รายงานผลงานเรื่องเต็มการทดลองที่สิ้นสุด

---

1. **แผนบูรณาการวิจัยและพัฒนา** : วิจัยและพัฒนาการผลิตพืชผักปลอดภัยในระบบโรงเรือน
2. **โครงการวิจัย** : วิจัยและพัฒนาโรงเรือนควบคุมสภาพแวดล้อมแบบอัตโนมัติสำหรับการผลิตพืชผักปลอดภัยสารพิษตกค้าง

   กิจกรรม : การพัฒนาโรงเรือนและเทคโนโลยีการจัดการสภาพแวดล้อมสำหรับผลิตพืชแบบอัตโนมัติ
3. **ชื่อการทดลอง (ภาษาไทย)** : การพัฒนาโรงเรือนและเทคโนโลยีการจัดการสภาพแวดล้อมสำหรับผลิตพืชแบบอัตโนมัติ

   ชื่อการทดลอง (ภาษาอังกฤษ) : Development of greenhouse and technology management environmental automatic for crop production
4. **คณะผู้ดำเนินงาน**

หัวหน้าการทดลอง นายวุฒิพล จันทร์สระคู สังกัด ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมขอนแก่น

ผู้ร่วมงาน.....นายสราวุฒิ ปานทน สังกัด สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม

นางรัติกาล ยุทธศิลป์ สังกัด สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 3

นายวรรธนะ สมนึก สังกัด ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมขอนแก่น

นางปาริชาติ พจนศิลป์ สังกัด สถาบันวิจัยพืชสวน

นายคุรุวรรณ์ ภามาตย์ สังกัด ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมจันทบุรี

นายจารุพงศ์ ประสพสุข สังกัด สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 3

5. **บทคัดย่อ**

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ พัฒนาเทคโนโลยีโรงเรือนต้นแบบควบคุมอัตโนมัติที่เหมาะสมกับการผลิตพืชผักปลอดภัยสำหรับการเกษตรแบบแม่นยำสูง การควบคุมอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ความเข้มแสง และระบบให้น้ำในโรงเรือน ทดสอบเทคโนโลยีการผลิตพืชผักในโรงเรือนต้นแบบ โดยจัดทำต้นแบบโรงเรือนหลังคาพลาสติกระบบน๊อคดาวน์หลังคาโค้ง 2 ชั้น และบนหลังคามีชาแรนพรางแสงสีเงินแบบเลื่อนปิดเปิดได้ด้วยมอเตอร์ไฟฟ้าพร้อมระบบควบคุมอัตโนมัติเพื่อช่วยลดอุณหภูมิภายในโรงเรือน โรงเรือนขนาดกว้าง 6 เมตร ยาว 24 เมตร สูง 5 เมตร โครงสร้างทำด้วยท่อเหล็กกัลป์วาไนซ์ มุ้งตาข่าย 32 เมช รอบโรงเรือน โดยใช้ค้างปลูกแบบถอดประกอบได้ และบันทึกสภาพแวดล้อมในแต่ละช่วงวันตามรอบการผลิตพืช การให้น้ำแบบหยดจะใช้แบบขาปัก สำหรับหัวพ่นหมอกแบบ 4 ทาง ควบคุมการทำงานโดยการตั้งเวลาอัตโนมัติ ผลการทดสอบปลูกพืชพบว่า ถั่วฝักยาวได้ผลผลิต 1,646 ฝัก น้ำหนักรวม 31.41 กิโลกรัม ไม่พบปัญหาผลเน่า หรือมีการทำลายของหนอนเจาะฝักถั่ว ราคาขายอยู่ระหว่าง 20-50 บาทต่อกิโลกรัม รายได้รวม 4,282.58 บาท และผลผลิตไม่

กรมวิชาการเกษตร

พบสารพิษตกค้าง แตงกวาได้ผลผลิต 2,231 ผล น้ำหนักรวม 197.71 กิโลกรัม ขนาดผลมีความยาวเฉลี่ย 12.5 ซม. ราคาขายอยู่ระหว่าง 12-35 บาทต่อกิโลกรัม รายได้รวม 4,118.73 บาท และผลผลิตไม่พบสารพิษตกค้าง ในช่วงเดือนมกราคมถึงมีนาคม 2563 โรงเรือนต้นแบบสำหรับการทดสอบปลูกถั่วฝักยาวและแตงกวาภายในโรงเรือนต้นแบบมีอุณหภูมิเฉลี่ย 28.42 ℃ และความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 52.75 %RH ซึ่งมีความแตกต่างกับสภาพภายนอกโรงเรือนที่มีอุณหภูมิเฉลี่ย 30.01 ℃ และความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 50.67 %RH

Abstract

This research aims to developed automatic control prototype greenhouse technology that is suitable for producing safe vegetables for high precision agriculture, temperature control, relative humidity, light intensity and irrigation systems. Test the technology of vegetable production in the prototype greenhouse by building a prototype of a plastic roof greenhouse, a knock-down system, the shape of the roof double-arched, And on the roof with saran shading silver drop off by an electric motor with an automatic control system to reduce the temperature inside the greenhouse. Side of greenhouse was 6 meters wide, 24 meters long and 5 meters high. The structure is made of galvanized steel pipe, 32 mesh netted around the greenhouse. Hold vegetable can knock-down and record the environment on every day for crop production, was have a drip irrigation system, fogging system by automatic control. The results of the plant test showed that yard long beans yielded 1,646 pods with a total weight of 31.41 kg the selling price is between 20-50 baht per kg, the total income is 4,282.58 baht, and the yield showed no residue. Cucumber yielded 2,231 fruits, total weight 197.71 kg, fruit size with average length of 12.5 cm, selling price between 12-35 baht per kg, total income 4,118.73 baht, and the yield showed no residue. In the period from January to March 2020, the prototype greenhouse for the test of yard long beans and cucumbers Inside the prototype, the temperature was 28.42 ℃ and the relative humidity was 52.75 % RH, which was different from the average temperature outside the GH with an temperature average was 30.01 ℃ and an relative humidity average was 50.67%RH.

6. คำนำ

ประเทศไทยเป็นแหล่งปลูกผักที่มีความหลากหลายชนิดและสายพันธุ์ มีพื้นที่ปลูกประมาณ 3 ล้านไร่ต่อปี คิดเป็น 2.5 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ภาคการเกษตร มีผลผลิตรวม 5 – 5.5 ล้านตันต่อปี ส่วนใหญ่ใช้เพื่อบริโภคภายในประเทศ และเพื่อส่งออกประมาณ 0.45 ล้านตันต่อปี มูลค่าการส่งออกประมาณ 1.52 หมื่นล้านบาทต่อปี คิดเป็น 2 เปอร์เซ็นต์ ของมูลค่าการส่งออกสินค้าเกษตร (www.agric-prod.mju.ac.th) อย่างไรก็ดีสินค้าผักและผลไม้สดจากประเทศไทยยังได้รับการแจ้งเตือนเรื่องปัญหาความปลอดภัยอาหารด้านพืชจากสหภาพยุโรปผ่านระบบเตือนภัยเร่งด่วน Rapid Alert System for Food and Feed (RASFF) อย่างต่อเนื่อง

ลิขสิทธิ์การเกษตร

โดยปัญหาหลักที่มีการตรวจพบและแจ้งเตือนได้แก่ สารเคมีตกค้างวัสดุสัมผัสอาหาร สารเติมค่าอาหาร และการปนเปื้อนของวัตถุแปลกปลอม เชื้อจุลินทรีย์ในผักและผลไม้สด

ปัญหาผักไทยเป็นปัญหาเรื้อรัง ภาครัฐบาลได้พยายามออกมาตรการแก้ไขปัญหามาตลอด กรมวิชาการเกษตรได้ร่วมมือกับกระทรวงพาณิชย์ออกประกาศพืชควบคุมเฉพาะที่ต้องตรวจสารตกค้างก่อนส่งออกไปยังอียู และประกาศให้ผักไทยที่จะส่งออกได้ต้องมาจากฟาร์มที่ได้มาตรฐาน Good Agricultural Practice (GAP) และโรงคัดบรรจุต้องได้มาตรฐาน Good Manufacturing Practice (GMP) ที่ได้รับการรับรองจากกรมวิชาการเกษตรก่อน การแก้ไขปัญหาเรื่องผักไทยคือต้องปรับปรุงระบบการผลิตใหม่ทั้งหมดตั้งแต่ต้นน้ำ จนถึงปลายน้ำ ทั้งเกษตรกร ภาครัฐ และเอกชน กล่าวคือ เกษตรกรต้องปฏิบัติตาม GAP ของกรมวิชาการเกษตรอย่างเคร่งครัด เพื่อควบคุมเรื่องความปลอดภัยอาหาร นอกจากนี้การสุ่มตัวอย่างตรวจสารเคมีตกค้าง และการกำจัดแมลงศัตรูพืช การใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ทั้งนี้เกิดจากเกษตรกรขาดความรู้ในการจัดการอย่างถูกต้องและเหมาะสมทำให้เพิ่มต้นทุนการผลิตพืชโดยเปล่าประโยชน์ ซึ่งบางครั้งความรู้เท่าไม่ถึงการณ์ของเกษตรกรอาจเป็นสาเหตุให้เกิดผลกระทบกับสิ่งแวดล้อม (สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ (ACFS, 2556)

เนื่องจากสภาพแวดล้อมและสภาพอากาศในปัจจุบันนี้มีความแปรปรวน ปัจจัยเหล่านี้มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืชผักที่เกษตรกรปลูกไว้ทั้งสิ้น ทำให้พืชผักที่ปลูกไว้เจริญเติบโตไม่เต็มที่ เกิดโรคระบาดในพืช ต้นพืชไม่แข็งแรงและให้ผลผลิตน้อยกว่าที่ควรจะเป็น การปลูกพืชในโรงเรือนเพื่อให้สามารถควบคุมสภาวะแวดล้อมในการปลูกพืช โดยที่ผู้ปลูกสามารถวางแผนการผลิตพืช ได้ตลอดปีโดยที่สามารถเลือกผักที่มีราคาสูงและผักที่ปลูกในสภาพนอกโรงเรือนที่มีปัญหาแมลงรบกวนซึ่งจะทำให้ลดการใช้สารเคมีในการกำจัดแมลงและศัตรูพืช การผลิตภายใต้สภาพโรงเรือนจึงเป็นสิ่งที่จำเป็นเหมาะสมกับสภาพเงื่อนไขในปัจจุบัน และเนื่องจากสามารถป้องกันความเสียหายจากสภาพแวดล้อมธรรมชาติ ป้องกันพืชจากการทำลายของสัตว์ โรค และแมลงศัตรู และยังสามารถกำหนดทิศทางวางแผนการผลิต เร่งการผลิดอกออกผล และปรับสภาพแวดล้อมให้เหมาะสมกับพืชที่ปลูกได้ ซึ่งในปัจจุบันเทคโนโลยีการผลิตพืชภายใต้สภาพโรงเรือน ได้ถูกใช้กันอย่างแพร่หลายทั่วโลก รวมถึงในประเทศไทยก็เริ่มนำมาใช้มากขึ้น การจัดการระบบการผลิตผักในโรงเรือนเพื่อแก้ปัญหาการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชในปริมาณที่มากเกินความจำเป็น ซึ่งการผลิตผักในโรงเรือนที่มุงหลังคาพลาสติกและมีมุงตาข่ายล้อมรอบพร้อมทั้งระบบควบคุมสภาพแวดล้อมให้อยู่ในสภาวะที่เหมาะสม เพื่อการผลิตผักที่มีคุณภาพและควบคุมการผลิตไม่ให้มีสารพิษตกค้างที่ผลผลิตก่อนการส่งออก (ไกรเลิศ และคณะ, 2548)

การปลูกพืชผักโดยเฉพาะในรูปแบบการค้านั้น เพื่อให้ได้ผลผลิตที่ดีจึงจำเป็นต้องใช้สารเคมีในการป้องกันกำจัดศัตรูพืชเป็นจำนวนมาก จากการนำเอาเทคโนโลยีในส่วนของการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชไปใช้ในการพัฒนาการผลิตพืชก็นำพาให้เกิดปัญหาสำคัญส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม สุขภาพของเกษตรกรและผู้บริโภคทั้งทางตรงและทางอ้อม ขณะที่ยังมีความกังวลเกี่ยวกับสารพิษตกค้างทั้งในผักและผลไม้ เนื่องจากแนวโน้มการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชมีเพิ่มขึ้นทุกปี (สำนักควบคุมพืชและวัสดุการเกษตร, 2556) แต่ในปัจจุบันผู้บริโภคมีแนวโน้มใส่ใจเรื่องสุขภาพ และความปลอดภัยจากสารพิษมากขึ้น การทำการเกษตรในยุคปัจจุบันจึงหันมาให้ความสำคัญกับการใช้สารเคมีให้น้อยลง โดยเฉพาะการปลูกพืชผักแบบปลอดภัยที่จะส่งผลต่อเกษตรกรและผู้บริโภคโดยตรง

ลิขสิทธิ์กรมวิชาการเกษตร

ผักปลอดภัยจากสารพิษ หมายถึง ผลผลิตพืชผักที่ไม่มีสารเคมีป้องกันและกำจัดศัตรูพืชตกค้างอยู่ หรือมีตกค้างอยู่ไม่เกินระดับมาตรฐานที่กระทรวงสาธารณสุขกำหนดไว้ ในประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 163 พ.ศ. 2538 ลงวันที่ 28 เมษายน 2538 เรื่อง อาหารที่มีสารพิษตกค้าง

วิธีการผสมผสานในการควบคุมศัตรูพืช จะเป็นการนำเอาวิธีการป้องกันและกำจัดศัตรูพืชหลายวิธีมาประยุกต์ใช้ร่วมกัน โดยวิธีการปลูกผักปลอดภัยจากสารพิษนี้มีข้อแนะนำให้เกษตรกรเลือกใช้วิธีการป้องกันและกำจัดศัตรูพืช ทดแทนการใช้สารเคมี ได้แก่ การเตรียมแปลงปลูก การเตรียมเมล็ดพันธุ์ การปลูกและการดูแล การให้ธาตุอาหารเสริม การใช้กับดักกาวเหนียว การใช้กับดักแสงไฟ การใช้พลาสติกหรือฟางข้าวคลุมแปลงปลูก การปลูกผักในโรงเรือนมุ้งตาข่ายไนล่อน การควบคุมโดยชีววิธี การใช้สารสกัดจากพืช การใช้สารเคมีป้องกันและกำจัดศัตรูพืช (อรพิน และคณะ, มปป.)

การผลิตผักให้ได้มาตรฐานความปลอดภัยจากการใช้สารป้องกันและกำจัดศัตรูพืช และเข้าหลักเกณฑ์มาตรฐานผักอนามัย ได้แบ่งออกเป็น 2 ระบบ ดังนี้ (อดิศักดิ์, 2559)

1. ระบบปิด เป็นการปลูกในมุ้งตาข่ายไนล่อนสีขาวหรือสีฟ้า ขนาดช่องความถี่ 16 x 16 ช่องต่อ 1 ตารางนิ้ว ซึ่งจะทำให้ลดค่าใช้จ่ายในการใช้สารฆ่าแมลงลงได้ประมาณ 80-90 %

2. ระบบเปิด ...

2.1 เป็นการปลูกในแปลง ต้องมีการควบคุมศัตรูพืชแบบผสมผสาน โดยใช้หลายวิธีการร่วมกัน เช่น กับดักกาวเหนียว เชื้อจุลินทรีย์ สารสกัดจากพืช กับดักแสงไฟ กับดักสารเพศ เป็นต้น การใช้สารเคมีสังเคราะห์ต้องพิจารณาเมื่อจำเป็นเป็นครั้งคราวไป โดยเลือกใช้สารชนิดที่ปลอดภัยสลายตัวเร็ว

2.2 ระบบการผลิตวิธีธรรมชาติ โดยยึดหลักการและแนวทางการเกษตรธรรมชาติ ซึ่งยึดถือหลัก 4 ประการ คือ ไม่ไถพรวน ไม่ใส่ปุ๋ย ไม่กำจัดวัชพืช และไม่ฉีดพ่นสารเคมี โดยอาศัยหลักการเกื้อกูล และอยู่ร่วมกันแบบประสานประโยชน์ตามธรรมชาติ

ผักอนามัย หมายถึง ผักที่อยู่ในกระบวนการผลิตแบบใช้สารเคมีป้องกันและปราบศัตรูพืช รวมทั้งมีการใช้ปุ๋ยเคมีเพื่อการเจริญเติบโต ผลผลิตที่เก็บเกี่ยวได้ยังมีสารพิษตกค้างแต่ไม่เกินปริมาณที่กำหนด ต้องเก็บเกี่ยว ทำความสะอาดและบรรจุหีบห่ออย่างดี เพื่อความปลอดภัยของผู้บริโภค ผักปลอดสารพิษ หมายถึง ผักที่มีระบบการผลิตที่ใช้สารเคมีในการป้องกันและปราบศัตรูพืช รวมทั้งปุ๋ยเคมีเพื่อการเจริญเติบโตของพืช แต่ให้เว้นช่วงการใช้สารเคมีก่อนการเก็บเกี่ยว ซึ่งผลผลิตที่ได้ยังมีสารเคมีตกค้าง แต่ไม่เกินในปริมาณที่กำหนดเพื่อความปลอดภัยของผู้บริโภค โดยให้มีการขอใบรับรองจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้องเพื่อให้ได้ใบรับรองผักปลอดสารพิษตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 163 พ.ศ. 2538 ลงวันที่ 28 เมษายน 2538 เรื่องอาหารที่มีสารเคมีตกค้าง ผักอินทรีย์ หมายถึง ผักที่มีระบบการผลิตแบบไม่ใช้สารเคมีใด ๆ ทั้งสิ้น และไม่ใช้พันธุ์พืชที่ตัดต่อพันธุกรรม มีการใช้ปุ๋ยที่มาจากธรรมชาติเท่านั้น ผลผลิตที่เก็บเกี่ยวได้จึงมีความสะอาดและปลอดภัยตามกรรมวิธีของเกษตรอินทรีย์และเป็นระบบการผลิตที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม (อดิศักดิ์, 2559)

Global GAP คือ มาตรฐานภาคเอกชนสำหรับการผลิตสินค้าเกษตรของกลุ่มผู้ค้าปลีกในยุโรปมีที่มาจากมาตรฐาน GAP หรือ Good Agricultural Practice ของ องค์การอาหารและเกษตรกรรมแห่งสหประชาชาติ (United Nations Food and Agriculture Organization-FAO) ซึ่งเป็นแนวคิดเรื่องการทำเกษตรอย่างยั่งยืน ใส่ใจสิ่งแวดล้อม และสังคม โดยมาตรฐานดังกล่าว มุ่งรับรองคุณภาพการเพาะปลูกสินค้าเกษตร เช่น ผัก ผลไม้ สินค้าปศุสัตว์ และสินค้าประมง เพื่อให้ผู้บริโภคมั่นใจว่าสินค้าอาหารที่ผลิตจากฟาร์ม

ศรีอยุธยาเกษตร

ดังกล่าวนั้น ใช้สารเคมีและมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมแต่น้อย และมีการคำนึงถึงสวัสดิภาพความปลอดภัยของแรงงานและสัตว์ โดยกลุ่มผู้ค้าปลีกในยุโรปดังกล่าวได้ใช้มาตรฐาน Global GAP เป็นเงื่อนไข ว่าผู้ผลิตสินค้าอาหาร และเกษตรกรทั้งในยุโรปและจากประเทศที่สาม รวมถึงประเทศไทย ที่ต้องการนำสินค้าของตนไปจำหน่ายในร้านค้าปลีกในยุโรปที่เป็นสมาชิกของ Global GAP ต้องผ่านการรับรองจากมาตรฐานดังกล่าว (กรมวิชาการเกษตร, 2554)

จากการรายงานผลการวิเคราะห์สารพิษตกค้างในผักและผลไม้ เพื่อรับรองระบบการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีสำหรับพืชในภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน 11 จังหวัด ณ ห้องปฏิบัติการ สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 3 ระหว่างปี 2554 ถึง 2556 ทำการวิเคราะห์สารเคมีกำจัดศัตรูพืช 4 กลุ่ม (ออร์กาโนฟอสเฟต, ออร์กาโนคลอรีน, คาร์บาเมท และไพรีทรอยด์) พบว่า ในปี 2554 จากตัวอย่างผักและผลไม้จำนวน 905 ตัวอย่าง ตรวจพบตรวจพบสารพิษตกค้าง 173 ตัวอย่าง (19.1%) และพบปริมาณเกินค่า MRL 13 ตัวอย่าง (1.4%) ชนิดพืชที่ตรวจพบสารพิษเกินค่า MRL คือ กะหล่ำ ขึ้นฉ่าย ถั่วฝักยาว ผักกาดขาวปลี ผักชี มะเขือ หอมแบ่ง พริก มะม่วง และ ลำไย และในปี 2555 ในปี 2555 จากตัวอย่างผักและผลไม้จำนวน 1,027 ตัวอย่าง ตรวจพบสารพิษตกค้าง 272 ตัวอย่าง (26.5%) และพบปริมาณเกินค่า MRL 18 ตัวอย่าง (1.8%) ชนิดพืชที่ตรวจพบสารพิษเกินค่า MRL คือ กะหล่ำดอก ขึ้นฉ่าย แตงกวา พริก หอมแบ่ง มะม่วง และ ลิ้นจี่ (จารุพงศ์, 2557)

ถั่วฝักยาวเป็นผักสดที่คนไทยบริโภคมากที่สุดผักหนึ่ง และมีความหลากหลายในการนำไปบริโภคทั้งในรูปผักสดและปรุงกับอาหารต่างๆ การเก็บผักในตลาดไปทดสอบสารพิษตกค้าง มักจะพบบ่อยมากที่หนึ่งในสิบอันดับแรกของผักที่มีสารพิษตกค้างเกินระดับมาตรฐานจะมีถั่วฝักยาวร่วมอยู่ด้วย เรียกได้ว่าติดอันดับต้นๆ ของผักที่มียาฆ่าแมลงตกค้างมาก การฉีดยาฆ่าแมลงบ่อยมากในถั่วฝักยาวเป็นเพราะถั่วฝักยาวเป็นพืชที่หนอนชอบมาก เป็นหนอนผีเสื้อ กัดกินยอดอ่อน ใบอ่อน ฝักอ่อน บางครั้งหนอนมากกัดกินฝักทั้งหมดเหลือแต่ก้าน หนอนมักดื้อยาต้องใช้ยาแพง ต้องผสมยาเข้มข้น และต้องฉีดยาบ่อยมาก จากการศึกษาของกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ รวมถึงข้อมูลจากกองวัตถุมีพิษทางการเกษตร ยืนยันตรงกันว่า ผักที่ตรวจพบสารพิษตกค้างมากที่สุด ได้แก่ ผักคะน้า กะหล่ำปลี ถั่วฝักยาว ผักบุ้งจีน ผักกาดขาว ผักกวางตุ้ง (ปิยวรรณ, 2543)

ถั่วฝกยาว (Yard Long Bean) จัดเป็นพืชผักในตระกูลถั่ว ปลูกได้ตลอดป แต่ปลูกได้ผลที่สุด คือ ชวงเดือนกุมภาพันธ์ ถึงพฤศจิกายน เป็นผักชนิดหนึ่งที่ชาวเอเชียนิยมบริโภคโดยเฉพาะชาวฮองกง และ สิงคโปร นอกจากตลาดเอเชียแล้ว ตลาดต่างประเทศทางยุโรป ซึ่งมีคนเอเชียอพยพเข้าไปอยู่อาศัยเป็นจำนวนมาก เชน ฝรั่งเศส อังกฤษ และเยอรมัน ตลอดจนประเทศทางแถบตะวันออกกลาง ก็นับว่าเป็นตลาดที่ค่อนข้างจะมีความต้องการสูง จึงนับได้วา ถั่วฝักยาวเป็นพืชผักชนิดหนึ่งที่นิยมบริโภคทั้งภายใน และต่างประเทศ ถั่วฝกยาวเป็นพืชตระกูลถั่วที่มีความสำคัญชนิดหนึ่งของประเทศไทย นอกจากจะใช้ปรุงอาหาร บางชนิดใช้บริโภคสดในชีวิตประจำวันแลว ยังใชเป็นวัตถุดิบในด้านอุตสาหกรรม บรรจุกระปองและแชแข็งด้วย สำหรับพื้นที่ปลูกถั่วฝักยาวที่สำคัญ เช่น จังหวัดเพชรบุรี ราชบุรี นครปฐม และสระบุรี เป็นต้น มีข้อมูลของกลุ่มบริการส่งออกสินค้าเกษตร สำนักควบคุมพืชและวัสดุการเกษตร กรมวิชาการเกษตรเมื่อปี พ.ศ. 2554 มีปริมาณการส่งออกถั่วฝักยาวประมาณ 500 ตัน มี มูลค่าประมาณ 19 ล้านบาท

กรมวิชาการเกษตร

ดินฟาอากาศที่เหมาะสม ถั่วฝกยาวปลูกไดทั่วทุกภาคของประเทศ ชอบอากาศคอนขางร้อน ช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสมอยู่ในระหว่าง 16-24 องศาเซลเซียส สามารถปลูกได้ในดินทุกชนิด แต่ปลูกได้ดีในดินร่วนปนทราย มีการระบายน้ำได้ดี สภาพความเป็นกรดด่าง (pH) อยู่ระหว่าง 5.5-6.0 และเป็นพืชที่ต้องการแสงแดดตลอดวัน ถั่วฝกยาวเป็นผักที่ปลูกได้ทุกฤดูกาลใน เขตร้อน ชอบอากาศค่อนขางร้อน ฝนไม่ชุก ถ้าอากาศร้อนเกินไปหรือฝนตกชุก จะทำให้ดอกร่วง และฝกรวง ถาอากาศหนาวเกินไปจะชะงักการเจริญเติบโต เนื่องจากระบบรากไม่ทำงาน ดังนั้นถั่วฝักยาวมักให้ผลผลิตในช่วงฤดูแล้งสูงกว่าฤดูฝน แต่ในชวงฤดูฝนหากมีการดูแลรักษาที่ดี คุณภาพของฝกที่ไดจะสมบูรณกว่าในช่วงฤดูร้อน ถั่วฝักยาวเป็นพืชที่ต้องอาศัยค้างเพื่อเกาะพยุงลำตนใหเจริญเติบโต ไม้ที่ใชสำหรับทำไมค้างนั้นใชไม้ไผ หรือไม้อื่น ๆ ที่หาได้ง่ายในท้องถิ่น โดยมีความยาวประมาณ 2.5-3 เมตร หรือ อาจจะสรางโครงเสาแล่วใชลวดขึงด้านบน และใชเชือกห้อยลงมายังลำต้นถั่วฝักยาวให้เลื้อยขึ้น ระยะเวลาการใส่ค้างถั่วฝักยาวนั้นจะเริ่มหลังจากงอกแล้ว 15-20 วัน โดยจับตนถั่วฝกยาวใหพันเลื้อยขึ้นค้างในลักษณะทวนเข็มนาฬิกา (กรมส่งเสริมการเกษตร, มปป.)

ดังนั้นถั่วฝักยาวก็เป็นพืชที่เสี่ยงต่อสารพิษตกค้าง จึงควรทำการศึกษาสภาพการผลิตและการใช้เทคโนโลยีเกษตรที่เหมาะสมในการผลิตให้มีความปลอดภัยมากขึ้น การปลูกผักในโรงเรือนกางมุ้งจะสามารถลดการใช้สารเคมีลงได้ประมาณ 80 เปอร์เซ็นต์เหมาะสำหรับในพื้นที่มีการระบาดของแมลงรุนแรง โดยเฉพาะแมลงที่สร้างความต้านทานต่อสารเคมี อย่างมาก ส่วนมุ้งตาข่ายสีฟ้าจะช่วยลดความเข้มของแสงได้ 25 เปอร์เซ็นต์ การปลูกผักกางมุ้งมีข้อจำกัด คือ ไม่สามารถป้องกันแมลงศัตรูผักได้ทุกชนิด แต่จะ ป้องกันพวกผีเสื้อของหนอนชนิดต่างๆ ได้เท่านั้น ส่วนพวกเพลี้ยอ่อน เพลี้ยไฟ หนอนแมลงวันชอนใบ แมลงหวี่ขาวและไร ซึ่งเป็นแมลงขนาดเล็กจะไม่สามารถป้องกัน ได้ร้อยเปอร์เซ็นต์ดังนั้น จึงต้องใช้วิธีการป้องกัน กำจัดแมลงศัตรูผักวิธีอื่นร่วมด้วย แต่ถ้าหากใช้มุ้งตาข่ายไนล่อนที่มีความถี่ เพิ่มขึ้นเป็น 24 หรือ 32 ช่องต่อนิ้ว จะสามารถป้องกันได้แต่อาจจะมีปัญหาเรื่องอุณหภูมิและ ความชื้นภายในมุ้ง (สุทัด และคณะ, 2552)

สำหรับการผลิตพืชสวนในสถานภาพที่ควบคุมสิ่งแวดล้อมได้นั้น ส่วนใหญ่จะผลิตพืชสวนที่มีมูลค่าต่อหน่วยสูงทั้งในรูปแบบผักสด ไม้ดอกไม้ประดับ และเมล็ดพันธุ์ ดังนั้นการพัฒนาสภาพโรงเรือนสำหรับการผลิตพืชที่เหมาะสมทั้งคุณภาพ และราคา จึงเป็นการเพิ่มโอกาสการแข่งขันของประเทศไทยให้สูงขึ้น (ไกรเลิศ และคณะ, 2548) อย่างไรก็ตามการออกแบบโรงเรือนต้องคำนึงถึงอุณหภูมิในพื้นที่ที่จะตั้งโรงเรือน ความชื้นสัมพัทธ์ ฝน ลม และพืชที่จะปลูก การพัฒนาเทคโนโลยีโรงเรือนสำหรับการผลิตพืชสวน เพื่อเพิ่มศักยภาพการผลิตให้สามารถผลิตได้ตลอดปี จำเป็นต้องมีการวิจัยพัฒนา และทดสอบเทคโนโลยีการควบคุมสภาพแวดล้อมที่เหมาะสม โดยการใช้เทคโนโลยีที่มีอยู่ในประเทศไทย จะสามารถพัฒนารูปแบบของโรงเรือนที่เหมาะสมต่อการผลิตพืชแต่ละชนิดและพื้นที่ต่างๆ ได้ ตลอดจนการวิเคราะห์ถึงปัจจัยการผลิตเพื่อความเหมาะสมต่อการลงทุนของเกษตรกรได้

โรงเรือนปลูกพืชที่มีศักยภาพที่ควรจะนำมาใช้ในสภาพภูมิอากาศของประเทศไทยมีอยู่ด้วยกัน 3 แบบ คือ แบบหลังคาสามเหลี่ยมหน้าจั่วหรือสามเหลี่ยมด้านเท่าสองชั้น (gable, double roof) เป็นหลังคาโรงเรือนปลูกพืชที่นิยมใช้ในเขตร้อนชื้น เพราะกันฝนได้ดีการระบายอากาศดี และไม่ก่อให้เกิดการสะสมความร้อน แต่ถ้ามุงหลังคาพลาสติกก็จะทำให้อากาศอบอ้าวภายในโรงเรือน (Ismail, 1991) แบบหลังคาโค้งสองชั้นซ้อนกัน (Curve, double roof) มีข้อดีเช่นเดียวกับแบบหลังคาจั่วสองชั้น แต่ลักษณะการโค้งของหลังคาจะทำให้แสงสว่างผ่านได้ดีกว่า (Chu and Huang, 1991) โรงเรือนหลังคาหน้าจั่วสองชั้นสองชั้น สามารถระบาย

อากาศร้อนภายในอาคารได้ดี แม้ในช่วงฝนตกน้ำฝนก็ไม่ไหลเข้ามาในอาคารโรงเรือน และโรงเรือนหลังคาครึ่งวงกลมเหลื่อม เป็นโรงเรือนที่ออกแบบให้ง่ายต่อการระบายอากาศร้อน เนื่องจากหลังคามีช่องเปิด รูปแบบนี้เหมาะสำหรับประเทศในเขตร้อน (นิรนาม, 2550)

Short (1998) ได้ศึกษาโรงเรือนระบายอากาศแบบธรรมชาติและพบว่า ประสิทธิภาพการระบายอากาศตามธรรมชาติขึ้นอยู่กับลมที่พัดผ่านและเข้า-ออกโรงเรือนและการพัดผ่านจนเกิดสุญญากาศและดูดเอาอากาศร้อนออกบนช่องเปิดของหลังคา และในช่วงวันที่ไม่มีลมพัดผ่านการระบายความร้อนตามธรรมชาติจะเกิดขึ้นโดยการลอยตัวของอากาศร้อนออกทางจั่วที่เปิดระบายอากาศ และมีโอกาสที่จะสามารถทำให้อุณหภูมิได้ใกล้เคียงกับอากาศภายนอก โดยแนะนำว่าควรมีช่องระบายอากาศบนหลังคาประมาณ 10-15% ของพื้นที่โรงเรือน (ซึ่งงานวิจัยนี้จะเอาหลัก 10% นี้ไปใช้ในการออกแบบช่องระบายอากาศด้านบนหลังคา) หลังคาแบบหน้าจั่วอาจจะเป็นหน้าจั่วแบบเดี่ยวหรือหน้าจั่วแบบต่อกันไปก็ได้ มุมองศาของหน้าจั่วที่เป็นหลังคา ไม่ควรมีความลาดชันมากเกินไป เพราะจะทำให้มีการปะทะของลมมาก วัสดุที่ใช้ทำหลังคาอาจฉีกขาดได้ง่าย ทั้งนี้ควรจะอยู่ประมาณ 30 และไม่ควรเกิน 45 องศา นอกจากนั้นแล้ว ยังมีหลังคาโค้งโดยที่โค้งเป็นโค้งแบบเสี้ยวตลอดหรือโค้งแบบต่างระดับ มีความลาดชันต่างกัน ซ้อนเกยกัน โดยมีระยะห่างของช่องที่เกยกันประมาณ 50 ซม. เพื่อช่วยในการระบายอากาศก็ได้ (ASAE , 2002)

รูปแบบโรงเรือนสามารถจำแนกตามรูปทรง

1. โรงเรือนหลังคาหน้าจั่วแบบสมมาตร (even span หรือ single span) เป็นรูปแบบโรงเรือนที่ใช้กันแพร่หลายในเขตอบอุ่นและเขตหนาวหลังคาอาจออกแบบให้เปิดได้เพื่อระบายอากาศร้อนในฤดูร้อนรูปแบบอาคารแบบนี้ไม่ค่อยเหมาะสำหรับประเทศในเขตร้อน

2. โรงเรือนหลังคาหน้าจั่วสองชั้นอาคารรูปแบบนี้สร้างขึ้นเพื่อให้อากาศร้อนภายในอาคารระบายออกได้ดีแม้ในช่วงฝนตกน้ำฝนก็ไม่สาดเข้ามาภายในอาคารโรงเรือนอาคารรูปแบบนี้เหมาะสำหรับประเทศในเขตร้อน

3. โรงเรือนหลังคาครึ่งวงกลม (Quonset) เป็นแบบโรงเรือนที่ได้รับความนิยมแพร่หลายในเขตอบอุ่นและเขตหนาวอีกแบบหนึ่งการก่อสร้างไม่ซับซ้อนมากนักเหมาะสำหรับกรณีที่ต้องการมุงหลังคาด้วยวัสดุที่โค้งงอได้ง่าย เช่นแผ่นพลาสติกชนิดต่าง ๆ การระบายอากาศร้อนทำได้ยากจึงไม่เหมาะสำหรับประเทศในเขตร้อน

4. โรงเรือนหลังคาครึ่งวงกลมเหลื่อมเป็นโรงเรือนที่ออกแบบให้ง่ายต่อการระบายอากาศร้อนเนื่องจากหลังคามีช่องเปิดโรงเรือนแบบนี้จึงเหมาะสำหรับประเทศในเขตร้อน

5. โรงเรือนหลังคาต่อเนื่อง (ridge and furrow) โรงเรือนแบบนี้จะสร้างหลังคาแบบหน้าจั่วหรือครึ่งวงกลมต่อเนื่องกันเพื่อให้โรงเรือนคลุมพื้นที่เป็นบริเวณกว้าง มีค่าก่อสร้างต่ำกว่าการสร้างหลังคาเดี่ยวขนาดใหญ่

การระบายอากาศ การสร้างความชื้น และการลดอุณหภูมิของโรงเรือน

ในทางเทคนิคแล้ว มี 3 วิธี ที่จะสร้างความเย็นเทียมหรือลดอุณหภูมิในโรงเรือน (ชูชาติ, 2551)

1. การแลกเปลี่ยนอากาศ ระหว่างภายในและภายนอกผ่านเข้าออกทางหลังคาหรือด้านข้างหรือใช้ระบบระบายความร้อนเพื่อเพิ่มอัตราการแลกเปลี่ยนอากาศในโรงเรือน

ศรีวิชาการเกษตร

2. Adiabatic Cooling เป็นการเพิ่มความชื้นสัมพัทธ์ขณะที่อุณหภูมิภายในยังต่ำอยู่ โดยหัวพ่นหมอกหรือ อีแวบ (EVAP)

2.1 หัวพ่นหมอก แบบทำงานได้ด้วยแรงดันของระบบน้ำผ่านวาล์วกันน้ำหยด หัวพ่นหมอกนี้จะสร้างละอองน้ำขนาด 80 ไมครอนที่แรงดัน 4 บาร์ จึงเป็นการประหยัดพลังงาน และต้นทุนเพราะสามารถใช้ปั๊มตัวเล็กได้ นอกจากการลดอุณหภูมิภายในโรงเรือนแล้วยังสามารถใช้ในการเพาะกล้าของเมล็ดพันธุ์พืช สำหรับการสร้างความชื้นสัมพัทธ์ในโรงเรือนจะช่วยลดอุณหภูมิได้ประมาณ 5-10 องศา โดยปราศจากการเปียกชื้นของใบพืช (ขึ้นอยู่กับสภาพภูมิอากาศ อุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ของแต่ละท้องที่)

2.2 ระบบทำความเย็นแบบระเหย เป็นระบบทำความเย็นให้โรงเรือนโดยใช้ การระเหยน้ำจาก แผ่น cooling pad ซึ่งจะมีน้ำไหลผ่านช่องว่างในแผ่น และมีลมผ่านการระเหยน้ำจะทำให้อุณหภูมิของโรงเรือนลดลง

3. การลดปริมาณแสงแดงที่ส่องผ่าน โดยใช้ตาข่ายพรางแสงที่เลื่อนปิดเปิดได้ ก็จะช่วยลดอุณหภูมิลงได้ เนื่องจากแสงแดดในโรงเรือนสามารถสร้างปรากฏการณ์เรือนกระจก หรือการที่พื้นที่ว่าง ๆ เริ่มมีความร้อนสูงขึ้น ในการลดความเข้มแสงจะสอดคล้องกับการลดความร้อนในโรงเรือน ดังนั้นการพรางแสง อาจมีผลต่อขบวนการสังเคราะห์แสงของพืช จุดนี้จึงควรพิจารณาใช้ตาข่ายที่สามารถปิด-เปิดได้เพื่อการจัดการเรื่องแสงอย่างมีประสิทธิภาพ ตาข่ายพรางแสงที่นิยมคือสีดำ อย่างไรก็ตาม ในความเป็นจริงแล้วสีของตาข่ายพรางแสงจะสามารถเปลี่ยนสีของแสงที่ผ่านเข้ามา ดังนั้นการพรางแสงโดยใช้ตาข่ายสีต่าง ๆ จะมีผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของพืชหลายชนิด ทั้งนี้ก็ขึ้นอยู่กับชนิดของพันธุ์พืชนั้นๆ ด้วย (ชูชาติ, 2551)

ธนากร น้ำหอมจันทร์ และคณะ (2557) ออกแบบสร้างระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ในโรงเรือนเพาะปลูกพืชไร้ดินแบบการทำความเย็นด้วยวิธีการระเหยของน้ำร่วมกับการสเปรย์ละอองน้ำแบบอัตโนมัติ ซึ่งใช้ PLC เป็นอุปกรณ์ควบคุม โดยรับสัญญาณอะนาล็อกจากเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ผ่านอุปกรณ์ รับสัญญาณอะนาล็อกเพื่อให้ PLC ประมวลผล และใช้ดิจิทัลโวลท์มิเตอร์แสดงค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ ภายในโรงเรือนที่หน้าตู้ควบคุม ระบบควบคุมที่ออกแบบสร้างสามารถทำงานได้ทั้งแบบการควบคุมด้วยมือ และแบบอัตโนมัติ ผลการทดสอบพบว่า ระบบควบคุมอัตโนมัติสามารถเริ่มและหยุดการทำงานได้ตามเวลาที่กำหนดไว้ และสามารถสั่งให้ระบบการทำความเย็นด้วยวิธีการระเหยของน้ำและระบบสเปรย์ละอองน้ำทำงานตามเงื่อนไข อุณหภูมิและเวลาที่กำหนดไว้ เพื่อรักษาให้อุณหภูมิภายในโรงเรือนไม่เกิน 30 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่ แนะนำสำหรับการปลูกพืชไร้ดินในโรงเรือน โดยอุณหภูมิภายในโรงเรือนเฉลี่ย 30.45 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ภายในโรงเรือนเฉลี่ย 80.54 เปอร์เซ็นต์ ระบบสเปรย์ละอองน้ำทำงานเฉลี่ย 10 นาทีต่อวัน ระบบการทำความเย็นด้วยวิธีการระเหยของน้ำทำงานเฉลี่ย 6.37 ชั่วโมงต่อวัน ซึ่งจำนวนชั่วโมงการทำงานของระบบทำความเย็นด้วย วิธีการระเหยของน้ำขึ้นอยู่กับสภาพอากาศภายนอก เป็นการลดการใช้พลังงานไฟฟ้า น้ำ และคนงานได้ สามารถนำไปใช้ควบคุมการทำงานของโรงเรือนเพาะปลูกได้

ปัจจุบันสภาวะแวดล้อมของโลกมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา เกิดปัญหาฝนไม่ตกตามฤดูกาล อากาศร้อนจัด สภาพอากาศแปรปรวนมีผลต่อปริมาณและคุณภาของผลผลิตผัก อีกทั้งเมื่อปลูกพืชติดต่อกันเป็นระยะเวลายาวนานในพื้นที่เดิม ทำให้เกิดการสะสมโรคและแมลงศัตรูพืช เกษตรกรจำเป็นต้องใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชเป็นจำนวนมาก เพื่อลดการระบาดของโรคและแมลงศัตรูพืช มีพืชผักหลายชนิดที่ตรวจพบสารเคมีตกค้างเกินมาตรฐานที่กำหนด การปลูกผักในโรงเรือนจึงเป็นสิ่งจำเป็นเพราะสามารถควบคุมสภาพแวดล้อมได้

สามารถเลือกปลูกพืชชนิดที่ตลาดต้องการในแต่ละฤดูกาลได้ และถ้าหากได้มีการนำเทคโนโลยีการผลิตที่เหมาะสมมาใช้ในการจัดการดิน ปุ๋ย และน้ำเป็นอย่างดี ทำให้ได้ผลผลิตที่ดีมีคุณภาพสูงเพิ่มมากขึ้น และที่สำคัญคือ ลดการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชลงได้มากกว่า 50% (จริยา และคณะ, 2560)

การเลือกโรงเรือนให้เหมาะสมกับสภาพภูมิอากาศสถานที่ตั้ง ชนิดของพืชจึงเป็นปัจจัยสำคัญในการตัดสินใจ ประกอบกับโรงเรือนแต่ละชนิดนั้น มีต้นทุนที่แตกต่างกัน ต้องคำนวณให้ถ้วนถี่ ทั้งต้นทุนโรงเรือน ระบบการปรับอุณหภูมิ ระบบการให้น้ำ ขนาดที่เหมาะสม ราคา ระยะเวลาในการคืนทุน เพื่อให้เหมาะสมกับพืชผักชนิดนั้นที่ราคาการส่งออกสูงขึ้น หากสร้างโรงเรือนและอุปกรณ์ส่วนควบคุมทั้งหมดแล้ว เพิ่มต้นทุนขึ้นมาอีก คำนวณระยะเวลาคืนทุนเฉลี่ยออกมาเป็นต้นทุนต่อกิโลกรัม หักลบกับการลดต้นทุนการใช้สารเคมี และการดูแล การควบคุม การวางแผนการผลิตได้ ต้นทุนที่เพิ่มขึ้นเป็นต้นทุนที่สมเหตุสมผลที่สามารถขายสินค้าที่มีคุณภาพ ปลอดจากสารพิษ และแมลงศัตรูพืช

การผลิตผักสดนั้นสิ่งที่สำคัญที่สุดคือ ต้องผลิตตามที่ตลาดต้องการ และมีความปลอดภัยจากสารพิษและสิ่งปนเปื้อน ซึ่งจะต้องมีการจัดการ การให้ปุ๋ย การให้น้ำ และจัดการศัตรูพืชอย่างถูกต้อง จึงจะทำให้ผักที่ผลิตได้เป็นผักที่มีคุณภาพและปลอดภัย เพื่อส่งเสริมให้เกษตรกรผลิตผักในสภาพโรงเรือนตาข่ายกันแมลง ซึ่งสามารถลดการระบาด ของแมลงศัตรูพืชบางชนิด และลดการใช้สารกำจัดแมลงได้อย่างน้อย 50% นอกจากนี้การปลูกผักภายใต้โรงเรือนสามารถควบคุมปัจจัยการผลิตต่างๆ ได้เป็นอย่างดี เช่นการจัดการให้ปุ๋ยระบบน้ำ การควบคุมวัชพืช การควบคุมศัตรูพืช และป้องกันแรงกระแทกของฝน ทำให้เกษตรกรสามารถผลิตผักได้ตลอดทั้งปี และหลากชนิด ส่งผลให้เกษตรกรมีรายได้เพิ่มขึ้น และยังสามารถเป็นทางเลือกในการประกอบอาชีพของเกษตรกรได้อีกทางหนึ่ง (จริยา และคณะ, 2550) จากผลการเฝ้าระวังการตรวจสอบสารเคมีกำจัดศัตรูพืชปนเปื้อนในผัก ประจำปี 2558 พบว่า ถั่วฝักยาวเป็นหนึ่งในตัวอย่างผักที่คนไทยนิยมบริโภคมากที่สุด ที่มีผลการตรวจสอบจากห้องทดลองที่ได้มาตรฐานภายในประเทศ พบว่า ถั่วฝักยาว มีสารเคมีตกค้างเกินมาตรฐาน 37.5% และมีสารเคมีตกค้างเกินมาตรฐานประมาณ 25% (เครือข่ายเตือนภัยสารเคมีกำจัดศัตรูพืช, 2558) และในปี 2559 จากผลการเฝ้าระวังสารเคมีกำจัดศัตรูพืช พบว่า ถั่วฝักยาว มีปริมาณสารพิษตกค้างเกินค่า MRL ถึง 66.7% (เครือข่ายเตือนภัยสารเคมีกำจัดศัตรูพืช, 2559) ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้จึงเลือกถั่วฝักยาวเนื่องจากเป็นพืชผักที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ มีความนิยมในการบริโภคภายในประเทศเป็นจำนวนมาก และเป็นพืชผักที่มีการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชในปริมาณที่สูงต่อหนึ่งรอบการผลิต การให้น้ำพืชผักโดยทั่วไปจะให้ช่วงเช้าหรือเย็นที่อากาศไม่ร้อนเกินไป มีข้อควรระวังคือ ไม่ควรรดน้ำในตอนกลางวันที่แดดจัด ช่วงหน้าร้อนอุณหภูมิของน้ำที่ค้างอยู่ในท่อหรือแท็งก์น้ำจะค่อนข้างสูง จึงควรนำน้ำไปพักในถังให้เย็นตัวลงก่อนแล้วรดที่บริเวณโคนต้น เพื่อไม่ให้เกิดหยดน้ำตกค้างบนใบซึ่งอาจทำให้เกิดปัญหาใบไหม้ได้ โดยรดให้ชุ่มตั้งแต่เรือนยอดต้นไม้ลงมาชะล้างสิ่งสกปรกตกค้างบนใบ จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการดูดซับน้ำ และลดการคายน้ำ แถมยังช่วยให้การสังเคราะห์แสงดีขึ้นด้วย (http://www.baanlaesuan.com/24860/diy/tip-for-water-the-plants)

การปลูกพืชในโรงเรือนเพื่อช่วยในการควบคุมและป้องกันการถูกทำลายจากสัตว์ โรคและแมลง ศัตรู สามารถกำหนดทิศทางในการผลิตได้เพราะสามารถปรับสภาพแวดล้อมให้เหมาะสมกับพืชที่ปลูกได้ ดังนั้นระบบควบคุมนี้จึงมีความสำคัญมากที่จะช่วยเพิ่มผลผลิตให้กับเกษตรกรและยังทำให้พืชที่ปลูกนั้น ได้ผลผลิตที่ดีและมีประสิทธิภาพ ซึ่งระบบจะอาศัยหลักการ การควบคุม ติดตามและจัดการอย่างเป็นระบบเพื่อให้สภาพ

ลิขสิทธิ์กรมวิชาการเกษตร

อากาศเหมาะสมกับพืชที่ปลูกไว้ เพราะมีตัวรับรู้ (Sensor) ช่วยติดตามอุณหภูมิและมีพัดลมระบายอากาศภายในโรงเรือน เพื่อช่วยลดอุณหภูมิภายในโรงเรือน มีตัวรับรู้ความเข้มแสงเพื่อติดตามพืชไม่ให้ได้รับแสงมากเกินความจำเป็น และ ควบคุมระบบในโรงเรือนได้อย่างสะดวกสบาย ซึ่งจะช่วยให้พืชได้เติบโตในสภาพแวดล้อมและสภาพอากาศที่เหมาะสม แข็งแรงและได้ผลผลิตดี

การผลิตผักในโรงเรือนเป็นวิธีการหนึ่งในการแก้ปัญหาที่เหมาะสมและถูกต้องที่สุดในสถานการณ์ปัจจุบันที่ผู้ประกอบการ และเกษตรกรต้องพัฒนาตนเองให้เท่าทันการเปลี่ยนแปลง และเพื่อให้สอดคล้องกับการเกษตรสมัยใหม่โดยเน้นการเกษตรแบบแม่นยำสูง ภายใต้การผลิตพืชในระบบโรงเรือน ดังนั้นคณะผู้วิจัยจึงมีเห็นควรวิจัยและพัฒนารูปแบบและการจัดการโรงเรือนที่เหมาะสมโดยการใช้เทคโนโลยีการตรวจวัดเซนเซอร์และควบคุมสภาวะแวดล้อมและลดการใช้สารเคมีในการผลิตผักในโรงเรือนอย่างมีประสิทธิภาพ โดยมีวัตถุประสงค์ของงานวิจัยดังนี้

1. เพื่อพัฒนาเทคโนโลยีโรงเรือนต้นแบบควบคุมอัตโนมัติที่เหมาะสมกับการผลิตพืชผักปลอดภัยสำหรับการเกษตรแบบแม่นยำสูง
2. เพื่อพัฒนาระบบควบคุมอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ความเข้มแสง และระบบให้น้ำในโรงเรือน
3. เพื่อทดสอบเทคโนโลยีการผลิตพืชผักในโรงเรือนต้นแบบเปรียบเทียบกับการผลิตภายนอกโรงเรือนด้วยวิธีปฏิบัติเดิมของเกษตรกร

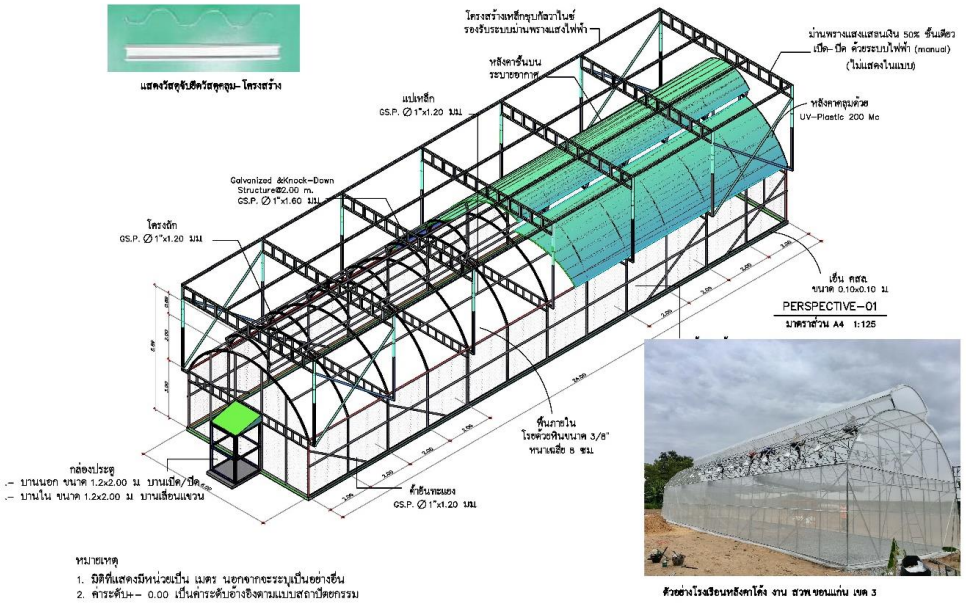
7. วิธีดำเนินการ :

1) สำรวจ ทดสอบและเก็บข้อมูลปัญหา ข้อจำกัด สภาพแวดล้อม รวมทั้งต้นทุนค่าใช้จ่ายของโรงเรือนแบบหลังคาโค้งปิดไม่มีช่องระบายอากาศด้านบน รูปแบบต่างๆ ที่มีการใช้งานในปัจจุบันสำหรับการผลิตพืชผักในปัจจุบัน เพื่อใช้เป็นแนวในการออกแบบและพัฒนาโรงเรือนผลิตพืชผักต้นแบบ

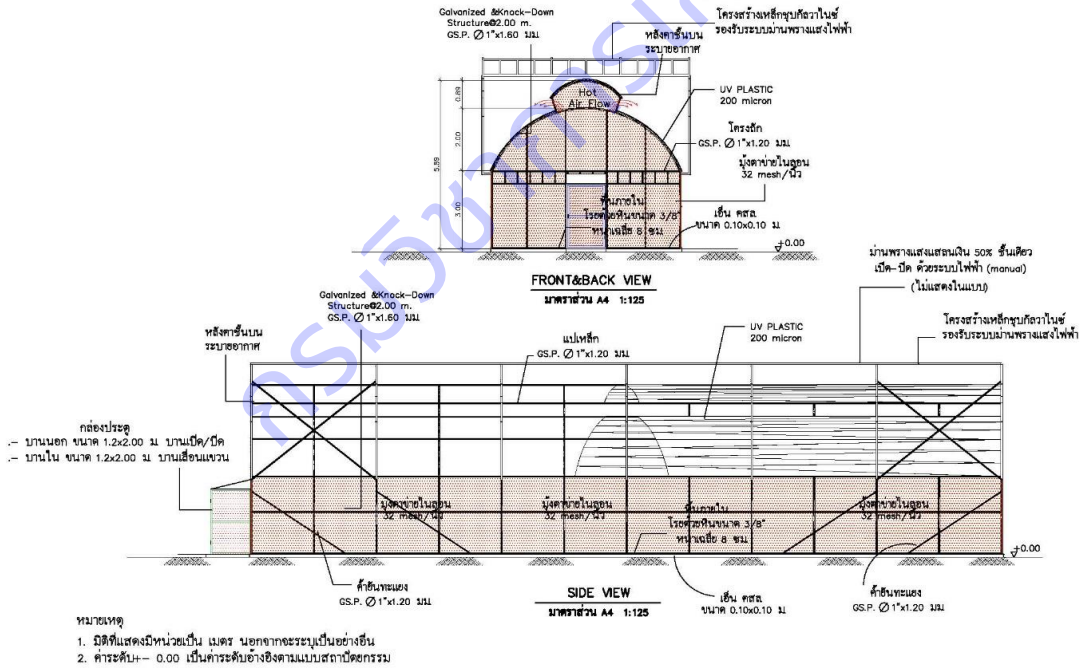
2) ออกแบบและพัฒนาโรงเรือนต้นแบบ ขนาดกว้าง 6 เมตร ยาว 24 เมตร และสูง 5.5 เมตร (ภาพที่ 1) โดยเน้นเป็นแบบติดตั้งและประกอบได้สะดวก โรงเรือนแบบหลังคาเป็น 3 ชั้น ได้แก่ ชั้นในมุงด้วยตาข่ายพรางแสง 50% (อาจจะติดเหลื่อมกันเพื่อเว้นช่องลมเข้า เพื่อระบายอากาศ) พร้อมกลไกควบคุม ชั้นกลางแบบหลังคาโค้งมีช่องระบายอากาศด้านบนคลุมด้วยพลาสติกใสป้องกันยูวี พร้อมติดตั้งกลไกเลื่อนเพื่อเปิดปิดหลังคาส่วนบนสำหรับระบายความร้อนเมื่ออุณหภูมิภายในโรงเรือนสูงเกินไป ชั้นนอกสุดเป็นการคลุมด้วยตาข่ายพรางแสง 50% และสามารถเลื่อนปิด เปิดได้ด้วยกลไกรอกหมุน (ภาพที่ 2)

3) ออกแบบและพัฒนาอุปกรณ์จับยึดและค้างปลูกพืชที่ได้มาตรฐาน เพื่อใช้สำหรับทดสอบการปลูกพืชในโรงเรือน ได้แก่ ถั่วฝักยาว รวมทั้งระบบให้น้ำหยด และพ่นหมอกเพื่อช่วยลดการสะสมความร้อนภายในโรงเรือน พร้อมระบบควบคุมการเปิดปิดแบบตั้งเวลา โดยอุปกรณ์จับยึดจะใช้ลวดสลิงขึงตามแนวยาวโรงเรือนภายใต้คานโครงหลังคา และแขวนเชือกตาข่ายไนล่อนในแนวดิ่งตรงกับแนวถุงปลูกตามแนวยาวโรงเรือน ดังแสดงในภาพที่ 3

กรมวิชาการเกษตร

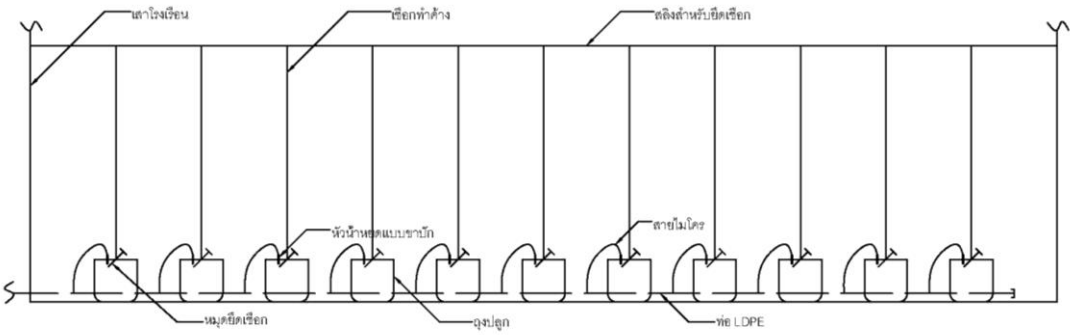


ภาพที่ 1 ออกแบบและพัฒนาโรงเรือนต้นแบบ ขนาดกว้าง 6 เมตร ยาว 24 เมตร และสูง 5.5 เมตร



ภาพที่ 2 การออกแบบระบบการจัดการสภาพแวดล้อมภายในโรงเรือนต้นแบบ

กรมวิชาการเกษตร



ภาพที่ 3 รูปแบบค้างปลูกในโรงเรือนสำหรับการทดสอบปลูกถั่วฝักยาว

4) ทดสอบประสิทธิภาพและการใช้งานโรงเรือนต้นแบบ โดยใช้เทคโนโลยีการเพาะปลูกที่เหมาะสมตามมาตรฐาน GAP ของพืชผัก

5) ติดตั้งเครื่องมือวัดและบันทึกข้อมูลสภาพแวดล้อมแบบอัตโนมัติในโรงเรือนตลอดระยะเวลาที่ปลูก เก็บข้อมูลในโรงเรือน ได้แก่ อุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ ความเข้มของแสงแดด

6) ออกแบบวางแผนทดสอบรอบการผลิตพืชผักถั่วฝักยาว ร่วมกับนักวิชาการเกษตรด้านการผลิตพืชผักของสถาบันวิจัยพืชสวน และสำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 3 ซึ่งเป็นร่วมงานวิจัยในโครงการ เป็นผู้ดำเนินการปลูกพืชทดสอบ และเก็บข้อมูลการเจริญเติบโต ข้อมูลความเสียหาย และสูญเสียที่เกิดจากโรค แมลงศัตรูพืชต่างๆ

7) เก็บข้อมูลการทำงานของอุปกรณ์ส่วนควบคุม ได้แก่ การพ่นหมอก และการเปิดปิดระบบพรางแสง เพื่อให้ได้คำแนะนำการใช้งานที่เหมาะสม

8) วิเคราะห์สารพิษตกค้างพืชผักที่ผลิตในโรงเรือนต้นแบบเปรียบเทียบกับการผลิตของเกษตรกร โดยนักวิชาการและนักวิทยาศาสตร์ของกองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร และสำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 3 ซึ่งเป็นผู้ร่วมงานวิจัยในโครงการ เป็นผู้ดำเนินการสุ่มตัวอย่างและวิเคราะห์ข้อมูล

9) วิเคราะห์ผลการทดสอบ ค่าใช้จ่ายในการสร้างและติดตั้งอุปกรณ์ต่างๆ ของโรงเรือนต้นแบบ รวมทั้งศึกษาความเป็นไปได้ในการลงทุนปลูกพืชผักปลอดภัยในโรงเรือนเพื่อการผลิตเชิงการค้า

10) สรุปผลการดำเนินงาน และจัดทำรายงาน

- เวลา เริ่มต้น ตุลาคม 2561 สิ้นสุด กันยายน 2563
- สถานที่ทำการทดลอง ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมขอนแก่น
  สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 3

8. ผลการทดลองและวิจารณ์

8.1 ผลการออกแบบโรงเรือนต้นแบบ

ออกแบบและสร้างเป็นโรงเรือนระบบน๊อคดาวน์หลังคาทรงจั่ว 2 ชั้น โครงสร้างทำด้วยท่อเหล็กกัลป์วาไนซ์ มีโครงถักทุกระยะ ตอม่อคอนกรีต ฝังเดือยเสาเหล็กชุบกัลป์วาไนซ์ พื้นภายนอกปรับพื้นและถมดิน หนาเฉลี่ย 50 ซม. พื้นภายในโรงเรือนโรยด้วยหิน และปูผ้าใบกันวัชพืชสีขาว ชนิดน้ำซึมผ่านได้พร้อมทางเดิน ค.ส.ล ภายนอก (บนหลังคาพลาสติก) ติดตั้งแสลนสีเงิน เปิด-ปิด ด้วยระบบไฟฟ้า เป็นม่านมอเตอร์ไฟฟ้า DC รายละเอียดดังนี้

กรมวิชาการเกษตร

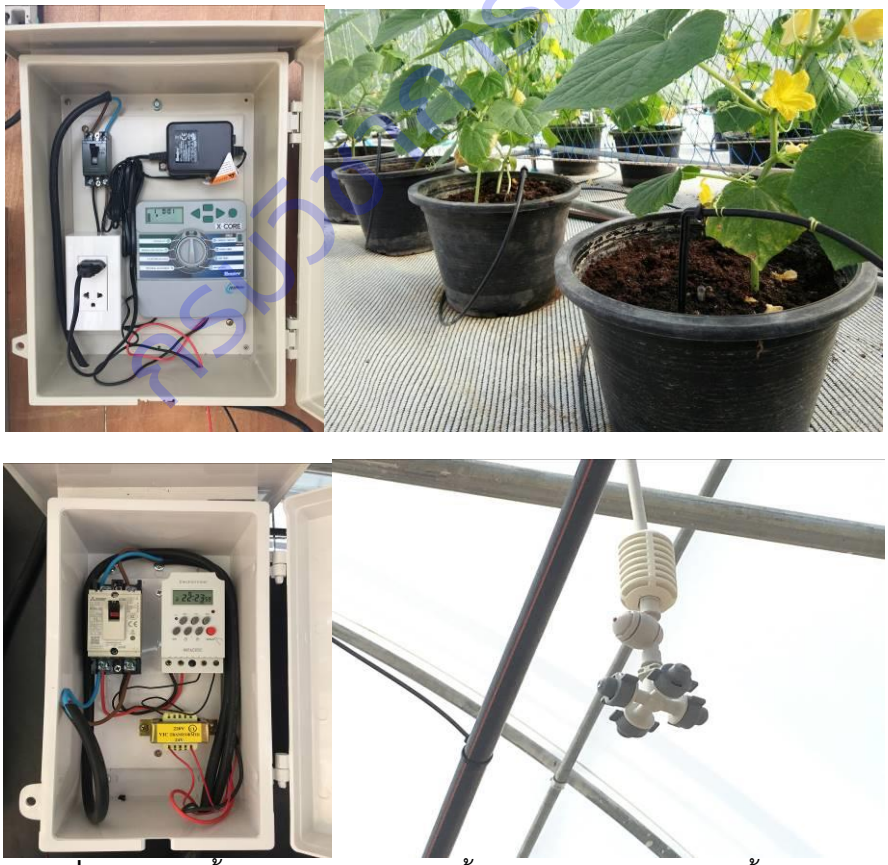
- เป็นโรงเรือนระบบน๊อคดาวน์หลังคาทรงจั่วโค้ง 2 ชั้น ขนาดกว้าง 6 เมตร ยาว 24 เมตร สูง 5 เมตร โครงสร้างทำด้วยท่อเหล็กกัลป์วาไนซ์ขนาดตามแบบที่กำหนด
- มีโครงถักทำด้วยท่อเหล็กกัลป์วาไนซ์ขนาด ∅ 1” และ 3/4” ทุกระยะ 2.0 เมตร
- ตอม่อคอนกรีต ∅ 4” ฝังเดือยเสาเหล็กชุบกัลป์วาไนซ์ ∅ 3/4” ทุกระยะ 2.0 เมตร
- พื้นภายในโรงเรือนโรยด้วยหินขนาด 3/8” หนาเฉลี่ย 8.0 ซม.
- หลังคาคลุมด้วยพลาสติก PE ผสม UV stabilizer ความหนาไม่น้อยกว่า 200 ไมครอน มีอายุการใช้งานไม่ต่ำกว่า 3 ปี
- ผนังทั้ง 4 ด้าน พร้อมช่องระบายอากาศ บุด้วยมุ้งตาข่ายไนลอนกันแมลง ชนิด 32 mesh
- ด้านหน้าโรงเรือนมีประตูบานเดี่ยว 2 ชุด (นอก-ใน) พร้อมกล่องประตูระหว่างประตูชั้นนอก
  - ด้านนอก บานเปิด-ปิด ขนาด 1.2 x 2.0 เมตร พร้อมกลอนประตูปิดล๊อค
  - ด้านใน บานเลื่อนแบบแขวน ขนาด 1.2 x 2.0 เมตร พร้อมกลอนประตูปิดล๊อค
  - บานประตูและกล่องประตู บุด้วยมุ้งตาข่ายไนล่อนกันแมลงชนิด 32 mesh หลังคาพลาสติก 200 ไมครอน
- ยึดโครงสร้างเข้าด้วยกันโดยใช้ Clamp ชุบกัลป์วาไนซ์ พร้อมอุปกรณ์มาตรฐานสำหรับงานโรงเรือน
- ใช้วัสดุล๊อคแบบรางเหล็กสปริง วัสดุคลุมติดกับโครงสร้าง เหล็กพร้อมอุปกรณ์ประกอบมาตรฐานโรงเรือน
- ภายนอก (บนหลังคาพลาสติก) ติดตั้งตาข่ายพรางแสงสีเงิน 50% พร้อมโครงสร้างเหล็กชุบกัลป์วาไนซ์ เปิด-ปิด ด้วยระบบไฟฟ้า (Manual) มอเตอร์ไฟฟ้า DC 24 V จำนวน 1 ชุด

ภาพที่ 4 โรงเรือนต้นแบบสำหรับการทดสอบปลูกถั่วฝักยาวและแตงกวา

ดำเนินการสร้างและติดตั้งค้างปลูกถั่วฝักยาวแบบถอดประกอบได้ ใช้วัสดุเหล็กชุบกัลป์วาไนซ์ขนาด ½ นิ้ว จัดทำเป็นชุดขนาดกว้าง 0.5 เมตร ยาว 4 เมตร และสูง 2 เมตร และยึดตาข่ายเชือกไนล่อนขนาดช่องตา 2.5 นิ้ว โดยจัดวางแนวปลูกในกระถางสองข้างของค้างปลูก ทั้งหมดจำนวน 12 ชุดค้างปลูก (ภาพที่ 5)

ภาพที่ 5 การติดตั้งค้างปลูกถั่วฝักยาวสำหรับการทดสอบในโรงเรือนต้นแบบ

ดำเนินการติดตั้งระบบควบคุมน้ำหยด ระบบพ่นหมอก และม่านพรางแสง (ภาพที่ 6) พร้อมทดสอบเบื้องต้นของกลไกและระบบควบคุมการทำงานต่างๆ ในโรงเรือน ทั้งนี้การให้น้ำแบบหยดจะใช้แบบขาปักในกระถาง อัตราการจ่ายน้ำ 1 ลิตร/ชั่วโมง-กระถาง อัตราการให้น้ำพ่นหมอก 30 ลิตร/ชั่วโมง สำหรับหัวพ่นหมอกแบบ 4 ทาง ใช้ปั๊มแบบปรับแรงดันได้สูงสุด 3.3 บาร์ ขนาด 1 แรงม้า 220 โวลต์ อัตราการไหล 20-90 ลิตร/นาที ควบคุมการทำงานโดยการตั้งเวลาอัตโนมัติ สำหรับการพรางแสงด้านบนหลังคาโรงเรือนควบคุมด้วยมอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 1 แรงม้า



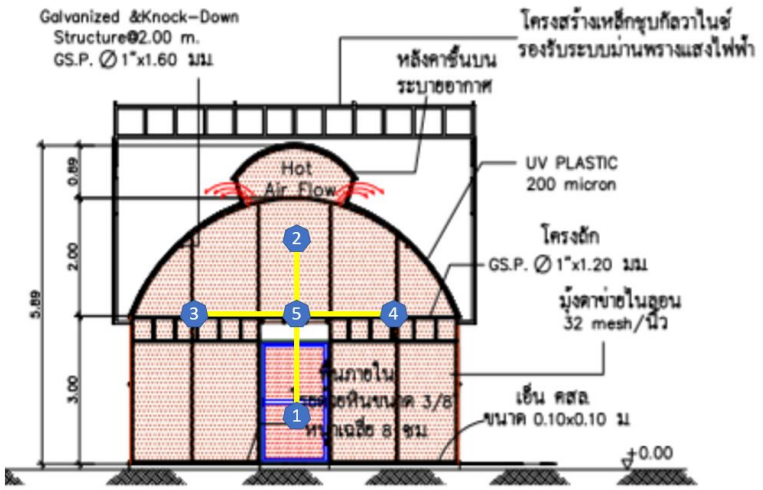
ภาพที่ 6 การติดตั้งระบบควบคุมการให้น้ำแบบหยด และระบบให้น้ำพ่นหมอก

ติดตั้งระบบการวัดสภาพแวดล้อมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศในโรงเรือน โดยติดตั้งจำนวน 5 จุด ในส่วนกลางโรงเรือน (ภาพที่ 7) เพื่อบันทึกการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมในแต่ละช่วงวันตามรอบการผลิตพืช

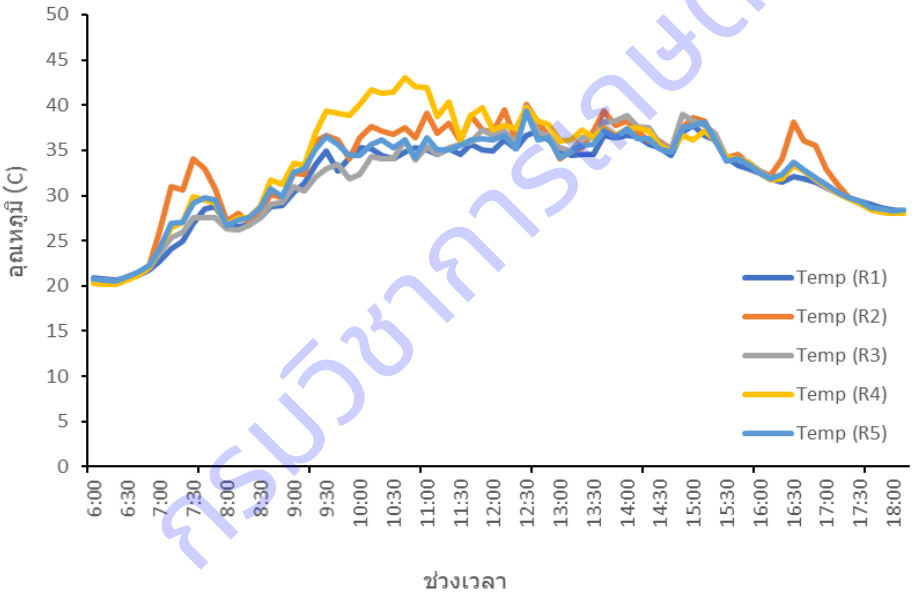
ภาพที่ 7 ติดตั้งเซนเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศในโรงเรือน

ภาพที่ 8 การติดตั้งระบบควบคุมม่านพรางแสงแบบอัตโนมัติส่วนบนหลังคาโรงเรือน

เก็บข้อมูลสภาพแวดล้อมโดยใช้เซนเซอร์ SILA จำนวน 5 จุด ติดตั้งในตำแหน่งที่ต่างกันในแนวแกน X และ Y ดังภาพประกอบที่ 7 และ 9 และนำมาสร้างกราฟแสดงผลในช่วงเวลากลางวันเวลา 6.00 น. – 18.00 น. จากกราฟภาพที่ 10 และ 11 เป็นการแสดงผลค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ในช่วงเดือนพฤศจิกายน 2562 อุณหภูมิสูงสุด 40.9 °C ต่ำสุด 19.8 °C และค่าเฉลี่ย 27.38 °C ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศสูงสุด 93.1 % ต่ำสุด 28.8 % และค่าเฉลี่ย 67.12 %



ภาพที่ 9 ตำแหน่งที่ติดตั้งเซนเซอร์ SILA วัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ จำนวน 5 จุด



ศรีวิชาการเกษตร

ภาพที่ 10 ข้อมูลอุณหภูมิในโรงเรือนและนอกโรงเรือนในแต่ละช่วงวัน

ภาพที่ 11 ข้อมูลความชื้นสัมพัทธ์ในโรงเรือนและนอกโรงเรือนในแต่ละช่วงวัน

8.2 ผลการทดลองปลูกถั่วฝักยาว และแตงกวา

ดำเนินการปลูกพืชทดสอบจำนวน 2 ชนิด คือ ถั่วฝักยาว และแตงกวา เดือนตุลาคม 2562 จนถึงเดือนมกราคม 2563

8.2.1. ปลูกถั่วฝักยาว พันธุ์การค้าที่นิยมปลูกในภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน คือพันธุ์ลำน้ำพองเมล็ดขาว โดยวิธีหยอดเมล็ดถั่วฝักยาว จำนวน 3 เมล็ด ลงในวัสดุปลูกที่มีส่วนผสมของดิน แกลบดำ และปุ๋ยขี้วัว อัตราส่วน 3: 2: 1 ปรับสภาพ pH ด้วยปูนขาว บรรจุในกระถางขนาด 10 นิ้ว จำนวน 120 กระถาง ที่จัดเรียงไว้ภายใต้โรงเรือน จำนวน 6 แถว แต่ละแถวจำนวน 20 กระถาง ให้มีระยะห่างแต่ละกระถางประมาณ 30 เซนติเมตร ใส่เชื้อราไตรโคเดอร์มาป้องกันโรคโคนเน่าหลังจากหยอดเมล็ด อัตรา 200 มิลลิลิตร/กระถาง ให้น้ำด้วยระบบน้ำหยด 1 ครั้ง เวลา 8.30 น. เป็นเวลา 30 นาที (อัตรา 300 มิลลิลิตร /กระถาง) ทุกวัน และเปิดระบบน้ำแบบพ่นฝอย เพื่อช่วยลดอุณหภูมิ 6 ครั้ง ระยะเวลา 2 นาที เวลา 8.30, 10.00, 11.30, 13.00, 14.30 และ 16.00 น. ให้ปุ๋ยสูตร 15-15-15 อัตรา 2 กรัม/กระถาง จำนวน 2 ครั้ง หลังปลูก 30 วัน และ 75 วัน ปุ๋ยสูตร 20-5-8 อัตรา 5 กรัม/กระถาง จำนวน 2 ครั้ง หลังปลูก 15 วัน และ 45 วัน พ่นเชื้อบิวเวอเรีย อัตรา 500 กรัม/น้ำ 20 ลิตร จำนวน 2 ครั้ง หลังจากเริ่มพบแมลงหวี่ขาว และโรยสารไดโนทีฟูแรน อัตรา 2 กรัม/.กระถาง จำนวน 1 ครั้ง หลังจากพบเพลี้ยแป้ง ต้นทุนการผลิตรวม 2,426 บาท (ตารางที่ 1)

ภาพที่ 12 การเตรียมวัสดุปลูกที่มีส่วนผสมของดิน แกลบดำ และปุ๋ยขี้วัว

กรมวิชาการเกษตร

ข้อมูลการเจริญเติบโตจะรวมเป็นปริมาณผลิตของพืช โดยเก็บผลผลิตวันที่ 22 พฤศจิกายน 2562 – 31 มกราคม 2563 รวม 26 ครั้ง ได้ผลผลิต 1,646 ฝัก น้ำหนักรวม 31.41 กิโลกรัม ไม่พบปัญหาผลเน่า หรือมีการทำลายของหนอนเจาะฝักถั่ว ราคาขายอยู่ระหว่าง 20-50 บาทต่อกิโลกรัม รายได้รวม 4,282.58 บาท (ตารางที่ 1) และผลผลิตไม่พบสารพิษตกค้าง หลังจากสุ่มเก็บผลผลิตส่งตรวจที่ห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ทดสอบกลุ่มพัฒนาการตรวจสอบพืชและปัจจัยการผลิต

ภาพที่ 13 การทดสอบปลูกถั่วฝักยาวรอบการผลิตที่ 1 ในโรงเรือนต้นแบบ

ตารางที่ 1 รายการต้นทุนการผลิต ผลผลิต และรายได้ของถั่วฝักยาวที่ปลูกในโรงเรือน สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 3 เดือนตุลาคม 2562- มกราคม 2563

รายการ	จำนวนเงิน (บาท)
เมล็ดพันธุ์	50
วัสดุปลูก	320
กระถางขนาด 10 นิ้ว	1,440
ปุ๋ยเคมี	226
สารเคมีป้องกันแมลงศัตรูพืช	240
ชีวภัณฑ์ควบคุมโรคและแมลงศัตรูพืช	150
รวมต้นทุนการผลิต (บาท)	2,426
จำนวนต้นที่ปลูก (ต้น)	120
รวมผลผลิต (กก.)	31.41
รายได้ (บาท)	4,282.58

หมายเหตุ: ต้นทุนการผลิตและค่าใช้จ่ายต่างๆ ยังไม่รวมถึงต้นทุนในการก่อสร้างโรงเรือน

กรมวิชาการเกษตร

ตารางที่ 2 ข้อมูลอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ในโรงเรือนต้นแบบ ช่วงเดือน ตค.-ธค. 2562

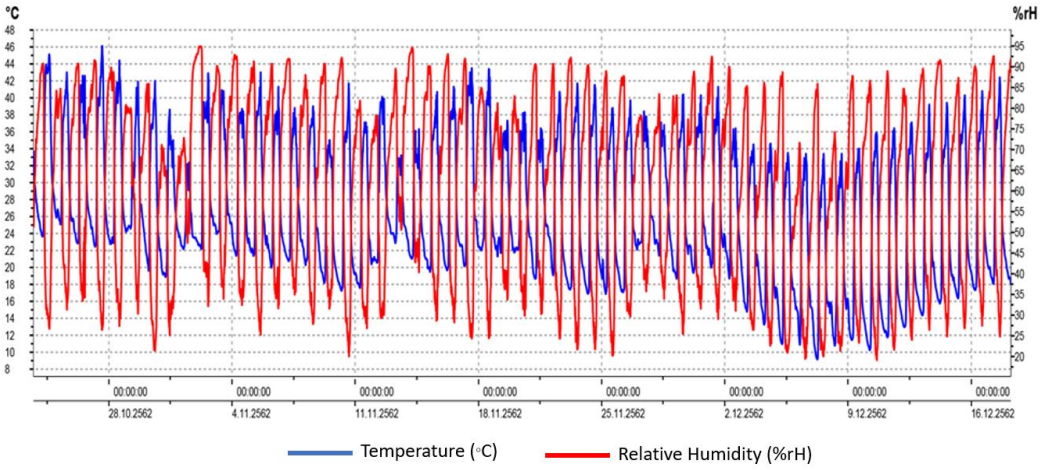
Instrument name: GH3 (prototype)					
Start time: 29/10/2562 17:03:00		Minimum	Maximum	Mean value	Limit values
End time: 24/12/2562 6:13:00	temperature [°C]	9	46.2	26.59	0.0/70.0
Measurement channels: 2	relative humidity [%RH]	19	95.2	59.78	0.0/100.0
Measured values: 8000					
NSIDE					

ตารางที่ 3 ข้อมูลอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายนอกโรงเรือน ช่วงเดือน ตค.-ธค. 2562

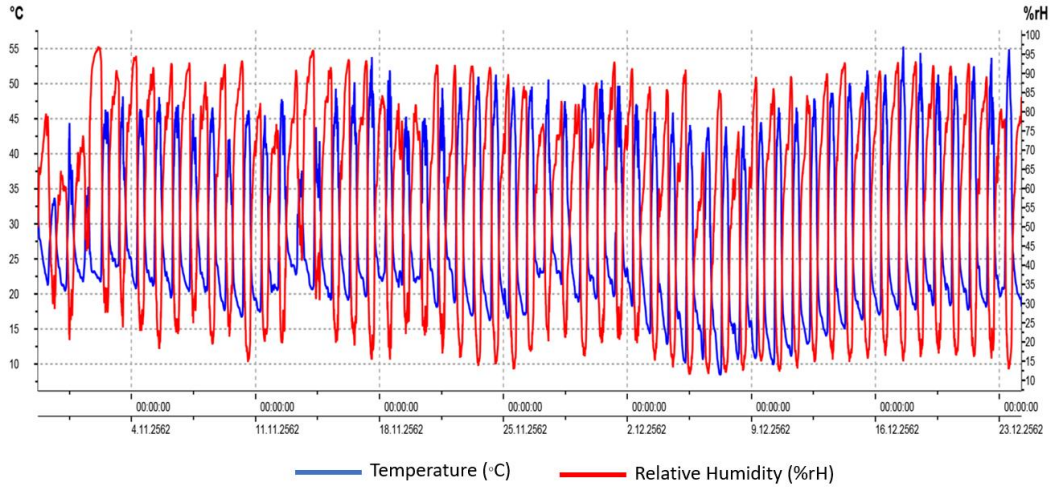
Instrument name: GH (control)					
Start time: 29/10/2562 17:00:00		Minimum	Maximum	Mean value	Limit values
End time: 24/12/2562 6:10:00	temperature [°C]	8.5	55.3	28.57	0.0/70.0
Measurement channels: 2	relative humidity [%RH]	11.5	97	55.37	0.0/100.0
Measured values: 8000					
OUTSIDE					

จากตารางที่ 2 -3 พบว่า ในช่วงวันที่ 29 ตุลาคม – 24 ธันวาคม 2562 โรงเรือนต้นแบบสำหรับการทดสอบปลูกถั่วฝักยาวและแตงกวา ภายในโรงเรือนต้นแบบมีอุณหภูมิเฉลี่ย 26.59 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 59.78 %RH ซึ่งมีความแตกต่างกับสภาพภายนอกโรงเรือนที่มีอุณหภูมิเฉลี่ย 28.57 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 55.37 %RH

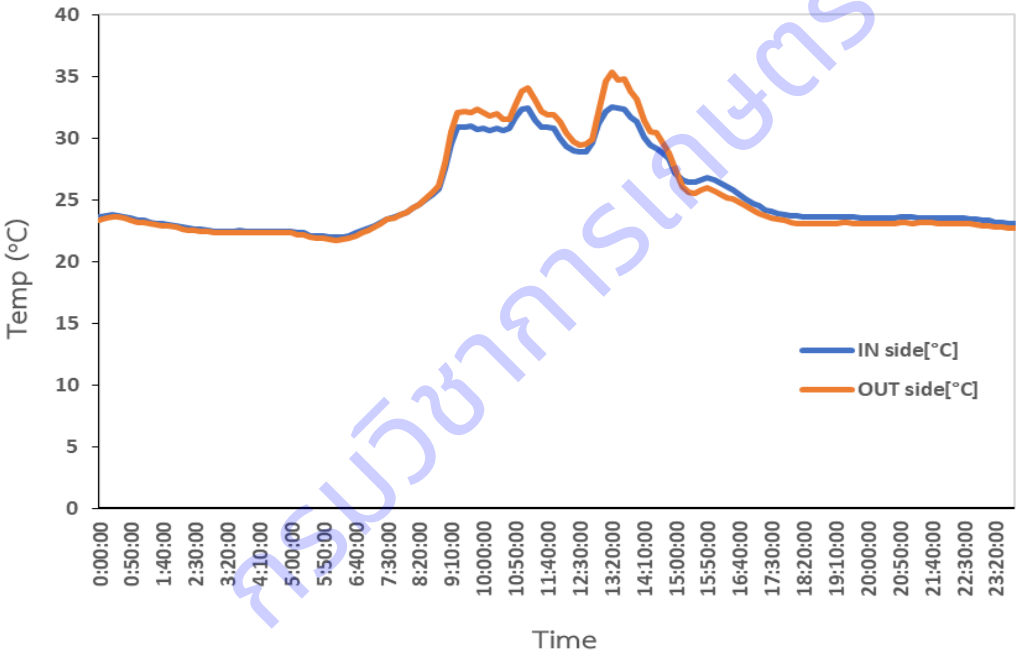
กรมวิชาการเกษตร



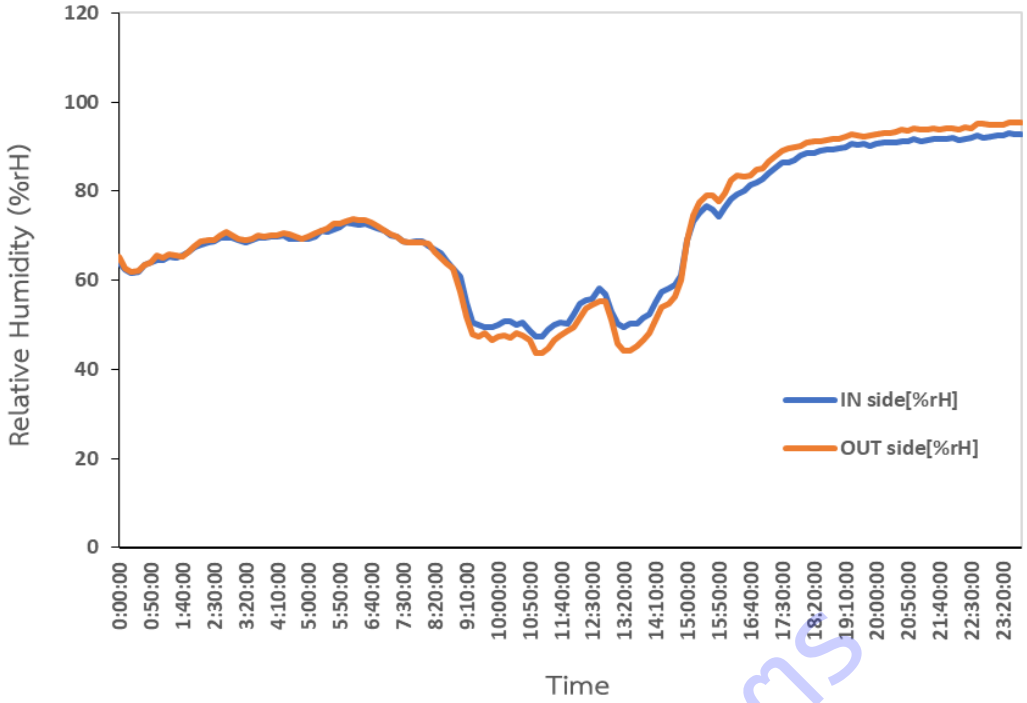
ภาพที่ 14 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ในโรงเรือนต้นแบบ (ตค.-ธค. 62)



ภาพที่ 15 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายนอกโรงเรือน (ตค.-ธค. 62)



ภาพที่ 16 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิภายในและภายนอกโรงเรือนช่วงเดือนพฤศจิกายน 2562



ภาพที่ 17 ความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นสัมพัทธ์ภายในและภายนอกโรงเรือนช่วงเดือนพฤศจิกายน 2562

8.2.2. แตงกวาใช้พันธุ์การค้าที่นิยมปลูกในภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน คือนอร์ทเทิร์นซี 327 เพาะในถาดหลุมขนาด 104 ที่บรรจุพีทมอส หลังจากงอก 7 วัน ย้ายต้นกล้าปลูกในกระถางขนาด 10 นิ้ว โดยใช้วัสดุปลูกที่มีส่วนผสมของดิน แกลบดำ และปุ๋ยขี้วัว อัตราส่วน 3: 2: 1 ปรับสภาพ pH ด้วยปูนขาว จำนวน 1ต้นต่อกระถาง รวม 120 กระถาง ที่จัดเรียงไว้ภายใต้โรงเรือนจำนวน 6 แถว แต่ละแถวจำนวน 20 กระถาง ให้มีระยะห่างแต่ละกระถางประมาณ 30 เซนติเมตร ใส่เชื้อราไตรโคเดอร์มาป้องกันโรคโคนเน่า หลังจากหยอดเมล็ด อัตรา 500 มิลลิลิตร/กระถาง ให้น้ำด้วยระบบน้ำหยด 2 ครั้ง เวลา 8.30 และ 15.00 น. เป็นเวลา 30 นาที (อัตรา 600 มิลลิลิตร /กระถาง) ทุกวัน และเปิดระบบน้ำแบบพ่นฝอย เพื่อช่วยลดอุณหภูมิ 6 ครั้ง ระยะเวลา 2 นาที เวลา 8.30, 10.00, 11.30, 13.00, 14.30 และ 16.00 น. ให้ปุ๋ยสูตร 15-15-15 อัตรา 2 กรัม/กระถาง จำนวน 2 ครั้ง หลังปลูก 45 วัน และ 75 วัน ปุ๋ยสูตร 20-5-8 อัตรา 5 กรัม/กระถาง จำนวน 2 ครั้ง หลังปลูก 7 วัน และ 50 วัน ปุ๋ยสูตร 13-13-21 อัตรา 2 กรัม/กระถาง จำนวน 1 ครั้ง หลังปลูก 30 วัน พ่นเชื้อบิวเวอเรีย อัตรา 500 กรัม/น้ำ 20 ลิตร จำนวน 2 ครั้ง หลังจากเริ่มพบแมลงหวี่ขาว และ 10 ครั้ง หลังจากเริ่มพบเพลี้ยอ่อน ร่วมกับกับใช้สารไดโนทีฟูแรน อัตรา 2 กรัม/.กระถาง จำนวน 1 ครั้ง ต้นทุนการผลิตรวม 2,621 บาท (ตารางที่ 4)

กรมวิชาการเกษตร

ภาพที่ 18 การทดสอบปลูกแตงกวารอบการผลิตที่ 1 ในโรงเรือนต้นแบบ

ตารางที่ 4 รายการต้นทุนการผลิต ผลผลิต และรายได้ของแตงกวาที่ปลูกในโรงเรือน สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่3 เดือนตุลาคม 2562- มกราคม 2563

รายการ	จำนวนเงิน (บาท)
เมล็ดพันธุ์	95
วัสดุเพาะเมล็ด	70
ถาดเพาะเมล็ด	80
วัสดุปลูก	320
กระถางขนาด 10 นิ้ว	1,440
ปุ๋ยเคมี	226
สารเคมีป้องกันแมลงศัตรูพืช	240
ชีวภัณฑ์ควบคุมโรคและแมลงศัตรูพืช	150
รวมต้นทุนการผลิต (บาท)	2,621
จำนวนต้นที่ปลูก (ต้น)	120
รวมผลผลิต (กก.)	197.71
รายได้ (บาท)	4,118.73

หมายเหตุ: ต้นทุนการผลิตและค่าใช้จ่ายต่างๆ ยังไม่รวมถึงต้นทุนในการก่อสร้างโรงเรือน

ข้อมูลการเจริญเติบโตจะรวมเป็นปริมาณผลิตของพืช โดยเก็บผลผลิตวันที่ 11 พฤศจิกายน 2562 จนถึงวันที่ 31 มกราคม 2563 รวม 34 ครั้ง ได้ผลผลิต 2,231 ผล น้ำหนักรวม 197.71 กิโลกรัม ขนาดผลมีความยาวเฉลี่ย 12.5 ซม. ราคาขายอยู่ระหว่าง 12-35 บาทต่อกิโลกรัม รายได้รวม 4,118.73 บาท (ตารางที่ 4) และผลผลิตไม่พบสารพิษตกค้าง หลังจากสุ่มเก็บผลผลิตส่งตรวจที่ห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ทดสอบ กลุ่ม

กรมวิชาการเกษตร

พัฒนาการตรวจสอบพืชและปัจจัยการผลิต ดำเนินการวัดและบันทึกข้อมูลสภาพแวดล้อมภายในและนอกโรงเรือน ในช่วงเดือน ตค. 62 - มีค. 63 เพื่อประกอบการรายงานผลการวิจัย

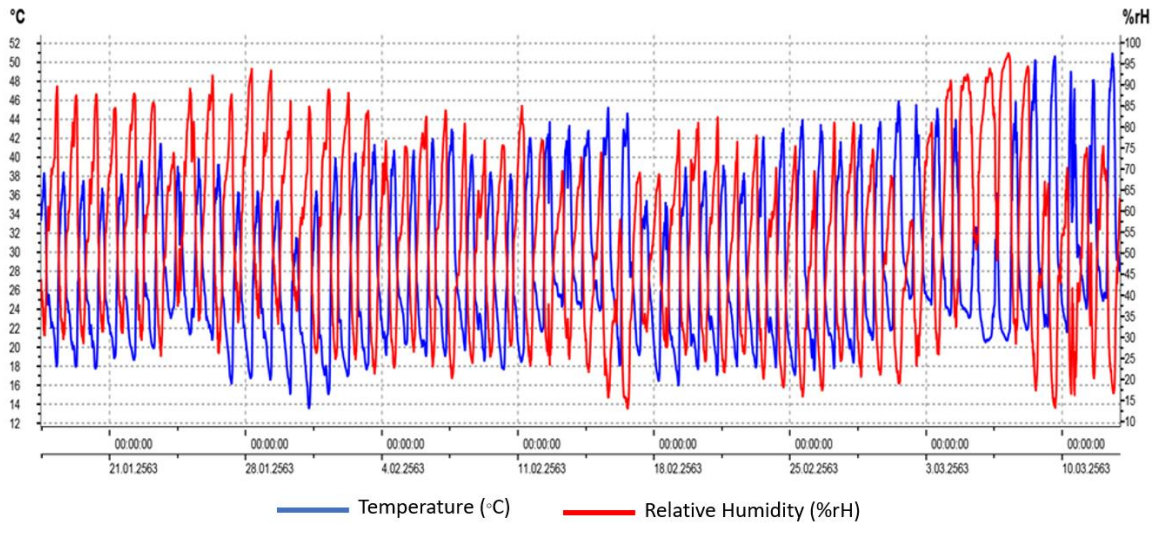
ตารางที่ 5 ข้อมูลอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ในโรงเรือนต้นแบบ ช่วงเดือน มค.-มีค. 2563

Instrument name: GH3 (Prototype)					
Start time: 17/1/2563 10:54:00		Minimum	Maximum	Mean value	Limit values
End time: 13/3/2563 0:04:00	temperature [°C]	13.5	51.0	28.42	0.0/70.0
Measurement channels: 2	relative humidity [%RH]	13.0	97.6	52.75	0.0/100.0
Measured values: 8000					
INSIDE					

ตารางที่ 6 ข้อมูลอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายนอกโรงเรือน ช่วงเดือน มค.-มีค. 2563

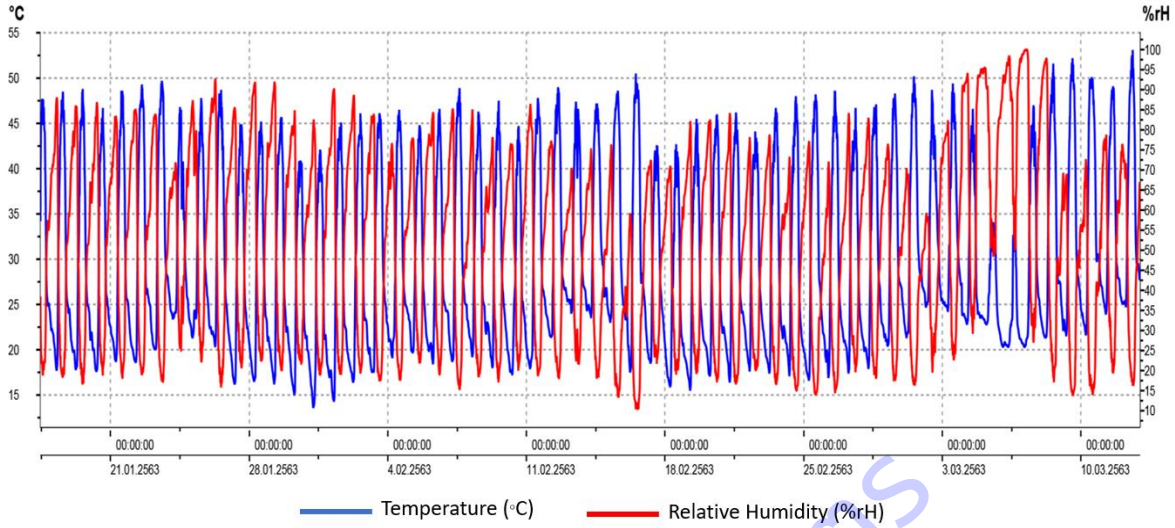
Instrument name: GH (Control)					
Start time: 17/1/2563 10:45:00		Minimum	Maximum	Mean value	Limit values
End time: 13/3/2563 23:55:00	temperature [°C]	13.4	53.1	30.01	0.0/70.0
Measurement channels: 2	relative humidity [%RH]	10.3	99.9	50.67	0.0/100.0
Measured values: 8000					
OUTSIDE					

จากตารางที่ 5 -6 พบว่า ในช่วงวันที่ 17 มกราคม – 13 มีนาคม 2563 โรงเรือนต้นแบบสำหรับการทดสอบปลูกถั่วฝักยาวและแตงกวา ภายในโรงเรือนต้นแบบมีอุณหภูมิเฉลี่ย 28.42 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 52.75 %RH ซึ่งมีความแตกต่างกับสภาพภายนอกโรงเรือนที่มีอุณหภูมิเฉลี่ย 30.01 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 50.67 %RH



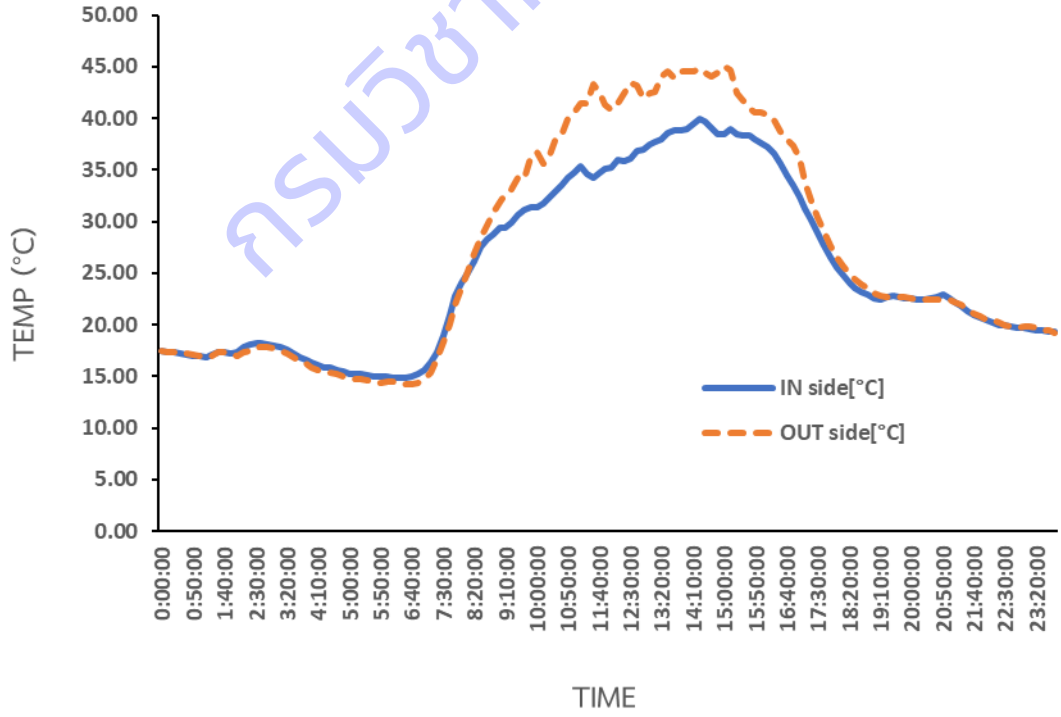
กรมวิชาการเกษตร

ภาพที่ 19 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ในโรงเรือนต้นแบบ (มค.-มีค. 63)

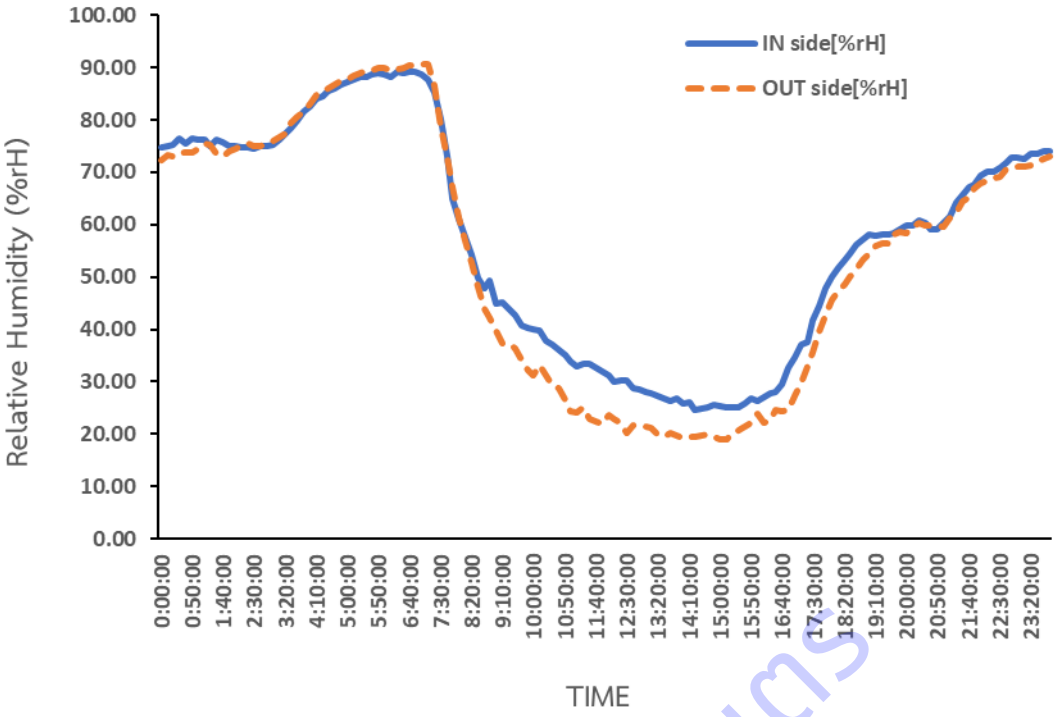


ภาพที่ 20 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายนอกโรงเรือน (มค.-มีค. 63)

กรมวิชาการเกษตร



ภาพที่ 21 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิภายในและภายนอกโรงเรือนช่วงเดือนกุมภาพันธ์ 2563



ภาพที่ 22 ความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นสัมพัทธ์ภายในและภายนอกโรงเรือนช่วงเดือนกุมภาพันธ์ 2563

ภาพที่ 23 ต้นแบบโรงเรือนสำหรับผลิตพืชแบบอัตโนมัติ

9. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

ออกแบบและสร้างต้นแบบโรงเรือนระบบน๊อคดาวน์หลังคาทรงจั่ว 2 ชั้น ขนาดกว้าง 6 เมตร ยาว 24 เมตร สูง 5 เมตร โครงสร้างทำด้วยท่อเหล็กกัลป์วาไนซ์ มีโครงถักทุกระยะ ตอม่อคอนกรีต ฝังเดือยเสาเหล็กชุบกัลป์วาไนซ์ พื้นภายในโรงเรือนโรยด้วยหิน และปูผ้าใบกันวัชพืชสีขาว ชนิดน้ำซึมผ่านได้พร้อมทางเดิน ค.ส.ล ภายนอก หลังคาคลุมด้วยพลาสติก PE ผสม UV stabilizer ความหนาไม่น้อยกว่า 200 ไมครอน ส่วนบนหลังคาพลาสติกติดตั้งแสลนสีเงิน เปิด-ปิด ด้วยระบบไฟฟ้า เป็นม่านมอเตอร์ไฟฟ้า DC ผนังทั้ง 4 ด้าน พร้อมช่องระบายอากาศ บุด้วยมุ้งตาข่ายไนลอนกันแมลง ชนิด 32 mesh ด้านหน้าโรงเรือนมีประตูบานเดี่ยว 2 ชุด (นอก-ใน) พร้อมกล่องประตูระหว่างประตูชั้นนอก ใช้วัสดุล๊อคแบบรางเหล็กสปริง วัสดุคลุมติดกับโครงสร้างเหล็กพร้อมอุปกรณ์ประกอบมาตรฐานโรงเรือน

ดำเนินการติดตั้งค้างปลูกถั่วฝักยาวแบบถอดประกอบได้ ใช้วัสดุเหล็กชุบกัลป์วาไนซ์ และติดตั้งระบบการวัดสภาพแวดล้อมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศในโรงเรือน เพื่อบันทึกการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมในแต่ละช่วงวันตามรอบการผลิตพืช การให้น้ำแบบหยดจะใช้แบบขาปักในกระถาง อัตราการจ่ายน้ำ 1 ลิตร/ชั่วโมง-กระถาง อัตราการให้น้ำพ่นหมอก 30 ลิตร/ชั่วโมง สำหรับหัวพ่นหมอกแบบ 4 ทาง ใช้ปั๊มแบบปรับแรงดันได้สูงสุด 3.3 บาร์ ขนาด 1 แรงม้า 220 โวลต์ อัตราการไหล 20-90 ลิตร/นาที ควบคุมการทำงานโดยการตั้งเวลาอัตโนมัติ

ถั่วฝักยาวพันธุ์การค้าที่นิยมปลูกในภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน คือพันธุ์ลำน้ำพองเมล็ดขาว โดยวิธีหยอดเมล็ดถั่วฝักยาว ลงในวัสดุปลูกที่มีส่วนผสมของดิน แกลบดำ และปุ๋ยขี้วัว อัตราส่วน 3:2:1 ปรับสภาพ pH ด้วยปูนขาว บรรจุในกระถางขนาด 10 นิ้ว ใส่เชื้อราไตรโคเดอร์มาป้องกันโรคโคนเน่า ให้น้ำด้วยระบบน้ำหยดอัตรา 300 มิลลิลิตร/กระถาง/วัน และเปิดระบบน้ำแบบพ่นหมอกเพื่อช่วยลดอุณหภูมิ 6 ครั้ง/วัน ให้ปุ๋ย พ่นเชื้อบิวเวอเรีย หลังจากเริ่มพบแมลงหวี่ขาว และโรยสารไดโนทีฟูแรน หลังจากพบเพลี้ยแป้ง ต้นทุนการผลิตรวม 2,426 บาท ข้อมูลการเจริญเติบโตจะรวมเป็นปริมาณผลิตของพืช โดยเก็บผลผลิตช่วงเวลา 70 วัน รวม 26 ครั้ง ได้ผลผลิต 1,646 ฝัก น้ำหนักรวม 31.41 กิโลกรัม ไม่พบปัญหาผลเน่า หรือมีการทำลายของหนอนเจาะฝักถั่ว ราคาขายอยู่ระหว่าง 20-50 บาทต่อกิโลกรัม รายได้รวม 4,282.58 บาท และผลผลิตไม่พบสารพิษตกค้าง หลังจากสุ่มเก็บผลผลิตส่งตรวจที่ห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ทดสอบ กลุ่มพัฒนาการตรวจสอบพืชและปัจจัยการผลิต

แตงกวาใช้พันธุ์การค้าที่นิยมปลูกในภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน คือนอร์ทเทิร์นซี 327 ย้ายต้นกล้าปลูกในกระถางขนาด 10 นิ้ว โดยใช้วัสดุปลูกที่มีส่วนผสมของดิน แกลบดำ และปุ๋ยขี้วัว อัตราส่วน 3:2:1 ปรับสภาพ pH ด้วยปูนขาว ใส่เชื้อราไตรโคเดอร์มาป้องกันโรคโคนเน่า ให้น้ำด้วยระบบน้ำหยด อัตรา 600 มิลลิลิตร/กระถาง/วัน และเปิดระบบน้ำแบบพ่นหมอก เพื่อช่วยลดอุณหภูมิ 6 ครั้ง/วัน ให้ปุ๋ย พ่นเชื้อบิวเวอเรียหลังจากเริ่มพบแมลงหวี่ขาว และใช้สารไดโนทีฟูแรน หลังจากเริ่มพบเพลี้ยอ่อน ต้นทุนการผลิตรวม 2,621 บาท ข้อมูลการเจริญเติบโตจะรวมเป็นปริมาณผลิตของพืช โดยเก็บผลผลิต 81 วัน รวม 34 ครั้ง ได้ผลผลิต 2,231 ผล น้ำหนักรวม 197.71 กิโลกรัม ขนาดผลมีความยาวเฉลี่ย 12.5 ซม. ราคาขายอยู่ระหว่าง 12-35

กรมวิชาการเกษตร

บาทต่อกิโลกรัม รายได้รวม 4,118.73 บาท และผลผลิตไม่พบสารพิษตกค้าง หลังจากสุ่มเก็บผลผลิตส่งตรวจที่ห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ทดสอบ กลุ่มพัฒนาการตรวจสอบพืชและปัจจัยการผลิต

ในช่วงเดือนตุลาคมถึงธันวาคม 2562 โรงเรือนต้นแบบสำหรับการทดสอบปลูกถั่วฝักยาวและแตงกวาภายในโรงเรือนต้นแบบมีอุณหภูมิเฉลี่ย 26.59 °C และความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 59.78 %RH ซึ่งมีความแตกต่างกับสภาพภายนอกโรงเรือนที่มีอุณหภูมิเฉลี่ย 28.57 °C และความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 55.37 %RH ในช่วงเดือนมกราคมถึงมีนาคม 2563 โรงเรือนต้นแบบสำหรับการทดสอบปลูกถั่วฝักยาวและแตงกวา ภายในโรงเรือนต้นแบบมีอุณหภูมิเฉลี่ย 28.42 °C และความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 52.75 %RH ซึ่งมีความแตกต่างกับสภาพภายนอกโรงเรือนที่มีอุณหภูมิเฉลี่ย 30.01 °C และความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 50.67 %RH

อย่างไรก็ตามการประเมินผลความคุ้มค่าในการลงทุนการสร้างโรงเรือนผลิตพืชแบบอัตโนมัติควรมีการวิเคราะห์ความเหมาะสมและความเป็นไปได้ในการลงทุนโครงการฯ ในรูปของมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) อัตราส่วนผลตอบแทนต่อค่าใช้จ่าย (B/C cost ratio) อัตราผลตอบแทนภายในของโครงการ (IRR) และระยะเวลาคืนทุน (PB) ในลำดับต่อไป

10. การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

- ช่วยลดปัญหาสารพิษตกค้างในผลผลิตทางการเกษตรได้ และจะได้รับการรับรองแหล่งผลิตพืชผักตามระบบการจัดการคุณภาพ GAP ภายใต้สัญลักษณ์ Q
- มีต้นแบบโรงเรือนมาตรฐานสำหรับการผลิตพืชผักปลอดภัยตามแบบการเกษตรแม่นยำให้เกษตรกรและผู้สนใจนำไปต่อยอดการผลิตพืชผักในโรงเรือนได้
- มีคู่มือการใช้เทคโนโลยีการควบคุมและการจัดการสภาพแวดล้อมในโรงเรือนแบบอัตโนมัติ ได้แก่ ระบบควบคุมอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ความเข้มแสง ระบบการให้น้ำและปุ๋ย ที่ถูกต้องและเหมาะสม

11. คำขอบคุณ

ขอขอบคุณข้าราชการ ลูกจ้างประจำ พนักงานราชการ และพนักงานจ้างเหมา ของศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมขอนแก่น สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม และสำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 3 กรมวิชาการเกษตร ทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือและสนับสนุนงานวิจัยนี้ให้สำเร็จลุล่วง

12. เอกสารอ้างอิง

กรมส่งเสริมการเกษตร . มปป. การปลูกถั่วฝักยาว. เอกสารคำแนะนำที่ 167.

กรมวิชาการเกษตร. 2554. การจัดการผักและผลไม้สดเพื่อส่งออกไปสหภาพยุโรป. กรมวิชาการเกษตร, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ กรุงเทพฯ

ไกรเลิศ ทวีกุล และคณะ. 2548. โครงการศึกษาสถานภาพของการใช้โรงเรือนสำหรับผลิตพืชสวนในสภาพควบคุมเพื่อการค้าในประเทศไทย. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ เสนอต่อ ส านักงานกองทุนสนับสนุนงานวิจัย (สกว.).

กองวัตถุมีพิษการเกษตร. 2545. คู่มือการสุ่มและเก็บรักษาตัวอย่าง. สำนักประสานงานโครงการนำร่องการผลิตผักอนามัย. กรมวิชาการเกษตร. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

กรมวิชาการเกษตร

เครือข่ายเตือนภัยสารเคมีกำจัดศัตรูพืช. 2558. รายงานผลการเฝ้าระวังระวังสารเคมีกำจัดศัตรูพืชตกค้างในผักประจำปี 2558. (Thai-PAN). http://thaipublica.org/wp-content/uploads/2015/03/ตรวจผัก-2558

เครือข่ายเตือนภัยสารเคมีกำจัดศัตรูพืช. 2559. รายงานผลการสุ่มตรวจสารพิษตกค้าง ปี 2559. http://www.thaipan.org/node/847

จารุพงศ์ ประสพสุข และคณะ 2557. การวิเคราะห์สารพิษตกค้างในผักและผลไม้เพื่อการรับรองระบบการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีสำหรับพืชในภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน. วารสารแก่นเกษตร 42 ฉบับพิเศษ 2: หน้า 423-439

จริยา วิสิทธิ์พานิช และคณะ. 2548. พัฒนาการผลิตผักคุณภาพ และถ่ายทอดเทคโนโลยีการปลูกผักปลอดสารพิษ ในโรงตาข่ายกันแมลง (ระยะที่ 2). สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)

จริยา วิสิทธิ์พานิช และคณะ. 2560. คู่มือการผลิตผักคุณภาพและปลอดภัยในโรงเรือน. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.). กรุงเทพฯ; 270 หน้า.

ชูชาติ สันธทรัพย์. 2551. เทคโนโลยีการผลิตพืชในโรงเรือน. คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ . สืบค้นจาก : http://e-service.agri.cmu.ac.th/download/publication/3057_file.pdf

ปิยวรรณ คงสาคร. (2543). สารตกค้างจากผักสวนครัว. รายงานการลงพื้นที่กรมวิทยาศาสตร์ การแพทย์. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ธนากร น้ำหอมจันทร์ และ อติกร เสรีพัฒนานนท์. (2557). ระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ในโรงเรือนเพาะปลูกพืชไร้ดิน แบบทำความเย็นด้วยวิธีการระเหยของน้ำร่วมกับการสเปรย์ละอองน้ำแบบอัตโนมัติโดยใช้ระบบควบคุมเชิงตรรกะแบบโปรแกรมได้. วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเชีย ฉบับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ปีที่ 8 ฉบับที่ 1 มกราคม-มิถุนายน 2557.

นิรนาม. 2550. โรงเรือน. สืบค้นจาก : http://agri.wu.ac.th/msomsak/Soilless/Chapter07/Greenhouse.htm

สำนักควบคุมพืชและวัสดุการเกษตร. 2556. รายงานสรุปการนำเข้าวัตถุอันตรายทางการเกษตร ปี พ.ศ. 2546 – 2555 (มกราคม – ธันวาคม). แหล่งข้อมูล: http://www.m.doa.go.th/ard/stat.php.

สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ (ACFS). 2556. ปริมาณสารพิษตกค้างสูงสุด. แหล่งข้อมูล: http://www.acfs.go.th/standard. สืบค้นเมื่อ 8 กุมภาพันธ์ 2560

สุทัด ปินตาเสน ชัยชาญ สังข์แก้ว อรทัน ธรรมเสน ศศิธร มหาเสน อดุลย์ มีสุข เจริญ กิติวรรณ กษิษฐ์ นุชจิโน และกมลวรรณ ขวัญยาว. 2552. การปลูกผักปลอดภัยจากสารพิษ. เอกสารเผยแพร่ทางวิชาการ ปีที่ 1 ฉบับที่ 1 2552. ศูนย์ศึกษาการพัฒนาห้วยฮ่องไคร้ อันเนื่องมาจากพระราชดำริ.

สิรินาฏ พรศิริประทาน. 2558. การส่งออกผักและผลไม้สดไทยไปสหภาพยุโรป สถาบันระหว่างประเทศเพื่อการค้าและการพัฒนา (ITD). สืบค้นจาก thaifranchisedownload.com/dl/group12720130102143938.pdf. เมื่อวันที่ 16 เมษายน 2560.

อรพิน ถิระวัฒน์ ประพนธ์ ไทยวานิช และศุภลักษณ์ กลับน่วม. มปป. การปลูกผักปลอดภัยจากสารพิษ. กองป้องกันและกำจัดศัตรูพืช. เอกสารอิเล็กทรอนิกส์โดย : สำนักสงเสริมและฝึกอบรม

ลิขสิทธิ์การเกษตร

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. แหล่งข้อมูล: http://www.eto.ku.ac.th/neweto/e-book/plant/herb_gar/save_veg.pdf. สืบค้นเมื่อวันที่ 20/2/2560

อดิศักดิ์ เหล่าพิมพ์. 2559. ผักอนามัย ผักปลอดสารพิษ และผักอินทรีย์ ต่างกันอย่างไร. สืบค้นจาก : https://www.organicfarmthailand.com/?p=1978. เมื่อวันที่ 18 เมษายน 2560.

ASAE . 2002. Heating Ventilating and Cooling Greenhouse. ASAE STANDARD, ANS/ASAE EP406.3 MAR98. 703-710.

Both A.J. 2008. Greenhouse Temperature Management. Bioresource Engineering Dept. of Plant Biology and Pathology. Rutgers Univesity.

Chu,Y. and M.Huang. 1991. Floriculture under protective covers in Taiwan, pp.14-1 -14-20. In International Seminar on cultivation under simple (Plastic/Greenhouse) Constructions in The Tropics and Subtropics. Taiwan Agricultural Research Institue, Wufeng, Taichung, Taiwan. Nov. 5-6 . 1991.

Ismail, M.R. 1991. Plant microclimatic changes under rain shelter cultivation, pp. 3-1 – 3-15. In International Seminar on cultivation under simple (Plastic/Greenhouse) Constructions in The Tropics and Subtropics. Taiwan Agricultural Research Institue, Wufeng, Taichung, Taiwan. Nov. 5-6 . 1991.

Short, T. H. 1998. New Research in Natural Ventilation. http://floriculture.osu.edu/archive/jun98 /natvent.html

กรมวิชาการเกษตร