บทที่ 3
การออกแบบระบบที่ใช้ในการศึกษา

3.1 การเตรียมแปลงทดลอง

3.1.1 จัดแปลงเพาะปลูกพืชทั้งหมด 3 แปลง คือ

(1) แปลงเพาะปลูกพืชโดยวิธีไฮโดรพอนิก ควบคุมระบบการให้น้ำแก่พืชด้วยคอมพิวเตอร์ ดูรูปที่ 3.6 และรูปที่ 3.7 ขนาด 1.00 x 0.50 ม.

(2) แปลงเพาะปลูกพืชโดยวิธีไฮโดรพอนิก แบบทั่วไปไม่มีการหมุนเวียนสารละลายธาตุอาหาร ขนาด 1.00 x 0.50 ม. เท่ากัน

(3) แปลงเพาะปลูกพืชแบบธรรมดา (โดยใช้ดิน) สร้างกะบะไม้ขนาด 1.00 x 0.50 ม. สูง 10 ซม. ใส่ดินและปุ๋ยอย่างดีลงไปในกะบะไม้นั้น ควบคุมความชื้นอย่างดี

3.1.2 ใช้ต้นผักกาดหอม จำนวน 30-55 ต้น ปลูกในแต่ละแปลงทดลองโดยเลือกสถานที่บริเวณเดียวกัน

3.1.3 การให้น้ำแก่พืชที่ปลูกโดยวิธีไฮโดรพอนิก คือการให้สารละลายธาตุอาหารแก่พืช สารละลายธาตุอาหารมีส่วนผสม น้ำกับสารประกอบของเกลือปุ๋ย และจะต้องให้ที่รากของพืชโดยตรง

3.1.4 สำหรับการปลูกพืชโดยวิธีไฮโดรพอนิกที่ควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์นี้ สารละลายธาตุอาหารที่พืชใช้แล้ว จะไหลสู่ระบบตามท่อระบายขึ้นสู่ถังปรับสภาพสารละลาย สารละลายธาตุอาหารนี้ สามารถนำกลับมาใช้ได้อีก ถ้า pH ของสารละลายธาตุอาหารอยู่ในช่วงที่ต้องการ ในการทดลองจะมีการหมุนเวียน สารละลายธาตุอาหารทุก 24-48 ชั่วโมง เพื่อวัดปริมาณน้ำที่พืชใช้ไป

3.1.5 ในการปรับสภาพสารละลายธาตุอาหารของพืชที่ใช้แล้ว จะใช้กรดเจือจาง(กรดกำมะถัน) ด่างเจือจาง (โปแตสเซียมไฮดรอกไซด์) และออกซิเจน เป็นตัวช่วยในการปรับสารละลายให้สามารถเอาสารละลายธาตุอาหารนั้นมาใช้ใหม่ได้อีก

3.2 กรรมวิธีการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน (Hydroponic plant) แบ่งเป็น 5 ขั้นตอน คือ

3.2.1 ขั้นตอนการเตรียมฟองน้ำเพื่อใช้เพาะเมล็ด

ก. นำแผ่นพลาสติดใส หรือดำ ปูบนถาดพลาสติดที่เตรียมไว้

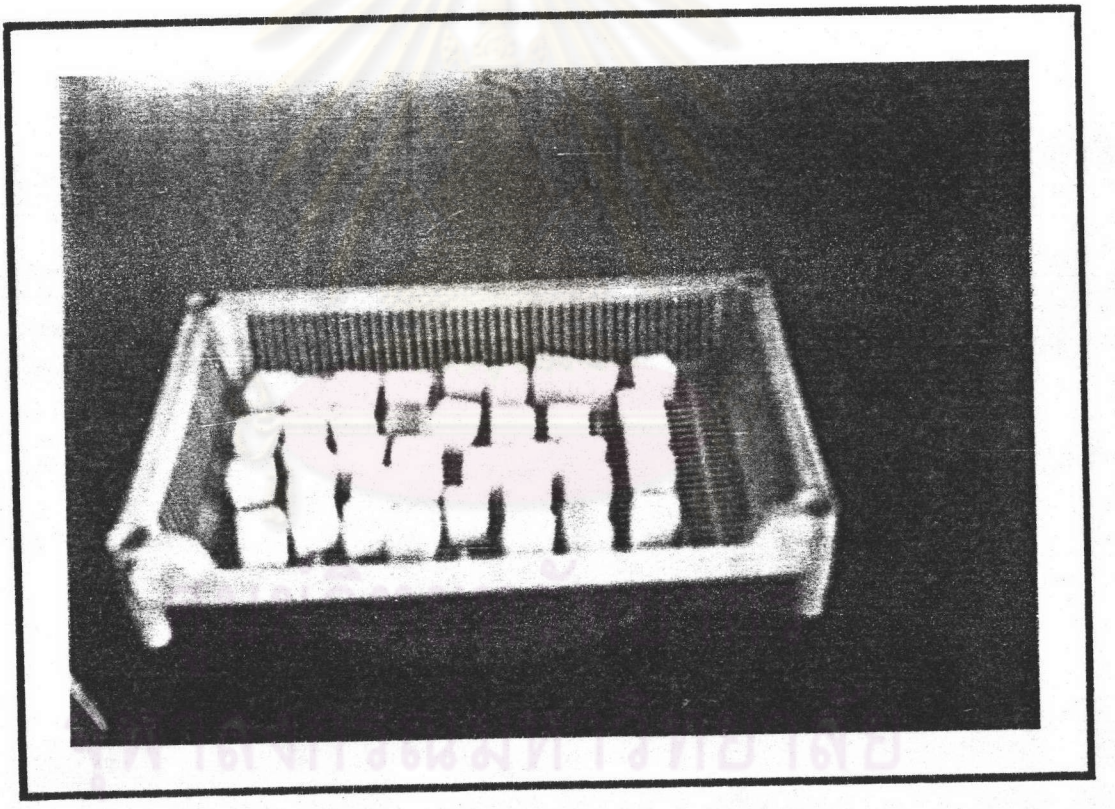
ช. ตัดฟองน้ำให้เป็นรูปสี่เหลี่ยมลูกบาศก์ มีขนาดประมาณ 1"x1"x1" เจาะรูกากบาทตรงกลาง 0.5 ซม. สำหรับใส่เมล็ดพืช

ค. นำก้อนฟองน้ำที่ตัดไว้จำนวน 70 ก้อน วางเรียงบนแผ่นพลาสติกที่ปูอยู่บนถาดที่เตรียมไว้

ง. รดน้ำให้ฟองน้ำชุ่มน้ำอย่างทั่วถึงตลอดทุกก้อน

จ. ใช้ฝ่ามือกดบนก้อนฟองน้ำ 4-5 ครั้ง เพื่อไล่อากาศ และช่วยให้ฟองน้ำซึมซับน้ำได้ดีขึ้น

ฉ. เมื่อก้อนฟองน้ำซึมซับน้ำได้ดีแล้ว จึงค่อย ๆ เอียงถาดพลาสติกเพื่อเกน้ำส่วนที่เหลือทิ้งไป ก็จะได้ก้อนฟองน้ำที่มีความชุ่มชื้นเพียงพอที่จะนำไปใช้เพาะเมล็ดในขั้นตอนที่ 2 ต่อไป



รูปที่ 3.1 การเตรียมฟองน้ำเพื่อใช้เพาะเมล็ด

3.2.2 <u>ขั้นตอนการเพาะเมล็ด</u> (Seeding)

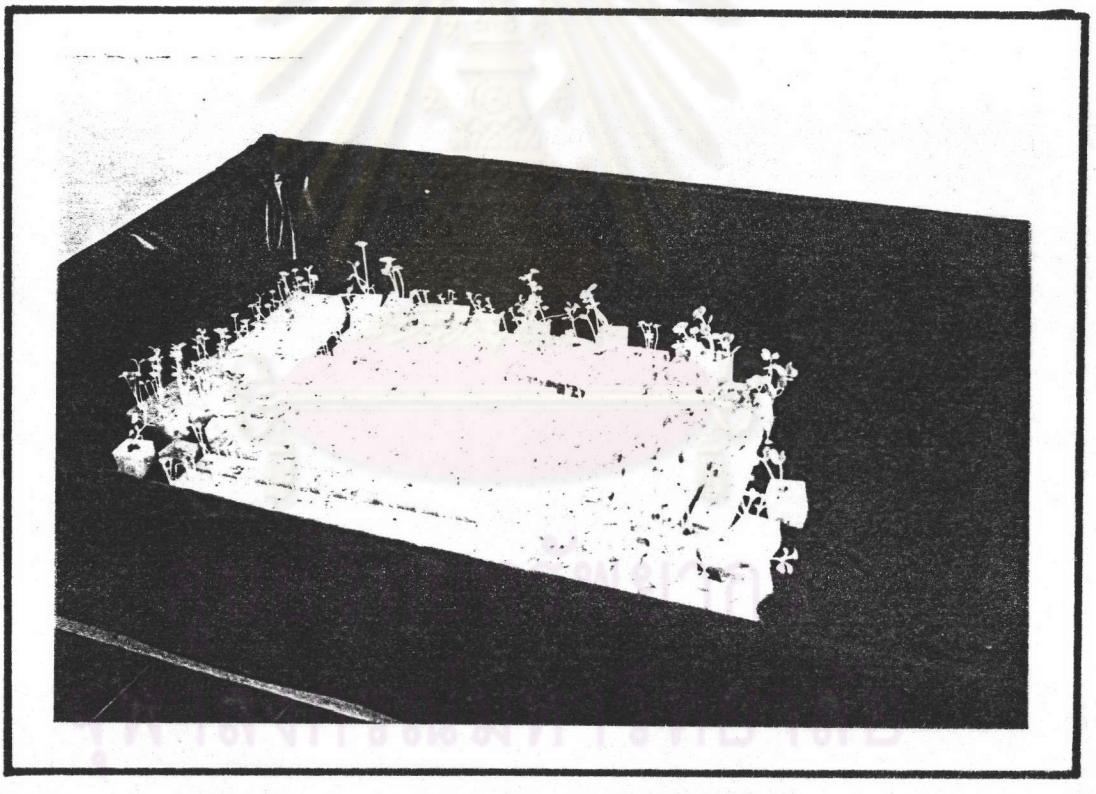
ก. นำถาดที่บรรจุก้อนฟองน้ำจากขั้นตอนที่ 1 มาทำการหยอดเมล็ดพืช โดยนำเมล็ดพืชที่ต้องการปลูกประมาณ 3-4 เมล็ดหยอดลงตรงรอยกากบาทของฟองน้ำแต่ละก้อน ควรหยอดให้เมล็ดผักอยู่ลึกประมาณกึ่งกลางของก้อนฟองน้ำ

เพื่อให้การหยอดเมล็ดผักสะดวกขึ้น อาจใช้ปลายแหลมของไม้จิ้มฟันที่ทำส่วนปลายเปียกน้ำ ช่วยในการหยอด

ข. นำปลายแผ่นพลาสติกพับทบกัน คลุมทับด้านบนของก้อนฟองน้ำไว้

ค. หลังจากนั้น นำถาดไปไว้ในที่ที่ไม่โนแดดและลม ประมาณ 2-3 วัน ต้นกล้าจะงอกออกจากเมล็ด โดยหมั่นตรวจดูว่าต้นกล้างอกออกจากเมล็ดแล้วหรือยัง ถ้าต้นกล้าส่วนใหญ่งอกแล้ว และมีความสูงประมาณ 1-2 ซม. จึงค่อยนำต้นกล้าเหล่านี้ ไปออกตากแดดในขั้นตอนต่อไป

อนึ่ง ถ้าต้นกล้ายังไม่งอก ให้ฉีดพ่นน้ำที่ก้อนฟองน้ำให้ชุ่มชื้นพอประมาณแล้วคลุมพลาสติกไว้ตามเดิม



รูปที่ 3.2 ต้นกล้าที่มีความสูงประมาณ 2-3 ซม.

3.2.3 <u>ขั้นตอนการนำพืชออกรับแสงแดด</u>

ก. นำถาดที่บรรจุต้นกล้าที่มีความสูงประมาณ 2-3 ซม. ไปไว้ในบริเวณที่มีแสงแดดอ่อน ๆ เช่น ชายคาบ้าน หรือที่ที่ต้นกล้าจะได้รับแสงแดดอย่างเพียงพอ และควรเพิ่มการให้แสงแดดขึ้นทีละน้อย

จนกว่าจะครบกำหนดระยะเวลาการออกแดด 9 วัน ดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 แสดงระยะเวลาการนำต้นกล้าออกรับแสงแดด 9 วัน

ระยะเวลา (วัน)	ช่วงเวลาที่ควรนำต้นกล้าออกรับแสงแดด
3 วันแรก	6.00- 8.00 น. และ 16.00-18.00 น.
วันที่ 4-6	6.00- 9.30 น. และ 14.30-18.00 น.
วันที่ 7-9	6.00-11.00 น. และ 13.00-18.00 น.

ข. ในระหว่างการออกแดด หมั่นรดน้ำให้ต้นกล้า มีความชุ่มชื้นอยู่เสมอในปริมาณที่มาก หรือน้อยจนเกินไป และควรรดน้ำก่อนเวลา 15.00 น. น้ำที่ใช้รดต้นกล้าควรเป็นฝอยละเอียดเพื่อลดแรงกระแทกของน้ำ ซึ่งอาจเป็นสาเหตุทำให้ต้นกล้าอ่อนแอ เชื้อโรคสามารถเข้าทำลายต้นกล้าได้ในที่สุด เมื่อนำต้นกล้าออกแดดครบ 9 วันแล้ว ก็จะได้ต้นกล้าที่โตและแข็งแรง พร้อมที่จะทำการย้ายกล้าในขั้นตอนต่อไป

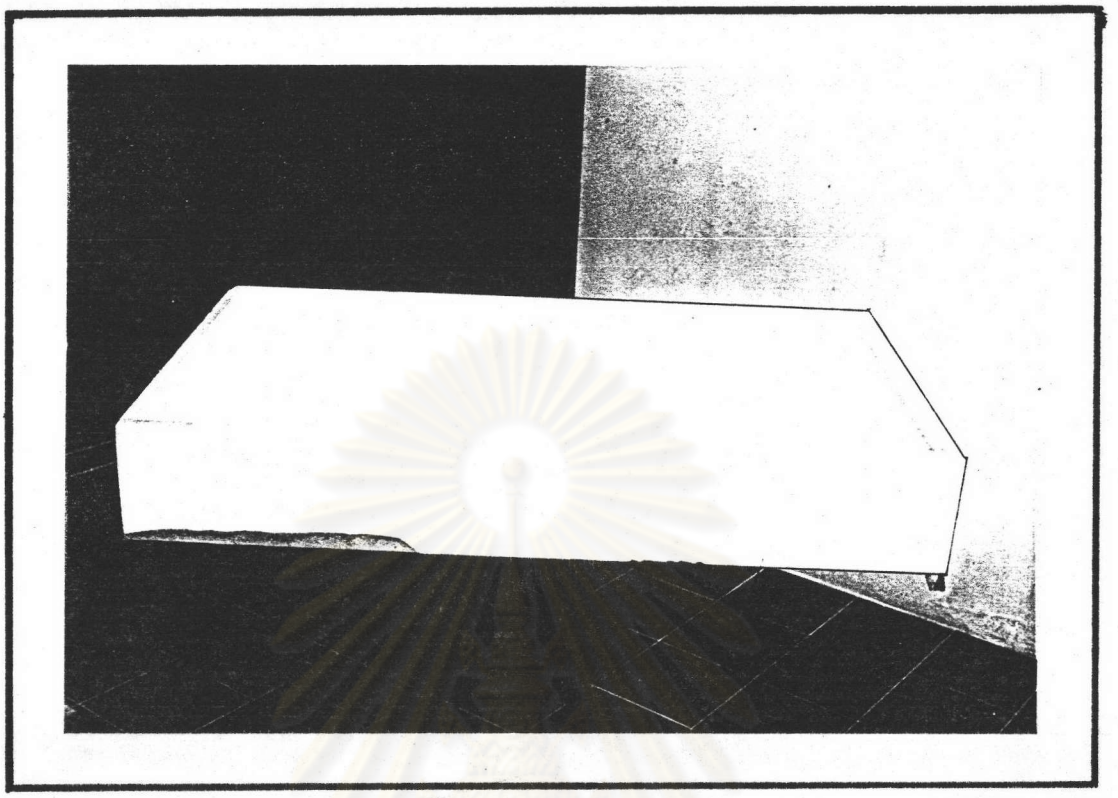
3.2.4 <u>ขั้นตอนการเตรียมสถานที่และน้ำยาสำหรับปลูกพืชที่ต้องการ</u>

ก. ก่อนที่ต้นกล้าจะออกแดดครบ 9 วัน คือประมาณวันที่ 7-8 ของการออกแดด ควรเตรียมสถานที่ที่จะตั้งเรือนปลูกผักให้เรียบร้อย โดยสถานที่ที่จะตั้งกะบะโฟม จะต้องเป็นพื้นเรียบมีระดับเสมอกัน ควรเป็นบริเวณที่มีแสงแดดส่องถึงอย่างน้อยวันละ 4-5 ชั่วโมง และฝนไม่สาด

ข. นำกะบะโฟมตั้งบนสถานที่ที่จะทำการปลูกพืชให้เรียบร้อย

ค. เมื่อทำการติดตั้งกะบะโฟมเสร็จแล้ว จึงทำการผสมน้ำยาที่จะใช้ปลูกพืช

ง. เตรียมน้ำยาประมาณ 40 ลิตร ในกะบะโฟมที่เตรียมไว้ ความสูงของน้ำยาในกะบะโฟมประมาณ 8 ซม.

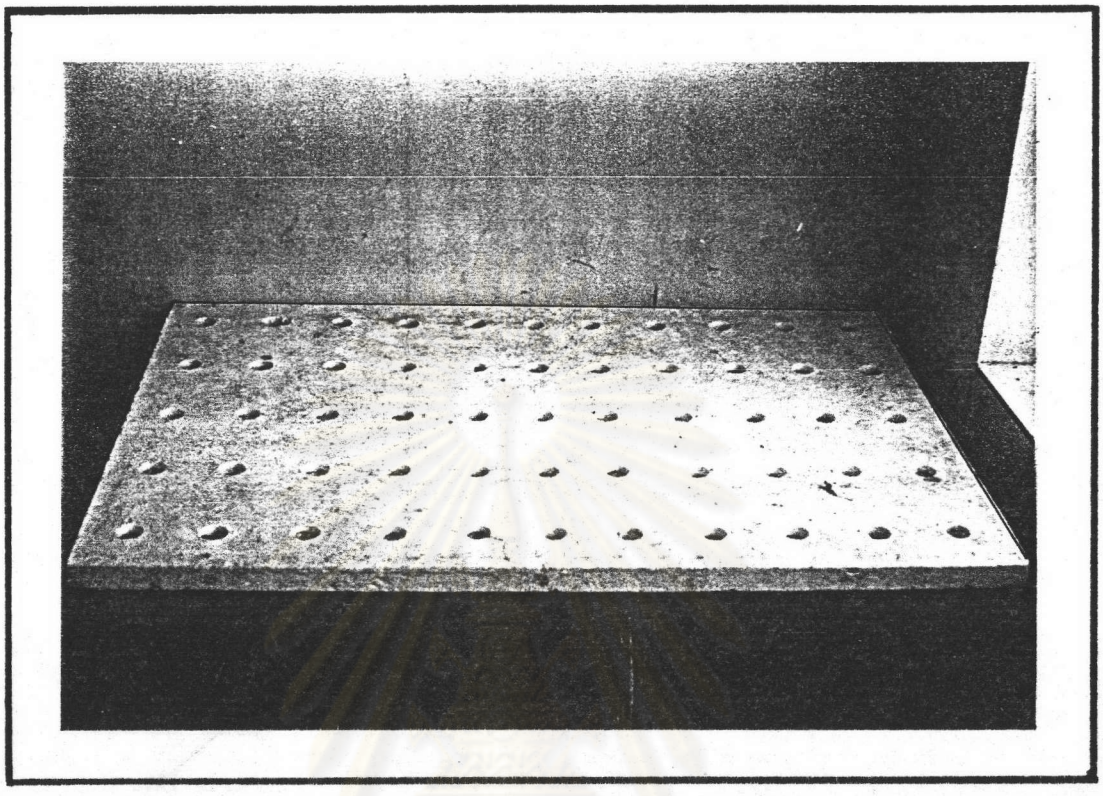


รูปที่ 3.3 กะบะโฟมขนาด 50x100x10 ซม.

3.2.5 ขั้นตอนการย้ายต้นกล้า (Transplant)

ก. เมื่อนำต้นกล้าออกแดดครบ 9 วัน ก็ทำการคัดต้นกล้าที่มีลำต้นแข็งแรง ใบไม่หงิกงอ และมีความสูงประมาณ 2-3 ซม. จำนวน 55 ต้น เพื่อนำไปปลูกต่อไป ส่นกล้าที่เหลือเก็บไว้เป็นชุดสำรองเผื่อใช้ปลูกซ่อมต้นกล้าต้นใดใน 55 ต้น ที่อาจจะตายไปในระหว่างการปลูก

ข. ย้านต้นหล้าที่คัดแล้ว ทั้ง 55 ต้น ใส่ไว้ตามรูของแผ่นโฟม โดยโฟม 1 รู จะใส่ต้นกล้า 1 ต้น หรือก้อนฟองน้ำ 1 ก้อน ควรใส่ก้อนฟองน้ำให้ด้านล่างของก้อนฟองน้ำประมาณ 1 ใน 3 โผล่พ้นออกมาทางด้านล่างของแผ่นโฟม



รูปที่ 3.4 แสดงการเจาะรูแผ่นโฟมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1 นิ้ว

ค. นำแผ่นโฟมที่บรรจุต้นกล้าเรียบร้อยแล้วไปวางบนกะบะโฟมที่ใส่น้ำยาเรียบร้อยแล้วจากขั้นตอนที่ 4 โดยควรให้ส่วนรากของต้นกล้าและส่วนล่างของก้อนฟองน้ำสัมผัสผิวหน้าของน้ำในกะบะโฟมตลอดเวลาไม่เช่นนั้นต้นกล้าอาจตายได้

3.3 น้ำยาธาตุอาหารของพืช

น้ำยาธาตุอาหารพืชที่เหมาะสมสำหรับใช้ปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน จะต้องประกอบด้วยธาตุอาหารที่พืชต้องการครบทั้ง 13 ธาตุ คือ ไนโตรเจน (N), ฟอสฟอรัส (P), โพแทสเซียม (K) เป็นธาตุอาหารหลัก แคลเซียม (Ca), แมกนีเซียม (Mg), กำมะถัน (S) เป็นธาตุอาหารรอง ส่วนเหล็ก (Fe), แมงกานีส (Mn), สังกะสี (Zn), ทองแดง (Cu), โบรอน (B), โมลิบดินั่ม (Mo) และคลอรีน (Cl) เป็นจุลธาตุที่ต้องการในปริมาณน้อยมาก

ในปัจจุบันมีสูตรน้ำยาธาตุอาหารพืช ที่เหมาะสมสำหรับใช้ปลูกพืชหลายสูตร แต่ที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้เป็นสูตรจากประเทศญี่ปุ่น ประกอบด้วยน้ำยาดังต่อไปนี้

1. แคลเซียมไนเตรท (Calcium nitrate) จำนวน 33.1 กรัม
2. โพแทสเซียมไนเตรท (Potassium nitrate) จำนวน 24.3 กรัม
3. โพแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต (Potassium dihydrogen phosphate) จำนวน 6 กรัม
4. แมกนีเซียมซัลเฟต (Magnesium sulfate) จำนวน 14.8 กรัม
5. แอมโมเนียมซัลเฟต (Ammonium sulfate) จำนวน 13.3 กรัม

โดยนำสารเคมี ทั้ง 5 ชนิดนี้ ตามปริมาณดังกล่าว ละลายเป็นน้ำยาธาตุอาหารพืช เพื่อนำไปใช้ปลูกพืชได้โดยตรงปริมาณ จำนวน 40 ลิตร

6. เหล็ก EDTA (iron EDTA) จำนวน 16 กรัม ละลายในน้ำ จำนวน 1 ลิตร
7. กรดโบริก (Boric acid) จำนวน 1.2 กรัม ละลายในน้ำ จำนวน 1 ลิตร
8. แมกนีเซียมคลอไรด์ (Magnesium chloride) จำนวน 0.72 กรัม ละลายในน้ำ จำนวน 1 ลิตร
9. สังกะสี ซัลเฟต (Zinc sulfate) จำนวน 0.09 กรัม ละลายในน้ำ จำนวน 1 ลิตร
10. ทองแดงซัลเฟต (Copper sulfate) จำนวน 0.04 กรัม ละลายในน้ำ จำนวน 1 ลิตร
11. แอมโมเนียโมลิบเดท (Ammonium molybdate) จำนวน 0.01 กรัม ละลายในน้ำจำนวน 1 ลิตร

โดยน้ำยาจุลธาตุ ตั้ง 6 ถึง 11 มาอย่างละ 30 ซีซี ผสมลงไปในน้ำยาธาตุอาหารหลัก (1-5) 40 ลิตร ที่เตรียมไว้ข้างต้น แล้วนำน้ำยาธาตุอาหารพืชนี้ไปใช้กับพืชที่จะปลูกต่อไป

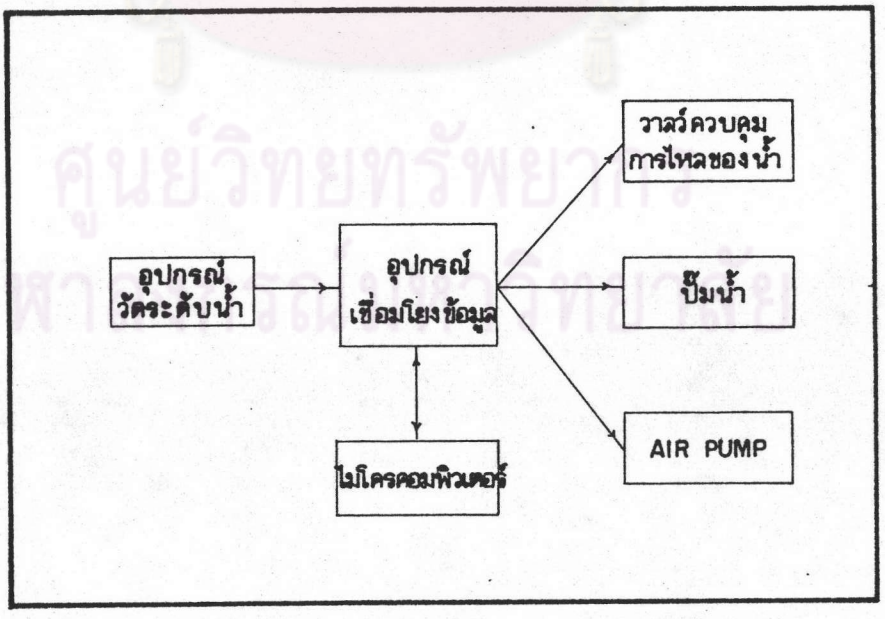
น้ำยาธาตุอาหารพืช ที่เตรียมขึ้นมาเพื่อใช้ปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินนั้น จะต้องมี pH อยู่ในช่วงระหว่าง 5.5-7.0 ถ้า pH ของน้ำยาธาตุอาหารสูงกว่าช่วงนี้ ให้ใช้กรดกำมะถันหรือกรดเกลือเจือจาง ปรับ pH ให้ต่ำลง ถ้า pH ของน้ำยาธาตุอาหารต่ำกว่าช่วงนี้ ให้ใช้ปูนขาว หรือโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์เจือจางปรับ pH ให้สูงขึ้น และเมื่อใช้น้ำยาธาตุอาหารพืชปลูกพืช ก็สมควรจะตรวจสอบ pH ของน้ำยาเป็นช่วง ๆ ไป เนื่องจากพืชดูดธาตุอาหารแต่ละตัวไป จากน้ำยาได้แตกต่างกัน จึงจะมีผลทำให้น้ำยาธาตุอาหารพืชมี pH เปลี่ยนแปลงไป

3.4 ระบบคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการควบคุม

เครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ คือรุ่น APPLE II เป็นเครื่องขนาด 8 บิท มีหน่วยความแบบสุ่มอ่าน (Random access memory) ขนาด 48 กิโลไบท์ หน่วยความจำแบบอ่านอย่างเดียว (Read only memory) ขนาด 12 กิโลไบท์ และหน่วยรับ/แสดงข้อมูล 4 กิโลไบท์ สามารถใช้ภาษา Applesoft BASIC ในการทำงาน

เนื่องจากเป็นเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ที่ได้รับการออกแบบให้สามารถเพิ่มเติมและขยายระบบการทำงานได้ จึงมีช่องเสียบอุปกรณ์เพิ่มเติม (Slot) อยู่ถึง 8 ช่อง โดยแต่ละช่องจะมีอุปกรณ์รับ และแสดงผลได้ 256 ตำแหน่ง และมีสถาปัตยกรรมภายในแบบ Memory map I/O ดังนั้น หน่วยประมวลผลกลางจะถือว่าช่องเสียบดังกล่าวเป็นพื้นที่หน่วยความจำของเครื่องด้วย โดยมีหมายเลข Address ที่แน่นอน การเรียกใช้อุปกรณ์รับและแสดงผลที่เราต่อเพิ่มเข้าไปจึงใช้คำสั่งเหมือนการเรียกใช้หน่วยความจำโดยตรง คือ ใช้คำสั่ง PEEK และ POKE

การที่จะนำเอาเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์นี้ มาใช้ควบคุมระบบการให้น้ำแก่พืชนั้น จะต้องสร้างอุปกรณ์เพิ่มเติม เพื่อจะเชื่อมโยงข้อมูลระหว่างอุปกรณ์วัดค่าต่าง ๆ กับเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ และระหว่างเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์กับอุปกรณ์ไฟฟ้าต่าง ๆ (ดูรูปที่ 3.5)



รูปที่ 3.5 แสดงระบบการติดต่อระหว่างอุปกรณ์ต่าง ๆ

เครื่องวัดต่าง ๆ จะส่งข้อมูลในรูปของความต่างศักย์ไฟฟ้า ไปยังอุปกรณ์เชื่อมโยงข้อมูล ซึ่งมีหน้าที่แปลงค่าความ ต่างศักย์ไฟฟ้าที่ได้มาให้เป็นข้อมูลที่เครื่องคอมพิวเตอร์รับได้ คือ ข้อมูลแบบดิจิตอบ ขนาด 8 บิท จากนั้นที่ส่งให้เครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ ให้ไปประมวลผลตามโปรแกรมที่เขียนไว้ เพื่อที่จะสั่งให้อุปกรณ์ไฟฟ้าต่าง ๆ ทำงานต่อไป เช่น เมื่อระดับน้ำในแปลงลดลง ถึงระดับหนึ่ง วาล์วก็จะเปิด เพื่อเติมน้ำให้อยู่ระดับเดิม เป็นต้น

สำหรับรายละเอียดการทำงาน และวงจรไฟฟ้าของอุปกรณ์เปลี่ยนแรงดันไฟฟ้าเป็นข้อมูลคอมพิวเตอร์ และการต่อวงจรวัดระดับน้ำ ดูที่ภาคผนวก

3.5 การประกอบอุปกรณ์ควบคุมการทดลอง

3.5.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการควบคุมประกอบด้วย (ดูรูปที่ 3.6 และ รูปที่ 3.7)

1. ถังน้ำพลาสติก ขนาด 50 ลิตร 1 ใบ
2. ถังน้ำแสดงปริมาตร ขนาด 10 ลิตร 3 ใบ
3. เครื่องสูบน้ำ 1 เครื่อง
4. วาล์วไฟฟ้า (Solenoid Valve) 4 ตัว
5. อุปกรณ์ตรวจสอบระดับน้ำ 3 ชุด
6. อุปกรณ์วัดความเป็นกรด-ด่าง (pH meter)
7. Air pump
8. กะบะโฟมอัดแน่นอย่างดี ขนาด 100 x 50 ซม.
9. ท่อ p.v.c.

3.5.2 การทำงานของระบบควบคุม (ดูรูปที่ 3.6 และรูปที่ 3.7)

เมื่อผสมน้ำยาธาตุอาหาร และนำต้นกล้ามาปลูกในกะบะโฟมที่เตรียมไว้เป็นที่เรียบร้อยดังวิธีการที่ได้กล่าวมาแล้วในหัวข้อ 3.2 และ 3.3 ก็นำกะบะโฟมที่ใช้เป็นแปลงเพาะปลูกนี้ มาทำงานร่วมกับระบบควบคุมการปลูก ดังรูปที่ 3.7 ดังนี้

1. โปรแกรมเริ่มทำงาน (ดู Flow chart ประกอบ) สวิทช์ทุกตัวถูกปิดหมด
2. ปั๊มน้ำจากแปลงเพาะปลูก ไปที่ถัง 1 ซึ่งเป็นถังปรับสภาพสารละลายอาหารที่พืชใช้แล้ว และในถังที่ 1 นี้ AIR PUMP ก็ทำงานด้วย
3. เมื่อน้ำในแปลงเพาะปลูกลดลงมาถึงระดับ 2 ปั๊มน้ำหยุดทำงาน
4. ตรวจสอบ ค่า pH ของสารละลายธาตุอาหารในถังที่ 1

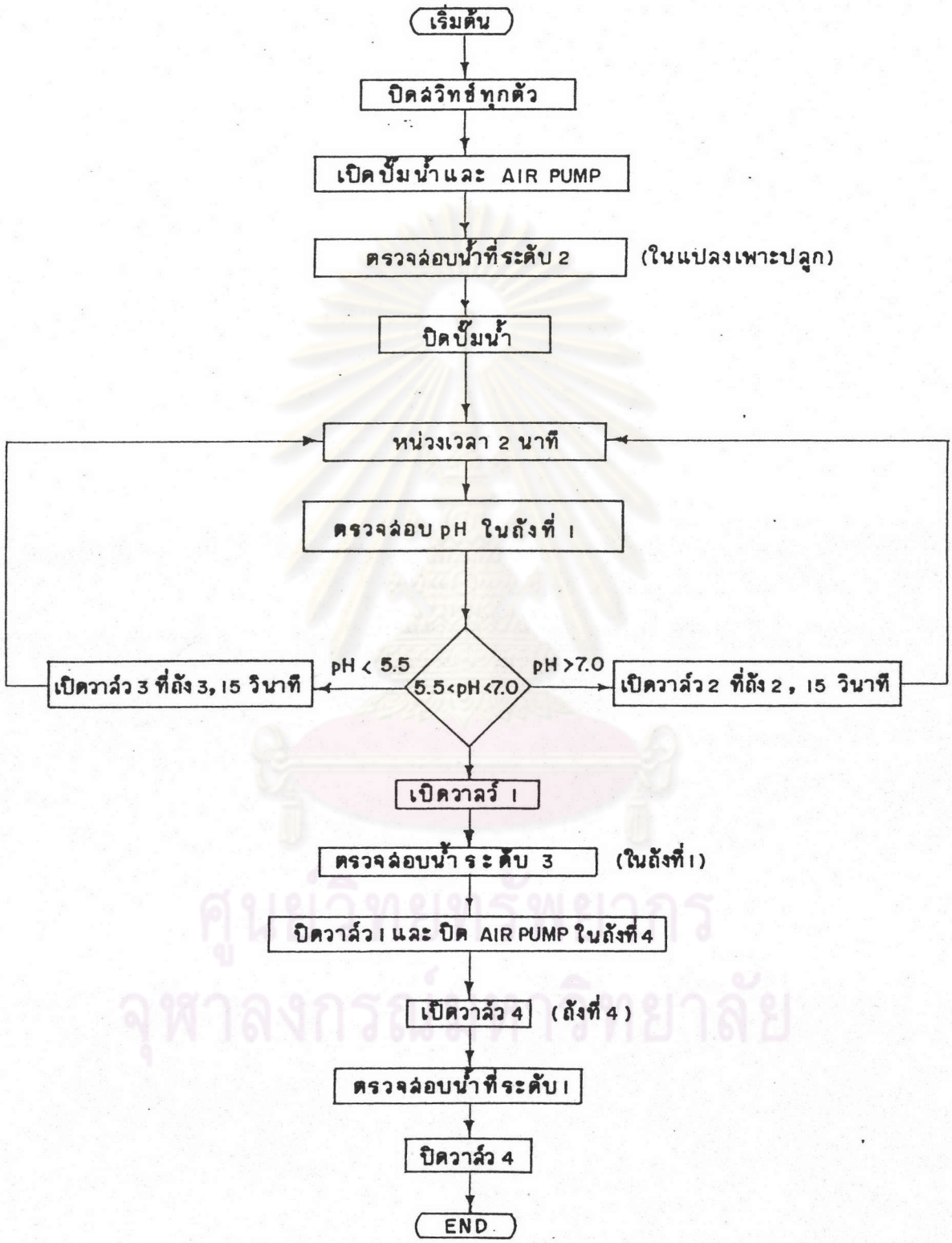
กรณีที่ 1 5.5 < pH < 7.0 วาล์วเบอร์ 1 ที่ถังที่ 1 จะเปิดให้สารละลายไหลลงสู่แปลงเพาะปลูก จนระดับน้ำในถังที่ 1 ถึงระดับ 3 วาล์วเบอร์ 1 และ AIR PUMP ถูกปิดวาล์วเบอร์ 4 เปิดให้สารละลายธาตุอาหารไหลลงสู่แปลงเพาะปลูก จนระดับน้ำในแปลงเพาะปลูกถึงระดับ 1 วาล์วเบอร์ 4 ปิด น้ำที่ถัง 4 หายไป คือน้ำที่พืชใช้ในแต่ละครั้งที่ทำการหมุนเวียนสารละลาย

กรณีที่ 2 pH < 5.5 วาล์วเบอร์ 3 เปิดเป็นเวลา 15 วินาที เพื่อให้สารละลายที่เป็นด่างอ่อนในถังที่ 3 ไหลลงไปในถังที่ 1 ปรับสารละลายธาตุอาหาร ให้อยู่ในสภาพที่สามารถใช้งานได้ต่อไป เหมือนกรณีที่ 1 น้ำที่พืชใช้ไป คือ น้ำที่หายไปจากถังที่ 3 และถังที่ 4

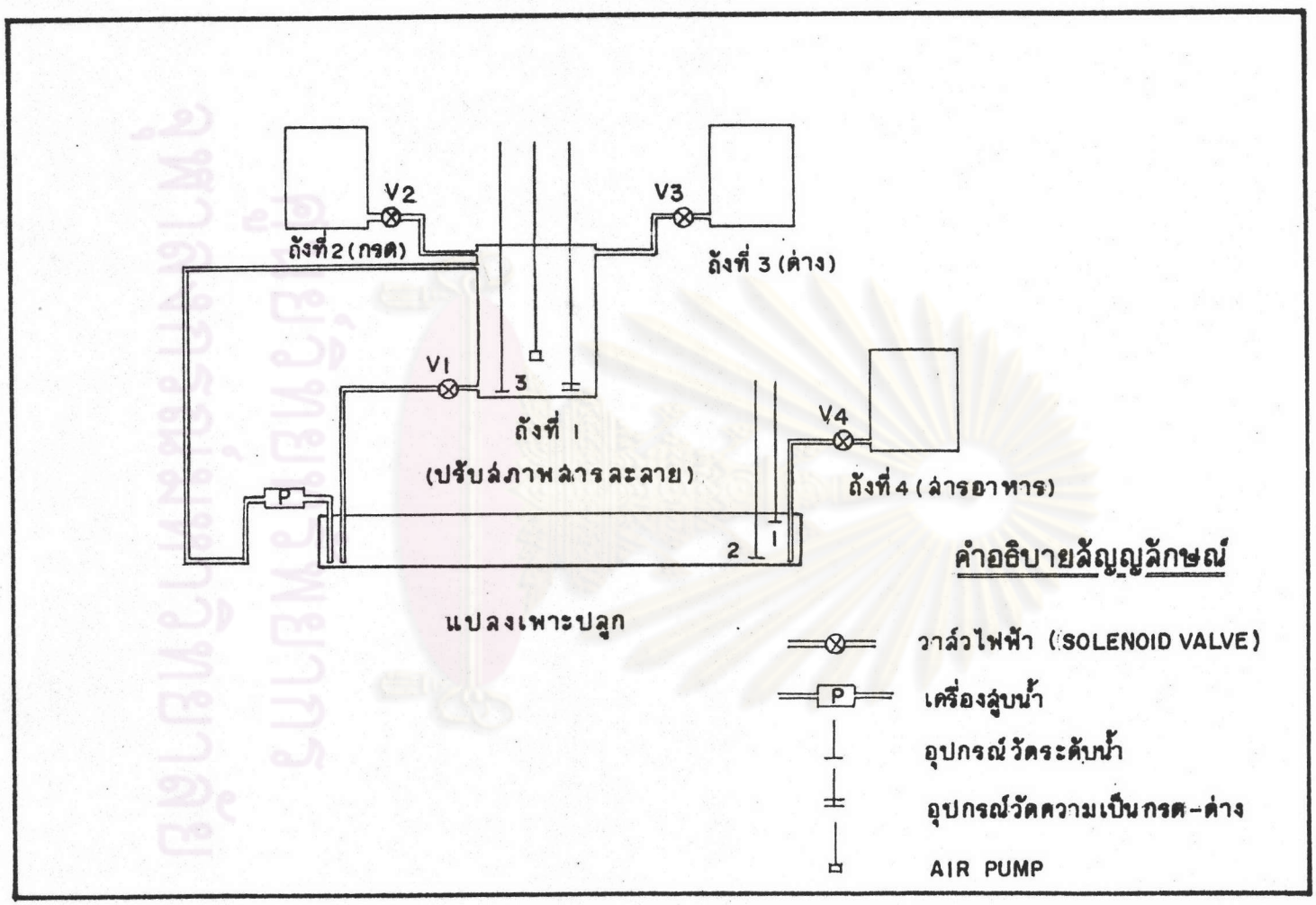
กรณีที่ 3 pH > 7.0 วาล์วเบอร์ 2 เปิดเป็นเวลา 15 วินาที เพื่อให้สารละลายที่เป็นกรดอ่อนในถังที่ 2 ไหลลงไปในถังที่ 1 ปรับสารละลายธาตุอาหาร ให้อยู่ในสภาพที่สามารถใช้งานได้ต่อไป เหมือนกรณี 1 น้ำที่พืชใช้ไป คือ น้ำที่หายไปจากถังที่ 2 และถังที่ 4

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

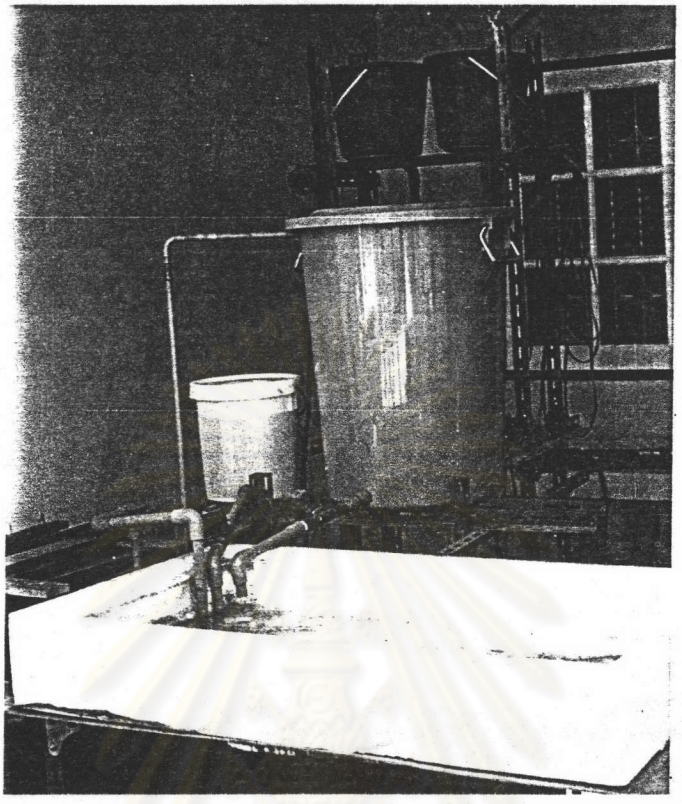
3.5.3 Flow Chart แสดงขั้นตอนการทำงานของระบบการปลูกพืช

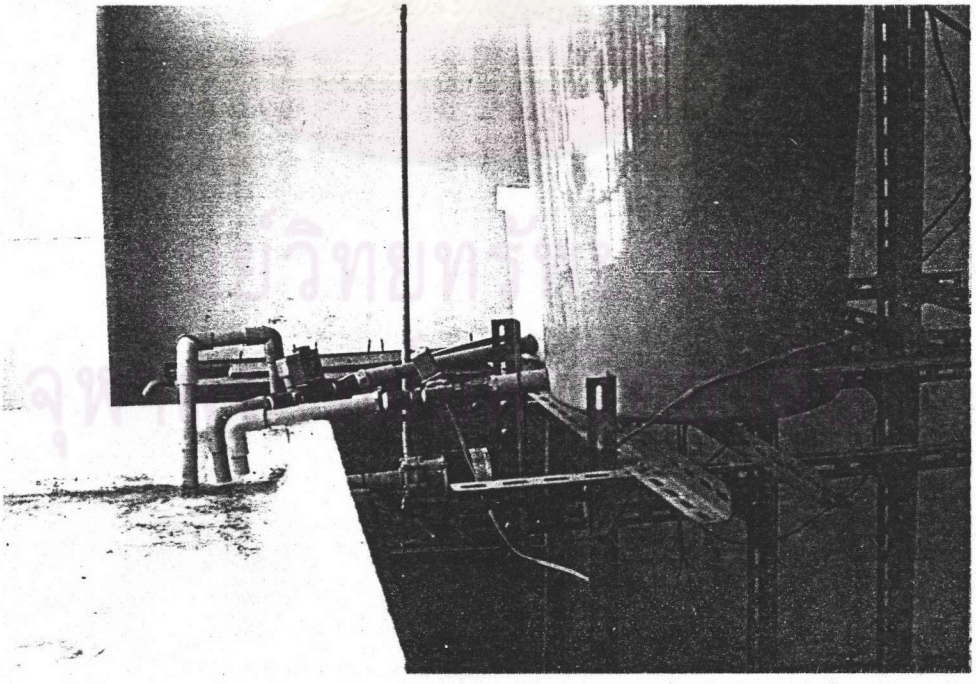


สำหรับรายละเอียดเกี่ยวกับโปรแกรมการควบคุมการทำงานของคอมพิวเตอร์ ดูภาคผนวก ง



รูปที่ 3.6 แสดงรายละเอียดระบบควบคุมการปลูกพืช





รูปที่ 3.7 ระบบควบคุมการปลูกพืชด้วยคอมพิวเตอร์