รายงานแผนงานวิจัยย่อย

การลดการใช้สารเคมีในการผลิตและการจัดการผลผลิต พริกชี้ฟ้า กะหล่ำปลี คะน้า มันฝรั่ง มะเขือเทศ

Using Minimum Chemical for Productions and Management Products of *Capsicum annnuum* Linn., Cabbage, Kale, Potato and Tomato

หัวหน้าแผนงานวิจัยย่อย
นายอนุวัฒน์ รัตนชัย
Anuwat Rattanachai

กรมวิชาการเกษตร

ปี พ.ศ. 2564

รายงานแผนงานวิจัยย่อย

การลดการใช้สารเคมีในการผลิตและการจัดการผลผลิต พริกชี้ฟ้า กะหล่ำปลี คะน้า มันฝรั่ง มะเขือเทศ

Using Minimum Chemical for Productions and Management Products of *Capsicum annnuum* Linn., Cabbage, Kale, Potato and Tomato

ชื่อหัวหน้าแผนงานวิจัยย่อย
นายอนุวัฒน์ รัตนชัย
Anuwat Rattanachai

กรมวิชาการเกษตร

ปี พ.ศ. 2564

คำปรารภ (Foreword หรือ Preface)

พืชผักเป็นพืชอาหารที่คนไทยนิยมนำมาใช้รับประทานกันมากเนื่องจากมีคุณค่าทางอาหารทั้งวิตามินและแร่ธาตุต่างๆ ที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกายสูง แต่ค่านิยมในการบริโภคผักนั้น มักจะเลือกบริโภคผักที่สวยงามไม่มีร่องรอยการทำลายของหนอนและแมลงศัตรูพืช จึงทำให้เกษตรกรที่ปลูกผักใช้สารเคมีป้องกันและกำจัดแมลงฉีดพ่นในปริมาณที่มากเพื่อเป็นการแก้ปัญหาดังกล่าว ปัจจุบันผู้บริโภคให้ความสำคัญกับความปลอดภัยของอาหาร ดังนั้นเกษตรกรควรหันมาทำการปลูกผักปลอกภัยจากสารพิษ โดยนำเอาวิธีการป้องกันและกำจัดศัตรูพืชหลายวิธีมาประยุกต์ใช้ร่วมกันเพื่อเป็นการทดแทนหรือลดปริมาณการใช้สารเคมีให้น้อยลง และเพื่อความปลอดภัยของเกษตรกร ผู้บริโภคและสิ่งแวดล้อม ปัญหาในการผลิตอยู่มาก ที่สำคัญคือสารพิษตกค้างเนื่องจากพืชผักส่วนใหญ่มีศัตรูทำลายจำนวนมากจึงมีการใช้สารเคมีควบคุมศัตรูพืชสูง และปัญหาอื่นๆ เช่น ผลผลิตต่ำ และผลิตไม่ได้คุณภาพ ต้นทุนการผลิตสูง ปริมาณผลผลิตไม่สม่ำเสมอ การสูญเสียทั้งปริมาณและคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวล้วนเป็นข้อจำกัดในการแข่งขันทั้งตลาดในประเทศและต่างประเทศ คุณภาพผลผลิตเป็นสิ่งสำคัญในการกำหนดราคาของสินค้าหากผลผลิตมีคุณภาพดีก็จะทำให้ได้ราคาดีและเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค การรักษาคุณภาพผลผลิตให้มีคุณภาพดีจะต้องมีการจัดการที่ดีตั้งแต่ในแปลงปลูกจนกระทั่งถึงมือผู้บริโภค อันตรายที่มีผลกระทบต่อความปลอดภัยของผัก เกิดจากการปนเปื้อนของสารเคมี การปนเปื้อนทางชีวภาพ หรือทางกายภาพ โครงการวิจัยนี้เพื่อศึกษาการใช้กรดซาลิไซลิกในการป้องกันโรคแอนแทรคโนสของพริกชี้ฟ้า การลดการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชในผลิตกะหล่ำปลีโดยใช้วิธีแบบผสมผสานในโรงเรือนและสภาพแปลง ศึกษาการลดสารตกค้างในด้วยวิธีการล้างทำความสะอาด กะหล่ำปลี คะน้า พริกชี้ฟ้า และการเก็บรักษาเพื่อคุณภาพของ กะหล่ำปลี พริกชี้ฟ้า มันฝรั่ง มะเขือเทศ ให้เก็บรักษาได้นาน และดำเนินการวิจัยและพัฒนาเครื่องคัดขนาดหัวมันฝรั่งแบบสายพาน เพื่อลดต้นทุนการผลิตและเพิ่มความสามารถในการคัดขนาดให้มากขึ้น ซึ่งมันฝรั่งเป็นพืชอุตสาหกรรมที่สร้างรายได้สูงให้กับเกษตรกรในเขตภาคเหนือและตะวันออกเฉียงเหนือ แต่การคัดขนาดหัวมันฝรั่งสำหรับการนำไปปลูกและหลังการเก็บเกี่ยวยังใช้แรงงานคน ทำให้ล่าช้าและเจอปัญหาการขาดแคลน ส่วนเครื่องคัดขนาดที่มีใช้อยู่ปัจจุบันยังไม่เหมาะสม จึงได้ดำเนินการแผนงานย่อยการลดการใช้สารเคมีในการผลิตและการจัดการผลผลิต พริกชี้ฟ้า กะหล่ำปลี คะน้า มันฝรั่ง มะเขือเทศ เพื่อหาวิธีการและการจัดการผลผลิตที่เหมาะสมให้ผู้ที่เกี่ยวข้องนำไปใช้ต่อไป

ลงชื่อ

(นายอนุวัฒน์ รัตนชัย)
หัวหน้าแผนงานวิจัยย่อย

กรมวิชาการเกษตร

สารบัญ

หน้า

กิตติกรรมประกาศ	ก
ผู้วิจัย	ข
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ	ค
บทนำ	1
บทคัดย่อ	3
1. โครงการวิจัยที่ 1 การลดการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชและการรักษา คุณภาพของพริกชี้ฟ้า กะหล่ำปลี คะน้า มันฝรั่ง มะเขือเทศ	6
2. โครงการวิจัยที่ 2 วิจัยและพัฒนาเครื่องคัดขนาดหัวมันฝรั่งแบบสายพาน	30
บทสรุปและข้อเสนอแนะ	45
บรรณานุกรม	47
ภาคผนวก	55

กรมวิชาการเกษตร

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สกสว.) ที่ให้ทุนสนับสนุนการวิจัย ขอขอบคุณนักวิจัยในโครงการทุกท่านที่ร่วมทำงานวิจัย ถึงแม้งานวิจัยในโครงการวิจัยในแผนงานย่อยนี้จะอยู่ในช่วงสถานการณ์การแพร่ระบาด COVID-19 ขอบคุณคณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ให้การสนับสนุนเครื่องมือ ร่วมถึงสถานที่ดำเนินการทดลอง ขอขอบพระคุณศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรราชบุรีที่ให้ความอนุเคราะห์เมล็ดพันธุ์และต้นพริก สำหรับใช้ในการทดลองการใช้กรดซาลิไซลิกในการป้องกันโรคแอนแทรคโนสของพริกชี้ฟ้าที่เกิดจากเชื้อ *Colletotrichum* sp. ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการทดสอบและเก็บข้อมูลการคัดขนาดหัวมันฝรั่งด้วยเครื่องคัดขนาดหัวมันฝรั่งแบบสายพาน ขอบขอบคุณเจ้าหน้าที่ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรเชียงใหม่ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการทดสอบและเก็บข้อมูลการคัดขนาดหัวมันฝรั่งด้วยเครื่องคัดขนาดหัวมันฝรั่งแบบสายพาน

กรมวิชาการเกษตร

ผู้วิจัย

นายอนุวัฒน์ รัตนชัย	สถาบันวิจัยพืชสวน
นายวิศรุต สันม่าแอ	สถาบันวิจัยพืชสวน
นายทวีศักดิ์ แสงอุดม	สถาบันวิจัยพืชสวน
นางสาวทิวา บุบผาประเสริฐ	สถาบันวิจัยพืชสวน
นางสาวมนัสภร ฉิ่งวังตะกอ	สถาบันวิจัยพืชสวน
นางสาวอรทัย วงค์เมธา	ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ สถาบันวิจัยพืชสวน
นายอนุภพ เผือกผ่อง	ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ สถาบันวิจัยพืชสวน
นางสาวธารทิพย์ ภาสบุตร	สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช
นางสาวเพราพิลาส ขาวสระแก้ว	กองพัฒนาระบบและรับรองมาตรฐานสินค้าพืช
นางสาวผดุงรัตน์ ธูปเมือง	กองพัฒนาระบบและรับรองมาตรฐานสินค้าพืช
นางริสา รัตนชัย	กองพัฒนาระบบและรับรองมาตรฐานสินค้าพืช
รศ.ดร. วาริช ศรีละออง	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
ผศ.ดร.ณัฐชัย พงษ์ประเสริฐ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
ผศ.ดร. สมศักดิ์ ครามโชติ	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
นายภาณุมาศ โคตรพงศ์	กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร
นางสาวงามพิศ สุดเสน่ห์	กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร
นางสาวทิวาพร ผดุง	กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร
นายสถิตย์พงศ์ รัตนคำ	ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมเชียงใหม่ สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม
นายเกรียงศักดิ์ นักผูก	ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมเชียงใหม่ สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม
นายอภิวัฒน์ ปัญญาวงค์	ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมเชียงใหม่ สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม

กรมวิชาการเกษตร

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

N NaOH = Normality ของสารละลายด่างมาตรฐาน

ml NaOH = ปริมาตร (ml) NaOH

V = ปริมาตรสารละลาย

W = น้ำหนักตัวอย่าง

AAE = Antioxidant activities

FW = น้ำหนักสด (fresh weight)

HP = กำลังที่ใช้ขับสายพาน (แรงม้า)

T_E = แรงดึงสายพาน (กิโลกรัม)

S = ความเร็วสายพาน (เมตร/วินาที)

C = ค่าแฟคเตอร์ความเสียดทานสำหรับการขนถ่ายที่มีโครงสร้างถาวร หรือจัดแนวโครงสร้างดีและการบำรุงรักษาตามปกติ

L = ความยาวสายพาน (เมตร)

L_0 = ความยาวเทียบเท่า (เมตร)

Q = ค่าแฟคเตอร์น้ำหนัก (แสดงถึงน้ำหนักของส่วนที่เคลื่อนที่ของสายพาน)

T= อัตราขนถ่าย (ตัน/ชั่วโมง)

H = ระยะยกขึ้นของการลำเลียง (เมตร)

B_W = น้ำหนักสายพาน (กิโลกรัม/เมตร)

W_1 = น้ำหนักของชิ้นส่วนที่หมุนของลูกกลิ้งด้านลำเลียง (กิโลกรัม)

W_2 = น้ำหนักของชิ้นส่วนที่หมุนของลูกกลิ้งด้านกลับ (กิโลกรัม)

l_1 = ระยะห่างของลูกกลิ้งด้านลำเลียง (เมตร)

l_2 = ระยะห่างของลูกกลิ้งด้านกลับ (เมตร)

กรมวิชาการเกษตร

บทนำ

ที่มาและความสำคัญ/หลักการและเหตุผล

การใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชมีความเสี่ยงต่อสุขภาพของทั้งเกษตรกรและผู้บริโภค และส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ในปี 2559 และ ปี 2560 ประเทศไทยมีการนำเข้าวัตถุอันตรายทางการเกษตรสารกำจัดวัชพืช 125,596 ตันมูลค่า 9,688 ล้านบาท และ 148,979 ตัน มูลค่า 13,686 ล้านบาท ตามลำดับ สารกำจัดแมลง 16,056 ตัน มูลค่า 3,899 ล้านบาท และ 21,601 ตัน มูลค่า 6,166 ล้านบาท สารป้องกันและกำจัดโรคพืช 12,915 ตัน มูลค่า 4,503 ล้านบาทและ 19,923 ตัน มูลค่า 6,774 ล้านบาทตามลำดับ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตรและกรมวิชาการเกษตร, 2561) เกษตรกรผู้ปลูกพริก ประสบปัญหาโรคแอนแทรคโนสในระยะที่พริกออกผลทำให้พริกเสียหาย พริกมีโรคระบาดที่สำคัญ อาทิ โรคกุ้งแห้ง โรคเหี่ยว และโรคผลเน่า (จานุลักษณ์, 2541) ในช่วงพริกให้ผลผลิตจะเกิดโรคแอนแทรคโนสหรือโรคกุ้งแห้ง สาเหตุของโรคได้แก่ เชื้อ *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.), *Colletotrichum capsici* (Syd.) และ *Collectotrichum* spp. (อรพรรณ, 2551) กรดซาลิไซลิก (salicylic acid) เป็นกรดอินทรีย์ที่เป็นอนุพันธ์ของสารฟีนอล สามารถผลิต และสังเคราะห์ได้จากธรรมชาติและการสังเคราะห์ทางเคมี พบเป็นองค์ประกอบของพืชหลายชนิด เป็นสารที่นำมาใช้ประโยชน์อย่างกว้างขวาง อาทิ ใช้เป็นส่วนผสมเครื่องสำอาง ใช้เคลือบรักษาผลิตภัณฑ์การเกษตร ใช้สำหรับการป้องกัน และกำจัดจุลินทรีย์ เป็นต้น ไคโตซานเป็นโพลิเมอร์ธรรมชาติที่ได้จากอนุพันธ์ของไคติน ยังเป็นองค์ประกอบของไนโตรเจน ซึ่งมีบทบาทสำคัญในการกระตุ้นการเจริญเติบโตของพืช (สุวลี, 2544) ไคโตซานยังสามารถกระตุ้นการแสดงออกของยีนที่เกี่ยวข้องกับกลไกการป้องกันตัวของพืช เช่น ยีนที่สร้าง phenylalanine ammonialyase (PAL) (Young and Kauss, 1983) ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่สร้างสารประกอบฟีนอล เช่น ลิกนิน (lignin) ซึ่งเป็นองค์ประกอบของผนังเซลล์ และ phytoalexin ซึ่งมีฤทธิ์ยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ ดังนั้นการให้ไคโตซานแก่พืช ส่งผลให้เซลล์พืชแข็งแรงและทนต่อการเข้าทำลายของเชื้อสาเหตุโรคและแมลงได้มากขึ้น (Shadihi *et al*., 1999) ชีวภัณฑ์ไส้เดือนฝอยกำจัดแมลง โดยการพ่นไปกับน้ำให้ถูกตัวแมลงระยะตัวหนอนและตัวเต็มวัย หรือใช้วิธีราดหรือคลุกดิน ในบริเวณที่มีแมลงศัตรูพืชระบาด รวมทั้งชีวภัณฑ์ไส้เดือนฝอยมีความปลอดภัยต่อพืช สัตว์เลือดอุ่น มนุษย์ และไม่มีมลพิษต่อสภาพแวดล้อมไส้เดือนฝอย *Steinernema* สายพันธุ์ไทย มีศักยภาพในการควบคุมแมลงได้หลายชนิด (นุชนารถ, 2558) ในปัจจุบันได้มีการนำเทคโนโลยีฟองก๊าซขนาดไมโครและนาโน (Micro- and Nano- bubbles, MNBs) มาประยุกต์ใช้อย่างแพร่หลายในงานหลายด้าน เช่น การบำบัดน้ำเสีย การเกษตร ด้านสุขภาพ MNBs เป็นฟองก๊าซขนาดเล็ก ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางอยู่ระหว่าง 10 ถึง 200 นาโนเมตร มีพื้นที่ผิวจำเพาะสูง และมีความคงตัวอยู่ได้นานในตัวกลางที่เป็นของเหลว ซึ่งสามารถเพิ่มความสามารถในการละลายของก๊าซในของเหลว นอกจากนี้ในขณะที่ MNB เกิดการยุบตัวจะทำให้เกิดอนุมูลอิสระที่มีสาเหตุมากจากความหนาแน่นของไอออนที่บริเวณรอยต่อของก๊าซและของเหลวก่อนที่จะเกิดการยุบตัว (Eriksson and Ljunggren, 1999) แคลเซียมเป็นธาตุอาหารในกลุ่มธาตุที่ต้องการมาก (macro nutrient) มีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของพืชที่มีบทบาทสำคัญในโครงสร้างของผนังเซลล์ (cell wall) ในการเชื่อมเพกตินที่เป็นองค์ประกอบของผนังเซลล์ทำให้เซลล์มีความแข็งแรง (structural rigidity) อาการขาดแคลเซียมในพืชกินผลมักแสดงออกที่ส่วนของผลเป็นหลักซึ่งมีผลต่อการอ่อนนุ่ม (softening) การเสื่อมสภาพ (senescence) และการเข้าทำลายของโรค การพ่นแคลเซียมคลอไรด์ก่อนการเก็บเกี่ยวช่วยเพิ่มปริมาณแคลเซียมในเปลือกผลไม้ โดยแคลเซียมจะแทรกซึมผ่านชั้นอิพิเดอร์มิส (epidermis) ของผิวผลไม้เข้าไปอยู่ในส่วนประกอบของผนังเซลล์ ดังนั้นการพ่นแคลเซียมคลอไรด์ในความเข้มข้นที่เหมาะสมจึงช่วยเพิ่มปริมาณแคลเซียมในและรักษาคุณภาพของผลได้ มันฝรั่งเป็นพืชอุตสาหกรรมที่มีมูลค่าหลายพันล้านบาท สร้างรายได้สูงให้กับเกษตรกรในเขตภาคเหนือและตะวันออกเฉียงเหนือ โดยมีรายได้ต่อไร่ระหว่าง

15,000 - 25,000 บาท ปี 2562 มีพื้นที่ 45,689 ไร่ ผลผลิตรวม 127,935 ตัน เป็นมันฝรั่งพันธุ์โรงงาน 119,519 ตัน พันธุ์บริโภค 8,416 ตัน การปลูกมันฝรั่งมีการขยายตัวเพิ่มขึ้นตามสภาวะเศรษฐกิจที่ขยายตัว โดยมีความต้องการเพื่อใช้ในการแปรรูปตลอดปีประมาณ 150,000 ตัน/ปี แต่เกษตรกรผลิตได้ไม่เพียงพอต่อการแปรรูป ทำให้ผู้ประกอบการต้องขอนำเข้ามันฝรั่งสดจากต่างประเทศ และการปลูกมันฝรั่ง จะใช้ระยะปลูกระหว่างต้น 50 เซนติเมตร ระหว่างแถวประมาณ 90 - 100 เซนติเมตร สามารถขยายพันธุ์ด้วยเมล็ดและใช้หัวพันธุ์ หากใช้เมล็ดปลูกหลุมละ 3-5 เมล็ด ถ้าใช้หัวพันธุ์ปลูกใช้หลุมละ 1 หัว หรือประมาณ 10,000 – 12,000 หัว/ไร่ หรือประมาณ 350 กิโลกรัม/ไร่ ซึ่งในวิธีการปลูกส่วนใหญ่จะนิยมการปลูกด้วยหัวพันธุ์ แต่ไม่มีการคัดขนาดหัวพันธุ์ก่อนทำการปลูก ทำให้การเจริญเติบโตไม่เท่ากันและการดูแลยุ่งยาก รวมถึงผลผลิตที่ได้มีคุณภาพต่ำและขนาดต่างกัน ทำให้ไม่คุ้มกับการลงทุน เกษตรกรผู้ปลูกมันฝรั่งในประเทศไทยมีต้นทุนการผลิตสูงกว่า 40% ซึ่งเป็นต้นทุนจากค่าหัวพันธุ์มันฝรั่ง โดยกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ เปิดเผยถึงการนำเข้าหัวพันธุ์มันฝรั่ง ปี 2563 ปริมาณรวม 5,208.75 ตัน ในราคาไม่เกินกิโลกรัมละ 35.00 บาท (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2562) ซึ่งการใช้หัวพันธุ์ที่นำเข้าจากต่างประเทศทำให้เกิดปัญหาในส่วนของต้นทุนการผลิตที่สูงขึ้น ดังนั้น โครงการการลดการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชและการรักษาคุณภาพของพริกชี้ฟ้า กะหล่ำปลี คะน้า มันฝรั่ง มะเขือเทศ เพื่อได้วิธีการใช้กรดซาลิไซลิกในการป้องกันโรคแอนแทรคโนสของพริกชี้ฟ้าที่เกิดจากเชื้อ *Colletotrichum* sp. ได้วิธีการลดการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชในผลิตกะหล่ำปลีโดยใช้วิธีแบบผสมผสานในโรงเรือนและสภาพแปลง ได้วิธีการใช้เทคโนโลยีฟองอากาศขนาดไมโครและนาโนร่วมกับสารละลายโซเดียมไบคาร์บอเนตในการล้างทำความสะอาดเพื่อลดสารตกค้างในกะหล่ำปลี คะน้า พริกชี้ฟ้า ได้วิธีการเก็บรักษาด้วยเทคนิคซุปเปอร์คูลิงค์ต่อคุณภาพของ กะหล่ำปลี พริกชี้ฟ้า มันฝรั่ง ได้วิธีการให้แคลเซียมเพื่อรักษาคุณภาพและลดการเกิดโรคของมะเขือเทศในระหว่างการเก็บรักษา และโครงการการวิจัยและพัฒนาเครื่องคัดขนาดหัวมันฝรั่งแบบสายพาน เพื่อลดต้นทุนการผลิตและเพิ่มความสามารถในการคัดขนาดได้

กรมวิชาการเกษตร

บทคัดย่อ

แผนงานวิจัยนี้ประกอบด้วย 2 โครงการ โครงการที่ 1 การลดการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชและการรักษาคุณภาพของพริกชี้ฟ้า กะหล่ำปลี คะน้า มันฝรั่ง มะเขือเทศ เพื่อได้วิธีการใช้กรดซาลิไซลิกในการป้องกันโรคแอนแทรคโนสของพริกชี้ฟ้าที่เกิดจากเชื้อ *Colletotrichum* sp. ได้วิธีการลดการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชในผลิตกะหล่ำปลีโดยใช้วิธีแบบผสมผสานในโรงเรือนและสภาพแปลง ได้วิธีการใช้เทคโนโลยีฟองอากาศขนาดไมโครและนาโนร่วมกับสารละลายโซเดียมไบคาร์บอเนตในการล้างทำความสะอาดเพื่อลดสารตกค้างใน กะหล่ำปลี คะน้า พริกชี้ฟ้า ได้วิธีการเก็บรักษาด้วยเทคนิคซุปเปอร์คูลิงค์ต่อคุณภาพของ กะหล่ำปลี พริกชี้ฟ้า มันฝรั่ง ได้วิธีการให้แคลเซียมเพื่อรักษาคุณภาพและลดการเกิดโรคของมะเขือเทศในระหว่างการเก็บรักษา และโครงการที่ 2 วิจัยและพัฒนาเครื่องคัดขนาดหัวมันฝรั่งแบบสายพานเพื่อลดต้นทุนการผลิตและเพิ่มความสามารถในการคัดขนาด โครงการที่ 1 ทดลองการใช้กรดซาลิไซลิกในการป้องกันโรคแอนแทรคโนสของพริกชี้ฟ้า วางแผนการทดลองแบบ RCBD ประกอบด้วย 7 กรรมวิธี คือ พ่นคาร์เบนดาซิม 50% WP ที่ความเข้มข้น 1,000 ppm พ่นสารละลายกรดซาลิไซลิก ที่ความเข้มข้น 100 250 500 700 1,000 ppm และ พ่นน้ำเปล่า พบว่า ความเข้มข้น 250 ppm การใช้สารไคโตซานและการใช้สารชีวภัณฑ์ป้องกันและกำจัดหนอนและแมลงศัตรูพืช วางแผนการทดลองแบบ RCBD 5 กรรมวิธี พ่นไคโตซาน 100 200 500 ppm พ่นสารเคมี (control) ตามวิธีเกษตรกร และ พ่นด้วยน้ำเปล่า พบว่าพ่นไคโตซาน 200 ppmต่อน้ำ 20 ลิตร + BT +กาวดักแมลง ให้ผลที่ดีที่สุด น้ำหนักต่อหัวในโรงเรือน 0.83 กิโลกรัม และในสภาพแปลง 0.87 กิโลกรัม และนำเทคโนโลยีทดสอบแปลงเกษตรกร 10 แปลง พบว่าการใช้เทคโนโลยีดังกล่าว และลดต้นทุนการผลิตได้ การเทคโนโลยีฟองอากาศขนาดไมโครและนาโนร่วมกับโซเดียมไบคาร์บอเนตนำมาใช้ในการทำความสะอาดพืชผัก ใช้เทคโนโลยีฟองอากาศขนาดไมโครและนาโนร่วมกับโซเดียมไบคาร์บอเนตที่ความเข้มข้น 100 500 1000 และ 1500 ppm ตามลำดับ เปรียบเทียบกับชุดควบคุม พบว่าที่ความเข้มข้น 100 ppm มีแนวโน้มในการลดปริมาณสารตกค้างเมวินฟอส ไดอะซีนอน อีไทออน และโปรฟีโนฟอส ในคะน้าและพริกชี้ฟ้าได้ดีกว่ากรรมวิธีอื่นๆ เทคนิคซุปเปอร์คูลิงค์ ช่วยเก็บรักษาต่อคุณภาพของกะหล่ำปลี พริกชี้ฟ้า มันฝรั่ง บันทึกผลและเก็บข้อมูลการเปลี่ยนแปลง พบว่ากะหล่ำปลีเหี่ยว สูญเสียน้ำหนัก เกิดอาการสีน้ำตาลบริเวณปลายใบและเส้นใบ พริกชี้ฟ้า เก็บรักษาในห้องเย็นที่อุณหภูมิ 5$\pm$2 ºC เบื้องต้นพบว่าพริกชี้ฟ้ามีอาการเหี่ยวโดยเฉพาะที่ขั้วผล มีการเปลี่ยนแปลงสีจากสีแดงอ่อนเป็นสีแดงใน 7 วันแรกของการเก็บรักษา พบการเกิดโรค มันฝรั่ง เก็บรักษาที่ 4$\pm$2 ºC นาน 2 เดือน พบการงอกของหัวพันธุ์มันฝรั่งเกิดขึ้น การทดลองซุปเปอร์คูลิงค์ (super-cooling) ไม่สามารถดำเนินการทดลองต่อได้จากปัญหา COVID-19 การพ่นแคลเซียมโบรอน มี 3 กรรมวิธี ได้แก่ ไม่พ่นแคลเซียมโบรอน และกรรมวิธีที่ 2 และ 3 พ่นแคลเซียมโบรอน ความเข้มข้น 0.25 และ 0.5% จำนวน 3 ครั้ง ระยะ 30 40 50 วันหลังดอกบาน เก็บเกี่ยวผลผลิต เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 ºC นาน 21 วัน พบว่ามะเขือเทศที่ได้รับการแคลเซียมโบรอน ความเข้มข้น 0.25% ให้น้ำหนักผลต่อต้น และองค์ประกอบทางเคมีสูงสุด เมื่อเก็บรักษานาน 21 วัน และโครงการวิจัยและพัฒนาเครื่องคัดขนาดหัวมันฝรั่งแบบสายพาน ออกแบบและสร้างต้นแบบโดยใช้สายพานวางคู่กันในแนวนอนและบานออก ใช้ระยะห่างของสายพานที่บานออกในการคัดขนาดและสายพานจะหมุนด้วยความเร็วคงที่เท่ากันทุกเส้น พร้อมมีระบบนับจำนวน เครื่องต้นแบบมีขนาดภายนอก คือ 1,300 x 3,100 x 1,260 มิลลิเมตร (กว้าง x ยาว x สูง) และต้นกำลังใช้มอเตอร์ไฟฟ้า 1.5 กิโลวัตต์ 220 โวลต์ ผลการทดสอบเครื่องต้นแบบพบว่า ความเร็วเชิงเส้นของสายพานคัดขนาดที่เหมาะสม คือ 0.25 เมตรต่อวินาที โดยมีความสามารถในการคัดขนาด 353.30 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ความผิดพลาดในการคัดขนาด 18% ความเสียหายที่เกิดขึ้นจากการคัดขนาด 1.33% เครื่องต้นแบบสามารถลดต้นทุนการผลิตในส่วนของค่าจ้างแรงคนมากกว่า 50% และสามารถคัดขนาดหัวมันฝรั่งได้รวดเร็วกว่าการใช้แรงงานคน 6 เท่า โดยเครื่องต้นแบบมีราคาประมาณ 45,000 บาท มีจุดคุ้มทุนของการใช้เครื่องต้นแบบอยู่ที่ 9,842 กิโลกรัมต่อปี และระยะเวลาคืนทุน 10 ปี

กรมวิชาการเกษตร

Abstracts

The research report consists of 2 projects. The objectives of Using Minimum Chemical for Productions and Management Products of *Capsicum annnuum* Linn., Cabbage, Kale, Potato and Tomato Project these studies were reducing chemicals for pesticides controlling in greenhouses and fields for cabbage production, method of using salicylic acid of anthracnose prevention of cayenne pepper *Colletotrichum* sp., micro-nano bubbles technology incorporated with sodium bicarbonate for washing on reducing residues of cabbage, chinese kale, and chili were studied, the method of storage by supercooling technique was obtained for cabbage, chili and potato qualities, calcium boron spraying was performed to maintain quality and reduce disease incidence of cherry tomatoes, and to develop the sorter for potato, to increase ability and reduce the production costs of sorting potato. The first project was studied salicylic acid used for anthracnose prevention of chili. There were 7 treatments in 3 replications, namely salicylic acid spraying at concentrations 100, 250, 500, 700 and 1,000 ppm compared to the water and carbendazim 50% WP 1,000 ppm spraying. The result of the experiments, it was concluded that spraying of 250 ppm salicylic acid. Cabbage cultivation use chitosan compounds. The experimental design was RCBD 5 treatments as follows: spray 100, 200, 500 ppm chitosan, and spray chemicals and spray water. The result show that the spay 200 ppm chitosan per 20 liters of water + biological agents BT+ insect trap glue is the best treatment. The average of head size in the greenhouses and fields are 16.38 and 17.15 cm, respectively. This method tested 10 plots of farmers. This method can be reduced the chemicals for pests preventing and reduced production costs. Micro-nano bubbles are minute bubbles with diameters on the micrometer and nanometer scale. The sodium bicarbonate at 100, 500, 1000, and 1500 ppm compared with the control sample. The results showed. the pesticides residues analysis 100 ppm was found to remove the residues of mevinphos, diazinon, ethion, prophenophos, and triazophos in kale and chili. Supercooling technique was obtained for cabbage, chili and potato qualities. Pre-test research show that cabbage stored at 5±2 ºC for 1 month; wilt, weight loss, appear as numerous black or *brown* specks, black *veins*, and discolored curds. Chili stored at 5±2 ºC for 7 days; chili bacterial wilt, developed color, and senescence. stored at 4±2 ºC for 2 months; bud germinated. Potatoes stored at 4±2 ºC take around 6 months to germinate. The experimental about super-cooling cannot do it because COVID-19 pandemic. Calcium boron spraying was performed to maintain quality and reduce disease incidence of Princess 70 cherry tomatoes by using control (no spray calcium boron), spray calcium boron at a concentration of 0.25% and 0.5% for 3 times within 30, 40 and 50 days after flowering. Simulated storage conditions at 10 °C for 21 days showed that tomatoes treated with 0.25% calcium boron spray gave the highest of fruit weight per plant, fruit size and good chemical contents. The second project studied prototype of diverging belt sorter for potato designed and built, by using the V - belts placed horizontally together and diverge. The distance of the belt for sorting and the belt rotates at the same constant speed. The outsize dimension of the prototype was 1,300 x 3,100 x 1,260 mm

กรมวิทยาศาสตร์

(width x length x height) and powered by a 1.5 kW 220 voltage electrical motor. Testing results of the prototype for sorting potato got well at the linear velocity of the diverging belt was 0.25 m s^{-1} with the capacity was 353.30 kg h^{-1}, sizing error was 18%, damage caused by the sizing 1.33%. The production ability was about 6 times higher than production by labor and more than 50% of sort cost can be reduce by the prototype of sorting. The prototype costs about 45,000 baht, which has a breakeven point of using at 9,842 kg yr^{-1}, payback period of 10 years.

กรมวิชาการเกษตร

โครงการวิจัยที่ 1

การลดการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชและการรักษาคุณภาพของพริกชี้ฟ้า กะหล่ำปลี คะน้า มันฝรั่ง มะเขือเทศ

Using Minimum Chemical of Pest Control and Quality of Storing *Capsicum annnuum* Linn., Cabbage, Kale, Potato and Tomato

ชื่อผู้วิจัย

อนุวัฒน์ รัตนชัย	วิศรุต สันม่าแอ	ทิวา บุบผาประเสริฐ
Anuwat Rattanachai	Wisarute Sanmaerre	Thiva Bubpaprasert
มนัสภร ฉิ่งวังตะกอ	ธารทิพย์ ภาสบุตร Tharntip Bhasabutra	วาริช ศรีละออง
Manatsaporn Chingvangtakor		Varit Srilaong
ณัฐชัย พงษ์ประเสริฐ	เพราพิลาส ขาวสระแก้ว	ผดุงรัตน์ ธูปเมือง
Nutthachai Pongprasert	Praopilas Kwasakaew	Padungrat Toopmuang
ทวีศักดิ์ แสงอุดม	สมศักดิ์ ครามโชติ	ริสา รัตนชัย
Thaveesak Sangudom	Somsak Kramchote	Risa Rattanachai
อรทัย วงค์เมธา	ภาณุมาศ โคตรพงศ์	งามพิศ สุดเสน่ห์
Orathai Wongmetha	Panumas Kotepong	Ngampis Sudsane
ทิวาพร ผดุง	เสาวลักษณ์ กิตติธนวัตร	
Thiwaporn Phadung	Saovalak Kittithanawat	

คำสำคัญ (Key words)

โรคแอนแทรคโนส พริก คอลเลโตตริกัม กรดซาลิไซลิก กะหล่ำปลี ไคโตซาน สารชีวภัณฑ์ กะหล่ำปลี คะน้า พริกชี้ฟ้า ฟองอากาศขนาดไมโครและนาโน โซเดียมไบคาร์บอเนต สารพิษตกค้าง แคลเซียมโบรอน อายุการเก็บรักษา ความแน่นเนื้อผล ไลโคปีน สารต้านอนุมูลอิสระ

anthracnose, chili, *Colletotrichum* sp., salicylic acid Cabbage, Chitosan, Biological Substances cabbage, kale, chili, air micro- and nano- bubbles, sodium bicarbonate, pesticides residue, Calcium boron, shelf life, fruit firmness, lycopene, antioxidant

กรมวิชาการเกษตร

บทคัดย่อ

การใช้กรดซาลิไซลิกในการป้องกันโรคแอนแทรคโนสของพริกชี้ฟ้า วัตถุประสงค์เพื่อได้วิธีการใช้กรดซาลิไซลิกในการป้องกันโรคแอนแทรคโนสของพริกชี้ฟ้าที่เกิดจากเชื้อ *Colletotrichum* sp วางแผนการทดลองแบบ RCBD ประกอบด้วย 7 กรรมวิธี คือ พ่นคาร์เบนดาซิม 50% WP ที่ความเข้มข้น 1,000 ppm พ่นสารละลายกรดซาลิไซลิก ที่ความเข้มข้น 100 250 500 700 1,000 ppm และ พ่นน้ำเปล่า พบว่า ความเข้มข้น 250 ppm การใช้สารไคโตซานและการใช้สารชีวภัณฑ์ป้องกันและกำจัดหนอนและแมลงศัตรูพืช วัตถุประสงค์เพื่อลดการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชในการผลิตกะหล่ำปลีโดยใช้วิธีแบบผสมผสานในโรงเรือนและสภาพแปลง วางแผนการทดลองแบบ RCBD จำนวน 4 ซ้ำ 5 กรรมวิธี พ่นไคโตซาน 100 200 500 ppmพ่นสารเคมี (control) ตามวิธีเกษตรกร และ พ่นด้วยน้ำเปล่า ที่ศูนย์วิจัยเกษตรที่สูงเพชรบูรณ์ พบว่ากรรมวิธีพ่นไคโตซาน 200 ppmต่อน้ำ 20 ลิตร +การใช้สารชีวภัณฑ์ BT +กาวดักแมลง ให้ผลการทดลองที่ดีที่สุด มีขนาดหัว ในโรงเรือน 16.38

เซนติเมตร ในสภาพแปลงมีขนาด 17.15 เซนติเมตร น้ำหนักต่อหัวในโรงเรือน 0.83 กิโลกรัม และในสภาพแปลง 0.87 กิโลกรัม และนำเทคโนโลยีทดสอบแปลงเกษตรกร จำนวน 10 แปลง พบว่าใช้สารเคมีในการป้องกันและกำจัดหนอนและแมลงศัตรูกะหล่ำปลีได้ และลดต้นทุนการผลิตได้ เทคโนโลยีฟองอากาศขนาดไมโครและนาโน นำมาใช้ในการทำความสะอาดพืชผัก วัตถุประสงค์เพื่อได้วิธีการใช้เทคโนโลยีฟองอากาศขนาดไมโครและนาโนร่วมกับโซเดียมไบคาร์บอเนตในการล้างทำความสะอาดเพื่อลดสารตกค้างใน กะหล่ำปลี คะน้า และพริกชี้ฟ้า นำผักมาล้างทำความสะอาดใช้เทคโนโลยีฟองอากาศขนาดไมโครและนาโนร่วมกับโซเดียมไบคาร์บอเนตที่ความเข้มข้น 100 500 1000 และ 1500 ppm ตามลำดับ เปรียบเทียบกับชุดควบคุม (ไม่ได้ล้าง) พบว่าที่ความเข้มข้น 100 ppm มีแนวโน้มในการลดปริมาณสารตกค้างเมวินฟอส ไดอะซีนอน อีไทออน และโปรฟีโนฟอส ในคะน้าและพริกชี้ฟ้าได้ดีกว่ากรรมวิธีอื่นๆ Supercooling คือกระบวนการทำให้ของเหลวเย็นตัวลงต่ำกว่าจุดเยือกแข็ง โดยไม่ทำให้ของเหลวกลายเป็นของแข็ง วัตถุประสงค์เพื่อได้วิธีการเก็บรักษาด้วยเทคนิคซุปเปอร์คูลิงค์ต่อคุณภาพของกะหล่ำปลี พริกชี้ฟ้า มันฝรั่ง บันทึกผลและเก็บข้อมูลการเปลี่ยนแปลง พบว่ากะหล่ำปลีเหี่ยว สูญเสียน้ำหนัก เกิดอาการสีน้ำตาลบริเวณปลายใบและเส้นใบ พริกชี้ฟ้า เก็บรักษาในห้องเย็นที่อุณหภูมิ 5$\pm$2 องศาเซลเซียส เบื้องต้นพบว่าพริกชี้ฟ้ามีอาการเหี่ยวโดยเฉพาะที่ขั้วผล มีการเปลี่ยนแปลงสีจากสีแดงอ่อนเป็นสีแดงใน 7 วันแรกของการเก็บรักษา หลังจากนั้นสีผลมีสีแดงเข้มและเริ่มเหี่ยว บางผลพบการเกิดโรค มันฝรั่ง เก็บรักษาเบื้องต้นที่อุณหภูมิ 4$\pm$2 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 2 เดือน พบการงอกของหัวพันธุ์มันฝรั่งเกิดขึ้น การทดลองซุปเปอร์คูลิงค์ (super-cooling) ไม่สามารถดำเนินการทดลองต่อได้ เนื่องจากต้องใช้เครื่องมือนำเข้าจากต่างประเทศ จากสถานการณ์การแพร่ระบาดของ COVID-19 การฉีดพ่นแคลเซียมโบรอนเพื่อรักษาคุณภาพและลดการเกิดโรคของมะเขือเทศเชอรี่พันธุ์ปริ้นเซส 70 โดยมี 3 กรรมวิธี ได้แก่ กรรมวิธีที่ 1 กรรมวิธีไม่ฉีดพ่นแคลเซียมโบรอน (ควบคุม) กรรมวิธีที่ 2 แคลเซียมโบรอน ความเข้มข้น 0.25% และกรรมวิธีที่ 3 แคลเซียมโบรอน ความเข้มข้น 0.5% จำนวน 3 ครั้ง ในระยะ 30 40 50 วันหลังดอกบาน เก็บเกี่ยวผลผลิตในระยะผลสุกแก่เต็มที่ เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส นาน 21 วัน พบว่ามะเขือเทศที่ได้รับการแคลเซียมโบรอน ความเข้มข้น 0.25% ให้น้ำหนักผลต่อต้น ขนาดผล ค่าสีแดงผล ค่าความแน่นเนื้อผล ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ ปริมาณไลโคปีน และปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระสูงสุด เมื่อนำมะเขือเทศไปเก็บรักษาเป็นเวลา 21 วัน

Abstracts

Salicylic acid used for anthracnose prevention of chili. The objective of this study was to obtain a method of using salicylic acid of anthracnose prevention of cayenne pepper. *Colletotrichum* sp. There were 7 treatments in 3 replications, namely salicylic acid spraying at concentrations 100, 250, 500, 700 and 1,000 ppm compared to the water and carbendazim 50% WP 1,000 ppm spraying. The result of the experiments, it was concluded that spraying of 250 ppm salicylic acid. Cabbage cultivation use chitosan compounds. The objective of this study was reducing chemicals for pesticides controlling in greenhouses and fields for cabbage production. The experimental design was RCBD, 4 replications, 5 treatments as follows: spray 100, 200, 500 ppm chitosan, and spray chemicals and spray water. The result show that the spay 200 ppm chitosan per 20 liters of water + biological agents BT+ insect trap glue is the best treatment. The average of head size in the greenhouses and fields are 16.38 and 17.15 cm, respectively. This method tested 10 plots of farmers. This method can be reduced the chemicals for pests preventing and reduced production costs. Micro-nano bubbles are minute

กรมวิชาการเกษตร

bubbles with diameters on the micrometer and nanometer scale. The objective of this study was micro-nano bubbles technology incorporated with sodium bicarbonate for washing on reducing residues of cabbage, chinese kale, and chili were studied. The sodium bicarbonate at 100, 500, 1000, and 1500 ppm compared with the control sample. The results showed. the pesticides residues analysis 100 ppm was found to remove the residues of mevinphos, diazinon, ethion, prophenophos, and triazophos in kale and chili. Supercooling is the process of chilling a liquid below its freezing point, without it becoming solid. The objective of this study was the method of storage by supercooling technique was obtained for cabbage, chili and potato qualities. Pre-test research show that cabbage stored at 5±2 ºC for 1 month; wilt, weight loss, appear as numerous black or *brown* specks, black *veins*, and discolored curds. Chili stored at 5±2 ºC for 7 days; chili bacterial wilt, developed color, and senescence. stored at 4±2 ºC for 2 months; bud germinated. Potatoes stored at 4±2 ºC take around 6 months to germinate. The experimental about super-cooling cannot do it because COVID-19 pandemic. Calcium boron spraying was performed to maintain quality and reduce disease incidence of Princess 70 cherry tomatoes by using control (no spray calcium boron), spray calcium boron at a concentration of 0.25% and 0.5% for 3 times within 30, 40 and 50 days after flowering. Simulated storage conditions at 10 ºC for 21 days showed that tomatoes treated with 0.25% calcium boron spray gave the highest of fruit weight per plant, fruit size, red fruit value, firmness value, soluble solids, lycopene and antioxidant content.

บทนำ (Introduction)

การใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชมีความเสี่ยงต่อสุขภาพของทั้งเกษตรกรและผู้บริโภค และส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ในปี 2559 และ ปี 2560 ประเทศไทยมีการนำเข้าวัตถุอันตรายทางการเกษตรสารกำจัดวัชพืช 125,596 ตันมูลค่า 9,688 ล้านบาท และ 148,979 ตัน มูลค่า 13,686 ล้านบาท ตามลำดับ สารกำจัดแมลง 16,056 ตัน มูลค่า 3,899 ล้านบาท และ 21,601 ตัน มูลค่า 6,166 ล้านบาท สารป้องกันและกำจัดโรคพืช 12,915 ตัน มูลค่า 4,503 ล้านบาทและ 19,923 ตัน มูลค่า 6,774 ล้านบาทตามลำดับ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตรและกรมวิชาการเกษตร, 2561) เกษตรกรผู้ปลูกพริก ประสบปัญหาโรคแอนแทรคโนสในระยะที่พริกออกผลทำให้พริกเสียหาย พริกมีโรคระบาดที่สำคัญ อาทิ โรคกุ้งแห้ง โรคเหี่ยว และโรคผลเน่า (จานุลักษณ์, 2541) ในช่วงพริกให้ผลผลิตจะเกิดโรคแอนแทรคโนสหรือโรคกุ้งแห้ง สาเหตุของโรคได้แก่ เชื้อ *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.), *Colletotrichum capsici* (Syd.) และ *Collectotrichum* spp. (อรพรรณ, 2551) กรดซาลิไซลิก (salicylic acid) เป็นกรดอินทรีย์ที่เป็นอนุพันธ์ของสารฟีนอล สามารถผลิต และสังเคราะห์ได้จากธรรมชาติและการสังเคราะห์ทางเคมี พบเป็นองค์ประกอบของพืชหลายชนิด เป็นสารที่นำมาใช้ประโยชน์อย่างกว้างขวาง อาทิ ใช้เป็นส่วนผสมเครื่องสำอาง ใช้เคลือบรักษาผลิตภัณฑ์การเกษตร ใช้สำหรับการป้องกัน และกำจัดจุลินทรีย์ เป็นต้น ไคโตซานเป็นโพลิเมอร์ธรรมชาติที่ได้จากอนุพันธ์ของไคติน ที่เป็นองค์ประกอบของเปลือกแข็งหุ้มจุลินทรีย์หลายชนิด หรือโครงสร้างแข็งของสัตว์จำพวกแมลง กุ้ง ปู สามารถย่อยสลายง่าย เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม และมีความปลอดภัยต่อผู้บริโภค อีกทั้งยังเป็นองค์ประกอบของไนโตรเจน ซึ่งมีบทบาทสำคัญในการกระตุ้นการเจริญเติบโตของพืช (สุวลี, 2544) ไคโตซานยังสามารถกระตุ้นการแสดงออกของยีนที่เกี่ยวข้องกับกลไกการป้องกันตัวของพืช เช่น ยีนที่สร้าง phenylalanine ammonialyase (PAL) (Young and Kauss, 1983) ซึ่งเป็นเอนไซม์

กรมวิชาการเกษตร

ที่สร้างสารประกอบฟีนอล เช่น ลิกนิน (lignin) ซึ่งเป็นองค์ประกอบของผนังเซลล์ และ phytoalexin ซึ่งมีฤทธิ์ยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ ดังนั้นการให้ไคโตซานแก่พืช ส่งผลให้เซลล์พืชแข็งแรงและทนต่อการเข้าทำลายของเชื้อสาเหตุโรคและแมลงได้มากขึ้น (Shadihi *et al*., 1999) ชีวภัณฑ์ไส้เดือนฝอยกำจัดแมลง โดยการพ่นไปกับน้ำให้ถูกตัวแมลงระยะตัวหนอนและตัวเต็มวัย หรือใช้วิธีราดหรือคลุกดินในบริเวณที่มีแมลงศัตรูพืชระบาด รวมทั้งชีวภัณฑ์ไส้เดือนฝอยมีความปลอดภัยต่อพืช สัตว์เลือดอุ่น มนุษย์ และไม่มีมลพิษต่อสภาพแวดล้อม ไส้เดือนฝอย *Steinernema* สายพันธุ์ไทย มีศักยภาพในการควบคุมแมลงได้หลายชนิด (นุชนารถ, 2558) ในปัจจุบันได้มีการนำเทคโนโลยีฟองก๊าซขนาดไมโครและนาโน (Micro- and Nano- bubbles, MNBs) มาประยุกต์ใช้อย่างแพร่หลายในงานหลายด้าน เช่น การบำบัดน้ำเสีย การเกษตร ด้านสุขภาพ MNBs เป็นฟองก๊าซขนาดเล็ก ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางอยู่ระหว่าง 10 ถึง 200 นาโนเมตร มีพื้นที่ผิวจำเพาะสูง และมีความคงตัวอยู่ได้นานในตัวกลางที่เป็นของเหลว ซึ่งสามารถเพิ่มความสามารถในการละลายของก๊าซในของเหลว นอกจากนี้ในขณะที่ MNB เกิดการยุบตัวจะทำให้เกิดอนุมูลอิสระที่มีสาเหตุมากจากความหนาแน่นของไอออนที่บริเวณรอยต่อของก๊าซและของเหลวก่อนที่จะเกิดการยุบตัว (Eriksson and Ljunggren, 1999) แคลเซียมเป็นธาตุอาหารในกลุ่มธาตุที่ต้องการมาก (macro nutrient) มีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของพืชที่มีบทบาทสำคัญในโครงสร้างของผนังเซลล์ (cell wall) ในการเชื่อมเพกตินที่เป็นองค์ประกอบของผนังเซลล์ทำให้เซลล์มีความแข็งแรง (structural rigidity) ปัญหาที่สำคัญของแคลเซียมในการเจริญเติบโตของพืชก็คือ แคลเซียมเป็นธาตุอาหารที่ไม่เคลื่อนย้ายในพืช การสะสมของแคลเซียมในพืชขึ้นกับการคายน้ำเป็นหลัก ใบพืชเป็นส่วนของพืชที่คายน้ำมากจึงมีแคลเซียมสะสมอยู่มาก ในขณะที่ผลเป็นบริเวณที่มีการคายน้ำน้อยจึงพบปัญหาการขาดแคลเซียมอยู่เสมอ ดังนั้นอาการขาดแคลเซียมในพืชกินผลมักแสดงออกที่ส่วนของผลเป็นหลักซึ่งมีผลต่อการอ่อนนุ่ม (softening) การเสื่อมสภาพ (senescence) และการเข้าทำลายของโรค การพ่นแคลเซียมคลอไรด์ก่อนการเก็บเกี่ยวช่วยเพิ่มปริมาณแคลเซียมในเปลือกผลไม้ โดยแคลเซียมจะแทรกซึมผ่านชั้นอิพิเดอร์มิส (epidermis) ของผิวผลไม้เข้าไปอยู่ในส่วนประกอบของผนังเซลล์ ดังนั้นการพ่นแคลเซียมคลอไรด์ในความเข้มข้นที่เหมาะสมจึงช่วยเพิ่มปริมาณแคลเซียมในและรักษาคุณภาพของผลได้

ระเบียบวิธีการวิจัย (Research Methodology)

กิจกรรมที่ 1 การใช้สารเคมีกลุ่มปลอดภัย ชีวภัณฑ์ ในการจัดการศัตรูพืชกับพริกชี้ฟ้าและกะหล่ำปลีในสภาพโรงเรือนและสภาพแปลง

การทดลองที่ 1.1 การใช้กรดซาลิไซลิกในการป้องกันโรคแอนแทรคโนสของพริกชี้ฟ้าที่เกิดจากเชื้อ *Colletotrichum* sp.

<u>แบบและวิธีการทดลอง</u>

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ Randomized Complete Block Design (RCBD) จำนวน 3 ซ้ำ ซ้ำละ 20 ต้น 7 กรรมวิธี ประกอบด้วย

1. พ่นคาร์เบนดาซิม 50% WP ที่ความเข้มข้น 1,000 ppm (ชุดควบคุม)
2. พ่นสารละลายกรดซาลิไซลิก ที่ความเข้มข้น 100 ppm
3. พ่นสารละลายกรดซาลิไซลิก ที่ความเข้มข้น 250 ppm
4. พ่นสารละลายกรดซาลิไซลิก ที่ความเข้มข้น 500 ppm
5. พ่นสารละลายกรดซาลิไซลิก ที่ความเข้มข้น 700 ppm
6. พ่นสารละลายกรดซาลิไซลิก ที่ความเข้มข้น 1,000 ppm

กรมวิชาการเกษตร

7. พ่นด้วยน้ำเปล่า (ชุดควบคุม)

วิธีปฏิบัติการทดลอง

1. การสำรวจและตรวจสอบโรคพืช
2. ศึกษาความเข้มข้นการใช้กรดซาลิไซลิกที่เหมาะสมต่อการป้องกันโรคแอนแทรคโนสของพริกชี้ฟ้าในโรงเรือน

การบันทึกข้อมูล

1. ความรุนแรงการเกิดโรค 2. การเจริญเติบโต ความสูง จำนวนใบ ความหนาใบ และพื้นที่ใบ
3. น้ำหนักผลผลิต 4. คุณภาพพริกชี้ฟ้า 5. ข้อมูลอุตุนิยมวิทยา 6. ต้นทุนการผลิต

ระยะเวลาดำเนินการ ตุลาคม 2563 – กันยายน 2564

สถานที่ดำเนินการ

1. ห้องปฏิบัติการสำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช
2. โรงเรือนสวนเฉลิมพระเกียรติ 55 พรรษา สถาบันวิจัยพืชสวน

การทดลองที่ 1.2 การลดการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชในการผลิตกะหล่ำปลีโดยใช้วิธีแบบผสมผสานในโรงเรือนและสภาพแปลง

การทดลองที่ 1.2.1 ทดสอบประสิทธิภาพของสารไคโตซานในการควบคุมโรคและแมลงศัตรูพืชในโรงเรือน

แบบและวิธีการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบสุ่มบล็อกสมบูรณ์ Randomized Complete Block Design (RCBD) จำนวน 4 ซ้ำ 5 กรรมวิธี ดังนี้

กรรมวิธีที่ 1 พ่นไคโตซาน 100 ppm กรรมวิธีที่ 2 พ่นไคโตซาน 200 ppm
กรรมวิธีที่ 3 พ่นไคโตซาน 500 ppm กรรมวิธีที่ 4 พ่นสารเคมี (ชุดควบคุม) ตามวิธีเกษตรกร
กรรมวิธีที่ 5 พ่นด้วยน้ำเปล่า (ชุดควบคุม)

วิธีปฏิบัติการทดลอง

1. เตรียมแปลงปลูก ขนาด 1 x 2 เมตร ตากดิน 5-7 วัน ใส่ปุ๋ยคอกเพื่อปรับสภาพดินเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดิน จากนั้นย่อยหน้าดินให้มีขนาดก้อนเล็ก ใส่ปุ๋ยคอกหรือปุ๋ยหมักอัตรา 20 กิโลกรัม/แปลง และปุ๋ยสูตร 46-0-0 รองพื้น ปลูกในโรงเรือน (ภาพภาคผนวกที่ ก3) ปลูกในแปลง
2. เพาะเมล็ดกะหล่ำปลีลงถาดเพาะเมล็ด รดน้ำสม่ำเสมอ เมื่ออายุ 25-30วันหรือมีใบจริง 1-2 ใบลงแปลง ระยะปลูก 30 x 40 เซนติเมตร ปลูกเป็นแถวคู่
3. พ่นสารตามกรรมวิธีที่กำหนด และพ่นทุกๆ 7 วัน
4. ติดตั้งกับดักกาวเหนียวเพื่อดักแมลง ขนาด 30x20 เซนติเมตร มาปักในแปลงกะหล่ำปลี จำนวน 1 แผ่นต่อ 1 แปลง ตามแต่ละกรรมวิธี
5. เมื่อตรวจพบหนอนหรือแมลงศัตรูให้พ่นด้วยไส้เดือนฝอยสายพันธุ์ไทย (อัตราตามคำแนะนำของกรมวิชาการเกษตร)
6. การใส่ปุ๋ยแบ่งใส่เป็น 2 ครั้ง เมื่อต้นกล้าอายุครบ 10-15 วันหลังย้ายปลูก และครั้งที่ 2 อายุ 30 วัน การรดน้ำ ระยะแรกรดน้ำอย่างสม่ำเสมอ เมื่อกะหล่ำห่อหัวควรเว้นระยะการให้น้ำเพื่อป้องกันหัวกะหล่ำปลีแตกเนื่องจากได้รับน้ำมากเกินไป
7. บันทึกข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยใช้โปรแกรมสำเร็จและเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยในแต่ละกรรมวิธี ด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

กรมวิชาการเกษตร

การทดลองที่ 1.2.2 ทดสอบประสิทธิภาพของสารไคโตซานในการควบคุมโรคและแมลงศัตรูพืชในสภาพแปลงปลูก

แบบและวิธีการทดลอง

กรรมวิธีที่ 1 วิธีเกษตรกร

กรรมวิธีที่ 2 เทคโนโลยีการควบคุมโรคและแมลงศัตรูพืชที่เหมาะสมของกรมวิชาการเกษตร

วิธีปฏิบัติการทดลอง

วางแผนการทดลอง ดังนี้

กรรมวิธีที่ 1 วิธีเกษตรกร

กรรมวิธีที่ 2 เทคโนโลยีการควบคุมโรคและแมลงศัตรูพืชที่เหมาะสมของกรมวิชาการเกษตร

ดำเนินการโดยใช้เทคโนโลยีการควบคุมโรคและแมลงศัตรูพืชที่เหมาะสมของกรมวิชาการเกษตร (ผลจากการทดลองในการทดลองที่ 1) ดำเนินการในแปลงเกษตรกรจำนวน 10 แปลง พื้นที่แปลงละ 0.5 ไร่ คัดเลือกเกษตรกรที่สนใจในพื้นที่ อ.เขาค้อ จ.เพชรบูรณ์ จับพิกัดแปลง ดำเนินการปลูกกะหล่ำ กรรมวิธีที่ 1 วิธีเกษตรกรให้เกษตรกรปลูกและใช้วิธีของเกษตรกรเองในการพ่นสารเคมี กรรมวิธีที่ 2 ใช้เทคโนโลยีของกรมฯ (เมื่อต้นกล้าอายุครบ 20 วันหลังย้ายกล้า ดำเนินการพ่นสารไคโตซานในอัตรา 200 ppm/20 น้ำ 20 ลิตร ทุก ๆ 7 วัน เมื่อพบศัตรูพืชที่มารบกวนใช้สารชีวภัณฑ์ *Bacillus thuringiensis* (BT) ในการป้องกันและกำจัด) ติดตั้งกาวดักแมลงเพื่อตรวจนับแมลงที่พบในแปลงทั้งกรรมวิธีที่ 1 และกรรมวิธีที่ 2 วัดการเจริญเติบโต ทุก ๆ 15 วัน (ความสูงต้น ความกว้างทรงพุ่ม) เมื่อครบ 60 วัน เก็บผลผลิต นำมาวัดขนาดหัว และชั่งน้ำหนัก เก็บและบันทึกข้อมูล เพื่อนำมาวิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง

การบันทึกข้อมูล

1. ชนิดจำนวนของแมลงที่พบ 2. นับจำนวนแมลง 3. ความรุนแรงการเกิดโรค 4. การเจริญเติบโตของพืช
5. น้ำหนักผลผลิต 6. ตรวจวัดคุณภาพ 7. ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ

ระยะเวลาดำเนินการ ตุลาคม 2563 – กันยายน 2564

สถานที่ดำเนินการ ศูนย์วิจัยเกษตรที่สูงเพชรบูรณ์

กิจกรรมที่ 2 การลดสารเคมีกำจัดแมลงตกค้างและการรักษาคุณภาพของ พริกชี้ฟ้า กะหล่ำปลี คะน้า มันฝรั่ง มะเขือเทศ

การทดลองที่ 2.1 การใช้เทคโนโลยีฟองอากาศขนาดไมโครและนาโนร่วมกับโซเดียมไบคาร์บอเนตในการล้างทำความสะอาดเพื่อลดสารตกค้างใน กะหล่ำปลี คะน้า พริกชี้ฟ้า

แบบและวิธีการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบสุ่มบล็อกสมบูรณ์ Randomized Complete Block Design (RCBD) จำนวน 4 ซ้ำ กะหล่ำปลี 4 หัว/หน่วยทดลอง พริกชี้ฟ้า 180 กรัม/หน่วยทดลอง คะน้า 250 กรัม/หน่วยทดลอง จำนวน 6 กรรมวิธี

กรรมวิธีที่ 1 ไม่ได้ล้างด้วยน้ำ (ชุดควบคุม)

กรรมวิธีที่ 2 ล้างด้วยน้ำ เป็นเวลา 10 นาที

กรรมวิธีที่ 3 ล้างด้วยน้ำที่มีฟองอากาศขนาดไมโครและนาโน เป็นเวลา 10 นาที (MNBs)

กรรมวิธีที่ 4 ล้างด้วยน้ำที่มีฟองอากาศขนาดไมโครและนาโนร่วมกับสารละลายโซเดียมไบคาร์บอเนต ความเข้มข้น 100 ppm เป็นเวลา 10 นาที (MNBs+100 ppm $NaHCO_3$)

กรมวิชาการเกษตร

กรรมวิธีที่ 5 ล้างด้วยน้ำที่มีฟองอากาศขนาดไมโครและนาโนร่วมกับสารละลายโซเดียมไบคาร์บอเนต ความเข้มข้น 500 ppm เป็นเวลา 10 นาที (MNBs+500 ppm $NaHCO_3$)

กรรมวิธีที่ 6 ล้างด้วยน้ำที่มีฟองอากาศขนาดไมโครและนาโนร่วมกับสารละลายโซเดียมไบคาร์บอเนต ความเข้มข้น 1000 ppm เป็นเวลา 10 นาที (MNBs+1000 ppm $NaHCO_3$)

กรรมวิธีที่ 7 ล้างด้วยน้ำที่มีฟองอากาศขนาดไมโครและนาโนร่วมกับสารละลายโซเดียมไบคาร์บอเนต ความเข้มข้น 1500 ppm เป็นเวลา 10 นาที (MNBs+1500 ppm $NaHCO_3$)

วิธีปฏิบัติการทดลอง

1. นำตัวอย่างล้างทำความสะอาดตามกรรมวิธี ผึ่งให้แห้ง บันทึกข้อมูล

2. นำข้อมูลวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยใช้โปรแกรมสำเร็จและเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยในแต่ละกรรมวิธี ด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

บันทึกข้อมูล

1. ลักษณะที่ปรากฏ เช่น การเกิดรอยช้ำ การเปลี่ยนแปลงสี เป็นต้น

2. ปริมาณสารเคมีกำจัดแมลง กลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต ออร์กาโนคลอรีน ห้องปฏิบัติการสารพิษตกค้าง

ระยะเวลาดำเนินการ

ตุลาคม 2563 – กันยายน 2564

สถานที่ดำเนินการ

1. ห้องปฏิบัติการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
2. ห้องปฏิบัติการ สถาบันวิจัยพืชสวน
3. ห้องปฏิบัติการสารพิษตกค้าง กองพัฒนาระบบและรับรองมาตรฐานสินค้าพืช

การทดลองที่ 2.2 การเก็บรักษาด้วยเทคนิคซุปเปอร์คูลิงค์ (super-cooling) ต่อคุณภาพของ กะหล่ำปลี พริกชี้ฟ้า มันฝรั่ง

แบบและวิธีการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบสุ่มบล็อกสมบูรณ์ Randomized Complete Block Design (RCBD) จำนวน 5 ซ้ำ กะหล่ำปลี 4 หัว/หน่วยทดลอง พริกชี้ฟ้า 180 กรัม/หน่วยทดลอง มันฝรั่ง 4 หัว/หน่วยทดลอง จำนวน 4 กรรมวิธี

กรรมวิธีที่ 1 เก็บรักษาในอุณหภูมิที่เหมาะสมกับพืชแต่ละชนิด (ชุดควบคุม)

กรรมวิธีที่ 2 เก็บรักษาในอุณหภูมิที่เหมาะสมกับพืชแต่ละชนิด ใช้คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ากำลัง 1000 โวลต์ต่อเมตร

กรรมวิธีที่ 3 เก็บรักษาในอุณหภูมิที่เหมาะสมกับพืชแต่ละชนิด ใช้คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ากำลัง 2000 โวลต์ต่อเมตร

กรรมวิธีที่ 4 เก็บรักษาในอุณหภูมิที่เหมาะสมกับพืชแต่ละชนิด ใช้คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ากำลัง 3000 โวลต์ต่อเมตร

วิธีปฏิบัติการทดลอง

1. นำตัวอย่างเก็บรักษา กะหล่ำปลี ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส พริกชี้ฟ้าที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส และ มันฝรั่ง ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ใช้คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ากำลัง 1000 2000 และ 3000 โวลต์ต่อเมตร ตามกรรมวิธี กะหล่ำปลี นาน 2 เดือน พริกชี้ฟ้า นาน 1 เดือน มันฝรั่ง นาน 3 เดือน

2. สุ่มตัวอย่างตรวจสอบคุณภาพ

3. วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยใช้โปรแกรมสำเร็จและเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยในแต่ละกรรมวิธี ด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

กรมวิชาการเกษตร

บันทึกข้อมูล

1. ลักษณะที่ปรากฏ เช่น การเกิดรอยช้ำ การเปลี่ยนแปลงสี เป็นต้น
2. องค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ โปรตีน เยื่อใย เถ้า ไขมัน ความชื้น คาร์โบไฮเดรต

ระยะเวลาดำเนินการ

ตุลาคม 2563 – กันยายน 2564

สถานที่ดำเนินการ

1. ห้องปฏิบัติการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
2. ห้องปฏิบัติการ สถาบันวิจัยพืชสวน
3. ห้องปฏิบัติการสารพิษตกค้าง กองพัฒนาระบบและรับรองมาตรฐานสินค้าพืช

การทดลองที่ 2.3 การให้แคลเซียมเพื่อรักษาคุณภาพในระหว่างการเก็บรักษา

วิธีปฏิบัติการทดลอง

1. การเตรียมตัวอย่างมะเขือเทศ

ทำการพ่นแคลเซียมโบรอนแก่ต้นมะเขือเทศเชอรี่พันธุ์ปริ้นเซส 70 มี 3 กรรมวิธี ได้แก่ กรรมวิธีที่ 1 กรรมวิธีควบคุม (ไม่พ่นแคลเซียมโบรอน) กรรมวิธีที่ 2 พ่นแคลเซียมโบรอน ความเข้มข้น 0.25% และกรรมวิธีที่ 3 พ่นแคลเซียมโบรอน ความเข้มข้น 0.5% จำนวน 3 ครั้ง ในระยะ 30 40 50 วันหลังดอกบาน เก็บเกี่ยวผลมะเขือเทศเชอร์รี่ พันธุ์ปริ้นเซส 70 ในระยะผลสุกเต็มที่ จากแปลงเกษตรกร กลุ่มวิสาหกิจชุมชนปลูกมะเขือเทศปลอดสารพิษ อำเภอดอนตูม จังหวัดนครปฐม จากนั้น ล้างทำความสะอาด และบรรจุลงในถาดโฟม จำนวน 200 กรัม/ถาด จากนั้นนำไปใส่ในถุงพลาสติกชนิด low density polyethylene (LDPE) และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส

2. การบันทึกข้อมูล

2.1 คุณภาพด้านกายภาพ

2.1.1 ปริมาณผลผลิต

เก็บเกี่ยวผลผลิตในแต่ละต้นทุก 3 วัน จำนวน 5 ครั้ง นำไปคำนวณปริมาณผลผลิตต่อต้น

2.1.2 ขนาดผล

นำมะเขือเทศมาวัดขนาดผล ได้แก่ น้ำหนักผล ความกว้างผล และความยาวผล

2.1.3 การเปลี่ยนแปลงสี

นำมะเขือเทศมาวัดค่า L* a* b* ด้วยเครื่อง Color reader (KONICA MINOLTA., รุ่น CR-10, Japan) โดยวัดบริเวณกึ่งกลางผล ทั้ง 2 ด้านที่ตรงข้ามกัน

2.1.4 ความแน่นเนื้อผล

นำมะเขือเทศวัดความแน่นเนื้อด้วยเครื่อง Texture Analyzer (LLOYD instruments., รุ่น LX plus, United Kingdom) ตัววัดแรง (load cell).1 กิโลกรัม ความเร็ว 50 มิลลิเมตรต่อนาที ระยะทางในการวัด 10 มิลลิเมตร โดยทำการวัดบริเวณกึ่งกลางผลทั้ง 2 ด้าน มีหน่วยเป็น นิวตัน (N)

2.2 คุณภาพทางเคมี

2.2.1 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้

นำน้ำคั้นมะเขือเทศวิเคราะห์ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ ด้วยเครื่อง Digital Refractometer (ATAGO, รุ่น PR-101, Japan) อ่านค่าที่ได้ในหน่วย °Brix

2.2.2 ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้

กรมวิชาการเกษตร

นำน้ำคั้นมะเขือเทศ 2 มิลลิลิตร เติม Phenolphthalein ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเป็น indicator จำนวน 2 หยด นำไปไทเทรตด้วยสารละลาย NaOH ความเข้มข้น 0.1 N จนถึงจุดยุติ หรือ สารละลายเปลี่ยนเป็นสีชมพูอ่อน นำค่าปริมาณ NaOH ที่ใช้ในการ ไทเทรตไปคำนวณหาปริมาณกรดในรูปของ เปอร์เซ็นต์กรดมาลิก ตามสูตร (AOAC., 1990)

$$\text{เปอร์เซ็นต์ TA} = \frac{\text{(N NaOH) (ml NaOH) (meq. wt of malic acid)}}{\text{ml of sample}} \times 100$$

N NaOH คือ Normality ของสารละลายด่างมาตรฐาน (0.1 N)

ml NaOH คือ ปริมาตร (ml) ของ NaOH ที่ใช้ในการไทเทรต

meq.wt of malic acid คือ 0.067

2.3 คุณภาพทางชีวเคมี

2.3.1 ปริมาณไลโคปีน

วิเคราะห์ปริมาณไลโคปีนด้วยวิธีการของ Gordon and Barrett (2007) โดยนำตัวอย่างมะเขือเทศ 0.5 กรัม ใส่ในหลอดทดลองขนาด 50 มิลลิลิตร เติม Hexane : Acetone : Ethanol (HAE) อัตราส่วน 2:1:1 ปริมาตร 5 มิลลิลิตร จากนั้น นำไปปั่นด้วยเครื่อง Homogenizer ให้ละเอียด เติม HAE 15 มิลลิลิตรต่อหลอด ปิดฝา และนำไปเขย่าด้วยเครื่อง Vortex Mixer จากนั้นตั้งทิ้งไว้ 15 นาที นำส่วนใสด้านบน (Hexane) นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง spectrophotometer (Thermo scientific., Evolution 300 UV-VIS, The United States of America) ที่ความยาวคลื่น 444 และ 503 นาโนเมตร คำนวณปริมาณไลโคปีน (mg/100 g FW) ตามสูตร

Lycopene (µg/100 g) = (6.95 X Abs.503) – (1.59 X Abs.444) X 295.35 X V/W X 100

Abs.503 คือ ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 503 นาโนเมตร

Abs.444 คือ ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 444 นาโนเมตร

V คือ ปริมาตรสารละลาย HAE (มิลลิลิตร)

W คือ น้ำหนักตัวอย่าง (มิลลิกรัม)

2.3.2 ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ

ประเมินปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธีการของ Benzie and Strain (1996) ดัดแปลงจาก Thaipong *et al*. (2006) ด้วยวิธี FRAP เตรียมสารสกัดจากตัวอย่างมะเขือเทศ โดยนำมะเขือเทศ 1 กรัม มาสกัดด้วย methanol 20 มิลลิลิตร นำไปปั่นด้วยเครื่อง Homogenizer ให้ละเอียด และนำไปปั่นเหวี่ยงด้วยเครื่อง Centrifuge ความเร็ว 15,000 รอบต่อนาที ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที จากนั้นนำสารละลายส่วนใสเก็บที่ 4 องศาเซลเซียส เพื่อนำไปวิเคราะห์ต่อไป

เตรียมสารละลาย FRAP reagent โดยผสมสารละลาย 300 mM Acetate buffer pH (pH 3.6) : 10 mM TPTZ (2,4,6- tripyridyl-s-triazine) ใน 40 mM HCl : 20 mM $FeCl_3.6H_2O$ อัตราส่วน 10 : 1: 1 จากนั้น นำสารละลายตัวอย่าง 0.2 มิลลิลิตร และเติมสารละลาย FRAP 2.85 มิลลิลิตร นำไปเขย่าด้วยเครื่อง Vortex Mixer และบ่มใน incubator 37 องศาเซลเซียส นาน 1 ชั่วโมง วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 593 นาโนเมตร (µMol ascorbic acid equivalents (AAE)/g FW)

กรมวิทยาศาสตร์

2.4 การเกิดโรคหลังการเก็บเกี่ยว

ประเมินการเกิดโรคหลังการเก็บเกี่ยวที่บริเวณขั้วผลและผิวผลด้วยสายตา และให้คะแนนการเกิดโรคตามอาการที่ปรากฏ ดังนี้

1 คะแนน หมายถึง มีการปรากฏของโรค 0 – 20%
2 คะแนน หมายถึง มีการปรากฏของโรค 21 – 40%
3 คะแนน หมายถึง มีการปรากฏของโรค 41 – 60%
4 คะแนน หมายถึง มีการปรากฏของโรค 61 – 80%
5 คะแนน หมายถึง มีการปรากฏของโรค 81 – 100%

<u>ระยะเวลาดำเนินการ</u>

ตุลาคม 2563 – กันยายน 2564

<u>สถานที่ดำเนินการ</u>

1. แปลงปลูกมะเขือเทศของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนปลูกมะเขือเทศปลอดสารพิษ จังหวัดนครปฐม
2. กลุ่มวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวพืชสวน กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร กรมวิชาการเกษตร
3. กลุ่มวิจัยปฐพีวิทยา กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร
4. กลุ่มวิจัยเกษตรเคมี กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร

ผลการวิจัย (Results)

กิจกรรมที่ 1 การใช้สารเคมีกลุ่มปลอดภัย ชีวภัณฑ์ ในการจัดการศัตรูพืชกับพริกชี้ฟ้าและกะหล่ำปลีในสภาพโรงเรือนและสภาพแปลง

การทดลองที่ 1.1 การใช้กรดซาลิไซลิกในการป้องกันโรคแอนแทรคโนสของพริกชี้ฟ้าที่เกิดจากเชื้อ *Colletotrichum* sp.

1. สำรวจและรวบรวมเชื้อแอนแทรคโนส

จากการสำรวจและศึกษาลักษณะอาการของโรคแอนแทรคโนสในแปลงปลูกพริก ในจังหวัดกาญจนบุรี ตาก และสุโขทัย ในปี พ.ศ. 2563 จำนวน 15 แหล่งที่มีการปลูกพริก พบมีการระบาดของโรคแอนแทรคโนส จำนวน 15 แปลง พบเชื้อราสาเหตุโรคเข้าทำลายในส่วนของผลพริก จาก 15 แหล่ง เก็บผลพริกที่แสดงอาการเป็นโรคมาแยกเชื้อให้บริสุทธิ์ บนอาหารเลี้ยงเชื้อ potato dextrose agar (PDA) ที่ห้องปฏิบัติการโรคพืช แยกเชื้อได้ 15 ไอโซเลต นำเชื้อที่ได้ มาทำบริสุทธิ์โดยการทำ single spore นำเชื้อที่ได้มาศึกษาลักษณะทางสัณฐานโดยการทำ slide culture เพื่อตรวจดูใต้กล้องจุลทรรศน์ และศึกษาลักษณะทางสัณฐาน จำนวน 13 ไอโซเลต ผลการศึกษา พบว่า ลักษณะทางสัณฐานของราที่แยกได้จากตัวอย่างแปลงที่ 1-7 แปลงที่ 9-14 จำแนกชนิดได้ว่าเป็นรา *Colletotrichum acutatum* รวมจำนวน 13 ไอโซเลต แปลงที่ 15 จำแนกได้เป็นรา *Colletotrichum gloeosporioides* ส่วนแปลงที่ 8 re-isolate เชื้อให้บริสุทธิ์และศึกษาลักษณะทางสัณฐาน สำหรับตัวอย่างโรคแอนแทรกโนสที่เก็บจากแปลงปลูกพริกผลใหญ่ (*Capsicum annuum*) ในจังหวัดเพชรบูรณ์ สามารถแยกเชื้อได้ 2 ไอโซเลต และนำเชื้อที่ได้มาทำบริสุทธิ์ ผลการศึกษาลักษณะทางสัณฐานจำแนกได้ว่าเป็นรา *Colletotrichum capsici* ทั้ง 2 ไอโซเลต

ดำเนินการคัดเลือกเชื้อ *Colletotrichum acutatum* ที่เจริญเร็ว และสามารถสร้างสปอร์จำนวนมาก จำนวน 6 ไอโซเลท นำมาปลูกเชื้อลงบนผลพริกหยวก พร้อมทดสอบความสามารถในการทำให้เกิดโรคกับผลพริก เพื่อหาเชื้อที่ก่อให้เกิดความรุนแรงของโรคมากที่สุด เพื่อคัดเลือกเป็นตัวแทนในนำไปการทดลองในขั้นตอนต่อไป ส่วนเชื้อ

กรมวิชาการเกษตร

Colletotrichum gloeosporioides และ *Colletotrichum capsici* ที่แยกได้อยู่ระหว่างทำการทดสอบความสามารถในการทำให้เกิดโรคกับผลพริก

2. การใช้กรดซาลิไซลิกในการป้องกันโรคแอนแทรคโนสของพริกชี้ฟ้าที่เกิดจากเชื้อ *Colletotrichum* sp.

การใช้กรดซาลิไซลิกในการป้องกันโรคแอนแทรคโนสของพริกชี้ฟ้าที่เกิดจากเชื้อ *Colletotrichum* sp ดำเนินการที่โรงเรือนสวนเฉลิมพระเกียรติ 55 พรรษา จังหวัดกรุงเทพฯ ระหว่างเดือน ตุลาคม 2563 ถึง เดือนกันยายน 2564 วางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อคสมบูรณ์ Randomized Complete Blocks Designs (RCBD) ประกอบด้วย 7 กรรมวิธี คือ พ่นคาร์เบนดาซิม 50% WP ที่ความเข้มข้น 1,000 ppm (ชุดควบคุม) พ่นสารละลายกรดซาลิไซลิกที่ความเข้มข้น 100 250 500 700 1,000 ppm และ พ่นน้ำเปล่า (ชุดควบคุม) มีผลการทดลอง ดังนี้

การประเมินโรคก่อนพ่นครั้งที่ 1 พบว่ามีเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคแอนแทรคโนส เฉลี่ยอยู่ระหว่าง 16.00 – 24% โดยเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคในแต่ละกรรมวิธีไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

การประเมินโรคก่อนพ่นครั้งที่ 2 พบว่าทุกกรรมวิธีที่พ่นสารละลายกรดซาลิไซลิกมีเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคแอนแทรคโนสเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 21.00 – 33.00% ต่ำกว่าและแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญกับกรรมวิธีพ่นน้ำเปล่า ที่มีเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคเฉลี่ย 45.33% เมื่อเปรียบเทียบระหว่างกรรมวิธี พบว่ากรรมวิธีที่พ่นสารละลายกรดซาลิไซลิกที่ความเข้มข้น 100 250 500 700 1,000 ppm มีเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคแอนแทรคโนสเฉลี่ย 33.33 28.00 31.33 30.33 และ 21.33% ตามลำดับ แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญกับกรรมวิธีพ่นสารเปรียบเทียบ คาร์เบนดาซิม 50% WP ที่ความเข้มข้น 1,000 ppm มีเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคแอนแทรคโนสเฉลี่ย 22.00%

การประเมินโรคก่อนพ่นครั้งที่ 3 พบว่าทุกกรรมวิธีที่พ่นสารละลายกรดซาลิไซลิกมีเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคแอนแทรคโนสเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 30.00 – 33.33% ต่ำกว่าและแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญกับกรรมวิธีพ่นน้ำเปล่า ที่มีเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคเฉลี่ย 40.67% เมื่อเปรียบเทียบระหว่างกรรมวิธี พบว่ากรรมวิธีที่พ่นสารละลายกรดซาลิไซลิกที่ความเข้มข้น 100 250 500 700 1,000 ppm มีเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคแอนแทรคโนสเฉลี่ย 33.33 31.00 32.33 33.33 และ 30.33% ตามลำดับ แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญกับกรรมวิธีพ่นสารเปรียบเทียบ คาร์เบนดาซิม 50% WP ที่ความเข้มข้น 1,000 ppm มีเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคแอนแทรคโนสเฉลี่ย 22.67%

การประเมินโรคก่อนพ่นครั้งที่ 4 พบว่าทุกกรรมวิธีที่พ่นสารละลายกรดซาลิไซลิกมีเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคแอนแทรคโนสเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 34.00 – 47.33% ต่ำกว่าและแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญกับกรรมวิธีพ่นน้ำเปล่า ที่มีเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคเฉลี่ย 57.33% เมื่อเปรียบเทียบระหว่างกรรมวิธี พบว่ากรรมวิธีที่พ่นสารละลายกรดซาลิไซลิกที่ความเข้มข้น 100 250 500 700 1,000 ppm มีเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคแอนแทรคโนสเฉลี่ย 47.33 34.00 37.67 35.33 และ 35.33% ตามลำดับ ไม่แตกต่างทางสถิติกับกรรมวิธีพ่นสารเปรียบเทียบ คาร์เบนดาซิม 50% WP ที่ความเข้มข้น 1,000 ppm มีเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคแอนแทรคโนสเฉลี่ย 34.00%

การประเมินโรคหลังพ่นสารครั้งสุดท้าย 7 วัน พบว่าทุกกรรมวิธีที่พ่นสารละลายกรดซาลิไซลิกมีเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคแอนแทรคโนสเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 34.67 – 41.33% ต่ำกว่าและแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญกับกรรมวิธีพ่นน้ำเปล่า ที่มีเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคเฉลี่ย 70.00% เมื่อเปรียบเทียบระหว่างกรรมวิธี พบว่ากรรมวิธีที่พ่นสารละลายกรดซาลิไซลิกที่ความเข้มข้น 100 250 500 700 1,000 ppm มีเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคแอนแทรคโนสเฉลี่ย 41.33 35.00 34.67 35.6 และ 34.67 % ตามลำดับ ไม่แตกต่างทางสถิติกับกรรมวิธีพ่นสาร

กรมวิชาการเกษตร

เปรียบเทียบ คาร์เบนดาซิม 50% WP ที่ความเข้มข้น 1,000 ppm มีเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคแอนแทรคโนสเฉลี่ย 32.67%

การประเมินโรคหลังพ่นสารครั้งสุดท้าย 14 วัน พบว่าทุกกรรมวิธีที่พ่นสารละลายกรดซาลิไซลิกมีเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคแอนแทรคโนส เฉลี่ยอยู่ระหว่าง 55.33 – 62.67% ต่ำกว่าและแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญกับกรรมวิธีพ่นน้ำเปล่า ที่มีเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคเฉลี่ย 83.33% เมื่อเปรียบเทียบระหว่างกรรมวิธี พบว่ากรรมวิธีที่พ่นสารละลายกรดซาลิไซลิกที่ความเข้มข้น 100 250 500 700 1,000 ppm มีเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคแอนแทรคโนสเฉลี่ย 62.67 55.33 58.00 57.33 และ 55.33% ตามลำดับ ไม่แตกต่างทางสถิติกับกรรมวิธีพ่นสารเปรียบเทียบ คาร์เบนดาซิม 50% WP ที่ความเข้มข้น 1,000 ppm มีเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคแอนแทรคโนสเฉลี่ย 49.33% ซึ่งจะเห็นได้ว่าหลังจากการพ่นสาร 14 วันในแต่กรรมวิธีที่พ่นกรดซาลิไซลิกทำให้พบเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคแอนแทรคโนสเฉลี่ยมากกว่า 50% และในกรรมวิธีเปรียบเทียบที่พ่นคาร์เบนดาซิม 50% WP มีเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคแอนแทรคโนสเฉลี่ย 49.33% มีความใกล้เคียงกันและมีแนวโน้มสูงขึ้นในทิศทางเดียวกัน เป็นผลมาจากต้นพริกเริ่มเสื่อมโทรมลงทำให้ต้นมีความอ่อนแอและทำให้พริกเกิดโรคมากขึ้นซึ่งการเกิดโรคแอนแทรคโนสในพริกจะมากจะน้อยยังขึ้นกับสภาพแวดล้อม ความแข็งแรงของพริก ชนิดและประสิทธิภาพของการใช้สารเคมีในการป้องกัน ตลอดจนช่วงเวลาในการพ่นสารในการป้องโรคแอนแทรคโนสอีกด้วย การใช้กรดซาลิไซลิกในการป้องกันโรคแอนแทรคโนสของพริกชี้ฟ้า เพื่อได้วิธีการใช้กรดซาลิไซลิกในการป้องกันโรคแอนแทรคโนสของพริกชี้ฟ้าที่เกิดจากเชื้อ *Colletotrichum* sp. พ่นสารละลายกรดซาลิไซลิก ที่ความเข้มข้น 250 ppm สามารถลดการเกิดโรคโรคแอนแทรคโนสของพริกชี้ฟ้าได้ มีรายงานว่ากรดซาลิไซลิกมีผลในทางอ้อมของการใช้สารชักนำต่อการเจริญเติบโตของพืช โดยทำให้พืชมีระบบการป้องกันตัวจากสภาวะที่ไม่เหมาะสม ทำให้พืชสร้างสารบางอย่างขึ้นมาเพื่อป้องกันตัวก่อนที่จะมีการเข้าทำลายของเชื้อโรคจริง ๆ จึงช่วยลดความเสียหายของผลผลิตลงได้เมื่อมีการเข้าทำลายของเชื้อทำให้การเจริญเติบโตของพืชหรือผลผลิตดีขึ้น (Hirano *et al*., 2000)

การทดลองที่ 1.2 การลดการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชในการผลิตกะหล่ำปลีโดยใช้วิธีแบบผสมผสานในโรงเรือนและสภาพแปลง

การทดลองที่ 1.2.1 ทดสอบประสิทธิภาพของสารไคโตซานในการควบคุมโรคและแมลงศัตรูพืชในโรงเรือน ปี 2562-2563

ทดสอบประสิทธิภาพของสารไคโตซานในการควบคุมโรคและแมลงศัตรูพืชในโรงเรือน ได้ดำเนินการปลูกกะหล่ำปลีในโรงเรือนและสภาพแปลงปลูก โดยใช้สารไคโตซานพ่นทุก ๆ 7 วัน ตามกรรมวิธี ดังนี้ กรรมวิธีที่ 1 พ่น 100 ppm กรรมวิธีที่ 2 พ่น 200 ppm กรรมวิธีที่ 3 พ่น 500 ppm กรรมวิธีที่ 4 พ่นสารเคมี และกรรมวิธีที่ 5 พ่นด้วยน้ำเปล่า เมื่อกะหล่ำปลีอายุครบ 60 วัน จึงเก็บผลผลิต นำมาวัดขนาดหัวและช่างน้ำหนักได้ผลดังนี้

1. ขนาดหัว ในโรงเรือน การพ่นสารไคโตซานอัตรา 200 ppm มีขนาดหัวเฉลี่ยที่ใหญ่ที่สุด คือ 16.38 เซนติเมตร รองลงมาการพ่นสารไคโตซานอัตรา 100 ppm มีขนาดหัว 16.33 เซนติเมตร การพ่นสารเคมีมีขนาดหัว 16.20 เซนติเมตร และการพ่นสารไคโตซานอัตรา 500 ppm มีขนาดหัว 14.13 เซนติเมตร ตามลำดับ ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ในสภาพแปลง การพ่นสารไคโตซานอัตรา 200 ppm มีขนาดหัวเฉลี่ยที่ใหญ่ที่สุด คือ 17.15 เซนติเมตร รองลงมาการพ่นสารไคโตซานอัตรา 100 ppm มีขนาดหัว 16.46 เซนติเมตร การพ่นสารเคมีมีขนาดหัว 16.40 เซนติเมตร และการพ่นสารไคโตซาน อัตรา 500 ppm มีขนาดหัว 14.31 เซนติเมตร ตามลำดับ ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

2. น้ำหนักหัว ในโรงเรือน การพ่นสารไคโตซานอัตรา 200 ppm มีน้ำหนักต่อหัวเฉลี่ยสูงที่สุด คือ 0.83 กิโลกรัม รองลงมาการพ่นสารไคโตซานอัตรา 100 และ 500 ppm มีน้ำหนักต่อหัว 0.66 กิโลกรัม และการพ่น

กรมวิชาการเกษตร

สารเคมีมีน้ำหนักต่อหัว 0.63 กิโลกรัม ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ สภาพแปลงการพ่นสารไคโตซานอัตรา 200 ppm มีน้ำหนักต่อหัวเฉลี่ยสูงที่สุด คือ 0.87 กิโลกรัม รองลงมาการพ่นสารไคโตซานอัตรา 500 ppm มีน้ำหนักต่อหัว 0.71 กิโลกรัม การพ่นสารไคโตซานอัตรา 100 ppm มีน้ำหนักต่อหัว 0.70 กิโลกรัม และการพ่นสารเคมีมีน้ำหนักต่อหัว 0.67 กิโลกรัม ตามลำดับ ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

การทดลองที่ 1.2.2 ทดสอบประสิทธิภาพของสารไคโตซานในการควบคุมโรคและแมลงศัตรูพืชในสภาพแปลงปลูก ปี 2563-2564

ทดสอบประสิทธิภาพของสารไคโตซานในการควบคุมโรคและแมลงศัตรูพืชในสภาพแปลงปลูก โดยนำเอาเทคโนโลยีจากการทดสอบในการทดลองที่ 1 มาทดสอบในแปลงเกษตรกรจำนวน 10 แปลง แปลงล่ะ 0.5 ไร่ เพื่อเปรียบเทียบวิธีเกษตรกรที่ใช้สารเคมีในการป้องกันและกำจัดศัตรูพืชกับเทคโนโลยี การลดการใช้สารเคมีในการควบคุมโรคและแมลงศัตรูพืชที่เหมาะสมของกรมวิชาการเกษตร โดยใช้สารไคโตซาน อัตรา 200 ppm ต่อน้ำ 20 ลิตร+การใช้สารชีวภัณฑ์ BT+กาวดักแมลง ในสภาพแปลง เมื่อนำข้อมูลขนาดหัวและน้ำหนักผลผลิตและแมลงศัตรูที่พบในแปลงมาเปรียบเทียบระหว่างแปลงเกษตรกรและวิธีแนะนำพบว่า

1. ขนาดหัว ด้านความกว้างเฉลี่ยของหัวกะหล่ำปลี กรรมวิธีเกษตรกร 18.88 เซนติเมตร และวิธีแนะนำ 18.90 เซนติเมตร ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % เมื่อค่า t-stat (1.37) น้อยกว่า t Critical two-tail (2.26) และ P>0.05 (0.20) ด้านความยาวเฉลี่ยของหัวกะหล่ำปลี กรรมวิธีเกษตรกร 18.68 เซนติเมตร และวิธีแนะนำ 18.66 เซนติเมตร ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % เมื่อค่า t-stat (0.71) น้อยกว่า t Critical two-tail (2.26) และ P>0.05 (0.49) แสดงว่าการใช้เทคโนโลยีไม่ทำให้ขนาดหัวแตกต่างกัน

2. น้ำหนักต่อหัวเฉลี่ย กรรมวิธีเกษตรกร 1.15 กิโลกรัม และวิธีแนะนำ 1.18 กิโลกรัม ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % เมื่อค่า t-stat (0.88) น้อยกว่า t Critical two-tail (2.26) และ P>0.05 (0.39) แสดงว่าการใช้เทคโนโลยีไม่ทำให้น้ำหนักผลผลิตแตกต่างกัน

3. น้ำหนักกะหล่ำปลีเฉลี่ย ต่อ 0.5 ไร่ กรรมวิธีเกษตรกร 4,767 กิโลกรัม และวิธีแนะนำ 4,848 กิโลกรัม ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % เมื่อค่า t-stat (0.95) น้อยกว่า t Critical two-tail (2.26) และ P>0.05 (0.36) แสดงว่าการใช้เทคโนโลยีไม่ทำให้น้ำหนักผลผลิตแตกต่างกัน

4. ต้นทุน รายได้ และผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ (ค่า BCR) ของแปลงที่ใช้วิธีแนะนำเปรียบเทียบกับวิธีเกษตรกรพบว่า เกษตรกรทั้ง 10 ราย มีต้นทุน รายได้ กำไรที่แตกต่างกันไป เนื่องจากเกษตรกร มีการใช้สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชที่ต่างชนิดและราคาที่ไม่เหมือนกัน อีกทั้งราคาขายต่อกิโลกรัมที่แตกต่างกันตามราคาของตลาดและพ่อค้าที่มารับซื้อ เกษตรกรบางรายต้องเช่าพื้นที่ในการปลูก บางรายใช้พื้นที่ของตัวเอง บางรายมีรถแทรกเตอร์เป็นของตัวเองจึงไม่มีการจ้างไถพรวนดิน บางรายไม่มีการจ้างแรงงานในการปลูก เนื่องจากใช้แรงงานในครัวเรือน และจะเห็นได้ว่า ค่า BCR ของแปลงที่ใช้วิธีแนะนำจะสูงกว่าวิธีเกษตรกรทั้ง 10 ราย แสดงว่า การใช้วิธีแนะนำให้ผลคุ้มค่าทางเศรษฐกิจ ลดต้นทุนการผลิตเฉลี่ยประมาณ 16% เกษตรกรสามาถนำวิธีดังกล่าวไปใช้ในการปลูกกะหล่ำปลีแบบผสมผสานได้

5. แมลงศัตรูที่พบ แมลงที่พบในแปลงเกษตรกรทั้ง 10 แปลงมีดังนี้ เพลี้ยไฟ (Thrips) แมลงหวี่ขาว (Whiteflies) ด้วงหมัดผัก (Flea beetle) บั่ว (Wood-Mason) แมลงเต่าทอง (Ladybug) เพลี้ยจักจั่น (Leafhopper) เพลี้ยอ่อน (Aphids) หนอนผีเสื้อ(ตัวเต็มวัย) (Caterpillar) แมลงวัน (Fly) ซึ่งทั้งแปลงแนะนำและวิธีของเกษตรกร จำนวนแมลงที่พบบนกับดักกาวมีจำนวนที่แตกต่างกันเล็กน้อย และมีปริมาณลดลงเรื่อย ๆ เมื่อฉีดพ่นสารไคโตซานในแปลงแนะนำ แสดงว่าการใช้สารไคโตซานมีประสิทธิภาพในการป้องกันแมลงเมื่อเทียบกับ

กรมวิชาการเกษตร

การใช้สารเคมี ซึ่งหมายความว่าเกษตรกรสามารถนำสารไคโตซานมาช่วยลดการใช้สารเคมีเพื่อเป็นการลดต้นทุนและเพิ่มความปลอดภัยในผลผลิตกะหล่ำปลีได้ การใช้สารไคโตซานร่วมกับการใช้สารชีวภัณฑ์ และกาวดักแมลงเป็นเทคโนโลยีที่สามารถลดการใช้สารเคมีในการป้องกันและกำจัดหนอนและแมลงศัตรูกะหล่ำปลีได้ และยังช่วยเกษตรกรลดต้นทุนการผลิต ไคโตซานเป็นโพลิเมอร์ธรรมชาติที่ได้จากอนุพันธ์ของไคติน ที่เป็นองค์ประกอบของเปลือกแข็งหุ้มจุลินทรีย์หลายชนิด หรือโครงสร้างแข็งของสัตว์จำพวกแมลง กุ้ง ปู สามารถย่อยสลายง่าย เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม และมีความปลอดภัยต่อผู้บริโภค อีกทั้งยังเป็นองค์ประกอบของไนโตรเจน ซึ่งมีบทบาทสำคัญในการกระตุ้นการเจริญเติบโตของพืช (สุวลี, 2544) ไคโตซานยังสามารถกระตุ้นการแสดงออกของยีนที่เกี่ยวข้องกับกลไกการป้องกันตัวของพืช เช่น ยีนที่สร้าง phenylalanine ammonialyase (PAL) (Young and Kauss, 1983) ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่สร้างสารประกอบฟีนอล เช่น ลิกนิน (lignin) ซึ่งเป็นองค์ประกอบของผนังเซลล์ และ phytoalexin ซึ่งมีฤทธิ์ยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ ดังนั้นการให้ไคโตซานแก่พืช ส่งผลให้เซลล์พืชแข็งแรงและทนต่อการเข้าทำลายของเชื้อสาเหตุโรคและแมลงได้มากขึ้น (Shadihi *et al*., 1999)

กิจกรรมที่ 2 การลดสารเคมีกำจัดแมลงตกค้างและการรักษาคุณภาพของ พริกชี้ฟ้า กะหล่ำปลี คะน้า มันฝรั่ง มะเขือเทศ

การทดลองที่ 2.1 การใช้เทคโนโลยีฟองอากาศขนาดไมโครและนาโนร่วมกับโซเดียมไบคาร์บอเนตในการล้างทำความสะอาดเพื่อลดสารตกค้างใน กะหล่ำปลี คะน้า พริกชี้ฟ้า

- ปี 2563

ตัวอย่างกะหล่ำปลีจาก อำเภอเขาค้อ จ.เพชรบูรณ์ นำมาทดลอง จากการทดลองพบว่าการใช้เทคโนโลยีฟองอากาศขนาดไมโครและนาโนร่วมกับโซเดียมไบคาร์บอเนตที่ความเข้มข้นต่างๆ ไม่มีผลต่อลักษณะปรากฏของกะหล่ำปลี เช่น ไม่เกิดรอยช้ำ ไม่มีการเปลี่ยนแปลงสี เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม (ไม่ล้างน้ำ) สำหรับผลการวิเคราะห์สารตกค้าง พบว่าทุกกรรมวิธีการทดลองตรวจไม่พบสารตกค้างกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตและกลุ่มออร์กาโนคลอรีน สำหรับคะน้า พบว่าการใช้เทคโนโลยีฟองอากาศขนาดไมโครและนาโนร่วมกับสารละลายโซเดียมไบคาร์บอเนตที่ความเข้มข้นต่างๆ ไม่มีผลต่อลักษณะปรากฏของคะน้า เช่น ไม่เกิดรอยช้ำ ไม่มีการเปลี่ยนแปลงสี เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม (ไม่ล้างน้ำ) สำหรับการวิเคราะห์ปริมาณสารตกค้างกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตและออร์กาโนคลอรีน พบว่าการล้างด้วยฟองอากาศขนาดไมโครและนาโนร่วมกับสารละลายโซเดียมไบคาร์บอเนตความเข้มข้น 100 ppm (MNBs+100 ppm $NaHCO_3$) มีแนวโน้มในการลดสารพิษตกค้างกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต ได้แก่ เมวินฟอส ได้ และนอกจากนี้พบว่าในบางซ้ำไม่ตรวจพบสารตกค้าง ส่วนสารตกค้างกลุ่มออร์กาโนคลอรีนตรวจไม่พบในทุกกรรมวิธีการทดลอง

จากการทดลองพบว่าการใช้เทคโนโลยีฟองอากาศขนาดไมโครและนาโนร่วมกับสารละลายโซเดียมไบคาร์บอเนตที่ความเข้มข้นต่างๆ ไม่มีผลต่อลักษณะปรากฏของพริกชี้ฟ้า ได้แก่ ไม่เกิดรอยช้ำ ไม่มีการเปลี่ยนแปลงสี เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม สำหรับการวิเคราะห์สารตกค้าง โดยตรวจพบสารตกค้างในกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต ได้แก่ ไดอาซีนอน อีไธออน และโปรฟีโนฟอส แต่ไม่พบสารตกค้างในกลุ่มออร์กาโนคลอรีนในทุกกรรมวิธีการทดลอง สำหรับไดอาซีนอน ตรวจไม่พบในกรรมวิธีการใช้ฟองอากาศขนาดไมโครและนาโน (MNBs) การใช้เทคโนโลยีฟองอากาศขนาดไมโครและนาโนร่วมกับสารละลายโซเดียมไบคาร์บอเนตความเข้มข้น 100 และ 500 ppm (MNBs+100 และ 500ppm $NaHCO_3$) ในขณะที่การล้างด้วยน้ำประปา และการใช้ฟองฟองอากาศขนาดไมโครและนาโนร่วมกับสารละลายโซเดียมไบคาร์บอเนตความเข้มข้น 1500 ppm (MNBs+1500 ppm $NaHCO_3$) พบไดอาซีนอนเพียงตัวอย่างเดียว (0.13 และ 0.19 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ส่วนชุดควบคุม และการใช้ฟองฟองอากาศขนาดไมโครและนาโนร่วมกับสารละลายโซเดียมไบคาร์บอเนตความเข้มข้น 1000 ppm (MNBs+1000

กรมวิชาการเกษตร

ppm $NaHCO_3$) พบปริมาณไดอาซีนอนเฉลี่ยเท่ากับ 0.16 และ 0.27 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ส่วนอีไธออน พบว่าทุกกรรมวิธีการทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยมีปริมาณเฉลี่ย เท่ากับ 0.019-0.34 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

สำหรับโปรฟีโนฟอส จากการทดลองพบว่าการล้างด้วยน้ำที่มีฟองอากาศขนาดไมโครและนาโนร่วมกับสารละลายโซเดียมไบคาร์บอเนต ความเข้มข้น 100 และ 500 ppm สามารถลดสารตกค้างโปรฟีโนฟอสได้ดีที่สุดอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99 โดยมีปริมาณโปรฟีโนฟอสต่ำที่สุด (ตรวจไม่พบ) รองลงมาได้แก่ กรรมวิธีล้างด้วยน้ำที่มีฟองอากาศขนาดไมโครและนาโน (MNBs) (0.011 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) และการล้างด้วยน้ำที่มีฟองอากาศขนาดไมโครและนาโนร่วมกับสารละลายโซเดียมไบคาร์บอเนต ความเข้มข้น 1500 ppm (0.013 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ในขณะที่พริกชี้ฟ้าชุดควบคุม การล้างด้วยน้ำ และการล้างด้วยน้ำที่มีฟองอากาศขนาดไมโครและนาโนร่วมกับสารละลายโซเดียมไบคาร์บอเนต ความเข้มข้น 1000 ppm พบปริมาณโปรฟีโนฟอสสูงสุด เท่ากับ 0.016 0.015 และ 0.017 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

- ปี 2564

ได้ดำเนินการทดลองการใช้เทคโนโลยีฟองอากาศขนาดไมโครและนาโนร่วมกับโซเดียมไบคาร์บอเนตในการล้างทำความสะอาดเพื่อลดสารตกค้างใน กะหล่ำปลี คะน้า พริกชี้ฟ้า โดยทำการทดลองซ้ำอีกครั้ง โดยได้ผลิตผลสำหรับการทดสอบจากตลาดขายส่งสินค้าทางการเกษตร (ตลาดไท) จากการทดลองพบว่าการใช้เทคโนโลยีฟองอากาศขนาดไมโครและนาโนร่วมกับโซเดียมไบคาร์บอเนตที่ความเข้มข้นต่างๆ ไม่มีผลต่อลักษณะปรากฏของกะหล่ำปลี เช่น ไม่เกิดรอยช้ำ ไม่มีการเปลี่ยนแปลงสี เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม สำหรับผลการวิเคราะห์ปริมาณสารตกค้าง พบว่าในทุกกรรมวิธีการทดลองตรวจไม่พบสารตกค้างกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตและกลุ่มออร์กาโนคลอรีน เช่นเดียวกับการทดลองในปี 2563

จากการทดลองการใช้เทคโนโลยีฟองอากาศขนาดไมโครและนาโนร่วมกับสารละลายโซเดียมไบคาร์บอเนตที่ความเข้มข้นต่างๆ ในการล้างทำความสะอาดเพื่อลดสารตกค้างในคะน้า พบว่าไม่มีผลต่อลักษณะปรากฏของผักคะน้า เช่น ไม่เกิดรอยช้ำ ไม่มีการเปลี่ยนแปลงสี เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม สำหรับผลการวิเคราะห์ปริมาณสารตกค้าง โดยพบสารตกค้างกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต ได้แก่ เมวินฟอส และไม่พบสารตกค้างกลุ่มออร์กาโนคลอรีนในทุกกรรมวิธีการทดลอง เช่นเดียวกับในปี 63 โดยการใช้เทคโนโลยีฟองอากาศขนาดไมโครและนาโนร่วมกับสารละลายโซเดียมไบคาร์บอเนตที่ความเข้มข้น 100 และ 500 ppm ตรวจพบเมวินฟอสเพียงตัวอย่างเดียว ในขณะที่กรรมวิธีอื่นมีปริมาณเมวินฟอสเฉลี่ยดังนี้ การล้างน้ำ, กรรมวิธี MNBs+1000 ppm $NaHCO_3$, กรรมวิธี MNBs, กรรมวิธี MNBs+1500 ppm $NaHCO_3$ และชุดควบคุม ตามลำดับ (0.041, 0.033, 0.031, 0.028 และ 0.029 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)

จากการทดลองพบว่าการใช้เทคโนโลยีฟองอากาศขนาดไมโครและนาโนร่วมกับสารละลายโซเดียมไบคาร์บอเนตที่ความเข้มข้นต่างๆ ไม่มีผลต่อลักษณะปรากฏของพริกชี้ฟ้า ได้แก่ ไม่เกิดรอยช้ำ ไม่มีการเปลี่ยนแปลงสี เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม สำหรับการวิเคราะห์สารตกค้าง พบสารตกค้างในกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต ได้แก่ ไดอะซีนอน และ ไตรอะโซฟอส ส่วนกลุ่มออร์กาโนคลอรีนไม่พบสารตกค้างในทุกกรรมวิธีการทดลอง จากการทดลองพบว่าการใช้เทคโนโลยีฟองอากาศขนาดไมโครและนาโนร่วมกับสารละลายโซเดียมไบคาร์บอเนตที่ความเข้มข้น 100, 500, 1000 และ 1500 ppm ตรวจพบไดอะซีนอนต่ำกว่าที่สุดที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99 โดยมีปริมาณเท่ากับ 0.019, 0.014, 0.028 และ 0.024 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ และไม่มีความแตกต่างกันในแต่ละความเข้มข้น ในขณะที่ชุดควบคุม (ไม่ได้ล้างน้ำ) และการใช้เทคโนโลยีฟองอากาศขนาดไมโครและนาโน มีปริมาณสูงที่สุด เท่ากับ 0.055 และ 0.052 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ สำหรับปริมาณสารตกค้างโปรฟีโนฟอสชุดควบมีปริมาณต่ำสุด (ตรวจไม่พบ) ในขณะที่การใช้เทคโนโลยีฟองอากาศขนาดไมโครและนาโนร่วมกับ

กรมวิชาการเกษตร

สารละลายโซเดียมไบคาร์บอเนตที่ความเข้มข้น 100 ppm (0.014 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) และการใช้เทคโนโลยีฟองอากาศขนาดไมโครและนาโนตรวจพบปริมาณโปรฟีโนฟอสต่ำกว่ากรรมวิธีอื่นๆ (0.015 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) แต่อย่างไรก็ตาม พบปริมาณสารตกค้างไม่แตกต่างกับชุดควบคุม (ตรวจไม่พบ) ส่วนกรรมวิธีที่ล้างน้ำตรวจพบโปรฟีโนฟอสมากกว่ากรรมวิธีอื่นๆ รองลงมาได้แก่การใช้เทคโนโลยีฟองอากาศขนาดไมโครและนาโนร่วมกับสารละลายโซเดียมไบคาร์บอเนตที่ความเข้มข้น 1000 500 และ 1500 ppm มีปริมาณเท่ากับ 0.040 0.031 0.028 และ 0.028 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ

ปัญหาการตกค้างของสารเคมีกำจัดศัตรูพืชในผักและผลไม้เกินระดับมาตรฐาน เป็นปัญหาที่สั่งสมในสังคมไทยมาช้านาน และปัจจุบันยังไม่สามารถแก้ไขปัญหานี้ได้ ซึ่งปัญหาการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชไม่ได้เป็นปัญหาของภาคการเกษตรหรือเกษตรกรเท่านั้น แต่เป็นปัญหาสำคัญที่ส่งผลกระทบต่อผู้บริโภคและประชาชนทุกคน โดยความรู้เกี่ยวกับการล้างผักและผลไม้เป็นทางออกเฉพาะหน้าที่ผู้บริโภคสามารถลดผลกระทบจากปัญหาสารเคมีกำจัดศัตรูพืชได้ในระดับหนึ่ง จากการทดลองพบว่าทุกกรรมวิธีการทดลองไม่มีผลต่อลักษณะปรากฏ ได้แก่ ไม่เกิดรอยช้ำ ไม่มีการเปลี่ยนแปลงสี ทั้งในกะหล่ำปลี คะน้า และพริกชี้ฟ้า สำหรับผลการวิเคราะห์ปริมาณสารตกค้าง พบว่ากะหล่ำปลีในทุกกรรมวิธีการทดลองตรวจไม่พบสารตกค้างกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตและกลุ่มออร์กาโนคลอรีน ทั้งการทดลองในปี 63 และ ปี 64 อาจเป็นเพราะว่าเกษตรกรใช้วิธีการผลิตแบบปลอดภัยตามคำแนะนำของภาครัฐ (เก็บเกี่ยวผลผลิตภายหลังฉีดพ่นสารกำจัดศัตรูพืช 7 วัน) ซึ่งจากการทดลองแปลงกะหล่ำปลีที่ใช้เกษตรกรมีการเก็บเกี่ยวผลผลิตภายหลังฉีดพ่นสารกำจัดศัตรูพืช 10 วัน อาจเป็นไปได้ว่าสารตกค้างถูกย่อยสลายหรือถูกชะล้างไปตามธรรมชาติ โดยในปี 63 ใช้ตัวอย่างกะหล่ำปลีจากแปลงเกษตรกรในจังหวัดเพชรบูรณ์ โดยจะส่งกะหล่ำปลีมาขายในตลาดค้าส่งตลาดไท และตลาดสี่มุมเมือง จังหวัดปทุมธานี และการทดลองในปี 64 ใช้ตัวอย่างกะหล่ำปลีจากตลาดค้าส่งตลาดไท สอดคล้องกับงานวิจัยของเครือข่ายเตือนภัยสารเคมี กำจัดศัตรูพืช (Thai-PAN) (2559) ได้สุ่มเก็บตัวอย่างผักที่นิยมบริโภค 10 ชนิด ได้แก่ กะหล่ำปลี แตงกวา ผักบุ้งจีน มะเขือเทศ ผักกาดขาวปลี คะน้า ถั่วฝักยาว มะเขือเปราะ กะเพรา และพริกแดง ในเขตกรุงเทพมหานคร ปริมณฑล เชียงใหม่ และอุบลราชธานี โดยสุ่มเก็บจากแหล่งจำหน่ายทั้งในห้างสรรพสินค้า และตลาดสดค้าส่ง 4 แห่ง ได้แก่ ตลาดไท (จ.ปทุมธานี) ตลาดสี่มุมเมือง (จ.ปทุมธานี) ตลาดเมืองใหม่ (จ.เชียงใหม่) และตลาดเจริญศรี (จ.อุบลราชธานี) พบว่ากะหล่ำปลีเป็นเพียงผักชนิดเดียวที่ไม่พบสารพิษตกค้างเลย 100 เปอร์เซ็นต์ แต่ตรงกันข้ามกับงานวิจัยก่อนหน้านี้ที่พบสารพิษตกค้างกลุ่มไพรีทอยด์ในกะหล่ำปลีที่ยังไม่ได้ล้างน้ำ ได้แก่ lambda-cyhalothrin, cypermethrin, fenvalerate และ deltamethrin (วนิดา จันทร์สม, 2556) อย่างไรก็ตามในงานวิจัยครั้งนี้ได้มีการวิเคราะห์หาสารพิษตกค้างเพิ่มเติมในกลุ่มไพรีทอยด์และกลุ่มคาร์บอเมต แต่ไม่พบสารสารพิษตกค้างกลุ่มไพรีทอยด์และกลุ่มคาร์บอเมตในตัวอย่างกะหล่ำปลี สำหรับคะน้าการทดลองทั้งในปี 63 และ 64 ตรวจพบสารตกค้างเมวินฟอสเพียงชนิดเดียว ซึ่งพบปริมาณที่ไม่มากนัก อย่างไรก็ตามสำหรับเมวินฟอสเป็นวัตถุอันตรายชนิดที่ 4 ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุขเลขที่ 387 พ.ศ. 2560 เรื่อง อาหารที่มีสารพิษตกค้าง ข้อ 4 อาหารที่มีสารพิษตกค้างต้องมีมาตรฐาน โดยตรวจไม่พบวัตถุอันตรายทางการเกษตรชนิดที่ 4 ตามพระราชบัญญัติวัตถุอันตราย พ.ศ. 2535 และที่แก้ไขเพิ่มเติม พ.ศ. 2551 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าเกษตรกรยังมีการใช้สารตกค้างที่ต้องตรวจไม่พบ พริกชี้ฟ้าในปี 63 พบสารตกค้าง ได้แก่ ไดอะซีนอน อีไธออน และ โปรฟีโนฟอส และปี 64 พบอีไธออน และ โปรฟีโนฟอส ซึ่งเป็นสารที่มีค่า Maximum Residue Limits, MRLs 2 ชนิด ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข เลขที่ 387 ฉบับ พ.ศ. 2560 เรื่องอาหารที่มีสารพิษตกค้าง (พริก) ได้แก่ อีไธออน และ โปรฟีโนฟอส มีค่ากำหนดเท่ากับ 3 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ

กองพัฒนาศักยภาพผู้บริโภค สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา กระทรวงสาธารณะสุข (2553) ได้แนะนำวิธีลดสารพิษตกค้างจากสารป้องกันกำจัดแมลงไว้ 9 วิธี พบว่าการล้างด้วยสารละลายโซเดียมไบคาร์บอเนต

กรมวิชาการเกษตร

(ปริมาณ 1 ช้อนโต๊ะ ในน้ำอุ่น 20 ลิตร นาน 15 นาที) สามารถลดปริมาณสารพิษตกค้างได้สูงสุดคือ 90-95 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือสารละลายน้ำส้มสายชู 60-84 เปอร์เซ็นต์ การให้น้ำไหลผ่านหรือแช่น้ำสะอาด 2 เปอร์เซ็นต์ สารละลายด่างทับทิม 35-43 เปอร์เซ็นต์ และสารละลายเกลือ 27-38 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยขึ้นอยู่กับชนิดของผักจากการทดลองการใช้เทคโนโลยีฟองอากาศขนาดไมโครและนาโนร่วมกับโซเดียมไบคาร์บอเนตที่ความเข้มข้น 100 และ 500 ppm พบสารตกค้างเมวินฟอสเพียงตัวอย่างเดียว ปริมาณ 0.011 และ 0.013 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ และมีปริมาณต่ำกว่ากรรมวิธีการอื่นๆ แต่อย่างไรก็ตามเมวินฟอสที่ตรวจพบไม่เกินค่าความปลอดภัยของเมวินฟอสที่ FAO/WHO กำหนด คือ 1.0 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม นอกจากนี้การใช้เทคโนโลยีฟองอากาศขนาดไมโครและนาโนร่วมกับโซเดียมไบคาร์บอเนตที่ความเข้มข้น 100 และ 500 ppm สามารถลดปริมาณสารตกค้างตรวจไดอะซีนอนและโปรฟีโนฟอสโดยมีปริมาณต่ำสุด (ตรวจไม่พบ) ในขณะที่สารตกค้างอีไธออนไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติทั้งในปี 63 และ ปี 64 โดยกลไกการลดปริมาณสารตกค้างของฟองอากาศขนาดไมโครและนาโนอาจเป็นผลมาจากการสร้างอนุมูลอิสระไฮดรอกซิล (•OH) รวมทั้งเกิดการยุบตัวของฟองอากาศทำให้เกิดประจุไฟฟ้า โดยอนุมูลอิสระไฮดรอกซิลเป็นหัวใจสำคัญในกระบวนการสลายยาฆ่าแมลงซึ่งมีคุณสมบัติเป็น Oxidizing agent ทำปฏิกิริยาออกซิเดชันกับสารเคมีตกค้างในผักและผลไม้แล้วสลายตัวกลายเป็นสารใหม่ (ผลพลอยได้) ที่ไม่เป็นพิษหรือมีพิษลดลงจนอยู่ในระดับที่ไม่เกิดอันตรายต่อมนุษย์ นอกจากนี้อนุมูลอิสระไฮดรอกซิลยังสามารถทำให้ผิวของผักและผลไม้ปลอดเชื้อ ส่งผลให้สามารถยืดอายุการเก็บรักษาได้นานขึ้น (สุชาดาและคมกฤต, 2019)

ในขณะที่การลดปริมาณสารตกค้างของโซเดียมไบคาร์บอเนตเป็นผลมาจากเมื่อโซเดียมไบคาร์บอเนตละลายน้ำจะเกิดกรดคาร์บอนิค โดยอาศัยกลไกการเกิดออกซิเดชันของกรดคาร์บอนิค (H_2CO_3) กับสารเคมีกำจัดแมลง (Zhang และคณะ, 2013) Vuthijumnonk และ Shimbhanao (2019) ศึกษาการใช้การใช้เทคโนโลยีฟองอากาศขนาดไมโครในรูปแบบ air microbubble (AMB) และ oxygen microbubble เป็นเวลา 30 นาที สามารถลดปริมาณสารตกค้างกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต ออร์กาโนคลอรีน คาร์บาเมต และไพรีทอยด์ในส้มและกล้วยได้ ในขณะที่น้ำประปาไม่สามารถลดปริมาณสารตกค้างได้ ซึ่งจากการทดลองพบว่าปริมาณสารตกค้างในกรรมวิธีการล้างด้วยน้ำประปาไม่แตกต่างเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม (ไม่ได้ล้าง) นอกจากนี้มีการศึกษาพบว่าปริมาณสารตกค้างไม่สามารถถูกล้างออกไปด้วยน้ำ (Krol และคณะ, 2000) สำหรับโซเดียมไบคาร์บอเนตมีรายงานว่าสามารถลดปริมาณสารตกค้างที่อยู่บนผิวแอปเปิ้ลได้

จากงานวิจัยของ Rasolonjatovo และคณะ (2017) พบว่าประสิทธิภาพของการล้างมีความแตกต่างกันแล้วแต่ชนิดของสารตกค้าง (pesticide) การใช้ร่วมกันของวิธีการล้างต่างๆ มีประสิทธิภาพในการลดปริมาณสารตกค้างมากกว่าการใช้วิธีใดวิธีหนึ่งเพียงอย่างเดียว เมื่อนำเทคโนโลยีฟองอากาศขนาดไมโครและนาโนมาประยุกต์ใช้ร่วมกับโซเดียมไบคาร์บอเนต ($NaHCO_3$) จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของโซเดียมไบคาร์บอเนตในการขจัดปริมาณสารตกค้าง โดยเพิ่มความสามารถในการออกซิไดส์ทำให้โครงสร้างหรือพันธะของสารต่างๆเกิดการแตกตัวจึงทำให้ความเป็นพิษลดลง จากทดลองจะเห็นได้ว่าการใช้เทคโนโลยีฟองอากาศขนาดไมโครและนาโนร่วมกับสารละลายโซเดียมไบคาร์บอเนตที่ความเข้มข้น 100 และ 500 ppm มีแนวโน้มในลดปริมาณสารตกค้างได้ทั้ง เมวินฟอส ไดอะซีนอน อีไธออน และโปรฟีโนฟอส ในผักที่ต่างชนิดกัน ดังนั้นการประยุกต์ใช้วิธีต่างๆร่วมกันในการล้างทำความสะอาดผักและผลไม้จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานมากยิ่งขึ้น ตลอดจนช่วยลดปริมาณการใช้สารเคมีในการล้างทำความสะอาด เช่นเดียวกับการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีพลาสมาร่วมกับเทคโนโลยีฟองอากาศขนาดไมโครและนาโน มีปริมาณสารละลายคลอร์ไพริฟอสที่ลดลงจาก 10 มิลลิกรัมต่อลิตร เหลือเพียง 0.25 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งมีประสิทธิภาพในการสลายได้ถึง 97.5 เปอร์เซ็นต์ (สุชาดา และคมกฤต, 2562) นอกจากนี้พบว่าเมื่อเปรียบเทียบปริมาณสารพิษตกค้างที่ตรวจพบกับค่าความปลอดภัย (MRL) ตามประกาศกระทรวง

กรมวิชาการเกษตร

สาธารณสุข เลขที่ 387 ฉบับ พ.ศ. 2560 ไม่พบสารสารพิษตกค้างเกินค่าความปลอดภัยในทุกตัวอย่าง อาจเป็นไปได้ว่าเกษตรกรใช้วิธีการผลิตแบบปลอดภัย

การทดลองที่ 2.2 การเก็บรักษาด้วยเทคนิคซุปเปอร์คูลิงค์ (super-cooling) ต่อคุณภาพของ กะหล่ำปลี พริกชี้ฟ้า มันฝรั่ง

(1) เตรียมผลผลิตสำหรับการทดลอง

- กะหล่ำปลี สำรวจแปลงปลูกกะหล่ำปลี อำเภอเขาค้อ จังหวัดเพชรบูรณ์ และติดต่อเกษตรกรเพื่อดำเนินการซื้อผลผลิตมาใช้ในการทดลอง จากการทดลองเบื้องต้นนำกะหล่ำปลีน้ำหนักหัวขนาด 1-3 กิโลกรัม จากแปลงเกษตรกร ขนส่งมายังห้องปฏิบัติการวิจัยพืชสวน สถาบันวิจัยพืชสวน กรมวิชาการเกษตร นำมาตัดแต่งทางการค้า มีน้ำหนักอยู่ในช่วง 300-600 กรัม จากนั้นนำไปวางไว้ในตะกร้า เก็บรักษาในห้องเย็นที่อุณหภูมิ 5±2 องศาเซลเซียส นาน 1 เดือน บันทึกผลและเก็บข้อมูลการเปลี่ยนแปลง พบว่ากะหล่ำปลีเหี่ยว สูญเสียน้ำหนัก เกิดอาการสีน้ำตาลบริเวณปลายใบและเส้นใบ

- พริกชี้ฟ้า ดำเนินการติดต่อเกษตรกรผู้ปลูกพริกชี้ฟ้า จังหวัดอุบลราชธานี และสำรวจตลาดค้าส่ง-ค้าปลีกพริก ขนส่งผลพริกชี้ฟ้ามายังห้องปฏิบัติการสถาบันวิจัยพืชสวน กรมวิชาการเกษตร นำมาคัดขนาดตำหนิ จากนั้นบรรจุในตะกร้าพลาสติก เก็บรักษาในห้องเย็นที่อุณหภูมิ 5±2 องศาเซลเซียส จากการทดลองเบื้องต้นพบว่าพริกชี้ฟ้ามีอาการเหี่ยวโดยเฉพาะที่ขั้วผล มีการเปลี่ยนแปลงสีจากสีแดงอ่อนเป็นสีแดงใน 7 วันแรกของการเก็บรักษา หลังจากนั้นสีผลมีสีแดงเข้มและเริ่มเหี่ยว บางผลพบการเกิดโรค

- มันฝรั่ง ได้ดำเนินการผลิตหัวพันธุ์มันฝรั่ง 2 ฤดู ได้แก่

ฤดูหนาว โดยเริ่มปลูกมันฝรั่งในเดือนพฤศจิกายน 2562 และเก็บเกี่ยวผลผลิต ในเดือนกุมภาพันธ์ 2563 ณ แปลงวิจัย ของศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ (ขุนวาง) ต.แม่วิน อ.แม่วาง จ.เชียงใหม่ ในพื้นที่ 1 ไร่ ได้ผลผลิตและส่งผลผลิตให้ทางสถาบันวิจัยพืชสวน สำหรับใช้ในการเก็บรักษา โดยได้นำมาทำการทดลองเก็บรักษาเบื้องต้นที่อุณหภูมิ 4±2 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 2 เดือน พบการงอกของหัวพันธุ์มันฝรั่งเกิดขึ้น ซึ่งมันฝรั่งเป็นพืชที่มีอายุการเก็บรักษาในห้องเย็นได้ไม่เกิน 6 เดือน จะเกิดการงอกของตา

ฤดูฝน ดำเนินการปลูกมันฝรั่งเพื่อใช้ในการทดลองในเดือนมิถุนายน 2563 ณ ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ (ขุนวาง) และเก็บเกี่ยวผลผลิตในเดือนกันยายน 2563 จากนั้นนำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±2 องศาเซลเซียส

ผักและผลไม้เมื่อเก็บเกี่ยวออกมาจากต้นยังคงมีชีวิตอยู่ มีการหายใจและกิจกรรมทางชีวเคมียังคงดำเนินอยู่อย่างต่อเนื่อง มีผลทำให้คุณภาพด้านต่างๆ ของผักและผลไม้ เช่น สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส รวมทั้งคุณค่าทางโภชนาการเกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างต่อเนื่อง โดยผลิตผลแต่ละชนิดมีการเปลี่ยนแปลงหลังการเก็บเกี่ยวที่แตกต่างกันออกไป จากการทดลองเก็บรักษา กะหล่ำปลี พริกชี้ฟ้า และมันฝรั่ง เก็บข้อมูลการเปลี่ยนที่เกิดขึ้นในระหว่างการเก็บรักษา เพื่อนำไปใช้เป็นข้อมูลเบื้องต้นในการทดลองซุปเปอร์คูลิงค์ (super-cooling) ต่อไป

(2) การดำเนินการทดลองซุปเปอร์คูลิงค์ (super-cooling)

- ไม่สามารถดำเนินการทดลองต่อได้ เนื่องจากการทดลองการเก็บรักษาด้วยเทคนิคซุปเปอร์คูลิงค์ (super-cooling) จำเป็นต้องใช้เครื่องมือนำเข้าจากต่างประเทศ ซึ่งจากสถานการณ์การแพร่ระบาดของโรคไวรัสโคโรนา 2019 (COVID-19) ทำให้ยังไม่สามารถนำเข้าเครื่องมือจากประเทศญี่ปุ่นได้ และเจ้าหน้าที่ทางเทคนิคจากบริษัทจากประเทศญี่ปุ่นไม่สามารถเดินทางมาประเทศไทยได้ จึงยุติการทดลองดังกล่าว เนื่องจากมีความเสี่ยงที่การทดลองดังกล่าวจะไม่ประสบความสำเร็จ ทั้งนี้ ได้แจ้งยุติการทดลองให้คณะที่ปรึกษาด้านวิชาการเกษตรของกรมวิชาการเกษตร และได้ทำหนังสือแจ้งกองแผนงานและวิชาการ กรมวิชาการเกษตร เรียบร้อยแล้ว

การทดลองที่ 2.3 การให้แคลเซียมเพื่อรักษาคุณภาพและลดการเกิดโรคของมะเขือเทศในระหว่างการเก็บรักษา

กรมวิชาการเกษตร

1. คุณภาพทางกายภาพ

1.1. น้ำหนักผลต่อต้น

มะเขือเทศที่ได้รับการพ่นแคลเซียมโบรอนความเข้มข้น 0.25 เปอร์เซ็นต์ ให้น้ำหนักผลต่อต้นสูงสุด คือ 2.83 กิโลกรัมต่อต้น รองลงมา คือ มะเขือเทศที่ได้รับการพ่นแคลเซียมโบรอนความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ และมะเขือเทศที่ไม่ได้รับการพ่นแคลเซียมในกรรมวิธีควบคุมให้น้ำหนักผลต่อต้นต่ำที่สุด คือ 2.34 กิโลกรัม

1.2 ขนาดผล

มะเขือเทศที่ได้รับการพ่นแคลเซียมโบรอนความเข้มข้น 0.25 เปอร์เซ็นต์ ให้ขนาดผลสูงสุดโดยมีน้ำหนักผล 10.94 กรัม ความกว้างผล 19.22 มิลลิเมตร และความยาวผล 32.67 มิลลิเมตร ในขณะที่มะเขือเทศที่ไม่ได้รับการพ่นแคลเซียมในกรรมวิธีควบคุมให้ขนาดผลต่ำสุด โดยมีน้ำหนักผล 10.39 กรัม ความกว้างผล 18.83 มิลลิเมตร และความยาวผล 30.91 มิลลิเมตร สอดคล้องการทดลองของ สายน้ำผึ้ง และคณะ (2562) พบว่า การพ่นสารละลายแคลเซียมโบรอนทำให้ผลพลับ พันธุ์ฟูยูมีน้ำหนักเพิ่มขึ้น เนื่องมาจากความสามารถในการดูดซึมแคลเซียมโบรอนผ่านชั้นคิวติเคิลที่ผิวผล ผ่านทางช่องเปิดต่าง ๆ ตามธรรมชาติ ได้แก่ ปากใบ และ lenticel (Price, 1982) และอาจเป็นผลมาจากระยะการเจริญเติบโต โดย Van Goor (1973) พบว่า ที่ระยะการเจริญเติบโตของผลที่มีผลต่อปริมาณแคลเซียมที่เข้าสู่ผลได้

1.3 การเปลี่ยนแปลงค่าสี

ค่าความสว่าง (L*) พบว่า กรรมวิธี และระยะเวลาในการเก็บรักษามีอิทธิพลร่วมกัน โดยก่อนเก็บรักษา ทุกกรรมวิธีมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ มีค่าเท่ากับ 33.81-33.49 เมื่อเก็บรักษา 7 วัน กรรมวิธีที่ได้รับแคลเซียมโบรอน 0.25% มีค่า L* มากถึง 38.64 รองลงมาคือ กรรมวิธีที่ได้รับแคลเซียมโบรอน 0.5% และกรรมวิธีควบคุมมีค่าเท่ากับ 33.87 และ32.69 ตามลำดับ หลังเก็บรักษา 14 วัน พบว่า กรรมวิธีควบคุม และกรรมวิธีที่ได้รับแคลเซียมโบรอน 0.5% มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติมีค่าเท่ากับ 34.55 และ 33.94 ส่วนกรรมที่ได้รับแคลเซียมโบรอน 0.25% มีค่าเท่ากับ 33.22 หลังเก็บรักษาครบ 21 วัน พบว่า กกรรมวิธีที่ได้รับแคลเซียมโบรอน 0.25% และ 0.5% มีค่า L* ไม่แตกต่างกันทางสถิติมีค่าเท่ากับ 33.49 และ 33.73 ส่วนกรรมวิธีควบคุมมีค่าเพียง 33.11

ค่าสีแดง (a*) พบว่า มะเขือเทศที่ได้รับการฉีดพ่นแคลเซียมโบรอนความเข้มข้น 0.25 เปอร์เซ็นต์มีค่าสีแดง (a*) สุงสุด คือ 38.49 รองลงมาคือมะเขือเทศที่ได้รับการฉีดพ่นแคลเซียมโบรอนความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ และมะเขือเทศในกรรมวิธีควบคุม ค่าสีเหลือง (b*) พบว่า ทุกกรรมวิธีมีค่า b* ไม่แตกต่างกันทางสถิติ มีค่าเท่ากับ 25.04-27.35

1.4 ความแน่นเนื้อผล

ภายหลังการเก็บเกี่ยวมะเขือเทศที่ได้รับการพ่นแคลเซียมโบรอนความเข้มข้น 0.25 เปอร์เซ็นต์ มีค่าความแน่นเนื้อผลสูงสุด คือ 8.56 นิวตัน ในขณะที่มะเขือเทศที่ไม่ได้รับการพ่นแคลเซียมโบรอนมีค่าความแน่นเนื้อผลต่ำสุด คือ 7.81 นิวตัน หลังเก็บรักษาครบ 21 วัน พบว่า กรรมวิธีที่ได้รับแคลเซียมโบรอน 0.25% และ 0.5% มีค่าความแน่นเนื้อผลสูงกว่ากรรมวิธีควบคุม ทั้งนี้เนื่องมาจากแคลเซียมโบรอนมีศักยภาพในการชะลอการลดลงของค่าความแน่นเนื้อ ด้วยคุณสมบัติของแคลเซียมที่มีผลต่อเนื้อเยื่อ โดยเสริมสร้างความแข็งแรงของผนังเซลล์ (พีรเดช, 2529; วิจิตร, 2550; ยงยุทธ, 2552) โดยแคลเซียมและโบรอนจะทำปฏิกิริยากับเพกติน สร้างเครือข่ายโพลีเมอร์แบบเชื่อมโยงข้าม (cross-linked polymer network) ส่งผลให้องค์ประกอบของผนังเซลล์มีความกระชับแน่นขึ้น ชะลอการเสียสภาพของเยื่อหุ้มเซลล์ (Picchioni *et al*., 1998) และยังส่งผลให้เซลล์มีขนาดใหญ่มากกว่าผลปกติ และมีความหนาของผนังเซลล์มาก ทั้งยังลดกิจกรรมของเอนไซม์ PME และ PG ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการอ่อนนุ่มของผลิตผล (Muengkaew *et al*., 2018) ซึ่งสอดคล้องกับ Mohammad *et al.,* (2016) รายงานว่า การฉีดพ่นสารละลายแคลเซียมโบรอนนาน 5 สัปดาห์ สัปดาห์ละ 1 ครั้ง ในระยะติดผล 3 ผลแรก ก่อนการเก็บเกี่ยว

กรมวิชาการเกษตร

ส่งผลให้มะเขือเทศมีความแน่นเนื้อที่เพิ่มขึ้น ตั้งแต่วันเก็บเกี่ยว และสามารถชะลอการลดลงของค่าความแน่นเนื้อได้ เมื่อเก็บรักษาอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส นาน 25 วัน และที่อุณหภูมิ 11 องศาเซลเซียส นาน 10 วัน

2. คุณภาพทางเคมี

2.1 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้

ภายหลังการเก็บเกี่ยวมะเขือเทศทั้งสามกรรมวิธีมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ 7.45-7.83 °Brix สอดคล้องกับการทดลองของ Petchhong and Khurnpoon (2017) ที่พบว่า การพ่นแคลเซียมโบรอน 0.5% (CaO 33%, B 3%) แก่มะเขือเทศเชอร์รี พันธุ์เรดเรดี้ ไม่ส่งผลต่อปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ โดยผลที่ได้รับและไม่ได้รับแคลเซียมโบรอนมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ เช่นเดียวกับการทดลองของ Sahin *et al*. (2015) ที่ทดลองให้แคลเซียมโบรอนแก่มะเขือเทศ พันธุ์ Sedir F1 ในขณะที่กรรมวิธีที่ได้รับแคลเซียมโบรอน 0.25% กลับมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำน้อยกว่ากรรมวิธีควบคุม สอดคล้องกับการทดลองของ Muengkaew *et al*. (2018) ที่พบว่า แคลเซียมโบรอนสามารถชะลอการเพิ่มขึ้นของปริมาณ SS/TA ของมะม่วงพันธุ์มหาชนกได้ ซึ่งเป็นผลมาจากการที่มะม่วงได้รับแคลเซียมร่วมกับการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ จึงมีอัตราการหายใจในระดับต่ำ สอดคล้องกับการทดลองของ Islam *et al*., (2016) ที่พบว่ามะเขือเทศเชอร์รี่ที่ได้รับแคลเซียมโบรอน และนำไปเก็บรักษาที่ 5 องศาเซลเซียส มีอัตราการหายใจน้อยกว่ากรรมวิธีควบคุม ซึ่งมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้น้อยกว่ากรรมวิธีควบคุมเช่นกัน

2.2 ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้

ภายหลังการเก็บเกี่ยวมะเขือเทศทั้งสามกรรมวิธีมีปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ไม่แตกต่างกันทางสถิติโดยมีปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ 0.59-0.66% หลังเก็บรักษามะเขือเทศนาน 21 วัน พบว่า ทุกกรรมวิธีมีปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ไม่แตกต่างกันทางสถิติ มีค่าเท่ากับ 0.44-0.56% ซึ่งมะเขือเทศเป็นผลิตผลประเภท climacteric เมื่อสุกจะมีปริมาณกรดเพิ่มขึ้น หรือลดลง แต่เนื่องจาก ระยะเก็บเกี่ยวเลยจุดอัตราการหายใจสูดสุด และสุกบนต้นแล้วส่งผลให้ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ลดลง เนื่องจากนำไปใช้ในกระบวนการหายใจ (ศิริลักษณ์, 2537) สอดคล้องกับการทดลองของ Sahin *et al*. (2015) ที่พบว่าแคลเซียมโบรอนไม่ส่งผลต่อปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ของมะเขือเทศพันธุ์ Sedir F1 Mohammad *et al*., (2016) ได้รายงานว่า มะเขือเทศเชอรี่ที่ได้รับสารละลายแคลเซียม สารละลายโบรอน หรือสารละลายแคลเซียมและสารละลายโบรอนไม่มีผลต่อปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ ส่วนระยะเวลาในการเก็บรักษา พบว่าก่อนเก็บรักษามีปริมาณกรดที่ไทเทรตได้มากถึง 0.63% จากนั้น มีค่าลดน้อยลงเหลือเพียง 0.49% เมื่อเก็บรักษานาน 14 และ21 วัน มีค่าเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยซึ่งมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติจากวันที่ 14 มีค่าเท่ากับ 0.53% และ0.48%

3. คุณภาพทางชีวเคมี

3.1 ปริมาณไลโคปีน

ภายหลังการเก็บเกี่ยวมะเขือเทศที่ได้รับการพ่นแคลเซียมโบรอนความเข้มข้น 0.25 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณไลโคปีนสูงสุด คือ 24.90 µg/100g ในขณะที่มะเขือเทศที่ไม่ได้รับการพ่นแคลเซียมโบรอนมีปริมาณไลโคปีนต่ำสุด คือ 22.58 µg/100g หลังเก็บรักษาครบ 21 วัน พบว่า กรรมวิธีที่ได้รับแคลเซียมโบรอน 0.25% มีปริมาณไลโคปีนสูงสุด คือ 28.37 µg/100g ปริมาณไลโคปีนที่เพิ่มขึ้น มีผลมาจากสีผิวของมะเขือเทศ ซึ่งมีความสัมพันธ์อย่างมากกับปริมาณไลโคปีน โดยเมื่อผลโตเต็มที่จากระยะสีเขียวจนถึงระดับสีแดง ความเข้มข้นของไลโคปีนจะมีค่าเพิ่มขึ้น (Brandt *et al*., 2006; Dumas *et al*., 2003; Helyes *et al*., 2006) โดยการเพิ่มขึ้น

กรมวิชาการเกษตร

ของค่า a* มีผลต่อปริมาณไลโคปีน ในขณะที่อัตราส่วน a*/b* ได้รับการรายงานว่าเป็นตัวบ่งชี้ของปริมาณไลโคปีนได้ (Arias *et al.,* 2000; Helyes *et al.,* 2006) ไลโคปีนเริ่มสะสมหลังจากระยะ beaker และในระยะ Red (Dumas *et al.,* 2003) การสังเคราะห์ไลโคปีนขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ เมื่ออุณหภูมิ 32 องศาเซลเซียส จะถูกยับยั้งอย่างสมบูรณ์ ปริมาณไลโคปีนเพิ่มขึ้นระหว่างการเก็บรักษามะเขือเทศเป็นเวลา 3 สัปดาห์ที่ 20 องศาเซลเซียส แต่ไม่พบการเปลี่ยนแปลงในมะเขือเทศที่เก็บไว้ที่ 4 องศาเซลเซียส (Slimestad and Verheul 2005)

3.2 ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ

ภายหลังการเก็บเกี่ยวมะเขือเทศที่ได้รับการพ่นแคลเซียมโบรอนความเข้มข้น 0.25 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระสูงสุด คือ 38.78 µmol/g ในขณะที่มะเขือเทศที่ไม่ได้รับการพ่นแคลเซียมโบรอนมีปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระต่ำสุด คือ 28.04 µmol/g หลังเก็บรักษาครบ 21 วัน พบว่า กรรมวิธีที่ได้รับแคลเซียมโบรอน 0.25% มีปริมาณไลโคปีนสูงสุด คือ 34.55 µmol/g ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ มีผลมาจากสารไลโคปีน เนื่องจากสารไลโคปีนมีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระสามารถช่วยลดการเกิดมะเร็งในลำไส้และมะเร็งต่อมลูกหมากได้ (Beckles, 2012)

4 . การเกิดโรคหลังการเก็บเกี่ยว

ภายหลังการเก็บเกี่ยวมะเขือเทศทั้ง 3 กรรมวิธี ไม่พบการเกิดโรคหลังการเก็บเกี่ยวแต่เมื่อเก็บรักษานาน 21 วัน มะเขือเทศที่ไม่ได้รับแคลเซียมโบรอนในกรรมวิธีควบคุมมีการเกิดโรคหลังการเก็บเกี่ยวสูงสุดโดยพบเชื้อราที่บริเวณขั้วผล

อภิปรายผล (Discussion)

กิจกรรมที่ 1 การใช้สารเคมีกลุ่มปลอดภัย ชีวภัณฑ์ ในการจัดการศัตรูพืชกับพริกชี้ฟ้าและกะหล่ำปลีในสภาพโรงเรือนและสภาพแปลง

การทดลองที่ 1.1 การใช้กรดซาลิไซลิกในการป้องกันโรคแอนแทรคโนสของพริกชี้ฟ้าที่เกิดจากเชื้อ *Colletotrichum* sp.

การใช้กรดซาลิไซลิกในการป้องกันโรคแอนแทรคโนสของพริกชี้ฟ้า พ่นสารละลายกรดซาลิไซลิก ที่ความเข้มข้น 250 ppm สามารถลดการเกิดโรคโรคแอนแทรคโนสของพริกชี้ฟ้าได้ มีรายงานว่ากรดซาลิไซลิกมีผลในทางอ้อมของการใช้สารชักนำต่อการเจริญเติบโตของพืช โดยทำให้พืชมีระบบการป้องกันตัวจากสภาวะที่ไม่เหมาะสม ทำให้พืชสร้างสารบางอย่างขึ้นมาเพื่อป้องกันตัวก่อนที่จะมีการเข้าทำลายของเชื้อโรคจริง ๆ จึงช่วยลดความเสียหายของผลผลิตลงได้เมื่อมีการเข้าทำลายของเชื้อทำให้การเจริญเติบโตของพืชหรือผลผลิตดีขึ้น (Hirano *et al*., 2000)

การทดลองที่ 1.2 การลดการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชในการผลิตกะหล่ำปลีโดยใช้วิธีแบบผสมผสานในโรงเรือนและสภาพแปลง

การใช้สารไคโตซานร่วมกับการใช้สารชีวภัณฑ์ และกาวดักแมลงเป็นเทคโนโลยีที่สามารถลดการใช้สารเคมีในการป้องกันและกำจัดหนอนและแมลงศัตรูกะหล่ำปลีได้ และยังช่วยเกษตรกรลดต้นทุนการผลิต ไคโตซานเป็นโพลิเมอร์ธรรมชาติที่ได้จากอนุพันธ์ของไคติน ที่เป็นองค์ประกอบของเปลือกแข็งหุ้มจุลินทรีย์หลายชนิด หรือโครงสร้างแข็งของสัตว์จำพวกแมลง กุ้ง ปู สามารถย่อยสลายง่าย เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม และมีความปลอดภัยต่อผู้บริโภค อีกทั้งยังเป็นองค์ประกอบของไนโตรเจน ซึ่งมีบทบาทสำคัญในการกระตุ้นการเจริญเติบโตของพืช (สุวลี, 2544) ไคโตซานยังสามารถกระตุ้นการแสดงออกของยีนที่เกี่ยวข้องกับกลไกการป้องกันตัวของพืช เช่น ยีนที่สร้าง phenylalanine ammonialyase (PAL) (Young and Kauss, 1983) ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่สร้างสารประกอบฟีนอล

กรมวิชาการเกษตร

เช่น ลิกนิน (lignin) ซึ่งเป็นองค์ประกอบของผนังเซลล์ และ phytoalexin ซึ่งมีฤทธิ์ยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ ดังนั้นการให้ไคโตซานแก่พืช ส่งผลให้เซลล์พืชแข็งแรงและทนต่อการเข้าทำลายของเชื้อสาเหตุโรคและแมลงได้มากขึ้น (Shadihi *et al*., 1999)

กิจกรรมที่ 2 การลดสารเคมีกำจัดแมลงตกค้างและการรักษาคุณภาพของ พริกชี้ฟ้า กะหล่ำปลี คะน้า มันฝรั่ง มะเขือเทศ

การทดลองที่ 2.1 การใช้เทคโนโลยีฟองอากาศขนาดไมโครและนาโนร่วมกับโซเดียมไบคาร์บอเนตในการล้างทำความสะอาดเพื่อลดสารตกค้างใน กะหล่ำปลี คะน้า พริกชี้ฟ้า

งานวิจัยครั้งนี้ได้มีการวิเคราะห์หาสารพิษตกค้างเพิ่มเติมในกลุ่มไพรีทอยด์และกลุ่มคาร์บอเมต แต่ไม่พบสารสารพิษตกค้างกลุ่มไพรีทอยด์และกลุ่มคาร์บอเมตในตัวอย่างกะหล่ำปลี สำหรับคะน้าการทดลองทั้งในปี 63 และ 64 ตรวจพบสารตกค้างเมวินฟอสเพียงชนิดเดียว ซึ่งพบปริมาณที่ไม่มากนัก เมวินฟอสที่ตรวจพบไม่เกินค่าความปลอดภัยของเมวินฟอสที่ FAO/WHO กำหนด คือ 1.0 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม นอกจากนี้การใช้เทคโนโลยีฟองอากาศขนาดไมโครและนาโนร่วมกับโซเดียมไบคาร์บอเนตที่ความเข้มข้น 100 และ 500 ppm สามารถลดปริมาณสารตกค้างตรวจไดอะซีนอนและโปรฟีโนฟอสโดยมีปริมาณต่ำสุด (ตรวจไม่พบ) ในขณะที่สารตกค้างอีไธออนไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติทั้งในปี 63 และ ปี 64 โดยกลไกการลดปริมาณสารตกค้างของฟองอากาศขนาดไมโครและนาโนอาจเป็นผลมาจากการสร้างอนุมูลอิสระไฮดรอกซิล (•OH) รวมทั้งเกิดการยุบตัวของฟองอากาศทำให้เกิดประจุไฟฟ้า โดยอนุมูลอิสระไฮดรอกซิลเป็นหัวใจสำคัญในกระบวนการสลายยาฆ่าแมลง ซึ่งมีคุณสมบัติเป็น Oxidizing agent ทำปฏิกิริยาออกซิเดชันกับสารเคมีตกค้างในผักและผลไม้แล้วสลายตัวกลายเป็นสารใหม่ (ผลพลอยได้) ที่ไม่เป็นพิษหรือมีพิษลดลงจนอยู่ในระดับที่ไม่เกิดอันตรายต่อมนุษย์ โซเดียมไบคาร์บอเนตละลายน้ำจะเกิดกรดคาร์บอนิค โดยอาศัยกลไกการเกิดออกซิเดชันของกรดคาร์บอนิค (H_2CO_3) กับสารเคมีกำจัดแมลง (Zhang และคณะ, 2013) Vuthijumnonk และ Shimbhanao (2019) ศึกษาการใช้การใช้เทคโนโลยีฟองอากาศขนาดไมโครในรูปแบบ air microbubble (AMB) และ oxygen microbubble เป็นเวลา 30 นาที สามารถลดปริมาณสารตกค้างกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต ออร์กาโนคลอรีน คาร์บาเมต และไพรีทอยด์ในส้มและกล้วยได้

การทดลองที่ 2.2 การเก็บรักษาด้วยเทคนิคซุปเปอร์คูลิงค์ (super-cooling) ต่อคุณภาพของ กะหล่ำปลี พริกชี้ฟ้า มันฝรั่ง

พริกชี้ฟ้ามีอาการเหี่ยวโดยเฉพาะที่ขั้วผล มีการเปลี่ยนแปลงสีจากสีแดงอ่อนเป็นสีแดงใน 7 วันแรกของการเก็บรักษา หลังจากนั้นสีผลมีสีแดงเข้มและเริ่มเหี่ยว บางผลพบการเกิดโรค เกษตรกรผู้ปลูกพริก ประสบปัญหาโรคแอนแทรคโนสในระยะที่พริกออกผลทำให้พริกเสียหายติดมาตั้งแต่ในแปลงและแสดงอาการระหว่างการเก็บรักษา พริกมีโรคระบาดที่สำคัญ อาทิ โรคกุ้งแห้ง โรคเหี่ยว และโรคผลเน่า (จานุลักษณ์, 2541) ในช่วงพริกให้ผลผลิตจะเกิดโรคแอนแทรคโนสหรือโรคกุ้งแห้ง สาเหตุของโรคได้แก่ เชื้อ *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.), *Colletotrichum capsici* (Syd.) และ *Collectotrichum* spp. (อรพรรณ, 2551) มันฝรั่งเป็นพืชที่มีอายุการเก็บรักษาในห้องเย็นได้ไม่เกิน 6 เดือน จะเกิดการงอกของตา การเก็บรักษาหัวพันธุ์ เนื่องจากหัวพันธุ์มันฝรั่งจะต้องเก็บรักษาไว้เป็นระยะเวลา 6-8 เดือน เพื่อปลูกในฤดูต่อไป ควรเก็บรักษาหัวพันธุ์ไว้ในที่มืดที่อุณหภูมิ 4-5 องศาเซลเซียส หรือในห้องเย็นเก็บรักษาหัวพันธุ์ ที่มีความชื้นร้อยละ 90-95 เพื่อชะลอการงอก (sprouting) โดยเก็บไว้ในตะกร้าพลาสติก เพื่อลดการบอบช้ำของหัวพันธุ์ ซึ่งปกติหัวพันธุ์มันฝรั่งจะงอกเมื่อพ้นระยะพักตัว (dormancy) ประมาณ 3 เดือน จากนั้นนำหัวพันธุ์ไปผึ่งในโรงเรือนเป็นชั้นบางๆ 1-2 ชั้น หลังจากผึ่งหัวพันธุ์ได้ 2 สัปดาห์ถึง 1 เดือน หัวพันธุ์จะมีหน่องอกแข็งแรง พร้อมที่จะนำไปปลูกลงแปลงเพื่อผลิตเป็นหัวพันธุ์ขยายต่อไป

กรมวิชาการเกษตร

อย่างไรก็ตามถ้าเก็บรักษาหัวพันธุ์มันฝรั่งในสภาพธรรมชาติหรือที่อุณหภูมิห้องเป็นระยะเวลานาน หัวพันธุ์จะแก่และเสื่อมไปในที่สุด อย่างไรก็ตามการเก็บเกี่ยวหัวพันธุ์มันฝรั่งที่อายุอ่อนเกินไป ทำให้อัตราการหายใจของหัวมันฝรั่งสูง เกิดความร้อนในระหว่างการเก็บรักษา ทำให้ผิวถลอกติดเชื้อโรคได้ง่าย (ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่, 2560)

การทดลองที่ 2.3 การให้แคลเซียมเพื่อรักษาคุณภาพและลดการเกิดโรคของมะเขือเทศในระหว่างการเก็บรักษา

กรรมวิธีที่ได้รับแคลเซียมโบรอน 0.25% และ 0.5% มีค่าความแน่นเนื้อผลสูงกว่ากรรมวิธีควบคุม แคลเซียมโบรอนมีศักยภาพในการชะลอการลดลงของค่าความแน่นเนื้อ ด้วยคุณสมบัติของแคลเซียมที่มีผลต่อเนื้อเยื่อ โดยเสริมสร้างความแข็งแรงของผนังเซลล์ (พีรเดช, 2529; วิจิตร, 2550; ยงยุทธ, 2552) โดยแคลเซียมและโบรอนจะทำปฏิกิริยากับเพกติน สร้างเครือข่ายโพลีเมอร์แบบเชื่อมโยงข้าม (cross-linked polymer network) ส่งผลให้องค์ประกอบของผนังเซลล์มีความกระชับแน่นขึ้น ชะลอการเสียสภาพของเยื่อหุ้มเซลล์ (Picchioni *et al*., 1998) และยังส่งผลให้เซลล์มีขนาดใหญ่มากกว่าผลปกติ และมีความหนาของผนังเซลล์มาก ทั้งยังลดกิจกรรมของเอนไซม์ PME และ PG ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการอ่อนนุ่มของผลิตผล (Muengkaew *et al*., 2018) ซึ่งสอดคล้องกับ Mohammad *et al.,* (2016) รายงานว่าการพ่นสารละลายแคลเซียมโบรอนนาน 5 สัปดาห์ สัปดาห์ละ 1 ครั้ง ในระยะติดผล 3 ผลแรก ก่อนการเก็บเกี่ยว ส่งผลให้มะเขือเทศมีความแน่นเนื้อที่เพิ่มขึ้น ตั้งแต่วันเก็บเกี่ยว และสามารถชะลอการลดลงของค่าความแน่นเนื้อได้ เมื่อเก็บรักษาอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส นาน 25 วัน และที่อุณหภูมิ 11 องศาเซลเซียส นาน 10 วัน

สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ (Conclusion and Suggestion)

กิจกรรมที่ 1 การใช้สารเคมีกลุ่มปลอดภัย ชีวภัณฑ์ ในการจัดการศัตรูพืชกับพริกชี้ฟ้าและกะหล่ำปลีในสภาพโรงเรือนและสภาพแปลง

การทดลองที่ 1.1 การใช้กรดซาลิไซลิกในการป้องกันโรคแอนแทรคโนสของพริกชี้ฟ้าที่เกิดจากเชื้อ *Colletotrichum* sp.

การใช้กรดซาลิไซลิกในการป้องกันโรคแอนแทรคโนสของพริกชี้ฟ้าที่เกิดจากเชื้อ *Colletotrichum* sp พบว่ากรรมวิธีที่พ่นสารละลายกรดซาลิไซลิกที่ความเข้มข้น 100 250 500 700 และ 1,000 ppm และกรรมวิธีพ่นสารเปรียบเทียบคาร์เบนดาซิม 50% WP ที่ความเข้มข้น 1,000 ppm พริกมีเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคแอนแทรคโนส ต่ำกว่าและแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญกับกรรมวิธีพ่นน้ำเปล่า การพ่นสารละลายกรดซาลิไซลิกที่ความเข้มข้น 100 250 500 700 และ 1,000 ppm มีเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคแอนแทรคโนสมากกว่ากรรมวิธีพ่นสารเปรียบเทียบคาร์เบนดาซิม 50% WP ที่ความเข้มข้น 1,000 ppm แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญและทุกกรรมวิธีไม่พบอาการผิดปกติต่อต้นพริก และความเข้มข้นของสารละลายกรดซาลิไซลิกที่แนะนำ คือ 250 ppm

การทดลองที่ 1.2 การลดการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชในการผลิตกะหล่ำปลีโดยใช้วิธีแบบผสมผสานในโรงเรือนและสภาพแปลง

การทดสอบประสิทธิภาพของสารไคโตซานในการควบคุมโรคและแมลงศัตรูพืชในโรงเรือน (ปีงบประมาณ 2562-2563) ได้เทคโนโลยีการลดการใช้สารเคมีในการควบคุมโรคและแมลงศัตรูพืชที่เหมาะสมของกรมวิชาการเกษตร (อัตราสารไคโตซาน 200 ppm/น้ำ 20 ลิตร+การใช้สารชีวภัณฑ์ BT+กาวดักแมลง) ที่เหมาะสมสำหรับการลดการใช้สารเคมีในการผลิตกะหล่ำปลีในโรงเรือนและสภาพแปลง เมื่อนำเอาเทคโนโลยีจากการทดสอบในการทดลองที่ 1 มาทดสอบในแปลงเกษตรกรจำนวน 10 แปลง (ปีงบประมาณ 2563-2564) เพื่อเปรียบเทียบวิธี

กรมวิชาการเกษตร

เกษตรกรที่ใช้สารเคมีในการป้องกันและกำจัดศัตรูพืชกับเทคโนโลยีการลดการใช้สารเคมีในการควบคุมโรคและแมลงศัตรูพืชที่เหมาะสมของกรมวิชาการเกษตร จากผลการทดลองที่ได้สารไคโตซานอัตรา 200 ppm.ต่อน้ำ 20 ลิตร สามารถเพิ่มความแข็งแรงให้แก่กะหล่ำปลีในการป้องกันแมลงศัตรูและสามารถลดการใช้สารเคมีได้ แต่เกษตรกรควรเพิ่มความถี่ในการพ่น เมื่อพบว่ามีการระบาดของแมลงที่เพิ่มขึ้น

กิจกรรมที่ 2 การลดสารเคมีกำจัดแมลงตกค้างและการรักษาคุณภาพของ พริกชี้ฟ้า กะหล่ำปลี คะน้า มันฝรั่ง มะเขือเทศ

การทดลองที่ 2.1 การใช้เทคโนโลยีฟองอากาศขนาดไมโครและนาโนร่วมกับโซเดียมไบคาร์บอเนตในการล้างทำความสะอาดเพื่อลดสารตกค้างใน กะหล่ำปลี คะน้า พริกชี้ฟ้า

1. จากการทดลองพบว่าการใช้เทคโนโลยีฟองอากาศขนาดไมโครและนาโนร่วมกับโซเดียมไบคาร์บอเนตที่ความเข้มข้น 100 ppm มีแนวโน้มในการลดปริมาณสารตกค้าง เมวินฟอส ไดอะซีนอน อีไทออน และโปรฟีโนฟอส ในคะน้าและพริกชี้ฟ้าได้ดีกว่ากรรมวิธีอื่นๆ

2. ตัวอย่างคะน้าตรวจพบเมวินฟอสซึ่งเป็นวัตถุอันตรายชนิดที่ 4 ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุขเลขที่ 387 พ.ศ. 2560

3. ปริมาณสารตกค้างที่ตรวจพบอยู่ในระดับที่ปลอดภัยต่อผู้บริโภค

4. ศึกษาเพิ่มเติมในเรื่องระยะเวลาในการล้างด้วยเทคโนโลยีฟองอากาศขนาดไมโครและนาโนร่วมกับโซเดียมไบคาร์บอเนต

การทดลองที่ 2.2 การเก็บรักษาด้วยเทคนิคซุปเปอร์คูลิงค์ (super-cooling) ต่อคุณภาพของ กะหล่ำปลี พริกชี้ฟ้า มันฝรั่ง

พริกชี้ฟ้ามีอาการเหี่ยวโดยเฉพาะที่ขั้วผล มีการเปลี่ยนแปลงสีจากสีแดงอ่อนเป็นสีแดงใน 7 วันแรกของการเก็บรักษา หลังจากนั้นสีผลมีสีแดงเข้มและเริ่มเหี่ยว บางผลพบการเกิดโรค มันฝรั่งจากจังหวัดเชียงใหม่เก็บรักษาเบื้องต้นที่อุณหภูมิ 4$\pm$2 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 2 เดือน พบการงอกของหัวพันธุ์มันฝรั่งเกิดขึ้น ซึ่งมันฝรั่งเป็นพืชที่มีอายุการเก็บรักษาในห้องเย็นได้ไม่เกิน 6 เดือน จะเกิดการงอกของตา การดำเนินการทดลองซุปเปอร์คูลิงค์ (super-cooling) ไม่สามารถดำเนินการทดลองต่อได้ เนื่องจากการทดลองการเก็บรักษาด้วยเทคนิคซุปเปอร์คูลิงค์ (super-cooling) จำเป็นต้องใช้เครื่องมือนำเข้าจากต่างประเทศ

การทดลองที่ 2.3 การให้แคลเซียมเพื่อรักษาคุณภาพและลดการเกิดโรคของมะเขือเทศในระหว่างการเก็บรักษา

มะเขือเทศที่ได้รับการฉีดพ่นแคลเซียมโบรอน ความเข้มข้น 0.25% ให้น้ำหนักผลต่อต้น ขนาดผล ค่าสีแดงผล ค่าความแน่นเนื้อผล ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ ปริมาณไลโคปีน และปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระสูงสุดเมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีอื่น เมื่อนำมะเขือเทศไปเก็บรักษาเป็นเวลา 21 วัน พบว่า มะเขือเทศที่ได้รับการฉีดพ่นแคลเซียมโบรอนทั้งสองกรรมวิธีให้คุณภาพผลดีกว่ามะเขือเทศในกรรมวิธีควบคุมที่ไม่ได้รับการฉีดพ่นแคลเซียมโบรอนและยังช่วยลดการเกิดโรคในระหว่างการเก็บรักษาได้อีกด้วย

กรมวิชาการเกษตร

โครงการวิจัยที่ 2

วิจัยและพัฒนาเครื่องคัดขนาดหัวมันฝรั่งแบบสายพาน

Research and Development of Diverging Belt Sorter for Potato

ชื่อผู้วิจัย

สถิตย์พงศ์ รัตนคำ
Satitpong Rattanakam

เกรียงศักดิ์ นักผูก
Kiangsak Nukpook

อรทัย วงค์เมธา
Orathai Wongmetha

อนุภพ เผือกผ่อง
Anupop Puekpong

อภิวัฒน์ ปัญญาวงค์
Apiwat Panyawong

คำสำคัญ (Key words)

มันฝรั่ง หัวพันธุ์มันฝรั่ง เครื่องคัดขนาด เครื่องคัดขนาดแบบสายพาน

Potatoes, Seed of Potatoes, Sorter, Diverging Belt Sorter

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ในการพัฒนาเครื่องคัดขนาดหัวมันฝรั่ง เพื่อลดต้นทุนการผลิตและเพิ่มความสามารถในการคัดขนาดให้มากขึ้น จึงออกแบบและสร้างต้นแบบเครื่องคัดขนาดหัวมันฝรั่งแบบสายพาน โดยใช้สายพานวางคู่กันในแนวนอนและบานออก ซึ่งจะใช้ระยะห่างของสายพานที่บานออกในการคัดขนาดและสายพานจะหมุนด้วยความเร็วคงที่เท่ากันทุกเส้น พร้อมมีระบบนับจำนวน เครื่องต้นแบบมีขนาดภายนอก คือ 1,300 x 3,100 x 1,260 มิลลิเมตร (กว้าง x ยาว x สูง) และต้นกำลังใช้มอเตอร์ไฟฟ้า 1.5 กิโลวัตต์ 220 โวลต์ ผลการทดสอบเครื่องต้นแบบ พบว่า ความเร็วเชิงเส้นของสายพานคัดขนาดที่เหมาะสม คือ 0.25 เมตรต่อวินาที โดยมีความสามารถในการคัดขนาด 353.30 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ความผิดพลาดในการคัดขนาด 18% ความเสียหายที่เกิดขึ้นจากการคัดขนาด 1.33% และการงอกของหัวมันฝรั่งที่ผ่านการคัดขนาดด้วยเครื่องต้นแบบไม่แตกต่างทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับหัวมันฝรั่งที่ไม่ผ่านการคัดขนาด ซึ่งเครื่องต้นแบบสามารถลดต้นทุนการผลิตในส่วนของค่าจ้างแรงคนมากกว่า 50% และสามารถคัดขนาดหัวมันฝรั่งได้รวดเร็วกว่าการใช้แรงงานคน 6 เท่า โดยเครื่องต้นแบบมีราคาประมาณ 45,000 บาท มีจุดคุ้มทุนของการใช้เครื่องต้นแบบอยู่ที่ 9,842 กิโลกรัมต่อปี และระยะเวลาคืนทุน 10 ปี

Abstracts

The objective of this research was to develop the sorter for potato, to increase ability and reduce the production costs of sorting potato. The prototype of diverging belt sorter for potato designed and built, by using the V - belts placed horizontally together and diverge. This uses the distance of the belt for sorting and the belt rotates at the same constant speed. The outsize dimension of the prototype was 1,300 x 3,100 x 1,260 mm (width x length x height) and powered by a 1.5 kW 220 voltage electrical motor. Testing results of the prototype for sorting potato got well at the linear velocity of the diverging belt was 0.25 m s^{-1} with the capacity was 353.30 kg h^{-1}, sizing error was 18%, damage caused by the sizing 1.33% and the germination of the potato sorted with the prototype were not statistically different when compared with

กรมวิชาการเกษตร

unsorted potato. The production ability was about 6 times higher than production by labor and more than 50% of sort cost can be reduce by the prototype of sorting. The prototype costs about 45,000 baht, which has a breakeven point of using at 9,842 kg yr^{-1}, payback period of 10 years.

บทนำ (Introduction)

มันฝรั่ง (Solanum tuberosum L.) เป็นพืชอาหารที่ปลูกในเขตอบอุ่น-หนาว ซึ่งมีความสำคัญอยู่ในอันดับที่สี่ของโลกรองจาก ข้าว ข้าวสาลี และข้าวโพด และเป็นพืชอุตสาหกรรมที่มีมูลค่าหลายพันล้านบาท สร้างรายได้สูงให้กับเกษตรกรในเขตภาคเหนือและตะวันออกเฉียงเหนือ โดยมีรายได้ต่อไร่ระหว่าง 15,000 - 25,000 บาท พื้นที่ปลูกมันฝรั่งมากได้แก่ จ.เชียงใหม่ จ.แม่ฮ่องสอน จ.ลำพูน จ.เชียงราย จ.พะเยา จ.ลำปาง จ.ตาก จ.เพชรบูรณ์ และบางจังหวัดในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ได้แก่ จ.สกลนคร และ จ.นครพนม ในปี 2562 มีพื้นที่ 45,689 ไร่ ผลผลิตรวม 127,935 ตัน เป็นมันฝรั่งพันธุ์โรงงาน 119,519 ตัน พันธุ์บริโภค 8,416 ตัน การปลูกมันฝรั่งมีการขยายตัวเพิ่มขึ้นตามสภาวะเศรษฐกิจที่ขยายตัว (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2562)

การปลูกมันฝรั่ง จะใช้ระยะปลูกระหว่างต้น 50 เซนติเมตร ระหว่างแถวประมาณ 90 - 100 เซนติเมตร สามารถขยายพันธุ์ด้วยเมล็ดและใช้หัวพันธุ์ หากใช้เมล็ดปลูกหลุมละ 3-5 เมล็ด ถ้าใช้หัวพันธุ์ปลูกใช้หลุมละ 1 หัว หรือประมาณ 10,000 – 12,000 หัว/ไร่ หรือประมาณ 350 กิโลกรัม/ไร่ ซึ่งในวิธีการปลูกส่วนใหญ่จะนิยมการปลูกด้วยหัวพันธุ์ แต่ไม่มีการคัดขนาดหัวพันธุ์ก่อนทำการปลูก ทำให้การเจริญเติบโตไม่เท่ากันและการดูแลยุ่งยาก รวมถึงผลผลิตที่ได้มีคุณภาพต่ำและขนาดต่างกัน ทำให้ไม่คุ้มกับการลงทุน เกษตรกรผู้ปลูกมันฝรั่งในประเทศไทยมีต้นทุนการผลิตสูงกว่า 40% ซึ่งเป็นต้นทุนจากค่าหัวพันธุ์มันฝรั่ง โดยกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ เปิดเผยถึงการนำเข้าหัวพันธุ์มันฝรั่ง ปี 2563 ปริมาณรวม 5,208.75 ตัน ในราคาไม่เกินกิโลกรัมละ 35.00 บาท (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2562) ซึ่งการใช้หัวพันธุ์ที่นำเข้าจากต่างประเทศทำให้เกิดปัญหาในส่วนของต้นทุนการผลิตที่สูงขึ้น

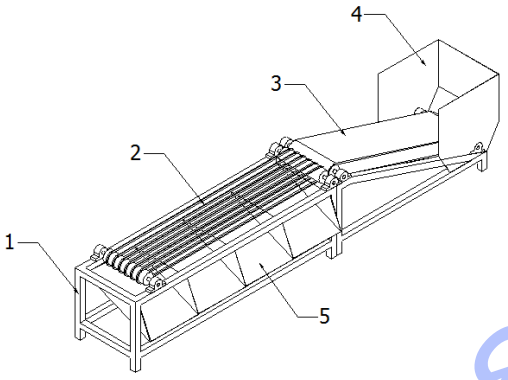
แต่ปัจจุบันการคัดขนาดหัวมันฝรั่งสำหรับการนำไปปลูกและหลังการเก็บเกี่ยวยังใช้แรงงานคน ซึ่งทำให้ล่าช้าและเจอปัญหาการขาดแคลนแรงงาน ส่วนเครื่องคัดขนาดที่มีใช้อยู่ปัจจุบันยังไม่เหมาะสม เนื่องจากเครื่องมีลักษณะเป็นจานหมุน และมีช่องว่างระหว่างผนังด้านข้างกับจานหมุนเพื่อใช้ในการคัดขนาด ทำให้หัวมันฝรั่งเกิดการหมุนตัวและเกิดการเสียดสี ส่งผลให้หัวมันฝรั่งมีรอยช้ำและเสียหาย ดังนั้น การวิจัยและพัฒนาเครื่องคัดขนาดหัวมันฝรั่งแบบสายพาน โดยใช้สายพานวางคู่กันในแนวนอนและบานออก ซึ่งจะใช้ระยะห่างของสายพานที่บานออกในการคัดขนาดและสายพานจะหมุนด้วยความเร็วคงที่เท่ากันทุกเส้น พร้อมมีระบบนับจำนวน สามารถใช้คัดขนาดหัวมันฝรั่งได้ดี ไม่มีผลต่อการงอกของหัวมันฝรั่ง และสามารถคัดขนาดได้รวดเร็วกว่าการใช้แรงงานคน 6 เท่า จึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งให้เกษตรกรหรือกลุ่มเกษตรผู้เพาะปลูกมันฝรั่ง มีรายได้เพิ่มขึ้นและสามารถพึ่งพาตนเองได้จากการใช้งานเครื่องต้นแบบ ซึ่งสามารถลดต้นทุนการผลิตจากแรงงานคนและเพิ่มความสามารถในการคัดขนาดได้

ระเบียบวิธีการวิจัย (Research Methodology)

การวิจัยและพัฒนาเครื่องคัดขนาดหัวมันฝรั่งแบบสายพาน เป็นการพัฒนาเครื่องคัดขนาดหัวมันฝรั่งสำหรับการคัดขนาดหัวมันฝรั่งก่อนนำไปปลูกและหลังการเก็บเกี่ยว เพื่อลดต้นทุนการผลิต เช่น ค่าจ้างแรงคนในการคัดขนาด และเพิ่มความสามารถในการคัดขนาดให้มากขึ้น โดยมีวิธีดำเนินงานดังต่อไปนี้

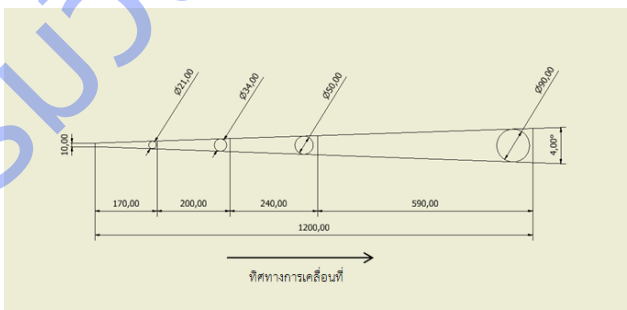
กรมวิชาการเกษตร

1. สร้างต้นแบบเครื่องคัดขนาดหัวมันฝรั่งแบบสายพาน โดยออกแบบสายพานเป็น 2 ชุด คือ 1) ชุดสายพานลำเลียง สำหรับใช้ป้อนหัวมันฝรั่ง และ 2) ชุดสายพานคัดขนาด สำหรับใช้คัดขนาดหัวมันฝรั่ง โดยใช้สายพานวางคู่กันในแนวนอนและบานออก (ภาพที่ 1) ซึ่งจะใช้ระยะห่างของสายพานที่บานออกในการคัดขนาด (ภาพที่ 2) โดยใช้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางสูงสุดเป็นตัวกำหนดขนาดของหัวมันฝรั่ง และสายพานจะหมุนด้วยความเร็วคงที่เท่ากันทุกเส้น โดยใช้มอเตอร์ไฟฟ้าเป็นต้นกำลัง พร้อมมีระบบนับจำนวน (counter) เพื่อนับปริมาณของหัวมันฝรั่งที่คัดได้ และมีระบบควบคุมการทำงานของเครื่อง โดยใช้ระบบนับจำนวนเป็นตัวการสั่งการให้เครื่องหยุดชั่วคราว เพื่อเปลี่ยนภาชนะจัดเก็บหัวมันฝรั่ง ตามปริมาณของหัวมันฝรั่งที่ต้องการบรรจุ



ภาพที่ 1 แบบร่างต้นแบบเครื่องคัดขนาดหัวมันฝรั่งแบบสายพาน

หลักการทำงานของเครื่องคัดขนาดหัวมันฝรั่งแบบสายพาน เริ่มจากป้อนหัวมันฝรั่งที่ช่องป้อน แล้วหัวมันฝรั่งจะถูกลำเลียงด้วยชุดสายพานลำเลียง เพื่อส่งต่อไปยังชุดสายพานคัดขนาด ซึ่งจะใช้ระยะห่างของสายพานที่บานออกในการคัดขนาดแยกออกตามถาดรอง และมีระบบนับจำนวน (counter) ที่ปลายช่องทางออก ที่แสดงปริมาณของหัวมันฝรั่งที่คัดได้



ภาพที่ 2 แบบร่างระยะห่างของสายพานที่บานออกของสายพานคัดขนาด

ในการออกแบบเครื่องคัดขนาดหัวมันฝรั่งแบบสายพานใช้หลักการของสายพานลำเลียง ในการหาแรงดึงและกำลังที่ใช้ขับสายพานโดยใช้วิธีของ Goodyear (อภิชาติ, 2559) มีสมการดังนี้

กรมวิชาการเกษตร

$$HP = \frac{T_E \times S}{75} \quad (1)$$

$$T_E = C(L + L_0)\left(Q + \frac{T}{3.6S}\right) \pm \frac{TH}{3.6S} \quad (2)$$

$$Q = 2B_w + \frac{W_1}{l_1} + \frac{W_2}{l_2} \quad (3)$$

โดย HP = กำลังที่ใช้ขับสายพาน (แรงม้า)

T_E = แรงดึงสายพาน (กิโลกรัม)

S = ความเร็วสายพาน (เมตร/วินาที)

C = ค่าแฟคเตอร์ความเสียดทานสำหรับการขนถ่ายที่มีโครงสร้างถาวร

L = ความยาวสายพาน (เมตร)

L_0 = ความยาวเทียบเท่า (เมตร)

Q = ค่าแฟคเตอร์น้ำหนัก แสดงถึงน้ำหนักของส่วนที่เคลื่อนที่ของสายพาน (ตารางที่ 2.2)

T = อัตราขนถ่าย (ตัน/ชั่วโมง)

H = ระยะยกขึ้นของการลำเลียง (เมตร)

B_W = น้ำหนักสายพาน (กิโลกรัม/เมตร)

W_1 = น้ำหนักของชิ้นส่วนที่หมุนของลูกกลิ้งด้านลำเลียง (กิโลกรัม)

W_2 = น้ำหนักของชิ้นส่วนที่หมุนของลูกกลิ้งด้านกลับ (กิโลกรัม)

l_1 = ระยะห่างของลูกกลิ้งด้านลำเลียง (เมตร)

l_2 = ระยะห่างของลูกกลิ้งด้านกลับ (เมตร)

ตารางที่ 1 รายละเอียดของสายพานที่นำมาใช้ในการคำนวณค่าแฟคเตอร์น้ำหนัก

รายละเอียด	สายพาน B 130	สายพานแบน 4 นิ้ว	สายพานลำเลียง
Bw (กิโลกรัม)	0.65	1.93	1.00*
W1 (กิโลกรัม)	2.11	2.16	6.24
W2 (กิโลกรัม)	1.99	2.04	6.12
l1 (เมตร)	1.06	1.03	1.20
l2 (เมตร)	1.64	1.03	1.20
Q (กิโลกรัม/เมตร)	4.50	7.93	7.00*

หมายเหตุ * ค่าที่ใช้อ้างอิงมาจาก อภิชาติ (2559)

2. ทดสอบการทำงานของเครื่องต้นแบบเบื้องต้น โดยมีปัจจัย คือ ความเร็วเชิงเส้นของสายพาน 7 ระดับ คือ 1) 0.10 2) 0.15 3) 0.20 4)0.25 5) 0.30 6) 0.35 และ 7) 0.40 เมตร/วินาที และมีค่าชี้ผล คือ ความสามารถในการคัดขนาด (กิโลกรัม/ชั่วโมง) ความผิดพลาดในการคัดขนาด (%) และความเสียหายที่เกิดขึ้นจากการคัดขนาด (%) เช่น รอยช้ำและแผลถลอก เป็นต้น จำนวน 3 ซ้ำๆ ละ 100 หัว (จำนวน 4 เกรดๆ ละ 25 หัว) รวมถึงการปรับปรุงพัฒนาเครื่องต้นแบบให้สามารถคัดขนาดหัวมันฝรั่งได้ตามขนาดที่ต้องการ

3. ปรับปรุงพัฒนา ทดสอบและเก็บข้อมูลเครื่องคัดขนาดหัวมันฝรั่งแบบสายพาน มีรายละเอียดดังนี้

กรมวิชาการเกษตร

3.1 ปรับปรุงและพัฒนาเครื่องคัดขนาดหัวมันฝรั่งแบบสายพาน เพื่อลดความผิดพลาดในการคัดขนาด ซึ่งผลการทดสอบการทำงานของเครื่องต้นแบบเบื้องต้นมีความผิดพลาดในการคัดขนาด 19.65% เนื่องจากจุดเริ่มต้นของสายพานคัดขนาด มีหน้ากว้างน้อยกว่าขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของหัวมันฝรั่งขนาดใหญ่ ทำให้หัวมันฝรั่งจะถูกบังคับให้ลงด้านข้าง ซึ่งมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางน้อยที่สุด) และติดตั้งชุดควบคุมการทำงานโดยมีอุปกรณ์นับจำนวนหัวมันฝรั่งที่คัดได้ในแต่ละขนาดตามปริมาณของหัวมันฝรั่งที่ต้องการบรรจุ และเป็นตัวการสั่งการให้เครื่องหยุดชั่วคราว เพื่อเปลี่ยนภาชนะจัดเก็บหัวมันฝรั่ง

3.2 ทดสอบการทำงานของเครื่องต้นแบบหลังปรับปรุง โดยมีปัจจัยที่ศึกษา คือ 1) ความเร็วเชิงเส้นของสายพานคัดขนาดที่เหมาะสม 2) ความสามารถในการทำงานของเครื่องต้นแบบ 3) ความผิดพลาดในการนับจำนวน (Error) และ 4) การงอกของหัวมันฝรั่งหลังผ่านการคัดขนาด รวมถึงแก้ไขข้อบกพร่องของเครื่องต้นแบบ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

3.2.1 ทดสอบหาความเร็วเชิงเส้นของสายพานคัดขนาดที่เหมาะสมของเครื่องต้นแบบหลังปรับปรุง โดยมีปัจจัยในการทดสอบ คือ ความเร็วเชิงเส้นของสายพาน 5 ระดับ คือ 1) 0.10 2) 0.15 3) 0.20 4) 0.25 และ 5) 0.30 เมตร/วินาที และมีค่าชี้ผล คือ ความสามารถในการคัดขนาด (กิโลกรัม/ชั่วโมง) ความผิดพลาดในการคัดขนาด (%) ความเสียหายที่เกิดขึ้นจากการคัดขนาด (%) เช่น รอยช้ำและแผลถลอก เป็นต้น และความผิดพลาดในการนับจำนวน (%) จำนวน 3 ซ้ำๆ ละ 125 หัว (จำนวน 5 เกรดๆ ละ 25 หัว)

3.2.2 ทดสอบการทำงานของเครื่องต้นแบบหลังปรับปรุง ที่ความเร็วเชิงเส้นของสายพานคัดขนาด คือ 0.25 เมตร/วินาที (ความเร็วเชิงเส้นของสายพานคัดขนาดที่เหมาะสมจากการทดสอบในข้อ 3.2.1) และเก็บข้อมูลความสามารถในการคัดขนาด (กิโลกรัม/ชั่วโมง) ความผิดพลาดในการคัดขนาด (%) ความเสียหายที่เกิดขึ้นจากการคัดขนาด (%) เช่น รอยช้ำและแผลถลอก เป็นต้น และความผิดพลาดในการนับจำนวน (%) จำนวน 3 ซ้ำๆ ละ 125 หัว (จำนวน 5 เกรดๆ ละ 25 หัว)

3.2.3 ทดสอบความผิดพลาดในการนับจำนวน (Error) ของเครื่องต้นแบบหลังปรับปรุงในแต่ละขนาด ที่ความเร็วเชิงเส้นของสายพานคัดขนาด คือ 0.25 เมตร/วินาที (ความเร็วเชิงเส้นของสายพานคัดขนาดที่เหมาะสมจากการทดสอบในข้อ 3.2.1) และเก็บข้อมูลความผิดพลาดในการคัดขนาด (%) ความเสียหายที่เกิดขึ้นจากการคัดขนาด (%) เช่น รอยช้ำและแผลถลอก เป็นต้น และความผิดพลาดในการนับจำนวน (%) จำนวน 5 กรรมวิธีๆ ละ 3 ซ้ำๆ ละ 100 หัว (จำนวน 5 เกรดๆ ละ 100 หัว)

3.2.4 ประเมินการงอกของหัวมันฝรั่ง (กรณีคัดขนาดหัวพันธุ์มันฝรั่ง) โดยการเปรียบเทียบการงอกของหัวมันฝรั่งที่ไม่ผ่านการคัดขนาดและผ่านการคัดขนาดด้วยเครื่องต้นแบบจากการทดสอบในข้อ 3.2.2 จำนวน 2 กรรมวิธีๆ ละ 3 ซ้ำๆ ละ 125 หัว (จำนวน 5 เกรดๆ ละ 25 หัว)

4. ทดสอบและเก็บข้อมูลเครื่องต้นแบบในการใช้งานระยะยาว โดยร่วมทดสอบเครื่องต้นแบบกับศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรเชียงใหม่ อ.ฝาง จ.เชียงใหม่ ซึ่งทดสอบเครื่องต้นแบบที่ความเร็วเชิงเส้นของสายพานคัดขนาด คือ 0.25 เมตร/วินาที (ความเร็วเชิงเส้นของสายพานคัดขนาดที่เหมาะสมจากการทดสอบในข้อ 3.2.1) และเก็บข้อมูลความสามารถในการคัดขนาด (กิโลกรัม/ชั่วโมง) ความผิดพลาดในการคัดขนาด (%) และความเสียหายที่เกิดขึ้นจากการคัดขนาด (%) เช่น รอยช้ำและแผลถลอก เป็นต้น จำนวน 3 ซ้ำๆ ละ 75 กิโลกรัม (ในการทดสอบคัดขนาดหัวมันฝรั่งมีจำนวน 4 เกรด คือ เกรด A-D) และสุ่มตัวอย่างหัวมันฝรั่งที่ผ่านการคัดขนาด จำนวน 3 ซ้ำๆ ละ 100 หัว (จำนวน 4 เกรดๆ ละ 25 หัว)

5. วิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์ เพื่อคำนวณค่าใช้จ่าย หาจุดคุ้มทุนและระยะเวลาในการคืนทุนของการใช้เครื่องคัดขนาดหัวมันฝรั่งแบบสายพาน

กรมวิชาการเกษตร

การบันทึกข้อมูล

1. ความสามารถในการคัดขนาด (กิโลกรัม/ชั่วโมง) คือ อัตราส่วนของน้ำหนักหัวมันฝรั่งที่ใช้คัดขนาด ต่อเวลาที่ใช้คัดขนาด (ชั่วโมง)

2. ความผิดพลาดในการคัดขนาด (%) คือ อัตราส่วนของปริมาณหัวมันฝรั่งที่คัดผิดพลาด ต่อปริมาณหัวมันฝรั่งที่ใช้คัดขนาด แล้วคูณด้วย 100

3. ความเสียหายที่เกิดขึ้นจากการคัดขนาด (%) คือ อัตราส่วนของปริมาณหัวมันฝรั่งที่เกิดความเสียหายต่อปริมาณหัวมันฝรั่งที่ใช้คัดขนาด แล้วคูณด้วย 100

4. ความผิดพลาด (Error) (%) (นวภัทราและทวีพล, 2555) ในการนับจำนวนหัวมันฝรั่ง คือ อัตราส่วนของจำนวนหัวมันฝรั่งที่เครื่องนับได้ลบด้วยจำนวนหัวมันฝรั่งที่ใช้ทดสอบ ต่อจำนวนหัวมันฝรั่งที่ใช้ทดสอบแล้วคูณด้วย 100

5. การประเมินการงอกของหัวพันธุ์มันฝรั่ง ด้วยการนำหัวพันธุ์มันฝรั่งไปผึ่งในโรงเรือนเป็นชั้นบางๆ 1-2 ชั้น หลังจากผึ่งหัวพันธุ์ได้ 2 สัปดาห์ถึง 1 เดือน นับจำนวนหัวพันธุ์มันฝรั่งที่มีหน่องอกแข็งแรง (อรทัย, 2558)

สถานที่ทำการวิจัย

- ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมเชียงใหม่
- ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่
- ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรเชียงใหม่

ระยะเวลาดำเนินงาน ตุลาคม 2562 ถึง กันยายน 2564 รวม 2 ปี

ผลการวิจัย (Results)

1. จากการสร้างต้นแบบเครื่องคัดขนาดหัวมันฝรั่งแบบสายพาน (ภาพที่ 3)
ซึ่งเครื่องต้นแบบประกอบด้วย 6 ส่วนหลักคือ

1.1) โครงสร้างส่วนฐาน ทำจากเหล็กฉากขนาด 40 x 40 x 4 มม. ลักษณะเป็นสี่เหลี่ยม ขนาดกว้าง x ยาว x สูง คือ 500 x 1,200 x 700 มม. และมีล้อเหล็กขนาด 76.2 มม. (3 นิ้ว) จำนวน 4 ล้อ เพื่อให้เคลื่อนย้ายได้สะดวก

1.2) สายพานคัดขนาด โดยใช้สายพานวี ขนาดร่อง B เบอร์ 130 จำนวน 2 เส้น วิ่งคู่กันบนพูเล่ย์ ขนาด 101.6 มม. (4 นิ้ว) ในแกนเพลาเดียวกันและบานออก และมีลูกกลิ้งรองรับสายพานคัดขนาด ทำจากเหล็กเพลา ขนาด 38.1 มม. (1 1/2 นิ้ว) จำนวน 6 อัน วางด้านละ 3 อัน โดยมีระยะห่าง 31, 57 และ 84 มม. เริ่มจากด้านหน้าของสายพานคัดขนาด และมีแผ่นกั้นด้านข้างสายพานทั้ง 2 ด้าน ทำจากแผ่นเหล็กหนา 1.5 มม. มีขนาดกว้าง x ยาว คือ 120 x 1050 มม. พร้อมบุแผ่นกั้นด้วยแผ่นโฟมกันกระแทก หนา 10 มม.

1.3) สายพานลำเลียง โดยใช้สายพานลำเลียงแบบลายบั้ง (EP 200/2, 300,2 ชั้น) จำนวน 1 เส้น วางเอียงกับแนวนอนทำมุม 12 องศา (บจก. ฟอร์โบ ซีกลิง (ประเทศไทย), 2563) และมีแผ่นรองรับสายพานที่ทำจากแผ่นเหล็กหนา 1.5 มม. มีขนาด กว้าง x ยาว คือ 400 x 1,000 มม. วิ่งอยู่บนล้อสายพานที่ทำจากท่อเหล็ก หนา 3 มม. ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 101.6 มม. (4 นิ้ว) ยาว 310 มม. และมีแผ่นกั้นที่ปลายทั้ง 2 ด้านของล้อสายพานทำจากแผ่นเหล็กวงกลมหนา 3 มม. ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 115.0 มม.

1.4) ถาดป้อน ทำจากแผ่นเหล็กหนา 1.5 มม. มีขนาด กว้าง x ยาว คือ 500 x 500 มม. ปลายจะเรียวลงจากกึ่งกลางถาดป้อน ตรงปลายทางออกมีขนาด 180 มม. และมีขอบสูง 140 มม. พร้อมบุด้วยแผ่นโฟมกันกระแทก หนา 10 มม.

กรมวิชาการเกษตร

1.5) ถาดรอง มี 2 ส่วน คือ 1. อยู่ภายในโครงสร้างส่วนฐาน ทำจากแผ่นเหล็กหนา 1.5 มม. มีขนาดกว้าง x ยาว คือ 680 x 1,120 มม. และมีขอบสูง 110 มม. พร้อมบุด้วยแผ่นโฟมกันกระแทก หนา 10 มม. โดยแบ่งเป็นจำนวน 4 ช่อง (เรียงลำดับจากขนาดเล็กไปขนาดใหญ่) คือ 270, 260, 250, 340 มม. ตามลำดับ และ 2. อยู่ด้านข้างของโครงสร้างส่วนฐาน จำนวน 1 ช่อง ทำจากแผ่นเหล็กหนา 1.5 มม. มีขนาด กว้าง x ยาว คือ 680 x 250 มม. และมีขอบสูง 110 มม. พร้อมบุด้วยแผ่นโฟมกันกระแทก หนา 10 มม.

1.6) ชุดต้นกำลัง โดยใช้มอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 1.5 กิโลวัตต์ (2 แรงม้า) เป็นต้นกำลังและมีอุปกรณ์ปรับความเร็วรอบ (ใช้สำหรับการทดสอบ เนื่องจากสามารถปรับความเร็วเชิงเส้นของสายพานคัดขนาดได้) ขับผ่านพูเล่ย์ขนาด 88.9 มม. (3 ½”) ไปยังพูเล่ย์ขนาด 76.2 มม. (3”) ของเกียร์ทดรอบ อัตราทด 1 : 60 และส่งกำลังผ่านพูเล่ย์ขนาด 101.6 มม. (4”) ไปยังพูเล่ย์ขนาด 152.4 มม. (6”) ของเพลาคัดขนาด มีความเร็วเชิงเส้นสูงสุด 0.4 เมตร/วินาที

ภาพที่ 3 ต้นแบบเครื่องคัดขนาดหัวมันฝรั่งแบบสายพาน

2. จากการทดสอบการคัดขนาดหัวมันฝรั่งด้วยเครื่องต้นแบบเบื้องต้น (ตารางที่ 2) พบว่าเครื่องต้นแบบสามารถคัดขนาดหัวมันฝรั่งได้ดีระดับหนึ่ง และจากผลการทดสอบเมื่อพิจารณาโดยรวมแล้ว พบว่าความเร็วเชิงเส้นของสายพานคัดขนาดที่ 0.25 เมตร/วินาที มีความเหมาะสมมากที่สุด เนื่องจากมีความผิดพลาดในการคัดขนาดและความเสียหายที่เกิดขึ้นจากการคัดขนาดน้อยที่สุด คือ 19.65 และ 0.70% ตามลำดับ มีความสามารถในการคัดขนาด คือ 218.394 กิโลกรัม/ชั่วโมง และหัวมันฝรั่งไม่มีการไหลย้อนกลับในส่วนของสายพานลำเลียง

กรมวิชาการเกษตร

ตารางที่ 2 ทดสอบการคัดขนาดหัวมันฝรั่งด้วยเครื่องต้นแบบ

ความเร็วเชิงเส้นของสายพานคัดขนาด (m/s)	ความสามารถในการคัดขนาด (กก./ชม.)	ความผิดพลาดในการคัดขนาด (%)	ความเสียหายในการคัดขนาด (%)
0.10	141.31	27.72	5.61
0.15	170.11	23.51	5.97
0.20	189.46	23.86	2.81
0.25	218.94	19.65	0.70
0.30	247.06	27.72	3.86
0.35	243.00	27.72	3.16
0.40	233.29	30.52	3.16

หมายเหตุ : 1. ความเสียหายจากการคัดขนาดนั้นเกิดจากหัวมันฝรั่งขนาดเล็กถูกบีบระหว่างช่องว่างของรอยต่อของสายพานลำเลียงและสานพานคัดขนาด

3. จากการปรับปรุงพัฒนา ทดสอบและเก็บข้อมูลเครื่องคัดขนาดหัวมันฝรั่งแบบสายพาน มีรายละเอียดดังนี้

3.1 การปรับปรุงและพัฒนาเครื่องต้นแบบ เพื่อลดความผิดพลาดในการคัดขนาด โดยการเพิ่มสายพานคัดขนาดจากเดิมจำนวน 2 เส้นเป็น 4 เส้น เพื่อเพิ่มขนาดหน้ากว้างของจุดเริ่มต้นของสายพานคัดขนาด และติดตั้งชุดควบคุมการทำงาน ซึ่งเครื่องต้นแบบ (ภาพที่ 4) ประกอบด้วย 7 ส่วนหลัก คือ

3.1.1. โครงสร้างส่วนฐาน ทำจากเหล็กฉากขนาด 40 x 40 x 4 มม. ลักษณะเป็นสี่เหลี่ยม ขนาด กว้าง x ยาว x สูง คือ 500 x 1,200 x 700 มม. และมีล้อเหล็กขนาด 76.2 มม. (3”) จำนวน 4 ล้อ เพื่อให้เคลื่อนย้ายได้สะดวก

3.1.2. สายพานคัดขนาด โดยใช้สายพานวี ขนาดร่อง B เบอร์ 130 จำนวน 4 เส้น วิ่งคู่กันบนพูเล่ย์ ขนาด 101.6 มม. (4”) ในแกนเพลาเดียวกันและบานออก และมีลูกกลิ้งรองรับสายพานคัดขนาด ทำจากเหล็กเพลา ขนาด 38.1 มม. (1 1/2”) ในแกนเพลาเดียวกัน จำนวน 2 จุดๆ ละ 4 อัน และมีแผ่นกั้นด้านข้างสายพานทั้ง 2 ด้าน ทำจากแผ่นเหล็กหนา 1.5 มม. มีขนาด กว้าง x ยาว คือ 120 x 1050 มม. พร้อมบุแผ่นกั้นด้วยแผ่นโฟมกันกระแทก หนา 10 มม.

3.1.3. สายพานลำเลียง โดยใช้สายพานลำเลียงแบบลายบั้ง (EP 200/2, 300,2 ชั้น) จำนวน 1 เส้น วางเอียงกับแนวนอนทำมุม 12 องศา (บจก. ฟอร์โบ ซีกลิง (ประเทศไทย), 2563) และมีแผ่นรองรับสายพานที่ทำจากแผ่นเหล็กหนา 1.5 มม. มีขนาด กว้าง x ยาว คือ 400 x 1,000 มม. วิ่งอยู่บนล้อสายพานที่ทำจากท่อเหล็กหนา 3 มม. ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 101.6 มม. (4”) ยาว 310 มม. และมีแผ่นกั้นที่ปลายทั้ง 2 ด้านของล้อสายพานทำจากแผ่นเหล็กวงกลมหนา 3 มม. ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 115.0 มม.

3.1.4. ถาดป้อน ทำจากแผ่นเหล็กหนา 1.5 มม. มีขนาด กว้าง x ยาว คือ 600 x 675 มม. ปลายทางออกจะบีบเรียวลงตรงปลายทางออกมีขนาด 180 มม. และมีขอบสูง 140 มม. พร้อมบุด้วยแผ่นโฟมกันกระแทก หนา 10 มม.

3.1.5. ถาดรอง มี 2 ส่วน คือ 1. อยู่ภายในโครงสร้างส่วนฐาน ทำจากแผ่นเหล็กหนา 1.5 มม. มีขนาด กว้าง x ยาว คือ 650 x 1,100 มม. และมีขอบสูง 120 มม. พร้อมบุด้วยแผ่นโฟมกันกระแทก หนา 10 มม.

กรมวิชาการเกษตร

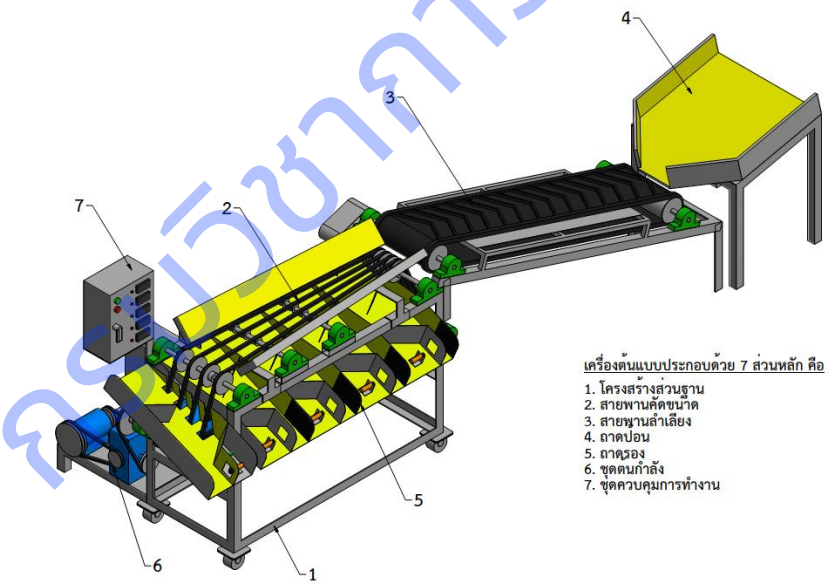
โดยแบ่งเป็นจำนวน 4 ช่อง (เรียงลำดับจากขนาดเล็กไปขนาดใหญ่) คือ 275, 280, 270, 275 มม. ตามลำดับ ปลายทางออกมีที่สำหรับจับยึดเซ็นเซอร์นับจำนวน และ 2. อยู่ด้านข้างของโครงสร้างส่วนฐาน จำนวน 1 ช่อง ทำจากแผ่นเหล็กหนา 1.5 มม. มีขนาด กว้าง x ยาว คือ 650 x 250 มม. และมีขอบสูง 110 มม. พร้อมบุด้วยแผ่นโฟมกันกระแทก หนา 10 มม. ปลายทางออกมีที่สำหรับจับยึดเซ็นเซอร์นับจำนวน

3.1.6. ชุดต้นกำลัง โดยใช้มอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 1.5 กิโลวัตต์ (2 แรงม้า) เป็นต้นกำลังและมีอุปกรณ์ปรับความเร็วรอบ (ใช้สำหรับการทดสอบ เนื่องจากสามารถปรับความเร็วเชิงเส้นของสายพานคัดขนาดได้) ขับผ่านพูเล่ย์ขนาด 88.9 มม. (3 ½”) ไปยังพูเล่ย์ขนาด 88.9 มม. (3 ½”) ของมู่เลย์คลัชแม่เหล็กไฟฟ้าและส่งกำลังขับผ่านมู่เลย์ ขนาด 127.0 มิลลิเมตร (5”) ไปยังพูเล่ย์ขนาด 76.2 มม. (3”) ของเกียร์ทดรอบ อัตราทด 1 : 60 และส่งกำลังผ่านพูเล่ย์ขนาด 101.6 มม. (4”) ไปยังพูเล่ย์ขนาด 152.4 มม. (6”) ของเพลาคัดขนาด มีความเร็วเชิงเส้นสูงสุด 0.4 เมตร/วินาที

3.1.7. ชุดควบคุมการทำงาน โดยมีอุปกรณ์นับจำนวนหัวมันฝรั่งที่คัดได้ในแต่ละขนาดตามปริมาณของหัวมันฝรั่งที่ต้องการบรรจุ และเป็นตัวการสั่งการให้มู่เลย์คลัชแม่เหล็กไฟฟ้าหยุดทำงานชั่วคราวเพื่อเปลี่ยนภาชนะจัดเก็บหัวมันฝรั่งประกอบด้วย 2 ส่วนหลัก คือ

1) อุปกรณ์นับจำนวนแบบดิจิตอล (Digital counter) ยี่ห้อ MYPIN รุ่น FH4 ขนาด 220 V สามารถตั้งค่านับจำนวนได้ (ภาพที่ 5ก) จำนวน 5 อัน

2) เซ็นเซอร์พล็อคซิมิตี้สวิทช์ (Proximity Sensor Switch) ยี่ห้อ OVMANUE รุ่น E3F-DS30P1 (ภาพที่ 5ข) จำนวน 5 อัน



ภาพที่ 4 ต้นแบบเครื่องคัดขนาดหัวมันฝรั่งแบบสายพานหลังปรับปรุง

กรมวิชาการเกษตร

ภาพที่ 5 ก.อุปกรณ์นับจำนวนแบบดิจิตอล (Digital counter)
และ ข.เซ็นเซอร์พล็อคซิมิตี้สวิทช์ (Proximity Sensor Switch)

3.2 การทดสอบการทำงานของเครื่องต้นแบบหลังปรับปรุง โดยมีปัจจัยที่ศึกษา คือ 1) ความเร็วเชิงเส้นของสายพานคัดขนาดที่เหมาะสม 2) ความสามารถในการทำงานของเครื่องต้นแบบ 3) ความผิดพลาดในการนับจำนวน (Error) และ 4) การงอกของหัวมันฝรั่งที่ผ่านการคัดขนาด มีรายละเอียดดังนี้

3.2.1 จากการทดสอบหาความเร็วเชิงเส้นของสายพานคัดขนาดที่เหมาะสมของเครื่องต้นแบบหลังปรับปรุง (ตารางที่ 3) พบว่า เครื่องต้นแบบหลังปรับปรุงสามารถคัดขนาดหัวมันฝรั่งได้ดี และความเร็วเชิงเส้นของสายพานคัดขนาดที่ 0.25 เมตร/วินาที มีความเหมาะสมมากที่สุด เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% รวมถึงหัวมันฝรั่งไม่มีการไหลย้อนกลับในส่วนของสายพานลำเลียง โดยมีความสามารถในการคัดขนาด 608.30 กิโลกรัม/ชั่วโมง ความผิดพลาดในการคัดขนาด 14.67% ความเสียหายที่เกิดขึ้นจากการคัดขนาด 0.53% และความผิดพลาดในการนับจำนวน 2.88%

ตารางที่ 3 ทดสอบหาความเร็วเชิงเส้นของสายพานคัดขนาดที่เหมาะสมของเครื่องต้นแบบหลังปรับปรุง

ความเร็วเชิงเส้นของสายพาน (m/s)	ความสามารถในการคัดขนาด (กก./ชม.)	ความผิดพลาดในการคัดขนาด (%)	ความเสียหายในการคัดขนาด (%)	ความผิดพลาดในการนับจำนวน (%)
0.10	383.04c	14.40	0.80	2.68
0.15	429.26c	16.00	0.27	2.40
0.20	552.48b	14.67	0.27	3.74
0.25	608.30a	14.67	0.53	2.88
0.30	636.71a	15.20	0	3.47

หมายเหตุ : 1. ความเสียหายจากการคัดขนาดนั้นเกิดจากหัวมันฝรั่งขนาดเล็กถูกบีบระหว่างช่องว่างของรอยต่อของสายพานลำเลียงและสานพานคัดขนาด
2. ความผิดพลาดในการนับจำนวนนั้นเกิดจากหัวมันฝรั่งลงมาพร้อมกันทำให้เซ็นเซอร์นับจำนวนหัวมันฝรั่งผิด
3. ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรที่เหมือนกันไม่แตกต่างทางสถิติโดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

กรมวิชาการเกษตร

3.2.2 จากการทดสอบการทำงานของเครื่องต้นแบบหลังปรับปรุง (ภาพที่ 6, ตารางที่ 4) พบว่า เครื่องต้นแบบหลังปรับปรุงสามารถคัดขนาดหัวมันฝรั่งได้ดี โดยมีความสามารถในการคัดขนาด 595.46 กิโลกรัม/ชั่วโมง ความผิดพลาดในการคัดขนาด 14.93% ความเสียหายที่เกิดขึ้นจากการคัดขนาด 0.53% และความผิดพลาดในการนับจำนวน 2.89%

ภาพที่ 6 ทดสอบการทำงานของเครื่องต้นแบบหลังปรับปรุง

ตารางที่ 4 ทดสอบการทำงานของเครื่องต้นแบบหลังปรับปรุง

ซ้ำที่	ความสามารถในการคัดขนาด (กก./ชม.)	ความผิดพลาดในการคัดขนาด (%)	ความเสียหายในการคัดขนาด (%)	ความผิดพลาดในการนับจำนวน (%)
1	562.04	12.80	0.00	3.20
2	618.24	16.00	0.80	3.03
3	606.12	16.00	0.80	2.45
เฉลี่ย	595.46	14.93	0.53	2.89

หมายเหตุ : 1. ความเสียหายจากการคัดขนาดนั้นเกิดจากหัวมันฝรั่งขนาดเล็กถูกบีบระหว่างช่องว่างของรอยต่อของสายพานลำเลียงและสานพานคัดขนาด
2. ความผิดพลาดในการนับจำนวนนั้นเกิดจากหัวมันฝรั่งลงมาพร้อมกันทำให้เซ็นเซอร์นับจำนวนหัวมันฝรั่งผิด

3.2.3 จากการทดสอบความผิดพลาดในการนับจำนวน (Error) ของเครื่องต้นแบบหลัง *ปรับปรุงในแต่ละขนาด* (ตารางที่ 5) พบว่า ความผิดพลาดในการคัดขนาดเรียงลำดับจากขนาดเล็กไปขนาดใหญ่ คือ 7.33, 16.67, 14.33, 12.67 และ 12.00% ตามลำดับ ความเสียหายที่เกิดขึ้นจากการคัดขนาดเรียงลำดับจากขนาดเล็กไปขนาดใหญ่ คือ 1, 0, 0, 0 และ 0% ตามลำดับ และความผิดพลาดในการนับจำนวนเรียงลำดับจากขนาดเล็กไปขนาดใหญ่ คือ 1.67, 7.67, 4.67, 2.33และ 5.33% ตามลำดับ

กรมวิชาการเกษตร

ตารางที่ 5 ทดสอบความผิดพลาดในการนับจำนวนในการคัดขนาดของเครื่องต้นแบบหลังปรับปรุงในแต่ละขนาด

ขนาดของหัวมันฝรั่ง	ความผิดพลาดในการคัดขนาด (%)	ความเสียหายในการคัดขนาด (%)	ความผิดพลาดในการนับจำนวน (%)
A	7.33a	1	1.67a
B	16.67b	0	7.67b
C	14.33ab	0	4.67ab
D	12.67ab	0	2.33a
E	12.00ab	1	5.33ab

หมายเหตุ : 1.ความเสียหายจากการคัดขนาดนั้นเกิดจากหัวมันฝรั่งขนาดเล็กถูกบีบระหว่างช่องว่างของรอยต่อของสายพานลำเลียงและสานพานคัดขนาด

2. ความผิดพลาดในการนับจำนวนนั้นเกิดจากหัวมันฝรั่งลงมาพร้อมกันทำให้เซ็นเซอร์นับจำนวนหัวมันฝรั่งผิด

3.ขนาดของหัวมันฝรั่งเรียงลำดับจากขนาดเล็กไปขนาดใหญ่ คือ A B C D (หัวพันธุ์มันฝรั่ง) และ E (หัวมันฝรั่งส่งโรงงาน)

4. ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรที่เหมือนกันไม่แตกต่างทางสถิติโดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

3.2.4 การประเมินการงอกของหัวมันฝรั่ง โดยเปรียบเทียบการงอกของหัวมันฝรั่งที่ไม่ผ่านการคัดขนาดและผ่านการคัดขนาดด้วยเครื่องต้นแบบ (ภาพที่ 7, ตารางที่ 6) พบว่า การงอกของหัวมันฝรั่งอยู่ที่ 89.60 และ 88.82% ตามลำดับ ซึ่งการงอกของหัวมันฝรั่งไม่แตกต่างทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 6 การเปรียบเทียบการงอกหัวมันฝรั่งที่ไม่ผ่านการคัดขนาดและผ่านการคัดขนาดด้วยเครื่องต้นแบบ

เกรด	กรรมวิธี	
	หัวมันฝรั่งที่ไม่ผ่านการคัดขนาด	หัวมันฝรั่งผ่านการคัดขนาด
A	92.00	88.00
B	84.00	84.00
C	92.00	90.70
D	88.00	90.70
E	92.00	90.70
เฉลี่ย	89.60	88.82

4. ทดสอบและเก็บข้อมูลเครื่องต้นแบบในการใช้งานระยะยาว โดยร่วมทดสอบเครื่องต้นแบบกับศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรเชียงใหม่ อ.ฝาง จ.เชียงใหม่ (ภาพที่ 7, ตารางที่ 7) พบว่า เครื่องต้นแบบหลังปรับปรุงสามารถคัดขนาดหัวมันฝรั่งได้ดี โดยมีความสามารถในการคัดขนาด 353.30 กิโลกรัม/ชั่วโมง ความผิดพลาดในการคัดขนาด 18% และความเสียหายที่เกิดขึ้นจากการคัดขนาด 1.33%

เมื่อพิจารณาจากผลการทดสอบ พบว่า ความผิดพลาดในการคัดขนาดค่อนข้างสูง เนื่องจากหัวมันฝรั่งมีรูปทรงผิดปกติ (ภาพที่ 8) ปะปนกับหัวมันฝรั่งหัวมันฝรั่งมีรูปทรงรีหัวตัว

กรมวิชาการเกษตร

ภาพที่ 7 การทดสอบเครื่องต้นแบบร่วมกับศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรเชียงใหม่

ตารางที่ 7 ทดสอบการทำงานของเครื่องต้นแบบ ณ ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรเชียงใหม่ อ.ฝาง จ.เชียงใหม่

ซ้ำที่	ความสามารถในการคัดขนาด (กก./ชม.)	ความผิดพลาดในการคัดขนาด (%)	ความเสียหายในการคัดขนาด (%)
1	378.62	18.00	1.00
2	363.05	19.00	2.00
3	318.23	17.00	1.00
เฉลี่ย	353.30	18.00	1.33

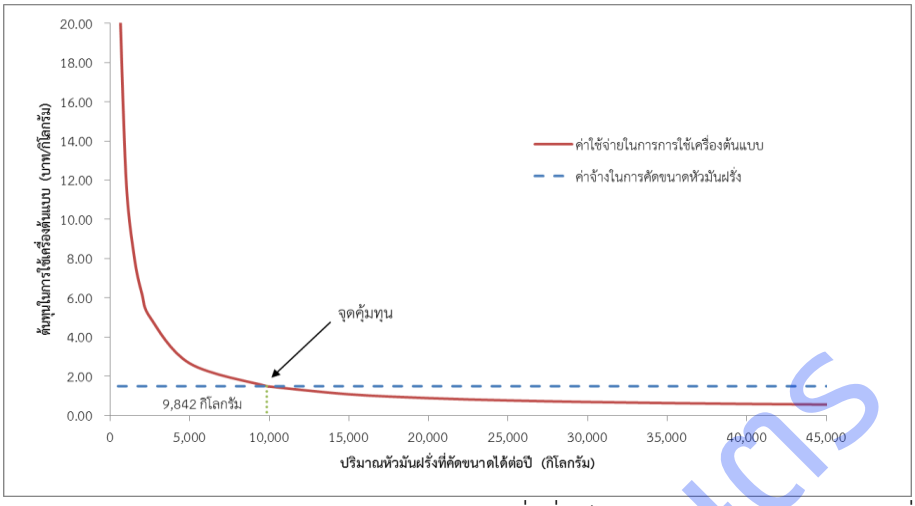
หมายเหตุ : 1. ความเสียหายจากการคัดขนาดนั้นเกิดจากหัวมันฝรั่งขนาดเล็กถูกบีบระหว่างช่องว่างของรอยต่อของสายพานลำเลียงและสานพานคัดขนาด

ภาพที่ 8 หัวมันฝรั่งมีรูปทรงผิดปกติ

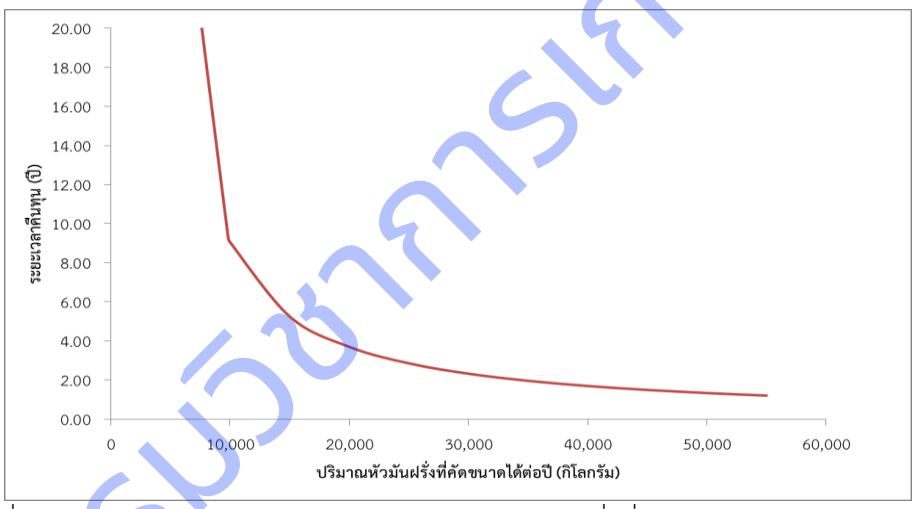
5. จากการวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์ของการใช้งานเครื่องคัดขนาดหัวมันฝรั่งแบบสายพาน โดยใช้หลักการของ Donnell Hunt (1977) เมื่อคิดค่าเสื่อมราคาเป็นแบบเส้นตรง (Straight-Line Method) โดยประเมินราคาของเครื่องต้นแบบมีราคาประมาณ 45,000 บาท ความสามารถในการคัดขนาด 353.30 กิโลกรัม/ชั่วโมง กำหนดจำนวนผู้ปฏิบัติงาน 2 คน ทำงาน 7 ชั่วโมง/วัน จำนวน 50 วัน/ปี ผลการวิเคราะห์ (ภาพที่ 9 – 10) พบว่า จุดคุ้มทุนของการใช้เครื่องต้นแบบอยู่ที่ 9,842 กิโลกรัม/ปี และจะต้องใช้เครื่องต้นแบบคัดขนาดหัวมันฝรั่ง 9,842 กิโลกรัม/ปี ทุกปีเป็นเวลา 10 ปี หรือทั้งหมด 98,420 กิโลกรัม จึงจะคุ้ม

กรมวิชาการเกษตร

กับการลงทุน และในส่วนต้นทุนการคัดขนาดหัวมันฝรั่งด้วยการใช้แรงงานคนและเครื่องต้นแบบ (ตารางที่ 8) พบว่า มีต้นทุนอยู่ที่ 1.49 และ 0.65 บาท/กิโลกรัม ตามลำดับ ซึ่งต้นทุนในการคัดขนาดด้วยเครื่องต้นแบบลดลง 56.43% เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้แรงงานในการคัดขนาด



ภาพที่ 9 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณหัวมันฝรั่งที่คัดได้ต่อปีกับต้นทุนในการใช้เครื่องต้นแบบ



ภาพที่ 10 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณหัวมันฝรั่งที่คัดได้ต่อปีกับระยะเวลาคืนทุน

ตารางที่ 8 ต้นทุนในการคัดขนาดหัวมันฝรั่ง

วิธีการคัดขนาด	ต้นทุนในการคัดขนาด (บาท/กิโบกรัม)	ต้นทุดลดลง (%)
การใช้แรงงานคน	1.49	-
การใช้เครื่องต้นแบบ	0.65	56.43

อภิปรายผล (Discussion)

จากการสร้างเครื่องต้นแบบและทดสอบการคัดขนาดหัวมันฝรั่งเบื้องต้น พบว่า เครื่องต้นแบบสามารถคัดขนาดหัวมันฝรั่งได้ดีระดับหนึ่ง ที่ความเร็วเชิงเส้นของสายพานคัดขนาด 0.25 เมตร/วินาที โดยมีความสามารถในการคัดขนาด คือ 218.394 กิโลกรัม/ชั่วโมง และมีความผิดพลาดในการคัดขนาด 19.65% เมื่อพิจารณาจากผลการทดสอบ พบว่า ความผิดพลาดในการคัดขนาดค่อนข้างสูง เนื่องจากจุดเริ่มต้นของสายพานคัดขนาดมีหน้ากว้าง

กรมวิชาการเกษตร

น้อยกว่าขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของหัวมันฝรั่งขนาดใหญ่ ทำให้หัวมันฝรั่งจะถูกบังคับให้ลงด้านข้าง จึงปรับปรุงและพัฒนาเครื่องต้นแบบ โดยการเพิ่มสายพานคัดขนาดจากเดิมจำนวน 2 เส้นเป็น 4 เส้น เพื่อเพิ่มขนาดหน้ากว้างของจุดเริ่มต้นของสายพานคัดขนาด แล้วจึงทดสอบเครื่องต้นแบบหลังจากปรับปรุง พบว่า เครื่องต้นแบบหลังปรับปรุงสามารถคัดขนาดหัวมันฝรั่งได้ดีขึ้น โดยมีความสามารถในการคัดขนาด 595.46 กิโลกรัม/ชั่วโมง ความผิดพลาดในการคัดขนาด 14.67% และการงอกของหัวมันฝรั่งที่ผ่านการคัดขนาดด้วยเครื่องต้นแบบไม่แตกต่างทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับหัวมันฝรั่งที่ไม่ผ่านการคัดขนาด จากนั้นทดสอบการใช้งานโดยร่วมทดสอบเครื่องต้นแบบกับศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรเชียงใหม่ อ.ฝาง จ.เชียงใหม่ พบว่า มีความสามารถในการคัดขนาด 353.30 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ความผิดพลาดในการคัดขนาด 18% และความเสียหายที่เกิดขึ้นจากการคัดขนาด 1.33% เมื่อพิจารณาจากผลการทดสอบ พบว่า ความผิดพลาดในการคัดขนาดค่อนข้างสูง เนื่องจากหัวมันฝรั่งมีรูปทรงผิดปกติปะปนมา ซึ่งเครื่องต้นแบบสามารถคัดขนาดได้รวดเร็วกว่าการใช้แรงงานคน 6 เท่า ในส่วนต้นทุนของเครื่องต้นแบบมีราคาประมาณ 45,000 บาท โดยมีจุดคุ้มทุนของการใช้เครื่องต้นแบบอยู่ที่ 9,842 กิโลกรัม/ปี จะสามารถช่วยลดต้นทุนการผลิตในส่วนของค่าจ้างแรงคนมากกว่า 50% ซึ่งต้นทุนในการคัดขนาดหัวมันฝรั่งด้วยแรงงานคนอยู่ที่ 1.49 บาท/กิโลกรัม แต่ต้นทุนในการคัดขนาดหัวมันฝรั่งด้วยเครื่องต้นแบบมีเพียง 0.65 บาท/กิโลกรัม

สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ (Conclusion and Suggestion)

จากการสร้างต้นแบบเครื่องคัดขนาดหัวมันฝรั่งแบบสายพานขนาด โดยใช้สายพานวางคู่กันในแนวนอนและบานออก ซึ่งจะใช้ระยะห่างของสายพานที่บานออกในการคัดขนาดและสายพานจะหมุนด้วยความเร็วคงที่เท่ากันทุกเส้น พร้อมมีระบบนับจำนวน ซึ่งเครื่องต้นแบบประกอบด้วย 7 ส่วนหลัก คือ 1)โครงสร้างส่วนฐาน 2)สายพานคัดขนาด 3)สายพานลำเลียง 4)ถาดป้อน 5)ถาดรอง 6)ชุดต้นกำลัง และ 7)ชุดควบคุมการทำงาน โดยเครื่องต้นแบบมีขนาดภายนอก คือ 1,300 x 3,100 x 1,260 มิลลิเมตร (กว้าง x ยาว x สูง) และต้นกำลังใช้มอเตอร์ไฟฟ้า 1.5 กิโลวัตต์ 220 โวลต์ แล้วทดสอบการทำงานของเครื่องต้นแบบเบื้องต้น พบว่า เครื่องต้นแบบสามารถคัดขนาดหัวมันฝรั่งได้ดี ที่ความเร็วเชิงเส้นของสายพานคัดขนาด 0.25 เมตร/วินาที โดยมีความสามารถในการคัดขนาด 595.46 กิโลกรัม/ชั่วโมง ความผิดพลาดในการคัดขนาด 14.93% ความเสียหายที่เกิดขึ้นจากการคัดขนาด 0.53% ความผิดพลาดในการนับจำนวน 2.89% และการงอกของหัวมันฝรั่งที่ไม่ผ่านการคัดขนาดและผ่านการคัดขนาดด้วยเครื่องต้นแบบไม่แตกต่างทางสถิติ จากนั้นทดสอบการใช้งานของเครื่องต้นแบบ โดยร่วมทดสอบเครื่องต้นแบบกับศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรเชียงใหม่ พบว่า เครื่องต้นแบบหลังปรับปรุงสามารถคัดขนาดหัวมันฝรั่งได้ดี โดยมีความสามารถในการคัดขนาด 353.30 กิโลกรัม/ชั่วโมง ความผิดพลาดในการคัดขนาด 18% และความเสียหายที่เกิดขึ้นจากการคัดขนาด 1.33% ซึ่งสามารถคัดขนาดได้รวดเร็วกว่าการใช้แรงงานคน 6 เท่า และจากการวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์ของการใช้งานเครื่องต้นแบบ โดยประเมินราคาของเครื่องต้นแบบมีราคาประมาณ 45,000 บาท พบว่า มีจุดคุ้มทุนของการใช้เครื่องต้นแบบอยู่ที่ 9,842 กิโลกรัม/ปี และในส่วนต้นทุนในการคัดขนาดหัวมันฝรั่งด้วยแรงงานคนและเครื่องต้นแบบ พบว่า มีต้นทุนอยู่ที่ 1.49 และ 0.65 บาท/กิโลกรัม ตามลำดับ ซึ่งต้นทุนในการคัดขนาดด้วยเครื่องต้นแบบลดลงมากกว่า 50%

กรมวิทยาศาสตร์

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

โครงการวิจัยที่ 1 การลดการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชและการรักษาคุณภาพของพริกชี้ฟ้า กะหล่ำปลี คะน้า มันฝรั่ง มะเขือเทศ

กิจกรรมที่ 1 การใช้สารเคมีกลุ่มปลอดภัย ชีวภัณฑ์ ในการจัดการศัตรูพืชกับพริกชี้ฟ้าและกะหล่ำปลีในสภาพโรงเรือนและสภาพแปลง

การทดลองที่ 1.1 การใช้กรดซาลิไซลิกในการป้องกันโรคแอนแทรคโนสของพริกชี้ฟ้าที่เกิดจากเชื้อ *Colletotrichum* sp.

1. นำกรดซาลิไซลิก ไปการขยายผลโดยถ่ายทอดเทคโนโลยีไปยังหน่วยงานภูมิภาคของกรมวิชาการเกษตร ในแปลงเกษตรกรและผู้ที่สนใจปลูกพริกที่ปลอดภัยและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม จังหวัดนครปฐม จังหวัดอุบลราชธานี จังหวัดศรีสะเกษและอำนาจเจริญและถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่ศูนย์เรียนรู้การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตสินค้าเกษตร (ศพก.) เพื่อส่งเสริมให้เกษตรกรหันมาผลิตพริกอินทรีย์หรือพริกปลอดภัย ตลอดจนเกษตรแปลงใหญ่ภายใต้โครงการขับเคลื่อนการใช้กรดซาลิไซลิกในการป้องกันโรคแอนแทรคโนสพริก

2. เกษตรกรสามารถนำกรดซาลิไซลิกไปใช้ในการผลิตพริกในแปลงพริกอินทรีย์ หรือแปลงเกษตรปลอดภัย ตอบสนองนโยบายของรัฐบาลที่มุ่งเน้นลดการใช้เคมีทางการเกษตร ซึ่งช่วยลดสารตกค้างทั้งในผลิตผลและสภาพแวดล้อม เกิดความปลอดภัยต่อเกษตรผู้ใช้ ผู้บริโภค และสิ่งแวดล้อม และผลผลิตที่ได้จะมีราคาสูงกว่าผลผลิตที่ใช้สารเคมี ทำให้เกษตรกรมีรายได้มากขึ้นทำให้เกิดคุณภาพชีวิตและสุขอนามัยที่ดี

3. ลดปัญหาการกีดกันทางการค้าในการส่งออกผลผลิตพริก ภายใต้เงื่อนไขขององค์การการค้าโลก (WTO) เนื่องจากไม่มีปัญหาในเรื่องของสารตกค้างในผลผลิต

4. นักวิชาการที่เกี่ยวข้องสามารถนำข้อมูลไปประยุกต์ใช้กับการวิจัยทางด้านการใช้สารเคมีที่ปลอดภัยในวิธีป้องกันกำจัดโรคพืชอื่นๆ ได้ และเป็นการส่งเสริมการศึกษาวิจัยการนำกรดซาลิไซลิกมาใช้ให้เกิดประโยชน์ มากขึ้นในประเทศไทย

5. สามารถถ่ายทอดเทคโนโลยีให้ภาคเอกชนเพื่อพัฒนาและต่อยอดผลิตเชิงพาณิชย์ในอนาคต

การทดลองที่ 1.2 การลดการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชในการผลิตกะหล่ำปลีโดยใช้วิธีแบบผสมผสานในโรงเรือนและสภาพแปลง

การทดสอบประสิทธิภาพของสารไคโตซานในการควบคุมโรคและแมลงศัตรูพืชในโรงเรือน (ปีงบประมาณ 2562-2563) ได้เทคโนโลยีการลดการใช้สารเคมีในการควบคุมโรคและแมลงศัตรูพืชที่เหมาะสมของกรมวิชาการเกษตร (อัตราสารไคโตซาน 200 ppm/น้ำ 20 ลิตร+การใช้สารชีวภัณฑ์ BT+กาวดักแมลง) ที่เหมาะสมสำหรับการลดการใช้สารเคมีในการผลิตกะหล่ำปลีในโรงเรือนและสภาพแปลง เมื่อนำเอาเทคโนโลยีจากการทดสอบในการทดลองที่ 1 มาทดสอบในแปลงเกษตรกรจำนวน 10 แปลง (ปีงบประมาณ 2563-2564) เพื่อเปรียบเทียบวิธีเกษตรกรที่ใช้สารเคมีในการป้องกันและกำจัดศัตรูพืชกับเทคโนโลยีการลดการใช้สารเคมีในการควบคุมโรคและแมลงศัตรูพืชที่เหมาะสมของกรมวิชาการเกษตร จากผลการทดลองที่ได้สารไคโตซานอัตรา 200 ppm.ต่อน้ำ 20 ลิตร สามารถเพิ่มความแข็งแรงให้แก่กะหล่ำปลีในการป้องกันแมลงศัตรูและสามารถลดการใช้สารเคมีได้ แต่เกษตรกรควรเพิ่มความถี่ในการพ่น เมื่อพบว่ามีการระบาดของแมลงที่เพิ่มขึ้น

กิจกรรมที่ 2 การลดสารเคมีกำจัดแมลงตกค้างและการรักษาคุณภาพของ พริกชี้ฟ้า กะหล่ำปลี คะน้า มันฝรั่ง มะเขือเทศ

การทดลองที่ 2.1 การใช้เทคโนโลยีฟองอากาศขนาดไมโครและนาโนร่วมกับโซเดียมไบคาร์บอเนตในการล้างทำความสะอาดเพื่อลดสารตกค้างใน กะหล่ำปลี คะน้า พริกชี้ฟ้า

ลิขสิทธิ์กรมวิชาการเกษตร

1. จากการทดลองพบว่าการใช้เทคโนโลยีฟองอากาศขนาดไมโครและนาโนร่วมกับโซเดียมไบคาร์บอเนตที่ความเข้มข้น 100 และ 500 ppm มีแนวโน้มในการลดปริมาณสารตกค้าง เมวินฟอส ไดอะซีนอน อีไทออน และโปรฟีโนฟอส ในคะน้าและพริกชี้ฟ้าได้ดีกว่ากรรมวิธีอื่นๆ

2. ปริมาณสารตกค้างที่ตรวจพบอยู่ในระดับที่ปลอดภัยต่อผู้บริโภค

3. ศึกษาเพิ่มเติมในเรื่องระยะเวลาในการล้างด้วยเทคโนโลยีฟองอากาศขนาดไมโครและนาโนร่วมกับโซเดียมไบคาร์บอเนต

การทดลองที่ 2.2 การเก็บรักษาด้วยเทคนิคซุปเปอร์คูลิงค์ (super-cooling) ต่อคุณภาพของ กะหล่ำปลี พริกชี้ฟ้า มันฝรั่ง

การดำเนินการทดลองซุปเปอร์คูลิงค์ (super-cooling) ไม่สามารถดำเนินการทดลองต่อได้ เนื่องจากการทดลองการเก็บรักษาด้วยเทคนิคซุปเปอร์คูลิงค์ (super-cooling) จำเป็นต้องใช้เครื่องมือนำเข้าจากต่างประเทศ ซึ่งจากสถานการณ์การแพร่ระบาดของโรคไวรัสโคโรนา 2019 (COVID-19) ทำให้ยังไม่สามารถนำเข้าเครื่องมือจากประเทศญี่ปุ่นได้ และเจ้าหน้าที่ทางเทคนิคจากบริษัทจากประเทศญี่ปุ่นไม่สามารถเดินทางมาประเทศไทยได้ หากมีโอกาสทดลองน่าจะนำเทคนิคซุปเปอร์คูลิงค์มาประยุกต์ใช้ในการเก็บรักษาผลผลิตทางการเกษตร

การทดลองที่ 2.3 การให้แคลเซียมเพื่อรักษาคุณภาพและลดการเกิดโรคของมะเขือเทศในระหว่างการเก็บรักษา

นำผลงานวิจัยนี้ไปถ่ายทอดให้เกษตรกรของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนปลูกมะเขือเทศปลอดสารพิษ อำเภอดอนตูม จังหวัดนครปฐม เพื่อนำเทคโนโลยีไปประยุกต์ใช้ในในปลูกมะเขือเทศต่อไป

โครงการวิจัยที่ 2 วิจัยและพัฒนาเครื่องคัดขนาดหัวมันฝรั่งแบบสายพาน

ต้นแบบเครื่องคัดขนาดหัวมันฝรั่งแบบสายพาน โดยใช้สายพานวางคู่กันในแนวนอนและบานออก ซึ่งจะใช้ระยะห่างของสายพานที่บานออกในการคัดขนาดและสายพานจะหมุนด้วยความเร็วคงที่เท่ากันทุกเส้น พร้อมมีระบบนับจำนวน เครื่องต้นแบบมีขนาดภายนอก คือ 1,300 x 3,100 x 1,260 มิลลิเมตร (กว้าง x ยาว x สูง) และต้นกำลังใช้มอเตอร์ไฟฟ้า 1.5 กิโลวัตต์ 220 โวลต์ ผลการทดสอบเครื่องต้นแบบ พบว่า ความเร็วเชิงเส้นของสายพานคัดขนาดที่เหมาะสม คือ 0.25 เมตรต่อวินาที โดยมีความสามารถในการคัดขนาด 353.30 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ความผิดพลาดในการคัดขนาด 18% ความเสียหายที่เกิดขึ้นจากการคัดขนาด 1.33% และการงอกของหัวมันฝรั่งที่ผ่านการคัดขนาดด้วยเครื่องต้นแบบไม่แตกต่างทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับหัวมันฝรั่งที่ไม่ผ่านการคัดขนาด ซึ่งเครื่องต้นแบบสามารถลดต้นทุนการผลิตในส่วนของค่าจ้างแรงคนมากกว่า 50% และสามารถคัดขนาดหัวมันฝรั่งได้รวดเร็วกว่าการใช้แรงงานคน 6 เท่า

กรมวิชาการเกษตร

บรรณานุกรม

เอกสารอ้างอิง (References)

โครงการวิจัยที่ 1 การลดการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชและการรักษาคุณภาพของพริกชี้ฟ้า กะหล่ำปลี คะน้า มันฝรั่ง มะเขือเทศ

กิจกรรมที่ 1 การใช้สารเคมีกลุ่มปลอดภัย ชีวภัณฑ์ ในการจัดการศัตรูพืชกับพริกชี้ฟ้าและกะหล่ำปลีในสภาพโรงเรือนและสภาพแปลง

การทดลองที่ 1.1 การใช้กรดซาลิไซลิกในการป้องกันโรคแอนแทรคโนสของพริกชี้ฟ้าที่เกิดจากเชื้อ *Colletotrichum* sp.

กรมส่งเสริมการเกษตร. 2562. สถานการณ์การผลิตพริกในประเทศไทย ปี 2562. สืบค้นจาก https://production.doae.go.th/service. [8 มกราคม 2562]

จริงแท้ ศิริพานิช. 2549. ชีววิทยาหลังการเก็บเกี่ยวและการวายของพืช.ศูนย์ส่งเสริมและฝึกอบรมการเกษตรแห่งชาติ, กรุงเทพฯ

บุญญวดี จิระวุฒิ รัตตา สุทธยาคม อมรา ชินภูติ และเสริมสุข สลักเพ็ชร์. 2555. โรคขั้วหวีเน่าของกล้วยหอมทองและการควบคุมโดยใช้สารปลอดภัย. สำนักวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร คลังผลงานวิจัย กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพฯ. สืบค้นจาก: http://www.doa.go.th/research/showthread.php?tid=13 [13 มิถุนายน 2560]

วีระณีย์ ทองศรี. 2560. การควบคุมโรคใบจุดของกล้วยหอมทองโดยใช้กรดซาลิไซลิก. ภาควิชาโรคพืช คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน กรุงเทพฯ. 17 หน้า

ศิริพงษ์ คุ้มภัย และพรพิมล อธิปัญญาคม. 2554. โรคแอนแทรคโนสพริก. หน้า 3-4. คู่มือโรคผักและการป้องกันกำจัด. สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช กรมวิชาการเกษตร.

สัมฤทธิ์ เฟื่องจันทร์. 2544. กรดจัสโมนิก สืบค้นจาก: https://th.wigipedia.org/w/index.php [25 เมษายน 2559]

อุดมศักดิ์ เลิศสุชาตวนิช. 2563. รู้ทันโรคพืช. คู่มือดูแลสุขภาพต้นไม้ด้วยตนเอง. ภาควิชาโรคพืช มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.สำนักพิมพ์บ้านและสวน ชุดคู่มือเกษตร. กรุงเทพฯ. 128 หน้า

Bradleyet, D.J., Kjellbom, P. and Lamp, C.J. 1992. Elicitor and wound-induced oxidative cross-linking of a protein-rice plant cell wall protein: a novel, rapid defense response. Cell. 70:21-30.

Davies, P.J 1995. Plant hormones. Kluwer Academic publisher Dordrecht. Natherland. 833 p.

Malamy, J., Klessig, D.F. and Raskin, I. 1990. Salicylic acid: A likely endogenous signal in the resistance response of tobacco to viral infection. Science 250: 1002-1004.

Yu, T., C. Jishuang C. Rongle, H. Bin, L. Donghong and Z. Xiaodong. 2007. Biocontrol of blue and gray mold diseases of pear fruit by integration of antagonistic yeast with salicylic acid. Inter. J. Food Micro. 116:339-345.

Zainuri, D.C., A.H.Wearing, l. Coates and L. Terry' 2001. Effects of phosphonate and salicylic acid treatments on anthracnose disease development and ripening of "Kensington Pride" mango fruit. Aust. J. Exp. Agric. 41:805-813.

กรมวิชาการเกษตร

การทดลองที่ 1.2 การลดการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชในการผลิตกะหล่ำปลีโดยใช้วิธีแบบผสมผสานในโรงเรือนและสภาพแปลง

ภาวดี เมธดานนท์. 2544. ความรู้เกี่ยวกับไคติน ไคโตซาน. ศูนย์เทคโนโลยีโลหะวัสดุแห่งชาติ. 10 หน้า.

สุวลี จันทร์กระจ่าง. 2544. การประยุกต์ใช้ไคติน-ไคโตซาน. หน้า 52-58. *ใน:เอกสารประกอบการบรรยายการประชุมเชิงปฏิบัติการไคตินและไคโตซานจากวัตถุดิบธรรมชาติสู่การประยุกต์ใช้*. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ,กรุงเทพฯ.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตรและกรมวิชาการเกษตร. 2561. ปริมาณและมูลค่าการนำเข้าวัตถุอันตรายทางการเกษตร. สืบค้นจาก : http://oldweb.oae.go.th/economicdata/pesticides.html [13 มิถุนายน 2561]

Shadihi, F., Arachchi, JKV. and Jeon, Y-J. 1999. Food applications of chitin and chitosans. Triends of Food Sciences & Technology. 10:37-51.

Yong, D. H. and Kauss, H. 1983. Release of Calcium from Suspension-Cultured Glycine max Cells by Chitosan, Other Polycations, and Polyamines in Relation to Effects on Membrane Permeability. Plant Physiol. 73: 698-702.

กิจกรรมที่ 2 การลดสารเคมีกำจัดแมลงตกค้างและการรักษาคุณภาพของ พริกชี้ฟ้า กะหล่ำปลี คะน้า มันฝรั่ง มะเขือเทศ

การทดลองที่ 2.1 การใช้เทคโนโลยีฟองอากาศขนาดไมโครและนาโนร่วมกับโซเดียมไบคาร์บอเนตในการล้างทำความสะอาดเพื่อลดสารตกค้างใน กะหล่ำปลี คะน้า พริกชี้ฟ้า

กองพัฒนาศักยภาพผู้บริโภค. 2553. หลากหลายวิธีลดสารพิษตกค้างในผักและผลไม้, นนทบุรี: กองพัฒนาศักยภาพผู้บริโภค สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา กระทรวงสาธารณสุข.

เครือข่ายเตือนภัยสารเคมีกำจัดศัตรูพืช Thai-PAN, 2559, ผลการเฝ้าระวังสารเคมีกำจัดศัตรูพืชตกค้างในผักและผลไม้ประจำปี 2559, สืบค้นจาก: https://thaipan.org/sites/default/files/file/pesticide_doc24_press_4_5_2559.pdf [7 ธันวาคม 2564]

เครือข่ายเตือนภัยสารเคมีกำจัดศัตรูพืช. 2558. ความ(ไม่)รู้เรื่องการล้างผัก สถานการณ์ปนเปื้อนของสารเคมี กำจัดศัตรูพืชและการทบทวนวิธีการล้างผักผลไม้ที่เหมาะสม, เอกสารประกอบการประชุมการประชุม วิชาการเพื่อเตือนภัยสารเคมีกำจัดศัตรูพืชประจำปี 2558, สืบค้นจาก: https://thaipan.org/wpcontent/uploads/2015/03/3.10_ankana.pdf#:~:text=1.%20%E0%B8%A5%E0%B9%89%E0%B8%B2%E0%B8%87%E0%B8%94%E0%B9%89%E0%B8%A7%E0%B8%A2%E0%B8%99%E0%B9%8D%E0%B9%89%E0%B8%B2%E0%B9%84%E0%B8%AB%E0%B8%A5,%E0%B8%A1%E0%B8%B2%E0%B8%81%E0%B8%84%E0%B8%A3%E0%B8%B1%E0%B9%89%E0%B8%87%E0%B9%84%E0%B8%94%E0%B9%89%E0%B8%84%E0%B9%88%E0%B8%AD%E0%B8%99%E0%B8%82%E0%B9%89%E0%B8%B2%E0%B8%87%E0%B8%99%E0%B9%89%E0%B8%AD%E0%B8%A2) [7 ธันวาคม 2563]

พระราชบัญญัติอาหาร พ.ศ. 2522 ประกาศกระทรวงสาธารณสุข เลขที่ 387 (พ.ศ. 2560) เรื่องอาหารที่มีสารพิษตกค้าง, ราชกิจจานุเบกษา เล่ม 134 ตอนพิเศษ 228 ง (วันที่ 18 กันยายน 2560)

ลิขสิทธิ์เกษตร

ราเมศ กรณีย์ และ พิมพ์ใจ รางค์สุปรางค์. 2559. การศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีการล้างเพื่อขจัดสารเคมีกำจัดแมลงตกค้างในผักสด, วารสารอาหารและยา, ฉบับเดือนมกราคม-เมษายน 34-42 หน้า.

วนิดา จันทร์สม. 2556. การศึกษาเปรียบเทียบวิธีการล้างผักกะหล่ำปลี และผักกาดขาวเพื่อลดปริมาณสารพิษตกค้างกลุ่มไพรีทรอยด์, ธรรมศาสตร์เวชสาร 13 (1): 71-78.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตรและกรมวิชาการเกษตร. 2561. ปริมาณและมูลค่าการนำเข้าวัตถุอันตรายทางการเกษตร. สืบค้นจาก: http://oldweb.oae.go.th/economicdata/pesticides.html [13 มิถุนายน 2561]

สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตร เขตที่ 3. 2549. การจัดการโรคแอนแทรคโนส (โรคกุ้งแห้ง) แบบผสมผสานในการผลิตพริกพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน. หจก. ขอนแก่นการพิมพ์. 24 หน้า.

Krol, W.T., Arsenault, T.L., Pylypiw, H.M. and Mattina, M.J.I., 2000, “Reduction of pestiside residues on produce by rinsing”, Journal of Agricultural and Food Chemistry, Vol. 48, no. 10, pp. 4666-4670.

Vuthijumnonk, J.T. and Shimbhanao, 2019, “Insectiside residue removal by microbubble treatment in fresh consumed agricultural product: a preliminary study”, International Journal of Food Engineering, Vol. 5, No. 3, pp. 205-208.

Rasolonjatovo, M. A, Cemek, M., Cengiz, M.F., Ortaç, D., Büşra, K. H., Karaman, E., Kocaman, A.T. and Göneş, S., 2017, “Reduction of methomyl and acetamiprid residues from tomatoes after various household washing solutions”, International Journal of Food Properties, 20:11, pp. 2748-2759.

Zhang, Y.S., Li, X.P., Liu, H.M., Zhang, Y.K., Zhao, F.F., Yu, Q, L.H. and Chen, J.W., 2013, “Study on universal cleaning solution in removing blended pesticide residues in Chinese cabbage”, Journal of Environmental Chemistry and Ecotoxicology, 5:8, pp. 202-207.

การทดลองที่ 2.2 การเก็บรักษาด้วยเทคนิคซุปเปอร์คูลิงค์ (super-cooling) ต่อคุณภาพของ กะหล่ำปลี พริกชี้ฟ้า มันฝรั่ง

ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่. 2560. การผลิตหัวพันธุ์มันฝรั่งคุณภาพ. 65 หน้า.

สุชาดา พันธุ์สถิตย์วงศ์และ คมกฤต เล็กสกุล. 2562. พารามิเตอร์ที่เหมาะสมในการสลายยาฆ่าแมลงด้วยเทคนิคน้ำที่กระตุ้นด้วยพลาสมา. *วารสารวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่* 26 (2): 147-156.

Eriksson, J.C. and Ljunggren, S., 1999, On the Mechanically Unstable Free Energy Minimum of a Gas Bubble which is Submerged in Water and Adheres to a Hydrophobic Wall, Colloid and Surface A: Physicochemical and Engineering Aspects, 159: 159–163.

การทดลองที่ 2.3 การให้แคลเซียมเพื่อรักษาคุณภาพของมะเขือเทศในระหว่างการเก็บรักษา

กรมวิชาการเกษตร. 2543 ลักษณะอาการขาดธาตุอาหารของพืช. โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด, นนทบุรี.

พีรเดช ทองอำไพ. 2529. *ฮอร์โมนพืชและการสังเคราะห์: แนวทางการใช้ประโยชน์ในประเทศไทย*. หจก.ไดนามิคการพิมพ์, กรุงเทพฯ.

ไพโรจน์ จ๋วงพานิช. 2525. หลักวิชาโรคพืช. พิมพ์ครั้งที่ 2. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 393 น.

กรมวิชาการเกษตร

มุกดา สุขสวัสดิ์. 2544. ความอุดมสมบูรณ์ของดิน. โอเดียนสโตร์, กรุงเทพฯ. 344 น.

ยงยุทธ โอสถสภา. 2552. ธาตุอาหารพืช. พิมพ์ครั้งที่ 3, สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

วิจิตร วังใน. 2550. ธาตุอาหารกับการผลิตไม้ผล. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

วิจิตร วังใน. 2552. ธาตุอาหารกับการผลิตพืชผล. วี.บี บุ๊คเซ็นเตอร์, กรุงเทพฯ

ศิริลักษณ์ วุฒิกุล. 2537. การหายใจ การผลิตเอทิลีน และองค์ประกอบทางคุณภาพของมะเขือเทศสีดา (เบอร์ 2) ซึ่งเก็บเกี่ยวในระยะต่างๆ ของการสุก (ปริญาโท คณะเกษตร กำแพงแสน ภาควิชาพืชสวน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2537), 25 น.

เศวต ปั้นโต. 2549. เกษตรธรรมชาติ. คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย, เชียงราย 278 น.

สายน้ำผึ้ง เหลาพะวัง เจนจิรา ชุมภูคำ และอิษยา นะมิกิ. 2562. ผลของแคลเซียมโบรอนและจิบเบอเรลลิคแอซิด ต่อการพัฒนาคุณภาพผลผลิตพลับพันธุ์ฟูยู. Thai Journal of Science and Technology 8(1): 10-19.

สถิต วิมล. 2532. การผลิตมะเขือเทศเพื่อการค้า. มหาวิทยาลัยแม่โจ้, เชียงใหม่. 153 น.

สุมาลี สุทธิประดิษฐ์. 2536. ความอุดมสมบูรณ์ของดิน. ภาควิชาธรณีศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, สงขลา. 349 น.

อาริยา จูดคง นันทิการ์ เสนแก้ว อภิญญา สุราวุธ สรัญญา ช่วงพิมพ์ พิรุณ ติระพัฒน์ และ เขมิการ์ โขมพัตร. 2551. ผลของการให้แคลเซียมและโบรอนต่อปริมาณผลผลิตและคุณภาพของพริกชีที่ปลูกในดินร่วนปนทราย. รายงานสิ้นสุดการทดลอง ปี 2551 สำนักวิจัย และพัฒนาการเกษตร เขตที่ 8 จังหวัดสงขลา. สืบค้นจาก: https://www.doa.go.th/oard8/wp-content/uploads/2019/08/v5801-27.pdf [24 ธันวาคม 2564]

Arias, R., Lee T.C., Logendra L., and Janes H., 2000. Correlation of lycopene measured by HPLC with the L*, a*, b* color readings of a hydroponic tomato and the relationship of maturity with color and lycopene content. Agricultural and Food Chemistry., 48:1697-1702 doi:10.1021/jf990974e. [24 ธันวาคม 2564]

Beckles, D.M., 2012. Factors affecting the postharvest soluble solids and sugar content of tomato (Solanum lycopersicum L.) fruit. Postharvest Biology and Technology., 63: 129-140.

Benzie, I.F. and Strain, J.J. 1996. The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of “antioxidant power”: the FRAP assay. Analytical biochemistry 239(1): 70-76.

Brandt S., PékZ, Barna E., Lugasi, A., Helyes, L., 2006. Lycopene content and color of ripening tomatoes as affected by environmental conditions. Science of Food and Agriculture., 86:568-572. doi:10.1002/jsfa.2390.

Dale G. B. and K. M. Lukaszewski. 1998. Boron in plant structure and function. Plant Physiology. Plant Mol. Biol. 49: 481-500.

Dong, T., R. Xia, Z. Xiao, P. Wang, and W. Song. 2009. Effect of pre-harvest application of calcium and boron on dietary fibre, hydrolases and ultrastructure in ‘Cara Cara’navel orange (Citrus sinensis L. Osbeck) fruit. Scientia horticulturae 121(3): 272-277.

Dumas, Y., Dadomo M., Di Lucca G., and Grolier P., 2003. Effects of environmental factors and agricultural techniques on antioxidant content of tomatoes, Science of Food and Agriculture., 83, 369–382.

กรมวิชาการเกษตร

Ekinci, M., ESRİNGÜ, A., Dursun, A., Yildirim, E., Turan, M., KARAMAN, M. R., and Arjumend, T. 2015. Growth, yield, and calcium and boron uptake of tomato (Lycopersicon esculentum L.) and cucumber (Cucumis sativus L.) asaffected by calcium and boron humate application in greenhouse conditions. Turkish Journal of Agriculture and Forestry 39(5): 613-632.

Elhadi, M.Y., Jorge M.F., and Lisa K., 2019. Postharvest Losses and Waste. Postharvest Technology of Perishable Horticultural Commodities, 43-67.

Eriksson, M., Ghosh, R., Mattsson, L., and Ismatov, A., 2017. Take-back agreements in the perspective of food waste generation at the supplier-retailer interface. Resour. Conserv. and Recycling. 122, 83–93. doi: 10.1016/j.resconrec.2017.02.006.

Feungchan, S. 1995. HorticulturalMineral Nutrients. Khon Kaen University Press, Khon Kaen. 604. (in Thai)

Gordon, A. and D.M. Barrett. 2007. Standard of a rapid spectrophotometrix method for lycopene analysis. Acta Horticulturae. 758: 111-128.

Haleema, B., Rab, A., and Hussain, S. A. (2018). Effect of Calcium, Boron and Zinc Foliar Application on Growth and Fruit Production of Tomato. Sarhad Journal of Agriculture 34(1): 19-30.

Helyes, L., Zoltán P., Lugasi, A., 2006. Tomato fruit quality and content depend on stage of maturity. HortScience., 41:1400-1401.

Islam, M.Z., Mele, M.A., Baek, J.P., and Kang H.M. 2016. Cherry tomato qualities affected by foliar spraying with boron and calcium. Horticulture, Environment, and Biotechnology. 57(1): 46–52.

Kaipia, R., Dukovska-Popovska, I., and Loikkanen, L., 2013. Creating sustainable fresh food supply chains through waste reduction. Int. Physical Distribution Management. 43, 262– 276. doi: 10.1108/IJPDLM-11-2011-0200.

Khamwaree, N., and Khurnpoon, L. 2016. Effect of Calcium Boron Solution and Non-irrigation Before Harvesting on Growth and Quality in Muskmelon (Cucumis melo L. var. recticulatus). International Journal of Agricultural Technology 12(7.1): 1297-1305.

Kirby, E.A. and D.J. Pilbeam. 1984. Calcium as a plant nutrient. Plant Cell Environ. 7: 397-405.

Marschner, H. 1986. Mineral Nutrition of Higher Plants. Academic Press. London, UK.

Marschner, P., 2012. Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants, 3. Ed. Academic Press, London.

Mattsson, L., Williams, H., and Berghel, J. 2018. Waste of fresh fruit and vegetables at retailers in Sweden – Measuring and calculation of mass, economic cost and climate impact. Resour. Conserv. and Recycling. 130, 118–126. doi: 10.1016/j.resconrec.2017.10.037.

Mohammad, Z.I., Mahmuda, A.M., Jun, P.B. and Kang, H.M., 2016. Cherry Tomato Qualities Affected by Foliar Spraying with Boron and Calcium. Hortic. Environ. Biotechnol., 57(1):46-52.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Muengkaew, R., K. Whangchai, and P. Chaiprasart. 2018. Application of calcium–boron improve fruit quality, cell characteristics, and effective softening enzyme activity after harvest in mango fruit (*Mangifera indica* L.). Horticulture, Environment, and Biotechnology 59(4): 537-546.

Ortiza, A., J. Graellb, and I. Laraa. 2011. Pre harvest calcium applications inhibit some cell wall -modifying enzyme activities and delay cell wall disassembly at commercial harvest of 'Fuji Kiku-8' apples. Postharvest Biology and Technology 62(2): 161–167.

Petchhong, D., and Khurnpoon, L. 2017. Effect of Preharvest Calcium Sprayed on Growth and Fruit Quality of Cherry Tomato cv. Red Lady. Technology 13(7.1): 1301-1307.

Picchioni, G. A., A. E. Watada, W. S. Conway, B. D. Whitaker, and C. E. Sams. 1998. Postharvest calcium infiltration delays membrane lipid catabolism in apple fruit. Journal of Agricultural and Food Chemistry 46: 2452-2457.

Poovaiah, B.W., G.M. Glenn and A.S.N. Reddy. 1988. Calcium and fruit softening. Physiology and biochemistry. Horticulture Reviews 10: 107-152.

Poovaiah, B.W. and A.S.N. Reddy. 1993. Calcium and signal transduction in plants. Critical Reviews in Plant Science. 12: 185-211.

Price, C.E. 1982. A review of factor influencing the penetration of pesticides through plant leaves, 237-252. *In* Cutler, D.F. *et al*., eds. The Plant Cuticle. Academic Press, London.

Sahin, S., Gebologlu, N., and Karaman, M. R. 2015. Interactive effect of calcium and boron on growth, quality and mineral content of tomato (Solanum lycopersicon L.). Fresenius Environmental Bulletin 24(5): 1624-1628.

Salim, B. B. M., El-Gawad, A., Gamal, H., El-Yazied, A., and Hikal, M. 2019. Effect of Calcium and Boron on Growth, Fruit Setting and Yield of Hot Pepper (Capsicum annuum L.). Egyptian Journal of Horticulture 46(1): 53-62.

Sen, F., I. Karacali, M. E. Irget, O. L. Elmaci, and M. Tepecik. 2010. A new strategy to enrich calcium nutrition of fruit: synergistic effects of postharvest foliar calcium and boron sprays. Journal of plant nutrition 33(2): 175-184.

Senevirathna, P. A. W. A. N. K., and W. A. M. Daundasekera. 2010. Effect of postharvest calcium chloride vacuum infiltration on the shelf life and quality of tomato (cv.'Thilina'). Ceylon Journal of Science (Biological Sciences) 39(1): 35–44.

Slimestad, R. and Verheul M.J. 2005. Seasonal variations in the level of plant constituents in greenhouse production of cherry tomatoes, Agricultural and Food Chemistry., 53, 3114–3119.

Sousa, A.R., Oliveira, J.C., and Sousa-Gallagher, M.J. 2017. Determination of the respiration rate parameters of cherry tomatoes and their joint confidence regions using closed systems. Food engineering. 206, 13–22. doi: 10.1016/j.jfoodeng.2017.02.026.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

Thaipong, K., Boonprakob, U., Crosby, K., Cisneros-Zevallos, L. and Byrne, D. H. 2006. Comparison of ABTS, DPPH, FRAP, and ORAC assays for estimating antioxidant activity from guava fruit extracts. food composition and analysis 19(6-7): 669-675.

Tsantili, E., K. Konstantinidis, P. E. Athanasopoulos, and C. Pontikis. 2002. Effects of postharvest calcium treatments on respiration and quality attributes in lemon fruit during storage. The Journal of Horticultural Science and Biotechnology 77(4): 479–484.

Tumwesigye, K.S., Sousa, A.R., Oliveira, J.C., and Sousa-Gallagher, M.J. 2017. Evaluation of novel bitter cassava film for equilibrium modified atmosphere packaging of cherry tomatoes. Food Packaging and Shelf Life. 13, 1–14. doi: 10.1016/j.fpsl.2017.04.007.

Van Goor, B.J. 1973. Penetration of surface applied 45 Ca into apple fruit. J. Hort. Sci. 48: 261-270.

โครงการที่ 2 วิจัยและพัฒนาเครื่องคัดขนาดหัวมันฝรั่งแบบสายพาน

ชญาภา. 2556. สายพานลำเลียง. (ออนไลน์). แหล่งที่มา : http://www.mahidolrubber.org/files/technicalsheet /conveyor.pdf. 30 เมษายน 2563.

ทีปกรและคณะ. 2556. เครื่องคัดขนาดหัวมันฝรั่งแบบจานหมุน. (ออนไลน์). แหล่งที่มา : http://hrd.rmutl.ac.th/qa/docUpload/pj/3520800155858/150902162403fullpp.pdf. 10 เมษายน 2561.

นวภัทราและทวีพล. 2555. การวัดและเครื่องมือวัด แดง. (ออนไลน์). แหล่งที่มา : http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/7240/error-ความคลาดเคลื่อน. 20 เมษายน 2564.

บจก. ฟอร์โบ ซีกลิง (ประเทศไทย), 2563. วิธีการคำนวณ-สายพานลำเลียง. (ออนไลน์). แหล่งที่มา : https://forbo.blob.core.windows.net/forbodocuments/7 3 7 5 / 3 0 4 _fms_transilon-calculation-methods-conveyor-belts_en.pdf. 20 เมษายน 2564.

บัณฑิต. 2533. เครื่องคัดขนาดส้มโอและมะนาว. (ออนไลน์). แหล่งที่มา : http://www.tnrr.in.th/?page=result_ search&record_id=79376. 10 เมษายน 2561.

วิชัยและคณะ. 2536. เครื่องคัดขนาดผลมังคุดแบบสายพาย. (ออนไลน์). แหล่งที่มา : http://www.phtnet.org/research/ view-abstract.asp?research_id=wf204. 10 เมษายน 2561.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2562. ข้อมูลการผลิตสินค้าการเกษตร (มันฝรั่ง) . (ออนไลน์). แหล่งที่มา : http://www.oae.go.th/view/1/ตารางแสดงรายละเอียดมันฝรั่ง/TH-TH. 24 มีนาคม 2563

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2557. มอก.146-2556 สายพานตัววีส่งกำลัง. (ออนไลน์). แหล่งที่มา : http://person.rid.go.th › course2561 › TIS146-2556p. 30 เมษายน 2563.

อภิชาติ. 2559. การขนถ่ายวัสดุ. (ออนไลน์). แหล่งที่มา : http://portal5.udru.ac.th/ebook/pdf/upload/18172kX7x37DuxjR6426.pdf. 9 เมษายน 2563.

อภิรักษ์ หลักชัยกุล. 2557. คุณภาพมันฝรั่งที่โรงงานต้องการ. หน้า 129-132. ใน คู่มือการปลูกมันฝรั่ง. สำนักงานส่งเสริมและจัดการสินค้าการเกษตร กรมส่งเสริมการเกษตร. 252 หน้า.

อรทัย วงค์เมธา. 2558. เอกสารวิชาการ การผลิตหัวพันธุ์มันฝรั่งคุณภาพ. เอกสารขอประเมินเพื่อแต่งตั้งให้ดำรงตำแหน่ง นักวิชาการเกษตรชำนาญการพิเศษ ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ สถาบันวิจัยพืชสวน กรมวิชาการเกษตร. 110 น.

AUSVEG (2007). National standard for certification of seed potatoes. (ออนไลน์). แหล่งที่มา : https://ausveg.com.au/app/uploads/2017/05/National-Standard-31Jul07.pdf. 10 เมษายน 2561.

ลิขสิทธิ์เกษตร

Hunt, D (1977). Straight-Line Method. Farm power and machinery. Iowa, USA: Iowa State University Press.

กรมวิชาการเกษตร

ภาคผนวก

-

กรมวิชาการเกษตร