**บทที่ 2**

**ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง**

ในการจัดทำโครงงานโรงเพาะเห็ดอัจฉริยะโดยใช้เทคโนโลยีการสื่อสารไร้สายระยะไกลผู้จัดทำโครงงานได้ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อใช้ในการดำเนินโครงงานให้เป็นไปตามวัตถุประสงค์และขอบเขตของโครงงาน

**2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง**

**2.1.1 เห็ดนางฟ้าและเห็ดนางฟ้าภูฐาน [6]**

เห็ดนางฟ้า (Phoenix Oyster Mushroom) มีชื่อสามัญคือ Sajor-caju ชื่อวิทยาศาสตร์ Pleurotus sajor-caju (Fr.) Sing มีวงจรชีวิตแบบผสม (Heterothallic) ลักษณะสัณฐานของเห็ด นางฟ้าจะประกอบไปด้วยส่วนของหมวกดอก (Cap) ก้านดอก (Stalk) ครีบดอก (Gills) และเส้นใย (Mycelium) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 3-6 cm มีก้านดอกไม่สมดุล (Eccentric) ออกดอกเป็นดอกเดียวหรือเป็นกลุ่ม สปอร์ของเห็ดมีขนาดประมาณ 3.5x8.6 μm2 เป็นเห็ดที่มี 23 คุณค่าทางอาหาร มีโปรตีนและคาร์โบไฮเดรตสูง ไขมันต่ า อุดมไปด้วยธาตุอาหารต่าง ๆ และ กรดอะมิโนที่จ าเป็นต่อร่างกาย มีรสชาติดี มีความกรอบ และเก็บไว้ได้นาน

เห็ดนางฟ้าภูฐาน (Bhutan Oyster Mushroom) เป็นเห็ดตระกูลเดียวกับเห็ดนางฟ้า ซึ่งพบที่ประเทศภูฐาน จัดเป็นเห็ดในกลุ่มกินอยู่กับอินทรียวัตถุ (Saprophytes) คือเป็นเห็ดที่กิน ซากพืช หรือย่อยสลายซากพืช เช่น กินต้นไม้ที่ตายแล้ว ฟาง หญ้าแห้ง ขี้เลื่อย เศษพืชต่าง ๆ ใบไม้ จะถูกเห็ดราย่อยสลายให้ผุกร่อนลดรูปกลายเป็นสารอินทรีย์ปนไปกับดิน เจริญเติบโตได้เร็วมากในบริเวณที่อากาศชื้นและเย็น ดอกเห็ดมี สีขาวจนถึงสีน้ำตาลอ่อน หมวกดอกเนื้อแน่นสีคล้ำ ก้านดอกสีขาว ขนาดยาวไม่มีวงแหวน ล้อมรอบ ครีบดอกสีขาวอยู่ชิดติดกันมากกว่าครีบดอกเห็ดเป๋าฮื้อ เส้นใยค่อนข้างละเอียด และสิ่งที่ เด่นกว่าเห็ดชนิดอื่นคือการออกดอกเห็ดเร็ว ระยะช่วงห่างของการออกดอกสั้น มีความสามารถในการใช้อาหารสูง ถ้าใส่อาหารมากผลผลิตก็มาก มีความต้านทานราสีเขียวและราสีดำสูง สามารถเพาะได้ตลอดปี เห็ดนางฟ้าภูฐานจึงเป็นผลิตผลทางเกษตรกรรมที่มีความสำคัญ ให้ผลผลิตสูงประมาณ 300-350 กรัมต่อถุงก้อนเชื้อ 1 กิโลกรัม เป็นที่นิยมในการผลิต จำหน่าย และบริโภค อีกทั้งอุดมไปด้วยคุณประโยชน์ในด้านโภชนาการ

|  |
| --- |
| **รูปที่ 2.1** แสดงภาพเห็ดนางฟ้าภูฐานที่เจริญเติบโตจากถุงเชื้อ |

**2.1.1.1 วงจรชีวิตของเห็ดนางฟ้า**

เห็ดนางฟ้ามีวงจรชีวิตแบบผสม (Heterothallic) เห็ดที่เจริญเติบโตเต็มที่จะมีการสร้าง สปอร์ที่บริเวณครีบดอก เมื่อสปอร์แก่ก็จะถูกปล่อยออกมา เมื่อไปตกบริเวณที่เหมาะสมจะเจริญ ไปเป็นเส้นใยขั้นแรก (Primary Mycelium) แต่ไม่สามารถพัฒนาตนเองไปเป็นเส้นใยขั้นที่ 2 (Secondary Mycelium) ต้องอาศัยการผสมกับเส้นใยระยะที่ 1 เส้นอื่นซึ่งเจริญมาจากสปอร์อื่น แล้วจึงจะพัฒนาไปเป็นเส้นใยระยะที่ 2 ได้ จากนั้นก็จะเจริญรวมเป็นกลุ่มก้อน ดอกเห็ดอ่อนที่มี ลักษณะเป็นก้อนกลมคล้ายสำลีจะค่อย ๆ ขยายโตขึ้น เนื้อเยื่อภายในเห็ดอ่อนที่มีแต่เส้นใยอัด แน่นเป็นก้อน จะพัฒนาอย่างช้า ๆ เจริญออกเป็นอวัยวะต่าง ๆ เมื่อดอกโตเต็มที่ก็จะสร้างสปอร์ แล้วบานออกเพื่อกระจายสปอร์ต่อไป

|  |
| --- |
| **รูปที่ 2.2** แสดงภาพวงจรชีวิตของเห็ดนางฟ้า |

**2.1.1.2 สภาพแวดล้อมที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของเห็ดนางฟ้า**

1. อุณหภูมิ ในช่วงที่เป็นเส้นใยจนกระทั่งเป็นดอก อุณหภูมิที่เหมาะสมคือ 21-30 °C ดอกเห็ดจะออกเร็วมาก หากอุณหภูมิต่ำกว่า 15 °C หรือสูงกว่า 35 °C เห็ดจะไม่ออกดอก หรือถ้า ออกดอกแล้วก็จะชะงักการเจริญเติบโต และถ้าหนาวเกินไปจะมีสีซีดด้วย

2. อากาศ เห็ดต้องการออกซิเจนค่อนข้างมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งเวลาเกิดดอกเห็ด แต่ในโรงเรือนจะมีการสะสมแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์เนื่องจากการหายใจของเห็ด ถ้ามีคาร์บอนไดออกไซด์พอเหมาะจะช่วยกระตุ้นเส้นใยในการสร้างตุ่มเห็ด แต่ถ้ามีมากเกินไป เห็ดนางฟ้าจะมีลำต้นยืดยาวออกไปดอกเห็ดบิดเบี้ยว มีขนาดเล็ก หรือไม่ออกดอก

3. ความชื้น การเพิ่มความชื้นในวัตถุเพาะทำได้โดยการรดน้ำ แต่ต้องระวังไม่ให้มาก เกินไปเพราะจะทำให้อากาศในวัสดุเพาะจะลดลงขาดออกซิเจน เส้นใยชะงักการเจริญเติบโต และอาจทำให้จุลินทรีย์อื่นที่อยู่ด้วยเจริญขึ้นแทนเส้นใยเห็ด แต่ถ้าขาดความชื้นก็จะไม่สามารถ ย่อยสลายอาหาร เส้นใยก็เจริญเติบโตไม่ได้ ส่วนความชื้นในอากาศนั้น ถ้ามีน้อยเกินไปนั้น น้ำในดอกเห็ดจะระเหยออกไป ทำให้ดอกเห็ดชะงักการเจริญ แต่ถ้าความชื้นมากเกินไป จะเกิด เส้นใยฟูขึ้นจากดอกเห็ด ทำให้ฉ่ำน้ำและการเกิดดอกเห็ดจะลดลงมาก

4. แสง มีความจำเป็นในการกระตุ้นให้เส้นใยรวมตัวกันเพื่อให้เกิดดอกเห็ดเร็วขึ้นในระยะเห็ดออกดอก หากมีแสงน้อยเกินไปดอกเห็ดจะไม่สมบูรณ์ แต่เห็ดนางฟ้านั้นต้องการแสง ไม่มาก ขนาดที่เหมาะสมคือ สว่างพอที่จะอ่านหนังสือออก แสงสีน้ำเงินจะกระตุ้นการออกดอก ของเห็ดนางฟ้ามากกว่าสีอื่น

5. ความสะอาด โรงเรือนที่ไม่สะอาดจะเป็นแหล่งสะสมเชื้อโรคที่เป็นผลเสียต่อเห็ด การรักษาความสะอาด ทำได้โดยการไม่ให้โรงเรือนสกปรกรกรุงรังไปด้วยสิ่งที่ไม่เกี่ยวข้องกับ การเพาะเห็ด ไม่ปล่อยให้เศษก้อนเชื้อหกหล่นหมักหมมตามมุมต่าง ๆ มีทางระบายน้ำ

**2.1.1.3 การเพาะเลี้ยงเห็ดนางฟ้านในประเทศไทยและโรงเรือนสำหรับเปิดดอกเห็ด**

เห็ดนางฟ้าจะออกดอกและเป็นดอกสมบูรณ์ได้ดี ในอากาศที่มีความชื้นสูงประมาณ 60-80 % ขึ้นไป จึงจำเป็นต้องเพาะเห็ดในโรงเรือนที่เก็บความชื้นได้ในระดับดังกล่าว โดยทั่วไป หากผลิตเพื่อจำหน่าย จะนิยมสร้างโรงเรือนขนาด 4×6 m2 , 6×6 m2 , 8×16 m2 หรือ 8×20 m2 แล้วแต่ขนาดของพื้นที่และความต้องการของผู้ผลิต และปัจจุบันมีการผลิตเพื่อรับประทานใน ครัวเรือน หรือเป็นงานอดิเรก จะเพาะเพียงจำนวนน้อยและ ไม่มีพื้นที่มาก บ้างก็ใช้ไม้มาต่อเป็นตู้ ขนาดตามความสะดวก ใช้ผ้าพลาสติกปิดโดยรอบ ด้านหนึ่งคลุมให้เปิด-ปิด สามารถรดน้ำ และเก็บเห็ดได้สะดวก ตู้นี้จะต้องวางในมุมอับลมและไม่ถูกแดดส่องโดยตรง นอกจากนี้ ปัจจุบัน ยังนิยมใช้โอ่งดินเผาหรือวงบ่อซีเมนต์ ซึ่งมีคุณสมบัติใกล้เคียงกันในการกักเก็บความชื้น ต้นทุน การผลิตต่ำ สามารถใช้โอ่งดินเผาหรือวงบ่อซีเมนต์ที่แตกชำรุดแล้วมาประยุกต์ได้ มีความสะดวก ในการดูแล รดน้ำ ตลอดจนการเก็บเห็ด โดยนำโอ่งดินเผาหรือวงบ่อซีเมนต์มาวางในแนวนอน สำหรับวงบ่อซีเมนต์จะปิดด้านหนึ่งให้สนิทเหมือนกับก้นโอ่งดินเผา และอีกด้านหนึ่งจะใช้วัสดุคลุม ที่ทึบแสงแต่มีรูระบายอากาศบ้าง เช่น กระสอบป่าน เป็นต้น

|  |
| --- |
| **รูปที่ 2.3** แสดงภาพโรงเรือนเพาะเห็ด |

**2.1.1.4 ลักษณะก้อนเชื้อที่นำมาเพาะ**

ก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าที่เหมาะสำหรับนำมาเปิดดอกให้ความชื้น เพาะให้เป็นดอกนั้น ควรจะมีเส้นใยสีขาวทั่วตลอดทั้งก้อนแล้ว จับตัวเป็นก้อนแข็งดีพอสมควรไม่เหลวเละ ก้อนเชื้อเห็ด ที่มีอายุมากอาจมีสีขาวจัดและอาจมีตุ่มเห็ดสีขาวขึ้นมาบ้างแล้ว เมื่อนำไปเปิดดอกจะได้ดอกเห็ด เร็วในประมาณหนึ่งสัปดาห์ ถ้าหากก้อนเชื้อมีอายุมากเกินไป จะมีน้ำสีเหลืองข้างถุงซึ่งเกิดจาก เส้นใยแตกตัวลงเอง (Autolysis) เมื่อนำไปเปิดดอกจะเกิดดอกเห็ดเร็วมากแต่ผลผลิตรวมต่ำ

การวางถุงก้อนเชื้อในโรงเรือน สามารถทำได้หลายวิธี ดังนี้

1. เปิดจุกสำลีให้ออกดอกเห็ดที่ปากถุง จะวางถุงในแนวนอนกับพื้น โดยวางซ้อนกัน เป็นชั้น พ่นละอองน้ำเป็นฝอยละเอียด เห็ดจะเกิดแล้วโผล่ออกมาทางปากถุงได้เอง เป็นวิธีที่นิยมมากที่สุด สามารถให้ผลผลิตได้หลายรุ่น เมื่อเก็บผลผลิตได้ 2-3 รุ่น ก้อนเชื้อจะยุบตัวลงมา ทำให้ ถุงเชื้อแน่นอยู่ตลอดเวลา เส้นใยเห็ดสามารถส่งอาหารเพื่อทำให้เกิดดอกเห็ดใหม่ได้อีกหลายครั้ง แต่ก้อนเชื้อชั้นล่างๆ มักจะถูกทำลายด้วยราเมือก หรือเน่าเปื่่อยเสียก่อน ดังนั้น จึงไม่ควรวาง ซ้อนกันเกิน 12 ถุง

2. พับปากถุง หลังจากที่แกะคอขวดออกแล้วให้เปิดปากถุงพับลงมา ม้วนปากถุงให้อยู่ในระดับเดียวกับวัสดุเพาะหรือก้อนเชื้อ อาจวางก้อนเชื้อเห็ดได้ทั้งแนวนอนหรือแนวตั้งบนชั้น โดยวางชิด ๆ กัน จะเกิดดอกเห็ดครั้งละหลายดอกแต่ดอกเล็กลงเพราะแย่งอาหารกัน การวาง ก้อนเชื้อเห็ดบนชั้นจะวางได้จำนวนถุงเชื้อน้อย จึงเก็บความชื้นได้น้อย แต่อากาศหมุนเวียนได้ดี จึงต้อง คอยรักษาความชื้นในโรงเรือนไม่ให้แห้งเร็วเกินไป

3. ตัดปากถุง เป็นการเปิดปากถุงโดยใช้มีดโกนปาดปากถุงออกตรงส่วนคอขวด เหลือถุงพลาสติกหุ้มก้อนเชื้อส่วนบนอยู่บางส่วน วิธีนี้จะได้ดอกเห็ดน้อยกว่าการเปิดจุกสำลี แต่จะ ได้มวลเห็ดมากกว่า

4. กรีดข้างถุง เมื่อถอดและจุกสำลีออก รวบปากถุงรัดยางให้แน่น ใช้มีดคม ๆ กรีดข้าง ถุง ให้เป็นแนวยาวประมาณ 5-10 แถว หรือกีดแบบเฉียงเล็กน้อย ยาวประมาณ 6-8 cm หรือกรีด เป็นรอยกากบาทเล็ก ๆ ก็ได้ อาจวางถุงบนชั้นในแนวนอนแล้วกรีดด้านก้นถุงอีกด้านหนึ่ง หรือจะ ไม่วางบนชั้นแต่ใช้เชือกรัดปากถุงให้แน่น แขวนไว้ในแนวตั้งสลับสูงบ้างต่ำาบ้าง ระยะห่างของถุง ประมาณ 5-7 cm วิธีนี้จะเสียเวลาแต่โรงเรือนจะสะอาด โอกาสที่ก้อนเชื้อจะถูกรบกวนจากมดและ ไรน้อยกว่าการวางบนชั้น

5. การเปลือยถุง แกะถุงพลาสติกออกหมดทั้งก้อนแล้ววางเชื้อลงในแบบไม้หรือตะกร้า รดน้ำให้เปียกทั่วทั้งก้อน จะสามารถเกิดดอกเห็ดเร็วและเกิดได้ทุกส่วน แต่ต้องรักษาความชื้น ในโรงเรือนให้สูงมาก เพราะก้อนเชื้อจะสูญเสียความชื้นอย่างรวดเร็ว และดอกเห็ดเล็กเพราะแย่ง อาหารกัน

6. เพาะแบบแขวน ใช้เชือกไนล่อน 4 เส้น ผูกติดกันด้านหัวท้าย ส่วนตรงกลางใส่แผ่น พลาสติกแข็งเจาะรูร้อยเชือกทั้ง 4 เส้น ถ่างห่างออกจากกัน วางก้อนเชื้อซ้อนกันได้หลายถุง แขวนห้อยจากคานด้านบน พื้นเรือนเพาะจึงสะอาด ศัตรูเห็ดมีน้อย

**2.1.1.5 การรดน้ำ**

น้ำเป็นปัจจัยที่ทำให้เกิดการสร้างดอกเห็ด จึงต้องใช้น้ำสะอาด ปราศจากสารเคมีและ สิ่งสกปรก ไม่มีกลิ่น และสารที่เป็นอันตรายต่อเห็ด เช่น เกลือแกง คลอรีน เป็นต้น จึงควรใช้น้ำฝน น้ำบ่อ น้ำบาดาล มีความเป็นกลาง เครื่องมือที่ใช้รดน้ำอาจเป็นระบบพ่นฝอย หรือฝักบัวที่ฝอย ละเอียดมาก ๆ ในช่วงที่เห็ดยังไม่เป็นดอก จำนวนครั้งที่รดน้ำขึ้นอยู่กับความชื้นในอากาศรอบ ๆ ต้องให้มีความชื้นไม่ต่ำกว่า 80 % แต่ต้องระมัดระวังอย่าให้น้ำเข้าไปในก้อนเชื้อเห็ด จะทำให้เชื้อ เห็ดเน่า เมื่อดอกเห็ดอายุ 1-2 วัน สามารถรดนำให้ดอกเห็ดเปียกได้ แต่เมื่อดอกเริ่มบานออก ให้รดน้ำเพียงวันละ 2-4 ครั้ง ขึ้นกับลักษณะการขาดน้ำของเห็ด โดยรดไปตามพื้น เพดาน และ ด้านข้างของก้อนเชื้อ

**2.1.1.6 การเก็บเกี่ยวผลผลิตดอกเห็ด**

หลังจากเปิดดอกให้ความชื้นแล้ว ภายใน 2-3 สัปดาห์ จะเกิดดอกเห็ดเล็ก ๆ ถ้าหาก ดูแลรักษาต่อได้ดี ดอกเห็ดจะโตเต็มที่ภายใน 4-5 วัน ส่วนมากจะเก็บได้ในวันที่ 4 ถ้าปล่อยไว้นาน กว่านั้น ดอกเห็ดจะสร้างสปอร์ออกมาเป็นผงสีขาวละเอียด หลุดร่วงหล่นลงมาด้านล่าง ดอกเห็ด จะเสียคุณภาพ จึงควรสังเกตลักษณะที่เหมาะสม คือ ก้านของดอกเห็ดจะหยุดการเจริญทางความยาว หมวกดอกเริ่มคลี่ออกประมาณครึ่งหนึ่งแล้วเริ่มสร้างสปอร์ ขอบดอกจะหนาและรวมตัวเข้า หากัน เมื่อเจริญเต็มที่แล้วขอบดอกจะคลี่ออกและบางลงกว่าเดิม เป็นระยะที่ควรเก็บเกี่ยวได้ โดย ให้ใช้มือดึงที่โคนออกมาเบา ๆ ไม่ควรใช้มีดตัดเพราะเศษเห็ดที่ติดอยู่กับก้อนเชื้อจะเน่า เกิดเป็น แหล่งสะสมเชื้อโรค โดยทั่วไปแล้ว ก้อนเชื้อเห็ดนางฟ้าสูตรธรรมดาขนาด 1 กิโลกรัม จะให้ผลผลิต ครั้งละ 50-60 กรัม แต่ละก้อนจะให้ผลผลิตประมาณ 4-6 รุ่น แต่ละรุ่นมีช่วงห่างระหว่างการเกิด ดอกประมาณ 10-15 วัน

**2.1.2 อุณหภูมิ (Temperature) [7]**

คือการวัดค่าเฉลี่ยของพลังงานจลน์ของอนุภาคในสสารใด ๆ ซึ่งสอดคล้องกับความร้อนหรือเย็นของสสารนั้น ในอดีตมีแนวคิดเกี่ยวกับอุณหภูมิเกิดขึ้นเป็น 2 แนวทาง คือตามแนวทางของหลักอุณหพลศาสตร์ และตามการอธิบายเชิงจุลภาคทางฟิสิกส์เชิงสถิติ แนวคิดทางอุณหพลศาสตร์นั้น ถูกพัฒนาขึ้นโดยลอร์ดเคลวิน โดยเกี่ยวข้องกับการวัดในเชิงมหภาค ดังนั้นคำจำกัดความอุณหภูมิในเชิงอุณหพลศาสตร์ในเบื้องแรก จึงระบุเกี่ยวกับค่าตัวแปรต่าง ๆ ที่สามารถตรวจวัดได้จากการสังเกต ส่วนแนวทางของฟิสิกส์เชิงสถิติจะให้ความเข้าใจในเชิงลึกยิ่งกว่าอุณหพลศาสตร์ โดยอธิบายถึงการสะสมจำนวนอนุภาคขนาดใหญ่ และตีความพารามิเตอร์ต่าง ๆ ในอุณหพลศาสตร์ (เชิงมหภาค) ในฐานะค่าเฉลี่ยทางสถิติของพารามิเตอร์ของอนุภาคในเชิงจุลภาค

ในการศึกษาฟิสิกส์เชิงสถิติ สามารถตีความคำนิยามอุณหภูมิในอุณหพลศาสตร์ว่า เป็นการวัดพลังงานเฉลี่ยของอนุภาคในแต่ละองศาอิสระในระบบอุณหพลศาสตร์ โดยที่อุณหภูมินั้นสามารถมองเป็นคุณสมบัติเชิงสถิติ ดังนั้นระบบจึงต้องประกอบด้วยปริมาณอนุภาคจำนวนมากเพื่อจะสามารถบ่งบอกค่าอุณหภูมิอันมีความหมายที่นำไปใช้ประโยชน์ได้ ในของแข็ง พลังงานนี้พบในการสั่นไหวของอะตอมของสสารในสภาวะสมดุล ในแก๊สอุดมคติ พลังงานนี้พบในการเคลื่อนไหวไปมาของอนุภาคโมเลกุลของแก๊ส

**2.1.2.1 ความร้อนและอุณหภูมิ**

สสารทั้งหลายประกอบด้วย อะตอมรวมตัวกันเป็นโมเลกุล การเคลื่อนที่ของอะตอม หรือการสั่นของโมเลกุล ทำให้เกิดรูปแบบของพลังงานจลน์ ซึ่งเรียกว่า “ความร้อน” (Heat) เราพิจารณาพลังงานความร้อน (Heat energy) จากพลังงานทั้งหมดที่เกิดขึ้นจากการเคลื่อนที่ของอะตอมหรือโมเลกุลทั้งหมดของสสาร

อุณหภูมิ (Temperature) หมายถึง การวัดค่าเฉลี่ยของพลังงานจลน์ซึ่งเกิดขึ้นจากอะตอมแต่ละตัว หรือแต่ละโมเลกุลของสสาร เมื่อเราใส่พลังงานความร้อนให้กับสสาร อะตอมของมันจะเคลื่อนที่เร็วขึ้น ทำให้อุณหภูมิสูงขึ้น แต่เมื่อเราลดพลังงานความร้อน อะตอมของสสารจะเคลื่อนที่ช้าลง ทำให้อุณหภูมิลดต่ำลง

หากเราต้มน้ำด้วยถ้วยและหม้อบนเตาเดียวกัน จะเห็นได้ว่าน้ำในถ้วยจะมีอุณหภูมิสูงกว่า แต่จะมีพลังงานความร้อนน้อยกว่าในหม้อ เนื่องจากปริมาณความร้อนขึ้นอยู่กับมวลทั้งหมดของสสาร แต่อุณหภูมิเป็นเพียงค่าเฉลี่ยของพลังงานในแต่ละอะตอม ดังนั้นบรรยากาศชั้นบนของโลก (ชั้นเทอร์โมสเฟียร์) จึงมีอุณหภูมิสูง แต่มีพลังงานความร้อนน้อย เนื่องจากมีมวลอากาศอยู่อย่างเบาบาง

**2.1.3 ความชื้น (Humidity) [8]**

ความชื้น (Humidity) หมายถึง ปริมาณไอน้ำที่มีอยู่ในอากาศ เมื่อน้ำได้รับความร้อนจะเปลี่ยนสถานะจากของเหลวกลายเป็นไอลอยขึ้นในอากาศ เรียกว่า การระเหย ซึ่งความร้อนที่ใช้ในการทำให้น้ำระเหยกลายเป็นไอ เรียกว่า ความร้อนแฝง (Latent Heat) เมื่ออากาศเย็นลงไอน้ำจะเริ่มกลั่นตัวเป็นละอองและคายความร้อนแฝงออกมาด้วย กาศจะได้รับไอน้ำมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ ดังนั้นอุณหภูมิจึงเป็นตัวกำหนดปริมาณไอน้ำในอากาศ อากาศที่มีอุณหภูมิสูงจะรับไอน้ำได้มากกว่าอากาศที่มีอุณหภูมิต่ำ ถ้าอากาศไม่สามารถรับไอน้ำได้เรียกว่า ไอน้ำอิ่มตัว (Saturate)

**2.1.3.1 ความชื้นในอากาศ**

ความชื้นในอากาสสามารถแบ่งออกเป็น 4 ประเภท คือ

1. ความชื้นสัมบูรณ์ (Absolute Humidity)เป็นน้ำหนักของไอน้ำที่มีอยู่จริงในปริมาตรของอากาศจำนวนหนึ่งคำนวณได้จากน้ำหนักของไอน้ำต่อหนึ่งหน่วยปริมาตรของอากาศ หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งว่าความชื้นสัมบูรณ์คือความหนาแน่นของไอน้ำในอากาศ หน่วยที่ใช้มักเป็นกรัมต่อลูกบาศก์เมตรความชื้นสัมบูรณ์ไม่นิยมใช้ในทางอุตุนิยมวิทยาเพราะเมื่ออากาศลอยตัวขึ้นหรือจมตัวลงจะทำให้ปริมาตรของอากาศเปลี่ยนแปลงเนื่องจากบริเวณรอบๆ ความกดอากาศจะเปลี่ยนแปลงแม้ว่าไอน้ำที่มีอยู่ในอากาศจะคงที่

2. ความชื้นจำเพาะ (Specific Humidity) คือน้ำหนักหรือความชื้นที่มีอยู่ในอากาศ (Q) เป็นอัตราส่วนระหว่างน้ำหนักไอน้ำ (Mv) ต่อน้ำหนักของอากาศชื้น น้ำหนักของไอน้ำ (Mv) รวมกับน้ำหนักของอากาศ (Ma) มักใช้เป็นกรัมของน้ำต่อ 1 กิโลกรัมของอากาศชื้น ดังสมการ

Q = Mv/(Mv+Ma)

ความชื้นจำเพาะของอากาศจะมีค่าคงที่ เมื่ออากาศขยายตัวหรือหดตัว โดยที่ความชื้นจะไม่เปลี่ยนแปลงแม้ว่าปริมาตรของอากาศจะขยายตัวหรือหดตัวก็ตาม

3. ความชื้นสัมพัทธ์ (Relative Humidity) คืออัตราส่วนระหว่างน้ำหนักของไอน้ำที่มีอยู่จริงที่อุณหภูมิและความกดดันหนึ่งต่อน้ำหนักของไอน้ำอิ่มตัวที่อุณหภูมิและความกดดันนั้น คิดเป็นค่าร้อยละตัวอย่างเช่น อากาศ 1 ลูกบาศก์เมตร เมื่ออุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียสมีไอน้ำอยู่ 9 กรัม และในอุณหภูมินั้นอากาศอิ่มตัวมีไอน้ำอยู่ 30 กรัม ความชื้นสัมพัทธ์เท่ากับ (100\*9)/30 เท่ากับ 30% ความชื้นสัมพัทธ์เป็นวิธีวัดความชื้นในอากาศที่ใช้มากที่สุด การเปลี่ยนแปลงความชื้นสัมพัทธ์จะไม่ทำให้ปริมาณไอน้ำที่มีอยู่ในอากาศเปลี่ยนแปลง แต่อณุหภูมิจะเปลี่ยนแปลง และถ้าอุณหภูมิเปลี่ยนแปลงความชื้นสัมพัทธ์จะเปลี่ยนแปลงด้วย

4. อุณหภูมิจุดน้ำค้าง (Dew Point Temperature) คืออุณหภูมิซึ่งอากาศถูกทำให้เย็นลง (ความกดอากาศคงที่) ถึงอุณหภูมิหนึ่งที่ที่ไอน้ำจุดอิ่มตัวพอดี อุณหภูมิของจุดน้ำค้างจะเป็นเท่าใดก็ได้ขึ้นอยู่กับจำนวนไอน้ำที่มีอยู่จริงในอากาศ ถ้าอากาศมีไอน้ำมากอุณหภูมิของจุดน้ำค้างจะสูง แต่ถ้าไอน้ำมีน้อยอุณหภูมิของจุดน้ำค้างจะต่ำ ถ้าอุณหภูมิของอากาศลดต่ำกว่าจุดน้ำค้างจะมีการกลั่นตัวในรูปของหยดน้ำ เช่น ในฤดูร้อนแก้วน้ำที่ใส่น้ำแข็งตั้งทิ้งไว้ความชื้นของอากาศจะรวมกันเป็นหยดน้ำเกาะอยู่รอบนอกแก้วน้ำ เนื่องจากอุณหภูมิของแก้วน้ำที่ใส่น้ำแข็งจะต่ำกว่าอุณหภูมิจุดน้ำค้างที่อยู่โดยรอบ อุณหภูมิของจุดน้ำค้างจะบอกถึงความไม่สะดวกสบายของมนุษย์ในช่วงที่มีอากาศอุ่นและชื้นได้ดีกว่าความชื้นสัมพัทธ์ ยกเว้นผู้ที่เคยชินกับอากาศร้อนชื้น คนส่วนใหญ่รู้สึกว่าอากาศชื้นไม่สะดวกสบายเมื่ออุณหภูมิจุดน้ำค้างสูงกว่า 17 องศาเซลเซียส ในขนะที่บางคนอาจไม่รู้สึกสบายตัว เมื่ออุณหภูมิจุดน้ำค้างสูงกว่า 20 องศาเซลเซียส

**2.1.3.2 ความชื้นสัมพัทธ์ของประเทศไทยในแต่ละฤดู**

ประเทศไทยตั้งอยู่ในเขตร้อนใกล้เส้นศูนย์สูตร จึงมีอากาศร้อนชื้นปกคลุมเกือบตลอดปี เว้นแต่บริเวณที่ลึกเข้าไปในแผ่นดิน ตั้งแต่ภาคกลางขึ้นไปความชื้นสัมพัทธ์จะลดลงชันเจน ในช่วงฤดูหนาวและฤดูร้อน โดยเฉพาะฤดูร้อนจะเป็นช่วงที่มีความชื้นสัมพัทธ์ลดลงต่ำที่สุดในรอบปี ในบริเวณดังกล่าวมีความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยตลอดปีที่ 72-74 เปอร์เซ็นต์และจะลดลงเหลือ 62-69 เปอร์เซ็นต์ ในช่วงฤดูร้อน ดังแสดงข้อมูลตามตารางที่ 2.1

**ตารางที่ 2.1** แสดงสถิติความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย (%) ของประเทศไทยในช่วงฤดูกาลต่างๆ

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **ภาค** | **ฤดูหนาว** | **ฤดูร้อน** | **ฤดูฝน** | **ตลอดปี** |
| เหนือ | 73 | 62 | 81 | 74 |
| ตะวันออกเฉียงเหนือ | 69 | 65 | 80 | 72 |
| กลาง | 71 | 69 | 79 | 73 |
| ตะวันออก | 71 | 74 | 81 | 76 |
| ใต้ฝังตะวันออก | 81 | 77 | 78 | 79 |
| ใต้ฝังตะวันตก | 77 | 76 | 84 | 80 |

**2.1.4 แสงสว่าง (Light) [9]**

แสงสว่าง เป็นพลังงานรูปหนึ่ง ซึ่งประกอบด้วยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ที่มีความยาวคลื่นประมาณ 380 -780 นาโมเมตร ซึ่งเป็นระยะความยาวคลื่นที่มองเห็นได้ (Visible Light) การเปลี่ยนแปลงของความยาวคลื่นของแสงสว่าง จะทำให้ตารู้สึกเห็นเป็นสีต่างๆ ตามความยาวคลื่นนั้น

สเปกตรัมแม่เหล็กไฟฟ้าและแสงที่เห็นได้

แสงคือรังสีแม่เหล็กไฟฟ้าที่อยู่ในช่วงสเปกตรัมของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่สามารถมองเห็นได้ คือ อยู่ในย่านความถี่ 380 THz (3.8×1014 เฮิรตซ์) ถึง 789 THz (7.5×1014 เฮิรตซ์) จากความสัมพันธ์ระหว่าง ความเร็ว () ความถี่ () และ ความยาวคลื่น () ของแสง

และความเร็วของแสงในสุญญากาศมีค่าคงที่ ดังนั้นเราจึงสามารถแยกแยะแสงโดยใช้ตามความยาวคลื่นได้ โดยแสงที่เรามองเห็นได้ข้างต้นนั้นจะมีความยาวคลื่นอยู่ในช่วง 400 นาโนเมตร (ย่อ 'nm') และ 800 nm (ในสุญญากาศ)

การมองเห็นของมนุษย์นั้นเป็นผลมาจากภาวะอนุภาคของแสงโดยเฉพาะ เกิดจากการที่ก้อนพลังงาน (อนุภาคโฟตอน) แสง ไปกระตุ้น เซลล์รูปแท่งในจอตา (rod cell) และ เซลล์รูปกรวยในจอตา (cone cell) ที่จอตา (retina) ให้ทำการสร้างสัญญาณไฟฟ้าบนเส้นประสาท และส่งผ่านเส้นประสาทตาไปยังสมอง ทำให้เกิดการรับรู้มองเห็น

|  |
| --- |
| **รูปที่ 2.4** แสดงภาพของสเปกตรัมแสงที่มองเห็นได้ |

ความเข้มของแสงสว่างหรือปริมาณการส่องสว่าง (Illuminance) หมายถึง ปริมาณแสงสว่างที่ตกกระทบลงบนหนึ่งหน่วยพื้นที่ที่กำหนด

แหล่งกำเนิดของแสงสว่างมี 2 แหล่ง คือ

1. แสงสว่างจากธรรมชาติ (Natural Lighting) แหล่งกำเนิดของแสงสว่างในธรรมชาติที่สำคัญ คือ ดวงอาทิตย์ การใช้ประโยชน์จากแสงอาทิตย์อย่างเหมาะสม จะเป็นการประหยัดค่าใช้จ่ายได้มาก

2. แสงสว่างจากการประดิษฐ์ (Artificial Lighting) เป็นแหล่งกำเนิดแสงสว่างที่มนุษย์ได้ประดิษฐ์คิดค้นโดยอาศัยธรรมชาติและเทคโนโลยี ได้แก่ หลอดไฟฟ้าชนิดต่างๆ เช่น หลอดไฟฟ้าชนิดไส้หลอด, หลอดฟลูออเรสเซนต์,หลอดเมอคิวรี ,หลอดโซเดียม เป็นต้น

**2.1.5 LoRa (Long Range) [10]**

LoRa มากจากคำว่า Long Range เป็นหนึ่งในเทคโนโลยีด้าน LPWAN (Low-Power Wide-Area Network) เครือข่ายสื่อสารแบบกว้างที่เน้นใช้พลังงานต่ำ เป็นเทคโนโลยีที่ถือว่าเป็นหัวใจสำคัญสำหรับงานทางด้าน IoT (Internet of Things) จุดเด่นของ LPWAN เทคโนโลยีได้แก่ [10]

* Secure — Bidirectional Communication
* Simple Star Network Topology ( ไม่จำเป็นต้องมี network ที่ซับซ้อนเช่น Mesh หรือ Repeater )
* Low data rate
* Low cost
* Long battery life

LoRa เป็นเทคโนโลยีการส่งข้อมูลแบบไร้สายในระยะไกล โดยใช้เทคนิค Proprietary Spread Spectrum technology ซึ่งรูปแบบถูกพัฒนาโดย Semtech Corporation ซึ่งมีย่านความถี่ในแต่ละภูมิภาคที่แตกต่างกันดังตารางที่ 2.2

**ตารางที่ 2.2** แสดงความถี่ที่ใช้สำหรับ LoRa (หน่วยเป็น MHz)

|  |  |
| --- | --- |
| ไทย | 920-925 |
| ยุโรป | 867-869 |
| อเมริกาเหนือ | 902-928 |
| จีน | 470-510 |
| เกาหลี | 920-925 |
| ญี่ปุ่น | 920-925 |
| อินเดีย | 865-867 |

โดยประกาศจาก กสทช. ที่เกี่ยวข้องกับเทคโนโลยี LPWAN ว่าถ้ามีกำลังส่งไม่เกิน 500 มิลลิวัตต์ ได้รับยกเว้นไม่ต้องได้รับใบอนุญาตให้ มี ใช้ และนำออก ซึ่งเครื่องวิทยุคมนาคมและใบอนุญาตให้ตั้งสถานีวิทยุคมนาคม แต่ไม่ได้รับยกเว้น ใบอนุญาตให้ทำนำเข้า และค้าซึ่งเครื่องวิทยุ คมนาคม

ถ้ามีกำลังส่งสูงกว่า 500 มิลลิวัตต์จะต้องได้รับใบอนุญาตวิทยุคมนาคมที่ เกี่ยวข้อง และการใช้คลื่นความถี่ดังกล่าว จะต้องได้รับอนุญาตให้ใช้คลื่นความถี่ ตามมาตรา ๔๕ แห่งพระราชบัญญัติองค์กรจัดสรรคลื่นความถี่ และ กำกับการประกอบกิจการวิทยุกระจายเสียง วิทยุโทรทัศน์ และกิจการโทรคมนาคม พ.ศ. ๒๕๕๓ และจะต้องได้รับ ใบอนุญาตประกอบกิจการโทรคมนาคมแบบที่ สาม

|  |
| --- |
| **รูปที่ 2.5** แสดงภาพตัวอย่างค่า Data Rate (DR) |

จากรูปที่ 2.5 ตัวอย่างค่า Data Rate ( DR ) สังเกตจากรูป จะเห็นว่า DR เป็น 0 อุปกรณ์จะสามารถส่งข้อมูลได้ไกลที่สุด โดยสามารถส่งด้วย Bitrate ที่ต่ำที่สุดโดยการกำหนด Data Rate จะถูกกำหนดจาก Spreading Factor ( SF ) ตั้งแต่ 7– 12 โดยที่แบนวิดท์ ช่องสัญญาณ และค่า SF ที่ปรับได้อาจจะเปลี่ยนแปลงตาม Frequency plan ของแต่ละโซน

|  |
| --- |
| **รูปที่ 2.6** แสดงภาพความสัมพันธ์ระหว่าง BITRATE และระยะห่างของอุปกรณ์กับ Gateway |

จากรูปที่ 2.6 จะเห็นว่าเมื่ออุปกรณ์เข้าใกล้ gateway มากก็จะสามารถที่จะส่งข้อมูลด้วย BITRATE ที่สูงขึ้นได้ และการส่งข้อมูลจะเร็วขึ้นอีกด้วย รวมถึงพลังงานที่ใช้ในการส่งถ้าเทียบต่อขนาดของแพกเกตก็จะน้อยกว่าอุปกรณ์ที่อยู่ไกล Gateway ซึ่งในระดับ LoRaWAN จะมีโหมด ADR (Adaptive Data Rate) ที่เซตในแพกเกตการส่งข้อมูลเพื่อให้การเชื่อมต่อระหว่าง Gateway และ Device สามารถปรับ Spreading Factor แบบอัตโนมัติเพื่อประสิทธิภาพในการส่งโดยดูจากระยะการเชื่อมต่อระหว่าง Gateway และ Device โดยสามารถเลือกได้ว่าต้องที่จะ ปรับเพื่อส่งข้อมูลได้เร็วที่สุด หรือ ปรับเพื่ออายุการใช้งานแบตเตอรี่ที่ยาวนานที่สุดเป็นต้น

**2.1.5.1 คุณสมบัติหลักของเทคโนโลยี LoRa**

|  |
| --- |
| **รูปที่ 2.7** แสดงภาพคุณสมบัติหลักของเทคโนโลยี LoRa |

จากรูปที่ 2.7 เทคโนโลยี LoRa มีคุณสมบัติต่างๆ ดังต่อไปนี้

* Long Range สามารถเชื่อมต่ออุปกรณ์ที่ห่างกันไม่เกิน 30 ไมล์ในพื้นที่ชนบทและเจาะเข้าไปในสภาพแวดล้อมในเมืองที่หนาแน่นหรือในที่ลึก
* Geolocation มีแอปพลิเคชันการระบุตำแหน่งที่ใช้พลังงานต่ำ
* Low Power ใช้พลังงานน้อยที่สุดพร้อมอายุการใช้งานแบตเตอรี่ที่ยาวนานถึง 10 ปีลดค่าใช้จ่ายในการเปลี่ยนแบตเตอรี่
* Mobile รักษาการสื่อสารกับอุปกรณ์ที่เคลื่อนไหวโดยไม่ต้องใช้พลังงานมากเกินไป
* Secure มีการเข้ารหัส AES128 แบบ end-to-end การรับรองความถูกต้องซึ่งกันและกัน
* High Capacity รองรับข้อความนับล้านต่อสถานีฐานตอบสนองความต้องการของผู้ให้บริการเครือข่ายสาธารณะที่ให้บริการในตลาดขนาดใหญ่
* Standardized ความสามารถในการทำงานร่วมกันของอุปกรณ์และความพร้อมใช้งานทั่วโลกของเครือข่าย LoRaWAN สำหรับการปรับใช้แอปพลิเคชัน IoT ได้อย่างรวดเร็วทุกที่
* Low Cost ลดการลงทุนโครงสร้างพื้นฐานค่าใช้จ่ายในการเปลี่ยนแบตเตอรี่และค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน

**2.1.5.2 ความแตกต่างระหว่าง LoRa และ LoRaWan**

LoRa ใช้งานได้เฉพาะโปรโตคอลระดับ Link layer เหมาะอย่างยิ่งที่จะใช้ในการสื่อสารแบบ P2P (point to point) ระหว่างโหนด

LoRaWan สามารถใช้งานโปรโตคอลระดับ Network layer ทำให้สามารถสื่อสารกับอุปกรณ์อื่นที่เชื่อมต่อกันผ่าน Cloud platform

**2.1.6 ตัวต้านทานตรวจสอบกระแส (Current Sense Resistors) [11]**

การตรวจสอบกระแสโดยการวัดแรงดันตกคร่อมตัวต้านทานเป็นวิธีทำสามารถทำได้ง่าย แต่ต้องพิจารณาปัจจัยต่างๆก่อนนำมาใช้งาน เช่น การเลือกค่าความต้านทาน ขนาดของตัวต้านทาน ความร้อน การวัดการไหลของกระแสมีพารามิเตอร์ที่สำคัญที่ต้องจัดการเพื่อให้ระบบทำงานอย่างมีประสิทธิภาพ วิธีที่ใช้กันทั่วไปในการตรวจสอบการไหลของกระแสทำได้โดยการนำตัวต้านทานที่มีค่าความต้านทานต่ำ ต่ออนุกรมกับโหลดแล้ววัดแรงดันตกคร่อมตัวต้านทานโดยใช้กฎของโอห์ม

การใช้ตัวต้านทานในการตรวจสอบกระแสเป็นวิธีพื้นฐานที่มีประสิทธิภาพ แต่ยังมีปัญหาด้านการออกแบบรายละเอียดปลีกย่อยอีกมากมายที่ต้องคำนึงถึง เช่น ตำแหน่งของตัวต้านทานตรวจสอบกระแส ค่าความต้านทาน ขนาดของตัวต้านทาน และข้อพิจารณาเชิงกลอีกหลายประการ

**2.1.6.1 ตำแหน่งการวางตัวต้านทานตรวจสอบกระแส**

ตำแหน่งการวางตัวต้านทานตรวจสอบกระแสมีการวางอยู่ 2 แบบคือ การตรวจจับด้านต่ำ (Low-side Sensing) และ การตรวจับด้านสูง (High-side Sensing) ในการตรวจจับด้านต่ำจะวางตัวต้านทานตรวจสอบกระแสระหว่างโหลด (Load) และ กราวด์ (Ground) ดังรูปที่ 2.8 ซึ่งช่วยให้สามารถใช้วงจรขยายสัณญาณวัดแรงดันตกคร่อมตัวต้านทานตรวบสอบกระแส (Current Sense Resistors) และกราวด์ (Ground) ได้ง่าย

|  |
| --- |
| **รูปที่ 2.8** แสดงภาพการวางตัวต้านทานตรวจสอบกระแสแบบการตรวจจับด้านต่ำ  (Low-side Sensing) |

แบบที่ 2 เป็นการตรวจจับด้านสูง (High-side Sensing) โดยการวงตัวต้านทานตรวจสอบกระแส (Current Sense Resistors) ระหว่างแหล่งจ่าย (Power) และ โหลด (Load) ดังรูปที่ 2.9 การตรวจจับแบบนี้จะใช้วงจรขยายสัญญาณแบบ differential amplifier หรือ instrumentation amplifier ในการวัดแรงดันตกคร่อมตัวต้านทานตรวจสอบกระแส (Current Sense Resistors)

|  |
| --- |
| **รูปที่ 2.9** แสดงภาพการวางตัวต้านทานตรวจสอบกระแสแบบการตรวจจับด้านสูง  (High-side Sensing) |

**2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง**

**2.2.1 ไอโอทีแพลทฟอร์มโรงเพาะเห็ด [1]**

ขันติชัย, ชยุต (2560) ได้ศึกษา ออกแบบ และสร้างไอโอทีแพลทฟอร์มสำหรับใช้ในโรงเพาะเห็ด โดยการใช้ Raspberry Pi 3 Model B ซึ่งเป็น Microcontroller มาใช้วัดค่าอุณหภูมิและ ความชื้นจากเซ็นเซอร์ภายในโรงเรือน จากนั้นจึงส่งข้อมูลอุณหภูมิและความชื้นที่วัดได้ไปยัง Platform และเก็บข้อมูลอุณหภูมิและความชื้นลงบนฐานข้อมูลโดยใช้ MySQL เป็นทั้งฐานข้อมูล และตัวจัดการฐานข้อมูล นอกจากนั้นยังมีระบบ Web Application เพื่อใช้แสดงผลค่าอุณหภูมิและ ความชื้นที่ถูกส่งมาจาก Raspberry Pi หรือประวัติของค่าอุณหภูมิและความชื้นที่เก็บไว้ในฐานข้อมูล โดย Protocol ที่เป็นตัวกลางในการรับส่งข้อมูลระหว่าง Raspberry Pi, Platform และ Web Application คือ MQTT Protocol และใช้ร่วมกับ NodeJS ซึ่งเป็น Service หลักที่ใช้ภายใน Platform

|  |
| --- |
| **รูปที่ 2.10** แสดงภาพโครงสร้างระบบของงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง(1) |

**2.2.2 การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีไอโอทีควบคุมฟาร์มอัจฉริยะในโรงเรือนเพาะเห็ดนางฟ้า [2]**

วีรศักดิ์, สุรพงษ์ม, รัฐสิทธิ์ (2561) ได้ออกแบบระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสำหรับโรงเรือนเพาะเห็ดด้วย ไมโครคอนโทรลเลอร์โดยมีการศึกษาค้นคว้าข้อมูลที่เกี่ยวข้องต่อการเพาะเห็ดตลอดจนการออกแบบโครงสร้างโรงเรือนที่เหมาะสมโดยแบ่งการทดสอบออก 2 ส่วนคือการทดสอบในส่วนของระบบควบคุมและการทดสอบผลผลิต ของดอกเห็ดในโรงเรือนที่มีการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นโดยนำก้อนเห็ดนางรมและเห็ดนางฟ้ามาทดสอบจำนวน 300 ก้อนและเปรียบเทียบประสิทธิภาพโรงเรือนเพาะเห็ดที่มีการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นที่สร้างขึ้นกับโรงเรือน โดยประยุกต์ใช้ระบบไอโอทีที่ใช้เซ็นเซอร์วัดประกอบด้วย วัดอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ในโรงเรือนเห็ดนางฟ้าและควบคุมการเปิดปิดปั๊มน้ำให้สปริงเกอร์และพ่นหมอกแบบอัตโนมัติ และเซอร์วิสที่ใช้ในการ ส่งข้อมูลขึ้นระบบอินเตอร์เน็ตคือ NETPIE และเซอร์วิสย่อยคือ NETPIE freeboard ในการแสดงสถาณะความชื้น และเวลาแบบเรลไทม์(real time) และ NETPIE FEED ในการบันทึกข้อมูลความชื้นและเวลาและการดึงข้อมูลมาใช้งานคือ Node.JS ผ่านเซอร์วิส NETPIE REST API มาเป็นไฟล์ CSV ในส่วนแสดงสถาณะการทำงานของการให้น้ำ แบบสปริงเกอร์และพ่นหมอกแบบอัตโนมัติผ่านมือถือ

|  |
| --- |
| **รูปที่ 2.11** แสดงภาพโครงสร้างระบบของงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง (2) |

**2.2.3 IOT for Smart Farm: A case study of the Lingzhi Mushroom Farm at Maejo University [3]**

Oran, Anukit (2560) ได้นำเทคโนโลยีไอโอทีมาใช้ในการเพาะเห็ดหลินจือ โดยวัดค่าความชื้นในโรงเพาะเห็ดหลินจือ และแสดงผลบนโทรศัพท์และคอมพิวเตอร์ผ่าน NETPIE การควบคุมการทำงานของสปริงเกอร์และปั๊มหมอกเป็นแบบอัตโนมัติและแจ้งเตือนสถานะการทำงานของสปริงเกอร์และปั๊มหมอกผ่าน แอปพลิเคชัน LINE

|  |
| --- |
| **รูปที่ 2.12** แสดงภาพโครงสร้างระบบของงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง (3) |

**2.2.4 IOT BASED DESIGN IMPLEMENTATION OF MUSHROOM FARM MONITORING USING ARDUINO MICROCONTROLLERS & SENSORS [4]**

Parvati, Megha (2561) ในงานวิจัยฉบับนี้นำเสนอระบบการตรวจสอบและควบคุมสิ่งแวดล้อมเพื่อตรวจสอบและควบคุมสภาพแวดล้อมในฟาร์มเห็ด ช่วยให้ผู้ใช้สามารถตรวจสอบอุณหภูมิความชื้นความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และความเข้มของแสงในฟาร์มเห็ดบนอุปกรณ์ Android โดยใช้แพลตฟอร์มออนไลน์ thing Speak ส่วนของตัวควบคุมสภาพแวดล้อมในฟาร์มเห็ดจะควบคุมสภาพแวดล้อมให้เป็นไปตามที่ผู้ใช้กำหนด ข้อมูลสถานะของสภาพแวดล้อมในฟาร์มเห็ดจะถูกส่งไปแสดงผลผ่าน ESP8266 WiFi modem

|  |
| --- |
| **รูปที่ 2.13** แสดงภาพโครงสร้างระบบของงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง (4) |