การพัฒนาระบบสมาร์ทฟาร์มโดยใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งเพื่อเพิ่มผลผลิตทางการเกษตรสำหรับสวนมะนาว จังหวัดเพชรบุรี

Development of Smart Farm Innovation using Internet-of-Things for improving the Lime farm's productivity in Phetchaburi.

บัณฑิตพงษ์ ศรีอำนวย

รายงานวิจัยฉบับนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากเงินงบประมาณแผ่นดิน
มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี
ประจำปีงบประมาณ 2561

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

สารบัญ ..... ฉ

สารบัญตาราง ..... ซ

สารบัญภาพ ..... ญ

บทที่

1 บทนำ 1

1.1 ที่มาและความสำคัญ 1

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย 3

1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย 3

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 4

1.5 กรอบแนวคิดการวิจัย 4

2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 7

2.1 เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (IOT) 7

2.2 ระบบเซ็นเซอร์เครือข่ายไร้สาย (wireless sensor network) 9

2.3 การออกแบบระบบน้ำเพื่อการเกษตร 15

2.4 การปลูกมะนาว 17

2.5 ข้อมูลการปลูกมะนาว 36

2.6.การทบทวนวรรณกรรม/สารสนเทศ (information) ที่เกี่ยวข้อง 38

3 วิธีดำเนินการวิจัย 40

ส่วนที่ 1 พัฒนาระบบเซ็นเซอร์เก็บข้อมูลฟาร์มมะนาวด้วยเทคโนโลยีสรรพสิ่ง (IoT) 40

ส่วนที่ 2 การทดสอบผลการพัฒนานวัตกรรมการเกษตรอัจฉริยะด้วยเทคโนโลยี อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (IoT) 54

4 ผลการวิจัย 57

4.1 ผลการพัฒนาระบบเซ็นเซอร์เก็บข้อมูลฟาร์มมะนาวด้วยเทคโนโลยีสรรพสิ่ง (IoT) 57

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
4.2 ผลการทดสอบการพัฒนาแอพพลิเคชั่นการบริหารจัดการฟาร์มมะนาว	72
5 สรุป และอภิปรายผล	75
5.1 สรุปผลการวิจัย	75
5.2 ข้อเสนอแนะจากการวิจัย	76
บรรณานุกรม	77
ภาคผนวก	78
ภาคผนวก ก ตัวอย่างแบบสอบถามผู้เชี่ยวชาญโปรแกรม	79
ภาคผนวก ข บทความวิจัยนำเสนอในการประชุมวิชาการระดับชาติ	82
ประวัติย่อของผู้วิจัย	93

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

2-1 รายงายผล มะนาว : เนื้อที่ ผลผลิต และผลผลิตต่อไร่ เป็นรายภาค และรายจังหวัด ปี 2556-2558 37

3-1 ตารางข้อมูลของระบบ 48

3-2 ตารางผู้ใช้งาน (users) 49

3-3 ตารางที่ใช้เก็บข้อมูลดิบเช่น อุณหภูมิ ความชื้นในดิน ความชื้นสัมพัทธ์ PH O2 CO2 (reporting_raw_data) 50

3-4 ตารางที่ใช้เก็บข้อมูลที่ใช้แสดงผลรายงานตามนาที (reporting_average_minute) 50

3-5 ตารางที่ใช้เก็บข้อมูลที่ใช้แสดงผลรายงานตามชั่วโมง (reporting_average_hourly) ... 51

3-6 ตารางข้อมูลโปรเจค (forwarding_tokens) 51

3-7 ตารางที่ใช้เก็บข้อมูลดิบเช่น อุณหภูมิ ความชื้นในดิน ความชื้นสัมพัทธ์ PH O_2 CO_2 (reporting_raw_data) 51

3-8 ตารางที่ใช้เก็บข้อมูลที่ใช้แสดงผลรายงานตามนาที (reporting_average_minute) 52

3-9 ตารางที่ใช้เก็บข้อมูลที่ใช้แสดงผลรายงานตามชั่วโมง (reporting_average_hourly) ... 52

3-10 ตารางที่ใช้เก็บข้อมูลที่ใช้แสดงผลรายงานตามวัน (reporting_average_daily) 53

3-11 ตารางที่ใช้เก็บข้อมูลสถิตแอปพลิเคชั่นที่ใช้งานผ่านมือถือรายนาที 53

3-12 ตารางที่ใช้เก็บข้อมูลสถิติการควบคุมผ่านทาง มาตรฐานการสื่อสารในระบบเครือข่าย HTTP รายนาที (reporting_app_stat_minute) 54

4-1 ภาพรวมมีดัชนีความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาทั้งฉบับ (CVI) 72

สารบัญภาพ

รูปที่		หน้า
1-1	กรอบแนวคิดของการวิจัย (Conceptual Frame work)	4
2-1	ลำดับการพัฒนา Application โดยใช้ IoT	7
2-2	ระบบการติดตามและตรวจสอบโดยใช้ RFID บนโครงสร้าง IoT	8
2-3	โครงสร้างแบบจำลองเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย	8
2-4	ส่วนประกอบหน่วยร่วมเซ็นเซอร์	9
2-5	Wireless Sensor Network โดย purelink.ca	11
2-6	WSN Nodes	12
2-7	Diagram อธิบายการเชื่อมต่อ Gateway หลายๆตัวเข้ากับ local network	13
2-8	Network Layers ของ Internet of Things โดย IBM	13
2-9	การออกแบบระบบน้ำเพื่อการเกษตร	15
2-10	การออกแบบระบบน้ำเพื่อการเกษตรโดยใช้ท่อจ่ายน้ำ ระยะห่าง 1-2 เมตร	16
2-11	การออกแบบระบบน้ำเพื่อการเกษตรโดยใช้ท่อจ่ายน้ำ ระยะห่าง 2 เมตร	16
2-12	รูปมะนาวหนัง	18
2-13	รูปมะนาวไข่	18
2-14	รูปมะนาวแป้น	20
2-15	รูปมะนาวด่านเกวียน	20
2-16	รูปมะนาวตาฮิติ	21
2-17	รูปการค้ำกิ่งมะนาว	24
2-18	รูปโรคแคงเกอร์ในมะนาว ในบริเวณใบ และ ผล	25
2-19	รูปต้นมะนาวเป็นโรคราดำ	26
2-20	รูปต้นมะนาวเป็นโรคโรคกรีนนิ่ง (ใบแก้ว)	27
2-21	รูปต้นมะนาวเป็นโรคยางไหล	29
2-22	รูปต้นมะนาวเป็นโรครากเน่าและโคนเน่า	30
2-23	รูปต้นมะนาวมีศัตรูพืชเป็นหนอนชอนใบ	30
2-24	รูปต้นมะนาวมีศัตรูพืชเป็นหนอนแก้วส้ม	31

สารบัญภาพ (ต่อ)

รูปที่ หน้า

2-25 รูปต้นมะนาวมีศัตรูพืชเป็นเพลี้ยไฟ 32
2-26 รูปต้นมะนาวมีศัตรูพืชเป็นไรแดง 34
2-27 รูป วงจรการออกดอกของมะนาว 34
2-28 รูปการเก็บเกี่ยวผลมะนาว 35
รายงานผลมะนาว : เนื้อที่ให้ผล ผลผลิต และผลผลิตต่อไร่ เป็นรายภาค ปี 2558 36
3-1 การนำเทคโนโลยี IOT มาประยุกต์เพื่อทำ Smart farm 40
3-2 แผนผังการเชื่อมต่ออุปกรณ์ IOT (Node MCU) กับArduino board และระบบเซนเซอร์ 41
3-3 Nodemcu Board 42
3-4 Arduino UNO R3board Arduino 42
3-5 รูปโครงสร้างการเชื่อมโยงเครือข่าย 44
3-6 ส่วนอ่านข้อมูลมาจากเซนเซอร์ 45
3-7 รูปส่วนรับส่งข้อมูลระหว่างอุปกรณ์อาดูโนและโหนด 45
3-8 รูปส่วนที่ติดต่อกับระบบเปิดปิดน้ำ จะทำการต่อกับอุปกรณ์รีเลย์ 46
3-9 ส่วนที่ติดต่อกับเซอร์เวอร์บลิ้ง (Blynk) 46
3-10 ระบบซอฟต์แวร์จะมีการแจ้งเตือนผ่านทางระบบไลน์ 47
4-1 กล่องระบบเซ็นเซอร์ 57
4-2 การวางระบบท่อส่งน้ำ 58
4-3 การติดตั้งระบบเซ็นเซอร์ภายในฟาร์มมะนาว 58
4-4 หน้าแฟลตฟอร์มการดาวโหลดเพื่อติดตั้งระบบ 59
4-5 รูปหน้าจอการสมัครเข้าระบบ 60
4-6 รูปหน้าจอการกรอก อีเมลล์และรหัสผ่าน 61
4-7 รูปหน้าจอการเริ่มสร้างระบบริการจัดการฟาร์มมะนาว 62
4-8 หน้าจอการกำหนดการความคุมและแสดงผลข้อมูลจากอุปกรณ์ Arduino 63
4-9 แสดงรูปหน้าจอหลักของแอพพลิเคชั่น 64
4-10 แสดงรูปหน้าจอการสั่งการแสดงผลข้อในรูปแบบกราฟของตัวแปรต่าง ๆ 65

สารบัญภาพ (ต่อ)

รูปที่ หน้า

4-11 แสดงรูปหน้าจอการแสดงผล 66
4-12 แสดงรูปหน้าจอการแสดงผลการเก็บข้อมูลค่าอุณหภูมิ 67
4-13 แสดงรูปหน้าจอการแสดงผลการเก็บข้อมูลค่าความชื้นในดิน 67
4-14 แสดงรูปหน้าจอการแสดงผลการเก็บข้อมูลค่า CO_2 68
4-15 แสดงรูปหน้าจอการแสดงผลการเก็บข้อมูลค่า O_2 68
4-16 แสดงรูปหน้าจอการแสดงผลการเก็บข้อมูลค่า PH 69
4-17 แสดงรูปหน้าจอการกำหนดค่าตัวแปรต่าง ๆ ในการเปิด/ ปิดน้ำ 70
4-18 แสดงรูปหน้าจอตัวอย่างกลุ่มไลน์สำหรับรับการแจ้งเตือนแบบอัตโนมัติ 71

การออกแบบระบบสมาร์ทฟาร์มโดยใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง สำหรับมะนาว จังหวัดเพชรบุรี

บทคัดย่อ

การศึกษาการออกแบบการออกแบบระบบสมาร์ทฟาร์มโดยใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งสำหรับฟาร์มมะนาว จังหวัดเพชรบุรี ครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) เพื่อพัฒนานวัตกรรมการเกษตรอัจฉริยะด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งสำหรับฟาร์มมะนาว จังหวัดเพชรบุรี 2) เพื่อศึกษาผลการพัฒนานวัตกรรมการเกษตรอัจฉริยะด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งสำหรับฟาร์มมะนาว จังหวัดเพชรบุรี โดยใช้แนวความคิดของเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (IOT) โดยมีเซ็นต์เซอร์วัดค่าข้อมูลของฟาร์มมะนาว โดยกำหนดไว้ 6 ค่า คือ 1) Temperature 2) Humidity 3) Moisture 4) Ph 5) ค่า O_2 6) ค่า CO_2

ผลการศึกษา พบว่า จากการออกแบบแผนผังการเชื่อมต่ออุปกรณ์ IOT (Node MCU) กับ Arduino board และระบบเซ็นเซอร์พร้อมกับการพัฒนา Application สำหรับเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ IOT สามารถใช้งานร่วมกับอุปกรณ์โมบายโฟน Application ต่าง ๆ โดยสามารถรองรับการใช้งานได้ทั้งระบบปฏิบัติการ IOS และ Android และสามารถแสดงข้อมูลตามค่ามาตรฐาน ดังนี้ 1) Temperature ค่าอุณหภูมิที่เหมาะสม อยู่ที่ประมาณ 26-32 องศาเซลเซียส 2) Humidity ค่าความชื้นของดิน จะอยู่ในช่วง -10 ถึง -60 kpa 3) Moisture ความต้องการน้ำของมะนาวเป็นลิตรต่อต้นต่อวันตามช่วงอายุและฤดูกาล 4) Ph ค่า Ph ที่เหมาะสม อยู่ที่ประมาณ 5.5 – 7.0 5) ค่า O_2 ที่เหมาะสมอยู่ที่ 25 % 6) ค่า CO_2 ที่เหมาะสม อยู่ที่ 350-1000 ppm และผลที่ได้จากความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญจากแบบประเมินคุณภาพของแอพพลิเคชั่นการบริหารจัดการฟาร์มมะนาว โดยภาพรวมมีดัชนีความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาทั้งฉบับ (CVI) เท่ากับ 0.96 ซึ่งมีความเหมาะสม

คำสำคัญ: สมาร์ทฟาร์ม, มะนาว**,** เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง

Smart farm design system using internet technology of things for lime farm Phetchaburi Province.

Abstract

The study of the design of smart farm system design using internet technology of things (IOT) for lime farm Phetchaburi Province. The purpose of this project is to 1) develop intelligent agriculture innovation with internet technology of things for lemon farms Phetchaburi Province. 2) Study the results of the development of intelligent agriculture innovation with internet technology of things for lemon farms Phetchaburi Province. By using the concept of Internet technology of things (IOT), with a set of measurements for data of lime farm, with 4 values defined as 1) Temperature 2) Humidity 3) Moisture 4) Ph 5) O_2 6) CO_2

The results of the study showed that, from the design of the map connecting the IOT (Node MCU) devices to the Arduino board and the sensor system, along with the development of applications for connecting to IOT devices, can be used in conjunction with various mobile devices. Supports both IOS and Android operating systems and can display data according to the standard values as follows: 1) Temperature The optimum temperature value. At about 26-32 degrees Celsius 2) Humidity The soil moisture content is in the range of -10 to -60 kpa 3) Moisture The water requirement of lime is liter per plant per day according to the age and season 4) Ph Ph value Suitable at around 5.5 – 7.0 5) O_2 value Suitable at around 25% 6) CO_2 value Suitable at around 350-1000 ppm and the results of expert opinions from the quality evaluation form of the Lime Farm Management application Overall, the content validity index (CVI) is 0.96 which is appropriate.

Keyword: Smart farm, Lime, Internet technology of things

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

กระบวนทัศน์การพัฒนาประเทศภายใต้แนวคิดประเทศไทย 4.0 เป็นอีกนโยบายหนึ่งที่เป็นการวางรากฐานการพัฒนาประเทศในระยะยาว เป็นจุดเริ่มต้นในการขับเคลื่อนไปสู่การเป็นประเทศที่มั่งคั่ง มั่นคง และยั่งยืน ตามวิสัยทัศน์รัฐบาล เป็นรูปแบบที่มีการผลักดันการปฏิรูปโครงสร้างเศรษฐกิจ การปฏิรูปการวิจัยและการพัฒนา และการปฏิรูปการศึกษาไปพร้อม ๆ กัน เป็นการผนึกกำลังของทุกภาคส่วนภายใต้แนวคิด ประชารัฐที่ผนึกกำลังกับเครือข่ายพันธมิตรทางธุรกิจ การวิจัยพัฒนาและบุคลากรทั้งในประเทศและระดับโลก

ผลสืบเนื่องจากที่ประเทศไทยยังไม่สามารถก้าวข้ามความเป็นประเทศรายได้ปานกลางได้ ดังนั้น จึงได้นำมาสู่ประเทศไทย 4.0 ที่เน้นการแก้ปัญหาให้ประเทศหลุดพ้นจากกับดักรายได้ปานกลาง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในภาคเกษตรกรรมนั้น ได้มีนโยบายการปรับเปลี่ยนรูปแบบการเกษตรแบบดั้งเดิม ไปสู่การเกษตรสมัยใหม่ ที่เน้นการบริหารจัดการและการใช้เทคโนโลยี โดยมุ่งหวังให้เกษตรกรมีรายได้เพิ่มขึ้น ทำให้เกษตรกรเปลี่ยนรูปแบบกลายเป็นผู้ประกอบการ (Entrepreneur) สอดคล้องและเป็นไปตามนโยบายขับเคลื่อนการพัฒนาโครงสร้างเศรษฐกิจใหม่ที่เรียกว่า New Economy Model ซึ่งใช้หลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง ที่ประชาชนจะสามารถสร้างรายได้ ได้ด้วยตนเอง โดยต้องมีการปฏิรูปทั้งโครงสร้างในทุกมิติ ไม่ว่าจะเป็น ภาคธุรกิจ การเกษตร การศึกษา และแรงงาน จากระบบเศรษฐกิจที่เน้นการผลิตโดยใช้แรงงาน เครื่องจักรและทรัพยากร เปลี่ยนมาเป็นการผลิตบนฐานความรู้และเทคโนโลยี

ซึ่งในจังหวัดเพชรบุรีนั้นจัดว่าเป็นแหล่งผลิตมะนาวในเชิงพาณิชย์ของไทย โดยเฉพาะอย่างยิ่งที่อำเภอท่ายาง นับว่าเป็นแหล่งผลิตมะนาวดั้งเดิม ในปัจจุบันอำเภอท่ายาง ถือเป็นจุดศูนย์กลางแห่งหนึ่งของประเทศที่จะมีการซื้อ-ขาย ผลผลิตมะนาวจากทั่วประเทศ ในอดีตเกษตรกรอำเภอท่ายางจะปลูกมะนาวพันธุ์หนังและพันธุ์ไข่เป็นหลัก แต่ปัจจุบันได้มีการเปลี่ยนสายพันธุ์มาปลูกมะนาวในกลุ่มของพันธุ์แป้นชนิดต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นพันธุ์แป้นรำไพ แป้นทะวาย แป้นใหญ่ แป้นพวง แป้นดกพิเศษ ฯลฯ ซึ่งเป็นที่ต้องการของตลาด เนื่องจากผลผลิตมีเปลือกบาง ปริมาณน้ำมาก และมีกลิ่นหอม ปัจจุบันได้ขยายพื้นที่ปลูกมะนาวกันมากขึ้น ไม่ต่ำกว่า 10,000 ไร่ ใน อ.ท่ายาง และหนองหญ้าปล้อง อย่างไรก็ตาม เกษตรกรผู้ปลูกมะนาวก็ยังพบปัญหาในการปลูกมะนาวมาโดยตลอด ตั้งแต่ขั้นตอนการเตรียมพื้นที่เพาะปลูก การคัดเลือกพันธุ์มะนาว ไปจนถึงปัญหาของโรคที่เกิดขึ้นกับมะนาว เช่น โรคแคงเกอร์ กิ่ง ต้นมะนาวจะค่อย แห้งตายไป หรือ โรคโคนเน่า รากเน่า ปัญหาผลร่วงเนื่องจากดิน

เปรี้ยว น้ำไม่พอ อีกทั้ง การผลิตมะนาวออกมามากในฤดู จึงมีผลทำให้ขายมะนาวได้ในราคาถูก อีกทั้งเกษตรกรต้องมีวิธีในการเลือกพื้นที่ปลูกที่เหมาะสม และยังต้องมีการตรวจวิเคราะห์ดินในแปลงปลูกเสมอ มีการเจาะดินไปวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-ด่างของดิน ถ้าเป็นกรดมาก จะพบปัญหาผลร่วงเช่นกัน

ในขณะที่ เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (Internet of Things: IoT) คือ การที่สิ่งต่าง ๆ ถูกเชื่อมโยงทุกสิ่งเข้าสู่โลกอินเทอร์เน็ต เครือข่ายของวัตถุ อุปกรณ์ พาหนะ สิ่งปลูกสร้าง และสิ่งของอื่น ๆ ที่มีวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ซอฟต์แวร์ เซ็นเซอร์ และการเชื่อมต่อกับเครือข่าย ฝังตัวอยู่ และทำให้วัตถุเหล่านั้นสามารถเก็บบันทึกและแลกเปลี่ยนข้อมูลได้ อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งทำให้วัตถุสามารถรับรู้สภาพแวดล้อมและถูกควบคุมได้จากระยะไกลผ่านโครงสร้างพื้นฐานเครือข่ายที่มีอยู่แล้ว ทำให้เราสามารถผสานโลกกายภาพกับระบบคอมพิวเตอร์ได้แนบแน่นมากขึ้น ผลที่ตามมาคือ ประสิทธิภาพ ความแม่นยำ และประโยชน์ทางเศรษฐกิจที่เพิ่มมากขึ้น เมื่อ IoT ถูกเสริมด้วยเซ็นเซอร์และแอคชูเอเตอร์ซึ่งสามารถเปลี่ยนลักษณะทางกลได้ตามการกระตุ้น ก็จะกลายเป็นระบบที่ถูกจัดประเภทโดยทั่วไปว่าระบบไซเบอร์-กายภาพ (cyber-physical system)

ด้วยความสามารถของ IoT ซึ่งเป็นเทคโนโลยีที่ทำให้อุปกรณ์ต่างๆ สามารถแลกเปลี่ยนข้อมูลกันได้ผ่านเครือข่าย องค์กรในรูปแบบต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็นภาคเอกชน หรือ หน่วยงานราชการ สามารถนำขีดความสามารถของ Internet of Things มาช่วยในการบริหารจัดการสินทรัพย์, การคำนวณ หรือ ประมาณการ ปริมาณการทำงาน, และการพัฒนาสิ่งใหม่ โดยใช้ข้อมูลต่างๆ ที่ถูกรวบรวมผ่าน Sensors Technology แล้วส่งผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต มาเก็บไว้ในฐานข้อมูลกลาง ประกอบกับปัญหาที่เกษตรกรผู้ปลูกมะนาว ใน จังหวัดเพชรบุรี ประสบอยู่อย่างต่อเนื่อง คณะผู้วิจัยจึงจะนำความสามารถของเทคโนโลยี IoT ไปสู่การพัฒนาตัวแบบเกษตรอัจฉริยะ (Smart Farming) โดยการศึกษาสภาพปัญหาของการปลูกมะนาว อย่างแท้จริงร่วมกับการศึกษาหลักการแนวคิดและความสามารถของเทคโนโลยี IoT เพื่อนำมาใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาตัวแบบสวนมะนาวอัจฉริยะ โดย เทคโนโลยี IoT จะถูกนำมาใช้เป็นเครื่องมือต้นแบบเพื่อช่วยในการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นกับเกษตรกรผู้ปลูกมะนาว งานวิจัยนี้จะเป็นแนวทางและเป็นประโยชน์ต่อระบบการเกษตร ที่มุ่งสู่การเป็นเกษตรอัจฉริยะ หรือ สมาร์ทฟาร์ม (Smart Farm หรือ Intelligent Farm) เพื่อให้สามารถผลิตอาหารป้อนประชากรโลกที่จะมากขึ้นในอนาคต เกษตรกรและบุคลากรทางการเกษตรจะมีแนวทางในการทำฟาร์มที่มีความแม่นยำสูง (Precision Farming) มีการทำการเกษตรที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม และการใช้ทรัพยากรที่มีอยู่ให้คุ้มค่าที่สุด ด้วยการดูแลทุกกระบวนการอย่างมีประสิทธิภาพและแม่นยำ ด้วยความสามารถของเทคโนโลยี IoT ผ่านระบบเซ็นเซอร์ที่จะทำการเก็บข้อมูลและวิเคราะห์ด้วยเครื่องมือสมัยใหม่เพื่อให้กระบวนการผลิตถูกต้อง ตั้งแต่เริ่มหว่านเมล็ด รดน้ำ ให้ปุ๋ย ให้ยาปราบศัตรูพืช การเก็บเกี่ยวและคัดเลือกผลผลิต เพื่อให้ได้ผลผลิตสูงสุด อีกทั้งงานวิจัยนี้จะเป็นส่วนหนึ่งใน

การนำเทคโนโลยีมาใช้เพื่อการขับเคลื่อนกระบวนทัศน์ในการพัฒนาประเทศเพื่อสร้างนวัตกรรมภายใต้ ประเทศไทย 4.0 อีกด้วย

ในกระบวนการวิจัยจะพัฒนานวัตกรรมเพื่อเป็นประโยชน์ต่อระบบการเกษตร ที่มุ่งสู่การเป็นเกษตรอัจฉริยะ หรือ สมาร์ทฟาร์ม ภายใต้การเกษตร 4.0 ด้วยการนำองค์ความรู้สมัยใหม่ และเทคโนโลยี มาเพิ่มศักยภาพการผลิตสินค้าเกษตร ตามแนวทางที่สอดรับกับพลวัตการเปลี่ยนแปลงในประชาคมโลก ที่กำลังเปลี่ยนผ่านจากยุคของสังคมที่เน้น “องค์ความรู้” มาสู่ยุคของสังคมที่เน้นการยกระดับ “คุณภาพชีวิต” งานวิจัยนี้ได้บูรณาการศาสตร์อันประกอบด้วย วิศวกรรมโทรคมนาคม เทคโนโลยีสารสนเทศ เทคโนโลยีการเกษตร เข้าด้วยกันโดยได้คิดค้น และพัฒนานวัตกรรมรวมถึงเทคโนโลยีที่ทันสมัยเพื่อเป็นต้นแบบให้เกษตรกรผู้ปลูกมะนาวและบุคลากรทางการเกษตร ใน จังหวัดเพชรบุรี เพื่อแก้ไขปัญหาการทำสวนมะนาว ด้วยการตรวจสอบสภาพความชื้นของดิน เพื่อนำมาออกแบบการบริหารและจัดการสภาพแวดล้อมของสวน เพื่อกำหนดปริมาณความต้องการน้ำเมื่อถึงหน้าแล้ง ระบบแจ้งเตือนการให้ปุ๋ย เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพผลผลิตอย่างยั่งยืน ด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตในทุกสรรพสิ่ง ที่สามารถสั่งการผ่านแอพพลิเคชั่นบนสมาร์ทโฟนได้ทุกที่ ทุกเวลา อีกทั้งในแผนงานวิจัยนี้จะประเมินประสิทธิภาพของต้นแบบนวัตกรรมในเชิงเศรษฐศาสตร์เพื่อให้เกิดการนำไปใช้ได้อย่างเป็นรูปธรรม รวมถึงนำองค์ความรู้จากงานวิจัยไปถ่ายทอดให้กับเกษตรกรและบุคลากรทางการเกษตรให้สามารถนำไปใช้งานได้จริง ด้วยการใช้เทคนิคและวิธีการ รวมถึงอุปกรณ์ที่สามารถจัดหาได้ในราคาประหยัดภายในท้องถิ่น งานวิจัยนี้จะเป็นส่วนหนึ่งของการขับเคลื่อนกระบวนทัศน์ในการพัฒนาประเทศเพื่อสร้างนวัตกรรมภายใต้ ประเทศไทย 4.0 เพื่อให้เกษตรกรไทยสามารถรับมือกับการเปลี่ยนแปลงพลวัตโลกได้อย่างทันท่วงที และสามารถนำพาประเทศไปสู่ความมั่งคั่ง มั่นคง และยั่งยืนในที่สุด

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1.2.1 เพื่อพัฒนานวัตกรรมการเกษตรอัจฉริยะด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งสำหรับฟาร์มมะนาว จังหวัดเพชรบุรี

1.2.2 เพื่อศึกษาผลการพัฒนานวัตกรรมการเกษตรอัจฉริยะด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งสำหรับฟาร์มมะนาว จังหวัดเพชรบุรี

1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย

1.3.1 ขอบเขตของเนื้อหา การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเพื่อสร้างนวัตกรรมเกษตรอัจฉริยะสำหรับสวนมะนาว โดยผู้วิจัยจะศึกษาในเรื่องดังต่อไปนี้

- การเกษตรอัจฉริยะ (Smart Framing)
- อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (Internet of Things)

- สวนมะนาว (Lime Framing)

- โมบายแอพพลิเคชั่น (Mobile Application)

-ระบบเซนเซอร์ตรวจวัดสภาพแวดล้อมแบบไร้สายสำหรับพื้นที่เพาะปลูก (Sensors)

1.3.2 พัฒนาระบบเซนเซอร์ตรวจสอบสภาพดิน (ความชื้นในดิน, ความชื้นสัมพันธ์, อุณหภูมิของดิน, ค่า PH, ค่า CO_2 ,ค่า O_2) เพื่อเตรียมดินในการเพาะปลูกและปรับปรุงโครงสร้างดินให้มีความเหมาะสม

1.3.3 ติดตั้งอุปกรณ์ (Hardware) ในสวนมะนาวต้นแบบสำหรับสวนมะนาวที่ถูกควบคุมการทำงานโดยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง

1.3.4 พัฒนา Mobile Application สำหรับใช้ควบคุมอุปกรณ์และระบบบริหารจัดการน้ำเพื่อรายงานสภาพของดิน

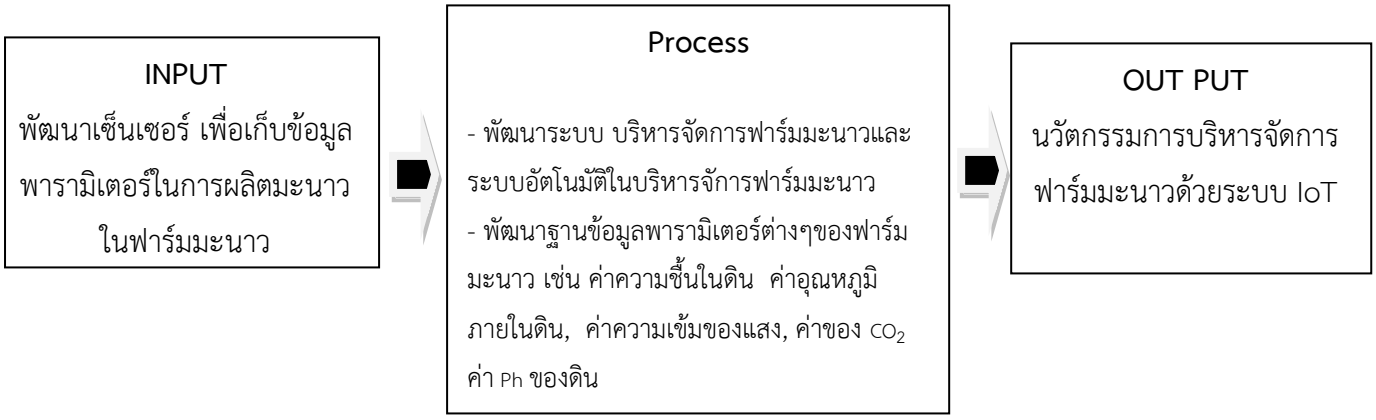
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 สามารถสร้างนวัตกรรมการเกษตรอัจฉริยะเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพผลผลิตพลังงานสำหรับสวนมะนาวด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง

1.4.2 นำผลงานเสนอต่อการประชุมวิชาการระดับชาติ/นานาชาติ

1.4.3 เกษตรกรผู้ปลูกมะนาวได้รับการถ่ายทอดความรู้และเทคโนโลยีจากต้นแบบนวัตกรรมเกษตรอัจฉริยะ

1.5 กรอบแนวคิดการวิจัย



รูปที่ 1-1 กรอบแนวคิดของการวิจัย (Conceptual Frame work)

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การดำเนินการวิจัยการพัฒนาระบบสมาร์ทฟาร์มโดยใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งเพื่อเพิ่มผลผลิตทางการเกษตรสำหรับสวนมะนาว จังหวัดเพชรบุรีผู้วิจัยได้ได้ดำเนินการทบทวนเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ประกอบด้วยหัวข้อดังต่อไปนี้

1. เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (IOT)
2. ระบบเซ็นเซอร์เครือข่ายไร้สาย (wireless sensor network)
3. การออกแบบระบบน้ำเพื่อการเกษตร
4. การปลูกมะนาว
5. ข้อมูลการปลูกมะนาว
6. การทบทวนวรรณกรรม/สารสนเทศ (information) ที่เกี่ยวข้อง

ดังมีรายละเอียดต่อไปนี้

2.1 เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (IOT)

อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (IoT) นั้นถูกคิดขึ้นโดย Kevin Ashton ในปี 1999 ซึ่งเริ่มต้นโครงการ Auto-ID Center ที่มหาวิทยาลัย Massachusetts Institute of Technology หรือ MIT จากเทคโนโลยี RFID ที่จะทำให้เป็นมาตรฐานระดับโลกสำหรับ RFID Sensors ต่างๆที่จะเชื่อมต่อกันได้ ต่อมาในยุคหลังปี 2000 โลกมีอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ออกมาเป็นจำนวนมากและมีการใช้คำว่า Smart ซึ่งในที่นี้คือ smart device, smart grid, smart home, smart network, smart intelligent transportation ต่าง ๆ เหล่านี้ล้วนมีโครงสร้างพื้นฐานที่สามารถเชื่อมต่อกับโลกอินเตอร์เน็ตได้ ซึ่งการเชื่อมต่อเหล่านั้นเองก็เลยมาเป็นแนวคิดที่ว่าอุปกรณ์เหล่านั้นก็ย่อมสามารถสื่อสารกันได้ด้วยเช่นกันโดยอาศัยตัว Sensor ในการสื่อสารถึงกัน ซึ่งหมายถึงนอกจาก Smart devices ต่างๆจะเชื่อมต่ออินเตอร์เน็ตได้แล้วมันยังสามารถเชื่อมต่อไปยังอุปกรณ์ตัวอื่นได้ด้วยโดย Kevin นิยามมันไว้ตอนนั้นว่าเป็น “internet-like” หรือ คืออุปกณ์อิเล็กทรอนิกส์สามารถสื่อสารพูดคุยกันเองได้ ซึ่งศัพท์คำว่า “Things”

สุวิทย์ ภูมิฤทธิกุล และ ปานวิทย์ ธุวะนุติ (2559) กล่าวว่า อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง คือ โครงข่ายที่เชื่อต่อต่อสรรพสิ่งใดๆ (Things) ซึ่งมีลักษณะที่ระบุเอกลักษณ์ได้ เข้ากับเครือข่ายอินเทอร์เน็ต โดยที่ สรรพสิ่งใดๆ จะมีความสามารถในการรับรู้ ตอบสนอง และมีศักยภาพในการโปรแกรมหรือสั่งการการทำงานได้ จากประโยชน์ของความสามารถในการระบุเอกลักษณ์ และ

ความสามารถในการรับรู้นี้สารสนเทศบนสรรพสิ่งใดๆ จะสามารถถูกรวบรวมจัดเก็บ และสถานภาพของสรรพสิ่งใดๆ ก็สามารถที่จะเปลี่ยนแปลงได้ตลอดเวลาจากสถานที่ใดๆ เวลาใดๆ โดยสิ่งใดๆ”

วชิรพรรณ ทองวิจิตร (2558) กล่าวว่า อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง คือ สภาพแวดล้อมที่ประกอบด้วยอุปกรณ์ต่างๆ มีการถ่ายโอนข้อมูลร่วมกันผ่านเครือข่าย โดยไม่จำเป็นต้องใช้ปฏิสัมพันธ์ระหว่างบุคคลกับบุคคลหรือระหว่างบุคคลกับคอมพิวเตอร์ ซึ่ง Internet of Things พัฒนามาจากเทคโนโลยีไร้สาย (wireless technology) ระบบเครื่องกลไฟฟ้าจุลภาค (micro-electromechanical systems : MEMS) และอินเทอร์เน็ต ซึ่งคำว่า Things ใน Internet of Things นั้น หมายถึง อุปกรณ์ต่างๆ ที่อ้างอิงได้ด้วยเลขไอพี (IP address) และมีความสามารถในการถ่ายโอนข้อมูลระหว่างกันได้ผ่านเครือข่าย

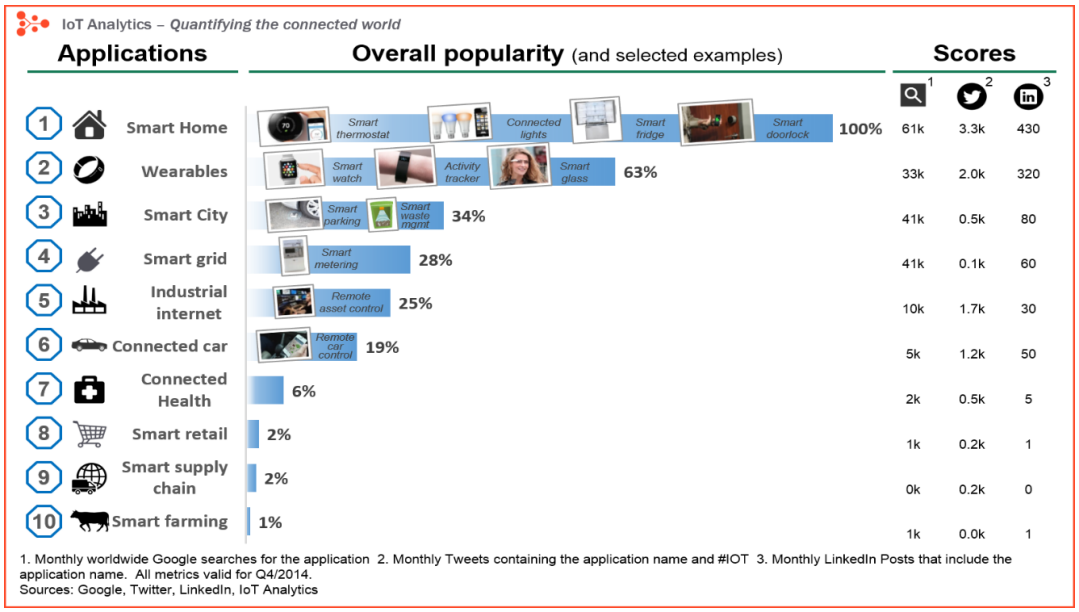
วรากรณ์ สามโกเศศ (2558) กล่าวว่า ถ้าทุกสิ่งของและมนุษย์ทุกคนมี ID (identification) แล้ว คอมพิวเตอร์ก็สามารถจัดการได้เกือบทุกเรื่อง อย่างไรก็ดี เมื่อมีการพัฒนามากขึ้น ชิ้นส่วน electronics ก็หลากหลายชนิดขึ้น แต่ไอเดียของการมี ID ก็ยังไม่เปลี่ยนแปลง มีประมาณการว่าก่อนหน้าปี 2020 ทั้งโลกจะมีอุปกรณ์ที่มีการฝังตัวเพื่อ IoT เกือบ 26,000 ล้านชิ้น เมื่อ IoT เชื่อมต่อกับระบบอินเทอร์เน็ต ทุก device ที่ตั้งอยู่กับที่หรือเคลื่อนไหวเพราะมนุษย์ (โทรศัพท์มือถือ) จำเป็นต้องมี ID ที่ไม่ซ้ำกัน (Unique identifier) จึงจะติดต่อถึงกันและกันได้ ซึ่งหมายความ ปัจจุบันเราสามารถให้ ID หรือที่อยู่แก่ทุก device หรือทุก ‘things’ ในโลกได้ และสมนึก จิระศิริโสภณ (2559) กล่าวว่า อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง โดยทั่วไปจะมีองค์ประกอบดังนี้

- Sensor สำหรับเป็นหน่วยรับข้อมูล ซึ่งอาจจะติดตั้งเพิ่มเติมในผลิตภัณฑ์ที่เคยมีอยู่แล้ว หรือเป็นผลิตภัณฑ์ชิ้นใหม่ที่เพิ่งเกิดมาในโลกยุค Internet of Things เลยก็ได้การเชื่อมต่อเครือข่ายเพื่อให้ Sensor สามารถส่งข้อมูลไปยังระบบประมวลผลได้ อาจจะเป็นเครือข่ายภายใน หรือใช้เครือข่ายสาธารณะก็ได้เช่นกัน

- ระบบประมวลผล สำหรับรับข้อมูลจาก Sensor ชนิดเดียวกันหลายๆ ตัว หรือหลายๆ ชนิดหลายๆ ตัวก็ได้ เพื่อนำมาประมวลผล และส่งผลการวิเคราะห์ข้อมูลให้กับผู้ใช้งาน หรือส่งคำสั่งไปยังอุปกรณ์ใดๆ ก็ตาม แน่นอนว่า Big Data Analytics และ Cloud ก็เป็นอีกเทคโนโลยีที่เข้ามามีบทบาทในส่วนนี้เป็นอย่างมาก

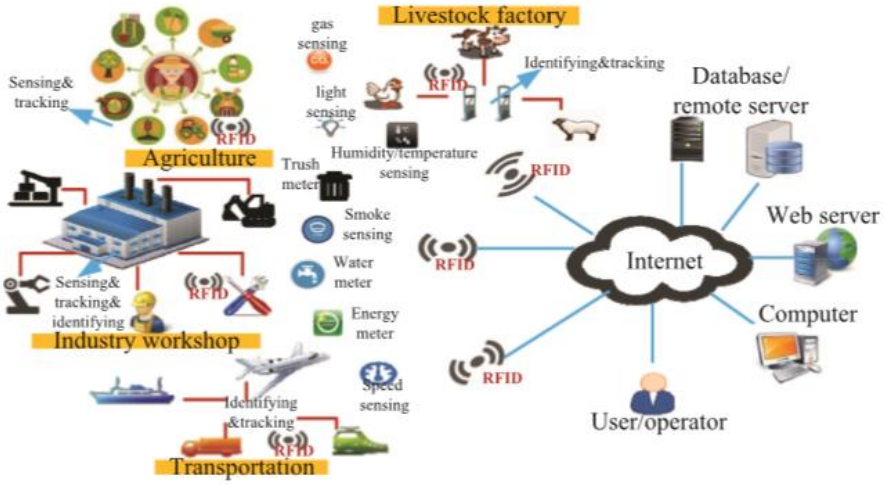
- ระบบบริหารจัดการ สำหรับการเพิ่มอุปกรณ์ Sensor และระบบประมวลผลเข้ามาภายในระบบ Internet of Things และการติดตามการทำงาน การดูแลรักษา และการกำหนดค่าต่างๆ ของทุกๆ ส่วน ซึ่งบางครั้งระบบบริหารจัดการนี้ก็จะถูกรวมอยู่เข้ากับระบบประมวลผลเลยก็ได้เช่นกัน

- อุปกรณ์อื่นๆ เช่น อุปกรณ์ที่ไม่ได้ทำหน้าที่เป็น Sensor แต่ทำการรับคำสั่งจากระบบประมวลผล



รูปที่ 2-1 ลำดับการพัฒนา Application โดยใช้ IoT (ที่มา: www.iot-analytics.com)

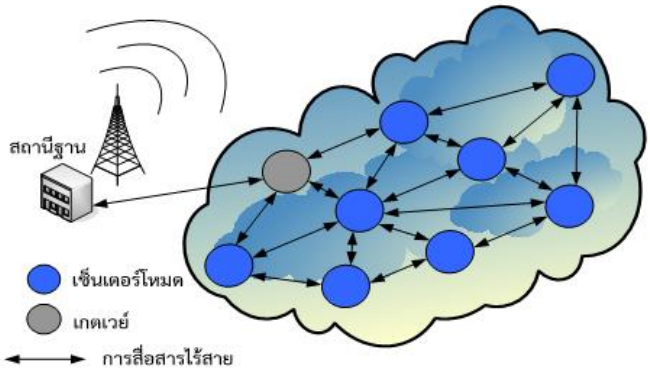
Chuanying Zhai และคณะ (2559) ได้กล่าวถึงระบบ IoT ที่มีการประยุกต์ใช้ในส่วนของภาคอุตสาหกรรมต่างๆ เช่น งานทางด้าน การคมนาคมขนส่ง (Transportation) ได้ประยุกต์ใช้งานในการตรวจจับความเร็ว (Speed sensing) ในการเดินทางเพื่อระบุระยะเวลาที่เดินทางที่แน่นอนในการเดินทาง อีกทั้ง งานทางด้านอุตสาหกรรมการผลิต (Industry workshop) ทำการประยุกต์ใช้งานระบบ IoT สำหรับการตรวจวัดในส่วนของการใช้พลังงาน (Energy meter) ในโรงงานอุตสาหกรรม, การตรวจจับปริมาณควัน (Smoke sensing) ที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิต, ปริมาณน้ำที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิต (Water meter) รวมถึงงานทางด้าน การเกษตร (Agriculture) ที่ใช้กระบวนการตรวจจับและติดตาม (Sensing & Tracking) กระบวนการผลิตทางการเกษตรรวมทั้ง พืช และสัตว์ เช่น การตรวจจับความชื้น/อุณหภูมิ (Humidity Temperature sensing), การตรวจจับปริมาณความเข้มแสง (Light sensing) ,การตรวจจับปริมาณของแก๊ซ (Gas sensing) และ โรงงานปศุสัตว์ (Livestock factory) ที่มีการการตรวจวัดปริมาณของเสีย (Trash sensing),การระบุและติดตามกระบวนการผลิตทางด้านปศุสัตว์ (Identifying & tracking) ซึ่งโครงสร้างของระบบ IoT โดยภาพรวมจะเป็นไปตามโครงสร้างในรูปที่ 2-2



รูปที่ 2-2 ระบบการติดตามและตรวจสอบโดยใช้ RFID บนโครงสร้าง IoT.

(ที่มา : Chuanying Zhai ,Zhuo Zou,Qiang Chen ,Lida Xu ,Li-Rong Zheng ,Hannu Tenhunen, Delay-aware and reliability-aware contention-free MF–TDMA protocol for automated RFID monitoring in industrial IoT, IEEE Journal of Industrial Information Integration, Volume 30, Issue 4, October 2016)

ข้อมูลที่ได้จากการตรวจวัดและตรวจจับดังกล่าวนั้นจะรับจากอุปกรณ์ประเภทเซนเซอร์ชนิดต่าง ๆตามการใช้งานของอุตสาหกรรมแต่ละประเภท ดังที่ได้กล่าวมาเบื้องต้นนั้นจะถูกออกแบบติดตั้งไปยังตำแหน่งต่าง ๆ ดังรูปที่ 3

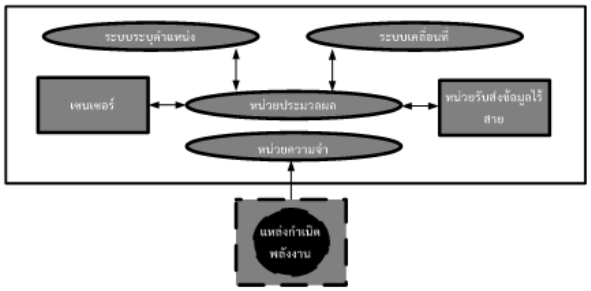


รูปที่ 2-3 โครงสร้างแบบจำลองเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย

ข้อมูลที่ได้จากอุปกรณ์ประเภทเซนเซอร์ชนิดต่างๆจะถูกส่งต่อไปยังอุปกรณ์ RFID (Radio frequency identification) จากนั้นจะส่งต่อไปยังเครือข่ายอินเทอร์เน็ต (Internet) เพื่อส่งไปยังอุปกรณ์ปลายทางต่างๆ เช่น อุปกรณ์ Database/remote server จะทำการบันทึกเก็บค่าข้อมูลต่างๆ, อุปกรณ์ Webserver ทำหน้าที่รายงานผลต่างๆที่เกิดขึ้นผ่านเว็บไซต์, อุปกรณ์ คอมพิวเตอร์ (Computer) ปลายทางใช้เป็นอุปกรณ์ควบคุมการทำงานของระบบ, ผู้ใช้งาน /ผู้ประกอบการ (User/operator) จะรับข้อมูลต่างๆผ่านอุปกรณ์ปลายทางไม่ว่าจะเป็น สมาร์ตโฟน (Smart phone) หรือ คอมพิวเตอร์ (Computer) เพื่อนำข้อมูลต่างไปใช้ประโยชน์ต่อไป

2.2 ระบบเซ็นเซอร์เครือข่ายไร้สาย (wireless sensor network)

สุชา สุพิทยภรณ์พงศ์ (2009) กล่าวว่า สถาปัตยกรรมเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายประกอบด้วยสามส่วน ได้แก่ หน่วยร่วมเซ็นเซอร์ เกตเวย์ และสถานีฐาน (base station) รูปที่ 3 หน่วยร่วมเซ็นเซอร์จำนวนมากฝังตัวในสภาพแวดล้อมเพื่อเก็บข้อมูล โดยแต่ละหน่วยร่วมเซ็นเซอร์ติดต่อสื่อสารแบบไร้สายกับหน่วยร่วมเซ็นเซอร์ข้างเคียง ซึ่งขึ้นอยู่กับความสามารถในการรับส่งแบบไร้สาย แต่ละหน่วยร่วมเซ็นเซอร์ควบคุมและจัดการงานของตัวเอง (self-organize) ทุก ๆ หน่วยร่วมเซ็นเซอร์ที่ติดต่อถึงกันทำงานร่วมกัน(collaboration)เป็นเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายทำให้แต่ละหน่วยร่วมเซ็นเซอร์สามารถส่งข้อมูลไปหากันได้แม้ว่าหน่วยร่วมเซ็นเซอร์ปลายทางไม่สามารถติดต่อ กับหน่วยร่วมเซ็นเซอร์ต้นทางได้โดยตรง โดยให้หน่วยร่วมเซ็นเซอร์ระหว่างทางช่วยส่งข้อมูลต่อๆ กันตั้งแต่ต้นทางถึงปลายทาง วิธีการส่งแบบนี้เรียกว่าการส่งแบบมัลติฮอพ (multi-hop) เกตเวย์ทำหน้าที่รับส่งข้อมูล ระหว่างสถานีฐานและเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายโดยเกตเวย์อาจเป็นหน่วยร่วมเซ็นเซอร์ธรรมดาหรือเป็นหน่วยร่วมเซ็นเซอร์ ที่มีความสามารถพิเศษในเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย สถานีฐานทำหน้าที่เก็บข้อมูลที่วัดได้จากหน่วยร่วมเซ็นเซอร์ในเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย ควบคุมการทำงานและติดต่อกับผู้ใช้งาน หรืออาจติดต่อกับเครือข่ายอื่น ๆ เช่น อินเทอร์เน็ต



รูปที่ 2-4 ส่วนประกอบหน่วยร่วมเซ็นเซอร์ (ที่มา : http://www.thaitelecomkm.org/TTE/topic/attach/Wireless_Sensor_Network/index.php)

เนื่องจากเป็นการทำงานแบบไร้สายทำให้แต่ละหน่วยร่วมเซ็นเซอร์ใช้แหล่งพลังงานภายในหน่วยร่วมเซ็นเซอร์เองหรือในบางกรณีอาจใช้แหล่งกำเนิดพลังงานเพื่อให้หน่วยร่วมเซ็นเซอร์ทำงานได้อย่างต่อเนื่อง ด้วยเหตุนี้ทำให้เครือข่ายมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลาเนื่องจาก หน่วยร่วมเซ็นเซอร์อาจหยุดทำงานเพราะพลังงานหมดหรือกลับขึ้นมาทำงานได้อีกครั้งเมื่อมีพลังงานเพียงพอ รวมไปถึงในบางเครือข่าย ที่มีหน่วยร่วมเซ็นเซอร์ที่เคลื่อนที่ได้ การเปลี่ยนแปลงของหน่วยร่วมเซ็นเซอร์นั้นมีผลต่อโครงสร้าง (topology) ของเครือข่าย และส่งผลถึงเส้นทางในการส่งข้อมูลของหน่วยร่วมเซ็นเซอร์ โดยเส้นทางในการส่งข้อมูล ในแต่ละโครงสร้างนั้นขึ้นอยู่กับวิธีการหาเส้นทาง (routing algorithm) ซึ่งวิธีการหาเส้นทางในแต่ละเครือข่าย จะขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของเครือข่ายนั้น ๆ

การทำงานของหน่วยร่วมเซ็นเซอร์คือการวัดและเก็บข้อมูลที่ได้จากสภาพแวดล้อม นำข้อมูลไปประมวลผล สร้างเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายและส่งข้อมูล ทำให้หน่วยร่วมเซ็นเซอร์มีส่วนประกอบดังรูปที่ 3 ส่วนประกอบของหน่วยร่วมเซ็นเซอร์ แบ่งออกเป็นสองกลุ่ม คือ กลุ่มส่วนประกอบหลักที่จำเป็นเพื่อให้เครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายทำงานได้ โดยในรูปที่ 4 เป็นส่วนประกอบที่มีเส้นรอบรูปเป็นเส้นทึบและกลุ่มส่วนประกอบเพิ่มเติมเพื่อเพิ่มคุณสมบัติพิเศษให้กับหน่วยร่วมเซ็นเซอร์โดยในรูปที่ 4 จะเป็นส่วนประกอบที่มีเส้นรอบรูปเป็นเส้นประ

กลุ่มส่วนประกอบหลัก

ก) เซ็นเซอร์ (sensor) ทำหน้าที่วัดค่าต่างๆ จากสภาพแวดล้อมตามแต่ชนิดของเซ็นเซอร์ เช่น ความชื้น อุณหภูมิ ความเข้มแสง ควัน ความเร่ง แรงสั่นสะเทือน ความเคลื่อนไหว ความลึก ความเป็นกรดหรือด่าง เป็นต้น

ข) หน่วยรับ-ส่งข้อมูลไร้สาย (transceiver unit) ทำหน้าที่รับ-ส่งข้อมูลแบบไร้สายในย่านความถี่สาธารณะ (ISM band) เพื่อรับ-ส่งข้อมูลระหว่างหน่วยร่วมเซ็นเซอร์ข้างเคียง

ค) หน่วยประมวลผล (processing unit) ติดต่อกับเซ็นเซอร์เพื่อสั่งงานหรือรับข้อมูลที่วัดได้จากเซ็นเซอร์ เพื่อนำไปประมวลผลเป็นข้อมูล จัดเก็บลงในหน่วยความจำ รอการร้องขอข้อมูลหรืออาจส่งข้อมูลทันทีผ่านทางหน่วยรับ-ส่งข้อมูลไร้สาย หน่วยประมวลผลกลางอาจรับข้อมูลจากระบบระบุตำแหน่งเพื่อช่วยในการประมวลผลต่างๆ หรือหน่วยประมวลผลกลางอาจทำหน้าที่ควบคุม การเคลื่อนที่ของหน่วยร่วมเซ็นเซอร์ผ่านทางระบบเคลื่อนที่ นอกจากนี้หน่วยประมวลผลกลางยังทำหน้าที่ประมวลผลเครือข่ายและหาเส้นทางในการส่งข้อมูลของหน่วยร่วมเซ็นเซอร์

ง) แหล่งพลังงาน (power unit) เก็บสะสมพลังงานและให้พลังงานกับทุกส่วนประกอบบนหน่วยร่วมเซ็นเซอร์ แหล่งพลังงานจะรับพลังงานจากแหล่งกำเนิดพลังงานหากหน่วยร่วมเซ็นเซอร์มีแหล่งกำเนิดพลังงาน

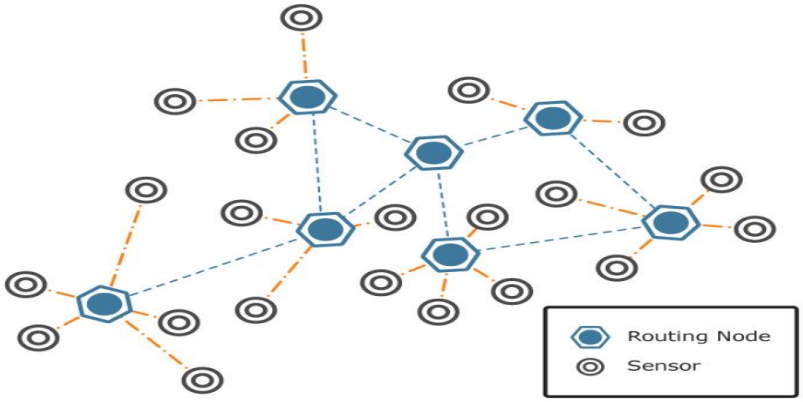
กลุ่มส่วนประกอบเพิ่มเติม

ก) ระบบระบุตำแหน่ง (positioning unit) เป็นหน่วยระบุตำแหน่งของหน่วยร่วมเซ็นเซอร์ โดยใช้ GPS เพื่อนำข้อมูลตำแหน่งไปใช้ประมวลผล เช่น หาเส้นทางเพื่อส่งข้อมูล หาตำแหน่งสำหรับการเคลื่อนที่ของหน่วยร่วมเซ็นเซอร์ เป็นต้น

ข) ระบบเคลื่อนที่ (mobilizing unit) ทำหน้าที่เคลื่อนย้ายตำแหน่งของเซ็นเซอร์ เพื่อวัตถุประสงค์ต่าง ๆ เช่น จัดรูปแบบโครงสร้างเครือข่ายติดตามวัตถุเคลื่อนที่หาสัญญาณสื่อสาร เป็นต้น

ค) แหล่งกำเนิดพลังงาน(power generator unit) ทำหน้าที่กำเนิดพลังงานจากสิ่งแวดล้อม เช่น พลังงานลม ความร้อน ปฏิกิริยาเคมี การสั่นสะเทือน เป็นต้น ให้เป็นพลังงานไฟฟ้าเพื่อเก็บสะสมและใช้ต่อไป เพื่อชดเชยพลังงานที่ถูกใช้ไป ทำให้ตัวเซ็นเซอร์ไร้สายทำงานได้เป็นเวลานาน

ตัวแปรสำคัญสำหรับ Internet of Things ที่ใช้ในการสื่อสารนั้นไม่เพียงแต่ Internet network เพียงเท่านั้นแต่ยังมีตัวแปรอื่นเข้ามาเกี่ยวข้องอีกนั่นคือ Sensor node ต่างๆจำนวนมากที่ทำให้เกิด wireless sensor network (WSN) ให้กับอุปกรณ์ต่างๆสามารถเชื่อมต่อเข้ามาได้ ซึ่งเจ้า WSNs นี่เองสามารถตรวจจับปรากฏการณ์ต่าง ๆ (physical phenomena) ในเครือข่ายได้ด้วย ยกตัวอย่างเช่น แสง อุณหภูมิ ความดัน เป็นต้น เพื่อส่งค่าไปยังอุปกรณ์ในระบบให้ทำงานหรือสั่งงานอื่นๆต่อไป



รูปที่ 2-5 Wireless Sensor Network โดย purelink.ca

(ที่มา: http://www.veedvil.com/news/internet-of-things-iot/)

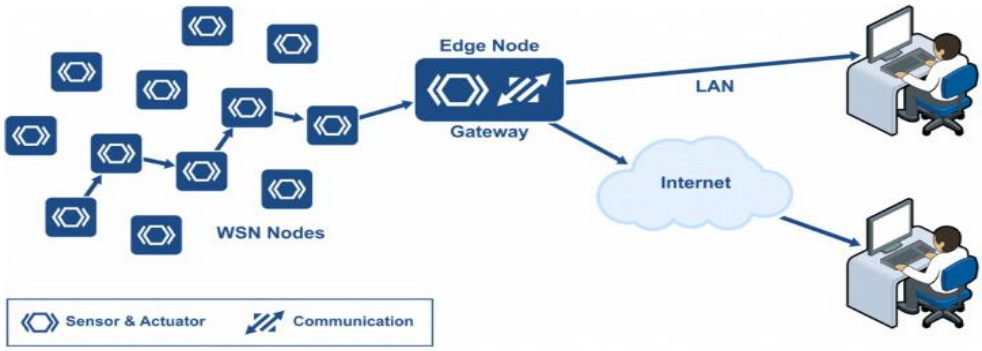
Access Technology

การพัฒนา Internet of Things นั้นนอกจากจะพัฒนาเทคโนโลยีในฝั่ง Hardware ได้แก่ processors, radios และ sensors ซึ่งจะถูกรวมเข้าด้วยกันเรียกว่า a single chip หรือ system on a chip (SoC) แล้วก็ยังพัฒนา WSN ไปพร้อมๆกันด้วย และเมื่อพูดถึงการเชื่อมต่อปัจจุบันได้มีการพัฒนาเทคโนโลยีสำหรับการเชื่อมต่อสำหรับ Internet of Things หรือ Access technology มีอยู่ 3 ตัวได้แก่ Bluetooth 4.0 , IEEE 802.15.4e ,WLAN IEEE 802.11™ (Wi-Fi) โดยในแต่ละ Access technologies นั้นมีการส่งข้อมูลที่แตกต่างกันดังนี้

	IEEE 802.15.4e	Bluetooth	WLAN IEEE 802.11
Frequency	868/915 MHz 2.4 GHz	2.4 GHz	2.4, 5.8 Ghz
Data rate	250 Kbps	723 Kbps	11 – 105 Mbps
Power	Very low	Low	High

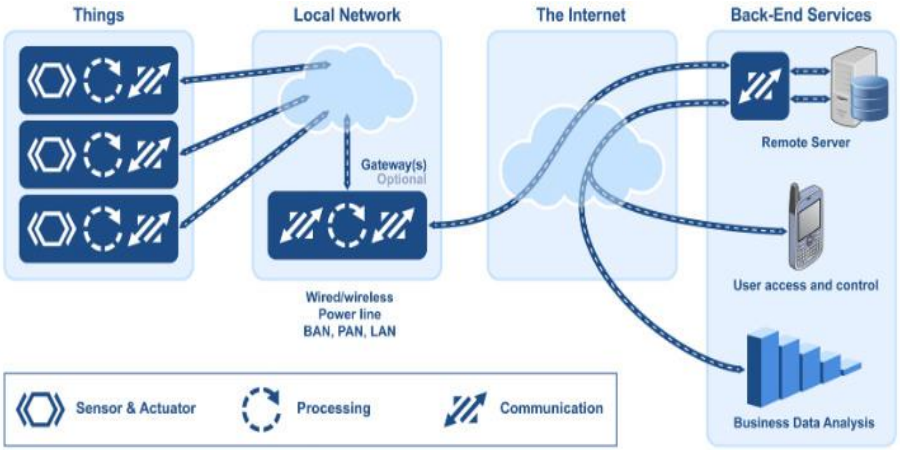
Gateway Sensor Nodes

เมื่อมีโครงข่าย Sensor nodes แล้วก็จำเป็นจะต้องมี Gateway Sensor Nodes เพื่อจะเชื่อมต่อไปยังโลกอินเตอร์เน็ตด้วย โดยตัว Gateway นี้จะทำหน้าที่เชื่อมต่อไปยังเครือข่าย Internet ให้อุปกรณ์ทั้งหมดในโครงข่าย Sensor nodes ทั้งหมดส่งข้อมูลเข้าสู่อินเตอร์เน็ตได้นั่นเอง และเจ้า Gateway ที่ว่านี้ก็จะอยู่ภายใต้ Local network ซึ่งจะมีการกำหนดกันต่อไปว่า Gateway ภายใต้ Local network ที่ว่านั้นจะให้เชื่อมต่อไปยัง Internet ได้ด้วยหรือไม่ถ้าไม่ได้อุปกรณ์ที่เชื่อมเข้ามาใน Gateway ก็อาจจะสื่อสารกันได้เฉพาะภายใน Local network เองได้เท่านั้น



รูปที่ 2-6 WSN Nodes

(ที่มา: http://www.veedvil.com/news/internet-of-things-iot/)



รูปที่ 2-7 Diagram อธิบายการเชื่อมต่อ Gateway หลายๆตัวเข้ากับ local network

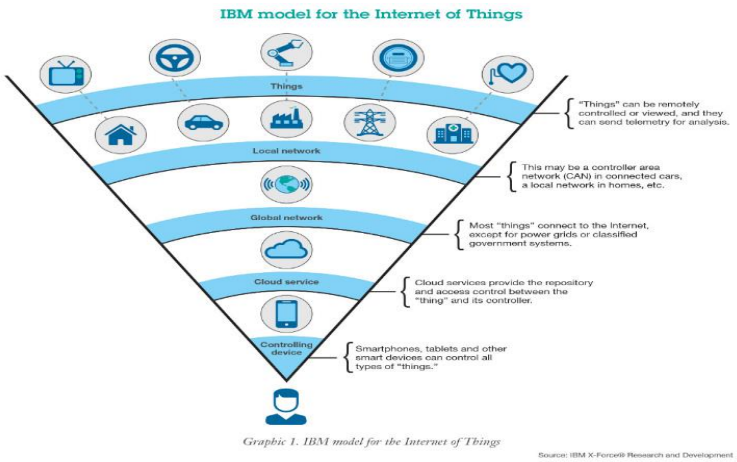
(ที่มา: http://www.veedvil.com/news/internet-of-things-iot/)

การแบ่งกลุ่ม Internet of Things

ปัจจุบันมีการแบ่งกลุ่ม Internet of Things ออกตามตลาดการใช้งานเป็น 2 กลุ่มได้แก่

1. Industrial IoT คือแบ่งจาก local network ที่มีหลายเทคโนโลยีที่แตกต่างกันในโครงข่าย Sensor nodes โดยตัวอุปกรณ์ IoT Device ในกลุ่มนี้จะเชื่อมต่อแบบ IP network เพื่อเข้าสู่อินเตอร์เน็ต

2.Commercial IoT คือแบ่งจาก local communication ที่เป็น Bluetooth หรือ Ethernet (wired or wireless) โดยตัวอุปกรณ์ IoT Device ในกลุ่มนี้จะสื่อสารภายในกลุ่ม Sensor nodes เดียวกันเท่านั้นหรือเป็นแบบ local devices เพียงอย่างเดียวอาจไม่ได้เชื่อมสู่อินเตอร์เน็ต



รูปที่ 2-8 Network Layers ของ Internet of Things โดย IBM

(ที่มา: http://www.veedvil.com/news/internet-of-things-iot/)

IPv6 คือ ส่วนสำคัญของ Internet of Things

ตัวอุปกรณ์ IoT devices ต่างๆนั้นจะเป็นจะต้องมีหมายเลขระบุเพื่อให้ใช้ในการสื่อสาร เปลี่ยนเสมือนที่อยู่บ้านของเรานั่นเอง และการที่จะทำให้อุปกรณ์เหล่านั้นที่มีอยู่เป็นจำนวนมาก (รวมถึงอนาคตที่จะผลิตกันออกมา) จำเป็นจะต้องใช้ IP Address vesion 6 หรือ IPv6 มากำกับ เพื่อให้ได้หมายเลขที่ไม่ซ้ำกันและต้องใช้ได้ทั้ง IoT network ที่เป็น LAN, PAN, และ BAN: Body Area Network หรือการสื่อสารของตัว Sensor กับร่างกายมนุษย์ Internet network (protocols) ที่เป็น IP, UDP, TCP, SSL, HTTP, HTTPS, และอื่นๆและที่กล่าวมาทั้งหมดคือส่วนสำคัญต่างๆของ Internet of Things ที่กำลังเกิดขึ้นและเป็นเทรนด์ที่กำลังมาแรงอยู่ในขณะนี้ หวังว่าบทความนี้จะช่วยให้หลายคนเข้าใจภาพของ IoT ได้ดีขึ้น สิ่งสำคัญคือศัพท์คำนี้จึงไม่ได้หมายถึง Smart device อย่าง นาฬิกาอัจฉริยะ อย่าง Apple Watch หรือสายรัดข้อมือเพื่อสุขภาพเท่านั้น แต่มันยังครอบคลุมไปถึงอุปกรณ์ต่างๆอีกหลากหลายล้านตัวกว้างไกลไปยังหลากหลายอุตสาหกรรมอีกด้วย โดยในอนาคตคุณจะได้เห็น ไมโครเวฟคุยกับตู้เย็นให้สั่งอาหารมาเติม เครื่องซักผ้าคุยกับทีวีบอกคุณว่าผ้าซักเสร็จแล้ว สายรัดข้อมือจะคุยกับรถพยาบาลแจ้งให้ไปรับตัวผู้ป่วยที่กำลังหัวใจวาย เหล่านี้คืออนาคตของ Internet of Things ที่สิ่งต่างๆกำลังจะคุยกันได้

สปริงเกอร์

สปริงเกอร์นั้นมีหลากหลายรูปแบบแตกต่างกันออกไปตามการใช้งาน ซึ่งสามารถแบ่งกว้างๆ ได้ดังนี้

1) สปริงเกอร์แบบน้ำหยด เป็นสปริงเกอร์ที่มีอัตราจ่ายน้ำน้อยมาก ประมาณ 1-20 ลิตร/ชม. จ่ายน้ำออกมาในลักษณะเป็นหยดหรือถ้าอัตราการจ่ายน้ำสูงก็จะไหลเป็นสายน้ำ เหมาะสำหรับผู้ที่มีประสบการณ์ในการงานระบบน้ำมาก่อน เนื่องจากมีปัจจัยหลายอย่างที่จะก่อให้เกิดการอุดตันได้ง่าย พืชที่เหมาะแก่การใช้หัวจ่ายแบบน้ำหยด ได้แก่ การปลูกพืชระยะสั้น พืชผัก ไม้ดอก ไม้กระถาง เป็นต้น ไม่เหมาะสำหรับการปลูกไม้ผล เพราะอายุการใช้งานสั้น เป็นการลงทุนที่สูงเกินไป

2) สปริงเกอร์แบบหัวพ่นฝอย เป็นสปริงเกอร์ที่พ่นกระจายน้ำแบบเป็นละอองขนาดเล็กหรือเป็นเส้น มีรัศมีการกระจายน้ำใกล้ ๆ ระยะประมาณไม่เกิน 1.5 เมตร เหมาะสำหรับการใช้งานที่ต้องการรัศมีการพ่นน้อย เช่น แปลงผัก ต้นไม้ หรือพุ่มไม้เล็กๆตามสวนในบ้าน ไม้ผลไม้ยืนต้นที่ทรงพุ่มไม้ไม่ใหญ่ เป็นต้น

3) แบบหัวมินิสปริงเกอร์ เหมาะสำหรับไม้ผลเนื่องจากมีการกระจายน้ำให้เลือกหลากหลาย ครอบคลุมการใช้งานตั้งแต่เล็กจนโตเต็มที่ หัวจ่ายน้ำแบบมินิสปริงเกอร์ปกติจะใช้งานที่แรงดันประมาณ 15-20 เมตร สปริงเกอร์มีอัตราการจ่ายน้ำที่หลากหลายขนาด การเลือกอัตราจ่ายน้ำน้อยๆ มีข้อดีที่ใช้ขนาดท่อส่งน้ำและเครื่องสูบน้ำเล็กได้ แต่มีข้อเสียที่ใช้เวลาในการให้น้ำนานกว่าหัวมินิสปริงเกอร์ที่มีอัตราการจ่ายน้ำสูง และนอกจากนี้ยังมีโอกาสที่จะเกิดปัญหาอุดตันที่รูฉีดหรือนมหนูได้ง่าย

เนื่องจากรูฉีดมีขนาดเล็ก (http://www.kanokproduct.com/content-การเลือกรูปแบบหัวจ่ายน้ำหรือสปริงเกอร์(sprinkler)-4-1919-31208-1.html)

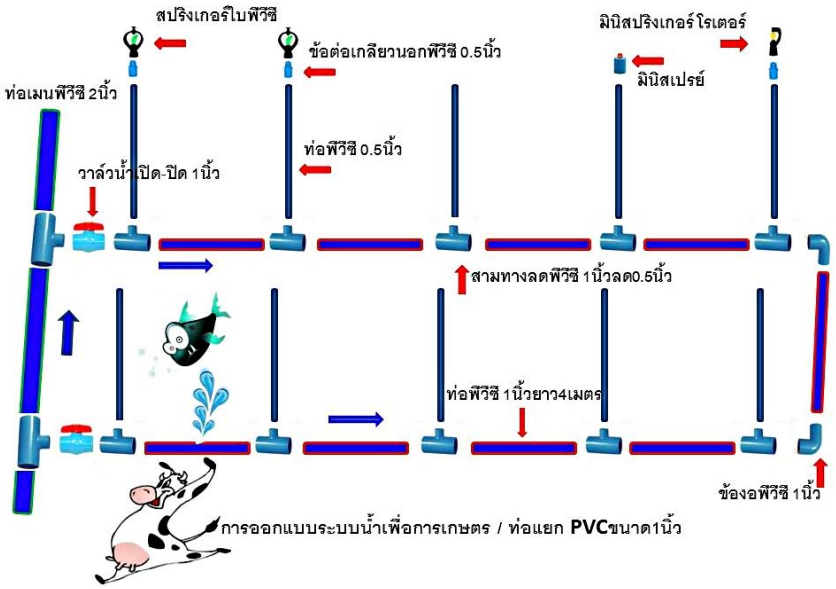
2.3 การออกแบบระบบน้ำเพื่อการเกษตร

การออกแบบระบบน้ำในทางการเกษตร โดยจะมุ่งเน้นที่การปฏิบัติการติดตั้งระบบใช้งานจริง จะไม่มีการคำนวณระบบมากมายจนเกษตรกรหลายๆท่านไม่เข้าใจ โดยมีข้อกำหนดดังนี้

1) ปั๊มจ่ายน้ำเป็นแบบปั๊มน้ำไฟฟ้าชนิดสร้างแรงดัน ขนาด 2แรงม้า

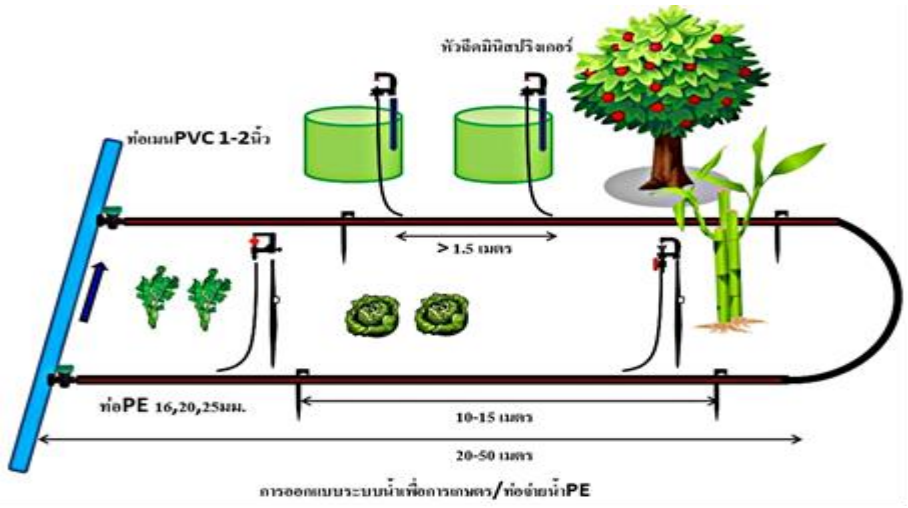
2) ท่อเมนน้ำใช้ท่อ ขนาด 2 นิ้ว แบบหนา ท่อแยกเป็นท่อ ขนาด 1 นิ้ว และท่อขนาด 20 มิลิเมตร

3) ท่อจ่ายน้ำเพื่อจ่ายน้ำไปยังหัวจ่าย เป็นท่อขนาด 0.5 นิ้ว และท่อไมโครขนาด 4 มิลลิเมตร



รูปที่ 2-9 การออกแบบระบบน้ำเพื่อการเกษตร (ที่มา : http://www.kasetkawna.com)

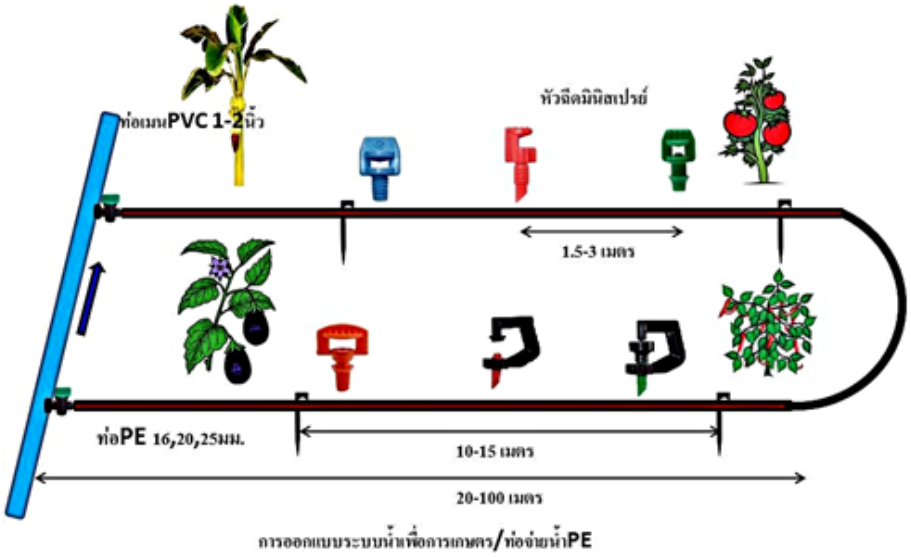
จากรูปที่ 2-9 ท่อเมน ขนาด 2 นิ้ว จ่ายน้ำผ่านท่อแยก ขนาด 1 นิ้ว จากท่อแยกท่อจ่าย น้ำขนาด 0.5 นิ้ว ลักษณะการต่อท่อแยกเป็นแบบวนลูปความยาวรวมตลอดเส้นประมาณ 80-100 เมตร เวลาเปิดใช้งานจะเปิดวาล์วน้ำทั้งสองจุดส่วนท่อแยกอื่นๆ จะปิดวาล์วเอาไว้ ทั้งนี้เพื่อให้ความดันในระบบท่อแยกขนาด 1 นิ้ว เท่ากันทุกจุดขณะที่จ่ายน้ำผ่านท่อจ่าย ส่วนท่อจ่ายน้ำขนาด 0.5 นิ้ว จะติดตั้งระยะห่างแต่ละจุด 4 เมตร ความสูง 1 เมตร ปกติท่อน้ำ จะยาว 4 เมตร ดังนั้น 1 เส้นจึงตัดได้ 4 ท่อน ตลอดเส้นของท่อจ่ายสามารถติดตั้งหัวจ่ายน้ำสปิงเกอร์ได้ 25-30 จุด ในกรณีที่เกษตรกรติดตั้งสปริงเกอร์มากกว่านี้แรงดันที่หัวจ่ายและรัศมีของน้ำจากลดลงมาอาจอยู่ที่ 1-1.5 เมตร เหมาะกับแปลงปลูกผักทั่วไป



รูปที่ 2-10 การออกแบบระบบน้ำเพื่อการเกษตรโดยใช้ท่อจ่ายน้ำ ระยะห่าง 1-2 เมตร

(ที่มา : http://www.kasetkawna.com)

จากรูปที่ 2-10 ท่อเมน ขนาด 2 นิ้ว จ่ายน้ำผ่านท่อแยก ขนาด 20 มิลลิเมตร โดยเดินท่อPE แบบวนลูปการเดินท่อลักษณะนี้ท่อสามารถยาวได้ 150-200 เมตร หรือความยาวท่อ 100 เมตร แบ่งเป็น 2 ชุด จากท่อแยกไปท่อจ่ายน้ำไมโครขนาด 4 มิลลิเมตร เพื่อจ่ายน้ำไปยังหัวจ่ายที่เป็นมินิสปริงเกอร์ต่อไป การติดตั้งท่อไมโคร ขนาด 4 มิลลิเมตร นี้มีระยะห่างกัน 2 เมตรที่ความยาวของท่อจ่ายประมาณ 1-2 เมตร ตลอดเส้นสามารถติดตั้งได้ประมาณ 100 จุดโดยที่แรงดันในเส้นท่อยังคงที่ หัวมินิสปริงเกอร์ มีขาปักสามารถกำหนดจุดจ่ายน้ำได้ สามารถจ่ายน้ำได้รัศมี 1-1.5 เมตร เหมาะกับการปลูกพืชหรือไม้ยืนต้นที่ต้องการจ่ายน้ำเฉพาะจุด



รูปที่ 2-11 การออกแบบระบบน้ำเพื่อการเกษตรโดยใช้ท่อจ่ายน้ำ ระยะห่าง 2 เมตร

(ที่มา : http://www.kasetkawna.com)

จากรูปที่ 2-11 ท่อเมน ขนาด 2 นิ้ว จ่ายน้ำผ่านท่อแยก ขนาด 20 มิลลิเมตร โดยเดินท่อแบบวนลูปการเดินท่อลักษณะนี้ท่อสามารถยาวได้ 150-200 เมตร หรือความยาวท่อ 100 เมตร แบ่งเป็น 2 ชุด ระบบนี้จะไม่มีท่อจ่ายแต่จะติดตั้งมินิสปริงเกอร์บนท่อโดยตรง ระยะห่างระหว่างจุดประมาณ 2 เมตร รัศมีของน้ำจากหัวจ่ายมินิสปริงเกอร์ประมาณ 1-1.5 เมตร สามารถติดตั้งได้ 150 จุดตลอดเส้น กรณีที่ที่ติดตั้งน้อยกว่านี้น้ำที่จ่ายผ่านหัวมินิสปริงเกอร์จะเป็นละอองหมอกเนื่องจากแรงดันของปั๊มนั้นเอง เหมาะสำหรับปลูกพืชยืนต้นเช่นกัน

จากทั้ง 3 แบบ ในการออกแบบระบบท่อจ่ายน้ำนั้นเป็นแนวทางในการที่เกษตรกรจะปรับใช้ต่อไป ในการติดตั้งระบบจริงหัวจ่ายน้ำมีความสำคัญและมีชนิดให้เลือกเพื่อความเหมาะสมอีกมากมายให้เกษตรกรพิจารณาให้เหมาะสมกับรูปแบบพืชผักในสวนตนเองมากที่สุด ในกรณีที่เกษตรกรใช้ท่อเป็นที่แยกไม่ควรเดินลอยเนื่องจากเมื่อใช้งานไปจะมีน้ำค้างอยู่ในเส้นท่อเมื่ออากาศร้อนขึ้นหรือถูกแสงแดดจะมีอุณภูมิสูงขึ้นทำให้ท่อเสียรูปเกิดการโค้งงอเนื่องจากความร้อน ในท่อเมนและท่อแยกเกษตรกรควรฝังกลบโผล่เฉพาะจุดที่เป็นท่อจ่าย (ที่มา : http://www.kasetkawna.com)

2.4 การปลูกมะนาว

การปลูกมะนาวมีมาก่อนสมัยรัตนโกสินทร์ และได้มีการปลูกติดต่อกันมาเรื่อย ๆ จนถึงปัจจุบันในสมัยก่อนมักมีการปลูกมะนาวในสวนหลังบ้าน เพื่อนำผลมาใช้ประกอบอาหารภายในครัวเรือนเท่านั้น โดยจะปลูกกันเกือบทุกครอบครัว แต่ยังไม่มีใครคิดจะปลูกมะนาวเป็นการค้าอย่างจริงจังต่อมาบ้านเมืองเจริญขึ้น ทำให้พื้นที่ทำการเกษตรมีน้อยลง เนื่องจากนำพื้นที่ไปใช้ในอุตสาหกรรม และด้านอื่น ๆ ประกอบกับจำนวนพลเมืองที่เพิ่มมากขึ้น จึงทำให้ความต้องการมะนาวไปใช้ประกอบอาหารในครัวเรือน และใช้มะนาวในอุตสาหกรรมต่าง ๆ มีมากขึ้นเป็นเงาตามตัว ดังนั้นจึงมีเกษตรกรผู้หันมาปลูกมะนาวในเชิงการค้าโดยใช้พื้นที่ปลูกมาก ๆ มีการปฏิบัติดูแลรักษาที่ถูกต้อง มีการปรับปรุงระบบการปลูก และวิธีเพิ่มผลผลิตต่อพื้นที่ให้ได้มากที่สุดซึ่งในประเทศไทยมีแหล่งปลูกที่สำคัญ ๆ ได้แก่ จังหวัดเพชรบุรี อยุธยา และนครปฐม

มะนาวเป็นไม้ยืนต้นขนาดเล็กมีชื่อวิทยาศาสตร์ *Cltrus aurantifolia* Swingle. อยู่ในวงศ์ Rutaceae เช่นเดียวกับพืชสกุลต่าง ๆ เป็นพืชพื้นเมืองของอินเดียมีถิ่นกำเนิดในหมู่เกาะอินดีสตะวันออกทางภาคเหนือของประเทศอินเดีย โดยเริ่มมีการกระจายพันธุ์เข้าสู่ทวีปเอเชียและต่อไปยังส่วนต่าง ๆ ของโลกในแถบภูมิภาคเขตร้อนและเขตกึ่งร้อน

พันธุ์มะนาวและลักษณะประจำพันธุ์

พันธุ์มะนาวมีความสำคัญทางเศรษฐกิจ เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค และนิยมปลูกเป็นการค้ากันมากในปัจจุบัน มีอยู่หลายสายพันธุ์ เช่น

1. มะนาวหนัง

ผลอ่อนมีลักษณะกลมยาวหัวท้ายแหลม เมื่อโตเต็มที่ผลจะมีลักษณะกลมค่อนข้างยาวมีกลมมันบางเล็กน้อย ด้านหัวมีจุกเล็ก ๆ มีเปลือกค่อนข้างหนา จึงทำให้เก็บรักษาผลไว้ได้นาน

รูปที่ 2-12 รูปมะนาวหนัง

2. มะนาวไข่

มีขนาดและลักษณะคล้ายมะนาวหนังเกือบทุกอย่าง ผลอ่อนมีลักษณะกลมยาวหัวท้ายแหลม เมื่อโตเต็มที่ผลจะมีลักษณะกลมมันเป็นส่วนมาก เปลือกบาง ผลโตกว่ามะนาวหนัง

รูปที่ 2-13 รูปมะนาวไข่

3. มะนาวแป้น

เป็นมะนาวที่สามารถให้ดอกออกผลตลอดปี ผลมีขนาดกลาง ทรงผลแป้น เปลือกบางมีหลายพันธุ์ เช่น

3.1 พันธุ์แป้นรำไพ เป็นพันธุ์ลูกผสมระหว่างมะนาวพันธุ์แป้นทวายกับพันธุ์ต่างประเทศ สามารถผลิตมะนาวนอกฤดูได้ดี เพราะออกดอกติดผลง่าย อายุการเก็บเกี่ยวสั้น คือ ตั้งแต่ออกดอกจนถึงเก็บเกี่ยวใช้เวลาประมาณ 4 เดือนครึ่ง ให้ผลดกตลอดปี ทรงแป้นเปลือกผลบาง ปริมาณน้ำในผลมีมาก รสชาติเปรี้ยวมีกลิ่นหอมรุนแรง ซึ่งนอกจากจะนำมาใช้ประกอบอาหารแล้วยังนิยมใช้ทำน้ำมะนาวปั่นตลาดมีความต้องการลักษณะทรงพุ่มของมะนาวพันธุ์แป้นรำไพ จะคล้ายกับมะนาวพื้นเมือง แต่มีจุดที่ต่างกันเล็กน้อยคือ มีหนามสั้น มีข้อค่อนข้างถี่ และมีใบมาก สำหรับจุดด้อยของมะนาวพันธุ์นี้คือ ไม่ต้านทานโรคแคงเกอร์ และโรครากเน่า

3.2 พันธุ์ทะวาย เป็นมะนาวที่มีลักษณะคล้ายกับมะนาวแป้นรำไพมาก มีผลกลมแป้น ผลมีขนาดกลาง เปลือกบาง ติดผลดก และให้ผลดกตลอดปี รสชาติดี มีกลิ่นหอมรุนแรง นิยมใช้ในการประกอบอาหารและทำน้ำมะนาวปั่น ตลาดมีความต้องการสูง มะนาวพันธุ์แป้นทะวาย มีจุดที่แตกต่างกับมะนาวพันธุ์แป้นรำไพ คือ มะนาวพันธุ์แป้นทะวายจะติดผลดก และเป็นกลุ่มเป็นส่วนมาก และผลมีขนาดเล็กกว่าเล็กน้อย ส่วนข้อเสียของมะนาวพันธุ์นี้คือ ไม่ต้านทานโรคแคงเกอร์ และโรครากเน่า

3.3 พันธุ์แป้นจริยา ลักษณะเด่นผลใหญ่กว่าแป้นรำไพ หรือขนาดผล 10 ผลต่อกิโลกรัม มีน้ำมากและมีกลิ่นหอมเหมือนมะนาวแป้นรำไพ ข้อเด่นคือ ให้ผลผลิตทั้งปี ผลออกตามง่ามใบ เมื่อยังไม่'แก'ผลสีเขียว แต่เมื่อผลแก่จะเป็นสีเหลือง เช่นเดียวกับมะนาวทั่วไป ข้อเสียคือ มะนาวพันธุ์นี้ไม่ต้านทานโรคแคงเกอร์

3.4 พันธุ์แป้นดกพิเศษ ได้มาจากการคัดสายพันธุ์มะนาวแป้นรำไพที่ให้ผลผลิตสูง และมีลักษณะพิเศษคือ ผลใหญ่ เปลือกบาง ให้ผลผลิตดกมากและติดผลเป็นพวง ปริมาณน้ำมาก หอม และมีรสชาติเหมือนกับมะนาวแป้นรำไพทุกประการ และได้มีการตั้งชื่อพันธุ์ว่า “พันธุ์แป้นดกพิเศษ” ข้อเสียคือ ไม่ต้านทานโรคแคงเกอร์ และโรครากเน่า

3.5 พันธุ์แป้นพิจิตร 1 เป็นมะนาวสายพันธุ์ใหม่ เป็นมะนาวลูกผสมระหว่างมะนาวพันธุ์แป้นรำไพกับมะนาวน้ำหอมอุดร โดยศูนย์วิจัยพืชสวนพิจิตร กรมวิชาการเกษตร ได้ดำเนินการพัฒนาและปรับปรุงพันธุ์ลักษณะเด่น คือ

1) ปลูกง่าย โตเร็ว ให้ผลผลิตสูง

2. ต้านทานโรคแคงเกอร์

3. ลูกใหญ่ ผลดก ทรงแป้น น้ำเยอะ มีกลิ่นหอม

4. เหมาะสำหรับมะนาวนอกฤดูปลูกในวงบ่อซีเมนต์ได้ดี ควบคุมการออกดอกได้ง่าย

รูปที่ 2-14 รูปมะนาวแป้น

4. มะนาวด่านเกวียน เป็นมะนาวที่เกิดจากต้นเพาะเมล็ดจุดเด่น คือ ปลูกง่ายอายุการเก็บเกี่ยวสั้นประมาณ 2 เดือนครึ่งถึง 3 เดือน ทนทานต่อโรคแคงเกอร์ได้ดี ให้ผลผลิตนอกฤดูได้ดี ผลมีลักษณะกลมใหญ่ ผลแก่จัดมีสีเหลือง เนื้อผลมีสีเหลืองส้มอ่อน ๆ มีน้ำมาก รสชาติเปรี้ยวอมหวานเล็กน้อย นิยมนำไปทำน้ำมะนาวปั่น เพราะน้ำคั้นมีกลิ่นหอม มีเมล็ดประมาณ 15 – 20 เมล็ดต่อผล ข้อเสียของมะนาวพันธุ์นี้ คือ ถ้า ปล่อยให้แก่จัดไส้ในผลจะเป็นโพรง น้ำคั้นจะมีสีเหลืองอ่อน และจะมีลักษณะผลคล้ายผลมะกรูดหรือส้ม

รูปที่ 2-15 รูปมะนาวด่านเกวียน

5. มะนาวพันธุ์ตาฮิติ เป็นมะนาวสายพันธุ์ที่นำมาจากหมู่เกาะตาฮิติ ประเทศญี่ปุ่น ปัจจุบันมีการปลูกแพร่หลายในเขตพื้นที่ภาคเหนือ ลักษณะเด่นของมะนาวพันธุ์นี้คือ ผลมีขนาดใหญ่ ไม่มีเมล็ด และเปลือกค่อนข้างหนา ทำให้ทนทานต่อการขนส่งทางไกลได้ดี ทนทานต่อโรคแคงเกอร์ และโรคเน่า ผลแก่จัดจะมีสีเขียวอมเหลือง มีน้ำมากรสเปรี้ยวจัดมาก ไม่มีกลิ่นหอม และไม่มีเมล็ด ส่วนใหญ่จะใช้ประโยชน์แทนในช่วงที่ไม่มีมะนาวอื่นเท่านั้น ให้ผลดกตลอดทั้งปี ปัจจุบันนิยมส่งออก

รูปที่ 2-16 รูปมะนาวตาฮิติ

สภาพพื้นที่

มะนาว สามารถปลูกได้ทั้งในที่ดอนและที่ลุ่ม ซึ่งต้องเป็นพื้นที่ที่ไม่มีน้ำท่วมขัง สูงจากระดับน้ำทะเลไม่เกิน 750 เมตร ความลาดเอียงของพื้นที่ไม่เกิน 30 เปอร์เซ็นต์ อยู่ใกล้แหล่งน้ำ มีการคมนาคมสะดวกและต้องอยู่ห่างจากแหล่งปลูกมะนาวหรือส้มเดิมที่มีการระบาดของโรคที่มีแมลงเป็นพาหนะอย่างน้อย 10 กิโลเมตร

ลักษณะดิน

มะนาวชอบดินร่วน หรือดินร่วนปนทราย มีการระบายน้ำดี มีค่าความเป็นกรด-ด่าง อยู่ระหว่าง 5.5-6.5 มีความอุดมสมบูรณ์สูง ปริมาณอินทรียวัตถุไม่น้อยกว่า 3 เปอร์เซ็นต์ ความลึกของระดับหน้าดินไม่น้อยกว่า 50 เซนติเมตร และมีระดับน้ำใต้ดินไม่ควรสูงกว่า 1 เมตร

หมายเหตุ ควรมีการวิเคราะห์ดินเพื่อทราบค่าความเป็นกรด-ด่าง / ปริมาณธาตุอาหาร / ปริมาณอินทรียวัตถุ ฯลฯ ก่อนตัดสินใจปลูก

สภาพภูมิอากาศ

อุณหภูมิเหมาะสมเฉลี่ยประมาณ 26-32 องศาเซลเซียส ปริมาณน้ำฝนที่เหมาะสมอยู่ระหว่าง 1,000-1,200 มิลลิเมตร ต่อปี มะนาวจะชอบแดดจัด และมีปริมาณแสงไม่น้อยกว่า 7 ชั่วโมงต่อวัน

แหล่งน้ำ

มะนาวต้องการปริมาณน้ำที่เพียงพอสำหรับใช้ตลอดปี น้ำจะต้องสะอาดไม่มีสารอินทรีย์และอนินทรีย์ที่เป็นพิษปนเปื้อน และมีค่าความเป็นกรด-ด่าง อยู่ระหว่าง 5.5-7.0

วิธีการปลูก

1. ควรปลูกในช่วงต้นฤดูฝน
2. ควรขุดหลุมปลูกให้มีขนาดกว้างและลึกประมาณ 50 เซนติเมตร
3. ผสมดิน ปุ๋ยคอก และปุ๋ยร็อคฟอสเฟตเข้าด้วยกันในหลุมให้ สูงประมาณ 2 ใน 3 ของหลุม
4. ยกถุงกล้าต้นไม้วางในหลุม โดยให้ระดับของดินในถุงสูงกว่าระดับดินปากหลุมเล็กน้อย
5. ใช้มีดที่คมกรีดถุงจากก้นถุงขึ้นมาถึงปากถุงทั้ง 2 ด้าน (ซ้ายและขวา)
6. ดึงถุงพลาสติกออก โดยระวังอย่าให้ดินแตก
7. กลบดินที่เหลือลงในหลุม
8. กดดินบริเวณโคนต้นให้แน่น
9. ปักไม้หลักและผูกเชือกยึด เพื่อป้องกันลมพัดโยก
10. หาวัสดุคลุมดินบริเวณโคนต้น เช่น ฟางข้าว หญ้าแห้ง
11. รดน้ำให้ชุ่ม
12. ทำร่มเงา เพื่อช่วยพรางแสงแดด

การปฏิบัติดูแลรักษา

1. การให้น้ำ

ต้องมีการให้น้ำอย่างสม่ำเสมอ โดยเฉพาะในช่วงที่ปลูกใหม่ ๆ ควรให้น้ำ วันละครั้งเป็นอย่างน้อย (กรณีฝนไม่ตก) หลังจากปลูกประมาณ 15 วัน มะนาวสามารถตั้งตัวได้แล้ว ให้น้ำเดือนละ 2-3 ครั้งและควรหาวัสดุมาคลุมดินบริเวณโคนต้นเพื่อช่วยรักษาความชื้น ควรเริ่มงดให้น้ำตั้งแต่ช่วงเดือนมีนาคมเป็นต้นไป จนถึงช่วงออกดอกเพื่อให้มะนาวสะสมอาหารให้สูงถึงระดับที่สามารถสร้างตาดอกได้ ปกติมะนาวจะออกดอก เดือนเมษายน-พฤษภาคม หลังจากมะนาวออกดอก และกำลังติดผลอ่อนเป็นช่วงที่มะนาวต้องการน้ำมาก เพื่อใช้ในการเจริญเติบโตของผล

2. การใส่ปุ๋ย

2.1 หลังจากมะนาวอายุได้ 3-4 เดือน ควรใส่ปุ๋ยเคมี ปุ๋ยหมัก หรือปุ๋ยคอก ประมาณต้นละ 0.5 กิโลกรัม กรณีใส่ปุ๋ยเคมีควรใส่หลังจาก พรวนดินกำจัดวัชพืชแล้ว โดยใส่บริเวณรอบทรงพุ่ม แล้วให้น้ำตามเพื่อให้ปุ๋ยละลาย

2.2 เมื่อมะนาวอายุ 1 ปี ให้ใส่ปุ๋ยสูตร 15-15-15 ประมาณ ต้นละ 300 กรัม และเมื่อมะนาวอายุ 2 ปี ก็เพิ่มปริมาณปุ๋ยโดยใส่ปีละ 2 ครั้ง ครั้งละประมาณ 1 กิโลกรัม ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสภาพความอุดมสมบูรณ์ของต้น และเมื่อมะนาวอายุย่างเข้าปีที่ 3 ก็จะเริ่มให้ผลผลิต

2.3 ช่วงระยะก่อนออกดอกประมาณ 1-2 เดือน ให้ใส่ปุ๋ย สูตรที่มีฟอสฟอรัสสูง เช่น สูตร12-24-12 หรืออาจใช้ปุ๋ยสูตร 3-10-10 เพื่อช่วยเร่งการเจริญเติบโตในระยะที่ต้นยังไม่ออกดอก และใช้สูตร 0-52-34 ในระยะ เร่งการออกดอก ประมาณ 0.5-1 กิโลกรัม/ต้น ปริมาณที่ใช้ ขึ้นอยู่กับอายุของต้นพืช โดยใส่ในปริมาณครึ่งหนึ่งของอายุต้นมะนาว

3. การกำจัดวัชพืช

การกำจัดวัชพืชในสวนมะนาวสามารถทำได้หลายวิธี เช่น ถอน ถาง หรือใช้เครื่องตัดหญ้าแต่ต้องระวังอย่าให้เกิดบาดแผลตามโคนต้น หรือกระทบกระเทือนราก วิธีกำจัดวัชพืชอีกวิธีหนึ่งที่นิยม คือ การใช้สารเคมี เช่น พาราควอท ไกลโฟเสท ดาวพอน เป็นต้น โดยการใช้จะต้องระวัง อย่าให้สารพวกนี้ปลิวไปถูกใบมะนาวเพราะอาจเกิดอันตรายได้ เช่นทำให้ใบไหม้เหลืองเป็นจุด ๆ หรือไหม้ทั้งใบ ดังนั้นจึงควรฉีดพ่นตอนลมสงบ

4. การค้ำกิ่ง

เมื่อมะนาวใกล้จะผลิดอกออกผล ต้องมีการค้ำกิ่งให้กับต้นมะนาวด้วย เพื่อป้องกันกิ่งฉีกหักหรือฉีกขาดโดยเฉพาะในช่วงติดผล และยังช่วยลดความเสียหาย เนื่องจากโรคและแมลงได้ โดยวิธีการค้ำกิ่ง สามารถทำได้ 2 วิธี คือ

4.1 การค้ำกิ่งโดยการใช้ไม้รวกหรือไม้ไผ่ทำเป็นง่าม สอดเข้ากับกิ่งมะนาว ให้ปลายอีกข้างหนึ่งวางตั้งรับน้ำหนักของกิ่งอยู่บนพื้นดิน แล้วใช้เชือกผูกมัดกิ่งไว้

4.2 การค้ำกิ่งแบบคอกหรือนั่งร้าน โดยเอาไม้มาทำเป็นนั่งร้านรูปสี่เหลี่ยมรอบ ๆ ต้นมะนาวเพื่อรองรับกิ่งใหญ่ ๆ ของมะนาวไว้ อาจจะทำเป็น 2 ถึง 3 ชั้น แล้วให้กิ่งพาดอยู่ที่ชั้นใดก็ได้ ซึ่งวิธีนี้จะมั่นคงทนทานและใช้ประโยชน์ ได้ดีกว่าวิธีแรก

รูปที่ 2-17 รูปการค้ำกิ่งมะนาว

5. การตัดแต่งกิ่ง

เพื่อให้ต้นมะนาวมีรูปทรงพุ่มที่สวย และให้ผลมะนาวดกปราศจากการทำลายของโรคและแมลงการตัดแต่งกิ่งควรทำหลังจากเก็บเกี่ยวผลผลิตแล้ว โดยตัดกิ่งที่เป็นโรค กิ่งแห้ง กิ่งที่ไม่มีประโยชน์ออกให้หมด แล้วนำไปเผาทำลาย อย่าปล่อยทิ้งไว้ตามโคนต้น เพราะจะทำให้เป็นแหล่งสะสมโรคได้

โรคที่สำคัญ

1. โรคแคงเกอร์ (citrus canker)

โรคแคงเกอร์ของพืชตระกูลส้มเกิดขึ้นและรู้จักกันมานานว่าเป็นโรคซึ่งร้ายแรงที่สุดอีกโรคหนึ่งพบระบาดกว้างขวางในหลายประเทศ ปัจจุบันพบการระบาดของโรคแคงเกอร์อย่างกว้างขวางในทุกแหล่งที่มีการปลูกส้มของประเทศไทย พันธุ์ส้มซึ่งเป็นโรคแคงเกอร์รุนแรงมากที่สุด ได้แก่ มะนาว ส่วนมะกรูด ส้มเขียวหวาน ส้มเกลี้ยง ส้มโอ และส้มที่ใช้เป็นตอพันธุ์ เช่น ส้มคลีโอพัตรา ส้มสามใบ แม้จะเป็นโรคนี้ไม่รุนแรงเท่ามะนาวแต่ก็ล้วนอ่อนแอต่อโรคทั้งสิ้น ดังนั้นหากเกษตรกรคิดขยายการปลูกส้มให้กว้างขวางออกไป หรือมีการสนับสนุนการปลูกเพื่อการส่งส้มออกไปจำหน่ายต่างประเทศก็ควรให้ความสนใจในการป้องกันกำจัดโรคนี้ให้มาก เพราะในต่างประเทศหลายประเทศ เช่น สหรัฐอเมริกา ออสเตรเลีย ญี่ปุ่น เป็นต้น มีกฎหมายและระเบียบการนำเข้าเพื่อป้องกันการระบาด

ของโรคนี้จากประเทศอื่นๆอย่างเคร่งครัด และโรคแคงเกอร์เป็นโรคที่ป้องกันกำจัดให้หมดสิ้นไปได้ยากมาก หากไม่มีการปฏิบัติหรือมาตรการอย่างถูกต้องและต่อเนื่องเพียงพอ

รูปที่ 2-18 รูปโรคแคงเกอร์ในมะนาว ในบริเวณใบ และ ผล

สาเหตุของโรค : เกิดจากเชื้อแบคทีเรีย Xanthomonas campestris pv. citri

การแพร่ระบาด : สามารถเกิดได้ง่ายและรุนแรงขึ้น ในสภาพอากาศที่ร้อนชื้น อุณหภูมิประมาณ 20 - 30 c และระยะที่มีหนอนชอนใบส้มเข้าทำลาย นอกจากนี้ก็แพร่กระจายได้ตามกระแสลม น้ำค้าง ฝน แมลง และ มนุษย์ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญในการเคลื่อนย้ายกิ่งที่มีโรคโดยรู้เท่าไม่ถึงการณ์จากแหล่งหนึ่งไปยังสถานที่อื่นๆ เป็นระยะทางไกลๆได้ ช่วงที่ระบาดจะเป็นช่วงเดือนพฤษภาคม-กันยายน

ลักษณะอาการ

จะเกิดขึ้นได้แทบทุกส่วน ทั้งที่ใบ กิ่งก้าน และผล โดยอาการที่ใบและผล จะมีลักษณะคล้ายกัน คือจะเกิดเป็นแผลกลม แล้วจะขยายใหญ่ ฟูนูนคล้ายฟองน้ำ มีสีเหลืองอ่อนถึงสีเหลืองเข้ม ต่อมาจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลเข้ม และจะแตกเป็นสะเก็ด มีวงแหวนสีเหลืองล้อมรอบแผล ส่วนอาการที่กิ่งก้าน จะมีแผลฟูนูนสีเหลือง ต่อมาแผลจะแตกแห้งเป็นสีน้ำตาลขยายไปรอบ ๆ กิ่ง รูปร่างของแผลไม่แน่นอน และไม่มีวงแหวนล้อมรอบ เมื่อต้นมะนาวเป็นโรคนี้มาก ๆ จะแสดงอาการต้นโทรม แคระแกร็นใบร่วง ผลผลิตลดลง กิ่งและต้นจะแห้งตายในที่สุด

การป้องกันกำจัด

ตัดแต่งส่วนที่เป็นโรคเผาทำลาย ไม่ขยายพันธุ์จากต้นแม่ที่เป็นโรคแคงเกอร์ พยายามอย่าให้มะนาวเกิดบาดแผล และป้องกันแมลงที่เป็นพาหะ เช่น หนอนชอนใบ หรือฉีดพ่นด้วยสารเคมี กำจัดแมลงกลุ่มของสารคาร์บาริล มาลาไธออน

2. โรคราดำ (Sooty mold)

ลักษณะอาการ

ใบกิ่งก้าน และผลจะมีราสีดำ สกปรกกระด้างทำให้ผลไม่สวย ต้นมะนาวจะแคระแกร็น

การป้องกันกำจัด

ทำลายส่วนที่เป็นโรคโดยการเผาไฟหรือใช้สารเคมีกำจัดแมลงฉีดพ่นเพื่อกำจัดแมลงประเภทปากดูดซึ่งเป็นสาเหตุ ทำให้เกิดโรคราดำ

รูปที่ 2-19 รูปต้นมะนาวเป็นโรคราดำ

3. โรคกรีนนิ่ง (ใบแก้ว) (Citrus Greening)

โรคกรีนนิ่งเป็นโรคที่สำคัญของมะนาว และสร้างความเสียหายต่อส่วนมะนาวของประเทศต่างๆไม่น้อยกว่า 40 ประเทศ โดยเฉพาะในเอเชียและแอฟริกา โรคนี้จะมีชื่อเรียกแตกต่างกันในแต่ละประเทศ เช่น ในแอฟริกาใต้ เรียก โรคกรีนนิ่ง (Greening) จากการที่ผลมะนาวของต้นที่เป็นโรคยังคงมีสีเขียวไม่เปลี่ยนเป็นสีเหลืองตามที่ควรจะเป็นในสภาพอากาศเย็น ในประเทศจีนเรียก Yellow shoot หรือ Huanglongbing (HLB) ไต้หวันเรียก Decline หรือ Likubin อินเดียเรียก Dieback ฟิลิปปินส์เรียกLeaf mottleอินโดนีเซียเรียกVein phloem degeneration เป็นต้น สำหรับประเทศไทยเรียกโรคนี้ว่า โรคใบเหลืองต้นโทรม (Citrus decline) แต่เกษตรกรและนักวิชาการนิยมเรียกโรคนี้ว่า โรคกรีนนิ่ง

ลักษณะอาการ

มะนาวที่อ่อนแอต่อโรคนี้ แสดงอาการรุนแรงมาก อาการบนใบ กิ่ง คล้ายคลึงกับอาการของโรคใบแก้ว กล่าวคือ ใบมีสีเหลืองจนถึงเหลืองซีดโดยที่เส้นกลางใบและเส้นใบยังคงมีสีเขียวอยู่ เนื้อใบส่วนที่ติดกับเส้นใบอาจจะยังคงมีสีเขียว แต่ในต้นที่เป็นรุนแรงใบมีสีเหลืองทั้งใบเหลืออยู่เฉพาะโคนเส้นกลางใบเท่านั้นที่มีสีเขียว บางครั้งพบอาการใบด่างเป็นแต้มประสีเขียวกระจายทั่วทั้งใบ ขนาดของใบเล็กลง เรียวยาว หนากว่าปกติและปลายใบชี้ตั้งขึ้น อาการเหล่านี้ปรากฏชัดเจนบนใบยอดหรือใบอ่อน ส่วนใบแก่ที่เป็นโรคอาจแสดงอาการเส้นใบโปร่งใส ใบด้านและโค้งงอทางด้านหน้าใบ กิ่งแห้งตายจากส่วนปลาย ผลมีขนาดเล็กและมักร่วงก่อนสุก เปลือกของบางผลมีอาการเป็นแต้มหรือเป็นจ้ำๆ สีเขียว เมล็ดลีบ ต้นส้มที่มีการเจริญเติบโตดีหากได้รับเชื้อสาเหตุของโรค จะเริ่มแสดงอาการจากกิ่งใดกิ่งหนึ่งก่อนแล้วจึงลุกลามไปทั่วต้น ทำให้ต้นโทรมและตายในที่สุด ซึ่งการปรากฏของอาการของโรคในลักษณะนี้แตกต่างจากโรคใบแก้วในระยะเริ่มแรกเพราะโรคใบแก้วมักปรากฏอาการพร้อมๆกันบนกิ่งทุกกิ่งและปรากฏอาการบนต้นส้มส่วนมากในแปลงปลูกนั้น

การป้องกันกำจัด

ทำลายส่วนที่เป็นโรคโดยการเผาไฟ ใส่ปุ๋ยที่มีธาตุสังกะสีและ แมกนีเซียมปรับสภาพความเป็นนกรด-ด่างของดินให้อยู่ระหว่าง 6.0-6.5

รูปที่ 2-20 รูปต้นมะนาวเป็นโรคโรคกรีนนิ่ง (ใบแก้ว)

4. โรคยางไหล (Citrus gummosis)

โรคยางไหลซึ่งพบในพืชตระกูลส้ม ได้แก่ ส้มโอ ส้มเขียวหวาน ส้มตรา ส้มจุกและมะนาว มักเกิดกับลำต้นหรือกิ่งใหญ่ๆของต้นส้มหรือมะนาวที่โตแล้ว ก่อให้เกิดความวิตกกังวลแก่ผู้ปลูกเป็นอย่างมาก เนื่องจากกิ่งหรือต้นที่เป็นโรคแสดงอาการทรุดโทรมไม่เจริญเติบโต หรือแสดงอาการแห้งตาย ทำให้ผลผลิตลดน้อยลงและมีคุณภาพต่ำกว่าปกติ

ลักษณะอาการ

โรคยางไหลนี้เกิดได้จากหลายสาเหตุด้วยกัน คือ เกิดจากเชื้อรา เกิดเนื่องจากการขาดธาตุอาหาร เกิดเนื่องจากแมลงกัดหรือเจาะแผลเนื่องจากการถูกเครื่องมือทางการเกษตร มีอาการยางไหลออกมาบริเวณลำต้นและกิ่งก้าน เปลือกของต้นมะนาวจะเริ่มเน่าและแผลจะลุกลามไปถึงเนื้อไม้ และเกิดเนื่องจากโรคอื่นๆ เช่น โรคทริสเตซ่า และโรคโคนเน่า

การป้องกันกำจัด

- ควรตัดแต่งกิ่งและการกำจัดวัชพืชเพื่อให้แสงแดดส่องได้ทั่วถึง และควรทาบาดแผลด้วยสารทองแดงหรือกำมะถันผสมปูนขาว ถ้ามีการระบาดมากก็ควรเผาทำลายเสีย

- ต้นที่เป็นโรคมากและรุนแรงจนแผลลุกลามเข้าถึงเนื้อไม้หรือเป็นโรคโดยรอบลำต้นรักษาได้ยากหรือไม่สามารถรักษาได้ เพราะถ้าเฉือนถากบาดแผลจะต้องเฉือนลึกหรือเฉือนรอบลำต้น ต้นส้มอาจตายได้หรือแม้อยู่รอดก็ให้ผลผลิตไม่คุ้มค่า ควรขุดออกและเผาทำลาย ปรับปรุงดินบริเวณนั้นแล้วจึงปลูกซ่อมแซม

- โรคยางไหลที่เกิดจากการขาดธาตุอาหาร สามารถรักษาได้โดยการฉีดพ่นธาตุอาหารเสริมให้ทางใบ เพราะต้นส้มที่ให้ผลผลิตแล้วมีความต้องการแร่ธาตุอาหารหลายชนิดเพื่อใช้ในการเจริญเติบโตและให้ผลผลิต

- อาการยางไหลซึ่งเกิดจากบาดแผลต่างๆ หรือเกิดจากแผลที่แมลงเจาะ กัดกินควรรีบรักษาและป้องกันบาดแผลนั้นจากการเข้าทำลายซ้ำของเชื้อราหรือกำจัดแมลงซึ่งเจาะหรือกัดกินกิ่งและต้นส้มก่อน แล้วจึงรักษาบาดแผลด้วยการใช้สารป้องกันกำจัดเชื้อราทา

- โรคยางไหลซึ่งเกิดเนื่องจากเชื้อราดิพโพลเดียหรือโบไทรโอดิพโพลเดีย สามารถป้องกันและรักษาได้โดย ทาบริเวณโคนต้นด้วยสารป้องกันกำจัดเชื้อรา เช่น พวกสารประกอบของทองแดง กำมะถันผสมปูนขาวอย่างดี หรือสารป้องกันกำจัดเชื้อราชนิดอื่นๆ การทาโคนต้นควรทำก่อนฤดูฝนครั้งหนึ่งและหลังฤดูฝนอีกครั้งหนึ่ง ในกรณีที่เป็นโรคไม่มากหรือโรคเริ่มระบาดให้ฉีดพ่นด้วยสารป้องกันกำจัดเชื้อรา เช่น พวกสารประกอบของทองแดง เบโนมิล แคปทาโฟล แคปแทน แมนโคเซบ มาเนบ ซีเนบ คาร์เบนดาซิม ฯลฯ เป็นต้น ฉีดพ่นทุกๆ 7 - 10 วันจนสามารถควบคุมโรคได้

รูปที่ 2-21 รูปต้นมะนาวเป็นโรคยางไหล

5. โรครากเน่าและโคนเน่า (ROOT ROT)

เป็นโรคทีสำคัญอีกโรคหนึ่งของมะนาว สาเหตุของโรคมากจากเชื้อราไฟท้อฟโธร่า (Phytophthora parasitica Dastur) ส่วนมากเชื้ออยู่ในดิน รอเวลาที่ต้นมะนาวอ่อนแอ เชื้อก็จะเข้าทำรายระบบรากเชื้อจะเข้าทำรายระบบรากฝอย รากแขนง ระยะแรก ๆ จะไม่แสดงอาการให้เห็นนัก แต่เมื่อเชื้อเริ่มเข้าทำรายมาก จะแสดงอาการออกมาให้เห็นทางใบก่อน โดยใบจะเริ่มเหลืองซีดที่เส้นกลางใบ ก่อนจะลามไปทั้งใบ และใบก็จะเริ่มร่วงไปเรื่อย ๆ จนร่วงจะหมดต้น

ลักษณะอาการ

รากฝอยและรากแขนง จะเน่ามีสีน้ำตาลหรือดำ ลักษณะเหนียว ไม่ยุ่ย เปลือกของลำต้นจะปริแตกออก โดยเฉพาะโคนต้น และมียางไหลบริเวณขอบแผล เมื่อรากและต้นถูกทำลายมากๆ จะทำให้ใบเริ่มเหลืองและร่วงหล่น

การป้องกันกำจัด

อย่าให้มีน้ำขังบริเวณโคนต้น และไม่ควรใส่ปุ๋ยหมักหรือ ปุ๋ยคอกมากเกินในช่วงฤดูฝน ใช้เชื้อราไตรโคเดอร์ม่า ในการกำจัดเชื้องราไฟท้อฟโธร่า วิธีการใช้เชื้อราไตรโคเดอร์ม่า นั้นสามารถใช้คลุกผสมกับปุ๋ยคอกปุ๋ยหมักในอัตราส่วนเชื้อราไตรโคเดอร์ม่า 1 กิโลกรัม ต่อ ปุ๋ยคอก 50 กิโลกรัม คลุกผสมให้เข้ากันจากนั้นนำไปโรยรอยๆโคนต้นของมะนาว ต้นละ ครึ่งกิโลกรัม หรือจะใช้วิธีผสมน้ำฉีดพ่นก็ได้โดยใช้เชื้อราไตรโคเดอร์ม่า 50 กรัม ผสมน้ำ 20 ลิตรแล้วนำไปฉีดพ่นให้ทั่วบริเวณต้นมะนาวก็ได้ครับ ทำอย่างนี้ เดือนละ 2 ครั้งเพื่อให้มีเชื้อไตรโคเดอร์ม่าอยู่เป็นยามเฝ้ารากมะนาวไว้แล้วรับรองมะนาวที่ท่านปลูกไว้จะปลอดภัยต่อโรครากเน่าโคนเน่า

รูปที่ 2-22 รูปต้นมะนาวเป็นโรครากเน่าและโคนเน่า

แมลงศัตรูที่สำคัญ

1. หนอนชอนใบ

จะทำความเสียหายให้กับมะนาวในระยะแตกใบอ่อน โดยจะชอนไชกัดกินอยู่ระหว่างผิวใบดานหนาและหลังใบ จะมองเห็นเป็นทางสีขาวคดเคี้ยวไปมา ใบหงิกงอ ขอบใบม้วนเขาหาเสนกลางใบและใบไม่เจริญเติบโต ตนมะนาวจะแคระแกร็นและไม่ติดผล

การป้องกันกำจัด

หมั่นตรวจดูตามใบและยอดของมะนาว โดยเฉพาะระยะที่มะนาวเริ่มผลิใบอ่อนกรณีที่ระบาดน้อยให้เด็ดใบเผาทำลาย หากพบมากให้ฉีดพ่น สารเคมีกำจัดแมลงกลุ่มคาร์บาริล มาลาไธออนหรือฟอร์โมไธออน ในอัตราที่ฉลากกำหนด

รูปที่ 2-23 รูปต้นมะนาวมีศัตรูพืชเป็นหนอนชอนใบ

2. หนอนกินใบ (หนอนแก้วส้ม)

มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า Papilio demoleus malayanus Wall. วงศ์ Papilionidae อันดับ Lepidoptera เป็นหนอนที่มีขนาดค่อนข้างใหญ่ มีความยาวประมาณ 3.5 ซม. สีเขียวใบไม้คล้ายใบส้ม ตัวเต็มวัยเป็นผีเสื้อ ตัวเมียวางไข่ตามใบอ่อนของมะนาว มีลักษณะสีเหลือง รูปร่างกลม ขนาดประมาณหัวเข็มหมุด สังเกตเห็นได้

ลักษณะอาการ กัดกินใบอ่อนและยอดอ่อนของมะนาว

การป้องกันกำจัด หมั่นตรวจตูตามใบอ่อนและยอดอ่อนเมื่อพบไข่และตัวหนอนก็จับทำลายเสีย ฉีดพ่นสารเคมีกำจัดแมลงกลุ่มเมทามิโดฟอสที่มีชื่อทางการค้าว่า ทามารอน ในอัตรา 20-30 ซีซี. หรือประมาณ 2-3 ช้อนโต๊ะ ต่อน้ำ 20 ลิตร ฉีดพ่นให้ทั่วต้น

รูปที่ 2-24 รูปต้นมะนาวมีศัตรูพืชเป็นหนอนแก้วส้ม

3. เพลี้ยไฟ

ลักษณะอาการ

จะดูดกินน้ำเลี้ยงที่ยอดอ่อน ใบอ่อน และผลการทำลายจะรุนแรงในระยะผลอ่อนนับแต่เริ่มติดผล ช่วงระยะการระบาด จะขึ้นอยู่กับการแตกยอดอ่อน และระยะติดผล ผลที่ถูกทำลายจะปรากฏรอยสีเทา เป็นวงบริเวณขั้วผล และก้นผลหรือเป็นขีดสีเทาตาม ความยาวของผล

การป้องกันกำจัด

เด็ดผลที่แคระแกร็น ถ้าพบการทำลายของเพลี้ย ให้ฉีดพ่นด้วยสารเคมีกำจัดแมลงได้แก่ คาร์โบซัลแฟน ไซเปอร์เมทริน

รูปที่ 2-25 รูปต้นมะนาวมีศัตรูพืชเป็นเพลี้ยไฟ

4. ไรแดง

ไรแดง ชื่อวิทยาศาสตร์ Eutetranychus africanus (Tucker) รูปร่างลักษณะและชีวประวัติไรแดงแอฟริกัน (African red mites) มีการเจริญเติบโต 5 ระยะ คือ ระยะไข่ 4- 5 วัน ตัวอ่อนระยะที่ 1- 2 วัน ตัวอ่อนระยะที่ 2 , 1-2 วัน ตัวอ่อนระยะที่ 3, 1- 2 วัน ตัวเต็มวัย 6-16 วัน ตัวเมีย 1 ตัววางไข่ได้ 13-56 ฟอง ตัวเมียลำตัวกลมแบน สีน้ำตาลเข้ม ตัวยาวประมาณ 417.67 ไมครอน กว้าง 3350.33 ไมครอน ขาทั้ง 4 คู่ สีเหลืองอ่อน ที่ปลายขาไม่มีอวัยวะระหว่างเล็บ 2 ข้าง (empodium) มีตาเป็นจุดสีแดงเล็ก อยู่บริเวณ 2 ข้างของลำตัวตอนหน้า ขนบนหลังสั้น ปลายขนบานออกคล้ายกระบองหรือไม้พาย ขนที่ส่วนท้องเป็นเส้นเล็กๆ ปลายเรียวแหลม ที่ฐานของปล้องแรกของขาที่ตัดกับลำตัว (coxa) คู่ที่ 2 จะมีขนจำนวน 2 เส้นตัวผู้ลำตัวเรียวแคบ ก้นแหลม ขายาว ขนบนหลังเรียวเล็กและสั้นกว่าขนบนหลังของตัวเมีย อวัยวะเพศผู้มีส่วนโคนใหญ่ ปลายเรียวเล็กและโค้งงอขึ้น ขนาดลำตัวเล็กกว่าตัวเมียลักษณะการทำลายไรแดง มะนาว ดูดกินน้ำเลี้ยงอยู่บริเวณผิวใบมะนาว ทำให้เกิดเป็นจุดปะ สีขาวกระจายอยู่ทั่วบนใบ ต่อมาจุดปะสีขาวจะแผ่ขยายออกไปเป็นบริเวณกว้าง จนใบมีอาการขาวซีดและมีคราบสีขาวเกาะติดเป็นผลขาวๆ คล้ายฝุ่นจับถ้าหากมีไรแดงทำลายเป็นปริมาณมากและต่อเนื่องจะทำให้ใบร่วงและมีผลกระทบต่อการออกดอกและติดผลของมะนาว ต้นมะนาวจะเกิดความเสียหายจากไรแดงเมื่อใบแก่ถูกทำลายมากกว่าร้อยละ 25 ของใบไรแดงเป็นศัตรูที่สำคัญอย่างหนึ่งของมะนาว ทั้งตัวอ่อนและตัวแก่จะดูดกินน้ำเลี้ยงจากมะนาวโดยดูดจากใบ ยอดอ่อน มักพบระบาดในฤดูแล้งเมื่อเอามือลูบใบดูจะเห็นว่ามีสีแดงติดมือ ผลมะนาวที่ถูกไรแดงดูดจะมีสีน้ำเงินต่อมาเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลแล้วร่วงไปในที่สุด ใบที่ถูกทำลานจะหงิกงอจากการถูกไรแดงเข้าทำลายจะเป็นสาเหตุของโรคเชื้อราและแคงเกอร์ในมะนาว

ลักษณะอาการ

ใบจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลหงิกงอ ไม่เจริญเติบโตและร่วงหล่น ผลมะนาวจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำเงิน และเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลในเวลาต่อมา ผิวผลจะกร้าน ผลแคระแกร็น และร่วงในที่สุด

การป้องกันกำจัด

1. กำจัดวัชพืชในสวนมะนาว ซึ่งอาจจะเป็นแหล่งหลบซ่อนของไรแดงแอฟริกัน

2. หลีกเลี่ยงการปลูกพืชอาศัยของไรแดงแอฟริกันในสวนมะนาวหรือบริเวณใกล้เคียง ถ้าเกษตรกรมีรายได้จากพืชเหล่านั้น เช่น ส้ม มะละกอ ทุเรียนหรือพืชตระกูลถั่ว ก็ควรป้องกันกำจัดไรแดงชนิดนี้บนพืชอาศัยนั้นด้วย

3. อนุรักษ์ศัตรูธรรมชาติไว้ควบคุมไรแดงตามธรรมชาติ

4. หมั่นสำรวจสถานการณ์ไรแดงและศัตรูธรรมชาติ โดยสำรวจ 10% ของต้นทั้งหมด 7 วัน/ครั้ง ในช่วงเดือนพฤศจิกายน - มกราคม ตรวจนับ 4 จุด/ต้น5 ใบ/จุด ทั้งไรแดงและศัตรูธรรมชาติ หากพบไรแดงที่ยังมีชีวิต 5 ตัว/ใบ และใบแก่ถูกทำลายมากกว่าร้อยละ 25 ต่อต้น ถือว่าใบถูกทำลายให้ดำเนินการควบคุม

5. ใช้ระบบน้ำเหวี่ยงหรือเครื่องฉีดพ่นน้ำ 1 - 2 ชั่วโมงต่อวัน ให้ใบมะนาวเปียกโชกทั่วทรงพุ่มเพื่อลดปริมาณไรแดงในช่วงฤดูแล้งให้อยู่ในระดับต่ำ (วิธีนี้จะช่วยเพิ่มความชื้นให้กับศัตรูธรรมชาติให้ สามารถดำรงชีวิตอยู่และเพิ่มประมาณสูงขึ้นในช่วงแล้ง ซึ่งจะควบคุมประชากรของไรแดงได้อย่างมีประสิทธิภาพ)

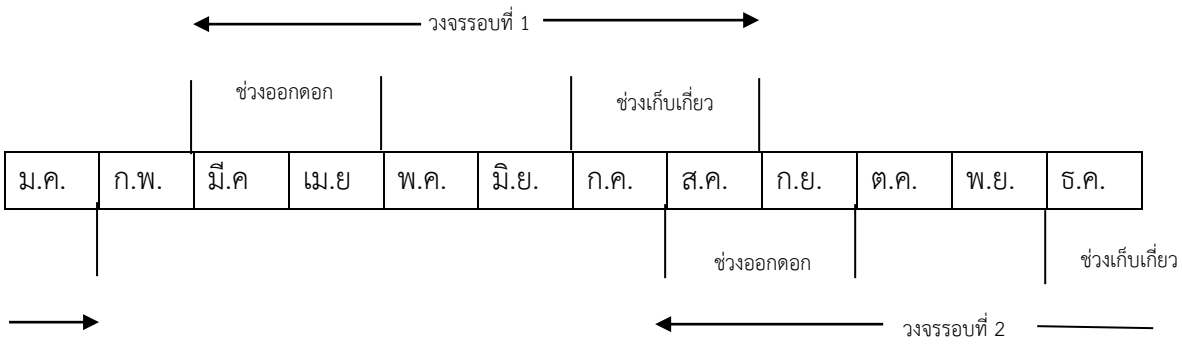
6. เมื่อเริ่มพบการระบาดของไรแดงให้ใช้เชื้อราบิวเวอเรียฉีดพ่น อัตราเชื้อสด 1 กิโลกรัมต่อน้ำ 20 ลิตร ผสมกับสารจับใบ หรือเชื้อที่ขยายแล้ว 200ซีซีผสมน้ำ200ลิตร ฉีดพ่นในช่วงเช้าหรือเย็นที่ไม่มีแสงแดด โดยฉีดพ่นให้ถูกตัวไรแดงหรือบริเวณที่ไรแดงอาศัยอยู่

7. สารเคมีที่มีประสิทธิภาพในการใช้ควบคุมปริมาณไรแดงแอฟริกันในสวนทุเรียน ได้แก่ โพรพาร์ไกต์ 30% WP อัตรา 30 กรัม/น้ำ 20 ลิตร หรืออามีทราช 20% EC อัตรา 30 มิลลิลิตร/น้ำ 20 ลิตร หรือเฮกซีไทอะซอกซ์ 2% EC อัตรา 40 มิลลิลิตร/น้ำ 20 ลิตร ฉีดพ่นทั้งต้นโดยเฉพาะบริเวณยอดเมื่อพบไรแดงระบาด พ่นซ้ำตามความจำเป็น และงดพ่นก่อนเก็บเกี่ยว 14 วัน ไม่ควรใช้สารเคมีชนิดเดียวติดต่อกันเป็นเวลานาน ควรมีการสลับชนิดเพื่อป้องกันไรแดงเกิดความต้านทาน

รูปที่ 2-26 รูปต้นมะนาวมีศัตรูพืชเป็นไรแดง

ฤดูกาลการผลิตมะนาว

ในรอบ 1 ปี ต้นมะนาวที่ออกตามฤดูกาลนั้นสามารถให้ผลผลิตได้ถึง 2 ครั้ง โดยครั้งแรก (วงจรที่ 2) ต้นมะนาวมีการออกดอกในช่วงระหว่างเดือนสิงหาคม – กันยายน ผลมะนาวที่นำมาใช้ประโยชน์จากน้ำคั้นได้นับตั้งแต่ออกดอกจนถึงเก็บเกี่ยวอยู่ ระหว่าง ประมาณ 4 เดือนครึ่ง - 5 เดือนครึ่ง ต้นมะนาวมีดอกชุดสุดท้ายประมาณปลายเดือนธันวาคม – มกราคม ซึ่งผลชุดนี้จะเก็บเกี่ยวได้ประมาณเดือนพฤษภาคม เป็นต้นไป อันเป็นช่วงเข้าสู่ฤดูกาลปกติ ต้นมะนาวจะมีดอกที่เป็นชุดใหญ่อีกครั้ง (วงจรที่ 1) ประมาณปลายเดือนมีนาคมและเมษายนเมื่อผ่านช่วงฤดูแล้ง และได้รับฝนติดตามมา การเก็บเกี่ยวของผลมะนาวในรุ่นนี้ จะตรงกับช่วงเดือนกรกฎาคมถึงสิงหาคม และมีการออกดอกมากอีกครั้งในช่วงเดือนสิงหาคมและกันยายน เก็บเกี่ยวผลผลิตในเดือนธันวาคมและมกราคม อันเป็นช่วงปลายของฤดูกาลของมะนาว และราคาของผลมะนาวจึงเริ่มเขยิบตัวสูงขึ้น ตั้งแต่ในช่วงนี้เป็นต้นไป ดังนั้น หากต้องการการผลิตให้มะนาวออกนอกฤดูได้ก็จำเป็นต้องหาวิธีในการหลีกเลี่ยง หรือสร้างจุดเหลื่อม หรือใช้วิธีการยับยั้งช่วงวงจรของการออกดอกครั้งใหญ่ทั้งสองครั้งนี้ให้ได้



รูปที่ 2-27 รูป วงจรการออกดอกของมะนาว

การเก็บเกี่ยว

การเก็บผลมะนาว ถ้าต้นเตี้ยหรือไม่สูงมากนัก ก็เก็บโดยใช้มือปลิด แต่ถ้าต้นสูงนิยมเก็บโดยใช้มีดหรือตะขอผูกติดกับด้ามไม้รวกยาว ๆ คล้อง และกระตุกผลมะนาวลงมา แต่ถ้าต้องการให้ได้ผลมะนาวที่มีคุณภาพ ไม่บอบช้ำ ก็ควรจะใช้ตะกร้อ หวายในการเก็บเกี่ยว ควรเก็บในขณะที่ผลเริ่มแก่ โดยสังเกตจากด้านขั้วของผลเริ่มมีสีเหลืองเล็กน้อยผิวเปลือกจะเรียบบางใส มีสีเขียวอ่อนกว่าผลที่ยังไม่แก่ เมื่อบีบดูจะค่อนข้างนุ่มมือ ไม่ควรเก็บมะนาวที่แก'เกินไป เพราะเปลือกจะบางมาก ทำให้เกิดความเสียหายในการขนส่งได้ง่าย อีกทั้งเมื่อนำไปขายจะทำให้ขายได้ไม่นานผลเน่าเสียหายได้เร็ว

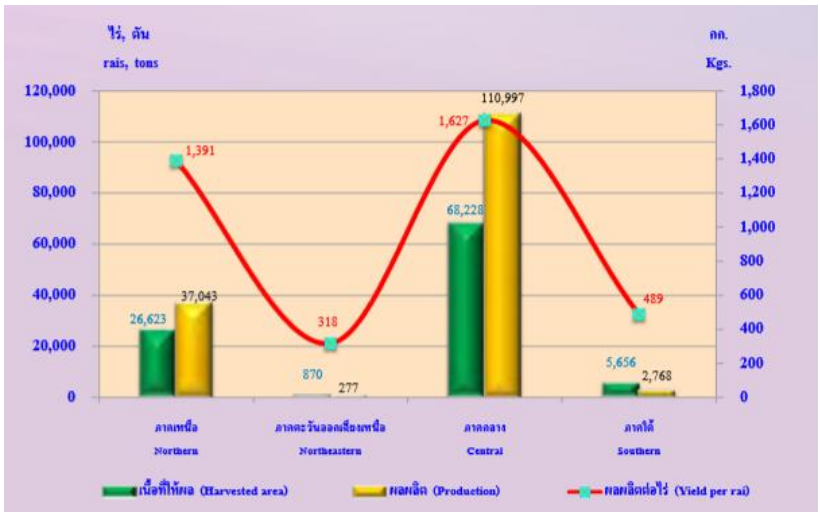
การปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยว

วิธีการเก็บรักษามะนาวให้ไว้ได้นาน ต้องคัดผลมะนาวเสียก่อน โดยเลือกเอาผลมะนาวที่แก่พอเหมาะมีสีเขียวจัด ไม่มีสีเหลืองปน ไม'มีรอยช้ำหรือเน่า และควรมีขั้วผลติดอยู่ด้วย จากนั้นนำมาล้างทำความสะอาดโดยใช้น้ำยาฆ่าเชื้อ เช่น คลอรอกซ์ ผสมน้ำในอัตรา 1 ต่อ 15 ส่วน แช่ผลมะนาวไว้นานประมาณ 5 นาที แล้วนำผลมะนาวมาผึ่งลมบนตะแกรง เพื่อให้สะเด็ดน้ำ แล้วจึงทำการคัดขนาดและบรรจุเข่งหรือภาชนะบรรจุอื่นๆ ตามที่ตลาดต้องการ

รูปที่ 2-28 รูปการเก็บเกี่ยวผลมะนาว

2.5. ข้อมูลการปลูกมะนาว

ในส่วนของสำนักงานกิจการการเกษตร OFFICE OF AGRICULTURAL (2559) ได้ให้ข้อมูลเกี่ยวกับ มะนาว ซึ่งประกอบด้วย เนื้อที่ให้ผล ผลผลิต และผลผลิตต่อไร่ เป็นรายภาค ปี 2558 ดังแสดงในรูปที่ 11 จากรูปจะแสดงได้ว่า พื้นที่ภาคกลางมีการเพราะปลูกมะนาวมากที่สุดในประเทศไทย ที่มีผลผลิตมะนาว เท่ากับ 110,997 กิโลกรัม ผลผลิตต่อไร่ เท่ากับ 1,627 กิโลกรัมต่อไร่ และในตารางที่ 2 รายงานผล มะนาว : เนื้อที่ ผลผลิต และผลผลิตต่อไร่ เป็นรายภาค และรายจังหวัด ปี 2556-2558 จะเห็นได้ว่าพื้นที่ในจังหวัดเพชรบุรี ปี 2558 มีเนื้อที่ยืนต้น เท่ากับ 33,718 ไร่ เนื้อที่ให้ผล 33,601 ไร่ ผลผลิต อยู่ที่ 72,847 ตัน ผลผลิตต่อไร่ 2,168 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งมากเป็นอันดับหนึ่งของประเทศ



รูปที่ 2-29 รายงานผลมะนาว : เนื้อที่ให้ผล ผลผลิต และผลผลิตต่อไร่ เป็นรายภาค ปี 2558 (ที่มา : www.oae.go.th/download/download_journal/2559/yearbook58.pdf)

ภาค/จังหวัด	เนื้อที่ยืนต้น (ไร่) Planted area (Raic)			เนื้อที่ให้ผล (ไร่) Harvested area (Raic)			ผลผลิต (ตัน) Produotion (Tons)			ผลผลิตต่อไร่ (กก.) Yield per rai (Kgs.)			Region/ Provinoe
	2556 2013	2557 (p) 2014	2558 (p) 2015	2556 2013	2557 (p) 2014	2558 (p) 2015	2556 2013	2557 (p) 2014	2558 (p) 2015	2556 2013	2557 (p) 2014	2558 (p) 2015	
รวมทั้งประเทศ	102,744	104,403	104,746	93,992	99,998	101,377	128,899	140,761	151,085	1,371	1,408	1,490	Whole Kingdom
เหนือ	26,485	27,109	27,278	23,332	25,925	26,623	29,901	33,797	37,043	1,282	1,304	1,391	Northern
ตะวันออกเฉียงเหนือ	534	888	1,283	441	521	870	91	104	277	206	200	318	Northeastern
กลาง	69,228	70,375	70,347	63,994	67,818	68,228	96,221	104,426	110,997	1,504	1,540	1,627	Central
ใต้	6,497	6,031	5,838	6,225	5,732	5,656	2,688	2,434	2,768	431	425	489	Southern
ตาก	1,737	1,727	1,663	1,206	1,703	1,683	1,512	2,083	2,052	1,254	1,223	1,296	Tak
กำแพงเพชร	12,157	12,076	11,918	10,832	12,081	11,896	16,941	19,286	19,724	1,564	1,589	1,658	Kamphaeng Phet
สุโขทัย	2,272	2,293	2,316	2,160	2,183	2,271	1,731	1,725	2,130	805	790	938	Sukhothai
พิษณุโลก	833	813	788	692	791	781	492	551	638	711	696	814	Phitsanulok
พิจิตร	7,104	7,793	7,992	6,399	6,813	7,761	7,928	8,714	10,656	1,239	1,279	1,373	Phichit
นครสวรรค์	810	816	1,008	609	802	760	331	441	651	544	550	857	Nakhon Sawan
อุทัยธานี	960	973	986	832	960	973	601	666	675	722	694	694	Uthai Thani
เพชรบูรณ์	612	618	607	612	612	598	365	331	619	596	541	868	Phetchabun
ชัยภูมิ	136	209	249	103	131	204	24	29	62	231	218	303	Chaiyaphum
ชัยนาท	277	389	602	155	265	357	33	52	110	212	196	309	Chai Nat
สุพรรณบุรี	217	372	712	192	202	367	64	64	192	332	317	522	Suphan Buri
นนทบุรี	401	589	774	201	386	554	63	119	278	311	307	502	Nonthaburi
ปราจีนบุรี	2,712	2,698	2,719	2,700	2,698	2,684	2,618	2,504	2,300	969	928	857	Prachin Buri
ฉะเชิงเทรา	122	188	324	118	97	163	25	19	47	212	196	289	Chachoengsao
ระยอง	266	251	262	253	251	236	73	66	95	287	262	404	Rayong
สมุทรสาคร	16,408	16,233	15,224	15,831	16,233	15,224	16,765	18,100	16,153	1,059	1,115	1,061	Samut Sakhon
นครปฐม	2,151	2,114	2,100	2,081	2,108	2,088	1,298	1,353	1,282	623	642	620	Nakhon Pathom
กาญจนบุรี	1,110	1,325	1,800	1,081	1,085	1,245	522	579	641	483	534	515	Kanchanaburi
ราชบุรี	9,108	10,015	9,988	7,248	8,516	9,775	9,212	10,228	14,672	1,271	1,201	1,501	Ratchaburi
เพชรบุรี	34,330	34,176	33,718	32,083	33,980	33,601	62,915	68,769	72,847	1,961	2,025	2,168	Phetchaburi
ประจวบคีรีขันธ์	1,951	1,921	1,868	1,920	1,907	1,847	2,571	2,517	2,325	1,339	1,320	1,259	Prachuap Khiri Khan
สุราษฎร์ธานี	1,371	1,095	1,114	1,337	1,072	1,075	763	678	658	571	632	612	Surat Thani
นครศรีธรรมราช	4,662	4,311	4,011	4,633	4,196	3,956	1,862	1,803	1,887	402	382	477	Nakhon Si Thammarat
พัทลุง	464	625	713	255	464	625	61	153	223	241	330	357	Phatthalung
จังหวัดอื่นๆ	545	823	1,302	469	600	773	133	131	270	284	282	349	Other

ตารางที่ 2-1 รายงายผล มะนาว : เนื้อที่ ผลผลิต และผลผลิตต่อไร่ เป็นรายภาค และรายจังหวัด ปี 2556-2558 (ที่มา : www.oae.go.th/download/download_journal/2559/yearbook58.pdf)

หมายเหตุ: จังหวัดอื่นๆ ได้แก่ จังหวัดเลย หนองบัวลำภู อุดรธานี หนองคาย ขอนแก่น มหาสารคาม นครราชสีมา จันทบุรี และสระแก้ว

2.6. การทบทวนวรรณกรรม/สารสนเทศ (information) ที่เกี่ยวข้อง

ธีระชัย หนำเนียม (2558) ได้ทำการศึกษาและออกแบบการนำเทคโนโลยี IoT หรือ Internet of Thing เข้ามาร่วมกับเทคโนโลยีทางการเกษตรโดยการนำเทคโนโลยีเซนเซอร์และทรานดิวเซอร์ไปเก็บข้อมูลต่าง ๆ ในการควบคุมสวนผลไม้จากหลาย ๆสวน ให้สามารถเฝ้ามองและควบคุมได้อย่างอัตโนมัติพร้อมกับแสดงผลด้วยอุปกรณ์สมาร์ทโฟน คือ ค่าความเค็มของน้ำ แรงดันและอัตราการไหลระบบจ่ายน้ำ ระดับของน้ำในบ่อน้ำ คุณภาพของน้ำที่นำมาใช้ประโยชน์ และรวมสัญญาณทั้งหมดผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ทเพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถเฝ้ามองสวนผลไม่ได้ตลอดเวลา จากผลการทดลองพบ ว่า ระบบแสดงผลและแจ้งเตือนค่าน้ำเค็มสามารถใช้งานได้ตามเงื่อนไขของตัวควบและสามารถส่งข้อมูลผ่านเครือข่ายข้อมูลได้ในเวลาจริง

อรพรรณ แซ่ตั้ง (2560) ได้ทำการศึกษา 1) ออกแบบโรงเรือนสำหรับควบคุมอุณหภูมิและความชื้น โดยใช้เทคโนโลยี อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง และ 2) ประเมินผลการออกแบบโรงเรือนสำหรับควบคุมอุณหภูมิและความชื้น โดยใช้เทคโนโลยี อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง โดยมีกลุ่มตัวอย่างเป็นผู้เชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร และด้าน เทคโนโลยีการเกษตร จำนวน 5 คน ใช้การเลือกแบบเจาะจง เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ 1) แบบวิเคราะห์การออกแบบ โรงเรือนสำหรับควบคุมอุณหภูมิและความชื้น 2) ผลการออกแบบโรงเรือนสำหรับควบคุมอุณหภูมิและความชื้น 3) แบบ ประเมินความคิดเห็นของผลการออกแบบโรงเรือนสำหรับควบคุมอุณหภูมิและความชื้น และ 4) แบบประเมินความ เหมาะสมของผลการออกแบบโรงเรือนสำหรับควบคุมอุณหภูมิและความชื้น วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ค่าเฉลี่ยเลขคณิต และ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผลการวิจัย พบว่า 1) ผลการออกแบบโรงเรือน แบ่งออกเป็น 3 ส่วน ประกอบด้วย 1.1) การออกแบบภายนอก โรงเรือนสำหรับควบคุมอุณหภูมิและความชื้น 1.2) การออกแบบภายในโรงเรือนสำหรับควบคุมอุณหภูมิและความชื้น และ 1.3) การออกแบบโรงเรือนสำหรับควบคุมอุณหภูมิและความชื้น ในส่วนของห้องควบคุม และห้องเก็บพลังงานแสงอาทิตย์2) ความ คิดเห็นของการออกแบบโรงเรือน ภาพรวมอยู่ในระดับมาก ($\bar{X}$ = 4.40, S.D. = 0.63) และ 3) ความเหมาะสมของการ ออกแบบโรงเรือน ภาพรวมอยู่ในระดับมาก ($\bar{X}$ = 3.90, S.D. = 0.57) แสดงว่าสามารถนำผลการออกแบบดังกล่าวไปประยุกต์ใช้ในการจัดสร้างโรงเรือนสำหรับเพาะเลี้ยงเห็ดแครงได้อย่างเหมาะสม

คมกฤษ์ ชูเรือง (2561) ศึกษาการออกแบบระบบการวัดละลายของปุ๋ยในน้ำที่ใช้ในการปลูกพืชไฮโดรโปนิกส์ ซึ่งสามารถวัดการละลายของปุ๋ยหรือความเข้มข้นของปุ๋ยในน้ำแบบเวลาจริงโดยหลักการวัดค่าความนำไฟฟ้าและส่งข้อมูลผ่านเครือข่ายอินเตอร์เน็ตไปแสดงบนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า การวัดการละลายในปุ๋ยในน้ำจากระบบที่ออกแบบขึ้นสามารถวัดค่าความนำไฟฟ้าได้อย่างถูกต้อง

วีรศักดิ์ ฟองเงิน (2561) ศึกษาออกแบบระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสำหรับโรงเรือนเพาะเห็ดด้วย ไมโครคอนโทรลเลอร์โดยมีการศึกษาค้นคว้าข้อมูลที่เกี่ยวข้องต่อการเพาะเห็ดตลอดจนการออกแบบโครงสร้าง โรงเรือนที่เหมาะสมโดยแบ่งการทดสอบออก 2 ส่วนคือการทดสอบในส่วนของระบบควบคุมและการทดสอบผลผลิต ของดอกเห็ดในโรงเรือนที่มีการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นโดยนำก้อนเห็ดนางรมและเห็ดนางฟ้ามาทดสอบจำนวน 300 ก้อนและเปรียบเทียบประสิทธิภาพโรงเรือนเพาะเห็ดที่มีการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นที่สร้างขึ้นกับโรงเรือน ผลการทดสอบระบบควบคุมการท างานพบว่าระบบสามารถทำงานตามเงื่อนไขที่ออกแบบไว้ซึ่งให้ผลผลิตเป็นที่พอใจและในส่วนการทดสอบผลผลิตของดอกเห็ดพบว่าเห็ดที่เก็บจากโรงเรือนที่มีการควบคุมอุณหภูมิและ ความชื้นมีปริมาณที่มากกว่าโรงเรือนแบบทั่วไปและเมื่อนำดอกเห็ดที่ได้มาชั่งน้ำหนักพบว่าเห็ดที่ได้จากโรงเรือนที่มี การควบคุมอุณหภูมิและความชื้นมีน้ำหนักเฉลี่ยก้อนละ 1.506 กิโลกรัมและมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.17 ซึ่งเมื่อ เทียบกับเห็ดที่เก็บจากโรงเรือนแบบทั่วไปพบว่ามีน้ำหนักเฉลี่ย 1.206 กิโลกรัมและมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.28 ซึ่ง ผลการทดสอบนี้เป็นการยืนยันว่าอุณหภูมิและความชื้นมีผลต่อการเจริญเติบโตของเห็ดและนอกจากระบบควบคุม จะสามารถใช้ในโรงเรือนได้แล้วยังสามารถประยุกต์ใช้ควบคุมในกระบวนการบ่มเชื้อเห็ดเพื่อเร่งการเจริญเติบของ เชื้อเห็ดได้อีกด้วย

ดังนั้นปัญหาที่สำคัญในการดูแลมะนาวเพื่อให้ได้ผลผลิตที่มีคุณภาพ ในระหว่างการเพราะปลูกนั้นควรเป็นปัญหาเร่งด่วนเพื่อให้การวิจัยเพื่อพัฒนาส่งเสริมกระบวนการผลิตได้ผลผลิตที่มีคุณภาพ ทั้งนี้จะเป็นการส่งเสริมรายได้ให้เกษตรกรในพื้นที่จังกวัดเพชรบุรี และส่งเสริมพัฒนาเศรษฐกิจของประเทศ ได้มีรายได้เพิ่มขึ้น รวมทั้งจะเป็นการดำเนินงานตามแนวทางที่สอดคล้องกับ “นโยบายการพัฒนาเศรษฐกิจของประเทศไทย 4.0”

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาพัฒนานวัตกรรมการเกษตรอัจฉริยะด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพผลผลิตสำหรับพืชเศรษฐกิจ จังหวัดเพชรบุรี โดยมีการดำเนินการ 2 ส่วน ดังนี้

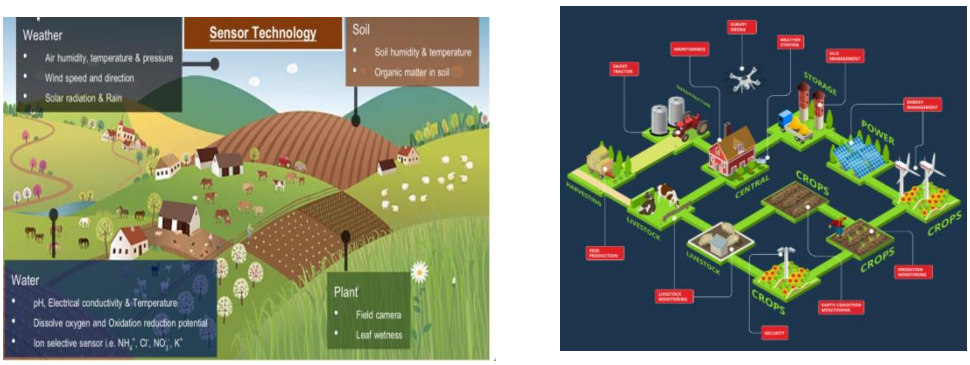
1) พัฒนาระบบเซ็นเซอร์เก็บข้อมูลฟาร์มมะนาวด้วยเทคโนโลยีสรรพสิ่ง (IoT)

2) การทดสอบผลการพัฒนานวัตกรรมการเกษตรอัจฉริยะด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (IoT)

3.1. พัฒนาระบบเซ็นเซอร์เก็บข้อมูลฟาร์มมะนาวด้วยเทคโนโลยีสรรพสิ่ง (IoT)

3.1.1 Internet of Things

Internet of Things หรือ IoT คือ สภาพแวดล้อมอันประกอบด้วยสรรพสิ่งที่สามารถสื่อสารและเชื่อมต่อกันได้ผ่านโพรโทคอลการสื่อสารทั้งแบบใช้สายและไร้สาย โดยสรรพสิ่งต่าง ๆ มี วิธีการระบุตัวตนได้รับรู้บริบทของสภาพแวดล้อมได้และมีปฏิสัมพันธ์โต้ตอบและทำงานร่วมกันได้ ความสามารถในการสื่อสารของสรรพสิ่งนี้จะนำไปสู่นวัตกรรมและบริการใหม่อีกมากมาย ด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตที่เชื่อมต่อกับอุปกรณ์เครื่องมือต่าง ๆ สามารถสั่งการควบคุมการใช้งานอุปกรณ์ผ่านทางเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ซึ่งนำมาปรับใช้ในรูปแบบด้านการเกษตรได้อย่างหลากหลาย ดังรูปที่ 3-1



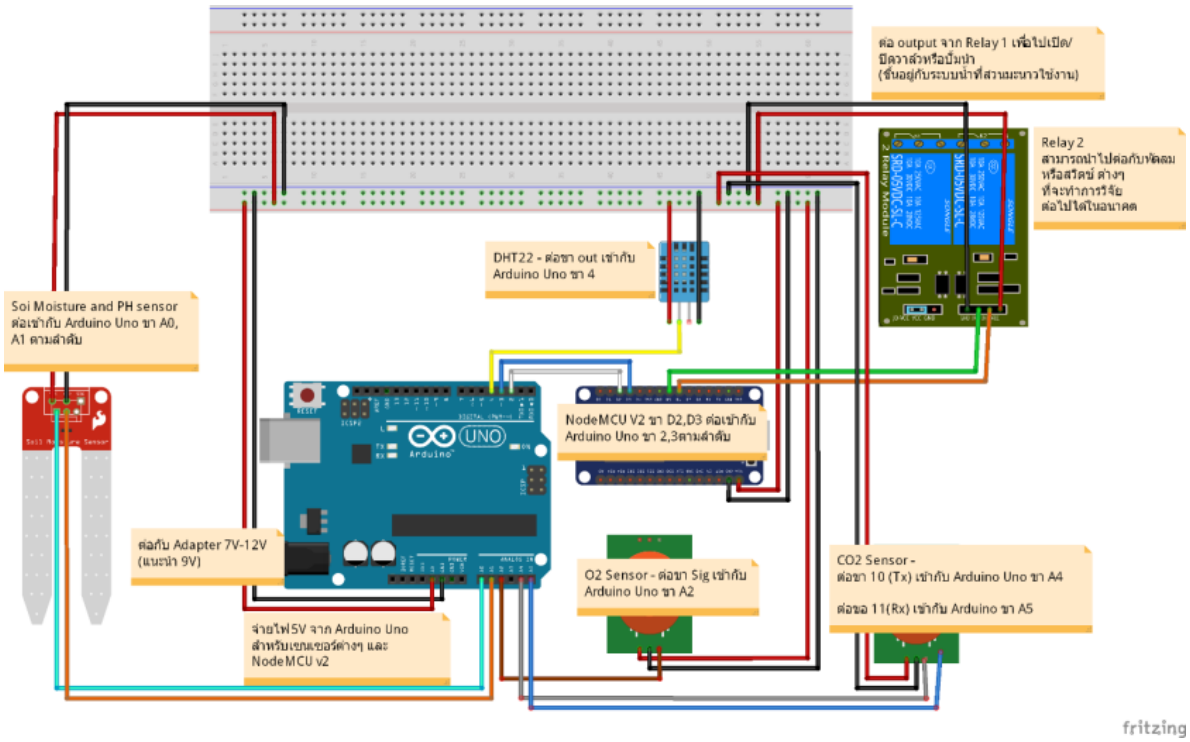
รูปที่ 3-1 การนำเทคโนโลยี IOT มาประยุกต์เพื่อทำ Smart farm

ที่มา : https://www.iotnxt.com/

http://www.thaieasyelec.com/products/internet-of-things.html

3.1.2 การออกแบบระบบ IOT สำหรับฟาร์มมะนาว

แผนผังการเชื่อมต่ออุปกรณ์ IOT (Node MCU) กับ Arduino board และระบบเซนเซอร์



รูปที่3-2 แผนผังการเชื่อมต่ออุปกรณ์ IOT (Node MCU) กับArduino board และระบบเซนเซอร์

NodeMCU board เป็นบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ที่เป็นบอร์ดอินพุตเอาต์พุตมาพร้อมกับโมดูล WiFi (ESP8266) ซึ่งเป็นหัวใจสำคัญในการใช้เชื่อมต่อกับอินเทอร์เน็ตนั่นเอง ตัวโมดูลESP8266 นั้นมีอยู่ ด้วยกันหลายรุ่นมาก ตั้งแต่เวอร์ชันแรกที่เป็น ESP-01 ไล่ไปเรื่อยๆจนปัจจุบันมีถึง ESP-12 แล้ว และที่ฝังอยู่ใน NodeMCU version แรกนั้นก็เป็น ESP-12 แต่ใน version2 นั้นจะใช้เป็น ESP-12E แทน ซึ่งการใช้งานโดยรวมก็ไม่แตกต่างกันมากนัก NodeMCU นั้นมีลักษณะคล้ายกับ Arduino ตรงที่มีพอร์ต Input Output built in มาในตัว สามารถเขียนโปรแกรมคอนโทรลอุปกรณ์ I/O ได้ โดยไม่ต้องผ่านอุปกรณ์อื่นๆ และสามารถเขียน Arduino IDE ใช้งานร่วมกับ Node MCU ได้จึงทำ ให้ใช้ภาษา C/C++ ในการเขียนโปรแกรมได้ทำให้เราสามารถใช้งานมันได้หลากหลายมากยิ่งขึ้น NodeMCU สามารถทำอะไรได้หลายอย่างมากโดยเฉพาะเรื่องที่เกี่ยวข้องกับ IOT ไม่ว่าจะเป็นการ ทำ Web Server ขนาดเล็กการควบคุมการเปิดปิดไฟหรือเปิดปิดอุปกรณ์อิเล็คโทรนิคต่างๆ ผ่าน WiFi และอื่น ๆ ดังรูปที่ 3-3

รูปที่ 3-3 Nodemcu Board

R3 UNO R3board Arduino อ่านว่า (อา-ดู-อิ-โน่ หรืออาดุยโน่) เป็นบอร์ดมโครคอนโทรเลอร์ตระกูล AVR ที่มีการพัฒนาแบบ Open Source ข้อมูลทั้งด้าน Hardware และ Software ตัวบอร์ด Arduino ต่อวงจร อิเล็กทรอนิคส์จากภายนอกแล้วเชื่อมต่อเข้ามาที่ขา I/O ของบอร์ด หรือเพื่อความสะดวกสามารถเลือกต่อกับบอร์ดเสริม (Arduino Shield) ประเภทต่างๆ เช่น Arduino XBee Shield, Arduino Music Shield, Arduino Relay Shield, Arduino Wireless Shield, Arduino GPRS Shield เป็นต้น มาเสียบ กับบอร์ดบนบอร์ด Arduino แล้วเขียนโปรแกรมฟังก์ชั่น ต่อ ดังรูปที่ 3-4

รูปที่ 3-4 Arduino UNO R3board Arduino

3.1.3 ระบบเซ็นเซอร์

อุปกรณ์เซ็นเซอร์ที่ใช้วัดค่าต่างๆในสิ่งแวดล้อม โดยในโครงงานนี้จะทำการวัดค่าที่เกี่ยวข้องกับการเกษตรในสวนมะนาวออกมาทั้งหมด 6 ค่า ดังนี้

1. Temperature (อุณหภูมิในดิน) 2. Moisture.(ความชื้นสัมพันธ์)
3. Humidity (ค่าความชื้นในดิน) 4. ค่า PH
5. ค่า O_2 6. ค่า CO_2

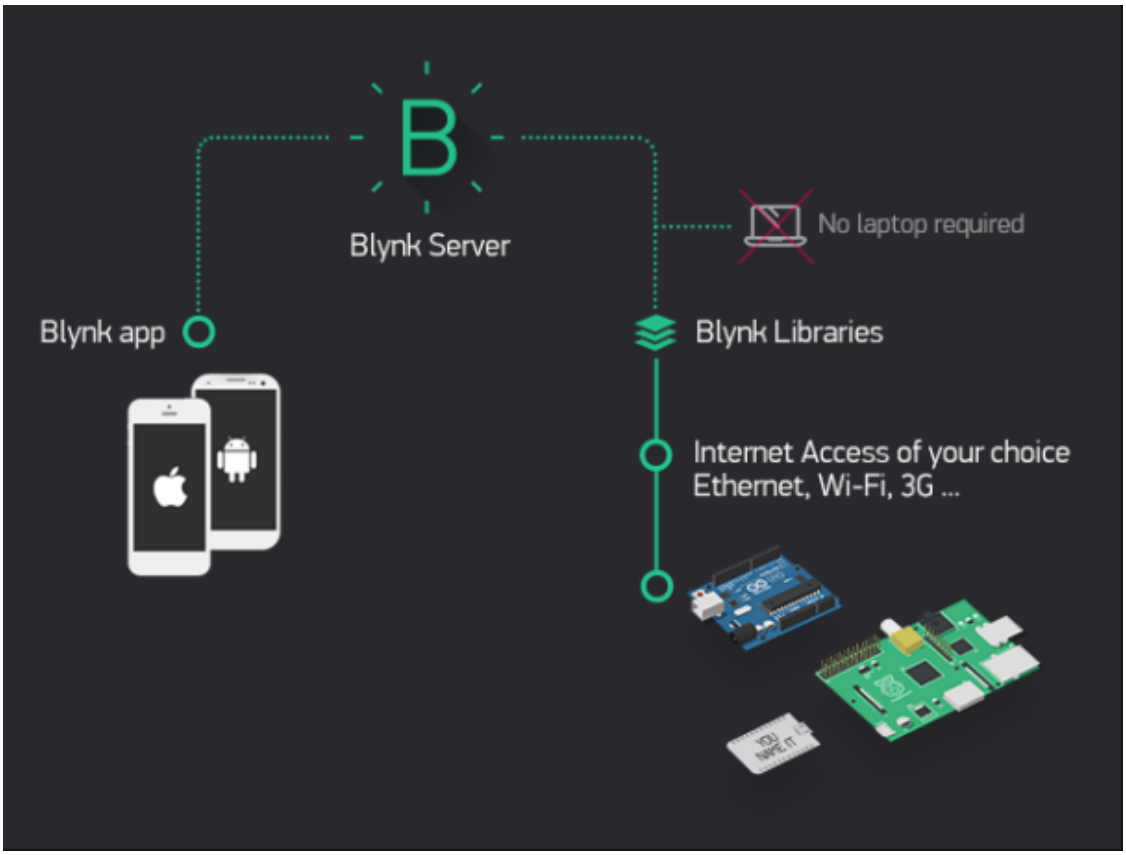
จากนั้นทำการส่งค่าที่วัดได้ทั้งหมด ไปยังอุปกรณ์ Node MCU ผ่านระบบซีเรียล เพื่อส่งข้อมูลไปยังเซิร์ฟเวอร์ผ่านระบบอินเตอร์เน็ตที่เรียกว่า IOT ผ่านสัญญาณไวไฟจากเร้าเตอร์อินเตอร์เน็ตหรือไวไฟฮอตสปอร์ต ที่แชร์ผ่านทางมือถือก็ได้ โดยจะแบ่งอุปกรณ์ที่ใช้วัดค่าต่างๆ ออกเป็น 3 ชุด และนำไปติดตั้งให้ครอบคลุมทั่วสวนมะนาว ในส่วน Node MCU นอกจากทำการเชื่อมรับส่งข้อมูลกับเซิร์ฟเวอร์แล้ว ยังทำหน้าที่ในการเชื่อมต่อและสั่งการให้กับ Relay Module ที่เป็นอุปกรณ์ในการเปิดและปิดน้ำด้วย

3.1.4 ส่วนเซิร์ฟเวอร์ (Cloud)

Blynk เป็นแพลตฟอร์มการพัฒนา Application สำหรับเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ IOT ให้สามารถใช้งานร่วมกับอุปกรณ์โมบายโฟน Application ต่าง ๆ โดยสามารถรองรับการใช้งานได้ทั้งระบบปฏิบัติการ IOS และ Android ซึ่งช่วยให้เราสามารถทำให้ผู้ใช้สร้างอุปกรณ์ขึ้นมาเชื่อมต่อกับ Application ที่พัฒนาขึ้นและสื่อสารรับส่งข้อมูลได้ จะทำให้ผู้ใช้สามารถใช้อุปกรณ์ Output ต่าง ๆ เช่น รีเลย์ ผ่านทาง Application บนมือถือไปยังอุปกรณ์ที่อยู่ตำแหน่งใดก็ได้ที่สามารถเชื่อมต่อกับ Internet ได้และทำนองเดียวกันก็สามารถเอา Input ต่าง ๆ เช่น เซ็นเซอร์จากอุปกรณ์ที่เราสร้างขึ้นและติดตั้งใช้งานไว้ที่ใด ๆ ก็ได้ที่เชื่อมต่อกับ Internet ได้มาแสดงผลที่ Application บนมือถือได้โดยง่าย โดยอาศัยเครือข่ายการสื่อสารของ Internet เป็นสื่อกลางหรืออาจกล่าวได้ว่าเป็นการติดต่อสั่งงานอุปกรณ์ไฟฟ้าผ่านอินเตอร์เน็ต ผ่านโทรศัพท์มือถือนั่นเอง โดยจะทำหน้าที่

1. เก็บสถิติข้อมูลเซ็นเซอร์ที่วัดได้ออกมาเพื่อแสดงผลในรูปแบบกราฟ
2. กำหนดค่าความชื้นที่จะให้ระบบสั่งเปิดหรือปิดน้ำอัตโนมัติ
3. กำหนดค่าเซ็นเซอร์ต่างๆ เมื่อถึงจุดที่กำหนดให้มีการแจ้งเตือนทางไลน์
4. รองรับการปิด-เปิดน้ำเอง (อัตโนมัติ) จากภายในแอพพลิเคชั่นได้

โดยในส่วนอุปกรณ์ IOT จากสวนมะนาวจะทำการรับส่งข้อมูลหา Blynk Server ผ่านทางโปรโตคอล HTTP และส่งข้อความเตือนทางไลน์ผ่านทางโปรโตคอล HTTPS ในระบบเรียลไทม์เพื่อให้ข้อมูลมีการอัพเดทต่อเนื่องตลอดเวลา



รูปที่ 3-5 รูปโครงสร้างการเชื่อมโยงเครือข่าย

3.1.5 การออกแบบซอฟต์แวร์ของระบบเครือข่ายไร้สาย

การออกแบบซอฟต์แวร์ของระบบเครือข่ายไร้สาย การออกแบบระบบซอฟต์แวร์แบ่งได้เป็น 5 ส่วนดังนี้

1) ส่วนอ่านข้อมูลมาจากเซนเซอร์ โปรแกรมจะรับค่าข้อมูลจากเซนเซอร์ ตรวจวัดอุณภูมิและความชื้นสัมพัทธ์จาก พอร์ตดิจิตอล 4 ของอาดูโน ค่าความชื้นในดินจากพอร์ตอนาล็อก A0 ค่ากรดด่างในดินจากพอร์ตอนาล็อก A1 ออกซิเจนจากพอร์ตอนาล็อก A2 คาร์บอนไดออกไซด์จากพอร์ตอนาล็อก A4 และ A5 ดังรูปที่ 3-6

```
#define DHTPIN 4

#define PIN_Moisture A0

#define PIN_PH A1

#define PIN_O2 A2

SoftwareSerial mySerial(A4, A5); // A4 - TX сенсора, A5 – RX

H = dht.readHumidity();

T = dht.readTemperature();

Moisture = analogRead(PIN_Moisture);

PH  = PH + analogRead(PIN_PH);

CO2 = readCO2();

O2 = readConcentration();
```

รูปที่ 3-6 ส่วนอ่านข้อมูลมาจากเซนเซอร์

2) ส่วนรับส่งข้อมูลระหว่างอุปกรณ์อาดูโนและโหนด (Node MCU) ในส่วนนี้อุปกรณ์อาดูโนจะทำการส่งข้อมูลแบบซีเรียลผ่านพอร์ต 2 และ 3 ดังรูปที่ 3-7

```
SoftwareSerial NanoSerial(3, 2); // RX | TX

NanoSerial.print(T); NanoSerial.print(";");

NanoSerial.print(H); NanoSerial.print(";");

NanoSerial.print(Moisture); NanoSerial.print(";");

 NanoSerial.print(PH/10);NanoSerial.print(".");NanoSerial.print(PH%10); NanoSerial.print(";");

NanoSerial.print(CO2); NanoSerial.print(";");

NanoSerial.print(O2); NanoSerial.print("\n");
```

รูปที่ 3-7 รูปส่วนรับส่งข้อมูลระหว่างอุปกรณ์อาดูโนและโหนด (Node MCU)
และอุปกรณ์โหนดจะทำการรับข้อมูลแบบซีเรียลผ่านพอร์ต 2 และ 3

```
SoftwareSerial NodeSerial(D2,D3); // RX | TX

String serialResponse = NodeSerial.readStringUntil('\n');

char sz[] = "100;100;100;7.0;100;1000;20.00";

char buf[sizeof(sz)];

serialResponse.toCharArray(buf, sizeof(buf));
```

3) ส่วนที่ติดต่อกับระบบเปิดปิดน้ำ จะทำการ์ต่อกับอุปกรณ์รีเลย์เพื่อทำการเปิดปิดน้ำผ่านอุปกรณ์โหนดผ่านพอร์ต D5 และ D6 ดังรูปที่ 3-8

```
int RELAY1 = D5;
int RELAY2 = D6;
 digitalWrite(RELAY1, turn_On);
 digitalWrite(RELAY1, turn_Off);
```

รูปที่ 3-8 รูปส่วนที่ติดต่อกับระบบเปิดปิดน้ำ จะทำการต่อกับอุปกรณ์รีเลย์

4) ส่วนที่ติดต่อกับเซอร์เวอร์บลิ้ง (Blynk) ในส่วนนี้ซอฟต์แวร์จะทำการส่งข้อมูลหาเซอร์ฟเวอร์เพื่อทำการแสดงผลในแอฟพลิเคชั่นบนมือถือและแสดงรีพอร์ตดัง รูปที่ 3-9

```
  Blynk.begin(auth, ssid, pass);
void myTimerEvent()
{
  Blynk.virtualWrite(V0, T);
  Blynk.virtualWrite(V1, H);
  Blynk.virtualWrite(V2, PH);
  Blynk.virtualWrite(V3, M);
  Blynk.virtualWrite(V4, CO2);
  Blynk.virtualWrite(V5, O2);
}
```

และจะทำการรับคำสั่งจากระบบเซอร์เวอร์เพื่อทำการเซ็ตระบบเปิดปิดน้ำผ่านระบบออนไลน์ดังตัวอย่างต่อไปนี้

```
BLYNK_WRITE(V6)
{
   v6_autoWater = param.asInt();
   Serial.print("V6 Auto water: ");
   Serial.println(v6_autoWater);
}
```

รูปที่ 3-9 ส่วนที่ติดต่อกับเซอร์เวอร์บลิ้ง (Blynk)

5) ส่วนแจ้งเตือนทางไลน์ ระบบซอฟต์แวร์จะมีการแจ้งเตือนผ่านทางระบบไลน์เมื่อมีการเปิดหรือปิดน้ำ และสามารถแจ้งเตือนมีมีเซนเซอร์ตรวจจับค่าต่างจากค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้ดังตัวอย่างรูปที่ 3-10

```
String req = "";
req += "POST /api/notify HTTP/1.1\r\n";
req += "Host: notify-api.line.me\r\n";
req += "Authorization: Bearer " + String(LINE_TOKEN) + "\r\n";
req += "Cache-Control: no-cache\r\n";
req += "User-Agent: ESP8266\r\n";
req += "Connection: close\r\n";
req += "Content-Type: application/x-www-form-urlencoded\r\n";
req += "Content-Length: " + String(String("message=" + message).length()) + "\r\n";
req += "\r\n";
req += "message=" + message;
client.print(req);
```

รูปที่ 3-10 ระบบซอฟต์แวร์จะมีการแจ้งเตือนผ่านทางระบบไลน์

โครงสร้างฐานข้อมูลของระบบ ใช้ฐานข้อมูล **opensource** ด้วย **Postgresql**

ตารางที่ 3-1 ตารางข้อมูลของระบบ

ที่	ตาราง	คำอธิบาย
1	users	เก็บข้อมูลผู้ใช้งาน
2	forwarding_tokens	เก็บข้อมูลโปรเจค
3	reporting_raw_data	เก็บข้อมูลดิบที่ส่งมาจากอุปกรณ์ในสวนมะนาว
4	reporting_average_minute	เก็บขอมูลสำหรับแสดงรายงานเฉลี่ยตามนาที
5	reporting_average_hourly	เก็บขอมูลสำหรับแสดงรายงานเฉลี่ยตามชั่วโมง
6	reporting_average_daily	เก็บขอมูลสำหรับแสดงรายงานเฉลี่ยตามวัน
7	reporting_app_stat_minute	เก็บข้อมูลสถิตแอปพลิเคชั่นที่ใช้งานผ่านมือถือรายนาที
8	reporting_http_command_stat_minute	เก็บข้อมูลสถิติการควบคุมผ่านทาง มาตรฐานการสื่อสารในระบบเครือข่าย http รายนาที

ตารางที่ 3-2 **ตารางผู้ใช้งาน (users)**

ที่	ชื่อภาษาอังกฤษ	ชนิดข้อมูล	ขนาด	คีย์	คำอธิบาย
1	email	text	ไม่จำกัด	PK	อีเมล
2	appname	text	ไม่จำกัด	PK	ชื่อแอปพลิเคชัน
3	region	text	ไม่จำกัด		ภูมิภาค
4	ip	text	ไม่จำกัด		ไอพีแอดเดรส
5	name	text	ไม่จำกัด		ชื่อผู้ใช้งาน
6	pass	text	ไม่จำกัด		พาสเวิร์ด
7	last_modified	timestamp	8		เวลาที่แก้ไขข้อมูลผู้ใช้งานครั้งล่าสุด
8	last_logged	timestamp	8		เวลาที่ใช้งานแอปพลิเคชันครั้งล่าสุด
9	last_loogged_ip	text	ไม่จำกัด		ไอพีแอดเดรสที่เข้าใช้งานครั้งล่าสุด
10	is_facebook_user	boolean	1		ใช้งานผ่านเฟสบุ๊คแอปพลิเคชันหรือไม่
11	is_user_admin	boolean	1		เป็นผู้ใช้งานระดับแอดมินหรือไม่
12	energy	integer	4		เครติดที่เหลือสำหรับปรับแต่งแอปพลิเคชั่น
13	json	text	ไม่จำกัด		รายละเอียดผู้ใช้งานในรูปแบบ **json**

ตารางที่ 3-3 ตารางที่ใช้เก็บข้อมูลดิบเช่น อุณหภูมิ ความชื้นในดิน ความชื้นสัมพัทธ์ PH O_2 CO_2 (reporting_raw_data)

ที่	ชื่อภาษาอังกฤษ	ชนิดข้อมูล	ขนาด	คีย์	คำอธิบาย
1	email	text	ไม่จำกัด	PK	อีเมล
2	project_id	integer	4	PK	รหัสโปรเจค
3	device_id	integer	4	PK	รหัสอุปกรณ์
4	pin	smallint	2	PK	รหัสพิน
5	pintype	character	1	PK	ชนิดพิน
6	ts	timestamp		PK	เวลาที่เก็บข้อมูล
7	stringvalue	text	ไม่จำกัด		ข้อมูลในรูปแบบตัวหนังสือ
8	doublevalue	double	8		ขอมูลในรูปแบบทศนิยม

ตารางที่ 3-4 ตารางที่ใช้เก็บข้อมูลที่ใช้แสดงผลรายงานตามนาที (reporting_average_minute)

ที่	ชื่อภาษาอังกฤษ	ชนิดข้อมูล	ขนาด	คีย์	คำอธิบาย
1	email	text	ไม่จำกัด	PK	อีเมล
2	project_id	integer	4	PK	รหัสโปรเจค
3	device_id	integer	4	PK	รหัสอุปกรณ์
4	pin	smallint	2	PK	รหัสพิน
5	pin_type	character	1	PK	ชนิดพิน
6	ts	timestamp		PK	เวลาที่เก็บข้อมูล
7	value	double	8		ขอมูลในรูปแบบทศนิยม

ตารางที่ 3-5 ตารางที่ใช้เก็บข้อมูลที่ใช้แสดงผลรายงานตามชั่วโมง (reporting_average_hourly)

ที่	ชื่อภาษาอังกฤษ	ชนิดข้อมูล	ขนาด	คีย์	คำอธิบาย
1	email	text	ไม่จำกัด	PK	อีเมล
2	project_id	integer	4	PK	รหัสโปรเจค
3	device_id	integer	4	PK	รหัสอุปกรณ์
4	pin	smallint	2	PK	รหัสพิน
5	pin_type	character	1	PK	ชนิดพิน
6	ts	timestamp		PK	เวลาที่เก็บข้อมูล
7	value	double	8		ขอมูลในรูปแบบทศนิยม

ตารางที่ 3-6 **ตารางข้อมูลโปรเจค** (forwarding_tokens)

ที่	ชื่อภาษาอังกฤษ	ชนิดข้อมูล	ขนาด	คีย์	คำอธิบาย
1	token	character	32	PK	เครื่องหมายโครงงาน
2	host	text	ไม่จำกัด	PK	แม่ข่าย
3	email	text	ไม่จำกัด		อีเมล
4	project_id	text	ไม่จำกัด		รหัสโปรเจค
5	device_id	text	ไม่จำกัด		รหัสอุปกรณ์
6	ts	timestamp	8		เวลาที่สร้างโปรเจค

ตารางที่ 3-7 ตารางที่ใช้เก็บข้อมูลดิบเช่น อุณหภูมิ ความชื้นในดิน ความชื้นสัมพัทธ์ PH O_2 CO_2 (reporting_raw_data)

ที่	ชื่อภาษาอังกฤษ	ชนิดข้อมูล	ขนาด	คีย์	คำอธิบาย
1	email	text	ไม่จำกัด	PK	อีเมล
2	project_id	integer	4	PK	รหัสโปรเจค
3	device_id	integer	4	PK	รหัสอุปกรณ์
4	pin	smallint	2	PK	รหัสพิน
5	pintype	character	1	PK	ชนิดพิน
6	ts	timestamp		PK	เวลาที่เก็บข้อมูล
7	stringvalue	text	ไม่จำกัด		ข้อมูลในรูปแบบตัวหนังสือ
8	doublevalue	double	8		ขอมูลในรูปแบบทศนิยม

ตารางที่ 3-8 ตารางที่ใช้เก็บข้อมูลที่ใช้แสดงผลรายงานตามนาที (reporting_average_minute)

ที่	ชื่อภาษาอังกฤษ	ชนิดข้อมูล	ขนาด	คีย์	คำอธิบาย
1	email	text	ไม่จำกัด	PK	อีเมล
2	project_id	integer	4	PK	รหัสโปรเจค
3	device_id	integer	4	PK	รหัสอุปกรณ์
4	pin	smallint	2	PK	รหัสพิน
5	pin_type	character	1	PK	ชนิดพิน
6	ts	timestamp		PK	เวลาที่เก็บข้อมูล
7	value	double	8		ขอมูลในรูปแบบทศนิยม

ตารางที่ 3-9 ตารางที่ใช้เก็บข้อมูลที่ใช้แสดงผลรายงานตามชั่วโมง (reporting_average_hourly)

ที่	ชื่อภาษาอังกฤษ	ชนิดข้อมูล	ขนาด	คีย์	คำอธิบาย
1	email	text	ไม่จำกัด	PK	อีเมล
2	project_id	integer	4	PK	รหัสโปรเจค
3	device_id	integer	4	PK	รหัสอุปกรณ์
4	pin	smallint	2	PK	รหัสพิน
5	pin_type	character	1	PK	ชนิดพิน
6	ts	timestamp		PK	เวลาที่เก็บข้อมูล
7	value	double	8		ขอมูลในรูปแบบทศนิยม

ตารางที่ 3-10 ตารางที่ใช้เก็บข้อมูลที่ใช้แสดงผลรายงานตามวัน (reporting_average_daily)

ที่	ชื่อภาษาอังกฤษ	ชนิดข้อมูล	ขนาด	คีย์	คำอธิบาย
1	email	text	ไม่จำกัด	PK	อีเมล
2	project_id	integer	4	PK	รหัสโปรเจค
3	device_id	integer	4	PK	รหัสอุปกรณ์
4	pin	smallint	2	PK	รหัสพิน
5	pin_type	character	1	PK	ชนิดพิน
6	ts	timestamp		PK	เวลาที่เก็บข้อมูล
7	value	double	8		ขอมูลในรูปแบบทศนิยม

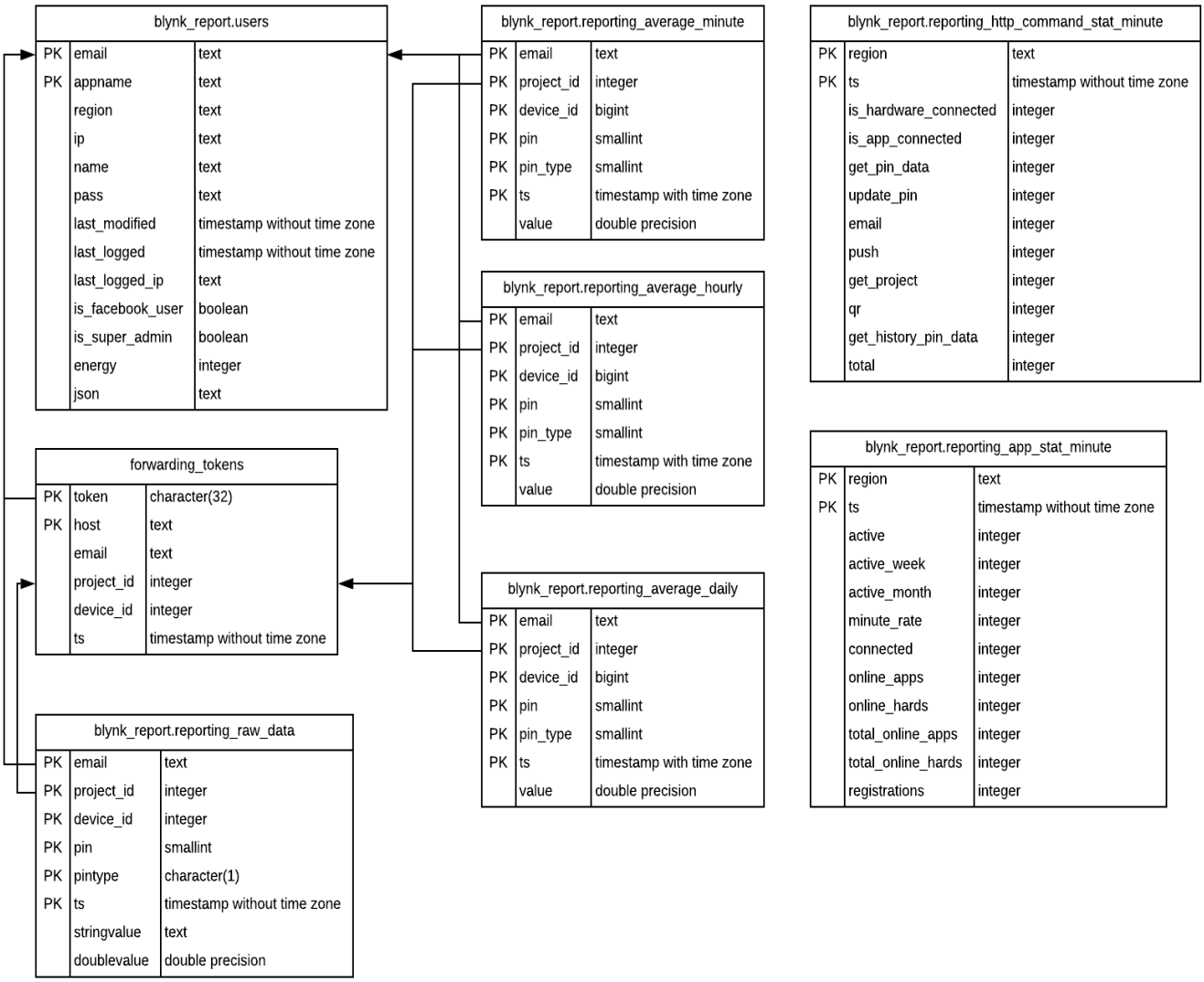
ตารางที่ 3-11 ตารางที่ใช้เก็บข้อมูลสถิตแอปพลิเคชั่นที่ใช้งานผ่านมือถือรายนาที

ที่	ชื่อภาษาอังกฤษ	ชนิดข้อมูล	ขนาด	คีย์	คำอธิบาย
1	region	text	ไม่จำกัด	PK	ภูมิภาค
2	ts	timestap	8	PK	เวลาที่เก็บข้อมูล
3	active	integer	4		จำนวนวันที่ใช้งาน
4	active_week	integer	4		จำนวนอาทิตย์ที่ใช้งาน
5	active_month	integer	4		จำนวนเดือนที่ใช้งาน
6	connected	integer	4		จำนวนแอปพลิเคชันที่ติดต่อแล้ว
7	online_apps	integer	8		จำนวนแอปพลิเคชันที่ออนไลน์อยู่
8	online_hards	integer	8		จำนวนอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์ที่ออนไลน์อยู่
9	total_online_apps	integer	8		จำนวนแอปพลิเคชันที่ออนไลน์อยู่ทั้งหมด
10	total_online_hards	integer	8		จำนวนอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์ที่ออนไลน์อยู่ทั้งหมด
11	registrations	integer	8		จำนวนแอปพลิเคชันที่ลงทะเบียนไว้

ตารางที่ 3-12 ตารางที่ใช้เก็บข้อมูลสถิติการควบคุมผ่านทาง มาตรฐานการสื่อสารในระบบเครือข่าย HTTP รายนาที (reporting_app_stat_minute)

ที่	ชื่อภาษาอังกฤษ	ชนิดข้อมูล	ขนาด	คีย์	คำอธิบาย
1	region	text	ไม่จำกัด	PK	ภูมิภาค
2	ts	timestap	8	PK	เวลาที่เก็บข้อมูล
3	is_hardware_connected	integer	4		อุปกรณ์ฮาร์ดแวร์เชื่อมต่ออยู่หรือไม่
4	is_app_connected	integer	4		แอปพลิเคชันเชื่อต่ออยู่หรือไม่
5	get_pin_data	integer	4		ข้อมูลพิน
6	update_pin	integer	4		ข้อมูลการอัพเดทพิน
7	email	integer	8		รหัสอีเมล
8	push	integer	8		เวลาที่ใช้รีเฟรสข้อมูล
9	get_project	integer	8		รหัสโปรเจค
10	qr	integer	8		คิวอาร์โค้ด
11	get_history_in_data	integer	8		ประวัตข้อมูลพิน
12	total	integer	8		ข้อมูลรวม

ความสัมพันธ์ของตารางต่างๆเป็นดังนี้



3.2 การทดสอบผลการพัฒนานวัตกรรมการเกษตรอัจฉริยะด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (IoT)

หลังจากที่ได้ทำการทดสอบ จนมีความมั่นใจแล้วว่าโปรแกรมสมาร์ทฟาร์มมะนาว สามารถทำงานได้จริง ผู้วิจัยทำการประเมินประสิทธิภาพของระบบและประเมินผลการใช้งาน ทดสอบโดยผู้เชี่ยวชาญทางด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ จำนวน 3 คน ที่มีประสบการณ์ทางด้านการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ไม่น้อยกว่า 10 ปี และมีวุฒิการศึกษาไม่ต่ำกว่าระดับปริญญาโท ผู้เชี่ยวชาญประกอบด้วย

4.1 นายนิพนธ์ สุขวิลัย รองหัวหน้าฝ่ายพัฒนาเทคโนโลยีสารสนเทศ ศูนย์วิจัยการจัดการนวัตกรรมและเทคโนโลยี สำนักวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี พระจอมเกล้าพระนครเหนือ

4.2 ดร. ศราวุธ ราชมณี อาจารย์คณะวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยนครพนม

4.3 ดร. ศศิวิมล พราหมณี ผู้จัดการฝ่ายบริหารศูนย์การค้า บมจ. สยามฟิวเจอร์ ฯ

ผู้วิจัยได้นำแบบประเมินคุณภาพโปรแกรมสมาร์ทฟาร์มมะนาว ที่เรียกว่า Black Box Testing แบ่งข้อคำถามออกเป็น 5 ด้าน ได้แก่ 1) ด้านการตรงตามความต้องการของผู้ใช้ (Functional Requirement Test) 2) ด้านการทำงานของโปรแกรม (Functional) 3) ด้านการใช้งานโปรแกรม (Usability) 4) ด้านการรักษาความปลอดภัย (Security) และ 5) ด้านการประเมินคุณภาพความชัดเจนของคู่มือการใช้โปรแกรม (Program Manual) ด้วย มาตรประมาณค่า 4 ระดับ (1 = โปรแกรมที่พัฒนาขึ้นไม่สามารถนำไปใช้งานได้, 2 = โปรแกรมที่พัฒนาขึ้นมีคุณภาพในระดับต้องปรับปรุงแก้ไข, 3 = โปรแกรมที่พัฒนาขึ้นมีคุณภาพในระดับพอใช้,
4 = โปรแกรมที่พัฒนาขึ้นมีคุณภาพในระดับมาก)

จากนั้นนำค่าคะแนนที่ได้มาคำนวณค่าทางสถิติ ดัชนีความเที่ยงตรง (Content validity index: CVI) โดยพิจารณาทีละข้อความว่า สอดคล้องกับทฤษฎีหรือเนื้อหาหรือไม่ กำหนดค่า CVI ที่ดีควรมีค่า > .80 (Polit, Beck & Owen, 2007, p. 459)

บทที่ 4
ผลการวิจัย

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนานวัตกรรมการเกษตรอัจฉริยะด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งสำหรับฟาร์มมะนาว จังหวัดเพชรบุรี โดยมีผลการดำเนินการวิจัยดังนี้

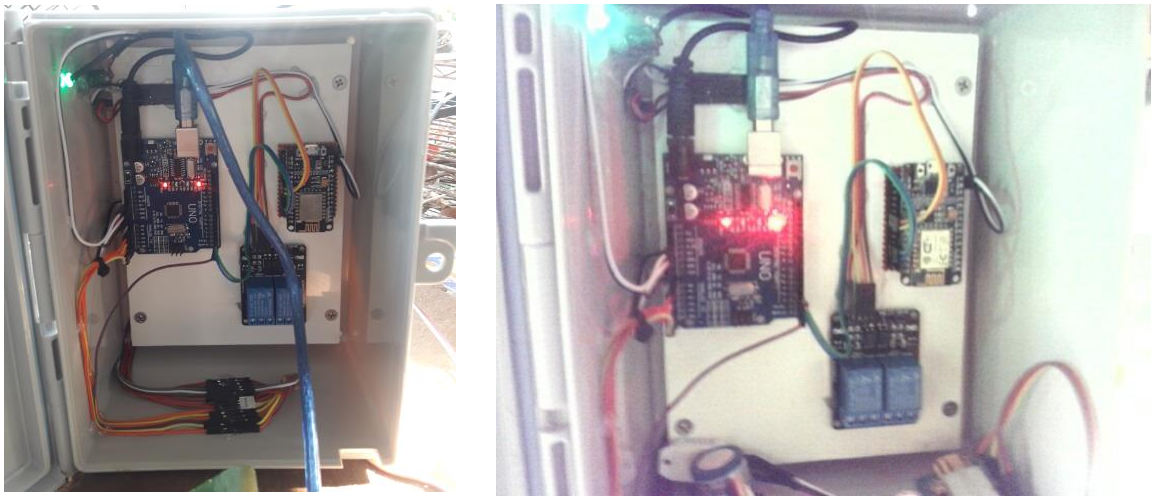
1) ผลการพัฒนาระบบเซ็นเซอร์เก็บข้อมูลฟาร์มมะนาวด้วยเทคโนโลยีสรรพสิ่ง (IoT)

2) ผลการทดสอบการพัฒนานวัตกรรมการเกษตรอัจฉริยะด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (IoT)

4.1 ผลการพัฒนาระบบเซ็นเซอร์เก็บข้อมูลฟาร์มมะนาวด้วยเทคโนโลยีสรรพสิ่ง (IoT)

4.1.1 การพัฒนาระบบเซนเซอร์และการวางระบบน้ำของฟาร์มมะนาวขนาด 1 ไร่

จากการออกแบบและสร้างระบบเซนเซอร์เพื่อวางในฟาร์มมะนาวขนาด 1 ไร่ โดยมีการวางท่อส่งน้ำตามแนวการปลูกในสถานที่จริง จำนวน 3 จุด เพื่อทดสอบกับสภาพแวดล้อมจริง พบว่าระบบสามารถทำงานได้ปกติสามารถเชื่อมส่งสัญญาณภายในฟาร์มมะนาว สามารถส่งข้อมูลเพื่อเก็บในฐานข้อมูลเซฟเวอร์ได้ โดยระบบเซ็นเซอร์มีการประกอบติดตั้งดังรูป 4-1



รูปที่ 4-1 กล่องระบบเซ็นเซอร์

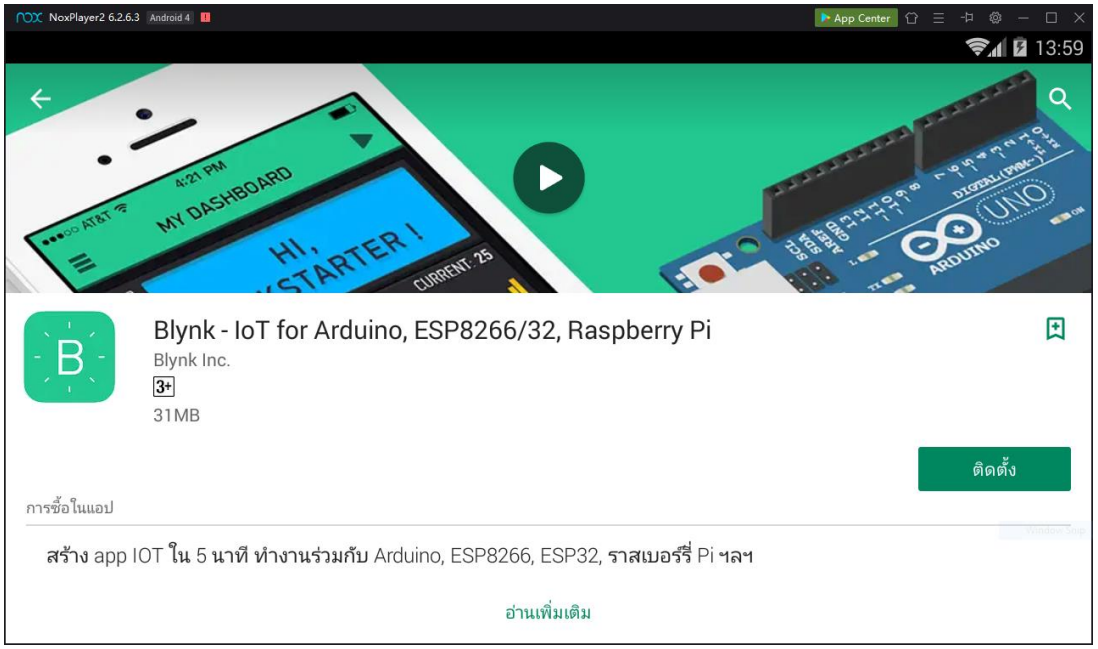
รูปที่ 4-2 การวางระบบท่อส่งน้ำ

รูปที่ 4-3 การติดตั้งระบบเซ็นเซอร์ภายในฟาร์มมะนาว

4.1.2 ผลจากการพัฒนาระบบแอพพลิเคชั่นการบริหารจัดการฟาร์มมะนาว

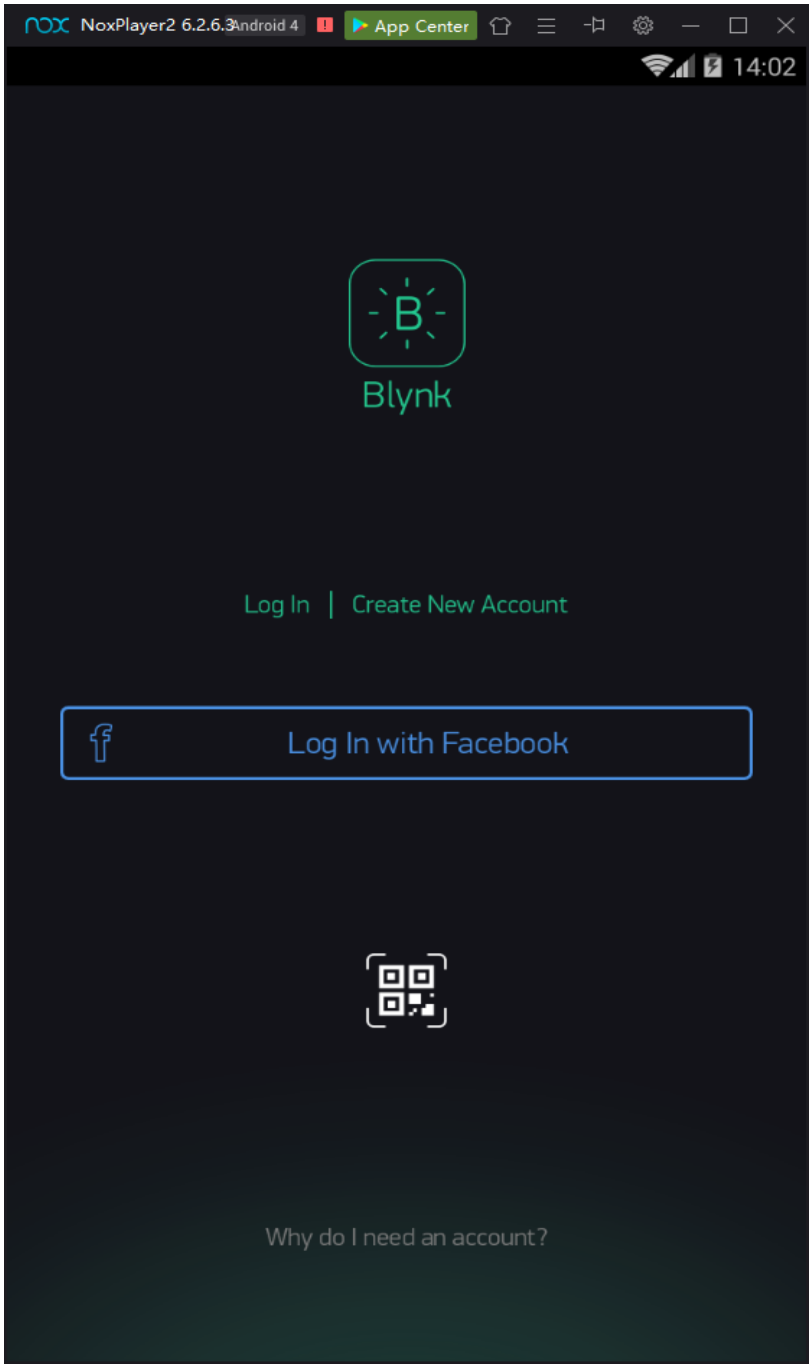
การเข้าสู่ระบบแอพพลิเคชั่นบริหารจัดการฟาร์มมะนาว โดยทีมผู้วิจัยได้ออกแบบฟังชั่นการทำงานดังนี้

1) เริ่มต้นการใช้งาน ผู้ใช้(เกษตรกร) สามารถดาวโหลด Blynk แอปพลิเคชันได้จากทั้งแอปสโตร์สำหรับมือถือระบบไอโอเอส และ เพลย์สโตร์ สำหรับมือถือในระบบแอนดรอย ดังรูปที่ 4-4



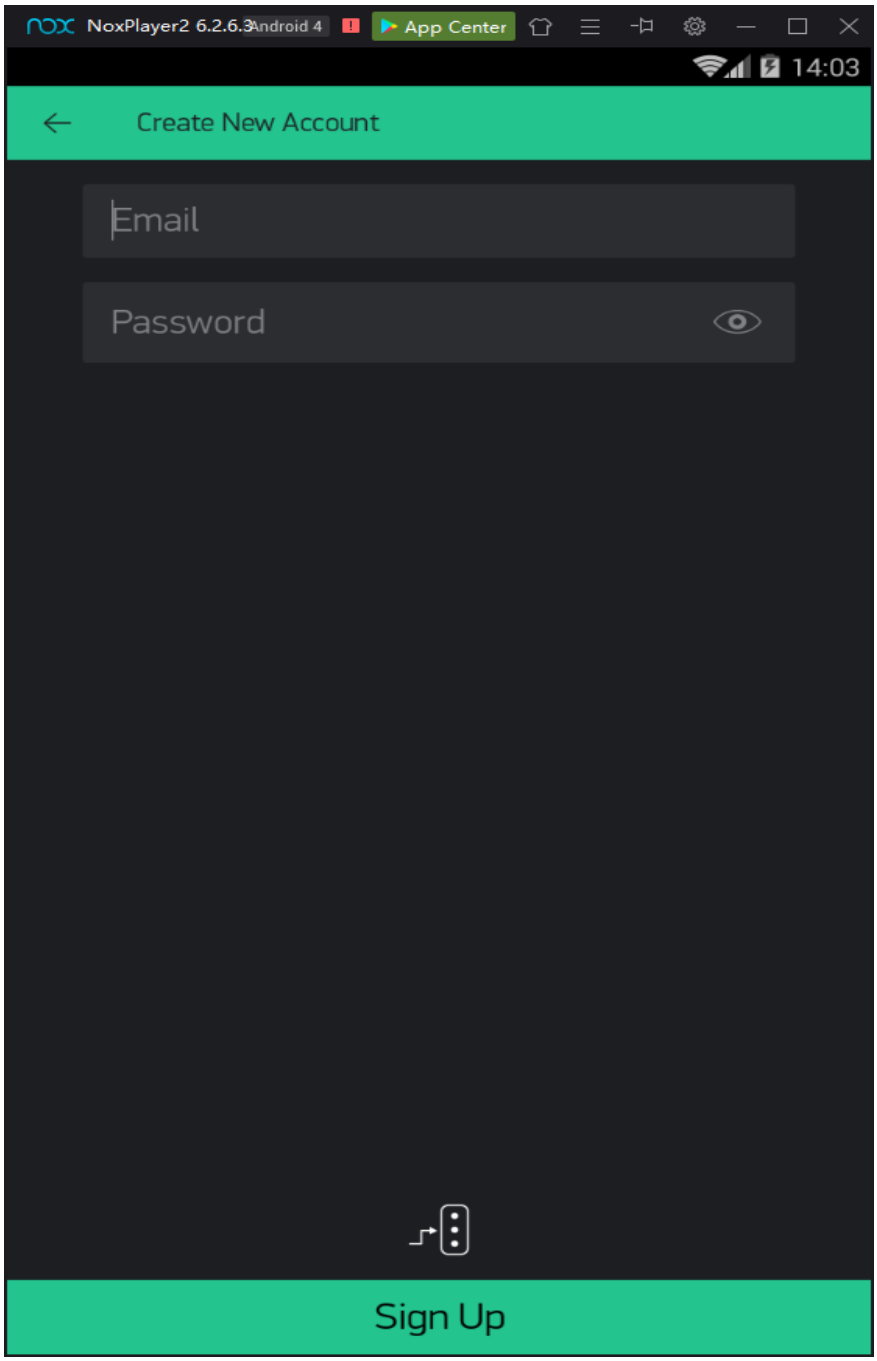
รูปที่ 4-4 หน้าแฟลตฟอร์มการดาวโหลดเพื่อติดตั้งระบบ

2) ผู้ใช้ (เกษตรกร) สามารถข้าใช้แอพพลิเคชั่นโดยสามารถเลือกล็อกอินเข้าสู่ระบบหรือว่าสร้างผู้ใช้ใหม่หรือสามารถเข้าสู่ระบบผ่านเฟซบุ๊คได้ ดังรูป 4-5



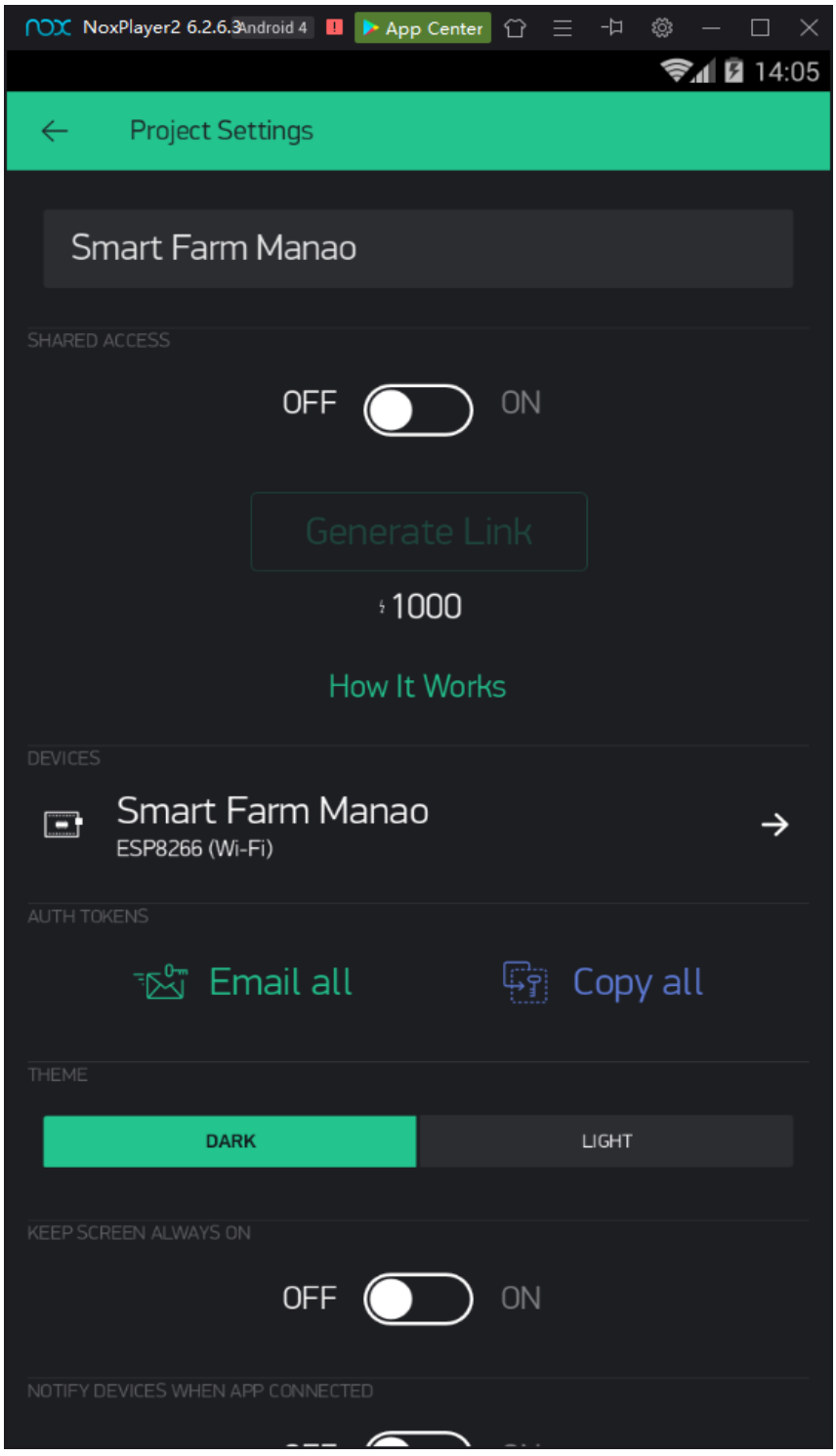
รูปที่ 4-5 รูปหน้าจอการสมัครเข้าระบบ

3) ผู้ใช้ (เกษตรกร) กรอกอีเมลล์ รหัสผู้ใช้งาน และกด Sign Up สำหรับการสร้างผู้ใช้งานใหม่ ดังรูป 4-6



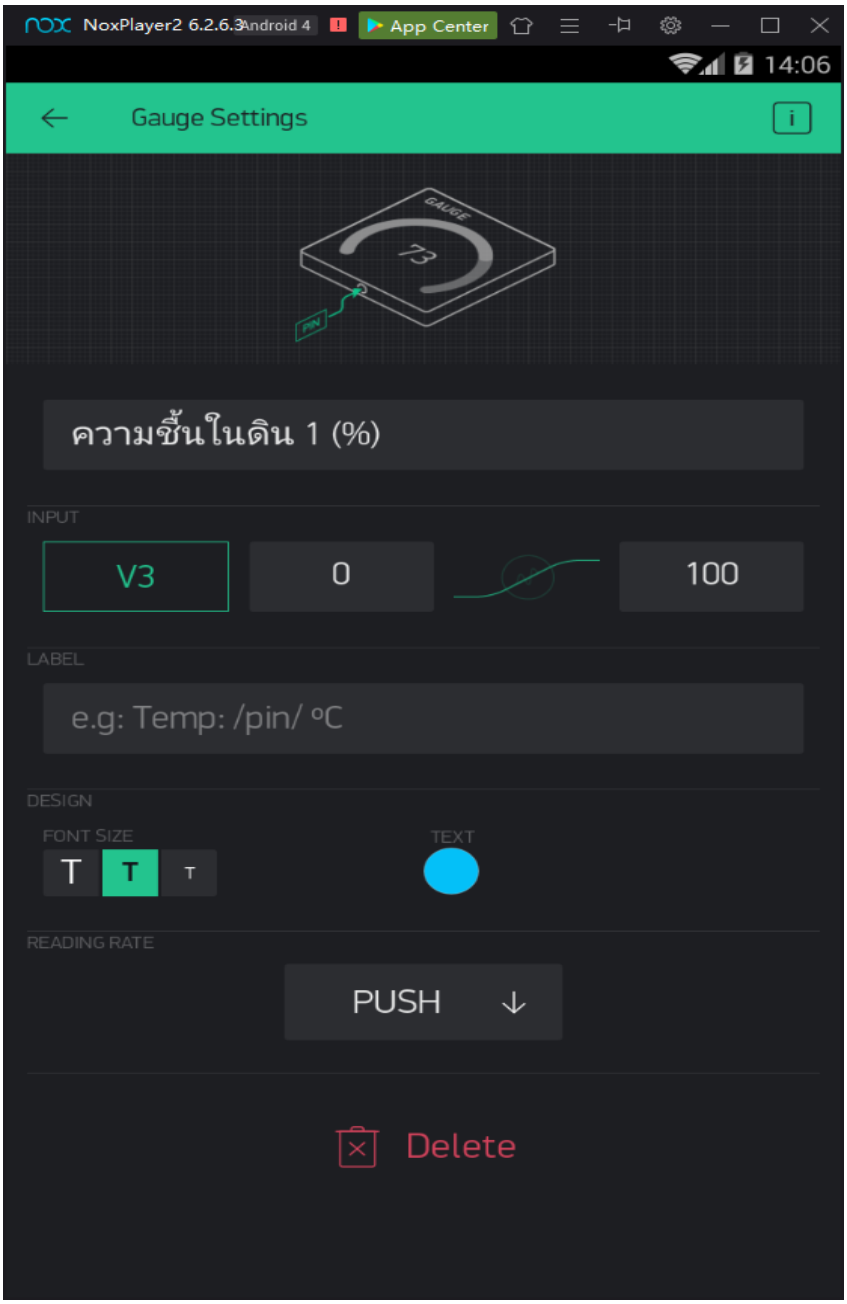
รูปที่ 4-6 รูปหน้าจอการกรอก อีเมลล์และรหัสผ่าน

4) ผู้ใช้ (เกษตรกร) สามารถเริ่มต้นการใช้งานโดยการสร้างระบบบริหารจักการในหน้าหน้าจอการสร้างโปรเจคใหม่สำหรับสวนมะนาว ดังรูปที่ 4-7

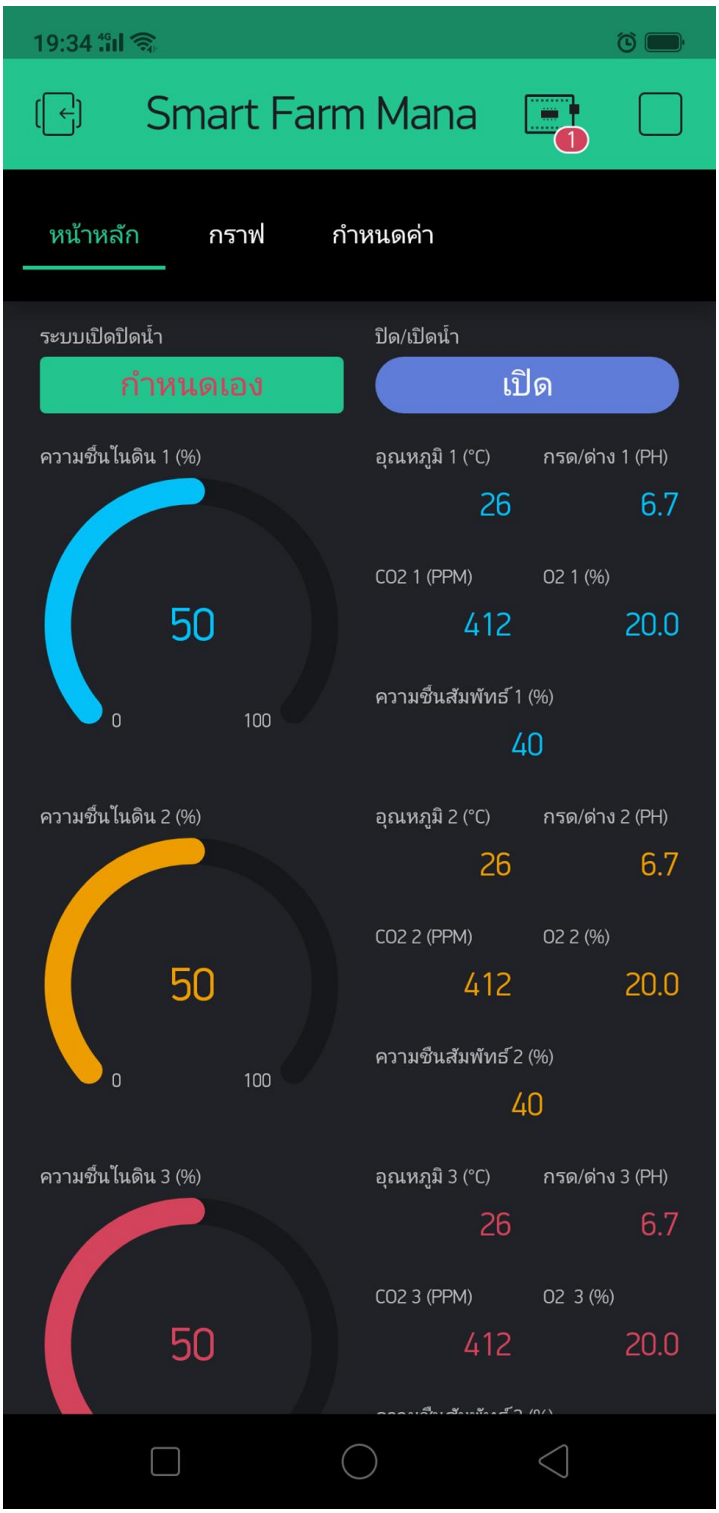


รูปที่ 4-7 รูปหน้าจอการเริ่มสร้างระบบบริการจัดการฟาร์มมะนาว

5) ผู้ใช้ (เกษตรกร) สามารถกำหนดค่าพื้นฐานตามความต้องการที่เหมาะสมของมะนาวบนหน้าจอการกำหนดการความคุมและแสดงผลข้อมูลจากอุปกรณ์ Arduino ผ่านรหัสพินต่าง ๆ ดังรูปที่ 4-8



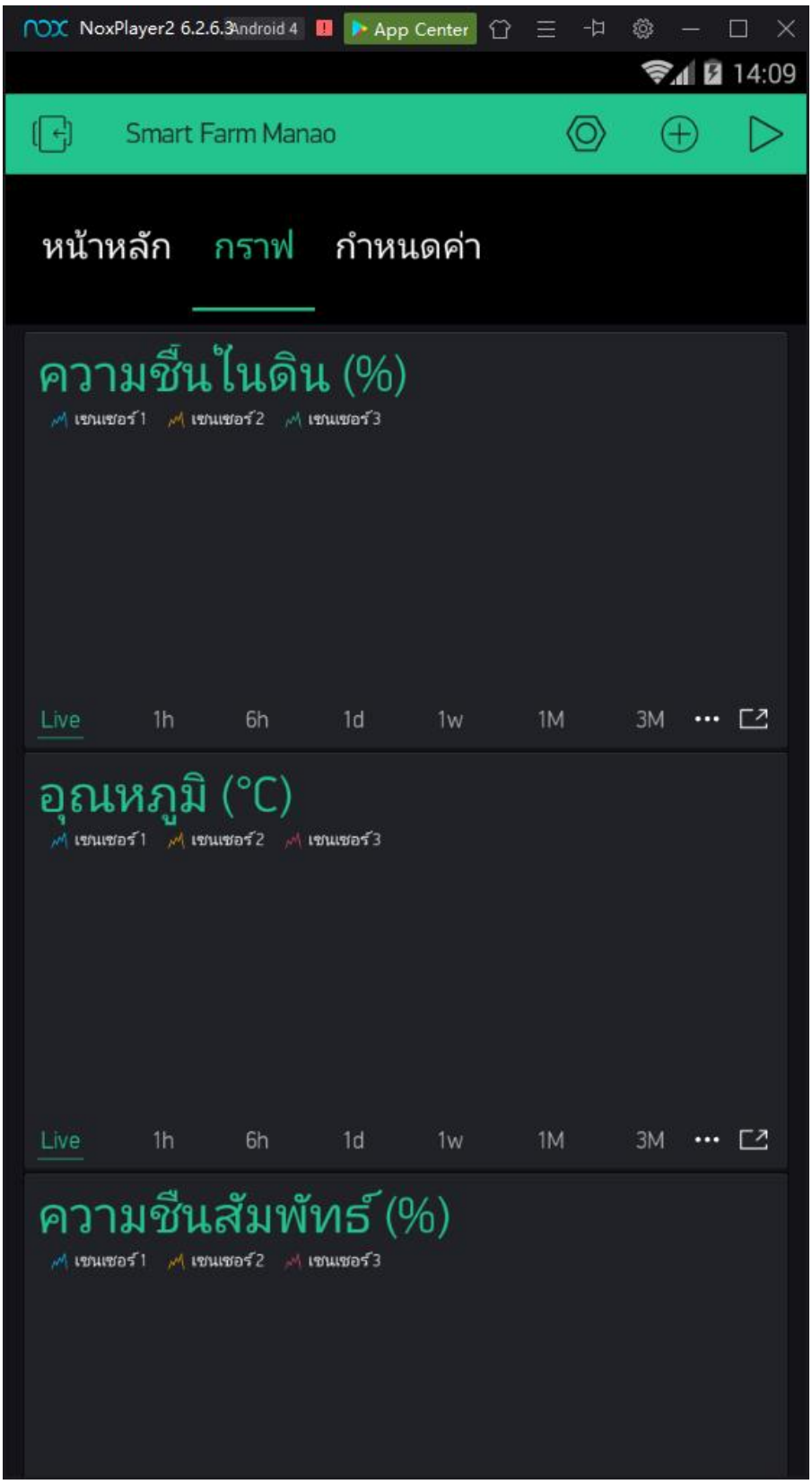
รูปที่ 4-8 หน้าจอการกำหนดการความคุมและแสดงผลข้อมูลจากอุปกรณ์ Arduino ผ่านรหัสพินต่าง ๆ



รูปที่ 4-9 แสดงรูปหน้าจอหลักของแอพพลิเคชั่น

6) ผู้ใช้ (เกษตรกร) สามารถกำหนดการแสดงผลรายงานผลข้อมูลของตัวแปรต่าง ๆ ในรูปแบบกราฟ จากหน้าจอในรูปที่ 4-10

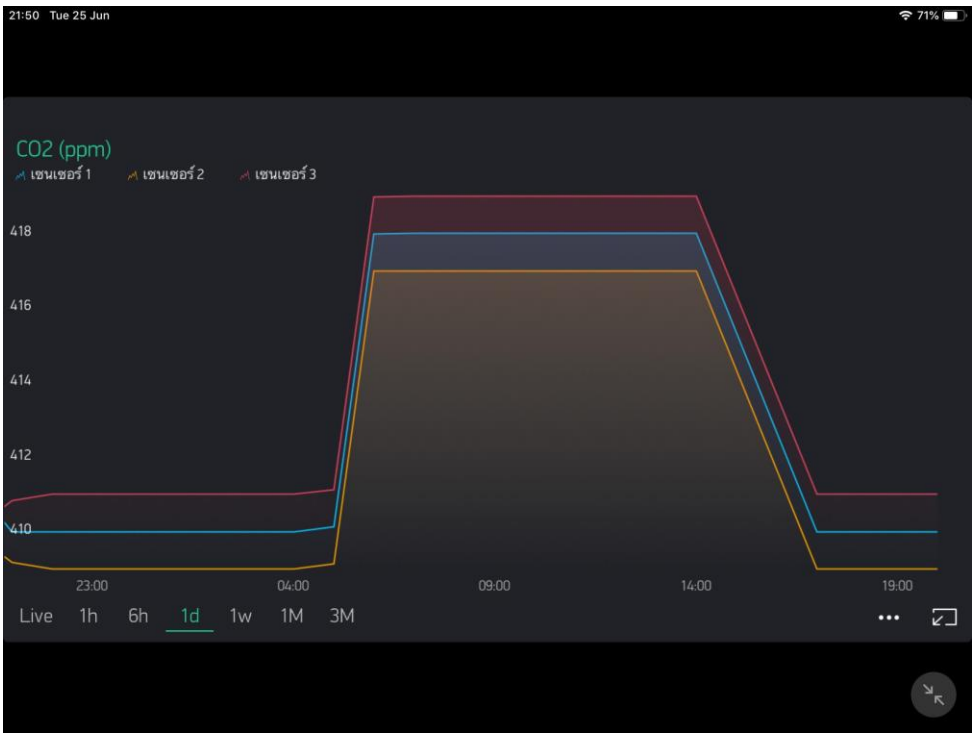
รูปที่ 4-10 แสดงรูปหน้าจอการสั่งการแสดงผลข้อในรูปแบบกราฟของตัวแปรต่าง ๆ



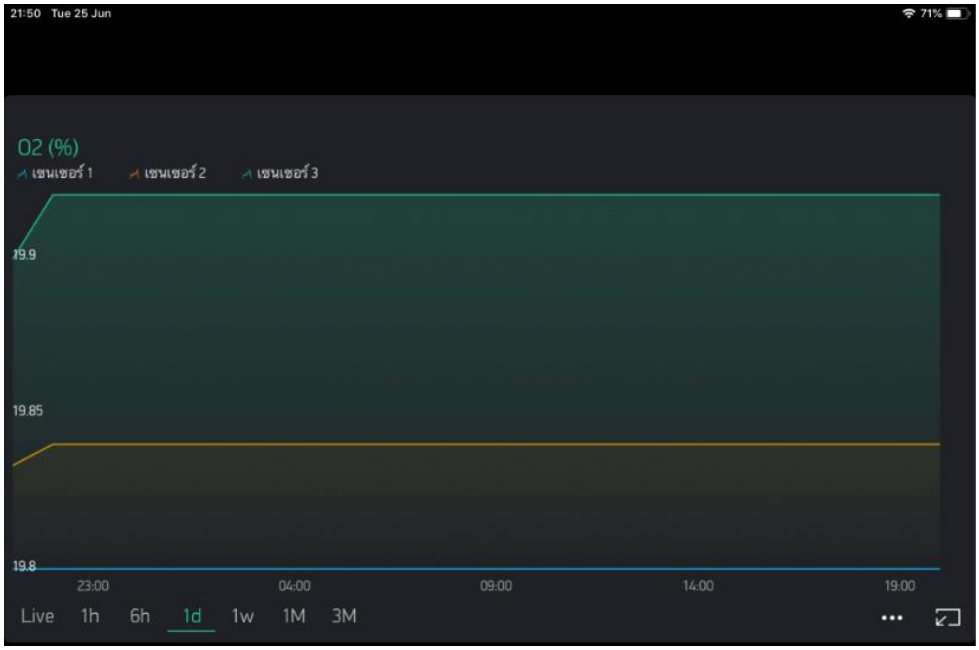
รูปที่ 4-11 แสดงรูปหน้าจอการแสดงผล

รูปที่ 4-12 แสดงรูปหน้าจอการแสดงผลการเก็บข้อมูลค่าอุณหภูมิ

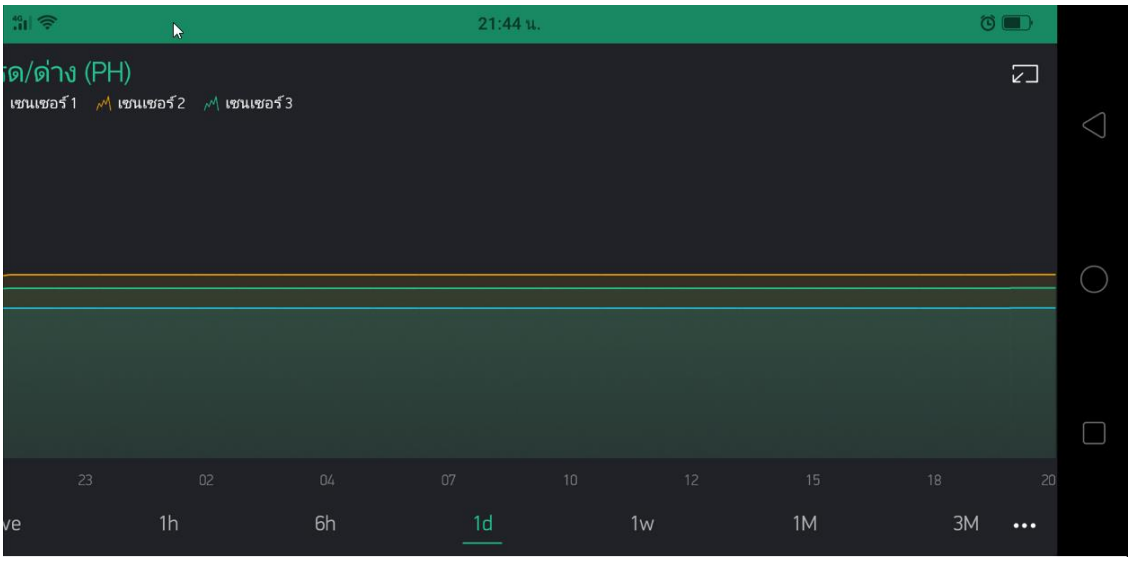
รูปที่ 4-13 แสดงรูปหน้าจอการแสดงผลการเก็บข้อมูลค่าความชื้นในดิน



รูปที่ 4-14 แสดงรูปหน้าจอการแสดงผลการเก็บข้อมูลค่า CO_2

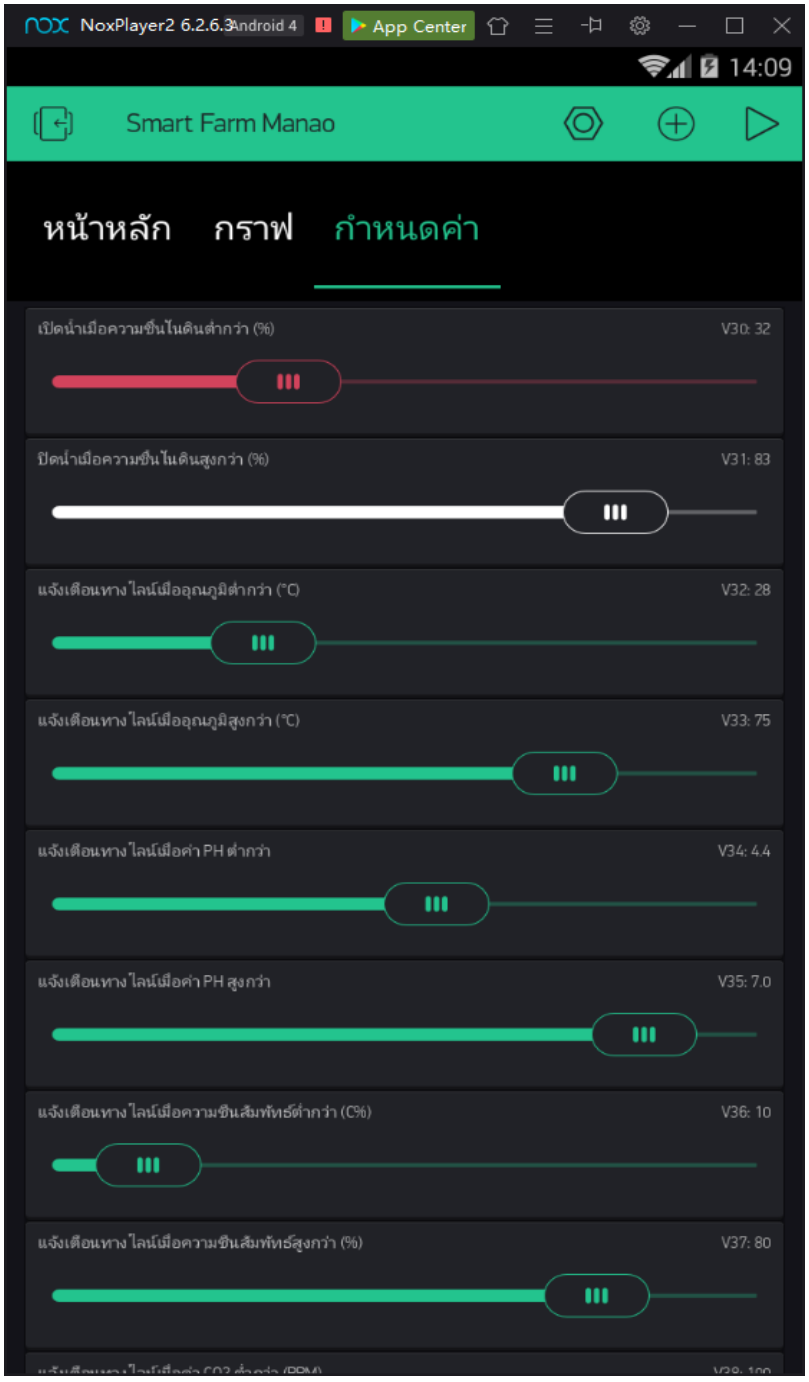


รูปที่ 4-15 แสดงรูปหน้าจอการแสดงผลการเก็บข้อมูลค่า O_2

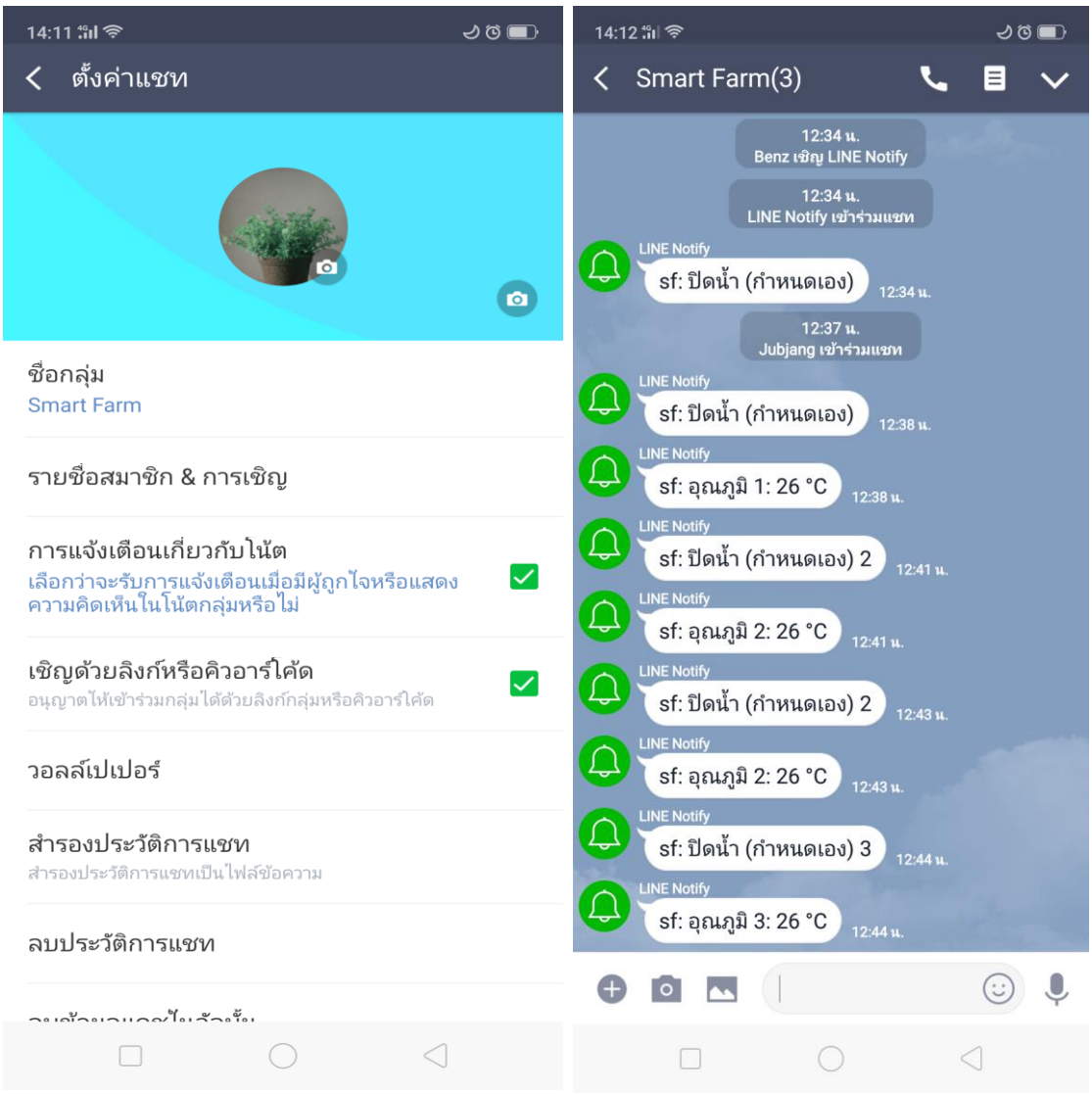


รูปที่ 4-16 แสดงรูปหน้าจอการแสดงผลการเก็บข้อมูลค่า Ph

7) ผู้ใช้ (เกษตรกร) สามารถกำหนดการเปิด/ ปิด น้ำอัตโนมัติ หรือ การตั้งค่าการรับข้อมูลการเตือนจากระบบจาหน้าจอการกำหนดตัวแปรต่างๆ ได้จากก การส่งข้อมูลผ่านไลน์ ดังรูป



รูปที่ 4-17 แสดงรูปหน้าจอการกำหนดค่าตัวแปรต่าง ๆ ในการเปิด/ ปิดน้ำ การส่งข้อความเตือนทางไลน์



รูปที่ 4-18 แสดงรูปหน้าจอตัวอย่างกลุ่มไลน์สำหรับรับการแจ้งเตือนแบบอัตโนมัติ

4.2 ผลการทดสอบการพัฒนาแอพพลิเคชั่นการบริหารจัดการฟาร์มมะนาว

ผลปรากฏว่า ผู้เชี่ยวชาญทั้ง 3 คน (รายชื่อ หน้า 54) มีความคิดเห็นว่าแอพพลิเคชั่นการบริหารจัดการฟาร์มมะนาว มีความเหมาะสมทั้ง 5 ด้าน ดังนี้

1) ด้านการตรงตามความต้องการของผู้ใช้ (Functional Requirement)
2) ด้านการทำงานของโปรแกรม (Functional)
3) ด้านการใช้งานโปรแกรม (Usability)
4) ด้านการรักษาความปลอดภัย (Security)
5) ด้านความชัดเจนของคู่มือการใช้โปรแกรม (Program Manual)

เมื่อคำนวณดัชนีความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาของผลที่ได้จากความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญจากแบบประเมินคุณภาพของแอพพลิเคชั่นการบริหารจัดการฟาร์มมะนาว โดยภาพรวมมีดัชนีความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาทั้งฉบับ (CVI) เท่ากับ 0.96 ซึ่งมีความเหมาะสม ดัชนีความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาของเครื่องมือที่ยอมรับได้ คือ 0.80 ขึ้นไป (Polit & Beck, 2007)

ดังตารางที่ 4-1 ภาพรวมมีดัชนีความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาทั้งฉบับ (CVI)

ด้าน/ รายการ ที่ประเมิน	ระดับความคิดเห็นผู้เชี่ยวชาญ (คนที่)			I-CVI	การแปลผล
	1	2	3		
ด้านการตรงตามความต้องการของผู้ใช้ (Functional Requirement)					
1. ความสามารถของโปรแกรมในด้านการจัดการข้อมูลในส่วน "หน้าหลัก"	4	4	3	1	เหมาะสม
2. ความสามารถของโปรแกรมในด้านการจัดการข้อมูลในส่วน "การกำหนดค่า"	3	4	3	1	เหมาะสม
3. ความสามารถของโปรแกรมในด้านการจัดการข้อมูลในส่วน "แสดงผล"	3	4	3	1	เหมาะสม
4. ความสามารถของโปรแกรมในด้านการจัดการข้อมูลในส่วน "ระบบรายงาน"	4	4	3	1	เหมาะสม
5. ความสามารถของโปรแกรมในด้านการจัดการข้อมูลในส่วน "ออกจากระบบ"	4	4	4	1	เหมาะสม

ตารางที่ 4-1 (ต่อ)

ด้าน/ รายการ ที่ประเมิน	ระดับความคิดเห็นผู้เชี่ยวชาญ (คนที่)			I-CVI	การแปลผล
	1	2	3		
ด้านการทำงานของโปรแกรม (Functional)					
1. ความถูกต้องในการจัดข้อมูลนำเข้า	3	4	3	1	เหมาะสม
2. ความถูกต้องในการค้นหาข้อมูล	4	4	3	1	เหมาะสม
3. ความถูกต้องในการลบข้อมูล	4	4	4	1	เหมาะสม
4. ความถูกต้องในการปรับปรุงแก้ไขข้อมูล	4	4	3	1	เหมาะสม
5. ความถูกต้องของผลลัพธ์ที่ได้จากการประมวลผลโปรแกรม	4	4	3	1	เหมาะสม
6. ความถูกต้องของผลลัพธ์ในรูปแบบการออกรายงาน	3	4	4	1	เหมาะสม
7. ความป้องกันข้อผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้น	3	3	3	1	เหมาะสม
8. คำศัพท์ที่ใช้ ผู้ใช้มีความคุ้นเคยและเข้าใจได้โดยง่าย	3	3	2	0.67	ปรับปรุง
ด้านการรักษาความปลอดภัย (Security)					
1. การกำหนดรหัสกลุ่ม รหัสผ่าน และรหัสผ่านพิเศษในการตรวจสอบผู้เข้าใช้โปรแกรม	3	4	3	1	เหมาะสม
2. การตรวจสอบสิทธิ์ก่อนการใช้งานของผู้ใช้โปรแกรม	3	4	3	1	เหมาะสม
3. การควบคุมการใช้งานตามสิทธิ์ผู้ใช้ได้อย่างถูกต้อง	3	4	3	1	เหมาะสม
ด้านความชัดเจนของคู่มือการใช้โปรแกรม (Program Manual)					
1. มีการกล่าวถึงความเป็นมาของการพัฒนาโปรแกรมอย่างชัดเจนในคู่มือ	4	4	3	1	เหมาะสม
2. คู่มือการใช้โปรแกรมแสดงวิธีการใช้งานอย่างมีลำดับขั้นตอน	3	4	3	1	เหมาะสม
3. ภาษาที่ใช้งานในคู่มือการใช้โปรแกรมเข้าใจง่าย	4	4	3	1	เหมาะสม
4. คู่มือมีการใช้ภาพประกอบการอธิบายกระบวนการต่าง ๆ อย่างชัดเจน	3	4	3	1	เหมาะสม
5. หลังอ่านคู่มือแล้วผู้ใช้มีความมั่นใจว่าสามารถใช้โปรแกรมได้	4	4	3	1	เหมาะสม

$$CVI = \frac{\text{จำนวนคำถามที่ผู้เชี่ยวชาญทุกคนให้ความเห็นระดับ 3 และ 4}}{\text{จำนวนคำถามทั้งหมด}}$$

$= 27/ 28$

$= 0.96$

บทที่ 5
สรุปและอภิปรายผล

การวิจัยพัฒนานวัตกรรมการเกษตรอัจฉริยะด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งสำหรับฟาร์มมะนาว จังหวัดเพชรบุรีสรุปผลได้ ดังนี้

5.1 สรุปผลการวิจัย

แนวทางการพัฒนาภาคเกษตรอย่างยั่งยืนคือการแก้ไขปัญหาที่ต้นเหตุ โดยยกระดับประสิทธิภาพการผลิตหรือเพิ่มผลิตภาพ (Productivity) จากการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีผ่านวิธีการพัฒนาซึ่งมุ่งเน้นไปที่ตัวเกษตรกร ทาให้เกษตรกรสามารถนาความรู้ทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีด้านการเกษตรมาใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพและสอดคล้องกับความต้องการของแต่ละพื้นที่ โดยเฉพาะการช่วยให้เกษตรกรเข้าถึงเทคโนโลยีสารสนเทศ โดยเฉพาะเทคโนโลยีการผลิตและระบบบริหารจัดการ ดังนั้นการพัฒนานวัตกรรมการเกษตรอัจฉริยะด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งสำหรับฟาร์มมะนาว จังหวัดเพชรบุรี สามารถช่วยเหลือเกษตรกรเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตมะนาวได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น โดยมีการดำเนินการวิจัยดังนี้

5.1.1 พัฒนาระบบเซ็นเซอร์เก็บข้อมูลฟาร์มมะนาวด้วยเทคโนโลยีสรรพสิ่ง (IoT)

อุปกรณ์เซ็นเซอร์ที่ใช้วัดค่าต่างๆในสิ่งแวดล้อม โดยในโครงงานนี้จะทำการวัดค่าที่เกี่ยวข้องกับการเกษตรในสวนมะนาวออกมาทั้งหมด 6 ค่า ดังนี้

1. Temperature (อุณหภูมิในดิน) 2. Moisture.(ความชื้นสัมพันธ์)
3. Humidity (ค่าความชื้นในดิน) 4. ค่า Ph
5. ค่า O_2 6. ค่า CO_2

5.1.2 การออกแบบซอฟต์แวร์ของระบบเครือข่ายไร้สาย

ได้ระบบแอพพลิเคชั่นในการควบคุมบริหารจัดการฟาร์มมะนาวผ่านระบบโทรศัพท์มือถือ

5.1.3 ผลการประเมินประสิทธิภาพของระบบแอพพลิเคชั่นการบริหารจัดการฟาร์มมะนาว

พบว่า ผู้เชี่ยวชาญทั้ง 3 คน มีความคิดเห็นว่าแอพพลิเคชั่นการบริหารจัดการฟาร์มมะนาวมีความเหมาะสมทั้ง 5 ด้าน

1) ด้านการตรงตามความต้องการของผู้ใช้ (Functional Requirement)
2) ด้านการทำงานของโปรแกรม (Functional)
3) ด้านการใช้งานโปรแกรม (Usability)
4) ด้านการรักษาความปลอดภัย (Security)
5) ด้านความชัดเจนของคู่มือการใช้โปรแกรม (Program Manual)

เมื่อคำนวณดัชนีความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาของผลที่ได้จากความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญจากแบบประเมินคุณภาพของแอพพลิเคชั่นการบริหารจัดการฟาร์มมะนาว โดยภาพรวมมีดัชนีความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาทั้งฉบับ (CVI) เท่ากับ 0.96

5.2 ข้อเสนอแนะจากการวิจัย

5.2.1 ข้อเสนอแนะทั่วไป

1) การออกแบบอุปกรณ์ติดตั้งเซ็นเซอร์ควรมีการใช้วัสดุที่มีความทนทานของแสงแดดและอุณหภูมิ

2) กล่องเซ็นเซอร์ต้องมีการออกแบบและติดตั้งให้หนาแน่นและมิดชิดเพื่อป้องกันแมลงเข้าไปกัดสายแผงวงจรหรือการทำรังของแมลงต่างๆซึ่งอาจจะทำให้มีผลการส่งข้อมูลของระบบเซ็นเซอร์

3) ควรมีโปรแกรมการนำอุปกรณ์ระบบเซ็นเซอร์มาทำควรสะอาดเพื่อจะทำให้อุปกรณ์มีอายุการใช้งานที่มากขึ้น

5.2.2 ข้อเสนอแนะในการทำการวิจัยครั้งต่อไป

1) ควรมีการเพิ่มจุดเซ็นเซอร์เก็บข้อมูลเพื่อสามารถเพิ่มคะละเอียดของข้อมูลฟาร์ม

2) ขยายติดตามผลการทดลองให้เป็นค่าเฉลี่ยรายปี เพื่อจัดเก็บข้อมูลให้ละเอียดมากขึ้น

บรรณานุกรม

กรมวิชาการเกษตร, (2559). เทคนิคการผลิตมะนาวนอกฤดู ในวงบ่อซีเมนต์. http://www.doa.go.th/pibai/pibai/n11/v_11-aug/kayaipon.html เข้าถึง 24 ตุลาคม 2559

ฐิตินนท์ คชนิล, (2551). ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการยอมรับเทคโนโลยีการปลูกยางพาราของเกษตรกรในจังหวัดอุตรดิตถ์. ฐานข้อมูลวิทยานิพนธ์อิเล็กทรอนิกส์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. http://library.cmu.ac.th/digital_collection/etheses/index.php. เข้าถึง 24 ตุลาคม 2559

ธนาพัฒน์ เที่ยงภักดิ์, ภูษิต บุญทองเถิง, และประสพสุข ฤทธิเดช. (2559). การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการปลูกมะนาว โดยใช้เทคนิคกระบวนการปฏิบัติ ของกลุ่มเกษตรกรตำบลท่าสองคอน อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม. วารสารวิชาการการจัดการเทคโนโลยีสารสนเทศและนวัตกรรม คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม. *3(2).* 24-32.

ธีระชัย หนำเนียม. (2559). การออกแบบประยุกต์สวนอัจฉริยะบนระบบไอโอที. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร.

ทวีศักดิ์ เรืองยศ, (2553).เทคโนโลยีชาวบ้าน [Online]. สืบค้นจาก: URL: http://info.matichon.co.th/techno/techno.php?srctag=05018011253&srcday=2010-12-01&search=no เข้าถึง 11 ตุลาคม 2559.

บวร เทศารินทร์, (2558). ประเทศไทย 4.0 โมเดลเศรษฐกิจใหม่ [Online]. สืบค้นจาก: URL: http://www.drborworn.com/articledetail.asp?id=16223. เข้าถึง 15 ตุลาคม 2559.

เมธีนัทธ์ คาเพราะ, (2557). การพัฒนาระบบติดตามและแจ้งเตือนสาหรับบ้านอัจฉริยะโดยใช้เทคโนโลยีอินเตอร์เน็ตในทุกสิ่ง. สืบค้นจาก : URL : http://iotsmarthome.azurewebsites.net/pdf/บทที่1.pdf. เข้าถึง 29 กันยายน 2559.

วรากรณ์ สามโกเศศ, (2558). Internet of Things. [Online]. สืบค้นจาก: URL: https://www.ega.or.th/th/content/890/882/ เข้าถึง 11 ตุลาคม 2559.

วีรศักดิ์ ฟองเงิน, สุรพงษ์ เพ็ชร์หาญ, และรัฐสิทธิ์ ยะจ่อ. (2561). การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีไอโอทีควบคุมฟาร์มอัจฉริยะในโรงเรือนเพาะเห็ดนางฟ้า. วารสารวิชาการการจัดการเทคโนโลยีสารสนเทศและนวัตกรรม คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม. *5(1)*. 172-182.

วชิรพรรณ ทองวิจิตร ,2558. Internet of Things. [Online]. สืบค้นจาก: URL: https://www.ega.or.th/th/content/890/882/ เข้าถึง 11 ตุลาคม 2559.

วิทวัส เมธาภควัตพันธุ์ , 2559 RFID คืออะไร. สืบค้นจาก : URL :

www.ee.eng.cmu.ac.th/~tharadol/teach/ee442/442_50/442_50rp/4706322.doc เข้าถึง 21 ตุลาคม 2559.

สมนึก จิระศิริโสภณ, 2559. Internet of Things (IoT). สืบค้นจาก : URL : http://ict.rid.go.th/_data/researchProject/ โครงการศึกษาIoT.pdf เข้าถึง 28 กันยายน 2559.

สุชา สุพิทยภรณ์พงศ์ , 2009.เครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย (Wireless Sensor Network)**.** สืบค้นจาก : URL : http://www.thaitelecomkm.org TTE/topic/attach/ Wireless_Sensor_Network/index.php เข้าถึง 24 ตุลาคม 2559

สุวิทย์ ภูมิฤทธิกุล และ ปานวิทย์ ธุวะนุติ, 2559. Internet of Thing เพื่อการเฝ้าระวังและเตือนภัยต่อสุขภาพของมนุษย์. Pathumwan Academic Journal, Vol. 6, No. 15, January - April 2016: 61 – 72.

สำนักงานกิจการการเกษตร OFFICE OF AGRICULTURAL, 2559.สถิติการเกษตรของประเทศไทย ปี 2558 สืบค้นจาก : URL : http://www.oae.go.th/download/download_journal/2559/yearbook58.pdf เข้าถึง 24 ตุลาคม2559.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, (2557). การศึกษาศักยภาพการดำเนินงานของสมาร์ทสวนเมอร์ข้าวที่ส่งผลต่อความสามารถในการแข่งขันเพื่อก้าวเข้าสู่ประชาคมเศรษฐกิจอาเซียน สืบค้นจาก : URL: http://www.oae.go.th/zone4.เข้าถึง 24 ตุลาคม 2559.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, (2557). การศึกษาการใช้เทคโนโลยีเครื่องจักรกลการเกษตร กรณีศึกษา: รถตัดอ้อยโรงงาน สืบค้นจาก : URL: http://www.oae.go.th/zone4.เข้าถึง 24 ตุลาคม 2559.

สำนักวิชาการ สำนักงานเลขาธิการสภาผู้แทนราษฎร. (2559). สมาร์ทฟาร์ม (Smart Farm) การทำการเกษตรที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม. สืบค้นจาก : URL : ps://library2.parliament.go.th/ebook/content-issue/2559/hi2559-093.pdf. เข้าถึง 24 พฤษภาคม 2562.

Chuanying Zhai , 2016., Delay-aware and reliability-aware contention-free MF–TDMA protocol for automated RFID monitoring in industrial IoT, Journal of Industrial Information Integration, Volume 30, Issue 4, October 2016,

Kriti Bhargava Stepan Ivanov William Donnelly, 2016. Internet of Nano Things for Dairy Farming. Proceedings of the Second Annual International Conference on Nano scale Computing and Communication. ACM.

Luca Catarinucci, Danilo de Donno, Luca Mainetti, Luca Palano, Luigi Patrono, Maria Laura Stefanizzi, and Luciano Tarricone, 2015 , An IoT-Aware Architecture for Smart Healthcare Systems, IEEE INTERNET OF THINGS JOURNAL, VOL. 2, NO. 6, DECEMBER 2015.

Matthew Forshaw, Nigel Thomas A. Stephen McGough. 2016. The Case for Energy-

AwareSimulation and Modelling of Internet of Things (IoT) Proceedings of the 2nd International Workshop on Energy-Aware Simulation. ACM.

Meilin Wang, Ray Y. Zhong, Qingyun Dai, George Q. Huang, A MPN-based scheduling , 2016,Model for IoT-enabled hybrid flow shop manufacturing, Advanced Engineering Informatics, Volume 30, Issue 4, October 2016.

Polit, D. F., Beck, C. T., & Owen, S. V. (2007). Focus on research methods: Is the CVI an acceptable indicator of content validity? appraisal and recommendations.

TechTalkThai, 2016. วิเคราะห์ องค์กรไทยควรมอง Internet of Things ในการลงทุนเพื่อการเติบโตของธุรกิจอย่างไรบ้าง. สืบค้นจาก : URL: https://www.techtalkthai.com/thai-enterprise-on-internet-of-things-technology-for-Business-strategies/

Yichao Jin, Sedat Gormus, Parag Kulkarni, Mahesh Sooriyabandara, 2016, A MPN-based scheduling ,2016, Model for IoT-enabled hybrid flow shop manufacturing, Computer Communications, Volumes 89–90, September 2016.