ปีที่ 10 ฉบับที่ 2 กรกฎาคม - ธันวาคม 2568

บทความวิจัย

การใช้เทคโนโลยีบ้านผึ้งอัจฉริยะเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการเลี้ยงผึ้งโพรง

Smart Beehive Technology to Increase Efficiency of Indian Bee-beekeeping

พัชรินทร์ อินทมาส[1] วัสสา รวยรวย[2] อดิศร ไกรนรา[3] อภิศันย์ ศิริพันธ์[4] และอุไรวรรณ วันทอง[5]
Patcharin Intamas[1] Wassa Ruayruay[2] Adisorn Krainnara[3] Apisan Siripan[4] and Uraiwun Wanthong[5]

[1,2,3,4] สาขาวิชาอุตสาหกรรมศิลป์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช จังหวัดนครศรีธรรมราช 80110
Department of Industrial Arts, Faculty of Industrial Technology, Nakhon Si Thammarat Rajabhat University, Nakhon Si Thammarat 80110

[5] สาขาวิชาฟิสิกส์อุปกรณ์การแพทย์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช จังหวัดนครศรีธรรมราช 80110
Program in Medical Instrumentation Physics, Faculty of Science and Technology, Nakhon Si Thammarat Rajabhat University, Nakhon Si Thammarat 80110

[5] Corresponding Author: E-mail: Uraiwun_wan@nstru.ac.th

Received: 7 Oct. 2024; Revised: 1 Jan. 2025; Accepted: 7 Jan. 2025

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) พัฒนาเทคโนโลยีบ้านผึ้งอัจฉริยะ สำหรับศึกษาสภาพแวดล้อมภายในรังผึ้ง 2) ศึกษาผลการถ่ายทอดเทคโนโลยีบ้านผึ้งอัจฉริยะ และ 3) เพิ่มประสิทธิภาพการเลี้ยงผึ้งโพรง วิธีการวิจัย กำหนดกลุ่มประชากรโดยการคัดเลือกแบบเจาะจงกับเกษตรกรผู้เลี้ยงผึ้งโพรงไทย บ้านคลองปีกเหนือ เลขที่ 109 หมู่ที่ 6 ตำบลสวนขัน อำเภอช้างกลาง จังหวัดนครศรีธรรมราช จำนวน 55 คน ขั้นตอนในการวิจัย ได้แก่ 1) การพัฒนาเทคโนโลยีบ้านผึ้งอัจฉริยะ 2) การถ่ายทอดเทคโนโลยีบ้านผึ้งอัจฉริยะ และ 3) การเพิ่มประสิทธิภาพการเลี้ยงผึ้งโพรง โดยเครื่องมือที่ใช้ คือ แบบประเมิน แบบทดสอบ แบบสัมภาษณ์ วิเคราะห์ข้อมูลโดย ค่าความถี่ (Frequencies) ค่าร้อยละ (Percentage) ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.)

ผลการวิจัย พบว่า 1) ผึ้งโพรงเข้ารังเมื่ออุณหภูมิต่ำกว่า 35°C และความชื้น 70% RH ขึ้นไป โดยการพัฒนาเทคโนโลยีบ้านผึ้งอัจฉริยะ มีความสอดคล้องกับการเลี้ยงผึ้งมากที่สุด สามารถสังเกตลักษณะภายในรังผึ้งผ่านหน้าจอมือถือได้ 100% 2) ประโยชน์จากการถ่ายทอดเทคโนโลยีบ้านผึ้งอัจฉริยะช่วยลดการเสียชีวิตจากการเปิดดูรังผึ้งมากที่สุด และ 3) ผลพัฒนาเทคโนโลยีบ้านผึ้งอัจฉริยะสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการเลี้ยงผึ้งโพรงได้ โดยวัดจากปริมาณผลผลิตน้ำผึ้งเฉลี่ย 1 กิโลกรัมต่อรัง มากขึ้นจากเดิมร้อยละ 33.33

คำสำคัญ: บ้านผึ้งอัจฉริยะ การเลี้ยงผึ้ง ผึ้งโพรง อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง ประสิทธิภาพ

Abstract

The objectives of this research were to: 1) develop smart beehive technology for studying an environment inside the beehive, 2) study the results of transferring the smart beehive technology, and 3) increase the efficiency of Indian bee- beekeeping. The research population was determined by purposive sampling technique with 55 Thai beekeepers in Ban Khlong Pik Nuea, 109 Moo 6, Suan Khan Subdistrict, Chang Klang District, Nakhon Si Thammarat Province. The research procedure was as follows: 1) develop the smart beehive technology, 2) transfer the smart beehive technology, and 3) increase the efficiency of Indian bee-beekeeping. The research tools included assessment forms, tests, and interviews. The data were analyzed by frequency, percentage, mean ($\overline{X}$), and standard deviation (S.D.).

The research results revealed that 1) Indian bees enter the hive when the temperature is lower than 35°C and the humidity is 70% RH or higher. The development of the smart beehive technology is most consistent with the typical beekeeping. This technology helps bee keepers regularly observe the bee colony inside the hives through a mobile screen without opening the beehives. 2) The best benefit on transferring the smart technology is a reduction of the bee death rate resulting from opening the hives. 3) In addition, the development of this smart beehive technology can increase the efficiency of the beekeeping measured by the average honey production of 1 kilograms per hive, which is 33.33 percent higher than before.

Keywords: Smart Beehive, Beekeeping, Indian Bees, Internet of Things, Efficiency

1. บทนำ

ปัจจุบันในพื้นที่จังหวัดนครศรีธรรมราช มีกลุ่มผู้เลี้ยงผึ้งโพรงไทยเป็นจำนวนมากประโยชน์ของผึ้งโพรงมีความสำคัญทางเศรษฐกิจอย่างมาก ซึ่งผึ้งโพรงไทยสามารถผลิตน้ำผึ้งได้ประมาณ 5-20 กิโลกรัมต่อรังต่อปี [1] รังของผึ้งโพรง ส่วนมากเป็นโพรงต้นไม้แบบธรรมชาติ ซึ่งมีปริมาณลดลงจึงมีการสร้างโพรงเทียม เช่น ปูนซีเมนต์ เพื่อเพิ่มร่มเงาให้แก่ผึ้ง นอกจากนี้ยังมีการนำลังไม้ขนาดเล็กมาสร้างเป็นโพรงเทียมสำหรับเลี้ยงผึ้งโพรง เพื่อความสะดวกต่อการเคลื่อนย้ายรังผึ้งสามารถขยายการเลี้ยงผึ้งโพรงได้มาก บ้านคลองปีกเหนือ หมู่ที่ 6 ตำบลสวนขัน อำเภอช้างกลาง จังหวัดนครศรีธรรมราช เป็นชุมชนที่นิยมเลี้ยงผึ้งโพรงไทยไว้ตามบ้าน โดยที่ต่างคนต่างเก็บน้ำผึ้งไว้ขายแต่ละบ้านมีกล่องเลี้ยงผึ้งโพรงเฉลี่ยบ้านละ 1-2 กล่อง แต่ก็ยังไม่เพียงพอต่อความต้องการของตลาด [2] จึงมีแนวคิดพัฒนาระบบเทคโนโลยีรังผึ้งอัจฉริยะ โดยการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งมาควบคุมอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ได้แก่ ระบบปรับอุณหภูมิภายในกล่องได้ด้วยฮีทเตอร์เซนเซอร์วัดอุณหภูมิ ระบบเซนเซอร์วัดความชื้น ระบบควบคุมการเปิด-ปิดหลอดไฟส่องสว่าง และระบบแสดงผลวัดอุณหภูมิ/ความชื้นผ่าน Line บนหน้าจอมือ ผ่านระบบดูสภาพแวดล้อมภายนอกรังผึ้งผ่านกล้อง เพื่อปรับสภาพแวดล้อมอุณภูมิ ความชื้น และแสงสว่างของรังผึ้งให้เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของผึ้งได้อย่างเหมาะสม [3] จึงมีการทำโครงการวิจัยบ้านรังผึ้งอัจฉริยะ (Intelligent Beehives) เช่น การวิเคราะห์ปัญหาพยาธิในรังผึ้งด้วยเซนเซอร์ตรวจจับเสียง และไมโครโฟน แล้วแจ้งเตือนเกษตรผ่านทางช่องทาง SMS เพื่อให้เกษตรกรแก้ไขปัญหาได้ทันที [4] มีการควบคุมอุณหภูมิ และความชื้นในรังผึ้งด้วยอุปกรณ์เซนเซอร์ไร้สายภายในรังและมีระบบแจ้งเตือนผู้เลี้ยงผึ้งเมื่อมีเหตุการณ์เปลี่ยนแปลง [5] เป็นการพัฒนาระบบอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งตรวจสอบสภาพแวดล้อมที่มีผลกระทบต่อการเลี้ยงผึ้งด้วยเซนเซอร์ไร้สาย (WSN) ประมวลผลรับสัญญาณอินฟราเรดเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้น เชื่อมกับไมโครคอนโทรลเลอร์และโมดูล Wi-Fi ส่งข้อมูลแบบไร้สายไปยังแพลตฟอร์ม

คลาวด์ IoT [6, 7] ซึ่งเป็นนวัตกรรมการตรวจสอบรังผึ้งแบบไร้สายพัฒนาระบบอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งเพื่อตรวจสอบข้อมูลปัจจัยแวดล้อมที่มีผลกระทบต่อการเลี้ยงผึ้งได้ตลอดเวลา [8]

จากการศึกษาเรื่องการเลี้ยงผึ้งโพรง ในจังหวัดนครศรีธรรมราช พบว่า ขาดอุปกรณ์ การเลี้ยงที่จำเป็นสำหรับการเลี้ยงผึ้ง ได้แก่ กล่องหรือรังเลี้ยง ซึ่งรูปแบบเดิมมักจะทำขึ้นด้วยวัสดุเหลือใช้ที่มีอยู่ในชุมชน เช่น เศษไม้เก่าที่ได้จากการรื้อบ้านไม่นิยมนำไม้ใหม่มาใช้ทำรังผึ้ง เนื่องจากพบว่าผึ้งโพรงไทยไม่ค่อยเข้ารัง [9] จากสภาพปัญหาและความสำคัญดังกล่าว คณะผู้วิจัยจึงสนใจพัฒนาบ้านรังผึ้งอัจฉริยะ เพื่อการเลี้ยงผึ้งธรรมชาติ สามารถเก็บน้ำผึ้งได้โดยง่ายไม่รบกวนวัฏจักรชีวิตของผึ้ง และถ่ายทอดองค์ความรู้นวัตกรรมการพัฒนาเครื่องต้นแบบเทคโนโลยีบ้านรังผึ้งอัจฉริยะเพื่อการเลี้ยงผึ้งธรรมชาติ และเพื่อพัฒนานวัตกรรมบ้านรังผึ้งอัจฉริยะด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งในการพัฒนาต้นแบบ โดยควบคุมอุณหภูมิ ความชื้น และติดกล้องเพื่อศึกษาการเข้ารังของผึ้ง ที่เอื้อประโยชน์ในการสร้างอาชีพในชุมชนได้อย่างยั่งยืน

2. วัตถุประสงค์การวิจัย

2.1 เพื่อพัฒนาเทคโนโลยีบ้านผึ้งอัจฉริยะ สำหรับศึกษาสภาพแวดล้อมภายในรังผึ้ง

2.2 เพื่อศึกษาผลการถ่ายทอดเทคโนโลยีบ้านผึ้งอัจฉริยะ

2.3 เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการเลี้ยงผึ้งโพรง

3. วิธีการดำเนินการวิจัย

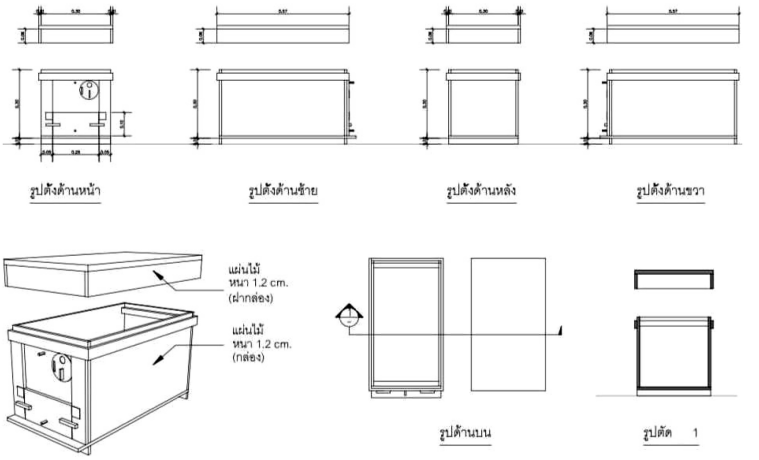
3.1 การศึกษาข้อมูลเบื้องต้น (Preliminary Study)

1) ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการเลี้ยงผึ้งโพรงและการใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (Internet of Things: IoT) เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการเลี้ยงผึ้งโพรงในการเกษตร พบว่า การตรวจสอบสภาพแวดล้อมภายในรังผึ้งมีความจำเป็นต่อการเลี้ยงผึ้ง โดยเฉพาะการใช้เทคโนโลยีการดูสภาพแวดล้อมภายในรังผึ้งผ่าน Pro Light กล้องวงจรปิด WiFi

2) สัมภาษณ์ความต้องการของเกษตรกรในชุมชนเกี่ยวกับเทคโนโลยีที่เหมาะสม พบว่า การตรวจสอบสภาพแวดล้อมภายในรังผึ้งโดยการเปิดรังผึ้ง ทำให้มีจำนวนผึ้งเสียชีวิตไม่ต่ำกว่า 10 ตัว จึงต้องการพัฒนาเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งมาประยุกต์ใช้สำหรับการดูสภาพแวดล้อมภายในรังผึ้งได้อย่างเหมาะสม

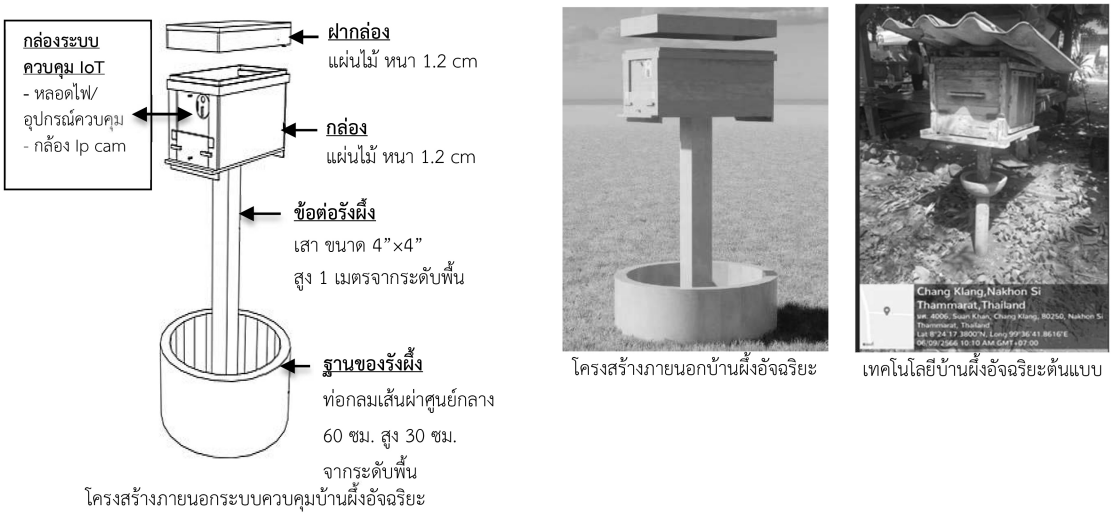
3.2 การออกแบบและพัฒนาเทคโนโลยี (Technology Development)

1) ออกแบบโครงสร้างบ้านผึ้ง (เช่น ขนาด, วัสดุ) โดยยึดหลักการสอดคล้องกับธรรมชาติของผึ้ง ซึ่งเลือกวัสดุทำรังผึ้งทำจากไม้เก่าเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า โครงสร้างกล่องล่อผึ้งมีขนาด 30×55×30 ซม. ความหนาของไม้ขนาด 1.2 ซม. อบไขผึ้งสำหรับล่อผึ้งมาทำรัง [10] ตามภาพที่ 1



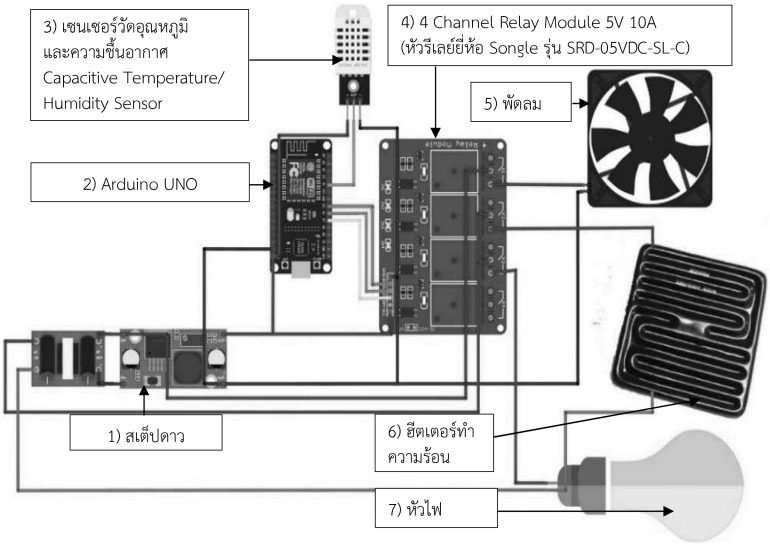
ภาพที่ 1 ผลการออกแบบโครงสร้างภายนอกกล่องล่อผึ้ง

2) การออกแบบระบบอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง ติดตั้งระบบเพื่อสภาพแวดล้อมภายในรังผึ้งผ่าน Pro Light กล้องวงจร-ปิด WiFi ด้วยการทดสอบผลการดูสภาพแวดล้อมภายในรังผึ้งผ่าน Pro Light กล้องวงจรปิด WiFi ในช่วงเวลากลางวัน และช่วงเวลากลางคืน หลักการทำงานด้วยนวัตกรรมบ้านผึ้งอัจฉริยะ ด้วยระบบ IoT ควบคุมการเปิด-ปิดหลอดไฟส่องสว่าง ดังภาพที่ 2 และศึกษาสภาพแวดล้อมภายในรังผึ้งผ่าน Pro Light กล้องวงจรปิด WiFi แสดงผลผ่านหน้าจอมือถือ [3] ตามภาพที่ 2



ภาพที่ 2 เทคโนโลยีบ้านผึ้งอัจฉริยะต้นแบบ

3) การเลือกอุปกรณ์ อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง มีดังนี้ 1) สเต็ปดาว 2) Arduino UNO 3) เซนเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้นอากาศ Capacitive Temperature/Humidity Sensor 4) 4 Channel Relay Module 5V 10A (หัวรีเลย์ยี่ห้อ Songle รุ่น SRD-05VDC-SL-C) 5) พัดลม 6) ฮีตเตอร์ทำความร้อน 7) หัวไฟ ตามภาพที่ 3



ภาพที่ 3 ผลการออกแบบวงจรเทคโนโลยีบ้านผึ้งอัจฉริยะ

4) การพัฒนาเทคโนโลยีนวัตกรรมบ้านรังผึ้งอัจฉริยะด้วยเทคโนโลยี หมายถึง ผลการทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของระบบเทคโนโลยีรังผึ้งอัจฉริยะต้นแบบ ดังนี้

4.1) ควบคุมอินเทอร์เน็ตในทุกสิ่ง (Internet of Things: IoT) ได้แก่ ระบบปรับอุณหภูมิภายในกล่องได้ด้วยฮีทเตอร์เซนเซอร์วัดอุณหภูมิ ระบบเซนเซอร์วัดความชื้นและระบบควบคุมการเปิด-ปิดหลอดไฟส่องสว่าง

4.2) ระบบแสดงผลวัดอุณหภูมิ/ความชื้นผ่าน Line บนหน้าจอมือถือ

4.3) ระบบดูสภาพแวดล้อมภายนอกรังผึ้งผ่านกล้องซึ่งมีโค้ดควบคุมระบบ ดังนี้

```
#define BLYNK_PRINT Serial
#include <ESP8266WiFi.h>
#include <BlynkSimpleEsp8266.h>
#include <TridentTD_LineNotify.h>
#include "DHT.h"
#define DHTPIN 2//#define DHTTYPE DHT11//DHT 11
#define DHTTYPE DHT22//DHT 22 (AM2302), AM2321//#define DHTTYPE DHT21//DHT 21
(AM2301)char auth[] = "Cq4mvWVEmXQVgztpbcgRZ3BXTyk0nw6b";char ssid[] = "MaxZ357";char
pass[] = "maxmax111";
#define LINE_TOKEN "F6FqaQHDORWjVwdVQqpZNeDdrUBW0dSge0qMQJyNFlo"
int Relay1 = D5;
int Relay2 = D6;
int Relay3 = D7;
int m = 0;
int n = 0;
DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE);BLYNK_CONNECTED() {Blynk.syncAll();}void setup()
{Serial.begin(9600);
  Serial.println(F("DHTxx test!"));
  pinMode(Relay1,OUTPUT);
  pinMode(Relay2,OUTPUT);
  pinMode(Relay3,OUTPUT);
  Blynk.begin(auth, ssid, pass, "blynk2.iot-cm.com", 8080); dht.begin();
  LINE.setToken(LINE_TOKEN);}void loop() {Blynk.run();delay(500);
  float h = dht.readHumidity();
  float t = dht.readTemperature();
  float f = dht.readTemperature(true);
  if (isnan(h) || isnan(t) || isnan(f)) {Serial.println(F("Failed to read from DHT sensor!")); return; }
```

```
float hif = dht.computeHeatIndex(f, h);
float hic = dht.computeHeatIndex(t, h, false);
Serial.print(F("Humidity: "));
Serial.print(h);
Serial.print(F("% Temperature: "));
Serial.print(t);
Serial.print(F(" C "));
Serial.print(f);
Serial.print(F(" F  Heat index: "));
Serial.print(hic);
Serial.print(F(" C "));
Serial.print(hif);
Serial.println(F(" F"));
Blynk.virtualWrite(V0, t);
Blynk.virtualWrite(V1, h);
if(t > 33.5){digitalWrite(Relay1,HIGH);digitalWrite(Relay2,LOW); if(m == 0){m = 1;
  LINE.notify("อุณหภูมิสูง");
  LINE.notify("พัดลมกำลังทำงาน");}if(n == 1){n = 0;}}else if((t >= 20)&&(t <= 27)){if(n == 0){n = 1;
  digitalWrite(Relay1,LOW);digitalWrite(Relay2,HIGH);
  LINE.notify("อุณหภูมิต่ำ");LINE.notify("ฮีตเตอร์กำลังทำงาน");}
if(m==1){m=0;}}elseif((t>27)&&(t33.5)){digitalWrite(Relay1,LOW);digitalWrite(Relay2,LOW);}}BLYNK_
WRITE(V2){
if (param.asInt() == 1){digitalWrite(Relay3,HIGH);}else {digitalWrite(Relay3,LOW);}delay(500);}
```

5) การประเมินการสร้างเทคโนโลยีบ้านผึ้งอัจฉริยะต้นแบบ และการดูสภาพแวดล้อมภายในรังผึ้งด้วยการใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งผ่าน Pro Light กล้องวงจรปิด WiFi ด้วยวิธีการสำรวจ โดยผู้เชี่ยวชาญ

3.3 การทดลองภาคสนาม (Field Testing)

1) ติดตั้งบ้านผึ้งอัจฉริยะในพื้นที่ของเกษตรกรกลุ่มวิสาหกิจชุมชนกลุ่มเลี้ยงผึ้งโพรงไทย คลองปีกเหนือ ตำบลสวนขัน อำเภอช้างกลาง จังหวัดนครศรีธรรมราช

2) กำหนดระยะเวลาทดลอง 3 เดือน โดยเก็บข้อมูลรายวัน ได้แก่ การดูสภาพแวดล้อมภายในรังผึ้งด้วยการใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งผ่าน Pro Light กล้องวงจรปิด WiFi และผลผลิตน้ำผึ้ง

3) ผลการเปรียบเทียบปริมาณน้ำผึ้งด้วยการเลี้ยงผึ้งบ้านผึ้งแบบเดิมในพื้นที่เดียวกัน กับการเลี้ยงผึ้งด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งผ่าน Pro Light กล้องวงจรปิด WiFi

3.4 การเก็บข้อมูลและวิเคราะห์ (Data Collection and Analysis)

1) ประชากร สำหรับเก็บข้อมูลกำหนดกลุ่มประชากรโดยการคัดเลือกแบบเจาะจง [11] ได้แก่ เกษตรกรผู้เลี้ยง

ผึ้งโพรงไทย บ้านคลองปีกเหนือ เลขที่ 109 หมู่ที่ 6 ตำบลสวนขัน อำเภอช้างกลาง จังหวัดนครศรีธรรมราช จำนวนสมาชิก 55 คน ผ่านการสัมภาษณ์เชิงลึกประโยชน์ที่ได้จากการใช้เทคโนโลยี และสรุปผลการใช้งานเทคโนโลยี

2) เครื่องมือสำหรับการทดสอบ คือเทคโนโลยีบ้านผึ้งอัจฉริยะสำหรับดูสภาพแวดล้อมภายในรังผึ้งผ่าน Pro Light กล้องวงจรปิด WiFi ด้วยระบบอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง และเครื่องมือเก็บข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่

2.1) เครื่องมือเก็บข้อมูลเพื่อพัฒนาเทคโนโลยีบ้านผึ้งอัจฉริยะ สำหรับศึกษาสภาพแวดล้อมภายในรังผึ้ง ตามวัตถุประสงค์ข้อที่ 1

(1) แบบประเมินการพัฒนาเทคโนโลยีบ้านผึ้งอัจฉริยะสำหรับศึกษาสภาพแวดล้อมภายในบ้านผึ้ง

ตอนที่ 1 ข้อมูลลักษณะข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบประเมิน ได้แก่ เพศ อายุ (ปี) วุฒิการศึกษา สถานะในกลุ่มวิสาหกิจชุมชนกลุ่มเลี้ยงผึ้งโพรงไทยคลองปีกเหนือ ประสบการณ์เกี่ยวกับการเลี้ยงผึ้งโพรงไทย สถิติที่ใช้วิเคราะห์ข้อมูล คือ ค่าความถี่ (Frequency) ค่าร้อยละ (Percentage)

ตอนที่ 2 การประเมินการออกแบบและพัฒนาบ้านผึ้งอัจฉริยะต้นแบบ ลักษณะคำถามแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) แบ่งเป็น 5 ระดับ มีคำตอบเป็นระดับความเหมาะสมให้เลือก 5 ระดับ คือ น้อยที่สุด น้อย ปานกลาง มาก และมากที่สุด สถิติวิเคราะห์ข้อมูล คือ ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.)

ตอนที่ 3 ข้อเสนอแนะเพื่อการออกแบบและสร้างบ้านผึ้งอัจฉริยะต้นแบบเป็นคำถามปลายเปิด ซึ่งวิเคราะห์ข้อมูลโดยสรุปความบรรยายรูปแบบพรรนาโวหาร

(2) เครื่องมือแบบทดสอบเทคโนโลยีบ้านผึ้งอัจฉริยะ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการเลี้ยงผึ้งโพรง ประกอบด้วยตารางบันทึกผล โดยทำการทดสอบ 10 ครั้ง ครั้งละ 1 ชั่วโมง โดยแบบบันทึกผลการทดสอบระบบแสดงผลผ่านกล้องบนหน้าจอมือถือผ่านระบบอินเทอร์เน็ตจำแนกตามระยะทาง และสถานการณ์ทำงาน เวลาการทำงาน (วินาที) และการสังเกตผลที่ได้ ในช่วงเวลากลางวัน เวลา 06.01-18.00 น. ในช่วงเวลากลางคืน เวลา 18.01-06.00 น. เมื่อแทนค่า 1 = NO (แสดงผลผ่านกล้องได้) 0 = OFF (ไม่สามารถแสดงผลผ่านกล้องได้) เป็นลักษณะบันทึกผลลงในช่องว่าง สถิติที่ใช้วิเคราะห์ข้อมูล คือ ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) และค่าร้อยละ

2.2) เครื่องมือเก็บข้อมูลเพื่อศึกษาผลการถ่ายทอดเทคโนโลยีบ้านผึ้งอัจฉริยะ ตามวัตถุประสงค์ข้อที่ 2 ได้แก่ แบบสัมภาษณ์ประโยชน์การถ่ายทอดเทคโนโลยีบ้านผึ้งอัจฉริยะ

ตอนที่ 1 ข้อมูลลักษณะข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบประเมิน สถิติที่ใช้วิเคราะห์ข้อมูล คือ ค่าความถี่ ค่าร้อยละ

ตอนที่ 2 ประโยชน์การถ่ายทอดเทคโนโลยีบ้านผึ้งอัจฉริยะ เป็นคำถามปลายเปิดซึ่งวิเคราะห์ข้อมูลโดยการจัดระเบียบข้อมูล และคัดข้อมูลส่วนที่ไม่เกี่ยวข้องหรือข้อมูลที่ขัดแย้งกันออก สรุปความบรรยายรูปแบบพรรนาโวหาร

ตอนที่ 3 ข้อเสนอแนะเพื่อการถ่ายทอดเทคโนโลยีบ้านผึ้งอัจฉริยะ เป็นคำถามปลายเปิด ซึ่งวิเคราะห์ข้อมูลโดยการจัดระเบียบข้อมูล และคัดข้อมูลส่วนที่ไม่เกี่ยวข้องหรือข้อมูลที่ขัดแย้งกันออก สรุปความบรรยายรูปแบบพรรนาโวหาร

2.3) เครื่องมือเก็บข้อมูลเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการเลี้ยงผึ้งโพรง ตามวัตถุประสงค์ข้อที่ 3 ได้แก่ แบบทดสอบประสิทธิภาพการเลี้ยงผึ้งโพรง

ตอนที่ 1 ข้อมูลลักษณะทั่วไปของรังผึ้งที่ประเมิน ได้แก่ บ้านผึ้งแบบเดิม กับบ้านผึ้งแบบเทคโนโลยีบ้านผึ้งอัจฉริยะ เป็นแบบตรวจรายการ สถิติที่ใช้วิเคราะห์ข้อมูล คือ ค่าความถี่ ค่าร้อยละ

ตอนที่ 2 ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพผลผลิตน้ำผึ้ง (กิโลกรัมต่อรัง) ได้แก่ ปริมาณผลผลิตน้ำผึ้งเฉลี่ย (กิโลกรัมต่อรัง) และร้อยละที่เพิ่มขึ้น ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพผลผลิตน้ำผึ้ง (กิโลกรัมต่อรัง) เป็นลักษณะบันทึกผลลงในช่องว่าง สถิติที่ใช้วิเคราะห์ข้อมูล คือ ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) และค่าร้อยละ

3.5 การถ่ายทอดองค์ความรู้ (Knowledge Dissemination) โดยจัดอบรมและสาธิตการใช้งานเทคโนโลยีแก่เกษตรกรในชุมชน

4. ผลการวิจัย

4.1 ผลการพัฒนาเทคโนโลยีบ้านผึ้งอัจฉริยะเพื่อการเลี้ยงผึ้งโพรง

1) ผลการประเมินการพัฒนาเทคโนโลยีบ้านผึ้งอัจฉริยะต้นแบบ จากเกษตรกร 55 คน ได้ผลดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการประเมินการพัฒนาเทคโนโลยีบ้านผึ้งอัจฉริยะต้นแบบ

รายการประเมิน	ระดับความเหมาะสม		
	$\bar{X}$	S.D.	แปลผล
1. มีการพัฒนาออกแบบการสร้าง/เทคโนโลยีเหมาะสม	3.69	.61	มาก
2. มีระบบควบคุมเทคโนโลยีเซนเซอร์เหมาะสม	4.08	.62	มาก
3. มีการเลือกใช้วัสดุ/โครงสร้าง/การทดสอบที่เหมาะสม	3.92	.83	มาก
4. มีคู่มือการใช้งานที่สะดวกต่อการใช้ประโยชน์ได้จริง	4.00	.68	มาก
5. มีการตรวจสอบความชื้นในรังผึ้งที่เหมาะสม	3.85	.77	มาก
6. มีเทคโนโลยีที่สอดคล้องกับการเลี้ยงผึ้ง	4.38	.84	มาก
7. มีการสรุปเป็นองค์ความรู้เพื่อสะดวกต่อการเผยแพร่	4.15	.66	มาก
8. จัดอบรมการใช้เทคโนโลยีบ้านรังผึ้งอัจฉริยะเหมาะสม	3.31	.61	ปานกลาง
9. ควรถ่ายทอดนวัตกรรมถึงผู้ใช้ประโยชน์เชิงพาณิชย์	3.77	.80	มาก
10. เป็นนวัตกรรมต้นแบบที่ควรเผยแพร่แก่สาธารณะชน	3.62	.62	มาก
รวม	3.88	.70	มาก

จากตารางที่ 1 ผลการประเมินการสร้างเทคโนโลยีบ้านผึ้งอัจฉริยะต้นแบบ ในภาพรวมระดับมาก ($\bar{X}$ = 3.88, S.D. = .70) โดยมีเทคโนโลยีที่สอดคล้องกับการเลี้ยงผึ้งมากที่สุด ($\bar{X}$ = 4.38, S.D. = .84) รองลงมา คือ มีการสรุปเป็นองค์ความรู้เพื่อสะดวกต่อการเผยแพร่ ($\bar{X}$ = 4.15, S.D. = .66) และมีคู่มือการใช้งานที่สะดวกต่อการใช้ประโยชน์ได้จริง ($\bar{X}$ = 4.00, S.D. = .68) ตามลำดับ

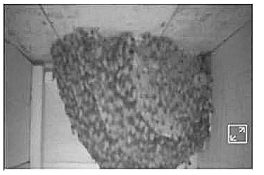
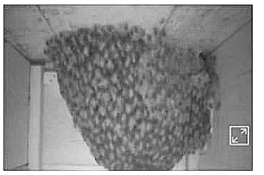
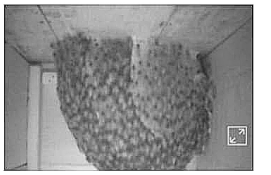
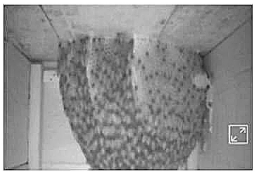
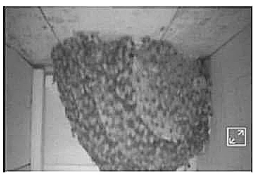
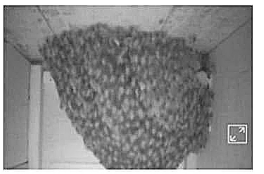
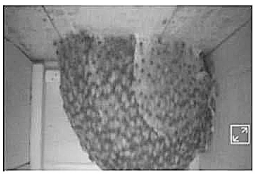
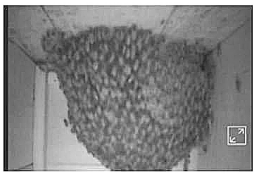
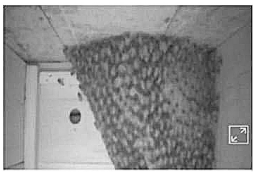
2) ผลการทดสอบการพัฒนาเทคโนโลยีบ้านผึ้งอัจฉริยะต้นแบบ

2.1) ผลการดูสภาพแวดล้อมภายในรังผึ้งผ่าน Pro Light กล้องวงจรปิด WiFi ช่วงกลางวัน (06.01-18.00 น.) แสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการดูสภาพแวดล้อมภายในรังผึ้งผ่าน Pro Light กล้องวงจรปิด WiFi ช่วงกลางวัน

ช่วงเวลากลางวัน	ผลการทำงาน	การแสดงผลผ่าน Pro Light กล้องวงจรปิด WiFi	ช่วงเวลากลางวัน	ผลการทำงาน	การแสดงผลผ่าน Pro Light กล้องวงจรปิด WiFi
06.01-7.00 น.	1		12.01-13.00 น.	1	

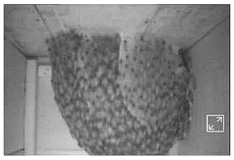
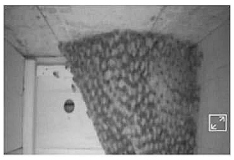
ตารางที่ 2 ผลการดูสภาพแวดล้อมภายในรังผึ้งผ่าน Pro Light กล้องวงจรปิด WiFi ช่วงกลางวัน

ช่วงเวลา กลางวัน	ผลการทำงาน	การแสดงผลผ่าน Pro Light กล้องวงจรปิด WiFi	ช่วงเวลา กลางวัน	ผลการทำงาน	การแสดงผลผ่าน Pro Light กล้องวงจรปิด WiFi
07.01-8.00 น.	1		13.01-14.00 น.	1	
08.01-9.00 น.	1		14.01-15.00 น.	1	
09.01-10.00 น.	1		15.01-16.00 น.	1	
10.01-11.00 น.	1		16.01-17.00 น.	1	
11.01-12.00 น.	1		17.01-18.00 น.	1	
ค่าเฉลี่ยร้อยละ	100%			100%	100%

จากตารางที่ 2 แสดงผลการดูสภาพแวดล้อมภายในรังผึ้งผ่าน Pro Light กล้องวงจรปิด WiFi ในรังผึ้งของศูนย์การเรียนรู้ช่วงกลางวัน เวลา 06.01-18.00 น. สามารถแสดงผลผ่านกล้องได้ 100% โดยปริมาณผึ้งในช่วงกลางวัน จากการสังเกตความหนาแน่นของจำนวนผึ้งในรังต่ำสุด ในช่วงเวลา 09.01-10.00 น. และความหนาแน่นของจำนวนผึ้งในรังสูงสุด ในช่วงเวลา 17.01-18.00 น.

2.2) ผลการดูสภาพแวดล้อมภายในรังผึ้งผ่าน Pro Light กล้องวงจรปิด WiFi ช่วงกลางคืน (18.01-06.00 น.)

ตารางที่ 3 ผลการดูสภาพแวดล้อมภายในรังผึ้งผ่าน Pro Light กล้องวงจรปิด WiFi ช่วงกลางคืน

ช่วงเวลา กลางวัน	ผลการทำงาน	การแสดงผลผ่าน Pro Light กล้องวงจรปิด WiFi	ช่วงเวลา กลางวัน	ผลการทำงาน	การแสดงผลผ่าน Pro Light กล้องวงจรปิด WiFi
18.01-19.00 น.	1		24.01-01.00 น.	1	
19.01-20.00 น.	1		01.01-02.00 น.	1	
20.01-21.00 น.	1		02.01-03.00 น.	1	
21.01-22.00 น.	1		03.01-04.00 น.	1	
22.01-23.00 น.	1		04.01-05.00 น.	1	
23.01-24.00 น.	1		05.01-6.00 น.	1	
ค่าเฉลี่ยร้อยละ	100%			100%	100%

จากตารางที่ 3 ผลการดูสภาพแวดล้อมภายในรังผึ้งผ่าน Pro Light กล้องวงจรปิด WiFi ในรังผึ้งของศูนย์การเรียนรู้ช่วงกลางคืน เวลา 18.01-06.00 น. สามารถแสดงผลผ่านกล้องได้ 100% โดยช่วงเวลากลางคืนความหนาแน่นของจำนวนผึ้งในรังต่ำสุด ในช่วงเวลา 05.01-6.00 น. และความหนาแน่นของจำนวนผึ้งในรังสูงสุด ในช่วงเวลา 01.01-02.00 น. ซึ่งจากการสังเกต พบว่า ช่วงเวลากลางคืนหนาแน่นของจำนวนผึ้งในรังมากกว่าช่วงเวลากลางวัน เนื่องจากพฤติกรรมของผึ้งจะออกหาอาหารในช่วงเวลากลางวันนั่นเอง

4.2 ผลการถ่ายทอดเทคโนโลยีบ้านผึ้งอัจฉริยะมาใช้ควบคุมกล้องวงจรปิด WiFi ช่วยเพิ่มความสะดวกให้กับเกษตรกรผู้เลี้ยงผึ้ง เนื่องจากสามารถดูสภาพแวดล้อมภายในรังผึ้งได้ทุกที่ทุกเวลาตามความต้องการซึ่งแสดงการจัดกิจกรรมการถ่ายทอดเทคโนโลยีบ้านผึ้งอัจฉริยะ ดังภาพที่ 4


การประกอบบ้านผึ้งและการตรวจสอบวัสดุ


การติดตั้งกล้องบ้านผึ้ง


การติดตั้งระบบ IoT ในบ้านผึ้ง


การสาธิตการดูกล้องภายในบ้านผึ้ง

ภาพที่ 4 ผลการถ่ายทอดเทคโนโลยีบ้านรังผึ้งอัจฉริยะ

4.3 ผลการทดสอบประสิทธิภาพการเลี้ยงผึ้งโพรงโดยการเปรียบเทียบปริมาณผลผลิตน้ำผึ้งที่ได้จากการเลี้ยงในรังผึ้งแบบเดิม กับการเลี้ยงผึ้งด้วยเทคโนโลยีบ้านผึ้งอัจฉริยะ โดยวัดจากร้อยละของปริมาณผลผลิตน้ำผึ้งที่เพิ่มขึ้นจากเดิม เนื่องจากการรบกวนผึ้งน้อยลง และการจัดสภาพแวดล้อมในรังผึ้งให้เหมาะสม ดังแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ผลการเปรียบเทียบปริมาณผลผลิตน้ำผึ้งจากการเลี้ยงผึ้งด้วยบ้านผึ้งแบบเดิมกับการเลี้ยงผึ้งด้วยเทคโนโลยีบ้านรังผึ้งอัจฉริยะ

ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพผลผลิตน้ำผึ้ง (กิโลกรัมต่อรัง)			
บ้านผึ้งแบบเดิม	**นวัตกรรมบ้านผึ้งแบบที่ 1**	**ปริมาณผลผลิตน้ำผึ้งที่เพิ่มขึ้น**	**เฉลี่ย**
3.00	4.00	1.00	2.50
ร้อยละที่เพิ่มขึ้น		**33.33**	**33.33**

จากตารางที่ 4 แสดงผลการเปรียบเทียบการผลิตน้ำผึ้งจากการเลี้ยงผึ้งด้วยบ้านผึ้งแบบเดิมกับการเลี้ยงผึ้งด้วยเทคโนโลยีบ้านผึ้งอัจฉริยะ สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการเลี้ยงผึ้งโพรง โดยเพิ่มปริมาณผลผลิตน้ำผึ้งเฉลี่ย 1 กิโลกรัมต่อรัง ซึ่งให้ผลผลิตน้ำผึ้งเพิ่มขึ้นจากเดิมร้อยละ 33.33 ดังแสดงในภาพที่ 5

ภาพที่ 5 การเก็บน้ำผึ้งเพื่อหาประสิทธิภาพการผลิตน้ำผึ้ง

5. สรุปผล อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลและอภิปรายผล

การใช้เศษไม้เก่าเป็นวัสดุหลักสำหรับทำกล่องรังผึ้ง จึงสอดคล้องกับธรรมชาติเดิมของผึ้งโดยไม่รบกวนวงจรชีวิตของผึ้งมากที่สุด ตามแนวทางของศูนย์ส่งเสริมเทคโนโลยีการเกษตรด้านแมลงเศรษฐกิจกรรมส่งเสริมการเกษตรกระทรวงเกษตรและสหกรณ์จังหวัดชุมพร โดยใช้วัสดุท่อนไม้เก่าจากธรรมชาติ มาประกอบเป็นรังผึ้งเหมาะสมกับสภาพแวดล้อมของผึ้งทำให้ผึ้งเข้ารังได้ไม่รบกวนสภาพแวดล้อมของผึ้ง โดยใช้วัสดุท่อนไม้จากธรรมชาติ ท่อนไม้ที่ใช้เป็นท่อนไม้ที่มีโพรงกลวงตามธรรมชาติหรือการเจาะท่อนไม้ให้เป็นโพรงมาประกอบเป็นรังผึ้งเนื่องจากเหมาะสมกับสภาพแวดล้อมของผึ้ง โดยสร้างกล่องล่อผึ้งมีขนาด 30×55×30 ซม. ไม้หนา 1.2 ซม. อบไขผึ้งสำหรับล่อผึ้งมาทำรัง มีขนาดที่เหมาะสม สามารถบรรจุคอนผึ้งได้ 8-10 คอน [10] ควบคุมการเปิด-ปิดหลอดไฟส่องสว่าง ดูสภาพแวดล้อมภายในรังผึ้งผ่าน Pro Light กล้องวงจรปิด WiFi แสดงผลผ่านหน้าจอมือถือ และสอดคล้องกับผลการวิจัยของ Yunus, et al. [6] กับ Gil-Lebrero, et al. [8] ได้ใช้นวัตกรรมระบบอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง เพื่อตรวจสอบปัจจัยแวดล้อมที่มีผลกระทบกับผึ้งผ่านกล้องวงจร และเซนเซอร์วัดอุณภูมิสามารถตรวจสอบข้อมูลได้ตลอดเวลาทำการทดสอบด้วยการวัดอุณหภูมิ/ความชื้นผ่าน Line บนหน้าจอมือถือ [8]

ผลการดูสภาพแวดล้อมภายในรังผึ้งด้วยเทคโนโลยีบ้านผึ้งอัจฉริยะด้วยระบบ IoT ผลการดูสภาพแวดล้อมภายในรังผึ้งผ่าน Pro Light กล้องวงจรปิด WiFi ในช่วงกลางวัน (06.01-18.00 น.) และในช่วงเวลากลางคืน (18.01-06.00 น.) สามารถแสดงผลผ่านกล้องได้ 100% พบว่า ผึ้งโพรงเริ่มเข้ารังเมื่ออุณหภูมิ ต่ำกว่า 35 °C และความชื้น 70% RH. ขึ้นไป สอดคล้องกับการวิจัยของนูรอฮานา และคณะ [5] Fiona, et al. [7] Yunus, et al. และคณะ [6] และ Gil-Lebrero, et al. [8] ซึ่งได้ทดสอบระบบอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง ด้วยการดูข้อมูลอุณหภูมิ/ความชื้นผ่าน Line บนหน้าจอมือถือเพื่อความสะดวกในการดูข้อมูลตลอดเวลาคณะวิจัยได้นำเทคโนโลยีการควบคุมและแสดงผลระยะไกลมาใช้กับการเกษตรกรรมการเลี้ยงผึ้ง WBee โดยโหนดไร้สายข้อมูลท้องถิ่น เซิร์ฟเวอร์ และเซิร์ฟเวอร์ข้อมูลระบบคลาวด์ WBee สามารถบันทึกข้อมูลตรวจสอบและเรียกค้นข้อมูลได้ตลอดเวลา

การเลี้ยงผึ้งโพรง ด้วยเทคโนโลยีบ้านผึ้งอัจฉริยะโดยใช้การควบคุมกล้องวงจรปิด WiFi ลดการสูญเสียชีวิตจากการเปิดดูรังผึ้งได้ ทำให้ผู้เลี้ยงผึ้งสามารถป้องกันแมลงที่เป็นศัตรูของผึ้งเข้ามารบกวนผึ้งทำให้ลดการสูญเสียชีวิตของผึ้งจากการถูกแมลงที่เป็นศัตรูของผึ้งรบกวนได้รู้ถึงความผิดปกติภายในรังผึ้งก่อนเกิดความเสียหาย ลดการรบกวนผึ้ง เวลาการทำงานน้อยลง เพิ่มผลผลิต และรายได้ สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตน้ำผึ้งเพิ่มขึ้นเฉลี่ย 1 กิโลกรัมต่อรัง คิดเป็นร้อยละ 33.33 ซึ่งสอดกับผลงานวิจัยของเสาวนีย์ และคณะ [12] ได้ศึกษาการผลิตและการตลาดของเกษตรกรในกลุ่มผู้เลี้ยงผึ้งโพรงไทยในจังหวัดพัทลุง

ผลการศึกษาพบว่า การเลี้ยงผึ้งแบบดั้งเดิม ให้ปริมาณน้ำผึ้งเฉลี่ย 2.69 กิโลกรัมต่อรัง ส่วนการเลี้ยงผึ้งแบบใช้นวัตกรรมให้ผลิตน้ำผึ้ง 3.57 กิโลกรัมต่อรัง ให้ปริมาณผลผลิตน้ำผึ้งมากกว่าการเลี้ยงผึ้งแบบเดิม 0.88 กิโลกรัมต่อรัง ทั้งนี้เนื่องจากการเลี้ยงผึ้งด้วยนวัตกรรมช่วยเพิ่มความสะดวกในการดูสภาพแวดล้อมภายในรังผึ้งได้ตลอดเวลา ช่วยลดการสูญเสียชีวิตจากการเปิดดูรังผึ้งได้มากที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยของบุญฤทธิ์ และคณะ ได้วิจัยระบบรังผึ้งอัจฉริยะ เมื่อเกิดปัญหาในรังผึ้งระบบจะแจ้งเตือนผู้เลี้ยงผึ้ง และดูสภาพแวดล้อมในรังผึ้งให้ผู้เลี้ยงผ่านแอปพลิเคชันไลน์ทันทีเพื่อให้แก้ไขได้รวดเร็วลดการเสียชีวิตของผึ้ง และการทิ้งรังได้ทันท่วงที เนื่องจากสามารถดูสภาพแวดล้อมภายในรังผึ้งได้ตลอดเวลา [13] ซึ่งพบว่าอุณหภูมิและความชื้นที่เหมาะสมช่วยเพิ่มผลผลิตน้ำผึ้งได้อย่างมีนัยสำคัญ อย่างไรก็ตาม ผลการศึกษานี้ยังแสดงให้เห็นว่าการใช้ระบบอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งเพื่อตรวจสอบสภาพแวดล้อมภายในรังผึ้งสามารถเพิ่มความแม่นยำในการดูแลผึ้งมากกว่าระบบควบคุมทั่วไป

5.2 ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

1) หน่วยงานที่เกี่ยวข้อง สำนักงานเกษตรจังหวัดและกลุ่มเลี้ยงผึ้งโพรงไทยบ้านคลองปีกเหนือควรจัดทำคู่มือนวัตรรมบ้านผึ้งอัจฉริยะด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการเลี้ยงผึ้งโพรงต้นแบบ เพื่อความสะดวกต่อการเผยแพร่ และการประยุกต์ใช้ความรู้สู่เกษตรกรผู้ที่สนใจ

2) หน่วยงานที่เกี่ยวข้อง และกลุ่มเลี้ยงผึ้งโพรงไทยบ้านคลองปีกเหนือ ควรนำองค์ความรู้ เรื่อง การใช้งานนวัตกรรมบ้านผึ้งอัจฉริยะด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งต้นแบบไปถ่ายทอดให้แก่กลุ่มเกษตรกรผู้ที่สนใจทำเป็นอาชีพเสริม หรือกลุ่มวิสาหกิจชุมชนอื่น ๆ นำไปใช้ประโยชน์ได้ในอนาคต

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป ควรเพิ่มการฟังความถี่เสียงของผึ้งแจ้งเตือนผ่าน SMS แสดงผลผ่านแอปพลิเคชันไลน์ เพื่อวิเคราะห์ความผิดปกติของผึ้งร่วมด้วย

เอกสารอ้างอิง

[1] สมฤทัย ใจเย็น, จิราพร กุลสาริน, ไสว บูรณพานิชพันธุ์, และกนกวรรณ คำยอดใจ. (2561). ผลของรูปแบบรังไม้ประกอบต่อการจัดวางถ้วยอาหารของชันโรง. วารสารเกษตร, 34(2), 215-226.

[2] เทพกร ณ สงขลา. (2556). รูปแบบการจัดการทรัพยากรเกษตรเพื่อการท่องเที่ยวเชิงเกษตรที่ยั่งยืนในอำเภอช้างกลาง จังหวัดนครศรีธรรมราช. วิทยานิพนธ์ปริญญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการทรัพยากรเขตร้อน มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, สงขลา.

[3] ณัฏฐ์พัชร เถียรวรกานต์, และวีระพล ห้วนแจ่ม. (2558). รูปแบบรังที่ส่งเสริมการเลี้ยงชันโรงในเชิงการค้า. เชียงใหม่: มหาวิทยาลัยแม่โจ้.

[4] กรณินทร คำชวย, คณาธร ประสพโชค, และสิทธิพงษ์ ยวงเพชร. (2566). บ้านรังผึ้งอัจฉริยะ. เพชรบุรี: วิทยาลัยเกษตรและเทคโนโลยีเพชรบุรี.

[5] นูรอฮานา สะแลแม, อิสมะแอ เจ๊ะหลง, และอาบีดีน ดะแซสาเมาะ. (2564). ประสิทธิภาพการลดทอนอุณหภูมิของกล่องเลี้ยงผึ้งชันโรงจากพอลิเมอร์ชนิดพอลิเอทิลีนแลที่มีผลต่อการเพิ่มของโพรพอลิส. การประชุมวิชาการระดับชาติ ด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเครือข่ายภาคใต้ ครั้งที่ 6 (หน้า 1220-1319). สงขลา: มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา.

[6] Yunus, M. A. M. Ibrahim, S., Kaman K. K., Anuar, N. H. K., Othman N., Majid, M. A., & Muhamad, N. A. (2017). Internet of Things (IoT) Application in meliponiculture. International Journal of Integrated Engineering-Special Issue on Electrical Electronic Engineering, 9(4), 57-63.

[7] Fiona, E. M., Bruno, S., Michele, M., Emanuel, M. P., & Pádraig M. W., (2015). An automatic, wireless audio recording node for analysis of beehives, 26th Irish Signals and Systems Conference (ISSC)., Carlow, Ireland.

[8] Gil-Lebrero, S., González, F. J. N., López, V. G., Latorre, F. J. Q., & Serrano, J. M. F. (2020). Regulation of Microclimatic Conditions inside Native Beehives and Its Relationship with Climate in Southern Spain. Sustainability, 12(16), 1-25.

[9] โสภาวรรณ ลักษณา, และบำเพ็ญ เขียวหวาน. (2556). การเลี้ยงผึ้งโพรงไทยของเกษตรกร ตำบลสระแก้ว อำเภอท่าศาลา จังหวัดนครศรีธรรมราช. นนทบุรี: มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

[10] ศูนย์ส่งเสริมเทคโนโลยีการเกษตรด้านแมลงเศรษฐกิจ จังหวัดชุมพร. (2564). การเลี้ยงผึ้งโพรง. ชุมพร: กรมส่งเสริมการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

[11] พระนิทัศน์ ธีรปญฺโญ (วงศ์วังเพิ่ม), พระวุฒิพงษ์ แก้วแกมดา, และปรัชญา มีโนนทองมหาศาล. (2564). การกำหนดประชากรและกลุ่มตัวอย่างในงานวิจัย. วารสารบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร, 18(83), 1-9.

[12] เสาวณีย์ เล็กบางพง, จตุรงค์ พรหมวิจิต, ปลายฟ้า สาครินทร์, และธนกฤต รัตนบุรี. (2566). การผลิตและการตลาดของเกษตรกรในกลุ่มผู้เลี้ยงผึ้งโพรงไทยในจังหวัดพัทลุง. วารสารผลิตกรรมการเกษตร, 5(1), 80-90.

[13] ยกนิ้วให้. (2561, พฤษภาคม 28). ระบบรังผึ้งอัจฉริยะ มจธ. เข้าชิงถ้วยอิมเมจิ้นคัพที่สหรัฐ. หนังสือพิมพ์มติชนออนไลน์, จาก https://www.matichon.co.th/education/news_974558.