



FEAT JOURNAL

FARM ENGINEERING AND AUTOMATION TECHNOLOGY JOURNAL

วารสารวิศวกรรมฟาร์มและเทคโนโลยีการควบคุมอัตโนมัติ

## การวัดการละลายของปุ๋ยในการปลูกแบบไฮโดรโปนิคส์ โดยใช้ค่าความนำไฟฟ้า

### Measurement of Nutrient Dissolution in Hydroponics System

#### Using Electrical Conductivity

คมกฤษณ์ ชูเรือง\*

Komkrit Chooruang\*

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม 214 หมู่ 12 ถนนนิตโย ตำบลหนองญาติ อำเภอเมือง จังหวัดนครพนม 48000

Received: 21 พ.ค.61

Accepted: 30 พ.ค.61

#### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบระบบการวัดการละลายของปุ๋ยในน้ำที่ใช้กับการปลูกพืชแบบไฮโดรโปนิคส์ ซึ่งสามารถวัดการละลายของปุ๋ยหรือความเข้มข้นของปุ๋ยในน้ำแบบเวลาจริงโดยหลักการวัดค่าความนำไฟฟ้า และส่งข้อมูลผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตไปแสดงบนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า การวัดการละลายของปุ๋ยในน้ำจากระบบที่ออกแบบขึ้นสามารถวัดค่าความนำไฟฟ้าได้อย่างถูกต้อง

**คำสำคัญ:** ไฮโดรโปนิคส์ วัดการละลายของปุ๋ย อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง ค่าความนำไฟฟ้า

#### Abstract

The objective of this research was to develop a real-time hydroponics nutrient dissolution measuring system that utilize the electrical conductivity principle to measure the mineral salts dissolved in water. The measured results will be displayed on the Internet via web interface. The experimental results indicated that the developed system can provides high precise and accurate reading.

**Keywords:** Hydroponics system, Nutrient dissolution, Internet of things, Electrical conductivity

\*ติดต่อ: E-mail: komkritc@npu.ac.th, เบอร์โทรศัพท์: 042-503558, เบอร์โทรสาร: 042-503558

#### 1. บทนำ

ปัจจุบันการปลูกพืชแบบไฮโดรโปนิคส์ได้รับความนิยมมากขึ้นและมีการปลูกอย่างแพร่หลาย การปลูกแบบไฮโดรโปนิคส์ เป็นการปลูกแบบไม่ใช้ดิน แต่จะใช้น้ำที่มีสารอาหารและใช้รางในการปลูก

ประโยชน์จากการปลูกแบบนี้ได้แก่ การใช้น้ำที่น้อยและใช้พื้นที่น้อยกว่าการปลูกแบบบนดิน แต่ต้องลงทุนค่อนข้างสูงและต้องมีการตรวจสอบค่า pH ของน้ำและค่าความเข้มข้นของปุ๋ยในทุกวัน ตัวเซ็นเซอร์ที่ใช้วัดค่า pH และค่าความเข้มข้นของปุ๋ยที่มีจำหน่ายในตลาดปัจจุบันมีราคาที่สูงและเป็นระบบเดี่ยวคือไม่สามารถเชื่อมต่อ

เป็นระบบเครือข่าย หรือเข้ากับระบบอินเทอร์เน็ตเพื่อใช้ดูข้อมูลจากระยะไกลได้ ในการปลูกแบบไฮโดรโปนิกส์นี้ ปุ๋ยที่ใช้จะแบ่งออกเป็นธาตุอาหารเอ ซึ่งประกอบไปด้วยแคลเซียมไนเตรทและธาตุเหล็ก ส่วนธาตุอาหารบี ก็จะมีส่วนประกอบของโปแตสเซียมไนเตรท แมกนีเซียมฟอสเฟต โมโนโปแตสเซียมฟอสเฟต และธาตุอื่น ๆ ประกอบตามสูตรของแต่ละผู้ผลิต ในการให้ธาตุอาหารแก่พืชนั้นมีความจำเป็นอย่างยิ่งในการดูแลและควบคุมการให้ธาตุอาหารเอและบี ในปริมาณที่เหมาะสมและต้องมีการตรวจสอบการละลายหรือความเข้มข้นของปุ๋ยในทุกวันเพราะผลผลิตความสวยงามของพืชผักที่ได้นั้นขึ้นกับการควบคุมในส่วนนี้โดยตรง

ปัจจุบันได้มีการนำเอาอินเทอร์เน็ตมาประยุกต์ใช้กับการเกษตรเพิ่มมากขึ้น สร้างเป็นระบบ Internet of Things (IoT) ในการควบคุมและดูข้อมูลในระยะไกล [1-3] แต่ระบบดังกล่าวมีราคาสูงทำให้กลุ่มเกษตรกรของประเทศไทยส่วนใหญ่ไม่สามารถลงทุนได้ งานวิจัยนี้จึงได้พัฒนาระบบการวัดการละลายของปุ๋ยในน้ำของการปลูกแบบไฮโดรโปนิกส์ขึ้นในราคาที่ถูกลง โดยใช้การวัดค่าความนำไฟฟ้าและประยุกต์การใช้ IoT มาเป็นส่วนของการแสดงผลระยะไกล เพื่อที่จะนำไปพัฒนาให้เป็นระบบ smart farming ต่อไป

## 2. วิธีการวิจัย

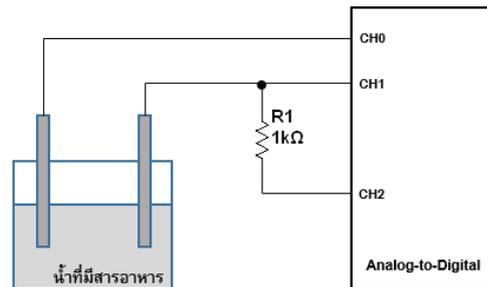
ระบบการวัดการละลายของปุ๋ย ประกอบไปด้วยสามส่วนหลักได้แก่ ส่วนแรกเป็นเซ็นเซอร์วัดการละลายของปุ๋ยในน้ำ ส่วนที่สองเป็นการส่งข้อมูลที่วัดได้ไปบนเครือข่ายอินเทอร์เน็ตโดยใช้โปรโตคอล Message Queuing Telemetry Transport (MQTT) [1, 4] และส่วนสุดท้ายเป็นส่วนโปรแกรมแสดงผล

### 2.1 การวัดการละลายโดยค่าความนำไฟฟ้า

การวัดการละลายของปุ๋ยในน้ำหรือเป็นการวัดค่าความเข้มข้นของปุ๋ยนั้น เราใช้หลักการค่าความนำไฟฟ้า หรือ Electrical Conductivity (EC) ซึ่งคือ

การวัดค่าความนำไฟฟ้า โดยค่าความนำไฟฟ้าของน้ำคือ ปริมาณที่บ่งบอกถึงคุณภาพน้ำค่าหนึ่ง โดยปกติแล้วน้ำบริสุทธิ์จะไม่นำไฟฟ้า แต่เนื่องจากมีสิ่งเจือปนละลายอยู่ในน้ำ (ปุ๋ยในการปลูกแบบไฮโดรโปนิกส์) เช่น ธาตุเหล็ก จึงทำให้น้ำสามารถนำไฟฟ้าได้ หน่วยวัดความนำไฟฟ้าความนำไฟฟ้า คือ Moh (โมห์) หรือ Seimen (ซีเมนส์) โดยเทียบหนึ่งหน่วยพื้นที่เป็นตารางเซนติเมตร (ค่าการนำไฟฟ้าวัดเป็นไมโครโมห์ต่อเซนติเมตร ( $\mu\text{mhos/cm}$ ) หรือไมโครซีเมนส์ต่อเซนติเมตร ( $\mu\text{s/cm}$ );  $1 \mu\text{mhos/cm} = 1 \mu\text{s/cm}$ )

ในการวัดค่าความนำไฟฟ้าจะใช้ส่วน analog-to-digital (A/D) ในไมโครคอนโทรลเลอร์ ATmega328P บน Arduino board ซึ่งมีขนาดความละเอียด 10-bit ADC หรือ 1024 ระดับ โดยใช้วงจรแบ่งแรงดันและวัดค่าความนำไฟฟ้าในน้ำซึ่งจะมีความสัมพันธ์ตามการละลายของสารอาหารในน้ำ



รูปที่ 1 วงจรการวัดค่าความนำไฟฟ้า

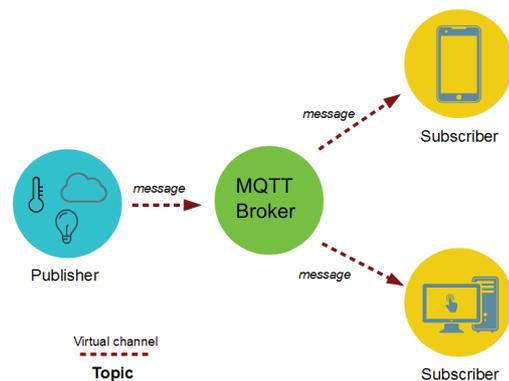
ในรูปที่ 1 แสดงการต่อใช้งานของ A/D เพื่อวัดค่าความเข้มข้นของสารอาหารในน้ำ โดยเราใช้ A/D จำนวน 3 ช่อง โดยกำหนดให้ CH0 เป็นขาเป็นสัญญาณกราวด์ และ CH1 เป็นขาสัญญาณที่วัดแรงดันไฟฟ้าโดยจะต่อลักษณะเป็น probe ซึ่งปลายสายเป็นสายตัวนำไฟฟ้าต่อเป็นลักษณะ 2-probe DC electrical conductivity และให้ CH2 เป็นสัญญาณสายไฟบวก เมื่อการละลายของปุ๋ยมีการเปลี่ยนแปลงก็จะทำให้ค่าความนำไฟฟ้าในน้ำเปลี่ยนไปด้วย แรงดันไฟฟ้าที่สามารถวัดได้ระหว่างขา CH0 กับ CH1 ก็จะมีค่าเปลี่ยนแปลงเกิดเป็นลักษณะวงจรแบ่งแรงดันขึ้น ทำให้เราสามารถวัดค่าแรงดันได้ที่

CH1 ซึ่งจะเปลี่ยนแปลงตามการละลายของปุ๋ย จากนั้นก็จะมาคำนวณเป็นค่าความนำไฟฟ้า การวัดนี้จะวัดในช่วงเวลาสั้น ๆ หลาย ๆ รอบโดยให้มีเป็นการวัดแบบสัญญาณสลับ จากหลักการนี้จึงนำสามารถประยุกต์วัดการละลายของปุ๋ยในน้ำได้ เมื่อนำค่าแรงดันไฟฟ้าที่วัดได้จาก AD ไปเปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากการวัดโดยเครื่องวัด EC มาตรฐาน แล้วทำการปรับเทียบโดยใช้ค่าชดเชยเพื่อให้ได้ค่าที่อ่านได้มีค่าเท่ากับเครื่องมือมาตรฐาน

## 2.2 การส่งข้อมูลผ่านอินเทอร์เน็ตโดยใช้ MQTT

Message Queuing Telemetry Transport (MQTT) เป็นรูปแบบโปรโตคอลที่ออกแบบมาเพื่อสนับสนุนเทคโนโลยี IoT (Internet of Things) คือเทคโนโลยีที่อินเทอร์เน็ตเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ต่าง ๆ เข้ากับอินเทอร์เน็ตทำให้สามารถเชื่อมโยงสื่อสารกับอุปกรณ์ต่าง ๆ ได้ โดยผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตซึ่งจะทำให้สามารถควบคุมอุปกรณ์ต่าง ๆ จากระยะไกลได้โปรโตคอลตัวนี้ออกแบบมาเพื่อใช้งานกับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ขนาดเล็ก การรับส่งข้อมูลในเครือข่ายที่มีขนาดเล็ก ใช้ข้อมูลในการรับส่งต่ำ ใช้หลักการแบบ publisher / subscriber [1, 4] คล้ายกับหลักการที่ใช้ใน Web Service ที่ต้องใช้ Web Server เป็นตัวกลางระหว่างคอมพิวเตอร์ของผู้ใช้ แต่ MQTT จะใช้ตัวกลางที่เรียกว่า Broker เพื่อทำหน้าที่ จัดการคิว รับและส่งข้อมูลระหว่างอุปกรณ์ และทั้งในส่วนที่เป็น Publisher และ Subscriber ดังแสดงในรูปที่ 2 จะเห็นได้ว่า Topic จะเป็นตัวอ้างอิงหลัก ข้อมูลที่จะ Publisher ออกไปยัง Broker จะต้องมี topic กำกับไว้เสมอ ซึ่งในงานวิจัยนี้ส่วนที่เป็น topic คือค่าของสารอาหารที่วัดได้จากเซ็นเซอร์ ทางฝ่าย subscriber ซึ่งก็คือโปรแกรมบนคอมพิวเตอร์หรือ smart phone ก็จะต้องถึง topic (ค่าสารอาหารที่วัดได้) เพื่อเรียกข้อมูลที่ต้องการแล้วนำไปแสดงบนหน้าจอต่อไป ในส่วนการเชื่อมต่อกับอินเทอร์เน็ตนั้น เราได้ใช้ตัวเชื่อมต่อไวไฟ (Wi-Fi) ESP8266 ของบริษัท Espressif Systems [5, 6] ซึ่งทำงานที่แรงดันไฟฟ้า 3.0-3.6V ทำงานใช้กระแส

โดยเฉลี่ย 80mA รองรับคำสั่ง deep sleep ในการประหยัดพลังงาน ใช้กระแสต่ำกว่า 10 ไมโครแอมป์ ทำงานได้ที่อุณหภูมิ -40 ถึง 125 องศาเซลเซียส โดยงานวิจัยนี้เลือกใช้เพื่อเป็นตัวกลางในการแปลงข้อมูลที่รับมาจาก Arduino ซึ่งเป็นแบบอนุกรมแล้วส่งต่อไปยังเซิร์ฟเวอร์บนเครือข่ายอินเทอร์เน็ต



รูปที่ 2 การรับส่งข้อมูลผ่าน MQTT

## 2.3 ส่วนของโปรแกรมการแสดงผล

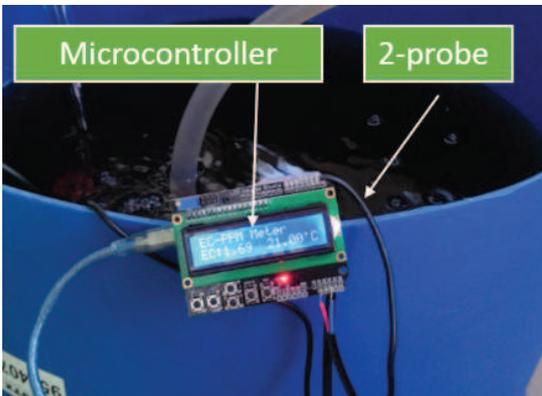
การแสดงผลการวัดการละลายของปุ๋ยในน้ำนั้น จะแสดงโดยใช้ dashboard ของ adafruit.com ซึ่งให้บริการโดยไม่คิดค่าใช้จ่ายและระบบมีเสถียรภาพสูงและสามารถใช้งานได้ตลอดเวลาและมีเก็บข้อมูลเพื่อนำมาวิเคราะห์ย้อนหลังได้

## 3. ผลการวิจัยและอภิปราย

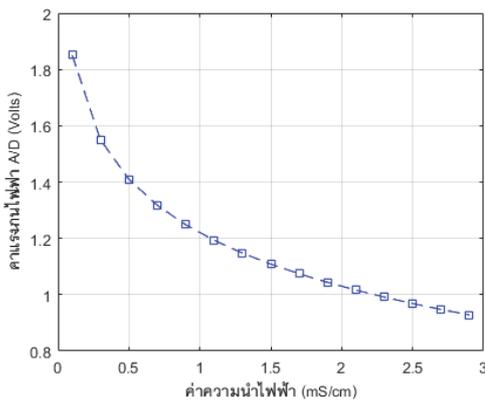
เครื่องมือวัดที่พัฒนาขึ้นแสดงในรูปที่ 3 ในการทดลองเราได้ใช้น้ำที่ผสมปุ๋ยที่ทราบค่า EC โดยการวัดจากเครื่องมือมาตรฐาน EC meter รุ่น EC-3 HM มาเป็นตัวเปรียบเทียบ และหาความสัมพันธ์กับแรงดันไฟฟ้าที่วัดได้จาก A/D กับค่าความนำไฟฟ้า EC ที่ทราบค่าโดยวัดจากเครื่องมือ EC meter รุ่น EC-3 HM และหาความสัมพันธ์ได้ดังรูปที่ 4 พบว่า เมื่อปุ๋ยในน้ำมีความเข้มข้นที่เพิ่มขึ้นหรือค่า EC มีค่ามากขึ้น ก็จะทำให้ค่าแรงดันไฟฟ้าที่วัดได้ลดลงตามกราฟ มีลักษณะความสัมพันธ์เชิงเส้นที่ดีเมื่อค่า EC มีค่ามากกว่า 0.5 mS/cm

ซึ่งค่าความนำไฟฟ้านี้จะคำนวณได้จากค่าแรงดัน A/D ที่วัดได้ ตามหลักที่ได้กล่าวใน 2.1 โดยปกติค่า EC ที่ต้องควบคุมสำหรับการปลูกพืชจะอยู่ในช่วงค่า 0.5 ถึง 3.0 ตามแต่ละชนิดของพืช

การปรับเทียบ (calibration) ของเครื่องมือที่พัฒนาขึ้นจะทำได้โดยการปรับค่าชดเชย (offset) ในโปรแกรม ในโหมดปรับเทียบจะต้องวัดกับน้ำที่ทราบค่า EC ใน 3 ช่วงคือค่าที่ระดับ 3 mS/cm 1.5 mS/cm และ 0.5 mS/cm ซึ่งก็จะวัดแรงดันไฟฟ้าได้ 3 ค่า โปรแกรมก็จะนำค่าแรงดันไฟฟ้านี้ไปคำนวณค่าชดเชย



รูปที่ 3 ชุดการวัดการละลายของปุ๋ยที่พัฒนาขึ้น

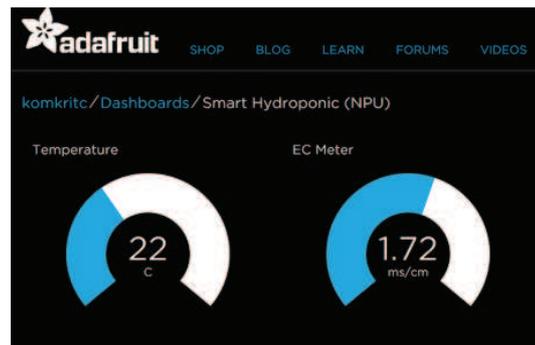


รูปที่ 4 ความสัมพันธ์แรงดัน A/D กับค่า EC

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบค่า EC ของชุดที่พัฒนาขึ้นกับ commercial EC meter รุ่น EC-3 HM

ค่าความนำไฟฟ้า EC (mS/cm)					
EC-3 HM	0.25	1.04	1.37	2.02	3.01
EC ที่พัฒนาขึ้น	0.24	1.09	1.37	2.06	3.07
ERROR (%)	4	4.81	0	1.98	0.99

ในตารางที่ 1 เราได้ทดลองวัดค่าการละลายของปุ๋ยโดยเปรียบเทียบผลการวัดกับเครื่อง EC meter รุ่น EC-3 HM ซึ่งเราพบว่าค่าความคลาดเคลื่อนอยู่ในช่วงไม่เกิน 5% ซึ่งสามารถยอมรับได้ ในส่วนของ การแสดงผลการวัดจะแสดงค่าที่วัดได้ผ่านหน้าจอ LCD และผ่านทางเว็บไซต์ โดยใช้ MQTT broker ของ io.adafuit.com ดังแสดงในรูปที่ 5 ซึ่งจะแสดงอุณหภูมิของน้ำและค่าสารอาหารที่วัดได้ โดยผู้ใช้งานสามารถดูค่าการวัดค่า EC ผ่านทางคอมพิวเตอร์หรือสมาร์ทโฟนได้ ผลที่วัดได้จะแสดงเป็นค่าของความนำไฟฟ้ามีหน่วยเป็นมิลลิซีเมนส์ต่อเซนติเมตร (mS/cm) ซึ่งเป็นหน่วยการวัดที่เครื่องมือวัดสารอาหารของการปลูกในแบบไฮโดรโปนิคส์ในอุตสาหกรรมนิยมใช้



รูปที่ 5 การแสดงผลผ่านอินเทอร์เน็ต

#### 4. สรุป

การใช้หลักการของค่าความนำไฟฟ้ามาวัดหาค่าการละลายของปุ๋ยในน้ำเพื่อหาความเข้มข้นของปุ๋ยในการปลูกพืชในแบบไฮโดรโปนิคส์นั้นสามารถทำงานได้เป็นอย่างดี นอกจากนี้ได้มีการประยุกต์การแสดงผลการวัดผ่านอินเทอร์เน็ตโดยใช้การสื่อสารโปรโตคอล MQTT งานวิจัยนี้สามารถพัฒนาต่อในการประยุกต์เพื่อการทำเกษตรแม่นยำควบคุมจากระยะไกลในอนาคตได้

#### 5. กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากศูนย์ศึกษาอนุภูมิภาคลุ่มน้ำโขง มหาวิทยาลัยนครพนม ผู้วิจัยขอขอบคุณ สำหรับการสนับสนุนงบประมาณในการศึกษาวิจัยในครั้งนี้

#### 6. เอกสารอ้างอิง

- [1] T. Muhammad Agus, H. Hindersah, D. Yolanda, F. Hadiatna, Internet of things using publish and subscribe method cloud-based application to NFT-based hydroponic system, in: 2016 6th International Conference on System Engineering and Technology (ICSET), 2016, pp. 98-104.
- [2] J. Pitakphongmetha, N. Boonnam, S. Wongkoon, T. Horanont, D. Somkiadcharoen, J. Prapakornpilai, Internet of things for planting in smart farm hydroponics style, in: 2016 International Computer Science and Engineering Conference (ICSEC), 2016, pp. 1-5.
- [3] S. Ruengittinun, S. Phongsamsuan, P. Sureeratanakorn, Applied internet of thing for smart hydroponic farming ecosystem (HFE), in: 2017 10th International Conference on Ubi-media Computing and Workshops (Ubi-Media), 2017, pp. 1-4.
- [4] K. Chooruang, P. Mangkalakeeree, Wireless Heart Rate Monitoring System Using MQTT, Procedia Computer Science, 86 (2016) 160-163.
- [5] R.K. Kodali, K.S. Mahesh, A low cost implementation of MQTT using ESP8266, in: 2016 2nd International Conference on Contemporary Computing and Informatics (IC3I), 2016, pp. 404-408.
- [6] S. Saha, A. Majumdar, Data centre temperature monitoring with ESP8266 based Wireless Sensor Network and cloud based dashboard with real time alert system, in: 2017 Devices for Integrated Circuit (DevIC), 2017, pp. 307-310.