รายงานผลงานเรื่องเต็มการทดลองที่สิ้นสุด

---

1. **แผนงานวิจัย** : แผนบูรณาการวิจัยและพัฒนาไม้ผลเศรษฐกิจ

2. **โครงการวิจัย** : วิจัยและพัฒนาระบบควบคุมอัตโนมัติการให้น้ำทุเรียนโดยใช้ค่าจากถาดวัดระเหย (Epan)

   กิจกรรม : วิจัยและพัฒนาระบบควบคุมอัตโนมัติการให้น้ำทุเรียนโดยใช้ค่าจากถาดวัดระเหย (Epan)

3. **ชื่อการทดลอง (ภาษาไทย)** : วิจัยและพัฒนาระบบควบคุมอัตโนมัติการให้น้ำทุเรียนโดยใช้ค่าจากถาดวัดระเหย (Epan)

   ชื่อการทดลอง (ภาษาอังกฤษ) : Research and Development on Automatic Controller for Irrigation Systems in Durian using Evaporation pan (Epan).

4. **คณะผู้ดำเนินงาน**

หัวหน้าการทดลอง	: นางสาวพิมพ์ชนก ทัพภูมิ	สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม
ผู้ร่วมงาน	: นายวุฒิพล จันทร์สระคู	ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมสุราษฎร์ธานี
	นางชมภู จันที	ศูนย์วิจัยพืชสวนจันทบุรี
	นางเพ็ญจันทร์ วิจิตร	สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 6
	นายอุทัย ธานี	สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม
	นางสาวพักตร์วิภา สุทธิวารี	ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมจันทบุรี
	นายกิตติศักดิ์ กิติรัตน์	ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมเชียงใหม่
	นายรัฐกร สืบคำ	กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร

กรมวิชาการเกษตร

5. บทคัดย่อ

การพัฒนาระบบควบคุมอัตโนมัติการให้น้ำทุเรียนโดยใช้ค่าจากถาดวัดระเหย (Epan) โดยใช้บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino รุ่น MEGA และ รุ่น UNO ในการประมวลผล ซึ่งรับข้อมูลจากเซนเซอร์ เช่น เซนเซอร์วัดน้ำฝน เซนเซอร์วัดความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ เซนเซอร์วัดความเร็วลม และ เซนเซอร์วัดระดับน้ำโดยใช้ pressure sensor เขียนโปรแกรมควบคุมต่างๆ ด้วยโปรแกรม Arduino Software (IDE) โดยมีลำดับขั้นตอนการทำงานดังนี้คือ อ่านค่าจากเซนเซอร์วัดระดับน้ำเพื่อคำนวณหาค่า Epan รับค่าจากเซนเซอร์วัดความเร็วลมและเซนเซอร์ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศเพื่อเลือกค่า Kp อ่านข้อมูลที่ป้อน เช่น Kc, ปริมาณน้ำในดิน (SM), รัศมีทรงพุ่ม, อัตราการจ่ายน้ำของหัวมินิสปริงเกลอร์ หลังจากนั้นคำนวณหาปริมาณการใช้น้ำของทุเรียน ตามสมการ ETc = Kp x Epan x Kc และคำนวณเวลาที่ให้เปิดปั๊มน้ำจากความสมการ T = IR/q เมื่อไมโครคอนโทรลเลอร์ประมวลผลเสร็จแล้วจะส่งสัญญาณเปิด-ปิด ชุดปั๊มน้ำ ส่งสัญญาณเปิด - ปิดชุดโซลินอย์วาล์ว เมื่อทำงานครบเวลาระบบจะสั่งปิดทำงานโดยอัตโนมัติ ทำการสร้างเครื่องต้นแบบและติดตั้งระบบควบคุมอัตโนมัติการให้น้ำพร้อมทดสอบในห้องปฏิบัติการ ณ.ลานทดสอบ กลุ่มพัฒนาพื้นที่เกษตร สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพฯ ทดสอบการทำงานโดยเติมน้ำในถาดวัดระเหยให้มีความลึกประมาณ 200 mm. กำหนดระดับน้ำให้อยู่ในช่วงประมาณ 20-60 mm. ของเครื่องมือวัด การทดสอบแบ่งเป็น 2 กรณี คือ กรณีที่ 1 ปริมาณน้ำในดินเท่ากับศูนย์หรือไม่มีฝนตก กรณีที่ 2 มีปริมาณน้ำในดินหรือมีฝนตก ผลการทดสอบระบบควบคุมอัตโนมัติการให้น้ำพืชสามารถทำงานได้ทุกครั้งที่มีการเปิดเครื่อง และมีการทำงานตามลำดับขั้นตอนตาม Flowchart ที่ออกแบบไว้ทั้ง 2 กรณี เปรียบเทียบการวัดระดับน้ำที่วัดจากตะขอ(Hook) กับการวัดระดับน้ำจากเซนเซอร์ คิดความคลาดเคลื่อนของเซนเซอร์วัดระดับน้ำ มีค่า 1.75% – 27.03% และ 1.75% – 41.67% ตามลำดับ และเปรียบเทียบเวลาการให้น้ำที่คำนวณโดยระบบควบคุมฯ กับเวลาที่คำนวณได้จากสูตร คำนวณหาค่าความคลาดเคลื่อนได้ 0.13% – 0.73% และ 0.12 - 0.72% ตามลำดับ

คำสำคัญ: ระบบควบคุมการให้น้ำอัตโนมัติ, การระเหยน้ำ, ทุเรียน

กรมวิชาการเกษตร

Abstract

Development on automatic controller for irrigation systems in durian using evaporation pan (Epan). using the Arduino microcontroller board MEGA and UNO model for processing. Which receives data from sensors such as rain sensors, air humidity sensor, anemometer sensor and water level sensor; using pressure sensor programming control programs with Arduino software (IDE) with the following sequence of steps: read the value from the water level sensor to calculate Epan. Collect the value from the anemometer and air relative humidity sensor to select the Kp value. Read the input such as Kc, soil water content (SM), tree radius, mini sprinkler flowrate, calculate the water consumption of durian according to the equation ETc = Kp x Epan x Kc and calculate the time to turn on the water pump from the equation T = IR / q. The water pump sends the signal on-off the solenoid valve. When working for the full time, the system will automatically shut down. To build a prototype and install an automatic control system for water supply and testing in the laboratory at the agricultural area development group test area. Agricultural engineering research institute department of agriculture, Bangkok, test the work by adding water in the evaporation measuring tray to a depth of about 200 mm. Set the water level in the range of approximately 20-60 mm. Of the measuring instrument. The test was divided into 2 cases: case 1, the amount of water in the soil equal to zero or no rain, case 2, the amount of water in the soil or rain. Results automatic controller for irrigation systems can be operated every time the power is turned on. And work in sequence according to the flowchart designed in both cases, comparing the water level measured from the hook with the sensor water level measurement. The error of the water level sensor was 1.75% - 27.03% and 1.75% - 41.67% respectively and compared the irrigation time calculated by the control system. With the time calculated from the formula the error can be calculated from 0.13% - 0.73% and 0.12 - 0.72% respectively.

Keywords: Automatic Irrigation control system, Evaporation, Durian

กรมวิชาการเกษตร

6. คำนำ

ทุเรียนเป็นไม้ผลที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจของประเทศไทยชนิดหนึ่ง เป็นพืชที่ทำรายได้ให้แก่เกษตรกรค่อนข้างสูงเมื่อเปรียบเทียบกับพืชชนิดอื่นๆ ในปี 2560 มีมูลค่า 44,235 ล้านบาท (สำนักวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร, 2561) และมีแหล่งปลูกที่สำคัญและมีชื่อเสียงในแถบจังหวัดทางภาคตะวันออก เช่น จ.จันทบุรี จ.ระยอง และ จ.ตราด การปลูกทุเรียนเชิงการค้าในปัจจุบันนั้นจำเป็นต้องมีการให้น้ำเพื่อให้ได้ผลผลิตที่มีคุณภาพ ซึ่งระบบการให้น้ำโดยทั่วไปของสวนทุเรียนเป็นแบบมินิสปริงเกอร์ การปลูกทุเรียนให้ได้คุณภาพดีนั้นเกษตรกรต้องให้น้ำเหมาะสมกับช่วงเวลาและอายุของทุเรียน เช่น มีการหยุดให้น้ำเพื่อกระตุ้นให้ออกดอก หรือในช่วงระยะการเจริญเติบโตของผล ระยะ 8-12 สัปดาห์หลังดอกบานจะต้องมีการให้น้ำเพื่อให้การพัฒนาผลเป็นไปอย่างสมบูรณ์ (กรมวิชาการเกษตร, 2547) และการให้น้ำนั้นต้องเพียงพอถ้าน้อยเกินไปจะทำให้ผลทุเรียนมีรูปทรงบิดเบี้ยวและมีขนาดเล็ก ถ้ามีการให้น้ำมากเกินไปจนท่วมขังโคนต้นจะเป็นปัจจัยที่ทำให้เกิดต่างได้ง่ายๆ เช่น โรครากเน่าโคนเน่า ในปัจจุบันเทคโนโลยีมีความเจริญก้าวหน้ามากขึ้นและพัฒนานำไปใช้ทุกภาคส่วนรวมทั้งภาคการเกษตรด้วย เช่น รถแทร็กเตอร์ไร้คนขับและระบบควบคุมการให้น้ำพืช เป็นต้น ระบบควบคุมการให้น้ำพืชที่จำหน่ายในท้องตลาดมีหลายแบบ เช่น แบบตั้งเวลา (Irrigation Timers) ระบบนี้สามารถตั้งเวลาโดยตั้งเวลาได้ตั้งแต่ 1 วินาที ถึง 12 ชั่วโมง หรือระบบสั่งการ เปิด - ปิด ปั๊มน้ำผ่าน Application ในโทรศัพท์มือถือ ซึ่งระบบควบคุมดังที่กล่าวไม่สามารถคำนวณหาความต้องการน้ำของพืชได้ เกษตรกรจะเป็นผู้กำหนดระยะเวลาการให้น้ำเองตามความเชื่อหรือประสบการณ์ของเกษตรกร แต่ในทางวิชาการหากต้องการคำนวณหาความต้องการใช้น้ำของพืชนั้นมีหลายวิธี แต่วิธีที่ได้รับการยอมรับและนิยมใช้ในงานเกษตรชลประทาน (ธีระพล, 2549) คือการหาปริมาณการใช้น้ำของพืชโดยอาศัยข้อมูลภูมิอากาศหรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่าการหาปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (Reference Crop Evapotranspiration; ETo) โดยที่สูตรของ Modified Penman และ Pan Method ได้รับความนิยมมากที่สุด แต่สมการของ Modified Penman ต้องใช้ข้อมูลภูมิอากาศเป็นจำนวนมากซึ่งการจะพัฒนาระบบควบคุมอัตโนมัติเป็นเรื่องยากเพราะต้องใช้เซนเซอร์วัดข้อมูลและบันทึกข้อมูลเป็นจำนวนมาก ที่สำคัญเซนเซอร์ที่ใช้วัดไม่มีขายในท้องตลาดทั่วไป ส่วนสูตรของ Pan Method นั้นใช้ค่าปริมาณการระเหยน้ำจากถาดวัดระเหย (Epan) แบบเอ ซึ่งใช้ค่าที่ไม่ซับซ้อนมากผลลัพธ์ที่ออกมาเป็นไปในทางเดียวกันกับสูตร Modified Penman การจะพัฒนาระบบควบคุมอัตโนมัติเป็นเรื่องง่ายกว่า เพราะใช้เซนเซอร์วัดข้อมูลและบันทึกข้อมูลจำนวนน้อยกว่า ที่สำคัญเซนเซอร์ที่ใช้วัดมีขายทั่วไปในท้องตลาดและปัจจุบันมีบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์สำเร็จรูป ที่รวมเอาตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) และอุปกรณ์อื่นๆ ที่จำเป็นมาไว้ในบอร์ดเดียวกันทำให้ง่ายต่อการนำไปพัฒนาเป็นอุปกรณ์ควบคุมต่างๆ เช่น เครื่องให้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินแบบแยกถังปุ๋ยสำหรับอ้อย (ขนิษฐ์, 2560) คณะผู้วิจัยจึงมีแนวความคิดที่จะใช้บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์สำเร็จรูปนี้ และพัฒนาโปรแกรมเพื่อให้อ่านค่าการระเหยน้ำจาก

กรมวิชาการเกษตร

ถาดวัดการระเหย (Epan) ออกมาเป็นสัญญาณดิจิตอล (Digital) ในการคำนวณหาความต้องการน้ำของพืช (ETc) เพื่อให้ได้ปริมาณน้ำหรือเวลาการให้น้ำที่ถูกต้องตามหลักวิชาการและแม่นยำพร้อมทั้งปรับใช้ให้เหมาะสมกับการปลูกทุเรียน ซึ่งจะเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตทุเรียนและการใช้น้ำให้ได้ประโยชน์สูงสุด

7. วิธีดำเนินการ :

- อุปกรณ์

ไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino รุ่น MEGA, UNO , เซนเซอร์วัดค่าต่างๆ เช่น วัดระดับน้ำ, วัดความเร็วลม, วัดความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ, วัดน้ำฝน, ถาดวัดระเหย Epan (class A), ปั๊มน้ำ

- วิธีการทดลอง

1) ศึกษาวิธีการหาปริมาณความต้องการใช้น้ำของพืชแบบต่างๆ และวิธีการควบคุมระบบให้น้ำพืชอัตโนมัติพร้อมอุปกรณ์ควบคุม เปิด–ปิด โซนให้น้ำ แบบต่างๆ
2) ออกแบบและสร้างอุปกรณ์วัดค่าการระเหยน้ำในถาด Epan พร้อมระบบควบคุมการให้น้ำพืชอัตโนมัติพร้อมทดสอบในห้องปฏิบัติการ
3) ติดตั้งและทดสอบระบบควบคุมการให้น้ำพืชอัตโนมัติโดยใช้ค่าการระเหยน้ำในแปลงปลูกทุเรียน จ. จันทบุรี ซึ่งแปลงทดสอบนี้มีต้นทุเรียนต้องมีการแบ่งโซนการให้น้ำ อย่างน้อย 4 โซน พื้นที่รวม 1 ไร่
4) เก็บข้อมูลการทำงานของอุปกรณ์ในแปลงทดสอบ เช่น ค่าการระเหยที่ได้จากเครื่องมือเปรียบเทียบกับค่าที่วัดได้จาก Epan มาตรฐาน เพื่อหาความแม่นยำของเครื่องมือ, ปริมาณน้ำที่ได้จากคำนวณ วัดปริมาณน้ำฝน วัดค่าความชื้นของดิน ปัญหาอุปสรรคที่เกิดขึ้นระหว่างทดสอบ
5) วิเคราะห์ผลการทดลอง วิเคราะห์ประสิทธิภาพและต้นทุนของระบบควบคุมการให้น้ำพืชอัตโนมัติ

- เวลาและสถานที่

ระยะเวลาดำเนินงาน ตุลาคม 2562 - กันยายน 2563

สถานที่ดำเนินการ – กลุ่มพัฒนาพื้นที่เกษตร สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร

8. ผลการทดลองและวิจารณ์

8.1 การศึกษาวิธีหาปริมาณความต้องการใช้น้ำของพืชแบบต่างๆ

การให้น้ำแก่พืชในปริมาณที่น้อยแต่บ่อยครั้ง จะสามารถรักษาความชื้นในเขตรากพืชให้อยู่ในระดับที่มีความเป็นประโยชน์สูงอยู่เสมอ ได้มากกว่าการให้น้ำปริมาณมากแต่ทิ้งช่วงการให้น้ำห่างกันหลายวัน สำหรับทุเรียนโดยทั่วไปจะให้น้ำทุก 3-5 วัน (กรมวิชาการเกษตร, 2547) ขึ้นอยู่กับความสามารถในการอุ้มน้ำของดิน อายุพืช ระยะการเจริญเติบโต เป็นต้น การหาปริมาณการใช้น้ำของพืช (ธีระพล, 2549) นั้นสามารถแบ่งออกเป็น 2 แบบ ตามวิธีดำเนินการ คือ แบบที่ 1 การหาปริมาณการใช้น้ำของพืชโดยวิธีการตรวจวัด เช่น การวัดจากถังวัดการใช้น้ำ

กรมวิชาการเกษตร

ของพืช (Lysimeter Tank) หรือหาจากค่าความชื้นในดินรวมทั้งศึกษาจากแปลงทดลอง ซึ่งวิธีการแบบนี้มีข้อจำกัดและมีค่าใช้จ่ายที่สูงมาก แบบที่ 2 การหาปริมาณการใช้น้ำของพืชโดยอาศัยข้อมูลภูมิอากาศหรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่าการหาปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (Reference Crop Evapotranspiration; ETo) โดยมีสูตรหรือวิธีการที่ยอมรับและใช้กันอย่างแพร่หลายมีอยู่ด้วยกัน 7 วิธี คือ Modified Penman, Pan Method, Penman Monteith, Blaney Criddle, Thornthwaite, Hargreaves และ Radiation ในงานด้านเกษตรชลประทานจะนิยมใช้ ดังนี้

วิธีที่ 1 Modified Penman มีการคำนวณหาค่า ETo ได้ตามสมการที่ (1)

$$ETo = c[W \cdot Rn + (1 - W) \cdot f(u) \cdot (e_s - e_a)] \quad \text{..... (1)}$$

ETo = ปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (มม./วัน)
c= ค่าสำหรับใช้ปรับแก้ความคลาดเคลื่อน (Adjustment Factor)
W = แฟคเตอร์ที่อยู่ในเทอมที่เกี่ยวข้องกับรังสีแสงแดด
Rn = รังสีแสงแดดสุทธิ
(1-w) = อิทธิพลของลมและความชื้นในอากาศที่ทราบระดับและอุณหภูมิเฉลี่ย
$f(u)$ = อิทธิพลของกระแสลม
$(e_s - e_a)$ = ผลต่างระหว่างค่าความดันไอน้ำอิ่มตัวเฉลี่ย (e_s) กับความดันไอน้ำที่เป็นจริงเฉลี่ย (e_a)

จากสมการข้างต้นพบว่าการจะพัฒนาระบบควบคุมอัตโนมัติโดยใช้สูตร Modified Penman นั้นเป็นเรื่องยาก เพราะต้องใช้เซนเซอร์เพื่อวัดค่าต่างๆ เป็นจำนวนมากและเซนเซอร์บางชนิดไม่มีขายในท้องตลาดทั่วไป

วิธีที่ 2 Pan Method วิธีนี้ใช้ค่าปริมาณการระเหยน้ำจากถาดวัดระเหย (Epan) แบบเอ ซึ่งใช้ค่าที่ไม่ซับซ้อนมากผลลัพธ์ที่ออกมาเป็นไปในทางเดียวกันกับวิธีที่ 1 Modified Penman โดยมีการคำนวณหาค่า ETo ได้ตามสมการที่ (2)

สมการ ETo = Kp x Epan ..... (2)

ETo = ปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (มม./วัน)
Kp = สัมประสิทธิ์ถาดวัดการระเหยสำหรับถาดวัดแบบเอ
Epan = ปริมาณการระเหยน้ำจากถาดวัดการระเหยแบบเอ (มม.)

กรมชลประทาน

การจะพัฒนาระบบควบคุมอัตโนมัติโดยใช้สูตร Pan Method นั้นสามารถทำได้ง่ายกว่า Modified Penman เพราะใช้เซนเซอร์เพื่อวัดค่าต่างๆ จำนวนไม่มากและมีขายในท้องตลาด แต่ของสมการของ Pan Method ยังไม่ได้นำตัวแปรชนิดของพืชมาเกี่ยวข้อง เพื่อให้การคำนวณหาความต้องการใช้น้ำของพืชใกล้เคียงกับความเป็นจริง ดิเรกและคณะ (2545) ได้แนะนำวิธีคำนวณหาปริมาณการใช้น้ำของพืชตามสมการที่ 3 โดยมีการนำค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช (Kc) นำมาคำนวณด้วย

สมการ $ETc = Kp \times Epan \times Kc$ ..... (3)

ETc = ความต้องการใช้น้ำของพืชหรือทุเรียน (มม.)
Kp = สัมประสิทธิ์ถาดวัดการระเหยสำหรับถาดวัดแบบเอ (ตารางที่ 3)
Epan = ปริมาณการระเหยน้ำจากถาดวัดการระเหยแบบเอ (มม.)
Kc = ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช (ตารางที่ 2)

ซึ่งเวลาการให้น้ำสามารถคำนวณจากความสมการดังนี้ (Tayel et. al., 2008)

$T = IR/q$ .....(4) และ $IR = ETc \times A/Ei$

T = เวลาที่ให้น้ำ (ชั่วโมง/รอบ)
q = อัตราการจ่ายน้ำของหัวมินิสปริงเกลอร์ (ลิตร/ต้น/ชั่วโมง)
IR = ความต้องการน้ำของพืช (ลิตร/ต้น/รอบ)
ETc = ความต้องการใช้น้ำของพืชหรือทุเรียน (มม.)
A = พื้นที่ทรงพุ่ม (ตารางเมตร)
Ei = ประสิทธิภาพของระบบให้น้ำ = 85% (ดิเรก, 2554) (ตารางที่ 1)

ดิเรกและคณะ (2545) ได้ประยุกต์ใช้ปริมาณการระเหยน้ำจากถาดวัดระเหยแบบ เอ แทน โดยมีค่าประสิทธิภาพการให้น้ำแก่พืชโดยวิธีต่างๆ (ตารางที่ 1) และค่า Kp (ตารางที่ 3)

กรมวิชาการเกษตร

ตารางที่ 1 ประสิทธิภาพการให้น้ำแก่พืชโดยวิธีต่าง ๆ

วิธีการ/ระบบการให้น้ำ	ประสิทธิภาพ (%)
1 การให้น้ำทางผิวดิน	40 - 80
2 การให้น้ำทางใต้ผิวดิน	30 - 50
3 การให้แบบฉีดฝอย	75 - 80
4 การให้น้ำระบบประหยัด	
4.1 สปริงเกอร์	60 - 75
4.2 มินิ/ไมโครสปริงเกอร์	75 - 85
4.3 น้ำหยด	85 - 95

ที่มา : ดิเรก ทองอร่าม และคณะ, 2545

หิรัญ (2546) ได้กล่าวว่า ในการคำนวณเพื่อหาค่าความต้องการน้ำของพืชจำเป็นต้องนำข้อมูลสภาพอากาศและข้อมูลพืชมาพิจารณาร่วมกัน แต่เนื่องจากสภาพอากาศมีความแปรปรวนตลอดเวลาและแปรเปลี่ยนไปตามพื้นที่ ดังนั้นหากจะต้องนำข้อมูลสภาพอากาศทุกชนิดที่แปรเปลี่ยนมาบรรจุในสูตรการคิดคำนวณค่าความต้องการน้ำของพืช จะเป็นการไม่สะดวกในทางปฏิบัติจึงได้มีการนำค่าการระเหยของน้ำที่วัดได้จากเครื่องมือวัดอัตราการระเหยของน้ำชนิดถาดแบบ class A (Class A pan) และรวมค่าความแปรปรวนจากสภาพภูมิอากาศและปัจจัยอื่นๆ มาคิดคำนวณร่วมค่าสัมประสิทธิการใช้น้ำของพืช Kc (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 ค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช (Kc) ในช่วงต่างๆ ตามการเจริญเติบโตของไม้ผล

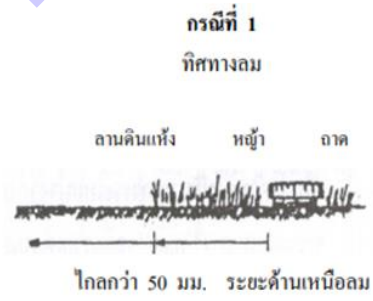
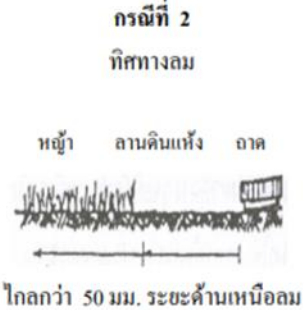
ช่วงการเจริญเติบโต	ชนิดของไม้ผล				
	ทุเรียน	เงาะ	มังคุด	ส้ม	ไม้ผลอื่นๆ
1. การพัฒนาการทางกิ่ง ก้าน สาขา	0.60	0.60	0.60	0.65	0.75
2. การชักนำการออกดอก	0.00	0.00/0.60*	0.00	0.00/0.65*	0.00
3. การพัฒนาการของดอก	0.75	0.75	0.75	0.70	0.75
4. การติดผล	0.50	0.75	0.75	0.70	0.75
5. การพัฒนาการของผลอ่อน	0.60	0.80	0.80	0.70	0.75
6. การเจริญเติบโตของผล	0.85	0.85	0.85	0.75	0.80
7. การเริ่มสุกแก่	0.75	0.85	0.85	0.75	0.75

* ในช่วงการชักนำให้ออกดอกของเงาะและส้ม ต้องผ่านช่วงแล้งระยะหนึ่ง จากนั้นจึงเริ่มให้น้ำอย่างสม่ำเสมอ เพื่อกระตุ้นการออกดอก

ที่มา : หิรัญและคณะ, 2546

กรมวิชาการเกษตร

ตารางที่ 3 ค่าสัมประสิทธิ์ของถาดวัดการระเหยสำหรับถาดวัดแบบเอ (Kp)

ความเร็วลมเฉลี่ย (กม./วัน)	กรณีที่ 1 : ถาดล้อมรอบด้วยพืช				กรณีที่ 2 : ถาดวางบนที่ดินว่างเปล่า			
	ระยะด้านเหนือลมที่ปลูกพืช (ม.)	เปอร์เซ็นต์ ความชื้นสัมพัทธ์ ที่ไม่ได้ปลูกพืช			ระยะด้านเหนือลมเฉลี่ย	เปอร์เซ็นต์ ความชื้นสัมพัทธ์		
		20-40	40-70	>70		20-40	40-70	>70
ลมอ่อน <170 กม./วัน	0	0.55	0.65	0.75	0	0.70	0.80	0.85
	10	0.65	0.75	0.85	10	0.60	0.70	0.80
	100	0.70	0.80	0.85	100	0.55	0.65	0.75
	1000	0.75	0.85	0.85	1000	0.50	0.60	0.70
ลมอ่อน - ปานกลาง 170 - 425 กม./วัน	0	0.50	0.60	0.65	0	0.65	0.75	0.80
	10	0.60	0.70	0.75	10	0.55	0.65	0.70
	100	0.65	0.75	0.80	100	0.50	0.60	0.65
	1000	0.70	0.80	0.80	1000	0.45	0.55	0.60
ลมแรง 425 - 700 กม./วัน	0	0.45	0.50	0.60	0	0.60	0.65	0.70
	10	0.55	0.60	0.65	10	0.50	0.55	0.65
	100	0.60	0.65	0.70	100	0.45	0.50	0.60
	1000	0.65	0.70	0.75	1000	0.40	0.45	0.55
ลมแรงมาก >700 กม./วัน	0	0.40	0.45	0.50	0	0.50	0.60	0.65
	10	0.45	0.55	0.60	10	0.45	0.50	0.55
	100	0.50	0.60	0.65	100	0.40	0.45	0.50
	1000	0.55	0.60	0.65	1000	0.35	0.40	0.45
								

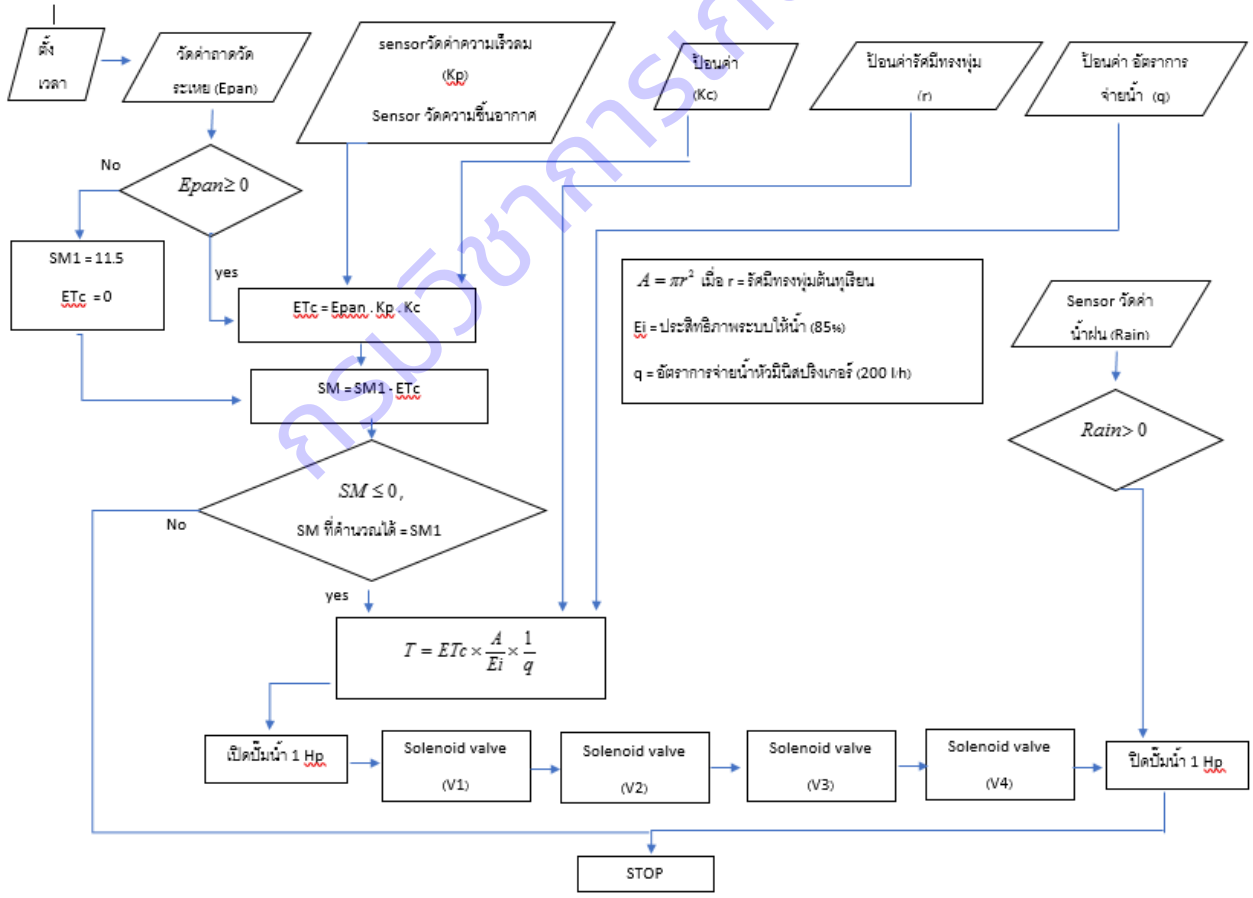
ที่มา : ดิเรก ทองอร่าม และคณะ, 2545

กรมวิชาการเกษตร

8.2 ออกแบบและสร้างอุปกรณ์วัดค่าการระเหยน้ำในถาด (Epan) พร้อมระบบควบคุมอัตโนมัติการให้น้ำพืช

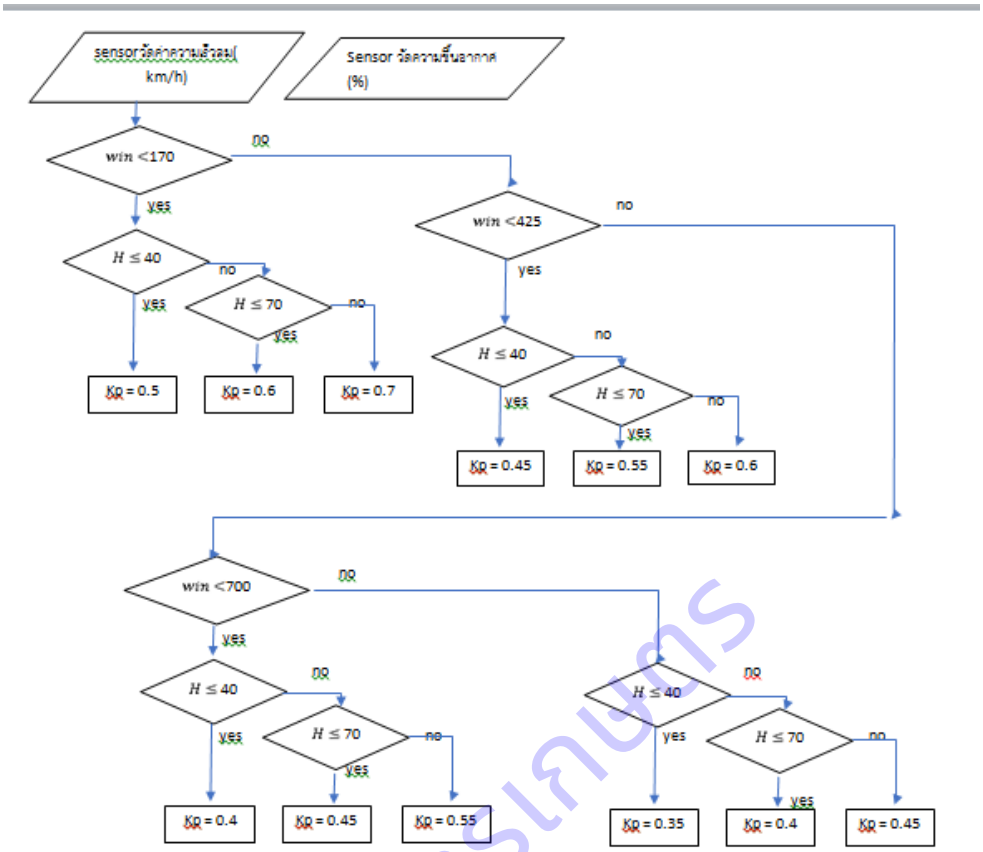
8.2.1 การออกแบบระบบควบคุมอัตโนมัติการให้น้ำพืช

งานวิจัยนี้มีแนวความคิดที่จะใช้บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์สำเร็จรูป และพัฒนาโปรแกรมเพื่อให้อ่านค่าการระเหยน้ำจากถาดวัดการระเหย (Epan) ออกมาเป็นสัญญาณดิจิตอล (Digital) ในการคำนวณหาความต้องการน้ำของพืช (ETc) ตามสมการที่ 3 และคำนวณเวลาการให้น้ำตามสมการที่ 4 เพื่อให้ได้ปริมาณน้ำที่ถูกต้องตามหลักวิชาการและปรับใช้ให้เหมาะสมกับช่วงอายุของทุเรียน (ช่วงบังคับออกดอก ช่วงติดผล เป็นต้น) ซึ่งมีลำดับการทำงาน Flowchart ดังรูปที่ 1 ระบบควบคุมฯนี้สามารถควบคุมเปิด-ปิด ปั๊มน้ำและแบ่งโซนการให้น้ำได้ประมาณ 4 โซน ติดตั้งเซนเซอร์วัดน้ำฝน (Rain sensor) เพื่อวัดน้ำฝนในกรณีฝนตกในระหว่างที่มีการให้น้ำระบบจะหยุดการทำงานทันที และใช้เซนเซอร์วัดความเร็วลม (wind speed sensor) ติดตั้งด้านข้างของถาดวัดระเหย และเซนเซอร์วัดความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ เพื่อใช้ในการเลือกค่า Kp ตาม Flowchart ดังรูปที่ 2



รูปที่ 1 ลำดับการทำงาน (Flowchart) ของระบบควบคุมอัตโนมัติการให้น้ำพืช

กรมวิชาการเกษตร



รูปที่ 2 ลำดับการทำงาน (Flowchart) เลือกค่า Kp

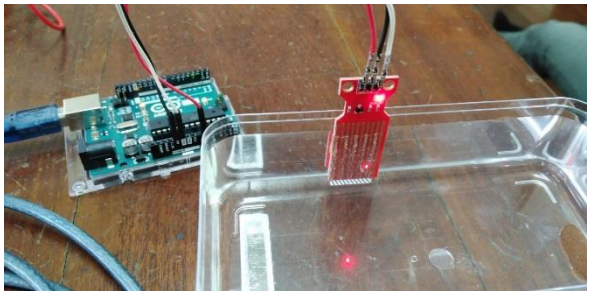
8.2.2 สร้างอุปกรณ์วัดค่าการระเหยน้ำในถาด (Epan) พร้อมระบบควบคุมอัตโนมัติการให้น้ำพืช

ในการสร้างชุดควบคุมอัตโนมัติการให้น้ำพืช จำเป็นต้องใช้เซนเซอร์เพื่อวัดค่าต่างๆ แล้วนำมาคำนวณหาความต้องการน้ำของพืช (ETc) ดังนั้น ในการทดลองจึงต้องมีการทดสอบเซนเซอร์ต่างๆ ดังนี้

- เซนเซอร์วัดระดับน้ำ แบบResistance ซึ่งเซนเซอร์วัดระดับน้ำชนิดนี้ที่มีขายอยู่ทั่วไป (รูปที่ 3ก) มีขนาด 40 mm x 16 mm ทำการทดสอบในห้องปฏิบัติการสามารถวัดระดับน้ำได้ละเอียดขนาด 0.1 มิลลิเมตร แต่เมื่อเปิดชุดให้ทำงานแบบต่อเนื่อง จะพบฟองอากาศเกิดที่บริเวณแถบวัดที่เป็นวัสดุทองแดง คือจะเกิดปฏิกิริยาทางเคมีทำให้ทองแดงเกิดการกัดกร่อนและหลุดหาย (รูปที่ 3ข) และค่าทางไฟฟ้าที่วัดได้จะเปลี่ยนไปแม้ระดับน้ำไม่ได้เปลี่ยนแปลง และทำการทดสอบโดยการ ปิด-เปิดไฟฟ้า ผลการทดสอบค่าทางไฟฟ้าเปลี่ยนไป ต้องทำการ calibration ใหม่ทุกครั้งที่เปิด จากผลการทดสอบในห้องปฏิบัติการเซนเซอร์ชนิดนี้ไม่เหมาะสมที่จะนำมาใช้งานกับชุดควบคุมอัตโนมัติได้

กรมวิชาการเกษตร

(ก) เซนเซอร์วัดระดับน้ำ Resistance



(ข) ทดสอบการทำงานในห้องปฏิบัติการ

รูปที่ 3 เซนเซอร์วัดระดับน้ำ แบบResistance

- เซนเซอร์วัดระดับน้ำแบบ Capacitive ซึ่งเซนเซอร์วัดระดับน้ำชนิดนี้ที่มีขายอยู่ทั่วไป (รูปที่ 4ก) มีขนาด 100 mm x 16 mm ซึ่งมีขนาดที่เหมาะสมกว่าแบบแรก ทำการทดสอบในห้องปฏิบัติการสามารถวัดระดับน้ำได้ละเอียดขนาด 5 มิลลิเมตร ซึ่งความละเอียดน้อยกว่าแบบ Resistance แต่เมื่อเปิดชุดให้ทำงานแบบต่อเนื่อง 3 ชั่วโมง จะไม่พบฟองอากาศและค่าทางไฟฟ้าที่วัดได้จะเปลี่ยนน้อยกว่า แบบResistance ทำการทดสอบโดยการปิด-เปิดไฟฟ้า ผลการทดสอบค่าทางไฟฟ้าไม่เปลี่ยน ซึ่งไม่ต้องทำการ calibration ใหม่ทุกครั้งที่เปิด จากผลการทดสอบในห้องปฏิบัติการเซนเซอร์ชนิดนี้อาจจะเหมาะสมที่จะนำมาใช้งานกับชุดควบคุมอัตโนมัติได้ จึงได้ทำการทดลองขั้นต่อไป

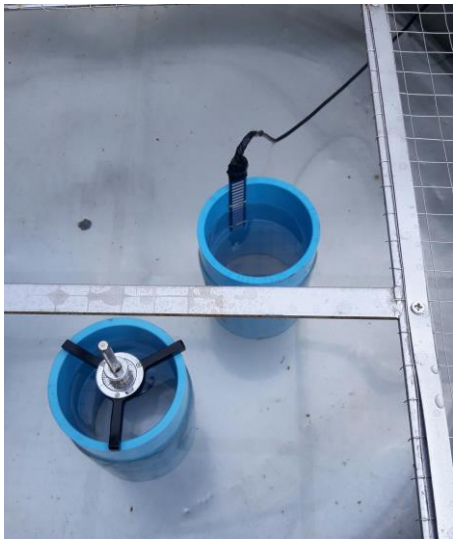
(ก) เซนเซอร์วัดระดับน้ำ Capacitive

(ข) ทดสอบการทำงานในห้องปฏิบัติการ

รูปที่ 4 เซนเซอร์วัดระดับน้ำ แบบ Capacitive

การทดลองติดตั้งเซนเซอร์วัดระดับน้ำ แบบ Capacitive ในถาดวัดระเหย Epan (รูปที่ 5ก) ณ. ลานทดสอบ กลุ่มพัฒนาพื้นที่เกษตร สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม กรุงเทพฯ ระยะเวลาในการทดสอบ 15 วัน ผลการทดสอบพบว่า ค่าไฟฟ้าที่วัดได้ไม่เปลี่ยนแปลงตามระดับน้ำที่ลดลง และเมื่อตรวจที่เซนเซอร์วัดระดับน้ำ

พบว่ามีลักษณะของหินปูนเคลือบบริเวณแถบวัดระดับน้ำ (รูปที่ 5ข) จากผลการทดสอบเซนเซอร์แบบ Capacitive นี้จึงไม่เหมาะสมที่จะนำมาใช้งานกับชุดควบคุมอัตโนมัติในการทดลองนี้



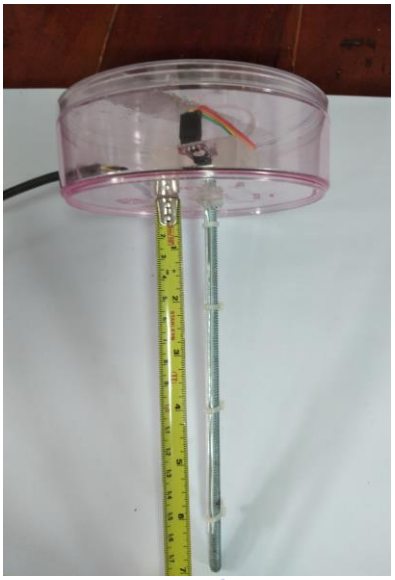
(ก) ติดตั้งเซนเซอร์วัดระดับน้ำในถาดวัดระเหย (Epan)

(ข) ผลการทดสอบ

รูปที่ 5 การทดลองเซนเซอร์วัดระดับน้ำ แบบ Capacitive ในถาดวัดระเหย (Epan)

เซนเซอร์วัดระดับน้ำโดยใช้ pressure Sensor ซึ่งการปรับใช้ลักษณะนี้เพื่อแก้ปัญหาการเกิดปฏิกิริยาทางไฟฟ้าต่อเซนเซอร์วัดระดับน้ำที่ขายในท้องตลาด 2 แบบข้างต้น เซนเซอร์วัดระดับน้ำโดยใช้ pressure Sensor ชนิดนี้ที่มีขายอยู่ทั่วไป (รูปที่ 6ก) มีขนาดเล็กประมาณ 20 mm สามารถต่อให้ท่อที่ใช้วัดมีความ 15 cm ซึ่งมีขนาดความลึกที่เหมาะสม ทำการทดสอบในห้องปฏิบัติการสามารถวัดระดับน้ำที่เปลี่ยนแปลงได้ละเอียดขนาด 1 มิลลิเมตร การทดสอบเปิดชุดให้ทำงานแบบต่อเนื่องเป็นเวลา 3 ชั่วโมง จะไม่ปฏิกิริยาทางเคมี เพราะไม่มีส่วนของไฟฟ้าสัมผัสกับน้ำ และค่าทางไฟฟ้าที่วัดได้จะเปลี่ยนแปลงน้อย ทำการทดสอบโดยการ ปิด-เปิดไฟฟ้า ที่ไม่ต้องทำการ calibration ใหม่ทุกครั้งที่เปิด ทำการทดสอบหาความสัมพันธ์ของค่าไฟฟ้ากับระดับน้ำ (mm) ดังรูปที่ 7 พบว่าที่ระดับ 25 – 55 mm. มีความสัมพันธ์เป็นเส้นตรงตามสมการ $y = 5.0958x + 10812$ มีค่า $R^2 = 0.9499$ ซึ่งจะใช้สมการดังกล่าวในโปรแกรมควบคุมต่อไป

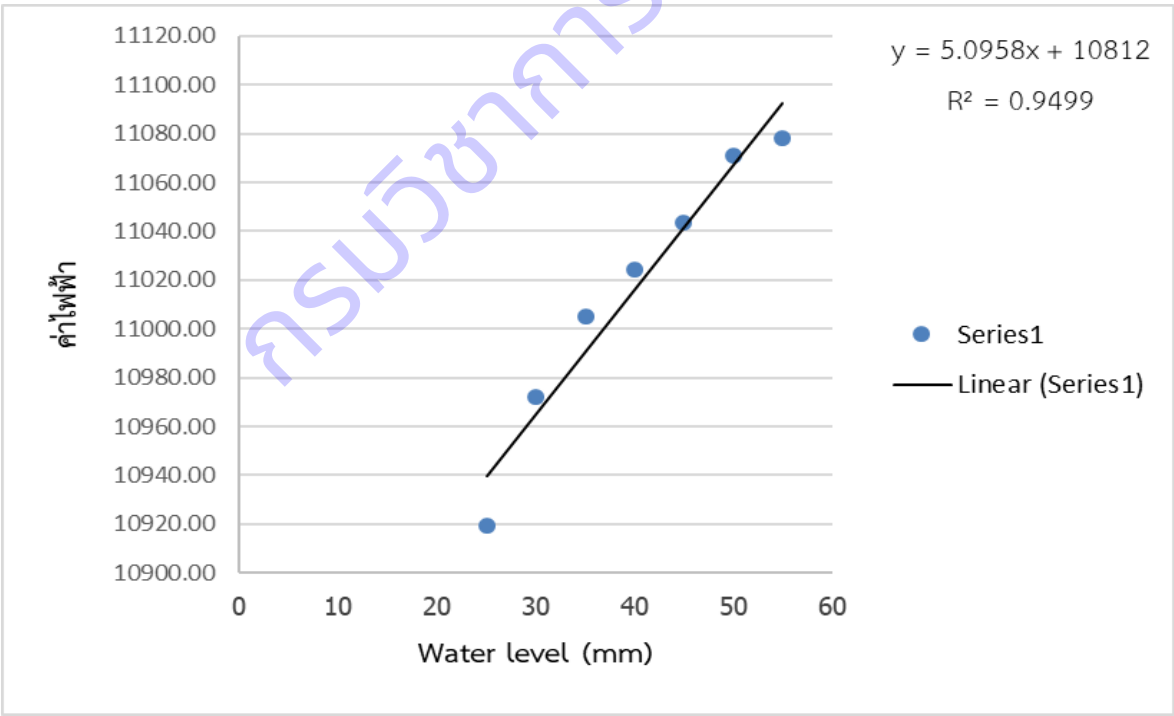
กรมวิชาการเกษตร



(ก) เซนเซอร์ pressure Sensor (ข) ท่อระดับความลึก 15 cm

รูปที่ 6 เซนเซอร์วัดระดับน้ำโดยใช้ pressure Sensor

กรมวิชาการเกษตร



รูปที่ 7 ความสัมพันธ์ของค่าไฟฟ้ากับระดับน้ำ (mm)

- เซนเซอร์วัดความเร็วลม (wind speed sensor) (รูปที่ 8ก) และผลการทดสอบวัดค่าทางไฟฟ้า พบว่าสามารถวัดความเร็วลมได้มีหน่วยเป็น เมตร/วินาที แต่ค่า Kp ตารางที่ 3 ใช้ค่าความเร็วลมรวมต่อวัน เช่น <170 กม./วัน (ลมอ่อน) จึงต้องทำการปรับปรุง โดยใช้ระบบวัดรอบ แบบ Proximity Switch DC (รูปที่ 8ข) ในการวัดรอบเพิ่มเติมเพื่อให้สามารถวัดความเร็วลมให้มีหน่วยเป็น กม./วัน ได้

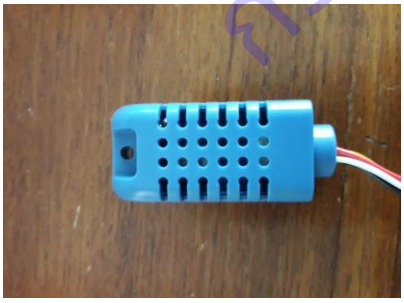
(ค) เซนเซอร์วัดความเร็วลม (เมตร/วินาที)

(ง) เซนเซอร์วัดความเร็วลมแบบนับรอบ

รูปที่ 8 เซนเซอร์วัดความเร็วลม (wind speed sensor)

- เซนเซอร์วัดความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ เพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์ของถาดวัดระเหย Kp (ตารางที่ 3) ต้องใช้ค่าวัดความเร็วลมและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ รูปที่ 9

- เซนเซอร์วัดน้ำฝน (Rain Sensor Module) (รูปที่ 10) ในระบบควบคุมการให้น้ำพืชอัตโนมัติ เมื่อเกิดเหตุการณ์ฝนตกในขณะที่กำลังรดน้ำต้นไม้ ระบบจะหยุดการทำงานทันทีโดยใช้ค่าเซนเซอร์วัดน้ำฝน

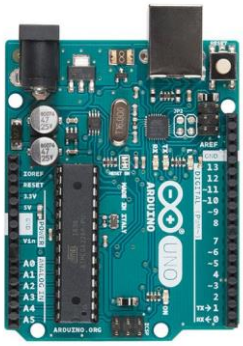


รูปที่ 9 เซนเซอร์ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ รุ่น AHT11

รูปที่ 10 เซนเซอร์วัดน้ำฝน

กรมวิชาการเกษตร

- ไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino รุ่น UNO (รูปที่ 11ก), รุ่น MEGA (รูปที่ 11ข) มีคุณสมบัติที่เหมาะสมที่จะใช้ในควบคุมระบบให้น้ำอัตโนมัติ เช่น มี 54 digital input/output โดยมี 14 ขา สามารถใช้เป็น output แบบ PWM ได้ มี analog inputs 16 ขา มี UARTs(hardware serial pots) 4 ขา ทำงานที่ความถี่ 16 MHz สามารถเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ด้วยสายเคเบิล USB หรือใช้ adaptor AC-to-DC เพื่อเริ่มต้นการใช้งาน เพื่อเริ่มต้นการใช้งาน และมีปุ่ม reset



(ก) ไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino รุ่น UNO

(ข) ไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino รุ่น MEGA

รูปที่ 11 ไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino

- ถาดวัดระเหยพร้อมอุปกรณ์ ถาดวัดระเหย Epan (class A) พร้อมอุปกรณ์ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 4 ฟุต และลึก 10 นิ้ว (รูปที่ 12)

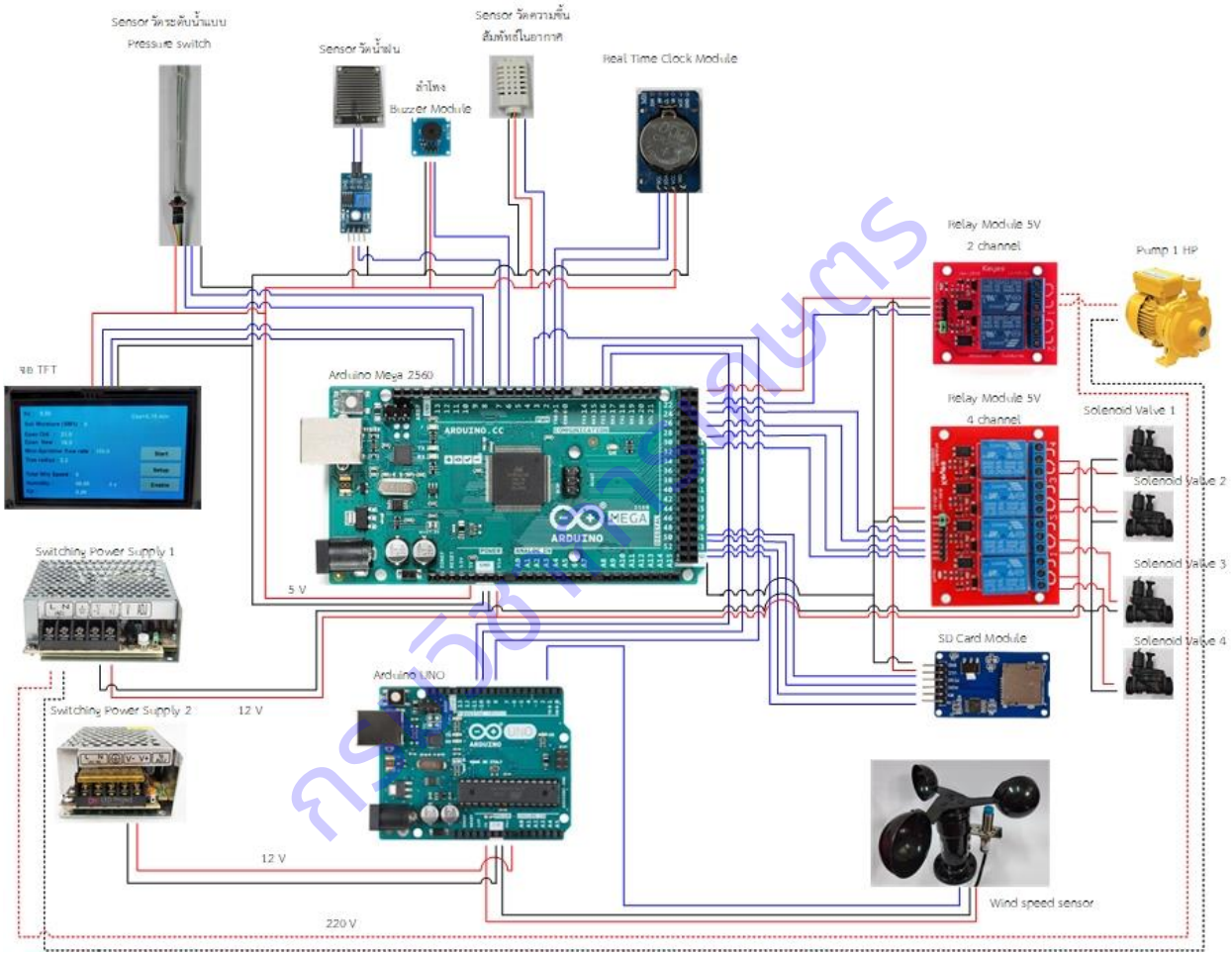
(ก) ถาดวัดระเหย Epan (class A)

(ข) ตะขอวัดระดับ (hook gauge)

รูปที่ 12 ถาดวัดระเหย Epan (class A) พร้อมอุปกรณ์

กรมวิชาการเกษตร

ดำเนินการสร้างชุดควบคุมอัตโนมัติการให้น้ำพืชโดยติดตั้งอุปกรณ์ไฟฟ้าในตู้เหล็กกันน้ำและติดตั้งบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino และ อุปกรณ์ต่างๆ ในตู้พลาสติกันน้ำไว้ภายใน การเชื่อมต่อสายไฟฟ้า สายสัญญาณต่างๆ ตามแผนผังรูปที่ 13 และการดำเนินงานดังรูปที่ 14 โดยราคาชุดควบคุมการให้น้ำพืชอัตโนมัตินี้ ประมาณ 13,000 บาท (ไม่รวมค่าแรง ชุดปั๊มน้ำและ Solenoid Valve)



รูปที่ 13 แผนผังชุดควบคุมการให้น้ำพืชอัตโนมัติ

(ก) เจ้าหน้าที่ขณะดำเนินการ

(ข) ด้านหน้าชุดควบคุมอัตโนมัติการให้น้ำพืช

รูปที่ 14 ชุดควบคุมอัตโนมัติการให้น้ำพืช

8.2.3 การเขียนโปรแกรมควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์

ชุดควบคุมอัตโนมัติการให้น้ำพืชนี้ใช้บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino จึงใช้โปรแกรม Arduino Software (IDE) ในการเขียนโปรแกรมควบคุมต่างๆ ชุดคำสั่งแบ่งออกเป็น 2 ชุด ดังนี้

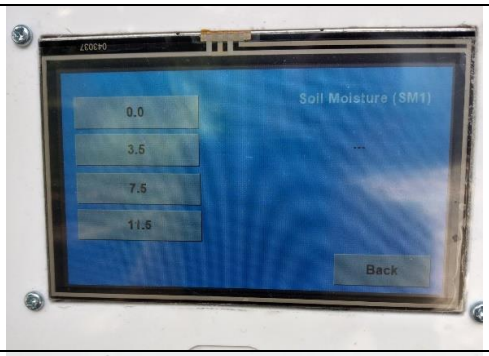
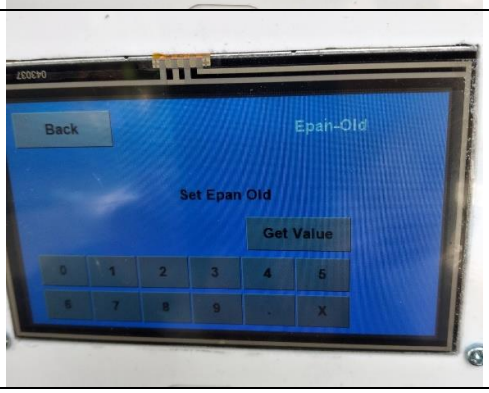
ชุดที่ 1 ใช้ควบคุม Arduino รุ่น UNO เพื่อรับค่าจากเครื่องวัดความเร็วลม ซึ่งจะต้องทำงานเก็บค่าความเร็วลมตลอด 24 ชั่วโมง

ชุดที่ 2 ใช้ควบคุม Arduino รุ่น MEGA เพื่อรับค่าจากเซนเซอร์ต่างๆ มาคำนวณหาปริมาณน้ำที่ต้องให้กับพืช และคำนวณเวลาในการเปิด-ปิด ปั๊มน้ำ โดยมีลำดับขั้นตอนการทำงานตาม Flowchart รูปที่ 1 และการเลือกค่า Kp ตาม Flowchart รูปที่ 2

การทำงานของโปรแกรม จะมีเมนูให้เลือกป้อนค่าตัวแปร จำนวน 6 เมนู (ตารางที่ 4) หลังจากตั้งค่าการทำงานต่างๆ แล้ว โปรแกรมจะทำงานตามขั้นตอนใน Flow chart เช่น อ่านค่าจากเซนเซอร์วัดระดับน้ำ (ค่า Epan) รับค่าความเร็วลม (wind speed sensor) จากบอร์ด Arduino รุ่น UNO และเซนเซอร์วัดความความชื้นเพื่อเลือกค่า Kp หลังจากนั้นให้โปรแกรมประมวลผลเพื่อคำนวณเวลาการเปิดปั๊มน้ำและเปิดโซลินอย์วาล์วที่ควบคุมโซนการให้น้ำ

กรมวิชาการเกษตร

ตารางที่ 4 เมนูตั้งค่าต่างๆในโปรแกรมชุดควบคุมอัตโนมัติการให้น้ำพืช

เมนูการตั้งค่า จำนวน 6 เมนู 1. Set Kc 2. Soil Moisture (SM1) 3. Set Epan Old 4. Set Epan New 5. Mini-Sprinker flow rate 6. Tree radius	
1. Set Kc 0.6 = การพัฒนาการทางด้านกิ่ง ก้าน สาขา 0.0 = การชักนำการออกดอก 0.75 = การพัฒนาการของดอก 0.5 = การติดผล 0.6 = การพัฒนาการของผลอ่อน 0.85 = การเจริญเติบโตของผล 0.75 = การเริ่มสุกแก่	
2. Soil Moisture (SM1) (ให้กดปุ่มตัวเลข)	
3. Set Epan Old (ให้กดปุ่มตัวเลข)	

กรมวิชาการเกษตร

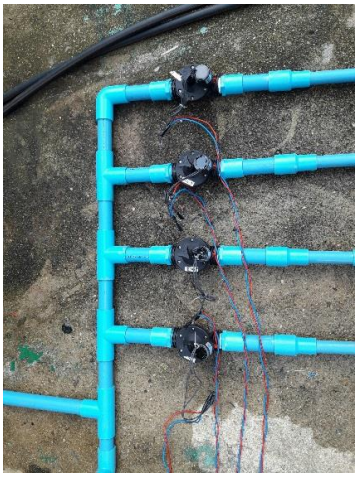
4. Set Epan New (ให้กดปุ่มตัวเลข)	
5. Mini-Sprinkler flow rate (ให้กดปุ่มตัวเลข)	
6. Tree radius (ให้กดปุ่มตัวเลข)	

8.3 ติดตั้งระบบควบคุมอัตโนมัติการให้น้ำพืชเพื่อทดสอบในห้องปฏิบัติการ

หลังดำเนินการเขียนโปรแกรมลงในบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino รุ่นต่างๆ แล้ว ทำการประกอบเข้าชุดตู้คอนโทรล ติดตั้งชุดอุปกรณ์ถาดวัดการระเหย (Epan) ที่มีตะแกรงกันนก และเซนเซอร์วัดค่าต่างๆ พร้อมติดตั้งระบบปั๊มน้ำ โซลินอย์วาล์วต่างๆ เพื่อให้ระบบควบคุมอัตโนมัติการให้น้ำทุเรียนโดยใช้ค่าจากถาดวัดระเหย (Epan) สมบูรณ์พร้อมทดสอบในห้องปฏิบัติการ (รูปที่ 14) ณ.ลานทดสอบ กลุ่มพัฒนพื้นที่เกษตร สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพฯ

กรมวิชาการเกษตร

(ก) ชุดปั๊มน้ำ



(ข) ชุดโซลินอย์วาล์ว

(ค) เซนเซอร์วัดระดับน้ำโดยใช้ pressure switch

(ง) เซนเซอร์วัดความเร็วลม

(จ) ชุดควบคุมการให้น้ำพืชอัตโนมัติ

(ฉ) ระบบควบคุมการให้น้ำพืชอัตโนมัติ

รูปที่ 14 ระบบควบคุมอัตโนมัติการให้น้ำพืชพร้อมอุปกรณ์

กรมวิชาการเกษตร

8.4 ผลการทดลอง

การทดสอบการทำงานระบบควบคุมอัตโนมัติการให้น้ำพืช โดยเติมน้ำในถาดวัดระเหยให้มีความลึกประมาณ 200 mm. ใช้ตะขอ (Hook) สำหรับวัดระดับน้ำในถาดวัดระเหย มีช่วงการวัดตั้งแต่ 0-100 mm. และความละเอียด 0.1 mm. โดยกำหนดระดับน้ำให้อยู่ในช่วงประมาณ 20-60 mm. ของเครื่องมือวัด ทุกครั้งที่มีการลดระดับน้ำ จะทำการปิดชุดครั้งละประมาณ 30 นาที และเปิดครั้งใหม่ การทดสอบแบ่งเป็น 2 กรณี คือ กรณีที่ 1 ปริมาณน้ำในดินเท่ากับศูนย์หรือไม่มีฝนตก (SM ปริมาณน้ำในดิน = 0) กรณีที่ 2 มีปริมาณน้ำในดินหรือมีฝนตกลงมา (SM ปริมาณน้ำในดิน = 3.5) และการทดสอบทั้งสองกรณีได้ตั้งค่าต่างๆ ดังนี้ Kc = 0.5 (การติดผล), Mini-Sprinkler flow rate = 150 ลิตร/ชั่วโมง, Tree radius = 2.2 เมตร ซึ่งผลการทดสอบได้แสดงดังตารางที่ 5 และตารางที่ 6

ซึ่งจากผลการทดสอบในตารางที่ 5 พบว่า การวัดระดับน้ำที่วัดจากตะขอ (Hook) ช่วงระดับที่ 22.4 – 57.6 mm. เปรียบเทียบกับระดับน้ำที่วัดได้จากเซนเซอร์มีความแตกต่างกัน เมื่อนำมาคิดความคลาดเคลื่อนของเซนเซอร์วัดระดับน้ำ จะได้ประมาณ 1.75% – 27.03% แต่ที่ระดับ 61.3 mm มีค่าความคลาดเคลื่อนสูงถึง 51.35% อาจเป็นเพราะระดับที่วัดเกินกว่าขอบเขตที่ออกแบบไว้ ซึ่งขั้นตอนการออกแบบและสร้างระบบฯ มีการทดสอบเซนเซอร์วัดระดับน้ำโดยใช้ pressure Sensor ที่ระดับน้ำ 25 – 55 mm. และได้ใช้สมการควบคุมดังที่กล่าว เมื่อนำค่าเวลาการให้น้ำที่คำนวณโดยระบบควบคุมฯ เปรียบเทียบกับเวลาที่คำนวณได้จากสูตร พบว่ามีความแตกต่างกันแต่ไม่มาก และเมื่อคำนวณหาค่าความคลาดเคลื่อนได้ในช่วง 0.13% – 0.73% ซึ่งความแตกต่างนี้อาจเป็นผลมาจากการคำนวณที่โปรแกรมคิดเวลาการทำงานเป็นมิลลิวินาทีเมื่อแปลงหน่วยเป็นนาที ทำให้เกิดการปัดทศนิยมของตัวเลขได้

และจากผลการทดสอบตารางที่ 6 พบว่าระบบควบคุมอัตโนมัติการให้น้ำพืชสามารถทำงานได้ตามลำดับขั้นตอนตาม Flowchart ที่ออกแบบไว้ คือช่วงลำดับที่ 1 – 3 โปรแกรมมีการทำงาน มีการอ่านค่าระดับน้ำ แต่โปรแกรมไม่คำนวณเวลาการให้น้ำเพราะค่าปริมาณน้ำในดิน (SM) ยังไม่เท่ากับศูนย์ หรือหมายถึงดินยังมีน้ำอยู่จนถึงลำดับที่ 4 -8 เมื่อมีการลดระดับน้ำ โปรแกรมถึงจะคำนวณเวลาการให้น้ำและสั่งเปิดชุดปั๊มน้ำ ในลำดับที่ 9 มีการเติมน้ำลงในถาดวัดระเหย (Epan) ทำให้ระดับสูงขึ้น ซึ่งหมายความว่ามีฝนตก ทำให้ค่า Epan ติดลบ โปรแกรมจะนำค่าปริมาณน้ำในดินมาคิดเป็น 3.5 (ตามค่าที่ตั้งไว้) และไม่คำนวณเวลาการให้น้ำจนถึงลำดับที่ 12 เมื่อ ปริมาณน้ำในดินน้อยกว่าศูนย์ จึงทำการคำนวณเวลาการให้น้ำ

การวัดระดับน้ำที่วัดจากตะขอ(Hook) เปรียบเทียบกับระดับน้ำที่วัดได้จากเซนเซอร์ที่ ช่วงความลึก 21.7 mm. – 54.2 mm. เมื่อนำมาคิดความคลาดเคลื่อนของเซนเซอร์วัดระดับน้ำ จะได้ประมาณ 1.75% – 41.67% ซึ่งเป็นค่าที่สูง และเมื่อนำค่าเวลาการให้น้ำที่คำนวณโดยระบบควบคุมฯ เปรียบเทียบกับเวลาที่คำนวณได้จากสูตร พบว่ามีความแตกต่างกัน และเมื่อคำนวณหาค่าความคลาดเคลื่อนได้อยู่ในช่วง 0.12 - 0.72% (ไปในทิศทางเดียวกับกรณีที่ 1) แต่โดยรวมระบบควบคุมอัตโนมัติการให้น้ำพืชสามารถคำนวณเวลาการให้น้ำได้และมีทำงานได้ตามที่ออกแบบไว้

ศรีปทุมการเกษตร

ตารางที่ 5 ผลทดสอบการทำงานระบบควบคุมอัตโนมัติการให้น้ำพืชโดยตั้งค่า ปริมาณน้ำในดิน SM = 0

ลำดับที่	ระดับน้ำที่วัดจากตะขอ (mm)			ระดับน้ำที่วัดจากเซนเซอร์ (mm)			ความคลาดเคลื่อนของเซนเซอร์วัดระดับน้ำ (%)	ความชื้นสัมพัทธ์ (%)	Kp	Kc	อัตราการจ่ายน้ำ (l/h)	รัศมีทรงพุ่ม (m)	เวลาที่ให้น้ำที่คำนวณโดยระบบควบคุม (min)	เวลาที่ให้น้ำที่คำนวณโดยสูตร (min)	ความคลาดเคลื่อนของระบบในการคำนวณเวลาให้น้ำ (%)
	ก่อน	หลัง	ค่า Epan	Epan old	Epan new	ค่า Epan									
1	61.3	57.6	3.7	57.7	55.9	1.8	51.35	81.1	0.7	0.5	150	2.2	4.49	4.51	0.35
2	57.6	53.9	3.7	55.9	53.2	2.7	27.03	81.4	0.7	0.5	150	2.2	6.73	6.76	0.42
3	53.9	48.2	5.7	53.2	47.4	5.8	-1.75	81.6	0.7	0.5	150	2.2	14.42	14.52	0.68
4	48.2	41.3	6.9	47.4	40.8	6.6	4.35	79.9	0.7	0.5	150	2.2	16.4	16.52	0.73
5	41.3	35.2	6.1	40.8	36.0	4.8	21.31	87.4	0.7	0.5	150	2.2	11.95	12.02	0.54
6	35.2	29.4	5.8	36.0	29.1	6.9	-18.97	88.4	0.7	0.5	150	2.2	17.15	17.27	0.70
7	29.4	22.4	7.0	29.1	21.0	8.1	-15.71	90.3	0.7	0.5	150	2.2	20.25	20.28	0.13
8	22.4	15.0	7.4	21.0	12.4	8.6	-16.22	90.2	0.7	0.5	150	2.2	21.4	21.53	0.59

กรมวิชาการเกษตร

ตารางที่ 6 ผลทดสอบการทำงานระบบควบคุมอัตโนมัติการให้น้ำพืช โดยตั้งค่า ปริมาณน้ำในดิน SM = 3.5

ลำดับที่	ระดับน้ำที่วัดจากตะขอ (mm)			ระดับน้ำที่วัดจากเซนเซอร์ (mm)			ความคลาดเคลื่อนของเซนเซอร์วัดระดับน้ำ (%)	ปริมาณน้ำในดิน (mm)		ความชื้นสัมพัทธ์ (%)	Kp	Kc	อัตราการจ่ายน้ำ (l/h)	รัศมีทรงพุ่ม (m)	เวลาที่ให้น้ำที่คำนวณโดยระบบควบคุม (min)	เวลาที่ให้น้ำที่คำนวณโดยสูตร (min)	ความคลาดเคลื่อนของระบบในการคำนวณเวลาให้น้ำ (%)
	ก่อน	หลัง	ค่า Epan	Epan old	Epan new	ค่า Epan		SM ก่อน	SM หลัง								
1	54.2	50.6	3.6	41.1	39.0	2.1	41.67	3.50	2.70	45.9	0.6	0.5	150	2.2	No	-	-
2	50.6	47.0	3.6	39.0	36.6	2.4	33.33	2.70	1.90	44.7	0.6	0.5	150	2.2	No	-	-
3	47.0	41.3	5.7	36.6	32.2	4.4	22.81	1.90	0.50	46.8	0.6	0.5	150	2.2	No	-	-
4	41.3	35.6	5.7	32.2	26.4	5.8	-1.75	0.50	0.00	45.4	0.6	0.5	150	2.2	12.38	12.44	0.52
5	35.6	32.5	3.1	26.4	24.5	1.9	38.71	0.00	0.00	47.7	0.6	0.5	150	2.2	4.05	4.08	0.65
6	32.5	30.0	2.5	24.5	22.3	2.2	12.00	0.00	0.00	46.1	0.6	0.5	150	2.2	4.69	4.72	0.64
7	30.0	24.6	5.4	22.3	17.3	5.0	7.41	0.00	0.00	45.4	0.6	0.5	150	2.2	10.65	10.73	0.72
8	24.6	21.7	2.9	17.3	14.7	2.6	10.34	0.00	0.00	44.9	0.6	0.5	150	2.2	5.59	5.58	-0.21
9	21.7	43.3	-21.6	14.7	37.3	-22.6	-4.63	0.00	3.50	47.1	0.6	0.5	150	2.2	No	-	-
10	43.3	37.9	5.4	37.3	31.8	5.5	-1.85	3.50	1.80	46.2	0.6	0.5	150	2.2	No	-	-
11	37.9	31.6	6.3	31.8	27.0	4.8	23.81	1.80	0.30	46.2	0.6	0.5	150	2.2	No	-	-
12	31.6	26.1	5.5	27.0	21.6	5.4	1.82	0.30	0.00	46.2	0.6	0.5	150	2.2	11.6	11.59	-0.12

ศรีวิชาศรีมูดร

9. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

การพัฒนาระบบควบคุมอัตโนมัติการให้น้ำทุเรียนโดยใช้ค่าจากถาดวัดระเหย (Epan) นี้ประกอบด้วยหลายส่วน เช่น ส่วน Hardware ได้ใช้บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino รุ่น MEGA และ รุ่น UNO ในการประมวลผล นำเซนเซอร์ที่มีขายในท้องตลาดทั่วไปมาใช้งาน เช่น เซนเซอร์วัดน้ำฝน เซนเซอร์วัดความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ และมีการปรับเซนเซอร์เพื่อให้เหมาะต่อการใช้งาน เช่น เซนเซอร์วัดความเร็วลมทำการปรับปรุงโดยใช้ระบบวัดรอบ แบบ Proximity Switch, เซนเซอร์วัดระดับน้ำโดยใช้ pressure sensor ด้าน Software ได้ใช้โปรแกรม Arduino Software (IDE) ในการเขียนโปรแกรมควบคุมต่างๆ โดยมีลำดับขั้นตอนการทำงานดังนี้ อ่านค่าจากเซนเซอร์วัดระดับน้ำเพื่อคำนวณหาค่า Epan รับค่าจากเซนเซอร์วัดความเร็วลมและเซนเซอร์ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศเพื่อเลือกค่า Kp อ่านที่ป้อนข้อมูล เช่น Kc, ปริมาณน้ำในดิน (SM), รัศมีทรงพุ่ม, อัตราการจ่ายน้ำของหัวมินิสปริงเกลอร์ หลังจากนั้นคำนวณหาปริมาณการใช้น้ำของทุเรียน ตามสมการ ETc = Kp x Epan x Kc และเวลาการให้น้ำคำนวณจากความสมการ T = IR/q ส่งสัญญาณเปิดชุดปั๊มน้ำ ส่งสัญญาณเปิดโซลินอย์วาล์ว เมื่อทำงานครบเวลาให้ปิดทำงาน การสร้างต้นแบบระบบควบคุมอัตโนมัติการให้น้ำทุเรียนโดยใช้ค่าจากถาดวัดระเหย (Epan) มีต้นทุนค่าวัสดุอุปกรณ์ประมาณ 13,000 บาท (ไม่รวมค่าแรง) และติดตั้ง พร้อมทดสอบในห้องปฏิบัติการ ณ.ลานทดสอบ กลุ่มพัฒนพื้นที่เกษตร สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพฯ การทดสอบการทำงานโดยเติมน้ำในถาดวัดระเหยให้มีความลึกประมาณ 200 mm. กำหนดระดับน้ำให้อยู่ในช่วงประมาณ 20-60 mm. ของเครื่องมือวัด การทดสอบแบ่งเป็น 2 กรณี คือ กรณีที่ 1 ปริมาณน้ำในดินเท่ากับศูนย์หรือไม่มีฝนตก กรณีที่ 2 มีปริมาณน้ำในดินหรือมีฝนตกลงมา ผลทดสอบการทำงานคือ เปรียบเทียบการวัดระดับน้ำที่วัดจากตะขอ(Hook) กับการวัดระดับน้ำจากเซนเซอร์ คิดความคลาดเคลื่อนของเซนเซอร์วัดระดับน้ำ มีค่า 1.75% – 27.03% และ 1.75% – 41.67% ตามลำดับ และเปรียบเทียบเวลาการให้น้ำที่คำนวณโดยระบบควบคุมฯ กับเวลาที่คำนวณได้จากสูตร คำนวณหาค่าความคลาดเคลื่อนได้ 0.13% – 0.73% และ 0.12 - 0.72% ตามลำดับ ระบบควบคุมอัตโนมัติการให้น้ำพืชนี้สามารถบันทึกค่าต่างๆ ที่ตั้งไว้ เช่น Kc, ปริมาณน้ำในดิน (SM), รัศมีทรงพุ่ม, อัตราการจ่ายน้ำของหัวมินิสปริงเกลอร์ ทุกครั้งที่มีการเปิดการทำงาน ระบบจะนำข้อมูลที่ตั้งค่าไว้มาใช้งาน สามารถทำงานได้ทันทีและมีการทำงานตามลำดับขั้นตอนตาม Flowchart ที่ออกแบบไว้ทั้ง 2 กรณี

กรมวิชาการเกษตร

ข้อเสนอแนะ

เซนเซอร์วัดระดับน้ำโดยใช้ pressure Sensor นี้ คณะผู้วิจัยได้ปรับใช้เพื่อแก้ปัญหาการเกิดปฏิกิริยาทางไฟฟ้าเคมี ค่าที่วัดได้มีความคลาดเคลื่อนสูง จึงต้องมีการพัฒนาเซนเซอร์วัดระดับน้ำนี้ให้มีความแม่นยำในโอกาสต่อไป

10. การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

- ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมจันทบุรีเป็นศูนย์การเรียนรู้และถ่ายทอดเทคโนโลยีระบบควบคุมอัตโนมัติการให้น้ำทุเรียนแก่เกษตรกรผู้ปลูกทุเรียนในจังหวัดจันทบุรีและผู้สนใจทั่วไป

11. คำขอบคุณ (ถ้ามี)

- ขอขอบคุณ กลุ่มซ่อมบำรุงรักษา สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม ที่ให้การสนับสนุนและอนุเคราะห์เครื่องมืออุปกรณ์ เจ้าหน้าที่ เพื่อดำเนินการติดตั้งระบบไฟฟ้าต่างๆ
- ขอขอบคุณ ศูนย์วิจัยพืชสวนจันทบุรี ที่ให้การสนับสนุนและอนุเคราะห์ ข้อมูลการปลูกและดูแลรักษาต้นทุเรียน

12. เอกสารอ้างอิง

กรมวิชาการเกษตร. 2547. เอกสารวิชาการทุเรียน กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. เอกสารวิชาการ ลำดับที่ 13/2547.

ขนิษฐ์ หว่านณรงค์ อัคคพล เสนาณรงค์ เวียง อากรชี และคณะ. 2560. วิจัยและพัฒนาเครื่องใส่ปุ๋ยตามค่าเคราะห์ดินแบบแยกถังปุ๋ยสำหรับอ้อย. รายงานชุดโครงการวิจัย ปี 2560. กรมวิชาการเกษตร.

ดิเรก ทองอร่าม วิทยา ตั้งก่อสกุล นาวี จิระชีวี และอิทธิสุนทร นันทกิจ. 2545. การออกแบบและเทคโนโลยีการให้น้ำพืช. เจริญรัฐการพิมพ์ กรุงเทพฯ.

ธีระพล ตั้งสมบูรณ์. 2549. การใช้น้ำของพืช. เอกสารประกอบการบรรยายหลักสูตรการปรับปรุงระบบการจัดการน้ำด้านเกษตรชลประทาน. กลุ่มงานวิจัยการใช้น้ำชลประทาน. สำนักอุทกวิทยาและบริหารน้ำ.

สำนักวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร. 2561. สถิติการเกษตรของประเทศไทย ปี 2560. สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร.

กรมวิชาการเกษตร

หิรัญ หิรัญประดิษฐ์ สุขวัฒน์ จันทรปรรณิก เสริมสุข สลักเพ็ชร์. 2546. เทคโนโลยีการผลิตทุเรียน. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ. 206 หน้า.

Tayel M.Y., El Gindy A.M. and Abdel-Aziz A.A. (2008). Effect Of Irrigation Systems on: III-Productivity and Quality of Grape Crop. Journal of Applied Sciences Research, 2008, pp. 1722-1729.

กรมวิชาการเกษตร