รายงานผลวิจัยเรื่องเต็ม

วิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตพืชในโรงเรือนระบบปิดแบบอัจฉริยะ
Research and Development Technology on Evaporative Cooling system of Smart Greenhouse for Plants Production

วุฒิพล จันทร์สระคู เอกภาพ ป้านภูมิ รัติกาล ยุทธศิลป์   เวียง อากรชี มงคล ตุ่นเฮ้า
วัชรพงษ์ ตามไธสง สราวุฒิ ปานทน วรรธนะ สมนึก ภิรมย์ แถวเพีย
อุทัย ธานี จารุวรรณ์ รัตนสกุลธรรม สัจจะ ประสงค์ทรัพย์
ปาริชาติ พจนศิลป์ อนุสรณ์ เทียนศิริฤกษ์

สนับสนุนโดย
เงินรายได้จากการดำเนินงานวิจัยด้านการเกษตร กรมวิชาการเกษตร
เมษายน 2565

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	ก
สารบัญตาราง	ค
สารบัญภาพ	จ
บทคัดย่อ	1
คำนำ	3
วิธีดำเนินการ	10
อุปกรณ์และวัสดุ	10
วิธีการ	10
กิจกรรมที่ 1 การพัฒนาโรงเรือนระบบปิดสำหรับการผลิตสตรอเบอรีในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	10
1.1 การออกแบบและสร้างโรงเรือนระบบปิดต้นแบบ	10
1.1.1 ออกแบบและจัดทำต้นแบบโรงเรือนแบบควบคุมสภาพแวดล้อมระบบปิด	10
1.1.2 ออกแบบและสร้างหลังคามุงพลาสติกทรงโค้งเปิด-ปิดได้	12
1.1.3 ออกแบบระบบการจัดการสภาพแวดล้อมในโรงเรือนที่เหมาะสมในการผลิต	13
1.1.4 ทดสอบและประเมินผลเบื้องต้นกลไกการทำงานต่างๆ	15
1.1.5 วิเคราะห์และประเมินผลความคุ้มค่าในการลงทุนโรงเรือนระบบปิดสำหรับการผลิตสตรอเบอรี	15
1.2 การพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตสตรอเบอรีในโรงเรือนระบบปิดสำหรับการผลิตนอกฤดู	15
1.2.1 การทดสอบวัสดุปลูกในโรงเรือนพลาสติกแบบ 2 ชั้น	15
1.2.2 การทดสอบวัสดุปลูกสำหรับการผลิตสตรอเบอรีในโรงเรือนระบบปิด	15
1.2.3 การทดสอบปลูกสตรอเบอรีนอกฤดูในสภาพโรงเรือนระบบปิด	16
กิจกรรมที่ 2 การพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตสตรอเบอรีแนวตั้งแบบหมุนรับแสงอัจฉริยะในโรงเรือนระบบปิด	17
เวลาและสถานที่	21
ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง	22
กิจกรรมที่ 1 การพัฒนาโรงเรือนระบบปิดสำหรับการผลิตสตรอเบอรีในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	22
1.1 การออกแบบและจัดทำต้นแบบโรงเรือนระบบปิด	23
1.1.1 การออกแบบและจัดทำต้นแบบโรงเรือนแบบควบคุมสภาพแวดล้อมระบบปิด	22
1.1.2 การออกแบบและสร้างหลังคามุงพลาสติกทรงโค้งเปิด-ปิดได้	23
1.1.3 ออกแบบระบบการจัดการสภาพแวดล้อมในโรงเรือนที่เหมาะสมในการผลิต	24
1.1.4 ทดสอบและประเมินผลเบื้องต้นกลไกการทำงานเพื่อเตรียมการทดสอบผลิตสตรอเบอรีในโรงเรือนระบบปิด	26
1.1.5 วิเคราะห์และประเมินผลความคุ้มค่าในการลงทุนโรงเรือนระบบปิดสำหรับผลิตสตรอเบอรี	28

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
1.2 การพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตสตรอเบอรีสำหรับการผลิตนอกฤดู	30
1.2.1 การทดสอบวัสดุปลูกในโรงเรือนพลาสติกแบบ 2 ชั้น	30
1.2.2 การทดสอบวัสดุปลูกสำหรับการผลิตสตรอเบอรีในโรงเรือนระบบปิด	34
1.2.3 การทดสอบปลูกสตรอเบอรีนอกฤดูในสภาพโรงเรือนระบบปิด	38
กิจกรรมที่ 2 การพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตสตรอเบอรีแนวตั้งแบบหมุนรับแสงอัจฉริยะในโรงเรือนระบบปิด	43
2.1 การศึกษากรรมวิธีที่เกษตรกรปลูกสตรอเบอรีในโรงเรือน	43
2.2 การสร้างชุดปลูกแบบ A-Frame และชุดควบคุมการหมุนเคลื่อนที่ของระบบปลูกแนวตั้ง	44
2.3 การทดสอบและประเมินผลเบื้องต้นกลไกการทำงานต่างๆ	46
2.4 การทดสอบเทคโนโลยีการผลิตสตรอเบอรีกับชุดปลูกแบบแนวตั้งหมุนรับแสงอัจฉริยะ	46
สรุปผลการทดลองและคำแนะนำ	48
คำขอบคุณ	49
เอกสารอ้างอิง	50
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก แบบแปลนโรงเรือนแบบควบคุมสภาพแวดล้อมระบบปิด	55
ภาคผนวก ข สภาพแวดล้อมภายในและภายนอกโรงเรือนระบบปิด	63
ภาคผนวก ค ลักษณะประจำพันธุ์สตรอเบอรีพันธุ์พระราชทาน 80	68

สารบัญตาราง

		หน้า
ตารางที่ 1	อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ต่ำสุด สูงสุด และค่าเฉลี่ยในช่วงเวลากลางวัน (06.01 – 18.00 น.) ภายในโรงเรือนระบบปิด ช่วงเดือน มกราคม - มีนาคม 2563	27
ตารางที่ 2	อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ต่ำสุด สูงสุด และค่าเฉลี่ยในช่วงเวลากลางคืน (18.01 – 06.00 น.) ภายในโรงเรือนระบบปิด ช่วงเดือน มกราคม - มีนาคม 2563	27
ตารางที่ 3	อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ต่ำสุด สูงสุด และค่าเฉลี่ยในช่วงเวลากลางวัน (06.01 – 18.00 น.) ภายนอกโรงเรือนระบบปิด ช่วงเดือน มกราคม - มีนาคม 2563	27
ตารางที่ 4	อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ต่ำสุด สูงสุด และค่าเฉลี่ยในช่วงเวลากลางคืน (18.01 – 06.00 น.) ภายนอกโรงเรือนระบบปิด ช่วงเดือน มกราคม - มีนาคม 2563	27
ตารางที่ 5	แสดงค่าความเข้มแสงภายในและนอกโรงเรือนระบบปิด ในช่วงวันในวันที่ท้องฟ้าโปร่ง	27
ตารางที่ 6	การวิเคราะห์ความเหมาะสมและความเป็นไปได้ในการลงทุนผลิต สตรอเบอรีนอกฤดูในโรงเรือนระบบปิด	29
ตารางที่ 7	จำนวนใบของต้นสตรอเบอรีหลังย้ายปลูก 75 วัน	31
ตารางที่ 8	ความสูงของต้นสตรอเบอรีหลังย้ายปลูก 75 วัน	31
ตารางที่ 9	ความกว้างของทรงพุ่มต้นสตรอเบอรีหลังย้ายปลูก 75 วัน	31
ตารางที่ 10	เปอร์เซ็นต์การตายของต้นสตรอเบอรีหลังย้ายปลูก 75 วัน	31
ตารางที่ 11	อุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ในโรงเรือนพลาสติกแบบ 2 ชั้น เดือนพฤษภาคม - มิถุนายน 2562	34
ตารางที่ 12	ความสูง ความยาวก้านใบ จำนวนใบต่อต้น พื้นที่ใบต่อต้น ของต้นสตรอเบอรีอายุ 40 วัน	36
ตารางที่ 13	ความสูง ความยาวก้านใบ จำนวนใบต่อต้น พื้นที่ใบต่อต้น ของต้นสตรอเบอรีอายุ 70 วัน	36
ตารางที่ 14	ความสูง ความยาวก้านใบ จำนวนใบต่อต้น พื้นที่ใบต่อต้น ของต้นสตรอเบอรีอายุ 100 วัน	36
ตารางที่ 15	ความสูง ความยาวก้านใบ จำนวนใบต่อต้น พื้นที่ใบต่อต้น ของต้นสตรอเบอรีอายุ 130 วัน	37
ตารางที่ 16	จำนวนผลต่อต้น น้ำหนักผลต่อต้น น้ำหนักเฉลี่ยต่อผล ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง ค่าความหวาน (Brix) ของต้นสตรอเบอรีอายุ 130 วัน	37
ตารางที่ 17	การเจริญเติบโตของต้นสตรอเบอรี พันธุ์พระราชทาน 80 หลังย้ายปลูก 90 วัน	40
ตารางที่ 18	จำนวนช่อดอกต่อต้น จำนวนผลต่อต้น น้ำหนักผลต่อต้น น้ำหนักผลเฉลี่ย ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ความหวาน (Brix) หลังย้ายปลูก 150 วัน	41

สารบัญตาราง (ต่อ)

		หน้า
ตารางที่ 19	อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ต่ำสุด สูงสุด และค่าเฉลี่ยในช่วงเวลากลางวัน (06.00 – 18.00 น.) ภายในโรงเรือนระบบปิด	42
ตารางที่ 20	อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ต่ำสุด สูงสุด และค่าเฉลี่ยในช่วงเวลากลางคืน (18.00 – 06.00 น.) ภายในโรงเรือนระบบปิด	42
ตารางที่ 21	การเจริญเติบโตของสตรอเบอรีพันธุ์พระราชทาน 80 เมื่ออายุ 110 วัน	47
ตารางที่ 22	การวัดค่าสีผิวและสีเนื้อของผลสตรอเบอรีจากการปลูกในชั้นปลูกแบบ A-Frame	47
ตารางที่ 23	ค่าความชื้น ค่าความเป็นกรด-ด่าง และปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำ (°Brix) ของผลสตรอเบอรีจากการปลูกในชั้นปลูกแบบ A-Frame	47

สารบัญภาพ

		หน้า
ภาพที่ 1	หลักการทำงานของระบบอีแว๊ป (evaporative cooling system)	5
ภาพที่ 2	ระบบคูลลิ่งแพด (cooling pad)	6
ภาพที่ 3	ชุดปลูกแนวตั้งแบบเป็นชั้นที่ต้องให้แสงเทียมตลอดทุกๆ ชั้น	7
ภาพที่ 4	ชุดปลูกแนวตั้งที่มีขายในท้องตลาดซึ่งจะเป็นแบบไฮโดรโพนิคและใช้แสงธรรมชาติ	7
ภาพที่ 5	ลักษณะต้นกล้าสตรอเบอรีที่ได้จากไหลต้นพันธุ์	9
ภาพที่ 6	แบบโครงสร้างหลักโรงเรือนระบบปิด	11
ภาพที่ 7	แบบแปลนโรงเรือนแบบควบคุมสภาพแวดล้อมระบบปิด	12
ภาพที่ 8	แบบโครงสร้างหลักโรงเรือนระบบปิดส่วนขยาย	12
ภาพที่ 9	รูปแบบการติดตั้งระบบเพิ่มก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในโรงเรือน	13
ภาพที่ 10	รูปแบบการติดตั้งตาข่ายพรางแสงใต้หลังคาพลาสติก	14
ภาพที่ 11	รูปแบบการติดตั้งระบบควบคุมอัตโนมัติพัดลมและแผ่นระเหยน้ำ (cooling pad)	14
ภาพที่ 12	แบบร่างชุด A-Frame ที่ออกแบบให้ติดตั้งได้ในโรงเรือนขนาด 6x24 เมตร	18
ภาพที่ 13	ผังการควบคุมการขยับของชั้นปลูกและการให้น้ำแก่สตรอเบอรี	19
ภาพที่ 14	แผนภาพค่าสี	20
ภาพที่ 15	การวัดค่าสีผลสตรอเบอรี	20
ภาพที่ 16	การหาค่าความชื้น ค่าความเป็นกรด-ด่าง และปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำ (°Brix)	21
ภาพที่ 17	เทคานคอนกรีตเสริมความแข็งแรงในการยึดเสาโรงเรือนและพื้นด้านข้าง ส่วนรับแผงคูลลิ่งแพด	22
ภาพที่ 18	การติดตั้งพัดลมด้านข้างโรงเรือนตามแบบที่กำหนด	22
ภาพที่ 19	การติดตั้งระบบการปล่อยคาร์บอนไดซ์ออกไซด์ (CO2) เพิ่มในโรงเรือนระบบปิด	23
ภาพที่ 20	ระบบม่านพรางแสงแบบอัตโนมัติด้วยมอเตอร์ไฟฟ้าภายในโรงเรือนระบบปิด	23
ภาพที่ 21	ส่วนบนหลังคาโรงเรือนระบบปิดแบบเปิด-ปิด ได้ด้วยการควบคุมอัตโนมัติ	23
ภาพที่ 22	ห้องระบบควบคุมการทำงานภายในโรงเรือนระบบปิด	24
ภาพที่ 23	ติดตั้งพัดลมดูดอากาศ และระบบคูลลิ่งแพด (cooling pad)	24
ภาพที่ 24	ชุดควบคุมการทำงานปั๊มน้ำสำหรับการให้น้ำแบบหยดและแบบพ่นหมอก ในโรงเรือนระบบปิด	25
ภาพที่ 25	ต้นแบบโรงเรือนระบบปิด (greenhouse evaporative cooling systems)	25
ภาพที่ 26	การควบคุมอุณหภูมิภายในโรงเรือนระบบปิดและการบันทึกข้อมูลสภาพแวดล้อม	26
ภาพที่ 27	ปริมาณความเข้มแสงภายในและนอกโรงเรือนระบบปิดในช่วงวันในวันที่ท้องฟ้าโปร่ง	28
ภาพที่ 28	อาการขอบใบแห้งของต้นสตรอเบอรีอายุ 16 วัน ปลูกในวัสดุปลูกแกลบดิบผสมดินร่วนและขี้วัว	32
ภาพที่ 29	ลักษณะของต้นสตรอเบอรี อายุ 75 วัน (ก) วัสดุปลูกพีทมอส +ขุยมะพร้าว และ (ข) เวอร์มิคูไลท์+พีทมอส	32
ภาพที่ 30	ลักษณะของต้นสตรอเบอรี อายุ 75 วัน (ก) วัสดุปลูกเวอร์มิคูไลท์ +ขุยมะพร้าว+แกลบดำ และ (ข) แกลบดำ + ขุยมะพร้าว	32

สารบัญภาพ (ต่อ)

หน้า

ภาพที่ 31 (ก) อาการโรคแอนแทรคโนส (ข) เชื้อรา Colletotrichum sp. สาเหตุโรค 33

ภาพที่ 32 (ก) อาการเหี่ยวของต้นสตรอเบอรีที่เกิดจากโรคแอนแทรคโนส (ข) เนื้อเยื่อภายในโคนต้นเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล และรากมีสีดำ เกิดจากการเข้าทำลายของเชื้อรา Colletotrichum sp. (ค) เชื้อรา Colletotrichum sp. ที่แยกได้จากโคนต้นที่แสดงอาการเหี่ยว (ง) ลักษณะของเส้นใยและสปอร์เชื้อรา Colletotrichum sp. ภายใต้กล้องจุลทรรศน์กำลังขยาย 400 เท่า 33

ภาพที่ 33 อาการยอดตั้ง ใบหนา ขอบใบม้วนขึ้น เนื้อใบมีรอยขีดสีน้ำตาล เกิดจากการทำลายของเพลี้ยไฟ 33

ภาพที่ 34 ลักษณะของต้นสตรอเบอรีอายุ 40 วันที่ปลูกในกรรมวิธี (ก) ดินร่วน+แกลบดิบ+ขี้ไก่หมัก (ข) พีทมอส + ขุยมะพร้าว และ (ค) พีทมอส + เวอร์มิคูไลท์ 35

ภาพที่ 35 ลักษณะของต้นสตรอเบอรีอายุ 130 วันที่ปลูกในกรรมวิธี (ก) ดินร่วน+แกลบดิบ+ขี้ไก่หมัก (ข) พีทมอส + ขุยมะพร้าว และ (ค) พีทมอส + เวอร์มิคูไลท์ 36

ภาพที่ 36 การติดดอก และผลสตรอเบอรีหลังย้ายปลูก 60 วัน 37

ภาพที่ 37 การติดตั้งระบบทำน้ำเย็นด้วยเทคนิค water chiller 38

ภาพที่ 38 การติดตั้งฉากพลาสติกกั้นห้องในโรงเรือนระบบปิด 39

ภาพที่ 39 ลักษณะของต้นสตรอเบอรี พันธุ์พระราชทาน 80 หลังย้ายปลูก 60 วัน (ก) ต้นไหลผ่านการกระตุ้นตาดอกในห้องเย็นของศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น (ข) ต้นไหลปกติ 41

ภาพที่ 40 ลักษณะของช่อดอกและผลที่ไม่สมบูรณ์เนื่องจากสภาพแวดล้อมไม่เหมาะสมกับการพัฒนาของดอกและผล (ก) ช่อดอกเปลี่ยนเป็นไหล (ข) ช่อดอกที่มีทั้งดอกและใบ (ค) คอกขนาดเล็กไม่สมบูรณ์ และ (ง) ผลเล็กและฝ่อแห้งไม่พัฒนา 41

ภาพที่ 41 ลักษณะข่อผลสตรอเบอรี พันธุ์พระราชทาน 80 หลังย้ายปลูก 150 วัน (ก) ต้นไหลผ่านการกระตุ้นตาดอกในห้องเย็นของศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น (ข) ต้นไหลปกติ 42

ภาพที่ 42 การปลูกสตรอเบอรีในโรงเรือนพลาสติกหลังคาโค้งพร้อมระบบพ่นหมอก 43

ภาพที่ 43 การปลูกสตรอเบอรีบนโต๊ะปลูกและการให้น้ำแบบน้ำหยดภายในโรงเรือน 43

ภาพที่ 44 การปลูกสตรอเบอรีในถุงปลูกและกระถางกลางแจ้งของเกษตรกร 44

ภาพที่ 45 แสดงการเคลื่อนที่ของชั้นปลูกในแต่ละจุดของกราฟความเข้มแสงใน 1 วัน 45

ภาพที่ 46 การปลูกสตรอเบอรีบนชุดปลูก A-Frame จำนวน 3 ชุด 45

ภาพที่ 47 การตั้งหัวจ่ายน้ำให้ตรงกับชั้นปลูกและชุดควบคุมการเคลื่อนที่ของ A-Frame 47

วิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตพืชในโรงเรือนระบบปิดแบบอัจฉริยะ
Research and Development Technology on Evaporative Cooling system of Smart Greenhouse for Plants Production

วุฒิพล จันทร์สระคู เอกภาพ ป้านภูมิ รัติกาล ยุทธศิลป์[1] เวียง อากรชี มงคล ตุ่นเฮ้า วัชรพงษ์ ตามไธสง
สราวุฒิ ปานทน วรรธนะ สมนึก ภิรมย์ แถวเพีย อุทัย ธานี จารุวรรณ์ รัตนสกุลธรรม[2]
สัจจะ ประสงค์ทรัพย์[3] ปาริชาติ พจนศิลป์[3] อนุสรณ์ เทียนศิริฤกษ์[4]

Wuttiphol Chansrakoo Akkaparp Panpoom Rattikan Yutthasin[1] Weang Argornchee
Mongkol Tunhaw Watcharapong Thamthaisong Sarawuth Parnthon Wanthana somnuek
Pirom Taewpea Uthai Thanee Charuwan Rattanasakultum[2]
Satja Prasongsup[3] Parichat Pojjasill[3] Anusorn Tiensiriloeak[4]

สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร

บทคัดย่อ

การปลูกพืชในโรงเรือนเป็นทางเลือกหนึ่งที่สำคัญของการทำการเกษตรที่มีการใช้เทคโนโลยีขั้นสูงมาใช้ในทำการเกษตรแบบแม่นยำ ซึ่งประเทศไทยอยู่ในเขตร้อนมีอุณหภูมิของอากาศค่อนข้างสูงผู้ปลูกพืชมักสร้างโรงเรือนเป็นโรงเรือนเปิดเพื่อต้องการให้อากาศภายในโรงเรือนมีการหมุนเวียนและระบายอากาศเป็นการลดความร้อนภายในโรงเรือน แต่โรงเรือนเปิดจะไม่สามารถควบคุมอุณหภูมิได้และอุณหภูมิของโรงเรือนจะผันแปรไปตามสภาพของอากาศภายนอกโรงเรือน งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อออกแบบและพัฒนาโรงเรือนระบบปิดควบคุมปัจจัยสภาวะแวดล้อมที่เหมาะสมกับการผลิตสตรอเบอรีในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 2) เพื่อออกแบบและพัฒนาระบบการปลูกสตรอเบอรีแนวตั้งในโรงเรือนควบคุมแสงแบบอัจฉริยะ และ 3) เพื่อพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตสตรอเบอรีในโรงเรือนระบบปิดสำหรับการผลิตนอกฤดูในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โดยได้ดำเนินการวิจัย 2 กิจกรรม ได้แก่ การพัฒนาโรงเรือนระบบปิดสำหรับการผลิตสตรอเบอรีในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และ การพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตสตรอเบอรีแนวตั้งแบบหมุนรับแสงอัจฉริยะในโรงเรือนต้นแบบ ระยะเวลาดำเนินงาน ตุลาคม 2561 - มีนาคม 2564 ณ สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 3 จังหวัดขอนแก่น ผลการดำเนินงานวิจัยพบว่า โรงเรือนระบบปิดเป็นแบบน๊อคดาวน์หลังคาทรงโค้ง ขนาดกว้าง 6 เมตร ยาว 24 เมตร และสูง 5 เมตร โครงสร้างทำด้วยท่อเหล็กกัลวาไนซ์ ตอม่อคอนกรีต ขนาด 4 นิ้ว พื้นโรยด้วยทรายหยาบปูทับด้วยผ้าใบปูพื้นชนิดน้ำซึมผ่านได้สีขาว พลาสติกคลุม PE ผสม UV ความหนา 200 ไมครอน ใช้รางล๊อคสปริงยึดพลาสติกคลุมติดกับโครงสร้างเหล็กพร้อมอุปกรณ์ประกอบมาตรฐานโรงเรือน ด้านบนหลังคามีช่องสำหรับระบายอากาศสามารถเปิด-ปิด ด้วยมอเตอร์ไฟฟ้า ภายในส่วนบนโรงเรือนติดตั้งแสลนสีเงิน 50% เปิด-ปิดด้วยมอเตอร์ไฟฟ้า DC 24V ระบบ EVAP ด้านข้างโรงเรือนติดตั้งระบบคูลลิ่งแพดมีขอบเฟรม และรางน้ำแสตนเลสและติดตั้งมุ้งตาข่ายกันแมลงชนิด 20 เมช พร้อมประตูเปิด-ปิด ครอบคูลลิ่งแพดด้านนอกโรงเรือน ส่วนอีกด้านตรงข้ามเป็นพัดลมดูดอากาศ ขนาด 50 นิ้ว จำนวน 8 ชุด และปั๊มน้ำขนาด 1 แรงม้า จากการทดสอบประสิทธิภาพโรงเรือนเบื้องต้นพบว่า สภาพแวดล้อมในโรงเรือน ช่วงเวลากลางวันอุณหภูมิเฉลี่ย 25.1 องศาเซลเซียส และ

รหัสโครงการ : 610713

[1] สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 3 จ.ขอนแก่น กรมวิชาการเกษตร

[2] กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร กรมวิชาการเกษตร

[3] สถาบันวิจัยพืชสวน กรมวิชาการเกษตร

[4] กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร

ช่วงเวลากลางคืนอุณหภูมิเฉลี่ย 20.3 องศาเซลเซียส ผลการทดสอบวัสดุปลูกสำหรับการผลิตสตรอเบอรีในโรงเรือนระบบปิดพบว่า กรรมวิธีพีทมอสผสมขุยมะพร้าวให้ผลผลิตมากที่สุด มีจำนวนผลเฉลี่ยต่อต้น 9.7 ผล และน้ำหนักผลเฉลี่ยต่อต้น 32.23 กรัม ส่วนน้ำหนักเฉลี่ยต่อผล 3.25 กรัม ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของผล 1.66 เซนติเมตร และปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำ 10.10 °Brix และเมื่อทดสอบปลูกสตรอเบอรีนอกฤดูในสภาพโรงเรือนระบบปิดโดยใช้วัสดุปลูกพีทมอสผสมขุยมะพร้าวอัตราส่วน 1:1 ทำให้การเจริญเติบโตและผลผลิตสตรอเบอรีดีกว่าวัสดุปลูกที่เกษตรกรใช้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ มีจำนวนผลเฉลี่ยต่อต้น 21.3 ผล น้ำหนักผลเฉลี่ยต่อต้น 68.8 กรัม น้ำหนักผลเฉลี่ย 3.23 กรัม และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของผล 1.95 เซนติเมตร และการปรับการใช้ปุ๋ยจากสูตร 13-13-21 เป็นสูตร 8-24-24 ทำให้ผลสตรอเบอรีมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำ 13.4-13.7 °Brix ใกล้เคียงกับพันธุ์พระราชทาน 80 อย่างไรก็ตามควรคำนึงถึงต้นทุนการผลิต แต่เนื่องจากการออกแบบและสร้างโรงเรือนระบบปิดยังไม่สามารถควบคุมสภาพแวดล้อมให้เหมาะสมกับการผลิตสตรอเบอรีได้ จึงทำให้การเจริญเติบโตและผลผลิตที่ได้ไม่เป็นไปตามคุณลักษณะของพันธุ์พระราชทาน 80

การออกแบบชุดปลูกแนวตั้งแบบหมุนรับแสงอาทิตย์มีลักษณะเป็นโครงเหล็กยาว 4 เมตร หน้าตัดเป็นรูปตัว A ฐานล่างกว้าง 1.2 เมตร ด้านบนกว้าง 0.6 เมตร สูง 3 เมตร ติดตั้งชั้นปลูกได้ 12 ชั้น แต่ละชั้นปลูกวางกระถางปลูกสี่เหลี่ยมได้ 12 กระถาง ตั้งเวลาการเคลื่อนที่ของแต่ละชั้นใน A-Frame ที่เวลา 9.00 และสิ้นสุดเวลา 17.00 น. ขยับครั้งละ 30 นาที จะได้รับแสงรวมต่อวันปริมาณมากที่สุด 15,900 LUX และแต่ละชั้นได้รับแสงใกล้เคียงกัน โดยแต่ละชุดปลูกมีระบบเซนเซอร์เปิดปิดการให้น้ำอย่างแม่นยำ และเมื่อเปรียบเทียบกับชุดปลูกบนโต๊ะในพื้นที่โรงเรือนระบบปิดพบว่า ชุดปลูกแนวตั้งสามารถปลูกได้มากกว่า 4.26 เท่า ผลการทดสอบการปลูกสตรอเบอรีในชุดปลูกแนวตั้งพบว่า สตรอเบอรีมีการติดผลน้อยและผลขนาดเล็ก การวิเคราะห์ความเหมาะสมและความเป็นไปได้ในการลงทุน หากสามารถควบคุมอุณหภูมิตลอดช่วงฤดูกาลผลิต และผลิตสตรอเบอรีได้ผลผลิตตามเกณฑ์มาตรฐานของพันธุ์พระราชทาน 80 ลดปัจจัยเสี่ยงในการผลิตและราคาได้ คาดว่าจะมีความเป็นไปได้ในการลงทุน จากค่า NPV B/C Ratio และ IRR พบว่ามีความเหมาะสมในการลงทุน ถ้าพิจารณาราคาขายผลผลิตสตรอเบอรีในช่วงนอกฤดู กิโลกรัมละ 300 400 และ 500 บาท คิดจากผลผลิตที่ได้เฉลี่ย 320 กิโลกรัมต่อโรงเรือน ซึ่งสามารถผลิตสตรอเบอรีนอกฤดูได้ 2 ช่วงปลูกต่อปี จะมีจุดคุ้มทุนที่ มากกว่า 10 ปี 8.4 ปี และ 5 ปี ตามลำดับ อย่างไรก็ตามการผลิตสตรอเบอรียังสามารถเพิ่มช่องทางการผลิตได้ เช่น การปลูกแบบเป็นชั้นแนวตั้ง ซึ่งจะสามารถทำให้มีผลผลิตที่เพิ่มขึ้น ส่งผลให้มีจุดคุ้มทุนที่สั้นลงตามไปด้วย

คำสำคัญ : โรงเรือนระบบปิด การปลูกพืชแนวตั้ง สตรอเบอรี

คำนำ

ในสภาวะการณ์ปัจจุบันสภาพภูมิอากาศของโลกมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา ส่งผลโดยตรงต่อการผลิตทางการเกษตร สภาพภูมิอากาศที่แปรปรวนมีผลต่อปริมาณและคุณภาพของผลผลิต อีกทั้งเมื่อปลูกพืชติดต่อกันเป็นระยะเวลายาวนานในพื้นที่เดิม ทำให้เกิดการสะสมโรคและแมลงศัตรูพืช เกษตรกรจำเป็นต้องใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชเป็นจำนวนมาก เพื่อลดการระบาดของโรคและแมลงศัตรูพืช มีพืชผักหลายชนิดที่ตรวจพบสารเคมีตกค้างเกินมาตรฐานที่กำหนด สามารถเลือกปลูกพืชชนิดที่ตลาดต้องการในแต่ละฤดูกาลได้ และถ้าหากได้มีการนำเทคโนโลยีการผลิตที่เหมาะสมมาใช้ในการจัดการดิน ปุ๋ย และน้ำเป็นอย่างดี ทำให้ได้ผลผลิตที่ดีมีคุณภาพสูงเพิ่มมากขึ้นและที่สำคัญคือ ลดการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชลงได้มากกว่าร้อยละ 50 อีกทั้งในสภาพสินค้าด้านการเกษตรมีการแข่งขันสูงผลผลิตต้องมีคุณภาพ และมีความปลอดภัยอยู่ในระดับมาตรฐาน ทำให้การปลูกพืชในโรงเรือนจึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่สำคัญของการทำการเกษตรที่อยู่ในยุคที่มีการใช้เทคโนโลยีที่สูงขึ้นมาใช้ในทำการเกษตรแม่นยำ ซึ่งเทคโนโลยีบางอย่างที่นำเข้าจากต่างประเทศอาจจะไม่มีความเหมาะสมกับการใช้งานในประเทศไทยหรือมีต้นทุนการผลิตที่สูง การปลูกพืชในโรงเรือนสามารถกำหนดทิศทางในการผลิตได้เพราะสามารถปรับสภาพแวดล้อมให้เหมาะสมกับพืชที่ปลูกได้ ดังนั้นระบบควบคุมนี้จึงมีความสำคัญมากที่จะช่วยเพิ่มผลผลิตให้กับเกษตรกรและยังทำให้พืชที่ปลูกนั้นได้ผลผลิตที่ดีและมีประสิทธิภาพ ซึ่งระบบจะอาศัยหลักการ การควบคุม ติดตามและจัดการอย่างเป็นระบบเพื่อให้สภาพอากาศเหมาะสมกับพืชที่ปลูกไว้ ทั้งนี้การเลือกโรงเรือนให้เหมาะสมกับสภาพภูมิอากาศสถานที่ตั้ง ชนิดของพืชก็เป็นปัจจัยสำคัญในการตัดสินใจประกอบกับโรงเรือนแต่ละชนิดมีต้นทุนที่แตกต่างกัน ทั้งต้นทุนโรงเรือน ระบบการปรับอุณหภูมิ ระบบการให้น้ำ ขนาดที่เหมาะสม ราคา และระยะเวลาในการคืนทุน เพื่อให้เหมาะสมกับพืชผักชนิดนั้น รวมทั้งลดต้นทุนการใช้สารเคมี และการดูแล การควบคุม การวางแผนการผลิตได้ ต้นทุนที่เพิ่มขึ้นเป็นต้นทุนที่สมเหตุสมผลที่สามารถขายสินค้าที่มีคุณภาพปลอดจากสารพิษ และแมลงศัตรูพืช นอกจากนี้การปลูกพืชภายใต้โรงเรือนจะสามารถควบคุมสภาพแวดล้อมและปัจจัยการผลิตต่างๆ ได้เป็นอย่างดี ทำให้เกษตรกรสามารถผลิตได้ตลอดทั้งปีและหลากชนิด ส่งผลให้เกษตรกรมีรายได้เพิ่มขึ้น และยังสามารถเป็นทางเลือกในการประกอบอาชีพของเกษตรกรได้อีกทางหนึ่ง (จริยา และคณะ, 2560) ประเทศไทยเป็นประเทศที่อยู่ในเขตร้อนมีอุณหภูมิของอากาศค่อนข้างสูง ส่วนใหญ่ผู้ปลูกพืชมักสร้างโรงเรือนเป็นโรงเรือนเปิด ทั้งนี้เพื่อต้องการให้อากาศภายในโรงเรือนมีการหมุนเวียนและระบายอากาศเป็นการลดความร้อนภายในโรงเรือนได้ดี แต่โรงเรือนเปิดไม่สามารถควบคุมอุณหภูมิได้อุณหภูมิของโรงเรือนจะผันแปรไปตามสภาพของอากาศภายนอกโรงเรือน (มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2560)

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 สามารถระบายอากาศร้อนภายในอาคารได้ดี แม้ในช่วงฝนตกน้ำฝนก็ไม่ไหลเข้ามาในอาคารโรงเรือน และโรงเรือนหลังคาครึ่งวงกลมเหลื่อม เป็นโรงเรือนที่ออกแบบให้ง่ายต่อการระบายอากาศร้อนเนื่องจากหลังคามีช่องเปิด รูปแบบนี้เหมาะสำหรับประเทศในเขตร้อน (นิรนาม, 2560)

Short (1998) ได้ศึกษาโรงเรือนระบายอากาศแบบธรรมชาติและพบว่า ประสิทธิภาพการระบายอากาศตามธรรมชาติขึ้นอยู่กับลมที่พัดผ่านและเข้า-ออกโรงเรือนและการพัดผ่านจนเกิดสุญญากาศและดูดเอาอากาศร้อนออกบนช่องเปิดของหลังคา และในช่วงวันที่ไม่มีลมพัดผ่านการระบายความร้อนตามธรรมชาติจะ

เกิดขึ้นโดยการลอยตัวของอากาศร้อนออกทางจั่วที่เปิดระบายอากาศ และมีโอกาสที่จะสามารถทำให้อุณหภูมิได้ใกล้เคียงกับอากาศภายนอก หลังคาแบบหน้าจั่วอาจจะเป็นหน้าจั่วแบบเดี่ยวหรือหน้าจั่วแบบต่อกันไปก็ได้ มุมองศาของหน้าจั่วที่เป็นหลังคา ไม่ควรมีความลาดชันมากเกินไป เพราะจะทำให้มีการปะทะของลมมาก วัสดุที่ใช้ทำหลังคาอาจฉีกขาดได้ง่าย ทั้งนี้ควรจะอยู่ประมาณ 30 และไม่ควรเกิน 45 องศา นอกจากนั้นแล้ว ยังมีหลังคาโค้งโดยที่โค้งเป็นโค้งแบบเสี้ยวตลอด หรือโค้งแบบต่างระดับ มีความลาดชันต่างกัน ซ้อนเกยกัน โดยมีระยะห่างของช่องที่เกยกันประมาณ 50 เซนติเมตร 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

2. Adiabatic cooling เป็นการเพิ่มความชื้นสัมพัทธ์ขณะที่อุณหภูมิภายในยังต่ำอยู่ โดยหัวพ่นหมอก หรือ อีแว๊ป (evap)

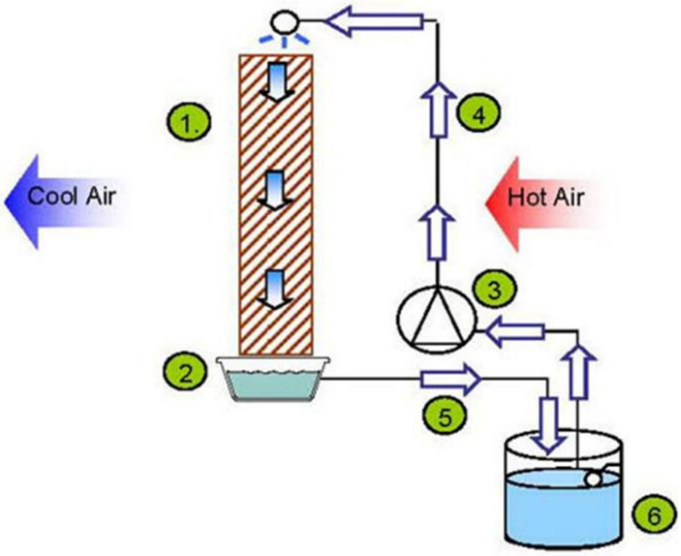
2.1 หัวพ่นหมอก แบบทำงานได้ด้วยแรงดันของระบบน้ำผ่านวาล์วกันน้ำหยด หัวพ่นหมอกนี้จะสร้างละอองน้ำขนาด 80 ไมครอนที่แรงดัน 4 บาร์ จึงเป็นการประหยัดพลังงาน และต้นทุนเพราะสามารถใช้ปั๊มตัวเล็กได้ นอกจากการลดอุณหภูมิภายในโรงเรือนแล้วยังสามารถใช้ในการเพาะกล้าของเมล็ดพันธุ์พืช สำหรับการสร้างความชื้นสัมพัทธ์ในโรงเรือนจะช่วยลดอุณหภูมิได้ประมาณ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

2.2 ระบบทำความเย็นแบบระเหย เป็นระบบทำความเย็นให้โรงเรือนโดยใช้ การระเหยน้ำจากแผ่น cooling pad ซึ่งจะมีน้ำไหลผ่านช่องว่างในแผ่น และมีลมผ่านการระเหยน้ำจะทำให้อุณหภูมิของโรงเรือนลดลง

3. การลดปริมาณแสงแดงที่ส่องผ่าน โดยใช้ตาข่ายพรางแสงที่เลื่อนปิดเปิดได้ ก็จะช่วยลดอุณหภูมิลงได้ เนื่องจากแสงแดดในโรงเรือนสามารถสร้างปรากฏการณ์เรือนกระจก หรือการที่พื้นที่ว่าง ๆ เริ่มมีความร้อนสูงขึ้น ในการลดความเข้มแสงจะสอดคล้องกับการลดความร้อนในโรงเรือน ดังนั้นการพรางแสง อาจมีผลต่อกระบวนการสังเคราะห์แสงของพืช จุดนี้จึงควรพิจารณาใช้ตาข่ายที่สามารถปิด-เปิดได้เพื่อการจัดการเรื่องแสง

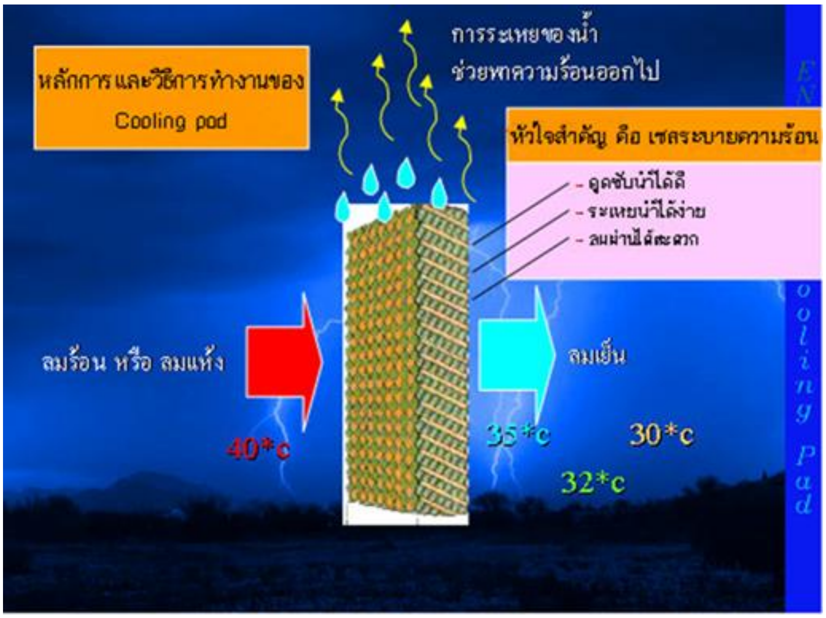
อย่างมีประสิทธิภาพ ตาข่ายพรางแสงที่นิยมคือสีดำ อย่างไรก็ตาม ในความเป็นจริงแล้วสีของตาข่ายพรางแสงจะสามารถเปลี่ยนสีของแสงที่ผ่านเข้ามา ดังนั้นการพรางแสงโดยใช้ตาข่ายสีต่าง ๆ จะมีผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของพืชหลายชนิด ทั้งนี้ก็ขึ้นอยู่กับชนิดของพันธุ์พืชนั้นๆ ด้วย (ชูชาติ, 2551)

Evaporative cooling system หมายถึง ระบบทำความเย็นแบบที่ใช้การระเหยของน้ำช่วยในการทำความเย็น หลักการทำงานของระบบอีแว๊ป (evap) คือ ปล่อยกระแสลมไหลผ่านตัวกลางที่มีน้ำไหลผ่านแผ่นคูลลิ่งแพด (cooling pad) และการที่อากาศซึ่งมีอุณหภูมิสูงกว่าไหลผ่านน้ำจะทำให้น้ำระเหยกลายเป็นไอ ซึ่งจะเป็นการดึงเอาความร้อนของอากาศออกทำให้อุณหภูมิของอากาศลดลงจากหลักการนี้ทำให้มีการนำมาออกแบบใช้กับการทำโรงเรือนเลี้ยงสัตว์หรือปลูกพืชได้ โดยมีการติดตั้งแผงความเย็นคูลลิ่งแพด ที่ทำจากกระดาษอัดเคลือบน้ำยาชนิดพิเศษ ซึ่งกระดาษอัดชนิดน้ำได้มีการนำมาเรียงเป็นแท่งมีความหนาประมาณ 4-6 นิ้ว และวางเรียงให้มีพื้นที่ผิวมากที่สุดเพื่อให้มีโอกาสสัมผัสน้ำและอากาศที่ไหลผ่านมากที่สุด จะเป็นการช่วยให้น้ำมีการระเหยได้มากนั่นเอง และมีพัดลมดูดเอาอากาศร้อนข้างนอกผ่านแผงคลูลิ่งแพดที่มีน้ำไหลผ่าน (ภาพที่ 1)



ภาพที่ 1 หลักการทำงานของระบบอีแว๊ป (evaporative cooling system)

คูลลิ่งแพด (cooling pad) เป็นหัวใจของระบบ อีแว๊ป (evap) ผลิตจากวัสดุที่เป็นเยื่อไม้จากธรรมชาติเคลือบสารชนิดพิเศษที่ดูดซับน้ำได้รวดเร็ว และไม่เปื่อยยุ่ย สามารถกระจายน้ำไปทั่วทุกพื้นผิวได้อย่างรวดเร็วและสม่ำเสมอ และยังออกแบบร่องอากาศให้มีความลาดเอียง เพื่อช่วยให้น้ำที่เหลือจากการระเหยไหลลงมาชำระล้างฝุ่นและสิ่งสกปรกออกจากพื้นผิว จึงช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการกรองฝุ่นละอองที่ปะปนในอากาศภายนอก ระบบจะทำงานได้เต็มประสิทธิภาพต้องดูแลรักษาความสะอาดอย่างสม่ำเสมอ เหตุผลที่ทำให้น้ำสามารถระเหยกลายเป็นไอได้นี้มาจากการที่ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศต่ำกว่าความชื้นของน้ำ (100%) ทำให้น้ำสามารถระเหยได้ ดังนั้นน้ำจะระเหยได้มากเพียงใดก็จะขึ้นอยู่กับความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศในขณะนั้น ยิ่งอากาศมีความชื้นต่ำมากเพียงใด ความสามารถในการระเหยก็จะมากขึ้นเท่านั้นและก็จะทำให้อุณหภูมิลดต่ำลงได้มากเท่านั้นเช่นกัน (ภาพที่ 2)



ภาพที่ 2 ระบบคูลลิ่งแพด (cooling pad)

ธนากร และอติกร (2557) ออกแบบสร้างระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ในโรงเรือนเพาะปลูกพืชไร้ดินแบบการทำความเย็นด้วยวิธีการระเหยของน้ำร่วมกับการสเปรย์ละอองน้ำแบบอัตโนมัติ ซึ่งใช้ PLC (programmable logic control) เป็นอุปกรณ์ควบคุม โดยรับสัญญาณอะนาลอกจากเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ผ่านอุปกรณ์ รับสัญญาณอะนาลอกเพื่อให้ 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

การปลูกแบบแนวตั้งมีหลายรูปแบบเช่น แบบเป็นชั้นซ้อนกันหลายชั้นโดยแบบนี้จะได้ปริมาณต้นมาก แต่ชั้นปลูกจะเกิดการบังแสงกัน ต้องใช้หลอดไฟให้แสงเทียมล้วน (ภาพที่ 3) แบบท่อปล่อยให้น้ำไหลผ่านราก โดยใน 1 ท่อปลูกจะมีระบบน้ำภายในแบบครบวงจร ใช้แสงธรรมชาติ และแบบ A-Frame เป็นลักษณะโครงเหล็กหรือไม้รูปตัว A มีถาดปลูกพืชให้น้ำแบบไฮโดรโพนิค เรียงขึ้นไปเป็นชั้นๆให้ตำแหน่งเยื้องกัน ทำให้ไม่บังแสงแดดซึ่งกันและกัน (ภาพที่ 4)

ภาพที่ 3 ชุดปลูกแนวตั้งแบบเป็นชั้นที่ต้องให้แสงเทียมตลอดทุกๆ ชั้น

ภาพที่ 4 ชุดปลูกแนวตั้งที่มีขายในท้องตลาดซึ่งจะเป็นแบบไฮโดรโพนิคและใช้แสงธรรมชาติ

การปลูกพืชแนวตั้งจะนิยมใช้กับการปลูกแบบไฮโดรโพนิค ซึ่งการปลูกพืชแบบไฮโดรโพนิคมีต้นทุนสูงกว่าการปลูกพืชโดยใช้วัสดุปลูก แต่การปลูกแบบใช้วัสดุปลูกมีต้นทุนต่ำกว่าและโรคแมลงน้อยเช่นเดียวกัน จึงมีแนวคิดที่จะนำชุดปลูกแบบ A-Frame มาใช้ปลูกผักโดยใช้วัสดุปลูกแบบไม่ใช้ดิน แต่ปัญหาของการตั้ง A-Frame เรียงกันหลายอันจะส่งผลให้เกิดเงาพาดบนชุดปลูก และถาดต้นพืชที่อยู่ด้านบนสุดของ A-Frame จะได้รับแสงแดดมากเกินไปทำให้ต้นไม้ร้อนจนเฉา จึงมีแนวคิดสร้างชุดปลูกแบบ A-Frame ที่สามารถพาถาดหมุนสลับตำแหน่งได้ตามเวลาของแสงใน 1 วัน เพื่อเฉลี่ยการรับแสงไม่ให้ถาดใดถาดหนึ่งรับแสงมากเกิน ทำให้การเจริญเติบโตของต้นพืชเท่ากันตลอดทั้งชุดปลูกในตลอดระยะเวลาการปลูก โดยถาดปลูกพืชจะปลูกโดยใช้วัสดุปลูก และออกแบบระบบน้ำให้สัมพันธ์กับการการหมุนของชุดปลูก

สตรอเบอรีเป็นพืชเมืองหนาวที่ปลูกได้เฉพาะพื้นที่ในภาคเหนือของประเทศไทย เนื่องจากต้องการความหนาวเย็นในการแก้การพักตัวของตาดอก โดยปกติต้องทำการแก้การพักตัวของต้นพันธุ์สตรอเบอรีหรือไหล ในสภาพความเย็น 15-18 องศาเซลเซียส พร้อมกับช่วงวันสั้น (กลางวันสั้นในช่วงฤดูหนาว) เป็นเวลา 1

เดือน ดังนั้นการผลิตต้นพันธุ์สตรอเบอรีและการปลูกในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือหรือภาคอีสานจึงเป็นไปได้ยาก อย่างไรก็ตามจากฐานความรู้ด้านวิทยาศาสตร์การนำไหลของสตรอเบอรีไปแก้การพักตัวในห้องเย็นที่ควบคุมอุณหภูมิต่ำ 15-18 องศาเซลเซียส พร้อมกับการควบคุมแสงวันสั้น จึงถือเป็นเทคโนโลยีใหม่ในการผลิตไหลสตรอเบอรี เพื่อปลูกในพื้นที่ภาคอีสาน การผลิตสตรอเบอรีในพื้นที่ดังกล่าวมีจุดแข็งในด้านการขนส่งสินค้าสด ร่วมกับการสร้างมาตรฐานระบบการผลิตสตรอเบอรี เช่น สี ขนาด น้ำหนัก และรสชาติ เพื่อสร้างฐานการตลาดการท่องเที่ยว และการต่อยอดผลิตภัณฑ์ใหม่ๆ ของสตรอเบอรี (ณรงค์ชัย, 2550)

1. กระบวนการสร้างไหลสตรอเบอรีที่พร้อมออกดอกติดผลด้วยเทคโนโลยีห้องเย็นควบคุมอุณหภูมิและการใช้ช่วงแสงวันสั้นในการกระตุ้นไหลให้ออกดอกติดผลก่อนฤดูปลูกปกติ

2. ระบบการปลูกเลี้ยงโดยไม่ใช้ดิน เป็นการปลูกแบบใช้พีทมอส ร่วมกับการใช้ปุ๋ยน้ำและปุ๋ยละลายช้า (hydroponic substrate base) เพื่อลดการแพร่ระบาดของเชื้อโรคจากดิน

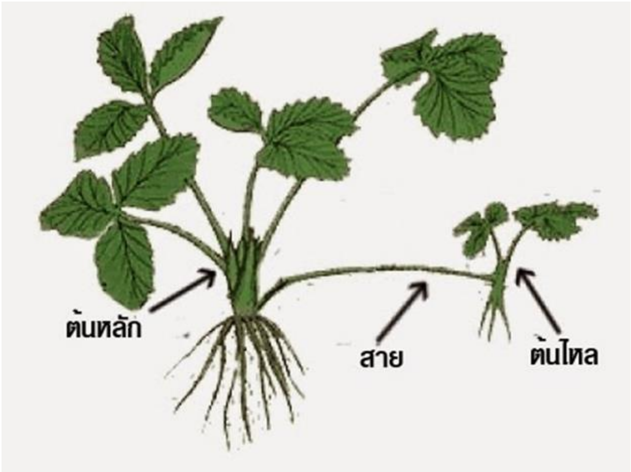
3. ระบบการปลูกสตรอเบอรีในโรงเรือนกางมุ้ง เพื่อป้องกันการระบาดของแมลงศัตรูพืช ลดการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดแมลง

4. การสร้างจุดเด่นด้านการตลาด และการท่องเที่ยวเชิง interactive tourism ในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

สตรอเบอรีปกติผลผลิตจะออกประมาณเดือนพฤศจิกายนถึงเดือนพฤษภาคมในพื้นที่ปลูกบนที่สูง และระหว่างเดือนธันวาคมถึงเมษายนในพื้นที่ปลูกบนพื้นราบ ผลผลิตที่ออกก่อนในเดือนพฤศจิกายนและธันวาคมจะมีคุณภาพดีและขนาดใหญ่ ทำให้จำหน่ายได้ในราคาสูงกว่าท้องตลาดทั่วไปประมาณ 70-80 บาทต่อกิโลกรัม หลังจากนั้นขนาดผลจะเล็กลง และจำหน่ายได้ในราคา 20-30 บาทต่อกิโลกรัม ในช่วงเดือนมกราคมถึงกลางเดือนมีนาคม มีความต้องการของตลาดทั้งภายในและต่างประเทศเพื่อใช้ผลิตของสตรอเบอรีในเชิงอุตสาหกรรมเป็นปริมาณมากมายต่อปี และกำลังมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ตามจำนวนประชากร ประเทศญี่ปุ่นเป็นแหล่งใหญ่ของไทยในการนำเข้าผลสตรอเบอรี เพื่อใช้ในการแปรรูปมากที่สุด นอกจากนี้ยังเคยมีการขนส่งผลรับประทานสดไปจำหน่ายยังประเทศฮ่องกง สิงคโปร์ และบางประเทศในแถบยุโรปบ้างเล็กน้อยโดยมูลนิธิโครงการหลวงอีกด้วย (ณรงค์ชัย, 2544)

พันธุ์พระราชทาน 80 เป็นพันธุ์ที่มูลนิธิโครงการหลวงส่งเสริมให้ปลูก ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2552 เป็นต้นมา เป็นสายพันธุ์ที่มาจากประเทศญี่ปุ่นชื่อพันธุ์ Royal Queen ซึ่งมีลักษณะเด่นคือก้านใบและลำต้นจะมีสีแดงสด ผมมีลักษณะเป็นรูปทรงกรวยสวยงาม ผลมีขนาดปานกลางน้ำหนักเฉลี่ย 15 กรัม ผลมีกลิ่นหอม รสหวานฉ่ำ อีกทั้งยังมีความต้านทานต่อโรคและแมลงได้เป็นอย่างดี

การขยายพันธุ์สตรอเบอรี ทำได้หลายวิธี เช่น การใช้ไหล ขยายต้นไหลจากต้นแม่พันธุ์ การแยกต้นหรือแยกกอจากต้นหลัก การใช้เมล็ดในกรณีที่มีการผสมพันธุ์เพื่อให้ได้พันธุ์ใหม่เกิดขึ้น และการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ เป็นการผลิตเพื่อให้ได้ต้นพันธุ์ที่ปลอดโรคและมีความสมบูรณ์ที่สุด ช่วงที่เหมาะสมต่อการปลูก การปลูกสตรอเบอรีสามารถปลูกได้ตลอดทั้งปลูก แต่การปลูกเพื่อเก็บเกี่ยวผลนั้นผู้ปลูกต้องเลือกเวลาในการปลูกเพื่อให้ทันต่อปัจจัยในการสร้างตาดอกของสตรอเบอรี คือช่วงฤดูหนาว ที่มีช่วงแสงต่อวันสั้น และมีอุณหภูมิต่ำ โดยระยะเวลาที่เหมาะสมในการปลูกคือ ช่วงเดือนกรกฎาคม - สิงหาคม สำหรับการใช้เมล็ด และช่วงเดือนกันยายน - เดือนตุลาคม สำหรับการใช้ ต้นไหลมาปลูก สำหรับการปลูกในช่วงเวลาอื่นเป็นการปลูกพืชสร้างต้นแม่พันธุ์เพื่อผลิตไหลในการปลูกรุ่นต่อไป ระยะห่างในการปลูก และระยะห่างระหว่างต้น 25 - 30 เซนติเมตร และ ระยะปลูกระหว่างแถว 30 - 40 เซนติเมตร และไม่ควรกลบวัสดุปลูกต้นสตรอเบอรีลึกเกินไป เพราะจะทำให้เชื้อโรคเข้าทำลายต้นสตรอเบอรีได้ง่าย หรือตื้นเกินไปเพราะทำให้รากแห้งและมีผลต่อการเจริญเติบโตของต้นสตรอเบอรีได้ ควรกลบวัสดุปลูกในระดับเดียวกับภาพที่แสดงไว้ด้านบน (นิรนาม, 2557)



ภาพที่ 5 ลักษณะต้นกล้าสตรอเบอรีที่ได้จากไหลต้นพันธุ์

การปลูกสตรอเบอรีในประเทศไทยส่วนใหญ่เป็นการปลูกในสภาพแปลงเปิด ทำให้เกิดความยุ่งยากในการควบคุมสภาวะปัจจัยต่างๆ ที่จะส่งผลต่อการผลิตนอกฤดู เพราะฉะนั้นการผลิตสตรอเบอรีนอกฤดูควรมีการศึกษาและดำเนินการวิจัยภายใต้สภาพโรงเรือนที่สามารถควบคุมสภาวะแวดล้อมที่เหมาะสมได้ โดยทั่วไปผลสตรอเบอรีจะออกสู่ตลาดในช่วงเดือนธันวาคมถึงมีนาคม ซึ่งเป็นช่วงที่มีอากาศเย็นสบาย เหมาะสำหรับการเจริญเติบโตของสตรอเบอรี และยังเป็นฤดูกาลท่องเที่ยวของเขตภาคเหนือ ความต้องการบริโภคสตรอเบอรีจากการท่องเที่ยวและอุตสาหกรรมอาหารแปรรูปในปัจจุบัน แต่ผลผลิตยังไม่เพียงพอต่อความต้องการดังกล่าว และมีช่วงเวลาในการให้ผลผลิตค่อนข้างสั้น การขยายช่วงฤดูกาลผลิตให้สามารถออกสู่ตลาดได้ไวและยืดออกไปได้นานขึ้นจึงเป็นแนวทางหนึ่งในการแก้ปัญหาราคาผลผลิตที่ตกต่ำ และเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับผลผลิตและเพิ่มรายได้ให้กับเกษตรกร อย่างไรก็ตามในสภาวะอุณหภูมิที่สูงเกินไปในช่วงฤดูร้อนของประเทศไทย ถือเป็นข้อจำกัดสำคัญในการปลูกสตรอเบอรี โดยอุณหภูมิที่สูงมากกว่า 30 องศาเซลเซียส มีผลต่อการออกดอกและติดผลของสตรอเบอรี ทำให้มีจำนวนช่อดอกที่น้อย แทงช่อดอกไม่สม่ำเสมอติดผลน้อย ขนาดผลเล็ก นอกจากนี้ยังมีผลทำให้เกิดการยังยั้งตาดอกและมีการเจริญเติบโตทางลำต้นแทน อีกทั้งในช่วงฤดูฝนยังมีฝนตกหนัก (ปรีดา และสิริวัฒน์, 2555)

ดังนั้นคณะผู้วิจัยจึงมุ่งเน้นวิจัยและพัฒนาโรงเรือนระบบปิดที่จะสามารถควบคุมสภาวะแวดล้อมให้เหมาะสมกับการปลูกพืช และพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตสตรอเบอรีในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เพื่อยกระดับสินค้าทางการเกษตร สอดคล้องกับนโยบายคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติด้านการพัฒนานวัตกรรมและการจัดการผลผลิตในโรงเรือนของผักและผลไม้ที่มีศักยภาพที่เหมาะสมกับบริบทของประเทศไทยในยุค 4.0

วัตถุประสงค์

1) เพื่อออกแบบและพัฒนาโรงเรือนระบบปิดควบคุมปัจจัยสภาวะแวดล้อมที่เหมาะสมกับการผลิตสตรอเบอรีในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

2) เพื่อออกแบบและพัฒนาระบบการปลูกสตรอเบอรีแนวตั้งในโรงเรือนควบคุมแสงแบบอัจฉริยะ

3) เพื่อพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตสตรอเบอรีในโรงเรือนระบบปิดสำหรับการผลิตสตรอเบอรีนอกฤดูและในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

วิธีดำเนินการ

อุปกรณ์และวัสดุ

1) ด้านวิศวกรรม

- เหล็กรูปพรรณขนาดต่างๆ ในส่วนโครงสร้างโรงเรือน เช่น เหล็กชุปกัลวาไนซ์ เหล็กฉาก เหล็กตัวยู เหล็กกล่อง และเหล็กพืช เป็นต้น
- เฟืองโซ่ ลูกปืนแบริ่ง พูเล่ย์ สายพาน ชุดพัดลมระบายอากาศ
- สีรองพื้น และสีพ่นกันสนิม
- เครื่องวัดความเร็วรอบ
- เครื่องวัดความเข้มแสง
- เครื่องวัดอุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์อากาศ
- เวอร์เนียคาลิปเปอร์
- เครื่องชั่งน้ำหนักดิจิตอล
- วัสดุช่างอื่นๆ ได้แก่ เครื่องมือช่าง หินเจียร ใบตัด ลวดเชื่อม เป็นต้น

2) ด้านการเกษตร

- ต้นไหลสตรอเบอรีพันธุ์พระราชทาน 80
- ตาข่ายพรางแสง
- ตะกร้าพลาสติก
- เชือกไนล่อน
- พลาสติกดำ
- กระถางพลาสติกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 8 นิ้ว และ10 นิ้ว
- อุปกรณ์เก็บตัวอย่าง ได้แก่ ถุงพลาสติกใส ยางรัด ถุงตาข่าย
- วัสดุปลูก ได้แก่ ดิน แกลบดิบ ขี้วัว ขี้ไก่หมัก พีทมอส ขุยมะพร้าว และเวอร์มิคูไลท์
- ปูนขาว โดโลไมท์ ปุ๋ยเคมีสูตร 20-5-8 , 15-15-15 , 13-13-21 , 0-0-60 และ 8-24-24
- สารป้องกันกำจัดโรคและแมลง คือ สารไดโนทีฟูแรนหรือสารสตาเกิลจี สารอิมิดาคลอพริด สารอะบาเม็กติน สไปนีโทแรม สารเบโนมิล สารฟลูโอไพแรม ไตรฟลอกซีสโตรบิน กำมะถันผง สารปิโตรเลียม และชีวภัณฑ์บีที
- วัสดุระบบให้น้ำแบบหยด และแบบพ่นหมอก
- เครื่องวัดความเป็นกรด-ด่าง
- เครื่องวัดความหวาน
- เครื่องพ่นยา

วิธีการ

กิจกรรมที่ 1 การพัฒนาโรงเรือนระบบปิดสำหรับการผลิตสตรอเบอรีในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

1.1 การออกแบบและสร้างโรงเรือนระบบปิดต้นแบบ

1.1.1 ออกแบบและจัดทำต้นแบบโรงเรือนแบบควบคุมสภาพแวดล้อมระบบปิด ขนาดกว้าง 6 เมตร ยาว 24 เมตร และสูง 5 เมตร ลักษณะรูปแบบของโรงเรือนระบบปิด โดยการออกแบบแปลนโรงเรือน และจัดทำต้นแบบโรงเรือน ใช้รูปแบบวัสดุโครงสร้าง และเหล็กรูปพรรณขนาดต่างๆ แบบชุปกัลวาไนซ์ เป็นโรงเรือนระบบน๊อคดาวน์หลังคาทรงโค้ง (ภาพที่ 6 และ 7)

- เสาและโครงสร้างทำด้วยท่อเหล็กกัลวาไนซ์ขนาด ∅ 2x2 นิ้ว หนา 1.2 มิลลิเมตร และ ∅ 1.5x1.5 นิ้ว หนา 1.2 มิลลิเมตร ทุกระยะ 3 เมตร ตอม่อคอนกรีต ∅ 4 นิ้ว ฝังเดือยเสาเหล็กชุปกัลวาไนซ์ ∅ 2x2 นิ้ว หนา 1.6 มิลลิเมตร ทุกระยะ 3 เมตร

- พื้นโรงเรือนโรยด้วยทรายหยาบ หนาเฉลี่ย 8 เซนติเมตร ปูทับด้วยผ้าใบปูพื้นชนิดน้ำซึมผ่านได้สีขาว

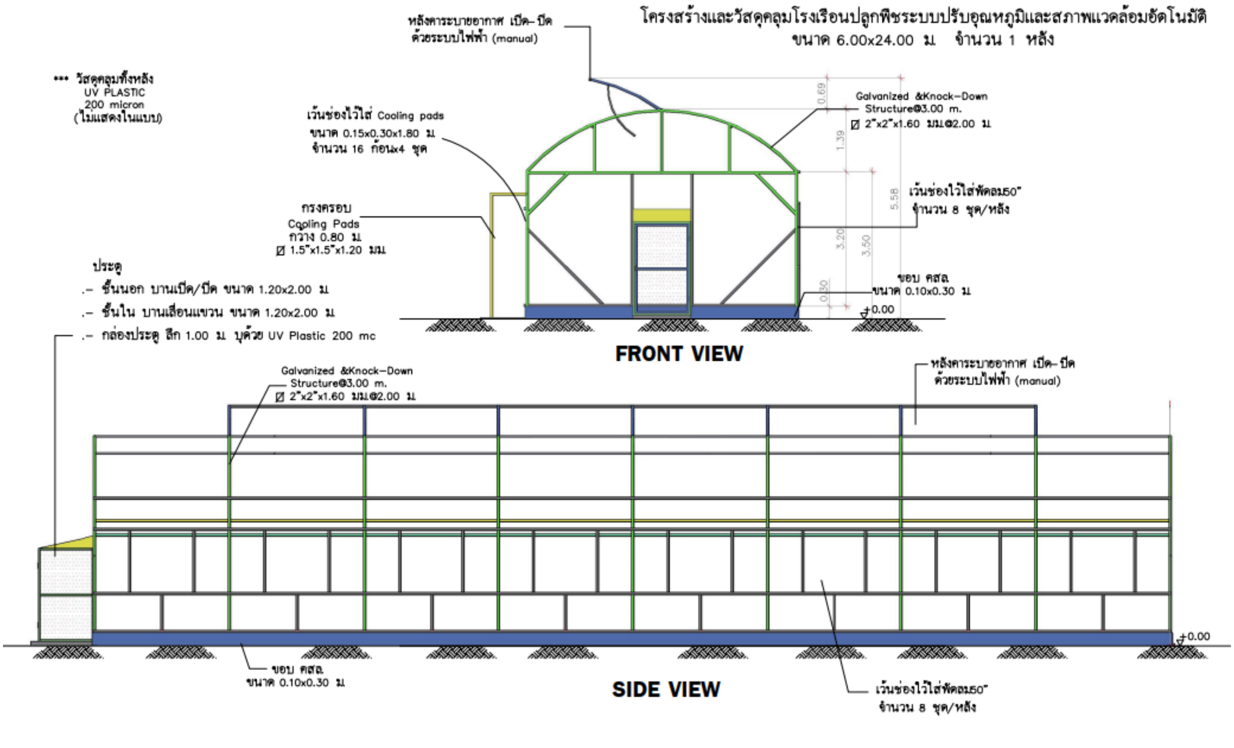
- พลาสติกคลุมโรงเรือนทั้งหลังพร้อมติดอุปกรณ์ PE-Plastic ผสม UV stabilizer ความหนา 200 ไมครอน มีอายุการใช้งานไม่ต่ำกว่า 3 ปี

- ด้านหน้าโรงเรือนมีประตูบานเดี่ยว 2 ชุด (นอก-ใน) พร้อมกล่องประตูระหว่างประตูชั้นนอกและชั้นใน ขนาดบานประตูกว้าง 1.2 เมตร สูง 2 เมตร มีกุญแจล๊อค และประตูบุด้วยวัสดุเช่นเดียวกันกับวัสดุคลุมโรงเรือน

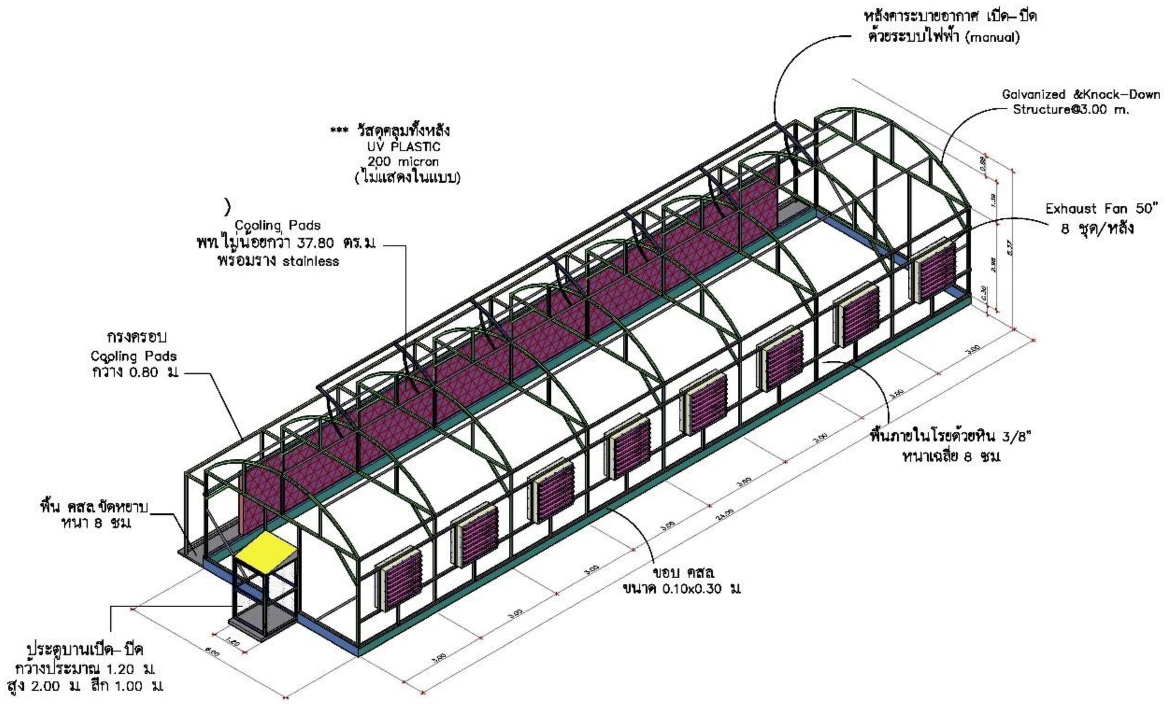
- ยึดโครงสร้างเข้าด้วยกันกับอุปกรณ์มาตรฐานสำหรับงานโรงเรือน ใช้รางล๊อคสปริงยึดพลาสติกคลุมติดกับโครงสร้างเหล็กพร้อมอุปกรณ์ประกอบมาตรฐานโรงเรือน

- หลังคาด้านบนมีช่องสำหรับระบายอากาศ ความยาว 18 เมตร สามารถเปิด-ปิด ขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ไฟฟ้า

- ภายในด้านบนหลังคาพลาสติกติดตั้งแสลนสีเงิน 50% เปิด-ปิด ด้วยระบบไฟฟ้า (manual) เป็นม่านมอเตอร์ไฟฟ้า DC 24V จำนวน 1 ชุด

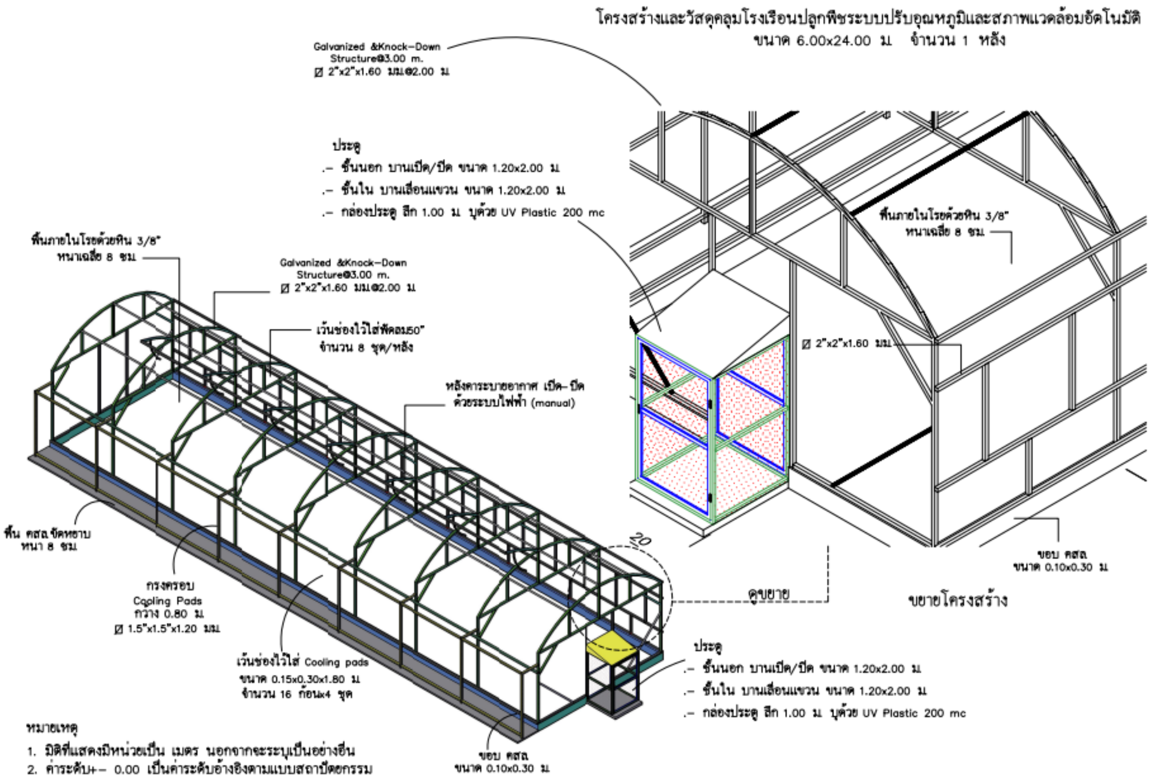


ภาพที่ 6 แบบโครงสร้างหลักโรงเรือนระบบปิด



ภาพที่ 7 แบบแปลนโรงเรือนแบบควบคุมสภาพแวดล้อมระบบปิด

1.1.2 ออกแบบและสร้างหลังคามุงพลาสติกทรงโค้งเปิด-ปิดได้ มุงพลาสติกขนาดความหนา 200 ไมครอน และมีกลไกควบคุมการเปิด ปิดเมื่อต้องการระบายอากาศในโรงเรือนแบบกึ่งอัตโนมัติ (ภาพที่ 8)



ภาพที่ 8 แบบโครงสร้างหลักโรงเรือนระบบปิดส่วนขยาย

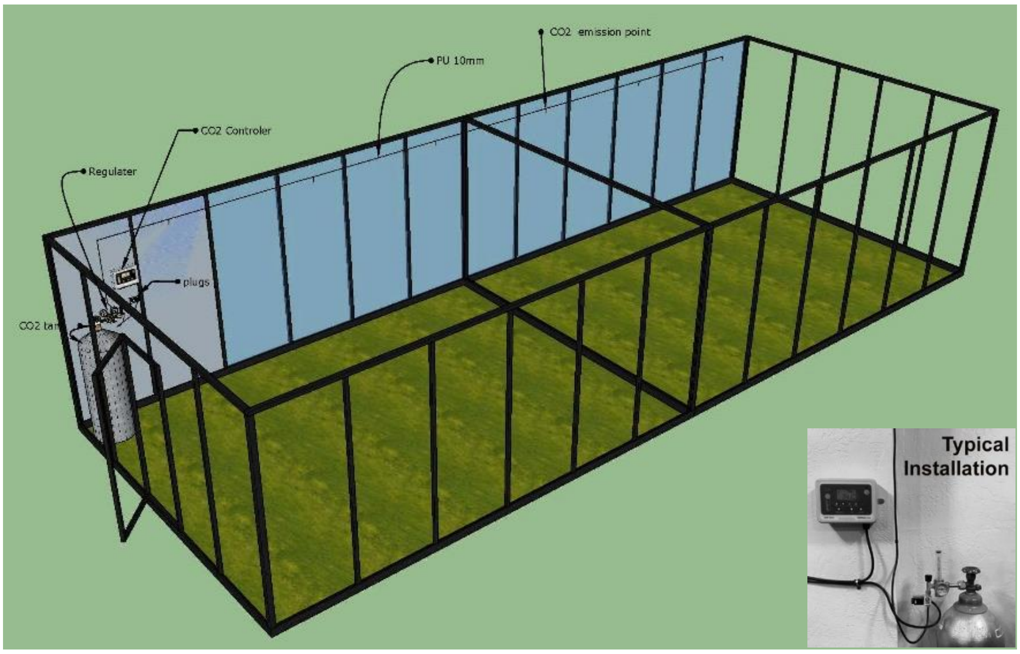
1.1.3 ออกแบบระบบการจัดการสภาพแวดล้อมในโรงเรือนที่เหมาะสมในการผลิต ได้แก่

1) ระบบคูลลิ่งแพด (cooling pad) เพื่อช่วยลดอุณหภูมิและเพิ่มความชื้นภายในโรงเรือน โดยการทำงานควบคู่ไปพร้อมกับระบบพัดลมระบายอากาศ

2) ระบบให้น้ำแบบพ่นหมอก อัตราการให้น้ำพ่นหมอก 30 ลิตรต่อชั่วโมง สำหรับหัวพ่นหมอกแบบ 4 ทาง ใช้ปั๊มแบบปรับแรงดันได้สูงสุด 3.3 บาร์ ขนาด 1 แรงม้า 220 โวลต์ อัตราการไหล 20-90 ลิตรต่อนาที ควบคุมการทำงานโดยการตั้งเวลาอัตโนมัติ เพื่อช่วยลดอุณหภูมิและเพิ่มความชื้นภายในโรงเรือน

3) ระบบการให้น้ำพืชแบบหยดเพื่อช่วยการดูดซึมธาตุอาหารของพืชในวัสดุปลูกได้เหมาะสม การให้น้ำแบบหยดจะใช้แบบขาปักในกระถาง อัตราการจ่ายน้ำ 1.0 ลิตรต่อชั่วโมง

4) ระบบเพิ่มก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ประกอบด้วยอุปกรณ์ควบคุม (regulator) แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) แบบบรรจุถังพร้อมท่อส่งแก๊สตามแนวยาวโรงเรือน เพื่อเพิ่มระดับคาร์บอนไดออกไซด์สำหรับการปลูกพืช และช่วยเพิ่มการสังเคราะห์แสงของพืช (ภาพที่ 9)

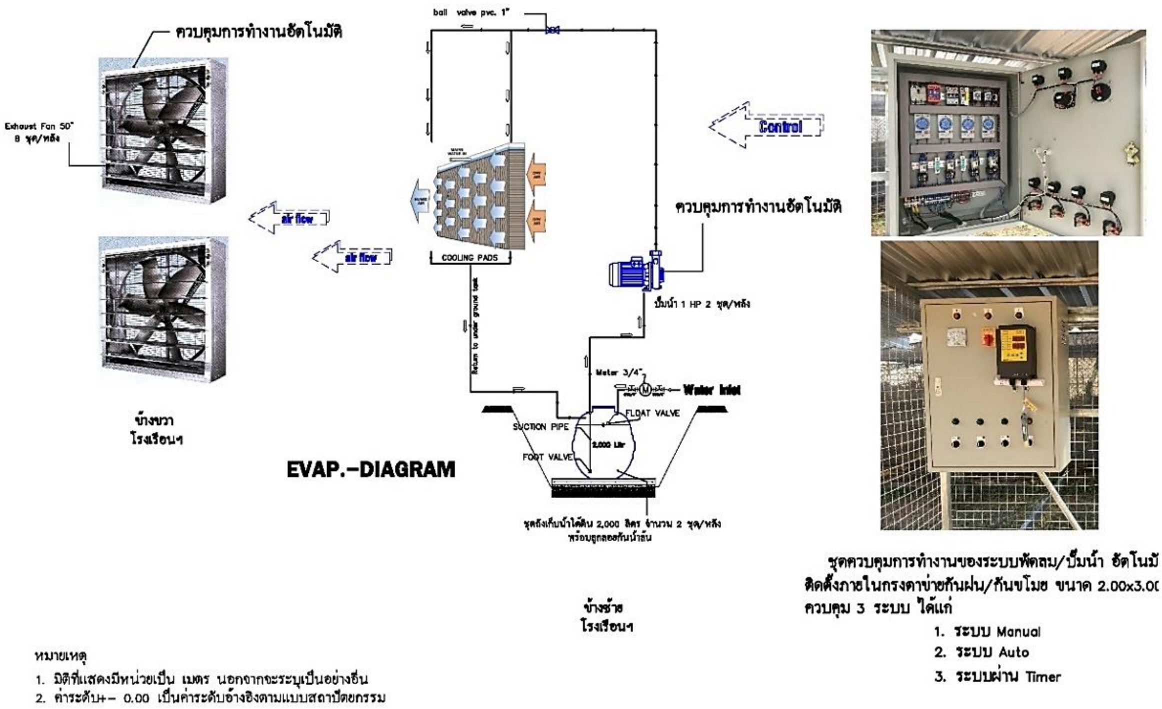


ภาพที่ 9 รูปแบบการติดตั้งระบบเพิ่มก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในโรงเรือน

5) ระบบตาข่ายพรางแสงช่วยลดความเข้มข้นของแสงแดดกรณีแดดจัดเกินไป โดยการออกแบบและติดตั้งใต้หลังคาพลาสติกภายในโรงเรือนที่ระดับเสมอคาน พร้อมระบบควบคุมการเลื่อนปิด เปิดด้วยมอเตอร์ไฟฟ้า (ภาพที่ 10)

6) ระบบควบคุมอัตโนมัติ ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการควบคุมสภาวะอากาศภายในโรงเรือน ซึ่งมีหลักการทำงานประกอบด้วยชุดการควบคุม ติดตามและจัดการอย่างเป็นระบบเพื่อให้สภาพอากาศเหมาะสมกับความต้องการของพืชที่ปลูกไว้ ได้แก่ เซนเซอร์วัดอุณหภูมิเพื่อควบคุมและสั่งงานให้ระบบพัดลมทำงานพร้อมปั๊มน้ำไหลผ่านแผงความเย็นหรือแผ่นคูลลิ่งแพด (cooling pad) หมุนเวียนทำให้น้ำเย็น และพัดลมจะช่วยในการหมุนเวียนและระบายอากาศ ซึ่งจะเป็นการดึงเอาความร้อนของอากาศออกทำให้อุณหภูมิของอากาศลดลง (ภาพที่ 11) เป็นการลดอุณหภูมิในโรงเรือนโดยใช้หลักการการระเหยของน้ำ ดังนั้นน้ำจะระเหยได้มากเพียงใดก็จะขึ้นอยู่กับความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศในขณะนั้น ยิ่งอากาศมีความชื้นต่ำมากเพียงใดความสามารถในการระเหยก็จะมากขึ้นเท่านั้นและก็จะทำให้อุณหภูมิลดต่ำลงได้มากเท่านั้นเช่นกัน

ภาพที่ 10 รูปแบบการติดตั้งตาข่ายพรางแสงใต้หลังคาพลาสติก



ภาพที่ 11 รูปแบบการติดตั้งระบบควบคุมอัตโนมัติพัดลมและแผ่นระเหยน้ำ (cooling pad)

1.1.4 ทดสอบและประเมินผลเบื้องต้นกลไกการทำงานต่างๆ เพื่อเตรียมการทดสอบผลิตสตรอเบอรีในโรงเรือนระบบปิด ได้แก่ ระบบการทำความเย็นด้วยการระเหยของน้ำ ระบบพัดลมดูดอากาศ ระบบควบคุมตาข่ายพรางแสง ระบบพ่นหมอก ระบบการให้น้ำแบบหยด และระบบควบคุมอุณหภูมิภายในโรงเรือน

1.1.5 วิเคราะห์และประเมินผลความคุ้มค่าในการลงทุนโรงเรือนระบบปิดสำหรับการผลิตสตรอเบอรี โดยเป็นการวิเคราะห์ความเหมาะสมและความเป็นไปได้ในการลงทุนโครงการฯ ในรูปของมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) อัตราส่วนผลตอบแทนต่อค่าใช้จ่าย (B/C cost ratio) อัตราผลตอบแทนภายในของโครงการ (IRR) และระยะเวลาคืนทุน (PB)

1.2. การพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตสตรอเบอรีในโรงเรือนระบบปิดสำหรับการผลิตนอกฤดู

1.2.1 การทดสอบวัสดุปลูกในโรงเรือนพลาสติกแบบ 2 ชั้น

มีขั้นตอนการดำเนินงานดังนี้

1) การทดสอบวัสดุปลูกที่เหมาะสมสำหรับการผลิตสตรอเบอรี เพื่อคัดเลือกวัสดุปลูกที่เหมาะสมสำหรับการปลูกสตรอเบอรีในโรงเรือนหลังคาพลาสติกแบบ 2 ชั้น ในพื้นที่ สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 3 วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) จำนวน 5 กรรมวิธีๆ ละ 4 ซ้ำๆ ละ 10 กระถาง ประกอบด้วย

กรรมวิธีที่ 1 แกลบดิบ ผสมดินร่วนและขี้วัว อัตราส่วน 1:1:1

กรรมวิธีที่ 2 พีทมอส ผสมขุยมะพร้าว อัตราส่วน 1:1

กรรมวิธีที่ 3 เวอร์มิคูไลท์ ผสมขุยมะพร้าวและแกลบดำ อัตราส่วน 1:1:1

กรรมวิธีที่ 4 เวอร์มิคูไลท์ ผสมพีทมอส อัตราส่วน 1:1

กรรมวิธีที่ 5 แกลบดำ ผสมขุยมะพร้าว อัตราส่วน 1:1

2) นำต้นไหลสตรอเบอรีพันธุ์พระราชทาน 80 ที่ผ่านการชักนำการออกดอก ย้ายปลูกลงในกระถางขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 8 นิ้ว ที่บรรจุวัสดุปลูกจำนวน 5 กรรมวิธีๆ ละ 40 กระถาง แล้วนำมาจัดวางบนชั้นที่อยู่ในโรงเรือนตามแผนการทดลอง

3) รดน้ำทุกวันๆ ละ 1 ครั้ง ในช่วงเช้า

4) การใส่ปุ๋ย หลังจากปลูก 20 วัน ใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 5 กรัมต่อต้น หลังจากนั้น 10 วันใส่ปุ๋ยสูตร 13-13-21 อัตรา 10 กรัมต่อต้นต่อครั้ง จำนวน 3 ครั้ง ห่างกันครั้งละ 10 วัน

5) การป้องกันกำจัดโรคและแมลง หลังย้ายปลูก 14 วัน โรยรอบโคนต้นด้วยสารไดโนทีฟูแรน อัตรา 2 กรัมต่อต้น เพื่อป้องกันเพลี้ยไฟ และฉีดพ่นด้วยสารอิมิดาคลอพริด อัตรา 2 กรัมต่อน้ำ 20 ลิตร หนอนผีเสื้อฉีดพ่นด้วยสารอะบาเม็กติน อัตรา 10 มิลลิลิตรต่อน้ำ 16 ลิตร สลับกับสารชีวภัณฑ์บีที อัตรา 200 มิลลิลิตรต่อน้ำ 10 ลิตร และสไปนีโทแรม อัตรา 10 มิลลิลิตรต่อน้ำ 20 ลิตร โรคราแป้งฉีดพ่นด้วยสารเบโนมิล อัตรา 35 กรัมต่อน้ำ 16 ลิตร สลับกับสารปีโตรเลียม อัตรา 40 มิลลิลิตรต่อน้ำ 16 ลิตร และ สารฟลูโอไพแรมผสมไตรฟลอกซีสโตรบิน อัตรา 10 มิลลิลิตรต่อน้ำ 16 ลิตร การฉีดพ่นสารเคมีและสารชีวภัณฑ์ให้ผสมกับสารจับใบใช้อัตราตามคำแนะนำทุกครั้ง

6) ทำการบันทึกผลการเจริญเติบโตทุก 15 วัน ได้แก่ จำนวนใบต่อต้น ความสูง ความกว้างของทรงพุ่ม เปอร์เซ็นต์การตาย การเข้าทำลายของโรคและแมลงศัตรูพืช สภาพแวดล้อมภายในโรงเรือน ตลอดจนปัญหาอุปสรรคในการดำเนินการผลิตสตรอเบอรีในโรงเรือน

1.2.2 การทดสอบวัสดุปลูกสำหรับการผลิตสตรอเบอรีในโรงเรือนระบบปิด

มีขั้นตอนการดำเนินงานดังนี้

1) วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) จำนวน 3 กรรมวิธีๆ ละ 6 ซ้ำๆ ละ 6 กระถาง ซึ่งจะนำผลจากการทดลองข้อที่ 1.2.1 จำนวน 2 กรรมวิธีมาทำการทดสอบเปรียบเทียบกับวัสดุปลูกตามกรรมวิธีของเกษตรกร

2) นำต้นไหลสตรอเบอรีที่ผ่านการชักนำการออกดอก ย้ายปลูกลงในกระถางขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 นิ้ว ที่บรรจุวัสดุปลูกจำนวน 3 กรรมวิธีๆ ละ 36 กระถาง ปรับค่า pH ประมาณ 5.8 -6.5 ด้วยปูนขาว ดูแลรักษาหลังย้ายปลูกในโรงเรือนสองชั้น ที่มุงตาข่ายสีดำพรางแสงประมาณ 80% เป็นเวลา 40 วัน หลังจากนั้นย้ายเข้าไปดูแลภายใต้โรงเรือนระบบปิด

3) รดน้ำทุกวันๆ ละ 1 ครั้ง ในช่วงเช้า

4) การใส่ปุ๋ย หลังจากปลูก 14 วัน ใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 20-5-8 อัตรา 1 กรัมต่อต้น 45 วัน ใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 3 กรัมต่อต้น หลังจากนั้น 7-10 วันใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 13-13-21 อัตรา 3 กรัมต่อต้นต่อครั้ง จำนวน 4 ครั้ง ห่างกันครั้งละ 7-10 วัน ระยะเก็บผลผลิตใช้ปุ๋ยเคมีสูตร 0-0-60 อัตรา 3 กรัมต่อต้นต่อครั้ง จำนวน 4 ครั้ง ห่างกันครั้งละ 7-10 วัน

5) การป้องกันกำจัดโรคและแมลง หลังย้ายปลูก 14 วัน โรยรอบโคนต้นด้วยสารไดโนทีฟูแรน อัตรา 2 กรัมต่อต้น เพื่อป้องกันเพลี้ยไฟ และฉีดพ่นด้วยสารอิมิดาคลอพริด อัตรา 2 กรัมต่อน้ำ 20 ลิตร หนอนผีเสื้อฉีดพ่นด้วยสารอะบาเม็กติน อัตรา 10 มิลลิลิตรต่อน้ำ 16 ลิตร สลับกับสารชีวภัณฑ์บีที อัตรา 200 มิลลิลิตรต่อน้ำ 10 ลิตร และสไปนีโทแรม อัตรา 10 มิลลิลิตรต่อน้ำ 20 ลิตร โรคราแป้งฉีดพ่นด้วยสารเบโนมิล อัตรา 35 กรัมต่อน้ำ 16 ลิตร สลับกับสารปีโตรเลียม อัตรา 40 มิลลิลิตรต่อน้ำ 16 ลิตร และ สารฟลูโอไพแรมผสมไตรฟลอกซีสโตรบิน อัตรา 10 มิลลิลิตรต่อน้ำ 16 ลิตร การฉีดพ่นสารเคมีและสารชีวภัณฑ์ให้ผสมกับสารจับใบใช้อัตราตามคำแนะนำทุกครั้ง

6) การบันทึกข้อมูล หลังจากย้ายปลูก 30 วัน ทำการบันทึกข้อมูลด้านการเจริญเติบโตและผลผลิต โดยบันทึกทุก 30 วัน เป็นเวลา 120 วัน แล้วนำมาเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยแต่ละกรรมวิธีโดยวิธี Duncan’s new Multiple Range Test (DMRT)

6.1) การเจริญเติบโต ได้แก่ ความสูง ความยาวก้านใบ จำนวนใบต่อต้น พื้นที่ใบต่อต้น จำนวนกอต่อต้น จำนวนช่อดอกต่อต้น

6.2) ผลผลิต ได้แก่ จำนวนผลต่อต้น น้ำหนักผลต่อต้น น้ำหนักเฉลี่ยต่อผล ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ความหวาน (°Brix)

1.2.3 การทดสอบปลูกสตรอเบอรีนอกฤดูในสภาพโรงเรือนระบบปิด

มีขั้นตอนการดำเนินงานดังนี้

1) นำต้นไหลสตรอเบอรีจาก อ.นาแห้ว จ.เลย จำนวน 1,200 ต้น ดูแลรักษาในโรงเรือนระบบปิดเพื่อกระตุ้นการเกิดตาดอกก่อนย้ายปลูก

2) นำต้นไหลย้ายปลูกลงในกระถางขนาด 10 นิ้ว ที่บรรจุวัสดุปลูกพีทมอสผสมขุยมะพร้าวอัตราส่วน 1:1 นำมาจัดเรียงไว้บนชั้นปลูกๆ ละ 24 กระถาง

3) การให้น้ำด้วยวิธีน้ำหยด กำหนดให้เริ่มต้น 200 มิลลิลิตรต่อต้นต่อวัน ช่วงเช้าเวลา 7.30 น.

4) ใส่ปุ๋ย 15-15-15 อัตรา 2 กรัมต่อกระถาง หลังย้ายปลูก 40 วัน และใส่เพิ่มอีกครั้งเมื่อสตรอเบอรีอายุ 150 วัน ใส่ปุ๋ย 8-24-24 อัตรา 2 กรัมต่อกระถาง หลังย้ายปลูก 47 วัน และใส่เพิ่มทุก 15 วัน

5) ป้องกันเพลี้ยไฟโดยใช้สารไดโนทีฟูแรนหรือสารสตาเกิลจี อัตรา 2 กรัมต่อต้น หลังย้ายปลูก เมื่อเริ่มพบโรคราแป้งและไรแดงพ่นสารกำมะถันผงอัตรา 60 กรัมต่อน้ำ 20 ลิตร ผสมสารจับใบตามคำแนะนำพ่นซ้ำทุก 5-7 วัน จนไม่พบการระบาด

6) การบันทึกข้อมูล ทำการบันทึกข้อมูลด้านการเจริญเติบโตหลังจากย้ายปลูก 90 วัน ได้แก่ ความสูง ความยาวก้านใบ จำนวนใบต่อต้น พื้นที่ใบต่อต้น จำนวนกอต่อต้น และจำนวนช่อดอกต่อต้นและผลผลิต และข้อมูลด้านผลผลิต ได้แก่ จำนวนผลต่อต้น น้ำหนักผลต่อต้น ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง และความหวาน แล้วนำค่าเฉลี่ยของสองกรรมวิธีมาเปรียบเทียบโดยใช้ t-test

กิจกรรมที่ 2 การพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตสตรอเบอรีแนวตั้งแบบหมุนรับแสงอัจฉริยะในโรงเรือนต้นแบบ

2.1 ศึกษากรรมวิธีที่เกษตรกรปลูกสตรอเบอรีในโรงเรือน เก็บข้อมูลระบบการปลูก และการจัดวางการปลูกให้ได้รับแสงในแบบต่างๆ

2.2 ออกแบบและสร้างชุดปลูกแนวตั้ง A-Frame และชุดควบคุมการหมุนเคลื่อนที่ของระบบปลูกตามเงื่อนไขที่กำหนดดังนี้

1) ติดตั้งตามแนวทิศตะวันตก-ตะวันออกทำให้รับแสงได้ทั่วถึงใช้มอเตอร์ 1 ตัวต่อ 2 ชุดปลูก

2) สามารถกดปุ่มควบคุมชั้นปลูกให้ลงมาอยู่ระดับที่สามารถดูแลรักษาต้นพืช และให้เพื่อเก็บผลผลิตได้สะดวก

3) หลังจากการดูแลรักษาต้นพืชแล้วเสร็จ สามารถหมุนกลับคืนตำแหน่งเดิมอัตโนมัติ โดยมีระบบจดจำระดับเดิมไว้ทำให้พืชในชั้นปลูกนั้นได้รับแสงในระดับเดิม

4) ต้นสตรอเบอรีที่ปลูกในชุดปลูกนี้จะได้รับแสงธรรมชาติ วันละ 10-13 ชั่วโมง ขึ้นอยู่กับฤดูกาล หากฤดูกาลใดมีช่วงแสงสั้น ชุดปลูกจะมีโปรแกรมคำนวณการเคลื่อนที่ให้เร็วขึ้นด้วยตัวเอง เพื่อให้แต่ละชั้นในชุดปลูกได้รับแสงเฉลี่ยเท่ากัน โดยโปรแกรมจะอ้างอิงฐานข้อมูล จาก Google SunCal ซึ่งจะมีข้อมูลปริมาณแสงในแต่ละวันแบบ real time แล้วระบบจะดึงข้อมูลนั้นมาคำนวณความเร็วการเคลื่อนที่เพื่อรับแสงอัตโนมัติ

5) มีระบบควบคุมการให้น้ำและปุ๋ยทางน้ำบริเวณด้านล่างของชุดปลูก เมื่อชั้นปลูกหมุนมาถึงจุดให้น้ำวาล์วไฟฟ้าจะปล่อยน้ำสู่กระบะในชั้นปลูกในปริมาณที่พอเหมาะ โดยมีระบบด้วยโซ่ลำเลียงกระบะปลูกให้หมุนวนพาต้นสตรอเบอรีขึ้นไปรับแสง และน้ำตามความต้องการในแต่ละวัน

2.2.1 ออกแบบและสร้างชุดปลูกแบบ A-Frame ในโรงเรือนขนาด 6x 24 เมตร ซึ่งเป็นโรงเรือนต้นแบบของศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมขอนแก่น สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร โดยชุดปลูกมีลักษณะเป็นโครงเหล็กขนาดยาว 4 เมตร หน้าตัดเป็นรูปตัว A ฐานล่างกว้าง 1.2 เมตร ด้านบนกว้าง 0.6 เมตร และสูง 3 เมตร (ภาพที่ 12) ติดตั้งถาดปลูกได้จำนวน 12 ชั้น แต่ละถาดวางกระถางแบบยาวได้ 4 กระถาง แขวนบนโซ่เลือกใช้โซ่เบอร์มาตรฐาน ISO/R606-16B-2 โดยคิดจากทฤษฎีการขนถ่ายวัสดุ (วิทวัส, 2545)

$$H=(V \times mg)/s... \qquad (1)$$

โดย H = อัตราการขนถ่าย($N\ s^{-1}$)

V = ความเร็วเชิงเส้นของอุปกรณ์

m = น้ำหนักของถาดปลูก+วัสดุปลูก+ต้นไม้

$g = 9.81\ m\ s^{-1}$

s = ระยะห่างของถาดปลูก

$H = (0.15 (36 \times 9.81) / 0.65$

$= 81.5\ N\ s^{-1}$

จากทฤษฎีการขนถ่ายวัสดุนำมาคิดแรงตึงโซ่โดยคำนวณจากสมการ

$$F = 2 (q+q_0) (fL\cos \beta \pm H)... \quad (2)$$

(สมยศ, 2541, อ้างถึงใน วิทวัส, 2545) โดยอธิบายสมการดังนี้

q คือ น้ำหนักวัสดุต่อความยาวทางวิ่ง อัตราการขนถ่าย (1)/ความเร็วเชิงเส้นของโซ่ลำเลียง

$= 81.5/0.15 = 543\ N\ m^{-1}$

q_0 คือ มวลของโซ่จากตาราง (ISO/R 606-1976(E))/ ความยาวโซ่ทั้งหมด

$= (2.71 \times 9.81)/7.81 = 3.4\ N\ m^{-1}$

f คือ สัมประสิทธิ์แรงเสียดทานระหว่างโซ่กับพื้นที่ผิวสัมผัสปกติ = 0.8

L คือ ระยะทางวิ่ง 7.81 m

β คือ มุมเอียงโซ่ 84.3°

H คือ ความสูงทางวิ่ง = -3.01 m

$F = 2(543+3.4) (0.8 \times 7.81 \times \cos 5.7 - 3.01)$

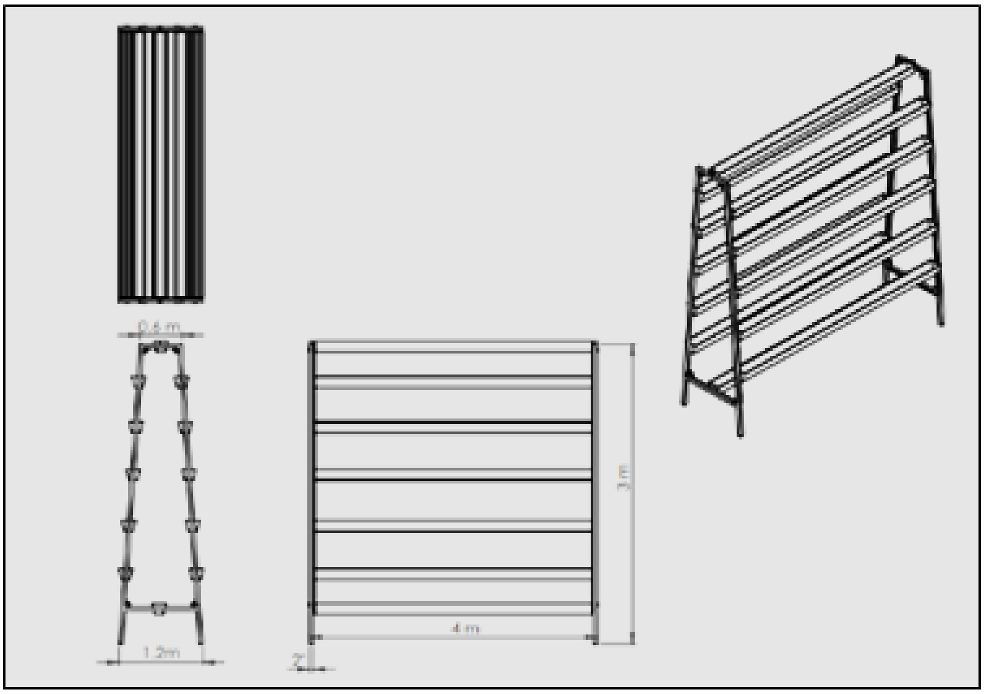
$F = 3406\ N$

กำลังที่ต้องการใช้ขับโรลเลอร์สองเส้น คือ $Wp = FV/0.7$

$Wp = (3406 \times 0.15)/0.7$

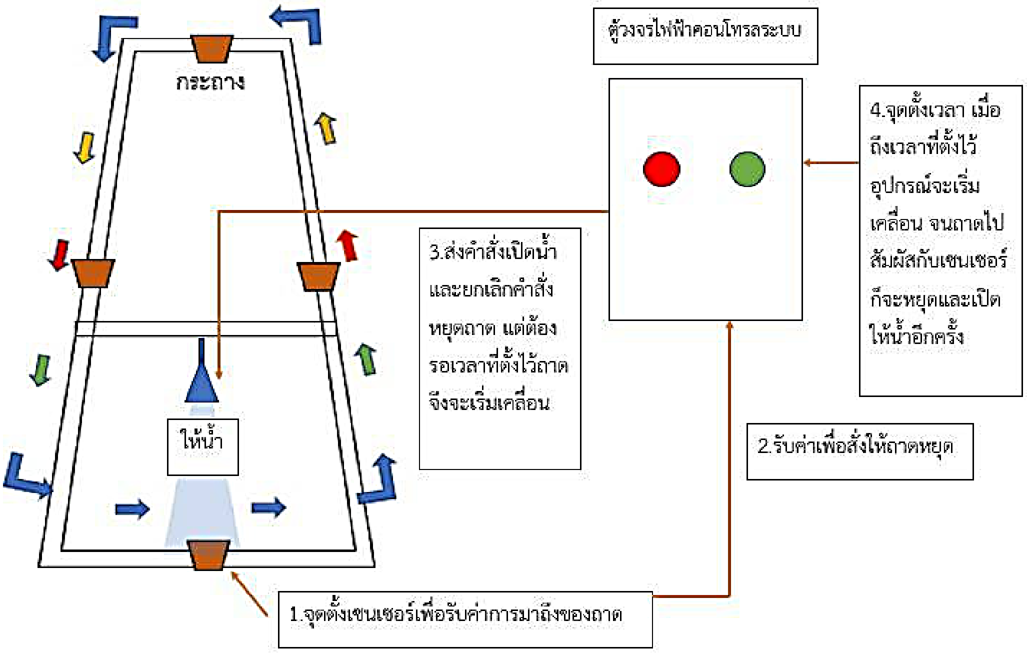
$Wp = 729.85$ Watt

จึงเลือกใช้ต้นกำลังเป็นมอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 1 แรงม้า และมีประสิทธิภาพในการป้องกันน้ำระดับ IP4 ออกแบบขนาดเพื่อให้เหมาะกับโรงเรือน



ภาพที่ 12 แบบร่างชุด A-Frame ที่ออกแบบให้ติดตั้งได้ในโรงเรือนขนาด 6x24 เมตร

2.2.2 ออกแบบและสร้างชุดควบคุมการเคลื่อนที่ของถาดปลูกพร้อมระบบควบคุมการเปิดปิดน้ำที่ประหยัดและแม่นยำ ชุดควบคุมการปลูกจะประกอบด้วยอุปกรณ์หลักคือ Timer 2 ตัว และเซ็นเซอร์ตรวจจับโลหะ 1 ตัว โดยถาดปลูกจะเริ่มเคลื่อนที่ในตอนเช้าตามที่ Timer 1 (แบบตั้งเวลา) (ภาพที่ 13) ตั้งเวลาไว้ เช่น ตั้งไว้ 7.00 น. ก็จะมีการจ่ายกระแสไฟไปยังมอเตอร์เวลานั้นเพื่อหมุนโซ่ให้เคลื่อน เมื่อถาดเคลื่อนที่มาแตะเซ็นเซอร์ (proximater) ที่ติดตั้งอยู่ด้านล่างของชุดเอเฟรม เซ็นเซอร์รับค่าการมาถึงของถาด จากนั้นจะส่งคำสั่งออกไป 2 คำสั่ง คือ 1) สั่งหยุดการทำงานมอเตอร์ ทำให้ถาดหยุดการเคลื่อนที่ 2) สั่งเปิดวาล์วน้ำเพื่อรดน้ำใช้ Timer 2 (แบบจับเวลา)



ภาพที่ 13 ผังการควบคุมการขยับของชั้นปลูกและการให้น้ำแก่สตรอเบอรี

2.3 ทดสอบและประเมินผลเบื้องต้นกลไกการทำงานต่างๆ ของชุดปลูกแนวตั้งเพื่อเตรียมการทดสอบปลูกต้นสตรอเบอรีในแนวตั้งบนรางปลูกโดยทดสอบการหมุนและตรวจสอบการเคลื่อนที่ให้สามารถเคลื่อนและหยุดได้ตามรูปแบบที่กำหนด

2.4 การทดสอบเทคโนโลยีการผลิตสตรอเบอรีกับชุดปลูกแนวตั้งหมุนรับแสงอัจฉริยะ ดำเนินการดังนี้

2.4.1 วิธีการดำเนินการ

1) นำต้นไหลที่ผ่านการชักนำการออกดอกย้ายปลูกลงในกระถางขนาด กว้าง 16.5 เซนติเมตร ยาว 82.5 เซนติเมตร และสูง 19.0 เซนติเมตร ที่บรรจุวัสดุปลูกพีทมอสผสมขุยมะพร้าว อัตราส่วน 1:1 นำมาจัดเรียงไว้บนชั้นปลูกโดยแต่ละ A-Frame มีชั้นปลูกจำนวน 12 ชั้น แต่ละชั้นวางกระถางได้ 4 กระถาง

2) กำหนดให้น้ำด้วยมินิสปริงเกลอร์อัตรา 90 มิลลิลิตรต่อต้นต่อวัน ในช่วงเช้าเวลา 7.30 น.

3) การใส่ปุ๋ยสูตร 15-15-15 อัตรา 2 กรัมต่อต้น หลังย้ายปลูก 40 วัน และใส่เพิ่มอีกครั้งเมื่อสตรอเบอรีอายุ 150 วัน ใส่ปุ๋ยสูตร 8-24-24 อัตรา 2 กรัมต่อต้น หลังย้ายปลูก 47 วัน และใส่เพิ่มทุก 15 วัน

4) ป้องกันเพลี้ยไฟโดยใช้สารไดโนทีฟูแรนหรือสารสตาเกิลจี อัตรา 2 กรัมต่อต้น หลังย้ายปลูก เมื่อเริ่มพบโรคราแป้งและไรแดงพ่นสารกำมะถันผงอัตรา 60 กรัมต่อน้ำ 20 ลิตร ผสมสารจับใบตามคำแนะนำพ่นซ้ำทุก 5-7 วัน จนไม่พบการระบาด

2.4.2 การบันทึกข้อมูล

1) บันทึกผลการเจริญเติบโต วัดความสูงต้น ความยาวก้านใบ จำนวนใบ จำนวนช่อดอก และน้ำหนักผลผลิต

2) วิเคราะห์คุณภาพของผลสตรอเบอรี

สีผิวและสีเนื้อของผลสตรอเบอรี ทำการวัดขนาดด้วยไมโครมิเตอร์ วัดค่าสี โดยนำตัวอย่าง ใส่ลงในถ้วยแก้ววัดสี และนำมาวัดค่าสีด้วยเครื่องวัดสี (Chroma meter) รุ่น CR-400 (Minolta, ญี่ปุ่น) ทำการวัดค่าสีด้วยระบบสี CIE L*a*b* โดย (ภาพที่ 14 และ 15)

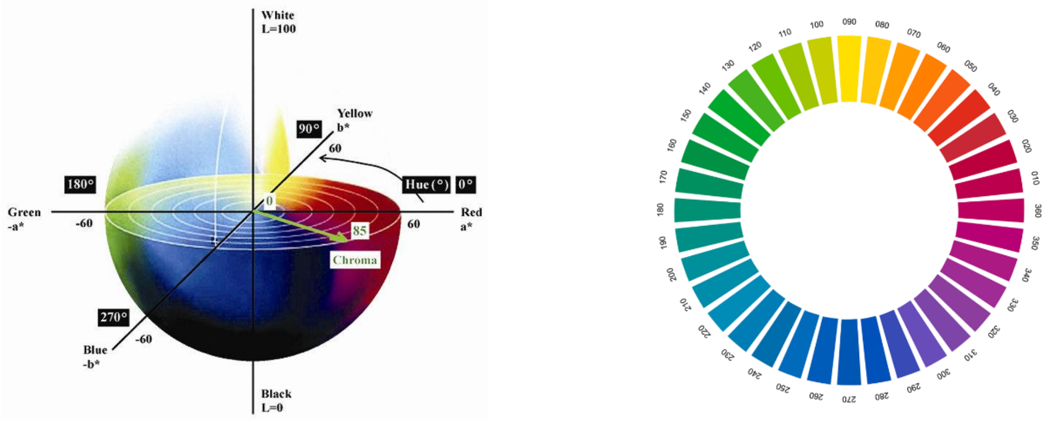
L* คือค่าความสว่าง มีค่า 0-100 L=0 คือจะมืดสีดำ L=100 คือสว่างเป็นสีขาว

a* คือสีแดงหรือสีเขียว a เป็น + คือสีแดง a เป็น – คือสีเขียว

b* คือสีเหลืองหรือสีน้ำเงิน b เป็น + คือสีเหลือง b เป็น – คือสีน้ำเงิน

C* คือ chroma ความอิ่มหรือความสด

h* คือ hue angle ค่าสีสันหรือเฉดสี ระบุค่าเป็นมุมองศา โดยมุม 0 องศาเป็นสีแดง มุม 90 องศาเป็นสีเหลือง มุม 180 องศาเป็นสีเขียว และมุม 270 องศาเป็นสีน้ำเงิน



ภาพที่ 14 แผนภาพค่าสี

วัดสี (ทั้งผล)

วัดสี (ปั่น)

ภาพที่ 15 การวัดค่าสีผลสตรอเบอรี

การวิเคราะห์ความชื้น ความเป็นกรด-ด่าง และปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำ (AOAC, 2000) (ภาพที่ 16)

- ค่าความชื้น โดยการนำถ้วยอะลูมิเนียมอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส นาน 3 ชั่วโมง ทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้นประมาณ 30 นาที ชั่งน้ำหนักที่แน่นอน แล้วชั่งน้ำหนักตัวอย่าง 5 กรัม ลงในถ้วยอะลูมิเนียมที่ทราบน้ำหนักที่แน่นอน นำไปอบด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้นประมาณ 30 นาที ชั่งน้ำหนัก นำไปอบและชั่งน้ำหนักทุก 1 ชั่วโมงจนได้น้ำหนักคงที่

ปริมาณความชื้น (ร้อยละ) = [(น้ำหนักเริ่มต้น – น้ำหนักสุดท้าย) /น้ำหนักเริ่มต้น] x100

- ค่าความเป็นกรด-ด่าง วัดด้วย pH-meter
- ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำ วัดด้วยเครื่อง hand refractometer รายงานหน่วยเป็นองศาบริกซ์ (°Brix)

หาความชื้นด้วยตู้อบลมร้อน

วัดความเป็นกรดด่างด้วย pH-meter

วัดปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ หรือค่าความหวาน (°Brix)

ภาพที่ 16 การหาค่าความชื้น ค่าความเป็นกรด-ด่าง และปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำ (°Brix)

เวลาและสถานที่

ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย 2 ปี 6 เดือน (เริ่มต้น ตุลาคม 2561 สิ้นสุด มีนาคม 2564)

สถานที่ดำเนินงานวิจัย

- ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมขอนแก่น สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร จังหวัดขอนแก่น
- สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 3 กรมวิชาการเกษตร จังหวัดขอนแก่น

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

กิจกรรมที่ 1 การพัฒนาโรงเรือนระบบปิดสำหรับการผลิตสตรอเบอรีในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

1.1 การออกแบบและจัดทำต้นแบบโรงเรือนระบบปิด

1.1.1 ออกแบบและจัดทำต้นแบบโรงเรือนแบบควบคุมสภาพแวดล้อมระบบปิด

ดำเนินการปรับพื้นที่และวางผังก่อสร้างโครงสร้างโรงเรือนต้นแบบตามแบบแปลนที่กำหนด ในพื้นที่สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 3 จังหวัดขอนแก่น โดยมีขั้นตอนหลักๆ พร้อมภาพประกอบดังนี้ วางผังก่อสร้างโรงเรือน เทคานคอนกรีตโดยรอบเพื่อสร้างความแข็งแรงในการยึดโครงสร้าง และเทคอนกรีตด้านข้างโรงเรือนสำหรับส่วนที่ติดตั้งแผ่นลูกฟูกระเหยน้ำ (ภาพที่ 17) โครงสร้างโรงเรือนส่วนเสา โครงถัก และคานยึดต่างๆ เป็นแบบน๊อคดาวน์ การติดตั้งพัดลมขนาด 50 นิ้ว จำนวน 8 ตัว ด้านข้างโรงเรือนตามแบบ (ภาพที่ 18) ติดตั้งพลาสติกด้านข้างโรงเรือน ปรับระดับพื้นดินภายในโรงเรือน ติดตั้งระบบม่านพรางแสงแบบอัตโนมัติ ติดตั้งระบบการปล่อยคาร์บอนไดซ์ออกไซด์ (CO_2) เพิ่มในโรงเรือน (ภาพที่ 19) และติดตั้งการควบคุมระบบม่านพรางแสงแบบอัตโนมัติด้วยมอเตอร์ไฟฟ้า (ภาพที่ 20) และปั๊มจ่ายน้ำสำหรับทำความเย็นแบบระเหยน้ำ

ภาพที่ 17 เทคานคอนกรีตเสริมความแข็งแรงในการยึดเสาโรงเรือนและพื้นด้านข้างส่วนรับแผงคูลลิ่งแพด

ภาพที่ 18 การติดตั้งพัดลมด้านข้างโรงเรือนตามแบบที่กำหนด

ภาพที่ 19 การติดตั้งระบบการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) เพิ่มในโรงเรือนระบบปิด

ภาพที่ 20 ระบบม่านพรางแสงแบบอัตโนมัติด้วยมอเตอร์ไฟฟ้าภายในโรงเรือนระบบปิด

1.1.2 ออกแบบและสร้างหลังคามุงพลาสติกทรงโค้งเปิด-ปิดได้

ส่วนบนหลังคาโรงเรือนออกแบบให้เปิด-ปิด ได้ด้วยการควบคุมจากมอเตอร์ไฟฟ้า โดยมีชุดสวิทซ์อยู่ที่ห้องควบคุม (ภาพที่ 21-22)

ภาพที่ 21 ส่วนบนหลังคาโรงเรือนระบบปิดแบบเปิด-ปิด ได้ด้วยการควบคุมอัตโนมัติ

ภาพที่ 22 ห้องระบบควบคุมการทำงานภายในโรงเรือนระบบปิด

1.1.3 ออกแบบระบบการจัดการสภาพแวดล้อมในโรงเรือนที่เหมาะสมในการผลิต

ระบบ Evaporation (Evap) ด้านข้างซ้ายโรงเรือนติดตั้งระบบคูลลิ่งแพด (cooling pad) มีขอบเฟรมและรางน้ำแสตนเลสด้านบนและด้านล่างพร้อมอุปกรณ์ติดตั้ง และติดตั้งมุ้งตาข่ายกันแมลงชนิด 20 เมช พร้อมประตูเปิด-ปิด ครอบคูลลิ่งแพดด้านนอกโรงเรือน มีคุณสมบัติดูดซับน้ำได้ดีและระเหยได้ง่าย มีความแข็งแรง ไม่อ่อนนุ่ม ไม่เน่าเปื่อยผุพังง่าย ทนต่อกรดด่าง แข็งแรงทรงตัวอยู่ได้เองเมื่อเปียกน้ำ (ภาพที่ 23) ส่วนด้านขวาโรงเรือนติดตั้งพัดลมดูดอากาศ ขนาด 50 นิ้ว จำนวน 8 ชุด ติดตั้งปั๊มน้ำสำหรับ Evaporation ขนาด 1 แรงม้า จำนวน 2 ชุด ติดตั้งมุ้งไนล่อนห่างจากหน้าแผ่นคูลลิ่งแพดประมาณ 0.80 เมตร เพื่อกันเศษฝุ่นและแมลง

ติดตั้งปั๊มน้ำแบบหอยโข่งพร้อมอุปกรณ์ควบคุมและถังแรงดัน 100 ลิตร และขนาด 1.5 แรงม้า 220 โวลท์ เป็นปั๊มน้ำ 2 ตัว ทำงานแบบสลับกันทุกครั้งที่แรงดันน้ำต่ำกว่าที่ตั้งไว้ และหยุดเองเมื่อแรงดันน้ำถึงระดับปกติ สามารถควบคุมได้ทั้งระบบอัตโนมัติและแบบ Manual ใช้สำหรับการควบคุมการจ่ายน้ำในโรงเรือนปลูกพืชได้เหมาะสม สำหรับการให้น้ำแบบหยด และแบบพ่นหมอกในโรงเรือน (ภาพที่ 24) เมื่อประกอบและติดตั้งส่วนต่างๆ เรียบร้อยแล้วได้ต้นแบบโรงเรือนระบบปิดสำหรับการทดสอบผลิตสตรอเบอรี (ภาพที่ 25)

ภาพที่ 23 ติดตั้งพัดลมดูดอากาศ และระบบคูลลิ่งแพด (cooling pad)

ภาพที่ 24 ชุดควบคุมการทำงานปั๊มน้ำสำหรับการให้น้ำแบบหยดและแบบพ่นหมอกในโรงเรือนระบบปิด

ภาพที่ 25 ต้นแบบโรงเรือนระบบปิด (greenhouse evaporative cooling systems)

1.1.4 ทดสอบและประเมินผลเบื้องต้นกลไกการทำงานเพื่อเตรียมการทดสอบผลิตสตรอเบอรีในโรงเรือนระบบปิด

เมื่อดำเนินการสร้างต้นแบบโรงเรือนระบบปิดเสร็จเรียบร้อยแล้ว ได้กำหนดค่าอุณหภูมิเพื่อควบคุมการทำงานของระบบพัดลม และคูลลิ่งแพดให้สามารถจัดการสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมภายในโรงเรือนโดยตั้งค่าอุณหภูมิที่ระดับ 27 องศาเซลเซียส ตลอดช่วงของรอบการผลิตสตรอเบอรี โดยมีการติดตั้ง data logger ในโรงเรือนระบบปิดเพื่อบันทึกการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมตลอดรอบการผลิตสตรอเบอรี (ภาพที่ 26)

ภาพที่ 26 การควบคุมอุณหภูมิภายในโรงเรือนระบบปิดและการบันทึกข้อมูลสภาพแวดล้อม

ผลการบันทึกข้อมูลสภาพแวดล้อมช่วงเดือนมกราคมถึงมีนาคม 2563 พบว่า

1) อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศภายในโรงเรือนระบบปิดในช่วงเวลากลางวัน (06.01 – 18.00 น.) อุณหภูมิมีค่าต่ำสุด 13.4 องศาเซลเซียส ค่าสูงสุด 33.5 องศาเซลเซียส ค่าเฉลี่ย 25.1 องศาเซลเซียส ส่วนความชื้นสัมพัทธ์มีค่าต่ำสุด 46.1% ค่าสูงสุด 85.9% ค่าเฉลี่ย 73.1% (ตารางที่ 1) ในช่วงเวลากลางคืน (18.01 – 06.00 น.) อุณหภูมิมีค่าต่ำสุด 13.5 องศาเซลเซียส ค่าสูงสุด 25.3 องศาเซลเซียส ค่าเฉลี่ย 20.3 องศาเซลเซียส ส่วนความชื้นสัมพัทธ์มีค่าต่ำสุด 58.6% ค่าสูงสุด 99.9% ค่าเฉลี่ย 90.1% (ตารางที่ 2)

2) อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศภายนอกโรงเรือนระบบปิดในช่วงเวลากลางวัน (06.01 – 18.00 น.) อุณหภูมิมีค่าต่ำสุด 13.4 องศาเซลเซียส ค่าสูงสุด 33.2 องศาเซลเซียส ค่าเฉลี่ย 22.5 องศาเซลเซียส ส่วนความชื้นสัมพัทธ์มีค่าต่ำสุด 10.3% ค่าสูงสุด 92.8% ค่าเฉลี่ย 36.3% (ตารางที่ 3) ในช่วงเวลากลางคืน (18.01 – 06.00 น.) อุณหภูมิมีค่าต่ำสุด 13.4 องศาเซลเซียส ค่าสูงสุด 33.2 องศาเซลเซียส ค่าเฉลี่ย 22.5 องศาเซลเซียส ส่วนความชื้นสัมพัทธ์มีค่าต่ำสุด 22.8% ค่าสูงสุด 91.1% ค่าเฉลี่ย 63.9% (ตารางที่ 4)

ทั้งนี้อุณหภูมิภายในโรงเรือนระบบปิดอยู่ในช่วงใกล้เคียงกับการเจริญเติบโตของสตรอเบอรี แต่โรงเรือนระบบปิดไม่สามารถลดอุณหภูมิได้ถึงช่วงที่เหมาะสมสำหรับกระตุ้นตาดอก ซึ่งสตรอเบอรีพันธุ์พระราชทาน 80 จัดเป็นประเภทวันสั้น (Short day type) และต้องการอุณหภูมิประมาณ 15–18 องศาเซลเซียส เป็นช่วงเวลา 20-30 วันสำหรับกระตุ้นให้เกิดการสร้างตาดอกของเนื้อเยื่อเจริญที่ปลายยอดของลำต้น (ณรงค์ชัย, 2550) โดยอุณหภูมิที่สูงมากกว่า 30 องศาเซลเซียส จะมีผลต่อการออกดอกและติดผลของสตรอเบอรี ทำให้มีจำนวนช่อดอกที่น้อย แทงช่อดอกไม่สม่ำเสมอติดผลน้อย ขนาดผลเล็ก นอกจากนี้ยังมีผลทำให้เกิดการยับยั้งตาดอกและมีการเจริญเติบโตทางลำต้นแทน อีกทั้งในช่วงฤดูฝนยังมีฝนตกหนัก (ปรีดา และสิริวัฒน์, 2555)

ตารางที่ 1 อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ต่ำสุด สูงสุด และค่าเฉลี่ยในช่วงเวลากลางวัน (06.01 – 18.00 น.) ภายในโรงเรือนระบบปิด ช่วงเดือน มกราคม - มีนาคม 2563

สภาพแวดล้อม	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าเฉลี่ย
อุณหภูมิ (°C)	13.4	33.5	25.1
ความชื้นสัมพัทธ์ (%)	46.1	85.9	73.1

ตารางที่ 2 อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ต่ำสุด สูงสุด และค่าเฉลี่ยในช่วงเวลากลางคืน (18.01 – 06.00 น.) ภายในโรงเรือนระบบปิด ช่วงเดือน มกราคม - มีนาคม 2563

สภาพแวดล้อม	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าเฉลี่ย
อุณหภูมิ (°C)	13.5	25.3	20.3
ความชื้นสัมพัทธ์ (%)	58.6	99.9	90.1

ตารางที่ 3 อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ต่ำสุด สูงสุด และค่าเฉลี่ยในช่วงเวลากลางวัน (06.01 – 18.00 น.) ภายนอกโรงเรือนระบบปิด ช่วงเดือน มกราคม - มีนาคม 2563

สภาพแวดล้อม	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าเฉลี่ย
อุณหภูมิ (°C)	13.4	50.5	36.6
ความชื้นสัมพัทธ์ (%)	10.3	92.8	36.3

ตารางที่ 4 อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ต่ำสุด สูงสุด และค่าเฉลี่ยในช่วงเวลากลางคืน (18.01 – 06.00 น.) ภายนอกโรงเรือนระบบปิด ช่วงเดือน มกราคม - มีนาคม 2563

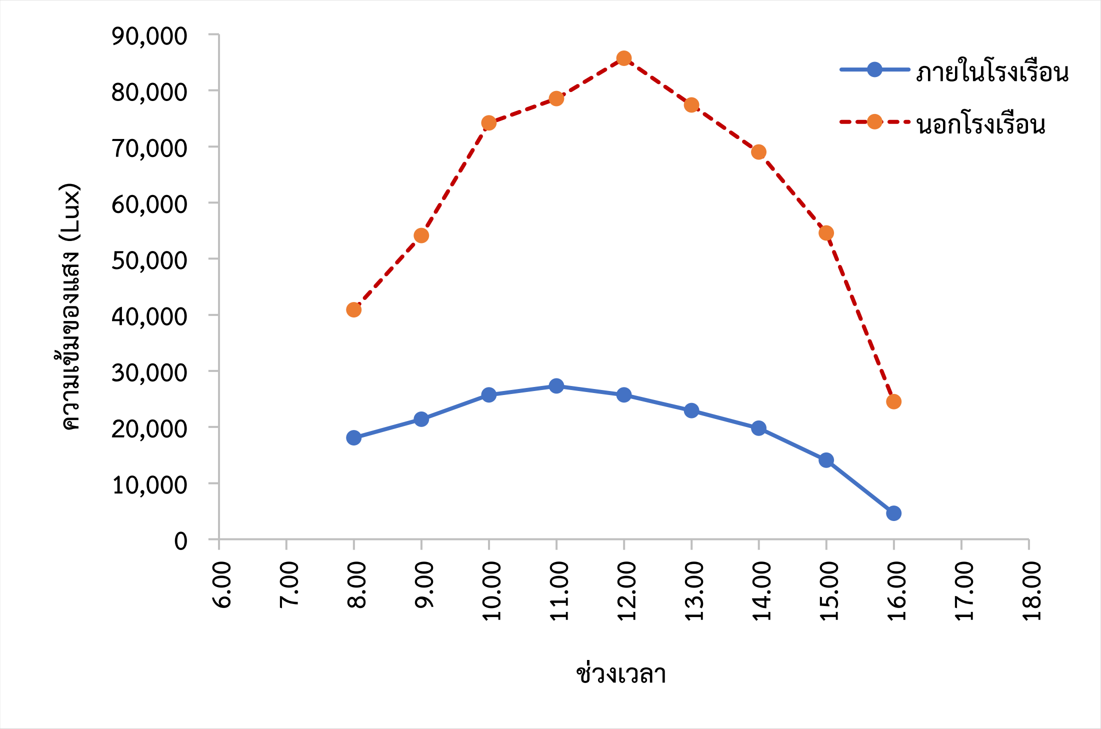
สภาพแวดล้อม	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าเฉลี่ย
อุณหภูมิ (°C)	13.4	33.2	22.5
ความชื้นสัมพัทธ์ (%)	22.8	91.1	63.9

3) ความเข้มแสงภายในและภายนอกโรงเรือนระบบปิด โดยทำการวัดในวันที่ท้องฟ้าโปร่งช่วงเดือนมกราคมถึงมีนาคม 2563 พบว่า ความเข้มของแสงเฉลี่ยในช่วงเวลา 8.00 – 16.00 น. ภายในโรงเรือนมีค่าอยู่ในช่วง 4,600 – 27,300 lux และภายนอกมีค่าอยู่ในช่วง 24,500 – 85,700 lux โดยมีค่าความแตกต่างของความเข้มของแสงระหว่างภายนอก และภายในโรงเรือนระบบปิดเฉลี่ย 42,144 lux (ตารางที่ 5)

ตารางที่ 5 แสดงค่าความเข้มแสงภายในและนอกโรงเรือนระบบปิดในช่วงวันในวันที่ท้องฟ้าโปร่ง

ช่วงเวลาวัด	ความเข้มของแสง		
	ภายในโรงเรือน (lux)	นอกโรงเรือน (lux)	ค่าความต่าง (lux)
8.00 น.	18,100	40,900	22,800
9.00 น.	21,400	54,100	32,700
10.00 น.	25,700	74,200	48,500
11.00 น.	27,300	78,500	51,200
12.00 น.	25,700	85,700	60,000
13.00 น.	22,900	77,400	54,500
14.00 น.	19,800	69,000	49,200
15.00 น.	14,100	54,600	40,500
16.00 น.	4,600	24,500	19,900
ค่าต่ำสุด	4,600	24,500	19,900
ค่าสูงสุด	27,300	85,700	60,000
ค่าเฉลี่ย	19,956	62,100	42,144
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	7,108	20,116	14,162

ปริมาณความเข้มแสงภายในและนอกโรงเรือนระบบปิดในช่วงวันในวันที่ท้องฟ้าโปร่ง ช่วงเวลา 8.00 – 16.00 น. เมื่อนำข้อมูลแสดงเปรียบเทียบในลักษณะกราฟเส้น (ภาพที่ 27) พบว่า ความเข้มของแสงภายในและภายนอกโรงเรือนค่าต่ำสุดมีค่าความแตกต่างกัน 19,900 lux และค่าสูงสุดแตกต่างกัน 60,000 lux ซึ่งลักษณะของกราฟตลอดช่วงเวลา 8.00 – 16.00 น. ความเข้มของแสงภายในโรงเรือนมีความสม่ำเสมอมากกว่าภายนอกโรงเรือน



ภาพที่ 27 ปริมาณความเข้มแสงภายในและนอกโรงเรือนระบบปิดในช่วงวันในวันที่ท้องฟ้าโปร่ง

1.1.5 วิเคราะห์และประเมินผลความคุ้มค่าในการลงทุนโรงเรือนระบบปิดสำหรับผลิตสตรอเบอรี

วิเคราะห์ความเหมาะสมและความเป็นไปได้ในการลงทุนในรูปของมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) อัตราส่วนผลตอบแทนต่อค่าใช้จ่าย (B/C cost ratio) อัตราผลตอบแทนภายในของโครงการ (IRR) และระยะเวลาคืนทุน (PB) เนื่องจากโครงการโรงเรือนระบบปิดสำหรับผลิตสตรอเบอรีนอกฤดูมีการลงทุนค่อนข้างสูง โดยมีเงินลงทุนดำเนินงานทั้งค่าใช้จ่ายคงที่ ได้แก่ ค่าโครงสร้างโรงเรือน ระบบให้น้ำ ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง วัสดุมุงหลังคาพลาสติก และค่าติดตั้ง รวมค่าใช้จ่ายในการลงทุน 813,116.0 บาท ส่วนค่าใช้จ่ายดำเนินงานหรือค่าใช้จ่ายผันแปร เช่น ค่าเช่าที่ดิน ค่าวัสดุปลูก ต้นพันธุ์ ค่าน้ำ-ไฟ ค่าแรงงาน ฯลฯ สำหรับการดำเนินการในปีแรกคิดเป็นเงิน 99,621 บาท ซึ่งงบค่าใช้จ่ายผันแปรจะเพิ่มสูงขึ้นในปีที่จะต้องทำการเปลี่ยนวัสดุที่หมดอายุใช้งาน เช่น ทุก 4 ปี จะต้องเปลี่ยนวัสดุพลาสติกมุงหลังคา เป็นต้น ซึ่งจะมีค่าใช้จ่ายผันแปรเพิ่มเป็นปีละ 131,621 บาท ดังนั้นผู้ประกอบการจะต้องมีการจัดการที่ดีเพื่อผลตอบแทนที่สูงสุด

ภายใต้ข้อมูลและเงื่อนไขดังกล่าวสามารถคำนวณกระแสเงินสดรับ-จ่าย (Cash Flows) ผลการวิเคราะห์ความเหมาะสมและความเป็นไปได้ในการลงทุนตลอดจนการวิเคราะห์ความอ่อนไหว (Sensitivity Analysis) ของผลตอบแทนเนื่องจากราคาขายของผลผลิตและจำนวนโรงเรือนที่ลงทุนสรุปได้ดังตารางที่ 6 แสดงผลสรุปของการวิเคราะห์ความเหมาะสมและความเป็นไปได้ในการลงทุน ทั้งนี้หากสามารถควบคุมอุณหภูมิตลอดช่วงฤดูกาลผลิต ลดปัจจัยเสี่ยงในการผลิตและราคาได้คาดว่าจะมีความเป็นไปได้ในการลงทุน

จากค่า NPV B/C Ratio และ IRR พบว่ามีความเหมาะสมในการลงทุน ถ้าพิจารณาราคาขายผลผลิตสตรอเบอรีในช่วงนอกฤดู กิโลกรัมละ 300 400 และ 500 บาท คิดจากผลผลิตที่ได้เฉลี่ย 320 กิโลกรัมต่อโรงเรือน (400 กรัมต่อต้น) (วิรัตน์ และคณะ, 2556) และปลูกจำนวน 400 ต้นต่อโรงเรือน สำหรับการดำเนินการผลิต 1 โรงเรือน ซึ่งสามารถผลิตสตรอเบอรีนอกฤดูได้ 2 ช่วงปลูกต่อปี (ก่อนและหลังฤดู) จะมีจุดคุ้มทุนที่ มากกว่า 10 ปี 8.4 ปี และ 5 ปี ตามลำดับ อย่างไรก็ตามการผลิตสตรอเบอรียังสามารถเพิ่มช่องทางการผลิตได้อีก เช่น การเพิ่มกำลังการผลิตด้วยการปลูกแบบเป็นชั้นแนวตั้ง ซึ่งจะสามารถทำให้มีปริมาณการผลิตที่เพิ่มขึ้น ส่งผลให้มีจุดคุ้มทุนที่สั้นลงตามไปด้วย

ตารางที่ 6 การวิเคราะห์ความเหมาะสมและความเป็นไปได้ในการลงทุนผลิตสตรอเบอรีนอกฤดูในโรงเรือนระบบปิด

จำนวนโรงเรือน	ราคาขายผลผลิต (บาท/กก.)	NPV (บาท)	B/C Ratio	IRR (%)	PB (ปี)
	300	-282,269	0.81	17.75	>10
1	400	110,983	1.08	17.75	8.4
	500	504,235	1.34	17.85	5

หมายเหตุ NPV = มูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการ B/C = อัตราส่วนผลตอบแทนต่อค่าใช้จ่าย

IRR = อัตราผลตอบแทนภายในของโครงการ PB = ระยะเวลาคืนทุน

1.2 การพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตสตรอเบอรีสำหรับการผลิตนอกฤดู

1.2.1 การทดสอบวัสดุปลูกในโรงเรือนพลาสติกแบบ 2 ชั้น

ดำเนินงานในเดือนเมษายน – กรกฎาคม 2562 ผลการดำเนินงานพบว่า

การเจริญเติบโต สตรอเบอรีที่ปลูกในวัสดุปลูกแต่ละกรรมวิธีหลังย้ายปลูก 75 วัน พบว่า วัสดุปลูกพีทมอสผสมขุยมะพร้าว เวอร์มิคูไลท์ผสมขุยมะพร้าวผสมแกลบดำ เวอร์มิคูไลท์ผสมพีทมอส และแกลบดำผสมขุยมะพร้าว มีจำนวนใบไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยมีจำนวนใบ 10.2-10.9 ใบต่อต้น ขณะที่วัสดุแกลบดิบผสมดินร่วนผสมขี้วัวมีจำนวนใบน้อยที่สุดคือ 7.6 ใบต่อต้น แตกต่างทางสถิติกับกรรมวิธีอื่นๆ (ตารางที่ 7) นอกจากนี้แกลบดิบผสมดินร่วนผสมขี้วัว ทำให้ต้นมีใบล่างแสดงอาการขอบใบแห้ง หลังย้ายปลูก 7 วัน จนถึงอายุ 30 วัน (ภาพที่ 28) พีทมอสผสมขุยมะพร้าว และ เวอร์มิคูไลท์ผสมพีทมอส ใบปกติไม่มีอาการขอบใบไหม้ และไม่แสดงอาการขาดธาตุอาหาร (ภาพที่ 29) เวอร์มิคูไลท์ผสมขุยมะพร้าวผสมแกลบดำ และ แกลบดำผสมขุยมะพร้าว แสดงอาการขาดธาตุอาหาร เนื้อใบสีเหลือง เส้นใบสีเขียว และใบมีขนาดเล็ก (ภาพที่ 30) คล้ายกับอาการขาดธาตุเหล็กที่ทำให้ใบอ่อนเป็นสีเหลือง ใบเล็กลง การเจริญของลำต้นลดลง ไหลและต้นไหลแสดงอาการสีเหลือง ขนาดของใบลดลง (ณรงค์ชัย, 2544) จึงสุ่มวัดค่า pH ของวัสดุปลูกในแต่ละกรรมวิธีพบว่า กรรมวิธีที่ 1-5 มีค่า pH เฉลี่ย 4.7, 4.7, 4.1, 4.7 และ 3.6 ตามลำดับ ซึ่งเวอร์มิคูไลท์ผสมขุยมะพร้าวผสมแกลบดำ และแกลบดำผสมขุยมะพร้าว สภาพวัสดุปลูกมีความเป็นกรดมากกว่ากรรมวิธีอื่น อาจเป็นสาเหตุที่ทำให้ต้นสตรอเบอรีแสดงอาการขาดธาตุอาหาร หรืออาการที่มีความเป็นพิษจากธาตุอาหาร เนื่องจากค่าความเป็นกรดเป็นด่างที่เหมาะสมสำหรับปลูกสตรอเบอรี คือ 5.8-6.5 หากความเป็นกรดด่างไม่เหมาะสมจะทำให้สตรอเบอรีแสดงอาการขาดธาตุอาหารหลายชนิด ได้แก่ แคลเซียม เหล็ก แมกนีเซียม แมงกานีส และโพแทสเซียม (วิรัตน์ และคณะ, 2556) ความสูงของต้นสตรอเบอรีอายุ 75 วัน หลังย้ายปลูกพบว่า พีทมอสผสมขุยมะพร้าว ทำให้ต้นมีความสูงเฉลี่ยมากที่สุด คือ 16.7 เซนติเมตร มากกว่ากรรมวิธีอื่นแต่ไม่แตกต่างจากเวอร์มิคูไลท์ผสมพีทมอส (ตารางที่ 8) ส่วนความกว้างของทรงพุ่มพบว่า เวอร์มิคูไลท์ผสมพีทมอส ทำให้ต้นมีความกว้างมากที่สุด คือ 25.7 เซนติเมตร และ แกลบดิบผสมดินร่วนผสมขี้วัว มีความกว้างน้อยที่สุด คือ 21.7 เซนติเมตร (ตารางที่ 9)

การเข้าทำลายของโรคและแมลงศัตรูพืช ต้นสตรอเบอรีที่ปลูกในวัสดุปลูกแกลบดิบผสมดินร่วนผสมขี้วัว เวอร์มิคูไลท์ผสมขุยมะพร้าวผสมแกลบดำ และ แกลบดำสมขุยมะพร้าว เริ่มตายหลังจากย้ายปลูก 15 วัน โดยมีเปอร์เซ็นต์การตาย 5.0, 5.0 และ 2.5 ตามลำดับ โดยเฉพาะแกลบดิบผสมดินร่วนผสมขี้วัว มีจำนวนต้นตายเพิ่มขึ้นทุก 15 วัน และมีเปอร์เซ็นต์การตายมากที่สุด คือ 67.5 หลังย้ายปลูก 75 วัน (ตารางที่ 10) ต้นแสดงอาการขอบใบไหม้ และแห้งตาย อย่างไรก็ตามพบว่าหลังย้ายปลูก 75 วัน ต้นสตรอเบอรีที่ปลูกในวัสดุปลูกทุกกรรมวิธีมีเปอร์เซ็นต์ต้นตายไม่แตกต่างกันทางสถิติ เมื่อนำต้นที่ตายมาตรวจวินิจฉัยในห้องปฏิบัติการของพบว่า เป็นโรคแอนแทรคโนส ที่เกิดจากเชื้อรา *Colletotrichumsp sp.* (ภาพที่ 31-32) นอกจากนี้ยังพบปัญหาการระบาดของเพลี้ยไฟ ทำให้ต้นแคระแกร็น ยอดตั้ง ใบหนา ขอบใบม้วนขึ้น เนื้อใบมีรอยขีดสีน้ำตาล (ภาพที่ 33) จากสภาพแวดล้อมภายในโรงเรือนเดือนพฤษภาคม–มิถุนายน 2562 พบว่า ในโรงเรือนมีอุณหภูมิ 25-42 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ 56-99.9 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 11) ซึ่งเป็นสภาพอากาศแบบร้อนชื้นที่เหมาะต่อการเกิดโรคแอนแทรคโนส ซึ่งเชื้อสาเหตุจะเจริญได้ดีที่อุณหภูมิ 20-28 องศาเซลเซียส และระบาดรุนแรงถ้าหากมีความชื้นสูง (ณรงค์ชัย, 2544) และบางช่วงมีอุณหภูมิสูง และความชื้นต่ำ เหมาะต่อการระบาดของเพลี้ยไฟ และเป็นสภาพที่ไม่เหมาะสมต่อการปลูกสตรอเบอรีพันธุ์พระราชทาน 80 ที่ต้องการอุณหภูมิเฉลี่ยประมาณ 16 - 20 องศาเซลเซียส ไม่น้อยกว่า 30 วัน เพื่อกระตุ้นการสร้างดอกอย่างต่อเนื่องและให้ผลผลิต (วิรัตน์ และคณะ, 2556) ทั้งนี้เมื่อคิดต้นทุนวัสดุปลูกต่อกระถางในแต่ละกรรมวิธี คือ แกลบดิบผสมดินร่วนผสมขี้วัว เป็นเงิน 4 บาท พีทมอสผสมขุยมะพร้าว เป็นเงิน 11 บาท เวอร์มิคูไลท์ผสมขุยมะพร้าว

ผสมแกลบดำ เป็นเงิน 12 บาท พีทมอสผสมเวอร์มิคูไลท์ เป็นเงิน 21 บาท และ แกลบดำผสมขุยมะพร้าว เป็นเงิน 5 บาท ซึ่งการเลือกใช้วัสดุปลูกสำหรับการผลิตสตรอเบอรีต้องคำนึงถึงต้นทุนวัสดุปลูกประกอบการตัดสินใจของเกษตรกรด้วย

ตารางที่ 7 จำนวนใบของต้นสตรอเบอรีหลังย้ายปลูก 75 วัน

กรรมวิธี	จำนวนใบ				
	15 วัน	30 วัน	45 วัน	60 วัน	75 วัน
1. แกลบดิบ+ดินร่วน+ขี้วัว	4.3b	5.0c	5.9a	7.5b	7.6b
2. พีทมอส +ขุยมะพร้าว	5.1a	6.8ab	8.2a	10.2a	10.8a
3. เวอร์มิคูไลท์+ขุยมะพร้าว+แกลบดำ	4.6ab	5.8bc	7.7ab	9.7a	10.9a
4. เวอร์มิคูไลท์+พีทมอส	5.1a	7.1a	8.8a	10.1a	10.5a
5. แกลบดำ+ขุยมะพร้าว	4.6ab	5.3c	6.9bc	9.1ab	10.2a
CV (%)	6.1	10.4	9.7	12.0	13.1

ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรเหมือนกันในคอลัมน์เดียวกันไม่แตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 5% โดยวิธี DMRT

ตารางที่ 8 ความสูงของต้นสตรอเบอรีหลังย้ายปลูก 75 วัน

กรรมวิธี	ความสูง (ซม.)				
	15 วัน	30 วัน	45 วัน	60 วัน	75 วัน
1. แกลบดิบ+ดินร่วน+ขี้วัว	10.8b	12.1	14.4ab	13.6ab	13.8b
2. พีทมอส +ขุยมะพร้าว	11.6ab	12.3	14.9ab	13.7ab	16.7a
3. เวอร์มิคูไลท์+ขุยมะพร้าว+แกลบดำ	12.6a	11.2	13.5ab	12.8ab	13.7b
4. เวอร์มิคูไลท์+พีทมอส	12.5a	12.9	15.4a	15.4a	14.9ab
5. แกลบดำ+ขุยมะพร้าว	13.1a	11.7	13.1b	12.3b	14.0b
CV (%)	8.0	14.3	8.8	13.2	9.9

ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรเหมือนกันในคอลัมน์เดียวกันไม่แตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 5% โดยวิธี DMRT

ตารางที่ 9 ความกว้างของทรงพุ่มต้นสตรอเบอรีหลังย้ายปลูก 75 วัน

กรรมวิธี	ความกว้างของทรงพุ่ม (ซม.)				
	15 วัน	30 วัน	45 วัน	60 วัน	75 วัน
1. แกลบดิบ+ดินร่วน+ขี้วัว	13.9b	16.6c	18.9c	19.8c	21.7d
2. พีทมอส +ขุยมะพร้าว	15.8ab	18.9bc	21.5bc	23.4b	23.1cd
3. เวอร์มิคูไลท์+ขุยมะพร้าว+แกลบดำ	16.0a	19.8ab	22.9ab	23.8b	24.6ab
4. เวอร์มิคูไลท์+พีทมอส	17.5a	21.5a	24.6a	26.5a	25.7a
5. แกลบดำ+ขุยมะพร้าว	15.7ab	18.6bc	22.2ab	23.3b	24.3bc
CV (%)	7.9	7.7	8.3	6.1	3.6

ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรเหมือนกันในคอลัมน์เดียวกันไม่แตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 5% โดยวิธี DMRT

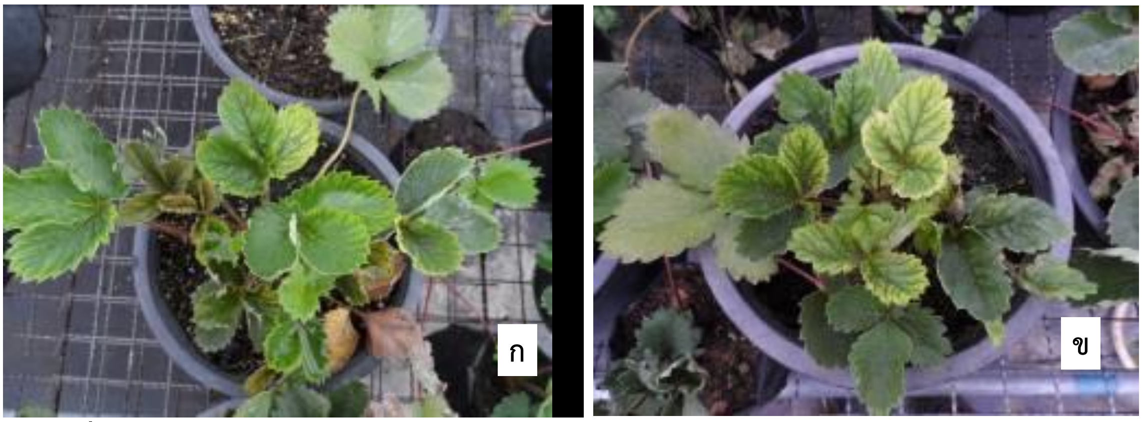
ตารางที่ 10 เปอร์เซ็นต์การตายของต้นสตรอเบอรีหลังย้ายปลูก 75 วัน

กรรมวิธี	เปอร์เซ็นต์การตาย (%)				
	15 วัน	30 วัน	45 วัน	60 วัน	75 วัน
1. แกลบดิบ+ดินร่วน+ขี้วัว	5.0	25.0	40.0a	55.0	67.5
2. พีทมอส +ขุยมะพร้าว	0.0	10.0	15.0b	32.5	57.5
3. เวอร์มิคูไลท์+ขุยมะพร้าว+แกลบดำ	5.0	20.0	25.0ab	30.0	42.5
4. เวอร์มิคูไลท์+พีทมอส	0.0	5.0	10.0b	32.5	52.5
5. แกลบดำ+ขุยมะพร้าว	2.5	5.0	17.5b	27.5	40.0
CV (%)			50.6	30.4	2.5

ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรเหมือนกันในคอลัมน์เดียวกันไม่แตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 5% โดยวิธี DMRT

ภาพที่ 28 อาการขอบใบแห้งของต้นสตรอเบอรีอายุ 16 วัน ปลูกในวัสดุปลูกแกลบดิบผสมดินร่วนและขี้วัว

ภาพที่ 29 ลักษณะของต้นสตรอเบอรี อายุ 75 วัน (ก) วัสดุปลูกพีทมอส +ขุยมะพร้าว และ (ข) เวอร์มิคูไลท์+พีทมอส



ภาพที่ 30 ลักษณะของต้นสตรอเบอรี อายุ 75 วัน (ก) วัสดุปลูกเวอร์มิคูไลท์+ขุยมะพร้าว+แกลบดำ และ (ข) แกลบดำ + ขุยมะพร้าว

ภาพที่ 31 (ก) อาการโรคแอนแทรคโนส (ข) เชื้อรา *Colletotrichum* sp. สาเหตุโรค

ภาพที่ 32 (ก) อาการเหี่ยวของต้นสตรอเบอรีที่เกิดจากโรคแอนแทรคโนส (ข) เนื้อเยื่อภายในโคนต้นเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล และรากมีสีดำ เกิดจากการเข้าทำลายของเชื้อรา *Colletotrichum* sp. (ค) เชื้อรา *Colletotrichum* sp. ที่แยกได้จากโคนต้นที่แสดงอาการเหี่ยว (ง) ลักษณะของเส้นใยและสปอร์เชื้อรา *Colletotrichum* sp. ภายใต้กล้องจุลทรรศน์กำลังขยาย 400 เท่า

ภาพที่ 33 อาการยอดตั้ง ใบหนา ขอบใบม้วนขึ้น เนื้อใบมีรอยขีดสีน้ำตาล เกิดจากการทำลายของเพลี้ยไฟ

ตารางที่ 11 อุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ในโรงเรือนพลาสติกแบบ 2 ชั้น เดือนพฤษภาคม - มิถุนายน 2562

เดือน	อุณหภูมิ (°C)			ความชื้นสัมพัทธ์ (%)		
	ต่ำสุด	สูงสุด	ค่าเฉลี่ย	ต่ำสุด	สูงสุด	ค่าเฉลี่ย
พฤษภาคม	25	38	32.2	60	92	72.8
มิถุนายน	25	42	32.9	56	99.9	72.0

1.2.2 การทดสอบวัสดุปลูกสำหรับการผลิตสตรอเบอรีในโรงเรือนระบบปิด

ดำเนินงานในเดือนพฤศจิกายน 2562 – มีนาคม 2563 ผลการดำเนินงานพบว่า

โดยทดสอบวัสดุปลูกที่เหมาะสมต่อการปลูกสตรอเบอรีจากผลการทดลองที่ 1.2.1 จำนวน 2 กรรมวิธี คือ กรรมวิธีพีทมอสผสมเวอร์มิคูไลท์ และกรรมวิธีพีทมอสผสมขุยมะพร้าว นำมาเปรียบเทียบกับกรรมวิธีเกษตรกร (ดินร่วนผสมแกลบดิบผสมขี้ไก่หมัก) ในการผลิตสตรอเบอรีสภาพโรงเรือนระบบปิดพบว่า

การเจริญเติบโต หลังย้ายปลูกอายุ 40 วัน ก่อนย้ายเข้าโรงเรือนระบบปิด มีการเจริญเติบโตแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยต้นสตรอเบอรีที่ปลูกด้วยกรรมวิธีพีทมอสผสมเวอร์มิคูไลท์ และกรรมวิธีพีทมอสผสมขุยมะพร้าว มีความสูงเฉลี่ย 19.44 และ 17.82 เซนติเมตร ตามลำดับ ความยาวก้านใบเฉลี่ย 9.53 และ 9.08 เซนติเมตร ตามลำดับ จำนวนใบเฉลี่ย 9.5 และ 7.9 ใบต่อต้น ตามลำดับ พื้นที่ใบเฉลี่ย 1,231.11 และ 915.76 ตารางเซนติเมตร ตามลำดับ และจำนวนช่อดอกเฉลี่ย 0.9 และ 0.6 ช่อต่อต้น ตามลำดับ ซึ่งมากกว่าและแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับต้นสตรอเบอรีที่ปลูกในกรรมวิธีดินร่วนผสมแกลบดิบผสมขี้ไก่หมัก ซึ่งมีความสูงเฉลี่ย 12.63 เซนติเมตร ความยาวก้านใบเฉลี่ย 6.31 เซนติเมตร จำนวนใบเฉลี่ย 4.1 ใบต่อต้น พื้นที่ใบเฉลี่ย 186.04 ตารางเซนติเมตร และ จำนวนช่อดอกเฉลี่ย 0.3 ช่อต่อต้น (ตารางที่ 12 และภาพที่ 34)

หลังจากย้ายเข้าไปดูแลภายใต้โรงเรือนระบบปิด การเจริญเติบโตของต้นสตรอเบอรีที่มีอายุ 70 วัน พบว่า มีการเจริญเติบโตแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยต้นสตรอเบอรีที่ปลูกด้วยกรรมวิธีพีทมอสผสมเวอร์มิคูไลท์ และกรรมวิธีพีทมอสผสมขุยมะพร้าว มีความสูงเฉลี่ย 25.88 และ 24.79 เซนติเมตร ตามลำดับ ความยาวก้านใบเฉลี่ย 13.47 และ 12.58 เซนติเมตร ตามลำดับ จำนวนใบเฉลี่ย 29.1 และ 25.3 ใบต่อต้น ตามลำดับ พื้นที่ใบเฉลี่ย 4,488.90 และ 3,991.57 ตารางเซนติเมตร ตามลำดับ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับต้นสตรอเบอรีที่ปลูกในกรรมวิธีดินร่วนผสมแกลบดิบผสมขี้ไก่หมัก ซึ่งมีความสูงเฉลี่ย 14.19 เซนติเมตร ความยาวก้านใบเฉลี่ย 6.97 เซนติเมตร จำนวนใบเฉลี่ย 9.1 ใบต่อต้น พื้นที่ใบเฉลี่ย 585.81 ตารางเซนติเมตร ขณะที่จำนวนช่อดอกเฉลี่ยพบว่า พีทมอสผสมเวอร์มิคูไลท์ และดินร่วนผสมแกลบดิบผสมขี้ไก่หมัก มีจำนวนช่อดอกเฉลี่ย 1.3 และ 1.1 ช่อต่อต้น ตามลำดับ ซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกรรมวิธีพีทมอสผสมขุยมะพร้าว มีจำนวนช่อดอกเฉลี่ยมากที่สุด คือ 2.2 ช่อต่อต้น (ตารางที่ 13)

หลังจากย้ายปลูกต้นสตรอเบอรีอายุ 100 วัน พบว่า มีการเจริญเติบโตแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยต้นสตรอเบอรีที่ปลูกด้วยกรรมวิธีพีทมอสผสมเวอร์มิคูไลท์ และกรรมวิธีพีทมอสผสมขุยมะพร้าว มีความสูงเฉลี่ย 31.82 และ 31.22 เซนติเมตร ตามลำดับ ความยาวก้านใบเฉลี่ย 18.90 และ 18.86 เซนติเมตร ตามลำดับ จำนวนใบเฉลี่ย 72.5 และ 64.9 ใบต่อต้น ตามลำดับ พื้นที่ใบเฉลี่ย 8,783.11 และ 8,451.56 ตารางเซนติเมตร ตามลำดับ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับต้นสตรอเบอรีที่ปลูกในกรรมวิธีดินร่วนผสมแกลบดิบผสมขี้ไก่หมัก ซึ่งมีความสูงเฉลี่ย 19.36 เซนติเมตร ความยาวก้านใบเฉลี่ย 10.92 เซนติเมตร จำนวนใบเฉลี่ย 21.3 ใบต่อต้น พื้นที่ใบเฉลี่ย 1,942.36 ตารางเซนติเมตร ขณะที่จำนวนช่อดอกเฉลี่ยพบว่า พีทมอสผสมเวอร์มิคูไลท์ และดินร่วนผสมแกลบดิบผสมขี้ไก่หมัก มีจำนวนช่อดอกเฉลี่ย 1.8 และ 2.9 ช่อต่อต้น

ตามลำดับ ซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกรรมวิธีพีทมอสผสมขุยมะพร้าว มีจำนวนช่อดอกเฉลี่ยมากที่สุด คือ 3.5 ช่อต่อต้น (ตารางที่ 14)

หลังจากย้ายปลูกต้นสตรอเบอรีอายุ 130 วัน พบว่า มีการเจริญเติบโตแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยต้นสตรอเบอรีที่ปลูกด้วยกรรมวิธีพีทมอสผสมเวอร์มิคูไลท์ และกรรมวิธีพีทมอสผสมขุยมะพร้าว มีความสูงเฉลี่ย 37.65 และ 36.26 เซนติเมตร ตามลำดับ ความยาวก้านใบเฉลี่ย 24.41 และ 24.00 เซนติเมตร ตามลำดับ จำนวนใบเฉลี่ย 68.8 และ 68.4 ใบต่อต้น ตามลำดับ พื้นที่ใบเฉลี่ย 8,463.00 และ 8,237.23 ตารางเซนติเมตร ตามลำดับ และจำนวนช่อดอกเฉลี่ย 4.6 และ 5.1 ช่อต่อต้น ตามลำดับ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับต้นสตรอเบอรีที่ปลูกในกรรมวิธีดินร่วนผสมแกลบดิบผสมขี้ไก่หมัก ซึ่งมีความสูงเฉลี่ย 27.98 เซนติเมตร ความยาวก้านใบเฉลี่ย 17.22 เซนติเมตร จำนวนใบเฉลี่ย 28.1 ใบต่อต้น พื้นที่ใบเฉลี่ย 2,931.7 ตารางเซนติเมตร และ จำนวนช่อดอกเฉลี่ย 2.9 ช่อต่อต้น (ตารางที่ 15 และภาพที่ 35)

วัสดุปลูกพีทมอสผสมขุยมะพร้าว และพีทมอสผสมเวอร์มิคูไลท์ ทำให้ต้นสตรอเบอรีสามารถเจริญเติบโตได้ดีตามลักษณะทางพฤษศาสตร์ของต้นสตรอเบอรีพันธุ์พระราชทาน 80 ซึ่งมีความสูงของทรงพุ่มประมาณ 20 - 30 เซนติเมตร ความกว้างเฉลี่ย 27 เซนติเมตร และมีการแตกของลำต้นสาขา (Barnch crown) จากลำต้นหลัก มีใบมากกว่า 25 ใบต่อต้น ใบส่วนใหญ่ประกอบด้วย 3 ใบย่อย รูปกลมชอบใบหยักคล้ายฟันเลื่อย สีเขียวปานกลาง ใบย่อยกว้าง 6.5 – 8.0 เซนติเมตร ยาว 8.5 – 9.0 เซนติเมตร ก้านใบหนาและยาวปานกลางเฉลี่ย 11.0 - 14.5 เซนติเมตร (วิรัตน์ และคณะ, 2556)

ผลผลิต หลังจากดูแลรักษาต้นสตรอเบอรีภายใต้โรงเรือนระบบปิดเป็นเวลา 20 วัน ต้นสตรอเบอรีในแต่ละกรรมวิธีเริ่มให้ผลผลิต และสามารถเก็บผลผลิตในช่วงเดือนมกราคม - มีนาคม 2563 พบว่า สตรอเบอรีที่ปลูกในวัสดุปลูกพีทมอสผสมขุยมะพร้าวให้ผลผลิตมากที่สุด โดยมีจำนวนผลเฉลี่ยต่อต้น 9.7 ผล และน้ำหนักผลเฉลี่ยต่อต้น 32.23 กรัม ส่วนน้ำหนักเฉลี่ยต่อผล 3.25 กรัม ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของผล 1.66 เซนติเมตร และปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (ค่าความหวาน) 10.10 °Brix ไม่มีความแตกต่างกันจากกรรมวิธีอื่น (ตารางที่ 16 และภาพที่ 36) อย่างไรก็ตามทั้ง 3 กรรมวิธียังไม่สามารถให้ผลผลิตได้ตามลักษณะทางพฤษศาสตร์ คือ น้ำหนักเฉลี่ยต่อผล 12 - 15 กรัม ขนาดความกว้าง และยาวเฉลี่ยมากกว่า 3.0 เซนติเมตร เนื่องจากช่วงเดือนกุมภาพันธ์ - มีนาคม 2563 สภาพแวดล้อมภายในโรงเรือนระบบปิดไม่มีความเหมาะสมต่อการออกดอกและติดผลของต้นสตรอเบอรี ซึ่งสอดคล้องกับ ปรีดาและสิริวัฒน์ (2555) กล่าวไว้ว่าอุณหภูมิที่สูงมากกว่า 30 องศาเซลเซียส จะมีผลต่อการออกดอกและติดผลของสตรอเบอรีทำให้มีจำนวนช่อดอกที่น้อย แทงช่อดอกไม่สม่ำเสมอ ติดผลน้อย ขนาดผลเล็ก นอกจากนี้ยังมีผลทำให้เกิดการยับยั้งตาดอกและมีการเจริญเติบโตทางลำต้นแทน

ภาพที่ 34 ลักษณะของต้นสตรอเบอรีอายุ 40 วันที่ปลูกในกรรมวิธี (ก) ดินร่วน+แกลบดิบ+ขี้ไก่หมัก (ข) พีทมอส + ขุยมะพร้าว และ (ค) พีทมอส + เวอร์มิคูไลท์

ภาพที่ 35 ลักษณะของต้นสตรอเบอรีอายุ 130 วันที่ปลูกในกรรมวิธี (ก) ดินร่วน+แกลบดิบ+ขี้ไก่หมัก (ข) พีทมอส + ขุยมะพร้าว และ (ค) พีทมอส + เวอร์มิคูไลท์

ตารางที่ 12 ความสูง ความยาวก้านใบ จำนวนใบต่อต้น พื้นที่ใบต่อต้น ของต้นสตรอเบอรีอายุ 40 วัน

กรรมวิธี	อายุ 40 วัน 25 ธ.ค. 62 (ก่อนเข้าโรงเรือนระบบปิด)				
	ความสูง (ซม.)	ความยาวก้านใบ (ซม.)	จำนวนใบต่อต้น	พื้นที่ใบต่อต้น (ตร.ซม)	จำนวนช่อดอกต่อต้น
ดินร่วน+แกลบดิบ+ขี้ไก่หมัก	12.63b	6.31b	4.1b	186.04c	0.3b
พีทมอส+ขุยมะพร้าว	17.82a	9.08a	7.9a	915.76b	0.6a
พีทมอส+เวอร์มิคูไลท์	19.44a	9.53a	9.5a	1,231.11a	0.9a
CV (%)	8.34	8.05	18.6	24.02	35.0

ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรเหมือนกันในคอลัมน์เดียวกันไม่แตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 5% โดยวิธี DMRT

ตารางที่ 13 ความสูง ความยาวก้านใบ จำนวนใบต่อต้น พื้นที่ใบต่อต้น ของต้นสตรอเบอรีอายุ 70 วัน

กรรมวิธี	อายุ 70 วัน (24 ม.ค.63)				
	ความสูง (ซม.)	ความยาวก้านใบ (ซม.)	จำนวนใบต่อต้น	พื้นที่ใบต่อต้น (ตร.ซม)	จำนวนช่อดอกต่อต้น
ดินร่วน+แกลบดิบ+ขี้ไก่หมัก	14.19b	6.97b	9.1b	585.81b	1.1b
พีทมอส+ขุยมะพร้าว	24.79a	12.58a	25.3a	3991.57a	2.2a
พีทมอส+เวอร์มิคูไลท์	25.88a	13.47a	29.1a	4488.90a	1.3a
CV (%)	4.39	6.66	14.8	17.18	35.7

ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรเหมือนกันในคอลัมน์เดียวกันไม่แตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 5% โดยวิธี DMRT

ตารางที่ 14 ความสูง ความยาวก้านใบ จำนวนใบต่อต้น พื้นที่ใบต่อต้น ของต้นสตรอเบอรีอายุ 100 วัน

กรรมวิธี	อายุ 100 วัน (28 ก.พ. 63)				
	ความสูง (ซม.)	ความยาวก้านใบ (ซม.)	จำนวนใบต่อต้น	พื้นที่ใบต่อต้น (ตร.ซม)	จำนวนช่อดอกต่อต้น
ดินร่วน+แกลบดิบ+ขี้ไก่หมัก	19.36b	10.92b	21.3b	1942.36b	2.9ab
พีทมอส+ขุยมะพร้าว	31.22a	18.86a	64.9a	8451.56a	3.5a
พีทมอส+เวอร์มิคูไลท์	31.82a	18.90a	72.5a	8783.11a	1.8b
CV (%)	3.72	4.73	17.2	16.09	31.8

ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรเหมือนกันในคอลัมน์เดียวกันไม่แตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 5% โดยวิธี DMRT

ตารางที่ 15 ความสูง ความยาวก้านใบ จำนวนใบต่อต้น พื้นที่ใบต่อต้น ของต้นสตรอเบอรีอายุ 130 วัน

กรรมวิธี	อายุ 130 วัน (25 มี.ค 63)				
	ความสูง (ซม.)	ความยาวก้านใบ (ซม.)	จำนวนใบต่อต้น	พื้นที่ใบต่อต้น (ตร.ซม)	จำนวนช่อดอกต่อต้น
ดินร่วน+แกลบดิบ+ขี้ไก่หมัก	27.98b	17.22b	28.1b	2931.70b	2.9b
พีทมอส+ขุยมะพร้าว	36.26a	24.00a	68.4a	8237.23a	5.1a
พีทมอส+เวอร์มิคูไลท์	37.65a	24.41a	68.8a	8463.00a	4.6ab
CV (%)	6.6	7.89	22.8	19.31	35.5

ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรเหมือนกันในคอลัมน์เดียวกันไม่แตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 5% โดยวิธี DMRT

ตารางที่ 16 จำนวนผลต่อต้น น้ำหนักผลต่อต้น น้ำหนักเฉลี่ยต่อผล ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง และค่าความหวาน (°Brix) ของต้นสตรอเบอรีอายุ 130 วัน

กรรมวิธี	เดือนมกราคม- มีนาคม 2563				
	จำนวนผลต่อต้น[1] (ผล)	น้ำหนักผลต่อต้น[2] (กรัม)	น้ำหนักเฉลี่ยต่อผล (กรัม)	เส้นผ่านศูนย์กลาง (ซม)	ค่าความหวาน (°Brix)
ดินร่วน+แกลบดิบ+ขี้ไก่หมัก	7.2ab	19.63b	2.70	1.69	10.09
พีทมอส+ขุยมะพร้าว	9.7a	32.23a	3.25	1.66	10.10
พีทมอส+เวอร์มิคูไลท์	5.8b	20.15b	3.31	1.54	11.19
CV (%)	18.38	28.72	28.34	10.56	7.44

ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรเหมือนกันในคอลัมน์เดียวกันไม่แตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 5% โดยวิธี DMRT

[1]จำนวนผลต่อต้น เป็นค่าเฉลี่ยจากต้นที่ติดผลเท่านั้น

[2] น้ำหนักผลต่อต้น เป็นค่าเฉลี่ยจากต้นที่ติดผลเท่านั้น

ภาพที่ 36 การติดดอก และผลสตรอเบอรีหลังย้ายปลูก 60 วัน

1.2.3 การทดสอบปลูกสตรอเบอรีนอกฤดูในสภาพโรงเรือนระบบปิด

ดำเนินการในเดือนมิถุนายน 2563 ถึงมีนาคม 2564 ผลการดำเนินงานพบว่า

เนื่องจากระบบการทำความเย็นแบบที่ใช้การระเหยของน้ำ (Evaporative cooling system) ที่ใช้กับต้นแบบโรงเรือนระบบปิดของงานวิจัยตามที่ได้ออกแบบและสร้างเพื่อทดสอบการผลิตสตรอเบอรีนั้น ไม่สามารถปรับสภาพแวดล้อมให้มีอุณหภูมิในช่วงที่ต่ำกว่า 18 - 20 องศาเซลเซียสได้ สำหรับการกระตุ้นการเกิดตาดอกของสตรอเบอรีในการผลิตนอกฤดูปกติ ดังนั้นคณะผู้วิจัยจึงได้การทดสอบและศึกษาความเป็นไปได้ในการนำเอาเทคนิคการปรับอุณหภูมิน้ำเย็นในถังพักน้ำโดยสมมติฐานเพื่อช่วยลดอุณภูมิภายในโรงเรือนระบบปิดต้นแบบได้ตามที่ต้องการ ด้วยการติดตั้งระบบทำน้ำเย็นด้วยเทคนิค water chiller (ภาพที่ 37) ซึ่งเทคนิคดังกล่าวมีหลักการทำงานดังนี้

เครื่องปรับอุณหภูมิน้ำเย็นชนิดระบายความร้อนด้วยอากาศ (air cooled chiller) เครื่องชิลเลอร์ระบายความร้อนด้วยอากาศ คือเครื่องทำน้ำเย็นที่อาศัยการระบายความร้อนด้วยอากาศ ลักษณะของงานที่ใช้เครื่องทำน้ำเย็นแบบนี้จะเป็นลักษณะของงานที่มีความต้องการความเย็นไม่มากนัก ซึ่งต้องการความสะดวกในการติดตั้ง และต้องการลดภาระการดูแลรักษา หรือจะใช้ในโครงการที่ขาดน้ำ หรือไม่มีน้ำที่มีคุณภาพพอจะมาใช้ระบายความร้อนของเครื่องได้น้ำเย็นจากเครื่องทำน้ำเย็นจะถูกเครื่องสูบน้ำเย็น (chilled water pump) จ่ายเข้าสู่ระบบไปยังเครื่องเป่าลมเย็น (Fan Coil Unit : FCU) และระบบท่อส่งลมเย็น (Air Handling Unit : AHU) โดยอุณหภูมิน้ำเย็นนี้จะอยู่ที่ประมาณ 7 องศาเซลเซียส เมื่อใช้งานผ่าน FCU หรือ AHU แล้ว จะมีอุณหภูมิสูงขึ้นเป็นประมาณ 12 องศาเซลเซียส ก็จะถูกส่งกลับมายังเครื่องทำน้ำเย็นอีกครั้งหนึ่งระบบส่งน้ำเย็นนี้อาศัยท่อน้ำเย็น (chilled water pipe) มีทั้งท่อส่งน้ำเย็น (supply chilled water pipe) และท่อน้ำเย็นกลับ (return chilled water pipe) ซึ่งจะต้องหุ้มฉนวน เพื่อป้องกันน้ำเกาะท่อ (condensation) เนื่องจากความเย็นของท่อ จะทำให้ความชื้นที่อยู่ในอากาศมาเกาะเป็นหยดน้ำที่ท่อคอมเพรสเซอร์ที่ใช้มักจะเป็นคอมเพรสเซอร์แบบลูกสูบ หากมีขนาดใหญ่หน่อยก็อาจจะมีชนิดที่เป็นสกรู ส่วนชนิดที่เป็นหอยโข่ง จะมีใช้เฉพาะเครื่องขนาดใหญ่จริงๆ เท่านั้นที่ออกแบบมาใช้แถบตะวันออก เราจะไม่เห็นนำมาใช้ในประเทศไทย (นิรนาม, มปป.)

ภาพที่ 37 การติดตั้งระบบทำน้ำเย็นด้วยเทคนิค water chiller

ภาพที่ 38 การติดตั้งฉากพลาสติกกั้นห้องในโรงเรือนระบบปิด

ผลการทดสอบเทคนิคการทำน้ำเย็น (water chiller) เพื่อช่วยลดอุณภูมิในโรงเรือนระบบปิดต้นแบบ พบว่า ช่วยลดอุณหภูมิช่วงเวลากลางวันเฉลี่ย 24.64 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิช่วงเวลากลางคืนเฉลี่ย 19.26 องศาเซลเซียส ซึ่งไม่สามารถนำเทคนิคนี้มาช่วยลดอุณภูมิในโรงเรือนระบบปิดให้หมาะสมต่อการบังคับตาดอก และการพัฒนาดอกผลของสตรอเบอรีพันธุ์พระราชทาน 80 สำหรับการผลิตนอกฤดูในโรงเรือนระบบปิดต้นแบบได้

ดังนั้นคณะผู้วิจัยจึงได้ดำเนินการกระตุ้นตาดอกสตรอเบอรีในห้องเย็นของศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่นที่มีควบคุมอุณหภูมิห้องเย็นประมาณ 18 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 วัน แล้วจึงย้ายไปปลูกในโรงเรือนระบบปิด และติดตั้งฉากพลาสติกกั้นห้องในโรงเรือนระบบปิดสำหรับการปลูกบนโต๊ะ และการปลูกบนชั้นปลูกแบบ A-Frame เพื่อทำการทดสอบในลำดับต่อไป (ภาพที่ 38) โดยในส่วนการปลูกบนโต๊ะปลูกแบ่งต้นไหลเป็น 2 กรรมวิธี กรรมวิธีที่ 1 จำนวน 600 ต้น ดูแลรักษาในโรงเรือนระบบปิด ตั้งแต่ช่วงเดือนกรกฎาคม - สิงหาคม 2563 โดยที่กลางวัน มีอุณหภูมิต่ำสุด 23.6 องศาเซลเซียส และสูงสุด 34.8 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ต่ำสุด 66.30% และสูงสุด 85.0% กลางคืน มีอุณหภูมิต่ำสุด 23.4 องศาเซลเซียส และสูงสุด 27.6 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ต่ำสุด 89.40% และสูงสุด 98.26% กรรมวิธีที่ 2 จำนวน 600 ต้น นำไปกระตุ้นตาดอกในห้องเย็นเวลากลางคืน ซึ่งมีอุณหภูมิประมาณ 18 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ประมาณ 62.0% ตั้งแต่วันที่ 21 กรกฎาคม - 7 สิงหาคม 2563 เป็นเวลา 18 วัน นำเข้าห้องเย็น เวลา 16.00–9.00 น. และช่วงเวลา 9.00-16.00 น. นำออกมาไว้ในโรงเรือนระบบปิดซึ่งมีอุณหภูมิ (ต่ำสุด - สูงสุด) 23.80 – 29.10 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพันธ์ (ต่ำสุด-สูงสุด) 84.10 – 95.96%

ตั้งแต่วันที่ 13 สิงหาคม 2563 – 31 มีนาคม 2564 รวมระยะเวลาประมาณ 8 เดือน เก็บข้อมูลด้านการเจริญเติบโตและผลผลิต พบว่า

การเจริญเติบโต หลังย้ายปลูก 90 วัน (ภาพที่ 39) พบว่า การเจริญเติบโตของต้นสตรอเบอรีทั้งสองกรรมวิธีไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติทั้งในด้านความสูง ความยาวก้านใบ จำนวนใบ พื้นที่ใบ ยกเว้นจำนวนกอต่อต้น (ตารางที่ 17) หลังจากเกิดช่อดอก พบว่าสภาพแวดล้อมในโรงเรือนช่วงวันที่ 1-30 พฤศจิกายน 2563 มีอุณหภูมิ (ต่ำสุด-สูงสุด) 16.2-34.0 องศาเซลเซียส เฉลี่ย 23.10 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ (ต่ำสุด-สูงสุด) 32.30-99.90% เฉลี่ย 90.44% ช่วงวันที่ 1-15 ธันวาคม 2563 มีอุณหภูมิ (ต่ำสุด-สูงสุด) 13.40-30.20 องศา

เซลเซียส เฉลี่ย 20.43 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ (ต่ำสุด-สูงสุด) 65.80-99.90% เฉลี่ย 91.74% ซึ่งไม่เหมาะสมต่อการพัฒนาจากดอกเป็นผล ทำให้เกิดลักษณะของดอกและผลที่ไม่สมบูรณ์หลายลักษณะ ได้แก่ การพัฒนาของช่อดอกกลายมาเป็นไหล การเกิดทั้งดอก และผล ดอกมีขนาดเล็ก ผลเล็กและฝ่อ (ภาพที่ 40)

ผลผลิต หลังย้ายปลูก 150 วัน อยู่ในช่วงเดือนมกราคม - กุมภาพันธ์ 2564 พบว่า สภาพแวดล้อมในโรงเรือนระบบปิดช่วงเวลากลางวัน (ตารางที่ 19) อุณหภูมิต่ำสุด 17.00 องศาเซลเซียส สูงสุด 32.90 องศาเซลเซียส เฉลี่ย 25.34 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ต่ำสุด 46.10 องศาเซลเซียส สูงสุด 98.90% เฉลี่ย 72.35% ส่วนช่วงเวลากลางคืน (ตารางที่ 20) อุณหภูมิต่ำสุด 17.20 องศาเซลเซียส สูงสุด 24.5 องศาเซลเซียส เฉลี่ย 20.67 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ต่ำสุด 65.0% สูงสุด 97.10% เฉลี่ย 88.41% สตรอเบอรีทั้งสองกรรมวิธีมีจำนวนช่อดอกเฉลี่ยต่อต้นไม่แตกต่างกันทางสถิติ และดอกสามารถพัฒนาไปเป็นผลได้ในช่วงเดือนมกราคม – มีนาคม 2564 พบว่า กรรมวิธีต้นไหลปกติให้ผลผลิตทั้งในด้านจำนวนผลต่อต้น 21.3 ผล น้ำหนักผลต่อต้น 68.8 กรัม น้ำหนักผลเฉลี่ย 3.23 กรัม และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.95 เซนติเมตร มากกว่ากรรมวิธีต้นไหลที่ผ่านการกระตุ้นตาดอกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 18) ทั้งนี้เนื่องจากต้นไหลที่ผ่านการกระตุ้นตาดอกได้ออกดอกในช่วง 90 วัน หลังย้ายปลูก แต่ดอกไม่สามารถพัฒนาไปเป็นผลที่สมบูรณ์ได้ต่อไปเนื่องจากสภาพแวดล้อมไม่เหมาะสม (ภาพที่ 40) ทำให้การออกดอกในช่วงหลังย้ายปลูก 150 วัน เป็นดอกชุดที่สองซึ่งต่างจากไหลปกติที่เป็นดอกชุดแรก (ภาพที่ 41) มีผลให้ผลผลิตที่ได้จากต้นไหลปกติมากกว่าต้นไหลที่ผ่านการกระตุ้นตาดอก แต่น้อยกว่าลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของสตรอเบอรีพันธุ์พระราชทาน 80 ที่ให้ผลผลิตต่อต้นสูงสุด 400 กรัม หรือประมาณ 3.0 ตันต่อไร่ (ปลูก 10,000 ต้นต่อไร่ เฉลี่ย 1.5 - 1.6 ตันต่อไร่ น้ำหนักผลเฉลี่ย 12 - 15 กรัม ขนาดความกว้างและยาวเฉลี่ยมากกว่า 3.0 เซนติเมตร (วิรัตน์ และคณะ, 2556) อย่างไรก็ตามความหวานของสตรอเบอรีในทั้งสองกรรมวิธีไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยมีความหวานเฉลี่ยระหว่าง 13.4 – 13.7 °Brix (ตารางที่ 18) มากกว่าความหวานของสตรอเบอรีพันธุ์พระราชทาน 80 ซึ่งมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ หรือความหวาน 10.51 °Brix (สุภาวดี และคณะ, 2557) ทั้งนี้อาจเป็นผลจากการปรับการให้ปุ๋ยจากสูตร 13-13-21 เป็น สูตร 8-24-24 เนื่องจากผลการทดสอบตามข้อ 1.2.2 ต้นสตรอเบอรีมีการเจริญเติบโตทางลำต้นและทางใบมากกว่าการพัฒนาตาดอก จึงได้ปรับสูตรปุ๋ยเพื่อลดปุ๋ยไนโตรเจนเพิ่มฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมให้กับต้นสตรอเบอรี

ตารางที่ 17 การเจริญเติบโตของต้นสตรอเบอรี พันธุ์พระราชทาน 80 หลังย้ายปลูก 90 วัน

กรรมวิธี	ความสูง (ซม.)	ความยาวก้านใบ (ซม.)	จำนวนใบ/ต้น	พื้นที่ใบ/ต้น (ตร.ซม.)	จำนวนกอ/ต้น
ต้นไหลผ่านการกระตุ้นตาดอก	27.5	18.8	33.3	4,394	5.67
ต้นไหลปกติ	25.8	16.8	27.5	3,952	4.11
T-test	ns	ns	ns	ns	*
CV (%)	4.18	5.00	16.2	22.01	11.45

ตารางที่ 18 จำนวนช่อดอกต่อต้น จำนวนผลต่อต้น น้ำหนักผลต่อต้น น้ำหนักผลเฉลี่ย ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ค่าความหวาน (°Brix) หลังย้ายปลูก 150 วัน

กรรมวิธี	จำนวนช่อดอก/ต้น (ช่อ)	จำนวน[1] ผล/ต้น (ผล)	น้ำหนัก[2] ผล/ต้น (กรัม)	น้ำหนักผล (กรัม)	เส้นผ่านศูนย์กลาง (ซม.)	ค่าความหวาน (°Brix)
ต้นไหลผ่านการกระตุ้นตาดอก	1.42	17.6	50.5	2.87	1.77	13.7
ต้นไหลปกติ	1.29	21.3	68.8	3.23	1.95	13.4
T-test	ns	*	*	*	*	ns
CV (%)	26.94	7.69	9.82	3.28	15.86	22.76

[1]จำนวนผล/ต้น เป็นค่าเฉลี่ยจากต้นที่ติดผลเท่านั้น

[2] น้ำหนักผล/ต้น เป็นค่าเฉลี่ยจากต้นที่ติดผลเท่านั้น

ภาพที่ 39 ลักษณะของต้นสตรอเบอรี พันธุ์พระราชทาน 80 หลังย้ายปลูก 90 วัน (ก) ต้นไหลผ่านการกระตุ้นตาดอกในห้องเย็นของศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น (ข) ต้นไหลปกติ

ภาพที่ 40 ลักษณะของช่อดอกและผลที่ไม่สมบูรณ์เนื่องจากสภาพแวดล้อมไม่เหมาะสมกับการพัฒนาของดอกและผล (ก) ช่อดอกเปลี่ยนเป็นไหล (ข) ช่อดอกที่มีทั้งดอกและใบ (ค) ดอกขนาดเล็กไม่สมบูรณ์ และ (ง) ผลเล็กและฝ่อแห้งไม่พัฒนา

ภาพที่ 41 ลักษณะของผลสตรอเบอรี พันธุ์พระราชทาน 80 หลังย้ายปลูก 150 วัน (ก) ต้นไหลผ่านการกระตุ้นตาดอกในห้องเย็นของศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น (ข) ต้นไหลปกติ

ตารางที่ 19 อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ต่ำสุด สูงสุด และค่าเฉลี่ยในช่วงเวลากลางวัน (06.00 – 18.00 น.) ภายในโรงเรือนระบบปิด

สภาพแวดล้อม	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าเฉลี่ย
อุณหภูมิ (°C)	17.00	32.90	25.34
ความชื้นสัมพัทธ์ (%)	46.10	98.90	73.35

ตารางที่ 20 อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ต่ำสุด สูงสุด และค่าเฉลี่ยในช่วงเวลากลางคืน (18.00 – 06.00 น.) ภายในโรงเรือนระบบปิด

สภาพแวดล้อม	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าเฉลี่ย
อุณหภูมิ (°C)	17.20	24.50	20.67
ความชื้นสัมพัทธ์ (%)	65.00	97.10	88.41

กิจกรรมที่ 2 การพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตสตรอเบอรีแนวตั้งแบบหมุนรับแสงอัจฉริยะในโรงเรือนต้นแบบ

2.1 การศึกษากรรมวิธีที่เกษตรกรปลูกสตรอเบอรีในโรงเรือน

จากการสำรวจข้อมูลการปลูกสตรอเบอรี่ในระบบโรงเรือน และแบบปลูกปกติกลางแจ้ง ในเขตพื้นที่ราบภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ได้แก่ จังหวัดอุบลราชธานี จังหวัดมหาสารคาม และ จังหวัดขอนแก่น พบว่าการปลูกสตรอเบอรีของเกษตรกรในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ซึ่งสามารถผลิตสตรอเบอรีทั้งในรูปผลสดและต้นไหลได้ในช่วงฤดูปกติ เช่นเดียวกันกับในพื้นที่ภาคเหนือ แต่รสชาติและขนาดผลสดอาจจะแตกต่างไปตามสภาพภูมิอากาศ แต่ทั้งนี้จะไม่สามารถผลิตได้ในช่วงนอกฤดู (มีนาคม-ตุลาคม) เนื่องจากสภาพแวดล้อมไม่เหมาะสม และเสี่ยงต่อการเกิดโรคได้ง่าย

สำหรับการผลิตในโรงเรือนพลาสติกและมีมุ้งตาข่าย จะต้องเพิ่มระบบการให้น้ำแบบพ่นหมอกเพื่อช่วยลดอุณหภูมิภายในโรงเรือนในช่วงที่อากาศร้อนจัด (ภาพที่ 42) และการให้น้ำแบบหยดเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต และนิยมการปลูกบนโต๊ะทำให้มีพื้นที่การผลิตค่อนข้างจำกัด (ภาพที่ 43) เมื่อเทียบกับการปลูกในพื้นดินและในถุงปลูกกลางแจ้ง (ภาพที่ 44)

ภาพที่ 42 การปลูกสตรอเบอรีในโรงเรือนพลาสติกหลังคาโค้งพร้อมระบบพ่นหมอก

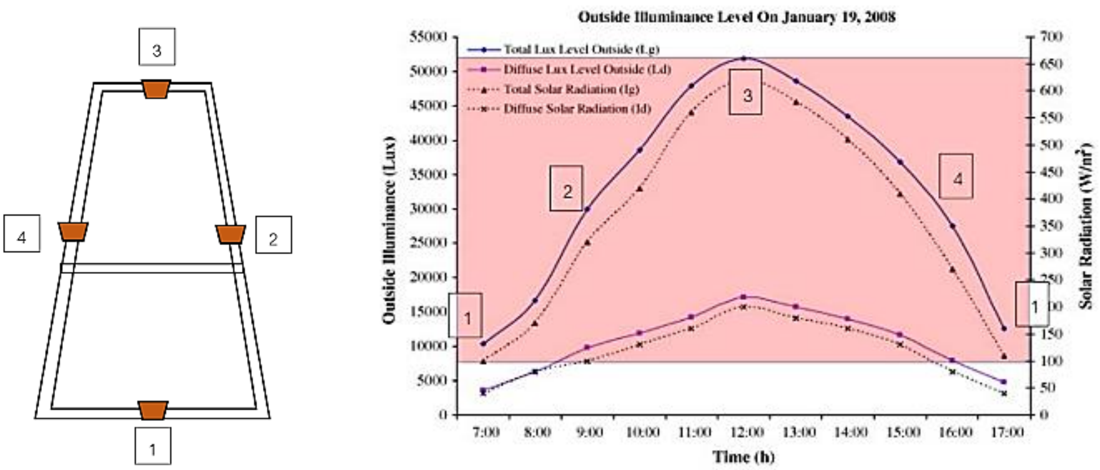
ภาพที่ 43 การปลูกสตรอเบอรีบนโต๊ะปลูกและการให้น้ำแบบน้ำหยดภายในโรงเรือน

ภาพที่ 44 การปลูกสตรอเบอรีในถุงปลูกและกระถางกลางแจ้งของเกษตรกร

2.2 การสร้างชุดปลูกแบบ A-Frame และชุดควบคุมการหมุนเคลื่อนที่ของระบบปลูกแนวตั้ง

2.2.1 การออกแบบและสร้างชุดปลูกแบบ A-Frame จำนวน 3 ชุด ในโรงเรือนขนาด 6x24 เมตร โดยชุดปลูกมีลักษณะเป็นโครงเหล็กขนาดยาว 4 เมตร หน้าตัดเป็นรูปตัว A ฐานล่างกว้าง 1.2 เมตร ด้านบนกว้าง 0.6 เมตร และสูง 3 เมตร แต่ละชั้นจะแขวนบนโซ่เลือกใช้โซ่เบอร์มาตรฐาน ISO/R606-16B-2 ติดตั้งชั้นปลูกได้จำนวน 12 ชั้น แต่ละชั้นวางกระถางแบบยาวได้ 4 กระถาง โดยเผื่อทางเดินสำหรับเข้าดูแลและเก็บเกี่ยว จากการคำนวณจำนวนต้นชุดปลูกแบบแนวตั้งสามารถปลูกได้ 15 ต้นต่อตารางเมตร แบบสูงกว่าแบบใช้โต๊ะปลูกธรรมดาที่สามารถทำได้ 3.52 ต้นต่อตารางเมตร หมายถึง ชุดปลูกแนวตั้งสามารถปลูกได้มากกว่า 4.26 เท่า (คำนวณจากพื้นที่อุปกรณ์และพื้นที่ทางเดินในการทำงาน) ต้นทุนการสร้าง 45,000 บาทต่อชุด

2.2.2 การออกแบบการหมุนเพื่อรับแสงของชุด A-Frame โดยถาดทั้ง 12 ชั้น จะเริ่มขยับในตอนเช้าและกลับมาจุดเดิมในตอนเย็น ทำให้ถาดแต่ละถาดจะได้รับแสงไม่เท่ากัน โดยจากการวัดแสงบนชั้นแต่ละจุดนั้นพบว่า ด้านบนสุดจะได้รับแสงปริมาณมากที่สุด รองลงมาคือซ้ายและขวา และชั้นใต้สุดจะได้รับแสงน้อยที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับกราฟความเข้มแสง (ภาพที่ 45) ชั้นหมายเลข 1 จะอยู่ในจุดที่ได้เปรียบที่สุดเพราะจะอยู่ในตำแหน่งสูงสุดในช่วงเวลาที่ความเข้มแสงสุดสุด และค่อยขยับลดลดระดับลงอย่างพอเหมาะกับความเข้มแสงทั้งวัน ส่วนชั้นหมายเลข 3 ที่เริ่มขยับออกตัวตอนเช้าที่จุดบนสุด จะเสียเปรียบที่สุดเพราะเหมือนกำลังวิ่งหนีความเข้มแสงทั้งวัน ส่วนชั้นหมายเลข 2 และ 4 จะอยู่ในระดับที่ได้รับแสงปานกลางระหว่างชั้นหมายเลข 1 และ 3 ดังนั้นจึงมีการออกแบบให้แต่ชุด A-Frame แต่ละตัวเริ่มขยับเพื่อรับแสงในช่วงเวลาที่แตกต่างกัน



ภาพที่ 45 แสดงการเคลื่อนที่ของชั้นปลูกในแต่ละจุดของกราฟความเข้มแสงใน 1 วัน

2.2.3 การออกแบบการหมุนเพื่อรับแสงของชุด A-Frame ทั้ง 3 ชุด (ภาพที่ 46)

การตั้งเวลาการเคลื่อนที่ของ A-Frame ตัวที่ 1 จะเริ่มเคลื่อนที่ที่เวลา 7.00 น. และสิ้นสุดเมื่อเวลา 19.00 น. รวม 12 ชั่วโมง หมายความว่าชั้นจำนวน 12 ชั้น จะเฉลี่ยขยับครั้งละ 60 นาที

การตั้งเวลาการเคลื่อนที่ A-Frame ตัวที่ 2 จะเริ่มเคลื่อนที่ที่เวลา 8.00 น. และสิ้นสุดเมื่อเวลา 18.00 น. รวม 10 ชั่วโมง หมายความว่าชั้นจำนวน 12 ชั้น จะเฉลี่ยขยับครั้งละ 40 นาที

การตั้งเวลาการเคลื่อนที่ A-Frame ตัวที่ 3 จะเริ่มเคลื่อนที่ที่เวลา 9.00 น. และสิ้นสุดเมื่อเวลา 17.00 น. รวม 8 ชั่วโมง หมายความว่าชั้นจำนวน 12 ชั้น จะเฉลี่ยขยับครั้งละ 30 นาที

ภาพที่ 46 การปลูกสตรอเบอรีบนชุดปลูก A-Frame จำนวน 3 ชุด

2.2.4 การออกแบบและสร้างชุดควบคุมการเคลื่อนที่ของถาดปลูกพร้อมระบบควบคุมการเปิดปิดน้ำที่ประหยัดและแม่นยำ ใช้เซ็นเซอร์ตรวจจับโลหะ 1 ตัว เครื่องตั้งเวลา 2 ตัว ตั้งเวลาและนับเวลาในการตั้งเวลาการปิดน้ำ โดยตั้งค่าให้จับเวลาในการเปิดน้ำที่ 2 นาที 15 วินาที (ภาพที่ 47)

ภาพที่ 47 การตั้งหัวจ่ายน้ำให้ตรงกับชั้นปลูกและชุดควบคุมการเคลื่อนที่ของ A-Frame

2.3 การทดสอบและประเมินผลเบื้องต้นกลไกการทำงานต่างๆ

ทดสอบการหมุนและตรวจสอบการเคลื่อนที่ให้สามารถเคลื่อนและหยุดได้ตามรูปแบบที่กำหนด และปรับตั้งชั้นปลูกให้มีความสมดุลและทำงานไม่ติดขัด

2.4 การทดสอบเทคโนโลยีการผลิตสตรอเบอรีกับชุดปลูกแนวตั้งหมุนรับแสงอัจฉริยะ

1) การเจริญเติบโตและการติดผล จากการเก็บข้อมูลหลังย้ายปลูก 110 วัน ในโรงเรือนระบบปิดพบว่าสตรอเบอรีมีความสูงเฉลี่ย 19.91 เซนติเมตร ความยาวก้านใบ 14.58 เซนติเมตร จำนวนใบ 77.78 ใบ จำนวนช่อดอก 4.52 ดอก และน้ำหนักผล 10.04 กรัม (ตารางที่ 21) ไม่ตรงตามคุณลักษณะของพันธุ์พระราชทาน 80 เนื่องจากความไม่เหมาะสมของสภาพแวดล้อมในโรงเรือน ชุดปลูก A-Frame 3 มีแนวโน้มทำให้การเจริญเติบโตและการติดผลของสตรอเบอรีดีกว่าชุดปลูก A-Frame 2 และ A-Frame 1 นั้น อาจเนื่องจากการรับแสงต่อวันมากกว่า และแต่ละชั้นสามารถรับแสงได้เฉลี่ยใกล้เคียงกัน (11,421 Lux)

2) คุณภาพของผลสตรอเบอรี จากการวิเคราะห์คุณภาพของผลสตรอเบอรีที่ปลูกในชั้นปลูกแนวตั้งหลังเก็บเกี่ยว 1 วัน

2.1) สีผิวและสีเนื้อ สีผิวของผลสตรอเบอรีพันธุ์พระราชทาน 80 มีค่า L* ความสว่างของสีอยู่ในช่วงระหว่าง 25.51 - 27.02 ใกล้เคียงกับสีเนื้อมีค่า L*ระหว่าง 27.74 - 28.18 เช่นเดียวกับค่า hue angle หรือค่าเฉดสีที่ไม่แตกต่างกันของสีผิวและสีเนื้อ โดยมีค่าเฉดสีเฉลี่ยระหว่าง 342.07 - 349.26 ซึ่งจัดว่าเป็นเฉดสีแดงแสดงว่า มีการพัฒนาสีผิวของผลมาก อาจเนื่องจากการได้รับแสงปริมาณรวมต่อวันมากจากการหมุนรับแสง แต่มีค่า Chroma หรือความอิ่มตัวของสีหรือค่าความสดของสีผิวมากกว่าสีเนื้อ (ตารางที่ 22) แสดงว่าค่าความอิ่มตัวของสีเนื้อลดลงจากสีผิว ทั้งนี้สุภาวดีและคณะ (2557) รายงานค่า hue angle ของผลสตรอเบอรีพันธุ์พระราชทาน 80 มีค่าระหว่าง 58.08 - 69.29

ตารางที่ 21 การเจริญเติบโตของสตรอเบอรีพันธุ์พระราชทาน 80 เมื่ออายุ 110 วัน

ชุดปลูก A-Frame	ความเข้มแสง (Lux)	ความสูงต้น (ซม.)	ความยาวก้านใบ (ซม.)	จำนวนใบ (ใบ)	จำนวนช่อดอก (ดอก)	น้ำหนักผล (กรัม)
A1	8,090	19.17	12.56	54.28	4.33	10.87
A2	10,273	18.33	16.00	98.67	4.44	8.11
A3	15,900	22.22	15.17	80.39	4.78	11.13
เฉลี่ย	11,421	19.91	14.58	77.78	4.52	10.04

ตารางที่ 22 การวัดค่าสีผิวและสีเนื้อของผลสตรอเบอรีจากการปลูกในชั้นปลูกแบบ A-Frame

สีของผล	ชุดปลูก A-Frame	ค่าสี				
		L*	a*	b*	C*	h*
สีผิว	A1	27.02±1.53	20.85±2.76	-2.38±2.07	21.12±2.55	342.07-1.32
	A2	25.84±8.27	19.76±5.79	-0.62±2.11	19.85±5.87	349.26-6.48
	A3	25.51±5.93	19.52±4.65	-2.04±2.04	19.72±4.67	347.04-1.75
สีเนื้อ	A1	27.74±0.10	10.70±0.05	-2.52±0.04	11.01±0.02	346.53-347.09
	A2	28.18±0.09	10.81±0.07	-2.35±0.02	11.06±0.07	347.65-347.88
	A3	28.08±0.26	11.74±0.53	-1.95±0.39	11.91±0.47	348.21-353.45

หมายเหตุ : L* = ค่าความสว่าง a* = สีแดงหรือสีเขียว b* = สีเหลืองหรือสีน้ำเงิน
C* = ความอิ่มหรือความสด h* = ค่าสีสันหรือเฉดสี

2.2) ความชื้น ความเป็นกรด-ด่าง และปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำ ผลสตรอเบอรีมีความชื้นระหว่าง 92.46 - 94.07% มีค่าความเป็นกรดด่าง 3.94 - 4.03 และปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำ หรือค่าบ่งชี้รสชาติ หรือเป็นค่าความหวาน (°Brix) 5.50 - 7.70 °Brix ซึ่งน้อยกว่าสตรอเบอรีพันธุ์พระราชทาน 80 ที่ทดสอบในโรงเรือนระบบปิด (ตารางที่ 23) ทั้งนี้อาจขึ้นอยู่กับอายุหลังเก็บเกี่ยว

ตารางที่ 23 ค่าความชื้น ค่าความเป็นกรด-ด่าง และปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำ (°Brix) ของผลสตรอเบอรีจากการปลูกในชั้นปลูกแบบ A-Frame

ชุดปลูก A-Frame	ความชื้น (%)	ความเป็นกรด-ด่าง	ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำ (°Brix)
A1	94.07±0.10	3.94±0.01	5.50±0.08
A2	92.29±0.33	4.03±0.03	7.70±0.08
A3	92.46±0.23	3.94±0.05	7.23±0.05

สรุปผลการทดลองและคำแนะนำ

1. ต้นแบบโรงเรือนแบบควบคุมสภาพแวดล้อมระบบปิด (Evap) มีคุณลักษณะใช้วัสดุโครงสร้างทำจากเหล็กรูปพรรณขนาดต่างๆ แบบชุปกัลวาไนซ์ หรือเหล็กเคลือบสังกะสี เป็นโรงเรือนระบบน๊อคดาวน์หลังคาทรงโค้ง ขนาดกว้าง 6 เมตร ยาว 24 เมตร และสูง 5 เมตร ครอบคลุมพื้นที่ 144 ตารางเมตร โครงสร้างทำด้วยท่อเหล็กกัลวาไนซ์ ตอม่อคอนกรีตเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 นิ้ว ฝังเดือยเสาเหล็กชุปกัลวาไนซ์ พื้นโรงเรือนโรยด้วยทรายหยาบปูทับด้วยผ้าใบปูพื้นชนิดน้ำซึมผ่านได้สีขาว พลาสติกคลุมโรงเรือนทั้งหลังพร้อมติดอุปกรณ์ PE-Plastic ผสม UV stabilizer ความหนา 200 ไมครอน ด้านหน้าโรงเรือนมีประตูบานเดี่ยว 2 ชุด (นอก-ใน) พร้อมกล่องประตูระหว่างประตูชั้นนอกและชั้นใน ยึดโครงสร้างเข้าด้วยกันกับอุปกรณ์มาตรฐานสำหรับงานโรงเรือน ใช้รางล๊อคสปริงยึดพลาสติกคลุมติดกับโครงสร้างเหล็กพร้อมอุปกรณ์ประกอบมาตรฐานโรงเรือน หลังคาด้านบนมีช่องสำหรับระบายอากาศ ความยาว 18 เมตร สามารถเปิด-ปิด ขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ไฟฟ้า ภายในด้านบนหลังคาพลาสติกติดตั้งแสลนสีเงิน 50% เปิด-ปิด ด้วยระบบไฟฟ้า (manual) เป็นม่านมอเตอร์ไฟฟ้า DC 24V ระบบ Evaporation (Evap) ด้านข้างโรงเรือนติดตั้งระบบคูลลิ่งแพด (cooling pad) ขอบเฟรมและรางน้ำแสตนเลสด้านบนและด้านล่างพร้อมอุปกรณ์ติดตั้ง และติดตั้งมุ้งตาข่ายกันแมลงชนิด 20 เมช พร้อมประตูเปิด-ปิด ครอบคูลลิ่งแพดด้านนอกโรงเรือน ส่วนอีกด้านตรงข้ามติดตั้งพัดลมดูดอากาศ ขนาด 50 นิ้ว จำนวน 8 ชุด ติดตั้งปั๊มน้ำสำหรับ Evaporation ขนาด 1 แรงม้า จำนวน 2 ชุด ติดตั้งมุ้งไนล่อนห่างจากหน้าแผ่นคูลลิ่งแพดประมาณ 0.80 เมตร เพื่อกันเศษฝุ่นและแมลง การทดสอบประสิทธิภาพเบื้องต้นในการควบคุมอุณหภูมิช่วงเวลากลางวันเฉลี่ย 25.1 องศาเซลเซียส ช่วงเวลากลางคืนเฉลี่ย 20.3 องศาเซลเซียส ทั้งนี้อุณหภูมิภายในโรงเรือนระบบปิดอยู่ในช่วงใกล้เคียงกับการเจริญเติบโตของสตรอเบอรี แต่ไม่สามารถลดอุณหภูมิได้ถึงช่วงที่เหมาะสมสำหรับกระตุ้นตาดอก ที่ต้องการอุณหภูมิเฉลี่ย 15 องศาเซลเซียส ในช่วงเวลากลางคืนเป็นระยะเวลา 20 วัน และทดสอบเทคนิคการทำน้ำเย็น (water chiller) เพื่อช่วยลดอุณภูมิในโรงเรือนระบบปิดต้นแบบช่วยลดอุณหภูมิช่วงเวลากลางวันเฉลี่ย 24.64 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิช่วงเวลากลางคืนเฉลี่ย 19.26 องศาเซลเซียส ซึ่งไม่สามารถนำเทคนิคนี้มาช่วยลดอุณภูมิในโรงเรือนระบบปิดให้หมาะสมต่อการบังคับตาดอกและการพัฒนาดอกผลของสตรอเบอรีพันธุ์พระราชทาน 80 สำหรับการผลิตนอกฤดูในโรงเรือนระบบปิดต้นแบบได้

2. ต้นแบบชุดปลูกแนวตั้งแบบ A-Frame ใช้แสงอาทิตย์ตามธรรมชาติในโรงเรือน มีลักษณะเป็นโครงเหล็กขนาดยาว 4 เมตร หน้าตัดเป็นรูปตัว A ฐานล่างกว้าง 1.2 เมตร ด้านบนกว้าง 0.6 เมตร สูง 3 เมตร ติดตั้งชั้นปลูกได้จำนวน 12 ชั้น แต่ละชั้นวางกระถางแบบยาว มีระบบเซนเซอร์เพื่อเปิดปิดการให้น้ำแต่ละชั้นอย่างแม่นยำ โดยแต่ละกระถางในชั้นปลูกสามารถรับแสงได้ใกล้เคียงกันเฉลี่ย 11,421 Lux และสามารถปลูกได้มากกว่าการปลูกแบบบนโต๊ะถึง 4.26 เท่า ผลการทดสอบในชุดปลูกแนวตั้งพบว่า สตรอเบอรีมีการติดผลน้อยและผลขนาดเล็กเช่นเดียวกัน เนื่องจากสภาพแวดล้อมในโรงเรือน และจากการวิเคราะห์คุณภาพของผลหลังเก็บเกี่ยวโดยวัดสีผิวและสีเนื้อของสตรอเบอรีมีค่า L* (ค่าความสว่าง) และค่า hue angle ค่าสีสันหรือเฉดสีใกล้เคียงกัน โดยมีค่าเฉดสีระหว่าง 342.07-349.26 ซึ่งจัดว่าเป็นเฉดสีแดงแสดงว่ามีการพัฒนาสีผิวของผลมาก แต่ค่า chroma หรือค่าความอิ่มตัวของสีหรือค่าความสดของสีผิวมากกว่าสีเนื้อแสดงว่าค่าความอิ่มตัวของสีเนื้อลดลงจากสีผิว และมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำหรือค่าบ่งชี้รสชาติ 5.50-7.70 °Brix

3. เทคโนโลยีการผลิตสตรอเบอรีพันธุ์พระราชทาน 80 ในโรงเรือนระบบปิดพบว่า วัสดุปลูกพีทมอสผสมขุยมะพร้าวอัตราส่วน 1:1 ให้ผลผลิตมากที่สุด มีจำนวนผลเฉลี่ยต่อต้น 9.7 ผล และน้ำหนักผลเฉลี่ยต่อต้น 32.23 กรัม ส่วนน้ำหนักเฉลี่ยต่อผล 3.25 กรัม ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของผล 1.66 เซนติเมตร และปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำ 10.10 °Brix และเมื่อทดสอบปลูกสตรอเบอรีนอกฤดูในสภาพโรงเรือนระบบปิดโดยใช้วัสดุปลูกพีทมอสผสมขุยมะพร้าว ทำให้การเจริญเติบโตและผลผลิตสตรอเบอรีดีกว่าวัสดุปลูกที่เกษตรกรใช้ มีจำนวนผลเฉลี่ยต่อต้น 21.3 ผล น้ำหนักผลเฉลี่ยต่อต้น 68.8 กรัม น้ำหนักผลเฉลี่ย 3.23 กรัม และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของผล 1.95 เซนติเมตร และการปรับการใช้ปุ๋ยจากสูตร 13-13-21 เป็นสูตร 8-24-24 ทำให้ผล

สตรอเบอรีมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำ 13.4-13.7 °Brix ใกล้เคียงกับพันธุ์พระราชทาน 80 อย่างไรก็ตามควรคำนึงถึงต้นทุนการผลิต แต่เนื่องจากการออกแบบและสร้างโรงเรือนระบบปิดยังไม่สามารถควบคุมสภาพแวดล้อมให้เหมาะสมกับการผลิตสตรอเบอรีได้ ซึ่งต้องการอุณหภูมิเฉลี่ยในช่วงเวลากลางวันต่ำกว่า 28 องศาเซลเซียส กลางคืนต่ำกว่า 18 องศาเซลเซียส และช่วงระยะเวลาบังคับตาดอก 20 วัน ที่อุณหภูมิเฉลี่ย 15 องศาเซลเซียส จึงทำให้การเจริญเติบโตและผลผลิตที่ได้ไม่เป็นไปตามคุณลักษณะของพันธุ์พระราชทาน 80

4. การวิเคราะห์ความเหมาะสมและความเป็นไปได้ในการลงทุน หากสามารถควบคุมอุณหภูมิตลอดช่วงฤดูกาลผลิต และผลิตสตรอเบอรีได้ผลผลิตตามเกณฑ์มาตรฐานของพันธุ์พระราชทาน 80 ลดปัจจัยเสี่ยงในการผลิตและราคาได้คาดว่าจะมีความเป็นไปได้ในการลงทุน จากค่า NPV B/C Ratio และ IRR พบว่ามีความเหมาะสมในการลงทุน ถ้าพิจารณาราคาขายผลผลิตสตรอเบอรีในช่วงนอกฤดู กิโลกรัมละ 300 400 และ 500 บาท คิดจากผลผลิตที่ได้เฉลี่ย 320 กิโลกรัมต่อโรงเรือน (400 กรัมต่อต้น) และปลูกจำนวน 400 ต้นต่อโรงเรือน สำหรับการดำเนินการผลิต 1 โรงเรือน ซึ่งสามารถผลิตสตรอเบอรีนอกฤดูได้ 2 ช่วงปลูกต่อปี (ก่อนและหลังฤดู) จะมีจุดคุ้มทุนที่ มากกว่า 10 ปี 8.4 ปี และ 5 ปี ตามลำดับ อย่างไรก็ตามการผลิตสตรอเบอรียังสามารถเพิ่มช่องทางการผลิตได้อีก เช่น การเพิ่มกำลังการผลิตด้วยการปลูกแบบเป็นชั้นแนวตั้ง ซึ่งจะสามารถทำให้มีปริมาณการผลิตที่เพิ่มขึ้น ส่งผลให้มีจุดคุ้มทุนที่สั้นลงตามไปด้วย

5. โรงเรือนระบบปิดแบบอัจฉริยะจะไม่สามารถควบคุมสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมต่อการบังคับตาดอกและการพัฒนาดอกผลของสตรอเบอรีพันธุ์พระราชทาน 80 เนื่องจากไม่สามารถควบคุมอุณหภูมิให้ที่เหมาะสมตามความต้องการของสตรอเบอรี จึงควรเพิ่มระบบเครื่องปรับอากาศในโรงเรือนช่วยอีกทางหนึ่ง อย่างไรก็ตามโรงเรือนระบบปิดสามารถควบคุมสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมต่อการผลิตต้นไหลสตรอเบอรีได้ หรือพิจารณาเลือกปลูกพืชชนิดอื่นที่มีความต้องการอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ใกล้เคียงกับในโรงเรือนระบบปิด เป็นพืชที่ตลาดต้องการและมีมูลค่าสูง เช่น มะเขือเทศสายพันธุ์ญี่ปุ่น และสมุนไพรที่มีมูลค่าสูง เป็นต้น อาจจะเป็นทางเลือกที่เหมาะสมมากยิ่งขึ้น

คำขอบคุณ

คณะผู้วิจัยใคร่ขอขอบคุณนายประเสริฐ อนุพันธ์ และนางนุชนารถ กังพิศดาร ที่ปรึกษากรมวิชาการเกษตร ที่ให้ความช่วยเหลือ คำแนะนำในทุกขั้นตอนที่ได้ทำการวิจัย การติดตามงาน และแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ของงานวิจัย และข้อคิดเห็นที่เป็นประโยชน์ในการเขียนรายงานวิจัยเรื่องเต็มให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น และขอขอบคุณนายคนึงศักดิ์ เจียรสกุล กรรมการผู้ทรงคุณวุฒิที่ให้คำแนะนำ ความรู้และข้อคิดเห็นที่เป็นประโยชน์ในการเขียนรายงานวิจัยเรื่องเต็มให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น ขอขอบคุณนางพุฒนา รุ่งระวี ที่ปรึกษากรมวิชาการเกษตรที่ได้ให้คำปรึกษาและคำแนะนำในการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงสถิติ

ขอขอบคุณ ดร.ณรงค์ชัย พิพัฒน์ธนวงศ์ กรรมการบริหารมูลนิธิโครงการหลวง ที่ได้ให้ความรู้คำปรึกษาและคำแนะนำในการผลิตสตรอเบอรีที่เหมาะสม และขอขอบคุณนายปิยทัศน์ ทองไตรภพ ศูนย์วิจัยและบริการเพื่อชุมชนและสังคม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ที่ได้ให้คำปรึกษาและแนะนำการปลูกสตรอเบอรีในระบบโรงเรือน ขอขอบคุณข้าราชการ ลูกจ้างประจำ พนักงานราชการ และพนักงานจ้างเหมา ของศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมขอนแก่น สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร ที่มีส่วนร่วมงานวิจัยนี้ให้สำเร็จลุล่วง ขอขอบคุณกรมวิชาการเกษตร ที่สนับสนุนทุนวิจัยจากเงินรายได้สนับสนุนโครงการวิจัยด้านการเกษตร กรมวิชาการเกษตร ที่สนับสนุนทุนวิจัยในครั้งนี้ให้แล้วเสร็จ ผู้วิจัยจึงขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

เอกสารอ้างอิง

กองวิจัยและพัฒนาการจัดการที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. **ข้อมูลการจัดการดิน.** แหล่งข้อมูล: https://www.ldd.go.th/Web_Soil/acid.htm. สืบค้นเมื่อ: 20 มิถุนายน 2561.

จริยา วิสิทธิ์พานิช, อิทธิสุนทร นันทกิจ, ดนัย บุญยเกียรติ, เยาวลักษณ์ จันทร์บาง, พัชรินทร์ ครุฑเมือง, ชูชาติ สันธทรัพย์, รัชดาวรรณ ชีวังกูร, อัญชัน ชมพูพวง, สุมาลี เม่นสิน และประนอม ใจอ้าย. 2560. **คู่มือการผลิตผักคุณภาพและปลอดภัยในโรงเรือน.** สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.). กรุงเทพฯ; 270 หน้า.

ชูชาติ สันธทรัพย์. 2551. **เทคโนโลยีการผลิตพืชในโรงเรือน.** คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. แหล่งข้อมูล: http://e-service.agri.cmu.ac.th/download/publication/3057_file.pdf. สืบค้นเมื่อ: 21 พฤษภาคม 2561.

ชูพงษ สุกุมลนันท์. 2531. สตรอเบอรี. โอ.เอส.พริ้นติ้งเฮาส,กรุงเทพฯ. 216 น.

ณรงค์ชัย พิพัฒน์ธนวงศ์. 2544. **สตรอเบอรี:** พืชเศรษฐกิจใหม่. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพมหานคร. 158 หน้า.

ณรงค์ชัย พิพัฒธนวงศ์. 2550**. การผลิตไม้ผลเมืองหนาวขนาดเล็กในเขตร้อน.** สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพมหานคร.

ณัฐฐิกา นิยมญาติ มินตรา มีสาวงษ์ อนุมัติ อิงคนินันท์ และ เสกสรรค์ มธุลาภรังสรรค์, 2558. **ระบบจัดการโรงเรือนปลูกพืชด้วยแอนดรอยด์ผ่านเซิร์ฟเวอร์ฝังตัว.** สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ธนากร น้ำหอมจันทร์ และ อติกร เสรีพัฒนานนท์. (2557). **ระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ในโรงเรือนเพาะปลูกพืชไร้ดิน แบบทำความเย็นด้วยวิธีการระเหยของน้ำร่วมกับการสเปรย์ละอองน้ำแบบอัตโนมัติ โดยใช้ระบบควบคุมเชิงตรรกะแบบโปรแกรมได้**. วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเซีย ฉบับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ปีที่ 8 ฉบับที่ 1 มกราคม-มิถุนายน 2557.

นิรนาม. 2560. **โรงเรือน.** แหล่งข้อมูล: http://agri.wu.ac.th/msomsak/Soilless/Chapter07/Greenhouse.htm. สืบค้นเมื่อ: 11 มีนาคม 2561.

นิรนาม. 2557. **สตรอเบอรี (strawberry).** แหล่งข้อมูล: http://zen-hydroponics.blogspot.com/2014/11/strawberry.html. สืบค้นเมื่อ: 21 เมษายน 2561.

นิรนาม. มปป. **เครื่องปรับอุณหภูมิน้ำเย็นชนิดระบายความร้อนด้วยอากาศ (.Air Cooled Chiller)** แหล่งข้อมูล: http://aircoolchillers.blogspot.com/2014/09/air-cooled-chiller.html. สืบค้นเมื่อ: 15 มกราคม 2563.

ปรีดา นาเทเวศน์ และสิริวัฒน์ สาครวาสี. 2555. **การพัฒนาระบบการระบายความร้อนวัสดุปลูกเพื่อการผลิตสตรอเบอรีนอกฤดู.** รายงานผลการวิจัย ประจำปี 2554 มหาวิทยาลัยแม่โจ้.

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 2560. **แบบของโรงเรือน.** แหล่งข้อมูล: http//suwan.kps.ku.ac.th. สืบค้นเมื่อ: 9 มีนาคม 2560.

มัฆวาล หอสุวรรณ์. 2548. **การปลูกพืชในระบบแอโรโพนิกส์.** แหล่งข้อมูล: http://www.bangsaiagro.com/airoponics.aspx : สืบค้นเมื่อ 24 ธันวาคม 2560.

เรวัตร จินดาเจี่ย, อรุณศิริ กำลัง, จันทร์จรัส วีระสาร และธรรมศักดิ์ ทองเกตุ. 2548. **ศึกษาวัสดุปลูกที่เหมาะสมสำหรับการปลูกมะเขือเทศเชอรี่โดยไม่ใช้ดิน.** แหล่งข้อมูล: http://kukr.lib.ku.ac.th/proceedings/KUCON/search_detail/result/9171. สืบค้นเมื่อ: 24 ธันวาคม 2560.

วิรัตน์ ปราบทุกข์ บรรจง ปานดี และพิมุกต์ พันธรักษ์เดชา. 2556. **การปลูกสตรอเบอรีพันธุ์พระราชทาน 80**. สถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง (องค์การมหาชน). เชียงใหม่. 60 หน้า.

วิทวัส สมัญญาภรณ์. 2545. **การออกแบบและพัฒนาเครื่องขนมันสำปะหลังขึ้นรถบรรทุก.** วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล. บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

สมศักดิ์ มณีพงศ์. 2555. **รูปแผนภาพการปลูกพืชระบบรากแขวนอยู่ในอากาศ.** แหล่งข้อมูล: http://agri.wu.ac.th/msomsak/Soilless/ : สืบค้นเมื่อ: 15 ธันวาคม 2560.

สมยศ เชิญอักษร. 2541. **ออกแบบเครื่องกลขนถ่ายวัสดุเกษตรและอาหาร.** มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

สุภาวดี ศรีวงค์เพ็ชร ดนัย บุณยเกียรติ และพิชญา บุญประสม พูลลาภ. 2557. **คุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวของผลสตรอเบอรีพันธุ์พระราชทาน 80 และพันธุ์ 329**. วารสารแก่นเกษตร ปีที่ 42 ฉบับที่ 4: 463-472.

ห้างหุ้นส่วนจำกัด ดรีม ชิลเลอร์ ซิสเท็ม. **Chillers System ระบบทำความเย็นแบบรวมศูนย์.** แหล่งข้อมูล: http://www.dreamchiller.com. สืบค้นเมื่อ: 12 ธันวาคม 2563.

อภิรัฐ ปิ่นทอง. 2555. **การให้ปุ๋ยในระบบน้ำและการปลูกพืชไร้ดิน**. แหล่งข้อมูล: http://cw.rmuti.ac.th/source/unit7 01.htm. สืบค้นเมื่อ: 16 ธันวาคม 2560.

โอฬาร ตัณฑวิรุฬห์ วิทยา สุริยาภณานนท์ วรวิทย์ ยี่สวัสดิ์ ณรงค์ชัย พิพัฒน์ธนวงศ์ สมศักดิ์ รุ่งอรุณ อัจฉรา ภาวสุทธิ์ วีระศรี หวังการ. 2541. **การศึกษาการควบคุมอุณหภูมิและแสง เพื่อให้เกิดตาดอกในต้นพันธุ์สตรอเบอรี**. เอกสารประกอบการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 36. 297 หน้า.

AOAC. 2000. **Official Method of Analysis of AOAC International**. 17th ed. Arligiton. Va: Association of Official of Analytical Chemists. Inc.

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

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.

David Kuack. 2017. **Strawberries can be adapted to greenhouse production systems**. Urban Ag News. Available at: http://urbanagnews.com/blog/strawberries-can-be-adapted-to-greenhouse-production-systems/. Accessed: April 10, 2019.

Giusti, M.M. and R. E. Wrolstad. 2005. Characterization and measurement of anthocyanins by UV-Visible spectroscopoy, pp. 19-31. *In* R.E. Wrolstad, T.E. Acree, E.A. Decker, M. H. Penner, D.S. Reid, S.J. Schwartz, C.F. Shoemaker, D. Smith and P. Sporns, eds. **Handbook of Food Analytical Chemistry**. Wiley-Interscience, Hoboken, New Jersey.

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.

Kim, D.-O., S. W. Jeong and C.Y. Lee. 2003. Antioxidant capacity of phenolic phytochemicals from various cultivars of plums. **Food Chemistry.** 81: 321-326.

Kim, D.-O., K. W. Lee, H.J. Lee and C.H. Lee. 2002. Vitamin C equivalent antioxidant capacity (VCEAC) of phenolic phytochemicals. **J. Agric. Food Chem.** 50(13): 3713-3717.

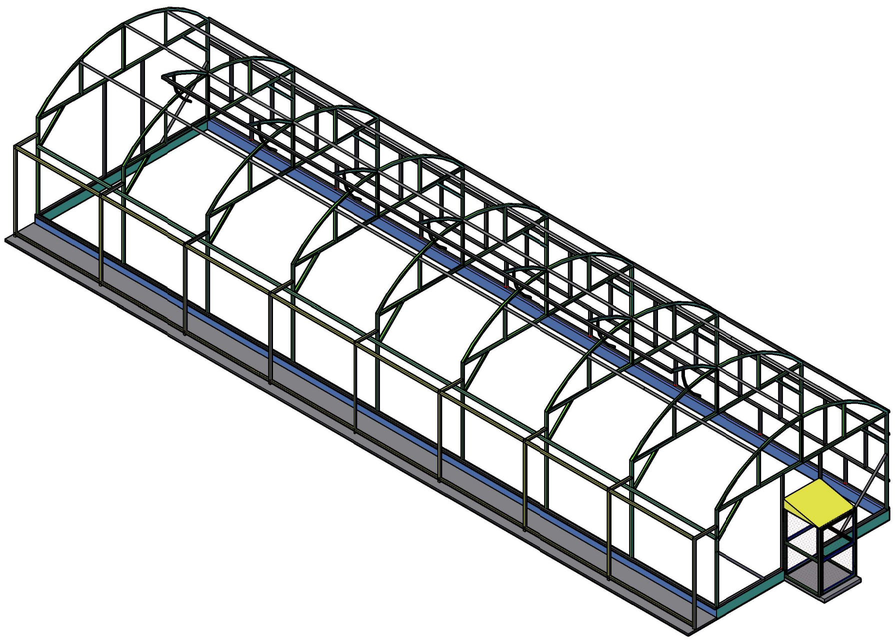
Short, T. H. 1998. **New Research in Natural Ventilation**. Available at: http://floriculture.osu.edu/archive/jun98 /natvent.html. Accessed: April 10, 2019.

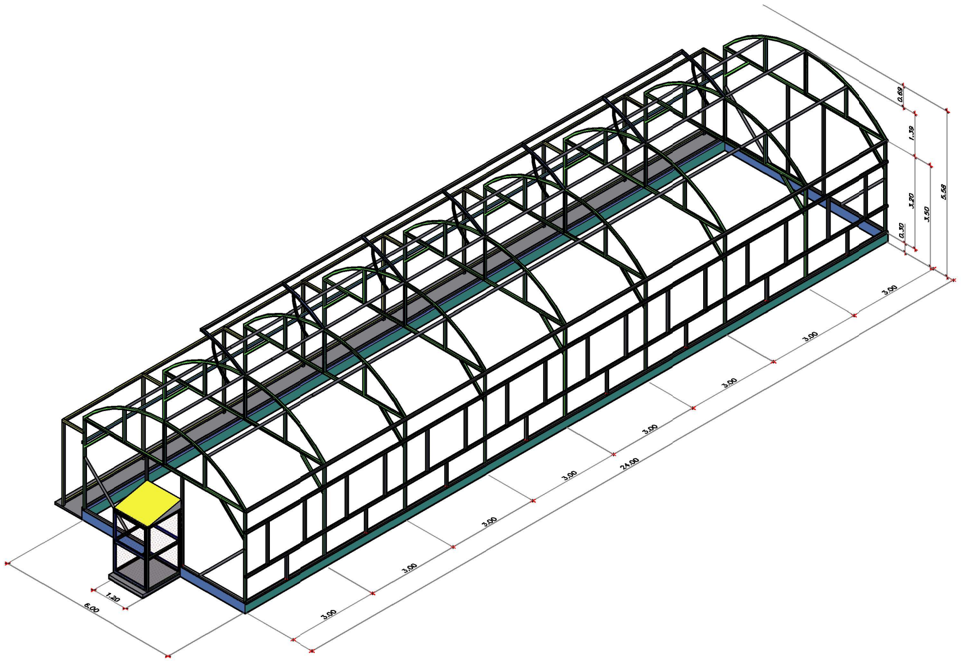
ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
แบบแปลนโรงเรือนแบบควบคุมสภาพแวดล้อมระบบปิด

แบบแปลนโรงเรือนแบบควบคุมสภาพแวดล้อมระบบปิด (Evap) แบบอัจฉริยะ

ขนาดกว้าง 6 เมตร ยาว 24 เมตร และสูง 5 เมตร





รายละเอียด คุณลักษณะ

- เป็นโรงเรือนระบบน็อคดาวน์หลังคาทรงโค้ง ขนาดกว้าง 6 เมตร ยาว 24 เมตร คลุมพื้นที่ 144 ตร.ม จำนวน 1 หลัง
- โครงสร้างทำด้วยท่อเหล็กกัลวาไนซ์ขนาด Ø 2x2" หนา 1.60 มม. และ Ø 1.5"x1.5" หนา 1.20 มม. ทุกระยะ 3.00 เมตร
- ตอม่อคอนกรีต ∅ ประมาณ 4" ฝังเดือยเสาเหล็กชุบกัลวาไนซ์ Ø 1.5"x1.5" หนา 1.60 มม.ทุกระยะ 3 เมตร
- พื้นภายในโรงเรือนโรยด้วยหิน ขนาด 3/8" หนาเฉลี่ย 8 ซม.
- พลาสติกคลุมโรงเรือนทั้งหลังพร้อมติดตั้งอุปกรณ์ PE.-Plastic ผสม UV stabilizer ความหนาไม่น้อยกว่า 200 ไมครอน อายุการใช้งานไม่ต่ำกว่า 3 ปี
- ด้านหน้าโรงเรือนมีประตูบานเดียว 2 ชุด (นอก- ใน) พร้อมกล่องประตูระหว่างประตูชั้นนอกและชั้นใน ขนาดบานประตูกว้าง 1.20 เมตร สูง 2 เมตร มีกุญแจล๊อค บานและกล่องประตูบุด้วยวัสดุเช่นเดียวกันกับวัสดุคลุมโรงเรือน บานนอกเป็นประตูบานเปิด- ปิด/บานด้านใน เป็นประตูบานเลื่อนแบบแขวน
- ยึดโครงสร้างเข้าด้วยกันด้วยอุปกรณ์มาตรฐานสำหรับงานโรงเรือน
- ใช้ Lock wire ,spring insert, สายรัดกรีนเฮาส์ ยึดวัสดุคลุมติดกับโครงสร้างเหล็กพร้อมอุปกรณ์ประกอบมาตรฐานโรงเรือน
- หลังคาด้านบนมีช่องสำหรับระบายอากาศ ยาว 18.00 ม. สามารถเปิด/ปิด ขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ไฟฟ้า
- ภายใน ติดตั้งแสลนสีเงิน 50% เปิด- ปิด ด้วยระบบไฟฟ้า (Manual)

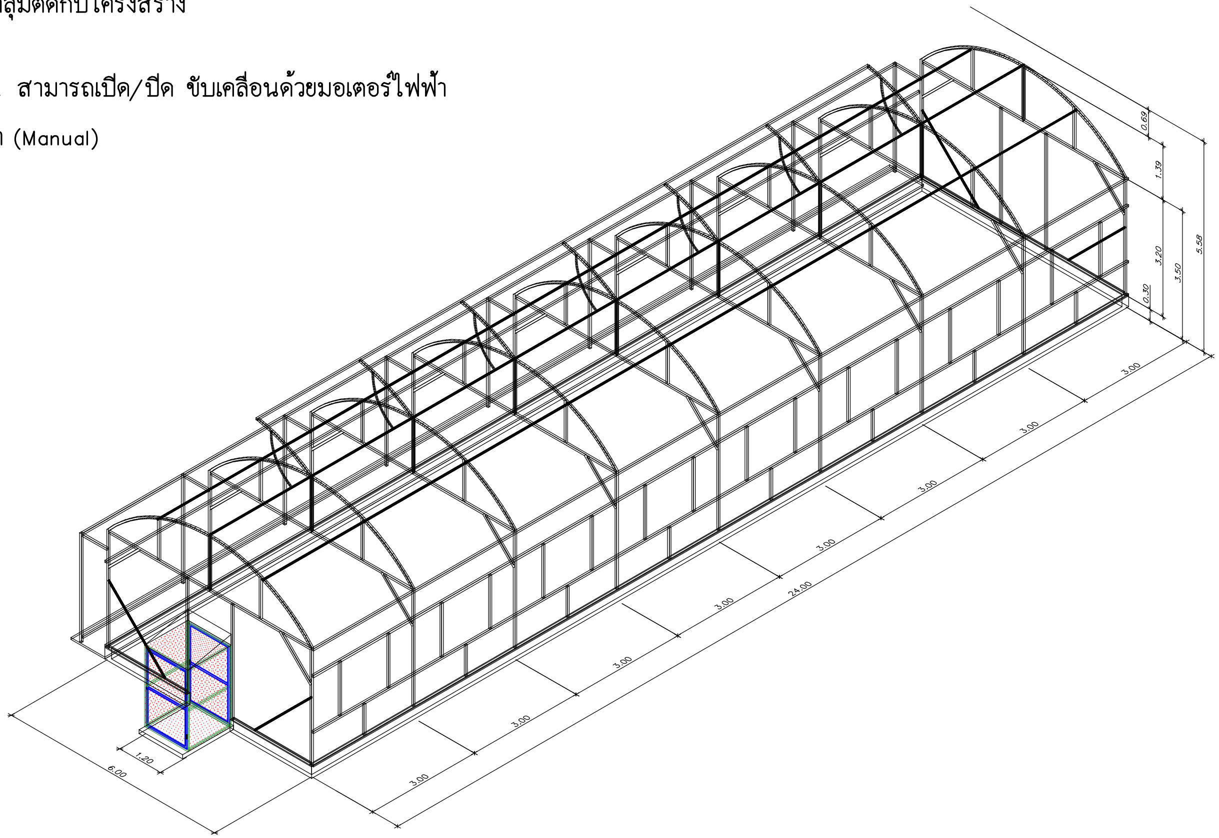
ขอบเขตการดำเนินงาน

.- งานติดตั้งโครงสร้าง คสล. ,โครงสร้างเหล็ก และงานวัสดุปูพื้น

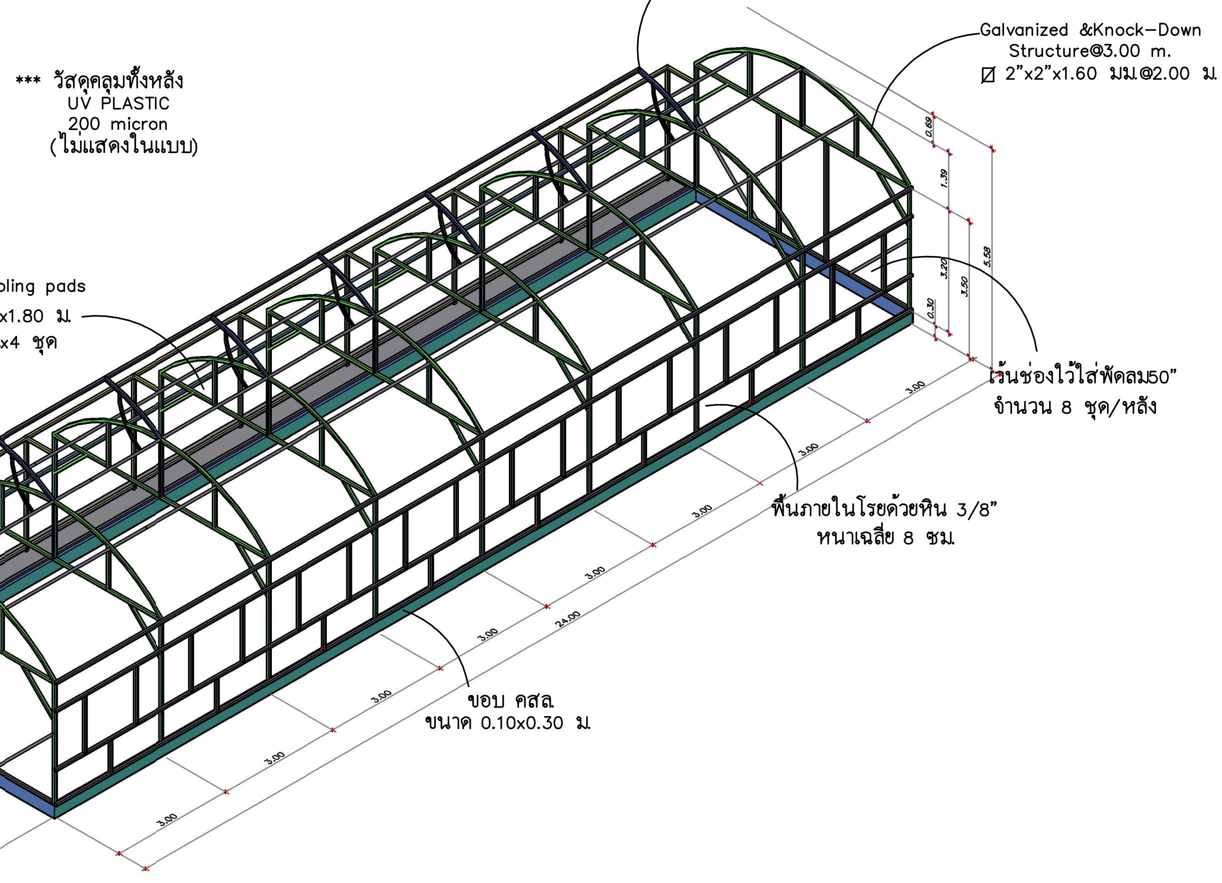
.- งานติดตั้งวัสดุคลุม

.- งานติดตั้งชุดเปิด- ปิด หลังคาด้วยระบบมอเตอร์ไฟฟ้า (Manual)

.- งานติดตั้งชุดม่านพรางแสง 50%สีเงิน ภายในฯ ทำงานด้วยระบบมอเตอร์ไฟฟ้า (Manual)

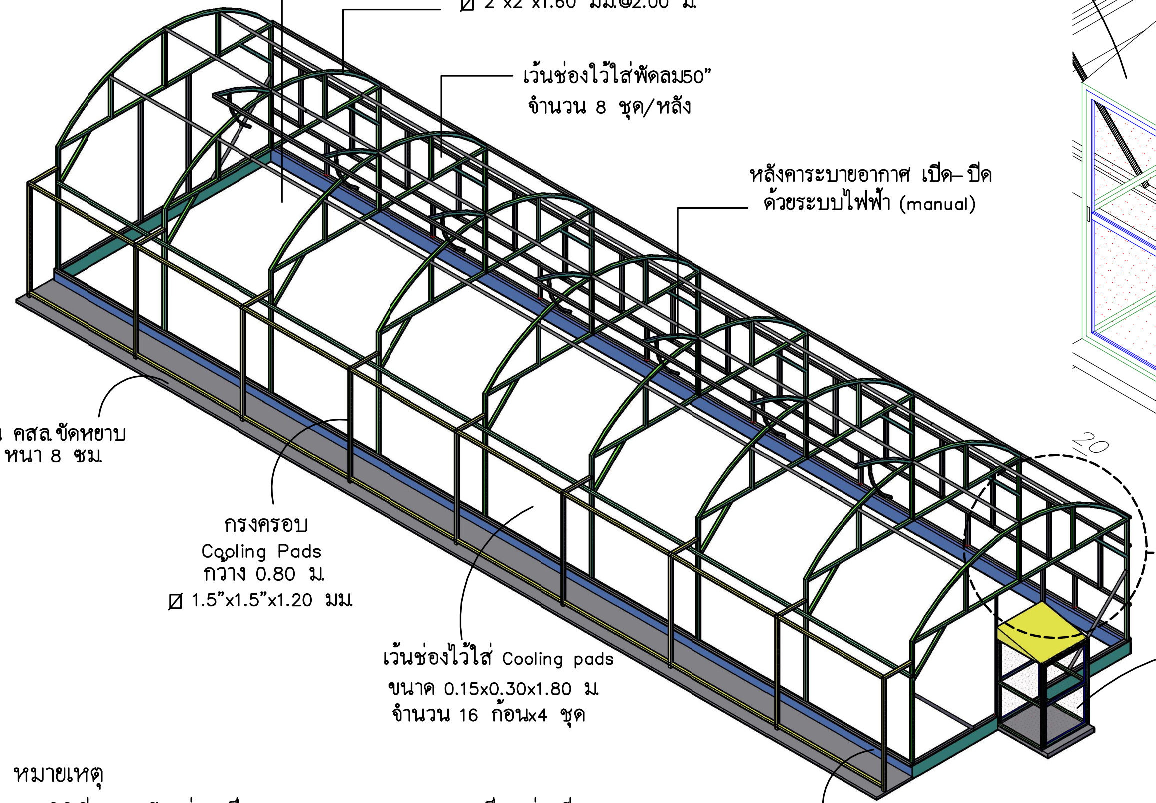


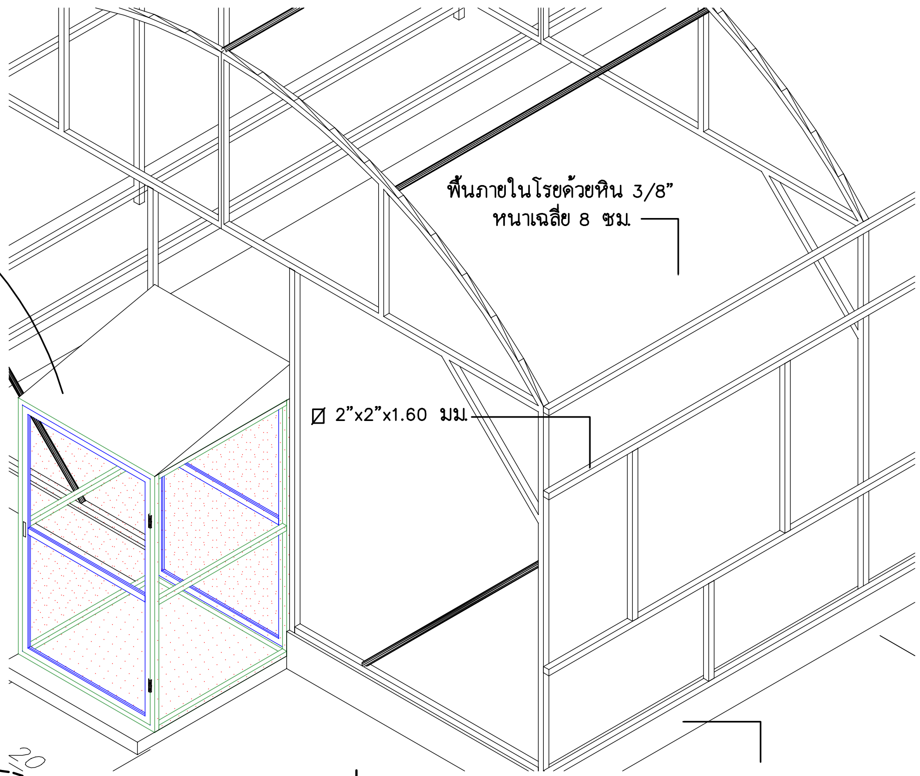
รูปแสดงวัสดุจับยึดวัสดุคลุม– โครงสร้าง



หมายเหตุ

1. มิติที่แสดงมีหน่วยเป็น เมตร นอกจากจะระบุเป็นอย่างอื่น
2. ค่าระดับ+– 0.00 เป็นค่าระดับอ้างอิงตามแบบสถาปัตยกรรม

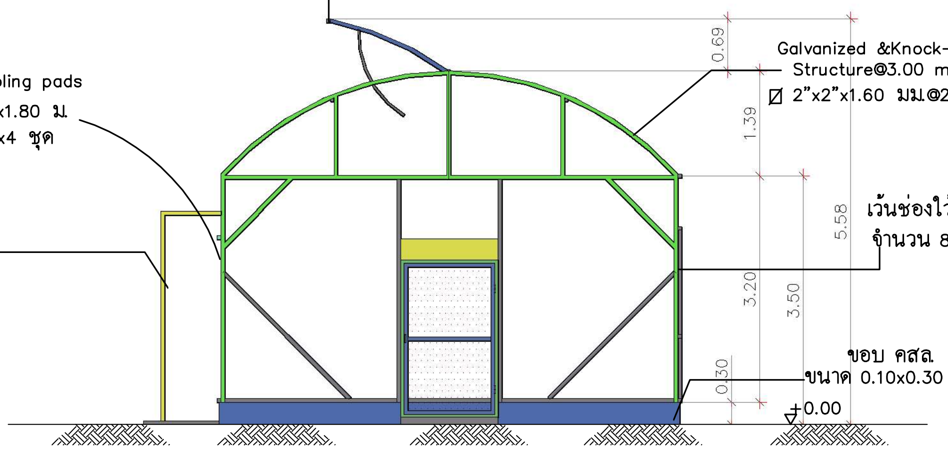




หมายเหตุ

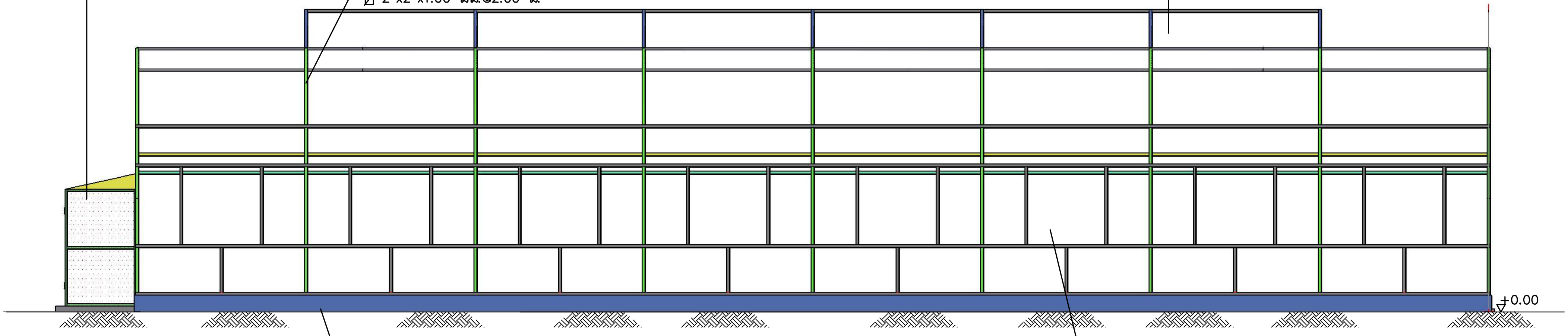
1. มิติที่แสดงมีหน่วยเป็น เมตร นอกจากจะระบุเป็นอย่างอื่น
2. ค่าระดับ+- 0.00 เป็นค่าระดับอ้างอิงตามแบบสถาปัตยกรรม

*** วัสดุคลุมทั้งหลัง
UV PLASTIC
200 micron
(ไม่แสดงในแบบ)



FRONT VIEW

ประตู
.– ชั้นนอก บานเปิด/ปิด ขนาด 1.20x2.00 ม.
.– ชั้นใน บานเลื่อนแขวน ขนาด 1.20x2.00 ม.
.– กล่องประตู ลึก 1.00 ม. บุด้วย UV Plastic 200 mc

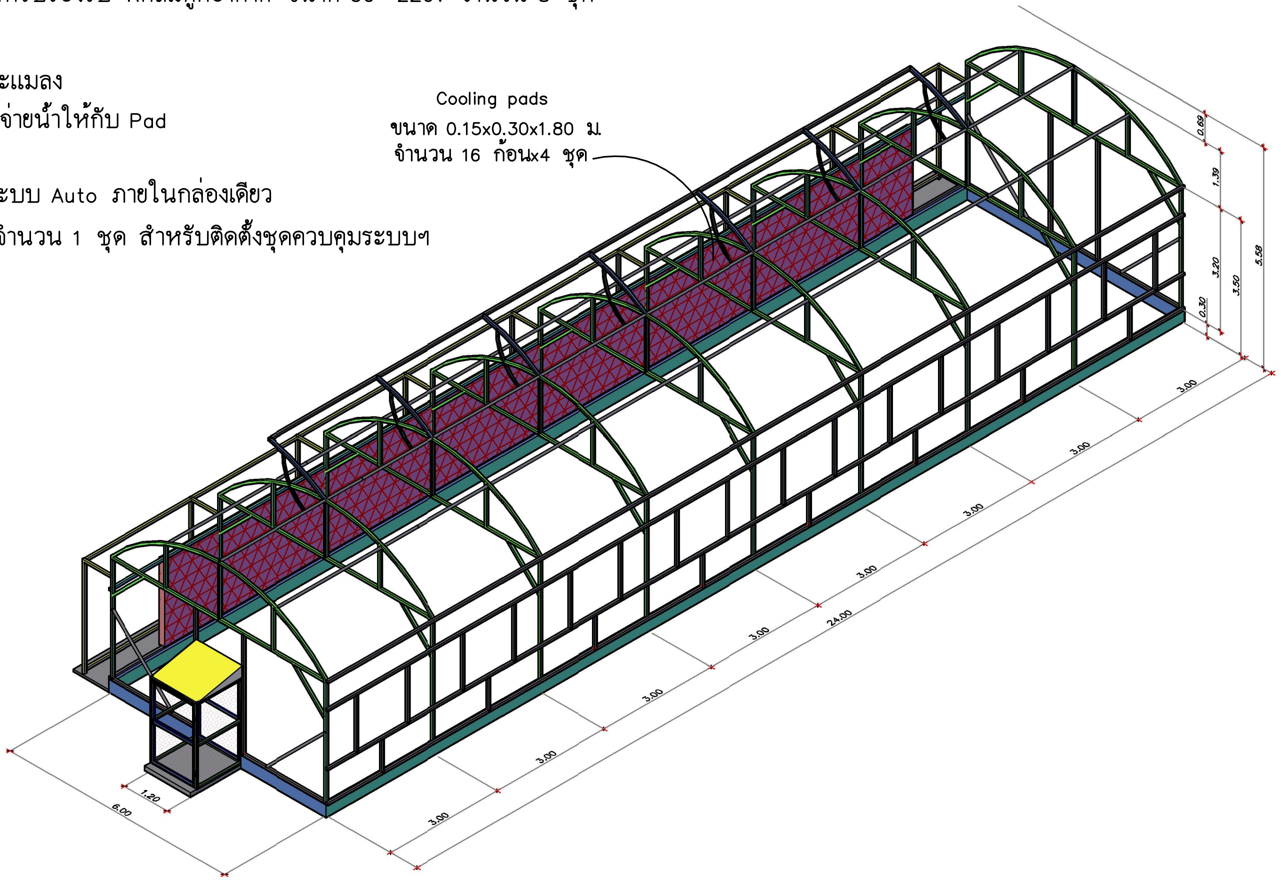


SIDE VIEW

หมายเหตุ
1. มิติที่แสดงมีหน่วยเป็น เมตร นอกจากจะระบุเป็นอย่างอื่น
2. ค่าระดับ+– 0.00 เป็นค่าระดับอ้างอิงตามแบบสถาปัตยกรรม

ระบบ EVAP

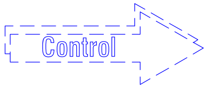
- ด้านข้างโรงเรือนฯ ตามยาว (ตามแบบ)ติดตั้งระบบ Cooling pad มีขอบเฟรมและรางน้ำแสตนเลสด้านบนและล่าง พร้อมอุปกรณ์ติดตั้ง และติดตั้งมุ้งตาข่ายกันแมลงชนิด 20 mesh พร้อมประตูเปิด- ปิด ครอบ Cooling pad ด้านนอกโรงเรือน แผ่น Cooling Pad มีคุณสมบัติดูดซับน้ำได้ดี แต่ยอมให้มีการระเหยได้ง่าย มีความแข็งแรง ไม่อ่อนนุ่ม ไม่เน่าเปื่อยผุพังง่าย มีพื้นที่ผิวมาก มีความต้านทานการไหลของอากาศต่ำ กาวที่ใช้มีคุณภาพดีซึมน้ำได้ ทนต่อกรดด่าง มีความแข็งแรงทรงตัวอยู่ได้เองเมื่อเปียกน้ำ มุมตัดของท่ออากาศ 90 องศา พื้นที่ผิวไม่น้อยกว่า 450 m2 /m3 ผ่านการทดสอบของผู้ผลิตหรือสถาบันที่เชื่อถือได้
- ติดตั้งถังเก็บน้ำใต้ดิน ด้านที่ติดตั้ง cooling pads ความจุ 2,000 ลิตร จำนวน 2 ชุด พร้อมมิเตอร์วัดการใช้น้ำ และระบบท่อน้ำ (ตามแบบ)
- ด้านข้างโรงเรือนฯ ตรงข้าม Cooling Pads (ตามแบบ)ติดตั้งโครงสร้าง สำหรับรองรับ พัดลมดูดอากาศ ขนาด 50” 220v จำนวน 8 ชุด
- ติดตั้งปั๊มน้ำสำหรับ Evaporation ขนาด 1 HP จำนวน 2 ชุด/หลัง
- ติดตั้งมุ้งในล่อนห่างจากหน้า Pad ประมาณ 0.80 เมตร เพื่อกันเศษฝุ่นและแมลง
- น้ำที่กระจายบน Pad ต้องสม่ำเสมอไม่แรงหรือค่อยเกินไป มีปั๊มน้ำสำหรับจ่ายน้ำให้กับ Pad อย่างพอเพียง
- ติดตั้งตู้ควบคุมพัดลมและปั๊มน้ำ สามารถควบคุมได้ทั้งระบบ manual และระบบ Auto ภายในกล่องเดียว
- ติดตั้งกรงตาข่ายมีหลังคากันฝน สามารถล๊อคกุญแจ ขนาด 2.00x3.00 ม. จำนวน 1 ชุด สำหรับติดตั้งชุดควบคุมระบบฯ

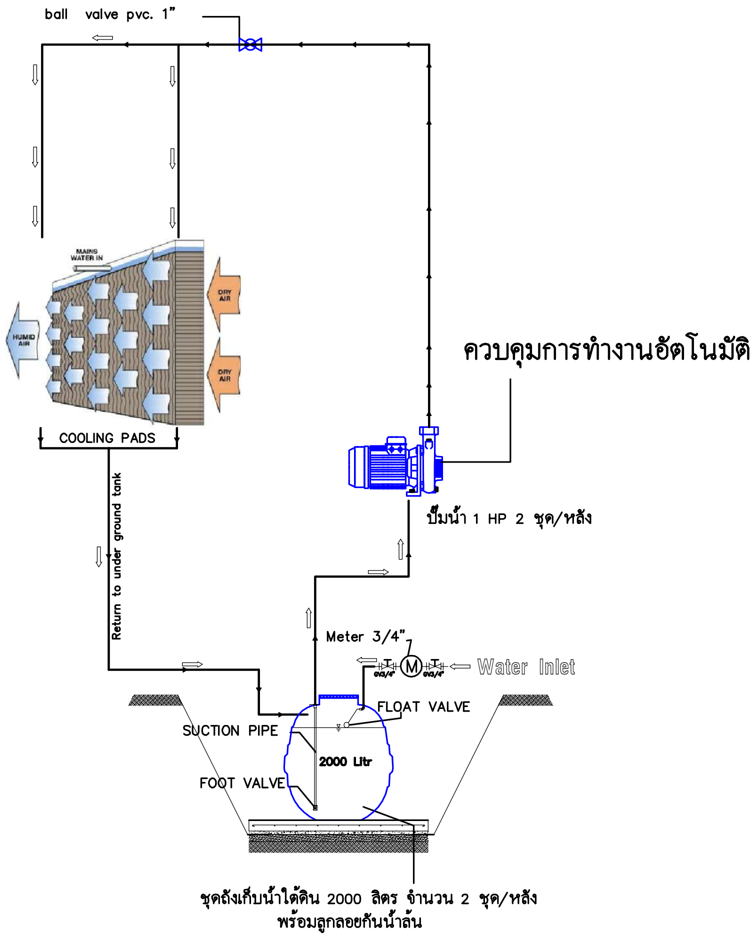


หมายเหตุ

1. มิติที่แสดงมีหน่วยเป็น เมตร นอกจากจะระบุเป็นอย่างอื่น
2. ค่าระดับ+- 0.00 เป็นค่าระดับอ้างอิงตามแบบสถาปัตยกรรม
3. พัดลมดูดอากาศ ที่ปรากฏในแบบ เป็นแค่ตัวอย่างในการติดตั้งเท่านั้น ไม่มีในรายการก่อสร้าง

EVAP.-DIAGRAM



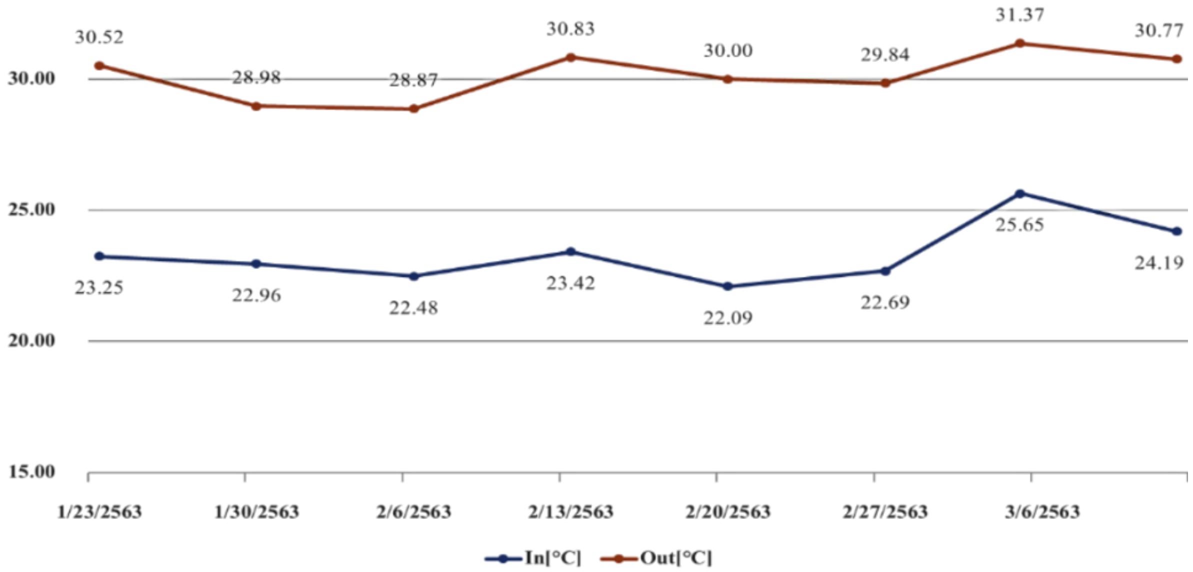


ชุดควบคุมการทำงานของระบบพัดลม/ปั๊มน้ำ อัตโนมัติ ติดตั้งภายในกรงตาข่ายกันฝน/กันขโมย ขนาด 2.00x3.00 ม. ควบคุม 3 ระบบ ได้แก่

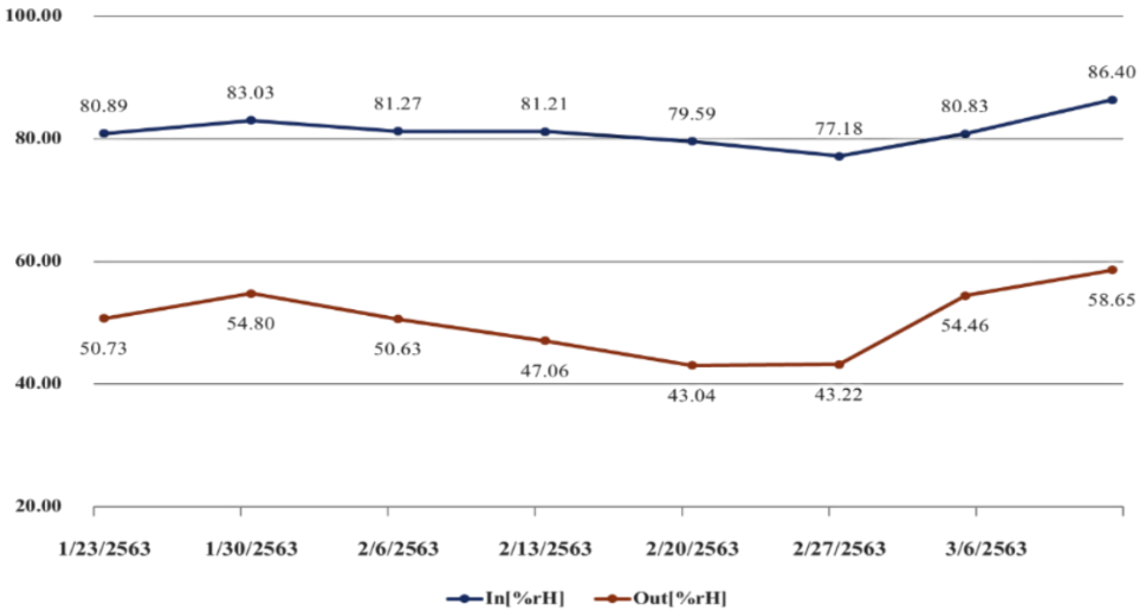
1. ระบบ Manual
2. ระบบ Auto
3. ระบบผ่าน Timer

ด้านหลัง
โรงเรือนฯ

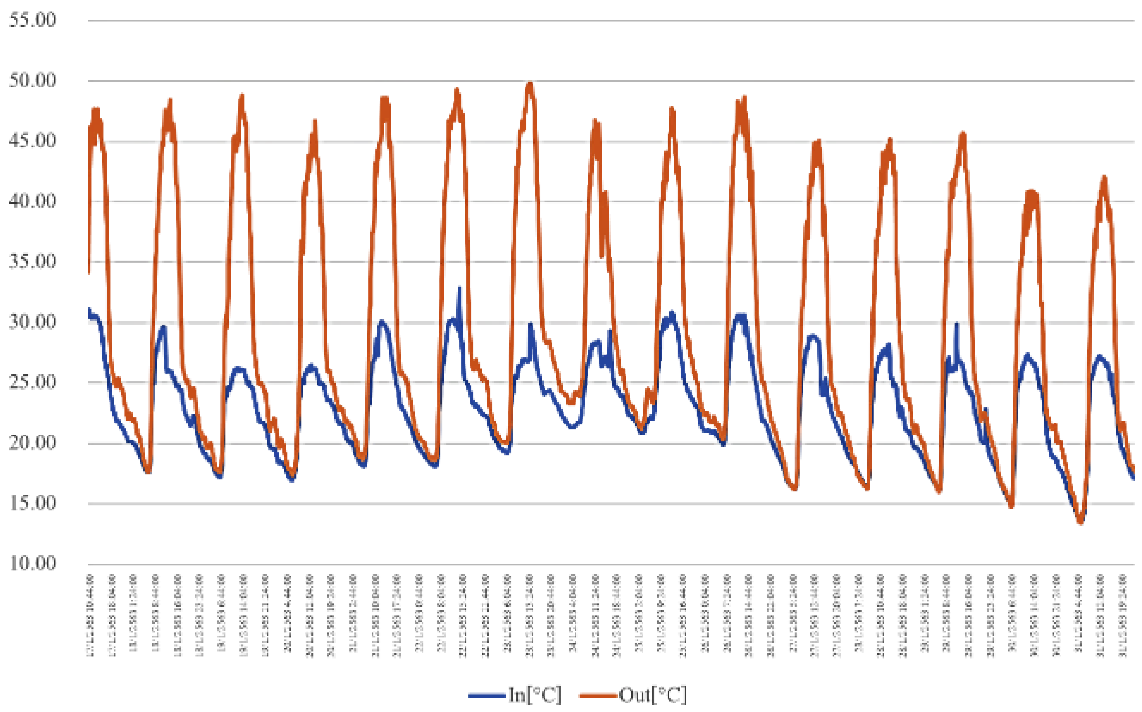
ภาคผนวก ข
สภาพแวดล้อมภายในและภายนอกโรงเรือนระบบปิด



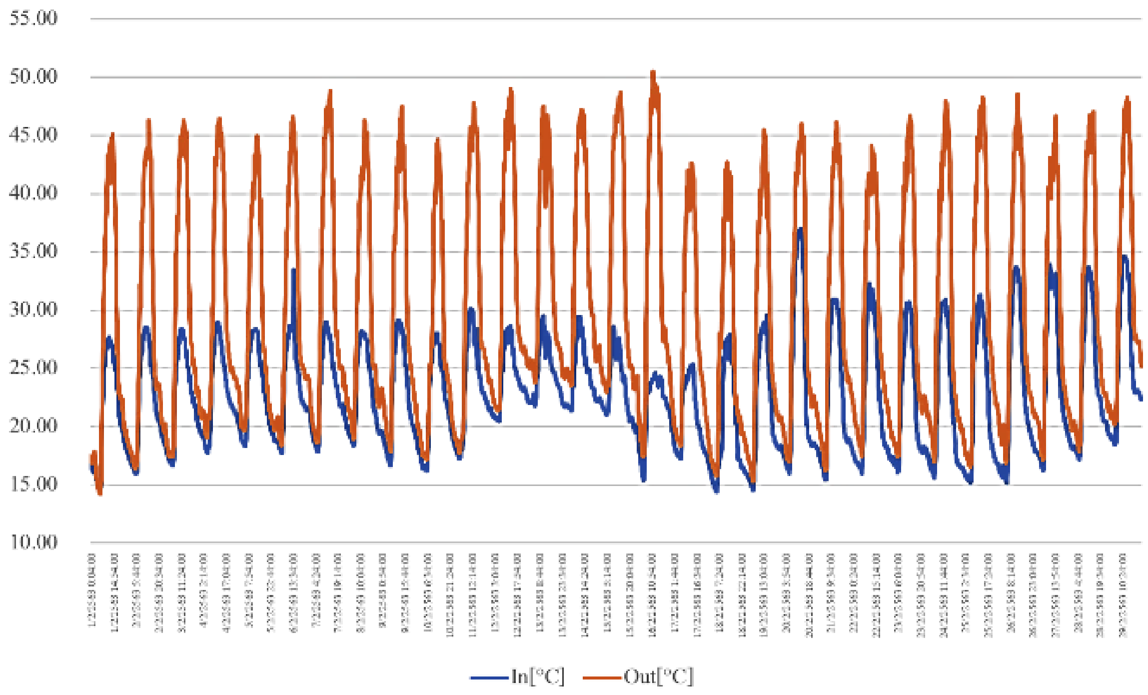
ภาพผนวก ข 1 แสดงค่าอุณหภูมิเฉลี่ยภายในและนอกโรงเรือน รายสัปดาห์ ระหว่างช่วงเดือนมกราคม – มีนาคม 2563 ในรอบการผลิต



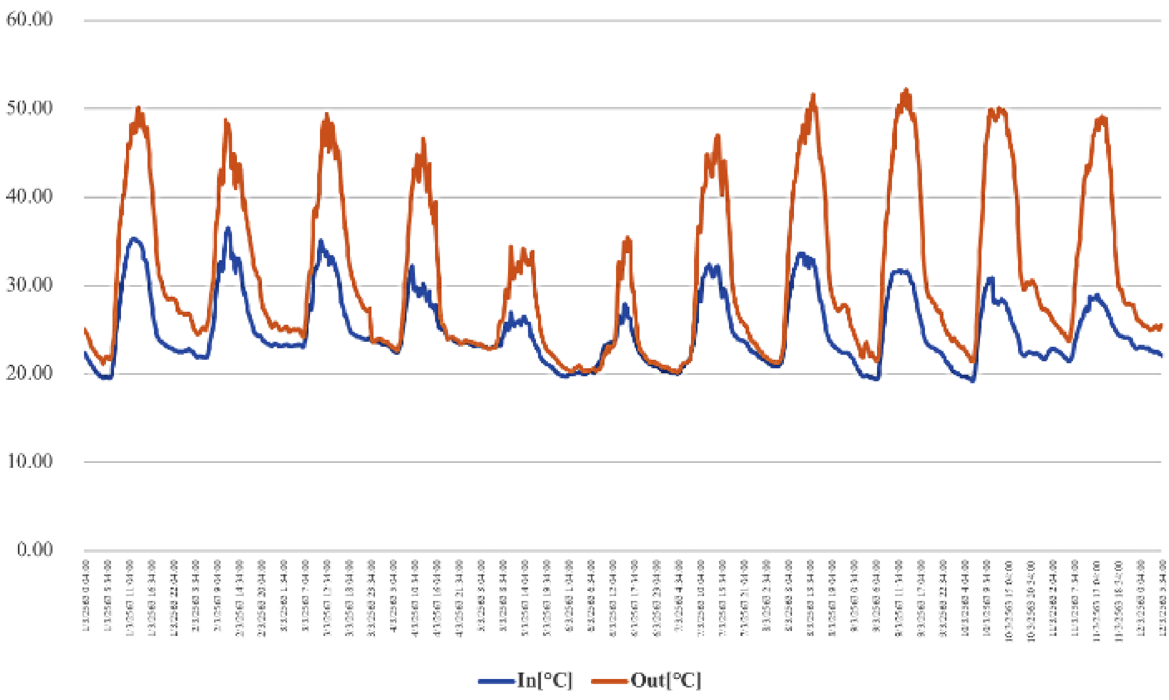
ภาพผนวก ข 2 แสดงค่าความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยภายในและนอกโรงเรือน รายสัปดาห์ ระหว่างช่วงเดือนมกราคม – มีนาคม 2563 ในรอบการผลิต



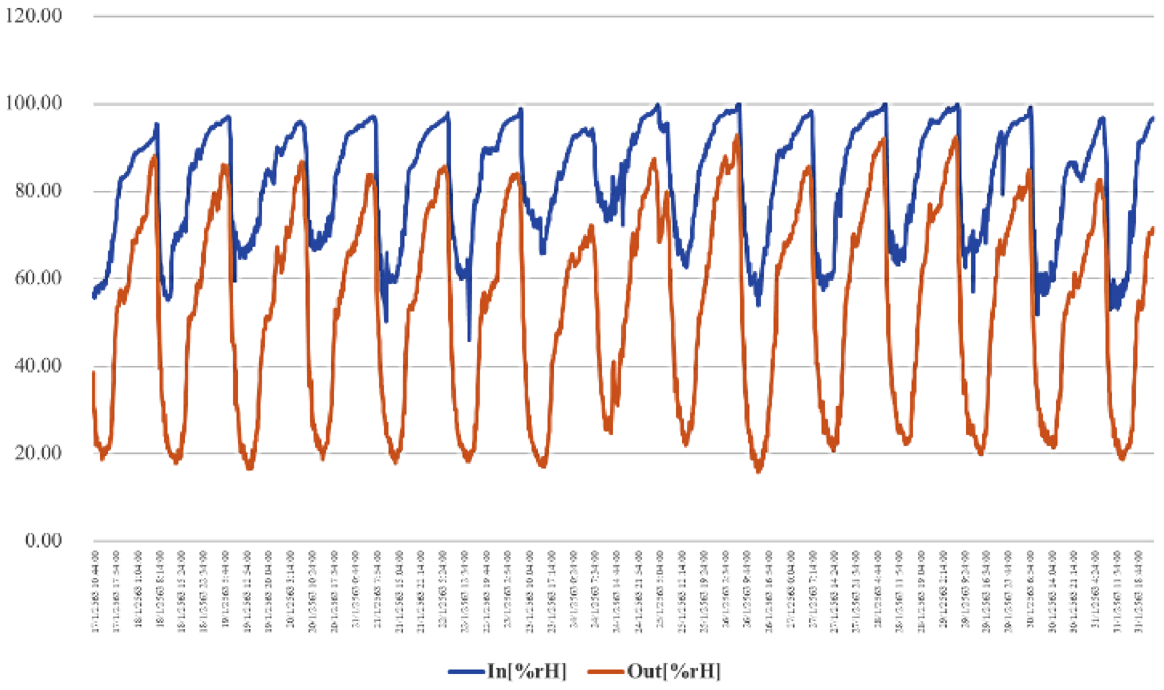
ภาพผนวก ข 3 ค่าอุณหภูมิเฉลี่ยภายในและนอกโรงเรือน รายเดือนมกราคม 2563



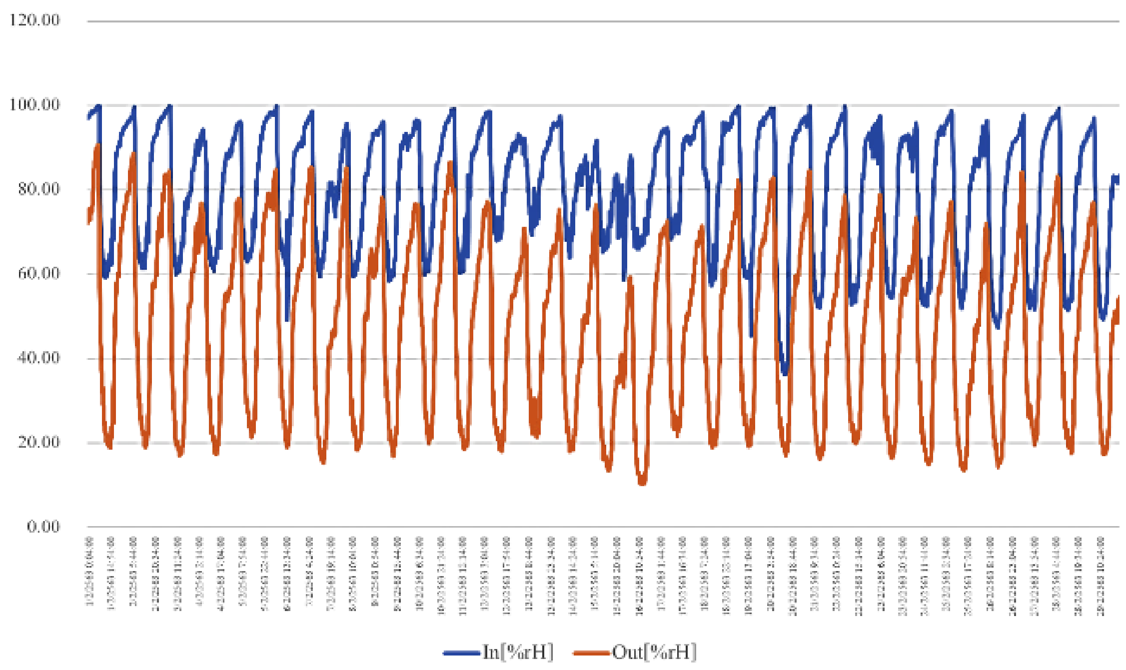
ภาพผนวก ข 4 ค่าอุณหภูมิเฉลี่ยภายในและนอกโรงเรือน รายเดือนกุมภาพันธ์ 2563



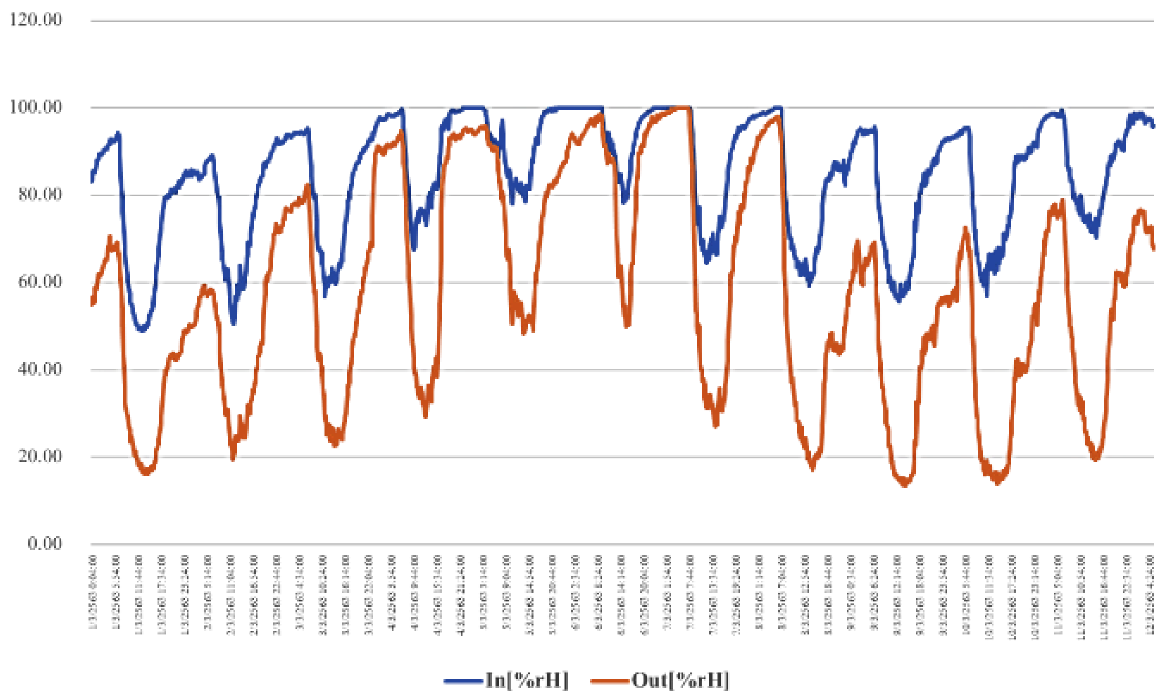
ภาพผนวก ข 5 ค่าอุณหภูมิเฉลี่ยภายในและนอกโรงเรือน รายเดือนมีนาคม 2563



ภาพผนวก ข 6 ค่าความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยภายในและนอกโรงเรือน รายเดือนมกราคม 2563



ภาพผนวก ข 7 ค่าความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยภายในและนอกโรงเรือน รายเดือนกุมภาพันธ์ 2563



ภาพผนวก ข 8 ค่าความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยภายในและนอกโรงเรือน รายเดือนมีนาคม 2563

ภาคผนวก ค

ลักษณะประจำพันธุ์สตรอเบอรีพันธุ์พระราชทาน 80

สตรอเบอรีพันธุ์พระราชทาน 80
Strawberry Pharachatan 80

ข้อมูลประจำพันธุ์ทางพฤษศาสตร์

ชนิดพืช สตรอเบอรี (Strawberry : Fragaria x ananassa Duch.)

ชื่อพันธุ์/สายพันธุ์ พระราชทาน 80 (Pharachatan 80)

แหล่งที่มาและประวัติของพันธุ์

สตรอเบอรีพันธุ์ พระราชทาน 80 หรือ รหัส 01-16 ได้ถูกคัดเลือกครั้งแรกในฤดูกาลผลิตปี พ.ศ. 2545 ที่แปลงทดลองของสถานีวิจัยดอยปุย (พิกัดที่ตั้ง 18 ° 48’ 39’’ N, 98° 53’ 5’’ E สังกัดสถาบันค้นคว้าและพัฒนาระบบนิเวศเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์) อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ โดยเป็นการนำเมล็ดพันธุ์ลูกผสมจากประเทศญี่ปุ่นเข้ามาเพาะและปลูกทดสอบ ตามโปรแกรมการผสมพันธุ์ของโครงการวิจัย การผสมพันธุ์และคัดเลือกสตรอเบอรี (รหัสโครงการที่ 3025 - 3038 ระหว่างปี พ.ศ. 2541 - 2545 งบประมาณวิจัยของมูลนิธิโครงการหลวง)

ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2545 เป็นต้นมา สตรอเบอรีพันธุ์ พระราชทาน 80 ก็ได้ถูกขยายต้นพันธุ์โดยวิธีผลิตต้นไหลแบบธรรมดาและการเพาะเลี้ยงต้นเนื้อเยื่อปลอดโรค เพื่อใช้ปลูกทดสอบในพื้นที่แปลงทดลองของสถานีเกษตรหลวงอ่างขาง อำเภอฝาง จังหวัดเชียงใหม่ ในปี พ.ศ. 2547 เพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลเพิ่มเติมทางด้านการเจริญเติบโต การให้ผลผลิต คุณภาพของผลผลิตและรสชาติที่พึงพอใจด้วยการใช้วิธีสุ่มจากตัวแทนผู้บริโภค ความทนทานต่อศัตรูพืช รวมทั้งการผลิตไหลและต้นไหลสำหรับการขยายต้นพันธุ์ให้แก่เกษตรกรในช่วงเวลานับจากนี้

ประเภท เป็นสตรอเบอรี่รับประทานผลสด

ระบบราก ต้นที่สมบูรณ์ โดยปกติมีรากหลักประมาณ 20 - 30 ราก แต่อาจมีรากที่เรียกว่า Primary root ได้ถึง 100 ราก และมีรากแขนงเล็กๆ Rootlet นับเป็นจำนวนพันรากซึ่งถือว่าเป็นต้นที่มีระบบรากที่ดี ราก Primary root เริ่มเจริญจากส่วนลำต้นและเจริญอย่างรวดเร็วจนอาจมีความยาวหลายนิ้ว เนื้อเยื่อตรงกลางราก (Stele) เป็นสีขาวและชี้ถึงความสมบูรณ์ของต้น รากโดยทั่วไปมีอายุประมาณ 1 ปี

ภาพผนวก ค 1 ระบบรากของสตรอเบอรีพันธุ์พระราชทาน 80

ต้น Crown หรือ ลำต้นเป็นส่วนที่สั้นโดยปกติมีขนาดยาวประมาณ 2 เซนติเมตร และส่วนนอกจะถูกปกคลุมโดยการซ้อนกันของส่วนที่เรียกว่าหูใบ (Stipules) เนื้อเยื่อส่วนแกนกลางของลำต้นเป็นบริเวณที่เสียหายได้ง่ายและมีสีขาว ความสูงของทรงพุ่ม 20 - 30 เซนติเมตร ความกว้างทรงพุ่มเฉลี่ย 27 เซนติเมตร รวมทั้งมีการแตกของลำต้นสาขา (Branch crown) ในปริมาณระดับปานกลางด้วย

ใบ การเกิดของใบจนกระทั่งแทงออกมาจะใช้เวลาประมาณ 8 - 12 วันขนาดของใบที่เจริญเติบโตเต็มที่ใช้เวลาประมาณ 2 - 3 สัปดาห์ ส่วนใบแต่ละใบมีชีวิตอยู่ได้นาน 1 - 3 เดือน ใบส่วนใหญ่เป็น 3 ใบย่อย (Trifoliate) รูปกลม ขอบใบหยักคล้ายฟันเลื่อย สีเขียวปานกลาง ใบย่อยกว้าง 6.5-8 เซนติเมตร ยาว 8.5-9 เซนติเมตร จำนวนใบมากกว่า 25 ใบต่อต้น มีก้านใบหนาและความยาวปานกลางเฉลี่ย 11-14.5 เซนติเมตร ทรงพุ่มตั้งตรงและกว้าง 25 - 35 เซนติเมตร

(a)

(b)

ภาพผนวก ค 2 (a) ลำต้นของสตรอเบอรี และ (b) ใบของสตรอเบอรีพันธุ์พระราชทาน 80

ดอก ช่อดอกสมบูรณ์ประกอบด้วย 1 ดอกของดอก Primary 2 ดอกของดอก Secondary 4 ดอกของดอก Tertiary และ 8 ดอกของดอก Quaternary แต่อาจพบช่อดอกหลายๆรูปแบบ ดอกเกือบทั้งหมดเป็นดอกสมบูรณ์เพศ (Perfect-flowered หรือ Hermaphrodite) จำนวนช่อดอกมากกว่า 7 ช่อต่อต้น เส้นผ่าศูนย์กลางดอก 2.2-3 เซนติเมตร เกสรตัวเมียถูกจัดเรียงแบบเวียนอย่างมีระเบียบบนส่วนของฐานรองดอก ซึ่งสังเกตจากลักษณะของเมล็ดที่อยู่บนผลถูกจัดเวียนอย่างมีระเบียบเช่นกัน ละอองเกสรตัวผู้ทนทานต่อสภาพเย็นปานกลาง เกสรตัวผู้ 25-29 อัน ดอกที่สองและสามมีขนาดใกล้เคียงกัน สีของกลีบดอกเป็นสีขาว ความหนาของก้านดอกในช่อแรกมีขนาดปานกลาง และดอกที่หนึ่งมีตำแหน่งต่ำกว่าใบ จำนวนช่อดอกเฉลี่ย 8 ช่อต่อต้น กลีบเลี้ยง สีเขียวอ่อนถึงเขียว ขนาดใหญ่ จำนวน 10-13 กลีบ

ผล ส่วนฐานของดอกเรียกว่า Receptacle หรือฐานรองดอกซึ่งพัฒนาไปเป็นส่วนที่สามารถรับประทานได้เป็นเนื้อของผล ส่วนเมล็ดอยู่ระดับเดียวเสมอกันกับผิวของผล ไม่จมหรือนูนเกินผิวของผล โดยมีขนสองสามเส้นติดที่ผิวด้านนอกผล น้ำหนักผลเฉลี่ย 12 - 15 กรัม ขนาดกว้างและยาวเฉลี่ยมากกว่า 3 เซนติเมตร รูปร่างของผลสวยงาม (Berry shape) โดยทั่วไปเป็นรูปทรงกรวย (Conic) ถึงทรงกลมปลายแหลม (Globose conic) ไม่พบผลที่เป็นลักษณะขรุขระและรูปทรงแบนเหมือนหงอนไก่ Fasciation ดังนั้นจึงมีพันธุกรรมที่ต้านทานต่อลักษณะอันไม่พึงประสงค์นี้ได้ เนื้อผลสีแดงสดใส ความแน่นของเนื้อผล (Firmness) มีระดับปานกลางคือเฉลี่ย ความแน่นเนื้อ 1.213 กิโลกรัม รสชาติดีมากและมีกลิ่นหอมจัดเมื่อผลสุกเต็มที่

เมล็ด เกสรตัวเมียถูกจัดเรียงแบบเวียนอย่างมีระเบียบบนส่วนของฐานรองดอก ซึ่งสังเกตจากลักษณะของเมล็ดที่อยู่บนผลถูกจัดเวียนอย่างมีระเบียบเช่นกัน Achene ซึ่งมักถูกเรียกว่าเมล็ด (Seed) ได้เจริญพัฒนาเต็มที่ก่อนผลแก่หลายวัน เนื่องจากผลค่อนข้างใหญ่และมีรูปร่างปกติจึงมีจำนวนเมล็ดต่อผลมาก ทำให้ช่องว่างของผิวระหว่างเมล็ดค่อนข้างแคบจึงทนทานต่อการขนส่ง

ภาพผนวก ค 3 ดอกของสตรอเบอรีพันธุ์พระราชทาน 80

ภาพผนวก ค 4 ผลของสตรอเบอรีพันธุ์พระราชทาน 80

ภาพผนวก ค 5 เมล็ดของสตรอเบอรีพันธุ์พระราชทาน 80

ลักษณะอื่นๆ

จัดเป็นสตรอเบอรีประเภทวันสั้น (Short day type) และต้องการความหนาวเย็นปานกลาง (ประมาณ 15 – 18 ℃) เป็นช่วงเวลา 20-30 วันสำหรับกระตุ้นให้เกิดการสร้างตาดอกของเนื้อเยื่อเจริญที่ปลายยอดของลำต้น ระยะเวลาจากดอกบานถึงเก็บเกี่ยวผลผลิตเท่ากับ 70 วัน ผลผลิตต่อต้นสูงสุด 400 กรัม หรือประมาณ 3 ตันต่อไร่ (คำนวณจากการปลูก 10,000 ต้นต่อไร่) มีกลิ่นหอมชวนรับประทานคล้ายพันธุ์พระราชทาน 70 และ 72 แต่เนื้อผลมีสีสรรสวยงามและความแน่นเนื้อมากกว่า การให้ไหลและต้นไหลอยู่ในระดับมากเฉลี่ยราว 60 - 80 ต้นไหลต่อต้นแม่หนึ่งต้น นอกจากนี้ยังพบว่าสามารถทนทานต่อโรคแอนแทรคโนส (Anthracnose)และราแป้ง (Powdery Mildew) สามารถปลูกเป็นการค้าได้ในพื้นที่ที่มีความสูงตั้งแต่ 800 เมตร

ลักษณะประจำพันธุ์พระราชทาน 80

ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้	12.85 °Brix
ความแน่นเนื้อ	1.213 Kg.
ผลผลิต	400 กรัมต่อต้น
น้ำหนักผลเฉลี่ย	12-15 กรัม/ผล

เมื่อจำแนกตามระดับชั้นมาตรฐาน

เกรด Extra	มากกว่า 25 กรัมขึ้นไป	4.25 %
เกรด 1	12-20 กรัม	12.71 %
เกรด 2	11-14 กรัม	11.36 %
เกรด 3	10 กรัม	13.80 %
เกรด 4	9 กรัม	18.21 %
เกรด U	6-8 กรัม	39.69 %

คณะผู้วิจัย

ดร.ณรงค์ชัย พิพัฒน์ธนวงศ์[1], Hiroshi Akagi[2], เวช เต๋จ๊ะ[1] และ เบ็ญจารัชด ทองยืน[1]
[1] สถาบันค้นคว้าและพัฒนาระบบนิเวศเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ และนักวิจัยอาสาสมัครมูลนิธิโครงการหลวง
[2] นักวิจัยอาสาสมัครมูลนิธิโครงการหลวง
โทร. 0-2579-6959