รายงานการวิจัย

ตู้ต้นแบบเพื่อการผลิตถั่วงอกปลอดสารพิษด้วยระบบควบคุมความชื้น

Prototype cabinet for bean sprout production is free from the toxin with the humidity controls system

โดย

นายมนตรี ไชยชาญยุทธ์

นายอิทธิพล พจนสัจ

นายพิมล ผลพฤกษา

นายอรรถศาสตร์ นาคเทวัญ

นางสาวรัตติกร สมบัติแก้ว

ที่ปรึกษา

นายพลศาสตร์ เลิศประเสริฐ

ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากเงินรายได้สถาบัน ประจำปีงบประมาณ 2552

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพร

เอกสารนี้ ลิขสิทธิ์เป็นของ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพร ห้ามมิให้ทำซ้ำ ดัดแปลง เพื่อการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ตู้ต้นแบบเพื่อการผลิตถั่วงอกปลอดสารพิษด้วยระบบควบคุมความชื้น

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ทำการออกแบบ และสร้างตู้เพาะถั่วงอกแบบปลอดสารพิษสำหรับครัวเรือนโดยใช้เซนเซอร์ SHT-15 เป็นตัวตรวจจับอุณหภูมิ และความชื้น แล้วส่งข้อมูลมาประมวลผลด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51(AT89C55) พร้อมทั้งแสดงค่าของความชื้น และอุณหภูมิออกทาง LCD ขนาด 16 ตัวอักษร 2 บรรทัด โดยแถวที่ 1 จะใช้แสดงค่าของอุณหภูมิ และแถวที่ 2 ใช้แสดงค่าของความชื้น ตู้เพาะสามารถตั้งค่าความชื้น และอุณหภูมิได้ หากค่าความชื้นที่วัดได้มีค่าต่ำกว่าค่าที่กำหนด MCS-51 จะส่งสัญญาณไปควบคุมปั๊มน้ำเพื่อจ่ายน้ำให้กับถั่วงอก เมื่อได้ความชื้นตามที่กำหนดปั๊มน้ำก็จะหยุดทำงาน นอกจากนี้ ตู้เพาะถั่วงอกปลอดสารพิษสำหรับครัวเรือนยังสามารถตั้งเวลาใช้งานได้ตั้งแต่ 0- 99 ชั่วโมง เมื่อครบตามกำหนดเวลา ระบบจะหยุดทำงาน การทดลองจะใช้ถั่วเขียวจำนวน 600 กรัม แบ่งเพาะถาดล่ะ 200 กรัม จำนวน 3 ถาด จากผลการทดลอง เมื่อทำการเพาะถั่วงอกด้วยการควบคุมอุณหภูมิไว้ที่ 30 องศาเซลเซียล ได้น้ำหนักรวม 2800 กรัม ความยาวถั่วงอกเฉลี่ย 6.64 มิลลิเมตร เส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย 2.44 มิลลิเมตร ใช้ปริมาณน้ำในการควบคุมอุณหภูมิ 400 ลิตร และเมื่อทำการเพาะถั่วงอกด้วยการควบคุมความชื้นไว้ที่ 91 %RH จะได้น้ำหนักรวม 2600 กรัม ความยาวถั่วงอกเฉลี่ย 6.27 มิลลิเมตร เส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย 2.47 มิลลิเมตร ใช้ปริมาณน้ำในการควบคุมความชื้น 200 ลิตร

RCH
SB
327
ต166ล

ศขหมู่.....
เลขทะเบียน.115632
วัน,เดือน,ปี..24 ธ.ค. 2554

b.1217305
i.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Prototype cabinet for bean sprout production is free from the toxin with the humidity controls system

ABSTRACT

This research has presents the designing and construction of Cabinet for Cultivates some Bean Sprouts with out Chemical for Household. We use select the SHT-15 for sensor humidity and temperatures, the data about humidity and temperatures will be send to processing by Microcontroller MCS-51(AT89C55). The data Humidity and Temperature display by using LCD 16x2. We shown the data of the temperature on column one and shown the data of the humidity on column two; Further more, we can set the temperature and humidity level for control system. If the humidity value that a measure has the lower that fixes value from user. MCS-51 will be send signal to turn on the water pump for spray the water gives with the bean sprout. When, the humidity from system sensor has equal or higher that fix value the water pump will be turn off. The Cultivates some Bean Sprouts with out Chemical for Household can set time to usable 0-99 hour. If the system have finish time; the system will be turn off. The experiment, we use amount mung bean 600 grams to divide cultivate 3 tray, 200 gram/trays. From the result experiment , when we cultivating bean sprout with temperature control at 30°C, the average weight totals was 2800 g. , average length of bean sprout was 6.64 mm., average diameter was 2.44 mm., and we use the water quantity for temperature control were 400 liter while, Cultivate bean sprout with humidity control that fix 91 %RH, the average weight totals was 2600 g., average length of bean sprout was 6.27 mm., average diameter was 2.47 mm., and we use the water quantity to humidity control 200 liter.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยชิ้นนี้สามารถสำเร็จลุล่วงได้เป็นอย่างดี ด้วยความช่วยเหลือ และการสนับสนุนจากบุคคลหลายๆท่าน ซึ่งผู้เขียนขอขอบคุณทุกๆ ท่านดังต่อไปนี้

ขอขอบพระคุณ คุณพ่อและคุณแม่ ผู้ซึ่งคอยให้การอบรมสั่งสอน เลี้ยงดู สนับสนุนการศึกษาอย่างเต็มที่ ตลอดจนให้กำลังใจเสมอมา ผู้เขียนขอระลึกในพระคุณอันสุดประมาณ และขอกราบขอบพระคุณไว้ ณ ที่นี้ด้วย

ขอขอบพระคุณ ผศ.พลศาสตร์ เลิศประเสริฐ ที่ปรึกษางานวิจัย และคำแนะนำต่าง ๆ เกี่ยวกับการทำงานวิจัย ผู้เขียนรู้สึกซาบซึ้งในความเมตตาของท่านจึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบคุณนางวรัญญา พริ้มจรัส ที่ช่วยในการสนับสนุนค้นหาข้อมูลเกี่ยวกับงานวิจัยเรื่องกรรมวิธีการเพาะถั่วงอกจนงานวิจัยสามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี และคอยให้กำลังใจเสมอมา

นอกจากนี้ผู้เขียนใคร่ขอขอบพระคุณ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพร ที่ให้ความรู้ และโอกาสในการทำงาน

คุณค่า และประโยชน์อันพึงมีจากงานวิจัยฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบแด่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

มนตรี ไชยชาญยุทธ์

และคณะ

30 กันยายน 2552

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... II

กิตติกรรมประกาศ..... III

สารบัญ..... IV

สารบัญตาราง..... VI

สารบัญรูป..... VII

บทที่ 1 บทนำ..... 1

1.1 ที่มา และความสำคัญของโครงการ..... 1

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย..... 1

1.3 ขอบเขตของการวิจัย..... 2

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ และหน่วยงานที่นำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์..... 2

1.5 แผนการถ่ายทอดเทคโนโลยีหรือผลการวิจัยสู่กลุ่มเป้าหมาย..... 2

บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง..... 3

2.1 ถั่วงอก..... 3

2.2 การงอกของเมล็ดถั่ว..... 3

2.3 กระบวนการงอก..... 4

2.4 ถั่วและเมล็ดงอกที่เพาะขายเป็นการค้า..... 5

2.5 หลักการพื้นฐานทั่วไปในการเพาะถั่วงอก..... 6

2.6 กรรมวิธีการผลิตถั่วงอก..... 7

2.7 เซนเซอร์วัดความชื้น..... 10

2.8 SHT-15 (ตัวตรวจวัดอุณหภูมิ และความชื้น)..... 11

บทที่ 3 แนวความคิด และการออกแบบระบบ..... 21

3.1 แนวความคิด และการออกแบบระบบ..... 21

3.2 การทำงานของระบบที่ได้ออกแบบ..... 22

3.3 การออกแบบการตรวจจับอุณหภูมิ และความชื้น..... 23

3.4 การออกแบบตู้เพาะ..... 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

3.5 การออกแบบส่วนวงจรควบคุม..... 25
3.6 ส่วนของถาดรองน้ำทิ้ง..... 25
3.7 ส่วนของถาดเพาะถั่วงอก..... 25
3.8 ส่วนของปั๊มน้ำ..... 26
3.9 ส่วนของระบบระบายอากาศ..... 26

บทที่ 4 วิธีการทดลอง และผลการทดลอง..... 27
4.1 การทดลองที่ 1 ทดสอบความเที่ยงตรง ในการตรวจจับค่าอุณหภูมิ และความชื้น 27
4.1.1 ผลการทดลอง ตรวจจับความชื้นและอุณหภูมิ..... 27
4.2 การทดลองเพาะถั่วงอกด้วยตู้เพาะที่ออกแบบ..... 28
4.2.1 วิธีการทดลอง..... 29
4.2.2 การทดลองเพาะเมล็ดถั่วเขียวด้วยการควบคุมอุณหภูมิ..... 30
4.2.3 การทดลองเพาะเมล็ดถั่วเขียวด้วยการควบคุมความชื้น..... 33
4.3 ผลการทดลอง และวิจารณ์..... 36
4.3.1 ผลการทดลองเพาะถั่วงอกโดยการควบคุมอุณหภูมิ..... 36
4.3.2 ผลการทดลองเพาะถั่วงอกโดยการควบคุมความชื้น..... 37

บทที่ 5 สรุปผลงานวิจัย และข้อเสนอแนะ..... 38
5.1 สรุปผลงานวิจัย..... 38
5.2 ข้อคิดเห็นเพิ่มเติม..... 38

บรรณานุกรม..... 39
ภาคผนวก..... 40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

2.1 แสดงคุณสมบัติของ Sensor..... 12

2.2 แสดงสถานะของรีจิสเตอร์บิต..... 16

2.3 แสดงคุณลักษณะทาง DC ของ SHTxx..... 17

2.4 แสดงคุณลักษณะสัญญาณอินพุตของ SHTxx..... 18

2.5 แสดงค่าสัมประสิทธิ์การเปลี่ยนแปลงของความชื้น..... 18

2.6 แสดงค่าสัมประสิทธิ์การชดเชยของอุณหภูมิ..... 19

2.7 แสดงค่าสัมประสิทธิ์การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ..... 20

4.1 แสดงผลการทดลองเปรียบเทียบค่าความชื้น และอุณหภูมิ ระหว่าง บอร์ดวัดอุณหภูมิ และความชื้น กับ เทอร์โมมิเตอร์ และ กระเปาะเปียก กระเปาะแห้ง อ่านค่าทุกๆ 10 นาที..... 27

4.2 แสดงปริมาณน้ำหนักของถั่วงอกแต่ละถาดที่ได้จากตู้เพาะ..... 30

4.3 แสดงผลการทดลองวัดความยาวของถั่วงอกที่เพาะด้วยการควบคุมอุณหภูมิ 31

4.4 แสดงผลการทดลองการวัดเส้นผ่านศูนย์กลางถั่วงอกที่เพาะด้วยการควบคุมอุณหภูมิ..... 32

4.5 แสดงปริมาณน้ำหนักถั่วงอกแต่ละถาด..... 33

4.6 แสดงผลการทดลองวัดความยาวของถั่วงอกที่เพาะด้วยการควบคุมความชื้น..... 33

4.6 (ต่อ) แสดงผลการทดลองวัดความยาวของถั่วงอกที่เพาะด้วยการควบคุมความชื้น..... 34

4.7 แสดงผลการทดลองวัดเส้นผ่านศูนย์กลางของถั่วงอกที่เพาะด้วยการควบคุมความชื้น..... 34

4.7 (ต่อ) แสดงผลการทดลองวัดเส้นผ่านศูนย์กลางของถั่วงอกที่เพาะด้วยการควบคุม ความชื้น..... 35

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

2.1 SHT-15..... 11
2.2 กราฟแสดงความแม่นยำของความชื้นอุณหภูมิ และจุดDew Point..... 13
2.3 แสดงตัวอย่างการประยุกต์ใช้งานของ SHT1x..... 14
2.4 แสดงลำดับ "Transmission Start"..... 14
2.5 แสดงลำดับการวัดค่าความชื้นของค่า"0000'1001'0011'0001"=2353=75.79%RH..... 15
2.6 แสดงการสูญเสียสัญญาณที่ต่อเนื่องจะเกิดการ Reset ของการติดต่อขณะที่ DATA สูง... 15
2.7 แสดงสถานะของรีจิสเตอร์เขียน..... 16
2.8 แสดงสถานะของรีจิสเตอร์อ่าน..... 16
2.9 แสดง Timing Diagram..... 18
2.10 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงจาก SO_{RH} ถึง ความชื้นสัมพัทธ์..... 19
3.1 รูปแบบของตู้ผลิตถั่วงอกปลอดสารพิษ..... 21
3.2 แสดงแนวความคิด และระบบการทำงานของโครงงานวิจัย..... 22
3.3 แสดงการออกแบบระบบตรวจจับ อุณหภูมิ และความชื้น..... 23
3.4 แสดงโครงสร้างอลูมิเนียมของตู้เพาะถั่วงอกปลอดสารพิษสำหรับครัวเรือน..... 24
3.5 แสดงการออกแบบส่วนวงจรควบคุม..... 24
3.6 แสดงลักษณะของหัวพ่นละอองน้ำ..... 25
3.7 แสดงถาดเพาะถั่วงอกทั้งด้านบน และด้านล่าง..... 25
4.1 กราฟแสดงการเปรียบเทียบข้อมูลในตารางที่ 4.1..... 28
4.2 แสดงการนำเมล็ดถั่วเขียวใส่ในถาดเพาะ และถั่วงอกหลังจากเพาะเป็นวันที่ 2..... 29
4.3 แสดงการสุ่มเก็บตัวอย่างถั่วงอก..... 30
4.4 แสดงแผ่นภูมิแท่งค่าความยาวของถั่วที่เพาะค่าความชื้นและอุณหภูมิของถาดต่างๆ..... 35
4.5 แสดงถั่วงอกที่ได้..... 36

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

ในบทนี้จะกล่าวถึงความเป็นมา และความสำคัญของปัญหา วัตถุประสงค์ของงานวิจัย สมมุติฐานของการศึกษา ทฤษฎี หรือแนวคิดที่ใช้ในงานวิจัย ขอบเขตของงานวิจัย ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับและแผนการถ่ายทอดเทคโนโลยี

1.1 ที่มา และความสำคัญของโครงการ

ปัจจุบัน ถั่วงอกเป็นผักเศรษฐกิจที่น่าสนใจ เฉพาะในกรุงเทพฯ มีการบริโภควันละ 200,000 กิโลกรัม นอกจากนี้เป็นผักที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง(สถาบันวิจัยพืชไร่, 2544; Chian, L.L. 1994) โดยเฉพาะมีโปรตีน วิตามินและเกลือแร่เป็นผักชนิดเดียวที่ใช้เวลาเพาะเพียง 3 - 4 วัน ซึ่งถ้าเพาะถั่วงอกช่วงฤดูร้อนหรือ ฤดูฝนจะใช้เวลานานไม่เกิน 3 วันเท่านั้น แต่ถ้าเป็นฤดูหนาวจะมีอุณหภูมิของอากาศเย็นและมีความชื้นต่ำจะใช้เวลาเพาะประมาณ 4 -5 วัน ด้วยระยะเวลาที่ใช้ในการเพาะหรือการผลิตสั้น ถั่วงอกจึงจัดเป็นผักเศรษฐกิจที่สามารถทำรายได้ให้กับผู้ผลิตได้ดี จนอาจถือเป็นอาชีพหลัก หรืออาชีพเสริมก็ได้ แต่ทั้งนี้พบว่าถั่วงอกส่วนใหญ่ที่จำหน่ายนั้นมักจะมีสารเคมีปนเปื้อน(สุวิมล และคณะ,2540) เพราะผู้ขายต้องการสนองตลาดผู้บริโภคที่ชอบถั่วงอกที่มีความกรอบขาว และอวบอ้วน นอกจากนี้ผู้ขายยังต้องการเร่งการงอกของถั่ว การรักษาถั่วงอกให้คงความสดอยู่นานระหว่างการขนส่งสู่ตลาด และการรอจำหน่ายสู่ลูกค้า ผู้ผลิตจึงใช้สารเคมีจำพวกสารเร่ง สารอ้วน สารฟอกขาว (โซเดียมไฮโดรซัลไฟต์) สารคงความสด (ฟอร์มาลิน) ซึ่งสารเคมีเหล่านี้กระทรวงสาธารณสุขไม่อนุญาตให้ใช้ผสมในอาหาร เพราะล้วนเป็นสารที่มีพิษต่อร่างกายสูง หากรับประทานเข้าไปอาจจะมีผลต่อระบบทางเดินอาหาร ระบบหายใจ ระบบประสาทและอาจจะทำให้เสียชีวิตได้

ดังนั้นคณะผู้วิจัยได้ตระหนักถึงปัญหาที่เกิดขึ้นในปัจจุบัน ในด้านสารปนเปื้อน และความต้องการของผู้บริโภค จึงได้ถือเป็นหัวข้อวิจัยหลักที่จะทำการวิจัย พัฒนาการผลิตถั่วงอกแบบปลอดสารพิษ โดยใช้ระบบควบคุมทางอิเล็กทรอนิกส์ที่สามารถสร้างได้เองโดยศักยภาพ และเทคโนโลยีภายในประเทศ

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

โครงการวิจัยนี้เป็นการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีระบบวัดคุม และเกษตรศาสตร์ โดยพัฒนาวงจรทางอิเล็กทรอนิกส์มาใช้ในการทำงาน ซึ่งมีวัตถุประสงค์ คือ

1.2.1 เพื่อให้ได้เครื่องต้นแบบในการผลิตถั่วงอกแบบปลอดสารพิษ ที่มีราคาต้นทุนต่ำ

1.2.2 เพื่อให้ได้ถั่วงอกที่มีรสชาติ และคุณค่าทางอาหาร ถูกหลักโภชนาการ

1.2.3 เพื่อใช้เป็นเครื่องในการประกอบอาชีพหลัก หรืออาชีพเสริม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2.4 เพื่อเผยแพร่ผลงานวิจัย เชิงประยุกต์โดยเสนอแนวทางใหม่

1.2.5 กระตุ้นให้เกิดการวิจัยในเชิงวิศวกรรมระดับสูง และเผยแพร่ต่อสาธารณะ

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

ภายในปีงบประมาณ 2552 จะทำการศึกษา ออกแบบเครื่องเพาะถั่วงอกปลอดสารพิษโดยการควบคุมความชื้นแบบอัตโนมัติ และศึกษาเทคนิคการเพาะหรือ ปัจจัยที่ส่งผลต่อการเพาะถั่วงอกกับเครื่องที่ได้ออกแบบ เพื่อให้ได้ข้อมูลทางเทคนิคของระบบ และขีดจำกัดของการใช้งาน

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ และหน่วยงานที่นำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์

1.4.1 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- ได้ตู้ต้นแบบในการผลิตถั่วงอกแบบปลอดสารพิษ ที่มีราคาต้นทุนต่ำ
- ได้ถั่วงอกที่มีรสชาติ และคุณค่าทางอาหาร ถูกหลักโภชนาการ
- ให้เกษตรกรใช้เป็นเครื่องมือในการประกอบอาชีพหลัก หรืออาชีพเสริม

1.4.2 หน่วยงานที่นำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

- สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพร
- สหกรณ์การเกษตรจังหวัดชุมพร
- กรมส่งเสริมการเกษตร

1.5 แผนการถ่ายทอดเทคโนโลยีหรือผลการวิจัยสู่กลุ่มเป้าหมาย

เมื่อเสร็จสิ้นการทดลองในห้องปฏิบัติการแล้ว จะนำผลการทดลองที่ได้นำเสนอในการประชุมวิชาการ และนิทรรศการทางวิชาการต่างๆ พร้อมทั้งจะนำเครื่องต้นแบบไปทดลองให้เกษตรกรที่มีความประสงค์จะทดลองการใช้งานเพื่อเป็นข้อมูลในการพัฒนาต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้จะกล่าวถึง ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับโครงงานวิจัยอาทิ เช่น ชนิดของถั่วงอก กรรมวิธีการเพาะถั่วงอก เซนเซอร์ และทฤษฎีวงจรต่าง ๆ ที่ใช้ในการออกแบบระบบอิเล็กทรอนิกส์โครงการวิจัย

2.1 ถั่วงอก คือ ต้นอ่อนระยะเริ่มงอกของเมล็ด ซึ่งมีระยะเก็บเกี่ยว 2 ระยะ คือ

1. เมื่อรากเจริญ 1-2 นิ้ว
2. ระยะที่ใบเลี้ยงคลี่ออก

ในประเทศไทยส่วนใหญ่เก็บเกี่ยวในระยะรากเจริญสำหรับตลาดทั่วไป ส่วนตลาดร้านอาหารญี่ปุ่นและยุโรป นิยม แบบที่ 2 เรียก แรดิช สเปร้าส์ (radish sprout) หรือ บร็อคโคลี สเปร้า (broccoli sprout)

"ถั่วงอก" เป็นถั่วงอกที่เพาะจากเมล็ดถั่วเขียว ซึ่งมีสองชนิด คือ ถั่วเขียวเปลือกเขียว กับถั่วเขียวเปลือกดำ แต่ไม่ว่าเปลือกเขียวหรือเปลือกดำก็เรียกรวมกันว่า **ถั่วเขียว หรือ mungbean** ส่วนถั่วงอกที่เพาะจากเมล็ดถั่วเหลือง ที่เรียกกันว่า "ถั่วงอกหัวโต"

ถั่วงอก เป็นผักที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง โดยเฉพาะโปรตีน เกลือแร่และวิตามิน และเป็นพืชผักที่คนไทยรู้จักบริโภคกันมาช้านานแล้ว คือ ถั่วงอกที่เพาะจากเมล็ดถั่วเหลืองที่เราเรียกกันว่า "ถั่วงอกหัวโต" ส่วนถั่วงอกแบบธรรมดาที่นิยมบริโภคกันส่วนใหญ่ และมีขายตามท้องตลาด เรียกว่า "ถั่วงอก" นั้น เป็นถั่วงอกที่เพาะจากเมล็ดถั่วเขียว ซึ่งมีสองชนิดคือถั่วเขียวเปลือกเขียว กับถั่วเขียวเปลือกดำ แต่ไม่ว่าจะเป็นเปลือกเขียวหรือเปลือกดำก็เรียกรวมกันว่า ถั่วเขียว หรือ mungbean

กรณีที่ถั่วเมล็ดแห้งรับประทานไม่ได้ แต่ถั่วเมล็ดงอกรับประทานได้นั้น เกิดจากกระบวนการงอกของเมล็ดถั่วเพื่อเจริญงอกงามเป็นต้นไม้ สามารถขยายเผ่าพันธุ์ต่อไปจึงทำให้เนื้อเยื่อของเมล็ดเปลี่ยนแปลงไป จากสภาพที่แข็งจนฟันคนธรรมดาเคี้ยวไม่ได้กลายมาเป็นต้นอ่อนที่นุ่มกรอบ หวานอร่อย กินได้ ย่อยได้ และเป็นประโยชน์

2.2 การงอกของเมล็ดถั่ว

การงอกของเมล็ดถั่ว คือ การเกิดใหม่ของชีวิตนั่นเอง เป็นกระบวนการที่มาจากการเปลี่ยนแปลงทางเคมีภายในตัวเมล็ดพืชเพื่อสร้างสารอาหารหล่อเลี้ยงต้นอ่อนที่กำลังงอกขึ้นใหม่ให้แข็งแรงเติบโตอย่างรวดเร็ว โดยมีเป้าหมายหลัก คือ การมีชีวิตรอดและขยายเผ่าพันธุ์ต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 กระบวนการงอก (germination)

โดยทั่วไปแล้วกระบวนการงอกของเมล็ดถั่วจะช่วยเพิ่มวิตามินให้มากขึ้น โดยถั่วเมล็ดงอกจะมีวิตามินซีเพิ่มขึ้นทุกชนิด นอกจากนั้นยังทำให้เกิดวิตามิน บี 12 ซึ่งจำเป็นสำหรับการเติบโตและซ่อมแซมเซลล์ และยังมีธาตุเหล็กที่ร่างกายย่อยได้ง่าย รวมทั้งสารเลซิตินที่ช่วยบำรุงประสาทและการทำงานของสมอง ส่วนโปรตีนนั้นยังไม่มีผลวิจัยสนับสนุนมากนักว่า กระบวนการงอกช่วยให้ได้สารอาหารโปรตีนเพิ่มขึ้นหรือไม่ แต่การงอกในเมล็ดข้าวโพดงอกนั้นมีผลวิจัยยืนยันว่าทำให้มีกรดโปรตีนเพิ่มขึ้นจริง

คุณสมบัติอีกอย่างหนึ่งของถั่วงอกที่นักโภชนาการให้ความสำคัญคือ เป็นผักที่ให้พลังงานต่ำปราศจากไขมันแต่มีเส้นใยอาหารสูง การจะรับประทานถั่วงอกให้อิ่มท้องแต่ละครั้งต้องใช้ถั่วงอกในปริมาณมาก ดังนั้น ถั่วงอกจึงช่วยให้มีเนื้ออาหารมากขึ้น รสชาติดีขึ้น แต่ก็อิ่มเร็ว เส้นใยอาหารจำนวนมากนี้จะช่วยให้การขับถ่ายดี และยังดูดซับเอาของเสียจำพวกอนุมูลอิสระออกจากร่างกายได้มากด้วย

ถั่วเมล็ดแห้งเมื่อกลายเป็นถั่วงอกแล้วจะให้น้ำหนักสูงขึ้น 7-8 เท่า นั่นหมายความว่า ถั่วเขียวเมล็ดแห้งเพียง 1 กิโลกรัม สามารถทำถั่วงอกได้ถึง 7 กิโลกรัมเป็นอย่างน้อย ถั่วงอกจึงเป็นผักที่ให้ผลตอบแทนสูง ถือว่าเป็นพืชผักชนิดเดียวที่สามารถใช้ระยะเวลาในการเพาะจนถึงเก็บเกี่ยวมาขาย หรือบริโภคได้เร็วที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับพืชผักชนิดอื่น โดยเฉพาะในประเทศไทย ถ้าเพาะถั่วงอกช่วงฤดูร้อนหรือ ฤดูฝนจะใช้เวลานานไม่เกิน 3 วัน แต่ถ้าเป็นฤดูหนาวซึ่งอุณหภูมิของอากาศเย็นจะใช้เวลาเพาะ 4-5 วัน ถั่วงอกจึงเป็นพืชที่ทำรายได้ดีให้กับผู้เพาะขายเป็นอาชีพหลักและอาชีพเสริม

สภาพการงอกของถั่วที่นำมาเป็นอาหารในลักษณะต้นอ่อนนั้น มักจะบังคับให้งอกในความมืดเพื่อให้ต้นอ่อนใช้อาหารจากเนื้อเยื่อเป็นหลัก เป็นการฟูมฟักให้ถั่วที่กำลังงอกมีพลังชีวิตอย่างเต็มเปี่ยมในการเจริญเติบโตต่อไป แต่ก็จะตัดตอนการงอกของถั่วไว้ในระยะเพียง 3-5 วัน ที่รากถั่วเริ่มงอกยาวเหมือนจะหยั่งลงยึดผืนดินแล้วก็ดันหัวให้งอกขึ้น กลายเป็นถั่วงอกในลักษณะที่ตุ้นตา เพราะเมื่อผ่านช่วงเวลาที่เหมาะสมไปใบเขียวก็จะเริ่มงอก และเมื่อแก่เกินกว่านี้ ลำต้นก็จะเริ่มแข็งแปรสภาพเข้าสู่การเป็นลำต้นที่แข็งแรงของต้นไม้ หมดสภาพความเป็นถั่วงอก ก็จะไม่นิยมรับประทานกัน เว้นแต่เมล็ดงอกบางจำพวกที่นิยมรับประทานเมื่อแตกใบอ่อนเล็ก ๆ แล้ว เช่น "โตวเหมี่ยว" หรือต้นอ่อนที่เพาะจากเมล็ดถั่วลันเตาที่ให้รสชาติหวานกรอบคล้ายกับถั่วลันเตา ซึ่งใช้เวลาเพาะประมาณ 10 วันก็จะได้ต้นอ่อนที่กำลังเหมาะในการเก็บมารับประทาน โดยผู้เพาะเลี้ยงจะตัดเฉพาะส่วนลำต้นที่มีใบเลี้ยงสีเขียวออกมารับประทาน ส่วนรากและเหง้าสามารถปล่อยให้แตกต้นอ่อนต่อไปได้อยู่ โตวเหมี่ยว มีวิตามินบีและวิตามินซีสูงพอสมควร นอกจากนั้นยังมีถั่วงอก "ไควาเระ" ซึ่งเพาะจากเมล็ดหัวไชเท้า มีรสหวานกรอบซ่า ๆ ให้วิตามินเอ วิตามินซี และโพแทสเซียมสูง นิยมบริโภคมากในหมู่ชาวญี่ปุ่น โดยรับประทานเป็นสลัดและใส่ในสุกียากี้ รวมทั้งนำมาประดับจานอาหาร

เมล็ดงอกอีกชนิดหนึ่งที่คนบางกลุ่มนิยมเพาะเป็นอาหารก็คือ ถั่วงอกจากเมล็ดงา ซึ่งเพาะได้ไม่ยากเช่นกัน แต่ขนาดลำต้นจะเล็ก มีรสกรอบขมเล็กน้อย มีโปรตีน ไขมัน และแร่ธาตุ นิยมรับประทานเป็นผัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สด นอกเหนือจากนั้นก็มี ถั่วลิสงงอก ถั่วดำ-ถั่วแดงงอก รวมทั้ง เมล็ดทานตะวัน ก็มีผู้นิยมนำมาเพาะเป็นถั่วงอกที่ให้กรดไขมันดีในปริมาณสูง

เมื่อถั่วเมล็ดแห้งเปลี่ยนสภาพมาเป็นถั่วเมล็ดงอก โมเลกุลของสารอาหารก็จะเปลี่ยนแปลงไปเป็นสารอาหารที่ร่างกายสามารถย่อยได้ง่าย โดยโปรตีนจะถูกย่อยเป็นกรดอะมิโน แป้งก็กลายเป็นคาร์โบไฮเดรตหรือกลูโคส ไขมันก็จะกลายเป็นกรดไขมัน ดังนั้น ถั่วงอกจึงเป็นอาหารที่ย่อยง่ายมาก การรับประทานถั่วงอกจึงช่วยไม่ให้ระบบการย่อยอาหารทำงานหนักเหมือนการย่อยเนื้อสัตว์

ในถั่วงอกหัวโตที่เพาะจากถั่วเหลือง มีวิตามินซีปริมาณพอสมควร ซึ่งเป็นเรื่องแปลกที่กระบวนการงอกทำให้เกิดวิตามินซีขึ้น เพราะถั่วเมล็ดแห้งตามธรรมชาติจะไม่มีวิตามินซี ผลิตภัณฑ์ถั่วเหลืองอื่นๆ ไม่ว่าจะเป็นเต้าหู้ น้ำนมถั่วเหลือง หรือผลิตภัณฑ์อื่นใดก็ไม่มีวิตามินซี แต่เมื่อถั่วเหลืองกลายเป็นถั่วงอกกลับมีวิตามินซีประมาณ 5 มิลลิกรัมในถั่วงอกหัวโต 100 กรัม แม้จะไม่มากถึงขนาดที่เพียงพอต่อความต้องการของร่างกาย แต่ก็ถือว่าเป็นแหล่งวิตามินซีที่หาง่ายและราคาถูกมาก

2.4 ถั่วและเมล็ดงอกที่เพาะขายเป็นการค้า ในปัจจุบันถั่วและเมล็ดงอกที่มีการเพาะขายเป็นการค้าสามารถแบ่งได้หลายชนิดซึ่งมีชนิดสำคัญๆ คือ

ถั่วงอก มีทั้งที่เพาะด้วยถั่วเมล็ดเขียวและเมล็ดดำ เพาะง่ายได้ผลเร็ว ประมาณ 3 วันก็ได้กินแล้ว ถั่วงอกมีรสกรอบ มีวิตามิน และเกลือแร่สูง

ถั่วงอกหัวโต หรือ ถั่วเหลืองงอก ใช้เวลาเพาะนานวันกว่าถั่วงอก มีกลิ่นถั่วและเนื้อกระด้างกว่าถั่วงอกหัวแข็งแต่มัน ถั่วเหลืองงอกมีโปรตีนและไขมันสูง

โต้วเหมียว เพาะจากเม็ดถั่วลันเตา หวานกรอบ รสเหมือนถั่วลันเตา ใช้เวลาเพาะประมาณ 10 วันก็ได้ต้นอ่อนที่เก็บกินได้ โต้วเหมียวมีวิตามินบี และวิตามินซีสูง

ไควาเระ เพาะจากเมล็ดหัวไชเท้า รสกรอบ หวานซ่าเล็กน้อย มีวิตามินเอ วิตามินซี และโปแตสเซียมสูง ไควาเระนิยมใช้ร่วมกับถั่วและเมล็ดงอกอื่นๆ

อัลฟาลฟา (Alfalfa) เพาะจากถั่วลันเตาชนิดหนึ่ง อัลฟาลฟางอกนิยมใช้เป็นผักสลัดในตะวันตกมาก่อนแล้วแพร่หลายเข้ามาในประเทศไทยเมื่อไม่นานมานี้ อัลฟาลฟางอกมีโปรตีนและวิตามินบีสูง

นอกเหนือจากถั่วและเมล็ดงอกที่เพาะขายเป็นการค้าแล้ว ยังมีถั่วและเมล็ดอื่นๆ ที่เราอาจเพาะกินเองที่บ้าน ซึ่งนอกจากมีประโยชน์ทางสุขภาพแล้ว ยังให้ความอร่อยเฉพาะตัวที่น่าสนใจมี อาทิ

ถั่วแดงงอก เพาะจากถั่วแดง หรือ Adzuki beans เพาะง่ายเหมือนถั่วเขียวงอก ถั่วแดงงอกมีหัวโต ช่วยให้กรอบมัน adzuki bean แปลว่า "ถั่วแดง" แรกมีในญี่ปุ่น จีนและญี่ปุ่นนิยมนำมาทำขนมหวาน แต่นักมังสวิรัติในตะวันตกนิยมกินถั่วแดงเป็นอาหารโปรตีน เมื่อตื่นตัวเรื่องถั่วงอก ซึ่งได้รับความนิยมมากทีเดียว คนไทยน่าจะลองเพาะถั่วแดงงอกกินบ้าง

ถั่วลิสงงอก กรอบอร่อย มีรสมัน ถั่วลิสงเพาะยากกว่าถั่วอื่นๆ เพราะขึ้นราได้ง่าย ดังนั้นถึงแม้จะอร่อยมาก แต่กลับมีคนเพาะขายกันน้อย คนปักษ์ใต้คุ้นเคยกับการกินถั่วลิสงงอกมากว่าใคร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถั่วดำงอก กรอบ มัน รสดี ไม่มีกลิ่นถั่ว

งางอก เพาะจากเมล็ดงาได้ไม่ยาก รสกรอบ และขมเล็กน้อย งางอกมีโปรตีน ไขมัน และแร่ธาตุสูง เมล็ดทานตะวันงอก เมล็ดเพาะได้ง่ายโดยแกะเปลือกออกก่อน เมล็ดทานตะวันงอกมีกรดไขมันดีในปริมาณสูง

ปัจจุบันขบวนการปลูกถั่วและเมล็ดงอกกินเองในตะวันตก ยังขยายมาทำเมล็ดธัญพืชงอกอีกด้วย อาทิ ข้าวโพดงอก ข้าวสาลีงอก ข้าวโอตงอก ข้าวบาร์เลย์งอก ข้าวไรย์งอก ฯลฯ ภูมิปัญญาถั่วงอกของเอเชียเริ่มจากถั่วงอก นำถั่วชนิดต่างๆมาเพาะให้เมล็ดงอก แต่กระแสนิยมถั่วงอกในตะวันตกได้ขยายประโยชน์ของการงอก (Sprouting) ไปสู่เมล็ดพืชอื่นๆ ทั้งเมล็ดข้าว และเมล็ดผักผลไม้ โดยเฉพาะที่มีน้ำมันมาก อาทิ เมล็ดทานตะวัน งา เมล็ดมัสตาร์ด เมล็ดหัวไชเท้า ฯลฯ ถั่วและเมล็ดงอกในปัจจุบันจึงหลากหลายกว่าแต่ก่อนมาก (http://www.naichef.50megs.com/bean.html)

2.5 หลักการพื้นฐานทั่วไปในการเพาะถั่วงอก ปัจจัยที่สำคัญที่การเพาะถั่วงอก มี 6 อย่างด้วยกัน คือ

2.5.1เมล็ดถั่ว

เมล็ดถั่วที่นำมาเพาะเป็นถั่วงอกที่นิยมบริโภคที่สุดคือ เมล็ดถั่วเขียว เมล็ดถั่วเขียวที่สามารถนำมาเพาะเป็นถั่วงอกนั้นมี 2 พันธุ์ คือ ถั่วเขียวผิวมัน (เปลือกเมล็ดสีเขียว) และเมล็ดถั่วเขียวผิวดำ เมล็ดจะต้องใหม่ไม่เก่าเก็บเพราะอัตราการงอกจะลดลงเรื่อยตามระยะเวลาที่เก็บไว้ เมล็ดต้องสะอาด ไม่มีเชื้อจุลินทรีย์ และจำนำเมล็ดมาทำความสะอาดอย่างดีก่อนเพาะ โดยการแช่เมล็ดถั่วในน้ำอุ่น 50 - 60 องศาเซลเซียส หรือผสมน้ำเดือดจัด 1 ส่วน กับน้ำเย็น 1 ส่วน แช่ทิ้งไว้จนน้ำเย็น แล้วแช่ต่อไปนาน 6 - 8 ชั่วโมง วิธีนี้นอกจากจะฆ่าเชื้อโรคแล้ว ยังกระตุ้นให้ถั่วงอกงอก ได้เร็วขึ้นด้วย

2.5.2 ภาชนะ

ภาชนะเพาะทำหน้าที่รองรับเมล็ดถั่ว ป้องกันแสงสว่าง ปรับสภาพความชื้นและอุณหภูมิที่เหมาะสมกับการงอก จำกัดขอบเขตการงอกของถั่ว ทำให้ถั่วงอกมีลักษณะลำต้นอวบสั้น ภาชนะเพาะควรมีปากแคบเพื่อจำกัดการงอกของถั่ว ภาชนะดินเผาจะเก็บความชื้นได้ดีกว่าภาชนะพลาสติก แต่ภาชนะพลาสติกคงทน น้ำหนักเบา ราคาถูก ทำความสะอาดง่าย โดยปกติเมล็ดถั่ว 1 ส่วน จะโตเป็นถั่วงอกประมาณ 5 - 6 เท่า โดยน้ำหนัก ดังนั้นขนาดของภาชนะควรจะพอเหมาะกับปริมาณของเมล็ดถั่วที่เพาะด้วย ภาชนะเพาะควรมีสีทึบเพื่อป้องกันแสงสว่าง หรือเป็นภาชนะที่มีฝาปิด ภาชนะเพาะจะต้องมีรูระบายน้ำทั้งด้านล่างและด้านข้าง ขนาดของจะต้องเล็กกว่าเมล็ดถั่ว ภาชนะเพาะจะต้องสะอาดเสมอ ควรล้างทำความสะอาด คว่ำตากแดดให้แห้งหรือลวกน้ำร้อยฆ่าเชื้อโรค แล้วผึ่งแห้ง หลักจากใช้งานแล้วทุกครั้ง

2.5.3 น้ำ

น้ำเป็นปัจจัยที่สำคัญสำหรับการเพาะ อาจจะเป็นน้ำจากแหล่งธรรมชาติ น้ำบาดาล หรือน้ำประปาที่สะอาดและมีอุณหภูมิปกติ เมล็ดถั่วจะต้องได้รับน้ำสะอาดและปริมาณที่พอเพียงสม่ำเสมอตลอดการเพาะ 2 - 3 วัน หากขาดน้ำจะทำให้การงอกชะงัก ไม่เติบโตสมบูรณ์ เพราะน้ำเป็นปัจจัยที่ทำให้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถั่วงอกเจริญเติบโต ระบายความร้อยที่เกิดขึ้นระหว่างการงอก ความร้อนภายในภาชนะจะทำให้ถั่วเน่า ควรรดน้ำสะอาดสม่ำเสมอทุก 2 - 3 ชั่วโมง หากภาชนะเป็นพลาสติก และรดน้ำสะอาดทุก 3-4 ชั่วโมง หากภาชนะเป็นประเภทดินเผา

การรดน้ำจะรดจนกว่าน้ำที่ไหลออกจากภาชนะเพาะมีอุณหภูมิเท่ากับน้ำที่ใช้รด รดน้ำมากถั่วจะเน่า หากรดน้ำน้อยไปถั่วจะรากยาวแตกฝอย นอกจากนี้ ควรตั้งภาชนะเพาะไว้ในที่แห้ง ระบายน้ำและอากาศได้ดี

2.5.4 วัสดุเพาะ

วัสดุอาจจะใช้วัสดุเพาะเพื่อช่วยเก็บความชื้น เพิ่มน้ำหนักกดทับทำให้ถั่วงอกอวบอ้วน วัสดุเพาะได้แก่ ทราย แกลบเผา ฟางข้าว ฟองน้ำ ฯลฯ การใช้วัสดุเพาะต้องอาศัยความชำนาญ

2.5.5 ภูมิอากาศ

ฤดูฝน ฝนตกมาก ความชื้นในอากาศสูง ภาวะการเจริญเติบโตของถั่วจะช้าและเน่าง่าย ปริมาณน้ำที่ใช้รดก็จะน้อยลง

2.5.6 แสงสว่าง

แสงสว่างทำให้ถั่วมีสีเขียว ลำต้นผอมยาว และมีกลิ่นถั่ว ดังนั้นภาชนะเพาะควรทึบแสง หรือมีสีดำ สีเขียว สีน้ำเงิน หรืออาจจะมีฝาปิด หรือตั้งภาชนะไว้ในที่มืด ไม่มีแสง (คมสัน หุตะแพทย์ และกำพล กาหลง,2545)

น้ำ และความชื้น มีความสำคัญอย่างยิ่งต่อกระบวนการงอกของต้นอ่อนทุกชนิด รวมทั้งถั่วงอกด้วย เมื่อเมล็ดถั่วได้น้ำมากพอก็จะเกิดปฏิกิริยาทางเคมี กระตุ้นให้เกิดกระบวนการงอกของเมล็ด โดยต้นอ่อนจะใช้ออกซิเจนที่ผ่านเข้ามากับน้ำไปทำการย่อยคาร์โบไฮเดรต โปรตีน และไขมันในเนื้อเยื่อของเมล็ดออกมาใช้ โดยจะส่งรากงอกผ่านทางสะดือเมล็ดออกมาก่อน รากเล็กๆ แต่แข็งแรงนี้เองจะดันตัวเองขึ้นเป็นลำต้นภายในเวลาไม่กี่วันจนเติบโตพอที่จะเป็นแหล่งอาหารของมนุษย์ได้

(http://www.matichon.co.th/adm/tour/template)

2.6 กรรมวิธีการผลิตถั่วงอก (หลักการวิธีทำการเกษตร. 2550.)

ถั่วเขียว เป็นพืชที่อยู่ในกลุ่ม Vigna มีการปลูกกว้างขวางในทวีปเอเชียกลางเอเชียใต้ และเอเชียตะวันออก ถั่วเขียวมีชื่อทางสามัญว่า Mung Bean,Mung,Mongo Bean,Green Bean และมีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า Phaseolus Aureus Rox

2.6.1 ลักษณะทางพฤกษาศาสตร์

1. ราก ถั่วเขียวมีระบบรากแบบ Tap Root System รากที่เจริญมาจาก Radicle คือ รากแก้วจะมีการแตกแขนงมากและการเจริญลงไปใต้ผิวดินค่อนข้างลึก ถั่วเขียวสามารถเจริญเติบโตได้ในดินที่มีความชื้นจำกัด บริเวณรากจะพบปมซึ่งเกิดจากแบคทีเรียพวก Rhizobium spp. เข้าไปอาศัยอยู่เพื่อสร้างปมและตรึงไนโตรเจน การอยู่รวมกันระหว่างถั่วเขียวและแบคทีเรียนี้เรียกว่า Sysbiosis

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ลำต้น ถั่วเขียวเป็นพืชล้มลุกที่มีลำต้นตรงเป็นพุ่มสูงประมาณ 30-120 เซนติเมตร ลำต้นมีการแตกแขนงบางพันธุ์มีลำต้นเป็นแบบกึ่งเลื้อย ส่วนของลำต้นที่อยู่เหนือใบเลี้ยง ค่อนข้างเหลี่ยม มีขนอ่อนปกคลุมอยู่ทั่วไป

3. ใบ ใบถั่วเขียวเป็นใบประกอบเกิดสลับบนลำต้น ใบประกอบหนึ่งประกอบด้วยใบย่อย 3 ใบ แต่ต้นที่เกิดจากการกลายพันธุ์ สามารถมีใบย่อยมากกว่า 3 ใบ ก้านใบยาว ที่ฐานของก้านใบมีหูใบ 2 อัน ก้านใบย่อยสั้นใบย่อยใบกลางมีหูใบย่อย 2 อัน ส่วนใบย่อย 2 ใบล่างมีหูย่อยข้างละอัน ใบมีขนปกคลุมทั่วไปเช่นเดียวกับลำต้น

4. ดอกถั่วเขียวมีดอกเกิดเป็นช่อ ช่อดอกเกิดตามมุมใบที่อยู่ตอนบนของลำต้นและตอนปลายของลำต้นหรือกิ่งก้าน ช่อดอกของถั่วเขียวเป็นแบบ Condensed Raceme คือมีก้านดอกยาวและมีดอกเกิดเป็นกลุ่มที่ปลายช่อดอกหนึ่งๆมีดอกประมาณ 10-25 ดอก กลีบดอกมีสีม่วง เหลือง และขาวดอกบานมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 1 เซนติเมตร แต่ละดอกประกอบด้วย Calyx ที่ฐานเชื่อมติดกันปลายแยกออกเป็น 5 แฉก ที่ฐานของ Calyx จะพบ Calyx bract 2 อัน มีความยาวมากกว่า Calyx เล็กน้อย Corolla ประกอบด้วย 1 Standard 2 Wing และ 2 Keep มี Stamen 10 อันเป็นแบบ Diadelpphous คือ ฐานของ Stamen 9 อัน เชื่อมติดกัน

5. ฝักและเมล็ด ฝักของถั่วเขียวมีรูปร่างกลมยาวส่วนปลายอาจโค้งงอกเล็กน้อย เมื่อแก่ฝักจะมีสีน้ำตาลอ่อนจนถึงเข้มและดำหรือสีขาวนวลแตกต่างไปตามพันธุ์ ฝักหนึ่งๆมีเมล็ดประมาณ 10-15 เมล็ด น้ำหนัก 1,000 เมล็ดประมาณ 20-80 กรัม

2.6.2 ถั่วงอก และวิธีการเพาะถั่วงอก

2.6.2.1 วิธีการเพาะถั่วงอกอย่างง่าย

ส่วนประกอบของเมล็ดถั่วเขียว มีเปลือกเมล็ดซึ่งห่อหุ้มส่วนต่างๆ ได้ ที่อยู่ในเมล็ด มีลักษณะเหนียวเป็นมัน ทำหน้าที่ป้องกันอันตรายที่เกิดขึ้นกับส่วนต่างๆ ภายในเมล็ดด้านหนึ่งจะโค้ง และอีกด้านหนึ่งจะเว้าเข้าไป ตรงส่วนที่เว้าเข้าไปนี้จะเห็นแผลเป็นส่วนที่ติดกับผนังของฝักถั่วซึ่งเรียกว่า “สะดือ” ของเมล็ด ในระยะที่ฝักยังอ่อนอยู่อาหารจะส่งผ่านส่วนนี้เข้าไปในเมล็ด คล้ายกับทารกขณะที่อยู่ภายในมดลูก ต้องอาศัยอาหารที่ส่งผ่านเข้าไปทางสายสะดือนั้นเอง

เหนือสะดือนี้ขึ้นไปมีรูปเล็กๆ อยู่รูหนึ่ง เป็นรูที่ใช้หายใจและคายน้ำ รากอันแรกก็จะโผล่ออกจากรู้นี้เอง ออกสู่ภายนอกในระยะที่เมล็ดเริ่มงอก

ถัดจากเปลือกเมล็ดเข้าไปที่เห็นเป็นสี ขาวหนาๆ แกะออกได้เป็น 2 ซีก ส่วนนี้ก็คือใบเลี้ยงคู่ ภายในใบเลี้ยงนี้มีอาหารสะสมในเมล็ดที่เมล็ดเก็บสำรองเอาไว้เลี้ยงต้นอ่อน ในขณะที่รากยังหาอาหารและใบยังปรุงอาหารเองไม่ได้

ระหว่างใบเลี้ยงทั้งสองมีลำต้นและใบเลี้ยงเล็กๆ สีเขียวอยู่ เราเรียกว่า ต้นอ่อน หรือ คัพภะ ส่วนนี้จะเจริญเป็นลำต้นต่อไป ตรงปลายหรือยอดของส่วนนี้เรียกว่า ยอดอ่อน ถั่วงอกที่เรารับประทานนั้น เรารับประทานส่วนที่เรียกว่า รากอันแรก คือส่วนที่จะเจริญเป็นรากแก้วต่อไปกับส่วนที่เป็นใบเลี้ยงทั้งสอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตามปกติแล้วผู้ที่เพาะถั่งงอกขาย มักจะใช้ถ่านแกลบหรือขี้เถ้าแกลบเป็นวัสดุเพาะ โดยใช้เข่งหรือ ปี๊บที่ตัดเอาก้นออก แล้วเจาะรูด้านข้างไว้ใกล้ๆ ก้นปี๊ป สองด้านตรงกันข้าม ใช้ไม้ไผ่เหลาขนาดนิ้วก้อยขัดเอาได้ห่างกันประมาณ 2 นิ้ว นำฟางกรุกรองก้นปี๊ป โรยถ่านแกลบหนาประมาณ 2 นิ้ว แล้วโรยเมล็ดถั่วเขียวที่แช่น้ำจนพอง ลงจนทั่วแกลบนั้น ต่อจากนั้นจึงนำถ่านแกลบโรยทับสลับกับเมล็ดถั่วเขียวขึ้นมาเป็นชั้นๆ ต่อมาจนเกือบจะถึงปากปี๊ปจึงใช้ฟางปิดตอนบนตั้งไว้ในที่ร่ม ทำการรดน้ำให้ชุ่มเช้า-เย็น ประมาณ 3 วันก็ได้ถั่วงอกแล้ว

สำหรับวิธีเพาะถั่วงอกอย่างง่าย วิธีเก่าของชาวสวน ใช้วิธีขุดหลุมเอาใบตองแห้งรองพื้นโรยถั่วเขียวที่แช่น้ำจนเมล็ดพองแล้วลงไป แล้วใช้ใบตองแห้งปิดข้างบนให้ต่ำกว่าระดับผิวดินนิดหน่อย นำผลมะพร้าวแห้งวางไว้ข้างบนพอเป็นเครื่องหมาย เช้า-เย็น เดินผ่านก็ตักน้ำรดให้สังเกตที่ผลมะพร้าวแห้งใบนั้นขยับสูงขึ้นมาอยู่ระดับเดียวกับปากหลุม ในราว 2-3 วันก็เปิดนำไปรับประทานได้หรือวิธีเพาะถั่วงอกอย่างง่าย อีกวิธี โดยหาท่อน้ำขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 8-10 นิ้ว ยาวประมาณ 50-60 เซนติเมตร เอามาวางตั้งขึ้น แล้วหาเศษใบไม้แห้งผุๆ ใส่เป็นวัสดุเพาะแทนแกลบดำเนินวิธีการคล้ายแบบเพาะด้วยแกลบ หรือบางทีก็อาจจะเพาะด้วยกระดาษหนังสือพิมพ์แช่น้ำบ้างเพาะด้วยผ้าเก่า ๆ ก็ได้ผลเช่นกัน

2.6.2.2 การเพาะถั่วงอกในถุงพลาสติก

อาจจะทำการเพาะในหม้อดิน ในขวด หรือในภาชนะอื่นได้เหมือนกัน แต่สำหรับในเมืองหรือชนบทที่มีการใช้ถุงพลาสติกซึ่งอาจใช้จากถุงที่ล้างเก็บเอาไว้

วิธีทำก็คือ ให้ถุงพลาสติกมาเจาะรูตั้งแต่ก้นจนถึงกลางถุง เจาะไว้หลาย ๆ รู ให้พรุนอย่างทั่วถึง ให้รูมีขนาดเท่ากับก้านธูป หรือใช้ที่เจาะกระดาษเจาะ วัสดุที่เพาะก็ใช้ถ่านแกลบ หรือใบไม้ผุ หรือทราย หรือกระดาษหนังสือพิมพ์ที่แช่น้ำไว้จนเปื่อยแล้วฉีกใส่ลงไปในถุงชั้นล่างให้สูงประมาณ 1 ถึง 2 ฟุต แล้วจึงโรยเมล็ดถั่วเขียวที่แช่น้ำไว้จนพองแล้ว ควรแช่เมล็ดถั่วเขียวนั้นด้วยน้ำอุ่นหรือน้ำเย็นก่อน แล้วนำไปตากแดด ความร้อนจะช่วยให้การดูดซึมของน้ำเข้าไปในเมล็ดได้ดี จะทำให้พองเร็วขึ้นในเวลาเพาะ โรยเมล็ดถั่วเขียวใส่ลงไปให้กระจายเต็มผิวของวัสดุที่ใช้เพาะนั้น ซึ่งมักจะใช้ถ่านแกลบแล้วโรยถ่านแกลบใส่ทับลงไปอีกให้หนาเท่าชั้นแรก โรยเมล็ดถั่วเขียวลงใส่เพาะอีก ทำเป็นชั้น กับถ่านแกลบสลับกันไปจะได้ประมาณ 3 ชั้น ก็จะถึงปากถุงพอดี ใช้เชือกมัดปากถุงแบบหิ้วได้ หย่อนลงในกระป๋องน้ำจนชุ่มดีแล้วจึงยกขึ้นนำไปตั้งไว้ในอ่างหรือในกระป๋องตักน้ำก็ได้ และจะต้องหาผ้าหรือกระดาษแข็งหรือแผ่นไม้อัดปิดปากอ่างหรือกระป๋องตักน้ำนั้นไว้ด้วยให้มิดทึบจึงจะดี หรือจะแขวนถุงไว้กับเสาหรือกิ่งไม้ โดยนำถุงกระดาษเจาะรูที่ก้นถุง วางคลุมถุงที่เพาะร้อยเชือกผ่านรูขันไปแขวนกับตะปูที่ตอกติดกับเสาเหตุผลที่ต้องหาสิ่งปกคลุมให้มืดนั้น เพราะธรรมชาติของพืชไร่การงอกของรากส่วนมากไม่ต้องการแสงสว่างถ้าถ่านแกลบแห้ง ก็ต้องจุ่มน้ำอีก ทิ้งไว้ประมาณวันครึ่งถึง 2 วัน จะได้ถั่วงอกกรอบขาว ๆ มาให้รับประทานกัน

เมล็ดถั่วเขียวที่ใช้เพาะถั่วงอกนี้ สำหรับขนาดถุงโอเลี้ยงขนาดใหญ่ น้ำจะต้องใช้เมล็ดถั่วเขียว ราว 3 ช้อนโต๊ะ เพาะนานวันครึ่งถึง 2 วันจะกำลังเหมาะที่จะใช้ประกอบอาหาร หากว่าอายุ 2 วันขึ้นไปแล้วใบจริงที่มีสีเขียวจะโผล่ออกมาตรงยอด ไม่เหมาะที่ใช้ประกอบอาหาร เพราะจะเหม็นเขียวไม่อร่อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.2.3 การเพาะถั่วงอกของโรงงานเพาะถั่วงอก

- การนำเมล็ดเมล็ดพันธุ์มาล้างน้ำสะอาดเพื่อคัดเลือกเมล็ดพันธุ์ที่สมบรูณ์
- นำเมล็ดมาแช่น้ำไว้ก่อน 10 ชั่วโมง ถึง 1 คืน
- นำเมล็ดที่พร้อมจะเพาะใส่ถัง ๆ ละ 10 -12 กิโลกรัม
- ใช้ลวดตาข่ายปิดทับเมล็ดถั่งไว้ ทำการรดน้ำทุก ๆ สองชั่วโมงเพียง 3 วันถั่วก็พร้อมที่จะจำหน่าย

2.6.2.4 หลักในการคัดเลือกเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวมาเพาะถั่วงอก

- ถั่วเขียวจะต้องใหม่ จะมีเปอร์เซ็นการงอกสูง แต่เมล็ดพันธุ์ต้องไม่อ่อนด้วย
- ไม่มีมอดและแมลงกินมาก
- ราคาเมล็ดพันธุ์ต้องไม่แพง จะสามารถลดต้นทุนและได้ผลิตที่สูงด้วย

2. 6.2.5 ปริมาณสารอาหารและคุณค่าทางโภชนาการของถั่วงอก

- องค์ประกอบทางเคมีโดยประมาณ จากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีโดยประมาณ ซึ่งได้แก่ ความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า ส้นใย และคาร์โบไฮเดต ปรากฏว่าถั่วงอกมีความชื้นเพิ่มขึ้นจากตอนที่เป็นถั่วเขียว 9-13 เท่า มีโปรตีนประมาณ 20.23% ไขมัน 0.63-0.72% ปริมาณเถ้า 2.42-3.08% เส้นใย 1.93-2.06% และถั่วงอกมีคาร์โบไฮเดรต น้อยกว่าเมล็ดประมาณ 12-26%

- ปริมาณกรดอะมิโน เนื่องจากโปรตีนเป็นสารอาหารที่สำคัญและให้คุณค่าในการเสริมสร้างร่างกาย กรดอะมิโนในโปรตีนของถั่วงอก มีน้อยกว่าตอนที่เมล็ดถั่วเขียว ยกว้นกรดเอสบาร์ติก ซึ่งมีในถั่วงอกเพิ่มขึ้น 2-3% ซึ่งในส่วนกรดอะมิโนที่ลดลง เนื่องจากมีการนำกรดอะมิโนต่าง ๆ ไปใช้ในการเจริญเติบโตเป็นต้นอ่อน

- ปริมาณวิตามินที่ละลายน้ำบางชนิด ถั่วงอกมีปริมาณวิตามันบี 1 เพิ่ม 2-4 เท่าโดยเพิ่มจากเดิมที่มีในเมล็ดแห้ง 0.01-0.02 มิลลิกรัม เป็น 0.03-0.06 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมถั่วเขียว ซึ่งเพิ่มมากถึง 30-45 เท่า

- ปริมาณแร่ธาตุบางชนิด เมล็ดถั่วเขียวจัดเป็นแหล่งของแร่ธาตุ แต่เมื่อทำให้งอกแล้วจะมีปริมาณแร่ธาตุลดลงเป็นส่วนใหญ่ ยกเว้นแมงกานีส ซึ่งมีปริมาณเพิ่มขึ้น เนื่องจากกระบวนการงอกทำให้เอมไซม์ไฟเตส เกิดขึ้นมามาก และทำการย่อยสลายกรด หรือไฟเตต ได้ฟอสฟอรัสในรูปอิสระเพิ่มมากขึ้น

2.7 เซนเซอร์วัดความชื้น

เซนเซอร์ หมายถึง อุปกรณ์ ตรวจวัด ตรวจจับ แล้วแปลงเป็นสัญญาณไฟฟ้า ซึ่งแปลงจากสัญญาณอนาล็อก (Analogue) ไปสู่รูปแบบสัญญาณดิจิตอล (Digital)

2.7.1 ข้อพิจารณาในการเลือกเซนเซอร์วัดความชื้น

- ย่านวัด มีเซนเซอร์ RH หลายแบบในย่าน 0 ถึง 100% RH ขึ้นกับว่าลักษณะงานที่นำไปใช้สภาพแวดล้อมและอุณหภูมิ (โดยเฉพาะงานที่ต้องการวัดค่า RH มากกว่า 90% และต่ำกว่า 10%)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ความแม่นยำ ข้อนี้ส่วนใหญ่มักเลือกใช้กันไม่ถูก ส่วนที่ต้องพิจารณาด้านความแม่นยำก่อนเลือกซื้อเซนเซอร์วัดความชื้นคือ

- ความเป็นเชิงเส้นของย่านวัดที่ต้องการใช้

- ความสามารถในการวัดซ้ำ ๆ

- ช่วงระยะเวลาที่ให้ความเสถียรของผลการวัด

- ย่านอุณหภูมิใช้งานของเซนเซอร์

ส่วนใหญ่เราจะเน้นด้านความแม่นยำ รวมถึงความเชื่อถือได้ในระยะยาว

- ตอบสนอง คือ ความเร็วที่เซนเซอร์ทำได้ เมื่อปริมาณความชื้นมีการเปลี่ยนแปลง โดยที่ค่านี้จะได้รับผลกระทบจากอุณหภูมิ การไหลของอากาศ และชนิดของตัวกรองที่ครอบเซนเซอร์อยู่

- ความทนต่อสารเคมี สารเคมีที่ละลายอยู่ในอากาศเป็นต้นเหตุของการกัดกร่อนโพรบหรือเซนเซอร์ ไวซาลาผลิตเซนเซอร์ที่ทนต่อสารเคมีได้เป็นอย่างดี สารเคมีส่วนใหญ่ที่จะมีผลต่อการกัดกร่อนคือ

- ตัวทำละลายที่เป็นสารอินทรีย์ตามธรรมชาติ 1,000 ถึง 10,000 ppm

- สารเคมีที่มีฤทธิ์กัดกร่อนหรือกรดเข้มข้น 1 ถึง 10 ppm

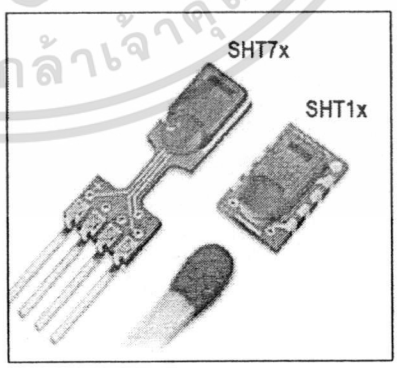
- กรดอ่อน 100 ถึง 1,000 ppm

- ด่าง 10,000 ถึง 100,000 ppm

2.8 SHT-15 (ตัวตรวจวัดอุณหภูมิ และความชื้น) (SENSIRION. 2549)

SHT-15 คือ ชิฟเดี่ยวที่รวมตัวตรวจวัดความชื้น และอุณหภูมิไว้ด้วยกัน ดังแสดงในรูปที่ 2.1 ซึ่งให้ค่าเอาท์พุตเป็นดิจิตอล นิยมนำไปใช้กับโปรแกรมต่างๆ ในงานอุตสาหกรรม ซึ่งมีคุณสมบัติดังแสดงในตารางที่ 2.1 และรูปที่ 2.2

- มีการตรวจวัดค่าอย่างละเอียด
- มีความคงตัวในระยะยาวสูง
- มีการตรวจวัดที่แม่นยำ
- เวลาตอบสนองเร็ว
- สัญญาณรบกวนจากภายนอกน้อย
- มีขนาดเล็ก
- กินกำลังงานต่ำ
- ไม่ต้องส่วนประกอบภายนอก
- มีขาต่อใช้งาน 4 ขา



รูปที่ 2.1 SHT-15

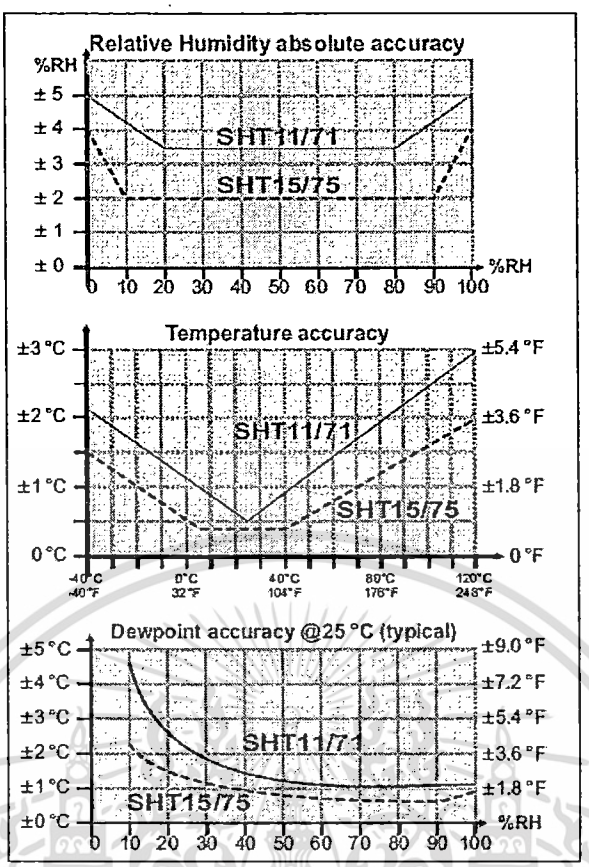
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8.1 รายละเอียดของSensor

ตารางที่ 2.1 แสดงคุณสมบัติของ Sensor

Parameter	Conditions	Min	Tpy	Max	Units
Humidity					
Resolution		0.5	0.03	0.03	%RH
		8	12	12	bit
Repeatability			±0.1		%RH
Interchangeability		Fully interchangeable			
Nonlinearity	Raw data		±3		%RH
	Linearized		<< 1		%RH
Rang		0		100	%RH
Response time	1/e (63%)		4		s
Hysteresis			±0.1		%RH
Long term stability	typical		<1		%RH/yr
Resolution		0.04	0.01	0.01	°C
		0.07	0.02	0.02	°F
		12	14	14	bit
Repeatability			±0.1		°C
			±0.2		°F
Range		-40		123.8	°C
		-40		254.9	°F
Response Time	1/e (63%)	5		30	s

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.2 กราฟแสดงความแม่นยำของความชื้นอุณหภูมิ และจุดน้ำค้าง (Dew Point)[7]

2.8.2 ข้อจำกัดการติดต่อ

2.8.2.1 ขาพลังงาน

SHTxx ต้องการแหล่งจ่ายแรงดันระหว่าง 2.4-5.5V หลังจากนั้นตัวอุปกรณ์ต้องการพลังงานเพิ่ม 11 ms ไปถึงสถานะ "sleep" ไม่ใช่คำสั่งที่ควรจะส่งก่อนเวลา ขาแหล่งจ่ายแรงดัน (VDD, GND) ควรจะต่อกับตัวเก็บประจุ 100 nF

2.8.2.2 การติดต่อแบบอนุกรม (แบบ 2 ทิศทาง 2 เส้น)

การติดต่อแบบอนุกรมของ SHTxx ใช้ให้เหมาะสมกับตัวเซนเซอร์ที่จะอ่านค่าออกมา และใช้พลังงานที่ไม่ทำงานร่วมกันได้กับการต่อกับ I2C

1. Serial Clock input (SCK)

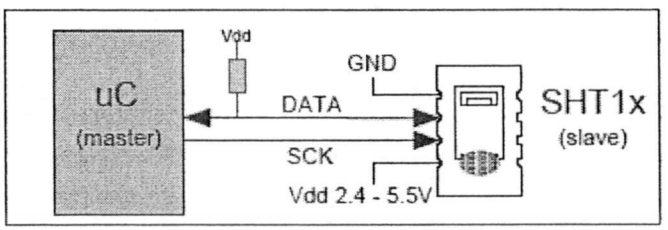
SCK ใช้ในการสื่อสารที่เกิดขึ้นในเวลาเดียวกันระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์และ SHTxx เนื่องจากการติดต่อประกอบด้วย Logic Static ที่ความถี่ SCK ไม่ต่ำ

2. Serial data (DATA)

ขา DATA มี 3 สถานะคือใช้ในการส่งข้อมูลภายใน และภายนอกของตัวอุปกรณ์ DATA จะเปลี่ยนแปลงหลังจากขอบขาลง และขอบขาขึ้นของสัญญาณนาฬิกา SCK ในระหว่างการส่งสัญญาณ DATA จะต้องรออยู่ชั่วขณะหนึ่ง SCK จะสูงเพื่อหลีกสัญญาณที่มาจากไมโครคอนโทรลเลอร์ ควรจะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

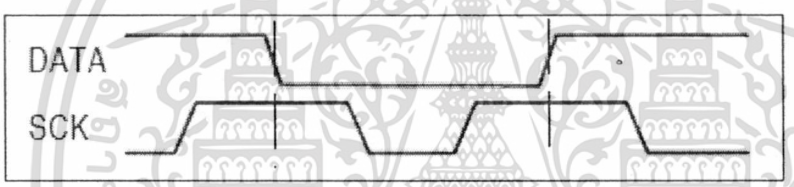
ควบคุม DATA ให้ต่ำ ภายนอกจะต้องต่อความต้านทานแบบ Pull-Up(e.g.10kς) เพื่อต้องการดึงสัญญาณให้สูง (ดังรูปที่ 2.3) เราจะเห็นว่า ความต้านทานแบบ Pull-Up จะต่ออยู่ใน I/P ของวงจรในไมโครคอนโทรลเลอร์อยู่บ่อยๆ ดังตารางที่ 2.2



รูปที่ 2.3 แสดงตัวอย่างการประยุกต์ใช้งานของ SHT1x

3. Sanding and Command

เพื่อแนะนำการส่งข้อมูล "Transmission Start" จะประกอบด้วยข้อมูลที่เริ่มต่ำ ในขณะที่ SCK สูงตามมาด้วย Pulse ต่ำบน SCK และ DATA สูงขึ้นอีกครั้งในขณะที่ SCK คงสูงอยู่



รูปที่ 2.4 แสดงลำดับ "Transmission Start"

คำสั่งต่อมาประกอบด้วยแอดเดรสจำนวน 3 บิต (Only "000" is currently supported) และคำสั่งจำนวน 5 บิต SHTxx แสดงให้เห็นการรับของคำสั่งโดยขา DATA ต่ำ (บิตรับรู้: ACK bit) หลังจากขอบขาลงของสัญญาณ Clock ลูกที่ 8 ของ SCK เส้น DATA จะถูกปล่อย (และไปสูง:and go high) หลังจากขอบขาลงของสัญญาณ Clock ลูกที่ 9 ของ SCK

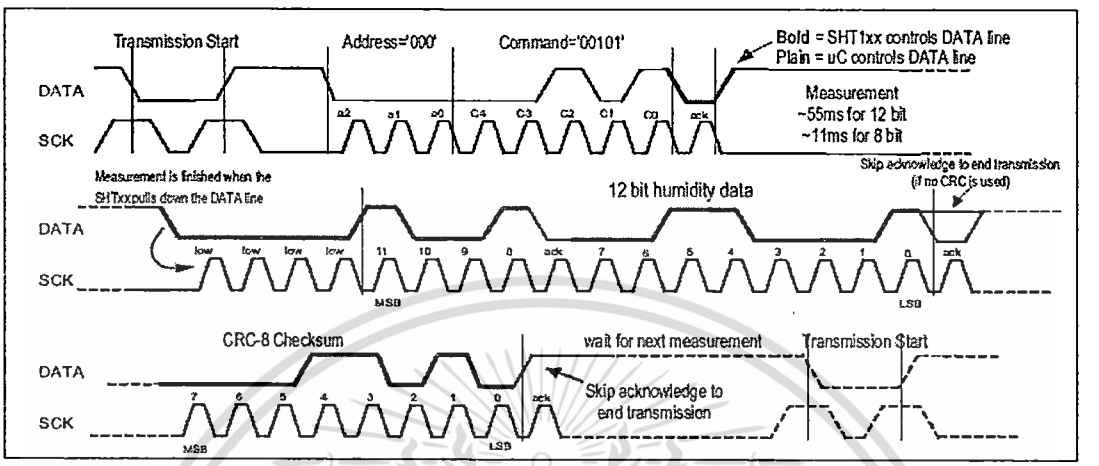
4. Measurement Sequence (RH and T)

หลังจากการประกาศคำสั่งการวัด ('00000101' ของความชื้น และ '00000011' ของอุณหภูมิ) แล้วทำการควบคุมการวัดอย่างเสร็จสมบูรณ์โดยประมาณ 11/55/210 ms ของการวัด 8/12/14 บิต เวลาแม่นยำคลาดเคลื่อนไม่เกิน 65% กับความเร็วของการกำเนิดสัญญาณภายใน สัญญาณที่วัดเสร็จแล้ว SHTxx ทำให้ข้อมูลต่ำลง ผู้ควบคุมจำเป็นต้องรอให้อ่านข้อมูลก่อนการเริ่มเปลี่ยน SCK อีกครั้ง 2 ไบต์ของการวัดข้อมูล และ 1 ไบต์ของ CRC Checksum ก่อนจะส่งไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์จะต้องยอมรับแต่ละไบต์โดยทำให้เส้น DATA ต่ำลง ค่าทั้งหมดคือ MSB แรก (เช่น SCK ลูกที่ 5 คือ MSB สำหรับค่า 12 บิต, สำหรับผลลัพธ์ 8 บิตไบต์แรกจะไม่ใช่) การส่งข้อมูลจะหยุดหลังจากรับบิตข้อมูลของ CRC ถ้า CRC-8 checksum

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไม่ใช่ตัวควบคุมอาจจะหยุดการส่งข้อมูลหลังจากการวัดข้อมูล LSB โดยเก็บค่าสูงไว้ ตัวอุปกรณ์จะวนกลับมาโดยอัตโนมัติเมื่ออยู่ในโหมด Sleep หลังจากการวัดและส่งข้อมูลจบลง

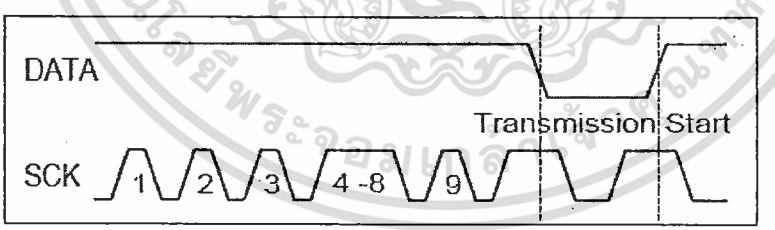
คำเตือน: เพื่อเก็บความร้อนของตัวมันเองให้ต่ำลงกว่า 0.1 8C SHTxx ไม่ควรควรจะทำงานให้มากกว่า 15% ของเวลา (เช่น สูงสุด 3 การวัด/วินาทีที่ความแม่นยำ 12 บิต)



รูปที่ 2.5 แสดงลำดับการวัดค่าความชื้นของค่า"0000'1001'0011'0001"=2353=75.79%RH

5. Connection reset sequence

ถ้าการส่งข้อมูลกับตัวเก็บอุปกรณ์สูญเสียสัญญาณที่ต่อเนื่องจะเกิดการ Reset ของการติดต่อขณะที่ DATA สูง, SCK ก็ผลิต Pulse มา 9 ลูกหรือมากกว่า สิ่งเหล่านี้จำเป็นโดยใช้ "Transmission Start" ลำดับการทำงานในคำสั่งถัดไป ลำดับ Reset นี้จะติดต่ออย่างเดียว สถานะของรีจิสเตอร์จะถูกเก็บรักษาไว้อย่างดี



รูปที่ 2.6 แสดงการสูญเสียสัญญาณที่ต่อเนื่องจะเกิดการ Reset ของการติดต่อขณะที่ DATA สูง

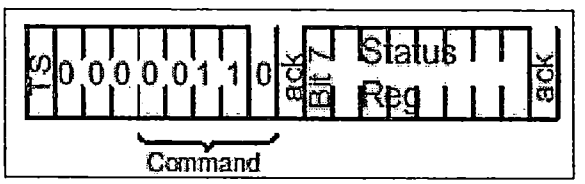
6. CRC-8 Checksum calculation

การส่งข้อมูลดิจิตอลทั้งหมดได้อย่างปลอดภัยโดย 8 บิต Checksum มันทำให้มั่นใจว่าข้อมูลที่ผิดสามารถถูกตรวจสอบ และกำจัดได้ กรุณาศึกษาการประยุกต์ใช้งาน "CRC-8 Checksum Calculation" สำหรับข้อมูลการคำนวณ CRC

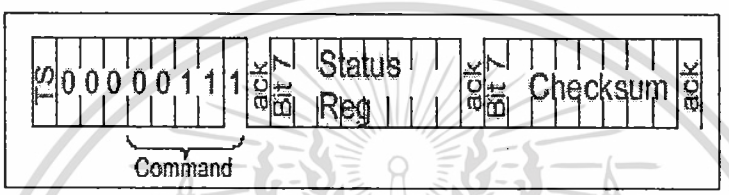
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8.2.3 Status Register

จำนวนของฟังก์ชั่นด้านหน้าของ SHTxx ได้ใช้ประโยชน์จากสถานะของรีจิสเตอร์ ในส่วนนี้จะขอแนะนำอย่างคร่าวๆ คำอธิบายมากกว่านี้ สามารถใช้ประโยชน์ในการประยุกต์ใช้ "Status Register"



รูปที่ 2.7 แสดงสถานะของรีจิสเตอร์เขียน



รูปที่ 2.8 แสดงสถานะของรีจิสเตอร์อ่าน

ตารางที่ 2.2 แสดงสถานะของรีจิสเตอร์บิต

Bit	Type	Description	Default	
7		reserved	0	
6	R	End of Battery (low voltage detertion) 0 for Vdd > 2.47 1 for Vdd < 2.47	X	No default value bit is only updated after a measurement
5		reserved	0	
4		reserved	0	
3		For testing only do not use	0	
2	R/W	Heater	0	off
1	R/W	No reload from do OTP	0	reload
0	R/W	1= 8 bit RH/ 12 bit Temperature resolution 0= 12 bit RH/ 14 bit Temperature resolution	0	12 bit RH 14 bit Temp

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. Measurement resolution

โดยปกติการกำหนดการวัดของ 14 บิต (อุณหภูมิ) และ 12 บิต (ความชื้น) สามารถลดลงเป็น 12 และ 8 บิตได้ ประโยชน์เหล่านี้ใช้ในเฉพาะความเร็วสูงหรือการใช้พลังงานต่ำเกินไป

2. End of Battery

"End of Battery" เป็นฟังก์ชั่นการตรวจสอบแรงดันต่ำของ VDD 2.47V มีความแม่นยำ 60V

3. Heater

บนชิปที่กำลังทำความร้อนสามารถที่จะเปิดสวิทช์ มันจะเพิ่มอุณหภูมิของเซนเซอร์โดยประมาณ 5 °C (9 °C) การใช้พลังงานจะเพิ่มขึ้นโดยประมาณ 8 mA ที่ 5V

การใช้งาน: โดยเปรียบเทียบค่าของอุณหภูมิและความชื้นก่อน และหลังเปิดสวิทช์เครื่องทำความร้อน สามารถพิสูจน์การใช้เซนเซอร์ทั้งสองได้อย่างถูกต้อง

ในที่สูง(95%RH) RH สภาพแวดล้อมที่กำลังร้อนตัวเซนเซอร์จะมีการป้องกันลดลง เวลาการตอบสนองดี และมีความแม่นยำ

2.8.2.4 คุณลักษณะทางไฟฟ้า (Electrical Characteristics)

ซึ่งมีคุณสมบัติทาง DC ดังแสดงในตารางที่ 2.3 และคุณลักษณะสัญญาณอินพุตดังตารางที่ 2.4 จากคุณสมบัติสัญญาณอินพุตมี Timing Diagram ดังแสดงในรูปที่ 2.11

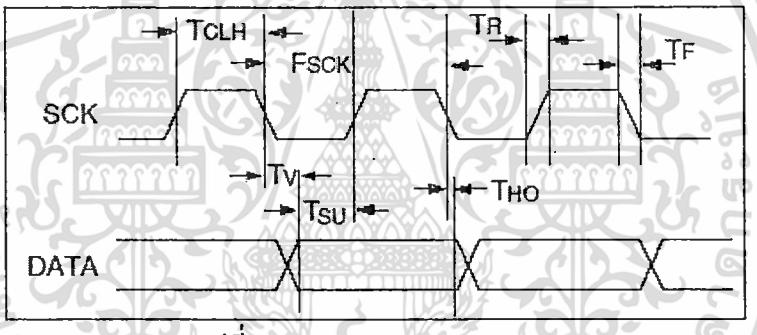
ตารางที่ 2.3 แสดงคุณลักษณะทาง DC ของ SHTxx

Parameter	condition	Min	Typ	Max	Units
Power supply DC		2.4	5	5.5	V
Supply current	Measuring		550		uA
	Average	2[2]	28[3]		uA
	Sleep		0.3	1	uA
Low level output voltage		0		20%	Vdd
High level output voltage		75%		100%	Vdd
Low level input voltage	Negative going	0		20%	Vdd
High level input voltage	Positive going	80%		100%	Vdd
Input current on pads				1	uA
Output peak current	On			4	mA
	Tristated(off)		10		uA

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
115632

ตารางที่ 2.4 แสดงคุณลักษณะสัญญาณอินพุตของ SHTxx

Parameter		Conditions	Min	Typ	Max	Unit
Fsck	SCK freguency	VDD > 4.5 V			10	MHz
		VDD < 4.5 V			1	MHz
T_{RFO}	Data fall time	Output load 5 pF	3.5	10	20	ns
		Output load 100 pF	30	40	200	ns
T_{CIX}	SCK hi/low time		100			ns
Tv	Data valid time			250		ns
Tsu	Data set up time		100			ns
T_{HO}	Data hold time		0	10		ns
T_R/T_F	SCK rise/fall time			200		ns



รูปที่ 2.9 แสดง Timing Diagram

2.8.3 เอาท์พุตที่เปลี่ยนไปตามค่าทางกายภาพ (Converting Output to Physical Values)

2.8.3.1 ความชื้นสัมพัทธ์ (Relative Humidity)

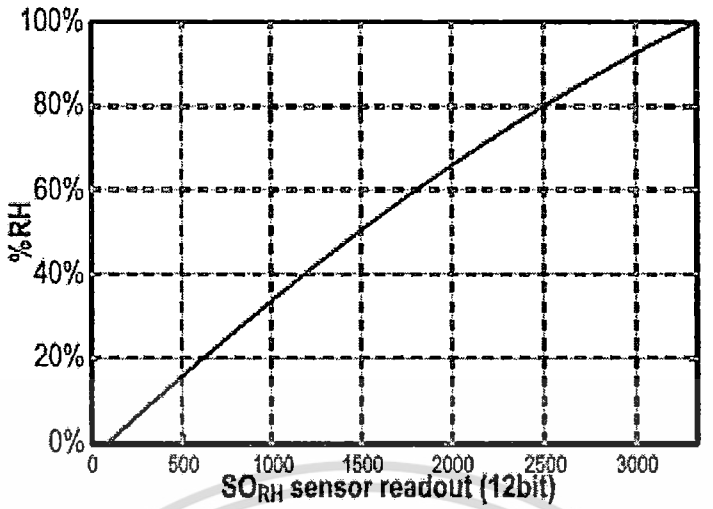
ตัวเซนเซอร์ความชื้นส่วนมากจะมีการออกแบบให้เป็นเชิงและค่าสัมประสิทธิ์การเปลี่ยนแปลงของความชื้นแสดงดังตารางที่ 2.5 สามารถคำนวณหาค่าอุณหภูมิได้จากสมการที่ 2.1 ส่วนค่าของ SO_{RH} จะแสดงดังรูปที่ 2.10

$$RH_{linear} = c_1 + c_2 \cdot SO_{RH} + c_3 \cdot SO_{RH}^2 \qquad (2.1)$$

ตารางที่ 2.5 แสดงค่าสัมประสิทธิ์การเปลี่ยนแปลงของความชื้น

SO_{RH}	C_1	C_2	C_3
12 bit	-4	0.0405	-2.8×10^{-6}
8 bit	-4	0.648	-7.2×10^{-4}

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.10 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงจาก SO_{RH} ถึง ความชื้นสัมพัทธ์

สำหรับการทำให้ง่ายขึ้น การคำนวณจากสูตรแปลงเป็นหน่วยวัดจะใช้วิธี "RH and Temperature Non-Linearity Compensation" ตัวเซนเซอร์ความชื้นจะไม่มีส่วนสำคัญกับแรงดันพึ่งพา

2.8.3.2 Compensation of RH/Temperature dependency

สำหรับอุณหภูมิแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญจาก 25 °C (ประมาณ 77 F) ค่าสัมประสิทธิ์อุณหภูมิของตัวเซนเซอร์ความชื้นดังแสดงในตารางที่ 2.6 ซึ่งสามารถพิจารณาจากสมการที่ 2.2

$$RH_{true} = (T_C - 25) \bullet (t_1 + t_2 \bullet SO_{RH}) + RH_{linear} \qquad (2.2)$$

ตารางที่ 2.6 แสดงค่าสัมประสิทธิ์การชดเชยของอุณหภูมิ

SO_{RH}	t_1	t_2
12 bit	0.01	0.00008
8 bit	0.01	0.00128

2.8.3.3 Temperature

Band gap PTAT (สัดส่วนที่แน่นอนของอุณหภูมิ) ตัวเซนเซอร์อุณหภูมิส่วนมากจะมีการออกแบบให้เป็นเชิงเส้น (linear) และค่าสัมประสิทธิ์การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิแสดงดังตารางที่ 2.7 สามารถคำนวณค่าอุณหภูมิได้จากสมการที่ 2.3

$$Temperature = d_1 + d_2 \bullet SO_T \qquad (2.3)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.7 แสดงค่าสัมประสิทธิ์การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ

VDD	d_1 (°C)	d_1 (°F)
5 V	-40.00	-40.00
4 V	-39.75	-39.50
3.5 V	-39.66	-39.35
3 V	-39.60	-39.28
2.5 V	-39.55	-39.23

SO_T	d_2 (°C)	d_2 (°F)
14 bit	0.01	0.018
12 bit	0.04	0.072

สำหรับการปรับปรุงความแม่นยำในอุณหภูมิ กับการคำนวณใช้วิธี "RH and temperature Non-Linearity Compensation"

2.8.3.4 Dew point

เนื่องจากความชื้น และอุณหภูมิเป็นการวัดพร้อมกันทั้งสองอย่างเหมือนจะเป็นชิปที่มีขนาดใหญ่มาก แต่ SHTxx ยอมให้มีการวัดจุดน้ำค้าง (Dew point) โดยใช้ "Dew point Calculation"

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

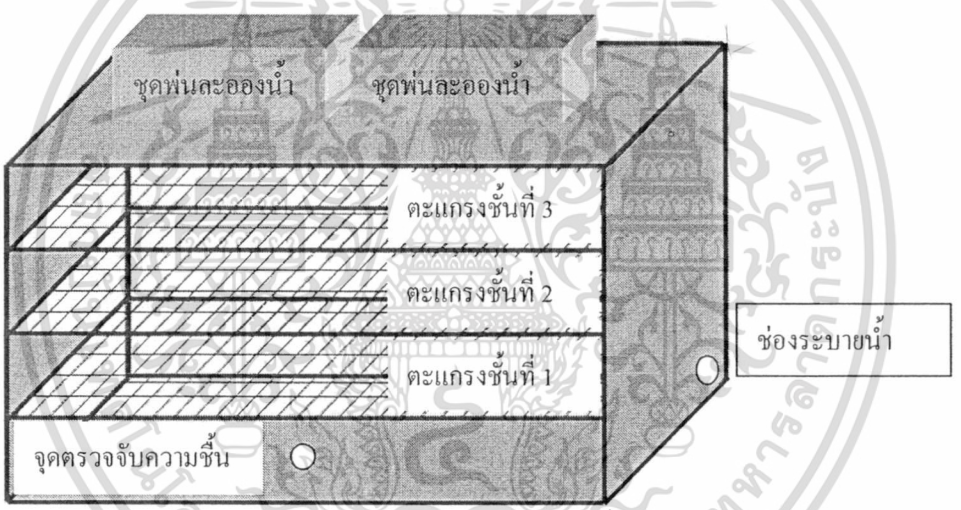
บทที่ 3

แนวความคิด และการออกแบบระบบ

ในการศึกษาครั้งนี้ได้อาศัยเทคโนโลยีระบบควบคุมการประยุกต์ใช้ โดยภายในตู้เพาะถั่วงอกจะมีการตรวจจับระดับความชื้นเป็นสำคัญ เพื่อควบคุมระดับความชื้นในอากาศภายในตู้ให้เหมาะกับที่ถั่วงอกต้องการ ซึ่งลดปัญหาเกี่ยวกับสภาวะแวดล้อมภายนอกเข้าไปเกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตของถั่วงอก

3.1 แนวความคิด และการออกแบบระบบ

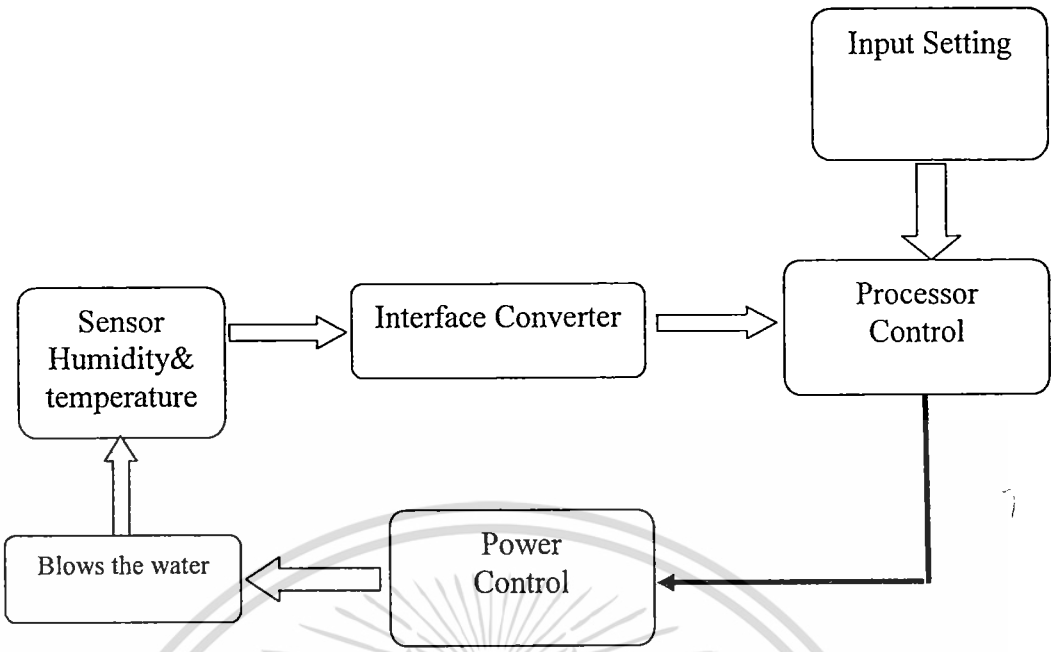
รูปแบบ และหลักการทำงานของตู้ผลิตถั่วงอกปลอดสารพิษ มีแนวความคิดของโครงการวิจัยแสดงดังรูปที่ 3.1 และ ไดอะแกรมในรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.1 รูปแบบของตู้ผลิตถั่วงอกปลอดสารพิษ

จากในรูปที่ 3.1 แสดงรูปแบบของตู้ผลิตถั่วงอกจะประกอบด้วยตะแกรง 3 ชั้นในแต่ละชั้นจะปูด้วยกระสอบป่าน เพื่อใช้ในการเพาะถั่วงอก และชุดพ่นละอองน้ำเพื่อใช้ในการเพิ่มความชื้นภายในตู้ และมีชุดตรวจจับระดับความชื้น (Sensor Humidity) ภายในตู้เพื่อใช้ในการควบคุมระดับความชื้นให้ได้ตามความต้องการ นอกจากนี้ก็มีจุดระบายน้ำออกจากตู้ น้ำที่ระบายจะถูกนำกลับไปใช้ในการพ่นเป็นละอองน้ำอีกครั้งเพื่อความประหยัดน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.2 แสดงแนวความคิด และระบบการทำงานของโครงงานวิจัย

จากรูปที่ 3.2 แสดงแนวความคิด และระบบการทำงานของโครงงานวิจัย โดยการทำงานจะเริ่มจากการตั้งระดับความชื้นที่ต้องการจาก Input setting ซึ่งเครื่องจะเริ่มทำงานโดยจะตรวจจับระดับความชื้นจากเซนเซอร์ ข้อมูลที่ได้จะถูกแปลงจากสัญญาณอะนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิตอล และเข้าสู่การจัดการระบบควบคุมโดยใช้ไมโครคอลโทรลเลอร์ ซึ่งตัวไมโครคอลโทรลเลอร์จะส่งสัญญาณมาควบคุมอุปกรณ์กำลังที่ใช้ในการควบคุมการตัดต่อการพ่นละอองน้ำ ถ้าความชื้นต่ำกว่าที่ตั้งไว้ก็จะให้พ่นละอองน้ำเพื่อเพิ่มความชื้น แต่ถ้าความชื้นสูงก็จะหยุดการพ่นละอองน้ำ กระบวนการทำงานก็จะวนตรวจจับระดับความชื้นไปเรื่อยจนกว่าผู้ใช้จะหยุดการทำงาน

3.2 การทำงานของระบบที่ได้ออกแบบ

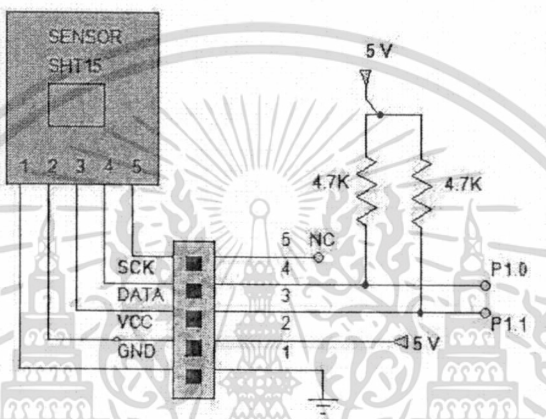
วงจรเซนเซอร์จะทำหน้าที่ตรวจจับอุณหภูมิ และความชื้น ได้มีการออกแบบเพื่อให้วัดความชื้นและอุณหภูมิในอากาศโดยใช้เซนเซอร์เบอร์ SHT-15 ซึ่งสามารถวัดได้ทั้งความชื้น และอุณหภูมิในตัวเดียว โดยวัดความชื้นได้ตั้งแต่ 0-99%RH และวัดอุณหภูมิได้ตั้งแต่ 0 - 99 °C แล้วส่งสัญญาณมาประมวลผลด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51(AT89C55) พร้อมทั้งแสดงค่าของความชื้น และอุณหภูมิทางจอแสดงผล LCD 16x2 โดยแถวที่ 1 จะใช้แสดงค่าของอุณหภูมิ และแถวที่ 2 ใช้แสดงค่าของความชื้น ค่าของความชื้นสามารถตั้งค่าได้ หากค่าความชื้นที่วัดได้มีค่าต่ำกว่าค่าที่กำหมด MCS-51(AT89C55) จะส่งสัญญาณไปให้เครื่องปั้มทำงานเพื่อจ่ายน้ำให้กับถั่วงอก เมื่อความชื้นที่วัดได้มีค่าเท่ากับที่กำหนดระบบจะสั่งให้ปั้มน้ำก็จะหยุดทำงาน นอกจากนี้ตู้เพาะถั่วงอกปลอดสารพิษในครัวเรือน สามารถตั้งวลาได้สูงสุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

99 ชั่วโมง แต่ในการเพาะถั่วงอกจะตั้งเวลาใช้งาน 72 ชั่วโมง เมื่อครบ 72 ชั่วโมงตู้จะหยุดทำงาน สามารถนำถั่วงอกภายในตู้ไปรับประทานได้

3.3 การออกแบบการตรวจจับอุณหภูมิ และความชื้น

การออกแบบระบบตรวจจับ อุณหภูมิ และความชื้นจะใช้ SHT-15 เป็นเซนเซอร์ ที่วัดได้ทั้งความชื้นและอุณหภูมิในอากาศ ดังแสดงในรูปที่ 3.3โดยขาที่ 3 (DATA) และขาที่ 4 (SCK) ของเซนเซอร์จะทำการติดต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51(AT89C55)(ชัยวัตน์ และ วรพจน์) พอร์ตที่ P1.0 และพอร์ตที่ P1.1 ตามลำดับ โดยทำการติดต่อบนบัสแบบ I^2C เพื่อใช้ในการสื่อสารรับ-ส่งข้อมูลความชื้น และอุณหภูมิ



รูปที่ 3.3 แสดงการออกแบบระบบตรวจจับ อุณหภูมิ และความชื้น

3.4 การออกแบบตู้เพาะ

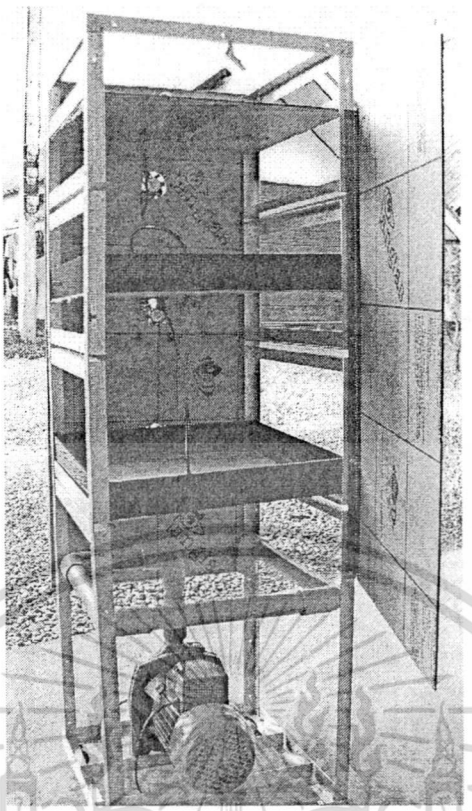
โครงสร้างที่เป็นอะลูมิเนียม จะใช้อลูมิเนียมฉากหนากว้าง 1 นิ้ว แล้วยึดด้วยรีเว็ด ดังแสดงในภาพที่ 3.4 โดยสามารถแบ่งออกเป็น 3 ส่วนดังนี้

1. ส่วนชั้นที่ 1 จะเป็นชั้นที่ใช้สำหรับวางวงจรทั้งหมด โดยมีขนาดกว้าง 40 เซนติเมตร ยาว 40 เซนติเมตร และสูง 40 เซนติเมตร

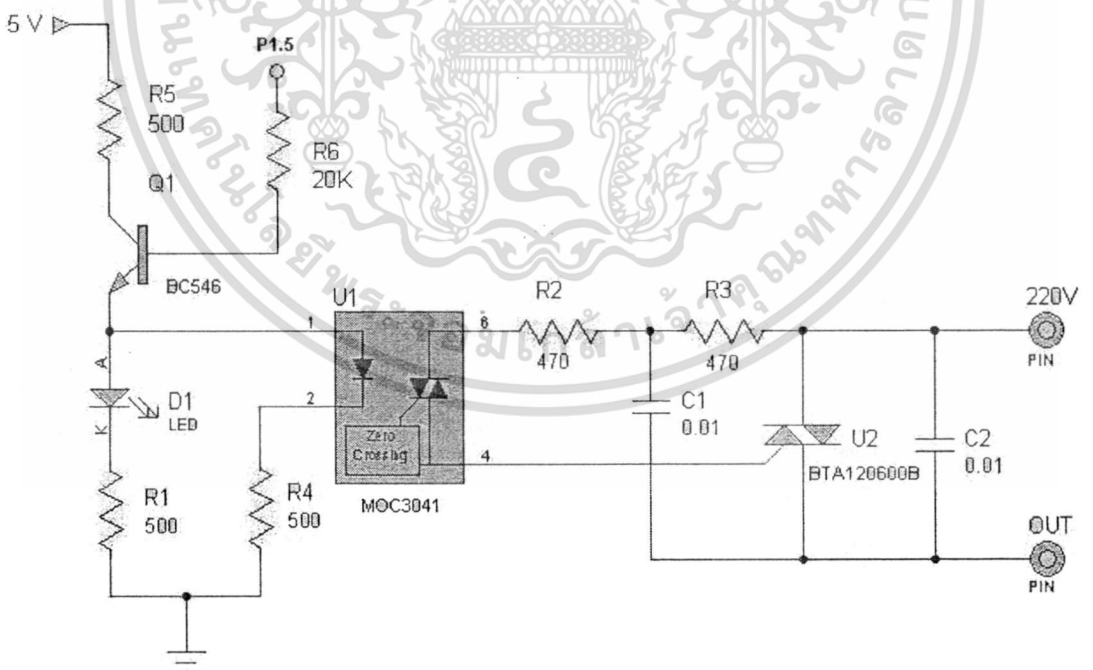
2. ส่วนชั้นที่ 2 จะเป็นส่วนของชั้นที่ใช้สำหรับเพาะถั่วงอก จำนวน 3 ชั้น โดยแต่ละชั้นจะประกอบด้วย หัวจ่ายน้ำให้กับถั่วงอก ถาดเพาะถั่วงอก และถาดรองน้ำทิ้ง ในชั้นนี้จะมีความสูงทั้งหมด 70 เซนติเมตร

3. ส่วนชั้นที่ 3 จะเป็นชั้นที่ใช้สำหรับวางปั๊มน้ำ และท่อน้ำสำหรับจ่ายน้ำให้กับหัวจ่ายน้ำ โดยชั้นนี้จะมีความสูง 40 เซนติเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.4 แสดงโครงสร้างอลูมิเนียมของตู้เพาะถั่วงอกปลอดสารพิษสำหรับครัวเรือน



รูปที่ 3.5 แสดงการออกแบบส่วนวงจรควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5 การออกแบบส่วนวงจรควบคุม

การออกแบบในส่วนของวงจรควบคุม วงจรควบคุมจะทำหน้าเป็นตัวตัดต่อปั๊มน้ำ โดยวงจรจะใช้ทรานซิสเตอร์เป็นสวิตซ์ ดังแสดงในรูปที่ 3.5 จะใช้สัญญาณที่มาทริกจากไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ที่ขา P1.5 การทริกสัญญาณจะขึ้นอยู่กับการตั้งค่าของความชื้น ตัว MOC3041 จะต้องใช้แรงดัน 5 โวลต์ จ่ายให้ MOC3041 กับเพื่อให้ MOC3041 ไปทริกที่ขาเกทของไตรแอก เพื่อให้วงจรทำงาน วงจรนี้สามารถใช้งานได้กับสูง 1000 วัตต์

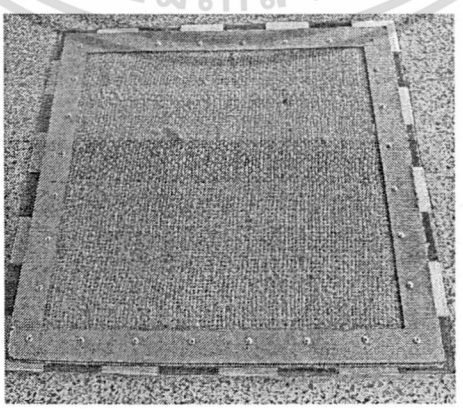
3.6 ส่วนของถาดรองน้ำทิ้ง

สำหรับถาดรองรับน้ำด้านบนจะมีท่อน้ำสีดำที่ทนแรงดันน้ำได้สูงเพื่อต่อให้กับหัว พ่นละอองน้ำ ของแต่ละชั้นด้านล่าง ซึ่งหัวพ่นละอองน้ำจะอยู่ด้านล่างของถาดรองรับน้ำ หัวพ่นละอองน้ำจะเป็นแบบหมอก 4 ทิศทาง และมีท่อระบายน้ำทิ้งทุกชั้นซึ่งลักษณะขอหัวพ่นน้ำแสดงดังในรูปที่ 3.6

รูปที่ 3.6 แสดงลักษณะของหัวพ่นละอองน้ำ

3.7 ส่วนของถาดเพาะถั่วงอก

ส่วนของถาดเพาะถั่วงอกบนบนใช้กระสอบป่านวางซ้อนทับกัน 2 ชั้น ส่วนด้านล่างจะรองด้านตาข่ายพลาสติก โดยของถาดเพาะมีขนาด 40 x 40 เซนติเมตร แต่ละถาดจะสามารถรองรับเมล็ดถั่วเขียวได้ประมาณ 200 กรัม ดังแสดงในรูปที่ 3.7



รูปที่ 3.7 แสดงถาดเพาะถั่วงอกทั้งด้านบน และด้านล่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.8 ส่วนของปั๊มน้ำ

ใช้ปั๊มน้ำขนาด 1 แรง กระแส 4.8 แอมแปร์ กำลังไฟฟ้า 746 วัตต์ ทางน้ำเข้าของปั๊มน้ำใช้ท่อขนาด 1 นิ้ว ส่วนทางน้ำออกจากปั๊มน้ำใช้ท่อขนาด 1 นิ้ว วนภายในชั้นเป็นระยะทาง 3 เมตร เพื่อลดแรงดันของน้ำป้องกันปั๊มเกิดความเสียหาย แล้วทำการลดขาดด้วยท่อ 6 หุน 4 หุน และต่อท่อน้ำแรงดันสูง (ท่อPE) ขนาด 0.5 มิลิเมตร สำหรับจ่ายน้ำให้กับหัวพ่นละอองน้ำ

3.9 ส่วนของระบบระบายอากาศ

ส่วนของระบายอากาศจะประกอบไปด้วย พัดลมระบายอากาศของแต่ละชั้น ซึ่งพัดลมระบายอากาศของแต่ละชั้นจะมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 นิ้ว ใช้แรงดัน 12 โวลต์ กระแส 0.14 แอมแปร์ กำลังงานไฟฟ้า 1.68 วัตต์ ใช้หลักการดูดอากาศออก ทางด้านบนสุดของช่องระบายอากาศ จะมีพัดลมระบายอากาศอีก 1 ตัว เพื่อทำหน้าที่ในการดูดอากาศ ทั้ง 3 ชั้น มายังหัวเซนเซอร์ความชื้น และอุณหภูมิ ภายในช่องระบายอากาศจะประกอบไปด้วยท่อน้ำแรงดันสูงสำหรับจ่ายน้ำให้แต่ละชั้น และจะมีท่อน้ำทิ้งขนาด 3 หุน เพื่อระบายน้ำทิ้งจากแต่ละชั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

วิธีการทดลอง และผลการทดลอง

ในบทนี้จะกล่าวถึงวิธีการทดลองระบบ และผลการทดลองระบบโดยได้แบ่งการทดลองออกเป็นการทดลองต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

4.1 การทดลองที่ 1 ทดสอบความเที่ยงตรง ในการตรวจจับค่าอุณหภูมิ และความชื้น

การทดลองหาความเที่ยงตรง และการบันทึกค่าความชื้นและอุณหภูมิทำโดยการวัดความชื้นและอุณหภูมิด้วยบอร์ดวัดอุณหภูมิ และความชื้นกับ เทอร์โมมิเตอร์ (Thermometer) และ กระเปาะเปียกกระเปาะแห้ง (Dry Wet meter) นำค่าที่ได้มาเปรียบเทียบกันและหาเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาด

4.1.1 ผลการทดลอง ตรวจจับความชื้นและอุณหภูมิ

จากการทดลองการวัดเปรียบเทียบความเที่ยงตรง บอร์ดวัดความชื้น และอุณหภูมิ กับ เทอร์โมมิเตอร์ และ กระเปาะเปียกกระเปาะแห้ง ในช่วงเวลา 09.00 น.- 10.00 น. โดยอ่านค่าทุกๆ 10 นาที จะให้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.1 และรูปที่ 4.1 ผลที่ได้มีความแตกต่างระหว่างเครื่องมือทั้งสองโดยค่าอุณหภูมิมีความแตกต่างกันเท่ากับ 1.56 % และได้ค่าความแตกต่างของความชื้นเท่ากับ 14.38 %RH

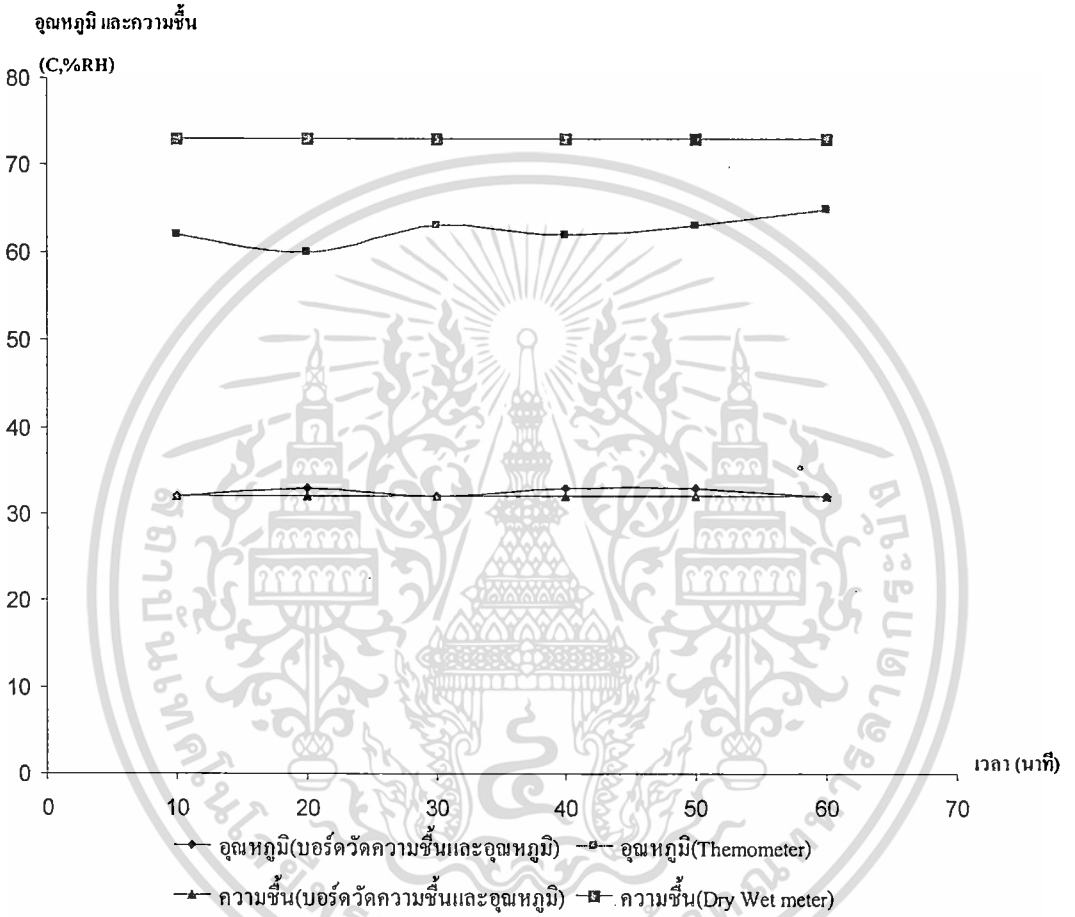
ตารางที่ 4.1 แสดงผลการทดลองเปรียบเทียบค่าความชื้น และอุณหภูมิ ระหว่าง บอร์ดวัดอุณหภูมิ และความชื้น กับ เทอร์โมมิเตอร์ และ กระเปาะเปียก กระเปาะแห้ง อ่านค่าทุกๆ 10 นาที

ครั้งที่บันทึก	บอร์ดวัดความชื้น และอุณหภูมิ		Thermometer และ Dry Wet meter	
	อุณหภูมิ	ความชื้น	อุณหภูมิ	ความชื้น
1	32	62	32	73
2	33	60	32	73
3	32	63	32	73
4	33	62	32	73
5	33	63	32	73
6	32	65	32	73
ค่าเฉลี่ย	32.5	62.5	32	73

จากการทดลองเปรียบเทียบค่าความชื้น และอุณหภูมิ ระหว่าง บอร์ดวัดอุณหภูมิ และ ความชื้นกับ เทอร์โมมิเตอร์ และ กระเปาะเปียกกระเปาะแห้ง ค่าของอุณหภูมิที่ได้จากบอร์ดวัดอุณหภูมิ จะให้ค่าออกมาใกล้เคียงกับ เทอร์โมมิเตอร์ ซึ่งตัวตรวจจับอุณหภูมิทำการตรวจจับค่าของอุณหภูมิภายในห้อง เหมือนกับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เทอร์โมมิเตอร์ ไม่มีปัจจัยใดเข้ามาเกี่ยวข้อง แต่ค่าของความชื้นที่ได้จากบอร์ดวัดความชื้น จะให้ค่าผิดพลาดจาก กระเปาะเปียกกระเปาะแห้ง มาก เนื่องจาก กระเปาะเปียกกระเปาะแห้ง จะเปรียบเทียบระหว่างอุณหภูมิของกระเปาะแห้ง และกระเปาะเปียก อ่านจากอุณหภูมิกระเปาะแห้ง แล้วลบด้วยค่าอุณหภูมิจากกระเปาะเปียก เปรียบเทียบกับค่าในตารางจะได้ค่าของความชื้นของบรรยากาศ ซึ่งอุณหภูมิของน้ำในกระเปาะเปียกเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อค่าของความชื้นที่อ่านได้ จึงทำให้เกิดค่าผิดพลาด



รูปที่ 4.1 กราฟแสดงการเปรียบเทียบข้อมูลในตารางที่ 4.1

4.2 การทดลองเพาะถั่วงอกด้วยตู้เพาะที่ออกแบบ

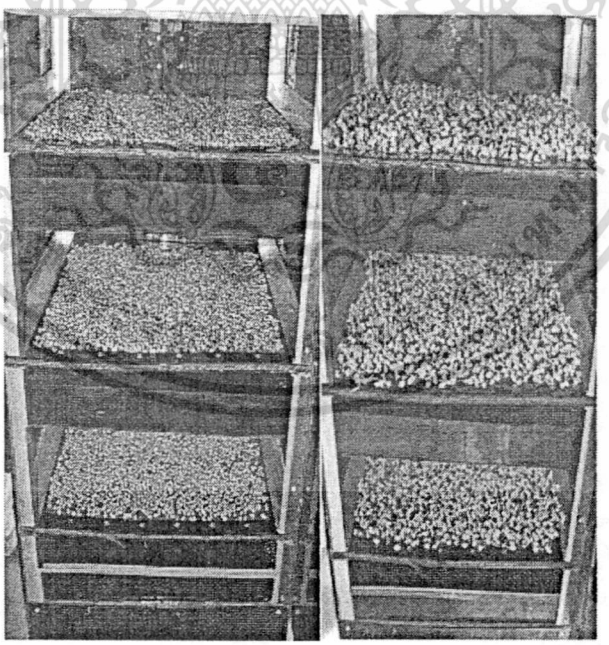
ในการทดลองนี้ผู้วิจัยได้ทำการทดลองเพะถั่วงอกด้วยตู้เพาะที่ออกแบบ โดยใช้ถั่วเขียวมาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิต หรือเพาะถั่วงอก ซึ่งได้แบ่งการทดลองออกมาเป็นการเพาะด้วยการควบคุมระดับอุณหภูมิและการเพาะด้วยการควบคุมความชื้นแล้วทำการสุ่มบันทึกผลของความยาว และน้ำหนักของถั่วงอกเพื่อเปรียบเทียบกับการเพาะถั่วงอกด้วยหลักการทั่วไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.1 วิธีการทดลอง

นำเมล็ดถั่วเขียว 600 กรัมทำการเลือกคัดเมล็ดถั่วเขียวที่แตก เมล็ดที่ลีบ หรือถูกแมลงเจาะออกด้วยมือ นำมาล้างน้ำสะอาด 2 – 3 น้ำ ถ้าพบเมล็ดถั่วเขียวที่ลอยขึ้นมาให้รินทิ้งไปพร้อมกับน้ำได้เลย เพราะเป็นเมล็ดที่เสียไม่งอก ต่อมาให้เตรียมน้ำอุ่นสำหรับแช่เมล็ดถั่วเขียว ในการเตรียมน้ำอุ่นนั้นให้ต้มน้ำเดือด 100 องศาเซลเซียส โดยใช้น้ำเดือด 1 ส่วน ผสมกับน้ำธรรมดา 3 ส่วน นำเมล็ดถั่วเขียวมาแช่ในน้ำอุ่น ให้น้ำท่วมเมล็ดถั่วเขียว สูงประมาณ 1-2 นิ้ว แช่เมล็ดถั่วเขียวนานประมาณ 8 ชั่วโมง ประโยชน์ของการแช่เมล็ดถั่วเขียวในน้ำอุ่น คือจะทำให้ช่วยในการกระตุ้นการงอกของเมล็ดถั่วได้เร็วขึ้น (คมสัน และกำพล, 2547)

เมื่อแช่ครบ 8 ชั่วโมง จะสังเกตเห็นเมล็ดถั่วเขียวพองตัวใหญ่ขึ้นกว่าเดิมประมาณ 1 เท่าตัว และที่เปลือกหุ้มเมล็ดปริแตกออก มีตุ่มงอกออกมา แล้วทำการล้างเมล็ดถั่วเขียวด้วยน้ำสะอาดอีก 3 น้ำ เมื่อได้เมล็ดถั่วเขียวที่แช่น้ำอุ่นแล้ว ให้นำเมล็ดถั่วเขียวมาชั่งเป็น 3 ส่วน ส่วนละ 200 กรัม แล้วนำเมล็ดถั่วเขียว แต่ละส่วนใส่ลงในถาดเพาะถั่ว ดังแสดงในรูปที่ 4.2 นำถาดเพาะใส่ในตู้เพาะถั่วงอก จากนั้นทำการเปิดเครื่อง ในที่นี้จะตั้งค่าความชื้น หรือ อุณหภูมิที่เหมาะสมและตั้งเวลาในการทำงานตู้เพาะ 72 ชั่วโมง เมื่อครบกำหนดเวลา 72 ชั่วโมง จะได้ถั่วงอกที่โตเต็มที่ นำถั่วงอกแต่ละถาดมาใส่กะละมังล้างน้ำสะอาด 1 น้ำและตัดรากพร้อมรับประทาน ซึ่งในการวิจัยได้ทดลองเก็บข้อมูลน้ำหนัก (นงลักษณ์, 2528) และความยาวของถั่วงอก (จวงจันทร์, 2529)



รูปที่ 4.2 แสดงการนำเมล็ดถั่วเขียวใส่ในถาดเพาะ และถั่วงอกหลังจากเพาะเป็นวันที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2 การทดลองเพาะเมล็ดถั่วเขียวด้วยการควบคุมอุณหภูมิ

ในการทดลองนี้ได้ทำการทดลองเพาะเมล็ดถั่วเขียวโดยการควบคุมอุณหภูมิที่ 30 องศาเซลเซียล เนื่องจากที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียล (วิธีการและขั้นตอนการเพาะถั่วงอก. 2550) ถั่วงอกจะเจริญเติบโตได้ดี ใช้เวลาในการเพาะ 3 วัน โดยใช้เมล็ดถั่วเขียว 600 กรัม

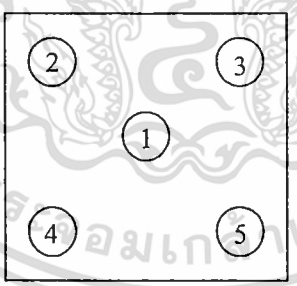
ผลการทดลองเพาะเมล็ดถั่วเขียวด้วยการควบคุมอุณหภูมิ

จากการทดลองการเพาะเมล็ดถั่วเขียวด้วยการควบคุมอุณหภูมิที่ 30 องศาเซลเซียล จะได้น้ำหนักถั่วงอกทั้งหมด 2800 กรัม ถาดที่ 2 จะให้ปริมาณน้ำหนักมากที่สุด ถาดที่ 1 และถาดที่ 3 ให้ปริมาณน้ำหนักเท่ากัน ดังแสดงในตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 แสดงปริมาณน้ำหนักของถั่วงอกแต่ละถาดที่ได้จากตู้เพาะ

ถาดที่ 1 (กรัม)	ถาดที่ 2 (กรัม)	ถาดที่ 3 (กรัม)
900	1000	900

จากการทดลองการเพาะเมล็ดถั่วเขียวด้วยการควบคุมอุณหภูมิที่ 30 องศาเซลเซียล ผู้วิจัยได้สุ่มเก็บข้อมูลความยาวของถั่วงอกในแต่ละถาด โดยวัดจากตำแหน่งจากหัวของถั่วงอกถึงรากของถั่วงอก และสุ่มเก็บข้อมูลความอ้วนหรือเส้นผ่านศูนย์กลางของถั่วงอกในแต่ละถาด ซึ่งในการสุ่มเก็บตัวอย่างถั่วงอกมาวัดความยาว และความอ้วน จะสุ่มเก็บทั้งหมด 5 ตำแหน่ง ตำแหน่งละ4 ต้น ดังแสดงในรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.3 แสดงการสุ่มเก็บตัวอย่างถั่วงอก

ผลที่ได้จากการสุ่มเก็บข้อมูลขนาดความยาว และความอ้วนของถั่วงอกในแต่ละถาดแสดงดังในตารางที่ 4.3 และตารางที่ 4.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 แสดงผลการทดลองวัดความยาวของถั่วงอกที่เพาะด้วยการควบคุมอุณหภูมิ

ต้นที่	ถาดที่ 1	ถาดที่ 2	ถาดที่ 3
	ความยาว (cm)	ความยาว (cm)	ความยาว (cm)
1	7	8	6
2	5.5	7.5	6
3	7.5	6	7.5
4	6	8.5	5
5	6.5	6.5	4
6	5	7.5	5.5
7	4.5	6	6
8	4	8	7.5
9	6	6.5	8.5
10	5	7.5	6
11	8	8	5
12	7	8.5	9
13	7.5	8	8.5
14	8	8	7.5
15	7.5	7.5	8
16	7	4	7.5
17	8	5.5	6
19	6	6.5	5
20	7.5	7	8
ค่าเฉลี่ย	**6.45**	**6.80**	**6.675**

จากผลการทดลองด้วยการสุ่มวัดขนาดความยาวของถั่วงอกในแต่ละถาดจะเห็นว่าค่าความยาวเฉลี่ยที่ได้มีค่าใกล้เคียงกันที่ความยาวเฉลี่ย 6-7 เซนติเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4 แสดงผลการทดลองการวัดเส้นผ่านศูนย์กลางถั่วงอกที่เพาะด้วยการควบคุมอุณหภูมิ

ต้นที่	ถาดที่ 1	ถาดที่ 2	ถาดที่ 3
	เส้นผ่านศูนย์กลาง (mm)	เส้นผ่านศูนย์กลาง (mm)	เส้นผ่านศูนย์กลาง (mm)
1	2.59	2.65	2.125
2	2.456	2.2	2.145
3	3.12	2.025	2.65
4	2.56	3.15	2.45
5	2.49	2.56	2.36
6	2.123	2.164	2.26
7	2.49	2.54	2.36
8	2.45	2.34	3.015
9	2.45	2.45	2.456
10	2.689	2.654	2.123
11	2.56	2.154	2.45
12	2.06	2.69	2.63
13	2.156	3.15	2.016
14	2.54	2.456	2.36
15	2.46	2.12	2.263
16	2.469	2.013	2.48
17	2.159	3.01	2.45
18	2.63	2.645	2.369
19	2.45	2.12	2.012
20	2.69	2.69	2.00
ค่าเฉลี่ย	**2.476**	**2.485**	**2.347**

จากการทดลองการเพาะเมล็ดถั่วเขียวด้วยการควบคุมอุณหภูมิที่ 30 องศาเซลเซียล จะให้ค่าค่าเส้นผ่านศูนย์กลางที่ใกล้เคียงกัน อยู่ที่ประมาณ 2.436 มิลลิเมตร จะมีค่าเส้นผ่านศูนย์กลางน้อยกว่า ตามท้องตลาด เนื่องจากการเพาะใช้น้ำอย่างเดียวในการควบคุมการเจริญเติบโตไม่มีสารเร่งใดๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.3 การทดลองเพาะเมล็ดถั่วเขียวด้วยการควบคุมความชื้น

จากการทดลองเพาะเมล็ดถั่วเขียวด้วยควบคุมความชื้นที่ 91 %RH เป็นเวลา 3วัน โดยใช้เมล็ดถั่วเขียว 600 กรัม ได้ถั่วงอกทั้งหมด 2600 กรัม ใช้ปริมาณน้ำทั้งหมด 200 ลิตร

ผลการทดลองเพาะเมล็ดถั่วเขียวด้วยการควบคุมความชื้น

จากการทดลองเพาะเมล็ดถั่วเขียวด้วยการควบคุมความชื้นที่ 91 %RH ค่าความชื้นที่ 91 %RH จะมีค่าใกล้เคียงกับค่าอุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียล ซึ่งเป็นค่าที่ถั่วงอกเจริญเติบโตได้ดี ถั่วงอกจะให้น้ำหนักรวมทั้งหมด 2600 กรัม ดังแสดงในตารางที่ 4.5น้ำหนักที่ได้ทั้งหมดจะน้อยกว่าการเพาะถั่วงอกด้วยวิธีการควบคุมด้วยอุณหภูมิ เนื่องจากปริมาณน้ำที่ใช้น้อยกว่าการควบคุมด้วยอุณหภูมิ

ตารางที่ 4.5 แสดงปริมาณน้ำหนักถั่วงอกแต่ละถาด

ถาดที่ 1 (กรัม)	ถาดที่ 2 (กรัม)	ถาดที่ 3 (กรัม)
800	900	900

ผลที่ได้จากการสุ่มเก็บข้อมูลขนาดความยาว และความอ้วนของถั่วงอกในแต่ละถาดแสดงดังในตารางที่ 4.6 และตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.6 แสดงผลการทดลองวัดความยาวของถั่วงอกที่เพาะด้วยการควบคุมความชื้น

ต้นที่	ถาดที่ 1	ถาดที่ 2	ถาดที่ 3
	ความยาว (cm)	ความยาว (cm)	ความยาว (cm)
1	5.5	7	5
2	6	5	5
3	6	5.5	4.5
4	5	8	7
5	4.5	6.5	6.5
6	7	7	6
7	6.5	7	6
8	8	6.5	7.5
9	6.5	6	6
10	6.5	6.5	6
11	5.5	6	7
12	6	7	6.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.6 (ต่อ) แสดงผลการทดลองวัดความยาวของถั่วงอกที่เพาะด้วยการควบคุมความชื้น

ต้นที่	ถาดที่ 1	ถาดที่ 2	ถาดที่ 3
	ความยาว (cm)	ความยาว (cm)	ความยาว (cm)
13	7	8.5	9
14	4	6	8
15	6	7	7.5
16	7	7.5	8
17	5	6	6.5
18	7	7.5	5.5
19	6	5.5	4.5
20	6.5	6	6
ค่าเฉลี่ย	**6.075**	**6.525**	**6.20**

จากการทดลองการเพาะถั่วงอกด้วยการควบคุมความชื้นที่ 91 %RH ถั่วงอกแต่ละถาดจะให้ค่าความยาวใกล้เคียงกัน ค่าของความยาวของถั่วงอกอยู่ประมาณที่ 6.266 เซนติเมตร ค่าความยาวของถั่วงอกจะสั้นกว่าการเพาะด้วยการควบคุมอุณหภูมิ เนื่องจากปริมาณของน้ำที่ใช้ในการเพาะน้อยกว่าการเพาะแบบควบคุมด้วยอุณหภูมิ

ตารางที่ 4.7 แสดงผลการทดลองวัดเส้นผ่านศูนย์กลางของถั่วงอกที่เพาะด้วยการควบคุมความชื้น

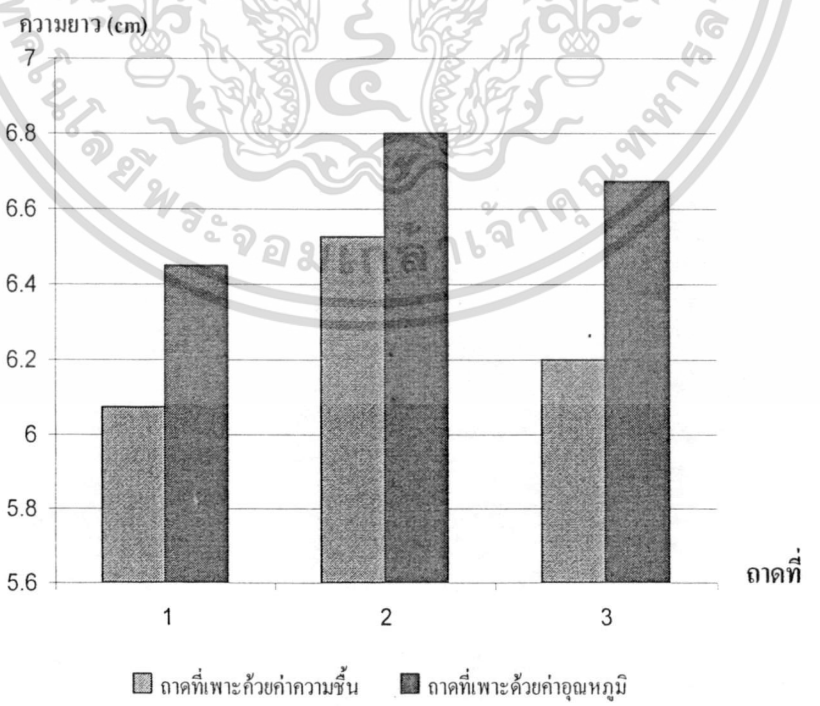
ต้นที่	ถาดที่ 1	ถาดที่ 2	ถาดที่ 3
	เส้นผ่านศูนย์กลาง (mm)	เส้นผ่านศูนย์กลาง (mm)	เส้นผ่านศูนย์กลาง (mm)
1	2.06	2.418	2.208
2	2.12	3	2.215
3	2.37	2.458	2.242
4	2.01	2.304	2.527
5	3.16	2.404	3.56
6	2.75	2.5	3
7	2.11	2.64	2.3
8	3.21	2.64	2.12
9	2.312	2.254	2.28
10	2.65	3.15	2.85
11	2.314	2.205	3.01

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.7 (ต่อ) แสดงผลการทดลองวัดเส้นผ่านศูนย์กลางของถั่วงอกที่เพาะด้วยการควบคุมความชื้น

ต้นที่	ถาดที่ 1	ถาดที่ 2	ถาดที่ 3
	เส้นผ่านศูนย์กลาง (mm)	เส้นผ่านศูนย์กลาง (mm)	เส้นผ่านศูนย์กลาง (mm)
12	2.106	2.75	2.318
13	2.75	2.154	2.75
14	3.34	3.12	2.452
15	2.21	2.04	2.23
16	2.21	2.358	3.25
17	2.418	2.419	2.482
18	2.35	2.201	2.145
19	2.75	3.04	2.81
20	2.937	2.218	2.58
ค่าเฉลี่ย	**2.359**	**2.490**	**2.566**

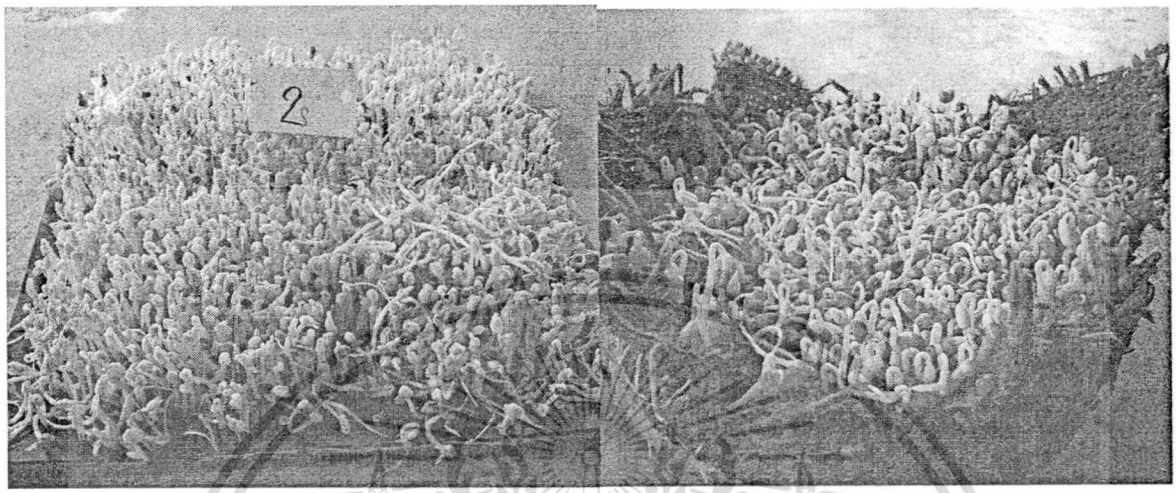
จากการทดลองเพาะถั่วงอกด้วยการควบคุมความชื้นที่ 91 %RH ถั่วงอกแต่ละถาดจะให้ค่าของเส้นผ่านศูนย์กลางใกล้เคียงกัน ค่าเส้นผ่านศูนย์กลางของถั่วงอกจะมีค่าอยู่ที่ประมาณ 2.471 มิลลิเมตร เส้นผ่านศูนย์กลางของเพาะด้วยการควบคุมความชื้นจะใกล้เคียงกับการเพาะด้วยการควบคุมอุณหภูมิ



รูปที่ 4.4 แสดงแผ่นภูมิค่าความยาวของถั่วที่เพาะค่าความชื้นและอุณหภูมิของถาดต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากผลการทดลองเพาะถั่วงอกที่ได้จะเห็นว่าการเพาะถั่วงอกด้วยวิธีการควบคุมอุณหภูมิจะทำให้ได้ถั่วงอกที่มีความยาวมากกว่าการเพาะด้วยวิธีการควบคุมความชื้น ดังแสดงในรูปที่ 4.4 แต่ทั้งนี้การเพาะถั่วงอกด้วยวิธีการควบคุมความชื้นจะได้ถั่วงอกที่มีความอ้วนมากกว่า



รูปที่ 4.5 แสดงถั่วงอกที่ได้จาก
ก. การเพาะแบบทั่วไป
ข. การเพาะภายในตู้เพาะถั่วงอกปลอดสารพิษ (ตัวอย่างถาดที่ 2)

การเพาะถั่วงอกภายในตู้เพาะถั่วงอกปลอดสารพิษสำหรับครัวเรือน ถั่วงอกจะเจริญเติบโตได้ดีให้ค่าของความยาว และเส้นผ่านศูนย์กลาง ที่ดีกว่าการเพาะแบบทั่วไป ในขณะที่ใช้ระยะเวลาในการเพาะที่เท่ากัน ดังแสดงให้เห็นในรูปที่ 4.5 เนื่องจากถั่วงอกที่เพาะภายในตู้เพาะจะให้น้ำด้วยการควบคุมความชื้น หากความชื้นลดลงจะให้น้ำทันที แต่การเพาะแบบทั่วไปจะให้น้ำ ประมาณ 3-4 ชั่วโมงต่อครั้ง ปริมาณของน้ำที่ใช้ของตู้เพาะถั่วงอกปลอดสารพิษ จึงมากกว่าการให้น้ำด้วยวิธีการเพาะแบบทั่วไป ถั่วงอกจึงเจริญเติบโตได้เร็วกว่าเมื่อให้น้ำตลอดเวลา

4.3 ผลการทดลองและวิจารณ์

4.3.1 ผลการทดลองเพาะถั่วงอกโดยการควบคุมอุณหภูมิ

จากการทดลองเพาะเมล็ดถั่วเขียวโดยการควบคุมอุณหภูมิที่ 30°C ถั่วงอกจะเจริญเติบโตได้ดี ใช้เวลาในการเพาะ 3 วัน โดยใช้เมล็ดถั่วเขียว 600 กรัม ได้ถั่วงอกทั้งหมด 2800 กรัม ความยาวเฉลี่ย 6.641 เซนติเมตร เส้นผ่านศูนย์กลาง2.436 มิลลิเมตร และใช้ปริมาณน้ำในการเพาะทั้งหมด 400 ลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.2 ผลการทดลองเพาะถั่วงอกโดยการควบคุมความชื้น

จากการทดลองการเพาะถั่วงอกด้วยการควบคุมความชื้นที่ 91 %RH ถั่วงอกแต่ละถาดจะให้ค่าความยาวใกล้เคียงกัน ค่าความยาวเฉลี่ยของถั่วงอกประมาณ 6.266 เซนติเมตร ค่าความยาวของถั่วงอกจะสั้นกว่าการเพาะด้วยการควบคุมอุณหภูมิ เนื่องจากปริมาณของน้ำที่ใช้ในการเพาะน้อยกว่าการเพาะแบบควบคุมด้วยอุณหภูมิ ค่าเส้นผ่านศูนย์กลางของถั่วงอกจะมีค่าอยู่ที่ประมาณ 2.471มิลลิเมตร เส้นผ่านศูนย์กลางของเพาะด้วยการควบคุมความชื้นจะใกล้เคียงกับการเพาะด้วยการควบคุมอุณหภูมิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลงานวิจัย และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลงานวิจัย

จากการทดลองการเพาะถั่วงอกด้วยการควบคุมความชื้นที่ 91 %RH และการเพาะด้วยการควบคุมอุณหภูมิที่ 30 °C การเจริญโตเติบจะใกล้เคียงกัน การเจริญโตที่การควบคุมอุณหภูมิจะเจริญโตเติบได้ดีกว่า แต่ใช้ปริมาณของน้ำมากกว่าการควบคุมด้วยความชื้น(มากกว่าประมาณ 200 ลิตร) และการควบคุมอุณหภูมิจะควบคุมยากกว่าการควบคุมด้วยความชื้น เนื่องจากมีอุณหภูมิจากภายนอกเข้ามาเกี่ยวข้อง แต่ทั้งนี้ตู้เพาะถั่วงอกที่ออกแบบเป็นตู้สีดำเพื่อป้องกันแสงเข้ามาภายในตู้ ซึ่งในการเพาะถั่วงอกจะต้องไม่ให้ถั่วงอกภายในตู้เพาะโดนแสงแดด หากถั่วงอกโดนแสงแดด จะทำให้เกิดการสังเคราะห์แสง ถั่วงอกที่ได้จะมีสีขุ่น และรสชาติขม ดังนั้นเมื่อตู้เพาะมีสีดำทำให้สามารถป้องกันแสง และดูดกลืนความร้อนได้ดี จึงส่งผลต่ออุณหภูมิภายในตู้ ซึ่งต้องใช้ปริมาณน้ำมาเพื่อลดระดับอุณหภูมิดังนั้นทำให้การเพาะถั่วงอกด้วยวิธีการควบคุมอุณหภูมิใช้น้ำในการเพาะมาก

ดังนั้นจากการวิจัย และทดลองจะเห็นได้ว่าถั่วงอกจะมีการเจริญเติบโตได้ดีหรือไม่ ขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำที่ถั่วงอกได้รับในขณะเพาะนั่นเอง ซึ่งเราสามารถผลิตถั่วงอกโดยปราศจากสารพิษ และยังคงความขาว อ้วนได้โดยทำตู้เพาะถั่วงอกไม่ให้ถั่วงอกได้รับแสงในขณะเพาะ และให้ถั่วงอกได้รับปริมาณน้ำมากๆ แต่ทั้งนี้ก็ไม่ได้หมายความว่าจะให้น้ำแก่ถั่วงอกที่กำลังเพาะด้วยการแช่น้ำตลอดเวลาเพราะทำทำให้เกิดการเน่าของถั่วงอกแทนการงอกซึ่งเมื่อเกิดการเน่าในถาดเพาะใด ๆ ก็จะเกิดเชื้อราส่งผลให้มีกลิ่น และเน่าทั้งตุเพาะได้ ซึ่งเพียงแค่การให้น้ำที่เหมาะสมกับถั่วงอกที่กำลังเพาะ และป้องกันการโดนแสงก็จะทำให้ได้ถั่วงอกที่ขาวและต้นอ้วนน่ารับประทาน

5.2 ข้อคิดเห็นเพิ่มเติม

ตู้เพาะถั่วงอกปลอดสารพิษสำหรับครัวเรือน เป็นการทดลองเพาะถั่วงอกแบบปลอดสารพิษ โดยไม่ใช้สารเคมีใดๆ ต้นทุนผลการคิดค้นและทดลองอาจจะสูง แต่ผลที่ได้คุ้มค่า เมื่อเปรียบเทียบกับคุณภาพของชีวิตในระยะยาว อนาคตอาจจะหาวัตถุในการผลิตตู้ที่มีราคาถูกกว่านี้ เพื่อพัฒนาตู้เพาะถั่วงอกให้เป็นการเพาะเพื่อเศรษฐกิจต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

คมสัน หุตะแพทย์ และกำพล กาหลง. 2547. คู่มือพึ่งตนเอง สารพัดวิธีเพาะถั่วงอก. รุ่งเรืองสาส์นการพิมพ์ กรุงเทพฯ. 60 หน้า.

จวงจันทร์ ดวงพัตรา. 2529ข. เทคโนโลยีเมล็ดพันธุ์. กลุ่มหนังสือเกษตร กรุงเทพฯ. 210 หน้า.

ชัยวัตน์ ลิ้มพรจิตวิไล และวรพจน์ กรแก้ววัฒนกุล. เรียนรู้และปฏิบัติการไมโครคอนโทรลเลอร์MCS-51.บ. อินโนเวตีฟ เอ็กเพอริเม้นต์ กรุงเทพฯ.

นงลักษณ์ ประกอบบุญ. 2528. การทดสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์ . โอเดียนสโตร์ กรุงเทพฯ . 316 หน้า.

วิธีการ และขั้นตอนการเพาะถั่วงอก. 2550. **"การเพาะถั่วงอกในครัวเรือน"** [Online]. Available : http://www.mahamodo.com/webmaster_special/yymmdd_text/2551204.asp?id=33

สถาบันวิจัยพืชไร่. 2544. รายงานประจำปี 2542. สถาบันวิจัยพืชไร่ กรมวิชาการเกษตร. 116 หน้า.

สุวิมล ถนอมทรัพย์ ธีระพล ศิลกุล และเชาวลิต รักบุญ. 2540. การสำรวจและศึกษาอุตสาหกรรมการเพาะถั่วงอก. รายงานการประชุมทางวิชาการถั่วเขียวแห่งชาติ ครั้งที่ 7. วันที่ 2-4 ธันวาคม 2540 โรงแรมโกลเด้นแกรนด์ พิษณุโลก. หน้า 197-207.

หลักการวิธีทำการเกษตร. 2550. **"ถั่วเขียว"** [Online]. Available : http://school.obec.go.th/bpr/sub1/901.03.htm

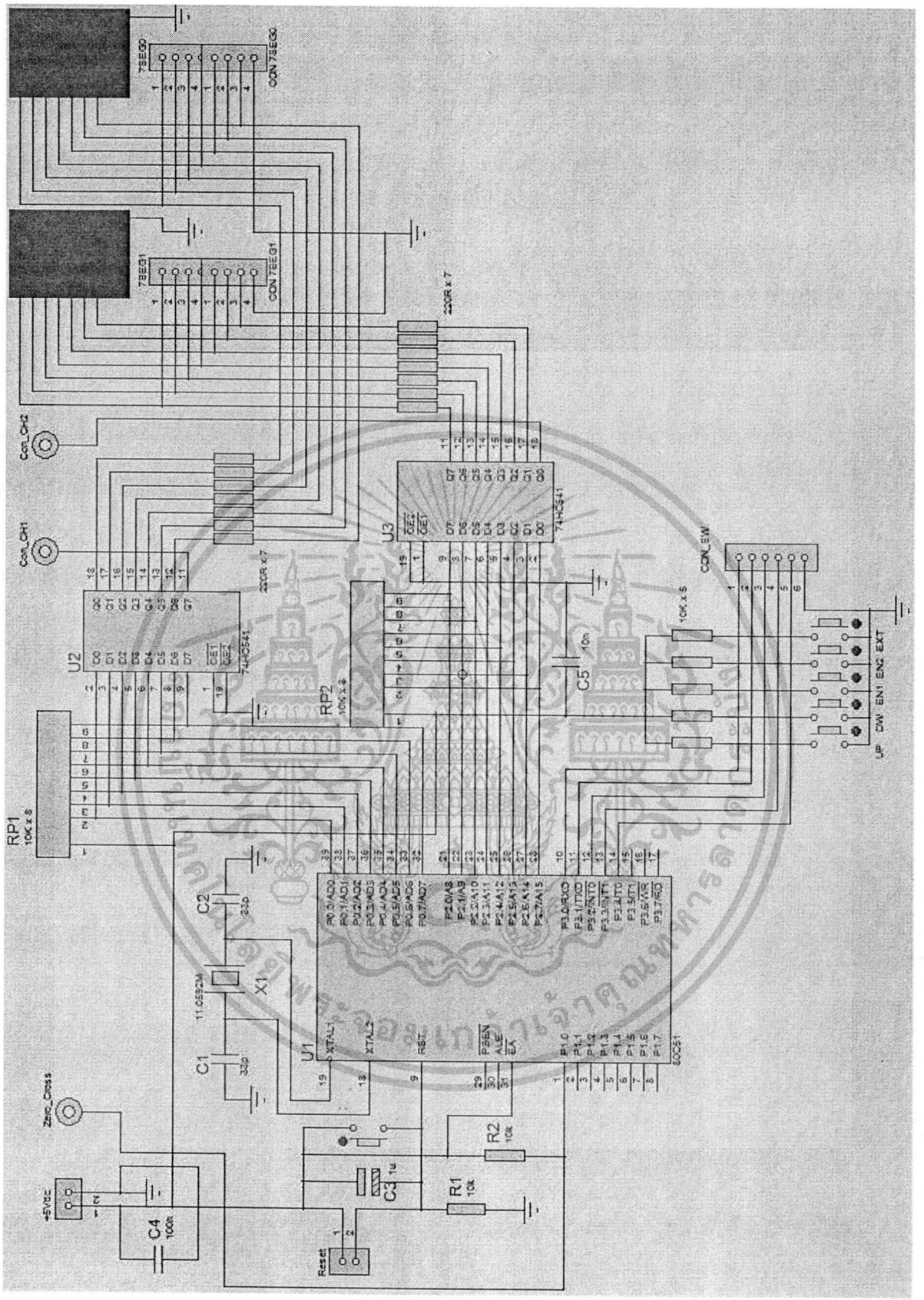
Chian, L.L. 1994. Yield and quality evaluation of mungbean sprouts. Available http://www.arc_avrdc.org /pdf_files/Luili (12-N).pdf. (2March 2548).

SENSIRION. 2549. **"SHT1x / SHT7x Humidity & Temperature Sensor."** [Online]. Available : http://www.sensirion.com.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

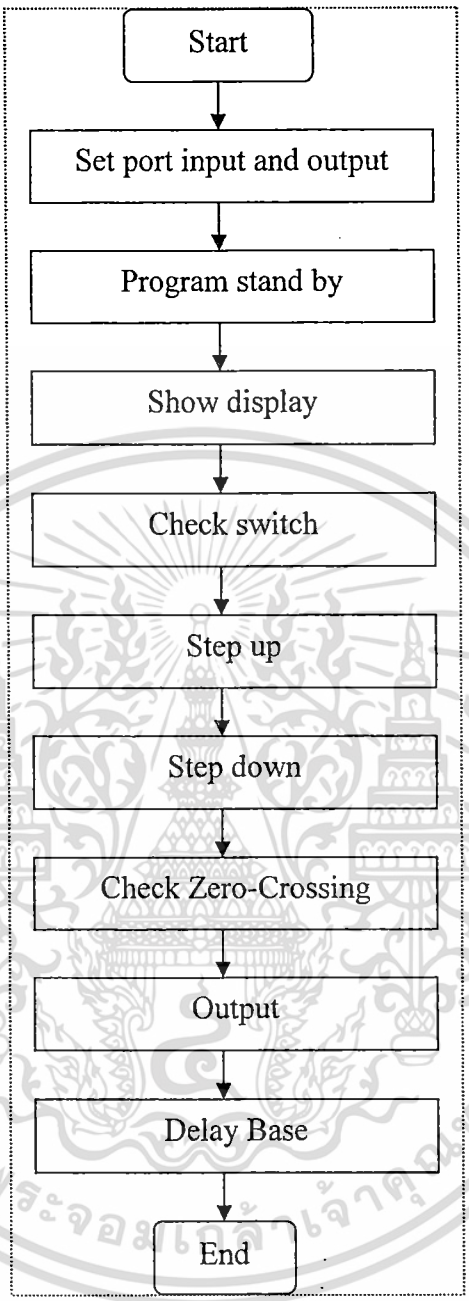
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



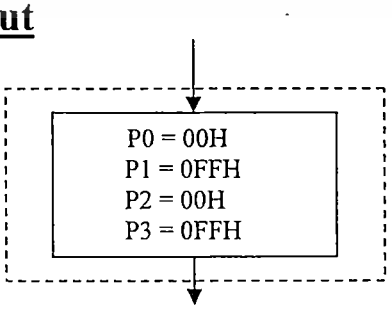
รูปที่ ก.1 แสดงวงจร Microcontroller ที่ใช้ในการควบคุมระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Flowchart ที่ออกแบบเพื่อเขียนโปรแกรมควบคุมระบบ

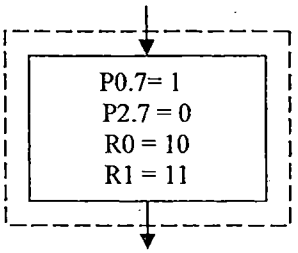


Set port input and output

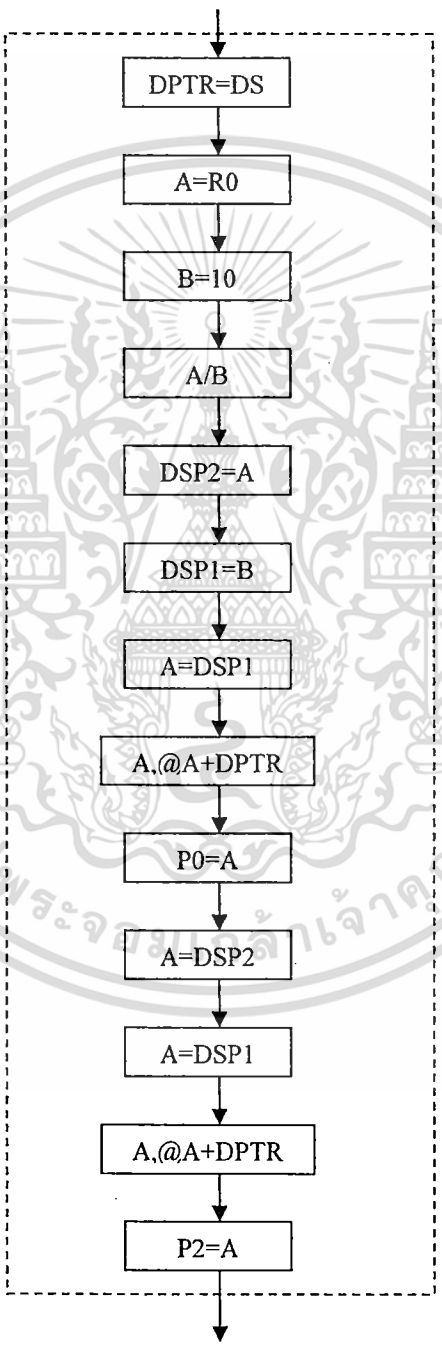


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Program stand by

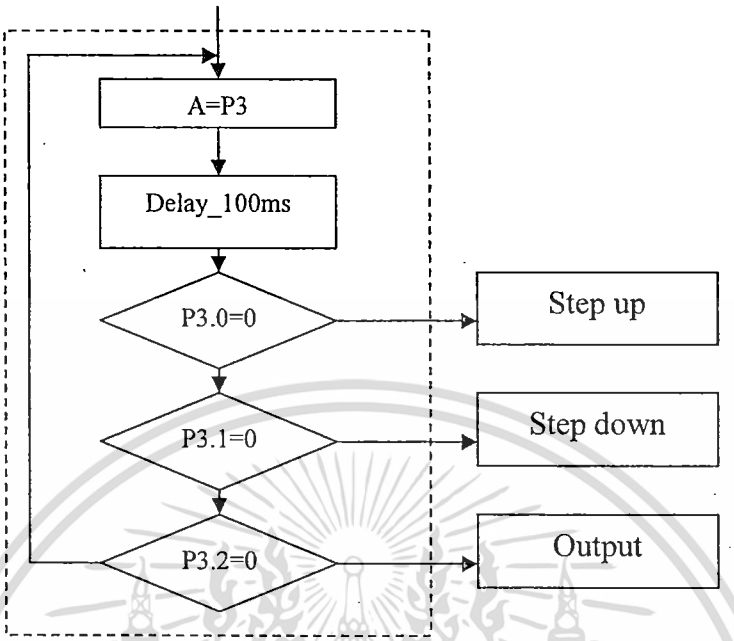


Show display

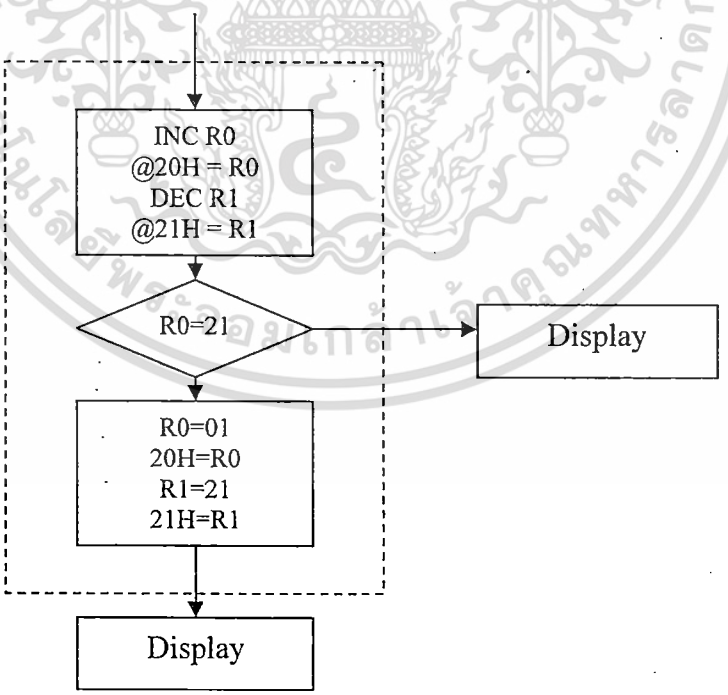


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Check switch

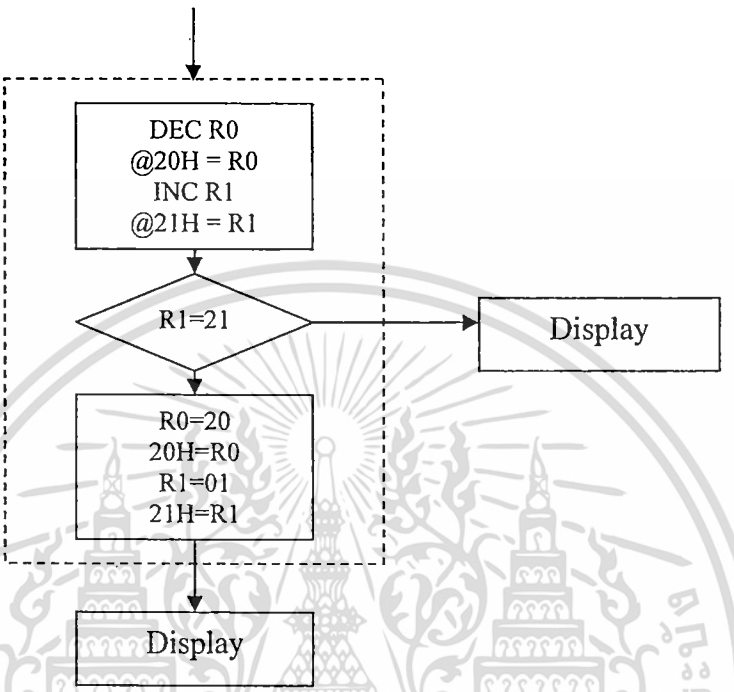


Step up



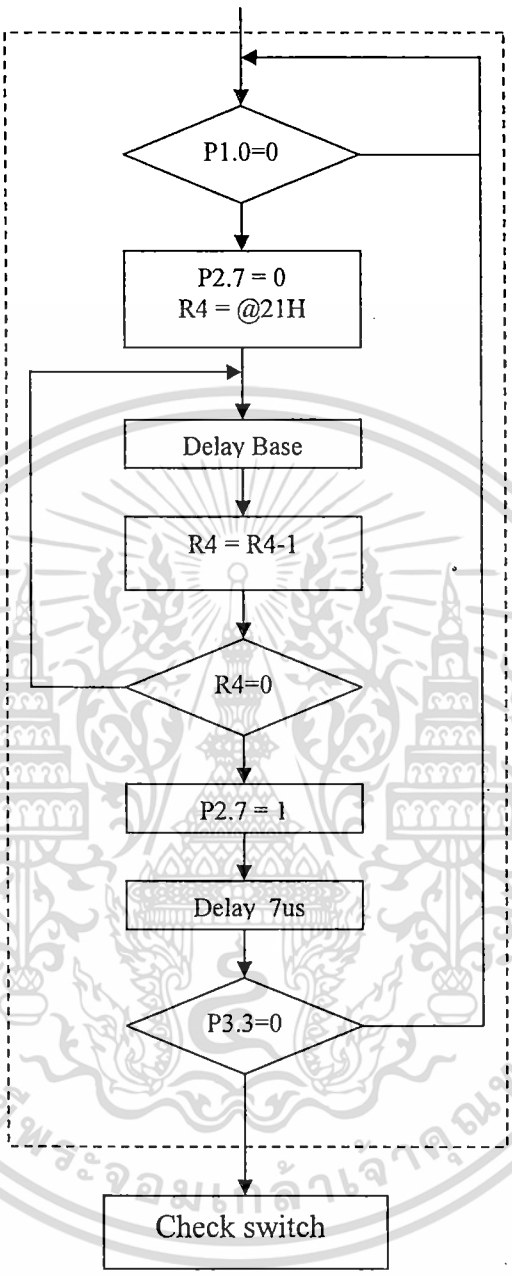
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Step down



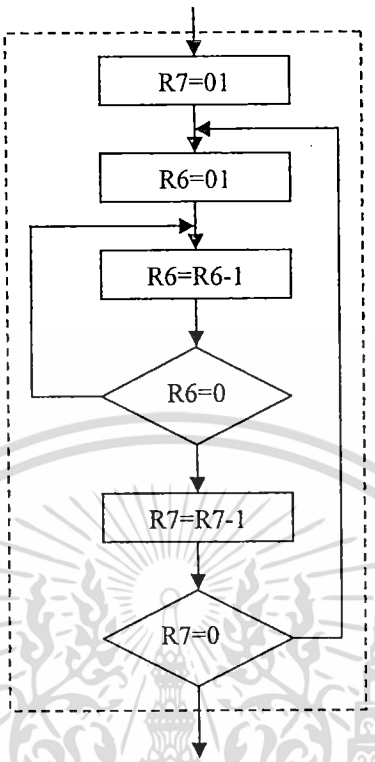
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Output

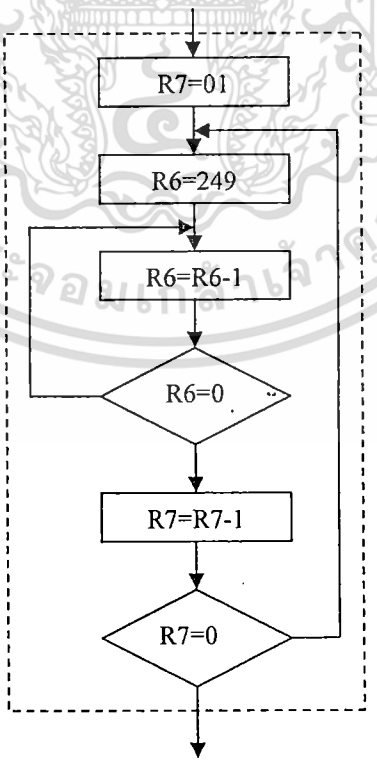


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Delay 7us

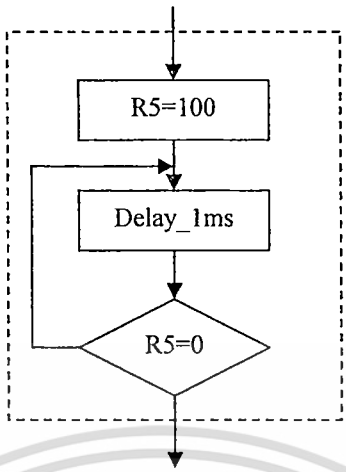


Delay 1ms

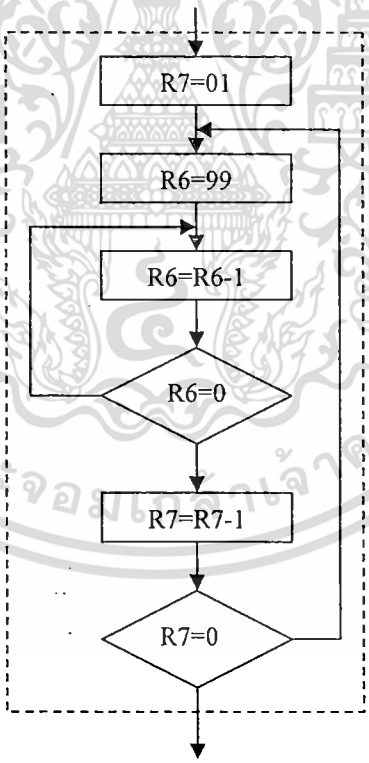


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Delay_100ms



Delay Base



Flowchart แสดงการทำงานของโปรแกรมควบคุมระบบต่าง ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรมที่ใช้ในการควบคุมระบบ

```
/*
                DSP1   EQU  30H
                DSP2   EQU  31H

                ORG   0000H
;*************************************
;;;;;; SET PORT INPUT AND OUTPUT ;;;;;
;*************************************
START:          MOV    P0,#00H
                MOV    P1,#0FFH
                MOV    P2,#00H
                MOV    P3,#0FFH
;*************************************
;;;;;;;;;; PROGRAM STAND BY ;;;;;;;;;;
;*************************************
STAND_BY:       CLR    P0.7
                CLR    P2.7
                MOV    R0,#00
                MOV    R1,#21
;*************************************
;;;;;;;;;; SHOW DISPLAY ;;;;;;;;;;;;;;
;*************************************
DISPLAY:        MOV    DPTR,#DSP
                MOV    A,R0
                ;MOV   P1,R0
                ;MOV   P1,R1
                MOV    B,#10
                DIV    AB
                MOV    DSP2,A
                MOV    DSP1,B
;----------" Show 7Segment1 "--------
                MOV    A,DSP1
                MOVC   A,@A+DPTR
                MOV    P0,A
;--------" End Show 7Segment1 "--------
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
;---------" Show 7Segment2 "---------
                MOV    A,DSP2
                MOVC   A,@A+DPTR
                MOV    P2,A
;-------" End Show 7Segment2 "--------
;*************************************
;;;;;;;;;;;; CHACK SWITCH ;;;;;;;;;;;;;;;
;*************************************
CH_SW:          CLR    P0.7
                CLR    P2.7
                MOV    A,P3
                ACALL  DELAY_100mS
                JNB    P3.0,UP1         ;SWITCH UP
                JNB    P3.1,DW1         ;SWITCH DOWN
                JB     P3.2,CH_SW_1     ;SWITCH ENTER1
                CJNE   R1,#21,OUT1
CH_SW_1:        JB     P3.3,CH_SW       ;SWITCH ENTER2
                CJNE   R1,#21,OUT2
                SJMP   STAND_BY
;*************************************
;;;;;;;;;;;;; STEP UP ;;;;;;;;;;;;;;;;
;*************************************
UP1:            INC    R0
                MOV    20H,R0
                DEC    R1
                MOV    21H,R1
                CJNE   R0,#21,DISPLAY
                AJMP   DW1
;*************************************
;;;;;;;;;;;; STEP DOWN ;;;;;;;;;;;;;;;;
;*************************************
DW1:            DEC    R0
                MOV    20H,R0
                INC    R1
                MOV    21H,R1
                CJNE   R0,#0FFH,DW1_1
                LJMP   STAND_BY
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
DW1_1:          CJNE   R1,#21,DISPLAY
                LJMP   STAND_BY
;***************************************
;;;;;;;;;;;;;; CHANNEL 1 ;;;;;;;;;;;;;;;;
;***************************************
OUT1:           JB     P1.0,OUT1        ;CHECK ZERO CLOSSING
OUTOFF1:        CLR    P0.7
                MOV    R4,21H
OUTOFF1_1:      ACALL  DELAY_Base
                DJNZ   R4,OUTOFF1_1
OUTON1:         SETB   P0.7
                ACALL  DELAY_7uS
                JNB    P3.4,CH_SW       ;SWITCH EXIT
                SJMP   OUT1
;***************************************
;;;;;;;;;;;;;; CHANNEL 2 ;;;;;;;;;;;;;;;;
;***************************************
OUT2:           JB     P1.0,OUT2        ;CHECK ZERO CLOSSING
OUTOFF2:        CLR    P2.7
                MOV    R4,21H
OUTOFF2_1:      ACALL  DELAY_Base
                DJNZ   R4,OUTOFF2_1
OUTON2:         SETB   P2.7
                ACALL  DELAY_7uS
                JNB    P3.4,CH_SW       ;SWITCH EXIT
                SJMP   OUT2
;***************************************
;;;;;;;;;;;;;; DELAY OUTPUT ;;;;;;;;;;;;;;;
;***************************************
DELAY_100mS:    MOV    R5,#100
DELAY_100mS_1:ACALL  DELAY_1mS
                DJNZ   R5,DELAY_100mS_1
                RET
DELAY_1mS:      MOV    R7,#01
DELAY_1mS_1:    MOV    R6,#249
DELAY_1mS_2:    NOP
                NOP
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                DJNZ   R6,DELAY_1mS_2
                DJNZ   R7,DELAY_1mS_1
                RET
DELAY_Base:     MOV    R7,#01
DELAY_Base_1:   MOV    R6,#100
DELAY_Base_2:   NOP
                NOP
                DJNZ   R6,DELAY_Base_2
                DJNZ   R7,DELAY_Base_1
                RET
DELAY_7uS:      MOV    R7,#01
DELAY_7uS_1:    MOV    R6,#01
DELAY_7uS_2:    DJNZ   R6,DELAY_7uS_2
                DJNZ   R7,DELAY_7uS_1
                RET
;***************************************
;;;;;;;;; DATA DISPLAY OUTPUT ;;;;;;;;;;;
;***************************************
DSP: DB  3FH,06H,5BH,4FH,66H,6DH,7DH,07H,7FH,6FH
;***************************************
      END
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การใช้ระบบควบคุมความเข้มแสง(เครื่องที่ออกแบบนี้สามารใช้ควบคุมโหลดได้ไม่เกิน 1200 W)

ตัวอย่างการออกแบบใช้งานเครื่องควบคุมความเข้มแสง

เนื่องจากระบบควบคุมความเข้มแสงที่ออกแบบสามารถควบคุมโหลดได้เพียง 1200W นั่นคือถ้าใช้หลอดไฟขนาด 200 วัตต์ ที่มีประสิทธ์ภาพแสง 14.6 lm / w สามารถใช้ได้ 6 หลอด ถ้าใช้กับโรงเรือนขนาดกว้าง 2 เมตร ยาว 3 เมตร สามารถหาค่าความสามารถของความเข้มในการส่องสว่างได้ดังนี้

ถ้าพื้นที่ในโรงเรือนปิด A = 6 ตารางเมตร

เมื่อ

ประสิทธิภาพแสง = ฟลักซ์แสงจากหลอดไฟ / กำลังไฟฟ้าหลอดไฟ

ฟลักซ์แสงจากหลอดไฟ = ประสิทธิภาพแสง * กำลังไฟฟ้าหลอดไฟ (1)

จากสมการที่ (1) จะได้ค่าของฟลักซ์แสงจากหลอดไฟ 1 หลอด

$$F = (14.6\ lm / w)(200W)$$

$$= 2920\ lm$$

ถ้าหลอดไฟ 6 หลอดค่าของฟลักซ์แสงจะเท่ากับ 2920*6= 17520

จากสมการ

$$E = \frac{F}{A}$$

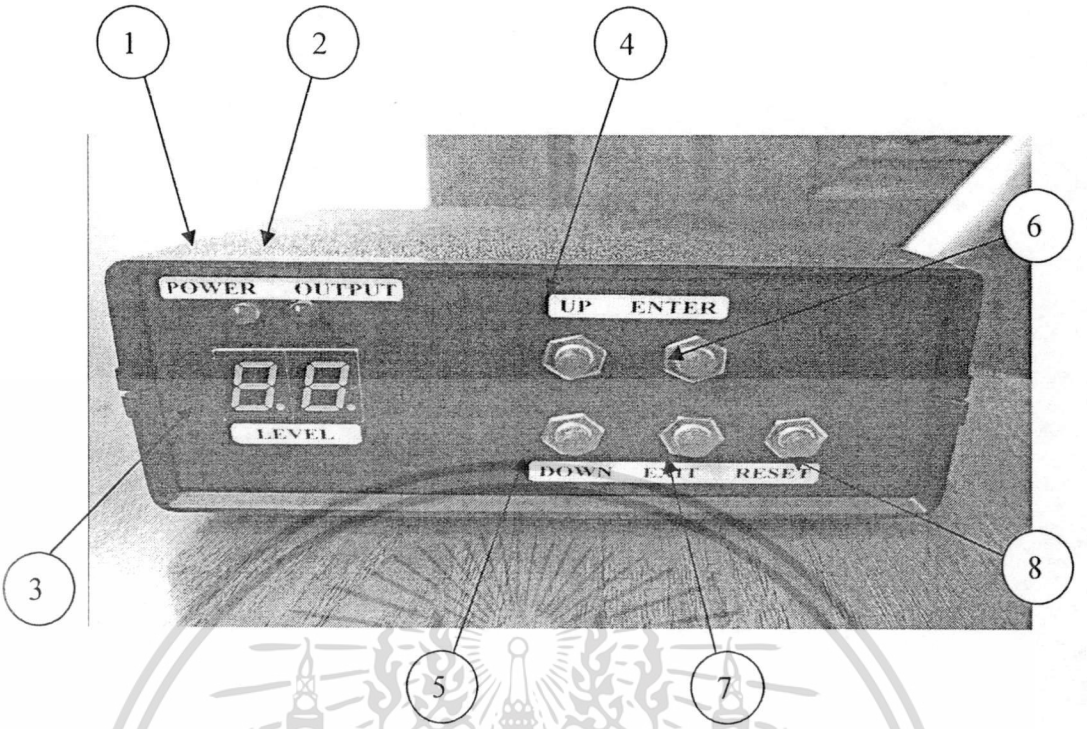
ถ้าระยะทางจากหลอดไฟถึงพื้น 2 เมตร

$$= \frac{17520lm}{2\pi(2)^2}$$

จะได้ค่าความเข้มของการส่องสว่างเฉลี่ย = 698Lux

ระบบที่ออกแบบสามารถปรับระดับความเข้มแสงได้ 20 ระดับ โดยแต่ละระดับจะความความเข้มแสงไป 35 Lux ถ้าต้องการความเข้มแสงสูงกว่านี้สามารถแก้ไขได้โดยการเปลี่ยนไตรแอคให้สามารขับกระแสได้มากกว่านี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ปุ่มแสดงการทำงานของระบบควบคุมความเข้มแสง

ปุ่มแสดงการทำงาน

-หมายเลข 1 LED แสดงสภาวะการทำงานของระบบหรี่ไฟ

-หมายเลข 2 LED แสดงสภาวะการทำงานทางเอาท์พุตของระบบหรี่ไฟ

-หมายเลข 3 Seven segment แสดงระดับการทำงาน

-หมายเลข 4 ปุ่ม Up เพิ่มระดับความสว่างของหลอดไฟ

-หมายเลข 5 ปุ่ม Down ลดระดับความสว่างของหลอดไฟ

-หมายเลข 6 ปุ่ม Enter ปุ่มเลือกใช้งานเอาต์พุต

-หมายเลข 7 ปุ่ม Exit ปุ่มหยุดการทำงานของงานเอาต์พุตชั่วคราว

-หมายเลข 8 ปุ่ม Reset

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรม Keil C ของโครงงาน

```
//********Program Keil C***********//
#include <REGX52.H>
#include <intrins.h> //Keil library (is used
for _nop()_ operation)
#include <math.h> // Keil librart
#include <stdio.h>  // Keil librart
unsigned char dataeep;
//-----------------------------------------//
//***********LCD 16x2 ************//
#define ON 1
#define OFF 0
sbit RS  = P3^7;
sbit ENABLE = P3^6;
sbit D0          = P0^0;
sbit D1          = P0^1;
sbit D2          = P0^2;
sbit D3          = P0^3;
sbit D4          = P0^4;
sbit D5          = P0^5;
sbit D6          = P0^6;
sbit D7          = P0^7;
bdata unsigned char buf;
sbit buf_0 = buf^0;
sbit buf_1 = buf^1;
sbit buf_2 = buf^2;
sbit buf_3 = buf^3;
sbit buf_4 = buf^4;
sbit buf_5 = buf^5;
sbit buf_6 = buf^6;
```

โปรแกรม MCS-51 (ต่อ)

```
sbit buf_7 = buf^7;
sbit sw1 = P1^2;
sbit sw2 = P1^3;
sbit sw3 = P1^4;
sbit out = P1^5;
//-----------------------------------------//
void delay(unsigned int j){ for(j=j;j>=1;j--);
}
void delay1(unsigned int j){ for(j=j;j>=1;j--
); }
//************* end eep***********//
typedef union
{ unsigned int i;
 float f;
} value;
#define ped P3_7
//-----------------------------------------//
enum {TEMP,HUMI};
#define DATA          P1_0
#define SCK     P1_1
#define noACK 0
#define ACK   1
#define STATUS_REG_W 0x06
#define STATUS_REG_R 0x07
#define MEASURE_TEMP 0x03
#define MEASURE_HUMI 0x05
#define RESET       0x1e
#define control P2_2
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรม MCS-51 (ต่อ)

```
float temp_dat,humi_dat;
//-----------------------------------------//
char s_write_byte(unsigned char value)
//-----------------------------------------//
{
 unsigned char i,error=0;
 for (i=0x80;i>0;i/=2)
 { if (i & value) DATA=1;
  else DATA=0;
  SCK=1;
  _nop_();_nop_();_nop_();
  SCK=0;
 }
 DATA=1;
 SCK=1;
 error=DATA;
 SCK=0;
 return error;
}
//-----------------------------------------//
char s_read_byte(unsigned char ack)
 {
 unsigned char i,val=0;
 DATA=1;
 for (i=0x80;i>0;i/=2)
 { SCK=1;
  if (DATA) val=(val | i);
  SCK=0;
 }
```

โปรแกรม MCS-51 (ต่อ)

```
DATA=!ack;
 SCK=1;
 _nop_();_nop_();_nop_();
 SCK=0;
DATA=1;
 return val;
}
//-----------------------------------------//
void s_transstart(void)
{
 DATA=1; SCK=0;
 _nop_();
 SCK=1;
 _nop_();
 DATA=0;
 _nop_();
 SCK=0;
 _nop_();_nop_();_nop_();
 SCK=1;
 _nop_();
 DATA=1;
 _nop_();
 SCK=0;
}
//-----------------------------------------//
void s_connectionreset(void)
{
 unsigned char i;
 DATA=1; SCK=0;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรม MCS-51 (ต่อ)

```
 for(i=0;i<9;i++)
{
 SCK=1;
 SCK=0;
 }
 s_transstart();
}
//-----------------------------------------//
char s_softreset(void)
{
 unsigned char error=0;
 s_connectionreset();
 error+=s_write_byte(RESET);
 return error;
}
//-----------------------------------------//
char s_read_statusreg(unsigned char
*p_value, unsigned char *p_checksum)
{
 unsigned char error=0;
 s_transstart();
 error=s_write_byte(STATUS_REG_R);
 *p_value=s_read_byte(ACK);
 *p_checksum=s_read_byte(noACK);
 return error;
}
//-----------------------------------------//
char s_write_statusreg(unsigned char
*p_value)
```

โปรแกรม MCS-51 (ต่อ)

```
{
unsigned char error=0;
 s_transstart();
 error+=s_write_byte(STATUS_REG_W);
 error+=s_write_byte(*p_value);
 return error;
}
//----------------//
char s_measure(unsigned char *p_value,
unsigned char *p_checksum, unsigned char
mode)
{
 unsigned error=0;
 unsigned int i;
 s_transstart();
 switch(mode){
   case TEMP    :
error+=s_write_byte(MEASURE_TEMP);
break;
   case HUMI    :
error+=s_write_byte(MEASURE_HUMI);
break;
   default     : break;
 }
 for (i=0;i<65535;i++) if(DATA==0) break;
 if(DATA) error+=1;
 *(p_value)  =s_read_byte(ACK);
 *(p_value+1)=s_read_byte(ACK);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรม MCS-51 (ต่อ)

```
*p_checksum =s_read_byte(noACK);  //read
checksum
 return error;
}
//---------//
void calc_sht15(float *p_humidity ,float
*p_temperature)
{ const float C1=-4.0;
 const float C2=+0.0405;
 const float C3=-0.0000028;
 const float T1=+0.01;
 const float T2=+0.00008;
 float rh=*p_humidity;
 float t=*p_temperature;
 float rh_lin;
 float rh_true;
 float t_C;
 t_C=t*0.01 - 40;
 rh_lin=C3*rh*rh + C2*rh + C1;
 rh_true=(t_C-25)*(T1+T2*rh)+rh_lin;
 if(rh_true>100)rh_true=100;
 if(rh_true<0.1)rh_true=0.1;
*p_temperature=t_C;
*p_humidity=rh_true;
 temp_dat=t_C*10;
 humi_dat=rh_true*10;
}
//-----------//
```

โปรแกรม MCS-51 (ต่อ)

```
float calc_dewpoint(float h,float t)
{ float logEx,dew_point;
 logEx=0.66077+7.5*t/(237.3+t)+(log10(h)-
2);
 dew_point = (logEx -
0.66077)*237.3/(0.66077+7.5-logEx);
 return dew_point;
}
//-----------//
void main_check()
{ value humi_val,temp_val;
 float dew_point;
 unsigned char error,checksum;
 s_connectionreset();
 error=0;
  error+=s_measure((unsigned char*)
&humi_val.i,&checksum,HUMI);
  error+=s_measure((unsigned char*)
&temp_val.i,&checksum,TEMP);
  if(error!=0) s_connectionreset();
  else
  { humi_val.f=(float)humi_val.i;
    temp_val.f=(float)temp_val.i;
     calc_sht15(&humi_val.f,&temp_val.f);
dew_point=calc_dewpoint(humi_val.f,temp_
val.f);
printf("%5.1fT\t%5.1fH\n",temp_val.f,humi
_val.f);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรม MCS-51 (ต่อ)

```
}
}
//********** lcd display*********//
void hi(void) { D4=buf_4; D5=buf_5;
D6=buf_6; D7=buf_7; }
void low(void){ D4=buf_0; D5=buf_1;
D6=buf_2; D7=buf_3; }
void write_command(unsigned char dat)
{
        buf=dat;
        hi();
        RS=0;
        delay(5);
        ENABLE=1;
        delay(10);
        ENABLE=0;
        delay(10);
        low();
        ENABLE=1;
        delay(10);
        ENABLE=0;
        delay(10);
}
void write_data(unsigned char dat)
{
        buf=dat;
        hi();
        RS=1;
```

โปรแกรม MCS-51 (ต่อ)

```
        delay(5);
)
ENABLE=1;
        delay(10);
        ENABLE=0;
        delay(10);
        low();
        ENABLE=1;
        delay(10);
        ENABLE=0;
        delay(10);
}
void write_line1(void) {
write_command(0x80); }
void write_line2(void) {
write_command(0xc0); }
void print_lcd2(unsigned char dat[])
{       unsigned char count=0x00;
        char *string_ptr=dat;
        write_line2();
        while(*string_ptr != 0x00)
        {
        write_data(*string_ptr);
                count++;
                string_ptr++;
        }
}
void print_lcd1(unsigned char dat[])
{  unsigned char count=0x00;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรม MCS-51 (ต่อ)

```
char *string_ptr=dat;
        write_line1();

while(*string_ptr != 0x00)
{
        write_data(*string_ptr);
        count++;
        string_ptr++;
        }
}
void initial_lcd(void)
{
RS=0; D7=0; D6=0; D5=1; D4=1;
delay(10); ENABLE=1; delay(100);
ENABLE=0; delay(5000);
RS=0; D7=0; D6=0; D5=1; D4=1;
delay(10); ENABLE=1; delay(100);
ENABLE=0; delay(1000);
RS=0; D7=0; D6=0; D5=1; D4=1;
delay(10); ENABLE=1; delay(100);
ENABLE=0; delay(1000);
RS=0; D7=0; D6=0; D5=1; D4=0;
delay(10); ENABLE=1; delay(100);
ENABLE=0; delay(1000);
RS=0; D7=0; D6=0; D5=1; D4=0;
delay(10); ENABLE=1; delay(100);
ENABLE=0; delay(1000);
```

โปรแกรม MCS-51 (ต่อ)

```
RS=0; D7=1; D6=0; D5=0; D4=0;
delay(10); ENABLE=1; delay(100);
ENABLE=0; delay(1000);
RS=0; D7=0; D6=0; D5=0; D4=0;
delay(10); ENABLE=1; delay(100);
ENABLE=0; delay(1000);
RS=0; D7=1; D6=1; D5=0; D4=0;
delay(10); ENABLE=1; delay(100);
ENABLE=0; delay(1000);
RS=0; D7=0; D6=0; D5=0; D4=0;
delay(10); ENABLE=1; delay(100);
ENABLE=0; delay(1000);
RS=0; D7=0; D6=1; D5=1; D4=0;
delay(10); ENABLE=1; delay(100);
ENABLE=0; delay(1000);
RS=0; D7=0; D6=0; D5=0; D4=0;
delay(10); ENABLE=1; delay(100);
ENABLE=0; delay(1000);
RS=0; D7=0; D6=0; D5=0; D4=1;
delay(10); ENABLE=1; delay(100);
ENABLE=0; delay(1000);
RS=1;
}
//---------------------------//
code unsigned char
patt_c[16]={'0','1','2','3','4','5','6','7','8','9','A','
B','C','D','E','F' };
void print_dat(unsigned int dat)
{
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรม MCS-51 (ต่อ)

```
if(dat < 10){ printf("%c",patt_c[dat%10]); }
else if(dat < 100){
printf("%c%c",patt_c[(dat/10)%10],patt_c[d
at%10]); }
else if(dat < 1000){
printf("%c%c%c",patt_c[(dat/100)%10],patt
_c[(dat/10)%10],patt_c[dat%10]); }
else if(dat < 10000){
printf("%c%c%c%c",patt_c[(dat/1000)%10],
patt_c[(dat/100)%10],patt_c[(dat/10)%10],p
att_c[dat%10]); }
else{
printf("%c%c%c%c%c",patt_c[(dat/10000)
%10],patt_c[(dat/1000)%10],patt_c[(dat/100
)%10],patt_c[(dat/10)%10],patt_c[dat%10]);
}
}
void print_data (unsigned char add,dat)
{
write_command(add);
write_data(patt_c[(dat/10)%10]);
add++;
write_command(add);
write_data(patt_c[dat%10]);
}
void print_data2 (unsigned char add,dat)
{
write_command(add);
```

โปรแกรม MCS-51 (ต่อ)

```
write_data(patt_c[dat%10]);
}
//**************end lcd***********//
 unsigned char humi_set,temp_set;
void main()
{
   SCON=0x52;
        TMOD=0x22;
        TH1=0xfd;
   TL1=0xfd;
        TR1=1;
        EA=1;
        printf("hollo  program C \n");
   printf("\n hello");
        delay(65000);
  ENABLE =0;
        delay(65000);
        delay1(65000);
        initial_lcd();
        write_command(0x80);
        print_lcd1("Project");
   delay1(650000);
        print_lcd2("Temp and Humi");
   initial_lcd();
        ped=0;
   delay(80000);
        ped=1;
        print_lcd1("Temp    C       ");
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรม MCS-51 (ต่อ)

```
print_lcd2("Humi   %      ");
          temp_set=30;
          humi_set=91;

 while (1)
  {
 main_check();
 //-----------------------------------------//
  print_data(133,(temp_dat/10));
   print_data(197,(humi_dat/10));
 //-----------------------------------------//
 if (sw1==0) {
  if(sw2==0){humi_set--;}
 if(sw3==0){humi_set++;}
   } else{  if(sw2==0){temp_set--;}
 if(sw3==0){temp_set++;}
  }
  print_data(139,(temp_set));
  print_data(203,(humi_set));
  while(sw2==0);
  while(sw3==0);
  if((humi_dat/10)<humi_set){out=1;}
  if((humi_dat/10)>humi_set){out=0;}
    }
   }
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้