



รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

ชื่อแผนงานวิจัย (ภาษาไทย)	นวัตกรรมการใช้ประโยชน์จากชีวมวลและสารชีวภัณฑ์จากแบคทีเรียทนเค็มสายพันธุ์คัดเลือกเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการปลูกพืชผักแบบเกษตรอินทรีย์
(ภาษาอังกฤษ)	Innovative utilization of biomass and bio-products from selected salt-tolerant bacteria to increase the efficiency of organic agriculture

คณะผู้วิจัย

ผศ. ดร. สาวิตร ตระกูลนำเลื่อมใส	ภาควิชาจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ผศ. ดร. อัมภ์ชญาณ มงคลชัยพฤกษ์	ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
รศ. ดร. จินดาวรรณ สิริันทวินติ	ภาควิชาสัตววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
รศ. ดร. อภิชาติ ใจอารีย์	ภาควิชาการพัฒนาศักยภาพทรัพยากรมนุษย์และชุมชน คณะศึกษาศาสตร์และพัฒนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน
นางสาวจันทร์แรม รูปขำ	ฝ่ายเครื่องมือและวิจัยทางวิทยาศาสตร์ สถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากสำนักงานการวิจัยแห่งชาติ ประจำปีงบประมาณ 2563

พ.ศ. 2565



รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

ชื่อแผนงานวิจัย (ภาษาไทย)	นวัตกรรมการใช้ประโยชน์จากชีวมวลและสารชีวภัณฑ์จากแบคทีเรียทนเค็มสายพันธุ์คัดเลือกเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการปลูกพืชผักแบบเกษตรอินทรีย์
(ภาษาอังกฤษ)	Innovative utilization of biomass and bio-products from selected salt-tolerant bacteria to increase the efficiency of organic agriculture

คณะผู้วิจัย

ผศ. ดร. สาวิตร ตระกูลนำเลื่อมใส	ภาควิชาจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ผศ. ดร. อัมมชัญญ์ มงคลชัยพฤกษ์	ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
รศ. ดร. จินดาวรรณ สิริันทิเนติ	ภาควิชาสัตววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
รศ. ดร. อภิชาติ ใจอารีย์	ภาควิชาการพัฒนาศักยภาพทรัพยากรมนุษย์และชุมชน คณะศึกษาศาสตร์และพัฒนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน
นางสาวจันทร์แรม รูปขำ	ฝ่ายเครื่องมือและวิจัยทางวิทยาศาสตร์ สถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากสำนักงานการวิจัยแห่งชาติ ประจำปีงบประมาณ 2563

พ.ศ. 2565

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยนวัตกรรมการใช้ประโยชน์จากชีวมวลและสารชีวภัณฑ์จากแบคทีเรียหน่อก้านสายพันธุ์คัดเลือกเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการปลูกพืชผักแบบเกษตรอินทรีย์ ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากสำนักงานการวิจัยแห่งชาติ ประจำปีงบประมาณ 2563 คณะผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณอย่างสูงต่อภาควิชาจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ที่เอื้อเพื่อห้องปฏิบัติการและโรงเรียนภาควิชาพืชสวน รวมทั้งแปลงปลูกพืชทดสอบวิสาหกิจชุมชนเกษตรอินทรีย์บ้านดอนศาลเจ้า ตำบลบ่อสุพรรณ อำเภอสองพี่น้อง จังหวัดสุพรรณบุรี (โดยคุณวิรัชญา เอนกศรี) และสวนสมุนไพรไซโย ตำบลบางพระ อำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี (โดยคุณสุดคณิง ศรีสะอาด) ที่เอื้อเพื่อสถานที่แปลงปลูกพืชผักสำหรับงานวิจัยนี้

คณะผู้วิจัย

2564

บทสรุปผู้บริหาร

แผนงาน (ไทย) นวัตกรรมการใช้ประโยชน์จากชีวมวลและสารชีวภัณฑ์จากแบคทีเรียทนเค็มสายพันธุ์คัดเลือกเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการปลูกพืชผักแบบเกษตรอินทรีย์

(อังกฤษ) Innovative utilization of biomass and bio-products from selected salt-tolerant bacteria to increase the efficiency of organic agriculture

คณะผู้วิจัย

หัวหน้าแผนงาน: ผศ.ดร. สาวิตร์ ตระกูลนำเลื่อมใส

ภาควิชาจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน

ที่อยู่ 50 ถ.งามวงศ์วาน แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กทม. 10900

โทรศัพท์ 02-562-5555 ต่อ 646630 มือถือ 081-906-3980

โทรสาร 02-579-2081

E-mail rdisat@ku.ac.th

หัวหน้าโครงการย่อย 1: ผศ.ดร. อัมมชญาณ์ มงคลชัยพฤกษ์

ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน

ที่อยู่ 50 ถ. งามวงศ์วาน แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กทม. 10900

เบอร์โทรศัพท์ 02-5790308 ต่อ 154 โทรสาร 02-5791951 ต่อ 112

E-mail: agrctt@ku.ac.th

หัวหน้าโครงการย่อย 2: ผศ.ดร. สาวิตร์ ตระกูลนำเลื่อมใส

ภาควิชาจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน

ที่อยู่ 50 ถ. งามวงศ์วาน แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กทม. 10900

โทรศัพท์ 02-562-5555 ต่อ 646630 มือถือ 081-906-3980

โทรสาร 02-579-2081

E-mail rdisat@ku.ac.th

ผู้ร่วมงานวิจัย

รศ.ดร. จินดาวรรณ สิริธนินทิ

ภาควิชาสัตววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน

ที่อยู่ 50 ถ. งามวงศ์วาน แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กทม. 10900

เบอร์โทรศัพท์ 02-562-5555 ต่อ 3262 โทรสาร 02-562-5444 ต่อ 3202

อีเมล: fscijws@ku.ac.th

นางสาวจันทร์แรม รูปขำ

หน่วยงานที่สังกัด ฝ่ายเครื่องมือและวิจัยทางวิทยาศาสตร์ สถาบันวิจัยและพัฒนาแห่ง มก.

ที่อยู่ 50 ถนนงามวงศ์วาน แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กทม. 10900

โทรศัพท์ 02-942-8740 ต่อ 605 โทรสาร 02-942-8748

E-mail: rdicrr@ku.ac.th

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยประจำปี _____ 2563 จำนวน 2,913,000 บาท

ระยะเวลาทำการวิจัยตั้งแต่ _____ สิงหาคม 2563 ถึง _____ กุมภาพันธ์ 2565

สรุปโครงการวิจัย

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาแนวทางการวิจัยต่อยอดด้านการผลิตและการพัฒนาสารชีวภัณฑ์ส่งเสริมการเจริญของพืช (bio-stimulant) จากแบคทีเรียทนเค็ม *Micrococcus yunnanensis* P2-23 พร้อมทดสอบประสิทธิภาพในการเพาะปลูกพืชผักอินทรีย์ระดับภาคสนาม โดยศึกษาการผลิตในถังหมักระดับ pilot scale (750 ลิตร) พัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ในรูปแบบแห้ง ศึกษาแบบการนำไปใช้ในขั้นตอนการเพาะปลูก พร้อมนำไปขยายผลถ่ายทอดสู่เกษตรกรทดลองใช้และประเมินผลการวิจัยร่วมกัน เป็นการเผยแพร่องค์ความรู้ทางด้านการนำสารชีวภัณฑ์ฮอโมนพืชที่ผลิตจากแบคทีเรียทนเค็มสู่ภาคการเกษตรอินทรีย์ในวงกว้างต่อไป

ผลงานตามวัตถุประสงค์และผลผลิต จำแนกตามกิจกรรมในแผนงานวิจัยได้ดังนี้

โครงการย่อย 1 การพัฒนาผลิตภัณฑ์ส่งเสริมการเจริญของพืชจากแบคทีเรียทนเค็มสายพันธุ์คัดเลือกและการทดสอบประสิทธิภาพการส่งเสริมการเจริญของพืชตระกูล Solanaceae ในระดับแปลงปลูก

- สร้างองค์ความรู้ทางด้านกระบวนการผลิตชีวภัณฑ์จากแบคทีเรียทนเค็มส่งเสริมการเจริญของพืชในสภาวะที่เหมาะสมในระดับถึงหนักขนาดใหญ่และการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ส่งเสริมการเจริญของพืชเพื่อสามารถพัฒนาต่อยอดในการผลิตเชิงพาณิชย์

จากผลการดำเนินงานทางด้านการผลิตชีวภัณฑ์จากแบคทีเรียทนเค็มส่งเสริมการเจริญของพืชได้องค์ความรู้ทางด้านกระบวนการผลิตชีวภัณฑ์จากแบคทีเรียทนเค็มในถังหมักขนาดใหญ่ (pilot scale ขนาด 750 ลิตร) ที่บรรจุอาหารปริมาตร 500 ลิตร สามารถพัฒนาสูตรอาหารที่เหมาะสมในการผลิตชีวมวลของแบคทีเรียทนเค็มสายพันธุ์คัดเลือกทั้ง 6 สายพันธุ์ (*Bacillus* จำนวน 5 สายพันธุ์และ *Micrococcus* จำนวน 1 สายพันธุ์) โดยใช้อาหาร HA สูตรดัดแปลงที่ประกอบด้วยแหล่งคาร์บอนและไนโตรเจนเป็นโปรตีนเปปโตและสารสกัดจากยีสต์โดยไม่มีเกลือ NaCl ภายใต้สภาวะการเพาะเลี้ยงที่ 35 องศาเซลเซียส ค่า pH 7.5 ให้อากาศ 0.75 VVM เป็นเวลา 24-30 ชั่วโมง ค่าความขุ่นสูงสุด (OD₆₀₀) 30-35 ปริมาณเซลล์เท่ากับ 10⁹ cfu/ml ส่วนผลการดำเนินงานผลิตสารชีวภัณฑ์ IAA ในถังหมักระดับ 500 ลิตร ใช้อาหารเลี้ยงเชื้อ HA สูตรดัดแปลงที่ไม่มีเกลือ NaCl โดยมีแหล่งคาร์บอนและไนโตรเจนเป็นโปรตีนและสารสกัดจากยีสต์ในสัดส่วน 20:5 และเติม L-tryptophan 0.6% ควบคุม pH 8 ตลอดการเพาะเลี้ยงเป็นเวลา 84-96 ชั่วโมง วิเคราะห์ปริมาณ crude IAA ได้เท่ากับ 2254.48±149.85 ug/ml (50% pure IAA) ในด้านการพัฒนาสารชีวภัณฑ์ IAA ในรูปแบบผลิตภัณฑ์แห้งได้ทดสอบหาปริมาณสาร CMC เพื่อเพิ่มเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ โดยพบว่า ปริมาณสาร คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส (CMC) ที่เหมาะสมคือ 0.1% โดยละลายในน้ำนำมาผสมกับสารชีวภัณฑ์ IAA ในสัดส่วน 1:1 จากนั้นนำเข้าเครื่อง freeze-dry เพื่อระเหิดแห้งในสภาพแช่แข็งเป็นเวลา 5 วัน บรรจุในซองสุญญากาศขนาดซองละ 1 ลิตรได้น้ำหนักเท่ากับ 40 กรัม และตรวจสอบประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์โดยการทดสอบการงอกของเมล็ดบนจานทดสอบและวิเคราะห์ค่าดัชนีความแข็งแรง (vigor index) ของต้นกล้าอายุ 7 วัน พบว่าผลิตภัณฑ์รูปแบบแห้งที่เก็บที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 9 เดือน ยังคงให้ค่าดัชนีความแข็งแรงของต้นกล้าเท่ากับก่อนเก็บ อย่างไรก็ตามก่อนนำมาใช้งานต้องนำมาละลายน้ำและทำการเจือจางเพื่อให้ได้ความเข้มข้นที่เหมาะสมและจำเป็นต้องเก็บสารชีวภัณฑ์หลังจากละลายน้ำที่อุณหภูมิต่ำตลอดการใช้งานเพื่อป้องกันการปนเปื้อนจากจุลินทรีย์

- สร้างนวัตกรรมการใช้ประโยชน์จากสารชีวภัณฑ์ IAA ในการเพาะปลูกพืชผักแบบเกษตรอินทรีย์และรูปแบบการนำไปประยุกต์ใช้ในกระบวนการปลูกพืชผัก

ผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่าสามารถนำสารชีวภัณฑ์ที่มีความเข้มข้นที่เหมาะสมไปใช้ในกระบวนการปลูกพืชผักได้ทั้งในระยะเวลาขั้นตอนการเพาะต้นกล้าด้วยการแช่เมล็ดด้วยสารชีวภัณฑ์และในระยะแปลงปลูก โดยพบว่าความเข้มข้นของสารชีวภัณฑ์ที่เหมาะสมสำหรับการแช่เมล็ดพืชผักเท่ากับ 10-30 ug/ml โดยระยะเวลา

แช่เมล็ดแตกต่างกัน จากการทดลองพบว่าควรแช่เมล็ดด้วยสารชีวภัณฑ์จนเมล็ดมีลักษณะต่างซึ่งพบว่าเมล็ดพืชผักกินใบ เช่น ผักสลัดต่างๆ ที่มีน้ำหนักเมล็ดน้อย เปลือกหุ้มเมล็ดบาง ควรใช้เวลาแช่ประมาณ 6-10 ชั่วโมง ทั้งนี้เมล็ดขนาดเล็ก เบา ควรใช้เวลาแช่เมล็ดสั้นกว่าเมล็ดเปลือกแข็ง ส่วนพืชผักกินผลพืชผักสวนครัว เช่น มะเขือเทศ มะเขือ พริก ที่มีขนาดเมล็ดและเปลือกแข็งกว่าโดยเฉพาะพริก ควรใช้เวลาแช่สารประมาณ 15-18 ชั่วโมง สารชีวภัณฑ์แช่เมล็ดสามารถกระตุ้นการงอกของเมล็ดพืชผักได้ดีโดยพบค่าร้อยละของการงอกเพิ่มขึ้นสำหรับพืชผักกินใบประมาณ 2-4% ส่วนพืชผักกินผล 4-10% โดยเฉพาะในพริกชี้หนูพบว่าสารชีวภัณฑ์สามารถกระตุ้นการงอกได้สูงกว่าพืชผักอื่นๆ นอกจากนี้ยังพบว่าต้นกล้าที่เพาะจากเมล็ดแช่สารชีวภัณฑ์มีการเจริญที่สม่ำเสมอ แม้ความสูงเฉลี่ยของต้นกล้าอายุ 21 วัน เมื่อเปรียบเทียบกับต้นกล้าที่เพาะจากเมล็ดแช่น้ำไม่แตกต่างกัน มีพัฒนาการของการสร้างใบจริงที่เร็วกว่า จำนวนใบจริงและระบบรากมากกว่าเมล็ดแช่น้ำ แสดงให้เห็นว่าสารชีวภัณฑ์ IAA จาก *M. yunnanensis* P2-23 นอกจากมีกิจกรรมกระตุ้นการงอกแล้วยังมีกิจกรรมส่งเสริมการเจริญของต้นกล้าพืชผักอีกด้วย ดังแสดงให้เห็นว่าต้นกล้ามีความพร้อมในการย้ายปลูกได้เร็ว สามารถระยะเวลาในขั้นเตรียมต้นกล้าก่อนย้ายปลูกได้ประมาณ 1-2 สัปดาห์โดยเฉลี่ย ทั้งนี้ขึ้นกับชนิดพืชและสภาพแวดล้อมในการเจริญของต้นกล้าด้วย สำหรับการให้สารชีวภัณฑ์ในระยะหลังย้ายปลูก 2 สัปดาห์ สัปดาห์ละครั้งจนพืชเริ่มออกดอกและมีการติดพ่นช่อดอกเมื่อดอกบานเต็มที่ สัปดาห์ละ 2 ครั้งโดยใช้สารชีวภัณฑ์ความเข้มข้น 30-50 ug/ml สามารถลดการหลุดร่วงของดอกในมะเขือเทศเชอร์รี่ได้ นอกจากนี้ยังช่วยเพิ่มคุณภาพของพืชผลโดยตรวจพบปริมาณวิตามินซีในผลมะเขือเทศเชอร์รี่ที่ให้สารชีวภัณฑ์ IAA สูงกว่ามะเขือเทศเชอร์รี่ที่ไม่ได้รับสารชีวภัณฑ์ถึง 6 เท่า จึงสามารถสรุปได้ว่าสารชีวภัณฑ์ IAA เป็นสารกระตุ้นการงอกของเมล็ดและส่งเสริมการเจริญและเพิ่มคุณภาพให้กับผลผลิตพืชผัก สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในแต่ละขั้นตอนของกระบวนการปลูกพืชผักอินทรีย์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ลดการใช้สารฮอร์โมนเคมีในการผลิตพืชผัก

โครงการย่อย 2 การถ่ายทอดเทคโนโลยีการปลูกพืชตระกูล Solanaceae แบบเกษตรอินทรีย์ด้วยสารกระตุ้นชีวภัณฑ์จากแบคทีเรีย

ได้ดำเนินการสร้างหลักสูตรอบรมเชิงปฏิบัติการโดยเนื้อหาหลักสูตรได้ออกแบบครอบคลุมการประยุกต์ใช้สารชีวภัณฑ์ IAA จากแบคทีเรียทนเค็มส่งเสริมการเจริญของพืช *Micrococcus yunnanensis* P2-23 ในการผลิตต้นกล้าพืชผักที่มีคุณภาพ โดยได้พัฒนาผลิตภัณฑ์แช่เมล็ดพืชผักสำเร็จรูปที่มีความเข้มข้นของสารชีวภัณฑ์ IAA ที่เหมาะสมกับเมล็ดพืชผักหลายชนิดครอบคลุมพืชผักกินใบและพืชผักกินผล โดยคำนึงถึงประสิทธิผลในการกระตุ้นการงอกและเสริมความแข็งแรงให้กับต้นกล้าพืชผัก และสร้างหลักสูตร พร้อมคู่มืออบรมเชิงปฏิบัติการชื่อ “เทคนิคการผลิตต้นกล้าพืชผักที่มีคุณภาพด้วยสารชีวภัณฑ์ไอเอเอจากแบคทีเรียทนเค็ม” พร้อมนำไปขยายผลถ่ายทอดสู่เกษตรกรรายย่อยทดลองใช้และประเมินผลการวิจัยร่วมกัน โดยสร้างเครื่องมือประเมินประสิทธิผลของผลิตภัณฑ์สารชีวภัณฑ์แช่เมล็ดโดยใช้แบบประเมิน (Likert scale) ที่มีระดับคะแนน 5 ระดับ นอกจากนี้ยังได้จัดทำคลิปและคู่มือเผยแพร่ผลงานวิจัยด้านการใช้ประโยชน์จากชีวภัณฑ์กระตุ้นและส่งเสริมการเจริญ (bio-stimulant) จากแบคทีเรียทนเค็ม *Micrococcus yunnanensis* P2-23

เทคโนโลยีการผลิตต้นกล้าพืชผักที่มีคุณภาพเป็นปัจจัยหนึ่งที่สำคัญต่อภาคการเกษตรในการผลิตพืชอาหารให้กับมนุษย์ เกี่ยวข้องโดยตรงกับปริมาณและผลผลิตที่เกิดขึ้น มีความพยายามที่จะนำจุลินทรีย์ส่งเสริมการเจริญของพืชมาใช้ในการทำการเกษตรอินทรีย์ทั้งในรูปแบบปุ๋ยชีวภาพหรือสารชีวภัณฑ์ ซึ่งส่วนใหญ่สารชีวภัณฑ์ที่นำมาใช้นั้นมักเป็นสารควบคุมราก่อโรคพืช (bio-fungicide) การนำสารชีวภัณฑ์ประเภทฮอร์โมนจากแบคทีเรียทนเค็มส่งเสริมการเจริญของพืชในรูปแบบผลิตภัณฑ์ที่มีการใช้งานแบบจำเพาะยังไม่เคยมีรายงาน เช่น ใช้ในการแช่เมล็ดซึ่งต้องมีวิธีการใช้ในปริมาณฮอร์โมนที่เหมาะสมเพื่อกระตุ้นการงอกและเสริมความแข็งแรงให้กับต้นกล้า (bio-stimulant) ยังไม่เป็นที่แพร่หลายทั้งในด้านการพัฒนาผลิตภัณฑ์และการนำไปใช้

จริง โครงการวิจัยนี้จึงมีความคิดริเริ่มที่นำผลิตภัณฑ์สารชีวภัณฑ์แช่เมล็ดพืชผักจากแบคทีเรีย *Micrococcus yunnanensis* P2-23 ที่พัฒนาได้จากโครงการย่อย 1 มาใช้ประโยชน์เพื่อถ่ายทอดทักษะการเพาะต้นกล้าพืชผักด้วยการใช้สารชีวภัณฑ์แช่เมล็ด ตลอดจนออกแบบการประเมิน 5 ด้าน (ด้านเนื้อหา ด้านความรู้ความเข้าใจในเนื้อหาที่จัดอบรม ด้านความเหมาะสมของสถานที่ ระยะเวลาที่ใช้และอาหาร) ที่มีคะแนน 5 ระดับ วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติเชิงพรรณนา เพื่อให้เกษตรกรผู้เข้ารับการอบรมได้แสดงความคิดเห็นต่อหลักสูตรอบรมและประเมินคุณภาพต้นกล้าในระยะต่างๆ (1-3 สัปดาห์) เปรียบเทียบกับต้นกล้าที่เพาะจากเมล็ดแช่น้ำ (ชุดคุม) เพื่อสะท้อนให้เห็นถึงประสิทธิภาพของสารชีวภัณฑ์ IAA และกรรมวิธีการนำไปใช้ในการผลิตต้นกล้าพืชผักที่มีคุณภาพได้ต่อไป โดยจัดอบรมเชิงปฏิบัติการให้กับเกษตรกรรายย่อยกลุ่มเกษตรกรอินทรีย์วิถีพอเพียง ตำบลวังยาว ณ. วัดม่วงชะวนาราม ต. วังยาว อ. ด่านช้าง จ. สุพรรณบุรี โดยมีเกษตรกรเข้าร่วมอบรมจำนวน 32 ราย ผลการศึกษาพบว่าระดับความพึงพอใจเฉลี่ยต่อเนื้อหาหลักสูตรเท่ากับ 4.39 ± 0.58 เทคนิคการผลิตต้นกล้าที่มีคุณภาพด้วยสารชีวภัณฑ์ไอเอเอมีความพึงพอใจเฉลี่ย 4.14 ± 0.79 เมื่อเปรียบเทียบความพึงพอใจของคุณภาพผลิตภัณฑ์ต่อคุณภาพต้นกล้าที่มีอายุต่างกันพบว่าระดับความพึงพอใจเฉลี่ยในต้นกล้าที่มีอายุมากมีคะแนนสูงกว่า โดยต้นกล้าเรดโอ๊คอายุ 3 สัปดาห์มีความพึงพอใจเฉลี่ยสูงสุด 4.65 ± 0.49 นอกจากนี้ระดับความพึงพอใจเฉลี่ยของความสะดวกในการใช้งานของผลิตภัณฑ์แช่เมล็ดสำเร็จรูปเท่ากับ 81.82% โดยมีข้อเสนอแนะจากแบบประเมินในด้านการพัฒนาผลิตภัณฑ์แช่เมล็ดสำเร็จรูปในรูปแบบแห้งที่ใช้งานเพียงครั้งเดียวเพื่อเพิ่มความสะดวกในการเก็บรักษา

ส่วนผลการประเมินความพึงพอใจโดยรวมต่อคุณภาพสารชีวภัณฑ์แช่เมล็ดจากการประเมินต้นกล้าใน 3 ระยะการเจริญอยู่ระดับมากกว่า 80% (คะแนนความพึงพอใจมากกว่า 4 จากคะแนนเต็ม 5 คะแนน)

- ผลลัพธ์ เกิดการยอมรับสารชีวภัณฑ์จากแบคทีเรียส่งเสริมการเจริญของพืชและนำไปใช้ประโยชน์ ดังนี้

1. ผลงานวิจัยทางด้านการพัฒนาผลิตภัณฑ์ชีวภัณฑ์ IAA และรูปแบบการนำไปประยุกต์ใช้ในการปลูกพืชผักอินทรีย์สามารถนำไปต่อยอดสู่การใช้ประโยชน์ทางเศรษฐกิจและสังคมได้
2. เกษตรกรปลูกพืชผักอินทรีย์ผู้เข้ารับการอบรมเชิงปฏิบัติการเกิดการยอมรับผลงานวิจัยที่ได้ถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตต้นกล้าพืชผักที่มีคุณภาพด้วยการเพาะเมล็ดแช่สารชีวภัณฑ์
3. ได้รูปแบบการปลูกพืชผักด้วยสารชีวภัณฑ์ในระบบอินทรีย์ต้นแบบ
4. ดำเนินการจัดเตรียมข้อมูลเผยแพร่ผลงานในวารสารวิชาการในฐานข้อมูล SCOPUS อย่างน้อย 1 เรื่อง
5. ดำเนินการจัดทำเอกสารเพื่อยื่นคำขอจดทรัพย์สินทางปัญญาผลิตภัณฑ์กระตุ้นการเจริญชีวภาพ (bio-stimulant) จากแบคทีเรีย *Micrococcus yunnanensis* P2-23 ในด้านกระบวนการผลิตและการใช้ประโยชน์

- ผลกระทบ

1. ผลกระทบทางด้านเศรษฐกิจ
 - 1.1 ผลประโยชน์ทางเศรษฐกิจแก่ภาคเอกชน ผู้ประกอบการ SME วิสาหกิจชุมชนที่สนใจธุรกิจทางด้านเทคโนโลยีชีวภาพในด้านการผลิตสารกระตุ้นชีวภาพ (bio-stimulant) ส่งเสริมการเจริญของพืชผักจากแบคทีเรีย *M. yunnanensis* P2-23
 - 1.2 รายได้ของเกษตรกรผู้ผลิตพืชผักปลอดสารเคมี
 - 1.3 ยกระดับการปลูกพืชผักเข้าสู่มาตรฐานการเพาะปลูกอินทรีย์ GAP สร้างเครือข่าย
2. ผลกระทบทางด้านสังคม
 - 2.1 ชุมชนสุขภาวะคุณภาพชีวิตที่ดีของเกษตรกรผู้ปลูกพืชผักและผู้บริโภค

3. ผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อม

3.1 เกิดชุมชนเกษตรอินทรีย์ ลดการใช้ฮอร์โมนออกซินเคมีในการผลิตพืชผักไม่มีสารเคมีตกค้างในผลผลิตและดินปลูก

3.2 สร้างเครือข่ายการผลิตพืชผักด้วยสารชีวภัณฑ์จากแบคทีเรีย

- ข้อเสนอแนะ

ผลที่ได้จากการศึกษาในครั้งนี้สามารถนำไปต่อยอดในหลายด้าน เช่น

1. การพัฒนาผลิตภัณฑ์สารชีวภัณฑ์แบบสำเร็จรูปที่มีความเข้มข้นที่เหมาะสมกับแต่ละระยะพืชผัก (แช่เมล็ด ลดการหลุดร่วงของดอกและเพิ่มการติดผล) ในรูปแบบแห้งและผสมใช้ครั้งเดียว เพื่อความสะดวกในการใช้งานและเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องได้

2. พัฒนาการทำผลิตภัณฑ์แห้งที่มีต้นทุนต่ำกว่า freeze dry เช่น การใช้ spray dry เป็นต้น

บทคัดย่อ

โครงการวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาแนวทางการวิจัยต่อยอดด้านการผลิตและการพัฒนาสารชีวภัณฑ์ส่งเสริมการเจริญของพืชจากแบคทีเรียทนเค็ม *Micrococcus yunnanensis* สายพันธุ์ P2-23 โดยศึกษาการผลิตในถังหมักระดับใหญ่ (750 ลิตร) สามารถพัฒนาสูตรอาหาร HA ดัดแปลงสำหรับผลิตสารชีวภัณฑ์ มีแหล่งคาร์บอนและไนโตรเจนเป็นโปรตีนและสารสกัดจากยีสต์ในสัดส่วน 20:5 เติมหิริบิโตเฟนความเข้มข้น 30 mM (0.6%) เป็นอาหาร โดยควบคุมสภาวะการบ่มที่ pH 8 อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 84-96 ชั่วโมง ให้อากาศในถังหมักเท่ากับ 0.75 VVM ปริมาณสารไอเอเอทีวีเคราะห์ทางเคมีเท่ากับ $2,254.48 \pm 149.85$ ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร คิดเป็นสารไอเอเอเบริสุทธิ 50-54% นำไปพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์กระตุ้นการเจริญของพืชผักในรูปแบบแห้งที่เติมสารคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส (CMC) ความเข้มข้น 0.1% จากนั้นระเหิดแห้งตรวจสอบคุณภาพอายุการเก็บที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 9 เดือน โดยวิเคราะห์ดัชนีความแข็งแรงต้นกล้าอายุ 7 วันที่เพาะบนจานทดสอบ พบว่าไม่แตกต่างจากผลิตภัณฑ์ก่อนเก็บรักษา ส่วนผลการนำไปใช้แช่เมล็ดเพาะต้นกล้าพบว่าระยะเวลาแช่เมล็ดที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 6-18 ชั่วโมง โดยพืชผักกินใบใช้ระยะเวลาแช่เมล็ดสั้นกว่าพืชผักกินผล ผลการทดสอบพบว่าร้อยละของการงอกเพิ่มขึ้น 2-10% ต้นกล้ามีความสูงเฉลี่ยใกล้เคียงกัน พัฒนาการออกใบจริงใบแรกเร็วกว่า ค่าเฉลี่ยของขนาดใบจริงใบแรกมีขนาดใหญ่กว่า (โดยเฉพาะ พริกชี้หนูเรดโอ๊ค เรดคอส) ต้นกล้ามีจำนวนรากแขนงมากกว่า ขนาดรากหนากว่าเมื่อเปรียบเทียบกับชุดคุม (ต้นกล้าที่เพาะจากเมล็ดแช่น้ำ) ผลการวิเคราะห์ทุกขเคมีสำคัญในพืชผักกินใบโอ๊คและเรดโอ๊ครวมทั้งผลมะเขือเทศพบว่าปริมาณสารรงควัตถุและวิตามินสูงกว่าพืชชุดคุม โดยเฉพาะผลมะเขือเทศพบปริมาณวิตามินซีสูงกว่าถึง 6 เท่า นอกจากนี้ยังขยายผลการทดสอบสู่เกษตรกรรายย่อยจำนวน 32 คน พบว่าคะแนนประเมินความพึงพอใจของคุณภาพสารชีวภัณฑ์แช่เมล็ดต่อคุณภาพต้นกล้าอายุ 7-21 วัน มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 4.42 จากระดับคะแนนเต็ม 5 และมีความพึงพอใจต่อคุณภาพต้นกล้าพร้อมย้ายปลูกอายุ 21 วันมากที่สุด

คำสำคัญ สารกระตุ้นชีวภาพจากแบคทีเรีย, ฮอโมนพืชไอเอเอจากแบคทีเรียทนเค็ม, ไมโครค็อกคัสสายพันธุ์ พี 2-23, คุณภาพพืชผักด้วยสารกระตุ้นชีวภาพจากแบคทีเรียทนเค็ม

Abstract

The objective of this research project was to further study on the scale-up production and development of plant-biostimulant from the salt-tolerant bacteria *Micrococcus yunnanensis* strain P2-23. The production was carried out in large-scale fermentation tanks (750 liters) using a modified HA medium. The carbon and nitrogen sources were protein and yeast extract in a ratio of 20:5 supplemented with 30 mM (0.6%) L-tryptophan. The incubation conditions were controlled at pH 8, 35 °C for 84-96 h. The aeration in the fermentation tank was 0.75 VVM. The maximum amount of IAA chemically assayed was $2,254.48 \pm 149.85$ µg/mL representing a pure IAA of 50-54%. In addition, bio-stimulant was developed in dry form with the addition of 0.1% of carboxymethylcellulose (CMC) and then freeze dry. The shelf life quality at room temperature was observed by analyzing the 7-day seedling vigor index on the test dish. It was found that there was no difference between the product before and after 9 month- storage. As for the seed soaking results, it was found that the optimum seed soaking time was 6-18 hours. Leafy vegetables used shorter seed soaking times than fruit vegetables. The results showed that the percentage of germination increased by 2-10%. The seedlings were of similar mean height. Developing the first true leaf is faster. The mean size of the first true leaves was larger (especially for chilli peppers, red oaks, red cos). The seedlings had more roots. The root size is thicker compared to the control. Phytochemical analyzes of green oak and red oak vegetables, including tomato, showed that the content of pigments and vitamins were higher than that of the control crops. In particular, tomatoes found that the vitamin C content was 6 times higher. In addition, the test results of bio-stimulant were extended to 32 smallholder farmers and the satisfaction assessment scores was analyzed. The results showed that the mean score of the quality of seed bio-stimulant on the quality of seedlings aged 7-21 days was 4.42 from a full score of 5. Moreover, the most satisfied with the quality of seedlings was at ready for transplanting at 21 days of age.

Key words: bio-stimulant from bacteria, hormone IAA from salt-tolerant bacteria, *Micrococcus yunnanensis* P2-23, vegetable quality with bio-stimulant from salt-tolerant bacteria

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	i
บทสรุปผู้บริหาร	ii
บทคัดย่อ	vii
สารบัญ	ix
สารบัญตาราง	xi
สารบัญภาพ	xiii
ภาพรวมแผนงานวิจัย	1
ความสำคัญและที่มาของปัญหา	1
วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย	1
รายละเอียดความเชื่อมโยงระหว่างโครงการวิจัยย่อย	2
สรุปผลการวิจัย (ภาพรวมทั้งโครงการ)	2
ประโยชน์ที่ได้รับ	4
หน่วยงานที่นำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์	4
เอกสารแนบ	5
โครงการย่อย 1: การพัฒนาผลิตภัณฑ์ส่งเสริมการเจริญของพืชจากแบคทีเรียทนเค็มสายพันธุ์ คัดเลือกและการทดสอบประสิทธิภาพการส่งเสริมการเจริญของพืชตระกูล Solanaceae ในระดับ แปลงปลูก	8
บทคัดย่อ	9
ความสำคัญและที่มาของปัญหา	11
วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย	12
ทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง	12
ระเบียบวิธีดำเนินการวิจัย	21
ผลการวิจัย	25
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	57
บรรณานุกรม	59
รายนามหัวหน้าโครงการและผู้ร่วมโครงการ	64
โครงการย่อย 2: การถ่ายทอดเทคโนโลยีการปลูกพืชตระกูล Solanaceae แบบเกษตรอินทรีย์ ด้วยสารกระตุ้นชีวภัณฑ์จากแบคทีเรีย	65
บทคัดย่อ	66
ความสำคัญและที่มาของปัญหา	68
วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย	68
ทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง	68
ระเบียบวิธีดำเนินการวิจัย	70
ผลการวิจัย	72
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	85
บรรณานุกรม	86
ภาคผนวก	87

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
ภาคผนวก 1 แบบประเมินการฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการ “เทคนิคการผลิตต้นกล้าพืชผักที่มีคุณภาพด้วยสารชีวภัณฑ์ไอเอเอ (IAA) จากแบคทีเรียหนเค็ม”	88
ภาคผนวก 2 แบบประเมินความพึงพอใจต่อการใช้งานสารชีวภัณฑ์แบบน้ำพร้อมใช้	98
ภาคผนวก 3 ประมวลภาพการจัดฝึกอบรม “เทคนิคการผลิตต้นกล้าพืชผักที่มีคุณภาพด้วยสารชีวภัณฑ์ไอเอเอ (IAA) จากแบคทีเรียหนเค็ม” ณ วัดม่วงชะวนาราม 30-31 ตุลาคม 2564	100
ภาคผนวก 4 รายชื่อผู้เข้าร่วมอบรม	111
รายนามหัวหน้าโครงการและผู้ร่วมโครงการ	113

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ตัวอย่างสารปฏิชีวนะที่สร้างจากแบคทีเรีย	19
2	ชนิดของเชื้อราสาเหตุโรคพืช สาเหตุโรค และผลกระทบ	20
3	ค่าการเจริญและการผลิตสารชีวภัณฑ์ IAA ของแบคทีเรีย <i>Micrococcus yunnanensis</i> P2-23 ในถังหมักขนาด 750 ลิตร	26
4	การเจริญและการผลิตสารชีวภัณฑ์ IAA สูงสุดในถังหมักขนาด 750 ลิตรของทั้งสองรอบการผลิต	27
5	อัตราการงอกเฉลี่ยของเมล็ดพันธุ์	31
6	จำนวนวันเฉลี่ยที่ใช้ในการงอกของเมล็ด	31
7	ความสูงเฉลี่ยของต้นกล้าในแต่ละสัปดาห์	32
8	ความกว้างทรงพุ่มเฉลี่ยของต้นกล้าในแต่ละสัปดาห์	33-34
9	จำนวนเฉลี่ยของใบจริง	35
10	คะแนนเฉลี่ยของความหนาแน่นของราก	35-36
11	ความสูงเฉลี่ยของต้นพืชในแต่ละสัปดาห์ภายหลังการย้ายปลูกลงแปลง	37
12	ความกว้างทรงพุ่มเฉลี่ยของต้นพืชในแต่ละสัปดาห์ภายหลังการย้ายปลูกลงแปลง	37
13	จำนวนใบจริงเฉลี่ยของต้นพืชในแต่ละสัปดาห์ภายหลังการย้ายปลูกลงแปลง	38
14	น้ำหนักแห้งเฉลี่ยภายหลังการเก็บเกี่ยวของผักสลัด	38
15	คุณภาพด้านสีภายหลังการเก็บเกี่ยวของใบผักสลัด	39
16	การวิเคราะห์สารทางพฤกษเคมีของเรดโอ๊ค	39
17	การวิเคราะห์สารทางพฤกษเคมีของกรีนโอ๊ค	40
18	คุณภาพการรับประทานของผักสลัด	41
19	เปอร์เซ็นต์การตายระหว่างการเจริญเติบโตในแปลงปลูกของผักสลัด	41
20	ความสูงเฉลี่ยของต้นมะเขือเทศในแปลงปลูกแต่ละสัปดาห์	42
21	จำนวนเฉลี่ยของใบจริง	43
22	จำนวนวันที่แทงช่อดอกแรกของมะเขือเทศ	43
23	เปอร์เซ็นต์การติดผลของช่อดอกมะเขือเทศข้อที่ 3, 4 และ 5	43
24	คุณภาพด้านสีภายหลังการเก็บเกี่ยวของผลมะเขือเทศ	44
25	ความแน่นเนื้อ ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำ (TSS) และค่าความเป็นกรดจากการไทเทรต (TA) ของผลมะเขือเทศ	45
26	เนื้อสัมผัส ความฉ่ำน้ำ ความหวาน และ ความเปรี้ยวของผลมะเขือเทศ	45
27	ความจืด ความฟ้าม กลิ่นเหม็นเขียว และการยอมรับของผู้บริโภค	45
28	การวิเคราะห์สารพฤกษเคมีของมะเขือเทศ	45
29	ปริมาณ IAA ในผลิตภัณฑ์รูปแบบแห้งที่มีอายุการเก็บต่างกัน	47
30	ประเมินคุณภาพของผลิตภัณฑ์สารชีวภัณฑ์ IAA แบบแห้งต่อการเพาะเมล็ดมะเขือเทศเซอรี่	47
31	ต้นทุนการผลิตสารชีวภัณฑ์ IAA จากแบคทีเรีย <i>Micrococcus yunnanensis</i> P2-23 ในถังหมักระดับ 750 ลิตรที่มีอาหารสูตร 20:5 ปริมาตร 500 ลิตร	48

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
32	พัฒนาการของต้นกล้าอายุ 10 วันจากการทดสอบประสิทธิภาพของสารชีวภัณฑ์ IAA โดยการเพาะเมล็ดบนพีทมอสในระดับโรงเรือน	51-52
33	ร้อยละการงอกของเมล็ดพืชทดสอบ	53
34	จำนวนวันที่ยอกของเมล็ดพืชผักทดสอบเฉลี่ย	53
35	จำนวนวันที่พืชเริ่มออกใบจริงเฉลี่ย	53
36	จำนวนใบจริงของต้นกล้าที่ 28 วันหลังเพาะเมล็ดเฉลี่ย	54
37	ขนาดใบและความสูงโดยเฉลี่ยของต้นกล้าที่ 28 วันหลังเพาะเมล็ด	54
38	รายละเอียดของการใช้สารชีวภัณฑ์ IAA ในการปลูกพืชผักทดสอบ	56
39	ความพึงพอใจต่อโครงการฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการ	79
40	ผลการประเมินความพึงพอใจโดยรวมต่อคุณภาพสารชีวภัณฑ์แช่เมล็ด	79
41	ความพึงพอใจต่อสารชีวภัณฑ์ไอเอเอ (IAA) ในการเพาะต้นกล้า	80
42	ความพึงพอใจต่อเทคนิคการเพาะต้นกล้า สารชีวภัณฑ์แช่เมล็ดและต้นกล้าที่ผู้เข้าอบรมได้ฝึกปฏิบัติและนำกลับไปติดตามผลที่บ้าน	82

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	โครงสร้างของ IAA	13
2	โครงสร้างของ IBA, 4-Cl-IAA และ PAA	13
3	ภาพรวมวิธีการสังเคราะห์ IAA ในแบคทีเรีย	15
4	การเพาะเลี้ยงชีวมวลของแบคทีเรีย <i>Micrococcus yunnanensis</i> P2-23 ในถังหมักขนาด 3 ลิตร สำหรับใช้เป็นกัลลาเชื้อ (A) และในถังหมักขนาด 70 ลิตร สำหรับนำไปคลุกกับวัสดุปลูกในแปลง (B)	25
5	การผลิตสารชีวภัณฑ์ IAA จากแบคทีเรีย <i>Micrococcus yunnanensis</i> P2-23 ในถังหมักระดับต่างๆ ได้แก่ ขนาด 3 ลิตร (ซ้าย) 70 ลิตร (กลาง) และ 750 ลิตร (ขวา)	25
6	การเจริญและการสร้างสารชีวภัณฑ์ IAA (แบบ crude) ของแบคทีเรีย <i>Micrococcus yunnanensis</i> P2-23 ในถังหมักขนาด 750 ลิตร ปริมาตรอาหารเลี้ยงเชื้อ 500 ลิตรที่เติม 30 mM L-tryptophan	26
7	การแยกกากเซลล์ของ <i>M. yunnanensis</i> P2-23 ออกจากน้ำเลี้ยงเชื้อที่มีสารชีวภัณฑ์ IAA ด้วยเครื่องปั่นเหวี่ยงตะกอนเซลล์แบบต่อเนื่อง (continuous centrifuge)	27
8	การเตรียมวัสดุปลูกลงในถาดเพาะเมล็ด	28
9	การรดน้ำเพื่อเพิ่มความชื้นให้กับวัสดุในถาดเพาะเมล็ด	28
10	เพาะเมล็ดลงในวัสดุปลูกในถาดเพาะเมล็ด	28
11	ถาดเพาะเมล็ดที่หยอดเมล็ดลงในวัสดุปลูกแล้ว	29
12	การเตรียมแปลงปลูก พรวนดินและตากดิน	29
13	ชีวมวลของแบคทีเรีย <i>Micrococcus yunnanensis</i> P2-23 ที่ผ่านการเจือจางพร้อมผสมกับวัสดุปลูก (บน) การคลุกชีวมวลกับวัสดุปลูก (ล่างซ้าย) และการคลุมหน้าดินด้วยใบไม้ (ล่างขวา)	30
14	เชื้อราไตรโคเดมาผสมกับรำข้าว (ซ้าย) จากนั้นทำการโรยลงแปลงปลูก (กลาง) และภาพผิวหน้าแปลงปลูกหลังโรยเชื้อราแล้ว (ขวา)	30
15	การงอกของเมล็ดผักสลัดที่แช่น้ำ (ซ้าย) หรือในสารละลาย IAA (ขวา) ภายหลังเพาะเมล็ด 2 วัน	32
16	ความสูง (เซนติเมตร) ของต้นกล้าเรดโอ๊ค (A) กรีนโอ๊ค (B) มะเขือเทศ (C) และพริก (D) ที่เพาะจากเมล็ดที่แช่น้ำ (□) และเมล็ดที่ได้รับสารละลาย IAA (■) ในสัปดาห์ที่ 1 ถึง 4 ของการเจริญเติบโต	33
17	การเจริญเติบโตของต้นกล้ามะเขือเทศที่เพาะจากเมล็ดที่แช่น้ำ (ซ้าย) และที่ได้รับสารชีวภัณฑ์ IAA (ขวา) อายุ 28 วัน ภายหลังเพาะเมล็ด	36
18	คุณภาพสีค่า L (A) a* (B) b* (C) C* (D) และ Hue value (E) ของต้นเรดโอ๊ค (A) กรีนโอ๊ค (B) ที่ไม่ได้รับ IAA (□) และได้รับสารละลาย IAA (■) ภายหลังการเก็บเกี่ยว (สัปดาห์ที่ 4 หลังย้ายปลูก)	40
19	การเจริญเติบโตของต้นเรดโอ๊คที่ได้รับสารละลาย IAA (ซ้าย) หรือน้ำ (ขวา) อายุ 21 วันภายหลังย้ายปลูกลงแปลง	42
20	การเจริญเติบโตของต้นกรีนโอ๊คที่ได้รับสารละลาย IAA (ซ้าย) หรือน้ำ (ขวา) อายุ 21 วันภายหลังย้ายปลูกลงแปลง	42

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
21	ผลมะเขือเทศที่ได้รับสารละลาย IAA (ซ้าย) และน้ำ (ขวา)	44
22	การทำผลิตภัณฑ์สารชีวภัณฑ์ IAA แบบแห้งด้วยเครื่องระเหิดเย็น	46
23	ผลิตภัณฑ์สารชีวภัณฑ์ IAA แบบแห้งที่บรรจุในซองสุญญากาศ	46
24	ตัวอย่างการศึกษาความเข้มข้นของสารชีวภัณฑ์ IAA ที่เหมาะสมต่อการเพาะเมล็ดมะเขือเทศบนจานเพาะเปรียบเทียบระหว่างเมล็ดแช่น้ำ (A) และเมล็ดแช่สารชีวภัณฑ์ที่ความเข้มข้น 10 ug/ml (B) 20 ug/ml (C) และ 30 ug/ml (D)	49
25	เปรียบเทียบความสูงต้น ความยาว ขนาดรากและการแตกแขนงของรากต้นกล้ามะเขือเทศที่ทดสอบความเข้มข้นของสารชีวภัณฑ์ที่เหมาะสมบนจานเพาะ ระหว่างเมล็ดแช่น้ำ (A) และเมล็ดแช่สารชีวภัณฑ์ IAA ที่ความเข้มข้น 10 15 และ 20 ppm ตามลำดับ (B-D) ที่อายุ 7 วัน	49
26	เปรียบเทียบความสูงต้น ความยาว ขนาดรากและการแตกแขนงของรากต้นกล้าพริกที่ทดสอบความเข้มข้นของสารชีวภัณฑ์ที่เหมาะสมบนจานเพาะ ระหว่างเมล็ดแช่น้ำ (A) และเมล็ดแช่สารชีวภัณฑ์ IAA ที่ความเข้มข้น 10 15 20 และ 25 ไมโครกรัม ตามลำดับ (B-E) ที่อายุ 11 วัน	50
27	ผลิตภัณฑ์สารชีวภัณฑ์แช่เมล็ดแบบเบ็ดเสร็จชนิดน้ำ	55
28	การทดสอบยืนยันประสิทธิภาพของสารชีวภัณฑ์แช่เมล็ดแบบเบ็ดเสร็จชนิดน้ำ	55
29	ถาดหลุมขนาด 72 หลุมพร้อมวัสดุเพาะเมล็ดพีทมอส	75
30	กิจกรรมวันอบรมเชิงปฏิบัติการ	78
31	คู่มือการปลูกมะเขือเทศด้วยการใช้สารชีวภัณฑ์ IAA จากแบคทีเรียหนเค็ม	83
32	คู่มือการปลูกพริกด้วยการใช้สารชีวภัณฑ์ IAA จากแบคทีเรียหนเค็ม	84

ภาพรวมแผนงานวิจัย

1. ความสำคัญและที่มาของปัญหา

โครงการวิจัยนี้เกี่ยวข้องกับการนำทรัพยากรแบคทีเรียทนเค็มที่ผ่านการคัดเลือกสายพันธุ์แล้วมาใช้ประโยชน์ในด้านการส่งเสริมการเจริญของพืช โดยอาศัยองค์ความรู้ ประสบการณ์และผลการทดลองที่ได้ดำเนินการมาอย่างต่อเนื่องตั้งแต่ การแยกเชื้อแบคทีเรียทนเค็มกลุ่มที่เป็นแบคทีเรียส่งเสริมการเจริญของพืชจากดิน การศึกษาคุณลักษณะจำเพาะของแบคทีเรีย การรวบรวมสายพันธุ์และความหลากหลายของแบคทีเรียทนเค็มที่คัดเลือกได้ (ทุนสนับสนุนจากมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ปี 2555-2556) การศึกษาความสามารถในการสร้างฮอร์โมนพืชออกซิน และการเป็นแบคทีเรียปฏิปักษ์ต่อราก่อโรคพืชมะเขือเทศ (ทุนสนับสนุนจากมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ปี 2558-2559 และ วช-บัณฑิตศึกษาปี 2560) รวมทั้งการนำแบคทีเรียทนเค็มสายพันธุ์ที่ผ่านการคัดเลือกนี้มาทดสอบประสิทธิภาพในการส่งเสริมการเพาะปลูกมะเขือเทศในระดับโรงเรือน (ได้รับทุนสนับสนุนจากสำนักงานพัฒนาเศรษฐกิจจากฐานชีวภาพ (องค์การมหาชน) ปี 2560)

โครงการวิจัยที่เสนอขอรับทุนสนับสนุนในปี 2563 เป็นงานวิจัยที่ต่อยอดจากงานวิจัยที่ได้รับทุนสนับสนุนจากสำนักงานพัฒนาเศรษฐกิจจากฐานชีวภาพ (องค์การมหาชน) งบประมาณปี 2560 ที่ผ่านมาในหัวข้อเรื่อง “การพัฒนาศักยภาพของทรัพยากรแบคทีเรียทนเค็มกลุ่มที่สร้างสาร indole-3-acetic acid (IAA) และสารควบคุมราก่อโรคเพื่อการใช้ประโยชน์ในการส่งเสริมการปลูกและคุณภาพของมะเขือเทศหลังการเก็บเกี่ยว” แนวทางการวิจัยต่อยอดนั้นเป็นการศึกษารูปแบบที่เหมาะสมในการนำแบคทีเรียทนเค็มสายพันธุ์ส่งเสริมการเจริญของพืชกลุ่มที่สร้างฮอร์โมนพืชออกซิน (auxin) ประเภททรินโดล-3-แอซิดิก (Indole-3-acetic acid, IAA) และแบคทีเรียทนเค็ม *Bacillus subtilis* สายพันธุ์ที่สร้างสารยับยั้งราก่อโรคพืชตระกูล Solanaceae (มะเขือเทศ มะเขือเปราะ พริก) ได้แก่ โรคเหี่ยว (wilt) จากรา *Sclerotium rolfsii* DOAC2357 และรา *Fusarium oxysporum* DOAC1716 และโรคแอนแทรคโนสจากรา *Colletotrichum gloeosporioides* DOAC2201 ไปใช้เพื่อการผลิตชีวมวลและสารชีวภัณฑ์ระดับใหญ่ เพื่อศึกษาแนวทางในการผลิตเชิงพาณิชย์และต้นทุนในการผลิต ตลอดจนพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์สารชีวภัณฑ์ IAA จากแบคทีเรียในรูปแบบแห้งเพื่อให้สะดวกต่อการใช้งาน ทดสอบประสิทธิภาพ และอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ ตลอดจนการนำผลิตภัณฑ์ส่งเสริมการเจริญของพืช IAA จากแบคทีเรียทนเค็มไปทดสอบประสิทธิภาพในระดับแปลงปลูกในสภาวะแวดล้อมธรรมชาติ โดยทดสอบกับการเพาะปลูกพืชตระกูล Solanaceae (มะเขือเทศ พริก) และพืชผักกินสดในแปลงปลูกของเกษตรกรวิสาหกิจชุมชนเกษตรอินทรีย์บ้านดอนศาลเจ้า เพ็ญพิง (ภาฯ) ส่งเสริมการขยายผลแก่เกษตรกรผู้ปลูกผักอินทรีย์และผักปลอดภัยจากสารพิษในพื้นที่จังหวัดสุพรรณบุรี และกาญจนบุรี อันจะเป็นแนวทางการนำไปผลิตพืชปลอดภัยต่อสุขภาพที่มีประสิทธิภาพคุ้มค่ากับการลงทุนและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม

2. วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

2.1 เพื่อพัฒนาการผลิตสารชีวภัณฑ์ IAA ของแบคทีเรียทนเค็มสายพันธุ์คัดเลือกในถังหมักระดับนำร่อง (pilot scale)

2.2 เพื่อพัฒนาการทำผลิตภัณฑ์ IAA ในรูปแบบแห้งโดยเทคนิคการระเหิดแห้ง และตรวจสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์ อายุการเก็บในท้องทดลอง

2.3 เพื่อทดสอบประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์จากแบคทีเรียทนเค็มสายพันธุ์ที่คัดเลือกได้ต่อการเพาะปลูกพืชอินทรีย์ตระกูล Solanaceae (มะเขือเทศ พริกขี้หนูจินดา ผักสลัด) ในระดับแปลงปลูก

2.4 เพื่อถ่ายทอดเทคโนโลยีการใช้ประโยชน์จากแบคทีเรียส่งเสริมการเจริญของพืชสายพันธุ์ทนเค็มที่คัดเลือกได้ในการปลูกพืชตระกูล Solanaceae แบบปลอดภัยจากสารพิษ

3. รายละเอียดความเชื่อมโยงระหว่างโครงการวิจัยย่อย (อาจมีแผนภูมิประกอบ)

โครงการวิจัยย่อย 1 สร้างนวัตกรรมการใช้ประโยชน์จากสารชีวภัณฑ์ IAA ในการเพาะปลูกพืชผักแบบเกษตรอินทรีย์และได้รูปแบบการนำไปประยุกต์ใช้ในกระบวนการปลูกพืชผัก มีการนำข้อมูลและผลการวิจัยในด้านรูปแบบและประสิทธิภาพของสารชีวภัณฑ์ส่งเสริมการเจริญของพืชไปใช้ในการสร้างหลักสูตรอบรมให้กับเกษตรกรรายย่อย พร้อมนำผลิตภัณฑ์สารชีวภัณฑ์ IAA แซ่เมลิ็ดแบบเบ็ดเสร็จชนิดน้ำที่ได้จากการพัฒนาในโครงการย่อย 1 ไปใช้ในการอบรมถ่ายทอดความรู้ให้กับเกษตรกรที่ปลูกพืชผักอินทรีย์และผู้สนใจในพื้นที่ ต.วังยาว อ.ด่านช้าง จ.สุพรรณบุรี (โครงการย่อย 2) โดยนอกเหนือจากการบรรยายและฝึกปฏิบัติในงานแล้ว ยังได้แจกผลิตภัณฑ์ทดลองจำนวน 1 ขวด ปริมาตรบรรจุ 1 ลิตรให้กับเกษตรกรกลับไปทดลองใช้จริงกับการเพาะปลูกพืชผักในแต่ละครัวเรือน และมีการตั้งกลุ่มในแอปพลิเคชัน Line ชื่อ “ชีวภัณฑ์ไอเอเอ ม.เกษตรฯ” เพื่อให้คำแนะนำ ติดตามผลและความพึงพอใจของเกษตรกรต่อการใช้สารชีวภัณฑ์ IAA แซ่เมลิ็ดแบบเบ็ดเสร็จด้วย

หมายเหตุ ผู้เข้าอบรมที่ไม่ได้ใช้งานแอปพลิเคชัน Line ได้มีการแจ้งผลหรือฝากข้อซักถามต่างๆ ผ่านคุณสรวิศ น้ำค้าง ซึ่งทำหน้าที่เป็นผู้ประสานงานกับเกษตรกรให้กับโครงการฯ

4. สรุปผลการวิจัย (ภาพรวมทั้งโครงการ)

สามารถดำเนินงานบรรลุตามวัตถุประสงค์ของแผนงานทั้งหมดและสรุปผลการดำเนินงานได้ดังนี้

โครงการย่อย 1 การพัฒนาผลิตภัณฑ์ส่งเสริมการเจริญของพืชจากแบคทีเรียทนเค็มสายพันธุ์คัดเลือกและการทดสอบประสิทธิภาพการส่งเสริมการเจริญของพืชตระกูล Solanaceae ในระดับแปลงปลูก

- สร้างองค์ความรู้ทางด้านกระบวนการผลิตชีวภัณฑ์จากแบคทีเรียทนเค็มส่งเสริมการเจริญของพืชในสภาวะที่เหมาะสมในระดับถึงหมักขนาดใหญ่และการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ส่งเสริมการเจริญของพืชเพื่อสามารถพัฒนาต่อยอดในการผลิตเชิงพาณิชย์

จากผลการดำเนินงานทางด้านการผลิตชีวภัณฑ์จากแบคทีเรียทนเค็มส่งเสริมการเจริญของพืชได้องค์ความรู้ทางด้านกระบวนการผลิตชีวภัณฑ์จากแบคทีเรียทนเค็มในถึงหมักขนาดใหญ่ (pilot scale ขนาด 750 ลิตร) ที่บรรจุอาหารปริมาตร 500 ลิตร สามารถพัฒนาสูตรอาหารที่เหมาะสมในการผลิตชีวมวลของแบคทีเรียทนเค็มสายพันธุ์คัดเลือกทั้ง 6 สายพันธุ์ (*Bacillus* จำนวน 5 สายพันธุ์และ *Micrococcus* จำนวน 1 สายพันธุ์) โดยใช้อาหาร HA สูตรดัดแปลงที่ประกอบด้วยแหล่งคาร์บอนและไนโตรเจนเป็นโปรตีนเปปโตและสารสกัดจากยีสต์โดยไม่มีเกลือ NaCl ภายใต้สภาวะการเพาะเลี้ยงที่ 35 องศาเซลเซียส ค่า pH 7.5 ให้อากาศ 0.75 VVM เป็นเวลา 24-30 ชั่วโมง ค่าความขุ่นสูงสุด (OD_{600}) 30-35 ปริมาณเซลล์เท่ากับ 10^9 cfu/ml ส่วนผลการดำเนินงานผลิตสารชีวภัณฑ์ IAA ในถึงหมักระดับ 500 ลิตร ใช้อาหารเลี้ยงเชื้อ HA สูตรดัดแปลงที่ไม่มีเกลือ NaCl โดยมีแหล่งคาร์บอนและไนโตรเจนเป็นโปรตีนและสารสกัดจากยีสต์ในสัดส่วน 20:5 และเติม L-tryptophan 30 mM ควบคุม pH 8 ตลอดการเพาะเลี้ยงเป็นเวลา 84-96 ชั่วโมง วิเคราะห์ปริมาณ crude IAA ได้เท่ากับ 2254.48 ± 149.85 ug/ml (คิดเป็น IAA บริสุทธิ์ 50% pure IAA) ในด้านการพัฒนาสารชีวภัณฑ์ IAA ในรูปแบบผลิตภัณฑ์แห้งได้ทดสอบหาปริมาณสาร CMC เพื่อเพิ่มเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ โดยพบว่าปริมาณสาร CMC ที่เหมาะสมคือ 0.1% โดยละลายในน้ำนำมาผสมกับสารชีวภัณฑ์ IAA ในสัดส่วน 1:1 จากนั้นนำเข้าเครื่อง freeze-dry เพื่อระเหิดแห้งในสภาพแช่แข็งเป็นเวลา 5 วัน บรรจุในซองสุญญากาศ ขนาดของละ 1 ลิตรได้น้ำหนักเท่ากับ 50 กรัม และตรวจสอบประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์โดยการทดสอบการงอกของเมล็ดบนจานทดสอบและวิเคราะห์ค่าดัชนีความแข็งแรง (vigor index) ของต้นกล้าอายุ 7 วัน พบว่าผลิตภัณฑ์รูปแบบแห้งที่เก็บที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 9 เดือน ยังคงให้ค่าดัชนีความแข็งแรงของต้นกล้าเท่ากับ

ก่อนเก็บ อย่างไรก็ตามก่อนนำมาใช้งานต้องนำมาละลายน้ำและทำการเจือจางเพื่อให้ได้ความเข้มข้นที่เหมาะสมและจำเป็นต้องเก็บสารชีวภัณฑ์หลังจากละลายน้ำที่อุณหภูมิต่ำตลอดการใช้งานเพื่อป้องกันการปนเปื้อนจากจุลินทรีย์

- สร้างนวัตกรรมการใช้ประโยชน์จากสารชีวภัณฑ์ IAA ในการเพาะปลูกพืชผักแบบเกษตรอินทรีย์และรูปแบบการนำไปประยุกต์ใช้ในระบบการปลูกพืชผัก

ผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่าสามารถนำสารชีวภัณฑ์ที่มีความเข้มข้นที่เหมาะสมไปใช้ในระบบการปลูกพืชผักได้ทั้งในระยะขั้นตอนการเพาะต้นกล้าด้วยการแช่เมล็ดด้วยสารชีวภัณฑ์และในระยะแปลงปลูก โดยพบว่าความเข้มข้นของสารชีวภัณฑ์ที่เหมาะสมสำหรับการแช่เมล็ดพืชผักเท่ากับ 10-30 ug/ml โดยระยะเวลาแช่เมล็ดแตกต่างกัน จากการทดลองพบว่าควรแช่เมล็ดด้วยสารชีวภัณฑ์จนเมล็ดมีลักษณะเต่งซึ่งพบว่าเมล็ดพืชผักกินใบ เช่น ผักสลัดต่างๆ ที่มีน้ำหนักเมล็ดน้อย เปลือกหุ้มเมล็ดบาง ควรใช้เวลาแช่ประมาณ 6-10 ชั่วโมง ทั้งนี้เมล็ดขนาดเล็ก เบา ควรใช้เวลาแช่เมล็ดสั้นกว่าเมล็ดเปลือกแข็ง ส่วนพืชผักกินผลพืชผักสวนครัว เช่น มะเขือเทศ มะเขือ พริก ที่มีขนาดเมล็ดและเปลือกแข็งกว่าโดยเฉพาะพริก ควรใช้เวลาแช่สารประมาณ 15-18 ชั่วโมง สารชีวภัณฑ์แช่เมล็ดสามารถกระตุ้นการงอกของเมล็ดพืชผักได้ดีโดยพบค่าร้อยละของการงอกเพิ่มขึ้นสำหรับพืชผักกินใบประมาณ 2-4% ส่วนพืชผักกินผล 4-10% โดยเฉพาะในพริกชี้หูพบว่าสารชีวภัณฑ์สามารถกระตุ้นการงอกได้สูงกว่าพืชผักอื่นๆ นอกจากนี้ยังพบว่าต้นกล้าที่เพาะจากเมล็ดแช่สารชีวภัณฑ์มีการเจริญที่สม่ำเสมอ แม้ความสูงเฉลี่ยของต้นกล้าอายุ 21 วัน เมื่อเปรียบเทียบกับต้นกล้าที่เพาะจากเมล็ดแช่น้ำไม่แตกต่างกัน มีพัฒนาการของการสร้างใบจริงที่เร็วกว่า จำนวนใบจริงและระบบรากมากกว่าเมล็ดแช่น้ำ แสดงให้เห็นว่าสารชีวภัณฑ์ IAA จาก *M. yunnanensis* P2-23 นอกจากมีกิจกรรมกระตุ้นการงอกแล้วยังมีกิจกรรมส่งเสริมการเจริญของต้นกล้าพืชผักอีกด้วย ดังแสดงให้เห็นว่าต้นกล้ามีความพร้อมในการย้ายปลูกได้เร็ว สามารถระยะเวลาในขั้นเตรียมต้นกล้าก่อนย้ายปลูกได้ประมาณ 1-2 สัปดาห์โดยเฉลี่ย ทั้งนี้ขึ้นกับชนิดพืชและสภาพแวดล้อมในการเจริญของต้นกล้าด้วย สำหรับการให้สารชีวภัณฑ์ในระยะหลังย้ายปลูก 2 สัปดาห์ สัปดาห์ละครั้งจนพืชเริ่มออกดอกและมีการฉีดพ่นช่อดอกเมื่อดอกบานเต็มที่ สัปดาห์ละ 2 ครั้งโดยใช้สารชีวภัณฑ์ความเข้มข้น 30-50 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร สามารถลดการหลุดร่วงของดอกในมะเขือเทศเชอร์รี่ได้นอกจากนี้ยังช่วยเพิ่มคุณภาพของพืชผลโดยตรวจพบปริมาณวิตามินซีในผลมะเขือเทศเชอร์รี่ที่ให้สารชีวภัณฑ์ IAA สูงกว่ามะเขือเทศเชอร์รี่ที่ไม่ได้รับสารชีวภัณฑ์ถึง 6 เท่า จึงสามารถสรุปได้ว่าสารชีวภัณฑ์ IAA เป็นสารกระตุ้นการงอกของเมล็ดและส่งเสริมการเจริญและเพิ่มคุณภาพให้กับผลผลิตพืชผัก สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในแต่ละขั้นตอนของกระบวนการปลูกพืชผักอินทรีย์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ลดการใช้สารฮอร์โมนเคมีในการผลิตพืชผัก

โครงการย่อย 2 การถ่ายทอดเทคโนโลยีการปลูกพืชตระกูล Solanaceae แบบเกษตรอินทรีย์ด้วยสารชีวภัณฑ์ไอเอเอ

ได้ดำเนินการสร้างหลักสูตรอบรมเชิงปฏิบัติการโดยเนื้อหาหลักสูตรได้ออกแบบครอบคลุมการประยุกต์ใช้สารชีวภัณฑ์ IAA จากแบคทีเรียที่เรีบทนเค็มส่งเสริมการเจริญของพืช *Micrococcus yunnanensis* P2-23 ในการผลิตต้นกล้าพืชผักที่มีคุณภาพ โดยได้พัฒนาผลิตภัณฑ์แช่เมล็ดพืชผักสำเร็จรูปที่มีความเข้มข้นของสารชีวภัณฑ์ IAA ที่เหมาะสมกับเมล็ดพืชผักหลายชนิดครอบคลุมพืชผักกินใบและพืชผักกินผล โดยคำนึงถึงประสิทธิผลในการกระตุ้นการงอกและเสริมความแข็งแรงให้กับต้นกล้าพืชผัก และสร้างหลักสูตรพร้อมคู่มืออบรมเชิงปฏิบัติการชื่อ “เทคนิคการผลิตต้นกล้าพืชผักที่มีคุณภาพด้วยสารชีวภัณฑ์ไอเอเอจากแบคทีเรียทนเค็ม” พร้อมนำไปขยายผลถ่ายทอดสู่เกษตรกรรายย่อยทดลองใช้และประเมินผลการวิจัยร่วมกัน โดยสร้างเครื่องมือประเมินประสิทธิผลของผลิตภัณฑ์สารชีวภัณฑ์แช่เมล็ดโดยใช้แบบประเมิน (Likert scale) ที่มี

ระดับคะแนน 5ระดับ นอกจากนี้ยังได้จัดทำคลิปและคู่มือเผยแพร่ผลงานวิจัยด้านการใช้ประโยชน์จากชีวภัณฑ์กระตุ้นและส่งเสริมการเจริญ (bio-stimulant) จากแบคทีเรียทนเค็ม *Micrococcus yunnanensis* P2-23

เทคโนโลยีการผลิตต้นกล้าพืชผักที่มีคุณภาพเป็นปัจจัยหนึ่งที่สำคัญต่อภาคการเกษตรในการผลิตพืชอาหารให้กับมนุษย์ เกี่ยวข้องโดยตรงกับปริมาณและผลผลิตที่เกิดขึ้น มีความพยายามที่จะนำจุลินทรีย์ส่งเสริมการเจริญของพืชมาใช้ในการทำการเกษตรอินทรีย์ทั้งในรูปแบบปุ๋ยชีวภาพหรือสารชีวภัณฑ์ ซึ่งส่วนใหญ่สารชีวภัณฑ์ที่นำมาใช้นั้นมักเป็นสารควบคุมราก่อโรคพืช (bio-fungicide) การนำสารชีวภัณฑ์ประเภทฮอร์โมนจากแบคทีเรียทนเค็มส่งเสริมการเจริญของพืชในรูปแบบผลิตภัณฑ์ที่มีการใช้งานแบบจำเพาะยังไม่เคยมีรายงาน เช่น ใช้ในการแช่เมล็ดซึ่งต้องมียุทธวิธีในการใช้ในปริมาณฮอร์โมนที่เหมาะสมเพื่อกระตุ้นการงอกและเสริมความแข็งแรงให้กับต้นกล้า (bio-stimulant) ยังไม่เป็นที่แพร่หลายทั้งในด้านการพัฒนาผลิตภัณฑ์และการนำไปใช้จริง โครงการวิจัยนี้จึงมีความคิดริเริ่มที่จะนำผลิตภัณฑ์สารชีวภัณฑ์แช่เมล็ดพืชผักจากแบคทีเรีย *Micrococcus yunnanensis* P2-23 ที่พัฒนาได้จากโครงการย่อย 1 มาใช้ประโยชน์เพื่อถ่ายทอดทักษะการเพาะต้นกล้าพืชผักด้วยการใช้สารชีวภัณฑ์แช่เมล็ด ตลอดจนออกแบบการประเมิน 5 ด้าน (ด้านเนื้อหา ด้านความรู้ความเข้าใจในเนื้อหาที่จัดอบรม ด้านความเหมาะสมของสถานที่ ระยะเวลาที่ใช้และอาหาร) ที่มีคะแนน 5 ระดับ วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติเชิงพรรณนา เพื่อให้เกษตรกรผู้เข้ารับการอบรมได้แสดงความคิดเห็นต่อหลักสูตรอบรมและประเมินคุณภาพต้นกล้าในระยะต่างๆ (1-3 สัปดาห์) เปรียบเทียบกับต้นกล้าที่เพาะจากเมล็ดแช่น้ำ (ชุดคุม) เพื่อสะท้อนให้เห็นถึงประสิทธิภาพของสารชีวภัณฑ์ IAA และกรรมวิธีการนำไปใช้ในการผลิตต้นกล้าพืชผักที่มีคุณภาพได้ต่อไป โดยจัดอบรมเชิงปฏิบัติการให้กับเกษตรกรรายย่อยกลุ่มเกษตรกรอินทรีย์วิถีพอเพียง ตำบลวังยาว ณ. วัดม่วงชะวนาราม ต. วังยาว อ. ด่านช้าง จ. สุพรรณบุรี โดยมีเกษตรกรเข้าร่วมอบรมจำนวน 32 ราย ผลการศึกษาพบว่าระดับความพึงพอใจเฉลี่ยต่อเนื้อหาหลักสูตรเท่ากับ 4.39 ± 0.58 เทคนิคการผลิตต้นกล้าที่มีคุณภาพด้วยสารชีวภัณฑ์ไอเอเอมีความพึงพอใจเฉลี่ย 4.14 ± 0.79 เมื่อเปรียบเทียบความพึงพอใจของคุณภาพผลิตภัณฑ์ต่อคุณภาพต้นกล้าที่มีอายุต่างกันพบว่าระดับความพึงพอใจเฉลี่ยในต้นกล้าที่มีอายุมากมีคะแนนสูงกว่า โดยต้นกล้าเรดโอ๊คอายุ 3 สัปดาห์มีความพึงพอใจเฉลี่ยสูงสุด 4.65 ± 0.49 นอกจากนี้ระดับความพึงพอใจเฉลี่ยของความสะดวกในการใช้งานของผลิตภัณฑ์แช่เมล็ดสำเร็จรูปเท่ากับ 81.82% โดยมีข้อเสนอแนะจากแบบประเมินในด้านการพัฒนาผลิตภัณฑ์แช่เมล็ดสำเร็จรูปในรูปแบบแห้งที่ใช้งานเพียงครั้งเดียวเพื่อเพิ่มความสะดวกในการเก็บรักษา

5. ประโยชน์ที่ได้รับ

5.1 ต้นแบบกระบวนการผลิตชีวภัณฑ์ส่งเสริมการเจริญของพืชจากแบคทีเรียทนเค็มสายพันธุ์คัดเลือกในถังหมักระดับกึ่งพาณิชยกรรม

5.2 รูปแบบการปลูกพืชผักด้วยสารชีวภัณฑ์ไอเอเอจากแบคทีเรีย *Micrococcus yunnanensis* P2-23 ในระบบอินทรีย์ต้นแบบ

5.3 ต้นแบบผลิตภัณฑ์ส่งเสริมการเจริญของพืช

5.4 ต้นแบบผลิตภัณฑ์แช่เมล็ดพืชผักสำหรับเพาะต้นกล้า

6. หน่วยงานที่นำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

6.1 หน่วยงานภาคเอกชนที่สนใจนำผลงานวิจัยไปต่อยอดทางด้านการผลิตเชิงพาณิชย์

6.2 หน่วยงานภาครัฐที่ส่งเสริมเกษตรกรปลูกพืชผักปลอดสารเคมี

6.3 สถาบันการศึกษาที่สนใจต่อยอดงานวิจัยเชิงลึกทางด้าน Ag-genomics ความสัมพันธ์ระหว่าง PGPB สายพันธุ์คัดเลือกและบทบาทส่งเสริมคุณภาพพืชผัก

6.4 ชุมชนเกษตรกรปลูกพืชผักอินทรีย์

เอกสารแนบ

ตารางเปรียบเทียบสารชีวภัณฑ์ฮอร์โมนพืชและฮอร์โมนเคมีกลุ่มออกซินที่ใช้ในการเกษตร

ชนิด	คุณสมบัติ	การนำไปใช้งาน ทางด้านการเกษตร	เป้าหมายพืช	วิธีใช้สารฮอร์โมน	ความเข้มข้น	ความเป็นพิษ	ราคาต่อหน่วย (บาท)
สารชีวภัณฑ์ฮอร์โมน IAA จากแบคทีเรีย <i>Micrococcus yunnanensis</i> P2-23	สารอินทรีย์ ละลายน้ำ	กระตุ้นการเจริญการ งอกของเมล็ด เสริมสร้างความแข็งแรง ให้กับรากและลำต้นพืช ลดการหลุดร่วงดอก ผล ควบคุมรากและการ เจริญของผล	พืชผักกินใบและ พืชผักกินผลที่ เพาะด้วยเมล็ด (ผักสลัด มะเขือ เทศ พริก)	แช่เมล็ด* รดต้นพืช ฉีดพ่นฝอยใบ ดอก	10-30 ppm	ไม่พบ	1 g/160 บาท 10-30 ppm ปริมาณ 1 ลิตร/ 3.5 บาท (ต้นทุน)
4-CPA (4-Chlorophenoxy- acetic acid)	สารเคมีสังเคราะห์ ไม่ละลายน้ำ ละลายในตัวทำ ละลายมีขี้ว เช่น แอลกอฮอล์ อะซี โตน เบนซีน	ควบคุมรากและการ เจริญของผล ลดการ หลุดร่วงดอก ผล กระตุ้นการก่อตัวของ ผลไม้ที่ปราศจากเมล็ด	มะเขือเทศ พริกไทย แตง	ฉีดพ่นฝอยใบ ดอก	10-20 ppm	ระคายเคือง ผิวหนัง ตา พบสารสะสม ในผลมะเขือ เทศ	1 กก./6,600 บาท 1 กรัม/6.6 บาท

ตารางแสดงรายละเอียดของการใช้สารชีวภัณฑ์ IAA ในการปลูกพืชผักทดสอบ

ชนิดพืชผัก	ระยะพืชที่ให้สารชีวภัณฑ์ IAA	ความเข้มข้นสารชีวภัณฑ์ IAA (ppm)	ปริมาณสารชีวภัณฑ์ IAA ที่ให้	วิธีการให้สารชีวภัณฑ์ IAA	ความถี่ในการให้สารชีวภัณฑ์ IAA
พืชกินใบ	เมล็ด	10-30	ไม่จำกัดปริมาณขึ้นอยู่กับขนาด น้ำหนักเมล็ด ระยะเวลาแช่	แช่เมล็ด ระยะเวลาแช่ 6-10 ชั่วโมง	1 ครั้งตอนแช่เมล็ด
	ต้นกล้า	-	-	-	-
	ต้นโตเต็มวัย	30-50	10 มิลลิลิตรในน้ำ 500 มิลลิลิตร (ต่อ 1 ต้น)	รดลำต้น ใบ หรือรดรอบ ราก	สัปดาห์ละครั้ง หลังพืชย้ายปลูก ได้ 2 สัปดาห์ จนเก็บเกี่ยว
พืชกินผล	เมล็ด	10-30	ไม่จำกัดปริมาณขึ้นอยู่กับขนาด น้ำหนักเมล็ด ระยะเวลาแช่	แช่เมล็ด ระยะเวลาแช่ 15- 18 ชั่วโมง	1 ครั้งตอนแช่เมล็ด
	ต้นกล้า	-	-	-	-
	ต้นโตเต็มวัย	30-50	10 มิลลิลิตรในน้ำ 500 มิลลิลิตร (ต่อ 1 ต้น)	รดลำต้น ใบ หรือรดรอบ ราก	สัปดาห์ละครั้ง หลังพืชย้ายปลูก ได้ 2 สัปดาห์ จนพืชเริ่มมีดอก
	ต้นพืชออกดอก	30-50	1 มิลลิลิตรในน้ำ 1 มิลลิลิตร (ต่อ 1 ช่อดอก)	ฉีดพ่นฝอยบริเวณก้านช่อดอก	สัปดาห์ละ 2 ครั้ง เมื่อดอกบาน สมบูรณ์ เป็นเวลา 2 สัปดาห์ จน ดอกบนต้นทยอยติดผล



โครงการย่อย 1 (ภาษาไทย)	การพัฒนาผลิตภัณฑ์ส่งเสริมการเจริญของพืชจากแบคทีเรียทนเค็มสายพันธุ์คัดเลือกและการทดสอบประสิทธิภาพการส่งเสริมการเจริญของพืชตระกูล Solanaceae ในระดับแปลงปลูก
(ภาษาอังกฤษ)	Development of plant growth promoting products from selected salt-tolerant bacteria and testing on growth promotion of Solanaceae plant in commercial-scale plantation

คณะผู้วิจัย

ผศ.ดร.อัมรินทร์ มงคลชัยพฤกษ์

ผศ.ดร.สาวิตร ตระกูลนำเลื่อมใส

รศ.ดร.จินดาวรรณ สิริันทวินติ

ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาควิชาจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาควิชาสัตววิทยา คณะวิทยาศาสตร์

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาการผลิตสารชีวภัณฑ์ไเอเอจากแบคทีเรียหนเค็ม *Micrococcus yunnanensis* P2-23 และพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ส่งเสริมการเจริญของพืชผักในรูปแบบแห้ง ทดสอบประสิทธิภาพในระดับแปลงปลูก โดยศึกษาในถังหมักขนาดใหญ่กึ่งอุตสาหกรรม (ขนาด 750 ลิตร) ใช้อาหารเลี้ยงเชื้อ HA สูตรดัดแปลงที่ไม่มีเกลือ NaCl มีแหล่งคาร์บอนและไนโตรเจนเป็นโปรตีนและสารสกัดจากยีสต์ในสัดส่วน 20:5 และเติม 30 mM (0.6%) L-tryptophan ควบคุม pH 8 ตลอดการเพาะเลี้ยงเป็นเวลา 84-96 ชั่วโมง วิเคราะห์ปริมาณ IAA สูงสุดด้วยวิธีทางเคมีได้เท่ากับ 2254.48 ± 149.85 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร คิดเป็นสาร IAA บริสุทธิ์เท่ากับ 50-54% ส่วนการพัฒนาเป็นสารชีวภัณฑ์ในรูปแบบแห้งพบว่าปริมาณสารคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส ที่เหมาะสมคือ 0.1% โดยละลายในน้ำนำมาผสมกับสารชีวภัณฑ์ IAA ในสัดส่วน 1:1 ก่อนระเหิดแห้งในสภาพแช่แข็ง ผลการทดสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่เก็บเป็นเวลา 9 เดือน พบว่าร้อยละของต้นกล้าที่งอกและค่าดัชนีความแข็งแรง (vigor index) ของต้นกล้าอายุ 7 วัน ไม่แตกต่างจากผลิตภัณฑ์ก่อนทำแห้ง นอกจากนี้เมล็ดที่แช่สารชีวภัณฑ์ IAA พบว่ามีเปอร์เซ็นต์การงอกเพิ่มขึ้น 2-10% ขึ้นกับชนิดพืช ความสม่ำเสมอของความสูงต้นกล้า ขนาดและจำนวนใบจริง ความหนาแน่นของระบบรากของต้นกล้าอายุ 21 วันสูงกว่าต้นกล้าที่เพาะจากเมล็ดแช่น้ำ (ชุดคุม) นอกจากนี้ผลการทดลองยังแสดงให้เห็นว่าความเข้มข้นที่เหมาะสมในการแช่เมล็ดเพาะต้นกล้าและในระยะแปลงปลูกเท่ากับ 10-30 และ 30-50 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตรตามลำดับ ผลการวิเคราะห์สารพฤษเคมีในพืชผักกรีนโอ๊คและเรดโอ๊ครวมทั้งผลมะเขือเทศพบว่ามีปริมาณสารรงควัตถุและวิตามินสูงกว่าพืชชุดคุม โดยเฉพาะผลมะเขือเทศพบปริมาณวิตามินซีสูงกว่าถึง 6 เท่า

คำสำคัญ: ฮอริโมนไเอเอจากแบคทีเรีย *Micrococcus yunnanensis* P2-23, การผลิตสารชีวภัณฑ์ไเอเอเอ กึ่งอุตสาหกรรม, ผลิตภัณฑ์ส่งเสริมการเจริญของพืชจากแบคทีเรียหนเค็ม, การปลูกพืชผักอินทรีย์ด้วยสารชีวภัณฑ์ไเอเอเอ

Abstract

Objectives of this research were to develop the IAA-biostimulant production from salt-tolerant bacteria *Micrococcus yunnanensis* P2-23 and to develop as a plant growth promoting products. Then, test the effectiveness at the field plantation. The IAA production was carried out in a large semi-industrial fermenter (**750** L) using modified NaCl salt-free HA medium, with **20:5** carbon and nitrogen sources of protein and yeast extract supplemented with 30 mM (0.6%) L-tryptophan. The incubation conditions were controlled at pH 8, 35 °C for 84-96 h. The aeration was 0.75 VVM. The maximum amount of IAA chemically assayed was $2,254.48 \pm 149.85$ µg/mL representing a pure IAA of 50-54%. For the development of bio-stimulant in dry form, it was found that the appropriate amount of carboxymethylcellulose (CMC) was 0.1% by dissolving in water and mixed with IAA in the proportion of 1:1 before sublimation-dried in the frozen state. The results of quality testing of the products stored for 9 months showed that the percentage of germinated seedlings and the vigor index of 7-day old seedlings were not different as compared to that of the product before drying. In addition, seeds soaked with IAA bio-stimulant showed a 2-10% increase in germination depending on the plant species. Uniformity of seedling height, number of leaves and root system densities of 21-day-old seedlings were higher than seedlings grown from water-soaked seeds (controls). In addition, the results showed that the optimum concentrations for soaking seeds and in the planting stage were 10-30 and 30-50 µg/mL, respectively. Phytonutrient of green oak, red oak and tomato were found to have higher content of pigments and vitamins than the control crops. In particular, tomatoes found **6** times more vitamin C content.

Keywords: IAA from *Micrococcus yunnanensis* P2-23, IAA production in semi-industrial fermenters, plant growth-promoting substance from salt-tolerant bacteria, growing organic vegetables with IAA biostimulant

ภาพรวมโครงการย่อย 1

1. ที่มาและความสำคัญของปัญหา

ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรม ประชากรส่วนใหญ่ประกอบอาชีพเกษตรกร โดยลักษณะการทำเกษตรส่วนใหญ่ทำการเพาะปลูกพืชร้อยละ 96.4 (สำนักงานสถิติแห่งชาติ, 2556) ภาคการเกษตรจึงเป็นภาคการผลิตที่มีบทบาทสำคัญต่อการขับเคลื่อนเศรษฐกิจของประเทศเพราะนอกจากจะสร้างรายได้ให้กับครัวเรือนการเกษตรแล้วยังสร้างรายได้ให้กับประเทศอีกด้วย (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2556) ในปัจจุบันสังคมไทยเข้าสู่ยุคปฏิวัติเขียวหรือ Green revolution ซึ่งเป็นการเปลี่ยนแปลงระบบเกษตรกรรมจากแบบดั้งเดิมมาสู่การเกษตรแผนใหม่ มีการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืช ปุ๋ยเคมี และเครื่องจักรกลทางการเกษตร (พันธ์จิตต์, 2556) ในปี พ.ศ. 2554-2558 ประเทศไทยมีการนำเข้าปุ๋ยเคมี 4.65 ล้านตัน สารกำจัดศัตรูพืช 1.50 แสนตัน (กรมวิชาการเกษตร, 2559) ซึ่งเป็นสาเหตุที่มีอิทธิพลต่อความหลากหลายทางชีวภาพ ทำให้สมดุลทางชีวภาพเกิดการเปลี่ยนแปลงไป ต้นทุนการผลิตสูง เกษตรกรประสบภาวะขาดทุน สภาพแวดล้อมถูกทำลายเกิดผลกระทบต่อสุขภาพของเกษตรกร มีสารพิษตกค้างในผลผลิต และเกิดการปนเปื้อนไปสู่สภาวะแวดล้อม การนำจุลินทรีย์มาประยุกต์ใช้ในการส่งเสริมการเจริญของพืชด้วยกิจกรรมของจุลินทรีย์หรือผลผลิตที่ได้จากจุลินทรีย์จึงเป็นอีกหนึ่งทางเลือกในการลดปัญหาจากการใช้ปุ๋ยเคมีมากเกินไป ใช้สารเร่งการเจริญของพืช รวมถึงสารกำจัดศัตรูพืชที่มีอยู่อย่างมากมายในปัจจุบัน โดยจุลินทรีย์จะไปอาศัยอยู่บริเวณรากพืชหรืออยู่ร่วมกับพืช ซึ่งจะช่วยเพิ่มธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อพืช จากการตรึงไนโตรเจนจากอากาศ หรือการทำให้ธาตุอาหารที่มีอยู่ในดินเกิดการละลาย ช่วยลดความเครียดในพืช สร้างสารส่งเสริมการเจริญของพืช ยับยั้งการเจริญของเชื้อก่อโรค และจุลินทรีย์บางชนิดยังสามารถย่อยสลายสารพิษในดินได้อีกด้วย การใช้ประโยชน์จากจุลินทรีย์ในการส่งเสริมการเจริญของพืชจึงเป็นแนวทางที่มีความน่าสนใจในการลดปัญหาต่างๆ ที่กล่าวมาข้างต้น อีกทั้งยังเป็นวิธีที่ปลอดภัยและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมไม่ก่อให้เกิดการตกค้างหรือปนเปื้อนในพืช จึงเป็นแนวทางการเกษตรที่ยั่งยืน ในปัจจุบันมีงานวิจัยที่แสดงให้เห็นถึงการนำจุลินทรีย์ไปใช้ในการส่งเสริมการเจริญของพืชและควบคุมโรคพืชได้อย่างมีประสิทธิภาพทั้งในระดับห้องทดลองและในระดับแปลงปลูก ปัจจุบันผู้บริโภคให้ความสนใจในเรื่องอาหารและสุขภาพมากขึ้นการควบคุมโรคโดยใช้จุลินทรีย์ที่เป็นปฏิปักษ์ต่อเชื้อก่อโรค จัดเป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพ เนื่องจากมีความปลอดภัยต่อผู้บริโภค และไม่ทำลายสภาพแวดล้อม

แบคทีเรียหนเค็มที่คัดแยกจากดินที่แห้งแล้งมีความสามารถในการปรับตัวในการเจริญในสภาพแวดล้อม โดยเฉพาะดินแห้งแล้งขาดธาตุอาหารอินทรีย์ได้ดีกว่าแบคทีเรียทั่วๆ ไปในสิ่งแวดล้อม การเพาะเลี้ยงแบคทีเรียหนเค็มในห้องปฏิบัติการอาหารเพาะเลี้ยงเป็นอาหารที่ไม่ต้องเติมเกลือแบคทีเรียเหล่านี้ก็สามารถเจริญได้ดี ซึ่งต่างจากแบคทีเรียชอบเค็มซึ่งเจริญได้ดีในอาหารเพาะเลี้ยงที่มีเกลือเท่านั้น นอกจากนี้แบคทีเรียหนเค็มที่คัดเลือกได้ยังมีคุณสมบัติเป็นแบคทีเรียส่งเสริมการเจริญของพืชโดยสามารถสร้างฮอร์โมนออกซินที่พืชนำไปใช้ได้ และบางสายพันธุ์สร้างสารยับยั้งราก่อโรคพืชได้ จึงมีแนวคิดที่จะนำแบคทีเรียหนเค็มสายพันธุ์ส่งเสริมการเจริญของพืชนี้มาใช้ประโยชน์เพื่อส่งเสริมการเพาะปลูกและป้องกันโรคพืชโดยลดการใช้สารเคมีโดยเฉพาะสารเคมีกำจัดราก่อโรคที่มักมีสาเหตุการเกิดโรคที่ติดมากับดินและเมล็ดพืช จากผลการดำเนินงานวิจัยที่ผ่านมาได้คัดเลือกแบคทีเรียหนเค็มสายพันธุ์ที่มีประสิทธิภาพสูงในการสร้างฮอร์โมนพืชออกซิน (auxin) ประเภทกรดอินโดล-3-แอซิดิก (Indole-3-acetic acid, IAA) ที่น่าสนใจ ได้แก่ แบคทีเรีย *Micrococcus yunnanensis* P2-23, *Bacillus endophyticus* P12-12 และแบคทีเรียหนเค็ม สายพันธุ์ที่สร้างสารยับยั้งราก่อโรคพืชตระกูล Solanaceae (มะเขือเทศ มะเขือเปราะ พริก) ได้แก่ *Bacillus subtilis* P9-21, P7-18, *Bacillus subtilis* subsp. *inaquosorum* P5-29 และ *Bacillus licheniformis* P4-10 แบคทีเรียหนเค็มที่คัดเลือกได้ส่วนใหญ่เป็นแบคทีเรียแกรมบวกซึ่งมีผนังเซลล์แข็งแรง อีกทั้งสายพันธุ์ที่เป็นแบคทีเรียปฏิปักษ์ต่อราก่อโรคนั้นเป็นแบคทีเรียในกลุ่ม *Bacillus* ที่สร้างเอนโดสปอร์ทำให้แบคทีเรียเหล่านี้ทน

ต่อสภาวะแวดล้อมธรรมชาติต่างๆได้ดี นอกจากนี้แบคทีเรียหน่อกิ่งสายพันธุ์ที่คัดเลือกได้ยังไม่เคยมีรายงานว่า เป็นแบคทีเรียก่อโรคในคน สัตว์และพืช จึงมีความปลอดภัยต่อการนำมาใช้เป็นแบคทีเรียส่งเสริมการเจริญของ พืช (generally recognized as safe, GRAS)

จากโครงการวิจัยที่ได้รับทุนสนับสนุนจากสำนักงานพัฒนาเศรษฐกิจจากฐานชีวภาพ (องค์การมหาชน) ปี 2560 ที่ผ่านมาในหัวข้อเรื่อง “การพัฒนาศักยภาพของทรัพยากรแบคทีเรียหน่อกิ่งกลุ่มที่สร้างสาร indole-3-acetic acid (IAA) และสารควบคุมราก่อโรคเพื่อการใช้ประโยชน์ในการส่งเสริมการปลูกและคุณภาพของมะเขือเทศหลังการเก็บเกี่ยว” ได้มีการนำแบคทีเรียคัดเลือกจำนวน 6 สายพันธุ์ที่มีคุณสมบัติสร้างสาร IAA ได้ดี จำนวน 2 สายพันธุ์ คือ *Micrococcus yunnanensis* P2-23 และ *Bacillus endophyticus* P12-12 ร่วมกับแบคทีเรียกลุ่ม *Bacillus* อีก 4 สายพันธุ์ที่เป็นเชื้อปฏิปักษ์ (antagonist) ต่อราก่อโรคในมะเขือเทศ 3 ชนิด คือ *Sclerotium rolfsii* DOAC2357, *Fusarium oxysporum* DOAC1716 และ *Colletotrichum gloeosporioides* DOAC 2201 โดยนำมาพัฒนาสูตรอาหารเลี้ยงเชื้อที่ให้สารที่มีประโยชน์ทั้งสาร IAA และสารยับยั้งราสามารถพัฒนาสูตรอาหารที่ให้ผลผลิตสารในปริมาณสูง และทดสอบการนำชีวมวลของทั้ง 6 สายพันธุ์และสาร IAA ที่ผลิตจากแบคทีเรีย *Micrococcus yunnanensis* P2-23 ไปทดสอบการปลูกพืชมะเขือเทศเชอร์รี่ในระดับโรงเรือน ผลการทดสอบพบว่าพืชที่แช่เมล็ดด้วยสาร IAA และปลูกในวัสดุปลูกที่มีชีวมวลจากแบคทีเรียผสม 6 สายพันธุ์และการให้สาร IAA เป็นระยะๆ ตามการพัฒนาการเจริญของพืช มีอัตราการเจริญ ออกดอกและติดผลที่สูงกว่าพืชควบคุมกลุ่มที่ไม่ได้แช่เมล็ดด้วยสาร IAA จากแบคทีเรียทดสอบและในวัสดุปลูกที่ไม่ได้ผสมชีวมวลของแบคทีเรียทดสอบ นอกจากนี้ยังพบว่ากระบวนการปลูกพืชมะเขือเทศโดยให้สารที่มีประโยชน์จากผลิตภัณฑ์สารส่งเสริมการเจริญของพืช IAA สามารถลดระยะเวลาการเพาะปลูกและให้ผลผลิตเร็วกว่าพืชควบคุม

2. วัตถุประสงค์

- 2.1 เพื่อพัฒนาการผลิตสารชีวภัณฑ์ IAA ของแบคทีเรียหน่อกิ่งสายพันธุ์ที่คัดเลือกในถังหมักระดับนำร่อง (pilot scale)
- 2.2 เพื่อพัฒนาการทำผลิตภัณฑ์ IAA ในรูปแบบผง โดยเทคนิคการระเหิดแห้ง และตรวจสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์ อายุการเก็บในท้องตลาด
- 2.3 เพื่อทดสอบประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์จากแบคทีเรียหน่อกิ่งสายพันธุ์ที่คัดเลือกต่อการเพาะปลูกพืชอินทรีย์ตระกูล Solanaceae (มะเขือเทศ มะเขือเปราะ พริก) ในระดับแปลงปลูก

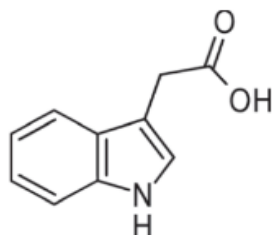
3. ทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

แบคทีเรียส่งเสริมการเจริญของพืช (Plant Growth-Promoting Bacteria) หรือ PGPB เป็นแบคทีเรียที่มีความสามารถในการส่งเสริมการเจริญของพืช พบได้ตามส่วนต่างๆของพืช เช่น ใบ ดอก รวมทั้งดินบริเวณรอบรากพืช PGPB ประกอบไปด้วย แบคทีเรียที่อาศัยอยู่แบบอิสระ แบคทีเรียที่อยู่กับพืชและมีความจำเพาะกับพืช เช่น *Rhizobia* spp. และ *Flankia* spp. รวมทั้งเอนโดไฟติกแบคทีเรียซึ่งสามารถอยู่ภายในบริเวณเนื้อเยื่อพืช และไซยาโนแบคทีเรีย อย่างไรก็ตามแบคทีเรียเหล่านี้มีกลไกในการส่งเสริมการเจริญของพืชที่คล้ายกัน ซึ่ง PGPB อาจส่งเสริมการเจริญของพืชได้ทั้งทางตรง เช่น ช่วยให้พืชได้รับสารอาหารหรือเพิ่มระดับฮอร์โมนพืช และส่งเสริมการเจริญของพืชใน ทางอ้อม เช่น ช่วยยับยั้งการเข้าทำลายของเชื้อก่อโรค เป็นต้น จุลินทรีย์ที่ถูกจัดเป็น PGPB จะอาศัยอยู่ในดินซึ่งทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างมากในการเจริญของพืช โดยการสร้างปัจจัยต่างๆ ที่ควบคุมการเจริญของพืชหรือปรับปรุงเกี่ยวกับธาตุอาหารของพืชโดยทำให้พืชสามารถดูดซึมสารอาหารต่างๆจากดินได้อย่างมีประสิทธิภาพและนำพาสารอาหารมาสู่พืชได้มากขึ้น (Munees and Mulugeta, 2014)

1. การส่งเสริมการเจริญของพืชทางตรง

การผลิตกรดอินโดล-3-แอซิดิก (Indole-3-acetic acid, IAA)

กรดอินโดล-3-แอซิดิก เป็นฮอร์โมนพืชจัดอยู่ในกลุ่มฮอร์โมนออกซิน (auxin) ออกซิน มีรากศัพท์มาจากภาษากรีก “auxien” ซึ่งมีความหมายคือ “เจริญ” ออกซินเป็นชื่อเรียกทั่วไปของกลุ่มฮอร์โมนที่มีอิทธิพลในการส่งเสริมการเจริญของพืช เช่น เพิ่มขนาดของเซลล์พืช กระตุ้นให้พืชเกิดการแบ่งเซลล์เพิ่มจำนวน เพิ่มขนาดและความยาวของราก กระตุ้นการสร้างขนราก และควบคุมการแสดงออกของยีน เป็นต้น ฮอร์โมนในกลุ่มออกซินที่พบมากที่สุดคือ IAA เป็นอนุพันธ์ของอินโดลที่มีหมู่ carboxymethyl (Chilekampalli and Ramu, 2013) ดังแสดงในภาพที่ 1

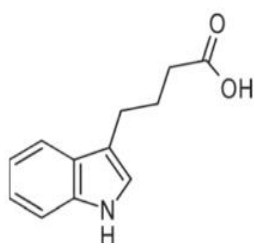


Indole-Acetic Acid (IAA)

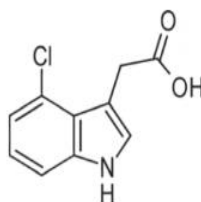
ภาพที่ 1 โครงสร้างของ IAA

ที่มา: Michael *et. al.* (2013)

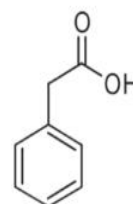
นอกเหนือจาก IAA แล้ว ยังมีสารประกอบที่เกิดขึ้นในธรรมชาติที่พบในพืชและมีกิจกรรมคล้ายฮอร์โมนในกลุ่มออกซิน ได้แก่ indole-3-butyric acid (IBA) 4-chloroindole-3-acetic acid (4-Cl-IAA) และ phenyl-acetic acid (PAA) (Engvild, 1985) ดังแสดงในภาพ 2



Indole-Butyric Acid (IBA)



4-Cl- IAA



Phenyl Acetic Acid (PAA)

ภาพที่ 2 โครงสร้างของ IBA, 4-Cl-IAA และ PAA

ที่มา: Michael *et. al.* (2013)

วิธีการสังเคราะห์ IAA ในแบคทีเรีย แบคทีเรียมีวิธีการสังเคราะห์ IAA ที่แตกต่างกัน วิธีการสังเคราะห์ IAA ในแบคทีเรียแสดงไว้ในภาพที่ 3 โดยกรดอะมิโนทริปโตเฟน (Tryptophan) เป็นสารตั้งต้นหลักที่ใช้ในวิธีการสังเคราะห์ IAA ในแบคทีเรียซึ่งแบ่งเป็น 5 วิธีที่แตกต่างกันดังนี้

1.) วิธี Indole-3-acetamide

วิธี indole-3-acetamide (IAM) เป็นวิธีที่มีคุณสมบัติที่สุดในแบคทีเรีย ซึ่งประกอบด้วย 2 วิธีคือกรดอะมิโนทริปโตเฟนจะเปลี่ยนไปเป็น IAM โดยอาศัยเอนไซม์ tryptophan-2-mono oxygenase และ IAM เปลี่ยนไปเป็น IAA โดยอาศัยเอนไซม์ IAM hydrolase ตัวอย่างแบคทีเรียที่ใช้วิธีนี้ในการสังเคราะห์ IAA เช่น *Agrobacterium tumefaciens*, *Pseudomonas syringae*, *Pantoea agglomerans* เป็นต้น (Spaepen *et. al.*, 2007)

2) วิถี Indole-3-pyruvate

วิถี indole-3-pyruvate (IPyA) เป็นวิถีหลักที่พืชใช้ในการสังเคราะห์ IAA อย่างไรก็ตามเอนไซม์และยีนที่เกี่ยวข้องกับวิถีนี้ยังไม่ได้มีการระบุ แต่ในแบคทีเรียหลายชนิดจะสังเคราะห์ IAA โดยอาศัยวิถีนี้ ขั้นตอนแรกในการสังเคราะห์ IAA คือกรดอะมิโนทริปโตเฟนจะเปลี่ยนเป็น IPyA โดยเอนไซม์ aminotransferase จากนั้น IPyA จะถูก decarboxylate ไปเป็น indole-3-acetaldehyde (IAAld) โดยเอนไซม์ indole-3-pyruvate decarboxylase (IPDC) และสุดท้าย IAAld จะถูกออกซิไดซ์ได้เป็น IAA ตัวอย่างแบคทีเรียที่ใช้วิถีนี้ในการสังเคราะห์ IAA เช่น *Bradyrhizobium*, *Azospirillum*, *Rhizobium*, *Enterobacter cloacae* และ cyanobacteria (Spaepen et. al., 2007)

3) วิถี Tryptamine

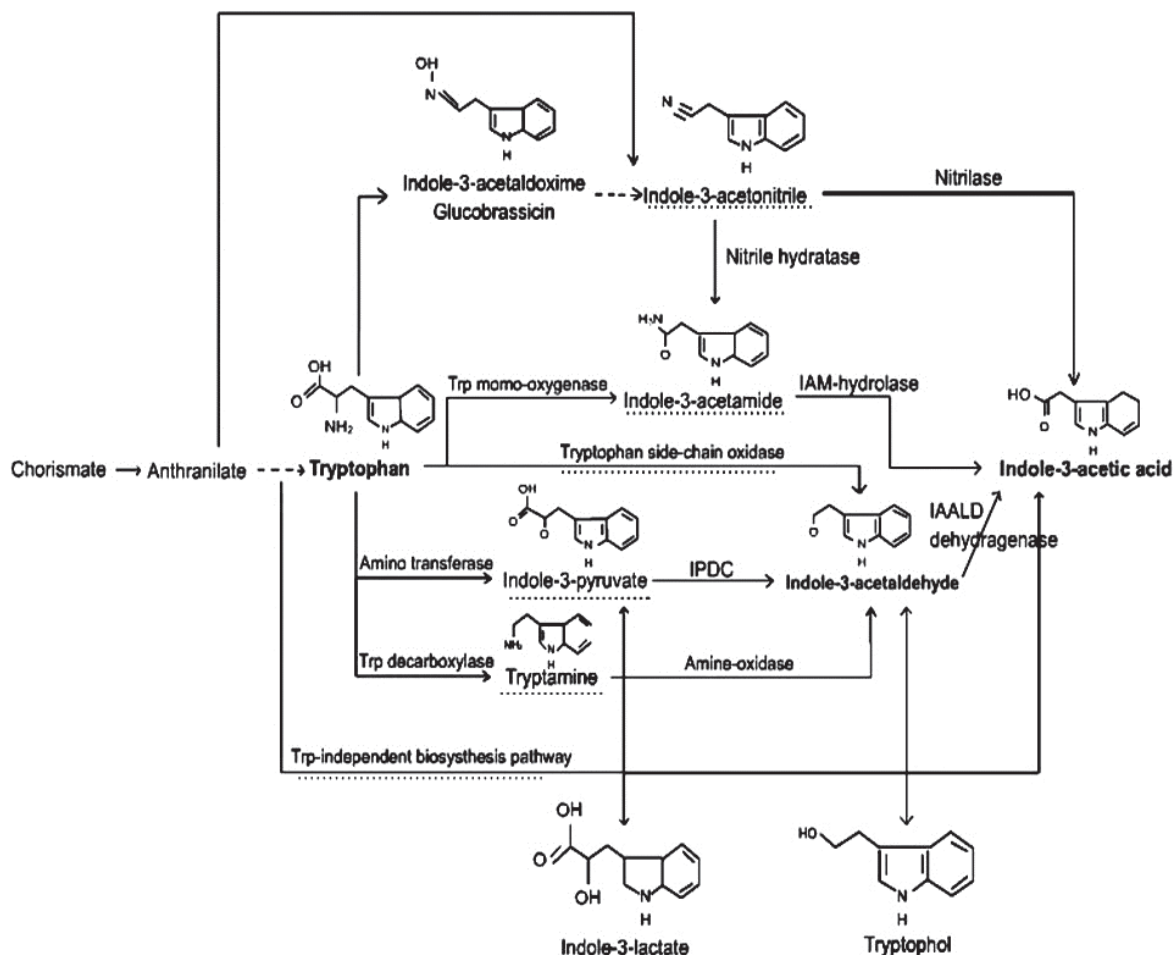
ในแบคทีเรีย *Bacillus cereus* ได้รับการระบุว่าใช้วิถี tryptamine (TAM) โดยกิจกรรมของเอนไซม์ tryptophan decarboxylase ในการสังเคราะห์ IAA และในขั้นตอนสุดท้าย TAM จะเปลี่ยนไปเป็น IAAld โดยตรง โดยเอนไซม์ amine oxidase (Spaepen et. al., 2007)

4) วิถี Tryptophan side-chain oxidase

วิถี Tryptophan side-chain oxidase (TSO) พบใน *Pseudomonas fluorescens* CHA0 โดยจะเปลี่ยน IAAld ผ่าน IPyA และสามารถออกซิไดซ์เปลี่ยนเป็น IAA (Spaepen et. al., 2007) แต่ในพืชไม่พบข้อมูลในการใช้ pathway นี้

5) วิถี Indole-3-acetonitrile

การสังเคราะห์ IAA ผ่านวิถี indole-3-acetonitrile (IAN) ได้รับการศึกษาอย่างกว้างขวางในพืช ในไม่กี่ปีที่ผ่านมา โดย IAN จะเปลี่ยนเป็น IAA โดยอาศัยเอนไซม์ nitrilases ซึ่งค้นพบโดย Bartling et. al. (1992) ในแบคทีเรีย เช่น *Alcaligenes faecalis* เอนไซม์ nitrilases มีความจำเพาะกับ indole-3-acetonitrile (Spaepen et. al., 2007) นอกเหนือจากการสังเคราะห์ IAA โดยอาศัยวิถีต่างๆที่ใช้กรดอะมิโนทริปโตเฟนเป็นสารตั้งต้น แบคทีเรียบางชนิดยังสามารถสังเคราะห์ IAA โดยไม่ใช้กรดอะมิโนทริปโตเฟนเป็นสารตั้งต้นอีกด้วย (Tryptophan-independent pathway) เช่น *Azospirillum brasilense* และเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับ pathway นี้ยังไม่ได้มีการระบุ (Spaepen et. al., 2007) ฮอโมนในกลุ่มออกซินที่มีคุณสมบัติลักษณะทางกายภาพ และมีกิจกรรมดีที่สุดคือ IAA แบคทีเรียที่อาศัยอยู่บริเวณรอบรากพืชเกือบร้อยละ 80 สามารถผลิต IAA ได้ ได้แก่ แบคทีเรียในจีนัส *Aeromonas*, *Azotobacter*, *Bacillus*, *Burkholderia*, *Enterobacter*, *Micrococcus*, *Pseudomonas* เป็นต้น (Spaepen et. al., 2007)



ภาพที่ 3 ภาพรวมวิธีการสังเคราะห์ IAA ในแบคทีเรีย

ที่มา: Ghosh *et. al.* (2011)

Fernando *et. al.* (2016) ทำการศึกษาเอ็นโดไฟติกแบคทีเรียที่คัดแยกจากเนื้อเยื่อใบมะเขือเทศ โดยคัดเลือกแบคทีเรียจำนวน 10 ไอโซเลต ที่มีลักษณะทางสัณฐานที่แตกต่างกันในอาหารคัดแยกมาทดสอบความสามารถในการเป็นเชื้อส่งเสริมการเจริญของพืช จากการระบุชนิดโดยการศึกษาลำดับเบสของยีน 16S rRNA พบว่าเป็นแบคทีเรีย *Exiguobacterium aurantiacum* (ไอโซเลต BT3 และ MT8) *Exiguobacterium* spp. (ไอโซเลต GT4), *Staphylococcus xylosus* (ไอโซเลต BT5), *Pantoea eucalypti* (ไอโซเลต NT6), *Bacillus methylotrophicus* (ไอโซเลต MT3), *Pseudomonas veronii* (ไอโซเลต BT4 และ MT2), *Pseudomonas rhodesiae* (ไอโซเลต BT2) และ *Pseudomonas cichorii* (ไอโซเลต NT3) ผู้วิจัยทดสอบความสามารถในการสร้างฮอร์โมนพืชในอาหาร AB medium (ประกอบไปด้วย K_2HPO_4 3 กรัม NaH_2PO_4 1 กรัม NH_4Cl 1 กรัม $MgSO_4$ 0.3 กรัม KCl 0.15 กรัม $CaCl_2$ 0.012 กรัม $FeCl_3$ 0.01 กรัม และ glucose 2.5 กรัมต่อลิตร) แล้ววิเคราะห์และระบุชนิดของฮอร์โมนพืชโดยใช้ reversed phase HPLC และ GC-mass spectrometry จากการศึกษาพบว่ามีแบคทีเรีย 4 ไอโซเลต ที่สามารถสร้างฮอร์โมนพืชชนิด IAA ในสถานะที่ไม่เติม L-tryptophan ได้แก่ ไอโซเลต BT2, BT4, MT3 และ NT6 โดยสร้าง IAA อยู่ในช่วงระหว่าง 36.3 - 253.8 ไมโครกรัมต่อมิลลิกรัม และพบว่าไอโซเลต NT6 สร้างฮอร์โมนพืชชนิด IAA ได้สูงที่สุดที่ 253.8 ไมโครกรัมต่อมิลลิกรัม เมื่อศึกษาการสร้าง IAA ภายใต้สถานะที่มีการเติม L-tryptophan (0.75 mmol/L) เป็นสารตั้งต้น พบว่าไอโซเลต BT2, BT4, MT3 และ NT6 สร้าง IAA เพิ่มขึ้น 56, 16, 20 และ 131 เท่าตามลำดับ ดังนั้นสถานะที่เติม L-tryptophan จะช่วยส่งเสริมให้แบคทีเรียสร้าง IAA ได้สูงขึ้น สำหรับฮอร์โมน

ชนิดอื่นๆ ได้แก่ cytokinin, zeatin, abscisic acid (ABA) และ gibberellic acid (GA3) พบว่าแบคทีเรียสามารถสังเคราะห์ได้ แต่สังเคราะห์ได้ในปริมาณน้อย

Jiihui *et. al.* (2015) ศึกษาอิทธิพลของกรดอินโดล-3-แอซิดิกอะซิด ที่สร้างจาก *Bacillus amyloliquefaciens* สายพันธุ์ SQR9 ในการส่งเสริมการเจริญของพืช ซึ่งสายพันธุ์ดังกล่าวคัดแยกได้จากรากของแตงกวา ผู้วิจัยพบว่าเมื่อเพาะเลี้ยงแบคทีเรียในอาหาร Landy medium (ประกอบไปด้วย glucose 20 กรัม $\text{FeSO}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ 0.15 มิลลิกรัม $\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 5 มิลลิกรัม $\text{CuSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 0.16 มิลลิกรัม K_2HPO_4 0.5 กรัม KCl 0.25 กรัม และ MgSO_4 0.25 กรัมต่อลิตร) ที่เติมด้วย L-tryptophan (3 mM) และไม่เติม L-tryptophan แบคทีเรียสามารถสร้างกรดอินโดล-3-แอซิดิกอะซิด ได้ 9.46 มิลลิกรัมต่อลิตร ในอาหารที่เติม L-tryptophan (3 mM) จากการทดสอบการส่งเสริมการเจริญของต้นแตงกวาในกระถางทดสอบ โดยเติม cell suspension ของ *B. amyloliquefaciens* SQR9 ปริมาตร 5 และ 10 มิลลิลิตร (10^8 cells /ml) เปรียบเทียบกับชุดควบคุม (เติมด้วย cell suspension ของ SQR9 ในสภาพ inactive ปริมาตร 5 และ 10 มิลลิลิตร) พบว่า ต้นแตงกวาที่เติมด้วย cell suspension ปริมาตร 5 และ 10 มิลลิลิตร สามารถส่งเสริมการเจริญของพืช และที่ปริมาตร 10 มิลลิลิตร จะส่งเสริมการเจริญของพืชได้ดีกว่า เมื่อทำให้เกิดการกลายพันธุ์ของสายพันธุ์ SQR9 โดยการแทรกชิ้นส่วนดีเอ็นเอแบบสุ่ม ยังพบว่าสายพันธุ์กลาย SQR9-IAA3 สามารถสร้าง กรดอินโดล-3-แอซิดิกอะซิด ได้สูงกว่าสายพันธุ์ดั้งเดิม และกรดอินโดล-3-แอซิดิกอะซิดที่สร้างนั้นมีอิทธิพลต่อการส่งเสริมการเจริญของพืช แต่ *B. amyloliquefaciens* สายพันธุ์ SQR9 เคยได้รับรายงานว่าสามารถสร้างสารยับยั้งเชื้อก่อโรคในพืชได้ จึงอาจจะนำไปใช้เป็นแบคทีเรียส่งเสริมการเจริญของพืช เพื่อประยุกต์ใช้ทางการเกษตรต่อไป เนื่องจากสามารถสร้างหลายๆ ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการส่งเสริมการเจริญของพืช

Bharucha *et. al.* (2013) ทำการคัดแยกแบคทีเรียจากดินบริเวณรอบรากต้นถั่วอัลฟาลฟา (*Medicago sativa*) จากนั้นคัดเลือกแบคทีเรียที่สร้าง IAA ได้สูงสุด ผู้วิจัยทำการทดสอบในอาหารที่ประกอบไปด้วย peptone 10 กรัม NaCl 5 กรัม yeast extract 6 กรัม L-tryptophan 1 กรัมต่อลิตร pH ของอาหารเท่ากับ 7.6 จากการศึกษาแบคทีเรีย 9 ไอโซเลต (UB1-UB9) พบว่า ไอโซเลต BU1 สร้าง IAA ได้สูงที่สุดที่ 591.8 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ในสถานะที่เติม L-tryptophan จากการระบุชนิดโดยการศึกษาลำดับเบสของยีน 16S rRNA พบว่าเป็นแบคทีเรีย *Pseudomonas putida* UB1 จากนั้นศึกษาสภาวะที่เหมาะสมต่อการสร้าง IAA โดยศึกษาความเข้มข้นของ L-tryptophan ในอาหารทดสอบในช่วง 0.05-0.25 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ศึกษาสภาวะการบ่มเชื้อที่ความเร็ว 150 rpm เปรียบเทียบกับสภาวะที่ไม่มีการบ่มเชื้อ ศึกษาพีเอช ในช่วง 6-8 ศึกษาแหล่งคาร์บอน 4 ชนิด ได้แก่ sucrose, glucose, lactose, และ fructose ที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.5 และศึกษาแหล่งไนโตรเจน 4 ชนิด ได้แก่ NaNO_3 , KNO_3 , NH_4NO_3 และ $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ที่ความเข้มข้น 10 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร จากการศึกษาผู้วิจัย พบว่าสภาวะที่เหมาะสมต่อการสร้าง IAA คือ ในอาหารทดสอบประกอบไปด้วย sucrose ร้อยละ 0.5 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 10 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร L-tryptophan ความเข้มข้น 0.2 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร pH 7.5 ในสภาวะที่มีการบ่มเชื้อ 150 rpm ที่อุณหภูมิห้อง ระยะเวลาบ่มเชื้อ 96 ชั่วโมง

Syed *et. al.* (2010) ได้คัดแยก *Micrococcus* sp. NII-0909 จากดินในป่า ghat ทางตะวันตกของประเทศอินเดีย ผู้วิจัยศึกษาการสร้าง IAA โดยเพาะเลี้ยงแบคทีเรียในอาหาร Luria Betani (LB) ที่เติมกรดอะมิโนทริปโตเฟน 100 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร จากนั้นวิเคราะห์ IAA โดยใช้ reverse phase HPLC เปรียบเทียบกับ IAA มาตรฐาน จากการศึกษาพบว่า *Micrococcus* sp. NII-0909 สามารถสร้าง IAA ได้ 109.0 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตรในอาหารที่เติมกรดอะมิโนทริปโตเฟน ส่วนในสภาวะที่ไม่เติมกรดอะมิโนทริปโตเฟน สร้างได้ 11.40 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร จากการศึกษาผู้วิจัยได้อภิปรายว่า *Micrococcus* sp. NII-0909 สามารถสร้าง IAA ได้สูงกว่าแบคทีเรียในสกุล Enterobacteriaceae ที่เคยมีการรายงานก่อนหน้านี้

ณัฐพล (2560) ทำการสอบตรวจความสามารถของแบคทีเรียที่แยกจากดินตัวอย่างในพื้นที่บริเวณคู้บางกระเจ้าและสถานีวิจัยกาญจนบุรี โดยใช้อาหาร Haloalkaliphile agar (HA) pH 7.6 ด้วยเทคนิค spread plate และคัดเลือกแบคทีเรียที่ผ่านการคัดเลือกเบื้องต้นว่าสามารถสร้าง IAA ได้จำนวน 49 ไอโซเลตมาตรวจสอบปริมาณ IAA ในอาหาร HA pH 7.6 ที่เติมกรดอะมิโนทรีปโตเฟนความเข้มข้น 5 mM ทำการเพาะเลี้ยงเชื้อที่อุณหภูมิห้องแบบเขย่าที่ความเร็วรอบ 300 รอบต่อนาที เป็นเวลา 3 วัน พบว่าทั้ง 49 ไอโซเลตสามารถผลิต IAA ความเข้มข้นตั้งแต่ 10-200 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร โดยไอโซเลต P2-23 ผลิตได้สูงสุด (200 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร) จากนั้นคัดเลือกแบคทีเรียที่แยกได้จำนวน 10 ไอโซเลตที่สร้าง IAA ได้ปริมาณสูง ซึ่งจัดกลุ่มได้เป็น 2 กลุ่มตามลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเซลล์และการติดสีย้อมแบบแกรม คือ กลุ่มแบคทีเรียแกรมบวก รูปท่อน สร้างเอนโดสปอร์ มีจำนวน 8 ไอโซเลต ได้แก่ 4-8, SP46, 3-13/3, BK78, P12-12, SP45 SP158 และ SP52 และกลุ่มแบคทีเรียแกรมบวก รูปร่างกลม ไม่สร้างสปอร์ จำนวน 2 ไอโซเลต ได้แก่ P2-23 และ BK100 มาทดสอบการส่งเสริมการเจริญของพืชโดยทดสอบความสามารถในการกระตุ้นการงอกของเมล็ดข้าวโพดโดยใช้เทคนิคการคลุกเมล็ด โดยแช่เมล็ดข้าวโพดในสารแขวนลอยของเซลล์ที่มีจำนวนเซลล์ 10^8 CFU/ml และในน้ำเลี้ยงเชื้อของแบคทีเรียในแต่ละไอโซเลต นำไปเพาะเมล็ดที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วัน หาค่าดัชนีความแข็งแรงของต้นข้าวโพดเทียบกับชุดควบคุม จากผลการทดลองพบว่าเมล็ดที่แช่ในเซลล์ซัสเพนชันและน้ำเลี้ยงเชื้อที่มี IAA ความเข้มข้น $10 \mu\text{g/ml}$ ของเชื้อไอโซเลต P2-23 ให้ค่าดัชนีความแข็งแรงสูงที่สุดคือ 20.92 และ 20.72 ตามลำดับ ส่วนเมล็ดที่แช่ในน้ำเลี้ยงเชื้อที่มี IAA ความเข้มข้น 1.0 และ $0.1 \mu\text{g/ml}$ ของเชื้อไอโซเลต SP46 ให้ค่าดัชนีความแข็งแรงสูงที่สุดคือ 19.87 และ 19.43 ตามลำดับ จากผลการทดลองทั้งหมดแสดงให้เห็นว่าแบคทีเรียที่แยกได้มีศักยภาพในการเป็นแบคทีเรียส่งเสริมการเจริญของพืช

ผลของออกซินที่มีต่อการเจริญเติบโตของพืช

1. ช่วยกระตุ้นการแบ่งเซลล์ของเยื่อเจริญ (cambium) ทำให้พืชมีเนื้อไม้มากขึ้น เกิดการเจริญเติบโตด้านข้างเพิ่มขึ้น
2. ออกซินช่วยให้เซลล์ในส่วนต่างๆ ของพืชยืดยาวขึ้นโดยการกระตุ้นให้เซลล์สร้างผนังเซลล์มากขึ้น
3. ควบคุมการเจริญของตาข้าง (lateral bud) โดยตายอด (apical bud) ซึ่งเรียกว่าการข่มของตายอด (apical dominant) โดยตายอดสร้างออกซินขึ้นมาในปริมาณที่สูงแล้วลำเลียงลงสู่ด้านล่าง ความเข้มข้นระดับนี้จะยับยั้งการเจริญเติบโตของตาและใบด้านข้างไม่ให้เจริญเติบโต พืชจึงสูงขึ้นมากแต่ไม่เป็นพุ่ม แต่เมื่อเราตัดยอดออกความเข้มข้นของออกซินจะลดลง ทำให้ไม่สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของตาข้างและใบได้ พืชจึงแตกตาข้างได้ และทำให้ต้นพืชมียลักษณะเป็นพุ่ม
4. ออกซินในปริมาณที่เหมาะสมสามารถใช้กระตุ้นการเกิดรากสำหรับการตอนและการปักชำกิ่งได้
5. ควบคุมการตอบสนองของพืชแบบมีแสงเป็นสิ่งที่เร้า (phototropism) หรือมีแรงโน้มถ่วงของโลกเป็นสิ่งที่เร้า (gravitropism)
6. ควบคุมการออกดอกของพืชปกติ โดยทั่วไปถ้าพ่นออกซินให้แก่พืชที่ใกล้จะออกดอก จะทำให้พืชนั้นออกดอกช้าลง แต่ในสับปะรด มะม่วง ลิ้นจี่ เมื่อให้ออกซินจะทำให้ดอกออกเร็วขึ้น และออกดอกพร้อมๆ กัน อย่างไรก็ตามฟิรเดซ (2529) กล่าวว่า เท่าที่มีงานทดลองสรุปได้แน่ชัดว่าออกซินเร่งการเกิดดอกได้เฉพาะในสับปะรดเท่านั้น การใช้ NAA หรือ IBA สามารถเร่งการเกิดดอกของสับปะรดได้ แต่มีประสิทธิภาพต่ำกว่าการใช้ถ่านก๊าซ (calcium carbide) และ เอทธิฟอน (ethephon) แต่ก็เชื่อได้ว่าการเกิดดอกของสับปะรดไม่ได้เป็นผลของ NAA หรือ IBA โดยตรง แต่เป็นผลทางอ้อมที่สารดังกล่าวไปกระตุ้นให้ต้นสับปะรดสร้างเอทธิลีน (ethylene) ขึ้นมา และเอทธิลีนเป็นตัวกระตุ้นให้สับปะรดเกิดดอก สำหรับในประเทศไทยเคยมีการแนะนำให้ใช้ NAA ผสมกับโพแทสเซียมไนเตรท (KNO_3) เพื่อฉีดเร่งดอกมะม่วง แต่ยังไม่มีความชัดเจนว่าวิธีการดังกล่าวใช้ได้ผล

7. เพิ่มขนาดของผล และป้องกันผลร่วง มีรายงานว่าออกซินอาจช่วยขยายขนาดของผลไม้บางชนิดได้ เช่น การใช้ 4-CPA หรือ NAA กับสับปะรด ผลไม้บางชนิดสามารถใช้ออกซินเพื่อป้องกันผลร่วงก่อนการเก็บเกี่ยวได้ เช่น มะม่วง ส้ม องุ่น และลางสาด สารที่นิยมใช้คือ NAA และ 2,4-D (พีรเดช, 2529)

8. ควบคุมการเจริญเติบโตของผล เช่น แตงโม องุ่น มะเขือเทศ บวบ มะเดื่อ สตรอเบอร์รี่ เมื่อพ่นด้วยในปริมาณที่พอเหมาะก็จะทำให้รังไข่เจริญไปเป็นผลได้โดยไม่มีเมล็ด ซึ่งเรียกผลไม้ประเภทนี้ว่า ผลไม่มีเมล็ด หรือ ผลกระเทย (parthenocarpic fruit) พีรเดช (2529) กล่าวว่า มีรายงานว่าออกซินอาจช่วยขยายขนาดของผลไม้บางชนิดได้ เช่น การใช้ 4-CPA หรือ NAA กับสับปะรด ผลไม้บางชนิดสามารถใช้ออกซินเพื่อป้องกันผลร่วงก่อนการเก็บเกี่ยวได้ เช่น มะม่วง ส้ม องุ่น และลางสาด สารที่นิยมใช้คือ NAA และ 2, 4-D

9. ควบคุมการหลุดร่วงของใบ ดอก และผล เมื่อวัยระดังก้าวแก่ตัวลง การสร้างออกซิเจนจะน้อยลงกว่าส่วนอ่อนและลำต้นจึงทำให้ร่วงได้ ดังนั้นการพ่นออกซินให้ในปริมาณที่พอเหมาะส่วนต่างๆ เหล่านั้นก็จะไม่หลุดร่วงง่าย

2. การส่งเสริมการเจริญของพืชทางอ้อม

จุลินทรีย์สาเหตุโรคพืชเป็นปัญหาที่สำคัญทางการเกษตรและระบบนิเวศน์ทั่วโลก สามารถทำลายระบบนิเวศน์ของดินและสิ่งแวดล้อมรวมถึงลดความอุดมสมบูรณ์ของดิน แบคทีเรียส่งเสริมการเจริญของพืชบางชนิดมีความสามารถในการควบคุมจุลินทรีย์สาเหตุโรคพืชหรือเรียกว่า จุลินทรีย์ปฏิปักษ์ ซึ่งเป็นการส่งเสริมการเจริญของพืชทางอ้อม (indirect mechanism) และยังช่วยเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดินโดยใช้หลายๆกลไก เช่น การผลิตสารปฏิชีวนะ การผลิตไซโตไคนิน การผลิตไฮโดรเจนไซยาไนด์ และการผลิตไฮโดรไลติก เอนไซม์ เป็นต้น การใช้แบคทีเรียส่งเสริมการเจริญของพืชในการควบคุมจุลินทรีย์สาเหตุโรคพืชยังลดการใช้สารเคมีทางการเกษตรและเป็นวิธีที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม (Govind *et. al.*, 2015)

2.1 กลไกการควบคุมหรือยับยั้งเชื้อสาเหตุโรคพืชโดยจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ มี 4 ลักษณะ

1.) การแข่งขัน (competitive) เป็นการแข่งขันการเจริญเพื่อความอยู่รอด จุลินทรีย์ปฏิปักษ์ที่มีความสามารถในการหาอาหารได้ดี จะเจริญและครอบครองพื้นที่ผิวของพืชได้เร็วกว่า ทำให้เชื้อก่อโรคไม่สามารถเจริญและเข้าทำลายพืชได้ เช่น จุลินทรีย์ปฏิปักษ์ที่สามารถสร้างไซโตไคนินจะได้รับธาตุเหล็กที่มีอยู่ในธรรมชาติได้ดีกว่า ทำให้เชื้อสาเหตุโรคพืชขาดแคลนธาตุเหล็กสำหรับการเจริญ

2.) การเป็นปรสิต (parasitism) เป็นคุณสมบัติของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ที่มีความสามารถเข้าไปเจริญภายในสิ่งมีชีวิตชนิดอื่น และดูดกินสารอาหารทำให้สิ่งมีชีวิตนั้นอ่อนแอและตายในที่สุด ทำให้ลดความรุนแรงหรือลดการเกิดโรคพืชได้ เช่น *Bacillus penetrans* ทำลายไส้เดือนฝอย

3.) การชักนำให้เกิดความต้านทานโรค (induced host resistance) ในปัจจุบันเป็นกลไกที่มีการศึกษาอย่างแพร่หลาย ซึ่งเป็นกลไกที่ชักนำให้พืชมีความต้านทานต่อเชื้อสาเหตุโรค โดยการนำเชื้อสาเหตุโรคมาทำให้หมดความรุนแรงแล้วใส่กลับเข้าไปในพืช ซึ่งเป็นการกระตุ้นให้พืชสร้างภูมิคุ้มกัน

4.) การทำลายชีวิตหรือปฏิชีวนะ (antibiosis) เป็นกลไกชนิดแรกที่ทำการศึกษา จุลินทรีย์ปฏิปักษ์ที่สามารถสร้างสารอินทรีย์ระเหย หรือสารปฏิชีวนะต่างๆ จะสามารถทำลายหรือยับยั้งเชื้อสาเหตุโรคพืชได้ ตัวอย่างสารปฏิชีวนะที่สร้างจากแบคทีเรีย (นิพนธ์, 2553) แสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ตัวอย่างสารปฏิชีวนะที่สร้างจากแบคทีเรีย

แบคทีเรีย	สารปฏิชีวนะที่สร้าง	เชื้อสาเหตุโรคพืชเป้าหมาย	สาเหตุโรค
-----------	---------------------	---------------------------	-----------

<i>Bacillus subtilis</i> BBG100	Mycosubtilin	<i>Pythium</i> <i>aphanidermatum</i>	โรครากเน่าโคนเน่าคอดิน (damping-off)
<i>B. cereus</i> UW85	Zwittermicin A	<i>Phytophthora</i> <i>medicaginis</i>	โรครากเน่าโคนเน่าคอดิน (damping-off)
		<i>P. aphanidermatum</i>	
<i>B. amyloliquefaciens</i> FZB42	Bacillomycin, Fengycin	<i>Fusarium oxysporum</i>	โรคเหี่ยว (wilt)
<i>Pseudomonas</i> <i>fluorescens</i> F113	2, 4-diacetyl- phloroglucinol	<i>Pythium</i> spp.	โรครากเน่าโคนเน่าคอดิน (damping-off)
<i>P. fluorescens</i> Pf-5	Pyoluteorin, pyrrolnitrin	<i>Pythium ultimum</i> and <i>Rhizoctonia solani</i>	โรครากเน่าโคนเน่าคอดิน (damping-off)

ที่มา: Kamal and Brian (2006)

2.1.1 การผลิตไฮโดรเจนไซยาไนด์ (Hydrogen cyanide)

ไฮโดรเจนไซยาไนด์เป็นสารอินทรีย์ระเหยง่าย มีความหนาแน่นน้อยกว่าอากาศ และแพร่กระจายอย่างรวดเร็วในธรรมชาติ (Caroline and Dieter, 2000) มีประสิทธิภาพในการยับยั้งเอนไซม์ cytochrome-c oxidase และเอนไซม์ที่มีโลหะเป็นองค์ประกอบ แบคทีเรียส่งเสริมการเจริญของพืชสามารถผลิตไฮโดรเจนไซยาไนด์ได้ (Van Loon, 2007) ไฮโดรเจนไซยาไนด์ผลิตได้จากแบคทีเรีย สาหร่าย เชื้อรา พืช รวมไปถึงแมลงบางชนิด โดยสิ่งมีชีวิตเหล่านี้จะสร้างไฮโดรเจนไซยาไนด์เพื่อใช้ในการล่าเหยื่อ ยับยั้งการเจริญของเชื้อก่อโรคและเมื่ออยู่ในสภาวะแข่งขัน (Adam *et al.*, 2014) ไฮโดรเจนไซยาไนด์ที่สร้างจากแบคทีเรียอาศัยบริเวณรอบรากพืชยังสามารถควบคุมวัชพืชและมีการนำไปใช้เป็นสารควบคุมทางชีวภาพ การสังเคราะห์ไฮยาไนด์จาก *Pseudomonas* spp. เป็นการสังเคราะห์ที่ได้จากเอนไซม์ hydrogen cyanide synthase มียีนที่กำหนดการสร้างเอนไซม์ 3 ยีน (*hcnABC*) ซึ่งการสังเคราะห์ไฮโดรเจนไซยาไนด์จะใช้กรดอะมิโนไกลซีน (glycine) เป็นสารตั้งต้น (Caroline and Dieter, 2000) ดังแสดงในภาพที่ 4

ตัวอย่างแบคทีเรียที่สามารถสร้างไฮโดรเจนไซยาไนด์ *Pseudomonas putida*, *P. aeruginosa*, *Klebsiella* sp., *Enterobacter asburiae*, *Rhizobium* sp. (pea), *Mesorhizobium* sp., *Rhizobium* sp.(lentil), *Bradyrhizobium* sp., *Bacillus* sp. PSB10, *Bacillus* sp., *Bradyrhizobium* sp.

2.1.2 การเป็นเชื้อปฏิปักษ์โดยการสร้าง Lytic enzyme

Lytic enzyme ประกอบไปด้วย เอนไซม์กลูคาเนส (glucanases) เอนไซม์โปรติเอส (proteases) เอนไซม์เซลลูเลส (cellulase) และเอนไซม์ไคติเนส (chitinase) แบคทีเรียที่สามารถสร้างเอนไซม์เหล่านี้จะสามารถควบคุมการเจริญของเชื้อราสาเหตุโรคพืชได้ เอนไซม์บางชนิดที่สร้างจากแบคทีเรียสามารถทำลาย oospore ของเชื้อราสาเหตุโรคพืชซึ่งจะส่งผลต่อการงอกของสปอร์และ germ tube การผลิต extracellular enzyme ย่อยผนังเซลล์โดยแบคทีเรียจึงมีความสามารถในการควบคุมทางชีวภาพ (Brahim, 2013) จุลินทรีย์หลายชนิดสามารถผลิต lytic enzyme และสามารถย่อยสลายสารประกอบจำพวกโพลิเมอร์ต่างๆ เช่น ไคติน โปรตีน เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และดีเอ็นเอได้ ในขณะที่แบคทีเรียสร้าง lytic enzyme ย่อยผนังเซลล์ของเชื้อราสาเหตุโรคพืชเอนไซม์เหล่านี้ยังสามารถย่อยสลายสารอินทรีย์ต่างๆ ได้อีกด้วย (Pal and Brain 2006)

Fernando *et. al.* (2016) ทำการคัดแยกแบคทีเรียจากใบของมะเขือเทศในอาหาร tryptic soy agar ประกอบไปด้วย (กรัมต่อลิตร) tryptone 17.0 กรัม soya peptone 3.0 กรัม NaCl 5.0 กรัม K_2HPO_4 2.5 กรัม glucose 2.5 กรัม และ agar 20.0 กรัม ผู้วิจัยศึกษาความสามารถในการเป็นเชื้อปฏิปักษ์ในระดับห้องปฏิบัติการ โดยเฉพาะเลี้ยงเชื้อราตรงกลางจานอาหาร PDA จากนั้นนำแบคทีเรียที่เพาะเลี้ยงเป็นเวลา 24 ชั่วโมง มา spot บริเวณขอบจานอาหาร คำนวณเปอร์เซ็นต์การยับยั้งโดยใช้สูตร

$$\text{เปอร์เซ็นต์การยับยั้ง} = \left(1 - \frac{\text{เส้นผ่าศูนย์กลางของเชื้อราในอาหารที่เพาะเลี้ยงร่วมกับแบคทีเรีย}}{\text{เส้นผ่าศูนย์กลางของเชื้อราในจานที่ไม่ได้เพาะเลี้ยงแบคทีเรีย (ชุดควบคุม)}}\right) \times 100$$

จากนั้นวิเคราะห์ antifungal activity โดยวิเคราะห์ความสามารถในการยับยั้งการงอกของสปอร์เชื้อรา ทำการเพาะเลี้ยงแบคทีเรียจนถึงระยะ stationary phase นำไป centrifuge และกรองผ่านกระดาษกรอง จากนั้นนำมา 20 ไมโครลิตร ผสมกับสารแขวนลอยสปอร์เชื้อราในปริมาตรที่เท่ากัน (เตรียมสารแขวนลอยสปอร์ใน 0.025 mol l^{-1} potassium phosphate buffer pH 5 ที่เติมกลูโคส 100 กรัมต่อลิตร) ใน multiwell plate แล้วนำไปบ่ม 12-16 ชั่วโมง จากนั้นหยุดการงอกของสปอร์โดยเติม formaldehyde 5 ไมโครลิตร แล้วนับจำนวนของสปอร์ที่งอกภายใต้กล้องจุลทรรศน์ ต่อมาผู้วิจัยศึกษาประสิทธิภาพการควบคุมโรคในใบของมะเขือเทศ โดยนำใบมะเขือเทศ (อายุ 6 สัปดาห์ จากการทดสอบการส่งเสริมการเจริญโดยแบคทีเรีย) มาวางในจานอาหารที่มี water-agar 0.8% (w/v) แล้วเติมสารแขวนลอยของแบคทีเรียปฏิปักษ์ ปริมาตร 600 ไมโครลิตร ($OD_{600}=0.1$) จากนั้นเพาะเชื้อราก่อโรคเมื่อเชื้อแบคทีเรียเจริญเป็นเวลา 48, 72 และ 96 ชั่วโมง ทำการประเมินประสิทธิภาพของแบคทีเรียปฏิปักษ์โดยการวิเคราะห์บริเวณที่เกิดแผล (necrotic area) ด้วย Image-ProPlus V 4.1 software เปรียบเทียบกับชุดควบคุมที่เติมเฉพาะเชื้อสาเหตุโรค เชื้อราสาเหตุโรคพืชที่สำคัญและพบการแพร่ระบาดแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ชนิดของเชื้อราสาเหตุโรคพืช สาเหตุโรค และผลกระทบ

เชื้อราสาเหตุโรคพืช	ผลกระทบ
<i>Sclerotium</i> sp.	เป็นสาเหตุโรคเหี่ยวของมะเขือเทศ สร้างความเสียหายกับพืชในดินที่ขึ้นและได้ดี
<i>Botrytis cinerea</i>	ก่อเกิดโรคเน่ากับไม้ดอก ไม้ผลหลายชนิด
<i>Alternaria solani</i>	เป็นสาเหตุของโรคใบจุดวงในมะเขือเทศ และสามารถแพร่ระบาดในเมล็ดพันธุ์ได้
<i>Fusarium graminearum</i>	เป็นเชื้อราที่ก่อโรคในธัญพืช สามารถเจริญได้ดีในเมล็ดธัญพืช ทำให้เมล็ดธัญพืชเสื่อมคุณภาพ
<i>Fusarium oxysporum</i>	ส่วนใหญ่เป็นสาเหตุโรคเหี่ยว ส่งผลกระทบต่อพืชเศรษฐกิจหลายชนิด เช่น กะหล่ำ มะเขือเทศ ถั่ว
<i>Collectotrichum</i> spp.	สร้างผลกระทบต่อพืชสำคัญทางเศรษฐกิจ เช่น พริก มะเขือเทศ
<i>Phytophthora infestans</i>	เป็นสาเหตุของโรคใบไหม้ที่พบในมะเขือเทศ ส่วนของพืชที่เชื้อเข้าทำลายจะตายภายใน 1 สัปดาห์

Anupama *et. al.* (2015) ทดสอบศักยภาพของแบคทีเรียส่งเสริมการเจริญของพืชต่อการงอกของเมล็ดและประเมินค่า vigor index (ดัชนีชี้วัดความแข็งแรง) นำเมล็ดมะเขือเทศมาทำให้ปราศจากเชื้อในสารละลาย sodium hypochlorite (0.2%) เป็นเวลา 2 นาที นำไปแช่ในน้ำกลั่นปลอดเชื้อเป็นเวลา 10 นาที

จากนั้นนำเมล็ดไปคลุกเคล้ากับ carboxymethyl cellulose (0.1%) แล้วนำไปแช่ cell suspension (จำนวนเซลล์ 1×10^8 cfu/ml) ปริมาตร 25 มิลลิลิตร สำหรับชุดควบคุมทำการแช่ในน้ำกลั่นปลอดเชื้อ บ่มเขย่า 90 rpm ที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 9 ชั่วโมง จากนั้นนำเมล็ดมาทำให้แห้งในตู้ laminar airflow เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ศึกษาประสิทธิภาพของแบคทีเรียในการส่งเสริมการงอกของเมล็ด (seed germination) โดยนำเมล็ดมาเชื้อเทศที่ผสมกับแบคทีเรียในข้างต้นมาเพาะโดยใช้วิธี paper towel method นำกระดาษเยื่อ (tissue towel) จุ่มในน้ำกลั่นปลอดเชื้อ จากนั้นนำไปวางในเพลทปลอดเชื้อ นำเมล็ดมาเชื้อเทศวางด้านบน เยื่อกระดาษจำนวน 25 เมล็ดต่อเพลท โดยวางระยะให้เท่าๆกัน ทำการทดลอง 4 ซ้ำ หลังจากนั้น 7 วัน ประเมินอัตราการงอกของเมล็ดโดยใช้สูตร

$$\%germination = \frac{\text{จำนวนเมล็ดที่งอก}}{\text{จำนวนเมล็ดที่เพาะทั้งหมด}} \times 100$$

และประเมินความแข็งแรงของเมล็ด (seed vigor index) โดยใช้สูตร

$$Vigor\ index\ (VI) = (\text{ค่าเฉลี่ยความยาวราก} + \text{ค่าเฉลี่ยความยาวลำต้น}) \times \%germination$$

จากนั้นผู้วิจัยศึกษาศักยภาพของแบคทีเรียส่งเสริมการเจริญของต้นมะเขือเทศในสภาวะเรือนเพาะชำโดยนำเมล็ดมาเชื้อเทศที่พบการงอกและชุดควบคุม มาเพาะปลูกในกระถางที่ประกอบไปด้วย ดิน ทราย และปุ๋ยคอก ในอัตราส่วน 2:1:1 ซึ่งในระหว่างการเพาะมีการให้น้ำและปุ๋ย N:P:K (17:17:17) ที่ละลายในน้ำในอัตราส่วน 1:10 หลังจากนั้น 15 วัน ทำการวัดความสูง จำนวนใบ น้ำหนักแห้ง-สด ของต้นและราก และน้ำหนักของผล ประเมินผลทางสถิติโดยปฏิบัติการด้วย SPSS version 18.0 software และทำการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างโดยใช้ Duncan's test หรือ Scheffe's multiple post-hoc

4. ระเบียบวิธีดำเนินการวิจัย

แผนงานที่ 1 การผลิตชีวมวลและสารชีวภัณฑ์ IAA จากแบคทีเรียทนเค็มในถังหมักขนาด 70-700 ลิตร

1. แบคทีเรียสายพันธุ์ที่ใช้ในการผลิต

1.1 แบคทีเรียสายพันธุ์ที่ใช้ผลิตสารชีวภัณฑ์ IAA คือ *Micrococcus yunnanensis* P2-23

1.2 แบคทีเรียที่ใช้ผลิตเป็นชีวมวลประกอบด้วยแบคทีเรียจำนวน 6 สายพันธุ์ร่วมกัน ได้แก่ *Bacillus subtilis* จำนวน 3 สายพันธุ์ คือ P5-29, P9-21, P7-18 และ *B. licheniformis* P4-10, *M. yunnanensis* P2-23 และ *B. endophyticus* P12-12

2. อาหารเลี้ยงเชื้อ

2.1 อาหารเลี้ยงเชื้อเพื่อผลิตเซลล์ชีวมวล: อาหาร haloalkaliphile medium (HA) pH 7.6

2.2 อาหารเลี้ยงเชื้อเพื่อการผลิตชีวภัณฑ์สาร IAA: อาหาร haloalkaliphile medium (HA) pH

7.6 สูตรดัดแปลงที่เติม 20-30 mM L-tryptophan

3. การผลิตชีวมวลเซลล์แบคทีเรียจำนวน 6 สายพันธุ์เพื่อคลุกในวัสดุปลูก

3.1 การเตรียมกล้าเชื้อ

นำเชื้อแบคทีเรียทนเค็มแต่ละไอโซเลตจาก working stock จำนวน 1 ลูบ streak ลงบนอาหาร Haloalkaliphile (HA) slant pH 7.6 ทำการบ่มที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18 ชั่วโมง หลังจากนั้นถ่ายเชื้อจำนวน 1 ลูบเติม ลงในอาหาร Haloalkaliphile (HA) broth สูตรดัดแปลง pH 7.6 ปริมาตร 3 มิลลิลิตร ทำการบ่มโดยการเขย่าที่ความเร็วรอบ 300 รอบต่อนาที อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18 ชั่วโมง

3.2 การเพาะเลี้ยงเซลล์แบคทีเรียเพื่อผลิตชีวมวล ในระดับถังหมักระดับ 70 ลิตร

นำกล้าเชื้อที่เตรียมในข้อ 3.1 ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ลงในฟลาสก์ขนาด 250 มิลลิลิตร ที่มีอาหาร Haloalkaliphile (HA) broth สูตรดัดแปลง pH 7.6 ปริมาตร 100 มิลลิลิตร นำไปบ่มโดยการเขย่าที่ความเร็วรอบ 300 รอบต่อนาที อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 18 ชั่วโมง จากนั้นถ่ายลงในอาหาร HA สูตรดัดแปลงที่บรรจุในฟลาสก์ ปริมาตร 100 มิลลิลิตร pH 7.6 อัตราการกวน 250 รอบต่อนาที อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18-24 ชั่วโมง โดยทำการเพาะเชื้อสายพันธุ์ละ 500 มิลลิลิตร (ฟลาสก์ละ 100 มิลลิลิตร จำนวน 5 ฟลาสก์) รวมกล้าเชื้อทั้ง 6 สายพันธุ์ปริมาตรรวมเท่ากับ 3000 มิลลิลิตร วัดค่าการเจริญโดยวัดความขุ่นที่ OD 600 nm จากนั้นถ่ายเชื้อลงในถังหมักขนาด 70 ลิตร ที่มีอาหาร HA สูตรดัดแปลงปริมาตร 50 ลิตร บ่มในสภาวะที่ให้อากาศ 1 VVM อัตราการกวน 260 รอบต่อนาที ที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส ควบคุมสภาวะการเพาะเลี้ยงที่ pH เท่ากับ 7.6 ตลอดการเพาะเลี้ยงเป็นเวลา 24 ชั่วโมง วัดค่าความขุ่นที่ 600 นาโนเมตร

4. การผลิตสารชีวภัณฑ์ IAA จากแบคทีเรียคัดเลือก *Micrococcus yunnanensis* P2-23

4.1 ถังหมักระดับ 70 ลิตร (MSJT-N70L, B.E. Marubishi (Thailand), Thailand)

หาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตสารชีวภัณฑ์ IAA จากแบคทีเรีย *M. yunnanensis* P2-23 ในระดับถังหมักขนาด 70 ลิตร โดยเตรียมกล้าเชื้อเช่นเดียวกับข้อ 3.1-3.2 จากนั้นเพาะเลี้ยงในถังหมักขนาด 70 ลิตร โดยทำการทดสอบ

4.1.1 สูตรอาหารที่เหมาะสม ใช้อาหาร HA โดยดัดแปลงให้มีการใช้แหล่งคาร์บอน และแหล่งไนโตรเจนเป็นโปรตีนร่วมกับสารสกัดจากยีสต์ ในสัดส่วน 20:5, 15:10 และ 25:0

4.1.2 อัตราการให้อากาศในถังหมัก โดยทดสอบเป็น 2 ระดับคือ 0.75 และ 1 VVM ใช้อัตราการกวน (agitation rate) 260 รอบต่อนาที ที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส ควบคุม pH เท่ากับ 8 เป็นเวลา 120 ชั่วโมง ติดตามค่าการเจริญโดยวัดความขุ่น (Optical density, OD) ที่ 600 นาโนเมตร และวิเคราะห์ปริมาณสาร IAA ด้วยวิธีทางเคมี Salkowski reagent (Ahmad, 2008) โดยเก็บตัวอย่างเพื่อติดตามการเจริญและการสร้างสารชีวภัณฑ์ IAA ทุก 6 ชั่วโมง

4.2 ถังหมักขนาด 750 ลิตร

นำสภาวะการผลิตสารชีวภัณฑ์ IAA จากข้อ 4.1 มาใช้ในการผลิตสารชีวภัณฑ์ในถังหมักระดับใหญ่ (scale up) โดยใช้กล้าเชื้อที่เตรียมจากถังหมักขนาด 70 ลิตร ปริมาตรกล้าเชื้อ 45 ลิตร อายุ 24 ชั่วโมง ถ่ายเชื้อใส่ถังหมักใหญ่ขนาด 750 ลิตรที่บรรจุอาหารเลี้ยงเชื้อปริมาตร 500 ลิตร ทำการเลี้ยงเชื้อเป็นเวลา 120 ชั่วโมง เก็บตัวอย่างทุก 6 ชั่วโมงเพื่อติดตามการเจริญและวิเคราะห์ปริมาณสารชีวภัณฑ์ IAA ด้วยวิธีทางเคมีโดยใช้ Salkowski's reagent (Rahman *et. al.*, 2010) และเก็บตัวอย่างที่จุดสิ้นสุดการเพาะเลี้ยงไปวิเคราะห์ปริมาณ IAA บริสุทธิ์ด้วย HPLC

แผนงานที่ 2 การนำผลิตภัณฑ์จากชีวมวลและสารชีวภัณฑ์จากแบคทีเรียทนเค็มไปทดสอบการส่งเสริมการเจริญของพืชตระกูล Solanaceae ในระดับแปลงปลูก

- ผลิตภัณฑ์ชีวมวลแบคทีเรียทนเค็มสายพันธุ์คัดเลือกเพื่อการนำไปใช้ในแปลงปลูก

นำผลิตภัณฑ์เชื้อไปผสมกับวัสดุปลูกในแปลงปลูกสัดส่วนตามกรรมวิธีเกษตรกร สัดส่วนเชื้อ 18 ลิตร รดบนแปลงปลูก พักดินหลังคลุกกล้าเชื้อประมาณ 2-5 วัน

- ผลิตภัณฑ์สารชีวภัณฑ์ IAA

ทำการเก็บแยกน้ำเลี้ยงเชื้อในรูปสารน้ำในอุณหภูมิ -20 หรือ 5 °C ก่อนใช้น้ำมาเจือจาง 70-100 เท่า (อาจมีการเติมสารจับใบพืชที่ใช้กับเกษตรกรอินทรีย์ก่อนนำมาใช้รดต้นพืช)

1. ขนาดแปลงทดสอบปลูกพืช

แปลงทดสอบมีขนาด 1.5×20 เมตร จำนวน 6 แปลง แบ่งเป็นแปลงควบคุมและแปลงที่ใช้คลุกสารชีวมวลและสารชีวภัณฑ์ IAA จำนวน 3 แปลง โดยเว้นระยะห่างระหว่างต้น 30 เซนติเมตร

2. ชนิดและจำนวนพืชทดสอบ

ผลจากการหารือกับเกษตรกรปลูกพืชอินทรีย์ที่ต้องการเพิ่มผลผลิตในกลุ่มพืชที่นิยมรับประทานสดนอกจากพืชในตระกูล Solanaceae ได้แก่ มะเขือเทศ มะเขือเปราะ พริก แล้ว คนส่วนใหญ่นิยมบริโภคผักสลัด เช่น กรีนโอ๊ค เรดโอ๊ค ทางโครงการจึงนำข้อมูลเหล่านี้มากำหนดชนิดพืชทดสอบดังนี้

2.1 มะเขือเทศเชอร์รี่ จำนวน 120 ต้น $\times$ 2 แปลง

2.2 พริกชี้หูจินดา จำนวน 120 ต้น $\times$ 2 แปลง

2.3 กรีนโอ๊ค จำนวน 60 ต้น $\times$ 2 แปลง

2.4 เรดโอ๊ค จำนวน 60 ต้น $\times$ 2 แปลง

3. กรรมวิธีการเตรียมแปลงปลูกและต้นกล้าจากเมล็ดพันธุ์

แปลงปลูกแบ่งเป็น 2 ชุด ดังนี้

- แปลงควบคุม (control) แปลงปลูกตามวิถีเกษตรกรที่ไม่ได้คลุกชีวมวลแบคทีเรีย จำนวน 3

แปลง

- แปลงทดสอบ (treatment) เป็นแปลงปลูกที่มีการคลุกวัสดุปลูกด้วยชีวมวลจากแบคทีเรียและเป็นแปลงที่ใช้ทดสอบสารชีวภัณฑ์ IAA กับพืชที่เมล็ดผ่านการแช่ด้วยสารชีวภัณฑ์ IAA เจือจางและมีการให้สารชีวภัณฑ์ในระยะเวลาเจริญและออกดอกด้วย

4. ขั้นตอนการทดสอบประสิทธิภาพในระดับแปลงปลูก

4.1 การทดสอบประสิทธิภาพของสารชีวภัณฑ์ IAA ในระดับแปลงปลูกของเกษตรกรตามแผนที่วางไว้ ดังนี้

1) พืชปลูกทดสอบ ได้แก่ มะเขือเทศ พริก ผักสลัดกรีนโอ๊คและเรดโอ๊ค ในการเตรียมเมล็ดสำหรับเพาะต้นกล้าจะดำเนินการ โดยนำเมล็ดพันธุ์พืชทั้ง 3 ชนิด จำนวนชนิดละ 200 เมล็ด มาแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม โดยกำหนดพืชทดสอบมะเขือเทศ พริก (พืชละ 120 ต้น) ผักสลัดกรีนโอ๊คและเรดโอ๊ค (ชนิดละ 60 ต้น) และดำเนินการ ดังนี้

- กลุ่มที่ 1 นำเมล็ดมาแช่น้ำตามกรรมวิธีที่เกษตรกรปฏิบัติ (เมล็ดพันธุ์ชุดควบคุม)

- กลุ่มที่ 2 นำเมล็ดพันธุ์มาแช่ในสารละลาย IAA ที่ผลิตจากแบคทีเรีย *Micrococcus yunnanensis* P2-23 (ความเข้มข้น 10-30 ug/ml) เป็นเวลา 6-10 ชั่วโมงสำหรับเมล็ดผักสลัด และ 15-18 ชั่วโมงสำหรับมะเขือเทศและพริก (แทนกรรมวิธีที่เกษตรกรปฏิบัติ)

2) การเพาะต้นกล้า โดยนำเมล็ดพันธุ์ทั้ง 2 กลุ่มที่ผ่านกรรมวิธีในขั้นตอนที่ 4.1 มาเพาะลงในวัสดุเพาะในถาดหลุม ขนาด 200 หลุม จากนั้นรดน้ำให้ชุ่ม วางในที่ที่มีแสงส่องผ่าน รดน้ำทุกวัน จนกระทั่งต้นกล้ามีอายุครบกำหนดย้ายปลูกลงแปลง หรือจนสังเกตเห็นว่าต้นกล้ามีการเจริญดีพร้อมย้ายลงปลูกได้ก่อน บันทึกผลการออก จำนวนต้นที่งอก วันที่เริ่มออกพ่นดิน ฯลฯ

3) การเตรียมดินปลูก โดยแบ่งชุดดินปลูกเป็น 2 กลุ่ม ดังนี้

- กลุ่มที่ 1 ดินปลูกที่เตรียมตามกรรมวิธีของเกษตรกร (ดินปลูกชุดควบคุม)

- กลุ่มที่ 2 ดินปลูกที่เตรียมตามกรรมวิธีของเกษตรกร และผสมชีวมวลแบคทีเรียคัดเลือกจำนวน 6 สายพันธุ์ หลังจากเตรียมดินและผึ่งดินในแปลงปลูกครบ 1 สัปดาห์ คลุมแปลงปลูกด้วยเชิ้อราไตรโคเดอร์มา ทิ้งไว้ประมาณ 3-5 วันจนเห็นเส้นใยราเจริญ ทำการย้ายต้นกล้าแต่ละชนิดและแต่ละกลุ่มลงปลูกในดินที่เตรียมไว้ จากนั้นรดน้ำทุกวัน และดูแลจัดการตามกรรมวิธีการของเกษตรกร ทั้งนี้เมื่อต้นพืชกลุ่มทดสอบ

จากเมล็ดที่ได้รับ IAA และดินที่คลุกแบคทีเรียทดสอบ มีอายุครบ 1 เดือน รดสาร IAA ความเข้มข้น 10-30 ug/ml สัปดาห์ละครั้ง เปรียบเทียบกับต้นพืชในชุดควบคุมที่รดน้ำตามกรรมวิธีของเกษตรกร

4) ระยะออกดอก บันทึกวันที่เริ่มออกดอก เมื่อพืชออกดอกให้ฉีดพ่นแบบฝอยที่ดอกด้วยสาร IAA จากแบคทีเรีย *Micrococcus yunnanensis* P2-23 ทุก 1-2 วันจนเห็นการติดผล บันทึกวันที่เริ่มติดผล เปรียบเทียบกับชุดควบคุม

4.2 บันทึกผลการเจริญเติบโตของพืชทดสอบในแต่ละระยะปลูก ได้แก่ การเพาะเมล็ด (วันที่เริ่มงอก จำนวนเมล็ดที่งอก อัตราการงอก) อายุของต้นกล้าที่พร้อมลงแปลงปลูก การเจริญเติบโต ความสูงของต้น ขนาด จำนวนวันที่เริ่มออกดอก จำนวนช่อดอก วันติดผล จำนวนผลต่อช่อดอก วันที่เข้าสู่ระยะผลสุกพร้อมเก็บเกี่ยว จำนวนและน้ำหนักผล อัตราการรอดของต้นพืช อัตราการเกิดโรค ปริมาณและคุณภาพผลผลิต โดยการเก็บบันทึกข้อมูลสัปดาห์ละครั้ง (หรือตามระยะพัฒนาการพืช) และสุ่มเก็บตัวอย่างในแต่ละสภาวะปลูกมาวิเคราะห์ผลในห้องปฏิบัติการ

4.3 บันทึกผลและถ่ายภาพพร้อมวิดีโอในแต่ละขั้นตอนการปลูกและวันที่เห็นการเปลี่ยนแปลงพัฒนาการพืช

4.4 ตรวจสอบและเปรียบเทียบการเจริญ ระบบรากและคุณภาพผลผลิตของพืชแต่ละชนิดกับพืชชุดควบคุม

แผนงานที่ 3 การพัฒนาผลิตภัณฑ์สารชีวภัณฑ์ IAA ในรูปแบบแห้งและศึกษาอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์

1. นำเลี้ยงเชื้อที่ผลิตได้มาปั่นเหวี่ยงเพื่อทำการเอาเซลล์ออกโดยใช้เครื่องปั่นเหวี่ยงตะกอนเซลล์แบบต่อเนื่อง (continuous centrifuge) ส่วนใสที่ได้นำมาวิเคราะห์ปริมาณสาร IAA (crude IAA) ด้วยวิธีทางเคมี โดยใช้ Salkowski's reagent

2. เติมสาร carboxymethyl cellulose (CMC) เพื่อเพิ่มมวลของสารชีวภัณฑ์หลังการระเหิด โดยเตรียมสารละลาย 0.1% CMC ปริมาตร 1 ส่วน ผสมกับสารชีวภัณฑ์ IAA ที่แยกจากเซลล์ออกแล้วปริมาตร 1 ส่วน แล้วกวนผสมให้เป็นเนื้อเดียวกัน เก็บตัวอย่างเล็กน้อยเพื่อไปวิเคราะห์ปริมาณ IAA ของตัวอย่างก่อนเข้าเครื่องระเหิดเย็น

3. เทสารในข้อ 2 ใส่ถาดสำหรับเข้าเครื่องระเหิดเย็น ถาดละ 2-3 ลิตร จากนั้นนำเข้าเครื่องระเหิดเย็น (FD50-Freeze dryer, Epsilon Co., Ltd., Thailand) และดำเนินการระเหิดแห้งตามขั้นตอนของเครื่องเป็นเวลา 5 วัน

4. เมื่อของเหลวทั้งหมดในถาดแห้งแล้วนำมาบรรจุลงในถุงฟอยล์ ปิดปากถุงด้วย vacuum seal เพื่อให้เป็นสุญญากาศ แล้วเก็บที่อุณหภูมิห้อง นำมาตรวจสอบคุณภาพโดยนำมาแช่เมล็ดมะเขือเทศตรวจดูการงอก การพัฒนาระบบราก (ความยาวราก จำนวนรากแขนง) และความแข็งแรงของเมล็ด (seed vigor index) เปรียบเทียบกับเมล็ดแช่น้ำ และวิเคราะห์ปริมาณสาร IAA ด้วยวิธี Salkowski's reagent เมื่อเวลาผ่านไป 6 และ 9 เดือนหลังการบรรจุ สำหรับ seed vigor index สามารถคำนวณได้จากสูตร

$$Vigor\ index\ (VI) = \frac{\Sigma G_t}{t} \times \text{ค่าเฉลี่ยความยาวต้นในวันที่ } t\ (Dt)$$

เมื่อ G_t = จำนวนเมล็ดที่งอกในวันที่ t

D_t = วันที่ t

T = จำนวนวันตั้งแต่เริ่มต้นจนถึง D_t

เปอร์เซ็นต์การงอกคำนวณได้จาก

$$\%germination = \frac{\text{จำนวนเมล็ดที่งอก}}{\text{จำนวนเมล็ดที่เพาะทั้งหมด}} \times 100$$

5. ผลการวิจัย

แผนงานที่ 1 การผลิตชีวมวลและสารชีวภัณฑ์ IAA จากแบคทีเรียทนเค็มในถังหมักขนาด 70-750 ลิตร

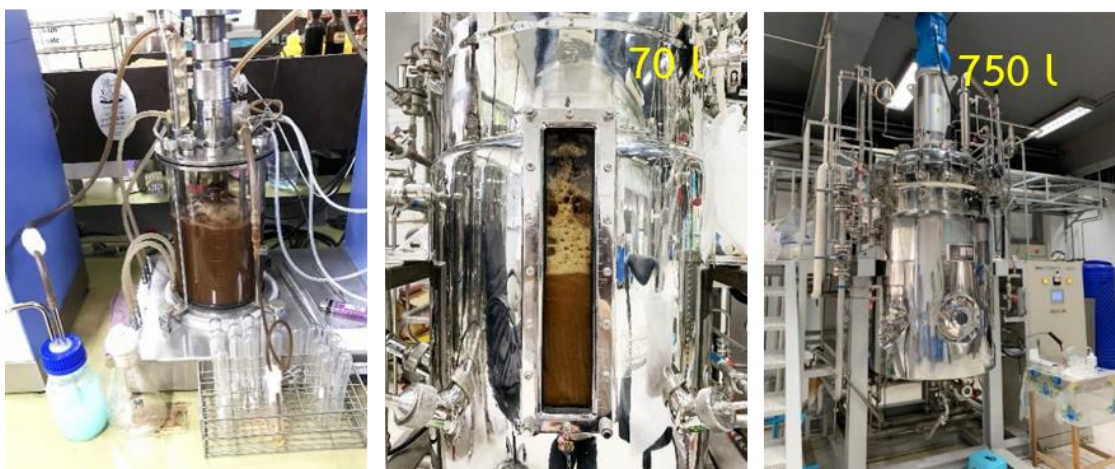
1. การผลิตชีวมวลของแบคทีเรียทนเค็มส่งเสริมการเจริญของพืชในระดับถังหมักขนาด 70 ลิตร

ใช้กล้าเชื้อแบคทีเรีย 6 สายพันธุ์ได้แก่ *Micrococcus yunnanensis* P2-23, *Bacillus endophyticus* P12-12, *Bacillus subtilis* จำนวน 3 สายพันธุ์ คือ P5-29, P9-21, P7-18 และ *Bacillus licheniformis* P4-10 ในสัดส่วนเท่ากัน เพาะเลี้ยงในอาหารเลี้ยงเชื้อที่มีแหล่งคาร์บอนและแหล่งไนโตรเจนเป็นโปรตีนเปปโตน (peptone) ที่เติมแหล่งเกลือแร่ (trace element) ควบคุม pH เท่ากับ 7.6 โดยมีค่าการเจริญสูงสุดที่ OD₆₀₀ เท่ากับ 40-50 ระยะเวลาที่ให้การเจริญสูงสุดคือ 24 ชั่วโมง ควบคุมสภาวะการเพาะเลี้ยงแบบให้อากาศระดับ 1 VVM อัตราการกวน 250 รอบต่อนาที



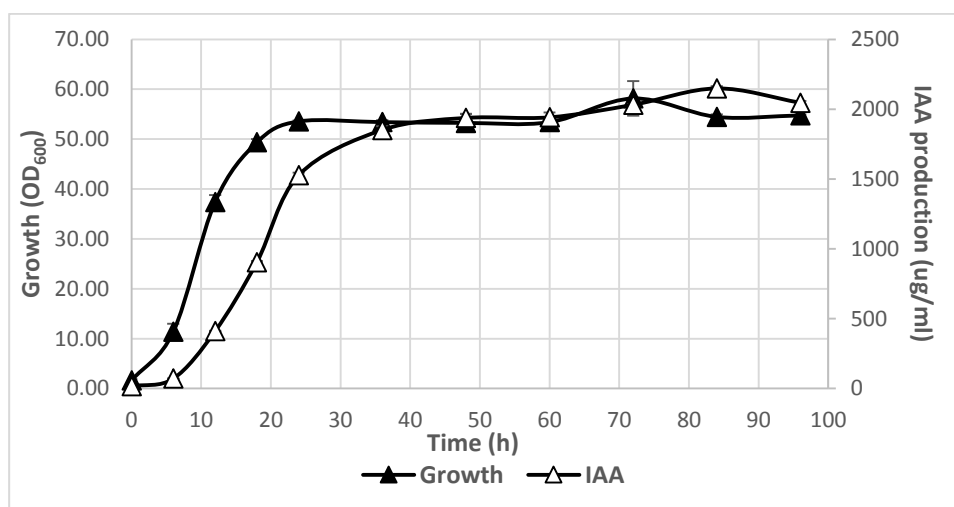
ภาพที่ 4 การเพาะเลี้ยงชีวมวลของแบคทีเรียทนเค็มทั้ง 6 สายพันธุ์ในถังหมักขนาด 3 ลิตร สำหรับใช้เป็นกล้าเชื้อ(A) และในถังหมักขนาด 70 ลิตร สำหรับนำไปคลุกกับวัสดุปลูกในแปลง (B)

2. การผลิตสารชีวภัณฑ์ IAA จากแบคทีเรีย *Micrococcus yunnanensis* P2-23 ในถังหมักระดับ 750 ลิตร



ภาพที่ 5 การผลิตสารชีวภัณฑ์ IAA จากแบคทีเรีย *Micrococcus yunnanensis* P2-23 ในถังหมักระดับต่างๆ ได้แก่ ขนาด 3 ลิตร (ซ้าย) 70 ลิตร (กลาง) และ 750 ลิตร (ขวา)

จากผลการทดสอบหาสภาวะและสูตรอาหารเลี้ยงเชื้อที่เหมาะสมในการผลิตสารชีวภัณฑ์ IAA พบว่าอาหารเลี้ยงเชื้อที่ให้ปริมาณสาร IAA สูงที่สุดนั้นเป็นอาหารที่ประกอบด้วยแหล่งคาร์บอนและแหล่งไนโตรเจนที่ได้จากโปรตีนเปปโตनและสารสกัดจากยีสต์ในสัดส่วน 20:5 มีการเติม L-tryptophan 30 mM และสภาวะการหมักที่ให้อากาศ 0.75 VVM ควบคุมค่า pH ตลอดการหมักที่ pH 8.0 โดยใช้กล้าเชื้อ 7-9% จึงได้นำสภาวะดังกล่าวไปปรับใช้กับการผลิตสารชีวภัณฑ์ในถังหมักขนาด 750 ลิตร โดยใช้กล้าเชื้อ 9% ปริมาตรในถังหมักเท่ากับ 500 ลิตร พบว่า *M. yunnanensis* P2-23 มีค่าการเจริญสูงสุด (OD_{600}) เท่ากับ 53.55 ที่ 24 ชั่วโมงของการเพาะเลี้ยง และสามารถผลิตสาร IAA ได้สูงสุดที่ 84 ชั่วโมงโดยมีปริมาณสาร IAA (แบบ crude) เท่ากับ 2,148 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ดังแสดงในภาพที่ 6 และตารางที่ 3 หลังการเพาะเลี้ยงสิ้นสุดลงจะนำน้ำเลี้ยงเชื้อทั้งหมดไปปั่นเหวี่ยงเพื่อแยกกากเซลล์ของ *M. yunnanensis* P2-23 ออกด้วยเครื่องปั่นเหวี่ยงตกตะกอนแบบต่อเนื่อง (continuous centrifuge) (ภาพที่ 7) จะได้สารชีวภัณฑ์ IAA แบบน้ำสำหรับนำไปใช้ในการศึกษาขั้นต่อไป



ภาพที่ 6 การเจริญและการสร้างสารชีวภัณฑ์ IAA (แบบ crude) ของแบคทีเรีย *Micrococcus yunnanensis* P2-23 ในถังหมักขนาด 750 ลิตร ปริมาตรอาหารเลี้ยงเชื้อ 500 ลิตรที่เติม 30 mM L-tryptophan

ตารางที่ 3 ค่าการเจริญและการผลิตสารชีวภัณฑ์ IAA ของแบคทีเรีย *Micrococcus yunnanensis* P2-23 ในถังหมักขนาด 750 ลิตร

ชั่วโมงที่	ค่าการเจริญ (OD_{600})	IAA production (ug/ml, crude)
0	1.61±0.27	16.26±0.56
6	11.37±1.61	70.95±0.30
12	37.40±1.41	410.16±2.96
18	49.35±0.64	904.84±7.40
24	53.55±0.21	1,527.30±17.75
36	53.40±0.42	1,851.50±26.62
48	53.25±1.77	1,937.26±29.58
60	53.40±0.28	1,941.44±35.50
72	58.15±3.46	2,031.39±2.96
84	54.45±0.49	2,148.52±14.79
96	54.75±0.21	2,046.03±11.83



ภาพที่ 7 การแยกกากเซลล์ของ *M. yunnanensis* P2-23 ออกจากน้ำเลี้ยงเชื้อที่มีสารชีวภัณฑ์ IAA ด้วยเครื่องปั่นเหวี่ยงตะกอนเซลล์แบบต่อเนื่อง (continuous centrifuge)

นอกจากนี้ผู้วิจัยได้ผลิตสารชีวภัณฑ์ IAA ในถังหมักขนาด 750 ลิตรซ้ำอีก 1 ครั้งโดยใช้สภาวะเดียวกับการผลิตในครั้งแรกพบว่า *M. yunnanensis* P2-23 มีค่าการเจริญสูงสุด (OD_{600}) เท่ากับ 58.40 ที่ 24 ชั่วโมงของการเพาะเลี้ยงเช่นเดียวกัน และได้ปริมาณสารชีวภัณฑ์ IAA (crude) สูงสุด 2,360 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ที่ 90 ชั่วโมง เมื่อนำมาหาค่าเฉลี่ยการเจริญสูงสุดและปริมาณ IAA สูงสุด (ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร) จะได้เท่ากับ 55.98 และ 2,254.48 ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 การเจริญและการผลิตสารชีวภัณฑ์ IAA สูงสุดในถังหมักขนาด 750 ลิตรของทั้งสองรอบการผลิต

รอบการผลิต	ค่าการเจริญสูงสุด (OD_{600})	เวลาที่ให้การเจริญสูงสุด (ชั่วโมง)	ปริมาณ IAA สูงสุด ($\mu\text{g/ml}$)	เวลาที่ให้ผลผลิตสูงสุด (ชั่วโมง)
1	53.55	24	2,148.52	84
2	58.40	24	2,360.44	90
เฉลี่ย	55.98 ± 3.43	24	$2,254.48 \pm 149.85$	84-90

แผนงานที่ 2 การนำผลิตภัณฑ์จากชีวมวลและสารชีวภัณฑ์จากแบคทีเรียทนเค็มไปทดสอบการส่งเสริมการเจริญของพืชตระกูล Solanaceae ในระดับแปลงปลูก

ดำเนินการวิจัยที่แปลงของศูนย์วิจัยวนา เอนกศรี ซึ่งเป็นเกษตรกรในกลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านดอนศาลเจ้า ตำบลบ่อสุพรรณ อำเภอสองพี่น้อง จังหวัดสุพรรณบุรี โดยทำการวิจัยในพืชตระกูล Solanaceae จำนวน 3 ชนิด ได้แก่ ผักสลัด (เรดโอ๊ค และกรีนโอ๊ค) มะเขือเทศ และพริก ดังนี้

- ขั้นตอนการเตรียมเมล็ด

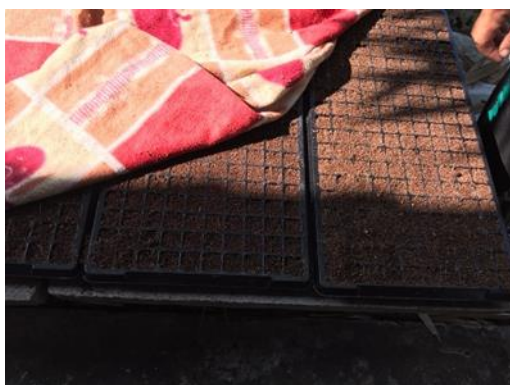
นำเมล็ดพืชที่มีความสมบูรณ์ จำนวนชนิดละ 100-200 เมล็ด แช่น้ำกลั่นปริมาตร 20 มิลลิลิตร ระยะเวลา 20 นาที จากนั้นนำเมล็ดมาแช่ในสารละลายผสมตามกรรมวิธีต่างๆ ปริมาตร 20 มิลลิลิตรเข้าด้วยเครื่องเขย่าที่ความเร็วรอบ 90 rpm ระยะเวลา 10-14 ชั่วโมงที่อุณหภูมิห้อง จากนั้นนำเมล็ดที่เพาะไว้มาเพาะลงในภาชนะหลุม

- ขั้นตอนการเตรียมวัสดุและการเพาะเมล็ด

1. ทำการเตรียมวัสดุเพาะเมล็ด โดยมีส่วนผสม ดังนี้

ใช้มูลสุกรที่ผ่านการหมักเป็นระยะเวลานาน 1 ปี นำมาผ่านการร่อนให้ละเอียด ผสมกับขุยมะพร้าวที่ผ่านการแช่น้ำ 24 ชั่วโมง ผึ่งให้แห้งและนำมาร่อน โดยผสมวัสดุในอัตราส่วน 1 ต่อ 1 จากนั้นนำมาใส่ถุงเพื่อหมักต่ออีก 3 วัน แล้วจึงนำวัสดุตั้งกล่าวมาใส่ถาดเพาะ

2. ภายหลังจากนำวัสดุปลูกใส่ถาดเพาะ คลุมด้วยผ้าเพื่อรักษาความชื้นก่อนนำมาเพาะเมล็ด



ภาพที่ 8 การเตรียมวัสดุปลูกลงในถาดเพาะเมล็ด

3. ทำการรดน้ำวัสดุเพาะเมล็ด เพื่อเพิ่มความชื้นก่อนนำไปใช้เพาะเมล็ด



ภาพที่ 9 การรดน้ำเพื่อเพิ่มความชื้นให้กับวัสดุในถาดเพาะเมล็ด

4. นำเมล็ดผักสลัดเรดโอ๊ค กรีนโอ๊ค มะเขือเทศ และพริก ที่ผ่านการแช่น้ำ หรือสาร IAA เป็นเวลา 24 ชั่วโมง มาเพาะลงในถาดเพาะเมล็ดที่เตรียมไว้ โดยแยกชนิดพืชและกรรมวิธี ลงในแต่ละถาด



ภาพที่ 10 เพาะเมล็ดลงในวัสดุปลูกในถาดเพาะเมล็ด

5. ภายหลังจากเพาะเมล็ด นำถาดเพาะเมล็ดมาวางไว้ในที่มีอากาศถ่ายเท ไม่ได้รับแสงแดดมากเกินไป อาจใช้ผ้าคลุมและรดน้ำให้ความชื้น



ภาพที่ 11 ถาดเพาะเมล็ดที่หยอดเมล็ดลงในวัสดุปลูกแล้ว

6. เมื่อเมล็ดพืชเริ่มงอก ให้เปิดผ้าคลุมถาดเพาะ เพื่อให้ต้นกล้าได้รับแสง รดน้ำทุกวัน
7. บันทึกเปอร์เซ็นต์การงอก จำนวนวันที่เมล็ดงอก และการเจริญเติบโตของต้นกล้า
8. เมื่อต้นกล้ามีอายุครบกำหนดย้ายปลูก ทำการย้ายต้นกล้าลงปลูกในแปลงปลูกที่เตรียมไว้

- การย้ายปลูก

ควรย้ายปลูกเมื่อต้นกล้ามีใบจริงประมาณ 2-3 ใบ หรืออายุประมาณ 18-21 วัน โดยเตรียมแปลงปลูกดังนี้

1. เตรียมแปลงขนาดกว้าง 1.5 เมตร ยาว 20 เมตร ทำการกำจัดวัชพืช พรวนดินและตากดินเป็นเวลา 3 วัน



ภาพที่ 12 การเตรียมแปลงปลูก พรวนดินและตากดิน

2. ผสมวัสดุปลูกได้แก่ ปุ๋ยมูลสุกร (ค้ำปี) 1 ส่วน ขุยมะพร้าว 1 ส่วนและแกลบดำ (ที่ผ่านการล้างน้ำแล้ว) 1 ส่วน ให้เข้ากันแล้วนำไปผสมกับดินในแปลงปลูกในช่วงเช้า
3. ช่วงเย็นของวันเดียวกัน ทำการคลุกชีวมวลของแบคทีเรียส่งเสริมการเจริญของพืชจำนวน 6 สายพันธุ์ ที่ผ่านการเจือจางให้ได้ความขุ่น (OD_{600}) ประมาณ 10 แล้วคลุกดินด้วยไถ่ไผ่ทิ้งไว้ 5 วันเพื่อให้แบคทีเรียมีการเจริญและเพิ่มจำนวนในดิน



ภาพที่ 13 ชีวมวลของแบคทีเรียทนเค็ม 6 สายพันธุ์ที่ผ่านการเจือจางพร้อมผสมกับวัสดุปลูก (บน) การคลุกชีวมวลกับวัสดุปลูก (ล่างซ้าย) และการคลุมหน้าดินด้วยใบไม้ (ล่างขวา)

4. คลุกเชื้อราไตรโคเดอมา (สัดส่วนไตรโคเดอมา 1 กก. ผสมกับรำข้าว 6 กก.) ลงในแปลง ทิ้งไว้ 3-5 วันก่อนย้ายปลูก



ภาพที่ 14 เชื้อราไตรโคเดอมาผสมกับรำข้าว (ซ้าย) จากนั้นทำการโรยลงแปลงปลูก (กลาง) และภาพผิวหน้าแปลงปลูกหลังโรยเชื้อราแล้ว (ขวา)

5. ย้ายต้นกล้าพืชผักลงแปลงปลูก โดยแปลงแบ่งเป็น 2 แถว แถวละ 60 ต้น และเว้นระยะห่างระหว่างต้น 25-30 เซนติเมตร

อายุการย้ายกล้า (ภายหลังจากเพาะเมล็ด)

- ผักสลัดระยะเวลา 15-20 วัน
- มะเขือเทศ ระยะเวลา 21-30 วัน
- พริก ระยะเวลา 30-40 วัน

โดยก่อนการย้ายต้นกล้าลงแปลงปลูก ให้ใช้ไม้ขุดทำหลุมไว้ก่อน จากนั้นจึงย้ายต้นกล้าลงปลูก เพื่อป้องกันความเสียหายของต้นกล้าและระบบราก

6. รดน้ำวันละ 2 ครั้งผ่านสปริงเกอร์ ตั้งเวลา 5 นาที ช่วงเวลา 11.00 และ 15.00 น.

- การทดสอบประสิทธิภาพของสารชีวภัณฑ์ IAA ในระดับแปลงปลูก

1. ระยะเพาะต้นกล้า

- การงอกของเมล็ด

จากการทดลองพบว่า พืชทดสอบทั้ง 4 ชนิด ได้แก่ กรีนโอ๊ค เรดโอ๊ค มะเขือเทศ และพริกที่มาจากเมล็ดแอสสารชีวภัณฑ์ IAA มีเปอร์เซ็นต์การงอกของเมล็ดสูงกว่าชุดควบคุม (เมล็ดแช่น้ำ) (ตารางที่ 5) โดยเปอร์เซ็นต์การงอกของกรีนโอ๊ค มะเขือเทศและพริกเพิ่มขึ้นอยู่ในช่วง 4-9% ส่วนเรดโอ๊คมีเปอร์เซ็นต์การงอกเพิ่มขึ้นถึง 17.5% โดยคุณภาพของเมล็ดส่งผลต่อการงอกของเมล็ดเช่นกัน สังเกตได้จากเมล็ดพันธุ์พริกซึ่งมีเปอร์เซ็นต์การงอกค่อนข้างต่ำ (อยู่ที่ประมาณ 41%) อาจเป็นผลมาจากการที่เมล็ดเสื่อมคุณภาพ แต่อย่างไรก็ตามการแช่เมล็ดพริกในสารชีวภัณฑ์ IAA สามารถเพิ่มเปอร์เซ็นต์การงอกของเมล็ดพริกได้ประมาณ 9%

ตารางที่ 5 อัตราการงอกเฉลี่ยของเมล็ดพันธุ์

พืชทดสอบ	อัตราการงอก (เปอร์เซ็นต์)	
	แช่น้ำ	แอสสารชีวภัณฑ์ IAA
กรีนโอ๊ค (green oak)	91.2	95.5
เรดโอ๊ค (red oak)	79.6	97.1
มะเขือเทศเชอร์รี่	84.8	91.6
พริกขี้หนูจินดา	41.0	49.5

- จำนวนวันที่เมล็ดงอก

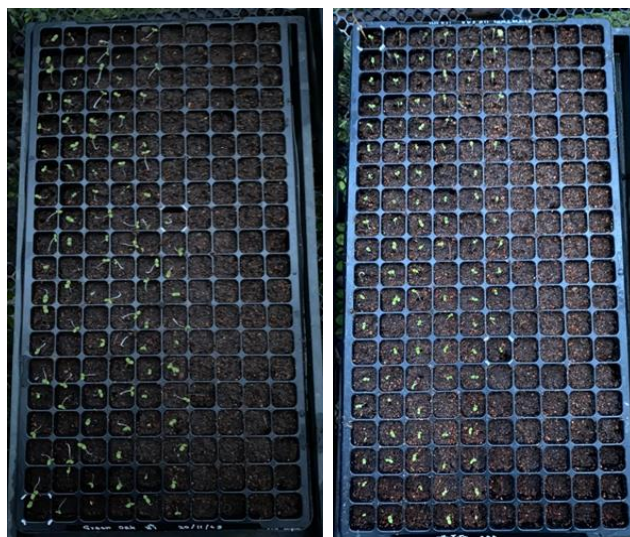
จากการทดลองพบว่า เมล็ดผักสลัด และมะเขือเทศที่ผ่านการแช่ในสารละลาย IAA มีจำนวนวันที่เมล็ดงอกใกล้เคียงกับเมล็ดที่แช่น้ำ ในขณะที่เมล็ดพริกที่ได้รับ IAA มีการงอกเร็วกว่าเมล็ดที่แช่น้ำ (ตารางที่ 6)

ตารางที่ 6 จำนวนวันเฉลี่ยที่ใช้ในการงอกของเมล็ด

พืชทดสอบ	จำนวนวันการงอกของเมล็ด (วัน)	
	แช่น้ำ	แอสสารชีวภัณฑ์ IAA
กรีนโอ๊ค (green oak)	2.2±0.69	2.3±0.68
เรดโอ๊ค (red oak)	2.3±1.18	2.3±1.01
มะเขือเทศเชอร์รี่	5.4±0.65	5.2±0.53
พริกขี้หนูจินดา	8.8±1.74	7.9±0.87

- ความสูงของต้นกล้า

จากการทดลองพบว่า ในสัปดาห์ที่ 2 ภายหลังจากเพาะเมล็ด ผักสลัดเรดโอ๊ค กรีนโอ๊ค และมะเขือเทศ มีการเจริญเติบโตและต้นกล้าแข็งแรง สามารถย้ายปลูกลงแปลงได้ ในขณะที่ต้นกล้าพริกสามารถย้ายลงแปลงปลูกได้ในสัปดาห์ที่ 4 ต้นกล้าผักสลัดกรีนโอ๊ค และพริกที่เพาะจากเมล็ดที่ได้รับ IAA มีความสูงต้นในสัปดาห์ที่ 3 และ 4 ตามลำดับ มากกว่าต้นกล้าที่เพาะจากเมล็ดที่แช่น้ำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ในขณะที่ต้นเรดโอ๊คที่เพาะจากเมล็ดที่ได้รับ IAA มีความสูงต้นในสัปดาห์ที่ 1 และ 2 หลังเพาะเมล็ดน้อยกว่าต้นกล้าที่เพาะจากเมล็ดที่แช่น้ำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) อย่างไรก็ตามในสัปดาห์ที่ 3 ไม่พบความแตกต่างของความสูงของต้นเรดโอ๊คที่ได้จากเมล็ดทั้งสองกรรมวิธี สำหรับกรณีของมะเขือเทศ พบว่ามะเขือเทศที่เพาะจากเมล็ดที่ได้รับ IAA มีความสูงต้นน้อย (เตี้ย) กว่าต้นกล้าที่เพาะจากเมล็ดที่แช่น้ำ (ตารางที่ 7 และภาพที่ 16)



ภาพที่ 15 การงอกของเมล็ดผักสลัดที่แช่น้ำ (ซ้าย) หรือในสารละลาย IAA (ขวา) ภายหลังเพาะเมล็ด 2 วัน

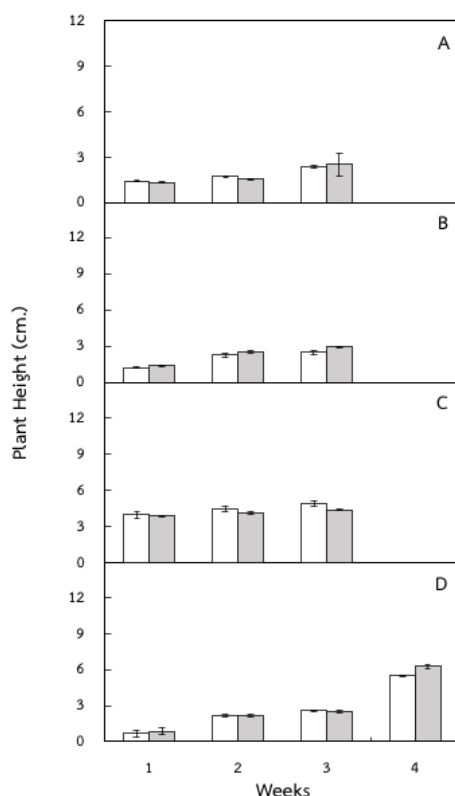
ตารางที่ 7 ความสูงเฉลี่ยของต้นกล้าในแต่ละสัปดาห์

พืชทดสอบ/วิธีการแช่เมล็ด	ความสูงของต้นกล้า (เซนติเมตร)			
	สัปดาห์ที่ 1	สัปดาห์ที่ 2	สัปดาห์ที่ 3	สัปดาห์ที่ 4
กรีนโอ๊ค (green oak)				
- แช่น้ำ	1.20±0.1	2.24±0.2	2.48±0.1	
- แช่สารชีวภัณฑ์ IAA	1.40±0.0	2.51±0.1	2.94±0.1	
t-test	ns	ns	*	
เรดโอ๊ค (red oak)				สิ้นสุดการ วัดผลใน สัปดาห์ที่ 3
- แช่น้ำ	1.40±0.0	1.75±0.0	2.39±0.1	
- แช่สารชีวภัณฑ์ IAA	1.30±0.0	1.58±0.0	2.52±0.8	
t-test	*	*	ns	
มะเขือเทศเชอร์รี่				
- แช่น้ำ	4.00±0.3	4.49±0.2	4.94±0.2	
- แช่สารชีวภัณฑ์ IAA	3.90±0.0	4.11±0.1	4.42±0.1	
t-test	ns	ns	ns	
พริกขี้หนูจินดา				
- แช่น้ำ	0.70±0.3	2.16±0.1	2.57±0.1	5.50±0.0
- แช่สารชีวภัณฑ์ IAA	0.90±0.3	2.12±0.1	2.48±0.1	6.26±0.1
t-test	ns	ns	ns	**

หมายเหตุ - ns ไม่แตกต่างทางสถิติ

- * แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

- ** แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99



ภาพที่ 16 ความสูง (เซนติเมตร) ของต้นกล้าเรดโอ๊ค (A) กรีนโอ๊ค (B) มะเขือเทศ (C) และพริก (D) ที่เพาะจากเมล็ดที่แช่น้ำ (□) และเมล็ดที่ได้รับสารละลาย IAA (■) ในสัปดาห์ที่ 1 ถึง 4 ของการเจริญเติบโต

- ความกว้างทรงพุ่มของต้นกล้า

ทำการเก็บข้อมูลเป็นเวลา 3 สัปดาห์สำหรับผักสลัดและมะเขือเทศ และ 4 สัปดาห์สำหรับพริก เนื่องจากผักสลัดและมะเขือเทศสามารถย้ายปลูกได้ภายใน 3 สัปดาห์หลังการเพาะกล้า จากการทดลองพบว่า สัปดาห์ที่ 1-2 ของการเพาะกล้า ต้นกล้าที่มาจากเมล็ดที่ผ่านการแช่สารชีวภัณฑ์ IAA มีความกว้างทรงพุ่มเฉลี่ยมากกว่าชุดควบคุม (แช่น้ำ) โดยเป็นความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติในทุกพืชทดสอบ

ในสัปดาห์ที่ 3 กรีนโอ๊คและมะเขือเทศมีความกว้างทรงพุ่มมากกว่าชุดควบคุมโดยเป็นความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99 ($p \leq 0.01$) ส่วนเรดโอ๊คมีความกว้างทรงพุ่มมากกว่าชุดควบคุมโดยเป็นความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$) สำหรับพริกพบว่าในสัปดาห์ที่ 3 และ 4 นั้นมีขนาดความกว้างทรงพุ่มมากกว่าชุดควบคุม แต่เป็นความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 8)

ตารางที่ 8 ความกว้างทรงพุ่มเฉลี่ยของต้นกล้าในแต่ละสัปดาห์

พืชทดสอบ/วิธีการแช่เมล็ด	ความกว้างทรงพุ่มของต้นกล้า (เซนติเมตร)			
	สัปดาห์ที่ 1	สัปดาห์ที่ 2	สัปดาห์ที่ 3	สัปดาห์ที่ 4
กรีนโอ๊ค (green oak)				สิ้นสุดการวัดผลในสัปดาห์ที่ 3
- แช่น้ำ	1.86±0.1	2.32±0.1	3.42±0.4	
- แช่สารชีวภัณฑ์ IAA	1.94±0.0	2.54±0.0	4.14±0.3	
t-test	ns	ns	**	

ตารางที่ 8 (ต่อ)

พืชทดสอบ/วิธีการแช่เมล็ด	ความกว้างทรงพุ่มของต้นกล้า (เซนติเมตร)			
	สัปดาห์ที่ 1	สัปดาห์ที่ 2	สัปดาห์ที่ 3	สัปดาห์ที่ 4
เรดโอ๊ค (red oak)				
- แช่น้ำ	1.64±0.0	1.95±0.0	2.40±0.0	
- แช่สารชีวภัณฑ์ IAA	1.68±0.0	1.98±0.0	2.87±0.1	สิ้นสุดการ
t-test	ns	ns	*	วัดผลใน
มะเขือเทศเชอร์รี่				สัปดาห์ที่ 3
- แช่น้ำ	2.28±0.1	2.64±0.1	2.84±0.1	
- แช่สารชีวภัณฑ์ IAA	2.40±0.0	2.76±0.1	3.32±0.1	
t-test	ns	ns	**	
พริกขี้หนูจินดา				
- แช่น้ำ	0.90±0.4	1.93±0.1	2.14±0.1	6.60±0.0
- แช่สารชีวภัณฑ์ IAA	1.20±0.3	1.94±0.1	2.20±0.1	6.68±0.1
t-test	ns	ns	ns	ns

หมายเหตุ - ns ไม่แตกต่างทางสถิติ

- * แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

- ** แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99

- จำนวนใบจริง

จากการทดลองพบว่า ต้นกล้าผักสลัดกรีนโอ๊ค เรดโอ๊ค และพริกที่เพาะจากเมล็ดที่ได้รับ IAA มีจำนวนใบจริงมากกว่าต้นกล้าที่เพาะจากเมล็ดที่แช่น้ำ โดยต้นกล้าเรดโอ๊คและพริกที่เพาะจากเมล็ดที่ได้รับ IAA มีจำนวนใบจริงมากกว่าต้นกล้าที่เพาะจากเมล็ดที่แช่น้ำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ตลอดระยะเวลา 3 สัปดาห์ และในสัปดาห์ที่ 4 ของการเพาะต้นกล้า ตามลำดับ ในขณะที่ไม่พบความแตกต่างของจำนวนใบจริงในต้นกล้ามะเขือเทศที่เพาะจากเมล็ดที่แช่น้ำหรือเมล็ดที่ได้รับ IAA (ตารางที่ 9)

- ปริมาณความหนาแน่นของราก

จากการทดลองพบว่า ต้นกล้าผักสลัดเรดโอ๊ค กรีนโอ๊ค และมะเขือเทศที่เพาะจากเมล็ดที่ได้รับสารชีวภัณฑ์ IAA มีปริมาณความหนาแน่นของรากมากกว่าต้นกล้าที่เพาะจากเมล็ดที่แช่น้ำ โดยรากมีขนาดใหญ่ ค่อนข้างอวบและแข็งแรง โดยพบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.01$) ในต้นกล้าเรดโอ๊คและมะเขือเทศ ในขณะที่ไม่พบความแตกต่างของปริมาณความหนาแน่นของรากในต้นกล้าพริกที่เพาะจากเมล็ดที่แช่น้ำหรือเมล็ดที่ได้รับ IAA (ตารางที่ 10)

ตารางที่ 9 จำนวนเฉลี่ยของใบจริง

พืชทดสอบ/วิธีการแช่เมล็ด	จำนวนใบจริงในแต่ละสัปดาห์ (ใบ)			
	สัปดาห์ที่ 1	สัปดาห์ที่ 2	สัปดาห์ที่ 3	สัปดาห์ที่ 4
กรีนโอ๊ค (green oak)				
- แช่น้ำ	0.96±0.0	2.1±0.1	2.8±0.2	
- แช่สารชีวภัณฑ์ IAA	0.98±0.0	2.1±0.0	3.4±0.3	
<i>t</i> -test	ns	ns	ns	
เรดโอ๊ค (red oak)				สิ้นสุดการวัดผลใน สัปดาห์ที่ 3
- แช่น้ำ	0.7±0.1	1.5±0.1	2.2±0.1	
- แช่สารชีวภัณฑ์ IAA	1.4±0.1	2.0±0.0	2.4±0.1	
<i>t</i> -test	**	**	*	
มะเขือเทศเชอร์รี่				
- แช่น้ำ	0.3±0.1	1.0±0.1	1.7±0.1	
- แช่สารชีวภัณฑ์ IAA	0.2±0.0	1.1±0.1	1.7±0.1	
<i>t</i> -test	ns	ns	ns	
พริกขี้หนูจินดา				
- แช่น้ำ	0±0.0	0±0.0	1.4±0.0	5.2±0.1
- แช่สารชีวภัณฑ์ IAA	0±0.0	0±0.0	1.5±0.2	5.9±0.0
<i>t</i> -test	ns	ns	ns	**

หมายเหตุ - ns ไม่แตกต่างทางสถิติ

- * แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

- ** แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99

ตารางที่ 10 คะแนนเฉลี่ยของความหนาแน่นของราก

พืชทดสอบ/วิธีการแช่เมล็ด	ความหนาแน่นของระบบราก (คะแนน)
กรีนโอ๊ค (green oak) ^a	
- แช่น้ำ	2.5±0.1
- แช่สารชีวภัณฑ์ IAA	2.8±0.1
<i>t</i> -test	ns
เรดโอ๊ค (red oak) ^a	
- แช่น้ำ	2.0±0.12
- แช่สารชีวภัณฑ์ IAA	2.5±0.05
<i>t</i> -test	**
มะเขือเทศเชอร์รี่ ^a	
- แช่น้ำ	2.1±0.0
- แช่สารชีวภัณฑ์ IAA	2.4±0.1
<i>t</i> -test	**

ตารางที่ 10 (ต่อ)

พืชทดสอบ/วิธีการแช่เมล็ด	ความหนาแน่นของระบบราก (คะแนน)
พริกขี้หนูจินดา ^b	
- แช่น้ำ	2.4±0.1
- แช่สารชีวภัณฑ์ IAA	2.4±0.1
t-test	ns

หมายเหตุ - ns ไม่แตกต่างทางสถิติ

- ** แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99

หมายเหตุ^a ทำการตรวจสอบระบบรากในสัปดาห์ที่ 3 ของการเพาะกล้า

^b ทำการตรวจสอบระบบรากในสัปดาห์ที่ 5 ของการเพาะกล้า



ภาพที่ 17 การเจริญเติบโตของต้นกล้ามะเขือเทศที่เพาะจากเมล็ดที่แช่น้ำ (ซ้าย) และที่ได้รับสารชีวภัณฑ์ IAA (ขวา) อายุ 28 วัน ภายหลังเพาะเมล็ด

ทั้งนี้จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่า การแช่เมล็ดพืชในสารละลาย IAA ก่อนนำมาเพาะ ส่งผลให้เมล็ดมะเขือเทศและพริกมีเปอร์เซ็นต์การงอกเพิ่มขึ้น จำนวนวันที่ใช้ในการงอกของเมล็ดลดลง เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่แช่น้ำตามกรรมวิธีของเกษตรกร ในขณะที่เมล็ดผักสลัดเรดโอ๊ค กรีนโอ๊ค เมล็ดมีขนาดเล็กมาก การแช่เมล็ดด้วยน้ำหรือสารละลาย IAA ไม่ส่งผลต่อการกระตุ้นการงอกของเมล็ด ซึ่งการแช่เมล็ดในน้ำหรือสารละลายระยะเวลาาน อาจส่งผลให้เมล็ดได้รับความชื้นมากเกินไป การงอกของเมล็ดจึงลดลง นอกจากนี้ยังพบว่า ต้นกล้าที่เพาะจากเมล็ดที่ได้รับสารละลาย IAA ลำต้นมีขนาดใหญ่ แข็งแรง จำนวนใบมาก ใบมีขนาดใหญ่ และมีปริมาณความหนาแน่นของรากมากกว่าต้นกล้าที่เพาะจากเมล็ดที่แช่น้ำ

2. การเจริญเติบโตของต้นพืชในแปลงปลูก

2.1 ผักสลัดกรีนโอ๊คและเรดโอ๊ค

- ความสูงต้น

ผักสลัดกรีนโอ๊คที่มาจากเมล็ดแช่สารชีวภัณฑ์ IAA จะเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว มีลำต้นที่แข็งแรง และมีความสูงมากกว่าชุดควบคุม โดยในช่วง 2 สัปดาห์แรกจะเป็นความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ แต่หลังจากสัปดาห์ที่ 3 ไปจนถึงสัปดาห์ที่ 5 ซึ่งเป็นสัปดาห์สุดท้ายของการปลูกจะเห็นว่า ความสูงของพืชมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.01$) ส่วนเรดโอ๊คที่มาจากเมล็ดแช่สารชีวภัณฑ์ IAA ก็มีความสูงต้นมากกว่าชุดควบคุมเช่นกัน โดยในช่วง 1 สัปดาห์หลังย้ายปลูกจะเห็นว่า ชุดที่มาจากเมล็ดแช่สารชีวภัณฑ์ IAA มีความสูงมากกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p \leq 0.05$ ส่วนสัปดาห์ที่ 2 และ 5 ชุด

ที่มา จากเมล็ดเชื้อสารชีวภัณฑ์ IAA มีความสูงมากกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p \leq 0.01$ (ตารางที่ 11)

ตารางที่ 11 ความสูงเฉลี่ยของต้นพืชในแต่ละสัปดาห์ภายหลังการย้ายปลูกลงแปลง

พืชทดสอบ/กรรมวิธีที่ได้รับ	ความสูงของต้น (เซนติเมตร)				
	สัปดาห์ที่ 1	สัปดาห์ที่ 2	สัปดาห์ที่ 3	สัปดาห์ที่ 4	สัปดาห์ที่ 5
กรีนโอ๊ค (green oak)					
- ได้รับน้ำเพียงอย่างเดียว	7.1±0.4	8.0±0.2	10.4±0.2	12.6±0.4	12.6±0.2
- ได้รับสารชีวภัณฑ์ IAA	7.7±0.3	8.2±0.5	12.0±0.7	12.6±0.6	14.0±0.3
t-test	ns	ns	**	ns	**
เรดโอ๊ค (red oak)					
- ได้รับน้ำเพียงอย่างเดียว	6.1±0.2	7.3±0.2	10.3±0.3	10.7±0.4	10.8±0.3
- ได้รับสารชีวภัณฑ์ IAA	7.0±0.4	8.3±0.2	10.6±0.4	11.5±0.4	12.8±0.4
t-test	*	**	ns	ns	**

หมายเหตุ - ns ไม่แตกต่างทางสถิติ

- * แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

- ** แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99

- ความกว้างทรงพุ่ม

ความกว้างทรงพุ่มของผักสลัดทั้ง 2 ชนิดที่มาจากเมล็ดเชื้อสารชีวภัณฑ์ IAA มากกว่าชุดควบคุมสำหรับกรีนโอ๊ค ในช่วงสัปดาห์ที่ 1-5 หลังย้ายลงแปลงพบว่า มีความกว้างทรงพุ่มของต้นที่มาจากเมล็ดเชื้อสารชีวภัณฑ์ IAA มากกว่าชุดควบคุม โดยในสัปดาห์ที่ 1-4 เป็นความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ และในสัปดาห์ที่ 5 จะเป็นความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.01$) ส่วนเรดโอ๊คจะเห็นความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในช่วงสัปดาห์ที่ 2-4 (ตารางที่ 12)

ตารางที่ 12 ความกว้างทรงพุ่มเฉลี่ยของต้นพืชในแต่ละสัปดาห์ภายหลังการย้ายปลูกลงแปลง

พืชทดสอบ/กรรมวิธีที่ได้รับ	ความกว้างทรงพุ่ม (เซนติเมตร)				
	สัปดาห์ที่ 1	สัปดาห์ที่ 2	สัปดาห์ที่ 3	สัปดาห์ที่ 4	สัปดาห์ที่ 5
กรีนโอ๊ค (green oak)					
- ได้รับน้ำเพียงอย่างเดียว	9.9±0.4	17.0±0.6	21.1±0.5	23.6±0.6	22.7±0.2
- ได้รับสารชีวภัณฑ์ IAA	11.1±0.4	17.1±0.5	21.6±0.7	24.4±0.	25.7±0.2
F-test	ns	ns	ns	ns	**
เรดโอ๊ค (red oak)					
- ได้รับน้ำเพียงอย่างเดียว	9.0±0.4	13.1±0.7	17.3±0.9	21.2±1.0	23.0±1.0
- ได้รับสารชีวภัณฑ์ IAA	9.5±0.4	17.4±0.6	20.1±0.6	25.3±0.5	24.6±0.1
t-test	ns	**	*	**	ns

หมายเหตุ - ns ไม่แตกต่างทางสถิติ

- * แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

- ** แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99

- จำนวนใบจริง

จากการทดลองพบว่า ตลอดระยะเวลา 2 ถึง 5 สัปดาห์ กรีนโอ๊คและเรดโอ๊คที่ได้รับ IAA มีการเจริญเติบโตและการแตกใบมากกว่าชุดควบคุม โดยกรีนโอ๊คมีจำนวนใบจริงมากกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ในขณะที่ต้นเรดโอ๊คจะพบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในสัปดาห์ที่ 4 และ 5 และลักษณะแผ่นใบของต้นที่ได้รับ IAA จะมีความหนาและแข็งแรงกว่าชุดควบคุม (ตารางที่ 13)

ตารางที่ 13 จำนวนใบจริงเฉลี่ยของต้นพืชในแต่ละสัปดาห์ภายหลังการย้ายปลูกลงแปลง

พืชทดสอบ/กรรมวิธีที่ได้รับ	จำนวนใบจริงในแต่ละสัปดาห์ (ใบ)				
	สัปดาห์ที่ 1	สัปดาห์ที่ 2	สัปดาห์ที่ 3	สัปดาห์ที่ 4	สัปดาห์ที่ 5
กรีนโอ๊ค (green oak)					
- ได้รับน้ำเพียงอย่างเดียว	4.0±0.2	6.4±0.2	8.6±0.5	16.3±0.6	19.5±0.2
- ได้รับสารชีวภัณฑ์ IAA	3.8±0.2	7.0±0.2	12.5±0.5	17.9±0.9	21.3±0.3
<i>t</i> -test	ns	*	**	*	**
เรดโอ๊ค (red oak)					
- ได้รับน้ำเพียงอย่างเดียว	3.6±0.2	6.1±0.2	9.4±0.7	15.3±0.9	18.7±0.8
- ได้รับสารชีวภัณฑ์ IAA	3.5±0.1	6.2±0.2	9.5±0.4	18.1±0.8	20.0±0.5
<i>t</i> -test	ns	ns	ns	*	*

หมายเหตุ - ns ไม่แตกต่างทางสถิติ

- * แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

- ** แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99

- เปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้ง

ทำการพิจารณาแยกเป็น 2 ส่วนคือ ส่วนต้นและใบกับส่วนราก สำหรับส่วนต้นและใบพบว่า น้ำหนักแห้งของกรีนโอ๊คทั้งสองกลุ่ม ไม่แตกต่างกัน ในขณะที่เรดโอ๊คในกลุ่มที่ได้รับสารชีวภัณฑ์ IAA มีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้งสูงกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.01$) สำหรับน้ำหนักแห้งของรากพืชทั้งสองชนิดพบว่า กลุ่มที่ได้รับสารชีวภัณฑ์ IAA มีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้งของรากสูงกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) (ตารางที่ 14)

ตารางที่ 14 น้ำหนักแห้งเฉลี่ยภายหลังการเก็บเกี่ยวของผักสลัด

พืชทดสอบ/กรรมวิธีที่ได้รับ	น้ำหนักแห้งของส่วนต่างๆ (%)	
	ต้นและใบ	ราก
กรีนโอ๊ค (green oak)		
- ได้รับน้ำเพียงอย่างเดียว	5.0±0.2	8.7±0.2
- ได้รับสารชีวภัณฑ์ IAA	4.8±0.3	10.2±0.5
<i>F</i> -test	ns	**
เรดโอ๊ค (red oak)		
- ได้รับน้ำเพียงอย่างเดียว	4.8±0.2	9.4±0.4
- ได้รับสารชีวภัณฑ์ IAA	6.1±0.4	10.9±0.5
<i>t</i> -test	**	*

หมายเหตุ - ns ไม่แตกต่างทางสถิติ

- * แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

- ** แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99

- คุณภาพด้านสีของผักสลัด

จากการทดลองพบว่า ต้นเรดโอ๊คที่ได้รับสารชีวภัณฑ์ IAA ใบมีสีแดงเข้ม (a^* มากกว่า และ Hue value น้อยกว่า) มากกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับต้นเรดโอ๊คที่ได้รับน้ำเพียงอย่างเดียว ในขณะที่ต้นกรีนโอ๊คที่ได้รับ IAA ใบมีสีเขียวมากกว่า (b^* น้อยกว่า) ต้นกรีนโอ๊คที่ได้รับน้ำเพียงอย่างเดียว (ตารางที่ 15 และภาพที่ 18) ซึ่งจากผลการทดลองชี้ให้เห็นว่า การให้สารละลาย IAA แก่ต้นผักสลัดอาจส่งผลให้ใบผักสลัดมีการสร้างรงควัตถุในกลุ่มแอนโทไซยานิน (anthocyanin) หรือรงควัตถุสีม่วงแดงและกลุ่มคลอโรฟิลล์ (chlorophyll) หรือรงควัตถุสีเขียวเพิ่มมากขึ้นในเรดโอ๊คและกรีนโอ๊ค ตามลำดับ

ตารางที่ 15 คุณภาพด้านสีภายหลังการเก็บเกี่ยวของใบผักสลัด

พืชทดสอบ/กรรมวิธีที่ได้รับ	พารามิเตอร์ที่ใช้ประเมิน				
	ค่า L*	ค่า a*	ค่า b*	ค่า c	ค่า hue
	(L-value)	(a-value)	(b-value)	(c-value)	(hue-value)
กรีนโอ๊ค (green oak)					
- ได้รับน้ำเพียงอย่างเดียว	50.9±0.3	-9.8±0.2	28.4±0.6	30.0±0.6	109.1±0.2
- ได้รับสารชีวภัณฑ์ IAA	50.0±0.5	-9.6±0.2	26.6±0.5	28.3±0.5	109.8±0.2
t-test	ns	ns	*	*	**
เรดโอ๊ค (red oak)					
- ได้รับน้ำเพียงอย่างเดียว	24.3±0.3	3.8±0.3	5.2±0.4	6.6±0.3	52.8±3.6
- ได้รับสารชีวภัณฑ์ IAA	24.1±0.4	5.1±0.3	4.6±0.2	6.9±0.3	42.4±1.4
t-test	ns	**	ns	ns	*

หมายเหตุ - ns ไม่แตกต่างทางสถิติ

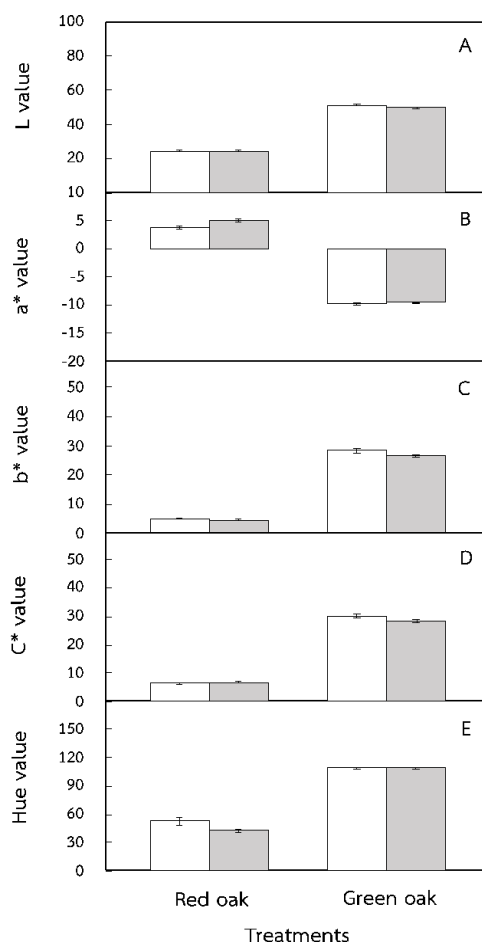
- * แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

- ** แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99

ผลการวิเคราะห์สารทางพฤกษเคมีของเรดโอ๊ค (ตารางที่ 16) และกรีนโอ๊ค (ตารางที่ 17) แสดงให้เห็นว่า ปริมาณคลอโรฟิลล์ในกลุ่มควบคุมและกลุ่มที่ให้สารชีวภัณฑ์ IAA ในผักสลัดทั้งสองชนิดไม่แตกต่างกัน ในส่วนของเรดโอ๊คได้ทำการวิเคราะห์ปริมาณแซนโทฟิลล์หรือรงควัตถุสีส้มแดงเพิ่มเติม พบว่า เรดโอ๊คกลุ่มที่ได้รับสารชีวภัณฑ์ IAA มีปริมาณแซนโทฟิลล์ 4.10 ซึ่งสูงกว่าชุดควบคุมที่ได้ 3.65 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม สอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ทางด้านสีซึ่งกลุ่มที่ได้รับสารชีวภัณฑ์ IAA จะมีสีเข้มกว่าชุดควบคุม สำหรับกรีนโอ๊คเป็นผักที่อุดมไปด้วยวิตามินบี 6 ผลการวิเคราะห์ปริมาณวิตามินบี 6 แสดงให้เห็นว่า กรีนโอ๊คกลุ่มที่ได้รับสารชีวภัณฑ์ IAA มีปริมาณวิตามินบี 6 เท่ากับ 1.23 ซึ่งสูงกว่าชุดควบคุมที่ได้ 0.95 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม

ตารางที่ 16 การวิเคราะห์สารทางพฤกษเคมีของเรดโอ๊ค

ชุดทดสอบ	สารพฤกษเคมี (มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม)		
	คลอโรฟิลล์	แซนโทฟิลล์	วิตามินบี 9
	(AOAC, 2019)	(AOAC, 2019)	(LC-MS/MS)
ชุดควบคุม	0.34	3.65	<0.005
ชุดที่ให้สารชีวภัณฑ์ไอเอเอ (IAA)	0.35	4.10	<0.005



ภาพที่ 18 คุณภาพสีค่า L (A) a* (B) b* (C) C* (D) และ Hue value (E) ของต้นเรดโอ๊ค (A) กรีนโอ๊ค (B) ที่ไม่ได้รับ IAA (□) และได้รับสารละลาย IAA (■) ภายหลังการเก็บเกี่ยว (สัปดาห์ที่ 4 หลังย้ายปลูก)

ตารางที่ 17 การวิเคราะห์สารทางพฤกษเคมีของกรีนโอ๊ค

ชุดทดสอบ	สารพฤกษเคมี (มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม)	
	คลอโรฟิลล์ (AOAC, 2019)	วิตามินบี 6 (HPLC)
ชุดควบคุม	0.19	0.95
ชุดที่ให้สารชีวภัณฑ์ไอเอเอ (IAA)	0.18	1.23

- คุณภาพการรับประทานของผักสลัด

จากการประเมินการยอมรับของผู้บริโภค โดยการชิมของผู้ประเมินจำนวน 15 คนพบว่า ผักสลัดที่ได้รับ IAA มีคุณภาพการรับประทานดีกว่าผักสลัดที่ได้รับน้ำเพียงอย่างเดียว โดยต้นกรีนโอ๊คและเรดโอ๊คที่ได้รับ IAA มีเนื้อสัมผัสค่อนข้างกรอบ มีรสขมน้อย มีรสหวาน มีกลิ่นหอม (มีกลิ่นเหม็นเขียวเล็กน้อย) และมีคะแนนการยอมรับของผู้ประเมินมากกว่าอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับคุณภาพของต้นเรดโอ๊คและกรีนโอ๊คที่ได้รับน้ำเพียงอย่างเดียว (ตารางที่ 18)

ตารางที่ 18 คุณภาพการรับประทานของผักสลัด

พืชทดสอบ/กรรมวิธีที่ได้รับ	คุณลักษณะที่ทำการประเมิน				
	เนื้อสัมผัส (texture)	ความขม (bitterness)	ความหวาน (sweetness)	กลิ่น (odor)	การยอมรับ (acceptance)
กรีนโอ๊ค (green oak)					
- ได้รับน้ำเพียงอย่างเดียว	2.4±0.19	1.8±0.22	1.6±0.19	2.1±0.15	2.5±0.29
- ได้รับสารชีวภัณฑ์ IAA	2.3±0.18	1.4±0.19	1.8±0.18	2.3±0.19	2.8±0.25
t-test	ns	ns	ns	ns	ns
เรดโอ๊ค (red oak)					
- ได้รับน้ำเพียงอย่างเดียว	2.6±0.15	1.75±0.14	1.7±0.14	2.4±0.19	2.6±0.26
- ได้รับสารชีวภัณฑ์ IAA	2.5±0.19	1.33±0.14	1.9±0.23	2.5±0.19	3.0±0.21
t-test	ns	ns	ns	ns	ns

หมายเหตุ - ns ไม่แตกต่างทางสถิติ

- จำนวนต้นตายระหว่างการเจริญเติบโตของผักสลัด

จากการทดลองพบว่า ต้นกรีนโอ๊คที่ปลูกในแปลงชุดควบคุม (ไม่ผสมกล้าเชื้อแบคทีเรีย) มีการตายของต้นระหว่างการเจริญเติบโต 8.3 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ไม่พบการตายของต้นผักสลัดที่ปลูกในแปลงที่ผสมกล้าเชื้อแบคทีเรีย ทั้งนี้ไม่พบการตายของต้นเรดโอ๊คในแปลงชุดควบคุมและแปลงที่ผสมกล้าเชื้อแบคทีเรีย (ตารางที่ 19)

ตารางที่ 19 เปอร์เซ็นต์การตายระหว่างการเจริญเติบโตในแปลงปลูกของผักสลัด

พืชทดสอบ/วิธีการแช่เมล็ด	จำนวนต้นตาย (%)
กรีนโอ๊ค (green oak)	
- แช่น้ำ	8.3
- แช่สารชีวภัณฑ์ IAA	0
เรดโอ๊ค (red oak)	
- แช่น้ำ	0
- แช่สารชีวภัณฑ์ IAA	0

จากผลการทดลองเห็นได้ว่า ต้นเรดโอ๊คและกรีนโอ๊คที่ปลูกลงในแปลงที่ผสมกล้าเชื้อแบคทีเรีย และได้รับ IAA โดยภาพรวมในช่วง 3 สัปดาห์หลังจากย้ายปลูก พบว่าการเจริญเติบโตด้านความสูงต้น (เฉพาะกรีนโอ๊ค) ความกว้างทรงพุ่ม และมีจำนวนใบจริงมากกว่าต้นที่ปลูกในแปลงชุดควบคุมและไม่ได้รับ IAA โดยต้นผักสลัดที่ได้รับ IAA ลำต้นมีลักษณะอวบ น้ำ ใบใหญ่ แผ่นใบหนา และใบมีสีเขียวเข้ม (ภาพที่ 16-17) มีน้ำหนักแห้งของต้น ใบ และรากมากกว่า นอกจากนี้เมื่อพิจารณาคุณภาพการรับประทาน พบว่าต้นผักสลัดที่ได้รับ IAA มีเนื้อสัมผัสค่อนข้างกรอบ มีรสขมน้อย มีรสหวาน มีกลิ่นหอม และมีคุณภาพระดับดีเป็นที่ยอมรับของผู้ประเมิน ทั้งนี้ต้นกรีนโอ๊คที่ปลูกในแปลงที่ผสมกล้าเชื้อแบคทีเรีย และได้รับ IAA ไม่พบการตายของต้นระหว่างการเจริญเติบโต ในขณะที่ต้นกรีนโอ๊คที่ปลูกในแปลงชุดควบคุมและไม่ได้รับ IAA พบการตายของต้นอันเนื่องมาจากอาการเหี่ยวเฉา 8.3 เปอร์เซ็นต์



ภาพที่ 19 การเจริญเติบโตของต้นเรดโอ๊คที่ได้รับสารละลาย IAA (ซ้าย) หรือน้ำ (ขวา) อายุ 21 วันภายหลังจากย้ายปลูกลงแปลง



ภาพที่ 20 การเจริญเติบโตของต้นกรีนโอ๊คที่ได้รับสารละลาย IAA (ซ้าย) หรือน้ำ (ขวา) อายุ 21 วันภายหลังจากย้ายปลูกลงแปลง

2.2 มะเขือเทศ

- ความสูงต้น

จากการทดลองพบว่า ต้นมะเขือเทศที่ได้รับสารละลาย IAA มีความสูงต้นมากกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ในสัปดาห์ที่ 1, 4, 5 และ 6 ภายหลังจากย้ายปลูก เมื่อเปรียบเทียบกับต้นมะเขือเทศที่ได้รับน้ำเพียงอย่างเดียว (ตารางที่ 20)

ตารางที่ 20 ความสูงเฉลี่ยของต้นมะเขือเทศในแปลงปลูกแต่ละสัปดาห์

พืชทดสอบ/กรรมวิธีที่ได้รับ	ความสูงของต้น (เซนติเมตร)					
	สัปดาห์ที่ 1	สัปดาห์ที่ 2	สัปดาห์ที่ 3	สัปดาห์ที่ 4	สัปดาห์ที่ 5	สัปดาห์ที่ 6
มะเขือเทศเชอร์รี่						
- ได้รับน้ำเพียงอย่างเดียว	9.7±0.18	16.8±0.33	27.5±0.81	38.0±1.2	77.8±1.8	101.5±2.9
- ได้รับสารชีวภัณฑ์ IAA	10.5±0.28	17.7±0.41	29.4±0.82	43.0±1.4	89.6±3.4	112.2±3.9
t-test	*	ns	ns	**	**	*

หมายเหตุ - ns ไม่แตกต่างทางสถิติ

- * แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

- ** แตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99

- จำนวนใบจริง

จากการทดลองพบว่า ต้นมะเขือเทศที่ได้รับ IAA มีการแตกใบมากกว่าต้นมะเขือเทศที่ได้รับน้ำเพียงอย่างเดียว อย่างไรก็ตามไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 21)

ตารางที่ 21 จำนวนเฉลี่ยของใบจริง

พืชทดสอบ/ กรรมวิธีที่ได้รับ	จำนวนใบจริง (ใบ)					
	สัปดาห์ที่ 1	สัปดาห์ที่ 2	สัปดาห์ที่ 3	สัปดาห์ที่ 4	สัปดาห์ที่ 5	สัปดาห์ที่ 6
มะเขือเทศเชอร์รี่						
- ได้รับน้ำเพียงอย่างเดียว	4.2±0.1	5.9±0.2	8.7±0.3	11.1±0.3	10.9±0.3	14.4±0.4
- แห่สารชีวภัณฑ์ IAA	4.8±0.1	6.3±0.2	9.4±0.3	11.3±0.3	11.1±0.4	14.4±0.6
t-test	**	ns	ns	ns	ns	ns

หมายเหตุ - ns ไม่แตกต่างทางสถิติ

- ** แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99

- จำนวนวันที่แทงช่อดอกแรก

จากการทดลองพบว่า ต้นมะเขือเทศทั้งสองกลุ่มมีจำนวนวันที่แทงช่อดอกแรกไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 22)

ตารางที่ 22 จำนวนวันที่แทงช่อดอกแรกของมะเขือเทศ

พืชทดสอบ/กรรมวิธีที่ได้รับ	จำนวนวันที่แทงช่อดอกแรก (วัน)
มะเขือเทศเชอร์รี่	
- ได้รับน้ำเพียงอย่างเดียว	22.8±0.54
- แห่สารชีวภัณฑ์ IAA	23.1±0.58
t-test	ns

หมายเหตุ - ns ไม่แตกต่างทางสถิติ

- การติดผล (เปอร์เซ็นต์)

จากการทดลองพบว่า ต้นมะเขือเทศที่ได้รับ IAA มีเปอร์เซ็นต์การติดผลมากกว่าชุดควบคุม (ประเมินเฉพาะช่อดอกที่ 3 ถึง 5) แต่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 23)

ตารางที่ 23 เปอร์เซนต์การติดผลของช่อดอกมะเขือเทศช่อที่ 3, 4 และ 5

พืชทดสอบ/กรรมวิธีที่ได้รับ	การติดผลของช่อดอกมะเขือเทศ (เปอร์เซ็นต์)		
	ช่อดอกที่ 3	ช่อดอกที่ 4	ช่อดอกที่ 5
มะเขือเทศเชอร์รี่			
- ได้รับน้ำเพียงอย่างเดียว	53.5±3.8	39.2±4.5	38.6±5.3
- แห่สารชีวภัณฑ์ IAA	59.0±3.8	48.5±4.4	50.4±5.9
t-test	ns	ns	ns

หมายเหตุ - ns ไม่แตกต่างทางสถิติ

- คุณภาพด้านสีของผลมะเขือเทศ

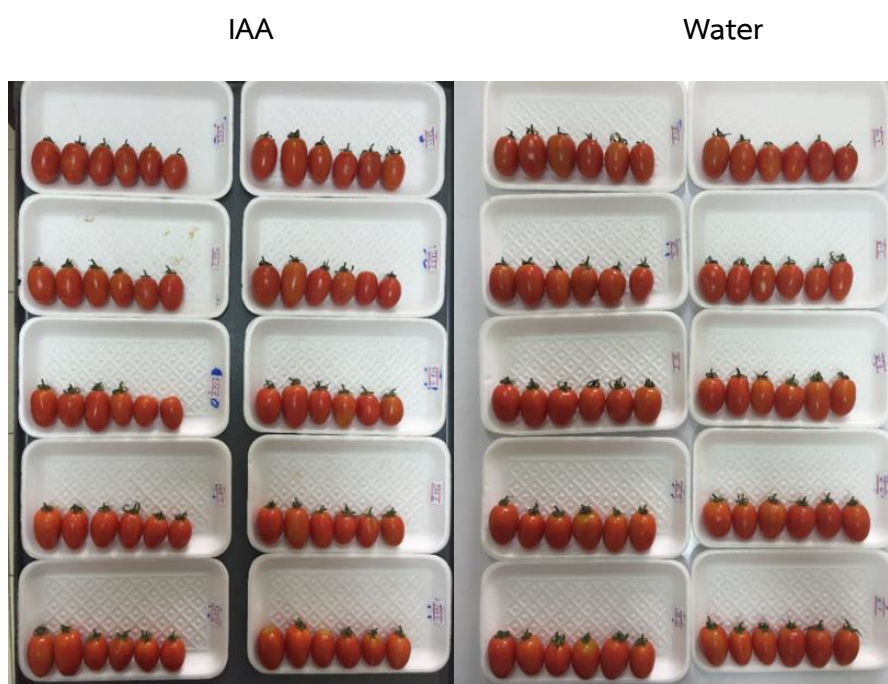
จากการทดลองพบว่า ผลมะเขือเทศที่ได้รับสารชีวภัณฑ์ IAA ผลมีค่าความสว่างของสี (ค่า L*) มีสีแดงเข้ม (a* มากกว่า และ Hue value น้อยกว่า) มากกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ในขณะที่มีค่าความเป็นสีเหลือง (ค่า b*) และความอิ่มตัวของสี (ค่า c) ไม่แตกต่างกันเมื่อเปรียบเทียบกับผลมะเขือเทศที่ได้รับน้ำเพียงอย่างเดียว (ตารางที่ 24)

ตารางที่ 24 คุณภาพด้านสีภายหลังการเก็บเกี่ยวของผลมะเขือเทศ

พืชทดสอบ/กรรมวิธีที่ได้รับ	พารามิเตอร์ที่ใช้ประเมิน				
	ค่า L*	ค่า a*	ค่า b*	ค่า c	ค่า hue
	(L-value)	(a-value)	(b-value)	(c-value)	(hue-value)
มะเขือเทศ (Tomato)					
- ได้รับน้ำเพียงอย่างเดียว	28.7±0.2	22.5±0.3	34.4±0.7	41.2±0.5	56.8±0.2
- แห่สารชีวภัณฑ์ IAA	29.7±0.2	24.1±0.4	33.6±0.5	41.4±0.5	54.2±0.3
<i>F-test</i>	**	**	ns	ns	**

หมายเหตุ - ns ไม่แตกต่างทางสถิติ

- ** แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99



ภาพที่ 21 ผลมะเขือเทศที่ได้รับสารละลาย IAA (ซ้าย) และน้ำ (ขวา)

- คุณภาพการรับประทานของผลมะเขือเทศ

จากการประเมินการยอมรับของผู้บริโภค โดยการชิมของผู้ประเมินจำนวน 15 คนพบว่า ผลมะเขือเทศที่ได้รับ IAA มีค่าความแน่นเนื้อ ปริมาณกรดอินทรีย์ เนื้อสัมผัสแน่นกรอบ มีรสหวานอมเปรี้ยว และการยอมรับของผู้บริโภคมากกว่า ในขณะที่มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (Total Soluble Solid, TSS) เนื้อฉ่ำน้ำ เนื้อฟ้าน้อยกว่า และมีค่าความเป็นกรดจากการไทเทรต (Titratable Acidity, TA) สูงกว่าเล็กน้อย แต่ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับผลมะเขือเทศที่ได้รับน้ำเพียงอย่างเดียว (ตารางที่ 25-27)

ตารางที่ 25 ความแน่นเนื้อ ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำ (TSS) และค่าความเป็นกรดจากการไตเตรท (TA) ของผลมะเขือเทศ

กรรมวิธีที่ได้รับ	คุณลักษณะที่ทำการประเมิน		
	ความแน่นเนื้อ (N/cm ²)	TSS (°Brix)	TA (%)
- ได้รับน้ำเพียงอย่างเดียว	200±3.9	7.0±0.1	0.71±0.02
- แอสสารชีวภัณฑ์ IAA	208±5.7	6.9±0.1	0.73±0.05
<i>F-test</i>	ns	ns	ns

หมายเหตุ - ns ไม่แตกต่างทางสถิติ

ตารางที่ 26 เนื้อสัมผัส ความฉ่ำน้ำ ความหวาน และความเปรี้ยวของผลมะเขือเทศ

กรรมวิธีที่ได้รับ	คุณลักษณะที่ทำการประเมิน			
	เนื้อสัมผัส (texture)	ความฉ่ำน้ำ (Juiciness)	ความหวาน (sweetness)	ความเปรี้ยว (Sour)
- ได้รับน้ำเพียงอย่างเดียว	2.1±0.2	2.6±0.1	2.0±0.1	1.8±0.1
- แอสสารชีวภัณฑ์ IAA	2.2±0.2	2.3±0.2	2.2±0.1	2.1±0.1
<i>t-test</i>	ns	ns	ns	ns

หมายเหตุ - ns ไม่แตกต่างทางสถิติ

ตารางที่ 27 ความจืด ความฟาม กลิ่นเหม็นเขียว และการยอมรับของผู้บริโภค

กรรมวิธีที่ได้รับ	คุณลักษณะที่ทำการประเมิน			
	ความจืด (Insipidness)	ความฟาม (Spongy pulp)	กลิ่นเหม็นเขียว (foul-smelling)	การยอมรับ (Acceptance)
- ได้รับน้ำเพียงอย่างเดียว	2.6±0.1	2.85±0.1	2.8±0.1	2.69±0.2
- แอสสารชีวภัณฑ์ IAA	2.6±0.2	2.77±0.1	2.8±0.1	2.92±0.2
<i>t-test</i>	ns	ns	ns	ns

หมายเหตุ - ns ไม่แตกต่างทางสถิติ

ผลการวิเคราะห์สารทางพฤกษเคมีของมะเขือเทศ (ตารางที่ 28) แสดงให้เห็นว่า มะเขือเทศในชุดที่ให้สารชีวภัณฑ์ IAA มีปริมาณวิตามินซี 6.84 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม ซึ่งสูงกว่าในชุดควบคุมที่ไม่ได้รับสารชีวภัณฑ์ IAA ถึง 6 เท่า แสดงถึงความแข็งแรงของพืชผลที่มากกว่าชุดควบคุมทำให้สามารถกักเก็บวิตามินซีไว้ได้ เนื่องจากโดยธรรมชาติแล้ววิตามินซีสามารถสลายตัวได้ง่าย ส่วนปริมาณไลโคปีนจะเห็นว่า ชุดควบคุมนั้นมีปริมาณไลโคปีนสูงกว่าเป็นผลมาจากที่อายุการเก็บเดียวกัน ผลมะเขือเทศในชุดควบคุมจะเข้าสู่ระยะชรา หรือ มีการสุกที่เร็วกว่าชุดทดลองที่ให้สารชีวภัณฑ์ IAA

ตารางที่ 28 การวิเคราะห์สารพฤกษเคมีของมะเขือเทศ

ชุดทดสอบ	สารทางพฤกษเคมีที่ทำการศึกษา				
	กรดแกลิก (ไมโครกรัม ต่อกรัม)	น้ำตาลทั้งหมด (กรัมต่อ 100 กรัม)	ควอซิทีน (มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม)	วิตามินซี (มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม)	ไลโคปีน (มิลลิกรัมต่อ กิโลกรัม)
ชุดควบคุม	138.11	3.53	6.08	1.13	144.33
ชุดที่ให้สารชีวภัณฑ์ ไอเอเอ (IAA)	136.16	3.72	6.13	6.84	112.98

แผนงานที่ 3 การพัฒนาผลิตภัณฑ์สารชีวภัณฑ์ IAA ในรูปแบบแห้งและศึกษาอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์

สำหรับผลิตภัณฑ์สารชีวภัณฑ์ IAA ที่ได้หลังแยกกากเซลล์ของแบคทีเรียออกแล้วจะมีความเข้มข้นสูงได้นำสารชีวภัณฑ์ IAA แบบน้ำที่มีความเข้มข้นสูง (ประมาณ 2000 ug/ml) มาทำการเจือจางให้ได้ความเข้มข้น 600 ug/ml จากนั้นนำมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์รูปแบบแห้ง โดยผสมกับ 0.1% CMC ในสัดส่วน 1 ต่อ 1 แล้วนำไปประเหิดแห้งด้วยเครื่องระเหิดเย็น (ภาพที่ 22) เมื่อได้ผลิตภัณฑ์แห้งแล้วนำไปบรรจุลงในซองแบบสุญญากาศจากปริมาตรสารชีวภัณฑ์ 1 ลิตร (ภาพที่ 23) คิดเป็นน้ำหนักประมาณ 80 กรัม เก็บที่อุณหภูมิห้องแล้วนำมาตรวจสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์แห้งโดยการวิเคราะห์ปริมาณ IAA ด้วยวิธีการทางเคมีร่วมกับการนำไปเพาะเมล็ดมะเขือเทศเชอร์รี่เพื่อดูเปอร์เซ็นต์การออกและดัชนีความแข็งแรงของต้นกล้า (vigor index) ผลิตภัณฑ์รูปแบบแห้งก่อนจะนำไปใช้กับงานเพาะเมล็ดหรือนำไปรดต้นพืชจะต้องมีการเจือจางให้อยู่ในระดับความเข้มข้นที่เหมาะสมก่อน



ภาพที่ 22 การทำผลิตภัณฑ์สารชีวภัณฑ์ IAA แบบแห้งด้วยเครื่องระเหิดเย็น



ภาพที่ 23 ผลิตภัณฑ์สารชีวภัณฑ์ IAA แบบแห้งที่บรรจุในซองสุญญากาศ

ผลการวิเคราะห์ปริมาณ IAA (crude) จากตัวอย่างในขั้นตอนต่างๆ ของการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ในรูปแบบแห้งและติดตามตลอดช่วงอายุการเก็บรักษาที่ 6 และ 9 เดือน โดยผลิตภัณฑ์แบบน้ำจะเก็บโดยแช่เย็นและผลิตภัณฑ์แบบแห้งจะเก็บที่อุณหภูมิห้อง พบว่า ปริมาณ IAA ของผลิตภัณฑ์ทั้งสองแบบค่อนข้างคงที่ตลอดอายุการทดสอบ (ตารางที่ 29) โดยปริมาณ IAA หลังปั่นแยกเซลล์ (2,046 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร) จะลดลงเหลือประมาณครึ่งหนึ่ง (1,028 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร) เมื่อถูกเจือจางด้วย 0.1% CMC ในสัดส่วน 1:1 ก่อนนำไปทำแห้ง

ตารางที่ 29 ปริมาณ IAA ในผลิตภัณฑ์รูปแบบแห้งที่มีอายุการเก็บต่างกัน

ขั้นตอนที่นำมาวิเคราะห์	ปริมาณ IAA (ไมโครกรัมต่อมิลลิกรัม) ที่อายุการเก็บต่างๆ		
	เดือนที่ 0	เดือนที่ 6	เดือนที่ 9
หลังปั่นแยกกากเซลล์	2,046.03±11.85	2,050.36±2.84	2,021.12±4.78
หลังผสม 0.1% CMC (1:1)	1,028.32±5.42	1,005.88±7.24	1,013.65±3.48
ก่อนระเหิดแห้ง			
หลังผสม 0.1% CMC (1:1)	1,083.45±12.77	1,074.76±8.84	1,065.60±7.96
และหลังระเหิดแห้ง			

ส่วนการประเมินคุณภาพของผลิตภัณฑ์สารชีวภัณฑ์ IAA แบบแห้งโดยการเพาะเมล็ดมะเขือเทศเชอร์รี่ (ตารางที่ 30) แสดงให้เห็นว่า เมล็ดมะเขือเทศที่แช่สารชีวภัณฑ์ IAA มีเปอร์เซ็นต์การงอกและความแข็งแรงมากกว่าชุดควบคุม และเมื่อเปรียบเทียบผลจากการใช้สารชีวภัณฑ์ IAA ผสมกับ 0.1% CMC พบว่า สารชีวภัณฑ์ IAA ก่อนและหลังการทำแห้งให้ผลการแช่เมล็ดไม่แตกต่างกัน แสดงถึงกรรมวิธีที่ใช้ในการทำแห้งด้วยเครื่องระเหิดเย็นนั้นไม่ส่งผลกระทบต่อคุณสมบัติของสารชีวภัณฑ์ IAA นอกจากนี้เมื่อเปรียบเทียบคุณภาพของสารชีวภัณฑ์ IAA ตามอายุการเก็บที่ 6 และ 9 เดือนพบว่า เปอร์เซ็นต์การงอกเฉลี่ยและค่า vigor index ของผลิตภัณฑ์ในรูปแบบแห้งลดลงเพียงเล็กน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์รูปแบบน้ำ (ก่อนทำแห้ง)

ตารางที่ 30 ประเมินคุณภาพของผลิตภัณฑ์สารชีวภัณฑ์ IAA แบบแห้งต่อการเพาะเมล็ดมะเขือเทศเชอร์รี่

ระยะเวลาการเก็บ (เดือน)	เมล็ดมะเขือเทศแช่น้ำ (ชุดควบคุม)		เมล็ดมะเขือเทศแช่สารชีวภัณฑ์ IAA ผสมกับ 0.1% CMC ก่อนทำแห้ง		เมล็ดมะเขือเทศแช่สารชีวภัณฑ์ IAA ผสมกับ 0.1% CMC หลังทำแห้ง	
	การงอกเฉลี่ย (%)	Vigor index	การงอกเฉลี่ย (%)	Vigor index	การงอกเฉลี่ย (%)	Vigor index
0	71.43±3.25	31.93	96.19±10.08	40.28	96.19±7.56	39.41
6	73.47±12.5	30.34	89.52±6.51	38.76	87.62±4.60	38.08
9	74.23±8.45	31.46	92.38±7.12	41.41	90.48±5.25	38.68

เมื่อพิจารณาต้นทุนการผลิตสารชีวภัณฑ์ IAA จากแบคทีเรีย *Micrococcus yunnanensis* P2-23 ในระดับ 750 ลิตร ที่มีปริมาตรของอาหารเลี้ยงเชื้อเท่ากับ 500 ลิตร พบว่ามีราคาต้นทุนการผลิตเท่ากับ 385.77 บาท ส่วนการทำเป็นผลิตภัณฑ์สาร IAA แบบแห้งจะมีต้นทุนการผลิตเท่ากับ 1,341.13 บาท รายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 31 โดยมีปริมาณสารชีวภัณฑ์ IAA ความเข้มข้น 2,148 ไมโครกรัมต่อมิลลิกรัม ซึ่งเมื่อนำไปใช้ในการเพาะปลูกพืชในทุกขั้นตอนของการเพาะปลูก เช่น ระยะเพาะต้นกล้าจากเมล็ด ความเข้มข้นของสารชีวภัณฑ์ IAA เท่ากับ 10-30 ไมโครกรัมต่อมิลลิกรัม ส่วนระยะในแปลงปลูก ระยะออกดอกความเข้มข้นของสารชีวภัณฑ์ IAA เท่ากับ 30-50 ไมโครกรัมต่อมิลลิกรัม ซึ่งต้องผ่านการเจือจางโดยใช้น้ำสะอาด 70-100 เท่า

ตารางที่ 31 ต้นทุนการผลิตสารชีวภัณฑ์ IAA จากแบคทีเรีย *Micrococcus yunnanensis* P2-23 ในถังหมัก ระดับ 750 ลิตรที่มีอาหารสูตร 20:5 ปริมาตร 500 ลิตร

ค่าใช้จ่าย	ราคา	ราคาต่อลิตร
ค่าอาหารเลี้ยงเชื้อสำหรับกล้าเชื้อ 3 ลิตร	321.98	
ค่าอาหารเลี้ยงเชื้อสำหรับกล้าเชื้อ 45 ลิตร	4,829.63	
ค่าอาหารเลี้ยงเชื้อสำหรับผลิตสารชีวภัณฑ์ IAA ปริมาตร 500 ลิตร	84,211	
ค่าเช่าถังหมัก 70 และ 750 ลิตร	76,772.50	
ค่าปั่นเหวี่ยงนำเซลล์ออก	26,750	
รวมค่าใช้จ่ายทั้งหมดในการผลิตสารชีวภัณฑ์ IAA แบบ น้ำ	192,885.10	385.77
ค่าบริการใช้เครื่องระเหิดแห้ง	40,125 (สำหรับ 42 ลิตร)	955.36
รวมค่าใช้จ่ายในการผลิตสารชีวภัณฑ์ IAA แบบแห้ง		1,341.13

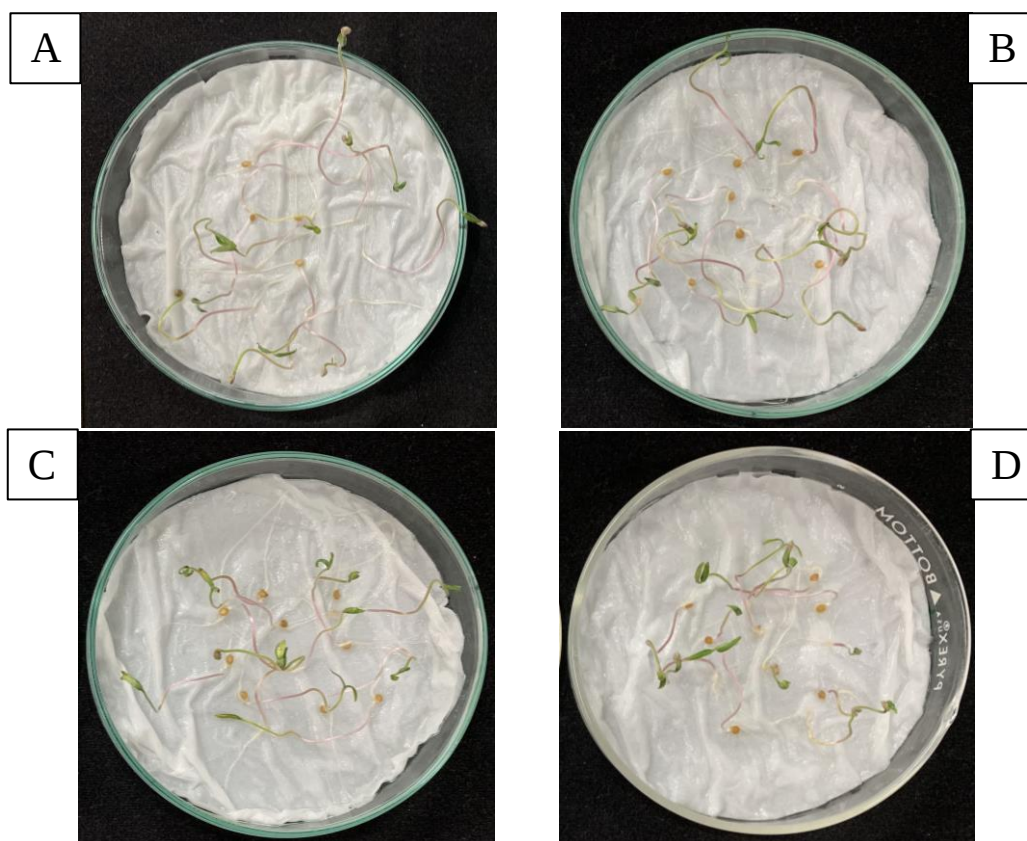
นอกเหนือจากผลิตภัณฑ์แบบแห้งแล้ว ทางคณะผู้วิจัยได้มีการพัฒนาผลิตภัณฑ์แช่เมล็ดชนิดน้ำ สำหรับแช่เมล็ดแบบเบ็ดเสร็จพร้อมใช้งาน (ปรับความเข้มข้นให้เหมาะสม) ที่สามารถใช้แช่เมล็ดเพาะต้นกล้า พืชผักครอบคลุมพืชผักหลากหลายชนิด เพื่อใช้สำหรับการจัดทำหลักสูตรอบรมเพื่อถ่ายทอดองค์ความรู้การใช้ สารชีวภัณฑ์ไอเอเอเพื่อผลิตกล้าพืชผักให้กับเกษตรกรปลูกพืชผักอินทรีย์และประเมินผลร่วมกับเกษตรกร โดยมีขั้นตอนการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์แช่เมล็ดพืชผักแบบเบ็ดเสร็จดังนี้

1. ศึกษาความเข้มข้นสารชีวภัณฑ์และเวลาในการแช่ที่เหมาะสมกับการเพาะกล้าพืชผักต่างๆ (กรีนโอ๊ค เรดโอ๊ค เรดคอส เคลมว่ง มะเขือเทศ พริกขี้หนูจินดา) โดยการเพาะเมล็ดหลังแช่สารชีวภัณฑ์ ความเข้มข้น 0-50 ppm บนจานเพาะที่มีกระดาษชื้น (ภาพที่ 24) วิเคราะห์ค่าดัชนีความแข็งแรงของต้นกล้าที่ 7 วันหลังจากเพาะเมล็ด (vigor index of seedling) โดยพืชผักแต่ละชนิดมีความไวต่อสารชีวภัณฑ์ IAA ไม่เท่ากัน

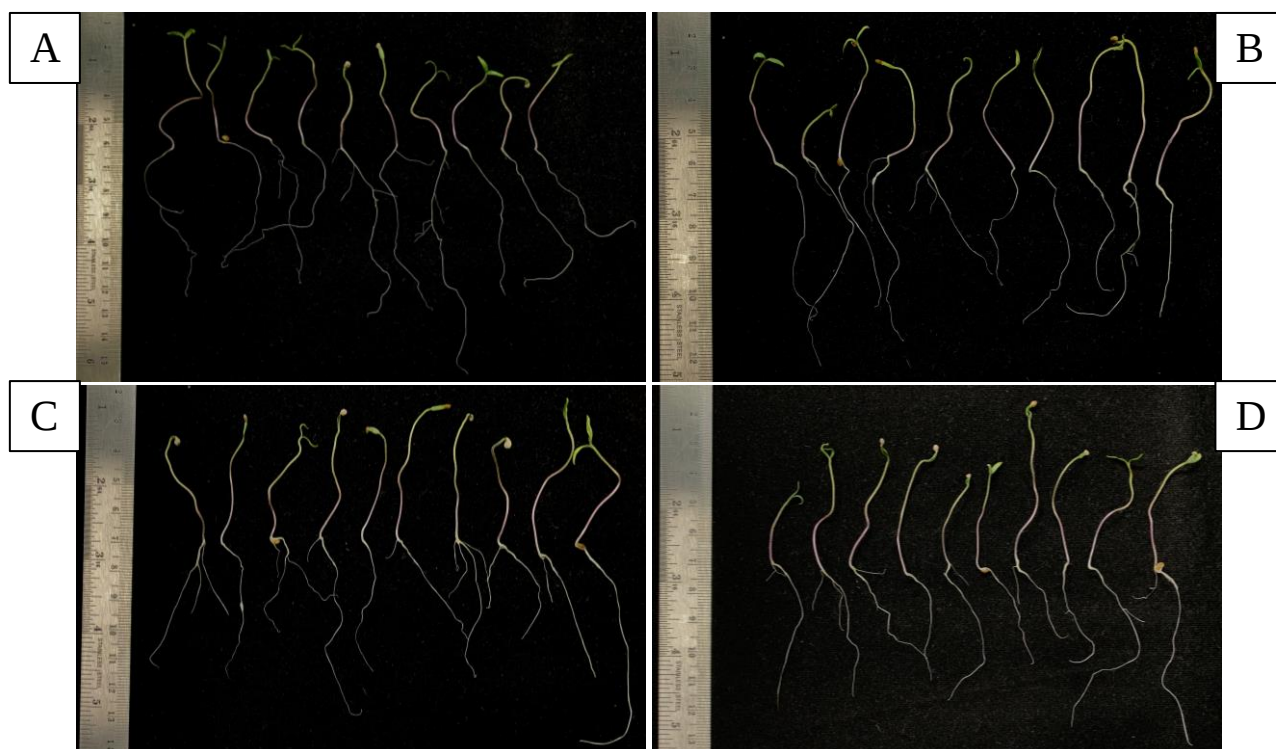
จากการทดสอบเพื่อหาความเข้มข้นของสารชีวภัณฑ์ IAA ที่เหมาะสมต่อการแช่เมล็ดบนจานเพาะทำให้ได้ช่วงความเข้มข้นที่เหมาะสมสำหรับทุกพืชทดสอบอยู่ในช่วง 15-30 ppm โดยขึ้นกับขนาดและน้ำหนักของเมล็ดทดสอบด้วย ช่วงความเข้มข้นดังกล่าวจะทำให้ได้ต้นกล้าที่มีการงอกและความสูงสม่ำเสมอ ลำต้นมีความแข็งแรง รากมีความหนาและมีการแตกแขนงมากกว่าชุดควบคุม เมื่อพิจารณาสัดส่วนความยาวรากกับความสูงต้นพบว่ามีความสมดุลกัน ในขณะที่ชุดควบคุม รากจะยืดยาวกว่าลำต้นและจะมีความบาง ไม่แข็งแรง (ภาพที่ 25-26) สำหรับเวลาที่ใช้ในการแช่เมล็ดจะขึ้นอยู่กับความแข็งแรงของเปลือกหุ้มเมล็ดโดยกลุ่มเมล็ดผักสลัด จะใช้เวลาแช่ประมาณ 6-8 ชั่วโมง ส่วนพริกและมะเขือเทศจะใช้เวลาแช่ประมาณ 15-18 ชั่วโมง

2. นำความเข้มข้นที่คัดเลือกได้มาทดสอบประสิทธิภาพด้วยการเพาะเมล็ดในวัสดุปลูกพีทมอสในโรงเรือน ติดตามการงอก การเจริญและการพัฒนาการของต้นกล้าระยะ 0-28 วัน

ในขั้นนี้ทางผู้วิจัยได้ทำการเลือกความเข้มข้นของสารชีวภัณฑ์ IAA ที่นำมาแช่เมล็ดสำหรับเพาะบนวัสดุปลูกพีทมอสเป็น 2 ระดับคือ 15 และ 30 ppm เปรียบเทียบกับชุดควบคุมที่แช่น้ำ เพื่อคัดเลือกความเข้มข้นสุดท้ายที่จะนำไปเตรียมเป็นผลิตภัณฑ์แช่เมล็ดแบบเบ็ดเสร็จ (ตารางที่ 32)



ภาพที่ 24 ตัวอย่างการศึกษาความเข้มข้นของสารชีวภัณฑ์ IAA ที่เหมาะสมต่อการเพาะเมล็ดมะเขือเทศบนจานเพาะเปรียบเทียบกับระหว่างเมล็ดแช่น้ำ (A) และเมล็ดแช่สารชีวภัณฑ์ที่มีความเข้มข้น 10 ug/ml (B) 20 ug/ml (C) และ 30 ug/ml (D)



ภาพที่ 25 เปรียบเทียบความสูงต้น ความยาว ขนาดรากและการแตกแขนงของรากต้นกล้ามะเขือเทศที่ทดสอบความเข้มข้นของสารชีวภัณฑ์ที่เหมาะสมบนจานเพาะ ระหว่างเมล็ดแช่น้ำ (A) และเมล็ดแช่สารชีวภัณฑ์ IAA ที่ความเข้มข้น 10 15 และ 20 ppm ตามลำดับ (B-D) ที่อายุ 7 วัน



ภาพที่ 26 เปรียบเทียบความสูงต้น ความยาว ขนาดรากและการแตกแขนงของรากต้นถั่วแอฟริกาที่ทดสอบ ความเข้มข้นของสารชีวภัณฑ์ที่เหมาะสมบนจานเพาะ ระหว่างเมล็ดแช่น้ำ (A) และเมล็ดแช่สารชีวภัณฑ์ IAA ที่ความเข้มข้น 10 15 20 และ 25 ไมโครกรัมตามลำดับ (B-E) ที่อายุ 11 วัน

ตารางที่ 32 พัฒนาการของต้นกล้าอายุ 10 วันจากการทดสอบประสิทธิภาพของสารชีวภัณฑ์ IAA โดยการเพาะเมล็ดบนพีทมอสในระดับโรงเรือน

พืชทดสอบ	พัฒนาการต้นกล้าที่เพาะจากเมล็ดแซ่สารชีวภัณฑ์ IAA ที่ระดับต่างๆ		
	ชุดควบคุม (แช่น้ำ)	IAA 15 ไมโครกรัม	IAA 30 ไมโครกรัม
กรีนไค้			
เรดไค้			
เรดคอส			

ตารางที่ 32 (ต่อ)

พืชทดสอบ	พัฒนาการต้นกล้าที่เพาะจากเมล็ดแช่สารชีวภัณฑ์ IAA ที่ระดับต่างๆ		
	ชุดควบคุม (แช่น้ำ)	IAA 15 ไมโครกรัม	IAA 30 ไมโครกรัม
มะเขือเทศเชอร์รี่			
พริกชี้หูจินดา 			

3. คัดเลือกความเข้มข้น ที่เหมาะกับพืชผักชนิดต่างๆ โดยใช้เกณฑ์จากผลข้อ 2

จากผลการทดสอบในข้อ 2 พบว่า ระดับความเข้มข้นที่เหมาะสมกับทุกพืชทดสอบ ได้แก่ กรีนโอ๊ค เรดโอ๊ค เรดคอส มะเขือเทศเชอร์รี่และพริกคือที่ 15 ppm โดยยึดจากความเข้มข้นที่เหมาะสมกับเรดโอ๊คเป็นหลัก เนื่องจากเป็นพืชที่เมล็ดมีน้ำหนักเบาที่สุด ส่วนพืชอื่นๆ ก็ให้ผลการทดสอบที่ดีเช่นเดียวกันเมื่อเทียบกับชุดควบคุม จากนั้นทำการประเมินคุณภาพต้นกล้าจากร้อยละการงอกและจำนวนวันที่งอกของเมล็ด จำนวนวันที่เริ่มออกใบจริง จำนวนใบจริง ขนาดของใบและความสูงของต้นกล้าหลังเพาะที่ 28 วัน จากตารางที่ 33 จะเห็นว่าเมล็ดที่ผ่านการแช่สารชีวภัณฑ์ IAA จะมีร้อยละการงอกสูงกว่าชุดควบคุมอยู่ที่ประมาณ 2-10% ขึ้นกับคุณภาพเมล็ดและชนิดของพืช และยังส่งผลให้จำนวนวันที่ใช้ในการงอกน้อยกว่าชุดควบคุมอีกด้วย (ตารางที่ 34) เมื่อพิจารณาจำนวนวันที่ต้นกล้าเริ่มออกใบจริงจะเห็นว่า ต้นกล้าที่มาจากเมล็ดแช่สารชีวภัณฑ์ IAA จะมีพัฒนาการเรื่องของการออกใบจริงที่เร็วกว่าชุดควบคุม (ตารางที่ 35)

ตารางที่ 33 ร้อยละการงอกของเมล็ดพืชทดสอบ

พืชทดสอบ	ร้อยละการงอก		ร้อยละการงอกที่เพิ่มขึ้น
	แช่น้ำ	แช่สารชีวภัณฑ์ IAA	
กรีนโอ๊ค (green oak)	85.49±8.30	95.12±3.64	9.63±4.65
เรดโอ๊ค (red oak)	89.56±4.34	92.44±5.36	2.88±1.24
เรดคอส (red cos)	88.20±0.98	93.75±0.98	5.56±0.01
มะเขือเทศเชอร์รี่	95.51±2.00	98.39±2.00	2.88±0.02
พริกขี้หนูจินดา	89.65±5.67	94.63±3.50	4.98±5.00

ตารางที่ 34 จำนวนวันที่งอกของเมล็ดพืชผักทดสอบเฉลี่ย

พืชทดสอบ	จำนวนวันที่งอกเฉลี่ย (วัน)	
	แช่น้ำ	แช่สารชีวภัณฑ์ IAA
กรีนโอ๊ค (green oak)	3.10±0.42	3.04±0.21
เรดโอ๊ค (red oak)	3.20±0.96	3.06±0.29
เรดคอส (red cos)	3.09±0.34	3.03±0.17
มะเขือเทศเชอร์รี่	3.25±0.66	3.11±0.35
พริกขี้หนูจินดา	6.60±1.14	6.01±1.05

ตารางที่ 35 จำนวนวันที่พืชเริ่มออกใบจริงเฉลี่ย

พืชทดสอบ	จำนวนวันที่พืชเริ่มออกใบจริงเฉลี่ย (วัน)	
	แช่น้ำ	แช่สารชีวภัณฑ์ IAA
กรีนโอ๊ค (green oak)	4.72±0.96	4.22±0.60
เรดโอ๊ค (red oak)	5.38±1.36	4.49±0.66
เรดคอส (red cos)	4.52±0.93	4.45±0.59
มะเขือเทศเชอร์รี่	6.10±0.52	6.03±0.17
พริกขี้หนูจินดา	8.16±1.36	7.65±1.14

เมื่อต้นกล้าอายุได้ 28 วันได้ทำการบันทึกพัฒนาการของต้นกล้าทั้งสองกลุ่มพบว่า ต้นกล้าที่มาจากเมล็ดที่แช่สารชีวภัณฑ์ IAA มีค่าเฉลี่ยจำนวนใบจริง ขนาดของใบและความสูงของต้นกล้ามักจะสูงกว่าชุดควบคุมในทุกพืชทดสอบ (ตารางที่ 36-37) โดยเมื่อพิจารณาความสูงต้นจากตารางที่ 37 จะเห็นว่า ต้นกล้าที่เพาะจากเมล็ดที่แช่สารชีวภัณฑ์ IAA จะมีความสูงเสมอกันมากกว่าชุดควบคุม (ค่า SD มีค่าต่ำกว่า)

ตารางที่ 36 จำนวนใบจริงของต้นกล้าที่ 28 วันหลังเพาะเมล็ดเฉลี่ย

พืชทดสอบ	จำนวนใบจริงเฉลี่ย (ใบ)	
	แช่น้ำ	แช่สารชีวภัณฑ์ IAA
กรีนโอ๊ค (green oak)	7.44±0.62	7.78±0.42
เรดโอ๊ค (red oak)	7.40±0.83	7.82±0.62
เรดคอส (red cos)	6.77±0.50	7.12±0.41
พริกขี้หนูจินดา	5.63±0.86	5.87±0.53

ตารางที่ 37 ขนาดใบและความสูงโดยเฉลี่ยของต้นกล้าที่ 28 วันหลังเพาะเมล็ด

พืชทดสอบ	ความกว้างใบเฉลี่ย (ซม.)		ความยาวใบเฉลี่ย (ซม.)		ความสูงต้นเฉลี่ย (ซม.)	
	แช่น้ำ	แช่สารชีว ภัณฑ์ IAA	แช่น้ำ	แช่สารชีว ภัณฑ์ IAA	แช่น้ำ	แช่สารชีว ภัณฑ์ IAA
กรีนโอ๊ค (green oak)	3.72±0.65	3.98±0.40	8.87±0.64	9.18±0.68	13.87±2.33	14.12±1.55
เรดโอ๊ค (red oak)	4.86±0.73	5.50±0.75	9.85±2.02	10.34±1.69	11.00±2.01	11.06±1.75
เรดคอส (red cos)	3.87±0.45	4.03±0.35	11.40±1.28	12.74±0.76	14.98±2.11	16.50±1.52
พริกขี้หนูจินดา	2.15±0.25	2.41±0.25	5.14±0.82	5.26±0.60	12.75±2.37	13.23±2.19

หมายเหตุ สำหรับผักสลัดมีค่า n=72 ต้น ส่วนมะเขือเทศเชอร์รี่และพริกมีค่า n=104 ต้น ในทุกการประเมิน

- นำผลการทดสอบปริมาณฮอร์โมน IAA ที่คัดเลือกได้มาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์แช่เมล็ดพืชผักแบบเบ็ดเสร็จ

เมื่อได้ความเข้มข้นที่เหมาะสมแล้ว ทางผู้วิจัยได้นำมาจัดทำเป็นผลิตภัณฑ์แช่เมล็ดแบบเบ็ดเสร็จชนิดน้ำ (ภาพที่ 27) เพื่อใช้สำหรับการฝึกอบรมเพื่อถ่ายทอดองค์ความรู้ให้กับเกษตรกร โดยเจือจางจากผลิตภัณฑ์ที่ผลิตได้ความเข้มข้นสูงให้ได้ความเข้มข้น 15 ppm ด้วยน้ำสะอาด จากนั้นบรรจุใส่ขวด ขวดละ 1 ลิตรสำหรับแจกให้เกษตรกรผู้เข้าร่วมการอบรม



ภาพที่ 27 ผลิตรภัณฑ์สารชีวภัณฑ์แช่เมล็ดแบบเบ็ดเสร็จชนิดน้ำ

5. เพาะกล้าชำเพื่อยืนยันประสิทธิภาพของผลิตรภัณฑ์แช่เมล็ดพืชผักแบบเบ็ดเสร็จ



ภาพที่ 28 การทดสอบยืนยันประสิทธิภาพของสารชีวภัณฑ์แช่เมล็ดแบบสำเร็จรูปชนิดน้ำ

6. จัดทำหลักสูตรอบรมเพื่อถ่ายทอดองค์ความรู้การใช้สารชีวภัณฑ์ไอเอเอเพื่อผลิตกล้าพืชผักให้กับเกษตรกรปลูกพืชผักอินทรีย์และประเมินผลร่วมกับเกษตรกร (โครงการย่อย 2)

จากผลการทดสอบการใช้สารชีวภัณฑ์ IAA ในด้านต่างๆ อาทิ การแช่เมล็ด, การรดต้น, การฉีดพ่นในระยะออกดอก ทั้งในระดับห้องปฏิบัติการ ระดับโรงเรียนและระดับแปลงปลูก สามารถจัดทำตารางแสดงรายละเอียดการใช้สารชีวภัณฑ์ IAA ในระยะต่างๆ ได้ ดังแสดงในตารางที่ 38

ตารางที่ 38 รายละเอียดของการใช้สารชีวภัณฑ์ IAA ในการปลูกพืชผักทดสอบ

ชนิดพืชผัก	ระยะของพืช	ความเข้มข้นที่เหมาะสม (ppm)	ปริมาณที่ให้	วิธีการให้สารชีวภัณฑ์ IAA	ความถี่ในการให้
พืชผักกินใบ	เมล็ด	10-30	ไม่จำกัดปริมาณขึ้นอยู่กับขนาด น้ำหนักเมล็ด ระยะเวลาแช่	แช่เมล็ด เป็นเวลา 6-10 ชั่วโมง	1 ครั้งตอนแช่เมล็ด
	ต้นกล้า	-	-	-	-
	ต้นโตเต็มวัย	30-50	10 มิลลิลิตรในน้ำ 500 มิลลิลิตร (ต่อ 1 ต้น)	รดโคนต้น ใบ หรือรอบราก	สัปดาห์ละครั้ง หลังพืชย้ายปลูก ได้ 2 สัปดาห์ จนเก็บเกี่ยว
พืชผักกินผล	เมล็ด	10-30	ไม่จำกัดปริมาณขึ้นอยู่กับขนาด น้ำหนักเมล็ด ระยะเวลาแช่	แช่เมล็ด เป็นเวลา 15-18 ชั่วโมง	1 ครั้งตอนแช่เมล็ด
	ต้นกล้า	-	-	-	-
	ต้นโตเต็มวัย	30-50	10 มิลลิลิตรในน้ำ 500 มิลลิลิตร (ต่อ 1 ต้น)	รดโคนต้น ใบ หรือรอบราก	สัปดาห์ละครั้ง หลังพืชย้ายปลูก ได้ 2 สัปดาห์ จนพืชเริ่มมีดอก
	ต้นพืชออกดอก	30-50	1 มิลลิลิตรในน้ำ 1 มิลลิลิตร (ต่อ 1 ช่อดอก) หรือปริมาตร 200 มิลลิลิตรต่อต้น	ฉีดพ่นฝอยบริเวณก้านช่อดอก	สัปดาห์ละ 2 ครั้ง เมื่อดอกบาน สมบูรณ์ เป็นเวลา 2-3 สัปดาห์ จนดอกบนต้นทยอยติดผล

6. สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

- สร้างองค์ความรู้ทางด้านการกระบวนการผลิตชีวภัณฑ์จากแบคทีเรียทนเค็มส่งเสริมการเจริญของพืชในสภาวะที่เหมาะสมในระดับถึงหมักขนาดใหญ่และการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ส่งเสริมการเจริญของพืชเพื่อสามารถพัฒนาต่อยอดในการผลิตเชิงพาณิชย์

จากผลการดำเนินงานทางด้านการผลิตชีวภัณฑ์จากแบคทีเรียทนเค็มส่งเสริมการเจริญของพืชได้องค์ความรู้ทางด้านการกระบวนการผลิตชีวภัณฑ์จากแบคทีเรียทนเค็มในถึงหมักขนาดใหญ่ (pilot scale ขนาด 750 ลิตร) ที่บรรจุอาหารปริมาตร 500 ลิตร สามารถพัฒนาสูตรอาหารที่เหมาะสมในการผลิตชีวมวลของแบคทีเรียทนเค็มสายพันธุ์คัดเลือกทั้ง 6 สายพันธุ์ (*Bacillus* จำนวน 5 สายพันธุ์และ *Micrococcus* จำนวน 1 สายพันธุ์) โดยใช้อาหาร HA สูตรดัดแปลงที่ประกอบด้วยแหล่งคาร์บอนและไนโตรเจนเป็นโปรตีนเปปโตเนและสารสกัดจากยีสต์โดยไม่มีเกลือ NaCl ภายใต้สภาวะการเพาะเลี้ยงที่ 35 องศาเซลเซียส ค่า pH 7.5 ให้อากาศ 0.75 VVM เป็นเวลา 24-30 ชั่วโมง ค่าความขุ่นสูงสุด (OD_{600}) 30-35 ปริมาณเซลล์เท่ากับ 10^9 cfu/ml ส่วนผลการดำเนินงานผลิตสารชีวภัณฑ์ IAA ในถึงหมักระดับ 500 ลิตร ใช้อาหารเลี้ยงเชื้อ HA สูตรดัดแปลงที่ไม่มีเกลือ NaCl โดยมีแหล่งคาร์บอนและไนโตรเจนเป็นโปรตีนและสารสกัดจากยีสต์ในสัดส่วน 20:5 และเติม L-tryptophan 30 mM ควบคุม pH 8 ตลอดการเพาะเลี้ยงเป็นเวลา 84-96 ชั่วโมง วิเคราะห์ปริมาณ crude IAA ได้เท่ากับ $2,254.48 \pm 149.85$ ug/ml คิดเป็นสารบริสุทธิ์ IAA เท่ากับ 50-54% โดยมีค่าการเจริญสูงสุดเฉลี่ยที่ 24 ชั่วโมงเท่ากับ 55.98 ± 3.43

ในด้านการพัฒนาสารชีวภัณฑ์ IAA ในรูปแบบผลิตภัณฑ์แห้งได้ทดสอบหาปริมาณสาร CMC เพื่อเพิ่มเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ โดยพบว่าปริมาณสาร CMC ที่เหมาะสมคือ 0.1% โดยละลายในน้ำนำมาผสมกับสารชีวภัณฑ์ IAA ในสัดส่วน 1:1 จากนั้นนำเข้าเครื่อง freeze-dry เพื่อระเหิดแห้งในสภาพแช่แข็งเป็นเวลา 5 วัน บรรจุในซองสุญญากาศ ขนาดของละ 1 ลิตรได้น้ำหนักเท่ากับ 50 กรัม และตรวจสอบประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์โดยการทดสอบการงอกของเมล็ดมะเขือเทศเชอร์รี่บนจานทดสอบและวิเคราะห์ค่าดัชนีความแข็งแรง (vigor index) ของต้นกล้าอายุ 7 วัน พบว่าผลิตภัณฑ์รูปแบบแห้งที่เก็บที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 9 เดือนมีค่าร้อยละการงอกเฉลี่ยเท่ากับ 90.48 ± 5.25 ค่าดัชนีความแข็งแรงของต้นกล้าเท่ากับ 38.68 เมื่อเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ก่อนทำแห้งเท่ากับ 92.38 ± 7.12 และค่าดัชนีความแข็งแรงของต้นกล้าเท่ากับ 41.41 ซึ่งจะเห็นว่าไม่แตกต่างกัน หากเปรียบเทียบกับเมล็ดแช่น้ำให้ผลร้อยละการงอก เท่ากับ 74.23 ± 8.45 และดัชนีความแข็งแรงของต้นกล้ามะเขือเทศ เท่ากับ 31.46 โดยทำให้ค่าร้อยละของการงอกสูงขึ้นถึง 16% อย่างไรก็ตามผลิตภัณฑ์แห้งต้นแบบมีความชื้นสูงก่อนนำมาใช้งานต้องนำมาละลายน้ำและทำการเจือจางเพื่อให้ได้ความเข้มข้นที่เหมาะสมและจำเป็นต้องเก็บสารชีวภัณฑ์หลังจากละลายน้ำที่อุณหภูมิต่ำตลอดการใช้งานเพื่อป้องกันการปนเปื้อนจากจุลินทรีย์

- สร้างนวัตกรรมการใช้ประโยชน์จากสารชีวภัณฑ์ IAA ในการเพาะปลูกพืชผักแบบเกษตรอินทรีย์ และรูปแบบการนำไปประยุกต์ใช้ในกระบวนการปลูกพืชผัก

ผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่าสามารถนำสารชีวภัณฑ์ที่มีความเข้มข้นที่เหมาะสมไปใช้ในกระบวนการปลูกพืชผักได้ทั้งในระยะขั้นตอนการเพาะต้นกล้าด้วยการแช่เมล็ดด้วยสารชีวภัณฑ์และในระยะแปลงปลูก โดยพบว่าความเข้มข้นของสารชีวภัณฑ์ที่เหมาะสมสำหรับการแช่เมล็ดพืชผักเท่ากับ 10-30 ug/ml โดยระยะเวลาแช่เมล็ดแตกต่างกัน จากการทดลองพบว่าควรแช่เมล็ดด้วยสารชีวภัณฑ์จนเมล็ดมีลักษณะเต่งซึ่งพบว่าเมล็ดพืชผักกินใบ เช่น ผักสลัดต่างๆ ที่มีน้ำหนักเมล็ดน้อย เปลือกหุ้มเมล็ดบาง ควรใช้เวลาแช่ประมาณ 6-10 ชั่วโมง ทั้งนี้เมล็ดขนาดเล็ก เบา ควรใช้เวลาแช่เมล็ดสั้นกว่าเมล็ดเปลือกแข็ง ส่วนพืชผักกินผลพืชผักสวนครัว เช่น มะเขือเทศ มะเขือ พริก ที่มีขนาดเมล็ดและเปลือกแข็งกว่าโดยเฉพาะพริก ควรใช้เวลาแช่สารประมาณ 15-18

ชั่วโมง สารชีวภัณฑ์แช่เมล็ดสามารถกระตุ้นการงอกของเมล็ดพืชผักได้ดี โดยพบค่าร้อยละของการงอกเพิ่มขึ้นสำหรับพืชผักกินใบประมาณ 2-4% ส่วนพืชผักกินผลประมาณ 4-10% โดยเฉพาะในพริกชี้หนูพบว่า สารชีวภัณฑ์สามารถกระตุ้นการงอกได้สูงกว่าพืชผักอื่นๆ นอกจากนี้ยังพบว่า ต้นกล้าที่เพาะจากเมล็ดแช่สารชีวภัณฑ์มีการเจริญที่สม่ำเสมอ แม้จะความสูงเฉลี่ยของต้นกล้าอายุ 21 วัน เมื่อเปรียบเทียบกับต้นกล้าที่เพาะจากเมล็ดแช่น้ำไม่แตกต่างกัน มีพัฒนาการของการสร้างใบจริงที่เร็วกว่า จำนวนใบจริงและระบบรากมากกว่าเมล็ดแช่น้ำ แสดงให้เห็นว่าสารชีวภัณฑ์ IAA จาก *M. yunnanensis* P2-23 นอกจากมีกิจกรรมกระตุ้นการงอกแล้วยังมีกิจกรรมส่งเสริมการเจริญของต้นกล้าพืชผักอีกด้วย ดังแสดงให้เห็นว่าต้นกล้ามีความพร้อมในการย้ายปลูกได้เร็ว สามารถลดระยะเวลาในขั้นเตรียมต้นกล้าก่อนย้ายปลูกได้ประมาณ 1-2 สัปดาห์โดยเฉลี่ย ทั้งนี้ขึ้นกับชนิดพืชและสภาพแวดล้อมในการเจริญของต้นกล้าด้วย

สำหรับการให้สารชีวภัณฑ์ในระยะหลังย้ายปลูก 2 สัปดาห์ สัปดาห์ละครั้งจนพืชเริ่มออกดอกและมีการฉีดพ่นช่อดอกเมื่อดอกบานเต็มที่ สัปดาห์ละ 2 ครั้งโดยใช้สารชีวภัณฑ์ความเข้มข้น 30-50 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร สามารถลดการหลุดร่วงของดอกในมะเขือเทศเชอร์รี่ได้ นอกจากนี้ยังช่วยเพิ่มคุณภาพของพืชผลโดยตรวจพบปริมาณวิตามินซีในผลมะเขือเทศเชอร์รี่ที่ให้สารชีวภัณฑ์ IAA สูงกว่ามะเขือเทศเชอร์รี่ที่ไม่ได้รับสารชีวภัณฑ์ถึง 6 เท่า จึงสามารถสรุปได้ว่าสารชีวภัณฑ์ IAA เป็นสารกระตุ้นการงอกของเมล็ดและส่งเสริมการเจริญและเพิ่มคุณภาพให้กับผลผลิตพืชผัก สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในแต่ละขั้นตอนของกระบวนการปลูกพืชผักอินทรีย์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ลดการใช้สารฮอร์โมนเคมีในการผลิตพืชผัก ผลจากงานวิจัยได้พัฒนาต้นแบบการใช้สารชีวภัณฑ์ IAA ในการเพาะปลูกพืชผักแบบอินทรีย์ที่ช่วยลดระยะเวลาย้ายปลูก เพิ่มจำนวนต้นกล้าที่มีความแข็งแรงพร้อมกับการลดการหลุดร่วงของดอกและเพิ่มคุณภาพของผลผลิตโดยเพิ่มสารพฤษเคมีที่สำคัญในพืชผักแต่ละชนิด

บรรณานุกรม

- กรมวิชาการเกษตร,สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. http://www.oae.go.th/ewt_news.php?nid=146.
- กัลทิมา พิชัย. มปป. การเพาะเลี้ยงเซลล์ของแบคทีเรียปฏิบัณช์ *Bacillus subtilis* BCC 6327 เพื่อควบคุมโรคใบไหม้ในมะเขือเทศ. มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่.
- ไทยเกษตรศาสตร์. (2556). โรคของมะเขือเทศ. <http://www.thaikasetsart.com/>
- นิพนธ์ ทวีชัย. (2553). โรคพืชและการจัดการด้วยวิธีชีวภาพ. ในสารานุกรมไทยสำหรับเยาวชน โดยพระราชประสงค์ในพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว. (เล่มที่ 35, หน้า 129-159). กรุงเทพฯ : โครงการสารานุกรมไทยสำหรับเยาวชน โดยพระราชประสงค์ในพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว.
- “มะเขือเทศ” การปลูกมะเขือเทศที่บ้านเรา Posted By Kattareeya Pormmarin | 18 เม.ย. 60 <http://www.trueplookpanya.com/>
- พีรเดช ทองอำไพ. 2529. ฮอร์โมนพืชและสารสังเคราะห์. ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 196 น.
- เพ็ญจันทร์ เมฆวิจิตรแสง แสงชัย เอกประทุมชัย กนกวรรณ พุ่มพุดรา ไวรุจน์ เดชมทิทกุล อนวัช สุวรรณกุล และอนันต์ ทองทา. 2553. การผลิตเชื้อรา *Trichoderma* spp. เพื่อใช้เป็นสารชีวอินทรีย์สำหรับเกษตรอินทรีย์. รายงานสมบูรณ์. สถาบันพัฒนาและฝึกอบรมโรงงานต้นแบบ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. 26 หน้า.
- สมศรี อรุณินท์. มปป. ดินเค็มในประเทศไทย. <http://www.ldd.go.th/Lddwebsite/webord/Technical/pdf/PTechnical030351.pdf>
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2559. สถิติการเกษตรของประเทศไทย ปี 2559. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 262 หน้า
- Abdallah, R. A. B., S. Mokni-Tlili, A. Nefzi, H. Jabnoun-Khiareddine and M. Daami-Remadi. 2016. Biocontrol of *Fusarium* wilt and growth promotion of tomato plants using endophytic bacteria isolated from *Nicotiana Glauca* organs. **Biological Control**. 97: 80-88.
- Acuña, J. J., M. A. Jorquera, O. A. Martínez, D. Menezes-Blackburn, M. T. Fernández, P. Marschner, R. Greiner and M. L. Mora. 2011. Indole acetic acid and phytase activity produced by rhizosphere bacilli as affected by pH and metals. **Journal of soil science and plant nutrition**. 11(3): 1-12.
- Ahemad, M. and M. Kibret. 2014. Mechanisms and applications of plant growth promoting rhizobacteria: Current perspective. **Journal of King Saud University-Science**. 26: 1-20.
- Andrews, S. C., A. K. Robinson and F. Rodriguez-Quinones. 2003. Bacterial iron homeostasis. **FEMS Microbiology Reviews**. 27: 215-237.
- Armadaa, E., A. Probanza, A. Roldán, R. Azcóna. 2016. Native plant growth promoting bacteria *Bacillus thuringiensis* and mixed or individual mycorrhizal species improved drought tolerance and oxidative metabolism in *Lavandula dentata* plants. **Journal of Plant Physiology**. 192: 1-12.
- Babu, A. N., S. Jogaiah, S. Ito, A. K. Nagaraj and L-S. P. Tran. 2015. Improvement of growth, fruit weight and early blight disease protection of tomato plants by rhizosphere bacteria is correlated with their beneficial traits and induced biosynthesis of antioxidant peroxidase and polyphenol oxidase. **Plant Science**. 231: 62-73.

- Bakker, A. W. and B. Schippers. 1987. Microbial cyanide production in the rhizosphere in relation to potato yield reduction and *Pseudomonas* spp. mediated plant growth stimulation. **Soil Biology and Biochemistry**. 19(4): 451-457.
- Beneduzi, A., A. Ambrosini and L. M. P. Passaglia. 2012. Plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR): Their potential as antagonists and biocontrol agents. **Genetics and Molecular Biology**. 35(4): 1044-1051.
- Berg, G., A. Krechel, M. Ditz, R. A. Sikora, A. Ulrich and J. Hallmann. 2005. Endophytic and ectophytic potato-associated bacterial communities differ in structure and antagonistic function against plant pathogenic fungi. **FEMS Microbiology Ecology**. 51: 215-229.
- Blumer, C. and D. Haas. 2000. Mechanism, regulation and ecological role of bacterial cyanide biosynthesis. **Archives of Microbiology**. 173: 170-177.
- Bouizgarne, B. 2013. **Bacteria in Agrobiolgy: Disease Management**. In Chapter 2 Bacteria for Plant Growth Promotion and Disease Management: 15-47.
- Cappuccino, J. G. and N. Sherman. 1999. **Microbiology: A Laboratory Manual, Fifth Edition**. Addison-Wesley, Longman, USA.
- Chookietwattana, K. and K. Maneewan. 2012. Selection of efficient salt-tolerant bacteria containing ACC deaminase for promotion of tomato growth under salinity stress. **Soil Environ**. 31(1): 30-36
- Dave, B. P. and H.C. Dube. 2000. Chemical characterization of fungal siderophores. **Indian Journal of Experimental Biology**. 38: 56-62.
- De Boer, S. H. and R. J. Copeman. 1974. Endophytic bacterial flora in *Solanum tuberosum* and its significance in bacterial ring rot diagnosis. **Canadian Journal of Plant Science**. 54: 115-122.
- Dinesha, R., M. Anandaraja, A. Kumarb, Y. K. Binia, K. P. Subilaa and R. Aravind. 2015. Isolation, characterization, and evaluation of multi-trait plant growth promoting rhizobacteria for their growth promoting and disease suppressing effects on ginger. **Microbiological Research**. 173: 34-43.
- Doube, B. M., V. V.S.R. Gupta and P. R. Grace. 1994 **Management of The Soil Biota in Sustainable Farming Systems**. CSIRO Publishing, Melbourne, 50-62.
- Engvild, K. C. 1985. The chloroindole auxins of pea and related species. In **Hormonal regulation of plant growth and development**. 221-234.
- Glick, B. R. 2012. Plant growth-promoting bacteria: Mechanisms and applications. **Scientifica**. 1-15.
- Ghosh, S., P. Ghosh and T. K. Maiti. 2011. Production and metabolism of indole acetic acid (IAA) by root nodule bacteria (*Rhizobium*): A Review. **J. Pure and Appl. Microbiol**. 5(2): 523-540.
- Gordon, S. A. and R. P. Weber. 1951. Colorimetric estimation of indoleacetic acid. **Plant Physiology**. 192-195.

- Gupta, G., S. S. Parihar, N. K. Ahirwar, S. K. Snehi and V. Singh. 2015. Plant growth promoting rhizobacteria (PGPR): Current and future prospects for development of sustainable agriculture. **Microbial and Biochemical Technology**. 7(2): 1-7.
- Hallmann, J., A. Quadts-Hallmann, W. F. Mahaffee and J. W. Kloepper. 1997. Bacterial endophytes in agricultural crops. **Canadian Journal of Microbiology**. 43(10): 895-914.
- Kamei, A., A. K. Dolai and A. Kamei. 2014. Role of hydrogen cyanide secondary metabolite of plant growth promoting rhizobacteria as biopesticides of weeds. **Global Journals Inc**. 14(6): 109-112.
- Kumar, P., R. C. Dubey and D. K. Maheshwari. 2012. *Bacillus* strains isolated from rhizosphere showed plant growth promoting and antagonistic activity against phytopathogens. **Microbiological Research**. 167: 493-499.
- Lalande, R., N. Bissonnette, D. Coutlée and H. Antoun. 1989. Identification of rhizobacteria from maize and determination of their plant-growth promoting potential. **Plant Soil**. 115: 7-11.
- Lodewyckx, C., J. Vangronsveld, F. Porteous, E. R. B. Moore, S. Taghavi, M. Mezgeay and D. van der Lelie. 2002. Endophytic bacteria and their potential applications. **Critical Reviews in Plant Sciences**. 21(6): 583-606.
- Martínez-Viveros, O., M. A. Jorquera, D. E. Crowley, G. Gajardo and M. L. Mora. 2010. Mechanisms and practical considerations involved in plant growth promotion by rhizobacteria. **Soil science and plant nutrition**. 10(3): 293-319.
- Meenaa, R. K., R. K. Singh, N. P. Singh, S. K. Meena and V. S. Meena. 2015. Isolation of low temperature surviving plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR) from pea (*Pisum sativum* L.) and documentation of their plant growth promoting traits. **Biocatalysis and Agricultural Biotechnology**. 4(4): 806-811.
- Misaghi, I. J. and C. R. Donndelinger. 1990. Endophytic bacteria in symptom free cotton plants. **Phytopathology**. 80: 808-811.
- Neilands, J. B. 1995. Siderophores: Structure and function of microbial iron transport compounds. **Journal of Biological Chemistry**. 270(45): 26723-26726.
- Orhan, F. 2016. Alleviation of salt stress by halotolerant and halophilic plant growth-promoting bacteria in wheat (*Triticum aestivum*). **Brazilian Journal of Microbiology**. 47(3): 621-627.
- Oscar, M., A. Llanes and V. Luna. 2014. A new PGPR co-inoculated with *Bradyrhizobium japonicum* enhances soybean nodulation. **Microbiological Research**. 169: 609-615.
- Pal, K. K. and B. McS. Gardener. 2006. Biological control of plant pathogens. **The Plant Health Instructor**.
- Pane, C. and M. Zaccardelli. 2015. Evaluation of *Bacillus* strains isolated from solanaceous phylloplane for biocontrol of alternaria early blight of tomato. **Biological Control**. 84: 11-18.

- Pereira, S. I. A., C. Monteiro, A. L. Vega and P. M. L. Castro. 2016. Endophytic culturable bacteria colonizing *Lavandula dentata* L. plants: Isolation, characterization and evaluation of their plant growth-promoting activities. **Ecological Engineering**. 87: 91-97.
- Prakamhang, J., P. Tittabutr, N. Boonkerd, K. Teamtisong, T. Uchiumi, M. Abe, and N. Teaumroong. 2015. Proposed some interactions at molecular level of PGPR co-inoculated with *Bradyrhizobium diazoefficiens* USDA110 and *B. japonicum* THA6 on soybean symbiosis and its potential of field application. **Applied Soil Ecology**. 85: 38-49.
- Rahman, A., I. R. Sitepu, Sui-Y. Tang and Y. Hashidoko. 2010. Salkowski's reagent test as a primary screening index for functionalities of rhizobacteria isolated from wild dipterocarp saplings growing naturally on medium-strongly acidic tropical peat soil. **Biosci. Biotechnol. Biochem.** 74(11): 2202-2208.
- Rajkumar, M., N. Ae, M. N. Prasad and H. Freitas. 2010. Potential of siderophore-producing bacteria for improving heavy metal phytoextraction. **Trends in Biotechnology**. 28(3): 1-8.
- Raymond, K. M. and E. Denz. 2004. Biochemical and physical properties siderophores. In **Iron Transport in Bacteria** (Crosa, J.H. *et al.*, Eds). 3-17.
- Reinhold-Hurek, B. and T. Hurek. 1998. Interactions of gramineous plants with *Azoarcus* spp. and Other Diazotrophs: Identification, localization, and perspectives to study their function. **Critical Reviews in Plant Sciences**. 17: 29-54.
- Romero, F. M., M. Marina, and F. L. Pieckenstain. 2016. Novel components of leaf bacterial communities of field-grown tomato plants and their potential for plant growth promotion and biocontrol of tomato diseases. **Research in Microbiology**. 167(3): 222-233.
- Santoyo, G., G. Moreno-Hagelsieb, Ma. del C. Orozco-Mosqueda and B. R. Glick. 2016. Plant growth-promoting bacterial endophytes. **Microbiological Research**. 183: 92-99.
- Sauer, M., S. Robert, and J. Kleine-Vehn. 2013. Auxin: Simply complicated. **Journal of Experimental Botany**. 6(9): 2565-2577.
- Scagliola, M., Y. Pii, T. Mimmo, S. Cesco, P. Ricciuti and C. Crecchio. 2016. Characterization of plant growth promoting traits of bacterial isolates from the rhizosphere of barley (*Hordeum vulgare* L.) and tomato (*Solanum lycopersicon* L.) grown under Fe sufficiency and deficiency. **Plant Physiology and Biochemistry**. 107: 187-196.
- Shao, J., Z. Xu, N. Zhang, Q. Shen and R. Zhang. 2015. Contribution of indole-3-acetic acid in the plant growth promotion by the rhizospheric strain *Bacillus amyloliquefaciens* SQR9. **Biology and Fertility of soil**. 51: 321-330
- Singh, R. P., P. Jha and P. N. Jha. 2015. The plant-growth-promoting bacterium *Klebsiella* sp. SBP-8 confers induced systemic tolerance in wheat (*Triticum aestivum*) under salt stress. **Journal of Plant Physiology**. 184: 57-67.
- Spaepen, S., J. Vanderleyden and R. Remans. 2007. Indole-3-acetic acid in microbial and microorganism-plant signaling. **FEMS Microbiology Reviews**. 31: 425-448.

- Stahl, W. and H. Sies. 1996. Lycopene: A biologically important carotenoid for humans. **Arch. Biochem. Biophys.** J. 336: 1-9.
- Stommel, J. R. 2005. USDA 02L1058 and 02L1059: Cherry tomato breeding lines with high fruit β -carotene content. **HortScience.** 40: 1569-1570.
- Umang, B., P. Kamleshm and U. B. Trivedi. 2013. Optimization of indole acetic acid production by *Pseudomonas putida* UB1 and its effect as plant growth-promoting rhizobacteria on mustard (*Brassica nigra*). **Agricultural research.** 2(3): 215–221.
- Yu, T., J. Chen, H. Lu and X. Zheng. 2009. Indole-3-acetic acid improves postharvest biological control of blue mold rot of apple by *Cryptococcus laurentii*. **Phytopathology.** 99(3): 258-264.
- Zaidi, S., S. Usmani, B. R. Singh and J. Musarrat. 2006. Significance of *Bacillus subtilis* strain SJ-101 as a bioinoculant for concurrent plant growth promotion and nickel accumulation in *Brassica juncea*. **Chemosphere.** 64: 991-997.
- Zhang, Y. and J. R. Stommel. 2000. RAPD and AFLP tagging and mapping of beta (*B*) and beta modifier (*MoB*), two genes which influence β -carotene accumulation in fruit of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.). **Theor. Appl. Genet.** J. 100: 368-375.

รายนามหัวหน้าโครงการและผู้ร่วมโครงการ พร้อมทั้งหน่วยงานที่สังกัดและหมายเลขโทรศัพท์

หัวหน้าโครงการย่อย 1:

ผศ.ดร. อัมรินทร์ชญาณ์ มงคลชัยพฤกษ์

ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน

ที่อยู่ 50 ถ. งามวงศ์วาน แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กทม. 10900

เบอร์โทรศัพท์ 02-5790308 ต่อ 154 โทรสาร 02-5791951 ต่อ 112

E-mail: agrctt@ku.ac.th

ผู้ร่วมงานวิจัย

ผศ. ดร. สาวิตร์ ตระกูลนำเลื่อมใส

หน่วยงานที่สังกัด ภาควิชาจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ที่อยู่ 50 ถ. งามวงศ์วาน แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กทม. 10900

เบอร์โทรศัพท์ 02-562-5555 ต่อ 646630 โทรสาร 02-5792081

E-mail: rdisat@ku.ac.th

รศ.ดร. จินดาวรรณ สิริันทวีเนติ

ภาควิชาสัตววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน

ที่อยู่ 50 ถ. งามวงศ์วาน แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กทม. 10900

เบอร์โทรศัพท์ 02-562-5555 ต่อ 3262 โทรสาร 02-562-5444 ต่อ 3202

อีเมล: fscijws@ku.ac.th



โครงการย่อย 2 (ภาษาไทย) การถ่ายทอดเทคโนโลยีการปลูกพืชตระกูล Solanaceae แบบเกษตรอินทรีย์ด้วยสารกระตุ้นชีวภัณฑ์จากแบคทีเรีย

(ภาษาอังกฤษ) Technology transfer of Solanaceae crops in organic farming with biological stimulants from bacteria.

คณะผู้วิจัย

ผศ.ดร.สาวิตร ตระกูลนำเลื่อมใส

รศ.ดร.อภิชาติ ใจอารีย์

นางสาวจันทร์แรม รูปขำ

ภาควิชาจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาควิชาการพัฒนทรัพยากรมนุษย์และชุมชน

คณะศึกษาศาสตร์และพัฒนศาสตร์

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน

ฝ่ายเครื่องมือและวิจัยทางวิทยาศาสตร์

สถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

บทคัดย่อ

การวิจัยเชิงทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างหลักสูตรอบรมเชิงปฏิบัติการโดยเนื้อหาหลักสูตรได้ออกแบบครอบคลุมการประยุกต์ใช้สารชีวภัณฑ์ IAA จากแบคทีเรียที่เรี่ยหนเค็มส่งเสริมการเจริญของพืช *Micrococcus yunnanensis* P2-23 สำหรับผลิตต้นกล้าพืชผักที่มีคุณภาพ โดยได้พัฒนาผลิตภัณฑ์แช่เมล็ดพืชผักสำเร็จรูปที่มีความเข้มข้นของสารชีวภัณฑ์ IAA ที่เหมาะสม และสร้างหลักสูตรอบรมเชิงปฏิบัติการชื่อ “เทคนิคการผลิตต้นกล้าพืชผักที่มีคุณภาพด้วยสารชีวภัณฑ์ไอเอเอจากแบคทีเรียที่เรี่ยหนเค็ม” ทำการประเมินความพึงพอใจของเกษตรกรผู้รับการอบรมจำนวน 32 ราย โดยประเมินประสิทธิผลของผลิตภัณฑ์แช่เมล็ดที่มีต่อคุณภาพต้นกล้าพืชผัก 5 ชนิด อายุ 1-3 สัปดาห์เปรียบเทียบกับต้นกล้าที่เพาะจากเมล็ดแช่น้ำ (ชุดคุม) ด้วยแบบประเมินที่มีคะแนนพึงพอใจ 5 ระดับ วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติเชิงพรรณนา ผลการศึกษาพบว่าความพึงพอใจต่อเนื้อหาหลักสูตรมีความพึงพอใจเฉลี่ย 4.39 ± 0.58 เทคนิคการผลิตต้นกล้าที่มีคุณภาพด้วยสารชีวภัณฑ์ไอเอเอมีความพึงพอใจเฉลี่ย 4.14 ± 0.79 เมื่อเปรียบเทียบความพึงพอใจของคุณภาพผลิตภัณฑ์ต่อคุณภาพต้นกล้าที่มีอายุต่างกันพบว่าระดับความพึงพอใจเฉลี่ยในต้นกล้าที่มีอายุมากมีคะแนนสูงกว่า โดยต้นกล้าเรดโอ๊คอายุ 3 สัปดาห์มีความพึงพอใจเฉลี่ยสูงสุด 4.65 ± 0.49 ความสะดวกในการใช้งาน 81.82%

คำสำคัญ เทคนิคการเพาะต้นกล้าพืชผักด้วยสารชีวภัณฑ์ไอเอเอ ฮอร์โมนพืชจากแบคทีเรีย, *Micrococcus yunnanensis* P2-23, แบบประเมินความพึงพอใจ

Abstract

This experimental research aimed to create a practical training course. The course content was designed to cover the application of IAA biosubstance from salt-tolerant bacteria *Micrococcus yunnanensis* P2 - 23 for the production of quality vegetable seedlings by developing ready-made vegetable seed soaking products with the appropriate IAA concentrations and created a training course named “Techniques for Producing Quality Vegetable Seedlings with IAA from Salt-Tolerant Bacteria” assessed the satisfaction of 32 trainee farmers by evaluating the effectiveness of seed soaking products on plant quality. Seedlings of 5 vegetables aged 1-3 weeks were compared with seedlings grown from seeds soaked in water (control) with a 5-point satisfaction rating scale. Data were analyzed by descriptive statistics. The results showed that the satisfaction with the curriculum content was 4.39 ± 0.58 . The average satisfaction of seedling production techniques with IAA bio-substances was 4.14 ± 0.79 . The quality of seedlings at different ages showed that the average satisfaction level was higher among the older seedlings. The three-week-old red oak seedlings had the highest average satisfaction of 4.65 ± 0.49 , while the satisfaction ease of use of 81.82%.

Keywords: Techniques for cultivating vegetable seedlings with IAA, Plant hormone from *Micrococcus yunnanensis* P2-23, Satisfaction assessment form

ภาพรวมโครงการย่อย 2

1. ที่มาและความสำคัญของปัญหา

แบคทีเรียหน่อกิ่งที่คัดแยกจากดินที่แห้งแล้งมีความสามารถในการปรับตัวในการเจริญในสภาพแวดล้อมโดยเฉพาะดินแห้งแล้งขาดธาตุอาหารอินทรีย์ได้ดีกว่าแบคทีเรียทั่วไปในสิ่งแวดล้อมอื่นทั้งแบคทีเรียหน่อกิ่งที่คัดเลือกได้ยังมีคุณสมบัติเป็นแบคทีเรียส่งเสริมการเจริญของพืชโดยเฉพาะสามารถสร้างฮอร์โมนออกซินที่พืชนำไปใช้ได้ และบางสายพันธุ์สร้างสารยับยั้งรากก่อโรคพืชได้ จึงมีแนวคิดที่จะนำแบคทีเรียหน่อกิ่งสายพันธุ์ส่งเสริมการเจริญของพืชนี้มาใช้ประโยชน์เพื่อส่งเสริมการเพาะปลูกและป้องกันจัดการโรคพืชโดยลดการใช้สารเคมีโดยเฉพาะสารเคมีกำจัดรากก่อโรคที่มีภูมิสาเหตุการเกิดโรคที่ติดมากับดินและเมล็ดพืช

จากผลการดำเนินงานวิจัยที่ผ่านมาได้คัดเลือกแบคทีเรียหน่อกิ่งสายพันธุ์ที่มีประสิทธิภาพในการสร้างฮอร์โมนพืชออกซิน (auxin) ประเภทกรดอินโดล-3-แอซิดิก (Indole-3-acetic acid, IAA) ได้สูงเป็นที่น่าสนใจ ได้แก่ แบคทีเรีย *Micrococcus yunnanensis* P2-23 และแบคทีเรีย *Bacillus endophyticus* P12-12 และแบคทีเรียหน่อกิ่ง สายพันธุ์ที่สร้างสารยับยั้งรากก่อโรคพืชตระกูล Solanaceae (มะเขือเทศ มะเขือเปราะ พริก) ได้แก่ *Bacillus subtilis* P9-21, P12-4, *Bacillus subtilis* subsp. *inaquosorum* P5-29 และ *Bacillus sonorensis* P7-10 แบคทีเรียหน่อกิ่งที่คัดเลือกได้ส่วนใหญ่เป็นแบคทีเรียแกรมบวกซึ่งมีผนังเซลล์แข็งแรง อีกทั้งสายพันธุ์ที่เป็นแบคทีเรียปฏิปักษ์ต่อรากก่อโรคนั้นเป็นแบคทีเรียในกลุ่ม *Bacillus* ที่สร้างเอนโดสปอร์ทำให้แบคทีเรียเหล่านี้ทนต่อสภาวะแวดล้อมธรรมชาติต่างๆ ได้ดี นอกจากนี้แบคทีเรียหน่อกิ่งสายพันธุ์ที่คัดเลือกได้ยังไม่เคยมีรายงานว่าเป็นแบคทีเรียก่อโรคในคน สัตว์และพืช (generally recognized as safe, GRAS) จึงมีความปลอดภัยต่อการนำมาใช้เป็นแบคทีเรียส่งเสริมการเจริญของพืช

แนวทางของงานวิจัยต่อยอดนี้เพื่อพัฒนาการผลิตสารชีวภัณฑ์ไอเอเอ (IAA) ในระดับน้ำร่องขนาด 500 ลิตร และพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ในรูปแบบง่ายพร้อมใช้งาน โดยออกแบบเป็นผลิตภัณฑ์สารชีวภัณฑ์ไอเอเอ (IAA) ในรูปแบบผงและรูปแบบน้ำพร้อมใช้งาน ส่วนผลิตภัณฑ์ชีวมวลจากกล้าเชื้อแบคทีเรียหน่อกิ่งจำนวน 5 สายพันธุ์ จะนำไปใช้โดยการคลุกดินในแปลงปลูก โดยคาดหวังว่าแบคทีเรียหน่อกิ่งสายพันธุ์ที่คัดเลือกนี้สามารถปรับตัวและเจริญได้ดีในดิน สามารถผลิตสารกระตุ้นการเจริญเติบโตของพืช ช่วยเพิ่มธาตุอาหารให้แก่พืช ส่งเสริมการเจริญเติบโตและควบคุมโรคในดินได้ นอกจากนี้ยังถ่ายทอดเทคโนโลยีการปลูกพืชอินทรีย์ปลอดภัยแบบครบวงจรให้กับเกษตรกร โดยทดสอบกับการเพาะปลูกพืชตระกูล Solanaceae ได้แก่ มะเขือเทศ และพริก รวมถึงพืชผักสลัดรับประทานสด ได้แก่ กรีนโอ๊ค (Green oak) เรดโอ๊ค (Red oak) และเรดคอส (Red cos)

2. วัตถุประสงค์

2.1 เพื่อสร้างหลักสูตรอบรมและจัดทำสื่อวิดีโอการนำแบคทีเรียหน่อกิ่งสายพันธุ์คัดเลือกไปประยุกต์ใช้ในขั้นตอนการปลูกพืชผักอินทรีย์

2.2 เพื่ออบรมและถ่ายทอดเทคโนโลยีการใช้ประโยชน์จากแบคทีเรียหน่อกิ่งสายพันธุ์คัดเลือกในการปลูกพืชอินทรีย์ให้กับเกษตรกรรายย่อย

3. ทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

การถ่ายทอดเทคโนโลยี (Technology Transfer) เกิดจากการพัฒนาองค์ความรู้ เทคโนโลยีและนวัตกรรมใหม่ๆ แล้วมีการถ่ายทอด แพร่กระจายเพื่อนำไปใช้ประโยชน์ในรูปแบบต่างๆ ต่อไป (Roberts, 1991) ส่วนเอกพงศ์ มุสิกเจริญ (2554) กล่าวว่าจากหนังสือคู่มือการฝึกอบรมด้านการถ่ายทอดเทคโนโลยีของ เอสแคป พ.ศ.2535 ได้นิยามคำว่า การถ่ายทอดเทคโนโลยี (technology transfer) ว่าหมายถึง กระบวนการทางกฎหมายในการเคลื่อนย้ายเทคโนโลยีจากประเทศหนึ่งไปสู่อีกประเทศหนึ่ง ดังนั้นการถ่ายทอดเทคโนโลยี

ถือเป็นตัวกลางในการจัดการระเบียบแบบแผนของการถ่ายทอดจากผู้หนึ่งไปสู่ผู้รับ โดยผู้รับจะต้องเห็นชอบหรือให้ความช่วยเหลือในบางประการด้วย เช่น ด้านการเงิน ทรัพยากร เป็นต้น (Massey and Montoya-Weiss, 1997) นอกจากนี้ Li Hua and Khalil (2006) ยังกล่าวว่า การถ่ายทอดเทคโนโลยีเป็นสิ่งสำคัญในการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคม เช่น การถ่ายทอดความรู้ทางวิทยาศาสตร์ หรือเทคโนโลยีใหม่ๆ ไปสู่ภาคประชาชนหรือภาคเอกชน เพื่อการขับเคลื่อนอุตสาหกรรมการผลิตในประเทศ โดยกลยุทธ์ในการถ่ายทอดเทคโนโลยีมีหลากหลาย ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับกลุ่มเป้าหมาย สาร และวัตถุประสงค์ เช่น การตีพิมพ์สิ่งที่ศึกษาค้นคว้าได้ ความร่วมมือในการทำวิจัยและพัฒนา การติดต่อวิจัยและให้คำปรึกษา เป็นต้นสอดคล้องกับแนวคิดของ เอกพงศ์ มุสิกเจริญ (2554) ที่กล่าวว่า การถ่ายทอดเทคโนโลยีเป็นกระบวนการที่สำคัญในการพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี การพัฒนาอุตสาหกรรม ตลอดจนการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมของประเทศมาช้านาน กระบวนการถ่ายทอดเทคโนโลยีที่มีประสิทธิภาพจะช่วยให้ผู้ประกอบการในภาคการผลิตและบริการ ได้นำเอาเทคโนโลยีจากแหล่งต่างๆ ทั้งที่ได้พัฒนาขึ้นในประเทศหรือที่นำเข้ามาจากต่างประเทศมาใช้ประโยชน์ได้อย่างคุ้มค่า ผลงานวิจัยและพัฒนาที่มีผู้คิดค้นไว้ หากมิได้มีการเผยแพร่หรือถ่ายทอดไปสู่ผู้ที่เกี่ยวข้องในภาคต่างๆ ก็ย่อมไม่เกิดประโยชน์ต่อภาคเศรษฐกิจและสังคมของประเทศและกลายเป็นเรื่องสูญเปล่าของการลงทุน ในสภาวะปัจจุบันการเข้าถึงแหล่งข้อมูลทางเทคโนโลยีนั้นสามารถกระทำได้ง่ายและสะดวกขึ้นโดยเฉพาะอย่างยิ่งโดยอาศัยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ต ดังนั้น การนำเอาเทคโนโลยีที่เหมาะสมจากแหล่งต่างๆ ภายนอกประเทศมาใช้ให้เกิดประโยชน์ สอดคล้องกับสภาพปัจจุบันและแนวทางในการพัฒนาประเทศจึงเป็นแนวทางที่สำคัญแนวทางหนึ่งในแผนกลยุทธ์ด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี นอกจากนี้ ในภาวะที่มีกระแสการลงทุนโดยตรงจากต่างประเทศ (Foreign Direct Investment, FDI) เพิ่มขึ้นในยุคโลกาภิวัตน์ ประเทศไทยก็ควรให้ความสำคัญกับการใช้ประโยชน์จากเทคโนโลยีที่ถ่ายทอดผ่านกลไกการลงทุนดังกล่าวอย่างจริงจัง

โดยทั่วไปการถ่ายทอดเทคโนโลยีจะมีลักษณะเด่นในประเด็นสำคัญต่างๆ ที่เกี่ยวกับการมุ่งเน้นลักษณะของเทคโนโลยี ผู้ที่เกี่ยวข้องในกระบวนการ และลักษณะของการถ่ายทอด ดังนี้ การมุ่งเน้น คือ ผู้รับการถ่ายทอด/แหล่งที่มาของเทคโนโลยี ลักษณะของเทคโนโลยี คือ เทคโนโลยีที่มีเจ้าของ ผู้ที่เกี่ยวข้องในกระบวนการ ได้แก่ ผู้ประกอบการขนาดใหญ่ในภาคเศรษฐกิจที่ทันสมัย และลักษณะของการถ่ายทอด เป็นการถ่ายทอดเทคโนโลยีเฉพาะรายผ่านกระบวนการทางกฎหมายโดยมีการให้ค่าตอบแทนด้านการเงิน (เอกพงศ์ มุสิกเจริญ, 2554)

จากศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องโดยการศึกษากอง กนต์ อินทุวงศ์ (2556) กล่าวว่า กระบวนการถ่ายทอดเทคโนโลยีควรเป็นกระบวนการแบบมีส่วนร่วมระหว่างเจ้าของเทคโนโลยีโดยใช้วิธีการฝึกอบรม ทีมผู้วิจัยและผู้ประกอบการที่ใช้เทคโนโลยี ควบคู่กับกระบวนการจัดการความรู้ 6 กิจกรรมดังนี้ 1) การกำหนดความรู้หลักที่จำเป็นต้องงานหรือกิจกรรมขององค์กร 2) การเสาะหาความรู้ที่ต้องการ 3) การปรับปรุงเปลี่ยนแปลงหรือสร้างความรู้บางส่วนให้เหมาะต่อการใช้งาน 4) การประยุกต์ใช้ความรู้ในกิจการงานของตน 5) การนำประสบการณ์จากการใช้ความรู้มาแลกเปลี่ยนเรียนรู้มาบันทึกไว้ 6) การจดบันทึก ขุมความรู้ แก่นความรู้สำหรับไว้ใช้งาน (วิจารณ์ พานิช, 2546)

การฝึกอบรม (Training) เป็นกระบวนการจัดกิจกรรม เพื่อให้ผู้เข้ารับการฝึกอบรมมีความรู้ ทักษะ และประสบการณ์ที่สามารถนำไปใช้ในการพัฒนาเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมของตนเองได้ในระยะต่อไป (Pramley 1991: 15) การฝึกอบรมมีกระบวนการจัดการที่สำคัญ 4 ขั้นตอน คือ การสำรวจหาความต้องการในการฝึกอบรม การสร้างหลักสูตรฝึกอบรม การดำเนินการฝึกอบรม และการประเมินผลและติดตามผล การฝึกอบรมจะประสบความสำเร็จได้ ผู้จัดการฝึกอบรมหรือวิทยากร จะต้องมีการกำหนดวางแผนออกแบบให้กิจกรรมมีความเหมาะสมกับ เพศ วัย ของกลุ่มผู้เข้ารับการฝึกอบรม ใช้ระยะเวลาในการฝึกอบรมให้สัมพันธ์กับเนื้อหา เลือกสถานที่ เครื่องมืออุปกรณ์ให้เหมาะสม และที่สำคัญต้องลำดับกิจกรรมให้มีความเชื่อมโยงสัมพันธ์ และต่อเนื่อง ประเด็นสำคัญอีกประเด็นหนึ่งที่ส่งผลต่อความสำเร็จของการจัดการฝึกอบรม คือ การ

เลือกใช้เทคนิค และวิธีการฝึกอบรมที่ต้องเหมาะสมกับเนื้อหาวัตถุประสงค์ และกลุ่มเป้าหมาย ในการวิจัยการพัฒนาหลักสูตรการฝึกอบรม เรื่อง การจัดการกับความเครียด สำหรับผู้สูงอายุครั้งนี้ ผู้วิจัยกำหนดใช้เทคนิคการฝึกอบรมที่ให้ความสำคัญต่อบทบาทของผู้เข้ารับการฝึกอบรมด้วยวิธีการฝึกอบรมเกี่ยวกับการแสดงแบบวิธีการสาธิต (ณัฐพันธุ์ เขจรนันท์, 2541: 151-153)

สำหรับเทคนิคที่นำมาใช้ในการฝึกอบรม คือ การบรรยาย (Lecture), การอภิปราย (Discussion), การอภิปรายเป็นคณะ (Panel Discussion), การอภิปรายแบบปฐกวีสนทนา (Colloquy Method), การอภิปรายกลุ่ม (Group Discussion), การระดมสมอง (Brain Storming), การประชุม (Conference), การประชุมใหญ่ (Convention), การสัมมนา (Seminar) และการสาธิต (Demonstration) (ฐิระ ประवालพุกษ์, 2538 และดนัย เทียนพุ่ม, 2540)

4. ระเบียบวิธีดำเนินการวิจัย

- ขั้นตอนที่ 1 วางแผนและออกแบบการทดลอง

1. ติดต่อประสานงานกับเกษตรกรกลุ่มเกษตรกรอินทรีย์วิถีพอเพียง ต.วังยาว อ.ด่านช้าง จ.สุพรรณบุรี โดยประสานงานผ่านคุณสรวิศ น้ำค้าง ตำแหน่ง เลขานุการสหพันธ์เกษตรกรมัยยืนแห่งประเทศไทย

2. จัดประชุมชี้แจงรายละเอียดของโครงการวิจัย รับฟังข้อเสนอแนะ และร่วมกันวางแผนการดำเนินงาน ออกแบบการทดสอบประสิทธิภาพสารชีวภัณฑ์ไอเอเอเอ วิธีการเก็บข้อมูลและการประเมินคุณภาพพืชผัก กำหนดบทบาทหน้าที่รับสมัครเกษตรกร

3. สร้างหลักสูตรอบรมการนำแบคทีเรียหนเค็มสายพันธุ์คัดเลือกไปประยุกต์ใช้ในขั้นตอนการปลูกพืชผักอินทรีย์ ตามผลการทดสอบในระดับแปลงปลูกของโครงการย่อย 1

4. จัดเตรียมสภาพเพาะต้นกล้าพืชผักทั้งพืชผักกินใบและพืชผักกินผลจำนวน 5 ชนิดได้แก่ กรีนโอ๊ค เรดโอ๊ค เรดคอส มะเขือเทศและพริกขี้หนูจินดา โดยใช้เมล็ดพันธุ์ประเภทเกษตรกรอินทรีย์ ทำการเพาะต้นกล้าจากเมล็ดแช่สารชีวภัณฑ์ไอเอเอเอและเมล็ดแช่น้ำ (ชุดควบคุม) โดยเตรียมต้นกล้าที่มีอายุหลังจากวันเพาะแบ่งเป็น 3 ระยะ ดังนี้ อายุ 4-7 วัน 14 และ 21 วันเพื่อนำไปใช้สำหรับเกษตรกรผู้เข้ารับการอบรมในการทำ การประเมินประสิทธิภาพของสารชีวภัณฑ์ไอเอเอเอในการเพาะต้นกล้า

- ขั้นตอนที่ 2 จัดอบรมประชุมเชิงปฏิบัติการ ตามหลักสูตรที่จัดทำขึ้น

1. จัดอบรมประชุมเชิงปฏิบัติการ ในหัวข้อ “เทคนิคการผลิตต้นกล้าพืชผักที่มีคุณภาพด้วยสารชีวภัณฑ์ไอเอเอเอ (IAA) จากแบคทีเรียหนเค็ม” ให้กับเกษตรกรรายย่อยที่เข้าร่วมโครงการอบรมจำนวน 30 ราย การปฏิบัติขั้นตอนการแช่เมล็ดของการเพาะต้นกล้า (ในถาดหลุม)

1. ปฏิบัติการทดสอบประสิทธิภาพของ IAA ในขั้นตอนการเพาะต้นกล้าในถาดหลุม ดังนี้

1.1 พืชจำนวน 3 ชนิด ได้แก่ พริกขี้หนูจินดา เรดโอ๊คและเรดคอส

1.2 วัสดุเพาะ: พีทมอส

1.3 การเตรียมเมล็ด

- แช่สาร IAA จากเชื้อ *Micrococcus yunnanensis* P2-23 ในรูปแบบสารน้ำชีวภัณฑ์แช่เมล็ดพร้อมใช้

- แช่น้ำ (ตามกรรมวิธีเดิมของเกษตรกร)

- ระยะเวลาแช่เมล็ด ผักสลัด 6-10 ชั่วโมง มะเขือเทศ พริก 15-18 ชั่วโมง

2. การเตรียมวัสดุปลูกพีทมอสลงในถาดเพาะขนาด 72 หลุม

3. ศึกษาติดตามผลการเจริญของต้นกล้าจากเกษตรกรที่รับการอบรม โดยติดตามการงอกของเมล็ด อัตราการเจริญเติบโต (ความสูง ขนาดของต้นกล้า ขนาดและจำนวนของใบจริง) สังเกตและบันทึกผลตามแบบประเมิน โดยใช้เวลาสังเกตผลหลังการฝึกปฏิบัติ 7-10 วัน

เครื่องมือวิจัย

1. แบบสอบถามเกษตรกรเกี่ยวกับความพึงพอใจประสิทธิภาพสารชีวภัณฑ์จากแบคทีเรียหนเค็ม *Micrococcus yunnanensis* P2-23 ในการส่งเสริมการเจริญของต้นกล้าจากถาดเพาะต้นกล้าพืชผักสาธิต เป็นแบบสอบถามความคิดเห็นแบบ check list 5 ระดับ
2. แบบประเมินเกี่ยวกับความพึงพอใจ ความคิดเห็น ปัญหาและอุปสรรคในการทดลองใช้สารชีวภัณฑ์แช่เมล็ดในการเพาะต้นกล้า เป็นแบบสอบถามความคิดเห็นแบบ check list 5 ระดับ
3. วิเคราะห์แบบประเมินโดยใช้สถิติเชิงพรรณนาพื้นฐานในการวิเคราะห์ ได้แก่ การแจกแจงความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

การเก็บรวบรวมข้อมูล

เก็บข้อมูลรวบรวมข้อมูลผู้วิจัย เกษตรกรแปลงทดสอบ ใช้ทั้งวิธีการเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพ เทคนิคการเก็บข้อมูลในการวิจัยประกอบด้วย การวิเคราะห์เอกสารและหลักฐานต่างๆ (documentary analysis) การสำรวจแปลงปลูกพืชของเกษตรกร (transect walk and guide field walk) การสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้าง (semi-structured interviewing) การสัมภาษณ์ระดับลึก (in-depth interview) การจัดกลุ่มสนทนา (Focus-Group Discussion) การสังเกตและการจดบันทึก (observation and field-note) และการพูดคุยอย่างไม่เป็นทางการ การทำแบบสอบถาม การประชุมเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วม การอบรมเชิงปฏิบัติการ การประเมินผลงาน และการปฏิบัติงาน นอกจากนี้ ในขณะสัมภาษณ์และทำกิจกรรมต่างๆ ผู้วิจัยได้สังเกตและบันทึกพฤติกรรมของผู้ให้ข้อมูลและผู้วิจัยอยู่ร่วมในสถานการณ์นั้น เพื่อการเก็บและรวบรวมข้อมูลนี้จะช่วยให้เข้าใจพฤติกรรมของผู้ให้ข้อมูลว่าสอดคล้องกันกับการให้สัมภาษณ์หรือร่วมกิจกรรม รวมทั้งใช้เทคนิคการสนทนาเพื่อตรวจสอบความถูกต้องและความตรงของข้อมูลระหว่างผู้วิจัยและผู้ให้ข้อมูล

ในการทดสอบความเที่ยงตรงและความเชื่อถือได้ของข้อมูลและข้อค้นพบ ผู้วิจัยใช้เทคนิคสามเส้า (triangulation technique) เพื่อให้เกิดการอ้างอิง การเชื่อมโยงและความสัมพันธ์สอดคล้องกันของข้อมูลจากต่างแหล่งข้อมูล (triangulation of sources) และต่างวิธีการ (methods triangulation) ซึ่งจะเสริมให้ผลการวิเคราะห์มีความเที่ยงตรงและความเชื่อมั่น รวมทั้งใช้วิธีการสะท้อนผลจากเวทีชุมชนภายหลังการสรุปข้อค้นพบเบื้องต้น (ผ่องพรรณ ตรียมงคลกุลและสุภาพ ฉัตรภรณ์, 2555)

การวิเคราะห์ข้อมูล

การประมวลผลและการวิเคราะห์ข้อมูล วิเคราะห์ข้อมูลจากแบบประเมินในวันจัดอบรมและหลังจากรับอบรม 7-10 วันเพื่อวิเคราะห์ผลจากการประเมินโครงการจัดอบรมในแต่ละด้านและประเมินประสิทธิภาพของสารชีวภัณฑ์แช่เมล็ดที่นำมาประยุกต์ใช้ในขั้นตอนการเพาะต้นกล้าพืชผัก

วิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณใช้สถิติเชิงพรรณนาพื้นฐานในการวิเคราะห์ ได้แก่ การแจกแจงความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

5. ผลการวิจัย

ส่วนที่ 1

จัดดำเนินการจัดกิจกรรมโครงการถ่ายทอดองค์ความรู้การใช้ประโยชน์จากสารชีวภัณฑ์ไเอเอเอในการเพาะปลูกพืชผักแบบเกษตรอินทรีย์ ในรูปแบบหลักสูตรอบรมเชิงปฏิบัติการภายใต้ชื่อ

“เทคนิคการผลิตต้นกล้าพืชผักที่มีคุณภาพด้วยสารชีวภัณฑ์ไเอเอเอจากแบคทีเรียทนเค็ม”

1. หลักการและเหตุผล

จากผลงานวิจัยของโครงการในระยะที่ผ่านมาได้คัดเลือกและรวบรวมแบคทีเรียทนเค็มที่มีคุณสมบัติในการส่งเสริมการเจริญพืชโดยการสร้างฮอร์โมนออกซินชนิดไเอเอเอจากดินเพาะปลูกบริเวณสถานีวิจัยกาญจนบุรี มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (สาวิตรและคณะ 2556) ทำการเก็บรักษาสายพันธุ์ จัดจำแนกตามอนุกรมวิธาน ศึกษาลักษณะอัตลักษณ์ทางพันธุกรรม รวมถึงการจัดทำบัญชีรายการแบคทีเรียเพื่อการใช้ประโยชน์ทางการเกษตร (ทุนสนับสนุนจากสำนักงานพัฒนาเศรษฐกิจจากฐานชีวภาพ องค์การมหาชน) แบคทีเรียที่คัดเลือกได้มีชื่อวิทยาศาสตร์ ไมโครค็อกคัส สายพันธุ์ พี 2-23 (*Micrococcus yunnanensis* P2-23) มีประสิทธิภาพในการสร้างฮอร์โมนพืชได้สูงในสภาวะการเจริญที่เหมาะสม จึงได้นำมาพัฒนาการผลิตและทำเป็นผลิตภัณฑ์สารชีวภัณฑ์ส่งเสริมการเจริญของพืช รวมทั้งได้ทดสอบประสิทธิภาพการใช้งานของสารชีวภัณฑ์ในกระบวนการปลูกพืชผักตั้งแต่ระยะการเพาะเมล็ดเพื่อเตรียมต้นกล้าและระยะปลูกในแปลงเพื่อประเมินประสิทธิภาพและผลกระทบจากปัจจัยภายนอกทั้งในระดับห้องปฏิบัติการ โรงเรือนและแปลงทดลอง (ทุนวิจัยปี 2560 สพท.-วช. และ 2563 วช.) ตลอดจนการพัฒนาความเข้มข้นและรูปแบบวิธีการใช้ที่เหมาะสมจนได้เป็นผลิตภัณฑ์สารชีวภัณฑ์แช่เมล็ดสำหรับเสริมความแข็งแรงต้นกล้าพืชผัก พร้อมนำไปขยายผลถ่ายทอดสู่เกษตรกรทดลองใช้และประเมินผลการวิจัยร่วมกัน เป็นการเผยแพร่องค์ความรู้ทางด้านการใช้ประโยชน์จากสารชีวภัณฑ์ฮอร์โมนพืชไเอเอเอที่ผลิตจากแบคทีเรียสู่เกษตรกรในวงกว้างต่อไป

เทคโนโลยีการผลิตต้นกล้าพืชผักที่มีคุณภาพเป็นปัจจัยหนึ่งที่สำคัญต่อภาคการเกษตรในการผลิตพืชอาหารให้กับมนุษย์ เกี่ยวข้องโดยตรงกับปริมาณและผลผลิตที่เกิดขึ้น มีความพยายามที่จะนำจุลินทรีย์ส่งเสริมการเจริญของพืชมาใช้ในการทำการเกษตรอินทรีย์ทั้งในรูปแบบปุ๋ยชีวภาพหรือสารชีวภัณฑ์ ซึ่งส่วนใหญ่สารชีวภัณฑ์ที่นำมาใช้นั้นมักเป็นสารควบคุมจุลินทรีย์ก่อโรคพืช การนำสารชีวภัณฑ์ประเภทฮอร์โมนส่งเสริมการเจริญของพืชในรูปแบบผลิตภัณฑ์ที่มีการใช้งานแบบจำเพาะยังไม่เคยมีรายงาน เช่น ใช้ในการแช่เมล็ดซึ่งต้องมีการนำไปใช้จริง โครงการวิจัยนี้จึงมีความคิดริเริ่มที่จะพัฒนาผลิตภัณฑ์สารชีวภัณฑ์แช่เมล็ดจากแบคทีเรียไมโครค็อกคัส สายพันธุ์พี 2-23 ที่มีประสิทธิภาพสูงในการสร้างไเอเอเอโดยใช้เทคโนโลยีชีวภาพการผลิตในระดับกึ่งอุตสาหกรรม เป็นการนำทรัพยากรจุลินทรีย์มาใช้ให้เกิดประโยชน์ทางด้านการผลิตพืชผักโดยเฉพาะเกษตรอินทรีย์ที่ไม่มีการใช้สารเคมีสังเคราะห์ในการเพาะปลูก

2. วัตถุประสงค์ของโครงการ

1. เพื่อถ่ายทอดองค์ความรู้ทางด้านการนำผลิตภัณฑ์สารชีวภัณฑ์ฮอร์โมนพืชชนิดไเอเอเอจากแบคทีเรียทนเค็มสายพันธุ์คัดเลือกไปใช้ส่งเสริมการเพาะปลูกพืชผักอินทรีย์
2. เพื่อฝึกทักษะการเพาะต้นกล้าพืชผักด้วยสารชีวภัณฑ์แช่เมล็ดและประเมินประสิทธิภาพผลิตภัณฑ์สารชีวภัณฑ์ร่วมกับเกษตรกร

3. เป้าหมายของโครงการ

เกษตรกรปลูกพืชอินทรีย์กลุ่มเกษตรอินทรีย์วิถีพอเพียง ต.วังยาว อ.ด่านช้าง จ.สุพรรณบุรี ณ. วัดม่วงชะวนารามและผู้สนใจเข้ารับการศึกษาอบรม จำนวน 32 คน

4. วิธีดำเนินการ

เป็นการฝึกอบรมภาคบรรยายความรู้ และการฝึกปฏิบัติโดยวิทยากรซึ่งเป็นผู้มีความรู้ความเชี่ยวชาญ

การประเมินโครงการ

กำหนดให้ผู้เข้ารับการอบรมทำการประเมินตามแบบสอบถามความคิดเห็นแบบ check list 5 ระดับ โดยสอบถามความคิดเห็น 4 ด้าน (เนื้อหาโครงการฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการ คุณภาพสารชีวภัณฑ์ไอเอเอแชนท์ เมล็ด รูปแบบของสารชีวภัณฑ์ไอเอเอและเทคนิคการเพาะต้นกล้า) ทั้งนี้ทำการประเมินคุณภาพผลิตภัณฑ์แช่ เมล็ดจากการประเมินคุณภาพต้นกล้าพืชผักในภาคสาธิตที่ได้จัดเตรียมไว้ที่มีอายุหลังเพาะเมล็ด 1-3 สัปดาห์ และประเมินคุณภาพผลิตภัณฑ์ภายหลังจากได้ทดสอบการเพาะด้วยตนเองและติดตามการงอกและคุณภาพต้น กล้าหลังเพาะเมล็ด 7-10 วัน เกณฑ์การประเมินผู้เข้าร่วมโครงการฝึกอบรมมีความพึงพอใจมากกว่าร้อยละ 80

5. ระยะเวลาดำเนินการ

ระหว่างวันที่ 30-31 ตุลาคม 2564

6. สถานที่ดำเนินการ

ชุมชนเกษตรอินทรีย์วิถีพอเพียง ณ. วัดม่วงชะวนาราม ต. วังยาว อ.ด่านช้าง สุพรรณบุรี

7. ผลที่คาดว่าจะได้รับ

ผู้ผ่านการอบรมสามารถนำความรู้ทักษะที่ได้รับไปใช้ประโยชน์ได้จริง

8. หัวข้อในการบรรยาย

- การใช้ประโยชน์จากสารชีวภัณฑ์ไอเอเอจากแบคทีเรียส่งเสริมการเจริญของพืชในการเพาะปลูก พืชผักแบบเกษตรอินทรีย์ ความสำคัญและที่มาของโครงการฝึกอบรม
- สารออกฤทธิ์ฮอโมนพืชออกซิน สารชีวภัณฑ์ไอเอเอจากแบคทีเรียทนเค็มไมโครค็อกคัสสายพันธุ์ พี 2-23: การประยุกต์ใช้ประโยชน์ทางการเกษตรอินทรีย์
- เทคนิคการผลิตต้นกล้าพืชผักที่มีคุณภาพด้วยสารชีวภัณฑ์ไอเอเอจากแบคทีเรียทนเค็มไมโครค็อกคัสสายพันธุ์ พี 2-23 (*Micrococcus yunnanensis* P2-23) และวิธีการประเมินคุณภาพผลิตภัณฑ์

9. กำหนดการ

วันเสาร์ที่ 30 ตุลาคม 2564

- | | |
|------------------|--|
| 8.00 – 12.00 น. | ออกเดินทางจากมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน ไปยัง ชุมชนเกษตรอินทรีย์ ต. วังยาว อ. ด่านช้าง สุพรรณบุรี |
| 12.00 – 13.00 น. | พักรับประทานอาหารกลางวัน |
| 13.00 – 16.00 น. | ประชุมเตรียมจัดสถานที่อบรม ณ. วัดม่วงชะวนาราม ต. วังยาว อ. ด่านช้าง สุพรรณบุรี |
| 16.00 น. | กลับเข้าที่พัก |
| 22.00 – 23.00 น. | ดำเนินการเตรียมเมล็ดทดสอบ (แช่สารชีวภัณฑ์และแช่น้ำ) |

วันอาทิตย์ที่ 31 ตุลาคม 2564

- | | |
|-----------------|--|
| 8.30 – 9.00 น. | ลงทะเบียนอบรม และเปิดการอบรม |
| 9.00 – 11.00 น. | บรรยาย - การใช้ประโยชน์จากสารชีวภัณฑ์ไอเอเอจากแบคทีเรียส่งเสริมการเจริญของพืชในการเพาะปลูกพืชผักแบบเกษตรอินทรีย์ ความสำคัญและที่มาของโครงการฝึกอบรม |

บรรยาย - สารออกฤทธิ์ฮอร์โมนพืชออกซิน สารชีวภัณฑ์ไเอเอเอจากแบคทีเรียทนครีไมโครค็อกคัสสายพันธุ์ พี 2-23: การประยุกต์ใช้ประโยชน์ทางการเกษตรอินทรีย์

บรรยาย - เทคนิคการผลิตต้นกล้าพืชผักที่มีคุณภาพด้วยสารชีวภัณฑ์ไเอเอเอจากแบคทีเรียทนครีไมโครค็อกคัส สายพันธุ์ พี 2-23 และวิธีการประเมินคุณภาพผลิตภัณฑ์

- 11.00 – 12.00 น. ทำบุญเลี้ยงพระเพล และถวายปัจจัยบำรุงสาธารณประโยชน์
- 12.00 – 13.00 น. พักรับประทานอาหารกลางวัน
- 13.00 – 14.30 น. สาธิตการแช่เมล็ดด้วยสารชีวภัณฑ์ไเอเอเอสำหรับการเพาะเมล็ด และฝึกปฏิบัติการเพาะเมล็ด แบ่งกลุ่มผู้เข้าอบรมและวิทยากรภาคปฏิบัติประจำกลุ่มช่วยแนะนำ (กิจกรรมที่ 1)
- 14.30 – 15.30 น. ประเมินประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์สารชีวภัณฑ์แช่เมล็ดจากคุณภาพพืชในถาดเพาะ วิทยากรภาคปฏิบัติประจำกลุ่มช่วยแนะนำ (กิจกรรมที่ 2)
- 15.30 – 16.30 น. ถาม - ตอบ ปิดการอบรม มอบสารชีวภัณฑ์แช่เมล็ดให้กับผู้เข้าอบรม

10. เครื่องมือและอุปกรณ์ใช้ในการอบรม

1. เมล็ดผัก 3 ชนิดได้แก่ เรดโอ๊ค เรดคอส พริกขี้หนูจินดา
2. วัสดุปลูก: พีทมอส
3. วัสดุเพาะ ถาดเพาะเมล็ดขนาด 72 หลุม จำนวน 30 ถาด
4. สารชีวภัณฑ์แช่เมล็ด ขนาดบรรจุ 1 ลิตร จำนวน 30 ขวด

11. คณะผู้ดำเนินงาน

- | | |
|-------------------------------------|------------------|
| 1. ผศ. ดร. สาวิตร์ ตระกูลนำเลื่อมใส | หัวหน้าโครงการ |
| 2. รศ. ดร. จินดาวรรณ สิริพันธุ์ | ผู้ร่วมโครงการ |
| 3. ผศ. ดร. อัมมชัญญ์ มงคลชัยพฤกษ์ | ผู้ร่วมโครงการ |
| 4. รศ. ดร. อภิชาติ ใจอารีย์ | ผู้ร่วมโครงการ |
| 5. นางสาวจันทร์แรม รูปขำ | ผู้ร่วมโครงการ |
| 6. นางสาวภิญญา เพื่องบางหลวง | ผู้ร่วมโครงการ |
| 7. นายพิรุณ สิริฐาน | นิสิตช่วยงานอบรม |
| 8. นายสันติภาพ คณา | นิสิตช่วยงานอบรม |
| 9. นางสาวอัญชิสา อินอิ | นิสิตช่วยงานอบรม |
| 10. นางสาวณิชากุล ชั่งภู | นิสิตช่วยงานอบรม |
| 11. นายสรวิศ น้ำค้าง | ผู้ประสานงานอบรม |

12. ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน

โครงการวิจัย: การถ่ายทอดเทคโนโลยีการปลูกพืชตระกูล Solanaceae แบบเกษตรอินทรีย์

แผนงานวิจัย: นวัตกรรมการใช้ประโยชน์จากชีวมวลและสารชีวภัณฑ์จากแบคทีเรียทนครีไมโครค็อกคัสสายพันธุ์คัดเลือกเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการปลูกพืชผักแบบเกษตรอินทรีย์

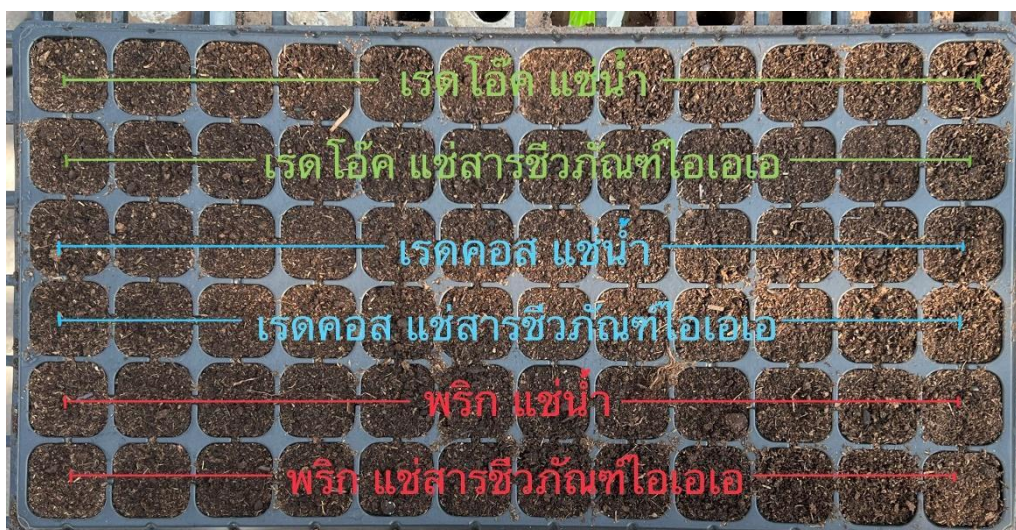
แหล่งทุนสนับสนุน: สำนักงานการวิจัยแห่งชาติ (วช.)

- รูปแบบกิจกรรมที่ดำเนินการ

มีกิจกรรมทั้งในภาคบรรยาย และภาคปฏิบัติ พร้อมทั้งจัดทำแบบประเมินความพึงพอใจให้ผู้เข้ารับการอบรมได้ทำการประเมิน (ภาคผนวก 1) โดยภาคปฏิบัติแบ่งออกเป็น 3 กิจกรรมย่อยดังนี้

กิจกรรมที่ 1 ฝึกปฏิบัติการเพาะต้นกล้าพืชผักด้วยการใช้สารชีวภัณฑ์ไอเอเอแชน้ำ

1. แบ่งกลุ่มผู้เข้าร่วมอบรมออกเป็น 6 กลุ่ม กลุ่มละ 5 คน
2. อุปกรณ์ที่ผู้เข้าอบรมแต่ละท่านจะได้รับ
 - 2.1 ถาดหลุมขนาด 72 หลุม จำนวน 1 ถาด พร้อมวัสดุปลูกพีทมอส สำหรับใช้ปลูกพืชชนิดละ 24 ต้น (เมล็ดแช่น้ำ 12 ต้น + เมล็ดแช่สารชีวภัณฑ์ 12 ต้น) จำนวน 3 ชนิด ดังภาพที่ 1
 - 2.2 เมล็ดพันธุ์พืชทดสอบจำนวน 3 ชนิด
 - พืชผักกินใบ 2 ชนิด ได้แก่ เรตไอล์คและเรตคอส ชนิดละ 30 เมล็ด
 - พืชผักกินผล 1 ชนิด ได้แก่ พริก ชนิดละ 30 เมล็ด



ภาพที่ 29 ถาดหลุมขนาด 72 หลุมพร้อมวัสดุเพาะเมล็ดพืชทดสอบ

- 2.3 สารชีวภัณฑ์แช่เมล็ดชนิดน้ำที่มีความเข้มข้นเหมาะสมกับการแช่เมล็ดพืชผักก่อนเพาะกล้า
- 2.4 หลอดสำหรับดูดเมล็ดพันธุ์ลงวัสดุเพาะ
- 2.5 ไม้จิ้มฟันสำหรับเขี่ยกลบผิวหน้าหลุมหยอดเมล็ด
- 2.6 น้ำสะอาด 1 ขวดสำหรับใส่เมล็ดหลังแช่เพื่อดูดหยอด
- 2.7 ปากกาเคมีเขียนถาดเพาะ จดบันทึกวันที่เพาะ
3. ดำเนินการเพาะต้นกล้าด้วยการใช้สารชีวภัณฑ์ไอเอเอแช่เมล็ด

ขั้นตอนการปฏิบัติ

3.1 ขั้นตอนการแช่เมล็ด

1) แช่เมล็ดในน้ำอุ่นประมาณ 45-50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20-30 นาที (น้ำอุ่นเตรียมจากน้ำร้อน 1 ส่วนผสมกับน้ำธรรมดา 1 ส่วน) ควรใช้แก้วหรือเหยือก และเทน้ำให้สูงกว่าครึ่งของภาชนะ เพื่อรักษาอุณหภูมิของน้ำให้อุ่นจนครบเวลา

2) เทน้ำอุ่นทิ้ง เติมสารชีวภัณฑ์ลงไปจนท่วมเมล็ดและเปลี่ยนถ่ายใส่ภาชนะกันแบ่น ตรวจสอบให้แน่ใจว่าหลังเปลี่ยนภาชนะแล้วสารจะต้องยังคงท่วมเมล็ดแบบปริ่มๆ ไม่ควรใช้ภาชนะขนาดใหญ่เกินไปอาจทำให้เปลืองสารชีวภัณฑ์แช่เมล็ด

- 3) ครอบหรือปิดฝาภาชนะ เพื่อป้องกันสารที่แพร่เหย บ่มเมล็ดตามเวลาที่กำหนด
 - ผักสลัดต่างๆ (กรีนโอ๊ค,เรดโอ๊ค,เรดคอส,เคล ฯลฯ) แช่ 6-10 ชั่วโมง
 - ผักที่มีเมล็ดแข็ง เช่น มะเขือ,มะเขือเทศ,พริก แช่ 15-18 ชั่วโมง

ข้อสังเกต: หลังแช่เมล็ดจะต้องมีลักษณะเต่งจากการดูดซับสาร จึงจะมีประสิทธิภาพดี

ข้อแนะนำ: ไม่แนะนำให้เก็บสารชีวภัณฑ์หลังแช่เมล็ดแล้ว มาใช้ซ้ำเพราะอาจเกิดการปนเปื้อนจากจุลินทรีย์ในสิ่งแวดล้อม ทำให้ประสิทธิภาพสารเสื่อมคุณภาพ

3.2 ขั้นตอนการเตรียมวัสดุเพาะ

- 1) นำพีทมอสใส่ลงในถาดหลุม กระแทกถาดเบาๆ จากนั้นเติมพีทมอสจนเต็มถาดหลุม โดยวัสดุเพาะจะต้องไม่อัดแน่นจนเกินไป
- 2) ให้ความชื้นแก่พีทมอส โดยการรดด้วยบัวรดน้ำ
- 3) ใช้ตะเกียบเจาะหลุมตรงกลางของวัสดุเพาะสำหรับหยอดเมล็ด โดยขนาดและความลึกของหลุมไม่ควรเกิน 3 เท่าของขนาดเมล็ด

3.3 ขั้นตอนการเพาะเมล็ด

- 1) เมื่อแช่เมล็ดจนครบเวลาแล้ว ให้เทสารชีวภัณฑ์ทิ้ง จากนั้นเติมน้ำสะอาดลงไปเพื่อให้ช่วยต่อการดูดเมล็ดลงในวัสดุเพาะ
- 2) ตัดหลอดหยดพลาสติกให้มีขนาดกว้างพอสมควร จากนั้นดูดเมล็ดลงในหลุมที่เจาะไว้ หลุมละ 1 เมล็ด
- 3) กลบผิวหน้าหลุมเล็กน้อยด้วยไม้จิ้มฟันเพื่อวัสดุเพาะปิดปากหลุม เพื่อรักษาความชื้นให้กับเมล็ด และเพื่อป้องกันไม่ให้ถูกแมลงมากัดแทะ และไม่ควรรัดปากหลุมแน่นเพราะเมล็ดต้องการอากาศในการงอก

3.4 การอนุบาลต้นกล้า

- 1) เตรียมสถานอนุบาล โดยควรเป็นที่ร่ม มีแสงรำไร พืชผักควรได้รับแสงแดดบ้าง หากเป็นที่แจ้งควรพรางแสงด้วยแสลนสีดำ 50% ซึ่งจะไม่มืดจนเกินไป
- 2) หลังเพาะต้นกล้างลงในถาดเพาะแล้ว ให้รดน้ำทุกวัน เช้า-เย็น หากเป็นช่วงที่ฝนตก อาจจะพิจารณาการรดน้ำตามความเหมาะสม เช่น รดเฉพาะตอนเช้า เป็นต้น

ข้อควรระวังในการรดน้ำ ควรให้น้ำแบบพ่นฝอยหรือใช้ฟ็อกกี้ เพื่อป้องกันไม่ให้เมล็ดกระเด็นหรือต้นกล้าเริ่มงอกเกิดความเสียหาย

- 3) หลังจากต้นกล้ามีใบจริงประมาณ 2-3 ใบ หรืออายุประมาณ 15-20 วัน ส่วนพริกอายุพร้อมย้ายปลูกประมาณ 24-30 วัน ให้นำถาดเพาะวางไว้กลางแจ้งประมาณ 2-3 วัน เพื่อปรับสภาพต้นกล้าก่อนการย้ายปลูกลงแปลง ควรหมั่นสังเกตวัสดุเพาะและต้นกล้า หากวัสดุเพาะแห้งหรือต้นกล้าเหี่ยวเฉา ควรรดน้ำเพิ่ม

ข้อควรระวังเวลาย้ายปลูก อายุต้นกล้าพร้อมย้ายปลูกตามที่ระบุข้างต้น (15-20 วัน) เป็นเกณฑ์การย้ายปลูกที่ได้จากการทดลองแช่เมล็ดพืชผักด้วยสารชีวภัณฑ์ ทั้งนี้การจะย้ายในช่วงอายุพืชดังกล่าวได้โดยเฉพาะที่ 15 วันนั้นขึ้นกับคุณภาพเมล็ดพันธุ์ วัสดุเพาะ การดูแลอนุบาลต้นกล้าการให้น้ำ และแสงแดดพอเพียงด้วย นอกจากนี้ขนาดหลุมก็มีส่วนสำคัญในด้านการเจริญและการพัฒนาการของต้นกล้า โดยเฉพาะระบบรากที่คาดว่าต้นกล้าจากเมล็ดแช่สารจะมีพัฒนาการระบบรากได้ดีกว่าจากอิทธิพลของสารฮอโมนออกซินพืชผักกินใบ เช่น ผักสลัด ระบบรากจะเป็นกระจุก ไม่เป็นร่างแหเหมือนกับ มะเขือเทศ พริก ที่มีระบบรากเป็นร่างแหแตกรากแขนงและรากยาวกว่าพืชผักสลัด ดังนั้นหากกระตุ้นการงอกของเมล็ดเสริมความแข็งแรงของต้นกล้าด้วยสารชีวภัณฑ์แช่เมล็ด ควรพิจารณาคุณภาพต้นกล้าประกอบความพร้อมของพืชเพื่อการย้ายปลูกที่เหมาะสม นอกจากจะกำหนดด้วยระยะเวลา

4) หลังต้นกล้าเริ่มปรับสภาพได้แล้ว สามารถย้ายลงแปลงปลูกได้ การย้ายลงแปลงต้องระมัดระวังไม่ให้ระบบรากขาดเสียหายโดยเฉพาะพืชผักประเภท พริก มะเขือเทศ มะเขือ หากกระทบกระเทือนระบบรากขาด ส่งผลผลการเจริญหลังย้ายปลูก และพัฒนาการพืชจะช้าไม่เป็นไปตามอายุพืช ซึ่งอาจส่งผลตามมาถึงคุณภาพผลผลิตได้

ข้อควรระวังหลังย้ายปลูกลงแปลง ควรหมั่นสังเกตผักช่วงเที่ยง-บ่าย หากผักเหี่ยวเฉา ควรรดน้ำเพิ่ม เพราะหากปล่อยไว้ ผักจะผลิตยางออกมา และจะทำให้ผักมีรสขม

การฝึกปฏิบัติเทคนิคเพาะต้นกล้าให้มีคุณภาพในการอบรมครั้งนี้ หลังจากผู้เข้าอบรมได้เพาะต้นกล้าด้วยตนเองแล้ว ผู้เข้าอบรมจะนำถาดเพาะของตนเองกลับไปอนุบาลต่อ เพื่อทำการประเมินความพึงพอใจต่อการใช้สารชีวภัณฑ์แช่เมล็ด เมื่อต้นกล้าอายุประมาณ 7-10 วัน (ตามหัวข้อในภาคผนวก 2) และส่งเอกสารประเมินกลับให้ทีมวิจัยผ่านผู้ประสานงานอบรม (คุณสรวิศ น้ำค้าง) เพื่อทำการวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบประเมิน และข้อเสนอแนะจากเกษตรกรผู้เข้าอบรมต่อไป

กิจกรรมที่ 2 ประเมินประสิทธิภาพของสารชีวภัณฑ์แช่เมล็ดจากคุณภาพต้นกล้าในถาดเพาะสาธิต

การประเมินประสิทธิภาพของสารชีวภัณฑ์แช่เมล็ด จะทำการประเมินจากคุณภาพต้นกล้าพืชสาธิตที่เตรียมจากเมล็ดแช่ด้วยสารชีวภัณฑ์แช่เมล็ด เปรียบเทียบกับต้นกล้าที่เพาะจากเมล็ดแช่น้ำ จำนวน 5 ชนิด ได้แก่ เรดคอส กรีนโอ๊ค เรดโอ๊ค มะเขือเทศเชอร์รี่ พริกขี้หนูจินดา ซึ่งได้จัดเตรียมต้นกล้าพืชสาธิตในถาดเพาะก่อนการอบรม โดยแบ่งถาดต้นกล้าตามระยะเวลาเจริญออกเป็น 3 ระยะดังนี้

ระยะที่ 1 ต้นกล้าอายุ 4-7 วัน เป็นระยะที่แสดงให้เห็นถึงการงอก ความแข็งแรงและสมบูรณ์ของต้นกล้าหลังเจริญโผล่พ้นวัสดุปลูกและการเริ่มออกใบจริง

ระยะที่ 2 ต้นกล้าอายุ 14 วัน เป็นระยะที่แสดงให้เห็นถึงการเจริญและพัฒนาการอย่างชัดเจน จำนวนใบจริงและขนาดใบจริงใบแรก ความแข็งแรงสมบูรณ์ของต้นกล้าหลังจากมีใบจริงแล้ว

ระยะที่ 3 ต้นกล้าอายุ 21 วัน เป็นระยะที่ต้นกล้าพืชผักส่วนใหญ่มีความพร้อมในการย้ายปลูก สังเกตความแข็งแรงลำต้น สี ขนาดและจำนวนใบจริง รวมถึงลักษณะและรูปทรงของต้นกล้า

ซึ่งหัวข้อที่ใช้ประเมินตามภาคผนวก 1 (ส่วนที่ 3)

กิจกรรมที่ 3 ประเมินความพึงพอใจต่อรูปแบบผลิตภัณฑ์สารชีวภัณฑ์แช่เมล็ด

ทำการสำรวจลักษณะผลิตภัณฑ์และบรรจุภัณฑ์สารชีวภัณฑ์แช่เมล็ดที่นำมาเป็นตัวอย่างประกอบด้วย สารชีวภัณฑ์แช่เมล็ดแบบน้ำพร้อมใช้งานและสารชีวภัณฑ์แช่เมล็ดแบบแห้งที่จะต้องนำมาละลายน้ำและเจือจางให้ได้ความเข้มข้นที่กำหนดก่อนใช้งาน (ซึ่งสารชีวภัณฑ์ชนิดแห้งนี้ต้องเก็บในตู้เย็นหลังจากนำมาละลายน้ำเพื่อป้องกันการปนเปื้อนจากจุลินทรีย์) จากนั้นตอบแบบสอบถามความพึงพอใจต่อรูปแบบของสารชีวภัณฑ์อินทรีย์แช่เมล็ด การใช้งาน ราคา ตามหัวข้อในภาคผนวก 1 (ส่วนที่ 4)

ภาพกิจกรรมวันอบรมเชิงปฏิบัติการ 31 ตุลาคม 2564



ภาพที่ 30 กิจกรรมวันอบรมเชิงปฏิบัติการ

การประเมินผลการฝึกอบรมแบ่งออกเป็น 4 ส่วน ได้แก่

1. ความพึงพอใจต่อโครงการฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการ ประกอบด้วยด้านเนื้อหา ด้านความรู้ความเข้าใจ ในเนื้อหาที่จัดอบรม ด้านความเหมาะสมของสถานที่ ระยะเวลาที่ใช้และอาหาร
2. ความพึงพอใจต่อคุณภาพสารชีวภัณฑ์ไอเอเอ (IAA) แช่เมล็ดในการเพาะต้นกล้า
3. ความพึงพอใจต่อรูปแบบของสารชีวภัณฑ์ไอเอเอสำหรับแช่เมล็ด
4. ความพึงพอใจต่อเทคนิคการเพาะต้นกล้า สารชีวภัณฑ์แช่เมล็ดและต้นกล้าที่ผู้เข้าอบรมได้ฝึกปฏิบัติและนำกลับไปติดตามผลที่บ้าน

ผลการประเมิน จากการตอบแบบประเมินแบบ Likert scale ซึ่งแบ่งเป็นระดับคะแนน 1-5 โดย 1 หมายถึง ความพึงพอใจน้อยที่สุดและ 5 หมายถึง ความพึงพอใจมากที่สุด แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ยและค่า เบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตารางที่ 39 ความพึงพอใจต่อโครงการฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการ

ประเด็นความคิดเห็น	คะแนนความพึงพอใจ
ด้านเนื้อหา (การบรรยาย การฝึกปฏิบัติและทำกิจกรรมต่างๆ)	
1. ความเหมาะสมของเอกสารประกอบการบรรยาย	4.39±0.58
2. การถ่ายทอดความรู้ของวิทยากร	4.41±0.59
3. วิทยากรสามารถอธิบายเนื้อหาได้ชัดเจนและตรงประเด็น	4.52±0.59
4. วิทยากรบรรยายใช้ภาษาที่เหมาะสม เข้าใจง่าย	4.43±0.66
5. การตอบข้อซักถามต่างๆ ของวิทยากร	4.57±0.66
ด้านความรู้ความเข้าใจในเนื้อหาที่จัดอบรม	
1. ความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับสารชีวภัณฑ์ไอเอเอ (IAA) ก่อนการอบรม	3.35±1.46
2. ความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับสารชีวภัณฑ์ไอเอเอ (IAA) หลังการอบรม	4.23±0.61
3. สามารถบอกประโยชน์ของสารชีวภัณฑ์ไอเอเอ (IAA) ได้	4.05±0.95
4. สามารถนำความรู้ที่ได้จากการฝึกอบรมไปประยุกต์ใช้กับการทำการเกษตรของท่านได้	4.26±0.86
5. สามารถถ่ายทอดความรู้ที่ได้รับจากการฝึกอบรมให้กับผู้อื่นได้อย่างถูกต้อง	3.95±0.84
6. เทคนิคการผลิตต้นกล้าที่มีคุณภาพด้วยสารชีวภัณฑ์ไอเอเอ (IAA)	4.14±0.79
ด้านความเหมาะสมของสถานที่ ระยะเวลาที่ใช้และอาหาร	
1. สถานที่จัดการฝึกอบรม	4.43±0.66
2. ความพร้อมของอุปกรณ์วัสดุอุปกรณ์	4.48±0.67
3. ระยะเวลาที่ใช้ในการฝึกอบรม	4.30±0.56
4. อาหารและของว่าง	4.70±0.56

ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

1. มีความรู้ดีมาก
2. อยากให้มีต่อเนื่องไปเรื่อยๆ

ตารางที่ 40 ผลการประเมินความพึงพอใจโดยรวมต่อคุณภาพสารชีวภัณฑ์แช่เมล็ด

หัวข้อที่ทำการประเมิน	คะแนนความพึงพอใจ				
	กรีนโอ๊ค	เรดโอ๊ค	เรดคอส	มะเขือเทศ	พริก
ความพึงพอใจของคุณภาพสารชีวภัณฑ์แช่เมล็ดต่อคุณภาพต้นกล้า อายุ 4 วัน	4.39±0.66	4.13±0.81	4.48±0.59	4.48±0.67	4.13±0.81
ความพึงพอใจของคุณภาพสารชีวภัณฑ์แช่เมล็ดต่อคุณภาพต้นกล้า อายุ 14 วัน	4.50±0.62	4.39±0.70	4.42±0.61	4.50±0.67	4.17±0.83
ความพึงพอใจของคุณภาพสารชีวภัณฑ์แช่เมล็ดต่อคุณภาพต้นกล้า อายุ 21 วัน	4.55±0.60	4.65±0.49	4.48±0.59	4.57±0.51	4.57±0.59

ตารางที่ 41 ความพึงพอใจต่อสารชีวภัณฑ์ไอเอเอ (IAA) ในการเพาะต้นกล้า

หัวข้อที่ทำการประเมิน	คะแนนความพึงพอใจ				
	กรีนไคค	เรดไคค	เรดคอส	มะเขือเทศ	พริก
- ต้นกล้าอายุ 4-7 วัน					
1. จำนวนเมล็ดที่งอก	3.61±0.89	3.83±0.65	4.30±0.70	4.26±0.62	3.78±0.80
2. จำนวนต้นที่กางใบเลี้ยง	3.87±0.87	4.04±0.64	4.17±0.72	4.13±0.69	3.70±0.93
3. ความสม่ำเสมอของการงอก	3.96±0.83	3.96±0.64	4.35±0.57	4.27±0.55	3.64±0.90
4. คุณภาพของต้นกล้าที่งอก	4.09±0.79	3.96±0.71	4.45±0.67	4.35±0.57	3.95±0.72
5. ความพึงพอใจของคุณภาพสารชีวภัณฑ์แช่เมล็ดต่อคุณภาพต้นกล้าอายุ 4 วัน	4.39±0.66	4.13±0.81	4.48±0.59	4.48±0.67	4.13±0.81
- ต้นกล้าอายุ 14 วัน					
1. พัฒนาการการออกใบจริง					
1.1 จำนวนใบจริง	4.13±0.63	4.09±0.60	4.13±0.55	4.43±0.66	3.96±0.71
1.2 ขนาดใบจริง	4.14±0.64	4.13±0.63	4.17±0.65	4.48±0.51	4.04±0.71
2. ความแข็งแรงของต้น	4.04±0.77	4.04±0.77	4.35±0.57	4.32±0.65	4.14±0.83
3. ความสูงของต้นกล้า	3.86±0.64	4.17±0.65	4.13±0.76	4.43±0.59	4.04±0.64
4. ความสม่ำเสมอของต้นกล้า	4.22±0.74	4.17±0.65	4.30±0.63	4.30±0.63	3.96±0.82
5. ความสมบูรณ์ของต้นกล้าในภาพรวม	4.09±0.67	4.23±0.69	4.30±0.56	4.57±0.59	4.09±0.87
6. ความพร้อมของต้นกล้าอายุ 14 วันในการย้ายปลูก	4.16±0.75	4.05±0.84	4.22±0.74	NT	NT
7. ความพึงพอใจของคุณภาพสารชีวภัณฑ์แช่เมล็ดต่อคุณภาพต้นกล้าอายุ 14 วัน	4.50±0.62	4.39±0.70	4.42±0.61	4.50±0.67	4.17±0.83
- ต้นกล้าอายุ 21 วัน					
1. ความสมบูรณ์ของใบจริง					
1.1 จำนวนใบจริง	4.22±0.74	4.39±0.66	4.30±0.63	4.52±0.51	4.39±0.58
1.2 ขนาดใบจริง	4.30±0.70	4.43±0.59	4.26±0.75	4.43±0.51	4.30±0.63
1.3 ลักษณะและรูปร่างของต้นกล้า	4.22±0.74	4.26±0.69	4.30±0.70	4.48±0.67	4.35±0.65
1.4 ความเข้มของสีใบ	4.35±0.49	4.35±0.71	4.22±0.67	4.48±0.59	4.30±0.70
2. ลำต้น					
2.1 ขนาดของลำต้น	4.22±0.60	4.26±0.69	4.22±0.74	4.39±0.72	4.26±0.69
2.2 ความแข็งแรงของลำต้น	4.35±0.57	4.30±0.76	4.13±0.81	4.48±0.51	4.30±0.70
3. ความสมบูรณ์ของต้นกล้าในภาพรวม	4.39±0.58	4.43±0.59	4.17±0.72	4.43±0.59	4.26±0.62
4. ความพร้อมของต้นกล้าในการย้ายปลูก	4.36±0.66	4.35±0.71	4.30±0.70	4.48±0.59	4.30±0.76
5. ความพึงพอใจของคุณภาพสารชีวภัณฑ์แช่เมล็ดต่อคุณภาพต้นกล้าอายุ 21 วัน	4.55±0.60	4.65±0.49	4.48±0.59	4.57±0.51	4.57±0.59

NT หมายถึง ไม่ได้ทำการประเมินในหัวข้อนั้นๆ

- การสำรวจความพึงพอใจต่อรูปแบบของสารชีวภัณฑ์อินทรีย์สำหรับแช่เมล็ด

ใช้รูปแบบให้เลือกคำตอบตามความพึงพอใจ จากนั้นนำมาวิเคราะห์เป็นเปอร์เซ็นต์ความพึงพอใจในหัวข้อนั้นๆ

1. สารชีวภัณฑ์แช่เมล็ดชนิดน้ำ

- ความสะดวกในการใช้งาน

สะดวกใช้งาน 81.82% มีความยุ่งยาก 13.64% ไม่สะดวกในการใช้งาน 4.55%

- ความเหมาะสมของราคา: ทางคณะผู้วิจัยได้ตั้งราคาไว้ที่ 50 บาทต่อ 1 ลิตร

เหมาะสมแล้ว 100%

- การเก็บรักษา: เมื่อเปิดใช้แล้วต้องเก็บผลิตภัณฑ์ในตู้เย็นตลอดอายุการใช้งาน

สะดวก 54.55% มีความยุ่งยาก 22.73% ไม่สะดวกในการเก็บในตู้เย็น 22.73%

- ความเหมาะสมของขนาดบรรจุภัณฑ์: บรรจุขวดละ 1 ลิตร (1,000 ซีซี)

เหมาะสมแล้ว 100%

- ความคุ้มค่าในการใช้งาน

คุ้มค่า 100%

2. สารชีวภัณฑ์แช่เมล็ดชนิดแห้ง

- ความสะดวกในการใช้งาน

สะดวกใช้งาน 81.82% มีความยุ่งยาก 18.18%

- ความเหมาะสมของราคา: ทางคณะผู้วิจัยได้ตั้งราคาผลิตภัณฑ์ 1 ซองขนาด 50 กรัม ไว้ที่ซองละ 600 บาท โดยเมื่อทำการละลายและเจือจางเป็นผลิตภัณฑ์พร้อมใช้งานแล้ว ราคาเฉลี่ยต่อลิตรจะอยู่ที่ 20 บาท

เหมาะสมแล้ว 100%

- การเก็บรักษา: ผลิตภัณฑ์แบบแห้งที่ยังไม่ได้เปิดใช้สามารถเก็บที่อุณหภูมิห้องได้ โดยไม่ต้องแช่ตู้เย็น

สะดวก 100%

- การเก็บรักษา: ผลิตภัณฑ์แบบแห้งที่นำมาละลายเป็นสารชีวภัณฑ์เข้มข้นแล้ว ต้องเก็บผลิตภัณฑ์ในตู้เย็นตลอดอายุการใช้งาน

สะดวก 68.18% มีความยุ่งยาก 27.27% ไม่สะดวกในการเก็บในตู้เย็น 4.55%

- ความเหมาะสมของขนาดบรรจุภัณฑ์: 1 ซอง 50 กรัม สำหรับละลายน้ำ 1 ลิตร (1,000 ซีซี)

เหมาะสมแล้ว 95.45% ต้องการขนาดบรรจุอื่นๆ 4.55% (ต้องการแบบใช้ครั้งต่อครั้ง)

- ความคุ้มค่าในการใช้งาน

คุ้มค่า 100%

3. หากท่านต้องการเลือกซื้อสารชีวภัณฑ์สำหรับแช่เมล็ด ท่านสะดวกหรือพึงพอใจจะเลือกซื้อผลิตภัณฑ์ในรูปแบบใด

แบบน้ำ 27.27% แบบแห้ง 36.36% พึงพอใจทั้ง 2 แบบ 36.36% ไม่พึงพอใจ 0%

ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

1. ต้องการขนาดที่พอดีต่อการใช้แต่ละครั้งพอดี
2. พัฒนาต่อไปครับ
3. ดีมาก
4. แบบแห้งสะดวกในการเก็บรักษา ถ้าชนิดน้ำเก็บในตู้เย็นมีความยุ่งยาก เสี่ยงต่อเด็กเอามาดื่ม
5. ดีครับ ไม่มีคำแนะนำเพิ่มเติม

- การประเมินความพึงพอใจต่อเทคนิคการเพาะต้นกล้า สารชีวภัณฑ์แช่เมล็ดและต้นกล้าที่ผู้เข้าอบรมได้ฝึกปฏิบัติและนำกลับไปติดตามผลที่บ้าน

แบ่งรูปแบบการประเมินเป็น 2 แบบ โดยแบบประเมินคุณภาพของต้นกล้าจะใช้เป็นการตอบแบบประเมินแบบ Likert scale ซึ่งแบ่งเป็นระดับคะแนน 1-5 โดย 1 หมายถึงความพึงพอใจน้อยที่สุดและ 5 หมายถึงความพึงพอใจมากที่สุด แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ส่วนด้านความพึงพอใจต่อเทคนิคการเพาะต้นกล้าและการใช้สารชีวภัณฑ์แช่เมล็ดคำตอบตามความพึงพอใจ จากนั้นนำมาวิเคราะห์เป็นเปอร์เซ็นต์ความพึงพอใจ หาค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานในหัวข้อนั้นๆ

ตารางที่ 42 ความพึงพอใจต่อเทคนิคการเพาะต้นกล้า สารชีวภัณฑ์แช่เมล็ดและต้นกล้าที่ผู้เข้าอบรมได้ฝึกปฏิบัติและนำกลับไปติดตามผลที่บ้าน

หัวข้อที่ทำการประเมิน	คะแนนความพึงพอใจเฉลี่ย		
	เรดโอ๊ค	เรดคอส	พริก
1. จำนวนเมล็ดที่ออก	4.23±0.57	4.27±0.52	4.30±0.53
2. จำนวนต้นที่กางใบเลี้ยง	4.07±0.52	4.00±0.64	4.10±0.61
3. ความสม่ำเสมอของการออก	3.93±0.69	4.00±0.69	4.00±0.69
4. คุณภาพของต้นกล้าที่ออก	4.17±0.65	4.10±0.66	4.10±0.61

2. ท่านคิดว่าเทคนิคการเพาะต้นกล้าที่ได้ทำในระหว่างการอบรมมีความเหมาะสมเพียงใด โปรดให้คะแนนตามระดับความพึงพอใจของท่าน (โดย 5 คือมีความเหมาะสมมากที่สุดและ 1 คือมีความเหมาะสมน้อยที่สุด)

☐ 1 0% ☐ 2 0% ☐ 3 13.33% ☒ 4 70% ☐ 5 16.67%

คิดเป็นคะแนนความพึงพอใจเฉลี่ย 4.03±0.56

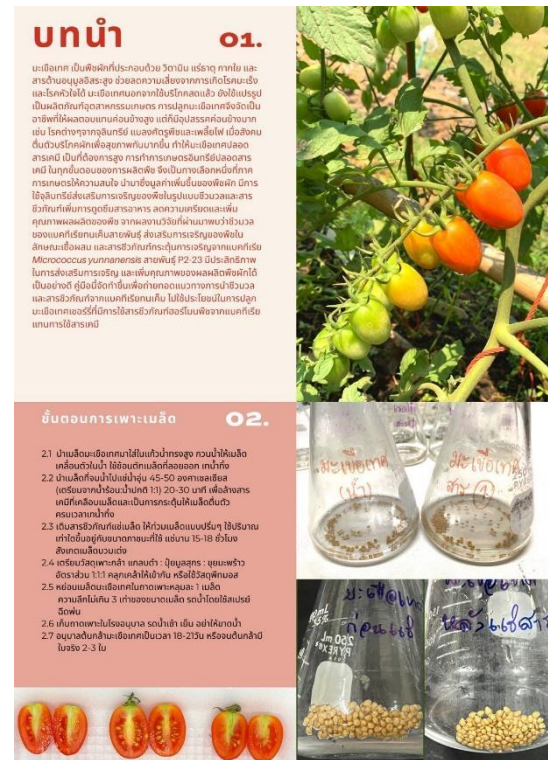
3. ท่านมีความพึงพอใจในการใช้สารชีวภัณฑ์แช่เมล็ดชนิดน้ำพร้อมใช้งานในระดับใด โปรดให้คะแนนตามระดับความพึงพอใจของท่าน (โดย 5 คือมีความพอใจมากที่สุดและ 1 คือมีความพอใจน้อยที่สุด)

☐ 1 0% ☐ 2 0% ☐ 3 20% ☒ 4 60% ☐ 5 20%

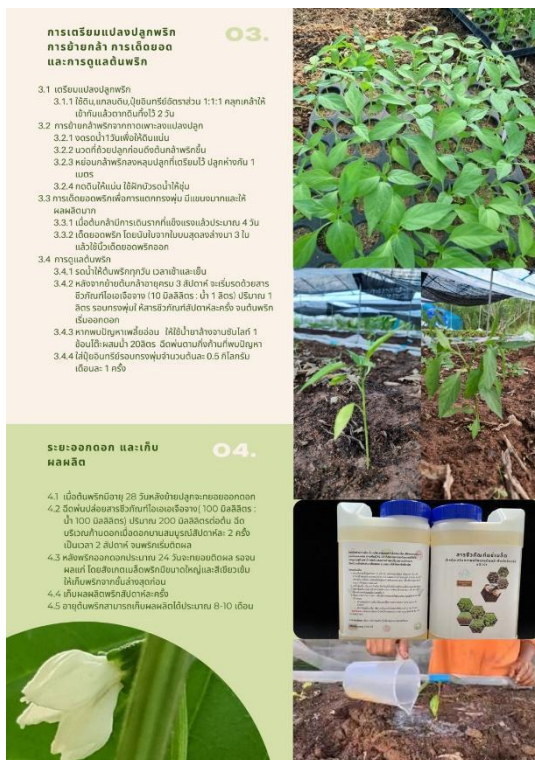
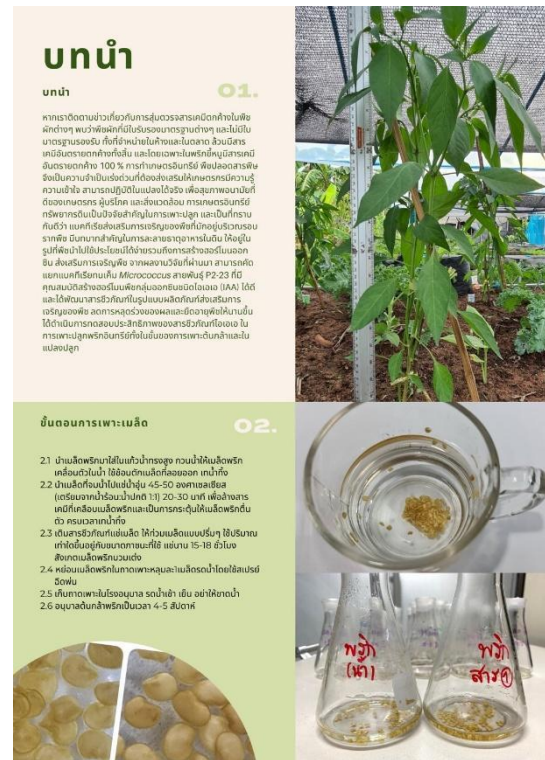
คิดเป็นคะแนนความพึงพอใจเฉลี่ย 4.00±0.64

ส่วนที่ 2

จัดทำคู่มือและคลิปวิดีโอการปลูกระยะเชือกและพริกด้วยการใช้สารชีวภัณฑ์ IAA จากแบคทีเรียทนมเพื่อให้ความรู้และแนะนำการใช้สารชีวภัณฑ์ IAA ในการแช่เมล็ดสำหรับการเพาะเมล็ดมะเขือเทศและพริก นอกจากนี้ยังให้ข้อมูลในการเตรียมวัสดุเพาะ การเตรียมแปลงปลูก การดูแลอนุบาลต้นกล้า รวมถึงการให้สารชีวภัณฑ์ IAA กับต้นพืชหลังย้ายลงแปลงปลูกและระยะออกดอก เพื่อถ่ายทอดความรู้ให้กับเกษตรกรและผู้สนใจ



ภาพที่ 31 คู่มือการปลูกมะเขือเทศด้วยการใช้สารชีวภัณฑ์ IAA จากแบคทีเรียทนเค็ม



ภาพที่ 32 คู่มือการปลูกพริกด้วยการใช้สารชีวภัณฑ์ IAA จากแบคทีเรียทนเค็ม

6. สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

ได้ดำเนินการสร้างหลักสูตรอบรมเชิงปฏิบัติการโดยเนื้อหาหลักสูตรได้ออกแบบครอบคลุมการประยุกต์ใช้สารชีวภัณฑ์ IAA จากแบคทีเรียที่เรี่ยหนเค็มส่งเสริมการเจริญของพืช *Micrococcus yunnanensis* P2-23 ในการผลิตต้นกล้าพืชผักที่มีคุณภาพ โดยได้พัฒนาผลิตภัณฑ์แช่เมล็ดพืชผักสำเร็จรูปที่มีความเข้มข้นของสารชีวภัณฑ์ IAA ที่เหมาะสมกับเมล็ดพืชผักหลายชนิดครอบคลุมพืชผักกินใบและพืชผักกินผล โดยคำนึงถึงประสิทธิผลในการกระตุ้นการงอกและเสริมความแข็งแรงให้กับต้นกล้าพืชผัก และสร้างหลักสูตรพร้อมคู่มืออบรมเชิงปฏิบัติการชื่อ “เทคนิคการผลิตต้นกล้าพืชผักที่มีคุณภาพด้วยสารชีวภัณฑ์ไอเอเอจากแบคทีเรียที่เรี่ยหนเค็ม” พร้อมนำไปขยายผลถ่ายทอดสู่เกษตรกรรายย่อยทดลองใช้และประเมินผลการวิจัยร่วมกัน โดยสร้างเครื่องมือประเมินประสิทธิผลของผลิตภัณฑ์สารชีวภัณฑ์แช่เมล็ดโดยใช้แบบประเมิน (Likert scale) ที่มีระดับคะแนน 5 ระดับ นอกจากนี้ยังได้จัดทำคลิปและคู่มือเผยแพร่ผลงานวิจัยด้านการใช้ประโยชน์จากชีวภัณฑ์กระตุ้นและส่งเสริมการเจริญ (bio-stimulant) จากแบคทีเรียที่เรี่ยหนเค็ม *Micrococcus yunnanensis* P2-23

เทคโนโลยีการผลิตต้นกล้าพืชผักที่มีคุณภาพเป็นปัจจัยหนึ่งที่สำคัญต่อภาคการเกษตรในการผลิตพืชอาหารให้กับมนุษย์ เกี่ยวข้องโดยตรงกับปริมาณและผลผลิตที่เกิดขึ้น มีความพยายามที่จะนำจุลินทรีย์ส่งเสริมการเจริญของพืชมาใช้ในการทำการเกษตรอินทรีย์ทั้งในรูปแบบปุ๋ยชีวภาพหรือสารชีวภัณฑ์ ซึ่งส่วนใหญ่สารชีวภัณฑ์ที่นำมาใช้นั้นมักเป็นสารควบคุมรากอโรคพืช (bio-fungicide) การนำสารชีวภัณฑ์ประเภทฮอร์โมนจากแบคทีเรียที่เรี่ยหนเค็มส่งเสริมการเจริญของพืชในรูปแบบผลิตภัณฑ์ที่มีการใช้งานแบบจำเพาะยังไม่เคยมีรายงาน เช่น ใช้ในการแช่เมล็ดซึ่งต้องมีวิธีการใช้ในปริมาณฮอร์โมนที่เหมาะสมเพื่อกระตุ้นการงอกและเสริมความแข็งแรงให้กับต้นกล้า (bio-stimulant) ยังไม่เป็นที่แพร่หลายทั้งในด้านการพัฒนาผลิตภัณฑ์และการนำไปใช้จริง โครงการวิจัยนี้จึงมีความคิดริเริ่มที่นำผลิตภัณฑ์สารชีวภัณฑ์แช่เมล็ดพืชผักจากแบคทีเรีย *Micrococcus yunnanensis* P2-23 ที่พัฒนาได้จากโครงการย่อย 1 มาใช้ประโยชน์เพื่อถ่ายทอดทักษะการเพาะต้นกล้าพืชผักด้วยการใช้สารชีวภัณฑ์แช่เมล็ด ตลอดจนออกแบบการประเมิน 5 ด้าน (ด้านเนื้อหา ด้านความรู้ความเข้าใจในเนื้อหาที่จัดอบรม ด้านความเหมาะสมของสถานที่ ระยะเวลาที่ใช้และอาหาร) ที่มีคะแนน 5 ระดับวิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติเชิงพรรณนา เพื่อให้เกษตรกรผู้เข้ารับการอบรมได้แสดงความคิดเห็นต่อหลักสูตรอบรมและประเมินคุณภาพต้นกล้าในระยะต่างๆ (1-3 สัปดาห์) เปรียบเทียบกับต้นกล้าที่เพาะจากเมล็ดแช่น้ำ (ชุดคุม) เพื่อสะท้อนให้เห็นถึงประสิทธิภาพของสารชีวภัณฑ์ IAA และกรรมวิธีการนำไปใช้ในการผลิตต้นกล้าพืชผักที่มีคุณภาพได้ต่อไป โดยจัดอบรมเชิงปฏิบัติการให้กับเกษตรกรรายย่อยกลุ่มเกษตรอินทรีย์วิถีพอเพียง ตำบลวังยาว ณ. วัดม่วงชะวนาราม ต. วังยาว อ. ด่านช้าง จ. สุพรรณบุรี โดยมีเกษตรกรเข้าร่วมอบรมจำนวน 32 ราย ผลการศึกษาพบว่าระดับความพึงพอใจเฉลี่ยต่อเนื้อหาหลักสูตรเท่ากับ 4.39 ± 0.58 เทคนิคการผลิตต้นกล้าที่มีคุณภาพด้วยสารชีวภัณฑ์ไอเอเอมีความพึงพอใจเฉลี่ย 4.14 ± 0.79 เมื่อเปรียบเทียบความพึงพอใจของคุณภาพผลิตภัณฑ์ต่อคุณภาพต้นกล้าที่มีอายุต่างกันพบว่าระดับความพึงพอใจเฉลี่ยในต้นกล้าที่มีอายุมากขึ้นมีคะแนนสูงกว่า โดยต้นกล้าเรดโอ๊คอายุ 3 สัปดาห์มีความพึงพอใจเฉลี่ยสูงสุด 4.65 ± 0.49 นอกจากนี้ระดับความพึงพอใจเฉลี่ยของความสะดวกในการใช้งานของผลิตภัณฑ์แช่เมล็ดสำเร็จรูปเท่ากับ 81.82% โดยมีข้อเสนอแนะจากแบบประเมินในด้านการพัฒนาผลิตภัณฑ์แช่เมล็ดสำเร็จรูปในรูปแบบแห้งที่ใช้งานเพียงครั้งเดียวเพื่อเพิ่มความสะดวกในการเก็บรักษา

ผลการประเมินความพึงพอใจโดยรวมต่อคุณภาพสารชีวภัณฑ์แช่เมล็ดจากการประเมินต้นกล้าใน 3 ระยะการเจริญอยู่ระดับมากกว่า 80% (คะแนนความพึงพอใจมากกว่า 4 จากคะแนนเต็ม 5 คะแนน)

บรรณานุกรม

- กันต์ อินทวงศ์. 2556. การถ่ายทอดเทคโนโลยีแบบมีส่วนร่วมการแปรรูปผลิตภัณฑ์จากอ้อยเพื่อพัฒนาคุณภาพชีวิตของชุมชน. **วารสารบัณฑิตศึกษา** ปีที่ 10 ฉบับที่ 51 (ตุลาคม-ธันวาคม 2556): 9-16.
- ดนัย เทียนพุฒ. 2540. **กลยุทธ์การพัฒนาคอนสาหรืบนักฝึกอบรมมืออาชีพ**. กรุงเทพมหานคร :สำนักพิมพ์บุ๊คแบงก์.
- ณัฐพันธ์ เขจรนนท์. 2541. **การจัดการทรัพยากรบุคคล**. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ฐิระ ประวาลพฤกษ์. 2538. **การพัฒนาบุคคลและการฝึกอบรม**. กรุงเทพมหานคร: สำนักงานสภาสถาบันราชภัฏ.
- ผ่องพรรณ ตรัยมงคลกุล และสุภาพ นัตรารณ. 2555.การออกแบบการวิจัย.พิมพ์ครั้งที่ 7. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- วิจารณ์ พานิช. 2546. **กระบวนการตรวจสอบความรู้**. กรุงเทพมหานคร: สถาบันการจัดการองค์ความรู้เพื่อสังคม (สคส.).
- เอกพงศ์ มุสิกะเจริญ. 2554. **การถ่ายทอดเทคโนโลยี**. (online). http://www.clinictech.most.go.th/online/blog/blog_show1.asp?blog_id=128. 6 ตุลาคม 2560.
- Li, H. R. and T. M. Khalil. 2006. Technology management in China: a global perspective and challenging issues. **Journal of Technology Management in China**, 1(1): 9-26.
- Massey, A. P. and M. Montoya-Weiss. 1997. **A Knowledge exchange perspective of technology transfer**. Proceeding of the 3rd Hawaii International Conference on the System Sciences.
- Pramley, P. 1991. **Evaluating Training Effectiveness: Translating Theory into Practice**. U.K: The McGraw-Hill Book Company Ltd.
- Robert, S. 1991. **Technology transfer: an unparalleled opportunity for technical writing professionals**. Proceeding of the Professional Communication Conference (IPCC 1991).

ภาคผนวก

ภาคผนวก 1

แบบประเมินการฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการ

“เทคนิคการผลิตต้นกล้าพืชผักที่มีคุณภาพด้วยสารชีวภัณฑ์ไอเอเอเอ (IAA) จากแบคทีเรียหนเค็ม”

แบบประเมินการฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการ

“เทคนิคการผลิตต้นกล้าพืชผักที่มีคุณภาพด้วยสารชีวภัณฑ์ไอเอเอ (IAA) จากแบคทีเรียหนเค็ม”

กลุ่มเกษตรกรอินทรีย์วิถีพอเพียง ต.วังยาว อ.ด่านช้าง จ.สุพรรณบุรี

สถานที่จัดอบรม ณ. วัดม่วงชะวนาราม

31 ตุลาคม 2564

คำชี้แจง แบบสอบถามจัดทำขึ้นเพื่อสำรวจความพึงพอใจและความคิดเห็นต่อการฝึกอบรมและการนำผลิตภัณฑ์สารชีวภัณฑ์ไอเอเอ (IAA) ไปใช้ในการผลิตต้นกล้าที่มีคุณภาพ เพื่อนำข้อมูลที่ได้ไปใช้ประเมินผลโครงการและต่อยอดผลิตภัณฑ์ในอนาคตต่อไป

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ประเมิน

- เพศ ☐ ชาย ☐ หญิง
- ช่วงอายุ ☐ 20-29 ปี ☐ 30-39 ปี ☐ 40-49 ปี
☐ 50-59 ปี ☐ 60 ปีขึ้นไป
- การศึกษาสูงสุด ☐ ต่ำกว่ามัธยมศึกษาตอนต้น ☐ มัธยมศึกษาตอนปลาย/ปวช.
☐ อนุปริญญา/ปวส. ☐ ปริญญาตรี
☐ สูงกว่าปริญญาตรี
- รายได้ต่อเดือน ☐ ต่ำกว่า 10,000 บาท ☐ 10,000-20,000 บาท ☐ 20,001-30,000 บาท
☐ 30,001-40,000 บาท ☐ 40,001-50,000 บาท ☐ มากกว่า 50,000 บาท
- ประสบการณ์ในการเพาะปลูกพืชผักอินทรีย์.....ปี

ส่วนที่ 2 ความพึงพอใจต่อโครงการฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการ

ท่านมีความพึงพอใจต่อโครงการฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการในประเด็นต่อไปนี้ในระดับใด
โปรดทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องที่ตรงกับความคิดเห็นของท่านมากที่สุด

ประเด็นความคิดเห็น	ระดับความพึงพอใจ				
	มากที่สุด (5)	มาก (4)	ปานกลาง (3)	น้อย (2)	น้อยที่สุด (1)
ด้านเนื้อหา (การบรรยาย การฝึกปฏิบัติและทำกิจกรรมต่างๆ)					
1. ความเหมาะสมของเอกสารประกอบการบรรยาย					
2. การถ่ายทอดความรู้ของวิทยากร					
3. วิทยากรสามารถอธิบายเนื้อหาได้ชัดเจนและตรงประเด็น					
4. วิทยากรบรรยายใช้ภาษาที่เหมาะสม เข้าใจง่าย					
5. การตอบข้อซักถามต่างๆ ของวิทยากร					

ประเด็นความคิดเห็น	ระดับความพึงพอใจ				
	มากที่สุด (5)	มาก (4)	ปานกลาง (3)	น้อย (2)	น้อยที่สุด (1)
ด้านความรู้ความเข้าใจในเนื้อหาที่จัดอบรม					
1. ความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับสารชีวภัณฑ์ ไอเอเอ (IAA) <u>ก่อน</u> การอบรม					
2. ความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับสารชีวภัณฑ์ ไอเอเอ (IAA) <u>หลัง</u> การอบรม					
3. สามารถบอกประโยชน์ของสารชีวภัณฑ์ ไอเอเอ (IAA) ได้					
4. สามารถนำความรู้ที่ได้จากการฝึกอบรมไป ประยุกต์ใช้กับการทำการเกษตรของท่านได้					
5. สามารถถ่ายทอดความรู้ที่ได้รับจากการ ฝึกอบรมให้กับผู้อื่นได้อย่างถูกต้อง					
6. เทคนิคการผลิตต้นกล้าที่มีคุณภาพด้วยสาร ชีวภัณฑ์ไอเอเอ (IAA)					
ด้านความเหมาะสมของสถานที่ ระยะเวลาที่ใช้และอาหาร					
1. สถานที่จัดการฝึกอบรม					
2. ความพร้อมของอุปกรณ์วัสดุอุปกรณ์					
3. ระยะเวลาที่ใช้ในการฝึกอบรม					
4. อาหารและของว่าง					

ข้อเสนอแนะในส่วนของการฝึกอบรม

ส่วนที่ 3 การประเมินความพึงพอใจต่อสารชีวภัณฑ์ไอเอเอ (IAA) ในการเพาะต้นกล้า

การประเมินในส่วนนี้ทางคณะผู้จัดอบรมได้ทำการเตรียมต้นกล้าพืชผักตัวอย่างจำนวน 5 ชนิด ได้แก่ กรีนโอ๊ค เรดโอ๊ค เรดคอส มะเขือเทศ และพริก ที่เพาะจากเมล็ดแช่สารชีวภัณฑ์ไอเอเอ (IAA) ตามเวลาที่เหมาะสมสำหรับพืชผักแต่ละชนิด เปรียบเทียบคุณภาพพืชผักที่เพาะจากเมล็ดแช่น้ำ การเพาะลงในถาดเพาะบนวัสดุปลูกพีทมอสเพื่อให้ผู้เข้าอบรมได้เห็นตัวอย่างต้นกล้าที่เจริญเติบโตในระยะต่างๆ โดยแบ่งอายุของต้นกล้าเป็น 3 ระยะดังนี้

ระยะที่ 1 ต้นกล้าอายุ 4-7 วัน เป็นระยะที่แสดงให้เห็นถึงการงอกและการเริ่มออกใบจริง

ระยะที่ 2 ต้นกล้าอายุ 14 วัน เป็นระยะที่แสดงให้เห็นถึงความแข็งแรงสมบูรณ์ของต้นกล้าหลังจากมีใบจริงแล้ว

ระยะที่ 3 ต้นกล้าอายุ 21 วัน (พร้อมย้ายปลูก)

เปรียบเทียบคุณภาพและความแข็งแรงของพืชทุกชนิด ในทุกระยะการเจริญเติบโตกับพืชที่เพาะจากเมล็ดที่แช่น้ำ โดยโปรดทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องที่ตรงกับความคิดเห็นของท่านมากที่สุด

หัวข้อที่ทำการประเมิน	ระดับความพึงพอใจ				
	มากที่สุด (5)	มาก (4)	ปานกลาง (3)	น้อย (2)	น้อยที่สุด (1)
ผักสลัด: กรีนโอ๊ค					
- ต้นกล้าอายุ 4 วัน					
1. จำนวนเมล็ดที่งอก					
2. จำนวนต้นที่กางใบเลี้ยง					
3. ความสม่ำเสมอของการงอก					
4. คุณภาพของต้นกล้าที่งอก					
5. ความพึงพอใจของคุณภาพสารชีวภัณฑ์แช่เมล็ดต่อ คุณภาพต้นกล้าอายุ 4 วัน					
- ต้นกล้าอายุ 14 วัน					
1. พัฒนาการการออกไปจริง					
1.1 จำนวนใบจริง					
1.2 ขนาดใบจริง					
2. ความแข็งแรงของต้น					
3. ความสูงของต้นกล้า					
4. ความสม่ำเสมอของต้นกล้า					
5. ความสมบูรณ์ของต้นกล้าในภาพรวม					
6. ความพร้อมของต้นกล้าอายุ 14 วันในการย้ายปลูก					
7. ความพึงพอใจของคุณภาพสารชีวภัณฑ์แช่เมล็ดต่อ คุณภาพต้นกล้าอายุ 14 วัน					
- ต้นกล้าอายุ 21 วัน					
1. ความสมบูรณ์ของใบจริง					
1.1 จำนวนใบจริง					
1.2 ขนาดใบจริง					
1.3 ลักษณะและรูปทรงของต้นกล้า					
1.4 ความเข้มของสีใบ					
2. ลำต้น					
2.1 ขนาดของลำต้น					
2.2 ความแข็งแรงของลำต้น					
3. ความสมบูรณ์ของต้นกล้าในภาพรวม					
4. ความพร้อมของต้นกล้าในการย้ายปลูก					
5. ความพึงพอใจของคุณภาพสารชีวภัณฑ์แช่เมล็ดต่อ คุณภาพต้นกล้าอายุ 21 วัน					

ข้อเสนอแนะ _____

หัวข้อที่ทำการประเมิน	ระดับความพึงพอใจ				
	มากที่สุด (5)	มาก (4)	ปานกลาง (3)	น้อย (2)	น้อยที่สุด (1)
ผักสลัด: เรดโอ๊ค					
- ต้นกล้าอายุ 4 วัน					
1. จำนวนเมล็ดที่งอก					
2. จำนวนต้นที่กางใบเลี้ยง					
3. ความสม่ำเสมอของการงอก					
4. คุณภาพของต้นกล้าที่งอก					
5. ความพึงพอใจของคุณภาพสารชีวภัณฑ์แช่เมล็ดต่อ คุณภาพต้นกล้าอายุ 4 วัน					
- ต้นกล้าอายุ 14 วัน					
1. พัฒนาการการออกใบจริง					
1.1 จำนวนใบจริง					
1.2 ขนาดใบจริง					
2. ความแข็งแรงของต้น					
3. ความสูงของต้นกล้า					
4. ความสม่ำเสมอของต้นกล้า					
5. ความสมบูรณ์ของต้นกล้าในภาพรวม					
6. ความพร้อมของต้นกล้าอายุ 14 วันในการย้ายปลูก					
7. ความพึงพอใจของคุณภาพสารชีวภัณฑ์แช่เมล็ดต่อ คุณภาพต้นกล้าอายุ 14 วัน					
- ต้นกล้าอายุ 21 วัน					
1. ความสมบูรณ์ของใบจริง					
1.1 จำนวนใบจริง					
1.2 ขนาดใบจริง					
1.3 ลักษณะและรูปทรงของต้นกล้า					
1.4 ความเข้มของสีใบ					
2. ลำต้น					
2.1 ขนาดของลำต้น					
2.2 ความแข็งแรงของลำต้น					
3. ความสมบูรณ์ของต้นกล้าในภาพรวม					
4. ความพร้อมของต้นกล้าในการย้ายปลูก					
5. ความพึงพอใจของคุณภาพสารชีวภัณฑ์แช่เมล็ดต่อ คุณภาพต้นกล้าอายุ 21 วัน					

ข้อเสนอแนะ _____

หัวข้อที่ทำการประเมิน	ระดับความพึงพอใจ				
	มากที่สุด (5)	มาก (4)	ปานกลาง (3)	น้อย (2)	น้อยที่สุด (1)
ผักสลัด: เรดคอส					
- ต้นกล้าอายุ 4 วัน					
1. จำนวนเมล็ดที่งอก					
2. จำนวนต้นที่กางใบเลี้ยง					
3. ความสม่ำเสมอของการงอก					
4. คุณภาพของต้นกล้าที่งอก					
5. ความพึงพอใจของคุณภาพสารชีวภัณฑ์แช่เมล็ดต่อ คุณภาพต้นกล้าอายุ 4 วัน					
- ต้นกล้าอายุ 14 วัน					
1. พัฒนาการการออกใบจริง					
1.1 จำนวนใบจริง					
1.2 ขนาดใบจริง					
2. ความแข็งแรงของต้น					
3. ความสูงของต้นกล้า					
4. ความสม่ำเสมอของต้นกล้า					
5. ความสมบูรณ์ของต้นกล้าในภาพรวม					
6. ความพร้อมของต้นกล้าอายุ 14 วันในการย้ายปลูก					
7. ความพึงพอใจของคุณภาพสารชีวภัณฑ์แช่เมล็ดต่อ คุณภาพต้นกล้าอายุ 14 วัน					
- ต้นกล้าอายุ 21 วัน					
1. ความสมบูรณ์ของใบจริง					
1.1 จำนวนใบจริง					
1.2 ขนาดใบจริง					
1.3 ลักษณะและรูปทรงของต้นกล้า					
1.4 ความเข้มของสีใบ					
2. ลำต้น					
2.1 ขนาดของลำต้น					
2.2 ความแข็งแรงของลำต้น					
3. ความสมบูรณ์ของต้นกล้าในภาพรวม					
4. ความพร้อมของต้นกล้าในการย้ายปลูก					
5. ความพึงพอใจของคุณภาพสารชีวภัณฑ์แช่เมล็ดต่อ คุณภาพต้นกล้าอายุ 21 วัน					

ข้อเสนอแนะ _____

หัวข้อที่ทำการประเมิน	ระดับความพึงพอใจ				
	มากที่สุด (5)	มาก (4)	ปานกลาง (3)	น้อย (2)	น้อยที่สุด (1)
พืชทดสอบ: มะเขือเทศ					
- ต้นกล้าอายุ 4 วัน					
1. จำนวนเมล็ดที่งอก					
2. จำนวนต้นที่กางใบเลี้ยง					
3. ความสม่ำเสมอของการงอก					
4. คุณภาพของต้นกล้าที่งอก					
5. ความพึงพอใจของคุณภาพสารชีวภัณฑ์แช่เมล็ดต่อ คุณภาพต้นกล้าอายุ 4 วัน					
- ต้นกล้าอายุ 14 วัน					
1. พัฒนาการการออกใบจริง					
1.1 จำนวนใบจริง					
1.2 ขนาดใบจริง					
2. ความแข็งแรงของต้น					
3. ความสูงของต้นกล้า					
4. ความสม่ำเสมอของต้นกล้า					
5. ความสมบูรณ์ของต้นกล้าในภาพรวม					
6. ความพึงพอใจของคุณภาพสารชีวภัณฑ์แช่เมล็ดต่อ คุณภาพต้นกล้าอายุ 14 วัน					
- ต้นกล้าอายุ 21 วัน					
1. ความสมบูรณ์ของใบจริง					
1.1 จำนวนใบจริง					
1.2 ขนาดใบจริง					
1.3 ลักษณะและรูปร่างของต้นกล้า					
1.4 ความเข้มของสีเขียว					
2. ลำต้น					
2.1 ขนาดของลำต้น					
2.2 ความแข็งแรงของลำต้น					
3. ความสมบูรณ์ของต้นกล้าในภาพรวม					
4. ความพร้อมของต้นกล้าในการย้ายปลูก					
5. ความพึงพอใจของคุณภาพสารชีวภัณฑ์แช่เมล็ดต่อ คุณภาพต้นกล้าอายุ 21 วัน					

ข้อเสนอแนะ _____

หัวข้อที่ทำการประเมิน	ระดับความพึงพอใจ				
	มากที่สุด (5)	มาก (4)	ปานกลาง (3)	น้อย (2)	น้อยที่สุด (1)
พืชทดสอบ: พริก					
- ต้นกล้าอายุ 7 วัน					
1. จำนวนเมล็ดที่งอก					
2. จำนวนต้นที่กางใบเลี้ยง					
3. ความสม่ำเสมอของการงอก					
4. คุณภาพของต้นกล้าที่งอก					
5. ความพึงพอใจของคุณภาพสารชีวภัณฑ์แช่เมล็ดต่อ คุณภาพต้นกล้าอายุ 7 วัน					
- ต้นกล้าอายุ 14 วัน					
1. พัฒนาการการออกใบจริง					
1.1 จำนวนใบจริง					
1.2 ขนาดใบจริง					
2. ความแข็งแรงของต้น					
3. ความสูงของต้นกล้า					
4. ความสม่ำเสมอของต้นกล้า					
5. ความสมบูรณ์ของต้นกล้าในภาพรวม					
6. ความพึงพอใจของคุณภาพสารชีวภัณฑ์แช่เมล็ดต่อ คุณภาพต้นกล้าอายุ 14 วัน					
- ต้นกล้าอายุ 21 วัน					
1. ความสมบูรณ์ของใบจริง					
1.1 จำนวนใบจริง					
1.2 ขนาดใบจริง					
1.3 ลักษณะและรูปร่างของต้นกล้า					
1.4 ความเข้มของสีเขียว					
2. ลำต้น					
2.1 ขนาดของลำต้น					
2.2 ความแข็งแรงของลำต้น					
3. ความสมบูรณ์ของต้นกล้าในภาพรวม					
4. ความพร้อมของต้นกล้าในการย้ายปลูก					
5. ความพึงพอใจของคุณภาพสารชีวภัณฑ์แช่เมล็ดต่อ คุณภาพต้นกล้าอายุ 21 วัน					

ข้อเสนอแนะ

ส่วนที่ 4 แบบสำรวจความพึงพอใจต่อรูปแบบของสารชีวภัณฑ์อินทรีย์สำหรับแช่เมล็ด

ทางคณะผู้วิจัยได้จัดทำสารชีวภัณฑ์แช่เมล็ดเป็น 2 รูปแบบคือ ชนิดน้ำพร้อมใช้งานและชนิดแห้งที่ต้องทำการละลายให้เป็นสารละลายเข้มข้นแล้วจึงจางก่อนใช้งาน โปรดแสดงความคิดเห็นต่อผลิตภัณฑ์ในหัวข้อต่างๆ ดังต่อไปนี้

4.1 สารชีวภัณฑ์แช่เมล็ดชนิดน้ำ

วิธีใช้งาน: พร้อมใช้งาน นำไปแช่เมล็ดได้ทันที

- ความสะดวกในการใช้งาน

☐ สะดวกใช้งาน ☐ มีความยุ่งยาก ☐ ไม่สะดวกในการใช้งาน

- ความเหมาะสมของราคา: ทางคณะผู้วิจัยได้ตั้งราคาไว้ที่ 50 บาทต่อ 1 ลิตร

☐ เหมาะสมแล้ว

☐ ราคาถูกเกินไป หากท่านเลือกราคาถูกเกินไป ราคาที่ท่านเห็นว่าเหมาะสมคือ_____บาท

☐ ราคาแพงเกินไป หากท่านเลือกราคาแพงเกินไป ราคาที่ท่านเห็นว่าเหมาะสมคือ_____บาท

- การเก็บรักษา: เมื่อเปิดใช้แล้วต้องเก็บผลิตภัณฑ์ในตู้เย็นตลอดอายุการใช้งาน

☐ สะดวก ☐ มีความยุ่งยาก ☐ ไม่สะดวกในการเก็บในตู้เย็น

- ความเหมาะสมของขนาดบรรจุภัณฑ์: บรรจุขวดละ 1 ลิตร (1,000 ซีซี)

☐ เหมาะสมแล้ว

☐ ต้องการขนาดบรรจุอื่นๆ ขนาดที่ท่านต้องการ_____

- ความคุ้มค่าในการใช้งาน

☐ คุ้มค่า ☐ ไม่คุ้มค่า

4.2 สารชีวภัณฑ์แช่เมล็ดชนิดแห้ง

วิธีใช้งาน: ทำการละลายด้วยน้ำสะอาด 1 ลิตร (1,000 ซีซี) จะได้เป็นสารละลายสารชีวภัณฑ์เข้มข้น จากนั้นทำการเจือจางในสัดส่วนสารละลายเข้มข้น 1 ซีซีต่อน้ำสะอาด 30 ซีซี หรือสัดส่วนสารต่อน้ำเท่ากับ 1 ต่อ 30 เท่า ก่อนนำไปแช่เมล็ด

- ความสะดวกในการใช้งาน

☐ สะดวกใช้งาน ☐ มีความยุ่งยาก ☐ ไม่สะดวกในการใช้งาน

- ความเหมาะสมของราคา: ทางคณะผู้วิจัยได้ตั้งราคาผลิตภัณฑ์ 1 ขงขนาด 50 กรัม วัสดุซองละ 600 บาท โดยเมื่อทำการละลายและเจือจางเป็นผลิตภัณฑ์พร้อมใช้งานแล้ว ราคาเฉลี่ยต่อลิตรจะอยู่ที่ 20 บาท

☐ เหมาะสมแล้ว

☐ ราคาถูกเกินไป หากท่านเลือกราคาถูกเกินไป ราคาที่ท่านเห็นว่าเหมาะสมคือ_____บาท

☐ ราคาแพงเกินไป หากท่านเลือกราคาแพงเกินไป ราคาที่ท่านเห็นว่าเหมาะสมคือ_____บาท

- การเก็บรักษา: ผลิตภัณฑ์แบบแห้งที่ยังไม่ได้เปิดใช้สามารถเก็บที่อุณหภูมิห้องได้ โดยไม่ต้องแช่ตู้เย็น

☐ สะดวก ☐ ไม่สะดวก

- การเก็บรักษา: ผลิตภัณฑ์แบบแห้งที่นำมาละลายเป็นสารชีวภัณฑ์เข้มข้นแล้ว ต้องเก็บผลิตภัณฑ์ในตู้เย็นตลอดอายุการใช้งาน

☐ สะดวก ☐ มีความยุ่งยาก ☐ ไม่สะดวกในการเก็บในตู้เย็น

- ความเหมาะสมของขนาดบรรจุภัณฑ์: 1 ซอง 50 กรัม สำหรับละลายน้ำ 1 ลิตร (1,000 ซีซี)

☐ เหมาะสมแล้ว

☐ ต้องการขนาดบรรจุอื่นๆ ขนาดที่ท่านต้องการ _____

- ความคุ้มค่าในการใช้งาน

☐ คุ้มค่า

☐ ไม่คุ้มค่า

4.3 หากท่านต้องการเลือกซื้อสารชีวภัณฑ์สำหรับแช่เมล็ด ท่านสะดวกหรือพึงพอใจจะเลือกซื้อผลิตภัณฑ์ในรูปแบบใด

☐ แบบน้ำ

☐ แบบแห้ง

☐ พึงพอใจทั้ง 2 แบบ

☐ ไม่พึงพอใจ

4.4 ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

ขอขอบคุณทุกท่านที่ร่วมทำแบบประเมินและแสดงความคิดเห็น

คณะผู้วิจัย

ภาคผนวก 2

แบบประเมินความพึงพอใจต่อการใช้งานสารชีวภัณฑ์แบบน้ำพร้อมใช้

แบบประเมินความพึงพอใจต่อการใช้งานสารชีวภัณฑ์แบบน้ำพร้อมใช้

วันที่ทำการประเมิน พฤศจิกายน 2564

1. เปรียบเทียบคุณภาพและความแข็งแรงของพืชทุกชนิด กับพืชที่เพาะจากเมล็ดที่แช่น้ำ โดยโปรดทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องที่ตรงกับความคิดเห็นของท่านมากที่สุด

หัวข้อที่ทำการประเมิน	ระดับความพึงพอใจ				
	มากที่สุด (5)	มาก (4)	ปานกลาง (3)	น้อย (2)	น้อยที่สุด (1)
ผักสลัด: เรดโอ๊ค					
1. จำนวนเมล็ดที่งอก					
2. จำนวนต้นที่กางใบเลี้ยง					
3. ความสม่ำเสมอของการงอก					
4. คุณภาพของต้นกล้าที่งอก					
ผักสลัด: เรดคอส					
1. จำนวนเมล็ดที่งอก					
2. จำนวนต้นที่กางใบเลี้ยง					
3. ความสม่ำเสมอของการงอก					
4. คุณภาพของต้นกล้าที่งอก					
พริก					
1. จำนวนเมล็ดที่งอก					
2. จำนวนต้นที่กางใบเลี้ยง					
3. ความสม่ำเสมอของการงอก					
4. คุณภาพของต้นกล้าที่งอก					

2. ท่านคิดว่าเทคนิคการเพาะต้นกล้าที่ได้ทำในระหว่างการอบรมมีความเหมาะสมเพียงใด โปรดให้คะแนนตามระดับความพึงพอใจของท่าน (โดย 5 คือมีความเหมาะสมมากที่สุดและ 1 คือมีความเหมาะสมน้อยที่สุด)

☐ 1

☐ 2

☐ 3

☐ 4

☐ 5

3. ท่านมีความพึงพอใจในการใช้สารชีวภัณฑ์แช่เมล็ดชนิดน้ำพร้อมใช้งานในระดับใด โปรดให้คะแนนตามระดับความพึงพอใจของท่าน (โดย 5 คือมีความพอใจมากที่สุดและ 1 คือมีความพอใจน้อยที่สุด)

☐ 1

☐ 2

☐ 3

☐ 4

☐ 5

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

.....

ภาคผนวก 3

ประมวลภาพการจัดฝึกอบรม

“เทคนิคการผลิตต้นกล้าพืชผักที่มีคุณภาพด้วยสารชีวภัณฑ์ไอเอเอเอ (IAA) จากแบคทีเรียหนเค็ม”

ณ วัดม่วงชะวนาราม 30-31 ตุลาคม 2564

จัดเตรียมสถานที่และจัดวางพืชสำหรับประเมินต่างๆ





จุดลงทะเบียน



ระหว่างการบรรยาย





จัดเตรียมวัสดุเพาะกล้าให้ผู้เข้าอบรม



ผู้เข้าอบรมลงมือปฏิบัติการแช่และเพาะเมล็ดด้วยกรรมวิธีที่ได้รับการถ่ายทอด



ผู้เข้าอบรมทำการประเมินพืชชาติที่เพาะจากเมล็ดแฉะสารชีวภัณฑ์ IAA ในระยะต่างๆ

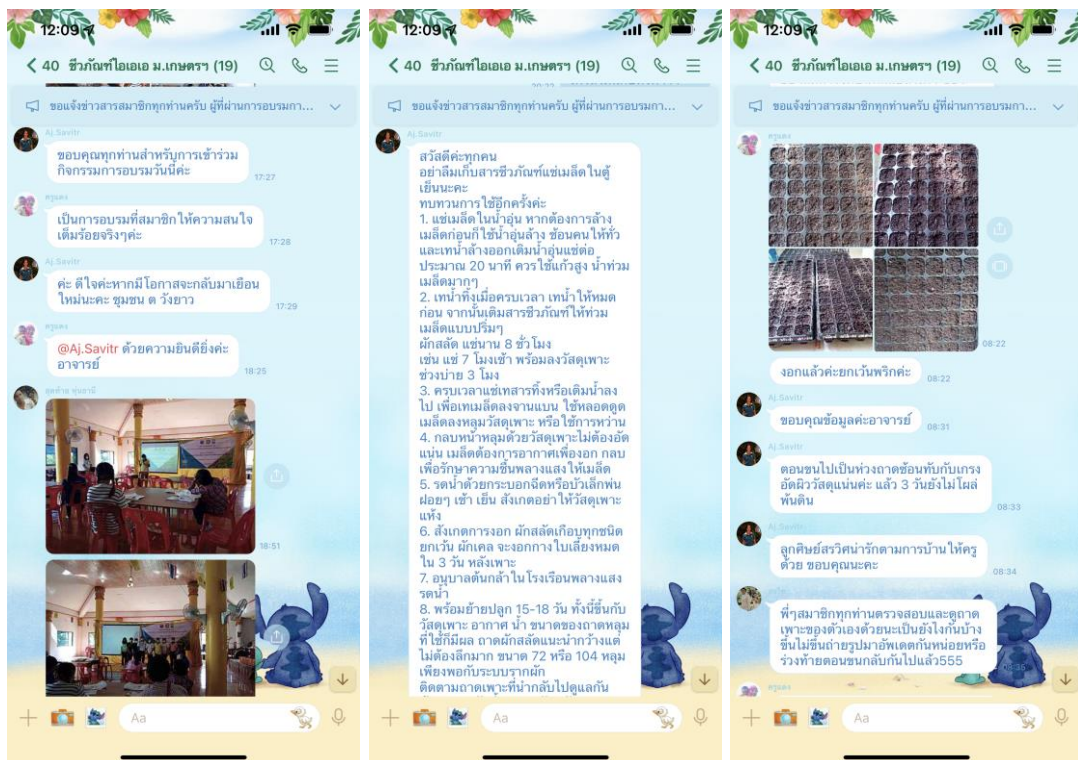
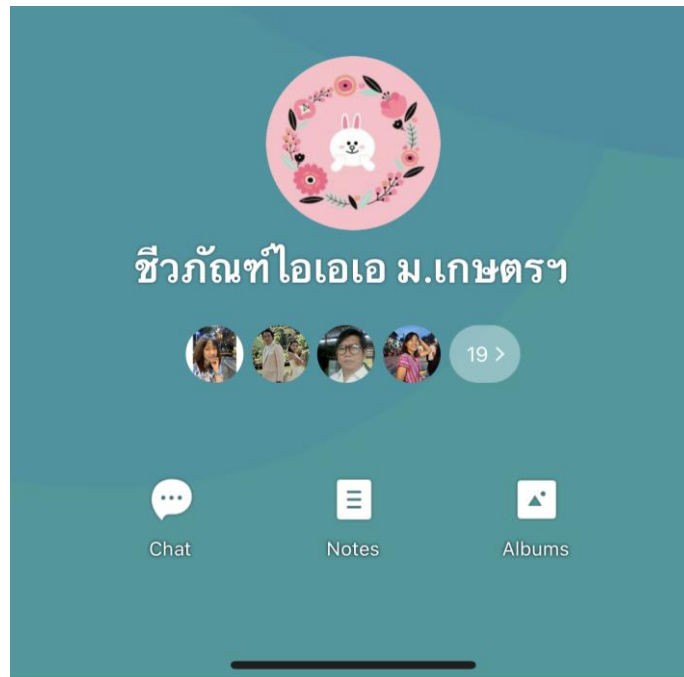




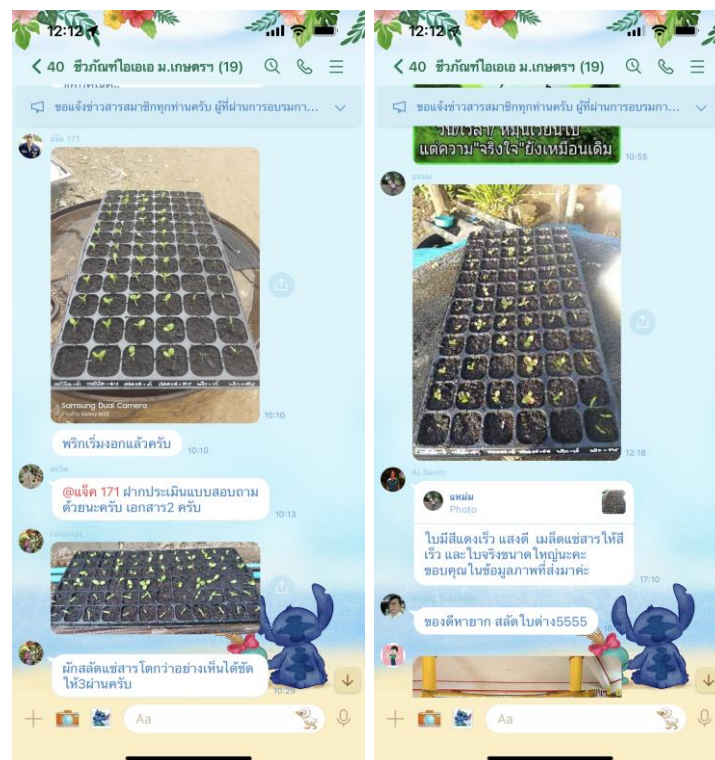
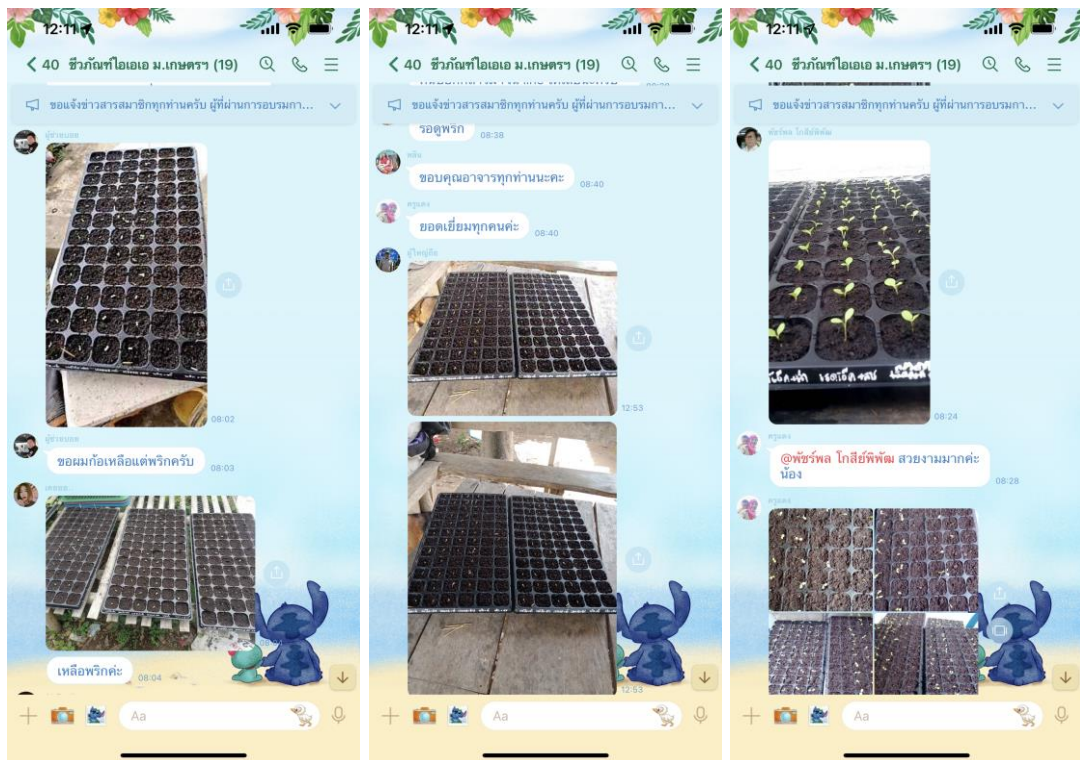
ถ่ายภาพหมู่หลังเสร็จสิ้นการอบรม



ตั้งกลุ่ม “ชีวภัณฑ์ไอเอเอ ม.เกษตรฯ” ในแอปพลิเคชัน Line เพื่อติดตามผลการดำเนินงานและให้คำปรึกษา เรื่องการใช้สารชีวภัณฑ์ไอเอเอในการเพาะพืชผักต่างๆ







ภาคผนวก 4

รายชื่อผู้เข้าร่วมอบรม

“เทคนิคการผลิตต้นกล้าพืชผักที่มีคุณภาพด้วยสารชีวภัณฑ์ไอเอเอเอ (IAA) จากแบคทีเรียหนเค็ม”

ณ วัดม่วงชะวนาราม 30-31 ตุลาคม 2564

รายชื่อผู้เข้าร่วมการอบรมจากตำบลวังยาว อำเภอด่านช้าง จังหวัดสุพรรณบุรี

ลำดับ ที่	ชื่อ-สกุล	หมายเลข โทรศัพท์	ที่อยู่		พืชที่ปลูก	ประสบการณ์ ปลูกพืช อินทรีย์ (ปี)
			เลขที่	หมู่		
1	นายบุก กาฬธร	080-8092054	376	3	สลัด กวางตุ้ง	5
2	นางสำเนียง กาฬธร	080-8092054	376	3	สลัด กวางตุ้ง	5
3	นางสาวปานชนก กาฬธร	063-7958447	370	3	สลัด กวางตุ้ง	3
4	นายสุดท้าย หุ่นธานี	081-8404944	278	7	กล้วย มะเขือ	5
5	นายธนาวัฒน์ รัตนพิบูลย์	090-2998714	444	6	สลัด	10
6	นางบุษกร รัตนพิบูลย์	080-2175119	444	6	แตงกวา	10
7	นางสาวนฤพร รัตนพิบูลย์	088-5938795	345	6	มะเขือเทศ	4
8	นางมะลิ ไชยสิทธิ์	092-3312151	42	6	ส้มโอ มะขามหวาน	7
9	นางชญญาพัชญ์ งามยิ่ง	098-3191363	92	8	สลัด มะนาว	7
10	นายสุนันท์ ชนนาน	061-6759711	427	8	มะนาว ฝรั่ง	5
11	นางสาวนิภาพร น้ำค้าง	086+4259665	39	7	มะยงชิด ฝรั่ง	12
12	นายโกศล เหมมณี	098-9214357	87	1	ผลไม้ต่างๆ	5
13	นางสาวปริยานุช นุ่มละออ	087-1091272	163	2	ผลไม้ต่างๆ	5
14	นายชนวงค์ ระบือพิน	090-1452567	322/2	8	พริก ถั่วฝักยาว	5
15	นายบารมี ระบือพิน	090-1452567	322/2	8	พริก ถั่วฝักยาว	5
16	นางดี ป้อมคำ	087-8451067	328/1	7	มัน	เพิ่งเริ่มต้น
17	นางวารี ม่วงใจ	063-6679891	112	3	มัน ข้าวโพด	เพิ่งเริ่มต้น
18	นางอลกรณ์ ชูยแป	098-9297281	112	3	มัน ข้าวโพด	เพิ่งเริ่มต้น
19	นางเฉลียว เกิดบุญ	065-8484005	44256	4		เพิ่งเริ่มต้น
20	นายบุญทือ ป้อมคำ	082-2041319	329	7	มัน สับปะรด	เพิ่งเริ่มต้น
21	นายพิชิต ป้อมคำ	065-6893877	328/2	7	มัน ข้าวโพด	เพิ่งเริ่มต้น
22	นางสาวพิชดา ป้อมคำ	061-2098221	329	7	มัน	เพิ่งเริ่มต้น
23	นายอุบาย บาลนคร	098-9713291	307	7	มัน	เพิ่งเริ่มต้น
24	นายธวัช แดงโสกรา	087-1582627	444/2	3	มะนาว ผลไม้	กำลัง ปรับเปลี่ยน
25	นางสาวมานี กองแก	098-3959868	337	3	สลัด	เพิ่งเริ่มต้น
26	นายวิทยา สกุลโกศล		113/3 05	6	อ้อย	5
27	นางสาวกนกวรรณ งามยิ่ง	090-4320256	306	6	พริกหอม	8
28	นายวิสัน สุขสวัสดิ์	061-5791726	1	6	ข้าวโพด	8
29	นางสาวสุลาวัลย์ งามยิ่ง	061-5127310	161	6	ถัสดู สลัด	เพิ่งเริ่มต้น
30	นางสาวเกสร สุขสวัสดิ์	092-4400180	12	6	มัน ข้าว	เพิ่งเริ่มต้น
31	นางกัลยา กองแก		4	6	ข้าว มะละกอ	เพิ่มเริ่มต้น

รายนามหัวหน้าโครงการและผู้ร่วมโครงการ พร้อมทั้งหน่วยงานที่สังกัดและหมายเลขโทรศัพท์

หัวหน้าโครงการย่อย 2

ผศ. ดร. สาวิตร์ ตระกูลนำเลื่อมใส

หน่วยงานที่สังกัด ภาควิชาจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ที่อยู่ 50 ถ. งามวงศ์วาน แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กทม. 10900

เบอร์โทรศัพท์ 02-562-5555 ต่อ 646630 โทรสาร 02-5792081

E-mail: rdisat@ku.ac.th

ผู้ร่วมงานวิจัย

รศ.ดร.อภิชาติ ใจอารีย์

หน่วยงานที่สังกัด ภาควิชาการพัฒนาศึกษาทรัพยากรมนุษย์และชุมชน คณะศึกษาศาสตร์และพัฒนศาสตร์

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จ.นครปฐม

ที่อยู่ 1 หมู่ 6 ต.กำแพงแสน อ.กำแพงแสน จ.นครปฐม 73140

โทรศัพท์มือถือ 081-941-8776

E-mail: feduacj@ku.ac.th

นางสาวจันแรม รูปคำ

หน่วยงานที่สังกัด ฝ่ายเครื่องมือและวิจัยทางวิทยาศาสตร์ สถาบันวิจัยและพัฒนาแห่ง มก.

ที่อยู่ 50 ถ. งามวงศ์วาน แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กทม. 10900

โทรศัพท์ 02-942-8740 ต่อ 605 โทรสาร 02-942-8748

E-mail: rdicrr@ku.ac.th