การอนุรักษ์พลังงานในโรงเรือนเพาะปลูกพืชระบบปิด
Energy Conservation in the Closed-System Greenhouse

ธนากร น้ำหอมจันทร์[1] และ ณัฐพงศ์ เมืองจันทร์[1]
Thanakorn Namhormchan[1] and Nuttapong Muangchan[1]
[1]คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเชีย
[1]School of Engineering, Eastern Asia University
Received: December 4, 2019
Revised: April 1, 2020
Accepted: April 7, 2020

บทคัดย่อ

การเพาะปลูกพืชในโรงเรือนเพาะปลูกระบบปิดแบบอัตโนมัติเป็นการยกระดับการเพาะปลูกพืชแบบเดิมไปสู่การเกษตรแบบแม่นยำ ซึ่งการปลูกพืชในโรงเรือนเพาะปลูกที่สามารถควบคุมสภาวะแวดล้อมให้เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของพืชได้ จะทำให้ได้ผลผลิตที่มีคุณภาพและมีปริมาณตามที่ต้องการ บทความนี้อธิบายแนวทางการอนุรักษ์พลังงานในโรงเรือนเพาะปลูกพืชระบบปิด ซึ่งมีการควบคุมสภาวะแวดล้อมในโรงเรือนเพาะปลูกด้วยเทคนิคการลดอุณหภูมิ โดยมอเตอร์ไฟฟ้าเป็นส่วนประกอบหลักในระบบควบคุมสภาวะแวดล้อมถือเป็นเครื่องจักรกลไฟฟ้าที่มีนัยสำคัญ มีศักยภาพในการอนุรักษ์พลังงานในโรงเรือนเพาะปลูกระบบปิด โดยมีแนวทางการอนุรักษ์พลังงาน ดังนี้ (1) การประหยัดพลังงานในมอเตอร์ไฟฟ้า (2) การประหยัดพลังงานในระบบควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า และ (3) การจัดการพลังงานในโรงเรือนเพาะปลูกระบบปิด การอนุรักษ์พลังงานจะช่วยให้ลดการใช้พลังงาน ลดค่าใช้จ่ายทางไฟฟ้า ลดการนำเข้าพลังงาน และลดภาวะโลกร้อนได้อีกทางหนึ่งด้วย

คำสำคัญ: เกษตรอัจฉริยะ, การอนุรักษ์พลังงาน, โรงเรือนเพาะปลูกพืช, ระบบการทำความเย็นด้วยการระเหยของน้ำ

Abstract

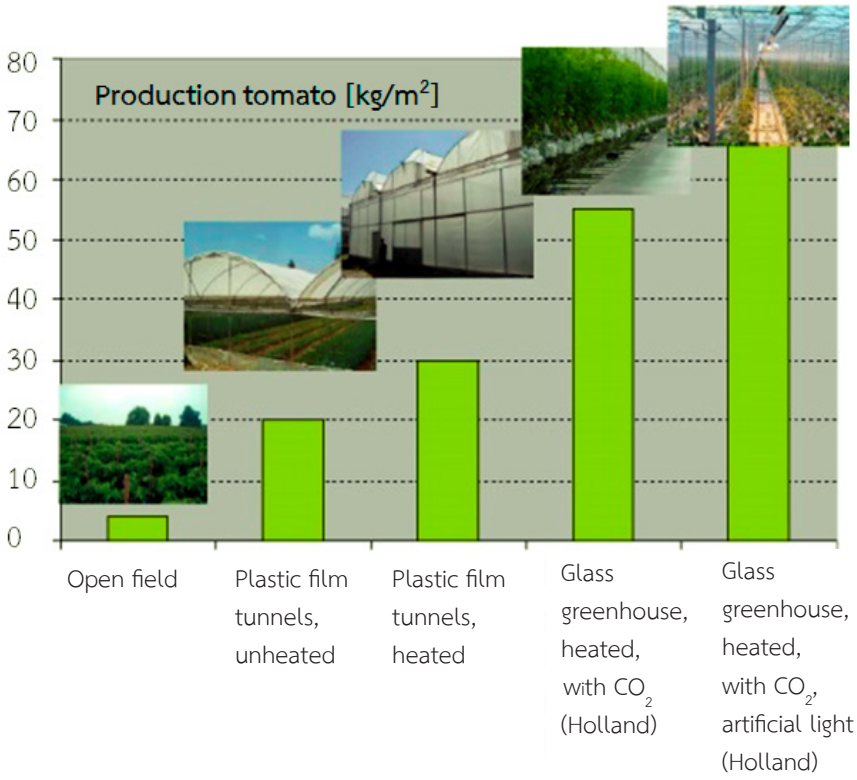
The cultivation of plants in an automatic closed-system greenhouse develops the cultivation for precision agriculture. Growing plants in microclimate-controlled greenhouses to suit the plants growth makes the plants grow with quality and quantity as needed. This article describes energy conservation

guidelines in a closed-system greenhouse, which has microclimate controls in the greenhouse using cooling techniques. Electric motors are a key component in a microclimate-controlled system, which is regarded as system with significant electrical machinery with the potential to conserve energy in a closed-system greenhouse. The energy conservation guidelines are as follows (1) energy saving with electric motors (2) energy saving with electric motor control systems and (3) energy management in closed-system greenhouses. The energy conservation helps to reduce energy consumption, reduce electrical costs, reduce energy imports and reduce global warming as well.

Keywords: smart agriculture, energy conservation, greenhouse, evaporative cooling system

บทนำ

จากการคาดการณ์ปริมาณประชากรบนโลกที่จะเพิ่มขึ้นเป็น 9.8 พันล้านคนในปี พ.ศ. 2593 ซึ่งจะมีปริมาณประชากรเพิ่มมากขึ้นกว่าปัจจุบันถึง 2 พันล้านคนในระยะเวลา 30 ปี การเพิ่มขึ้นของประชากรดังกล่าวจะส่งผลให้มีความต้องการผลิตผลทางการเกษตรเพิ่มขึ้นอย่างทวีคูณ และทำให้สังคมเมืองเกิดการขยายตัวเพิ่มมากยิ่งขึ้น โดยประมาณการว่าจะมีขนาดร้อยละ 70 ของพื้นที่ทั้งหมด ทำให้พื้นที่ทำการเกษตรลดลง ประกอบกับการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศในปัจจุบันที่ส่งผลกระทบต่อการเพาะปลูกและทำให้ปริมาณผลิตผลทางการเกษตรลดลง นักวิจัยนานาประเทศจึงให้ความสำคัญกับการพัฒนาด้านการเกษตรมากยิ่งขึ้น (Namhormchan, 2019, p. 47; Theerawituj, 2016, p. 1) การพัฒนาด้านการเกษตรสำหรับประเทศไทยในปัจจุบันได้รับการพัฒนาจากการเกษตรแบบดั้งเดิมไปสู่การเกษตรสมัยใหม่ สอดคล้องกับยุทธศาสตร์ชาติ 20 ปี (พ.ศ. 2561-2580) ซึ่งกำหนดยุทธศาสตร์ในการสร้างความสามารถในการแข่งขันของประเทศในทุกมิติ โดยเฉพาะการพัฒนาศักยภาพทางเศรษฐกิจให้เกิดความมั่นคงและก้าวทันความเปลี่ยนแปลง รวมทั้งส่งเสริมและพัฒนาการทำเกษตรกรรมให้สามารถผลิตผลผลิตทางการเกษตรได้อย่างมีประสิทธิภาพ มีคุณภาพ ได้มาตรฐาน สอดคล้องกับความต้องการของตลาด และเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม โดยให้ความสำคัญต่อการนำเทคโนโลยี และนวัตกรรมสมัยใหม่เข้ามาช่วยในการผลิตโดยนำแนวคิด “เกษตรอัจฉริยะ” หรือ “Smart Agriculture” มาเป็นกลไกสำคัญในการยกระดับสังคมเกษตรกรรมดั่งเดิมไปสู่สังคมเกษตรกรรมสมัยใหม่หรือเกษตรกรรม 4.0 ในปี พ.ศ. 2562 กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ได้ดำเนินการขับเคลื่อนนโยบายเกษตรอัจฉริยะให้เกิดผลที่เป็นรูปธรรม โดยตระหนักถึงความสำคัญและความจำเป็นของระบบเกษตรอัจฉริยะต่อการเกษตรของประเทศไทย โดยโรงเรือนอัจฉริยะเพื่อการเพาะปลูกถือเป็นหนึ่งในการดำเนินงานที่เป็นรูปธรรม (Ministry of Agriculture and Cooperatives, 2019) การดำเนินการด้านการจัดทำแปลงเรียนรู้เกษตรอัจฉริยะที่สำคัญ คือ การปลูกมะเขือเทศในโรงเรือนอัจริยะ เนื่องจากเป็นการทำการเกษตรในโรงเรือนปลูกพืชที่มีการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีการควบคุมแบบอัตโนมัติเข้ามาควบคุมสภาพแวดล้อมให้เหมาะสมกับความต้องการของพืชที่ปลูกได้อย่างอัตโนมัติ ได้แก่ ควบคุมอุณหภูมิ ควบคุมการให้น้ำปุ๋ย เป็นต้น รวมทั้งยังมีการจัดเก็บและนำข้อมูลที่ได้จากเซนเซอร์ทางการเกษตรต่าง ๆ ไปสู่การพัฒนา Big Data เกษตรอัจฉริยะ และ IoT Platform เพื่อให้เกษตรกรและผู้เกี่ยวข้องได้นำไปใช้ในการวางแผนตลอดห่วงโซ่การผลิตได้ (Information Center Office of the Permanent Secretary for Agriculture and Cooperatives, 2019) นอกประโยชน์ทางด้านการพัฒนาเกี่ยวกับเกษตรอัจฉริยะแล้วการเพาะปลูกพืชในโรงเรือนที่ควบคุมสภาพแวดล้อมได้ยังส่งผลต่อปริมาณผลผลิตต่อพื้นที่อย่างเห็นได้ชัดเจน ปริมาณผลผลิตของการปลูก มะเขือเทศรูปแบบต่าง ๆ แสดงดังภาพ 1



ภาพ 1 ปริมาณผลผลิตของมะเขือเทศเปรียบเทียบกับรูปแบบการเพาะปลูกรูปแบบต่าง ๆ

Note. Adapted from *Energy and climate in Dutch Greenhouses*, by Hemming, S., 2010, retrieved from https://edepot.wur.nl/158852

จากภาพ 1 แสดงให้เห็นว่า การเพาะปลูกมะเขือเทศกลางแจ้งแบบดั้งเดิมมีผลผลิตเฉลี่ยเพียง 5 กิโลกรัมต่อพื้นที่เพาะปลูก 1 ตารางเมตร การเพาะปลูกมะเขือเทศในโรงเรือนระบบปิดที่มีการควบคุมอุณหภูมิและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มีผลผลิตเฉลี่ย 55 กิโลกรัมต่อพื้นที่เพาะปลูก 1 ตารางเมตร และการเพาะปลูกมะเขือเทศในโรงเรือนระบบปิดที่มีการควบคุมอุณหภูมิ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และมีแสงเทียมมีผลผลิตเฉลี่ย 70 กิโลกรัมต่อพื้นที่เพาะปลูก 1 ตารางเมตร ตามลำดับ ซึ่งการเพาะปลูกมะเขือเทศในโรงเรือนระบบปิดที่มีการควบคุมอุณหภูมิและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้ผลผลิตมากกว่าการเพาะปลูกแบบดั้งเดิมถึง 50 กิโลกรัมต่อพื้นที่เพาะปลูก 1 ตารางเมตร ทั้งนี้เนื่องจากสามารถควบคุมโรค วัชพืชและแมลงศัตรูพืช ควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ ควบคุมการให้น้ำและปุ๋ยได้ เป็นต้น ช่วยทำให้การดูแลรักษาพืชพันธุ์ทำได้สะดวก ส่งผลให้ผลผลิตที่ได้มีคุณภาพสูงขึ้นและประหยัดแรงงานในการดูแลการเพาะปลูก จึงทำให้ปัจจุบันมีการใช้โรงเรือนระบบปิดแบบอัตมัติในการเพาะปลูกพืชเศรษฐกิจเป็นจำนวนมากด้วยเหตุผลด้านต่าง ๆ ที่กล่าวมา อย่างไรก็ตามการเพาะปลูกด้วยโรงเรือนระบบปิดยังมีข้อด้อยที่สำคัญ คือ ค่าใช้จ่ายพลังงานของระบบไฟฟ้าภายในโรงเรือน ซึ่งนับเป็นต้นทุนที่สำคัญที่เกษตรกรจะต้องรับภาระค่าใช้จ่ายในทุกเดือน ดังนั้น ถ้าสามารถควบคุมค่าใช้จ่ายทางไฟฟ้าในโรงเรือนระบบปิดให้ลดลงได้ จะเป็นการช่วยลดต้นทุนการผลิตให้แก่เกษตรกร ลดการใช้พลังงานในการเพาะปลูกและมีส่วนช่วยลดการใช้พลังงานในภาคเกษตรกรรมของประเทศได้อีกทางหนึ่งด้วย บทความนี้เป็นการนำเสนอถึงการอนุรักษ์พลังงานในโรงเรือนเพาะปลูกพืชระบบปิด โดยมีลำดับการนำเสนอ ดังนี้

1. โรงเรือนเพาะปลูกพืช
2. ปัจจัยในการเจริญเติบโตของพืชในโรงเรือนเพาะปลูก
3. การควบคุมสภาวะแวดล้อมในโรงเรือนเพาะปลูก

4. การอนุรักษ์พลังงานในโรงเรือนเพาะปลูกพืชระบบปิด

5. บทสรุป

โรงเรือนเพาะปลูกพืช

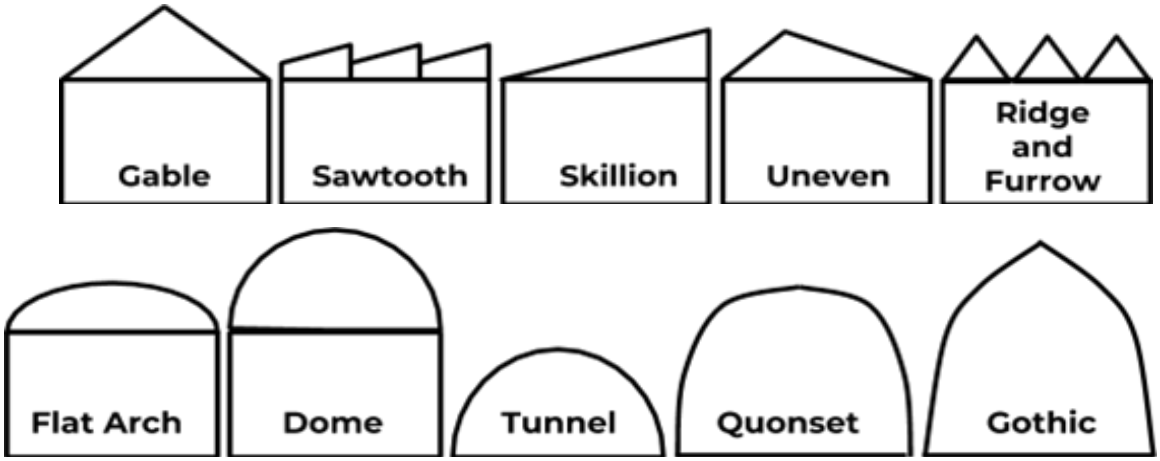
โรงเรือนเพาะปลูกพืช คือ สิ่งปลูกสร้างที่ใช้สำหรับอนุบาลพืช หรือเพาะปลูกพืช นิยมใช้เพาะปลูกพืชเพื่อความสวยงาม และพืชเศรษฐกิจที่ให้ผลตอบแทนสูง เช่น ไม้ดอกไม้ประดับ พืชไฮโดรโปนิกส์ และพืชผักต่าง ๆ มีการปกคลุมด้วยวัสดุโปร่งแสง เช่น กระจก หรือ พลาสติก วัสดุที่นิยมใช้ทำโครงสร้างของโรงเรือนเพาะปลูกพืช ได้แก่ ไม้ และโลหะ โครงสร้างทั้ง 2 มีข้อดี ข้อเสียแตกต่างกันดังนี้ แบบโครงสร้างไม้ เช่น ไม้ไผ่ ไม้ยูคาลิปตัส เป็นต้น คลุมด้วยพลาสติกทั้งโรงเรือน ข้อดี คือ ต้นทุนต่ำ สร้างง่าย ข้อเสีย คือ อายุการใช้งานสั้น ทนต่อแรงลมได้ต่ำ และแบบโครงสร้างทำจากโลหะ เช่น เหล็ก หรือเหล็กอาบสังกะสี เป็นต้น คลุมด้วยพลาสติกหรือกระจกทั้งหลัง อาจมีช่องระบายอากาศบนหลังคา ข้อดี คือ แข็งแรง ทนทาน ทนต่อแรงลมได้ดี สามารถสร้างคลุมพื้นที่ได้มาก ข้อเสีย คือ ราคาในการก่อสร้างสูง

การปลูกพืชในโรงเรือนเพาะปลูกที่สามารถควบคุมสภาวะแวดล้อมให้เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของพืชได้ จะทำให้สามารถเพาะปลูกพืชได้อย่างมีคุณภาพและมีปริมาณตามที่ต้องการ โรงเรือนเพาะปลูกสามารถแบ่งออกได้ 2 ชนิด ได้แก่

1. โรงเรือนแบบเปิด ผนังและหลังคาเป็นตาข่ายป้องกันแมลง อากาศถ่ายเทได้สะดวก มีระบบให้น้ำแก่พืช

2. โรงเรือนแบบปิด ผนังและหลังคาเป็นวัสดุโปร่งแสง และมีระบบประกอบอื่น ๆ เช่น ระบบการทำความเย็นด้วยการระเหยของน้ำ และระบบพ่นหมอกช่วยลดอุณหภูมิและเพิ่มความชื้นสัมพัทธ์ภายในโรงเรือน ระบบการให้น้ำพืชเพื่อช่วยการดูดซึมธาตุอาหารของพืชได้เหมาะสม ระบบการให้ปุ๋ยทางน้ำช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ย ระบบเพิ่มก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ช่วยเพิ่มการสังเคราะห์แสง ระบบแสงสว่างความเข้มสูงช่วยเร่งการเจริญเติบโตของพืช ระบบตาข่ายพรางแสงช่วยลดความเข้มของแสง ระบบควบคุมศัตรูพืชช่วยป้องกันและกำจัดศัตรูพืชภายใน ระบบควบคุมอัตโนมัติช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการควบคุมสภาวะอากาศภายในโรงเรือน (Namhormchan, 2019, p. 55)

ประเภทของโรงเรือนเพาะปลูกซึ่งแบ่งตามรูปทรงของโรงเรือนเพาะปลูกรูปทรงต่าง ๆ เช่น หลังคาจั่ว (gable) หลังคาจั่วไม่สมมาตร (uneven) ทรงอุโมง (tunnel) หลังคาโค้ง (quonset) และทรงโกธิค (gothic) เป็นต้น แสดงดังภาพ 2



ภาพ 2 ประเภทของโรงเรือนเพาะปลูก

Note. Adapted from *Selecting the right greenhouse frame*, by Hortitech Greenhouse, 2015, retrieved from https://www.greenhouseht.com/greenhouse-frames

โรงเรือนเพาะปลูกพืชมีคุณสมบัติที่สำคัญ ดังนี้

1. ป้องกันความเสียหายของพืชเนื่องจากโรค และแมลงได้ ลดผลกระทบจากลมและฝน และลดการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืช

2. สามารถติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมสภาวะอากาศภายในโรงเรือนให้เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของพืชได้ เช่น อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ การระบายอากาศ และแสงเทียม เป็นต้น

3. สามารถควบคุมปริมาณ และคุณภาพของผลผลิตได้ รวมทั้งการวางแผนการผลิตและการดูแลรักษาพืชได้

ปัจจัยในการเจริญเติบโตของพืชในโรงเรือนเพาะปลูก

ปัจจัยที่ควบคุมการเจริญเติบโตและพัฒนาการของพืช แบ่งออกเป็น 2 ปัจจัยหลัก ๆ คือ

1. ปัจจัยภายในหรือปัจจัยด้านพันธุกรรม (internal or genetic factor) เป็นปัจจัยพื้นฐานในการกำหนดการแสดงออกของสิ่งมีชีวิต ปัจจัยทางพันธุกรรมนี้จะแสดงออกได้มากน้อยเพียงใด จะต้องพิจารณาปัจจัยภายนอก หรือปัจจัยสภาพแวดล้อมประกอบด้วย

2. ปัจจัยภายนอกหรือปัจจัยด้านสภาพแวดล้อม (external or environmental factors) เป็นปัจจัยที่มีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตและพัฒนาการของพืชเป็นอย่างมาก ปัจจัยด้านสภาพแวดล้อมที่สำคัญต่อการเจริญเติบโตและพัฒนาการของพืช ได้แก่ ดิน แร่ธาตุอาหาร น้ำ แสง อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ คาร์บอนไดออกไซด์ เป็นต้น (Namhormchan, 2019, p. 55)

ในโรงเรือนเพาะปลูกพืชต้องการปัจจัยสำหรับการเจริญเติบโต (microclimate) จากการสังเคราะห์แสง ซึ่งเกี่ยวข้องกับภูมิอากาศที่เหมาะสม โดยมีพารามิเตอร์ที่สำคัญ ได้แก่ รังสีดวงอาทิตย์ (solar radiation) อุณหภูมิ (temperature) ความชื้นสัมพัทธ์ (relative humidity) แสง (light) และคาร์บอนไดออกไซด์ (carbon dioxide) (Santosh, Tiwari, Singh & Gopala, 2017, pp. 1731-1733) ดังนี้

รังสีดวงอาทิตย์ พืชจะเริ่มสังเคราะห์ด้วยแสงได้ที่พลังงานแสงอาทิตย์ประมาณ 150 W/m^2 และพืชจะหยุดการเจริญเติบโตเมื่อได้รับพลังงานแสงอาทิตย์ต่ำกว่า 14–30 W/m^2 (0.1 kWh/m^2 day) พลังงานแสงอาทิตย์ที่เพียงพอต่อการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของพืชอย่างน้อย 2.0-2.3 kWh/m^2 ต่อวัน

อุณหภูมิ มีผลกระทบโดยตรงต่อการพัฒนาทางสรีรวิทยาของพืช อุณหภูมิในโรงเรือนเพาะปลูกที่เหมาะสมขึ้นอยู่กับชนิดของพืชที่ปลูก พืชแต่ละชนิดมีกระบวนการพัฒนา การตอบสนองต่ออุณหภูมิที่แตกต่างกัน ความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิกลางวันและกลางคืนตลอดจนอุณหภูมิเฉลี่ย 24 ชั่วโมง ส่งผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของพืช อุณหภูมิของสภาพภูมิอากาศมีบทบาทอย่างมากในการออกแบบโครงสร้างโรงเรือนเพาะปลูกและระบบควบคุม

ความชื้นสัมพัทธ์ ความดันไอน้ำที่ขาด (Vapour Pressure Deficit--VPD) คือ ความแตกต่างระหว่างความดันไอน้ำอิ่มตัวและความดันไอน้ำจริงในอากาศ ความชื้นสัมพัทธ์ที่เหมาะสำหรับการเจริญเติบโตของพืชอยู่ในช่วง 60-90% ค่าที่ต่ำกว่า 60% อาจทำให้พืชเกิดความเครียดจากน้ำ และหากความชื้นสัมพัทธ์เกิน 95% เป็นเวลานานโดยเฉพาะอย่างยิ่งในเวลากลางคืนจะส่งผลให้เชื้อราเกิดการพัฒนาอย่างรวดเร็วได้

ความเข้มแสง การเจริญเติบโตของพืชสัมพันธ์กับกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงโดยตรง แสงเป็นส่วนหนึ่งของกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงโดยการเปลี่ยนคาร์บอนไดออกไซด์ให้เป็นสารอินทรีย์แล้วปล่อยออกซิเจนเมื่อมีแสง คุณสมบัติของแสงเพื่อการเจริญเติบโตของพืชที่สำคัญ ได้แก่ ความเข้มของแสง คุณภาพของแสง และระยะเวลาที่พืชได้รับแสง

คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ความเข้มข้นของ CO_2 ในโรงเรือนเพาะปลูกที่เหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตอยู่ในช่วง 700–900 μmol mol-1 การควบคุมปริมาณ CO_2 ให้เหมาะสมจะช่วยให้สามารถปรับปรุงผลผลิตและคุณภาพที่เป็นที่ต้องการของตลาดและขยายฤดูกาลเพาะปลูกได้

การควบคุมสภาวะแวดล้อมในโรงเรือนเพาะปลูก

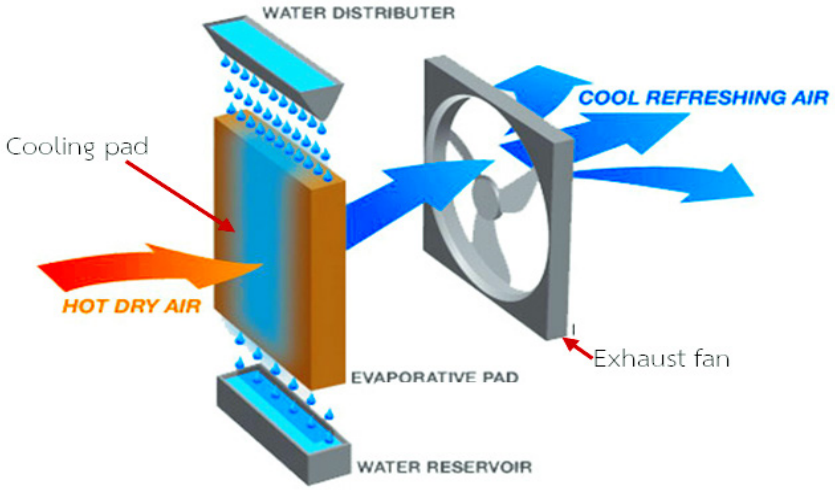
เทคนิคที่ใช้ในการควบคุมสภาวะแวดล้อมในโรงเรือนเพาะปลูกแบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม (energy management in the greenhouse, 2019) ดังนี้

1. เทคนิคทางความเย็น (cooling technique) ได้แก่ การระบายอากาศ (ventilation) ทั้งแบบธรรมชาติและแบบบังคับ การใช้วัสดุพรางแสงอาทิตย์ (shading material) ระบบการทำความเย็นด้วยการระเหยของน้ำ (evaporative cooling system) และระบบพ่นหมอก (fogging system)

2. เทคนิคทางความร้อน (heating technique) ได้แก่ การกักเก็บพลังงานความร้อนทั้งจากแสงอาทิตย์และใต้ดิน (solar collector and ground collector)

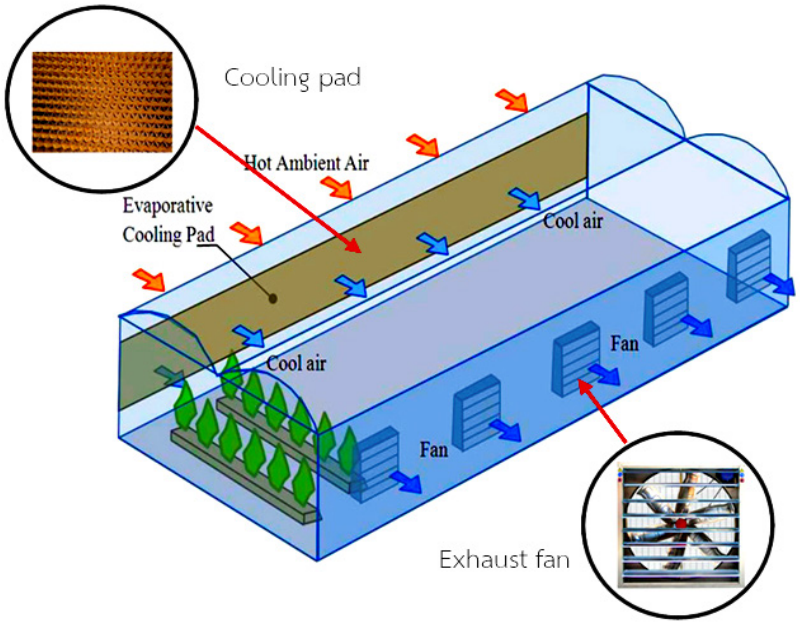
3. เทคนิคทางธรรมชาติ (passive technique) ได้แก่เทคนิคต่าง ๆ ดังนี้ ระบบท่อใต้ดิน (earth tube system) ปั๊มความร้อนพลังงานความร้อนใต้พิภพ (geothermal heat pump) เตียงหิน (rock bed) และกำแพงทิศเหนือ (north wall) เป็นต้น

เทคนิคที่ใช้สำหรับควบคุมสภาวะแวดล้อมในโรงเรือนจะถูกกำหนดโดยชนิดของพืชและภูมิประเทศ สำหรับประเทศไทยซึ่งอยู่ในพื้นที่เขตร้อน (Harjunowibowo, Cuce, Omer & Riffat, 2016, p. 5) ส่งผลให้ภายในโรงเรือนมีอุณหภูมิสูง จึงต้องใช้เทคนิคทางความเย็นเข้ามาควบคุมสภาวะแวดล้อมในโรงเรือนให้เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืช ส่วนประกอบของระบบควบคุมสภาวะแวดล้อมในโรงเรือนเพาะปลูกด้วยเทคนิคทางความเย็น แสดงดังภาพ 3



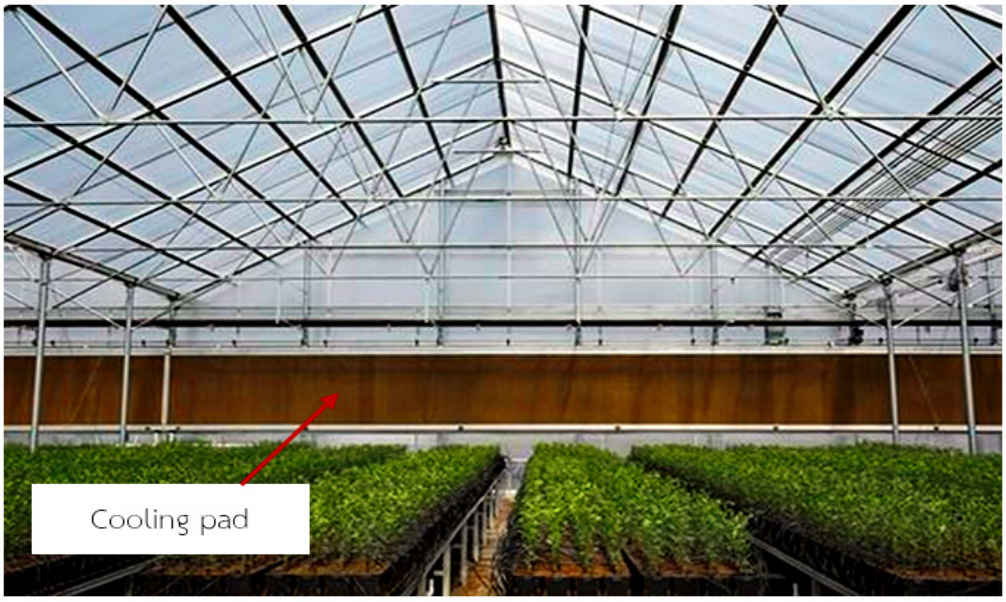
ก) ระบบการทำความเย็นด้วยการระเหยของน้ำ

Note. Adapted from *Why-choose-evaporative-cooling*, by ecoHVAC, 2017, retrieved from http://ecohvac.com.au/products/ why-choose-evaporative-cooling/why-choose-evaporative-cooling/.



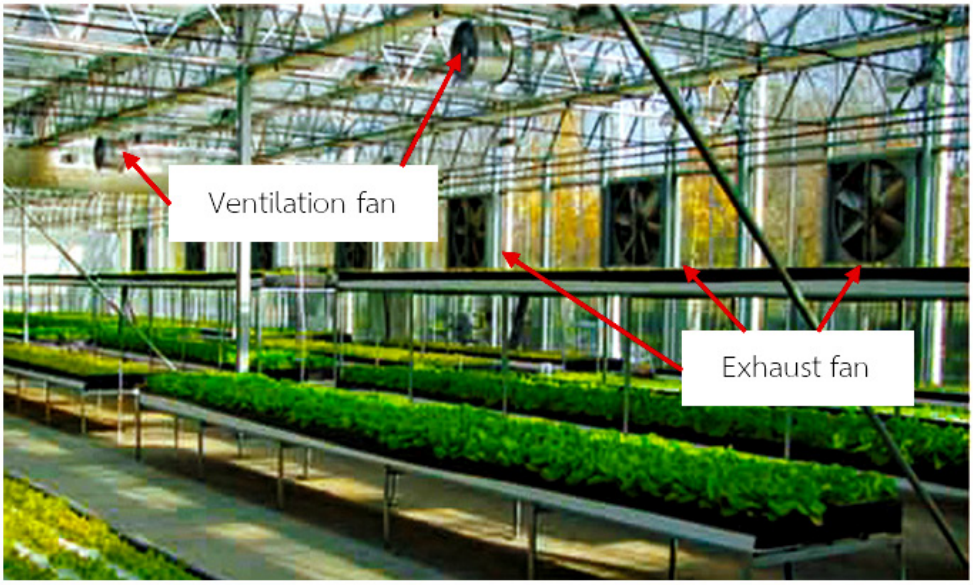
ข) การติดตั้งระบบการทำความเย็นด้วยการระเหยของน้ำ

Note. Adapted from *Fan & pad: Adjust greenhouse temperature well*, by China Green Agriculture Engineering & Technology, 2019, retrieved from http://www.greenagro-cn.com/index.php/index/productsart/cid/ GreenhouseEquipment/id/12.html



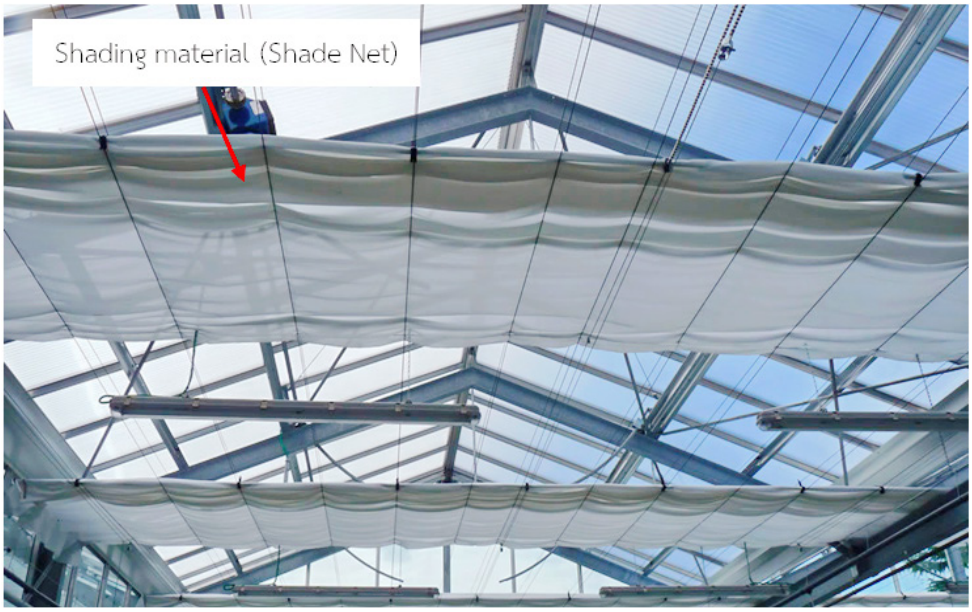
ค) แผ่นคูลลิ่งแพด

Note. Adapted from *Evaporative cooling system,* by Conley's Manufacturing and Sales, 2019, retrieved from https://www.conleys.com/products/evaporative-cooling-system.



ง) พัดลมดูดอากาศและระบายอากาศ

Note. Adapted from *Greenhouse system-shading net, top and side ventilation, cooling pad and fan, heating boiler, circulation fan, LED light, seedling bed, drip irrigation etc.*, by Qingzhou Rainbow Modern Agriculture Development, 2017, retrieved from http://bit.ly/35jektN



จ) การใช้วัสดุพรางแสงอาทิตย์

Note. Adapted from *Greenhouse system-shading net, top and side ventilation, cooling pad and fan, heating boiler, circulation fan, LED light, seedling bed, drip irrigation etc.*, by Qingzhou Rainbow Modern Agriculture Development, 2017, retrieved from http://bit.ly/35jektN

ฉ) ระบบพ่นหมอก Adapted from

Note. Adapted from *Global smart greenhouse irrigation system market 2019 revenue–netafim, valmont, irritec, John Deere, T-L, rivulis*, by David, 2019, retrieved from http://bit.ly/2Ec7lXJ

ภาพ 3 ส่วนประกอบของระบบควบคุมสภาวะแวดล้อมในโรงเรือนเพาะปลูกด้วยเทคนิคทางความเย็น

หลักการทำงานโดยทั่วไปของระบบการทำความเย็นด้วยการระเหยของน้ำ จากภาพ 3 (ก) และ (ข) ระบบจะดึงอากาศจากภายนอกเข้าสู่ภายในโรงเรือนเพาะปลูกโดยใช้พัดลม (exhaust fan) ผ่านตัวกลางเพื่อทำการลดอุณหภูมิลง ตัวกลางนั้น คือ แผ่นคูลลิ่งแพด (cooling pad) ซึ่งมีน้ำไหลผ่านอยู่ภายในทั่วทั้งแผ่นด้วยปั๊มน้ำ เมื่อลมร้อนจากภายนอกโรงเรือนไหลผ่านแผ่นคูลลิ่งแพด อากาศซึ่งมีอุณหภูมิสูงจะสูญเสียความร้อนให้กับน้ำ ความร้อนนี้ถูกใช้เป็นความร้อนแฝงในการระเหยน้ำจากคูลลิ่งแพดให้กลายเป็นไอน้ำและไอน้ำนี้จะผสมกับอากาศที่ออกจากคูลลิ่งแพดทำให้อากาศที่ได้มีอุณหภูมิต่ำลงและมีความชื้นสูงขึ้น โดยทั่วไปจะสามารถลดอุณหภูมิลงได้ 5-15 องศาเซลเซียส ซึ่งขึ้นอยู่กับอุณภูมิของน้ำและอากาศที่ดึงเข้ามา (Yushi Group, 2016)

การอนุรักษ์พลังงานในโรงเรือนเพาะปลูกพืชระบบปิด

ด้วยภูมิประเทศของประเทศไทยอยู่ในพื้นที่เขตร้อน ส่งผลให้อุณหภูมิภายในโรงเรือนเพาะปลูกสูงกว่าอุณหภูมิแวดล้อมภายนอก ประกอบกับเกษตรกรมักเพาะปลูกพืชเมืองหนาวในโรงเรือนเพาะปลูกเนื่องจากเป็นพืชเศรษฐกิจมีมูลค่าทางการตลาดสูง ดังนั้น จึงมีการควบคุมสภาวะอากาศภายในโรงเรือนด้วยเทคนิคทางความเย็น ซึ่งประกอบไปด้วยระบบต่าง ๆ ที่สำคัญ ดังนี้ ระบบการทำความเย็นด้วยการระเหยของน้ำ ระบบระบายอากาศ ระบบม่านพรางแสง และระบบพ่นหมอก

ระบบควบคุมสภาวะอากาศภายในโรงเรือนดังกล่าวใช้มอเตอร์ไฟฟ้าเป็นต้นกำลังการทำงานของระบบทั้งสิ้น แต่ละระบบประกอบไปด้วยมอเตอร์ไฟฟ้า ดังนี้

1. ระบบการทำความเย็นด้วยการระเหยของน้ำ ประกอบด้วยมอเตอร์ไฟฟ้าสำหรับพัดลมดูดอากาศและปั๊มน้ำสำหรับแผ่นคูลลิ่งแพด

2. ระบบระบายอากาศ ประกอบด้วยมอเตอร์ไฟฟ้าสำหรับพัดลมระบายอากาศ

3. ระบบม่านพรางแสง ซึ่งมีมอเตอร์ไฟฟ้าเป็นต้นกำลัง

4. ระบบพ่นหมอก ซึ่งมีมอเตอร์ไฟฟ้าเป็นต้นกำลังสำหรับปั๊มน้ำความดันสูง

มอเตอร์ไฟฟ้าจึงเป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าที่สำคัญของโรงเรือนเพาะปลูกระบบปิด เนื่องจากเป็นส่วนประกอบหลักทั้งในระบบการทำความเย็นด้วยการระเหยของน้ำและยังเป็นต้นกำลังที่สำคัญของระบบรดน้ำให้ปุ๋ยอีกด้วย

จึงถือได้ว่ามอเตอร์ไฟฟ้าเป็นเครื่องจักรกลไฟฟ้าที่มีนัยสำคัญ มีศักยภาพในการอนุรักษ์พลังงานในโรงเรือนเพาะปลูกระบบปิด

การอนุรักษ์พลังงานในโรงเรือนเพาะปลูกพืชระบบปิดแบ่งออกเป็น การประหยัดพลังงานในมอเตอร์ไฟฟ้า การประหยัดพลังงานในระบบควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า และการจัดการพลังงานในโรงเรือนเพาะปลูกระบบปิด ดังนี้

1. การประหยัดพลังงานในมอเตอร์ไฟฟ้า

มอเตอร์ควรมีขนาดที่เหมาะสมกับภาระโหลด ประสิทธิภาพของมอเตอร์จะลดลงเมื่อรับภาระต่ำกว่าพิกัดเกิน 30% ดังนั้น ควรดำเนินการตรวจวัดการใช้พลังงานของมอเตอร์เพื่อสลับมอเตอร์หรือเปลี่ยนมอเตอร์ใหม่เมื่อค่าตัวประกอบภาระต่ำกว่าพิกัดมาก นอกจากนี้ค่าตัวประกอบกำลังควรมีค่าใกล้เคียงกับพิกัดของมอเตอร์มากที่สุดเพื่อลดการสูญเสียที่เกิดภายในตัวมอเตอร์

มอเตอร์ที่มีขนาดที่เหมาะสมจะมีค่าตัวประกอบภาระ ≥ 70 % และร้อยละของค่าผลต่าง Power Factor เทียบกับพิกัด ≤ 5 %

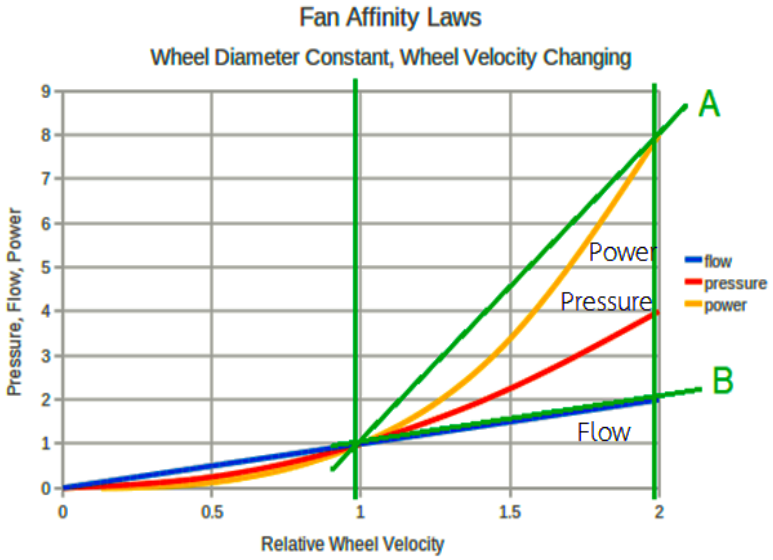
นอกเหนือจากการเลือกขนาดของมอเตอร์ให้เหมาะสมกับภาระแล้ว การประหยัดพลังงานในมอเตอร์ยังสามารถทำได้ด้วยการใช้มอเตอร์ประสิทธิภาพสูง (High Efficiency Motor--HEM) มอเตอร์ประสิทธิภาพสูงมีส่วนประกอบและลักษณะการทำงานเหมือนมอเตอร์มาตรฐานแต่ใช้วัสดุคุณภาพดีขึ้นและพิถีพิถันในกระบวนการผลิตทำให้ประสิทธิภาพของมอเตอร์เพิ่มขึ้น 2-4% หรือสามารถลดการสูญเสียพลังงานได้ร้อยละ 25-30% ของการสูญเสียรวม นอกจากนี้มอเตอร์ประสิทธิภาพสูงยังมีข้อดีอื่น ๆ เช่น เกิดความร้อนจากการทำงานน้อยกว่า อายุการใช้งานของฉนวนและลูกปืนยาวนานขึ้น การสั่นสะเทือนน้อยและค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้า Power Factor ดีขึ้น (iEnergyGuru, 2015)

แนวทางการทำงานของมอเตอร์ที่มีประสิทธิภาพและลดการสูญเสีย สามารถดำเนินการ ได้ ดังนี้ (1) หลีกเลี่ยงการเริ่มเดินเครื่องและกลับทิศทางการหมุนของมอเตอร์ขนาดใหญ่ ในช่วงที่มีความต้องการไฟฟ้าสูงสุด (2) หลีกเลี่ยงการเดินมอเตอร์ตัวเปล่า จะเสียพลังงาน 10-20% ของ Rated Load 3) ติดตั้งมอเตอร์ในที่ที่มีอากาศถ่ายเทได้ดี เพราะการใช้งานในที่อุณหภูมิสูงจะทำให้การสูญเสียมากขึ้นเนื่องจากความต้านทานของขดลวดมีมากขึ้น และ (4) การปรับปรุงและบำรุงรักษาระบบทางกลของมอเตอร์อยู่เสมอ เช่น ตรวจสอบความตึงสายพาน อัดจาระบีและหยอดน้ำมันหล่อลื่นตามกำหนด เพื่อลดการสูญเสียจากแรงเสียดทานในระบบทางกล (Modern Manufacturing, 2017)

2. การประหยัดพลังงานในระบบควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า

การประหยัดพลังงานในระบบควบคุมมอเตอร์จะพิจารณาอัตราส่วนระหว่างกำลังไฟฟ้าที่มอเตอร์ใช้ (WA; kW) และกำลังไฟฟ้าที่พิกัดของมอเตอร์ (WR; kW) เรียกว่า ตัวประกอบโหลด (Load Factor--LF=WA/ WRx100) ซึ่งไม่สามารถควบคุมหรือเร่งหรี่ความเร็วรอบของมอเตอร์ได้

หากมีการเปลี่ยนระบบควบคุมมอเตอร์ จากแบบ DOL, Star Delta หรือ Softstart ซึ่งเป็นแบบ On-Off Control ไปเป็นการควบคุมแบบโดยใช้อุปกรณ์ควบคุมแรงบิดและความเร็วรอบของมอเตอร์ (Variable-Frequency Drive--VFD) หรือการควบคุมความถี่เพื่อปรับค่าความเร็วรอบให้สัมพันธ์กับโหลดที่ต้องการใช้งานจริง ซึ่งในพัดลมและปั๊ม สามารถใช้กฎความคล้ายคลึง (affinity law) ช่วยในการหาค่าความเร็วรอบที่เหมาะสม เพื่อลดการใช้พลังงานลงได้ โดยใช้ความสัมพันธ์ $P_1/P_2 = (n_1/n_2)^3$ ของกำลังไฟฟ้าและความเร็วรอบมาพิจารณา



ภาพ 4 ตัวอย่างกราฟตามกฎความสัมพันธ์ Affinity Laws

Note. Adapted from *Efficiency and energy saving in motor control systems*, by Factomart, 2019, retrieved from https://mall.factomart.com/guide-to-motor-control/efficiency-and-power-saving/

จากตัวอย่างกราฟตามภาพ 4 จะเห็นได้ว่าความชันของ Power (A) หรือพลังงานที่ใช้ P_{in} มีค่าสูงกว่าความชันของ Flow (B) หรือพลังงานเอาท์พุต P_{out} ที่ได้ เมื่อความเร็วรอบของมอเตอร์ถึงจุดหนึ่งที่ความชันของกราฟเริ่มเปลี่ยนแปลง จะสามารถลดค่าพลังงานที่ใช้หรือพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ได้โดยการปรับค่าความเร็วรอบมอเตอร์ (ใช้ VFD ปรับความเร็วรอบ) ให้อยู่ในจุดที่ความชันของกราฟใกล้เคียงกันมากที่สุด ก็จะสามารถประหยัดพลังงานลงได้ (factomart, 2019)

3. การจัดการพลังงานในโรงเรือนเพาะปลูกระบบปิด

นอกจากการการประหยัดพลังงานในมอเตอร์ไฟฟ้าและระบบควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้าแล้ว การจัดการพลังงานไฟฟ้าในโรงเรือนเพาะปลูกระบบปิดก็เป็นสิ่งสำคัญเช่นเดียวกัน การจัดการพลังงานในที่นี้หมายถึงการลดการทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้าต่าง ๆ ภายในโรงเรือน โดย The Center for Agriculture, Food and the Environment แห่ง University of Massachusetts Amherst ได้นำเสนอรายการตรวจสอบการจัดการพลังงานสำหรับโรงเรือนเพาะปลูก (Bartok, 2005) ไว้หลายหัวข้อครอบคลุมทั้งด้านความร้อนและความเย็น ซึ่งในที่นี้จะขอนำเสนอเฉพาะในส่วนที่เกี่ยวข้องกับการจัดการพลังงานสำหรับโรงเรือนเพาะปลูกที่เกี่ยวข้องกับโรงเรือนในสภาพภูมิอากาศเขตร้อน ดังนี้

- ลดการรั่วไหลของอากาศภายในโรงเรือนสู่ภายนอก
- ใช้วัสดุปกคลุมโรงเรือน 2 ชั้น
- ติดตั้งฉนวนกันความร้อนโดยรอบโรงเรือน
- เพิ่มพื้นที่การใช้ประโยชน์ภายในโรงเรือน
- ใช้ระบบการทำความเย็นที่มีประสิทธิภาพ
- เลือกใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าประหยัดพลังงาน
- มีการจัดการการเพาะปลูกที่ดี

บทสรุป

การพัฒนาด้านการเกษตรสำหรับประเทศไทยในปัจจุบันได้รับการพัฒนาจากการเกษตรแบบดั้งเดิมไปสู่การเกษตรสมัยใหม่ ซึ่งนำเทคโนโลยี และนวัตกรรมสมัยใหม่เข้ามาช่วยในการผลิตโดยนำแนวคิด “เกษตรอัจฉริยะ” หรือ “Smart Agiculture” มาเป็นกลไกสำคัญในการยกระดับสังคมเกษตรกรรมดั่งเดิมไปสู่สังคมเกษตรกรรมสมัยใหม่หรือ

เกษตรกรรม 4.0 การทำการเกษตรในโรงเรือนปลูกพืชที่มีการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีการควบคุมแบบอัตโนมัติเข้ามาควบคุมสภาพแวดล้อมให้เหมาะสมกับความต้องการของพืชที่ปลูกได้อย่างอัตโนมัติ รวมทั้งยังมีการจัดเก็บและนำข้อมูลต่าง ๆ เพื่อพัฒนาไปสู่การพัฒนา Big Data เกษตรอัจฉริยะ เพื่อให้เกษตรกรและผู้เกี่ยวข้องได้นำไปใช้ในการวางแผนตลอดห่วงโซ่การผลิตได้

การปลูกพืชในโรงเรือนเพาะปลูกที่สามารถควบคุมสภาวะแวดล้อมให้เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของพืชได้ จะทำให้สามารถเพาะปลูกพืชได้อย่างมีคุณภาพและมีปริมาณตามที่ต้องการ โดยปัจจัยที่ควบคุมการเจริญเติบโตและพัฒนาการของพืช แบ่งออกเป็น ปัจจัยภายในหรือปัจจัยด้านพันธุกรรม และ ปัจจัยภายนอกหรือปัจจัยด้านสภาพแวดล้อม ปัจจัยสำหรับการเจริญเติบโตในโรงเรือนเพาะปลูกพืชสำหรับการเจริญเติบโตจากการสังเคราะห์แสง ได้แก่ รังสีดวงอาทิตย์ อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ แสง และคาร์บอนไดออกไซด์ การควบคุมสภาวะแวดล้อมในโรงเรือนสำหรับประเทศไทยซึ่งอยู่ในพื้นที่เขตร้อน จึงใช้เทคนิคทางความเย็นเข้ามาควบคุมสภาวะแวดล้อมในโรงเรือนให้เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืช ประกอบด้วยการระบายอากาศ การใช้วัสดุพรางแสงอาทิตย์ ระบบการทำความเย็นด้วยการระเหยของน้ำ และระบบพ่นหมอก

การอนุรักษ์พลังงานในโรงเรือนเพาะปลูกพืชระบบปิด มักจะหมายถึงการอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้าในมอเตอร์และระบบควบคุมมอเตอร์ เนื่องจากเป็นเครื่องจักรกลไฟฟ้าที่มีนัยสำคัญ มีศักยภาพในการอนุรักษ์พลังงาน รวมทั้งการจัดการพลังงานในโรงเรือนเพาะปลูกระบบปิด โดยการดำเนินการอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้าในโรงเรือนเพาะปลูกระบบปิดตามมาตรการต่าง ๆ จะช่วยให้เกษตรกรลดภาระค่าใช้จ่ายทางไฟฟ้า ยกระดับคุณภาพชีวิตให้สูงขึ้น และเป็นการช่วยลดการนำเข้าพลังงาน และลดภาวะโลกร้อนได้อีกทางหนึ่งด้วย

References

Bartok, J. W. Jr. (2005). *Greenhouse energy conservation checklist*. Retrieved from https://ag.umass.edu/greenhouse-floriculture/fact-sheets/greenhouse-energy-conservation-checklist.

Conley's Manufacturing and Sales. (2019). *Evaporative cooling system*. Retrieved from https://www.conleys.com/products/evaporative-cooling-system.

China Green Agriculture Engineering and Technology. (2019), *Fan & pad: Adjust greenhouse temperature well*. Retrieved from http://www.greenagro-cn.com/index.php/index/productsart/cid/GreenhouseEquipment/id/12.html.

David. (2019). *Global smart greenhouse irrigation system market 2019 revenue–netafim, valmont, irritec, John Deere, T-L, rivulis*. Retrieved from https://thetechnologymarket.com/global-smart-greenhouse-irrigation-system-market-2019-revenue-netafim-valmont-irritec-john-deere-t-l-rivulis/45602/.

ecoHVAC. (2017). *Why-choose-evaporative-cooling*. Retrieved from http://ecohvac.com.au/products/ why-choose-evaporative-cooling/why-choose-evaporative-cooling/.

Energy Management in the Greenhouse. (2019). *Course of energy management in agriculture.* Chiang Mai: Maejo University. (in thai)

Factomart. (2019). *Efficiency and energy saving in motor control systems*. Retrieved from https://mall.factomart.com/guide-to-motor-control/efficiency-and-power-saving/. (in Thai)

Hortitech Greenhouse. (2015). *Selecting the right greenhouse frame*. Retrieved from https://www.greenhouseht.com/greenhouse-frames.

Harjunowibowo, A., Cuce, E., Omer, S. A., & Riffat, S. B. (2016). Recent passive technologies of greenhouse systems: A review. *15th international conference on sustainable energy technologies–SET 2016, 19th–22nd of July 2016* (pp. 1-10). Singapore: National University of Singapore.

Hemming, S. (2010). *Energy and climate in Dutch greenhouses*. Retrieved from https://edepot.wur.nl/158852.

iEnergyGuru. (2015). *Energy conservation of motors*. Retrieved from https://ienergyguru.com/2015/08/การอนุรักษ์พลังงานของม/. (in Thai)

Information Center Office of the Permanent Secretary for Agriculture and Cooperatives. (2019). *Reinventing the agricultural sector, pushing "intelligent tomato greenhouse"*. Retrieved from https://www.opsmoac.go.th/datacenter-news-preview-411691791322. (in Thai)

Ministry of Agriculture and Coopertives. (2019). *Ministry of Agriculture and Cooperatives Led Organizations in all sectors: Joint drive "intelligent agriculture"*. Retrieved from https://www.moac.go.th/news-preview-411191791414. (in Thai)

Modern Manufacturing. (2017). *Costs reduce by conserving electrical energy from motors techniques*. Retrieved from https://www.mmthailand.com/ลดต้นทุน-พลังงานไฟฟ้า-motor/. (in Thai)

Qingzhou Rainbow Modern Agriculture Development. (2017). *Greenhouse system-shading net, top and side ventilation, cooling pad and fan, heating boiler, circulation fan, LED light, seedling bed, drip irrigation etc*. Retrieved from http://bit.ly/35jektN.

Santosh, D.T., Tiwari, K.N., Singh, V. K., & Gopala, A. R. (2017). Micro climate control in greenhouse. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences, 6*(3), 1730-1742.

Theerawituj, S. (2016). *Smart Farm, eco-friendly agriculture*. Retrieved from https://library2.parliament.go.th/ebook/content-issue/2559/hi2559-093.pdf. (in Thai)

Namhormchan, T. (2019). Plant factory. *EAU Heritage Journal Science and Technology, 13*(2), 46-62. (in Thai)

Yushi Group. (2016). *Evaporative fan, Evap, cold and heat vent*. Retrieved from https://yushi.co.th/ทำงานเครื่องทำลมเย็น/. (in Thai)