โครงงานวิศวกรรมชลประทาน

(02207499)

ที่ 10/2552

เรื่อง

การศึกษาอัตราการให้น้ำแก่พริกหวานที่เหมาะสมด้วยการให้น้ำแบบน้ำหยด

Study of Dripping Irrigation to find Suitable Watering Rate for Sweet Pepper

โดย

นายดิศรินทร์ รักชาติ

นางสาวโสลดา คงสังข์

เสนอ

ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (วิศวกรรมโยธา-ชลประทาน)

พุทธศักราช 2552

สารบัญ

	หน้า
ใบรับรองโครงงานวิศวกรรมชลประทาน	I
บทคัดย่อ	II
Abstract	III
คำนิยม	IV
คำนำ วัตถุประสงค์ ขอบเขตการศึกษา	
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	1
ขอบเขตการศึกษา	2
การตรวจเอกสาร	
ปริมาณการใช้น้ำของพืช	3
การให้น้ำแก่พืช	7
การวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูล	9
พริกหวาน	12
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	18
อุปกรณ์และวิธีการทดลอง	
อุปกรณ์	19
วิธีการทดลอง	20
ผลการทดลอง	
อัตราการไหลของกระป๋องน้ำหยด	23
ปริมาณการใช้น้ำของพริกหวาน	24
การเปรียบเทียบผล	28
สรุป วิจารณ์ผล และข้อเสนอแนะ	
สรุป	30
วิจารณ์ผลการทดลอง	31
ข้อเสนอแนะ	32
เอกสารอ้างอิง	33

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก	การปลูกพริกหวาน	35
ภาคผนวก ข	การคำนวณปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง ด้วยวิธี FAO Penman-Monteith	39
ภาคผนวก ค	ตารางข้อมูลสภาพภูมิอากาศของสถานีอุตุนิยมวิทยา	43
ภาคผนวก ง	ตารางข้อมูลน้ำระบายและปริมาณการใช้น้ำของพริกหวาน	59
ภาคผนวก จ	การทดสอบข้อมูลทางสถิติโดยใช้ ANOVA	67
ภาคผนวก ฉ	วิธีการทำกระป๋องน้ำหยด	74
ภาคผนวก ช	วิธีการคำนวณอัตราการไหลสำหรับการให้น้ำแบบจุลภาค (Micro-Irrigation)	78
ประวัติผู้จัดทำ		85

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่

1 ปริมาณการใช้น้ำของพืช 3

2 ตัวอย่างกระป๋องน้ำหยด (ก) และ การใส่สายยางที่ก้นกระถาง (ข) 19

3 ลักษณะการวางกระถางกับกระป๋องน้ำหยด 20

4 กล้าพริกหวานในถาดเพาะ 21

5 นำต้นพริกหวานลงกระถาง 21

6 แสดงระยะจากระดับน้ำถึงปลายท่อที่น้ำออก (ΔZ)
กระป๋องน้ำหยด กระป๋องที่ 17 23

7 กราฟแสดงการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (ETo) โดยวิธี Penman-Montieth 26

8 กราฟแสดงการเปรียบเทียบผลการใช้น้ำของพริกหวานเป็น มิลลิเมตร 26

9 กราฟแสดงการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการให้น้ำของพริกหวาน 27

ภาพผนวกที่

1 ลักษณะการวางกระถางและกระป๋องน้ำหยด 35

2 การเจาะกระถางใส่สายยาง 35

3 พริกหวานอายุ 6 วันหลังการเพาะในถาดเพาะกล้า 36

4 ลักษณะลำต้นพริกหวาน 36

5 ลักษณะใบพริกหวาน 37

6 ลักษณะดอกพริกหวาน 37

7 ลักษณะผลพริกหวานที่ยังอ่อนเป็นสีเขียว 38

8 ลักษณะผลพริกหวานที่สุกบนต้น 38

9 อุปกรณ์ในการทำกระป๋องน้ำหยด 74

10 ลักษณะการขดลวด 75

11 เจาะรูที่ขวดเพื่อใส่ก้านลูกโป่ง 75

12 เจาะรูที่ขวดยาเพื่อทำเป็นลูกลอย 75

13 เจาะลวดเข้าไปในกระป๋องเพื่อเป็นตัวยึดก้านลูกโป่ง 76

14 ใช้ลวดอ่อนพันรอบก้านลูกโป่งเพื่อยึดให้แน่น 76

15 ใส่ลวดที่ดัดไว้ในข้อแรกในขวดยาที่เจาะไว้ 76

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพผนวกที่	หน้า
16 ใส่สามทางในเส้นลวดที่เจาะปลายแหลม	77
17 เจาะรูที่ก้นกระป๋องเพื่อใส่ตาไก่	77
18 ใส่ท่อสายไฟและติดตั้งให้เรียบร้อย	77
19 สัมประสิทธิ์ของ Entrance loss	79
20 กระป๋องน้ำหยดกระป๋องที่ 17	82

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่

1 อัตราการไหลเทียบกับการปรับระยะจากระดับน้ำถึงปลายท่อ
ที่น้ำออก (ΔZ) ของกระป๋องน้ำหยดแต่ละกระป๋อง 25
2 จำนวนและน้ำหนักของผลผลิต 31

ตารางผนวกที่

1 พลังงานการแผ่รังสีที่ชั้นนอกของบรรยากาศโลก (R_a) 43
2 จำนวนชั่วโมงแสดงแดดในรอบวัน (Daylight hours,N) 45
3 วันของปี (Julient Day, J) 47
4 ส่วนกลับของระยะทางระหว่างโลกกับดวงอาทิตย์สัมพัทธ์ 48
5 มุมเบนของดวงอาทิตย์ตามฤดูกาล (Solar declination, δ) 49
6 ตารางข้อมูลสภาพภูมิอากาศเดือนตุลาคม
สถานีอุตุนิยมวิทยากำแพงแสน 50
7 ตารางข้อมูลสภาพภูมิอากาศเดือนพฤศจิกายน 51
8 ตารางข้อมูลสภาพภูมิอากาศเดือนธันวาคม 53
9 ข้อมูลน้ำที่ระบายในแต่ละวันเป็นมิลลิลิตร 55
10 ข้อมูลปริมาณน้ำที่พืชใช้เป็นมิลลิเมตร 59
11 ข้อมูลประสิทธิภาพการให้น้ำแก่พืชเป็นเปอร์เซ็นต์ 62
12 ข้อมูลประสิทธิภาพการให้น้ำแก่พืชเป็นเปอร์เซ็นต์ ราย 7 วัน 65
13 การแจกแจงแบบ f ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 67
14 เปรียบเทียบอัตราการไหลจากการทดลองและทฤษฎี 84

ใบรับรองโครงงานวิศวกรรมชลประทาน

ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน

คณะวิศวกรรมศาสตร์กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน

เรื่อง การศึกษาอัตราการให้น้ำแก่พริกหวานที่เหมาะสมด้วยการให้น้ำแบบน้ำหยด

Study of Dripping Irrigation to find Suitable Watering Rate for Sweet Pepper

นามผู้จัดทำโครงงาน นายดิศรินทร์ รักชาติ 49242001

นางสาวโสลดา คงสังข์ 49242993

ได้รับพิจารณาเห็นชอบโดย

ประธานกรรมการ _____

(อ.ชูพันธุ์ ชมภูจันทร์)

___/___/___

หัวหน้าภาควิชา _____

(รศ.สันติ ทองพำนัก)

___/___/___

บทคัดย่อ

ชื่อเรื่อง : การศึกษาอัตราการให้น้ำแก่พริกหวานที่เหมาะสมด้วยการให้น้ำแบบน้ำหยด

โดย : นายดิศรินทร์ รักชาติ 49242001
นางสาวโสลดา คงสังข์ 49242993

อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน .....
(อ.ชูพันธุ์ ชมภูจันทร์)
……/……/……

พริกหวานเป็นพืชผักที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจในหลายประเทศทั่วโลก สามารถเจริญเติบโตได้ในดินร่วนปนทราย ระบายน้ำได้ดี แต่เป็นพืชที่ไม่ทนต่อการขาดน้ำหรือให้น้ำมากเกินไป โครงงานนี้จึงได้ศึกษาการให้น้ำของพริกหวานแบบน้ำหยด เพื่อหาอัตราการให้น้ำที่เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของพริกหวาน โดยเริ่มการให้น้ำแบบน้ำหยดแก่พริกหวานที่ปลูกในกระถางทุกวัน วันละ 8 ชั่วโมง ตั้งแต่เดือนตุลาคมถึงเดือนธันวาคม 2553 ในปริมาณที่แตกต่างกัน คือ 200, 350, 500, 650 และ 800 มิลลิลิตรต่อวัน และทำการตรวจวัดปริมาณน้ำระบายเพื่อนำมาคำนวณปริมาณการใช้น้ำด้วยวิธีสมดุลน้ำ

จากการทดลองพบว่าการให้น้ำแก่พริกหวานด้วยน้ำหยดกรณีที่ให้น้ำ 200 และ 350 มิลลิลิตร ต่อวันไม่สามารถทำการสมดุลน้ำได้ เนื่องจากเมื่อให้น้ำไปแล้วไม่มีน้ำระบายออกมา ส่วนกรณีให้น้ำ 500, 650 และ 800 มิลลิลิตรต่อวัน เมื่อนำมาคำนวณปริมาณการใช้น้ำด้วยวิธีสมดุลน้ำพบว่าพริกหวานมีปริมาณการใช้น้ำเฉลี่ย 8.48, 10.11 และ 8.41 มิลลิเมตรต่อวันตามลำดับ และจากการทดสอบทางสถิติข้อมูลพบว่า กรณีที่ให้น้ำ 500, 650 และ 800 มิลลิลิตรต่อวัน มีปริมาณการใช้น้ำของพืชไม่แตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 นอกจากนี้กรณีที่ให้น้ำ 500 มิลลิลิตรต่อวันมีน้ำหนักเฉลี่ยของผลผลิตสูงกว่ากรณีอื่นๆ ด้วย อย่างไรก็ตามกรณีให้น้ำ 200 และ 350 มิลลิลิตรต่อวันก็มีจำนวนผลผลิตและขนาดผลผลิตไม่แตกต่างจากกรณีที่ให้น้ำ 500 มิลลิลิตรต่อวัน ดังนั้นอัตราการให้น้ำแก่พริกหวานที่เหมาะสมคือไม่เกิน 500 มิลลิลิตรต่อวัน

Abstract

Title : Study of Dripping Irrigation to find Suitable Watering Rate for Sweet Pepper

By : Mr. Ditsarin Rakchat 49242001
Miss Solada Kongsang 49242993

Project Advisor .....
(Mr.Chuphan Chompuchan)
……/……/……

Sweet pepper is a nutritious vegetable and important crop in global economic. It can growth well in sandy loam soil with appropriate seepage drain; however, it is intolerance under water stress condition both deficit and excess irrigation. This research aim to study drip irrigation to find suitable application rate for sweet pepper. The drip irrigation was applied to sweet peppers, grown in pots, eight hours a day in the period of October 2009 to December 2009 with the different application rate of 200, 350, 500, 650 and 800 milliliters per day. The drainage water was measured to determine the crop evapotranspiration by water balance method.

The result showed that the drip irrigation at 200 and 350 milliliters per day could not be calculated by water balance method due to no drained water. While the drip irrigation at 500, 650 and 800 milliliters per day, the crop evapotranspiration could be calculated as 8.48, 10.11 and 8.41 millimeters per day, respectively. From the statistical test, it showed that the crop evapotranspiration the application rate of 500, 650 and 800 milliliters per day by are in different, significance level of $\alpha = 0.05$. Moreover, the average yield weight by the drip irrigation at 500 milliliters per day was higher than others. However, the drip irrigation at 200 and 350 milliliters per day show no difference in the number of yield and average yield weight, comparing with the drip irrigation at 500 milliliters per day. Therefore, the suitable drip irrigation for sweet pepper should not be higher than 500 milliliters per day.

คำนิยม

โครงงานวิศวกรรมสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีนั้นผู้จัดทำขอขอบพระคุณท่านอาจารย์ ชูพันธุ์ ชมภูจันทร์ ประธานกรรมการและที่ปรึกษาโครงงาน รศ. สันติ ทองพำ และ ผศ.ดร.พงศธร โสภาพันธุ์ ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำ คำปรึกษา ตรวจสอบ แก้ไข และให้ข้อคิดเห็นต่างๆ จนกระทั่งโครงงานวิศวกรรมเล่มนี้เสร็จสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณ สถานีอุตุนิยมวิทยา กำแพงแสน จังหวัดนครปฐม ที่ได้อนุเคราะห์ข้อมูลทางด้านอุตุนิยมวิทยา ตลอดช่วงที่ทำการทดลองจนโครงงานแล้วเสร็จ

สุดท้ายนี้ประโยชน์และคุณความดีทั้งหลายอันพึงจะได้รับจากโครงงานวิศวกรรมเล่มนี้ ผู้จัดทำขอมอบให้แด่ บิดามารดา ผู้มีพระคุณทุกท่าน และท่านอาจารย์ที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ความสามารถต่างๆให้แก่ผู้จัดทำ

คณะผู้จัดทำ

เมษายน 2553

คำนำ

1. คำนำ

ปริมาณการใช้น้ำของพืชเป็นปริมาณน้ำทั้งหมดที่สูญเสียจากพื้นที่เพาะปลูกสู่บรรยากาศในรูปของไอน้ำ ประกอบด้วยปริมาณน้ำที่พืชดูดไปจากดินเพื่อนำไปสร้างเซลล์และเนื้อเยื่อและคายออกทางใบสู่บรรยากาศ และปริมาณน้ำที่ระเหยจากผิวดินบริเวณรอบๆ ต้นพืช ซึ่งอาจมาจากผิวน้ำในขณะให้น้ำและน้ำที่เกาะอยู่ตามใบ ซึ่งพืชจะสามารถเจริญเติบโตและได้ผลผลิตดีควรจะมีการให้น้ำถูกต้องและเหมาะสมซึ่งจะส่งผลไปถึงการเกิดราก ลำต้น กิ่ง ก้าน ใบ ลำต้น ดอกและผล หากพืชเกิดการขาดน้ำการเจริญเติบโตจะชะงักส่งผลให้ผลผลิตที่ได้ไม่เป็นไปตามเป้าหมาย แต่ถ้าหากพืชได้รับน้ำมากเกินไปจะทำให้รากเน่าผลผลิตอาจจะเกิดอาการตายนิ่งหรือเกิดโรคก้นเน่า

พริกหวานเป็นพืชผักที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจในหลายประเทศทั่วโลก ทั้งในแถบเขตร้อนและเขตอบอุ่น เนื่องจากสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้อย่างมากมายเพราะพริกหวานมีสี กลิ่นและรสชาติที่ไม่สามารถใช้ผลผลิตจากพืชชนิดอื่นมาทดแทนได้ และยังมีคุณค่าทางอาหารสูงโดยเป็นแหล่งของพลังงาน ธาตุอาหาร อีกทั้งยังมีสาร Capsicin ซึ่งสามารถใช้เป็นส่วนประกอบของยาบางชนิดได้ ปัจจุบันความต้องการบริโภคพริกหวานมีเพิ่มมากขึ้น และในประเทศไทยเองก็มีการผลิตพริกหวานเพื่อบริโภคภายในประเทศและส่งออกไปจำหน่ายต่างประเทศในรูปของผักสดและผักแปรรูป

พริกหวานเป็นพืชข้ามปีสามารถเจริญเติบโตได้ในดินร่วนปนทราย ระบายน้ำได้ดี เป็นพืชที่ไม่ทนทานต่อการขาดน้ำหรือใช้น้ำมากเกิน แต่ต้องการน้ำประมาณ 400 – 1,000 มิลลิเมตร ตลอดฤดูกาลเพาะปลูก และควรให้น้ำอย่างพอเพียงและสม่ำเสมอ (ฟาร์มพริกหวาน โป่งแยงแอ่งดอย ป่อเลี้ยงปุ๊, 2552) ในการศึกษาครั้งนี้จึงต้องการศึกษาการให้น้ำของพริกหวานด้วยการให้น้ำแบบน้ำหยด (Drip Irrigation) เพื่อหาอัตราการให้น้ำที่เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของพริกหวาน

2. วัตถุประสงค์

เพื่อหาอัตราการให้น้ำแบบน้ำหยด (Drip Irrigation) ที่เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของพริกหวาน

3. ขอบเขตการศึกษา

พื้นที่ศึกษา : ทำการเพาะปลูกในพื้นที่ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ตำบลกำแพงแสน อำเภอกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม

ระยะเวลาที่ทำการทดลอง : (เริ่มการให้น้ำแบบจุลภาค) 6 ตุลาคม ถึง 28 ธันวาคม พ.ศ.2552

พันธุ์พืชที่ใช้ : พริกหวาน (Sweet Pepper) - (F1 Hybrid) Vega 1288

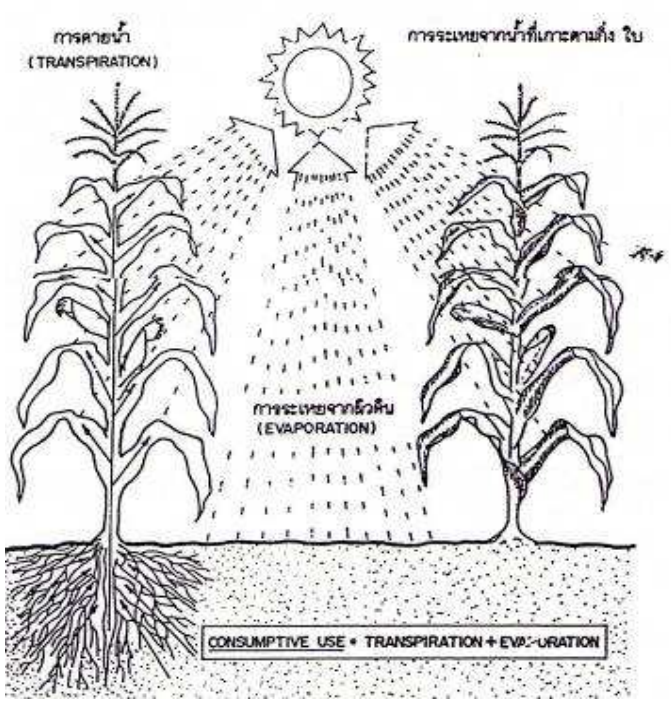
การตรวจเอกสาร

ปริมาณการใช้น้ำของพืช

ปริมาณการใช้น้ำของพืช (Consumptive Use or Evapotranspiration) เป็นปริมาณน้ำทั้งหมดที่สูญเสียจากพื้นที่เพาะปลูกสู่บรรยากาศในรูปของไอน้ำซึ่งประกอบด้วย 2 ส่วน ดังแสดงในภาพที่ 1 คือ

1. ปริมาณน้ำที่พืชดูดไปจากดินผ่านทางรากพืชขึ้นสู่ลำต้น เพื่อนำไปใช้สร้างเซลล์และเนื้อเยื่อแล้วคายน้ำที่เหลือใช้ออกทางใบสู่บรรยากาศ เรียกว่า การคายน้ำ (Transpiration)

2. ปริมาณน้ำที่ระเหยจากผิวดินบริเวณรอบๆต้นพืชหรือน้ำจากผิวน้ำในขณะให้น้ำหรือขณะที่มีน้ำขังอยู่และจากน้ำที่เกาะอยู่ตามใบเนื่องจากฝนหรือการให้น้ำ เรียกว่า การระเหย (Evaporation)



ภาพที่ 1 ปริมาณการใช้น้ำของพืช
ที่มา : วิบูลย์ (2524)

จากภาพที่ 1 ปริมาณการใช้น้ำของพืชเป็นปริมาณน้ำที่สูญเสียจากพื้นที่เพาะปลูกสู่บรรยากาศในรูปของไอน้ำซึ่งประกอบด้วยการระเหย (Evaporation) และการคายน้ำ (Transpiration)

ปริมาณการใช้น้ำของพืชจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับองค์ประกอบสำคัญ 4 อย่าง คือ

1. สภาพภูมิอากาศรอบๆต้นพืช ได้แก่ พลังงานความร้อนที่ได้รับจากดวงอาทิตย์ อุณหภูมิความชื้นของอากาศและความเร็วลม เป็นต้น

2. พืช ได้แก่ ชนิดและอายุของพืช เพราะพืชแต่ละชนิดมีความต้องการน้ำแตกต่างกัน

3. ดิน ได้แก่ ชนิดของดิน ปริมาณความชื้นในดิน ความสามารถในการอุ้มน้ำของดิน ความเข้มข้นของเกลือในดินหรือสารที่เป็นพิษอย่างอื่น เป็นต้น

4. องค์ประกอบอื่นๆ เช่น วิธีการให้น้ำแก่พืชและความลึกของน้ำที่ให้น้ำไปในแต่ละครั้ง ฤดูกาลเพาะปลูก การไถพรวนดิน การปลูกพืชคลุมดิน เป็นต้น

1. วิธีการหาปริมาณการใช้น้ำของพืช

วิธีหาปริมาณการใช้น้ำของพืชสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 กลุ่ม ประกอบด้วย การตรวจวัดปริมาณการใช้น้ำของพืช (ET measurements) การคำนวณปริมาณการใช้น้ำของพืชจากข้อมูลอุตุนิยมวิทยา (ET computed from meteorological data) และ การประมาณปริมาณการใช้น้ำของพืชจากการระเหยจากถาดวัด (ET estimated from pan evaporation)

1.1 การตรวจวัดปริมาณการใช้น้ำของพืช (ET measurements) แบ่งได้เป็น 2 แนวทางคือ

1.1.1 การตรวจวัดโดยตรง (Direct measurement) ได้แก่ การใช้ถังวัดการใช้น้ำของพืช (lysimeters) ซึ่งแบ่งเป็น 2 ประเภท คือ ประเภทวัดแบบไม่เกี่ยวข้องกับน้ำหนัก (non-weighing lysimeters) และประเภทวัดโดยเกี่ยวข้องกับน้ำหนัก (weighing lysimeters)

1.1.2 การตรวจวัดทางอ้อม (Indirect measurement) เป็นการวัดพารามิเตอร์อื่นๆที่เกี่ยวข้องแล้วจึงนำมาคำนวณหาปริมาณการใช้น้ำของพืชโดยอาจใช้วิธีการสมดุลน้ำ (Water balance) และวิธีการสมดุลพลังงาน (Energy balance)

1.2 การคำนวณปริมาณการใช้น้ำของพืชจากข้อมูลอุตุนิยมวิทยา (ET computed from meteorological data) เป็นวิธีการที่ไม่ได้วัดปริมาณน้ำที่ระเหยไปโดยตรงแต่จะใช้ข้อมูลอุตุนิยมวิทยาที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการระเหยมาวิเคราะห์ทางสถิติเพื่อหาความสัมพันธ์กับการระเหย แบ่งเป็น 3 กลุ่ม

1.2.1 วิธีคำนวณปริมาณการใช้น้ำของพืชโดยใช้ข้อมูลอุณหภูมิ (Temperature base estimating methods) เช่นวิธีของ Blaney-Criddle

1.2.2 วิธีคำนวณปริมาณการใช้น้ำของพืชโดยใช้ข้อมูลรังสีแสงอาทิตย์ (Radiation Methods) เช่น วิธีของ Makkink

1.2.3 วิธีคำนวณปริมาณการใช้น้ำของพืชโดยใช้ข้อมูลหลายชนิดร่วมกัน (Combination methods) เช่น วิธีของ Penman

สำหรับในประเทศไทย นิยมใช้การคำนวณปริมาณการใช้น้ำของพืชจากข้อมูลอุตุนิยมวิทยาตามแนวทางของ Penman เพราะใช้ข้อมูลที่มีองค์ประกอบหลายๆอย่างที่มีผลต่อการใช้น้ำของพืชมาอยู่ในสมการ ผลการคำนวณที่ได้จึงใกล้เคียงกับค่าที่วัดได้ดีกว่าวิธีอื่นๆ (วิบูลย์ , 2526)

1.3 การประมาณปริมาณการใช้น้ำของพืชจากการระเหยจากถาดวัด (ET estimated from pan evaporation) ถาดวัดระเหยถือเป็นเครื่องมือหลักในการประมาณปริมาณการใช้น้ำของพืชจากการระเหยจากถาดวัดซึ่งถาดวัดมีหลายรูปแบบและที่ใช้งานในสถานีตรวจอากาศของอุตุนิยมวิทยาเป็นถาดวัดระเหยแบบ Class A หรือถาดแบบฝังดิน ซึ่งเป็นมาตรฐานขององค์กรอุตุนิยมโลก ในการประมาณปริมาณการใช้น้ำจากถาดวัดการระเหยสามารถทำได้ง่ายกว่าวิธีอื่นโดยการคำนวณตามหลักการสมดุลน้ำ ค่าที่วัดได้จากถาดวัดการระเหยยังไม่เป็นค่าเดียวกับปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง ET_o เนื่องจากกายภาพของถาดวัดการระเหยกับลักษณะของพื้นผิวอ้างอิงมีความแตกต่างกัน

2. การคำนวณปริมาณการใช้น้ำอ้างอิงตามวิธีของ FAO-56

การใช้น้ำของพืชอ้างอิง (Reference Evapotranspiration) คือปริมาณการคายน้ำรวมกับการระเหยน้ำจากพืชอ้างอิงซึ่งอยู่ในคู่มือ FAO-24 ได้กล่าวถึงลักษณะของพืชอ้างอิงว่าเป็นหญ้ามีความสูง 8-15 cm ปกคลุมสม่ำเสมอ ซึ่งหญ้านี้จะต้องเป็นช่วงกำลังเจริญเติบโต และปกคลุมเต็มพื้นผิวดินและไม่ขาดน้ำ ส่วนในคู่มือ FAO-56 ซึ่งได้ปรับปรุงใหม่ภายหลังกำหนดให้พื้นผิวอ้างอิงเป็นพืชที่มีความสูง 0.12 m. มีค่าความต้านทานพื้นผิวคงที่เท่ากับ 70 $s.m^{-1}$ และมีค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนเท่ากับ 0.23

การคำนวณปริมาณการใช้น้ำอ้างอิงตามวิธีของ FAO Irrigation and Drainage paper No. 56 เป็นวิธีการที่พัฒนามาจากสมการของ Penman – Monteith ดังแสดงในสมการที่ 1

$$ETo = \frac{0.408\Delta(R_n - G) + \gamma \frac{900}{T+273} u_2 (e_s - e_{a)}}{\Delta + \gamma(1 + 0.34u_2)} \quad \text{.....(สมการที่ 1)}$$

โดยที่

ET_o = Reference Evapotranspiration หรือ PET [mm/day]

R_n = ปริมาณรังสีดวงอาทิตย์สุทธิ [MJ/m^2,day]

G = soil heat flux [MJ/m^2,day]

T = อุณหภูมิ [°C]

U_2 = ความเร็วลมที่ความสูง 2 เมตร [m/sec]

e_s = ความดันไอน้ำอิ่มตัวเฉลี่ยของบรรยากาศ [kPa]

e_a = ความดันไอน้ำเฉลี่ยของบรรยากาศ [kPa]

Δ = ความชันของโค้งไอน้ำอิ่มตัวหรือโค้งความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและแรงดันไอน้ำ (kPa $^{o}C^{-1}$)

γ = ค่าคงที่ของเทอมความชื้น (psychrometric constant) (kPa $^{o}C^{-1}$)

การให้น้ำแก่พืช

1. วิธีการให้น้ำแก่พืช

การที่จะเลือกการให้น้ำแก่พืชนั้นขึ้นอยู่กับลักษณะภูมิประเทศ คุณสมบัติของดิน ลักษณะของพื้นที่ที่ได้เตรียมไว้ พืชที่ปลูก วิธีการเพาะปลูก เงินค่าลงทุน ตลอดจนน้ำที่จะต้องจัดหามาให้แก่พืช สามารถแบ่งวิธีการให้น้ำของพืชออกได้ 4 แบบใหญ่ๆ คือ

1.1 การให้น้ำแบบฉีดฝอย (sprinkler Irrigation)

วิธีนี้สามารถเลือกใช้ได้กับพืชทุกชนิด แต่เนื่องจากค่าลงทุนสูงมากจึงมัก จึงมักเลือกใช้วิธีเมื่อวิธีอื่นๆไม่สามารถจะใช้ได้หรือใช้ได้แต่ให้ประสิทธิภาพต่ำมาก ดังนั้นจะเลือกใช้การชลประทานแบบฉีดฝอยเมื่อสภาพของพื้นที่ ดิน และองค์ประกอบอื่นมีลักษณะดังนี้ (บุญมา, 2546)

1.1.1 ดินมีอัตราการซึมน้ำผ่านผิวดินสูงมาก

1.1.2 ความลึกของชั้นดินที่เป็นประโยชน์ต่อพืชตื้นมาก

1.1.3 พื้นที่มีความลาดเทชันมากและดินถูกกัดเซาะได้ง่าย

1.1.4 อัตราการส่งน้ำจากโครงการชลประทานมายังพื้นที่เพาะปลูกหาได้น้อยไปที่จะให้น้ำทางผิวดิน

1.1.5 พื้นที่เป็นคลื่น

1.1.6 ผู้ให้น้ำไม่มีความรู้ความชำนาญทางด้านการให้น้ำทางผิวดิน

1.1.7 ต้องการใช้พื้นที่ให้เกิดผลผลิตโดยเร็วเพราะการให้น้ำแบบฉีดฝอยนี้สามารถออกแบบและติดตั้งได้รวดเร็วมาก

1.2 การให้น้ำทางผิวดิน (Surface Irrigation)

เป็นวิธีการให้น้ำในลักษณะที่ปริมาณน้ำไหลไปบนผิวดินและซึมลงไปในดิน บริเวณที่น้ำขังหรือไหลผ่านเพื่อให้ดินเก็บความชื้นไว้ให้กับพืชแบ่งได้เป็น 3 รูปแบบคือ

1.2.1 การให้น้ำแบบร่องคู (Furrow Irrigation) เป็นการให้น้ำผ่านร่องคูเล็กและให้น้ำค่อยๆซึมไปทางด้านข้าง

1.2.2 การให้น้ำแบบท่วมเป็นผืน (Border Irrigation) การให้น้ำแบบนี้ต้องมีคันดินด้านข้างทั้ง 2 ข้าง เพื่อบังคับน้ำที่ไหลเข้าทางหัวแปลงแล้วไหลบ่าท่วมไปยังท้ายแปลง

1.2.3 การให้น้ำแบบท่วมเป็นอ่าง (Basin Irrigation) เป็นการแบ่งพื้นที่ออกเป็นแปลงแล้วทำคันล้อมพื้นที่แปลงไว้ ภายในแปลงปรับระดับเดียวกัน เมื่อให้น้ำในแปลงน้ำก็จะท่วมแผ่กระจายสู่ผิวดินและสม่ำเสมอ (บุญมา, 2546)

1.3 การให้น้ำใต้ผิวดิน (Subsurface Irrigation)

เป็นการให้น้ำแก่พืชโดยการยกระดับน้ำผิวดินให้ขึ้นมาสู่ระดับเขตรากพืชได้ สามารถทำได้ทั้งแบบคูเปิดและการฝังท่อไว้ใต้ดิน

1.4 การให้น้ำแบบจุลภาค (Micro Irrigation /Drip-Trickle Irrigation)

เป็นการให้น้ำแบบเฉพาะเขตรากพืชโดยมีการควบคุมให้ปริมาณน้ำแก่พืชครั้งละน้อยๆแต่บ่อยครั้งอย่างสม่ำเสมอ เพื่อรักษาระดับความชื้นของดินบริเวณรากพืชให้อยู่ในระดับที่รากพืชดูดไปใช้ได้อย่างง่าย สร้างความเจริญเติบโตได้อย่างสมบูรณ์พอเหมาะและเป็นไปตามความต้องการของพืช การใช้น้ำในลักษณะนี้มีทั้งข้อดีและข้อเสีย

1.4.1 ข้อดี

(1) ประหยัดน้ำ เนื่องจากเป็นการให้น้ำเฉพาะบริเวณรากพืชเท่านั้น

(2) ประหยัดพลังงานเนื่องจากใช้น้ำน้อยกว่าวิธีอื่น

(3) การเจริญเติบโตและเพิ่มผลผลิต เมื่อพืชได้รับน้ำสม่ำเสมอทั่วถึงกันจะทำให้ดินมีความชื้นอยู่ตลอดเวลาเปอร์เซ็นต์การรอดตายของพืชจึงมีมาก อัตราการเจริญเติบโตสูง

(4) ประสิทธิภาพการให้ปุ๋ย การให้น้ำแบบนี้ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการละลายปุ๋ย

(5) ใช้แรงงานน้อย เนื่องจากอุปกรณ์ในการติดตั้งมีพร้อมที่จะให้น้ำแก่พืชทุกเวลาเพียงแค่เปิดปิดวาล์ว

(6) การให้น้ำที่มีสารละลายเกลือปนอยู่ เพื่อช่วยลดความเข้มข้นของเกลือในดินลง เนื่องจากการให้น้ำแบบนี้ดินจะมีความชื้นอยู่ตลอดเวลา

1.4.2 ข้อเสีย

(1) การอุดตันที่หัวปล่อยน้ำ

(2) เกลือในดิน เนื่องจากเมื่อให้น้ำวิธีนี้เกลือในดินจะขึ้นมาอยู่ที่ผิวดิน ถ้ามีฝนตกลงมาน้ำจะพาเกลือเหล่านี้ลงไปสู่รากพืชต้องให้น้ำตามลงไปด้วยแรงดันให้เกลือลงไปอยู่เลยเขตรากพืช

(3) ความเสียหายของระบบท่อ ระบบท่อที่วางอยู่บนดินอาจได้รับความเสียหายจากคนงานหรือเครื่องจักรในการปราบวัชพืช หรือจากสัตว์

(4) ค่าลงทุนในครั้งแรกค่อนข้างสูง เนื่องจากระบบนี้ต้องใช้ท่อแขนง ท่อแยกประธานและท่อประธานเป็นจำนวนมาก

การวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูล

พิศมัย (2550) กล่าวว่า ในการทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยประชากรหลายๆชุด มีวิธีการทางสถิติที่เหมาะสมในการทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของประชากรมากกว่า 2 ชุดขึ้นไปโดนการทดสอบเพียงครั้งเดียวคือการวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance, ANOVA)

1. ข้อตกลงเบื้องต้นสำหรับการวิเคราะห์ความแปรปรวน

1.1 ข้อมูลที่นำมาทดสอบต้องสุ่มเลือกมาจากประชากรที่มีการแจกแจงแบบปกติ

1.2 ข้อมูลที่มาทดสอบแต่ละชุดต้องมาจากประชากรที่มีความแปรปรวนเท่ากัน

1.3 ข้อมูลที่มาทดสอบแต่ละชุดต้องเป็นอิสระต่อกัน

2. การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว

จะใช้ในกรณีที่มีตัวแปรเพียงตัวเดียวหรือลักษณะที่สนใจมีลักษณะเดียวจากประชากรแต่ละชุดแต่แบ่งออกเป็นกลุ่มหรือระดับต่างๆกันได้หลายระดับ เพื่อทดสอบว่ากลุ่มตัวอย่างเหล่านี้มีค่าเท่ากันหรือไม่

3. การแยกความแปรปรวน

ในการวิเคราะห์ความแปรปรวนจะต้องแยกความแปรปรวนทั้งหมดที่เกิดขึ้นออกเป็นส่วนๆตามสาเหตุ สำหรับรูปแบบความแปรปรวนทั้งหมดที่เกิดขึ้นคือ $\sum_{i=1}^{k}\sum_{j=1}^{n_j}\left(x_{ij}-\overline{x_{..}}\right)^2$ จะแทนด้วย สัญลักษณ์ SS_T สามารถแยกออกเป็น 2 ส่วนคือ

1. ความแปรปรวนระหว่างค่าเฉลี่ยข้อมูลจากตัวอย่างแต่ละชุดคือ $\sum_{i=1}^{k} n_i\left(x_{i.}-\overline{x_{..}}\right)^2$ จะแทนด้วยสัญลักษณ์ SS_B

2. ความแปรปรวนของข้อมูลภายในตัวอย่างชุดเดียวกันคือ $\sum_{i=1}^{k}\sum_{j=1}^{n_j}\left(x_{ij}-\overline{x_{i.}}\right)^2$ จะแทนด้วยสัญลักษณ์ SS_W นั่นคือ $SS_T = SS_B + SS_W$ หลักการสำคัญคือการพิจารณาอัตราส่วนความแปรปรวนระหว่างค่าเฉลี่ยของข้อมูลจากตัวอย่างแต่ละชุดและความแปรปรวนของข้อมูลภายในตัวอย่างชุดเดียวกันว่ามีค่ามากน้อยเพียงใด

2.1 ถ้าอัตราส่วนดังกล่าวมีค่ามาก แสดงว่าความแปรปรวนระหว่างค่าเฉลี่ยของข้อมูลจากตัวอย่างแต่ละชุดมีมากเมื่อเทียบกับความแปรปรวนของข้อมูลภายในตัวอย่างชุดเดียวกัน สรุปได้

ว่าจำนวนตัวอย่างชุดต่างๆที่นำมาทดสอบมีค่าเฉลี่ยของประชากรอย่างน้อย 1 คู่ที่แตกต่างจากประชากรชุดอื่นๆ ต้องมีการทดสอบว่ามีค่าเฉลี่ยคู่ใดบ้างที่แตกต่างกันโดยการตั้งสมมติฐานที่ต้องการทดสอบ

2.2 ถ้าอัตราส่วนดังกล่าวมีค่าน้อย แสดงว่าความแปรปรวนระหว่างค่าเฉลี่ยของข้อมูลจากตัวอย่างแต่ละชุดมีน้อยหรือมีพอๆกับความแปรปรวนของข้อมูลภายในตัวอย่างชุดเดียวกัน สรุปได้ว่าค่าเฉลี่ยของประชากรชุดต่างๆที่นำมาทดสอบมีคาเท่ากันทุกชุดนิยมเขียนให้อยู่ในรูปดังตาราง

สาเหตุความแปรปรวน	df	SS	MS	F
ระหว่างชุด	k-1	SS_B	MS_B	MS_B/MS_W
ภายในชุด	n-k	SS_W	MS_W	
รวมทั้งหมด	n-1	SS_T		

โดยที่

SS = ผลรวมกำลังสอง

SS_T = ผลรวมกำลังสองทั้งหมด

= $SS_B + SS_W$

= $\sum_{i=1}^{k}\sum_{j=1}^{n_j}\left(x_{ij}-\overline{x_{..}}\right)^2$

SS_B = ผลรวมกำลังสองระหว่างชุดของประชากร

= $\sum_{i=1}^{k} n_i\left(x_{i.}-\overline{x_{..}}\right)^2$

SS_W = ผลรวมกำลังสองภายในชุดของประชากร

= $\sum_{i=1}^{k}\sum_{j=1}^{n_j}\left(x_{ij}-\overline{x_{i.}}\right)^2$

2.3 การคำนวณองศาความเป็นอิสระ (Degree of freedom : df) สามารถแบ่งได้เป็นสองส่วนเช่นเดียวกับความแปรปรวนทั้งหมด คือ องศาความเป็นอิสระระหว่างชุดของประชากร และองศาความเป็นอิสระภายในชุดของประชากรแต่ละชุด

นั่นคือ dfT = dfB + dfW

$(\sum n_i-1)$ = (k-1) + $(\sum n_i-1)$

หรือ n-1 = (k-1) + (n-k)

และ MS = ผลรวมกำลังสองเฉลี่ย

= $\frac{SS}{df}$

ดังนั้น $MS_B = \frac{SS_B}{k-1}$

$MS_W = \frac{SS_W}{n-k}$

ตัวสถิติที่ทดสอบคือ

$F = \frac{MS_B}{MS_W}$ โดยมี $(df = k-1, n-k)$

4. ขั้นตอนการทดสอบสมมติฐาน

ขั้นที่ 1 กำหนดสมมติฐาน (H_0 ,H_1)

H0 : $\mu 1 = \mu 2 = \ldots = \mu k$

H1 : $\mu 1 \neq \mu 2 \neq \ldots \neq \mu k$

ขั้นที่ 2 กำหนดระดับนัยสำคัญ α

ขั้นที่ 3 เลือกตัวสถิติที่เหมาะสมและคำนวณค่าสถิติ ตัวสถิติที่เหมาะสมกับลักษณะของข้อมูลและสมมติฐานที่ต้องการทดสอบคือ

$$F = \frac{MS_B}{MS_W}$$

ขั้นที่ 4 กำหนดบริเวณวิกฤตคือ $F > F\alpha_{,(k-1,n-k)}$

ขั้นที่ 5 สรุปผลการทดสอบ

ถ้าค่าสถิติที่คำนวณได้ตกอยู่ในบริเวณวิกฤต จะปฏิเสธ H_0 และยอมรับ H_1

ถ้าค่าสถิติที่คำนวณได้ไม่ตกอยู่ในบริเวณวิกฤต จะยอมรับ H_0 และปฏิเสธ H_1

พริกหวาน

1. ความสำคัญของพริกหวาน

พริกหวานมีถิ่นกำเนิดอยู่ในเขตร้อนของทวีปอเมริกาจัดอยู่ในวงศ์ Solanaceae สกุล Capsicum มีจำนวนโครโมโซม x = 2n =24 จำแนกออกได้เป็น 5 กลุ่ม ได้แก่ *Capsicum annuum L.* ซึ่งมีถิ่นกำเนิดอยู่ในประเทศเม็กซิโก ส่วน *C.frutescens L., C. chinense jacq., C. baccatum L.* และ *C. pubescens Ruiz & Pavon.* มีถิ่นกำเนิดอยู่ในอเมริกาใต้ โดยถูกค้นพบอยู่ในหลุมฝังศพที่ประเทศเปรูก่อนสมัยประวัติศาสตร์ ต่อมาในคริสตศักราช 1493 โคลัมบัสได้นำพริกเข้าไปปลูกในประเทศสเปน จากนั้นจึงมีการปลูกและพัฒนาพันธุ์พริกกันอย่างแพร่หลายในทวีปยุโรปและเมื่อเข้าสู่สมัยล่าอาณานิคมศตวรรษที่ 14-15 ชาวโปรตุเกสและสเปนได้นำพริกเข้าไปลูกในประเทศอินโดนีเซีย ในปลายศตวรรษที่ 14 ได้มีการนำพริกไปปลูกในประเทศจีน โดยผ่านทางตอนกลาง ตอนใต้และตะวันออกเฉียงใต้ของทวีปเอเชีย พริกในกลุ่ม *Capsicum annuum L. และ C.frutescens L.* เป็นพริกที่ได้รับความนิยมและปลูกกันมากในแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ในต้นศตวรรษที่ 18 พริกถูกเพิ่มและนำไปพัฒนามากขึ้นโดยชาวยุโรปที่อพยพเข้าไปตั้งถิ่นฐานอยู่ในประเทศอเมริกา พริกที่มีรสเผ็ดจัดนิยมบริโภคในเขตร้อน ส่วนพันธุ์ที่มีรสเผ็ดน้อยหรือไม่มีรสเผ็ดนิยมบริโภคในเขตอบอุ่นและเขตหนาว เจริญเติบโตได้ดีในพื้นที่เขตอบอุ่นและเขตหนาว และพริกยังมีคุณค่าทางอาหารสูงเป็นแหล่งของวิตามิน เอ ซี และอีโดยเฉพาะมีวิตามินซีมากกว่าผักชนิดอื่นซึ่งผลพริกสามารถใช้รับประทานได้ทั้งในรูปผลสดและผลิตภัณฑ์แปรรูป (สุธาทิพย์ , 2540)

2. ลักษณะของพริกหวาน

2.1 ลำต้น

พริกหวานเป็นไม้พุ่มขนาดเล็ก รูปทรงของลำต้นและความสูงจะขึ้นอยู่กับพันธุ์โดยทั่วไปต้นจะสูง 0.5-1.5 เมตร ในระยะที่ต้นยังเล็กอยู่ลำต้นมีลักษณะเป็นต้นเดี่ยวๆแต่เมื่อลำต้นหลักเจริญเติบโตจนมีจำนวนข้อ 9-10 ข้อ จะเริ่มออกดอก หลังจากติดดอกแรกตรงยอดของลำต้นเดียว จะแตกกิ่งแขนงในแนว ตั้งอีกสองกิ่ง เมื่อกิ่งแขนงมีดอกเจริญที่ปลายกิ่ง จะเกิดกิ่งแขนงเจริญเป็นสองกิ่ง ทำให้จำนวนกิ่ง เพิ่มขึ้น ผลผลิตจะขึ้นอยู่กับจำนวนกิ่ง และจำนวนผลต่อต้น ระยะแรกลำต้นและกิ่งมีลักษณะเป็นเหลี่ยมสีเขียวไม่มีเนื้อ แต่เมื่อโตขึ้นลำต้นจะกลมแบนเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล มีเนื้อไม้ ทำให้ลำต้นและกิ่งแข็งแรงขึ้นแต่ก็ยังคงความเปราะและมักหักได้ง่าย พริกหวานต้องการดินที่มีความชื้นสูงเป็นดินร่วนปนทราย ระบายน้ำได้ดี

2.2 ใบ

เป็นใบเดี่ยว เจริญสลับกัน ใบของพริกหวาน จะมีขนาดใหญ่แบนปลายแหลมหรือกลมมนเป็นรูปหอก ก้านใบยาว 0.5-2.5 เซนติเมตร เมื่อใบเจริญ 9-11 ใบ ดอกแรกจะเจริญ ใบมีสีเขียวอ่อนจนถึงสีเขียวเข้มและสีม่วง

2.3 ราก

เป็นระดับรากแก้วที่หยั่งลงดินได้ลึกถึง 50 เซนติเมตร ส่วนรากแขนงสามารถแผ่ออกในแนวราบมีรัศมีกว้างเกิน 1 เมตร และสามารถหยั่งลึกลงไปในดินได้กว่า 1.2 เมตร

2.4 ดอก

เกิดบริเวณข้อตรงมุมใบและกิ่ง เป็นดอกสมบูรณ์ (Perfect flower) ปกติมักเกิดเป็นดอกเดี่ยว ก้านดอกอาจชี้ขึ้นหรือห้อยลงขึ้นอยู่กับพันธุ์ ประกอบด้วยกลีบดอก 5 กลีบที่มีส่วนฐานติดกันเป็นรูประฆังแต่ส่วนปลายแยกอออกจากกัน ส่วนใหญ่จะมีสีขาว ขาวอมเขียว แต่บางพันธุ์จะมีสีม่วงจำนวน 5-7 กลีบปลายกลีบแยกออกจากกันโดยตลอด เกสรตัวผู้เชื่อมติดอยู่กับโคนของชั้นกลีบดอกที่ปลายมีอับสรละลองตัวผู้สีเขียว เหลือง ม่วง บรรจุอยู่ ยอดเกสรตัวเมียบางพันธุ์ จะอยู่สูงกว่า อับละอองเกสรมีรูปร่างเหมือนกระบอกหัวม้วนมนให้อยู่ในระดับที่อาจต่ำกว่าหรือสูงกว่าอับละอองเกสรตัวผู้ ส่วนฐานของเกสรตัวเมียคือรังไข่แบ่งออกเป็นช่องมี 2-4 ช่อง ดอกสามารถเจริญ ได้ทั้งในสภาพ ช่วงแสงสั้น หรือช่วงแสงยาว โดยทั่วไปจะเจริญ หลังย้ายปลูก 1-2 เดือน

2.5 ผล

เป็นผลแบบ Pod-like berry มีลักษณะเป็นกระเปาะมีรูปร่างหลายแบบเช่น รูปกลมยาว รูปสี่เหลี่ยมหรือรูปทรงกรวย และรูปหัวใจ ฐานขั้วผลสั้นและหนา ก้านผลอาจชี้ขึ้นหรือชี้ลงขึ้นอยู่กับพันธุ์แต่ผลขณะที่ยังอ่อนมักชี้ขึ้น แต่เมื่อผลแกพันธุ์ที่มีก้านผลอ่อนก็จะมีผลห้อยลง แต่บางพันธุ์ทั้งผลอ่อนและผลแก่ชี้ขึ้น ผนังของผลอาจหนาหรือบางขึ้นอยู่กับพันธุ์ ภายในผลเป็นช่องกลวงมีผนังกั้นเป็นช่องๆเรียกว่า locule แกนที่อยู่ตรงกลางผลเรียกว่า Placenta ซึ่งเป็นตำแหน่งที่มีเมล็ดติดอยู่และเป็นแหล่งที่พบว่ามีสารที่ก่อให้เกิดความเผ็ด คือ capsaicin ในปริมาณที่ต่ำมาก บางครั้งเรียกพริกหวาน (sweet pepper) ว่า พริกหวานสีเขียว จะมีปริมาณความต้องการ ของตลาดสูง ผลพริกที่ยังอ่อนจะมีสีเขียวแต่เมื่อปล่อยให้แก่บนต้น จะเปลี่ยนเป็นสีแดง แต่สามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตได้ทั้งแบบอ่อนและแก่ สายพันธุ์ที่ปรับปรุงพันธุ์ ขึ้นมาใหม่ อาจจะเปลี่ยนเป็นสีแดง เหลือง ส้มหรือม่วง

2.6 เมล็ด

มีลักษณะกลมแบนคล้ายไต มีสีเหลือง น้ำตาล หรือดำ เปลือกหุ้มเมล็ดไม่มีขน พริกพันธุ์ที่มีผลขนาดใหญ่จะมีน้ำหนักเม็ดขนาดใหญ่และมีน้ำหนักเมล็ดมากกว่าผลที่มีขนาดเล็ก เมล็ดพริกมีขนาดตั้งแต่ 2.5-5 มิลลิเมตร และโดยเฉลี่ยเมล็ด 1,000 เม็ด มีน้ำหนักอยู่ระหว่าง 5-8 กรัม (ปริยานุช, 2540)

3. การเจริญเติบโต

พริกหวานมีลักษณะการเจริญเติบโตแบบลักษณะการทยอยเก็บเกี่ยว (Indeterminate) คือมีการเจริญทางลำต้นและใบ สลับกับเจริญทางภาวะเจริญพันธุ์ โดยการเจริญเติบโตทางลำต้นและใบ รวมทั้งการเจริญทางภาวะเจริญพันธุ์จะมีรูปแบบการเจริญเป็นแบบ sigmoid curve คือเมื่อต้นอ่อนงอกพ้นผิวดิน ลำต้นจะยืดตัวและแตกกิ่งขนานมากยิ่งขึ้น ส่วนใบก็จะขยายขนาดเพิ่มและเพิ่มจำนวนขึ้นเรื่อยๆ ในระยะแรกพริกหวานมีอัตราการเจริญเติบโตช้ามาก แต่เมื่อพริกหวานเจริญเติบโตขึ้นจนมีใบ 9-10ใบจะเริ่มทยอยออกดอกและมีการพัฒนาของผลผลิตซึ่งแบ่งออกเป็น 3 ระยะ คือ ระยะเริ่มต้น เป็นระยะที่ผลมีอัตราการเจริญเติบโตสัมพัทธ์และมีการสะสมน้ำตาลสูง ระยะที่สอง อัตราการเติบโตของผลผลิตลดลงแต่จะมีการสะสมน้ำตาล sucrose และแป้งขึ้นภายในผล ระยะสุดท้ายเป็นระยะที่ผลแก่มีการสะสมน้ำตาล hexose แต่การสะสมน้ำตาล sucrose และแป้งจะลดลงตาม ในระยะที่พริกหวานออกดอกและติดผล การเจริญทางลำต้น ใบและรากมีอัตราลดลง เมื่อผลเติบโตเต็มที่แล้วก็มีการกระจายน้ำหนักไปยังส่วนต้น ใบและรากเพิ่มขึ้น จึงทำให้พริกหวานยังคงเจริญเติบโตทางลำต้นและใบได้อีก แต่อัตราการเจริญเติบโตของต้นและใบจะลดลงเนื่องจากมีการสลายตัวของ chlorophyll (ปริยานุช, 2540)

4. การปลูกพริกหวาน

โดยปกติจะปลูกพริกหวานลงบนดินเป็นแปลงโดยเว้นระยะห่างการปลูกระหว่างแถว 60 - 100 เซนติเมตร ระยะระหว่างต้น 50 เซนติเมตร การปลูกในเรือนโรงจะใช้ระยะ 50 x 100-120 เซนติเมตร ขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ และวิธีการปลูก (ฟาร์มพริกหวาน โป่งแยงแอ่งดอย ป่อเลี้ยงปุ๊, 2552) ในการปลูกพริกสีแดง เหลือง ม่วง นิยมปลูกในเรือนโรง เนื่องจากมีอายุการเก็บเกี่ยวช้ากว่าสีเขียวใช้ วิธีการตัดแต่งกิ่ง และปลูกเป็นแถวเดี่ยวกลางแปลง ส่วนในกรณีที่ทำการทดลองนั้นจะปลูกพริกหวานลงในกระถางขนาด 12 นิ้ว เพื่อให้รากสามารถแผ่กระจายออกทางด้านข้างและแนวดิ่งได้ และก่อนการปลูกลงกระถางควรให้น้ำแก่ดินเพื่อให้ดินมีความชุ่มชื้นเพียงพอและควรปลูกให้ลึกกว่าส่วนโคนเล็กน้อย (สุธาทิพย์ , 2540)

5. การให้น้ำ

พริกหวานเป็นพืชที่ไม่ทนทานต่อสภาพขาดน้ำ หรือการให้น้ำมากเกินไป ต้องการน้ำ 400 - 1000 มิลลิเมตร ตลอดฤดูปลูก (ฟาร์มพริกหวาน โป่งแยงแอ่งดอย ป่อเลี้ยงปุ๊, 2552) ควรให้น้ำอย่างพอเพียงและสม่ำเสมอ ควรดูแลให้มีความชื้นอย่างพอเพียงแต่ไม่ควรให้มากจนน้ำขังแฉะจะทำให้รากเน่า ตายได้ง่าย การขาดน้ำจะทำให้พืชชะงักการเจริญ และในระยะที่ติดดอก ผล ถ้าหากขาดน้ำและอุณหภูมิสูงจะทำให้ดอกและผลอ่อนร่วงได้ง่าย ในกรณีที่ติดผล จะทำให้ผลมีขนาดเล็กแข็ง

6. การใส่ปุ๋ย

ในระยะแรกที่พริกหวานยังเป็นต้นกล้าให้อาหารปุ๋ยที่เป็นน้ำทางใบของต้นกล้า หลังจากนั้นเมื่อย้ายลงปลูกกระถางจะใช้ปุ๋ย 15-15-15 ตลอดฤดูกาลเพาะปลูก

7. การดูแลรักษา

ในระยะที่ต้นกล้าเจริญควรฉีดพ่นด้วยปุ๋ยน้ำ ย้ายต้นกล้า เมื่อมีใบจริง 3-4 ใบ หนึ่งอาทิตย์ก่อน ถอนต้นกล้า ควรลดการให้น้ำเพื่อ ให้ต้นกล้าชะงักการเจริญ ต้นกล้าจะแข็ง และมีอาหารสำรองสำหรับการเจริญของรากใหม่ การเตรียมแปลงปลูก (สุธาทิพย์ , 2540)

8. โรคและแมลงศัตรูพืชของพริกหวาน

8.1 ลักษณะผลที่ผิดปกติ และโรคของพริกหวาน

8.1.1 อาการตายนึ่งของผล โดยอาการเริ่มแรกผิวของผลที่ถูกแสงอาทิตย์ส่องจะปรากฏแผลสีขาวนิ่มและยุบตัวจะเกิดมากในสภาพที่มีความเข้มแสงและอุณหภูมิสูงเพราะพืชมีขนาดใบเล็กไม่สามารถปกคลุมผลได้ มีกรณีผลตายนึ่งเกิดขึ้นในการทดลองครั้งนี้เนื่องจากสภาพอากาศไม่เอื้ออำนวย

8.1.2 อาการก้นเน่า เกิดจากการปลูกพืชที่ขาดแคลเซียม ph ต่ำ ขาดหรือมีน้ำมากเกินไป ส่วนปลายของผลจะเกิดเป็นแผลช้ำต่อจากนั้นแผลจะแห้งเป็นสีน้ำตาลแล้วจะถูกเชื้อโรคเข้าทำลายทำให้แผลนั้นกลายเป็นสีดำ

8.1.3 โรคใบด่าง (Leaf curl) สาเหตุมาจากเชื้อไวรัส โดยตัวเพลี้ยอ่อนเป็นตัวพาหะในการนำเชื้อไวรัสจะทำให้ใบพริกด่าง มีเสียวสลับเหลือง ใบด่างเป็นคลื่น บิดงอ ถ้าหากไวรัสเข้าทำลายในระยะที่เป็นต้นกล้าต้นจะแคระแกนไม่ให้ผลผลิต ซึ่งในการทดลองครั้งนี้ก็พบว่าเกิดโรคใบด่างจากตัวเพลี้ยอ่อนทำให้ใบบางต้นมีลักษณะบิดงอ

8.1.4 โรครากโคนเน่า (Root rot) สาเหตุมาจากเชื้อ *Rhizoctonia solani* Kuhn โคนต้นจะเน่าเป็นสีน้ำตาลในดินแถวโคนต้นมีเส้นใยของราสีขาวซึ่งบางส่วนจะเจริญขึ้นไปเกาะอยู่ตามโคนและรากพริก

8.1.5 โรคใบจุดที่เกิดจากเชื้อแบคทีเรีย (Bacterial leaf and fruit spot) สาเหตุมาจากเชื้อ *Xanthomonas vesicatoria* (Doidge) Downson ใบอ่อนที่ติดเชื้อจะปรากฏแผลสีเหลืองด้านใต้ใบส่วนด้านบนแผลจะมีลักษณะนูนผิวขรุขระ

8.1.6 โรคเหี่ยวที่เกิดจากเชื้อรา (Fusarium wilt) สาเหตุมาจากเชื้อ*Fusarium solani* (Mart.) Sacc., *Gibberella fujikuroi* (Sawada)Ito.syn., *Fusarium moniliforme* Sheldon เชื้อจะเข้าทำลายรากและส่วนของต้นที่อยู่ระดับและอยู่ใต้ดินเมื่อรากส่วนใหญ่ถูกทำลาย พืชจะแสดงอาการ โดยใบที่อยู่ตอนล่างเหลือง และร่วงมากต่อจากนั้นจะมีอาการเหี่ยว ในเวลากลางวัน ช่วงที่มีแดดร้อนจัด และฟื้นในตอนเช้าสลับกัน 2 - 7 วัน แล้วจะเหี่ยวอย่างถาวร ไม่มีการฟื้นอีก พริกจะยืนต้นตายหรือใบร่วงหมด

8.1.7 โรคกุ้งแห้งเทียม (Fruit rot) พริกหวาน สาเหตุมาจากเชื้อ Alternaria spp. ผลพริกที่มีแผลเนื่องจากหนอนแมลงวันเจาะผล หรือเนื่องมาจากผิวแห้งตาย เพราะโรคกุ้งแห้ง มักจะมีเชื้อราสีดำชนิดหนึ่งเกิดขึ้นบนแผล ทำให้ผลมีอาการคล้ายโรคกุ้งแห้ง ถ้าหากปล่อยไว้นานเชื้อรา จะระบาดติดกัน ทำให้พริกเสียหายมากขึ้น

8.1.8 โรคกุ้งแห้งหรือแอนแทรกโนส (Antracnose) สาเหตุมาจากเชื้อ *Colletotrichum piperatum* (Ell.and Ev.) Ell.andHalst ผลพริกจะมีแผลเป็นรูปไข่ หรือวงกลมสีน้ำตาล แผลจะขยายกว้างออกไปขนาดไม่จำกัด บางแผลอาจจะขยายไปทั่วและทำให้ผลเน่าหมดทั้งผล เนื้อเยื่อของแผลบุ๋มลึกลง มีเส้นใยราสีดำเป็นขนสั้น ๆ ขึ้นเป็นกระจุก และเรียงเป็นวงกลมซ้อนกันหลายชั้น ในสภาพอากาศชื้น จะมีสปอร์ของเชื้อรา เป็นสีชมพูอ่อนหรือ สีครีมอ่อน ๆ ทำให้ผลพริกเน่าและติดต่อกันอย่างรวดเร็ว

8.1.9 โรคตากบ (Frog-eye leaf spot, fruit stem-end rot) สาเหตุมาจากเชื้อ *Cercospora capsici* Heald and Wolf จะเกิดขึ้นทั่วไป โดยปกติจะพบเข้าทำลายใบแก่ที่อยู่ด้านล่าง 2 - 3 ใบ แต่ในสภาพแวดล้อมเหมาะสม อาจจะเป็นโรคที่ระบาด ที่ทำความเสียหาย อย่างรุนแรงได้ เชื้อสาเหตุสามารถเข้าทำลายทุกส่วน ของพืชเช่น ใบ ลำต้น ขั้วผลและผล โดยแผลจะมีลักษณะเป็นวงกลม สีน้ำตาลขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 3 - 4 มิลลิเมตร

8.1.10 โรคต้นและใบไหม้ (Phytophthora blight, fruit rot) สาเหตุมาจากเชื้อ *Phytophthora capsici* Leonian โรคนี้เกิดกับพริกได้ทุกระยะของการเจริญ และทุกส่วนของพืช นอกจากนี้จะมีลักษณะอาการ ทำลายพืชได้หลายลักษณะ ขึ้นอยู่กับระยะการเจริญและส่วนของพืชที่ถูกทำลาย

8.1.11 โรคราแป้ง (Powdery mildew) สาเหตุมาจากเชื้อ *Oidiopsis sp.* ใบพริกที่ถูกเชื้อสาเหตุเข้าทำลาย จะมีราสีขาวคล้ายผงแป้ง จับอยู่ที่ผิวด้านล่างของขอบใบ ถ้าหากระบาดมากใบจะเหลืองและร่วง โรคนี้จะเข้าทำลายในสภาพที่มีความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ อุณหภูมิสูง

8.2 แมลงศัตรูของพริกหวาน

8.2.1 ไรขาว จะทำลายโดยการดูดน้ำเลี้ยงของพริก ทำให้เกิดใบม้วนงอหงิก และหัวโกร๋น (Curly top) โดยใบที่ 4-5-6 จากยอด แสดงอาการขอบใบหยักเป็นคลื่น ซึ่งในการทดลองครั้งนี้ก็พบปัญหาของไรขาว

8.2.2 เพลี้ยไฟ จะดูดน้ำเลี้ยงและทำให้เกิดอาการยอดหดหรือใบหงิก (Leaf curl) โดยใบอ่อนที่ยอดเรียวยาว และโค้งงอลง ขอบใบงอ ใบมีขนาดเล็กลง ผิวใบมีจุดสีน้ำตาลใบเหลืองและแข็งกรอบ

8.2.3 เพลี้ยอ่อน จะดูดน้ำเลี้ยงที่ใบส่วนยอดทำให้ยอดหงิก โดยใบพริกจะแสดงอาการ หยักเป็นคลื่น และหงิก มีสีใบด่าง ใบมีขนาดเล็กลง พืชจะชะงักการเจริญและผลผลิตต่ำ

8.2.4 หนอนแมลงวันแตง จะเจาะผลทำให้ผลเน่าผลที่ถูกทำลายจะมีสีไม่สม่ำเสมอและร่วงก่อนผลสุก ถ้าหากสังเกตดูทั่วผล จะพบรูเล็กๆอยู่กึ่งกลางผลซึ่งเกิดจา แมลงวันแตงวางไข่

8.2.5 หนอนกระทู้ผัก เป็นหนอนที่มีลำตัวค่อนข้างอ้วน ผิวลำตัวเรียบในขณะเป็นตัวอ่อน เมื่อออกจากไข่ใหม่ ๆ จะพบอยู่เป็นกลุ่มแทะกินผิวใบ ระยะนี้จะสังเกตได้โดยมีแถบสีดำพาดขวางตรงใกล้หัว (ฟาร์มพริกหวาน โป่งแยงแอ่งดอย ป่อเลี้ยงปี๊, 2552)

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ปริยานุช (2540) ได้ศึกษา เรื่อง อิทธิพลของธาตุอาหารต่อผลผลิตและคุณภาพเมล็ดพันธุ์พริกหวาน โดยได้ทำการปลูกพริกหวานพันธุ์ CaliforniaWonder ในศูนย์วิจัยและพัฒนาพืชผักเขตร้อน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม ระหว่างเดือนตุลาคม พ.ศ. 2538 ถึง เดือนเมษายน พ.ศ. 2539 โดยให้ปุ๋ยสูตรต่างๆกัน พบว่าการให้ปุ๋ยสูตรต่างๆไม่มีผลต่อการพัฒนาของเมล็ดพันธุ์ของพริกหวาน โดยเมล็ดพันธุ์ของพริกหวานแก่ทางสรีรวิทยาเมื่ออายุ 60 วันหลังดอกบาน การให้ปุ๋ย 22-11-11 อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ แบ่งใส่ 3 ครั้ง หรือ 20 40 และ 60 วันหลังย้ายปลูก ทำให้พริกหวานมีขนาดของผล 8.2 x 8.98 เซนติเมตร น้ำหนักของผล 165.6 กรัม จำนวนเมล็ดต่อต้น 1,476.62 เมล็ดต่อต้น น้ำหนักเมล็ดต่อต้น 12.4 กรัมต้น น้ำหนัก 1,000 เมล็ด 8.4 กรัม ผลผลิตเมล็ด 26.45 กิโลกรัมต่อไร่ และความแข็งแรงของเมล็ดสูงสุด แต่การให้ปุ๋ยสูตร 22-11-11 ร่วมกับโบรอนทำให้เมล็ดพันธุ์พริกหวานมีความงอกสูงสุด 93.75 เปอร์เซ็นต์

สุธาทิพย์ (2540) ได้ศึกษาเรื่อง อิทธิพลต่อความเข้มแสงที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของพริกหวาน ได้ทำการปลูกพริกหวานพันธุ์ California Wonder ในศูนย์วิจัยและพัฒนาพืชผักเขตร้อน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม ระหว่างเดือนธันวาคม พ.ศ. 2537 ถึง เดือนมีนาคม พ.ศ. 2538 เพื่อหาระดับความเข้มแสงที่เหมาะสมต่อการผลิตผลสดของพริกหวาน ในสภาพที่มีความเข้มแสง 30 50 70 เปอร์เซ็นต์ พบว่าพริกหวานที่ได้รับความเข้มแสง 70 เปอร์เซ็นต์ มีอัตราการเจริญเติบโตของพืช, อัตราการเจริญเติบโตสัมพัทธ์, อัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิ, ดัชนีพื้นที่ใบ และดัชนีการเก็บเกี่ยวสูงที่สุด

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

อุปกรณ์

1. กระป๋องน้ำหยด*

1. ลวดตากผ้า
2. กระป๋องน้ำขนาด 6 ลิตร
3. ด้ามปากกาหรือก้านลูกโป่ง
4. ขวดยาพลาสติก
5. สามทาง
6. สายไฟเอาทองแดงออก
7. ตาไก่

นำอุปกรณ์ทั้งหมดทำการประกอบเป็นกระป๋องน้ำหยด (ดูรายละเอียดการทำกระป๋องน้ำหยดในภาคผนวก) ดังแสดงในภาพที่ 2 (ก)

2. กระถางสำหรับต้นกล้า

เจาะรูใต้กระถางแล้วใส่สายยางต่อที่ก้นกระถางให้สายยางยาวพอที่จะใส่ในขวดเล็กที่รองรับน้ำระบายได้ ดังแสดงในภาพที่ 2 (ข) จากนั้นใส่กาวซิลิโคนเพื่อให้ก้นกระถางปิดสนิทให้น้ำที่ระบายออกลงขวดน้ำขวดเล็กได้ทางเดียว

(ก)

(ข)

ภาพที่ 2 ตัวอย่างกระป๋องน้ำหยด (ก) และ การใส่สายยางที่ก้นกระถาง (ข)

*ดูรายละเอียดการทำกระป๋องน้ำหยดในภาคผนวก

วิธีการทดลอง

1. กระป๋องน้ำหยด

1.1 ทดลองหาอัตราการไหลของกระป๋องน้ำหยดโดยปรับระดับของสามทางลงมาให้ต่างระดับจากระดับน้ำในกระป๋องทีละ 2 เซนติเมตร จับเวลา 5 นาที จะได้อัตราการไหล (หน่วยมิลลิลิตรต่อ 5 นาที)

1.2 ใช้วิธีการประมาณค่าในช่วง (Interpolate) เพื่อหาระดับของสามทางที่จะให้ได้อัตราการไหลที่ต้องการของแต่ละกระป๋อง ได้แก่ 200, 350, 500, 650 และ 800 มิลลิลิตรต่อ 8 ชั่วโมง (กำหนดระยะเวลาในการให้น้ำแก่พริกหวาน 8 ชั่วโมงต่อวัน) แล้วทำสัญลักษณ์ขีดไว้ที่กระป๋องเพื่อบอกระดับของปริมาณน้ำ

1.3 ตั้งกระถางและกระป๋องน้ำหยดบนชั้นวาง โดยจะตั้งกระถางให้อยู่ต่ำกว่ากระป๋องน้ำหยดเพื่อให้น้ำหยดไหลตามเส้นลวดที่ต่อกับสายน้ำหยดลงสู่ต้นพริกหวานโดยไม่ชนกับกับกระถาง ดังแสดงในภาพที่ 3

ภาพที่ 3 ลักษณะการวางกระถางกับกระป๋องน้ำหยด

2. การปลูกพริกหวาน

2.1 เริ่มการเพาะกล้าพริกหวานวันที่ 10 ก.ค. 52 ในถาดเพาะกล้าดังแสดงในภาพที่ 4 และดูแลจนกว่าต้นกล้ามีลำต้นพอตั้งตรงได้และมีใบงอกประมาณ 6-7 ใบ จากนั้นจึงนำต้นกล้าลงกระถางดังแสดงในภาพที่ 5 อย่างไรก็ตาม ในการทดลองครั้งนี้ ได้นำต้นกล้าลงกระถางช้ากว่าที่ควรจะเป็น สาเหตุมาจากสภาพอากาศร้อนและมีฝนตกหนักทุกวันจึงทำให้การเจริญของพริกหวานในช่วงแรกเจริญช้า

2.2 เริ่มให้น้ำแบบน้ำหยดในวันที่ 6 ต.ค. 52 โดยให้น้ำพริกหวานแต่ละกระถางตามกลุ่มที่แบ่งการให้น้ำไว้ เป็นเวลา 8 ชั่วโมงตั้งแต่ 8.00 น. ถึง 17.00 น.จากนั้นจึงหยุดการให้น้ำ จากนั้นทำการวัดน้ำระบายในตอนเช้าของวันถัดไปก่อนการให้น้ำ

ภาพที่ 4 กล้าพริกหวานในถาดเพาะ

ภาพที่ 5 นำต้นพริกหวานลงกระถาง

3. การคำนวณปริมาณการใช้น้ำของพืช

3.1 การคำนวณปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง ใช้ข้อมูลสภาพภูมิอากาศจากสถานีอุตุนิยม กำแพงแสน จังหวัดนครปฐม ได้แก่ อุณหภูมิสูง-ต่ำและอุณหภูมิเฉลี่ย, ค่าความชื้นสัมพัทธ์สูงสุด-ต่ำสุด, ชั่วโมงแสงอาทิตย์, ความเร็วลม ใช้ข้อมูลเหล่านี้มาคำนวณโดยใช้สมการของ Penman-Montieth

3.2 การคำนวณปริมาณการใช้น้ำของพริกหวาน ใช้ข้อมูลน้ำที่ระบายจากกระถาง, น้ำที่ให้ในแต่ละวันคือ 200, 350, 500, 650 และ 800 มิลลิลิตร, พื้นที่กระถาง วิธีการคือ นำปริมาณน้ำที่ให้ลบปริมาณน้ำที่ระบายแล้วแปลงหน่วยให้เป็นมิลลิเมตร

4. สถิติทดสอบเปรียบเทียบปริมาณการใช้น้ำของพืชและเปอร์เซ็นต์การใช้น้ำของพืช

ใช้สถิติทดสอบแบบ ANOVA เพื่อทดสอบความแตกต่างการใช้น้ำของพืช (ET) และเปอร์เซ็นต์การใช้น้ำของพืช โดยมีขั้นตอนการทดสอบ ดังนี้

4.1 ตั้งสมมติฐานก่อนโดยให้ $H0 : \mu 1 = \mu 2 = \ldots = \mu k$

$H1 : \mu 1 \neq \mu 2 \neq \ldots \neq \mu k$

4.2 กำหนดระดับนัยสำคัญ α

4.3 เลือกตัวสถิติที่เหมาะสมในการคำนวณ $F = \frac{MS_B}{MS_W}$

4.4 กำหนดบริเวณวิกฤตคือ $F > F\alpha ,(k-1,n-k)$

4.5 สรุปผลการทดสอบ

สรุปผล วิจารณ์และข้อเสนอแนะ

สรุปผลการทดลอง

พริกหวานเป็นพืชเศรษฐกิจเป็นพืชผักที่เจริญได้ดีในพื้นที่เขตอบอุ่นหรือเขตหนาว (สุธาทิพย์, 2540) ไม่ทนต่อการขาดน้ำหรือให้น้ำมากเกินไปต้องการน้ำเพียง 400 – 1,000 มิลลิเมตร ตลอดฤดูกาลเพาะปลูก (ฟาร์มพริกหวาน โป่งแยงแอ่งดอย ป่อเลี้ยงปี๊, 2552) โครงงานนี้จึงทำการศึกษาอัตราการให้น้ำแก่พริกหวานที่เหมาะสม โดยให้น้ำในอัตราที่แตกต่างกันคือ 200, 350, 500, 650 และ 800 มิลลิลิตร เป็นเวลา 8 ชั่วโมงต่อวัน โดยใช้กระป๋องน้ำหยดซึ่งเป็นการให้น้ำแบบจุลภาค (Micro-Irrigation) และทำการตรวจวัดปริมาณน้ำระบายออกจากกระถางเพื่อนำมาคำนวณปริมาณการใช้น้ำด้วยวิธีสมดุลน้ำ

จากการทดลองพบว่ากรณีให้น้ำแก่พริกหวาน 200 และ 350 มิลลิลิตร ไม่สามารถทำการสมดุลน้ำได้ เนื่องจากเมื่อให้น้ำไปแล้วไม่มีน้ำระบายออกจากกระถาง ซึ่งน้ำที่ให้ไปพืชอาจจะนำไปใช้ได้ทั้งหมดพอดี หรือพืชอาจจะใช้น้ำได้ไม่พอแล้วต้องดึงน้ำจากในดินออกมาใช้ ส่วนกรณีที่ให้น้ำ 500 650 และ 800 มิลลิลิตร สามารถคำนวณปริมาณการใช้น้ำของพืชได้เฉลี่ยเท่ากับ 8.48 10.11 และ 8.41 มิลลิเมตร ตามลำดับ หรือคิดเป็นประสิทธิภาพการให้น้ำเฉลี่ยเท่ากับ 66.14% 61.27% และ 44.42% ตามลำดับ

จากการทดสอบทางสถิติข้อมูลพบว่า กรณีที่ให้น้ำ 500 650 และ 800 มิลลิลิตร พืชมีปริมาณการใช้น้ำของพืชไม่แตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ฉะนั้นการให้น้ำเพียง 500 มิลลิลิตร ก็เพียงพอต่อการใช้น้ำของพริกหวานได้ ไม่จำเป็นต้องให้ในปริมาณที่มาก เพราะการให้น้ำมากแต่พืชไม่สามารถนำน้ำนั้นไปใช้ประโยชน์ได้ทั้งหมดต้องการระบายน้ำออกมาทำให้สิ้นเปลืองน้ำ แต่อย่างไรก็ตามเมื่อเก็บผลผลิตก็พบว่าทุกกรณีที่ให้น้ำพริกหวานสามารถผลิตผลผลิตได้ทุกต้น ซึ่งอาจจะสรุปได้ว่ากรณีที่ให้น้ำ 200 และ 350 มิลลิลิตร เพียงพอต่อการใช้น้ำของพืชเพราะถ้าหากน้ำที่ให้ไม่เพียงพอต่อการใช้น้ำของพืชต้นพริกหวานอาจจะตายหรือผลเน่าได้

วิจารณ์ผลการทดลอง

1. อัตราการไหลจากการทดลองแตกต่างจากการคำนวณทางทฤษฎีเฉลี่ยเท่ากับ 31.03 % ซึ่งปริมาณน้ำที่ได้มีความคลาดเคลื่อนจากค่าที่ควรจะเป็นอาจเนื่องมาจากมีการสูญเสีย Friction loss ในเส้นลวดที่ต่อกับท่อสายไฟเพื่อให้น้ำหยดลงกระถางพริกหวานและอาจจะคลาดเคลื่อนจากผู้ทำการตรวจวัดค่า และอาจจะเกิดจากตัวสามทางที่ต่อเชื่อมกับเส้นลวดเพื่อปรับระดับน้ำหลวม เมื่อปรับระดับลงก็อาจจะเลื่อนลงมาเกินกว่าที่ขีดระดับไว้ ดังนั้นการนำกระป๋องน้ำหยดไปใช้ หากต้องการอัตราการไหลที่ต้องการจึงควรทำการปรับเทียบอัตราการไหลโดยการปรับสามทางที่ต่อเชื่อมกันกับเส้นลวดเทียบกับอัตราการไหลทุกๆกระป๋อง

2. ปริมาณการใช้น้ำของพริกหวาน (หน่วยมิลลิเมตร) มีบางช่วงที่กราฟมีแนวโน้มสูงขึ้นเรื่อยๆ แต่ตกลงมาเพียงจุดเดียวแล้วสูงเพิ่มขึ้นอีก อาจจะเป็นเพราะว่ามีการวัดข้อมูลผิดพลาดค่าที่ได้จึงแตกต่างมากจากค่าอื่น ส่วนกราฟทุกกรณีในช่วงสัปดาห์ที่ 2 มีค่าสูงกว่า สัปดาห์อื่นอาจจะเป็นเพราะว่าระบบการเก็บน้ำระบายในช่วงสัปดาห์แรกยังไม่ค่อยดี เนื่องจากบางกระถางที่น้ำระบายออกมามากเกินจนสายยางที่เชื่อมอยู่กับก้นกระถางหลุดออกมาจนน้ำกระจายออกนอกขวดแต่ยังมีน้ำบางส่วนยังเหลืออยู่ในขวดเนื่องจากมีการเจาะรูที่ฝาขวดน้ำด้วย ดังนั้นเมื่อนำค่าน้ำที่ระบายมาคิดหาปริมาณการใช้น้ำของพืชค่าจึงอาจจะผิดพลาดได้ และอาจจะเป็นช่วงสัปดาห์ที่พริกหวานกำลังติดดอกจึงอาจมีการดึงความชื้นในดินไปใช้มากกว่าปกติ

3. ปริมาณการใช้น้ำของพืช ที่คำนวณจากกรณีที่ให้น้ำ 500, 650 และ 800 มิลลิลิตร มีปริมาณการใช้น้ำรวมตลอดการทดลองเท่ากับ 619.40 มิลลิเมตร 738.02 มิลลิเมตร และ 613.57 มิลลิเมตร ตามลำดับ สอดคล้องกับข้อมูลของฟาร์มพริกหวาน โป่งแยงแอ่งดอย ป่อเลี้ยงปุ๊ (2552) กล่าวคือ พริกหวานต้องการน้ำตลอดช่วงการเพาะปลูกประมาณ 400 – 1,000 มิลลิเมตร

4. จำนวนผลผลิตในแต่ละต้นอาจจะได้ผลผลิตมากกว่านี้ ถ้าหากมีการให้ปุ๋ยอย่างสม่ำเสมอ และดูแลรักษาต้นพริกหวานอย่างต่อเนื่องโดยเฉพาะเรื่องของศัตรูพืช นอกจากนี้ปริมาณผลผลิตที่ได้ในกรณีที่ให้น้ำ 650 และ 800 มิลลิลิตรมีผลผลิตเฉลี่ยค่อนข้างน้อยอาจเนื่องมากจากพริกหวานได้รับน้ำมากไป ทั้งนี้เนื่องจากพริกหวานเป็นพืชที่ไม่ทนต่อการขาดน้ำหรือให้น้ำมากเกินไป (ฟาร์มพริกหวาน โป่งแยงแอ่งดอย ป่อเลี้ยงปุ๊, 2552)

ข้อเสนอแนะ

1. ปัญหาและอุปสรรค

เนื่องจากช่วงที่ทำการทดลองเป็นช่วงฤดูฝน เกิดพายุพัดลำต้นเสียหายและมีน้ำฝนสาดเข้าในกระถางทำให้การคำนวณสมดุลน้ำผิดพลาดได้ ควรที่จะนำการทดลองนี้ไปปลูกในโรงเรือน นอกจากนี้ควรระมัดระวังเรื่องของศัตรูพืช ได้แก่ หอยทากและเพลี้ย อย่าวางกระถางบนพื้นดินเพราะหอยทากจะเข้ามาในกระถางและกัดกินต้นพริกหวานจนเหลือแต่ก้านและต้องกำจัดหอยทากออกจากบริเวณรอบๆ พื้นที่เพาะปลูกให้หมด และต้องหมั่นฉีดยาฆ่าแมลงเมื่อพบว่ามีเพลี้ย เพราะเมื่อเพลี้ยระบาด จะดูดน้ำที่ไปเลี้ยงต้นพริกหวานจากใต้ใบพริกหวานทำให้พริกหวานเกิดโรคใบหงิก

ส่วนปัญหาจากการทำกระป๋องน้ำหยดเนื่องจากการทดลองกระป๋องมีค่าความคลาดเคลื่อนของอัตราการไหลจากทฤษฎีและการทดลองสูงดังนั้นก่อนที่จะนำกระป๋องน้ำหยดมาทดลองจึงควรนำกระป๋องไปทำการปรับเทียบก่อนที่จะนำมาให้น้ำแก่พืชเพื่อหาอัตราการไหลของแต่ละกระป๋อง

2. การรวบรวมข้อมูล

เนื่องจากการให้น้ำในแต่ละวันส่วนหนึ่งพืชสามารถนำน้ำไปใช้ได้ แต่น้ำอีกส่วนดินจะอุ้มน้ำไว้และส่วนที่พืชไม่ต้องการก็จะถูกระบายออกไป ทำให้มีบางกรณีที่ให้น้ำไปแล้วไม่มีการระบายน้ำออกมาจึงสามารถรู้ได้ว่าพืชสามารถใช้น้ำได้หมดเท่ากับที่ให้ไปหรือพืชใช้น้ำไม่เพียงพอจึงต้องดึงน้ำจากในดินมาใช้ให้เพียงพอ เพื่อให้ได้ค่าการใช้น้ำที่สมบูรณ์ทุกกรณีการให้น้ำจึงควรนำดินในแต่ละกระถางมาวัดค่าความชื้นก่อนที่จะให้น้ำครั้งต่อไป

3. การประยุกต์ใช้งาน

จากผลการศึกษานี้หากเกษตรกรที่จะนำผลการทดลองนี้ไปใช้เพื่อปลูกพริกหวานโดยการให้น้ำแบบน้ำหยด ควรจะกำหนดอัตราการให้น้ำที่เหมาะสมคือไม่ควรเกิน 500 มิลลิลิตรต่อวัน เพราะหากให้น้ำมากเกินไปผลผลิตจะตกต่ำ และเป็นการสิ้นเปลืองน้ำ

เอกสารอ้างอิง

จานุลักษณ์ ขนบดี. 2535. **การผลิตเมล็ดพันธุ์ผัก.** สถาบันการวิจัยและฝึกอบรมการเกษตรลำปาง, ลำปาง.

ธัญดร ออกวะลา. ม.ป.ป.. **เอกสารประกอบการสอน วิชากลศาสตร์ของไหล.** ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์วิทยาเขตกำแพงแสน, นครปฐม.

นิพนธ์ ไชยมงคล และรานี วิทโยภาส. 2536. **การผลิตเมล็ดพันธุ์พริกหวาน**, น. 214-235. ในการผลิตเมล็ดพันธุ์ผัก. กองขยายพันธุ์พืช, กรมส่งเสริมการเกษตร, กรุงเทพฯ.

บุญมา ป้านประดิษฐ์. 2546. **หลักการชลประทาน.** ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กำแพงแสน.

ปริยานุช จุลกะ. 2539. **การพัฒนาและการแก่ของเมล็ดพันธุ์พริกหวาน.** ปัญหาพิเศษปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

พิศมัย หาญมงคลพิพัฒน์. 2550. **หลักสถิติ 1**. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ฟาร์มพริกหวาน โป่งแยงแอ่งดอย ป่อเลี้ยงปุ๊. 2552. **การให้น้ำพริกหวาน.** แหล่งที่มา http://www.xn--12c2cnuvx4cm.com/การให้น้ำพริกหวาน, 2 เมษายน 2553

_____ 2552. **โรคพริกหวาน.** แหล่งที่มา http://www.xn--12c2cnuvx4cm.com/การให้น้ำพริกหวาน, 2 เมษายน 2553)

_____ 2552. **แมลงศัตรูของพริกหวาน.** แหล่งที่มา http://www.xn--12c2cnuvx4cm.com/การให้น้ำพริกหวาน, 2 เมษายน 2553)

วิบูลย์ บุญยธโรกุล. 2529. **ปั๊มและระบบสูบน้ำ.** ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์วิทยาเขตกำแพงแสน, นครปฐม.

สุธาทิพย์ การรักษา. 2540. **อิทธิพลต่อความเข้มแสงที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของพริกหวาน.** ปัญหาพิเศษปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

การปลูกพริกหวาน

ภาพผนวกที่ 1 ลักษณะการวางกระถางและกระป๋องน้ำหยด

การปลูกพริกหวานและทดลองการให้น้ำแบบจุลภาคโดยใช้กระป๋องน้ำหยดเป็นอุปกรณ์ในการให้น้ำ ซึ่งพริกหวานนั้นได้ปลูกในกระถางจำนวน 20 กระถาง จัดวางบนชั้นวางที่คลุมด้วยพลาสติกเพื่อกันฝนและคลุมด้วยผ้ากรองแสงเพื่อลดปริมาณแสงแดด ดังแสดงในภาพผนวกที่ 1

ภาพผนวกที่ 2 การเจาะกระถางใส่สายยาง

เจาะรูที่ก้นกระถางแล้วนำสายยางมาติดที่พร้อมกับใส่กาวซิลิโคนเพื่อให้สายยางติดแน่นสามารถใส่ขวดน้ำขนาดเล็กที่รองรับน้ำระบายได้

ภาพผนวกที่ 3 พริกหวานอายุ 6 วันหลังการเพาะในถาดเพาะกล้า

เพาะเมล็ดพริกหวานในถาดเพาะโดยใช้ดินสำหรับเพาะกล้าและคอยรดน้ำดูแลป้องกันแมลงและศัตรูพืช

ภาพผนวกที่ 4 ลักษณะลำต้นพริกหวาน

ลำต้นมีลักษณะเป็นสีเขียวกลมแบนและเมื่อใบเจริญได้ 9- 10 ใบดอกแรกจะเจริญ หลังจากติดดอกแรกตรงยอดของลำต้นเดียว จะแตกกิ่งแขนงในแนวตั้งอีกสองกิ่งแล้วแตกกิ่งขนานออกไปอีก

ภาพผนวกที่ 5 ลักษณะใบพริกหวาน

ลักษณะใบเป็นใบเดี่ยว มีขนาดใหญ่แบนปลายแหลมหรือกลมมนเป็นรูปหอก มีสีเขียวอ่อนจนถึงสีเขียวเข้ม

ภาพผนวกที่ 6 ลักษณะดอกพริกหวาน

ดอกเกิดบริเวณข้อตรงมุมใบและกิ่ง เป็นดอกสมบูรณ์ ปกติมักเกิดเป็นดอกเดี่ยว ก้านดอกอาจชี้ขึ้นหรือห้อยลงขึ้นอยู่กับพันธุ์ ประกอบด้วยกลีบดอก 5 กลีบที่มีส่วนฐานติดกันเป็นรูประฆังแต่ส่วนปลายแยกอออกจากกัน ส่วนใหญ่จะมีสีขาว

ภาพผนวกที่ 7 ลักษณะผลพริกหวานที่ยังอ่อนเป็นสีเขียว

ผลพริกหวานมีลักษณะเป็นรูปสี่เหลี่ยมมีขั้วหนาที่ยังอ่อนแต่สามารถเก็บรับประทานสังเกตได้ว่ามีขนาดผลโตเต็มที่ไม่มีการขยายขนาดอีกและจากนั้นจะค่อยๆสุก ผิวไม่มัน

ภาพผนวกที่ 8 ลักษณะผลพริกหวานที่สุกบนต้น

ผลพริกที่ยังอ่อนจะมีสีเขียว แต่เมื่อปล่อยให้แก่บนต้นจะเปลี่ยนเป็นสีแดงแต่สามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตได้ทั้งแบบอ่อนและแก่

ภาคผนวก ข

การคำนวณปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (Referrence Crop Evapotranspiration, ETo)

ด้วยวิธี FAO Penman-Monteith

จากสูตร

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

ยกตัวอย่างการให้น้ำในวันที่ 28 ธันวาคม 2552

กำหนด KPS Agro Met Sta.

$T_{max} = 33.8$ ℃

$T_{min} = 22.6$ ℃

Wind Speed 3 m/s

Sunshine 7 hr

Altitude 7 รทก.

Latitude 14̊ 01’ N

Wind Vane 11 m

หาพารามิเตอร์อากาศ

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

$$\gamma = 0.665 \times 10^{-3} (101.2173)$$

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

$$P = 101.3\left(\frac{293 - 0.0065(7)}{293}\right)^{5.26}$$

$P = 101.2173$ kpa

$$\therefore \gamma = 0.0673$$

หาความเร็ว U_2

$$U_2 = U_z \times \frac{4.78}{\ln(67.8(Z) - 5.42)}$$

$$= 0 \times \frac{4.78}{\ln(67.8(11) - 5.42)}$$

U_2 = 0 m/s

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

เมื่อ Δ = ความชันโค้งไอน้ำอิ่มตัว

$$T = T_{mean} = \frac{T_{max} + T_{min}}{2} = \frac{33.8 + 22.6}{2} = 28.2$$

$$\Delta = \frac{2503 \times e^{\left(\frac{17.27(28.2)}{28.2+237.3}\right)}}{(28.2 + 237.3)^2} = 0.2223$$

หาความดันไอน้ำในอากาศที่ขาด $(e_s - e_a)$

$$e_s = \frac{e^0(T_{max}) + e^0(T_{min})}{2}$$

$$e^0(T_{max}) = 0.6108 \exp\left(\frac{17.27(T_{max})}{T_{max} + 237.3}\right) = 0.6108 \exp\left(\frac{17.27(33.8)}{33.8 + 237.3}\right) = 5.2603$$

$$e^0(T_{min}) = 0.6108 \exp\left(\frac{17.27(T_{min})}{T_{min} + 237.3}\right) = 0.6108 \exp\left(\frac{17.27(22.6)}{22.6 + 237.3}\right) = 2.7422$$

$$\therefore e_s = \frac{5.2603 + 2.7422}{2} = 4.0012 \text{kPa}$$

จาก $e_a = RH \times e_s$

$$RH = \frac{\left(\frac{RH_{max} + RH_{min}}{2}\right)}{100} = \frac{\left(\frac{(93 + 43)}{2}\right)}{100} = 0.68$$

$$\therefore e_a = 0.68 \times 4.0012 = 2.7208 \text{ kPa}$$

$$(e_s - e_a) = 4.0012 - 2.7208 = 1.2804 \text{ kPa}$$

พลังงานรังสีสุทธิ $(R_n - G)$

J = Julian Day วันที่ 28 ธ.ค. J = 362

ϕ (ละติจูด) 14°01' $N = 14 + \frac{01}{60}$ = 14.01667 degree $= \left(14 + \frac{01}{60}\right) \times \frac{\pi}{180} = 0.2446$ Rad

$R_n = R_{ns} - R_{nl}$

$R_{ns} = (1-\alpha)R_S$

เมื่อ $R_S = (0.25 + 0.5\frac{n}{N})R_a$

โดยที่ n = sunshine duration, hr

N = ได้จากการเปิดตารางหรือ $\frac{24}{\pi}\omega_S$

δ = มุมเบนดวงอาทิตย์ตามฤดูกาล

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

$$= 0.409\sin\left(\frac{2\pi}{365}(362) - 1.39\right) = -0.41\text{rad}$$

ω_S = มุมของดวงอาทิตย์ตามเวลา

$$\omega_S = \cos^{-1}(-\tan\phi.\tan\delta)$$

$$= \cos^{-1}(-\tan(0.2446).\tan-0.41) = 1.463rad$$

$$R_a = \frac{G_{sc}\times dr}{\pi}\left[(\omega_S.\sin\phi.\sin\delta) + (\cos j.\cos\phi.\sin\omega_S)\right]$$

G_{sc} = ค่าคงที่ = 118.1

$$R_a = \frac{(118.11)\times(1.0219)}{\pi}\left[\begin{matrix}(1.463\times\sin(0.2446)\times\sin(-0.41))\\ +(\cos(0.2446)\times\cos(-0.41)\times\sin(1.463))\end{matrix}\right]$$

$$R_a = 31.182\ \frac{MJ}{m^2.day}$$

$$N = \frac{24}{\pi}\omega_S = \frac{24}{\pi}\times 1.463 = 11.176hr$$

จะได้ $R_S = \left(0.25 + 0.5\frac{8.6}{(\frac{24}{\pi}\times 1.487)}\right)31.182 = 19.597\frac{MJ}{m^2.day}$

เมื่อ Albedo พืชอ้างอิง ≈ 0.23

$$\therefore R_{ns} = (1-\alpha)R_S = (1-0.23)\times 19.597 = 15.0899\ \frac{MJ}{m^2.day}$$

เมื่อ $R_{nl} = \sigma\left[\frac{T^4_{max,k} + T^4_{min,k}}{2}\right]\times\left(0.34 - 0.14\sqrt{e_a}\right)\times\left(1.35\frac{R_S}{R_{S_0}} - 0.35\right)$

โดยที่

$$\sigma\left[\frac{T^4_{max,k} + T^4_{min,k}}{2}\right] = 4.903\times10^{-9}\times\left[\frac{(33.8+273.16)^4 + (22.6+273.16)^4}{2}\right] = 40.5232$$

$$\left(0.34 - 0.14\sqrt{e_a}\right) = \left(0.34 - 0.14\sqrt{2.72}\right) = 0.109$$

$$R_{so} = \left[0.75 + 2\times10^{-5}(Z)\right]R_a$$

$$= \left[0.75 + 2\times10^{-5}(7)\right](31.182)$$

$$R_{so} = 23.39$$

$$\left(1.35\frac{R_s}{R_{s_0}}-0.35\right)=\left(1.35\frac{19.597}{23.39}-0.35\right)=0.781$$

$$R_{nl}=40.5232\times0.109\times0.781$$

$$R_{nl}=3.45\ \frac{MJ}{m^2.day}$$

$$\therefore R_n = R_{ns} - R_{nl} = 15.0899 - 3.45 = 11.64\ \frac{MJ}{m^2.day}$$

จากสมการ Penman-Montieth $ET_0=\dfrac{0.408\Delta\left(R_n-G\right)+\gamma\dfrac{900}{T+273}u_2\left(e_s-e_a\right)}{\Delta+\gamma\left(1+0.34u_2\right)}$

ค่าที่ได้จากการคำนวณทั้งหมด $\Delta=0.2223$, $R_n=11.64\ \frac{MJ}{m^2.day}$, $\gamma=0.0673$, $T=28.2°C$, U_2 = 0 m/s, (e_s-e_a) =1.2804 kPa

เมื่อ ค่าพลังงานความร้อนที่ถ่ายลงดิน (G)

รายวัน $G_{daily}\approx 0$

รายเดือน $G_{month,i}=0.07$(อุณหภูมิเฉลี่ยเดือนถัดไป- อุณหภูมิเฉลี่ยเดือนก่อน)

$=0.14$(อุณหภูมิปัจจุบัน- อุณหภูมิเฉลี่ยเดือนก่อน)

ในกรณีนี้ใช้ค่า รายวัน $G_{daily}\approx 0$

$$0.408\Delta\left(R_n-G\right)=0.408\times0.2223\times(11.64-0)$$

$$=1.056$$

$$\gamma\frac{900}{T+273}u_2\left(e_s-e_a\right)=0.0673\left(\frac{900}{28.2+273}\right)\times(0)\times(1.2804)$$

$$=0$$

$$\Delta+\gamma\left(1+0.34u_2\right)=0.2223+(0.0673\times(1+(0.34\times0)))$$

$$=0.2896$$

$$\therefore ET_0=\frac{1.056+0}{0.2896}=3.646\ \text{mm/day}$$

ภาคผนวก ค

ตารางข้อมูลสภาพภูมิอากาศของสถานีอุตุนิยมวิทยา กำแพงแสน จังหวัดนครปฐม ตั้งแต่เดือนตุลาคม ถึง เดือนธันวาคม

ตารางผนวกที่ 1 พลังงานการแผ่รังสีที่ชั้นนอกของบรรยากาศโลก (R_a)

Lat.	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
60	3.25	8.11	16.57	27.55	36.66	41.22	39.14	31.25	20.52	10.82	4.37	2.16
58	4.30	9.32	17.75	28.40	37.05	41.30	39.36	31.92	21.59	12.04	5.48	3.12
56	5.39	10.54	18.91	29.22	37.44	41.41	39.58	32.56	22.64	13.26	6.62	4.14
54	6.53	11.77	20.04	30.02	37.81	41.52	39.81	33.18	23.66	14.46	7.78	5.22
52	7.70	12.99	21.15	30.79	38.17	41.62	40.02	33.77	24.65	15.65	8.97	6.35
50	8.89	14.21	22.24	31.52	38.50	41.71	40.21	34.34	25.61	16.83	10.17	7.51
48	10.10	15.42	23.30	32.23	38.81	41.79	40.39	34.87	26.54	18.00	11.38	8.69
46	11.32	16.63	24.33	32.89	39.08	41.84	40.54	35.37	27.43	19.15	12.60	9.89
44	12.55	17.82	25.33	33.52	39.33	41.87	40.66	35.83	28.30	20.28	13.82	11.11
42	13.78	18.99	26.31	34.12	39.54	41.87	40.74	36.26	29.13	21.38	15.04	12.34
40	15.01	20.15	27.25	34.67	39.71	41.84	40.80	36.65	29.92	22.47	16.25	13.58
38	16.24	21.30	28.15	35.19	39.85	41.77	40.82	37.00	30.68	23.53	17.46	14.82
36	17.47	22.42	29.02	35.66	39.95	41.67	40.81	37.31	31.40	24.56	18.65	16.06
34	18.68	23.51	29.86	36.10	40.01	41.54	40.75	37.58	32.08	25.57	19.84	17.29
32	19.89	24.59	30.66	36.49	40.03	41.37	40.66	37.81	32.72	26.55	21.01	18.52
30	21.08	25.64	31.43	36.84	40.02	41.16	40.53	38.00	33.33	27.49	22.16	19.74
28	22.26	26.66	32.15	37.15	39.95	40.91	40.36	38.15	33.89	28.41	23.30	20.95
26	23.42	27.65	32.84	37.41	39.85	40.62	40.16	38.25	34.41	29.29	24.41	22.14
24	24.56	28.62	33.49	37.63	39.71	40.30	39.91	38.31	34.89	30.14	25.50	23.32
22	25.68	29.55	34.09	37.81	39.53	39.94	39.62	38.32	35.33	30.96	26.57	24.48
20	26.78	30.45	34.66	37.94	39.30	39.53	39.29	38.30	35.72	31.74	27.61	25.62
18	27.85	31.32	35.18	38.02	39.03	39.09	38.92	38.23	36.08	32.48	28.63	26.74
16	28.90	32.15	35.66	38.06	38.72	38.61	38.52	38.11	36.38	33.18	29.61	27.84
14	29.92	32.94	36.10	38.06	38.37	38.09	38.07	37.95	36.65	33.85	30.57	28.92
12	30.90	33.70	36.49	38.01	37.97	37.54	37.58	37.75	36.86	34.47	31.49	29.96
10	31.86	34.42	36.84	37.92	37.54	36.94	37.05	37.51	37.04	35.06	32.39	30.98
8	32.79	35.10	37.15	37.78	37.06	36.31	36.49	37.22	37.17	35.60	33.25	31.97
6	33.69	35.73	37.40	37.60	36.55	35.64	35.89	36.89	37.25	36.10	34.07	32.93
4	34.55	36.33	37.62	37.37	35.99	34.94	35.25	36.52	37.29	36.56	34.86	33.86
2	35.37	36.89	37.78	37.10	35.40	34.20	34.57	36.11	37.28	36.98	35.61	34.75
0	**36.16**	**37.41**	**37.91**	**36.78**	**34.77**	**33.42**	**33.86**	**35.65**	**37.23**	**37.35**	**36.32**	**35.61**

ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ) พลังงานการแผ่รังสีที่ชั้นนอกของบรรยากาศโลก (R_a)

Lat.	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
0	**36.16**	**37.41**	**37.91**	**36.78**	**34.77**	**33.42**	**33.86**	**35.65**	**37.23**	**37.35**	**36.32**	**35.61**
-2	36.91	37.88	37.98	36.42	34.10	32.62	33.11	35.15	37.13	37.67	36.99	36.43
-4	37.62	38.31	38.01	36.02	33.39	31.78	32.33	34.62	36.99	37.96	37.63	37.22
-6	38.29	38.69	37.99	35.58	32.65	30.91	31.51	34.04	36.80	38.20	38.22	37.97
-8	38.93	39.03	37.93	35.09	31.88	30.01	30.67	33.42	36.57	38.39	38.77	38.68
-10	39.52	39.32	37.82	34.56	31.07	29.08	29.79	32.77	36.29	38.54	39.28	39.36
-12	40.07	39.57	37.67	33.99	30.22	28.13	28.89	32.08	35.97	38.64	39.75	39.99
-14	40.58	39.78	37.47	33.38	29.35	27.15	27.95	31.35	35.60	38.69	40.18	40.59
-16	41.05	39.94	37.22	32.73	28.45	26.14	26.99	30.59	35.19	38.70	40.56	41.14
-18	41.47	40.05	36.93	32.05	27.51	25.11	26.00	29.80	34.74	38.67	40.90	41.65
-20	41.86	40.12	36.59	31.32	26.55	24.06	24.99	28.97	34.25	38.59	41.20	42.13
-22	42.20	40.14	36.21	30.56	25.56	22.99	23.96	28.10	33.71	38.46	41.45	42.56
-24	42.49	40.12	35.79	29.76	24.55	21.90	22.90	27.21	33.14	38.29	41.66	42.94
-26	42.75	40.05	35.32	28.93	23.52	20.79	21.83	26.29	32.52	38.07	41.82	43.29
-28	42.96	39.93	34.81	28.07	22.46	19.67	20.73	25.34	31.86	37.81	41.94	43.60
-30	43.12	39.77	34.25	27.17	21.38	18.54	19.63	24.36	31.17	37.51	42.02	43.86
-32	43.25	39.57	33.66	26.24	20.28	17.39	18.50	23.35	30.44	37.16	42.06	44.08
-34	43.34	39.32	33.02	25.28	19.17	16.24	17.37	22.33	29.67	36.77	42.05	44.27
-36	43.38	39.03	32.35	24.29	18.04	15.08	16.23	21.28	28.86	36.33	42.00	44.41
-38	43.38	38.70	31.63	23.28	16.91	13.92	15.08	20.20	28.02	35.86	41.91	44.52
-40	43.35	38.33	30.88	22.24	15.76	12.76	13.92	19.11	27.14	35.34	41.78	44.59
-42	43.28	37.91	30.09	21.18	14.60	11.60	12.76	18.00	26.24	34.78	41.62	44.63
-44	43.17	37.46	29.26	20.09	13.44	10.44	11.61	16.88	25.30	34.19	41.41	44.63
-46	43.03	36.96	28.40	18.98	12.27	9.30	10.46	15.74	24.33	33.55	41.17	44.60
-48	42.86	36.43	27.50	17.85	11.11	8.17	9.31	14.59	23.33	32.88	40.90	44.54
-50	42.66	35.87	26.57	16.71	9.95	7.06	8.18	13.44	22.30	32.17	40.60	44.46
-52	42.44	35.27	25.61	15.55	8.80	5.97	7.07	12.27	21.24	31.43	40.27	44.37
-54	42.20	34.64	24.61	14.37	7.66	4.91	5.98	11.11	20.16	30.66	39.92	44.26
-56	41.94	33.98	23.59	13.19	6.54	3.90	4.92	9.94	19.06	29.86	39.54	44.14
-58	41.69	33.30	22.54	11.99	5.44	2.94	3.90	8.78	17.93	29.03	39.16	44.03
-60	41.43	32.59	21.46	10.80	4.38	2.04	2.92	7.62	16.78	28.17	38.77	43.95

หมายเหตุ : ละติจูด (Latitude) บอกเป็นองศา ละติจูดที่เป็นค่าบวก หมายถึง องศาเหนือ °N
ที่เป็นค่าลบ หมายถึง องศาใต้ °S
พลังงานการแผ่รังสีที่ชั้นนอกของบรรยากาศโลก หน่วยเป็น $MJm^{-2}day^{-1}$

ตารางผนวกที่ 2 จำนวนชั่วโมงแสดงแดดในรอบวัน (Daylight hours,N)

Lat.	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
60	6.37	8.72	11.37	14.25	16.83	18.44	17.72	15.33	12.49	9.71	7.06	5.56
58	6.88	8.98	11.42	14.07	16.41	17.81	17.20	15.06	12.45	9.89	7.49	6.18
56	7.32	9.21	11.46	13.92	16.05	17.29	16.75	14.82	12.42	10.05	7.86	6.70
54	7.69	9.42	11.50	13.78	15.73	16.85	16.37	14.61	12.39	10.19	8.18	7.15
52	8.03	9.61	11.54	13.65	15.45	16.46	16.03	14.42	12.36	10.32	8.47	7.53
50	8.33	9.78	11.57	13.53	15.20	16.12	15.73	14.25	12.34	10.44	8.73	7.88
48	8.60	9.93	11.60	13.43	14.97	15.81	15.45	14.09	12.31	10.54	8.97	8.18
46	8.84	10.08	11.62	13.33	14.76	15.53	15.20	13.95	12.29	10.64	9.18	8.46
44	9.07	10.21	11.65	13.24	14.57	15.28	14.97	13.81	12.27	10.74	9.38	8.72
42	9.27	10.33	11.67	13.16	14.39	15.04	14.76	13.69	12.25	10.82	9.56	8.95
40	9.47	10.45	11.70	13.08	14.22	14.83	14.57	13.57	12.24	10.90	9.74	9.17
38	9.65	10.56	11.72	13.00	14.06	14.62	14.39	13.46	12.22	10.98	9.90	9.37
36	9.82	10.66	11.74	12.93	13.91	14.43	14.21	13.36	12.20	11.05	10.05	9.57
34	9.98	10.75	11.76	12.86	13.77	14.25	14.05	13.26	12.19	11.12	10.19	9.75
32	10.13	10.85	11.77	12.80	13.64	14.08	13.90	13.17	12.18	11.18	10.32	9.92
30	10.27	10.94	11.79	12.74	13.51	13.92	13.75	13.08	12.16	11.25	10.45	10.08
28	10.41	11.02	11.81	12.68	13.39	13.77	13.61	12.99	12.15	11.31	10.58	10.23
26	10.55	11.10	11.82	12.62	13.28	13.62	13.47	12.91	12.14	11.36	10.70	10.38
24	10.67	11.18	11.84	12.57	13.17	13.47	13.34	12.83	12.13	11.42	10.81	10.52
22	10.80	11.26	11.85	12.52	13.06	13.34	13.22	12.75	12.11	11.47	10.92	10.66
20	10.92	11.33	11.87	12.47	12.95	13.20	13.10	12.68	12.10	11.53	11.03	10.80
18	11.03	11.40	11.88	12.42	12.85	13.07	12.98	12.61	12.09	11.58	11.13	10.93
16	11.15	11.47	11.90	12.37	12.75	12.95	12.86	12.53	12.08	11.63	11.24	11.05
14	11.26	11.54	11.91	12.32	12.65	12.82	12.75	12.46	12.07	11.67	11.34	11.18
12	11.37	11.61	11.92	12.27	12.55	12.70	12.64	12.40	12.06	11.72	11.43	11.30
10	11.48	11.68	11.94	12.23	12.46	12.58	12.53	12.33	12.05	11.77	11.53	11.42
8	11.58	11.74	11.95	12.18	12.37	12.46	12.42	12.26	12.04	11.82	11.63	11.54
6	11.69	11.81	11.96	12.13	12.27	12.35	12.32	12.20	12.03	11.86	11.72	11.65
4	11.79	11.87	11.97	12.09	12.18	12.23	12.21	12.13	12.02	11.91	11.81	11.77
2	11.90	11.94	11.99	12.04	12.09	12.11	12.10	12.06	12.01	11.95	11.91	11.88
0	**12.00**	**12.00**	**12.00**	**12.00**	**12.00**	**12.00**	**12.00**	**12.00**	**12.00**	**12.00**	**12.00**	**12.00**

ตารางผนวกที่ 2(ต่อ) จำนวนชั่วโมงแสดงแดดในรอบวัน (Daylight hours,N)

Lat.	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
60	6.37	8.72	11.37	14.25	16.83	18.44	17.72	15.33	12.49	9.71	7.06	5.56
58	6.88	8.98	11.42	14.07	16.41	17.81	17.20	15.06	12.45	9.89	7.49	6.18
56	7.32	9.21	11.46	13.92	16.05	17.29	16.75	14.82	12.42	10.05	7.86	6.70
54	7.69	9.42	11.50	13.78	15.73	16.85	16.37	14.61	12.39	10.19	8.18	7.15
52	8.03	9.61	11.54	13.65	15.45	16.46	16.03	14.42	12.36	10.32	8.47	7.53
50	8.33	9.78	11.57	13.53	15.20	16.12	15.73	14.25	12.34	10.44	8.73	7.88
48	8.60	9.93	11.60	13.43	14.97	15.81	15.45	14.09	12.31	10.54	8.97	8.18
46	8.84	10.08	11.62	13.33	14.76	15.53	15.20	13.95	12.29	10.64	9.18	8.46
44	9.07	10.21	11.65	13.24	14.57	15.28	14.97	13.81	12.27	10.74	9.38	8.72
42	9.27	10.33	11.67	13.16	14.39	15.04	14.76	13.69	12.25	10.82	9.56	8.95
40	9.47	10.45	11.70	13.08	14.22	14.83	14.57	13.57	12.24	10.90	9.74	9.17
38	9.65	10.56	11.72	13.00	14.06	14.62	14.39	13.46	12.22	10.98	9.90	9.37
36	9.82	10.66	11.74	12.93	13.91	14.43	14.21	13.36	12.20	11.05	10.05	9.57
34	9.98	10.75	11.76	12.86	13.77	14.25	14.05	13.26	12.19	11.12	10.19	9.75
32	10.13	10.85	11.77	12.80	13.64	14.08	13.90	13.17	12.18	11.18	10.32	9.92
30	10.27	10.94	11.79	12.74	13.51	13.92	13.75	13.08	12.16	11.25	10.45	10.08
28	10.41	11.02	11.81	12.68	13.39	13.77	13.61	12.99	12.15	11.31	10.58	10.23
26	10.55	11.10	11.82	12.62	13.28	13.62	13.47	12.91	12.14	11.36	10.70	10.38
24	10.67	11.18	11.84	12.57	13.17	13.47	13.34	12.83	12.13	11.42	10.81	10.52
22	10.80	11.26	11.85	12.52	13.06	13.34	13.22	12.75	12.11	11.47	10.92	10.66
20	10.92	11.33	11.87	12.47	12.95	13.20	13.10	12.68	12.10	11.53	11.03	10.80
18	11.03	11.40	11.88	12.42	12.85	13.07	12.98	12.61	12.09	11.58	11.13	10.93
16	11.15	11.47	11.90	12.37	12.75	12.95	12.86	12.53	12.08	11.63	11.24	11.05
14	11.26	11.54	11.91	12.32	12.65	12.82	12.75	12.46	12.07	11.67	11.34	11.18
12	11.37	11.61	11.92	12.27	12.55	12.70	12.64	12.40	12.06	11.72	11.43	11.30
10	11.48	11.68	11.94	12.23	12.46	12.58	12.53	12.33	12.05	11.77	11.53	11.42
8	11.58	11.74	11.95	12.18	12.37	12.46	12.42	12.26	12.04	11.82	11.63	11.54
6	11.69	11.81	11.96	12.13	12.27	12.35	12.32	12.20	12.03	11.86	11.72	11.65
4	11.79	11.87	11.97	12.09	12.18	12.23	12.21	12.13	12.02	11.91	11.81	11.77
2	11.90	11.94	11.99	12.04	12.09	12.11	12.10	12.06	12.01	11.95	11.91	11.88
0	**12.00**	**12.00**	**12.00**	**12.00**	**12.00**	**12.00**	**12.00**	**12.00**	**12.00**	**12.00**	**12.00**	**12.00**

หมายเหตุ : ละติจูด (Latitude) บอกเป็นองศา ละติจูดที่เป็นค่าบวก หมายถึง องศาเหนือ °N

ที่เป็นค่าลบ หมายถึง องศาใต้ °S

จำนวนชั่วโมงแสดงแดดในรอบวัน หน่วยเป็น ชั่วโมงต่อวัน

ตารางผนวกที่ 3 วันของปี (Julient Day, J)

Day	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
1	1	32	60	91	121	152	182	213	244	274	305	335
2	2	33	61	92	122	153	183	214	245	275	306	336
3	3	34	62	93	123	154	184	215	246	276	307	337
4	4	35	63	94	124	155	185	216	247	277	308	338
5	5	36	64	95	125	156	186	217	248	278	309	339
6	6	37	65	96	126	157	187	218	249	279	310	340
7	7	38	66	97	127	158	188	219	250	280	311	341
8	8	39	67	98	128	159	189	220	251	281	312	342
9	9	40	68	99	129	160	190	221	252	282	313	343
10	10	41	69	100	130	161	191	222	253	283	314	344
11	11	42	70	101	131	162	192	223	254	284	315	345
12	12	43	71	102	132	163	193	224	255	285	316	346
13	13	44	72	103	133	164	194	225	256	286	317	347
14	14	45	73	104	134	165	195	226	257	287	318	348
15	15	46	74	105	135	166	196	227	258	288	319	349
16	16	47	75	106	136	167	197	228	259	289	320	350
17	17	48	76	107	137	168	198	229	260	290	321	351
18	18	49	77	108	138	169	199	230	261	291	322	352
19	19	50	78	.109	139	170	200	231	262	292	323	353
20	20	51	79	110	140	171	201	232	263	293	324	354
21	21	52	80	111	141	172	202	233	264	294	325	355
22	22	53	81	112	142	173	203	234	265	295	326	356
23	23	54	82	113	143	174	204	235	266	296	327	357
24	24	55	83	114	144	175	205	236	267	297	328	358
25	25	56	84	115	145	176	206	237	268	298	329	359
26	26	57	85	116	146	177	207	238	269	299	330	360
27	27	58	86	117	147	178	208	239	270	300	331	361
28	28	59	87	118	148	179	209	240	271	301	332	362
29	29		88	119	149	180	210	241	272	302	333	363
30	30		89	120	150	181	211	242	273	303	334	364
31	31		90		151		212	243		304		365

ตารางผนวกที่ 4 ส่วนกลับของระยะทางระหว่างโลกกับดวงอาทิตย์สัมพัทธ์

(Inverse relative distance Earth-Sun, d_r)

Day	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
1	1.033	1.028	1.017	1.000	0.984	0.971	0.967	0.971	0.984	1.000	1.017	1.029
2	1.033	1.028	1.016	1.000	0.983	0.971	0.967	0.972	0.984	1.001	1.017	1.029
3	1.033	1.028	1.016	0.999	0.983	0.971	0.967	0.972	0.985	1.001	1.018	1.029
4	1.033	1.027	1.015	0.998	0.982	0.971	0.967	0.972	0.985	1.002	1.018	1.029
5	1.033	1.027	1.015	0.998	0.982	0.970	0.967	0.973	0.986	1.002	1.019	1.030
6	1.033	1.027	1.014	0.997	0.981	0.970	0.967	0.973	0.986	1.003	1.019	1.030
7	1.033	1.026	1.014	0.997	0.981	0.970	0.967	0.973	0.987	1.004	1.020	1.030
8	1.033	1.026	1.013	0.996	0.980	0.970	0.967	0.974	0.987	1.004	1.020	1.030
9	1.033	1.025	1.013	0.996	0.980	0.969	0.967	0.974	0.988	1.005	1.021	1.031
10	1.033	1.025	1.012	0.995	0.980	0.969	0.967	0.974	0.988	1.005	1.021	1.031
11	1.032	1.025	1.012	0.994	0.979	0.969	0.967	0.975	0.989	1.006	1.022	1.031
12	1.032	1.024	1.011	0.994	0.979	0.969	0.968	0.975	0.990	1.006	1.022	1.031
13	1.032	1.024	1.011	0.993	0.978	0.969	0.968	0.975	0.990	1.007	1.022	1.031
14	1.032	1.024	1.010	0.993	0.978	0.968	0.968	0.976	0.991	1.007	1.023	1.032
15	1.032	1.023	1.010	0.992	0.977	0.968	0.968	0.976	0.991	1.008	1.023	1.032
16	1.032	1.023	1.009	0.992	0.977	0.968	0.968	0.977	0.992	1.009	1.024	1.032
17	1.032	1.022	1.009	0.991	0.977	0.968	0.968	0.977	0.992	1.009	1.024	1.032
18	1.031	1.022	1.008	0.991	0.976	0.968	0.968	0.977	0.993	1.010	1.024	1.032
19	1.031	1.022	1.007	0.990	0.976	0.968	0.968	0.978	0.993	1.010	1.025	1.032
20	1.031	1.021	1.007	0.990	0.975	0.968	0.969	0.978	0.994	1.011	1.025	1.032
21	1.031	1.021	1.006	0.989	0.975	0.968	0.969	0.979	0.994	1.011	1.025	1.033
22	1.031	1.020	1.006	0.988	0.975	0.967	0.969	0.979	0.995	1.012	1.026	1.033
23	1.030	1.020	1.005	0.988	0.974	0.967	0.969	0.980	0.996	1.012	1.026	1.033
24	1.030	1.019	1.005	0.987	0.974	0.967	0.969	0.980	0.996	1.013	1.027	1.033
25	1.030	1.019	1.004	0.987	0.974	0.967	0.970	0.980	0.997	1.013	1.027	1.033
26	1.030	1.018	1.004	0.986	0.973	0.967	0.970	0.981	0.997	1.014	1.027	1.033
27	1.029	1.018	1.003	0.986	0.973	0.967	0.970	0.981	0.998	1.014	1.028	1.033
28	1.029	1.017	1.002	0.985	0.973	0.967	0.970	0.982	0.998	1.015	1.028	1.033
29	1.029		1.002	0.985	0.972	0.967	0.971	0.982	0.999	1.015	1.028	1.033
30	1.029		1.001	0.984	0.972	0.967	0.971	0.983	1.000	1.016	1.028	1.033
31	1.028		1.001		0.972		0.971	0.983		1.016		1.033

ตารางผนวกที่ 5 มุมเบนของดวงอาทิตย์ตามฤดูกาล (Solar declination, δ)

Day	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
1	-0.401	-0.304	-0.143	0.072	0.261	0.385	0.403	0.311	0.133	-0.075	-0.269	-0.386
2	-0.400	-0.300	-0.136	0.079	0.267	0.387	0.402	0.307	0.126	-0.082	-0.275	-0.388
3	-0.398	-0.295	-0.130	0.086	0.272	0.390	0.400	0.302	0.120	-0.089	-0.280	-0.391
4	-0.396	-0.290	-0.123	0.093	0.277	0.392	0.399	0.297	0.113	-0.096	-0.285	-0.393
5	-0.395	-0.285	-0.116	0.099	0.282	0.394	0.397	0.292	0.106	-0.103	-0.290	-0.395
6	-0.393	-0.280	-0.110	0.106	0.287	0.395	0.395	0.287	0.099	-0.110	-0.295	-0.396
7	-0.391	-0.275	-0.103	0.113	0.292	0.397	0.394	0.282	0.092	-0.116	-0.300	-0.398
8	-0.388	-0.269	-0.096	0.120	0.297	0.399	0.392	0.277	0.086	-0.123	-0.304	-0.400
9	-0.386	-0.264	-0.089	0.126	0.302	0.400	0.390	0.272	0.079	-0.130	-0.309	-0.401
10	-0.384	-0.259	-0.082	0.133	0.307	0.402	0.387	0.267	0.072	-0.136	-0.314	-0.402
11	-0.381	-0.253	-0.075	0.140	0.311	0.403	0.385	0.261	0.065	-0.143	-0.318	-0.404
12	-0.379	-0.247	-0.068	0.146	0.316	0.404	0.383	0.256	0.058	-0.150	-0.322	-0.405
13	-0.376	-0.242	-0.061	0.153	0.320	0.405	0.380	0.250	0.051	-0.156	-0.327	-0.406
14	-0.373	-0.236	-0.054	0.159	0.325	0.406	0.377	0.245	0.044	-0.163	-0.331	-0.406
15	-0.370	-0.230	-0.047	0.166	0.329	0.407	0.375	0.239	0.037	-0.169	-0.335	-0.407
16	-0.367	-0.224	-0.040	0.172	0.333	0.407	0.372	0.233	0.030	-0.175	-0.339	-0.408
17	-0.364	-0.219	-0.033	0.179	0.337	0.408	0.369	0.227	0.023	-0.182	-0.343	-0.408
18	-0.361	-0.213	-0.026	0.185	0.341	0.408	0.366	0.222	0.016	-0.188	-0.347	-0.409
19	-0.357	-0.207	-0.019	0.191	0.345	0.409	0.362	0.216	0.009	-0.194	-0.350	-0.409
20	-0.354	-0.200	-0.012	0.197	0.349	0.409	0.359	0.210	0.002	-0.200	-0.354	-0.409
21	-0.350	-0.194	-0.005	0.203	0.352	0.409	0.356	0.203	-0.005	-0.207	-0.357	-0.409
22	-0.347	-0.188	0.002	0.210	0.356	0.409	0.352	0.197	-0.012	-0.213	-0.361	-0.409
23	-0.343	-0.182	0.009	0.216	0.359	0.409	0.348	0.191	-0.019	-0.219	-0.364	-0.409
24	-0.339	-0.175	0.016	0.222	0.362	0.408	0.345	0.185	-0.026	-0.224	-0.367	-0.408
25	-0.335	-0.169	0.023	0.227	0.366	0.408	0.341	0.179	-0.033	-0.230	-0.370	-0.408
26	-0.331	-0.163	0.030	0.233	0.369	0.407	0.337	0.172	-0.040	-0.236	-0.373	-0.407
27	-0.327	-0.156	0.037	0.239	0.372	0.407	0.333	0.166	-0.047	-0.242	-0.376	-0.406
28	-0.322	-0.150	0.044	0.245	0.375	0.406	0.329	0.159	-0.054	-0.247	-0.379	-0.406
29	-0.318		0.051	0.250	0.377	0.405	0.325	0.153	-0.061	-0.253	-0.381	-0.405
30	-0.314		0.058	0.256	0.380	0.404	0.320	0.146	-0.068	-0.259	-0.384	-0.404
31	-0.309		0.065		0.383		0.316	0.140		-0.264		-0.402

หมายเหตุ : มุมเบนของดวงอาทิตย์มีหน่วยเป็น เรเดียน

ตารางผนวกที่ 6 ตารางข้อมูลสภาพภูมิอากาศเดือนตุลาคม สถานีอุตุนิยมวิทยากำแพงแสน

Date	Air Temperature(°C)			Humidity (%)		Rain	Evap.	Cloud	Sun.	Wind km./hrs.		Soil Temperature (°C)					
	Max.	Min.	G.min.	Max.	Min.	(mm.)	(mm.)	(%)	(hrs.)	Spd.	Dir.	0 cm.	5 cm.	10 cm.	20 cm.	50 cm.	100cm.
1	25.8	22.5	22.0	95	93	11.4	2.2	100	0.0	8.3	NW	27.3	28.0	28.2	29.0	29.9	30.6
2	32.6	23.5	23.5	95	57	0.2	2.8	93	1.5	1.8	S	28.4	29.1	29.0	28.9	29.4	30.4
3	33.4	24.8	24.0	94	54	T	1.8	88	8.2	2.9	NW	30.4	30.5	30.1	29.9	29.6	30.3
4	34.7	25.2	24.1	94	48	T	5.5	69	9.8	5.0	W	31.1	31.4	30.9	30.7	30.0	30.2
5	35.2	24.6	24.2	96	54	35.0	FULL	86	6.8	3.6	E	31.2	31.4	31.2	31.0	30.3	30.3
6	33.6	24.5	23.5	96	54	0.6	6.6	83	8.4	1.1	N	30.6	31.0	30.6	31.2	30.4	30.4
7	33.7	25.1	23.0	94	51	5.4	4.2	85	6.9	3.6	S	30.8	31.2	31.0	30.9	30.5	30.4
8	34.0	25.5	24.0	94	54	0.0	3.0	50	6.8	0.0	C	31.1	31.5	31.2	31.1	30.6	30.5
9	34.8	24.4	22.7	93	49	T	5.1	48	8.0	3.2	W	31.3	31.7	31.4	31.3	30.7	30.6
10	34.0	23.4	23.1	94	53	67.0	FULL	61	9.2	1.4	W	31.3	31.6	31.4	31.3	31.0	30.6
11	32.7	23.9	23.1	94	58	41.7	7.4	83	6.2	2.2	E	30.0	30.7	30.6	30.7	30.6	30.7
12	30.8	23.6	23.5	94	71	73.6	FULL	90	3.3	1.4	E	29.7	30.4	30.4	30.5	30.5	30.7
13	30.2	24.7	24.6	93	70	T	5.8	81	1.5	2.2	E	29.4	30.0	30.0	30.1	30.3	30.7
14	33.2	23.7	22.7	93	55	0.0	3.4	48	8.9	1.1	N	30.1	30.4	30.2	30.3	30.2	30.6
15	31.9	25.1	24.4	92	63	2.7	1.7	83	0.4	0.4	WNW	30.3	30.7	30.6	30.6	30.2	30.6
16	33.0	24.5	24.0	92	58	2.7	5.3	70	7.3	2.2	NE	30.8	31.1	31.0	30.7	30.4	30.5
17	32.7	23.9	22.9	93	58	15.2	4.2	61	6.6	2.2	NW	30.6	30.9	30.8	30.8	30.5	30.6
18	32.8	23.8	22.9	93	60	9.6	3.5	84	5.2	1.8	W	30.2	30.6	30.6	30.7	30.5	30.6
19	33.0	23.7	22.7	92	58	0.0	3.9	63	8.7	1.1	W	30.4	30.8	30.6	30.6	30.5	30.6
20	33.6	24.7	23.5	93	53	T	3.2	70	6.2	1.1	NE	30.8	31.1	30.9	30.8	30.5	30.6
21	31.3	24.6	23.6	92	59	3.5	1.0	84	2.4	1.1	S	29.9	30.5	30.6	30.8	30.6	30.6
22	32.3	24.2	22.8	93	61	30.3	5.2	70	4.7	2.2	N	30.2	30.6	30.4	30.5	30.4	30.6
23	30.3	23.1	22.8	93	70	4.8	1.4	81	2.1	0.4	S	29.4	30.0	29.9	30.2	30.4	30.6
24	31.6	24.0	22.5	92	69	4.0	2.1	66	2.9	1.1	N	29.6	29.9	29.9	30.1	30.2	30.5
25	33.7	24.0	22.5	93	49	0.2	4.5	39	9.9	1.4	ENE	30.7	30.7	30.6	30.5	30.1	30.5
26	33.9	25.6	24.0	92	54	T	3.9	66	7.8	0.4	S	31.5	31.6	31.3	31.0	30.4	30.4
27	33.6	25.0	24.1	93	52	5.6	4.6	68	9.6	0.4	E	31.7	31.8	31.6	31.4	30.6	30.5
28	32.4	23.5	22.7	93	51	T	3.2	58	9.5	4	N	31.0	31.2	31.2	31.2	30.8	30.6
29	32.0	23.0	20.8	93	56	0.0	5.6	25	9.9	2.2	N	30.6	30.7	30.7	30.8	30.6	30.6
30	32.7	23.2	21.0	92	51	0.0	4.0	18	9.9	3.2	N	30.8	30.8	30.7	30.7	30.5	30.6
31	32.1	22.5	19.8	93	51	0.0	4.5	9	9.9	3.6	N	30.3	30.5	30.5	30.6	30.5	30.6
Total	1011.6	747.8	715.0	2893	1794	313.5	109.6	2080	198.5	66.6		941.5	952.4	948.1	948.9	941.7	946.6
Mean	32.6	24.1	23.1	93	58	10.1	3.5	67	6.0	2.1	N	30.4	30.7	30.6	30.6	30.4	30.5

ตารางผนวกที่ 7 ตารางข้อมูลสภาพภูมิอากาศเดือนพฤศจิกายน

AGROMETEOROLOGICAL DATA FOR NOVEMBER 2009

NAKHONPATHOM METEOROLOGICAL STATION

Date	Air Temperature(°C)			Humidity (%)		Rain	Evap.	Cloud	Sun.	Wind km./hrs.		Soil Temperature (°C)					
	Max.	Min.	G.min.	Max.	Min.	(mm.)	(mm.)	(%)	(hrs.)	Spd.	Dir.	0 cm.	5 cm.	10 cm.	20 cm.	50 cm.	100cm.
1	31.7	22.0	18.7	94	46	T	4.2	5	9.8	4	N	30.1	30.3	30.3	30.4	30.3	30.6
2	31.1	21.8	19.0	92	48	0.0	4.9	16	7.4	8.3	NE	29.4	29.7	29.7	30.0	30.2	30.5
3	26.9	20.2	20.2	94	53	2.0	5.0	81	0.0	12.6	N	27.2	28.0	28.3	29.1	29.9	30.4
4	28.4	21.3	19.1	88	58	0.0	3.9	83	6.9	11.2	N	26.9	27.5	27.5	28.1	29.2	30.3
5	30.6	22.6	21.0	88	52	0.0	4.9	28	9.6	1.4	N	26.1	27.2	27.4	28.2	28.9	30.1
6	31.6	24.5	22.6	92	51	0.0	5.2	43	7.7	7.2	N	29.3	29.8	29.5	29.4	29.2	29.9
7	32.4	22.7	19.5	93	52	0.5	5.0	13	9.5	5.0	NNW	29.9	30.2	30.0	29.9	29.5	29.8
8	33.0	24.3	21.5	93	55	0.9	3.0	83	4.8	0.4	N	30.1	30.5	30.3	30.3	29.8	29.9
9	34.6	23.8	21.8	95	49	0.0	3.7	33	9.3	1.1	NE	30.5	30.7	30.5	30.4	30.0	30.0
10	35.4	24.4	21.9	94	50	0.0	3.4	25	8.7	0.0	C	31.1	31.2	31.0	31.0	30.1	30.0
11	35.0	24.7	22.5	94	54	0.0	3.1	44	5.4	0.4	W	31.3	31.6	31.3	31.2	30.4	30.1
12	35.4	24.7	22.4	93	46	0.0	3.9	28	8.7	2.2	E	31.7	31.8	31.6	31.4	30.6	30.2
13	35.9	24.6	22.2	93	45	0.0	3.0	30	9.3	0.4	S	32.1	32.3	31.9	31.8	30.9	30.3
14	35.6	25.1	22.6	92	48	0.0	3.7	43	7.3	1.1	NW	32.4	32.4	32.1	32.0	31.1	30.4
15	35.5	25.6	23.0	91	46	0.0	4.4	40	8.3	2.9	SSW	32.2	32.4	32.1	32.0	31.3	30.6
16	34.4	24.9	22.5	92	52	0.0	2.1	61	4.9	0.4	W	32.0	32.2	31.8	32.0	31.3	30.7
17	34.0	24.6	22.5	92	54	1.8	5.1	65	6.0	2.2	NE	31.7	31.9	31.8	31.8	31.4	30.8
18	29.7	20.4	20.4	93	55	T	3.1	60	5.3	5.8	N	29.9	30.5	30.7	31.1	31.2	30.8
19	28.8	20.2	17.5	93	49	0.0	3.9	45	9.5	4.0	NNE	28.9	29.4	29.4	30.1	30.7	30.8
20	28.6	20.4	17.7	92	50	0.0	4.7	51	9.3	5.4	N	28.8	29.1	29.2	29.7	30.3	30.7
21	28.0	19.7	16.4	93	43	0.0	4.3	29	9.4	8.6	N	28.4	28.6	28.8	29.5	30.0	30.5

ตารางผนวกที่ 7 (ต่อ) ตารางข้อมูลสภาพภูมิอากาศเดือนพฤศจิกายน

AGROMETEOROLOGICAL DATA FOR NOVEMBER 2009

NAKHONPATHOM METEOROLOGICAL STATION

Date	Air Temperature(°C)			Humidity (%)		Rain	Evap.	Cloud	Sun.	Wind km./hrs.		Soil Temperature (°C)					
	Max.	Min.	G.min.	Max.	Min.	(mm.)	(mm.)	(%)	(hrs.)	Spd.	Dir.	0 cm.	5 cm.	10 cm.	20 cm.	50 cm.	100cm.
22	26.3	17.4	13.9	93	46	0.0	5.7	61	6.8	6.8	NNW	27.1	27.7	27.8	28.7	29.7	30.4
23	27.8	16.6	12.6	94	42	0.0	3.5	43	8.6	4.0	NNW	26.9	27.4	27.4	28.2	29.2	30.2
24	28.7	16.6	12.6	93	46	0.0	3.7	61	6.4	2.2	N	26.9	27.3	27.4	28.1	28.9	30.0
25	30.3	17.1	12.8	93	40	0.0	2.8	33	9.1	4.7	NNE	27.1	27.4	27.4	27.9	28.7	29.7
26	31.0	16.5	12.0	94	37	0.0	3.2	20	8.7	1.4	E	27.0	27.6	27.5	28.0	28.6	29.6
27	31.2	17.6	13.9	94	39	0.0	2.9	3	9.4	2.9	N	27.8	28.0	27.8	28.2	28.5	29.5
28	31.3	18.2	14.6	94	43	0.0	4.8	1	9.2	3.2	N	28.6	28.7	28.4	28.7	28.6	29.4
29	31.7	19.5	15.7	94	44	0.0	3.1	16	9.0	3.2	NNE	29.2	29.4	28.9	29.1	28.9	29.3
30	31.1	20.2	15.7	94	41	0.0	3.8	13	9.2	3.6	N	29.3	29.6	29.2	29.2	29.1	29.4
Total	946.0	642.2	558.8	2784	1434	5.2	118.0	1157	233.5	116.6		879.9	890.4	887.0	895.5	896.5	904.9
Mean	31.5	21.4	18.6	93	48	0.2	3.9	39	7.8	3.9	N	29.3	29.7	29.6	29.9	29.9	30.2

T = Trace of rainfall less than 0.1 millimetre Remark: Accumulative rainfall since 1 January to 30 November = 1,152.5 Millimetres

FULL = Error data because of heavy rainfall = Reoccurrence minimum temperature Sourec:Nakhonpathom Meteorological Station Tel./Fax. 0-3435-1945

ตารางผนวกที่ 8 ตารางข้อมูลสภาพภูมิอากาศเดือนธันวาคม

AGROMETEOROLOGICAL DATA FOR DECEMBER 2009

NAKHONPATHOM METEOROLOGICAL STATION

Date	Air Temperature(°C)			Humidity (%)		Rain	Evap.	Cloud	Sun.	Wind km./hrs.		Soil Temperature (°C)					
	Max.	Min.	G.min.	Max.	Min.	(mm.)	(mm.)	(%)	(hrs.)	Spd.	Dir.	0 cm.	5 cm.	10 cm.	20 cm.	50 cm.	100cm.
1	30.1	19.3	15.5	94	43	0.0	6.0	4	9.1	3.6	N	28.9	29.6	28.9	29.1	29.1	29.4
2	30.1	19.5	15.6	93	44	0.0	3.3	23	9.1	4.7	N	28.9	29.3	28.9	29.2	29.2	29.4
3	29.9	18.4	14.4	94	46	0.0	2.6	8	9.0	4.0	N	28.8	29.1	28.9	29.0	29.1	29.5
4	29.0	18.4	15.0	94	49	0.0	3.7	21	7.8	1.1	N	28.5	28.8	28.6	28.8	29.1	29.3
5	29.7	17.9	14.6	93	43	0.0	3.1	30	5.6	2.2	N	27.8	28.3	28.2	28.5	29.0	29.4
6	30.0	17.2	13.1	94	41	0.0	3.2	20	8.3	1.1	N	28.3	28.5	28.4	28.6	28.8	29.3
7	30.5	17.2	13.5	94	42	0.0	3.3	9	8.6	1.1	NE	28.5	28.6	28.4	28.6	28.8	29.3
8	31.2	19.0	16.0	93	44	0.0	2.8	25	8.3	1.4	N	28.8	29.1	28.8	29.0	28.8	29.2
9	31.3	19.8	15.9	95	44	0.0	2.7	8	8.6	1.1	NW	29.1	29.4	29.1	29.0	28.9	29.2
10	31.1	18.4	15.1	94	39	0.0	4.4	8	8.6	1.1	NE	28.9	29.1	28.9	29.1	29.0	29.2
11	31.5	18.5	16.1	94	41	0.0	2.8	13	8.3	1.1	E	29.0	29.2	29.0	29.1	29.0	29.2
12	31.6	18.9	15.6	94	46	0.0	2.7	1	8.6	2.2	E	28.9	29.1	29.0	29.0	29.1	29.2
13	31.6	19.3	16.6	94	48	0.0	4.6	31	6.3	2.2	N	28.9	29.1	28.9	29.0	29.0	29.2
14	32.5	21.9	19.5	94	47	0.0	3.0	41	7.8	2.9	N	30.0	30.2	29.7	29.6	29.1	29.2
15	32.7	21.6	18.7	94	45	0.0	3.2	10	8.2	3.6	NNW	30.3	30.5	30.0	29.9	29.3	29.3
16	33.5	21.1	17.9	94	43	0.0	4.3	3	8.3	0.4	NNW	30.5	30.5	30.2	30.1	29.4	29.3
17	33.0	22.0	19.4	94	46	0.0	2.9	18	7.8	2.2	N	30.7	30.4	30.5	30.4	29.6	29.4
18	32.2	21.8	19.2	93	47	0.0	3.3	3	8.7	1.4	N	30.9	31.0	30.7	30.4	29.8	29.5
19	30.6	21.7	18.6	94	54	0.0	2.0	5	8.3	4.0	N	30.3	30.6	30.4	30.4	29.8	29.6
20	29.6	22.0	18.7	94	53	0.0	4.5	24	8.1	1.8	N	30.2	30.4	30.2	30.2	29.8	29.6
21	29.0	20.0	15.6	94	52	0.0	3.9	10	8.3	3.6	N	29.5	29.8	29.6	29.8	29.7	29.6

ตารางผนวกที่ 8 (ต่อ) ตารางข้อมูลสภาพภูมิอากาศเดือนธันวาคม

AGROMETEOROLOGICAL DATA FOR DECEMBER 2009

NAKHONPATHOM METEOROLOGICAL STATION

Date	Air Temperature(°C)			Humidity (%)		Rain	Evap.	Cloud	Sun.	Wind km./hrs.		Soil Temperature (°C)					
	Max.	Min.	G.min.	Max.	Min.	(mm.)	(mm.)	(%)	(hrs.)	Spd.	Dir.	0 cm.	5 cm.	10 cm.	20 cm.	50 cm.	100cm.
22	28.8	19.5	15.6	94	54	0.0	2.7	11	8.7	2.9	N	29.1	29.4	29.3	29.4	29.6	29.6
23	31.0	18.0	14.4	94	42	0.0	2.3	3	8.6	1.4	E	29.1	29.4	29.1	29.3	29.3	29.5
24	31.6	18.2	14.3	94	42	0.0	3.7	0	8.7	2.9	ESE	29.1	29.4	29.2	29.2	29.2	29.5
25	33.2	19.0	14.5	94	40	0.0	2.5	3	8.5	1.1	N	29.2	29.4	29.2	29.3	29.2	29.4
26	33.2	20.9	17.8	93	45	0.0	3.9	13	8.0	0.0	C	29.8	29.9	29.6	29.6	29.2	29.3
27	34.1	21.8	17.7	94	43	0.0	2.0	8	8.5	2.2	E	30.4	30.5	30.2	30.0	29.4	29.3
28	33.8	22.6	19.3	93	43	0.0	4.6	16	8.6	0.0	C	31.0	31.0	30.6	30.3	29.5	29.4
29	33.9	23.6	20.2	93	46	0.0	4.2	25	8.0	1.8	SE	31.0	31.2	31.0	30.8	29.8	29.5
30	33.7	23.2	19.5	93	47	0.0	3.3	16	8.2	1.1	E	31.0	31.2	30.9	30.8	30.1	29.6
31	34.0	22.5	19.5	92	46	0.0	2.2	14	7.8	0.4	S	31.1	31.2	30.8	30.6	30.0	29.6
Total	978.0	623.2	517.4	2905	1405	0.0	103.7	424	255.3	60.6		916.5	923.2	915.2	916.1	908.7	911.0
Mean	31.5	20.1	16.7	94	45	0.0	3.3	14	8.2	2.0	N	29.6	29.8	29.5	29.6	29.3	29.4

ภาคผนวก ง

ตารางข้อมูลน้ำระบายและปริมาณการใช้น้ำของพริกหวาน

ตารางผนวกที่ 9 ข้อมูลน้ำที่ระบายในแต่ละวันเป็นมิลลิลิตร

	กระถางที่																			
วันที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
17 ต.ค. 52	0	0	0	0	0	0	8.5	0	20	24	3	291	134	42	74	0	106	94	179	97
18 ต.ค. 52	0	3	0	0	0	0	120	7	31	138	0	60	66	15	45	434	226	134	125	0
19 ต.ค. 52	0	0	0	0	0	0	30	0	178	158	30	31	232	82	26	5	404	88	258	98
20 ต.ค. 52	0	0	0	0	0	0	0	0	0	47	0	18	132	144	4	10	324	66	158	132
21 ต.ค. 52	0	0	0	0	0	0	10	15	1	130	26	20	143	180	618	170	136	166	378	312
22 ต.ค. 52	0	0	0	22	0	280	120	166	95	124	134	28	166	200	66	86	310	594	334	160
23 ต.ค. 52	90	100	8	0	300	302	10	146	50	304	340	82	143	324	495	22	597	482	176	252
24 ต.ค. 52	4	79	148	12	64	112	220	122	27	186	437	37	241	166	127	333	584	664	327	321
25 ต.ค. 52	20	41	10	4	134	162	79	86	20	142	124	275	113	166	141	10	252	269	427	526
26 ต.ค. 52	20	30	40	23	97	190	44	66	16	146	283	82	104	148	244	225	123	610	102	480
27 ต.ค. 52	0	0	0	0	0	35	99	237	55	78	396	270	165	271	234	226	411	332	474	410
28 ต.ค. 52	0	0	12	33	0	135	159	236	238	250	162	432	541	338	304	424	647	531	742	726
29 ต.ค. 52	0	0	160	140	0	250	220	204	103	126	425	350	318	213	454	320	591	487	490	290
30 ต.ค. 52	0	0	120	110	0	208	101	244	328	83	150	425	162	245	413	166	464	612	520	560
31 ต.ค. 52	0	0	13	51	0	100	76	318	277	37	421	438	460	438	447	545	544	355	535	639
1 พ.ย. 52	0	0	50	36	0	181	128	344	228	50	429	366	226	410	140	186	411	600	604	556
2 พ.ย. 52	0	4	98	162	7	248	322	186	279	314	320	414	230	400	594	523	237	550	593	789
3 พ.ย. 52	0	0	0	48	73	175	327	237	291	250	349	387	604	330	199	237	592	454	594	614
4 พ.ย. 52	0	0	54	43	79	220	116	106	215	319	179	362	629	538	424	258	740	533	468	596

ตารางผนวกที่ 9 (ต่อ) ข้อมูลน้ำที่ระบายในแต่ละวันเป็นมิลลิลิตร

	กระถางที่																			
วันที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
5 พ.ย. 52	0	0	11	54	101	142	213	162	416	123	470	402	432	409	298	469	486	293	538	601
6 พ.ย. 52	0	0	21	10	20	42	52	40	83	146	298	298	250	107	194	233	498	538	511	492
7 พ.ย. 52	0	0	0	34	45	201	185	176	342	163	328	409	396	513	451	276	487	572	673	654
8 พ.ย. 52	0	0	42	0	0	72	50	126	76	236	260	146	314	404	322	291	561	628	431	610
9 พ.ย. 52	0	0	62	128	0	139	142	128	76	220	285	63	432	337	402	392	661	573	620	558
10 พ.ย. 52	0	0	0	10	0	120	67	160	130	230	323	420	360	368	254	238	508	492	553	533
11 พ.ย. 52	0	0	0	42	57	102	123	198	120	264	297	476	352	397	250	312	520	646	634	721
12 พ.ย. 52	0	0	0	15	0	90	134	97	163	249	120	245	214	390	350	488	450	675	416	540
13 พ.ย. 52	0	0	38	48	0	278	292	204	125	104	226	240	314	550	557	355	606	701	666	585
14 พ.ย. 52	0	0	0	38	98	208	197	224	317	272	184	253	379	524	341	271	589	582	668	749
15 พ.ย. 52	0	0	48	16	0	161	160	104	384	264	279	0	313	471	210	580	542	364	576	600
16 พ.ย. 52	0	0	34	30	0	198	250	150	314	370	300	210	320	244	392	64	543	196	490	592
17 พ.ย. 52	0	0	0	0	0	249	19	97	386	395	131	340	192	185	268	59	518	595	434	669
18 พ.ย. 52	0	0	0	53	84	214	236	120	314	222	271	275	273	467	486	519	510	510	596	686
19 พ.ย. 52	0	0	0	26	0	144	208	103	235	247	405	236	241	324	198	222	567	636	513	596
20 พ.ย. 52	0	0	0	0	76	56	87	0	0	96	220	242	293	184	200	300	498	474	480	534
21 พ.ย. 52	0	0	8	0	0	314	30	0	164	93	274	298	250	324	227	436	538	412	660	581
22 พ.ย. 52	0	0	0	22	34	186	95	44	28	210	235	261	235	270	210	257	610	676	698	622
23 พ.ย. 52	0	0	0	0	0	137	0	124	187	400	344	360	352	483	146	136	554	590	568	613
24 พ.ย. 52	0	0	0	0	0	123	74	0	0	206	217	231	241	264	368	454	636	605	496	635
25 พ.ย. 52	0	0	0	0	0	76	95	0	0	197	213	207	296	296	228	230	516	684	704	675
26 พ.ย. 52	0	0	0	0	0	68	0	0	100	124	195	214	242	299	262	211	604	531	637	665

ตารางผนวกที่ 9 (ต่อ) ข้อมูลน้ำที่ระบายในแต่ละวันเป็นมิลลิลิตร

	กระถางที่																			
วันที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
27 พ.ย. 52	0	0	0	0	0	68	26	0	260	74	169	194	150	177	202	394	647	594	478	564
28 พ.ย. 52	0	0	0	0	12	98	150	238	152	247	359	382	168	420	346	520	500	732	624	720
29 พ.ย. 52	0	0	0	0	0	14	0	0	247	101	161	146	170	284	231	66	414	272	418	485
30 พ.ย. 52	0	0	0	0	0	144	96	0	206	110	292	250	172	314	472	251	500	611	596	626
1 ธ.ค. 52	0	0	0	10	15	138	248	176	268	328	212	268	258	190	322	374	376	589	612	695
2 ธ.ค. 52	0	0	0	0	0	109	78	0	117	182	330	394	135	244	248	262	250	216	259	707
3 ธ.ค. 52	0	0	0	0	0	65	0	21	202	166	106	285	84	66	198	60	604	600	393	580
4 ธ.ค. 52	0	0	0	0	0	120	42	40	0	183	348	398	148	457	248	425	600	482	418	580
5 ธ.ค. 52	0	0	0	0	0	110	38	107	0	190	310	429	236	576	323	774	602	640	584	568
6 ธ.ค. 52	0	0	0	0	11	0	146	248	105	162	400	149	130	482	469	532	534	435	510	570
7 ธ.ค. 52	0	0	0	0	0	52	31	55	124	267	140	270	511	240	200	500	550	514	338	750
8 ธ.ค. 52	0	0	0	0	97	128	42	106	344	239	225	292	422	570	380	404	574	681	596	623
9 ธ.ค. 52	0	0	0	0	20	261	44	23	124	83	324	125	402	415	356	340	351	394	444	616
10 ธ.ค. 52	0	0	0	0	0	76	150	0	150	208	0	224	148	608	258	242	425	598	558	586
11 ธ.ค. 52	0	0	0	0	0	95	44	36	112	208	220	198	420	371	268	401	588	324	596	532
12 ธ.ค. 52	0	0	0	0	0	168	0	0	0	150	246	84	228	396	315	370	580	434	410	572
13 ธ.ค. 52	0	0	0	0	0	14	0	0	0	33	152	0	134	247	94	125	435	256	559	518
14 ธ.ค. 52	0	0	0	0	0	41	113	0	164	234	185	245	282	309	426	363	500	450	552	608
15 ธ.ค. 52	0	0	0	0	0	42	0	0	161	0	143	0	185	0	108	124	438	202	299	591
16 ธ.ค. 52	0	0	0	0	0	112	0	14	120	407	330	36	277	584	268	323	603	390	450	580
17 ธ.ค. 52	0	0	0	0	0	35	0	0	0	141	195	229	376	248	201	255	562	514	591	556
18 ธ.ค. 52	0	0	0	0	0	40	0	0	0	20	80	330	176	330	250	362	360	180	370	550

ตารางผนวกที่ 9 (ต่อ) ข้อมูลน้ำที่ระบายในแต่ละวันเป็นมิลลิลิตร

	กระถางที่																			
วันที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
19 ธ.ค. 52	0	0	0	0	0	12	25	0	0	94	142	176	166	174	294	186	345	460	506	495
20 ธ.ค. 52	0	0	0	0	0	0	25	96	0	157	220	315	186	250	325	326	355	500	516	536
21 ธ.ค. 52	0	0	0	0	0	0	0	0	0	104	184	216	356	156	245	442	323	510	528	515
22 ธ.ค. 52	0	0	0	0	0	0	22	0	0	151	183	250	233	207	265	180	184	521	500	434
23 ธ.ค. 52	0	0	0	0	18	88	17	95	0	154	227	250	322	250	251	235	292	398	473	504
24 ธ.ค. 52	0	0	0	0	0	33	0	0	0	149	236	235	306	248	201	270	536	485	676	584
25 ธ.ค. 52	0	0	0	0	0	16	22	56	0	97	104	205	238	250	273	150	446	357	482	574
26 ธ.ค. 52	0	0	0	0	0	55	0	0	0	148	213	240	220	196	168	174	524	412	578	535
27 ธ.ค. 52	0	0	0	0	0	24	51	0	0	174	206	0	232	264	264	186	485	448	500	528
28 ธ.ค. 52	0	0	0	0	0	23	0	0	0	59	128	164	232	228	195	294	445	481	584	600

ตารางผนวกที่ 10 ข้อมูลปริมาณน้ำที่พืชใช้เป็นมิลลิเมตร

วันที่	1	2	3	4	**200 ml**	5	6	7	8	**350 ml**	9	10	11	12	**500 ml**	13	14	15	16	**650 ml**	17	18	19	20	**800 ml**
17 ต.ค. 52	5.509	5.509	5.509	5.509	5.509	9.641	9.641	9.406	9.641	9.582	13.221	13.111	13.690	5.757	11.445	14.213	16.747	15.866	17.904	16.182	19.116	19.446	17.105	19.364	18.758
18 ต.ค. 52	5.509	5.426	5.509	5.509	5.488	9.641	9.641	6.335	9.448	8.766	12.918	9.971	13.772	12.120	12.195	16.086	17.491	16.664	5.950	14.048	15.810	18.345	18.592	22.036	18.696
19 ต.ค. 52	5.509	5.509	5.509	5.509	5.509	9.641	9.641	8.814	9.641	9.434	8.869	9.420	12.946	12.918	11.038	11.514	15.645	17.188	17.766	15.528	10.908	19.612	14.929	19.336	16.196
20 ต.ค. 52	5.509	5.509	5.509	5.509	5.509	9.641	9.641	9.641	9.641	9.641	13.772	12.478	13.772	13.276	13.325	14.268	13.937	17.794	17.628	15.907	13.111	20.218	17.684	18.400	17.353
21 ต.ค. 52	5.509	5.509	5.509	5.509	5.509	9.641	9.641	9.365	9.227	9.468	13.745	10.191	13.056	13.221	12.553	13.965	12.946	0.881	13.221	10.253	18.289	17.463	11.624	13.442	15.205
22 ต.ค. 52	5.509	5.509	5.509	4.903	5.357	9.641	1.928	6.335	5.068	5.743	11.155	10.357	10.081	13.001	11.149	13.331	12.395	16.086	15.535	14.337	13.497	5.674	12.836	17.628	12.409
23 ต.ค. 52	3.030	2.754	5.289	5.509	4.145	1.377	1.322	9.365	5.619	4.421	12.395	5.399	4.407	11.514	8.429	13.965	8.979	4.269	17.298	11.128	5.592	8.759	17.188	15.094	11.658
24 ต.ค. 52	5.399	3.333	1.432	5.178	3.836	7.878	6.556	3.581	6.280	6.074	13.028	8.649	1.735	12.753	9.041	11.266	13.331	14.406	8.732	11.934	5.950	3.746	13.028	13.194	8.979
25 ต.ค. 52	4.958	4.380	5.233	5.399	4.992	5.950	5.178	7.465	7.272	6.466	13.221	9.861	10.357	6.197	9.909	14.791	13.331	14.020	17.628	14.943	15.094	14.626	10.274	7.547	11.885
26 ต.ค. 52	4.958	4.683	4.407	4.875	4.731	6.969	4.407	8.429	7.823	6.907	13.331	9.751	5.977	11.514	10.143	15.039	13.827	11.183	11.706	12.939	18.648	5.233	19.226	8.814	12.980
27 ต.ค. 52	5.509	5.509	5.509	5.509	5.509	9.641	8.676	6.914	3.113	7.086	12.257	11.624	2.865	6.335	8.270	13.359	10.439	11.458	11.679	11.734	10.715	12.891	8.979	10.742	10.832
28 ต.ค. 52	5.509	5.509	5.178	4.600	5.199	9.641	5.922	5.261	3.140	5.991	7.217	6.886	9.310	1.873	6.321	3.002	8.594	9.530	6.225	6.838	4.214	7.409	1.598	2.038	3.815
29 ต.ค. 52	5.509	5.509	1.102	1.653	3.443	9.641	2.754	3.581	4.021	4.999	10.935	10.302	2.066	4.132	6.859	9.145	12.037	5.399	9.090	8.917	5.757	8.621	8.539	14.048	9.241
30 ต.ค. 52	5.509	5.509	2.204	2.479	3.925	9.641	3.911	6.859	2.920	5.833	4.738	11.486	9.641	2.066	6.983	13.442	11.155	6.528	13.331	11.114	9.255	5.178	7.712	6.611	7.189
31 ต.ค. 52	5.509	5.509	5.151	4.104	5.068	9.641	6.886	7.547	0.881	6.239	6.142	12.753	2.176	1.708	5.695	5.233	5.839	5.592	2.892	4.889	7.051	12.257	7.299	4.435	7.761
1 พ.ย. 52	5.509	5.509	4.132	4.517	4.917	9.641	4.655	6.115	0.165	5.144	7.492	12.395	1.956	3.691	6.383	11.679	6.611	14.048	12.781	11.279	10.715	5.509	5.399	6.721	7.086
2 พ.ย. 52	5.509	5.399	2.810	1.047	3.691	9.448	2.810	0.771	4.517	4.386	6.087	5.123	4.958	2.369	4.634	11.569	6.886	1.542	3.498	5.874	15.507	6.886	5.702	0.303	7.100
3 พ.ย. 52	5.509	5.509	5.509	4.187	5.178	7.630	4.820	0.634	3.113	4.049	5.757	6.886	4.159	3.113	4.979	1.267	8.814	12.423	11.376	8.470	5.729	9.530	5.674	5.123	6.514
4 พ.ย. 52	5.509	5.509	4.021	4.324	4.841	7.465	3.581	6.445	6.721	6.053	7.850	4.986	8.842	3.801	6.370	0.578	3.085	6.225	10.797	5.171	1.653	7.354	9.145	5.619	5.943
5 พ.ย. 52	5.509	5.509	5.206	4.021	5.061	6.859	5.729	3.774	5.178	5.385	2.314	10.384	0.826	2.699	4.056	6.005	6.638	9.696	4.986	6.831	8.649	13.965	7.217	5.481	8.828
6 พ.ย. 52	5.509	5.509	4.930	5.233	5.295	9.090	8.484	8.208	8.539	8.580	11.486	9.751	5.564	5.564	8.091	11.018	14.957	12.560	11.486	12.505	8.318	7.217	7.960	8.484	7.995
7 พ.ย. 52	5.509	5.509	5.509	4.572	5.275	8.401	4.104	4.545	4.793	5.461	4.352	9.282	4.738	2.507	5.220	6.996	3.774	5.481	10.302	6.638	8.621	6.280	3.498	4.021	5.605
8 พ.ย. 52	5.509	5.509	4.352	5.509	5.220	9.641	7.657	8.263	6.170	7.933	11.679	7.272	6.611	9.751	8.828	9.255	6.776	9.035	9.888	8.738	6.583	4.738	10.164	5.233	6.680
9 พ.ย. 52	5.509	5.509	3.801	1.983	4.201	9.641	5.812	5.729	6.115	6.824	11.679	7.712	5.922	12.037	9.338	6.005	8.621	6.831	7.106	7.141	3.829	6.253	4.958	6.666	5.426
10 พ.ย. 52	5.509	5.509	5.509	5.233	5.440	9.641	6.335	7.795	5.233	7.251	10.191	7.437	4.875	2.204	6.177	7.988	7.768	10.908	11.348	9.503	8.043	8.484	6.803	7.354	7.671

ตารางผนวกที่ 10 (ต่อ) ข้อมูลปริมาณน้ำที่พืชใช้เป็นมิลลิเมตร

วันที่	1	2	3	4	**200 ml**	5	6	7	8	**350 ml**	9	10	11	12	**500 ml**	13	14	15	16	**650 ml**	17	18	19	20	**800 ml**
11 พ.ย. 52	5.509	5.509	5.509	4.352	5.220	8.071	6.831	6.253	4.187	6.335	10.467	6.500	5.592	0.661	5.805	8.208	6.969	11.018	9.310	8.876	7.712	4.242	4.572	2.176	4.676
12 พ.ย. 52	5.509	5.509	5.509	5.096	5.406	9.641	7.162	5.950	6.969	7.430	9.282	6.914	10.467	7.024	8.422	12.009	7.162	8.263	4.462	7.974	9.641	3.443	10.577	7.162	7.706
13 พ.ย. 52	5.509	5.509	4.462	4.187	4.917	9.641	1.983	1.598	4.021	4.311	10.329	10.908	7.547	7.162	8.986	9.255	2.754	2.562	8.126	5.674	5.344	2.727	3.691	5.922	4.421
14 พ.ย. 52	5.509	5.509	5.509	4.462	5.247	6.941	3.911	4.214	3.471	4.634	5.041	6.280	8.704	6.803	6.707	7.465	3.471	8.511	10.439	7.471	5.812	6.005	3.636	1.405	4.214
15 พ.ย. 52	5.509	5.509	4.187	5.068	5.068	9.641	5.206	5.233	6.776	6.714	3.195	6.500	6.087	13.772	7.389	9.282	4.930	12.120	1.928	7.065	7.106	12.009	6.170	5.509	7.699
16 พ.ย. 52	5.509	5.509	4.572	4.683	5.068	9.641	4.187	2.754	5.509	5.523	5.123	3.581	5.509	7.988	5.550	9.090	11.183	7.106	16.141	10.880	7.079	16.637	8.539	5.729	9.496
17 พ.ย. 52	5.509	5.509	5.509	5.509	5.509	9.641	2.782	9.117	6.969	7.127	3.140	2.892	10.164	4.407	5.151	12.615	12.808	10.522	16.279	13.056	7.768	5.647	10.081	3.608	6.776
18 พ.ย. 52	5.509	5.509	5.509	4.049	5.144	7.327	3.746	3.140	6.335	5.137	5.123	7.657	6.308	6.197	6.321	10.384	5.041	4.517	3.608	5.888	7.988	7.988	5.619	3.140	6.184
19 พ.ย. 52	5.509	5.509	5.509	4.793	5.330	9.641	5.674	3.911	6.803	6.507	7.299	6.969	2.617	7.272	6.039	11.266	8.979	12.450	11.789	11.121	6.418	4.517	7.905	5.619	6.115
20 พ.ย. 52	5.509	5.509	5.509	5.509	5.509	7.547	8.098	7.244	9.641	8.132	13.772	11.128	7.712	7.106	9.930	9.833	12.836	12.395	9.641	11.176	8.318	8.979	8.814	7.327	8.360
21 พ.ย. 52	5.509	5.509	5.289	5.509	5.454	9.641	0.992	8.814	9.641	7.272	9.255	11.211	6.225	5.564	8.064	11.018	8.979	11.651	5.895	9.386	7.217	10.687	3.856	6.032	6.948
22 พ.ย. 52	5.509	5.509	5.509	4.903	5.357	8.704	4.517	7.024	8.429	7.168	13.001	7.988	7.299	6.583	8.718	11.431	10.467	12.120	10.825	11.211	5.233	3.416	2.810	4.903	4.090
23 พ.ย. 52	5.509	5.509	5.509	5.509	5.509	9.641	5.867	9.641	6.225	7.843	8.621	2.754	4.297	3.856	4.882	8.208	4.600	13.882	14.158	10.212	6.776	5.784	6.390	5.151	6.025
24 พ.ย. 52	5.509	5.509	5.509	5.509	5.509	9.641	6.253	7.602	9.641	8.284	13.772	8.098	7.795	7.409	9.269	11.266	10.632	7.768	5.399	8.766	4.517	5.371	8.373	4.545	5.702
25 พ.ย. 52	5.509	5.509	5.509	5.509	5.509	9.641	7.547	7.024	9.641	8.463	13.772	8.346	7.905	8.071	9.523	9.751	9.751	11.624	11.569	10.673	7.823	3.195	2.644	3.443	4.276
26 พ.ย. 52	5.509	5.509	5.509	5.509	5.509	9.641	7.768	9.641	9.641	9.172	11.018	10.357	8.401	7.878	9.413	11.238	9.668	10.687	12.092	10.921	5.399	7.409	4.490	3.718	5.254
27 พ.ย. 52	5.509	5.509	5.509	5.509	5.509	9.641	7.768	8.924	9.641	8.993	6.611	11.734	9.117	8.429	8.973	13.772	13.028	12.340	7.051	11.548	4.214	5.674	8.869	6.500	6.315
28 พ.ย. 52	5.509	5.509	5.509	5.509	5.509	9.310	6.941	5.509	3.085	6.211	9.585	6.969	3.884	3.250	5.922	13.276	6.335	8.373	3.581	7.891	8.263	1.873	4.848	2.204	4.297
29 พ.ย. 52	5.509	5.509	5.509	5.509	5.509	9.641	9.255	9.641	9.641	9.544	6.969	10.990	9.338	9.751	9.262	13.221	10.081	11.541	16.086	12.732	10.632	14.543	10.522	8.676	11.094
30 พ.ย. 52	5.509	5.509	5.509	5.509	5.509	9.641	5.674	6.996	9.641	7.988	8.098	10.742	5.729	6.886	7.864	13.166	9.255	4.903	10.990	9.579	8.263	5.206	5.619	4.793	5.970
1 ธ.ค. 52	5.509	5.509	5.509	5.233	5.440	9.227	5.839	2.810	4.793	5.667	6.390	4.738	7.933	6.390	6.363	10.797	12.670	9.035	7.602	10.026	11.679	5.812	5.178	2.892	6.390
2 ธ.ค. 52	5.509	5.509	5.509	5.509	5.509	9.641	6.638	7.492	9.641	8.353	10.550	8.759	4.683	2.920	6.728	14.185	11.183	11.073	10.687	11.782	15.149	16.086	14.902	2.562	12.175
3 ธ.ค. 52	5.509	5.509	5.509	5.509	5.509	9.641	7.850	9.641	9.062	9.048	8.208	9.200	10.852	5.922	8.546	15.590	16.086	12.450	16.251	15.094	5.399	5.509	11.211	6.060	7.044
4 ธ.ค. 52	5.509	5.509	5.509	5.509	5.509	9.641	6.335	8.484	8.539	8.250	13.772	8.732	4.187	2.810	7.375	13.827	5.316	11.073	6.197	9.103	5.509	8.759	10.522	6.060	7.712
5 ธ.ค. 52	5.509	5.509	5.509	5.509	5.509	9.641	6.611	8.594	6.693	7.885	13.772	8.539	5.233	1.956	7.375	11.403	2.038	9.007	-3.416	4.758	5.454	4.407	5.950	6.390	5.550

ตารางผนวกที่ 10 (ต่อ) ข้อมูลปริมาณน้ำที่พืชใช้เป็นมิลลิเมตร

วันที่	1	2	3	4	**200 ml**	5	6	7	8	**350 ml**	9	10	11	12	**500 ml**	13	14	15	16	**650 ml**	17	18	19	20	**800 ml**
6 ธ.ค. 52	5.509	5.509	5.509	5.509	5.509	9.338	9.641	5.619	2.810	6.852	10.880	9.310	2.754	9.668	8.153	14.323	4.627	4.986	3.250	6.797	7.327	10.054	7.988	6.335	7.926
7 ธ.ค. 52	5.509	5.509	5.509	5.509	5.509	9.641	8.208	8.787	8.126	8.690	10.357	6.418	9.916	6.335	8.256	3.829	11.293	12.395	4.132	7.912	6.886	7.878	12.726	1.377	7.217
8 ธ.ค. 52	5.509	5.509	5.509	5.509	5.509	6.969	6.115	8.484	6.721	7.072	4.297	7.189	7.575	5.729	6.197	6.280	2.204	7.437	6.776	5.674	6.225	3.278	5.619	4.875	4.999
9 ธ.ค. 52	5.509	5.509	5.509	5.509	5.509	9.090	2.451	8.429	9.007	7.244	10.357	11.486	4.848	10.329	9.255	6.831	6.473	8.098	8.539	7.485	12.367	11.183	9.806	5.068	9.606
10 ธ.ค. 52	5.509	5.509	5.509	5.509	5.509	9.641	7.547	5.509	9.641	8.084	9.641	8.043	13.772	7.602	9.764	13.827	1.157	10.797	11.238	9.255	10.329	5.564	6.666	5.895	7.113
11 ธ.ค. 52	5.509	5.509	5.509	5.509	5.509	9.641	7.024	8.429	8.649	8.435	10.687	8.043	7.712	8.318	8.690	6.335	7.685	10.522	6.859	7.850	5.839	13.111	5.619	7.382	7.988
12 ธ.ค. 52	5.509	5.509	5.509	5.509	5.509	9.641	5.013	9.641	9.641	8.484	13.772	9.641	6.996	11.458	10.467	11.624	6.996	9.227	7.712	8.890	6.060	10.081	10.742	6.280	8.291
13 ธ.ค. 52	5.509	5.509	5.509	5.509	5.509	9.641	9.255	9.641	9.641	9.544	13.772	12.863	9.585	13.772	12.498	14.213	11.100	15.315	14.461	13.772	10.054	14.984	6.638	7.768	9.861
14 ธ.ค. 52	5.509	5.509	5.509	5.509	5.509	9.641	8.511	6.528	9.641	8.580	9.255	7.327	8.676	7.024	8.071	10.136	9.393	6.170	7.905	8.401	8.263	9.641	6.831	5.289	7.506
15 ธ.ค. 52	5.509	5.509	5.509	5.509	5.509	9.641	8.484	9.641	9.641	9.351	9.338	13.772	9.833	13.772	11.679	12.808	17.904	14.929	14.488	15.032	9.971	16.472	13.800	5.757	11.500
16 ธ.ค. 52	5.509	5.509	5.509	5.509	5.509	9.641	6.556	9.641	9.255	8.773	10.467	2.562	4.683	12.781	7.623	10.274	1.818	10.522	9.007	7.905	5.426	11.293	9.641	6.060	8.105
17 ธ.ค. 52	5.509	5.509	5.509	5.509	5.509	9.641	8.676	9.641	9.641	9.400	13.772	9.888	8.401	7.465	9.882	7.547	11.073	12.367	10.880	10.467	6.556	7.878	5.757	6.721	6.728
18 ธ.ค. 52	5.509	5.509	5.509	5.509	5.509	9.641	8.539	9.641	9.641	9.365	13.772	13.221	11.569	4.683	10.811	13.056	8.814	11.018	7.933	10.205	12.120	17.078	11.844	6.886	11.982
19 ธ.ค. 52	5.509	5.509	5.509	5.509	5.509	9.641	9.310	8.952	9.641	9.386	13.772	11.183	9.861	8.924	10.935	13.331	13.111	9.806	12.781	12.257	12.533	9.365	8.098	8.401	9.599
20 ธ.ค. 52	5.509	5.509	5.509	5.509	5.509	9.641	9.641	8.952	6.996	8.807	13.772	9.448	7.712	5.096	9.007	12.781	11.018	8.952	8.924	10.419	12.257	8.263	7.823	7.272	8.904
21 ธ.ค. 52	5.509	5.509	5.509	5.509	5.509	9.641	9.641	9.641	9.641	9.641	13.772	10.908	8.704	7.823	10.302	8.098	13.607	11.155	5.729	9.647	13.139	7.988	7.492	7.850	9.117
22 ธ.ค. 52	5.509	5.509	5.509	5.509	5.509	9.641	9.641	9.035	9.641	9.489	13.772	9.613	8.732	6.886	9.751	11.486	12.202	10.605	12.946	11.810	16.967	7.685	8.263	10.081	10.749
23 ธ.ค. 52	5.509	5.509	5.509	5.509	5.509	9.145	7.217	9.172	7.024	8.139	13.772	9.530	7.520	6.886	9.427	9.035	11.018	10.990	11.431	10.618	13.993	11.073	9.007	8.153	10.556
24 ธ.ค. 52	5.509	5.509	5.509	5.509	5.509	9.641	8.732	9.641	9.641	9.413	13.772	9.668	7.272	7.299	9.503	9.475	11.073	12.367	10.467	10.846	7.272	8.676	3.416	5.950	6.328
25 ธ.ค. 52	5.509	5.509	5.509	5.509	5.509	9.641	9.200	9.035	8.098	8.993	13.772	11.100	10.908	8.126	10.976	11.348	11.018	10.384	13.772	11.631	9.751	12.202	8.759	6.225	9.234
26 ธ.ค. 52	5.509	5.509	5.509	5.509	5.509	9.641	8.126	9.641	9.641	9.262	13.772	9.696	7.905	7.162	9.634	11.844	12.505	13.276	13.111	12.684	7.602	10.687	6.115	7.299	7.926
27 ธ.ค. 52	5.509	5.509	5.509	5.509	5.509	9.641	8.979	8.236	9.641	9.124	13.772	8.979	8.098	13.772	11.155	11.514	10.632	10.632	12.781	11.390	8.676	9.696	8.263	7.492	8.532
28 ธ.ค. 52	5.509	5.509	5.509	5.509	5.509	9.641	9.007	9.641	9.641	9.482	13.772	12.147	10.247	9.255	11.355	11.514	11.624	12.533	9.806	11.369	9.778	8.787	5.950	5.509	7.506
Mean (73 days)	5.458	5.412	5.140	5.049	5.265	9.096	6.585	7.260	7.268	7.552	10.275	8.959	7.413	7.292	8.485	10.658	9.523	10.234	10.024	10.110	8.969	9.103	8.435	7.112	8.405

ตารางผนวกที่ 11 ข้อมูลประสิทธิภาพการให้น้ำแก่พืชเป็นเปอร์เซ็นต์

	กระถางที่																			
วันที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
17 ต.ค. 52	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	97.57	100.00	96.00	95.20	99.40	41.80	79.38	93.54	88.62	100.00	86.75	88.25	77.63	87.88
18 ต.ค. 52	100.00	98.50	100.00	100.00	100.00	100.00	65.71	98.00	93.80	72.40	100.00	88.00	89.85	97.69	93.08	33.23	71.75	83.25	84.38	100.00
19 ต.ค. 52	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	91.43	100.00	64.40	68.40	94.00	93.80	64.31	87.38	96.00	99.23	49.50	89.00	67.75	87.75
20 ต.ค. 52	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	90.60	100.00	96.40	79.69	77.85	99.38	98.46	59.50	91.75	80.25	83.50
21 ต.ค. 52	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	97.14	95.71	99.80	74.00	94.80	96.00	78.00	72.31	4.92	73.85	83.00	79.25	52.75	61.00
22 ต.ค. 52	100.00	100.00	100.00	89.00	100.00	20.00	65.71	52.57	81.00	75.20	73.20	94.40	74.46	69.23	89.85	86.77	61.25	25.75	58.25	80.00
23 ต.ค. 52	55.00	50.00	96.00	100.00	14.29	13.71	97.14	58.29	90.00	39.20	32.00	83.60	78.00	50.15	23.85	96.62	25.38	39.75	78.00	68.50
24 ต.ค. 52	98.00	60.50	26.00	94.00	81.71	68.00	37.14	65.14	94.60	62.80	12.60	92.60	62.92	74.46	80.46	48.77	27.00	17.00	59.13	59.88
25 ต.ค. 52	90.00	79.50	95.00	98.00	61.71	53.71	77.43	75.43	96.00	71.60	75.20	45.00	82.62	74.46	78.31	98.46	68.50	66.38	46.63	34.25
26 ต.ค. 52	90.00	85.00	80.00	88.50	72.29	45.71	87.43	81.14	96.80	70.80	43.40	83.60	84.00	77.23	62.46	65.38	84.63	23.75	87.25	40.00
27 ต.ค. 52	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	90.00	71.71	32.29	89.00	84.40	20.80	46.00	74.62	58.31	64.00	65.23	48.63	58.50	40.75	48.75
28 ต.ค. 52	100.00	100.00	94.00	83.50	100.00	61.43	54.57	32.57	52.40	50.00	67.60	13.60	16.77	48.00	53.23	34.77	19.13	33.63	7.25	9.25
29 ต.ค. 52	100.00	100.00	20.00	30.00	100.00	28.57	37.14	41.71	79.40	74.80	15.00	30.00	51.08	67.23	30.15	50.77	26.13	39.13	38.75	63.75
30 ต.ค. 52	100.00	100.00	40.00	45.00	100.00	40.57	71.14	30.29	34.40	83.40	70.00	15.00	75.08	62.31	36.46	74.46	42.00	23.50	35.00	30.00
31 ต.ค. 52	100.00	100.00	93.50	74.50	100.00	71.43	78.29	9.14	44.60	92.60	15.80	12.40	29.23	32.62	31.23	16.15	32.00	55.63	33.13	20.13
1 พ.ย. 52	100.00	100.00	75.00	82.00	100.00	48.29	63.43	1.71	54.40	90.00	14.20	26.80	65.23	36.92	78.46	71.38	48.63	25.00	24.50	30.50
2 พ.ย. 52	100.00	98.00	51.00	19.00	98.00	29.14	8.00	46.86	44.20	37.20	36.00	17.20	64.62	38.46	8.62	19.54	70.38	31.25	25.88	1.38
3 พ.ย. 52	100.00	100.00	100.00	76.00	79.14	50.00	6.57	32.29	41.80	50.00	30.20	22.60	7.08	49.23	69.38	63.54	26.00	43.25	25.75	23.25
4 พ.ย. 52	100.00	100.00	73.00	78.50	77.43	37.14	66.86	69.71	57.00	36.20	64.20	27.60	3.23	17.23	34.77	60.31	7.50	33.38	41.50	25.50
5 พ.ย. 52	100.00	100.00	94.50	73.00	71.14	59.43	39.14	53.71	16.80	75.40	6.00	19.60	33.54	37.08	54.15	27.85	39.25	63.38	32.75	24.88
6 พ.ย. 52	100.00	100.00	89.50	95.00	94.29	88.00	85.14	88.57	83.40	70.80	40.40	40.40	61.54	83.54	70.15	64.15	37.75	32.75	36.13	38.50
7 พ.ย. 52	100.00	100.00	100.00	83.00	87.14	42.57	47.14	49.71	31.60	67.40	34.40	18.20	39.08	21.08	30.62	57.54	39.13	28.50	15.88	18.25
8 พ.ย. 52	100.00	100.00	79.00	100.00	100.00	79.43	85.71	64.00	84.80	52.80	48.00	70.80	51.69	37.85	50.46	55.23	29.88	21.50	46.13	23.75
9 พ.ย. 52	100.00	100.00	69.00	36.00	100.00	60.29	59.43	63.43	84.80	56.00	43.00	87.40	33.54	48.15	38.15	39.69	17.38	28.38	22.50	30.25

ตารางผนวกที่ 11 (ต่อ) ข้อมูลประสิทธิภาพการให้น้ำแก่พืชเป็นเปอร์เซ็นต์

	กระถางที่																			
วันที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
10 พ.ย. 52	100.00	100.00	100.00	95.00	100.00	65.71	80.86	54.29	74.00	54.00	35.40	16.00	44.62	43.38	60.92	63.38	36.50	38.50	30.88	33.38
11 พ.ย. 52	100.00	100.00	100.00	79.00	83.71	70.86	64.86	43.43	76.00	47.20	40.60	4.80	45.85	38.92	61.54	52.00	35.00	19.25	20.75	9.88
12 พ.ย. 52	100.00	100.00	100.00	92.50	100.00	74.29	61.71	72.29	67.40	50.20	76.00	51.00	67.08	40.00	46.15	24.92	43.75	15.63	48.00	32.50
13 พ.ย. 52	100.00	100.00	81.00	76.00	100.00	20.57	16.57	41.71	75.00	79.20	54.80	52.00	51.69	15.38	14.31	45.38	24.25	12.38	16.75	26.88
14 พ.ย. 52	100.00	100.00	100.00	81.00	72.00	40.57	43.71	36.00	36.60	45.60	63.20	49.40	41.69	19.38	47.54	58.31	26.38	27.25	16.50	6.38
15 พ.ย. 52	100.00	100.00	76.00	92.00	100.00	54.00	54.29	70.29	23.20	47.20	44.20	100.00	51.85	27.54	67.69	10.77	32.25	54.50	28.00	25.00
16 พ.ย. 52	100.00	100.00	83.00	85.00	100.00	43.43	28.57	57.14	37.20	26.00	40.00	58.00	50.77	62.46	39.69	90.15	32.13	75.50	38.75	26.00
17 พ.ย. 52	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	28.86	94.57	72.29	22.80	21.00	73.80	32.00	70.46	71.54	58.77	90.92	35.25	25.63	45.75	16.38
18 พ.ย. 52	100.00	100.00	100.00	73.50	76.00	38.86	32.57	65.71	37.20	55.60	45.80	45.00	58.00	28.15	25.23	20.15	36.25	36.25	25.50	14.25
19 พ.ย. 52	100.00	100.00	100.00	87.00	100.00	58.86	40.57	70.57	53.00	50.60	19.00	52.80	62.92	50.15	69.54	65.85	29.13	20.50	35.88	25.50
20 พ.ย. 52	100.00	100.00	100.00	100.00	78.29	84.00	75.14	100.00	100.00	80.80	56.00	51.60	54.92	71.69	69.23	53.85	37.75	40.75	40.00	33.25
21 พ.ย. 52	100.00	100.00	96.00	100.00	100.00	10.29	91.43	100.00	67.20	81.40	45.20	40.40	61.54	50.15	65.08	32.92	32.75	48.50	17.50	27.38
22 พ.ย. 52	100.00	100.00	100.00	89.00	90.29	46.86	72.86	87.43	94.40	58.00	53.00	47.80	63.85	58.46	67.69	60.46	23.75	15.50	12.75	22.25
23 พ.ย. 52	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	60.86	100.00	64.57	62.60	20.00	31.20	28.00	45.85	25.69	77.54	79.08	30.75	26.25	29.00	23.38
24 พ.ย. 52	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	64.86	78.86	100.00	100.00	58.80	56.60	53.80	62.92	59.38	43.38	30.15	20.50	24.38	38.00	20.63
25 พ.ย. 52	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	78.29	72.86	100.00	100.00	60.60	57.40	58.60	54.46	54.46	64.92	64.62	35.50	14.50	12.00	15.63
26 พ.ย. 52	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	80.57	100.00	100.00	80.00	75.20	61.00	57.20	62.77	54.00	59.69	67.54	24.50	33.63	20.38	16.88
27 พ.ย. 52	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	80.57	92.57	100.00	48.00	85.20	66.20	61.20	76.92	72.77	68.92	39.38	19.13	25.75	40.25	29.50
28 พ.ย. 52	100.00	100.00	100.00	100.00	96.57	72.00	57.14	32.00	69.60	50.60	28.20	23.60	74.15	35.38	46.77	20.00	37.50	8.50	22.00	10.00
29 พ.ย. 52	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	96.00	100.00	100.00	50.60	79.80	67.80	70.80	73.85	56.31	64.46	89.85	48.25	66.00	47.75	39.38
30 พ.ย. 52	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	58.86	72.57	100.00	58.80	78.00	41.60	50.00	73.54	51.69	27.38	61.38	37.50	23.63	25.50	21.75
1 ธ.ค. 52	100.00	100.00	100.00	95.00	95.71	60.57	29.14	49.71	46.40	34.40	57.60	46.40	60.31	70.77	50.46	42.46	53.00	26.38	23.50	13.13
2 ธ.ค. 52	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	68.86	77.71	100.00	76.60	63.60	34.00	21.20	79.23	62.46	61.85	59.69	68.75	73.00	67.63	11.63
3 ธ.ค. 52	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	81.43	100.00	94.00	59.60	66.80	78.80	43.00	87.08	89.85	69.54	90.77	24.50	25.00	50.88	27.50

ตารางผนวกที่ 11 (ต่อ) ข้อมูลประสิทธิภาพการให้น้ำแก่พืชเป็นเปอร์เซ็นต์

	กระถางที่																			
วันที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
4 ธ.ค. 52	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	65.71	88.00	88.57	100.00	63.40	30.40	20.40	77.23	29.69	61.85	34.62	25.00	39.75	47.75	27.50
5 ธ.ค. 52	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	68.57	89.14	69.43	100.00	62.00	38.00	14.20	63.69	11.38	50.31	-19.08	24.75	20.00	27.00	29.00
6 ธ.ค. 52	100.00	100.00	100.00	100.00	96.86	100.00	58.29	29.14	79.00	67.60	20.00	70.20	80.00	25.85	27.85	18.15	33.25	45.63	36.25	28.75
7 ธ.ค. 52	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	85.14	91.14	84.29	75.20	46.60	72.00	46.00	21.38	63.08	69.23	23.08	31.25	35.75	57.75	6.25
8 ธ.ค. 52	100.00	100.00	100.00	100.00	72.29	63.43	88.00	69.71	31.20	52.20	55.00	41.60	35.08	12.31	41.54	37.85	28.25	14.88	25.50	22.13
9 ธ.ค. 52	100.00	100.00	100.00	100.00	94.29	25.43	87.43	93.43	75.20	83.40	35.20	75.00	38.15	36.15	45.23	47.69	56.13	50.75	44.50	23.00
10 ธ.ค. 52	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	78.29	57.14	100.00	70.00	58.40	100.00	55.20	77.23	6.46	60.31	62.77	46.88	25.25	30.25	26.75
11 ธ.ค. 52	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	72.86	87.43	89.71	77.60	58.40	56.00	60.40	35.38	42.92	58.77	38.31	26.50	59.50	25.50	33.50
12 ธ.ค. 52	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	52.00	100.00	100.00	100.00	70.00	50.80	83.20	64.92	39.08	51.54	43.08	27.50	45.75	48.75	28.50
13 ธ.ค. 52	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	96.00	100.00	100.00	100.00	93.40	69.60	100.00	79.38	62.00	85.54	80.77	45.63	68.00	30.13	35.25
14 ธ.ค. 52	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	88.29	67.71	100.00	67.20	53.20	63.00	51.00	56.62	52.46	34.46	44.15	37.50	43.75	31.00	24.00
15 ธ.ค. 52	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	88.00	100.00	100.00	67.80	100.00	71.40	100.00	71.54	100.00	83.38	80.92	45.25	74.75	62.63	26.13
16 ธ.ค. 52	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	68.00	100.00	96.00	76.00	18.60	34.00	92.80	57.38	10.15	58.77	50.31	24.63	51.25	43.75	27.50
17 ธ.ค. 52	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	90.00	100.00	100.00	100.00	71.80	61.00	54.20	42.15	61.85	69.08	60.77	29.75	35.75	26.13	30.50
18 ธ.ค. 52	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	88.57	100.00	100.00	100.00	96.00	84.00	34.00	72.92	49.23	61.54	44.31	55.00	77.50	53.75	31.25
19 ธ.ค. 52	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	96.57	92.86	100.00	100.00	81.20	71.60	64.80	74.46	73.23	54.77	71.38	56.88	42.50	36.75	38.13
20 ธ.ค. 52	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	92.86	72.57	100.00	68.60	56.00	37.00	71.38	61.54	50.00	49.85	55.63	37.50	35.50	33.00
21 ธ.ค. 52	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	79.20	63.20	56.80	45.23	76.00	62.31	32.00	59.63	36.25	34.00	35.63
22 ธ.ค. 52	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	93.71	100.00	100.00	69.80	63.40	50.00	64.15	68.15	59.23	72.31	77.00	34.88	37.50	45.75
23 ธ.ค. 52	100.00	100.00	100.00	100.00	94.86	74.86	95.14	72.86	100.00	69.20	54.60	50.00	50.46	61.54	61.38	63.85	63.50	50.25	40.88	37.00
24 ธ.ค. 52	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	90.57	100.00	100.00	100.00	70.20	52.80	53.00	52.92	61.85	69.08	58.46	33.00	39.38	15.50	27.00
25 ธ.ค. 52	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	95.43	93.71	84.00	100.00	80.60	79.20	59.00	63.38	61.54	58.00	76.92	44.25	55.38	39.75	28.25
26 ธ.ค. 52	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	84.29	100.00	100.00	100.00	70.40	57.40	52.00	66.15	69.85	74.15	73.23	34.50	48.50	27.75	33.13
27 ธ.ค. 52	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	93.14	85.43	100.00	100.00	65.20	58.80	100.00	64.31	59.38	59.38	71.38	39.38	44.00	37.50	34.00
8 ธ.ค. 52	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	93.43	100.00	100.00	100.00	88.20	74.40	67.20	64.31	64.92	70.00	54.77	44.38	39.88	27.00	25.00

ตารางผนวกที่ 12 ข้อมูลประสิทธิภาพการให้น้ำแก่พืชเป็นเปอร์เซ็นต์ รายวัน

อัตราการให้น้ำ	ให้น้ำวันละ 500 ml				ให้น้ำวันละ 650 ml				ให้น้ำวันละ 800 ml			
กระถางที่	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Week 2 (After Transplant)												
รวม 7 วัน	625.000	515.000	593.400	594.000	543.692	548.154	495.692	588.154	437.125	497.000	499.000	568.625
mean /day (%)	89.286	73.571	84.771	84.857	77.670	78.308	70.813	84.022	62.446	71.000	71.286	81.232
avg	83.121				77.703				71.491			
week3 (After Transplant)												
รวม 7 วัน	542.600	497.800	304.600	325.800	447.077	462.000	405.077	437.846	316.000	261.875	314.750	285.875
mean /day (%)	77.514	71.114	43.514	46.543	63.868	66.000	57.868	62.549	45.143	37.411	44.964	40.839
avg	59.671				62.571				42.089			
week4 (After Transplant)												
รวม 7 วัน	342.200	452.200	206.800	166.600	264.462	295.077	346.769	322.923	261.500	284.625	219.625	164.125
mean /day (%)	48.886	64.600	29.543	23.800	37.780	42.154	49.538	46.132	37.357	40.661	31.375	23.446
avg	41.707				43.901				33.210			
week5 (After Transplant)												
รวม 7 วัน	493.600	406.800	332.200	300.200	333.538	244.769	302.154	338.154	225.875	164.125	200.875	174.875
mean /day (%)	70.514	58.114	47.457	42.886	47.648	34.967	43.165	48.308	32.268	23.446	28.696	24.982
avg	54.743				43.522				27.348			
week6 (After Transplant)												
รวม 7 วัน	310.000	326.800	342.000	388.800	390.615	330.923	377.692	390.000	229.125	280.375	230.375	146.750
mean /day (%)	44.286	46.686	48.857	55.543	55.802	47.275	53.956	55.714	32.732	40.054	32.911	20.964
avg	48.843				53.187				31.665			
week7 (After Transplant)												
รวม 7 วัน	552.200	439.200	370.600	347.000	428.308	374.923	447.231	374.154	186.875	188.500	169.875	155.625
mean /day (%)	78.886	62.743	52.943	49.571	61.187	53.560	63.890	53.451	26.696	26.929	24.268	22.232
avg	61.036				58.022				25.031			

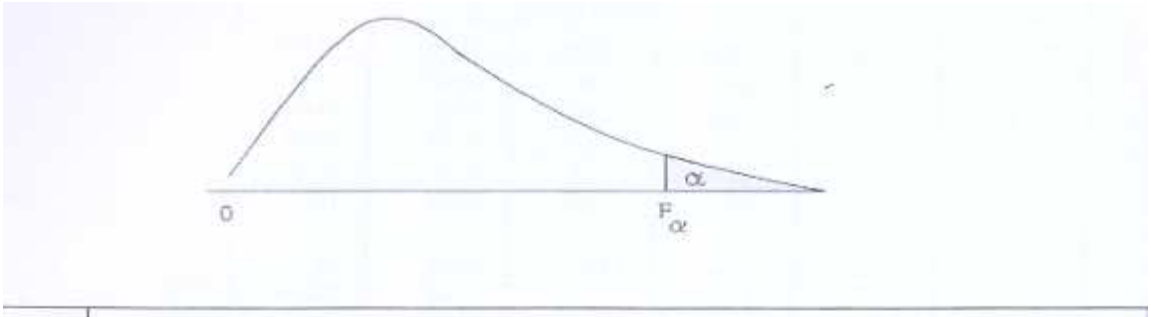
ตารางผนวกที่ 12 (ต่อ) ข้อมูลประสิทธิภาพการให้น้ำแก่พืชเป็นเปอร์เซ็นต์ รายวัน

อัตราการให้น้ำ	ให้น้ำวันละ 500 ml				ให้น้ำวันละ 650 ml				ให้น้ำวันละ 800 ml			
กระถางที่	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
week8 (After Transplant)												
รวม 7 วัน	461.600	436.600	338.400	275.400	525.385	396.154	382.308	398.769	294.500	262.250	285.000	150.875
mean /day (%)	65.943	62.371	48.343	39.343	75.055	56.593	54.615	56.967	42.071	37.464	40.714	21.554
avg	54.000				60.808				35.451			
week9 (After Transplant)												
รวม 7 วัน	508.200	428.600	376.200	362.600	350.923	198.154	353.231	208.769	247.000	251.750	246.750	169.375
mean /day (%)	72.600	61.229	53.743	51.800	50.132	28.308	50.462	29.824	35.286	35.964	35.250	24.196
avg	59.843				39.681				32.674			
week10 (After Transplant)												
รวม 7 วัน	611.000	503.000	433.800	515.200	444.923	374.769	444.308	404.308	265.250	396.750	296.125	203.125
mean /day (%)	87.286	71.857	61.971	73.600	63.560	53.538	63.473	57.758	37.893	56.679	42.304	29.018
avg	73.679				59.582				41.473			
week11 (After Transplant)												
รวม 7 วัน	700.000	518.800	440.800	370.600	422.000	463.846	414.769	424.769	389.875	296.125	239.875	244.750
mean /day (%)	100.000	74.114	62.971	52.943	60.286	66.264	59.253	60.681	55.696	42.304	34.268	34.964
avg	72.507				61.621				41.808			
week12 (After Transplant)												
รวม 7 วัน	300.000	223.800	190.600	219.200	194.769	194.154	203.538	199.385	118.250	132.375	92.250	92.125
mean /day (%)	100.000	74.600	63.533	73.067	64.923	64.718	67.846	66.462	39.417	44.125	30.750	30.708
avg	77.800				65.987				36.250			

ภาคผนวก จ

การทดสอบข้อมูลทางสถิติโดยใช้ ANOVA

ตารางผนวกที่ 13 การแจกแจงแบบ f ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05



v_2	v_1									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	161	200	216	225	230	234	237	239	241	242
2	18.50	19.00	19.20	19.20	19.30	19.30	19.40	19.40	19.40	19.40
3	10.10	9.55	9.28	9.12	9.01	8.94	8.89	8.85	8.81	8.79
4	7.71	6.94	6.59	6.39	6.26	6.16	6.09	6.04	6.00	5.96
5	6.61	5.79	5.41	5.19	5.05	4.95	4.88	4.82	4.77	4.74
6	5.99	5.14	4.76	4.53	4.39	4.28	4.21	4.15	4.10	4.06
7	5.59	4.74	4.35	4.12	3.97	3.87	3.79	3.73	3.68	3.64
8	5.32	4.46	4.07	3.84	3.69	3.58	3.50	3.44	3.39	3.35
9	5.12	4.26	3.86	3.63	3.48	3.37	3.29	3.23	3.18	3.14
10	4.96	4.10	3.71	3.48	3.33	3.22	3.14	3.07	3.02	2.98
11	4.84	3.98	3.59	3.36	3.20	3.09	3.01	2.95	2.90	2.85
12	4.75	3.89	3.49	3.26	3.11	3.00	2.91	2.85	2.80	2.75
13	4.67	3.81	3.41	3.18	3.03	2.92	2.83	2.77	2.71	2.67
14	4.60	3.74	3.34	3.11	2.96	2.85	2.76	2.70	2.65	2.60
15	4.54	3.68	3.29	3.06	2.90	2.79	2.71	2.64	2.59	2.54
16	4.49	3.63	3.24	3.01	2.85	2.74	2.66	2.59	2.54	2.49
17	3.45	3.59	3.20	2.96	2.81	2.70	2.61	2.55	2.49	2.45
18	4.41	3.55	3.16	2.93	2.77	2.66	2.58	2.51	2.46	2.41
19	4.38	3.52	3.13	2.90	2.74	2.63	2.54	2.48	2.42	2.38
20	4.35	3.49	3.10	2.87	2.71	2.60	2.51	2.45	2.39	2.35
21	4.32	3.47	3.07	2.84	2.68	2.57	2.49	2.42	2.37	2.32
22	4.30	3.44	3.05	2.82	2.66	2.55	2.46	2.40	2.34	2.30
23	4.28	3.42	3.03	2.80	2.64	2.53	2.44	2.37	2.32	2.27
24	4.26	3.40	3.01	2.78	2.62	2.51	2.42	2.36	2.30	2.25
25	4.24	3.39	2.99	2.76	2.60	2.49	2.40	2.34	2.28	2.24
30	4.17	3.32	2.92	2.69	2.53	2.42	2.33	2.27	2.21	2.16
40	4.08	3.23	2.84	2.61	2.45	2.34	2.25	2.18	2.12	2.08
60	4.00	3.15	2.76	2.53	2.37	2.25	2.17	2.10	2.04	1.99
120	3.92	3.07	2.68	2.45	2.29	2.18	2.09	2.02	1.96	1.91
∞	3.84	3.00	2.60	2.37	2.21	2.10	2.01	1.94	1.88	1.83

ตารางผนวกที่ 13 (ต่อ) การแจกแจงแบบ f ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

v_2	v_1								
	12	15	20	24	30	40	60	120	∞
1	244	246	248	249	250	251	252	253	254
2	19.40	19.40	19.40	19.50	19.50	19.50	19.50	19.50	19.50
3	8.74	8.70	8.66	8.64	8.62	8.59	8.57	8.55	8.53
4	5.91	5.86	5.80	5.77	5.75	5.72	5.69	5.66	5.63
5	4.68	4.62	4.56	4.53	4.50	4.46	4.43	4.40	4.37
6	4.00	3.94	3.87	3.84	3.81	3.77	3.74	3.70	3.67
7	3.57	3.51	3.44	3.41	3.38	3.34	3.30	3.27	3.23
8	3.28	3.22	3.15	3.12	3.08	3.04	3.01	2.97	2.93
9	3.07	3.01	2.94	2.90	2.86	2.83	2.79	2.75	2.71
10	2.91	2.85	2.77	2.74	2.70	2.66	2.62	2.58	2.54
11	2.79	2.72	2.65	2.61	2.57	2.53	2.49	2.45	2.40
12	2.69	2.62	2.54	2.51	2.47	2.38	2.38	2.30	2.30
13	2.60	2.53	2.46	2.42	2.38	2.34	2.30	2.25	2.21
14	2.53	2.46	2.39	2.35	2.31	2.27	2.22	2.18	2.13
15	2.48	2.40	2.33	2.29	2.25	2.20	2.16	2.11	2.07
16	2.42	2.35	2.28	2.24	2.19	2.15	2.11	2.06	2.01
17	2.38	2.31	2.23	2.19	2.15	2.10	2.06	2.01	1.96
18	2.34	2.27	2.19	2.15	2.11	2.06	2.02	1.97	1.93
19	2.31	2.23	2.16	2.11	2.07	2.03	1.98	1.93	1.88
20	2.28	2.20	2.12	2.08	2.04	1.99	1.95	1.90	1.84
21	2.25	2.18	2.10	2.05	2.01	1.96	1.92	1.87	1.81
22	2.23	2.15	2.07	2.03	1.98	1.94	1.89	1.84	1.78
23	2.20	2.13	2.05	2.01	1.96	1.91	1.86	1.81	1.76
24	2.18	2.11	2.03	1.98	1.94	1.89	1.84	1.79	1.73
25	2.16	2.09	2.01	1.96	1.92	1.87	1.82	1.77	1.71
30	2.09	2.01	1.93	1.89	1.84	1.79	1.74	1.68	1.62
40	2.00	1.92	1.84	1.79	1.74	1.69	1.64	1.58	1.51
60	1.92	1.84	1.75	1.70	1.65	1.59	1.53	1.47	1.39
120	1.83	1.75	1.66	1.61	1.55	1.50	1.43	1.35	1.25
∞	1.75	1.67	1.57	1.52	1.46	1.39	1.32	1.22	1.00

ตัวอย่างการทดสอบข้อมูลทางสถิติโดยใช้ ANOVA

ตัวอย่างการทดสอบข้อมูลเปรียบเทียบความแตกต่างของเปอร์เซ็นต์การใช้น้ำของพืชเป็น โดยมีข้อมูลดังต่อนี้

สัปดาห์ที่ (หลังนำพืชลงกระถาง)	กรณีให้น้ำ 500 ml	กรณีให้น้ำ 650 ml	กรณีให้น้ำ 800 ml
2	**83.121**	**77.703**	**71.491**
3	**59.671**	**62.571**	**42.089**
4	**41.707**	**43.901**	**33.210**
5	**54.743**	**43.522**	**27.348**
6	**48.843**	**53.187**	**31.665**
7	**61.036**	**58.022**	**25.031**
8	**54.000**	**60.808**	**35.451**
9	**59.843**	**39.681**	**32.674**
10	**73.679**	**59.582**	**41.473**
11	**72.507**	**61.621**	**41.808**
12	**77.800**	**65.987**	**36.250**
Sum	**686.950**	**626.586**	**418.491**

ให้

H_0 : ปริมาณการใช้น้ำทั้ง 3 กรณีการให้น้ำเท่ากัน

H_1 : ปริมาณการใช้น้ำทั้ง 3 กรณีการให้น้ำไม่เท่ากัน

<u>วิธีการทำ</u>

ขั้นที่ 1 กำหนดสมมติฐาน (H_0 ,H_1)

$H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \mu_3$

คู่กับ $H_1 : \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3$

ขั้นที่ 2 กำหนดระดับนัยสำคัญ $\propto = 0.05$

ขั้นที่ 3 เลือกตัวสถิติที่เหมาะสมและคำนวณค่าสถิติ ตัวสถิติที่เหมาะสมกับลักษณะของข้อมูลและสมมติฐานที่ต้องการทดสอบคือ

$F = \frac{MS_B}{MS_w}$; T = 83.121 + … + 36.25 = 1732.027

$SS_T = \sum_{i=1}^{k}\sum_{j=1}^{n_j} x^2_{ij} - \frac{T^2}{n}$; n = 33

$= \sum_{i=1}^{3}\sum_{j=1}^{11} x^2_{ij} - \frac{1732.027^2}{33}$

$= (83.121^2 + \ldots. + 36.25^2) - \frac{1732.027^2}{33}$

$= 98965.366 - 90906.608$

$= 8058.758$

$SS_B = \sum_{i=1}^{k}\left(\frac{T_i^2}{n_i}\right) - \frac{T^2}{n}$

$= \sum_{i=1}^{3}\left(\frac{T_i^2}{n_i}\right) - \frac{1732.027^2}{33}$

$= \frac{686.950^2}{11} + \frac{626.586^2}{11} + \frac{418.491^2}{11} - \frac{1732.027^2}{33}$

$= 94513.2 - 90906.608 = 3606.592$

$SS_W = SS_T - SS_B$

$= 8058.758 - 3606.592$

$= 4452.16$

$MS_B = \frac{SS_B}{k-1}$

$= \frac{3606.592}{3-1}$

$= 1803.296$

$MS_W = \frac{SS_W}{n-k}$

$= \frac{4452.166}{33-3}$

$= 148.406$

สาเหตุความแปรปรวน	df	SS	MS	F
ระหว่างชุด	2	3606.592	1803.296	12.151
ภายในชุด	30	4452.166	148.406	
รวมทั้งหมด	32	8058.758		

ขั้นที่ 4 กำหนดบริเวณวิกฤตคือ $F > F_{\alpha,(k-1,n-k)}$

บริเวณวิกฤตคือ $F > F_{0.05,(2,30)} = 3.32$ (ได้จากการเปิดตาราง การแจกแจงแบบ Fที่ระดับนัยสำคัญ 0.05)

ขั้นที่ 5 สรุปผลการทดสอบ

สรุปผล เนื่องจาก F ที่คำนวณได้เท่ากับ $12.151 > 3.32$ จึงปฏิเสธ H_0 แสดงว่ากรณีที่ให้น้ำทั้ง 3 อัตรา พืชใช้น้ำแตกต่างกัน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

เพิ่มเติม

ตัวอย่างการทดสอบข้อมูลเปรียบเทียบความแตกต่างของปริมาณการใช้น้ำของพืชเป็น โดยมีข้อมูลดังต่อนี้

ข้อมูลทดสอบข้อมูลสถิติ กรณีที่ให้น้ำ 500, 650, 800 ml เปรียบเทียบปริมาณการใช้น้ำของพริกหวาน หน่วยเป็นมิลลิเมตร

สัปดาห์ที่ (หลังนำพืชลงกระถาง)	กรณีให้น้ำ 500 ml	กรณีให้น้ำ 650 ml	กรณีให้น้ำ 800 ml
2	11.386	13.912	16.499
3	8.218	11.203	9.275
4	5.744	7.860	7.318
5	7.539	7.792	6.026
6	6.407	9.522	6.978
7	8.115	10.388	5.516
8	7.242	10.887	7.812
9	8.084	7.104	7.200
10	8.040	10.321	9.139
11	8.724	11.033	9.213
12	9.696	11.814	7.988
sum	89.195	111.836	92.963

ข้อมูลทดสอบข้อมูลสถิติ กรณีที่ให้น้ำ 500, 650, 800 ml เปรียบเทียบประสิทธิภาพการให้น้ำของพริกหวาน หน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์

สัปดาห์ที่ (หลังนำพืชลงกระถาง)	กรณีให้น้ำ 500 ml	กรณีให้น้ำ 650 ml	กรณีให้น้ำ 800 ml
2	83.121	77.703	71.491
3	59.671	62.571	42.089
4	41.707	43.901	33.210
5	54.743	43.522	27.348
6	48.843	53.187	31.665
7	61.036	58.022	25.031
8	54.000	60.808	35.451
9	59.843	39.681	32.674
10	73.679	59.582	41.473
11	72.507	61.621	41.808
12	77.800	65.987	36.250
sum	686.95	626.586	418.491

ภาคผนวก ฉ

วิธีการทำกระป๋องน้ำหยด

อุปกรณ์

1.ลวดตากผ้า

2.กระป๋องน้ำขนาดใดก็ได้

3.ด้ามปากกาหรือก้านลูกโป่ง

4.ขวดยาพลาสติก

5.สามทาง

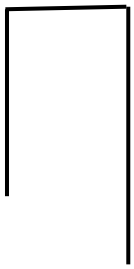
6.สายไฟเอาทองแดงออก

7.ตาไก่

ภาพผนวกที่ 9 อุปกรณ์ในการทำกระป๋องน้ำหยด

วิธีทำ

1. ตัดลวดราวตากผ้าให้เป็นลักษณะดังรูปซึ่งปลายด้านสั้นลับให้แหลม โดยความยาวขึ้นอยู่กับขวดน้ำ สำหรับขวดน้ำ 6 ลิตร ความยาวของลวดที่ตัดแล้วควรยาวกว่าขวดประมาณ 7-8 ซม. และความยาวด้านจ่ายน้ำควรยาวกว่าความสูงกระป๋องอย่างน้อย 10 ซม. ดังแสดงในภาพผนวกที่ 11



ภาพผนวกที่ 10 ลักษณะการขดลวด

2.เจาะรูด้านบนของกระป๋องเพื่อใส่ก้านลูกโป่งซึ่งตัดไว้เป็นท่อนประมาณ 7 ซม.ดังแสดงในภาพผนวกที่ 12

ภาพผนวกที่ 11 เจาะรูที่ขวดเพื่อใส่ก้านลูกโป่ง

3. นำขวดยาพลาสติกมาเจาะโดยลวดปลายแหลมที่ดัดในข้อ 1 โดยประมาณเอาว่าให้ขวดลอยน้ำได้ไม่เอียงข้างใดข้างหนึ่ง จากนั้นนำขวดยาที่เจาะแล้วใส่ลงไปในขวดน้ำ 6 ลิตร ดังแสดงในภาพผนวกที่ 13

ภาพผนวกที่ 12 เจาะรูที่ขวดยาเพื่อทำเป็นลูกลอย

4. ดัดลวดราวตากผ้าให้มีลักษณะเป็นขอเกี่ยวโดยความยาวขึ้นอยู่กับขนาดของขวดน้ำ สำหรับขวดน้ำ 6 ลิตร ความยาวควรมากกว่าความกว้างขวดทางด้านจ่ายน้ำประมาณ10 ซม. จากนั้นใช้ลวดเจาะทะลุทั้งสอง

ด้านของขวดโดยให้ขนานและชิดกับก้านลูกโป่งที่เจาะไว้แล้ว ลวดที่เหลือด้านหลังให้ใช้คีมตัดออกแล้วพับเข้า ดังแสดงในภาพผนวกที่ 14

ภาพผนวกที่ 13 เจาะลวดเข้าไปในกระป๋องเพื่อเป็นตัวยึดก้านลูกโป่ง

5. ใช้ลวดอ่อนพับรอบก้านลูกโป่ง 2-3 รอบแล้วพันเข้ากับปากขวด จากนั้นใช้คีมตัดแล้วบิดลวดเก็บให้เรียบร้อย ดังแสดงในภาพผนวกที่ 15

ภาพผนวกที่ 14 ใช้ลวดอ่อนพันรอบก้านลูกโป่งเพื่อยึดให้แน่น

6.นำลวดที่ดัดไว้ในข้อ 1 ใส่ขวดดังรูป โดยปลายด้านที่แหลมให้ใส่ลงขวดผ่านก้านลูกโป่ง จากนั้นใช้ปลายด้านแหลมใส่เข้าไปในรูเจาะของขวดยาที่เจาะไว้แล้ว ดังแสดงในภาพผนวกที่ 16

ภาพผนวกที่ 15 ใส่ลวดที่ดัดไว้ในข้อแรกในขวดยาที่เจาะไว้

7.เจาะรูสามทางโดยใช้ลวดปลายแหลมในข้อ1 แล้วใส่ในเส้นลวดด้านจ่ายน้ำแสดงในภาพผนวกที่ 17

ภาพผนวกที่ 16 ใส่สามทางในเส้นลวดที่เจาะปลายแหลม

8. เจาะรูด้านก้นขวด โดยห่างขึ้นมาจากก้นขวดประมาณ 2 ซม.แล้วใส่ตาไก่ลงไปในรูที่เจาะดังแสดงในภาพผนวกที่ 18

ภาพผนวกที่ 17 เจาะรูที่ก้นกระป๋องเพื่อใส่ตาไก่

9.นำสายไฟมาดึงทองแดงด้านในออก ใส่สายไฟในรูตาไก่จากนั้นทากาวให้แน่นเพื่อไม่ให้น้ำรั่วออก ส่วนสายไฟอีกด้านนำไปเสียบเข้ากับสามตา ดังแสดงในภาพผนวกที่ 19

ภาพผนวกที่ 18 ใส่ท่อสายไฟและติดตั้งให้เรียบร้อย

10.ใส่น้ำแล้วปรับเลื่อนระดับของสามทางตามความต้องการ สามทางอยู่ต่ำน้ำจะไหลเร็ว อยู่สูงน้ำจะไหลช้า และเมื่อสามทางอยู่สูงกว่าระดับในขวดน้ำจะหยุดไหล

ภาคผนวก ช

วิธีการคำนวณอัตราการไหลสำหรับการให้น้ำแบบจุลภาค (Micro-Irrigation)

สำหรับกระป๋องน้ำหยดถือได้ว่าเป็นการให้น้ำแบบจุลภาคซึ่งมีหลักการเหมือนการให้น้ำแบบน้ำหยด คือใช้หลักการแรงดันของน้ำดันน้ำให้ออกมาทางท่อที่ต่อเข้ากับลวดซึ่งจะมีการคำนวณอัตราการไหลในท่อและการสูญเสียภายในท่อโดยใช้สมการ Darcy-Weisbach สมการ Bernoulli และสมการการไหลในท่อของ Hazen -William ดังแสดงในสมการที่ 3, 4, 5, 6 และ 7 ซึ่งจะนำอัตราการไหลในท่อจากสูตรและจากการทดลองมาเปรียบเทียบกัน

สมการ Darcy-Weisbach

Major Loss (h_f)

$$H_f = f\left(\frac{L}{D}\right)\left(\frac{V^2}{2g}\right) \qquad \text{.....สมการที่ 2}$$

เมื่อ

f = สัมประสิทธิ์ความเสียดทาน (Friction Factor)

L = ความยาวท่อ

D = เส้นผ่านศูนย์กลางของท่อ

V = ความเร็วของการไหลเฉลี่ยผ่านท่อ

g = ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก = 9.81 m/s^2

โดยที่ Friction factor หาได้จาก การอ่านกราฟ Moody Diagram หรือ สูตรจากการไหลในแบบราบเรียบและการไหลแบบปั่นป่วน แต่สำหรับการไหลในท่อของกระป๋องน้ำหยด สมมติให้เป็นการการไหลแบบราบเรียบเพราะเป็นท่อที่มีขนาดเล็กมาก

ในการไหลแบบราบเรียบ (Laminar Flow) ค่า f จะมีค่าดังนี้

$$f = \frac{64}{Re} \qquad \text{.....สมการที่ 3}$$

เมื่อ $Re = \frac{VD}{\nu}$

D = เส้นผ่าศูนย์กลางท่อ

V = ความเร็วของการไหลเฉลี่ยผ่านท่อ , m/s

ν = ความหนืด ที่อุณหภูมิ 20 องศา = 10^{-6} m^2/s

-

Minor Loss (h_m)

$$H_m = K\frac{V^2}{2g} \qquad \text{.....สมการที่ 4}$$

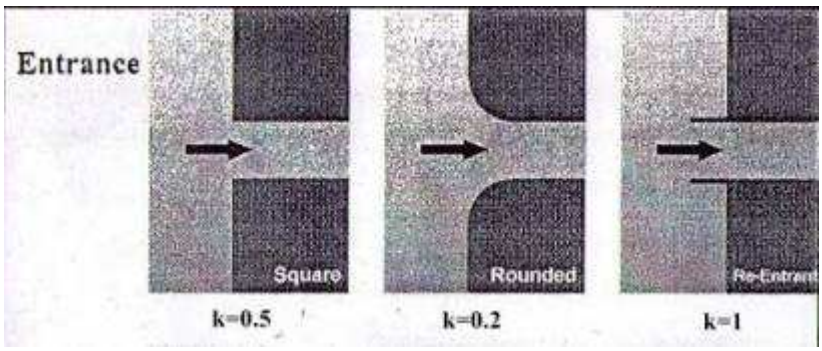
เมื่อ h_m = ค่าความสูญเสียรอง (Minor loss)

V = ความเร็วของของไหลภายในท่อ

g = Dimensional Constant

K = สัมประสิทธิ์ของ Minor loss โดยที่ ค่าสัมประสิทธิ์(K) ของ Minor loss มีค่าต่างๆ ขึ้นอยู่กับชนิดของ Minor loss โดยเฉพาะคือ

(1) Entrance loss เกิดขึ้นเมื่อของไหลไหลจากถังขนาดใหญ่ หรือ อ่างเก็บน้ำดังภาพที่ 2 ค่าสัมประสิทธิ์ตอนขาเข้าจะมากน้อยเพียงไร ขึ้นอยู่กับลักษณะของรูปร่างทางเข้าเป็นหลัก ถ้าทางเข้าเรียบ การสูญเสียจากทางเข้าก็จะมีค่าน้อยมาก สัมประสิทธิ์ของ Entrance loss มีค่าดังภาพที่ 2



ภาพผนวกที่ 19 สัมประสิทธิ์ของ Entrance loss

ที่มา: ธัญดร, ม.ป.ป.

(2) Exit loss มีค่าเท่ากับ 1.0 ในทุกกรณี โดยไม่ขึ้นกับลักษณะของรูปร่างทางออกของไหลที่ไหลออกจากปลายท่อส่งเข้าสู่ถังใหญ่มีค่าความเร็วของไหลที่ไหลออก น้อยมากจนไม่ถือว่ามีความเร็วของของไหลในถังเก็บ ทำให้พลังงานของลำของไหลกระจายหมดไป ดังนั้นค่า K มีค่าเท่ากับ 1

สมการ Bernoulli

$$\frac{P_1}{\gamma}+\frac{V_1^2}{2g}+Z_1 = \frac{P_2}{\gamma}+\frac{V_2^2}{2g}+Z_2+\sum h_f \qquad \text{..... สมการที่ 5}$$

เมื่อ P = แรงดันในเส้นท่อ , กก/ตร.ซม.

V = ความเร็วของของเหลว , เมตร/วินาที

g = แรงโน้มถ่วงของโลก

Z = ค่าระดับชั้นความสูง , เมตร

$\sum h_f$ = ผลรวมของการสูญเสียเฮดของน้ำ (Head Loss) , เมตร

สมการการไหลของ Hazen-William

$$Q = \left(3.587\times10^{-6}\right)\times C\times D^{2.63}\times S^{0.54} \qquad \text{.....สมการที่ 6}$$

เมื่อ Q = อัตราการไหล, ลบ.ม./วินาที

S = การเสียเฮดเนื่องจากความฝืดต่อหนึ่งหน่วยความยาวของท่อ = h_f/L

D = เส้นผ่าศูนย์กลางของท่อ , มิลลิเมตร

C = สัมประสิทธิ์ซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดของท่อ

โดยปกติค่า C นี้ใช้สำหรับท่อใหม่แต่เมื่อท่อนั้นมีอายุการใช้งานเพิ่มขึ้นค่า C ก็จะลดลงเรื่อยๆ ในการออกแบบทั่วไปเมื่อต้องการอัตราการไหลของน้ำในท่อเก่ามักนิยมใช้ C = 100 โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกรณีที่เป็นท่อเหล็กหล่อ ถ้าเป็นท่อขนาดเล็กค่า C อาจจะลดลงเหลือเพียง 80 – 60 (วิบูลย์, 2529)

อย่างไรก็ตามเนื่องจากท่อของสายน้ำหยดมีขนาดเล็กมากเพียง 1.5 mm ค่า C จึงควรมีค่าน้อยมาก สำหรับโครงงานนี้ จะได้ทำการทดลองหาค่า C ที่เหมาะสมต่อการคำนวณต่อไป

วิธีการหาอัตราการไหลจากการทดลอง

แบ่งกระป๋องออกเป็น 5 กรณีการให้น้ำ คือ 200, 350, 500, 650 และ 800 มิลลิลิตร กรณีละ 4 กระป๋อง ยกตัวอย่างกลุ่มการให้น้ำ 800 มิลลิลิตร กระถางที่ 17

จากสมการ

$$Q = V/t$$

เมื่อ Q = อัตราการไหล (ml/s)

V = ปริมาตรน้ำที่ให้ = 500 มิลลิลิตร

T = เวลาที่ให้น้ำ 8 ชั่วโมง

$$Q = \left(\frac{\left(\frac{800}{8} \right)}{60 \times 60} \right) = 2.778 \times 10^{-2}\ \mathrm{ml/s} = 800.064\ \mathrm{ml/8hr}$$

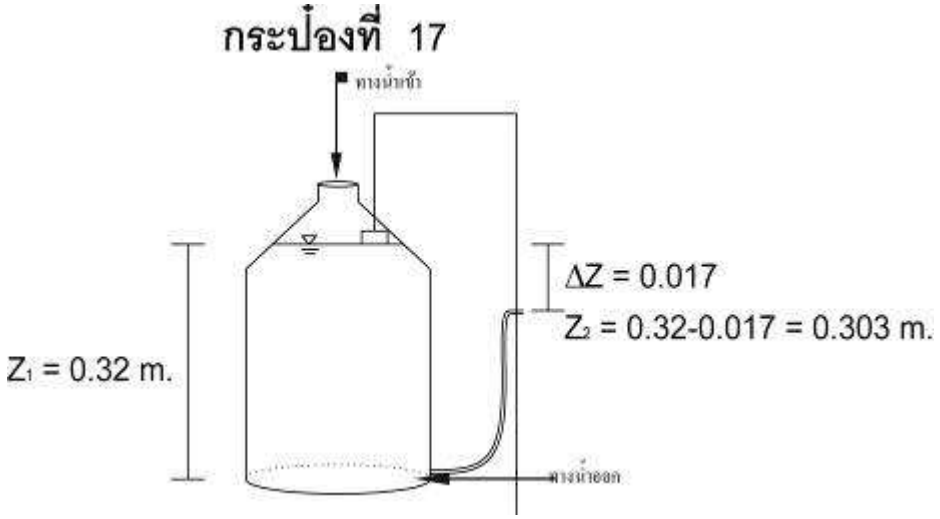
สรุปผลการทดลองของทุกกระป๋องแสดงในตารางที่ 1

วิธีการหาอัตราการไหลจากทฤษฎี

จากกระป๋องที่ 17 ดังแสดงในภาพที่ 7

กำหนด ค่า Z = 0.017 เมตร ,K_{inlet} = 0.5, K_{outlet} = 1 (ดูค่าจากภาพที่ 2), Diameter ของท่อ = 0.15 เซนติเมตร = 0.0015 เมตร, L = ความยาวของท่อ = 40 เซนติเมตร = 0.4 เมตร, ที่อุณหภูมิ 20 องศา มีค่า $\nu = 10^{-6} \mathrm{m}^2/\mathrm{s}$

จะได้ $A = \left(\frac{\pi}{4} \right) \times 0.15^2 = 1.767 \times 10^{-2}\ \mathrm{cm}^2$



ภาพผนวกที่ 20 กระป๋องน้ำหยดกระป๋องที่ 17

<u>วิธีการคำนวณ</u>

เนื่องจากการไหลในท่อมีขนาดเล็กมากจึงถือว่าเป็นการไหลแบบราบเรียบ (Laminar Flow)

จากสูตรการไหลแบบราบเรียบ $f = \frac{64}{Re}; Re = \frac{VD}{\nu} f = \frac{64\nu}{VD}$

จากสูตรการสูญเสียพลังงานหลัก $H_f = f\left(\frac{L}{D}\right)\left(\frac{V^2}{2g}\right)$

$$H_f = \left(\frac{64\nu}{VD}\right)\left(\frac{L}{D}\right)\left(\frac{V^2}{2g}\right)$$

$$H_f = \frac{(64\nu)(LV)}{\left(D^2\right)(2g)}$$

$$H_f = \frac{\left(64\times10^{-6}\right)(0.4V)}{\left(0.0015^2\right)(2\times9.81)}$$

$$H_f = 0.5799\,V$$

จากสูตรการสูญเสียพลังงานรอง $H_m = K\frac{V^2}{2g}$

Inlet $H_m = 0.5\frac{V^2}{2g} = 0.025V^2$

Outlet $H_m = 1\frac{V^2}{2g} = 0.05V^2$

$$\sum H_m = 0.025V^2 + 0.05V^2 = 0.075V^2$$

$$\sum\left(H_f + H_m\right) = 0.5799V + 0.075V^2$$

จากสูตรสมการ Bernoulli

$$\frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} + Z_1 = \frac{P_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g} + Z_2 + \sum h_f$$

$$Z_1 = \frac{V_2^2}{2g} + Z_2 + \sum h_f$$

$$0.32 = 0.051v^2 + (0.32 - 0.017) + \left(0.5799v + 0.075v^2\right)$$

$$0 = 0.126v^2 + 0.5799v - 0.017$$

$$v = 0.029 m/s$$

จากสมการอัตราการไหลของ Hazen-William

$$Q = \left(3.587 \times 10^{-6}\right) \times C \times D^{2.63} \times S^{0.54}$$

เมื่อ

$$S = \frac{H_f}{L} \; ; \; H_f = 0.5799v = 0.5799 \times 0.029 = 0.0168$$

$$\therefore S = \frac{0.0168}{0.4} = 0.042$$

Assume ค่า C=15

D = Daimeter ,mm

จะได้ $Q = \left(3.587 \times 10^{-6}\right) \times 15 \times 1.5^{2.63} \times 0.042^{0.54}$

$$Q = 2.822 \times 10^{-5} l/s$$

$Q = 812.74 ml/8hr \approx 800 ml/8hr$ จากอัตราการไหลของการทดลอง

*หมายเหตุ สาเหตุที่ตัดตัวแปร $\frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g}$ และ $\frac{P_2}{\gamma}$ ออกเพราะว่ากระป๋องน้ำหยดเปิดฝาและมีรูเจาะจึงไม่มีแรงดันและไม่มีความเร็วเกิดขึ้นในกระป๋องและไม่มีแรงดันในเส้นท่อมีแต่ความเร็วในเส้นท่อ (สรุปผลการทดลองของทุกกระป๋องแสดงในตารางที่ 1)

ตารางผนวกที่ 14 เปรียบเทียบอัตราการไหลจากการทดลองและทฤษฎี

ปริมาตร (ml)	กระป๋องที่	อัตราการไหลจากการทดลอง (ml/8hr)	อัตราการไหลจากทฤษฎี (ml/8hr)	ความแตกต่างระหว่างอัตราการไหลจากทฤษฎีและการทดลอง (%)
200	1	320.35	200.00	60.18
	2	348.18	200.00	74.09
	3	290.44	200.00	45.22
	4	374.17	200.00	87.09
350	5	465.39	350.00	32.97
	6	579.71	350.00	65.63
	7	505.79	350.00	44.51
	8	465.39	350.00	32.97
500	9	561.29	500.00	12.26
	10	691.75	500.00	38.35
	11	645.06	500.00	29.01
	12	579.11	500.00	15.82
650	13	683.02	650.00	5.08
	14	705.53	650.00	8.54
	15	691.75	650.00	6.42
	16	814.58	650.00	25.32
800	17	813.07	800.00	1.63
	18	814.58	800.00	1.82
	19	888.81	800.00	11.10
	20	980.25	800.00	22.53
เฉลี่ยความแตกต่าง				**31.03**

อัตราการไหลจากการทดลองและจากทฤษฎีมีค่าใกล้เคียงกันซึ่งอัตราการไหลจากทฤษฎีมีค่ามากกว่าคิดเป็นค่าเฉลี่ยเท่ากับ 31.03 % ของอัตราการไหลจากการทดลอง แต่ปริมาณน้ำที่ได้อาจจะมีความคลาดเคลื่อนจากค่าที่ควรจะเป็น เนื่องจากมีการสูญเสีย Friction loss ในเส้นลวดที่ต่อกับท่อสายไฟเพื่อให้น้ำหยดลงกระถางพริกหวาน

ประวัติผู้จัดทำ

1. นายดิศรินทร์ รักชาติ รหัสนิสิต 49242001

วัน เดือน ปีเกิด 18 มิถุนายน 2530 อายุ 22 ปี

ที่อยู่ 19/104 ต.บางพูด อ.ปากเกร็ด จ.นนทบุรี 11120

การศึกษา

ประถมศึกษา	โรงเรียนบ้านห้วยกลาง จังหวัดนครศรีธรรมราช
มัธยมศึกษาตอนต้น	โรงเรียนฉวางรัชฎาภิเษก จังหวัดนครศรีธรรมราช
มัธยมศึกษาตอนปลาย	โรงเรียนเตรียมอุดมศึกษาภาคใต้ จังหวัดนครศรีธรรมราช
ปริญญาตรี	ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม

2. นางสาวโสลดา คงสังข์ รหัสนิสิต 49242993

วัน เดือน ปีเกิด 27 มิถุนายน 2531 อายุ 21 ปี

ที่อยู่ 65/1 หมู่ 3 ตำบลท่ามะกา อำเภอท่ามะกา จังหวัดกาญจนบุรี 71120

การศึกษา

ประถมศึกษา	โรงเรียนเขมภัทร์ศึกษา อำเภอท่ามะกา จังหวัดกาญจนบุรี
มัธยมศึกษาตอนต้น	โรงเรียนเฉลิมพระเกียรติสมเด็จพระศรีนครินทร์ กาญจนบุรี จังหวัดกาญจนบุรี
มัธยมศึกษาตอนปลาย	โรงเรียนเฉลิมพระเกียรติสมเด็จพระศรีนครินทร์ กาญจนบุรี จังหวัดกาญจนบุรี
ปริญญาตรี	ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม