สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การทดสอบหาประสิทธิภาพการทำงานของระบบการให้น้ำแบบความดันเพื่อเพิ่มผลผลิตในการปลูกพืชอินทรีย์

Testing of the Pressurized Irrigation System for High Value in Organic Crop Production

นาย ขวัญชัย	เพ็งศุข	46015479
นาย วราเดช	แสงบุญ	46015505
นาย ข่าน	สิงหสรุศักดิ์	46015521

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2548

เลขที่หนู.....
เลขทะเบียน 62624
วัน,เดือน,ปี 21 ส.ค. 2549

b 11622189
i.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2548

ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การทดสอบหาประสิทธิภาพการทำงานของระบบการให้น้ำแบบความดันเพื่อเพิ่มผลผลิตในการปลูกพืชอินทรีย์

Testing of the Pressurized Irrigation System for High Value in Organic Crop Production

ผู้จัดทำ

นาย ขวัญชัย	เพ็งศุข	46015479
นาย วราเดช	แสงบุญ	46015505
นาย ข่าน	สิงหสรุศักดิ์	46015521

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผศ.ดร. วินัย กล้าจริง)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผศ.ดร. ทรงวุฒิ แสงจันทร์)

.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(รศ. เกรียงศักดิ์ สุวรรณโพธิ์ศรี)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดสอบหาประสิทธิภาพการทำงานของระบบการให้น้ำแบบความดันเพื่อเพิ่มผลผลิตในการปลูกพืชอินทรีย์

นาย ขวัญชัย เพ็งศุข
นาย วราเดช แสงบุญ
นาย ข่าน สิงหสรุศักดิ์
ผศ.ดร วินัย กล้าจริง อาจารย์ที่ปรึกษา
ผศ.ดร. ทรงวุฒิ แสงจันทร์ อาจารย์ที่ปรึกษา
รศ. เกรียงศักดิ์ สุวรรณโพธิ์ศรี อาจารย์ที่ปรึกษา
ปีการศึกษา 2548

บทคัดย่อ

ในการทดสอบหาประสิทธิภาพระบบการให้น้ำแบบความดัน ได้เลือกวิธีการให้น้ำ 3 วิธี ด้วยกันคือ ใช้ Micro Sprinkler แบบ Rotate, Micro Sprinkler แบบ Spay และน้ำหยด โดยเลือกพืชอินทรีย์ ได้แก่คะน้าในการทดลอง ผลการทดสอบพบว่าระบบการให้น้ำโดย Micro Sprinkler แบบ Rotate มีความสม่ำเสมอในการให้น้ำ และประสิทธิภาพของการกระจายน้ำสูงสุดกว่าแบบอื่นๆ การพิจารณาผลผลิตจะเห็นว่าน้ำหนักและความสูงของต้นคะน้าอยู่ในเกรณ์ที่ดีกว่าการให้น้ำแบบวิธีอื่นๆ ดังนั้นการเลือกใช้วิธีการให้น้ำโดยใช้ Micro Sprinkler แบบ Rotateจึงเหมาะสมที่สุด โดยพิจารณาจากประสิทธิภาพการให้น้ำ ผลผลิตที่เพิ่มมากขึ้น และช่วยลดปัญหาด้านเศรษฐกิจในการลงทุน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Testing of the Pressurized Irrigation System for *High Value in Organic Crop Production*

Waradeath sanboom
Karl Singhasurasak
Kwanchai Pengsuk
Asst. Prof. Dr. Vinai Klajring Advisor
Asst. Prof. Dr. Songvoot Sangchan Advisor
Assoc. Prof. Kriengsukdi Suwanposri Advisor

ABSTRACT

Testing of the pressurized irrigation system efficiency, three kinds of method were selected (rotate micro sprinkler, sprayer micro sprinkler, and drip). The Chinese kale was selected and the results of this study shown that the uniformity of water and distribution efficiency are higher than the other methods. The weight and height of Chinese kale are better than other irrigation system. Therefore , rotate micro sprinkler irrigation system is the most suitable in terms of irrigation efficiency, high production and low investment.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้คงไม่อาจเสร็จได้ด้วยดี หากไม่ได้รับความช่วยเหลือ และร่วมมือจากหลายๆ ฝ่ายด้วยกัน บุคคลแรกที่ต้องกล่าวถึงเพราะเป็นส่วนสำคัญที่ทำให้วิทยานิพนธ์นี้เสร็จลงได้ก็คือ ผศ.ดร วินัย กล้าจริง , ผศ.ดร ทรงวุฒิ แสงจันทร์, รศ.เกรียงศักดิ์ สุวรรณโพธิศรี อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ให้ความเอาใจใส่ แนะนำ รศ.ดร เกษรม สร้อยทอง อาจารย์ประจำคณะเทคโนโลยีเกษตร ช่วยเหลือทางด้านสถานที่และอุปกรณ์ ตลอดจนเจ้าหน้าที่ที่ให้ความช่วยเหลือในหลายๆด้าน ซึ่งต้องขอขอบพระคุณเป็นอย่างมาก

และต้องขอขอบพระคุณบุคคลสำคัญที่สุดที่ทำให้ข้าพเจ้ามีวันนี้ ก็คือ บิดา มารดา อันเป็นที่เคารพรักยิ่ง ซึ่งได้เลี้ยงดูผู้เขียนมาเป็นอย่างดี พร้อมทั้งให้โอกาสในการศึกษาอย่างเต็มที่ และยังให้กำลังใจ เอาใจใส่เสมอมา ในทุก ๆ ด้านอันหาที่เปรียบมิได้ ข้าพเจ้าขอระลึกในพระคุณอันสุดประมาณ และขอกราบขอบพระคุณมา ณ ที่นี้

นาย ชวัญชัย เพ็งศุข
นาย วราเดช แสงบุญ
นาย ข่าน สิงหสรุศักดิ์
กุมภาพันธ์ 2549

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ก

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ข

กิตติกรรมประกาศ ค

สารบัญ ง

สารบัญภาพ ช

สารบัญตาราง ซ

บทที่1 บทนำ1

1.1 วัตถุประสงค์ 1

1.2 ขอบเขตการศึกษา 1

บทที่2 ทฤษฎีและหลักการ

2.1 ดินและน้ำ(Soil and Water) 2

2.1.1 น้ำในดิน (Soil Water) 2

2.1.2 ชนิดของน้ำในดิน 2

2.1.3 Field Capacity 3

2.1.4 จุดเหี่ยวเฉาถาวร (Permanent Wiling Point) 3

2.1.5 ความชื้นที่พืชนำไปใช้ได้ (Available Moisture) 4

2.1.6 การเคลื่อนที่ของน้ำในดิน 4

2.1.7 ดินเก็บน้ำไว้ได้อย่างไร 5

2.1.8 แรงดึงความชื้น (Soil Moisture Tension) 6

2.1.9 การใช้เครื่องมือวิทยาศาสตร์วัด 7

2.1.10 การหาจำนวนความชื้นในดิน 8

2.2 พืช (Crop) 10

2.2.1 พันธุ์คะน้า 11

2.3 ความต้องการน้ำของพืช 11

2.3.1 ลักษณะการแผ่กระจายของราก 12

2.3.2. สัมประสิทธิ์ของการแผ่กระจายของน้ำ 12

2.4 ความต้องการน้ำของพืชหรือปริมาณการ

ใช้น้ำของพืชและการระเหย (Evapotranspiration) 13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.5 การกำหนดระยะเวลาการให้น้ำ 15

2.6 ชนิดของระบบการให้น้ำแบบแรงดัน 17

2.7 ชนิดท่อและส่วนประกอบของท่อ 20

2.8 ชลศาสตร์ของระบบชลประทาน 21

2.9 การสูญเสียงานภายในท่อ 24

บทที่3 ข้อมูลพื้นฐานในการออกแบบระบบการให้น้ำแบบใช้แรงดัน

3.1 สถานที่ที่ใช้ในการทดสอบ 29

3.2 ลักษณะของดินและที่ใช้ในการทดลอง 31

3.3 ข้อมูลทางสถิติของหัวจ่ายน้ำ 31

4 .1 ปริมาณการใช้น้ำของระบบหัวแบบ Rotate 34

4.2 ระยะเวลาที่เปิดให้น้ำแต่ละครั้ง 35

4.3 ช่วงเวลาระยะห่างในการให้น้ำ 36

4.4 ค่าการใช้น้ำของพืชอ้างอิง 36

4.5 ปริมาณน้ำที่ต้องให้แก่พืชทั้งหมด 36

4.6 อัตราการจ่ายของน้ำที่จ่ายจากหัวแบบ Rotate 37

4.7 ปริมาณน้ำที่ต้องจ่ายทั้งระบบ 37

บทที่4 การคำนวณและออกแบบระบบ

5.1 การหาลักษณะการไหลของน้ำผ่านหัวปล่อยน้ำ 40

5.2 การคำนวนออกแบบท่อแขนง 40

5.2.1 การคำนวนหาขนาดท่อแขนงอย่างง่าย 41

5.3 การคำนวนออกแบบท่อประธานย่อย 41

5.4 ค่าความดันที่ยอมให้แตกต่างกันได้ในระบบ 42

5.5 การคำนวณหาการสูญเสียพลังงานในท่อแขนง 43

5.6 การออกแบบทางชลศาสตร์ท่อประธาน 43

5.7 การสูญเสียพลังงานเนื่องจากการเปลี่ยนขนาดท่อและข้อต่อ ข้องอวาล์ว 44

5.8 ค่าการสูญเสียทั้งหมด 44

6. Discharge of each sprinkler 47

7. การคำนวนหาขนาดของเครื่องสูบน้ำ 48

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

8. การติดตั้งและทดลอง 49

บทที่5 สรุป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่1 เครื่องวัดแรงดึงความชื้นของดิน (Tension meter) 7

ภาพที่2 ลักษณะการเปียกของดินเนื้อละเอียด (ดินร่วนเหนียว) กับดินเนื้อหยาบ (ดินร่วนทราย) เนื่องจากการซึมน้ำ 10

ภาพที่3 Moody Diagram สำหรับการหา friction factor , f 25

ภาพที่4 ความสัมพันธ์ระหว่าง (ε)และ $\left(\varepsilon/D\right)$ ของท่อชนิดต่างๆ 26

ภาพที่5 การเปลี่ยนแปลงขนาดท่อแบบค่อยๆเปลี่ยน 27

ภาพที่6 การเปลี่ยนแปลงขนาดท่อแบบกะทันหัน 27

ภาพที่7 ค่า k สำหรับการเปลี่ยนขนาดท่อแบบค่อยๆเปลี่ยน 27

ภาพที่8 ค่า k สำหรับการเปลี่ยนขนาดท่อแบบกะทันหัน 28

ภาพที่9 สภาพของโรงเรือนที่ใช้ในทดสอบ 29

ภาพที่10 ลักษณะของบ่อที่ใช้เพาะปลูกเพื่อทดสอบ 30

ภาพที่11 ภาพโดยรวมของบ่อที่ใช้ในการเพาะปลูกทั้งหมด 30

ภาพที่12 แสดงภาพแสดงวิธีการหาอัตราการจ่ายน้ำของหัว Sprinkler 31

ภาพที่13 แสดงภาพแสดงวิธีการหาอัตราการจ่ายน้ำของหัวน้ำหยด 32

ภาพที่14 การออกแบบและติดตั้งท่อประธานย่อยและท่อแขนง 43

ภาพที่15 แผนผังการวางระบบท่อ 46

ภาพที่16 ปั๊มน้ำที่ติดตั้งให้แก่ระบบ 48

ภาพที่17 การติดตั้งระบบ 50

ภาพที่18 การใช้งานโปรแกรม Sirichai Statistics 55

ภาพที่19 การวัดความสูงเพื่อเก็บข้อมูลค่าความเจริญเติบโต 55

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

หน้า

ตาราง3.1 อัตราการจ่ายน้ำของหัวน้ำหยด (T1) 32

ตาราง3.2 อัตราการจ่ายน้ำของหัว Mini Sprinkler (T2) 33

ตาราง3.3 อัตราการจ่ายน้ำของหัว Micro Sprinkler (T3) 33

ตาราง3.4 ปริมาณการใช้น้ำของพืชคะน้า 34

ตาราง3.5 ตารางแนะนำค่า Kr 35

ตาราง3.6 ตารางค่าการให้น้ำพืช , ET_{crop} 36

ตาราง4.1 ค่าสูงสุดและต่ำสุด ของความดัน Sprinkler 47

ตาราง5.1 แสดงข้อมูลเบื้องต้น 51

ตาราง5.2 แสดงค่าอัตราการจ่ายน้ำต่างๆ 52

ตาราง5.3 แสดงค่าประสิทธิภาพของหัวจ่ายน้ำ 54

ตาราง5.4 ค่าน้ำหนักสดคะน้าของคะน้าที่อายุ 42 วัน จากการทดลองครั้งที่1 56

ตาราง5.5 ค่าน้ำหนักสดของคะน้า ที่อายุ 42 วัน ในการทดลองครั้งที่ 2 57

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

ในประเทศไทยการทำการเกษตรมีความสำคัญประเทศเป็นอย่างมาก ปัจจัยที่มีผลต่อการทำการเกษตรมีหลายอย่างด้วยกัน น้ำเป็นทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัด รวมถึงการอุปโภค บริโภค และการเกษตร ดังนั้นการนำเอาน้ำมาใช้จึงต้องหาวิธีเหมาะสมเพื่อให้การใช้น้ำอย่างมีประโยชน์สูงสุด

การนำเอาเทคโนโลยีมาพัฒนาการให้น้ำพืชเป็นสิ่งจำเป็น เพราะการให้น้ำควรจะให้ ในปริมาณที่เพียงพอแก่ความต้องการของพืช และยังสามารถเป็นส่วนในการนำเอาเทคโนโลยีมาใช้ในการเกษตรเพื่อลดแรงงานและเพื่อเลือกระบบการให้น้ำแบบต่างๆให้เหมาะกับพืช ในการที่จะให้พืชมีการเจริญเติบโตตามช่วงอายุของพืชอย่างเหมาะสมและให้ผลผลิตสูงนั้นสิ่งที่มีผลคือ ระบบการให้น้ำที่เหมาะสมต่อพืช หรือปริมาณน้ำที่ให้ไปกับพืช และ การควบคุมช่วงเวลาการให้น้ำแก่พืช

โครงการนี้ได้ทำการทดสอบและศึกษาหาประสิทธิภาพการทำงานของระบบการให้น้ำแบบความดันเพื่อเพิ่มผลผลิตในการปลูกพืชอินทรีย์ โดยการทดสอบได้เลือกใช้ตะน้าในการทดสอบ เพื่อนำข้อมูลและผลการทดสอบมาประยุกต์ใช้เพื่อให้ได้ความเหมาะสมต่อพื้นที่จริง

1.2 วัตถุประสงค์

1) เพื่อทดสอบหาประสิทธิภาพการทำงานของระบบให้น้ำพืชแบบระบบความดัน
2) ทดสอบหาอัตราการไหลของน้ำที่เหมาะสมต่อพืชและชนิดของดิน

1.3 ขอบเขตการศึกษา

1) ศึกษาข้อมูลของระบบการให้น้ำพืชแบบความดันที่มีใช้อยู่ภายในประเทศไทย
2) ออกแบบและทดสอบหาประสิทธิภาพการทำงานของระบบ ประกอบด้วย การศึกษารูปแบบการกระจายตัวของน้ำ ประสิทธิภาพการให้น้ำของระบบ และต้นทุนในการติดตั้งระบบ รวมถึงประสิทธิภาพการทำงานของระบบหลังจากการออกแบบและติดตั้งแล้ว

1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1) สามารถเลือกระบบการให้น้ำแบบใช้ความดันให้เหมาะสมต่อพืชเศรษฐกิจได้
2) สามารถนำผลการทดลองไปใช้ในการเพาะปลูกพืชเศรษฐกิจได้ในพื้นที่จริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและหลักการ

2.1 น้ำในดิน (Soil Water)

การที่พืชจะเจริญเติบได้อย่างเต็มที่นั้น พืชจะต้องดูดน้ำจากดินได้ตลอดเวลา ดังนั้นจึงเป็นสิ่งจำเป็นที่ต้องทราบว่า ดินชนิดหนึ่งๆนั้นมีความสามารถเก็บน้ำได้มากน้อยเพียงใด พืชนำไปใช้ประโยชน์ได้อย่างแท้จริงเท่าไร ตลอดจนทราบว่าน้ำเคลื่อนที่ในดินอย่างไรและจะให้น้ำแก่ดินเพื่อให้ดินมีความชื้นพอเหมาะอย่างไร

2.1.2 ชนิดของน้ำในดิน

การเรียงตัวของเม็ดดินทำให้เกิดช่องว่างที่มีขนาดและรูปทรงต่างๆขึ้น เมื่อฝนตกหรือให้น้ำแก่พืช น้ำก็จะแทรกเข้าไปอยู่ในช่องว่างเหล่านี้ และเกาะติดอยู่กับเม็ดดินด้วยแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลของดินกับโมเลกุลของน้ำ (Adhesive Force) และแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลของน้ำด้วยกัน (Cohesive Force) ซึ่งรวมเรียกว่า แรงดูดซับ (Capillary Force) ถ้าหากน้ำเข้าไปแทนที่อากาศจนเต็มทุกช่องว่างเรากล่าวว่าดินนั้น อิ่มน้ำ (Saturated) และน้ำที่อยู่ในช่องว่างนั้นทั้งหมดจะเป็นปริมาตรสูงสุดที่ดินจะเก็บกักเอาไว้ได้ถ้าไม่มีแรงภายนอกมากระทำ แต่เนื่องจากว่าสสารทุกอย่างที่อยู่เหนผิวโลกจะถูกแรงดึงดูดของโลกกระทำอยู่ตลอดเวลา รวมทั้งน้ำที่ขังอยู่ในช่องว่างระหว่างเม็ดดินด้วย ในช่องว่างที่มีขนาดเล็ก ดังนั้นเมื่อผลรวมของแรงยึดเหนี่ยวระหว่างน้ำต่อดิน น้อยกว่าแรงดึงดูดของโลกน้ำก็จะไหลลงสู่ที่ต่ำกว่า น้ำในดินไหลด้วยสาเหตุดังกล่าวนี้ เรียกว่าน้ำอิสระ (Gravitational Water หรือ Free Water)เมื่อฝนหยุดตกหรือหยุดให้น้ำแก่พืช น้ำที่อยู่ในช่องว่างขนาดใหญ่จะระบายออกโดยใช้เวลา 2-3 วัน ในดินที่มีการระบายน้ำได้ดี น้ำอิสระจะถูกระบายออกไปหมดก่อนก่อนที่จะเป็นอันตรายต่อพืชและจะมีอากาศเข้ามาแทนที่ ส่วนน้ำในช่องว่างที่มีขนาดเล็กซึ่งไม่ถูกระบายออกด้วยแรงดึงดูดของโลกอาจมีการเคลื่อนที่ด้วยแรงดูดซับ (Capillary Force) น้ำซึ่งอยู่ในช่องว่างที่มีขนาดเล็กดังกล่าวนี้เรียกว่า น้ำซับ (Capillary Water) ซึ่งมีการเคลื่อนที่ช้ามากช้ากว่าน้ำอิสระ และจะมีทิศทางไปในทางใดก็ได้ โดยเคลื่อนที่ไปสู่จุดที่มีแรงดูดซับมากที่สุดเสมอ

การสูญเสียน้ำโดยการระเหยจากผิวดิน และจากที่พืชดูดไปใช้จะทำให้ปริมาณความชื้นในดินลดลงจนกระทั่งถึงจุดหนึ่งที่น้ำในดินไม่มีการเคลื่อนที่อีก ทั้งนี้เพราะว่าแรงที่น้ำหรือความชื้นจับยึดติดแน่นเป็นแผ่นบางๆ รอบเม็ดดินจะมากจนกระทั่งพืชไม่สามารถดูดไปใช้ได้ พืชก็จะเหี่ยวเฉาและถ้าหากไม่ให้น้ำแก่พืชในตอนนี้แล้วพืชก็ตาย น้ำซึ่งยึดติดแน่นกับเม็ดดินและไม่สามารถที่จะทำให้เคลื่อนที่ได้ด้วยแรงดึงดูดของโลกหรือแรงดูดซับ (Capillary Force) นี้เรียกว่า น้ำเยื่อ (Hygroscopic Water)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรดาน้ำในดินทั้งสามที่กล่าวมานี้ น้ำที่เกี่ยวข้องกับการชลประทานมากที่สุดคือ น้ำอิสระ (Gravitational Water) และน้ำซับ(Capillary Force) ส่วนน้ำเยื่อ(Hygroscopic Water)นั้นพืชไม่สามารถนำไปใช้ได้จึงไม่ค่อยมีความสำคัญ

2.1.3 Field Capacity

หลังจากน้ำอิสระถูกระบายออกจากช่องว่างขนาดใหญ่จนหมดแล้วความชื้นในดินก็จะเปลี่ยนแปลงน้อยลง เพราะน้ำที่เหลืออยู่มีการเคลื่อนที่ช้ามาก ปริมาณความชื้นในดินหลังจากน้ำอิสระถูกระบายออกไปหมดแล้วนี้ความชื้นที่ Field Capacity

จำนวนความชื้นที่ Field Capacity นี้ไม่อาจหาค่าเป็นตัวเลขที่แน่นอนได้ ทั้งนี้เนื่องจากว่ายังคงมีการเคลื่อนที่ของน้ำซับอยู่ตลอดเวลา แต่จะมีการเปลี่ยนแปลงความชื้นไม่มากนักในทางปฏิบัติมักจะถือว่า ในดินที่ระบายน้ำได้ดี ปริมาณความชื้น ปริมาณความชื้นหลังจากที่มีฝนตกหนักหรือหยุดให้น้ำแล้ว 2-3 วัน เป็นความชื้นที่ Field Capacity

2.1.4 จุดเหี่ยวเฉาถาวร (Permanent Wiling Point)

ความชื้นในดินเมื่อพืชไม่สามารถดูดมาใช้เพียงพอสำหรับการคายน้ำ และพืชที่เริ่มมีการเหี่ยวเฉาอย่างถาวรเรียกว่าเป็นความชื้นที่ จุดเหี่ยวเฉาถาวร (Permanent Wiling Point)

อาการเหี่ยวเฉาของพืชอาจเกิดขึ้นได้หลายครั้งก่อนที่จะถึงจุดที่พืชเหี่ยวเฉาอย่างถาวร เช่น ตอนกลางวันที่มีอากาศร้อนจัด ความชื้นของอากาศต่ำ ลมแรง และพืชใบกว้าง ลักษณะของอากาศและพืช เมื่ออัตราที่พืชดูดน้ำจากดินน้อยกว่าที่คายออกทางใบ พืชจะเหี่ยวเฉาถึงแม้ว่าขณะนั้นดินจะมีความชื้นอยู่มากก็ตาม และเมื่ออากาศเย็นลงพืชก็จะสดชื่นตามเดิม จะเห็นได้ว่าอาการเหี่ยวเฉาของพืชจะขึ้นกับอัตราการใช้น้ำของพืช ความลึกและการแผ่กระจายของราก จำนวนความชื้นในดิน ตลอดจนความสามารถของดินที่จะเก็บน้ำไว้ให้พืชใช้ได้ เราถือว่าพืชมีการเหี่ยวเฉาอย่างถาวรถ้าหากว่านำพืชที่เฉานั้นไปไว้ในห้องที่มีอากาศเย็นและมีความสัมพัทธ์ของอากาศประมาณ 100 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งพืชจะมีการสูญเสียน้ำน้อยมาก หรือไม่มีการสูญเสียเลยแล้วพืชนั้นยังไม่สดชื่น

หลังจากที่ความชื้นลดลงจนถึงจุดเหี่ยวเฉาถาวรแล้ว พืชอาจจะยังดูดความชื้นจากดินได้อีกแม้ว่าจะเป็นปริมาณไม่มากก็ตาม กล่าวคือความชื้นที่ได้นี้ไม่พอที่จะทำให้พืชเจริญเติบโตขึ้น แต่จะสามารถหล่อเลี้ยงชีวิตพืชต่อไปได้อีกช่วงสั้นๆช่วงเวลาหนึ่งจนกว่าจะได้รับน้ำมาเพิ่มเติม ถ้าหากไม่ให้น้ำแก่พืชน้ำในดินจะเหลือแต่น้ำเยื่อ (Hygroscopic Water) ซึ่งพืชไม่อาจนำไปใช้และจะคายในที่สุด ความชื้นของดินที่มีแต่น้ำเยื่อเหลืออยู่นี้เรียกว่าเป็นความชื้น ที่ Ultimate Wilting Point

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.5 ความชื้นที่พืชนำไปใช้ได้ (Available Moisture)

น้ำในรูปของความชื้นในดินที่พืชนำไปใช้ได้สำหรับการเจริญเติบโตก็คือน้ำซับซึ่งอยู่ระหว่าง (Field Capacity) กับจุดเหี่ยวเฉาถาวร ดังนั้นผลต่างระหว่างความชื้นในดินสองค่านี้ก็ คือ ความชื้นที่พืชนำไปใช้ได้ (Available Moisture)

ความชื้นที่พืชนำไปใช้ได้นี้มักจะวัดเป็นเปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของดินแห้ง เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของดินแห้ง เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร หรือเป็นความลึกของน้ำ เช่น ดินร่วน มีความชื้นที่พืชนำไปใช้ได้ 1.5มิลิเมตรต่อความลึกของดิน 1 เซนติเมตรเป็นต้น

ขนาดของเมล็ดดิน หรือเนื้อดินจะมีผลต่อปริมาณน้ำที่นำไปใช้ได้มาก กล่าวคือในเนื้อดินที่ละเอียดจะมีความชื้นที่พืชนำไปใช้ได้มากกว่าดินที่มีเนื้อหยาบ อย่างไรก็ตาม ดินทรายบางชนิดอาจมีความชื้นที่พืชสามารถนำไปใช้ได้มากกว่าดินเหนียว ทั้งนี้เพราะดินที่มีเนื้อละเอียดมากๆ จะมีน้ำที่ยึดรอบๆเมล็ดดินซึ่งพืชไม่สามารถดูดไปใช้ได้เป็นจำนวนมากด้วย

ในดินทรายที่มีการระบายน้ำได้ดีมักจะมีความชื้นที่พืชนำไปใช้ไม่มากนักทั้งนี้เพราะField Capacityน้ำที่บรรจุอยู่ในช่องว่างระหว่างเมล็ดดินซึ่งส่วนมากมีขนาดใหญ่จะถูกระบายออกจนหมดจึงมีความชื้นที่เก็บไว้ได้น้อย ดินที่มีความชื้นที่พืชสามารถนำไปใช้ได้มากมักเป็นดินที่มีขนาดเมล็ดเล็กปานกลางหรือค่อนข้างละเอียด เช่น ดินที่ประกอบขึ้นด้วย ตะกอนทราย เป็นส่วนใหญ่

ตามปกติแล้วเรามักจะมองข้ามความสำคัญของน้ำอิสระไปโดยถือว่าพืชไม่ได้ใช้น้ำนี้แต่ความจริงแล้วพืชอาจใช้น้ำอิสระได้มากเหมือนกัน เช่น ในการใช้น้ำแบบฉีดฝอย (Sprinkler Irrigation) ซึ่งน้ำจะซึมจากผิวดินและทำให้ดินชั้นบนอิ่มน้ำก่อนที่การให้น้ำจะเสร็จ ขณะที่ดินชั้นบนอิ่มน้ำนี้รากพืชตอนบนจะดูดน้ำอิสระไปใช้ได้บ้าง

2.1.6 การเคลื่อนที่ของน้ำในดิน

การหาทิศทางการไหลของน้ำในดินนั้นค่อนข้างเป็นเรื่องที่ยุ่งยาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อดินนั้นไม่อิ่มน้ำ ทั้งนี้เพราะน้ำที่ไหลนั้นอาจจะอยู่ในสภาพของเหลวหรือไอน้ำ และแรงที่ทำให้เกิดการไหลอาจจะเนื่องจากแรงดึงดูดของโลก แรงดูดซับ (Capillary Force) หรือเนื่องจากความร้อนก็ได้ กล่าวคือ แรงดึงดูดของโลกจะทำให้น้ำไหลในแนวดิ่ง แรงดูดซับทำให้น้ำไหลในช่องว่างระหว่างเมล็ดดินในทิศทางใดก็ได้และความร้อนทำให้น้ำกลายเป็นไอน้ำและแพร่กระจายผ่านเข้าไปในช่องว่างระหว่างเมล็ดดิน

อัตราการไหลของน้ำอิสระ (Free Water) ในดินส่วนใหญ่จะขึ้นอยู่กับขนาดและความต่อเนื่องกันของช่องว่างระหว่างเมล็ดดิน โดยปกติแล้วน้ำจะไหลในช่องว่างที่มีขนาดใหญ่ได้เร็วกว่าที่มีขนาดเล็ก ทั้งนี้เพราะช่องว่างขนาดเล็กจะมีแรงเสียดทานต่อการไหลมากกว่าการไหลของน้ำอิสระจะถูกทำให้ช้าลงถ้าหากว่ามีชั้นดินซึ่งมีความสามารถในการซึมผ่านได้ต่ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(Low Permeability) ขวางอยู่ เช่นมีชั้นดินเหนียวแทรกตัวอยู่ในชั้นดินเป็นต้น กรณีที่ชั้นดินทรายแทรกอยู่ในดินเหนียว น้ำที่ซึมลงมาจากชั้นดินเหนียวจะหยุดอยู่ครงผิวสัมผัสระหว่างดินทั้งสองชั่วระยะเวลาหนึ่ง ทั้งนี้เพราะว่าช่องว่างระหว่างเมล็ดดินทั้งสองมีขนาดแตกต่างกัน จึงทำให้ไม่เกิดความต่อเนื่องในการไหล แต่เมื่อน้ำนั้นไหลเข้ามาบรรจบจนเต็มช่องว่างที่มีขนาดใหญ่แล้วการไหลซึมของน้ำจะดำเนินตามปกติ

ขณะที่ให้น้ำแก่ดินน้ำจะเคลื่อนตัวแผ่ออกไปเป็นแนว ดินส่วนที่อยู่ใกล้จุดที่ให้น้ำหรือสัมผัสกับน้ำจะอิ่มตัวด้วยน้ำ (Saturated) ส่วนที่อยู่ถัดต่อมาจะมีความชื้นน้อยลง และจะมีการเปลี่ยนความชื้นอย่างรวดเร็ว คือจากความชื้นใกล้จุดอิ่มตัวด้วยน้ำถึงความชื้นของดินเดิมในแนวที่น้ำแผ่กระจายไปถึง แนวที่น้ำแผ่กระจายออกไปนี้จะเห็นได้ชัดถ้าดินแห้ง

การเคลื่อนที่ของน้ำซับ (Capillary Water) เนื่องจากความแตกต่างของแรงดึงระหว่างน้ำซึ่งเกาะอยู่รอบๆเมล็ดดินที่มีความหนาแน่นต่างกัน น้ำจะเคลื่อนที่จากเมล็ดดินที่มีน้ำเกาะอยู่หนาไปสู่เมล็ดดินที่มีน้ำเกาะบางกว่า ถ้าหากแรงที่ทำให้น้ำเคลื่อนที่นี้คิดเป็นแรงดึงน้ำซับจะไหลจากจุดที่มีแรงดึงน้อยไปสู่แรงดึงมากกว่า ในดินที่เปียกหรืออิ่มน้ำ น้ำจะเคลื่อนที่ในดินทรายได้เร็วกว่าดินเหนียว แต่ในดินแห้งน้ำจะเคลื่อนที่ในดินเหนียวได้เร็วกว่าในดินทรายทั้งนี้เพราะว่าในขณะที่มีน้ำอยู่ในดินเป็นปริมาณมากน้ำย่อมจะไหลในดินที่มีช่องว่างขนาดใหญ่ได้เร็วกว่า แต่เมื่อดินนั้นแห้ง น้ำจะไหลไม่เต็มช่องว่างที่มีขนาดใหญ่ จึงต้องเคลื่อนตัวบนผิวเมล็ดดินซึ่งทำให้ไหลช้าลงมาก สำหรับดินที่มีช่องว่างขนาดเล็กน้ำจะยังคงไหลได้เต็มช่องว่างดังนั้น ในดินแห้ง น้ำซับจึงเคลื่อนที่ในดินเหนียวได้เร็วกว่าดินทราย

ความร้อนที่ทำให้น้ำในดินเคลื่อนที่ในรูปของไอน้ำขณะที่ไอน้ำแผ่กระจายผ่านดินตอนผิวดินมันอาจจะกลั่นตัวเป็นน้ำและขังอยู่ในดิน หรือไหลออกมาสู่บรรยากาศ ในรูปของไอน้ำก็ได้ ขณะที่น้ำระเหยจากผิวดิน ดินชั้นบนจะแห้งและก่อให้เกิดแรงดึงความชื้นขึ้น น้ำซับจากดินชั้นที่ต่ำลงมาซึ่งมากกว่าก็จะไหลขึ้นมาแทนที่ การระเหยนี้จะมีต่อไปเรื่อยๆจนกระทั่งความหนาของชั้นดินแห้งบนผิวดินมากขึ้น การเคลื่อนที่ของน้ำในลักษณะดังกล่าวก็จะหมดไป แต่อาจจะยังมีการสูญเสียน้ำจากดินได้อีกในรูปของไอน้ำที่แผ่กระจายผ่านชั้นดินที่แห้งขึ้นมา

2.1.7 ดินเก็บน้ำไว้ได้อย่างไร

เมื่อให้น้ำแก่ดินน้ำก็จะไหลซึมเข้าไปในช่องว่างระหว่างเมล็ดแล้วยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลของเมล็ดดิน (Adhesive Force) แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลน้ำด้วยกัน
(Cohesive Force) รวมเป็นแรงดูดซับ ดังนั้นการที่จะทำให้น้ำในดินเคลื่อนที่หรือดูดน้ำออกจากดินจึงต้องใช้ แรงที่มากกว่าแรงดังกล่าวนี้ ขนาดของแรงที่จะใช้อยู่ในรูปของแรงดึงจะขึ้นกับปริมาณความชื้นที่มีอยู่ในดิน กล่าวคือ ถ้าดินยิ่งที่มีความชื้นมากเท่าไรน้ำที่เกาะอยู่รอบๆเมล็ดดินที่มีน้ำเกาะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อยู่บางกว่าได้ง่าย แต่เมื่อความชื้นในดินลดลง แรงยึดเหนี่ยวจากโมเลกุลดินก็จะมีอิทธิพลมากขึ้น การที่จะดูดน้ำจากดินไปใช้แรงมากขึ้น

2.1.8 แรงดึงความชื้น (Soil Moisture Tension)

แรงดึงความชื้นคือ แรงที่ใช้วัดความเหนียวแน่นที่ดินยึดเอาน้ำไว้และเป็นแรงที่ต้องใช้ เพื่อจะดูดน้ำออกจากดินต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ หน่วยที่ใช้วัดแรงดึงความชื้นมักจะวัดเป็นบรรยากาศ(ความกดดันของอากาศที่ระดับน้ำทะเลเฉลี่ยที่อุณหภูมิ 21 องศาเซลเซียส)หนึ่งบรรยากาศจะมีค่าเท่ากับความกดดัน 14.71 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว หรือ แท็งก์น้ำสูง 34.01ฟุต หรือ 1, 036 เซนติเมตร

ค่าแรงดึงความชื้นของดินไม่ได้เป็นสิ่งที่แสดงปริมาณความชื้นที่มีอยู่ในดินหรือบอกปริมาณน้ำที่จะสามารถดูดออกจากดินได้ แต่จะบอกถึงความยากง่ายที่พืชจะดูดน้ำจากดินไปใช้ได้มากกว่า เพราะว่าปริมาณน้ำในดินจะขึ้นอยู่กับเนื้อดินและโครงสร้างของดิน โดย ทั่วๆไปแล้วน้ำในดินทรายจะถูกระบายออกเกือบหมดโดยใช้แรงดึงความชื้นเพียงเล็กน้อย แต่ดินที่มีเนื้อละเอียด เช่น ดินเหนียวจะยังมีน้ำอยู่เป็นจำนวนมาก ถึงแม้ว่าแรงดึงความชื้นจะมีค่าสูงในขนาดที่พืชซึ่งปลูกในดินที่มีแรงดึงความชื้นขนาดนั้นจะต้องแสดงอาการเหี่ยวเฉาแล้วก็ตาม

ความชื้นของดินที่ Field Capacity และจุดที่เหี่ยวเฉาถาวรเป็นความชื้นที่ยังเหลืออยู่ในดินเมื่อน้ำจำนวนหนึ่งถูกระบายออกไปแล้ว เราอาจจะหาความชื้นเหล่านี้ได้ในห้องทดลองโดยการนำดินตัวอย่างมาทำให้อิ่มน้ำ แล้วให้รับแรงดึงความชื้นหรือดูดน้ำออกในขณะที่จะทำให้น้ำอิสระระบายออกไปหมดหรือขนาดที่ความชื้นที่เหลืออยู่ในดินนั้นทำให้พืชเริ่มมีอาการเหี่ยวเฉาอย่างถาวร

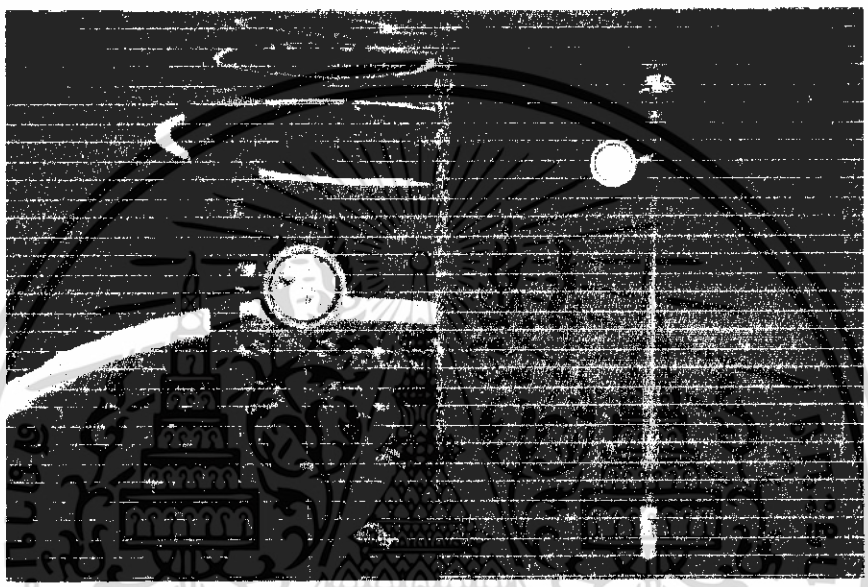
จากการทดลองพบว่า ความชื้นที่เหลืออยู่ในดินเมื่อผ่านการดูดความชื้นออกด้วยแรงขนาด 1/10 ถึง 1/3 บรรยากาศจะเป็นความชื้นที่ Field Capacity ถ้าหากน้ำในดินนั้นมีเกลือละลายไม่เกินกว่าระดับปกติ ค่าแรงดึงความชื้นที่ Field Capacity นี้ขึ้นอยู่กับความสามารถในการระบายน้ำของดินด้วย เช่น ดินทรายจะมีแรงดึงความชื้นประมาณ 1/10 บรรยากาศ ดินเหนียวมีแรงดึงความชื้นสูงกว่า คือ ประมาณ 1/3 บรรยากาศ ดินในพื้นที่เพาะปลูกทั่วๆไปจะมีแรงดึงความชื้นที่ Field Capacity ประมาณ 1/10 บรรยากาศ อย่างไรก็ตามเนื่องจากว่าโดยปกติแล้วความชื้นที่เหลืออยู่ในดินเมื่อมันได้รับแรงดึงความชื้น 1/10 และ 1/3 บรรยากาศนั้นอาจแตกต่างกันมาก ดังนั้นควรพิจารณาเลือกใช้ให้เหมาะสม มิฉะนั้นจะทำให้เกิดความผิดพลาดในการ คำนวณ ปริมาณความชื้นที่ต้องให้แก่ดินได้

แรงดึงความชื้นที่จุดเหี่ยวเฉาถาวร มีค่าประมาณตั้งแต่ 7 ถึง 40 บรรยากาศ ทั้งนี้อยู่กับอัตราการใช้น้ำของพืช ความหนาแน่นและการแผ่กระจายของราก โครงสร้างของดิน เนื้อดิน และปริมาณเกลือในดิน ถ้าหากอุณหภูมิและอัตราการใช้น้ำของพืชสูง อาการเหี่ยวเฉาอย่างถาวรของพืชก็อาจจะเกิดขึ้นได้ในขณะที่แรงดึงความชื้นไม่มากนักคือความชื้นในดินยังสูงอยู่ อย่างไรก็ตาม เนื่องจาก ว่าโดยปกติแล้วความชื้นที่เหลืออยู่ในดินก็ไม่แตกต่างกันมากนัก ดังนั้นมักถือว่าความชื้นในดินเมื่อมีแรงดึงความชื้น 15 บรรยากาศ เป็นความชื้นที่จุดเหี่ยวเฉาถาวร (Permanent Wilting Point)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.9 การใช้เครื่องมือวิทยาศาสตร์วัด

เครื่องวัดแรงดึงความชื้นของดิน (Tension meter) เครื่องวัดแรงดึงความชื้นประกอบด้วยอุปกรณ์สำคัญ คือ ท่อกลม ส่วนมากเป็นพลาสติกใส มีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 2 เซนติเมตร ยาวประมาณ 15 – 150 เซนติเมตร แล้วแต่ความลึกของการวัด ปลายท่อจะเป็นกระเปาะพรุน ขนาดเดียวกับท่อ ยาวประมาณ 6 เซนติเมตร และมีปลายกลมมลสวมอยู่ อีกปลายด้านหนึ่งมีฝาเกลียวเปิดได้ ก่อนที่จะถึงปลายท่อมีฝาเกลียว จะมีข้อต่อกับเกจสุญญากาศ (Vacuum Gage) เรียกว่า มาโนมิเตอร์ เพื่อวัดค่าสุญญากาศในพลาสติก



ภาพที่ 1 เครื่องวัดแรงดึงความชื้นของดิน (Tension meter)

การทำงานของเครื่องวัดแรงดึงความชื้นจะเริ่มต้นเมื่อฝังลงไปในดินให้กระเปาะรุ่นอยู่ตรงจุดที่ต้องการวัด เติมน้ำให้เต็มแล้วปิดฝาให้แน่น ดินที่แห้งกว่าจะทำการดูดน้ำออกจากกระเปาะทำให้เกิดสุญญากาศหรือมาโนมิเตอร์รอบๆกระเปาะพรุนและทำให้เกิดสุญญากาศมากในทางตรงกันข้ามหลังจากฝนตกหรือให้น้ำในดินมีความชื้นเพิ่มขึ้นแรงดึงความชื้นลดลง โดยค่าจะอ่านได้จากเกจวัดสุญญากาศ

เสกลที่หน้าปัดเกจวัดสุญญากาศจะบอกเป็นแรงดึงความชื้นของดิน 0 ถึง 100 เซนติบาร์ เมื่อ 100 เซนติบาร์ เท่ากับ 1 บาร์ ซึ่งจะมีค่าประมาณ 14.7 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ถ้าเกจวัดสุญญากาศอ่านค่าได้ 0 เซนติบาร์ ก็แสดงว่าดินนั้นอิ่มน้ำ จาก 0 ถึง 5 เซนติบาร์ แสดงว่าดินเปียกมาก โดยความชื้นที่พอเหมาะจะอยู่ที่ 10 ถึง 25 เซนติบาร์ แรงดึงความชื้นขนาดนี้ ประมาณ Field Capacity สำหรับจุดเหี่ยวเฉาของพืช Wiling Point ดินจะมีความชื้นประมาณ 1000 ถึง 2000 เซนติบาร์ ซึ่งไม่สามารถใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องวัดแรงดึงความชื้นได้ เมื่อเกจวัดสุญญากาศวัดได้ค่ามากกว่า 25 เซนติบาร์ พืชมีความไวต่อการขาดน้ำบ้าง ก็อาจให้น้ำหลังจากแรงดึงความชื้นของดินเท่ากับ 80 เซนติบาร์ ก็แสดงว่าควรให้น้ำพืชได้แล้ว ถึงแม้ว่าพืชจะไม่แสดงอาการเหี่ยวเฉาก็ตาม ความหมายของค่าที่อ่านได้สรุปไว้ใน ตาราง2.1 ความหมายของค่าที่อ่านได้จากเกจวัดสุญญากาศของเครื่องวัดแรงดึงความชื้น

ความถี่ในการอ่านค่าแรงดึงความชื้นเพื่อกำหนดการให้น้ำขึ้นอยู่กับอัตราการใช้น้ำของพืชและความสามารถในการเก็บน้ำของดินในเขตรากพืช หลังจากให้น้ำควรมีการอ่านอย่างน้อย 3 ครั้งหรือ 2 ครั้งติดต่อกัน ต่างกันไม่เกิน 15 เซนติบาร์ ถ้าหากมีการให้น้ำเกิน ควรอ่านทุกวันใน 1 สัปดาห์ และถ้าหากนำค่าที่ได้มาเขียนกราฟ จะทำให้ทราบถึงสภาพความชุ่มชื้นของดินในอดีตและอนาคตที่เกิดขึ้นตลอดจนทราบว่าหลังให้น้ำแล้วมีการซึมลงไปถึงจุดกระเปาะพรุนที่ฝังอยู่หรือไม่ ซึ่งสามารถกำหนดปริมาณและความถี่ในการให้น้ำแก่พืชได้ถูกต้องยิ่งขึ้น

2.1.10 การหาจำนวนความชื้นในดิน

การหาจำนวนความชื้นในดิน ถึงแม้ว่าจะเป็นงานที่ต้องใช้เวลาและสิ้นเปลืองมากก็ตาม แต่ก็เป็นสิ่งที่จำเป็นอย่างยิ่งในงานชนประทาน การหาจำนวนความชื้นตามปกติจะทำโดยการใช้สว่านเจาะเก็บดินตัวอย่างที่ระดับความลึกที่ต้องการ แล้วบรรจุในกระป๋องตัวอย่างมีฝาปิดมิดชิด นำมาชั่งและอบให้แห้งในเตาอาเซ่งมีอุณหภูมิ 105 – 110 องศาเซลเซียสเป็นเวลาประมาณ 24 ชั่วโมง หรือจนกว่าดินจะแห้ง ปริมาณน้ำหนักที่หายไปคือน้ำหนักของน้ำในดิน

การหาจำนวนความชื้นในดินอาจทำได้ 2 แบบ คือ คำนวณเป็น

ก.เปอร์เซ็นต์ความชื้นโดยน้ำหนัก ทำโดยน้ำหนัก เหมาะสำหรับ หาจำนวนความชื้นเมื่อไม่ทราบปริมาตรของตัวอย่างดินที่เก็บมา หรือเมื่อทราบความถ่วงจำเพาะปรากฏ (Apparent Specific Gravity, a) ของดินที่แล้ว การคำนวณเปอร์เซ็นต์ความชื้นโดยน้ำหนักทำโดยน้ำหนักทำได้โดยใช้สมการ

$$M.C = (W_w / W_s) \times 100$$

ในเมื่อ

M.C = เปอร์เซ็นต์ความชื้นเทียบกับน้ำหนักของดินแห้ง

W_w = น้ำหนัก ของน้ำในดิน

W_s = น้ำหนักของดินที่อบให้แห้งด้วยตู้อบ

การบอกเปอร์เซ็นต์ความชื้นโดยน้ำหนักนั้น โดยเทียบกับน้ำหนักของดินแห้งเสมอ

ข.เปอร์เซ็นต์ความชื้นโดยปริมาตร การหาจำนวนความชื้นเปอร์เซ็นต์โดยปริมาตรทำได้ยากกว่าเปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของดินแห้ง ทั้งนี้เพราะจำเป็นต้องทราบปริมาตรของตัวอย่างดินด้วยทำให้ต้องใช้กระบอกเก็บตัวอย่างดิน (Soil Core Sampler) หรือ หาปริมาตรของก้อนตัวอย่างดินโดยวิธีอื่น อย่างไรก็ตาม การบอกความชื้นเปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร ทำโดยใช้สมการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$P_w = (W_w/W_s) * 100$$

ในเมื่อ

P_w = เปอร์เซ็นต์ความชื้นโดยเทียบกับปริมาตรดินทั้งก้อน

W_w = ปริมาณของน้ำในดิน

W_s = ปริมาณของก้อนดิน

ในกรณีที่ทราบค่าความถ่วงจำเพาะปรากฏ หรือ Bulk Density ของดินแล้วการหาจำนวน ความชื้นของดินเป็นเปอร์เซ็นต์โดยปริมาตรจะง่ายขึ้น โดยการหาความชื้นเป็นเปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักซึ่งจะสะดวกกว่าแล้วใช้

สมการ

$$P_V = P_w \times A_s$$

เมื่อ

P_V = เปอร์เซ็นต์ความชื้นโดยปริมาตร

A_s = ความถ่วงจำเพาะปรากฏของดิน

ความถ่วงจำเพาะปรากฏของดินคือ อัตราส่วนระหว่างน้ำหนักของดินกับน้ำหนักของน้ำที่มีปริมาตรเท่าปริมาตรของดินที่นำมาหาความถ่วงจำเพาะปรากฏนี้เท่ากับปริมาตรของเม็ดดินรวมกับปริมาตรของน้ำและอากาศที่แทรกตัวอยู่ระหว่างเม็ดดินด้วย

สมการ

$$A_s = (W_s / V) \times \gamma_w$$

ในเมื่อ

γ_w = น้ำหนักจำเพาะของน้ำ

ปริมาณความชื้นในดิน อาจจะคำนวณออกมาเป็นความลึกของน้ำในดิน ในช่วงระยะความลึกของดินใดๆก็ได้ ซึ่งระยะความลึกนี้ เมื่อพิจารณาว่าเป็นความชื้นที่เป็นประโยชน์ต่อพืช ก็จะถือเอาความลึกของรากพืชในระยะเวลาที่จะทำการให้น้ำเป็นเกณฑ์ดังนี้

$$d = (P_w \times D)/100 \quad \text{หรือ} \quad d = (P_w \times A_s \times D)/100$$

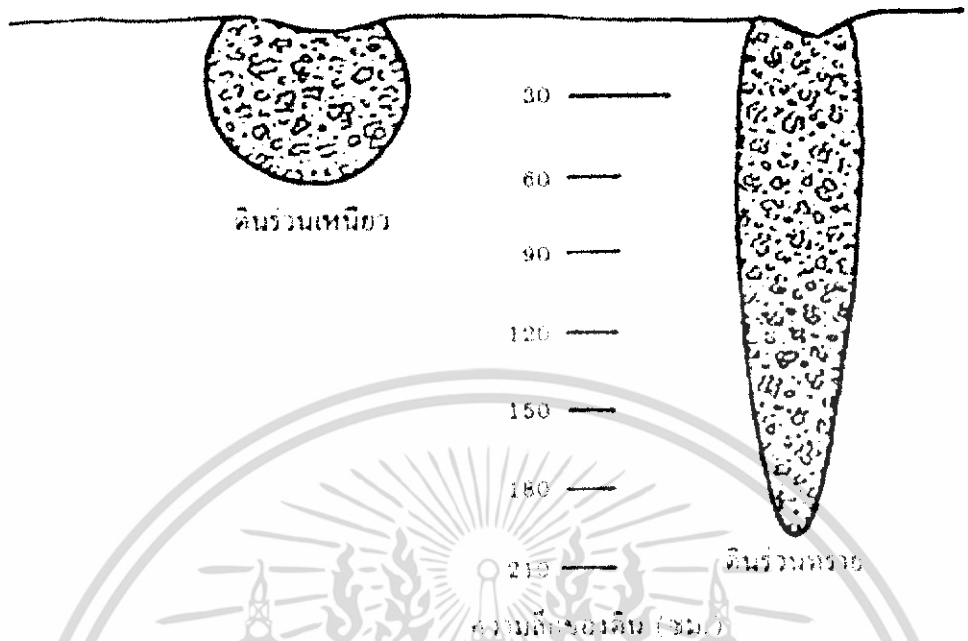
ในเมื่อ

d = ความชื้นในดินที่เป็นประโยชน์ต่อพืช ในระยะความลึกของดินเท่ากับ D เซนติเมตร

D = ความลึกของดิน

ค่าความสามารถในการอุ้มน้ำของดินทั้งหมดส่วนที่พืชสามารถนำไปใช้ได้และ ใช้ไม่ได้ ของดินชนิดต่าง ๆจากตาราง2.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2 ลักษณะการเปียกของดินเนื้อละเอียด (ดินร่วนเหนียว) กับดินเนื้อหยาบ (ดินร่วนทราย) เนื่องจากการซึมน้ำ

อัตราการดูดซึมน้ำของดิน

ระบบการชลประทานส่วนมาก จะทำการให้น้ำลงไปในผิวดิน เพื่อให้น้ำซึมเก็บไว้ในดิน สำหรับที่พืชจะได้ใช้ต่อไป ดังนั้น อัตราที่น้ำจะสามารถซึมลงไปในดิน จะเปลี่ยนแปลงไปตามองค์ประกอบหลายๆอย่าง เช่น ความลึกของน้ำที่อยู่บนผิวดิน อุณหภูมิของน้ำและดิน โครงสร้างและลักษณะเนื้อดิน และอีกหลายอย่าง

2.2 พืช (Crop)

ข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับคะน้า

คะน้า เป็นผักที่คนไทยรู้จักกันดี อยู่ในตระกูล Cruciferae มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า Brassica alboglabra เป็นผักที่นิยมปลูกปละบริโภคกันมากทั่วทุกภาคของประเทศไทย เป็นผักที่ปลูกเพื่อบริโภคส่วนของใบและลำต้น เป็นผักอายุ 2 ปี แต่ปลูกเป็นผักอายุปีเดียว อายุตั้งแต่หว่านหรือหยอดเมล็ดจนถึงเก็บเกี่ยวประมาณ 45-55 วัน ผักคะน้าสามารถปลูกได้ตลอดทั้งปี แต่ช่วงเวลาที่ปลูกได้ผลดีที่สุดอยู่ในช่วงเดือนตุลาคมถึงเมษายน ผักคะน้ามีถิ่นกำเนิดอยู่ในทวีปเอเชียและมีปลูกกันมากใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอเชียวตะวันออกเฉียงใต้ เช่น ประเทศจีน ฮ่องกง ไต้หวัน มาเลเซียและประเทศไทย ซึ่งชาวจีนเรียกคะน้าว่า ไก่หลันไช่

2.2.1 พันธุ์คะน้า

พันธุ์ที่นิยมปลูกในประเทศไทยเป็นคะน้าดอกขาวทั้งสิ้น โดยสั่งเมล็ดจากต่างประเทศเข้ามาปลูกและปรับปรุงพันธุ์ ปัจจุบันพันธุ์คะน้าที่นิยมปลูกในประเทศไทยมีอยู่ 3 พันธุ์ด้วยกันคือ

1. พันธุ์ใบกลม มีลักษณะใบกว้างใหญ่ ปล้องสั้น ปลายใบมนและผิวใบเป็นคลื่นเล็กน้อย ได้แก่ พันธุ์ฝางเบอร์ 1 เป็นต้น
2. พันธุ์ใบแหลม เป็นพันธุ์ที่มีลักษณะใบแคบกว่าพันธุ์ใบกลม ปลายใบแหลม ข้อห่าง ผิวใบเรียบ ได้แก่ พันธุ์ P.L.20 เป็นต้น
3. พันธุ์ยอดหรือก้าน มีลักษณะใบเหมือนกับคะน้าใบแหลม แต่จำนวนใบต่อต้นมีน้อยกว่า ปล้องยาวกว่า ได้แก่ พันธุ์แม่โจ้ 1 เป็นต้น

พันธุ์แม่โจ้ 1 เป็นพันธุ์ที่มีลักษณะตรงกับความนิยมของผู้บริโภคลำต้นเป็นลำต้นเดี่ยวอวบ ส่วนกลางป่องใหญ่ ใบเรียบ ปลายใบแหลมตั้งชี้ขึ้น ก้านใบบาง ช่วงข้อยาว มีน้ำหนักส่วนที่เป็นลำต้นและก้านมากกว่าใบ ให้ผลผลิตสูงทุกภาคตลอดปี อายุการเก็บเกี่ยวประมาณ 45-48 วัน ขนาดลำต้นสูงเฉลี่ย 33.40 เซนติเมตร ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของลำต้นส่วนที่ใหญ่ที่สุด คือ 2 เซนติเมตร จำนวนใบต่อต้นเฉลี่ย 9 ใบ น้ำหนักเฉลี่ยต่อต้น 143 กรัม อายุตั้งแต่ปลูกถึงออกดอกประมาณ 50-55 วัน ให้ผลผลิตประมาณ 1,500-2,000 กิโลกรัมต่อไร่ เป็นพันธุ์ที่ต้านทานต่อโรคลำต้นแตก

2.3 ความต้องการน้ำของพืช

ความต้องการน้ำของพืช มีปัจจัยหลายๆอย่างมาเกี่ยวข้องที่เริ่มตั้งแต่ ดินและน้ำที่เขียนไว้ข้างต้นแล้วคือ ความชื้นของดินField Capacity จุดเหี่ยวเฉาถาวร (Permanent Wiling Point) ความชื้นที่พืชนำไปใช้ได้ (Available Moisture) การเคลื่อนที่ของน้ำในดิน ความชื้นที่พืชนำไปใช้ได้ (Available Moisture) แรงดึงความชื้น (Soil Moisture Tension) การหาจำนวนความชื้นในดิน

แต่สิ่งที่เราต้องการรู้อีกก็คือ ระยะเวลาการให้น้ำ การคายระเหย การหาปริมาณการใช้น้ำของพืช ความต้องการน้ำของพืช ฯลฯ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.1 ลักษณะการแผ่กระจายของราก

การแผ่กระจายของรากพืชแต่ละชนิดนั้นไม่เหมือนกัน พืชบางชนิดมีรากแผ่กระจายออกเป็นบริเวณกว้างในระดับที่ไม่ลึกนัก พืชบางชนิดมีรากหยั่งลงไปลึกและมีการแผ่กระจายในแนวราบน้อย อย่างไรก็ตามสำหรับพืชชนิดเดียวกัน ลักษณะการแผ่กระจายของรากขึ้นอยู่กับชนิดและความลึกระดับน้ำใต้ดิน ฤดูกาลเพาะปลูก ตลอดจนปริมาณน้ำที่ให้แก่พืชในแต่ละครั้ง

การงอกของรากลงสู่ระดับที่ลึกกว่าอาจจะถูกกำจัดโดยชั้นดินที่มีเนื้อแน่นทึบ เช่น ดินดาน ดินที่มีเนื้อแน่นอาจจะแทรกอยู่ในเขตราก ซึ่งจะทำให้รากพืชไม่สามารถงอกลึกลงไปกว่านี้ได้

โดยปกติแล้วรากพืชจะไม่สามารถงอกออกในดินที่มีความชื้นต่ำกว่าจุดเหี่ยวเฉาถาวร (Permanent Wilting Point) ดังนั้นถ้าหากมีชั้นดินที่แห้งมากอยู่ในดิน ก็จะทำให้รากพืชไม่สามารถงอกผ่านไปได้เหมือนกัน เนื่องจากว่ารากพืชต้องการออกซิเจนสำหรับหายใจด้วย ดังนั้นมันจะไม่สามารถขยายตัวลงต่ำกว่าระดับน้ำใต้ดิน เพราะว่าในระดับนี้จะมีออกซิเจนและแร่ธาตุที่เป็นประโยชน์ต่อพืชอยู่น้อย ระดับน้ำใต้ดินจึงเป็นองค์ประกอบที่มีผลต่อการกระจายของรากอีกอย่างหนึ่ง

ความลึกของรากอาจจะถูกจำกัดโดยปริมาณน้ำที่ให้แก่พืชแต่ละครั้ง กล่าวคือ ถ้าให้น้ำแก่พืชครั้งละน้อยๆ ความลึกของดินที่เก็บน้ำไว้ให้พืชใช้ก็จะตื้น ดังนั้นรากก็จะแผ่กระจายอยู่แต่บริเวณที่มันสามารถดูดน้ำจากดินไปใช้ได้ ซึ่งทำให้พืชต้องดูดเอาอาหารและแร่ธาตุจากดินชั้นบนและทำให้ดินจืดอย่างรวดเร็วจนต้องใช้ปุ๋ยมากขึ้น โดนปกติแล้วเราต้องการให้พืชมีรากลึกและแผ่กระจายไปทั่ว เพราะว่านอกจากจะทำให้ไม่ต้องให้แก่พืชบ่อยครั้งขึ้นแล้ว พืชยังสามารถดูดน้ำและอาหารได้มากกว่าอีกด้วย

2.3.2 สัมประสิทธิ์ของการแผ่กระจายของน้ำ

$$C_u = 100[1 - (\Sigma X / m \cdot n)]$$

ในเมื่อ

C_u = สัมประสิทธิ์ของการแผ่กระจายของน้ำเป็นเปอร์เซ็นต์

X = ผลต่างระหว่างค่าความลึกของน้ำที่วัดได้แต่ละจุดกับค่าเฉลี่ยของความลึกของน้ำทุกๆ จุด ซึ่งเรียกชื่อตามวิชาสถิติว่า Deviation

m = ค่าความลึกของน้ำที่วัดได้แต่ละจุด ซึ่งมีชื่อสถิติว่า Observation

n = จำนวนจุดที่วัดความลึกของน้ำหนักทั้งหมด ซึ่งมีชื่อทางวิชาสถิติว่า Number of observation

ค่า C_u ที่ได้ควรมีค่าเกิน 85 เปอร์เซ็นต์ จึงจะแสดงว่า ความสม่ำเสมอของการให้น้ำอยู่ในเกณฑ์ดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 ความต้องการน้ำของพืชหรือปริมาณการใช้น้ำของพืชและการระเหย (Evapotranspiration)

ความต้องการน้ำของพืชเป็นส่วนสำคัญมาก ในการที่เราต้องการรู้ว่าพืชมีความต้องการน้ำเท่าไร เพื่อที่จะได้ส่งส่งน้ำไปให้พืชในจำนวนที่พอเหมาะที่พืชจะมีผลผลิตดีที่สุดและประหยัดน้ำมากที่สุด หรือเมื่อแหล่งน้ำมีปริมาณน้ำอยู่จำนวนหนึ่ง จะได้วางแผนการใช้น้ำได้อย่างคุ้มค่าที่สุด

และในการส่งน้ำไปให้แก่พื้นที่เพาะปลูก จะต้องออกแบบขนาดและจำนวนท่อ หรือ แรงดันให้มีขนาดที่พอเหมาะ ขณะเดียวกันจะต้องทราบด้วยว่าพืชที่ปลูกต้องการน้ำมากน้อยเพียงใด ถ้าให้น้ำแก่พืชมากเกินไปหรือน้อยเกินไปย่อมทำให้ได้ผลผลิตลดลงดังนั้นการศึกษาเรื่องความต้องการน้ำของพืชจึงมีความสำคัญ

ในการประมาณความต้องน้ำของพืชหรือการใช้น้ำของพืช (Evapotranspiration) จะมีส่วนของเรโชการคายน้ำของพืช (Transpiration) รวมการระเหย จะได้สมการการหาความต้องการน้ำของพืชดังนี้

$$ETc = ETo \times Kc$$

ในเมื่อ

ETc = อัตราการใช้น้ำของพืช (ลิตร/ต้น/วัน)

ETo = อัตราการระเหยน้ำของพืช(มิลลิเมตร/วัน)

Kc = เป็นค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช

การหาอัตราการระเหยน้ำของพืช(ET_0) ในที่นี้จะกล่าวมาเพียง 4 วิธี คือ

2.4.1 วิธีของ Blaney-Criddle

กำหนดให้

$$f = 25.4(p \times t)\ 100$$

ในเมื่อ

f = Consumptive Use Factor

t = องศาฟาเรนไฮต์

p = จำนวนเปอร์เซ็นของชั่วโมงกลางวันเฉลี่ยเป็นค่าประจำเดือน หรือ $f = p\ (0.46\ t + 8.13)$

ในเมื่อ t – องศาเซลเซียส

ค่าของ f จะได้เป็น มิลลิเมตร ต่อวัน โดย t เป็นค่าเฉลี่ยจากอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดประจำวันตลอดเดือน สามารถดูได้จาก ตารางที่2.3จำนวนเปอร์เซ็นต์ (p) เฉลี่ยประจำวันของชั่วโมงกลางวันประจำปีที่แล็ตติจูดต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.2 วิธีใช้สถิติรังสีดวงอาทิตย์

2.4.3 วิธีของ Penman แบบดัดแปลง

ข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณการคายระเหย ได้แก่ อุณหภูมิ รังสีดวงอาทิตย์ ความเร็วลม ความชื้น วิธีนี้ได้นำหลักการของพลังงานและการถ่ายเทมวลมาพิจารณาควบคู่กันไปทำให้สูตรของ Penman ประกอบไปด้วยเทอมของพลังงานเนื่องจากการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์กับพลังงานเนื่องจากการเคลื่อนที่ของลมและความชื้น สูตรดั้งเดิมของ Penman (1948) ได้มีการปรับปรุงเทอมของการเคลื่อนที่ของลมและปรับแก้ผลกระทบจากสภาพอากาศกลางวันและกลางคืน ขั้นตอนการคำนวณของวิธี Penman นี้ค่อนข้างซับซ้อน เนื่องจากสูตรที่ใช้ในการหาเทอมต่างๆต้องอาศัยข้อมูลภูมิอากาศ ซึ่งบางครั้งไม่ได้ทำการวัดไว้จึงต้องแปลงจากข้อมูลที่วัดได้ เช่น หากข้อมูลการแผ่รังสีสุทธิ มิได้ทำการวัดโดยตรงก็สามารถคำนวณได้จากข้อมูล ความครึ้มของเมฆ รังสีจากดวงอาทิตย์ (solar radiation) ร่วมกับความชื้นและอุณหภูมิที่ทำการวัดไว้ วิธีของ Penman จะได้ค่าการระเหยใกล้เคียงกับความจริง เนื่องจากพิจารณาถึงปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อการคายระเหย

$$ETo = C \times [W \times Rn + (1-W) \times f(u) \times (eas-ea)]$$

ในเมื่อ

ETo = ปริมาณการใช้น้ำชลพืชอ้างอิง (มิลลิเมตร/วัน)

W = ปัจจัยที่เกี่ยงข้องกับอุณหภูมิ

Rn = การแผ่รังสีสุทธิเทียบเท่ากับการระเหย (มิลลิเมตร/วัน)

eas-ea = ความแตกต่างระหว่างความดันไออิ่มตัวที่อุณหภูมิเฉลี่ยกับความดันไอจริงของอากาศ (mbar)

C = ค่าปรับแก้เนื่องจากสภาพอากาศกลางวันและกลางคืน

f(u) = ปัจจัยเกี่ยวกับลม (กิโลเมตร/ ชั่วโมง)

ความดันไอที่ขาดหายไปจากสภาพอิ่มตัว (eas-ea)

ความชื้นมีผลกระทบกับปริมาณการคายระเหย ความชื้นสัมพัทธ์(relative humidity) ก็คือ อัตราส่วนระหว่างจำนวนไอน้ำที่มีจริงในอากาศกับจำนวนไอน้ำอิ่มตัวที่อุณหภูมิเดียวกันโดยมีหน่วยเปอร์เซ็นต์ในการวัดความชื้นจะใช้เครื่องมือที่เรียกว่าpsychrometerซึ่งประกอบด้วย เทอร์โมมิเตอร์ 2 อัน อันหนึ่งเรียกว่า กระเปาะแห้ง (dry bulb)ทำหน้าที่บันทึกอุณหภูมิของอากาศธรรมดา อีกอันหนึ่งเรียกว่ากระเปาะเปียก(wet bulb) ซึ่งจะถูกควบคุมให้เปียกโดยหุ้มด้วยผ้ามัสลินที่ชุ่มน้ำตลอดเวลา ค่าความแตกต่างของอุณหภูมิที่อ่านได้จากเทอร์โมมิเตอร์ทั้งสองเรียกว่าwet bulb depression ค่าอุณหภูมิที่อ่านได้จากกระเปาะแห้งและ wet bulb depression จะนำไปใช้หาความชื้นได้ วิธีการหาค่า eas-ea โดยมีขั้นตอนดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. นำค่าอุณหภูมิเฉลี่ยไปหาค่า eas จาก ตารางที่ 2.4

2. ea = (eas*RH_{mean})/100

3. นำค่าที่ได้จากข้อ 1 และ 2 มาลบกันก็จะได้ค่า eas-ea

ปัจจัยที่เกี่ยวกับลม f(u)

ได้มีการศึกษาผลกระทบของลมที่มีต่อการคายระเหยสำหรับสภาพภูมิอากาศต่างๆได้ความสัมพันธ์ดังนี้

$$f(u) = 0.27(1+u)/100$$

ในเมื่อ

u = ความเร็วลมที่ระดับเหนือพื้นดิน 2 เมตร มีหน่วยเป็น กม./วัน

สำหรับความเร็วลมในหนังสือสถิติอากาศของประเทศไทย ซึ่งจัดทำโดยกรมอุตุนิยมวิทยานั้น ใช้หน่วยเป็นน็อต (knot) หนึ่งน็อตมีค่าเท่ากับ 44.478 กม./วัน

ถ้าหากความเร็วลมวัดที่ระดับอื่น ก็ให้แปลงเป็นค่าความเร็วลมพื้นดิน 2 เมตร

$$f(u) = u_z \log 2 / \log z$$

ในเมื่อ

u_z = ความเร็วเฉลี่ยของลมที่ระดับ z เมตรจากพื้นดิน

ค่าปรับแก้ (W)

W เป็นค่าปรับแก้เนื่องจากรังสี ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิและความสูง ดังแสดงตารางที่ 2.5 ส่วน (1-W) เป็นค่าปรับแก้เนื่องจากลม และความชื้น

ค่ารังสีสุทธิ (Net radiation / Rn)

รังสีสุทธิ คือผลต่างระหว่างรังสีที่ได้รับไว้กับรังสีวัตถุปล่อยออกมา รังสีสุทธิสามารถทำการวัดได้ แต่โดยปกติแล้วข้อมูล Rn ไม่ค่อยมีการ วัด Rn จึงมักคำนวณจากข้อมูลชั่วโมงแสงแดด รังสีจากดวงอาทิตย์ อุณหภูมิ และความชื้นที่วัด

ปริมาณรังสีที่บรรยากาศตอนบนรับไว้ (Ra) ขึ้นอยู่กับละติจูดและช่วงเวลาของปี ซึ่งแสดงไว้ในตารางที่ 2.6 บางส่วนของ Ra ถูกดูดคืนและกระจัดกระจายเมื่อผ่านชั้นบรรยากาศบางส่วนที่กระจัดกระจายสามารถลงมาสู่ผิวโลกได้ เรียกว่า รังสีดวงอาทิตย์ (Rs) Rs ขึ้นอยู่กับ Ra และความสามารถแทรกซึมผ่านชั้นบรรยากาศ ซึ่งขึ้นอยู่ปริมาณเมฆที่ปกคลุมหรือเรียกอีกอย่างว่า ความครึ้มของเมฆ Rs บางส่วนจะสะท้อนกลับไปโดยดินและพื้น และสูญเสียไปในบรรยากาศการสะท้อนกลับ (Reflection,α) ขึ้นอยู่กับสภาพผิว หากเป็นน้ำจะเกิดประมาณ 5-7 เปอร์เซ็นต์ และ 15-25 เปอร์เซ็นต์ สำหรับพืชเกือบทุกชนิด ส่วนที่มิได้สะท้อนกลับ เรียกว่า รังสีดวงอาทิตย์คลื่นสั้นสุทธิ (Net short wave radiation ,Rns) ส่วนผิวโลกนั้นจะแผ่รังสีซึ่งเป็นคลื่นยาว (long wave)กลับสู่บรรยากาศ โดย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปกติการแผ่รังสีคลื่นยาวออกสู่บรรยากาศของผิวโลกจะมีมากกว่ารังสีคลื่นยาวที่บรรยากาศส่งมายังโลก ความแตกต่างระหว่างรังสีที่โลกปล่อยออกและรับเข้านี้ เรียกว่า รังสีคลื่นยาวสุทธิ (Net longwave radiation, Rnl) ซึ่งก็คือ พลังงานที่สูญเสียไปเพราะฉะนั้นรังสีสุทธิทั้งหมด

$$(Rn) = Rns - Rnl$$

ในการคำนวณRn สามารถดำเนินตามขั้นตอนดังนี้

1. ถ้ารังสีดวงอาทิตย์ Rs ไม่มีข้อมูลให้เลือกใช้ Ra จากตารางที่2.6
2. คำนวณหา Rs จากสมการ Rs = (0.25+0.50 n/N)Ra

ในเมื่อ

n = ชั่วโมงแสงแดดที่มีจริง (จากตารางที่2.7)

N = ชั่วโมงแสงแดดที่เป็นไปได้สูงสุด ซึ่งขึ้นอยู่กับละติจูดและช่วงเวลาของปี หาได้จากตาราง จากตารางที่(2.8)

3. คำนวณ Rns จาก Rs ซึ่งต้องปรับแก้ค่าต่อเนื่องจากชนิดพื้นผิวโลก ดังนั้น

Rns = (1-α) Rs

สำหรับพืชส่วนใหญ่ α = 0.25

1. Rnl ได้จากการนำข้อมูลอุณหภูมิ, ความดันไอ (ea) และ n/N ไปหาค่าผลกระทบจากอุณหภูมิ (f(t))ความดันไอ และ n/N(f(n/N)) ตามสูตรและตารางที่2.9,ตารางที่2.10 และตารางที่2.11
2. Rn ได้จากผลต่างของรังสีคลื่นสั้นสุทธิ (Rns) กับรังสีคลื่นยาวสุทธิ

2.4.4 วิธีใช้สถิติการระเหยจากอ่างวัดระเหย

การระเหยจากถาดวัดระเหยถือว่าเป็นผลรวมของการแผ่รังสี กระแสลม อุณหภูมิ และความชื้นอากาศ สมการที่ใช้ได้แก่

$$ETo = Kc \times E\ pan$$

ในเมื่อ

Kc = คือค่าสัมประสิทธิ์ของอ่าง

2.5 การกำหนดระยะเวลาการให้น้ำ

การที่จะทำการชลประทานให้เกิดประโยชน์สูงสุดนั้น จะต้องไม่ให้น้ำมากหรือน้อยเกินไปเมื่อเทียบกับความต้องการของพืช ดังนั้น ในการปลูกพืชแต่ละชนิด จะต้องสามารถกำหนดระยะเวลาของการให้น้ำ และ ปริมาณของน้ำที่จะต้องใช้ ในการให้น้ำแต่ละครั้ง ให้เหมาะกับชนิดของพืช และลักษณะของดินซึ่งมีองค์ประกอบหลายอย่างเกี่ยวข้องกัน เช่น ลักษณะของดิน ชนิดของพืช และ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ลักษณะภูมิอากาศ พืชที่ต้องการให้น้ำบ่อยมักอยู่ในช่วงที่เจริญเติบโตและผลิดมาก ชั้นดินตื้นหรือเนื้อดินค่อนข้างหยาบ มีระดับน้ำใต้ดินอยู่ลึก ไม่มีการคลุมดินป้องกันน้ำระเหย สภาพอากาศที่ร้อนและมีลมแรง หรือความชื้นต่ำ ก็มีผลทำให้น้ำระเหยไปอย่างรวดเร็วและพืชคายน้ำมาก ทำให้ต้องให้น้ำบ่อยกว่าปกติ

โดยทั่วไป ระบบมินิสปริงเกลอร์และหัวฉีดระออง มักจะมีการให้น้ำประมาณ 2-3 ครั้งต่อสัปดาห์ ถ้าเป็นน้ำหยดประมาณ 3-4 ครั้งต่อสัปดาห์ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสภาพต่างๆ ที่กล่าวมาสมการที่ใช้ในการหาระยะเวลาการให้น้ำคือ

$$\text{เวลาในการให้น้ำ} = (ETc * S) / Q * \eta$$

ในเมื่อ

Etc = อัตราการใช้น้ำของพืช (ลิตร/ต้น/วัน)

S = รอบเวรในการให้น้ำ (วัน)

Q = อัตรการปล่อยน้ำต่อต้น (ลิตร/ชั่วโมง)

η = ประสิทธิภาพการให้น้ำ

2.6 ชนิดของระบบการให้น้ำแบบแรงดัน

อาจทำได้หลายวิธี โดยจะเลือกใช้ตามลักษณะภูมิประเทศ คุณสมบัติของดิน ลักษณะของพื้นที่ที่ได้เตรียมไว้ พืชที่จะปลูก วิธีการเพาะปลูก เงินลงทุน ตลอดจนน้ำที่ต้องจัดหามาให้แก่พืช วิธีการให้น้ำนั้นอาจแบ่งเป็นสี่แบบใหญ่ๆด้วยกันคือ

1. การให้น้ำแบบฉีดฝอย (Sprinkler Irrigation)
2. การให้น้ำทางผิวดิน (Surface Irrigation)
3. การให้น้ำทางใต้ดิน (Subsurface Irrigation)
4. การให้น้ำแบบหยด (Drip or Trickle Irrigation)

2.6.1 การให้น้ำแบบฉีดฝอย (Sprinkler Irrigation)

สำหรับการให้น้ำแบบฉีดฝอยนี้จะทำโดยฉีดน้ำจากหัวฉีดขึ้นไปบนอากาศแล้วให้เมล็ดน้ำตกลงมาบนพื้นที่เพาะปลูก โดยมีรูปทรงการแผ่กระจายของเมล็ดสม่ำเสมอ และอัตราที่น้ำตกมาบนพื้นที่น้อยกว่าอัตราซึมของน้ำเข้าไปในดิน เนื่องจากการให้น้ำโดยวิธีนี้มีลักษณะอาการเช่นเดียวกับฝน

การเลือกใช้น้ำแบบฉีดฝอย (Sprinkler Irrigation)

โดยแท้จริงแล้วการให้น้ำแบบฉีดฝอยนี้สามารถใช้กับพืชและดินทุกชนิด แต่ เนื่องจากค่าลงทุนสูงมาก ดังนั้นการชลประทานแบบฝอยจะเหมาะสมกับสภาพของพื้นที่ดินและองค์ประกอบอื่นๆมีลักษณะดังต่อไปนี้ คือ

62624
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. ดินมีอัตราการซึมของน้ำผ่านผิวดินสูงมาก กล่าวคือ สูงกว่า 75 mm / hr ซึ่งจะทำให้การให้น้ำแบบอื่นมีประสิทธิภาพต่ำ
2. ความลึกของชั้นดินที่เป็นประโยชน์ต่อพืชตื้นมากลักษณะภูมิประเทศไม่เหมาะสมกับการให้น้ำแบบผิวดิน
3. พื้นที่ลาดชันมากและดินถูกกัดพาได้ง่าย
4. อัตราการส่งน้ำจากโครงการชลประทานมายังพื้นที่เพาะปลูก หรือน้ำจากแหล่งอื่นที่หาได้น้อยเกินไปที่จะให้น้ำทางผิวดินได้อย่างมีประสิทธิภาพ
5. พื้นที่เป็นคลื่น
6. เกษตรกรไม่มีความชำนาญในการให้น้ำแบบผิวดิน
7. ต้องการใช้พื้นที่ให้เกิดผลผลิตโดยเร็ว

อุปกรณ์ให้น้ำแบบฉีดฝอย

ระบบให้น้ำแบบฉีดฝอยประกอบด้วยอุปกรณ์ที่สำคัญสี่อย่างด้วยกัน คือ

1. เครื่องสูบน้ำ (Pumping Unit) ทำหน้าที่สูบน้ำจากแหล่งน้ำและเพิ่มแรงดันให้กับหัวจ่ายน้ำ (Sprinkler) เครื่องสูบน้ำอาจเคลื่อนที่ด้วยเครื่องยนต์หรือมอเตอร์ก็ได้
2. ท่อประธาน (Mainline Pipe) ทำหน้าที่ส่งน้ำไปท่อแยก ท่อประทานอาจจะเป็นท่ออ่อน (Flexible) ท่อโลหะ หรือท่อที่ติดอยู่กับที่
3. ท่อแยก (Lateral Pipe) ทำหน้าที่จ่ายน้ำจากท่อแยกไปยังหัวจ่าย ท่อแยกมี สามแบบเช่นเดียวกับท่อประทาน แต่มีขนาดเล็กกว่าและมีอุปกรณ์สำหรับติดตั้งท่อตั้ง (Riser) เพื่อให้หัวฉีดอยู่เหนือระดับติดตั้งเหนือยอดพืช
4. หัวจ่ายน้ำ (Sprinkler Unit) ทำหน้าที่จ่ายน้ำซึ่งมีสองแบบด้วยกัน คือ แบบ จ่ายน้ำโดยการหมุนหัวฉีดเป็นวงกลมในแนวราบ (Perforated Pipe) แต่แบบนี้ไม่ค่อยได้รับความนิยมนัก

ระบบการให้น้ำแบบฉีดฝอย

ระบบให้น้ำแบบฉีดฝอยแบ่งออกเป็นสามแบบ คือ

1. แบบติดอยู่กับที่ (Permanent System) เป็นแบบอุปกรณ์ทุกอย่างติดอยู่กับที่ โดยปกติท่อจะฝังอยู่ใต้ดิน ไม่ก็ยกสูงเหนือผิวดิน มักใช้ระบบนี้ในเรือนเพาะชำหรือกับพืชที่ต้องการน้ำบ่อยๆ ให้ผลตอบแทนสูง ค่าลงทุนสูงกว่าแบบอื่น
2. แบบเคลื่อนย้ายได้บางส่วน (Semi – portable System) โดยอุปกรณ์บางอย่างจะติดอยู่กับที่บางอย่างสามารถเคลื่อนย้ายได้ โดยมาก เครื่องสูบน้ำ (Pumping Unit) ท่อประธาน (Mainline Pipe) จะติดอยู่กับที่ ส่วนท่อแยก (Lateral Pipe) จะติดกับท่อรองประธาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(Sub-Mainline Pipe) ซึ่งมีท่อตั้งและหัวจ่ายน้ำติดอยู่สามารถถอดออกเป็นท่อนๆด้วยมือ แล้วนำไปติดตั้งใหม่ที่อื่นได้

3. แบบเคลื่อนย้ายได้ทั้งหมด (Portable System) อุปกรณ์ของระบบให้น้ำแบบนี้ทุกอย่าง ตั้งแต่เครื่องสูบน้ำถึงท่อสามารถเคลื่อนย้ายได้ทั้งหมด

2.6.2 การให้น้ำแบบหยด (Drip or Trickle Irrigation)

ความหมายของการชลประทานแบบน้ำหยด อาจจะมีผู้อธิบายไว้หลากหลาย แต่ก็มีพื้นฐานความหมายอันเดียวกันคือ เป็นการให้น้ำแก่พืชด้วยปริมาณน้อยๆ แต่ให้น้ำบ่อยๆครั้ง ตามความเหมาะสมของพืชและดินและให้น้ำเฉพาะบริเวณเขตรากพืชเท่านั้น

จุดมุ่งหมายสำคัญของการให้น้ำโดยระบบนี้ก็คือ จะรักษาระดับความชื้นของดินบริเวณเขตรากพืชให้อยู่ในระดับที่เขตรากพืชดูดความชื้นไปใช้เพื่อสร้างความเจริญเติบโตได้อย่างอุดมสมบูรณ์พอเหมาะกับความต้องการตลอดเวลา การจะรักษาความชื้นให้พอเหมาะนั้น ระบบนี้จึงต้องมีการควบคุมเวลาและอัตราการให้น้ำแต่ละจุด เพื่อที่จะไม่ให้ดินอิ่มน้ำหรือแห้งเกินไป

อุปกรณ์สำคัญในการควบคุมและจ่ายน้ำในแต่ละต้อน คือ หัวปล่อยน้ำ ซึ่งจะติดอยู่บนท่อแขนงที่วางไปตามแถวต้นพืช

ข้อดีของการชลประทานแบบน้ำหยด

1. เพิ่มผลผลิต
2. ประหยัดน้ำได้มาก
3. ใช้แรงงานน้อย
4. ไม่เป็นอุปสรรคกีดขวางการทำงาน
5. ควบคุมปริมาณน้ำได้ดี
6. ปุ๋ยและยาปราบศัตรูพืชบางชนิดสามารถให้แก่พืชได้
7. ควบคุมป้องกันโรคพืช และ แมลงต่างๆได้
8. ควบคุมวัชพืช
9. ทำให้พืชงอกและเจริญเติบโตอย่างสม่ำเสมอ
10. ใช้ได้ดีกับดินที่มีคุณภาพต่ำ
11. ลดปัญหาเรื่องการระบายน้ำ
12. ไม่ทำให้หน้าดินแน่นเป็นแผ่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อเสียและปัญหาของการชลประทานแบบน้ำหยด

1. เกิดการอุดตันที่หัวปล่อยน้ำ
2. ต้องมีการบำรุงรักษาสูง
3. ไม่สามารถฉีดน้ำล้างใบ
4. อาจจำกัดความเจริญเติบโตของรากพืช
5. ค่าลงทุนครั้งแรกค่อนข้างสูง

อุปกรณ์ให้น้ำแบบการชลประทานแบบน้ำหยด

ส่วนมากจะเหมือนกับการชลประทานแบบฉีดฝอยจะเปลี่ยนตรงเฉพาะหัวปล่อยน้ำและลักษณะอุปกรณ์เสียบท่อเท่านั้นเอง

2.7 ชนิดท่อและส่วนประกอบของท่อ

ท่อนับเป็นองค์ประกอบที่สำคัญอย่างหนึ่งของระบบการให้ชลประทาน เพราะจะเป็นองค์ประกอบของระบบการชลประทานที่จะรักษาแรงดันของระบบตั้งแต่แหล่งน้ำไปจนถึงหัวฉีดที่อยู่ไกลสุด อย่างไรก็ตามนอกจาท่อแล้ว ในระบบการชลประทาน จะต้องมีการวางท่อแยกออกไปในพื้นที่รับน้ำ จึงจำเป็นต้องมีส่วนประกอบอื่นๆ ในการดำเนินการติดตั้ง การควบคุมอัตราการไหล และแรงดันของน้ำในท่อด้วย

ชนิดของท่อที่ใช้ในการชลประทาน

เนื่องจากเป็นระบบการให้น้ำแบบโดยอาศัยแรงดัน ที่จะทำให้น้ำฉีดออกมาจากหัวปล่อยน้ำ แรงดันสำหรับระบบให้น้ำ ที่ใช้หัวฉีดหลายๆหัวบนท่อ จะมีค่าตั้งแต่ 1.0 – 7.0 บรรยากาศ ในขณะที่การให้น้ำที่ใช้หัวฉีดเดียว จะต้องมีแรงดันที่หัวปล่อยน้ำมากกว่านี้ ดังนั้นการใช่ท่อสำหรับระบบการให้น้ำ จะต้องต้องพิจารณาความแข็งแรงของท่อด้วย ว่าสามารถรับแรงดันที่เกิดขึ้นได้หรือไม่ และจะทำให้เกิดการสูญเสียแรงดันในท่อมากน้อยเพียงใด

สำหรับท่อที่ต้องการใช้แรงดันมากๆ และเป็นส่วนของระบบที่ไม่ต้องการทำการเคลื่อนย้าย ก็อาจจะต้องใช้ท่อเหล็ก ท่อคอนกรีต หรือท่อซีเมนต์ใยหิน ส่วนของระบบต้องการมีการเคลื่อนย้ายหรือต้องการเปลี่ยนแปลงได้นั้น จะต้องใช้ท่อที่มีน้ำหนักเบา แต่สามารถรับแรงดันได้มาก ที่ใช้โดยทั่วไปได้แก่ท่ออลูมิเนียม

สำหรับระบบที่ต้องการแรงดันต่ำๆไม่เกิน 7.0 บรรยากาศ ในปัจจุบันอาจจะใช้ท่อพลาสติกแข็งซึ่งมีน้ำหนักเบา และราคาถูกกว่าแทนก็ได้ ท่อพลาสติกแข็งที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบัน อาจแบ่งออกได้เป็น 3 ประเภทคือ ท่อ polyvinyl chloride(PVC), acrylonitile-bentadiene-styrene (ABS)และ polyethylene(PE)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขนาดของท่อ PVC ถูกกำหนดไว้เป็น 2 ลักษณะ คือ ขนาดท่อเหล็ก (iron pipe size, IPS) และท่อพลาสติกชลประทาน (plastic irrigation pipe, PIP) ท่อประเภท ISP จะมีขนาดเท่ากับท่อเหล็ก หรือท่อโลหะอย่างอื่นโดยทั่วไป ในขณะที่ท่อ PIP ขนาดเดียวกันจะมีเส้นผ่าศูนย์กลางภายในเล็กกว่าท่อ IPS ประมาณ 18 เปอร์เซ็นต์ สำหรับท่อขนาด 100 มิลลิเมตร จนถึงประมาณ 8 เปอร์เซ็นต์ สำหรับท่อขนาด 300 มิลลิเมตร

การแบ่งแยกประเภทท่อ PVC และข้อต่อPVC

ท่อ PVCแข็ง แบ่งออกได้เป็น 4 ประเภทใหญ่ๆตามลักษณะการใช้งานท่อดังนี้

1. ท่อPVCแข็ง สำหรับใช้เป็นท่อน้ำดื่ม มีสีฟ้า ผลิตตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเลขที่ มอก. 17-2532
2. ท่อ PVCแข็ง สำหรับใช้เป็นงานอุตสาหกรรม มีสีเทา ผลิตตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเลขที่ มอก. 999-2533
3. ท่อPVCแข็ง สำหรับใช้ร้อยสายโทรศัพท์และไฟฟ้า มีสีเหลือง ผลิตตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเลขที่ มอก. 216-2534
4. ท่อPVCแข็ง สำหรับใช้เพื่องานเกษตรและชลประทาน มีสีเทา ผลิตตามมาตรฐานท่อน้ำไทย

อุปกรณ์ข้อต่อท่อ PVCแข็ง แบ่งออกได้เป็น 4 ประเภทใหญ่ๆตามลักษณะการใช้งานของท่อดังนี้

1. อุปกรณ์ข้อต่อท่อ PVCแข็ง สำหรับใช้กับท่อลดความดัน มีสีฟ้า ผลิตตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเลขที่ มอก. 1131-2535
2. อุปกรณ์ข้อต่อท่อ PVCแข็ง สำหรับใช้กับท่อระบายน้ำและสิ่งปฏิกูล มีสีฟ้าและสีเทา ผลิตตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม
3. อุปกรณ์ข้อต่อท่อ PVCแข็ง สำหรับใช้กับท่อร้อยสายไฟฟ้าและโทรศัพท์ มีสีเหลือง ผลิตตามมาตรฐาน ท่อน้ำไทย
4. อุปกรณ์ข้อต่อท่อ PVCแข็ง สำหรับใช้กับท่อความดันต่ำและท่อเกษตร มีสีเทา ผลิตตามมาตรฐาน ท่อน้ำไทย

2.8 ชลศาสตร์ของระบบชลประทาน

ในระบบการชลประทาน น้ำจะถูกส่งผ่านท่อส่งน้ำภายใต้แรงดันจากเครื่องสูบน้ำผ่านหัวจ่ายน้ำเข้าไปในอากาศ แล้วแตกกระจายเป็นเม็ดเล็กตกสู่พื้นดิน เนื่องจากการรักษาระดับแรงดันที่หัวจ่ายน้ำ เป็นองค์ประกอบที่สำคัญที่สุดอย่างหนึ่ง ในการดำเนินการให้น้ำของระบบการให้น้ำแบบแรงดัน การที่น้ำไหลผ่านระบบท่อส่งน้ำจากแหล่งน้ำไปจนถึงหัวจ่ายน้ำจะทำให้แรงดันของน้ำในท่อลดลง เนื่องจากองค์ประกอบต่างๆที่มีอยู่ในระบบการส่งน้ำนั้น ดังนั้น การที่จะดำเนินการน้ำได้อย่างมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประสิทธิภาพ จะต้องสามารถหาให้ได้ว่า ในขณะที่ดำเนินงาน แรงดันระบบการส่งน้ำจะลดลงเท่าใด และควรจะใช้เครื่องสูบน้ำ ที่จะสามารถเพิ่มแรงดันน้ำก่อนที่จะส่งเข้าไปในระบบท่อส่งน้ำเท่าใดจึงจะทำให้มีแรงดันที่หัวจ่ายน้ำ ตามที่บริษัทผู้ผลิตได้กำหนดเอาไว้

สมการเกี่ยวกับการไหลของน้ำ

1. Laminar Flow

$$q_e = 1.272 d^{2.7} (H / L)^{0.80}$$

2. Turbulent Flow

$$q_e = 1.776^{2.73} (H / L)^{0.56}$$

ในเมื่อ

q_e = อัตราการไหล (ลิตร/ชั่วโมง)

d = เส้นผ่าศูนย์กลาง (มิลลิเมตร)

H – การสูญเสียแรงดัน (เมตร)

L – ความยาวท่อ (เมตร)

3. Reynolds number

$$R_e = \frac{4Q}{3.1416dn}$$

ในเมื่อ

Q = อัตราการไหล (ลิตร/ชั่วโมง)

n – จลศาสตร์การไหลของน้ำ

d – เส้นผ่าศูนย์กลาง (มิลลิเมตร)

การพิจารณาค่า Re

Re < 2000 = การไหลแบบ Laminar Flow

2000<Re 4500 = การไหลแบบ Laminar Flow กับ Turbulent Flow

Re > 4500 = การไหลแบบ Turbulent Flow

4. การหาอัตราการไหล

$$Q = \frac{3.1416 g d^4 H}{128 n l}$$

ในเมื่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Q – อัตราการไหล (ลิตร/ชั่วโมง)

n – จลศาสตร์การไหลของน้ำ

d = เส้นผ่าศูนย์กลาง (มิลลิเมตร)

g = ค่าแรงโน้มถ่วงของโลก (เมตร/วินาที^{2})

H = การสูญเสียแรงดัน (เมตร)

l = ความยาวท่อ (เมตร)

หลักชลศาสตร์ของระบบท่อ (Hydraulics of pipe systems)

ปัญหาการไหลของน้ำในท่อ เช่น การหาอัตราการไหลของน้ำผ่านท่อที่มีลักษณะต่างกัน การคำนวณหาพลังงาน และการเปลี่ยนรูปพลังงานสามารถที่จะทำได้ โดยอาศัยหลักด้านวิศวกรรมที่เกี่ยวข้องลักษณะการไหลในท่อจะเป็นลักษณะการไหลของน้ำเต็มพื้นที่หน้าตัดของท่อเท่านั้น หลักการทางด้านชลศาสตร์ที่นำมาใช้ในการแก้ปัญหาการไหลในท่อ ได้แก่ หลักการอนุรักษ์มวลสาร หลักการอนุรักษ์พลังงานและสมการที่แสดงถึงแรงต้านการไหล สมการที่สำคัญได้แก่ สมการของเบอร์นูลี (Bernoulli's equation) ดังนี้

$$\frac{P_1}{W} + a_1\frac{V_1^2}{2g} + Z_1 = \frac{P_2}{W} + a_2\frac{V_2^2}{2g} + Z_2 + h_{L1-L2}$$

ในเมื่อ

$\frac{P}{W}$ = พลังงานเนื่องจากแรงดันที่จุดที่ 1 และ 2 (เมตร)

$\frac{V}{2g}$ = พลังงานเนื่องจากความเร็วที่จุดที่1 และ 2 (เมตร)

Z = พลังงานเนื่องจากความต่างระดับที่จุด 1 และ 2 (เมตร)

h_{L1-L2} = พลังงานที่สูญเสียไประหว่างจุดที่ 1 และ2 (เมตร)

a = ค่าสัมประสิทธิ์

อย่างไรก็ตามค่าสำหรับการไหลในท่อโดยทั่วไป ค่าของ a มักจะถูกตัดออกจากสมการด้วยเหตุผลดังนี้

1. การไหลในท่อโดยทั่วไป ลักษณะการไหลจะเป็นแบบปั่นป่วน (turbulent flow) ซึ่ง a จะมีค่ามากกว่า 1 เพียงเล็กน้อยเท่านั้น
2. ถ้าการไหลเป็นแบบราบเรียบ (laminar flow) ซึ่ง a จะมีค่ามาก แต่พลังงานเนื่องจากความเร็วจะมีค่าน้อยมากเมื่อเทียบกับค่าของพลังงานอื่นๆในสมการ
3. ค่าของพลังงานเนื่องจากความเร็ว สำหรับการไหลในท่อจะมีค่าน้อยมากเมื่อเทียบกับค่าอื่นๆ ถึงแม้จะพิจารณาค่าของ a ด้วย ก็จะไม่มีผลลัพธ์ในตอนสุดท้ายมากนัก
4. ผลจากค่าของ a จะหักลบกันออกไปได้ เพราะมี a ปรากฏอยู่ทั้ง 2 ด้านของสมการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. ผลลัพธ์ที่ต้องการหาทางด้านวิศวกรรมไม่ต้องการความถูกต้องละเอียดมากนัก ทำให้ไม่ต้องใช้ค่า a ในสมการก็ได้ ดังนั้นการใช้สมการของเบอร์นูลี ก็จะขึ้นอยู่กับค่าของพลังงานที่สูญเสียไป (h_L)

2.9 การสูญเสดงานภายในท่อ

เมื่อของเหลวไหลลงในท่อปิด ไม่ว่าจะเป็นการไหลแบบราบเรียบ(Laminar flow) หรือการไหลแบบปั่นป่วน (Turbulent flow) ก็จะเกิดการเสด เนื่องจากปัจจัยสองประการ คือ ความฝืดของผนังภายในของท่อและความยาวท่อ ถ้าท่อเรียบและสั้นการสูญเสียจะน้อย แต่ถ้าเป็นท่อที่มีผนังภายในหยาบหรือท่อนั้นมีความยาวมาก การสูญเสียก็จะมีมากขึ้น การคำนวณหาความสูญเสียพลังงานเนื่องจากความยาวและความฝืดของท่อ มีหลายวิธีดังต่อไปนี้

การคำนวณโดยใช้สูตรของ Harzen-Williams

วิธีการนี้นิยมใช้เนื่องจากการเป็นการคำนวณที่ไม่ยุ่งยาก แต่ก็มีข้อจำกัดคือค่าที่เชื่อถือได้สำหรับท่อที่มีขนาดไม่น้อยกว่า 3นิ้วรูปแบบของสมการนี้คือ

$$V = 1.318\ C\ R^{0.67} S^{0.54}$$

ในเมื่อ

V = ความเร็วของของเหลวในท่อ (ฟุต/วินาที)

C = สัมประสิทธิ์ความเรียบของผนังท่อ

R = Hydraulic Radius (ฟุต)

S = Hydraulic Gradient ซึ่งเป็นอัตราการสูญเสียเสดเนื่องจากความฝืดต่อความยาวท่อ 1 หน่วย

หากต้องการ V ในหน่วย เมตร/วินาที ให้แทนค่าคงที่ ด้วย 0.85 และR ในหน่วยของเมตร ตามลำดับ ค่า R คือ อัตราส่วนระหว่างพื้นที่หน้าตัดของของเหลวที่ไหลในท่อกับพื้นที่รอบรูปบริเวณที่เปียกน้ำ มีค่าโดยประมาณ D/4 เมื่อ D เป็นเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อ

จากสมการถ้าทราบความเร็วของของไหลที่ไหลในท่อ ก็จะสามารถคำนวณหาค่า S ได้ ซึ่งจะทำให้ทราบว่า ค่าการสูญเสียดเสดอันเนื่องจากความฝืดของท่อต่อหนึ่งหน่วยความยาวของท่อหรือ 1 ฟุต มีค่าเป็นเท่าไร ดังนั้น ถ้าต้องการทราบค่ารวมของการสูญเสียเสดอันเนื่องมาจากความฝืดตลอดความยาวของท่อ (L) ก็เพียงแต่นำค่า L ไปคูณเท่านั้นส่วนค่าสัมประสิทธิ์ความเรียบของผนังท่อ (Coefficient of pipe wall smoothness) หรือค่า C ดูได้จากตาราง ค่านี้จะสูงขึ้นเมื่อผนังด้านในของท่อมีความเรียบมากขึ้น ดังนั้นท่อที่ทำด้วยวัสดุผุกร่อนได้ เช่นเหล็กหล่อ เมื่อใช้ไปนานๆ ค่า C จะลดลงเนื่องจากผนังท่อมีความขรุขระมากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การคำนวณโดยใช้สูตร Drcy-Weisbach

วิธีนี้ให้ค่าที่ละเอียดกว่าการคำนวณโดยใช้สมการของ Harzen-williams แต่การคำนวณก็ยุ่งยากกว่า สมการอยู่ในรูปดังนี้

$$h_f = f\left(\frac{L}{D}\right)\frac{v^2}{2g}$$

ในเมื่อ

h_f **= การสูญเสียเนื่องจากความฝืด (ฟุต)**

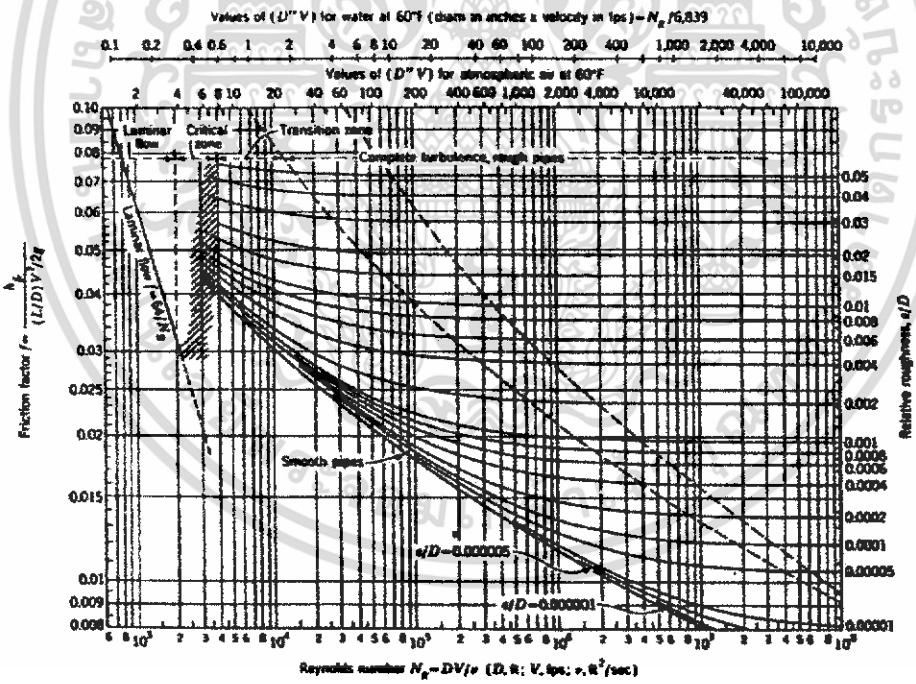
F = สัมประสิทธิ์ความขรุขระของท่อ ซึ่งจะอยู่กับความหยาบของท่อ (ε) **แสดงค่าความหยาบของผิวท่อชนิดท่อต่างๆและความหยาบสัมพันธ์** $\left(\varepsilon/D\right)$

L = ความยาวของท่อ (ฟุต)

D = เส้นผ่าศูนย์กลางภายในของท่อ (ฟุต)

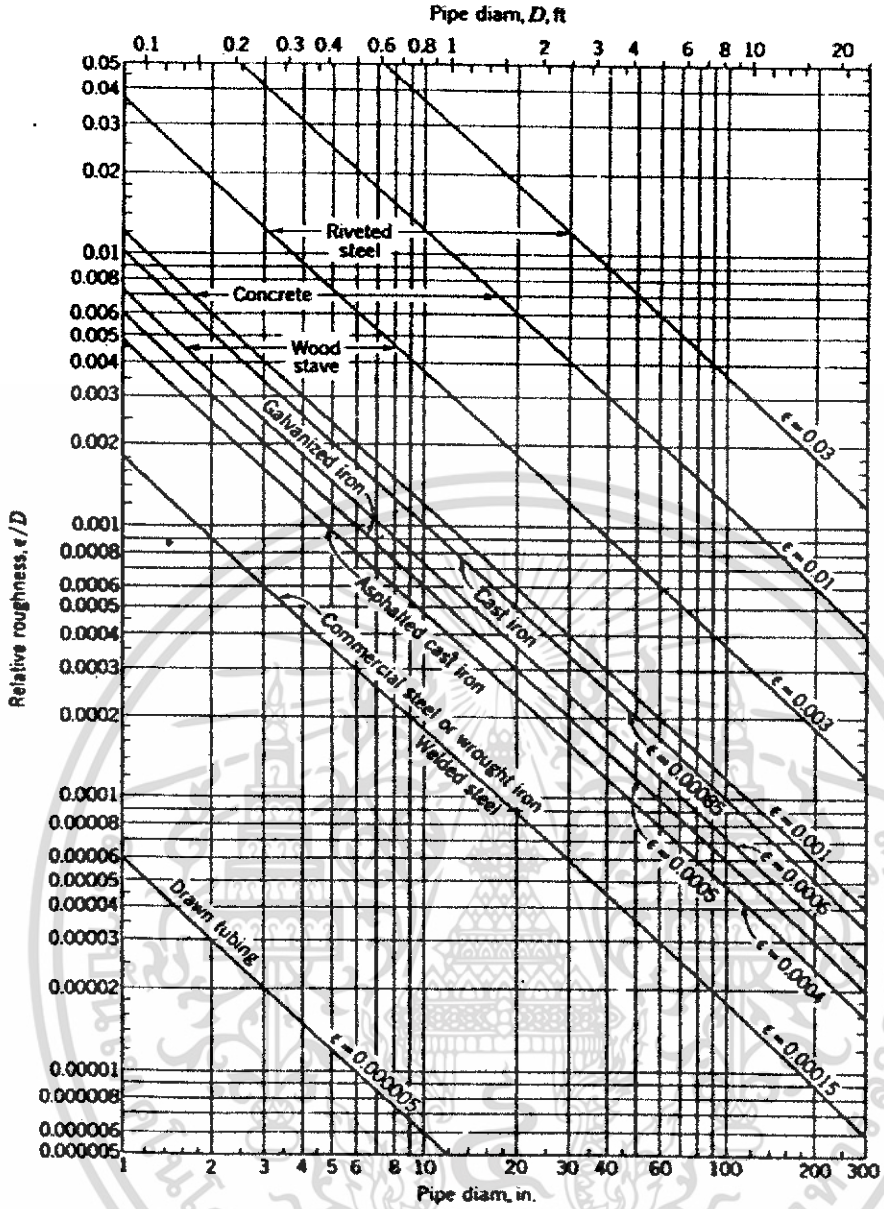
V = ความเร็วของไหล (ฟุต/วินาที)

g = อัตราเร่งเนื่องจากแรงดึงดูดของโลก (ฟุต/วินาที)



ภาพที่ 3 Moody Diagram **สำหรับการหา** friction factor , f

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

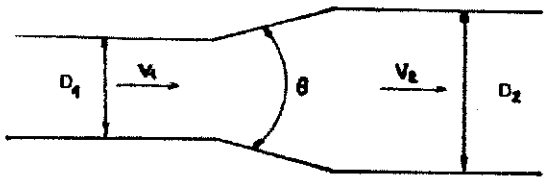


ภาพที่ 4 ความสัมพันธ์ระหว่าง (ε) และ $\left(\varepsilon/D\right)$ ของท่อชนิดต่างๆ

การสูญเสียเนื่องจากการเปลี่ยนขนาดของท่อ

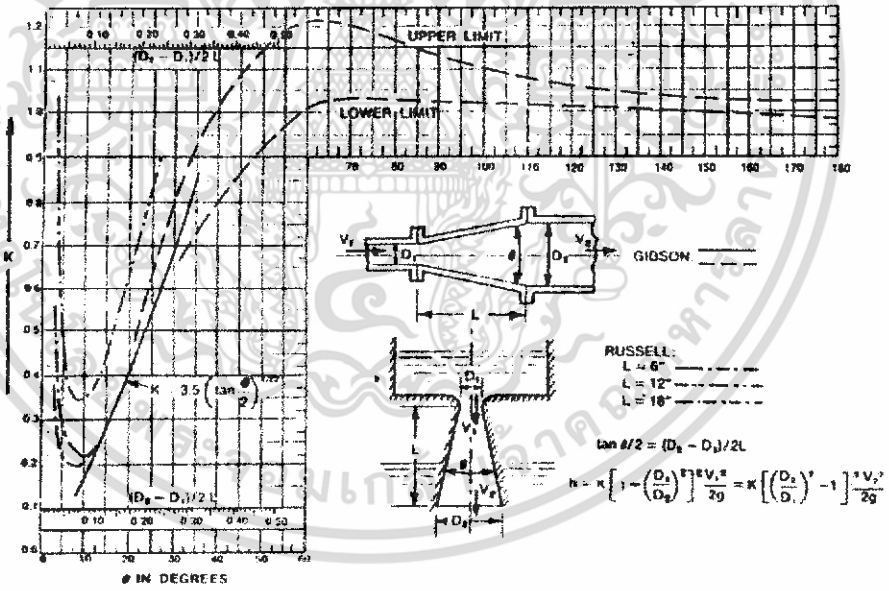
ในการวางระบบท่อบางครั้งอาจมีความจำเป็นต้องเปลี่ยนแปลงขนาดของท่อจากที่ใช้ให้โตขึ้นหรือเล็กลง ซึ่งจะส่งผลให้เกิดการสูญเสียเสดขึ้น และอาจคำนวณออกมาได้เช่นกันการเปลี่ยนขนาดท่อทำได้โดยใช้อุปกรณ์ที่เรียกว่า ข้อลด(Reducer) และข้อขยาย (Enlarger) การเปลี่ยนแปลงขนดท่อมีอยู่ 2 ลักษณะ คือ การเปลี่ยนแปลงแบบแบบค่อยๆเปลี่ยนและการเปลี่ยนแปลงแบบกะทันหัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



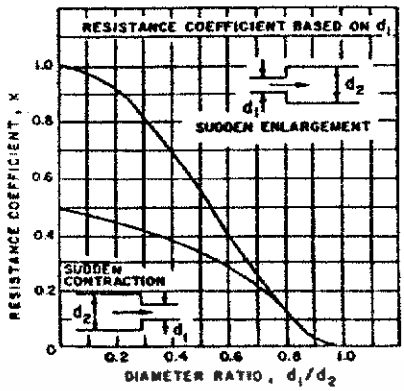
ภาพที่ 5 การเปลี่ยนแปลงขนาดท่อแบบค่อยๆเปลี่ยน

ภาพที่ 6 การเปลี่ยนแปลงขนาดท่อแบบกะทันหัน



ภาพที่ 7 ค่า k สำหรับการเปลี่ยนขนาดท่อแบบค่อยๆเปลี่ยน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 8 ค่า k สำหรับการเปลี่ยนขนาดท่อแบบกะทันหัน

สำหรับการเปลี่ยนแปลงแบบค่อยๆเปลี่ยน ค่าของ h_f จะขึ้นอยู่กับมุมลาดที่เกิดขึ้นระหว่างส่วนต่อของท่อทั้งสองขนาด (มุม θ) และตาสารสำหรับใช้หาค่า k สำหรับการเปลี่ยนแปลงขนาดของท่อแบบค่อยๆเปลี่ยน ส่วนสมการที่ใช้ในการคำนวณค่า h_f คือ

$$h_f = k(v_1 - v_2)^2 / 2g$$

ในเมื่อ

v_1 = ความเร็วเฉลี่ยนของๆเหลวในท่อเล็ก (ฟุต/วินาที)

v_2 = ความเร็วเฉลี่ยนของๆเหลวในท่อใหญ่ (ฟุต/วินาที)

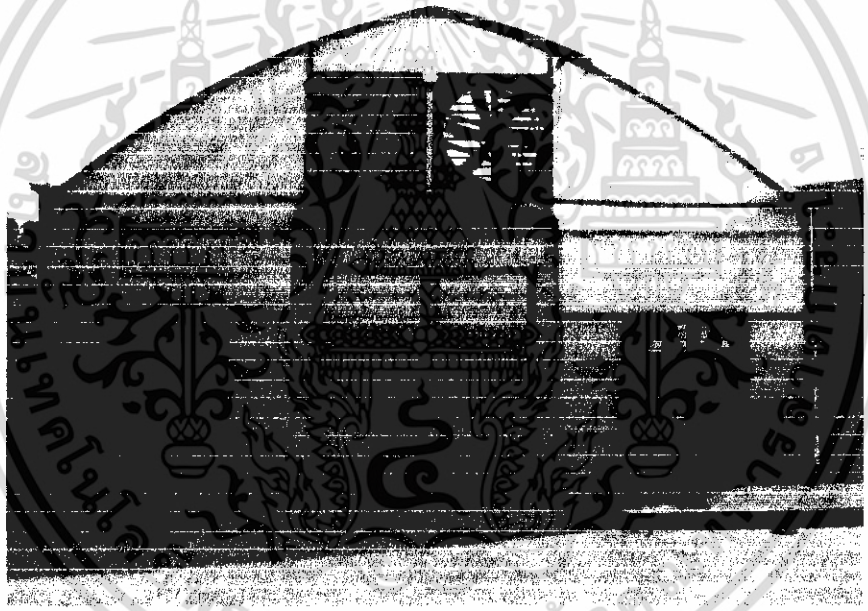
ส่วนการเปลี่ยนแปลงขนาดแบบกะทันหัน การหาค่า h_f คงจะใช้สูตรเดียวกัน แต่การเปลี่ยนแปลงของค่า k จะขึ้นอยู่กับอัตราส่วนของท่อทั้งสอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
ข้อมูลพื้นฐานในการออกแบบระบบการให้น้ำแบบใช้แรงดัน

3.1 สถานที่ที่ใช้ในการทดสอบ

เป็นโรงเรือนแบบปิด ตั้งอยู่ที่คณะเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าฯโดยโรงเรือนแบบนี้สามารถควบคุมอากาศหรืออุณหภูมิภายในโรงเรือนโดยระบบ Evaporator ซึ่งขณะทดลองได้ทำการควบคุมอุณหภูมิภายในไม่เกิน 30 C^0



ภาพที่ 9 สภาพของโรงเรือนที่ใช้ในทดสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 10 ลักษณะของบ่อที่ใช้เพาะปลูกเพื่อทดสอบ

ภาพที่ 11 ภาพโดยรวมของบ่อที่ใช้ในการเพาะปลูกทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 ลักษณะของดินและที่ใช้ในการทดลอง

เนื่องจากดินที่ใช้ในการทดลองเป็นดินที่ซื้อมาเป็นลูกบาศก์เมตร(Q) จึงไม่ทราบแหล่งที่มาที่แน่ชัด จึงไม่สามารถสรุปลักษณะดินที่แน่ชัดได้นัก แต่จากการสัมผัสและดูลักษณะทางเนื้อดิน ลักษณะของดินจะเป็นลักษณะดินเหนียวปนดินร่วนปนดิน

บ่อที่ใช้ในการทดลองมีความสูง 50 เซนติเมตรเป็นบ่อปูนโดยในบ่อทดสอบจะมีปริมาตรของดินที่ 0.4 ลูกบาศก์เมตร

3.3 ข้อมูลทางสถิติของหัวจ่ายน้ำ

ในการทดสอบหาความชื้นในดินเราต้องทราบปริมาณของน้ำที่ให้ลงไปในแต่ละบ่อก่ออุปกรณ์ที่เราทราบแน่นอนให้การจ่ายน้ำคือชนิดของหัวต่างๆมีดังนี้

1. น้ำหยด
2. Micro Sprinkler แบบ Rotate
3. Micro Sprinkler แบบ Spay

ในการทดสอบการหาปริมาณน้ำของหัวชนิดต่างๆเพื่อทดสอบหาอัตราการไหล มีขั้นตอนดังนี้

1. เปิดวาล์วน้ำให้สุดเพื่อให้น้ำออกจากหัวจ่ายน้ำได้ 100 เปอร์เซ็นต์
2. นำแก้วพลาสติกไปวางจำนวน 110อันต่อ 1 บ่อ เพื่อรองรับน้ำที่ออกมาจากหัวจ่ายน้ำ
3. ทำการเปิดน้ำเป็นเวลา 1 ชั่วโมง
4. เมื่อครบเวลา 1 ชั่วโมงให้นำแก้วน้ำพลาสติก มาเทน้ำใส่ บิคเกอร์เพื่อดูปริมาณน้ำที่ได้
5. ใช้แรงดันน้ำระหว่าง 1.5-2 bar

ภาพที่ 12 แสดงภาพแสดงวิธีการหาอัตราการจ่ายน้ำของหัว Sprinkler

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 13 แสดงภาพแสดงวิธีการหาอัตราการจ่ายน้ำของหัวน้ำหยด

ตารางที่3.1 อัตราการจ่ายน้ำของน้ำหยด (T1)

	จำนวนครั้ง				ค่าเฉลี่ย ลิตร/ชั่วโมง
	1	2	3	4	
หัวที่ 1	0.4	0.3	0.3	0.2	0.3
หัวที่ 2	0.3	0.28	0.31	0.3	0.29
หัวที่ 3	0.3	0.3	0.29	0.31	0.3
หัวที่ 4	0.31	0.3	0.29	0.31	0.31
อัตราการจ่ายน้ำรวมโดยเฉลี่ย = 0.3 ลิตร/ชั่วโมง ต่อหัว					

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.2 อัตราการจ่ายน้ำของ Micro Sprinkler แบบ Spay (T2)

[redacted]	จำนวนครั้ง				ค่าเฉลี่ย
	1	2	3	4	ลิตร/ชั่วโมง
หัวที่ 1	41.5	40	40	38	39.8
หัวที่ 2	40	41	42	40	40.7
หัวที่ 3	42	40	40	40	40.5
หัวที่ 4	41	41	40	41	40.7
อัตราการจ่ายน้ำรวมโดยเฉลี่ย = 40.4 ลิตร/ชั่วโมง ต่อหัว					

ตารางที่ 3.3 อัตราการจ่ายน้ำของ Micro Sprinkler แบบ Rotate (T3)

[redacted]	จำนวนครั้ง				ค่าเฉลี่ย
	1	2	3	4	ลิตร/ชั่วโมง
หัวที่ 1	58	57	61	59	58.75
หัวที่ 2	57	59	58	58	58
หัวที่ 3	58	58	59	59	58.5
หัวที่ 4	56	57	57	58	57
อัตราการจ่ายน้ำรวมโดยเฉลี่ย = 58 ลิตร/ชั่วโมง ต่อหัว					

ปริมาณน้ำที่ไหลออกจากปลายท่อแขนง

ท่อที่ 1 = 576 ลิตร/ชั่วโมง

ท่อที่ 2 = 528 ลิตร/ชั่วโมง

ท่อที่ 3 = 264 ลิตร/ชั่วโมง

ท่อที่ 4 = 240 ลิตร/ชั่วโมง

ท่อที่ 5 = 216 ลิตร/ชั่วโมง

ท่อที่ 6 = 210 ลิตร/ชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.4 ปริมาณการใช้น้ำของพืชตะน้ำ

	อายุพืช	จำนวนวันที่ให้น้ำ (วัน)	ค่าการระเหยเฉลี่ย (มม.)	ค่า (ET / E)	ปริมาณน้ำใช้ของพืชเฉลี่ย / วัน (มม.)	ปริมาณน้ำใช้ของพืชตลอดอายุพืช	
						(มม.)	(ลบ.ม./ไร่)
ในเขตภาคเหนือ	55	55	5	0.59	2.9	159	254
ในเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	55	55	5.4	0.59	3.19	175	280
ในเขตภาคตะวันออก	55	55	4.9	0.59	2.89	159	254
ในเขตภาคใต้	55	55	5	0.59	2.95	162	259
ในเขตภาคกลาง+ภาคตะวันตก	55	55	5.3	0.59	3.1	170	272

ปริมาณการใช้น้ำของพืช (Evapotranspiration ; ET)

เป็นปริมาณการใช้น้ำของพืชชนิดต่างๆ ที่ได้จากการศึกษาทดลองและวิจัยโดยใช้ถังวัดอัตราการใช้น้ำของพืช(Lysimeter) และโดยการตรวจวัดจากแปลงทดลองโดยตรง

ปริมาณการใช้น้ำของพืช = การคายน้ำ + การระเหย

1.การคายน้ำคือปริมาณน้ำที่พืชนำไปใช้จริงๆโดยการดูดไปจากดินเพื่อนำไปใช้ในกระบวนการต่างๆในพืชแล้วคายออกทางใบสู่บรรยากาศ

2. การระเหย คือปริมาณน้ำที่ระเหยจากผิวดินบริเวณเรอบๆต้นพืช จากผิวน้ำจากผิวใบพืชเป็นต้น

4.1 ปริมาณการใช้น้ำ ของระบบหัวแบบ Rotate, ET_{micro}

โดยทั่วไปแล้วปริมาณการใช้น้ำ เราสามารถคำนวนหาได้จาก

สมการ

$$ET_{micro} = Kr\ (ET_{crop})$$

ในเมื่อ

ET_{micro} = ปริมาณการใช้น้ำของระบบหัว Micro Sprinkler, (มม/วัน)

Kr = สัมประสิทธ์ของถาดวัดการระเหยเบ็ดเสร็จ กำหนดที่ 0.9

ET_{crop} = ปริมาณการระเหยของน้ำจากถาดวัดการระเหย, (มม/วัน) แสดงในตาราง 3.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.5 ตารางแนะนำค่า Kr

GC ,%	Kr	GC ,%	Kr
10	0.2	60	0.7
20	0.3	70	0.8
30	0.4	80	0.9
40	0.5	90	1
50	0.6	100	1

การเลือกค่า Kr จะเทียบกับขนาดทรงพุ่มของคะน้า เมื่อ GC คือ อัตราส่วนของพื้นที่พุ่มใบต่อพื้นที่อาณาเขตพืช

ตารางที่ 3.6 ตารางค่าการให้น้ำพืช , ET_{crop} (มม/วัน)

ตามเวลา	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
ET_{crop}	3.7	4.9	5.9	6.4	5.5	4.8	4.5	4.2	3.9	3.9	3.7	3.5
Kr	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35
ET_{micro}	4.05	5.25	6.25	6.75	5.85	5.15	4.85	4.55	4.25	4.25	4.05	3.85

4.2 ระยะเวลาที่เปิดให้น้ำแต่ละครั้ง , Ta

อัตราการจ่ายน้ำของหัวปล่อยน้ำนั้น จะกำหนดเป็นลิตรต่อชั่วโมง ในการทดสอบได้ทำการเลือก Micro Sprinkler ซึ่งจากการทดสอบมีอัตราการปล่อยน้ำเฉลี่ยที่ 58 ลิตรต่อชั่วโมงด้วยความดันที่ 1-1.5 บาร์ โดยสามารถคำนวนหาระยะเวลาที่เปิดให้น้ำแต่ละครั้งได้จาก

สมการ

$$T_a = \frac{G}{e * qa * Ea}$$

ในเมื่อ

T_a = ระยะเวลาที่เปิดให้น้ำแต่ละครั้ง

G = จำนวนน้ำที่พืชใช้ต่อวัน กำหนดที่ 31ต่อต้นปลูกทั้งหมด 16 ต้นต่อบ่อ, ตาราง 4.1

e = จำนวนหัว Micro Sprinkler

qa = อัตราการจ่ายน้ำเฉลี่ยของหัวปล่อย 58 ลิตรต่อชั่วโมง, ตารางที่ 3.3

Ea = ประสิทธิภาพของการให้น้ำ กำหนดที่ 80 %

$T_a = \frac{31 * 16}{1 * 58 * 80}$

= 6.4 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 ช่วงเวลาระยะห่างในการให้น้ำ, I_i

ค่าช่วงเวลาสูงสุดในการให้น้ำจะกำหนดจากการออกแบบควบคู่ไปกับค่าการไหลซึมกับค่าปริมาณการใช้น้ำ โดยช่วงเวลาสูงหาได้จาก

สมการ

$$I_i = \frac{Ix}{Td}$$

ในเมื่อ

Ix = ความลึกของน้ำสูงสุดสุทธิที่ให้แต่ละครั้งกำหนดที่ 50 มม/ครั้ง

Td = อัตราการใช้น้ำสูงสุดของคะน้ากำหนดที่ 31, ตาราง4.1, (มม/วัน)

I_{max} = (50/ 31)

= 1.6 วัน

4.4 ค่าการใช้น้ำของพืชอ้างอิง , IRn.

จำนวนรวมสุทธิของน้ำที่พืชต้องการเท่าจับจำนวนรวมของน้ำซึ่งควรเติมเมื่อค่าความชื้นลดต่ำลงโดยสามารถคำนวนได้จาก

สมการ

$$IRn = ET_{micro} * I_i$$

ในเมื่อ

ET_{micro} = ปริมาณการใช้น้ำ ของระบบหัว Micro Sprinkler , (มม/วัน)

I_i = ช่วงเวลาระยะห่างในการให้น้ำ , (วัน)

IRn = (3.85)(1.6)

= 2.4 มม / วัน

4.5 ปริมาณน้ำที่ต้องให้แก่พืชทั้งหมด

สมการ

$$IRg = \frac{(100 * IRn)}{TR * E_u}$$

ในเมื่อ

IRn = ค่าการใช้น้ำของพืชอ้างอิง, (มม.)

E_u = ความสม่ำเสมอของการจ่ายน้ำ ที่ 90 %

TR = ค่ากำหนดของ Karmelli และ Keller (1975) ที่ 90%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$IRg = \frac{100 * 2.4}{0.9 * 0.9}$$

= 2.96 มม.

4.6 อัตราการไหลของน้ำที่จ่ายจากหัว แบบ Rotate, qd

เมื่อพิจารณาตัดสินใจเลือกใช้ช่วงระยะห่างของเวลาที่กำหนดให้(I) และ จำนวนน้ำที่ให้แต่ละครั้ง ระยะเวลาในการให้น้ำต่อครั้งที่ต้องจ่ายจากหัว Micro Sprinkler สามารถคำนวนได้จาก

สมการ

$$q_e = \frac{IRg * St * Sr}{Ta}$$

ในเมื่อ

q_e = ปริมาณที่จ่ายจากหัว Micro Sprinkler , (ลิตร/ชม.)

IRg = ช่วงเวลาระยะห่างในการให้น้ำ , (มม./ครั้ง)

Ta = ระยะเวลาในการให้น้ำแต่ละครั้ง

St ,Sr = ระยะห่างระหว่างต้นและระยะห่างระหว่างแถว กำหนดที่ 2*2

$$q_e = \frac{2.96 * 2 * 2}{6.4}$$

= 1.85 ลิตร / ชม.

4.7 ปริมาณน้ำที่ต้องจ่ายทั้งระบบ , Qs

ในการคำนวนหาปริมาณน้ำที่จะต้องจ่ายให้กับระบบทั้งหมดสามารถหาได้จาก

สมการ

$$Qs = \frac{As * q_e}{N * St * Sr}$$

ในเมื่อ

q_e = ปริมาณที่จ่ายจากหัวแบบ Rotate, (ลิตร/ชม.)

As = พื้นที่ปลูก เท่ากับ 2.26m^2 * 12

N = จำนวนแปลง

St ,Sr = ระยะห่างระหว่างต้นและระยะห่างระหว่างแถว กำหนดที่ 2*2

$$Qs = \frac{1.85 * 27.12}{1 * 2 * 2}$$

= 12.55 ลิตร / ชม.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการเลือกใช้ Micro Sprinkler แบบ Rotate จะเป็นหัวจ่ายน้ำที่มีรัศมีการกระจายของน้ำเป็นวงกว้าง รัศมีประมาณ 3-4.5 เมตร โดย ที่หัวจ่ายน้ำสูงจากพื้นดินประมาณ 35 ซม.ที่แรงดัน 1.5 บาร์ ขึ้นไป น้ำที่ออกจาก Micro Sprinkler แบบ Rotate มีอัตราการจ่ายน้ำที่ 70 ลิตร/ชม.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่4

การคำนวณและออกแบบระบบ

ความสม่ำของการจ่ายน้ำ, EU (emission uniformity)

การวัดความสม่ำเสมอของการจ่ายน้ำจากหัวปล่อยน้ำทั้งหมด ภายในระบบ สำหรับค่าทดสอบในสนามหาได้จาก

สมการ

$$EU = 100qn/qa$$

ในเมื่อ

EU = ความสม่ำเสมอของการจ่ายน้ำที่วัดจากการทดลอง

qn = อัตราการไหลเฉลี่ยของค่าที่ต่ำที่สุด 1 / 4 ของข้อมูลที่วัดได้ในสนาม

qa = อัตราการจ่ายน้ำเฉลี่ยของหัวปล่อย 58 ลิตรต่อชั่วโมง, ตารางที่ 3.3

EU = 100* 57 /58

= 98.29

สำหรับค่า EU ซึ่งมีค่าแนะนำให้ใช้ได้คือ

- สำหรับหัวปล่อยน้ำที่ใช้กับพืชปลูกถาวร มีระยะห่าง

พื้นที่สม่ำเสมอ $90 \leq EU \leq 94$

พื้นที่ชัน และ หรือขึ้นๆลง $88 \leq EU \leq 92$

- สำหรับหัวปล่อยน้ำที่ใช้กับพืชปลูกชิดกัน(St $\leq$ 1.5 ม.) ทั้งถาวรและกึ่งถาวร

พื้นที่สม่ำเสมอ $86 \leq EU \leq 90$

พื้นที่ชัน และ หรือขึ้นๆลง $84 \leq EU \leq 90$

- สำหรับหัวปล่อยน้ำที่ใช้กับพืชล้มลุก

พื้นที่สม่ำเสมอ $80 \leq EU \leq 90$

พื้นที่ชัน และ หรือขึ้นๆลง $70 \leq EU \leq 85$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.1 การหาลักษณะการไหลของน้ำผ่านหัวปล่อยน้ำ

ข้อพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างความดันและอัตราการไหลของน้ำจากหัวปล่อยน้ำโดยทั่วไปสำหรับหัวปล่อยน้ำลักษณะต่างๆ สามารถแสดงเป็นความสัมพันธ์ได้จากสมการ

$$q = Kd*H^x$$

ในเมื่อ

q = ปริมาณการไหลของหัวปล่อย, (ลิตร/ชม.)

Kd = ปัมประสิทธิ์หัวปล่อย

H = ความดันที่ใช้

X = เลขยกกำลัง ซึ่งขึ้นกับลักษณะการไหลของน้ำจากหัวปล่อย

ในการทดสอบได้ใช้การวัดการเก็บข้อมูลปริมาณการไหลของหัวปล่อย จากการทดสอบได้ค่าเฉลี่ยที่ 58 ลิตร / ชม.

5.2 การคำนวนออกแบบท่อแขนง

เมื่อพูดถึงท่อแขนงก็จะหมายถึงท่อที่มีหัวปล่อยน้ำติดตั้งอยู่ด้วยเสมอ โดยทั่วไปนิยมวางไว้บนผิวดินเพราะสะดวกและประหยัดค่าแรงฉะนั้นท่อส่วนมากจะทำด้วยพลาสติกยืดหยุ่นหรือที่เรียกว่าท่อ PE ทำด้วยสารโพลีเอลธีลีนชนิดความหนาแน่นต่ำ และจะต้องทึบแสงมีสีดำ เพื่อป้องกันแสงอาทิตย์ที่จะส่องผ่านทำให้เกิดตะไคร่น้ำขึ้นภายในท่อและอุดตันหัวปล่อยน้ำ สำหรับอัตราการไหลในเส้นท่อแขนงขึ้นอยู่กับหัวปล่อยน้ำที่ติดตั้งตลอดความยาวของเส้นท่อและอัตราการไหลของหัวปล่อยน้ำหาได้จากสมการ

$$Ql = \frac{1}{3600} * Ne * qa$$

ในเมื่อ

Ql = อัตราการไหลรวมในเส้นท่อแขนง , (ลิตร/วินาที)

Ne = จำนวนหัวปล่อยบนท่อแขนง

qa = อัตราการจ่ายน้ำเฉลี่ยของหัวปล่อย 58 ลิตรต่อชั่วโมง,ตารางที่3.3

$$Ql = \frac{1}{3600} * 2 * 58$$

= 0.032 ลิตร / วินาที หรือเท่ากับ 115.2 ลิตร/ชม.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2.1 การคำนวนหาขนาดท่อแขนงอย่างง่าย

เนื่องจากหัวปล่อยน้ำส่วนใหญ่ที่ใช้กันในประเทศไทย การวัดปริมาณน้ำก็อาศัยการตวงวัดและการจับเวลาครั้งละประมาณ 1 นาที เป็นอย่างน้อย หรือปริมาณที่วัดแต่ละครั้งอย่างน้อยควรไม่ต่ำกว่า 100 ซม.^{3} ฉะนั้นจะสามารถหาขนาดท่อจากข้อกำหนดดังกล่าวได้จาก

สมการ

$$D = 2.52\ (QI)^{0.5}$$

ในเมื่อ

QI = อัตราการไหลรวมในเส้นท่อแขนง, (ลิตร/วินาที)

D = เส้นผ่าศูนย์กลางภายในท่อขนาดที่เล็กที่สุดที่ใช้ได้, ซม.

D = $2.52\ (0.032)^{0.5}$

= 0.45 ซม

5.3 การคำนวนออกแบบท่อประธานย่อย

ท่อประธานย่อยคือท่อหัวแปลงที่มีท่อแขนงต่อแยกออก อาจจะแยกออกไปข้างใดข้างหนึ่งของท่อประธานย่อย หรืออาจแยกทั้งสองข้างก็ได้ การไหลของน้ำในท่อประธานย่อยและท่อแขนงจะมีลักษณะไม่คงที่ แต่ปริมาณน้ำที่ไหลในท่อ จะเปลี่ยนแปลงไปตามปริมาณน้ำที่ออกจากหัวปล่อยน้ำที่ระยะต่างๆ ฉะนั้นปริมาณน้ำที่ไหลในท่อจะลดลงตามระยะความยาวท่อ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของท่อประธานย่อยคงที่เท่ากันตลอดความยาว หาได้จาก

สมการ

$$Qi = \frac{Q}{L}(L\text{-}I)$$

ในเมื่อ

Qi = อัตราการไหลที่ระยะ1จากทางเข้า, (ลิตร/วินาที)

Q = อัตราการไหลที่ทางเข้า, (ลิตร/วินาที)

L = ความยาวทั้งหมดของท่อ (เมตร)

I = ระยะจากทางเข้าถึงจุดใดๆ, (เมตร)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.4 ค่าความดันที่ยอมให้แตกต่างกันได้ในระบบ , (ΔHs)

สำหรับการออกแบบระบบการชลประทานแบบหยด ที่ใช้หัวปล่อยน้ำชนิดที่ปรับปริมาณการไหลของน้ำไม่ได้ (หัวMicro Sprinkler) ถ้าความดันในท่อแตกต่างกันมาก อัตราการไหลของหัวปล่อยน้ำต่างๆ ที่ติดบนท่อแขนงก็จะแตกต่างกันไปมากเช่นกัน ฉะนั้นเพื่อที่จะทำให้การออกแบบมีประสิทธิภาพ การกระจายน้ำให้ให้อย่างสม่ำเสมอตามที่กำหนดนั้น ก็จำเป็นต้องควบคุมหรือออกแบบให้มีค่าความดันที่แตกต่างกัน เกิดขึ้นในช่วงที่ยอมรับได้ โดยมีสมการดังนี้

สมการ

$$\Delta Hs \leq 2.5\ (ha - hn)$$

ในเมื่อ

ΔHs = ความดันแตกต่างที่ยอมให้เกิดขึ้นได้ โดยจะทำให้ค่า EU ใกล้เคียงกับค่าที่ใช้พิจารณาออกแบบ, เมตร

ha = ความดันซึ่งจะให้ค่าอัตราการไหลเฉลี่ย qa ตามที่ต้องการใช้

hn = ความดันซึ่งจะให้ค่า qn สำหรับค่า EU ที่ออกแบบ

ดังนั้นเพื่อที่จะทำให้ได้ค่า EU ตามที่ออกแบบ ความดันจะต้องอยู่ระหว่าง hn และ Hm หรือ (hn + ΔHs) ทั้งนี้รวมความแตกต่างของระดับพื้นที่ด้วย โดยปกติเพื่อการออกแบบที่ประหยัดจะกำหนดว่า

$\Delta Hl = 0.55\ \Delta Hs$ หรือ $\Delta Hl = 0.50\ \Delta Hs$

$\Delta Hm = 0.45\ \Delta Hs$ หรือ $\Delta Hm = 0.50\ \Delta Hs$

ในเมื่อ

ΔHl = ค่าการสูญเสียความดันในระบบของท่อแขนง

ΔHm = ค่าการสูญเสียความดันในระบบของท่อประธานย่อย

ในการหาผลรวมของเฮดทั้งหมด (H) ที่มีในระบบได้แก่

- เฮดที่ต้องการที่หัวปล่อยน้ำ สำหรับหัวแบบ Rotate
- เฮดการสูญเสียในท่อแขนงเนื่องจากความฝืด
- เฮดการสูญเสียในท่อประธานเนื่องจากความฝืด
- เฮดการสูญเสียที่เครื่องกรอง ไม่คิดเนื่องจากไม่ได้ติดตั้งเครื่องกรอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 14 การออกแบบและติดตั้ง ท่อประธานย่อย และ ท่อ แขนง

5.5 การคำนวณหาการสูญเสียพลังงานในท่อแขนงของระบบสปริงเกอร์แบบหัว(Micro Sprinkler)

เมื่อจำนวนหัวMicro Sprinkler ทั้งหมด	= 16 หัว
ค่าของการสูญเสียพลังงานคูณด้วย	= 0.47
อัตราการไหลของน้ำทั้งหมดในท่อแขนง	= 58.57 ลิตร/ชั่วโมง
กำหนดใช้ท่อย่อยขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง	= 16 มิลลิเมตร (ชนิด PE)
จากตารางความเสียดทานของท่อ	= 52.12 เมตร / 10 เมตร
แรงดันที่ต้องการที่หัวฉีด	= 1.5 บรรยากาศ = 24 เมตร
20 เปอร์เซ็นต์ของแรงดันที่หัวฉีด	= (20 / 100) ×15 = 3 เมตร
การสูญเสียแรงดันในท่อย่อยยาว12 เมตร	= (52.12/10) × 12 = 62.544
การสูญเสียแรงดันที่เกิดขึ้นจริงในท่อแขนง	= 0.47 × 62.544 = 29.39 เมตร

5.6 การออกแบบทางชลศาสตร์ท่อประธาน

ความยาวท่อประธานทั้งหมด	= 10 เมตร
ใช้ท่อขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง	= 25 มิลลิเมตร (ท่อ PE)
อัตราการไหลของน้ำทั้งหมดในท่อประทาน	= 132.72 ลิตร /ชั่วโมง
จากตารางความเสียดทานของท่อ	= 18.72 เมตร / 10 เมตร
การสูญเสียแรงดันในท่อย่อยยาว10 เมตร	= (18.72/10) × 10 = 18.72

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.7 การสูญเสียพลังงานเนื่องจากการเปลี่ยนขนาดท่อและข้อต่อ ข้องอวาล์ว

ท่องอ 90 PVC 1นิ้ว จำนวน 3 ตัว	= 0.456 × 3	= 1.368 เมตร
สามทาง PE ขนาด 25 มิลลิเมตร 3 ตัว	= 0.0762 × 3	= 0.228 เมตร
สามทาง PE ขนาด 16 มิลลิเมตร21 ตัว	= 0.0762 × 21	= 1.6002 เมตร
ท่อลดขนาด 25-16 มิลลิเมตร (ชนิด PE)	= 0.521 × 3	= 1.563 เมตร
รวม		= 4.7592 เมตร

5.8 ค่าการสูญเสียทั้งหมด

แรงดันที่ต้องการที่หัวฉีด 1.5 บรรยากาศ	= 24 เมตร
แรงดันที่สูญเสียในท่อแขนง	= 54.065 เมตร
แรงดันที่สูญเสียในท่อประธาน	= 18.72 เมตร
แรงดันที่สูญเสียในอุปกรณ์ต่างๆ	= 4.7592 เมตร
รวมแรงดันที่สูญเสีย	= 101.535 เมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ค่าความเสียดทานของท่อเป็นเมตรต่อความยาวท่อ 10 เมตร

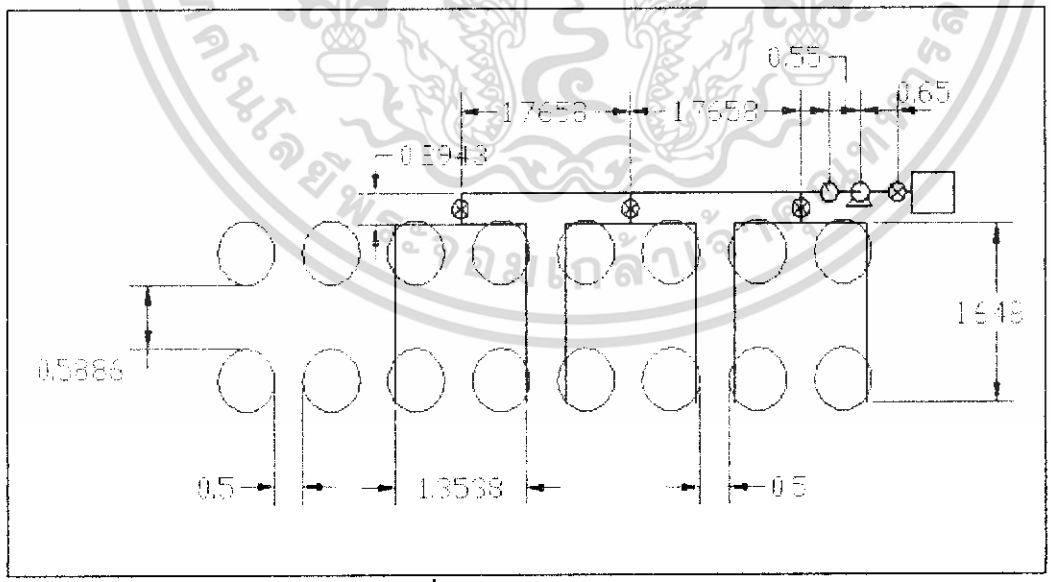
สำหรับท่อ LDPE PN 4 สีดำ

ปริมาณน้ำ	ขนาดท่อ (ม.ม.)						
ลิตร/นาที	16	20	25	32	40	50	63
1	0.03						
2	010	0.03					
3	0.20	0.06					
4	0.35	0.11	0.03				
5	0.52	0.17	0.04				
6	0.73	0.23	0.05				
7	0.97	0.31	0.07				
8	1.25	0.40	0.09	0.03			
9	1.55	0.49	0.12	0.03			
10	1.89	0.60	0.14	0.04			
12	2.65	0.84	0.20	0.06	0.02		
14	3.52	1.12	0.26	0.08	0.02		
16	4.51	1.43	0.34	0.10	0.03		
18	5.61	1.78	0.42	0.12	0.03		
20	6.81	2.16	0.51	0.15	0.04		
22	8.13	2.58	0.61	0.17	0.05	0.02	
24	9.55	3.03	0.71	0.20	0.06	0.02	
26	11.08	3.52	0.83	0.24	0.06	0.02	
28	12.71	4.03	0.95	0.27	0.07	0.03	
30	14.44	4.58	1.08	0.31	0.08	0.03	
35	19.21	6.10	1.44	0.41	0.11	0.04	
40	24.60	.781	1.84	0.53	0.14	0.05	0.02
45	30.59	9.71	2.29	0.65	0.18	0.06	0.02
50	30.18	11.81	2.78	0.79	0.22	0.07	0.02
55	44.36	14.09	3.32	0.95	0.26	0.09	0.03
60	52.12	16.55	3.90	1.11	0.30	0.10	0.03

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.9 ราคางานของระบบ

การคำนวณราคาลงทุน			
รายละเอียดอุปกรณ์	จำนวน	ราคา/หน่วย	ราคารวม
ท่อดูด ใช้ท่อ PVC ขนาด 2 นิ้ว	1 เส้น	60	60
เกจวาล์ว	1	40	40
บอลวาล์ว ขนาด 16 มิลลิเมตร	4	20	120
ท่อประทาน ช้ท่อขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง25 มิลลิเมตร (ท่อ PE)	10 เมตร	90	900
ท่อแขนง ใช้ท่อขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง16 มิลลิเมตร (ชนิด PE)	36 เมตร	70	2520
หัวน้ำหยดปรับอัตราการจ่ายได้	36	4.5	162
หัวแบบ Rotate	4	7	28
หัวแบบ Spay	4	7	28
ข้อต่อสามทาง เส้นผ่าศูนย์กลาง16 มิลลิเมตร (ชนิด PE)	21	8	168
ท่อลดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 25-16 มิลลิเมตร (ชนิด PE)	3	15	45
ท่องอ 90 PVC เส้นผ่าศูนย์กลาง 1นิ้ว	3	8	24
ข้อต่อสามทาง เส้นผ่าศูนย์กลาง 25 มิลลิเมตร	3	10	30
รวม			4125



ภาพที่ 15 แผนผังการวางระบบท่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. Discharge of each sprinkler

เมื่อคิดค่าที่มีความเกี่ยวข้อง และ ค่าระยะการกระจายน้ำของหัว Sprinkler ที่มีผลต่อหัว Sprinkler เราจะสามารถคำนวนหา ค่าความประสิทธิภาพของ Sprinkler ได้จาก

สมการ

$$q = S_l S_m r$$

ในเมื่อ

q = discharge of each sprinkler, (ลิตร/ชม.)

S_l = ระยะการกระจายด้านข้าง, แสดงที่ตาราง 3.6

S_m = ระยะการกระจายช่องระหว่างเส้น, แสดงที่ตาราง 3.6

r = อัตราการไหล, (ลิตร/ชม.)

q = 0.45*0.6*58

= 15.66 ลิตร/ชม.

ตารางที่ 4.1 ค่าสูงสุดและต่ำสุด ของความดัน Sprinkler

	ค่าเปอร์เซนต์ ในช่วงของเส้นผ่าศูนย์กลาง	
ความเร็วลม (km/h)	S_l %	S_m %
0	50	65
6 หรือน้อยกว่า	45	60
7-12	40	50
13 หรือมากกว่า	30	30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. การคำนวนหาขนาดของเครื่องสูบน้ำ

ข้อมูลที่ต้องการสำหรับหาขนาดของเครื่องสูบน้ำได้แก่ อัตราการไหลของน้ำที่ต้องการทั้งระบบ และผลรวมของเฮดทั้งหมดที่คำนวนได้ สำหรับเครื่องสูบน้ำนั้นแยกเป็นตัวปั้มน้ำและเครื่องให้พลังงานอันได้แก่ เครื่องยนต์หรือมอเตอร์ไฟฟ้า เป็นต้น

ฉะนั้นขั้นแรกในการคำนวนขนาดของเครื่องสูบน้ำนั้นจะต้องคำนวนหาอัตราการไหลทั้งหมดของระบบที่ออกแบบไว้แล้ว โดยสามารถคำนวนหาขนาดของเครื่องสูบน้ำได้จาก

สมการ

$$\mathbf{HP} = \frac{Q}{Eff} * \mathbf{H}$$

ในเมื่อ

Hp = กำลังของเครื่องที่จะฉุดปั้มน้ำ, (Hp)

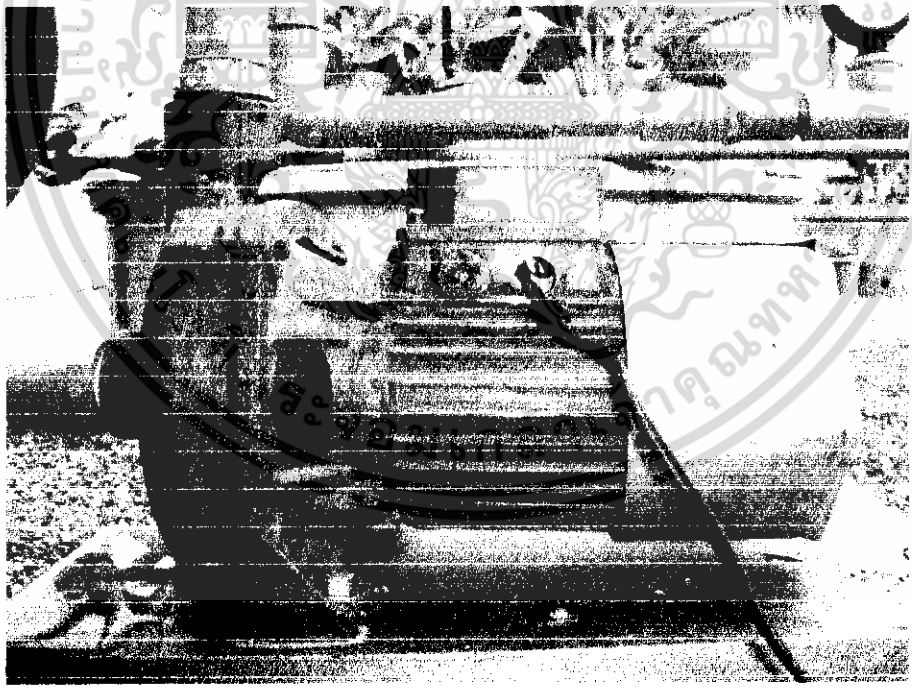
Q = อัตราการไหลทั้งหมด ได้0.032, (ลิตร/วินาที)

Eff = ประสิทธิภาพของเครื่องสูบน้ำ กำหนดที่ 80 %

H = ผลรวมของความยาวท่อทั้งหมด, (เมตร)

$$Hp = \frac{0.032}{0.8} * 27$$

= 1.08 Hp



ภาพที่ 16 ปั้มน้ำที่ติดตั้งให้แก่ระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8. การติดตั้งและทดลอง

ทำการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) ใช้วิธีการทดลอง (Treatment) ทั้งหมด 3 วิธีการ แต่ละวิธีการแบ่งออกเป็น 4 ซ้ำ ซึ่งมีวิธีการดังนี้คือ

กลุ่มที่1 การให้น้ำแบบหัว Micro Sprinkler (T1)

กลุ่มที่2 การให้น้ำแบบหัว Micro Sprinkler (T2)

กลุ่มที่3 การให้น้ำแบบหัว Micro Sprinkler (T3)

โดยแต่ละวิธีการจะปลูกคะน้าในบ่อซีเมนต์ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1 เมตร โดยทำการทดลอง 2 ครั้ง จะทำการติดตั้งระบบ การให้น้ำแบบหัว Micro Sprinkler เพื่อทำการทดสอบหาค่าประสิทธิภาพว่า ระบบมีความเหมาะสมสำหรับการปลูกพืชคะน้ามากที่สุดหรือไม่ โดยทำการทดสอบที่โรงเรือนของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังคณะเทคโนโลยีการเกษตร การทดลองนี้มีปัจจัยการผลิตที่ใช้ดังนี้ เมล็ดพันธุ์คะน้า บ่อซีเมนต์สำหรับปลูกพืช ดินปุ๋ยหมักชีวะมวล ปุ๋ยชีวะมวล ท่อPVC และท่อ PE หัวสปริงเกอร์ การติดตั้งระบบจะทำการวางท่อประธานโดยจะใช้ท่อ PE ขนาด 25 มิลลิเมตร ความยาว 9 เมตร และท่อรองประธาน PE ขนาด 16 มิลลิเมตร ความยาว4.5 เมตร ต่อการให้น้ำในแต่ละวิธีการ และ ท่อย่อยอีก 3.6 เมตร ในการเก็บและเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีการให้ น้ำ จะทำการเปรียบเทียบจาก ค่าของผลผลิตที่ได้ (คะน้า) โดยจะเทียบกับ น้ำหนักสด ค่าความสูงของลำต้น โดยจะทำการเพาะต้นกล้าในกระบะเพาะต้นกล้าเป็นเวลา 14 วัน จากนั้นจะทำการย้ายลงสู่บ่อซีเมนต์ ทำการวัดค่าความเจริญเติบโตทั้งหมด 4 ครั้ง โดยทำการวัด หลังจากนำต้นกล้าลงสู่บ่อซีเมนต์แล้ว จะทำการวัดวันที่ 21 28 35 และ 42 วัน จากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาทำการคำนวณทางหลัก สถิติ ด้วยโปรแกรม Sirichai Statistics จากนั้นนำค่าที่ได้จากการวิเคราะห์แล้วมาตรวจสอบว่าระบบวิธีการได้เหมาะสมสำหรับการให้น้ำพืชคะน้า เมื่อได้ระบบที่เป็นน่าพอใจแล้วก็จะทำการทดสอบอีกครั้งหนึ่งเป็นการเสร็จสิ้นกระบวนการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 17 การติดตั้งระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุป

การศึกษาเกี่ยวกับการพัฒนาระบบชลประทานการให้น้ำแบบ สปริงเกอร์ ให้ดีขึ้น สำหรับพืชอินทรีย์ได้เลือกใช้ระบบหัว หัว แบบ Rotateจากผลลัพท์ที่ได้สามารถนำมาประเมินค่าในการออกแบบ ติดตั้ง และ ดัดแปลงระบบผลที่ได้จากการประเมินจากระบบจะถูกนำมาเปรียบเทียบกับระบบที่มีอยู่ โดยข้อมูลที่ได้จะเป็นข้อมูล สำหรับใช้พัฒนาระบบ การให้น้ำระบบหัว แบบ Rotate รายละเอียดและข้อมูลที่สำคัญมีดังนี้

ตาราง 5.1 แสดงข้อมูลเบื้องต้น

	ระบบหัว Micro Sprinkler
ขนาดพื้นที่ทั้งหมด (ตารางเมตร)	9.42
จำนวนต้นคะน้า (ต้น)	192
ความยาวท่อประธาน (เมตร)	10
ความยาวท่อแขนง (เมตร)	52.12
เส้นผ่าศูนย์กลางท่อประธาน(มิลลิเมตร)	25
เส้นผ่าศูนย์กลางท่อแขนง(มิลลิเมตร)	16
ระยะห่างระหว่างแถว (เมตร)	0.15
ระยะห่างระหว่างต้นคะน้า (เมตร)	0.15
จำนวนท่อแขนง (เส้น)	6
ปริมาณถังเก็บน้ำ (ลูกบาศเมตร)	1.6
ความสูงถังเก็บน้ำ (เมตร)	0.2
กำลังเครื่องสูบน้ำ (แรงม้า)	2

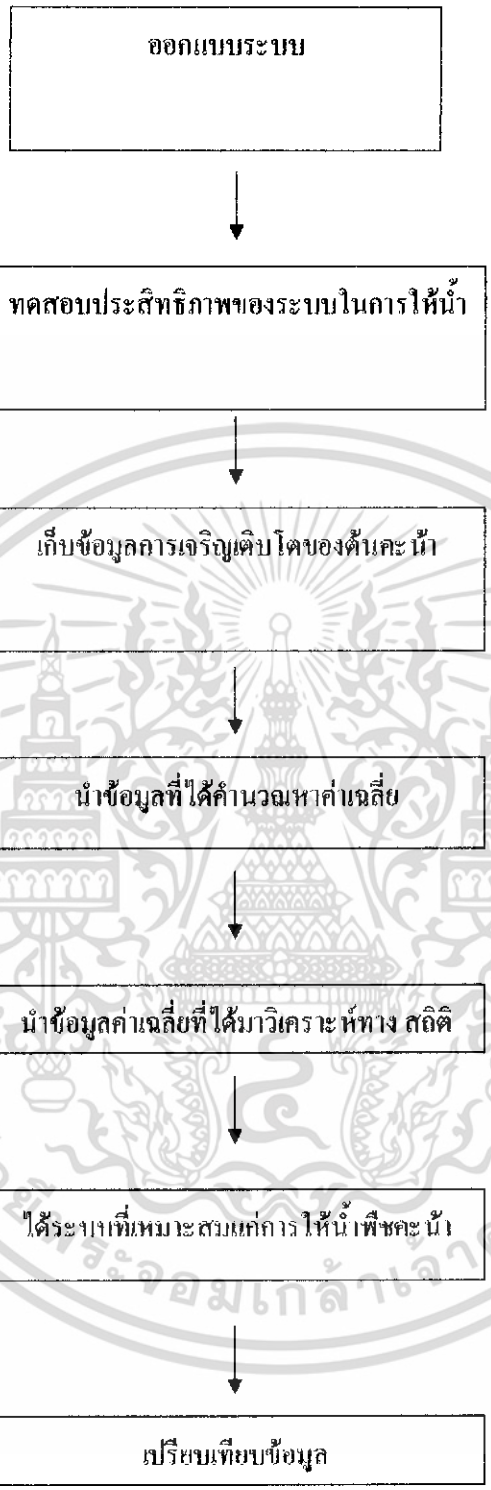
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง 5.2 แสดงค่าอัตราการจ่ายน้ำต่างๆ

	ระบบหัว Micro Sprinkler
อัตราการจ่ายน้ำ (ลิตร/ชั่วโมง)	58
ปริมาณน้ำที่ไหลออกจากปลายท่อแขนง ท่อที่ 1 (ลิตร/ชั่วโมง)	576
ปริมาณน้ำที่ไหลออกจากปลายท่อแขนง ท่อที่ 2(ลิตร/ชั่วโมง)	528
ปริมาณน้ำที่ไหลออกจากปลายท่อแขนง ท่อที่ 3(ลิตร/ชั่วโมง)	264
ปริมาณน้ำที่ไหลออกจากปลายท่อแขนง ท่อที่ 4(ลิตร/ชั่วโมง)	240
ปริมาณน้ำที่ไหลออกจากปลายท่อแขนง ท่อที่ 5(ลิตร/ชั่วโมง)	216
ปริมาณน้ำที่ไหลออกจากปลายท่อแขนง ท่อที่ 6(ลิตร/ชั่วโมง)	210
แรงดันน้ำที่ปลายท่อแขนงท่อ ท่อที่ 1 (บาร์)	1.59
แรงดันน้ำที่ปลายท่อแขนงท่อ ท่อที่ 2 (บาร์)	1.52
แรงดันน้ำที่ปลายท่อแขนงท่อ ท่อที่ 3 (บาร์)	1.48
แรงดันน้ำที่ปลายท่อแขนงท่อ ท่อที่ 4 (บาร์)	1.47
แรงดันน้ำที่ปลายท่อแขนงท่อ ท่อที่ 5 (บาร์)	1.45
แรงดันน้ำที่ปลายท่อแขนงท่อ ท่อที่ 6 (บาร์)	1.43
ระยะเวลาที่เปิดให้น้ำแต่ละครั้ง(นาที)	6.4
ช่วงเวลาระยะห่างในการให้น้ำ(วัน)	1.6
ค่าการใช้น้ำของพืชอ้างอิง(มิลลิเมตร/วัน)	2.4
ปริมาณน้ำที่ต้องให้แก่พืชทั้งหมด(มิลลิเมตร)	2.96
อัตราการไหลของน้ำที่จ่ายจากหัว Micro Sprinkler (ลิตร/ชั่วโมง)	1.85
ปริมาณที่ต้องจ่ายทั้งระบบ(ลิตร/ชั่วโมง)	12.55
ความสม่ำของการจ่ายน้ำ, EU (emission uniformity)	98.29

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนการทดลองหาประสิทธิภาพระบบการให้น้ำพืชคะน้า



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง 5.3 แสดงค่าประสิทธิภาพของหัวจ่ายน้ำ

	ประสิทธิภาพของหัว Micro Sprinkler (%)
หัวแบบ Rotate1	83.924
หัวแบบ Rotate2	82.857
หัวแบบ Rotate3	83.571
หัวแบบ Rotate4	81.428

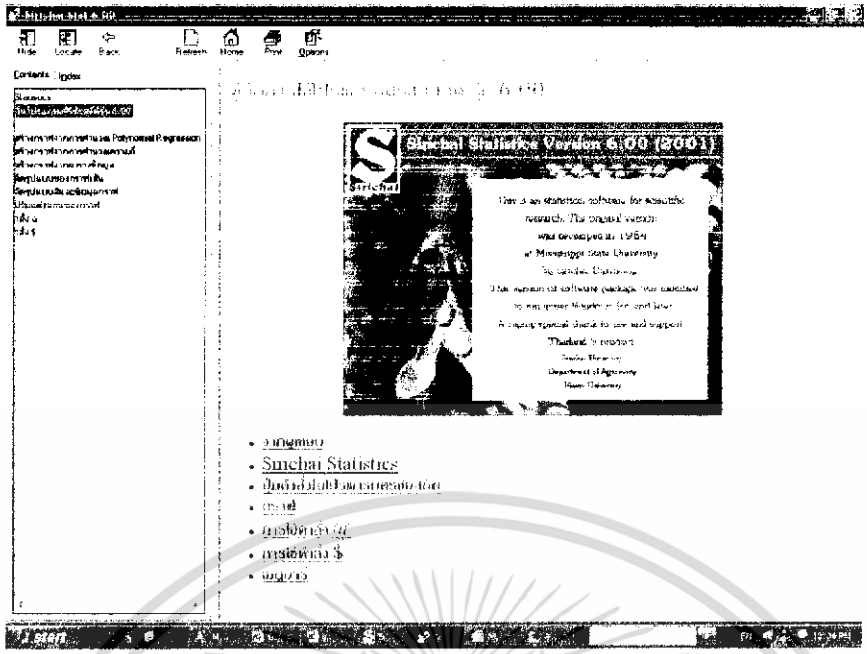
การใช้งานโปรแกรม Sirichai Statistics เป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์ เพื่อการวิจัยทางสถิติและคณิตศาสตร์ พัฒนาขึ้นเพื่อการทำงานในระบบ Windows95 Windows98 Windows ME และ Windows XP และ เพื่อให้การทำงานของโปรแกรมสถิติฯ เป็นไปอย่างถูกต้อง โปรดปรับแต่งการแสดงผลของจอภาพดังนี้

- ตั้งขนาดของสีที่ 16 K หรือ ที่ True Color (24 bits)
- Resolution 1020 x 768 pixels และ Large Fonts (120 dpi)

โปรแกรมสถิติฯ เป็นโปรแกรมที่มีการใช้หน่วยความจำที่สูงและขั้นตอนในการคำนวณจำนวนมาก ดังนั้น ชนิดและความสามารถของ CPU ของคอมพิวเตอร์จึงมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการทำงาน ซึ่งควรจะประกอบด้วย

- CPU ที่มีความเร็ว 300 MHz หรือมากกว่า
- RAM 64K ขึ้นไป
- หน่วยความจำของ VGA มากกว่า 32 MB
- Hard disk มีพื้นที่ว่างมากกว่า 500 MB

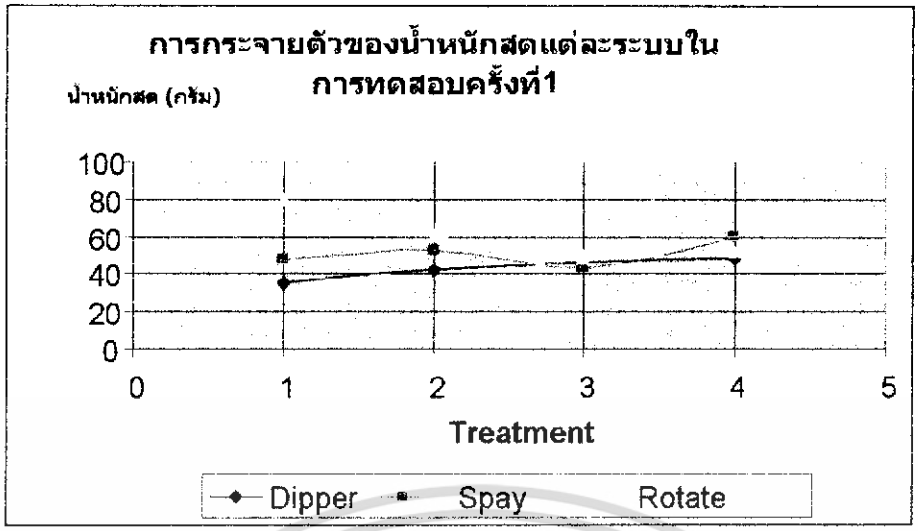
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 18 การใช้งานโปรแกรม Sirichai Statistics

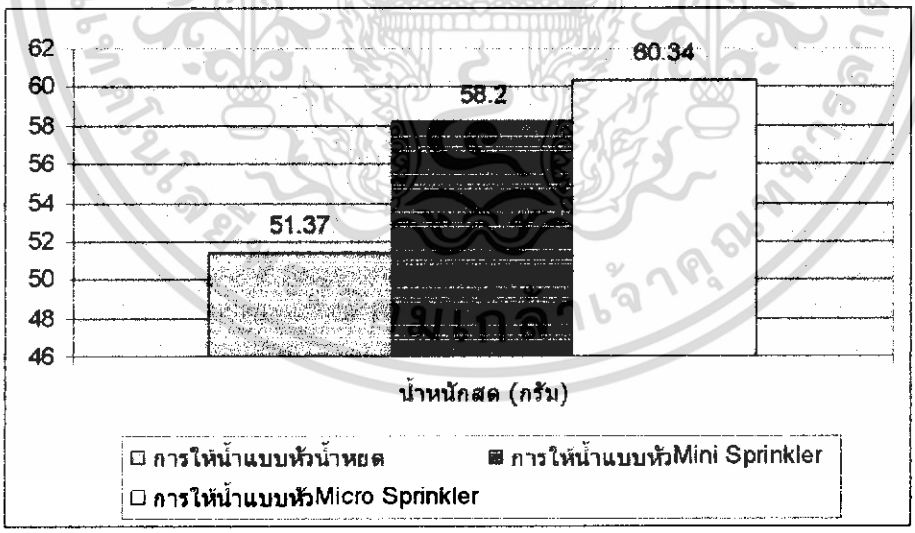
ภาพที่ 19 การวัดความสูงเพื่อเก็บข้อมูลค่าการเจริญเติบโต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

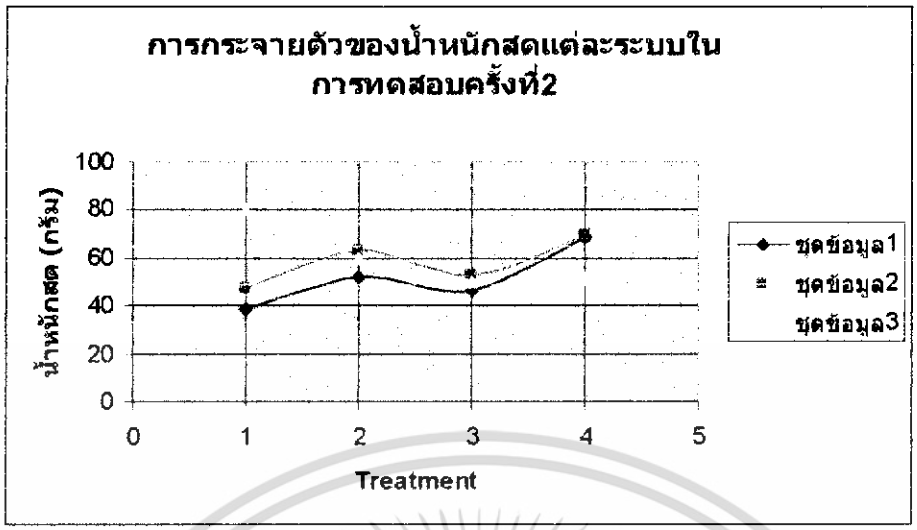


ตาราง 5.4 ค่าน้ำหนักสดคะน้าของคะน้าที่อายุ 42 วัน จากการทดลองครั้งที่1

วิธีการ	น้ำหนักสดของคะน้า (กรัม)
การให้น้ำแบบหัวน้ำหยด	51.37
การให้น้ำแบบหัวSpay	58.20
การให้น้ำแบบหัว Rotate	60.34
C.V. (%)	18

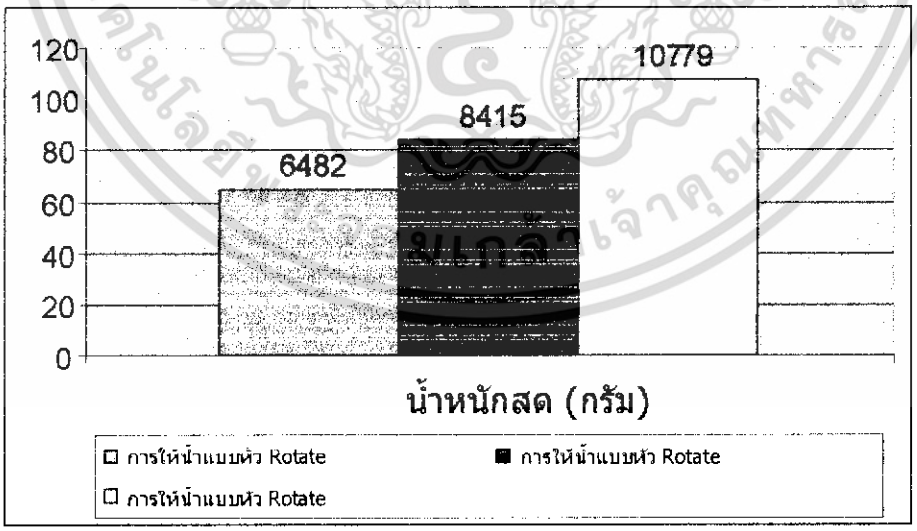


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ตาราง 5.5 ค่าน้ำหนักสดของคะน้า ที่อายุ 42 วัน ในการทดลองครั้งที่ 2

วิธีการ	น้ำหนักสดของคะน้า (กรัม)
การให้น้ำแบบหัว RotateT1	64.82
การให้น้ำแบบหัวRotateT2	84.15
การให้น้ำแบบหัว RotateT3	107.79
C.V. (%)	18.2



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการทดสอบสามารถกล่าวได้ว่าการให้น้ำระบบแบบ Rotate แก่พืชอินทรีย์ (คะน้า) ได้แสดงค่า การเปรียบเทียบประสิทธิภาพออกมาในรูปของการเจริญเติบโตของพืชโดยผลและค่าที่ได้ สามารถกล่าวได้ว่า การใช้งาน การให้น้ำระบบแบบ rotate แก่พืชอินทรีย์ (คะน้า) ให้ผลการเจริญเติบโตในเกรณ์ที่ดี และมีความเหมาะสมที่จะนำไปใช้ติดตั้งในการเกษตรกรรมได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

ผศ.ดร. วัชระ เพิ่มชาติ. 2543. **เครื่องสูบในงานวิศวกรรม**. พิมพ์ครั้งที่1.กรุงเทพฯ : ห้างหุ้นส่วนจำกัด วีเจ พริ้นติ้ง.

ชีรวรรธก์ มั่นกิจ และคณะ. คู่มืออบรม ระบบการให้น้ำชลประทาน. ศูนย์ส่งเสริมจักรกลเกษตร จังหวัดพิษณุโลก .

รศ. มนตรี ค้ำชู.2540. **หลักการชลประทานแบบหยด การออกแบบและการแก้ปัญหา.** กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สุรีย์ สอนสมบูรณ์ . 2519. **คู่มือ เกษตรชลประทาน.** กรุงเทพฯ : รุ่งเรืองสานส์นการพิมพ์

วิบูลย์ บุญยโรคุล.2526. **หลักการชลประทาน**. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์เอเชีย

ชารี ภูมิสิงห์.2547. "การปลูกคะน้าปลอดภัยสารพิษ (GAP), ปลอดสารพิษ (PFP), และเกษตรอินทรีย์ (Organic Agriculture)" . ปัญหาพิเศษปริญญาตรี , ภาควิชาเทคโนโลยีการจัดการศัตรูพืช , คณะเทคโนโลยีการเกษตร, สถาบันพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

นครินทร์ ใจเดช และคณะ.2541. " อุปกรณ์ให้น้ำพืชอัตโนมัติควบคุมโดยคอมพิวเตอร์ " . วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเกษตร บัณฑิตวิทยาลัย, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

Jack Keller and Ron D. Blisner.1990." SPRINKLE AND TRICKLE IRRIGATION " , an avi book , Published Van Nostrand Reinhold , New york .

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง 2.1.1 Saturated Vapour Pressure (eas) in mbar as function of Mean Air Temperature (C)

Temperature(c)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
eas (mbar)	6.1	6.6	7.1	7.6	8.1	8.7	9.3	10	10.7	11.5	12.3	13.1	14	15	16.1	17	18.2	19.4	20.6	22	23.4

Temperature(c)	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
eas (mbar)	24.9	26.4	28.1	29.8	31.7	33.6	35.7	37.8	40.1	42.4	44.9	47.6	50.3	53.2	56.2	59.4	62.8	66.3	69.9	74

ตาราง 2.2.2 Values of Weight Factor (W) for effect of Radiation on ETO at different Temperature and altitude

Temperature (C)	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40
W at altitude (m)																				
0	0.43	0.46	0.49	0.52	0.55	0.58	0.61	0.64	0.66	0.69	0.71	0.73	0.75	0.77	0.78	0.80	0.82	0.83	0.84	0.85
500	0.44	0.48	0.51	0.54	0.57	0.60	0.62	0.65	0.67	0.70	0.72	0.74	0.76	0.78	0.79	0.81	0.82	0.83	0.84	0.85
1000	0.46	0.49	0.52	0.55	0.58	0.61	0.64	0.66	0.69	0.71	0.73	0.75	0.77	0.79	0.80	0.82	0.83	0.85	0.86	0.87
2000	0.49	0.52	0.55	0.58	0.61	0.64	0.66	0.69	0.71	0.73	0.75	0.77	0.79	0.81	0.82	0.84	0.85	0.86	0.87	0.88
3000	0.52	0.55	0.58	0.61	0.64	0.66	0.69	0.71	0.73	0.75	0.77	0.79	0.81	0.82	0.84	0.85	0.86	0.87	0.88	0.89
4000	0.54	0.58	0.61	0.64	0.66	0.69	0.71	0.73	0.75	0.77	0.79	0.81	0.82	0.84	0.85	0.86	0.87	0.89	0.90	0.90

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง 2.2.3 Mean Daily Duration of Maximum Possible sunshine Hour (N) for Different months and Latitudes

Nortern Latitude Soutern Latitude	Jan July	Feb Aug	Mar Seps	Apr Oct	May Nov	June Dec	July Jan	Auq Feb	Seps Mar	Oct Aps	Nov May	Dec June
50 degree	8.5	10.1	11.8	13.8	15.4	16.3	15.9	14.5	12.7	10.8	9.1	8.1
48	8.8	10.2	11.8	13.6	15.2	16.0	15.6	14.3	12.6	10.9	9.3	8.3
46	9.1	10.4	11.9	13.5	14.9	15.7	15.4	14.2	12.6	10.9	9.5	8.7
44	9.3	10.5	11.9	13.4	14.7	15.4	15.2	14.0	12.6	11.0	9.7	8.9
42	9.4	10.6	11.9	13.4	14.6	15.2	14.9	13.9	12.6	11.1	9.8	9.1
40	9.6	10.7	11.9	13.3	14.4	15.0	14.7	13.7	12.5	11.2	10.0	9.3
35	10.1	11.0	11.9	13.1	14.0	14.5	14.3	13.5	12.4	11.3	10.3	9.8
30	10.4	11.1	12.0	12.9	13.6	14.0	13.6	13.2	12.4	11.5	10.6	10.2
25	10.7	11.3	12.0	12.7	13.3	13.7	13.5	13.0	12.3	11.6	10.9	10.6
20	11.0	11.2	12.0	12.6	13.1	13.3	13.2	12.8	12.3	11.7	11.2	10.9
15	11.3	11.6	12.0	12.5	12.8	13.0	12.9	12.6	12.2	11.8	11.4	11.2
10	11.6	11.8	12.0	12.	12.6	12.7	12.6	12.4	12.1	11.8	11.6	11.5
5	11.8	11.9	12.0	12.2	12.3	12.4	12.3	12.3	12.1	12.0	11.9	11.8
0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง 2.2.4 Extra terrestrial Radiation (Ra) expressed in equivalent evaporation in mm/day

Northern Hemisphere									Southern Hemisphere								
Jan	Feb	Mar	Aps	May	June	July	Aug	Lat	Jan	Feb	Mar	Aps	May	June	July	Aug	
Sept	Oct	Nov	Dec						Sept	Oct	Nov	Dec					
3.8	6.1	9.4	12.7	15.8	17.1	16.4	14.1	50	17.5	14.7	10.9	7.0	4.2	3.1	3.5	5.5	8.9
10.9	7.4	4.5	3.2						12.9	16.5	18.2						
4.3	6.6	9.8	13.0	15.9	17.2	16.5	14.3	48	17.6	14.9	11.2	7.5	4.7	3.5	4.0	6.0	9.3
11.2	7.8	5.0	3.7						13.2	16.6	18.2						
4.9	7.1	10.2	13.3	16.0	17.2	16.6	14.5	46	17.7	15.1	11.5	7.9	5.2	4.0	4.4	6.5	9.7
11.5	8.3	5.5	4.3						13.4	16.7	18.3						
5.3	7.6	10.6	13.7	16.1	17.2	16.6	14.7	44	17.8	15.3	11.9	8.4	5.7	4.4	4.9	6.9	
11.9	8.7	6.0	4.7						10.2	13.7	16.7	18.3					
5.9	8.1	11.0	14.0	16.2	17.3	16.7	15.0	42	17.8	15.5	12.2	8.8	6.1	4.9	5.4	7.4	
12.2	9.1	6.5	5.2						10.6	14.0	16.8	18.3					
6.4	8.6	11.4	14.3	16.4	17.3	16.7	15.2	40	17.9	15.7	12.5	9.2	6.6	5.3	5.9	7.9	
12.5	9.6	7.0	5.7						11.0	14.2	16.9	18.3					
6.9	9.0	11.8	14.5	16.4	17.2	16.7	15.3	38	17.9	15.8	12.8	9.6	7.1	5.8	6.3	8.3	
12.8	10.0	7.5	6.1						11.4	14.4	17.0	18.3					
7.4	9.4	12.1	14.7	16.4	17.2	16.7	15.4	36	17.9	16.0	13.2	10.0	7.5	6.3	6.8	8.8	
13.1	10.6	8.0	6.6						11.7	14.6	17.0	18.2					
7.9	9.8	12.4	14.8	16.5	17.1	16.8	15.5	34	17.8	16.1	13.5	10.5	8.0	6.8	7.2	9.2	
13.4	10.8	8.5	7.2						12.0	14.9	17.1	18.2					
8.3	10.2	12.8	15.0	16.5	17.0	16.8	15.6	32	17.8	16.2	13.8	10.9	8.5	7.3	7.7	9.6	
13.6	11.2	9.0	7.2						12.4	15.1	17.2	18.1					
8.8	10.7	13.1	15.2	16.5	17.0	16.8	15.7	30	17.8	16.4	14.0	11.3	8.9	7.8	8.1	10.1	
13.9	11.6	9.5	8.3						12.7	15.3	17.3	18.1					
9.3	11.1	13.4	15.3	16.5	16.8	16.7	15.7	28	17.7	16.4	14.3	11.6	9.3	8.2	8.6	10.4	
14.1	12.0	9.9	8.8						13.0	15.4	17.2	17.9					

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9.8	11.5	13.7	15.3	16.4	16.7	16.6	15.7	26	17.6	16.4	14.4	12.0	9.7	8.7	9.1	10.9			
14.3	12.3	9.9	8.8						13.2	15.5	17.2	17.8							
10.2	11.9	13.9	15.4	16.4	16.6	16.5	15.8	24	17.5	16.5	14.6	12.3	10.2	9.1	9.5	11.2			
14.5	12.6	10.7	9.7						13.4	15.6	17.1	17.7							
10.7	12.3	14.2	15.5	16.3	16.4	16.4	15.8	22	17.4	16.5	14.8	12.6	10.6	9.6	10.0	11.6			
14.6	13.0	11.1	10.2						13.7	15.7	17.0	17.5							
11.2	12.7	14.4	15.6	16.3	16.4	16.3	15.9	20	17.3	16.5	15.0	13.0	11.0	10.0	10.4	12.0			
14.8	13.3	11.6	10.7						13.9	15.8	17.0	17.4							
11.6	13.0	14.6	15.6	16.1	16.1	16.1	15.8	18	17.1	16.5	15.1	13.2	11.4	10.4	10.8	12.3			
14.9	13.6	12.0	11.1						14.1	15.8	16.8	17.1							
12.0	13.3	14.7	15.6	16.0	15.9	15.9	15.7	16	16.9	16.4	15.2	13.5	11.7	10.8	11.2	12.6			
15.0	13.9	12.4	11.6						14.3	15.8	16.7	16.8							
12.4	13.6	14.9	15.7	15.8	15.7	15.7	15.7	14	16.7	16.4	15.3	13.7	12.1	11.2	11.6	12.9			
15.1	14.1	12.8	12.0						14.5	15.8	16.5	16.6							
12.8	13.9	15.1	15.7	15.7	15.5	15.5	15.6	12	16.6	16.3	15.4	14.0	12.5	11.6	12.0	13.2			
15.2	14.4	13.3	12.5						14.7	15.8	16.4	16.5							

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง 2.2.4 Extra terrestrial Radiation (Ra) expressed in equivalent evaporation in mm/day

Northern Hemisphere								Lat	Southern Hemisphere							
Jan	Feb	Mar	Aps	May	June	July	Aug		Jan	Feb	Mar	Aps	May	June	July	Aug
Sept	Oct	Nov	Dec						Sept	Oct	Nov	Dec				
13.2	14.2	15.3	15.7	15.5	15.3	15.3	15.5	10	16.4	16.3	15.5	14.2	12.8	12.0	12.4	13.5
15.3	14.7	13.6	12.9						14.8	15.9	16.2	16.2				
13.6	14.5	15.3	15.6	15.3	15.0	15.1	15.4	8	16.1	16.1	15.5	14.4	13.1	12.4	12.7	13.7
15.3	14.8	13.9	13.3						14.9	15.8	16.0	16.0				
13.9	14.8	15.4	15.4	15.1	14.7	14.9	15.2	6	15.8	16.0	15.6	14.7	13.4	12.8	13.1	14.0
15.3	15.0	14.2	13.7						15.0	15.7	15.8	15.7				
14.3	15.0	15.5	15.5	14.9	14.4	14.6	15.1	4	15.5	15.8	15.6	14.9	13.8	13.2	13.4	14.3
15.3	15.1	14.5	14.1						15.1	15.6	15.5	15.4				
14.7	15.3	15.6	15.3	14.6	14.2	14.3	14.9	2	15.3	15.7	15.7	15.1	14.1	13.5	13.7	14.5
15.3	15.3	14.8	14.4						15.2	15.5	15.3	15.1				
15.0	15.5	15.7	15.3	14.4	13.9	14.1	14.8	0								
15.3	15.4	15.1	14.8													

ตาราง 2.2.5 Conversion Factor for Extra-terrestrial Radiation (Ra) to Net Solar Radiation (Rns) for a Given Reflection □ of 0.25 and different Ratios of Actual to Maximum Sunshine Hours (1 – □) (0.25 + 0.50 n/N)

n/N	0.0	.05	.10	.15	.20	.25	.30	.35	.40	.45	.50	.55	.60	.65	.70	.75	.80	.85	.90	.95	1.0
(1 – □) (0.25 + 0.50 n/N)	0.19	.21	.22	.24	.26	.28	.30	.32	.36	.37	.39	.41	.43	.45	.47	.49*	.51	.53	.52	.54	.56

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง2.2.6 Effect of Temperature f (T) on Longwave Radiation (Rnl)

T□c	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36
F (t) = □ Tk4	11.0	11.4	11.7	12.0	12.4	12.7	13.1	13.5	13.8	14.2	14.6	15.0	15.4	15.9	16.3	16.7	17.2	17.7	18.1

ตาราง 2.2.7 Effect of Vapour pressure f (ea) on Longwave Radiation (Rnl)

Ea mbar	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40
F(ea)=0.34-0.044 $\sqrt{ea}$	0.23	.22	.20	.19	.18	.16	.15	.14	.13*	.12	.12	.11	.10	.09	.08	.08	.07	.06

ตาราง2.2.8 Effect of the radio Actual and Maximum bright Sunshine Hours f (n/N) on Longwave radiation (Rnl)

n/N	0	.05	.1	.15	.2	.25	.3	.35	.4	.45	.5	.55	.6	.65	.7	.75	.8	.85	.9	.95	1.0
f(n/N)=0.1+0.9 n/N	0.10	.15	.19	.24	.28	.33	.37	.42	.46	.51	.55	.60	.64	.69	.73	.78	.82*	.87	.91	.91	1.0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.2.9 Adjustment Factor (c) in presented Penman Equation

Rs mm/ day	R Hmax – 30 %				R Hmax – 60%				R Hmax – 90 %			
	3	6	9	12	3	6	9	12	3	6	9	12
Uday m/ sec	Uday / Unight = 1.0											
0	.86	.90	1.00	1.00	.96	.98	1.05	1.05	1.02	1.06	1.10	1.10
3	.79	.84	.92	.97	.92	1.00	1.11	1.19	.99	1.10	1.27	1.32
6	.68	.77	.87	.93	.85	.96	1.11	1.19	.94	1.10	1.12	1.33
9	.55	.65	.78	.90	.76	.88	1.02	1.14	.88	1.01	1.16	1.27
	Uday / Unight = 3.0											
0	.86	.90	1.00	1.00	.96	.98	1.05	1.05	1.02	1.06	1.10	1.10
3	.76	.81	.88	.94	.87	.96	1.06	1.12	.94	1.04	1.18	1.28
6	.61	.68	.81	.88	.77	.88	1.02	1.10	.86	1.01	1.15	1.22
9	.46	.56	.72	.82	.67	.79	.88	1.05	.73	.92	1.06	1.18
	Uday / Unight = 2.0											
0	.86	.90	1.00	1.00	.96	.98	1.05	1.05	1.02	1.06	1.10	1.10
3	.69	.76	.92	.92	.83	.91	.99*	1.05*	.89	.98	1.10*	1.14*
6	.53	.61	.84	.84	.70	.80	.94	1.02	.79	.92	1.05	1.12
9	.37	.48	.6	.76	.59	.70	.84	.95	.71	.81	.96	1.06
	Uday / Unight = 1.0											
0	.86	.90	1.00	1.00	.96	.98	1.05	1.05	1.02	1.06	1.10	1.10
3	.64	.71	.82	.89	.78	.86	.94*	.99*	.85	.92	1.01*	1.05*
6	.43	.53	.68	.79	.62	.70	.84	.93	.72	.82	.95	1.00
9	.27	.41	.59	.70	.50	.60	.75	.87	.62	.72	.87	.96

ตารางที่2.2.10 Sunshine Duration Data for Period 1961-1990 station at Bangkok Metropolis

month	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	July	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Sunshine duration Mean (hr / day)	8.79	8.92	8.67	8.55	6.96	5.93	5.51	5.17	5.16	6.39	7.80	8.45

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่2.1 (ก) ค่าความเสียดทานของท่อเป็นเมตรต่อความยาวท่อ 10 เมตร

สำหรับท่อ พี วี ซี ชั้น 5 สีฟ้า และท่อเกษตรสีเทา (1)

ปริมาณน้ำ	ขนาดท่อ (นิ้ว)									
ลิตร/นาที	½	3/4	1	1-1/4	1-1/2	2	2-1/2	3	4	5
1	0.01									
2	0.02	0.01								
3	0.04	0.01								
4	0.07	0.02	0.01							
5	0.10	0.04	0.01							
6	0.14	0.05	0.01							
7	0.19	0.07	0.02							
8	0.24	0.09	0.02	0.01						
9	0.30	0.11	0.02	0.01						
10	0.36	0.14	0.03	0.01						
12	0.50	0.19	0.04	0.01	0.01					
14	0.67	0.25	0.06	0.02	0.01					
16	0.86	0.32	0.07	0.02	0.01					
18	1.07	0.40	0.09	0.02	0.01					
20	1.30	0.49	0.11	0.03	0.01					
22	1.55	0.58	0.13	0.04	0.02	0.01				
24	1.82	0.68	0.15	0.04	0.02	0.01				
26	2.11	0.79	0.17	0.05	0.02	0.01				
28	2.42	0.91	0.20	0.06	0.03	0.01				
30	2.74	1.03	0.23	0.06	0.03	0.01				
35	3.65	1.37	0.30	0.08	0.04	0.01				
40	4.68	1.76	0.39	0.11	0.05	0.02	0.01			
45	5.81	2.19	0.48	0.13	0.07	0.02	0.01			
50	7.07	2.66	0.59	0.16	0.08	0.03	0.01			
55	8.43	2.66	0.59	0.16	0.10	0.03	0.01			
60	9.91	3.73	0.82	0.23	0.11	0.04	0.01	0.01		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่2.1 (ก) ค่าความเสียดทานของท่อเป็นเมตรต่อความยาวท่อ 10 เมตร

สำหรับท่อ พี วี ซี ชั้น 5 สีฟ้า และท่อเกษตรสีเทา (1)

ปริมาณน้ำ	ขนาดท่อ (นิ้ว)									
ลิตร/นาที	1/2	3/4	1	1-1/4	1-1/2	2	2-1/2	3	4	5
80	16.88	6.35	1.40	0.39	0.19	0.06	0.02	0.01		
85	18.88	7.11	1.57	0.44	0.22	0.07	0.02	0.01		
90	20.99	7.90	1.74	0.49	0.24	0.08	0.03	0.01		
95	23.20	8.73	1.93	0.54	0.27	0.09	0.03	0.01		
100	25.51	9.60	2.12	0.59	0.29	0.10	0.03	0.01		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่2.1 (ข) ค่าความเสียดทานของท่อเป็นเมตรต่อความยาวท่อ 10 เมตร

สำหรับท่อ พี วี ซี ชั้น 5 สีฟ้า และท่อเกษตรสีเทา (2)

ปริมาณน้ำ	ขนาดท่อ (นิ้ว)									
ลิตร/นาที	1/2	3/4	1	1-1/4	1-1/2	2	2-1/2	3	4	5
110		11.46	2.53	0.70	0.35	0.12	0.04	0.02		
120		13.46	2.97	0.83	0.41	0.14	0.04	0.02	0.01	
130		15.61	3.45	0.96	0.48	0.16	0.05	0.02	0.01	
140		17.91	3.95	1.10	0.55	0.18	0.06	0.03	0.01	
150		20.35	4.49	1.25	0.62	0.21	0.06	0.03	0.01	
160		22.93	5.06	1.41	0.70	0.23	0.07	0.03	0.01	
170		25.65	5.66	1.58	0.79	0.26	0.08	0.04	0.01	
180		28.52	6.30	1.75	0.87	0.29	0.09	0.04	0.01	
190		31.52	6.96	1.94	0.97	0.32	0.10	0.05	0.01	
200		34.66	7.65	2.13	1.06	0.35	0.11	0.05	0.02	0.01
225		43.11	9.52	2.65	1.32	0.44	0.14	0.06	0.02	0.01
250		52.40	11.57	3.22	1.61	0.53	0.17	0.08	0.02	0.01
275		62.52	13.80	3.85	1.92	0.64	0.20	0.09	0.03	0.01
300		73.45	16.22	4.52	2.25	0.75	0.23	0.11	0.03	0.01
325		85.19	18.81	5.24	2.61	0.87	0.27	0.12	0.04	0.01
350		97.72	21.58	6.01	3.00	1.00	0.31	0.14	0.04	0.02
375		111.04	24.52	6.83	3.40	1.13	0.35	0.16	0.05	0.02
400		125.14	27.63	7.70	3.84	1.28	0.40	0.18	0.05	0.02
425		140.01	30.91	8.62	4.29	1.43	0.45	0.21	0.06	0.02
450		155.64	34.37	9.58	4.77	1.59	0.50	0.23	0.07	0.03
475		172.03	37.99	10.59	5.27	1.76	0.55	0.25	0.07	0.03
500		189.17	41.77	11.64	5.80	1.93	0.60	0.28	0.08	0.03
550		225.70	49.84	13.89	6.92	2.30	0.72	0.33	0.10	0.04
600		265.16	58.55	16.32	8.13	2.71	0.85	0.39	0.12	0.04
650		307.53	67.91	18.92	9.43	3.14	0.98	0.45	0.13	0.05
700		352.77	77.90	21.71	10.81	3.60	1.13	0.52	0.15	0.06

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่2.1 (ข) ค่าความเสียดทานของท่อเป็นเมตรต่อความยาวท่อ 10 เมตร
สำหรับท่อ พี วี ซี ชั้น 5 สีฟ้า และท่อเกษตรสีเทา (2) (ต่อ)

ปริมาณน้ำ	ขนาดท่อ (นิ้ว)									
ลิตร/นาที	1/2	3/4	1	1-1/4	1-1/2	2	2-1/2	3	4	5
900		561.86	124.06	34.57	17.22	5.73	1.79	0.82	0.24	0.09
950		621.03	137.13	38.21	19.04	6.34	1.98	0.91	0.27	0.10
1000		682.92	150.80	42.02	20.93	6.97	2.18	1.00	0.30	0.11
1050		747.50	165.6	46.00	22.91	7.63	2.39	1.10	0.33	0.12
1100		814.76	179.91	50.14	24.97	8.32	2.60	1.20	0.35	0.13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่2.1 (ค) ค่าความเสียดทานของท่อเป็นเมตรต่อความยาวท่อ 10 เมตร
สำหรับท่อ พี วี ซี ชั้น 5 สีฟ้า และท่อเกษตรสีเทา (3)

ปริมาณน้ำ	ขนาดท่อ (นิ้ว)									
ลิตร/นาที	1/2	¾	1	1-1/4	1-1/2	2	2-1/2	3	4	5
1150						9.03	2.82	1.30	0.39	0.14
1200						9.77	3.06	1.40	0.42	0.15
1250						10.54	3.30	1.51	0.45	0.17
1300						11.33	3.54	1.63	0.48	0.18
1350						12.15	3.80	1.75	0.52	0.19
1400						13.00	4.07	1.87	0.55	0.21
1450						13.87	4.34	1.99	0.59	0.22
1500						14.77	4.62	2.12	0.63	0.23
1550						15.69	4.91	2.26	0.67	0.25
1600						16.64	5.21	2.39	0.71	0.26
1650						17.62	5.51	2.53	0.75	0.28
1700						18.62	5.83	2.68	0.79	0.29
1750						19.65	6.15	2.82	0.84	0.31
1800						20.70	6.48	2.98	0.88	0.33
1850						21.78	6.81	3.13	0.93	0.34
1900						22.88	7.16	3.29	0.98	0.36
1950						24.01	7.51	3.45	1.02	0.38
2000						25.16	7.87	3.62	1.07	0.40
2050						26.34	8.24	3.79	1.12	0.42
2100						27.54	8.62	3.96	1.17	0.43
2150						28.77	9.00	4.13	1.23	0.45
2200						30.02	9.39	4.31	1.28	0.47
2250						31.30	9.79	4.50	1.33	0.49
2300						32.60	10.20	4.68	1.39	0.51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่2.2 (ก) ค่าความเสียดทานของท่อเป็นเมตรต่อความยาวท่อ 10 เมตร

สำหรับท่อ LDPE PN 4 สีดำ

ปริมาณน้ำ	ขนาดท่อ (ม.ม.)						
ลิตร/นาที	16	20	25	32	40	50	63
1	0.03						
2	010	0.03					
3	0.20	0.06					
4	0.35	0.11	0.03				
5	0.52	0.17	0.04				
6	0.73	0.23	0.05				
7	0.97	0.31	0.07				
8	1.25	0.40	0.09	0.03			
9	1.55	0.49	0.12	0.03			
10	1.89	0.60	0.14	0.04			
12	2.65	0.84	0.20	0.06	0.02		
14	3.52	1.12	0.26	0.08	0.02		
16	4.51	1.43	0.34	0.10	0.03		
18	5.61	1.78	0.42	0.12	0.03		
20	6.81	2.16	0.51	0.15	0.04		
22	8.13	2.58	0.61	0.17	0.05	0.02	
24	9.55	3.03	0.71	0.20	0.06	0.02	
26	11.08	3.52	0.83	0.24	0.06	0.02	
28	12.71	4.03	0.95	0.27	0.07	0.03	
30	14.44	4.58	1.08	0.31	0.08	0.03	
35	19.21	6.10	1.44	0.41	0.11	0.04	
40	24.60	.781	1.84	0.53	0.14	0.05	0.02
45	30.59	9.71	2.29	0.65	0.18	0.06	0.02
50	30.18	11.81	2.78	0.79	0.22	0.07	0.02
55	44.36	14.09	3.32	0.95	0.26	0.09	0.03
60	52.12	16.55	3.90	1.11	0.30	0.10	0.03

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่2.2 (ก) ค่าความเสียดทานของท่อเป็นเมตรต่อความยาวท่อ 10 เมตร

สำหรับท่อ LDPE PN 4 สีดำ(ต่อ)

ปริมาณน้ำ	ขนาดท่อ (ม.ม.)						
ลิตร/นาที	16	20	25	32	40	50	63
80	88.79	28.19	6.64	1.90	0.52	0.17	0.06
85	99.34	31.54	7.43	2.12	0.58	0.20	0.06
90	110.44	35.07	8.25	2.35	2.54	0.22	0.07
95	122.07	38.76	9.43	2.61	0.71	0.24	0.08
100	134.23	42.62	10.04	2.87	0.78	0.26	0.08

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่2.2 (ข) ค่าความเสียดทานของท่อเป็นเมตรต่อความยาวท่อ 10 เมตร

สำหรับท่อ LDPE PN 4 สีดำ

ปริมาณน้ำ	ขนาดท่อ (ม.ม.)						
ลิตร/นาที	16	20	25	32	40	50	63
110		50.85	11.98	3.42	0.94	0.32	0.10
120		59.74	14.07	4.02	1.10	0.37	0.12
130		69.29	16.32	4.66	1.27	0.43	0.14
140		79.48	18.72	5.34	1.46	0.49	0.16
150		90.31	21.27	6.07	1.66	0.56	0.18
160		101.78	23.97	6.84	1.87	0.63	0.20
170		113.87	26.82	7.66	2.09	0.71	0.22
180		126.59	29.82	8.51	2.33	0.79	0.25
190		139.92	32.96	9.41	2.57	0.87	0.28
200		153.86	36.24	10.35	2.83	0.95	0.30
225		191.37	45.17	12.87	3.52	1.19	0.38
250		232.60	54.79	15.64	1.28	1.44	0.46
275		277.51	65.36	18.66	5.10	1.72	0.55
300		326.03	76.79	21.92	6.00	2.02	0.64
325		378.13	89.06	25.43	6.96	2.35	0.75
350		433.76	102.16	29.17	7.98	2.69	0.86
375		492.88	116.09	33.14	9.07	3.06	0.97
400		555.45	130.83	37.35	10.22	3.45	1.10
425		621.45	146.37	41.79	11.43	3.86	1.23
450		690.85	162.72	46.45	12.71	4.29	1.36
475		763.60	179.86	51.34	14.05	4.74	1.51
500		839.70	197.78	56.46	15.44	5.21	1.66
550		1001.80	235.96	67.36	18.43	6.22	1.98
600		1176.98	277.22	79.14	21.65	7.30	2.32
650		1365.05	321.52	91.79	25.11	8.47	2.69

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่2.2 (ข) ค่าความเสียดทานของท่อเป็นเมตรต่อความยาวท่อ 10 เมตร

สำหรับท่อ LDPE PN 4 สีดำ(ต่อ)

ปริมาณน้ำ	ขนาดท่อ (ม.ม.)						
ลิตร/นาที	16	20	25	32	40	50	63
900		2493.95	587.41	167.69	45.87	15.47	4.92
950		2756.61	649.28	185.35	50.70	17.10	5.44
1000		3031.32	713.98	203.82	55.76	18.81	5.98
1050		3317.98	781.50	223.10	61.03	20.59	6.55
1100		3616.52	851.82	243.17	66.52	22.44	7.14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่2.2 (ค)ค่าความเสียดทานของท่อเป็นเมตรต่อความยาวท่อ 10 เมตร

สำหรับท่อ LDPE PN 4 สีดำ

ปริมาณน้ำ	ขนาดท่อ (ม.ม.)						
ลิตร/นาที	16	20	25	32	40	50	63
1150						24.36	7.75
1200						26.36	8.38
1250						28.43	9.04
1300						30.57	9.72
1350						32.79	10.43
1400						35.07	11.15
1450						37.43	11.90
1500						39.85	12.67
1550						42.35	13.47
1600						44.91	14.28
1650						47.55	15.12
1700						50.25	15.98
1750						53.02	16.86
1800						55.86	17.76
1850						58.77	18.69
1900						61.74	19.64
1950						64.79	20.60
2000						67.90	21.59
2050						71.7	22.60
2100						74.32	23.63
2150						77.63	24.69
2200						81.00	25.76

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้