพืชที่ต้องการหาค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืชในช่วงการเจริญเติบโตช่วงใดช่วงหนึ่งหรือตลอดฤดูกาลเพาะปลูกก็จะคำนวณได้โดยสมการ

$$K_c = ET / ETo \quad \dots\dots\dots (3)$$

ในเมื่อ ET และ ETo เป็นค่าการใช้น้ำที่ได้จากการวัดในช่วงเวลาเดียวกัน เนื่องจากสภาพภูมิอากาศ คุณสมบัติของดินและองค์ประกอบอื่นๆ คล้ายคลึงกัน ดังนั้นค่า K_c จึงขึ้นอยู่กับชนิดและอายุของพืชเพียงอย่างเดียว เพราะฉะนั้นค่าที่วัดได้นี้สามารถนำไปใช้ได้โดยทั่วไป โดยไม่ขึ้นอยู่กับสถานที่เพาะปลูกหรือสภาพภูมิอากาศโดยรอบนั้นคือถ้าหากเราคำนวณ ETo โดยใช้ข้อมูลภูมิอากาศได้แล้ว ถ้าเราต้องการจะทราบปริมาณความต้องการใช้น้ำของพืชใด ก็เอาค่า K_c ของพืชที่ต้องการทราบมาคูณกับค่า ETo ก็จะได้ปริมาณการใช้น้ำของพืช ดังนั้นเมื่อมีข้อมูลการคายระเหยน้ำของพืชหรือปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (ETo) และค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช (K_c) สามารถหาได้จากสมการ (ดิเรก และคณะ, 2545)

$$ET_c = K_c \times ETo \quad \dots\dots\dots (4)$$

เมื่อ	ET_c	=	ปริมาณการใช้น้ำของพืชที่ต้องการทราบ
	ETo	=	ปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง
	K_c	=	สัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช

2. วิธีที่สองโดยใช้ค่าปริมาณการระเหยน้ำจากถาดวัดการระเหยแบบเอ (Epan)

สัมประสิทธิ์ถาดวัดการระเหยสำหรับถาดวัดแบบ เอ (K_p) และสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช (K_c) หลักการระเหยน้ำเป็นการแพร่กระจายไอน้ำสู่บรรยากาศแต่เนื่องจากการคายน้ำของพืชนั้นจะถูกควบคุมโดยการเปิดปิดของรูปากใบแตกต่างกันจากการระเหยจากผิวน้ำไม่มีอะไรควบคุมเลยดังนั้นจึงจำเป็นต้องใช้ค่าสัมประสิทธิ์มาคูณกับค่าการคายระเหยจากถาดวัดการระเหย ตามปกติมักใช้ถาดที่เรียกว่า class A pan ของกรมอุตุนิยมวิทยาสหรัฐอเมริกา

ส่วนประกอบของถาดวัดการระเหยน้ำแบบ เอ ได้แก่ ถาดน้ำ ขวดระดับน้ำ และที่รองรับขวดระดับน้ำ ถาดน้ำนี้มีลักษณะทรงกลมเส้นผ่าศูนย์กลาง 120.7 เซนติเมตร มีความลึก 25 เซนติเมตร วัสดุที่นิยมใช้คือ เหล็กเคลือบสังกะสี (เบอร์ 22) ตัวถาดตั้งอยู่บนฐานไม้ซึ่งมีความสูง 15 เซนติเมตร จากฐานดินและฐานดินนี้จะสูงกวาระดับเดิมเล็กน้อย ถาดน้ำที่ติดตั้งแล้วควรอยู่ในแนวระดับ ระดับน้ำในถาดควรรักษาให้อยู่ในระดับที่คงที่คือ ที่ระดับความลึกจากขอบประมาณ 5 เซนติเมตร และไม่ควรลดต่ำกว่า 7.5 เซนติเมตร ทั้งนี้ก็เพราะจะทำให้เกิดลมหมุนเหนือผิวน้ำระเหยแตกต่างกัน ซึ่งจะเป็นตัวกระเทือนต่อปริมาณการระเหยน้ำ (สิทธิพร, 2536) ทำการตรวจวัดการระเหยน้ำของถาดวัดทุกวันและตรวจวัดในเวลาเช้า และเป็นเวลาเดียวกับการเก็บข้อมูลปริมาณน้ำฝน ที่รองรับขวดมีลักษณะเป็นรูปทรงกระบอกกลวงทำด้วยโลหะมีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 10 เซนติเมตร ลึก 20 เซนติเมตร และยึดติดอยู่กับฐาน ซึ่งจะช่วยป้องกันการกระเพื่อมของผิวน้ำ ขั้นตอนการวัดโดยวางขวดระดับน้ำลงบนที่รองรับขวด เลื่อนก้านขวดขึ้นลงให้ปลายขอบจมลงได้น้ำเล็กน้อยแล้วหมุนให้ปลายขอบเลื่อนขึ้นมาช้าๆ จนแตะผิวน้ำ จากนั้นก็ยกขวดระดับน้ำขึ้นมาอ่านขีดสเกลบนก้านขวดและเป็นกลางตามลำดับ (Doorenbos and Pruitt, 1977) โดยสรุปเมื่อมีข้อมูลปริมาณการระเหยน้ำจากถาดวัดการระเหยแบบ เอ (Epan) ซึ่งอ่านค่าได้จากอุปกรณ์นี้ที่ติดตั้งในแปลงพืชและสัมประสิทธิ์ถาดวัดการระเหยสำหรับ ถาดวัดแบบ เอ (Kp) สัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช (Kc) สามารถหาปริมาณการใช้น้ำของพืชได้จากสมการ (ดิเรก และคณะ, 2545)

$$ET_c = K_p \times E_{pan} \times K_c \quad \dots\dots\dots (5)$$

เมื่อ	ET_c	=	ปริมาณการใช้น้ำของพืช
	K_p	=	สัมประสิทธิ์ถาดวัดการระเหย แบบ เอ
	E_{pan}	=	ปริมาณการระเหยน้ำจากถาดวัดการระเหย
	K_c	=	สัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช

3. วิธีที่สาม โดยใช้ข้อมูลปริมาณการระเหยน้ำจากถาดวัดการระเหยแบบ เอ (Epan) และสัมประสิทธิ์ถาดวัดแบบ เอ (Kp) แนวคิดของการหาปริมาณการใช้น้ำโดยวิธีนี้มาจากเมื่อมีข้อมูล Epan หรือปริมาณการระเหยน้ำจากถาดวัดการระเหยแบบ เอ เพียงอย่างเดียวเท่านั้น แต่ไม่มีข้อมูลทั้ง ET_o หรือปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง และ K_c หรือสัมประสิทธิ์การใช้น้ำ ในกรณีนี้ได้มีผู้แนะนำให้หาปริมาณใช้น้ำของพืชโดยการคำนวณจากค่าของ K_p หรือสัมประสิทธิ์ของถาดวัดการระเหยแบบเบ็ดเสร็จสำหรับถาดวัดแบบ เอ แทนค่า K_c และ K_p โดยใช้สมการ (ดิเรก และคณะ, 2545)

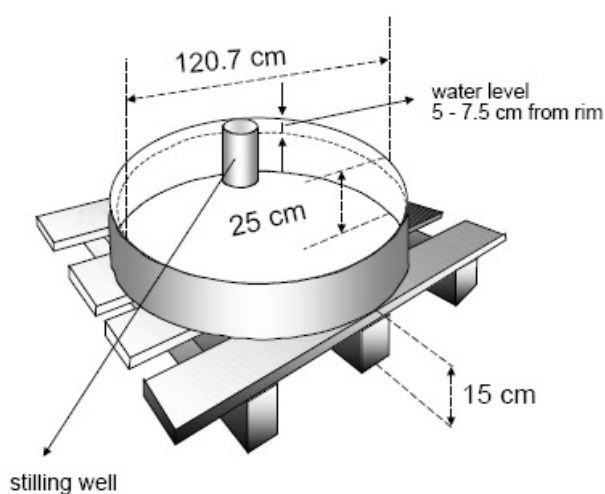
$$ET_c = E_{pan} \times K_p \quad \dots\dots\dots (6)$$

เมื่อ ET_c = การใช้น้ำของพืชที่ต้องการทราบ
 E_{pan} = ปริมาณการคายระเหยน้ำจากถาดวัดการระเหย

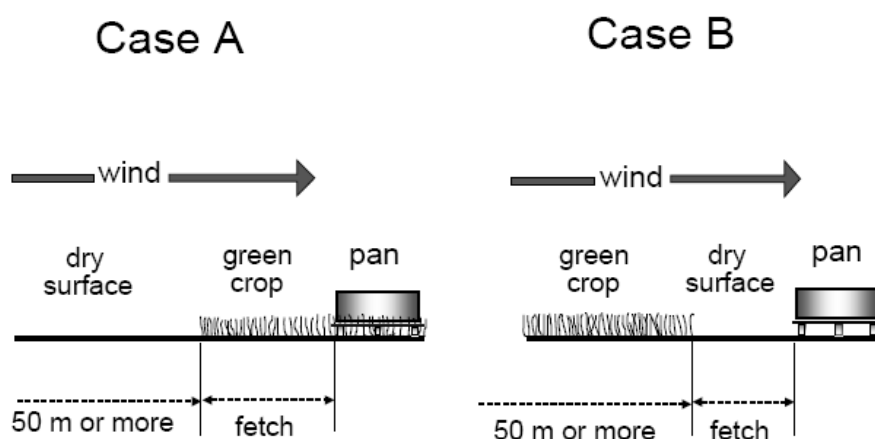
แบบ เอ

K_p = สัมประสิทธิ์ของถาดวัดการระเหยแบบ

เปิดเสร็จสำหรับถาดวัดแบบ เอ



ภาพที่ 2 ถาดวัดการระเหยน้ำมาตรฐานแบบ เอ (Allen *et al.* 1998)



ภาพที่ 3 การแยกสภาพแวดล้อมบริเวณถาดวัดการระเหยน้ำเป็น 2 กรณี (Allen *et al.* 1998)

การหาปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิงโดยใช้สมการ Penman-Monteith

Penman-Monteith เป็นวิธีการที่ผู้เชี่ยวชาญให้การยอมรับและแนะนำ ซึ่งเป็นมาตรฐานใหม่ในการคำนวณหาการใช้น้ำของพืชอ้างอิง โดยใช้ตัวแปรต่างๆในการคำนวณ เช่น รังสีแสงอาทิตย์ อุณหภูมิอากาศ ความชื้นอากาศ และความเร็วลม ส่วนความหมายของพืชอ้างอิง คือ พืชที่ใช้ในการอ้างอิงการคายระเหยน้ำของพืชปลูก โดยมีความสูง 0.12 เมตร มีความต้านทานพื้นผิว 70 วินาทีต่อเมตร และมีค่า Albedo 0.23 มีการเจริญเติบโต และการใช้น้ำใกล้เคียงกันตลอดอายุ (Allen *et al.*, 1998)

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. การศึกษาปริมาณการใช้น้ำของสับปะรดโดยใช้ระบบน้ำหยด

- 1.1 ต้นกล้าสับปะรดที่เพาะจากเมล็ดพันธุ์ และจากท่อนพันธุ์อายุ 60 วัน ชนิดละ 200 ต้น
- 1.2 ชุดระบบน้ำหยด (หัวน้ำหยดอัตรา 1.5 ลิตร/ชั่วโมง และ 8 ลิตร/ชั่วโมง)
- 1.3 อุปกรณ์เก็บข้อมูลและผลผลิต ได้แก่ ไม้มัด เวอร์เนียคาร์ลิเปอร์ ถังกระดาษ
- 1.4 วัสดุอุปกรณ์ดูแลรักษาแปลง ได้แก่ ปุ๋ยเคมี ปุ๋ยคอก ปุ๋ยหมัก สารกำจัดวัชพืช เครื่องฉีดพ่นสารกำจัดศัตรูพืช เครื่องตัดหญ้า และจอบ

2. การศึกษาปริมาณการใช้น้ำของสับปะรดโดยใช้ถังวัดการใช้น้ำ

- 2.1 ต้นกล้าสับปะรดที่เพาะจากเมล็ดพันธุ์ อายุ 60 วัน จำนวน 200 ต้น
- 2.2 หญ้านวลน้อย (*Zoysia matrella* L.) จำนวน 40 ตารางเมตร
- 2.3 ถังวัดการใช้น้ำของพืชแบบระบาย (percolation type lysimeter) ลึก 1.2 เมตร ซึ่งมีปริมาตร 3.77 ลูกบาศก์เมตร จำนวน 4 ใบ สำหรับปลูกสับปะรด และลึก 1 เมตร ซึ่งมีปริมาตร 3.14 ลูกบาศก์เมตรจำนวน 4 ใบ สำหรับปลูกหญ้านวลน้อย
- 2.4 ห้องตรวจวัดน้ำที่ระบายออกจากถังวัดการใช้น้ำของพืชปริมาตร 4.39 ลูกบาศก์เมตร จำนวน 2 ห้อง
- 2.5 ภาชนะรองรับน้ำระบายในห้องตรวจวัด จำนวน 8 ใบ
- 2.6 อุปกรณ์ตรวจวัดปริมาณน้ำ ได้แก่ กระบอกตวงวัดปริมาณน้ำ
- 2.7 อุปกรณ์การให้น้ำชลประทาน ได้แก่ กระบอกตวงวัดปริมาณน้ำ บัวรดน้ำ
- 2.8 อุปกรณ์เก็บตัวอย่างดิน ได้แก่ ที่เจาะดิน ค้อน ถังเก็บตัวอย่าง

2.9 อุปกรณ์วัดปริมาณความชื้นดิน ได้แก่ เครื่องวัดแรงดึงความชื้นดิน (Tensiometer) ตู้อบ และเครื่องชั่งน้ำหนัก

2.10 อุปกรณ์วัดปริมาณน้ำฝนจำนวน 1 ชุด

2.11 อุปกรณ์เก็บข้อมูลการเจริญเติบโต และผลผลิตของสับดูดำ ได้แก่ ไม้มตร เวอร์เนียร์ คาร์ลิเปอร์ ถูกระคาย

2.12 ข้อมูลทางอุตุนิยมวิทยา

2.13 วัสดุ และอุปกรณ์ดูแลแปลงทดลอง ได้แก่ ปุ๋ยเคมี ปุ๋ยคอก ปุ๋ยหมัก สารกำจัดวัชพืช เครื่องฉีดพ่นสารกำจัดศัตรูพืช เครื่องตัดหญ้า และจอบ

3. ศึกษาผลของช่วงเวลาการให้น้ำสับดูดำที่มีต่อจำนวนช่อดอกและการเจริญเติบโตของสับดูดำ

3.1 ดินสับดูดำหลังการตัดแต่งกิ่ง

3.2 เครื่องวัดแรงดึงความชื้นดิน

3.3 อุปกรณ์ในการให้น้ำ

3.4 อุปกรณ์เก็บข้อมูลและผลผลิต ได้แก่ ไม้มตร เวอร์เนียร์ คาร์ลิเปอร์ และถูกระคาย

3.5 วัสดุ และอุปกรณ์ดูแลรักษาแปลง ได้แก่ ปุ๋ยเคมี ปุ๋ยคอก ปุ๋ยหมัก สารกำจัดวัชพืช เครื่องฉีดพ่นสารกำจัดศัตรูพืช เครื่องตัดหญ้า และจอบ

วิธีการ

1. การศึกษาปริมาณการใช้น้ำของสับปะรดโดยใช้ระบบน้ำหยด

1.1 จัดตั้งการทดลองแบบ Split Plot in CRD (completely randomized design) โดยมีปัจจัยการทดลองสองปัจจัยคือ อัตราการให้น้ำ (1.5, 4.5, 8 และ 12 ลิตร/สัปดาห์) และรูปแบบการปลูก (การปลูกโดยใช้ต้นกล้าที่เพาะจากเมล็ด และการปลูกโดยใช้ต้นกล้าที่เพาะจากกิ่งปักชำ)

1.2 เตรียมแปลงทดลองพื้นที่ 1 ไร่ โดยการไถ พรวน และปรับพื้นที่แต่ไม่ยกร่อง เพื่อส่งเสริมการเจริญเติบโตของสับปะรด และสะดวกต่อการจัดการน้ำ

1.3 เตรียมต้นกล้าโดยใช้เมล็ดพันธุ์ และท่อนพันธุ์เพาะลงในถุงเพาะชำที่ใช้แกลบดำผสมปุ๋ยคอกเป็นวัสดุปลูก

1.4 เมื่อต้นกล้าอายุ 60 วันนำลงแปลงปลูก โดยขุดหลุมปลูกกว้างและยาวด้านละประมาณ 30 เซนติเมตร ลึก 30 เซนติเมตร รองก้นหลุมด้วยปุ๋ยคอก กำหนดระยะปลูก 2×2 เมตร จำนวนต้นชนิดละ 200 ต้น

1.5 วางระบบน้ำหยดโดยกำหนดอัตราการให้น้ำ 4 ระดับคือ 1.5, 4.5, 8 และ 12 ลิตร/สัปดาห์

1.6 ทำการเก็บข้อมูลด้านการเจริญเติบโตทุกเดือนโดยทำการเก็บข้อมูลทางด้าน ความสูงทรงพุ่ม ความกว้างทรงพุ่ม เส้นผ่าศูนย์กลางลำต้น และจำนวนกิ่ง

1.7 ทำการเก็บข้อมูลด้านผลผลิตทุกสัปดาห์ โดยทำการเก็บข้อมูลทางด้าน จำนวนช่อดอกต่อต้น จำนวนช่อผลต่อต้น และน้ำหนักเมล็ดแห้ง

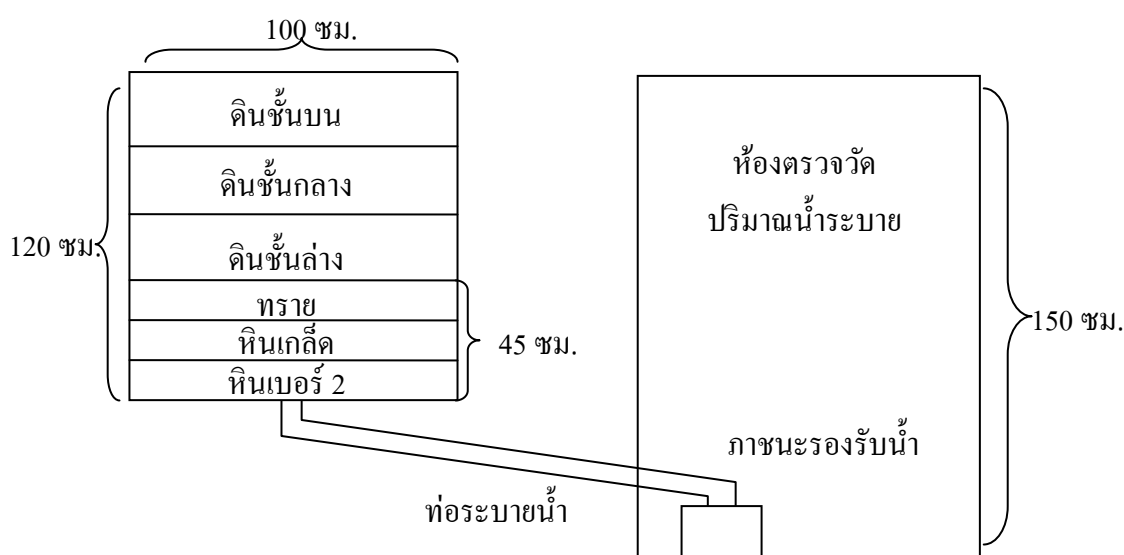
2. การศึกษาปริมาณการใช้น้ำของสับปะรดโดยใช้ถังวัดการให้น้ำ

2.1 เก็บตัวอย่างดินจากบริเวณที่จะติดตั้งถังวัดการให้น้ำของสับปะรด ที่ความลึก 0 – 30 และ

30 – 60 เซนติเมตร จากผิวดิน และจากถึงวัดการใช้น้ำของหญ้านวลน้อยที่ความลึก 0 – 30 เซนติเมตร จากผิวดิน จากนั้นนำตัวอย่างดินไปวิเคราะห์ หาปริมาณธาตุอาหารและคุณสมบัติของเนื้อดิน (ตารางที่ 1)

2.2 ติดตั้งถึงวัดการใช้น้ำของพืชแบบระบายน้ำ (percolation type lysimeter) จำนวน 2 ชุด ชุดละ 4 ถังปลูก และ 1 ห้องตรวจ โดยใช้ถังปูนซีเมนต์ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1 เมตร ชุดที่ 1 ถังปลูกลึก 1.20 เมตร หรือปริมาตร 3.77 ลูกบาศก์เมตร สำหรับปลูกสบู่ดำ ชุดที่ 2 ถังปลูกลึก 1 เมตร หรือปริมาตร 3.14 ลูกบาศก์เมตรสำหรับปลูกหญ้านวลน้อย แต่ละหลุมปลูกห่างกัน 2 เมตร ด้านล่างของถังปลูกบรรจุ หินเบอร์ 2 หินเกร็ด และทรายตามลำดับ หนาชนิดละ 15 เซนติเมตร จากนั้นนำดินชุดเดิมจากที่ขุดออก ใส่ลงในถังปลูกตามลำดับชั้นดินเดิม ทุกถังปลูกจะมีท่อต่อจากกันถึงไปยังห้องตรวจวัดน้ำระบาย (ภาพที่ 1) ซึ่งภายในห้องตรวจจะมีภาชนะเพื่อรองรับน้ำที่ระบายจากถังปลูก ขนาดความจุ 10 ลิตร จำนวน 4 ใบต่อชุด

2.3 นำต้นกล้าสบู่ดำอายุ 2 เดือน ปลูกลงในถังปลูกชุดที่ 1 ทั้ง 4 ถัง และปลูกลงในแปลงปลูกรอบถึงวัดการใช้น้ำเพื่อให้สภาพแวดล้อมรอบถึงวัดการใช้น้ำคล้ายกับแปลงปลูกปกติ โดยใช้ระยะการปลูก 2×2 เมตร นำหญ้านวลน้อยปลูกลงในถังปลูกชุดที่ 2 และบริเวณรอบถึงปลูกพื้นที่ประมาณ 35 ตารางเมตร ก่อนการปลูกใส่ปุ๋ยคอกอัตรา 0.5 กิโลกรัมต่อหลุม รองก้นหลุมปลูกเพื่อบำรุงดิน



ภาพที่ 4 แสดงภาพตัดขวางถึงวัดการใช้น้ำของสบู่ดำ

2.4 แบ่งช่วงการทดลองออกเป็น 22 ช่วง ช่วงละ 7 วัน เริ่มเก็บข้อมูลในวันที่ 27 พฤษภาคม 2551 และสิ้นสุดการเก็บข้อมูลในวันที่ 27 ตุลาคม 2551 รวมระยะเวลา 153 วัน ซึ่งครอบคลุมระยะก่อนออกดอก ระยะออกดอก และระยะติดผลของสับปะรด (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 ระยะเวลาของแต่ละช่วงการทดลอง

ช่วงที่ 1	วัน เดือน ปี ของแต่ละช่วงการทดลอง
1	27 พฤษภาคม 2008 ถึง 2 มิถุนายน 2008
2	3 มิถุนายน 2008 ถึง 9 มิถุนายน 2008
3	10 มิถุนายน 2008 ถึง 16 มิถุนายน 2008
4	17 มิถุนายน 2008 ถึง 23 มิถุนายน 2008
5	24 มิถุนายน 2008 ถึง 30 มิถุนายน 2008
6	1 กรกฎาคม 2008 ถึง 7 กรกฎาคม 2008
7	8 กรกฎาคม 2008 ถึง 14 กรกฎาคม 2008
8	15 กรกฎาคม 2008 ถึง 21 กรกฎาคม 2008
9	22 กรกฎาคม 2008 ถึง 28 กรกฎาคม 2008
10	29 กรกฎาคม 2008 ถึง 4 สิงหาคม 2008
11	5 สิงหาคม 2008 ถึง 11 สิงหาคม 2008
12	12 สิงหาคม 2008 ถึง 18 สิงหาคม 2008
13	19 สิงหาคม 2008 ถึง 25 สิงหาคม 2008
14	26 สิงหาคม 2008 ถึง 1 กันยายน 2008
15	2 กันยายน 2008 ถึง 8 กันยายน 2008
16	9 กันยายน 2008 ถึง 15 กันยายน 2008
17	16 กันยายน 2008 ถึง 22 กันยายน 2008
18	23 กันยายน 2008 ถึง 29 กันยายน 2008
19	30 กันยายน 2008 ถึง 6 ตุลาคม 2008
20	7 ตุลาคม 2008 ถึง 13 ตุลาคม 2008
21	14 ตุลาคม 2008 ถึง 20 ตุลาคม 2008
22	21 ตุลาคม 2008 ถึง 27 ตุลาคม 2008

2.5 การตรวจวัดความชื้นของดินในถังปลูกซึ่งเป็นพื้นที่บริเวณเขตรากโดยเก็บตัวอย่างดิน ที่ความลึก 0 – 30 และ 30 – 60 เซนติเมตรแล้วนำไปอบเพื่อคำนวณหาค่าปริมาณความชื้นดิน เป็น ค่าเปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแห้ง เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร และความลึกของน้ำในดินโดยใช้สมการ (อภิชาติและคณะ, 2524)

$$P_w = (W_w \times 100) / W_s \quad \dots\dots\dots(7)$$

เมื่อ P_w = ความชื้นในดินเป็นเปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักดินแห้ง
 W_w = น้ำหนักของน้ำในดิน มีหน่วยเป็นกรัม
 W_s = น้ำหนักดินแห้ง มีหน่วยเป็นกรัม

การคำนวณหาความถ่วงจำเพาะของดินโดยใช้สมการ

$$A_s = W_s / (V \times \gamma_w) \quad \dots\dots\dots(8)$$

เมื่อ A_s = ความถ่วงจำเพาะของดิน
 W_s = น้ำหนักของดินแห้ง มีหน่วยเป็นกรัม
 V = ปริมาตรของดินทั้งก้อนมีหน่วยเป็นลูกบาศก์เซนติเมตร
 γ_w = น้ำหนักจำเพาะของน้ำ (1 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร)

การคำนวณหาความชื้นดินเป็นเปอร์เซ็นต์โดยปริมาตรโดยใช้สมการ

$$P_v = A_s \times P_w \quad \dots\dots\dots(9)$$

เมื่อ P_v = ความชื้นของดินเป็นเปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร
 A_s = ความถ่วงจำเพาะปรากฏของดิน
 P_w = ความชื้นดินเป็นเปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักดินแห้ง

การคำนวณหาระดับค่าความลึกของน้ำในดิน หาได้จากสมการดังนี้

$$d = (P_v \times D) / 100 \quad \dots\dots\dots(10)$$

เมื่อ d = ความลึกของน้ำในดินมีหน่วยเป็น มิลลิเมตร
 P_v = ความชื้นในดินเป็นเปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร
 D = ความสูงของชั้นดินมีหน่วยเป็นเซนติเมตร

หลังจากที่ได้ค่าความชื้นของดินแต่ละชั้น จากนั้นรวมค่าความลึกของน้ำในดินทุกชั้น เป็นค่าความชื้นทั้งหมด ของดินในถังวัดการใช้น้ำ และทำการคำนวณแยกแต่ละถัง

2.6 การกำหนดการให้น้ำชลประทานโดยใช้ผลจากเครื่องวัดแรงดึงความชื้นดิน

(Tensiometer) แล้วนำมาคำนวณเป็นปริมาณความชื้นดิน ในการพิจารณาเวลา และปริมาณการให้น้ำแก่ถังวัดการใช้น้ำ วัดปริมาณน้ำชลประทานก่อนการให้ และใช้บวรดน้ำในการรดเพื่อให้ได้รับน้ำอย่างสม่ำเสมอ

2.7 เก็บน้ำที่ระบายออกจากถังวัดการใช้น้ำ มาวัดปริมาณ จดบันทึก และรวมเป็นแต่ละช่วงการเก็บข้อมูล วัดปริมาณน้ำฝนจากเครื่องวัดปริมาณน้ำฝนที่แปลงทดลอง คำนวณปริมาณน้ำฝนที่ถังปลูกได้รับ และรวมเป็นแต่ละช่วงการเก็บข้อมูล เพื่อใช้ในการคำนวณหาปริมาณการใช้น้ำของสบู่ดำ และหญ้านวลน้อย

2.8 ใช้หลักสมมูลของน้ำในการคำนวณหาปริมาณการใช้น้ำของสบู่ดำ และหญ้านวลน้อย และใช้ข้อมูลทางอุตุนิยมิวิทยา คำนวณหาปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิงโดยใช้สมการของ Penman-Monteith และจากปริมาณการระเหยน้ำจากถาดวัดการระเหยแบบ คลาส เอ คำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของสบู่ดำ โดยเปรียบเทียบปริมาณการใช้น้ำของสบู่ดำ กับปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง

การคำนวณค่าการใช้น้ำของพืช (ET) โดยใช้หลักสมดุลของน้ำจากสมการ
(Allen *et al.*, 1998)

$$\Delta S = P + I - R - D - ET \quad \dots\dots\dots(11)$$

เมื่อ	ΔS	=	การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำเก็บกักในดินชั้นรากพืช
	P	=	ปริมาณน้ำฝน
	I	=	ปริมาณน้ำชลประทาน
	R	=	ปริมาณน้ำไหลบ่า
	D	=	ปริมาณน้ำซึมลึกเลยชั้นราก
	ET	=	ปริมาณการใช้น้ำของพืช

การคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำ (Kc) ของสบูดำ โดยเปรียบเทียบกับค่า
สัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืชอ้างอิง โดยใช้สมการ

$$Kc = Etc / Eto \quad \dots\dots\dots(12)$$

เมื่อ	Kc	=	สัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช (สบูดำ)
	Etc	=	ปริมาณการใช้น้ำของพืช (สบูดำ)
	Eto	=	ปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง หรือ potential

evapotranspiration

สมการที่ใช้ในการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์ของอัตราการระเหยแบบ Class A
(Allen *et al.*, 1998)

$$K_p = 0.108 - 0.0286 U_2 + 0.0422 \ln(FET) + 0.1434 \ln(RH_{mean}) - 0.000631 [\ln(FET)]^2 \ln(RH_{mean}) \dots\dots(13)$$

เมื่อ K_p = ค่าสัมประสิทธิ์ของอัตราการระเหย แบบ Class A ใน
กรณีที่อัตราการระเหยตั้งอยู่ในบริเวณพื้นที่ของพืชสีเขียวต้นเดียวสั้น

U_2 = ค่าความเร็วลมที่ความสูงจากพื้นดิน 2 เมตร (m/sec)

RH_{mean} = ความชื้นสัมพัทธ์ (%)

FET = ระยะทางของพื้นที่เพาะปลูกพืชสีเขียวต้นเดียวสั้น (หญ้า)

จากอัตราการระเหยแบบ Class A ถึงพื้นที่แห้ง (พื้นที่ดินไม่มีการเพาะปลูก) หรือ ระยะทางของ
พื้นที่ที่ไม่มีการเพาะปลูก (พื้นที่ดินไม่มีการเพาะปลูก) จากอัตราการระเหยแบบ Class A ถึงพื้นที่
เพาะปลูกพืชสีเขียวต้นเดียวสั้น (หญ้า) (เมตร)

การคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำ (K_c) ของสปีด โดยเปรียบเทียบกับค่า
สัมประสิทธิ์การระเหยน้ำของอัตราวัดแบบ เอ และปริมาณการระเหยน้ำจากอัตราการระเหยแบบ
เอโดยใช้สมการ

$$K_c = Etc / (K_p \times E_{pan}) \dots\dots\dots(14)$$

เมื่อ K_c = สัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช (สปีด)

Etc = ปริมาณการใช้น้ำของพืช

K_p = สัมประสิทธิ์อัตราการระเหย แบบ เอ

E_{pan} = ปริมาณการระเหยน้ำจากอัตราการระเหยแบบ เอ

การคำนวณหาการคายระเหยน้ำของพืชอ้างอิงโดยใช้สมการของ Penman-Monteith (Allen *et al.*, 1998)

$$ET_0 = \frac{0.408 \Delta (R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma (1 + 0.34 u_2)} \dots\dots\dots(15)$$

เมื่อ	ET_0	=	ปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง [mm day^{-1}]
	R_n	=	รังสีแสงอาทิตย์สุทธิ [$\text{MJ m}^{-2} \text{day}^{-1}$]
	G	=	ปริมาณความร้อนในดิน [$\text{MJ m}^{-2} \text{day}^{-1}$]
	T	=	อุณหภูมิอากาศ [$^{\circ}\text{C}$]
	u_2	=	ความเร็วลมที่ระดับความสูง 2 เมตรจากผิวดิน [m s^{-1}]
	e_s	=	แรงดันไอน้ำอิ่มตัว [kPa]
	e_a	=	แรงดันไอน้ำในอากาศ [kPa]
	$e_s - e_a$	=	ค่าต่างระหว่างแรงดันไอน้ำอิ่มตัวกับแรงดันไอน้ำในอากาศ [kPa]
	Δ	=	slope ของโค้งความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและแรงดันไอน้ำ [$\text{kPa } ^{\circ}\text{C}^{-1}$]
	γ	=	ค่าคงที่ของ psychrometric [$\text{kPa } ^{\circ}\text{C}^{-1}$]

3. ศึกษาผลของช่วงเวลาการให้น้ำที่มีต่อจำนวนดอกและการเจริญเติบโตของสับปัด

3.1 วางแผนการทดลองแบบ CRD (completely randomized design) มี 4 ดำรับการทดลองคือ 1 ให้น้ำชลประทานตลอดการทดลอง 2 หยุดการให้น้ำชลประทานเมื่อเริ่มออกดอก 3 เริ่มให้น้ำชลประทานเมื่อเริ่มออกดอก และ 4 ไม่มีการให้น้ำชลประทานตลอดการทดลอง

3.2 เตรียมแปลงโดยการ ไถ พรวน ปรับพื้นที่ และยกร่อง ระยะระหว่างร่อง 2 เมตร

3.3 ให้น้ำตามแผนการทดลองและใช้ค่าจากเครื่องวัดแรงดึงความชื้นในการช่วยกำหนดเวลาในการให้น้ำ

3.4 เก็บข้อมูล จำนวนช่อดอก ความสูงและความกว้างทรงพุ่ม เส้นผ่าศูนย์กลางลำต้น

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ความแปรปรวน และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของแต่ละสำหรับการทดลองโดยใช้วิธี least significant difference ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

สถานที่และระยะเวลาการทดลอง

สถานที่ทำการทดลอง

1 แปลงทดลองศูนย์เครื่องจักรกลการเกษตรแห่งชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม 14°01'54.97" เหนือ 99°58'09.55" ตะวันออก สูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง 11.28 เมตร

2 แปลงทดลองภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม 14°02'09.00" เหนือ 99°58'12.54" ตะวันออก สูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง 8.84 เมตร

ระยะเวลาการทดลอง

เริ่มการทดลองเดือนกุมภาพันธ์ 2549 สิ้นสุดการทดลองเดือนกุมภาพันธ์ 2552

ผลและวิจารณ์

1. การศึกษาปริมาณการใช้น้ำของสบูดำโดยใช้ระบบน้ำหยด

1.1 การเจริญเติบโตและผลผลิตของสบูดำเมื่อให้ปริมาณน้ำในอัตราที่ต่างกัน

เมื่อเปรียบเทียบการเจริญเติบโตและผลผลิตของสบูดำเมื่อให้ปริมาณน้ำในอัตราที่ต่างกันคือ 1.5, 4.5, 8 และ 12 ลิตรต่อสัปดาห์ พบว่าสบูดำที่ปลูกจากต้นกล้าที่เพาะจากท่อนพันธุ์มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทางด้านความกว้างทรงพุ่มโดยอัตราการให้น้ำที่ 1.5 ลิตรต่อสัปดาห์ มีค่าเฉลี่ยสูงสุดคือ 224.33 เซนติเมตร ส่วนอัตราการให้น้ำที่ 4.5 ลิตรต่อสัปดาห์มีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุดคือ 184.08 เซนติเมตร ทางด้านน้ำหนักแห้งเมล็ด (ความชื้น < 15%) อัตราการให้น้ำที่ 12 ลิตรต่อสัปดาห์ มีค่าเฉลี่ยสูงสุดคือ 887.58 กรัมต่อต้น รองลงมาคืออัตราการให้น้ำที่ 8 ลิตรต่อสัปดาห์มีค่าเฉลี่ย 747.25 กรัมต่อต้น ซึ่งมีความแตกต่างกับอัตราการให้น้ำที่ 4.5 และ 1.5 ลิตรต่อสัปดาห์ซึ่งมีค่าเฉลี่ย 534.36 และ 483.84 กรัมต่อต้น ตามลำดับ แต่อย่างไรก็ตามพบว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติทางด้าน ความสูงทรงพุ่ม เส้นผ่าศูนย์กลางลำต้น และจำนวนกิ่ง (ตารางที่ 2)

จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าไม่มีความสัมพันธ์ทางสถิติระหว่างอัตราการให้น้ำในระดับต่างๆกับ ความสูงทรงพุ่ม ความกว้างทรงพุ่ม เส้นผ่าศูนย์กลางลำต้น และจำนวนกิ่ง และจากค่าเฉลี่ยความกว้างทรงพุ่มที่อัตราการให้น้ำ 1.5 ลิตรต่อสัปดาห์ ซึ่งเป็นปริมาณที่น้อยที่สุดแต่มีความกว้างทรงพุ่มมากที่สุดอาจเกิดจากสบูดำที่ปลูกจากท่อนพันธุ์มีจำนวนกิ่งน้อย จึงมีความหนาแน่นของทรงพุ่มน้อย ดังนั้นจึงเกิดการโน้มเอียงกิ่งได้ง่าย ซึ่งมีผลต่อขนาดของทรงพุ่ม แต่อย่างไรก็ตามทางด้านน้ำหนักเมล็ดพบว่า มีความสัมพันธ์ในเชิงบวกกับอัตราการให้น้ำ (ภาพที่ 2) โดยจากการทดลองพบว่าสบูดำจะให้ผลผลิตมากที่สุดที่อัตราการให้น้ำ 12 ลิตรต่อสัปดาห์ รองลงมาคือที่อัตรา 8, 4.5 และ 1.5 ลิตรต่อสัปดาห์ ตามลำดับ

ตารางที่ 2 การเปรียบเทียบการเจริญเติบโตและผลผลิตของสับปะรดที่ปลูกจากต้นกล้าที่เพาะจากท่อนพันธุ์ เมื่อให้ปริมาณน้ำในอัตราที่ต่างกัน (อายุ 1 ปี)

อัตราการให้น้ำ (ลิตร/สัปดาห์)	ความสูง ทรงพุ่ม	ความกว้าง ทรงพุ่ม	ศูนย์กลาง ลำต้น (เซนติเมตร)	จำนวนกิ่ง	น้ำหนักเมล็ด (กรัม/ต้น)
1. 1.5	219.75	224.33 a ¹	8.58	4.41	483.84 b
2. 4.5	230.00	184.08 b	8.57	4.42	534.36 b
3. 8	212.33	208.42 ab	8.40	4.41	747.25 a
4. 12	228.25	192.00 b	8.61	3.50	887.58 a
F-test	ns	*	ns	ns	**
CV. (%)	6.58	12.04	8.38	23.27	30.05

หมายเหตุ ns ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 95 %

** มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 99 %

¹ ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่แตกต่างกันในแต่ละคอลัมน์มีความแตกต่างกัน

ทางสถิติ โดยใช้วิธี least significant difference ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ตารางที่ 3 การเปรียบเทียบการเจริญเติบโตและผลผลิตของสับปะรดที่ปลูกจากต้นกล้าที่เพาะจากเมล็ดพันธุ์ เมื่อให้ปริมาณน้ำในอัตราที่ต่างกัน (อายุ 1 ปี)

อัตราการให้น้ำ (ลิตร/สัปดาห์)	ความสูง ทรงพุ่ม	ความกว้าง ทรงพุ่ม	ศูนย์กลาง ลำต้น (เซนติเมตร)	จำนวนกิ่ง	น้ำหนักเมล็ด (กรัม/ต้น)
1. 1.5	263.25 a ¹	211.42 ab	10.16	8.08	481.00 c
2. 4.5	246.25 ab	195.59 b	9.51	8.58	592.75 bc
3. 8	230.25 b	187.00 b	9.47	8.42	738.33 ab
4. 12	255.91 a	242.497 a	10.01	8.83	887.00 a
F-test	**	**	ns	ns	**
CV. (%)	6.62	13.86	5.72	16.24	30.57

หมายเหตุ ns ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

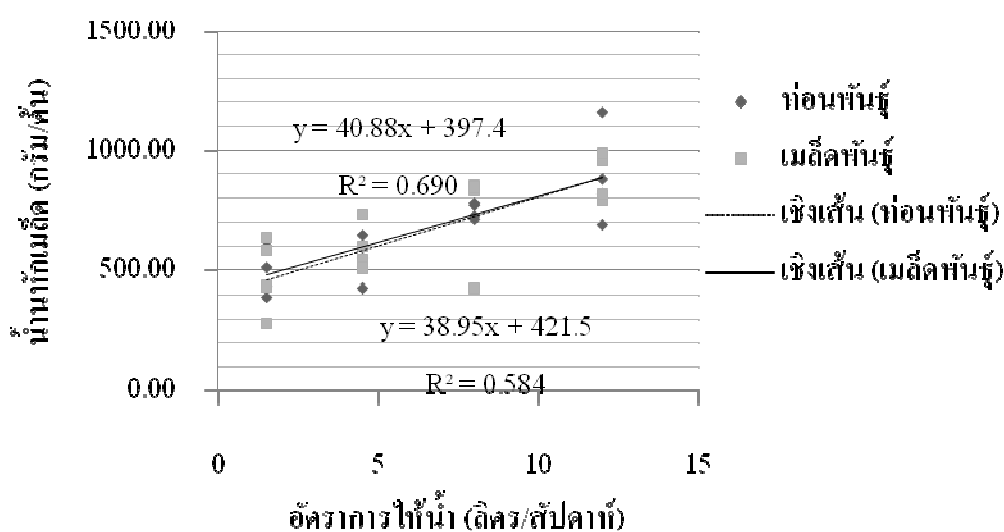
** มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 99 %

¹ ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่แตกต่างกันในแต่ละคอลัมน์มีความแตกต่างกัน

ทางสถิติ โดยใช้วิธี least significant difference ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

สับปะรดที่ปลูกจากต้นกล้าที่เพาะจากเมล็ดพันธุ์มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทางด้านความสูงทรงพุ่มโดยที่อัตราการให้น้ำที่ 1.5 ลิตรต่อสัปดาห์ มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุดคือ 263.25 เซนติเมตร รองลงมาคืออัตราการให้น้ำที่ 12 และ 4.5 ลิตรต่อสัปดาห์ ซึ่งมีค่าเฉลี่ย 255.91 และ 246.25 เซนติเมตร ส่วนที่อัตรา 8 ลิตรต่อสัปดาห์มีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุดคือ 230.25 เซนติเมตร ทางด้านความกว้างทรงพุ่ม อัตราการให้น้ำที่ 12 ลิตรต่อสัปดาห์มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุดคือ 242.50 เซนติเมตร รองลงมาคืออัตรา 1.5 ลิตรต่อสัปดาห์ มีค่าเฉลี่ย 211.42 ลิตรต่อสัปดาห์ ซึ่งแตกต่างกับอัตรา 4.5 และ 8 ลิตรต่อสัปดาห์ โดยมีค่าเฉลี่ย 195.59 และ 187.00 เซนติเมตร ตามลำดับ ที่อัตรา 12 ลิตรต่อสัปดาห์มีค่าเฉลี่ยน้ำหนักแห้งเมล็ด (ความชื้น < 15%) สูงที่สุดคือ 887.00 กรัมต่อต้น รองลงมาคือ ที่อัตรา 8 และ 4.5 ลิตรต่อสัปดาห์ ซึ่งมีค่าเฉลี่ย 738.33 และ 592.75 กรัมต่อต้น ตามลำดับ และที่อัตรา 1.5 ลิตรต่อสัปดาห์มีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุดคือ 481.00 กรัมต่อต้น แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติทางด้านเส้นผ่าศูนย์กลางลำต้น และจำนวนกิ่ง (ตารางที่ 3)

จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าไม่มีความสัมพันธ์ทางสถิติระหว่างอัตราการให้น้ำในระดับต่างๆกับเส้นผ่าศูนย์กลางลำต้น จำนวนกิ่ง ความสูงทรงพุ่ม และความกว้างทรงพุ่ม แต่มีความสัมพันธ์ในเชิงบวก (ภาพที่ 5) ของน้ำหนักรวมผลผลิตกับอัตราการให้น้ำ ซึ่งจากการทดลองพบว่า สบู่ดำจะให้ผลผลิตมากที่สุดที่เมื่อให้น้ำในอัตรา 12 ลิตรต่อสัปดาห์ รองลงมาคือที่อัตรา 8, 4.5 และ 1.5 ลิตรต่อสัปดาห์ ตามลำดับ



ภาพที่ 5 ความสัมพันธ์เชิงถดถอยระหว่างอัตราการให้น้ำกับน้ำหนักเมล็ด

1.2 การเปรียบเทียบการเจริญเติบโตและผลผลิตระหว่างสบู่ดำที่ปลูกจากต้นกล้าที่เพาะจากท่อนพันธุ์ และต้นกล้าที่เพาะจากเมล็ดพันธุ์

เมื่อเปรียบเทียบการเจริญเติบโตและผลผลิตระหว่างสบู่ดำที่ปลูกจากต้นกล้าที่เพาะจากท่อนพันธุ์กับเมล็ดพันธุ์พบว่า มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทางด้านความสูงทรงพุ่ม ความกว้างทรงพุ่ม เส้นผ่าศูนย์กลางลำต้น และจำนวนกิ่ง โดยสบู่ดำที่ปลูกจากเมล็ดพันธุ์มีค่าเฉลี่ย 250.95, 210.83, 9.77 เซนติเมตรและ 8.51 กิ่งต่อต้น ตามลำดับ ซึ่งมีความมากกว่าอย่างแตกต่างจากสบู่ดำที่ปลูกจากท่อนพันธุ์ซึ่งมีค่าเฉลี่ย 228.14, 204.89, 8.59 เซนติเมตร และ 4.14 กิ่งต่อต้น ตามลำดับ แต่สบู่ดำที่ปลูกจากท่อนพันธุ์มีค่าเฉลี่ยด้าน จำนวนช่อดอก และจำนวนช่อผลเท่ากับ 195.33 และ 186.32 ช่อต่อต้น ซึ่งมีความมากกว่าต้นที่ปลูกจากเมล็ดพันธุ์อย่างแตกต่างทางสถิติซึ่งมีค่าเฉลี่ย 150.57 และ 137.95 ช่อต่อต้น ตามลำดับ แต่อย่างไรก็ตามพบว่าไม่มีความแตกต่างทางด้านน้ำหนักเมล็ด (ตารางที่ 4)

จากผลการทดลองจะพบว่าสับุ่ดำที่ปลูกจากเมล็ดพันธุ์จะมีการเจริญเติบโตทางด้านลำต้น (vegetative) มากกว่าสับุ่ดำที่ปลูกด้วยท่อนพันธุ์ เช่น ขนาดทรงพุ่ม ขนาดลำต้น และจำนวนกิ่ง (ภาพที่ 6) อาจเนื่องมาจากต้นที่ปลูกจากเมล็ดมีระบบรากที่สมบูรณ์กว่า (มีรากแก้ว) ทำให้มีการหาอาหาร และดูดธาตุอาหารได้ดีกว่าต้นที่ปลูกจากท่อนพันธุ์ และจำนวนตาข้างของต้นที่ปลูกจากเมล็ดจะมีจำนวนมากและถี่กว่าท่อนพันธุ์ซึ่งมีผลทำให้มีจำนวนกิ่งต่อต้นมากกว่า ซึ่งสอดคล้องกับ Heller (1996) ซึ่งกล่าวว่าการปลูกจากท่อนพันธุ์จะมีอายุการเจริญเติบโตที่สั้นกว่า ทนต่อสภาพแห้งแล้งและโรคได้น้อยกว่าการปลูกจากเมล็ด เนื่องจากต้นที่ปลูกจากท่อนพันธุ์ไม่มีการสร้างรากแก้ว (taproots) รากที่เกิดขึ้นจะเป็นรากปลอม (pseudo-taproots) และสามารถหยั่งลงชั้นดินได้เพียง 1/2 และ 2/3 เมื่อเทียบกับต้นที่มีรากแก้วจริงซึ่งปลูกจากเมล็ด ในทางตรงกันข้ามพบว่าสับุ่ดำที่ปลูกจากท่อนพันธุ์จะมีจำนวนช่อดอก และช่อผลมากกว่าต้นที่ปลูกจากเมล็ดพันธุ์ (ภาพที่ 7) แต่อย่างไรก็ตามพบว่าไม่มีความแตกต่างทางด้านน้ำหนักเมล็ดต่อต้น (ภาพที่ 8) อาจเป็นผลมาจากจำนวนผลต่อช่อมีความแตกต่างกัน กล่าวคือต้นที่ปลูกจากท่อนพันธุ์มีจำนวนช่อดอกและช่อผลมากกว่าแต่มีจำนวนผลต่อช่อน้อยกว่าจึงทำให้น้ำหนักเมล็ดต่อต้นไม่แตกต่างกัน ทางด้านระยะเวลาการให้ผลผลิตพบว่าต้นที่ปลูกจากท่อนพันธุ์มีการออกดอก และติดผลเร็วกว่าต้นที่ปลูกจากเมล็ดพันธุ์ ประมาณ 1 เดือน

ตารางที่ 4 การเปรียบเทียบการเจริญเติบโตและผลผลิตระหว่างสับดำที่ปลูกจากต้นกล้าที่เพาะจาก
ท่อนพันธุ์และจากเมล็ดพันธุ์ (อายุ 1 ปี)

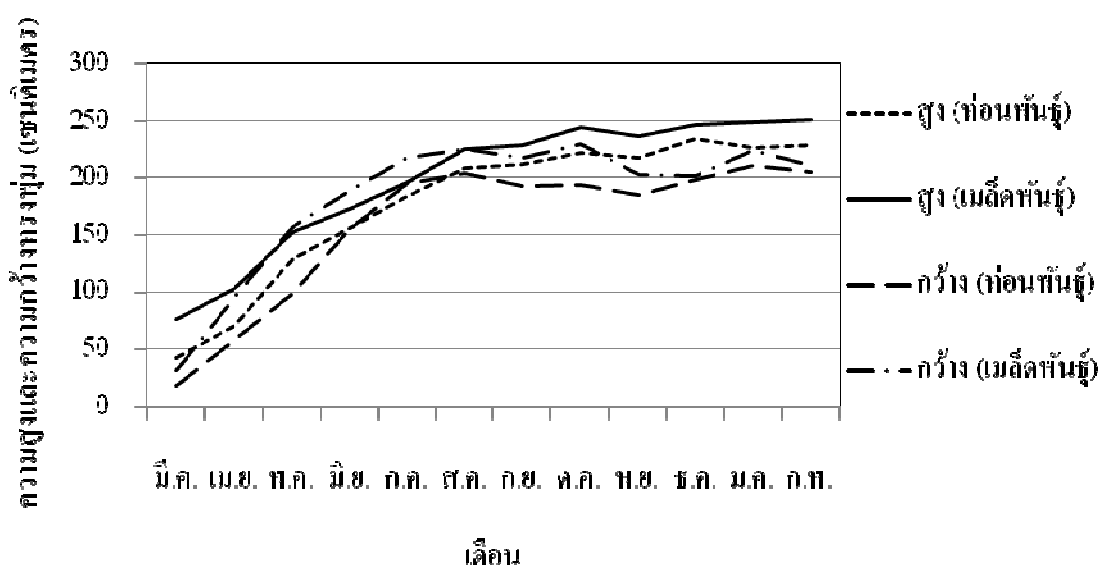
ปัจจัย	ความสูง ทรงพุ่ม	ความกว้าง ทรงพุ่ม	ศูนย์กลาง ลำต้น (เซนติเมตร)	จำนวน กิ่ง (กิ่ง/ต้น)	จำนวน ช่อดอก	จำนวน ช่อผล (ช่อ/ต้น)	น้ำหนัก เมล็ด (กรัม/ต้น)
ท่อนพันธุ์	228.14 b ¹	204.89 b	8.59 b	4.14 b	195.33 a	186.32 a	672.11
เมล็ดพันธุ์	250.95 a	210.83 a	9.77 a	8.51 a	150.57 b	137.95 b	689.00
F-test	**	*	**	**	**	**	ns
CV. (%)	5.10	1.99	6.90	37.01	13.92	16.03	2.41

หมายเหตุ ns ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

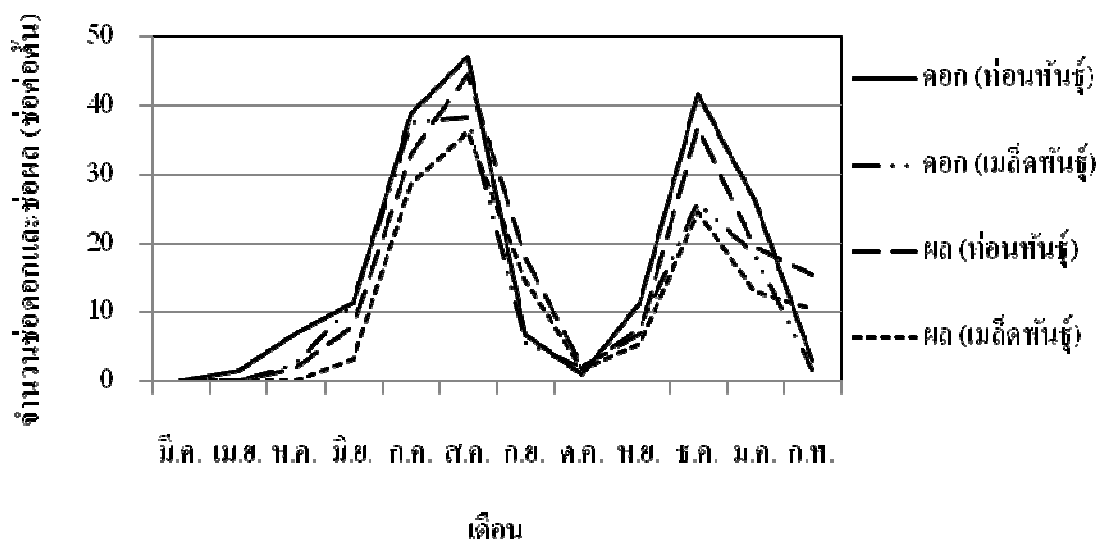
* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 95 %

** มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 99 %

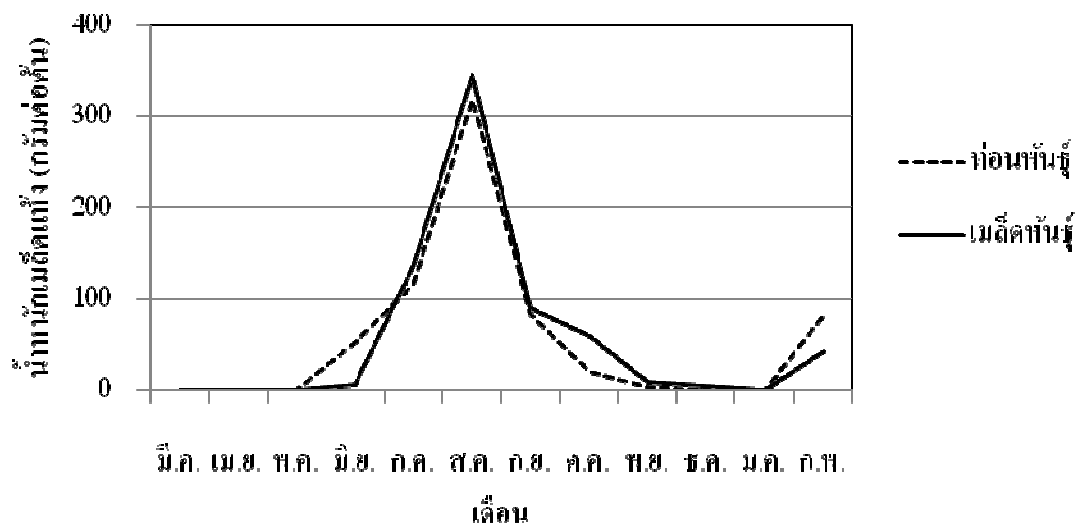
¹ ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่แตกต่างกันในแต่ละคอลัมน์มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยใช้วิธี least significant difference ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %



ภาพที่ 6 เปรียบเทียบความสูงและความกว้างทรงพุ่ม ระหว่างต้นที่ปลูกจากต้นกล้าที่เพาะจากท่อนพันธุ์และเมล็ดพันธุ์



ภาพที่ 7 เปรียบเทียบจำนวนช่อดอกและช่อผล ระหว่างต้นที่ปลูกจากต้นกล้าที่เพาะจากท่อนพันธุ์และเมล็ดพันธุ์



ภาพที่ 8 เปรียบเทียบจำนวนเมล็ดพันธุ์ ระหว่างต้นที่ปลูกจากต้นกล้าที่เพาะจากท่อนพันธุ์และเมล็ดพันธุ์

1.3 การเปรียบเทียบน้ำหนักแห้งของสบูดำที่ได้รับน้ำในปริมาณที่ต่างกัน

เมื่อเปรียบเทียบน้ำหนักแห้งของส่วนต่างๆ ของสบูดำที่มีการให้น้ำในอัตรา 1.5, 4.5, 8 และ 12 ลิตรต่อสัปดาห์ พบว่า มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทางด้านน้ำหนักลำต้นและกิ่ง โดยที่อัตรา 12 ลิตรต่อสัปดาห์มีค่าเฉลี่ยสูงสุดที่สุด คือ 3368.30 กรัมต่อต้น รองลงมาคือที่อัตรา 1.5 และ 8 ลิตรต่อสัปดาห์โดยมีค่าเฉลี่ย 3140.00 และ 3120.93 กรัมต่อต้น ส่วนที่อัตรา 4.5 ลิตรต่อสัปดาห์จะมีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุดคือ 2911.60 กรัมต่อต้น ทางด้านน้ำหนักแห้งรากพบว่า ที่อัตรา 12 ลิตรต่อสัปดาห์จะให้ค่าเฉลี่ยสูงสุดที่สุดคือ 345.60 กรัมต่อต้น ซึ่งแตกต่างทางสถิติจากอัตราการให้น้ำที่ 1.5, 4.5 และ 8 ลิตรต่อสัปดาห์ ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 281.60, 256.00 และ 256.00 กรัมต่อต้น ตามลำดับ และเมื่อเปรียบเทียบน้ำหนักแห้งรวมทั้งต้นพบว่าที่อัตราการให้น้ำที่ 12 ลิตรต่อสัปดาห์ให้ค่าเฉลี่ยสูงสุดที่สุดคือ 5352.30 กรัมต่อต้น รองลงมาคือที่อัตรา 8, 1.5 และ 4.5 ลิตรต่อสัปดาห์ ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4875.93, 4685.20 และ 4535.83 กรัมต่อต้น ตามลำดับ แต่อย่างไรก็ตามพบว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติด้านน้ำหนักแห้งใบ (ตารางที่ 5)

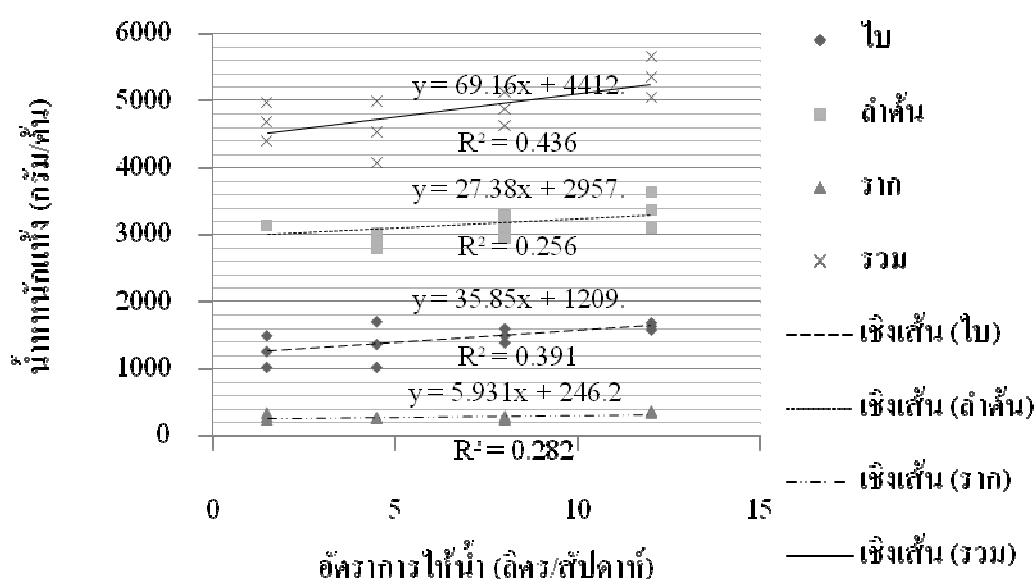
ตารางที่ 5 การเปรียบเทียบน้ำหนักแห้งของสบูดำที่ได้รับอัตราการให้น้ำที่ต่างกัน (อายุ 1 ปี)

อัตราน้ำ (ลิตร/สัปดาห์)	ใบ (กรัม/ต้น)	ลำต้นและกิ่ง (กรัม/ต้น)	ราก (กรัม/ต้น)	รวม (กรัม/ต้น)
1.5	1263.70	3140.00 ab ¹	281.60 b	4685.20 b
4.5	1368.27	2911.60 b	256.00 b	4535.83 b
8	1499.00	3120.93 ab	256.00 b	4875.93 ab
12	1638.40	3368.30 a	345.60 a	5352.30 a
F-test	ns	*	*	*
CV. (%)	16.28	7.07	16.05	8.82

หมายเหตุ ns ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 95 %

¹ ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่แตกต่างกันในแต่ละคอลัมน์มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยใช้วิธี least significant difference ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %



ภาพที่ 9 ความสัมพันธ์เชิงถดถอยระหว่างอัตรการให้น้ำกับน้ำหนักแห้งของสับดูดำ

2. การศึกษาปริมาณการใช้น้ำของสับดูดำโดยใช้วิธีวัดโดยตรงจากถังวัดการใช้น้ำ

2.1 ผลการวิเคราะห์ดิน

จากการวิเคราะห์ดินจากพื้นที่แปลงปลูกสับดูดำ และหยั่วนวลน้อย พบว่ามีลักษณะเป็นดินร่วนปนทราย มีค่าความเป็นกรดอ่อนๆ ไม่เค็ม มีอินทรีย์วัตถุค่อนข้างต่ำ แต่มีฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมที่เป็นประโยชน์สูง มีค่าความชื้นชลประทานประมาณ 15 % โดยน้ำหนักดินแห้ง มีค่าความชื้นที่จุดเหี่ยวเฉาถาวร ประมาณ 7 % โดยน้ำหนักดินแห้ง และกำหนดความชื้นที่จุดวิกฤติ (50% AM.) ประมาณ 11% โดยน้ำหนักดินแห้ง แสดงว่ามีคุณสมบัติการระบายน้ำที่ดีซึ่งเหมาะกับสับดูดำ มีค่าความเป็นกรดเล็กน้อย มีค่าความเค็มเฉลี่ย 0.95 dS/m และมีปริมาณธาตุอาหารเพียงพอ ยกเว้นอินทรีย์วัตถุซึ่งต้องมีการใส่เพิ่ม (ตารางที่ 6)

2.2 ข้อมูลอุตุนิยมวิทยาในช่วงเวลาการทดลอง

ค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ระหว่างช่วงเวลาการทดลองเฉลี่ยอุณหภูมิสูงสุด 33.36 องศาเซลเซียส อุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ย 23.85 องศาเซลเซียส ค่าความชื้นสัมพัทธ์สูงสุดเฉลี่ย 93.90 เปอร์เซ็นต์ และความชื้นสัมพัทธ์ต่ำสุดเฉลี่ย 53.81 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 7) ปริมาณน้ำฝน

ตลอดช่วงเวลาการทดลองรวม 542.65 มิลลิเมตร มีการกระจายตัวอย่างสม่ำเสมอ ช่วงที่ตกหนักที่สุดคือช่วงที่ 2 ซึ่งมีปริมาณถึง 89.6 มิลลิเมตรต่อช่วง ค่าการระเหยน้ำจากถาดวัดการระเหยรวม 526.48 มิลลิเมตร โดยมีค่าสูงสุด 5.49 มิลลิเมตรต่อวัน และต่ำสุด 3.77 มิลลิเมตรต่อวัน (ตารางที่ 8)

ตารางที่ 6 ค่าการวิเคราะห์ดินในถาดวัดการใช้น้ำของสปูดำ และหญ้านวลน้อย

รายการวิเคราะห์		ค่าที่วิเคราะห์ได้		
		สปูดำ		หญ้านวลน้อย
		0-30 ซม.	30-60 ซม.	0-30 ซม.
เนื้อดิน		ดินร่วนปนทราย		
อนุภาคขนาดทราย	(%)	68.12	68.12	65.62
อนุภาคขนาดทรายแป้ง	(%)	13.74	13.74	18.74
อนุภาคขนาดดินเหนียว	(%)	18.14	18.14	15.64
ความเป็นกรด-ด่าง	(pH ดิน : น้ำ, 1:1)	6.56	6.53	6.22
ค่าการนำไฟฟ้าของดิน	(เดซิซีเมน/ม ³)	0.854	0.875	1.122
อินทรีย์วัตถุในดิน	(%)	0.971	0.815	1.092
ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์	(มก./กก.)	39.91	33.53	46.03
โพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์	(มก./กก.)	85.33	77.54	91.45
แคลเซียมที่เป็นประโยชน์	(มก./กก.)	1027.6	958.8	1054.5
แมกนีเซียมที่เป็นประโยชน์	(มก./กก.)	121.7	111.1	122.3
ค่าความถ่วงจำเพาะของดิน		1.27	1.36	1.31
ความชื้นชลประทาน	(% โดยน้ำหนักแห้ง)	15.0	14.8	15.5
ความชื้นที่จุดเหี่ยวเฉาถาวร	(% โดยน้ำหนักแห้ง)	7.1	6.7	7.4
ความชื้นที่จุดวิกฤติที่ต้องให้น้ำ	(% โดยน้ำหนักแห้ง)	11.05	10.75	11.2

ตารางที่ 7 อุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย สูงสุด และต่ำสุด ในแต่ละช่วงการทดลอง

ช่วงเวลา	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)		ความชื้นสัมพัทธ์ (เปอร์เซ็นต์)	
	สูงสุด	ต่ำสุด	สูงสุด	ต่ำสุด
1	34.40	23.56	52.71	93.71
2	34.43	23.74	50.10	93.26
3	34.56	24.01	52.57	93.57
4	33.56	23.89	55.43	92.71
5	33.20	24.54	50.14	93.57
6	34.50	23.91	53.86	92.43
7	33.16	24.20	51.57	93.71
8	33.79	23.96	52.29	93.57
9	34.17	23.44	54.43	93.00
10	32.29	23.86	52.00	92.86
11	33.57	24.00	54.86	93.86
12	32.37	23.29	51.71	93.14
13	33.59	23.80	48.14	93.43
14	34.29	23.24	48.43	94.86
15	34.57	24.06	50.29	94.43
16	31.74	24.04	63.14	95.00
17	31.73	23.74	58.14	93.86
18	33.07	24.01	54.43	93.71
19	33.06	23.91	56.29	95.00
20	33.49	23.56	53.00	95.29
21	31.99	24.11	58.29	95.14
22	32.29	23.93	62.00	95.71

ตารางที่ 8 ปริมาณน้ำฝน ปริมาณการระเหยน้ำจากผิวดิน การระเหย และปริมาณน้ำชลประทานที่ให้กับสับดำและหญ้านวลน้อย ในแต่ละช่วงการทดลอง

ช่วงเวลา	ปริมาณน้ำฝน	ปริมาณการระเหยน้ำ		ปริมาณน้ำชลประทาน	
	(มิลลิเมตร/ช่วงเวลา)	(มิลลิเมตร)		(มิลลิเมตร/ช่วงเวลา)	
		ต่อวัน	ต่อช่วงเวลา	สับดำ	หญ้านวลน้อย
1	133.70	4.83	25.47	0.00	12.70
2	89.60	5.11	26.92	0.00	0.00
3	10.50	4.34	22.92	21.66	19.11
4	15.50	4.54	24.00	48.41	22.93
5	0.00	5.46	28.75	19.11	45.86
6	38.10	4.76	25.09	16.56	38.22
7	26.85	4.21	22.44	48.40	38.22
8	17.60	5.10	26.87	2.04	19.11
9	23.80	4.64	24.53	0.00	21.66
10	33.00	4.60	21.59	66.24	29.30
11	6.00	3.90	20.66	10.19	1.27
12	41.20	5.49	28.97	0.00	0.00
13	15.00	4.34	22.82	29.30	17.83
14	16.90	3.80	25.26	42.04	44.59
15	22.30	4.60	24.21	54.78	45.86
16	33.20	4.37	23.41	0.00	10.19
17	20.10	4.36	23.19	89.17	42.04
18	4.90	4.79	25.40	40.79	12.74
19	22.20	3.77	20.01	11.46	0.00
20	23.70	4.01	21.24	34.39	25.48
21	25.90	4.09	21.74	28.03	6.37
22	22.60	3.90	20.99	33.12	12.74
รวม	542.65		526.48	595.69	466.22

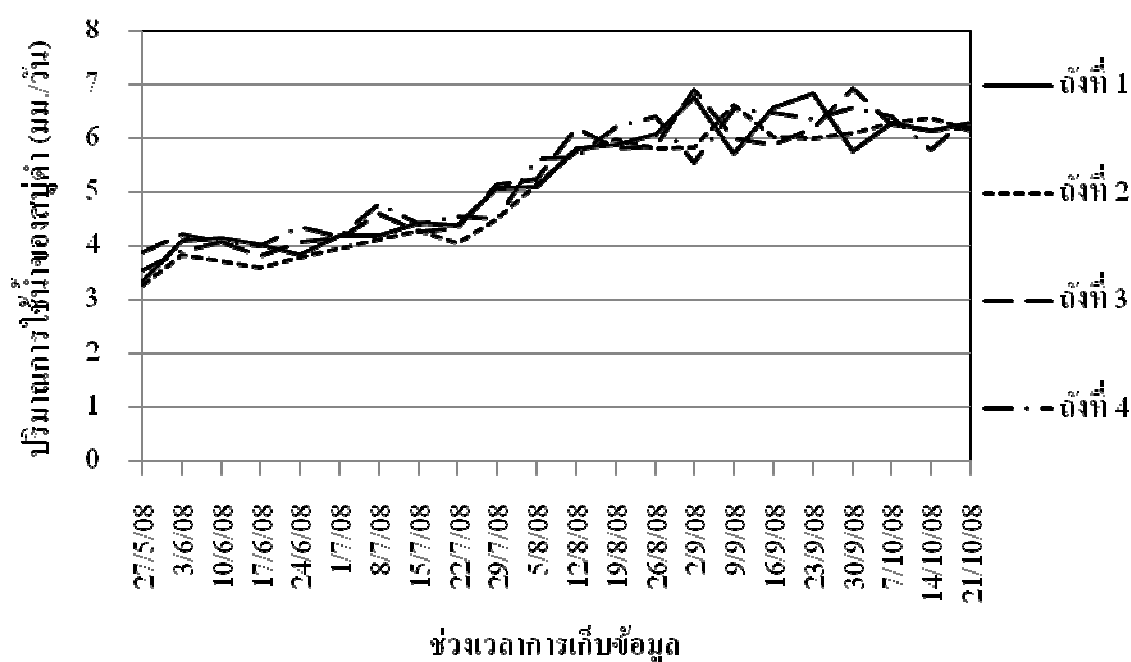
ตารางที่ 9 ปริมาณน้ำระบายออกจากถังวัดการใช้น้ำของสปูดำ และหลั้วนวนน้อย ในแต่ละช่วงการทดลอง

ช่วงเวลา	ปริมาณน้ำระบายออกจากถังวัดการใช้น้ำ (มิลลิเมตร/ช่วงเวลา)							
	สปูดำ				หลั้วนวนน้อย			
	1	2	3	4	1	2	3	4
1	14.46	13.07	16.75	12.36	12.25	20.19	11.74	19.00
2	67.34	68.93	63.95	59.64	57.98	72.03	69.38	62.33
3	1.86	1.92	0.62	1.90	7.26	8.22	8.84	7.37
4	35.40	36.66	33.09	34.15	13.99	20.02	16.56	11.27
5	4.71	7.17	6.22	4.04	17.26	15.05	18.69	18.69
6	20.48	20.31	18.05	16.59	47.00	48.71	48.05	49.53
7	4.07	6.72	7.52	3.64	4.82	7.59	3.90	5.05
8	3.24	3.12	1.07	1.43	3.41	3.43	3.22	3.05
9	1.60	5.97	3.12	1.89	22.79	22.14	18.87	19.02
10	12.65	14.55	11.03	12.56	7.43	8.22	10.82	8.62
11	6.66	8.18	9.53	10.15	11.50	11.08	11.06	12.51
12	18.69	16.03	14.69	14.42	7.80	7.90	11.72	6.00
13	3.17	4.75	2.11	2.92	6.74	8.42	3.34	3.48
14	4.47	10.85	6.83	5.83	37.39	34.87	32.78	29.89
15	1.40	0.29	0.83	2.80	5.18	4.20	2.52	2.38
16	10.00	12.29	11.16	10.10	7.32	4.45	3.01	3.44
17	6.31	9.76	6.52	5.43	9.59	7.34	7.81	8.47
18	2.32	2.47	2.27	2.19	5.52	6.14	4.18	5.71
19	1.25	1.60	1.67	1.31	27.29	28.34	26.89	27.12
20	2.31	1.54	1.21	1.25	1.48	1.96	1.30	1.32
21	2.38	5.04	2.00	2.09	6.22	5.20	5.83	6.13
22	11.69	10.71	11.41	11.21	0.43	0.33	0.79	0.39
รวม	236.46	261.96	231.65	217.90	320.65	345.83	321.30	310.77

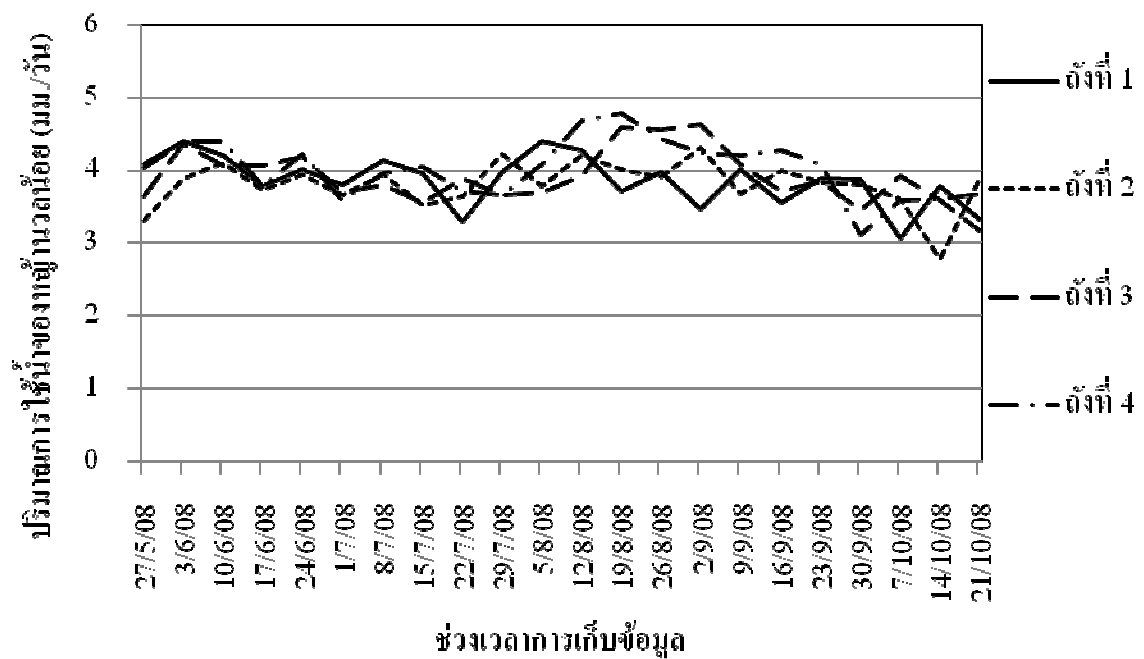
2.3 ปริมาณการใช้น้ำของสับุดำและหญ้านวลน้อย และค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของสับุดำ

ค่าปริมาณน้ำชลประทานที่ให้กับสับุดำ และหญ้านวลน้อยรวม 595.69 และ 466.22 มิลลิเมตร (ตารางที่ 3) ปริมาณน้ำระบายออกจากถังวัดการใช้น้ำของสับุดำและหญ้านวลน้อยเฉลี่ยเท่ากับ 236.99 และ 324.64 มิลลิเมตรต่อถัง (ตารางที่ 9)

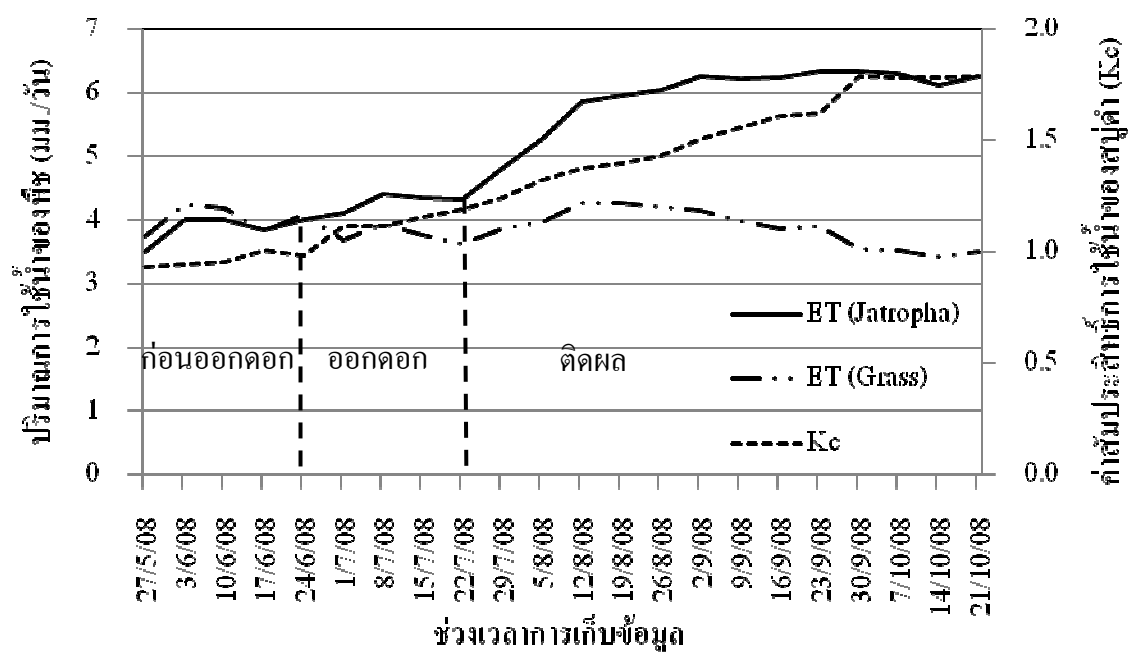
ปริมาณการใช้น้ำของสับุดำทั้ง 4 ถังมีค่าเฉลี่ย 5.23 5.05 5.28 และ 5.29 มิลลิเมตรต่อวัน (ภาพที่ 10) ปริมาณการใช้น้ำของหญ้านวลน้อยทั้ง 4 ถังมีค่าเฉลี่ย 3.85 3.80 3.91 และ 4.02 มิลลิเมตรต่อวัน (ภาพที่ 11) และปริมาณการใช้น้ำของหญ้านวลน้อยเฉลี่ยตลอดช่วงเวลาการทดลองมีค่าเท่ากับ 3.90 มิลลิเมตรต่อวัน เมื่อแบ่งระยะการเจริญเติบโตของสับุดำออกเป็น 3 ระยะ คือ ระยะก่อนออกดอก ระยะออกดอก และระยะติดผล พบว่าปริมาณการใช้น้ำของสับุดำในแต่ละระยะการเจริญเติบโตมีค่าเท่ากับ 3.85 4.21 และ 6.00 มิลลิเมตรต่อวัน ตามลำดับ (ภาพที่ 12)



ภาพที่ 10 ปริมาณการใช้น้ำของสับุดำในแต่ละถังวัดการใช้น้ำ



ภาพที่ 11 ปริมาณการใช้น้ำของหญ้านวลน้อยในแต่ละถังวัดการใช้น้ำ



ภาพที่ 12 ปริมาณการใช้น้ำของสปีด และหญ้านวลน้อย และค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของสปีด
ในระยะก่อนออกดอก ระยะออกดอก และระยะติดผล

การหาปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิงโดยใช้วิธีการวัดปริมาณการใช้น้ำของหญ้านวลน้อย คำนวณจากสมการของ Penman-Monteith และคำนวณจากปริมาณการระเหยน้ำจากถาดวัดการระเหยพบว่า มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติโดยปริมาณการใช้น้ำของหญ้านวลน้อยมีค่าสูงที่สุดเฉลี่ยเท่ากับ 3.90 มิลลิเมตรต่อวัน รองลงมาคือการคำนวณจากสมการ Penman-Monteith มีค่าเฉลี่ย 3.72 มิลลิเมตรต่อวัน และการคำนวณจากปริมาณการระเหยน้ำจากถาดวัดการระเหยมีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุดคือ 3.45 มิลลิเมตรต่อวัน ตามลำดับ (ตารางที่ 11)

เมื่อคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของสับดูดาโดยเปรียบเทียบระหว่างปริมาณการใช้น้ำของสับดูดากับปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิงทั้ง 3 ค่า พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 10) และเมื่อใช้ค่าปริมาณการใช้น้ำของหญ้านวลน้อยในการเปรียบเทียบเพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของสับดูดาทั้ง 3 ระยะการเจริญเติบโตพบว่าในระยะก่อนออกดอกมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.96 ระยะออกดอกมีค่าเฉลี่ย 1.11 และระยะติดผลมีค่าเฉลี่ย 1.54 (ภาพที่ 3) Abdrabbo *et al.*(2007) กล่าวว่า สับดูดาจะใช้น้ำในระยะเริ่มแรก ระยะการพัฒนาทางลำต้น ระยะออกดอก และระยะเก็บเกี่ยว เท่ากับ 20.67%, 28.83%, 14.44% และ 36.05% ตามลำดับ จากปริมาณน้ำที่ให้

ตารางที่ 10 การเปรียบเทียบปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง ที่คำนวณจากปริมาณการใช้น้ำของ
 หญ้าขนาดเล็ก สมการ Penman-Monteith และปริมาณการระเหยน้ำจากถาดวัด และ
 ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของสบู่ดำ ที่เปรียบเทียบระหว่างปริมาณการใช้น้ำของสบู่ดำ
 กับปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง

สำหรับการทดลอง	ปริมาณการใช้น้ำ ของพืชอ้างอิง (มิลลิเมตร/วัน)	สัมประสิทธิ์การใช้น้ำ ของสบู่ดำ
1. ปริมาณการใช้น้ำของหญ้าขนาดเล็ก	3.90 a ¹	1.34
2. คำนวณจากสมการ Penman-Monteith	3.72 b	1.40
3. คำนวณจากปริมาณการระเหยน้ำ	3.45 c	1.54
F-test	**	ns
CV (%)	8.83	23.67

หมายเหตุ ns ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

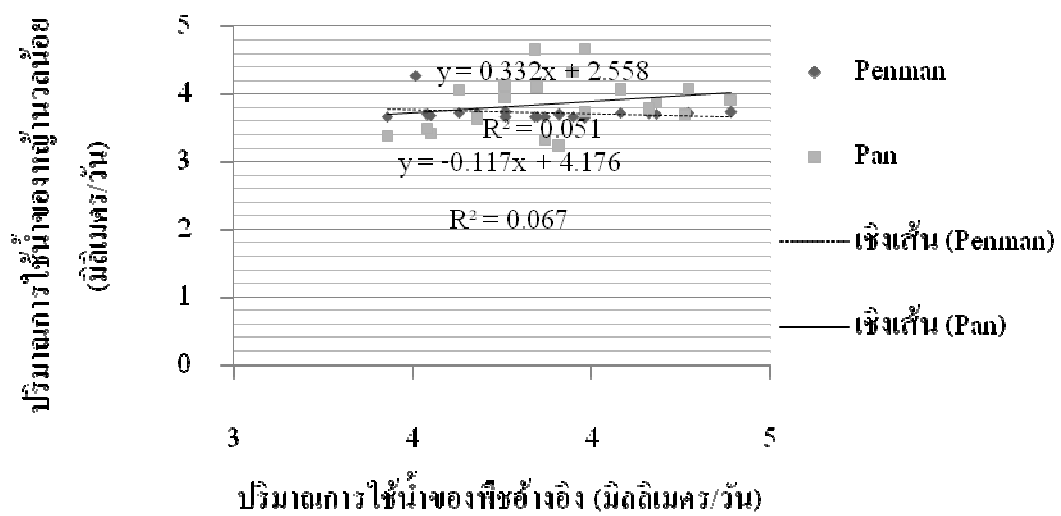
** มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 99 %

¹ ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่ต่างกันในแต่ละคอลัมน์มีความแตกต่างกัน

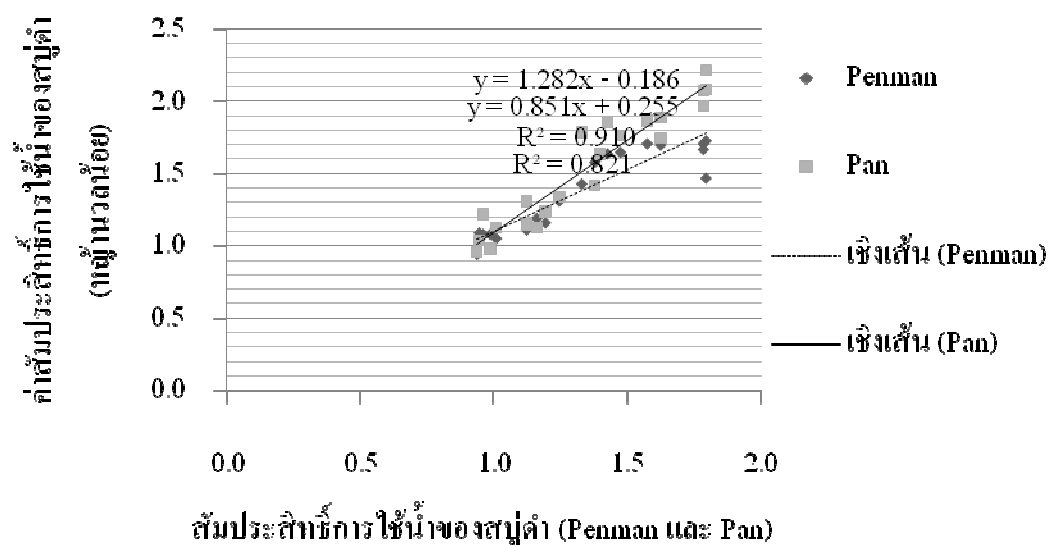
ทางสถิติ โดยใช้วิธี least significant difference ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ตารางที่ 11 ปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง คำนวณจากปริมาณการใช้น้ำของหญ้านวลน้อย
สมการ Penman-Monteith และปริมาณการระเหยน้ำจากถาดวัดการระเหย ในแต่ละช่วง
การทดลอง

ช่วงเวลา	ปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (มม./วัน)		
	หญ้านวลน้อย	สมการ Penman-Monteith	คำนวณจากปริมาณการระเหยน้ำ
1	3.76	3.73	3.64
2	4.26	3.69	3.85
3	4.18	3.70	3.27
4	3.84	3.67	3.43
5	4.08	3.72	4.11
6	3.68	3.72	3.58
7	3.95	3.66	3.21
8	3.76	3.67	3.84
9	3.63	3.72	3.50
10	3.87	3.67	3.60
11	3.98	3.69	2.95
12	4.26	3.70	4.14
13	4.27	3.71	3.26
14	4.39	3.73	3.73
15	4.16	3.71	3.46
16	3.98	3.64	3.34
17	3.85	3.67	3.31
18	3.91	3.69	3.63
19	3.55	3.68	2.86
20	3.54	3.69	3.03
21	3.43	3.67	3.11
22	3.51	4.27	3.00



ภาพที่ 13 ความสัมพันธ์เชิงถดถอยระหว่างปริมาณการใช้น้ำของหญ้าขนาดเล็ก และปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้อยที่คำนวณจากสมการ Penman-Monteith และปริมาณการระเหยน้ำจาก ถาดวัด



ภาพที่ 14 ความสัมพันธ์เชิงถดถอยระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของหญ้าที่เปรียบเทียบระหว่างหญ้าขนาดเล็กกับสมการ Penman-Monteith และปริมาณการระเหยน้ำ

2.4 การเจริญเติบโตและผลผลิตของสับปะรดในถ้ำวัดการใช้น้ำ สับปะรดในแปลงปลูกปกติและมีการให้น้ำชลประทาน และสับปะรดในแปลงปลูกปกติแต่ไม่มีการให้น้ำชลประทาน

เมื่อเปรียบเทียบการเจริญเติบโตและผลผลิตของสับปะรดในถ้ำวัดการใช้น้ำ สับปะรดในแปลงปลูกปกติและมีการให้น้ำชลประทาน และสับปะรดในแปลงปลูกปกติแต่ไม่มีการให้น้ำชลประทาน พบว่า มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทางด้านความสูงทรงพุ่ม โดยต้นที่ปลูกในสภาพแปลงปกติและมีการให้น้ำชลประทานมีค่าเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 216 เซนติเมตร รองลงมาคือต้นที่ปลูกในสภาพแปลงปกติและไม่มีการให้น้ำชลประทาน และต้นในถ้ำวัดการใช้น้ำโดยมีค่าเฉลี่ย 199 และ 184 เซนติเมตร ตามลำดับ ต้นที่ปลูกในสภาพแปลงปกติและมีการให้น้ำชลประทานมีความกว้างทรงพุ่มสูงที่สุดมีค่าเฉลี่ย 225 เซนติเมตร รองลงมาคือ ต้นที่ปลูกในถ้ำวัดการใช้น้ำ และต้นในแปลงปลูกปกติและไม่มีการให้น้ำชลประทานโดยมีค่าเฉลี่ย 171 และ 163 เซนติเมตร ตามลำดับ แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติทางด้านเส้นผ่าศูนย์กลางลำต้น (ตารางที่ 12)

ตารางที่ 12 การเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของสับปะรดที่ปลูกในถ้ำวัดการใช้น้ำ ในสภาพแปลงปกติมีการให้น้ำชลประทาน และในสภาพแปลงปกติไม่มีการให้น้ำชลประทาน

สำหรับการทดลอง	ความสูงทรงพุ่ม (เซนติเมตร)	ความกว้างทรงพุ่ม (เซนติเมตร)	เส้นผ่าศูนย์กลางลำต้น (เซนติเมตร)
1. สับปะรดในถ้ำวัดการใช้น้ำ	184 b ¹	171 b	7.10
2. สับปะรดในแปลงปลูกปกติ และมีการให้น้ำชลประทาน	216 a	225 a	7.87
3. สับปะรดในแปลงปลูกปกติ และไม่มีการให้น้ำชลประทาน	199 ab	163 b	7.12
F-test	*	*	ns
CV (%)	10.04	19.38	8.07

หมายเหตุ ns ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 95 %

¹ ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่แตกต่างกันในแต่ละคอลัมน์มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยใช้วิธี least significant difference ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทางด้านข้อผล โดยต้นที่ปลูกในสภาพแปลงปกติและมีการให้น้ำชลประทานมีค่าเฉลี่ยสูงสุด 46.75 ข้อต่อต้น รองลงมาคือต้นที่ปลูกในถึงวัดการใช้น้ำ และต้นในแปลงปลูกปกติและไม่มีการให้น้ำชลประทานโดยมีค่าเฉลี่ย 23.50 และ 18.25 ข้อต่อต้น ตามลำดับ ทางด้านน้ำหนักเมล็ดแห้ง (อบแห้งความชื้น < 2 %) ต้นที่ปลูกในสภาพแปลงปกติและมีการให้น้ำชลประทานมีค่าเฉลี่ยสูงสุด 501.75 กรัมต่อต้น รองลงมาคือต้นที่ปลูกในถึงวัดการใช้น้ำ และต้นในแปลงปลูกปกติและไม่มีการให้น้ำชลประทานโดยมีค่าเฉลี่ย 300.25 และ 205.92 กรัมต่อต้น ตามลำดับ แต่อย่างไรก็ตามพบว่ามีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติทางด้านจำนวนช่อดอก (ตารางที่ 13) Abdrabbo *et al.* (2007) กล่าวว่าผลผลิตและปริมาณน้ำมันจะลดลงเมื่อให้น้ำในอัตราที่น้อยกว่าปริมาณที่เหมาะสม (optimal water requirement) โดยพบเมื่อให้น้ำที่ 100% ของการคายระเหยน้ำ (ET_o) สนุ่ดำจะให้ผลผลิต 585.5 กิโลกรัม/เฮกตาร์ ตามด้วยการให้น้ำที่ 120% และ 75% ของการคายระเหยน้ำให้ผลผลิต 342.7 และ 309.4 กิโลกรัม/เฮกตาร์ และเมื่อให้น้ำที่ 50% ของการคายระเหยน้ำให้ผลผลิต 271.3 กิโลกรัม/เฮกตาร์

ตารางที่ 13 การเปรียบเทียบจำนวนช่อดอก จำนวนข้อผล และน้ำหนักเมล็ดแห้งของสนุ่ดำที่ปลูกในถึงวัดการใช้น้ำ ในสภาพแปลงปกติมีการให้และไม่ให้น้ำชลประทาน

สำหรับการทดลอง	จำนวนช่อดอก	จำนวนข้อผล	น้ำหนักเมล็ดอบแห้ง (กรัม/ต้น)
1. สนุ่ดำในถึงวัดการใช้น้ำ	37.5	23.5 b ¹	300.25 b
2. สนุ่ดำในแปลงปลูกปกติ และมีการให้น้ำชลประทาน	48.75	46.75 a	501.75 a
3. สนุ่ดำในแปลงปลูกปกติ และไม่มีการให้น้ำชลประทาน	26.75	18.25 b	205.92 b
F-test	ns	*	*
CV (%)	44.15	60.13	43.58

หมายเหตุ ns ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 95 %

¹ ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่แตกต่างกันในแต่ละคอลัมน์มีความแตกต่างกัน

ทางสถิติ โดยใช้วิธี least significant difference ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของจำนวนกิ่งในข้อแยกที่ 2 และข้อแยกที่ 3 โดยต้นที่ปลูกในสภาพแปลงปกติและการให้น้ำชลประทานมีค่าเฉลี่ยสูงสุด 14.75 และ 13.5 กิ่งต่อต้น รองลงมาคือต้นที่ปลูกในถังวัดการใช้น้ำ โดยมีค่าเฉลี่ย 9.00 และ 4.00 กิ่งต่อต้น และต้นในแปลงปลูกปกติแต่ไม่มีการให้น้ำชลประทานมีค่าเฉลี่ย 6.50 และ 7.25 กิ่งต่อต้น แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติของจำนวนกิ่งในข้อแยกที่ 1 และ 4 (ตารางที่ 14) มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติทางด้านน้ำหนักแห้งของกิ่งและลำต้น โดยมีค่าเฉลี่ย 867.92, 2142.25 และ 967.78 กรัมต่อต้น น้ำหนักใบแห้งมีค่าเฉลี่ย 168.24, 310.62 และ 342.09 กรัมต่อต้น และรากแห้งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1534.40, 3303.21 และ 1971.26 กรัมต่อต้น (ตารางที่ 15)

ตารางที่ 14 การเปรียบเทียบจำนวนกิ่งในแต่ละข้อแยก ของสนุ่คำที่ปลูกในถังวัดการใช้น้ำในสภาพแปลงปกติมีการให้น้ำชลประทาน และในสภาพแปลงปกติไม่มีการให้น้ำชลประทาน

สำหรับการทดลอง	จำนวนกิ่งในแต่ละข้อแยก			
	1'	2'	3'	4'
1. สนุ่คำในถังวัดการใช้น้ำ	6.5	9.00	4	2
2. สนุ่คำในแปลงปลูกปกติ และการให้น้ำชลประทาน	6.5	14.75	13.5	6
3. สนุ่คำในแปลงปลูกปกติ และไม่มีการให้น้ำชลประทาน	4	6.50	7.25	2
F-test	ns	**	**	ns
CV (%)	35.56	41.09	60.74	96.88

หมายเหตุ ns ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

** มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 99 %

¹ ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่แตกต่างกันในแต่ละคอลัมน์มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยใช้วิธี least significant difference ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ตารางที่ 15 การเปรียบเทียบน้ำหนักแห้งจากส่วนต่างๆ ของสับดูดำที่ปลูกในถังวัดการใช้น้ำ ในสภาพแปลงปกติมีการให้น้ำชลประทาน และในสภาพแปลงปกติไม่มีการให้น้ำชลประทาน

สำหรับการทดลอง	น้ำหนักต้น (กรัม/ต้น)	น้ำหนักใบ (กรัม/ต้น)	น้ำหนักราก (กรัม/ต้น)	น้ำหนักรวม (กรัม/ต้น)
1. สับดูดำในถังวัดการใช้น้ำ	867.92 b ¹	168.24 b	498.24 b	1534.4 b
2. สับดูดำในแปลงปลูกปกติ และมีการให้น้ำชลประทาน	2142.25 a	310.62 a	850.34 a	3303.21 a
3. สับดูดำในแปลงปลูกปกติ และไม่มีการให้น้ำชลประทาน	967.78 b	342.09 ab	661.39 ab	1971.26 b
F-test	**	**	**	**
CV (%)	50.16	42.84	28.28	39.33

หมายเหตุ ns ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

** มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 99 %

¹ ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่แตกต่างกันในแต่ละคอลัมน์มีความแตกต่างกัน

ทางสถิติ โดยใช้วิธี least significant difference ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

3. ผลของช่วงเวลาการให้น้ำที่มีต่อจำนวนช่อดอกและการเจริญเติบโตของสับดูดำ

เมื่อเปรียบเทียบการเจริญเติบโตและจำนวนช่อดอกของสับดูดำในแปลงปลูกที่มีการให้น้ำชลประทานตลอดช่วงการเจริญเติบโต การหยุดการให้น้ำหลังเริ่มออกดอก เริ่มการให้น้ำเมื่อเริ่มออกดอก และไม่มีการให้น้ำชลประทานตลอดช่วงการทดลอง พบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทางด้านความสูงทรงพุ่มโดยมีค่าเฉลี่ย 156.66, 154.00, 122.66 และ 143.66 เซนติเมตร ความกว้างทรงพุ่มมีค่าเฉลี่ย 154.50, 118.83, 97.17 และ 124.33 เซนติเมตร เส้นผ่าศูนย์กลางลำต้นมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.08, 5.79, 4.71 และ 5.30 เซนติเมตร และจำนวนช่อดอกมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 24.33, 16.50, 14.00 และ 14.17 ช่อต่อต้น (ตารางที่ 16)

ตารางที่ 16 การเปรียบเทียบ ความสูงทรงพุ่ม ความกว้างทรงพุ่ม เส้นผ่าศูนย์กลางลำต้น และ จำนวนช่อดอก ของสับดำในแต่ละรูปแบบของช่วงเวลาการให้น้ำ

สำหรับการทดลอง	ความสูงทรงพุ่ม (เซนติเมตร)	ความกว้างทรงพุ่ม (เซนติเมตร)	เส้นผ่าศูนย์กลางลำต้น (เซนติเมตร)	จำนวน ช่อดอก
1. ให้น้ำชลประทาน	156.66 a ¹	154.50 a	6.08 a	24.33 a
2. หยุดให้น้ำหลัง เริ่มออกดอก	154.00 ab	118.83 bc	5.79 a	16.50 b
3. เริ่มให้น้ำหลัง เริ่มออกดอก	122.66 c	97.17 c	4.71 b	14.00 b
4. ไม่ให้น้ำชลประทาน	143.66 a	124.33 b	5.30 ab	14.17 b
F-test	**	**	**	**
CV (%)	10.19	17.62	11.09	38.11

หมายเหตุ ns ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

** มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 99 %

¹ ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่แตกต่างกันในแต่ละคอลัมน์มีความแตกต่างกัน

ทางสถิติ โดยใช้วิธี least significant difference ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

4. การเปรียบเทียบต้นทุนและผลผลิตระหว่างการใช้ระบบการให้น้ำที่ต่างกัน

จากการเปรียบเทียบต้นทุนและผลผลิตของสับดำระหว่างแปลงที่ไม่มีระบบน้ำชลประทาน แปลงที่ให้น้ำตามร่อง และแปลงที่มีระบบน้ำหยด ปลูกในระยะ 2×2 (400 ต้น/ไร่) พบว่าแปลง ระบบน้ำหยดมีค่าใช้จ่ายรวม 7,700 บาท/ไร่/ปี รองลงมาคือการให้น้ำตามร่องมีค่าใช้จ่ายรวม 5,100 บาท/ไร่/ปี ส่วนการไม่ให้น้ำชลประทาน (อาศัยน้ำฝน) ไม่มีค่าใช้จ่ายในการดำเนินการ แปลงระบบ น้ำหยดมีปริมาณผลผลิตและน้ำหนักชีวมวลแห้งมากที่สุดคือ 334.80 และ 2,140.92 กิโลกรัม/ไร่/ปี รองลงมาคือการให้น้ำตามร่องโดยมีปริมาณผลผลิตและน้ำหนักชีวมวลแห้ง 204.77 และ 1,321.28 กิโลกรัม/ไร่/ปี และเมื่อไม่มีการให้น้ำชลประทานพบว่าปริมาณผลผลิตและน้ำหนักชีวมวลแห้งมีค่า เท่ากับ 90.60 และ 788.50 กิโลกรัม/ไร่/ปี (ตารางที่ 18)

ตารางที่ 17 การเปรียบเทียบต้นทุนและผลผลิตของการใช้ระบบน้ำหยด การให้น้ำตามร่องและการ
ไม่ให้น้ำชลประทาน (อาศัยน้ำฝน)

	ไม่มีระบบน้ำ (อาศัยน้ำฝน)	ให้น้ำตามร่อง	ระบบน้ำหยด
จำนวนต้น (ระยะปลูก 2×2)	400	400	400
			4,500
ค่าอุปกรณ์และการติดตั้ง (บาท/ไร่)	-	-	(ไม่รวมเครื่องปั้มน้ำ)
ค่าไฟฟ้า/ค่าน้ำมัน (บาท/ปี)	-	1,500	1,500
จำนวนครั้งที่ให้ (ครั้ง/ไร่/ปี)	-	30	30
ค่าแรงงาน (บาท/ปี)	-	3,000	1,500
ค่าดูแลรักษา (บาท/ปี)	-	600	200
ปริมาณน้ำชลประทาน (ม ³ /ไร่/ปี)	-	1,920	420
ค่าใช้จ่ายรวม (บาท/ปี)	-	5,100	7,700
ผลผลิต (กรัม/ต้น) (ความชื้น 10 %)	226.51	511.93	887.00
ผลผลิต (กก./ไร่)	90.60	204.77	354.80
น้ำหนักชีวมวลแห้ง (กก./ไร่)	788.5	1,321.28	2,140.92

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

1. จากการศึกษาปริมาณการใช้น้ำของสับปะรดโดยใช้ระบบน้ำหยดสรุปได้ว่า

การให้น้ำที่อัตรา 12 ลิตรต่อสับปะรดจะให้ผลผลิตน้ำหนักเมล็ดแห้งมากที่สุด ทั้งการปลูกจากท่อนพันธุ์และเมล็ดพันธุ์โดยมีค่าเฉลี่ย 887.58 และ 887.00 กรัม/ต้น

สับปะรดที่ปลูกจากเมล็ดพันธุ์จะมีการเจริญเติบโตมากกว่าต้นที่ปลูกด้วยท่อนพันธุ์ แต่ให้ผลผลิตไม่แตกต่างกัน

2. จากการศึกษาปริมาณการใช้น้ำของสับปะรดโดยใช้วิธีวัดจากถังวัดการใช้น้ำของพืชสรุปได้ว่า

ปริมาณการใช้น้ำของสับปะรดที่ระยะก่อนออกดอก ระยะออกดอก และระยะติดผลมีค่าเท่ากับ 3.85, 4.21 และ 6.00 มิลลิเมตร/วัน ตามลำดับ

ค่าปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิงที่คำนวณจากปริมาณการใช้น้ำของหลัานวลน้อย สมการ Penman-Monteith และจากปริมาณการระเหยน้ำจากถาดวัดการระเหยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.90, 3.70 และ 3.45 มิลลิเมตร/วัน ตามลำดับ

ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของสับปะรดที่ระยะก่อนออกดอก ระยะออกดอก และระยะติดผลมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.96, 1.11 และ 1.54 ตามลำดับ

สับปะรดที่มีการให้น้ำชลประทานจะมีการเจริญเติบโตและผลผลิตมากกว่าสับปะรดที่ไม่ให้น้ำชลประทานโดยการเจริญเติบโตและผลผลิตจะลดลง 17.66 และ 58.96 เปอร์เซ็นต์ เมื่อไม่มีการให้น้ำชลประทาน

3. จากการศึกษาผลของช่วงเวลาการให้น้ำที่มีต่อจำนวนช่อดอกและการเจริญเติบโตสรุปได้ว่า

การให้น้ำชลประทานตลอดช่วงการทดลองจะมีการเจริญเติบโตและมีจำนวนช่อดอกมากที่สุด

เมื่อหยุดการให้น้ำชลประทานในระยะเริ่มออกดอกจะทำให้การเจริญเติบโตและจำนวนช่อดอกลดลงโดยจำนวนช่อดอกจะลดลง 32.18 เปอร์เซ็นต์

4. การเปรียบเทียบต้นทุนและผลผลิตของสบูดำระหว่างการให้น้ำตามร่อง การใช้ระบบน้ำหยดและไม่มีการให้น้ำชลประทาน (อาศัยน้ำฝน) สรุปได้ว่า

การใช้ระบบน้ำหยดมีค่าใช้จ่ายสูงที่สุดคือ 7,700 บาท/ไร่/ปี รองลงมาก็คือการให้น้ำตามร่องมีค่าใช้จ่ายรวม 5,100 บาท/ไร่/ปี ส่วนการไม่ให้น้ำชลประทาน (อาศัยน้ำฝน) ไม่มีค่าใช้จ่ายในการดำเนินการ

การใช้ระบบน้ำหยดมีปริมาณผลผลิตและน้ำหนักชีวมวลแห้งมากที่สุดคือ 334.80 และ 2,140.92 กิโลกรัม/ไร่/ปี รองลงมาก็คือการให้น้ำตามร่องโดยมีปริมาณผลผลิตและน้ำหนักชีวมวลแห้ง 204.77 และ 1,321.28 กิโลกรัม/ไร่/ปี ส่วนการไม่ให้น้ำชลประทานมีผลผลิตและน้ำหนักชีวมวลแห้งเท่ากับ 90.60 และ 788.50 กิโลกรัม/ไร่/ปี

ข้อเสนอแนะ

1. การปลูกสับรู่ร่วมกับระบบน้ำหยดมีแนวโน้มที่จะให้ผลผลิตที่มากกว่าระบบการให้น้ำตามร่อง เพราะสามารถกำหนดปริมาณและช่วงเวลาการให้น้ำได้สะดวก น้ำจะหยดลงในเขตพื้นที่รากโดยตรง ประหยัดน้ำและแรงงาน ลดปัญหาวัชพืช แต่จะต้องลงทุนเพิ่มอีกประมาณ 3,300 บาท/ไร่ (ไม่รวมเครื่องปั้มน้ำ)

2. ในการทดลองที่ 1 ผู้วิจัยกำหนดอัตราการให้น้ำสูงสุดที่ 12 ลิตรต่อสัปดาห์หรือประมาณ 1.7 มิลลิเมตรต่อวัน ซึ่งให้การเจริญเติบโตและผลผลิตมากที่สุด แต่หลังจากการทำการทดลองที่ 2 พบว่าสับรู่มีการใช้น้ำถึง 4.69 มิลลิเมตรต่อวัน (เฉลี่ยตลอดช่วง) ดังนั้นเมื่อปลูกสับรู่โดยใช้ระบบน้ำหยดควรมีการทดลองเพิ่มอัตราการให้น้ำให้มากกว่า 12 ลิตรต่อสัปดาห์ ซึ่งขึ้นอยู่กับระยะการเจริญเติบโตและสภาพแวดล้อม

3. การนำค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของสับรู่ไปใช้โดยการใช้น้ำในแต่ละระยะการเจริญเติบโตไปคูณกับค่าการใช้น้ำของพืชอ้างอิงของแต่ละพื้นที่ (ปัจจุบันมีการคำนวณไว้ให้แล้ว) เพื่อใช้ในการกำหนดปริมาณการให้น้ำให้ตรงต่อความต้องการของสับรู่ในแต่ละระยะการเจริญเติบโตและพื้นที่

4. ในการทดลองที่ 2 การเจริญเติบโตและผลผลิตของต้นที่ปลูกในถังวัดการใช้น้ำ จะน้อยกว่าต้นที่ปลูกในสภาพแปลงปกติที่มีการให้น้ำชลประทาน อาจเกิดจากขนาดของถังปลูกที่เล็กเกินไป และในช่วงการทดลองเป็นช่วงหน้าฝนทำให้ถังได้รับน้ำและระบายออกในปริมาณมากอาจเป็นสาเหตุให้ปริมาณธาตุอาหารถูกระบายออกมามากกว่าปกติ ดังนั้นในการทดลองครั้งต่อไปควรเพิ่มขนาดของถังและใช้น้ำที่ระบายออกจากถังในการให้น้ำชลประทานเพื่อลดการสูญเสียธาตุอาหารในดิน

5. สับรู่เป็นไม้ยืนต้นมีขนาดทรงพุ่มใหญ่ขึ้นตามอายุ ดังนั้นปริมาณการให้น้ำจึงมีค่าสูงขึ้นตามขนาดของทรงพุ่ม และสับรู่มีลักษณะของผลที่อวบน้ำ (ผลสดความชื้นประมาณ 80 เปอร์เซ็นต์) ดังนั้นในขณะที่สับรู่ติดผลผลจะมีปริมาณการใช้น้ำที่สูงขึ้นอย่างเห็นได้ชัด

6. ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยทำการทดลองในดินชนิดร่วนปนทรายซึ่งจะมีการระบายน้ำที่ดี ดังนั้นในการนำผลการทดลองไปใช้ควรพิจารณาชนิดของดินในพื้นที่ปลูกด้วยเพราะดินต่างชนิดกันจะมีคุณสมบัติต่างๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งความสามารถในการอุ้มน้ำของดินที่แตกต่างกัน

7. ไม่ควรหยุดการให้น้ำในระยะออกดอกเพราะนอกจากจะทำให้จำนวนช่อดอกลดลงแล้ว ยังมีผลต่อการผสมติดของดอกอีกด้วย

8. จากการสังเกตพบว่าในช่วงฤดูหนาวสบู่น้ำจะลดการเจริญเติบโต ไม่มีการออกดอก ถึงแม้จะมีการให้น้ำอย่างเพียงพอ และในแปลงที่ไม่มีการให้น้ำจะมีการทิ้งใบจนเกือบหมดทั้งต้น

9. เมื่อพิจารณาการใช้ระบบน้ำหยดกับสบู่น้ำในช่วงปีแรกจะพบว่ามีค่าใช้จ่ายรวม (ค่าติดตั้งรวมค่าดำเนินการ) สูงที่สุด แต่ถ้าพิจารณาในปี 2 และ 3 จะพบว่า ระบบการให้น้ำตามร่องจะมีค่าใช้จ่ายรวมสูงที่สุด

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

- กวิศร์ วานิชกุล. 2547. สภาพแวดล้อมกับการผลิตไม้ผลเขตร้อน. สำนักพิมพ์
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 184 น.
- ดิเรก ทองอร่าม, วิทยา ตั้งก่อสกุล, นาวิ จิระชีวี และอิทธิสุนทร นันทกิจ. 2545. การออกแบบ
และเทคโนโลยีการให้น้ำแก่พืช ฉบับปรับปรุงใหม่. เกษะเกษตร. 470 น.
- นวรรตน์ อุคมประเสริฐ. 2541. สรีรวิทยาของการผลิตพืช. เอกสารคำสอนวิชา 003451 สรีรวิทยา
ของการผลิต. ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์,
นครปฐม. 210 น.
- พรชัย เหลืองอาภาพงษ์. 2549. สบู่ดำเพื่อไบโอดีเซล. กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์
พลังงาน กระทรวงพลังงาน และมหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- ไพจิตร จันทรวงษ์, วีรศักดิ์ อนันตบุตร, มาลี ประภาวัต, วิไล กาญจนภูมิ และอรรพรรณ หวังดี
ธรรม. 2525. ผลการศึกษาคุณสมบัติทางฟิสิกส์เคมีของสบู่ดำ. ในการใช้น้ำมันสบู่ดำเดิน
เครื่องยนต์ดีเซล. กองเกษตรเคมี และกองวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร.
- ระพีพันธ์ ภาณุบุตร และสุขสันต์ สิทธิผลไพบูลย์. 2525. ผลการวิจัยค้นคว้าการใช้น้ำมันสบู่ดำ
เป็นพลังงานทดแทนในเครื่องยนต์ดีเซล. กองเกษตรเคมี และกองวิศวกรรม กรมวิชาการ
เกษตร.
- ราสินี สุขชม. 2539. การศึกษาปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิงโดยอาศัยข้อมูลจากเครื่องตรวจวัด
อากาศเกษตรแบบอัตโนมัติ. โครงการวิศวกรรมศาสตร์. ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน, นครปฐม.
- วิบูลย์ บุญชูโรกุล. 2526. หลักการชลประทาน. ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะ
วิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน, นครปฐม. 274 น.

วัฒนา เสถียรสวัสดิ์, ศรีวนา นิมูลชาติ และเรณู เอี่ยมธนาภรณ์. 2526. การเตรียมน้ำมันสำหรับ
เป็นน้ำมันเชื้อเพลิงทดแทนน้ำมันดีเซล. โครงการวิจัยพืชเพื่อพลังงานทดแทน และ
อุตสาหกรรม, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สมบัติ ชินะวงศ์. 2549. **สบู่ดำ การปลูกและการสร้างมูลค่าเพิ่มจากผลพลอยได้**. นครปฐม:
สำนักส่งเสริมและฝึกอบรมกำแพงแสน.

สายสุณีย์ พุทธาคณเจริญ. 2546. **วิศวกรรมอุทกวิทยา**. ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะ
วิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร. กรุงเทพฯ. 312 น.

สิทธิพร สุขเกษตร. 2536. **อุตุนิยมวิทยาเกษตรเบื้องต้น**. ภาควิชาพืชศาสตร์และอนุรักษ์ศาสตร์
คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

อภิชาติ อนุกุลอำไพ, วิบูลย์ บุญขจรโรกุล, วราวุธ วุฒินิชย์, โกวิท ท้วมเสงี่ยม และมนตรี คำชู.
2524. **คู่มือการชลประทานไร่นา**. ภาควิชาวิศวกรรมเกษตรและอาหาร สถาบันเทคโนโลยี
แห่งเอเชีย, กรุงเทพฯ. 354 น.

เอกสิทธิ์ โหมสิตสกุลชัย. 2547. รายงานการวิจัย การหาค่าการใช้น้ำของพืชในโครงการชลประทาน
ขนาดใหญ่โดยใช้การสำรวจระยะไกล. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน.

Abdrabbo, A., A. Kheira and N. M.M. Atta. 2007. Responsse of *Jatropha curcas* L. to
Water deficit: Yield, water use efficiency and oilseed characteristics. **Biomass and
Bioenergy**, 1-8 p.

Aboukhaled, A., A. Alfaro and M. Smith. 1982. Lysimeters. **FAO Irrigation and Drainage
paper. No. 39**. Food and Agriculture Organization of the United Nations.

Achten, W.M.J., L. Verchot, Y.J. Franken, E. Mathijs, V.P. Singh, R. Aerts and B. Muys. 2008.
Jatropha bio-diesel production and use. **Biomass and Bioenergy** 32 p. 1063-1084.

- Allen, R. G., L. S. Pereira, D. Raes, and M. Smith. 1998. Crop Evapotranspiration: Guidelines for Computing Crop Requirements. **FAO Irrigation and Drainage Paper No 56**. Rome: food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO).
- Baruti, I., K. P. S. Gray. 2007. Africa, Seed, and Biofuel. **Multidisciplinary Research**. Volume 1, Issue 1, 1-6.
- Doorenbos, J. and W.O. Pruitt. 1977. Crop Water Requirements. **FAO Irrigation and Drainage Paper No 24**. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO).
- _____ and A.H. Kassam. 1979. Yield Response to Water. **FAO Irrigation and Drainage paper. No. 33**. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Fangmeier, D. D., W. J. Elliot, R. S. Workman, R. L. Huffman and G. O. Schwab. 2006. **Soil and Water Conservation Engineering** Fifth Edition.
- Gush, MB. 2008. Measurement of water-use by *Jatropha curcas* L. using the heat-pulse velocity technique. **Water SA**. Vol. 34 No. 5, 579-584.
- Heller, J. 1996. Physic Nut *Jatropha curcas* L. Promoting the Conservational and use of Underutilized and Neglected Crop. International Plant Genetic Resources Institute, Rome.
- Jones, N. and J. Miller. 1997. *Jatropha curcas*: amultipurpose speicies for ploblematic site. Washington, DC, USA: The World Bank.
- Kumar, A. and S. Sharma. 2008. An evaluation of multipurpose oil seed crop for industrial uses (*Jatropha curcas* L.): A review. Centre for Rural Development & Technology. Indian Institute of Technology Delhi. Hauz Khas, India.

Montoya, D., J.L. Parado and E. Tejeda. 1989. Potential multipurpose agroforestry crops identified for the Mexican Tropic. In Weckens, G.E., Haq, N., Day, P. (Eds.), **New crop for food and industry**. Chapman and Hall, London, p. 166-173.

NIIR Board of Consultants and Engineer. 2007. The complete book on *Jatropha* (biodiesel oil) with ashwandha, stevia, brahmi and jatamansi herbs (cultivation, processing and uses). Code: NI176. Asia Pacific Business Press Inc., ISBN 81-7833-004-0; P 592.

Cuenca, R. H. 1989. **Irrigation system design: an engineering approach**. Department of Agricultural Engineering, Oregon State University.

Riyadh, M. 2002. The cultivation of *Jatropha curcas* in Egypt. Undersecretary of State for Forestation, Ministry of Agriculture and Land Reclamation.

ภาคผนวก

ตารางผนวกที่ 1 แสดงการคำนวณหาปริมาณความชื้นดินในถังปลูกสับุดำ

วัน/เดือน/ปี	ถังที่	ความลึก (ซ.ม.)	น.น.ดินก่อนอบ (กรัม)	น.น.ดินหลังอบ (กรัม)	ความชื้นโดยน.น.แห้ง %	ความถ่วงจำเพาะ	ความชื้นโดยปริมาตร %	ความลึกของน้ำ มม.	ความลึกของน้ำ มม.
26-พ.ค.-51	1	0-30	430	366	16.84	1.27	21.39	64.17	130.36
		30-60	380	325	16.22	1.36	22.06	66.19	128.41
	2	0-30	540	462	16.39	1.27	20.81	62.43	134.84
		30-60	532	456	16.17	1.36	21.99	65.97	121.27
	3	0-30	330	277	18.21	1.27	23.13	69.39	
		30-60	326	279	16.04	1.36	21.82	65.45	
	4	0-30	288	247	15.71	1.27	19.95	59.85	
		30-60	200	172	15.05	1.36	20.47	61.42	
2-มิ.ย.-51	1	0-30	363	315	14.59	1.27	18.53	55.59	118.93
		30-60	425	366	15.53	1.36	21.12	63.35	118.98
	2	0-30	439	379	15.27	1.27	19.39	58.17	117.47
		30-60	464	402	14.90	1.36	20.27	60.81	110.43
	3	0-30	448	388	14.93	1.27	18.96	56.87	
		30-60	419	363	14.85	1.36	20.20	60.60	
	4	0-30	384	334	14.37	1.27	18.25	54.74	
		30-60	394	345	13.65	1.36	18.56	55.69	

ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ)

วัน/เดือน/ปี	ถังที่	ความลึก (ซ.ม.)	นน.ดินก่อนอบ (กรัม)	นน.ดินหลังอบ (กรัม)	ความชื้นโดยน.แห้ง %	ความถ่วงจำเพาะ	ความชื้นโดยปริมาตร %	ความลึกของน้ำ มม.	ความลึกของน้ำ มม.
9-มิ.ย.-51	1	0-30	155	122	10.66	1.27	13.53	40.60	94.28
		30-60	149	114	13.16	1.36	17.89	53.68	91.59
	2	0-30	151	120	9.17	1.27	11.64	34.93	93.68
		30-60	143	108	13.89	1.36	18.89	56.67	94.22
	3	0-30	145	113	10.62	1.27	13.49	40.46	
		30-60	150	115	13.04	1.36	17.74	53.22	
	4	0-30	151	119	10.08	1.27	12.81	38.42	
		30-60	153	117	13.68	1.36	18.60	55.79	
16-มิ.ย.-51	1	0-30	147	114	11.40	1.27	14.48	43.45	93.20
		30-60	158	123	12.20	1.36	16.59	49.76	93.65
	2	0-30	148	115	11.30	1.27	14.36	43.07	94.41
		30-60	156	121	12.40	1.36	16.86	50.58	93.66
	3	0-30	148	113	13.27	1.27	16.86	50.58	
		30-60	154	121	10.74	1.36	14.61	43.83	
	4	0-30	142	109	11.93	1.27	15.15	45.44	
		30-60	143	110	11.82	1.36	16.07	48.22	

ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ)

วัน/เดือน/ปี	ถังที่	ความลึก (ซ.ม.)	นน.ดินก่อนอบ (กรัม)	นน.ดินหลังอบ (กรัม)	ความชื้นโดยน.แห้ง %	ความถ่วงจำเพาะ	ความชื้นโดยปริมาตร %	ความลึกของน้ำ มม.	ความลึกของน้ำ มม.
23-มี.ย.-51	1	0-30	146	112	12.50	1.27	15.88	47.63	90.20
		30-60	147	115	10.43	1.36	14.19	42.57	92.40
	2	0-30	146	113	11.50	1.27	14.61	43.83	95.26
		30-60	161	126	11.90	1.36	16.19	48.57	91.96
	3	0-30	146	113	11.50	1.27	14.61	43.83	
		30-60	154	119	12.61	1.36	17.14	51.43	
	4	0-30	142	108	12.96	1.27	16.46	49.39	
		30-60	147	115	10.43	1.36	14.19	42.57	
30-มี.ย.-51	1	0-30	115	104	9.32	1.27	11.84	35.52	77.72
		30-60	114	102	10.34	1.36	14.07	42.21	77.92
	2	0-30	104	92	11.32	1.27	14.38	43.13	79.60
		30-60	126	115	8.53	1.36	11.60	34.79	76.41
	3	0-30	153	140	8.44	1.27	10.72	32.16	
		30-60	130	115	11.63	1.36	15.81	47.44	
	4	0-30	107	96	10.00	1.27	12.70	38.10	
		30-60	219	199	9.39	1.36	12.77	38.31	

ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ)

วัน/เดือน/ปี	ถังที่	ความลึก (ซ.ม.)	นน.ดินก่อนอบ (กรัม)	นน.ดินหลังอบ (กรัม)	ความชื้นโดยน.แห้ง %	ความถ่วงจำเพาะ	ความชื้นโดยปริมาตร %	ความลึกของน้ำ มม.	ความลึกของน้ำ มม.
7-ก.ค.-51	1	0-31	163	149	8.59	1.27	10.91	32.72	74.26
		30-61	170	153	10.18	1.36	13.84	41.53	76.46
	2	0-31	125	114	8.59	1.27	10.91	32.74	78.96
		30-61	141	126	10.71	1.36	14.57	43.71	77.00
	3	0-31	127	115	9.30	1.27	11.81	35.44	
		30-61	152	136	10.67	1.36	14.51	43.52	
	4	0-31	140	129	7.69	1.27	9.77	29.31	
		30-61	158	140	11.69	1.36	15.90	47.69	
14-ก.ค.-51	1	0-32	169	147	13.66	1.27	17.35	52.06	110.35
		30-62	138	119	14.29	1.36	19.43	58.29	110.36
	2	0-32	139	121	13.33	1.27	16.93	50.80	108.88
		30-62	143	123	14.60	1.36	19.85	59.56	109.36
	3	0-32	132	115	13.18	1.27	16.74	50.21	
		30-62	161	139	14.38	1.36	19.56	58.67	
	4	0-32	199	173	13.90	1.27	17.66	52.97	
		30-62	126	109	13.82	1.36	18.80	56.39	

ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ)

วัน/เดือน/ปี	ถังที่	ความลึก (ซ.ม.)	นน.ดินก่อนอบ (กรัม)	นน.ดินหลังอบ (กรัม)	ความชื้นโดยน.แห้ง %	ความถ่วงจำเพาะ	ความชื้นโดยปริมาตร %	ความลึกของน้ำ มม.	ความลึกของน้ำ มม.
21-ก.ค.-51	1	0-33	120	106	11.67	1.27	14.82	44.45	91.81
		30-63	111	98	11.61	1.36	15.79	47.36	93.06
	2	0-33	102	89	12.62	1.27	16.03	48.09	93.77
		30-63	127	113	11.02	1.36	14.99	44.98	92.96
	3	0-33	155	137	11.92	1.27	15.14	45.42	
		30-63	137	121	11.85	1.36	16.12	48.36	
	4	0-33	220	194	12.50	1.27	15.88	47.63	
		30-63	226	202	11.11	1.36	15.11	45.33	
28-ก.ค.-51	1	0-33	214	193	10.14	1.27	12.88	38.65	78.14
		30-63	190	172	9.68	1.36	13.16	39.48	77.46
	2	0-33	167	151	9.70	1.27	12.32	36.95	79.00
		30-63	141	127	9.93	1.36	13.50	40.51	77.88
	3	0-33	132	118	10.61	1.27	13.47	40.41	
		30-63	148	134	9.46	1.36	12.86	38.59	
	4	0-33	142	127	10.64	1.27	13.51	40.53	
		30-63	141	128	9.15	1.36	12.45	37.35	

ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ)

วัน/เดือน/ปี	ถังที่	ความลึก (ซ.ม.)	นน.ดินก่อนอบ (กรัม)	นน.ดินหลังอบ (กรัม)	ความชื้นโดยน.แห้ง %	ความถ่วงจำเพาะ	ความชื้นโดยปริมาตร %	ความลึกของน้ำ มม.	ความลึกของน้ำ มม.
4-ธ.ค.-51	1	0-33	130	113	15.04	1.27	19.11	57.32	122.04
		30-63	168	145	15.86	1.36	21.57	64.72	123.54
	2	0-33	113	97	16.49	1.27	20.95	62.85	124.05
		30-63	139	121	14.88	1.36	20.23	60.69	125.96
	3	0-33	150	130	15.38	1.27	19.54	58.62	
		30-63	123	106	16.04	1.36	21.81	65.43	
	4	0-33	169	146	15.75	1.27	20.01	60.02	
		30-63	115	99	16.16	1.36	21.98	65.94	
11-ธ.ค.-51	1	0-33	106	95	11.58	1.27	14.71	44.12	94.54
		30-63	200	178	12.36	1.36	16.81	50.43	94.30
	2	0-33	136	122	11.48	1.27	14.57	43.72	92.79
		30-63	136	121	12.40	1.36	16.86	50.58	91.29
	3	0-33	126	113	11.50	1.27	14.61	43.83	
		30-63	140	125	12.00	1.36	16.32	48.96	
	4	0-33	120	108	11.11	1.27	14.11	42.33	
		30-63	112	100	12.00	1.36	16.32	48.96	

ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ)

วัน/เดือน/ปี	ถังที่	ความลึก (ซ.ม.)	นน.ดินก่อนอบ (กรัม)	นน.ดินหลังอบ (กรัม)	ความชื้นโดยน.แห้ง %	ความถ่วงจำเพาะ	ความชื้นโดยปริมาตร %	ความลึกของน้ำ มม.	ความลึกของน้ำ มม.
18-ธ.ค.-51	1	0-33	114	106	7.55	1.27	9.58	28.75	67.41
		30-63	104	95	9.47	1.36	12.88	38.65	70.23
	2	0-33	110	102	7.84	1.27	9.96	29.88	67.02
		30-63	100	91	9.89	1.36	13.45	40.35	69.66
	3	0-33	150	140	7.14	1.27	9.07	27.21	
		30-63	90	82	9.76	1.36	13.27	39.80	
	4	0-33	98	91	7.69	1.27	9.77	29.31	
		30-63	100	91	9.89	1.36	13.45	40.35	
25-ธ.ค.-51	1	0-33	115	106	8.49	1.27	10.78	32.35	64.14
		30-63	83	77	7.79	1.36	10.60	31.79	64.73
	2	0-33	89	82	8.54	1.27	10.84	32.52	65.35
		30-63	82	76	7.89	1.36	10.74	32.21	64.20
	3	0-33	84	77	9.09	1.27	11.55	34.64	
		30-63	100	93	7.53	1.36	10.24	30.71	
	4	0-33	99	91	8.79	1.27	11.16	33.49	
		30-63	100	93	7.53	1.36	10.24	30.71	

ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ)

วัน/เดือน/ปี	ถังที่	ความลึก (ซ.ม.)	นน.ดินก่อนอบ (กรัม)	นน.ดินหลังอบ (กรัม)	ความชื้นโดยน.แห้ง %	ความถ่วงจำเพาะ	ความชื้นโดยปริมาตร %	ความลึกของน้ำ มม.	ความลึกของน้ำ มม.
1-ก.ย.-51	1	0-33	90	83	8.43	1.27	10.71	32.13	72.48
		30-63	100	91	9.89	1.36	13.45	40.35	68.48
	2	0-33	116	107	8.41	1.27	10.68	32.05	72.73
		30-63	122	112	8.93	1.36	12.14	36.43	68.87
	3	0-33	134	123	8.94	1.27	11.36	34.07	
		30-63	104	95	9.47	1.36	12.88	38.65	
	4	0-33	121	112	8.04	1.27	10.21	30.62	
		30-63	140	128	9.38	1.36	12.75	38.25	
8-ก.ย.-51	1	0-33	146	132	10.61	1.27	13.47	40.41	96.05
		30-63	150	132	13.64	1.36	18.55	55.64	99.60
	2	0-33	132	118	11.86	1.27	15.07	45.20	95.75
		30-63	153	135	13.33	1.36	18.13	54.40	99.49
	3	0-33	94	85	10.59	1.27	13.45	40.34	
		30-63	92	81	13.58	1.36	18.47	55.41	
	4	0-33	136	122	11.48	1.27	14.57	43.72	
		30-63	158	139	13.67	1.36	18.59	55.77	

ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ)

วัน/เดือน/ปี	ถังที่	ความลึก (ซ.ม.)	นน.ดินก่อนอบ (กรัม)	นน.ดินหลังอบ (กรัม)	ความชื้นโดยน.แห้ง %	ความถ่วงจำเพาะ	ความชื้นโดยปริมาตร %	ความลึกของน้ำ มม.	ความลึกของน้ำ มม.
15-ก.ย.-51	1	0-33	116	107	8.41	1.27	10.68	32.05	71.28
		30-63	114	104	9.62	1.36	13.08	39.23	67.04
	2	0-33	105	97	8.25	1.27	10.47	31.42	68.58
		30-63	137	126	8.73	1.36	11.87	35.62	69.62
	3	0-33	118	108	9.26	1.27	11.76	35.28	
		30-63	106	98	8.16	1.36	11.10	33.31	
	4	0-33	111	102	8.82	1.27	11.21	33.62	
		30-63	111	102	8.82	1.36	12.00	36.00	
22-ก.ย.-51	1	0-33	125	109	14.68	1.27	18.64	55.93	123.93
		30-63	119	102	16.67	1.36	22.67	68.00	120.15
	2	0-33	156	134	16.42	1.27	20.85	62.55	125.72
		30-63	194	170	14.12	1.36	19.20	57.60	123.74
	3	0-33	139	121	14.88	1.27	18.89	56.68	
		30-63	152	130	16.92	1.36	23.02	69.05	
	4	0-33	140	120	16.67	1.27	21.17	63.50	
		30-63	171	149	14.77	1.36	20.08	60.24	

ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ)

วัน/เดือน/ปี	ถังที่	ความลึก (ซ.ม.)	นน.ดินก่อนอบ (กรัม)	นน.ดินหลังอบ (กรัม)	ความชื้นโดยน.แห้ง %	ความถ่วงจำเพาะ	ความชื้นโดยปริมาตร %	ความลึกของน้ำ มม.	ความลึกของน้ำ มม.
29-ก.ย.-51	1	0-33	92	79	16.46	1.27	20.90	62.70	118.33
		30-63	125	110	13.64	1.36	18.55	55.64	120.31
	2	0-33	172	146	17.81	1.27	22.62	67.85	124.70
		30-63	158	140	12.86	1.36	17.49	52.46	121.68
	3	0-33	164	139	17.99	1.27	22.84	68.53	
		30-63	157	138	13.77	1.36	18.72	56.17	
	4	0-33	193	166	16.27	1.27	20.66	61.97	
		30-63	141	123	14.63	1.36	19.90	59.71	
6-ต.ค.-51	1	0-33	156	136	14.71	1.27	18.68	56.03	105.60
		30-63	120	107	12.15	1.36	16.52	49.57	104.86
	2	0-33	72	63	14.29	1.27	18.14	54.43	103.33
		30-63	100	89	12.36	1.36	16.81	50.43	103.22
	3	0-33	116	101	14.85	1.27	18.86	56.58	
		30-63	107	96	11.46	1.36	15.58	46.75	
	4	0-33	137	120	14.17	1.27	17.99	53.98	
		30-63	130	116	12.07	1.36	16.41	49.24	

ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ)

วัน/เดือน/ปี	ถังที่	ความลึก (ซ.ม.)	นน.ดินก่อนอบ (กรัม)	นน.ดินหลังอบ (กรัม)	ความชื้นโดยน.แห้ง %	ความถ่วงจำเพาะ	ความชื้นโดยปริมาตร %	ความลึกของน้ำ มม.	ความลึกของน้ำ มม.
13-ต.ค.-51	1	0-33	83	72	15.28	1.27	19.40	58.21	112.21
		30-63	77	68	13.24	1.36	18.00	54.00	112.38
	2	0-33	106	92	15.22	1.27	19.33	57.98	111.26
		30-63	85	75	13.33	1.36	18.13	54.40	110.07
	3	0-33	124	110	12.73	1.27	16.16	48.49	
		30-63	75	65	15.38	1.36	20.92	62.77	
	4	0-33	102	88	15.91	1.27	20.20	60.61	
		30-63	111	99	12.12	1.36	16.48	49.45	
20-ต.ค.-51	1	0-33	98	85	15.29	1.27	19.42	58.27	115.08
		30-63	90	79	13.92	1.36	18.94	56.81	110.97
	2	0-33	125	108	15.74	1.27	19.99	59.97	114.62
		30-63	117	104	12.50	1.36	17.00	51.00	115.74
	3	0-33	110	96	14.58	1.27	18.52	55.56	
		30-63	87	76	14.47	1.36	19.68	59.05	
	4	0-33	98	85	15.29	1.27	19.42	58.27	
		30-63	81	71	14.08	1.36	19.15	57.46	

ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ)

วัน/เดือน/ปี	ถังที่	ความลึก (ซ.ม.)	นน.ดินก่อนอบ (กรัม)	นน.ดินหลังอบ (กรัม)	ความชื้นโดยน.แห้ง %	ความถ่วงจำเพาะ	ความชื้นโดยปริมาตร %	ความลึกของน้ำ มม.	ความลึกของน้ำ มม.
27-ต.ค.-51	1	0-33	154	135	14.07	1.27	17.87	53.62	110.21
		30-63	156	137	13.87	1.36	18.86	56.58	108.12
	2	0-33	180	157	14.65	1.27	18.61	55.82	110.50
		30-63	88	78	12.82	1.36	17.44	52.31	110.37
	3	0-33	166	145	14.48	1.27	18.39	55.18	
		30-63	67	59	13.56	1.36	18.44	55.32	
	4	0-33	137	120	14.17	1.27	17.99	53.98	
		30-63	140	123	13.82	1.36	18.80	56.39	

ตารางผนวกที่ 2 แสดงการคำนวณหาปริมาณความชื้นดินในถังปลูกเหู้าขนาดเล็ก

วัน/เดือน/ปี	ถังที่	ความลึก (ซ.ม.)	น.น.ดินก่อนอบ (กรัม)	น.น.ดินหลังอบ (กรัม)	ความชื้นโดยน.น.แห้ง (%)	ความถ่วงจำเพาะ	ความชื้นโดยปริมาตร (%)	ความลึกของน้ำ มม.	ความลึกของน้ำ มม.
26-พ.ค.-51	1	0-30	472	409	18.83	1.31	24.66	73.99	156.38
		30-60	322	284	18.31	1.50	27.46	82.39	172.82
	2	0-30	502	430	20.00	1.31	26.20	78.60	165.70
		30-60	708	597	20.94	1.50	31.41	94.22	167.69
	3	0-30	506	440	18.18	1.31	23.82	71.45	
		30-60	448	382	20.94	1.50	31.41	94.24	
	4	0-30	660	550	22.55	1.31	29.53	88.60	
		30-60	568	495	17.58	1.50	26.36	79.09	
2-มิ.ย.-51	1	0-30	390	341	18.48	1.31	24.20	72.61	154.81
		30-60	368	323	18.27	1.50	27.40	82.20	168.73
	2	0-30	341	295	20.34	1.31	26.64	79.93	167.75
		30-60	344	299	19.73	1.50	29.60	88.80	159.76
	3	0-30	334	286	21.68	1.31	28.40	85.20	
		30-60	444	387	18.35	1.50	27.52	82.56	
	4	0-30	419	364	18.96	1.31	24.83	74.50	
		30-60	438	380	18.95	1.50	28.42	85.26	

ตารางผนวกที่ 2 (ต่อ)

วัน/เดือน/ปี	ถังที่	ความลึก (ซ.ม.)	นน.ดินก่อนอบ (กรัม)	นน.ดินหลังอบ (กรัม)	ความชื้นโดยน.น.แห้ง %	ความถ่วงจำเพาะ	ความชื้นโดยปริมาตร %	ความลึกของน้ำ มม.	ความลึกของน้ำ มม.
9-มิ.ย.-51	1	0-30	151	121	16.53	1.31	21.65	64.96	145.73
		30-60	148	117	17.95	1.50	26.92	80.77	149.37
	2	0-30	147	118	16.10	1.31	21.09	63.28	148.00
		30-60	147	115	19.13	1.50	28.70	86.09	147.84
	3	0-30	150	120	16.67	1.31	21.83	65.50	
		30-60	152	120	18.33	1.50	27.50	82.50	
	4	0-30	146	116	17.24	1.31	22.59	67.76	
		30-60	149	118	17.80	1.50	26.69	80.08	
16-มิ.ย.-51	1	0-30	141	113	15.93	1.31	20.87	62.60	136.43
		30-60	159	128	16.41	1.50	24.61	73.83	139.85
	2	0-30	143	114	16.67	1.31	21.83	65.50	138.16
		30-60	144	115	16.52	1.50	24.78	74.35	137.07
	3	0-30	140	112	16.07	1.31	21.05	63.16	
		30-60	150	120	16.67	1.50	25.00	75.00	
	4	0-30	144	115	16.52	1.31	21.64	64.93	
		30-60	162	131	16.03	1.50	24.05	72.14	

ตารางผนวกที่ 2 (ต่อ)

วัน/เดือน/ปี	ถังที่	ความลึก (ซ.ม.)	นน.ดินก่อนอบ (กรัม)	นน.ดินหลังอบ (กรัม)	ความชื้นโดยน.น.แห้ง %	ความถ่วงจำเพาะ	ความชื้นโดยปริมาตร %	ความลึกของน้ำ มม.	ความลึกของน้ำ มม.
23-มี.ย.-51	1	0-30	154	126	14.29	1.31	18.71	56.14	131.14
		30-60	171	138	16.67	1.50	25.00	75.00	128.82
	2	0-30	143	116	14.66	1.31	19.20	57.59	128.27
		30-60	171	139	15.83	1.50	23.74	71.22	134.43
	3	0-30	138	113	13.27	1.31	17.39	52.17	
		30-60	169	136	16.91	1.50	25.37	76.10	
	4	0-30	146	116	17.24	1.31	22.59	67.76	
		30-60	165	135	14.81	1.50	22.22	66.67	
30-มี.ย.-51	1	0-30	89	90	14.44	1.31	18.92	56.77	131.77
		30-60	147	138	16.67	1.50	25.00	75.00	132.05
	2	0-30	100	100	14.00	1.31	18.34	55.02	126.20
		30-60	116	111	17.12	1.50	25.68	77.03	132.04
	3	0-30	116	113	15.04	1.31	19.71	59.12	
		30-60	171	161	14.91	1.50	22.36	67.08	
	4	0-30	127	121	16.53	1.31	21.65	64.96	
		30-60	171	161	14.91	1.50	22.36	67.08	

ตารางผนวกที่ 2 (ต่อ)

วัน/เดือน/ปี	ถังที่	ความลึก (ซ.ม.)	นน.ดินก่อนอบ (กรัม)	นน.ดินหลังอบ (กรัม)	ความชื้นโดยน.แห้ง %	ความถ่วงจำเพาะ	ความชื้นโดยปริมาตร %	ความลึกของน้ำ มม.	ความลึกของน้ำ มม.
7-ก.ค.-51	1	0-31	148	142	14.08	1.31	18.45	55.35	126.40
		30-61	162	152	15.79	1.50	23.68	71.05	125.79
	2	0-31	180	170	14.12	1.31	18.49	55.48	120.43
		30-61	245	224	15.63	1.50	23.44	70.31	125.53
	3	0-31	146	140	14.29	1.31	18.71	56.14	
		30-61	130	126	14.29	1.50	21.43	64.29	
	4	0-31	128	124	14.52	1.31	19.02	57.05	
		30-61	145	138	15.22	1.50	22.83	68.48	
14-ก.ค.-51	1	0-32	136	126	19.05	1.31	24.95	74.86	152.10
		30-62	143	134	17.16	1.50	25.75	77.24	149.92
	2	0-32	143	132	18.94	1.31	24.81	74.43	149.37
		30-62	167	155	16.77	1.50	25.16	75.48	152.20
	3	0-32	140	133	15.79	1.31	20.68	62.05	
		30-62	146	134	19.40	1.50	29.10	87.31	
	4	0-32	135	125	19.20	1.31	25.15	75.46	
		30-62	137	129	17.05	1.50	25.58	76.74	

ตารางผนวกที่ 2 (ต่อ)

วัน/เดือน/ปี	ถังที่	ความลึก (ซ.ม.)	นน.ดินก่อนอบ (กรัม)	นน.ดินหลังอบ (กรัม)	ความชื้นโดยน.น.แห้ง %	ความถ่วงจำเพาะ	ความชื้นโดยปริมาตร %	ความลึกของน้ำ มม.	ความลึกของน้ำ มม.
21-ก.ค.-51	1	0-33	183	166	18.67	1.31	24.46	73.39	153.99
		30-63	144	134	17.91	1.50	26.87	80.60	154.85
	2	0-33	202	182	18.68	1.31	24.47	73.42	154.21
		30-63	110	105	18.10	1.50	27.14	81.43	153.78
	3	0-33	138	128	18.75	1.31	24.56	73.69	
		30-63	98	95	17.89	1.50	26.84	80.53	
	4	0-33	124	116	18.97	1.31	24.84	74.53	
		30-63	173	159	17.61	1.50	26.42	79.25	
28-ก.ค.-51	1	0-33	189	170	19.41	1.31	25.43	76.29	148.51
		30-63	174	162	16.05	1.50	24.07	72.22	147.50
	2	0-33	141	131	18.32	1.31	24.00	72.00	148.47
		30-63	160	149	16.78	1.50	25.17	75.50	149.22
	3	0-33	125	117	18.80	1.31	24.63	73.90	
		30-63	190	175	16.57	1.50	24.86	74.57	
	4	0-33	156	144	18.06	1.31	23.65	70.96	
		30-63	121	115	17.39	1.50	26.09	78.26	

ตารางผนวกที่ 2 (ต่อ)

วัน/เดือน/ปี	ถังที่	ความลึก (ซ.ม.)	นน.ดินก่อนอบ (กรัม)	นน.ดินหลังอบ (กรัม)	ความชื้นโดยน.น.แห้ง %	ความถ่วงจำเพาะ	ความชื้นโดยปริมาตร %	ความลึกของน้ำ มม.	ความลึกของน้ำ มม.
4-ส.ค.-51	1	0-33	130	108	20.37	1.31	26.69	80.06	168.52
		30-63	140	117	19.66	1.50	29.49	88.46	164.90
	2	0-33	150	124	20.97	1.31	27.47	82.40	167.26
		30-63	142	120	18.33	1.50	27.50	82.50	170.27
	3	0-33	140	117	19.66	1.31	25.75	77.26	
		30-63	126	105	20.00	1.50	30.00	90.00	
	4	0-33	175	146	19.86	1.31	26.02	78.06	
		30-63	147	122	20.49	1.50	30.74	92.21	
11-ส.ค.-51	1	0-33	151	131	15.27	1.31	20.00	60.00	132.32
		30-63	130	112	16.07	1.50	24.11	72.32	133.36
	2	0-33	147	127	15.75	1.31	20.63	61.89	136.41
		30-63	197	170	15.88	1.50	23.82	71.47	135.19
	3	0-33	222	192	15.63	1.31	20.47	61.41	
		30-63	182	156	16.67	1.50	25.00	75.00	
	4	0-33	128	111	15.32	1.31	20.06	60.19	
		30-63	133	114	16.67	1.50	25.00	75.00	

ตารางผนวกที่ 2 (ต่อ)

วัน/เดือน/ปี	ถังที่	ความลึก (ซ.ม.)	นน.ดินก่อนอบ (กรัม)	นน.ดินหลังอบ (กรัม)	ความชื้นโดยน.น.แห้ง %	ความถ่วงจำเพาะ	ความชื้นโดยปริมาตร %	ความลึกของน้ำ มม.	ความลึกของน้ำ มม.
18-ธ.ค.-51	1	0-33	118	103	14.56	1.31	19.08	57.23	127.00
		30-63	149	129	15.50	1.50	23.26	69.77	128.44
	2	0-33	92	80	15.00	1.31	19.65	58.95	129.59
		30-63	157	136	15.44	1.50	23.16	69.49	128.81
	3	0-33	135	118	14.41	1.31	18.87	56.62	
		30-63	172	148	16.22	1.50	24.32	72.97	
	4	0-33	124	108	14.81	1.31	19.41	58.22	
		30-63	118	102	15.69	1.50	23.53	70.59	
25-ธ.ค.-51	1	0-33	126	110	14.55	1.31	19.05	57.16	123.96
		30-63	147	128	14.84	1.50	22.27	66.80	121.52
	2	0-33	116	101	14.85	1.31	19.46	58.37	123.77
		30-63	130	114	14.04	1.50	21.05	63.16	121.48
	3	0-33	133	116	14.66	1.31	19.20	57.59	
		30-63	156	136	14.71	1.50	22.06	66.18	
	4	0-33	135	118	14.41	1.31	18.87	56.62	
		30-63	127	111	14.41	1.50	21.62	64.86	

ตารางผนวกที่ 2 (ต่อ)

วัน/เดือน/ปี	ถังที่	ความลึก (ซ.ม.)	นน.ดินก่อนอบ (กรัม)	นน.ดินหลังอบ (กรัม)	ความชื้นโดยน.น.แห้ง %	ความถ่วงจำเพาะ	ความชื้นโดยปริมาตร %	ความลึกของน้ำ มม.	ความลึกของน้ำ มม.
1-ก.ย.-51	1	0-33	98	86	13.95	1.31	18.28	54.84	116.60
		30-63	116	102	13.73	1.50	20.59	61.76	117.22
	2	0-33	140	123	13.82	1.31	18.11	54.32	117.00
		30-63	106	93	13.98	1.50	20.97	62.90	118.50
	3	0-33	108	95	13.68	1.31	17.93	53.78	
		30-63	138	121	14.05	1.50	21.07	63.22	
	4	0-33	148	131	12.98	1.31	17.00	51.00	
		30-63	138	120	15.00	1.50	22.50	67.50	
8-ก.ย.-51	1	0-33	102	85	20.00	1.31	26.20	78.60	150.60
		30-63	145	125	16.00	1.50	24.00	72.00	146.23
	2	0-33	108	92	17.39	1.31	22.78	68.35	145.50
		30-63	122	104	17.31	1.50	25.96	77.88	149.89
	3	0-33	119	102	16.67	1.31	21.83	65.50	
		30-63	106	90	17.78	1.50	26.67	80.00	
	4	0-33	117	99	18.18	1.31	23.82	71.45	
		30-63	128	109	17.43	1.50	26.15	78.44	

ตารางผนวกที่ 2 (ต่อ)

วัน/เดือน/ปี	ถังที่	ความลึก (ซ.ม.)	นน.ดินก่อนอบ (กรัม)	นน.ดินหลังอบ (กรัม)	ความชื้นโดยน.น.แห้ง %	ความถ่วงจำเพาะ	ความชื้นโดยปริมาตร %	ความลึกของน้ำ มม.	ความลึกของน้ำ มม.
15-ก.ย.-51	1	0-33	140	118	18.64	1.31	24.42	73.27	151.53
		30-63	108	92	17.39	1.50	26.09	78.26	152.28
	2	0-33	108	91	18.68	1.31	24.47	73.42	150.27
		30-63	114	97	17.53	1.50	26.29	78.87	153.27
	3	0-33	119	101	17.82	1.31	23.35	70.04	
		30-63	152	129	17.83	1.50	26.74	80.23	
	4	0-33	104	88	18.18	1.31	23.82	71.45	
		30-63	130	110	18.18	1.50	27.27	81.82	
22-ก.ย.-51	1	0-33	136	112	21.43	1.31	28.07	84.21	174.94
		30-63	149	124	20.16	1.50	30.24	90.73	174.80
	2	0-33	135	112	20.54	1.31	26.90	80.71	174.34
		30-63	133	110	20.91	1.50	31.36	94.09	172.77
	3	0-33	116	96	20.83	1.31	27.29	81.88	
		30-63	176	146	20.55	1.50	30.82	92.47	
	4	0-33	140	116	20.69	1.31	27.10	81.31	
		30-63	148	123	20.33	1.50	30.49	91.46	

ตารางผนวกที่ 2 (ต่อ)

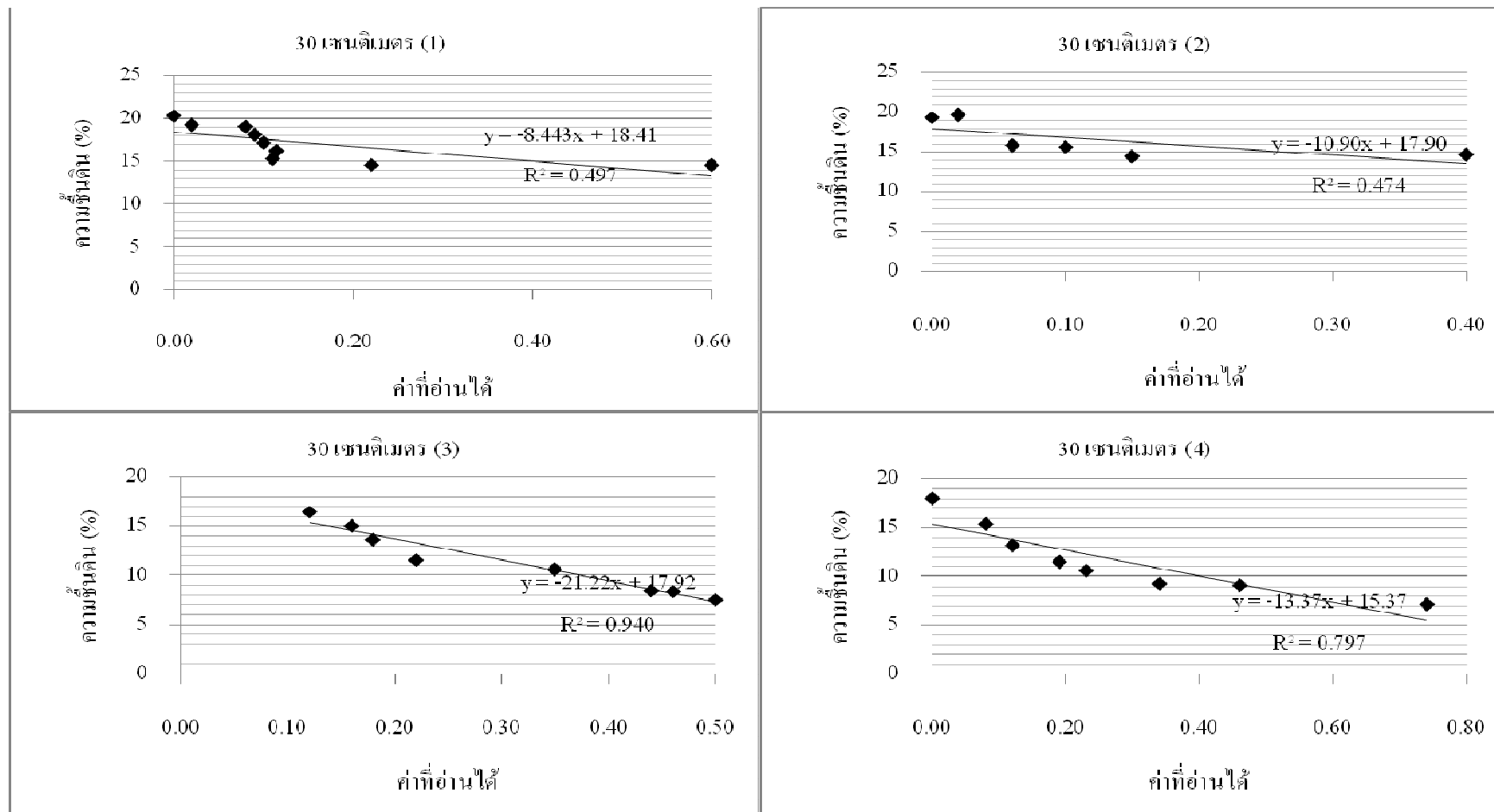
วัน/เดือน/ปี	ถังที่	ความลึก (ซ.ม.)	นน.ดินก่อนอบ (กรัม)	นน.ดินหลังอบ (กรัม)	ความชื้นโดยน.น.แห้ง %	ความถ่วงจำเพาะ	ความชื้นโดยปริมาตร %	ความลึกของน้ำ มม.	ความลึกของน้ำ มม.
29-ก.ย.-51	1	0-33	161	135	19.26	1.31	25.23	75.69	158.84
		30-63	109	92	18.48	1.50	27.72	83.15	158.43
	2	0-33	100	84	19.05	1.31	24.95	74.86	159.86
		30-63	166	140	18.57	1.50	27.86	83.57	155.13
	3	0-33	142	119	19.33	1.31	25.32	75.96	
		30-63	140	118	18.64	1.50	27.97	83.90	
	4	0-33	130	109	19.27	1.31	25.24	75.72	
		30-63	120	102	17.65	1.50	26.47	79.41	
6-ต.ค.-51	1	0-33	124	109	13.76	1.31	18.03	54.08	121.89
		30-63	84	73	15.07	1.50	22.60	67.81	120.98
	2	0-33	123	108	13.89	1.31	18.19	54.58	126.26
		30-63	70	61	14.75	1.50	22.13	66.39	123.71
	3	0-33	91	80	13.75	1.31	18.01	54.04	
		30-63	94	81	16.05	1.50	24.07	72.22	
	4	0-33	115	101	13.86	1.31	18.16	54.48	
		30-63	75	65	15.38	1.50	23.08	69.23	

ตารางผนวกที่ 2 (ต่อ)

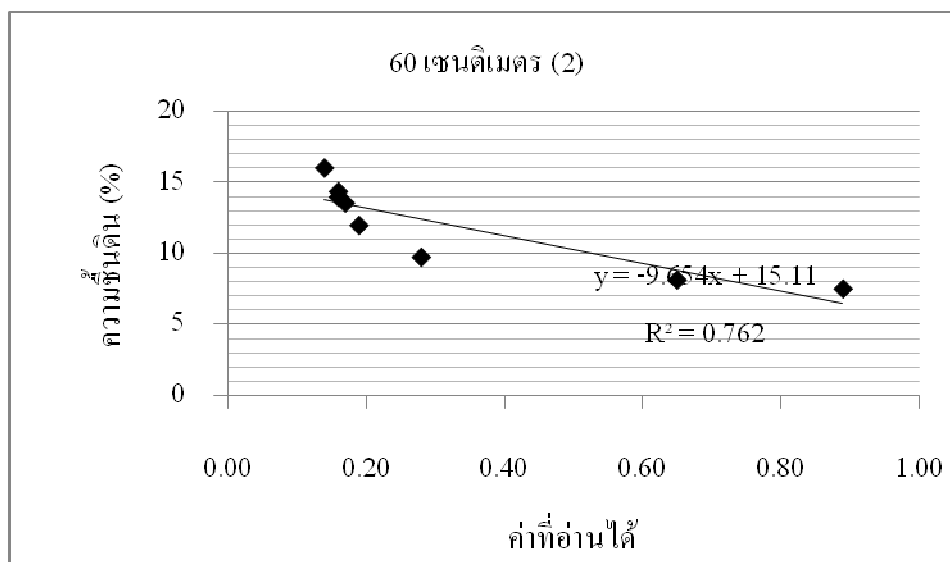
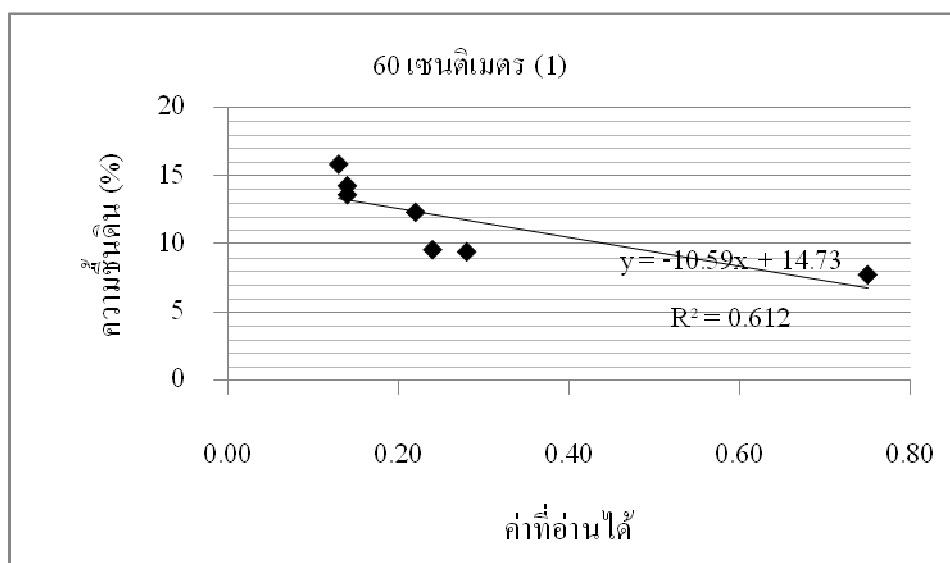
วัน/เดือน/ปี	ถังที่	ความลึก (ซ.ม.)	นน.ดินก่อนอบ (กรัม)	นน.ดินหลังอบ (กรัม)	ความชื้นโดยน.น.แห้ง %	ความถ่วงจำเพาะ	ความชื้นโดยปริมาตร %	ความลึกของน้ำ มม.	ความลึกของน้ำ มม.
13-ต.ค.-51	1	0-33	106	90	17.78	1.31	23.29	69.87	143.12
		30-63	100	86	16.28	1.50	24.42	73.26	137.92
	2	0-33	122	104	17.31	1.31	22.67	68.02	141.68
		30-63	119	103	15.53	1.50	23.30	69.90	141.38
	3	0-33	107	91	17.58	1.31	23.03	69.10	
		30-63	108	93	16.13	1.50	24.19	72.58	
	4	0-33	88	75	17.33	1.31	22.71	68.12	
		30-63	100	86	16.28	1.50	24.42	73.26	
20-ต.ค.-51	1	0-33	86	73	17.81	1.31	23.33	69.99	137.15
		30-63	77	67	14.93	1.50	22.39	67.16	139.96
	2	0-33	103	88	17.05	1.31	22.33	66.99	137.50
		30-63	86	74	16.22	1.50	24.32	72.97	136.81
	3	0-33	108	93	16.13	1.31	21.13	63.39	
		30-63	99	85	16.47	1.50	24.71	74.12	
	4	0-33	117	100	17.00	1.31	22.27	66.81	
		30-63	104	90	15.56	1.50	23.33	70.00	

ตารางผนวกที่ 2 (ต่อ)

วัน/เดือน/ปี	ถังที่	ความลึก (ซ.ม.)	นน.ดินก่อนอบ (กรัม)	นน.ดินหลังอบ (กรัม)	ความชื้นโดยนน.แห้ง %	ความถ่วงจำเพาะ	ความชื้นโดยปริมาตร %	ความลึกของน้ำ มม.	ความลึกของน้ำ มม.
27-ต.ค.-51	1	0-33	146	124	17.74	1.31	23.24	69.73	144.00
		30-63	120	103	16.50	1.50	24.76	74.27	142.88
	2	0-33	129	110	17.27	1.31	22.63	67.88	145.10
		30-63	126	108	16.67	1.50	25.00	75.00	141.23
	3	0-33	120	102	17.65	1.31	23.12	69.35	
		30-63	118	101	16.83	1.50	25.25	75.74	
	4	0-33	128	109	17.43	1.31	22.83	68.50	
		30-63	115	99	16.16	1.50	24.24	72.73	



ภาพผนวกที่ 1 ค่าการสอบเทียบเครื่องวัดแรงดึงความชื้นดินความยาว 30 เซนติเมตร



ภาพผนวกที่ 2 ค่าการสอบเทียบเครื่องวัดแรงดึงความชื้นดินความยาว 60 เซนติเมตร

ตารางผนวกที่ 3 แสดงการคำนวณหาปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิงโดยใช้สมการ

Penman-Monteith

D/M/Y	25/5/2008	26/5/2008	27/5/2008	28/5/2008	29/5/2008	30/5/2008	31/5/2008
T mean (°C) i-1	23.800	28.800	29.150	29.200	29.150	28.800	28.950
T mean (°C) i	28.800	29.150	29.200	29.150	28.800	28.950	29.100
T max (°C)	34.900	34.500	35.200	34.000	33.500	33.900	34.400
T min (°C)	22.700	23.800	23.200	24.300	24.100	24.000	23.800
RH max (%)	95.000	94.000	93.000	94.000	94.000	94.000	94.000
RH min (%)	48.000	48.000	50.000	53.000	56.000	58.000	53.000
U _z (km./hrs)	3.200	3.200	2.700	1.800	2.300	2.200	0.900
Sun (hrs.)	9.000	9.000	9.600	6.200	2.900	3.300	4.500
Latitude °N	14.010	14.010	14.010	14.010	14.010	14.010	14.010
Altitude M	7.460	7.460	7.460	7.460	7.460	7.460	7.460
Height of win m.	11.000	11.000	11.000	11.000	11.000	11.000	11.000
l (MJ.kg.)	2.433	2.432	2.432	2.432	2.433	2.433	2.432
e ⁰ (max)	5.594	5.471	5.687	5.321	5.175	5.291	5.441
e ⁰ (min)	2.760	2.949	2.845	3.039	3.003	2.985	2.949
ea (kPa)	4.177	4.210	4.266	4.180	4.089	4.138	4.195
ed (kPa)	2.653	2.699	2.744	2.838	2.860	2.937	2.828
D (kPa.°C ⁻¹)	0.242	0.243	0.246	0.241	0.237	0.239	0.242
	0.999	0.999	0.999	0.999	0.999	0.999	0.999
P (kPa)	101.214	101.215	101.215	101.215	101.214	101.214	101.215
g (kPa.°C ⁻¹)	0.068	0.068	0.068	0.068	0.068	0.068	0.068
G	1.900	0.133	0.019	-0.019	-0.133	0.057	0.057
	6.607	6.607	6.607	6.607	6.607	6.607	6.607
	0.737	0.737	0.737	0.737	0.737	0.737	0.737
	0.037	0.037	0.031	0.021	0.027	0.025	0.010
U ₂	0.027	0.027	0.023	0.015	0.020	0.019	0.008
Rn	11.605	11.605	11.605	11.605	11.605	11.605	11.605
	0.957	1.138	1.164	1.145	1.134	1.127	1.142
	0.008	0.008	0.007	0.004	0.005	0.005	0.002
	0.310	0.312	0.315	0.310	0.305	0.308	0.310
Eto (mm./day)	3.11	3.68	3.72	3.71	3.73	3.68	3.69

ตารางผนวกที่ 3 (ต่อ)

D/M/Y	1/6/2008	2/6/2008	3/6/2008	4/6/2008	5/6/2008	6/6/2008	7/6/2008	8/6/2008
T mean (°C) i-1	0.00	29.80	27.85	29.30	28.70	28.70	28.85	28.90
T mean (°C) i	29.80	27.85	29.30	28.70	28.70	28.85	28.90	29.85
T max (°C)	35.70	34.10	34.50	33.40	34.50	34.70	35.00	34.90
T min (°C)	23.90	21.60	24.10	24.00	22.90	23.00	22.80	24.80
RH max (%)	92.00	95.00	93.00	94.00	93.00	93.00	93.00	93.00
RH min (%)	47.00	52.00	49.00	58.00	48.00	47.00	49.00	49.00
U _z (km./hrs)	2.30	0.90	1.80	1.40	9.80	2.30	0.50	0.90
Sun (hrs.)	8.80	5.80	7.70	4.60	2.30	8.40	10.70	8.60
Latitude °N	14.01	14.01	14.01	14.01	14.01	14.01	14.01	14.01
Altitude M	7.460	7.460	7.460	7.460	7.460	7.460	7.460	7.460
Height of win m.	11	11	11	11	11	11	11	11
l (MJ.kg.)	2.431	2.435	2.432	2.433	2.433	2.433	2.433	2.431
e ⁰ (max)	5.846	5.351	5.471	5.146	5.471	5.532	5.625	5.594
e ⁰ (min)	2.967	2.581	3.003	2.985	2.793	2.810	2.777	3.131
ea (kPa)	4.406	3.966	4.237	4.065	4.132	4.171	4.201	4.362
ed (kPa)	2.739	2.617	2.737	2.895	2.612	2.607	2.669	2.826
D (kPa.°C ⁻¹)	0.253	0.231	0.244	0.236	0.239	0.241	0.243	0.251
	0.999	0.999	0.999	0.999	0.999	0.999	0.999	0.999
P (kPa)	101.215	101.214	101.215	101.214	101.214	101.214	101.214	101.215
g (kPa.°C ⁻¹)	0.068	0.068	0.068	0.068	0.068	0.068	0.068	0.068
G	11.324	-0.741	0.551	-0.228	0.000	0.057	0.019	0.361
	6.607	6.607	6.607	6.607	6.607	6.607	6.607	6.607
	0.737	0.737	0.737	0.737	0.737	0.737	0.737	0.737
	0.027	0.010	0.021	0.016	0.113	0.027	0.006	0.010
U ₂	0.020	0.008	0.015	0.012	0.084	0.020	0.004	0.008
Rn	11.605	11.605	11.605	11.605	11.605	11.605	11.605	11.605
	0.029	1.165	1.102	1.137	1.133	1.137	1.149	1.149
	0.007	0.002	0.005	0.003	0.026	0.006	0.001	0.002
	0.322	0.299	0.313	0.304	0.309	0.310	0.311	0.319
Eto (mm./day)	0.11	3.90	3.54	3.75	3.75	3.69	3.70	3.62

ตารางผนวกที่ 3 (ต่อ)

D/M/Y	9/6/2008	10/6/2008	11/6/2008	12/6/2008	13/6/2008	14/6/2008	15/6/2008
T mean (°C) i-1	29.85	29.30	29.90	29.05	29.95	28.45	27.20
T mean (°C) i	29.30	29.90	29.05	29.95	28.45	27.20	27.80
T max (°C)	34.00	35.70	34.50	34.70	32.70	31.60	32.00
T min (°C)	24.60	24.10	23.60	25.20	24.20	22.80	23.60
RH max (%)	94.00	91.00	94.00	94.00	93.00	93.00	94.00
RH min (%)	55.00	46.00	52.00	51.00	54.00	56.00	53.00
U _z (km./hrs)	0.50	4.10	2.70	8.30	3.20	2.70	2.70
Sun (hrs.)	4.70	10.60	8.20	3.60	6.80	0.10	0.50
Latitude °N	14.01	14.01	14.01	14.01	14.01	14.01	14.01
Altitude M	7.460	7.460	7.460	7.460	7.460	7.460	7.460
Height of win m.	11	11	11	11	11	11	11
l (MJ.kg.)	2.432	2.430	2.432	2.430	2.434	2.437	2.435
e ⁰ (max)	5.321	5.846	5.471	5.532	4.948	4.650	4.756
e ⁰ (min)	3.094	3.003	2.914	3.207	3.021	2.777	2.914
ea (kPa)	4.208	4.424	4.192	4.369	3.984	3.713	3.835
ed (kPa)	2.917	2.711	2.792	2.918	2.741	2.593	2.630
D (kPa.°C ⁻¹)	0.243	0.254	0.242	0.251	0.231	0.218	0.224
	0.999	0.999	0.999	0.999	0.999	0.999	0.999
P (kPa)	101.215	101.215	101.214	101.215	101.214	101.214	101.214
g (kPa.°C ⁻¹)	0.068	0.068	0.068	0.068	0.068	0.068	0.068
G	-0.209	0.228	-0.323	0.342	-0.570	-0.475	0.228
	6.607	6.607	6.607	6.607	6.607	6.607	6.607
	0.737	0.737	0.737	0.737	0.737	0.737	0.737
	0.006	0.047	0.031	0.096	0.037	0.031	0.031
U ₂	0.004	0.035	0.023	0.071	0.027	0.023	0.023
Rn	11.605	11.605	11.605	11.605	11.605	11.605	11.605
	1.170	1.179	1.17888	1.152	1.149	1.072	1.038
	0.001	0.012	0.007	0.021	0.007	0.005	0.006
	0.311	0.323	0.311	0.320	0.300	0.286	0.292
Eto (mm./day)	3.77	3.69	3.82	3.66	3.86	3.77	3.58

ตารางผนวกที่ 3 (ต่อ)

D/M/Y	16/6/2008	17/6/2008	18/6/2008	19/6/2008	20/6/2008	21/6/2008
T mean (°C) i-1	27.80	29.15	28.10	28.40	27.00	28.00
T mean (°C) i	29.15	28.10	28.40	27.00	28.00	29.85
T max (°C)	33.70	31.50	32.50	31.60	33.50	35.20
T min (°C)	24.60	24.70	24.30	22.40	22.50	24.50
RH max (%)	94.00	94.00	93.00	93.00	94.00	92.00
RH min (%)	56.00	62.00	57.00	64.00	53.00	48.00
U _z (km./hrs)	2.70	0.50	0.50	1.40	0.00	4.50
Sun (hrs.)	3.10	0.10	0.80	1.00	5.80	10.00
Latitude °N	14.01	14.01	14.01	14.01	14.01	14.01
Altitude M	7.460	7.460	7.460	7.460	7.460	7.460
Height of win m.	11	11	11	11	11	11
l (MJ.kg.)	2.432	2.435	2.434	2.437	2.435	2.431
e ⁰ (max)	5.233	4.624	4.892	4.650	5.175	5.687
e ⁰ (min)	3.094	3.113	3.039	2.710	2.726	3.076
ea (kPa)	4.163	3.868	3.966	3.680	3.951	4.381
ed (kPa)	2.919	2.896	2.807	2.748	2.653	2.780
D (kPa.°C ⁻¹)	0.240	0.225	0.230	0.216	0.230	0.252
	0.999	0.999	0.999	0.999	0.999	0.999
P (kPa)	101.215	101.214	101.214	101.214	101.214	101.215
g (kPa.°C ⁻¹)	0.068	0.068	0.068	0.068	0.068	0.068
G	0.513	-0.399	0.114	-0.532	0.380	0.703
	6.607	6.607	6.607	6.607	6.607	6.607
	0.737	0.737	0.737	0.737	0.737	0.737
	0.031	0.006	0.006	0.016	0.000	0.052
U ₂	0.023	0.004	0.004	0.012	0.000	0.038
Rn	11.605	11.605	11.605	11.605	11.605	11.605
	1.088	1.102	1.080	1.069	1.054	1.119
	0.006	0.001	0.001	0.002	0.000	0.012
	0.309	0.293	0.298	0.284	0.298	0.320
Eto (mm./day)	3.54	3.77	3.62	3.77	3.54	3.53

ตารางผนวกที่ 3 (ต่อ)

D/M/Y	22/6/2008	23/6/2008	24/6/2008	25/6/2008	26/6/2008	27/6/2008	28/6/2008
T mean (°C) i-1	29.85	28.85	29.60	29.55	29.45	28.80	29.80
T mean (°C) i	28.85	29.60	29.55	29.45	28.80	29.80	29.25
T max (°C)	33.80	34.30	34.80	34.40	33.30	35.30	33.50
T min (°C)	23.90	24.90	24.30	24.50	24.30	24.30	25.00
RH max (%)	93.00	90.00	92.00	94.00	92.00	94.00	93.00
RH min (%)	54.00	50.00	50.00	50.00	51.00	47.00	54.00
U _z (km./hrs)	3.20	5.40	4.50	3.20	4.50	2.70	5.00
Sun (hrs.)	8.90	9.90	9.50	9.80	6.00	9.90	3.50
Latitude °N	14.01	14.01	14.01	14.01	14.01	14.01	14.01
Altitude M	7.460	7.460	7.460	7.460	7.460	7.460	7.460
Height of win m.	11	11	11	11	11	11	11
l (MJ.kg.)	2.433	2.431	2.431	2.431	2.433	2.431	2.432
e ⁰ (max)	5.262	5.411	5.563	5.441	5.117	5.718	5.175
e ⁰ (min)	2.967	3.150	3.039	3.076	3.039	3.039	3.169
ea (kPa)	4.115	4.280	4.301	4.258	4.078	4.379	4.172
ed (kPa)	2.800	2.770	2.789	2.806	2.703	2.772	2.871
D (kPa.°C ⁻¹)	0.238	0.246	0.248	0.245	0.236	0.252	0.241
	0.999	0.999	0.999	0.999	0.999	0.999	0.999
P (kPa)	101.214	101.215	101.215	101.215	101.214	101.215	101.215
g (kPa.°C ⁻¹)	0.068	0.068	0.068	0.068	0.068	0.068	0.068
G	-0.380	0.285	-0.019	-0.038	-0.247	0.380	-0.209
	6.607	6.607	6.607	6.607	6.607	6.607	6.607
	0.737	0.737	0.737	0.737	0.737	0.737	0.737
	0.037	0.063	0.052	0.037	0.052	0.031	0.058
U ₂	0.027	0.046	0.038	0.027	0.038	0.023	0.043
Rn	11.605	11.605	11.605	11.605	11.605	11.605	11.605
	1.164	1.138	1.174	1.165	1.142	1.152	1.160
	0.007	0.014	0.012	0.008	0.011	0.007	0.011
	0.307	0.315	0.316	0.314	0.305	0.320	0.310
Eto (mm./day)	3.82	3.65	3.75	3.74	3.78	3.62	3.78

ตารางผนวกที่ 3 (ต่อ)

D/M/Y	29/6/2008	30/6/2008	1/7/2008	2/7/2008	3/7/2008	4/7/2008	5/7/2008
T mean (°C) i-1	29.25	29.65	30.15	29.25	28.65	27.75	29.30
T mean (°C) i	29.65	30.15	29.25	28.65	27.75	29.30	28.85
T max (°C)	35.00	35.20	35.00	32.90	31.40	34.30	33.50
T min (°C)	24.30	25.10	23.50	24.40	24.10	24.30	24.20
RH max (%)	95.00	95.00	96.00	94.00	92.00	92.00	88.00
RH min (%)	49.00	50.00	49.00	58.00	59.00	48.00	52.00
U _z (km./hrs)	2.70	1.80	0.50	2.30	1.80	2.70	5.90
Sun (hrs.)	9.60	7.50	3.00	2.90	1.00	8.20	4.20
Latitude °N	14.01	14.01	14.01	14.01	14.01	14.01	14.01
Altitude M	7.460	7.460	7.460	7.460	7.460	7.460	7.460
Height of win m.	11	11	11	11	11	11	11
l (MJ.kg.)	2.431	2.430	2.432	2.433	2.435	2.432	2.433
e ⁰ (max)	5.625	5.687	5.625	5.004	4.597	5.411	5.175
e ⁰ (min)	3.039	3.188	2.896	3.057	3.003	3.039	3.021
ea (kPa)	4.332	4.437	4.261	4.030	3.800	4.225	4.098
ed (kPa)	2.822	2.936	2.768	2.888	2.738	2.696	2.675
D (kPa.°C ⁻¹)	0.249	0.254	0.246	0.234	0.222	0.244	0.237
	0.999	0.999	0.999	0.999	0.999	0.999	0.999
P (kPa)	101.215	101.215	101.215	101.214	101.214	101.215	101.214
g (kPa.°C ⁻¹)	0.068	0.068	0.068	0.068	0.068	0.068	0.068
G	0.152	0.190	-0.342	-0.228	-0.342	0.589	-0.171
	6.607	6.607	6.607	6.607	6.607	6.607	6.607
	0.737	0.737	0.737	0.737	0.737	0.737	0.737
	0.031	0.021	0.006	0.027	0.021	0.031	0.068
U ₂	0.023	0.015	0.004	0.020	0.015	0.023	0.050
Rn	11.605	11.605	11.605	11.605	11.605	11.605	11.605
	1.164	1.184	1.198	1.128	1.081	1.095	1.139
	0.007	0.005	0.001	0.005	0.003	0.007	0.014
	0.318	0.323	0.314	0.302	0.290	0.312	0.306
Eto (mm./day)	3.69	3.69	3.82	3.75	3.74	3.53	3.77

ตารางผนวกที่ 3 (ต่อ)

D/M/Y	6/7/2008	7/7/2008	8/7/2008	9/7/2008	10/7/2008	11/7/2008	12/7/2008
T mean (°C) i-1	28.85	28.05	27.90	29.05	29.05	27.70	29.00
T mean (°C) i	28.05	27.90	29.05	29.05	27.70	29.00	29.30
T max (°C)	33.00	32.00	33.60	33.50	30.90	34.50	34.80
T min (°C)	23.10	23.80	24.50	24.60	24.50	23.50	23.80
RH max (%)	94.00	91.00	95.00	94.00	94.00	92.00	94.00
RH min (%)	52.00	59.00	5.00	352.00	68.00	49.00	46.00
U _z (km./hrs)	2.70	3.60	2.30	1.40	0.50	0.60	3.20
Sun (hrs.)	3.50	1.60	3.70	3.50	0.00	7.50	9.00
Latitude °N	14.01	14.01	14.01	14.01	14.01	14.01	14.01
Altitude M	7.46	7.46	7.46	7.46	7.46	7.46	7.46
Height of win m.	11	11	11	11	11	11	11
l (MJ.kg.)	2.435	2.435	2.432	2.432	2.436	2.433	2.432
e ⁰ (max)	5.032	4.756	5.204	5.175	4.469	5.471	5.563
e ⁰ (min)	2.827	2.949	3.076	3.094	3.076	2.896	2.949
ea (kPa)	3.930	3.853	4.140	4.134	3.772	4.184	4.256
ed (kPa)	2.637	2.745	1.591	10.562	2.965	2.673	2.666
D (kPa.°C ⁻¹)	0.229	0.225	0.239	0.239	0.220	0.242	0.245
	0.999	0.999	0.999	0.999	0.999	0.999	0.999
P (kPa)	101.214	101.214	101.214	101.214	101.214	101.214	101.215
g (kPa.°C ⁻¹)	0.068	0.068	0.068	0.068	0.068	0.068	0.068
G	-0.304	-0.057	0.437	0.000	-0.513	0.494	0.114
	6.607	6.607	6.607	6.607	6.607	6.607	6.607
	0.737	0.737	0.737	0.737	0.737	0.737	0.737
	0.031	0.042	0.027	0.016	0.006	0.007	0.037
U ₂	0.023	0.031	0.020	0.012	0.004	0.005	0.027
Rn	11.605	11.605	11.605	11.605	11.605	11.605	11.605
	1.112	1.068	1.090	1.131	1.089	1.096	1.151
	0.006	0.007	0.010	-0.016	0.001	0.002	0.009
	0.297	0.293	0.307	0.307	0.288	0.310	0.314
Eto (mm./day)	3.76	3.67	3.58	3.63	3.78	3.54	3.69

ตารางผนวกที่ 3 (ต่อ)

D/M/Y	13/7/2008	14/7/2008	15/7/2008	16/7/2008	17/7/2008	18/7/2008	19/7/2008
T mean (°C) i-1	29.30	29.05	29.80	30.00	29.90	30.20	30.05
T mean (°C) i	29.05	29.80	30.00	29.90	30.20	30.05	27.55
T max (°C)	33.90	35.30	35.70	35.70	35.20	34.80	32.40
T min (°C)	24.20	24.30	24.30	24.10	25.20	25.30	22.70
RH max (%)	94.00	93.00	93.00	93.00	93.00	94.00	94.00
RH min (%)	50.00	43.00	45.00	47.00	49.00	52.00	59.00
U _z (km./hrs)	3.20	2.70	2.70	3.60	2.30	1.80	2.70
Sun (hrs.)	6.50	8.50	10.30	8.90	5.60	6.50	4.60
Latitude °N	14.01	14.01	14.01	14.01	14.01	14.01	14.01
Altitude M	7.46	7.46	7.46	7.46	7.46	7.46	7.46
Height of win m.	11	11	11	11	11	11	11
l (MJ.kg.)	2.432	2.431	2.430	2.430	2.430	2.430	2.436
e ⁰ (max)	5.291	5.718	5.846	5.846	5.687	5.563	4.865
e ⁰ (min)	3.021	3.039	3.039	3.003	3.207	3.226	2.760
ea (kPa)	4.156	4.379	4.442	4.424	4.447	4.394	3.812
ed (kPa)	2.743	2.643	2.728	2.770	2.884	2.962	2.732
D (kPa.°C ⁻¹)	0.240	0.252	0.255	0.254	0.255	0.252	0.223
	0.999	0.999	0.999	0.999	0.999	0.999	0.999
P (kPa)	101.214	101.215	101.215	101.215	101.215	101.215	101.214
g (kPa.°C ⁻¹)	0.068	0.068	0.068	0.068	0.068	0.068	0.068
G	-0.095	0.285	0.076	-0.038	0.114	-0.057	-0.950
	6.607	6.607	6.607	6.607	6.607	6.607	6.607
	0.737	0.737	0.737	0.737	0.737	0.737	0.737
	0.037	0.031	0.031	0.042	0.027	0.021	0.031
U ₂	0.027	0.023	0.023	0.031	0.020	0.015	0.023
Rn	11.605	11.605	11.605	11.605	11.605	11.605	11.605
	1.146	1.162	1.199	1.207	1.194	1.199	1.141
	0.008	0.008	0.008	0.010	0.006	0.004	0.005
	0.309	0.320	0.323	0.323	0.323	0.320	0.291
Eto (mm./day)	3.74	3.66	3.73	3.77	3.72	3.76	3.94

ตารางผนวกที่ 3 (ต่อ)

D/M/Y	20/7/2008	21/7/2008	22/7/2008	23/7/2008	24/7/2008	25/7/2008	26/7/2008
T mean (°C) i-1	27.55	26.80	28.95	28.85	27.85	27.05	27.55
T mean (°C) i	26.80	28.95	28.85	27.85	27.05	27.55	27.45
T max (°C)	30.50	34.90	34.40	31.80	30.70	31.50	32.30
T min (°C)	23.10	23.00	23.30	23.90	23.40	23.60	22.60
RH max (%)	94.00	94.00	93.00	93.00	93.00	96.00	94.00
RH min (%)	68.00	46.00	48.00	58.00	62.00	58.00	52.00
U _z (km./hrs)	0.50	2.70	3.60	3.20	2.30	2.70	3.20
Sun (hrs.)	0.00	9.20	7.20	2.50	3.10	3.70	6.20
Latitude °N	14.01	14.01	14.01	14.01	14.01	14.01	14.01
Altitude M	7.46	7.46	7.46	7.46	7.46	7.46	7.46
Height of win m.	11	11	11	11	11	11	11
l (MJ.kg.)	2.438	2.433	2.433	2.435	2.437	2.436	2.436
e ⁰ (max)	4.368	5.594	5.441	4.703	4.418	4.624	4.838
e ⁰ (min)	2.827	2.810	2.862	2.967	2.879	2.914	2.743
ea (kPa)	3.598	4.202	4.151	3.835	3.648	3.769	3.790
ed (kPa)	2.814	2.607	2.636	2.743	2.708	2.740	2.547
D (kPa.°C ⁻¹)	0.211	0.243	0.240	0.224	0.214	0.220	0.222
	0.999	0.999	0.999	0.999	0.999	0.999	0.999
P (kPa)	101.214	101.214	101.214	101.214	101.214	101.214	101.214
g (kPa.°C ⁻¹)	0.068	0.068	0.068	0.068	0.068	0.068	0.068
G	-0.285	0.817	-0.038	-0.380	-0.304	0.190	-0.038
	6.607	6.607	6.607	6.607	6.607	6.607	6.607
	0.737	0.737	0.737	0.737	0.737	0.737	0.737
	0.006	0.031	0.042	0.037	0.027	0.031	0.037
U ₂	0.004	0.023	0.031	0.027	0.020	0.023	0.027
Rn	11.605	11.605	11.605	11.605	11.605	11.605	11.605
	1.026	1.069	1.141	1.093	1.040	1.026	1.053
	0.001	0.007	0.009	0.006	0.004	0.005	0.007
	0.279	0.311	0.309	0.292	0.282	0.288	0.290
Eto (mm./day)	3.68	3.46	3.73	3.77	3.70	3.57	3.65

ตารางผนวกที่ 3 (ต่อ)

D/M/Y	27/7/2008	28/7/2008	29/7/2008	30/7/2008	31/7/2008	1/8/2008	2/8/2008
T mean (°C) i-1	27.45	28.50	27.80	29.05	29.10	28.75	27.90
T mean (°C) i	28.50	27.80	29.05	29.10	28.75	27.90	27.95
T max (°C)	33.30	32.00	34.20	33.70	33.70	31.80	32.20
T min (°C)	23.70	23.60	23.90	24.50	23.80	24.00	23.70
RH max (%)	93.00	89.00	90.00	92.00	96.00	94.00	92.00
RH min (%)	48.00	55.00	49.00	50.00	52.00	58.00	56.00
U _z (km./hrs)	3.60	3.20	4.50	5.40	4.10	3.20	2.70
Sun (hrs.)	5.30	4.20	3.80	6.80	3.90	0.90	3.70
Latitude °N	14.01	14.01	14.01	14.01	14.01	14.01	14.01
Altitude M	7.46	7.46	7.46	7.46	7.46	7.46	7.46
Height of win m.	11	11	11	11	11	11	11
l (MJ.kg.)	2.434	2.435	2.432	2.432	2.433	2.435	2.435
e ⁰ (max)	5.117	4.756	5.381	5.233	5.233	4.703	4.810
e ⁰ (min)	2.932	2.914	2.967	3.076	2.949	2.985	2.932
ea (kPa)	4.024	3.835	4.174	4.154	4.091	3.844	3.871
ed (kPa)	2.591	2.605	2.653	2.723	2.776	2.767	2.695
D (kPa.°C ⁻¹)	0.233	0.224	0.241	0.240	0.237	0.224	0.226
	0.999	0.999	0.999	0.999	0.999	0.999	0.999
P (kPa)	101.214	101.214	101.214	101.215	101.214	101.214	101.214
g (kPa.°C ⁻¹)	0.068	0.068	0.068	0.068	0.068	0.068	0.068
G	0.399	-0.266	0.475	0.019	-0.133	-0.323	0.019
	6.607	6.607	6.607	6.607	6.607	6.607	6.607
	0.737	0.737	0.737	0.737	0.737	0.737	0.737
	0.042	0.037	0.052	0.063	0.047	0.037	0.031
U ₂	0.031	0.027	0.038	0.046	0.035	0.027	0.023
Rn	11.605	11.605	11.605	11.605	11.605	11.605	11.605
	1.068	1.083	1.095	1.134	1.135	1.090	1.066
	0.009	0.007	0.012	0.013	0.009	0.006	0.005
	0.302	0.292	0.310	0.309	0.306	0.292	0.294
Eto (mm./day)	3.56	3.73	3.57	3.72	3.74	3.75	3.65

ตารางผนวกที่ 3 (ต่อ)

D/M/Y	3/8/2008	4/8/2008	5/8/2008	6/8/2008	7/8/2008	8/8/2008	9/8/2008
T mean (°C) i-1	27.95	29.00	29.25	29.05	28.20	27.65	26.90
T mean (°C) i	29.00	29.25	29.05	28.20	27.65	26.90	28.70
T max (°C)	34.50	34.90	33.80	32.50	31.50	29.50	33.60
T min (°C)	23.50	23.60	24.30	23.90	23.80	24.30	23.80
RH max (%)	93.00	93.00	94.00	94.00	92.00	93.00	94.00
RH min (%)	50.00	49.00	51.00	53.00	55.00	63.00	49.00
U _z (km./hrs)	3.60	3.20	6.30	4.10	4.50	2.70	2.70
Sun (hrs.)	7.80	9.20	4.60	2.50	0.90	0.00	4.00
Latitude °N	14.01	14.01	14.01	14.01	14.01	14.01	14.01
Altitude M	7.46	7.46	7.46	7.46	7.46	7.46	7.46
Height of win m.	11	11	11	11	11	11	11
l (MJ.kg.)	2.433	2.432	2.432	2.434	2.436	2.437	2.433
e ⁰ (max)	5.471	5.594	5.262	4.892	4.624	4.124	5.204
e ⁰ (min)	2.896	2.914	3.039	2.967	2.949	3.039	2.949
ea (kPa)	4.184	4.254	4.151	3.930	3.786	3.582	4.076
ed (kPa)	2.715	2.725	2.770	2.691	2.628	2.712	2.661
D (kPa.°C ⁻¹)	0.242	0.245	0.240	0.229	0.221	0.210	0.236
	0.999	0.999	0.999	0.999	0.999	0.999	0.999
P (kPa)	101.214	101.215	101.214	101.214	101.214	101.214	101.214
g (kPa.°C ⁻¹)	0.068	0.068	0.068	0.068	0.068	0.068	0.068
G	0.399	0.095	-0.076	-0.323	-0.209	-0.285	0.684
	6.607	6.607	6.607	6.607	6.607	6.607	6.607
	0.737	0.737	0.737	0.737	0.737	0.737	0.737
	0.042	0.037	0.073	0.047	0.052	0.031	0.031
U ₂	0.031	0.027	0.054	0.035	0.038	0.023	0.023
Rn	11.605	11.605	11.605	11.605	11.605	11.605	11.605
	1.106	1.152	1.143	1.112	1.066	1.020	1.052
	0.009	0.008	0.015	0.009	0.009	0.004	0.007
	0.310	0.314	0.309	0.297	0.290	0.279	0.304
ETo (mm./day)	3.59	3.70	3.75	3.77	3.71	3.68	3.48

ตารางผนวกที่ 3 (ต่อ)

D/M/Y	10/8/2008	11/8/2008	12/8/2008	13/8/2008	14/8/2008	15/8/2008	16/8/2008
T mean (°C) i-1	28.70	28.90	27.90	27.45	27.75	29.05	28.75
T mean (°C) i	28.90	27.90	27.45	27.75	29.05	28.75	29.10
T max (°C)	33.50	32.20	31.10	32.50	34.50	34.30	34.50
T min (°C)	24.30	23.60	23.80	23.00	23.60	23.20	23.70
RH max (%)	94.00	96.00	93.00	94.00	93.00	93.00	93.00
RH min (%)	53.00	60.00	60.00	57.00	47.00	49.00	48.00
U _z (km./hrs)	4.50	1.80	5.40	1.40	3.60	3.60	8.60
Sun (hrs.)	8.00	1.80	1.30	2.60	10.30	10.20	9.10
Latitude °N	14.01	14.01	14.01	14.01	14.01	14.01	14.01
Altitude M	7.46	7.46	7.46	7.46	7.46	7.46	7.46
Height of win m.	11	11	11	11	11	11	11
l (MJ.kg.)	2.433	2.435	2.436	2.435	2.432	2.433	2.432
e ⁰ (max)	5.175	4.810	4.520	4.892	5.471	5.411	5.471
e ⁰ (min)	3.039	2.914	2.949	2.810	2.914	2.845	2.932
ea (kPa)	4.107	3.862	3.734	3.851	4.192	4.128	4.201
ed (kPa)	2.800	2.842	2.727	2.715	2.641	2.648	2.676
D (kPa.°C ⁻¹)	0.238	0.225	0.218	0.225	0.242	0.239	0.243
	0.999	0.999	0.999	0.999	0.999	0.999	0.999
P (kPa)	101.214	101.214	101.214	101.214	101.214	101.214	101.215
g (kPa.°C ⁻¹)	0.068	0.068	0.068	0.068	0.068	0.068	0.068
G	0.076	-0.380	-0.171	0.114	0.494	-0.114	0.133
	6.607	6.607	6.607	6.607	6.607	6.607	6.607
	0.737	0.737	0.737	0.737	0.737	0.737	0.737
	0.052	0.021	0.063	0.016	0.042	0.042	0.100
U ₂	0.038	0.015	0.046	0.012	0.031	0.031	0.073
Rn	11.605	11.605	11.605	11.605	11.605	11.605	11.605
	1.117	1.101	1.049	1.054	1.098	1.143	1.136
	0.010	0.003	0.009	0.003	0.010	0.009	0.023
	0.306	0.293	0.287	0.293	0.311	0.308	0.312
ETo (mm./day)	3.68	3.76	3.69	3.61	3.56	3.75	3.71

ตารางผนวกที่ 3 (ต่อ)

D/M/Y	17/8/2008	18/8/2008	19/8/2008	20/8/2008	21/8/2008	22/8/2008	23/8/2008
T mean (°C) i-1	29.10	28.75	28.20	28.15	28.85	29.80	29.35
T mean (°C) i	28.75	28.20	28.15	28.85	29.80	29.35	29.05
T max (°C)	34.50	33.70	32.40	34.20	35.60	35.20	34.60
T min (°C)	23.00	22.70	23.90	23.50	24.00	23.50	23.50
RH max (%)	93.00	93.00	94.00	93.00	94.00	91.00	94.00
RH min (%)	49.00	52.00	58.00	49.00	44.00	45.00	44.00
U _z (km./hrs)	10.80	6.80	8.10	3.20	5.90	7.70	2.70
Sun (hrs.)	9.00	4.20	1.00	5.00	8.30	9.60	9.80
Latitude °N	14.01	14.01	14.01	14.01	14.01	14.01	14.01
Altitude M	7.46	7.46	7.46	7.46	7.46	7.46	7.46
Height of win m.	11	11	11	11	11	11	11
l (MJ.kg.)	2.433	2.434	2.435	2.433	2.431	2.432	2.432
e ⁰ (max)	5.471	5.233	4.865	5.381	5.814	5.687	5.501
e ⁰ (min)	2.810	2.760	2.967	2.896	2.985	2.896	2.896
ea (kPa)	4.141	3.996	3.916	4.139	4.399	4.292	4.199
ed (kPa)	2.647	2.644	2.805	2.665	2.682	2.597	2.572
D (kPa.°C ⁻¹)	0.240	0.232	0.228	0.239	0.253	0.247	0.243
	0.999	0.999	0.999	0.999	0.999	0.999	0.999
P (kPa)	101.214	101.214	101.214	101.214	101.215	101.215	101.214
g (kPa.°C ⁻¹)	0.068	0.068	0.068	0.068	0.068	0.068	0.068
G	-0.133	-0.209	-0.019	0.266	0.361	-0.171	-0.114
	6.607	6.607	6.607	6.607	6.607	6.607	6.607
	0.737	0.737	0.737	0.737	0.737	0.737	0.737
	0.125	0.079	0.094	0.037	0.068	0.089	0.031
U ₂	0.092	0.058	0.069	0.027	0.050	0.066	0.023
Rn	11.605	11.605	11.605	11.605	11.605	11.605	11.605
	1.148	1.120	1.080	1.108	1.160	1.189	1.160
	0.028	0.016	0.016	0.008	0.017	0.022	0.008
	0.310	0.301	0.297	0.308	0.322	0.317	0.311
Eto (mm./day)	3.80	3.77	3.69	3.62	3.66	3.82	3.75

ตารางผนวกที่ 3 (ต่อ)

D/M/Y	24/8/2008	25/8/2008	26/8/2008	27/8/2008	28/8/2008	29/8/2008	30/8/2008
T mean (°C) i-1	29.05	28.80	29.30	29.25	29.00	28.45	29.05
T mean (°C) i	28.80	29.30	29.25	29.00	28.45	29.05	29.20
T max (°C)	33.80	34.20	35.70	35.20	33.70	34.70	35.20
T min (°C)	23.80	24.40	22.80	22.80	23.20	23.40	23.20
RH max (%)	94.00	94.00	98.00	95.00	94.00	95.00	94.00
RH min (%)	46.00	51.00	44.00	46.00	53.00	48.00	45.00
U _z (km./hrs)	2.70	3.20	4.10	1.80	4.10	4.50	5.00
Sun (hrs.)	2.10	6.10	8.70	7.70	7.60	10.50	6.70
Latitude °N	14.01	14.01	14.01	14.01	14.01	14.01	14.01
Altitude M	7.46	7.46	7.46	7.46	7.46	7.46	7.46
Height of win m.	11	11	11	11	11	11	11
l (MJ.kg.)	2.433	2.432	2.432	2.433	2.434	2.432	2.432
e ⁰ (max)	5.262	5.381	5.846	5.687	5.233	5.532	5.687
e ⁰ (min)	2.949	3.057	2.777	2.777	2.845	2.879	2.845
ea (kPa)	4.106	4.219	4.311	4.232	4.039	4.206	4.266
ed (kPa)	2.596	2.809	2.647	2.627	2.724	2.695	2.617
D (kPa.°C ⁻¹)	0.238	0.243	0.249	0.245	0.234	0.243	0.246
	0.999	0.999	0.999	0.999	0.999	0.999	0.999
P (kPa)	101.214	101.215	101.215	101.214	101.214	101.214	101.215
g (kPa.°C ⁻¹)	0.068	0.068	0.068	0.068	0.068	0.068	0.068
G	-0.095	0.190	-0.019	-0.095	-0.209	0.228	0.057
	6.607	6.607	6.607	6.607	6.607	6.607	6.607
	0.737	0.737	0.737	0.737	0.737	0.737	0.737
	0.031	0.037	0.047	0.021	0.047	0.052	0.058
U ₂	0.023	0.027	0.035	0.015	0.035	0.038	0.043
Rn	11.605	11.605	11.605	11.605	11.605	11.605	11.605
	1.135	1.133	1.180	1.168	1.130	1.128	1.160
	0.007	0.008	0.012	0.005	0.009	0.012	0.014
	0.306	0.312	0.317	0.313	0.303	0.312	0.315
ETo (mm./day)	3.73	3.66	3.75	3.75	3.76	3.66	3.73

ตารางผนวกที่ 3 (ต่อ)

D/M/Y	31/8/2008	1/9/2008	2/9/2008	3/9/2008	4/9/2008	5/9/2008	6/9/2008
T mean (°C) i-1	29.20	28.75	28.65	28.55	29.80	29.30	29.05
T mean (°C) i	28.75	28.65	28.55	29.80	29.30	29.05	29.35
T max (°C)	34.50	33.00	33.10	35.30	35.20	34.70	34.30
T min (°C)	23.00	24.30	24.00	24.30	23.40	23.40	24.40
RH max (%)	94.00	94.00	94.00	94.00	95.00	95.00	95.00
RH min (%)	49.00	54.00	54.00	46.00	46.00	50.00	47.00
U _z (km./hrs)	1.80	2.90	0.40	3.20	4.70	1.40	4.00
Sun (hrs.)	6.40	4.90	4.60	8.30	7.30	5.80	9.60
Latitude °N	14.01	14.01	14.01	14.01	14.01	14.01	14.01
Altitude M	7.46	7.46	7.46	7.46	7.46	7.46	7.46
Height of win m.	11	11	11	11	11	11	11
l (MJ.kg.)	2.433	2.433	2.434	2.431	2.432	2.432	2.432
e ⁰ (max)	5.471	5.032	5.060	5.718	5.687	5.532	5.411
e ⁰ (min)	2.810	3.039	2.985	3.039	2.879	2.879	3.057
ea (kPa)	4.141	4.035	4.022	4.379	4.283	4.206	4.234
ed (kPa)	2.661	2.787	2.769	2.744	2.676	2.751	2.724
D (kPa.°C ⁻¹)	0.240	0.234	0.233	0.252	0.247	0.243	0.244
	0.999	0.999	0.999	0.999	0.999	0.999	0.999
P (kPa)	101.214	101.214	101.214	101.215	101.215	101.214	101.215
g (kPa.°C ⁻¹)	0.068	0.068	0.068	0.068	0.068	0.068	0.068
G	-0.171	-0.038	-0.038	0.475	-0.190	-0.095	0.114
	6.607	6.607	6.607	6.607	6.607	6.607	6.607
	0.737	0.737	0.737	0.737	0.737	0.737	0.737
	0.021	0.034	0.005	0.037	0.054	0.016	0.046
U ₂	0.015	0.025	0.003	0.027	0.040	0.012	0.034
Rn	11.605	11.605	11.605	11.605	11.605	11.605	11.605
	1.152	1.111	1.108	1.142	1.189	1.160	1.144
	0.005	0.006	0.001	0.009	0.013	0.004	0.010
	0.308	0.302	0.301	0.320	0.316	0.311	0.313
ETo (mm./day)	3.76	3.70	3.68	3.60	3.81	3.74	3.69

ตารางผนวกที่ 3 (ต่อ)

D/M/Y	7/9/2008	8/9/2008	9/9/2008	10/9/2008	11/9/2008	12/9/2008	13/9/2008
T mean (°C) i-1	29.35	29.00	28.75	27.75	28.30	27.10	26.40
T mean (°C) i	29.00	28.75	27.75	28.30	27.10	26.40	27.90
T max (°C)	33.70	32.90	31.80	32.60	30.00	29.10	32.10
T min (°C)	24.30	24.60	23.70	24.00	24.20	23.70	23.70
RH max (%)	94.00	94.00	95.00	95.00	96.00	95.00	95.00
RH min (%)	55.00	54.00	64.00	57.00	72.00	75.00	60.00
U _z (km./hrs)	1.40	0.40	3.20	5.80	2.90	2.50	1.40
Sun (hrs.)	4.80	2.40	3.80	7.70	0.30	0.00	2.50
Latitude °N	14.01	14.01	14.01	14.01	14.01	14.01	14.01
Altitude M	7.46	7.46	7.46	7.46	7.46	7.46	7.46
Height of win m.	11	11	11	11	11	11	11
l (MJ.kg.)	2.433	2.433	2.435	2.434	2.437	2.439	2.435
e ⁰ (max)	5.233	5.004	4.703	4.920	4.244	4.030	4.783
e ⁰ (min)	3.039	3.094	2.932	2.985	3.021	2.932	2.932
ea (kPa)	4.136	4.049	3.817	3.952	3.633	3.481	3.857
ed (kPa)	2.867	2.805	2.897	2.820	2.978	2.904	2.827
D (kPa.°C ⁻¹)	0.239	0.234	0.223	0.230	0.213	0.205	0.225
	0.999	0.999	0.999	0.999	0.999	0.999	0.999
P (kPa)	101.214	101.214	101.214	101.214	101.214	101.214	101.214
g (kPa.°C ⁻¹)	0.068	0.068	0.068	0.068	0.068	0.068	0.068
G	-0.133	-0.095	-0.380	0.209	-0.456	-0.266	0.570
	6.607	6.607	6.607	6.607	6.607	6.607	6.607
	0.737	0.737	0.737	0.737	0.737	0.737	0.737
	0.016	0.005	0.037	0.067	0.034	0.029	0.016
U ₂	0.012	0.003	0.027	0.049	0.025	0.021	0.012
Rn	11.605	11.605	11.605	11.605	11.605	11.605	11.605
	1.145	1.119	1.089	1.068	1.048	0.994	1.012
	0.003	0.001	0.005	0.011	0.003	0.003	0.002
	0.307	0.302	0.291	0.299	0.281	0.273	0.293
ETo (mm./day)	3.74	3.70	3.76	3.61	3.74	3.65	3.46

ตารางผนวกที่ 3 (ต่อ)

D/M/Y	14/9/2008	15/9/2008	16/9/2008	17/9/2008	18/9/2008	19/9/2008	20/9/2008
T mean (°C) i-1	27.90	28.45	29.35	27.85	26.50	28.00	28.05
T mean (°C) i	28.45	29.35	27.85	26.50	28.00	28.05	27.75
T max (°C)	32.90	33.70	31.30	28.70	32.30	32.90	32.00
T min (°C)	24.00	25.00	24.40	24.30	23.70	23.20	23.50
RH max (%)	95.00	94.00	95.00	92.00	97.00	95.00	95.00
RH min (%)	59.00	55.00	60.00	69.00	55.00	57.00	58.00
U _z (km./hrs)	5.00	9.70	5.80	4.70	2.90	6.50	3.60
Sun (hrs.)	7.70	6.80	0.30	0.00	6.00	5.40	3.80
Latitude °N	14.01	14.01	14.01	14.01	14.01	14.01	14.01
Altitude M	7.46	7.46	7.46	7.46	7.46	7.46	7.46
Height of win m.	11	11	11	11	11	11	11
l (MJ.kg.)	2.434	2.432	2.435	2.438	2.435	2.435	2.435
e ⁰ (max)	5.004	5.233	4.571	3.938	4.838	5.004	4.756
e ⁰ (min)	2.985	3.169	3.057	3.039	2.932	2.845	2.896
ea (kPa)	3.994	4.201	3.814	3.489	3.885	3.924	3.826
ed (kPa)	2.894	2.928	2.824	2.757	2.752	2.777	2.755
D (kPa.°C ⁻¹)	0.232	0.242	0.222	0.205	0.226	0.228	0.223
	0.999	0.999	0.999	0.999	0.999	0.999	0.999
P (kPa)	101.214	101.215	101.214	101.214	101.214	101.214	101.214
g (kPa.°C ⁻¹)	0.068	0.068	0.068	0.068	0.068	0.068	0.068
G	0.209	0.342	-0.570	-0.513	0.570	0.019	-0.114
	6.607	6.607	6.607	6.607	6.607	6.607	6.607
	0.737	0.737	0.737	0.737	0.737	0.737	0.737
	0.058	0.112	0.067	0.054	0.034	0.075	0.042
U ₂	0.043	0.083	0.049	0.040	0.025	0.055	0.031
Rn	11.605	11.605	11.605	11.605	11.605	11.605	11.605
	1.078	1.113	1.105	1.016	1.019	1.080	1.067
	0.009	0.021	0.010	0.006	0.006	0.013	0.007
	0.301	0.312	0.291	0.274	0.295	0.297	0.292
ETo (mm./day)	3.62	3.64	3.83	3.73	3.48	3.67	3.68

ตารางผนวกที่ 3 (ต่อ)

D/M/Y	21/9/2008	22/9/2008	23/9/2008	24/9/2008	25/9/2008	26/9/2008	27/9/2008
T mean (°C) i-1	27.75	27.90	28.10	28.60	28.65	28.00	27.95
T mean (°C) i	27.90	28.10	28.60	28.65	28.00	27.95	29.35
T max (°C)	32.20	32.70	33.70	32.70	31.70	31.50	34.50
T min (°C)	23.60	23.50	23.50	24.60	24.30	24.40	24.20
RH max (%)	91.00	92.00	90.00	91.00	92.00	96.00	96.00
RH min (%)	57.00	51.00	54.00	55.00	57.00	61.00	50.00
U _z (km./hrs)	8.60	7.60	8.60	11.70	8.10	4.50	5.90
Sun (hrs.)	1.00	6.70	9.20	2.80	3.20	1.10	9.40
Latitude °N	14.01	14.01	14.01	14.01	14.01	14.01	14.01
Altitude M	7.46	7.46	7.46	7.46	7.46	7.46	7.46
Height of win m.	11	11	11	11	11	11	11
l (MJ.kg.)	2.435	2.435	2.433	2.433	2.435	2.435	2.432
e ⁰ (max)	4.810	4.948	5.233	4.948	4.676	4.624	5.471
e ⁰ (min)	2.914	2.896	2.896	3.094	3.039	3.057	3.021
ea (kPa)	3.862	3.922	4.065	4.021	3.858	3.840	4.246
ed (kPa)	2.697	2.594	2.716	2.768	2.731	2.878	2.818
D (kPa.°C ⁻¹)	0.225	0.228	0.236	0.233	0.225	0.224	0.245
	0.999	0.999	0.999	0.999	0.999	0.999	0.999
P (kPa)	101.214	101.214	101.214	101.214	101.214	101.214	101.215
g (kPa.°C ⁻¹)	0.068	0.068	0.068	0.068	0.068	0.068	0.068
G	0.057	0.076	0.190	0.019	-0.247	-0.019	0.532
	6.607	6.607	6.607	6.607	6.607	6.607	6.607
	0.737	0.737	0.737	0.737	0.737	0.737	0.737
	0.100	0.088	0.100	0.135	0.094	0.052	0.068
U ₂	0.073	0.065	0.073	0.100	0.069	0.038	0.050
Rn	11.605	11.605	11.605	11.605	11.605	11.605	11.605
	1.061	1.074	1.097	1.102	1.086	1.061	1.106
	0.017	0.017	0.020	0.025	0.016	0.007	0.015
	0.295	0.297	0.305	0.303	0.294	0.292	0.314
ETo (mm./day)	3.66	3.67	3.66	3.72	3.75	3.65	3.57

ตารางผนวกที่ 3 (ต่อ)

D/M/Y	28/9/2008	29/9/2008	30/9/2008	1/10/2008	2/10/2008	3/10/2008	4/10/2008
T mean (°C) i-1	29.35	28.75	28.50	0.00	28.15	28.60	27.40
T mean (°C) i	28.75	28.50	28.80	28.15	28.60	27.40	28.30
T max (°C)	33.90	33.50	34.20	31.60	32.50	31.30	33.30
T min (°C)	23.60	23.50	23.40	24.70	24.70	23.50	23.30
RH max (%)	96.00	95.00	95.00	95.00	95.00	95.00	96.00
RH min (%)	56.00	48.00	49.00	60.00	58.00	66.00	57.00
U _z (km./hrs)	5.00	2.30	5.00	1.40	1.40	3.20	4.10
Sun (hrs.)	5.00	6.00	6.30	3.50	3.70	0.90	5.20
Latitude °N	14.01	14.01	14.01	14.01	14.01	14.01	14.01
Altitude M	7.46	7.46	7.46	7.46	7.46	7.46	7.46
Height of win m.	11	11	11	11	11	11	11
l (MJ.kg.)	2.433	2.434	2.433	2.435	2.433	2.436	2.434
e ⁰ (max)	5.291	5.175	5.381	4.650	4.892	4.571	5.117
e ⁰ (min)	2.914	2.896	2.879	3.113	3.113	2.896	2.862
ea (kPa)	4.103	4.036	4.130	3.881	4.003	3.734	3.989
ed (kPa)	2.880	2.618	2.686	2.873	2.897	2.884	2.832
D (kPa.°C ⁻¹)	0.238	0.234	0.239	0.226	0.232	0.218	0.232
	0.999	0.999	0.999	0.999	0.999	0.999	0.999
P (kPa)	101.214	101.214	101.214	101.214	101.214	101.214	101.214
g (kPa.°C ⁻¹)	0.068	0.068	0.068	0.068	0.068	0.068	0.068
G	-0.228	-0.095	0.114	10.697	0.171	-0.456	0.342
	6.607	6.607	6.607	6.607	6.607	6.607	6.607
	0.737	0.737	0.737	0.737	0.737	0.737	0.737
	0.058	0.027	0.058	0.016	0.016	0.037	0.047
U ₂	0.043	0.020	0.043	0.012	0.012	0.027	0.035
Rn	11.605	11.605	11.605	11.605	11.605	11.605	11.605
	1.147	1.118	1.121	0.084	1.083	1.075	1.065
	0.011	0.006	0.012	0.002	0.003	0.005	0.008
	0.306	0.302	0.308	0.294	0.300	0.287	0.300
ETo (mm./day)	3.78	3.71	3.68	0.29	3.62	3.76	3.57

ตารางผนวกที่ 3 (ต่อ)

D/M/Y	5/10/2008	6/10/2008	7/10/2008	8/10/2008	9/10/2008	10/10/2008	11/10/2008
T mean (°C) i-1	28.30	29.15	28.75	29.20	28.20	28.65	28.60
T mean (°C) i	29.15	28.75	29.20	28.20	28.65	28.60	28.60
T max (°C)	35.10	33.40	34.80	33.20	33.40	33.50	33.30
T min (°C)	23.20	24.10	23.60	23.20	23.90	23.70	23.90
RH max (%)	94.00	95.00	96.00	96.00	95.00	95.00	95.00
RH min (%)	47.00	57.00	47.00	52.00	56.00	54.00	55.00
U _z (km./hrs)	3.60	2.70	2.30	0.90	1.80	1.40	3.60
Sun (hrs.)	10.20	7.30	8.50	5.00	6.50	6.20	6.50
Latitude °N	14.01	14.01	14.01	14.01	14.01	14.01	14.01
Altitude M	7.46	7.46	7.46	7.46	7.46	7.46	7.46
Height of win m.	11	11	11	11	11	11	11
l (MJ.kg.)	2.432	2.433	2.432	2.434	2.433	2.433	2.433
e ⁰ (max)	5.656	5.146	5.563	5.089	5.146	5.175	5.117
e ⁰ (min)	2.845	3.003	2.914	2.845	2.967	2.932	2.967
ea (kPa)	4.250	4.074	4.238	3.967	4.056	4.053	4.042
ed (kPa)	2.666	2.893	2.706	2.688	2.850	2.790	2.817
D (kPa.°C ⁻¹)	0.245	0.236	0.245	0.231	0.235	0.235	0.234
	0.999	0.999	0.999	0.999	0.999	0.999	0.999
P (kPa)	101.215	101.214	101.215	101.214	101.214	101.214	101.214
g (kPa.°C ⁻¹)	0.068	0.068	0.068	0.068	0.068	0.068	0.068
G	0.323	-0.152	0.171	-0.380	0.171	-0.019	0.000
	6.607	6.607	6.607	6.607	6.607	6.607	6.607
	0.737	0.737	0.737	0.737	0.737	0.737	0.737
	0.042	0.031	0.027	0.010	0.021	0.016	0.042
U ₂	0.031	0.023	0.020	0.008	0.015	0.012	0.031
Rn	11.605	11.605	11.605	11.605	11.605	11.605	11.605
	1.130	1.132	1.141	1.128	1.097	1.114	1.110
	0.010	0.006	0.006	0.002	0.004	0.003	0.008
	0.314	0.304	0.313	0.299	0.303	0.303	0.303
ETo (mm./day)	3.63	3.74	3.67	3.78	3.63	3.69	3.69

ตารางผนวกที่ 3 (ต่อ)

D/M/Y	12/10/08	13/10/08	14/10/08	15/10/08	16/10/08	17/10/08	18/10/08
T mean (°C) i-1	28.60	27.75	28.65	28.20	28.70	29.00	28.85
T mean (°C) i	27.75	28.65	28.20	28.70	29.00	28.85	27.40
T max (°C)	32.70	33.50	33.00	33.20	33.20	32.80	30.50
T min (°C)	22.80	23.80	23.40	24.20	24.80	24.90	24.30
RH max (%)	95.00	95.00	96.00	95.00	95.00	94.00	95.00
RH min (%)	55.00	52.00	54.00	53.00	54.00	50.00	63.00
U _z (km./hrs)	4.10	2.30	1.80	2.70	4.50	10.80	6.30
Sun (hrs.)	9.40	7.60	7.80	9.50	8.20	6.80	2.90
Latitude °N	14.01	14.01	14.01	14.01	14.01	14.01	14.01
Altitude M	7.46	7.46	7.46	7.46	7.46	7.46	7.46
Height of win m.	11	11	11	11	11	11	11
l (MJ.kg.)	2.435	2.433	2.434	2.433	2.433	2.433	2.436
e ⁰ (max)	4.948	5.175	5.032	5.089	5.089	4.976	4.368
e ⁰ (min)	2.777	2.949	2.879	3.021	3.131	3.150	3.039
ea (kPa)	3.862	4.062	3.955	4.055	4.110	4.063	3.703
ed (kPa)	2.679	2.746	2.741	2.783	2.861	2.724	2.819
D (kPa.°C ⁻¹)	0.225	0.235	0.230	0.235	0.238	0.235	0.217
	0.999	0.999	0.999	0.999	0.999	0.999	0.999
P (kPa)	101.214	101.214	101.214	101.214	101.214	101.214	101.214
g (kPa.°C ⁻¹)	0.068	0.068	0.068	0.068	0.068	0.068	0.068
G	-0.323	0.342	-0.171	0.190	0.114	-0.057	-0.551
	6.607	6.607	6.607	6.607	6.607	6.607	6.607
	0.737	0.737	0.737	0.737	0.737	0.737	0.737
	0.047	0.027	0.021	0.031	0.052	0.125	0.073
U ₂	0.035	0.020	0.015	0.023	0.038	0.092	0.054
Rn	11.605	11.605	11.605	11.605	11.605	11.605	11.605
	1.097	1.082	1.105	1.094	1.114	1.119	1.075
	0.008	0.005	0.004	0.006	0.010	0.025	0.010
	0.294	0.304	0.298	0.303	0.306	0.305	0.286
ETo (mm./day)	3.76	3.58	3.72	3.63	3.67	3.75	3.80

ตารางผนวกที่ 3 (ต่อ)

D/M/Y	19/10/08	20/10/08	21/10/08	22/10/08	23/10/08	24/10/08	25/10/08
T mean (°C) i-1	27.40	25.95	28.25	28.80	28.85	28.85	27.50
T mean (°C) i	25.95	28.25	28.80	28.85	28.85	27.50	27.25
T max (°C)	28.40	32.80	33.60	33.80	33.80	31.60	31.10
T min (°C)	23.50	23.70	24.00	23.90	23.90	23.40	23.40
RH max (%)	96.00	95.00	95.00	95.00	95.00	97.00	96.00
RH min (%)	76.00	58.00	57.00	54.00	52.00	63.00	73.00
U _z (km./hrs)	2.30	1.80	2.30	2.30	0.90	3.20	4.10
Sun (hrs.)	1.40	8.50	6.40	8.50	7.90	3.80	6.60
Latitude °N	14.01	14.01	14.01	14.01	14.01	14.01	14.01
Altitude M	7.46	7.46	7.46	7.46	7.46	7.46	7.46
Height of win m.	11	11	11	11	11	11	11
l (MJ.kg.)	2.440	2.434	2.433	2.433	2.433	2.436	2.437
e ⁰ (max)	3.870	4.976	5.204	5.262	5.262	4.650	4.520
e ⁰ (min)	2.896	2.932	5.204	5.262	5.262	4.650	4.520
ea (kPa)	3.383	3.954	5.204	5.262	5.262	4.650	4.520
ed (kPa)	2.861	2.835	3.096	3.128	3.128	2.799	2.698
D (kPa.°C ⁻¹)	0.200	0.230	0.301	0.304	0.304	0.272	0.265
	0.999	0.999	0.999	0.999	0.999	0.999	0.999
P (kPa)	101.214	101.214	101.214	101.214	101.214	101.214	101.214
g (kPa.°C ⁻¹)	0.068	0.068	0.068	0.068	0.068	0.068	0.068
G	-0.551	0.874	0.209	0.019	0.000	-0.513	-0.095
	6.607	6.607	6.607	6.607	6.607	6.607	6.607
	0.737	0.737	0.737	0.737	0.737	0.737	0.737
	0.027	0.021	0.660	0.625	0.602	0.729	0.845
U ₂	0.020	0.015	0.486	0.461	0.444	0.537	0.623
Rn	11.605	11.605	11.605	11.605	11.605	11.605	11.605
	0.993	1.006	1.401	1.439	1.442	1.344	1.264
	0.002	0.003	0.207	0.199	0.191	0.202	0.230
	0.268	0.298	0.380	0.383	0.383	0.352	0.347
ETo (mm./day)	3.71	3.39	4.23	4.28	4.27	4.39	4.31

ตารางผนวกที่ 3 (ต่อ)

D/M/Y	26/10/08	27/10/08	28/10/08	29/10/08	30/10/08	31/10/08	1/11/08
T mean (°C) i-1	27.25	27.65	27.85	26.75	26.05	27.25	27.40
T mean (°C) i	27.65	27.85	26.75	26.05	27.25	27.40	28.65
T max (°C)	30.70	31.40	31.30	30.00	31.30	31.00	33.30
T min (°C)	24.60	24.30	22.20	22.10	23.20	23.80	24.00
RH max (%)	96.00	96.00	95.00	95.00	94.00	95.00	95.00
RH min (%)	69.00	66.00	66.00	74.00	68.00	76.00	53.00
U _z (km./hrs)	2.70	2.70	3.60	0.50	6.80	0.50	0.90
Sun (hrs.)	2.30	3.50	5.60	3.40	4.20	4.20	7.40
Latitude °N	14.01	14.01	14.01	14.01	14.01	14.01	14.01
Altitude M	7.46	7.46	7.46	7.46	7.46	7.46	7.46
Height of win m.	11	11	11	11	11	11	11
l (MJ.kg.)	2.436	2.435	2.438	2.439	2.437	2.436	2.433
e ⁰ (max)	4.418	4.597	4.571	4.244	4.571	4.494	5.117
e ⁰ (min)	4.418	4.597	4.571	4.244	4.571	4.494	2.985
ea (kPa)	4.418	4.597	4.571	4.244	4.571	4.494	4.051
ed (kPa)	2.664	2.765	2.679	2.485	2.679	2.669	2.774
D (kPa.°C ⁻¹)	0.258	0.268	0.269	0.251	0.268	0.263	0.235
	0.999	0.999	0.999	0.999	0.999	0.999	0.999
P (kPa)	101.214	101.214	101.214	101.214	101.214	101.214	101.214
g (kPa.°C ⁻¹)	0.068	0.068	0.068	0.068	0.068	0.068	0.068
G	0.152	0.076	-0.418	-0.266	0.456	0.057	0.475
	6.607	6.607	6.607	6.607	6.607	6.607	6.607
	0.737	0.737	0.737	0.737	0.737	0.737	0.737
	0.799	0.764	0.764	0.856	0.787	0.880	0.010
U ₂	0.589	0.563	0.563	0.631	0.580	0.648	0.008
Rn	11.605	11.605	11.605	11.605	11.605	11.605	11.605
	1.205	1.261	1.318	1.215	1.218	1.239	1.066
	0.209	0.209	0.217	0.226	0.223	0.240	0.002
	0.339	0.349	0.349	0.333	0.349	0.346	0.303
ETo (mm./day)	4.17	4.21	4.39	4.33	4.13	4.28	3.53

ตารางผนวกที่ 3 (ต่อ)

D/M/Y	2/11/2008	3/11/2008	4/11/2008	5/11/2008	6/11/2008	7/11/2008	8/11/2008
T mean (°C) i-1	28.65	27.55	27.45	27.95	27.20	27.65	27.35
T mean (°C) i	27.55	27.45	27.95	27.20	27.65	27.35	27.60
T max (°C)	32.50	32.20	32.50	30.60	31.70	30.80	32.50
T min (°C)	22.60	22.70	23.40	23.80	23.60	23.90	22.70
RH max (%)	95.00	95.00	96.00	96.00	96.00	96.00	96.00
RH min (%)	46.00	54.00	62.00	63.00	58.00	67.00	60.00
U _z (km./hrs)	1.80	1.80	2.30	2.70	4.50	3.20	4.50
Sun (hrs.)	9.50	8.10	4.80	5.40	7.90	4.20	8.90
Latitude °N	14.01	14.01	14.01	14.01	14.01	14.01	14.01
Altitude M	7.46	7.46	7.46	7.46	7.46	7.46	7.46
Height of win m.	11	11	11	11	11	11	11
l (MJ.kg.)	2.436	2.436	2.435	2.437	2.436	2.436	2.436
e ⁰ (max)	4.892	4.810	4.892	4.393	4.676	4.443	4.892
e ⁰ (min)	2.743	2.760	2.879	2.949	2.914	2.967	2.760
ea (kPa)	3.818	3.785	3.886	3.671	3.795	3.705	3.826
ed (kPa)	2.428	2.610	2.899	2.799	2.755	2.913	2.792
D (kPa.°C ⁻¹)	0.223	0.221	0.226	0.215	0.222	0.217	0.223
	0.999	0.999	0.999	0.999	0.999	0.999	0.999
P (kPa)	101.214	101.214	101.214	101.214	101.214	101.214	101.214
g (kPa.°C ⁻¹)	0.068	0.068	0.068	0.068	0.068	0.068	0.068
G	-0.418	-0.038	0.190	-0.285	0.171	-0.114	0.095
	6.607	6.607	6.607	6.607	6.607	6.607	6.607
	0.737	0.737	0.737	0.737	0.737	0.737	0.737
	0.021	0.021	0.027	0.031	0.052	0.037	0.052
U ₂	0.015	0.015	0.020	0.023	0.038	0.027	0.038
Rn	11.605	11.605	11.605	11.605	11.605	11.605	11.605
	1.094	1.051	1.054	1.043	1.034	1.037	1.050
	0.004	0.004	0.004	0.004	0.008	0.004	0.008
	0.291	0.289	0.295	0.283	0.290	0.285	0.292
ETo (mm./day)	3.77	3.65	3.59	3.70	3.59	3.65	3.62

ตารางผนวกที่ 3 (ต่อ)

D/M/Y	9/11/08	10/11/08	11/11/08	12/11/08	13/11/08	14/11/08	15/11/08
T mean (°C) i-1	27.60	26.90	25.35	24.15	23.10	23.40	22.85
T mean (°C) i	26.90	25.35	24.15	23.10	23.40	22.85	24.05
T max (°C)	31.10	28.50	28.20	27.70	28.00	27.70	29.70
T min (°C)	22.70	22.20	20.10	18.50	18.80	18.00	18.40
RH max (%)	95.00	96.00	94.00	95.00	96.00	96.00	96.00
RH min (%)	53.00	50.00	47.00	52.00	49.00	50.00	52.00
U _z (km./hrs)	8.10	9.00	9.50	5.00	7.20	8.60	7.70
Sun (hrs.)	8.50	7.30	4.10	9.40	9.30	8.70	8.40
Latitude °N	14.01	14.01	14.01	14.01	14.01	14.01	14.01
Altitude M	7.46	7.46	7.46	7.46	7.46	7.46	7.46
Height of win m.	11	11	11	11	11	11	11
l (MJ.kg.)	2.437	2.441	2.444	2.446	2.446	2.447	2.444
e ⁰ (max)	4.520	3.893	3.825	3.716	3.781	3.716	4.172
e ⁰ (min)	2.760	2.677	2.354	2.130	2.171	2.065	2.117
ea (kPa)	3.640	3.285	3.089	2.923	2.976	2.890	3.145
ed (kPa)	2.509	2.258	2.005	1.978	1.968	1.920	2.101
D (kPa.°C ⁻¹)	0.214	0.195	0.185	0.177	0.179	0.175	0.189
	0.999	0.999	0.999	0.999	0.999	0.999	0.999
P (kPa)	101.214	101.213	101.213	101.213	101.213	101.213	101.213
g (kPa.°C ⁻¹)	0.068	0.068	0.068	0.067	0.067	0.067	0.067
G	-0.266	-0.589	-0.456	-0.399	0.114	-0.209	0.456
	6.607	6.607	6.607	6.607	6.607	6.607	6.607
	0.737	0.737	0.737	0.737	0.737	0.737	0.737
	0.094	0.104	0.110	0.058	0.083	0.100	0.089
U ₂	0.069	0.077	0.081	0.043	0.061	0.073	0.066
Rn	11.605	11.605	11.605	11.605	11.605	11.605	11.605
	1.035	0.971	0.912	0.865	0.841	0.844	0.858
	0.016	0.016	0.018	0.008	0.013	0.015	0.014
	0.283	0.265	0.255	0.245	0.248	0.244	0.258
ETo (mm./day)	3.71	3.73	3.65	3.56	3.44	3.52	3.39

ตารางผนวกที่ 3 (ต่อ)

D/M/Y	16/11/08	17/11/08	18/11/08	19/11/08	20/11/08	21/11/08	22/11/08
T mean (°C) i-1	24.05	25.65	27.50	26.65	26.60	25.95	24.80
T mean (°C) i	25.65	27.50	26.65	26.60	25.95	24.80	25.20
T max (°C)	29.70	31.20	30.10	29.70	29.50	29.40	29.70
T min (°C)	21.60	23.80	23.20	23.50	22.40	20.20	20.70
RH max (%)	96.00	96.00	94.00	93.00	94.00	97.00	95.00
RH min (%)	63.00	54.00	56.00	58.00	52.00	54.00	56.00
U _z (km./hrs)	3.60	4.10	5.40	4.50	14.40	5.90	6.90
Sun (hrs.)	1.80	8.00	3.00	4.20	3.70	66.20	5.60
Latitude °N	14.01	14.01	14.01	14.01	14.01	14.01	14.01
Altitude M	7.46	7.46	7.46	7.46	7.46	7.46	7.46
Height of win m.	11	11	11	11	11	11	11
l (MJ.kg.)	2.440	2.436	2.438	2.438	2.440	2.442	2.442
e ⁰ (max)	4.172	4.545	4.269	4.172	4.124	4.101	4.172
e ⁰ (min)	2.581	2.949	2.845	2.896	2.710	2.368	2.442
ea (kPa)	3.376	3.747	3.557	3.534	3.417	3.234	3.307
ed (kPa)	2.553	2.643	2.532	2.557	2.346	2.256	2.328
D (kPa.°C ⁻¹)	0.200	0.219	0.209	0.208	0.202	0.193	0.197
	0.999	0.999	0.999	0.999	0.999	0.999	0.999
P (kPa)	101.214	101.214	101.214	101.214	101.214	101.213	101.213
g (kPa.°C ⁻¹)	0.068	0.068	0.068	0.068	0.068	0.068	0.068
G	0.608	0.703	-0.323	-0.019	-0.247	-0.437	0.152
	6.607	6.607	6.607	6.607	6.607	6.607	6.607
	0.737	0.737	0.737	0.737	0.737	0.737	0.737
	0.042	0.047	0.063	0.052	0.167	0.068	0.080
U ₂	0.031	0.035	0.046	0.038	0.123	0.050	0.059
Rn	11.605	11.605	11.605	11.605	11.605	11.605	11.605
	0.898	0.974	1.018	0.987	0.977	0.948	0.919
	0.005	0.008	0.010	0.008	0.027	0.010	0.012
	0.268	0.288	0.278	0.277	0.273	0.262	0.266
ETo (mm./day)	3.36	3.42	3.70	3.59	3.68	3.66	3.50

ตารางผนวกที่ 3 (ต่อ)

D/M/Y	23/11/08	24/11/08	25/11/08	26/11/08	27/11/08	28/11/08	29/11/08	30/11/08
T mean (°C) i-1	25.20	26.40	27.15	26.35	25.45	25.80	23.55	22.50
T mean (°C) i	26.40	27.15	26.35	25.45	25.80	23.55	22.50	21.75
T max (°C)	31.20	31.30	28.20	28.30	29.90	27.60	27.40	25.50
T min (°C)	21.60	23.00	24.50	22.60	21.70	19.50	17.60	18.00
RH max (%)	95.00	94.00	94.00	94.00	94.00	92.00	95.00	95.00
RH min (%)	54.00	54.00	63.00	58.00	45.00	46.00	46.00	44.00
U _z (km./hrs)	6.30	8.60	4.50	5.90	8.60	8.60	10.40	11.30
Sun (hrs.)	8.90	7.80	0.50	1.10	9.40	8.90	9.30	0.30
Latitude °N	14.01	14.01	14.01	14.01	14.01	14.01	14.01	14.01
Altitude M	7.46	7.46	7.46	7.46	7.46	7.46	7.46	7.46
Height of win m.	11	11	11	11	11	11	11	11
l (MJ.kg.)	2.439	2.437	2.439	2.441	2.440	2.445	2.448	2.450
e ⁰ (max)	4.545	4.571	3.825	3.848	4.220	3.694	3.651	3.264
e ⁰ (min)	2.581	2.810	3.076	2.743	2.597	2.268	2.013	2.065
ea (kPa)	3.563	3.691	3.451	3.295	3.408	2.981	2.832	2.665
ed (kPa)	2.453	2.555	2.651	2.405	2.170	1.893	1.796	1.699
D (kPa.°C ⁻¹)	0.210	0.216	0.203	0.196	0.202	0.180	0.172	0.163
	0.999	0.999	0.999	0.999	0.999	0.999	0.999	0.999
P (kPa)	101.214	101.214	101.214	101.213	101.214	101.213	101.213	101.212
g (kPa.°C ⁻¹)	0.068	0.068	0.068	0.068	0.068	0.067	0.067	0.067
G	0.456	0.285	-0.304	-0.342	0.133	-0.855	-0.399	-0.285
	6.607	6.607	6.607	6.607	6.607	6.607	6.607	6.607
	0.737	0.737	0.737	0.737	0.737	0.737	0.737	0.737
	0.073	0.100	0.052	0.068	0.100	0.100	0.120	0.131
U ₂	0.054	0.073	0.038	0.050	0.073	0.073	0.089	0.096
Rn	11.605	11.605	11.605	11.605	11.605	11.605	11.605	11.605
	0.955	0.999	0.989	0.954	0.945	0.913	0.842	0.790
	0.012	0.017	0.006	0.009	0.019	0.016	0.019	0.019
	0.279	0.286	0.272	0.264	0.271	0.249	0.241	0.232
ETo (mm./day)	3.47	3.56	3.66	3.64	3.55	3.74	3.57	3.48

ตารางผนวกที่ 4 การคำนวณหาปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิงจากปริมาณการระเหยน้ำจากถาดวัด

วัน/เดือน/ปี	ปริมาณการระเหยน้ำ (มม./วัน)	ค่าสัมประสิทธิ์ ถาดวัดการระเหย (Kp)	ค่าปริมาณการใช้น้ำ (ETo) (มม./วัน)
25 พ.ค. 51	6.7	0.85	5.04
26 พ.ค. 51	4.9	0.85	3.68
27 พ.ค. 51	5.2	0.85	3.91
28 พ.ค. 51	4.2	0.85	3.17
29 พ.ค. 51	5.8	0.85	4.39
30 พ.ค. 51	4.1	0.86	3.11
31 พ.ค. 51	4.3	0.85	3.24
1 มิ.ย. 51	5.3	0.84	3.96
2 มิ.ย. 51	4.9	0.85	3.69
3 มิ.ย. 51	4.6	0.85	3.45
4 มิ.ย. 51	6.0	0.86	4.55
5 มิ.ย. 51	4.2	0.85	3.17
6 มิ.ย. 51	6.8	0.85	5.09
7 มิ.ย. 51	5.0	0.85	3.74
8 มิ.ย. 51	4.7	0.85	3.52
9 มิ.ย. 51	4.5	0.85	3.40
10 มิ.ย. 51	6.0	0.84	4.48
11 มิ.ย. 51	3.7	0.85	2.79
12 มิ.ย. 51	5.0	0.85	3.78
13 มิ.ย. 51	5.5	0.85	4.15
14 มิ.ย. 51	3.4	0.85	2.57
15 มิ.ย. 51	3.3	0.85	2.49
16 มิ.ย. 51	3.5	0.85	2.65
17 มิ.ย. 51	1.8	0.86	1.37
18 มิ.ย. 51	4.4	0.85	3.33
19 มิ.ย. 51	5.4	0.86	4.12
20 มิ.ย. 51	2.9	0.85	2.18

ตารางผนวกที่ 4 (ต่อ)

วัน/เดือน/ปี	ปริมาณการระเหยน้ำ (มม./วัน)	ค่าสัมประสิทธิ์ ค่าวัดการระเหย (Kp)	ค่าปริมาณการใช้น้ำ (ET _o) (มม./วัน)
21 มิ.ย. 51	5.7	0.85	4.27
22 มิ.ย. 51	4.8	0.85	3.63
23 มิ.ย. 51	6.8	0.85	5.10
24 มิ.ย. 51	5.5	0.85	4.13
25 มิ.ย. 51	5.6	0.85	4.21
26 มิ.ย. 51	5.0	0.85	3.76
27 มิ.ย. 51	5.4	0.85	4.05
28 มิ.ย. 51	5.9	0.85	4.46
29 มิ.ย. 51	5.8	0.85	4.36
30 มิ.ย. 51	5.0	0.85	3.76
1 ก.ค. 51	6.0	0.85	4.52
2 ก.ค. 51	5.9	0.86	4.48
3 ก.ค. 51	2.9	0.85	2.20
4 ก.ค. 51	5.3	0.84	3.96
5 ก.ค. 51	5.0	0.84	3.74
6 ก.ค. 51	4.2	0.85	3.17
7 ก.ค. 51	4.0	0.86	3.03
8 ก.ค. 51	4.2	0.80	2.96
9 ก.ค. 51	3.2	1.00	2.88
10 ก.ค. 51	3.6	0.87	2.77
11 ก.ค. 51	5.0	0.85	3.75
12 ก.ค. 51	4.4	0.85	3.29
13 ก.ค. 51	3.9	0.85	2.93
14 ก.ค. 51	5.2	0.84	3.87
15 ก.ค. 51	5.9	0.84	4.41
16 ก.ค. 51	6.0	0.85	4.49
17 ก.ค. 51	5.0	0.85	3.75

ตารางผนวกที่ 4 (ต่อ)

วัน/เดือน/ปี	ปริมาณการระเหยน้ำ (มม./วัน)	ค่าสัมประสิทธิ์ ถ้าวัดการระเหย (Kp)	ค่าปริมาณการใช้น้ำ (ETo) (มม./วัน)
18 ก.ค. 51	5.8	0.85	4.37
19 ก.ค. 51	6.3	0.86	4.79
20 ก.ค. 51	2.2	0.87	1.69
21 ก.ค. 51	4.5	0.85	3.37
22 ก.ค. 51	5.0	0.85	3.75
23 ก.ค. 51	5.8	0.86	4.41
24 ก.ค. 51	3.3	0.86	2.52
25 ก.ค. 51	4.5	0.86	3.43
26 ก.ค. 51	3.8	0.85	2.86
27 ก.ค. 51	5.3	0.84	3.96
28 ก.ค. 51	4.8	0.85	3.60
29 ก.ค. 51	3.3	0.84	2.46
30 ก.ค. 51	5.6	0.85	4.19
31 ก.ค. 51	3.5	0.85	2.64
1 ส.ค. 51	6.0	0.86	4.56
2 ส.ค. 51	3.0	0.85	2.27
3 ส.ค. 51	4.9	0.85	3.68
4 ส.ค. 51	5.9	0.85	4.43
5 ส.ค. 51	4.3	0.85	3.25
6 ส.ค. 51	4.9	0.85	3.70
7 ส.ค. 51	3.0	0.85	2.27
8 ส.ค. 51	1.5	0.86	1.14
9 ส.ค. 51	3.4	0.85	2.55
10 ส.ค. 51	5.2	0.85	3.93
11 ส.ค. 51	5.0	0.86	3.81
12 ส.ค. 51	2.6	0.86	1.98
13 ส.ค. 51	4.3	0.85	3.26

ตารางผนวกที่ 4 (ต่อ)

วัน/เดือน/ปี	ปริมาณการระเหยน้ำ (มม./วัน)	ค่าสัมประสิทธิ์ การวัดการระเหย (Kp)	ค่าปริมาณการใช้น้ำ (ETo) (มม./วัน)
14 ส.ค. 51	5.9	0.85	4.42
15 ส.ค. 51	4.8	0.85	3.60
16 ส.ค. 51	7.1	0.85	5.27
17 ส.ค. 51	8.1	0.85	6.12
18 ส.ค. 51	5.7	0.85	4.13
19 ส.ค. 51	3.3	0.86	2.52
20 ส.ค. 51	4.8	0.85	3.60
21 ส.ค. 51	5.6	0.85	4.19
22 ส.ค. 51	4.9	0.85	3.67
23 ส.ค. 51	5.9	0.84	4.41
24 ส.ค. 51	3.3	0.85	2.47
25 ส.ค. 51	2.6	0.85	1.96
26 ส.ค. 51	6.1	0.85	4.58
27 ส.ค. 51	5.3	0.85	3.97
28 ส.ค. 51	4.5	0.85	3.40
29 ส.ค. 51	5.1	0.85	3.84
30 ส.ค. 51	4.4	0.85	3.30
31 ส.ค. 51	4.4	0.85	3.30
1 ก.ย. 51	3.8	0.85	2.87
2 ก.ย. 51	3.6	0.85	2.72
3 ก.ย. 51	4.8	0.85	3.59
4 ก.ย. 51	6.5	0.85	4.88
5 ก.ย. 51	6.2	0.85	4.66
6 ก.ย. 51	5.7	0.85	4.28
7 ก.ย. 51	0.9	0.85	0.68
8 ก.ย. 51	4.5	0.85	3.39
9 ก.ย. 51	4.7	0.86	3.60

ตารางผนวกที่ 4 (ต่อ)

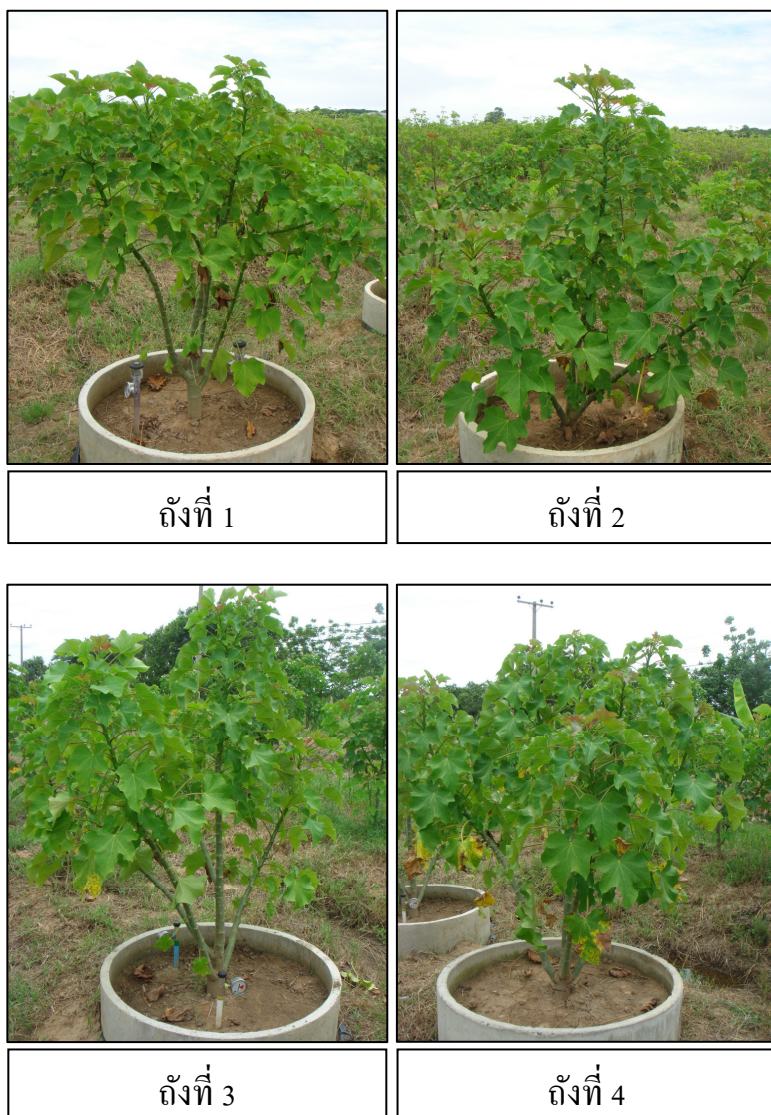
วัน/เดือน/ปี	ปริมาณการระเหยน้ำ (มม./วัน)	ค่าสัมประสิทธิ์ การวัดการระเหย (Kp)	ค่าปริมาณการใช้น้ำ (ETo) (มม./วัน)
10 ก.ย. 51	3.2	0.86	2.44
11 ก.ย. 51	4.7	0.87	3.63
12 ก.ย. 51	2.9	0.87	2.24
13 ก.ย. 51	4.1	0.86	3.12
14 ก.ย. 51	6.1	0.86	4.65
15 ก.ย. 51	4.9	0.86	3.73
16 ก.ย. 51	2.2	0.86	1.68
17 ก.ย. 51	2.3	0.87	1.77
18 ก.ย. 51	5.6	0.86	4.25
19 ก.ย. 51	4.7	0.86	3.58
20 ก.ย. 51	4.5	0.86	3.42
21 ก.ย. 51	5.8	0.86	4.41
22 ก.ย. 51	5.4	0.85	4.07
23 ก.ย. 51	5.3	0.85	4.01
24 ก.ย. 51	5.9	0.86	4.48
25 ก.ย. 51	4.5	0.86	3.42
26 ก.ย. 51	3.1	0.86	2.37
27 ก.ย. 51	5.7	0.85	4.31
28 ก.ย. 51	5.0	0.86	3.80
29 ก.ย. 51	4.0	0.85	3.00
30 ก.ย. 51	5.3	0.85	3.99
1 ต.ค. 51	1.9	0.86	1.45
2 ต.ค. 51	2.7	0.86	2.05
3 ต.ค. 51	2.3	0.86	1.76
4 ต.ค. 51	5.5	0.86	4.19
5 ต.ค. 51	4.2	0.85	3.15
6 ต.ค. 51	4.5	0.86	3.42

ตารางผนวกที่ 4 (ต่อ)

วัน/เดือน/ปี	ปริมาณการระเหยน้ำ (มม./วัน)	ค่าสัมประสิทธิ์ ถ้าวัดการระเหย (Kp)	ค่าปริมาณการใช้น้ำ (ETo) (มม./วัน)
7 ต.ค. 51	3.3	0.85	2.48
8 ต.ค. 51	2.4	0.85	1.81
9 ต.ค. 51	4.1	0.86	3.11
10 ต.ค. 51	4.0	0.85	3.02
11 ต.ค. 51	4.8	0.86	3.64
12 ต.ค. 51	3.8	0.86	2.88
13 ต.ค. 51	5.7	0.85	4.30
14 ต.ค. 51	3.6	0.85	2.72
15 ต.ค. 51	5.0	0.85	3.78
16 ต.ค. 51	4.5	0.86	3.41
17 ต.ค. 51	5.2	0.85	3.94
18 ต.ค. 51	3.4	0.86	2.61
19 ต.ค. 51	2.6	0.87	2.02
20 ต.ค. 51	4.3	0.86	3.27
21 ต.ค. 51	3.3	0.86	2.52
22 ต.ค. 51	3.7	0.86	2.82
23 ต.ค. 51	2.8	0.86	2.13
24 ต.ค. 51	6.0	0.87	4.62
25 ต.ค. 51	4.9	0.87	3.80
26 ต.ค. 51	4.3	0.87	3.33
27 ต.ค. 51	2.3	0.87	1.77
28 ต.ค. 51	3.5	0.87	2.69
29 ต.ค. 51	3.1	0.87	2.40
30 ต.ค. 51	FULL	0.87	2.62
31 ต.ค. 51	3.7	0.87	2.87
1 พ.ย. 51	3.9	0.85	2.94
2 พ.ย. 51	4.5	0.85	3.37

ตารางผนวกที่ 4 (ต่อ)

วัน/เดือน/ปี	ปริมาณการระเหยน้ำ (มม./วัน)	ค่าสัมประสิทธิ์ ถ้าวัดการระเหย (Kp)	ค่าปริมาณการใช้น้ำ (ETo) (มม./วัน)
3 พ.ย. 51	2.5	0.85	1.89
4 พ.ย. 51	2.1	0.86	1.60
5 พ.ย. 51	4.2	0.86	3.21
6 พ.ย. 51	2.6	0.86	1.98
7 พ.ย. 51	7.1	0.87	5.46
8 พ.ย. 51	5.1	0.86	3.90
9 พ.ย. 51	2.5	0.86	1.90
10 พ.ย. 51	7.4	0.86	5.61
11 พ.ย. 51	4.5	0.85	3.39
12 พ.ย. 51	4.2	0.85	3.18
13 พ.ย. 51	4.0	0.85	3.02
14 พ.ย. 51	4.2	0.86	3.18
15 พ.ย. 51	3.7	0.86	2.81
16 พ.ย. 51	1.8	0.86	1.38
17 พ.ย. 51	4.8	0.86	3.64
18 พ.ย. 51	4.3	0.86	3.27
19 พ.ย. 51	4.7	0.86	3.57
20 พ.ย. 51	4.9	0.86	3.73
21 พ.ย. 51	5.5	0.86	4.18
22 พ.ย. 51	3.4	0.86	2.59
23 พ.ย. 51	4.9	0.86	3.72
24 พ.ย. 51	5.3	0.86	4.03
25 พ.ย. 51	2.7	0.86	2.06
26 พ.ย. 51	3.2	0.86	2.44
27 พ.ย. 51	7.0	0.85	5.26
28 พ.ย. 51	3.7	0.85	2.78
29 พ.ย. 51	4.2	0.85	3.17



ภาพผนวกที่ 3 สบู่ดำที่ปลูกในถังวัดการใช้น้ำในแต่ละถัง



ภาพผนวกที่ 4 การปลูกหญ้าขนาดเล็กในถังวัดการใช้น้ำ



ภาพผนวกที่ 5 การทดลองที่ 1 การศึกษาหาปริมาณการใช้น้ำของสบูดำโดยใช้ระบบน้ำหยด



ภาพผนวกที่ 6 การทดลองที่ 3 การศึกษาผลของช่วงเวลาการให้น้ำที่มีต่อจำนวนช่อดอกและการเจริญเติบโตของสบูดำ



ภาพผนวกที่ 7 ลักษณะต้นสบู่ดำที่ปลูกในถังวัดการใช้น้ำ



ภาพผนวกที่ 8 ลักษณะต้นสบู่ดำที่ปลูกในสภาพแปลงปลูกปกติและมีการให้น้ำชลประทาน



ภาพผนวกที่ 9 ลักษณะต้นสบู่ดำที่ปลูกในสภาพแปลงปลูกปกติและไม่มีการให้น้ำชลประทาน

ประวัติการศึกษาและการทำงาน

ชื่อ – นามสกุล	นายขวัญชัย เศษอุปการ
วัน เดือน ปี ที่เกิด	5 มีนาคม 2526
สถานที่เกิด	27 หมู่ที่ 6 ต.เที่ยงแท้ อ.สรรคบุรี จ.ชัยนาท
ประวัติการศึกษา	วิทยาศาสตร์บัณฑิต (เกษตรศาสตร์) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ตำแหน่งหน้าที่งานปัจจุบัน	ผู้ช่วยนักวิจัย
ผลงานดีเด่นและรางวัลทางวิชาการ	1. ผลงานวิจัยเรื่อง การเพิ่มศักยภาพการผลิตเกษตรอินทรีย์ด้วยเทคโนโลยีตามมาตรฐานสากลในพื้นที่จังหวัดสิงห์บุรี อ่างทอง และชัยนาท 2. เสนอผลงานวิจัยภาคโปสเตอร์ การประชุมวิชาการมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ครั้งที่ 5 เรื่อง การศึกษาหาปริมาณการใช้น้ำของสบู่ดำ
ทุนการศึกษาที่ได้รับ	1. ทุนบริษัท Protector Nutrition (Thailand) Co., Ltd. (พ.ศ. 2551-2552) 2. ทุนดร.อัมพร สุวรรณเมฆ เพื่อวิทยาการวัชพืช (พ.ศ. 2550-2551) 3. ทุนอุดหนุนวิทยานิพนธ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (พ.ศ. 2550-2551)