สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ปัญหาพิเศษ

เรื่อง

หุ่นจำลอง การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินระบบ Aeroponics
(HYDROPONICS IN AEROPONICS SYSTEM MODEL)

โดย

นายรัชภูมิ จันทรวรชาต

ปัญหาพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีการเกษตร - การผลิตพืช
ภาควิชาครุศาสตร์เกษตร
คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร
ปีการศึกษา 2540

ปพ.
ร3A5ห
R5A0
เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 30365
วัน, เดือน, ปี 14 ก.ค. 254

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทคัดย่อปัญหาพิเศษ
ปีการศึกษา 2540

ชื่อเรื่อง หุ่นจำลอง การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินระบบ Aeroponics
(HYDROPONICS IN AEROPONICS SYSTEM MODEL)

ชื่อ - สกุล นายรัชภูมิ จันทรวรชาต
สาขาวิชา เทคโนโลยีการเกษตร - การผลิตพืช **ภาควิชา** ครุศาสตร์เกษตร
คณะ ครุศาสตร์อุตสาหกรรม
อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์สมจิตต์ กล่ำกลิ่น

บทคัดย่อ

การผลิตหุ่นจำลอง ในรูปของการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินระบบ Aeroponics แบบกระโจมสามเหลี่ยมในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อใช้เป็นสื่อการเรียนการสอน ในวิชาเทคนิคการปลูกพืชไร้ดิน (03610107) ตามหลักสูตรปริญญาตรี (ต่อเนื่อง 2 ปี) คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม ภาควิชาครุศาสตร์เกษตร พ.ศ. 2528 ซึ่งจะใช้ในภาคทฤษฎีบทที่ 4 ระบบการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน หัวข้อ 4.1 เรื่องระบบ Aeroponics และภาคปฏิบัติในบทปฏิบัติการที่ 2 เรื่องระบบการปลูกพืชแบบ Aeroponics

การทำปัญหาพิเศษครั้งนี้ ได้หุ่นจำลองเรื่อง การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินระบบ Aeroponics แบบกระโจมสามเหลี่ยม ซึ่งสามารถสาธิตการทำงานของระบบได้จริง โดยติดตั้งปั๊มน้ำและพัดลมดูดอากาศขนาดเล็กภายในระบบด้วย ซึ่งมีวิธีใช้โดยใช้มือกดสวิทช์ปั๊ม ปั๊มน้ำก็จะทำงาน และเมื่อกดสวิทช์พัดลม พัดก็จะทำงาน พร้อมเอกสารคำอธิบายประกอบการใช้หุ่นจำลอง จำนวน 1 ชุด กว่าชิ้นงานจะสำเร็จได้พบปัญหา คือ ปัญหาด้านขาดของจริงที่จะใช้เป็นตัวอย่างในการทำหุ่นจำลอง จึงทำให้ขาดทิศทางที่แน่นอนต้องปรับปรุงแก้ไขบ่อยครั้ง

ข้อเสนอแนะสำหรับผู้ที่จะทำสื่อการสอนประเภทหุ่นจำลองในครั้งต่อไปคือ ควรศึกษาส่วนประกอบและข้อมูลต่าง ๆ อย่างละเอียด และมีการวางแผนอย่างรอบคอบ หากเกิดปัญหาควรรีบปรึกษาอาจารย์ที่ปรึกษาหรือ ผู้เชี่ยวชาญทันที แล้วรีบนำมาปรับปรุงแก้ไข เพราะถ้าเกิดปัญหาใหม่จะได้แก้ปัญหาได้ทัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ในการจัดทำปัญหาพิเศษครั้งนี้สำเร็จลงได้ เพราะมีบุคคลที่คอยให้คำแนะนำและช่วยเหลือจากบุคคลหลายท่านดังนี้

ขอขอบพระคุณอาจารย์สมจิตต์ กล่ำกลิ่นซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษครั้งนี้ที่ได้สละเวลาให้คำปรึกษา ให้คำแนะนำ และช่วยตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ จนกระทั่งงานสำเร็จลงด้วยดี

ขอขอบพระคุณ รศ.ดร.อิทธิสุนทร นันทกิจ ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเทคโนโลยีการเกษตร ที่ช่วยตรวจสอบ ประเมินผล และให้คำแนะนำในการปรับปรุงแก้ไข จนผลงานถูกต้องสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ ที่ให้ทุนทรัพย์และเป็นกำลังใจที่ดีตลอดมา และขอบคุณทุก ๆ คนที่ให้การช่วยเหลือในการทำปัญหาพิเศษครั้งนี้ จนเสร็จสมบูรณ์

ผู้จัดทำ

นายรัชภูมิ จันทรวรชาต

มีนาคม 2541

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อปัญหาพิเศษ..... ก

กิตติกรรมประกาศ..... ข

สารบัญตาราง..... จ

สารบัญภาพ.....ฉ

บทที่

1. บทนำ.....1

1.1 ความสำคัญของปัญหา.....1

1.2 วัตถุประสงค์.....1

1.3 ขอบเขตของปัญหา.....2

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....2

2. การศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้อง.....3

2.1 เอกสารที่เกี่ยวข้องกับสื่อการสอน.....3

2.1.1 ความหมายของสื่อ.....3

2.1.2 ความหมายของสื่อการเรียนการสอน.....3

2.1.3 การเลือกสื่อการเรียนการสอน.....4

2.1.4 การจำแนกสื่อการเรียนการสอน.....5

2.2 เอกสารเกี่ยวข้องกับหุ่นจำลอง.....5

2.2.1 ความหมายของวัสดุสามมิติ.....6

2.2.2 หุ่นจำลอง.....7

2.2.3 ประเภทของหุ่นจำลอง.....8

2.2.4 ประโยชน์ของหุ่นจำลอง.....8

2.2.5 การสร้างหุ่นจำลอง.....9

2.3 เอกสารเกี่ยวข้องทางด้านการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินระบบ Aeroponics.....12

2.3.1 ประวัติของการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน.....12

2.3.2 ประเภทของระบบการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน.....12

2.3.3 อุปกรณ์ที่จำเป็นในการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน.....15

3. วิธีสร้างอุปกรณ์.....18

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.1 การวิเคราะห์หลักสูตร.....18
3.2 การวิเคราะห์เนื้อหา.....20
3.3 การจัดทำหุ่นจำลองการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน.....29
4. ผลการสร้างอุปกรณ์.....36
4.1 ลักษณะอุปกรณ์ที่ได้.....36
4.2 ลักษณะการใช้อุปกรณ์.....36
4.3 ผลการตรวจสอบประเมินผลอุปกรณ์.....36
4.4 ผลการปรับปรุงแก้ไขอุปกรณ์.....39
5. สรุปและข้อเสนอแนะ.....40
5.1 สรุปผลงาน.....40
5.2 ปัญหาและข้อเสนอแนะ.....41
บรรณานุกรม.....42
ภาคผนวก.....44

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

1. คุณภาพน้ำที่สามารถนำมาใช้ในการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน.....24
2. ตัวอย่างสูตรสารละลายธาตุอาหารที่เหมาะสมกับพริกยักษ์.....25
3. ตัวอย่างสูตรสารละลายธาตุอาหารที่เหมาะสมกับสตอเบอรี่.....26
4. ตัวอย่างสูตรสารละลายธาตุอาหารที่เหมาะสมกับเบญจมาศ.....26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่ หน้า

1. เครื่องมือที่ใช้ในการทำหุ่นจำลอง.....45
2. เครื่องมือ วัสดุ อุปกรณ์ที่ใช้ในการทำหุ่นจำลอง.....45
3. เครื่องมือที่ใช้ในการทำหุ่นจำลอง.....46
4. วัสดุที่ใช้ทำหุ่นจำลอง.....46
5. โครงสร้างด้านหน้าของกระโจมปลูก.....47
6. โครงสร้างด้านข้างของกระโจมปลูก.....47
7. โครงสร้างด้านหลังของกระโจมปลูก.....48
8. ลักษณะของตัวกระโจม และการเจาะรูปลูกพืช.....48
9. ส่วนของท่อ PE ที่ใช้ติดตั้งหัวฉีด.....49
10. ลักษณะต้นพืชที่สมบูรณ์.....49
11. พัดลมดูดอากาศ.....50
12. ปั๊มน้ำขนาดเล็กที่ติดตั้งอยู่ในถังเก็บสารละลาย.....50
13. ลักษณะภายในของกระโจมปลูก.....51
14. ส่วนประกอบที่ทำหน้าที่ผสม และจ่ายสารละลายอัตโนมัติ.....51
15. รูปด้านบนของกระโจมปลูกที่สมบูรณ์.....52
16. รูปด้านข้างของระบบที่สมบูรณ์.....52
17. รูปด้านหลังของระบบที่สมบูรณ์.....53
18. รูปด้านหน้าของระบบที่สมบูรณ์.....53
19. ลายเส้นแสดงโครงสร้างของระบบ.....54
20. ลายเส้นแสดงโครงสร้างของกระโจมปลูก.....54

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญของปัญหา

วิชาเทคนิคการปลูกพืชไร้ดิน (03610107) เป็นวิชาเลือกตามหลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต (ต่อเนื่อง 2 ปี) สาขาเทคโนโลยีการเกษตร-การผลิตพืช ภาควิชาครุศาสตร์เกษตร คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ซึ่งมีเนื้อหาเกี่ยวกับระบบของการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินรวมอยู่ด้วย จึงเป็นการยากที่จะสอนให้ผู้เรียนสามารถเข้าใจระบบการทำงาน ส่วนประกอบ อุปกรณ์ต่าง ๆ โดยวิธีการบรรยายเพียงอย่างเดียวได้ จึงทำให้ผู้เรียนไม่เข้าใจบทเรียน และทำให้ผู้เรียนเกิดความเบื่อหน่าย ทำลายบรรยากาศใน การเรียนการสอนอีกด้วย

ดังนั้น การผลิตหุ่นจำลองระบบการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินใช้เป็นสื่อการสอนจึงเป็นการช่วยให้ผู้เรียนสามารถเห็นภาพที่แท้จริงของระบบ หลักการทำงาน ส่วนประกอบและอุปกรณ์ต่าง ๆ ซึ่งจะเป็นการช่วยให้ผู้เรียน สามารถเข้าใจบทเรียนมากขึ้น ทั้งยังเป็นการดึงดูดความสนใจของผู้เรียน และช่วยเพิ่มบรรยากาศในการเรียนการสอน ซึ่งจะส่งผลให้การเรียนการสอนนั้นมีประสิทธิภาพมากขึ้น หุ่นจำลองเรื่องการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินนี้นอกจากจะใช้เป็นสื่อประกอบการสอนแล้วยังสามารถเผยแพร่ ให้ความรู้แก่ประชาชนทั่วไป จึงคาดว่าจะเป็นประโยชน์ต่อสถาบันการศึกษา และเป็นแนวทางให้เกิดความคิดในการทำการเกษตรแบบใหม่แก่เกษตรกรอีกด้วย

1.2 วัตถุประสงค์

เพื่อผลิตสื่อการเรียนการสอนในรูปของหุ่นจำลองเรื่อง การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินระบบ Aeroponics แบบกระโจมสามเหลี่ยม ใช้เป็นสื่อการเรียนการสอน วิชาเทคนิคการปลูกพืชไร้ดิน (03610107) ตามหลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต (ต่อเนื่อง 2 ปี) สาขาเทคโนโลยีการเกษตร-การผลิตพืช ภาควิชาครุศาสตร์เกษตร คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 ของเขตของปัญหา

ผลิตหุ่นจำลอง เรื่องการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินระบบ Aeroponic แบบกระโจมสามเหลี่ยมจำนวน 1 ชุด ประกอบด้วย

1. ตัวหุ่นจำลองแบบกระโจมสามเหลี่ยมจำนวน 1 ชุด
2. เอกสารคำอธิบายประกอบการใช้หุ่นจำลองจำนวน 1 เล่ม

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้หุ่นจำลอง เรื่องการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินระบบ Acroponics ใช้ประกอบการสอนวิชาเทคนิคการปลูกพืชไร้ดิน (03610107) ตามหลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต (ต่อเนื่อง 2 ปี) สาขาวิชาเทคโนโลยีการเกษตร - การผลิตพืช
2. ผู้จัดทำได้รับประสบการณ์ในการทำหุ่นจำลองชุดนี้ ซึ่งจะเป็นแนวทางในการผลิตหุ่นจำลองชุดต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

การศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้อง

การทำปัญหาพิเศษเรื่องนี้เป็นการผลิตสื่อประกอบการเรียนการสอน ดังนั้นจึงต้องศึกษาเอกสารเพื่อทำความเข้าใจให้ละเอียดถี่ถ้วนและถูกต้องในการจัดทำสื่อ โดยได้แบ่งการศึกษาออกเป็น 2 ด้านดังนี้

2.1 การศึกษาเอกสารที่เกี่ยวกับสื่อการเรียนการสอน

2.1.1 ความหมายของสื่อ

สื่อ (Media, Medium) ตามความหมายจากพจนานุกรม หมายถึง ทำให้ติดกัน หรือทำการติดต่อให้ทั่วถึงกัน ชักนำให้รู้จักกัน เช่น สื่อสาร แม่สื่อ ดังนั้น ถ้าพิจารณาคำว่า สื่อในแง่ของการสื่อสารแล้วก็จะมีความหมายว่า ตัวกลางที่ใช้ในการสื่อความหมายจากผู้หนึ่งไปยังอีกผู้หนึ่ง เป็นเครื่องมือ ที่ช่วยทำกิจกรรมต่าง ๆ ให้ง่ายขึ้นอีกด้วย หรือ คือวัสดุอุปกรณ์ วิธีการหรือ เทคนิค รวมถึงบุคคลที่จะมาช่วยแก้ปัญหาทำให้กิจกรรมต่าง ๆ สำเร็จลุล่วงไปด้วยดีและรวดเร็ว (เชียรศรี วิวิธสิริ, 2535 : 59)

2.1.2 ความหมายของสื่อการเรียนการสอน

นักเทคโนโลยีหลายท่านได้ให้ความหมาย สื่อการสอน ดังนี้

สื่อการเรียน (Learning Media) คือ สิ่งที่นักเรียนใช้ในการเรียน เช่น หนังสือ แบบฝึกของจริงของจำลอง เครื่องมือทดลอง ฯลฯ การเรียนอาจเกิดขึ้นได้โดยไม่ต้องมีผู้สอน ผู้เรียนอาจกระทำกิจกรรมต่าง ๆ ด้วยตนเอง โดยใช้สื่อรูปแบบต่าง ๆ (สมบูรณ์ สงวนญาติ, 2534 : 43)

สื่อการสอน (Instructional Medias) คือ สื่อที่มุ่งเน้นการนำไปใช้ทางด้านการเรียนการสอนทั้งในห้องเรียน และนอกห้องเรียน เช่น การใช้สไลด์ และภาพยนต์ประกอบการสอน การใช้ตำราเรียน บทเรียนโปรแกรม รายการวิทยุโรงเรียน เป็นต้น และเนื่องจากระบบการสอนนั้นเป็นส่วนหนึ่งของระบบการให้การศึกษา จึงอาจกล่าวได้ว่า สื่อการสอนก็เป็นส่วนหนึ่งของสื่อการศึกษานั่นเอง (ณรงค์ สมพงษ์, 2535 : 32)

สื่อการสอน คือ วัสดุ (สิ่งสิ้นเปลือง) อุปกรณ์ (เครื่องมือที่ไม่ผุพังได้ง่าย) และวิธีการกิจกรรม ละคร เกม การทดลอง ฯลฯ ที่ใช้เป็นสื่อ และให้ผู้สอนสามารถส่งหรือถ่ายทอดความรู้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เจตคติ (อารมณ์ ความรู้สึก ความสนใจ ทัศนคติ และค่านิยม) และทักษะไปยังผู้เรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ (วาสนา ชาวหา, 2533 : 8)

สื่อการสอน คือ สิ่งใดก็ตามที่เป็นตัวกลาง หรือพาหะนำความรู้ไปสู่ผู้เรียนและทำให้ผู้เรียนเรียนรู้ได้ตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้เป็นอย่างดี (วาสนา ชาวหา, 2533 : 8)

สื่อการเรียนการสอน คือ สิ่งที่ช่วยในการเรียนรู้ซึ่งครูนักเรียนเป็นผู้ใช้ เพื่อให้การเรียนการสอนมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ในการผลิตสื่อทางการศึกษานั้น ผู้ผลิตสื่อทำหน้าที่อยู่ในกลุ่มผู้ส่งซึ่งอาจส่งเรื่องราวโดยผ่านสื่อ ที่ผลิตขึ้นจำเป็นต้องมีความเข้าใจในขบวนการสื่อความหมายอย่างถ่องแท้ ฉะนั้นสิ่งที่ผลิตขึ้นมาอาจให้สื่อความหมายที่ผิดได้ และจะต้องเลือกสื่อที่ผลิตให้เหมาะสมกับผู้เรียน ผู้เรียนหรือผู้รับที่มีพื้นฐานความรู้ประสบการณ์และวุฒิภาวะที่ต่างกันจะมีความสามารถในการสื่อความหมายแตกต่างกันออกไปด้วย (ไชยยศ เรืองสุวรรณ, 2525 : 41)

สื่อการเรียนการสอน คือ สิ่งต่าง ๆ ทั้งวัสดุอุปกรณ์ เครื่องมือ วิธีการและกิจกรรม ซึ่ง ได้เลือกมาใช้ช่วยในการถ่ายทอดความรู้จากครูไปสู่ผู้เรียนเพื่อให้บรรลุเป้าหมายในการเรียนการสอน (สมบูรณ์ สงวนญาติ, 2534 : 44)

จากความหมายต่าง ๆ ที่บุคคลหลายบุคคลได้ให้ไว้จึงพอจะสรุปความหมายของ"สื่อการเรียนการสอน คือ ตัวกลางที่ช่วยนำเนื้อหาจากครูไปสู่ผู้เรียน และทำให้การเรียนการสอนประสบผลสำเร็จ"

2.1.3 การเลือกสื่อการเรียนการสอน อาจใช้หลักเกณฑ์ง่าย ๆ ดังนี้

1. สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ ผู้สอนจะต้องพิจารณาว่าจะนำสื่อมาใช้ในด้านใด เช่น จะนำมาใช้เพื่อนำเข้าสู่บทเรียนหรือประกอบคำอธิบาย หรือใช้เป็นกิจกรรมการเรียนหรือใช้เพื่อสรุปบทเรียน สื่อแต่ละประเภทที่สร้างขึ้นมาผู้สร้างจะต้องมีเป้าหมายที่แน่นอน

2. ตรงกับเนื้อหา การเลือกให้ตรงเนื้อหาให้พิจารณาที่ตัวสื่อว่ามุ่งให้ข้อมูลในด้านใดให้เนื้อหาสาระตรงตามเนื้อหาที่จะสอน หรือครอบคลุมเนื้อหาที่สอนเพียงใดให้ข้อเท็จจริงถูกต้องหรือไม่ มีรายละเอียดเพียงหรือไม่

3. น่าสนใจ การเลือกสื่อที่น่าสนใจให้พิจารณาในด้านขนาด รูปทรง สีสรร ขนาดตัวอักษร และความประณีต สิ่งเหล่านี้จะช่วยดึงดูดความสนใจของผู้เรียน ช่วยสร้างศรัทธาให้เกิดขึ้นในตัวผู้เรียนเป็นการส่งเสริมให้การถ่ายทอดความรู้ดำเนินไปด้วยบรรยากาศที่สนุกสนานและมีความพึงพอใจ

4. เหมาะกับผู้เรียน การเลือกให้เหมาะกับวัยผู้เรียน สื่อการเรียนการสอนมีหลายรูปแบบหลายชนิด หลายระดับ แต่ละระดับแตกต่างกันที่ความละเอียดลึกซึ้งของเนื้อหา การเลือก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สื่อจะต้องพิจารณาให้เหมาะสมกับอายุ ระดับสติปัญญา ความสามารถ ความต้องการ และประสบการณ์เดิมของผู้เรียน

5. สะดวกต่อการใช้และการเก็บรักษา การเลือกสื่อการสอนที่จะสะดวกต่อการใช้และการเก็บรักษาสื่อที่เหมาะต่อการสอนจะต้องไม่ยุ่งยากในการใช้ มีเสถียรภาพให้ผลคุ้มค่าไม่เสียเวลาเก็บรักษาง่ายใช้งานกระทัดรัด ถ้าเป็นเครื่องมือที่ใช้ในการสาธิต หรือการทดลองต้องมั่นใจว่าสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ จะต้องไม่เกิดปัญหาในการนำไปใช้งาน (สมบูรณ์ สงวน-ญาติ, 2534 : 49 - 50)

2.1.4 การจำแนกสื่อการเรียนการสอนสามารถจำแนกได้เป็น 8 ประเภทคือ

1. ของจริงและตัวบุคคล รวมทั้งสถานการณ์ที่เกิดขึ้นจริง เช่น การสาธิต การทดลอง การศึกษานอกสถานที่

2. ภาษาพูดหรือภาษาเขียน หมายถึง คำพูด ตำรา วัสดุตีพิมพ์ คำอธิบายในสไลด์ คำอธิบายฟิล์มสตริป แผ่นภาพโปร่งแสง

3. วัสดุกราฟิก เช่น แผนภูมิ แผนภาพ แผนสถิติ โปสเตอร์ การ์ตูน แผนที่ ลูกโลก ภาพวาด ฯลฯ วัสดุประเภทนี้นอกจากจะนำมาใช้โดยตรงแล้ว ยังปรากฏในหนังสือ ตำรา แบบเรียน หนังสืออ้างอิง ภาพโปร่งใส ภาพฟิล์มสตริป สไลด์ เป็นต้น

4. ภาพนิ่ง เป็นภาพที่ได้จากการถ่ายภาพสไลด์และฟิล์มสตริป

5. ภาพเคลื่อนไหว ได้แก่ ภาพยนตร์ โทรทัศน์

6. การบันทึกเสียง ได้แก่ เสียงจากเทป บันทึกเสียงจากแผ่นเสียง จากร่องเสียงของฟิล์มภาพยนตร์ ฯลฯ

7. การสอนประเภทโปรแกรม เป็นการสอนที่จะต้องจัดเตรียมล่วงหน้า อาจมีสื่อทางโสตทัศนะเข้าช่วยเป็นแบบเรียนโปรแกรม บทเรียนสำเร็จรูปใช้ร่วมกับเครื่องช่วยสอนหรือคอมพิวเตอร์

8. สื่อประเภทสถานการณ์จำลองและชุดการสอน ได้แก่ การแสดงบทบาท การแสดงละคร (เกอร์ลัช และอิลาน อ้างโดย วาสนา ชาวหา, 2533 : 13 - 14)

2.2 การศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับหุ่นจำลอง

หุ่นจำลองหรือ Model จัดเป็นวัสดุสามมิติ (Three dimensional Materials) โดยมีรายละเอียดดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.1 ความหมายของวัสดุสามมิติ

วัสดุสามมิติ หมายถึง สิ่งที่มีส่วนกว้าง ส่วนยาว และส่วนสูงหรือความหนา สามารถสัมผัสได้หลายได้นานโดยเฉพาะการจับต้องลูบคลำ (วาสนา ชาวหา, 2533 : 22)

วัสดุสามมิติ หมายถึง สิ่งที่มีรูปทรงประกอบด้วยขนาดทั้ง 3 ทิศทาง คือ มีทั้งส่วนกว้าง ส่วนยาว และส่วนหนาเวลามองดูจึงเห็นเป็นส่วนนูน ส่วนเว้า ส่วนกว้าง ส่วนยาว และส่วนหนา สิ่งต่าง ๆ ที่อยู่รอบ ๆ ตัวเราส่วนมากเป็นวัตถุหรือวัสดุสามมิติเกือบทั้งสิ้นบางอย่างเป็นสิ่งที่มีอยู่โดยธรรมชาติ และบางอย่างเป็นสิ่งที่มนุษย์คิดประดิษฐ์สร้างขึ้น (สมบูรณ์ สงวนญาติ, 2534 : 95)

วัสดุสามมิติหรือวัสดุมีทรง จำแนกเป็น 4 ประเภท ดังนี้

1. ของจริงหรือของแท้ที่ไม่แปรเปลี่ยน (Unmodified Real Thing) หมายถึง วัสดุสามมิติที่อยู่ในสภาพความเป็นจริง ไม่มีการเปลี่ยนแปลงหรือแปรเปลี่ยนไปจากสภาพเดิม มีทั้งสิ่งที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติและสิ่งที่มนุษย์ผลิตขึ้นมา เช่น ดอกไม้ ใบไม้ แมลง เครื่องมือในการประกอบอาชีพ เป็นต้น

2. ของจริงที่แปรเปลี่ยน (Modified Real Thing) หมายถึง ของจริงที่ได้รับการเปลี่ยนแปลงปรับปรุงบางส่วนให้เหมาะสม และสะดวกต่อการนำมาใช้ในการเรียนการสอน เช่น สัตว์สตัฟฟ์ เครื่องยนต์ผ่าซีก สิ่งมีชีวิตที่ดองด้วยน้ำยา เป็นต้น

3. ของตัวอย่าง (Specimen) เป็นเพียงส่วนหนึ่งของของจริงเท่านั้น แต่สามารถเป็นตัวแทนของ ของจริงได้เป็นอย่างดี เช่น ตัวอย่างแร่ ตัวอย่างน้ำในแหล่งต่าง ๆ เป็นต้น

4. ของจำลองหรือหุ่นจำลอง (Model) หมายถึง วัสดุสามมิติที่ผลิตขึ้นมาใช้แทนของจริง เนื่องจากในบางครั้งผู้สอนไม่สามารถนำของจริงหรือของตัวอย่างมาใช้ในกระบวนการสอนได้ เพราะข้อจำกัดต่าง ๆ ดังนี้ ของจริงหรือของตัวอย่างนั้นหาได้ยากแพงเกินไป มีขนาดเล็กหรือขนาดใหญ่เกินไป ละเอียดอ่อนเกินไปในการจับต้อง ยุ่งยากซับซ้อนเกินกว่าความเข้าใจของผู้เรียน อันตรายเกินกว่าที่จะเสี่ยงนำมาใช้ หรือเมื่อนำออกจากที่เป็นอยู่ตามธรรมชาติแล้วอาจผิดเพี้ยนจากความเป็นจริง ดังนั้น จึงต้องนำของจำลองหรือหุ่นจำลองมาใช้แทนของจริง เพราะบางครั้งหุ่นจำลองสามารถเสนอความรู้หรือเรื่องราวให้ผู้เรียน เรียนรู้ได้ง่ายและสะดวกกว่าของจริงไม่สามารถแสดงได้ บางชนิดแสดงแต่ส่วนที่ใช้ในการเรียนการสอนเท่านั้น ไม่แสดงส่วนที่สลับซับซ้อนหรือยุ่งยาก บางชนิดขยายให้ใหญ่โต เห็นได้ชัดเจน และบางชนิดก็ย่อส่วนให้เล็กลงเพื่อสะดวกในการนำมาใช้ เป็นต้น (วาสนา ชาวหา, 2533 : 22 - 23)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2 หุ่นจำลอง (Model)

หุ่นจำลอง เป็นตัวแทนวัสดุสามมิติ ของจริงหลายอย่างที่เราไม่สามารถที่จะนำของจริงนั้น ๆ มาใช้สอนได้โดยตรง เพราะมีอุปสรรคต่าง ๆ เช่น

1. มีขนาดใหญ่ หรือเล็กเกินไป เช่น ยุงหรือช้าง

2. มีความซับซ้อนมาก เช่น อวัยวะภายในของคน

3. บางอย่างไม่สามารถใช้ของจริงได้ เช่น การทำงานระบบหมุนเวียนโลหิตของสัตว์

ประเภทของหุ่นจำลอง

1. หุ่นทรงภายนอก (Solid Model) หุ่นแบบนี้ต้องการแสดงรูปร่าง หรือทรวดทรงภายนอกเท่านั้น เพื่อให้ได้รับความเข้าใจโดยทั่ว ๆ ไปรายละเอียดต่าง ๆ ไม่จำเป็นก็ตัดทิ้งเสีย หุ่นจำลองแบบนี้ ยังเน้นในเรื่องน้ำหนัก ขนาด สี หรือพื้นผิว ลวดลาย มาตราส่วนอาจจะใช้ผิดไปจากของจริงได้ ครูอาจทำหุ่นจำลองรูปทรงภายนอกด้วยตนเองง่าย ๆ จากวัสดุต่าง ๆ กัน เช่น กระดาษ พลาสติก ไม้และปูนพลาสเตอร์ เป็นต้น

2. หุ่นเท่าของจริง (Exact Model) มีขนาดรูปร่างรายละเอียดเท่าของจริงทุกประการ พวกนี้ใช้แทนของจริงที่หาได้ยาก หรือราคาแพงหรือเสียหายแตกง่าย แต่ว่ามีความจำเป็นที่จะต้องให้นักเรียนได้เข้าใจรายละเอียดทุกอย่างว่าของจริงเป็นอย่างไร เช่น หุ่นจำลองของสมองมนุษย์ เป็นต้น

3. หุ่นจำลองแบบขยายหรือแบบย่อ (Enlarged and Reduced Model) เราเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า หุ่นจำลองแบบมาตราส่วน ทั้งนี้เพราะเราย่อ หรือขยายให้เล็กหรือใหญ่เป็นสัดส่วนกับของจริงทุกส่วน พวกนี้เป็นประโยชน์ในการที่จะให้นักเรียนได้เข้าใจรายละเอียด และความสัมพันธ์ของ ของจริงได้

4. หุ่นจำลองแบบผ่าซีก (Cut away Model) แสดงให้เห็นลักษณะภายใน โดยตัดพื้นผิวบางส่วนออกให้เห็นว่าส่วนต่าง ๆ ประกอบกันอย่างไรจึงจะเกิดเป็นสิ่งนั้น ๆ เช่น หุ่นตัดให้เห็นภายในฟัน หุ่นตัดให้เห็นลักษณะภายในของดอกไม้

5. หุ่นจำลองแบบแยกส่วน (Build up Model) หุ่นจำลองแบบนี้แสดงให้เห็นส่วนหนึ่งหรือทั้งหมดของสิ่งนั้น ว่าภายในสิ่งนี้ประกอบด้วยสิ่งย่อย ๆ สามารถจะถอดออกเป็นส่วน ๆ และประกอบกันได้ หุ่นจำลองแบบนี้จะช่วยให้เข้าใจถึงหน้าที่และความสัมพันธ์ของส่วนต่าง ๆ เช่น หุ่นจำลองปริมาตร หุ่นจำลองอวัยวะภายในร่างกายมนุษย์

6. หุ่นจำลองแบบเคลื่อนไหวทำงานได้ (Working Model) หุ่นจำลองแบบนี้แสดงให้เห็นส่วนที่เคลื่อนไหวทำงาน ของวัตถุหรือเครื่องจักร หุ่นจำลองพวกนี้ เป็นประโยชน์ในการสาธิตการทำงานหรือหน้าที่สิ่งของนั้น ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. หุ่นจำลองเลียนแบบของจริง (Mock-up Model) แบบนี้แสดงความเป็นจริงของสิ่งหนึ่ง ซึ่งจะจัดวางหรือประกอบส่วนต่าง ๆ ของจริงเสียใหม่ให้ผิดไปจากที่เป็นอยู่เดิม ส่วนมากใช้เป็นประโยชน์แสดงขบวนการซึ่งมีหลาย ๆ ส่วนเข้าไปเกี่ยวพันด้วย (นิพนธ์ สุขปรีดี, 2528 : 49)

2.2.3 ประเภทของหุ่นจำลองแบ่งออกได้ดังนี้ คือ

1. หุ่นจำลองแสดงลักษณะภายนอก (Solid Model) เป็นการจำลองแบบของจริงตามลักษณะที่มองเห็นภายนอก เช่น กล่องไม้ที่มีรูปทรงเหมือนบ้านใช้แสดงที่ตั้งของบ้านเพียงแต่ตกแต่งส่วนประกอบเพียงเล็กน้อย หุ่นจำลองแบบนี้ไม่จำเป็นต้องมีรายละเอียดมากและทำง่าย ๆ ให้ถูกสัดส่วนเท่านั้น

2. หุ่นจำลองเหมือนของจริง (Exact Model) สร้างให้ถูกสัดส่วนและมีรายละเอียดสมบูรณ์เหมือนของจริง ยกเว้นแต่ขนาดที่อาจสร้างตามความเหมาะสมปกติจะมีความซับซ้อนมากและสร้างขึ้นโดยช่างมืออาชีพ โดยเน้นลักษณะเหมือนจริง และสัดส่วนที่ถูกต้องเป็นเรื่องสำคัญ

3. หุ่นจำลองแบบผ่าซีก (Cutaway Model) เป็นหุ่นจำลองที่สร้างให้เห็นลักษณะภายในของวัตถุตัวอย่าง เช่น หุ่นจำลองเครื่องยนต์ผ่าซีก แสดงการทำงานของเครื่องยนต์ หุ่นจำลองแสดงลักษณะภายในของมนุษย์ที่แสดงว่าเราได้ยินเสียงที่เกิดจากการสั่นสะเทือนได้อย่างไร หุ่นจำลองแบบนี้จึงมีประสิทธิภาพมากเพราะสามารถอธิบายของจริง ซึ่งบางครั้งก็มองไม่เห็นและยากแก่การเข้าใจ

4. หุ่นจำลองแบบแยกส่วน (Build - up) หุ่นจำลองแบบนี้ สามารถแยกเป็นส่วน ๆ หรือนำมารวมเข้าด้วยกันได้ ไม่เพียงแต่ใช้ในการสาธิตว่าวัตถุมีลักษณะอย่างไรเท่านั้น แต่ยังสามารถแสดงส่วนประกอบแต่ละส่วนที่มีความสัมพันธ์กันทั้งหมดได้ด้วย หุ่นจำลองแบบนี้เหมาะสำหรับใช้ในการแสดงชนิดของดินแบบต่าง ๆ การทำพื้นที่แบบขั้นบันไดและลักษณะภูมิประเทศ

5. หุ่นจำลองแสดงการทำงาน (Mock up) เป็นวัสดุที่สร้างขึ้นเพื่อแสดงการทำงานเลียนแบบของจริง โดยสร้างให้มีส่วนประกอบที่มีลักษณะเด่นของวัตถุนั้น พยายามขจัดรายละเอียดที่ไม่สำคัญออกไปทั้งที่ขนาดเล็กกว่าของจริง และขนาดใหญ่กว่าของจริง เช่น นาฬิกาไม้ที่เลื่อนด้วยมือประกอบการสอนเรื่องเวลา แผงแสดงวงจรไฟฟ้า วิทยุ ซึ่งแสดงการต่อเส้นสายไฟให้เห็นอย่างชัดเชน เป็นต้น (ฉรงค์ สมพงษ์, 2535 : 116 - 117)

2.2.4 ประโยชน์ของหุ่นจำลองต่อการเรียนการสอนมีดังนี้ คือ

1. ช่วยให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ถึงรูปร่างลักษณะ สัดส่วน และความสัมพันธ์ของสิ่งที่มีขนาดโตเกินกว่าที่จะศึกษาจากของจริงได้ เช่น ลูกโลก

2. ช่วยให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ถึงรูปร่างลักษณะ และสัดส่วนของสิ่งที่เล็กมองเห็นของจริงได้ยาก เช่น เชื้อโรคยุง แมลงตัวเล็ก ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. เป็นสิ่งแทนของที่หายากอยู่ไกล ราคาแพงเพื่อให้ผู้เรียนได้ศึกษา และสังเกตอย่างใกล้ชิดได้

4. สามารถลดส่วนที่สลับซับซ้อนให้น้อยลง และเน้นเฉพาะส่วนที่ต้องการสอนให้เด่นชัดได้

5. ส่งเสริมความเข้าใจ ความคิดสร้างสรร และการทำงานเป็นกลุ่มของนักเรียนในกรณีที่ให้ผู้เรียนศึกษา และทำหุ่นจำลองขึ้นใช้เอง (สุนันท์ ปัทมคม, 2525 : 35)

2.2.5 การสร้างหุ่นจำลอง

หลักการต่อไปนี้เป็นแนวทางที่ใช้ได้กับการสร้างหุ่นจำลองทุกแบบ

1. รวบรวมวัสดุที่จะเป็นสิ่งอ้างอิง เช่น รูปภาพจากนิตยสาร แผนภูมิ และตำราหนังสือคู่มือ

2. ตัดสินใจใช้มาตราส่วนให้ถูกต้องที่สุดทุกสัดส่วนของหุ่นจำลอง ต้องเป็นสัดส่วนกับของจริง ถ้าขนาดเป็น 4 เท่าของของจริง ส่วนต่าง ๆ ก็ขยายเป็น 4 เท่าหมดทุกส่วน

3. ต้องยึดหลักตามความถูกต้องบางประการเหล่านี้

ก. ถ้ายึดหลักตามความถูกต้องอย่างไม่เหมือนกันทุกอย่าง การทำเราพยายามทำให้ถูกต้องพอที่เด็กดูแล้วจะเข้าใจทันทีนั่นคืออะไร

ข. ถ้าใช้ภาพถ่ายเป็นแบบต้องระลึกถึงว่า รูปภาพนั้นจะมีด้านหนึ่ง ซึ่งอยู่ทางด้านลับสายตาผิดไปจากของจริงเราต้องแก้ไข

ค. ถ้าของนั้นเล็กหรือใหญ่เกินไปเราไม่สามารถจะวัดสัดส่วนของต่าง ๆ ให้ละเอียดได้ เราอาจใช้ภาพถ่ายแทนได้ เช่น แมลง หรือภูเขาไฟ เป็นต้น เราจำต้องใช้ภาพถ่ายหรือภาพเขียนเป็นแบบ

4. เขียนภาพให้ได้จริง ๆ ในการเขียนรูปเราต้องมองวัสดุนั้นในรูปเรขาคณิต รายละเอียดที่ไม่จำเป็นก็ตัดทิ้งเสีย หลักของ Perspective ต้องนำมาใช้ส่วนหน้า ส่วนยอดส่วนข้าง ต้องวัดแยกกัน

5. เลือกวัสดุที่ใช้ทำให้เหมาะสม

เทคนิคในการทำหุ่นจำลองแต่ละชนิด

1. กระดาษ กระดาษอาจใช้พับเป็นรูปเรขาคณิตต่าง ๆ ได้ เช่น พับเป็นมุมต่าง ๆ หรือรูปทรงต่าง ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. กระดาษแข็ง อาจเจาะใช้เป็นส่วนของหุ่นที่ทำด้วยดินเหนียวได้ การพับกระดาษแข็งให้ดีนั้นทำได้ โดยการใช้มีดกรีดเป็นร่องเสียก่อนถ้าต้องการให้เคลื่อนไหวก็อาจเจาะ และติดตาไก่ไว้เพื่อให้หมุนได้

3. ไม้ ไม้มีประโยชน์ในการทำหุ่นจำลองหลาย ๆ แบบ การเลือกไม้ทำหุ่นนั้น ควรจะใช้ไม้เนื้ออ่อนเครื่องมือที่ใช้ควรจะมีเลื่อยหลาย ๆ ประเภท เช่น เลื่อยเจาะ เลื่อยตัด เลื่อยผ่า เลื่อยฉลุ การตัดไม้เป็นรูปต่าง ๆ นั้น ถ้าใช้ไม้ท่อนหนา 4 เหลี่ยม ต้องเขียนโครงเส้นไว้ทุกด้านเสียก่อน เช่น จะทำกรวยก็ต้องใช้ไม้ท่อน ตัดให้ความยาว ยาวกว่าความสูงของกรวยเล็กน้อยแล้วเขียนเส้นแนวทางสำหรับเลื่อยไว้ทุกด้าน

4. โลหะ หุ่นจำลองบางอย่าง เช่น หุ่นจำลอง เครื่องจักร เครื่องใช้ ซึ่งจะให้เห็นการเคลื่อนไหวแล้วเพื่อความคงทนควรจะใช้โลหะ โลหะที่ใช้นั้นควรเป็นโลหะอ่อน เช่น ทองแดง ทองเหลือง หรืออลูมิเนียม ทองเหลืองอาจจะซื้อได้ตามร้านเครื่องยนต์ทั่วไป เครื่องมือต่าง ๆ ที่จะใช้ในการทำหุ่นจำลองด้วยโลหะนั้น มักจะมีสิ่งต่อไปนี้ คือ คีมหนีบ ตัด ตะปูเจาะ ตะไบ เครื่องบัดกรี

5. ดินเหนียว ดินเหนียวใช้ทำหุ่นจำลองได้หลายอย่าง เช่น รูปทรงเรขาคณิต ที่อยู่อาศัย ทางประวัติศาสตร์ อนุสาวรีย์ สัตว์ ดินเหนียวที่นิยมใช้กันมี 2 แบบ คือ

ก. ดินเหนียวที่มีอยู่ตามธรรมชาติ ในประเทศไทยมีอยู่มากมาย สามารถจะขุดมาเก็บแช่น้ำไว้ที่โรงเรียน เมื่อปั้นเป็นรูปแล้วควรจะตากไว้ในร่ม เพื่อไม่ให้แตกระแหง เมื่อแห้งแล้ว จึงนำไปเผาไฟ การเผานั้นถ้าใช้ฟางข้าวเป็นดีที่สุด

ข. ดินน้ำมัน เป็นดินเหนียวประดิษฐ์ที่ขายตามร้านขายเครื่องปั้นแล้วจะให้ถาวรคงทนก็ทาเชลแลคเสีย

6. ปูนพลาสเตอร์ ปูนพลาสเตอร์มีขายทั่วไปตามร้านเครื่องปั้น หรือร้านเครื่องหล่อแบบต่าง ๆ ปูนพลาสเตอร์ใช้ทำหุ่นจำลองประเภทผ่าซีกได้ดีที่สุด

การผสมปูนพลาสเตอร์นั้นทำง่าย โดยโรยปูนพลาสเตอร์ลงในภาชนะที่ใส่น้ำไว้แล้วโรยลงไปจนกระทั่งจมและขึ้นมาถึงระดับน้ำพอดี ปล่อยทิ้งไว้สัก 5 นาที แล้วจึงคนให้ทั่ว

การหล่อก็ทำได้ง่ายเทปูนพลาสเตอร์ลงในแบบผนังของแบบต้องฉาบด้วยขี้ผึ้งพาราฟินหรือน้ำมันมะพร้าวก็ได้ ปล่อยไว้สักวันหรือสองวันก็แกะออก แล้วลงมือตกแต่ง และวาดรูปลงบนพลาสเตอร์ การวาดรูปทำได้โดยใช้การลอกด้วยกระดาษคาร์บอนตกแต่งส่วนต่าง ๆ จะให้เห็นส่วนต่าง ๆ แตกต่างกัน ก็ลงด้วยหมึกสี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. เปเปอร์มาเช เหมาะสำหรับทำหุ่นจำลองแบบทรวดทรงภายนอก เพื่อแสดงให้เห็นถึงพื้นผิวลวดลาย นอกจากนี้ยังเป็นประโยชน์ในการสร้างหัวหุ่นกระบอกได้ด้วย การทำเราก็ทำง่าย ๆ ดังนี้

ก. ผสมแป้งเปียก การอาบแป้งเปียกนั้นทำได้ 2 วิธี คือ ถ้าใช้แป้งสาลีก็ผสมลงกับน้ำเย็นได้เลยทีเดียวถ้าใช้แป้งมัน เช่น แป้งมันสำปะหลัง การผสมก็ต้องผสมด้วยน้ำร้อน การผสมแป้งแบบนี้ไม่ให้เป็นก้อนทำได้ดังนี้ ผสมแป้งกับน้ำเย็นก่อน แล้วจึงนำไปเทลงในน้ำร้อนซึ่งเดือดจัด แล้วคนให้ทั่วโดยเร็ว ก็จะได้แป้งเปียกเหลว ๆ เป็นยาง

ข. นำกระดาษหนังสือพิมพ์มาฉีกออกเป็นชิ้นเล็ก ๆ เอาแช่ลงในแป้งเปียก

ค. เอากระดาษหนังสือพิมพ์ที่แช่แป้งเปียกแล้ว ไปพันรอบหุ่นจำลอง ซึ่งเตรียมไว้แล้ว หุ่นจำลองแบบนี้ทำด้วยดินเหนียวธรรมดา การพันก็พันให้ทั่วหลาย ๆ ชั้น เพื่อความคงทน ทิ้งไว้ให้แห้งหลาย ๆ วัน แล้วผ่าออกจากหุ่นแบบ เราก็จะได้หุ่นจำลองที่ทำด้วยเปเปอร์มาเช (สมพงษ์ ศิริเจริญ, 2515 : 110 - 113)

ข้อดีของหุ่นจำลอง คือ

1. ช่วยจำลองของจริงที่มีขนาดใหญ่มากเกินไปในการขนย้ายหรือการจับถือ เช่น สิ่งก่อสร้าง หรือเครื่องจักรกล

2. ช่วยขยายของจริงที่มีขนาดเล็กเกินไปจนผู้ดูมองไม่เห็น เช่น แมลง

3. เลียนแบบของจริงบางอย่างที่เสียหายง่าย เช่น อาหาร ผลไม้หรือของอื่น ๆ ที่มีลักษณะของมนุษย์และสัตว์

4. ช่วยทำให้มองเห็นลักษณะการทำงานภายในของวัตถุ เช่น เครื่องยนต์ หรืออวัยวะภายในของมนุษย์และสัตว์ (ณรงค์ สมพงษ์, 2535 : 116)

การใช้หุ่นจำลองในการสอน

การใช้หุ่นจำลองในการสอน ก่อนที่จะแสดงควรอธิบายวัตถุประสงค์ในการใช้ก่อน ช่วยให้ผู้ฟังเข้าใจวิธีการทำงาน และเข้าใจขนาดที่แท้จริงของวัตถุนั้นโดยเปรียบเทียบกับขนาดของคนหรือแสดงด้วยภาพของวัตถุจริงเปรียบเทียบกับสิ่งที่อยู่รอบตัว ควรเปิดโอกาสให้ผู้เรียนรู้และทดลองใช้หุ่นจำลองด้วยตนเอง (ถ้าหุ่นจำลองนั้นสามารถเคลื่อนที่ส่วนประกอบต่าง ๆ ได้)

การใช้หุ่นจำลองร่วมกันกับวัสดุอื่น ๆ เช่น ใช้สไลด์ ภาพวาดและกระดาษ ผ้าสำลี เพื่อเน้นรายละเอียดซึ่งไม่สามารถเห็นได้ง่ายเมื่อใช้หุ่นจำลอง (ณรงค์ สมพงษ์, 2535 : 119)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 เอกสารที่เกี่ยวข้องทางด้านการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินระบบ Aeroponics

2.3.1 ประวัติของการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน

ประวัติเดิมของการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินนั้น เริ่มแรกในมหาวิทยาลัยแคลิฟอร์เนียในปี พ.ศ. 2479 ในตอนนี้น ดร.เกอริก ได้ทดลองปลูกมะเขือเทศในน้ำผสมธาตุอาหารตามสูตรที่เขาดัดแปลงขึ้นและประสบความสำเร็จ เนื่องจากต้นมะเขือเทศเจริญเติบโตได้ดี จนกระทั่งออกดอกและติดผลที่มีขนาดรับประทานได้ ดร.เกอริกได้เรียกการปลูกพืชแบบนี้ว่า hydroponics คำนี้เป็นภาษากรีกมาจาก "hydro" แปลว่า น้ำ และ "ponic" แปลว่า การทำงาน คำว่า hydroponics จึงหมายถึงการทำงานของน้ำ สำหรับในประเทศไทยนิยมเรียกว่า "การปลูกพืชในน้ำยา" (นพดล เรียบเลิศหิรัญ, 2538 : 1)

การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน (Soilless culture) เป็นวิธีการที่ใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์สมัยใหม่ด้วยการเลียนแบบการปลูกพืชบนดินแต่ไม่นำดินมาใช้เป็นวัสดุในการปลูก หลักการพื้นฐานในการทำให้พืชเจริญงอกงามเติบโตก็เพียงใช้น้ำที่มีการเติมธาตุอาหารต่าง ๆ เป็นการทดแทนอาหารที่มีอยู่เดิมต้นพืชก็สามารถ เจริญเติบโตได้เช่นกันปัจจุบันประชาชนในหลายประเทศทั่วโลกต่างได้นิยมหันมาปลูกพืชด้วยวิธีนี้มากขึ้น เพื่อเป็นการช่วยเพิ่มผลผลิต ลดปัญหาการใช้ยาฆ่าแมลง สำหรับพืชที่ปลูกด้วยวิธีนี้ สามารถปลูกได้ตั้งแต่ผู้ที่ปลูกเป็นงานอดิเรกใช้พื้นที่น้อย ๆ ในบ้านพักอาศัย ถึงระดับเกษตรกรที่ทำฟาร์มขนาดใหญ่เป็นอุตสาหกรรมจนเป็นที่ยอมรับแพร่หลายกันมาทั่วโลก

การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน หรือบางท่านเรียกว่าการปลูกพืชด้วยสารละลาย (Hydroponics) มาจากคำในภาษากรีกสองคำ "hudor" หมายถึง น้ำ และ "ponos" หมายถึง งาน ซึ่งเมื่อรวมคำสองคำเข้าด้วยกันความหมายก็ คือ "water - working" หรือ "การปฏิบัติเกี่ยวกับน้ำ" แต่โดยความหมายจริง ๆ นั้นได้มีความเกี่ยวข้องกับการใช้สารละลายหรือการใช้ปุ๋ยเคมีกับการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน เรื่องที่ปรากฏอยู่จึงเป็นสิ่งที่ตรงกันข้ามกับการปลูกพืชในดินให้เจริญเติบโตดังที่เป็นมาแต่ดั้งเดิม หรือที่ เรียกว่า จีโอโพนิคส์ (geoponics) อย่างไรก็ตามหลักฐานพื้นฐานในการปลูกพืชตามแบบวิธีนี้ทั้งในการปฏิบัติและการดูแลก็จะเป็นไปในลักษณะเหมือนกับการปลูกพืชในดิน เพียงแต่ปลูกโดยไม่ต้องการดิน (ถวัลย์ พัฒนาเสถียรพงศ์, 2534 : 1)

2.3.2 ประเภทของระบบการปลูกพืชไม่ใช้ดิน

สุธิสา ตั้งสุนทรธรรม, 2537 : 1) ได้แบ่งระบบการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินตามลักษณะการให้สารละลายธาตุอาหารพืชได้ 3 แบบ คือ

1. แบบปลูกให้รากลอยอยู่ในอากาศ (Aeroponics) เป็นระบบที่รากพืชลอยอยู่ในอากาศและมีการฉีดพ่นสารละลายธาตุอาหารเป็นฝอยให้กับรากพืชโดยตรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. แบบปลูกในวัสดุปลูก (media) การปลูกโดยใช้วัสดุปลูกเป็นตัวช่วยให้รากยึดพยุงลำต้นแทนดิน หลักในการเลือกวัสดุปลูกคือ จะต้องให้เหมะสมกับสภาวะต่าง ๆ ตามที่พืชต้องการ และต้องไม่ทำปฏิกิริยาใด ๆ กับสารละลายธาตุอาหารพืช การให้สารละลายแบบนี้แบ่งออกเป็น 2 ลักษณะคือ

2.1 การให้สารละลายแบบท่วมภาชนะปลูก

2.2 การให้สารละลายโดยการหยด

3. แบบปลูกในสารละลายธาตุอาหารเป็นแบบที่นิยมมากทางการค้าแบ่งออกได้ดังนี้

3.1 ปลูกในสารละลายแบบไม่หมุนเวียนมีทั้งแบบไม่เติมอากาศและแบบเติมอากาศโดยใช้ปั๊มลมช่วยในการให้ออกซิเจนแก่รากพืช ลักษณะเดียวกับการเลี้ยงปลาตู้

3.2 การปลูกในสารละลายที่มีการหมุนเวียน จะปลูกแบบมีการใช้ปั๊มน้ำช่วยในการผลักดันสารละลายให้มีการไหลเวียนจึงเป็นการเพิ่มออกซิเจนแก่รากพืชโดยตรงและการไหลเวียนของสารละลายช่วยให้ไม่เกิดการตกตะกอนของธาตุอาหารต่าง ๆ

3.2.1 การให้สารละลายไหลผ่านรากพืชอย่างต่อเนื่อง (Nutrient Flow Technique) มีลักษณะเหมือนการปลูกต้นพืชแช่อยู่ในธารน้ำเล็ก ๆ มีน้ำตื้น ๆ ไหลช้า ๆ อย่างสม่ำเสมอ สารละลายมีความลึกมากกว่า 5 เซนติเมตร

3.2.2 การให้สารละลายไหลผ่านรากพืชเป็นสายน้ำยาว ๆ (Nutrient Film Technique) โดยให้สารละลายหมุนเวียนตามทิศทางการไหลของน้ำ จากที่สูงลงที่ต่ำกว่ามักจะใช้รางยาว ๆ เป็นภาชนะปลูก ซึ่งติดตั้งให้มีความลาดเทกับน้ำตื้น ๆ ประมาณ 2 - 3 มิลลิเมตร ไหลผ่านรากช้า ๆ โดยสามารถนำสารละลายหมุนเวียนกลับมาใช้ใหม่ได้

อิทธิสุนทร นันทกิจ (2538 : 118) กล่าวถึงระบบการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินขนาดเล็กระบบ Aeroponics ดังนี้

หลักการทำงานของระบบนี้คือเป็นการปลูกพืชโดยส่วนรากลอยอยู่ในอากาศและฉีดสารละลายธาตุอาหารเป็นฝอยไปที่รากพืชโดยตรงเป็นช่วงเวลา โดยฉีดสารละลาย 1 นาทีหยุด 3 นาที และสารละลายที่เหลือจะไหลไปรวมที่ถังพักเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่ รูปร่างของโครงสร้างปลูกพืชในระบบ Aeroponics อาจมีได้หลายรูปแบบเช่น

1. แบบกล่องสี่เหลี่ยม

2. แบบกระโจมสามเหลี่ยม

1. แบบกล่องสี่เหลี่ยม แสดงองค์ประกอบของระบบ ประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ ดังนี้

1.1 โครงปลูกพืชสี่เหลี่ยมโดยตัวโครงทำจากเหล็กฉาก และแต่ละด้านบุด้วยแผ่นโฟมด้านล่างบุอีกชั้นด้วยแผ่นพลาสติกดำกันน้ำรั่ว ขนาด กว้าง x ยาว x สูง 60 x 120 x 50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เซนติเมตร ปลูกพืชด้านบนด้านเดียว

1.2 ปั๊มน้ำแบบมีถังลมอัดความดัน

1.3 วาล์วปิดเปิดน้ำไฟฟ้า แบบมีเครื่องตั้งเวลาติดตั้งอยู่ด้วยกัน

1.4 ถังกรองเป็นเครื่องกรองแบบแผ่นวงแหวนสะดวกในการถอดล้าง

1.5 ถังพลาสติกบรรจุสารละลายขนาด 200 ลิตร

2 แบบกระโจมสามเหลี่ยม แสดงองค์ประกอบของระบบ ประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ ดังนี้

2.1 กระโจมสามเหลี่ยมปลูกพืชทำจากแผ่นโฟมประกบเป็นสามเหลี่ยมกว้าง 20 เซนติเมตร ยาว 240 เซนติเมตร สูง 120 เซนติเมตร ปูพื้นกระโจมด้วยพลาสติกดำและหุ้มกระโจมทั้งหมดด้วยพลาสติกสีขาวอีกชั้นเพื่อป้องกันน้ำรั่วด้านข้าง เจาะรูปลูกพืช ระยะ 25 x 20 เซนติเมตร ในกระโจมติดตั้งหัวฉีด ตัวกระโจมวางบนขาตั้งทำจากเหล็กฉาก กว้าง 120 เซนติเมตร ยาว 240 เซนติเมตร สูง 50 เซนติเมตร

2.2 ปั๊มน้ำแบบมีถังลมอัดความดัน

2.3 วาล์วปิดเปิดน้ำไฟฟ้า แบบมีเครื่องตั้งเวลาติดตั้งอยู่ด้วยกัน

2.4 ถังกรองเป็นเครื่องกรองแบบแผ่นวงแหวนสะดวกในการถอดล้าง

2.5 ถังพลาสติกบรรจุสารละลายขนาด 200 ลิตร

กระโจมสามเหลี่ยม ที่มีการติดพัดลมดูดอากาศที่ด้านบนของกระโจมสามเหลี่ยมที่ตัดเป็นช่องขนาดเท่ากับพัดลม เพื่อดูดอากาศออกจากกระโจม เครื่องดูดอากาศนี้จะต่อเชื่อมกับเครื่องตั้งเวลา ที่ควบคุมการให้น้ำจังหวะการดูดอากาศจะเริ่มเมื่อ หยุดการฉีดสารละลายเพื่อป้องกันพัดลมดูดสารละลายออกจากกระโจม

การเจริญเติบโตของพืชในระบบ Aeroponics พืชมีการเจริญเติบโตดีตั้งตัวเร็วหลังจากย้ายปลูกเนื่องจากรากพืชไม่กระทบกระเทือนขณะย้ายปลูก การแพร่กระจายของรากดีเนื่องจากไม่มีสิ่งกีดขวางเหมือนในดินและรากพืชได้รับอากาศเต็มที่การปลูกในระบบนี้เหมาะกับพืชต้นเตี้ย เช่น พืชผักต่าง ๆ ถ้าต้นสูงจำเป็นต้องมีการค้ำยันหรือใช้เชือกยึด ข้อเสียสำคัญของระบบนี้คือ ถ้าระบบให้น้ำไม่ทำงาน เช่น ไฟฟ้าดับต้นพืชจะแสดงอาการเหี่ยวให้เห็นภายใน 2-3 ชั่วโมง เนื่องจากรากลอยอยู่ในอากาศไม่มีวัสดุช่วยดูดยึดน้ำ ระบบนี้ยังสามารถใช้ศึกษาทดลองเกี่ยวกับการเจริญเติบโต หรือปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อรากได้เป็นอย่างดี เพราะสามารถศึกษาการพัฒนาการของรากได้ตลอดเวลา เช่น การศึกษาเกี่ยวกับ เชื้อ Rhizobium, Mycorrhiza ในการปลูกไม้ดอกหรือพืชผักสวนครัวทำการเพาะกล้าในแท่งฟองน้ำ เมื่อกล้าเริ่มงอกและมีใบเลี้ยงสามารถนำไปปลูกได้ทันที โดยสามารถปลูกพืชต่างชนิดกันในวลาเดียวและสามารถเปลี่ยนพืช ได้ตลอดเวลาโดยไม่กระทบต่อพืชข้างเคียง ปัญหาที่พบบ่อยในการปลูกพืชแบบ Aeroponics คืออุณหภูมิภายใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กระโจมจะสูงมาก ใกล้เคียงกับอุณหภูมิของอากาศภายในโรงเรือนปลูกพืชประมาณ 36°C และมีผลให้การเจริญเติบโตของรากพืชได้ไม่ดี ดังนั้นได้มีการติดตั้งพัดลมดูดอากาศ ซึ่งจะดูดอากาศในช่วงหยุดการให้น้ำ ซึ่งสามารถลดอุณหภูมิภายในกระโจมที่ระดับรากพืชได้ ประมาณ 6 - 10°C และมีผลให้การเจริญเติบโตของรากดีมาก รากมีลักษณะขาวอวบยาว และจากการทดลองเลี้ยงเชื้อ Mycorrhiza พบว่ามีการติดเชื้อได้ดีดังนั้นการปลูกพืชแบบ Aeroponics แบบมีการดูดอากาศน่าจะเป็นแนวทางหนึ่งในการขยายเชื้อ Mycorrhiza ที่รากพืชซึ่งควรจะได้มีการศึกษาโดยละเอียดต่อไป แต่ปัญหาที่ตามมาคืออัตราการระเหยของสารละลายเพิ่มขึ้นมาก ทำให้ต้องมีการเตรียมสารละลายบ่อยครั้ง ดังนั้นได้มีการใช้ระบบเตรียมสารละลาย โดยอัตโนมัติแบบมีการนำสารละลายกลับมาใช้ใหม่ เพื่อลดปัญหาในการเตรียมสารละลาย

2.3.3 อุปกรณ์ที่จำเป็นในการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน

อิทธิสุนทร นันทกิจ (2538 : 5) อุปกรณ์ที่จำเป็นในระบบการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน จำเป็นต้องทำความเข้าใจเกี่ยวกับสิ่งต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

- วัสดุต่าง ๆ ที่สามารถนำมาใช้เป็นวัสดุปลูกในการปลูกพืชแบบไม่ใช้ดิน รวมถึงข้อดีข้อเสีย ของวัสดุแต่ละชนิด
- ภาชนะที่ใช้ในการปลูกพืชแบบไม่ใช้ดิน ทั้งเพื่อปลูกเป็นการค้าจำนวนมากและเพื่อปลูกเป็นไม้ประดับ
- หลักและวิธีการเตรียมสารละลายธาตุอาหารพืช
- อุปกรณ์และวิธีการติดตั้งระบบการให้น้ำและสารละลายธาตุอาหารแก่พืช
- ระบบควบคุมการให้น้ำและสารละลายธาตุอาหารพืชโดยอัตโนมัติ
- การตรวจสอบและควบคุมส่วนต่าง ๆ ในระบบการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน
- เทคนิคการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินแบบต่าง ๆ และข้อดีข้อเสียของแต่ละระบบ

พรชัย จุฑามาศ และวิบูลย์ บุณส่งศรี (2531 : 92 - 96) ได้กล่าวถึงปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน ประกอบด้วย

- ปัจจัยด้านพันธุกรรม กำหนดการเจริญเติบโตของพืช ทั้งทางด้านลำต้น ผลผลิต ความสามารถของพืชที่ตอบสนองต่อธาตุอาหาร
- ปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อม เช่น น้ำ อากาศ แสงแดด ธาตุอาหาร และอุณหภูมิ วิเคราะห์ให้เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืช

อิทธิสุนทร นันทกิจ (2535 : 3) กล่าวถึงหลักบางประการในการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินให้สำเร็จ มีหลักใหญ่ ๆ ที่จะช่วยให้เกิดปัญหาในระบบการปลูกน้อยที่สุดดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. ออกซิเจนบริเวณรากพืช ในระบบที่มีวัสดุปลูกควรให้มีการอุ้มน้ำพอสมควร ควรมีการระบายอากาศ และการเพิ่มออกซิเจนให้แก่ระบบรากด้วย รากพืชที่ได้รับออกซิเจนเพียงพอย่อมทำให้เจริญเติบโตได้ดีด้วย

2. ความชื้นที่ราก รากควรมีความชื้นสัมพัทธ์ และเหมาะสมกับลักษณะของระบบปลูกทั้งในด้านวัสดุปลูกและระบบการให้สารละลาย

3. ธาตุอาหาร องค์ประกอบของธาตุอาหารจะต้องขึ้นกับ ชนิดของพืชที่ปลูก ช่วงอายุการเจริญเติบโตของพืช และภูมิอากาศภายนอก เช่น แสง อุณหภูมิ หรือความชื้นสัมพัทธ์ เป็นต้น โดยความเข้มข้นของธาตุอาหารในปริมาณที่เหมาะสมกับความต้องการของพืช

4. อุณหภูมิที่ราก และส่วนเหนือราก พืชมีช่วงอุณหภูมิที่จำกัดในการเจริญเติบโต การเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศในแต่ละฤดูกาลทั้งในประเทศเองและต่างประเทศ ทำให้เกิดปัญหาทางด้านอุณหภูมิ นอกจากนี้วัสดุปลูกก็มีส่วนในการเพิ่มหรือลดอุณหภูมิของระบบด้วย การแก้ไขทำได้โดยติดเครื่องทำความร้อนหรือเครื่องทำความเย็นเพิ่ม ให้กับระบบในจุดที่ผู้ดำเนินการติดตั้งสะดวกและคำนึงถึงหลักความปลอดภัย

รัชดา เรืองวรบูรณ์ (2536 : 9 - 10) ได้จำแนกชนิดของวัสดุปลูกเป็นประเภทใหญ่ ๆ ได้ 2 ประเภท

1. Inorganic media เป็นวัสดุที่ได้จากสารอนินทรีย์ต่าง ๆ รวมถึงสารสังเคราะห์ต่าง ๆ แบ่ง เป็น

1.1 พวก particle เช่น

- Sand culture คือ การใช้ทรายเป็นวัสดุปลูกที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางขนาดต่ำกว่า 3 มม. การให้สารละลายในระบบนี้จะนิยมให้แบบน้ำ

- Gravel culture วัสดุปลูกนี้จะมีทั้งเป็นรูพรุนและไม่เป็นรูพรุนเป็นวัสดุที่ไม่สลายตัวง่าย เช่น กรวดต่าง ๆ หินภูเขาไฟ (pumice) เป็นต้น ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางจะใหญ่กว่า 3 มม. จะให้สารละลายไหลลงสู่วัสดุปลูกเป็นระยะ ๆ

- Expand clay culture เป็นการนำเอา artificial clay มาทำเป็นวัสดุปลูก ซึ่งได้จากการนำเอาดินเหนียวไปเผาใน rotary fume ที่อุณหภูมิสูงกว่า 1100°C จะได้อนุภาคที่มีรูพรุนและมีขนาดแตกต่างกันไป วัสดุนี้มักใช้ในการปลูกไม้ดอกไม้ประดับ

1.2 พวก roam เป็นพวกวัสดุสังเคราะห์ต่าง ๆ ได้แก่ pe, pf, uf culture

1.3 พวก fiber เช่น rock wool เป็นวัสดุที่มีรูพรุนประกอบด้วย diabase 60% หินปูน 20% และถ่านหิน 20% หลอมที่อุณหภูมิ 1500 - 2000 °C มีสภาพเป็นด่างเล็กน้อย มีค่าความหนาแน่นรวมต่ำ มีรูพรุนมาก ดูดยึดน้ำได้ดี มีลักษณะเหมือนฟองน้ำ ดังนั้นจึงเป็นวัสดุที่นิยมใช้กันมาก ปลอดเชื้อโรค

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง_พระจอมเกล้าลาดกระบัง

1.4 พวกวัสดุอื่น เช่น perlite vermiculite culture

2. Organic media เป็นวัสดุที่ได้จากสารอินทรีย์

2.1 peatmoss เป็นวัสดุอินทรีย์สารที่อุ้มน้ำดีใช้มากในตอนเหนือของประเทศแคนาดา และอเมริกา

2.2 Sawdust culture เป็นการนำเอาขี้เลื่อยมาเป็นวัสดุปลูก ซึ่งขี้เลื่อยจะมีคุณสมบัติแตกต่างกันไปตามชนิดของต้นไม้นั้น ๆ บางชนิดอาจปล่อยสารที่เป็นอันตรายต่อพืชที่ปลูกได้ จึงควรมีการดูแลเอาใจใส่เป็นอย่างดี

2.3 Rice hull culture เป็นการนำเอาแกลบมาเป็นวัสดุปลูกมีมากในบริเวณโรงสีข้าวหาง่ายและราคาถูกในประเทศญี่ปุ่นได้มีการนำมาใช้เช่นกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

30365

บทที่ 3

วิธีสร้างอุปกรณ์

3.1 การวิเคราะห์หลักสูตร

วิชาเทคนิคการปลูกพืชไร้ดิน (03610107) อยู่ในหมวดวิชาเลือกเสรีตามหลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต (ต่อเนื่อง 2 ปี) สาขาเทคโนโลยีการเกษตร-การผลิตพืช ภาควิชาครุศาสตร์เกษตร คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง จำนวน 3 หน่วยกิต เรียน 5 คาบต่อสัปดาห์ แบ่งเป็น ภาคทฤษฎี 2 คาบต่อสัปดาห์ ภาคปฏิบัติ 3 คาบต่อสัปดาห์

คำอธิบายรายวิชา

บทบาทของวัสดุปลูก ประเภทวัสดุปลูก เทคนิคและวิธีการใหม่ๆ ของการปลูกพืชเศรษฐกิจในสภาพไร้ดิน การเลือกวัสดุอุปกรณ์ที่เหมาะสม การเตรียมภาชนะปลูก สูตรอาหาร วิธีการให้อาหารแก่พืชโดยตรง ทดลองเปรียบเทียบการปลูกพืชโดยใช้วัสดุที่ไม่ใช่ดิน

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. อธิบายความหมายของระบบ Aeroponics ได้
2. บอกถึงวัสดุปลูกและอุปกรณ์ที่ใช้ในระบบ Aeroponics ได้
3. สามารถเลือกใช้สารละลายธาตุอาหารพืชในระบบ Aeroponics ได้อย่างเหมาะสม
4. อธิบายระบบการจ่ายสารละลายธาตุอาหารไปยังรากพืชในระบบ Aeroponics ได้
5. บอกวิธีการดูแลและตรวจสอบระบบระหว่างการปลูกพืชในระบบ Aeroponics ได้

ผลการวิเคราะห์หลักสูตร

รายการสอน	
ภาคทฤษฎี	**จำนวนคาบ**
บทที่	
1. บทนำ	2
1.1 ความหมายของการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จำนวนคาบ

1.2 ประวัติความเป็นมา
1.3 ปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโต
1.4 ข้อดีและข้อเสียของการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน
1.5 ชนิดของพืชที่ปลูก
2. วัสดุปลูกและภาชนะที่ใช้ใส่วัสดุปลูก 4
2.1 หลักการเลือกวัสดุ
2.2 การแบ่งจำแนกวัสดุปลูก
2.3 คุณสมบัติของวัสดุปลูก
2.3.1 วัสดุปลูกที่พบในธรรมชาติเป็นอนินทรีย์สาร
2.3.2 วัสดุปลูกที่ผ่านขบวนการทางความร้อน
2.3.3 วัสดุที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ
2.3.4 สารอินทรีย์ที่เป็นผลพลอยได้จากโรงงานอุตสาหกรรม
2.3.5 วัสดุสังเคราะห์
2.4 ภาชนะที่ใช้ในการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน
3. สารละลายธาตุอาหารพืช 4
3.1 คุณภาพน้ำที่ใช้ในการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน
3.2 ปริมาณน้ำที่ต้องใช้ในการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน
3.3 การเตรียมสารละลายธาตุอาหารพืชในการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน
4. ระบบการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน 10
*4.1 ระบบ Aeroponics
4.2 ระบบ N.F.T. (Nutrient film technique)
4.3 ระบบปลูกในวัสดุปลูก
4.4 ระบบปลูกในสารละลายนิ่งและมีการให้อากาศ
4.5 การปลูกพืชในภาชนะปลูกเพื่อเป็นไม้ประดับในบ้านเรือน
4.6 ปัญหาการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิบริเวณรากพืชที่ปลูกโดยไม่ใช้ดิน
5. ระบบการจ่ายสารละลายธาตุอาหารไปยังรากพืช 6
5.1 หลักการทั่วไป
5.2 ส่วนควบคุม
5.3 ระบบท่อน้ำสารละลายสู่พืช

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	จำนวนคาบ
6. การดูแลและตรวจสอบระบบระหว่างปลูกพืช	6
6.1 การตรวจสอบการเจริญเติบโต	
6.2 การตรวจสอบเกี่ยวกับองค์ประกอบของธาตุอาหาร	
6.3 ระบบการจ่ายสารละลายไปยังต้นพืช	
6.4 เครื่องมือที่ใช้ในการตรวจวัด	
6.5 การเปรียบเทียบการปลูกพืชโดยวัสดุที่ไม่ใช่ดิน	
รวม 32 คาบ	

ภาคปฏิบัติ	จำนวนคาบ
บทปฏิบัติที่	
1.การเตรียมสารละลาย Fe-EDTA	3
*2 ระบบการปลูกพืชแบบ AEROPONICS	6
3. ระบบการปลูกพืชแบบ N.F.T.(Nutrient film techniqe)	6
4. ระบบการปลูกพืชในวัสดุปลูก	6
5. ระบบการปลูกพืชในสารละลายนิ่งและมีการให้อากาศ	6
6. การปลูกพืชในภาชนะปลูก เพื่อเป็นไม้ประดับในบ้านเรือน	6
7. ระบบเตรียมกล้าไม้เพื่อการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน	6
8. การตรวจสอบการเจริญเติบโตของพืช	6
9. ความแตกต่างของการปลูกพืชโดยใช้วัสดุที่ไม่ใช่ดินกับการให้สารโดยตรง	3
รวม 48 คาบ	

หมายเหตุ

* ชุดหุ่นจำลอง เรื่อง การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินระบบ AEROPONICS จะนำมาใช้ประกอบการสอน วิชาเทคนิคการปลูกพืชไร้ดิน (03610107) ในภาคทฤษฎีบทที่ 4 หัวข้อที่ 4.1 เรื่อง ระบบ AEROPONICS และ ภาคปฏิบัติ ในบทปฏิบัติการที่ 2 เรื่อง ระบบการปลูกพืชแบบ AEROPONICS

3.2 การวิเคราะห์เนื้อหา

จากการวิเคราะห์เนื้อหา วิชาเทคนิคการปลูกพืชไร้ดิน (03610107) ในหัวข้อ เรื่องการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินระบบ AEROPONICS ซึ่งมีเนื้อหาดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินระบบ AEROPONICS เป็นการปลูกพืชในภาชนะปลูกที่สร้างขึ้นเป็นรูปลักษณะทรงกล่อง พื้นราบ กระโจมสามเหลี่ยมและกระโจมรูปต่าง ๆ เพื่อติดตั้งระบบการให้สารละลายแก่รากพืช โดยการฉีดพ่นสารละลายแก่รากพืชเป็นละอองฝอยให้แก่รากพืชที่ห้อยอยู่ในอากาศโดยตรง ซึ่งส่วนโคนของต้นพืชนี้จะยึดติดด้านใดด้านหนึ่งของภาชนะปลูกแล้วแต่รูปทรงของภาชนะ รากพืชจะได้รับสารอาหารพร้อมออกซิเจนอย่างเพียงพอ มักใช้ปั๊มในการส่งสารละลายฉีดพ่นให้กับรากพืชระบบ AEROPONICS เป็นวิธีการที่นำสารละลายกลับมาใช้ใหม่

อุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินระบบ AEROPONICS

1. ชุดทำกระโจมสามเหลี่ยมสำหรับปลูก
   - 1.1 เหล็กฉาก
   - 1.2 น็อตยึดเหล็กฉาก
   - 1.3 แผ่นโฟม
   - 1.4 พลาสติกสีดำและสีขาว
   - 1.5 เทปกาว
2. ชุดควบคุมการให้สารละลาย
   - 2.1 ปั๊มน้ำสำหรับดูดสารละลายเข้าสู่ระบบ
   - 2.2 โซลีนอยด์วาวล์แบบใช้ไฟฟ้า (AC)
   - 2.3 โซลีนอยด์วาวล์แบบใช้ถ่าน (DC) และมีเครื่องตั้งเวลาในตัว
   - 2.4 เครื่องตั้งเวลา (Timer)
   - 2.5 Electrical conductivity meter (EC meter) และปั๊มสำหรับสำหรับดูด Stock solution
   - 2.6 pH meter และปั๊มสำหรับดูดกรด HNO_3
   - 2.7 หม้อกรองสารละลาย (filter)
   - 2.8 ถังสารละลายธาตุอาหาร , ถังกรด HNO_3 ,และถัง Stock solution
   - 2.9 วาวล์ควบคุมระดับน้ำในถังสารละลายธาตุอาหาร
3. ระบบทางเดินสารละลาย
   - 3.1 ท่อ PVC
   - 3.2 ท่อ PE
   - 3.3 หัวฉีด Spray
4. ระบบการควมคุมความร้อนภายในกระโจม
   - 4.1 Thermocoulple และ Thermostat

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 ชุดควบคุมการทำงานของพัดลมดูดอากาศ

4.3 พัดลมดูดอากาศ

5. สารละลายธาตุอาหารพืชตามสูตรของ Coic-Lesaint

6. พืชที่ใช้ปลูก เช่น พืชผัก ไม้ดอก ไม้ประดับ

7. อุปกรณ์อื่นๆ

7.1 กาวผนึกท่อ PVC

7.2 เทปพันท่อประปา

7.3 กรรไกร

7.4 ตลับเมตร

7.5 มาตรวัดน้ำ

7.6 ลิ้นปิดกันน้ำไหลกลับ

7.7 Rock wool และฟองน้ำ

7.8 ลวด

วิธีการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินระบบ AEROPONICS

1. การเตรียมกระโจมปลูกรูปสามเหลี่ยม

นำเหล็กฉากมาประกอบกันเป็นรูปฐานสี่เหลี่ยมผืนผ้า กว้าง x ยาว x สูง ตามขนาดที่ต้องการโดยจะพิจารณาชนิดและปริมาณของพืชที่ปลูก ในส่วนของกระโจมสร้างโดยนำโฟมมาประกอบเป็นกระโจมที่มีส่วนฐาน กว้าง x ยาว ตามขนาดที่ต้องการโดยกำหนดระยะปลูก ระหว่างแถว x ระหว่างต้น แล้วเจาะช่องปลูกเพื่อใส่ต้นพืชตามขนาดของระยะปลูกทั้ง 2 ด้านของกระโจม กระโจมชั้นในปูด้วยพลาสติกสีดำ แล้วหุ้มทับชั้นนอกด้วยพลาสติกสีขาว เหลือด้านหน้าของกระโจมไว้ด้านหนึ่ง ไม่ต้องใช้โฟมประกบแต่ใช้เป็นผ้าพลาสติกสองชั้นเหมือนกับที่หุ้มโฟมปิดไว้แทน เพื่อสะดวกในการ ปิด-เปิด กระโจม กำหนดจำนวนของหัว spray และระยะห่างระหว่างหัว spray โดยมีท่อ PVC เป็นโครงเพื่อติดท่อเดินสารละลายที่ใช้ส่งสารละลายไปยังหัว spray โดยโครงของระบบให้น้ำจะวางไว้ด้านในของกระโจมรูปสามเหลี่ยม

2. การติดตั้งและเตรียมระบบควบคุมการให้สารละลายธาตุอาหารแบบอัตโนมัติ

1. เดินท่อ PVC ต่อจากถังเก็บสารละลายเข้ากับเครื่องปั๊มสารละลาย และเดินท่อสารละลาย (PVC) แยกเป็นสามทาง

2. ทางหนึ่งต่อเข้ากับหม้อกรองก่อนที่จะเข้าสู่กระโจมปลูก และต่อท่อนำสารละลายเข้ากับโครงของหัวฉีดสารละลายให้แก่รากพืชในกระโจม สารละลายธาตุอาหารที่ไหลออกจาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กระโจมจะไหลลงสู่ถังเก็บสารละลายที่มีตัววัดระดับสารละลายในถังซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวควบคุมปริมาณน้ำในถังสารละลายธาตุอาหารพืช

3. อีกทางหนึ่ง เดินท่อ PVC ต่อกับท่อ PE ให้เป็นทางผ่านสารละลายเข้าสู่ระบบควบคุมความเข้มข้นสารละลายแบบอัตโนมัติ ด้วยแรงดึงน้ำจากเครื่องปั๊มน้ำ สารละลายจะผ่านเข้าเครื่อง pH meter และ EC meter ค่าที่วัดได้จากสารละลายขณะนั้นๆ จะแสดงให้เห็นที่เครื่องหากสารละลายมีค่าความเป็น กรด-ด่าง และค่าการนำไฟฟ้า (EC) ไม่ตรงกับที่กำหนดไว้ ระบบอัตโนมัติจะทำการปั๊มสารละลาย A และ B และกรด HNO_3 ลงในถังสารละลายจนได้ค่า EC และ pH ตามที่ตั้งไว้

4. ท่อนำสารละลายอีกทางหนึ่งนั้น เป็นสารละลายที่วนกลับไปในถังสารละลายโดยทำหน้าที่คล้ายกับการวนสารละลาย และที่ทางแยกของท่อสารละลายนี้จะมีประตูน้ำเพื่อใช้ปรับค่ามากน้อยของสารละลายที่วนกลับถัง ซึ่งมีผลต่อแรงดันของสารละลายที่หัว spray คือ ถ้าสารละลายไหลกลับมากในท่อนี้แรงดันที่หัว spray ก็จะน้อยทำให้รากพืชได้รับสารละลายไม่ทั่วถึง รากพืชอาจเหี่ยวมีผลทำให้พืชชะงักการเจริญเติบโต หรืออาจตายได้ ดังนั้นควรเปิดประตูน้ำไหลกลับให้พอเหมาะ เพื่อให้แรงดันของสารละลายที่หัว spray ไม่มากหรือน้อยเกินไปจนเป็นอันตรายต่อพืชที่ปลูก

5. ระบบอัตโนมัติจะฉีดพ่นสารละลายให้กับรากพืช โดยตรงทางหัว spray จะต้องกำหนดระยะควบคุมเวลาการฉีดพ่นด้วยเครื่องตั้งเวลา (Timer) เช่น ให้ฉีดสารละลาย 15 วินาที หยุด 30 วินาที หรือ ฉีดสารละลายทุก 3 นาที หยุด 3 นาที เพื่อให้รากพืชได้รับสารละลาย ธาตุอาหาร อากาศอย่างต่อเนื่อง กระโจมปลูกควรตั้งให้มีความลาดเทพอประมาณเพื่อให้สารละลายกลับมายังถังเก็บสารละลายตลอดเวลา

3. การติดตั้งพัดลมดูดอากาศ และชุดควบคุมอุณหภูมิ

นำวัสดุหรือกระป๋องพลาสติกที่มีปากขนาดเท่าพัดลม มาตัดก้นออก แล้วติดพัดลมดูดอากาศเข้ากับกระป๋อง นำไปสวมตรงกลางด้านบนของกระโจมที่ตัดเป็นช่องขนาดเท่ากับกระป๋อง ตั้งทิศทางการดูดอากาศของพัดลม โดยใช้เครื่องตั้งเวลาและเครื่องวัดอุณหภูมิควบคุมให้มีการดูดอากาศร้อนออกเมื่ออุณหภูมิภายในกระโจมสูงกว่าที่ตั้งไว้ ในจังหวะที่การดูดอากาศออกจะต้องอยู่ในช่วงที่ระบบหยุดฉีดพ่นสารละลายธาตุอาหาร

4. การติดตั้งระบบฉีดสารละลายเมื่อไฟดับ

ระบบฉีดสารละลายเมื่อไฟดับ มีการติดอุปกรณ์เพิ่มเติมในระบบอัตโนมัติ คือ ตัวตรวจจับกระแสไฟฟ้า (AC) ต่อเข้ากับโซลีนอยด์วาวล์ ทำงานโดยแบตเตอรี่ 9 V ขณะกระแสไฟฟ้าดับทำให้ไม่มีกระแสเหนี่ยวนำ สวิทซ์จึงปิด โซลีนอยด์จะทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. การเตรียมสารละลายธาตุอาหารพืชตามสูตร Coic-Lesaint

การเตรียมสารละลายธาตุอาหารตามสูตรของ Coic-Lesaint โดยมีข้อมูลพื้นฐานดังนี้

1. ค่า pH และค่าความเข้มข้นของธาตุอาหารในสารละลายที่เราต้องการ (EC)

2. วัดค่า pH และค่าความเข้มข้นของธาตุอาหารดั้งเดิมในน้ำที่เราจะใช้เตรียม

3. ชนิดของกรดและธาตุอาหารที่ใช้เตรียม

การเตรียมสารละลายจากสูตรต่าง ๆ น้ำที่ใช้เตรียมจะต้องเป็นน้ำที่ค่อนข้างบริสุทธิ์ มีสารต่าง ๆ เจือปนอยู่น้อย เช่น น้ำฝน น้ำกรอง หรือจากแหล่งน้ำในท้องที่นั้น ๆ (ต้องผ่านการกรองเอาสารแขวนลอยต่าง ๆ ออกไปก่อน) น้ำที่นำมาเตรียมสารละลายนี้จะนำมาโดยตรง โดยคำนวณปริมาณสารละลาย และกรดที่จะใช้ เพื่อเพิ่มธาตุอาหารและปรับค่าความเป็นกรด-ด่าง ให้ได้ตามสูตรสารละลาย เพื่อให้เหมาะสมกับความต้องการของพืช ซึ่งสามารถเขียนเป็นตารางได้ดังนี้

ตารางที่ 1 คุณภาพของน้ำที่สามารถนำมาใช้ในการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน

สารที่เจือปนในน้ำ			ค่าสูงสุดของธาตุที่สามารถมีอยู่ในน้ำได้	
ชนิดของสาร		น้ำหนักโมเลกุล	Millimol/liter	Millimol/liter (ppm)
Sodium	Na^{+}	23.0	0.5	11.5
Chlorine	Cl^{-}	35.5	1.0	35.5
Calcium	Ca^{++}	40.1	2.0	80.2
Magnesium	Mg^{++}	24.3	0.5	12.2
Sulfate	SO_4^{++}	96.1	0.5	48.1
Bicarbonate	HCO_3^{-}	61.0	4.0	244.0
			Micromol/liter	Microgram/liter (ppb)
Iron	Fe^{++}	55.9	0.5	28.0
Manganese	Mn^{++}	54.9	10.0	549.0
Copper	Cu^{++}	63.5	1.0	63.5
Zine	Zn^{++}	65.4	5.0	327.0
Boron	B^{+++}	10.8	25.0	270.0
Fluorine	F^{-}	19.0	25.0	475.0
Electric conductivity (EC)			0.5 mS/cm 25 °C	

ที่มา : การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน อิทธิสุนทร นันทกิจ 2538 : 21

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเตรียมสูตรธาตุอาหารที่ใช้กับพืชผักและไม้ดอกในวัสดุและในสารละลายมีหลากหลายสูตรแตกต่างกันไป ซึ่งขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ เช่น ชนิดของพืช สภาพภูมิประเทศ สภาพภูมิอากาศ ฯลฯ ซึ่งความเข้มข้นสารละลายธาตุอาหารพืชแสดงสองส่วนคือ Nutrient solution คือ ความเข้มข้นสารละลายที่เตรียมขึ้นและให้แก่พืช Root environment คือ สารละลายที่อยู่บริเวณรากพืชหรือที่อยู่ในวัสดุปลูก เนื่องจากว่าเมื่อสารละลายที่เตรียมขึ้นสัมผัสกับรากพืช รากพืชจะมีการดูดใช้ธาตุอาหารในสารละลายทำให้องค์ประกอบของสารละลายเปลี่ยนไป ซึ่งเป็นผลจากการเลือกดูดใช้ธาตุอาหารของพืช ดังนั้นจึงให้ค่าการวิเคราะห์ สารละลายบริเวณรอบรากพืช หรือที่อยู่ในวัสดุปลูกไว้ด้วย ดังตัวอย่างสูตรสารละลายที่ได้มีการศึกษาวิจัย และเป็นที่ยอมรับกันโดยทั่วไป ซึ่งมีทั้งพืชผัก และไม้ดอกจากตารางที่ 2 และ 3

ตารางที่ 2 ตัวอย่างสูตรสารละลายธาตุอาหารที่เหมาะสมกับพริกยักษ์

Nutrient	Nutrient solution	Root environment
EC mS/cm (25°C)	2.1	3.0
No_3 mmol/l	15.25	19.0
H_2PO_4	1.25	0.9
SO_4	1.75	3.5
NH_4	1.0	< 0.5
K	7.5	7.0
Ca	4.25	7.0
Mg	1.5	3.25
Fe µmol/l	15.0	15.0
Mn	10.0	7.0
Zn	5.0	7.0
B	30.0	60.0
Cu	0.75	0.7
Mo	0.5	-

ที่มา : การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน อิทธิสุนทร นันทกิจ 2538 : 133

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3 ตัวอย่างสูตรสารละลายธาตุอาหารที่เหมาะสมกับสตรอเบอรี่

Nutrient	Nutrient solution	Root environment
EC mS/cm (25 °C)	1.5	2.0
NO_3	10.0	12.0
H_2PO_4	1.25	0.7
SO_4	1.125	2.5
NH_4	0.5	<0.5
K	5.25	4.5
Ca	2.75	4.5
Mg	1.125	2.0
Fe Umol/l	20.0	35
Zn	4.0	7.0
B	20.0	20.0
Cu	0.75	0.7
Mo	0.5	-
Mn	10.0	0.7

ที่มา : การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน อิทธิสุนทร นันทกิจ 2538 : 131

ตารางที่ 4 ตัวอย่างสูตรสารละลายธาตุอาหารที่เหมาะสมกับเบญจมาศ

Nutrient	Nutrient solution	Root environment
EC mS/cm (25 °C)	1.8	1.7
NO_3	12.75	10.0
H_2PO_4	1.0	0.75
SO_4	1.0	2.0
NH_4	1.25	<0.5
K	7.5	5.0
Ca	2.5	3.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3 (ต่อ)

Nutrient	Nutrient solution	Root environment
Mg	1.0	1.5
Fe Umol/l	60.0	80.0
Mn	20.0	10.0
Zn	3.0	5.0
B	20.0	20.0
Cu	0.5	1.0
Mo	0.5	-

ที่มา: การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน อิทธิสุนทร นันทกิจ 2538 : 138

ปัญหาบางประการที่เกี่ยวกับสารละลายธาตุอาหาร

1. ความเข้มข้นของสารละลาย (Conductivity) และต้นกล้าพืช ความเข้มข้นของสารละลายธาตุอาหารมีผลต่อต้นพืชทำให้ชะงักการเจริญเติบโต และอาจเป็นอันตรายต่อต้นกล้า ดังนั้นสารละลายที่ให้กับพืชในช่วงกล้าอ่อน (อายุ 1-2 สัปดาห์) ควรมีความเข้มข้นเพียง 1/4-1/2 ของความเข้มข้นที่กำหนดของแต่ละธาตุแล้วจึงค่อย ๆ เพิ่มส่วนที่เหลือเมื่อพืชโต

โดยปกติความเข้มข้นของสารละลายจะรักษาอยู่ในระดับ 2 mS/cm สำหรับการปลูกมะเขือเทศและแตงกวา ความเข้มข้นนี้จะขึ้นอยู่กับชนิดของพืช การเตรียมสารละลายธาตุอาหารพืชให้ได้ระดับความเข้มข้นที่ต้องการ ทำได้โดยการเติมสารละลาย stock solution ลงในถังสารละลายของระบบจนกระทั่งได้ระดับความเข้มข้นที่เหมาะสม

2. pH ของสารละลายธาตุอาหาร pH มีอิทธิพลต่อการละลายและความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารพืช ดังนั้นในระบบการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินจำเป็นต้องมีการควบคุมระดับ pH ของสารละลายให้เหมาะสมต่อความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารต่างๆ ปกติจะกำหนด pH ให้อยู่ในช่วง 5.0 - 6.0 ซึ่งต้องคอยตรวจสอบและเติมสารเคมีให้ pH อยู่ในช่วงที่กำหนดตลอดการดำเนินการปลูก โดยใช้ HNO_3 เมื่อต้องการปรับให้สารละลายมี pH ต่ำลง และใช้ KOH หรือ NaOH เมื่อต้องการปรับให้สารละลายมี pH เพิ่มขึ้น

3. อุณหภูมิของสารละลาย ในระบบการปลูกพืชหากมีอุณหภูมิสูงหรือต่ำเกินไป อาจมีผลต่อการเจริญเติบโตโดยทั่วไปและผลผลิตของพืช

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. การเตรียมกล้าไม้เพื่อการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน

1. การเพาะเมล็ด จะเพาะบน Vermiculite, Perlite หรืออาจใช้ทราย หรือทรายผสมขี้เถ้าแกลบ

2. การปลูกบนแท่งเพาะชำอาจใช้แท่ง rock wool แท่งขุยมะพร้าวหรือในกระถางวัสดุผสมอื่น ๆ เช่น ทราย + ขี้เถ้าแกลบ ฯลฯ แต่ต้องมีการห่อหุ้มแท่งเพาะชำด้านข้างด้วยพลาสติกดำขาวเพื่อป้องกันการสะสมของเกลือด้านนอกของแท่งเพาะชำ

3. การให้สารละลายธาตุอาหาร ในช่วงจากหว่านเมล็ดจนมีใบเลี้ยงจะให้น้ำเปล่าหลังจากย้ายลงแท่งเพาะชำจะเริ่มให้สารละลายธาตุอาหาร โดยเริ่มจากให้น้ำที่ปรับค่า pH เท่ากับ 5.5 เป็นเวลา 2-3 วัน หลังจากนั้น ให้สารละลายธาตุอาหารที่มี EC เท่ากับ 1.0-1.5 mS/cm โดยค่อย ๆ เพิ่มช้า ๆ เป็นเวลา 10-20 วัน

4. ระบบการให้น้ำโดยทั่วไปจะใช้แบบ Sub-irrigation โดยจะปล่อยให้สารละลายไหลจากด้านล่างค่อย ๆ ท่วมแท่งเพาะชำ โดยจะต้องไม่ให้สารละลายสูงกว่า 1.5 เซนติเมตรช่วงที่อากาศร้อนจะต้องระวังการขาดออกซิเจนที่รากพืช โดยจะต้องเพิ่มความถี่ในการให้น้ำให้มากขึ้นแต่ลดช่วงเวลาการท่วมวัสดุให้น้อยลง และต้องคอยป้องกันตะไคร่ที่เกิดขึ้นเพราะจะเป็นตัวแย่งออกซิเจนที่รากพืชอาจต้องใช้สารป้องกันการเกิดตะไคร่ที่ไม่เป็นอันตรายกับรากพืช ถ้าเป็นการให้น้ำแบบฉีดฝอยปกติจะเริ่มจากการปรับพื้นดินให้เรียบและปูด้วยแผ่นพลาสติกขาว-ดำ และใช้ Mini-sprinkler ฉีดน้ำที่ระดับเหนือใบ แต่ต้องคอยระวังใบไหม้ ถ้าใช้สารละลายธาตุอาหารพืชฉีดที่ใบ กล่าวคือถ้าใช้สารละลายที่มีความเข้มข้นมากกว่า 1.5 กรัม/ลิตร ฉีดที่ใบ จะต้องฉีดด้วยน้ำเปล่าตามที่ใบด้วย

7. การนำต้นพืชขึ้นสู่กระโจมปลูก

นำต้นกล้าพืชออกจากกระถางอย่างระมัดระวัง นำ rock wool ที่แช่น้ำไว้แล้ว 1 คืน (รูปลูกบาศก์ผ่าครึ่ง) หุ้มที่บริเวณโคนต้นพืชแล้วใส่เข้าไปในช่องปลูกที่เจาะไว้แล้ว โดยให้รากพืชลอยอยู่ในกระโจมปลูกอย่างอิสระ rock wool ที่หุ้มไม่ควรหลวม หรือแน่นช่องปลูกจนเกินไป ในการปฏิบัตินำต้นกล้าขึ้นกระโจมปลูกนี้ พยายามให้รากพืชกระทบกระเทือนน้อยที่สุด

8. การตรวจระบบระหว่างการปลูกพืช

การดูแลรักษาพืชขณะที่อยู่ในกระโจมปลูกควรดูแลและตรวจเช็คสิ่งต่าง ๆ ดังนี้

1. **ตรวจดูว่ามีสารละลายไหลรั่วซึมออกจากระบบปลูกหรือไม่**
2. **ตรวจดูว่าหัว spray อุดตันหรือไม่**
3. **ถอดเครื่องกรองล้างทุก ๆ 1 สัปดาห์**
4. **ดูแรงดันน้ำที่หัวฉีดว่าพอเหมาะกับรากพืชหรือไม่**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. ตรวจดูการทำงานภายในเครื่องให้สารละลายอัตโนมัติว่าทำงานปกติหรือไม่

6. ตรวจดูระบบระบายความร้อนว่าทำงานปกติหรือไม่ ระดับอุณหภูมิในกระโจมอยู่ในช่วงที่กำหนดหรือไม่

7. ดูค่า EC และ pH ที่ปรากฏที่เครื่องอยู่ในระดับที่ต้องการหรือไม่

8. ตรวจดูพืชว่ามีความผิดปกติหรือไม่

9. ตรวจว่ามีโรคและแมลงรบกวนหรือไม่

10. ตรวจดูว่าระบบสำรองไฟฟ้าดับ สามารถทำงานได้ปกติอยู่หรือไม่

3.3 การจัดทำหุ่นจำลองการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน

การจัดทำหุ่นจำลองเรื่องการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินนี้จัดทำในรูปแบบกระโจมสามเหลี่ยม ซึ่งมีขั้นตอนในการจัดทำดังนี้

1.ขั้นตอนการศึกษาข้อมูล

ทำการศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับ หลักการทำงาน ส่วนประกอบของระบบ หน้าที่ของแต่ละส่วนโดยละเอียดจากตำรา และผู้เชี่ยวชาญ จากนั้นกำหนดสัญลักษณ์ที่จะใช้แทนทั้งหมดแล้วทำการศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับสัญลักษณ์ต่าง ๆ โดยคำนึงถึงความถูกต้องเหมาะสม สื่อความหมายได้อย่างถูกต้องให้ผู้เรียนเข้าใจได้ง่ายที่สุด เรื่องแหล่งขาย และเรื่องของราคาของวัสดุนั้น ๆ

2. ขั้นตอนการเตรียมอุปกรณ์

วัสดุ อุปกรณ์ที่ใช้ในการจัดทำหุ่นจำลองการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินระบบ Aeroponics แบบกระโจมสามเหลี่ยม (ภาพที่ 1 - 4 , ภาคผนวก) ได้แก่

1. แผ่นไม้อัดสำเร็จรูป ขนาด 60 x 90 เซนติเมตร	1 แผ่น
2. อลูมิเนียมฉาก	1 ท่อน
3. ท่อ PVC ขนาด 0.5 นิ้ว	1 ท่อน
4. ท่อ PE ขนาด 0.5 นิ้วและขนาดจิ๋ว (สายออกซิเจนตู้ปลา)อย่างละ	1 ท่อน
5. ข้อต่อท่อ PVC และ PE ชนิดละ	10 อัน
6. กล่องพลาสติก ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 นิ้ว สูง 5นิ้ว	1 กล่อง
7. แผ่นโฟมหนา 0.5 นิ้ว	1 แผ่น
8. พลาสติกใส กว้าง 1 เมตร ยาว 2 เมตร	1 แผ่น
9. พลาสติกดำ กว้าง 1 เมตร ยาว 2 เมตร (ถุงขยะสีดำ)	1 แผ่น
10. หัวฉีดขนาดเล็กพ่นน้ำ 360 องศา	3 หัว
11. ต้นไม้พลาสติก	1 แผง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

12. ไหมพรมสีขาว	1 ม้วน
13. ฟองน้ำหนา 2 เซนติเมตร	3 แผ่น
14. ฝาครอบอุดท่อน้ำ PVC ขนาด 1.5 นิ้ว และ 0.5 นิ้วอย่างละ	2 ฝา
15. สว่านไฟฟ้าพร้อมดอกสว่าน	1 ชุด
16. หม้อแปลงไฟฟ้าจาก AC 220 V. เป็น DC 12 V.	1 ตัว
17. สวิทช์แบบมีหลอดไฟที่สวิทช์แบบ 220 V.และ 12 V.อย่างละ	1 ตัว
18. เลื่อยตัดเหล็ก	1 อัน
19. เลื่อยตัดไม้	1 อัน
20. เครื่องมือบัดกรีไฟฟ้า (หัวแร้ง) พร้อมตะกั่วและขี้ผึ้ง	1 ชุด
21. สายไฟชนิด 220 V. และ 12 V. อย่างละ	3 เมตร
22. ชุดสำหรับเดินสายไฟ (กิ๊ฟ)	1 ชุด
23. น๊อตเกลียวธรรมดาและเกลียวปล่อยพร้อมตัวเมียอย่างละ	20 ตัว
24. ไขควงแบบปากแฉกและแบนอย่างละ	1 อัน
25. เลื่อยฉลุ	1 อัน
26. กาวลาเท็ก	1 หลอด
27. กาวยางซิลิโคน (Silicone)	1 หลอด
28. กาวสำหรับเดินท่อ PVC	1 กระป๋อง
29. กาวยางสำหรับติดไม้	1 กระป๋อง
30. ข้อต่อสายไฟ	2 อัน
31. ฆ้อน	1 อัน
32. ตะปูขนาดต่าง ๆ	1 ขีด
33. เทปกาวพลาสติกกว้าง 2 นิ้ว	1 ม้วน
34. นาฬิกาแบบเป็นตัวเลขตัวเลข (Digital)	3 เรือน
35. ไม้อัดหนา 3 มิลลิเมตร	1 แผ่น
36. กระดาษสีขนาด A 4	10 แผ่น
37. สีสเปรย์ สีดำและสีขาว อย่างละ	1 กระป๋อง
38. แผ่นกำมะหยี่สำหรับปูพื้น	1 แผ่น
39. มีดคัดเตอร์	1 อัน
40. คีมและกรรไกรอย่างละ	1 อัน
41. ปั๊มน้ำขนาดเล็ก (ปั๊มน้ำพุขนาดเล็ก)	1 ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

42. พัดลมดูดอากาศขนาด 4 x 4 นิ้ว (ของ CPU คอมพิวเตอร์)	1 ตัว
42. ไม้บรรทัด และตลับเมตรอย่างละ	1 อัน
43. กระป๋องน้ำหอมขนาดเล็ก(AEX)ที่ใช้แล้ว	1 กระป๋อง
44. ขวดแก้วมีฝาปิด(ขวดแบรนด์)	2 ขวด

2. วิธีการทำอุปกรณ์

1. กำหนดขนาดโครงสร้างของกระโจมแล้วตัดอลูมิเนียมตัดตามขนาด โดยใช้คีม ซึ่งโครงสร้างกระโจมต้องมีความลาดเทอย่างน้อย 5 % เพื่อให้น้ำไหลกลับมาใช้ใหม่ได้

2. ใช้เลื่อยตัดเหล็กผ่าท่อ PVC ขนาด 0.5 นิ้วยาวตามขนาดความกว้างของกระโจม เพื่อรองรับน้ำจากกระโจมแล้วต่อท่อเข้าสู่กล่องพลาสติก

3.นำกล่องพลาสติกมาติดตั้งปั๊มน้ำ แล้วเจาะรูสำหรับเดินท่อน้ำและสำหรับเดินสายไฟไปที่สวิทช์

4. นำไม้อัดมาตัดทำกล่องสวิทช์ และหม้อแปลงโดยทำเต้าเสียบ (ปลั๊กตัวเมียแบบติดผนัง) สำหรับเสียบปลั๊กไฟฟ้า

5. นำโฟมมาตัดเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าสามแผ่น แผ่นที่ใช้ทำเป็นพื้นหุ้มด้วยพลาสติกสีดำ ส่วนอีกสองด้านหุ้มด้วยพลาสติกใส แล้วประกบต่อกันเป็นสามเหลี่ยมโดยใช้เทปกาวแล้วติดตั้งลงบนโครงที่เตรียมไว้

6. นำกระโจมมาเจาะรูสำหรับใส่พืชโดยเจาะเป็นสี่เหลี่ยม หรือวงกลมก็ได้ จากนั้นเจาะรูด้านบนของกระโจมเพื่อที่จะใส่พัดลมดูดอากาศโดยเจาะตามขนาดของพัดลม

7. นำพัดลมดูดอากาศติดตั้งแล้วเดินสายไฟไปที่หม้อแปลงและสวิทช์

8. นำฟองน้ำมาตัดขนาดใหญ่กว่ารูสำหรับปลูกพืชเล็กน้อย แล้วเจาะช่องสำหรับใส่ต้นไม้พลาสติก จากนั้นนำต้นไม้พลาสติกมาแยกใส่ในช่องฟองน้ำแล้วใช้ไหมพรมมัดบริเวณโคนต้นเพื่อทำเป็นรากพืชแล้วนำมาใส่รูในกระโจม

9. นำท่อ PE เจาะรูแล้วติดตั้งหัวฉีดโดยกะระยะห่างให้น้ำพ่นได้ทั่วถึง

10. นำฝาอุดท่อน้ำขนาด 1.5 นิ้ว และ 0.5 นิ้วมาเจาะรูเพื่อใช้แทนเป็นปั๊มน้ำแล้วเดินท่อจิ๋ว (เฉพาะฝาขนาด 0.5 นิ้ว) เข้าถังพลาสติก

11. นำอลูมิเนียมมาตัดทำเป็นกล่องติดตั้งนาฬิกาจำนวนสามชุด เพื่อใช้แทนเป็นเครื่องตั้งเวลา (Timer) pH meter และ EC meter แล้ว เดินสายไฟต่อกับปั๊ม (ที่เป็นสัญลักษณ์)

12. นำกระป๋องน้ำหอมเจาะรูเพื่อใช้แทน หม้อกรอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

13. เดินท่อน้ำ PVC จากปั๊มเข้าสู่กระโจม โดยผ่านฝาอุดที่เจาะรูไว้ (ปั๊ม) ผ่านกล่องที่ติดตั้งนาฬิกา (Timer) และกระป๋องที่เจาะรูไว้ (หม้อกรอง) โดยจะต่อกับท่อ PE ที่ติดหัวฉีดภายในกระโจม

14. นำขวดแก้ว (แบรนด์) ทั้งสองขวดเดินท่อจิ๋วต่อกับฝาอุดท่อขนาด 0.5 นิ้วที่เจาะไว้ (ปั๊ม) ทั้งสองฝา แล้วเดินท่อจิ๋วจากฝาสู่กล่องพลาสติก

15. นำกระดาษสี พิมพ์หมายเลขและแสดงส่วนประกอบต่าง ๆ ตามหมายเลข แล้วนำไปหุ้มพลาสติกแล้วจึงนำมาติดตามชิ้นส่วนต่าง ๆ เพื่อความสวยงามและคงทนพร้อมคู่มือการใช้งาน

16. ทดสอบการทำงานของปั๊มและพัดลม ก่อนที่จะนำไปให้อาจารย์ที่ปรึกษาและผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบและประเมินผล หลังจากนั้นแก้ไขส่วนที่บกพร่องตามคำแนะนำจากนั้นนำเสนอต่อผู้ประสานงานปัญหาพิเศษต่อไป

คู่มือการใช้แบบจำลอง เรื่อง การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินระบบ Aeroponics แบบกระโจมสามเหลี่ยม

หมายเลข	รายการ	คำบรรยาย
	บทนำ	ปัจจุบันการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินในประเทศไทยถือว่าเป็นสิ่งใหม่มาก โดยทั่วไปจะเป็นการปลูกขนาดเล็กเพื่อการทดลอง การที่จะพัฒนาจนถึงขั้นเป็นการค้านั้น จำเป็นต้องมีการศึกษาค้นคว้า วิจัย หาความเหมาะสมในด้านระบบ หรือรูปแบบเพื่อให้เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมในประเทศไทย
1	ถังเก็บสารละลาย	ถังเก็บสารละลายส่วนใหญ่ใช้ถังพลาสติกทึบแสงและมีฝาปิดปัจจุบันสามารถหาซื้อตามร้านขายถังเก่าเป็นถังบรรจุสารเคมี แชมพู ฯลฯ ซึ่งมีราคาไม่แพงมีหลายขนาดตั้งแต่ 10-200 ลิตร
2	ถังเก็บสารละลายเข้มข้น	เป็นถังพลาสติกทึบแสงและมีฝาปิดสามารถหาซื้อได้ตามร้านขายถังเก่าเหมือนถังเก็บสารละลาย ถังที่ใส่สารละลายเข้มข้นนี้จะต้องสามารถจุสารละลายให้ใช้ได้ประมาณ 1 สัปดาห์ ให้ปรับค่าความเข้มข้นของสารละลายให้อยู่ในช่วง 1.8 - 2.2 mS/cm.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หมายเลข	รายการ	คำบรรยาย
3	ถังเก็บกรด HNO_3	เป็นถังพลาสติกทึบแสงและมีฝาปิดสามารถหาซื้อได้ตามร้านขายถังเก่าเหมือนถังเก็บสารละลายเพื่อใช้ปรับค่า pH ของสารละลายให้อยู่ในช่วง 5.5 - 6.0
4	ปั๊มสำหรับดูดสารละลายเข้าสู่ระบบ	ขนาดหรือชนิดของปั๊มขึ้นอยู่กับขนาดขของกระโจมปลูกและจำนวนต้นพืชที่ใช้ปลูก
5	เครื่องตั้งเวลา (Timer)	เครื่องตั้งเวลาเป็นตัวกำหนดให้ปั๊มทำงานตามเวลาที่ตั้งไว้ โดยจะตั้งให้มีการฉีดสารละลาย 1 นาที หยุด 1 นาที
6	หม้อกรอง (Filter)	เป็นหม้อกรองแบบแผ่นวงแหวน ทำหน้าที่กรองสารละลายให้ปราศจากสิ่งเจือปนอื่นๆ ครั้งสุดท้ายก่อนที่จะผ่านเข้าสู่หัวฉีด เพื่อป้องกันหัวฉีดอุดตัน
7	Electrical conductivity meter (EC meter)	เป็นเครื่องวัดและควบคุมความเข้มข้นของสารละลายเมื่อสารละลายมีความเข้มข้นต่ำกว่าค่าที่ตั้งไว้ เครื่องจะสั่งให้ปั๊มดูดสารละลาย (8) ดูดสารละลายไปยังถังเก็บสารละลายและเมื่อสารละลายมีความเข้มข้นเกินกว่าค่าที่ตั้งไว้จะส่งสัญญาณหรือเสียงเตือนเพื่อป้องกันความเสียหายของพืช
8	ปั๊มสำหรับดูดสารละลายเข้มข้น	เป็นปั๊มที่ควบคุมด้วย EC meter ปั๊มจะทำงานเมื่อค่า EC ต่ำกว่าค่าที่กำหนดไว้ และจะหยุดทำงานเมื่อค่า EC เท่ากับค่าที่ตั้งไว้
9	pH meter	เป็นเครื่องวัดและควบคุมค่า pH เมื่อสารละลายมีค่า pH สูงกว่าค่าที่กำหนดไว้เครื่องจะสั่งให้ปั๊มดูดกรด HNO_3 ไปยังถังเก็บสารละลาย และเมื่อสารละลายมีค่า pH ต่ำกว่าค่าที่กำหนดไว้เครื่องจะส่งสัญญาณเตือน เพื่อป้องกันความเสียหายของพืช
10	ปั๊มสำหรับดูดกรด HNO_3	เป็นปั๊มที่ควบคุมด้วย pH meter ปั๊มจะทำงานเมื่อค่า pH สูงกว่าค่าที่ตั้งไว้และ จะหยุดทำงานเมื่อค่า pH เท่ากับค่าที่ตั้งไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หมายเลข	รายการ	คำบรรยาย
11	ท่อส่งสารละลาย	ทำหน้าที่ลำเลียงสารละลายจากถังเก็บสารละลายไปยังหัวฉีด มีทั้งที่เป็น PVC และ PE
12	หัวฉีด (Spray)	ทำหน้าที่ฉีดพ่นสารละลายที่มีลักษณะเป็นฝอยไปยังรากพืช
13	กระโจมปลูก	ความกว้าง ยาวของฐานตามความต้องการ ทำจากแผ่นโฟมประกบเป็นสามเหลี่ยมด้านหลังปิดด้วยโฟมด้านหน้าใช้พลาสติกสีดำปิดเพื่อสะดวกในการปิดเปิด พื้นปูด้วยพลาสติกสีดำและหุ้มกระโจมทั้งหมดด้วยพลาสติกขาวอีกชั้นเพื่อป้องกันน้ำรั่ว เจาะรูปลูกพืชระยะตามชนิดของพืช โครงสร้างตัวกระโจมทำจากเหล็กฉากสูงจากผิวดิน 50 เซนติเมตร พื้นกระโจมต้องมีความลาดเทอย่างน้อย 5 % เพื่อให้น้ำไหลเวียนกลับมาใช้ใหม่ได้
14	พืชปลูก	พืชปลูกจะอยู่ภายในรูที่เจาะไว้โดยมี Rock wool หรือฟองน้ำเป็นวัสดุปลูก
15	ท่อส่งสารละลายที่ใช้แล้วนำกลับมาใช้ใหม่	เป็นท่อ PVC ผ่าครึ่งเพื่อเพิ่มพื้นที่รองรับสารละลายที่ใช้แล้วจากกระโจม จากนั้นสารละลายจะไหลมาตามท่อส่งมายังถังสารละลายเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่ต่อไป
16	พัดลมดูดอากาศ	ทำหน้าที่ดูดอากาศร้อนออกจากกระโจม เพื่อลดอุณหภูมิในกระโจม เครื่องดูดอากาศนี้จะเชื่อมต่อกับเครื่องตั้งเวลาที่ควบคุมการให้น้ำ จังหวะการดูดอากาศจะเริ่มขึ้นเมื่อหยุดการฉีดสารละลายเพื่อป้องกันพัดลมดูดสารละลายออกจากกระโจมปลูก
17	สวิทช์พัดลม (สีเขียว)	สวิทช์นี้เมื่อเปิดพัดลมจะทำงานเพื่อแสดงถึงการดูดอากาศร้อนออกจากกระโจมปลูก
18	สวิทช์ ปั๊มสารละลาย (สีแดง)	แบบจำลองนี้ได้จำลองสถานการณ์ขณะที่ระบบกำลังทำงานโดยติดตั้งปั๊มขนาดเล็กซ่อนไว้ในถังเก็บสารละลายสวิทช์นี้เมื่อเปิดปั๊มจะดูดน้ำที่เราใส่ไว้ในถังสารละลายไปยังหัวฉีดซึ่งอยู่ในกระโจม
19	ปลั๊กเสียบไฟ	ระบบจะทำงานได้ต้องใช้ไฟฟ้า (AC 220 V.)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หมายเหตุ

ในถังเก็บสารละลายต้องมีเครื่องวัดระดับน้ำ (ลูกลอย) หรือวาล์วไฟฟ้าเมื่อเวลาระดับน้ำในถังเก็บสารละลายต่ำ หรือใกล้หมด เครื่องมือจะทำการสั่งการให้ปั๊มน้ำ (จืด) ซึ่งผ่านเครื่องกรองขั้นต้นมาแล้วปล่อยน้ำเข้าสู่ถังเก็บสารละลายเพื่อรักษาระดับน้ำในถังเก็บสารละลาย จากนั้น EC meter และ pH meter จะทำการผสมสารละลายโดยอัตโนมัติต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการสร้างอุปกรณ์

4.1 ลักษณะอุปกรณ์ที่ได้

หุ่นจำลองการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินระบบ Aeroponics แบบกระโจมสามเหลี่ยม มีขนาด กว้าง 60 เซนติเมตรยาว 90 เซนติเมตร สูง 45 เซนติเมตร ซึ่งย่อส่วนมาจากของจริงโดยมิได้ย่อส่วนตามมาตราส่วนที่ถูกต้องทั้งระบบ เพราะอุปกรณ์ของระบบในแต่ละส่วนสามารถดัดแปลงได้ตามสภาพแวดล้อม และวัสดุที่มีขายในท้องถิ่น เช่น ขนาดถังเก็บสารละลาย ขนาดของปั๊มอัดสารละลาย ขนาดของกระโจมปลูก ซึ่งจะขึ้นอยู่กับชนิดของพืชที่ปลูก ฤดูกาล สภาพภูมิประเทศ ฯลฯ ระบบสามารถสาธิตการทำงานของระบบได้จริง โดยติดตั้งปั๊มและพัดลมดูดอากาศขนาดเล็กที่ใช้ได้จริงไว้ในระบบด้วย ซึ่งต้องใช้ความต่างศักย์ไฟฟ้า (220 V.) ระบบจึงจะทำงานได้

4.2. ลักษณะการใช้อุปกรณ์

เติมน้ำในกล่องพลาสติกที่ติดตั้งปั๊มไว้ภายใน สามในสี่ส่วนของกล่อง แล้วนำปลั๊กไฟเสียบที่เต้าเสียบแล้วเสียบกกับปลั๊กไฟจากแหล่งจ่ายไฟเท่านี้ก็พร้อมจะใช้งาน และเมื่อกดสวิทช์ปั๊มหรือพัดลมก็จะทำงานได้

ควรศึกษาคู่มือประกอบการใช้อุปกรณ์ให้เข้าใจก่อนที่จะใช้อุปกรณ์ จึงจะมีประสิทธิภาพสูงสุด เพราะการทำงานของระบบเป็นไปอย่างมีแบบแผน ทุกขั้นหวะการทำงานของส่วนประกอบแต่ละส่วนเป็นไปอย่างมีเหตุผล เพราะเป็นระบบอัตโนมัติ ดังนั้นจึงควรอธิบายให้ได้ว่าส่วนประกอบใด ๆ ที่ทำงานได้นั้นเป็นเพราะอะไร จึงจะเข้าใจระบบอย่างแท้จริง

4.3. ผลการตรวจสอบประเมินผลอุปกรณ์

การตรวจสอบอุปกรณ์ในทำหนังสือขอความอนุเคราะห์ ให้ท่านอาจารย์ รศ.ดร.อิทธิ สุนทร นันทกิจ ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ได้ช่วยตรวจสอบ และประเมินผล ได้ผลดังแบบประเมินต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบประเมินคุณภาพปัญหาพิเศษประเภท เครื่องมือ อุปกรณ์ประกอบการสอน

ก. ด้านความถูกต้องของอุปกรณ์

ถูกต้อง ดี

สิ่งที่ต้องปรับปรุงแก้ไข

ควรมีอุปกรณ์อื่นๆ

ข. ด้านความเหมาะสมของสัญลักษณ์ที่ใช้แทนเครื่องมือ และอุปกรณ์

ดี

สิ่งที่ต้องปรับปรุงแก้ไข

เปลี่ยนสีดำ ให้ เป็นสีดำ

และเปลี่ยนสีดำ ให้เป็นสีอื่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค. ด้านความเหมาะสมในการนำไปใช้งาน

เหมาะสม

สิ่งที่ต้องปรับปรุงแก้ไข

ไม่มี

ลงชื่อ.....**ผู้ตรวจสอบ**

(อิทธิพันธ์ หมกอ.)

27 / 02 / 41

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 ผลการปรับปรุงแก้ไขอุปกรณ์

ผลการประเมินคุณภาพของท่านอาจารย์ รศ.ดร.อิทธิสุนทร นันทกิจ ท่านได้ให้ปรับปรุงสิ่งที่ไม่ถูกต้องคือ

1. เปลี่ยนพลาสติกที่ใช้ปิดเปิดที่หน้ากระโจมจากที่เป็นสีใส ให้เป็นสีดำ

2. ให้ใช้พลาสติกสีดำหุ้มท่อที่รองรับสารละลายที่ใช้แล้วสู่ถังเก็บสารละลาย เพื่อนำไปใช้ใหม่เพราะ จะทำให้ตะใคร่น้ำเกิดขึ้นอย่างหนาแน่นเนื่องจากได้รับแสง และมีสารอาหารอย่างสมบูรณ์

3. ท่านยังแนะนำให้ทดลองปลูกพืชจริง ๆ ซึ่งในข้อนี้ไม่สามารถทำได้เพราะจุดประสงค์ในการทำครั้งนี้ คือหุ่นจำลอง ถ้าปลูกพืชจริง ๆ จะมีปัญหาในการดูแลรักษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลงาน

การผลิตหุ่นจำลองในรูปของการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินระบบ Aeroponics แบบกระโจมสามเหลี่ยมในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อใช้เป็นสื่อการเรียนการสอน ในวิชาเทคนิคการปลูกพืชไร้ดิน (03610107) ตามหลักสูตรปริญญาตรี (ต่อเนื่อง 2 ปี) คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม ภาควิชาครุศาสตร์เกษตร พ.ศ. 2528 วัตถุประสงค์ในการจัดทำเพื่อจัดทำหุ่นจำลองการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินระบบ Aeroponics แบบกระโจมสามเหลี่ยม เพื่อให้เข้าใจถึงหลักการทำงาน ส่วนประกอบ และหน้าที่ ของแต่ละส่วนของระบบอย่างแท้จริง ขั้นตอนการผลิตเริ่มจาก ศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินระบบ Aeroponics จากตำราและผู้เชี่ยวชาญ จากนั้นจึงกำหนดวัสดุที่จะใช้แทนสัญลักษณ์ โดยคำนึงถึง การสื่อความหมายที่ถูกต้อง เข้าใจง่าย หาง่ายราคาถูก และสามารถสาธิตการทำงานของระบบได้จริง แล้วจึงทำการเตรียมเครื่องมือและ อุปกรณ์ที่จำเป็นต่าง ๆ จากนั้นทำการ กำหนดขนาดโครงสร้างของกระโจมแล้วตัดอลูมิเนียมตัดตามขนาด โดยใช้คีม ซึ่งโครงสร้างกระโจมต้องมีความลาดเทอย่างน้อย 5 % เพื่อให้น้ำไหลกลับมาใช้ใหม่ได้ ใช้เลื่อยตัดเหล็กผ่าท่อ PVC ขนาด 0.5 นิ้วยาวตามขนาดความกว้างของกระโจมเพื่อรองรับน้ำจากกระโจมแล้วต่อท่อเข้าสู่กล่องพลาสติก นำกล่องพลาสติกมาติดตั้งปั๊มน้ำ แล้วเจาะรูสำหรับเดินท่อน้ำและสำหรับเดินสายไฟไปที่สวิทช์ นำไม้อัดมาตัดทำกล่องสวิทช์ และหม้อแปลงโดยทำเต้าเสียบ (ปลั๊กตัวเมียแบบติดผนัง) สำหรับเสียบปลั๊กไฟฟ้า นำโฟมมาตัดเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าสามแผ่น แผ่นที่ใช้ทำเป็นพื้นหุ้มด้วยพลาสติกสีดำ ส่วนอีกสองด้านหุ้มด้วยพลาสติกใส แล้วประกบต่อกันเป็นสามเหลี่ยมโดยใช้เทปกาวติด แล้วติดตั้งลงบนโครงที่เตรียมไว้ นำกระโจมมาเจาะรูสำหรับใส่พืชโดยเจาะเป็นสี่เหลี่ยม หรือวงกลมก็ได้ จากนั้นเจาะรูด้านบนของกระโจมเพื่อที่จะใส่พัดลมดูดอากาศโดยเจาะตามขนาดของพัดลม แล้วนำพัดลมดูดอากาศมาติดตั้งแล้วเดินสายไฟไปที่หม้อแปลงและสวิทช์ นำฟองน้ำมาตัดให้ขนาดใหญ่กว่ารูสำหรับปลูกพืชเล็กน้อย แล้วเจาะช่องสำหรับใส่ต้นไม้พลาสติก จากนั้นนำต้นไม้พลาสติกมาแยกใส่ในช่องฟองน้ำแล้วใช้ไหมพรมมัดบริเวณโคนต้นเพื่อทำเป็นรากพืช แล้วนำมาใส่รูในกระโจม จากนั้นนำท่อ PE มาเจาะรูแล้วติดตั้งหัวฉีดโดยกะระยะห่างให้น้ำพ่นได้ทั่วถึง นำฝาอุดท่อน้ำขนาด 1.5 นิ้ว และ 0.5 นิ้วมาเจาะรู เพื่อใช้แทนเป็นปั๊มแล้วเดินท่อจิ๋ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(เฉพาะฝาขนาด 0.5 นิ้ว) เข้าถังพลาสติก นำอลูมิเนียมมาตัดทำเป็นกล่องติดตั้งนาฬิกาจำนวนสามชุด เพื่อใช้แทนเป็นเครื่องตั้งเวลา (Timer) pH meter และ EC meter แล้วเดินสายไฟต่อกับปั๊ม (ที่เป็นสัญลักษณ์) นำกระป๋องน้ำหอมเจาะรูเพื่อใช้แทน หม้อกรอง จากนั้นเดินท่อน้ำ PVC จากปั๊มเข้าสู่กระโจม โดยผ่านฝาอุดที่เจาะรูไว้ (ปั๊ม) ผ่านกล่องที่ติดตั้งนาฬิกา (Timer) และกระป๋องที่เจาะรูไว้ (หม้อกรอง) แล้วจะต่อกับท่อ PE ที่ติดหัวฉีดภายในกระโจม นำขวดแก้ว (แบรนด์) ทั้งสองขวดเดินท่อจิ๋วต่อกับฝาอุดท่อขนาด 0.5 นิ้วที่เจาะไว้ (ปั๊ม) ทั้งสองฝา แล้วเดินท่อจิ๋วจากฝาสู่กล่องพลาสติก นำกระดาษสี พิมพ์หมายเลข และแสดงส่วนประกอบต่าง ๆ ตามหมายเลข แล้วนำไปหุ้มพลาสติก แล้วจึงนำมาติดตามชิ้นส่วนต่าง ๆ เพื่อความสวยงามและคงทนพร้อมคู่มือการใช้งาน ทดสอบการทำงานของปั๊มและพัดลม ก่อนที่จะนำไปให้อาจารย์ที่ปรึกษาและผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบและประเมินผล หลังจากนั้นแก้ไขส่วนที่บกพร่องตามคำแนะนำ จากนั้นนำเสนอต่อผู้ประสานงานปัญหาพิเศษต่อไป

5.2 ปัญหาและข้อเสนอแนะ

ปัญหา

ขาดของจริงที่มีการทำงานสมบูรณ์แบบจึงขาดทิศทางที่แน่นอนทำให้ต้องมีการปรับปรุงแก้ไขบ่อยครั้งมาก ทำให้สิ้นเปลืองวัสดุอุปกรณ์

ข้อเสนอแนะ

1. สำหรับผู้ที่จะทำปัญหาพิเศษในรูปของหุ่นจำลอง ควรศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับอุปกรณ์ให้ละเอียดมากที่สุด เพื่อลดข้อผิดพลาดที่จะเกิดขึ้น ซึ่งจะสิ้นเปลืองแรงงาน เวลา และค่าใช้จ่ายในการปรับปรุงแก้ไข

2. ผู้ที่จะทำแบบจำลองได้ดีนั้น ต้องเป็นผู้ที่มีทักษะความรู้ สามารถใช้เครื่องมือประเภทต่าง ๆ ได้เป็นอย่างดี เลือกใช้วัสดุที่จะนำมาใช้แทนสัญลักษณ์ได้อย่างเหมาะสมกลมกลืนเข้าใจง่าย และที่สำคัญควรมีสิ่งที่ดึงดูดความสนใจ เช่น สาธิตการทำงานได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

ไชยยศ เรืองสุวรรณ. การบริหารสื่อและเทคโนโลยีทางการศึกษา กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์ไทยวัฒนพานิช, 2525.

เชียรศรี วิวิธสิริ. ทักษะพื้นฐานของการผลิตสื่อการสอน กรุงเทพฯ : ภาควิชาเทคโนโลยีและนวกรรมทางการศึกษา วิทยาลัยครูพระนคร, 2535.

ณรงค์ สมพงษ์. ความรู้เบื้องต้นเรื่องสื่อการสอน กรุงเทพฯ : คณะครุศาสตร์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2535.

ถวัลย์ พัฒนเสถียรพงศ์. การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์พรานนกการพิมพ์, 2534.

นพดล เรียบเลิศหิรัญ. การปลูกพืชไร้ดิน กรุงเทพฯ : คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2538.

นิพนธ์ ศุขปรีดี. โสตทัศนศึกษา กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์เผยแพร่วิทยา, 2528.

พรชัย จุฑามาศ และวิบูลย์ บุญส่งศรี. "การปลูกพืชปราศจากดิน" วารสารดินและปุ๋ย ปีที่ 10 เล่มที่ 2 (เมษายน - มิถุนายน 2531) : หน้า 92 - 96.

รัชดา เรืองวรบูรณ์. การปลูกแกลดดิโอลัสในระบบ N.E.T. และ Aeroponics ภาควิชาปฐพีวิทยา สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2536.

วาสนา ชาวหา. เทคโนโลยีทางการศึกษา พิมพ์ครั้งที่ 2 กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์กราฟฟิคอาร์ต, 2533.

สมพงษ์ ศิริเจริญ. การใช้สื่อการสอน พิมพ์ครั้งที่ 2 กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์พิรพัชนา, 2515.

สมบูรณ์ สงวนญาติ. เทคโนโลยีการผลิตสื่อการสอน กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์ โอ.เอส.พริ้นติ้งเฮ้า, 2534.

สุธิสา ตั้งสุนทรธรรม. การพัฒนาระบบ Aeroponics เพื่อการเพาะเลี้ยงเชื้อรา วี-เอ ไมคอไรซ่า ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2537.

สุนันท์ ปัทมคม. สื่อการสอน ภาควิชาโสตทัศนศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2525.

อิทธิสนุทร นันทกิจ. เอกสารเผยแพร่การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน กรุงเทพฯ : คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2535.

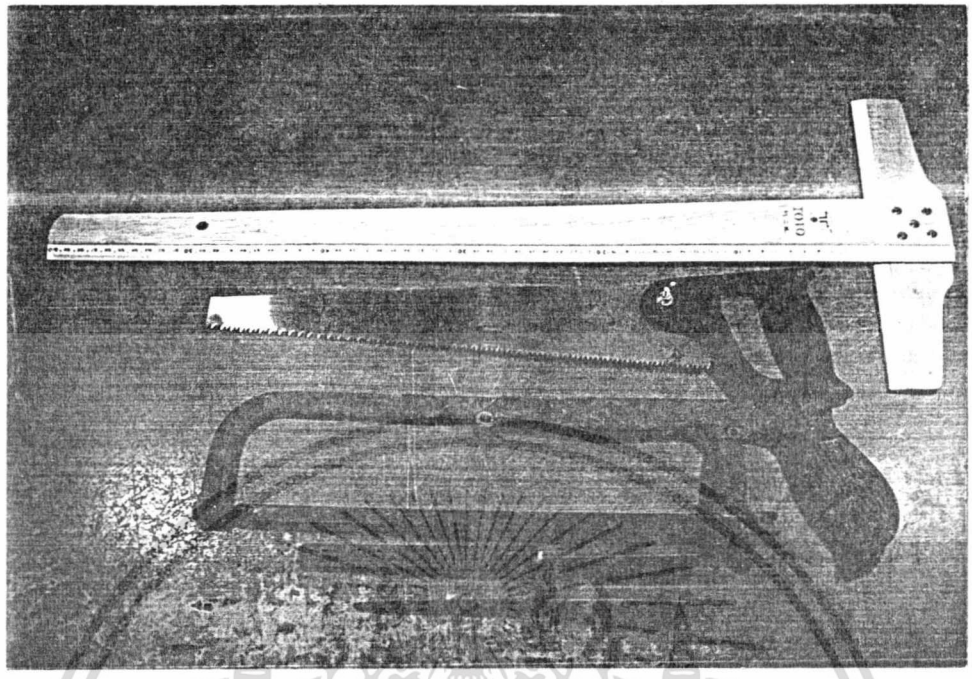
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อิทธิสุนทร นันทกิจ. การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน กรุงเทพฯ : คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2538.

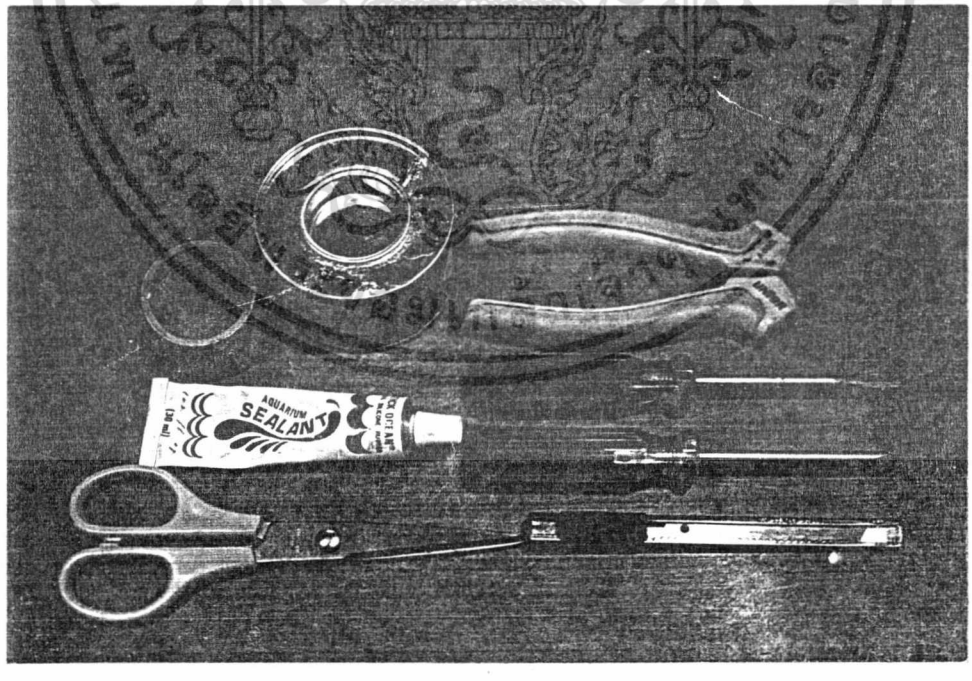
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



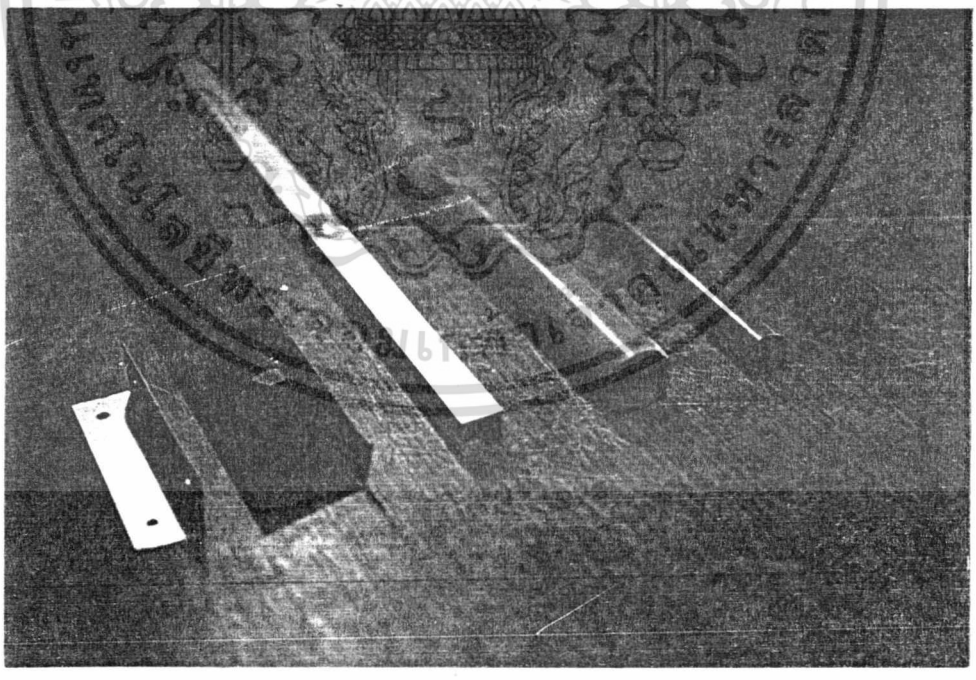
ภาพที่ 1 เครื่องมือที่ใช้ในการทำหุ่นจำลอง



ภาพที่ 2 เครื่องมือ วัสดุ อุปกรณ์ที่ใช้ในการทำหุ่นจำลอง

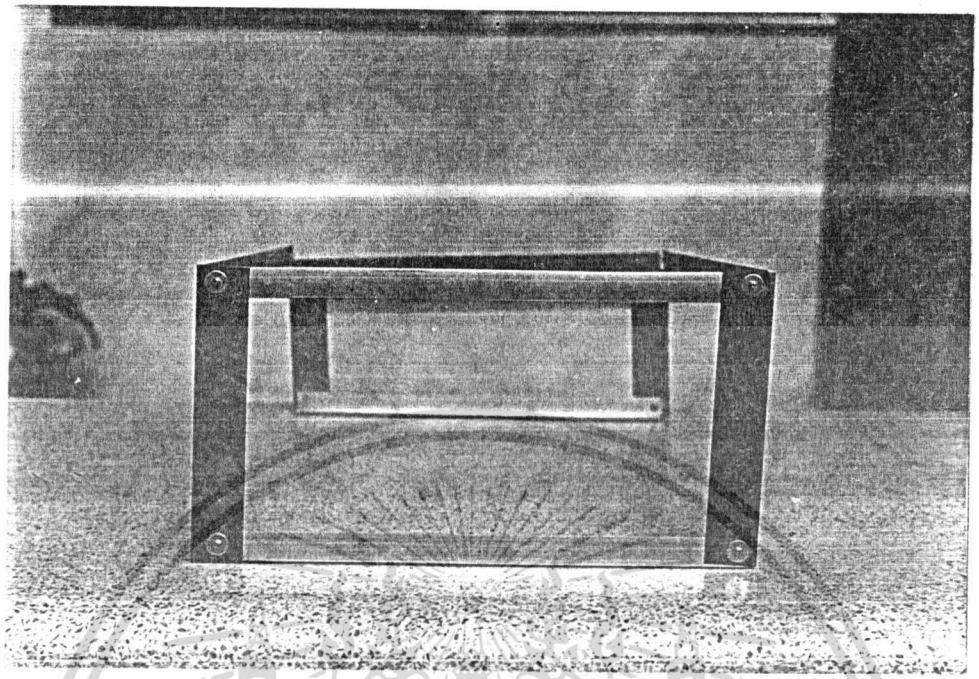
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 3 เครื่องมือที่ใช้ในการทำหุ่นจำลอง

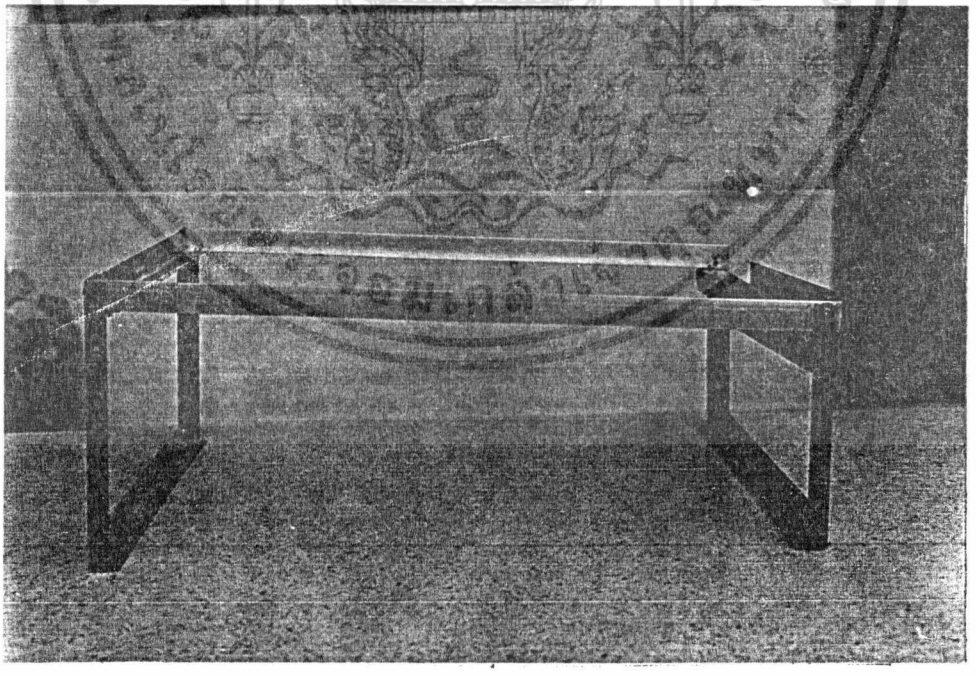


ภาพที่ 4 วัสดุที่ใช้ทำหุ่นจำลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

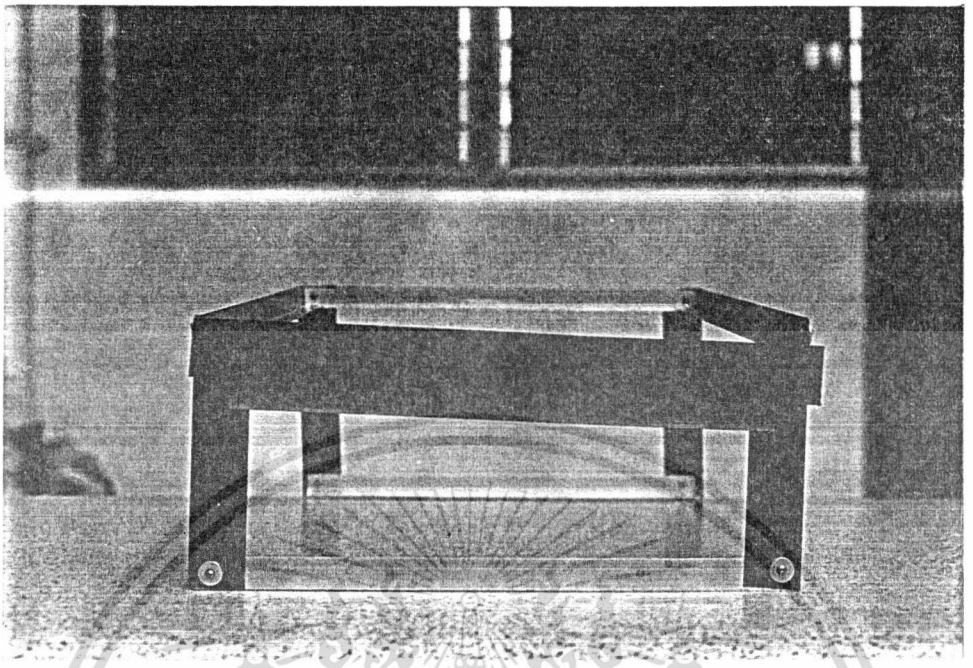


ภาพที่ 5 โครงสร้างด้านหน้าของกระโจมปลูก



ภาพที่ 6 โครงสร้างด้านข้างของกระโจมปลูก

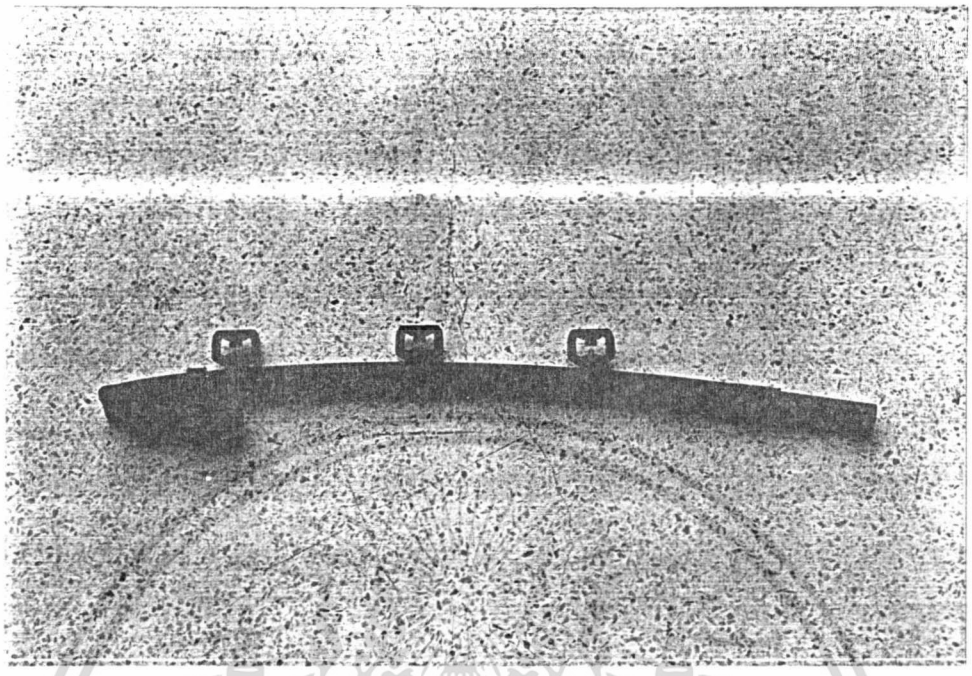
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 7 โครงสร้างด้านหลังของกระโจมปลูก

ภาพที่ 8 ลักษณะของกระโจม และการเจาะรูปลูกพืช

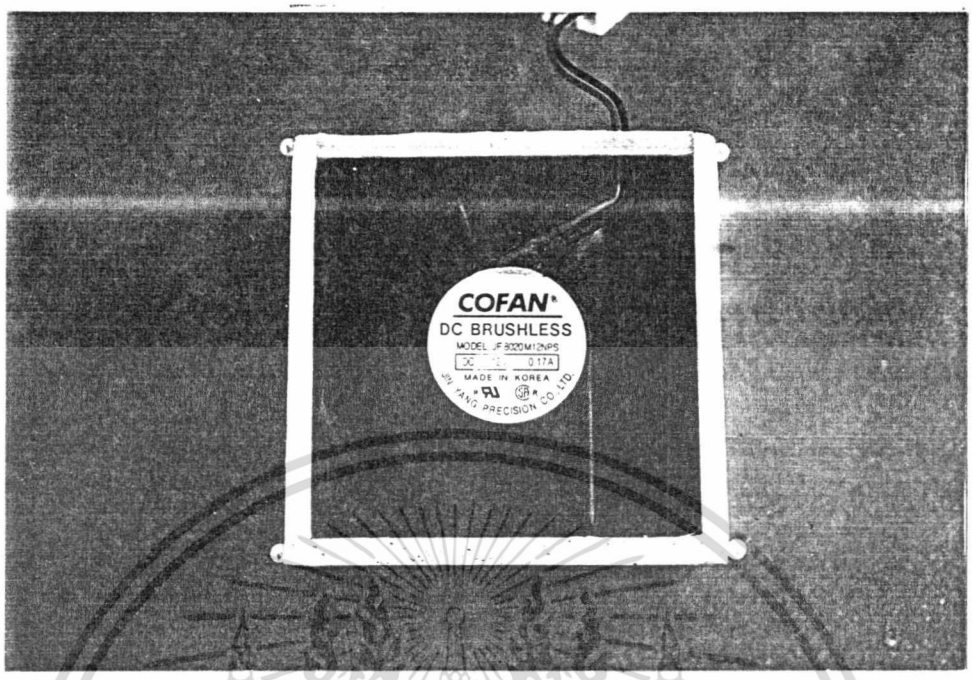
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



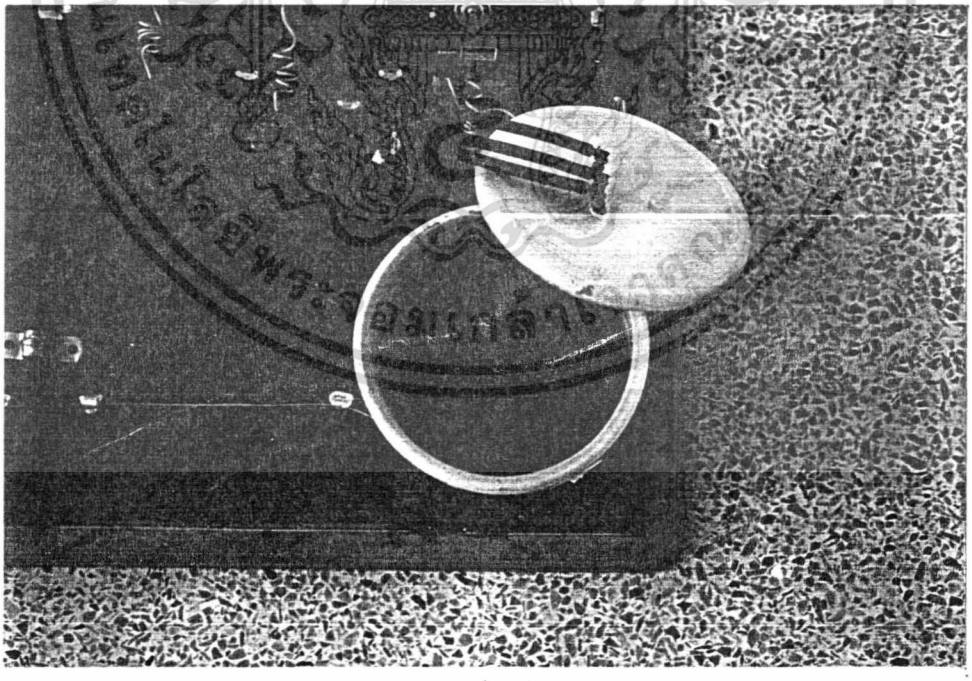
ภาพที่ 9 ส่วนของท่อ PE ที่ใช้ติดตั้งหัวฉีด

ภาพที่ 10 ลักษณะต้นพืชที่สมบูรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



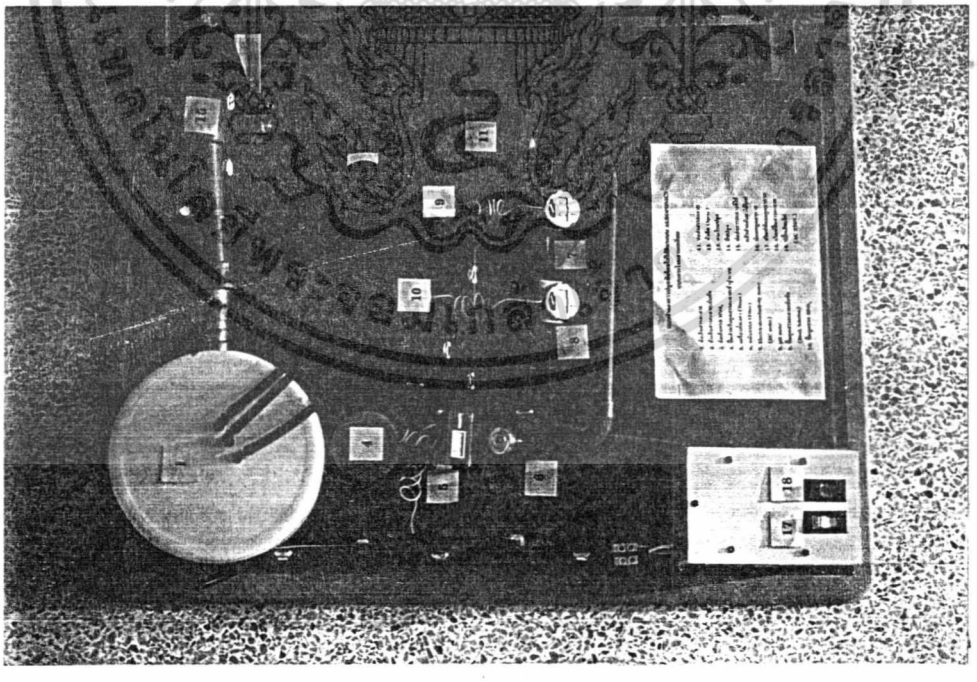
ภาพที่ 11 พัดลมดูดอากาศ



ภาพที่ 12 ปั๊มน้ำขนาดเล็กที่ติดตั้งอยู่ในถังเก็บสารละลาย

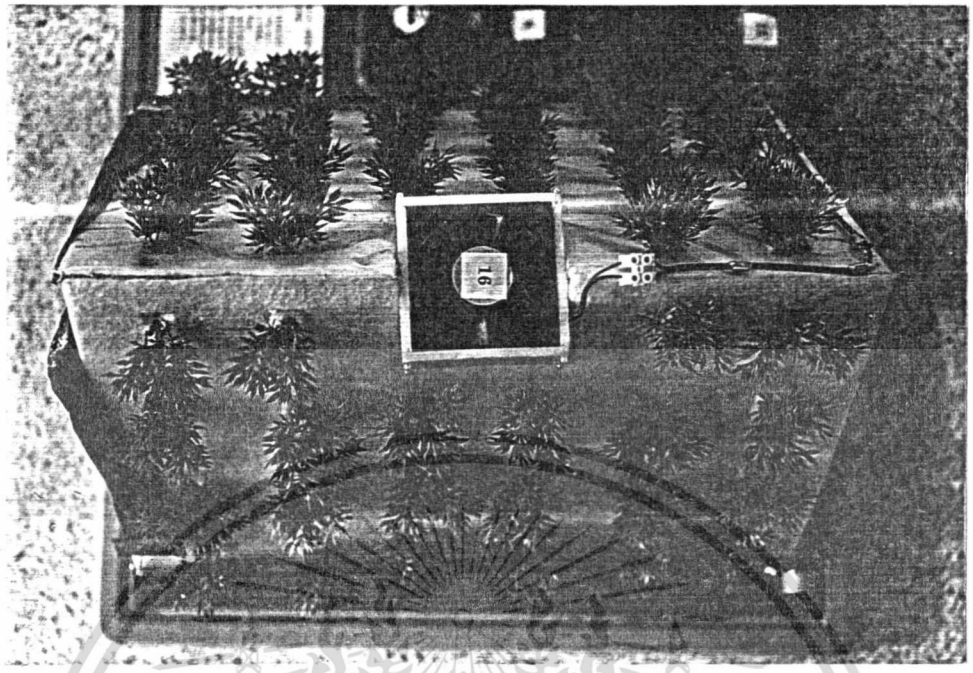
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 13 ลักษณะภายในของกระโจมปลูก

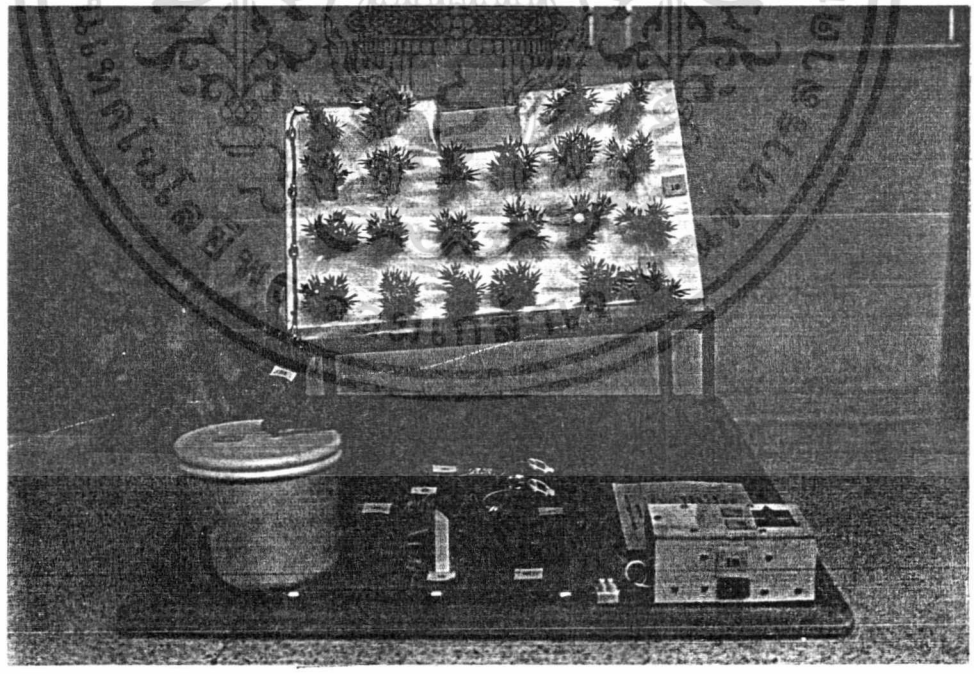


ภาพที่ 14 ส่วนประกอบที่ทำหน้าที่ผสม และจ่ายสารละลายอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

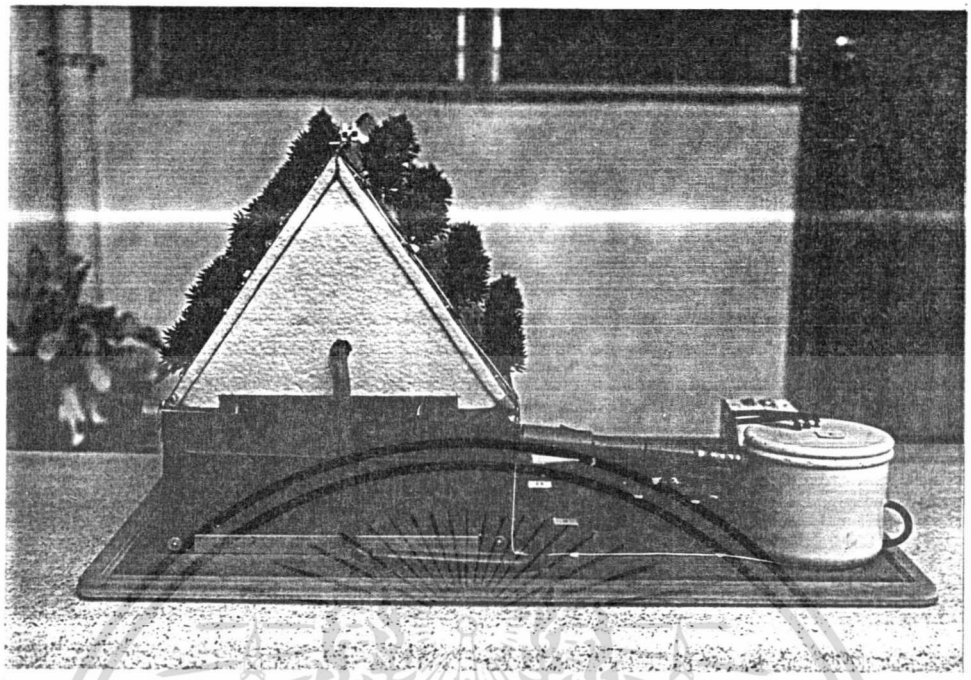


ภาพที่ 15 รูปด้านบนของกระโจมปลูกที่สมบูรณ์

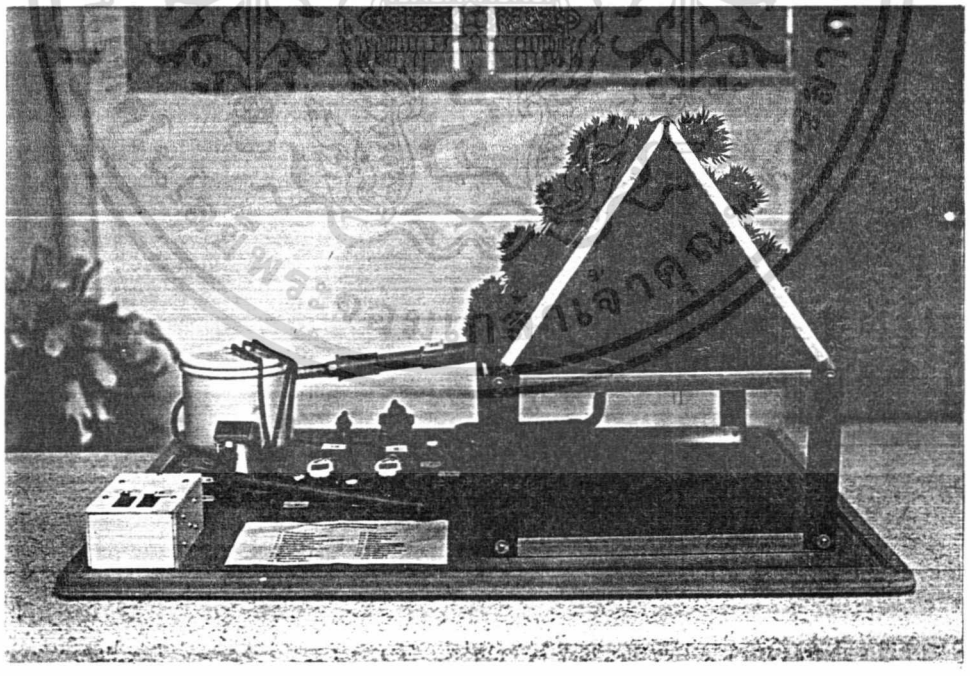


ภาพที่ 16 รูปด้านข้างของกระโจมปลูกที่สมบูรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

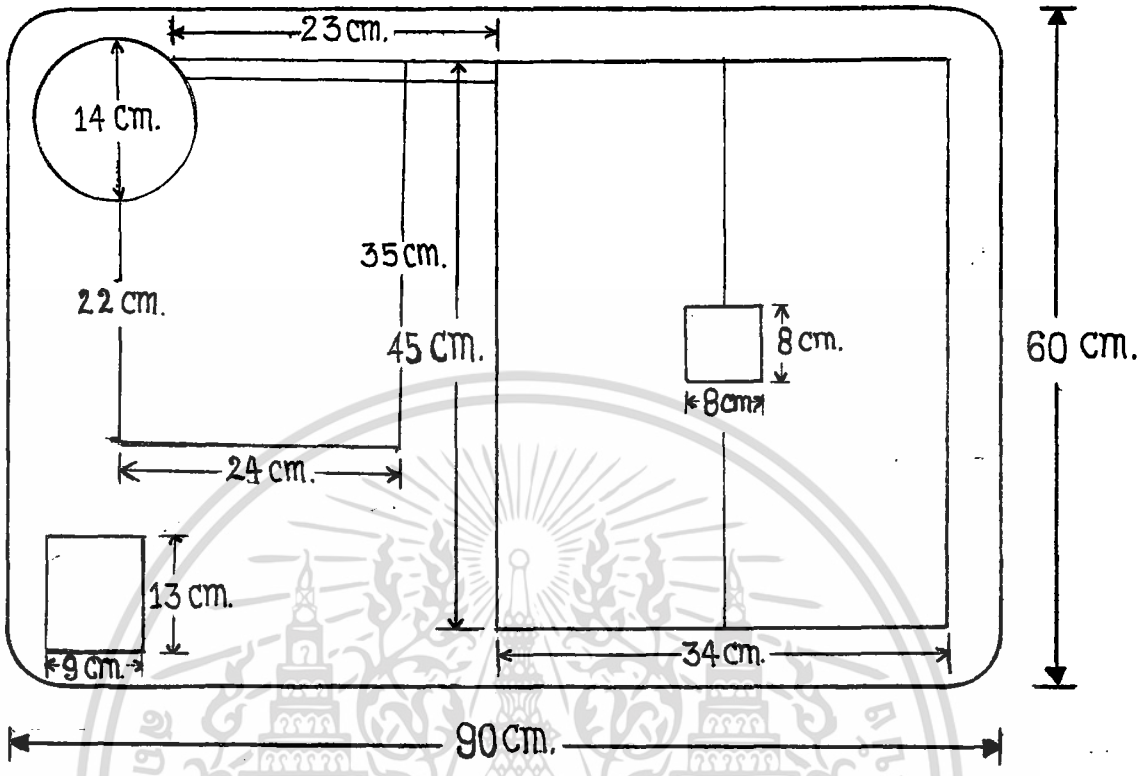


ภาพที่ 17 รูปด้านหลังของกระโจมปลูกที่สมบูรณ์

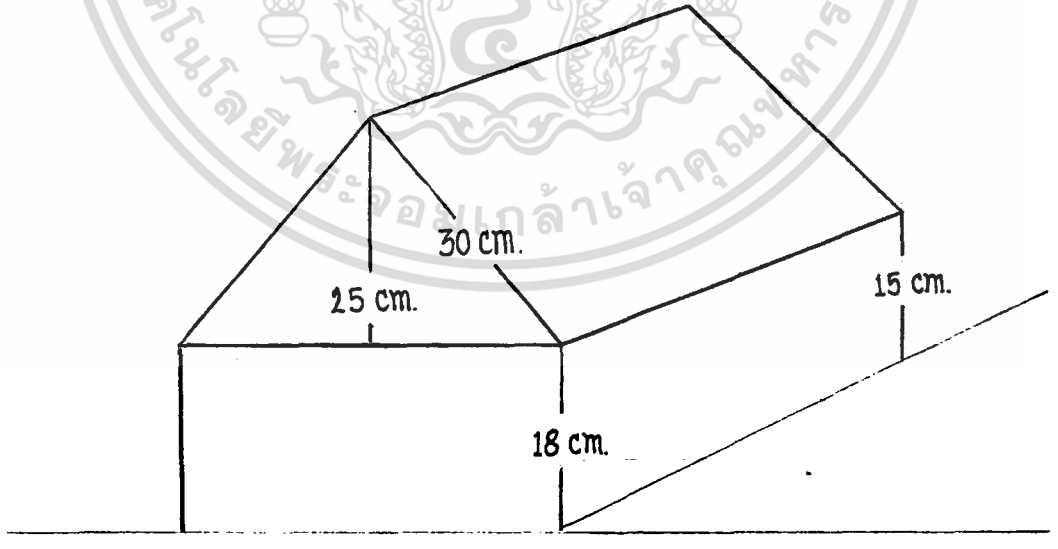


ภาพที่ 18 รูปด้านหน้าของกระโจมปลูกที่สมบูรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 19 แสดงลายเส้นโครงสร้างของระบบ



ภาพที่ 20 แสดงลายเส้นโครงสร้างของกระโจมปลูก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ ภาควิชาครุศาสตร์เกษตร คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สจล. โทร.2658,2659

ที่ ทม 1504/ 0517 **วันที่** 27 ก.พ. 2541

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้ตรวจสอบและประเมินคุณภาพอุปกรณ์

เรียน ผศ.ดร.อินธิสุนทร นันทกิจ

ด้วย นายรัชภูมิ จันทรวรชาต นักศึกษาชั้นปีที่ 2 สาขาวิชาเทคโนโลยีการเกษตร-การผลิตพืช ภาควิชาครุศาสตร์เกษตร คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ได้รับอนุมัติให้ทำปัญหาพิเศษ เรื่อง "แบบจำลองเรื่องการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินระบบ Aeroponics แบบกระโจมสามเหลี่ยม" ในการนี้ทางคณะฯ ได้พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ ความเชี่ยวชาญในเรื่องของการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินเป็นอย่างดียิ่ง จึงใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่านเป็นผู้ตรวจสอบและประเมินคุณภาพอุปกรณ์ดังกล่าว เพื่อประกอบการทำปัญหาพิเศษของนักศึกษา

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์ แก่นักศึกษาผู้วิจัยด้วย จักขอบคุณอย่างยิ่ง

(นายดนัย ดิษยบุตร)
รองคณบดีฝ่ายกิจการนักศึกษา
ปฏิบัติราชการแทนคณบดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้