การศึกษาการหาขนาดของพืชหัวโดยใช้ความต่างศักย์ไฟฟ้า
A STUDY ON THE DETERMINATION OF ROOT CROP SIZE BY USING ELECTRICAL POTENTIAL

นางสาวจรรญา สุริวงศ์
นายชยากรณ์ เหรียญทองชัย
นายปฏิภาน ทาแก้ว

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิศวกรรมเกษตร
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2559

การศึกษาการหาขนาดของพืชหัวโดยใช้ความต่างศักย์ไฟฟ้า
A STUDY ON THE DETERMINATION OF ROOT CROP SIZE BY USING ELECTRICAL POTENTIAL

นางสาวจรรญา สุริวงศ์
นายชยากรณ์ เหรียญทองชัย
นายปฏิภาน ทาแก้ว

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิศวกรรมเกษตร
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2559

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

A STUDY ON THE DETERMINATION OF ROOT CROP SIZE BY USING ELECTRICAL POTENTIAL

Ms.Janya Suriwong

Mr.Chayakorn Reanthongchai

Mr.Patiparn Takeaw

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
BACHELOR OF ENGINEERING IN AGRICULTURAL ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
ACADEMIC YEAR 2016

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2559
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองปริญญานิพนธ์

.....

หัวข้อปริญญานิพนธ์ การศึกษาการหาขนาดของพืชหัวโดยใช้ความต่างศักย์ไฟฟ้า
A STUDY ON THE DETERMINATION OF ROOT CROP SIZE BY USING ELECTRICAL POTENTIAL

นักศึกษาผู้จัดทำ นางสาวจรรญา สุริวงศ์ รหัสนักศึกษา 56010141
นายชยากรณ์ เหรียญทองชัย รหัสนักศึกษา 56010260
นายปฏิภาน ทาแก้ว รหัสนักศึกษา 56010709

ปริญญา วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (วิศวกรรมเกษตร)

หลักสูตร วิศวกรรมเกษตร

สาขาวิชา วิศวกรรมเครื่องกล

ปีการศึกษา 2559

อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญานิพนธ์	ลายมือชื่อ
ผศ.ดร.ทรงวุฒิ แสงจันทร์	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์ การศึกษาการหาขนาดของพืชหัวโดยใช้ความต่างศักย์ไฟฟ้า
นักศึกษาผู้จัดทำ นางสาวจรรญา สุริวงศ์ 56010141
นายชยากรณ์ เหรียญทองชัย 56010260
นายปฏิภาน ทาแก้ว 56010709
อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร.ทรงวุฒิ แสงจันทร์

ปีการศึกษา 2559

บทคัดย่อ

โครงงานการมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาหาความยาวของพืชหัวโดยไม่ต้องนำขึ้นมาจากดินโดยใช้ความสัมพันธ์ของความต่างศักย์ไฟฟ้ากับระยะทางของพืชที่ลึกลงไป โดยใช้วิธีเก็บข้อมูลของความยาวกับค่าความต่างศักย์ของแต่ละระยะพืชที่ลึกลงไปโดยใช้แท่ง electrod 4 แท่งฝังลงในดินห่างกัน 5 เซนติเมตร โดย 2 แท่งที่อยู่ด้านนอกจะเป็นแท่งส่งกระแสไฟและแท่งคู่ในจะเป็นแท่งวัดความต่างศักย์ โดยทั้ง 4 แท่งจะต่อขนานกับความต้านทานที่ต่อไว้เพื่อแบ่งแรงดันไฟฟ้า และอ่านค่าด้วย multimeter จากข้อมูลของความสัมพันธ์ดังกล่าวนำมาหาสมการทางคณิตศาสตร์เพื่อให้ได้ความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์ไฟฟ้ากับความลึก แล้วนำสมการที่ได้ไปเข้าโปรแกรมเพื่อเขียนโค้ดลง arduino Mega 2560 รับค่าที่ Pin analogA1 โดยอ่านได้จาก Voltage sensor ที่ใส่แทน multimeter จากผลการทดลองพบว่าค่าความยาวจะแปรผกผันกับความต่างศักย์ไฟฟ้า โดยแสดงเป็นกราฟเส้นตรงแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์ไฟฟ้ากับระยะยาวของพืชหัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	A STUDY ON THE DETERMINATION OF ROOT CROP SIZE BY USING ELECTRICAL POTENTIAL

Authors	Ms.Janya Suriwong	56010141
	Mr.chayakorn Reanthongchai	56010260
	Mr.Patiparn Takeaw	56010709

Thesis Advisor	Asst.Prof.Dr.Songvoot Sangchan
Year	2016

Abstract

This objective of this project was to determine the length of crop without bringing up from the ground. By using relationship of electrical potential different and length of a crop under the ground by collecting data , start from sending a electric current through 4 electrode rods to measure electrical potential current between each rod, the distance between is 5 centimeter , the two outer rods will send electric current while we can measure electrical potential different from two inner rods by multi-meter. After collecting data, we use the relationship to make an equation and put in program name arduino mega 2560 to calculate the length of root crop by receiving electrical potential different from the inner rods while using voltage sensor instead of multi-meter. From experiment, we found that that the length the roof crop will inversely to electrical potential different and the show line relationship graph between electrical potential different and the length the root crop.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์เรื่อง การศึกษาการหาขนาดของพืชหัวโดยใช้ความต่างศักย์ไฟฟ้า สำเร็จไปได้ด้วยดีทั้งนี้ด้วย ความอนุเคราะห์จากอาจารย์หลายท่าน

คณะผู้จัดทำขอกราบขอบพระคุณ อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร.ทรงวุฒิ แสงจันทร์ และคณาจารย์หลายท่านในสาขาวิศวกรรมเกษตร รวมทั้งเจ้าหน้าที่ฝ่ายเทคนิค

สุดท้ายนี้คณะผู้จัดทำขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา ที่ให้กำลังใจและสนับสนุนกำลังทรัพย์ในการทำปริญญานิพนธ์จนสำเร็จได้ด้วยดี จึงขอกราบขอบพระคุณไว้ ณ โอกาสนี้

นางสาวจรรญา สุริวงศ์
นายชยากรณ์ เหรียญทองชัย
นายปฏิภาน ทาแก้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	IV
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	V
กิตติกรรมประกาศ	VI
สารบัญ	VII
สารบัญภาพ	X
สารบัญตาราง	XIII
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์	1
1.3 ขอบเขตการศึกษา	1
1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ	1
บทที่ 2 หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	2
2.1 พืชหัว	2
หัวไชเท้า	3
2.2 การวัดค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าของดิน	6
2.3 ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller)	8
2.4 Arduino Mega 2560	10
2.5 ภาษาที่ใช้ในการเขียนโปรแกรมและคำสั่งที่ต้องการศึกษา	11
2.6 อุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้างอุปกรณ์	11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

2.6.1 แท่งเหล็กสำหรับเจาะดิน 11

2.6.2 สายไฟปากครีบ 12

2.6.3 โฟโต้บอร์ด 12

2.6.4 Arduino Standard Voltage Sensor Module 13

2.6.5 ตัวต้านทานแบบหมุนแกน(Potentiometer) 13

2.6.6 Power supply 12V 5A 14

บทที่ 3 วิธีและขั้นตอนการดำเนินการ 15

3.1 องค์ประกอบของระบบ 15

3.1.1 ออกแบบด้วยระบบส่งกระแสไฟฟ้าไปที่ตัวกลางที่เป็นดินที่ควบคุมด้วยไมโครคอนโทรเลอร์ 15

3.1.1.1 ส่วนฮาร์ดแวร์ 15

3.1.1.2 ส่วนซอฟต์แวร์ 16

3.1.2 ออกแบบด้วยระบบความแตกต่างของความต้านทานไฟฟ้าของวัตถุ 17

3.1.2.1 ส่วนฮาร์ดแวร์ 17

3.2 แหล่งจ่ายกระแสลงดิน 18

3.3 ส่วนควบคุม 18

3.4 ส่วนแสดงผล 19

3.5 ส่วนจ่ายกระแสลงดินและวัดแรงดันจากดิน 19

3.6 ส่วนการวัดค่ากระแสที่ส่งลงดินและแรงดันจากดิน 19

3.6.1 ส่วนซอฟแวร์ 21

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

บทที่ 4 การทดสอบและผลการทดลอง 22

บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง 29

5.1 สรุปผลการทดลอง 29

5.2 ปัญหาที่พบ 30

5.3 แนวทางการพัฒนา 30

บรรณานุกรม 31

ภาคผนวก 33

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

หน้า

รูปที่ 2.1 : หัวไชเท้า 4

รูปที่ 2.2 : การวัดค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าแบบ WENNER 6

รูปที่ 2.3 : ความสัมพันธ์ระหว่างค่าสภาพต้านทานไฟฟ้ากับดินกับระยะระหว่างแท่งดินที่ใช้ในการวัด 7

รูปที่ 2.4 : รูปแบบการวัดแบบ SCHLUMBERGER-PALMER 7

รูปที่ 2.5 : Arduino Mega 2560 10

รูปที่ 2.6 : แท่งเหล็กสำหรับเจาะดิน 11

รูปที่ 2.7 : สายไฟปากครีบ 12

รูปที่ 2.8 : โฟโตบอร์ด 12

รูปที่ 2.9 : Arduino Standard Voltage Sensor Module 13

รูปที่ 2.10 : ตัวต้านทานปรับค่าได้แบบหมุนแกน 13

รูปที่ 2.11 : Power supply 12V 5A 14

รูปที่ 3.1 : ระบบการส่งกระแสไฟฟ้า 15

รูปที่ 3.2 : องค์ประกอบของระบบวัดความต่างศักย์ไฟฟ้า 17

รูปที่ 3.3 : ส่วนวัดความต่างศักย์ไฟฟ้าของดิน 17

รูปที่ 3.4 การเชื่อมต่อ LCD กับบอร์ดarduino Mega2560 19

รูปที่ 3.5 : วงจรที่ส่งกระแสลงดิน 20

รูปที่ 3.6 : แผนผังการทำงานของโปรแกรม 21

รูปที่ 4.1 : รูปภาพขณะทำการทดสอบ 22

รูปที่ 4.2 : รูปภาพขณะทำการทดสอบ 22

รูปที่4.3 : แสดงโค๊ดทั้งหมดของโปรแกรม 23

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ(ต่อ)

หน้า

รูปที่4.4 : ความสัมพันธ์ระหว่างความยาวของพืชหัวจริงกับความยาวที่ได้จากเครื่องของหัวไชเท้าหัวที่ 1 24

รูปที่4.5 : ความสัมพันธ์ระหว่างความยาวของพืชหัวจริงกับความยาวที่ได้จากเครื่องของหัวไชเท้าหัวที่ 2 24

รูปที่4.6 : ความสัมพันธ์ระหว่างความยาวของพืชหัวจริงกับความยาวที่ได้จากเครื่องของหัวไชเท้าหัวที่ 3 25

รูปที่4.7: กราฟเฉลี่ยความสัมพันธ์ระหว่างความยาวของพืชหัวจริงกับความยาวที่ได้จากเครื่องของหัวไชเท้าทั้งหมด 25

รูปที่4.8: ความสัมพันธ์ระหว่างความยาวของพืชหัวจริงกับความยาวที่ได้จากเครื่องของแครอทหัวที่ 1 26

รูปที่4.9: ความสัมพันธ์ระหว่างความยาวของพืชหัวจริงกับความยาวที่ได้จากเครื่องของแครอทหัวที่ 2 26

รูปที่4.10: ความสัมพันธ์ระหว่างความยาวของพืชหัวจริงกับความยาวที่ได้จากเครื่องของแครอทหัวที่ 3 27

รูปที่4.11: ค่าเฉลี่ยความสัมพันธ์ระหว่างความยาวของพืชหัวจริงกับความยาวที่ได้จากเครื่องของแครอททั้งหมด 27

รูปที่ 5.1: กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความยาวจริงของพืชหัวกับความยาวที่วัดจากไมโครคอนโทรลเลอร์ 29

รูปที่ ค.1: รูปขณะปลูกหัวไชเท้า 57

รูปที่ ค.2: รูปขณะปลูกหัวไชเท้า 57

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ(ต่อ)

หน้า

รูปที่ ค.3 : หัวไชเท้า 58

รูปที่ ค.4 : หัวไชเท้า 58

รูปที่ ค.5 : หัวไชเท้า 59

รูปที่ ค.6 : หัวไชเท้าที่นำมาทดสอบพร้อมทั้งขีดสเกลบอกความยาว 59

รูปที่ ค.7 : รูปขณะทำการทดสอบ 60

รูปที่ ค.8 : อุปกรณ์หาความยาวของพืชหัว 60

รูปที่ ค.9 : รูปขณะทำการทดสอบ 61

รูปที่ ค.10 : อุปกรณ์หาความยาวของพืชหัว 61

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1ก. 33

ตารางที่ 2ก. 39

ตารางที่ 3ก. 40

ตารางที่ 4ก. 47

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

ที่มาและความสำคัญ

พืชหัว คือ พืชที่มีรากหรือลำต้นใต้ดิน ที่ใช้สะสมอาหาร เพื่อการงอกและการเจริญเติบโตเป็นต้นใหม่ มีลักษณะเป็นหัวอยู่ใต้ดิน รูปร่างต่างๆ เช่น กลม กลมรี กลมยาว หรือรูปร่างไม่แน่นอน โดยอาหารที่พืชสะสมในรูปของเม็ดสตาร์ช (starch granule) เป็นสารอาหารประเภทสตาร์ช (starch) ซึ่งเป็นคาร์โบไฮเดรตมีปริมาณของโปรตีนและไขมันต่ำมาก เป็นวัตถุดิบสำคัญในการผลิตแป้ง (flour) และสตาร์ช (starch)

ปัจจุบันเกษตรกรที่ปลูกพืชหัวจะทราบระยะเวลาการเก็บเกี่ยวของพืชหัวชนิดนั้น เช่น หัวไชเท้า มีระยะเวลาการเก็บเกี่ยวในช่วง 20-35 วัน และมีเส้นผ่านศูนย์กลางอยู่ระหว่าง 3.8 – 7 เซนติเมตร ซึ่งจะเห็นว่าแต่ละช่วงวันที่เก็บผลผลิตมีขนาดของพืชหัวที่แตกต่างกันไป ดังนั้นทางโครงงานนี้จึงมีแนวคิดที่จะออกแบบสร้างอุปกรณ์ที่จะสามารถทราบขนาดของพืชหัวที่เหมาะสมตามที่เกษตรกรต้องการในช่วงเวลาการเก็บเกี่ยว ซึ่งจะทำให้ได้ผลผลิตของพืชหัวที่มีขนาดตามที่ตลาดต้องการมากที่สุด

วัตถุประสงค์

โครงงานนี้ได้ทำการศึกษาหาขนาดของพืชหัวซึ่งมีลำต้นอยู่ใต้ดิน เพื่อทราบขนาดที่เหมาะสมที่จะทำการเก็บเกี่ยวผลผลิตโดยมีวัตถุประสงค์หลักของโครงงานดังต่อไปนี้

1.ศึกษาลักษณะของพืชหัวชนิดต่างๆ

2.ออกแบบและสร้างอุปกรณ์วัดขนาดของพืชหัวโดยใช้ความต่างศักย์ไฟฟ้า

ขอบเขตการศึกษา

1.ใช้พืชหัวทำการทดลอง 2 ชนิด ได้แก่ หัวไชเท้าและแครอท

2.ออกแบบและสร้างอุปกรณ์วัดขนาดของพืชหัวโดยใช้ความต่างศักย์ทางไฟฟ้า

3.ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ควบคุมและประมวลผลแสดงขนาดของพืชหัวทางหน้าจอ

ผลที่คาดว่าจะได้รับ

อุปกรณ์วัดขนาดของพืชหัวโดยใช้ความต่างศักย์ไฟฟ้าซึ่งจะใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาอุปกรณ์วัดขนาดของพืชหัวด้วยวิธีอื่นๆต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 พืชหัว

พืชหัว คือ พืชที่มีรากหรือลำต้นใต้ดิน ที่ใช้สะสมอาหาร เพื่อการงอกและการเจริญเติบโตเป็นต้นใหม่ มีลักษณะเป็นหัวอยู่ใต้ดิน รูปร่างต่างๆ เช่น กลม กลมรี กลมยาว หรือรูปร่างไม่แน่นอน โดยอาหารที่พืชสะสมในรูปของเม็ดสตาร์ช (starch granule) เป็นสารอาหารประเภทสตาร์ช (starch) ซึ่งเป็นคาร์โบไฮเดรตมีปริมาณของโปรตีนและไขมันต่ำมาก เป็นวัตถุดิบสำคัญในการผลิตแป้ง (flour) และสตาร์ช (starch)

คำว่า "หัว" หมายถึง ส่วนของต้นพืชที่มีลักษณะกลมหรือค่อนข้างกลม ซึ่งมีความหมายในภาษาอังกฤษได้หลายคำ อาจหมายความถึง หัวที่เกิดจากกาบใบ (bulb) หัวที่เกิดจากต้น (tuber) หัวที่เกิดจากเหง้า (corm) และหัวที่เกิดจากราก (fleshy root) ก็ได้

1. หัวที่เกิดจากกาบใบ (bulb) เป็นหัวของพืชใบเลี้ยงเดี่ยวที่เกิดจากกาบใบห่อหุ้มกันเป็นก้อน หัวที่เกิดจากกาบใบที่ ได้แก่ หอมแดง หอมหัวใหญ่ ใช้รับประทานเป็นผักและเป็นพืชสมุนไพร (herb) เกิดจากกาบใบอัดตัวกันเป็นชั้นด้าน นอกจะมีลักษณะเป็นเยื่อบางๆ และแห้ง (tunic) ส่วนกาบใบชั้นในจะหนาและอวบน้ำ (fleshy) การจัดเรียงชั้นของกาบใบเรียงเป็นรูปก้นหอย เรียกหัวพวกนี้ว่า "หัวชั้น" (layer bulb) เป็นส่วนที่เก็บสะสมอาหาร และเป็นที่ให้กำเนิดราก ลักษณะโดยทั่วไปของหัวที่เกิดจากกาบใบ

2. หัวที่เกิดจากเหง้า เหง้า คือ ลำต้นของพืชใบเลี้ยงเดี่ยวชนิดหนึ่งที่อัดตัวกันแน่นเป็นก้อนกลม ซึ่งเรียกลำต้นลักษณะนี้ว่า เหง้า (แต่มักจะเรียกทั่วๆ ไปว่า หัวมากกว่าเหง้า) พืชที่มีลักษณะลำต้นเป็นเหง้า ซึ่งสามารถเลี้ยงดูให้เจริญงอกงามได้ มีอยู่ในบ้านเราเพียงชนิดเดียว คือ ซ่อนกลิ่นฝรั่ง (gladiolus)

3. หัวที่เกิดจากต้น หัวที่เกิดจากต้น คือ หัวที่เกิดจากการที่ต้นเกิดการสะสมอาหาร และอัดตัวแน่นเป็นก้อนหรือเป็นแท่ง ซึ่งอาจเป็นหัวที่เกิดขึ้นใต้ผิวดิน เช่น หัวมันฝรั่ง และหัวเผือก

4. หัวที่เกิดจากราก หัวที่เกิดจากราก คือ การที่รากของพืชไม้เนื้ออ่อนอายุยืนบางชนิด เกิดการสะสมอาหารขึ้นที่ราก ซึ่งลักษณะรูปร่างของรากที่สะสมอาหารนี้ อาจแตกต่างกันไปแล้วแต่ชนิดของพืช อย่างไรก็ตามยังคงมีลักษณะทั้งภายใน และภายนอก เช่นเดียวกับราก คือ ไม่มีข้อและปล้อง แต่อาจมีตาอยู่ตรงส่วนที่เป็นต้นติดกับราก ส่วนรากฝอยจะเกิดอยู่ทางด้านปลายราก หัวท้ายของรากเป็นไปในลักษณะตรงกันข้ามกับหัวท้ายของต้น

คุณค่าทางโภชนาการ

พืชหัว เป็นพืชที่ให้พลังงาน และพลังงานเกือบทั้งหมดได้จากสารอาหารคาร์โบไฮเดรต ทั้งนี้เพราะพืชหัวมีปริมาณของโปรตีนและไขมันต่ำมาก เมื่อเทียบกับอาหารหลักชนิดอื่น ๆ

พลังงาน พืชหัวให้ปริมาณพลังงานประมาณ 80-130 kcalories/100 กรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรตีน เมื่อเทียบกับถั่วธัญชาด พืชหัวมีปริมาณโปรตีนต่ำที่สุด มีปริมาณโปรตีนร้อยละ 1-2 โดยเฉพาะในหัวมันสำปะหลัง ซึ่งปริมาณโปรตีนมากที่สุด

ไขมัน พืชหัวทุกชนิดมีปริมาณไขมันต่ำมาก ปริมาณเฉลี่ยแต่ละพันธุ์ไม่แตกต่างกันมากมีตั้งแต่ร้อยละ 0.1-0.8 กรัม

คาร์โบไฮเดรต พืชหัวได้ชื่อว่าเป็นแหล่งของคาร์โบไฮเดรต เพราะในพืชหัวมีคาร์โบไฮเดรตเป็นองค์ประกอบหลัก ซึ่งจะรวมสตาร์ช น้ำตาล และ Dietary fiber หรือ ใยอาหาร ในพืชหัวอยู่ระหว่าง ร้อยละ 18-31 กรัม

เกลือแร่ เกลือแร่ที่สำคัญในพืชหัวคือแคลเซียมออกซาเลต ซึ่งอยู่ในรูปของผลึกไม่ละลายน้ำ มีฤทธิ์ทำให้ระคายเคืองจนถึงทำให้เกิดอาการแพ้บวม ส่วนออกซาเลตที่ละลายน้ำได้ รวมทั้งกรดออกซาลิคจะจับกับแคลเซียมในพืชหัว

วิตามิน ในพืชหัวไม่มีวิตามินในชนิดใดสูง ยกเว้น วิตามินซี

พืชที่มีรากหรือลำต้นใต้ดิน ที่ใช้สะสมอาหาร เพื่อการงอกและการเจริญเติบโตเป็นต้นใหม่ มีลักษณะเป็นหัวอยู่ใต้ดิน รูปร่างต่างๆ เช่น กลม กลมรี กลมยาว หรือรูปร่างไม่แน่นอน อาทิเช่น ไชเท้า แครอท เป็นต้น

หัวไชเท้า หรือ **หัวผักกาดขาว** จัดเป็นพืชผักประเภทให้หัวหรือรากที่นิยมใช้ประกอบอาหารจำพวกแกงต้มต่างๆ โดยเฉพาะแกงจืด นอกจากนั้น ยังนิยมนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์หัวไชเท้าดองเค็ม รวมถึงใช้สกัดสารสำหรับทำยา และเป็นส่วนผสมของเครื่องสำอางเพื่อผิวขาว

ชื่อวิทยาศาสตร์ : Raphanus sativus L.
วงศ์ : Brassicaceae (Cruciferae)
ชื่อสามัญ : Chinese radish
ชื่อท้องถิ่น : หัวไชเท้า, ผักกาดหัว, ผักกาดหัวจีน, ไช้โป๊ว

พืชในตระกูลผักกาดมีประมาณ 51 สกุล 218 ชนิด และมีชนิดพันธุ์มากกว่า 300 ชนิด มีถิ่นกำเนิดทางทิศตะวันออกของชายฝั่งทะเลเมดิเตอร์เรเนียน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวไชเท้า/ผักกาดหัว แบ่งเป็น 2 กลุ่ม คือ

2.2.1. กลุ่มยุโรป (Radish) นิยมปลูกและบริโภคในเขตอบอุ่น เช่น ยุโรป อเมริกา ต้องการอากาศเย็นในการเจริญของราก ประมาณ 15°C มีช่วงการเก็บเกี่ยวสั้น 20-25 วัน ส่วนของรากมีขนาดเล็ก สีแดงเข้ม บางชนิดมีสีดำ แต่เนื้อภายในจะมีสีขาวหรือสีแดง

2.2.2. กลุ่มเอเชีย (Chinese Radish หรือ Japanese Radish) ปลูกมากแถบเอเชีย ส่วนของรากมีขนาดใหญ่ รูปร่างแบบกลมและยาว ขึ้นอยู่กับพันธุ์ ปกติผิวของรากมีสีขาว แต่บางพันธุ์อาจมีสีแดงเนื้อภายในมีสีขาว อายุการเก็บเกี่ยวยาวกว่ากลุ่มแรกคือพันธุ์เบาประมาณ 40-50 วัน และพันธุ์หนักประมาณ 60-70 วัน สามารถแยกเป็น 2 ชนิด คือ

– พันธุ์แบบญี่ปุ่น (Japanese Type) ลักษณะเด่น คือ ขอบใบมีลักษณะหยักลึก มีจำนวนใบมากน้อยขึ้นอยู่กับพันธุ์ มีอายุทั้งสองปี และปีเดียว ส่วนใหญ่เป็นพันธุ์หนักหรือปานกลาง

-พันธุ์แบบจีน (Chinese Type) ลักษณะเด่น คือ ขอบใบเรียบ ไม่มีรอยหยัก ส่วนใหญ่เป็นพันธุ์เบา และมีอายุปีเดียว

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

<u>ราก และหัว</u>

รากหรือหัวไชเท้ามีลักษณะทรงกลมรูปทรงกระบอก หรือ รูปกรวยยาว หรือรูปทรงอื่นๆ ตามสายพันธุ์ หัวมีสีขาวจนถึงสีแดง เป็นส่วนที่นำมาประกอบอาหาร ส่วนปลายของรากหรือหัวมีรากฝอยขนาดเล็กแทงดิ่งลงด้านล่าง

รูปที่ 2.1 : หัวไชเท้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลำต้น

ลำต้นหัวไชเท้ามีขนาดสั้น กลม และเป็นข้อสั้น ไม่มีกิ่งก้าน แทงออกบริเวณตรงกลางหรือรากของหัวไชเท้า

ใบ

ใบหัวไชเท้า เป็นใบเดี่ยว แทงออกบริเวณข้อของลำต้น มีทั้งชนิดที่ขอบใบเรียบ และขอบใบเว้าลึก

ดอก

ดอกหัวไชเท้า เป็นดอกสมบูรณ์เพศ เจริญออกจากกลางลำต้น มีก้านดอกยาว 50-100 ซม. ดอกมีสีขาวหรือขาวอมม่วง ประกอบด้วยกลีบเลี้ยง 5 อัน เรียงตัวเป็น 2 ชั้น ส่วนกลีบดอกมี 5 อัน มีต่อน้ำหวานที่ฐานกลีบภายในดอกมีเกสรตัวผู้ 6 อัน และเกสรตัวเมีย 1 อัน ดอกบานในช่วงเช้า

ฝัก และเมล็ด

ฝักของหัวไชเท้า ยาวประมาณ 2-6 ซม. มีสีเขียวเข้ม ฝักจะแก่จากด้านล่างขึ้นด้านบน เมื่อฝักแก่จะมีสีน้ำตาลเทา เนื้อฝักค่อนข้างแข็ง ไม่มีรอยแตกตามรอยตะเข็บ ภายในมีเมล็ดประมาณ 1-10 เมล็ด เมล็ดมีลักษณะกลม สีน้ำตาลถึงสีน้ำตาลแดง บางพันธุ์เป็นสีเหลือง ขนาดเมล็ดประมาณ 3 มม.

หัวไชเท้าหรือผักกาดหัวมี 2 พันธุ์ คือ พันธุ์หนัก กับ พันธุ์เบา แต่พันธุ์ที่นิยมปลูกส่วนใหญ่เป็นพันธุ์เบา ได้แก่ เคยู-1 (KU-1) เป็นพันธุ์เบา อายุเก็บเกี่ยว 42-45 วัน หลังจากปลูก หัวยาวประมาณ 20-22 เซนติเมตร เส้นผ่าศูนย์กลาง 3.8 เซนติเมตร น้ำหนัก 250 กรัม/หัว รสชาติไม่เผ็ด ลักษณะใบเรียบ ไม่มีขนหรือหนาม

พันธุ์แม่โจ้ 1 (OW-1) เป็นพันธุ์เบา อายุเก็บเกี่ยว 45-48 วัน หลังจากปลูก หัวยาวประมาณ 20.5 เซนติเมตร เส้นผ่าศูนย์กลางเฉลี่ย 4.5 เซนติเมตร น้ำหนักเฉลี่ย 225 กรัม/หัว ลักษณะใบเรียบไม่มีขน ส่วนลักษณะขอบในมี 2 ลักษณะ คือ ขอบใบเรียบตลอดทั้งใบ และขอบใบหยักเล็กน้อย บริเวณโคนก้านใบมีดอกสีขาว

พันธุ์เอเวอเรสไฮบริด (Everest Hybrid) เป็นพันธุ์เบา อายุเก็บเกี่ยว 50 วัน หลังจากปลูก หัวยาวประมาณ 30-35 เซนติเมตร ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 6-7 เซนติเมตร ใบสีเขียวเข้มไม่มีขน หัวมีรสชาติเผ็ดเล็กน้อย เพราะมีสาร Glycoside ในปริมาณค่อนข้างสูง แต่มีข้อดี คือ ทนทานต่อโรค และให้ผลผลิตต่อไร่สูง

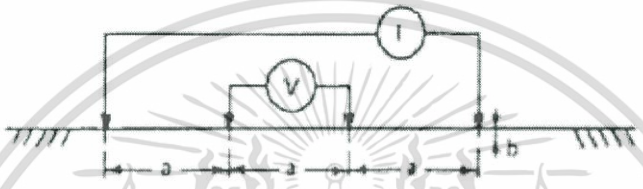
พันธุ์ฝาง 1และฝาง 2 เป็นพันธุ์เบา อายุเก็บเกี่ยว 45 วัน หลังจากปลูก หัวยาวประมาณ 25-30 เซนติเมตร เส้นผ่าศูนย์กลาง 5-6 เซนติเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 การวัดค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าของดิน

จากแนวความคิดที่ได้จากการวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าของระบบดิน ทำให้มีการค้นคว้าเรื่องการวัดค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าของดินค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าของดินเป็นสมบัติอย่างหนึ่งของดินมีค่าเท่ากันในดินชนิดเดียวกัน ส่วนค่าความต้านทานไฟฟ้าของดินเป็นค่าที่วัดได้จากดินปริมาณหนึ่ง ถ้าปริมาณเปลี่ยนไปค่าความต้านทานของดินย่อมเปลี่ยนไปด้วย

การหาค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าของดิน มีหลายวิธี แต่วิธีวัดค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าของดินแบบสี่จุด(Four – Point Method) ซึ่งพัฒนามาจากแนวความคิดของเครื่องวัดค่าความต้านทานไฟฟ้าของสายดิน ได้รับความนิยมที่สุด WENNER ได้แนะนำวิธีนี้ในการวัดค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าของดินแบบนี้มาตั้งแต่ ค.ศ.1916 ในบทความที่เจาได้เขียนขึ้น วิธีนี้เป็นวิธีการวัดหาค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าที่มีความถูกต้อง รบกวนดินน้อย และสามารถใช้กับดินที่มีปริมาตรมากได้ วิธีใช้แท่งดินเล็กๆ 4 แท่ง ฝังลงไปลึก b จากผิวดินและห่างกันเท่ากับ a ในแนว เส้นตรงดังรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.2 : การวัดค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าแบบ WENNER

กระแส (I) จะส่งผ่านจากแท่งดินคู่นอกทำให้เกิดค่าแรงดันไฟฟ้า (V) ระหว่างแท่งดินคู่ใน อัตราส่วนระหว่างแรงดันไฟฟ้าต่อกระแสที่ส่งผ่าน คือค่าความต้านทาน (R)

ค่าสภาพต้านทานไฟฟ้า (ρ) หาได้จากสูตรตามสมการ 2.1

$$\rho = \frac{4\pi aR}{1 + \frac{2a}{\sqrt{a^2 + 4b^2}} - \frac{a}{\sqrt{a^2 + b^2}}}$$

สมการที่ 2.1

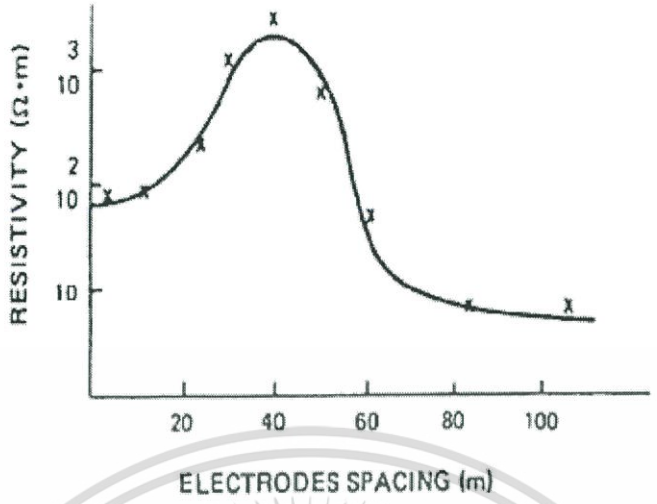
ในทางปฏิบัติแท่งดินจะต้องเป็นแท่งสั้นๆ มักจะให้ค่า b ไม่เกิน 0.1a เพื่อที่จะสมมติว่า b = > 0 ดังนั้นสมการจะเปลี่ยนรูปเป็น

$$\rho = 2\pi aR$$

สมการที่ 2.2

ค่าที่ได้ตามสมการ $\rho = 2\pi aR$ ค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าเฉลี่ยของดินโดยประมาณที่ความลึกของดินเท่ากับ a และเมื่อนำค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าที่ได้จากการวัดที่ระยะระหว่างแท่งดินหลายๆค่า มาเขียนแผนภูมิจะได้แผนภูมิดังรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

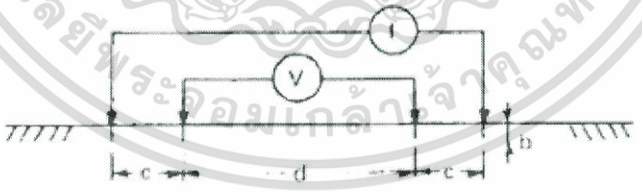


รูปที่ 2.3 : ความสัมพันธ์ระหว่างค่าสภาพต้านทานไฟฟ้ากับดินกับระยะระหว่างแท่งดินที่ใช้ในการวัด

จากแผนภูมิทำให้ทราบว่ามีความสัมพันธ์ระหว่างคู่สภาพต้านทานไฟฟ้าของดินและระยะของแท่งดินที่ใช้ในการวัด ซึ่งจะนำไปสู่ความเกี่ยวข้องกันของสภาพต้านทานไฟฟ้าและความลึกของดินชั้นต่าง ๆ ซึ่งมีผลต่อค่าความต้านทานไฟฟ้าของดินในบริเวณนั้น โดยการแปลผลจากการวัดจากแผนภูมิ

การหาค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าของดินด้วยวิธีแบบสี่จุดของ WENNER นี้เป็นที่ยอมรับกันอย่างกว้างขวาง ค่าที่ได้มีความถูกต้องเชื่อถือได้ และวิธีการวัดก็ไม่ซับซ้อน รวมทั้งไม่รบกวนหน้าดินที่ทำการวัดมากนัก

วิธีแบบสี่จุดมีผู้นำไปประยุกต์เปลี่ยนแปลงรูปแบบเพื่อใช้ในการหาทรัพยากรใต้ดิน หรือ วัตถุใต้ดิน เช่นรูปแบบของ SCHLUMBERGER-PALMER ดังรูปที่ 2.8



รูปที่ 2.4 : รูปแบบการวัดแบบ SCHLUMBERGER-PALMER

รูปแบบการวัดแบบ SCHLUMBERGER-PALMER เกิดขึ้นเนื่องจากการวัดค่าแรงดันในรูปแบบของ WENNER จะได้ค่าน้อยมากถ้าระยะระหว่างแท่งดินมีค่ามาก จึงมีการเลื่อนแท่งดินวัดแรงดันให้เข้าไปใกล้กับแท่งดินจ่ายกระแส เพื่อให้วัดค่าแรงดันได้สูงขึ้น

รูปแบบการวัดแบบ SCHLUMBERGER-PALMER นี้เป็นที่แพร่หลายในการวัดเชิงพาณิชย์โดยเฉพาะการหาทรัพยากรใต้ดิน เนื่องจากสำรวจทรัพยากรใต้ดินต้องใช้ระยะห่างระหว่างแท่งดินมาก และ การสำรวจทรัพยากรใต้ดินมักใช้กระแสตรง (DC source) เพราะสามารถลงไปในดินได้ลึกกว่า การวัดแรงดันจึงต้องให้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แท่งดินอยู่ใกล้แท่งดินจ่ายกระแส การเปลี่ยนแปลงรูปแบบในการวัดนี้ทำให้ค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าจากการวัดโดยใช้รูปแบบ SCHLUMBERGER-PALMER นี้เป็นไปตามสมการด้านล่าง

$$\rho = \frac{\pi c(c+d)R}{d} \qquad \text{.....สมการที่ 2.3}$$

2.3 ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller)

เป็นอุปกรณ์ไอซี (IC: Integrated Circuit) ที่สามารถโปรแกรมการทำงานได้ซับซ้อน สามารถรับข้อมูลในรูปสัญญาณดิจิตอลเข้าไปทำการประมวลผลแล้วส่งผลลัพธ์ข้อมูลดิจิตอลออกมาเพื่อนำไปใช้งานตามที่ต้องการได้

ไมโครคอนโทรลเลอร์ภายในชิพจะมีหน่วยความจำ, Port อยู่ในชิพเพียงตัวเดียวซึ่งอาจจะเรียกได้ว่าเป็นคอมพิวเตอร์ชิพเดี่ยว ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นไมโครโพรเซสเซอร์ชนิดหนึ่ง เช่นเดียวกับหน่วยประมวลผลกลาง (CPU: Central Processing Unit) ที่ใช้ในคอมพิวเตอร์ แต่ได้รับการพัฒนาแยกออกมาภายหลังเพื่อนำไปใช้ในวงจรทางด้านงานควบคุม คือ แทนที่ในการใช้งานจะต้องต่อวงจรภายนอกต่าง ๆ เพิ่มเติมเช่นเดียวกับไมโครโปรเซสเซอร์ ก็จะทำการรวมวงจรที่จำเป็น เช่น หน่วยความจำ, ส่วนอินพุท/เอาท์พุท บางส่วนเข้าไปในตัว ไอซีเดียวกัน และเพิ่มวงจรบางอย่างเข้าไปด้วยเพื่อให้มีความสามารถเหมาะสมกับการใช้ในงานควบคุม เช่น วงจรตั้งเวลา, วงจรการสื่อสารอนุกรม วงจรแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิตอล เป็นต้น สรุปคือ

Microcontroller = Microprocessor + Memory + I/O

ไมโครคอนโทรลเลอร์สามารถนำไปประยุกต์ใช้งานอย่างกว้างขวาง โดยมักจะเป็นการนำไปใช้ฝังในระบบของอุปกรณ์อื่น ๆ (Embeded Systems) เพื่อใช้ควบคุมการทำงานบางอย่าง เช่น ใช้ในรถยนต์, เตาอบไมโครเวฟ, เครื่องปรับอากาศ, เครื่องซักผ้าอัตโนมัติ เป็นต้น เพราะว่าไมโครคอนโทรลเลอร์มีข้อดีเหมาะสมต่อการใช้ในงานควบคุมหลายประการ เช่น

- ชิพไอซีและระบบที่ได้มีขนาดเล็ก
- ระบบที่ได้มีราคาถูกกว่าการใช้ชิพไมโครโพรเซสเซอร์
- วงจรที่ได้จะมีความซับซ้อนน้อย ช่วยลดข้อผิดพลาดที่อาจจะเกิดขึ้นได้ในการต่อวงจร
- มีคุณสมบัติเพิ่มเติมสำหรับงานควบคุมโดยเฉพาะซึ่งใช้งานได้ง่าย
- ช่วยลดระยะเวลาในการพัฒนาระบบได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงสร้างโดยทั่วไป ของไมโครคอนโทรลเลอร์นั้น สามารถแบ่งออกมาได้เป็น 5 ส่วนใหญ่ๆ ดังต่อไปนี้

1. หน่วยประมวลผลกลางหรือซีพียู (CPU : Central Processing Unit) ทำหน้าที่เป็นศูนย์กลางควบคุมการทำงานของระบบคอมพิวเตอร์ทั้งหมด โดยนำข้อมูลจากอุปกรณ์รับข้อมูลมาทำงาน ประมวลผลข้อมูลตามคำสั่งของโปรแกรม และส่งผลลัพธ์ออกไปหน่วยแสดงผล

2. หน่วยความจำ (Memory) สามารถแบ่งออกเป็น ส่วน คือ หน่วยความจำที่มีไว้สำหรับเก็บโปรแกรมหลัก (Program Memory) เปรียบเสมือนฮาร์ดดิสก์ของ เครื่องคอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะ คือข้อมูลใดๆ ที่ถูกเก็บไว้ในนี้จะไม่สูญหายไปแม้ไม่มีไฟเลี้ยง อีกส่วนหนึ่งคือหน่วยความจำข้อมูล (Data Memory) ใช้เป็นเหมือนกกระดาษทดในการคำนวณของซีพียู และเป็นที่พักข้อมูลชั่วคราวขณะทำงาน แต่หากไม่มีไฟเลี้ยง ข้อมูลก็จะหายไปคล้ายกับหน่วยความแรม (RAM) ในเครื่องคอมพิวเตอร์ทั่วๆ ไป แต่สำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์สมัยใหม่หน่วยความจำข้อมูลจะมีทั้งที่เป็นหน่วยความจำแรม ซึ่งข้อมูลจะหายไปเมื่อไม่มีไฟเลี้ยง และเป็นอีอีพรอม (EEPROM : Erasable Electrically Read-Only Mempry) ซึ่งสามารถเก็บข้อมูลได้แม้ไม่มีไฟเลี้ยง

3. ส่วนติดต่อกับอุปกรณ์ภายนอก หรือพอร์ต (Port) มี 2 ลักษณะคือ พอร์ตอินพุต (Input Port) และพอร์ตส่งสัญญาณหรือพอร์ตเอาต์พุต (Output Port) ส่วนนี้จะใช้ในการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ภายนอก ถือว่าเป็นส่วนที่สำคัญมาก ใช้ร่วมกันระหว่างพอร์ตอินพุต เพื่อรับสัญญาณ อาจจะด้วยการกดสวิตช์ เพื่อนำไปประมวลผลและส่งไปพอร์ตเอาต์พุต เพื่อแสดงผลเช่น การติดสว่างของหลอดไฟ เป็นต้น

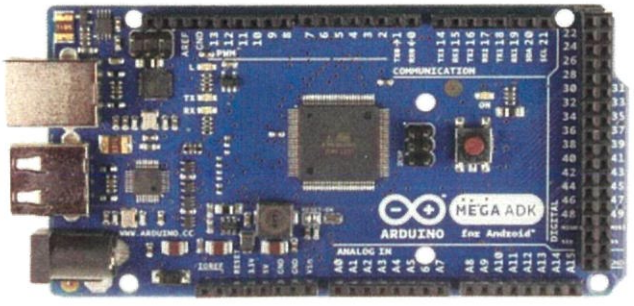
4. ช่องทางเดินของสัญญาณ หรือบัส (BUS) คือเส้นทางการแลกเปลี่ยนสัญญาณข้อมูลระหว่าง ซีพียู หน่วยความจำและพอร์ต เป็นลักษณะของสายสัญญาณ จำนวนมากอยู่ภายในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยแบ่งเป็นบัสข้อมูล (Data Bus) , บัสแอดเดรส (Address Bus) และบัสควบคุม (Control Bus)

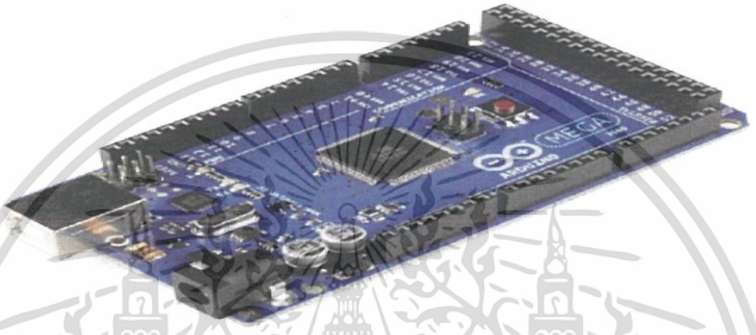
5. วงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกา นับเป็นส่วนประกอบที่สำคัญมากอีกส่วนหนึ่ง เนื่องจากการทำงานที่เกิดขึ้นในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ จะขึ้นอยู่กับการกำหนดจังหวะ หากสัญญาณนาฬิกามีความถี่สูง จังหวะการทำงานก็จะสามารถทำได้ถี่ขึ้นส่งผลให้ไมโครคอนโทรลเลอร์จังหวะนั้น มีความเร็วในการประมวลผลสูงตามไปด้วย

ไมโครคอนโทรลเลอร์มีหลายยี่ห้อ หลายตระกูล และหลายเบอร์ด้วยกันซึ่งแต่ละเบอร์ก็จะมีโครงสร้างสร้างภายในและความสามารถในการทำงานที่แตกต่างกันทำให้เลือกใช้กับงานได้อย่างเหมาะสมซึ่งในกรณีนี้เราจะใช้ Arduino Mega 2560 ในการศึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 Arduino Mega 2560





รูปที่ 2.5 : Arduino Mega 2560

Arduino Mega 2560 เป็นบอร์ดรุ่นใหญ่ในของตระกูล Arduino มีคุณสมบัติต่างๆ เพิ่มขึ้นจาก Arduino Uno R3 ใช้ชิพ ATmega2560 ที่มีหน่วยความจำแฟลช 256 KB แรม 8 KB ใช้ไฟเลี้ยง 7 ถึง 12 V แรงดันของระบบอยู่ที่ 5 V มี Digital Input / Output มากถึง 54 ขา (เป็น PWM ได้ 14 ขา) มี Analog Input 16 ขา Serial UART 4 ชุด I2C 1 ชุด SPI 1 ชุด เขียนโปรแกรมบน Arduino IDE และโปรแกรมผ่าน USB เหมาะสำหรับผู้ที่สนใจเริ่มต้นเรียนรู้การพัฒนาไมโครคอนโทรลเลอร์ มีหน่วยความจำและขาสัญญาณต่างๆ ให้ต่อใช้งานมากขึ้น

ข้อมูลจำเพาะทางเทคนิค

ไมโครคอนโทรลเลอร์ : ATmega2560
แรงดันไฟฟ้า : 5V
แรงดันไฟฟ้าอินพุต (แนะนำ) : 7-12V
แรงดันไฟฟ้าอินพุต (จำกัด) : 6-20V
ขาอินพุตดิจิตอล : 54
ขาอินพุตอนาล็อก : 16
กระแสไฟตรงต่อ I/O Pin : 40 mA
กระแสไฟตรงสำหรับ 3.3 V : 50 mA
หน่วยความจำแฟลช : 256 KB ซึ่งใช้ bootloader 8 KB
SRAM : 8 KB
EEPROM : 4 KB

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความเร็วสัญญาณนาฬิกา : 16 MHz

2.5 ภาษาที่ใช้ในการเขียนโปรแกรมและคำสั่งที่ต้องการศึกษา

2.5.1 ภาษา C

ภาษา C เป็นภาษาคอมพิวเตอร์ที่ถูกค้นคิดขึ้นในปี ค.ศ.1970 เพื่อใช้ในระบบปฏิบัติการยูนิกซ์ (UNIX) นับจากนั้นมาก็ได้รับความนิยมเพิ่มขึ้นจนปัจจุบัน ภาษา C สามารถติดต่อในระดับฮาร์ดแวร์ได้ดีกว่าภาษาระดับสูงอื่น ๆ ไม่ว่าจะเป็นภาษาเบสิกฟอร์แทน ขณะเดียวกันก็มีคุณสมบัติของภาษาระดับสูงอยู่ด้วย ด้วยเหตุผลดังกล่าวจึงจัดได้ว่าภาษา C เป็นภาษาระดับกลาง (Middle – lever language) ภาษา C เป็นภาษาคอมพิวเตอร์ชนิดคอมไพล์ (compiled Language) ซึ่งมีคอมไพลเลอร์ (compiler) ทำหน้าที่ในการคอมไพล์ (compile) หรือแปลงคำสั่งทั้งหมดในโปรแกรมให้เป็นภาษาเครื่อง (Machine Language) เพื่อให้เครื่องคอมพิวเตอร์นำคำสั่งเหล่านั้นไปทำงานต่อไป

2.6 อุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้างอุปกรณ์

2.6.1 แท่งเหล็กสำหรับเจาะดิน

รูปที่ 2.6 : แท่งเหล็กสำหรับเจาะดิน

มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 เซนติเมตร ยาว 30 เซนติเมตร ปลายด้านหนึ่งทำให้แหลมเพื่อง่ายในการปักลงดิน

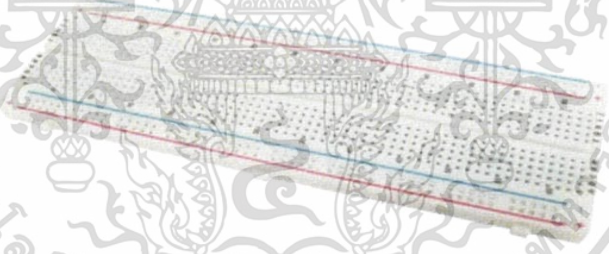
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.2 สายไฟปากครีบ

รูปที่ 2.7 : สายไฟปากครีบ

เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ส่งพลังงานไฟฟ้าจากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่งโดยกระแสไฟฟ้าจะเป็นตัวนำพลังงานไฟฟ้าผ่านไปตามสายไฟจนถึงเครื่องใช้ไฟฟ้า สายไฟทำด้วยสารที่ยอมให้กระแสไฟฟ้าผ่านได้ เรียกว่าตัวนำไฟฟ้า และตัวนำไฟฟ้าที่ใช้ทำสายไฟเป็นโลหะที่ยอมให้กระแสไฟฟ้าผ่านได้ดี

2.6.3 โฟโต้บอร์ด

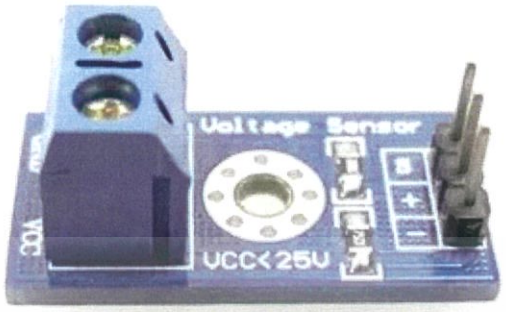


รูปที่ 2.8 : โฟโตบอร์ด

โฟโต้บอร์ด (อังกฤษ: protoboard) หรือ **เบรดบอร์ด** (อังกฤษ: breadboard) เป็นบอร์ดที่ใช้ทดลองวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ลักษณะเป็นแผ่นพลาสติกหนาสีขาว บนแผ่นมีรูเรียงกันจำนวนมาก ภายในรูมีตัวนำไฟฟ้าซึ่งเชื่อมต่อกันในรูปแบบที่มีการกำหนดไว้ เวลาทดลองก็เสียบขาของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ลงไปให้ตัวนำภายในเชื่อมวงจรถึงกัน และอาจใช้สายไฟเสียบลงรูเพื่อเชื่อมวงจรไฟฟ้าได้เช่นกัน ข้อดีของโฟโต้บอร์ดคือ ไม่ต้องออกแบบแผงวงจรและไม่ต้องบัดกรี แต่มีข้อเสียคือใช้ทดลองวงจรที่ทำงานที่ความถี่สูง ๆ ไม่ได้เนื่องมีปัญหาเรื่องสัญญาณรบกวนในวงจร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.4 Arduino Standard Voltage Sensor Module (0-24 V)



รูปที่ 2.9 : Arduino Standard Voltage Sensor Module

Module description:

โมดูลนี้จะอยู่บนพื้นฐานของหลักการออกแบบของ divider ต้านทานที่ช่วยให้แรงดันไฟฟ้าอินพุตอินเตอร์เฟซขั้วแคบห้าครั้งแรงดันไฟฟ้า Arduino อนาล็อกถึง 5V แล้วแรงดันไฟฟ้าอินพุตของโมดูลตรวจจับแรงดันไม่สามารถจะสูงกว่า 5V x 5 = 25V (3.3V ถ้าใช้ระบบแรงดันไฟฟ้าอินพุตไม่เกิน 3.3Vx5 = 16.5V) เพราะชิป Arduino AVR ใช้ใน 10 AD ดังนั้นมติจำลองของโมดูลนี้คือ 0.00489V (5V / 1023) ดังนั้นแรงดันไฟฟ้าต่ำสุดโมดูลการตรวจสอบตรวจจับแรงดันไฟฟ้า 0.00489V x 5 = 0.02445V

Parameters:

input voltage range: DC0-25V

voltage detection range: DC0.02445V-25V

voltage analog resolution: 0.00489V

DC input interface: the positive terminal connected to VCC, GND negative pole

output interface: "+" then 5 / 3.3V, " - "then GND," s "AD pins connect the Arduino

2.6.5 ตัวต้านทานแบบหมุนแกน(Potentiometer) ตัวต้านทานปรับค่าได้หรือที่เราเรียกกันทั่วไปว่าโวลลุ่ม (volume) ที่เรียกเช่นนี้ก็เพราะว่าส่วนใหญ่พบเจอในเครื่องขยายเสียงแล้วเรียกกันจนติดปาก ความจริงมีให้เห็นกันมากมาย ไม่เฉพาะในเครื่องขยายเสียง เครื่องมือวัดก็ใช้กัน โทรทัศน์รุ่นเก่าๆ เครื่องคุมแสง สี เครื่องจ่ายไฟสำหรับห้องทดลองเป็นต้น

@lowtech.info

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.10 : ตัวต้านทานปรับค่าได้แบบหมุนแกน

ในท้องตลาดมีจำหน่ายอยู่3ชนิดใหญ่ๆคือ

แบบ A หรือแบบล็อก(Log) ค่าจะเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วในตอนปลาย

แบบ B หรือแบบลิเนียร์(Linear)ค่าจะเปลี่ยนแปลงแบบสม่ำเสมอแต่ต้นจนปลาย

แบบ C ชนิดนี้จะตรงข้ามกับแบบ A คือค่าจะเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วในตอนต้น

2.6.6 Power supply 12V 5A

รูปที่ 2.11 : Power supply 12V 5A

- Switching Power Supply สำหรับต่อหลอด LED ขนาด 12 V 5A - 60W ซัพพลายตัวนี้เป็นซัพพลายที่จ่ายแรงดันไฟตรงหรือแรงดันไฟ DC ทำหน้าที่แปลงไฟบ้านกระแสสลับ AC ให้กลายเป็นไฟ DC เพื่อใช้ในงานอิเล็กทรอนิกส์ประเภทต่างๆ หรือใช้กับหลอดไฟ LED หรือกล้องวงจรปิด สวิชย์ชิ่งเพาเวอร์ซัพพลายตัวนี้มีขนาดเล็ก เวลาใช้งานความร้อนจะน้อยมาก เหมาะสำหรับจ่ายแรงดันไฟ Output แบบค่าคงที่ ต่อเนื่องเป็นเวลานาน

- สามารถใช้กับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่างๆไฟledเส้น ไฟแอลอีดี LED สำหรับการใช้ภายในอาคารเท่านั้นมีพัดลมระบายอากาศSwitching 5A ใช้ไฟแค่ 60W

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

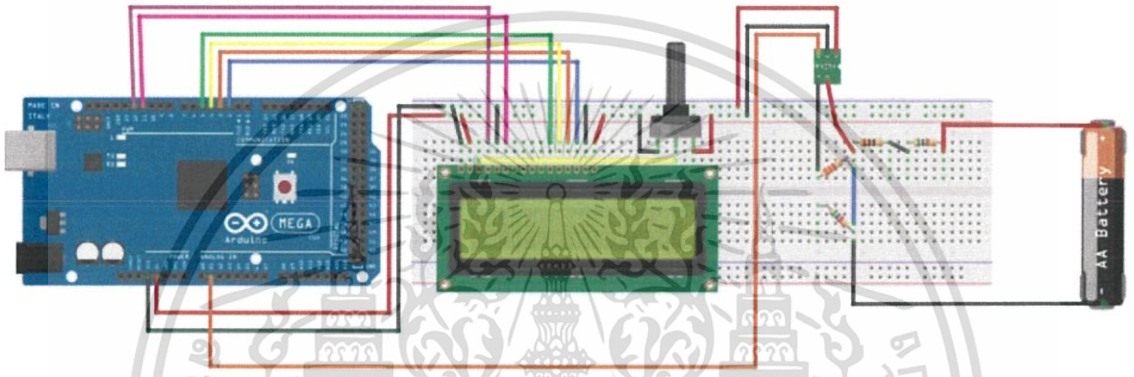
บทที่ 3
วิธีและขั้นตอนการดำเนินการ

การออกแบบระบบการตรวจขนาดของพืชหัวจะนำทฤษฎีจากบทที่ 2 มาใช้สำหรับการออกแบบ โดยเนื้อหาจะกล่าวถึงภาพรวมของระบบและอธิบายรายละเอียดต่างๆในการออกแบบ

3.1 องค์ประกอบของระบบ

การออกของระบบได้ออกแบบมา 2 วิธี ดังนี้

3.1.1 ออกแบบด้วยระบบส่งกระแสไฟฟ้าไปที่ตัวกลางที่เป็นดินที่ควบคุมด้วยไมโครคอนโทรเลอร์



รูปที่ 3.1 : ระบบการส่งกระแสไฟฟ้า

จากรูปองค์ประกอบของระบบทำงานดังนี้ เมื่อส่งกระแสไฟฟ้าไปกระทบกับหัวไชเท้าแล้วสะท้อนกระแสไฟฟ้ากลับเข้าไป votage sensor จากนั้นนำค่าความต่างศักย์ที่ได้จาก votage sensor เข้าไปที่ arduinoเพื่อประมวลผลออกมาเป็นค่าความยาวของหัวไชเท้าผ่านทางหน้าจอ

3.1.1.1 ส่วนฮาร์ดแวร์

- ส่วนประมวลผลเลือกใช้ บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino Mega 2560 เป็นส่วนการติดต่อกับอุปกรณ์ภายในและกับ votage sensor และยังเป็นตัวประมวลผลเซิร์ฟเวอร์อีกด้วย

- การออกแบบฮาร์ดแวร์

ส่วนของฮาร์ดแวร์จะประกอบไปด้วย Arduino , votage sensor และ หน้าจอแสดงผล ได้ออกแบบโดยใช้ภาษา C ใน Arduino จะรับค่าจาก votage sensor แล้วส่งข้อมูลไปที่ Arduino mega 2560 เพื่อประมวลผลและแสดงค่าที่ได้ในรูปของตัวเลขที่อยู่ในหน่วยเซนติเมตรผ่านทางหน้าจอ LCD

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.1.2 ส่วนซอฟต์แวร์

```
int analogInput = A1;
float vout = 0.0;
float vin = 0.0;
float R1 = 30000.0; //
float R2 = 7500.0; //
int value = 0;
int Long ;
```

ส่วนที่ 1

```
void setup(){
   pinMode(analogInput, INPUT);
   Serial.begin(9600);
   Serial.print("DC VOLTMETER");

}
```

ส่วนที่2

```
void loop(){
   // read the value at analog input
   value = analogRead(analogInput);
  vout = map(value, 0, 1024, 0, 255);
   vout = (value * 5.0) / 1024.0; // see text
   vin = vout / (R2/(R1+R2));
  Serial.println(vin);
delay(2000);
    Long = (((vin)-8.1453)/-0.1558)+15;
Serial.println(Long);
```

ส่วนที่3

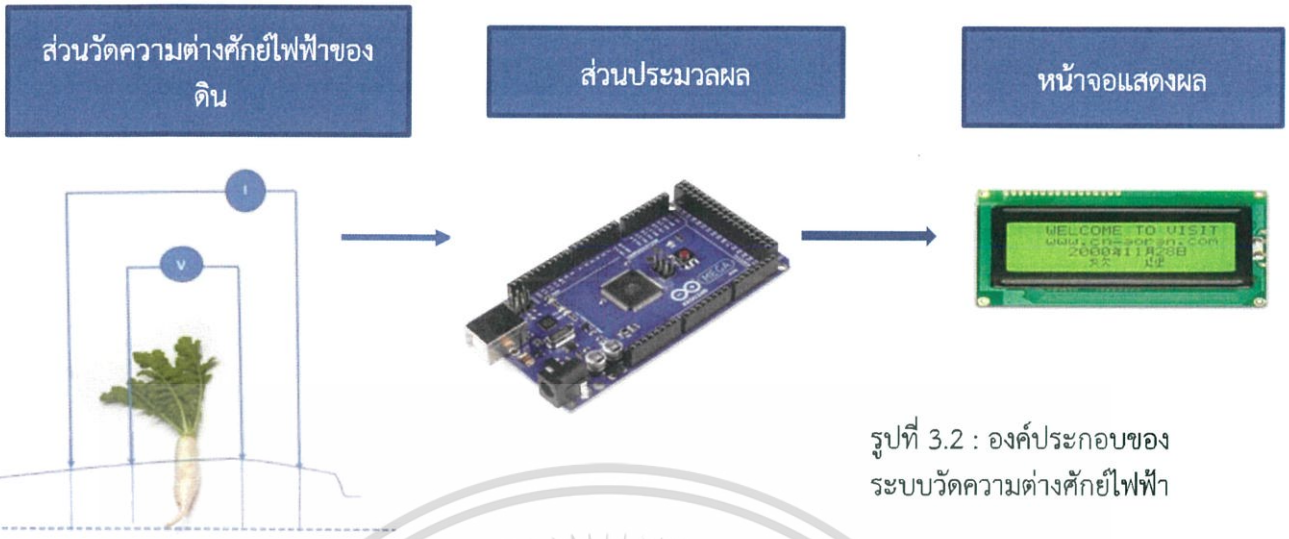
ส่วนที่ 1 ประกาศตัวแปรที่ต้องใช้

ส่วนที่2 ประกาศ pin ที่ใช้เป็น input

ส่วนที่3 คำนวณค่าที่รับมาว่าให้ value เป็น vout และนำค่า vout มาคำนวณให้เป็นโวลต์จริงหลังจากนั้นนำค่าโวลต์จริงหรือ vin ไปคำนวณหาความยาวได้ออกมาเป็น long

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.2 ออกแบบด้วยระบบความแตกต่างของความต้านทานไฟฟ้าของวัตถุ



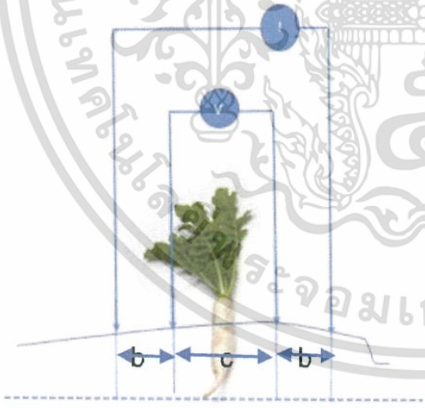
รูปที่ 3.2 : องค์ประกอบของระบบวัดความต่างศักย์ไฟฟ้า

จากรูป องค์ประกอบของระบบวัดความต่างศักย์ไฟฟ้า นี้ แสดงให้เห็น 3 ส่วน คือส่วนวัดความต่างศักย์ไฟฟ้าของดิน ส่วนประมวลผล และส่วนแสดงผล แบ่งเป็น 2 ส่วน ดังนี้

3.1.2.1 ส่วนฮาร์ดแวร์

จากที่บอกไว้ข้างต้นเราจะแบ่งส่วนนี้ออกเป็น 3 ส่วนหลักๆดังนี้

-ส่วนวัดความต่างศักย์ไฟฟ้าของดิน



รูปที่ 3.3 : ส่วนวัดความต่างศักย์ไฟฟ้าของดิน

ส่วนนี้เราจะใช้จะใช้แท่งดินจำนวน 4 แท่ง เพื่อวัดสภาพต้านทานด้วยการส่งประจุเข้าไปเพื่อให้ประจุบวกเดินทางไปหาประจุลบเราจะได้ค่าความต้านทานที่ประจุเดินทางผ่านดินและผลซึ่ง ระยะของ b และ c มีอยู่ 2 กรณี คือ

1. b=c ตามหลักการของ wanner

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กระแส I จะส่งผ่านจากแท่งดินคู่นอกทำให้เกิดค่าแรงดันไฟฟ้า (V) ระหว่างแท่งคู่ใน ทำให้เกิดค่าความต้านทานจากอัตราส่วนของแรงดันไฟฟ้ากับกระแสที่ส่งผ่าน เหมาะกับการวัดสภาพต้านทานที่ใช้ระยะทางไม่เยอะมาก

2. b ≠ c ตามหลักการของ Schulumberger-Palmer

หลักการเดียวกับ b=c แต่ หลักการนี้เหมาะการวัดสภาพต้านทานที่ต้องการระยะทางกว้างๆ

เราจึงเลือกหลักการของ Schulumberger-Palmer มาใช้เนื่องจากระยะที่ต้องการไม่ได้กว้างมากนัก ซึ่งต้องใช้องค์ประกอบต่างๆของไมโครคอนโทรลเลอร์, Votage sensor และ หน้าจอแสดงผลเพื่อทำการสร้างอุปกรณ์ ดังต่อไปนี้

3.2 แหล่งจ่ายกระแสลงดิน

แหล่งจ่ายกระแสลงดินจะเป็นแหล่งจ่ายกระแสตรงหรือกระแสสลับก็ได้ แล้วแต่ลักษณะของข้อมูลที่ต้องการได้จากการวัด

ในการออกแบบนี้จะใช้ แหล่งจ่ายกระแสลงดินจะเป็นแหล่งจ่ายกระแสตรง จ่ายกระแสได้สูงสุด 5 A ที่แรงดัน 12 V โดยมีแบตเตอรี่ 12VDC เป็นแหล่งจ่ายพลังงาน

3.3 ส่วนควบคุม

Arduino Mega 2560 เป็นบอร์ดรุ่นใหญ่ในของตระกูล Arduino มีคุณสมบัติต่างๆ เพิ่มขึ้นจาก Arduino Uno R3 ใช้ชิพ ATmega2560 ที่มีหน่วยความจำแฟลช 256 KB แรม 8 KB ใช้ไฟเลี้ยง 7 ถึง 12 V แรงดันของระบบอยู่ที่ 5 V มี Digital Input / Output มากถึง 54 ขา (เป็น PWM ได้ 14 ขา) มี Analog Input 16 ขา Serial UART 4 ชุด I2C 1 ชุด SPI 1 ชุด เขียนโปรแกรมบน Arduino IDE และโปรแกรมผ่าน USB เหมาะสำหรับผู้ที่สนใจเริ่มต้นเรียนรู้การพัฒนาไมโครคอนโทรลเลอร์ มีหน่วยความจำและขาสัญญาณต่างๆ ให้ต่อใช้งานมากขึ้น

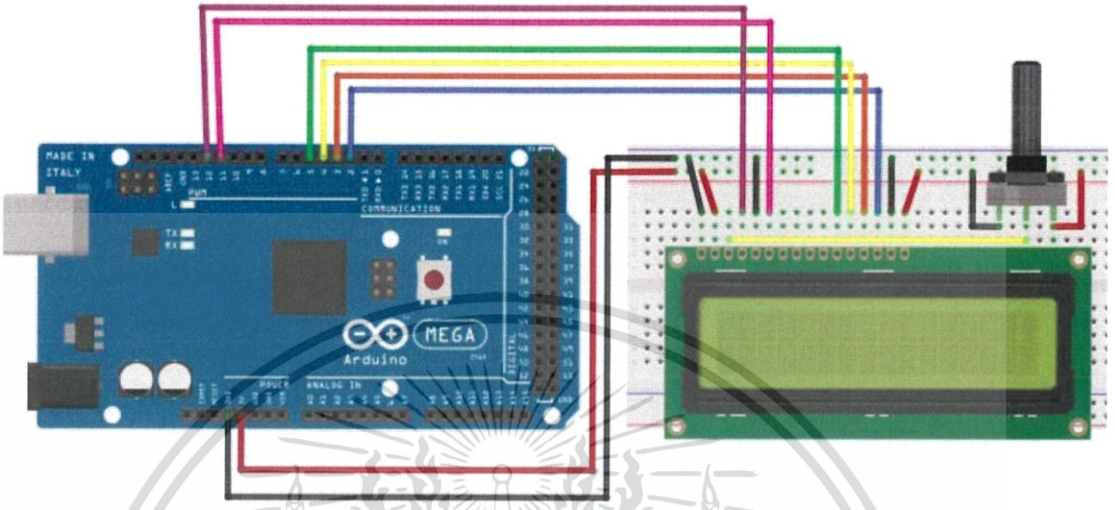
ข้อมูลจำเพาะทางเทคนิค

ไมโครคอนโทรลเลอร์ : ATmega2560
แรงดันไฟฟ้า : 5V
แรงดันไฟฟ้าอินพุต (แนะนำ) : 7-12V
แรงดันไฟฟ้าอินพุต (จำกัด) : 6-20V
ขาอินพุตดิจิตอล : 54
ขาอินพุตอนาล็อก : 16
กระแสไฟตรงต่อ I/O Pin : 40 mA
กระแสไฟตรงสำหรับ 3.3 V : 50 mA
หน่วยความจำแฟลช : 256 KB ซึ่งใช้ bootloader 8 KB
SRAM : 8 KB
EEPROM : 4 KB
ความเร็วสัญญาณนาฬิกา : 16 MHz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 ส่วนแสดงผล

ส่วนแสดงผลจะใช้เป็นแบบผลึกเหลว หรือ LCD โมดูล ขนาด 16x4 ตัวอักษร (DOT MATRIX LCD) ซึ่งจะต่อ LCD โมดูล เข้าที่ LCD PORT ของบอร์ด Arduino Mega 2560 ดังรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.4 การเชื่อมต่อ LCD กับบอร์ดarduino Mega2560

3.5 ส่วนจ่ายกระแสลงดินและวัดแรงดันจากดิน

ในส่วนนี้จะจ่ายกระแสที่ได้จากแหล่งจ่าย ซึ่งจะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ควบคุมการแท่งดินจ่ายกระแสและแท่งดินวัดแรงดัน ซึ่งใช้ไฟ 12VDC ในการควบคุมการจ่ายกระแสไฟฟ้า

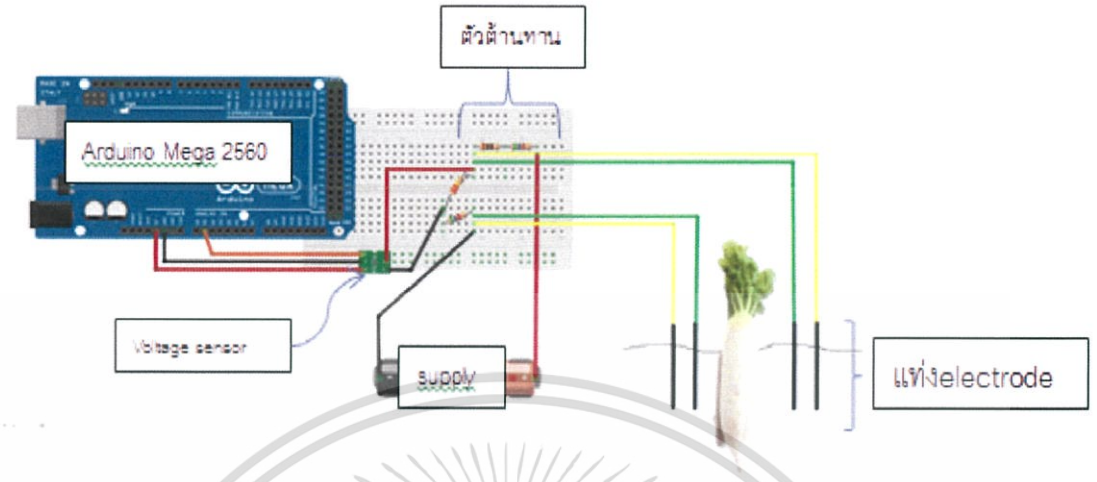
3.6 ส่วนการวัดค่ากระแสที่ส่งลงดินและแรงดันจากดิน

กระแสที่ส่งลงดินเป็นกระแสสลับ แรงดัน 12 โวลต์ 5 แอมแปร์ นั้นคือสามารถจ่ายกระแสได้สูงสุด 5 แอมแปร์ จึงใช้ ใช้ความต้านทานแบบเส้นลวดพัน (WIRE WOUND) หุ้มด้วยเซรามิกส์ ขนาด 560 โอห์ม,10 โอห์ม,330 กิโลโอห์ม,5.6 กิโลโอห์ม ทนกำลังไฟฟ้าได้ 5 วัตต์

ในส่วนที่จะวัดกระแสที่จะส่งลงดินจะใช้การวัดแรงดันตกคร่อม ที่330 กิโลโอห์ม ดังนั้นค่าแรงดันตกคร่อมจะถูกเรียงกระแสให้เป็นแรงดันกระแสตรงโดย Votage sensor แล้วส่งค่าโวลต์เข้า Arduino Mega 2560 เพื่อเอาค่าไปคำนวณเข้าโค้ดที่เขียนไว้แล้วแสดงออกมาทางหน้าจอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้นวงจรที่ส่งกระแสลงดิน และส่วนวัดกระแสลงดินแสดงโดยรูปที่ 3.5

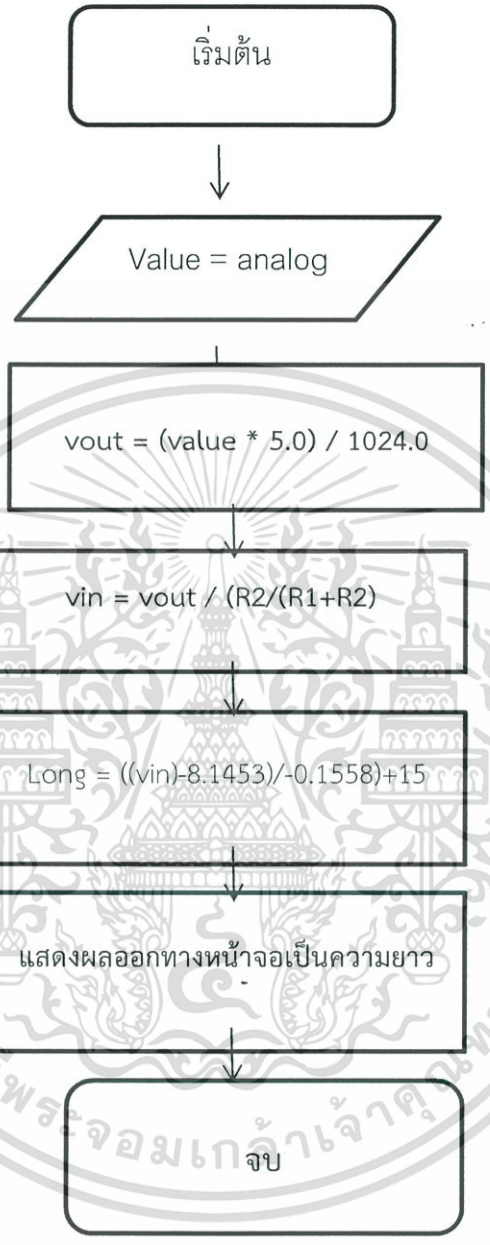


รูปที่ 3.5 : วงจรที่ส่งกระแสลงดิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6.1 ส่วนซอฟแวร์

โครงสร้างโปรแกรมคำสั่งให้เครื่องทำงานสัมพันธ์กับฮาร์ดแวร์ โดยกำหนดแผนภาพการทำงาน



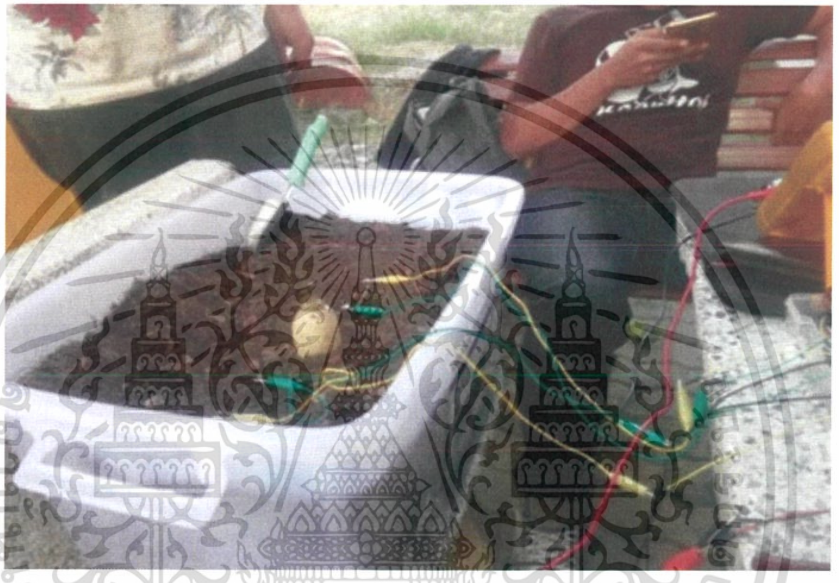
รูปที่ 3.6 : แผนผังการทำงานของโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
การทดสอบและผลการทดลอง

การทดสอบและผลการทดลอง

กระบวนการทดลองเราได้เริ่มจากการนำกระบะดินขนาด 33x30x48 เซนติเมตร ที่มีดินที่เหมาะกับการปลูกพืช แล้วนำพืชมาฝังลงดินซึ่งพืชที่เลือกนั้นคือ หัวไชเท้าและแครอท จากนั้นจึงนำแท่งelectrode 4 แท่ง ฝังลงดินในระยะที่แต่ละแท่งห่างกัน 5 เซนติเมตร ลึก 12 เซนติเมตร แล้วจึงปล่อยกระแสไฟฟ้าลงไปยังแท่งelectrode คู่นอก แล้วให้แท่งelectrodeคู่ในวัดค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าที่ส่งไปยัง voltage sensor เพื่อนำไปแปลงค่าเป็นความยาวที่มีหน่วยเป็นเซนติเมตร ที่มีลักษณะเป็นดังรูป



รูปที่ 4.1: รูปภาพขณะทำการทดสอบ

รูปที่ 4.2 : รูปภาพขณะทำการทดสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลังจากค่าโวลต์เข้า voltage sensor แล้วจะนำไปแปลงค่าเป็นความยาวโดย Arduino ที่ได้เขียนโค้ดการแปลงค่าที่มีสมการความสัมพันธ์ระหว่างความยาวกับความต่างศักย์โดยควบคุมระยะห่างระหว่างแท่งดินแต่ละแท่งกระบะความลึกของแท่งดินเป็น 5 เซนติเมตรกับ 12 เซนติเมตร ตามลำดับ สมการที่ได้เป็นดังนี้ โดยเมื่อได้สมการเราจึงได้โค้ดตามมาเป็นดังนี้

Long = ((voltage)-8.1453)/-0.1558)+15

โดยเมื่อได้สมการเราจึงได้โค้ดตามมาเป็นดังนี้

realthisit §

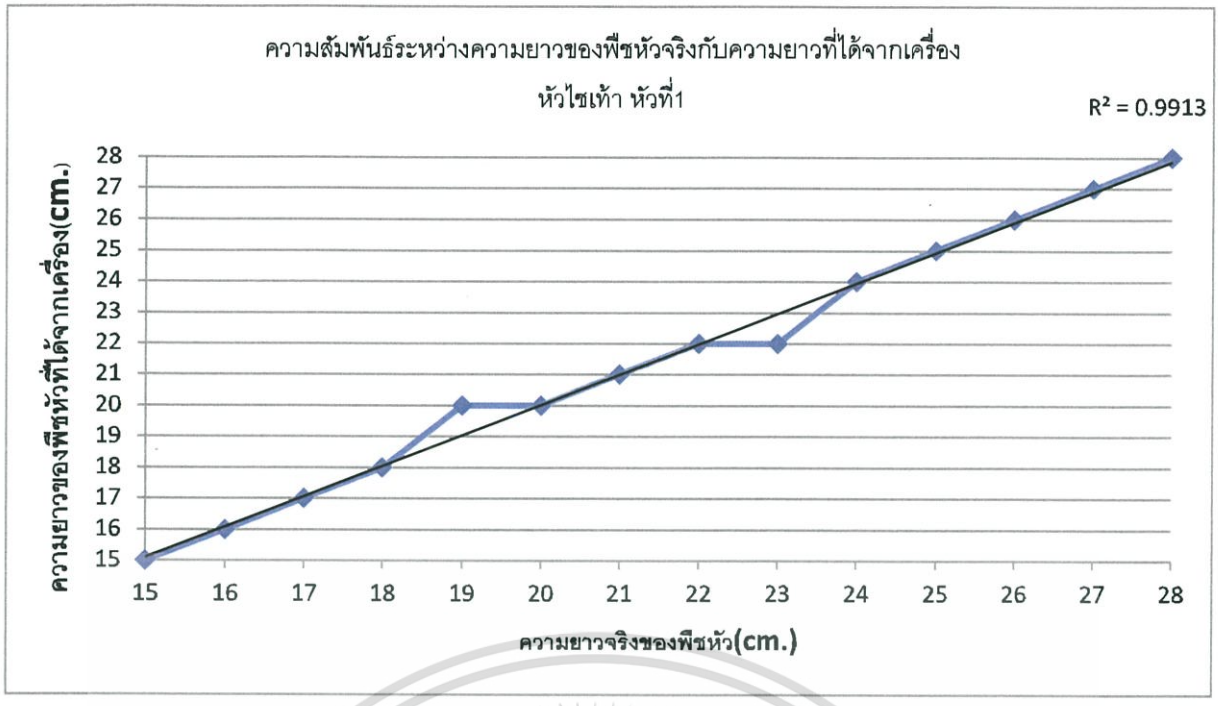
```
int analogInput = A1;//ประกาศตัวแปลที่รับค่าความต่างศักย์
float vout = 0.0;//ประกาศเพื่อเป็นค่าความต่างศักย์ที่ยังไม่ผ่านตัวต้านทาน
float vin = 0.0;//ประกาศเพื่อเป็นค่าความต่างศักย์จริง
float R1 = 30000.0; //ตัวต้านทาน
float R2 = 7500.0; // ตัวต้านทาน
int value = 0;//ประตัวแปลที่เพื่อให้มาแทนanalogInput
int Long ;//ประกาศเพื่อเป็นค่าความยาวของระยะที่ลึกลงดิน

#include <LiquidCrystal.h>//ประกาศใช้จอlcd
LiquidCrystal lcd(12, 11, 5, 4, 3, 2); //ประกาศใช้ขาของจอlcd
void setup(){
    pinMode(analogInput, INPUT);
   Serial.begin(9600);
 lcd.begin(16, 2); // จอกว้าง 16 ตัวอักษร 2 บรรทัด
  lcd.print("***Radish***"); // แสดงข้อความว่า ***Radish*** ออกหน้าจอ
  lcd.setCursor(0, 1); // เลื่อนเคอเซอร์ไปบรรทัดที่ 2 ตัวที่ 0 (ก่อนหน้าตัวอักษรแรก)
  lcd.print("***Project***"); // แสดงข้อความว่า ***Project***
  delay(3000); // หน่วงเวลา 3 วินาที
  lcd.clear(); // ล้างหน้าจอ
}
void loop(){

   value = analogRead(analogInput); //ให้valueเป็นค่ารับค่า
  vout = map(value, 0, 1024, 0, 255);
   vout = (value * 5.0) / 1024.0; //คำนวนให้ค่าออกมาเป็นค่าdigital
   vin = vout / (R2/(R1+R2)); //คำนวณแบบผ่านค่าตัวต้านทานได้ความต่างศักย์จริง
  Serial.println(vin);
delay(2000);

    Long = (((vin)-8.1453)/-0.1558)+15; //คำนวนออกมาให้เป็นความยาว
Serial.println(Long);
  lcd.setCursor(0, 0);
  lcd.print(" Project Radish ");
  lcd.setCursor(0, 1);
  lcd.print(Long);
  lcd.print("long = ");//แสดงผลออกมาบางหน้าจอให้เป็นความยาว
  delay(500);
  lcd.clear();
  delay(500);

}
<
```

Done Saving.

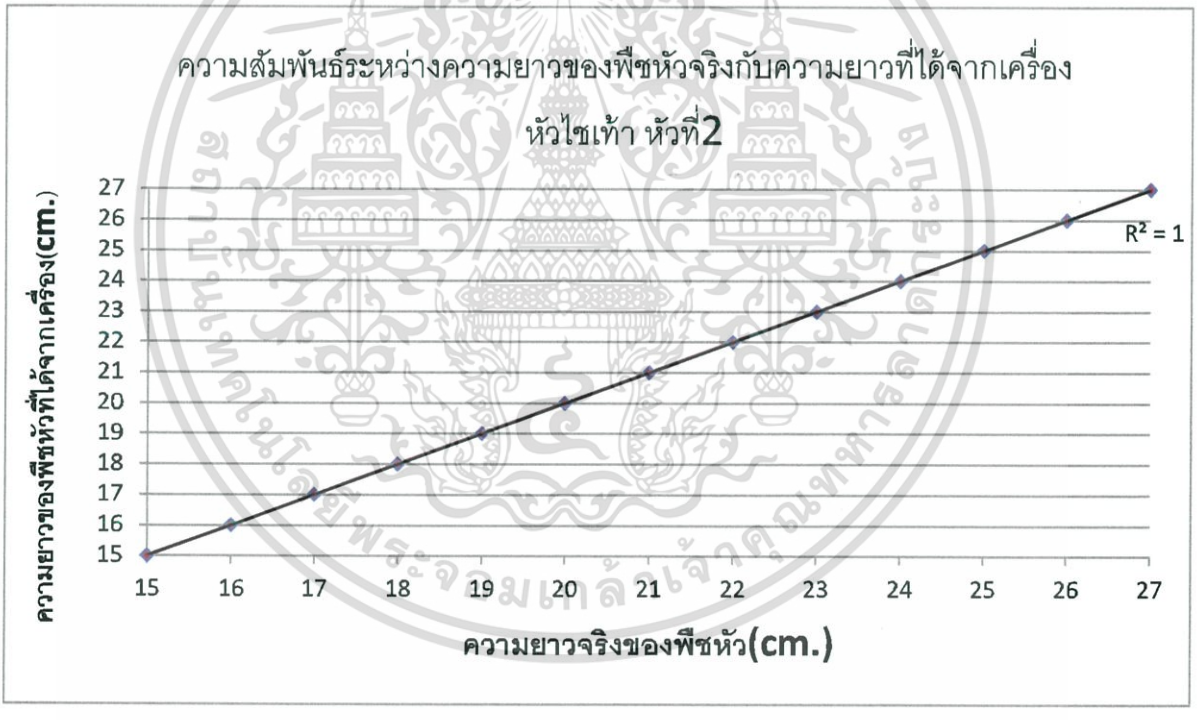
รูปที่4.3 แสดงโค๊ดทั้งหมดของโปรแกรม

เมื่อทำตามขั้นตอนดังกล่าวกับหัวไชเท้าจำนวน 3 หัว กับ แครอท จำนวน 3 หัว ทั้งหมด อย่างละ 3 ซ้ำ เราจึงนำมาทำค่าเฉลี่ยของแต่ละหัวที่ทำไป3 ซ้ำ จนได้ผลออกมาดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

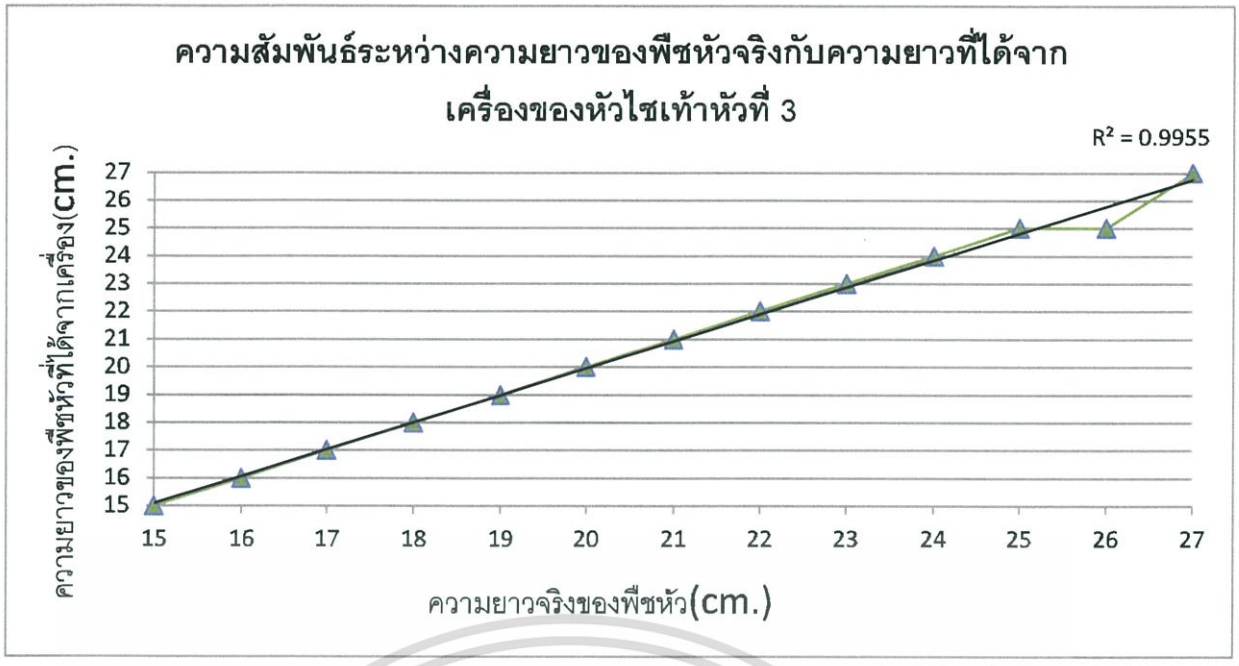


รูปที่4.4 ความสัมพันธ์ระหว่างความยาวของพืชหัวจริงกับความยาวที่ได้จากเครื่องของหัวไชเท้าหัวที่ 1



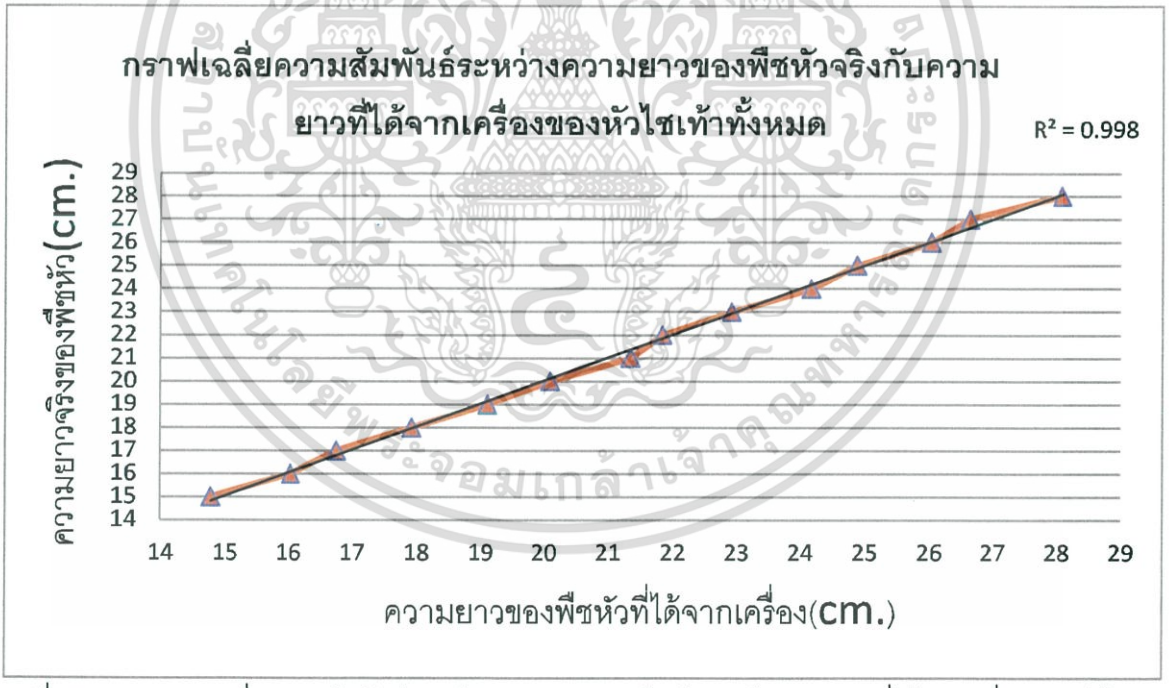
รูปที่4.5 ความสัมพันธ์ระหว่างความยาวของพืชหัวจริงกับความยาวที่ได้จากเครื่องของหัวไชเท้าหัวที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่4.6 ความสัมพันธ์ระหว่างความยาวของพืชหัวจริงกับความยาวที่ได้จากเครื่องของหัวไชเท้าหัวที่ 3

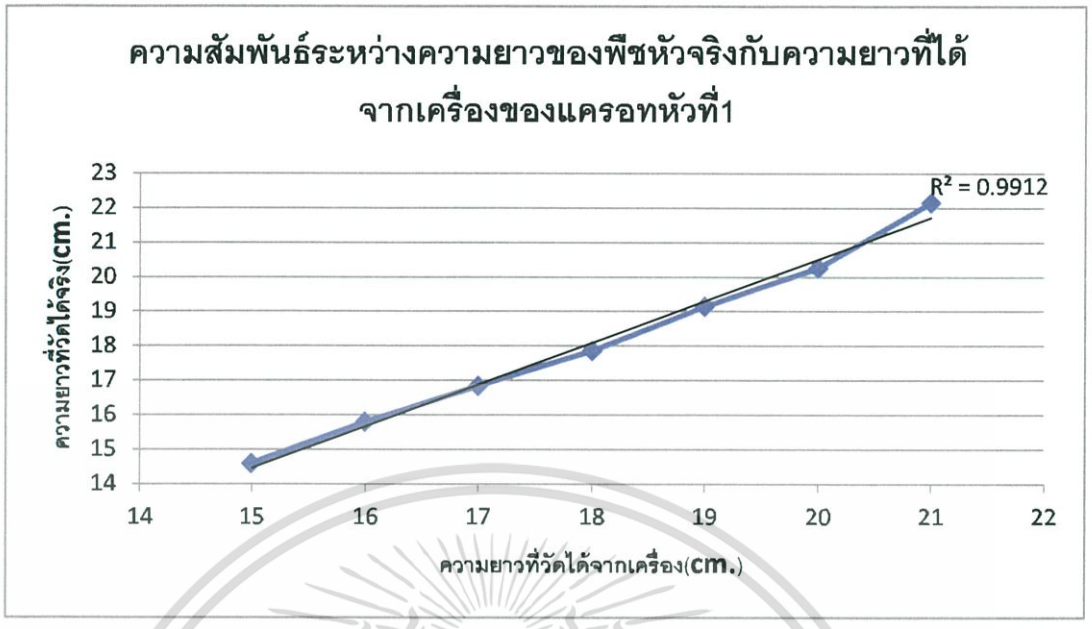
หลังจากนั้นจึงนำค่าของหัวไชเท้าทั้งหมดมาเฉลี่ยอีกที เป็นดังนี้



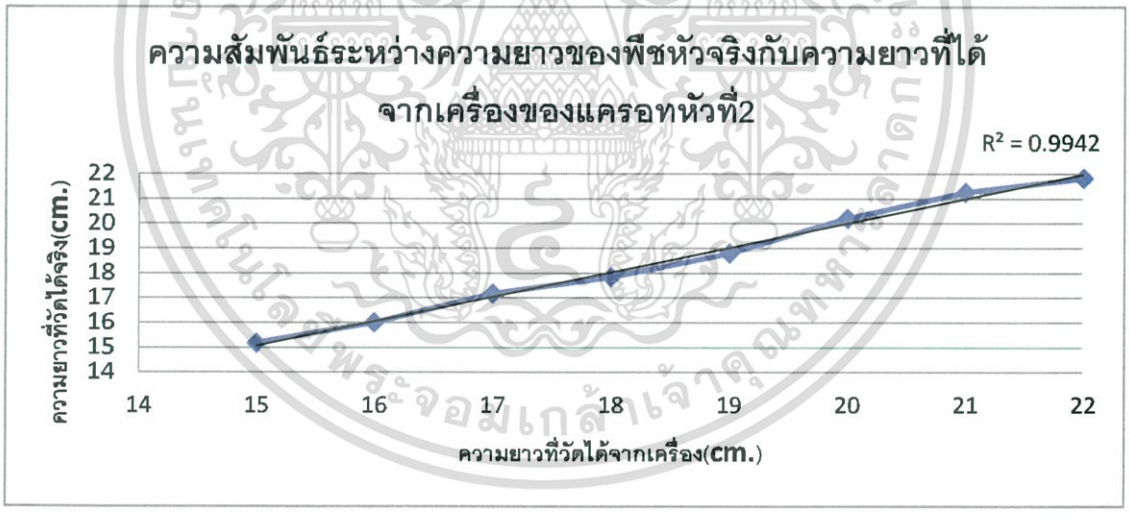
รูปที่4.7 กราฟเฉลี่ยความสัมพันธ์ระหว่างความยาวของพืชหัวจริงกับความยาวที่ได้จากเครื่องของหัวไชเท้าทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กราฟแสดงค่าเฉลี่ยของแครอท

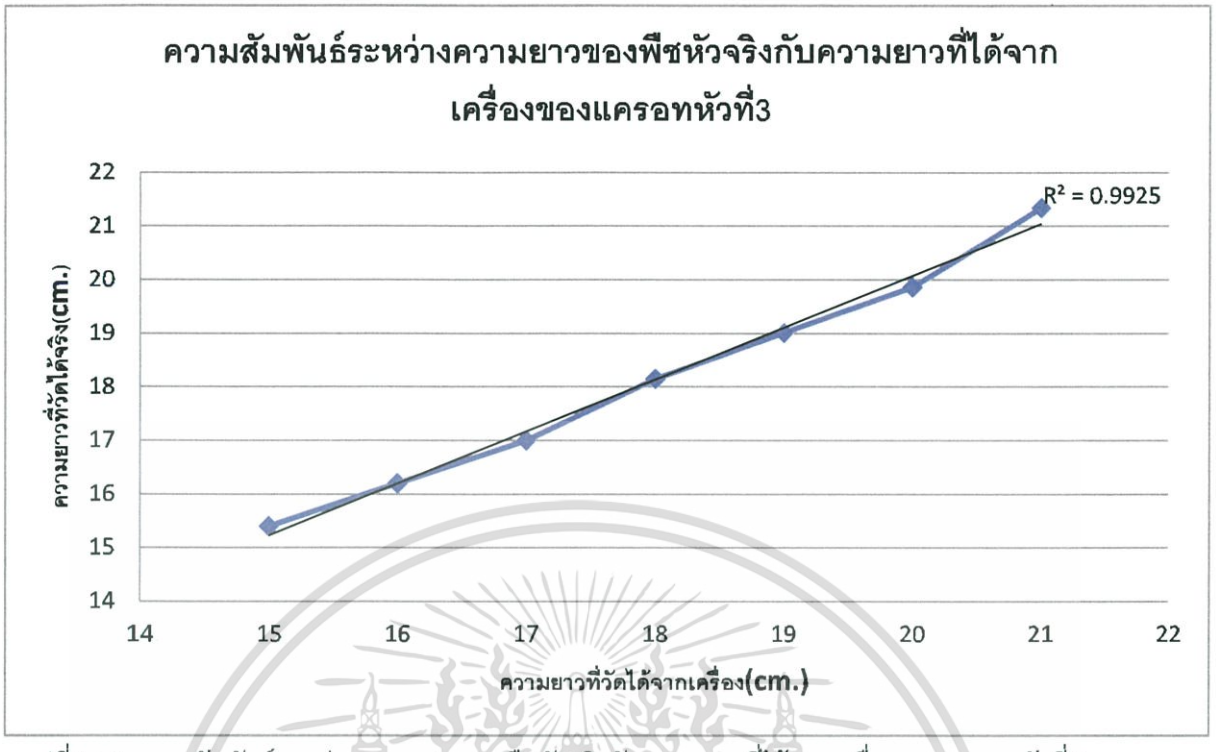


รูปที่4.8 ความสัมพันธ์ระหว่างความยาวของพืชหัวจริงกับความยาวที่ได้จากเครื่องของแครอทหัวที่1



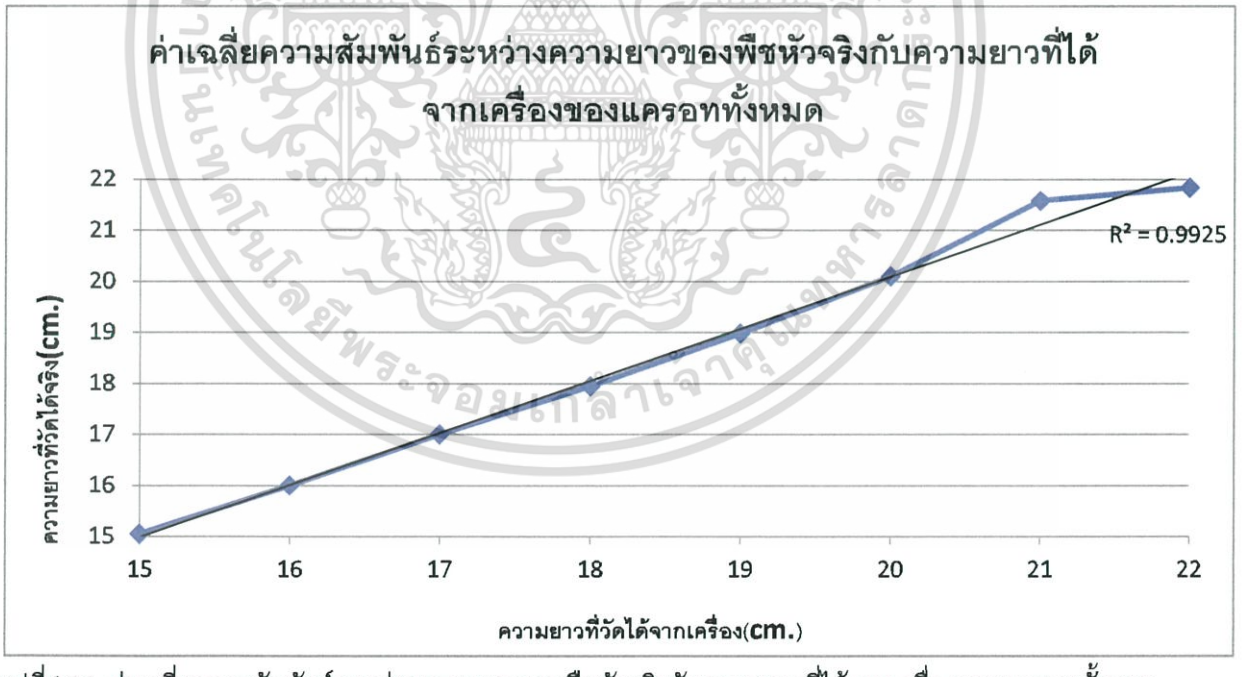
รูปที่4.9 ความสัมพันธ์ระหว่างความยาวของพืชหัวจริงกับความยาวที่ได้จากเครื่องของแครอทหัวที่2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่4.10 ความสัมพันธ์ระหว่างความยาวของพืชหัวจริงกับความยาวที่ได้จากเครื่องของแครอทหัวที่3

จากนั้นนำกราฟมาหาค่าเฉลี่ยของทุกกราฟได้ดังนี้



รูปที่4.11 ค่าเฉลี่ยความสัมพันธ์ระหว่างความยาวของพืชหัวจริงกับความยาวที่ได้จากเครื่องของแครอททั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากกราฟได้แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความยาวที่อ่านได้จากไม้บรรทัดกับเครื่อง ซึ่งสรุปได้ว่าค่าค่อนข้างใกล้เคียงกันเพราะลักษณะกราฟออกมามีแนวโน้มเป็นเส้นตรงและค่า R^2 เข้าใกล้ 1 สรุปผลผลที่ได้จากการอ่านค่าจากเครื่องมีค่าค่อนข้างใกล้เคียงกับค่าที่อ่านได้จากไม้บรรทัดดังกราฟที่แสดง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการทดลอง

สมการที่เหมาะสมในการเขียนโปรแกรมซึ่งได้จากกราฟแสดงความสัมพันธ์ความต่างศักย์ไฟฟ้ากับระยะทางความลึก

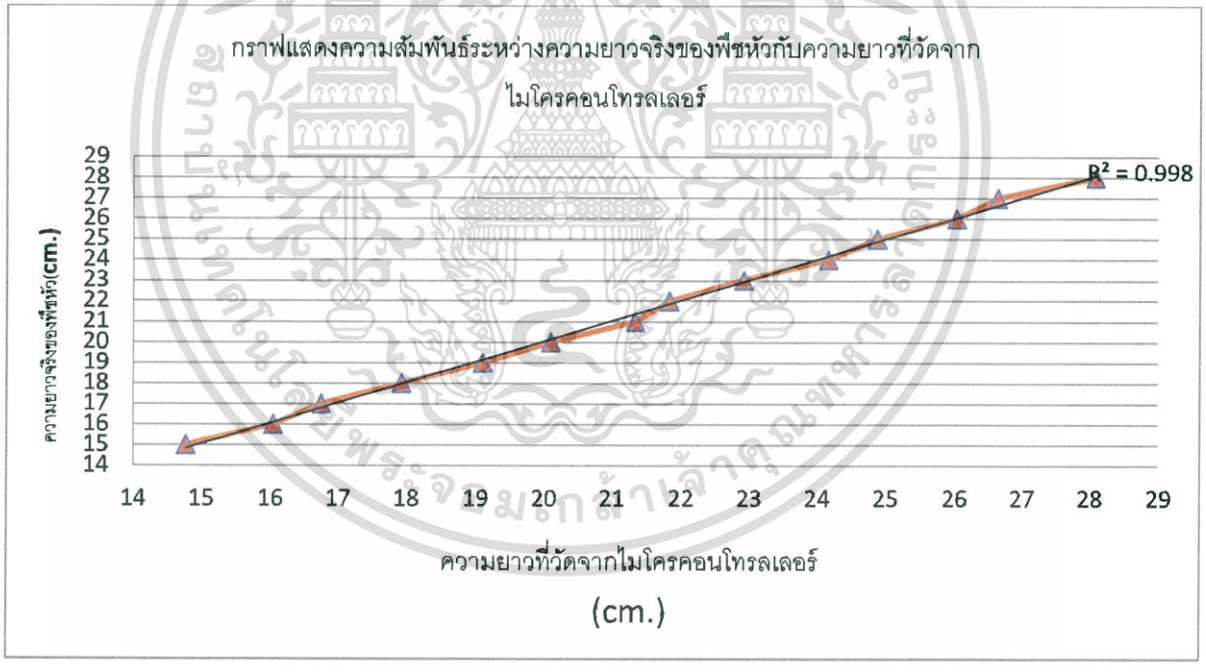
จากการนำข้อมูลทั้งหมดที่ได้จากความสัมพันธ์ของความต่างศักย์กับระยะความลึกที่จำกัดความชื้นของดินแล้วนั้น ได้สมการดังนี้

Long = ((voltage)-8.1453)/-0.1558)+15

แล้วจึงนำไปใส่ในโปรแกรมต่อไป

สรุปผลการทดลอง

ผลที่ได้จากการศึกษาการหาขนาดความยาวของพืชหัวโดยใช้ความต่างศักย์ไฟฟ้า ซึ่งดูจากผลการทดลองที่แสดงผ่านกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความยาวจริงของพืชหัวและการวัดหาความยาวโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์แล้วนั้น มีความเป็นไปได้ว่าการศึกษาการหาขนาดความยาวของพืชหัวนั้น สามารถมีแนวทางในการใช้งานได้ในความเป็นจริง



รูปที่ 5.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความยาวจริงของพืชหัวกับความยาวที่วัดจากไมโครคอนโทรลเลอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปัญหาที่พบ

ตัวแปรควบคุม ควบคุมได้ยาก

-ลักษณะดิน

-ความชื้นของดิน

-เศษหิน

-ฉนวนต่าง ๆ ที่อยู่ในดิน

ตัวแปรดังกล่าวเป็นตัวแปรที่ควบคุมได้ยาก

-ลักษณะทางกายภาพของพืชมีความไม่แน่นนอน อาทิ ความงอของพืช การเกิดของพืชที่ทำให้พืชเอียง

-ผลการทดลองมีจำนวนมากและใช้เวลานาน เพื่อการแม่นยำ

แนวทางการพัฒนา

สำหรับโครงงานนี้สามารถพัฒนาได้โดย เลือกวัสดุที่ดีขึ้นได้ อาทิ แท่งดิน สามารถเปลี่ยนเป็นแท่งดินทองแดงจะนำไฟฟ้าได้ดีขึ้น และ ควบคุมตัวแปรที่สามารถควบคุมได้ให้ดีขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

1.ดร.สมบุญ เตชะภิญญาวัฒน์.(2548).ชีววิทยาพืช.กรุงเทพมหานคร:จามจุรี โปรดักท์

2.ณพพร ดำรงศิริ.(2530).พฤกษาอนุกรมวิธาน.กรุงเทพมหานคร:มหาวิทยาลัยรามคำแหง

3.เพรชรัตน์ จงสกุลศรี.(2553). ผลิตภัณฑ์ข้าวเม่าหมี่ธัญพืชเสริมแครอทอัดแท่ง.วิทยานิพนธ์(คหกรรมมหาบัณฑิต), 2553,15-18.

4. ประสาน ทวีวรรณกิจ.2544.การออกแบบและสร้างเครื่องมือวัดค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าของดิน. วิทยานิพนธ์.จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

5.ธีรวัฒน์ ดิษฐ์ประสพและคณะ. 2554 . การออกแบบระบบการให้น้ำพืชอัตโนมัติแบบไร้สาย.ปริญญานิพนธ์. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

6. www.vegetweb.com.7 กันยายน,2559

7. www.the-than.com .8 กันยายน,2559

8. puechkaset.com. 8 กันยายน,2559

9. www.ag.kku.ac.th.. 8 กันยายน,2559

10.www.foodnetworksolution.com/wiki/word/.12 กันยายน 2559

11. www.geophysical.com/whatisgpr.htm. 6 ตุลาคม 2559

12. www.itnews24hrs.com/2015/08/stmicroelectronics-stm32f7/. 6 ตุลาคม 2559

13. www.praguynakorn.com/tips . 11 ตุลาคม 2559

14. www.med.cmu.ac.th/dept/vascular/note/content6.html. 12 ตุลาคม 2559

15. www.gprlocates.com/Resources/GPR-Soil-Suitability-Maps.aspx. 9 พฤศจิกายน 2559

16. www.niitek.com/products/custom-gpr-integrations. 10 พฤศจิกายน 2559

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

17. www.gmradar.com/.10 พฤศจิกายน 2559

18. www.icejungkimtan.wordpress.com. 10 พฤศจิกายน 2559

19. www.cpre.kmutnb.ac.th. 10 พฤศจิกายน 2559

20. www.dc.oas.psu.ac.th/dcms/files/.10 พฤศจิกายน 2559

21.www.gaprobot.wordpress.com/2008/04/12/ .11 พฤศจิกายน 2559

22. www.factomart.com/th/sensor-transducer/ultrasonic-sensor. 12 พฤศจิกายน 2559

23. www.compomax.co.th/product/ultrasonic-sensors/.13 พฤศจิกายน 2559

24. www.clrwtr.com/Banner-Ultrasonic-Sensors.htm. 14 พฤศจิกายน 2559

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก. ตารางการเก็บค่าและตารางผลการทดลองต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1ก. ตารางแสดงการเก็บค่าเพื่อนำไปหาสมการ

ขนาดความยาวของหัวทดลอง(cm)	ระยะลึก(cm)	ระยะห่างแท่งดิน(cm)	Voltage(V)
14	10	5	9.3
14	11	5	9.21
14	12	5	9.18
14	13	5	9.02
14	14	5	8.97
12	8	5	9.45
12	9	5	9.42
12	10	5	9.26
12	11	5	9.13
12	12	5	9.06
20(1)	15	5	8.35
20(1)	16	5	8.6
20(1)	17	5	8.52
20(1)	18	5	8.37
20(1)	19	5	8.26
20(1)	20	5	8.16
20(2)	15	5	8.18
20(2)	16	5	8.21
20(2)	17	5	8.11
20(2)	18	5	7.98
20(2)	19	5	8.24
20(2)	20	5	7.93
20(2)	15	5	8.12
20(2)	16	5	8
20(2)	17	5	7.71
20(2)	18	5	7.67
20(2)	19	5	7.46
20(2)	20	5	7.3
20(1)	15	5	8
20(1)	16	5	7.91
20(1)	17	5	7.84
20(1)	18	5	7.76
20(1)	19	5	7.54
20(1)	20	5	7.47
20(1)	15	5	8.01
20(1)	16	5	7.94
20(1)	17	5	7.86
20(1)	18	5	7.77
20(1)	19	5	7.6
20(1)	20	5	7.37
20(2)	15	5	8.05
20(2)	16	5	7.97
20(2)	17	5	7.87

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

20(2)	18	5	7.76
20(2)	19	5	7.52
20(2)	20	5	7.4
20(3)	15	5	8.15
20(3)	16	5	7.93
20(3)	17	5	7.72
20(3)	18	5	7.68
20(3)	19	5	7.51
20(3)	20	5	7.42
20(4)	15	5	8.35
20(4)	16	5	8.25
20(4)	17	5	8.07
20(4)	18	5	7.84
20(4)	19	5	7.78
20(4)	20	5	7.6
20(3)	15	5	7.94
20(3)	16	5	7.82
20(3)	17	5	7.61
20(3)	18	5	7.5
20(3)	19	5	7.4
20(3)	20	5	7.37
20(4)	15	5	8.19
20(4)	16	5	7.94
20(4)	17	5	7.88
20(4)	18	5	7.7
20(4)	19	5	7.63
20(4)	20	5	7.59
20(1)	15	5	8.09
20(1)	16	5	7.9
20(1)	17	5	7.68
20(1)	18	5	7.61
20(1)	19	5	7.51
20(1)	20	5	7.44
20(1)	15	5	8.08
20(1)	16	5	7.85
20(1)	17	5	7.78
20(1)	18	5	7.61
20(1)	19	5	7.46
20(1)	20	5	7.1
20(2)	15	5	7.99
20(2)	16	5	7.75
20(2)	17	5	7.65
20(2)	18	5	7.47
20(2)	19	5	7.35
20(2)	20	5	7.27
20(3)	15	5	8.05
20(3)	16	5	8.27

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

20(3)	17	5	7.85
20(3)	18	5	7.66
20(3)	19	5	7.54
20(3)	20	5	7.49
20(4)	15	5	8.01
20(4)	16	5	7.88
20(4)	17	5	7.73
20(4)	18	5	7.78
20(4)	19	5	7.61
20(4)	20	5	7.43
28	15	5	7.95
28	16	5	7.85
28	17	5	7.76
28	18	5	7.51
28	19	5	
28	20	5	7.36
28	21	5	7.11
28	22	5	6.83
28	23	5	6.84
28	24	5	6.56
28	25	5	6.53
28	26	5	6.36
28	27	5	6.4
28	28	5	6.21
27	15	5	8.09
27	16	5	7.95
27	17	5	7.88
27	18	5	7.67
27	19	5	7.47
27	20	5	7.21
27	21	5	7.27
24	15	5	7.98
24	16	5	7.78
24	17	5	7.68
24	18	5	7.62
24	19	5	7.56
24	20	5	7.56
24	21	5	7.43
24	22	5	7.35
24	23	5	7.28
24	24	5	7.26
30	15	5	7.95
30	16	5	7.82
30	17	5	7.81
30	18	5	7.79
30	19	5	7.68
30	20	5	7.55

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

30	21	5	7.56
30	22	5	7.46
30	23	5	7.43
30	24	5	7.29
30	25	5	7.23
30	26	5	7.29
30	27	5	7.37
30	28	5	7.44
30	29	5	7.43
24	15	5	8.17
24	16	5	8.08
24	17	5	7.95
24	18	5	7.95
24	19	5	7.85
24	20	5	7.79
24	21	5	7.75
24	22	5	7.72
24	23	5	7.66
24	24	5	7.61
28	15	5	8.32
28	16	5	8.26
28	17	5	8.22
28	18	5	8.15
28	19	5	8.05
28	20	5	7.99
28	21	5	7.9
28	22	5	7.82
28	23	5	7.77
28	24	5	7.65
28	25	5	7.51
28	26	5	7.47
28	27	5	7.38
28	28	5	7.24
27	15	5	8.24
27	16	5	8.15
27	17	5	8.05
27	18	5	7.97
27	19	5	7.88
27	20	5	7.8
27	21	5	7.74
27	22	5	7.69
27	23	5	7.64
27	24	5	7.58
27	25	5	7.54
27	26	5	7.5
27	27	5	7.43
28	15	5	8.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

28	16	5	8.02
28	17	5	7.98
28	18	5	7.85
28	19	5	7.85
28	20	5	7.82
28	21	5	7.76
28	22	5	7.76
28	23	5	7.7
28	24	5	7.55
28	25	5	7.54
28	26	5	7.5
28	27	5	7.39
28	28	5	7.12
27	15	5	8.05
27	16	5	7.95
27	17	5	7.97
27	18	5	7.82
27	19	5	7.79
27	20	5	7.73
27	21	5	7.61
27	22	5	7.56
27	23	5	7.37
27	24	5	7.32
27	25	5	7.2
27	26	5	7.11
27	27	5	6.94
24	15	5	7.98
24	16	5	7.78
24	17	5	7.67
24	18	5	7.59
24	19	5	7.6
24	20	5	7.46
24	21	5	7.45
24	22	5	7.4
24	23	5	7.33
24	24	5	7.22
27	15	5	7.82
27	16	5	7.72
27	17	5	7.65
27	18	5	7.58
27	19	5	7.51
27	20	5	7.44
27	21	5	7.38
27	22	5	7.32
27	23	5	7.29
27	24	5	7.22
27	25	5	7.16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

27	26	5	7.02
27	27	5	7.18
25	15	5	7.85
25	16	5	7.83
25	17	5	7.78
25	18	5	7.74
25	19	5	7.62
25	20	5	7.53
25	21	5	7.46
25	22	5	7.35
25	23	5	7.33
25	24	5	7.25
25	25	5	7.2
23	15	5	7.82
23	16	5	7.75
23	17	5	7.67
23	18	5	7.62
23	19	5	7.55
23	20	5	7.48
23	21	5	7.41
23	22	5	7.34
23	23	5	7.27
19(1)	15	5	7.88
19(1)	16	5	7.57
19(1)	17	5	7.46
19(1)	18	5	7.4
19(1)	19	5	7.37
19(2)	15	5	7.95
19(2)	16	5	7.84
19(2)	17	5	7.74
19(2)	18	5	7.54
19(2)	19	5	7.41
20(5)	15	5	7.96
20(5)	16	5	7.84
20(5)	17	5	7.74
20(5)	18	5	7.67
20(5)	19	5	7.56
20(5)	20	5	7.49
19(1)	15	5	8.09
19(1)	16	5	7.86
19(1)	17	5	7.81
19(1)	18	5	7.7
19(1)	19	5	7.66
19(2)	15	5	8.06
19(2)	16	5	7.92
19(2)	17	5	7.85
19(2)	18	5	7.72

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

19(2)	19	5	7.67
27(2)	15	5	8.08
27(2)	16	5	7.97
27(2)	17	5	7.83
27(2)	18	5	7.69
27(2)	19	5	7.65
27(2)	20	5	7.5
27(2)	21	5	7.44
27(2)	22	5	7.35
27(2)	23	5	7.25
27(2)	24	5	7.17
27(2)	25	5	7.14
27(2)	27	5	7.18

ตารางที่ 2ก. ตารางแสดงค่าเฉลี่ยของโวลต์กับความยาวของพืชหัว

ความยาวของพืชหัว(cm.)	โวลต์(v.)
15	8.1
16	7.79
17	7.65
18	7.54
19	7.36
20	7.23
21	7.1
22	6.82
23	6.63
24	6.51
25	6.41
26	6.34
27	6.18
28	6.01

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3ก. ตารางแสดงผลที่เครื่องอ่านได้ของหัวไชเท้า

ความยาวของหัวทดลอง	ระยะหัวทดลอง	voltage ที่วัดจากvoltage sensor	ความยาว ที่ควบคุมโดย Aduino
หัวไชเท้าขนาด28 ซม.	28	6.13	28
		6.18	27
		6.03	27
		6.05	28
		6.01	28
		5.96	28
		6.03	29
		5.83	28
		5.88	29
		6.08	29
		6.03	28
		5.96	28
	27	6.27	27
		6.3	27
		6.2	26
		6.23	27
		6.3	27
		6.18	26
		8.03	27
	26	6.42	26
		6.42	26
		6.37	26
		6.35	26
		6.49	26
		6.59	25
	24	6.64	24
		6.71	24
		6.49	24
		6.57	25
		6.79	25
		6.62	23
		6.74	24
	23	6.88	22
		6.84	23
		6.98	23
		6.79	22
		6.96	23
	22	7.03	22
		7.01	22
		7.08	21
		7.01	21

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

		5.54	22
	21	6.88	21
		7.15	23
		7.13	21
		7.2	21
	20	7.25	20
		7.18	20
		7.23	21
		7.18	20
		7.32	21
		7.25	20
	19	7.4	20
		7.4	19
		7.35	19
		7.4	20
		7.37	19
		7.3	19
		7.42	20
	18	7.64	18
		7.74	18
		7.76	17
		7.67	17
		7.62	18
		7.67	18
	17	7.79	17
		7.79	17
		7.91	17
		7.79	16
		7.89	17
		7.76	16
	16	7.84	16
		7.74	16
		7.93	17
		7.84	16
		7.74	16
	15	8.13	15
		8.03	15
		8.15	15
		8.25	14
หัวไชเท้า ขนาด 27 ซม.	27	6.15	27
		6.32	27
		6.15	26
		6.23	27
		6.23	27
		6.42	27
		6.3	26
		6.2	26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

		6.23	27
		6.27	27
	26	6.35	26
		6.62	26
		6.4	24
		5.4	25
		6.32	32
		6.32	26
		6.35	26
		6.37	26
		6.42	26
		6.3	26
		6.42	26
		6.3	26
	25	6.49	25
		6.57	25
		6.52	25
		6.57	25
		6.62	25
		7.15	24
		6.62	21
		6.57	24
		6.49	25
		6.54	25
		6.59	25
		6.52	24
	24	6.71	24
		6.79	24
		6.64	23
		6.59	24
		6.57	24
		6.64	25
		6.52	24
		6.67	25
		6.67	24
		6.64	24
		6.69	24
		6.69	24
		6.81	24
	23	6.96	23
		6.86	22
		6.2	23
		6.84	22
		6.81	23
		6.88	23
		6.79	23
		6.84	23

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

		6.91	23
		6.88	23
		6.81	23
	22	6.98	22
		7.03	22
		6.98	22
		6.93	22
		7.01	22
		7.06	22
		7.03	21
		7.03	22
		7.01	22
		7.08	22
		6.93	21
	21	7.03	21
		7.03	22
		6.93	21
		6.88	22
		7.08	23
		7.06	21
		6.96	21
		6.93	22
		7.15	21
		7.15	21
		7.18	21
		7.18	21
		7.2	21
		7.13	21
		7.23	21
	20	7.3	20
		7.25	20
		7.35	20
		7.18	20
		7.3	20
		7.54	20
		7.37	20
		7.28	18
		7.28	19
		7.25	20
		7.47	19
	19	7.42	19
		7.4	19
		7.37	19
		7.35	19
		7.5	19
		7.45	19
		7.37	18

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

		7.4	18
		7.42	19
		7.32	19
	18	7.57	18
		7.5	18
		7.54	19
		7.59	18
		7.62	18
		7.62	18
		7.52	18
		7.47	17
		7.64	18
		7.62	18
	17	8.06	17
		7.79	18
		7.69	17
		7.67	17
		7.84	16
		7.84	17
		7.81	17
		7.71	17
		7.79	17
		7.67	17
		7.81	16
	16	7.89	16
		7.91	16
		8.15	16
		7.96	16
		7.91	16
		8.03	16
		7.98	15
		7.91	16
		8.01	16
		7.91	15
	15	8.2	15
		7.42	14
		8.11	15
		9.57	15
		8.01	14
		8.11	15
		8.08	15
		8.01	15
		8.18	15
หัวไชเท้า ขนาด 27 ซม.	27	6.18	27
		6.47	27
		6.25	25
		6.25	27

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	6.3	27
	6.03	26
26	6.35	25
	6.3	26
	6.3	26
	6.3	26
	6.23	26
	6.25	27
25	6.49	25
	6.47	25
	6.42	25
	6.47	26
	6.45	26
	6.42	25
24	6.62	24
	6.57	24
	6.62	24
	6.62	25
	6.52	24
	6.59	25
	6.49	24
23	6.84	23
	6.86	23
	6.84	23
	6.74	23
	6.74	24
	6.84	24
	6.71	23
	6.88	24
	6.64	23
22	6.86	22
	6.98	23
	6.96	22
	6.98	22
	6.96	22
	7.08	22
	6.86	21
	6.98	23
	6.98	22
	6.93	22
	7.06	22
21	7.2	21
	7.13	21
	7.01	21
	7.2	22
	7.08	21
	7.13	21

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	7.1	21
	7.15	21
	6.98	21
	7.13	22
20	7.25	20
	7.15	20
	7.18	21
	7.3	21
	7.25	20
	7.13	20
	7.23	21
	7.25	20
	7.4	20
19	7.54	19
	7.28	18
	7.45	20
	7.4	19
	7.37	19
	7.52	19
	7.3	19
	7.4	20
	7.37	19
	7.37	19
	7.35	19
18	7.59	18
	7.57	18
	6.88	18
	7.62	19
	7.69	18
	7.67	18
	7.62	18
	7.52	18
17	7.76	17
	7.81	17
	7.84	17
	7.86	16
	7.81	16
	7.74	17
	7.71	17
	7.91	17
	7.71	16
	7.81	17
	7.79	17
	7.89	17
	7.71	16
16	7.84	16
	7.89	16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

		7.84	16
		7.75	16
		7.84	17
		7.91	16
		7.86	16
		7.91	16
		7.79	16
	15	7.98	15
		8.15	16
		8.11	14
		8.08	15
		8.15	15
		8.06	14
		8.08	15
		8.18	15
		8.11	14
		8.13	15
		8.06	15
		8.11	14
		8.13	15
		8.06	15
		8.11	15
		8.13	15

ตาราง 4ก. ตารางแสดงผลค่าเฉลี่ยที่เครื่องอ่านได้ของแครอท

ความยาวของหัวทดลอง	ระยะหัวทดลอง	voltage ที่วัดจากvoltage sensor	ความยาว ที่ควบคุมโดย Aduino
แครอทขนาด 21 ซม.	21	6.91	22
		6.86	22
		7.08	23
		6.88	21
		6.86	23
		7.13	23
		6.93	21
	20	7.2	20
		7.25	21
		7.25	20
		7.98	20
	19	7.42	19
		7.35	19
		7.42	20
		7.45	19
		7.4	19
		7.37	19
		7.28	19
	18	7.64	18

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

		7.62	18
		7.67	18
		7.59	18
		7.74	18
		7.64	17
		7.62	18
	17	7.74	16
		7.74	17
		7.76	17
		7.76	17
		7.79	17
		7.67	17
	16	7.98	15
		7.98	16
		7.93	16
		7.93	16
		7.93	16
	15	8.08	15
		8.15	15
		8.03	14
		8.2	15
		8.08	14
แครอทขนาด 22 ซม.	22	7.03	21
		6.93	22
		6.93	22
		6.98	22
		7.01	22
		6.98	22
	21	7.15	21
		7.01	21
		7.18	22
		7.08	21
		7.18	21
	20	7.28	20
		7.3	20
		7.15	20
		7.3	21
		7.37	20
	19	7.62	18
		7.47	19
		7.5	19
		7.52	19
		8.57	19
	18	7.59	18
		7.67	18
		7.64	18
		7.71	18

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

		7.64	17
		7.59	18
	17	7.81	18
		7.76	17
		7.74	17
		7.76	17
		7.76	17
		7.71	17
	16	7.98	16
		7.91	16
		7.93	16
		7.86	16
		7.98	16
	15	8.01	16
		8.03	15
		8.08	15
		8.13	15
		8.11	15
		8.13	15
แครอทขนาด 21 ซม.	21	6.98	21
		7.1	22
		7.06	21
		7.01	21
		7.06	22
		7.01	21
	20	7.35	20
		7.28	20
		7.4	20
		7.35	19
		7.25	20
		7.3	20
		7.28	20
	19	7.47	19
		7.52	19
		7.5	19
		7.45	19
		7.52	19
		7.5	19
	18	7.59	18
		7.67	18
		7.57	18
		7.54	18
		7.59	18
		7.5	18
		7.54	19
	17	7.74	17
		7.62	17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

		7.79	18
		7.76	17
		7.79	17
		7.84	17
		7.74	16
	16	7.84	17
		7.93	16
		7.98	16
		8.15	16
		7.96	16
	15	8.01	15
		7.93	15
		7.96	16
		8.06	16
		7.93	15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข. โปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
int analogInput = A1;//ประกาศตัวแปลที่รับค่าความต่างศักย์
float vout = 0.0;//ประกาศเพื่อเป็นค่าความต่างศักย์ที่ยังไม่ผ่านตัวต้านทาน
float vin = 0.0;//ประกาศเพื่อเป็นค่าความต่างศักย์จริง
float R1 = 30000.0; //ตัวต้านทาน
float R2 = 7500.0; // ตัวต้านทาน
int value = 0;//ประตัวแปลนี้เพื่อให้มาแทนanalogInput
int Long ;//ประกาศเพื่อเป็นความยาวของระยะพืชที่ลึกลงดิน

#include <LiquidCrystal.h>//ประกาศใช้จอlcd
LiquidCrystal lcd(12, 11, 5, 4, 3, 2); //ประกาศใช้ขาของจอlcd
void setup(){
    pinMode(analogInput, INPUT);
   Serial.begin(9600);
 lcd.begin(16, 2); // จอกว้าง 16 ตัวอักษร 2 บรรทัด
  lcd.print("***Radish***"); // แสดงผลคำว่า ***Radish***ออกหน้าจอ
  lcd.setCursor(0, 1); // เลื่อนเคเซอร์ไปบรรทัดที่ 2 ลำดับที่ 0 (ก่อนหน้าตัวอักษรแรก)
  lcd.print("***Project***"); // แสดงผลคำว่า ***Project***
  delay(3000); // หน่วงเวลา 3 วินาที
  lcd.clear(); // ล้างหน้าจอ
}
void loop(){
   value = analogRead(analogInput);//ให้valueเป็นตัวรับค่า
  vout = map(value, 0, 1024, 0, 255);
   vout = (value * 5.0) / 1024.0; //คำนวณให้ค่าออกมาเป็นค่าdigital
   vin = vout / (R2/(R1+R2));//คำนวณแบบผ่านค่าตัวต้านทานได้ความต่างศักย์จริง
  Serial.println(vin);
delay(2000);
    Long = (((vin)-8.1453)/-0.1558)+15;//คำนวณออกมาให้เป็นความยาว
Serial.println(Long);
 lcd.setCursor(0, 0);
  lcd.print(" Project Radish ");
  lcd.setCursor(0, 1);
  lcd.print("Length = ");//แสดงผลออกทางหน้าจอให้เป็นความยาว
  lcd.print(Long);
  lcd.print(" CM.");
  delay(500);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
  lcd.clear();
  delay(500);
}
```


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค. รูปภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ ค.1 รูปขณะปลูกหัวไชเท้า

รูปที่ ค.2 รูปขณะปลูกหัวไชเท้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ ค.3 : หัวไชเท้า

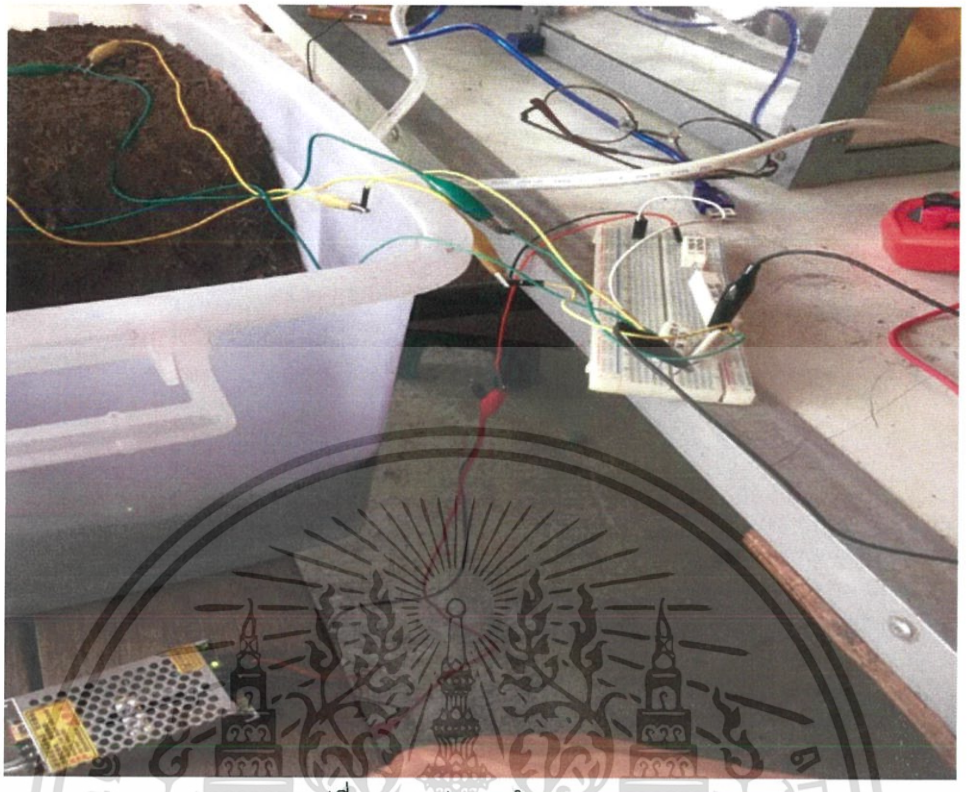
รูปที่ ค.4 : หัวไชเท้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

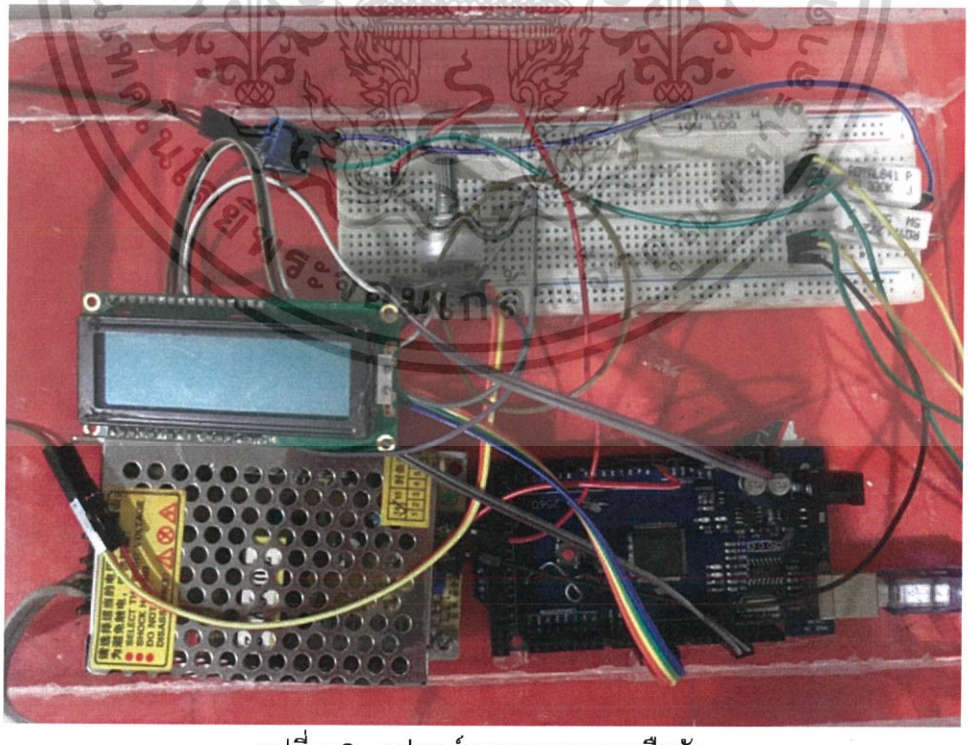
รูปที่ ค.5 : หัวไชเท้า

รูปที่ ค.6 : หัวไชเท้าที่นำมาทดสอบพร้อมทั้งขีดสเกลบอกความยาว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

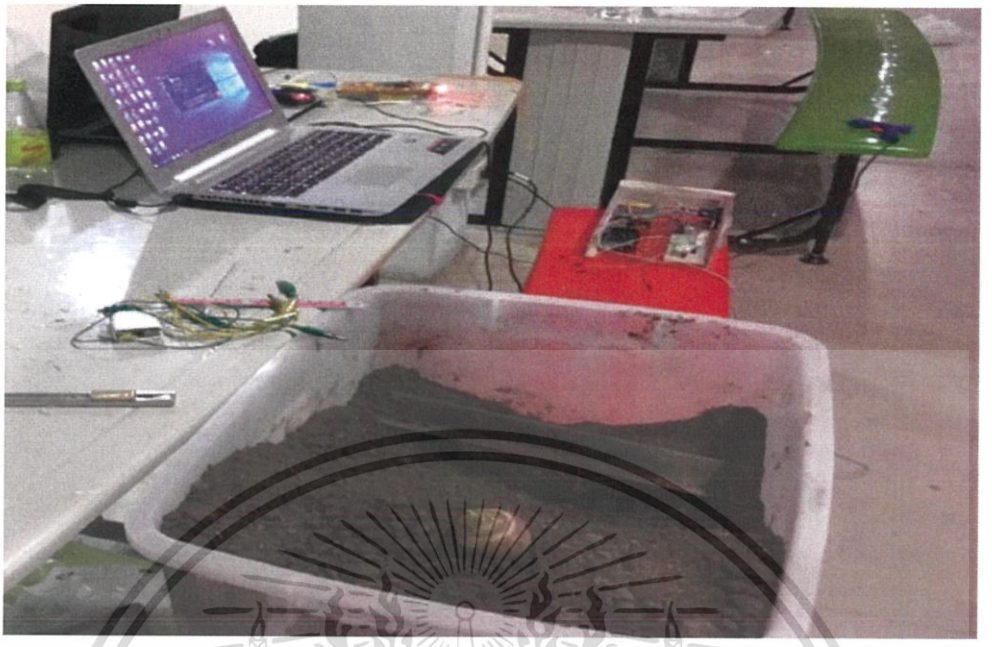


รูปที่ ค.7 : รูปขณะทำการทดสอบ

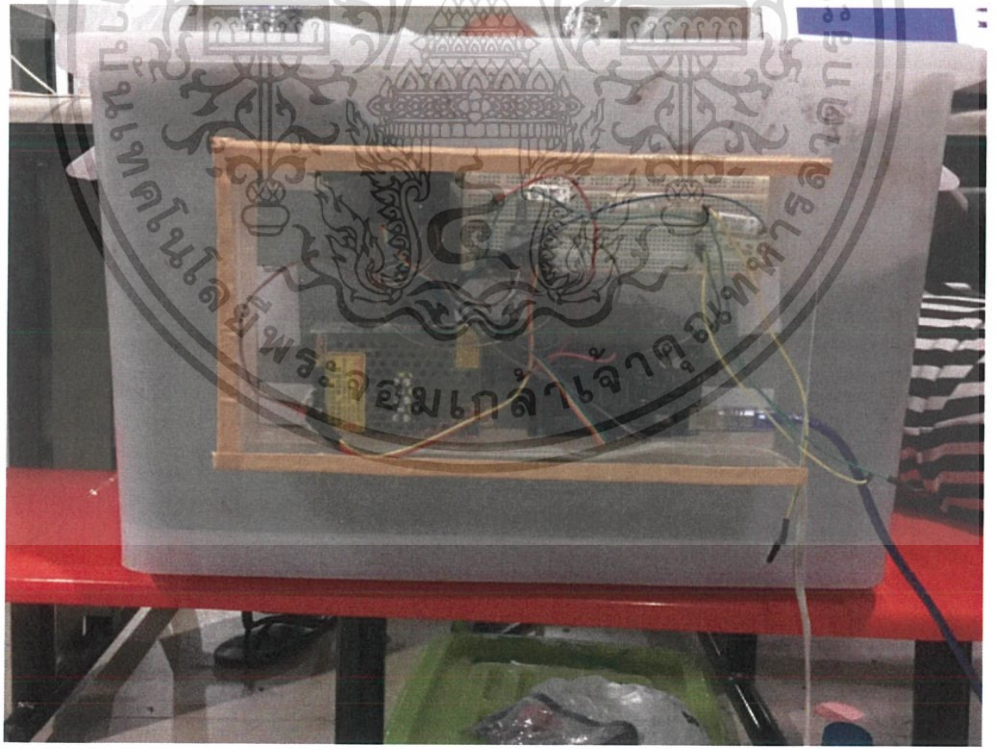


รูปที่ ค.8 : อุปกรณ์หาความยาวของพืชหัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ค.9 : รูปขณะทำการทดสอบ



รูปที่ ค.10 : อุปกรณ์หาความยาวของพืชหัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้