



วิทยานิพนธ์

ระบบการให้น้ำและปุ๋ยโดยตรงที่รากกล้วยไม้

AEROPONIC SYSTEM FOR ORCHIDS

นางเบญจรงค์ ชัยโกศล

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

พ.ศ. 2551



ใบรับรองวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมชลประทาน)

ปริญญา

วิศวกรรมชลประทาน

วิศวกรรมชลประทาน

สาขา

ภาควิชา

เรื่อง ระบบการให้น้ำและปุ๋ยโดยตรงที่รากกล้วยไม้

Aeroponic System for Orchids

นามผู้วิจัย นางเบญจรงค์ ชัยโกศล

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์มนตรี คำชู, วศ.ม.)

กรรมการ

(รองศาสตราจารย์วราวุธ วุฒิวิเศษ, Ph.D.)

กรรมการ

(รองศาสตราจารย์สมยศ เชิญอักษร, Ph.D.)

หัวหน้าภาควิชา

(รองศาสตราจารย์บัญชา ขวัญยืน, Ph.D.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์วินัย อัจจงหาญ, M.A.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ เดือน พ.ศ.

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

ระบบการให้น้ำและปุ๋ยโดยตรงที่รากกล้วยไม้

Aeroponic System for Orchids

โดย

นางเบญจรงค์ ชัยโกศล

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมชลประทาน)

พ.ศ. 2551

เบญจรงค์ ชัยโกศล 2551: ระบบการให้น้ำและปุ๋ยโดยตรงที่รากกล้วยไม้ ปริญญา
วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมชลประทาน) สาขาวิศวกรรมชลประทาน
ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน ปรชชานกรรมการที่ปรึกษา: รองศาสตราจารย์มนตรี คำชู,
วศ.ม. 183 หน้า

การวิจัยนี้ได้ทำศึกษาการให้น้ำและปุ๋ยโดยตรงที่รากกล้วยไม้ด้วยหัวจ่ายน้ำไมโครสเปร์ย
และการเปรียบเทียบระหว่างการให้น้ำและปุ๋ยโดยตรงที่รากกล้วยไม้ด้วยหัวจ่ายน้ำไมโครสเปร์ย
กับระบบการให้น้ำที่เกษตรกรใช้กันในปัจจุบันซึ่งนิยมใช้ระบบการให้น้ำด้วยหัวจ่ายน้ำมินิสปริง
เกอร์และระบบการให้น้ำด้วยสายยาง

ระบบการให้น้ำและปุ๋ยโดยตรงที่รากกล้วยไม้ด้วยหัวจ่ายน้ำไมโครสเปร์ย เลือกใช้หัวจ่าย
น้ำ อัตราการจ่ายน้ำ 22 ลิตร/ชม. ระยะห่างระหว่างหัวจ่ายน้ำ 0.80 ม. วางหัวจ่ายน้ำแบบสามเหลี่ยม
ด้านเท่า ซึ่งได้จากการทดลองคัดเลือกอัตราการจ่ายน้ำ ระยะห่างระหว่างหัวจ่ายน้ำและรูปแบบการ
วางหัวจ่ายน้ำที่เหมาะสม ส่วนระบบการให้น้ำด้วยหัวจ่ายน้ำมินิสปริงเกอร์ อัตราหัวจ่ายน้ำ 105
ลิตร/ชม. ระยะห่างระหว่างหัวจ่ายน้ำ 1.50 ม. ซึ่งเป็นอัตราการจ่ายน้ำและระยะห่างระหว่างหัวจ่ายน้ำที่
เกษตรกรนิยมใช้กันในปัจจุบันสำหรับหัวจ่ายน้ำมินิสปริงเกอร์

เมื่อพิจารณาผลในด้านการเจริญเติบโตของต้นกล้วยไม้ ระหว่างการให้น้ำจากทั้ง 3 วิธี คือ
1.การให้น้ำและปุ๋ยโดยตรงที่รากกล้วยไม้ด้วยหัวจ่ายน้ำไมโครสเปร์ย 2.การให้น้ำด้วยหัวจ่ายน้ำ
มินิสปริงเกอร์ และ 3.การให้น้ำด้วยสายยาง มีค่าเฉลี่ยของการเจริญเติบโตของต้นกล้วยไม้ไม่
แตกต่างกัน โดยนัยสำคัญทางสถิติ

เมื่อพิจารณาการลงทุน พบว่า กรณีไม่มีค่าใช้จ่ายของต้นทุนค่าน้ำมาเกี่ยวข้อง คือ ใช้น้ำ
จากแหล่งน้ำธรรมชาติหรือคลองชลประทาน ระบบที่เหมาะสมจะเป็นระบบการให้น้ำด้วยสายยาง
เนื่องจากมีค่าใช้จ่ายต่อไร่ต่ำที่สุด แต่กรณีมีค่าใช้จ่ายของน้ำต้นทุน ระบบที่เหมาะสม จะเป็นระบบ
การให้น้ำและปุ๋ยโดยตรงที่รากกล้วยไม้ด้วยหัวจ่ายน้ำไมโครสเปร์ย เนื่องจากมีการใช้ปริมาณน้ำ
แรงงาน และค่าใช้จ่ายต่ำกว่าวิธีอื่น

Benjarong Chaikosol 2008: Aeroponic System for Orchids. Master of Engineering (Irrigation Engineering), Major Field: Irrigation Engineering, Department of Irrigation Engineering. Thesis Advisor: Associate Professor Montri Khamchoo, M.Eng. 183 pages.

This thesis research is aimed to optimize aeroponic system for orchids by microspray and to compare the results from aeroponic with those from the conventional irrigated systems : mini sprinkler and hose watering.

By optimization, 22L/Hr flow rate with 0.80 m. nozzle spacing with equilateral triangle type is the most appropriate for orchid irrigation using microspray whereas 105 L/Hr flow rate with 1.50 m. nozzle spacing is normally chosen by agriculturist for orchid irrigation using mini sprinkler.

The researcher also studied the orchid growth and the result showed statistical insignificant difference of the orchid average growth among different type of irrigated systems : microspray, mini sprinkler and steam line watering.

In term of investment, it is found that, without considering water cost (natural resource or irrigation system water supply), the most appropriate system is hose watering due to its minimum cost per rai. However, microspray becomes to be the most favourable if the water cost is included use to its minimum water, labour and expenditure requirements.

Student's signature

Thesis Advisor's signature

____ / ____ / ____

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์มนตรี คำชู, วศ.ม. ประธานกรรมการที่ปรึกษา ที่ได้ช่วยเหลือในการวางแผนงานวิจัยในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ตลอดจนการให้คำปรึกษา แนะนำและตรวจแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์รวิราช วุฒิวณิชย์, Ph.D. กรรมการที่ปรึกษาวิชาเอก รองศาสตราจารย์สมยศ เชิญอักษร, Ph.D. กรรมการที่ปรึกษาวิชารอง และรองศาสตราจารย์หรรษา วัฒนานุกิจ, D.Eng. ผู้แทนบัณฑิตวิทยาลัย ที่กรุณาให้คำปรึกษา แนะนำและช่วยเหลือในการทำวิทยานิพนธ์ให้สำเร็จไปได้ด้วยดี

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์จิตราพรรณ พิสิท อาจารย์ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ คุณนริศกษณ์ ชูวรเวช หัวหน้ากลุ่มวิจัยปุ๋ย กรมวิชาการเกษตร คุณนันทรัตน์ สุกกานัด เจ้าหน้าที่กลุ่มวิชาการ สถาบันวิจัยพืชสวน กรมวิชาการเกษตร และเจ้าของสวนกล้วยไม้ทุกท่านที่ข้าพเจ้าได้สอบถามข้อมูล ที่กรุณาให้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์ต่อการวิจัยในครั้งนี้ รวมทั้ง ขอขอบพระคุณ คุณเครือวัลย์ ยันตรีสิงห์ ที่ได้ให้ข้อมูลและเอื้อเฟื้อสถานที่ในการทำการวิจัย

ขอขอบคุณ คุณพ่อ คุณแม่ บุคคลในครอบครัวทุกคนและคุณพรเทพ ชัยโกศล ที่คอยให้ความช่วยเหลือ ให้กำลังใจ ชี้นำและสนับสนุนการทำวิทยานิพนธ์จนสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

เบญจรงค์ ชัยโกศล

มีนาคม 2551

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(4)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	2
การตรวจเอกสาร	3
อุปกรณ์และวิธีการ	29
อุปกรณ์	29
วิธีการ	38
ผลและวิจารณ์	50
ผล	50
วิจารณ์	85
สรุปและข้อเสนอแนะ	88
สรุป	88
ข้อเสนอแนะ	93
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	93
ภาคผนวก	96
ภาคผนวก ก ภาพถ่ายระหว่างทำการทดลอง	97
ภาคผนวก ข ผลการเก็บข้อมูลจากสวนกล้วยไม้	107
ภาคผนวก ค รายละเอียดผลการทดลอง	118
ภาคผนวก ง ผลการคำนวณค่า C.U. และ รูปแบบการกระจายตัวของละอองน้ำ ของหัวจ่ายน้ำต่างๆ	140
ภาคผนวก จ รายการคำนวณการเลือกขนาดปั๊ม ขนาดท่อและค่าใช้จ่ายรายเดือน ของระบบการให้น้ำด้วยสายยาง หัวจ่ายน้ำมินิสปริงเกอร์และหัวจ่ายน้ำ ไมโครสเปร์ย์	153

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ขนาดเบอร์ตะแกรงกับการใช้งานที่เหมาะสมของเครื่องกรองชนิดพื้นผิว	13
2	ระยะเวลาในการเปิดน้ำของหัวจ่ายน้ำแต่ละแบบ	41
3	ขนาดและจำนวนปั๊มที่ใช้ในการทดลองของหัวจ่ายน้ำแต่ละแบบ	41
4	พื้นที่ในการทดลองและพื้นที่พิจารณาในการเก็บข้อมูล	42
5	ผลศึกษาระบบการให้น้ำของสวนกล้วยไม้ในปัจจุบัน	51
6	สรุปผลจากการทดลองของหัวจ่ายน้ำ TORNADO	56
7	สรุปผลจากการทดลองของหัวจ่ายน้ำ F.L.F	57
8	สรุปผลจากการทดลองของหัวจ่ายน้ำ DAN (สีส้ม)	58
9	สรุปผลจากการทดลองของหัวจ่ายน้ำ DAN (สีน้ำเงิน)	59
10	ผลการให้คะแนนของหัวจ่ายน้ำที่ระยะห่างระหว่างหัวจ่ายน้ำต่างๆ	62
11	ความสูงของต้นไม้ที่เพิ่มขึ้นโดยการให้น้ำแต่ละวิธี	67
12	ผลการวิเคราะห์ ANOVA ความสูงที่เพิ่มขึ้นของต้นไม้ด้วยระบบการให้น้ำ 3 วิธี	68
13	สรุปค่าใช้จ่ายในการติดตั้งระบบจ่ายน้ำต่อพื้นที่ 1 ไร่	74
14	สรุปค่าใช้จ่ายรายเดือนของการให้น้ำด้วยวิธีการให้น้ำต่างๆ	80
15	เปรียบเทียบค่าใช้จ่าย กรณีใช้น้ำจากแหล่งน้ำ	81
16	เปรียบเทียบค่าใช้จ่าย กรณีใช้น้ำประปา	83
17	สรุปองค์ประกอบของระบบการให้น้ำต่างๆ	89
ตารางผนวกที่		
ค1	ปริมาณน้ำจากหัวจ่ายน้ำ TORNADO ทดลองครั้งที่ 1	119
ค2	ปริมาณน้ำจากหัวจ่ายน้ำ TORNADO ทดลองครั้งที่ 2	120
ค3	ปริมาณน้ำจากหัวจ่ายน้ำ TORNADO ทดลองครั้งที่ 3	121
ค4	ปริมาณน้ำจากหัวจ่ายน้ำ F.L.F ทดลองครั้งที่ 1	122

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่		หน้า
ค5	ปริมาณน้ำจากหัวจ่ายน้ำ F.L.F ทดลองครั้งที่ 2	123
ค6	ปริมาณน้ำจากหัวจ่ายน้ำ F.L.F ทดลองครั้งที่ 3	124
ค7	ปริมาณน้ำจากหัวจ่ายน้ำ DAN (สีส้ม) ทดลองครั้งที่ 1	125
ค8	ปริมาณน้ำจากหัวจ่ายน้ำ DAN (สีส้ม) ทดลองครั้งที่ 2	126
ค9	ปริมาณน้ำจากหัวจ่ายน้ำ DAN (สีส้ม) ทดลองครั้งที่ 3	127
ค10	ปริมาณน้ำจากหัวจ่ายน้ำ DAN (สีน้ำเงิน) ทดลองครั้งที่ 1	128
ค11	ปริมาณน้ำจากหัวจ่ายน้ำ DAN (สีน้ำเงิน) ทดลองครั้งที่ 2	129
ค12	ปริมาณน้ำจากหัวจ่ายน้ำ DAN (สีน้ำเงิน) ทดลองครั้งที่ 3	130
ค13	ความสูงของต้นไม้ก่อนและหลังทดลองโดยการให้น้ำด้วยสายยาง	131
ค14	ความสูงของต้นไม้ก่อนและหลังทดลองโดยการให้น้ำด้วยหัวจ่ายน้ำมินิสปริงเกอร์	133
ค15	ความสูงของต้นไม้ก่อนและหลังทดลองโดยการให้น้ำด้วยหัวจ่ายน้ำ TORNADO (ไมโครสเปร์ย์)	135
ค16	สรุปค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิ ความเร็วลม และความชื้นสัมพัทธ์	137
จ1	ค่าการสูญเสียแรงดันจากความฝืดในเส้นท่อ PVC ชั้น 8.5	161
จ2	ค่าสัมประสิทธิ์ตัวคูณลด (R.F) สำหรับค่าสูญเสียแรงดันในเส้นท่อแขนง	163
จ3	ราคาปุ๋ยต่อกก.จากปุ๋ยยี่ห้อต่างๆ	173
จ4	อัตราค่าจ้างขั้นต่ำในจังหวัดที่มีการทำฟาร์มกล้วยไม้	176

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	หลักการการให้น้ำระบบ Aeroponics	9
2	แสดงการทำงานของปั้มน้ำชนิดอัดปั้ยแบบไดอะแฟรม	15
3	แสดงการทำงานของปั้มน้ำแบบเวนจูรี่	16
4	แสดงการทำงานของถังแบบไหลผ่านผสม	17
5	แสดงการทำงานของถังแบบไหลผ่านถุงอัดแรงดัน	17
6	แสดงการทำงานของเครื่องฉีดน้ำโดยความต่างศักย์	18
7	แสดงลักษณะการติดตั้งอุปกรณ์เครื่องมือให้น้ำแบบควบคุมความต่างศักย์ ด้วยลูกกลิ้งสำหรับใช้กับระบบชลประทานแบบไมโครและแบบฉีดฝอย	19
8	ปั้มน้ำที่ใช้ในการทดลอง	29
9	หัวจ่ายน้ำของ Plastro (Tonado)	30
10	หัวจ่ายน้ำของ Plastro (F.L.F)	30
11	หัวจ่ายน้ำของ DAN (สีส้ม)	31
12	หัวจ่ายน้ำของ DAN (สีน้ำเงิน)	31
13	โรงเรือนสำหรับแขวนกล้วยไม้ในการทดลอง	32
14	ถังใส่น้ำ 2 ใบต่อเชื่อมกันสำหรับต่อกับปั้มน้ำ	33
15	เครื่องตั้งเวลาและตู้ควบคุม สำหรับตั้งเวลาการให้น้ำในแปลงระบบการให้น้ำ ด้วยหัวจ่ายน้ำไมโครสเปรย์	33
16	การติดตั้งเครื่องควบคุมการจ่ายน้ำต้นทาง	34
17	หัวจ่ายน้ำมินิสปริงเกอร์ที่ใช้ในแปลงระบบให้น้ำด้วยหัวจ่ายน้ำมินิสปริงเกอร์	35
18	ปั้มน้ำสามสูบสำหรับฉีดน้ำในแปลงระบบให้น้ำด้วยสายยางและหัวจ่ายน้ำ มินิสปริงเกอร์	36
19	หัวฉีดน้ำต่อกับปั้มน้ำสามสูบด้วยสายยางทนแรงดัน	36
20	เครื่องวัดความชื้นในอากาศและวัดอุณหภูมิสำหรับสัดในแปลงทดลอง	37
21	เครื่องวัดความเร็วลมที่ใช้ในการทดลอง	37
22	ผังการดำเนินงานทดสอบการกระจายตัวของละอองน้ำของหัวจ่ายน้ำและ ระยะห่างระหว่างหัวจ่ายน้ำที่เหมาะสม	39

สารบัญญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
23	การตั้งกระป๋องหรือถ้วยรับน้ำทุกระยะ 10 ซม. ในการทดสอบการกระจายตัวของ ละอองน้ำ	40
24	แปลงทดลองสำหรับทดสอบการกระจายตัวของละอองน้ำในขณะที่มีต้นไม้แขวน	42
25	การติดตั้งหัวจ่ายน้ำที่ติดตั้งด้านบน ซึ่งมีตัวป้องกันน้ำหยดเมื่อหยุดให้น้ำและมี ลักษณะละอองน้ำพุ่งไปด้านข้าง	43
26	การติดตั้งหัวจ่ายน้ำที่ติดตั้งด้านล่าง ซึ่งมีลักษณะ ละอองน้ำพุ่งไปด้านบน	43
27	แสดงพื้นที่ทดลองและพื้นที่พิจารณาของการวางหัวจ่ายน้ำแบบสี่เหลี่ยมจตุรัส และสามเหลี่ยมด้านเท่า	44
28	แปลงทดลองสำหรับการให้น้ำด้วยสายยาง	45
29	แปลงทดลองสำหรับการให้น้ำด้วยหัวจ่ายน้ำมินิสปริงเกอร์	45
30	แปลงทดลองสำหรับการให้น้ำด้วยหัวจ่ายน้ำไมโครสเปรย์	46
31	วิธีการวัดความสูงของต้นไม้สำหรับเปรียบเทียบก่อนและหลังทดลอง	48
32	การกระจายตัวของปริมาณน้ำจากหัวจ่ายน้ำ TORNADO	52
33	การกระจายตัวของปริมาณน้ำจากหัวจ่ายน้ำ F.L.F	53
34	การกระจายตัวของปริมาณน้ำจากหัวจ่ายน้ำ DAN (สี่เหลี่ยม)	54
35	การกระจายตัวของปริมาณน้ำจากหัวจ่ายน้ำ DAN (สี่เหลี่ยม)	55
36	เกณฑ์การให้คะแนน	61
37	ความสัมพันธ์ของระยะเวลาในการเปิดน้ำ ปริมาณน้ำที่ติดตั้งต้นไม้ และปริมาณน้ำที่ สูญเสีย	60
38	แปลนของระบบการให้น้ำด้วยสายยาง	69
39	แปลนและรูปตัดของระบบท่อจากแหล่งน้ำมายังบ่อพักน้ำของการให้น้ำทั้ง 3 วิธี	70
40	แปลนของระบบการให้น้ำด้วยหัวจ่ายน้ำมินิสปริงเกอร์	71
41	แปลนของระบบการให้น้ำด้วยหัวจ่ายน้ำ TORNADO (ไมโครสเปรย์)	72
ภาพผนวกที่		
ก1	การวัดปริมาณน้ำในการทดลองความสม่ำเสมอของละอองน้ำ	98

สารบัญญภาพ (ต่อ)

ภาพผนวกที่	หน้า	
ก2	การวางแก้วสำหรับวัดปริมาณน้ำในการทดลองความสม่ำเสมอของละอองน้ำ โดยมีระยะห่าง 10 ซม. จำนวน 200 ใบ	98
ก3	การต่อปั๊มในลักษณะอนุกรมสำหรับทดลองความสม่ำเสมอของละอองน้ำเมื่อใช้หัวจ่ายน้ำ DAN – BLUE และ DAN – ORANGE	99
ก4	แปลงทดลองความสม่ำเสมอของละอองน้ำกรณีมีต้นไม้ (หัวจ่ายน้ำ DAN สีส้ม)	99
ก5	แปลงทดลองความสม่ำเสมอของละอองน้ำกรณีมีต้นไม้ (หัวจ่ายน้ำ DAN สีน้ำเงิน)	100
ก6	แปลงทดลองความสม่ำเสมอของละอองน้ำกรณีมีต้นไม้ (หัวจ่ายน้ำไมโครสเปร์ย Tornado)	100
ก7	แปลงทดลองความสม่ำเสมอของละอองน้ำกรณีมีต้นไม้ (หัวจ่ายน้ำ F.L.F)	101
ก8	การติดตั้งปั๊มและระบบท่อสำหรับการทดลองเปรียบเทียบผลการเจริญเติบโตของกล้วยไม้จากการใช้วิธีการให้น้ำต่างกัน สำหรับหัวจ่ายน้ำไมโครสเปร์ย	101
ก9	การติดตั้งระบบท่อในแปลงทดลองเปรียบเทียบผลการเจริญเติบโตของกล้วยไม้จากการใช้วิธีการให้น้ำต่างกัน สำหรับหัวจ่ายน้ำไมโครสเปร์ย	102
ก10	ถังน้ำมีการติดตั้งสเกลสำหรับวัดระดับน้ำ	102
ก11	สำหรับแปลงทดลองหัวจ่ายน้ำไมโครสเปร์ยมีการติดตั้งเครื่องตั้งเวลาเพื่อควบคุมเวลาในการให้น้ำ	103
ก12	ทำการวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ในแปลงทดลอง	103
ก13	การติดตั้งปั๊มและระบบท่อในแปลงทดลองเปรียบเทียบผลการเจริญเติบโตของกล้วยไม้จากการใช้วิธีการให้น้ำต่างกัน สำหรับหัวจ่ายน้ำมินิสปริงเกอร์	104
ก14	หลังจากการให้น้ำด้วยหัวจ่ายน้ำมินิสปริงเกอร์ จะมีน้ำขังบริเวณกาบใบ	104
ก15	การวัดความสูงของต้นไม้	105
ก16	ทดลองหาปริมาณน้ำสูญเสียจากการให้ปุ๋ยด้วยปั๊มฉีดปุ๋ยและฉีดปุ๋ยด้วยแรงคน	105
ก17	ทดลองหาปริมาณน้ำสูญเสียจากการให้น้ำด้วยหัวจ่ายน้ำไมโครสเปร์ย ที่เวลาเปิดน้ำ 1,2,3, 4 และ 5 นาที	106

สารบัญญภาพ (ต่อ)

ภาพผนวกที่	หน้า	
ข1	สภาพโรงเรือนสวนกล้วยไม้แห่งที่ 1	108
ข2	ลักษณะการติดตั้งหัวสปริงเกอร์ ในสวนกล้วยไม้แห่งที่ 1	109
ข3	สภาพโรงเรือนสวนกล้วยไม้แห่งที่ 2	110
ข4	ลักษณะของหัวฉีดน้ำที่สวนมณฑาใช้ในการให้น้ำ	111
ข5	สภาพโรงเรือนสวนกล้วยไม้แห่งที่ 3	112
ข6	ลักษณะการติดตั้งท่อจ่ายน้ำและหัวจ่ายน้ำที่ใช้ในสวนกล้วยไม้แห่งที่ 3	112
ข7	สภาพโรงเรือนสวนกล้วยไม้แห่งที่ 4	113
ข8	วาล์วควบหัวจ่ายน้ำใน 1 โชน จำนวน 120 หัวในสวนกล้วยไม้แห่งที่ 4	114
ข9	หัวจ่ายน้ำสปริงเกอร์ระยะห่างระหว่างหัว 4 เมตรในสวนกล้วยไม้แห่งที่ 4	114
ข10	ลักษณะการวางและแขวนกล้วยไม้ตามอายุต้นของกล้วยไม้ ในสวนกล้วยไม้แห่งที่ 7	116
ข11	วาล์วแยกเพื่อต่อสายยางทนแรงดันเพื่อฉีดปุ๋ยตามแปลงต่างๆ	117
ง1	ผลการคำนวณค่า C.U.และรูปแบบการกระจายตัวของละอองน้ำ มีการวางหัวจ่ายน้ำแบบสามเหลี่ยมด้านเท่า ที่ระยะห่างระหว่างหัวจ่ายน้ำ 1.6 ม.	141
ง2	ผลการคำนวณค่า C.U.และรูปแบบการกระจายตัวของละอองน้ำ มีวางหัวจ่ายน้ำแบบสี่เหลี่ยมจัตุรัส ที่ระยะห่างระหว่างหัวจ่ายน้ำ 1.6 ม.	142
ง3	ผลการคำนวณค่า C.U.และรูปแบบการกระจายตัวของละอองน้ำ มีการวางหัวจ่ายน้ำแบบสามเหลี่ยมด้านเท่า ที่ระยะห่างระหว่างหัวจ่ายน้ำ 1.4 ม.	143
ง4	ผลการคำนวณค่า C.U.และรูปแบบการกระจายตัวของละอองน้ำ มีวางหัวจ่ายน้ำแบบสี่เหลี่ยมจัตุรัส ที่ระยะห่างระหว่างหัวจ่ายน้ำ 1.4 ม.	144
ง5	ผลการคำนวณค่า C.U.และรูปแบบการกระจายตัวของละอองน้ำ มีการวางหัวจ่ายน้ำแบบสามเหลี่ยมด้านเท่า ที่ระยะห่างระหว่างหัวจ่ายน้ำ 1.2 ม.	145
ง6	ผลการคำนวณค่า C.U.และรูปแบบการกระจายตัวของละอองน้ำ มีวางหัวจ่ายน้ำแบบสี่เหลี่ยมจัตุรัส ที่ระยะห่างระหว่างหัวจ่ายน้ำ 1.2 ม.	146
ง7	ผลการคำนวณค่า C.U.และรูปแบบการกระจายตัวของละอองน้ำ มีการวางหัวจ่ายน้ำแบบสามเหลี่ยมด้านเท่า ที่ระยะห่างระหว่างหัวจ่ายน้ำ 1.0 ม.	147

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพผนวกที่		หน้า
ง8	ผลการคำนวณค่า C.U.และรูปแบบการกระจายตัวของละอองน้ำ มีการวางหัวจ่ายน้ำแบบสี่เหลี่ยมจตุรัส ที่ระยะห่างระหว่างหัวจ่ายน้ำ 1.0 ม.	148
ง9	ผลการคำนวณค่า C.U.และรูปแบบการกระจายตัวของละอองน้ำ มีการวางหัวจ่ายน้ำแบบสามเหลี่ยมด้านเท่า ที่ระยะห่างระหว่างหัวจ่ายน้ำ 0.8 ม.	149
ง10	ผลการคำนวณค่า C.U.และรูปแบบการกระจายตัวของละอองน้ำ มีวางหัวจ่ายน้ำแบบสี่เหลี่ยมจตุรัส ที่ระยะห่างระหว่างหัวจ่ายน้ำ 0.8 ม.	150
ง11	ผลการคำนวณค่า C.U.และรูปแบบการกระจายตัวของละอองน้ำ มีการวางหัวจ่ายน้ำแบบสามเหลี่ยมด้านเท่า ที่ระยะห่างระหว่างหัวจ่ายน้ำ 0.6 ม	151
ง12	ผลการคำนวณค่า C.U.และรูปแบบการกระจายตัวของละอองน้ำ มีวางหัวจ่ายน้ำแบบสี่เหลี่ยมจตุรัส ที่ระยะห่างระหว่างหัวจ่ายน้ำ 0.6 ม.	152
จ1	แปลนระบบการให้น้ำด้วยสายยาง	155
จ2	กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง Q-H ของปั๊ม รุ่น BC10M	156
จ3	ผังระบบท่อของการให้น้ำด้วยหัวจ่ายน้ำมินิสปริงเกอร์	159
จ4	กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง Q-H ของปั๊ม รุ่น BC10MB	164
จ5	ผังระบบท่อของการให้น้ำด้วยหัวจ่ายน้ำไมโครสเปร์ย์	167
จ6	กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง Q-H ของปั๊ม รุ่น BB220	170

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

ม.	=	เมตร
มม.	=	มิลลิเมตร
ลิตร/ชม.	=	ลิตรต่อชั่วโมง
ลบ.ม.	=	ลูกบาศก์เมตร
C.U.	=	สัมประสิทธิ์ความสม่ำเสมอในการให้น้ำ
D.U.	=	ความสม่ำเสมอของการแผ่กระจายน้ำ
Ep	=	อัตราการระเหยสูงสุด
ETc	=	อัตราการใช้น้ำของพืช
ppm.	=	หนึ่งในล้านในล้านส่วน
Pr	=	Precipitation Rate
Hp	=	แรงม้า

ระบบการให้น้ำและปุ๋ยโดยตรงที่รากกล้วยไม้

Aeroponic System for Orchids

คำนำ

ปกติการให้น้ำแก่พืชได้พิจารณาตามความต้องการน้ำของพืชในขณะนั้น โดยให้ความชื้นซึมอยู่ในดิน จากนั้นเมื่อพืชต้องการน้ำจะดูดความชื้นจากดินไปใช้รวมทั้งการให้ปุ๋ยก็เช่นกัน กล่าวได้ว่าพืชโดยทั่วไปต้องอาศัยดินหรือวัสดุชนิดอื่นเป็นตัวเก็บสะสมความชื้นและแร่ธาตุที่ให้กับพืช แต่สำหรับกล้วยไม้ที่มีระบบรากเป็นรากอากาศ เช่น สกุลแวนด้า สกุลเข็ม เป็นต้น ซึ่งไม่ได้ปลูกในดินหรือมีวัสดุช่วยเก็บความชื้น ดังนั้นความชื้นที่ได้นั้นต้องมาจากปริมาณน้ำที่ให้โดยตรงและอาศัยความชื้นของอากาศในโรงเรือน ส่วนในการให้น้ำของแต่ละสวนกล้วยไม้ในปัจจุบันนั้นมีหลายลักษณะขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ เช่น ขนาดของสวนกล้วยไม้ จำนวนแรงงาน ประเภทของกล้วยไม้ แหล่งน้ำที่ใช้ เป็นต้น ซึ่งแต่ละวิธีต่างมีผลดีและผลเสียแตกต่างกันออกไป แต่พื้นที่ปลูกเลี้ยงกล้วยไม้ส่วนใหญ่มีแหล่งน้ำที่มีปริมาณน้ำใช้อย่างเพียงพอ จึงมีบางประเด็นที่ยังไม่ได้มีการคำนึงถึงคือ การใช้น้ำอย่างมีประสิทธิภาพและมีประสิทธิผล

ด้านของความต้องการกล้วยไม้ในปัจจุบันนั้นมีแนวโน้มที่ดี ซึ่งต่างประเทศให้ความสนใจและมีความต้องการกล้วยไม้จากประเทศไทยอย่างต่อเนื่อง ประกอบกับประเทศไทยมีสภาพภูมิอากาศที่เหมาะสมต่อการปลูกเลี้ยงกล้วยไม้ให้มีคุณภาพที่ดี ดังนั้นการพัฒนาระบบการให้น้ำและปุ๋ยให้มีประสิทธิภาพ จึงเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญในการส่งเสริมการปลูกเลี้ยงกล้วยไม้ในประเทศไทย ส่วนระบบการให้น้ำที่สามารถนำมาประยุกต์ให้เหมาะสมกับลักษณะกล้วยไม้ที่มีระบบรากเป็นรากอากาศนั้น คือ ระบบ Aeroponics ซึ่งได้มีการทำวิจัยสำหรับพืชหลากหลายชนิดรวมทั้งกล้วยไม้เป็นหนึ่งในพันธุ์พืชที่ได้มีการทำวิจัยไว้ และมีข้อสรุปว่ากล้วยไม้เหมาะสมกับระบบ Aeroponics

ดังนั้น ระบบ Aeroponics จึงเป็นอีกทางเลือกที่ใช้สำหรับพิจารณาในการติดตั้งระบบการให้น้ำและปุ๋ยในสวนกล้วยไม้ที่ปลูกกล้วยไม้ที่มีระบบรากเป็นรากอากาศ

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาระบบการให้น้ำกล้วยไม้ที่มีระบบรากเป็นรากอากาศในปัจจุบัน
2. เพื่อศึกษาและออกแบบระบบการให้น้ำและปุ๋ยโดยตรงที่รากกล้วยไม้
3. เพื่อประมาณราคาการระบบการให้น้ำและปุ๋ยโดยตรงที่รากกล้วยไม้ เปรียบเทียบกับระบบการให้น้ำที่ใช้ในปัจจุบัน

การตรวจเอกสาร

1. ลักษณะและปัจจัยสำคัญสำหรับกล้วยไม้

1.1 การจำแนกประเภทกล้วยไม้

ระพี (2514) กล่าวถึงการแบ่งประเภทของกล้วยไม้ตามระบบรากหรือตามที่อยู่อาศัย แบ่งได้เป็น 4 ประเภท คือ

1.1.1 กล้วยไม้ดิน (Terrestrial) เป็นกล้วยไม้ที่ปลูกในดิน

1.1.2 กล้วยไม้กึ่งดิน (Semi-Terrestrial) มีระบบรากหยาบกว่ากล้วยไม้ดิน ต้องการเครื่องปลูกที่โปร่งและร่วนกว่าดินธรรมดามาก เช่น รongเท้านารี เป็นต้น

1.1.3 กล้วยไม้กึ่งรากอากาศ (Semi-epiphytic) มีระบบรากเป็นรากอากาศแต่การเจริญของรากยังไม่ใช่รากอากาศ คือ รากหยาบและใหญ่ขึ้น เซลผิวหนาขึ้น มีลักษณะคล้ายฟองน้ำ เก็บและดูดน้ำได้มาก รากเจริญเติบโตอยู่ภายในเครื่องปลูก ไม่ค่อยยื่นออกสู่อากาศนัก เครื่องปลูกที่ใช้เป็นวัสดุหยาบเช่น อิฐ ถ่านก้อนใหญ่ เพื่อให้เครื่องปลูกโปร่งกว่ากล้วยไม้สองประเภทแรก รากจะได้มีโอกาสรับอากาศได้มากขึ้น แต่ก็ใช้ภาชนะที่บวม เช่น กระจาดดินเผา เพื่อป้องกันแสงสว่าง อันเป็นอุปนิสัยของรากต้นไม้ธรรมดาทั่วไปที่ชอบที่มืด กล้วยไม้สกุลที่ใช้เป็นการค้าเช่น แคทลียา หวาย เป็นต้น

1.1.4 กล้วยไม้รากอากาศ (Epiphytic) มีระบบรากอากาศที่สมบูรณ์ มีรากใหญ่ เซลผิวหนามีลักษณะคล้ายฟองน้ำ มีแกนกลาง เซลผิวทำหน้าที่ดูดน้ำและเก็บน้ำได้มาก รากพยายามออกนอกภาชนะยื่นออกไปในอากาศและจะยาวระเกะระกะอยู่ในอากาศ รากประเภทนี้ไม่หลบแสงสว่างเหมือนรากต้นไม้ทั่วไป ตัวอย่างของกล้วยไม้จำพวกนี้ได้แก่ กล้วยไม้สกุลช้าง สกุลแวนด้า สกุลเข็ม เป็นต้น

1.2 ปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของกล้วยไม้

ไพบูลย์ (2521) กล่าวถึงปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของกล้วยไม้ โดยแบ่งได้ดังนี้

1.2.1 แสงสว่าง กล้วยไม้โดยทั่วไปต้องการแสงสว่างไม่เต็มที่ แต่ละชนิดทนต่อความร้อนที่มากับแสงแดดได้ไม่เท่ากัน และมีบางชนิดที่แสงแดดช่วยกระตุ้นในการออกดอก เช่น แคทลียา เป็นต้น

1.2.2 อุณหภูมิ การเจริญเติบโตของกล้วยไม้จำเป็นต้องอาศัยอุณหภูมิที่พอเหมาะสำหรับกล้วยไม้สกุลนั้น รวมถึงอุณหภูมิของน้ำที่นำมารดกล้วยไม้ด้วย ถ้าน้ำมีอุณหภูมิสูงเกินไป กล้วยไม้ก็จะเกิดอันตรายได้

1.2.3 ความชื้น ความชื้นหรือน้ำที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตของกล้วยไม้มี 2 รูปคือ ในรูปของน้ำและรูปของไอน้ำ น้ำนอกจากทำหน้าที่หล่อเลี้ยงกล้วยไม้ให้สดชื่นและคงรูปอยู่ได้แล้วยังเป็นตัวละลายแร่ธาตุต่างๆที่กล้วยไม้จะนำไปใช้ประโยชน์ได้ เพราะฉะนั้นเพียงแต่ทำบรรยากาศรอบต้นกล้วยไม้ให้ชื้นโดยไม่ต้องรดน้ำที่ต้นกล้วยไม้ กล้วยไม้ก็ดูดความชื้นได้แล้ว

1.2.4 อากาศและการหมุนเวียนอากาศ การหมุนเวียนระบายถ่ายเทของอากาศ มีผลต่อการเจริญเติบโตของกล้วยไม้ เพราะมีผลต่ออุณหภูมิและความชื้นภายในบริเวณนั้น แล้วยังมีผลต่อการคายน้ำด้วย ดังนั้นโรงเรือนที่ปลูกกล้วยไม้ต้องมีการระบายถ่ายเทของอากาศที่เหมาะสม

1.2.5 อาหาร หมายถึงธาตุต่างๆที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิต โดยทั่วไปพืชได้รับธาตุต่างๆจากอากาศและดิน แต่สำหรับกล้วยไม้ที่มีระบบรากอากาศ เช่น แวนด้า และระบบรากกิ่งอากาศ เช่น หวาย ซึ่งกล้วยไม้สองพวกนี้รากไม่ได้หยั่งลึกลงดิน จึงไม่มีดินช่วยยึดเกาะปุ๋ยเอาไว้ ดังนั้นจะได้รับจะมีโอกาสขาดธาตุต่างๆได้มาก จึงต้องมีการให้ปุ๋ยเพิ่มเติมแก่กล้วยไม้

1.3 แหล่งน้ำที่ใช้

ระพี (2514,2544) กล่าวถึง แหล่งน้ำที่นำมาใช้ในการรดน้ำกล้วยไม้ โดยแบ่งเป็นประเภทดังนี้

1.3.1 น้ำฝน น้ำฝนมีสภาพเป็นกรดในตริกอ่อนๆ มีธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์แก่กล้วยไม้เล็กน้อยและไม่เป็นพิษต่อกล้วยไม้ จึงจัดว่าเป็นน้ำที่เหมาะสมกับการใช้รดกล้วยไม้

1.3.2 น้ำประปา หมายถึง น้ำที่ได้ผ่านกระบวนการกรองและตกตะกอนเอาสิ่งสกปรกและเกลือแร่ที่ละลายอยู่ตามธรรมชาติออกแล้วจากนั้นยังใส่คลอรีนหรือตัวฆ่าเชื้อโรค ถึงแม้ว่าน้ำประปาไม่บริสุทธิ์เท่าน้ำฝน เพราะยังแยกเกลือบางอย่างออกไม่หมด และมีคลอรีนอยู่มากก็ตามแต่ถ้าไม่มีน้ำฝน น้ำประปาก็มีความบริสุทธิ์รองจากน้ำฝน

1.3.3 น้ำบาดาล เป็นน้ำที่สะอาดพอใช้ได้ถ้าไม่มีน้ำฝนหรือน้ำประปา แต่ก็มีเกลือบางอย่างละลายอยู่โดยสังเกตได้จากความกร่อยของน้ำบาดาล ส่วนความบริสุทธิ์ของน้ำขึ้นกับแหล่งที่ตั้งของบ่อ และเกลือที่ละลายอยู่ตามธรรมชาติในบางแห่งอาจมีเกลือที่เป็นพิษต่อกล้วยไม้ได้

1.3.4 น้ำคลองหรือน้ำบ่อ เมื่อพิจารณาถึงความสะอาดบริสุทธิ์อยู่ในระดับต่ำที่สุด เพราะมักจะมีจุลินทรีย์และดิน นอกจากนั้นยังมีเกลือธรรมชาติละลายอยู่อาจเป็นพิษต่อการเจริญเติบโตของกล้วยไม้

1.4 การให้น้ำกล้วยไม้

ไพบูลย์ (2521) กล่าวถึงวิธีการให้น้ำกล้วยไม้ ไว้ดังนี้

1.4.1 วิธีจุ่มน้ำ โดยการนำกระถางแช่ที่ละต้น วิธีนี้มีข้อดีคือน้ำจะซึมไปทั่วทั้งเครื่องปลูก เหมาะกับกล้วยไม้ที่ไม่มีรากเกาะเกาะ เช่น หวาย แคลทลียา แต่ข้อเสียคือ อาจทำให้รากอ่อน หน่ออ่อนถูกกระทบกระเทือนได้ และทำให้เกิดการระบาดของโรคระหว่างต้นต่อต้นได้ง่าย

1.4.2 วิธีให้น้ำท่วม โดยทำโต๊ะปลูกกล้วยไม้ที่มีน้ำขังได้ เวลาให้น้ำก็ให้น้ำให้ขังเต็มโต๊ะ ทิ้งไว้จนเห็นว่าเครื่องปลูกชุ่มน้ำเพียงพอแล้วจึงให้น้ำออก วิธีนี้ทำได้รวดเร็วกับกล้วยไม้จำนวนมาก และกล้วยไม้จะไม่บอบช้ำ แต่ยังไม่สามารถก่อให้เกิดโรคระหว่างต้นได้ และการลงทุนค่อนข้างสูง

1.4.3 วิธีใช้บัวรดน้ำ การรดน้ำด้วยวิธีนี้ ข้อดีคือลงทุนต่ำ ส่วนข้อเสียคือ เสียเวลามาก โดยเฉพาะถ้ากล้วยไม้มีปริมาณมาก และโอกาสที่กล้วยไม้จะถูกกระทบกระเทือนก็มีได้

1.4.4 สายยางติดหัวฉีด โดยการต่อสายยางจากก๊อกน้ำประปา ถ้าน้ำมีคุณภาพดีและมี ความแรงเพียงพอ หรือใช้เครื่องสูบน้ำ และต่อหัวฉีดกับปลายสายยาง วิธีนี้สะดวกและรวดเร็ว แต่ ยังมีการลงทุนสำหรับเครื่องสูบน้ำและหัวฉีด ในตอนแรก

1.4.5 ระบบสปริงเกอร์ การให้น้ำด้วยวิธีนี้สะดวกและรวดเร็วที่สุด ใช้แรงงานน้อย เพราะเพียงแต่ให้ทำหน้าที่เปิด – ปิดน้ำ กับตรวจการทำงานของหัวจ่ายน้ำแต่ละหัวให้ทำงาน เรียบร้อย ส่วนข้อเสีย คือ ต้องลงทุนสูง และใช้ได้กับกล้วยไม้ที่มีความต้องการน้ำเหมือนกัน จึง เหมาะสำหรับการปลูกบนพื้นที่ขนาดใหญ่

1.5 ความถี่ในการให้น้ำกล้วยไม้

ยงยุทธ (2514) กล่าวถึงปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการรดน้ำมากน้อยหรือบ่อยเพียงใด ไว้ ดังนี้

1.5.1 ความชื้นในอากาศ ถ้าอยู่ในบริเวณที่มีน้ำขัง มีแอ่งน้ำ กรณีนี้อาจให้เพียงครั้ง เดียว แต่ถ้าอยู่ในบริเวณที่มีความชื้นต่ำ ควรให้น้ำวันละ 2 ครั้ง

1.5.2 การถ่ายเทอากาศ เรือนกล้วยไม้ที่มีลมพัดผ่านมากต้องรดน้ำบ่อยกว่าในที่อับลม

1.5.3 สภาพโรงเรือน การเลี้ยงกล้วยไม้ในโรงเรือนที่ดีหลังคาอ่อนข้างห่างจะต้องให้ น้ำบ่อยกว่าหรือมากกว่าการเลี้ยงกล้วยไม้ในโรงเรือนที่ดีหลังคาถัด

1.5.4 เครื่องปลูก โดยพิจารณาถึงความสามารถในการอุ้มน้ำของเครื่องปลูก

1.5.5 ดินฟ้าอากาศ ถ้าเป็นช่วงที่แดดแรง ลมแรง ควรให้น้ำวันละ 2 ครั้ง

1.5.6 จังหวะการเจริญเติบโตของกล้วยไม้ กล้วยไม้บางชนิด เช่น กล้วยไม้ป่า ระยะ การออกดอกจะต้องแห้งจึงจะออกดอก ดังนั้นจึงต้องมีการควบคุมน้ำตามความต้องการของ กล้วยไม้

1.6 ลักษณะสำคัญของกล้วยไม้รากอากาศ

1.6.1 ระบบราก

ระพี (2514) กล่าวถึง กล้วยไม้ที่มีระบบรากเป็นรากอากาศแก่สามารถปลูกได้ โดยไม่ต้องมีเครื่องปลูกและก็สามารถเจริญเติบโตได้ดี ดังนั้น จึงไม่มีเครื่องปลูกสำหรับช่วยในการอุ้มความชื้นเมื่อมีการให้น้ำ

ไพบูลย์ (2514) ได้กล่าวว่า รากมีลักษณะคล้ายฟองน้ำซึ่งมีคุณสมบัติพิเศษที่จะดูดความชื้นหรือไอน้ำในอากาศมาใช้ได้ ในบางครั้งเพียงทำบรรยากาศรอบต้นให้ชื้นโดยไม่ต้องรดน้ำที่ต้นกล้วยไม้ก็สามารถดูดความชื้นได้

1.6.2 ความชื้น

เดวิด (n.d.) กล่าวถึง ความชื้นที่เหมาะสมสำหรับกล้วยไม้สกุลแวนด้าและแอสโคเซนด้า ซึ่งเป็นกล้วยไม้ที่มีระบบรากเป็นรากอากาศ ไว้ว่าโดยทั่วไปควรควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ให้อยู่ในช่วง 60-80 % และในวันที่แดดจัดควรควบคุมให้เกือบถึง 80 % ถ้าช่วงใดความชื้นสัมพัทธ์ต่ำกว่า 60 % ต้องทำการเพิ่มความชื้น ซึ่งมีระบบที่จะช่วยได้คือ ระบบพ่นหมอก (Misting System) โดยให้ทิศทางของละอองน้ำกระจายตามช่องทางเดิน และช่องว่างใต้ต้นกล้วยไม้ ซึ่งจะไม่น้ำกับต้นกล้วยไม้ และจะไม่ให้ทิศทางละอองน้ำพ่นจากด้านบน ในการใช้ระบบนี้ไม่ควรใช้มีปริมาณน้ำมาก เพราะจะทำให้เกิดการเพาะเชื้อราและเกิดการเน่าได้ โดยกำหนดลักษณะรูจ่ายน้ำที่เหมาะสมไว้ ให้มีมุมการจ่ายน้ำ 80° มีอัตราการจ่ายน้ำเท่ากับ 4 ลิตร/ชั่วโมง เปิดระบบจนกว่าความชื้นจะเพิ่มไปถึงความชื้นที่ควบคุม

1.6.3 การให้น้ำและการกำหนดเวลาการให้น้ำ

ระพี (2514) ได้กล่าวว่า สำหรับกล้วยไม้ประเภทแวนด้า (มีลักษณะเติบโตไปทางส่วนยอด) ควรให้น้ำเพียงครั้งเดียวในตอนเช้าแต่ต้องให้น้ำให้นานเพื่อให้ความชื้นอยู่ได้สักครึ่งวันแล้วแห้งจะดีกว่าการให้น้ำบ่อยเพราะจะทำให้เกิดเชื้อราและเน่าได้

สมศักดิ์ (2540) ได้กล่าวถึงการให้น้ำสำหรับกล้วยไม้ไว้ว่า ควรให้น้ำอย่างพอดี และต้องขึ้นอยู่กับกล้วยไม้แต่ละสกุล ถ้ามีเพียงกระเช้าไม่มีเครื่องปลูกเลยนั้นควรรดน้ำทั้งเช้าและเย็น หลังจากให้น้ำควรให้กาบใบแห้งภายใน 3 ชั่วโมง ถ้าไม่อย่างนั้นจะทำให้เกิดเชื้อรา ในช่วงเย็นจะให้น้ำกับกล้วยไม้สกุลแวนด้าในช่วง 14:00 น. เพื่อให้กาบใบแห้งก่อนหมดแสงแดด

เดวิด (n.d.) กล่าวถึงเทคนิคการให้น้ำกับกล้วยไม้สกุลแวนด้า และสกุลแอสโคเซนด้า ไว้ว่า ในการให้น้ำในตอนเช้าควรจะให้จนโชกจนกระทั่ง ส่วนที่หุ้มรากคล้ายฟองน้ำ (Velamen) กลายเป็นสีเขียวอ่อนสม่ำเสมอ ให้น้ำจนกระทั่งน้ำล้นจากกาบใบไหลลงด้านล่าง และควรให้น้ำให้โชกในตอนเช้าเพียงครั้งเดียวก็เพียงพอ นอกจากนั้นจำเป็นจริงๆจึงจะให้น้ำในตอนเย็นอีกครั้ง แต่ก็ไม่ควรเกิน 15:00 น. เพราะกาบใบจะแห้งไม่ทัน แต่ไม่จำเป็นต้องให้มากเหมือนในตอนเช้า และหลังจากให้น้ำแล้วน้ำควรแห้งโดยเร็วทั้งบนใบและกาบใบคือภายใน 1 ชั่วโมง หรืออย่างช้าไม่เกิน 3 ชั่วโมง

1.6.4 การหมุนเวียนอากาศ

เดวิด (n.d.) กล่าวว่า การไหลผ่านของอากาศในบริเวณรากและใบของกล้วยไม้สกุลแวนด้าและสกุลแอสโคเซนด้ามีความสำคัญในการเจริญเติบโตและช่วยให้ต้นไม้ที่เปียกอยู่แห้งลงได้เพื่อลดการเจริญเติบโตของเชื้อราและแบคทีเรีย แต่ต้องไม่ใช่เป็นการพัดลมที่แรงแต่ควรเป็นการหมุนเวียนของอากาศผ่านบริเวณที่ปลูกกล้วยไม้

1.6.5 โรงเรือน

ระพี (2514,2544) กล่าวไว้ว่า กล้วยไม้ที่มีรากอากาศแท้ๆ ต้องแขวน เพราะถ้าตั้งไว้รากจะไม่ค่อยเจริญงอกงาม ในการแขวนถ้ามีทางเดินสองข้างราวแขวน ควรแขวนไม่เกิน 4-5 แถว เพื่อสะดวกในการดูแลรักษาและการให้น้ำ

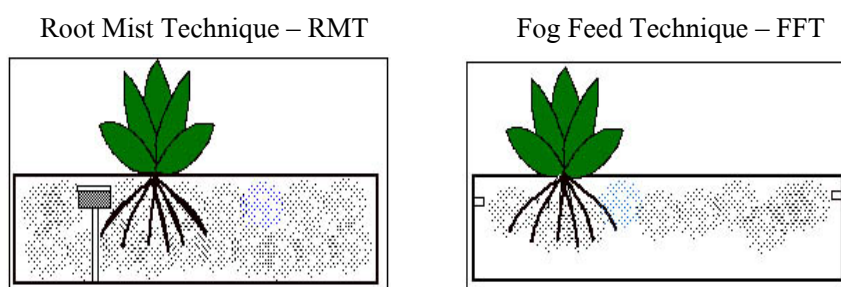
ไพบุลย์ (2521) ได้กล่าวถึง ความสูงของการแขวนกล้วยไม้ไว้ว่า ปกตินิยมให้ปากกระถางอยู่สูงจากพื้นประมาณ 125-145 เซนติเมตร

2. ระบบการให้น้ำที่เหมาะสมกับการนำมาประยุกต์ใช้

2.1 ระบบ Aeroponics

ภาควิชาปฐพีวิทยา สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง (ม.ป.ป.) ได้มีการปลูกผักด้วยระบบ Aeroponics ซึ่งระบบนี้มีหลักการ คือ เป็นการปลูกพืชโดยส่วนของรากลอยอยู่ในอากาศ และธาตุอาหารละลาย ธาตุอาหารเป็นฝอย ไปที่รากพืชโดยตรง เป็นช่วงเวลา และสารละลายที่เหลือจะไหลไปรวมที่ถังพัก เพื่อนำกลับมาใช้ใหม่

Anonymous (2005) ได้กล่าวถึงระบบ Aeroponics ว่าเป็นการให้น้ำแบบหนึ่งของ Hydroponic Method ใช้หลักการ Root Mist Technique (RMT) คือ การฉีดละอองสารละลายธาตุอาหารบนรากของพืชที่แขวนไว้ และ อีกหลักการคือ Fog Feed Technique (FFT) ซึ่งมีลักษณะคล้าย RMT แต่ละอองน้ำของสารละลายธาตุอาหารจะละเอียดมากกว่า การให้น้ำแบบ FFT นั้นเหมาะสมมากสำหรับพืชที่มีระบบรากเป็นรากอากาศ เช่น กล้วยไม้ เป็นต้น



ภาพที่ 1 หลักการการให้น้ำระบบ Aeroponics

Steven (1992) กล่าวว่าไว้ว่า Aeroponics คือ วิธีการให้น้ำที่พัฒนาโดยใช้หลักการของ Hydroponic และถูกให้คำนิยามโดย International Society for Soilless Culture ว่าเป็นระบบที่ให้สารละลายธาตุอาหารด้วยละอองที่ละเอียดมากอย่างต่อเนื่อง หรือไม่ต่อเนื่องก็ตาม และอยู่ภายใต้สภาพแวดล้อมที่มีอากาศอิมมิดัว ซึ่ง Aeroponics Technique ได้รับการพิสูจน์แล้วว่าเหมาะสมกับการแพร่พันธุ์ของพืช

Dr.Lloyed (1997) ได้กล่าวไว้ว่าได้เริ่มมีการตีพิมพ์เรื่อง Aeroponics เป็นครั้งแรกเมื่อปี ค.ศ.1921 ที่ประเทศอังกฤษ เกี่ยวกับการศึกษาระบบ Aeroponics โดยให้สารละลายธาตุ

อาหารเป็นละอองน้ำบนรากแอปเปิล ต่อมาชาวรัสเซียได้พัฒนาต่อโดยไม่ให้ละอองสารละลายธาตุอาหารตลอดเวลา แต่จะให้ในช่วงๆ เท่านั้น และ Dr.Lloyed กล่าวไว้ด้วยว่าระบบ Aeroponics ต้องประกอบด้วย ช่องว่างสำหรับให้รากพืชอยู่ (Root Chamber) โดยต้องมีฝาปิดเพื่อให้รากไม่ถูกแสง บริเวณด้านล่างของ Root Chamber จะมีหัวจ่ายน้ำที่มีละอองน้ำที่ละเอียด (Misting Nozzle) สำหรับจ่ายธาตุอาหารแก่รากพืช โดยการฉีดเป็นช่วงๆ ด้วยอัตรา 4 mL ใน 3 วินาที ให้ทุกๆ 10 นาที บริเวณพื้น Root Chamber จะต้องมีการระบายสารละลายที่ตกลงมา และจะไม่มีให้น้ำสารละลายธาตุอาหารที่ใช้แล้วกลับมาใช้อีก

2.2 ระบบ Micro Irrigation

มนตรี (2542) ได้กล่าวถึง การชลประทานแบบไมโครไว้ว่า เป็นการให้น้ำแก่พืชเฉพาะในเขตรากพืช โดยมีการควบคุมปริมาณน้ำที่ส่งให้แก่พืชครั้งละน้อยๆ บ่อยๆ อย่างสม่ำเสมอ น้ำที่จ่ายจากหัวจ่ายน้ำที่เรียกว่าหัวน้ำหยด (Dripper) หรือหัวฉีดละออง (Micro Spray) หรือละอองเม็ดน้ำเล็กๆจากหัวไมโครสปริงเกอร์ โดยควบคุมให้มีปริมาณใกล้เคียงกับความต้องการน้ำของพืชและได้กล่าวถึงอุปกรณ์สำคัญที่ต้องมีในระบบคือ

2.2.1 หัวจ่ายน้ำ เป็นอุปกรณ์ที่สำคัญมากของระบบให้น้ำแบบประหยัด อาจมีการเรียกได้หลายอย่าง แต่โดยทั่วไปพิจารณาแบ่งเป็น 4 ประเภท ได้แก่ หัวน้ำหยด หัวฉีดละอองเล็กและใหญ่ หัวไมโครสปริงเกอร์ และหัวฉีดน้ำเป็นจังหวะ

ก. หัวน้ำหยด มีทั้งประเภทเป็น แบบท่อขนาดจิ๋ว (Microtube) แบบกับติดอยู่บนท่อแขนง (on – line) และแบบหัวน้ำหยดที่ต่ออยู่ในท่อ (in line) โดยแต่ละแบบนี้มีขนาดรูจ่ายน้ำประมาณ 0.5 – 1.5 มม. ปริมาณน้ำ ประมาณ 1 – 12 ลิตร/ชม. อัตราการจ่ายน้ำที่นิยม คือ 2, 4, 8 ลิตร/ชม. ความดันใช้งาน 5 – 10 ม. มีเส้นผ่าศูนย์กลางการให้น้ำ 0.2 - 1.5 ม.

ข. หัวฉีดละออง เป็นหัวจ่ายน้ำที่ไม่มีส่วนใดหมุนในการฉีดน้ำ ถ้ามีละอองเล็กมาก (Mist) นิยมปลูกในโรงเรือนที่มีการปลูกพืชชิดกันอย่างหนาแน่น ส่วนหัวที่มีละอองขนาดใหญ่ (Mini Spray) ใช้กับต้นไม้ที่มีระยะปลูกแคบ หัวฉีดละอองมีขนาดรูจ่ายน้ำขนาด 0.8 – 2.4 มม. ปริมาณน้ำ 10 – 200 ลิตร/ชม. ความดันใช้งาน 10 – 20 ม. เส้นผ่าศูนย์กลางการให้น้ำ 1 – 6 ม. นิยมอัตราการจ่ายน้ำที่แรงดัน 15 ม. อัตราการจ่ายน้ำ 20 – 70 ลิตร/ชม.

ค. หัวไมโครสปริงเกอร์ เป็นหัวจ่ายน้ำที่มีลักษณะการหมุนเหวี่ยงในการจ่ายน้ำ ใช้สำหรับต้นไม้ขนาดใหญ่ หรือพื้นที่ให้น้ำที่มีวงกว้าง ขนาดของรูจ่ายน้ำ 1.0 – 2.8 มม. ปริมาณน้ำ 20 – 250 ลิตร/ชม. ความดันใช้งาน 15 – 25 ม. เส้นผ่าศูนย์กลางการให้น้ำ 3 – 10 ม. นิยมใช้ความดัน 20 ม. อัตราการจ่ายน้ำ 40 – 120 ลิตร/ชม.

ง. หัวฉีดน้ำเป็นจังหวะ (Pulsator) เป็นหัวจ่ายน้ำที่รวมเอาหัวน้ำหยดกับหัวฉีดละอองหรือหัวไมโครสปริงเกอร์มาทำงานร่วมกันเป็นหัวเดียว โดยใช้หัวน้ำหยดจ่ายน้ำเข้าไปในกระเปาะซึ่งภายในเป็นยางซีลิโคน เมื่อน้ำเต็มกระเปาะจะฉีดน้ำออกมาเหมือนกับหัวฉีดละอองและหัวไมโครสปริงเกอร์ แต่ว่าลักษณะการฉีดเป็นจังหวะ เหมาะสำหรับแหล่งน้ำที่มีอัตราการไหลเข้าช้าๆ ใช้เวลาการให้น้ำนาน แต่ขนาดท่อและเครื่องสูบจะเล็กกว่าใช้หัวไมโครสปริงเกอร์ ช่วยเพิ่มความชื้นในอากาศได้มากและช่วยลดอุณหภูมิของอากาศลงได้

2.2.2 ท่อแขนง เป็นท่อแยกจากท่อประธานย่อย และเป็นท่อที่ติดตั้งหัวจ่ายน้ำ โดยทั่วไปนิยมใช้ท่อ พีอี (ท่อโพลีเอททิลีน) เป็นท่อสีดำ ซึ่งนิยมใส่ผงถ่าน เพื่อป้องกันแสงอาทิตย์ ทำให้อายุการใช้งานนานขึ้นและไม่ทำให้เกิดตะไคร่น้ำ ท่อพีอีแบ่งย่อยเป็น 3 ชนิดดังนี้

ก. ชนิดความหนาแน่นต่ำ (LDPE) ส่วนใหญ่นิยมทำเป็นท่อแขนงที่จะติดตั้งหัวจ่ายน้ำ มีขนาดใหญ่ที่สุด 32 มม. และขนาดที่ใช้มากที่สุด คือ เส้นผ่าศูนย์กลาง 16 และ 20 มม.

ข. ชนิดความหนาแน่นปานกลาง (MDPE) หรือ (LLDPE) คุณสมบัติคล้ายท่อ LDPE แต่มีเนื้อแน่นกว่าท่อ LDPE การใช้งานเหมือนท่อ LDPE ทุกประการ แต่คุณภาพและราคาจะแพงกว่าเล็กน้อย

ค. ชนิดความหนาแน่นสูง (HDPE) เนื้อท่อจะแน่น ค่อนข้างแข็ง ส่วนใหญ่ใช้เป็นท่อประธานย่อย หรือ ท่อประธาน มีขนาดตั้งแต่ 32 มม. ขึ้นไป

2.2.3 ท่อประธานย่อย ท่อนี้ต่อแยกจากท่อประธาน เพื่อแบ่งการควบคุมเป็นส่วนๆ ถ้าระบบไม่ใหญ่นักไม่จำเป็นต้องมี ทำจากวัสดุแบบเดียวกับท่อแขนง โดยทั่วไปนิยมใช้ขนาด 32 และ 50 มม.

2.2.4 ท่อประธาน ทำจากวัสดุต่อไปนี้ ท่อ PE ชนิดความหนาแน่นสูง (HDPE) และท่อ PVC ซึ่งท่อ PVC ที่ผลิตในประเทศไทย มีระดับชั้นทนความดัน 3 ระดับ คือ ชั้น 5 , 8.5 และ 13.5 โดยทั่วไปนิยมใช้ ชั้น 8.5 และควรฝังดินเนื่องจากแรงผ่านได้จะทำให้เกิดตะไคร่น้ำได้

2.2.5 เครื่องกรองน้ำ เป็นอุปกรณ์สำคัญมากสำหรับระบบการให้น้ำแบบไมโคร เพื่อขจัดปัญหาอุดตัน ตามปกติจะเป็นแบบตะแกรง หรือแบบแผ่นจาน และแบบกรวดทราย ขึ้นอยู่กับลักษณะของตะกอน บางแห่งถ้ามีสารเคมีปนอยู่ต้องใช้ชนิดพิเศษที่สามารถเดิมสารเคมีได้ และถ้าให้ได้ผลดีควรนำน้ำที่ได้จากแหล่งน้ำไปทำการวิเคราะห์ เพื่อจะได้ทราบถึงอุปกรณ์ที่จะใช้ได้เหมาะสม เครื่องกรองแบ่งตามลักษณะการกรองเป็น 3 ชนิด คือ

ก. กรองชนิดพื้นผิว (Surface Filter) กรองชนิดนี้อาศัยพื้นที่ผิวในการกรอง ได้แก่ ตะแกรง ทำจากวัสดุไม่เป็นสนิม ขนาดของรูตะแกรง จะระบุเป็นเบอร์ตะแกรง เรียกว่า Mesh โดยทั่วไปขนาดของรูตะแกรงควรมีขนาดเล็กกว่าขนาดรูจ่ายน้ำไม่น้อยกว่า 10 เท่าสำหรับหัวน้ำหยด และไม่น้อยกว่า 6 เท่าสำหรับหัวไมโครสปริงเกอร์ ดังแสดงขนาดเบอร์ตะแกรงกับการใช้งานที่เหมาะสมไว้ในตารางที่ 1 เครื่องกรองแบบนี้เหมาะสำหรับชั้นน้ำผิวดินที่ค่อนข้างสะอาด แต่ไม่เหมาะกับการกรองอนุภาคที่ละเอียด พวกจุลินทรีย์ หรือสารแขวนลอย

ข. กรองแบบชั้นความลึก (Depth Filter) กรองแบบนี้มีประสิทธิภาพในการกรองสูงกว่าแบบพื้นผิว เพราะว่าการกรองมีชั้นความลึกเป็น 3 มิติ การอุดตันเกิดขึ้นได้ยากกว่า แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ

1) กรองแบบผ่านวัสดุกรอง ได้แก่ กรองกรวด/ทราย เหมาะสำหรับกรองน้ำที่ได้จากแหล่งน้ำเปิด เช่น หนองน้ำ คลอง แม่น้ำ เป็นต้น ซึ่งกรองแบบตะแกรงธรรมดาไม่สามารถกรองได้ แต่อย่างไรก็ตามทุกกรณีที่ใช้เครื่องกรองแบบกรวดทราย จะต้องใช้เครื่องกรองแบบตะแกรงหรือแผ่นดิสก์ด้วย เพื่อให้ได้ผลดียิ่งขึ้น

2) กรองแบบแผ่นดิสก์ (Grooved disc filter) เป็นการกรองผ่านแผ่นแหวนพลาสติกเซาะร่องที่อัดกันแน่น เครื่องกรองแบบนี้ทนการกัดกร่อน สามารถกำหนดความละเอียดการกรองได้ตั้งแต่ 25 – 400 ไมครอน (โดยการเปลี่ยนขนาดของแผ่นดิสก์) ทนแรงดันน้ำได้ถึง 10 กก./ซม.

ตารางที่ 1 ขนาดเบอร์ตะแกรงกับการใช้งานที่เหมาะสมของเครื่องกรองชนิดพื้นผิว

ขนาด เบอร์ ตะแกรง	ขนาดรูตะแกรง		เหมาะใช้ งานกับ	ขนาด เบอร์ ตะแกรง	ขนาดรูตะแกรง		เหมาะใช้งาน กับ
	มม.	ไมครอน			มม.	ไมครอน	
4	3.5	3,500	สปริงเกอร์	60	0.25	250	มินิสปริงเกอร์
6	2.5	2,500	สปริงเกอร์	75	0.20	200	มินิสปริงเกอร์
10	1.5	1,500	สปริงเกอร์	120	0.13	130	ไมโครสปริง เกอร์
12	1.2	1,200	สปริงเกอร์	155	0.10	100	ระบบน้ำหยด
20	0.8	800	สปริงเกอร์	200	0.08	80	ระบบน้ำหยด
30	0.5	500	สปริงเกอร์	450	0.022	22	น้ำอุปโภค
50	0.3	300	มินิสปริง เกอร์				

ที่มา: มนตรี (2542)

3) เครื่องกรองแบบแยกทราย/ แบบไหลเหวี่ยงวน (Sand Separator / Hydrocyclone) เหมาะสำหรับการขจัดทรายจำนวนมากที่ปนมากับน้ำ แต่ไม่สามารถขจัดพวกอินทรีย์วัตถุ หรืออนุภาคที่มีความหนาแน่นน้อยกว่าน้ำได้

ในกรณีที่น้ำคุณภาพไม่ดีนั้นควรใช้เครื่องกรองร่วมกันทั้ง 3 ประเภท โดยให้ผ่านเครื่องกรองแบบแยกทรายหรือแบบไหลเหวี่ยงวนก่อน แล้วจึงผ่านเครื่องกรองกรวด/ทราย และสุดท้ายผ่านเครื่องกรองแบบตะแกรง

2.2.6 เครื่องควบคุมการจ่ายน้ำต้นทาง อาจประกอบด้วย

ก. เครื่องวัดปริมาณการไหลของน้ำ เพื่อให้ทราบอัตราการใช้น้ำและให้ทราบถึงความผิดพลาดของระบบ

ข. เครื่องวัดความดัน เพื่อให้ทราบความดันขณะใช้งาน เพราะจะต้องสัมพันธ์กับปริมาณน้ำที่จ่ายจากหัวจ่ายน้ำ

ค. เครื่องควบคุมความดัน เพื่อให้ความดันไม่เปลี่ยนแปลงมาก อาจติดตั้งที่ต้นทางจากท่อประธานหรือที่หัวแปลงย่อย เพื่อช่วยรักษาความดันของน้ำในแต่ละท่อแขนงให้เท่ากันมากที่สุด จะทำให้ปริมาณน้ำที่จ่ายจากหัวจ่ายน้ำใกล้เคียงกัน

ง. วาล์วป้องกันน้ำไหลกลับ ป้องกันการเกิดน้ำกระแทกท่ออย่างฉับพลัน ภายหลังหยุดให้น้ำ

จ. วาล์วระบายอากาศ จะติดตั้งที่จุดสูงสุด หรือตำแหน่งที่คาดว่าจะมีอากาศ เพื่อช่วยระบายอากาศที่สะสมอยู่ในท่อ

3. การผสมปุ๋ยร่วมกับการให้น้ำชลประทาน (Fertigation)

มนตรี(2542) กล่าวถึงวัตถุประสงค์ในการผสมปุ๋ยร่วมกับการให้น้ำชลประทานไว้คือ เพิ่มประสิทธิภาพในการใช้ปุ๋ย และนำมาพัฒนาใช้กับระบบ Micro Irrigation ที่มีการออกแบบมีความสม่ำเสมอในการให้น้ำ 70 % ขึ้นไปก็จะก่อให้เกิดประโยชน์ยิ่งขึ้น และช่วยประหยัดแรงงานในการให้ปุ๋ยแก่พืช

อิทธิสุนทร(2456) กล่าวถึงความหมายของการให้ปุ๋ยในระบบน้ำ (Fertigation) คือ การให้ปุ๋ยระบบหนึ่งโดยผสมปุ๋ยที่สามารถละลายน้ำได้หมดลงไปในระบบน้ำ ระบบการให้น้ำที่ดีจึงเป็นปัจจัยที่สำคัญที่สุดที่จะทำให้การให้น้ำและปุ๋ยไปสู่ต้นพืชได้อย่างสม่ำเสมอ

ดังนั้นระบบ Fertigation เมื่อนำมาใช้ร่วมกับระบบ Micro Irrigation จึงต้องประกอบด้วยสิ่งสำคัญที่นอกเหนือจากระบบ Micro Irrigation อีกคือ ปุ่มสำหรับอัดฉีดปุ๋ยเข้าระบบชลประทาน และสารละลายปุ๋ยที่นำมาใช้

3.1 ปุ่มที่ใช้อัดฉีดสารละลายปุ๋ย

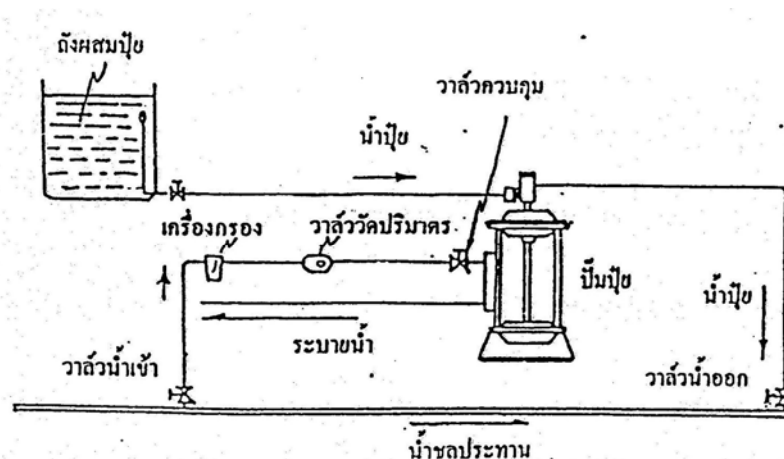
ในระบบ Fertigation นั้น จำเป็นต้องมีอุปกรณ์ที่สำคัญมาก คือ ปุ่มที่ใช้อัดฉีดสารละลายปุ๋ยให้เข้าสู่ระบบน้ำ ซึ่งปุ่มที่นิยมใช้ในระบบ Fertigation มีดังนี้

3.1.1 ปุ่มแบบลูกสูบอัดฉีด หลักการทำงานคือ ปุ่มจะสูบสารละลายปุ๋ยจากถังฝาเปิด แล้วฉีดเข้าที่ท่อจ่ายชลประทาน ทำการดูดจ่ายปุ๋ยเข้าเส้นท่อชลประทานโดยตรง

3.1.2 ปุ่มแบบลูกสูบน้ำอัดฉีดชนิดที่ใช้แต่แรงดันน้ำในการทำงาน โดยทั่วไปมักนำไปติดตั้งบริเวณกลางแปลง หรือ หัวแปลงย่อย เมื่อหยุดส่งน้ำชลประทาน การอัดปุ๋ยของปุ่มจะหยุดทันที

3.1.3 ปุ่มฉีดปุ๋ยโคซาตรอน เครื่องจะดูดปุ๋ยจากถังด้วยแรงอัดของน้ำปุ๋ยที่ถูกดูดขึ้นไปผสมกับน้ำในตัวเครื่อง ใช้ได้กับปริมาณการไหลของน้ำที่ต่ำ (10 ลิตร/ชั่วโมง) ดังแสดงตัวอย่างปุ่มฉีดปุ๋ยโคซาตรอน

3.1.4 ปุ่มฉีดอัดปุ๋ยแบบไดอะแฟรม คือ ปุ่มที่กระบอกสูบได้ดัดแปลงเป็นแผ่นอโลหะซึ่งยืดหยุ่นได้ ปริมาตรของเหลวในการสูบจังหวะหนึ่งประมาณ 250 ซีซี ค่าเฮดที่ปุ่มใช้ประมาณ 15-100 ม. ดังแสดงการทำงานในภาพที่ 2



ภาพที่ 2 แสดงงานของปุ่มฉีดอัดปุ๋ยแบบไดอะแฟรม

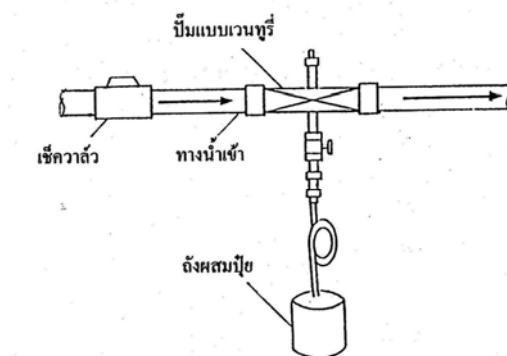
ที่มา: ชินปกรณ (2538)

3.1.5 ปุ่มแบบเวนจูรี หลักการทำงานคือ การเร่งอัตราการไหลของน้ำในท่อให้เพิ่มมากขึ้นโดยทำให้ท่อคอดลง ทำให้เกิดการสร้างกำลังดูดในท่อเวนจูรี ดังภาพที่ 3 ข้อเสียของปุ่มแบบนี้คือ มีการสูญเสียแรงดันอย่างน้อย 1 ใน 3 ของแรงดันที่ทางเข้า แต่ข้อดีคือ ราคาถูกกว่าปุ่มแบบอื่น ชนิดของปุ่มเวนจูรี แบ่งได้ดังนี้

ก. ปุ่มแบบเวนจูรีธรรมดา (Simple Venturi) ประกอบด้วย ท่อเวนจูรีโดยไม่มีอุปกรณ์อย่างอื่นประกอบ มีการสูญเสียแรงดันมาก

ข. ปุ่มแบบประยุกต์เวนจูรี (Modified Venturi) เป็นระบบปุ่มที่มีการเพิ่มอุปกรณ์เพื่อให้เหมาะสมกับการใช้งานมากขึ้น เช่น วาล์วน้ำไหลทางเดียว (one-way valve) วาล์วป้องกันสูญญากาศ (Vacuum breaker valve) เป็นต้น

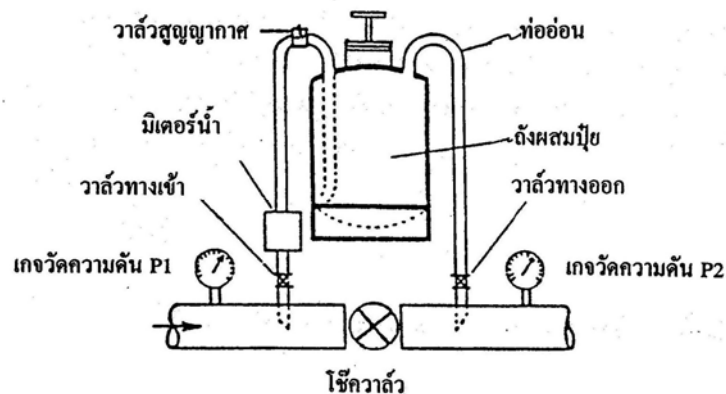
ค. ปุ่มแบบเวนจูรีแบบพัฒนาเป็น 2 ตอน (Improved two-stage Venturi) มีองค์ประกอบ 2 ส่วน คือ ส่วนแรกเป็นส่วนที่มีอัตราการไหลของน้ำคงที่ ส่วนที่สองมีขนาดเล็กกว่าส่วนแรก ติดตั้งทางท่อดูดของส่วนแรก ทำหน้าที่ดูดสารละลายปุ๋ยออกจากถังเก็บ ปุ่มแบบนี้สามารถลดการสูญเสียแรงดันเหลือประมาณ 12 % - 25 % ของความดันที่ทางน้ำเข้า



ภาพที่ 3 แสดงงานของปุ่มแบบเวนจูรี

ที่มา: ชินปกรณ (2538)

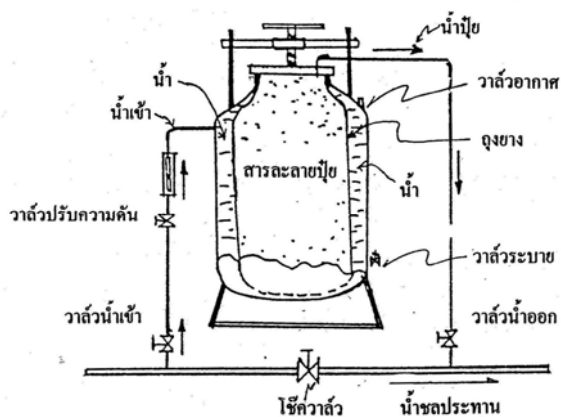
3.1.6 ถังแบบไหลผ่านผสม (Flow by pass) หลักการทำงานคือ น้ำจะถูกส่งผสมกับสารละลายปุ๋ยในถังและถูกส่งเข้ามายังท่อน้ำ แรงดันที่ใช้ดูดน้ำใส่ถังเกิดจากการติดตั้งใช้ควาวาล์วในท่อน้ำ ปกติความจุถังไหลผ่าน มีขนาดตั้งแต่ 60 – 220 ลิตร ดังแสดงในภาพที่ 4



ภาพที่ 4 แสดงการทำงานถังแบบไหลผ่านผสม

ที่มา: ชินปกรณ์ (2538)

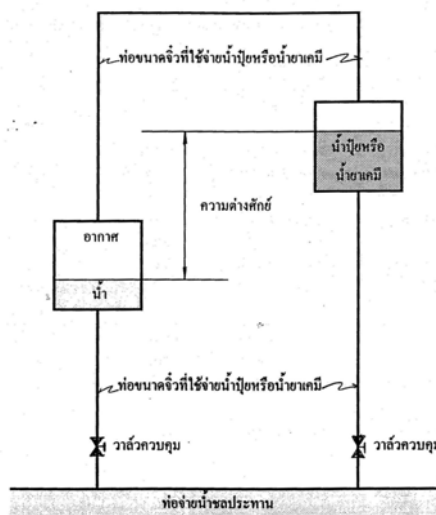
3.1.7 ถังแบบไหลผ่านถังอัดแรงดัน (Pressure by pass) ภายในถังเป็นถังยางสำหรับบรรจุสารละลายปุ๋ย น้ำจากท่อประธานไหลเข้าไประหว่างถังและถังยาง จากนั้นสารละลายปุ๋ยถูกน้ำอัดให้พุ่งออกทางถังผ่านท่อน้ำออกเข้าสู่ท่อน้ำชลประทาน ในด้านทางเข้าติดตั้งวาล์วปรับแรงดัน (Regulating Valve) เพื่อปรับปริมาณสารละลายปุ๋ยถูกน้ำอัดได้สม่ำเสมอ ดังแสดงการทำงานในภาพที่ 5



ภาพที่ 5 แสดงการทำงานถังแบบไหลผ่านถังอัดแรงดัน

ที่มา: ชินปกรณ์ (2538)

3.1.8 การฉีดน้ำโดยความต่างศักย์ หลักการทำงาน คือ สารละลายปุ๋ยบรรจุในถังที่สูงกว่าเป็นระยะ H และน้ำจากท่อจ่ายน้ำจะไหลเข้าถังด้านล่าง อัตราการจ่ายสารละลายปุ๋ยจะขึ้นกับ H ความยาวและขนาดท่อขนาดจิวที่ต่อจากถังบนลงสู่ถังล่าง เป็นเครื่องมือที่ประหยัดกว่าเครื่องมืออื่นๆ ดังแสดงในภาพที่ 6

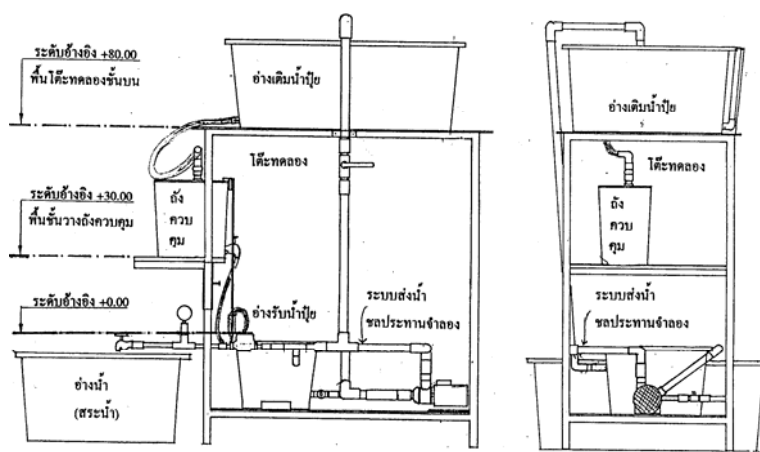


ภาพที่ 6 แสดงการทำงานของเครื่องฉีดน้ำโดยความต่างศักย์

ที่มา: มนตรี (2542)

ชินปกรณ์ (2538) ได้สร้างและทดสอบเครื่องมือให้ปุ๋ยแบบควบคุมความต่างศักย์ด้วยลูกกลอย สำหรับใช้กับระบบชลประทานแบบไมโครและแบบฉีดฝอย ซึ่งเครื่องมือประกอบด้วย อ่างเติมน้ำปุ๋ยอยู่บนโต๊ะสูง 1.20 ม.จากพื้น ถึงควบคุมอัตราการจ่ายน้ำปุ๋ยให้ปุ๋ยผ่านรูจ่ายน้ำปุ๋ยขนาดต่างๆ และอ่างรับน้ำปุ๋ยทำหน้าที่รับน้ำปุ๋ยจากถังควบคุม โดยมีลักษณะของการติดตั้งอุปกรณ์ดังในภาพที่ 7

สามารถสรุปผลการทดลองได้ดังนี้ ในการทดลองครอบคลุมอัตราการจ่ายปุ๋ยระหว่าง 10-205 ลิตร/ชม. ซึ่งอัตราการจ่ายน้ำปุ๋ยจะตามความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการจ่ายปุ๋ยกับระดับของรูจ่ายน้ำปุ๋ย



ภาพที่ 7 แสดงลักษณะการติดตั้งอุปกรณ์เครื่องมือให้ปุ๋ยแบบควบคุมความต่างศักย์ด้วยลูกลอย สำหรับใช้กับระบบชลประทานแบบไมโครและแบบฉีดฝอย
ที่มา: ชินปกรณ์ (2538)

ปฐม (2541) ได้กล่าวถึง ผลการวิจัยในการเปรียบเทียบเครื่องอัดฉีดปุ๋ยแบบทางท่อคู่คี่เครื่องสูบน้ำกับเครื่องอัดฉีดปุ๋ยแบบเวนทูรีปั๊มที่ผลิตจากต่างประเทศและในประเทศ ซึ่งสรุปได้ว่า เครื่องอัดฉีดปุ๋ยแบบเวนทูรีที่ผลิตจากต่างประเทศมีประสิทธิภาพการจ่ายสารละลายปุ๋ยดีกว่าเครื่องอัดฉีดปุ๋ยแบบเวนทูรีที่ผลิตในประเทศและแบบทางท่อคู่คี่เครื่องสูบน้ำ ส่วนความสม่ำเสมอในการจ่ายสารละลายปุ๋ยพบว่า เวนทูรีที่ผลิตจากต่างประเทศให้ความสม่ำเสมอดีเช่นเดียวกับแบบทางท่อคู่คี่เครื่องสูบน้ำ ซึ่งดีกว่าเวนทูรีที่ผลิตในประเทศ

3.2 สารละลายปุ๋ย

3.2.1 ธาตุอาหารที่สำคัญต่อพืช

มนตรี (2542) กล่าวถึงธาตุอาหารที่สำคัญต่อพืชไว้ว่าสามารถแบ่งเป็น 2 กลุ่มใหญ่ ๆ คือ

ก. ธาตุอาหารหลัก ได้แก่ N, P, K ซึ่งพืชจำเป็นต้องได้รับปริมาณมากและขาดไม่ได้

ข. ธาตุอาหารย่อย ได้แก่ Ca, Mg, S, Mn, Zn, Cu, Fe พืชต้องการในปริมาณน้อยกว่ากลุ่มแรกเพื่อการเจริญเติบโตในบางส่วนของพืช

3.2.2 ลักษณะทางกายภาพของปุ๋ย

มนตรี (2542) กล่าวถึง ลักษณะทางกายภาพของปุ๋ยที่ใช้ในระบบ Fertigation ว่าแบ่งเป็น 3 ชนิด คือ

- ก. ปุ๋ยที่มีลักษณะเป็นของแข็ง แต่ละลายน้ำได้ จะมีธาตุอาหารสูงและค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษารวมทั้งค่าขนส่งต่ำ
- ข. ปุ๋ยเหลว มีลักษณะเป็นสารละลายสามารถใช้งานได้ทันที ความเข้มข้นของธาตุอาหารต่ำกว่าปุ๋ยที่เป็นของแข็ง
- ค. ปุ๋ยเหลวที่ประกอบด้วยสารแขวนลอย มีความเข้มข้นกว่าปุ๋ยเหลว

3.2.3 ปุ๋ยที่สามารถนำมาใช้ในระบบ Fertigation

อิทธิสุนทร (2546) ได้กล่าวถึงปุ๋ยที่สามารถนำมาใช้ในระบบ Fertigation ได้คือ

- ก. ปุ๋ยผสมสูตรสำเร็จ เช่น สูตร 20-10-30, 21-16-25, 20-20-20 ข้อดีคือง่ายต่อการใช้งานและปุ๋ยบางบริษัทจะผสมธาตุอาหารรองมาให้ด้วย ข้อเสียคือส่วนมากมีราคาแพงและไม่รู้ชนิดของแม่ปุ๋ยที่นำมาผสม บางสูตรอาจไม่เหมาะสมตามความต้องการ
- ข. ปุ๋ยที่ผสมขึ้นเองจากแม่ปุ๋ย ข้อดีคือประหยัดค่าใช้จ่ายค่าปุ๋ยได้มาก แต่ต้องมีความรู้เกี่ยวกับปุ๋ยพอสมควร

ส่วนแม่ปุ๋ยที่สามารถนำมาใช้ได้ต้องเป็นปุ๋ยที่สามารถละลายน้ำได้หมด ไม่มีเศษตะกอน ซึ่งแม่ปุ๋ยที่มีการละลายตัวในน้ำดีและนิยมใช้ในระบบ Fertigation ได้แก่ แอมโมเนียมไนเตรท (Ammonium nitrate), โพแทสเซียมคลอไรด์ (Potassium chloride), โพแทสเซียมซัลเฟต (Potassium sulfate), โพแทสเซียมไนเตรท (Potassium nitrate), ยูเรีย (Urea), แอมโมเนียมโมโนฟอสเฟต (Ammonium monophosphate) และ โพแทสเซียมโมโนฟอสเฟต (Potassium mono-phosphate)

3.2.4 ความสามารถในการผสมกันได้ของปุ๋ยเคมี

มนตรี (2542) ได้กล่าวถึง ความเข้ากันได้ของสารละลายธาตุอาหารในรูปของสารละลายพร้อมใช้ต่างๆ นั้น และความสามารถในการผสมกันได้ของปุ๋ยเคมีในระบบ Fertigation ไว้ดังนี้

ก. ปุ๋ยเคมีให้ธาตุอาหารหลัก ตามเกณฑ์ที่กำหนดปุ๋ยในถังผสมปุ๋ยมีความเข้มข้นต่ำกว่า 1 ต่อ 700 หรือปุ๋ย 1.43 กรัมต่อน้ำ 1 ลิตร หากใช้เฉพาะปุ๋ยเคมีที่ให้ธาตุอาหารหลัก 10 ชนิดที่นิยมกัน คือ

- 1) ให้ไนโตรเจน ได้แก่ ยูเรีย, แอมโมเนียมซัลเฟต
- 2) ให้ฟอสฟอรัส ได้แก่ กรดฟอสฟอริก, โมโนแอมโมเนียมฟอสเฟต, ไดแอมโมเนียมฟอสเฟต, แอมโมเนียมโพลีฟอสเฟต
- 3) ให้โปแตสเซียม ได้แก่ โปแตสเซียมคลอไรด์, โปแตสเซียมซัลเฟต, โปแตสเซียมไนเตรท

ปุ๋ยเคมีเหล่านี้ทุกชนิดละลายน้ำได้ดีเกินกว่า 100 กรัมต่อลิตร ดังนั้นเมื่อเลือกมาผสมกันโดยทางทฤษฎีจะไม่เกิดการตกตะกอน แต่ในทางปฏิบัติอาจเกิดการตกตะกอนของฟอสเฟตได้ ซึ่งสามารถลดปัญหาได้โดยปรับ pH ของน้ำให้อยู่ระหว่าง 5.5 – 6.5 ด้วยกรดเกลือเจือจาง หรือแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์เจือจาง

ข. ปุ๋ยเคมีให้ธาตุอาหารประกอบ ธาตุอาหารประกอบต่างๆควรอยู่ในสภาพสารละลาย โดยเฉพาะธาตุอาหารเหล็ก ควรปรับให้ธาตุอาหารเหล่านี้มี pH 5-6 ก่อนนำไปผสมปุ๋ย

4. การประเมินความสม่ำเสมอในการให้น้ำ (Uniformity Coefficient)

วิบูลย์ (2526) กล่าวเกี่ยวกับความสม่ำเสมอในการให้น้ำไว้ว่า ถ้าจะให้น้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพ น้ำที่ให้จะต้องแผ่กระจายอย่างสม่ำเสมอ และมีปริมาณเท่ากับที่พืชต้องการทุกจุดซึ่งจะพิจารณาเฉพาะประสิทธิภาพอย่างเดียวไม่พอ ต้องพิจารณาความสม่ำเสมอในการให้น้ำด้วย

และสำหรับการให้น้ำแบบฉีดฝอยนั้นวิธีที่นิยมในการประเมินคือ สัมประสิทธิ์ความสม่ำเสมอในการให้น้ำ คำนวณโดยสูตรดังนี้

$$C_u = 100[1.0 - (\sum X) / (M.n)] \quad (1)$$

C_u	=	สัมประสิทธิ์ความสม่ำเสมอในการให้น้ำ
X	=	เป็นผลต่างของความลึกน้ำที่วัดได้แต่ละจุดจากค่าเฉลี่ย
M	=	ค่าเฉลี่ยความลึกน้ำ
N	=	จำนวนจุดที่ทำการวัด

คมสันติ (2541) อ้างถึง Merriam และ Keller (1978) ได้แนะนำว่าความสม่ำเสมอของการแผ่กระจายน้ำ (Distribution Uniformity หรือ DU) ควรมีค่ามากกว่า 75 % ขึ้นไประบบนั้นจึงจะยอมรับได้ โดยมีสมการ ดังนี้

$$DU = \frac{\text{ความลึกเฉลี่ยของน้ำที่รองรับได้น้อยที่สุด 1 ใน 4 ของทั้งหมด}}{\text{ความลึกเฉลี่ยของน้ำที่รองรับได้ทั้งหมด}} \quad (2)$$

เมื่อ $DU =$ ความสม่ำเสมอของการแผ่กระจายน้ำ มีหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์

คมสันติ (2541) อ้างถึง Keller และ Bliesner (1990) กล่าวว่า การคำนวณหาค่า CU และ ค่า DU สามารถหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าทั้งสอง ในการคำนวณหาค่า CU และ ค่า DU ได้ดังสมการ

$$CU \cong 100 - 0.63(100 - DU) \quad (3)$$

$$DU \cong 100 - 1.59(100 - CU) \quad (4)$$

คมสันติ (2541) อ้างถึง Larry (1995) กล่าวว่าค่าความสม่ำเสมอของการให้น้ำต่ำที่สุดที่ยอมรับได้ในสนามหญ้า คือ 80 % ความสม่ำเสมอของการให้น้ำที่ใช้หัวสปริงเกอร์แบบหมุน (Rotary Head) ควรมีค่า 90 % หรือมากกว่า สำหรับระบบที่ใช้หัวสปริงเกอร์แบบ pop-up spray ควรมีค่ามากกว่า 70 %

คมสันติ (2541) กล่าวว่า ความสม่ำเสมอของการให้น้ำและ/หรือความสม่ำเสมอของการแผ่กระจายน้ำจากหัวสปริงเกอร์ สามารถประเมินโดยทำการทดสอบในภาคสนามได้ด้วยใช้กระป๋อง

รองรับน้ำ โดยปกติการทดสอบในภาคสนาม ทำการทดสอบที่ท่อแขนง 1 ท่อ หรือที่หัวสปริงเกอร์ 1 หัว เลือกท่อแขนงบริเวณตรงกลางของพื้นที่ โดยเลือกขอบเขตของพื้นที่ที่ครอบคลุมด้วยหัวสปริงเกอร์ 4 หัว โดยทั่วไป สำหรับหัวสปริงเกอร์แบบอัตราการไหลต่ำ (low flow rate type) จะวางกระป๋องห่าง 2 เมตร หรือ 1 เมตรเป็นอย่างต่ำ โดยวางให้ขอบกระป๋องรองรับน้ำอยู่ระดับต่ำกว่าระดับหัวสปริงเกอร์ 0.60 เมตร นอกจากนี้การใช้วิธีทดสอบที่ท่อแขนง 1 ท่อในการวิเคราะห์ประเมินความสม่ำเสมอของการให้น้ำแล้ว มีอีกวิธีหนึ่ง คือ การทดสอบที่หัวสปริงเกอร์ 1 หัว โดยการวางกระป๋องรองรับน้ำเป็นตารางสี่เหลี่ยมล้อมรอบหัวสปริงเกอร์ (Benami และ Ofen, 1984)

คมสันติ (2541) อ้างถึง Larry (1995) กล่าวว่าในประเทศอิสราเอลจะทำการทดสอบภายใต้สภาวะที่ปราศจากอิทธิพลของลมหรือมีลมเพียงเล็กน้อย ทำการทดสอบในตอนเช้าตรู่หรือตอนเย็น ๆ ระยะเวลาที่เหมาะสมในการทดสอบในระบบที่ใช้หัวสปริงเกอร์แบบสเปรย์ (spray head) จะใช้เวลาในการทดสอบ 5 ถึง 10 นาที ส่วนระบบที่ใช้หัวสปริงเกอร์แบบหมุน (roter head) ให้ใช้เวลาในการทดสอบ 20 ถึง 30 นาที

5. การออกแบบระบบ Sprinkler

มนตรี (ม.ป.ป.) กล่าวถึงขั้นตอนการออกแบบระบบ Sprinkler ไว้ดังนี้

5.1 หาอัตราการใช้น้ำของพืช

$$E_{tc} = 0.8 E_p \quad (5)$$

E_{tc} = อัตราการใช้น้ำของพืช (mm/d)

E_p = อัตราการระเหยสูงสุด (mm/d)

5.2 หาอัตราความลึกการให้น้ำของระบบ Sprinkler

$$d = E_{tc}/E_{ff} \quad (6)$$

d = ความลึกของน้ำที่ให้ (mm/d)

E_{ff} = ประสิทธิภาพการให้น้ำ (ไม่มีหน่วย)

5.3 เลือกหัวจ่ายน้ำ

การเลือกหัวจ่ายน้ำขึ้นกับลักษณะพื้นที่ คือ หัว Spray ทัวไปใช้รัศมีฉีดน้ำ ประมาณ 2-4.5 เมตร หัวสปริงเกอร์ที่นิยมใช้ในบ้านหรือพื้นที่ที่ไม่ใหญ่มาก ทัวไปใช้รัศมีฉีดน้ำ ประมาณ 7-13 เมตร ส่วนหัวสปริงเกอร์ที่นิยมใช้กับพื้นที่โล่งขนาดใหญ่ ทัวไปใช้รัศมีฉีดน้ำ ประมาณ 15-20 เมตร

5.4 หาระยะห่างระหว่างหัวที่เหมาะสม

ขึ้นกับความเร็วลมในประเทศไทยนิยมใช้ Spacing ประมาณ $(1.0 - 1.1)R$ แต่ไม่ควรเกิน $1.2 R$ เมื่อ R คือรัศมีการฉีดน้ำ หรือประมาณ $(0.5 - 0.6)D$ เมื่อ D คือ เส้นผ่าศูนย์กลางการฉีดน้ำ

5.5 คำนวณหาระดับความลึกของน้ำที่ให้ (Precipitation Rate, Pr)

5.5.1 เมื่อมีรูปแบบการวางหัวจ่ายน้ำแบบสี่เหลี่ยม

$$Pr = (1000 \times Q)/(S \times L) \quad (7)$$

5.5.2 เมื่อมีรูปแบบการวางหัวจ่ายน้ำแบบสามเหลี่ยม

$$Pr = (1000 \times Q)/(0.866S^2) \quad (8)$$

5.5.3 เมื่อมีรูปแบบการวางหัวจ่ายน้ำแบบแถวเดียว

$$Pr = (1000 \times Q)/(1.6S^2) \quad (9)$$

เมื่อ	Q	=	อัตราการจ่ายน้ำจากหัวจ่ายน้ำแบบวงกลม (m^3/hr)
	S	=	ระยะห่างของหัวจ่ายน้ำ (m)
	L	=	ระยะห่างของหัวด้านยาว (m)

5.6 หาเวลาในการให้น้ำแต่ละพื้นที่

$$T_a = (60 \times d) / Pr \quad (10)$$

เมื่อ T_a = เวลาในการให้น้ำ (min/d)

5.7 กำหนดเวลาในการให้น้ำสูงสุด

ปกติ ถ้าพื้นที่เล็กควรกำหนด T_d เท่ากับ 1-2 ชม./วัน ถ้าพื้นที่ใหญ่ควรกำหนด เท่ากับ 2-4 ชม./วัน และถ้าพื้นที่ใหญ่มากๆ ควรกำหนดเท่ากับ 8-12 ชม./วัน

5.8 หาขนาดท่อที่เหมาะสม

James (1988) ได้กล่าวถึง คำแนะนำของ The American Society of Agricultural Engineers (ASCE) ว่าความดันตลอดความยาวท่อแขนงไม่ควรต่างกันเกิน 10 % ของแรงดันที่ใช้ ออกแบบ และแรงดันของหัวสปริงเกอร์ที่มากที่สุดและน้อยที่สุดของระบบแตกต่างกันได้ไม่เกิน 20 % ของแรงดันน้ำที่เลือกใช้ออกแบบหัวจ่ายน้ำในการเปิดแต่ละ Valve

มนตรี (ม.ป.ป.) ได้กล่าวถึง การกำหนดความเร็วในท่อแขนงว่าไม่ควรเกิน 2.0 เมตร/วินาที และท่อประธานประมาณ 1.5 เมตร/วินาที ในการคำนวณค่าการสูญเสียแรงดันเนื่องจากความฝืดในท่อ (H_f) คำนวณจากสมการของ Hazen-William มีหน่วยเป็นเมตร

$$H_f = 1.31 \times 10^9 (Q/C)^{1.852} D^{-4.871} L \quad (11)$$

เมื่อ Q = อัตราการจ่ายน้ำ (m^3/hr)
 C = สัมประสิทธิ์ความเรียบของผิวท่อ
 ท่อ PVC มีค่า $C = 140 - 150$, ท่อ PE มีค่า $C = 130 - 140$
 D = เส้นผ่าศูนย์กลางภายใน (mm)
 L = ความยาวท่อ (m)

5.9 คำนวณขนาดปั๊ม

$$P = Q \times H / (273 \times \text{Eff.}) \quad (12)$$

เมื่อ	P	=	กำลังของเครื่องสูบน้ำ (Hp)
	Q	=	อัตราการจ่ายน้ำรวม (m ³ /hr)
	H	=	แรงดันน้ำรวม (m)
	Eff.	=	ประสิทธิภาพของเครื่องสูบน้ำ (ค่าเป็นทศนิยม)

6. การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA)

วรารูช (2546) ได้กล่าวถึงการวิเคราะห์ความแปรปรวน กรณี 1 ปัจจัย โดยใช้วิธีการสุ่มตัวอย่าง Completely Randomized Design (CRD) หรือวิธีแผนการทดลองแบบสุ่มตัวอย่างสมบูรณ์ ซึ่งทำการวิเคราะห์ดังนี้

เมื่อเป็นการทดลองที่มี t treatments และ n replication

H_0 : treatment ทั้งหมดไม่แตกต่างกัน

Source of Variation	DF	SS	MS	Computed f
Treatments (A)	t-1	SSA	MSA	f = MSA/MSE
Error (E)	t(n-1)	SSE	MSE	
Total (T)	nt-1	SST		

ถ้า $f > f_{\alpha, (t-1), (t-1)(b-1)}$: ปฏิเสธ H_0

7. การทดสอบสมมติฐานของ μ_D

วรารูช (2546) ได้กล่าวถึงวิธีการทดสอบผลต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของข้อมูลสองชุด ทำการวิเคราะห์ดังนี้

H_0 ค่าเฉลี่ยของข้อมูลสองชุดมีค่าไม่แตกต่างกัน ($\mu_D = 0$)

H_1 ค่าเฉลี่ยของข้อมูลสองชุดมีค่าแตกต่างกัน ($\mu_D \neq 0$)

$$t = (D_{\text{avg}} - \mu_D) / (S_D / n^{0.5}) \quad (13)$$

เมื่อ D_{avg} = ค่าเฉลี่ยของผลต่างระหว่างข้อมูล

$$\mu_D = 0$$

n = จำนวนข้อมูล

เปรียบเทียบค่า t กับ t -critical ถ้า $t > t$ -critical สรุปได้ว่า ไม่ยอมรับ H_0

ถ้า $t < t$ -critical สรุปได้ว่า ยอมรับ H_0

8. การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยหลายชุด

วราวุธ (2546) ได้กล่าวถึงวิธีการทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของปัจจัย (Factor) หรือ สิ่งทดลอง (Treatment) ต่อเนื่องจากการวิเคราะห์ ANOVA กรณีที่ ปฏิเสธ H_0 เพื่อหาข้อสรุปว่า μ ของสิ่งทดลอง ไหนเท่ากันหรือไม่เท่ากัน และค่าใดมีค่ามากกว่า หรือน้อยกว่า ซึ่งวิธีที่นิยมใช้ โดยทั่วไปมี 3 วิธี คือ

8.1 Least Significant Difference Test (LSD)

$$\begin{aligned} \text{LSD}_\alpha (\text{Ytreatment หรือ Factor}) &= t_{\alpha/2, \nu} (2S^2/n)^{0.5} \\ &= t_{\alpha/2, \nu} (2\text{MSE}/n)^{0.5} \end{aligned}$$

เมื่อ n = จำนวนซ้ำ

ν = df ของ Error จาก ANOVA

8.2 Turkey's Test

วิธีการทดสอบค่าเฉลี่ยเป็นคู่ ถ้าผลต่างระหว่าง Mean มากกว่า $q(\alpha, k, \nu) S/n^{1/2}$ จะถือว่า $\mu_i \neq \mu_j$ อย่างนัยสำคัญทางสถิติ

เมื่อ k = จำนวน Mean ที่ต้องการทดสอบ

ν = df ของ Error

S = $\text{MSE}^{1/2}$ จาก ANOVA

$q(\alpha, k, \nu)$ = upper percentage points of the studentized range distribution

8.2 Duncan's Test หรือ Duncan's Multiple Range Test

ทดสอบผลต่างระหว่าง Mean หลายๆคู่ โดยใช้ Studentized Range (r_p)

$$R_p = r_p (S^2 / n)^{1/2} \quad (14)$$

เมื่อ R_p = Least significant range ของ p means (p treatment)
 r_p = Least significant studentized range ที่ α และ U (df ของ Error

จาก ANOVA)

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

ในการทำการวิจัยแบ่งเป็น 3 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 ศึกษากระบวนการให้น้ำของสวนกล้วยไม้ที่ปลูกกล้วยไม้ที่มีระบบรากเป็นรากอากาศ ส่วนที่ 2 เลือกหัวจ่ายน้ำและกำหนดระยะระหว่างหัวจ่ายน้ำ (Spacing) และส่วนที่ 3 ทำการเปรียบเทียบผลการเจริญเติบโตของกล้วยไม้จากการใช้วิธีการให้น้ำต่างกัน ซึ่งวัสดุอุปกรณ์ที่จำเป็นต้องใช้ในการวิจัยนั้นส่วนใหญ่ใช้ใน ส่วนที่ 2 และ 3

1. ส่วนที่ 2 ทดสอบการกระจายตัวของละอองน้ำของหัวจ่ายน้ำและระยะระหว่างหัวจ่ายน้ำที่เหมาะสม

ในส่วนที่ 2 นี้จำเป็นต้องใช้อุปกรณ์ต่างๆ ดังต่อไปนี้

1.1 ปืนน้ำ เนื่องจากหัวจ่ายน้ำที่นำมาใช้ต้องการแรงดันที่หัวจ่ายน้ำ อย่างน้อย 3 และ 4 บาร์ เพื่อให้เกิดการประหยัคพลังงาน จึงเลือกใช้ปืนขนาดเล็กที่สุดที่เหมาะสมกับแรงดันที่ต้องการ จึงเลือกใช้ปืน ขนาด 0.5 แรงม้า $Q = 0.3$ ลิตร/นาที ที่เฮด 35 เมตรและสำหรับทดลองกับหัวจ่ายน้ำต้องการแรงดัน 4 บาร์ ใช้ปืนจำนวน 2 เครื่องนำมาต่ออนุกรม เพื่อให้ได้เฮดมากขึ้น



ภาพที่ 8 ปืนน้ำที่ใช้ในการทดลอง

- 1.2 ท่อ PE. ขนาด 16 มม.พร้อมข้อต่อ
- 1.3 อุปกรณ์วัดแรงดันที่หัวจ่ายน้ำ 1 อัน
- 1.4 หัวจ่ายน้ำแบบสเปรย์ จำนวน 4 แบบ คือ

1.4.1 หัวจ่ายน้ำของ Plastro สีดำ (TORNADO) อัตราการจ่ายน้ำที่แรงดัน 3 บาร์ เท่ากับ 22 ลิตร/ชม.



ภาพที่ 9 หัวจ่ายน้ำของ Plastro (Tonado)

1.4.2 หัวจ่ายน้ำของ Plastro red vertex insert nozzle, black cap (F.L.F) 4 ทาง อัตราการจ่ายน้ำที่แรงดัน 3 บาร์ 40 ลิตร/ชม. แรงดันใช้งาน (Operating pressure range) 3.0-6.0 บาร์



ภาพที่ 10 หัวจ่ายน้ำของ Plastro (F.L.F)

1.4.3 หัวจ่ายน้ำของ DAN (สีส้ม) 4 ทาง อัตราการจ่ายน้ำ 14.4 แกลลอน/ชม. หรือ 56 ลิตร/ชม. ที่แรงดัน 4 บาร์



ภาพที่ 11 หัวจ่ายน้ำของ DAN (สีส้ม)

1.4.4 หัวจ่ายน้ำของ DAN (สีน้ำเงิน) 4 ทาง อัตราการจ่ายน้ำ 7.2 แกลลอน/ชม. หรือ 28 ลิตร/ชม. ที่แรงดัน 4 บาร์



ภาพที่ 12 หัวจ่ายน้ำของ DAN (สีน้ำเงิน)

- 1.5 กระจับหรือถ้วยสำหรับรองน้ำที่ตกลงพื้น จำนวน 400 ใบ
- 1.6 ผ้าพลาสติกขนาด 2 x 2 ม. จำนวน 1 ผืน
- 1.7 ราวแขวนกล้วยไม้และสำหรับยึดท่อจ่ายน้ำ

1.8 ตันกล้วยไม้สำหรับเป็นต้นตัวอย่าง

1.9 แปลงทดลองสำหรับทดลองความสม่ำเสมอของละอองน้ำกรณีมีต้นไม้ จำนวน 3 แปลง

2. ส่วนที่ 3 ทำการเปรียบเทียบผลการเจริญเติบโตของกล้วยไม้จากการใช้วิธีการให้น้ำต่างกัน

ในส่วนที่ 3 นี้จำเป็นต้องใช้อุปกรณ์ต่างๆ ดังต่อไปนี้

2.1 ตันกล้วยไม้ จำนวน 300 ตัน

2.2 โรงเรือน หลังคาโรงเรือนคลุมผ้าพลาสติกใส และราวแขวนกล้วยไม้ติดตั้งสูงจากพื้น ประมาณ 2 ม.



ภาพที่ 13 โรงเรือนสำหรับแขวนกล้วยไม้ในการทดลอง

2.3 ปั้มน้ำ 2 เครื่อง ขนาด 0.5 แรงม้า $Q = 0.3$ ลิตร/นาที เฮด 35 เมตร สำหรับหัวจ่ายน้ำมินิสปริงเกอร์ และหัวจ่ายน้ำไมโครสเปรย์

2.4 ถังใส่น้ำขนาด 200 ลิตร จำนวน 2 ใบ



ภาพที่ 14 ถังใส่น้ำ 2 ใบต่อเชื่อมกันสำหรับต่อกับปั้มน้ำ

2.4 อุปกรณ์ควบคุม

2.4.1 ตู้ควบคุม 1 ใบ

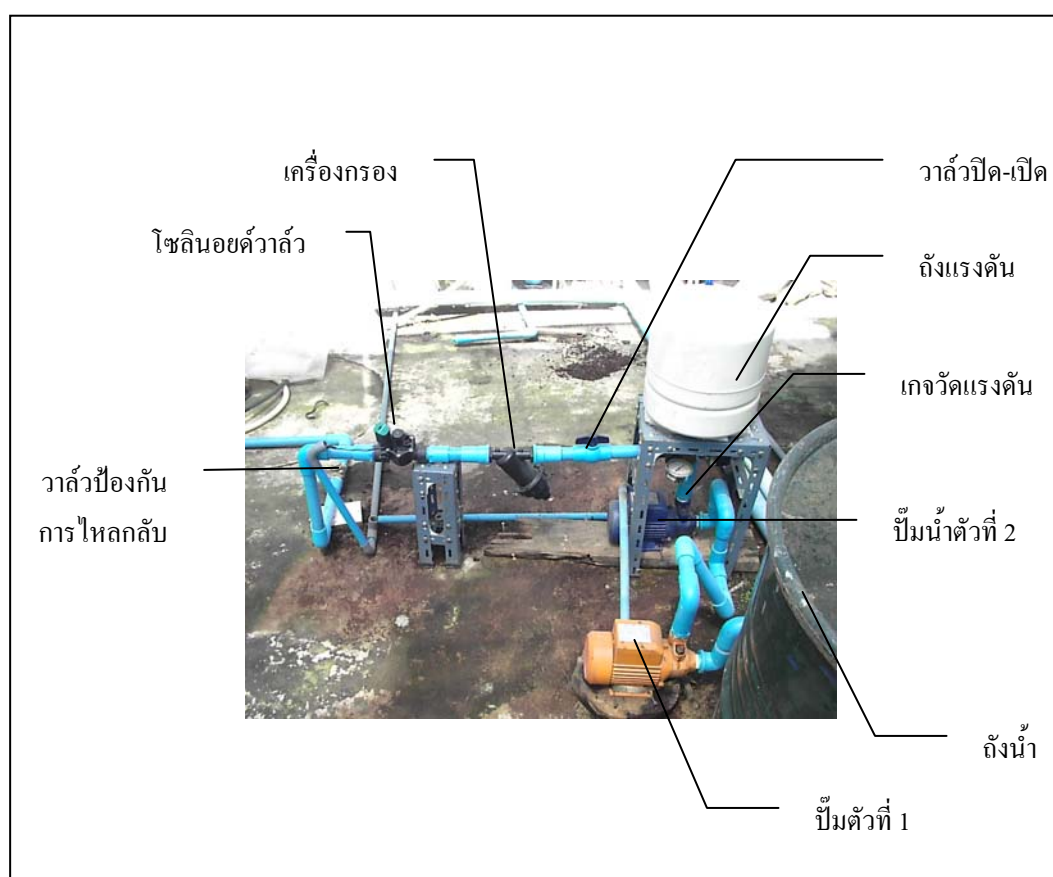
2.4.2 เครื่องตั้งเวลาอัตโนมัติ 1 เครื่อง



ภาพที่ 15 เครื่องตั้งเวลาและตู้ควบคุม สำหรับตั้งเวลาการให้น้ำในแปลงระบบการให้น้ำด้วยหัวจ่ายน้ำไมโครสเปรย์

2.5 เครื่องควบคุมการจ่ายน้ำต้นทาง ประกอบด้วย

2.5.1	วาล์วควบคุมแรงดัน	1	อัน
2.5.2	วาล์วป้องกันการไหลกลับ	1	อัน
2.5.3	ถังแรงดัน	1	ใบ
2.5.4	สวิตช์ควบคุมแรงดัน	1	อัน
2.5.5	เกจวัดแรงดัน	1	อัน
2.5.6	โซลินอยด์วาล์ว	1	อัน
2.5.7	เครื่องกรอง (Filter) แบบตะแกรงความละเอียดขนาด 200 Mesh	1	อัน



ภาพที่ 16 การติดตั้งเครื่องควบคุมการจ่ายน้ำต้นทาง

2.6 ระบบท่อน้ำ

- 2.6.1 ท่อ PVC สีฟ้า ชั้น 8.5 ขนาด 1 นิ้ว
- 2.6.2 ข้อต่อ PVC เช่น ข้องอ , สามทาง, ข้อต่อ PVCลดขนาด 1 -3/4 นิ้ว เป็นต้น
- 2.6.3 ข้อต่อตรงทองเหลือง ข้อต่อสามทางทองเหลือง และลดเหลี่ยมทองเหลือง
- 2.6.4 ท่อ PE ขนาด 16 มม. และท่อ PE ขนาด 4 มม.
- 2.6.5 สายยางสำหรับให้น้ำต้นไม้
- 2.6.6 วาล์วเปิด-ปิดน้ำ
- 2.6.7 ขาดังสำหรับหัวจ่ายน้ำ (ในที่นี้ใช้ไม้ไผ่)

2.7 หัวจ่ายน้ำ

- 2.7.1 หัวฉีดสำหรับต่อกับสายยาง
- 2.7.2 หัวมินิสปริงเกอร์ เลือกใช้หัวจ่ายน้ำของ Antelco แบบ Inverted Rotor Spray อัตราการจ่ายน้ำที่แรงดัน 2 บาร์ เท่ากับ 105 ลิตร/ชม.



ภาพที่ 17 หัวจ่ายน้ำมินิสปริงเกอร์ที่ใช้ในแปลงระบบให้น้ำด้วยหัวจ่ายน้ำมินิสปริงเกอร์

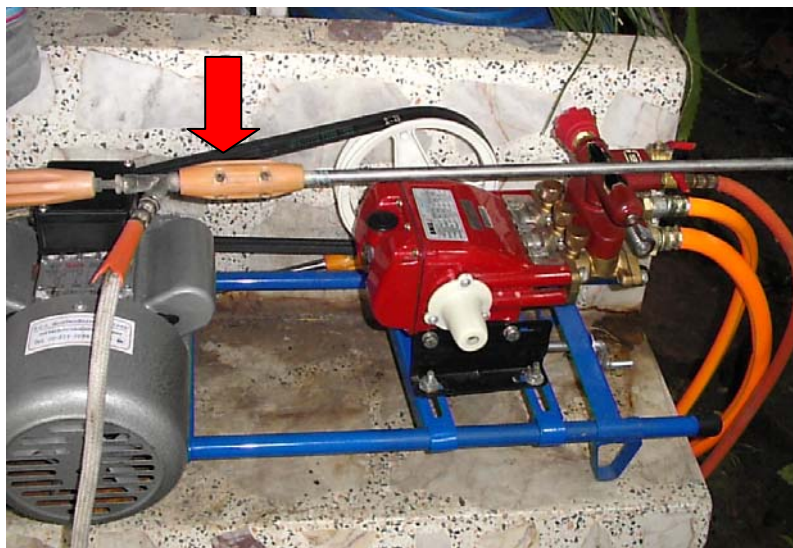
- 2.7.3 หัวไมโครสเปร์ย์ Plastro สีดำ (TORNADO) อัตราการจ่ายน้ำที่แรงดัน 3 บาร์ เท่ากับ 22 ลิตร/ชม.

2.8 ปัมสามสูบสำหรับฉีดปุ๋ย



ภาพที่ 18 ปัมสามสูบสำหรับฉีดปุ๋ยในแปลงระบบให้น้ำด้วยสายยางและหัวจ่ายน้ำมินิสปริงเกอร์

2.9 หัวฉีดปุ๋ยต่อกับปัมสามสูบ



ภาพที่ 19 หัวฉีดปุ๋ยต่อกับปัมสามสูบด้วยสายยางทนแรงดัน

2.10 อุปกรณ์วัดความชื้นในอากาศและวัดอุณหภูมิ



ภาพที่ 20 เครื่องวัดความชื้นในอากาศและวัดอุณหภูมิสำหรับสัดในแปลงทดลอง

2.11 อุปกรณ์วัดความเร็วลม



ภาพที่ 21 เครื่องวัดความเร็วลมที่ใช้ในการทดลอง

2.10 สเกลวัดระยะ เพื่อใช้วัดความสูงของต้นไม้

2.11 ปุ๋ยเกร็ดที่สามารถใช้กับระบบการให้ปุ๋ยไปกับระบบการให้น้ำได้

วิธีการ

1. ส่วนที่ 1 ศึกษากระบวนการให้น้ำของสวนกล้วยไม้ที่ปลูกกล้วยไม้ที่มีระบบรากเป็นรากอากาศ

ทำการเก็บข้อมูลจากสวนกล้วยไม้ที่ปลูกกล้วยไม้ที่มีระบบรากเป็นรากอากาศ โดยเลือกสวนกล้วยไม้ที่มีการใช้แหล่งน้ำ ระบบให้น้ำ และสภาพโรงเรือนที่แตกต่างกัน เพื่อจะได้มีข้อมูลที่หลากหลาย ซึ่งมีรายละเอียดของข้อมูลดังนี้

- 1.1 พื้นที่ปลูกและวัตถุประสงค์ในการปลูก เช่น ขยายพันธุ์ หรือตัดดอก เป็นต้น
- 1.2 สภาพพื้นที่ของโรงเรือน ลักษณะโรงเรือน
- 1.3 ระยะห่างระหว่างการแขวนต้นกล้วยไม้
- 1.4 วิธีการให้น้ำรวมทั้งอุปกรณ์ที่ใช้
- 1.5 เวลาในการให้น้ำและบู่
- 1.6 แหล่งน้ำ และระยะห่างจากแหล่งน้ำ

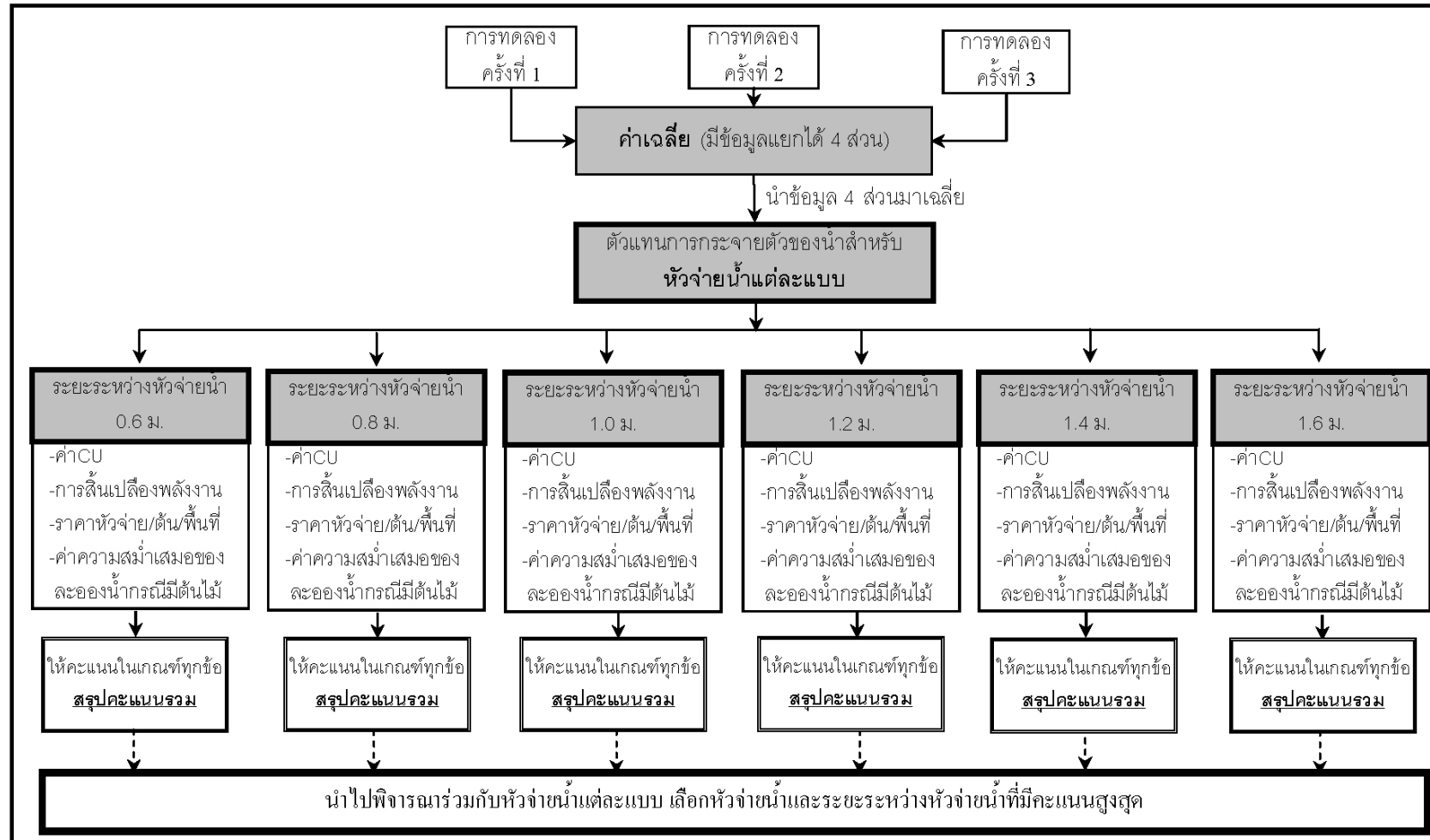
จากการเก็บข้อมูลทั้งหมดนำมาสรุปถึงลักษณะการปลูกเลี้ยง เพื่อเป็นแนวทางการออกแบบระบบการให้น้ำคาดว่าจะมีประสิทธิภาพสูงกว่าในปัจจุบัน

2. ส่วนที่ 2 ทดสอบการกระจายตัวของละอองน้ำของหัวจ่ายน้ำและระยะระหว่างหัวจ่ายน้ำที่เหมาะสม

ในการทดสอบได้แบ่งเป็น 2 ขั้นตอน คือ ทดสอบการกระจายตัวของละอองน้ำในขณะที่ไม่มีต้นกล้วยไม้แขวน และทดสอบการกระจายตัวของละอองน้ำในขณะที่มีต้นกล้วยไม้แขวน ดังแสดงเป็นผังการดำเนินงานในภาพที่ 22

2.1 ขั้นตอนที่ 1 ทดสอบการกระจายตัวของละอองน้ำในขณะที่ไม่มีต้นกล้วยไม้แขวน

2.1.1 ทำการทดสอบการกระจายตัวของละอองน้ำของหัวจ่ายน้ำแบบสเปรย์ทั้ง 4 แบบ โดยกำหนดแปลงทดลองขนาด 2 x 2 ม. ซึ่งจะมีลักษณะการติดตั้งหัวจ่ายน้ำ 2 ลักษณะคือ ลักษณะการติดตั้งหัวจ่ายที่แขวนจากด้านบน และลักษณะการติดตั้งหัวจ่ายน้ำด้านล่าง



ภาพที่ 22 แผนภูมิขั้นตอนการคัดเลือกหัวจ่ายน้ำไมโครสปร์

ก. หัวจ่ายน้ำของ Plastro (Tornado) ติดตั้งด้านล่างเนื่องจากไม่มีตัวป้องกันน้ำหยดเมื่อหยุดให้น้ำ

ข. หัวจ่ายน้ำของ Plastro (F.L.F) ติดตั้งด้านบนเนื่องจากมีตัวป้องกันน้ำหยดเมื่อหยุดให้น้ำ

ค. หัวจ่ายน้ำของ DAN (สีน้ำเงิน) ติดตั้งด้านบนเนื่องจากมีตัวป้องกันน้ำหยดเมื่อหยุดให้น้ำ

ง. หัวจ่ายน้ำของ DAN (สีส้ม) ติดตั้งด้านบนเนื่องจากมีตัวป้องกันน้ำหยดเมื่อหยุดให้น้ำ

ตั้งกระป๋องหรือถ้วยรับน้ำทุกระยะ 10 ซม. ทั่วทั้งแปลงทดลอง ดังแสดงในภาพที่ 23 ทำการวัดและบันทึกข้อมูลแรงดันที่หัวจ่ายน้ำ เปิดน้ำตามตารางที่ 2 จากนั้นปิดน้ำ ทำการวัดและบันทึกปริมาณน้ำในกระป๋องหรือถ้วยรับน้ำทุกใบ ทำซ้ำทั้งสิ้น 3 ครั้ง และทำการหาค่าเฉลี่ย



ภาพที่ 23 การตั้งกระป๋องหรือถ้วยรับน้ำทุกระยะ 10 ซม.

2.1.5 ผลของปริมาณน้ำที่ได้ของทุกแบบ นำมาคำนวณหาค่าความสม่ำเสมอของละอองน้ำที่ระยะระหว่างหัวจ่ายน้ำ เท่ากับ 0.60, 0.80, 1.0, 1.20, 1.40 และ 1.60 ม. โดยพิจารณาลักษณะการวางหัวจ่ายน้ำแบบสี่เหลี่ยมจัตุรัส (Square) และแบบสามเหลี่ยมด้านเท่า (Triangle)

ตารางที่ 2 ระยะเวลาในการเปิดน้ำของหัวจ่ายน้ำแต่ละแบบเทียบจากอัตราการจ่ายน้ำที่เท่ากัน

หัวจ่ายน้ำ	อัตราการจ่ายน้ำ (ลิตร/ชม.)	เวลาในการเปิดน้ำ (นาที)
หัวจ่ายน้ำของ Plastro (Tornado)	22	15
หัวจ่ายน้ำของ Plastro (F.L.F)	40	8
หัวจ่ายน้ำของ DAN (สีส้ม)	56	6
หัวจ่ายน้ำของ DAN (สีน้ำเงิน)	28	12

2.1.6 ทำการคำนวณค่าความสิ้นเปลืองพลังงาน คือ หน่วยในการใช้ไฟฟ้า จากขนาดของปั๊มและระยะเวลาในการเปิดน้ำของหัวจ่ายน้ำแต่ละแบบ ดังสรุปขนาดและจำนวนปั๊มที่ใช้ในการทดลองเพื่อให้ได้แรงดันใช้งานที่หัวจ่ายน้ำตามที่กำหนดได้ตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ขนาดและจำนวนปั๊มที่ใช้ในการทดลองของหัวจ่ายน้ำแต่ละแบบ

หัวจ่ายน้ำ	ขนาด เครื่องสูบน้ำ (kW)	จำนวนปั๊ม (เครื่อง)
หัวจ่ายน้ำของ Plastro (Tornado)	0.37	1
หัวจ่ายน้ำของ Plastro (F.L.F)	0.37	1
หัวจ่ายน้ำของ DAN (สีส้ม)	0.37	2
หัวจ่ายน้ำของ DAN (สีน้ำเงิน)	0.37	2

2.2 ขั้นตอนที่ 2 ทดสอบการกระจายตัวของละอองน้ำในขณะที่มีต้นกล้วยไม้แขวน

2.2.1 เตรียมต้นกล้วยไม้ตัวอย่างตัดให้รากยาวประมาณ 1 ม. เท่าๆกัน

2.2.2 ต้นกล้วยไม้แขวนด้วยระยะห่างระหว่างต้น 25 ซม. แขนงให้เต็มแปลงทดลอง ดังแสดงขนาดของแปลงทดลองของหัวจ่ายน้ำแต่ละแบบ ไว้ตารางที่ 4

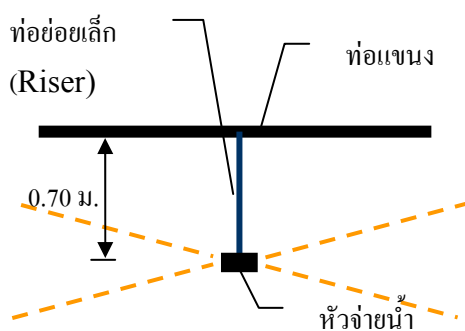


ภาพที่ 24 แปลงทดลองสำหรับทดสอบการกระจายตัวของละอองน้ำในขณะที่มีต้นไม้แขวน

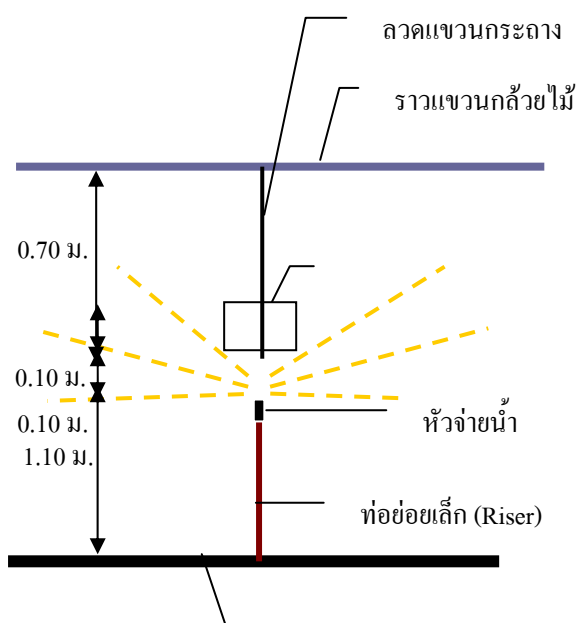
ตารางที่ 4 พื้นที่ในการทดลองและพื้นที่พิจารณาในการเก็บข้อมูลสำหรับหาจำนวนต้นไม้ที่รากเปียกน้ำ

ระยะห่าง ระหว่างหัวจ่าย น้ำ (ม.)	พื้นที่พิจารณา		พื้นที่ทดลองทั้งหมด	
	วางหัวจ่ายน้ำ แบบสี่เหลี่ยม	วางหัวจ่ายน้ำแบบ สามเหลี่ยม	วางหัวจ่ายน้ำ แบบสี่เหลี่ยม	วางหัวจ่ายน้ำ แบบสามเหลี่ยม
0.60	0.6 ม. x 0.6 ม.	0.6 ม. x 1.0 ม.	1.8 ม. x 1.8 ม.	1.8 ม. x 2.1 ม.
0.80	0.8 ม. x 0.8 ม.	0.8 ม. x 1.4 ม.	2.4 ม. x 2.4 ม.	2.4 ม. x 2.8 ม.
1.00	1.0 ม. x 1.0 ม.	1.0 ม. x 1.7 ม.	3.0 ม. x 3.0 ม.	3.0 ม. x 3.5 ม.
1.20	1.2 ม. x 1.2 ม.	1.2 ม. x 2.1 ม.	3.6 ม. x 3.6 ม.	3.6 ม. x 4.2 ม.
1.40	1.4 ม. x 1.4 ม.	1.4 ม. x 2.4 ม.	4.2 ม. x 4.2 ม.	4.2 ม. x 4.8 ม.
1.60	1.6 ม. x 1.6 ม.	1.6 ม. x 2.8 ม.	4.8 ม. x 4.8 ม.	4.8 ม. x 5.5 ม.

2.2.3 ติดตั้งหัวจ่ายน้ำในแปลงทดลอง ตามรูปแบบการติดตั้งในหัวข้อ 2.1.1 ดังแสดง การติดตั้งหัวจ่ายน้ำ F.L.F หัวจ่ายน้ำของ DAN (สี่เหลี่ยม) และหัวจ่ายน้ำของ DAN (สี่เหลี่ยม) ใน ภาพที่ 25 และการติดตั้งหัวจ่ายน้ำ Tornado ในภาพที่ 26



ภาพที่ 25 การติดตั้งหัวจ่ายน้ำที่ติดตั้งด้านบน ซึ่งมีตัวป้องกันน้ำหยดเมื่อหยุดให้น้ำ และมีลักษณะ ละอองน้ำพุ่งไปด้านข้าง



ภาพที่ 26 การติดตั้งหัวจ่ายน้ำที่ติดตั้งด้านล่าง ซึ่งมีลักษณะ ละอองน้ำพุ่งไปด้านบน

ทำการ เปิดน้ำตามตารางที่ 2 จากนั้นปิดน้ำ ทำการนับจำนวนต้นไม้ที่เปียกน้ำ เฉพาะในพื้นที่พิจารณาเท่านั้น ซึ่งพื้นที่พิจารณา หมายถึง พื้นที่ตัวแทนในขอบเขตของหัวจ่ายน้ำ ดังแสดงในภาพที่ 27 ทั้งสิ้น 3 ครั้ง และทำการหาค่าเฉลี่ย

2.2.3 ทำการคำนวณราคาหัวจ่ายน้ำของหัวจ่ายน้ำแต่ละแบบ

2.2.4 ทำการเปรียบเทียบข้อมูลที่ได้ของหัวจ่ายน้ำแต่ละแบบและระยะห่างระหว่างหัวจ่ายน้ำ จากการทดลองและการคำนวณใน ส่วนที่ 1 และส่วนที่ 2 โดยการให้คะแนนตามหัวข้อที่กำหนดไว้ดังนี้

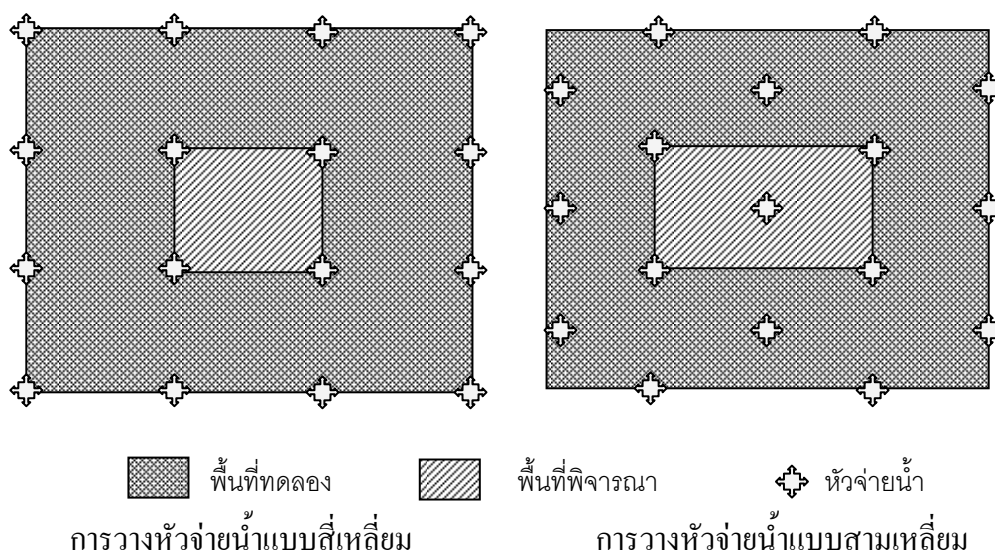
ก. ค่าความสม่ำเสมอของละอองน้ำ ได้เลือกใช้ C.U.

ข. ราคาหัวจ่ายน้ำ/ตัน/พื้นที่พิจารณา

ค. การสิ้นเปลืองพลังงาน

ง. ค่าความสม่ำเสมอของละอองน้ำ กรณีมีต้นไม้ (เปอร์เซ็นต์ของต้นไม้ที่รากเปียกน้ำ)

เปียกน้ำ)



ภาพที่ 27 แสดงพื้นที่ทดลองและพื้นที่พิจารณาของการวางหัวจ่ายน้ำแบบสี่เหลี่ยมและสามเหลี่ยม

2.2.5 ทำการเลือกหัวจ่ายน้ำและระยะห่างระหว่างหัวจ่ายน้ำที่มีคะแนนสูงสุด เป็นตัวแทนของหัวจ่ายน้ำไมโครสเปร์ย์ ในการทดลองเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของกล้วยไม้จากการใช้วิธีการให้น้ำต่างกันในหัวข้อต่อไป

3. ส่วนที่ 3 ทำการเปรียบเทียบผลการเจริญเติบโตของกล้วยไม้จากการใช้วิธีการให้น้ำต่างกัน

3.1 แบ่งแปลงทดลอง ในการทดลองแบ่งแปลงทดลองเป็น 3 แปลง สำหรับเปรียบเทียบผลจากวิธีการให้น้ำ 3 วิธี ดังนี้

3.1.1 สำหรับให้น้ำด้วยหัวฉีดต่อสายยาง + ให้น้ำด้วยแรงคน ขนาดแปลงเท่ากับ 2.5 ม. x 2.5 ม.



ภาพที่ 28 แปลงทดลองสำหรับการให้น้ำด้วยสายยาง

3.1.2 สำหรับให้น้ำด้วยหัวจ่ายน้ำมินิสปริงเกอร์ (โดยให้หัวจ่ายน้ำอยู่ด้านบนของต้นกล้วยไม้) + ให้น้ำด้วยแรงคน ขนาดแปลง 4.5 ม. x 4.5 ม.



ภาพที่ 29 แปลงทดลองสำหรับการให้น้ำด้วยหัวจ่ายน้ำมินิสปริงเกอร์

3.1.3 สำหรับให้น้ำด้วยหัวจ่ายน้ำไมโครสเปรย์ + ผสมปุ๋ยไปกับระบบการให้น้ำ ขนาดแปลงเท่ากับ 3.5 ม. x 3.6 ม. โดยให้หัวจ่ายน้ำอยู่สูงจากพื้น 1.10 ม. เนื่องจากความยาวลวดแขวนกระถางยาว 0.70 ม. กระถางสูง 0.10 ม. และราวแขวนสูงจากพื้น 2.0 ม. หัวจ่ายน้ำจะอยู่ต่ำกว่าก้นกระถางประมาณ 0.10 ม. ซึ่งเป็นระยะที่ละอองน้ำจะเปียกทั่วรากโดยกระถางจะไม่ขวางละอองน้ำ



ภาพที่ 30 แปลงทดลองสำหรับการให้น้ำด้วยหัวจ่ายน้ำไมโครสเปรย์

3.2 เตรียมโรงเรือนสำหรับทดลอง คมหลังคาโรงเรือนด้วยผ้าพลาสติกใสทั้ง 3 แปลงทดลอง เพื่อไม่ให้ปัจจัยของปริมาณฝนมีผลต่อการทดลอง และราวแขวนกล้วยไม้สูงจากพื้นประมาณ 2.0 ม.

3.3 ใช้ต้นไม้แปลงทดลองละ 100 ต้น โดยมีระยะห่างระหว่างต้น 0.25 ม. โดยแขวนให้อยู่บริเวณกลางแปลงของหัวจ่ายน้ำมินิสปริงเกอร์และแปลงของหัวจ่ายน้ำไมโครสเปรย์ จากนั้นแขวนต้นไม้ให้แปลงทดลองโดยรอบต้นไม้ที่มีหมายเลขให้เต็มแปลง และทำการวัดความยาวจากปลายใบบนสุดจนถึงโคนต้นของต้นกล้วยไม้ทุกต้น และกำหนดเลขกำกับต้นกล้วยไม้ทุกต้น จัดบันทึกเป็นข้อมูลก่อนการทดลองทุกแปลง ติดตั้งอุปกรณ์การให้น้ำของแต่ละวิธีการให้น้ำและทำการทดสอบการทำงานก่อนเริ่มเก็บข้อมูล

3.4 จัดเวลาในการให้น้ำของแต่ละแปลงดังนี้

3.4.1 แปลงที่ 1 ให้น้ำด้วยหัวฉีดต่อสายยาง + ให้น้ำด้วยแรงคน เวลาในการให้น้ำในตอนเช้า 7:00 น. และในตอนเย็น 16:00 น.

3.4.2 แปลงที่ 2 ให้น้ำหัวจ่ายน้ำมินิสปริงเกอร์ (โดยให้หัวจ่ายน้ำอยู่ด้านบนของต้นกล้วยไม้) + ให้น้ำด้วยแรงคน เวลาในการให้น้ำในตอนเช้า 7:00 น. และในตอนเย็น 16:00 น. เปิดครั้งละ 15 นาที

3.4.3 แปลงที่ 3 ให้น้ำด้วยหัวจ่ายน้ำไมโครสเปร์ย์ (โดยให้หัวจ่ายน้ำอยู่ระดับใกล้เคียงกับรากกล้วยไม้) + ผสมปุ๋ยไปกับระบบการให้น้ำ เวลาในการให้น้ำ คือ 7:00 น. 10:00 น. 13:00 น. และ 16:00 น.

3.5 เลือกระยะเวลาในการให้น้ำในแปลงที่ 3 โดยการทดลองดังนี้

3.5.1 นำพลาสติกปูให้เต็มแปลงทดลอง และจดบันทึกระดับน้ำในถังก่อนทดลอง เปิดให้น้ำเป็นเวลา 1 นาที ทำการวัดปริมาณน้ำที่ตกลงบนพลาสติก และจดระดับน้ำในถังที่ลดลง

3.5.2 ทำการทดลองและจดบันทึกข้อมูลเหมือน หัวข้อ 3.5.1 ด้วยระยะเวลาในการเปิดน้ำ 2 นาที 3 นาที 4 นาที และ 5 นาที ตามลำดับ

3.5.3 เลือกระยะเวลาที่มีปริมาณน้ำติดบนต้นไม้มากที่สุด และมีปริมาณน้ำสูญเสียน้อยที่สุด เป็นระยะเวลาในการให้น้ำของการให้น้ำด้วยหัวจ่ายน้ำไมโครสเปร์ย์

3.6 ทดสอบปริมาณน้ำปุยที่สูญเสียดจากการให้น้ำ สำหรับการให้น้ำที่ฉีดด้วยแรงคน โดยการปูพลาสติกให้เต็มแปลง ใช้เวลาในการฉีดปุยตามสภาพที่เคยใช้งาน และทำการวัดปริมาณน้ำปุยที่เหลือในพลาสติก เปรียบเทียบกับปริมาณน้ำปุยที่ฉีด

3.7 ให้น้ำ ทุกอาทิตย์ สำหรับ แปลงที่ 1 และ 2 ส่วนแปลงที่ 3 ให้พร้อมกับการให้น้ำ

3.8 ทุก 15 วันทำการวัดอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และความเร็วลม ช่วงเวลา 7:30 น. 10:30 น. และ 17:30 น. จนครบ 6 เดือน และหาค่าเฉลี่ยของทั้ง 3 แปลงการทดลอง

3.9 ทำการทดลองจนครบ 6 เดือน สุ่มต้นไม้ 30 ต้นในแต่ละแปลง จดบันทึกข้อมูลความสูงของต้นไม้ เพื่อหาความสูงของต้นไม้ที่เพิ่มขึ้น



ภาพที่ 31 วิธีการวัดความสูงของต้นไม้สำหรับเปรียบเทียบก่อนและหลังทดลอง

3.10 ทำการทดสอบผลต่างระหว่างค่าเฉลี่ยระหว่างการให้น้ำด้วยสายยางกับหัวจ่ายน้ำมินิสปริงเกอร์ การให้น้ำด้วยสายยางกับหัวจ่ายน้ำไมโครสเปรย์ และการให้น้ำด้วยหัวจ่ายน้ำมินิสปริงเกอร์กับหัวจ่ายน้ำไมโครสเปรย์

3.11 ออกแบบระบบให้น้ำโดยใช้ระบบการให้น้ำด้วยสายยาง หัวจ่ายน้ำมินิสปริงเกอร์ และหัวจ่ายน้ำไมโครสเปรย์ สำหรับพื้นที่ 1 ไร่

3.12 ทำการคำนวณมูลค่าปัจจุบันของค่าใช้จ่ายของระบบการให้น้ำทั้ง 3 แบบ ในระยะเวลา 24 เดือน (เมื่อพิจารณาอายุการใช้งานของหัวจ่ายน้ำเท่ากับ 24 เดือน)

3.13 ทำการวิเคราะห์ความอ่อนไหวของระบบการให้น้ำทั้ง 3 ระบบโดยการพิจารณาเปลี่ยนแปลงอัตราค่าน้ำและค่าแรง

4. สถานที่ทำการทดลอง

สวนเครือวัลย์พืชมั้ จ.นครปฐม

5. ระยะเวลาในการทดลอง

ในการทดลองได้มีระยะเวลาในการทำงานเป็น ช่วง คือ ช่วงที่ 1 การทำงานในส่วนที่ 1 ศึกษากระบวนการให้น้ำของสวนกล้วยไม้ที่ปลูกกล้วยไม้ที่มีระบบรากเป็นรากอากาศ มีระยะเวลาในการดำเนินงาน 3 เดือน ช่วงที่ 2 การทำงานในส่วนที่ 2 ทดสอบการกระจายตัวของละอองน้ำของหัวจ่ายน้ำและระยะระหว่างหัวจ่ายน้ำที่เหมาะสม มีระยะเวลาดำเนินงาน 12 เดือน และช่วงที่ 3 การทำงานในส่วนที่ 3 ทำการเปรียบเทียบผลการเจริญเติบโตของกล้วยไม้ จากการใช้วิธีการให้น้ำต่างกัน มีระยะเวลาดำเนินงาน 12 เดือน ช่วงที่ 4 การวิเคราะห์ข้อมูลเพิ่มเติม ตรวจสอบความถูกต้อง แก้ไขและจัดทำรูปเล่ม มีระยะเวลาดำเนินงาน 9 เดือน รวมระยะเวลาทั้งสิ้น 3 ปี

ผลและวิจารณ์

ผล

1. ส่วนที่ 1 ผลศึกษาระบบการให้น้ำของสวนกล้วยไม้ที่ปลูกกล้วยไม้ที่มีระบบรากเป็นรากอากาศ

จากการเก็บข้อมูลจากสวนกล้วยไม้ต่างๆ คือ สวนภักดิ์นันท์ จ.กำแพงเพชร สวนเดือนเพ็ญ จ.อยุธยา สวนคุณเกรียงชัย จ.นครปฐม สวนเครือวัลย์พันธุ์ไม้ จ.นครปฐม สวนมณฑา จ.สมุทรสาคร สวนไกรฤกษ์ จ.นครปฐม และศูนย์ส่งเสริมและพัฒนาอาชีพการเกษตร จ.สมุทรสาคร กรมส่งเสริมการเกษตร ซึ่งสรุปผลการรวบรวมข้อมูลในตารางที่ 5 และแสดงรายละเอียดผลการเก็บข้อมูลไว้ในภาคผนวก ข

2. ส่วนที่ 2 ผลทดสอบการกระจายตัวของละอองน้ำของหัวจ่ายน้ำและระยะระหว่างหัวจ่ายน้ำที่เหมาะสม

2.1 จากการทดลองตามระยะที่กำหนดไว้ของแต่ละหัวจ่ายน้ำ ได้ผลการทดลองทั้ง 3 ครั้งของหัวจ่ายน้ำ Tornado ดังแสดงในตารางผนวกที่ ค1 ถึง ตารางผนวกที่ ค3 หัวจ่ายน้ำ F.L.F แสดงในตารางผนวกที่ ค4 ถึง ตารางผนวกที่ ค6 หัวจ่ายน้ำ Dan (สีส้ม) แสดงในตารางผนวกที่ ค7 ถึง ตารางผนวกที่ ค9 และหัวจ่ายน้ำ Dan (สีน้ำเงิน) แสดงในตารางผนวกที่ ค10 ถึง ตารางผนวกที่ ค12

2.2 จากผลการทดลองทั้งสามครั้ง นำมาหาค่าเฉลี่ย เพื่อใช้เป็นตัวแทนของการกระจายตัวของละอองน้ำสำหรับหัวจ่ายน้ำต่างๆ ซึ่งค่าเฉลี่ยจากการทดลองและตัวแทนของการกระจายตัวของละอองน้ำ แสดงไว้ในภาพที่ 32 ถึง ภาพที่ 35

2.3 จากผลการทดลองข้างต้น นำมาคำนวณปริมาณน้ำและความสม่ำเสมอในการให้น้ำ (ค่า C.U) ในบริเวณ “พื้นที่ตัวอย่าง” ของหัวจ่ายน้ำต่างๆ จากการคำนวณ ดังสรุปผลการคำนวณ ความสม่ำเสมอในการให้น้ำ (ค่า C.U) , ความสม่ำเสมอของละอองน้ำบนต้นไม้ (เมื่อใช้เปอร์เซ็นต์ของจำนวนต้นไม้ที่เปียกน้ำในการพิจารณา) , ราคาหัวจ่ายน้ำต่อต้น และความสิ้นเปลืองพลังงาน ไว้ในตารางที่ 6 ถึง ตารางที่ 9

ตารางที่ 5 ผลศึกษาระบบการให้น้ำของสวนกล้วยไม้ในปัจจุบัน

รายละเอียด	สวนที่ 1	สวนที่ 2	สวนที่ 3	สวนที่ 4	สวนที่ 5	สวนที่ 6	สวนที่ 7
	สวนคุณเกรียงชัย	สวนมณฑา	เครือวัลย์พันธุ์ไม้	สวนภัสรินทร์	สวนเดือนเพ็ญ	ศูนย์ส่งเสริมและ พัฒนาอาชีพการเกษตร	สวนคุณไกรฤทธิ
1. ที่ตั้ง	บ.ทุ่งคล้อ ต.โพรง มะเดื่อ อ.เมือง จ.นครปฐม	ต.เกษตรพัฒนา อ.บ้านแพ้ว จ.	ต.พระประโทน อ.เมือง จ.นครปฐม	อ.คลองขลุง จ.กำแพงเพชร	อ.ท่าเรือ จ.อยุธยา	จ.สมุทรสาคร	อ.นครชัยศรี จ.นครปฐม
2. พื้นที่ (ไร่)	1	0.5	0.5	25	15		15
3. ประเภทกล้วยไม้	รากอากาศ	รากอากาศ	รากอากาศและกิ่ง รากอากาศ	รากอากาศ	รากอากาศและกิ่ง รากอากาศ	กิ่งรากอากาศ	รากอากาศและ กิ่งรากอากาศ
4. ระบบการให้น้ำ							
- ระบบสปริงเกอร์	/	X	X	/	/	การทำวิจัยระบบการ	X
- ให้น้ำด้วยสายยาง	/	/	/	X	X	ให้น้ำด้วยหัวสเปรย์	/
5. แหล่งน้ำ	คลองชลประทาน	ประปาหมู่บ้าน	น้ำประปา	แม่น้ำปิง	คลองชลประทาน		คลองชลประทาน
6. ปัญหาการให้น้ำ	ตอนเย็นต้องใช้สาย ยางเนื่องจากน้ำค้าง ทอในระบบสปริง เกอร์มีความร้อน	ใช้เวลาให้น้ำ นาน	เดิมเคยใช้ระบบ สปริงเกอร์แต่เลิกใช้ เนื่องจากใช้ปริมาณ น้ำมาก	ไม่มี	บางช่วงน้ำขุ่นต้อง นำมาพักก่อนให้น้ำ	-	ไม่มี

หน่วย : ลบ.ชม.

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15	C16	C17	C18	C19	C20
R1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
R2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.02	0.04	0.07	0.11	0.11	0.07	0.04	0.02	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
R3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.10	0.15	0.29	0.33	0.45	0.45	0.33	0.29	0.15	0.10	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00
R4	0.00	0.00	0.00	0.03	0.14	0.43	0.82	0.92	1.04	1.55	1.55	1.04	0.92	0.82	0.43	0.14	0.03	0.00	0.00	0.00
R5	0.00	0.00	0.00	0.09	0.36	0.96	1.57	1.92	1.51	2.32	2.32	1.51	1.92	1.57	0.96	0.36	0.09	0.00	0.00	0.00
R6	0.00	0.00	0.03	0.28	1.00	1.49	1.88	2.34	2.95	3.06	3.06	2.95	2.34	1.88	1.49	1.00	0.28	0.03	0.00	0.00
R7	0.00	0.05	0.23	0.50	1.02	2.03	2.36	3.01	3.17	3.61	3.61	3.17	3.01	2.36	2.03	1.02	0.50	0.23	0.05	0.00
R8	0.02	0.12	0.32	0.90	0.93	2.05	2.82	3.41	3.31	3.92	3.92	3.31	3.41	2.82	2.05	0.93	0.90	0.32	0.12	0.02
R9	0.03	0.25	0.51	1.26	2.09	2.58	2.86	3.71	4.05	4.78	3.78	4.03	3.71	2.86	2.58	2.09	1.26	0.51	0.25	0.03
R10	0.00	0.12	0.67	1.07	1.90	2.50	2.51	2.81	3.35	3.93	3.93	3.35	2.81	2.51	2.50	1.90	1.07	0.67	0.12	0.00
R11	0.00	0.12	0.67	1.07	1.90	2.50	2.51	2.81	3.35	3.93	3.93	3.35	2.81	2.51	2.50	1.90	1.07	0.67	0.12	0.00
R12	0.03	0.25	0.51	1.26	2.09	2.58	2.86	3.71	4.05	4.78	3.78	4.03	3.71	2.86	2.58	2.09	1.26	0.51	0.25	0.03
R13	0.02	0.12	0.32	0.90	0.93	2.05	2.82	3.41	3.31	3.92	3.92	3.31	3.41	2.82	2.05	0.93	0.90	0.32	0.12	0.02
R14	0.00	0.05	0.23	0.50	1.02	2.03	2.36	3.01	3.17	3.61	3.61	3.17	3.01	2.36	2.03	1.02	0.50	0.23	0.05	0.00
R15	0.00	0.00	0.03	0.28	1.00	1.49	1.88	2.34	2.95	3.06	3.06	2.95	2.34	1.88	1.49	1.00	0.28	0.03	0.00	0.00
R16	0.00	0.00	0.00	0.09	0.36	0.96	1.57	1.92	1.51	2.32	2.32	1.51	1.92	1.57	0.96	0.36	0.09	0.00	0.00	0.00
R17	0.00	0.00	0.00	0.03	0.14	0.43	0.82	0.92	1.04	1.55	1.55	1.04	0.92	0.82	0.43	0.14	0.03	0.00	0.00	0.00
R18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.10	0.15	0.29	0.33	0.45	0.45	0.33	0.29	0.15	0.10	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00
R19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.02	0.04	0.07	0.11	0.11	0.07	0.04	0.02	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
R20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

ภาพที่ 32 ค่าเฉลี่ยการกระจายตัวของปริมาณน้ำจากหัวจ่ายน้ำ TORNADO

หน่วย : ลบ.ชม.

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15	C16	C17	C18	C19	C20
R1	0.00	0.00	0.00	0.01	0.02	0.04	0.03	0.07	0.12	0.09	0.09	0.12	0.07	0.03	0.04	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00
R2	0.00	0.02	0.04	0.08	0.11	0.18	0.26	0.23	0.26	0.32	0.32	0.26	0.23	0.26	0.18	0.11	0.08	0.04	0.02	0.00
R3	0.00	0.05	0.08	0.08	0.27	0.53	0.76	0.63	0.67	0.77	0.77	0.67	0.63	0.76	0.53	0.27	0.08	0.08	0.05	0.00
R4	0.00	0.02	0.09	0.18	0.45	0.54	1.27	1.52	1.15	1.17	1.17	1.15	1.52	1.27	0.54	0.45	0.18	0.09	0.02	0.00
R5	0.00	0.06	0.15	0.33	0.65	0.98	1.95	2.21	2.34	2.18	2.18	2.34	2.21	1.95	0.98	0.65	0.33	0.15	0.06	0.00
R6	0.00	0.08	0.35	0.58	1.10	1.55	2.01	2.61	2.99	2.57	2.57	2.99	2.61	2.01	1.55	1.10	0.58	0.35	0.08	0.00
R7	0.01	0.09	0.37	0.75	1.09	1.63	2.13	2.63	2.95	3.09	3.09	2.95	2.63	2.13	1.63	1.09	0.75	0.37	0.09	0.01
R8	0.01	0.13	0.46	1.00	1.59	2.50	2.99	2.59	2.52	2.65	2.65	2.52	2.59	2.99	2.50	1.59	1.00	0.46	0.13	0.01
R9	0.00	0.13	0.53	1.02	1.62	2.80	3.41	2.88	2.27	2.16	2.16	2.27	2.88	3.41	2.80	1.62	1.02	0.53	0.13	0.00
R10	0.00	0.13	0.48	1.05	1.95	2.70	3.35	3.17	2.34	2.38	2.38	2.34	3.17	3.35	2.70	1.95	1.05	0.48	0.13	0.00
R11	0.00	0.13	0.48	1.05	1.95	2.70	3.35	3.17	2.34	2.38	2.38	2.34	3.17	3.35	2.70	1.95	1.05	0.48	0.13	0.00
R12	0.00	0.13	0.53	1.02	1.62	2.80	3.41	2.88	2.27	2.16	2.16	2.27	2.88	3.41	2.80	1.62	1.02	0.53	0.13	0.00
R13	0.01	0.13	0.46	1.00	1.59	2.50	2.99	2.59	2.52	2.65	2.65	2.52	2.59	2.99	2.50	1.59	1.00	0.46	0.13	0.01
R14	0.01	0.09	0.37	0.75	1.09	1.63	2.13	2.63	2.95	3.09	3.09	2.95	2.63	2.13	1.63	1.09	0.75	0.37	0.09	0.01
R15	0.00	0.08	0.35	0.58	1.10	1.55	2.01	2.61	2.99	2.57	2.57	2.99	2.61	2.01	1.55	1.10	0.58	0.35	0.08	0.00
R16	0.00	0.06	0.15	0.33	0.65	0.98	1.95	2.21	2.34	2.18	2.18	2.34	2.21	1.95	0.98	0.65	0.33	0.15	0.06	0.00
R17	0.00	0.02	0.09	0.18	0.45	0.54	1.27	1.52	1.15	1.17	1.17	1.15	1.52	1.27	0.54	0.45	0.18	0.09	0.02	0.00
R18	0.00	0.05	0.08	0.08	0.27	0.53	0.76	0.63	0.67	0.77	0.77	0.67	0.63	0.76	0.53	0.27	0.08	0.08	0.05	0.00
R19	0.00	0.02	0.04	0.08	0.11	0.18	0.26	0.23	0.26	0.32	0.32	0.26	0.23	0.26	0.18	0.11	0.08	0.04	0.02	0.00
R20	0.00	0.00	0.00	0.01	0.02	0.04	0.03	0.07	0.12	0.09	0.09	0.12	0.07	0.03	0.04	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00

ภาพที่ 33 ค่าเฉลี่ยการกระจายตัวของปริมาณน้ำจากหัวจ่ายน้ำ F.L.F

หน่วย : ลบ.ชม.

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15	C16	C17	C18	C19	C20
R1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
R2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.04	0.04	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
R3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.02	0.05	0.10	0.50	0.50	0.10	0.05	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
R4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.71	0.53	0.97	0.85	1.07	1.07	0.85	0.97	0.53	0.71	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00
R5	0.00	0.00	0.00	0.01	0.07	1.18	1.25	1.10	1.07	1.27	1.27	1.07	1.10	1.25	1.18	0.07	0.01	0.00	0.00	0.00
R6	0.00	0.00	0.00	0.03	0.50	1.04	1.52	1.61	1.19	2.55	2.55	1.19	1.61	1.57	1.04	0.50	0.03	0.00	0.00	0.00
R7	0.00	0.00	0.01	0.53	1.13	1.18	2.76	3.63	2.95	3.10	3.10	2.95	3.63	2.76	1.18	1.13	0.53	0.01	0.00	0.00
R8	0.00	0.00	0.04	1.04	1.43	2.46	3.09	4.09	3.99	3.60	3.60	3.99	4.09	3.09	2.46	1.43	1.04	0.04	0.00	0.00
R9	0.00	0.01	0.06	1.17	1.51	2.65	3.15	4.08	6.00	5.13	5.13	6.00	4.08	3.15	2.65	1.51	1.17	0.06	0.01	0.00
R10	0.00	0.03	0.57	0.99	1.02	2.85	3.20	3.90	5.10	6.50	6.50	5.10	3.90	3.20	2.85	1.02	0.99	0.57	0.03	0.00
R11	0.00	0.03	0.57	0.99	1.02	2.85	3.20	3.90	5.10	6.50	6.50	5.10	3.90	3.20	2.85	1.02	0.99	0.57	0.03	0.00
R12	0.00	0.01	0.06	1.17	1.51	2.65	3.15	4.08	6.00	5.13	5.13	6.00	4.08	3.15	2.65	1.51	1.17	0.06	0.01	0.00
R13	0.00	0.00	0.04	1.04	1.43	2.46	3.09	4.09	3.99	3.60	3.60	3.99	4.09	3.09	2.46	1.43	1.04	0.04	0.00	0.00
R14	0.00	0.00	0.01	0.53	1.13	1.18	2.76	3.63	2.95	3.10	3.10	2.95	3.63	2.76	1.18	1.13	0.53	0.01	0.00	0.00
R15	0.00	0.00	0.00	0.03	0.50	1.04	1.57	1.61	1.19	2.55	2.55	1.19	1.61	1.57	1.04	0.50	0.03	0.00	0.00	0.00
R16	0.00	0.00	0.00	0.01	0.07	1.18	1.25	1.10	1.07	1.27	1.27	1.07	1.10	1.25	1.18	0.07	0.01	0.00	0.00	0.00
R17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.71	0.53	0.97	0.85	1.07	1.07	0.85	0.97	0.53	0.71	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00
R18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.02	0.05	0.10	0.50	0.50	0.10	0.05	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
R19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.04	0.04	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
R20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

ภาพที่ 34 ค่าเฉลี่ยการกระจายตัวของปริมาณน้ำจากหัวจ่ายน้ำ DAN (สี่สั้ม)

หน่วย : ลบ.ซม.

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15	C16	C17	C18	C19	C20
R1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
R2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.03	0.03	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
R3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.02	0.05	0.07	0.32	0.32	0.07	0.05	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
R4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.71	0.53	0.77	0.85	0.97	0.97	0.85	0.77	0.53	0.71	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00
R5	0.00	0.00	0.00	0.01	0.07	1.18	1.25	1.34	1.17	1.37	1.37	1.17	1.34	1.25	1.18	0.07	0.01	0.00	0.00	0.00
R6	0.00	0.00	0.00	0.25	0.02	0.05	1.04	1.63	2.0	1.61	1.09	1.57	1.57	1.09	1.61	1.63	1.04	0.05	0.02	0.00
R7	0.00	0.00	0.02	0.53	1.13	1.18	2.76	3.63	3.9	2.90	2.90	3.95	3.63	2.76	1.18	1.13	0.53	0.02	0.00	0.00
R8	0.00	0.00	0.04	1.04	1.23	1.46	2.99	3.59	4.0	4.52	3.65	3.65	4.52	3.59	2.99	1.46	1.23	1.04	0.04	0.00
R9	0.00	0.01	0.06	1.13	1.51	2.65	3.65	4.08	5.44	5.53	5.53	5.44	4.08	3.65	2.65	1.51	1.13	0.06	0.01	0.00
R10	0.00	0.03	1.07	1.35	1.74	2.50	2.95	3.93	5.20	7.40	7.40	5.20	3.93	2.95	2.50	1.74	1.35	1.07	0.03	0.00
R11	0.00	0.03	1.07	1.35	1.74	2.50	2.95	3.93	5.20	7.40	7.40	5.20	3.93	2.95	2.50	1.74	1.35	1.07	0.03	0.00
R12	0.00	0.01	0.06	1.13	1.51	2.65	3.65	4.08	5.44	5.53	5.53	5.44	4.08	3.65	2.65	1.51	1.13	0.06	0.01	0.00
R13	0.00	0.00	0.04	1.04	1.23	1.46	2.99	3.59	4.52	3.65	3.65	4.52	3.59	2.99	1.46	1.23	1.04	0.04	0.00	0.00
R14	0.00	0.00	0.02	0.53	1.13	1.18	2.76	3.63	3.9	2.90	2.90	3.95	3.63	2.76	1.18	1.13	0.53	0.02	0.00	0.00
R15	0.00	0.00	0.00	0.02	0.05	1.04	1.63	1.61	1.09	1.57	1.57	1.09	1.61	1.63	1.04	0.05	0.02	0.00	0.00	0.00
R16	0.00	0.00	0.00	0.01	0.07	1.18	1.25	1.34	1.17	1.37	1.37	1.17	1.34	1.25	1.18	0.07	0.01	0.00	0.00	0.00
R17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.71	0.53	0.77	0.85	0.97	0.97	0.85	0.77	0.53	0.71	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00
R18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.02	0.05	0.07	0.32	0.32	0.07	0.05	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
R19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.03	0.03	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
R20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

ภาพที่ 35 ค่าเฉลี่ยการกระจายตัวของปริมาณน้ำจากหัวจ่ายน้ำ DAN (สีน้ำเงิน)

ตารางที่ 6 สรุปผลจากการทดลองของหัวจ่ายน้ำ TORNADO

ระยะ Spacing	0.60 ม.		0.80 ม.		1.00 ม.		1.20 ม.		1.40 ม.		1.60 ม.	
	Square	Triangle	Square	Triangle	Square	Triangle	Square	Triangle	Square	Triangle	Square	Triangle
หัวจ่ายน้ำ Tornado												
ค่า C.U.	96.02	95.95	88.42	88.89	90.28	87.33	76.25	91.40	61.04	70.26	30.25	42.75
จำนวนต้นไม้ที่ทดลอง (ต้น)	9	15	16	28	25	40	36	60	49	84	64	112
จำนวนต้นไม้ที่เปียกน้ำ (ต้น)	9.0	15.0	16.0	28.0	18.0	37.0	22.0	50.0	24.0	63.5	26.0	79.5
จำนวนต้นไม้ที่เปียกน้ำ (%)	100	100	100	100	72	93	61	83	49	76	41	71
ความสิ้นเปลืองพลังงาน (Unit)	0.093	0.093	0.093	0.093	0.093	0.093	0.093	0.093	0.093	0.093	0.093	0.093
จำนวนหัวต่อพื้นที่พิจารณา (หัว)	4	5	4	5	4	5	4	5	4	5	4	5
ราคาหัวจ่ายน้ำ (บาท/หัว)	18.6	18.6	18.6	18.6	18.6	18.6	18.6	18.6	18.6	18.6	18.6	18.6
ราคาหัวจ่ายน้ำต่อต้นไม้ (บาท/ต้น)	8.3	6.2	4.7	3.3	3.0	2.3	2.1	1.6	1.5	1.1	1.2	0.8

หมายเหตุ รายละเอียดราคาหัวจ่ายน้ำ 15 บาท ท่อ PE 4 มม. 2.6 บาท ขาดั่ง (ไม้ไฟ) 1 บาท รวมทั้งสิ้น 18.6 บาท

จำนวน Pump 2 เครื่อง เวลาในการเปิด 15 นาที

ตารางที่ 7 สรุปผลจากการทดลองของหัวจ่ายน้ำ F.L.F

ระยะ Spacing	0.60 ม.		0.80 ม.		1.00 ม.		1.20 ม.		1.40 ม.		1.60 ม.	
	Square	Triangle	Square	Triangle	Square	Triangle	Square	Triangle	Square	Triangle	Square	Triangle
หัวจ่ายน้ำ F.L.F												
C.U.	92.45	96.89	82.65	84.94	82.32	80.36	83.67	87.58	73.66	83.52	46.05	58.53
จำนวนต้นไม้ที่ทดลอง (ต้น)	9	15	16	28	25	40	36	60	49	84	64	112
จำนวนต้นไม้ที่เปียกน้ำ (ต้น)	8.5	15.0	16.0	28.0	18.0	37.0	26.0	48.0	28.0	60.5	30.0	78.0
จำนวนต้นไม้ที่เปียกน้ำ (%)	94	100	100	100	72	93	72	80	57	72	47	70
ความสิ้นเปลืองพลังงาน (Unit)	0.049	0.049	0.049	0.049	0.049	0.049	0.049	0.049	0.049	0.049	0.049	0.049
จำนวนหัวต่อพื้นที่พิจารณา (หัว)	4	5	4	5	4	5	4	5	4	5	4	5
ราคาหัวจ่ายน้ำ (บาท/หัว)	164.0	164.0	164.0	164.0	164.0	164.0	164.0	164.0	164.0	164.0	164.0	164.0
ราคาหัวจ่ายน้ำต่อต้นไม้ (บาท/ต้น)	72.9	54.7	41.0	29.3	26.2	20.5	18.2	13.7	13.4	9.8	10.3	7.3

หมายเหตุ รายละเอียดราคาหัวจ่ายน้ำ (รวมหัวจ่ายน้ำ วาล์ว ท่อ PE 4 มม. ตัวกันเหวี่ยง) รวมทั้งสิ้น 164 บาท

จำนวน Pump 1 เครื่อง เวลาในการเปิด 8 นาที

ตารางที่ 8 สรุปผลจากการทดลองของหัวจ่ายน้ำ DAN (สีส้ม)

ระยะ Spacing	0.60 ม.		0.80 ม.		1.00 ม.		1.20 ม.		1.40 ม.		1.60 ม.	
	Square	Triangle	Square	Triangle	Square	Triangle	Square	Triangle	Square	Triangle	Square	Triangle
หัวจ่ายน้ำ DAN-ORANGE												
C.U.	93.76	93.84	87.80	88.82	84.30	86.98	61.35	75.07	47.49	70.26	16.28	25.23
จำนวนต้นไม้ที่ทดลอง (ต้น)	9	15	16	28	25	40	36	60	49	84	64	112
จำนวนต้นไม้ที่เปียกน้ำ (ต้น)	9.0	15.0	14.0	28.0	20.0	36.0	25.0	46.0	26.0	58.0	28.0	72.0
จำนวนต้นไม้ที่เปียกน้ำ (%)	100	100	88	100	80	90	69	77	53	69	44	64
ความสิ้นเปลืองพลังงาน (Unit)	0.074	0.074	0.074	0.074	0.074	0.074	0.074	0.074	0.074	0.074	0.074	0.074
จำนวนหัวต่อพื้นที่พิจารณา (หัว)	4	5	4	5	4	5	4	5	4	5	4	5
ราคาหัวจ่ายน้ำ (บาท/หัว)	40.6	40.6	40.6	40.6	40.6	40.6	40.6	40.6	40.6	40.6	40.6	40.6
ราคาหัวจ่ายน้ำต่อต้นไม้ (บาท/ต้น)	18.5	13.9	10.4	7.4	6.7	5.2	4.6	3.5	3.4	2.5	2.6	1.9

หมายเหตุ รายละเอียดราคาหัวจ่ายน้ำ 8 บาท ปลอกหัวฉีด 12 บาท butterfly barb 18 บาท ท่อ PE 4 มม. 2.6 บาท รวมทั้งสิ้น 40.6 บาท

จำนวน Pump 2 เครื่อง เวลาในการเปิด 6 นาที

ตารางที่ 9 สรุปผลจากการทดลองของหัวจ่ายน้ำ DAN (สีน้ำเงิน)

ระยะ Spacing	0.60 ม.		0.80 ม.		1.00 ม.		1.20 ม.		1.40 ม.		1.60 ม.	
	Square	Triangle	Square	Triangle	Square	Triangle	Square	Triangle	Square	Triangle	Square	Triangle
หัวจ่ายน้ำ DAN-BLUE												
C.U.	91.45	93.12	88.44	91.88	79.13	85.66	57.74	72.15	45.80	46.73	16.94	25.31
จำนวนต้นไม้ที่ทดลอง (ต้น)	9	15	16	28	25	40	36	60	49	84	64	112
จำนวนต้นไม้เปียกน้ำ (ต้น)	9.0	15.0	14.0	28.0	20.0	36.0	24.0	46.0	24.0	58.0	26.0	64.0
จำนวนต้นไม้เปียกน้ำ (%)	100	100	88	100	80	90	67	77	49	69	41	57
ความสิ้นเปลืองพลังงาน (Unit)	0.148	0.148	0.148	0.148	0.148	0.148	0.148	0.148	0.148	0.148	0.148	0.148
จำนวนหัวต่อพื้นที่พิจารณา (หัว)	4	5	4	5	4	5	4	5	4	5	4	5
ราคาหัวจ่ายน้ำ (บาท/หัว)	40.6	40.6	40.6	40.6	40.6	40.6	40.6	40.6	40.6	40.6	40.6	40.6
ราคาหัวจ่ายน้ำต่อต้นไม้ (บาท/ต้น)	18.5	13.9	10.4	7.4	6.7	5.2	4.6	3.5	3.4	2.5	2.6	1.9

หมายเหตุ รายละเอียดราคาหัวจ่ายน้ำ 8 บาท ปลอกหัวฉีด 12 บาท butterfly barb 18 บาท ท่อ PE 4 มม. 2.6 บาท รวมทั้งสิ้น 40.6 บาท

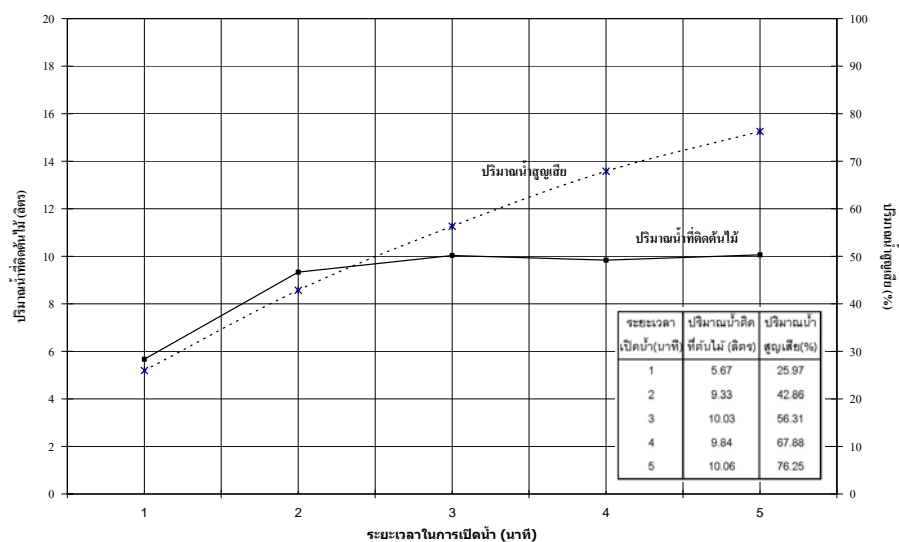
จำนวน Pump 2 เครื่อง เวลาในการเปิด 12 นาที

2.4	จากข้อมูลที่ได้จาก ข้อ (3) นำมาให้คะแนนตามหัวข้อต่างๆ ดังนี้		
2.4.1	ความสม่ำเสมอในการให้น้ำ (C.U.)	คะแนน	25 คะแนน
2.4.2	ความสม่ำเสมอของละอองน้ำ	คะแนน	25 คะแนน
2.4.3	ราคาหัวจ่ายน้ำต่อต้น	คะแนน	25 คะแนน
2.4.4	ค่าความสิ้นเปลืองพลังงาน	คะแนน	25 คะแนน

โดยแต่ละหัวข้อมีเกณฑ์การให้คะแนนดังในภาพที่ 36 และสามารถสรุปการให้คะแนนทั้งหมดไว้ในตารางที่ 10 และสรุปได้ว่าหัวจ่ายน้ำ TORNADO ระยะห่างระหว่างหัวจ่ายน้ำ 0.80 ม. มีการวางหัวจ่ายน้ำแบบสามเหลี่ยมมีคะแนนสูงสุด คือ มีคะแนนเท่ากับ 95 คะแนน ดังนั้นจึงเลือกใช้ในการนำไปทดลองต่อไปในการเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของต้นไม้กับการให้น้ำด้วยสายยาง การให้น้ำด้วยหัวจ่ายน้ำมินิสปริงเกอร์ และหัวจ่ายน้ำไมโครสเปรย์ (TORNADO)

3. ส่วนที่ 3 ผลการเปรียบเทียบผลการเจริญเติบโตของกล้วยไม้จากการใช้วิธีการให้น้ำต่างกัน

3.1 จากการทดลองเพื่อเลือกระยะเวลาในการให้น้ำของหัวจ่ายน้ำไมโครสเปรย์ สรุปได้ว่าในการให้น้ำแต่ละครั้งใช้เวลา 3 นาที ซึ่งมีปริมาณการสูญเสียของน้ำ เท่ากับ 56 % และผลการทดลองแสดงในภาพที่ 37



ภาพที่ 37 ความสัมพันธ์ของระยะเวลาในการเปิดน้ำ ปริมาณน้ำที่คิดค้นไว้ และปริมาณน้ำที่สูญเสีย

ราคาหัวจ่ายน้ำ / ต้น / พื้นที่พิจารณา				ความสม่ำเสมอของน้ำบนต้นไม้				
ช่วงข้อมูล		คะแนน	ช่วงข้อมูล		คะแนน	ช่วงข้อมูล		คะแนน
70.31 - 74.00		1.25	33.31 - 37.00		13.75	40.1 - 46.0		2.5
66.61 - 70.30		2.50	29.61 - 33.30		15.00	46.1 - 52.0		5.0
62.91 - 66.60		3.75	25.91 - 29.60		16.25	52.1 - 58.0		7.5
59.21 - 62.90		5.00	22.21 - 25.90		17.50	58.1 - 64.0		10.0
55.51 - 59.20		6.25	18.51 - 22.20		18.75	64.1 - 70.0		12.5
51.81 - 55.50		7.50	14.81 - 18.50		20.00	70.1 - 76.0		15.0
48.11 - 51.80		8.75	11.11 - 14.80		21.25	76.1 - 82.0		17.5
44.41 - 48.10		10.00	7.41 - 11.10		22.50	82.1 - 88.0		20.0
40.71 - 44.40		11.25	3.71 - 7.40		23.75	88.1 - 94.0		22.5
37.01 - 40.70		12.50	0 - 3.70		25.00	94.1 - 100.0		25.0

ค่า C.U.			ค่าความถี่เปลี่ยนแปลงพลังงาน		
ช่วงข้อมูล		คะแนน	ช่วงข้อมูล		คะแนน
0.00 - 20.00		5.0	0.145 - 0.169		5.0
21.00 - 40.00		10.0	0.012 - 0.144		10.0
41.00 - 60.00		15.0	0.050 - 0.119		15.0
61.00 - 80.00		20.0	0.070 - 0.094		20.0
81.00 - 100.00		25.0	0.045 - 0.069		25.0

ภาพที่ 36 เกณฑ์การให้คะแนน

ตารางที่ 10 ผลการให้คะแนนของหัวจ่ายน้ำที่ระยะห่างระหว่างหัวจ่ายน้ำต่างๆ

ชนิดหัวจ่ายน้ำ	การวางหัวจ่ายน้ำ	ระยะห่างระหว่างหัวจ่ายน้ำ	คะแนน				คะแนนรวม
			CU	ความสม่ำเสมอของน้ำบนต้นไม้	ความสิ้นเปลืองพลังงาน	ราคาหัวจ่ายน้ำ / ต้น / บล็อกพื้นที่	
Tornado	สี่เหลี่ยมจัตุรัส	0.6	25.0	25.0	20	22.50	92.50
		0.8	25.0	25.0	20	23.75	93.75
		1.0	25.0	15.0	20	25.00	85.00
		1.2	20.0	10.0	20	25.00	75.00
		1.4	20.0	5.0	20	25.00	70.00
		1.6	10.0	2.5	20	25.00	57.50
Tornado	สามเหลี่ยมด้านเท่า	0.6	25.0	25.0	20	23.75	93.75
		0.8	25.0	25.0	20	25.00	95.00
		1.0	25.0	22.5	20	25.00	92.50
		1.2	25.0	20.0	20	25.00	90.00
		1.4	20.0	15.0	20	25.00	80.00
		1.6	15.0	15.0	20	25.00	75.00

ตารางที่ 10 (ต่อ)

ชนิดหัว จ่ายน้ำ	การวาง หัวจ่ายน้ำ	ระยะห่าง ระหว่าง หัวจ่ายน้ำ	คะแนน				คะแนน รวม
			CU	ความสม่ำเสมอ ของน้ำบนต้นไม้	ความสิ้นเปลือง พลังงาน	ราคาหัวจ่ายน้ำ / ต้น / บล็อกพื้นที่	
F.L.F	สี่เหลี่ยมจัตุรัส	0.6	25.0	25.0	25	1.25	76.25
		0.8	25.0	25.0	25	11.25	86.25
		1.0	25.0	15.0	25	16.25	81.25
		1.2	25.0	15.0	25	20.00	85.00
		1.4	20.0	7.5	25	21.25	73.75
		1.6	15.0	5.0	25	22.50	67.50
F.L.F	สามเหลี่ยม ด้านเท่า	0.6	25.0	25.0	25	7.50	82.50
		0.8	25.0	25.0	25	16.25	91.25
		1.0	25.0	22.5	25	18.75	91.25
		1.2	25.0	17.5	25	20.00	87.50
		1.4	25.0	15.0	25	22.50	87.50
		1.6	15.0	10.0	25	23.75	73.75

ตารางที่ 10 (ต่อ)

ชนิดหัว จ่ายน้ำ	การวาง หัวจ่ายน้ำ	ระยะห่าง ระหว่าง หัวจ่ายน้ำ	คะแนน				คะแนน รวม
			CU	ความสม่ำเสมอ ของน้ำบนต้นไม้	ความสิ้นเปลือง พลังงาน	ราคาหัวจ่ายน้ำ / ต้น / บล็อกพื้นที่	
Dan (สี่สั้ม)	สี่เหลี่ยมจตุรัส	0.6	25.0	25.0	20	20.00	90.00
		0.8	25.0	20.0	20	22.50	87.50
		1.0	25.0	17.5	20	23.75	86.25
		1.2	20.0	12.5	20	23.75	76.25
		1.4	15.0	7.5	20	25.00	67.50
		1.6	5.0	2.5	20	25.00	52.50
		Dan (สี่สั้ม)	สามเหลี่ยม ด้านเท่า	0.6	25.0	25.0	20
0.8	25.0			25.0	20	23.75	93.75
1.0	25.0			22.5	20	23.75	91.25
1.2	20.0			17.5	20	25.00	82.50
1.4	20.0			12.5	20	25.00	77.50
1.6	10.0			12.5	20	25.00	67.50

ตารางที่ 10 (ต่อ)

ชนิดหัว จ่ายน้ำ	การวาง หัวจ่ายน้ำ	ระยะห่าง ระหว่าง หัวจ่ายน้ำ	คะแนน				คะแนน รวม
			CU	ความสม่ำเสมอ ของน้ำบนต้นไม้	ความสิ้นเปลือง พลังงาน	ราคาหัวจ่ายน้ำ / ต้น / บล็อกพื้นที่	
Dan (สีน้ำเงิน)	สี่เหลี่ยมจตุรัส	0.6	25.0	25.0	5	20.00	75.00
		0.8	25.0	20.0	5	22.50	72.50
		1.0	20.0	17.5	5	23.75	66.25
		1.2	15.0	12.5	5	23.75	56.25
		1.4	15.0	5.0	5	25.00	50.00
		1.6	5.0	2.5	5	25.00	37.50
Dan (สีน้ำเงิน)	สามเหลี่ยม ด้านเท่า	0.6	25.0	25.0	5	21.25	76.25
		0.8	25.0	25.0	5	23.75	78.75
		1.0	25.0	22.5	5	23.75	76.25
		1.2	20.0	17.5	5	25.00	67.50
		1.4	15.0	12.5	5	25.00	57.50
		1.6	10.0	7.5	5	25.00	47.50

3.2 จากการทดลองเพื่อหาปริมาณน้ำปฎิเสธของกาให้ปฎิเสธโดยใช้ปั้มสามสูบและแรงคนในการฉีดปฎิเสธ ซึ่งเป็นการให้ปฎิเสธในปัจจุบันสำหรับสวนกล้วยไม้ที่ให้น้ำด้วยสายยางและหัวจ่ายน้ำมินิสปริงเกอร์ ปริมาณน้ำปฎิเสธที่ฉีด 6.97 ลิตร ในเวลา 2 นาที มีปริมาณน้ำปฎิเสธ 2.83 ลิตร สรุปได้ว่า มีปริมาณน้ำปฎิเสธเท่ากับ 59 %

3.3 จากการทดลองการเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของต้นไม้เป็นระยะเวลา 6 เดือน สามารถสรุปการเจริญเติบโตของต้นไม้จำนวน 100 ต้น จากการให้น้ำด้วยสายยาง หัวจ่ายน้ำมินิสปริงเกอร์ และหัวจ่ายน้ำ ไมโครสเปร์ย์ (TORNADO) ในตารางผนวกที่ ค13 ถึง ตารางผนวกที่ ค15 และสรุปข้อมูลของอุณหภูมิ ความเร็วลม และความชื้นสัมพัทธ์ สรุปได้ว่าในแปลงระบบการให้น้ำทั้ง 3 ระบบ มีผลแตกต่างกันเพียงเล็กน้อย

3.4 จากการเลือกต้นไม้แต่ละวิธีการให้น้ำ มีจำนวนวิธีละ 30 ต้น เพื่อทำการวิเคราะห์ ANOVA โดยใช้ข้อมูลความสูงของต้นไม้ที่เพิ่มขึ้นทั้ง 3 วิธีดังแสดงผลในตารางที่ 11 และทำการวิเคราะห์ ผลต่างระหว่างค่าเฉลี่ย (Mean) ของความสูงของต้นไม้ที่เพิ่มขึ้นโดยเปรียบเทียบระหว่างสายยางกับหัวจ่ายน้ำมินิสปริงเกอร์ สายยางกับหัวจ่ายน้ำไมโครสเปร์ย์ (TORNADO) และหัวจ่ายน้ำมินิสปริงเกอร์ กับหัวจ่ายน้ำไมโครสเปร์ย์ (TORNADO) สรุปได้ว่าทั้งสามวิธีมีผลต่างระหว่างค่าเฉลี่ย (Mean) ไม่แตกต่างกัน ดังแสดงผลการวิเคราะห์ไว้ในตารางที่ 12

3.5 การออกแบบระบบการให้น้ำด้วยสายยางและแปลนของระบบการให้น้ำด้วยสายยางสำหรับพื้นที่ 1 ไร่ดังแสดงไว้ในภาพที่ 38 และแสดงแปลนและรูปตัดของระบบท่อจากแหล่งน้ำมายังบ่อพักน้ำของการให้น้ำทั้ง 3 วิธี ในภาพที่ 39 และทำการคำนวณการเลือกขนาดปั้มและขนาดท่อ ดังแสดงไว้ในภาคผนวก จ.

3.6 จากการออกแบบระบบการให้น้ำด้วยหัวจ่ายน้ำมินิสปริงเกอร์ โดยมีระยะห่างระหว่างหัว เท่ากับ 1.50 ม. สำหรับพื้นที่ 1 ไร่ ดังแสดงแปลนของระบบการให้น้ำด้วยหัวจ่ายน้ำมินิสปริงเกอร์ ในภาพที่ 40 ทำการคำนวณการเลือกขนาดปั้มและขนาดท่อ ดังแสดงไว้ในภาคผนวก จ.

3.7 จากการออกแบบระบบการให้น้ำด้วยหัวจ่ายน้ำไมโครสเปร์ย์ (TORNADO) โดยมีระยะห่างระหว่างหัว เท่ากับ 0.80 ม. สำหรับพื้นที่ 1 ไร่ ดังแสดงแปลนของระบบการให้น้ำด้วยหัวจ่ายน้ำไมโครสเปร์ย์ (TORNADO) ใน ภาพที่ 41 ทำการคำนวณการเลือกขนาดปั้มและขนาดท่อ ดังแสดงในภาคผนวก จ.

ตารางที่ 11 ความสูงของต้นไม้ที่เพิ่มขึ้นโดยการให้น้ำแต่ละวิธี

ต้นที่	สายยาง		หัวจ่ายน้ำมินิสปริงเกอร์		หัวจ่ายน้ำสเปรย์	
	หมายเลข ต้นไม้	ความสูง (ซม.)	หมายเลข ต้นไม้	ความสูง (ซม.)	หมายเลข ต้นไม้	ความสูง (ซม.)
1	WT - 2	9.20	SK - 33	11.20	SP - 33	6.50
2	WT - 4	8.50	SK - 34	6.10	SP - 35	7.90
3	WT - 7	10.30	SK - 35	16.90	SP - 36	11.40
4	WT - 13	9.50	SK - 36	10.40	SP - 37	10.70
5	WT - 16	9.70	SK - 37	4.80	SP - 43	8.90
6	WT - 19	6.30	SK - 44	8.40	SP - 46	9.70
7	WT - 21	9.00	SK - 45	10.60	SP - 47	11.30
8	WT - 26	7.70	SK - 46	15.30	SP - 48	6.60
9	WT - 30	10.90	SK - 47	6.10	SP - 49	9.00
10	WT - 31	7.70	SK - 48	4.10	SP - 54	11.70
11	WT - 35	6.20	SK - 53	10.60	SP - 53	7.80
12	WT - 38	7.40	SK - 54	7.60	SP - 53	7.80
13	WT - 43	6.30	SK - 55	7.50	SP - 54	11.70
14	WT - 46	7.90	SK - 56	6.90	SP - 55	12.60
15	WT - 50	5.90	SK - 58	3.60	SP - 56	6.80
16	WT - 52	5.60	SK - 63	6.40	SP - 58	6.40
17	WT - 56	6.50	SK - 65	12.10	SP - 64	11.20
18	WT - 58	11.20	SK - 66	10.50	SP - 65	10.60
19	WT - 61	6.60	SK - 67	9.90	SP - 66	9.40
20	WT - 67	5.20	SK - 68	12.10	SP - 68	4.40
21	WT - 70	8.30	SK - 73	9.30	SP - 69	7.60
22	WT - 72	10.30	SK - 74	8.70	SP - 73	8.70
23	WT - 74	5.90	SK - 76	9.30	SP - 74	9.20
24	WT - 78	12.60	SK - 77	10.40	SP - 76	7.10
25	WT - 81	7.00	SK - 78	8.00	SP - 79	8.20
26	WT - 85	11.30	SK - 83	9.50	SP - 83	10.30
27	WT - 89	6.70	SK - 84	12.00	SP - 84	9.00
28	WT - 92	7.40	SK - 85	7.00	SP - 87	9.20
29	WT - 97	9.10	SK - 87	8.60	SP - 88	9.00
30	WT - 99	10.30	SK - 88	10.00	SP - 89	11.50
ค่าเฉลี่ย		8.22		9.13		9.07

ตารางที่ 12 ผลการวิเคราะห์ ANOVA ความสูงที่เพิ่มขึ้นของต้นไม้ด้วยระบบการให้น้ำ 3 วิธี

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

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

$$\alpha = 0.05$$

Anova: Single Factor

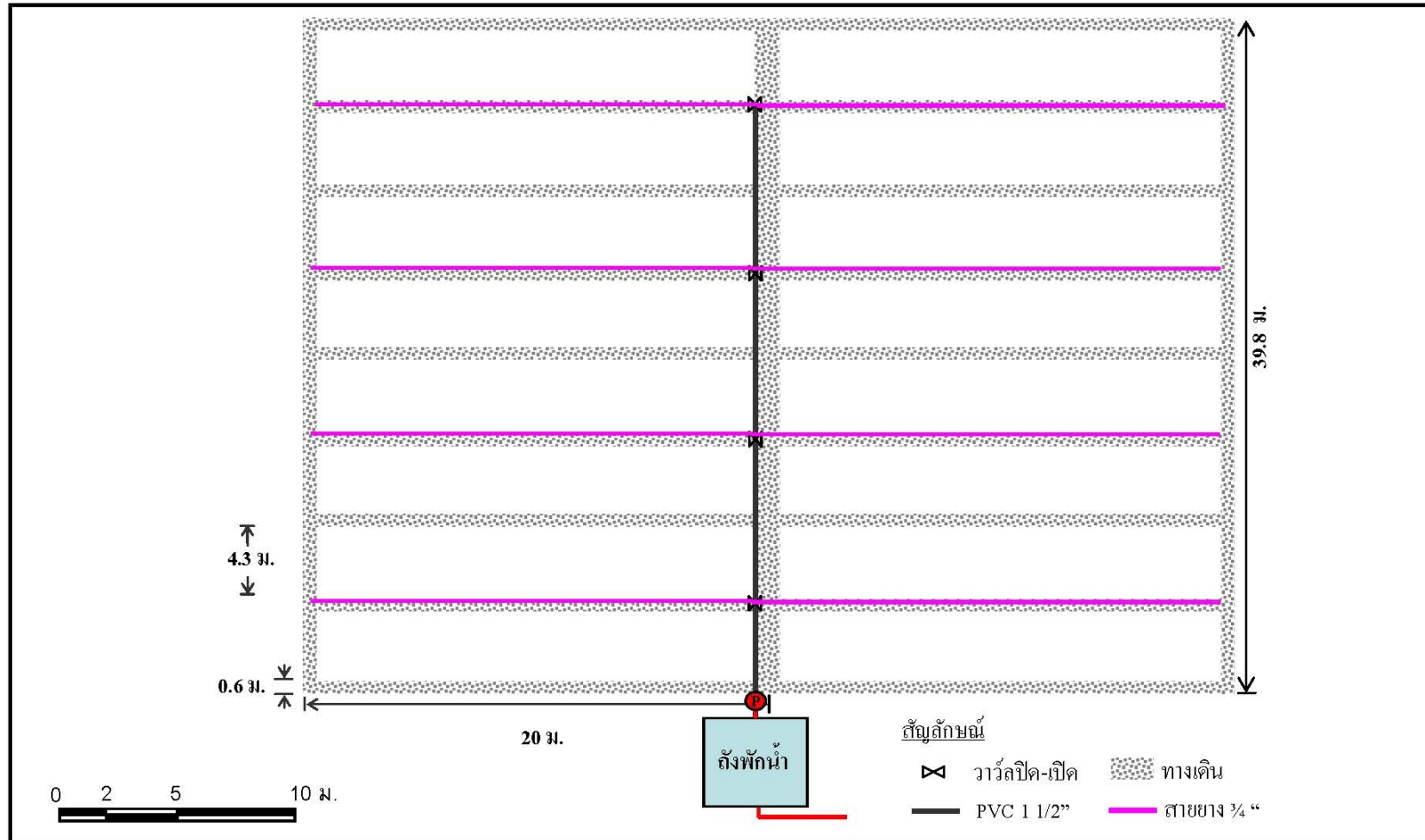
SUMMARY

<i>Groups</i>	<i>Count</i>	<i>Sum</i>	<i>Average</i>	<i>Variance</i>
สายยาง	30	246.5	8.217	3.915
มินิสปริงเกอร์	30	273.9	9.130	8.855
ไมโครสเปร์ย์	30	272.2	9.073	3.881

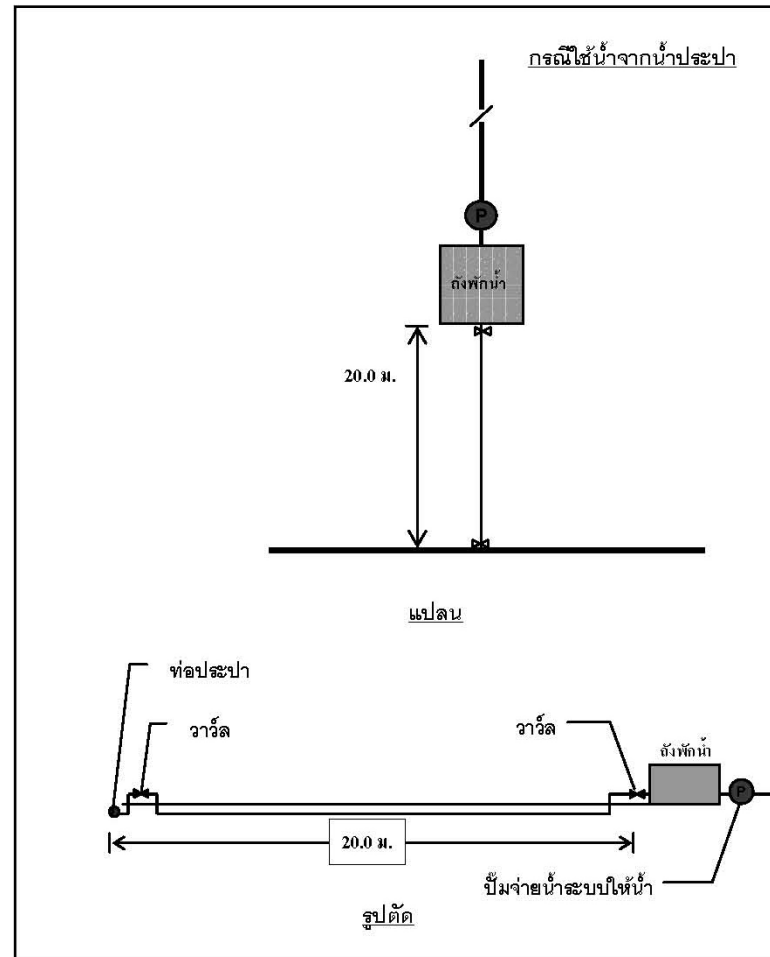
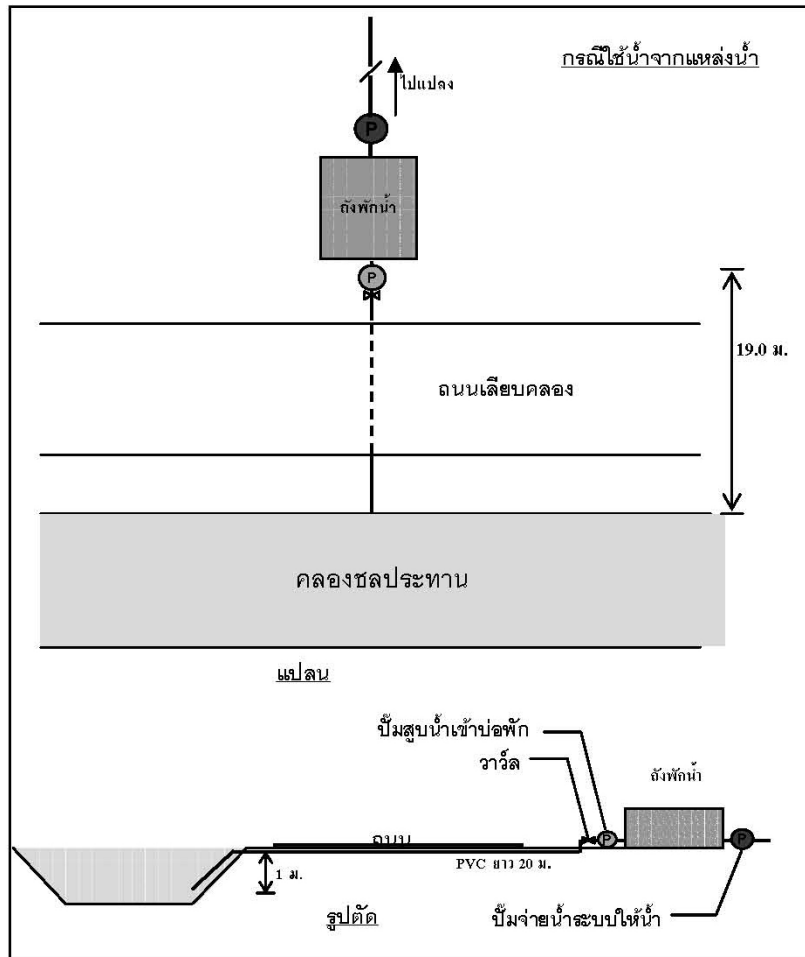
ANOVA

<i>Source of Variation</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-value</i>	<i>F crit</i>
ระหว่างระบบการให้น้ำ	15.71	2	7.856	1.415	0.248	3.101
Error	482.90	87	5.551			
Total	498.62	89				

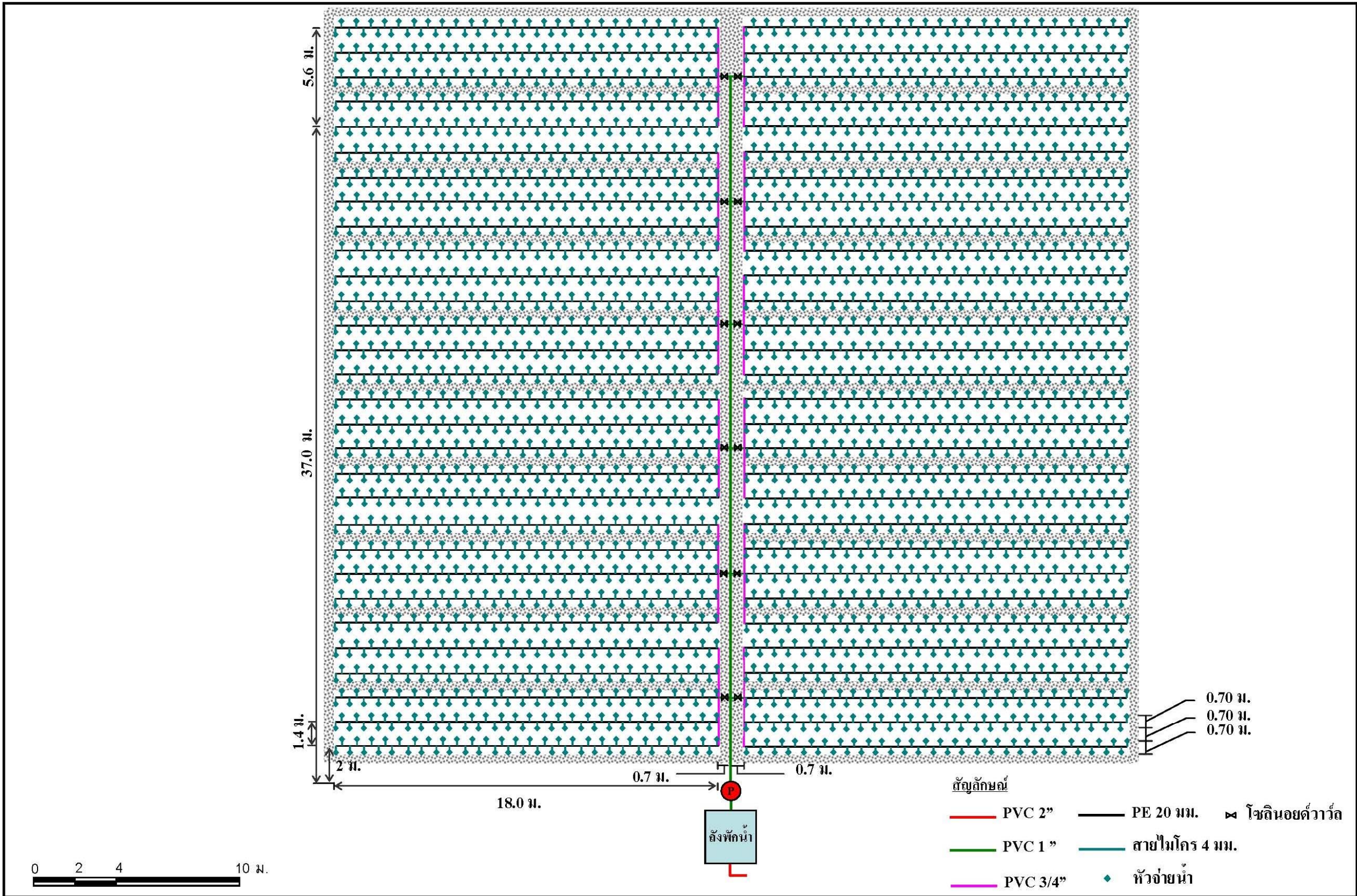
ACCEPT H_0 : ค่าเฉลี่ยของความสูงที่เพิ่มขึ้นระหว่างการให้น้ำทั้ง 3 วิธีมีค่าไม่แตกต่างกัน โดยนัยสำคัญทางสถิติ



ภาพที่ 38 แปลนระบบให้น้ำด้วยสายยาง



ภาพที่ 39 แปลนและรูปตัดระบบท่อจากแหล่งน้ำกรณิใช้น้ำจากแหล่งน้ำและกรณิใช้น้ำประปา



ภาพที่ 41 แผนระบบให้น้ำและปุ๋ยด้วยหัวจ่ายน้ำไมโครสเปรย์

3.8 จากแบบของระบบการให้น้ำด้วยสายยาง หัวจ่ายน้ำมินิสปริงเกอร์ และหัวจ่ายน้ำ TORNADO (ไมโครสเปรย์) ทำการคำนวณค่าใช้จ่ายในการติดตั้งของการให้น้ำทั้ง 3 วิธี และแต่ละวิธีแบ่งการพิจารณาออกเป็น 2 แบบ คือ ใช้น้ำจากแหล่งน้ำ เช่น คลองธรรมชาติ หรือคลองชลประทาน และการใช้น้ำจากน้ำประปา (กรณีที่อยู่ห่างจากแหล่งน้ำ)

ระบบการจ่ายปุ๋ยของการให้น้ำด้วยสายยาง หัวจ่ายน้ำมินิสปริงเกอร์ ใช้แรงคนในการฉีดปุ๋ยและใช้ปั๊มสามสูบในการจ่ายปุ๋ย ส่วนการให้น้ำด้วยหัวจ่ายน้ำ TORNADO (ไมโครสเปรย์) ระบบจ่ายปุ๋ยที่นำมาคิดค่าใช้จ่ายนั้น เลือกใช้การจ่ายปุ๋ยด้วยปั๊มเวนทูรี เนื่องจากสะดวกในการติดตั้งและคำนวณปริมาณการจ่ายปุ๋ย ใช้อัตราการจ่ายปุ๋ย 175 ลิตร/ชม. และแสดงการคำนวณความเข้มข้นของสารละลายปุ๋ยดังนี้

$$\text{อัตราการจ่ายปุ๋ย} = 175 \text{ ลิตร/ชม.}$$

$$\text{อัตราการจ่ายน้ำเครื่องสูบน้ำ} = 5060 \text{ ลิตร/ชม.}$$

$$\text{ต้องผสมให้เข้มข้น } 1 : 5060/175 = 1 : 29 \text{ เท่า}$$

เมื่อต้องการความเข้มข้นของสารละลายปุ๋ยในระบบน้ำ เท่ากับ 8.7 ppm (สำหรับปุ๋ยสูตร 20:20:20)

$$\begin{aligned} \text{ความเข้มข้นของสารละลายปุ๋ยในถัง} &= 29 \times 8.7 \text{ ppm} \\ &= 253 \text{ ppm} \end{aligned}$$

แสดงรายละเอียดของค่าใช้จ่ายในการติดตั้งใน ตารางที่ 13 และสามารถสรุปเป็นค่าใช้จ่ายได้ดังนี้

กรณีใช้น้ำจากแหล่งน้ำของระบบการให้น้ำด้วยสายยาง หัวจ่ายน้ำมินิสปริงเกอร์ และหัวจ่ายน้ำไมโครสเปรย์ (TORNADO) เท่ากับ 70,116 บาท 122,839 บาท และ 140,174 บาท ตามลำดับ

กรณีใช้น้ำประปาของระบบการให้น้ำด้วยสายยาง หัวจ่ายน้ำมินิสปริงเกอร์ และหัวจ่ายน้ำไมโครสเปรย์ (TORNADO) เท่ากับ 62,907 บาท 115,630 บาท และ 136,215 บาท ตามลำดับ

3.8 ในการคำนวณค่าใช้จ่ายรายเดือนของแต่ละระบบการให้น้ำตลอดอายุการใช้งานของหัวจ่ายน้ำ (กำหนดไว้ 2 ปี) แบ่งการเป็น 2 แบบ คือ ใช้น้ำจากแหล่งน้ำ เช่น คลองธรรมชาติ หรือคลองชลประทาน และการใช้น้ำจากน้ำประปา (กรณีที่อยู่ห่างจากแหล่งน้ำ) โดยพิจารณา

ตารางที่ 13 สรุปค่าใช้จ่ายในการติดตั้งระบบจ่ายน้ำต่อพื้นที่ 1 ไร่

ลำดับ ที่	รายละเอียด	หน่วย	ราคา ต่อหน่วย	สายยาง		มินิสปริงเกอร์		ไมโครสเปร์ย์		ที่มาราคาต่อหน่วย
				ปริมาณ	ราคา(บาท)	ปริมาณ	ราคา(บาท)	ปริมาณ	ราคา(บาท)	
1	บ่อพักน้ำ									
1.1	บ่อพักน้ำขนาด 3.7x3.7x1.5	เหมารวม		27,300.00		0.00		0.00		
1.2	บ่อพักน้ำขนาด 3.7x3.7x1.5	เหมารวม		0.00		27,300.00		0.00		
1.3	บ่อพักน้ำขนาด 3x3x1.6	เหมารวม		0.00		0.00		18,861.00		
	รวม 1			27,300.00		27,300.00		18,800.00		
2	ปั๊มสูบน้ำและอุปกรณ์ประกอบ (สูบน้ำจากคลองไปบ่อพัก)									
2.1	ปั๊ม ขนาด 0.5 Hp 0.37 "kW (BC 5M)	เครื่อง	3,700.00	0	0.00	0	0.00	1	3,700.00	Brunopump
2.2	ปั๊ม ขนาด 0.75 Hp 0.59 "kW (BN 7/2 M)	เครื่อง	6,500.00	1	6,500.00	1	6,500.00	0	0.00	Brunopump
2.3	ท่อ PVC 1"	ท่อน	58.00	0	0.00	0	0.00	4	232.00	ราคากลางวัสดุก่อสร้าง
2.4	ท่อ PVC 2 "	ท่อน	158.00	4	632.00	4	632.00	0	0.00	ราคากลางวัสดุก่อสร้าง
2.5	ข้อต่อตรง PVC ขนาด 1"	อัน	5.00	0	0.00	0	0.00	3	15.00	ราคากลางวัสดุก่อสร้าง
2.6	ข้อต่อตรง PVC ขนาด 2"	อัน	13.00	3	39.00	3	39.00	0	0.00	ราคากลางวัสดุก่อสร้าง
2.7	ข้อต่อ-90 PVC ขนาด 1"	อัน	6.00	0	0.00	0	0.00	2	12.00	ราคากลางวัสดุก่อสร้าง
2.8	ข้อต่อ-90 PVC ขนาด 2"	อัน	19.00	2	38.00	2	38.00	0	0.00	ราคากลางวัสดุก่อสร้าง
	รวม 2			7,209.00		7,209.00		3,959.00		

ตารางที่ 13 (ต่อ)

ลำดับ ที่	รายละเอียด	หน่วย	ราคา ต่อหน่วย	สายยาง		มินิสปริงเกอร์		ไมโครสเปรย์		ที่มาราคาต่อหน่วย
				ปริมาณ	ราคา(บาท)	ปริมาณ	ราคา(บาท)	ปริมาณ	ราคา(บาท)	
3	ปั๊มและอุปกรณ์ประกอบ (ระบบจ่ายน้ำ)									
3.1	ปั๊ม ขนาด 1 Hp 0.74 kw (BC10MB)	เครื่อง	6,000.00	1	6,000.00	1	6,000.00	0	0.00	Brunopump
3.2	ปั๊ม ขนาด 2.2 Hp 1.65 Kw (BB220B)	เครื่อง	9,700.00	0	0.00	0	0.00	1	9,700.00	Brunopump
3.3	วาล์วปิด-เปิด	อัน	680.00	1	680.00	12	8,160.00	12	8,160.00	บ.ซูเปอร์โปรดักซ์
3.4	สวิตช์ควบคุมแรงดัน	อัน	780.00	1	780.00	1	780.00	1	780.00	สปริงเกอร์ไทย
3.5	ถังแรงดัน	ถัง	2,100.00	1	2,100.00	1	2,100.00	1	2,100.00	สปริงเกอร์ไทย
3.6	เกจวัดแรงดัน	อัน	420.00	1	420.00	1	420.00	1	420.00	สปริงเกอร์ไทย
3.7	วาล์วป้องกันการไหลกลับ	อัน	700.00	1	700.00	1	700.00	1	700.00	บ.ซูเปอร์โปรดักซ์
3.8	โซลินอยด์วาล์ว	อัน	900.00	0	0.00	12	10,800.00	12	10,800.00	สปริงเกอร์ไทย
3.9	กรอง	อัน	580.00	0	0.00	1	580.00	1	580.00	สปริงเกอร์ไทย
3.10	อุปกรณ์ข้อต่อ									
	- ข้อต่อตรง PVC ขนาด 1"	อัน	5.00	1	5.00	1	5.00	1	5.00	ราคากลางวัสดุก่อสร้าง
	- ข้อต่อทองเหลือง	อัน	150.00	0	0.00	1	150.00	1	150.00	สปริงเกอร์ไทย
	- สามทางทองเหลือง	อัน	150.00	0	0.00	1	150.00	1	150.00	สปริงเกอร์ไทย
	- ลดเหลี่ยมทองเหลือง	อัน	10.00	0	0.00	1	10.00	1	10.00	สปริงเกอร์ไทย
	รวม 3				10,685.00		29,855.00		33,555.00	

ตารางที่ 13 (ต่อ)

ลำดับ ที่	รายละเอียด	หน่วย	ราคา ต่อหน่วย	สายยาง		มินิสปริงเกอร์		ไมโครสเปรย์		ที่มาราคาต่อหน่วย
				ปริมาณ	ราคา(บาท)	ปริมาณ	ราคา(บาท)	ปริมาณ	ราคา(บาท)	
4	ปั๊มปุ๋ยและอุปกรณ์ประกอบ (ระบบจ่ายปุ๋ย)									
4.1	ปั๊มสามสูบ 1 แรงม้า	เครื่อง	6,600.00	1	6,600.00	1	6,600.00	0	0.00	บ.VB engine
4.2	ท่อเหล็ก ขนาด 0.5 นิ้ว	ท่อน	280.00	7	1,960.00	7	1,960.00	0	0.00	ราคากลางวัสดุก่อสร้าง
4.3	สายยางทนแรงดันสูง	เมตร	40.00	300	12,000.00	300	12,000.00	0	0.00	chok_machshinery
4.4	ข้อต่อเหล็กตรง ขนาด 1/2 "	อัน	6.00	6	36.00	6	36.00	0	0.00	ราคากลางวัสดุก่อสร้าง
4.5	ข้อต่อเหล็กสามทาง ขนาด 1/2 "	อัน	25.00	12	300.00	12	300.00	0	0.00	ราคากลางวัสดุก่อสร้าง
4.6	วาล์วเปิด-ปิด ทองเหลือง ขนาด 1/2"	อัน	60.00	12	720.00	12	720.00	0	0.00	-
4.7	ปิดท่อเหล็ก ขนาด 1/2 "	อัน	30.00	1	30.00	1	30.00	0	0.00	-
4.8	ถังผสมปุ๋ย	ใบ	1,500.00	1	1,500.00	1	1,500.00	1	1,500.00	
4.9	วาล์วผสมปุ๋ยแบบเวนทูลรี	อัน	650.00	0	0.00	0	0.00	1	650.00	
4.10	เกจวัดแรงดัน	อัน	420.00	0	0.00	0	0.00	2	840.00	
4.11	วาล์วเปิด-ปิด	อัน	25.00	0	0.00	0	0.00	2	50.00	
	รวม 4				23,146.00		23,146.00		3,040.00	
5	อุปกรณ์ควบคุม									
5.1	ตู้ควบคุม	ใบ	7,000.00	0	0.00	1	7,000.00	1	7,000.00	สปริงเกอร์ไทย
5.2	เครื่องตั้งเวลา	เครื่อง	3,500.00	0	0.00	1	3,500.00	1	3,500.00	สปริงเกอร์ไทย

ตารางที่ 13 (ต่อ)

ลำดับ ที่	รายละเอียด	หน่วย	ราคา ต่อหน่วย	สายยาง		มินิสปริงเกอร์		ไมโครสเปร์ย์		ที่มาราคาต่อหน่วย
				ปริมาณ	ราคา(บาท)	ปริมาณ	ราคา(บาท)	ปริมาณ	ราคา(บาท)	
รวม 5				0.00	10,500.00	10,500.00				
6	หัวจ่ายน้ำ									
6.1	หัวจ่ายน้ำไมโครสเปร์ย์ (Plastro - Tornado)	หัว	15	0	0.00	0	0.00	2,760	41,400.00	บ.กรีน เทคโนโลยี
6.2	หัวจ่ายน้ำมินิสปริงเกอร์ (Antelco - Inverted)	หัว	15	0	0.00	720	10,800.00	0	0.00	บ.ไฮเทค โสมซิสเต็ม
รวม 6				0.00	10,800.00	41,400.00				
7	ท่อและอุปกรณ์ประกอบ									
7.1	ท่อ PVC ขนาด 1 1/2"	ท่อน	95.00	10	950.00	11	1,045.00	0	0.00	ราคากลางวัสดุก่อสร้าง
7.2	ท่อ PVC ขนาด 1"	ท่อน	58.00	0	0.00	14	812.00	13	754.00	ราคากลางวัสดุก่อสร้าง
7.3	ท่อ PVC ขนาด 3/4 "	ท่อน	44.00	0	0.00	0	0.00	17	748.00	ราคากลางวัสดุก่อสร้าง
7.4	ท่อ PE 25 mm.	เมตร	7.00	0	0.00	1,008	7,056.00	0	0.00	ราคากลางวัสดุก่อสร้าง
7.5	ท่อ PE 20 mm.	เมตร	4.50	0	0.00	0	0.00	1,080	4,860.00	สปริงเกอร์ไทย
7.6	ท่อ PE 4 mm.	เมตร	2.50	0	0.00	0	0.00	2,898	7,245.00	สปริงเกอร์ไทย
7.7	ข้อต่อสามทางขนาด 1 1/2" - 1"	อัน	11.50	0	0.00	12	138.00	0	0.00	บ.ซูเปอร์โปรดักซ์
7.8	ข้อต่อสามทางลดขนาด 1 1/2" - 3/4"	อัน	19.00	4	76.00	0	0.00	0	0.00	ราคากลางวัสดุก่อสร้าง
7.9	ข้อต่อสามทางลดขนาด 1" - 3/4"	อัน	11.00	0	0.00	0	0.00	12	132.00	ราคากลางวัสดุก่อสร้าง
7.10	ข้อต่อสามทางขนาด 1 1/2"	อัน	18.00	0	0.00	12	216.00	0	0.00	ราคากลางวัสดุก่อสร้าง

ตารางที่ 14 (ต่อ)

ลำดับ ที่	รายละเอียด	หน่วย	ราคา ต่อหน่วย	สายยาง		มินิสปริงเกอร์		ไมโครสเปรย์		ที่มาราคาต่อหน่วย
				ปริมาณ	ราคา(บาท)	ปริมาณ	ราคา(บาท)	ปริมาณ	ราคา(บาท)	
7.11	ข้อต่อสามทางขนาด 1"	อัน	10.00	0	0.00	48	480.00	12	120.00	ราคากลางวัสดุก่อสร้าง
7.12	ข้อต่อสามทางขนาด 3/4"	อัน	4.50	0	0.00	0	0.00	60	270.00	ราคากลางวัสดุก่อสร้าง
7.13	ข้อต่อนอก PE 25 - 3/4 นิ้ว	อัน	38.00	0	0.00	60	2,280.00	0	0.00	ราคากลางวัสดุก่อสร้าง
7.14	ข้อต่อนอก PE 20 - 1/2 นิ้ว	อัน	30.00	0	0.00	0	0.00	60	1,800.00	ราคากลางวัสดุก่อสร้าง
7.15	ข้อต่อ PE 4 มม.	อัน	3.00	0	0.00	0	0.00	2,760	8,280.00	ราคากลางวัสดุก่อสร้าง
7.16	วาล์วเปิด-ปิด PVC 3/4"	อัน	25.00	4	100.00	0	0.00	0	0.00	ราคากลางวัสดุก่อสร้าง
7.17	ฝาครอบ 1 1/2"	อัน	10.00	1	10.00	1	10.00	0	0.00	ราคากลางวัสดุก่อสร้าง
7.18	ฝาครอบ 1 "	อัน	7.00	0	0.00	24	168.00	1	7.00	ราคากลางวัสดุก่อสร้าง
7.19	ฝาครอบ 3/4 "	อัน	6.00	0	0.00	0	0.00	24	144.00	ราคากลางวัสดุก่อสร้าง
7.20	ฝาปิดปลายท่อ PE 25 mm.	อัน	38.00	0	0.00	48	1,824.00	0	0.00	ราคากลางวัสดุก่อสร้าง
7.21	ฝาปิดปลายท่อ PE 20 mm.	อัน	30.00	0	0.00	0	0.00	60	1,800.00	ราคากลางวัสดุก่อสร้าง
7.22	สายยาง ขนาด 3/4"	เมตร	8.00	80	640.00	0	0.00	0	0.00	บ.ซูเปอร์โปรดักซ์
7.23	ไม้ไผ่ สูง 1 ม. (แทนขาตั้ง)	ท่อน	1.00	0	0.00	0	0.00	2,760	2,760.00	บ.ซูเปอร์โปรดักซ์
รวม 7							1,776.00		14,029.00	28,920.00
รวมทั้งหมด กรณีใช้น้ำจากแหล่งน้ำ(1+2+3+4+5+6+7)							70,116.00		122,839.00	140,174.00
รวมทั้งหมด กรณีใช้น้ำจากน้ำประปา(1+3+4+5+6+7)							62,907.00		115,630.00	136,215.00

ระบบการให้น้ำทั้ง 3 วิธี คือ การให้น้ำด้วยสายยาง การให้น้ำด้วยหัวจ่ายน้ำมินิสปริงเกอร์ และการให้น้ำด้วยหัวจ่ายน้ำไมโครสเปร์ย์ (TORNADO) ดังแสดงการคำนวณค่าใช้จ่ายรายเดือนของระบบการให้น้ำทั้ง 3 วิธี ไว้ในตารางที่ 14

3.10 จากการคำนวณมูลค่าปัจจุบันของค่าใช้จ่ายทั้งหมด คือ ค่าใช้จ่ายในการติดตั้งและค่าใช้จ่ายรายเดือน รวมทั้งค่าใช้จ่ายในการเปลี่ยนอุปกรณ์ โดยพิจารณาที่ดอกเบี้ยเท่ากับ 9.375% ต่อปี และระยะเวลา 24 เดือน (อายุการใช้งานของหัวจ่ายน้ำ) ซึ่งสรุปได้ดังนี้

3.10.1 แบบที่ 1 ใช้น้ำจากแหล่งน้ำ : มูลค่าปัจจุบันของค่าใช้จ่ายการให้น้ำด้วยสายยาง มีเท่ากับ 326,155 บาท/ไร่ การให้น้ำด้วยหัวจ่ายน้ำมินิสปริงเกอร์ เท่ากับ 325,210 บาท/ไร่ และการให้น้ำด้วยหัวจ่ายน้ำไมโครสเปร์ย์ (TORNADO) เท่ากับ 345,013 บาท/ไร่ ดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ 15

3.10.2 แบบที่ 2 ใช้น้ำจากน้ำประปา : มูลค่าปัจจุบันของค่าใช้จ่ายการให้น้ำด้วยสายยาง เท่ากับ 401,870 บาท/ไร่ การให้น้ำด้วยหัวจ่ายน้ำมินิสปริงเกอร์ เท่ากับ 408,699 บาท/ไร่ และการให้น้ำด้วยหัวจ่ายน้ำไมโครสเปร์ย์ (TORNADO) มีค่าใช้จ่ายสะสม เท่ากับ 370,644 บาท/ไร่ ดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ 16

3.11 การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของระบบการให้น้ำทั้ง 3 ระบบ เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงอัตราการน้ำ และค่าแรง สามารถสรุปได้ดังนี้

3.11.1 อัตราค่าน้ำต่อลบ.ม. ที่มีผลให้ค่าใช้จ่ายระหว่างการให้น้ำด้วยสายยางมีค่าเท่ากับ ระบบการให้น้ำและปุ๋ยด้วยหัวจ่ายน้ำไมโครสเปร์ย์ (TORNADO) มีค่าเท่ากัน ซึ่งค่าน้ำมีค่าเท่ากับ 1.61 บาท/ลบ.ม.

3.11.2 อัตราค่าน้ำต่อลบ.ม. ที่มีผลให้ค่าใช้จ่ายระหว่างการให้น้ำด้วยหัวจ่ายน้ำมินิสปริงเกอร์ มีค่าเท่ากับ ระบบการให้น้ำและปุ๋ยด้วยหัวจ่ายน้ำไมโครสเปร์ย์ (TORNADO) มีค่าเท่ากัน ซึ่งค่าน้ำมีค่าเท่ากับ 1.40 บาท/ลบ.ม.

ตารางที่ 14 สรุปค่าใช้จ่ายรายเดือนของการให้น้ำด้วยวิธีการให้น้ำต่างๆ

รายละเอียด	หน่วย	ราคาต่อหน่วย	สายยาง		หัวจ่ายน้ำมินิสปริงเกอร์		หัวจ่ายน้ำไมโครสเปรย์	
			ปริมาณ	ราคา (บาท)	ปริมาณ	ราคา (บาท)	ปริมาณ	ราคา (บาท)
1 การให้ปุ๋ย								
1.1 ค่าปุ๋ย	ก.ก.	-	-	976.9	-	976.9	-	908.0
1.2 ค่าแรงคนฉีดปุ๋ย	คน	172	0.0	0.0	8.0	1,376.0	0.0	0.0
	รวม - 1			976.9		2,352.9		908.0
2 ค่าไฟฟ้า								
2.1 กรณีใช้น้ำแหล่งน้ำ	-	-	-	469.2	-	469.2	-	281.9
2.2 กรณีใช้น้ำประปา	-	-	-	279.3	-	279.3	-	239.8
3 ค่าน้ำ								
3.1 ใช้น้ำจากแหล่งน้ำ	ลบ.ม.	0	1,140.0	0.0	1,134.0	0.0	364.3	0.0
3.2 ใช้น้ำประปา	ลบ.ม.	3.5	1,140.0	3,990.0	1,134.0	3,969.0	364.3	1,275.1
4 ค่าแรงคนรดน้ำ	คน	172	60.0	10,320.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	รวม - 4			10,320.0		0.0		0.0
5 แรงงานในการดูแลระบบ	คน	172	0.0	0.0	30.0	5,160.0	30.0	5,160.0
	รวมทั้งหมด กรณีใช้น้ำจากแหล่งน้ำ (1+2.1+3.1+4+5)			11,766.1		7,982.1		6,350.0
	รวมทั้งหมด กรณีใช้น้ำประปา (1+2.2+3.2+4+5)			15,566.2		11,761.2		7,582.9

ตารางที่ 15 ค่าใช้จ่ายของระบบการให้น้ำต่างๆ ในพื้นที่ 1 ไร่ กรณีใช้น้ำจากแหล่งน้ำ

หน่วย : บาท

เดือน ที่	สายยาง				หัวจ่ายน้ำมินิสปริงเกอร์				หัวจ่ายน้ำไมโครสเปร์ย์			
	ค่าติดตั้ง	ค่าเปลี่ยน อุปกรณ์	ค่าใช้จ่าย รายเดือน	ค่าใช้จ่ายรวม	ค่าติดตั้ง	ค่าเปลี่ยน อุปกรณ์	ค่าใช้จ่าย รายเดือน	ค่าใช้จ่าย รวม	ค่าติดตั้ง	ค่าเปลี่ยน อุปกรณ์	ค่าใช้จ่าย รายเดือน	ค่าใช้จ่ายรวม
1	70,116		11,766	81,882	122,839		7,982	130,821	140,174		6,350	146,524
2			11,766	11,766			7,982	7,982			6,350	6,350
3			11,766	11,766			7,982	7,982			6,350	6,350
4			11,766	11,766			7,982	7,982			6,350	6,350
5			11,766	11,766			7,982	7,982			6,350	6,350
6			11,766	11,766			7,982	7,982	2,760		6,350	9,110
7			11,766	11,766			7,982	7,982			6,350	6,350
8			11,766	11,766			7,982	7,982			6,350	6,350
9			11,766	11,766			7,982	7,982			6,350	6,350
10			11,766	11,766			7,982	7,982			6,350	6,350
11			11,766	11,766			7,982	7,982			6,350	6,350
12			11,766	11,766			7,982	7,982	2,760		6,350	9,110
13			11,766	11,766			7,982	7,982			6,350	6,350
14			11,766	11,766			7,982	7,982			6,350	6,350

ตารางที่ 15 (ต่อ)

หน่วย : บาท

เดือน ที่	สายยาง				หัวจ่ายน้ำมินิสปริงเกอร์				หัวจ่ายน้ำไมโครสเปร์ย์			
	ค่าติดตั้ง	ค่าเปลี่ยน อุปกรณ์	ค่าใช้จ่าย รายเดือน	ค่าใช้จ่ายรวม	ค่าติดตั้ง	ค่าเปลี่ยน อุปกรณ์	ค่าใช้จ่าย รายเดือน	ค่าใช้จ่าย รวม	ค่าติดตั้ง	ค่าเปลี่ยน อุปกรณ์	ค่าใช้จ่าย รายเดือน	ค่าใช้จ่ายรวม
15			11,766	11,766			7,982	7,982			6,350	6,350
16			11,766	11,766			7,982	7,982			6,350	6,350
17			11,766	11,766			7,982	7,982			6,350	6,350
18			11,766	11,766			7,982	7,982	2,760		6,350	9,110
19			11,766	11,766			7,982	7,982			6,350	6,350
20			11,766	11,766			7,982	7,982			6,350	6,350
21			11,766	11,766			7,982	7,982			6,350	6,350
22			11,766	11,766			7,982	7,982			6,350	6,350
23			11,766	11,766			7,982	7,982			6,350	6,350
24			11,766	11,766	10,800		7,982	18,782		44,160	6,350	50,510
มูลค่าปัจจุบัน				326,155				325,210				345,013

หมายเหตุ ค่าใช้จ่ายของระบบการให้น้ำด้วยไมโครสเปร์ย์มากกว่าระบบการให้น้ำด้วยสายยางเท่ากับ 18,858 บาทต่อไร่

ค่าใช้จ่ายของระบบการให้น้ำด้วยไมโครสเปร์ย์มากกว่าระบบการให้น้ำด้วยหัวจ่ายน้ำมินิสปริงเกอร์ เท่ากับ 19,803 บาทต่อไร่

ตารางที่ 16 ค่าใช้จ่ายของระบบการให้น้ำต่างๆ ในพื้นที่ 1 ไร่ กรณีใช้น้ำประปา

หน่วย : บาท

เดือน ที่	สายยาง				หัวจ่ายน้ำมินิสปริงเกอร์				หัวจ่ายน้ำไมโครสเปร์ย์			
	ค่าติดตั้ง	ค่าเปลี่ยน อุปกรณ์	ค่าใช้จ่าย รายเดือน	ค่าใช้จ่ายรวม	ค่าติดตั้ง	ค่าเปลี่ยน อุปกรณ์	ค่าใช้จ่าย รายเดือน	ค่าใช้จ่ายรวม	ค่าติดตั้ง	ค่าเปลี่ยน อุปกรณ์	ค่าใช้จ่าย รายเดือน	ค่าใช้จ่ายรวม
1	62,907		15,566	78,473	115,630		11,761	127,391	136,215		7,583	143,798
2			15,566	15,566			11,761	11,761			7,583	7,583
3			15,566	15,566			11,761	11,761			7,583	7,583
4			15,566	15,566			11,761	11,761			7,583	7,583
5			15,566	15,566			11,761	11,761			7,583	7,583
6			15,566	15,566			11,761	11,761	2,760		7,583	10,343
7			15,566	15,566			11,761	11,761			7,583	7,583
8			15,566	15,566			11,761	11,761			7,583	7,583
9			15,566	15,566			11,761	11,761			7,583	7,583
10			15,566	15,566			11,761	11,761			7,583	7,583
11			15,566	15,566			11,761	11,761			7,583	7,583
12			15,566	15,566			11,761	11,761	2,760		7,583	10,343
13			15,566	15,566			11,761	11,761			7,583	7,583
14			15,566	15,566			11,761	11,761			7,583	7,583

ตารางที่ 16 (ต่อ)

เดือน ที่	สายยาง				หัวจ่ายน้ำมินิสปริงเกอร์				หัวจ่ายน้ำไมโครสเปรย์			
	ค่าติดตั้ง	ค่าเปลี่ยน อุปกรณ์	ค่าใช้จ่าย รายเดือน	ค่าใช้จ่ายรวม	ค่าติดตั้ง	ค่าเปลี่ยน อุปกรณ์	ค่าใช้จ่าย รายเดือน	ค่าใช้จ่ายรวม	ค่าติดตั้ง	ค่าเปลี่ยน อุปกรณ์	ค่าใช้จ่าย รายเดือน	ค่าใช้จ่ายรวม
15			15,566	15,566			11,761	11,761			7,583	7,583
16			15,566	15,566			11,761	11,761			7,583	7,583
17			15,566	15,566			11,761	11,761			7,583	7,583
18			15,566	15,566			11,761	11,761	2,760		7,583	10,343
19			15,566	15,566			11,761	11,761			7,583	7,583
20			15,566	15,566			11,761	11,761			7,583	7,583
21			15,566	15,566			11,761	11,761			7,583	7,583
22			15,566	15,566			11,761	11,761			7,583	7,583
23			15,566	15,566			11,761	11,761			7,583	7,583
24			15,566	15,566	10,800		11,761	22,561	44,160		7,583	51,743
มูลค่าปัจจุบัน				401,870				408,699				370,644

หมายเหตุ ค่าใช้จ่ายของระบบการให้น้ำด้วยไมโครสเปรย์น้อยกว่าระบบการให้น้ำด้วยสายยางเท่ากับ 31,226 บาทต่อไร่

ค่าใช้จ่ายของระบบการให้น้ำด้วยไมโครสเปรย์น้อยกว่าระบบการให้น้ำด้วยหัวจ่ายน้ำมินิสปริงเกอร์ เท่ากับ 38,055 บาทต่อไร่

3.11.3 อัตราค่าแรงที่มีผลให้ค่าใช้จ่ายระหว่างการให้น้ำด้วยสายยางมีค่าเท่ากับ ระบบการให้น้ำและปุ๋ยด้วยหัวจ่ายน้ำไมโครสเปร์ย์ (TORNADO) มีค่าเท่ากัน กรณีใช้น้ำจากแหล่งน้ำซึ่งค่าอัตราค่าแรงมีค่าเท่ากับ 205 บาท/วัน และกรณีใช้น้ำประปาเท่ากับ 120 บาท/วัน

3.11.4 อัตราค่าแรงที่มีผลให้ค่าใช้จ่ายระหว่างการให้น้ำด้วยหัวจ่ายน้ำมินิสปริงเกอร์ มีค่าเท่ากับ ระบบการให้น้ำและปุ๋ยด้วยหัวจ่ายน้ำไมโครสเปร์ย์ (TORNADO) มีค่าเท่ากัน กรณีใช้น้ำจากแหล่งน้ำมีค่าเท่ากับ 275 บาท/วัน และส่วนกรณีใช้น้ำประปาถึงแม้ไม่พิจารณาค่าแรง การให้น้ำด้วยหัวจ่ายน้ำมินิสปริงเกอร์มีค่าใช้จ่ายยังมีค่ามากกว่า

วิจารณ์

1. การคำนวณมูลค่าปัจจุบันของค่าใช้จ่าย

1.1 ใช้น้ำจากแหล่งน้ำ : จากการคำนวณมูลค่าปัจจุบันของค่าใช้จ่ายของระบบการให้น้ำด้วยคือ การให้น้ำด้วยสายยาง การให้น้ำด้วยหัวจ่ายน้ำมินิสปริงเกอร์ และการให้น้ำด้วยหัวจ่ายน้ำไมโครสเปร์ย์ (TORNADO) ในกรณีใช้น้ำจากแหล่งน้ำ พบว่ามูลค่าปัจจุบันของค่าใช้จ่ายสูงสุดคือ ระบบการให้น้ำและปุ๋ยด้วยหัวจ่ายน้ำไมโครสเปร์ย์ (TORNADO) รองลงมาคือ การให้น้ำด้วยหัวจ่ายน้ำมินิสปริงเกอร์ และน้อยที่สุดคือการให้น้ำด้วยสายยาง โดยค่าใช้จ่ายของระบบการให้น้ำและปุ๋ยด้วยหัวจ่ายน้ำไมโครสเปร์ย์ (TORNADO) มากกว่าระบบการให้น้ำด้วยสายยางและการให้น้ำด้วยหัวจ่ายน้ำมินิสปริงเกอร์ เท่ากับ 18,858 บาท/ไร่ และ 19,803 บาท/ไร่

1.2 ใช้น้ำจากน้ำประปา : จากการคำนวณมูลค่าปัจจุบันของค่าใช้จ่ายของระบบการให้น้ำด้วยคือ การให้น้ำด้วยสายยาง การให้น้ำด้วยหัวจ่ายน้ำมินิสปริงเกอร์ และการให้น้ำด้วยหัวจ่ายน้ำไมโครสเปร์ย์ (TORNADO) ในกรณีใช้น้ำจากน้ำประปา พบว่ามูลค่าปัจจุบันของค่าใช้จ่ายสูงสุดคือ การให้น้ำด้วยหัวจ่ายน้ำมินิสปริงเกอร์ รองลงมาคือ การให้น้ำด้วยสายยาง และน้อยที่สุดคือระบบการให้น้ำและปุ๋ยด้วยหัวจ่ายน้ำไมโครสเปร์ย์ (TORNADO) โดยค่าใช้จ่ายของระบบการให้น้ำและปุ๋ยด้วยหัวจ่ายน้ำไมโครสเปร์ย์ (TORNADO) น้อยกว่าระบบการให้น้ำด้วยสายยางและการให้น้ำด้วยหัวจ่ายน้ำมินิสปริงเกอร์ เท่ากับ 31,226 บาท/ไร่ และ 38,055 บาท/ไร่

ดังนั้นถ้าพื้นที่ที่อยู่ใกล้แหล่งน้ำธรรมชาติ เช่นคลองชลประทาน บ่อน้ำ เป็นต้น และมีปริมาณดินที่เพียงพอ และมีแรงงานเพียงพอ ระบบที่เหมาะสมสำหรับพื้นที่ 1 ไร่ คือ ระบบให้

น้ำด้วยสายยาง ส่วนระบบการให้น้ำและปุ๋ยด้วยหัวจ่ายน้ำไมโครสเปร์ย (TORNADO) นั้นไม่เหมาะสมเนื่องจากมีค่าใช้จ่ายที่สูงที่สุด แต่ถ้าเป็นพื้นที่ที่อยู่ไกลแหล่งน้ำต้องใช้น้ำจากน้ำประปา เช่น ประปาหมู่บ้าน เป็นต้น หรือปริมาณน้ำต้นทุนที่จำกัด ระบบที่เหมาะสมคือ การให้น้ำและปุ๋ยด้วยหัวจ่ายน้ำไมโครสเปร์ย (TORNADO)

2. การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของระบบการให้น้ำทั้ง 3 ระบบ

2.1 เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงอัตราค่าน้ำ

พบว่า เมื่ออัตราค่าน้ำต่อลบ.ม.เท่ากับ 1.61 บาท/ลบ.ม. ที่มีผลให้ค่าใช้จ่ายระหว่างการให้น้ำด้วยสายยางมีค่าเท่ากับ ระบบการให้น้ำและปุ๋ยด้วยหัวจ่ายน้ำไมโครสเปร์ย (TORNADO) มีค่าเท่ากัน นั่นหมายถึง เมื่ออัตราค่าน้ำน้อยกว่า 1.61 บาท/ลบ.ม. การใช้ระบบการให้น้ำด้วยสายยางจะเหมาะสมกว่าระบบการให้น้ำและปุ๋ยด้วยหัวจ่ายน้ำไมโครสเปร์ย (TORNADO) แต่ถ้าอัตราค่าน้ำน้อยกว่า 1.40 บาท/ลบ.ม. การให้น้ำด้วยหัวจ่ายน้ำมินิสปริงเกอร์จึงจะเหมาะสมกว่าระบบการให้น้ำและปุ๋ยด้วยหัวจ่ายน้ำไมโครสเปร์ย (TORNADO) (ซึ่งอัตราค่าน้ำที่ใช้วิเคราะห์ในการวิจัยเท่ากับ 3.50 บาท)

2.2 เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงอัตราค่าแรง

พบว่า กรณีใช้น้ำจากแหล่งน้ำซึ่ง ถ้าอัตราค่าแรงมีค่าตั้งแต่ 205 บาท/วัน ขึ้นไป จึงจะส่งผลให้ระบบการให้น้ำและปุ๋ยด้วยหัวจ่ายน้ำไมโครสเปร์ย (TORNADO) เหมาะสมกว่าการให้น้ำด้วยสายยาง เนื่องจากการให้น้ำด้วยสายยางมีค่าใช้จ่ายค่าแรงมากกว่าระบบการให้น้ำและปุ๋ยด้วยหัวจ่ายน้ำไมโครสเปร์ย (TORNADO) แต่กรณีใช้น้ำประปาถ้าอัตราค่าแรงมีค่าตั้งแต่ 120 บาท/วันลงมา การให้น้ำด้วยสายยางเหมาะสมกว่า ระบบการให้น้ำและปุ๋ยด้วยหัวจ่ายน้ำไมโครสเปร์ย (TORNADO)

แต่เมื่อพิจารณากรณีใช้น้ำจากแหล่งน้ำถ้าอัตราค่าแรงมีค่าตั้งแต่ 275 บาท/วัน ขึ้นไป จึงจะส่งผลให้ระบบการให้น้ำและปุ๋ยด้วยหัวจ่ายน้ำไมโครสเปร์ย (TORNADO) จะเหมาะสมกว่าการให้น้ำด้วยหัวจ่ายน้ำมินิสปริงเกอร์ แต่กรณีใช้น้ำจากน้ำประปาถึงแม้ไม่คิดค่าแรงระบบการให้น้ำและปุ๋ยด้วยหัวจ่ายน้ำไมโครสเปร์ย (TORNADO) อย่งไรยังเหมาะสมกว่าการให้น้ำด้วยหัวจ่ายน้ำมินิสปริงเกอร์

3. การศึกษาข้อมูลของอุณหภูมิ ความเร็วลม และความชื้นสัมพัทธ์ในแปลงทดลองระบบการให้น้ำ

สรุปได้ว่าในแปลงระบบการให้น้ำทั้ง 3 ระบบ มีผลแตกต่างกันเพียงเล็กน้อย กล่าวคือ ในแปลงระบบการให้น้ำและปุ๋ยด้วยหัวจ่ายน้ำไมโครสเปร์ย์ในเวลา 10:30 น. มีอุณหภูมิต่ำกว่าแปลงอื่นประมาณ 1 องศาเซลเซียสและความชื้นสัมพัทธ์สูงกว่าแปลงอื่น 1-2 % เนื่องจากระบบการให้น้ำและปุ๋ยด้วยหัวจ่ายน้ำไมโครสเปร์ย์เป็นแปลงเดียวที่มีการให้น้ำระหว่างวัน แต่การทดลองดำเนินการในช่วงเดือนกรกฎาคมถึงเดือนธันวาคม ซึ่งไม่ใช่ช่วงฤดูร้อนผลในการช่วยลดอุณหภูมิและเพิ่มความชื้นสัมพัทธ์จึงไม่ชัดเจนนัก แต่ถ้าเป็นช่วงฤดูร้อนการให้น้ำด้วยระบบการให้น้ำด้วยหัวจ่ายน้ำไมโครสเปร์ย์จะช่วยลดอุณหภูมิระหว่างวันได้

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

การศึกษาระบบการให้น้ำและปุ๋ยโดยตรงที่รากกล้วยไม้ ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบระหว่างการให้น้ำและปุ๋ยด้วยหัวจ่ายน้ำไมโครสเปร์ย์ โดยตรงที่รากกล้วยไม้ กับการให้น้ำด้วยหัวจ่ายน้ำมินิสปริงเกอร์และการให้น้ำด้วยสายยาง ซึ่งองค์ประกอบของระบบการให้น้ำทั้ง 3 ระบบ สรุปไว้ในตารางที่ 17 เพื่อให้เห็นถึงข้อดีและข้อเสียของแต่ละระบบ ซึ่งสามารถสรุปได้ดังนี้

1. การให้น้ำและปุ๋ยด้วยหัวจ่ายน้ำไมโครสเปร์ย์

1.1 ข้อดีของระบบการให้น้ำและปุ๋ยด้วยหัวจ่ายน้ำไมโครสเปร์ย์

1.1.1 มีค่าใช้จ่ายสะสมทั้งหมดประหยัดกว่าการให้น้ำด้วยหัวจ่ายน้ำมินิสปริงเกอร์ และการให้น้ำด้วยสายยาง กรณีใช้น้ำจากน้ำประปา

1.1.2 สามารถประหยัดแรงงานในการทำงาน

1.1.3 ในการให้น้ำและปุ๋ย จะเป็นการให้น้ำจากทางด้านล่างจะมีผลกระทบต่อดอกกล้วยไม้ไม่น้อยกว่าการให้น้ำด้วยหัวจ่ายน้ำมินิสปริงเกอร์และการให้น้ำด้วยสายยาง

1.1.4 ปริมาณน้ำที่ใช้จะมีปริมาณน้อยกว่าการให้น้ำด้วยหัวจ่ายน้ำมินิสปริงเกอร์และการให้น้ำด้วยสายยาง

1.1.5 เนื่องจากเวลาการให้น้ำดีกว่าแบบอื่น จึงเป็นการช่วยลดอุณหภูมิในโรงเรือนได้ โดยเฉพาะในฤดูแล้ง

ตารางที่ 17 สรุปองค์ประกอบของระบบการให้น้ำต่างๆ

รายละเอียด	ระบบการให้น้ำ		
	สายยาง	หัวจ่ายน้ำ มินิสปริงเกอร์	หัวจ่ายน้ำ ไมโครสเปร์ย์
1 องค์ประกอบ			
1.1 ป้อนน้ำและระบบท่อในการสูบน้ำมาบ่อพัก และการให้น้ำ	มี	มี	มี
1.2 ป้อนสามสูบและระบบท่อในการจ่ายปุ๋ย	มี	มี	ไม่มี
1.3 แรงงานในการรดน้ำ	มี	ไม่มี	ไม่มี
1.4 แรงงานในการรดปุ๋ย	มี	มี	ไม่มี
1.5 แรงงานในการดูแลระบบ	ไม่มี	มี	มี
1.6 เครื่องควบคุมในการให้น้ำ	ไม่มี	มี	มี
2 ค่าใช้จ่าย			
2.1 ค่าใช้จ่ายในการติดตั้ง (บาท)			
- กรณีใช้น้ำจากแหล่งน้ำ	70,116	122,839	140,174
- กรณีใช้น้ำประปา	62,907	115,630	136,215
2.2 ค่าใช้จ่ายรายเดือน (บาท)			
- กรณีใช้น้ำจากแหล่งน้ำ	11,819	8,035	6,336
- กรณีใช้น้ำประปา	15,566	11,761	7,583
3 มูลค่าปัจจุบันของค่าใช้จ่ายทั้งหมด (บาท)			
- กรณีใช้น้ำจากแหล่งน้ำ	327,319	326,491	344,685
- กรณีใช้น้ำประปา	401,870	408,699	370,644

1.2 ข้อเสียของระบบการให้น้ำและปุ๋ยด้วยหัวจ่ายน้ำไมโครสเปร์ย์

1.2.1 การให้น้ำและปุ๋ยด้วยหัวจ่ายน้ำไมโครสเปร์ย์ ใช้จำนวนหัวจ่ายน้ำที่มีจำนวนมากกว่าแบบอื่น มีอุปกรณ์ข้อต่อมีจำนวนมากกว่า และมีระยะระหว่างหัวจ่ายน้ำน้อยกว่าแบบอื่น ดังนั้น ความสะดวกในการติดตั้งจะน้อยกว่าแบบอื่น

1.2.2 ในบริเวณที่มีความเร็วลมมาก จะไม่เหมาะกับการให้น้ำและปุ๋ยด้วยหัวจ่ายน้ำไมโครสเปร์ย์ เนื่องจากละอองน้ำมีความละเอียดมาก

1.2.3 เนื่องจากรูจ่ายน้ำ (Nozzle) ของหัวจ่ายน้ำไมโครสเปร์ย์มีขนาดเล็กกว่าหัวจ่ายน้ำมินิสปริงเกอร์ จึงตั้งมีการตรวจสอบการอุดตันบ่อยกว่าใช้หัวจ่ายน้ำมินิสปริงเกอร์

2. การให้น้ำด้วยหัวจ่ายน้ำมินิสปริงเกอร์

2.1 ข้อดีของระบบการให้น้ำด้วยหัวจ่ายน้ำมินิสปริงเกอร์

2.1.1 การติดตั้งอุปกรณ์สะดวกกว่าการให้น้ำและปุ๋ยด้วยหัวจ่ายน้ำไมโครสเปร์ย์ เนื่องจากมีระยะห่างระหว่างหัวที่มากกว่า

2.1.2 เหมาะสมที่จะติดตั้งในบริเวณที่มีความเร็วลมมาก เนื่องจากละอองน้ำมีขนาดใหญ่กว่ากับการให้น้ำและปุ๋ยด้วยหัวจ่ายน้ำไมโครสเปร์ย์

2.1.3 การดูแลรักษาหัวจ่ายน้ำไม่ยุ่งยาก เนื่องจากขนาด Nozzle ของหัวจ่ายน้ำมีขนาดใหญ่

2.1.4 สามารถประหยัดแรงงานในการทำงานในการรดน้ำ

2.1.5 มีค่าใช้จ่ายประหยัดกว่าการให้น้ำด้วยหัวจ่ายน้ำไมโครสเปร์ย์และการให้น้ำด้วยสายยาง กรณีใช้น้ำจากแหล่งน้ำ

2.2 ข้อเสียของระบบการให้น้ำด้วยหัวจ่ายน้ำมินิสปริงเกอร์

2.2.1 เมื่อกล้วยไม้ออกดอก ด้วยที่ละอองน้ำมีขนาดใหญ่จะมีผลกระทบต่อดอกกล้วยไม้ได้ เช่น ทำให้ดอกโรยเร็ว หรือ กลีบดอกช้ำ เป็นต้น

2.2.2 ปริมาณน้ำที่ใช้มีปริมาณมากกว่าการให้น้ำและปุ๋ยด้วยหัวจ่ายน้ำไมโครสเปร์ย์ จึงไม่เหมาะสมที่จะติดตั้งในพื้นที่ที่ใช้น้ำประปา หรือมีปริมาณน้ำต้นทุนไม่เพียงพอ

2.2.3 ต้องใช้แรงงานเพิ่มเติมในการให้ปุ๋ย เนื่องจากระบบท่อในการให้ปุ๋ยติดตั้งแยกจากระบบการให้น้ำ

3. การให้น้ำด้วยสายยาง

3.1 ข้อดีของระบบการให้น้ำด้วยสายยาง

3.1.1 ค่าติดตั้งระบบมีค่าใช้จ่ายน้อยกว่า และมีความสะดวกในการติดตั้งมากกว่า การให้น้ำและปุ๋ยด้วยหัวจ่ายน้ำไมโครสเปร์ย์ และการให้น้ำด้วยหัวจ่ายน้ำมินิสปริงเกอร์

3.1.2 ในพื้นที่ที่มีบริเวณที่มีความเร็วลมมาก เนื่องจากละอองน้ำจะมีขนาดใหญ่กว่า การให้น้ำและปุ๋ยด้วยหัวจ่ายน้ำไมโครสเปร์ย์ และการให้น้ำด้วยหัวจ่ายน้ำมินิสปริงเกอร์

3.1.3 การดูแลรักษาระบบการให้น้ำสะดวกกว่าการให้น้ำและปุ๋ยด้วยหัวจ่ายน้ำไมโครสเปร์ย์ และการให้น้ำด้วยหัวจ่ายน้ำมินิสปริงเกอร์

3.2 ข้อเสียของระบบการให้น้ำด้วยสายยาง

3.2.1 ต้องเสียค่าใช้จ่ายรายเดือนเพิ่มเติมสำหรับแรงงานคนรดน้ำและให้ปุ๋ย

3.2.2 ต้องมีการติดตั้งระบบการให้ปุ๋ยเพิ่มเติมจากระบบการให้น้ำ

3.2.3 เมื่อพิจารณาค่าใช้จ่ายสะสมมีค่ามากกว่าการให้น้ำและปุ๋ยด้วยหัวจ่ายน้ำไมโครสเปร์ย์ และการให้น้ำด้วยหัวจ่ายน้ำมินิสปริงเกอร์

3.2.4 ในช่วงที่กล้วยไม้ออกดอกต้องใช้เวลาในการให้น้ำและปุ๋ยมากขึ้น เนื่องจากต้องระวังให้น้ำและปุ๋ยโคนดอกให้น้อยที่สุด

3.2.5 ใช้ปริมาณน้ำมากกว่าการให้น้ำและปุ๋ยด้วยหัวจ่ายน้ำไมโครสเปร์ย์ และการให้น้ำด้วยหัวจ่ายน้ำมินิสปริงเกอร์

ผลจากการวิจัยจะสามารถเป็นส่วนหนึ่งของข้อมูลที่จะใช้ในการตัดสินใจในการติดตั้งระบบการให้น้ำ สำหรับเกษตรกรที่พื้นที่เพาะปลูกและเงื่อนไขที่แตกต่างกัน ระบบให้น้ำและปุ๋ยด้วยหัวจ่ายน้ำไมโครสเปร์ย์ เหมาะสำหรับพื้นที่เพาะปลูกที่มีปริมาณน้ำต้นทุนจำกัด หรือมีต้นทุนของค่าน้ำมาเกี่ยวข้อง ในกรณีเกษตรกรมีพื้นที่อยู่ใกล้แหล่งน้ำและมีปริมาณน้ำต้นทุนเพียงพอไม่เหมาะที่จะเลือกใช้ระบบให้น้ำและปุ๋ยด้วยหัวจ่ายน้ำไมโครสเปร์ย์เนื่องจากค่าใช้จ่ายมากกว่าวิธีอื่น แต่ถ้าเป็นพื้นที่ห่างจากแหล่งน้ำ จำเป็นต้องใช้น้ำประปาในการให้น้ำ (ไม่ว่าจะเป็นน้ำประปาจากประปาหมู่บ้านหรือการประปานครหลวง) หรือมีปริมาณน้ำต้นทุนที่ไม่มากเพียงพอโดยเฉพาะช่วงฤดูแล้ง เมื่อใช้ระบบการให้น้ำและปุ๋ยด้วยหัวจ่ายน้ำไมโครสเปร์ย์ จะประหยัดค่าใช้จ่ายและประหยัดน้ำมากกว่าระบบการให้น้ำด้วยสายยางและหัวจ่ายน้ำมินิสปริงเกอร์

ข้อเสนอแนะ

แต่อย่างไรก็ดีในการวิจัยในครั้งนี้ มีขอบเขตของการวิจัยในเปรียบเทียบการเจริญเติบโต คือ ใช้การเจริญเติบโตของต้นกล้วยไม้เพียงอย่างเดียว ยังไม่ครอบคลุมถึงคุณภาพของดอกกล้วยไม้ เนื่องจากถ้าพิจารณาให้ครอบคลุมถึงคุณภาพของดอกกล้วยไม้นั้น จะต้องมีการวิจัยอื่นๆที่เกี่ยวข้องอีกหลายปัจจัย เช่น ระยะเวลาในการทดลองเฉพาะตั้งแต่เริ่มมีดอกต้องมากกว่า 1 ปี ต้นกล้วยไม้ที่ใช้ในการทดลองต้องมีดอกทุกต้น ซึ่งในการทดลองต้องใช้กล้วยไม้จำนวนมากและราคาของกล้วยไม้ที่มีดอกนั้นมีราคาสูงกว่ากล้วยไม้ที่ไม่มีดอก ดังนั้นในการทดลองต้องมีค่าใช้จ่ายที่สูงพอสมควร เป็นต้น จึงเป็นข้อเสนอแนะสำหรับผู้สนใจในการวิจัยเพิ่มเติมจากการวิจัยในครั้งนี้ต่อไป

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

การประปานครหลวง. 2550. **อัตราค่าน้ำ**. Watercost. แหล่งที่มา:

<http://www.wma.co.th/watercost.html>, 12 กันยายน 2550.

การไฟฟ้านครหลวง. 2550. **อัตราค่าไฟฟ้า**. Tarriffywork. แหล่งที่มา: <http://www.mea.or.th>, 1

กันยายน 2550.

กัลยา วาณิชย์ปัญญา. 2540. **หลักสถิติ**. โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

คมสันติ วรเนตรสุดาทิพย์. 2541. **การประเมินประสิทธิภาพของระบบสปริงเกอร์ในสนามกอล์ฟ**.

วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

คมสันติ วรเนตรสุดาทิพย์. 2541. **การประเมินประสิทธิภาพของระบบสปริงเกอร์ในสนามกอล์ฟ**.

วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. อ้างถึง Benami, A amd A. Ofen.

1984. **Irrigation Engineering. Irrigation Engineering Scientific Publications (IESP)**, Haifa.

คมสันติ วรเนตรสุดาทิพย์. 2541. **การประเมินประสิทธิภาพของระบบสปริงเกอร์ในสนามกอล์ฟ**.

วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. อ้างถึง Larry, K. 1995. **The**

Complete Irrigation Workbook. Ohio.

คมสันติ วรเนตรสุดาทิพย์. 2541. **การประเมินประสิทธิภาพของระบบสปริงเกอร์ในสนามกอล์ฟ**.

วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. อ้างถึง Solomon. 1987. **Sprinkler**

irrigation of turfgrass: uniformity and wind effect, pp. 29-40. Center for Irrigation Technology, California State University, California.

จิตราพรรณ พิสิถ. 2540. **การปลูกเลี้ยงกล้วยไม้**, น.21-31. ใน สมศักดิ์ รักไพบูลย์สมบัติ. **ปลูก**

เลี้ยงกล้วยไม้จากประสบการณ์. สุริวงค์บุ๊คเซนเตอร์, กรุงเทพฯ.

ชินปกรณ์ เทพวงษ์. 2538. การพัฒนาระบบให้ปุ๋ยสำหรับการให้น้ำชลประทานแบบไมโครและฉีดฝอย. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

นงลักษณ์ พลทองสถิตย์. 2547. ผลการให้ปุ๋ยทางน้ำแบบต่างๆต่อผลผลิตและคุณภาพของกล้วยไม้สกุลหวายพันธุ์บอมโจ ที่ปลูกในวัสดุปลูก 2 ชนิดภายในโรงเรือนระบบปิด. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

บริษัท ซุปเปอร์โปรดักส์ จำกัด. 2550. ระบบน้ำเพื่อการเกษตร. สินค้า. แหล่งที่มา: <http://www.superproducts.co.th/cattalog/thai04.pdf>, 10 กันยายน 2550

ปฐม แสงใส. 2541. การเปรียบเทียบลักษณะการใช้งานของเครื่องอัดฉีดปุ๋ยแบบเวนทูรีกับแบบทางท่อของเครื่องสูบน้ำ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

พีระศักดิ์ ฉันทออุดมโชค. 2540. น้ำ-ปุ๋ย, น.203-205. ใน สมศักดิ์ รักไพบูลย์สมบัติ. ปลูกเลี้ยงกล้วยไม้จากประสบการณ์. สุริวงค์บุ๊คเซนเตอร์, กรุงเทพฯ.

ไพบูลย์ ไพริพายฤทธิ์. 2521. ตำรากล้วยไม้สำหรับผู้เริ่มต้น. อาหารการพิมพ์, กรุงเทพฯ.

มนตรี คำชู. 2542. เอกสารคู่มือประกอบวิชา Design of Sprinkler and Micro Irrigation Systems. เล่มที่ 4. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สำนักงบประมาณ. 2550. ราคาวัสดุก่อสร้าง. แหล่งที่มา: <http://www.bb.go.th>, 10 กันยายน 2550

ระพี สาคริก. 2514. คำบรรยายการอบรมวิชาหลักการเพาะกล้วยไม้.

_____. 2544. กล้วยไม้สำหรับผู้เริ่มต้น. โครงการส่งเสริมคุณธรรมและการศึกษา.

วรารุช วุฒินิชย์. 2546. เอกสารประกอบวิชาเทคนิควิจัย. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อิทธิสุนทร นันทกิจ. 2546. การให้ปุ๋ยในระบบน้ำในสวนกล้วยไม้, น.1-21. ใน การประชุมอบรม
เจ้าหน้าที่หลักสูตร การจัดการน้ำ ปุ๋ย โรค และแมลงศัตรูพืชของกล้วยไม้. กรมส่งเสริม
การเกษตร.

Anonymous. n.d.. **Aeroponics**. Hydroponic Method. Available Source:

<http://www.aquamist.com/hydroponics/index.html>, December 12, 2007.

Bruno company. 2007. **Product**. Available Source: <http://brunopump.com>, September 9, 2007.

Grove, D.L. N.d. **Vandas and Ascocends and Their Combination with Other General**.

Peterson, L. 1997. **Aeroponics**. SoilScience/Horticulture/Agronomy 326/Class Note. Available

Source: <http://www.soils.wisc.edu>, January 12, 2003.

Curruthers, S. 1992. **Aeroponics**. Issue 05 July/Aug-1992. Available Source: <http://>

www.hydroponics.com.au , January 12, 2003.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ภาพถ่ายระหว่างทำการทดลอง



ภาพผนวกที่ ก1 การวัดปริมาณน้ำในการทดลองความสม่ำเสมอของละอองน้ำ



ภาพผนวกที่ ก2 การวางแก้วสำหรับวัดปริมาณน้ำในการทดลองความสม่ำเสมอของละอองน้ำ โดยมีระยะห่าง 10 ซม. จำนวน 200 ใบ



ภาพผนวกที่ ก3 การต่อปั๊มในลักษณะอนุกรมสำหรับทดลองความสม่ำเสมอของละอองน้ำเมื่อใช้หัวจ่ายน้ำ DAN สีน้ำเงินและ DAN สีส้ม เนื่องจากต้องการแรงดันใช้งาน 4 บาร์



ภาพผนวกที่ ก4 แปลงทดลองความสม่ำเสมอของละอองน้ำกรณีมีต้นไม้ (หัวจ่ายน้ำ DAN สีส้ม)



ภาพผนวกที่ ก5 แสดงทดลองความสม่ำเสมอของละอองน้ำกรณีมีต้นไม้ (หัวจ่ายน้ำDAN สีน้ำเงิน)



ภาพผนวกที่ ก6 แสดงทดลองความสม่ำเสมอของละอองน้ำกรณีมีต้นไม้ (หัวจ่ายน้ำไมโครสเปรย์)



ภาพผนวกที่ ก7 แปลงทดลองความสม่ำเสมอของละอองน้ำกรณีมีต้นไม้ (หัวจ่ายน้ำ F.L.F)



ภาพผนวกที่ ก8 การติดตั้งปั๊มและระบบท่อสำหรับการทดลองเปรียบเทียบผลการเจริญเติบโตของกล้วยไม้จากการใช้วิธีการให้น้ำต่างกัน ในภาพสำหรับหัวจ่ายน้ำไมโครสเปร์ย์



ภาพผนวกที่ ก9 การติดตั้งระบบท่อในแปลงทดลองเปรียบเทียบผลการเจริญเติบโตของกล้วยไม้จากการใช้วิธีการให้น้ำต่างกัน สำหรับหัวจ่ายน้ำไมโครสเปรย์



ภาพผนวกที่ ก10 ถังน้ำมีการติดตั้งสเกลสำหรับวัดระดับน้ำ



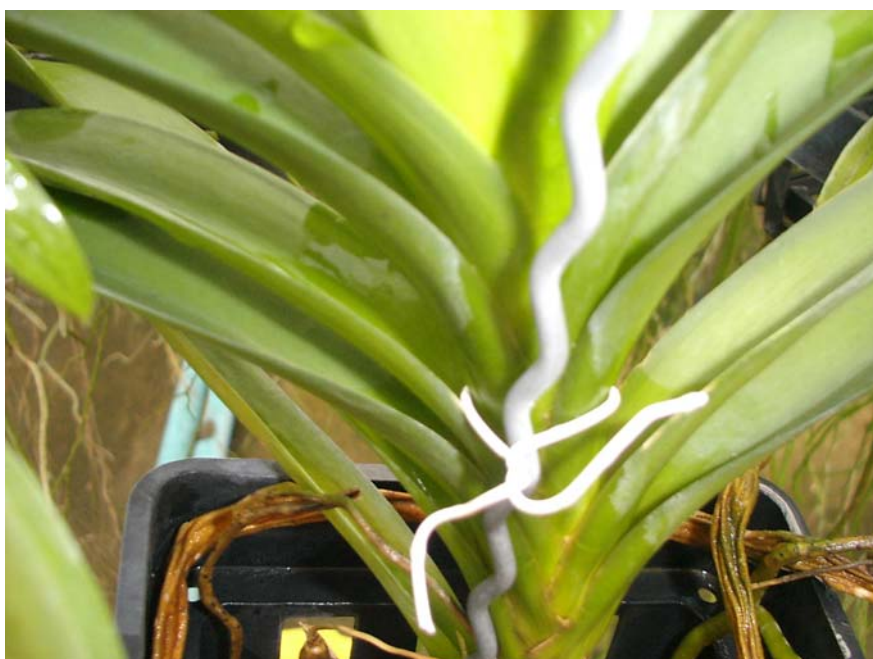
ภาพผนวกที่ ก11 สำหรับแปลงทดลองหัวจ่ายน้ำไมโครสปริงที่มีการติดตั้งเครื่องตั้งเวลาเพื่อควบคุมเวลาในการให้น้ำ



ภาพผนวกที่ ก12 ทำการวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ในแปลงทดลอง



ภาพผนวกที่ ก13 การติดตั้งปั๊มและระบบท่อในแปลงทดลองเปรียบเทียบผลการเจริญเติบโตของกล้วยไม้จากการใช้วิธีการให้น้ำต่างกัน สำหรับหัวจ่ายน้ำมินิสปริงเกอร์



ภาพผนวกที่ ก14 หลังจากการให้น้ำด้วยหัวจ่ายน้ำมินิสปริงเกอร์ จะมีน้ำค้างบริเวณกาบใบ



ภาพผนวกที่ ก15 ทำการวัดความสูงของต้นไม้ 100 ต้น ของทุกแปลง และทำการสุ่มตัวอย่างพื้นที่
พิจารณาแปลงละ 30 ต้น เปรียบเทียบความสูงที่เพิ่มขึ้น ซึ่งก่อนทดลองจะทำการ
กำหนดหมายเลขต้นไม้และจดความสูงเริ่มต้นไว้



ภาพผนวกที่ ก16 ทดลองหาปริมาณน้ำสูญเสียจากการให้ปุ๋ยด้วยปั๊มฉีดปุ๋ยและฉีดปุ๋ยด้วยแรงคน



ภาพผนวกที่ ก17 ทดลองหาปริมาณน้ำสูญเสียจากการน้ำด้วยหัวจ่ายน้ำไมโครสเปร์ย์ ที่เวลาเปิดน้ำ
1,2,3,4 และ 5 นาที

ภาคผนวก ข

ผลการเก็บข้อมูลจากสวนกล้วยไม้

ภาคผนวก ข

ผลการเก็บข้อมูลจากสวนกล้วยไม้

ในการเก็บข้อมูลในครั้งนี้เป็นการเก็บข้อมูลเบื้องต้น โดยเลือกสวนกล้วยไม้ที่มีการใช้แหล่งน้ำ ระบบให้น้ำ และสภาพโรงเรือนที่แตกต่างกัน เพื่อจะได้มีข้อมูลที่หลากหลาย แต่เนื่องจากพื้นที่ที่นิยมปลูกกล้วยไม้สกุลแวนด้าในภาคกลางนั้นที่อยู่ในพื้นที่ใกล้กรุงเทพมหานคร เช่น นครปฐม ราชบุรี สมุทรสาคร เป็นต้น ส่วนใหญ่มีพื้นที่ปลูกไม่มากนัก คือ ไม่เกิน 3 ไร่ จึงทำให้องค์ประกอบต่างๆ ไม่แตกต่างกันมาก ซึ่งมีรายละเอียดของแต่ละสวนกล้วยไม้ดังนี้

สวนกล้วยไม้ที่ 1

เจ้าของ คุณเกรียงชัย โอศิริสกุล

ที่ตั้ง บ้านทุ่งคล้อ ตำบลโพรงมะเดื่อ อำเภอเมือง จังหวัดนครปฐม

พื้นที่ปลูก ประมาณ 1 ไร่

สภาพพื้นที่



ภาพผนวกที่ ข1 สภาพโรงเรือนสวนกล้วยไม้แห่งที่ 1

โรงเรือน หลังคาชิงสแลน อยู่สูงจากพื้นประมาณ 2 ม. บริเวณใต้ต้นกล้วยไม้ใช้น้ำ
ขังเพื่อเป็นการรักษาความชื้นในโรงเรือน มีทางเดินกว้างประมาณ 50 เซนติเมตร
ประเภทกล้วยไม้รากอากาศอย่างเดียว เช่น สกุลแวนด้า สกุลเข็ม เป็นต้น

ระบบการให้น้ำ ใช้ท่อ PVC ฝังใต้ดิน และติดตั้งหัวสปริงเกอร์ ดำน้ำหยด No.8 สูงจาก
พื้นดินประมาณ 1.5 เมตร ดังแสดงในรูปที่ 1 โดยมีระยะห่างระหว่างหัวจ่ายน้ำเท่ากับ 1 เมตร จะ
ใช้ระบบสปริงเกอร์ในตอนเช้า ส่วนตอนเย็นใช้วิธีลากสายยาง



ภาพผนวกที่ ข2 ลักษณะการติดตั้งหัวสปริงเกอร์ ในสวนกล้วยไม้แห่งที่ 1

แหล่งน้ำ ใช้น้ำจากคลองชลประทาน ไม่ปัญหาขาดแคลนน้ำ

ปัญหาในการให้น้ำ ส่วนใหญ่มักไม่ใช้ระบบสปริงเกอร์ เนื่องจากให้น้ำแล้วไม่ทั่ว
ทั้งแปลงเหมือนใช้สายยาง และในช่วงที่ให้น้ำในตอนเย็น (ประมาณ 15:00 น.) น้ำที่ค้างท่ออยู่ร้อน
อยู่เมื่อเปิดน้ำในช่วงแรก ๆ น้ำจะโดนยอดกล้วยไม้ จึงแก้ปัญหาโดยใช้ลากสายยางแทน ซึ่งก่อนให้
น้ำสามารถทดสอบอุณหภูมิน้ำและเปิดน้ำทิ้งสักระยะก่อนได้

สวนกล้วยไม้ที่ 2 (สวนมณฑา)

เจ้าของ	คุณมณฑา พรภักดี
ที่ตั้ง	หมู่ที่ 3 ตำบลเกษตรพัฒนา อำเภอบ้านแพ้ว จังหวัดสมุทรสาคร
พื้นที่ปลูก	ประมาณ 200 ตารางวา
สภาพพื้นที่	



ภาพผนวกที่ ข3 สภาพโรงเรือนสวนกล้วยไม้แห่งที่ 2

โรงเรือน หลังคาชิงสแลน อยู่สูงจากพื้น 3.5 ม. ราวแขวนกล้วยไม้อยู่สูงจากพื้น 2 ม. และปากกระถางอยู่สูงจากพื้นดินประมาณ 1.3 ม. และจะตัดรากให้ยาวประมาณ 1 ม. เพื่อให้มีพื้นที่สำหรับอากาศถ่ายเท ถ้ารากเกาะกลุ่มกันแน่นเกินไปกล้วยไม้จะมีการเจริญเติบโตที่ไม่ดีนัก

ระบบการให้น้ำ ไม่ได้ติดตั้งระบบการให้น้ำ เนื่องจากถ้าใช้ระบบสปริงเกอร์จะเกิดปัญหา น้ำค้างท่อมมีอุณหภูมิสูง ยอดอ่อนถ้าโดนน้ำจะเกิดอันตรายต่อยอดกล้วยไม้ได้ และไม่ใช้วิธีการจุ่มน้ำเพราะจะเกิดโรคได้ง่ายและใช้เวลานาน จึงใช้วิธีการลากสายยางที่ติดหัวฉีด ให้น้ำในตอนเช้า ประมาณ 6:00 น.และตอนเย็น 15:30 น.



ภาพผนวกที่ ข4 ลักษณะของหัวฉีดน้ำที่สวนมณฑาใช้ในการให้น้ำ

แหล่งน้ำ ใช้น้ำจากประปาชุมชน คุณภาพใช้ได้ไม่เป็นพิษต่อกล้วยไม้

ประเภทกล้วยไม้ รากอากาศอย่างเดียว ส่วนใหญ่เป็นแวนด้า นอกนั้นมีสกุลเข็ม
สกุลช่าง บ้าง

ปัญหาในการให้น้ำ ในการให้น้ำในแต่ละครั้ง เมื่อให้ครบพื้นที่ทั้งหมดใช้เวลา
ประมาณ 2 ชั่วโมง ซึ่งใช้เวลานาน

สวนกล้วยไม้ที่ 3 (เครือวัลย์พันไม้)

เจ้าของ คุณเครือวัลย์ ยันตรีสิงห์

ที่ตั้ง ตำบลพระประโทน อำเภอเมือง จังหวัดนครปฐม

พื้นที่ปลูก ประมาณ 200 ตารางวา

สภาพพื้นที่



ภาพผนวกที่ ข5 สภาพโรงเรือนสวนกล้วยไม้แห่งที่ 3

โรงเรือน หลังคาชิงสแตน สูงจากพื้นประมาณ 3.5 ม. กว้างประมาณ 12 x 30 ม. ราวแขวนกล้วยไม้สูงจากพื้น 2.3 ม.

ระบบการให้น้ำ ติดตั้งท่อแขนง P.E. ขนาด 16 mm. ไว้ระดับเดียวกับราวแขวนกล้วยไม้ และติดหัวจ่ายน้ำสปริงเกอร์กับท่อ P.E. ดังแสดงในรูปที่ 3 โดยมีระยะห่างระหว่างหัว 1 ม. จำนวนหัวจ่ายน้ำทั้งหมดมี 360 หัว ในการให้น้ำเมื่อก่อนใช้ระบบสปริงเกอร์ แต่ปัจจุบันเลิกใช้ได้และใช้วิธีลากสายยางแทน



ภาพผนวกที่ ข6 ลักษณะการติดตั้งท่อจ่ายน้ำและหัวจ่ายน้ำที่ใช้ในสวนกล้วยไม้แห่งที่ 3

แหล่งน้ำ ใช้น้ำประปาที่มาจากโรงกรอง
 ประเภทกล้วยไม้ มีทั้งรากอากาศ และรากกิ่งอากาศ อยู่ในโรงเรือนเดียวกัน
 ปัญหาในการให้น้ำ ที่สวนมีถังเก็บน้ำประปาเพื่อที่จะใช้สูบน้ำขึ้นมาให้น้ำ ขนาดกว้าง 2 ม.
 ยาว 4 เมตร สูง 1.8 ม. ระดับน้ำที่เก็บปกติก่อนสูบน้ำ 1.6 ม. เมื่อเปิดใช้ระบบสปริงเกอร์เพียง 10 นาที
 น้ำจะหมดถึงทำให้ต้องปิดระบบ และเมื่อดูความทั่วถึงของน้ำยังไม่ทั่วทั้งโรงเรือน แต่เมื่อใช้สาย
 ยางให้น้ำแทนก็ใช้เวลานาน ประมาณ 2-3 ชั่วโมงในการให้น้ำแต่ละครั้ง

สวนกล้วยไม้ที่ 4 (สวนภัสรินทร์)

ที่ตั้ง อำเภอคลองขลุง จังหวัดกำแพงเพชร

พื้นที่ปลูก ประมาณ 25 ไร่

สภาพพื้นที่



ภาพผนวกที่ ข7 สภาพโรงเรือนสวนกล้วยไม้แห่งที่ 4

โรงเรือน หลังคาชิงชาแรน 60 % สูงจากพื้นประมาณ 3 ม. พื้นโรงเรือนเป็นทราย

ประเภทกล้วยไม้ ในพื้นที่ 25 ไร่เป็นประเภทรากอากาศ ทั้งหมดประมาณ
 500,000 ต้น นอกจากนั้นเป็นพื้นที่ปลูกประเภทอื่น และเป็นต้นเล็กที่ยังไม่ย้ายลงกระถางแขวน

ระบบการให้น้ำ ใช้ท่อ PVC ฝังใต้ดิน และติดตั้งหัวสปริงเกอร์ อัตราจ่ายน้ำ 12 ลิตรต่อ นาที สูงจากพื้นดินประมาณ 2 เมตร โดยมีระยะห่างระหว่างหัวจ่ายน้ำเท่ากับ 4 เมตร



ภาพผนวกที่ ข8 วาล์วควบคุมหัวจ่ายน้ำใน 1 โซน จำนวน 120 หัวในสวนกล้วยไม้แห่งที่ 4



ภาพผนวกที่ ข9 หัวจ่ายน้ำสปริงเกอร์ระยะห่างระหว่างหัว 4 เมตรในสวนกล้วยไม้แห่งที่ 4

แหล่งน้ำ ใช้น้ำจากแม่น้ำปิง โดยการสูบน้ำจากแม่น้ำมาเก็บที่ถังพักน้ำ

ปัญหาในการให้น้ำ ไม่มีปัญหาในการให้น้ำและไม่ปัญหาขาดแคลนน้ำและคุณภาพน้ำ

สวนกล้วยไม้ที่ 5 (สวนเดือนเพ็ญ)

ที่ตั้ง อำเภอท่าเรือ จังหวัดอยุธยา

พื้นที่ปลูก ประมาณ 15 ไร่

โรงเรือน หลังคาชิงซาเรน 60 % สูงจากพื้นประมาณ 3.5 ม. พื้นโรงเรือนดิน ใต้ต้นกล้วยไม้ใช้ขังน้ำ

ประเภทกล้วยไม้ มีประเภทรากอากาศและกิ่งรากอากาศเช่น สกุลหวาย แต่ปลูกแยกพื้นที่กัน

ระบบการให้น้ำ ใช้ท่อ PVC ฝังใต้ดิน และต่อขึ้นด้านบนจากนั้นใช้ท่อ PE ขนาด 16 มม. สูงจากพื้นดินประมาณ 2 เมตร ติดตั้งหัวมินิสปริงเกอร์ โดยมีระยะห่างระหว่างหัวจ่ายน้ำเท่ากับ 2 เมตร

แหล่งน้ำ ใช้น้ำจากคลองชลประทานสายหลักซึ่งเป็นคลองดิน

ปัญหาในการให้น้ำ ไม่มีปัญหาการขาดแคลนน้ำ จะมีเพียงน้ำในบางช่วงจะขุ่นต้องสูบน้ำมาพักในถังพักเพื่อให้ตกตะกอน

ศูนย์ส่งเสริมและพัฒนาอาชีพการเกษตร จ.สมุทรสาคร กรมส่งเสริมการเกษตร

โรงเรือน หลังคาชิงซาเรน 50 % สูงจากพื้นประมาณ 4 ม. พื้นโรงเรือนเป็นดิน

ประเภทกล้วยไม้ ส่วนใหญ่เป็น ม็อคคาร่า และหวาย

ระบบการให้น้ำ ในพื้นที่มีการปลูกกล้วยไม้เพื่อทำการวิจัยวัสดุที่ใช้เป็นเครื่องปลูก สำหรับกล้วยไม้ที่ใช้เครื่องปลูกได้ คือ มือคคารา และมีการทำวิจัยระบบการให้น้ำด้วยหัวสเปรย์ เปรียบการให้น้ำแบบพ่นด้านบนกับการให้น้ำแบบพ่นด้านข้าง แต่ใช้กล้วยไม้สกุลหวายในการทำวิจัย ขณะนี้อยู่ระหว่างการเก็บข้อมูล เนื่องจากกล้วยไม้ตัวอย่างของคุณย์ ๆ ไม่ใช่ประเภทรากอากาศแท้ ดังนั้นจึงนำข้อมูลบางส่วนนำมาใช้ในการศึกษาในครั้งนี้เท่านั้น

สวนกล้วยไม้ที่ 7 (สวนคุณไกรฤทธิ์)

ที่ตั้ง อำเภอนครชัยศรี จังหวัดนครปฐม

พื้นที่ปลูก ประมาณ 15 ไร่

โรงเรือน หลังคาชิงชาแรน 60 % สูงจากพื้นประมาณ 3.5 ม. พื้นโรงเรือนดินทางเดินเป็นคอนกรีต กว้าง 0.60 ม.



ภาพผนวกที่ ข10 ลักษณะการวางและแขวนกล้วยไม้ตามอายุต้นของกล้วยไม้ ในสวนกล้วยไม้แห่งที่ 7

ประเภทกล้วยไม้ มีทั้งประเภทรากอากาศและกึ่งรากอากาศ เช่น สกุลหวาย สกุลแอสโตฯ สกุลเข็ม สกุลแว่นดำ เป็นต้น

ระบบการให้น้ำ สำหรับช่วงที่ต้นยังเล็กใช้ท่อ PVC วางท่อนบนพื้นดิน และติดตั้งหัวสปริงเกอร์ โดยมีระยะห่างระหว่างหัวจ่ายน้ำเท่ากับ 4 เมตร สำหรับต้นที่อยู่กระเช้าแขวน (จากไม้เนื้ออ่อน ประมาณ 9 เดือน) จะใช้ระบบการจ่ายน้ำด้วยหัวมินิสปริงเกอร์ ระยะห่างระหว่างหัวจ่ายน้ำ ประมาณ 1 ม. รดน้ำวันละ 2 ครั้ง ครั้งละ 15 นาที

ระบบการให้น้ำ ติดตั้งปั๊มสามสูบ และวางท่อเหล็กโดยมีวาล์วแยกเป็น 10 จุด เพื่อต่อสายยางทนแรงดันสูงแต่ละจุดจ่ายน้ำ 1.5 ไร่ ระยะเวลาในการให้น้ำ 7:30-10:00 น. อาทิตย์ละครั้ง



ภาพผนวกที่ ข11 วาล์วแยกเพื่อต่อสายยางทนแรงดันเพื่อฉีดน้ำตามแปลงต่างๆ

แหล่งน้ำ ใช้น้ำจากคลองชลประทาน

ปัญหาในการให้น้ำ ไม่มีปัญหาการขาดแคลนน้ำ

ภาคผนวก ค

รายละเอียดผลการทดลอง

ตารางผนวกที่ ค13 ความสูงของต้นไม้ก่อนและหลังทดลองโดยการให้น้ำด้วยสายยาง

หมายเลข ต้นไม้	ก่อน	หลัง	ความสูง ที่เพิ่มขึ้น (ม.)	หมายเลข ต้นไม้	ก่อน	หลัง	ความสูง ที่เพิ่มขึ้น (ม.)	หมายเลข ต้นไม้	ก่อน	หลัง	ความสูง ที่เพิ่มขึ้น (ม.)
WT - 1	35.0	41.4	6.4	WT - 19	22.5	28.8	6.3	WT - 37	27.0	37.3	10.3
WT - 2	19.0	28.2	9.2	WT - 20	20.8	31.0	10.2	WT - 38	27.4	34.8	7.4
WT - 3	28.0	34.3	6.3	WT - 21	27.0	36.0	9.0	WT - 39	31.0	38.1	7.1
WT - 4	19.5	28.0	8.5	WT - 22	21.0	27.2	6.2	WT - 40	37.5	45.4	7.9
WT - 5	24.3	32.6	8.3	WT - 23	18.6	26.2	7.6	WT - 41	26.0	34.3	8.3
WT - 6	19.2	28.5	9.3	WT - 24	18.0	24.7	6.7	WT - 42	26.7	35.0	8.3
WT - 7	19.2	29.5	10.3	WT - 25	20.0	29.7	9.7	WT - 43	25.0	31.3	6.3
WT - 8	21.5	27.2	5.7	WT - 26	19.0	26.7	7.7	WT - 44	19.2	29.6	10.4
WT - 9	20.8	30.0	9.2	WT - 27	25.0	33.5	8.5	WT - 45	30.0	37.3	7.3
WT - 10	27.8	37.0	9.2	WT - 28	28.1	34.6	6.5	WT - 46	18.7	26.6	7.9
WT - 11	31.1	37.8	6.7	WT - 29	20.4	29.3	8.9	WT - 47	27.9	38.5	10.6
WT - 12	18.0	25.0	7.0	WT - 30	16.3	27.2	10.9	WT - 48	20.3	29.3	9.0
WT - 13	26.0	35.5	9.5	WT - 31	20.5	28.2	7.7	WT - 49	42.5	50.4	7.9
WT - 14	21.5	28.6	7.1	WT - 32	22.2	29.6	7.4	WT - 50	17.3	23.2	5.9
WT - 15	16.2	24.0	7.8	WT - 33	28.5	39.5	11.0	WT - 51	21.5	28.7	7.2
WT - 16	20.3	30.0	9.7	WT - 34	21.5	28.0	6.5	WT - 52	26.5	32.1	5.6
WT - 17	20.5	26.7	6.2	WT - 35	24.2	30.4	6.2	WT - 53	20.7	27.0	6.3

ตารางผนวกที่ ค13 (ต่อ)

หมายเลข ต้นไม้	ก่อน	หลัง	ความสูง ที่เพิ่มขึ้น (ม.)	หมายเลข ต้นไม้	ก่อน	หลัง	ความสูง ที่เพิ่มขึ้น (ม.)	หมายเลข ต้นไม้	ก่อน	หลัง	ความสูง ที่เพิ่มขึ้น (ม.)
WT - 52	26.5	32.1	5.6	WT - 69	18.5	23.3	4.8	WT - 86	30.5	37.6	7.1
WT - 53	20.7	27.0	6.3	WT - 70	24.1	32.4	8.3	WT - 87	24.0	34.3	10.3
WT - 54	23.2	31.5	8.3	WT - 71	19.8	29.4	9.6	WT - 88	19.0	26.0	7.0
WT - 55	23.2	31.4	8.2	WT - 72	20.7	31.0	10.3	WT - 89	21.5	28.2	6.7
WT - 56	31.9	38.4	6.5	WT - 73	26.7	36.0	9.3	WT - 90	31.6	37.7	6.1
WT - 57	25.8	33.4	7.6	WT - 74	31.9	37.8	5.9	WT - 91	23.0	33.1	10.1
WT - 58	19.1	30.3	11.2	WT - 75	20.8	28.0	7.2	WT - 92	28.4	35.8	7.4
WT - 59	27.5	35.1	7.6	WT - 76	19.0	27.2	8.2	WT - 93	26.0	34.3	8.3
WT - 60	25.0	33.0	8.0	WT - 77	27.6	34.3	6.7	WT - 94	20.7	29.4	8.7
WT - 61	26.2	32.8	6.6	WT - 78	19.8	32.4	12.6	WT - 95	24.5	32.0	7.5
WT - 62	16.2	26.2	10.0	WT - 79	22.5	31.5	9.0	WT - 96	30.0	40.4	10.4
WT - 63	27.7	34.3	6.6	WT - 80	21.8	32.0	10.2	WT - 97	23.2	32.3	9.1
WT - 64	24.5	36.3	11.8	WT - 81	24.5	31.5	7.0	WT - 98	24.1	32.6	8.5
WT - 65	34.0	41.6	7.6	WT - 82	36.2	43.0	6.8	WT - 99	25.0	35.3	10.3
WT - 66	26.5	34.3	7.8	WT - 83	21.5	29.5	8.0	WT - 100	27.0	34.3	7.3
WT - 67	23.0	28.2	5.2	WT - 84	23.7	32.8	9.1				
WT - 68	33.0	44.4	11.4	WT - 85	26.0	37.3	11.3				

ตารางผนวกที่ ๑๑๔ ความสูงของต้นไม้ก่อนและหลังทดลองโดยการให้น้ำด้วยหัวจ่ายน้ำมินิสปริงเกอร์

หมายเลข ต้นไม้	ก่อน	หลัง	ความสูง ที่เพิ่มขึ้น (ม.)	หมายเลข ต้นไม้	ก่อน	หลัง	ความสูง ที่เพิ่มขึ้น (ม.)	หมายเลข ต้นไม้	ก่อน	หลัง	ความสูง ที่เพิ่มขึ้น (ม.)
SK - 1	19.8	27.6	7.8	SK - 18	28.2	39.4	11.2	SK - 35	18.9	35.8	16.9
SK - 2	13.2	20.5	7.3	SK - 19	18.6	27.6	9.0	SK - 36	19.8	30.2	10.4
SK - 3	14.6	22.5	7.9	SK - 20	28.0	35.8	7.8	SK - 37	31.0	35.8	4.8
SK - 4	20.0	29.7	9.7	SK - 21	37.0	46.5	9.5	SK - 38	30.4	38.9	8.5
SK - 5	18.1	28.6	10.5	SK - 22	28.0	37.9	9.9	SK - 39	47.5	56.3	8.8
SK - 6	20.5	29.7	9.2	SK - 23	41.5	49.6	8.1	SK - 40	17.8	28.6	10.8
SK - 7	20.5	29.2	8.7	SK - 24	16.0	23.5	7.5	SK - 41	35.0	43.0	8.0
SK - 8	32.0	46.0	14.0	SK - 25	20.5	35.8	15.3	SK - 42	37.0	46.0	9.0
SK - 9	17.5	28.1	10.6	SK - 26	31.1	43.5	12.4	SK - 43	37.0	41.9	4.9
SK - 10	15.0	22.5	7.5	SK - 27	35.1	46.0	10.9	SK - 44	32.5	40.9	8.4
SK - 11	20.0	28.6	8.6	SK - 28	20.0	31.2	11.2	SK - 45	30.3	40.9	10.6
SK - 12	15.6	19.9	4.3	SK - 29	14.8	25.6	10.8	SK - 46	23.6	38.9	15.3
SK - 13	22.0	30.7	8.7	SK - 30	15.3	23.0	7.7	SK - 47	43.0	49.1	6.1
SK - 14	26.0	36.3	10.3	SK - 31	19.0	25.6	6.6	SK - 48	45.0	49.1	4.1
SK - 15	17.0	21.5	4.5	SK - 32	12.6	20.5	7.9	SK - 49	18.9	24.6	5.7
SK - 16	24.7	34.8	10.1	SK - 33	21.0	32.2	11.2	SK - 50	23.6	30.7	7.1
SK - 17	38.0	46.0	8.0	SK - 34	19.5	25.6	6.1	SK - 51	17.0	24.6	7.6

ตารางผนวกที่ ค14 (ต่อ)

หมายเลข ต้นไม้	ก่อน	หลัง	ความสูง ที่เพิ่มขึ้น (ม.)	หมายเลข ต้นไม้	ก่อน	หลัง	ความสูง ที่เพิ่มขึ้น (ม.)	หมายเลข ต้นไม้	ก่อน	หลัง	ความสูง ที่เพิ่มขึ้น (ม.)
SK - 52	20.7	28.1	7.4	SK - 69	19.5	27.6	8.1	SK - 86	14.0	27.1	13.1
SK - 53	32.4	43.0	10.6	SK - 70	22.5	32.7	10.2	SK - 87	17.0	25.6	8.6
SK - 54	31.3	38.9	7.6	SK - 71	17.0	28.6	11.6	SK - 88	22.7	32.7	10.0
SK - 55	35.5	43.0	7.5	SK - 72	10.5	18.9	8.4	SK - 89	14.0	21.5	7.5
SK - 56	51.4	58.3	6.9	SK - 73	27.0	36.3	9.3	SK - 90	20.5	31.7	11.2
SK - 57	34.2	46.0	11.8	SK - 74	15.9	24.6	8.7	SK - 91	25.0	35.8	10.8
SK - 58	25.0	28.6	3.6	SK - 75	21.3	29.2	7.9	SK - 92	17.1	26.1	9.0
SK - 59	29.5	38.9	9.4	SK - 76	21.4	30.7	9.3	SK - 93	23.2	31.7	8.5
SK - 60	12.9	22.0	9.1	SK - 77	30.0	40.4	10.4	SK - 94	22.1	31.7	9.6
SK - 61	31.0	40.9	9.9	SK - 78	22.7	30.7	8.0	SK - 95	12.2	25.6	13.4
SK - 62	19.0	29.2	10.2	SK - 79	32.0	41.4	9.4	SK - 96	14.7	25.6	10.9
SK - 63	19.2	25.6	6.4	SK - 80	14.0	20.5	6.5	SK - 97	19.8	30.2	10.4
SK - 64	23.1	32.7	9.6	SK - 81	20.1	29.7	9.6	SK - 98	21.1	30.2	9.1
SK - 65	30.9	43.0	12.1	SK - 82	24.5	33.2	8.7	SK - 99	10.4	20.5	10.1
SK - 66	30.9	41.4	10.5	SK - 83	19.7	29.2	9.5	SK - 100	17.7	25.6	7.9
SK - 67	37.7	47.6	9.9	SK - 84	19.7	31.7	12.0				
SK - 68	39.1	51.2	12.1	SK - 85	39.0	46.0	7.0				

ตารางผนวกที่ 15 ความสูงของต้นไม้ก่อนและหลังทดลองโดยการให้น้ำด้วยหัวจ่ายน้ำ TORNADO (ไมโครสเปร์ย์)

หมายเลข ต้นไม้	ก่อน	หลัง	ความสูง ที่เพิ่มขึ้น (ม.)	หมายเลข ต้นไม้	ก่อน	หลัง	ความสูง ที่เพิ่มขึ้น (ม.)	หมายเลข ต้นไม้	ก่อน	หลัง	ความสูง ที่เพิ่มขึ้น (ม.)
SP - 1	18.0	28.1	10.1	SP - 18	27.0	33.8	6.8	SP - 35	32.5	40.4	7.9
SP - 2	24.0	32.4	8.4	SP - 19	25.1	32.0	6.9	SP - 36	26.6	38.0	11.4
SP - 3	29.2	38.2	9.0	SP - 20	23.5	28.4	4.9	SP - 37	26.6	37.3	10.7
SP - 4	31.7	38.6	6.9	SP - 21	18.0	29.9	11.9	SP - 38	19.5	31.2	11.7
SP - 5	30.0	37.7	7.7	SP - 22	24.0	31.3	7.3	SP - 39	22.0	28.9	6.9
SP - 6	27.2	40.0	12.8	SP - 23	19.8	32.0	12.2	SP - 40	18.0	26.3	8.3
SP - 7	28.0	36.4	8.4	SP - 24	26.5	34.9	8.4	SP - 41	17.5	27.7	10.2
SP - 8	11.0	20.0	9.0	SP - 25	16.0	25.0	9.0	SP - 42	25.1	33.9	8.8
SP - 9	24.9	32.5	7.6	SP - 26	16.0	24.0	8.0	SP - 43	30.5	39.4	8.9
SP - 10	26.0	33.9	7.9	SP - 27	31.0	40.7	9.7	SP - 44	24.3	30.0	5.7
SP - 11	24.9	32.0	7.1	SP - 28	27.4	37.4	10.0	SP - 45	23.0	32.0	9.0
SP - 12	27.0	38.2	11.2	SP - 29	22.4	31.0	8.6	SP - 46	23.5	33.2	9.7
SP - 13	23.8	35.2	11.4	SP - 30	25.9	38.2	12.3	SP - 47	22.2	33.5	11.3
SP - 14	33.5	42.0	8.5	SP - 31	21.1	32.2	11.1	SP - 48	24.7	31.3	6.6
SP - 15	18.5	26.7	8.2	SP - 32	27.3	36.4	9.1	SP - 49	15.0	24.0	9.0
SP - 16	27.0	36.9	9.9	SP - 33	23.5	30.0	6.5	SP - 50	22.8	32.4	9.6
SP - 17	28.5	35.0	6.5	SP - 34	28.5	35.0	6.5	SP - 51	33.0	43.3	10.3

ตารางผนวกที่ ค15 (ต่อ)

หมายเลข ต้นไม้	ก่อน	หลัง	ความสูง ที่เพิ่มขึ้น (ม.)	หมายเลข ต้นไม้	ก่อน	หลัง	ความสูง ที่เพิ่มขึ้น (ม.)	หมายเลข ต้นไม้	ก่อน	หลัง	ความสูง ที่เพิ่มขึ้น (ม.)
SP - 52	23.9	32.9	9.0	SP - 69	20.9	28.5	7.6	SP - 86	30.0	40.2	10.2
SP - 53	27.5	35.3	7.8	SP - 70	28.0	34.3	6.3	SP - 87	25.8	35.0	9.2
SP - 54	33.0	44.7	11.7	SP - 71	29.4	35.9	6.5	SP - 88	20.0	29.0	9.0
SP - 55	27.3	39.9	12.6	SP - 72	25.1	36.9	11.8	SP - 89	17.5	29.0	11.5
SP - 56	25.5	32.3	6.8	SP - 73	33.3	42.0	8.7	SP - 90	24.1	32.3	8.2
SP - 57	18.5	29.9	11.4	SP - 74	25.1	34.3	9.2	SP - 91	28.3	40.0	11.7
SP - 58	30.0	36.4	6.4	SP - 75	20.4	32.3	11.9	SP - 92	21.6	32.0	10.4
SP - 59	20.5	29.4	8.9	SP - 76	24.9	32.0	7.1	SP - 93	24.3	32.2	7.9
SP - 60	19.0	27.4	8.4	SP - 77	28.4	39.5	11.1	SP - 94	13.2	22.0	8.8
SP - 61	23.0	32.2	9.2	SP - 78	21.0	27.8	6.8	SP - 95	23.8	34.5	10.7
SP - 62	20.0	27.5	7.5	SP - 79	18.6	26.8	8.2	SP - 96	17.5	27.5	10.0
SP - 63	23.0	32.0	9.0	SP - 80	26.0	32.0	6.0	SP - 97	21.0	28.0	7.0
SP - 64	20.9	32.1	11.2	SP - 81	26.0	35.0	9.0	SP - 98	14.2	23.0	8.8
SP - 65	23.3	33.9	10.6	SP - 82	20.0	29.3	9.3	SP - 99	28.5	37.3	8.8
SP - 66	24.0	33.4	9.4	SP - 83	23.2	33.5	10.3	SP - 100	29.6	39.3	9.7
SP - 67	22.3	31.4	9.1	SP - 84	27.7	36.7	9.0				
SP - 68	25.6	30.0	4.4	SP - 85	21.0	32.0	11.0				

ตารางผนวกที่ ค16 สรุปข้อมูลของอุณหภูมิ ความเร็วลม และความชื้นสัมพัทธ์

ครั้งที่	เวลา	แปลงที่ให้น้ำด้วยสายยาง			แปลงที่ให้น้ำด้วยมินิสปริงเกอร์			แปลงที่ให้น้ำด้วยไมโครสเปร์ย์		
		อุณหภูมิ	ความชื้นสัมพัทธ์	ความเร็วลม	อุณหภูมิ	ความชื้นสัมพัทธ์	ความเร็วลม	อุณหภูมิ	ความชื้นสัมพัทธ์	ความเร็วลม
		(^o C)	(%)	(m/s)	(^o C)	(%)	(m/s)	(^o C)	(%)	(m/s)
1	7:30	25	77	0.00	25	77	0.00	25	77	0.00
	10:30	33	74	0.02	33	74	0.02	32	75	0.02
	17:30	28	77	0.01	28	77	0.01	28	77	0.01
2	7:30	26	76	0.00	26	76	0.00	26	76	0.00
	10:30	33	75	0.01	33	75	0.01	33	76	0.01
	17:30	29	77	0.00	29	77	0.00	29	77	0.00
3	7:30	25	76	0.01	25	76	0.01	25	76	0.01
	10:30	32	73	0.02	32	73	0.02	31	75	0.02
	17:30	27	78	0.01	27	78	0.01	27	78	0.01
4	7:30	25	77	0.00	25	77	0.00	25	77	0.00
	10:30	33	74	0.01	33	74	0.01	32	76	0.01
	17:30	28	78	0.00	28	78	0.00	28	78	0.00

ตารางผนวกที่ ค16 (ต่อ)

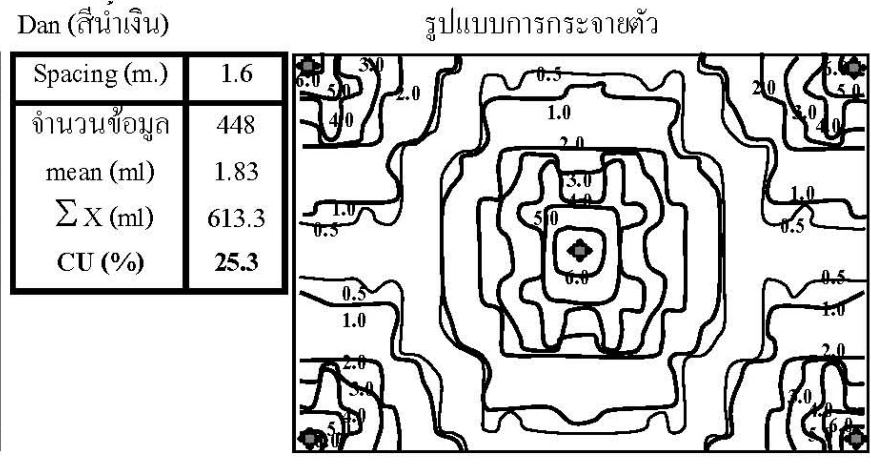
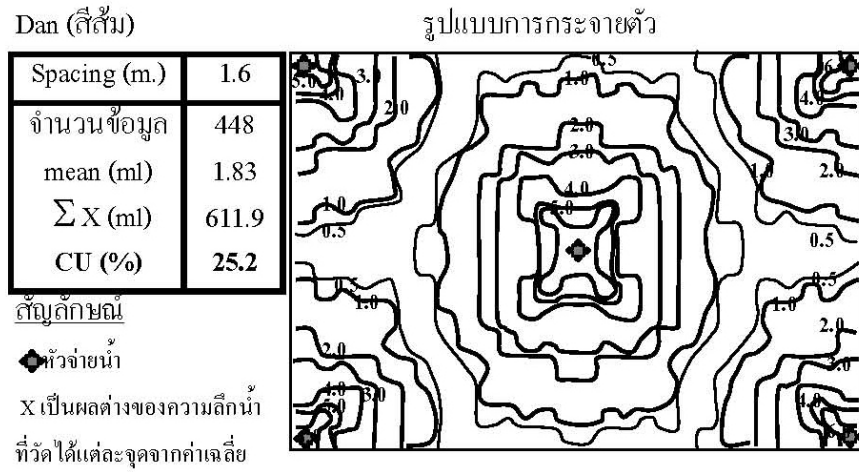
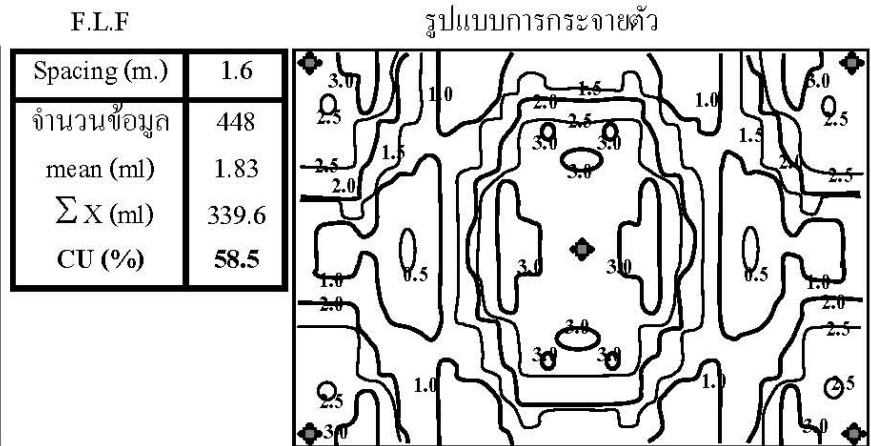
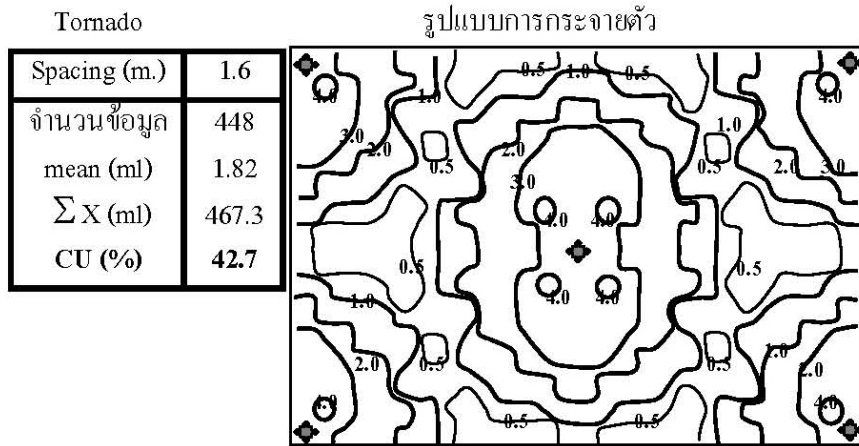
ครั้งที่	เวลา	แปลงที่ให้น้ำด้วยสายยาง			แปลงที่ให้น้ำด้วยมินิสปริงเกอร์			แปลงที่ให้น้ำด้วยไมโครสเปร์ย์		
		อุณหภูมิ	ความชื้นสัมพัทธ์	ความเร็วลม	อุณหภูมิ	ความชื้นสัมพัทธ์	ความเร็วลม	อุณหภูมิ	ความชื้นสัมพัทธ์	ความเร็วลม
		(^o C)	(%)	(m/s)	(^o C)	(%)	(m/s)	(^o C)	(%)	(m/s)
5	7:30	24	79	0.01	24	79	0.01	24	79	0.01
	10:30	32	78	0.00	32	78	0.00	32	78	0.00
	17:30	27	80	0.00	27	80	0.00	27	80	0.00
6	7:30	25	79	0.00	25	79	0.00	24	79	0.00
	10:30	33	77	0.00	33	77	0.00	33	79	0.00
	17:30	28	80	0.01	28	80	0.01	28	80	0.01
7	7:30	24	79	0.00	24	79	0.00	24	79	0.00
	10:30	33	76	0.02	33	76	0.02	32	78	0.02
	17:30	27	80	0.01	27	80	0.01	27	80	0.01
8	7:30	25	77	0.00	25	77	0.00	25	77	0.00
	10:30	33	76	0.01	33	76	0.01	33	78	0.01
	17:30	28	80	0.00	28	80	0.00	28	80	0.00

ตารางผนวกที่ ค16 (ต่อ)

ครั้งที่	เวลา	แปลงที่ให้น้ำด้วยสายยาง			แปลงที่ให้น้ำด้วยมินิสปริงเกอร์			แปลงที่ให้น้ำด้วยไมโครสเปร์ย์		
		อุณหภูมิ	ความชื้นสัมพัทธ์	ความเร็วลม	อุณหภูมิ	ความชื้นสัมพัทธ์	ความเร็วลม	อุณหภูมิ	ความชื้นสัมพัทธ์	ความเร็วลม
		(°C)	(%)	(m/s)	(°C)	(%)	(m/s)	(°C)	(%)	(m/s)
9	7:30	23	74	0.00	23	74	0.00	23	74	0.00
	10:30	32	71	0.02	32	71	0.02	31	73	0.02
	17:30	27	75	0.01	27	75	0.01	27	75	0.01
10	7:30	23	74	0.00	23	74	0.00	23	74	0.00
	10:30	32	73	0.01	32	73	0.01	32	73	0.01
	17:30	27	75	0.00	27	75	0.00	27	75	0.00
11	7:30	20	67	0.01	20	67	0.01	20	67	0.01
	10:30	31	65	0.00	31	65	0.00	30	68	0.00
	17:30	25	69	0.01	25	69	0.01	25	69	0.01
12	7:30	21	67	0.00	21	67	0.00	21	67	0.00
	10:30	31	66	0.01	31	66	0.01	31	68	0.01
	17:30	25	69	0.00	25	69	0.00	25	69	0.00

ภาคผนวก ง

ผลการคำนวณค่า C.U. และ รูปแบบการกระจายตัวของละอองน้ำ
ของหัวจ่ายน้ำต่างๆ

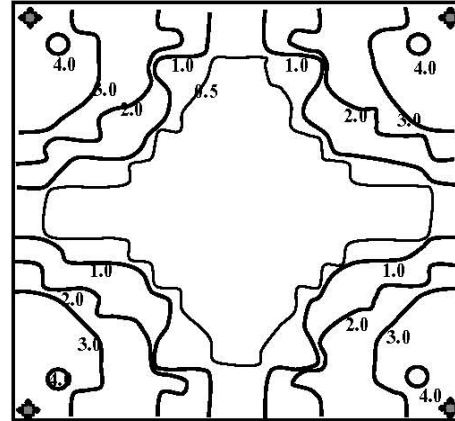


ภาพผนวกที่ 1 ค่า C.U. และการกระจายตัวของละอองน้ำที่มีรูปแบบการวางหัวจ่ายน้ำแบบสามเหลี่ยมด้านเท่าระยะห่างระหว่างหัวจ่ายน้ำ 1.6 ม.

Tornado

Spacing (m.)	1.6
จำนวนข้อมูล	256
mean (ml)	1.59
$\sum X$ (ml)	284.68
CU (%)	30.25

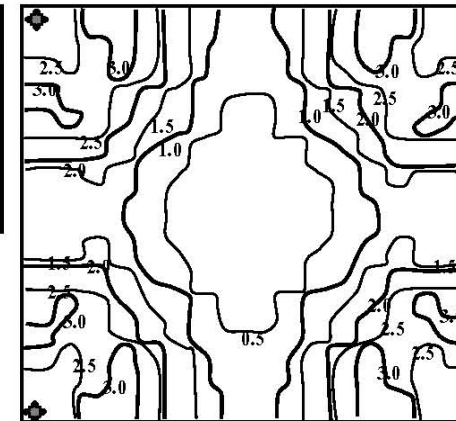
รูปแบบการกระจายตัว



F.L.F

Spacing (m.)	1.6
จำนวนข้อมูล	256
mean (ml)	1.60
$\sum X$ (ml)	220.88
CU (%)	46.05

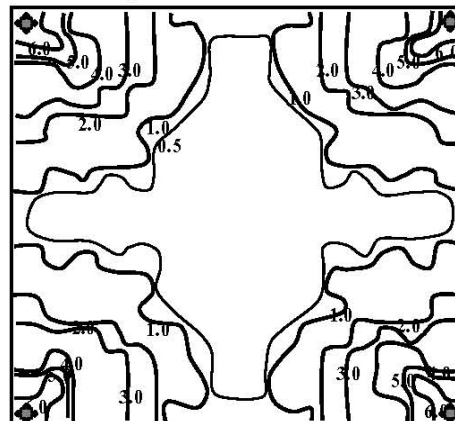
รูปแบบการกระจายตัว



Dan (สีส้ม)

Spacing (m.)	1.6
จำนวนข้อมูล	256
mean (ml)	1.60
$\sum X$ (ml)	342.58
CU (%)	16.28

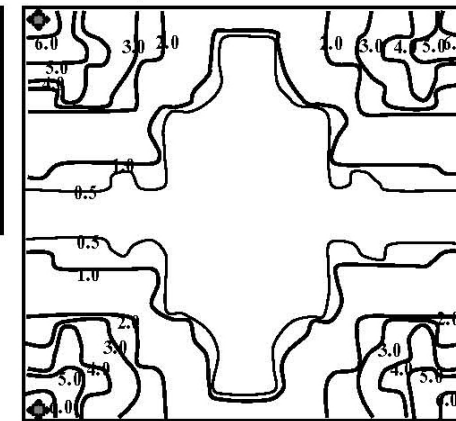
รูปแบบการกระจายตัว



Dan (สีน้ำเงิน)

Spacing (m.)	1.6
จำนวนข้อมูล	256
mean (ml)	1.60
$\sum X$ (ml)	340.99
CU (%)	25.31

รูปแบบการกระจายตัว



สัญลักษณ์

◆ หัวจ่ายน้ำ

X เป็นผลต่างของความลึกน้ำที่วัดได้

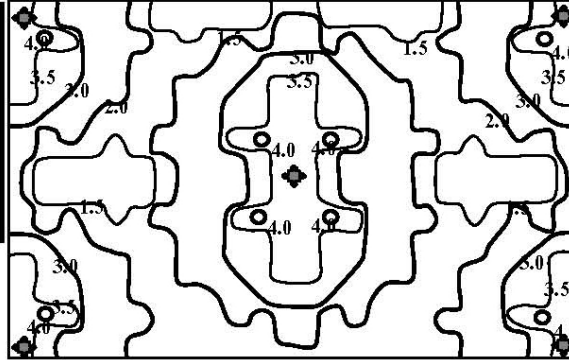
แต่ละจุดจากค่าเฉลี่ย

ภาพผนวกที่ ๒ ค่า C.U. และการกระจายตัวของละอองน้ำที่มีรูปแบบการวางหัวจ่ายน้ำแบบสี่เหลี่ยมจัตุรัส ระยะห่างระหว่างหัวจ่ายน้ำ 1.6 ม.

Tornado

รูปแบบการกระจายตัว

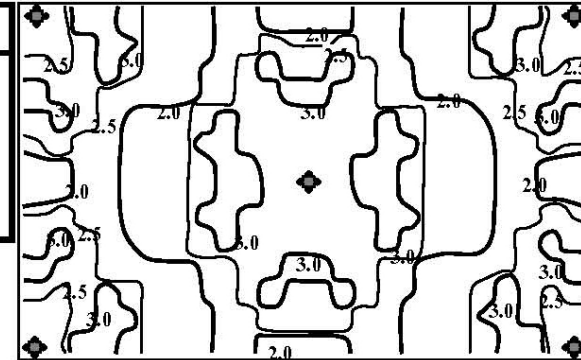
Spacing (m.)	1.4
จำนวนข้อมูล	336
mean (ml)	2.43
$\sum X$ (ml)	242.7
CU (%)	70.3



F.L.F

รูปแบบการกระจายตัว

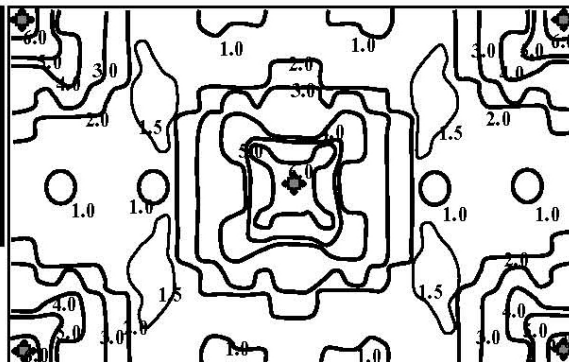
Spacing (m.)	1.4
จำนวนข้อมูล	336
mean (ml)	2.44
$\sum X$ (ml)	134.9
CU (%)	83.5



Dan (สีส้ม)

รูปแบบการกระจายตัว

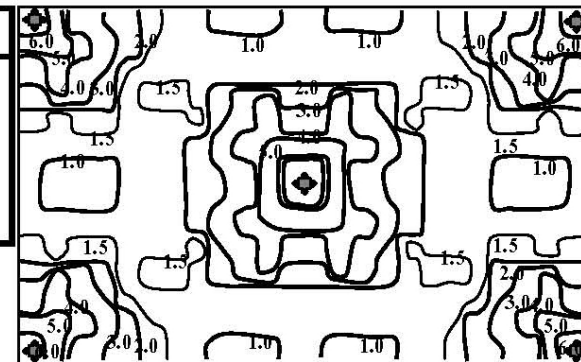
Spacing (m.)	1.4
จำนวนข้อมูล	336
mean (ml)	2.44
$\sum X$ (ml)	417.1
CU (%)	49.0



Dan (สีน้ำเงิน)

รูปแบบการกระจายตัว

Spacing (m.)	1.4
จำนวนข้อมูล	336
mean (ml)	2.44
$\sum X$ (ml)	437.3
CU (%)	46.7



สัญลักษณ์

◆ หัวจ่ายน้ำ

X เป็นผลต่างของความลึกน้ำ

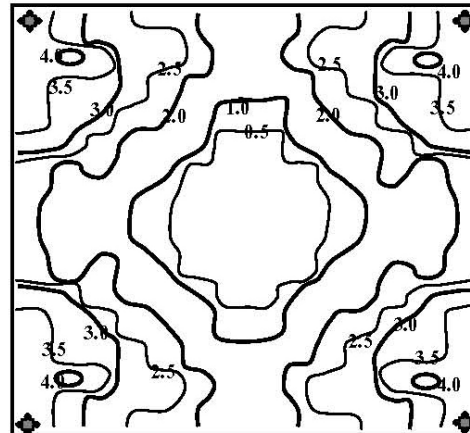
ที่วัดได้แต่ละจุดจากค่าเฉลี่ย

ภาพผนวกที่ 3 ค่า C.U. และการกระจายตัวของละอองน้ำที่มีรูปแบบการวางหัวจ่ายน้ำแบบสามเหลี่ยมด้านเท่าระยะห่างระหว่างหัวจ่ายน้ำ 1.4 ม.

Tornado

Spacing (m.)	1.4
จำนวนข้อมูล	196
mean (ml)	2.08
$\sum X$ (ml)	159.01
CU (%)	61.04

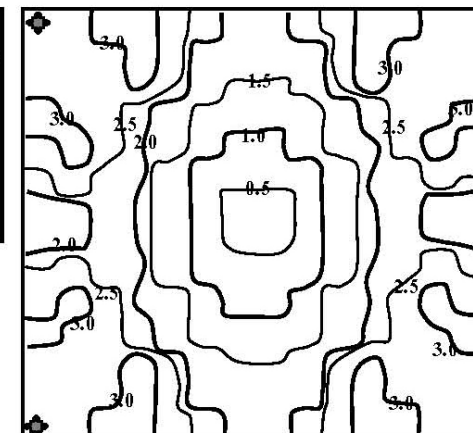
รูปแบบการกระจายตัว



F.L.F

Spacing (m.)	1.4
จำนวนข้อมูล	196
mean (ml)	2.09
$\sum X$ (ml)	107.83
CU (%)	73.66

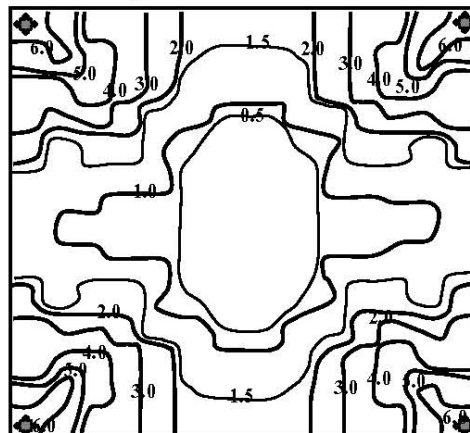
รูปแบบการกระจายตัว



Dan (สีส้ม)

Spacing (m.)	1.4
จำนวนข้อมูล	196
mean (ml)	2.09
$\sum X$ (ml)	214.85
CU (%)	47.49

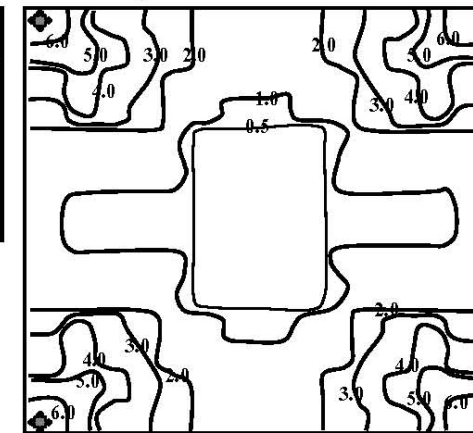
รูปแบบการกระจายตัว



Dan (สีน้ำเงิน)

Spacing (m.)	1.4
จำนวนข้อมูล	196
mean (ml)	2.09
$\sum X$ (ml)	222.52
CU (%)	45.80

รูปแบบการกระจายตัว



สัญลักษณ์

◆ หัวจ่ายน้ำ

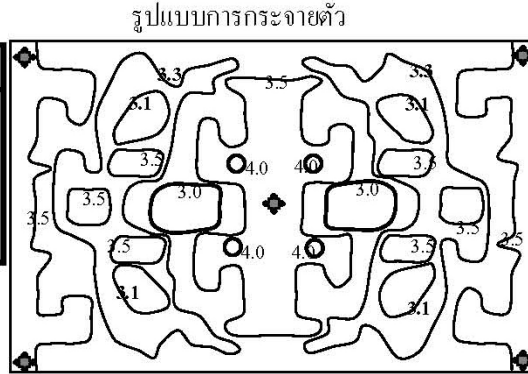
X เป็นผลต่างของความลึกน้ำที่วัดได้

แต่ละจุดจากค่าเฉลี่ย

ภาพผนวกที่ ๔ ค่า C.U. และการกระจายตัวของละอองน้ำที่มีรูปแบบการวางหัวจ่ายน้ำแบบสี่เหลี่ยมจัตุรัส ระยะห่างระหว่างหัวจ่ายน้ำ 1.4 ม.

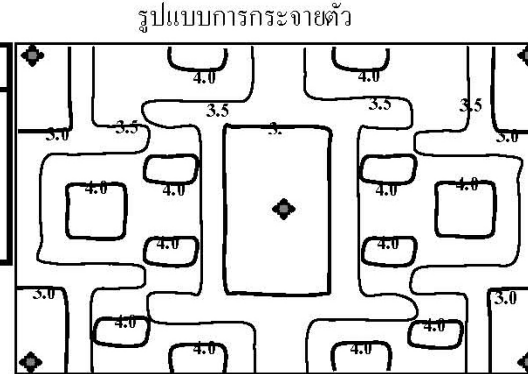
Tornado

Spacing (m.)	1.2
จำนวนข้อมูล	240
mean (ml)	3.40
$\sum X$ (ml)	70.2
CU (%)	91.4



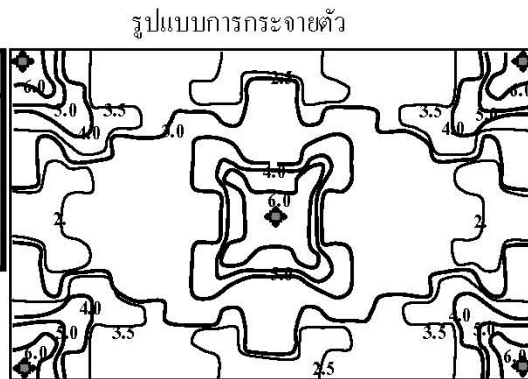
F.L.F

Spacing (m.)	1.2
จำนวนข้อมูล	240
mean (ml)	3.41
$\sum X$ (ml)	101.7
CU (%)	87.6



Dan (สี่เหลี่ยม)

Spacing (m.)	1.2
จำนวนข้อมูล	240
mean (ml)	3.41
$\sum X$ (ml)	204.0
CU (%)	75.1



สัญลักษณ์

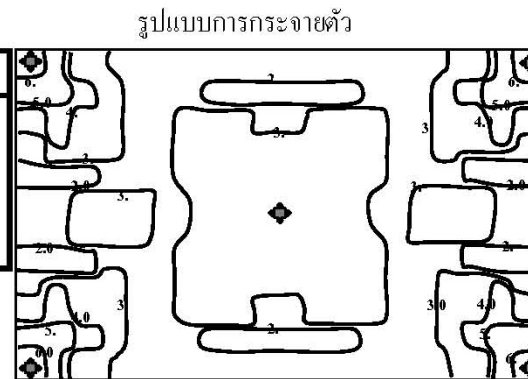
◆ หัวจ่ายน้ำ

X เป็นผลต่างของความลึกน้ำ

ที่วัดได้แต่ละจุดจากค่าเฉลี่ย

Dan (สี่น้ำเงิน)

Spacing (m.)	1.2
จำนวนข้อมูล	240
mean (ml)	3.42
$\sum X$ (ml)	228.7
CU (%)	72.1

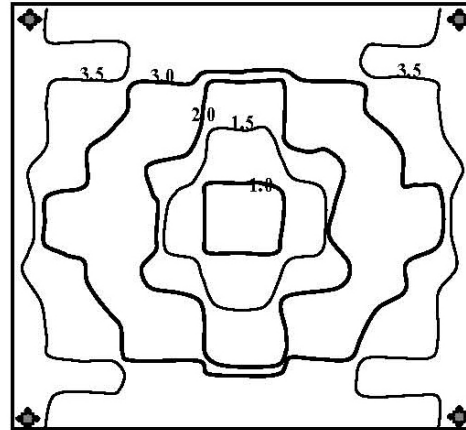


ภาพผนวกที่ ๓5 ค่า C.U. และการกระจายตัวของละอองน้ำที่มีรูปแบบการวางหัวจ่ายน้ำแบบสามเหลี่ยมด้านเท่าระยะห่างระหว่างหัวจ่ายน้ำ 1.2 ม.

Tornado

Spacing (m.)	1.2
จำนวนข้อมูล	144
mean (ml)	2.83
$\sum X$ (ml)	96.94
CU (%)	76.25

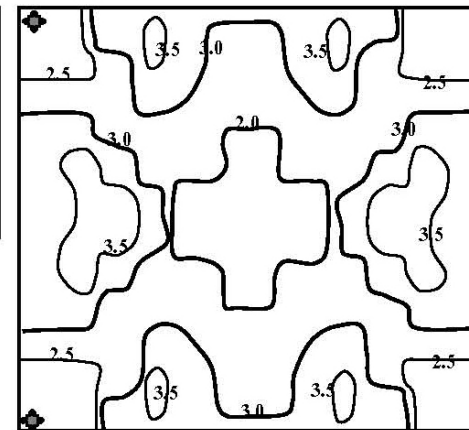
รูปแบบการกระจายตัว



F.L.F

Spacing (m.)	1.2
จำนวนข้อมูล	144
mean (ml)	2.84
$\sum X$ (ml)	66.84
CU (%)	83.67

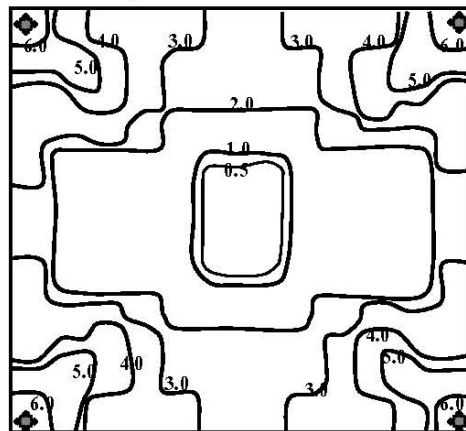
รูปแบบการกระจายตัว



Dan (สีส้ม)

Spacing (m.)	1.2
จำนวนข้อมูล	144
mean (ml)	2.84
$\sum X$ (ml)	158.17
CU (%)	61.35

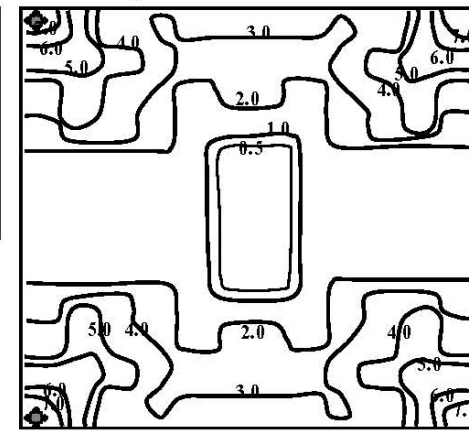
รูปแบบการกระจายตัว



Dan (สีน้ำเงิน)

Spacing (m.)	1.2
จำนวนข้อมูล	144
mean (ml)	2.85
$\sum X$ (ml)	173.47
CU (%)	57.74

รูปแบบการกระจายตัว



สัญลักษณ์

◆ หัวจ่ายน้ำ

X เป็นผลต่างของความลึกน้ำที่วัดได้

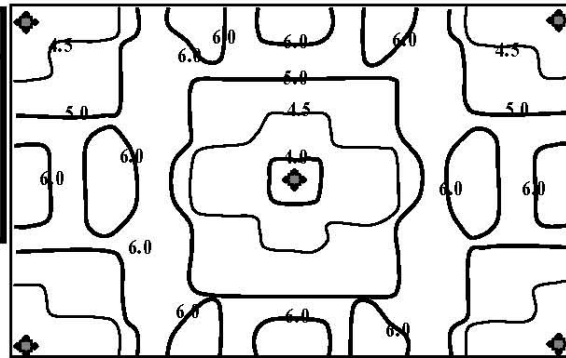
แต่ละจุดจากค่าเฉลี่ย

ภาพผนวกที่ ๖ ค่า C.U. และการกระจายตัวของละอองน้ำที่มีรูปแบบการวางหัวจ่ายน้ำแบบสี่เหลี่ยมจัตุรัส ระยะห่างระหว่างหัวจ่ายน้ำ 1.2 ม.

Tornado

Spacing (m.)	1.0
จำนวนข้อมูล	160
mean (ml)	5.10
$\sum X$ (ml)	103.4
CU (%)	87.3

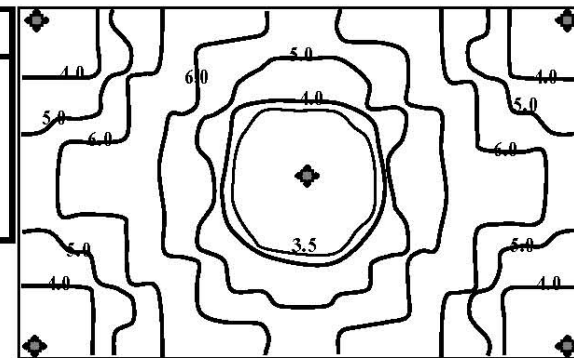
รูปแบบการกระจายตัว



F.L.F

Spacing (m.)	1.0
จำนวนข้อมูล	160
mean (ml)	5.12
$\sum X$ (ml)	160.8
CU (%)	80.4

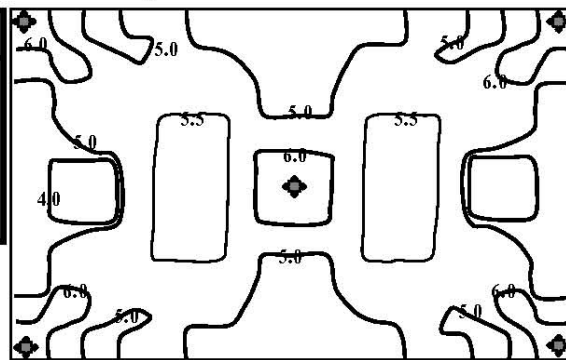
รูปแบบการกระจายตัว



Dan (สีส้ม)

Spacing (m.)	1.0
จำนวนข้อมูล	160
mean (ml)	5.12
$\sum X$ (ml)	106.6
CU (%)	87.0

รูปแบบการกระจายตัว



สัญลักษณ์

◆ หัวจ่ายน้ำ

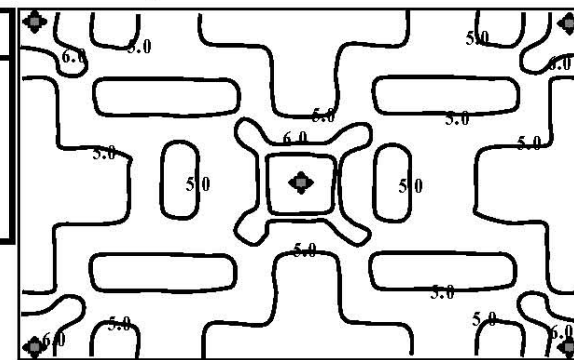
X เป็นผลต่างของความลึกน้ำ

ที่วัด ได้แต่ละจุดจากค่าเฉลี่ย

Dan (สีน้ำเงิน)

Spacing (m.)	1.0
จำนวนข้อมูล	160
mean (ml)	5.13
$\sum X$ (ml)	117.8
CU (%)	85.7

รูปแบบการกระจายตัว

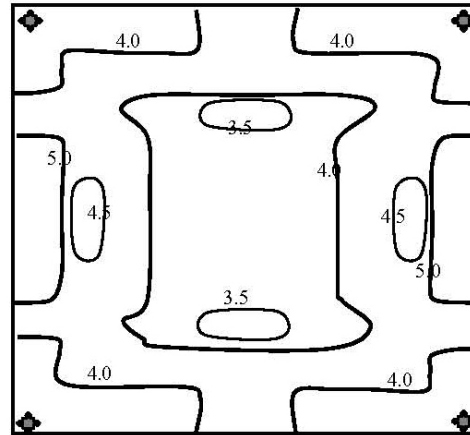


ภาพผนวกที่ 7 ค่า C.U. และการกระจายตัวของละอองน้ำที่มีรูปแบบการวางหัวจ่ายน้ำแบบสามเหลี่ยมด้านเท่าระยะห่างระหว่างหัวจ่ายน้ำ 1.0 ม.

Tornado

Spacing (m.)	1.0
จำนวนข้อมูล	100
mean (ml)	4.08
ΣX (ml)	39.67
CU (%)	90.28

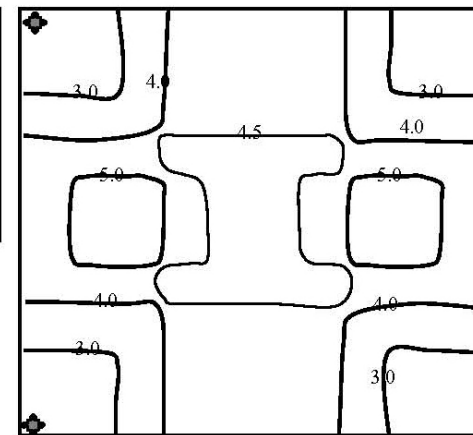
รูปแบบการกระจายตัว



F.L.F

Spacing (m.)	1.0
จำนวนข้อมูล	100
mean (ml)	4.09
ΣX (ml)	72.39
CU (%)	82.32

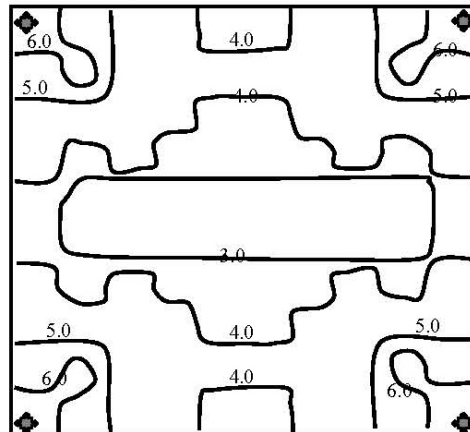
รูปแบบการกระจายตัว



Dan (สีส้ม)

Spacing (m.)	1.0
จำนวนข้อมูล	100
mean (ml)	4.09
ΣX (ml)	64.26
CU (%)	84.30

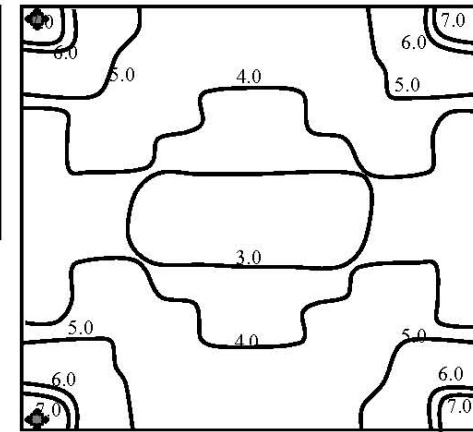
รูปแบบการกระจายตัว



Dan (สีน้ำเงิน)

Spacing (m.)	1.0
จำนวนข้อมูล	100
mean (ml)	4.11
ΣX (ml)	85.69
CU (%)	79.13

รูปแบบการกระจายตัว



สัญลักษณ์

◆ หัวจ่ายน้ำ

X เป็นผลต่างของความลึกน้ำที่วัดได้

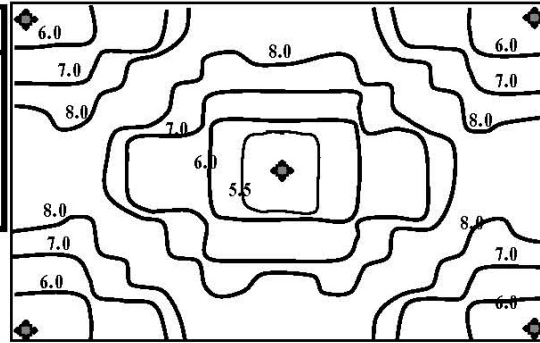
แต่ละจุดจากค่าเฉลี่ย

ภาพผนวกที่ 8 ค่า C.U. และการกระจายตัวของละอองน้ำที่มีรูปแบบการวางหัวจ่ายน้ำแบบสี่เหลี่ยมจัตุรัส ระยะห่างระหว่างหัวจ่ายน้ำ 1.0 ม.

Tornado

รูปแบบการกระจายตัว

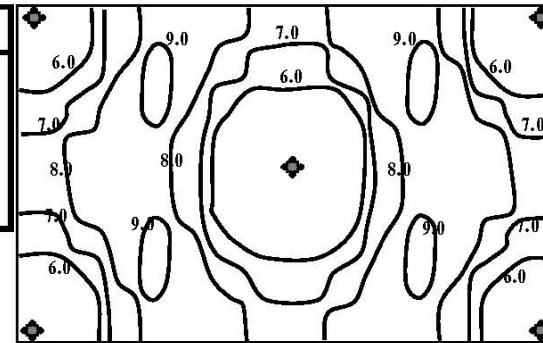
Spacing (m.)	0.8
จำนวนข้อมูล	112
mean (ml)	7.29
$\sum X$ (ml)	90.7
CU (%)	88.9



F.L.F

รูปแบบการกระจายตัว

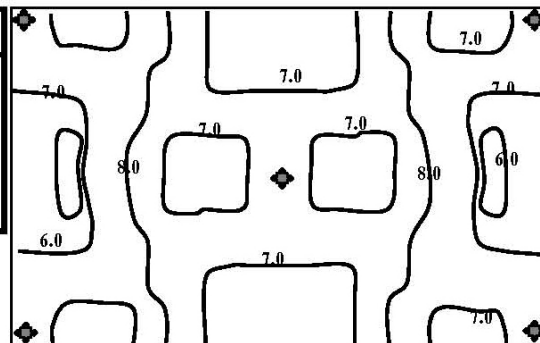
Spacing (m.)	0.8
จำนวนข้อมูล	112
mean (ml)	7.31
$\sum X$ (ml)	123.3
CU (%)	84.9



Dan (สีส้ม)

รูปแบบการกระจายตัว

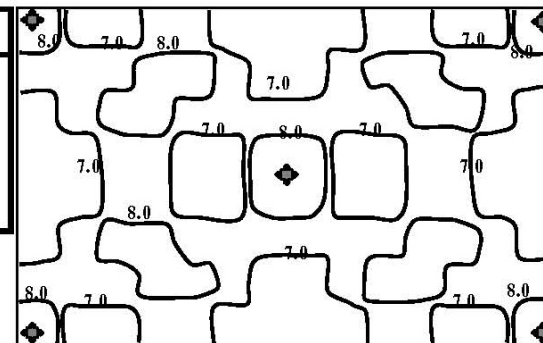
Spacing (m.)	0.8
จำนวนข้อมูล	112
mean (ml)	7.31
$\sum X$ (ml)	91.5
CU (%)	88.8



Dan (สีน้ำเงิน)

รูปแบบการกระจายตัว

Spacing (m.)	0.8
จำนวนข้อมูล	112
mean (ml)	7.33
$\sum X$ (ml)	66.7
CU (%)	91.9



สัญลักษณ์

◆ หัวจ่ายน้ำ

X เป็นผลต่างของความลึกน้ำ

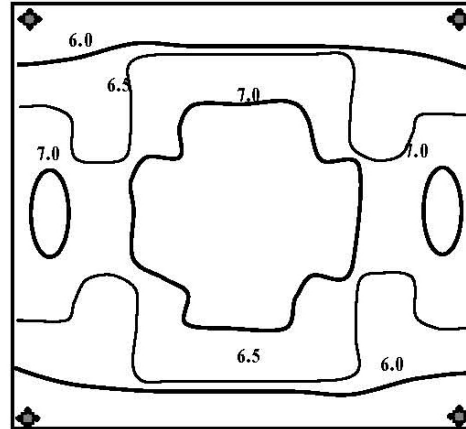
ที่วัดได้แต่ละจุดจากค่าเฉลี่ย

ภาพผนวกที่ 9 ค่า C.U. และการกระจายตัวของละอองน้ำที่มีรูปแบบการวางหัวจ่ายน้ำแบบสามเหลี่ยมด้านเท่าระยะห่างระหว่างหัวจ่ายน้ำ 0.8 ม.

Tornado

Spacing (m.)	0.8
จำนวนข้อมูล	100
mean (ml)	4.08
$\sum X$ (ml)	39.67
CU (%)	90.28

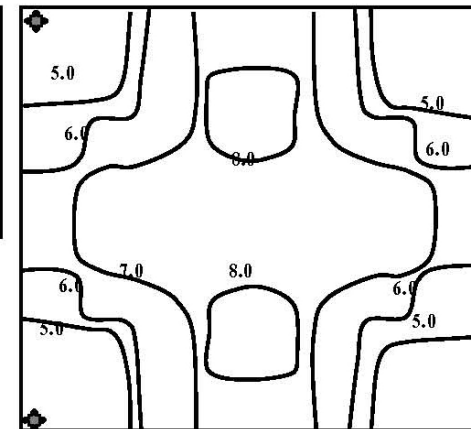
รูปแบบการกระจายตัว



F.L.F

Spacing (m.)	0.8
จำนวนข้อมูล	100
mean (ml)	4.09
$\sum X$ (ml)	72.39
CU (%)	82.32

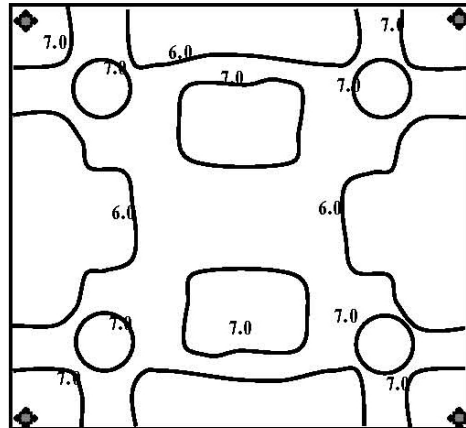
รูปแบบการกระจายตัว



Dan (สีส้ม)

Spacing (m.)	0.8
จำนวนข้อมูล	100
mean (ml)	4.09
$\sum X$ (ml)	64.26
CU (%)	84.30

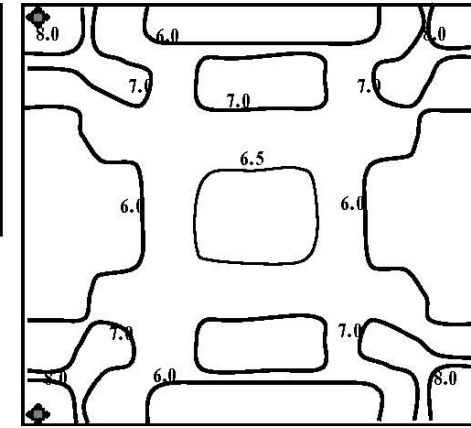
รูปแบบการกระจายตัว



Dan (สีน้ำเงิน)

Spacing (m.)	0.8
จำนวนข้อมูล	100
mean (ml)	4.11
$\sum X$ (ml)	85.69
CU (%)	79.13

รูปแบบการกระจายตัว



สัญลักษณ์

◆ หัวจ่ายน้ำ

X เป็นผลต่างของความลึกน้ำที่วัดได้

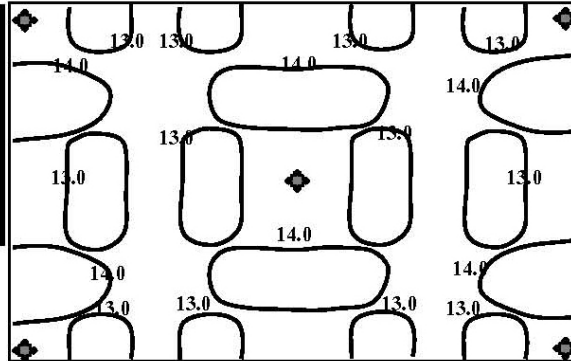
แต่ละจุดจากค่าเฉลี่ย

ภาพผนวกที่ 9 ค่า C.U. และการกระจายตัวของละอองน้ำที่มีรูปแบบการวางหัวจ่ายน้ำแบบสี่เหลี่ยมจัตุรัส ระยะห่างระหว่างหัวจ่ายน้ำ 0.8 ม.

Tornado

รูปแบบการกระจายตัว

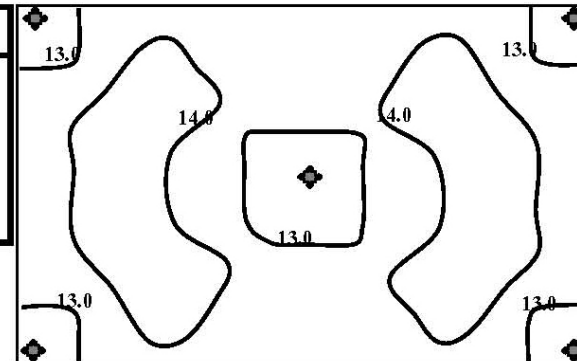
Spacing (m.)	0.6
จำนวนข้อมูล	60
mean (ml)	13.60
$\sum X$ (ml)	33.0
CU (%)	96.0



F.L.F

รูปแบบการกระจายตัว

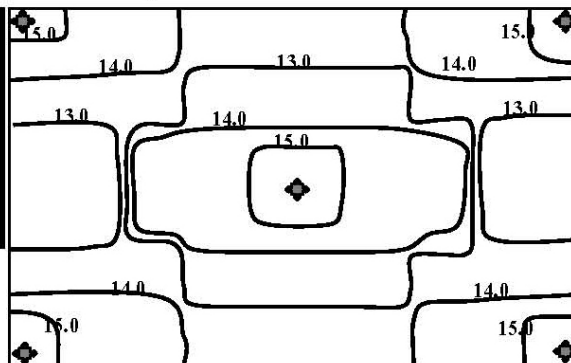
Spacing (m.)	0.6
จำนวนข้อมูล	60
mean (ml)	13.65
$\sum X$ (ml)	25.5
CU (%)	96.9



Dan (สี่ส้ม)

รูปแบบการกระจายตัว

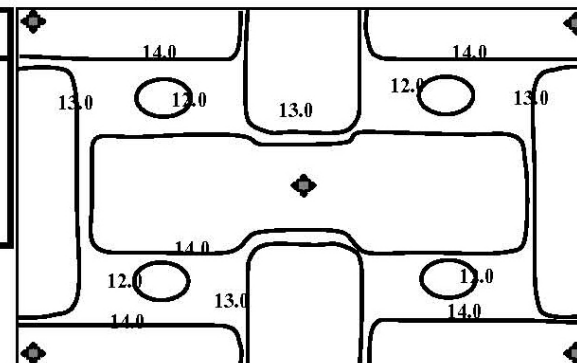
Spacing (m.)	0.6
จำนวนข้อมูล	60
mean (ml)	13.64
$\sum X$ (ml)	50.4
CU (%)	93.8



Dan (สี่น้ำเงิน)

รูปแบบการกระจายตัว

Spacing (m.)	0.6
จำนวนข้อมูล	60
mean (ml)	13.68
$\sum X$ (ml)	56.5
CU (%)	93.1



สัญลักษณ์

◆ หัวจ่ายน้ำ

X เป็นผลต่างของความลึกน้ำ

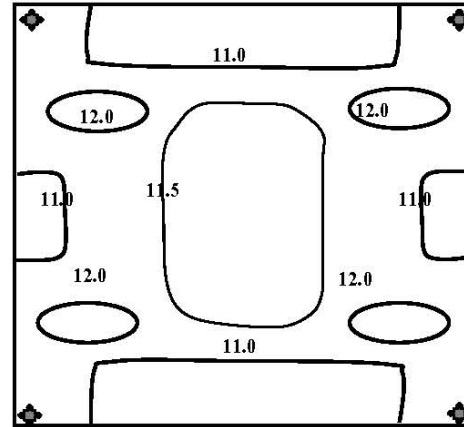
ที่วัดได้แต่ละจุดจากค่าเฉลี่ย

ภาพผนวกที่ 11 ค่า C.U. และการกระจายตัวของละอองน้ำที่มีรูปแบบการวางหัวจ่ายน้ำแบบสามเหลี่ยมด้านเท่าระยะห่างระหว่างหัวจ่ายน้ำ 0.6 ม.

Tornado

Spacing (m.)	0.6
จำนวนข้อมูล	36
mean (ml)	11.34
$\sum X$ (ml)	16.26
CU (%)	96.02

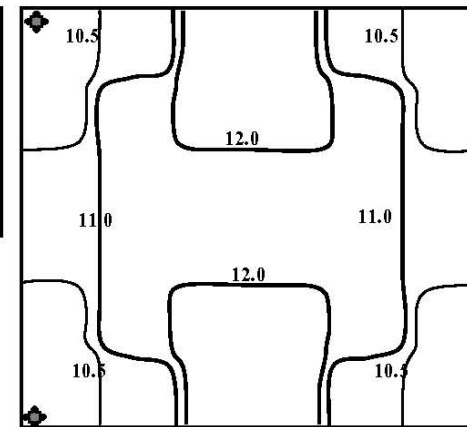
รูปแบบการกระจายตัว



F.L.F

Spacing (m.)	0.6
จำนวนข้อมูล	36
mean (ml)	11.37
$\sum X$ (ml)	30.92
CU (%)	92.45

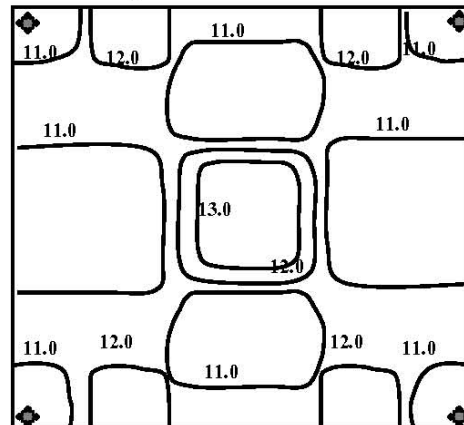
รูปแบบการกระจายตัว



Dan (สี่ส้ม)

Spacing (m.)	0.6
จำนวนข้อมูล	36
mean (ml)	11.37
$\sum X$ (ml)	25.52
CU (%)	93.76

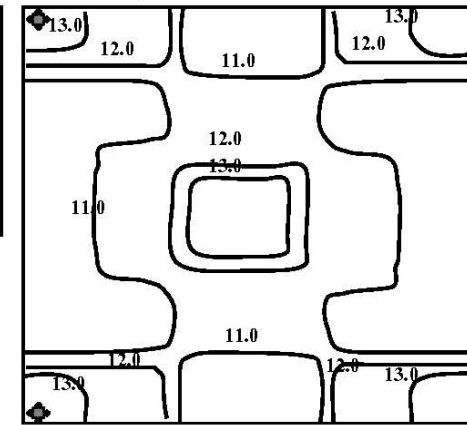
รูปแบบการกระจายตัว



Dan (สี่น้ำเงิน)

Spacing (m.)	0.6
จำนวนข้อมูล	36
mean (ml)	11.40
$\sum X$ (ml)	35.11
CU (%)	91.45

รูปแบบการกระจายตัว



สัญลักษณ์

◆ หัวจ่ายน้ำ

X เป็นผลต่างของความลึกน้ำที่วัดได้

แต่ละจุดจากค่าเฉลี่ย

ภาพผนวกที่ 12 ค่า C.U. และการกระจายตัวของละอองน้ำที่มีรูปแบบการวางหัวจ่ายน้ำแบบสี่เหลี่ยมจัตุรัส ระยะห่างระหว่างหัวจ่ายน้ำ 0.6 ม.

ภาคผนวก จ

รายการคำนวณการเลือกขนาดปั๊ม ขนาดท่อ และค่าใช้จ่ายรายเดือนของระบบการให้น้ำด้วยสาย
ยาง หัวจ่ายน้ำมินิสปริงเกอร์ และหัวจ่ายน้ำไมโครสเปรย์

ภาคผนวก จ

1. การคำนวณการเลือกขนาดปั๊มและขนาดท่อของระบบการให้น้ำด้วยสายยาง

จากแปลนระบบการให้น้ำด้วยสายยางในภาพผนวกที่ จ1 สามารถคำนวณขนาดปั๊มและขนาดท่อ ดังแสดงรายละเอียดได้ดังนี้

1) คำนวณค่าการสูญเสียแรงดันในท่อประธาน (จากจุด P ถึง จุด A)

จากการวัดปริมาตรเมื่อเปิดน้ำ 1 นาที ได้ปริมาตรน้ำ 52.8 ลิตร

ดังนั้น $Q = 3.17$ ลบ.ม./ชม.

ความยาวท่อ = 35.5 เมตร

เลือกท่อ PVC ขนาด 1 ½. (เส้นผ่าศูนย์กลางภายใน 43.4 มม.)

$$H_f = 1.13 \times 10^9 \times (Q/C)^{1.852} D^{-4.871} L$$

$$= 2.30 \text{ เมตร}$$

$$\text{Minor loss} = 0.1H_f$$

$$= 0.23 \text{ เมตร}$$

ค่าการสูญเสียแรงดันรวมในท่อประธาน (จากจุด P ถึงจุด X) = 2.53 เมตร

2) คำนวณค่าการสูญเสียแรงดันในสายยาง (จากจุด A ถึง จุด B)

ความยาวสายยาง = 20 เมตร

$Q = 3.17$ ลบ.ม./ชม.

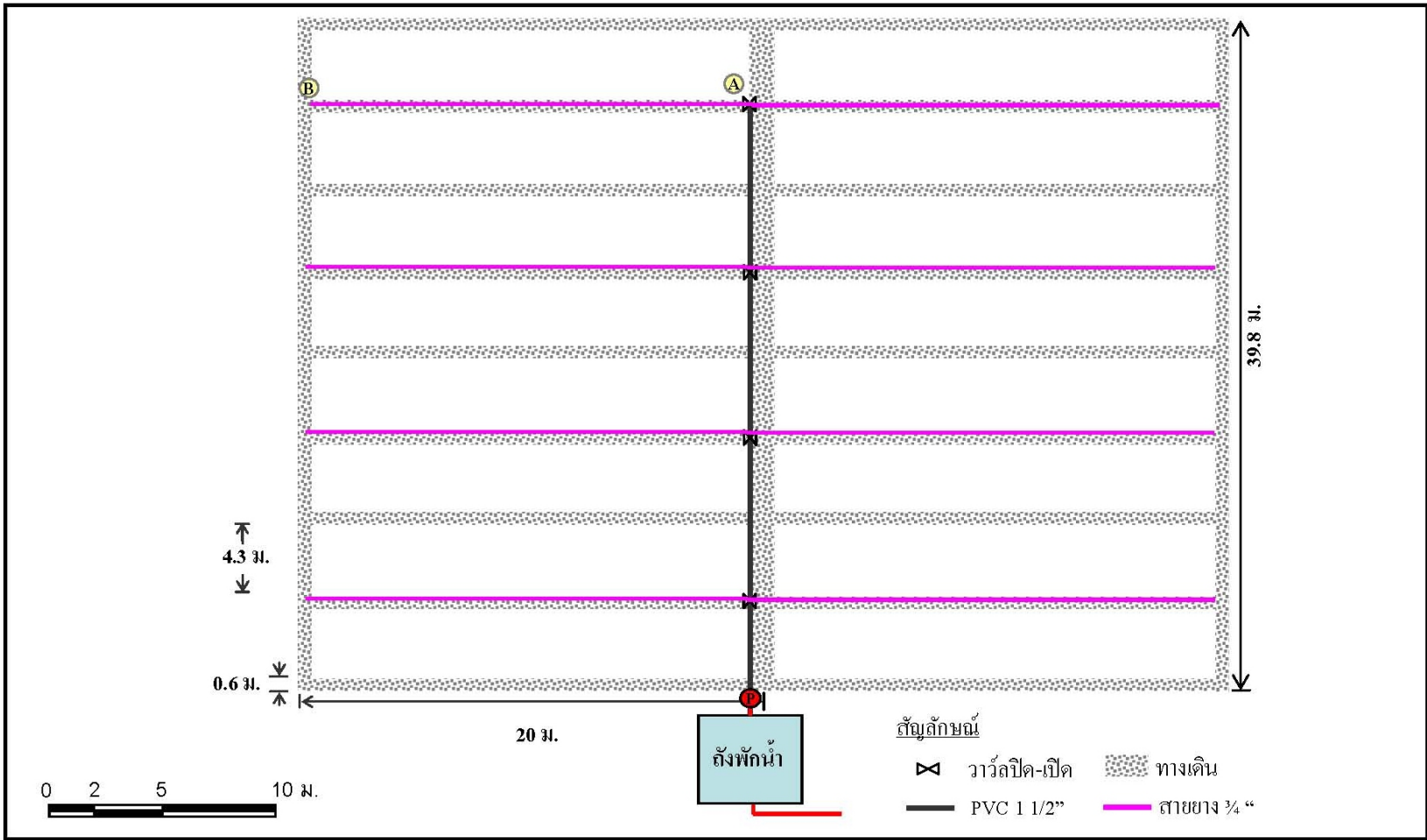
เลือกสายยาง ขนาด 3/4" (เส้นผ่าศูนย์กลางภายใน 22 มม.)

$$H_f = 5.857 \text{ เมตร}$$

$$\text{Minor loss} = 0.1H_f$$

$$= 0.59 \text{ เมตร}$$

ค่าการสูญเสียแรงดันรวมในสายยาง (จากจุด A ถึงจุด B) = 6.44 เมตร



ภาพผนวกที่ ๑1 แผนผังท่อของการให้น้ำด้วยสายยาง

3) จำนวนค่าการสูญเสียแรงดันในระบบท่อรวมทั้งหมด

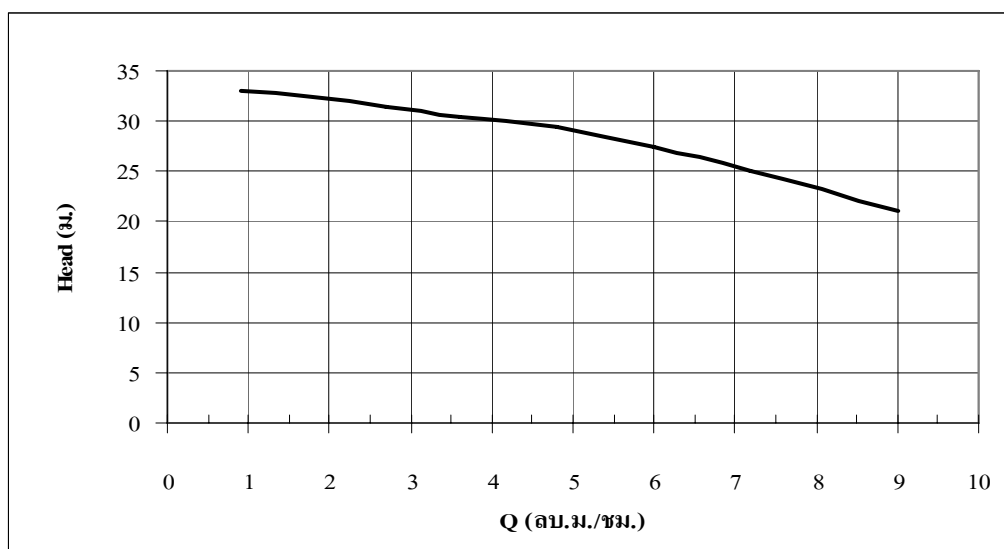
โดยมีความสูงของจุดออกของน้ำสูงกว่าศูนย์กลางของปั๊มเท่ากับ 1.50 เมตร และแรงดันที่ต้องการที่หัวฉีดร่น้ำเท่ากับ 2 บาร์

$$\text{ดังนั้นรวมค่าการสูญเสียแรงดันทั้งหมด} = 30.43 \text{ เมตร}$$

4) เลือกขนาดปั๊มสำหรับระบบจ่ายน้ำ

$$\begin{aligned} \text{แรงม้าของปั๊ม} &= 3.17 \times 30.43 / (273 \times 0.55) ; \text{กำหนดประสิทธิภาพปั๊ม } 55 \% \\ &= 0.64 \text{ แรงม้า} \end{aligned}$$

เลือกปั๊มโดยพิจารณากราฟ Q-H ดังแสดงในภาพผนวกที่ จ2 สรุปเลือกปั๊ม ที่ Q = 3.2 ลบ.ม./ชม. เสด = 30.9 ม. ขนาด 1.0 แรงม้า 0.74 กิโลวัตต์



ภาพผนวกที่ จ2 กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง Q-H ของปั๊ม รุ่น BC10M

ที่มา: BRUNOPUMP.COM

5) เลือกขนาดปั๊มสำหรับสูบน้ำจากแหล่งน้ำมาบ่อกัก (กรณีใช้น้ำจากแหล่งน้ำ)

ปริมาณน้ำที่ต้องการสูบต่อวัน เท่ากับ 38.0 ลบ.ม.

กำหนดสูบน้ำวันละ 2 ครั้ง และสูบน้ำครั้งละ 2 ชม.

ดังนั้น $Q = 9.5$ ลบ.ม./ชม.

ความยาวท่อดูด = 20 เมตร

ระยะดูด = 1 เมตร (ΔE_1)

เลือกขนาดท่อดูด PVC = 2"

ความยาวท่อจ่าย = 1 เมตร

ระดับปลายท่อจ่ายสูงจากบ่อบำบัด = 1.9 เมตร (ΔE_2)

เลือกขนาดท่อจ่าย PVC 2" (เส้นผ่าศูนย์กลางภายใน 54.2 มม.)

จากสูตร $H_f = 1.13 \times 10^9 (Q/C)^{1.852} D^{-4.871} L$

$H_f = 0.58$ เมตร

Minor loss = 0.1 H_f

= 0.058 เมตร

รวม H_f ทั้งหมด = 0.64 เมตร

คำนวณ TDH = $\Delta E_1 + \Delta E_2 + H_f(\text{ท่อดูด}) + H_f(\text{ท่อจ่าย}) + (V^2/2g)$

= 3.60 เมตร

ขนาดบ่อบำบัด = $9.5 \times 3.6 / (273 \times 0.55)$ แร่งม²

= 0.23 แร่งม²

ดังนั้น เมื่อพิจารณา Q-H ของบ่อบำบัด เลือกบ่อบำบัดรุ่น BN7/2M ขนาด 0.75 Hp 0.59 Kw

2. การคำนวณการเลือกขนาดบ่อบำบัดและขนาดท่อของระบบการให้น้ำด้วยหัวจ่ายน้ำมินิสปริงเกอร์

จากผังระบบท่อของการให้น้ำด้วยหัวจ่ายน้ำมินิสปริงเกอร์ ดังแสดงในภาพผนวกที่ จ3 สามารถคำนวณขนาดบ่อบำบัดและขนาดท่อ ดังแสดงรายละเอียดการคำนวณได้ดังนี้

1) คำนวณค่าการสูญเสียแรงดันในท่อประธาน (จากจุด P ถึง จุด X)

พื้นที่ทั้งหมดมีโชนการส่งน้ำ 12 โชน ภายใน 1 โชน ประกอบด้วย

- มีท่อแขนง 4 สาย

- ท่อแขนง 1 สายมีหัวจ่ายน้ำ 15 หัว

คั่งน้ำในท่อแขนง 1 สายมี $Q = 1.575$ ลบ.ม./ชม.

ความยาวท่อ = 34.3 เมตร

$Q = 4$ สาย \times 1.575 ลบ.ม./ชม.

= 6.3 ลบ.ม./ชม.

เลือกท่อ PVC ขนาด 1 1/2" (เส้นผ่าศูนย์กลางภายใน 43.4 มม.)

$H_f = 1.13 \times 10^9 \times (Q/C)^{1.852} D^{-4.871} L$

= 1.31 เมตร

Minor loss = 0.1 H_f

= 0.131 เมตร

ค่าการสูญเสียแรงดันรวมในท่อประธาน (จากจุด P ถึง จุด X) = 1.441 เมตร

2) คำนวณค่าการสูญเสียแรงดันในท่อรองประธาน (จากจุด X ถึง จุด B)

ความยาวท่อ = 0.7 เมตร

$Q = 6.3$ ลบ.ม./ชม.

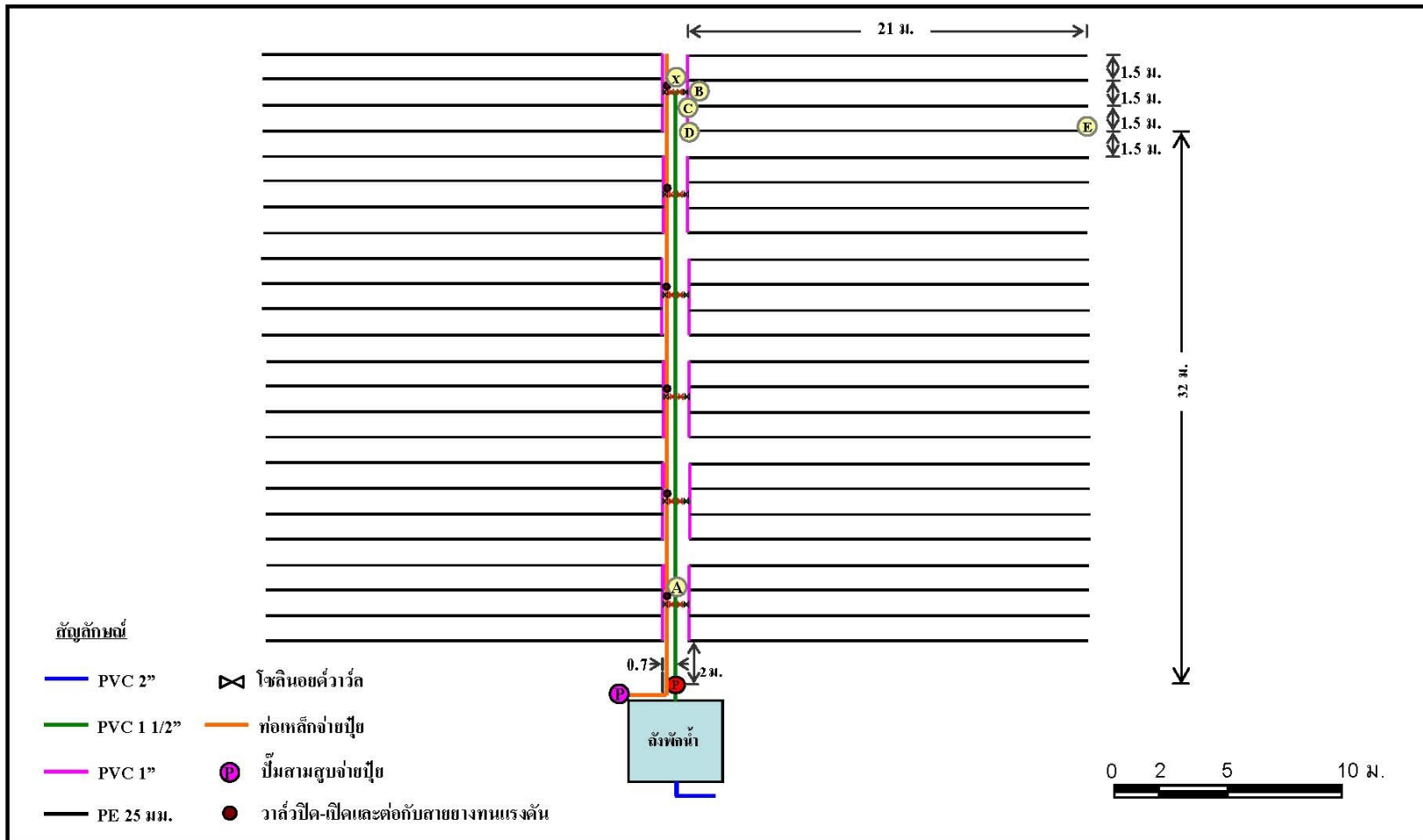
เลือกท่อ PVC ขนาด 1 1/2" (เส้นผ่าศูนย์กลางภายใน 43.4 มม.)

$H_f = 0.024$ เมตร

Minor loss = 0.1 H_f

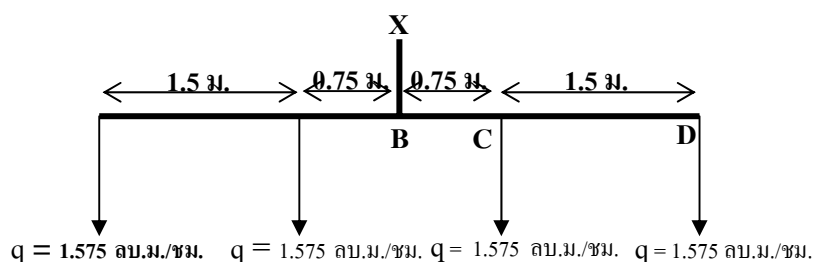
= 0.003 เมตร

ค่าการสูญเสียแรงดันในท่อรองประธาน (จากจุด X ถึง จุด) = 0.03 เมตร



ภาพผนวกที่ จ3 ผังระบบท่อของการให้น้ำด้วยหัวจ่ายน้ำมินิสปริงเกอร์

3) คำนวณค่าการสูญเสียแรงดันในท่อทรงประฆาย (จากจุด B ถึง จุด D)



สามารถคำนวณค่าการสูญเสียแรงดัน ได้ดังนี้

ช่วง	Q (ลบ.ม./ชม.)	D (มม.)	L (ม.)	J	V (ม./วินาที)	Hf (ม.)	Minor loss (ม.)	Hfรวม (ม.)
B-C	3.150	30	0.75	6.408	1.2	0.048	0.005	0.053
C-D	1.575	30	1.5	1.779	0.8	0.027	0.003	0.030
รวม								0.083

4) คำนวณค่าการสูญเสียแรงดันในท่อ P.E. (จากจุด D ถึง จุด E)

หัวจ่ายน้ำด้วยอัตรา 105 ลิตร/ชม. ที่แรงดัน 2 บาร์ มีจำนวน 15 หัวต่อ P.E. 1 สาย

ความยาวท่อ = 21 เมตร

$$Q = 15 \times 0.105 \text{ ลบ.ม./ชม.}$$

$$= 1.575 \text{ ลบ.ม./ชม.}$$

$$\text{จากสูตร } H_f = F_s J L / 100$$

เลือก ท่อ P.E. ขนาด 25 มม. (เส้นผ่าศูนย์กลางภายใน 21.2 มม.) และเลือกค่า J จากตารางผนวกที่ จ1

$$J = 11.615$$

ใช้ค่า F_s จากตารางผนวกที่ จ2

$$F_s = 0.385$$

$$H_f = 0.385 \times 11.615 \times 21 / 100$$

$$= 0.94 \text{ เมตร}$$

ตารางผนวกที่ จ1 ค่าการสูญเสียแรงดันจากความฝืดในเส้นท่อ PVC ชั้น 8.5

V (m/s)	เส้นผ่าศูนย์กลางภายใน						
	mm.	18.2	22	30	38	43.4	54.2
	in.	1/2	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2
0.30	J	0.831	0.666	0.464	0.352	0.301	0.233
	Q	0.281	0.411	0.763	1.225	1.598	2.492
0.40	J	1.416	1.135	0.790	0.600	0.513	0.396
	Q	0.375	0.547	1.018	1.633	2.130	3.322
0.50	J	2.140	1.715	1.194	0.906	0.776	0.599
	Q	0.468	0.684	1.272	2.041	2.663	4.153
0.60	J	3.000	2.404	1.674	1.270	1.088	0.839
	Q	0.562	0.821	1.527	2.450	3.195	4.984
0.70	J	3.991	3.198	2.227	1.690	1.447	1.117
	Q	0.656	0.958	1.781	2.858	3.728	5.814
0.80	J	5.110	4.096	2.852	2.164	1.854	1.430
	Q	0.749	1.095	2.036	3.266	4.261	6.645
0.90	J	6.356	5.094	3.547	2.692	2.305	1.779
	Q	0.843	1.232	2.290	3.675	4.793	7.475
1.00	J	7.725	6.192	4.311	3.272	2.802	2.162
	Q	0.937	1.368	2.545	4.083	5.326	8.306
1.10	J	9.217	7.387	5.144	3.904	3.343	2.579
	Q	1.030	1.505	2.799	4.491	5.858	9.137
1.20	J	10.829	8.679	6.043	4.586	3.928	3.030
	Q	1.125	1.642	3.054	4.899	6.391	9.967
1.30	J	12.559	10.066	7.009	5.319	4.555	3.515
	Q	1.218	1.779	3.308	5.308	6.923	10.798
1.40	J	14.406	11.546	8.040	6.102	5.225	4.032
	Q	1.311	1.916	3.563	5.716	7.456	11.628

ตารางผนวกที่ จ1 (ต่อ)

V (m/s)	เส้นผ่าศูนย์กลางภายใน						
	mm.	18.2	22	30	38	43.4	54.2
	in.	1/2	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2
1.50	J	16.370	13.120	9.136	6.933	5.937	4.581
	Q	1.405	2.053	3.817	6.124	7.988	12.459
1.60	J	18.448	14.786	10.296	7.814	6.691	5.163
	Q	1.498	2.190	4.072	6.533	8.521	13.290
1.70	J	20.640	16.543	11.519	8.742	7.486	5.776
	Q	1.592	2.326	4.326	6.941	9.054	14.120
1.80	J	22.945	18.390	12.805	9.718	8.322	6.421
	Q	1.686	2.463	4.580	7.349	9.586	14.951
1.90	J	25.362	20.327	14.154	10.742	9.199	7.097
	Q	1.779	2.600	4.835	7.757	10.119	15.781
2.00	J	27.889	22.353	15.564	11.812	10.115	7.805
	Q	1.873	2.737	5.089	8.166	10.651	16.612

หมายเหตุ J หน่วย เมตร/100 เมตร

Q หน่วย ลบ.ม./ชม.

ตารางผนวกที่ ๑2 ค่าสัมประสิทธิ์ตัวคูณลด (R.F) สำหรับค่าสูญเสียแรงดันในเส้นท่อแขนง

N	F_s	$F_{s/2}$	F_0	N	F_s	$F_{s/2}$	F_0
1	1.004	1.009	0.000	19	0.377	0.361	0.343
2	0.639	0.519	0.278	20	0.376	0.36	0.343
3	0.534	0.441	0.302	21	0.375	0.36	0.344
4	0.485	0.412	0.314	22	0.374	0.359	0.344
5	0.458	0.396	0.321	23	0.373	0.359	0.344
6	0.438	0.387	0.326	24	0.372	0.358	0.344
7	0.425	0.381	0.329	25	0.371	0.358	0.345
8	0.416	0.377	0.332	26	0.37	0.358	0.345
9	0.408	0.373	0.334	27	0.369	0.357	0.345
10	0.402	0.371	0.336	28	0.369	0.357	0.345
11	0.397	0.369	0.337	29	0.368	0.357	0.345
12	0.393	0.367	0.338	30	0.367	0.357	0.346
13	0.390	0.366	0.339	31	0.366	0.357	0.346
14	0.387	0.364	0.340	32	0.366	0.356	0.346
15	0.385	0.363	0.341	33	0.365	0.356	0.346
16	0.382	0.363	0.341	34	0.365	0.356	0.346
17	0.381	0.362	0.342	35	0.365	0.356	0.346
18	0.379	0.361	0.342	N>35	0.365	0.355	0.346

$$\begin{aligned} \text{Minor loss} &= 0.1H_f \\ &= 0.094 \text{ เมตร} \end{aligned}$$

ดังนั้นค่าการสูญเสียแรงดันในท่อ P.E. (จากจุด D ถึง จุด E) = 1.034 เมตร

5) คำนวณการสูญเสียแรงดันในระบบท่อทั้งหมด

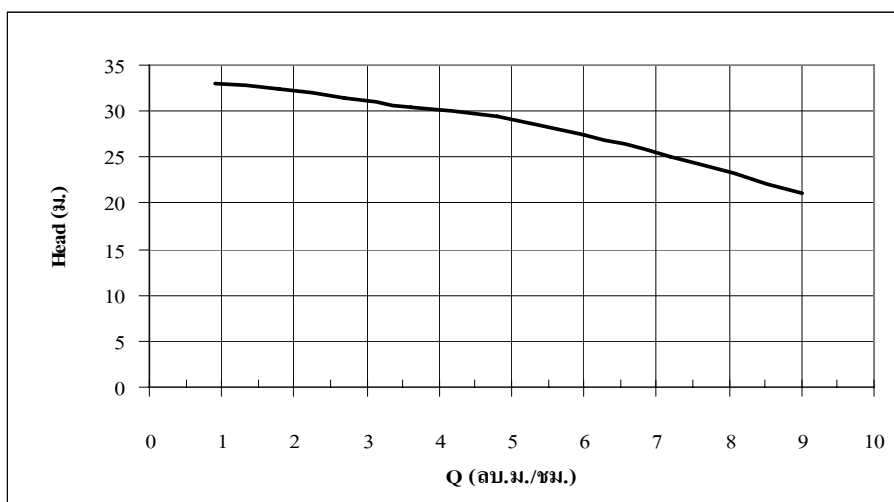
เมื่อหัวจ่ายน้ำอยู่สูงกว่าศูนย์กลางปั๊ม = 2 เมตร และแรงดันใช้งานของหัวจ่ายน้ำเท่ากับ 2 บาร์

$$\begin{aligned} \text{รวมทั้งหมด} &= 2.5718 + 0.0561 + 1.034 + 0.083 + 2 + 20 \text{ เมตร} \\ &= 24.71 \text{ เมตร} \end{aligned}$$

6) เลือกขนาดปั๊มสำหรับระบบจ่ายน้ำ

$$\begin{aligned} \text{ขนาดปั๊ม} &= \frac{6.3 \times 24.71}{(273 \times 0.55)} \text{ แรงม้า} \\ &= 1.04 \text{ แรงม้า} \end{aligned}$$

เลือกปั๊มโดยพิจารณากราฟ Q-H ดังแสดงในภาพผนวกที่ ๑๔ สรุปเลือกปั๊ม ที่ Q = 6.3 ม.เฮด = 26.5 ม. ขนาด 1 แรงม้า 0.74 กิโลวัตต์



ภาพผนวกที่ ๑๔ กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง Q-H ของปั๊ม รุ่น BC10MB

7) ตรวจสอบแรงดันที่หัวจ่ายน้ำ

คำนวณเฮด ที่จุดพิจารณา ต่างๆ ได้ดังนี้

จุดพิจารณา	Hf รวม (ม.)	Head (ม.)
P		26.5
X	1.44	25.06
B	0.03	25.03
C	0.07	24.98
D	0.41	24.95
E	0.03	23.92

$$\begin{aligned}
 H_a &= \text{Head ที่จุด E} + 1/4H_f (\text{ช่วง E ถึง F}) \\
 &= 23.92 + 1/4 (1.03) \\
 &= 24.2 \Rightarrow \text{O.K. (} H_a \text{ ของหัวจ่ายน้ำกำหนดไว้ 2 บาร์)}
 \end{aligned}$$

และตรวจสอบ ΔH ที่หัวจ่ายน้ำในวาล์วเดียวกันต้องไม่เกิน 20%

$$\begin{aligned}
 \Delta H &= \text{Head ที่จุด C} - \text{Head ที่จุด E} \\
 &= 24.98 - 23.92 \\
 &= 1.06 \text{ คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ เท่ากับ } 4\% \text{ ซึ่งไม่เกิน } 20\%
 \end{aligned}$$

8) เลือกขนาดปั๊มสำหรับสูบน้ำจากแหล่งน้ำมาบ่อพัก (กรณีใช้น้ำจากแหล่งน้ำ)

ปริมาณน้ำที่ต้องการสูบต่อวัน เท่ากับ 37.8 ลบ.ม.

กำหนดสูบวันละ 2 ครั้ง และครั้งละ 2 ชม.

$$\text{ดังนั้น } Q = 9.45 \text{ ลบ.ม./ชม.}$$

$$\text{ความยาวท่อดูด} = 20 \text{ เมตร}$$

$$\text{ระยะดูด} = 1 \text{ เมตร } (\Delta E_1)$$

$$\text{เลือกขนาดท่อดูด PVC} = 2''$$

$$\text{ความยาวท่อจ่าย} = 1 \text{ เมตร}$$

$$\text{ระดับปลายท่อจ่ายสูงจากบ่อ} = 1.8 \text{ เมตร } (\Delta E_2)$$

$$\text{เลือกขนาดท่อจ่าย PVC} = 2'' \text{ (เส้นผ่าศูนย์กลางภายใน } 54.2 \text{ มม.)}$$

$$\text{จากสูตร } H_f = 1.13 \times 10^9 (Q/C)^{1.852} D^{-4.871} L$$

$$H_f = 0.577 \text{ เมตร}$$

$$\text{Minor loss} = 0.1 H_f$$

$$= 0.06 \text{ เมตร}$$

$$\text{รวม } H_f \text{ ทั้งหมด} = 0.63 \text{ เมตร}$$

$$\text{คำนวณ TDH} = \Delta E_1 + \Delta E_2 + H_f(\text{ท่อจุดและท่อจ่าย}) + (V^2/2g)$$

$$= 3.49 \text{ เมตร}$$

$$\text{ขนาดปั๊ม } H_p = 9.45 \times 3.49 / (273 \times 0.55) \text{ แรงม้า}$$

$$= 0.22 \text{ แรงม้า}$$

ดังนั้น เมื่อพิจารณา Q-H ของปั๊ม เลือกปั๊มรุ่น BN7/2M ขนาด 0.75 Hp 0.59 kW

3. การคำนวณการเลือกขนาดปั๊มและขนาดท่อของระบบการให้น้ำด้วยหัวจ่ายน้ำไมโครสเปรย์

จากผังระบบท่อของการให้น้ำด้วยหัวจ่ายน้ำไมโครสเปรย์ ดังแสดงในภาพผนวกที่ จ5 สามารถคำนวณขนาดปั๊มและขนาดท่อ ดังแสดงรายละเอียดการคำนวณได้ดังนี้

1) คำนวณค่าการสูญเสียแรงดันในท่อประธาน (จากจุด P ถึง จุด X)

พื้นที่ทั้งหมดมีโชนการส่งน้ำ 12 โชน ภายใน 1 โชน ประกอบด้วย

- มีท่อแขนง 5 สาย

- ท่อแขนง 1 สายมีหัวจ่ายน้ำ 46 หัว

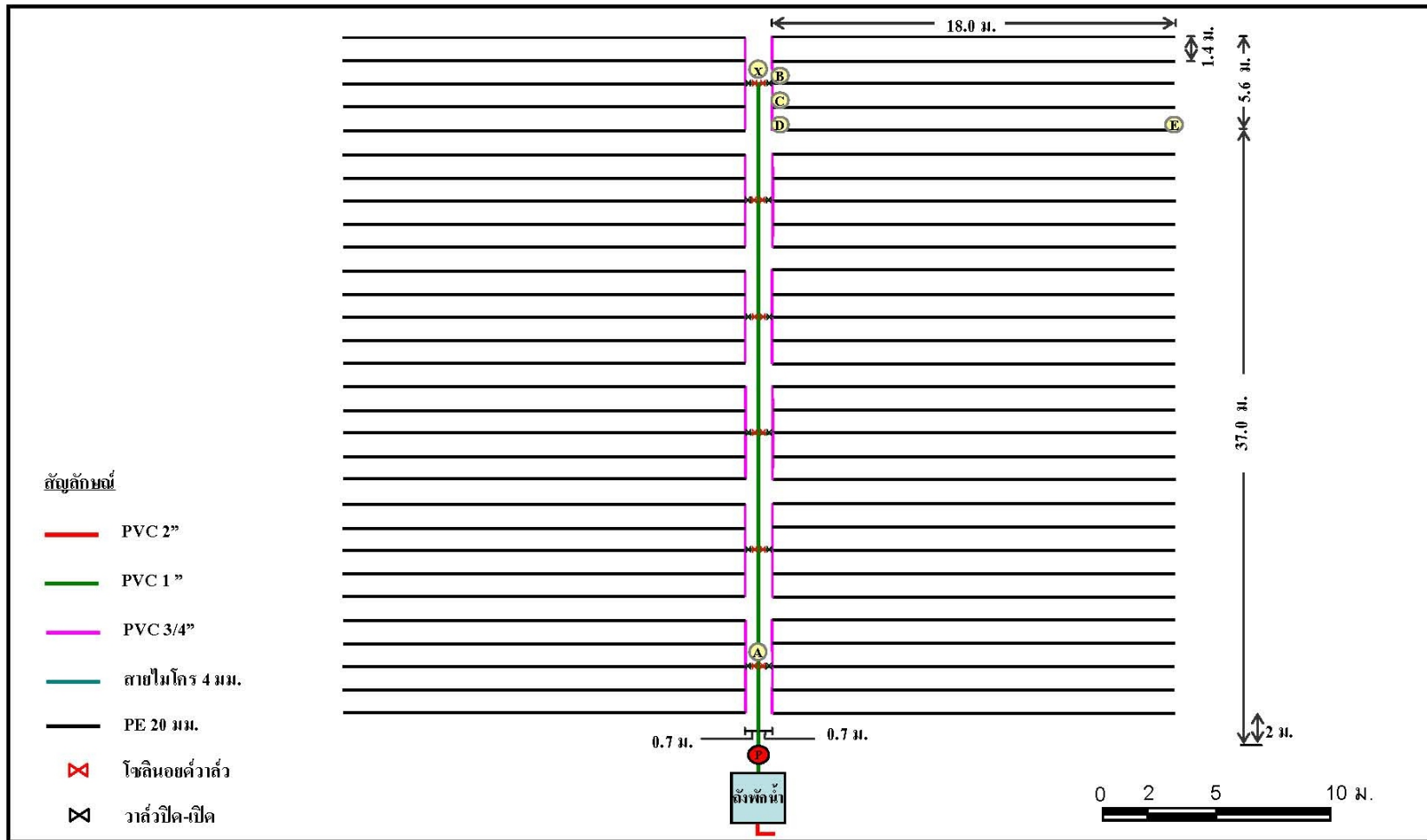
$$\text{ดังนั้นท่อแขนง 1 สายมี } Q = 1.012 \text{ ลบ.ม./ชม.}$$

$$\text{ความยาวท่อ} = 39.8 \text{ เมตร}$$

$$Q = 5 \text{ สาย} \times 1.012 \text{ ลบ.ม./ชม.}$$

$$= 5.06 \text{ ลบ.ม./ชม.}$$

เลือกท่อ PVC ขนาด 1" (เส้นผ่าศูนย์กลางภายใน 30 มม.)



ภาพผนวกที่ ๕ ผังระบบท่อของการให้น้ำด้วยหัวจ่ายน้ำไมโครสเปรย์

$$\begin{aligned}
 H_f &= 1.13 \times 10^9 (Q/C)^{1.852} D^{-4.871} L \\
 &= 6.129 \text{ เมตร} \\
 \text{Minor loss} &= 0.1 H_f \\
 &= 0.613 \text{ เมตร}
 \end{aligned}$$

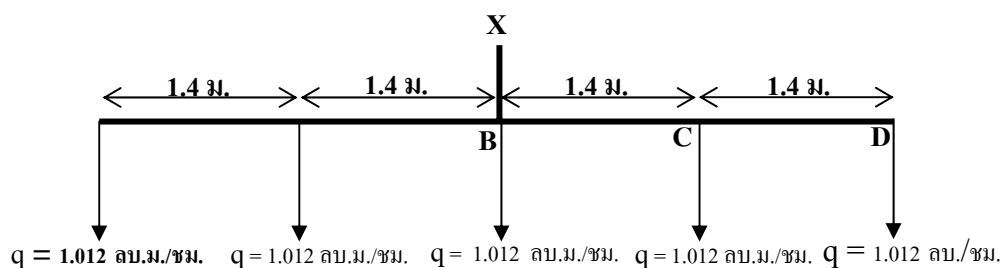
ค่าการสูญเสียแรงดันรวมทั้งท่อประชน (จากจุด P ถึง จุด X) = 6.742 เมตร

2) คำนวณค่าการสูญเสียแรงดันในท่อรองประชน (จากจุด X ถึง จุด B)

$$\begin{aligned}
 \text{ความยาวท่อ} &= 0.7 \text{ เมตร} \\
 Q &= 5.06 \text{ ลบ.ม./ชม.} \\
 \text{เลือกท่อ PVC ขนาด 1"} & \text{ (เส้นผ่าศูนย์กลางภายใน 30 มม.)} \\
 H_f &= 0.108 \text{ เมตร} \\
 \text{Minor loss} &= 0.1 H_f \\
 &= 0.011 \text{ เมตร}
 \end{aligned}$$

ค่าการสูญเสียแรงดันรวมในท่อประชน (จากจุด P ถึง จุด X) = 0.119 เมตร

3) คำนวณค่าการสูญเสียแรงดันในท่อรองประชนย่อย (จากจุด B ถึง จุด D)



สามารถคำนวณค่าการสูญเสียแรงดันได้ดังนี้

ช่วง	Q (ลบ.ม./ชม.)	D (มม.)	L (ม.)	J	V (ม./วินาที)	H _f (ม.)	Minor loss (ม.)	H _f รวม (ม.)
B-C	2.024	22	1.4	12.787	1.5	0.179	0.018	0.197
C-D	1.012	22	1.4	3.552	0.8	0.050	0.005	0.055
รวม								0.252

4) คำนวณค่าการสูญเสียแรงดันในท่อ P.E. (จากจุด D ถึง จุด E)

หัวจ่ายน้ำด้วยอัตรา 22 ลิตร/ชม. ที่แรงดัน 3 บาร์ มีจำนวน 46 หัวต่อ P.E.1 สาย

$$\begin{aligned} \text{ความยาวท่อ} &= 18 \quad \text{เมตร} \\ Q &= 46 \times 0.022 \quad \text{ลบ.ม./ชม.} \\ &= 1.012 \quad \text{ลบ.ม./ชม.} \end{aligned}$$

จากสูตร $H_f = F_s JL/100$
เลือก ท่อ P.E. ขนาด 25 มม. และเลือกค่า J จากตารางผนวกที่ จ1

$$J = 15.731$$

ใช้ค่า F_s จากตารางผนวกที่ จ2

$$\begin{aligned} F_s &= 0.365 \\ H_f &= 0.365 \times 15.731 \times 18/100 \\ &= 1.033 \quad \text{เมตร} \\ \text{Minor loss} &= 0.1H_f \\ &= 0.10 \quad \text{เมตร} \end{aligned}$$

ดังนั้นค่าการสูญเสียแรงดันในท่อ P.E. (จากจุด D ถึง จุด E) = 1.133 เมตร

5) ค่าการสูญเสียแรงดันในท่อไมโคร (ท่อ Riser ต่อกับหัวจ่ายน้ำ) เส้นผ่าศูนย์กลางภายใน 4 มม. ความยาว 1.10 เมตร ดังนั้นค่าการสูญเสียแรงดันในท่อไมโครเท่ากับ 0.144 เมตร

6) ค่าการสูญเสียแรงดันเนื่องจากเวนทูรีป้อนสำหรับผสมปุ๋ย เมื่อแรงดันเข้า 4.5 บาร์ แรงดันออก 3.75 บาร์ มีการสูญเสียแรงดันเท่ากับ 7.5 เมตร

7) คำนวณค่าการสูญเสียแรงดันในระบบท่อรวมทั้งหมด

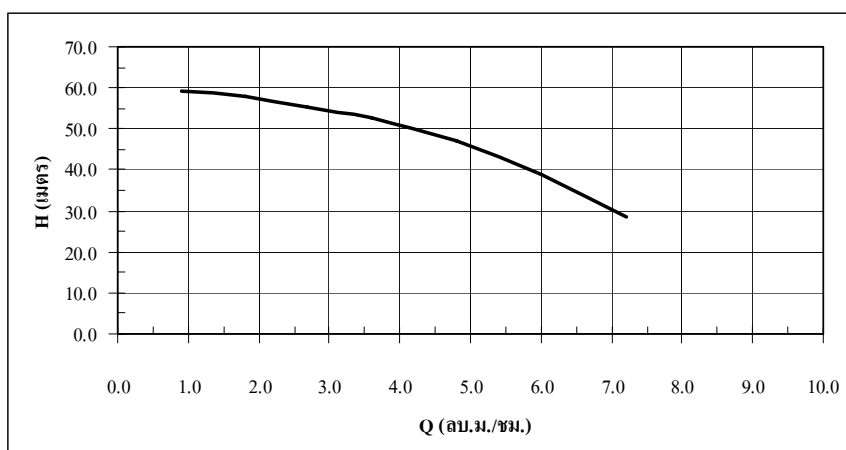
$$\text{รวมค่าการสูญเสียแรงดันในท่อทั้งหมด} = 15.89 \quad \text{เมตร}$$

8) หัวจ่ายน้ำมีแรงดันใช้งาน 3 บาร์ ดังนั้นที่หัวจ่ายน้ำต้องการแรงดันเท่ากับ 30 เมตร

9) เลือกขนาดปั๊มสำหรับระบบจ่ายน้ำ

$$\begin{aligned} \text{ขนาดปั๊ม} &= 5.06 \times 45.89 / (273 \times 0.55) \\ &= 1.55 \quad \text{แรงม้า} \end{aligned}$$

เลือกปั๊มโดยพิจารณากราฟ Q-H ดังแสดงในภาพผนวกที่ ๖6 สรุปเลือกปั๊ม ที่ Q = 5.06 ม.เฮด = 46 ม. ขนาด 2.2 แรงม้า 1.65 กิโลวัตต์



ภาพผนวกที่ ๖6 กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง Q-H ของปั๊ม รุ่น BB220

ที่มา: BRUNOPUMP.COM

10) ตรวจสอบแรงดันที่หัวจ่ายน้ำ

คำนวณเฮด ที่จุดพิจารณา ต่างๆ ได้ดังนี้

จุดพิจารณา	Hf รวม (ม.)	Head (ม.)	หมายเหตุ
P		46	
X	6.742+7.5	31.76	รวมค่าการสูญเสียแรงดันที่ เวนทูรีปั๊ม
B	0.119	31.64	
C	0.197	31.56	
D	0.055	31.51	
E	1.133	30.38	

$$\begin{aligned}
 H_a &= \text{เฮด ที่จุด E} + 1/4H_f (\text{ช่วง D ถึง E}) \\
 &= 30.38 + 1/4 (1.137) \\
 &= 30.52 \Rightarrow \text{O.K. (Ha ของหัวจ่ายน้ำกำหนดไว้ 3 บาร์)}
 \end{aligned}$$

และตรวจสอบ ΔH ที่หัวจ่ายน้ำในวาล์วเดียวกันต้องไม่เกิน 20%

$$\begin{aligned}
 \Delta H &= \text{เฮดที่จุด B} - \text{เฮดที่จุด E} \\
 &= 31.64 - 30.38 \\
 &= 1.26 \text{ คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ เท่ากับ } 4\% \text{ ซึ่งไม่เกิน } 20\%
 \end{aligned}$$

11) เลือกขนาดปั๊มสำหรับสูบน้ำจากแหล่งน้ำมาบ่อกัก (กรณีใช้น้ำจากแหล่งน้ำ)

ปริมาณน้ำที่ต้องการสูบน้ำต่อวัน เท่ากับ 12.14 ลบ.ม.

กำหนดสูบน้ำวันละ 1 ครั้ง ครั้งละ 50 นาที

$$\text{ดังนั้น } Q = 7.2 \text{ ลบ.ม./ชม.}$$

$$\text{ความยาวท่อดูด} = 20 \text{ เมตร}$$

$$\text{ระยะดูด} = 1 \text{ เมตร } (\Delta E_1)$$

$$\text{เลือกขนาดท่อดูด PVC} = 1 \text{ “}$$

$$\text{ความยาวท่อจ่าย} = 1 \text{ เมตร}$$

$$\text{ระดับปลายท่อจ่ายสูงจากบ่อกัก} = 1.7 \text{ เมตร } (\Delta E_2)$$

$$\text{เลือกขนาดท่อจ่าย PVC} = 1 \text{ ” (เส้นผ่าศูนย์กลาง 30 มม.)}$$

$$\text{จากสูตร } H_f = 1.13 \times 10^9 \times (Q/C)^{1.852} D^{-4.871} L$$

$$H_f = 6.72 \text{ เมตร}$$

$$\text{Minor loss} = 0.1H_f$$

$$= 0.67 \text{ เมตร}$$

$$\text{รวม } H_f \text{ ทั้งหมด} = 7.392 \text{ เมตร}$$

$$\text{คำนวณ Total Dynamic Head (TDH)} = 10.22 \text{ เมตร}$$

$$\text{ขนาดปั๊ม } H_p = 7.2 \times 10.22 / (273 \times 0.55) \quad \text{แรงม้า}$$

$$= 0.49 \text{ แรงม้า}$$

ดังนั้น เมื่อพิจารณา Q-H ของปั๊ม เลือกปั๊มรุ่น BR100 (1 ½ " x 1 ½ ") 1 Hp 0.74 Kw
 $Q_{max} = 16.8$ ลบ.ม./ชม. ที่ Head 10.5 ม.

4. การคำนวณค่าใช้จ่ายรายเดือนของระบบการให้น้ำด้วยสายยาง หัวจ่ายน้ำมินิสปริงเกอร์ และหัวจ่ายน้ำไมโครสเปร์ย์

4.1 การคำนวณค่าใช้จ่ายรายเดือนของระบบการให้น้ำด้วยสายยาง ในพื้นที่ 1 ไร่

1) การคำนวณค่าใช้จ่ายในการให้น้ำ

จากการสอบถามข้อมูลจากฟาร์มกล้วยไม้ มีข้อมูลดังนี้

ก) ใช้น้ำปุ๋ยประมาณ 400-440 ลิตรต่อการให้น้ำ 1 ครั้งและใช้ปุ๋ย 1.3 กิโลกรัม
 ให้น้ำอาทิตย์ละครั้งต่อพื้นที่ 1 ไร่ สลับระหว่างสูตรเสมอ (20-20-20) กับสูตรเร่งดอก (10-52-17)

ข) ใช้แรงงานคนฉีดปุ๋ยสำหรับพื้นที่ 1 ไร่ ใช้เวลาฉีดปุ๋ย 3-4 ชม.

1.1) ค่าแรงของคนในการฉีดปุ๋ย

เลือกใช้ปั๊มสามสูบในการให้น้ำ ขนาด 1 แรงม้า 0.74 กิโลวัตต์ จ่ายน้ำด้วยอัตรา 8 ลิตร/นาที (ขนาดเล็กที่สุด) และจากเวลาในการให้น้ำจากข้อมูลข้างต้น พบว่าแรงงานคน 1 คน พื้นที่ 1 ไร่ ใช้เวลาฉีดปุ๋ย 140 นาที ด้วยอัตราการจ่ายน้ำของปั๊ม น้ำปุ๋ย 440 ลิตร ใช้เวลาฉีดปุ๋ยทั้งสิ้น 55 นาที ดังนั้นต้องใช้แรงงานคน 2 คน เพื่อฉีดปุ๋ยสำหรับพื้นที่ 1 ไร่ให้เสร็จเรียบร้อยภายใน 55 นาที

แต่เนื่องจากแรงงานที่ฉีดปุ๋ย สามารถใช้แรงงานเดียวกับแรงงานในการรดน้ำได้ จึงไม่มีค่าใช้จ่ายในส่วนนี้

1.2) ค่าปุ๋ย

ข้อมูลราคาปุ๋ยใช้จากการเฉลี่ยจากปุ๋ยเกรดยี่ห้อต่างๆ ดังแสดงในตาราง

ผนวกที่ จ3

ตารางผนวกที่ จ3 ราคาปุ๋ยต่อกก.จากปุ๋ยยี่ห้อต่างๆ

แหล่งที่มา	ราคา (บาทต่อกก.)	
	สูตร 20-20-20	สูตร 10-52-17
ปุ๋ยไบโอพลัส	72	72
ปุ๋ยสยามแอ็ก	60	64
ปุ๋ยโกรแม็กซ์	200	200
ปุ๋ยโพคอน	350	350
เฉลี่ยแต่ละสูตร	170.5	171.5
เฉลี่ยทั้งหมด	171.0	

สรุปใช้ค่าปุ๋ย	= 171	บาท/กก.
ค่าปุ๋ย	= 171 x 1.333 x 30/7	บาท/เดือน
	= 976.9	บาท/เดือน
รวมค่าใช้จ่ายในการให้ปุ๋ย	= 977	บาท/เดือน

2) ค่าไฟฟ้า

2.1) ปริมาณการใช้ไฟจากการสูบน้ำจากแหล่งน้ำไปยังบ่อพัก

ใช้ปั๊ม 0.59 kW ปริมาณน้ำที่ต้องการสูบ 38 ลบ.ม./วัน

กำหนดสูบน้ำวันละ 2 ครั้งๆ ละ 2 ชม.

คิดเป็นปริมาณการใช้ไฟ = 70.8 ยูนิต/เดือน

2.2) ปริมาณการใช้ไฟจากการปุ๋ย

ใช้ปั๊มขนาด 0.74 kW ให้ปุ๋ยเป็นระยะเวลา 55 นาทีต่อครั้ง

คิดเป็นปริมาณการใช้ไฟ = 0.74 x (55/60) x 30/7 ยูนิต/เดือน

= 2.9 ยูนิต/เดือน

2.3) ปริมาณการใช้ไฟจากการให้น้ำ

ใช้ปั๊มขนาด 0.74 kW ใช้เวลา 3 ชม.ต่อครั้ง (จากการสอบถามต่อพื้นที่ 1 ไร่) เวลาในการให้น้ำคือตอนเช้าและเย็น

คิดเป็นปริมาณการใช้ไฟ = 133.2 หน่วย/เดือน

กรณีใช้น้ำจากแหล่งน้ำปริมาณการใช้ไฟฟ้ารวม 206.9 หน่วย/เดือน

กรณีใช้น้ำประปาปริมาณการใช้ไฟฟ้ารวม 136.1 หน่วย/เดือน

ดังนี้

และจากข้อมูลการคิดค่าไฟของการไฟฟ้า ประเภทที่อยู่อาศัย มีหลักการคิด

5 หน่วย(กิโลวัตต์ชั่วโมง)แรก(หน่วยที่1-5)หน่วยละ 0.00 บาท

10 หน่วยต่อไป(หน่วยที่ 6-15)หน่วยละ 1.36 บาท

10 หน่วยต่อไป(หน่วยที่ 16-25)หน่วยละ 1.54 บาท

10 หน่วยต่อไป(หน่วยที่ 26-35)หน่วยละ 1.80 บาท

65 หน่วยต่อไป(หน่วยที่ 36-100)หน่วยละ 2.18 บาท

50 หน่วยต่อไป(หน่วยที่ 101-150)หน่วยละ 2.27 บาท

250 หน่วยต่อไป(หน่วยที่ 151-400)หน่วยละ 2.78 บาท

เกินกว่า 400 หน่วยขึ้นไป หน่วยละ 2.98 บาท

และค่าบริการรายเดือน 8.19 บาท

ดังนั้นค่าไฟฟ้าของระบบการให้น้ำด้วยสายยาง (ใช้น้ำจากแหล่งน้ำ)

= 469 บาท/เดือน

ดังนั้นค่าไฟฟ้าของระบบการให้น้ำด้วยสายยาง (ใช้น้ำประปา)

= 279 บาท/เดือน

3) ค่าน้ำ

3.1) กรณีใช้น้ำจากแหล่งน้ำ

น้ำจากแหล่งน้ำ หมายถึง น้ำจากคลองชลประทานหรือคลองธรรมชาติ
ดังนั้นจึงไม่มีค่าใช้จ่ายของค่าน้ำในกรณีนี้

3.2) กรณีใช้น้ำประปา

กรณีนี้สำหรับพื้นที่ที่อยู่ไกลจากแหล่งน้ำ แต่สามารถรับน้ำได้จากการประปา นครหลวงหรือประปาหมู่บ้าน ดังนั้นค่าน้ำประปาใช้อัตราของประปาหมู่บ้าน คือ 3.50 บาท/ลบ.ม.

$$\begin{aligned} \text{ปริมาณน้ำที่สูบต่อเดือน} &= 1,140 \quad \text{ลบ.ม.} \\ \text{ดังนั้นค่าน้ำจากการใช้น้ำประปา} &= 3,990 \quad \text{บาท/เดือน} \end{aligned}$$

4) ค่าแรงงานคนรดน้ำ

จากการสอบถามสวนเครือวัลย์พันธุ์ไม้ และสวนมณฑา ซึ่งมีพื้นที่ 200 ตารางวา ใช้แรงงานคนรดน้ำจำนวน 1 คน ใช้เวลา 3 ชม. ดังนั้นในพื้นที่ 1 ไร่ ต้องใช้แรงงานจำนวน 2 คน และใช้เวลารดน้ำ 3 ชม. น้ำ ส่วนค่าจ้างพิจารณาจากค่าเฉลี่ยของอัตราค่าจ้างขั้นต่ำในเขตพื้นที่ที่มีปลูกกล้วยไม้กันมาก ดังแสดงรายละเอียดไว้แล้วในหัวข้อ "การคำนวณค่าใช้จ่ายในการให้ปุ๋ย"

$$\begin{aligned} \text{ดังนั้นค่าใช้จ่ายสำหรับแรงงานคนรดน้ำ} &= 2 \times 172 \times 30 \quad \text{บาท/เดือน} \\ &= 10,320 \quad \text{บาท/เดือน} \end{aligned}$$

5) ค่าแรงงานดูแลระบบการให้น้ำ

ระบบการให้น้ำด้วยสายยางไม่มีค่าใช้จ่ายในส่วนนี้ เนื่องจากสามารถใช้แรงงานเดียวกันกับคนรดน้ำได้

6) ค่าใช้จ่ายในการเปลี่ยนอุปกรณ์

ระบบการให้น้ำด้วยสายยางไม่มีค่าใช้จ่ายในการเปลี่ยนอุปกรณ์

4.2 รายการคำนวณรายจ่ายรายเดือนของระบบให้น้ำด้วยหัวจ่ายน้ำมินิสปริงเกอร์ ในพื้นที่

1 ไร่

1) การคำนวณค่าใช้จ่ายในการให้ปุ๋ย

1.1) ค่าแรงของคนในการฉีดปุ๋ย

การให้ปุ๋ยจะใช้ปั๊มในการฉีดปุ๋ยและใช้แรงงานคนในการฉีดปุ๋ยเช่นเดียวกับระบบให้น้ำด้วยสายยาง ซึ่งใช้แรงงานในการฉีดปุ๋ยสำหรับพื้นที่ 1 ไร่ เท่ากับ 2 คนต่อครึ่ง ส่วนอัตราค่าจ้างจะพิจารณาเป็นอัตราค่าจ้างขั้นต่ำในจังหวัดที่มีการทำฟาร์มกล้วยไม้ คือ จังหวัด นครปฐม ราชบุรี สมุทรสาคร นนทบุรี พระนครศรีอยุธยา และกำแพงเพชร ซึ่งมีค่าเฉลี่ยของค่าแรงขั้นต่ำดังในตารางผนวกที่ จ4

ตารางผนวกที่ จ4 อัตราค่าจ้างขั้นต่ำในจังหวัดที่มีการทำฟาร์มกล้วยไม้

จังหวัด	อัตราค่าจ้างขั้นต่ำ (บาท/วัน)
นครปฐม	191
นนทบุรี	191
สมุทรสาคร	191
พระนครศรีอยุธยา	160
ราชบุรี	154
กำแพงเพชร	147
ค่าเฉลี่ย	172.3

ที่มา: กระทรวงแรงงาน , พ.ศ.2549

$$\begin{aligned}
 & \text{ใช้ค่าจ้างในการฉีดปุ๋ยเท่ากับ } 172 \quad \text{บาท/วัน} \\
 & \text{จากข้อมูลให้ปุ๋ยสัปดาห์ละครั้งดังนั้น ใน 1 เดือนมีค่าใช้จ่าย} \\
 & \text{ค่าแรงคนฉีดปุ๋ย} = 172 \times 2 \times 4 \quad \text{บาท/เดือน} \\
 & = 1,376 \quad \text{บาท/เดือน}
 \end{aligned}$$

1.2) ค่าปุ๋ย

ปริมาณปุ๋ยที่ใช้เท่ากับการให้น้ำด้วยสายยาง ดังนั้น ค่าปุ๋ย

$$= 977 \quad \text{บาท/เดือน}$$

$$\text{รวมค่าใช้จ่ายในการให้ปุ๋ย} = 2,353 \quad \text{บาท/เดือน}$$

2) ค่าไฟฟ้า

2.1) ปริมาณการใช้ไฟจากการสูบน้ำจากแหล่งน้ำไปยังบ่อพัก

ใช้ปั๊มขนาด 0.59 kW ปริมาณน้ำที่ต้องการสูบ 37.8 ลบ.ม./วัน กำหนดสูบน้ำวันละ 2 ครั้งๆละ 2 ชม.

$$\text{คิดเป็นปริมาณการใช้ไฟ} = 70.8 \quad \text{ยูนิต/เดือน}$$

2.2) ปริมาณการใช้ไฟจากการปุ๋ย

ใช้ปั๊มขนาด 0.74 kW ให้ปุ๋ยเป็นระยะเวลา 55 นาทีต่อครั้ง

$$\text{คิดเป็นปริมาณการใช้ไฟ} = 0.74 \times (55/60) \times 30/7 \quad \text{ยูนิต/เดือน}$$

$$= 2.9 \quad \text{ยูนิต/เดือน}$$

2.3) ปริมาณการใช้ไฟจากการให้น้ำ

ใช้ปั๊มขนาด 0.74 kW พื้นที่แบ่งเป็น 12 โซน ให้น้ำโซนละ 15 นาทีเช้าและเย็น

$$\text{คิดเป็นปริมาณการใช้ไฟ} = 0.74 \times (30/60) \times 12 \times 30 \quad \text{ยูนิต/เดือน}$$

$$= 133.2 \quad \text{ยูนิต/เดือน}$$

$$\text{กรณีใช้น้ำจากแหล่งน้ำปริมาณการใช้ไฟฟ้ารวม} \quad 206.9 \quad \text{ยูนิต/เดือน}$$

$$\text{กรณีใช้น้ำประปาปริมาณการใช้ไฟฟ้ารวม} \quad 136.1 \quad \text{ยูนิต/เดือน}$$

ดังนั้น ค่าไฟฟ้าของระบบการให้น้ำด้วยหัวจ่ายน้ำมินิสปริงเกอร์ (ใช้น้ำจากแหล่งน้ำ) = 469 บาท/เดือน

ดังนั้น ค่าไฟฟ้าของระบบการให้น้ำด้วยหัวจ่ายน้ำมินิสปริงเกอร์ (ใช้น้ำประปา) = 279 บาท/เดือน

3) ค่าน้ำ

3.1) กรณีใช้น้ำจากแหล่งน้ำ

น้ำจากแหล่งน้ำ หมายถึง น้ำจากคลองชลประทานหรือคลองธรรมชาติ ดังนั้นจึงไม่มีค่าใช้จ่ายของค่าน้ำในกรณีนี้

3.2) กรณีใช้น้ำประปา

กรณีนี้สำหรับพื้นที่ที่อยู่ไกลจากแหล่งน้ำ แต่สามารถรับน้ำได้จากการประปานครหลวงหรือประปาหมู่บ้าน ดังนั้นค่าน้ำประปาใช้อัตราของประปาหมู่บ้าน

ปริมาณน้ำที่สูบต่อเดือน = 1,134 ลบ.ม.

ดังนั้นค่าน้ำจากการใช้น้ำประปา = 3,969 บาท/เดือน

4) ค่าแรงงานคนรดน้ำ

ระบบการให้น้ำด้วยหัวจ่ายน้ำมินิสปริงเกอร์ไม่มีค่าใช้จ่ายของแรงงานคนรดน้ำ

5) ค่าแรงงานดูแลระบบการให้น้ำ

ระบบการให้น้ำด้วยหัวจ่ายน้ำมินิสปริงเกอร์มีค่าใช้จ่ายของแรงงานคนดูแลระบบ ในการปิด-เปิดระบบ จำนวน 1 คน ดังนั้นค่าใช้จ่ายของแรงงาน เท่ากับ $172 \times 30 = 5,160$ บาท/เดือน

6) ค่าใช้จ่ายในการเปลี่ยนอุปกรณ์

กำหนดอายุใช้งานของหัวจ่ายน้ำไว้ที่ 24 เดือน เมื่อถึงเดือนที่ 24 จึงมีค่าใช้จ่ายในการเปลี่ยนหัวจ่ายน้ำเท่ากับ 10,800 บาท

4.3 รายการคำนวณรายจ่ายรายเดือนของระบบให้น้ำด้วยหัวจ่ายน้ำไมโครสเปร์ย์ในพื้นที่ 1 ไร่

1) การคำนวณค่าใช้จ่ายในการให้น้ำปุ๋ย

จากการสอบถามข้อมูลจากฟาร์มกล้วยไม้ ใช้น้ำปุ๋ยปริมาณ 440 ลิตรต่อการให้น้ำ
ปุ๋ย 1 ครั้งให้น้ำอาทิตย์ละครั้ง ปุ๋ยสูตร 20-20-20 ใช้น้ำปุ๋ย 1.33 กก. คิดเป็นความเข้มข้นของสารละลาย
ปุ๋ย เท่ากับ 1,814 ppm (จากการสอบถามนักวิชาการเกษตร พบว่าความเข้มข้นของสารละลายปุ๋ย
สำหรับกล้วยไม้สกุลแวนด้า เมื่อน้ำปุ๋ย 7 วันครั้ง ประมาณ 1,800 -2,400 ppm) และเมื่อพิจารณา
ปริมาณการสูญเสียในการจ่ายปุ๋ยสำหรับวิธีการให้น้ำในปัจจุบัน (59%) พบว่าเนื้อปุ๋ยที่ติดค้างอยู่ที่
กล้วยไม้ เท่ากับ 327 กรัม

ดังนั้นเมื่อต้องการให้น้ำปุ๋ยไปพร้อมกับการให้น้ำ คือ วันละ 4 ครั้งต้องทำการ
เจือจางสารละลายปุ๋ย ดังนี้

$$\begin{aligned}\text{สารละลายปุ๋ยมีความเข้มข้น} &= 1,814 / 7/4 \text{ ppm} \\ &= 64.8 \text{ ppm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{ในการให้น้ำแต่ละครั้งใช้น้ำ} & 3,036 \text{ ลิตร จึงต้องมีปุ๋ยเท่ากับ} \\ &= 3.036 \times 64.8 \text{ กรัม} \\ &= 196.7 \text{ กรัม}\end{aligned}$$

เมื่อพิจารณาปริมาณการสูญเสียในการให้น้ำด้วยหัวจ่ายน้ำไมโครสเปร์ย์(56%)
พบว่าเนื้อปุ๋ยที่ติดค้างอยู่ที่กล้วยไม้ เท่ากับ 2,423 กรัม/อาทิตย์ ซึ่งมากเกินไปเมื่อเทียบกับการให้น้ำ
ทั่วไป 327 กรัม (เมื่อน้ำปุ๋ย 1,800 ppm) ดังนั้นจึงต้องมีการเจือจางสารละลายปุ๋ยอีกเพื่อให้
ปริมาณเนื้อปุ๋ยติดค้างที่กล้วยไม้ใกล้เคียงกับ 327 กรัม

$$\begin{aligned}\text{สารละลายปุ๋ยต้องมีความเข้มข้น} &= 2,423 \times 64.8 / 327 \text{ ppm} \\ &= 8.7 \text{ ppm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{ในการให้น้ำแต่ละครั้งใช้น้ำ} & 3,036 \text{ ลิตร จึงต้องมีปุ๋ยเท่ากับ} \\ &= 3.036 \times 8.7 \text{ กรัม} \\ &= 26.6 \text{ กรัม}\end{aligned}$$

เมื่อพิจารณาปริมาณการสูญเสียในการให้น้ำด้วยหัวจ่ายน้ำไมโครสเปร์ย์
(56%) พบว่าเนื้อปุ๋ยที่ติดค้างอยู่ที่กล้วยไม้ เท่ากับ 327 กรัม/อาทิตย์ ต้องใช้น้ำปุ๋ยในการผสมเท่ากับ

= (26.6 x 4)/0.60 ; 0.60 คือ มีธาตุอาหาร 60 %

สำหรับสูตรปุ๋ย 20:20:20 ซึ่งเท่ากับ 177 กรัม/วัน

ในกรณีใช้ปุ๋ยสูตร 10-52-17 ใช้น้ำปุ๋ยปริมาณ 440 ลิตรต่อการให้ปุ๋ย 1 ครั้งให้ปุ๋ยอาทิตย์ละครั้ง ใช้ปุ๋ย 1.33 กก. เท่ากับสูตร 20-20-20 คิดเป็นความเข้มข้นของสารละลายปุ๋ยเท่ากับ 2,388 ppm และเมื่อพิจารณาปริมาณการสูญเสียในการจ่ายปุ๋ยสำหรับวิธีการให้ปุ๋ยในปัจจุบัน (59%) พบว่าเนื้อปุ๋ยที่ติดค้างอยู่ที่กล้วยไม้ เท่ากับ 431 กรัม

ดังนั้นเมื่อต้องการให้ปุ๋ยไปพร้อมกับการให้น้ำ คือ วันละ 4 ครั้งต้องทำการเจือจางสารละลายปุ๋ย ดังนี้

$$\begin{aligned} \text{สารละลายปุ๋ยมีความเข้มข้น} &= 2,388 / 7/4 \text{ ppm} \\ &= 85.3 \text{ ppm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ในการให้น้ำแต่ละครั้งใช้น้ำ} & 3,036 \text{ ลิตร จึงต้องมีปุ๋ยเท่ากับ} \\ &= 3.036 \times 85.3 \text{ กรัม} \\ &= 259 \text{ กรัม} \end{aligned}$$

เมื่อพิจารณาปริมาณการสูญเสียในการให้น้ำด้วยหัวจ่ายน้ำไมโครสเปร์ย(56%) พบว่าเนื้อปุ๋ยที่ติดค้างอยู่ที่กล้วยไม้ เท่ากับ 3,190 กรัม/อาทิตย์ ซึ่งมากเกินไปเมื่อเทียบกับการให้ปุ๋ยทั่วไป 431 กรัม ดังนั้นจึงต้องมีการเจือจางสารละลายปุ๋ยอีกเพื่อให้ปริมาณเนื้อปุ๋ยติดค้างที่กล้วยไม้ใกล้เคียงกับ 431 กรัม

$$\begin{aligned} \text{สารละลายปุ๋ยต้องมีความเข้มข้น} &= 3,190 \times 85.3/431 \text{ ppm} \\ &= 11.5 \text{ ppm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ในการให้น้ำแต่ละครั้งใช้น้ำ} & 3,036 \text{ ลิตร จึงต้องมีปุ๋ยเท่ากับ} \\ &= 3.036 \times 11.5 \text{ กรัม} \\ &= 35.0 \text{ กรัม} \end{aligned}$$

เมื่อพิจารณาปริมาณการสูญเสียในการให้น้ำด้วยหัวจ่ายน้ำไมโครสเปร์ย (56%) พบว่าเนื้อปุ๋ยที่ติดค้างอยู่ที่กล้วยไม้ เท่ากับ 431 กรัม/อาทิตย์ ต้องใช้ปุ๋ยในการผสมเท่ากับ

= (35.0 x 4)/0.79 ; 0.79 คือ มีธาตุอาหาร 79 %

สำหรับสูตรปุ๋ย 10:52:17 ซึ่งเท่ากับ 177 กรัม/วัน

สรุปว่าปริมาณปุ๋ยทั้งสองสูตรใช้ปริมาณปุ๋ยต่อวันเท่ากันคือ 177 กรัม/วัน

$$\text{ดังนั้นค่าปุ๋ย} = 0.177 \times 171 \times 30 \text{ บาท/เดือน}$$

$$= 908 \text{ บาท/เดือน}$$

2) ค่าไฟฟ้า

2.1) ปริมาณการใช้ไฟจากการสูบน้ำจากแหล่งน้ำไปยังบ่อพัก

ใช้ปั๊มขนาด 0.74 kW $Q = 16.8$ ลบ.ม./ชม. ปริมาณน้ำที่ต้องการสูบ
12.4 ลบ.ม./วัน ดังนั้น ใช้เวลาในการสูบเท่ากับ 50 นาที/วัน

$$\text{คิดเป็นปริมาณการใช้ไฟ} = 18.5 \quad \text{ยูนิต/เดือน}$$

2.2) ปริมาณการใช้ไฟจากการปั๊บน้ำ

เนื่องจากให้ปั๊บน้ำพร้อมกับระบบให้น้ำ จึงไม่มีค่าใช้จ่ายของค่าไฟฟ้าใน
การให้ปั๊บน้ำ

2.3) ปริมาณการใช้ไฟจากการให้น้ำ

ใช้ปั๊ม 1.65 kW พื้นที่แบ่งเป็น 12 โซนให้น้ำ โซนละ 3 นาที วันละ 4
ครั้ง

$$\begin{aligned} \text{คิดเป็นปริมาณการใช้ไฟ} &= 1.65 \times (12/60) \times 12 \times 30 \quad \text{ยูนิต/เดือน} \\ &= 118.8 \quad \text{ยูนิต/เดือน} \end{aligned}$$

ดังนั้นปริมาณการใช้ไฟฟ้ากรณีใช้น้ำจากแหล่งน้ำ 137.3 ยูนิต/เดือน

ปริมาณการใช้ไฟฟ้ากรณีใช้น้ำประปา 118.8 ยูนิต/เดือน

ดังนั้นค่าไฟฟ้าของระบบการให้น้ำด้วยหัวจ่ายน้ำไมโครสเปรย์ กรณีใช้น้ำจาก
แหล่งน้ำ 282 บาท/เดือน และกรณีใช้น้ำประปา 240 บาท/เดือน

3) ค่าน้ำ

3.1) กรณีใช้น้ำจากแหล่งน้ำ

น้ำจากแหล่งน้ำ หมายถึง น้ำจากคลองชลประทานหรือคลองธรรมชาติ
ดังนั้นจึงไม่มีค่าใช้จ่ายของค่าน้ำในกรณีนี้

3.2) กรณีใช้น้ำประปา

กรณีนี้สำหรับพื้นที่ที่อยู่ไกลจากแหล่งน้ำ แต่สามารถรับน้ำได้จากการ
ประปานครหลวงหรือประปาหมู่บ้าน ดังนั้นค่าน้ำประปาใช้อัตราของประปาหมู่บ้าน 3.50 บาท/
ลบ.ม.

ปริมาณน้ำที่สูบต่อเดือน = 364.3 ลบ.ม.

ดังนั้นค่าน้ำจากการใช้น้ำประปา = 1,275 บาท/เดือน

4) ค่าแรงงานคนรดน้ำ

ระบบการให้น้ำด้วยหัวจ่ายน้ำมินิสปริงเกอร์ ไม่มีค่าใช้จ่ายของแรงงานคนรด
น้ำ

5) ค่าแรงงานดูแลระบบการให้น้ำ

ระบบการให้น้ำด้วยหัวจ่ายน้ำไมโครสเปรย์มีค่าใช้จ่ายของแรงงานคนดูแล
ระบบ ในการปิด-เปิดระบบ และผสมปุ๋ย จำนวน 1 คน ดังนั้นค่าใช้จ่ายของแรงงาน เท่ากับ
 $172 \times 30 = 1,560$ บาท/เดือน

6) ค่าใช้จ่ายในการเปลี่ยนอุปกรณ์

กำหนดอายุใช้งานของหัวจ่ายน้ำไว้ที่ 24 เดือน เมื่อถึงเดือนที่ 24 จึงมี
ค่าใช้จ่ายในการเปลี่ยนหัวจ่ายน้ำเท่ากับ 41,400 บาท

ประวัติการศึกษา และการทำงาน

ชื่อ –นามสกุล	นางเบญจรงค์ ชัยโกศล
วัน เดือน ปี ที่เกิด	18 กรกฎาคม 2511
สถานที่เกิด	จังหวัดกรุงเทพมหานคร
ประวัติการศึกษา	วศ.บ. (วิศวกรรมชลประทาน) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน	วิศวกรแหล่งน้ำ/ชลประทาน
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	บริษัท มหานคร คอนซัลแตนท์ จำกัด