บทที่ 3

วิธีดำเนินการทดสอบ

เพื่อให้การทดลองดำเนินไปอย่างถูกต้องและประสบผลสำเร็จจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องทราบถึงแผนการดำเนินการ ตัวแปรที่ใช้ในการทดลอง วิธีการทดลอง และการวิเคราะห์ผลการทดลอง ซึ่งจะอธิบายในรายละเอียดดังนี้

3.1 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

3.1.1 เพื่อลดอุณหภูมิอากาศก่อนผ่านระบบทำความเย็นแบบระเหยที่ใช้สำหรับปลูกพืชไฮโดรโปนิกส์

3.1.2 เพื่อลดการใช้พลังงานไฟฟ้าของระบบระบายความร้อนธาตุอาหารเหลว สำหรับปลูกพืชไฮโดรโปนิกส์ โดยการติดตั้งท่อความร้อน

3.1.3 วิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ในการติดตั้งชุดท่อความร้อน

3.2 แผนการดำเนินงาน

3.2.1 เขียนโปรแกรมแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์เพื่อคำนวณหาขนาดของท่อความร้อนที่เหมาะสม สำหรับติดตั้งที่หน้าแผงทำความเย็นแบบระเหยของระบบปลูกพืชไฮโดรโปนิกส์ โดยมีเงื่อนไขเริ่มต้นที่ใช้คำนวณในโปรแกรม ดังนี้

เงื่อนไขการคำนวณท่อความร้อน

เพื่อให้ได้ขนาดของท่อความร้อนที่เหมาะสม จึงต้องทำการเปลี่ยนค่าตัวแปรในแบบจำลองดังต่อไปนี้

- ท่อทองแดงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก 0.01588, 0.02858, 0.04128 และ 0.05398 ม.
- ความยาวส่วนทำระเหยของท่อความร้อนยาวตั้งแต่ 0.6 ถึง 6.0 ม. โดยเพิ่มความยาวครั้งละ 0.2 ม.
- ไม่มีส่วนกันความร้อน

- ความยาวส่วนควบแน่นของท่อความร้อนยาวตั้งแต่ 0.2 ถึง 3.0 ม. โดยเพิ่มความยาวครั้งละ 0.2 ม.

- จำนวนท่อ 50 ถึง 2000 ท่อ โดยเพิ่มจำนวนท่อครั้งละ 50 ท่อ เนื่องจากคิดเป็นแถวโดยมีจำนวนท่อแถวละ 50 ท่อแล้วเพิ่มขึ้นทีละแถวไปเรื่อยๆ จนครบตามที่กำหนด

- การจัดเรียงท่อเป็นแบบเหลื่อมกัน คือ ระยะห่างระหว่างจุดศูนย์กลางท่อในแนวตั้งฉากกับการไหล (ST) และระยะห่างระหว่างจุดศูนย์กลางท่อในแนวการไหล (SL) ซึ่งมีค่า 2.5 ถึง 3.0 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางท่อ โดยเพิ่มค่าครั้งละ 0.5

- สารทำงานเป็น R134a และสัดส่วนการเติมเป็น 50% ของปริมาตรส่วนทำระเหย

จากข้อมูลเงื่อนไขเริ่มต้นของท่อความร้อนสามารถสรุปได้ดังตาราง 3.1

ตาราง 3.1 ตัวแปรเริ่มต้นของท่อความร้อน

ตัวแปร	ค่า
เส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก (ม.)	0.01588, 0.02858, 0.04128, 0.05398
ความยาวส่วนทำระเหย (ม.)	0.6 ถึง 6
ความยาวส่วนกันความร้อน (ม.)	0
ความยาวส่วนควบแน่น (ม.)	0.6 ถึง 3
จำนวนท่อ	50 ถึง 2000
สัดส่วนระยะห่างระหว่างจุดศูนย์กลางท่อในแนวตั้งฉากกับการไหลต่อเส้นผ่านศูนย์กลางท่อ (ST)	2.5 ถึง 3.0
สัดส่วนระยะห่างระหว่างจุดศูนย์กลางท่อในแนวการไหลต่อเส้นผ่านศูนย์กลางท่อ (SL)	2.5 ถึง 3.0
สารทำงาน	R134a
สัดส่วนการเติมสารทำงาน	50%
อัตราการไหลของระบบฉีดละอองน้ำ (ลิตร/นาที)	11

โรงเรือน

โรงเรือนที่ใช้ในการปลูกพืชไฮโดรโปรนิกส์เป็นแบบหลังคาหน้าจั่ว ขนาดโรงเรือนกว้าง 9 ม. และยาว 45 ม. โดยมีขนาดแผงทำความเย็นแบบทำระเหย สูง 2 ม. และกว้าง 7 ม. ซึ่งจะติดตั้งท่อความร้อนที่ตำแหน่งหน้าแผงทำความเย็นแบบทำระเหย เพื่อลดอุณหภูมิของอากาศก่อนผ่านระบบทำความเย็นแบบทำระเหย โดยมีตัวแปรที่ใช้เป็นเงื่อนไขเริ่มต้นในโปรแกรมหาขนาดที่เหมาะสมของท่อความร้อนดังตาราง 3.2

ตาราง 3.2 ตัวแปรเริ่มต้นของโรงเรือน

ตัวแปร	ค่า
อุณหภูมิอากาศภายนอกโรงเรือน (°C)	35
อุณหภูมิอากาศภายในโรงเรือน (°C)	20
ความกว้างแผงทำความเย็น (ม.)	7
ความสูงแผงทำความเย็น (ม.)	2
ความเร็วลมที่ไหลผ่านแผงทำความเย็น (ม./วินาที)	2

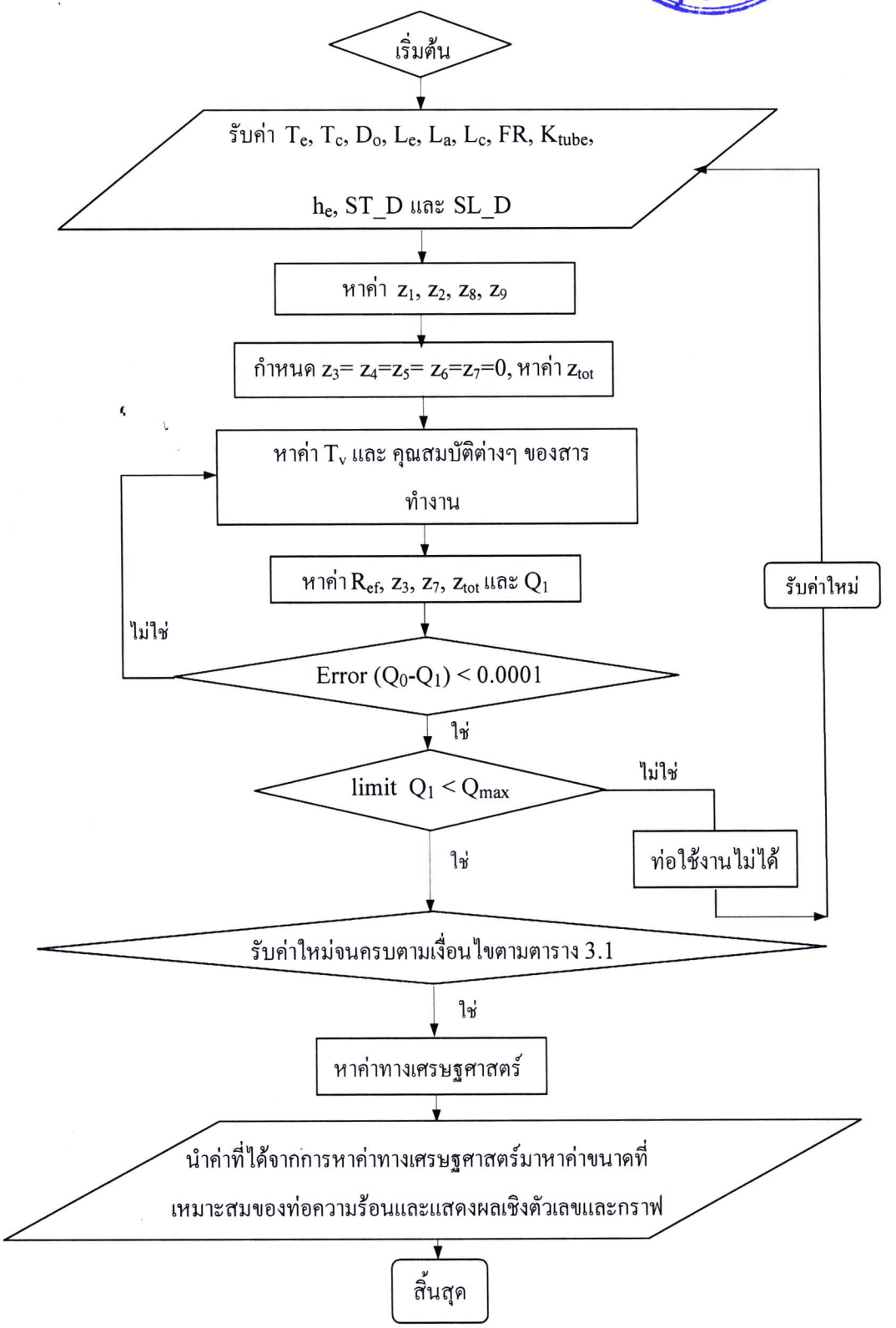
จากนั้นป้อนค่าตัวแปรในตาราง 3.1 และตาราง 3.2 ในโปรแกรมแบบจำลองคอมพิวเตอร์เพื่อหาขนาดที่เหมาะสมของท่อความร้อน โดยมีขั้นตอนการคำนวณดังรูป 3.1

โดยขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมมีดังนี้

- ป้อนค่าตัวแปรเพื่อใช้ในการคำนวณค่าทางสมรรถนะของท่อความร้อน ได้แก่ อุณหภูมิที่ส่วนทำระเหยของท่อความร้อน (T_e), อุณหภูมิที่ส่วนควบแน่นของท่อความร้อน (T_c), เส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกของท่อทองแดง (D_o), ความยาวส่วนทำระเหยของท่อความร้อน (L_e), ความยาวส่วนกันความร้อนของท่อความร้อน (L_a), ความยาวส่วนควบแน่นของท่อความร้อน (L_c), สัดส่วนการเติมสารทำงาน (FR), ค่าการนำความร้อนของท่อทองแดง (K_{tube}), สัมประสิทธิ์การพาความร้อนของอากาศผ่านท่อความร้อนที่ส่วนทำระเหย (h_e), สัดส่วนระยะห่างระหว่างจุดศูนย์กลางท่อในแนวตั้งฉากกับการไหลต่อเส้นผ่านศูนย์กลางท่อ (ST), สัดส่วนระยะห่างระหว่างจุดศูนย์กลางท่อในแนวการไหลต่อเส้นผ่านศูนย์กลางท่อ (SL)

- คำนวณค่าความต้านทานทางความร้อนระหว่างแหล่งให้ความร้อนกับผิวท่อด้านนอกของส่วนทำระเหย (z_1) และระหว่างผิวท่อด้านนอกของส่วนควบแน่นกับแหล่งรับความร้อน (z_9) ตามสมการ 2.2 และ 2.3
- คำนวณค่าความต้านทานทางความร้อนของผนังท่อส่วนทำระเหย (z_2) และส่วนควบแน่น (z_8) ตามสมการ 2.4 และ 2.5
- กำหนดให้ z_3, z_4, z_5, z_6 และ z_7 เป็นศูนย์ เพื่อหาค่า z รวม
- คำนวณค่าอุณหภูมิไอ (T_v) และคุณสมบัติต่างๆ ของสารทำงานที่อุณหภูมิไอ (T_v) และหาค่า Q_0 ซึ่งเป็นค่าที่สมมุติขึ้นเพื่อใช้ในการวนรอบหาค่า Q_1 คือ ค่าการส่งถ่ายความร้อนของท่อความร้อน
- คำนวณค่า ตัวเลขเรย์โนลด์ (R_{ef}), z_3, z_7 จากสมการ 2.6 และ 2.10 แล้วหาความต้านทานตาม Z_{tot} และ Q_1
- เปรียบเทียบค่า Q_0 และ Q_1 ถ้าแตกต่างกันน้อยกว่า 0.0001 แสดงว่าค่า Q_1 ใช้ได้ แต่ถ้าแตกต่างกันมากกว่า 0.0001 ค่า Q_1 ที่ได้ยังไม่ถูกต้อง ต้องหาค่า T_v ใหม่และคำนวณค่า Q_1 อีกครั้ง
- จากนั้นพิจารณาขีดจำกัดของท่อความร้อน คือ ขีดจำกัดความดันไอสมการ 2.14 ขีดจำกัดความเร็วเสียงสมการ 2.15 ขีดจำกัดการเดือดสมการ 2.16 และขีดจำกัดการไหลสวนทางสมการ 2.17 ถ้าค่า Q_1 เกินขีดจำกัดให้ทำการรับค่าตัวแปรเริ่มต้นใหม่ ถ้า Q_1 ไม่เกินขีดจำกัดสามารถใช้สร้างท่อความร้อนได้และค่าการส่งถ่ายความร้อนคือ Q_1
- เปลี่ยนเงื่อนไขเริ่มต้นของท่อความร้อนตามตาราง 3.1 จนครบทุกกรณี
- ขั้นตอนต่อไปโปรแกรมแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์จะนำค่าที่คำนวณได้ทั้งหมด ไปคำนวณหาค่าขนาดที่เหมาะสมของท่อความร้อน ตามหลักการเศรษฐศาสตร์ทางความร้อนของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบท่อความร้อน (Soylemez et al., 2003)
- โปรแกรมคำนวณจะแสดงการคำนวณด้วยกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าการลงทุน (Investment) ในการสร้างท่อความร้อนและมูลค่ากำไรสุทธิ (Net saving)

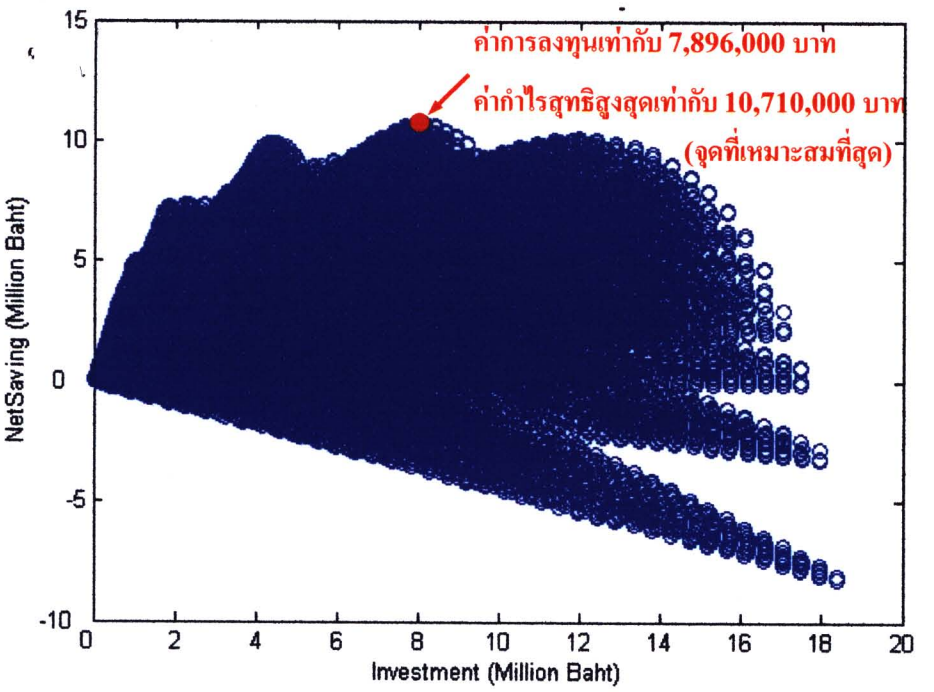
สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย



รูป 3.1 แผนผังการทำงานโปรแกรม

รูป 3.1 แผนผังขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมแบบจำลองคอมพิวเตอร์ ที่หาขนาดที่เหมาะสมของท่อความร้อน

จากการคำนวณหาค่าขนาดที่เหมาะสมของท่อความร้อนของโปรแกรมแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์จะแสดงผลออกมาดังรูป 3.2 ซึ่งเป็นค่าระหว่างค่าการลงทุนในการสร้างท่อความร้อนและมูลค่ากำไรสุทธิ โดยจะได้ตำแหน่งที่ให้ค่ามูลค่ากำไรสุทธิสูงสุดเท่ากับ 10.710 ล้านบาท ที่การลงทุน 7.896 ล้านบาท ซึ่งตำแหน่งนี้เกิดจากการใช้ท่อความร้อนตามขนาดที่แสดงในตาราง 3.3



รูป 3.2 ความสัมพันธ์ค่าการลงทุนและมูลค่ากำไรสุทธิ

จากตาราง 3.3 พบว่าค่าที่ได้จากโปรแกรมหาค่าขนาดที่เหมาะสมของท่อความร้อนโดยจะมีค่าตัวแปรต่างๆ ดังแสดงในตาราง โดยตัวแปรจำนวนแถวและจำนวนท่อต่อแถวของท่อความร้อนเมื่อคูณกลับจะมีค่าไม่เท่ากับ 2,000 ท่อ เนื่องมาจากในแถวสุดท้ายของจำนวนท่อต่อแถวจะมีค่าน้อยกว่าค่าจำนวนท่อต่อแถวที่แสดง เนื่องจากว่าเป็นท่อที่เหลือเศษจากการหาร และจากตัวแปรต่างๆ ที่แสดงในตารางนั้นมีค่าเกินกว่าขอบเขตของขนาดแผงทำความเย็นแบบระเหยของโรงเรือน จึงไม่สามารถที่จะสร้างท่อความร้อนได้ดังค่าในตาราง 3.3 จึงต้องเปลี่ยนเงื่อนไขเริ่มต้น

ใหม่ เพื่อที่จะหาขนาดที่เหมาะสมของท่อความร้อนและสามารถติดตั้งเข้ากับแผงทำความเย็นแบบระเหยของโรงเรือนได้

ตาราง 3.3 ผลลัพธ์ค่าตัวแปรท่อความร้อนที่เหมาะสมที่ได้จากโปรแกรม

ตัวแปร	ค่า
เส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก (ม.)	0.04128
ความยาวส่วนทำระเหย (ม.)	3.2
ความยาวส่วนควบแน่น (ม.)	2.8
จำนวนท่อ	2000
สัดส่วนระยะห่างระหว่างจุดศูนย์กลางท่อในแนวตั้งฉากกับการไหลต่อเส้นผ่านศูนย์กลางท่อ (ST)	3.0
สัดส่วนระยะห่างระหว่างจุดศูนย์กลางท่อในแนวการไหลต่อเส้นผ่านศูนย์กลางท่อ (SL)	2.5
จำนวนท่อความร้อนต่อแถว (ท่อ)	43
จำนวนแถวของท่อความร้อน	47

ด้วยขอบเขตของขนาดแผงทำความเย็นแบบระเหยของโรงเรือน ท่อความร้อนควรจะมีขนาดความยาวรวมไม่เกิน 1.5 ม. จึงตั้งเงื่อนไขเริ่มต้นใหม่ ดังนี้

- ท่อความร้อนผลิตจากท่อทองแดงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก 0.02858 ม. (1-1/8 นิ้ว) เนื่องจากหาซื้อได้ง่ายจากท้องตลาด

- ความยาวส่วนทำระเหยของท่อความร้อนยาวตั้งแต่ 0.5 ถึง 1.4 ม. โดยเพิ่มความยาวครั้งละ 0.1 ม.

- ไม่มีส่วนกันความร้อน

- ความยาวส่วนควบแน่นของท่อความร้อนยาวตั้งแต่ 0.1 ถึง 1.0 ม. โดยเพิ่มความยาวครั้งละ 0.1 ม.

- จำนวนท่อความร้อนต่อแถวคือ 81 ท่อ เนื่องจากแผงทำความเย็นแบบระเหยมีความกว้าง 7 ม. จึงทำให้เมื่อหาจำนวนท่อความร้อนต่อแถวจากขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกและสัดส่วน

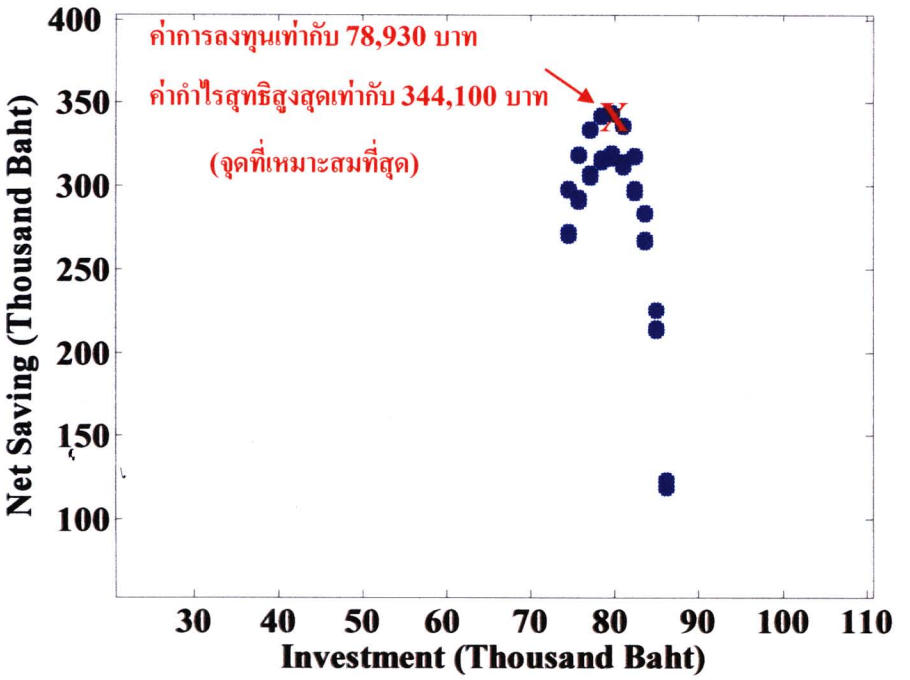
ระยะห่างระหว่างจุดศูนย์กลางท่อในแนวตั้งฉากกับการไหลต่อเส้นผ่านศูนย์กลางท่อ (ST) แล้ว จะได้ค่าดังกล่าว

จากข้อมูลเงื่อนไขเริ่มต้นใหม่ของท่อความร้อน สามารถสรุปได้ดังตาราง 3.4

ตาราง 3.4 เงื่อนไขเริ่มต้นใหม่ของท่อความร้อน

ตัวแปร	ค่า
เส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก (ม.)	0.02858
ความยาวส่วนทำระเหย (ม.)	0.5 ถึง 1.4
ความยาวส่วนกันความร้อน (ม.)	0
ความยาวส่วนควบแน่น (ม.)	0.1 ถึง 1.0
สัดส่วนระยะห่างระหว่างจุดศูนย์กลางท่อในแนวตั้งฉากกับการไหลต่อเส้นผ่านศูนย์กลางท่อ (ST)	3.0
สัดส่วนระยะห่างระหว่างจุดศูนย์กลางท่อในแนวการไหลต่อเส้นผ่านศูนย์กลางท่อ (SL)	2.5
จำนวนท่อต่อแถว	81
จำนวนแถวของท่อความร้อน	2

เมื่อป้อนค่าเงื่อนไขเริ่มต้นใหม่ของท่อความร้อน ดังตาราง 3.4 โปรแกรมแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ จะแสดงผลออกมาดังรูป 3.3 ซึ่งเป็นค่าระหว่างค่าการลงทุน (Investment) ในการสร้างท่อความร้อนต่อมูลค่ากำไรสุทธิ (Net saving) ซึ่งจุดที่กากบาทเป็นจุดที่ให้ค่ามูลค่ากำไรสุทธิสูงสุด ได้มูลค่ากำไรสุทธิสูงสุดเท่ากับ 344,100 บาท ที่การลงทุนสร้างท่อความร้อนเท่ากับ 78,930 บาท ซึ่งจุดกากบาทนี้เกิดจากตัวแปรต่างๆ สามารถสรุปได้ดังตาราง 3.5



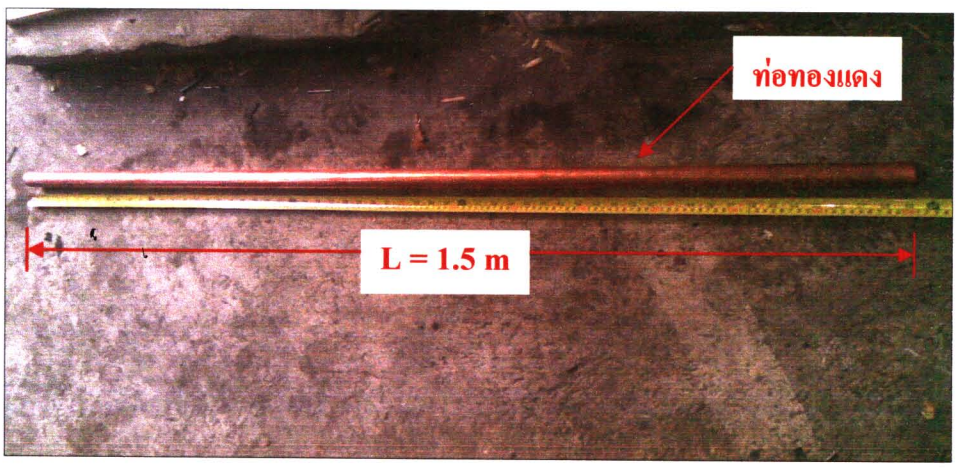
รูป 3.3 ค่ากำไรสุทธิสูงสุดต่อการลงทุนหลังปรับเงื่อนไขใหม่

ตาราง 3.5 ผลลัพธ์ขนาดท่อความร้อนที่เหมาะสมที่ได้การใส่เงื่อนไขเริ่มต้นใหม่

ตัวแปร	ค่า
เส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก (ม.)	0.02858
ความยาวส่วนทำระเหย (ม.)	0.9
ความยาวส่วนควบแน่น (ม.)	0.6
สัดส่วนระยะห่างระหว่างจุดศูนย์กลางท่อในแนวตั้งฉากกับการไหลต่อเส้นผ่านศูนย์กลางท่อ (ST)	3.0
สัดส่วนระยะห่างระหว่างจุดศูนย์กลางท่อในแนวการไหลต่อเส้นผ่านศูนย์กลางท่อ (SL)	2.5
จำนวนท่อความร้อนต่อแถว	81
จำนวนแถว	2

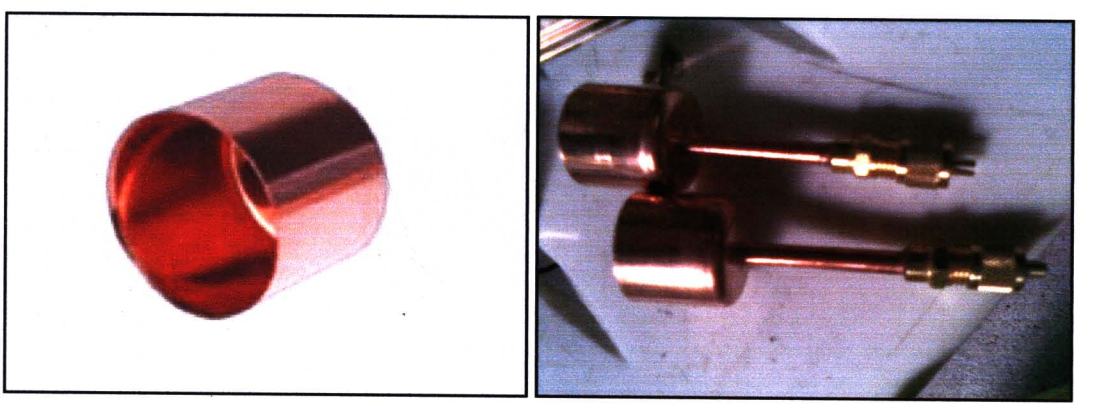
3.2.2 จากผลการคำนวณของโปรแกรมที่หาขนาดที่เหมาะสมของท่อความร้อน ซึ่งประกอบไปด้วยตัวแปรต่างๆ ดังตาราง 3.5 ทำให้สามารถสร้างท่อความร้อนตามขนาดที่ได้จากโปรแกรม ซึ่งมีรายละเอียดขั้นตอนดังนี้

- ตัดท่อทองแดงให้ได้ความยาวรวมเป็น 1.5 ม. ดังรูป 3.4



รูป 3.4 ท่อทองแดงความยาว 1.5 m

- จากนั้นทำการเชื่อมฝาปิดท้ายท่อดังรูป 3.5 (ก) และฝาปิดหัวท่อพร้อมวาล์วเติมสารดังรูป 3.5 (ข) เข้ากับท่อทองแดงที่ตัดไว้แล้วในรูป 3.4 และเมื่อทำการเชื่อมฝาปิดท่อแล้วจะได้ท่อดังรูป 3.6 ซึ่งเป็นท่อที่พร้อมจะทำการเติมสารทำงาน



(ก) ฝาปิดท้ายท่อ (ข) ฝาปิดหัวท่อพร้อมวาล์วเติมสาร

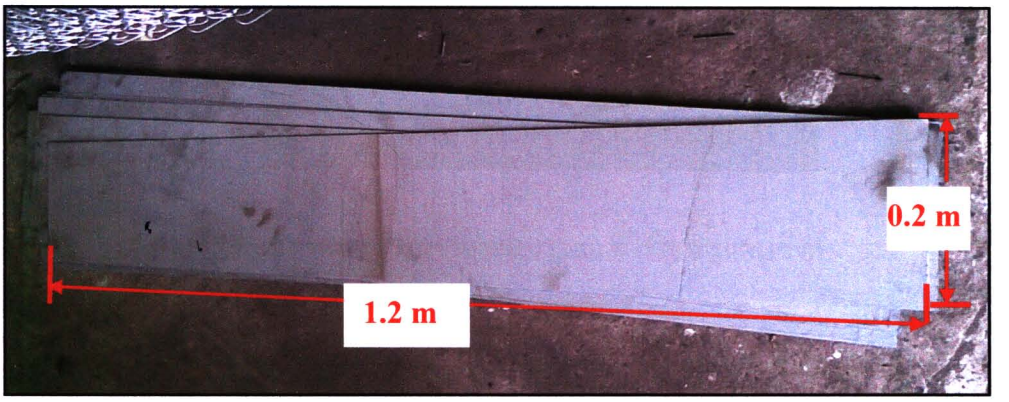
รูป 3.5 ภาพฝาปิดท้ายท่อและหัวท่อทองแดง

รูป 3.6 ท่อทองแดงที่เชื่อมฝาปิดหัวท้ายและพร้อมเติมสารทำงาน

- ทำการเติมสารทำงานโดยการสร้างความดันสุญญากาศภายในท่อความร้อนก่อน โดยใช้ปั๊มสุญญากาศดูดอากาศออกจากท่อความร้อน แล้วจึงเติมสารทำงานเข้าไปใน งานวิจัยนี้ใช้ R134a เป็นสารทำงาน ที่สัดส่วนการเติมสารทำงาน 50% ของปริมาตรส่วนทำระเหย ดังรูป 3.7 (มีการลดสัดส่วนการเติมสารทำงานลงเหลือ 30% หลังจากติดตั้งท่อความร้อนและทดลองในครั้งแรก)

รูป 3.7 แสดงการเติมสารทำงาน

- หลังจากนั้นสร้างชุดประคองท่อความร้อนจากเหล็กแผ่นซิงค์ ขนาดกว้าง 0.2 ม. และยาว 1.2 ม. โดยจะนำไปติดตั้งที่ตำแหน่งหน้าระบบทำความเย็นแบบแผงระเหย โดยเจาะรูตามระยะห่างระหว่างท่อที่คำนวณได้จากโปรแกรมในตาราง 3.5 เพื่อใช้วางเรียงท่อความร้อนแบบเหลื่อมกัน โดยเหล็กแผ่นซิงค์ที่เจาะรูเรียบร้อยแล้วจะเป็นดังรูป 3.8 ซึ่งใช้ดอกสว่านเจาะในรูป 3.9



(ก) เหล็กแผ่นซิงค์ที่ตัดขนาด 0.2 x 1.2 ม. และก่อนเจาะรู

(ข) เหล็กแผ่นซิงค์ที่เจาะรูแล้ว

รูป 3.8 เหล็กแผ่นซิงค์ก่อนและหลังเจาะรู

รูป 3.9 แสดงดอกสว่านขนาด 0.032 ม. ที่ใช้เจาะรูแผ่นซิงค์

3.2.3 นำท่อความร้อนที่เติมสารทำงานเรียบร้อยแล้วไปติดตั้งที่บริษัท เอซีเคไฮโดรฟาร์ม จำกัด อ่อนนุช กทม. ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

- จากการออกแบบที่จะติดตั้งท่อความร้อนที่ตำแหน่งหน้าระบบทำความเย็นแบบแผงระเหย แต่เนื่องจากพื้นที่ภายในโรงเรือนที่ตำแหน่งหน้าระบบทำความเย็นแบบแผงระเหยมีพื้นที่จำกัดและด้วยต้องเปิดโล่งให้สามารถเข้าไปทำความสะอาดได้ จึงทำให้ไม่สามารถติดตั้งชิดแผงระเหย จึงจะทำการเลื่อนชุดท่อความร้อนออกไปติดตั้งที่ภายนอกโรงเรือนแทน โดยการเริ่มต้นเชื่อมโครงเหล็กเพื่อที่จะใช้วางเรียงท่อความร้อนดังรูป 3.10 และเชื่อมแผ่นประคองท่อความร้อนเพื่อวางท่อความร้อนแบบเหลื่อมกันดังรูป 3.11

รูป 3.10 โครงสร้างที่ติดตั้งท่อความร้อน

รูป 3.11 ติดตั้งแผ่นประคองท่อความร้อน

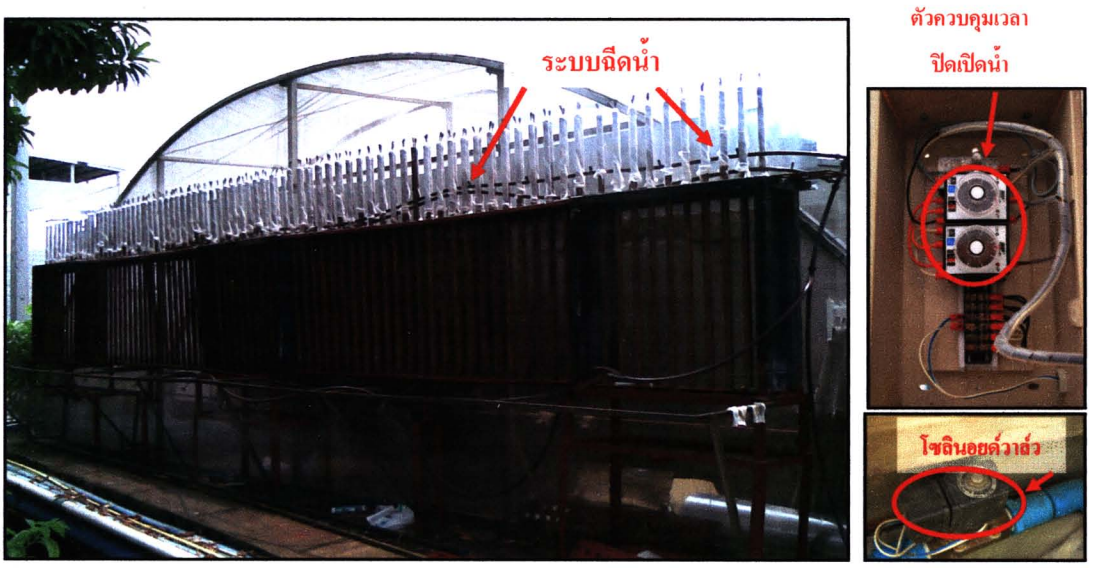
- ในส่วนควบแน่นของท่อความร้อนจะระบายความร้อนโดยการฉีดละอองน้ำจึงจำต้องติดแผ่นสังกะสีด้านหลังเพื่อกันน้ำกระเด็นและพับเป็นรางน้ำดังรูป 3.12

รูป 3.12 ติดตั้งแผ่นสังกะสีกันน้ำกระเด็นและรางน้ำ

- จากนั้นติดตั้งท่อความร้อนโดยใส่ท่อความร้อนในรูของแผ่นประคองดังรูป 3.13 ในส่วนควบแน่นของท่อความร้อนจะพันด้วยผ้าก๊อต เมื่อฉีดละอองน้ำจะทำให้ส่วนควบแน่นของท่อความร้อนชุ่มน้ำตลอดพื้นที่ จากนั้นทาซิลิโคนระหว่างท่อความร้อนและแผ่นประคอง เพื่อกันน้ำรั่วจากส่วนควบแน่นไหลลงสู่ส่วนทำระเหย ดังรูป 3.14

รูป 3.13 ติดตั้งท่อความร้อน

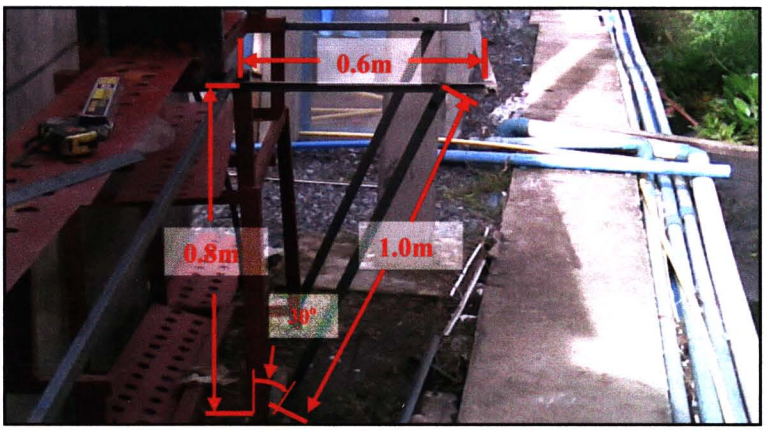
รูป 3.14 ทาซิลิโคนกันน้ำรั่ว



รูป 3.15 ติดตั้งระบบฉีดน้ำระบายความร้อนและระบบควบคุมเปิดปิดน้ำ

- จากนั้นติดตั้งระบบฉีดน้ำระบายความร้อนส่วนควบแน่นของชุดท่อความร้อนด้านบนดังรูป 3.15 โดยจะใช้ตัวควบคุมเวลาเปิดและปิดน้ำเพื่อควบคุมการเปิดและปิดของโซลินอยด์วาล์ว โดยจะเปิดให้ระบบฉีดน้ำเป็นเวลา 30 วินาทีและปิดระบบให้หยุดฉีดน้ำเป็นเวลา 5 นาที และติดสังกะสีกันน้ำกระเด็นด้านหน้าดังรูป 3.16

รูป 3.16 ติดตั้งแผ่นสังกะสีกันน้ำกระเด็นด้านหน้า



รูป 3.17 เชื่อมโครงด้านล่าง

- เนื่องจากระบบทำความเย็นแบบแผงระเหยมีขนาดความสูง 2 ม. เมื่อลดขนาดทางเข้าของอากาศเหลือขนาดเท่ากับความยาวส่วนทำระเหยของท่อความร้อนคือ 1 ม. จะทำให้เกิดความดันตกคร่อมขึ้นมาก ดังนั้นเพื่อลดอุณหภูมิของอากาศให้ได้ประสิทธิภาพมากขึ้น จึงทำการติดตั้งท่อความร้อนเป็นสองชุด คือชุดบนและชุดล่าง โดยจะวางซ้อนกันเพื่อให้อากาศเข้าได้เพิ่มขึ้น แต่เนื่องจากถ้าวางในแนวดิ่งโดยตรง ท่อความร้อนชุดด้านล่างจะบังท่อความร้อนชุดด้านบน จึงต้องวางให้ท่อความร้อนชุดล่างนั้นเอียงทำมุมกับแนวดิ่ง จึงทำการเชื่อมโครงสร้างด้านล่าง เพื่อติดตั้งท่อความร้อนชุดด้านล่างดังรูป 3.17โดยติดท่อความร้อนเอียงทำมุม 60 องศากับแนวระดับ (30 องศากับแนวดิ่ง) และติดตั้งแผ่นประคองท่อความร้อนทั้งด้านบนและด้านล่าง เพื่อวางท่อความร้อนแบบเรียงเหลื่อมกันดังรูป 3.18

รูป 3.18 ติดตั้งแผ่นประคองท่อความร้อน

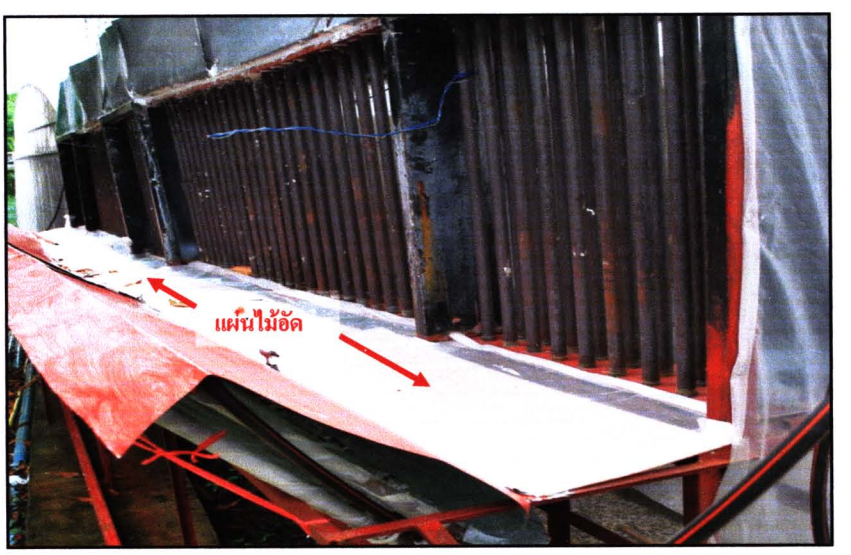
- ทำการใส่ท่อความร้อนเข้ากับโครงด้านล่าง หลังจากนั้นทำการติดตั้งระบบฉีดน้ำเพื่อระบายความร้อนส่วนควบแน่นของท่อความร้อนชุดด้านล่างดังรูป 3.19 และติดแผ่นสังกะสีและทาซิลิโคนกันน้ำรั่วจากส่วนควบแน่นลงมายังส่วนทำระเหยดังรูป 3.20

รูป 3.19 ติดตั้งท่อความร้อนและระบบฉีดน้ำชุดด้านล่าง

รูป 3.20 ติดตั้งแผ่นสังกะสีและทาซิลิโคนกันน้ำรั่วชุดด้านล่าง

- เพื่อควบคุมให้อากาศผ่านเข้ามาทางด้านหน้าของท่อความร้อนเท่านั้น แต่ระยะห่างระหว่างท่อความร้อนกับหน้าแผงทำความเย็นแบบระเหยมีระยะประมาณ 1.5 ม. จึงต้องทำการปิดช่องว่างในส่วนนี้ ทั้งด้านบนและด้านข้างโดยใช้แผ่นพลาสติกใสดังรูป 3.21 และช่องว่างระหว่างท่อความร้อนชุดด้านบนและด้านล่างจะใช้ไม้อัดเพื่อปิดช่องเพื่อให้อากาศผ่านเข้าหน้าท่อความร้อนทั้งด้านบนและด้านล่างดังรูป 3.22 ก่อนผ่านเข้าแผงทำความเย็นแบบระเหย

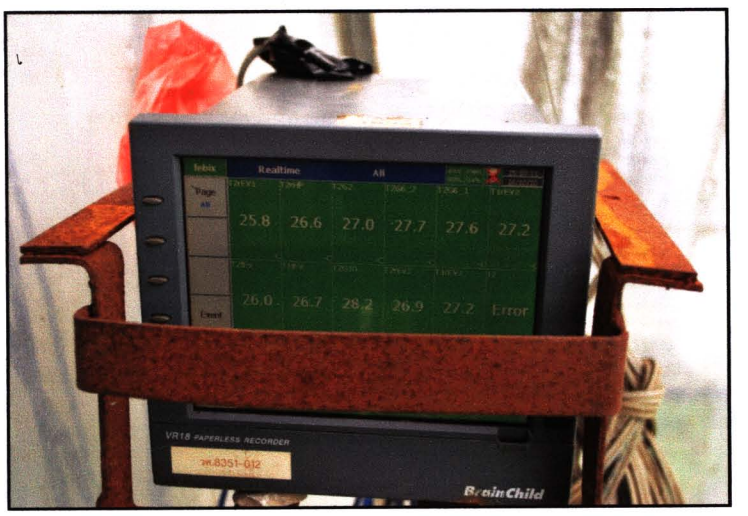
รูป 3.21 ติดแผ่นพลาสติกกันลมไหลผ่าน



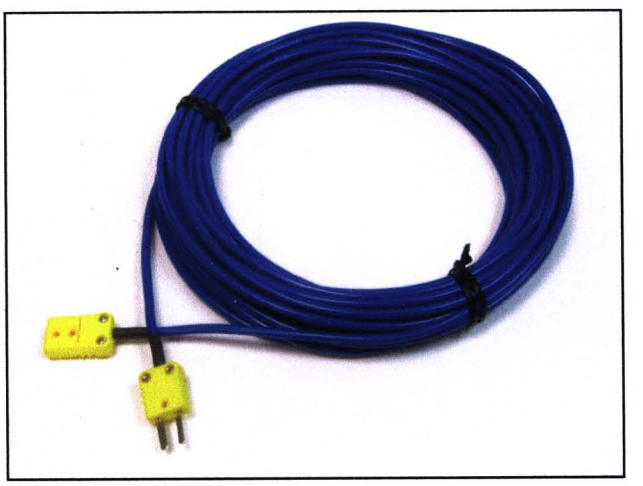
รูป 3.22 ติดแผ่นไม้อัดกันลมไหลผ่าน

3.2.4 ในการทดลอง จะเก็บค่าอุณหภูมิของอากาศทั้งภายในและภายนอกโรงเรือน เพื่อใช้ในการวิเคราะห์การกระจายตัวของอุณหภูมิอากาศ โดยมีอุปกรณ์และขั้นตอนการทดลอง ดังนี้

- อุปกรณ์ที่ใช้ในการบันทึกค่าอุณหภูมิอากาศ จะใช้เครื่องบันทึกอุณหภูมิ VR18 PAPERLESS RECORDER โดยมีช่วงอุณหภูมิที่สามารถวัดได้ คือ -200 ถึง 1,370 องศาเซลเซียส ความแม่นยำในการวัดที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส คือ ±1 องศาเซลเซียส มีช่องสัญญาณในการใช้งาน 18 ช่อง ในการทดลองนี้จะใช้ 16 ช่อง ในการบันทึกข้อมูลดังรูป 3.23 และสายเทอร์โมคับเปิ้ลชนิด K ช่วงอุณหภูมิใช้งาน -200 ถึง 1,300 องศาเซลเซียส ดังรูป 3.24

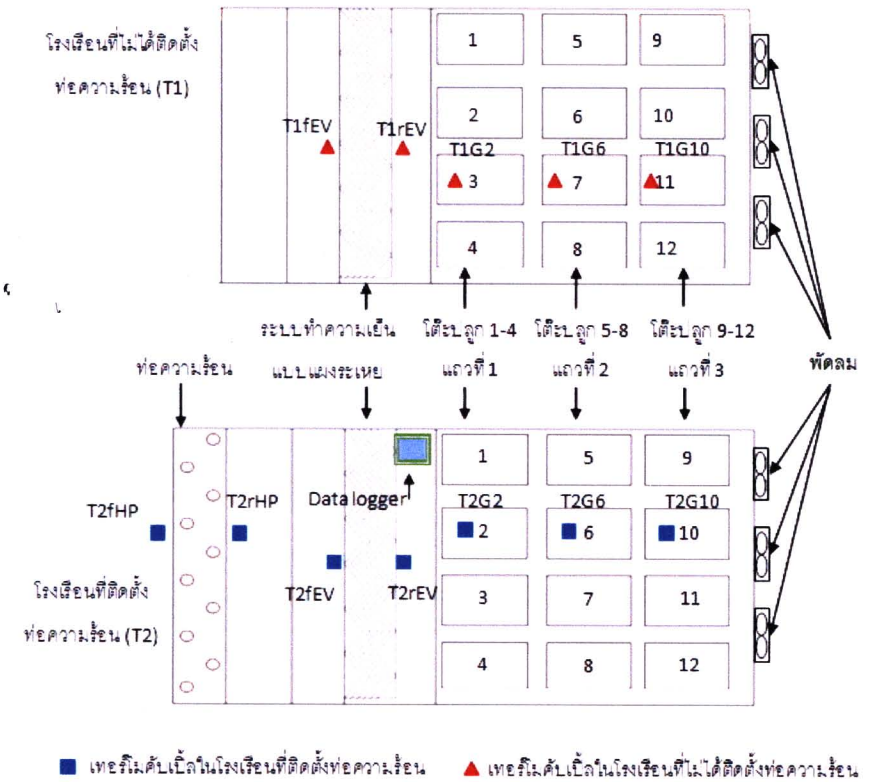


รูป 3.23 เครื่องบันทึกอุณหภูมิ



รูป 3.24 สายเทอร์โมคับเปิ้ลชนิด K

- เพื่อให้ได้ข้อมูลในการเปรียบเทียบอุณหภูมิอากาศของโรงเรือนที่ติดและไม่ติดตั้งท่อความร้อน จึงต้องติดเทอร์โมคับเปิ้ล(จุดสีแดง)ในแต่ละตำแหน่งดังรูป 3.25 โดยบันทึกอุณหภูมิทุกๆ 10 วินาที ตลอดเวลา 24 ชั่วโมง



รูป 3.25 จุดติดตั้งเทอร์โมคับเปิ้ล

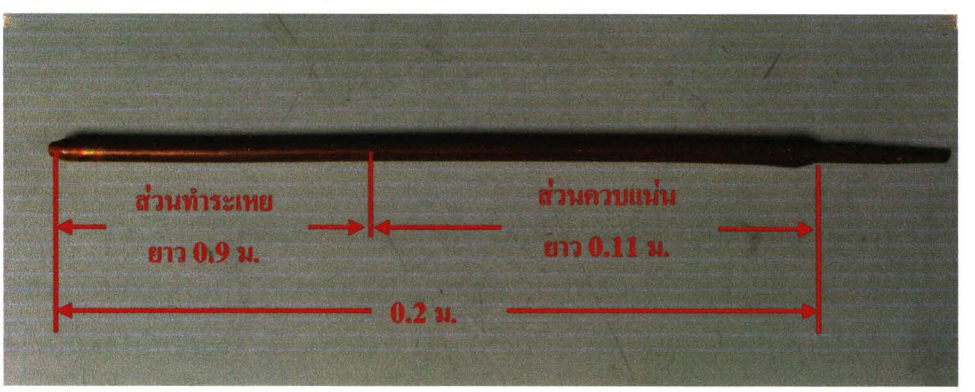
รูป 3.26 โต๊ะปลูกภายในโรงเรือน

โดยสัญลักษณ์ในแต่ละตำแหน่งในรูป 3.25 ที่วัดอุณหภูมิอากาศซึ่งกำหนดขึ้นมีนิยาม ดังนี้

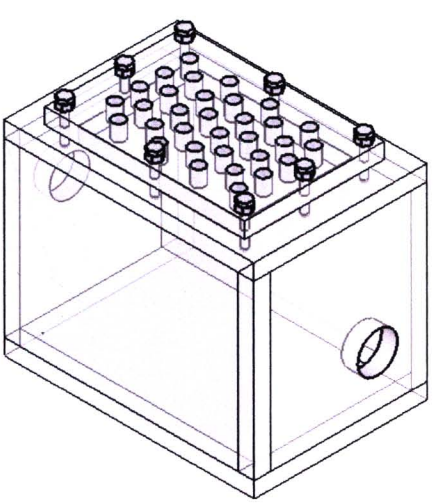
-T2	คือ โรงเรือนปลูกพืชไฮโดรโปรนิกส์ที่ติดตั้งท่อความร้อน
-T1	คือ โรงเรือนปลูกพืชไฮโดรโปรนิกส์ที่ไม่ได้ติดตั้งท่อความร้อน
-T2fHP	คือ อุณหภูมิอากาศตำแหน่งหน้าท่อความร้อนโรงเรือนที่ติดตั้งท่อความร้อน
-T2rHP	คือ อุณหภูมิอากาศตำแหน่งหลังท่อความร้อนโรงเรือนที่ติดตั้งท่อความร้อน
-T1fEV	คือ อุณหภูมิอากาศตำแหน่งหน้าแผงทำความเย็นโรงเรือนที่ไม่ได้ติดตั้งท่อความร้อน
-T2fEV	คือ อุณหภูมิอากาศตำแหน่งหน้าแผงทำความเย็นโรงเรือนที่ติดตั้งท่อความร้อน
-T1rEV	คือ อุณหภูมิอากาศตำแหน่งหลังแผงทำความเย็นโรงเรือนที่ไม่ได้ติดตั้งท่อความร้อน
-T2rEV	คือ อุณหภูมิอากาศตำแหน่งหลังแผงทำความเย็นโรงเรือนที่ติดตั้งท่อความร้อน
-T1G2	คือ อุณหภูมิอากาศตำแหน่งโต๊ะปลูกที่ 2 แถวที่ 1 โรงเรือนที่ไม่ได้ติดตั้งท่อความร้อน
-T2G2	คือ อุณหภูมิอากาศตำแหน่งโต๊ะปลูกที่ 2 แถวที่ 1 โรงเรือนที่ติดตั้งท่อความร้อน
-T1G6	คือ อุณหภูมิอากาศตำแหน่งโต๊ะปลูกที่ 6 แถวที่ 2 โรงเรือนที่ไม่ได้ติดตั้งท่อความร้อน
-T2G6	คือ อุณหภูมิอากาศตำแหน่งโต๊ะปลูกที่ 6 แถวที่ 2 โรงเรือนที่ติดตั้งท่อความร้อน
-T1G10	คือ อุณหภูมิอากาศตำแหน่งโต๊ะปลูกที่ 10 แถวที่ 3 โรงเรือนที่ไม่ได้ติดตั้งท่อความร้อน
-T2G10	คือ อุณหภูมิอากาศตำแหน่งโต๊ะปลูกที่ 10 แถวที่ 3 โรงเรือนที่ติดตั้งท่อความร้อน

3.2.5 ติดตั้งท่อความร้อนกับระบบทำความเย็นสารอาหารพืชไฮโดรโปนิกส์ เพื่อลดอุณหภูมิของสารอาหาร โดยมีขั้นตอนดังนี้

- ใช้ท่อความร้อนที่ผลิตจากท่อทองแดง ภายในบรรจุวัสดุพรุนแบบซินเตอร์ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกท่อ 0.006 ม. ความยาวรวม 0.2 ม. โดยจะแบ่งเป็นส่วนทำระเหยความยาว 0.09 ม. และส่วนควบแน่นความยาว 0.11 ม. ดังรูป 3.27 โดยจะใส่ท่อความร้อนเข้ากับชุดติดตั้งดังรูป 3.28ซึ่งทำจากอะคริลิค โดยท่อความร้อนที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้ ได้รับความอนุเคราะห์จากบริษัทฟูจิคูระ (ประเทศไทย) จำกัด ในการผลิตท่อความร้อน เมื่อเติมสารทำงานเรียบร้อยแล้วจะนำท่อความร้อนไปชุบนิกเกิลเพื่อเคลือบผิวท่อที่เป็นทองแดง เนื่องจากจะนำไปใช้กับสารละลายสารอาหารพืชไฮโดรโปนิกส์ เพื่อป้องกันการกัดกร่อนของท่อความร้อน

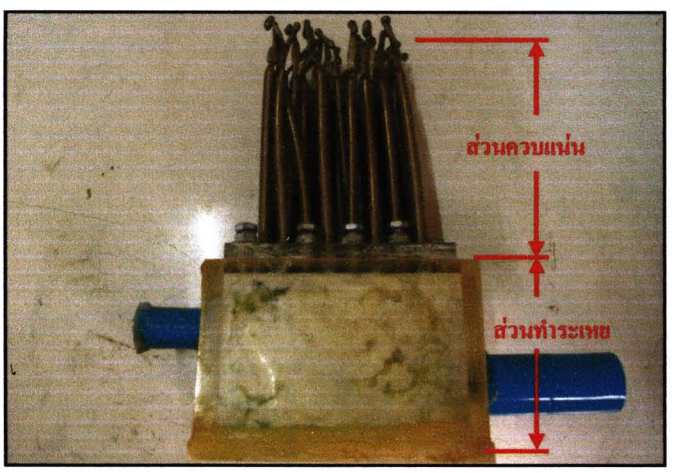


รูป 3.27 ท่อความร้อน



รูป 3.28 ชุดติดตั้งท่อความร้อนทำจากอะคริลิค

- เมื่อใส่ท่อความร้อนเข้ากับชุดติดตั้ง ใช้ท่อความร้อนจำนวน 32 ท่อ และจะแบ่งท่อความร้อนออกเป็นส่วนทำระเหยและส่วนควบแน่นดังรูป 3.29

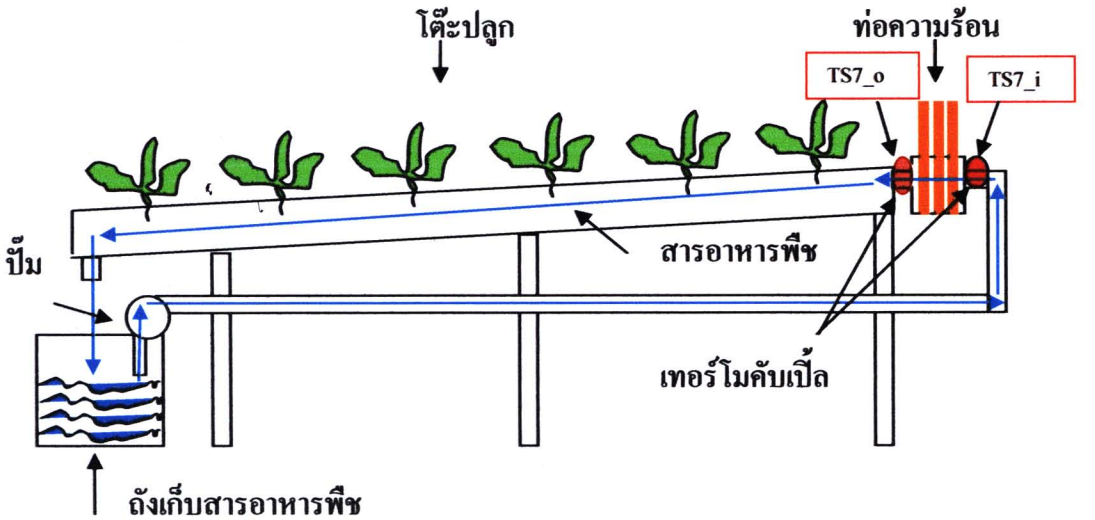


รูป 3.29 ชุดท่อความร้อน

- จากนั้นนำชุดท่อความร้อนติดตั้งเข้ากับระบบทำความเย็นสารอาหารพืชไฮโดรโปนิกส์ โดยจะติดตั้งที่ตำแหน่งของท่อลำเลียงสารอาหารก่อนเข้ารางปลูกดังรูป 3.30 โดยสารอาหารพืชจะเป็นตัวให้ความร้อนกับท่อความร้อน (ส่วนทำระเหย) และอากาศภายในโรงเรือนจะเป็นตัวระบายความร้อนให้กับท่อความร้อน (ส่วนควบแน่น)

รูป 3.30 ตำแหน่งที่ติดตั้งชุดท่อความร้อน

- ติดเทอร์โมคับเปิ้ลที่ตำแหน่งหน้าและหลังท่อความร้อนที่ตำแหน่งทางเข้ารางปลูก (TS7_i และ TS7_o) ดังรูป 3.31 โดยจะติดตั้งท่อความร้อนทั้งโรงเรือน T1 และ T2 เพื่อวัดอุณหภูมิของสารอาหารพืชไฮโดรโปนิกส์ก่อนและหลังผ่านท่อความร้อน ซึ่งสัญลักษณ์แต่ละตำแหน่งได้นิยามไว้ดังต่อไปนี้



รูป 3.31 ตำแหน่งที่ติดเทอร์โมคับเปิ้ลเพื่อวัดอุณหภูมิสารอาหารพืช

โดยสัญลักษณ์ในแต่ละตำแหน่งในรูป 3.31 ที่วัดอุณหภูมิอากาศและสารอาหารซึ่งกำหนดขึ้นมีนิยาม ดังนี้

-T2	คือ โรงเรือนปลูกพืชไฮโดรโปรนิกส์ที่ติดตั้งท่อความร้อน
-T1	คือ โรงเรือนปลูกพืชไฮโดรโปรนิกส์ที่ไม่ได้ติดตั้งท่อความร้อน
-TS7	คือ อุณหภูมิของสารอาหารของโต๊ะปลูกที่ 7 แถวที่ 2 ของโรงเรือน T1 และ T2
-T1S7_i_HP	คือ อุณหภูมิสารอาหารตำแหน่งโต๊ะปลูกที่ 7 แถวที่ 2 ที่ตำแหน่งหน้าท่อความร้อนของโรงเรือน T1
-T1S7_o_HP	คือ อุณหภูมิสารอาหารตำแหน่งโต๊ะปลูกที่ 7 แถวที่ 2 ที่ตำแหน่งหลังท่อความร้อนของโรงเรือน T1

-T2S7_i_HP คือ อุณหภูมิสารอาหารตำแหน่งโต๊ะปลูกที่ 7 แถวที่ 2 ที่ตำแหน่งหน้าท่อความร้อนของโรงเรือน T2

-T2S7_o_HP คือ อุณหภูมิสารอาหารตำแหน่งโต๊ะปลูกที่ 7 แถวที่ 2 ที่ตำแหน่งหลังท่อความร้อนของโรงเรือน T2

- บันทึกค่าอุณหภูมิในแต่ละตำแหน่งตลอด 24 ชั่วโมงด้วยเครื่องบันทึกอุณหภูมิตามหัวข้อ 3.2.4 ที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น และทำการทดลองแบ่งเป็น 2 ช่วง ตามระยะการปลูก คือ ช่วงแรก วันที่ 7-27 พ.ค. 2552 และช่วงที่สอง วันที่ 23 ก.ค. – 12 ส.ค. 2552 ตามระยะการปลูก

3.2.6 เมื่อได้ผลการทดลองแล้ว จะทำการวิเคราะห์ผลการทดลองจากตัวแปรต่างๆ ดังนี้

- การเจริญเติบโตของผักที่ปลูกภายในโรงเรือนที่ติดและไม่ติดตั้งท่อความร้อน
- การใช้พลังงานไฟฟ้าของทั้งโรงเรือนที่ติดและไม่ติดตั้งท่อความร้อน
- อุณหภูมิทั้งภายนอกและภายในโรงเรือนที่ติดและไม่ติดตั้งท่อความร้อน
- การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ของการติดตั้งท่อความร้อน