

บทที่ 4

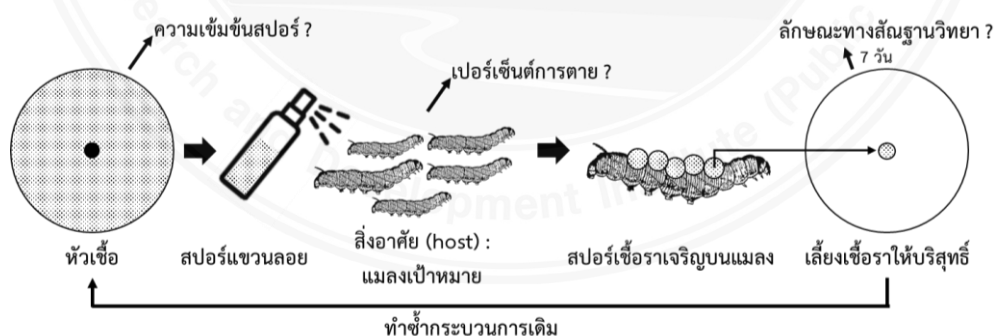
ผลการวิจัย

4.1 โครงการย่อยที่ 1 การปรับปรุงรูปแบบสารชีวภัณฑ์ป้องกันกำจัดศัตรูพืชสำคัญบนพื้นที่สูงสำหรับการผลิตในโรงงาน

4.1.1 เชื้อรากำจัดแมลงศัตรูพืช 2 ชนิด ในรูปแบบผงละลายน้ำเพื่อลดการเกิดคราบบนต้นหลังฉีดพ่นสาร ลดการอุดตันหัวฉีด ลดอัตราการใช้ต่อครั้ง และเพิ่มอายุเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ ได้แก่

- 1) เชื้อราผงละลายน้ำที่ผลิตจากเชื้อรา *Metarhizium anisopliae* ไอโซเลท 4849 กำจัดหนอน
- 2) เชื้อราผงละลายน้ำที่ผลิตจากเชื้อรา *Beauveria bassiana* ไอโซเลท 5335 กำจัดเพลี้ย

กิจกรรมวิจัยที่ 1 ศึกษาผลการปลูกหัวเชื้อราบนสิ่งอาศัยเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการกำจัดแมลงศัตรูพืช ได้แก่ *M. anisopliae* ไอโซเลท 4849 ความเข้มข้น 4.38×10^8 สปอร์/มิลลิลิตร และ *B. bassiana* ไอโซเลท 5335 ความเข้มข้น 2.40×10^8 สปอร์/มิลลิลิตร โดยสิ่งอาศัย คือ หนอนกระทู้ และเพลี้ยอ่อน ตามลำดับ ทดสอบ 3 ซ้ำ ซ้ำละ 10 ตัว พ่นสารแขวนลอย 1 มิลลิลิตรต่อซ้ำ (ภาพที่ 4.1.1) นับจำนวนการตายของแมลงตั้งแต่วันที่ 1 - 5 และคำนวณเปอร์เซ็นต์การตาย จากนั้นทดสอบซ้ำรุ่นที่ 2 และ 3 พบว่าความเข้มข้นเชื้อราที่แยกออกจากแมลงรุ่นที่ 1 เพิ่มขึ้นจากหัวเชื้อราเริ่มต้น มีค่า 1.11×10^{10} และ 5.60×10^8 สปอร์/มิลลิลิตร ตามลำดับ (ตารางที่ 4.1.1) แต่รุ่นที่ 2 และ 3 ของรา *M. anisopliae* ไอโซเลท 4849 สปอร์ลดลงเหลือ 8.48×10^9 และ 8.50×10^9 สปอร์/มิลลิลิตร ส่วนผลการทดสอบกับรา *B. bassiana* ไอโซเลท 5335 ตรวจพบการตายของเพลี้ยอ่อนเนื่องจากสาเหตุอื่น ได้แก่ สภาพอากาศร้อนอบอ้าว และพืชอาหารที่เพลี้ยอ่อนกินมีสารเคมีตกค้าง จึงบันทึกผลได้เพียงรุ่นที่ 1 เท่านั้น



ภาพที่ 4.1.1 ขั้นตอนปลูกหัวเชื้อราบนสิ่งอาศัยและการเพาะเลี้ยงราที่เจริญออกจากสิ่งอาศัย (1 รุ่นการทดสอบ)

ข้อมูลแสดงให้เห็นว่าประสิทธิภาพรา *M. anisopliae* ไอโซเลท 4849 ต่อการกำจัดหนอนรุ่นที่ 1 - 3 ให้ผลในทิศทางเดียวกัน โดยหลังพ่นเชื้อรา 5 วัน มีการตายของหนอนกระทู้ช่วง 80.00 - 83.33 เปอร์เซ็นต์

และจากการสังเกตพบราเจริญบนซากหอนกระทุ้งเล็กน้อย (ภาพที่ 4.1.2) อาจเนื่องจากความชื้นไม่เพียงพอ แม้ว่าจะบ่มหอนที่ตายแล้วในตู้ควบคุมอุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส แล้วก็ตาม เบื้องต้นสรุปได้ว่าการปลูกหัวเชื้อราบนสิ่งอาศัยเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการกำจัดแมลงศัตรูพืช รุ่นที่ 1 มีความเข้มข้นสปอร์และประสิทธิภาพในการเข้าทำลายแมลงศัตรูพืชสูงที่สุด (ภาพที่ 4.1.3) และลดลงในรุ่นที่ 2 และ 3 แต่มากกว่าหัวเชื้อราเริ่มต้น ทั้งนี้หากต้องการให้ความเข้มข้นของสปอร์มีปริมาณตามที่ต้องการ คือ ไม่น้อยกว่า 10^{11} สปอร์/มิลลิลิตร บนอาหารเลี้ยงเชื้อ MEA ระยะเวลาไม่เกิน 7 วัน จำเป็นต้องปรับกระบวนการเพาะเลี้ยงเชื้อใหม่อีกครั้ง สำหรับรา *B. bassiana* ไอโซเลท 5335 ทำให้เพลี้ยอ่อนรุ่นที่ 1 ตายตั้งแต่วันที่ 1 หลังพ่นและมีเปอร์เซ็นต์การตายสะสมวันที่ 5 เท่ากับ 76.67 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งอยู่ในระดับต่ำกว่าที่กำหนดไว้ คือ ต้องไม่ต่ำกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ แต่ความเข้มข้นสปอร์ของรุ่นที่ 1 มีเพิ่มมากขึ้นกว่าหัวเชื้อราเริ่มต้น ถือว่าเป็นแนวโน้มที่ดี อย่างไรก็ตามยังต้องปรับปรุงการชักนำให้ราเจริญออกมาจากสิ่งอาศัยมากขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากสภาพแวดล้อมระหว่างการทำทดสอบอาจมีความชื้นน้อยเกินไปส่งผลให้ศักยภาพการเข้าทำลายแมลงลดลงเช่นเดียวกับการสร้างสปอร์รา จึงควรนำเพลี้ยอ่อนที่ตายจากการถูกรากำทำลายมาบ่มบนกระดาดขึ้น เป็นเวลา 7 - 14 วัน หรือจนกว่าราเจริญปกคลุมทั้งตัว

ตารางที่ 4.1.1 ความเข้มข้นของเชื้อรา *Metarhizium anisopliae* ไอโซเลท 4849 และ *Beauveria bassiana* ไอโซเลท 5335 อายุ 7 วัน บนอาหาร Malt Extract Agar และเปอร์เซ็นต์การตายของแมลงหลังฉีดพ่นสาร

ผลการทดสอบ			เชื้อราสาเหตุโรคแมลง ^{1/}	
			<i>M. anisopliae</i>	<i>B. bassiana</i>
เริ่มต้น	ความเข้มข้นบน MEA (สปอร์/มิลลิลิตร)		4.38×10^8	2.40×10^8
รุ่นที่ 1	ความเข้มข้น (สปอร์/มิลลิลิตร)		1.11×10^{10}	5.60×10^8
	เปอร์เซ็นต์การตายของแมลง (%)	วันที่ 1	10.00	6.67
		วันที่ 2	16.67	20.00
		วันที่ 3	33.33	46.67
		วันที่ 4	60.00	66.67
		วันที่ 5	83.33	76.67
รุ่นที่ 2	ความเข้มข้น (สปอร์/มิลลิลิตร)		8.48×10^9	- ^{2/}
	เปอร์เซ็นต์การตายของแมลง (%)	วันที่ 1	6.67	-
		วันที่ 2	13.33	-
		วันที่ 3	36.67	-
		วันที่ 4	63.33	-
		วันที่ 5	80.00	-

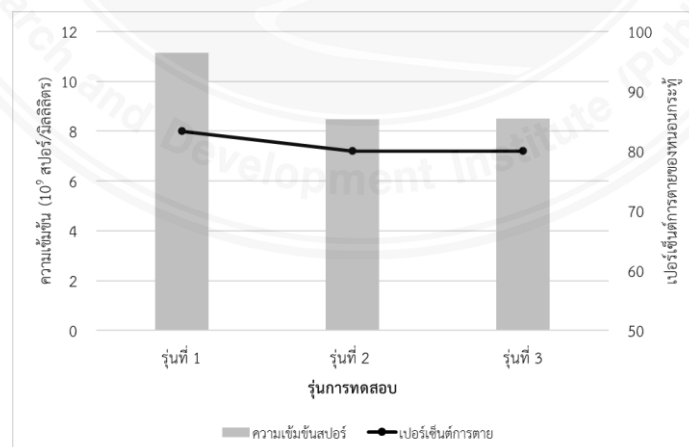
รุ่นที่ 3	ความเข้มข้น (สปอร์/มิลลิลิตร)		8.50×10^9	-
	เปอร์เซ็นต์การตายของแมลง (%)	วันที่ 1	6.67	-
		วันที่ 2	16.67	-
		วันที่ 3	30.00	-
		วันที่ 4	56.67	-
		วันที่ 5	80.00	-

หมายเหตุ ^{1/} แมลงเป้าหมายของเชื้อรา *M. anisopliae* คือ หนอนกระทู้; *B. bassiana* คือ เพลี้ยอ่อน

^{2/} ไม่ได้ทำการทดสอบต่อ เนื่องจากเพลี้ยอ่อนตายจากสาเหตุอื่น

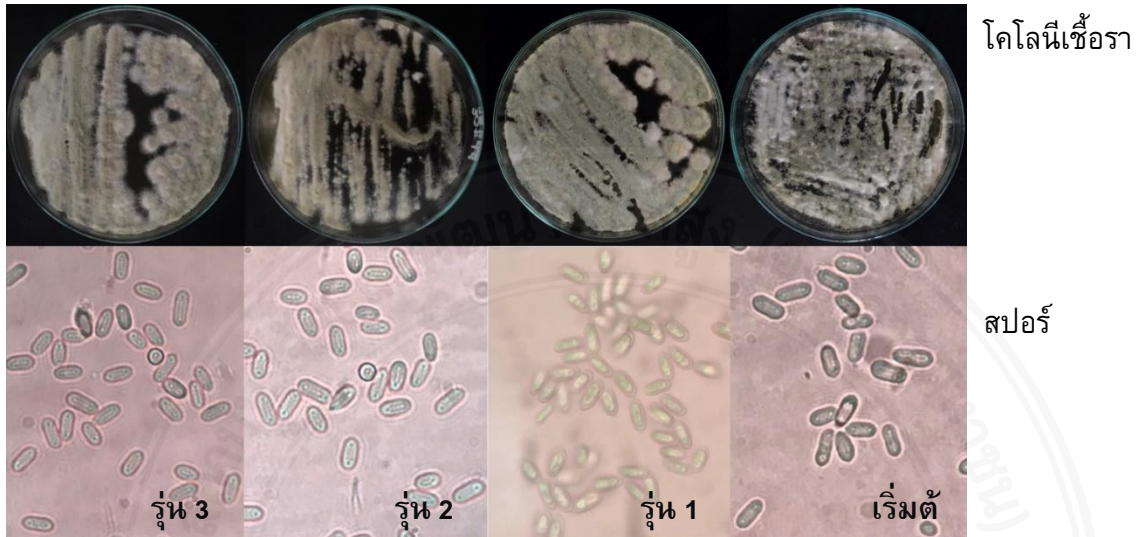


ภาพที่ 4.1.2 หนอนกระทู้ที่ตายจากการเข้าทำลายของเชื้อรา *M. anisopliae* ไอโซเลต 4849 และการเจริญของเชื้อราออกมาจากสิ่งอาศัย



ภาพที่ 4.1.3 ความเข้มข้นสปอร์ของรา *M. anisopliae* ไอโซเลต 4849 อายุ 7 วัน บนอาหาร MEA และเปอร์เซ็นต์การตายของหนอนกระทู้หลังฉีดพ่นรา 5 วัน ในแต่ละรุ่นการทดสอบ

หลังการเพาะเลี้ยงราที่เจริญออกมาจากแมลงจนได้เชื้อบริสุทธิ์บนอาหาร MEA แล้ว ได้ตรวจสอบลักษณะทางสัณฐานวิทยาเปรียบเทียบกับหัวเชื้อราเริ่มต้น พบว่าโคโลนีบนอาหารเลี้ยงเชื้อของราเริ่มต้นและรารุ่นที่ 1 - 3 มีสีเขียวอมเทา เช่นเดียวกันกับลักษณะสปอร์มีรูปร่างคล้ายแคปซูลและหัวท้ายมนเหมือนกัน (ภาพที่ 4.1.4)

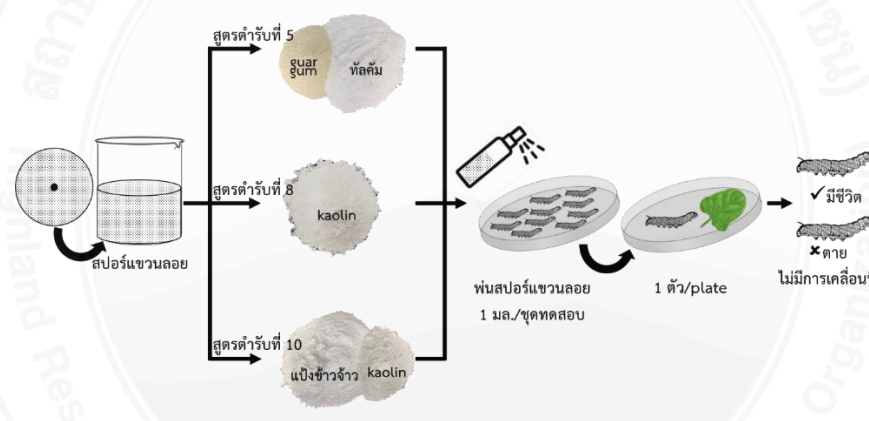


ภาพที่ 4.1.4 ลักษณะโคโลนีบนอาหาร MEA และสปอร์รา *M. anisopliae* ไอโซเลท 4849 อายุ 7 วัน เปรียบเทียบแต่ละรุ่นการทดสอบที่เจริญออกจากหนอนกระทู้

ผลทดสอบประสิทธิภาพของต้นแบบชีวภัณฑ์ 3 สูตร ในการกำจัดแมลงศัตรูพืช เพื่อศึกษาอายุเก็บรักษาในห้องปฏิบัติการ ณ อุณหภูมิห้อง วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ โดยฉีดพ่นสารแขวนลอยความเข้มข้นไม่น้อยกว่า 10^8 สปอร์/มิลลิลิตร จำนวน 3 ซ้ำ ซ้ำละ 10 ตัว แต่ละชุดทดสอบฉีดพ่น 1 มิลลิลิตร บันทึกเปอร์เซ็นต์การตายของหนอนกระทู้ หลังฉีดพ่น 3, 5 และ 7 วัน

เชื้อราสาเหตุโรค ของแมลง	สูตรตำรับที่	ส่วนประกอบต้นแบบสารชีวภัณฑ์ (1 กิโลกรัม)
<i>M. anisopliae</i> ไอโซเลท 4849	5	ทัลคัม 600 กรัม และ guar gum 100 กรัม
	8	20% spores และ 80% kaolin
	10	แป้งข้าวเจ้า 800 กรัม และ kaolin 200 กรัม
<i>B. bassiana</i> ไอโซเลท 5335	2	ทัลคัม 900 กรัม oil palm 60 มิลลิลิตร น้ำกลั่น 40 มิลลิลิตร
	4	Pumice 990 กรัม oil palm 5 มิลลิลิตร น้ำกลั่น 5 มิลลิลิตร
	8	20% spores และ 80% kaolin

เมื่อนำหัวเชื้อรา *M. anisopliae* ไอโซเลท 4849 สูตร 5 8 และ 10 ที่มีหัวเชื้ออัตรา 50% โดยน้ำหนักต่อปริมาตร (v/w) จำนวน 1 กรัม ผสมน้ำกลั่นหนึ่งฆ่าเชื้อ 9 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ประมาณ 15 นาที แล้วดูดสารละลาย 0.1 มิลลิลิตร หยดลงบนผิวหน้าอาหารเลี้ยงเชื้อ MEA แล้ว spread ให้ทั่วผิวหน้าอาหาร บ่มเชื้อทิ้งไว้ 48 ชั่วโมง จากนั้นนับจำนวนราพบว่าแต่ละสูตรมีความเข้มข้น 3.44×10^8 3.97×10^8 และ 3.67×10^8 สปอร์/มิลลิลิตร หลังจากพ่นสารละลายชีวภัณฑ์ลงในจานพลาสติกที่มีหนอนกระทู้ (ภาพที่ 4.1.5) พบว่า รา *M. anisopliae* ทุกสูตรตำรับ (ภาพที่ 4.1.6) ทำให้หนอนกระทู้ตายตั้งแต่วันที่ 3 และมีเปอร์เซ็นต์สะสมเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องจนถึงวันที่ 7 มีค่า 73.33 ± 11.55 ถึง 83.33 ± 5.77 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 4.1.2 และภาพที่ 4.1.7) ผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่า ชีวภัณฑ์สูตร 5 มีประสิทธิภาพในการกำจัดหนอนกระทู้ดีที่สุดตั้งแต่วันที่ 3 อย่างไรก็ตามเปอร์เซ็นต์การตายของหนอนกระทู้ยังอยู่ในระดับที่ต่ำกว่าที่ต้องการคือ มากกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งอาจเนื่องมาจากสภาพแวดล้อมในการทดสอบไม่เหมาะสม เช่น ความชื้นและอุณหภูมิที่ส่งผลต่อการงอกและแทงเข้าทำลายหนอน ทั้งนี้หากเป็นในสภาพธรรมชาติการเข้าทำลายศัตรูพืชของเชื้อราสาเหตุโรคแมลงอาจมีแนวโน้มสูงมากกว่า



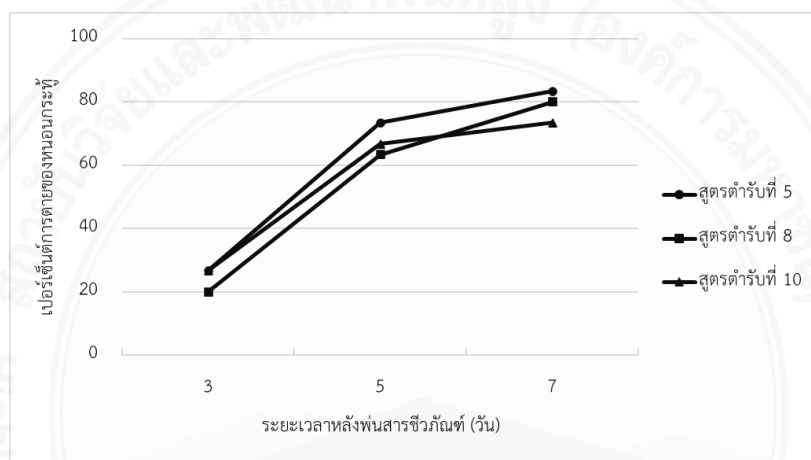
ภาพที่ 4.1.5 ขั้นตอนทดสอบชีวภัณฑ์รา *M. anisopliae* ไอโซเลท 4849 แต่ละสูตรในการกำจัดหนอนกระทู้



ภาพที่ 4.1.6 ลักษณะชีวภัณฑ์เชื้อรา *M. anisopliae* ไอโซเลท 4849 สูตรตำรับที่ 5 (ก) 8 (ข) และ 10 (ค)

ตารางที่ 4.1.2 เปอร์เซ็นต์การตายของหนอนกระทู้หลังพ่นด้วยชีวภัณฑ์เชื้อรา *Metarhizium anisopliae* ไอโซเลท 4849 ในสภาพห้องปฏิบัติการ

ระยะเวลา หลังพ่นชีวภัณฑ์	เปอร์เซ็นต์การตายของหนอนกระทู้ (%)		
	สูตรตำรับที่ 5	สูตรตำรับที่ 8	สูตรตำรับที่ 10
วันที่ 3	26.67 ± 5.77	20.00 ± 10.00	26.67 ± 5.77
วันที่ 5	73.33 ± 5.77	63.33 ± 11.55	66.67 ± 15.28
วันที่ 7	83.33 ± 5.77	80.00 ± 10.00	73.33 ± 11.55

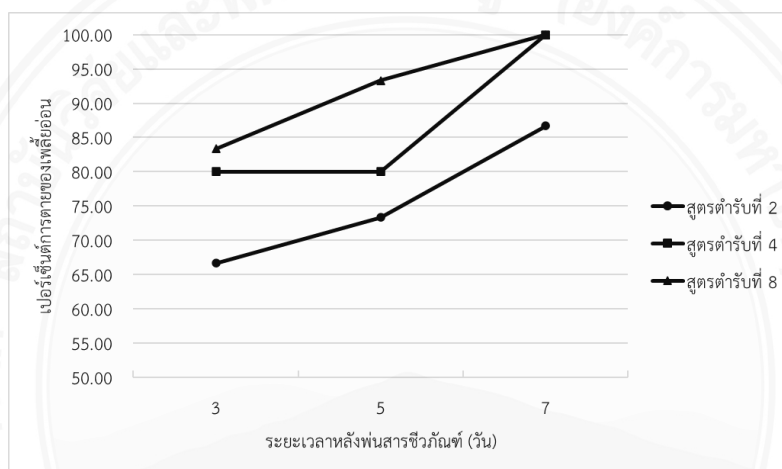


ภาพที่ 4.1.7 เปอร์เซ็นต์การตายของหนอนกระทู้หลังพ่นด้วยชีวภัณฑ์เชื้อรา *M. anisopliae* ไอโซเลท 4849 สูตรตำรับ 5 8 และ 10 ระยะ 7 วัน

การทดสอบกับชีวภัณฑ์เชื้อราสาเหตุโรคของแมลง *B. bassiana* ไอโซเลท 5335 สูตรตำรับที่ 2 4 และ 8 ที่มีหัวเชื้อราอยู่ในอัตรา 50% โดยน้ำหนักต่อปริมาตร (v/w) พบว่ามีความเข้มข้นของรา 3.95×10^9 3.49×10^9 และ 4.35×10^9 สปอร์/มิลลิลิตร เมื่อนำสารแขวนลอยชีวภัณฑ์ไปฉีดพ่น ทุกสูตรตำรับทำให้เพลี้ยอ่อนตายตั้งแต่วันที่ 3 และมีเปอร์เซ็นต์สะสมเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องจนกระทั่งวันที่ 7 ช่วงระหว่าง 86.67 ± 5.77 ถึง 100.00 ± 0.00 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 4.1.3 และภาพที่ 4.1.8) จากผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่า ชีวภัณฑ์สูตรตำรับที่ 4 และ 8 มีประสิทธิภาพกำจัดเพลี้ยอ่อนดีที่สุดตั้งแต่วันที่ 3 และเมื่อผ่านไป 5 วัน ชีวภัณฑ์สูตรตำรับที่ 8 สามารถกำจัดเพลี้ยอ่อนได้มากกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ ตามเป้าหมายที่ตั้งไว้

ตารางที่ 4.1.3 เปอร์เซ็นต์การตายของเพลี้ยอ่อนหลังพ่นด้วยชีวภัณฑ์เชื้อรา *Beauveria bassiana* ไอโซเลข 5335 ในสภาพห้องปฏิบัติการ

ระยะเวลา หลังพ่นชีวภัณฑ์	เปอร์เซ็นต์การตายของเพลี้ยอ่อน (%)		
	สูตรตำรับที่ 2	สูตรตำรับที่ 4	สูตรตำรับที่ 8
วันที่ 3	66.67 ± 5.77	80.00 ± 10.00	83.33 ± 5.77
วันที่ 5	73.33 ± 5.77	80.00 ± 10.00	93.33 ± 5.77
วันที่ 7	86.67 ± 5.77	100.00 ± 0.00	100.00 ± 0.00

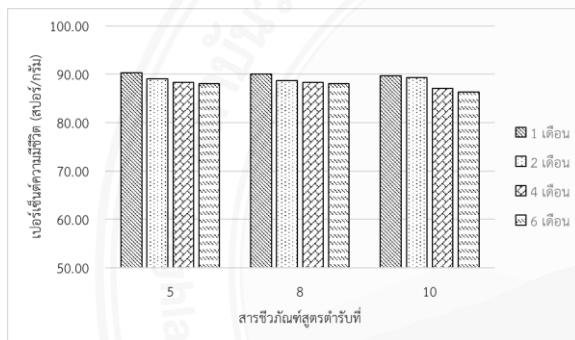


ภาพที่ 4.1.8 เปอร์เซ็นต์การตายของเพลี้ยอ่อนหลังพ่นด้วยชีวภัณฑ์เชื้อรา *Beauveria bassiana* ไอโซเลข 5335 สูตรตำรับ 2 4 และ 8 ระยะ 7 วัน

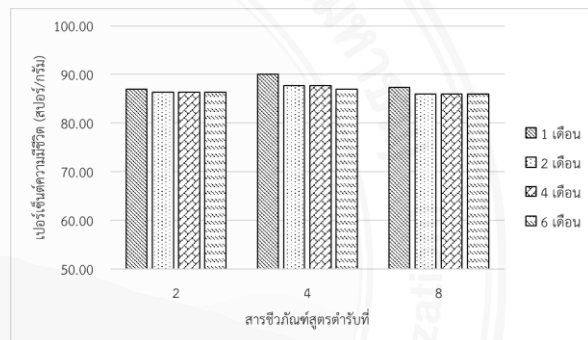
การตรวจสอบเปอร์เซ็นต์ความมีชีวิตของรา *M. anisopliae* และ *B. bassiana* ในต้นแบบชีวภัณฑ์แต่ละสูตร หลังเก็บรักษาเป็นเวลา 2 เดือน โดยละลายชีวภัณฑ์แต่ละสูตรตำรับ ปริมาณ 0.1 กรัม ใน Tween 80 ความเข้มข้น 0.1 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 1 มิลลิลิตร จากนั้นเกลี่ยสารแขวนลอยบนอาหารเลี้ยงเชื้อ WA บ่มไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 24 ชั่วโมง นับการงอกของสปอร์ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ ทดลอง 3 ซ้ำ ซ้ำละ 100 สปอร์ พบว่าหลังเก็บรักษาชีวภัณฑ์ระยะเวลา 1 เดือน สปอร์ของรา *M. anisopliae* และ *B. bassiana* มีสปอร์งอก 89.67±2.89 ถึง 90.33±4.16 เปอร์เซ็นต์ และ 87.00±2.00 ถึง 90.00±3.00 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนระยะเวลา 2 เดือน มีค่า 88.67±2.52 ถึง 89.33±1.15 เปอร์เซ็นต์ และ 86.00±3.61 ถึง 87.67±1.53 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และเมื่อเวลาผ่านไป 6 เดือน มีสปอร์งอกช่วง 86.33±3.06 ถึง 88.00±7.00 เปอร์เซ็นต์ และ 86.00±2.00 ถึง 87.00±1.73 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยรา *M. anisopliae* สูตรตำรับที่ 8 มีเปอร์เซ็นต์ความมีชีวิตรอด ลดลงน้อยที่สุด 2.22 เปอร์เซ็นต์ ส่วนรา *B. bassiana* สูตรตำรับที่ 2 มีความมีชีวิตรอด ลดลงน้อยที่สุด 0.77 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 4.1.4 และภาพที่ 4.1.9) แสดงให้เห็นว่าราทั้ง 2 ชนิด ยังคงมีชีวิตในชีวภัณฑ์ระดับดีมาก

ตารางที่ 4.1.4 เปอร์เซ็นต์ความมีชีวิตของรา *Metarhizium anisopliae* และ *Beauveria bassiana* ในชีวภัณฑ์แต่ละสูตรหลังเก็บรักษา 6 เดือน

ระยะเวลาเก็บรักษา	เปอร์เซ็นต์ความมีชีวิตของเชื้อรา (%)					
	<i>Metarhizium anisopliae</i>			<i>Beauveria bassiana</i>		
	สูตร 5	สูตร 8	สูตร 10	สูตร 2	สูตร 4	สูตร 8
1 เดือน	90.33±4.16	90.00±3.00	89.67±2.89	87.00±2.00	90.00±3.00	87.33±3.06
2 เดือน	89.00±3.61	88.67±2.52	89.33±1.15	86.33±1.53	87.67±1.53	86.00±3.61
4 เดือน	88.33±3.51	88.33±2.52	87.00±5.29	86.33±1.53	87.67±5.86	86.00±1.00
6 เดือน	88.00±6.56	88.00±7.00	86.33±3.06	86.33±2.08	87.00±1.73	86.00±2.00
% ลดลง	2.58	2.22	3.72	0.77	3.33	1.53



(ก)



(ข)

ภาพที่ 4.1.9 เปอร์เซ็นต์ความมีชีวิตของรา *Metarhizium anisopliae* (ก) และ *Beauveria bassiana* (ข) ในชีวภัณฑ์แต่ละสูตร หลังเก็บรักษา 6 เดือน

กิจกรรมวิจัยที่ 2 ศึกษาวิธีการใช้ต้นแบบชีวภัณฑ์ในห้องปฏิบัติการ

1) คัดเลือกต้นแบบชีวภัณฑ์ 2 สูตร ที่ให้ผลดีจากกิจกรรมวิจัยที่ 1 โดยพิจารณาประสิทธิภาพหลังเก็บรักษา อย่างน้อย 4 เดือน ได้แก่ ชีวภัณฑ์ผงละลายน้ำที่ผลิตจากเชื้อรา *M. anisopliae* ไอโซเลต 4849 สูตรตำรับที่ 5 และ 8 เนื่องจากมีประสิทธิภาพกำจัดหอนกระทุ่มมากกว่า 80 เปอร์เซ็นต์ มีเปอร์เซ็นต์ความมีชีวิตรอดสูงและเปอร์เซ็นต์การลดลงของเชื้อหลังเก็บรักษาที่ระดับต่ำ ส่วนชีวภัณฑ์ผงละลายน้ำที่ผลิตจากเชื้อรา *B. bassiana* ไอโซเลต 5335 เลือกสูตรตำรับที่ 4 และ 8 แม้ว่าความมีชีวิตรอดของราแมลงลดลงมากกว่าสูตรตำรับที่ 2 แต่มีปริมาณเชื้อราใกล้เคียงกัน ที่สำคัญคือมีประสิทธิภาพกำจัดเพลี้ยอ่อนสูงกว่า

2) ผลการฉีดพ่นสารแขวนลอย 1 มิลลิลิตรต่อกรรมวิธีทดสอบของชีวภัณฑ์เชื้อรา *M. anisopliae* ไอโซเลต 4849 บนหอนกระทุ่ม (แยกงานทดสอบเพื่อป้องกันไม่ให้หอนหระทุ่กัดกันจนตาย) และชีวภัณฑ์รา *B. bassiana* ไอโซเลต 5335 เพื่อกำจัดเพลี้ยอ่อน จำนวน 3 ซ้ำ ซ้ำละ 10 ตัว วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ แบ่งเป็น 12 กรรมวิธี บันทึกการตายของแมลงหลังพ่นสาร 3 5 และ 7 วัน

ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพชีวภัณฑ์เชื้อรา *M. anisopliae* สูตรตำรับที่ 5 และ 8 กับสารเคมีการค้า ฟิโพรนิล ชีวภัณฑ์การค้าราเมทาโรเซียม และชีวภัณฑ์จากผลงานวิจัยสูตรเดิม (พีพี-เมทา) พบว่าการพ่นต้นแบบชีวภัณฑ์สูตรตำรับที่ 8 อัตรา 100 กรัม/น้ำ 20 ลิตร (กรรมวิธีที่ 12) ทำให้หนอนกระทู้มีการตายสูงสุด 93.33 ± 5.77 เปอร์เซ็นต์ หลังทดสอบ 7 วัน ซึ่งมีความมากกว่าสารเคมีการค้า ฟิโพรนิล แต่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เช่นเดียวกับชีวภัณฑ์ พีพี-เมทา (ตารางที่ 4.1.5) นอกจากนี้ข้อมูลยังแสดงให้เห็นว่ารา *M. anisopliae* กำจัดหนอนกระทู้ได้มากกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ หลังพ่นสาร 5 วัน ซึ่งแตกต่างจากการใช้สารเคมีที่กำจัดได้มากกว่า 80 เปอร์เซ็นต์ ตั้งแต่ 3 วัน สำหรับการใช้ชีวภัณฑ์เชื้อรากรรมวิธีอื่นให้ผลดีรองลงมาและไม่แตกต่างกับสารเคมี หลังพ่นสาร 7 วัน โดยเฉพาะสูตรตำรับที่ 8 อัตรา 50–100 กรัม/น้ำ 20 ลิตร (กรรมวิธีที่ 10-12) และสูตรตำรับที่ 5 อัตรา 100 กรัม/น้ำ 20 ลิตร (กรรมวิธีที่ 8)

ตารางที่ 4.1.5 เปอร์เซ็นต์การตายของหนอนกระทู้หลังพ่นด้วยชีวภัณฑ์รา *Metarhizium anisopliae* ไอโซเลต 4849 สูตรตำรับที่ 5 และ 8 ในสภาพห้องปฏิบัติการ

กรรมวิธี	เปอร์เซ็นต์การตายของหนอนกระทู้ (%)		
	วันที่ 3	วันที่ 5	วันที่ 7
1	0.00 ± 0.00 g	0.00 ± 0.00 h	0.00 ± 0.00 f
2	83.33 ± 5.77 a	90.00 ± 0.00 a	90.00 ± 0.00 ab
3	23.33 ± 5.77 de	46.67 ± 5.77 f	66.67 ± 5.77 e
4	33.33 ± 11.55 bcd	63.33 ± 5.77 bcd	86.67 ± 5.77 ab
5	6.67 ± 5.77 fg	33.33 ± 5.77 g	66.67 ± 5.77 e
6	16.67 ± 5.77 ef	53.33 ± 5.77 def	70.00 ± 10.00 de
7	33.33 ± 5.77 bcd	63.33 ± 5.77 bcd	80.00 ± 10.00 bcd
8	43.33 ± 5.77 b	73.33 ± 5.77 b	83.33 ± 5.77 abc
9	20.00 ± 0.00 e	50.00 ± 10.00 ef	73.33 ± 5.77 cde
10	26.67 ± 5.77 cde	60.00 ± 10.00 cde	83.33 ± 5.77 adc
11	36.67 ± 5.77 bc	66.67 ± 5.77 bc	86.67 ± 5.77 ab
12	33.33 ± 5.77 bcd	73.33 ± 5.77 b	93.33 ± 5.77 a
CV (%)	20.22	11.11	8.50
LSD _{0.05}	10.127	10.509	10.509

กรรมวิธี

- 1 ชุดควบคุม (ไม่ฉีดพ่นสาร)
- 2 สารเคมีการค้า ฟิโพรนิล อัตรา 40 มิลลิลิตร/น้ำ 20 ลิตร
- 3 สารชีวภัณฑ์การค้า หัวเชื้อราเมทาไรเซียม อัตรา 50 กรัม/น้ำ 10 ลิตร
- 4 สารชีวภัณฑ์จากผลงานวิจัยสูตรเดิม (พีพี-เมทา) อัตรา 200 กรัม/น้ำ 20 ลิตร
- 5 ต้นแบบสารชีวภัณฑ์สูตรตำรับที่ 5 อัตรา 30 กรัม/น้ำ 20 ลิตร
- 6 ต้นแบบสารชีวภัณฑ์สูตรตำรับที่ 5 อัตรา 50 กรัม/น้ำ 20 ลิตร
- 7 ต้นแบบสารชีวภัณฑ์สูตรตำรับที่ 5 อัตรา 70 กรัม/น้ำ 20 ลิตร
- 8 ต้นแบบสารชีวภัณฑ์สูตรตำรับที่ 5 อัตรา 100 กรัม/น้ำ 20 ลิตร
- 9 ต้นแบบสารชีวภัณฑ์สูตรตำรับที่ 8 อัตรา 30 กรัม/น้ำ 20 ลิตร
- 10 ต้นแบบสารชีวภัณฑ์สูตรตำรับที่ 8 อัตรา 50 กรัม/น้ำ 20 ลิตร
- 11 ต้นแบบสารชีวภัณฑ์สูตรตำรับที่ 8 อัตรา 70 กรัม/น้ำ 20 ลิตร
- 12 ต้นแบบสารชีวภัณฑ์สูตรตำรับที่ 8 อัตรา 100 กรัม/น้ำ 20 ลิตร

ประสิทธิภาพชีวภัณฑ์ผงละลายน้ำที่ผลิตจากรา *B. bassiana* ไอโซเลท 5335 สูตรตำรับที่ 4 และ 8 เปรียบเทียบกับสารเคมีการค้า ฟิโพรนิล ชีวภัณฑ์การค้า คัทอ็อฟ และชีวภัณฑ์ผลงานวิจัยสูตรเดิม (พีพี-เบ็บ) พบว่าสูตรตำรับที่ 4 อัตรา 100 กรัม/น้ำ 20 ลิตร (กรรมวิธีที่ 8) และสูตร 8 อัตรา 70-100 กรัม/น้ำ 20 ลิตร (กรรมวิธีที่ 11-12) ให้ผลไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับการใช้สารเคมี ฟิโพรนิล (กรรมวิธีที่ 2) ซึ่งเพลี้ยอ่อนตายมากกว่า 93 เปอร์เซ็นต์ และหลังการทดสอบ 7 วัน ทั้ง 3 กรรมวิธีนี้ สามารถกำจัดเพลี้ยได้อย่างสมบูรณ์ 100 เปอร์เซ็นต์ เทียบเท่ากับการใช้สารเคมี (ตารางที่ 4.1.6) เมื่อนำเพลี้ยอ่อนที่ตายด้วยเชื้อราแมลงบ่มไว้ในกล่องขึ้น พบการเจริญของเส้นใยเชื้อราแมลงออกมาจากตัวเพลี้ยอ่อน (ภาพที่ 4.1.10) ซึ่งหากพบในสภาพธรรมชาติ จะทำให้มีการเจริญของเชื้อรา *B. bassiana* หมุนเวียนในระบบนิเวศเกษตร และเชื้อราจะสามารถเข้าทำลายแมลงศัตรูพืชชนิดอื่นได้อีกด้วย ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า ต้นแบบชีวภัณฑ์สูตรตำรับที่ 4 และ 8 อัตรา 100 กรัม/น้ำ 20 ลิตร มีศักยภาพในการกำจัดเพลี้ยได้เป็นอย่างดีและใช้ทดแทนสารเคมีได้

ตารางที่ 4.1.6 เปอร์เซ็นต์การตายของเพลี้ยอ่อนหลังพ่นด้วยชีวภัณฑ์รา *Beauveria bassiana* ไอโซเลท 5335 สูตรตำรับที่ 4 และ 8 ในสภาพห้องปฏิบัติการ

กรรมวิธี	เปอร์เซ็นต์การตายของเพลี้ยอ่อน (%)		
	วันที่ 3	วันที่ 5	วันที่ 7
1	0.00 ± 0.00 f	0.00 ± 0.00 e	0.00 ± 0.00 c
2	100.00 ± 0.00 a	100.00 ± 0.00 a	100.00 ± 0.00 a
3	53.33 ± 11.55 e	66.67 ± 5.77 d	86.67 ± 5.77 b
4	73.33 ± 5.77 bcd	80.00 ± 10.00 bc	93.33 ± 5.77 ab
5	60.00 ± 10.00 de	76.67 ± 5.77 cd	86.67 ± 5.77 b
6	66.67 ± 15.82 cde	73.33 ± 11.55 cd	93.33 ± 11.55 ab
7	76.67 ± 5.77 bc	90.00 ± 0.00 ab	93.33 ± 5.77 ab
8	83.33 ± 11.55 b	96.67 ± 5.77 a	100.00 ± 0.00 a
9	53.33 ± 5.77 e	66.67 ± 5.77 d	93.33 ± 5.77 ab
10	56.67 ± 5.77 e	66.67 ± 5.77 d	86.67 ± 11.55 b
11	83.33 ± 5.77 b	93.33 ± 5.77 a	100.00 ± 0.00 a
12	80.00 ± 10.00 bc	93.33 ± 11.55 a	100.00 ± 0.00 a
CV (%)	12.96	9.13	7.74
LSD _{0.05}	14.321	11.580	11.234

กรรมวิธี

- 1 ชุดควบคุม (ไม่ฉีดพ่นสาร)
- 2 สารเคมีการค้า ฟิโพรนิล อัตรา 40 มิลลิลิตร/น้ำ 20 ลิตร
- 3 สารชีวภัณฑ์การค้า คัทอ็อฟ (*B. bassiana* 10⁹ cfu/g) อัตรา 60 กรัม/น้ำ 20 ลิตร
- 4 สารชีวภัณฑ์จากผลงานวิจัยสูตรเดิม (พีพี-เบ็บ) อัตรา 200 กรัม/น้ำ 20 ลิตร
- 5 ต้นแบบสารชีวภัณฑ์สูตรตำรับที่ 4 อัตรา 30 กรัม/น้ำ 20 ลิตร
- 6 ต้นแบบสารชีวภัณฑ์สูตรตำรับที่ 4 อัตรา 50 กรัม/น้ำ 20 ลิตร
- 7 ต้นแบบสารชีวภัณฑ์สูตรตำรับที่ 4 อัตรา 70 กรัม/น้ำ 20 ลิตร
- 8 ต้นแบบสารชีวภัณฑ์สูตรตำรับที่ 4 อัตรา 100 กรัม/น้ำ 20 ลิตร
- 9 ต้นแบบสารชีวภัณฑ์สูตรตำรับที่ 8 อัตรา 30 กรัม/น้ำ 20 ลิตร
- 10 ต้นแบบสารชีวภัณฑ์สูตรตำรับที่ 8 อัตรา 50 กรัม/น้ำ 20 ลิตร
- 11 ต้นแบบสารชีวภัณฑ์สูตรตำรับที่ 8 อัตรา 70 กรัม/น้ำ 20 ลิตร
- 12 ต้นแบบสารชีวภัณฑ์สูตรตำรับที่ 8 อัตรา 100 กรัม/น้ำ 20 ลิตร



ภาพที่ 4.1.10 เพลี้ยอ่อนที่ตายจากการเข้าทำลายของเชื้อรา *B. bassiana* ไอโซเลท 5335 สูตรตำรับที่ 4 และ 8 และการเจริญของเชื้อราออกจากซากเพลี้ยอ่อน หลังบ่มในกล่องขึ้น 14 วัน

4.1.2 ชีวภัณฑ์เชื้อราป้องกันกำจัดโรคพืช 1 ชนิด ในรูปแบบผงละลายน้ำเพื่อเพิ่มการออกฤทธิ์ให้ยาวนาน ลดต้นทุนการผลิต และเพิ่มอายุเก็บรักษา ได้แก่ ชีวภัณฑ์เม็ดละลายน้ำที่ผลิตจากเชื้อแอคติโนมัยซิส *Streptomyces* sp. ไอโซเลท GAR1 ป้องกันโรคโคนเน่ารากเน่าของผัก

กิจกรรมวิจัยที่ 1 ทดสอบประสิทธิภาพของต้นแบบชีวภัณฑ์ 3 สูตร กับโรคโคนเน่ารากเน่าที่เกิดจากรา *Pythium aphanidermatum* เพื่อศึกษาอายุเก็บรักษาด้วยวิธี drop plate บนอาหารเลี้ยงเชื้อ ในห้องปฏิบัติการ ณ อุณหภูมิห้อง วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ 3 ซ้ำ

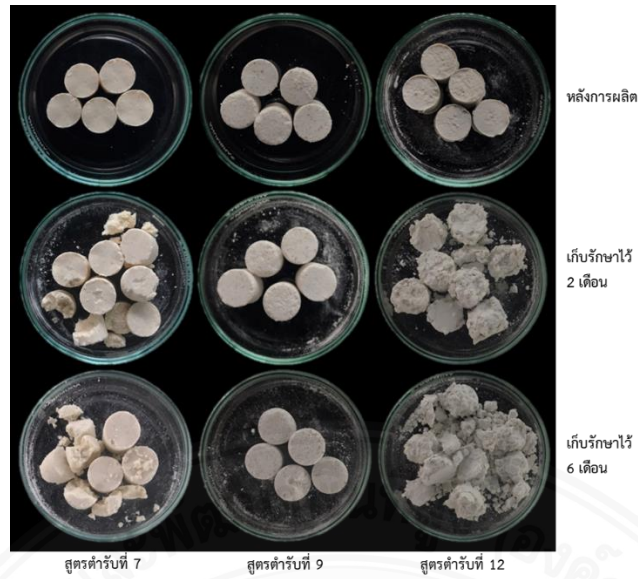
สูตรตำรับที่	ส่วนประกอบต้นแบบสารชีวภัณฑ์ (1 กิโลกรัม)
7	starch 700 g soybean powder 208 g glucose 50 กรัม $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ 23 g $K_2HPO_4 \cdot 3H_2O$ 14 g และ NaCl 5 g
9	Citric acid 588 g, PVP 232 g, แป้งข้าวโพด 50 g, talcum powder 100 g, Magnesium stearate 10 g และสารก่อฟองฟู 20 g
12	แป้งทัลคัม 800 g, kaolin 100 g และกลูโคส 100 g

1) ผลการบันทึกปริมาณเชื้อ *Streptomyces* sp. ไอโซเลท GAR 1 ในต้นแบบชีวภัณฑ์สูตรตำรับที่ 7 9 และ 12 หลังเก็บรักษาทุกเดือน โดยนำเม็ดชีวภัณฑ์ 1 เม็ด (น้ำหนักเฉลี่ย 25 กรัม) ใส่ลงในน้ำกลั่นนิ่งฆ่าเชื้อ ปริมาตร 9 มิลลิลิตร เจือจางลง และ spread ให้ทั่วผิวหน้าอาหารเลี้ยงเชื้อ ISP-2 พบว่าสูตรตำรับที่ 9 ตลอดระยะเวลา 6 เดือน เม็ดชีวภัณฑ์มีรูปร่างเหมือนเดิมกับหลังการผลิตทันที (ภาพที่ 4.1.11) และปริมาณเชื้อมีค่าระหว่าง 1.06×10^{10} ถึง 1.51×10^{10} cfu/g โดยลดลง 29.56 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งถือว่าอยู่ในระดับที่สามารถนำไปใช้ควบคุมโรคพืชได้ ส่วนสูตรตำรับที่ 7 รูปร่างของชีวภัณฑ์ ประมาณ 35-40 เปอร์เซ็นต์ ไม่เกาะกันแน่นเป็นเม็ด และแตกออกเล็กน้อย มีปริมาณเชื้อ 1.29×10^{10} ถึง 1.63×10^{10} cfu/g คิดเป็นค่าลดลง

20.94 เปอร์เซ็นต์ ส่วนสูตรตำรับที่ 12 รูปทรงไม่เกาะกันเป็นเม็ดตั้งแต่เดือนที่ 2 ของการเก็บรักษา และเมื่อเดือนที่ 6 กลายเป็นผงเกือบหมดเม็ดเนื่องจากได้รับความชื้นจากสภาพแวดล้อมเก็บรักษา แต่ยังคงนับปริมาณของเชื้อได้ มีค่า 1.15×10^{10} ถึง 1.56×10^{10} cfu/g โดยเชื้อแอคติโนมัยซิสลดลง 26.30 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 4.1.7)

สรุปได้ว่าปริมาณเชื้อแอคติโนมัยซิส *Streptomyces* sp. ไอโซเลท GAR 1 ในชีวภัณฑ์หลังการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 6 เดือน มีค่าลดลงต่อเนื่องหลังการผลิต ระหว่าง 20.94 ถึง 29.56 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งถือว่าเป็นเปอร์เซ็นต์การลดลงที่น้อย (ภาพที่ 4.1.12) เมื่อเปรียบเทียบผลการวิจัยของปวีณา (2556) พบว่า ปริมาณเชื้อ *Streptomyces griseus* subsp. *formicus* ในสูตรสำเร็จชนิดแกรนูล ลดลงมากกว่า 85 เปอร์เซ็นต์หลังเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง ระยะ 6 เดือน เช่นเดียวกับผลการวิจัยของปณณวิญญู (2563) พบว่า หลังเก็บรักษาชีวภัณฑ์แบบผงที่มีเชื้อ *Bacillus subtilis* NS-03 ณ อุณหภูมิห้อง เป็นระยะเวลา 6 เดือน ปริมาณเชื้อลดลงเป็นอย่างมาก จาก 10^{17} cfu/g เหลือเพียง 10^{12} cfu/g แต่ปริมาณเชื้อยังอยู่ในระดับสูง

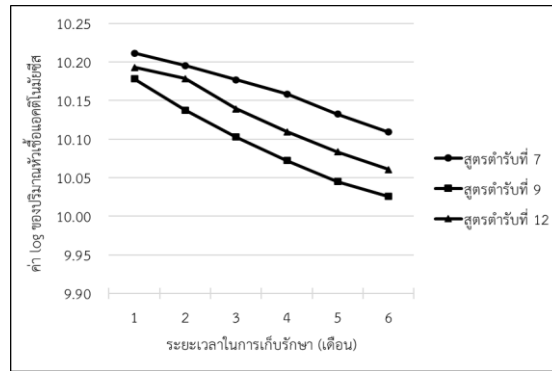
สำหรับความคงตัว (รูปทรง) ของชีวภัณฑ์เม็ดละลายน้ำที่เปลี่ยนไปหลังการเก็บรักษา โดยเฉพาะสูตรตำรับที่ 7 และ 12 ควรมีการปรับเพิ่มสารประกอบบางชนิดในสูตรตำรับ คือ สารยึดเกาะ (binders) ซึ่งเป็นสารที่เพิ่มแรงเกาะกันของผง ทำให้ได้เม็ดชีวภัณฑ์ที่แข็งและไม่ดูดความชื้น สารยึดเกาะที่ใช้มีหลายชนิด เช่น starch, glucose และ polyvinylpyrrolidone (PVP) ชนิดที่นิยมใช้มากที่สุด คือ PVP เป็นสารที่ไม่ก่อให้เกิดปฏิกิริยา สามารถละลายได้ทั้งในน้ำและแอลกอฮอล์ (อมรรัตน์, 2547) ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าชีวภัณฑ์สูตรตำรับที่ 9 มีรูปทรงเหมือนเดิมตั้งแต่หลังจากผลิตจนถึงเก็บรักษา 6 เดือน เนื่องจากในส่วนประกอบของชีวภัณฑ์ ประกอบไปด้วยสารยึดเกาะ PVP มากถึง 23.2 เปอร์เซ็นต์ ทำให้ส่วนประกอบที่เป็นผง เกาะกันเป็นเม็ดหลังการตากเป็นเม็ดได้ดี อีกทั้งยังมี citric acid ที่เป็นตัวช่วยเพิ่มความแข็งแรงให้แก่เม็ดชีวภัณฑ์ (Sun et al., 2020) ซึ่งเป็นส่วนประกอบหลักมากกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ ในทางกลับกันแม้ว่าสูตรตำรับที่ 7 ที่มีส่วนประกอบของสารยึดเกาะ คือ starch และ glucose คิดเป็น 70 และ 5 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ แต่ starch มีคุณสมบัติช่วยแตกกระจายตัว หากมีปริมาณมากจะทำให้แตกตัวเร็วขึ้นจึงลดการเกาะตัวกันและความแข็งแรงของเม็ดชีวภัณฑ์ (ปวีณา, 2556) ทำนองเดียวกับชีวภัณฑ์สูตรตำรับที่ 12 ที่มี glucose เป็นสารยึดเกาะเพียงชนิดเดียว และมีอัตราส่วนในส่วนประกอบเพียง 10 เปอร์เซ็นต์ เท่านั้น



ภาพที่ 4.1.11 ลักษณะชีวภัณฑ์เม็ดเชื้อแอกติโนมัยซิส *Streptomyces* sp. ไอโซเลท GAR 1 ในแต่ละสูตรตำรับ หลังการผลิตและเก็บรักษา 2 และ 6 เดือน

ตารางที่ 4.1.7 ปริมาณหัวเชื้อแอกติโนมัยซิส *Streptomyces* sp. ไอโซเลท GAR 1 ในชีวภัณฑ์แต่ละสูตรหลังเก็บรักษา ระยะ 6 เดือน

ระยะเวลา หลังเก็บรักษา	ปริมาณหัวเชื้อแอกติโนมัยซิส <i>Streptomyces</i> sp. ไอโซเลท GAR 1 (cfu/g)		
	สูตร 7	สูตร 9	สูตร 12
1 เดือน	1.63×10^{10}	1.51×10^{10}	1.56×10^{10}
2 เดือน	1.57×10^{10}	1.37×10^{10}	1.51×10^{10}
3 เดือน	1.50×10^{10}	1.27×10^{10}	1.38×10^{10}
4 เดือน	1.44×10^{10}	1.18×10^{10}	1.29×10^{10}
5 เดือน	1.36×10^{10}	1.11×10^{10}	1.21×10^{10}
6 เดือน	1.29×10^{10}	1.06×10^{10}	1.15×10^{10}



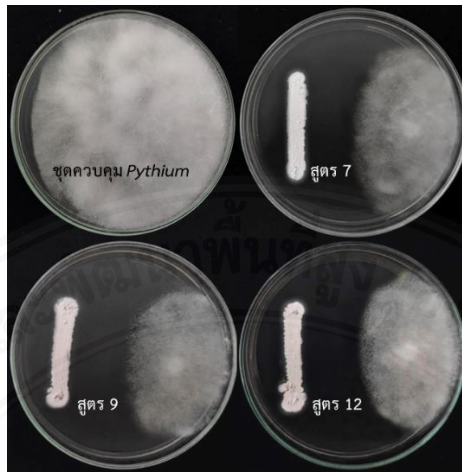
ภาพที่ 4.1.12 ปริมาณเชื้อแบคทีเรีย *Streptomyces* sp. ไอโซเลท GAR 1 ในชีวภัณฑ์หลังเก็บรักษา 6 เดือน

2) ทดสอบต้นแบบชีวภัณฑ์ในการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *P. aphanidermatum* สาเหตุโรคพืชทางดิน โดยวิธี dual culture บนอาหารเลี้ยงเชื้อ ISP-2 บันทึกเปอร์เซ็นต์การยับยั้งเจริญของเชื้อราสาเหตุหลังทดสอบ 2 วัน พบว่าเชื้อแบคทีเรีย *Streptomyces* sp. ไอโซเลท GAR 1 สูตรตำรับที่ 7 9 และ 12 หลังเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง ตั้งแต่ระยะ 1 ถึง 6 เดือน ยังคงมีประสิทธิภาพสูงในช่วงระหว่าง 72.91 - 81.41 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งถือว่าอยู่ในระดับดี โดยสูตรตำรับที่ 9 มีเปอร์เซ็นต์การยับยั้งลดลงน้อยที่สุด 5.77 เปอร์เซ็นต์ จาก 79.19 เปอร์เซ็นต์ เหลือ 74.62 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 4.1.8 และภาพที่ 4.1.13) ส่วนสูตรตำรับที่ 7 มีเปอร์เซ็นต์การยับยั้งลดลงมากที่สุด 9.09 เปอร์เซ็นต์ ทั้งนี้ค่าเปอร์เซ็นต์ที่ลดลงนี้แปรผกผันกับปริมาณหัวเชื้อแบคทีเรียในชีวภัณฑ์ ซึ่งสูตรตำรับที่ 7 มีปริมาณเชื้อคงเหลือมากที่สุด ส่วนสูตรตำรับที่ 9 มีปริมาณคงเหลือน้อยที่สุด ดังนั้นปริมาณของเชื้อแบคทีเรียในสูตรชีวภัณฑ์ อาจจะได้เป็นตัวบ่งชี้ถึงศักยภาพในการยับยั้งเชื้อราสาเหตุโรคพืชเพียงอย่างเดียว เช่นเดียวกับงานวิจัยของประภาส และคณะ (2563) ที่กล่าวว่าชีวภัณฑ์ไตรโคเดอร์มาชนิดเม็ด มีเปอร์เซ็นต์ยับยั้งรา *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici* ลดลง 2.26 เปอร์เซ็นต์ หลังเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง 7 เดือน และเสื่อมสภาพ ไม่สามารถยับยั้งเชื้อราสาเหตุโรคได้เลยเมื่อเก็บรักษา 9 เดือน ในทางกลับกันหากเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส 9 เดือน เปอร์เซ็นต์การยับยั้งลดลงเพียง 1.14 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 4.1.8 เปอร์เซ็นต์การยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *Pythium aphanidermatum* ด้วยเชื้อแบคทีเรีย *Streptomyces* sp. ไอโซเลท GAR 1 ในชีวภัณฑ์แต่ละสูตรหลังเก็บรักษา 6 เดือน

ระยะเวลา หลังเก็บรักษา	เปอร์เซ็นต์การยับยั้งเจริญของเชื้อราสาเหตุโรค (%)		
	สูตร 7	สูตร 9	สูตร 12
1 เดือน	80.20	79.19	81.41
2 เดือน	78.33	78.17	79.00
3 เดือน	76.35	77.66	78.89
4 เดือน	75.37	76.14	77.89

5 เดือน	73.89	75.13	76.88
6 เดือน	72.91	74.62	76.38
% ลดลง	9.09	5.77	6.18

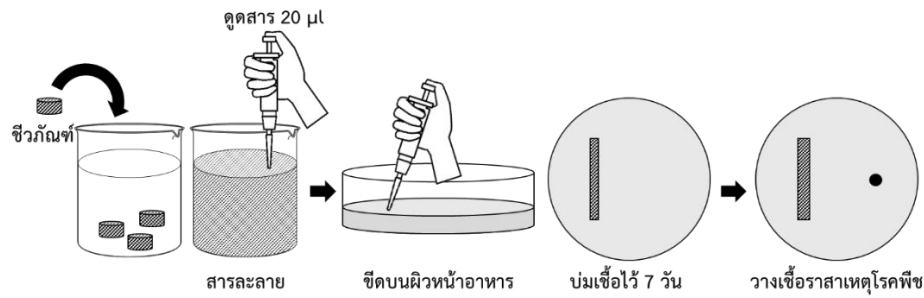


ภาพที่ 4.1.13 การยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *Pythium aphanidermatum* โดยเชื้อแอคติโนมัยซีส *Streptomyces* sp. ไอโซเลท GAR 1 ในชีวภัณฑ์แต่ละสูตรหลังเก็บรักษา 6 เดือน

กิจกรรมวิจัยที่ 2 ศึกษาวิธีการใช้ต้นแบบชีวภัณฑ์ในสภาพห้องปฏิบัติการและโรงเรือนทดสอบ

1) ศึกษาวิธีการใช้ต้นแบบสารชีวภัณฑ์ในห้องปฏิบัติการ ด้วยวิธี dual culture และวิธี Poison Food (เฉพาะกรรมวิธีที่ใช้สารเคมีซึ่งใช้เป็นชุดควบคุม) บนอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ แบ่งเป็น 8 กรรมวิธี 3 ซ้ำ จากนั้นบันทึกเปอร์เซ็นต์ของการยับยั้งรศมีการเจริญของเชื้อราสาเหตุโรค

คัดเลือกต้นแบบสารชีวภัณฑ์ 2 สูตร จากกิจกรรมวิจัยที่ 1 ได้แก่ สูตรตำรับที่ 7 และ 12 ที่มีความสามารถในการยับยั้งเชื้อราสาเหตุโรคทางดิน และมีลักษณะชีวภัณฑ์คงตัว จากนั้นทดสอบประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อราสาเหตุโรคเปรียบเทียบกับชุดควบคุมและสารเคมี เมทาแลกซิล โดยนำชีวภัณฑ์เม็ดที่เก็บรักษา 2 เดือน ละลายในน้ำกลั่นหนึ่งฆ่าเชื้อตามอัตราส่วนที่กำหนด จากนั้นดูดสารละลาย ปริมาตร 20 μ l ด้วย pipette tip ที่ตัดปลายออกเล็กน้อย ชีดลงบนผิวอาหารเลี้ยงเชื้อด้านหนึ่ง และบ่มไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 7 วัน จึงวางเชื้อราสาเหตุโรค (ภาพที่ 4.1.14) และบันทึกขนาดโคโลนีของเชื้อราวันที่ 1 และ 2 แล้วคำนวณเปอร์เซ็นต์การยับยั้งเจริญของเชื้อราสาเหตุโรค



ภาพที่ 4.1.14 ขั้นตอนทดสอบสารชีวภัณฑ์เมดิเคอแอคติโนมัยซิส *Streptomyces* sp. ไอโซเลท GAR 1 ต่อการยับยั้งเชื้อรา *Pythium aphanidermatum* ด้วยวิธี dual culture

ผลการทดลอง พบว่าเชื้อแอคติโนมัยซิสในชีวภัณฑ์สูตรตำรับที่ 7 และ 12 ทุกอัตราการใช้ สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *P. aphanidermatum* อายุ 1 วัน ได้เฉลี่ย 47.88 เปอร์เซ็นต์ มีค่า 43.64 – 52.73 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อเชื้อราอายุ 2 วัน มีค่า 65.03 เปอร์เซ็นต์ หรือ 61.48 – 68.85 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 4.1.9) ซึ่งต่ำกว่าเป้าหมายที่กำหนด จึงควรเปลี่ยนวิธีการเพื่อสอดคล้องกับการนำไปใช้ประโยชน์ เช่น การใช้วิธี double-layer agar หรือ poisoned food agar

ตารางที่ 4.1.9 เปอร์เซ็นต์ยับยั้งการเจริญของรา *Pythium aphanidermatum* ด้วยเชื้อแอคติโนมัยซิส *Streptomyces* sp. ไอโซเลท GAR 1 ในชีวภัณฑ์แต่ละกรรมวิธี

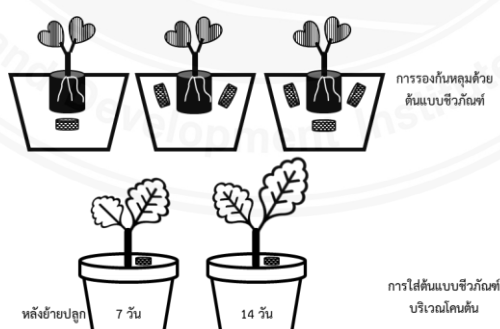
กรรมวิธี	เปอร์เซ็นต์การยับยั้งเจริญของเชื้อราสาเหตุโรค (%)	
	1 วัน	2 วัน
1. ชุดควบคุม	-	-
2. สารเคมี: เมทาแลกซิล	100.00	100.00
3. สารชีวภัณฑ์สูตรตำรับที่ 7 ปริมาณ 30 กรัม/น้ำ 1 ลิตร	45.45	61.48
4. สารชีวภัณฑ์สูตรตำรับที่ 7 ปริมาณ 50 กรัม/น้ำ 1 ลิตร	47.27	63.93
5. สารชีวภัณฑ์สูตรตำรับที่ 7 ปริมาณ 70 กรัม/น้ำ 1 ลิตร	49.09	68.85
6. สารชีวภัณฑ์สูตรตำรับที่ 12 ปริมาณ 30 กรัม/น้ำ 1 ลิตร	43.64	62.30
7. สารชีวภัณฑ์สูตรตำรับที่ 12 ปริมาณ 50 กรัม/น้ำ 1 ลิตร	49.09	64.75
8. สารชีวภัณฑ์สูตรตำรับที่ 12 ปริมาณ 70 กรัม/น้ำ 1 ลิตร	52.73	68.85

2) ศึกษาวิธีการใช้ต้นแบบชีวภัณฑ์ในสภาพโรงเรือนทดสอบ โดยคัดเลือกต้นแบบชีวภัณฑ์ที่ให้ผลดี 2 สูตร ทั้งด้านประสิทธิภาพการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *P. aphanidermatum* และความคงตัวของรูปทรงชีวภัณฑ์หลังเก็บรักษา 6 เดือน พบว่าสูตรตำรับที่ 7 และ 9 มีแนวโน้มที่ดี แม้ว่าสูตรตำรับที่ 12 จะไม่มีความ

คงตัวของรูปทรงชีวภัณฑ์หลังเก็บรักษา แต่ปริมาณเชื้อและประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อราสาเหตุโรค ยังอยู่ในระดับที่ดี จึงนำทั้ง 3 สูตรมารับ มาทดสอบประสิทธิภาพการควบคุมโรครากเน่าโคนเน่าระยะกล้าต่อเนื่อง โดยนำเมล็ดคั่วที่ผ่านการล้างเอาสารเคมีที่เคลือบเมล็ดออกด้วยน้ำไหลผ่าน เป็นเวลา 30 นาที เพาะลงในถาดหลุมที่บรรจุดินปลูกหนึ่งหลุมแล้ว เมื่อกล้าผักอายุ 7 วัน ย้ายปลูกแต่ละกรรมวิธีลงในกระถางปลูก ขนาด 4 นิ้ว จากนั้นอีก 3 วัน จึงปลูกเชื้อราสาเหตุโรคด้วยการหยดสปอร์แขวนลอย ปริมาตร 2 มิลลิลิตร บริเวณโคนต้นกล้า (ภาพที่ 4.1.15) วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ แบ่งเป็น 32 กรรมวิธี กรรมวิธีละ 3 ซ้ำ โดยกรรมวิธีที่ 1-2 เป็นชุดควบคุม ไม่มีการใช้ชีวภัณฑ์ กรรมวิธีที่ 3 สารเคมีที่เกษตรกรนิยมใช้ กรรมวิธีที่ 4 ชีวภัณฑ์สูตรเดิม และกรรมวิธีที่ 5 ชีวภัณฑ์การค้า สำหรับกรรมวิธีที่ 6-14, 15-23 และ 24-32 เป็นชีวภัณฑ์สูตรตำรับที่ 7 9 และ 12 ตามลำดับ โดยแบ่งย่อยเป็น (1) การรองก้นหลุมด้วยต้นแบบชีวภัณฑ์ อัตรา 1 2 และ 3 เม็ด/หลุม (2) การรองก้นหลุมด้วยต้นแบบชีวภัณฑ์สูตร อัตรา 1-3 เม็ด/หลุม และใช้ซ้ำบริเวณโคนต้น 1 เม็ด หลังย้ายปลูก 7 วัน และ (3) การรองก้นหลุมด้วยต้นแบบชีวภัณฑ์สูตร อัตรา 1-3 เม็ด/หลุม และใช้ซ้ำบริเวณโคนต้น 1 เม็ด หลังย้ายปลูก 14 วัน (ภาพที่ 4.1.16) รายละเอียดแต่ละกรรมวิธี ดังนี้



ภาพที่ 4.1.15 ขั้นตอนศึกษาวิธีการใช้ต้นแบบชีวภัณฑ์เม็ดละลายน้ำเชื้อแอคติโนมัยซิส *Streptomyces* sp. ไอโซเลต GAR 1 เพื่อป้องกันโรคโคนเน่ารากเน่าของผักในสภาพโรงเรือน



ภาพที่ 4.1.16 วิธีใช้ต้นแบบชีวภัณฑ์เม็ดละลายน้ำที่เชื้อแอคติโนมัยซิส *Streptomyces* sp. ไอโซเลต GAR 1 แบบรองก้นหลุม และใส่บริเวณโคนต้นซ้ำหลังย้ายปลูก

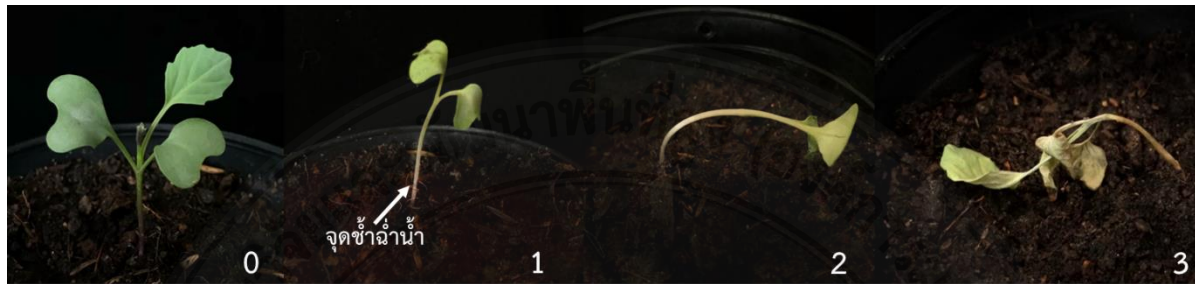
ศึกษาวิธีใช้ต้นแบบชีวภัณฑ์แบบรอกันหลุมและใส่ซ้ำบริเวณโคนต้นกล้า หลังย้ายปลูก 7 14 และ 21 วัน โดยบันทึกระดับความรุนแรงของโรครากเน่าโคนเน่า (ภาพที่ 4.1.17)

ระดับ 0 หมายถึง ไม่เป็นโรค

ระดับ 1 หมายถึง เป็นโรค โดยพบจุดช้ำฉ่ำน้ำบริเวณโคนต้นกล้า

ระดับ 2 หมายถึง เป็นโรค โดยเนื้อเยื่อบริเวณโคนต้น คอดเล็กลง ต้นกล้าหักพับ

ระดับ 3 หมายถึง เป็นโรคจนตาย บางครั้งพบเส้นใยของเชื้อราสาเหตุโรคเจริญขึ้นมา



ภาพที่ 4.1.17 ระดับความรุนแรงของโรครากเน่าโคนเน่าในกล้าคะน้า แบ่งออกเป็น 4 ระดับ

จากนั้น คำนวณค่าเปอร์เซ็นต์ดัชนีการเกิดโรค (Disease Index; %DI) จากสูตร

$$\% \text{ดัชนีการเกิดโรค} = \frac{\text{ผลรวมของการเป็นโรคแต่ละระดับ}}{\text{จำนวนต้นที่สุ่ม}} \times \frac{100}{\text{ระดับสูงสุดของการเป็นโรค}}$$

ข้อมูลแสดงให้เห็นว่า (1) การรอกันหลุมด้วยชีวภัณฑ์ทั้ง 3 สูตร (กรรมวิธีที่ 6-8, 15-17 และ 24-26) สามารถป้องกันโรครากเน่าโคนเน่าได้อย่างมีประสิทธิภาพ ไม่พบโรคหลังย้ายปลูกจนกระทั่งกล้าคะน้าอายุ 28 วัน หรือ 21 วันหลังการย้ายปลูก (2) การใช้ชีวภัณฑ์สูตรตำรับที่ 7 และ 9 โดยรอกันหลุมร่วมกับการใช้ซ้ำบริเวณโคนต้น หลังย้ายปลูกกล้า 7 วัน หรือต้นกล้าอายุ 14 วัน (กรรมวิธีที่ 9-11 และ 18-20) พบว่าเกิดอาการเน่า (คะน้าอายุ 21 วัน) คล้ายกับการเกิดโรคระดับที่ 1 แต่ไม่พบจุดช้ำฉ่ำน้ำบริเวณโคนต้น ฉะนั้นอาการเน่าของกล้าคะน้านี้ น่าจะไม่ได้เกิดจากเชื้อราสาเหตุโรค แต่เกิดจากการใส่เม็ดชีวภัณฑ์ลงไปบริเวณโคนต้นซึ่งส่วนประกอบของชีวภัณฑ์ส่งผลต่อกล้าคะน้าที่ยังมีอายุน้อย (14 วัน) และพีชอ่อนแอ เชื้อราสาเหตุโรคจึงเข้าทำลายภายหลัง สังเกตจากค่าเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคเมื่อกล้าอายุ 28 วัน แต่ความรุนแรงของโรคระดับที่ 1 เท่านั้น หากใช้ซ้ำบริเวณโคนต้น หลังย้ายปลูก 14 วัน หรือกล้าอายุ 21 วัน (กรรมวิธีที่ 12-14 และ 21-23) กล้าคะน้าไม่แสดงอาการเน่าให้เห็น ไม่พบการเกิดโรครากเน่าโคนเน่าจากเชื้อราสาเหตุ แสดงให้เห็นว่าชีวภัณฑ์เม็ดละลายน้ำ อาจมีผลต่อกล้าคะน้าที่ยังมีอายุน้อย (3) การรอกันหลุมด้วยสูตรตำรับที่ 12 ร่วมกับการใช้ซ้ำบริเวณโคนต้น หลังย้ายปลูก 7 และ 14 วัน (กรรมวิธีที่ 27-32) สามารถป้องกันการเกิดโรคได้ 100 เปอร์เซ็นต์ มีประสิทธิภาพดีกว่าชีวภัณฑ์จากผลงานวิจัยสูตรเดิม (พีพี-สเตอร์ปโต) ชีวภัณฑ์การค้าไตรซาน และสารเคมี

การค้า เมทาแลกซิล อย่างไรก็ตามหลังเก็บรักษาสูตรตำรับนี้ตั้งแต่ 2 เดือนขึ้นไป เม็ดชีวภัณฑ์มีรูปทรงไม่เหมือนเดิม สลายตัวกลายเป็นผงเหมือนก่อนการอัดเป็นเม็ด จึงน่ามีผลต่อการนำไปใช้ (ตารางที่ 4.1.10)

ตารางที่ 4.1.10 เปอร์เซนต์ดัชนีการเกิดโรครากเน่าโคนเน่าของต้นกล้าคะน้าในแต่ละกรรมวิธี

กรรมวิธี	เปอร์เซ็นต์การเกิดโรครากเน่าโคนเน่าระยะหลังย้ายปลูก (%)		
	7 วัน (กล้าอายุ 14 วัน)	14 วัน (กล้าอายุ 21 วัน)	21 วัน (กล้าอายุ 28 วัน)
1	100.00	100.00	100.00
2	0.00	0.00	0.00
3	7.41	37.03	48.14
4	0.00	14.81	29.63
5	0.00	7.41	29.63
6	0.00	0.00	0.00
7	0.00	0.00	0.00
8	0.00	0.00	0.00
9	-	11.11	18.57
10	-	11.11	14.81
11	-	14.81	14.81
12	-	-	0.00
13	-	-	0.00
14	-	-	0.00
15	0.00	0.00	0.00
16	0.00	0.00	0.00
17	0.00	0.00	0.00
18	-	14.81	18.57
19	-	14.81	18.57
20	-	11.11	14.81
21	-	-	0.00
22	-	-	0.00
23	-	-	0.00
24	0.00	0.00	0.00
25	0.00	0.00	0.00

กรรมวิธี	เปอร์เซ็นต์การเกิดโรครากเน่าโคนเน่าระยะหลังย้ายปลูก (%)		
	7 วัน (กล้าอายุ 14 วัน)	14 วัน (กล้าอายุ 21 วัน)	21 วัน (กล้าอายุ 28 วัน)
26	0.00	0.00	0.00
27	-	0.00	0.00
28	-	0.00	0.00
29	-	0.00	0.00
30	-	-	0.00
31	-	-	0.00
32	-	-	0.00

- ไม่มีข้อมูล เนื่องจากการทดสอบช่วงแรกเหมือนกรรมวิธีรองกันหลุม และข้อมูลจะปรากฏหลังใส่ชีวภัณฑ์ซ้ำ

กรรมวิธี

- 1 ชุดควบคุม (ปลูกเชื้อสาเหตุโรค)
- 2 ชุดควบคุม (ไม่ปลูกเชื้อสาเหตุโรค)
- 3 สารเคมีการค้า เมทาแลกซิล อัตรา 10 กรัม/น้ำ 20 ลิตร
- 4 สารชีวภัณฑ์จากผลงานวิจัยสูตรเดิม (พีพี-สเตอร์ปโต) อัตรา 1 กรัม/ต้น
- 5 สารชีวภัณฑ์การค้า ไตรซาน อัตรา 150 กรัมต่อน้ำ 20 ลิตร
- 6 รองกันหลุมด้วยต้นแบบชีวภัณฑ์สูตร 7 อัตรา 1 เม็ด/หลุม
- 7 รองกันหลุมด้วยต้นแบบชีวภัณฑ์สูตร 7 อัตรา 2 เม็ด/หลุม
- 8 รองกันหลุมด้วยต้นแบบชีวภัณฑ์สูตร 7 อัตรา 3 เม็ด/หลุม
- 9 รองกันหลุมด้วยต้นแบบชีวภัณฑ์สูตร 7 อัตรา 1 เม็ด/หลุม และใช้ซ้ำบริเวณโคนต้น 1 เม็ด หลังย้ายปลูก 7 วัน
- 10 รองกันหลุมด้วยต้นแบบชีวภัณฑ์สูตร 7 อัตรา 2 เม็ด/หลุม และใช้ซ้ำบริเวณโคนต้น 1 เม็ด หลังย้ายปลูก 7 วัน
- 11 รองกันหลุมด้วยต้นแบบชีวภัณฑ์สูตร 7 อัตรา 3 เม็ด/หลุม และใช้ซ้ำบริเวณโคนต้น 1 เม็ด หลังย้ายปลูก 7 วัน
- 12 รองกันหลุมด้วยต้นแบบชีวภัณฑ์สูตร 7 อัตรา 1 เม็ด/หลุม และใช้ซ้ำบริเวณโคนต้น 1 เม็ด หลังย้ายปลูก 14 วัน
- 13 รองกันหลุมด้วยต้นแบบชีวภัณฑ์สูตร 7 อัตรา 2 เม็ด/หลุม และใช้ซ้ำบริเวณโคนต้น 1 เม็ด หลังย้ายปลูก 14 วัน
- 14 รองกันหลุมด้วยต้นแบบชีวภัณฑ์สูตร 7 อัตรา 3 เม็ด/หลุม และใช้ซ้ำบริเวณโคนต้น 1 เม็ด หลังย้ายปลูก 14 วัน

- 15 รongkhanhlumdaytanbae chivathanhsut 9 attra 1 med/hlum

16 รongkhanhlumdaytanbae chivathanhsut 9 attra 2 med/hlum

17 รongkhanhlumdaytanbae chivathanhsut 9 attra 3 med/hlum

18 รongkhanhlumdaytanbae chivathanhsut 9 attra 1 med/hlum และใช้ซ้ำบริเวณโคนต้น 1 เม็ด
หลังย้ายปลูก 7 วัน

19 รongkhanhlumdaytanbae chivathanhsut 9 attra 2 med/hlum และใช้ซ้ำบริเวณโคนต้น 1 เม็ด
หลังย้ายปลูก 7 วัน

20 รongkhanhlumdaytanbae chivathanhsut 9 attra 3 med/hlum และใช้ซ้ำบริเวณโคนต้น 1 เม็ด
หลังย้ายปลูก 7 วัน

21 รongkhanhlumdaytanbae chivathanhsut 9 attra 1 med/hlum และใช้ซ้ำบริเวณโคนต้น 1 เม็ด
หลังย้ายปลูก 14 วัน

22 รongkhanhlumdaytanbae chivathanhsut 9 attra 2 med/hlum และใช้ซ้ำบริเวณโคนต้น 1 เม็ด
หลังย้ายปลูก 14 วัน

23 รongkhanhlumdaytanbae chivathanhsut 9 attra 3 med/hlum และใช้ซ้ำบริเวณโคนต้น 1 เม็ด
หลังย้ายปลูก 14 วัน

24 รongkhanhlumdaytanbae chivathanhsut 12 attra 1 med/hlum

25 รongkhanhlumdaytanbae chivathanhsut 12 attra 2 med/hlum

26 รongkhanhlumdaytanbae chivathanhsut 12 attra 3 med/hlum

27 รongkhanhlumdaytanbae chivathanhsut 12 attra 1 med/hlum และใช้ซ้ำบริเวณโคนต้น 1 เม็ด
หลังย้ายปลูก 7 วัน

28 รongkhanhlumdaytanbae chivathanhsut 12 attra 2 med/hlum และใช้ซ้ำบริเวณโคนต้น 1 เม็ด
หลังย้ายปลูก 7 วัน

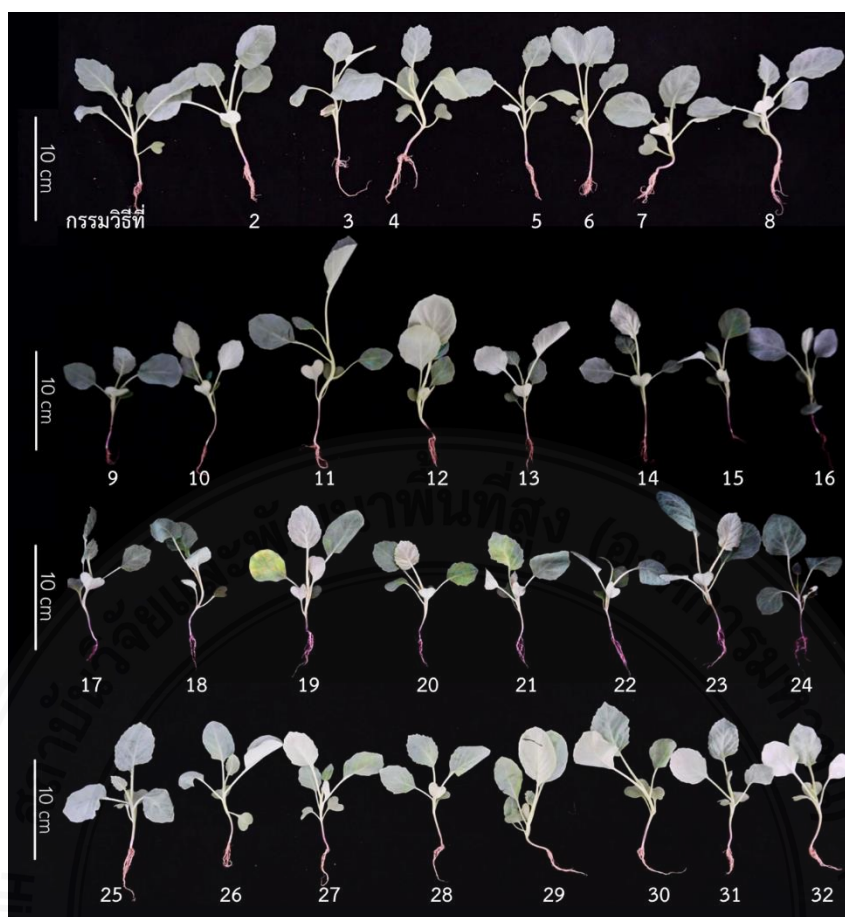
29 รongkhanhlumdaytanbae chivathanhsut 12 attra 3 med/hlum และใช้ซ้ำบริเวณโคนต้น 1 เม็ด
หลังย้ายปลูก 7 วัน

30 รongkhanhlumdaytanbae chivathanhsut 12 attra 1 med/hlum และใช้ซ้ำบริเวณโคนต้น 1 เม็ด
หลังย้ายปลูก 14 วัน

31 รongkhanhlumdaytanbae chivathanhsut 12 attra 2 med/hlum และใช้ซ้ำบริเวณโคนต้น 1 เม็ด
หลังย้ายปลูก 14 วัน

32 รongkhanhlumdaytanbae chivathanhsut 12 attra 3 med/hlum และใช้ซ้ำบริเวณโคนต้น 1 เม็ด
หลังย้ายปลูก 14 วัน

ผลการเจริญเติบโตของกล้าคะน้า อายุ 28 วัน ได้แก่ ความสูงต้น ความยาวราก น้ำหนักสด และ น้ำหนักแห้ง แต่ละกรรมวิธี และวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ แสดงดังภาพที่ 4.1.18 และตารางที่ 4.1.11 พบว่า (1) ความสูง ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P=0.63$) โดยการ รองกันหลุมด้วยต้นแบบชีวภัณฑ์สูตรตำรับที่ 12 อัตรา 2 เม็ด/หลุม และใช้ซ้ำบริเวณโคนต้น 1 เม็ด หลังย้าย ปลูกลง 14 วัน (กรรมวิธีที่ 31) ส่งผลให้กล้าคะน้ามีความสูงต้นมากที่สุด 12.8 เซนติเมตร รองลงมาคือการรอง กันหลุมด้วยต้นแบบชีวภัณฑ์สูตรตำรับที่ 12 อัตรา 3 เม็ด/หลุม และใช้ซ้ำบริเวณโคนต้น 1 เม็ด หลังย้ายปลูกลง 14 วัน (กรรมวิธีที่ 32) มีความสูงต้น 12.0 เซนติเมตร ซึ่งทั้ง 2 กรรมวิธีนี้แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับการใช้ชีว ภัณฑ์จากผลงานวิจัยสูตรเดิม หรือพีพี-สเตอร์ไบโต (กรรมวิธีที่ 4) มีความสูงต้น 10.5 เซนติเมตร (2) ความยาว ราก แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยการรองกันหลุมด้วยต้นแบบชีวภัณฑ์สูตรตำรับที่ 9 อัตรา 2 เม็ด/หลุม (กรรมวิธีที่ 16) และการรองกันหลุมด้วยต้นแบบชีวภัณฑ์สูตรตำรับที่ 12 อัตรา 3 เม็ด/หลุม และใช้ ซ้ำบริเวณโคนต้น 1 เม็ด หลังย้ายปลูกลง 14 วัน (กรรมวิธีที่ 32) ทำให้กล้าคะน้ามีความยาวรากมากที่สุด 5.5 เซนติเมตร รองลงมาคือ การรองกันหลุมด้วยต้นแบบชีวภัณฑ์สูตรตำรับ 7 อัตรา 2 เม็ด/หลุม (กรรมวิธีที่ 7) แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับชีวภัณฑ์จากผลงานวิจัยสูตรเดิม (กรรมวิธีที่ 4) มีความสูงต้น 3.8 เซนติเมตร (3) น้ำหนักสด แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยการรองกันหลุมด้วยต้นแบบชีวภัณฑ์สูตรตำรับที่ 12 อัตรา 3 เม็ด/หลุม และใช้ซ้ำบริเวณโคนต้น 1 เม็ด หลังย้ายปลูกลง 14 วัน (กรรมวิธีที่ 32) และการรองกันหลุม ด้วยต้นแบบชีวภัณฑ์สูตรตำรับที่ 12 อัตรา 1 เม็ด/หลุม และใช้ซ้ำบริเวณโคนต้น 1 เม็ด หลังย้ายปลูกลง 14 วัน (กรรมวิธีที่ 30) ส่งผลให้กล้าคะน้ามีน้ำหนักสดมากที่สุด 1.13 และ 1.12 กรัมต่อต้น ตามลำดับ ซึ่งไม่แตกต่าง กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับชีวภัณฑ์สูตรเดิม (กรรมวิธีที่ 4) ที่กล้าคะน้ามีน้ำหนักสด 1.09 กรัมต่อต้น (4) น้ำหนักแห้ง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยการรองกันหลุมด้วยต้นแบบชีวภัณฑ์สูตรตำรับที่ 9 อัตรา 2 เม็ด/หลุม และใช้ซ้ำบริเวณโคนต้น 1 เม็ด หลังย้ายปลูกลง 14 วัน (กรรมวิธีที่ 22) ทำให้กล้าคะน้ามี น้ำหนักแห้งมากที่สุด 0.12 กรัมต่อต้น รองลงมาคือการรองกันหลุมด้วยต้นแบบชีวภัณฑ์สูตรตำรับที่ 7 อัตรา 1 เม็ด/หลุม (กรรมวิธีที่ 6) การรองกันหลุมด้วยต้นแบบชีวภัณฑ์สูตรตำรับที่ 12 อัตรา 3 เม็ด/หลุม และใช้ซ้ำ บริเวณโคนต้น 1 เม็ด หลังย้ายปลูกลง 14 วัน (กรรมวิธีที่ 32) การรองกันหลุมด้วยชีวภัณฑ์จากผลงานวิจัยสูตร เดิม (กรรมวิธีที่ 4) และการรองกันหลุมด้วยต้นแบบชีวภัณฑ์สูตรตำรับที่ 7 อัตรา 3 เม็ด/หลุม (กรรมวิธีที่ 8)



ภาพที่ 4.1.18 ลักษณะการเจริญเติบโตของกล้าค่น้ำอายุ 28 วัน หลังทดสอบในแต่ละกรรมวิธี

ตารางที่ 4.1.11 เปอร์เซ็นต์การเกิดโรครากเน่าโคนเน่าของต้นกล้าค่น้ำ

กรรมวิธี	การเจริญเติบโตของกล้าค่น้ำอายุ 28 วัน			
	ความสูงต้น (ซม.)	ความยาวราก (ซม.)	น้ำหนักสดต่อต้น (กรัม)	น้ำหนักแห้งต่อต้น(กรัม)
1	-	-	-	-
2	10.2 bc	2.3 h	0.71 hi	0.04 gh
3	8.5 c	3.5 efg	0.40 j	0.03 h
4	10.5 bc	3.8 defg	1.09 ab	0.11 abc
5	11.0 ab	3.2 g	0.80 defghi	0.08 bcdef
6	11.2 ab	4.5 bcd	0.85 cdefgh	0.11 ab
7	11.0 ab	5.3 a	0.83 defgh	0.09 abcde
8	11.1 ab	3.9 defg	0.86 cdefgh	0.11 abc
9	11.0 ab	3.8 defg	0.79 efghi	0.07 efg
10	10.7 abc	3.9 defg	0.68 hi	0.07 defg

กรรมวิธี	การเจริญเติบโตของกล้าคะน้าอายุ 28 วัน			
	ความสูงต้น (ซม.)	ความยาวราก (ซม.)	น้ำหนักสดต่อต้น (กรัม)	น้ำหนักแห้งต่อต้น(กรัม)
11	10.8 ab	4.1 def	0.64 i	0.06 fgh
12	11.5 ab	3.5 efg	0.92 bcdef	0.08 bcdef
13	10.5 bc	3.4 fg	0.79 efghi	0.09 abcde
14	11.5 ab	3.8 defg	0.82 defghi	0.08 bcdef
15	10.0 bc	4.0 def	0.79 efghi	0.09 abcdef
16	11.3 ab	5.5 a	0.69 hi	0.08 bcdef
17	11.2 ab	3.5 efg	0.69 hi	0.07 efg
18	11.0 ab	4.5 bcd	0.75 fghi	0.08 bcdef
19	11.7 ab	4.5 bcd	0.82 defghi	0.08 bcdef
20	11.0 ab	4.5 bcd	0.79 efghi	0.08 bcdef
21	11.2 ab	4.5 bcd	0.84 defgh	0.09 abcdef
22	11.0 ab	4.0 def	1.03 abc	0.12 a
23	11.3 ab	4.5 bcd	0.83 defgh	0.08 bcdef
24	10.2 bc	4.2 de	0.98 abcd	0.09 abcdef
25	10.7 abc	4.5 bcd	0.95 abcde	0.09 abcdef
26	10.5 bc	4.0 def	0.73 ghi	0.07 efg
27	10.3 bc	5.2 ab	0.78 efghi	0.09 abcdef
28	10.3 bc	4.3 cd	0.77 efghi	0.08 cdef
29	10.5 bc	5.0 abc	0.85 cdefgh	0.10 abcd
30	11.2 ab	3.5 efg	1.12 a	0.09 abcdef
31	12.8 a	4.5 bcd	0.90 cdefg	0.10 abcd
32	12.0 ab	5.5 a	1.13 a	0.11 ab
CV (%)	12.32	11.18	13.87	23.15
LSD _{0.05}	2.189	0.7612	0.1873	0.0319

4.2 โครงการย่อยที่ 2 การเพิ่มประสิทธิภาพและอายุการเก็บรักษาต้นแบบผลิตภัณฑ์ชีวภาพกำจัดวัชพืชชนิดสำคัญบนพื้นที่สูง

4.2.1 กิจกรรมวิจัยที่ 1 คัดเลือกสารเติมแต่งเพื่อรักษาสภาพหรือสารเพิ่มประสิทธิภาพการออกฤทธิ์

เตรียมสารสกัดหยาบจากผงต้นสระแหน่อบแห้งตามขั้นตอนจากงานวิจัย จนได้ของเหลวลักษณะใสสีน้ำตาลเข้ม จากนั้นนำไปศึกษาลักษณะทางกายภาพและทางเคมีของสารสกัดสระแหน่หลังเติมสารรักษาสภาพหรือสารเพิ่มประสิทธิภาพแต่ละชนิดคือ Ascorbic acid, Tocopherol, Butylated hydroxytoluene (BHT), Beta hydroxy acid (BHA), 95% Ethyl alcohol และน้ำส้มสายชู เปรียบเทียบความเข้มข้น 0.1, 0.5, 1 และ 5% โดยมวล พบว่าสารสกัดสระแหน่หลังเติมสารรักษาสภาพหรือสารเพิ่มประสิทธิภาพทุกชนิดมีสีน้ำตาลและมึนกลืนไม่แตกต่างจากชุดควบคุม ส่วนการศึกษาการละลายของสารรักษาสภาพหรือสารเพิ่มประสิทธิภาพพบว่า Ascorbic acid, Tocopherol, 95% Ethyl alcohol และน้ำส้มสายชู สามารถละลายได้ในสารสกัดสระแหน่และไม่เป็นตะกอน แต่ BHT และ BHA ไม่ละลายและยังคงเป็นตะกอน สารสกัดสระแหน่มีค่าความเป็นกรดต่าง 6.04 เมื่อเติมสารรักษาสภาพหรือสารเพิ่มประสิทธิภาพแต่ละชนิดในแต่ละความเข้มข้นจะทำให้ค่าความเป็นกรดต่างมีแนวโน้มลดลง ซึ่งพบการลดลงไม่มากในการเติม Tocopherol, BHT และ 95% Ethyl alcohol โดยการเติม 0.1%, 0.5%, 1% และ 5% Tocopherol มีค่าความเป็นกรดต่าง 5.85, 5.89, 5.88 และ 5.88 ตามลำดับ การเติม 0.1%, 0.5%, 1% และ 5% BHT มีค่าความเป็นกรดต่าง 5.69, 5.71, 5.59 และ 5.68 ตามลำดับ การเติม 0.1%, 0.5%, 1% และ 5% 95% Ethyl alcohol มีค่าความเป็นกรดต่าง 5.88, 5.87, 5.79 และ 5.91 ตามลำดับ ในขณะที่การเติม Ascorbic acid, BHA และน้ำส้มสายชูทำให้ค่าความเป็นกรดต่างลดลงมาก โดยการเติม 0.1%, 0.5%, 1% และ 5% Ascorbic acid มีค่าความเป็นกรดต่าง 5.26, 4.68, 4.36 และ 3.59 ตามลำดับ การเติม 0.1%, 0.5%, 1% และ 5% BHA มีค่าความเป็นกรดต่าง 5.17, 4.13, 3.44 และ 3.07 ตามลำดับ การเติม 0.1%, 0.5%, 1% และ 5% น้ำส้มสายชู มีค่าความเป็นกรดต่าง 5.61, 4.17, 3.55, 3.23 ตามลำดับ ดังตารางที่ 4.2.1 และลักษณะทางกายภาพแสดงดังภาพที่ 4.2.1

ตารางที่ 4.2.1 ผลค่าความเป็นกรดต่างและการละลายน้ำของสารสกัดสระแหน่หลังเติมสารรักษาสภาพหรือสารเพิ่มประสิทธิภาพ

ข้อสังเกต: ชุดควบคุม (ไม่เติมสารเสริม) หมายถึง สารสกัดสระแหน่ หรือน้ำเปล่าคะ แล้วถ้าเป็นสระแหน่ ชุดควบคุมแบบเป็นน้ำเปล่ามีหรือไม่ เพราะผลการทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดสามารถควบคุมได้ 100% ทุกกรรมวิธี และทุกชนิดพืช (แต่หากดูภาพ 4.2.2 ประกอบ ชุดควบคุม กับ สารสกัดสระแหน่ จะแยกกันคะ)

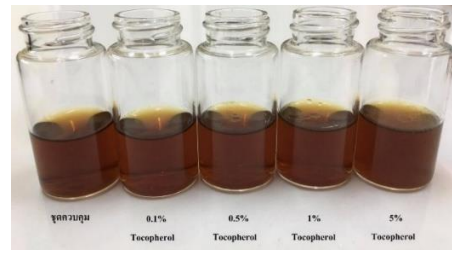
กรรมวิธี	ความเป็นกรดต่าง ^{1/}	การละลาย
สารสกัดสระแหน่ (ไม่เติมสารเสริม)	6.04 a	-
0.1% Ascorbic acid	5.26 g	ละลายและไม่เป็นตะกอน
0.5% Ascorbic acid	4.68 i	ละลายและไม่เป็นตะกอน
1% Ascorbic acid	4.36 j	ละลายและไม่เป็นตะกอน
5% Ascorbic acid	3.59 l	ละลายและไม่เป็นตะกอน
0.1% Tocopherol	5.85 bc	ละลายและไม่เป็นตะกอน
0.5% Tocopherol	5.89 b	ละลายและไม่เป็นตะกอน

กรรมวิธี	ความเป็นกรดต่าง ^{1/}	การละลาย
1% Tocopherol	5.88 b	ละลายและไม่เป็นตะกอน
5% Tocopherol	5.88 b	ละลายและไม่เป็นตะกอน
0.1% BHT	5.69 d	ไม่ละลายและเป็นตะกอน
0.5% BHT	5.71 d	ไม่ละลายและเป็นตะกอน
1% BHT	5.59 f	ไม่ละลายและเป็นตะกอน
5% BHT	5.68 de	ไม่ละลายและเป็นตะกอน
0.1% BHA	5.17 h	ไม่ละลายและเป็นตะกอน
0.5% BHA	4.13 k	ไม่ละลายและเป็นตะกอน
1% BHA	3.44 m	ไม่ละลายและเป็นตะกอน
5% BHA	3.07 o	ไม่ละลายและเป็นตะกอน
0.1% 95% Ethyl alcohol	5.88 b	ละลายและไม่เป็นตะกอน
0.5% 95% Ethyl alcohol	5.87 b	ละลายและไม่เป็นตะกอน
1% 95% Ethyl alcohol	5.79 c	ละลายและไม่เป็นตะกอน
5% 95% Ethyl alcohol	5.91 b	ละลายและไม่เป็นตะกอน
0.1% น้ำส้มสายชู	5.61 ef	ละลายและไม่เป็นตะกอน
0.5% น้ำส้มสายชู	4.17 k	ละลายและไม่เป็นตะกอน
1% น้ำส้มสายชู	3.55 l	ละลายและไม่เป็นตะกอน
5% น้ำส้มสายชู	3.23 n	ละลายและไม่เป็นตะกอน
CV (%)	0.69	-
LSD _{0.05}	0.350	-

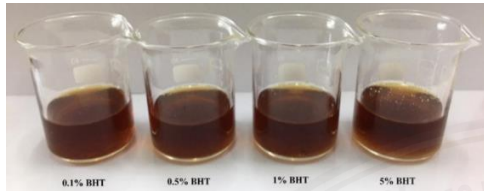
^{1/} คัดจากค่าเฉลี่ย 3 ซ้ำ และค่าที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันในสัณฐานเดียวกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเปรียบเทียบโดยวิธี Least Significant Difference ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%



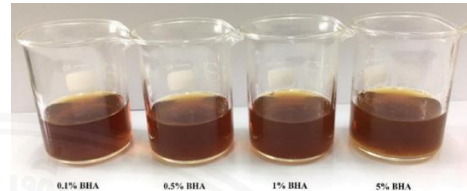
(ก)



(ข)



(ค)



(ง)

ภาพที่ 4.2.1 ลักษณะทางกายภาพของสารสกัดสะระแหน่หลังเติม (ก) Ascorbic acid (ข) Tocopherol (ค) BHT และ (ง) BHA

การทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดสะระแหน่ในห้องปฏิบัติการหลังจากเติมสารรักษาสภาพหรือสารเพิ่มประสิทธิภาพต่อการยับยั้งเมล็ดวัชพืช 3 ชนิด ได้แก่ ผักโขม (*Amaranthus viridis*), ตีนตุ๊กแก (*Tridax procumbens*) และหญ้าตีนกา (*Eleusine indica*) ในระยะก่อนและหลังเมล็ดงอก วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ แบ่งเป็น 25 กรรมวิธี จำนวน 3 ซ้ำ ซ้ำละ 30 เมล็ด โดยบันทึกผลหลังการทดสอบ 7 วัน พบว่าสารสกัดสะระแหน่ที่เติม Ascorbic acid, Tocopherol, Butylated hydroxytoluene (BHT), Beta hydroxy acid (BHA), 95% Ethyl alcohol และน้ำส้มสายชู ที่ความเข้มข้น 0.1, 0.5, 1 และ 5% โดยมวล ยังคงให้ผลการยับยั้งเมล็ดวัชพืช 3 ชนิด 100% ทั้งระยะก่อนและหลังเมล็ดงอก เช่นเดียวกับชุดควบคุม ดังตารางที่ 4.2.2-4.2.4

ตารางที่ 4.2.2 ผลทดสอบประสิทธิภาพการยับยั้งการงอกและการเจริญวัชพืชผักโขม (*Amaranthus viridis*) ในระยะก่อนและหลังเมล็ดงอกระยะเวลา 7 วัน

กรรมวิธี	การยับยั้งในระยะก่อนงอก (%)	การยับยั้งในระยะหลังงอก (%)
สารสกัดสะระแหน่ (ไม่เติมสารเสริม)	100	100
0.1% Ascorbic acid	100	100
0.5% Ascorbic acid	100	100
1% Ascorbic acid	100	100
5% Ascorbic acid	100	100
0.1% Tocopherol	100	100
0.5% Tocopherol	100	100

กรรมวิธี	การยับยั้งในระยะก่อนงอก (%)	การยับยั้งในระยะหลังงอก (%)
1% Tocopherol	100	100
5% Tocopherol	100	100
0.1% BHT	100	100
0.5% BHT	100	100
1% BHT	100	100
5% BHT	100	100
0.1% BHA	100	100
0.5% BHA	100	100
1% BHA	100	100
5% BHA	100	100
0.1% 95% Ethyl alcohol	100	100
0.5% 95% Ethyl alcohol	100	100
1% 95% Ethyl alcohol	100	100
5% 95% Ethyl alcohol	100	100
0.1% น้ำส้มสายชู	100	100
0.5% น้ำส้มสายชู	100	100
1% น้ำส้มสายชู	100	100
5% น้ำส้มสายชู	100	100

ตารางที่ 4.2.3 ผลทดสอบประสิทธิภาพการยับยั้งการงอกและการเจริญวัชพืชตีนตุ๊กแก (*Tridax procumbens*) ในระยะก่อนและหลังเมล็ดงอกระยะเวลา 7 วัน

กรรมวิธี	การยับยั้งในระยะก่อนงอก (%)	การยับยั้งในระยะหลังงอก (%)
สารสกัดสะระแหน่ (ไม่เติมสารเสริม)	100	100
0.1% Ascorbic acid	100	100
0.5% Ascorbic acid	100	100
1% Ascorbic acid	100	100
5% Ascorbic acid	100	100
0.1% Tocopherol	100	100
0.5% Tocopherol	100	100

กรรมวิธี	การยับยั้งในระยะก่อนงอก (%)	การยับยั้งในระยะหลังงอก (%)
1% Tocopherol	100	100
5% Tocopherol	100	100
0.1% BHT	100	100
0.5% BHT	100	100
1% BHT	100	100
5% BHT	100	100
0.1% BHA	100	100
0.5% BHA	100	100
1% BHA	100	100
5% BHA	100	100
0.1% 95% Ethyl alcohol	100	100
0.5% 95% Ethyl alcohol	100	100
1% 95% Ethyl alcohol	100	100
5% 95% Ethyl alcohol	100	100
0.1% น้ำส้มสายชู	100	100
0.5% น้ำส้มสายชู	100	100
1% น้ำส้มสายชู	100	100
5% น้ำส้มสายชู	100	100

ตารางที่ 4.2.4 ผลทดสอบประสิทธิภาพการยับยั้งการงอกและการเจริญวัชพืชหญ้าตีนกา (*Eleusine indica*) ในระยะก่อนและหลังเมล็ดงอกระยะเวลา 7 วัน

กรรมวิธี	การยับยั้งในระยะก่อนงอก (%)	การยับยั้งในระยะหลังงอก (%)
สารสกัดสะระแหน่ (ไม่เติมสารเสริม)	100	100
0.1% Ascorbic acid	100	100
0.5% Ascorbic acid	100	100
1% Ascorbic acid	100	100
5% Ascorbic acid	100	100
0.1% Tocopherol	100	100
0.5% Tocopherol	100	100

กรรมวิธี	การยับยั้งในระยะก่อนงอก (%)	การยับยั้งในระยะหลังงอก (%)
1% Tocopherol	100	100
5% Tocopherol	100	100
0.1% BHT	100	100
0.5% BHT	100	100
1% BHT	100	100
5% BHT	100	100
0.1% BHA	100	100
0.5% BHA	100	100
1% BHA	100	100
5% BHA	100	100
0.1% 95% Ethyl alcohol	100	100
0.5% 95% Ethyl alcohol	100	100
1% 95% Ethyl alcohol	100	100
5% 95% Ethyl alcohol	100	100
0.1% น้ำส้มสายชู	100	100
0.5% น้ำส้มสายชู	100	100
1% น้ำส้มสายชู	100	100
5% น้ำส้มสายชู	100	100

4.2.2 กิจกรรมวิจัยที่ 2 ทดสอบประสิทธิภาพของต้นแบบสารชีวภัณฑ์ในการกำจัดวัชพืชหลังการผลิตทันที และหลังการผลิตทุก 2 เดือน เพื่อศึกษาอายุการเก็บรักษาในห้องปฏิบัติการ

สารสกัดสะระแหน่ที่เติมสารรักษาสภาพหรือสารเพิ่มประสิทธิภาพและเก็บรักษานาน 2, 4 และ 6 เดือน ยังคงให้ผลการกำจัดวัชพืชทั้ง 3 ชนิด 100% ได้แก่ ผักโขม (*Amaranthus viridis*), ตีนตุ๊กแก (*Tridax procumbens*) และหญ้าตีนกา (*Eleusine indica*) ทั้งในระยะก่อน (ยับยั้งการงอก) และหลังเมล็ดงอก (ยับยั้งการเจริญของต้น) ผลการทดลองดังตารางที่ 4.2.5-4.2.13 และลักษณะการยับยั้งแสดงดังภาพที่ 4.2.2-4.2.4

ตารางที่ 4.2.5 ผลการทดสอบประสิทธิภาพสารสกัดสะระแหน่หลังเติมสารรักษาสภาพหรือสารเพิ่มประสิทธิภาพที่มีอายุการเก็บรักษา 2 เดือน ต่อวัชพืชผักโขม (*Amaranthus viridis*)

กรรมวิธี	การยับยั้งในระยะก่อนงอก (%)	การยับยั้งในระยะหลังงอก (%)
สารสกัดสะระแหน่ (ไม่เติมสารเสริม)	100	100

กรรมวิธี	การยับยั้งในระยะก่อนงอก (%)	การยับยั้งในระยะหลังงอก (%)
0.1% Ascorbic acid	100	100
0.5% Ascorbic acid	100	100
1% Ascorbic acid	100	100
5% Ascorbic acid	100	100
0.1% Tocopherol	100	100
0.5% Tocopherol	100	100
1% Tocopherol	100	100
5% Tocopherol	100	100
0.1% BHT	100	100
0.5% BHT	100	100
1% BHT	100	100
5% BHT	100	100
0.1% BHA	100	100
0.5% BHA	100	100
1% BHA	100	100
5% BHA	100	100
0.1% 95% Ethyl alcohol	100	100
0.5% 95% Ethyl alcohol	100	100
1% 95% Ethyl alcohol	100	100
5% 95% Ethyl alcohol	100	100
0.1% น้ำส้มสายชู	100	100
0.5% น้ำส้มสายชู	100	100
1% น้ำส้มสายชู	100	100
5% น้ำส้มสายชู	100	100

ตารางที่ 4.2.6 ผลการทดสอบประสิทธิภาพสารสกัดสะระแหน่หลังเติมสารรักษาสภาพหรือสารเพิ่มประสิทธิภาพที่มีอายุการเก็บรักษา 4 เดือน ต่อวัชพืชผักโขม (*Amaranthus viridis*)

กรรมวิธี	การยับยั้งในระยะก่อนงอก (%)	การยับยั้งในระยะหลังงอก (%)
สารสกัดสะระแหน่ (ไม่เติมสารเสริม)	100	100
0.1% Ascorbic acid	100	100

กรรมวิธี	การยับยั้งในระยะก่อนงอก (%)	การยับยั้งในระยะหลังงอก (%)
0.5% Ascorbic acid	100	100
1% Ascorbic acid	100	100
5% Ascorbic acid	100	100
0.1% Tocopherol	100	100
0.5% Tocopherol	100	100
1% Tocopherol	100	100
5% Tocopherol	100	100
0.1% BHT	100	100
0.5% BHT	100	100
1% BHT	100	100
5% BHT	100	100
0.1% BHA	100	100
0.5% BHA	100	100
1% BHA	100	100
5% BHA	100	100
0.1% 95% Ethyl alcohol	100	100
0.5% 95% Ethyl alcohol	100	100
1% 95% Ethyl alcohol	100	100
5% 95% Ethyl alcohol	100	100
0.1% น้ำส้มสายชู	100	100
0.5% น้ำส้มสายชู	100	100
1% น้ำส้มสายชู	100	100
5% น้ำส้มสายชู	100	100

ตารางที่ 4.2.7 ผลการทดสอบประสิทธิภาพสารสกัดสระระแนห์หลังเติมสารรักษาสภาพหรือสารเพิ่มประสิทธิภาพที่มีอายุการเก็บรักษา 6 เดือน ต่อวัชพืชผักโขม (*Amaranthus viridis*)

กรรมวิธี	การยับยั้งในระยะก่อนงอก (%)	การยับยั้งในระยะหลังงอก (%)
สารสกัดสระระแนห์ (ไม่เติมสารเสริม)	100	100
0.1% Ascorbic acid	100	100
0.5% Ascorbic acid	100	100

กรรมวิธี	การยับยั้งในระยะก่อนงอก (%)	การยับยั้งในระยะหลังงอก (%)
1% Ascorbic acid	100	100
5% Ascorbic acid	100	100
0.1% Tocopherol	100	100
0.5% Tocopherol	100	100
1% Tocopherol	100	100
5% Tocopherol	100	100
0.1% BHT	100	100
0.5% BHT	100	100
1% BHT	100	100
5% BHT	100	100
0.1% BHA	100	100
0.5% BHA	100	100
1% BHA	100	100
5% BHA	100	100
0.1% 95% Ethyl alcohol	100	100
0.5% 95% Ethyl alcohol	100	100
1% 95% Ethyl alcohol	100	100
5% 95% Ethyl alcohol	100	100
0.1% น้ำส้มสายชู	100	100
0.5% น้ำส้มสายชู	100	100
1% น้ำส้มสายชู	100	100
5% น้ำส้มสายชู	100	100

ตารางที่ 4.2.8 ผลการทดสอบประสิทธิภาพสารสกัดสระระแนห์หลังเติมสารรักษาสภาพหรือสารเพิ่มประสิทธิภาพที่มีอายุการเก็บรักษา 2 เดือน ต่อวัชพืชตีนตุ๊กแก (*Tridax procumbens*)

กรรมวิธี	การยับยั้งในระยะก่อนงอก (%)	การยับยั้งในระยะหลังงอก (%)
สารสกัดสระระแนห์ (ไม่เติมสารเสริม)	100	100
0.1% Ascorbic acid	100	100
0.5% Ascorbic acid	100	100
1% Ascorbic acid	100	100

กรรมวิธี	การยับยั้งในระยะก่อนงอก (%)	การยับยั้งในระยะหลังงอก (%)
5% Ascorbic acid	100	100
0.1% Tocopherol	100	100
0.5% Tocopherol	100	100
1% Tocopherol	100	100
5% Tocopherol	100	100
0.1% BHT	100	100
0.5% BHT	100	100
1% BHT	100	100
5% BHT	100	100
0.1% BHA	100	100
0.5% BHA	100	100
1% BHA	100	100
5% BHA	100	100
0.1% 95% Ethyl alcohol	100	100
0.5% 95% Ethyl alcohol	100	100
1% 95% Ethyl alcohol	100	100
5% 95% Ethyl alcohol	100	100
0.1% น้ำส้มสายชู	100	100
0.5% น้ำส้มสายชู	100	100
1% น้ำส้มสายชู	100	100
5% น้ำส้มสายชู	100	100

ตารางที่ 4.2.9 ผลการทดสอบประสิทธิภาพสารสกัดสะระแหน่หลังเติมสารรักษาสภาพหรือสารเพิ่มประสิทธิภาพที่มีอายุการเก็บรักษา 4 เดือน ต่อวัชพืชดินตุ๊กแก (*Tridax procumbens*)

กรรมวิธี	การยับยั้งในระยะก่อนงอก (%)	การยับยั้งในระยะหลังงอก (%)
สารสกัดสะระแหน่ (ไม่เติมสารเสริม)	100	100
0.1% Ascorbic acid	100	100
0.5% Ascorbic acid	100	100
1% Ascorbic acid	100	100
5% Ascorbic acid	100	100

กรรมวิธี	การยับยั้งในระยะก่อนงอก (%)	การยับยั้งในระยะหลังงอก (%)
0.1% Tocopherol	100	100
0.5% Tocopherol	100	100
1% Tocopherol	100	100
5% Tocopherol	100	100
0.1% BHT	100	100
0.5% BHT	100	100
1% BHT	100	100
5% BHT	100	100
0.1% BHA	100	100
0.5% BHA	100	100
1% BHA	100	100
5% BHA	100	100
0.1% 95% Ethyl alcohol	100	100
0.5% 95% Ethyl alcohol	100	100
1% 95% Ethyl alcohol	100	100
5% 95% Ethyl alcohol	100	100
0.1% น้ำส้มสายชู	100	100
0.5% น้ำส้มสายชู	100	100
1% น้ำส้มสายชู	100	100
5% น้ำส้มสายชู	100	100

ตารางที่ 4.2.10 ผลการทดสอบประสิทธิภาพสารสกัดสะระแหน่หลังเติมสารรักษาสภาพหรือสารเพิ่มประสิทธิภาพที่มีอายุการเก็บรักษา 6 เดือน ต่อวัชพืชตีนตุ๊กแก (*Tridax procumbens*)

กรรมวิธี	การยับยั้งในระยะก่อนงอก (%)	การยับยั้งในระยะหลังงอก (%)
สารสกัดสะระแหน่ (ไม่เติมสารเสริม)	100	100
0.1% Ascorbic acid	100	100
0.5% Ascorbic acid	100	100
1% Ascorbic acid	100	100
5% Ascorbic acid	100	100
0.1% Tocopherol	100	100

กรรมวิธี	การยับยั้งในระยะก่อนงอก (%)	การยับยั้งในระยะหลังงอก (%)
0.5% Tocopherol	100	100
1% Tocopherol	100	100
5% Tocopherol	100	100
0.1% BHT	100	100
0.5% BHT	100	100
1% BHT	100	100
5% BHT	100	100
0.1% BHA	100	100
0.5% BHA	100	100
1% BHA	100	100
5% BHA	100	100
0.1% 95% Ethyl alcohol	100	100
0.5% 95% Ethyl alcohol	100	100
1% 95% Ethyl alcohol	100	100
5% 95% Ethyl alcohol	100	100
0.1% น้ำส้มสายชู	100	100
0.5% น้ำส้มสายชู	100	100
1% น้ำส้มสายชู	100	100
5% น้ำส้มสายชู	100	100

ตารางที่ 4.2.11 ผลการทดสอบประสิทธิภาพสารสกัดสะระแหน่หลังเติมสารรักษาสภาพหรือสารเพิ่มประสิทธิภาพที่มีอายุการเก็บรักษา 2 เดือน ต่อวัชพืชหญ้าตีนกา (*Eleusine indica*)

กรรมวิธี	การยับยั้งในระยะก่อนงอก (%)	การยับยั้งในระยะหลังงอก (%)
สารสกัดสะระแหน่ (ไม่เติมสารเสริม)	100	100
0.1% Ascorbic acid	100	100
0.5% Ascorbic acid	100	100
1% Ascorbic acid	100	100
5% Ascorbic acid	100	100
0.1% Tocopherol	100	100
0.5% Tocopherol	100	100

กรรมวิธี	การยับยั้งในระยะก่อนงอก (%)	การยับยั้งในระยะหลังงอก (%)
1% Tocopherol	100	100
5% Tocopherol	100	100
0.1% BHT	100	100
0.5% BHT	100	100
1% BHT	100	100
5% BHT	100	100
0.1% BHA	100	100
0.5% BHA	100	100
1% BHA	100	100
5% BHA	100	100
0.1% 95% Ethyl alcohol	100	100
0.5% 95% Ethyl alcohol	100	100
1% 95% Ethyl alcohol	100	100
5% 95% Ethyl alcohol	100	100
0.1% น้ำส้มสายชู	100	100
0.5% น้ำส้มสายชู	100	100
1% น้ำส้มสายชู	100	100
5% น้ำส้มสายชู	100	100

ตารางที่ 4.2.12 ผลการทดสอบประสิทธิภาพสารสกัดสระแหน่หลังเติมสารรักษาสภาพหรือสารเพิ่มประสิทธิภาพที่มีอายุการเก็บรักษา 4 เดือน ต่อวัชพืชหญ้าตีนกา (*Eleusine indica*)

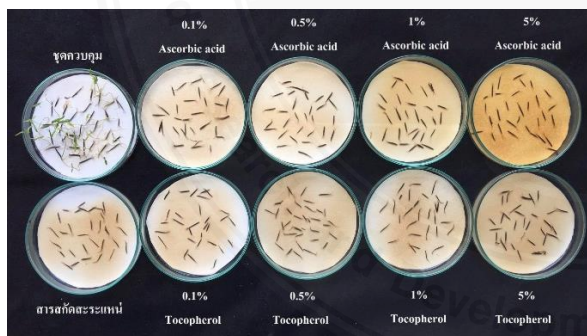
กรรมวิธี	การยับยั้งในระยะก่อนงอก (%)	การยับยั้งในระยะหลังงอก (%)
สารสกัดสระแหน่ (ไม่เติมสารเสริม)	100	100
0.1% Ascorbic acid	100	100
0.5% Ascorbic acid	100	100
1% Ascorbic acid	100	100
5% Ascorbic acid	100	100
0.1% Tocopherol	100	100
0.5% Tocopherol	100	100
1% Tocopherol	100	100

กรรมวิธี	การยับยั้งในระยะก่อนงอก (%)	การยับยั้งในระยะหลังงอก (%)
5% Tocopherol	100	100
0.1% BHT	100	100
0.5% BHT	100	100
1% BHT	100	100
5% BHT	100	100
0.1% BHA	100	100
0.5% BHA	100	100
1% BHA	100	100
5% BHA	100	100
0.1% 95% Ethyl alcohol	100	100
0.5% 95% Ethyl alcohol	100	100
1% 95% Ethyl alcohol	100	100
5% 95% Ethyl alcohol	100	100
0.1% น้ำส้มสายชู	100	100
0.5% น้ำส้มสายชู	100	100
1% น้ำส้มสายชู	100	100
5% น้ำส้มสายชู	100	100

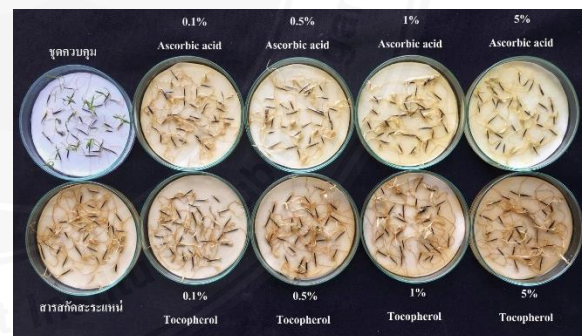
ตารางที่ 4.2.13 ผลการทดสอบประสิทธิภาพสารสกัดสะระแหน่หลังเติมสารรักษาสภาพหรือสารเพิ่มประสิทธิภาพที่มีอายุการเก็บรักษา 6 เดือน ต่อวัชพืชหญ้าตีนกา (*Eleusine indica*)

กรรมวิธี	การยับยั้งในระยะก่อนงอก (%)	การยับยั้งในระยะหลังงอก (%)
สารสกัดสะระแหน่ (ไม่เติมสารเสริม)	100	100
0.1% Ascorbic acid	100	100
0.5% Ascorbic acid	100	100
1% Ascorbic acid	100	100
5% Ascorbic acid	100	100
0.1% Tocopherol	100	100
0.5% Tocopherol	100	100
1% Tocopherol	100	100
5% Tocopherol	100	100

กรรมวิธี	การยับยั้งในระยะก่อนงอก (%)	การยับยั้งในระยะหลังงอก (%)
0.1% BHT	100	100
0.5% BHT	100	100
1% BHT	100	100
5% BHT	100	100
0.1% BHA	100	100
0.5% BHA	100	100
1% BHA	100	100
5% BHA	100	100
0.1% 95% Ethyl alcohol	100	100
0.5% 95% Ethyl alcohol	100	100
1% 95% Ethyl alcohol	100	100
5% 95% Ethyl alcohol	100	100
0.1% น้ำส้มสายชู	100	100
0.5% น้ำส้มสายชู	100	100
1% น้ำส้มสายชู	100	100
5% น้ำส้มสายชู	100	100

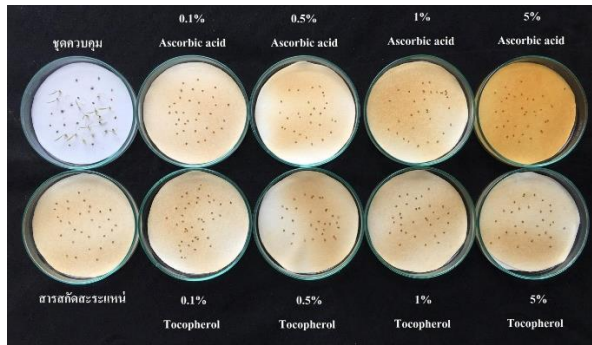


(ก)

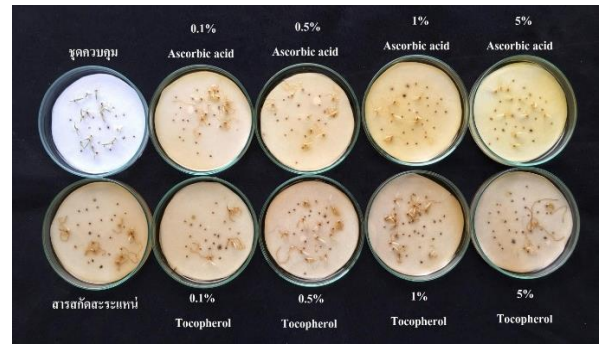


(ข)

ภาพที่ 4.2.2 ลักษณะการยับยั้ง (ก) ระยะก่อนเมล็ดงอก (ข) ระยะหลังเมล็ดงอก ของสารสกัดสะระแหน่หลังเติมสารรักษาภาพหรือสารเพิ่มประสิทธิภาพวัชพืชต่อวัชพืชตีนตุ๊กแก

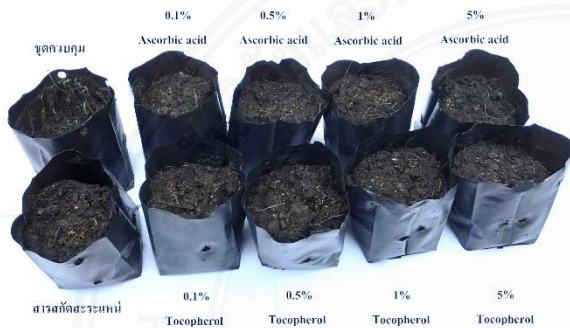


(ก)



(ข)

ภาพที่ 4.2.3 ลักษณะการยับยั้ง (ก) ระยะก่อนเมลีตงอก (ข) ระยะหลังเมลีตงอก ของสารสกัดสะระแหน่หลังเติมสารรักษาสภาพหรือสารเพิ่มประสิทธิภาพวัชพืชต่อวัชพืชหญ้าตีนกา



(ก)



(ข)

ภาพที่ 4.2.4 ลักษณะการยับยั้ง (ก) ระยะก่อนงอก (ข) ระยะหลังเมลีตงอก ของสารสกัดสะระแหน่หลังเติมสารรักษาสภาพหรือสารเพิ่มประสิทธิภาพวัชพืชต่อวัชพืชผักโขม

4.2.3 กิจกรรมวิจัยที่ 3 ทดสอบประสิทธิภาพการกำจัดวัชพืชของต้นแบบชีวภัณฑ์ที่คัดเลือกจากกิจกรรมที่ 2 ในโรงเรือนทดสอบ (ถุงทดสอบ)

จากผลการทดสอบกิจกรรมวิจัยที่ 2 โดยพิจารณาจากประสิทธิภาพ อายุการเก็บรักษา 6 เดือน และต้นทุนการผลิต (ตารางที่ 4.2.14) จึงได้คัดเลือกสูตรสารสกัดสะระแหน่เดิม 0.1% ของ 95% Ethyl alcohol เนื่องจาก 95% Ethyl alcohol เป็นส่วนผสมสำหรับการสกัดอยู่แล้วจึงไม่เป็นการเพิ่มต้นทุน

ตารางที่ 4.2.14 คุณสมบัติและต้นทุนการผลิตของสารสกัดสระระแห่นหลังเติมสารรักษาสภาพหรือสารเพิ่มประสิทธิภาพ

กรรมวิธี	อายุเก็บรักษา 6 เดือน		ต้นทุน (บาท/ลิตร)
	การยับยั้งใน ระยะก่อนงอก (%)	การยับยั้งใน ระยะหลังงอก (%)	
สารสกัดสระระแห่น (ไม่เติมสารเสริม)	100	100	111.8
0.1% Ascorbic acid	100	100	132.3
0.5% Ascorbic acid	100	100	214.3
1% Ascorbic acid	100	100	316.8
5% Ascorbic acid	100	100	1,136.8
0.1% Tocopherol	100	100	199.4
0.5% Tocopherol	100	100	549.8
1% Tocopherol	100	100	987.8
5% Tocopherol	100	100	4,491.8
0.1% BHT	100	100	114.1
0.5% BHT	100	100	123.3
1% BHT	100	100	134.8
5% BHT	100	100	226.8
0.1% BHA	100	100	121.5
0.5% BHA	100	100	160.3
1% BHA	100	100	208.8
5% BHA	100	100	596.8
0.1% 95% Ethyl alcohol	100	100	111.9
0.5% 95% Ethyl alcohol	100	100	112.6
1% 95% Ethyl alcohol	100	100	112.7
5% 95% Ethyl alcohol	100	100	116.1
0.1% น้ำส้มสายชู	100	100	111.8.02
0.5% น้ำส้มสายชู	100	100	111.8.07
1% น้ำส้มสายชู	100	100	111.8.15
5% น้ำส้มสายชู	100	100	111.8.74

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ 5 ซ้ำ แบ่งเป็น 3 กรรมวิธี ดังนี้ กรรมวิธีที่ 1 ชุดควบคุม (ไม่ฉีดพ่นสารใด) กรรมวิธีที่ 2 สารเคมีอะลาคลอร์ (สำหรับการทดสอบในระยะก่อนงอก) อัตราการใช้ 1.84 ml ต่อ น้ำ 200 ml/ถุงทดสอบ / สารเคมีไกลโฟเซต (สำหรับการทดสอบในระยะหลังงอก) อัตราการใช้ 1.67 ml ต่อ น้ำ 200 ml/ถุงทดสอบ และกรรมวิธีที่ 3 สารต้นแบบชีวภัณฑ์กำจัดวัชพืช ความเข้มข้น 5% ปริมาณ 200 ml/ถุงทดสอบ ผลการทดลองพบว่าสารสกัดสะระแหน่ที่ไม่เติมสารรักษาสภาพ ให้ผลการยับยั้งวัชพืชทั้ง 3 ชนิด 100% เช่นเดียวกับสารเคมีทางการค้า ดังภาพที่ 4.2.5



ภาพที่ 4.2.5 การทดสอบประสิทธิภาพสารสกัดสะระแหน่ที่เติม 0.1% ของ 95% Ethyl alcohol ต่อวัชพืช (ก) ดินตึกแก (ข) ผักโขม ในถุงทดสอบ ระยะเวลา 7 วัน

4.3 โครงการย่อยที่ 3 การทดสอบประสิทธิภาพต้นแบบชีวภัณฑ์สูตรสำเร็จที่มีฤทธิ์ในการควบคุมโรคทางดินและเพิ่มผลผลิตพืชบนพื้นที่สูง

4.3.1 กิจกรรมวิจัยที่ 1 ทดสอบประสิทธิภาพต้นแบบชีวภัณฑ์ป้องกันโรคทางดินที่เกิดจาก 4 เชื้อสาเหตุของค่น้ำและมะเขือเทศ เพื่อศึกษาอายุเก็บรักษาในห้องปฏิบัติการ ณ อุณหภูมิห้อง

1) ผลิตผงชีวภัณฑ์จากเชื้อแบคทีเรียปฏิปักษ์ 3 สายพันธุ์ คือ FT2, MTR13 และ HRS8 ซึ่งเลี้ยงเพิ่มปริมาณเชื้อในอาหารเหลวสูตร กากน้ำตาลผสมแร่ธาตุ yeast 2 g/l ผสม KH_2PO_4 0.5 g/l ผสม $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 0.3 g/l จากนั้นนำสารแขวนลอยหัวเชื้อไปผสมกับวัสดุรองรับ 4 สูตร สัดส่วนหัวเชื้อร้อยละ 50 วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ จำนวน 3 ซ้ำ ได้ต้นแบบชีวภัณฑ์ที่มีความเข้มข้น 1.0×10^6 - 2.33×10^{10} cfu/ml หลังผลิตเสร็จทันที (ตารางที่ 4.3.1)

สูตร	ส่วนประกอบของวัสดุรองรับ น้ำหนัก 1 kg	ต้นทุนวัสดุรองรับ (บาท/kg)
1	แป้งมันสำปะหลัง 900 g ผสมน้ำตาลทราย 100 g (สุมาลี และคณะ, 2560)	47.30

สูตร	ส่วนประกอบของวัสดุรองรับ น้ำหนัก 1 kg	ต้นทุนวัสดุรองรับ (บาท/kg)
2	Corn starch 300 g ผสม talcum 700 g (Tamreihao และคณะ, 2016)	58.00
3	แป้งข้าวเจ้า 990 g และ CMC 10 g (Jorjani และคณะ, 2011)	90.65
4	แป้งข้าวเจ้า 750 g ผสม Tween 20 100 ml และเอทานอล 150 ml (สุมาลี และคณะ, 2558)	116.68

ตารางที่ 4.3.1 ปริมาณเชื้อแบคทีเรียปฏิปักษ์ในต้นแบบผงชีวภัณฑ์ป้องกันโรคทางดินหลังผลิตทันทีเปรียบเทียบกับร้อยละการผสมหัวเชื้อในวัสดุรองรับ

สูตร ^{2/}	ความเข้มข้นเชื้อแบคทีเรียปฏิปักษ์ ^{1/} (cfu/ml)				
	10%	20%	25%	35%	50%
1	0.00	2.00×10^6 a	2.35×10^6 a	3.33×10^8 a	2.28×10^{10} a
2	0.00	2.00×10^6 a	1.00×10^6 a	2.10×10^8 a	2.33×10^{10} a
3	0.00	0.00 b	1.00×10^6 a	1.25×10^8 b	7.10×10^8 b
4	0.00	0.00 b	0.00 b	0.95×10^8 b	0.26×10^8 b
CV (%)	-	0.90	1.10	1.43	2.64
LSD _{0.05}	-	0.89	1.34	2.51	2.49

^{1/} คิดจากค่าเฉลี่ย 3 ซ้ำ และค่าที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันในสดมภ์เดียวกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเปรียบเทียบโดยวิธี Least Significant Difference ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยค่า LSD แปลงเป็นค่า logarithm

^{2/} สูตรที่ 1 แป้งมันสำปะหลังผสมน้ำตาลทราย สูตรที่ 2 corn starch ผสม talcum สูตรที่ 3 แป้งข้าวเจ้า ผสม CMC และสูตรที่ 4 แป้งข้าวเจ้าผสม Tween 20 และเอทานอล

ผลการศึกษสมบัติทางกายภาพและเคมีของต้นแบบผงชีวภัณฑ์ ได้แก่

- 1) สี โดยบันทึกสีของต้นแบบชีวภัณฑ์ หลังจากอบแห้งและบดเป็นผงแล้ว
- 2) ลักษณะการละลายน้ำ โดยนำต้นแบบชีวภัณฑ์ไปละลายน้ำ อัตรา 20 g/น้ำ 20 l (กฤติเดชและดุสิต, 2559) จับเวลาการละลายน้ำ ซึ่งความสามารถในการละลาย แบ่งเป็น 5 ระดับ
 - ระดับ 1 ละลายน้ำภายใน 1-5 นาที
 - ระดับ 2 ละลายน้ำภายใน 6-10 นาที
 - ระดับ 3 ละลายน้ำภายใน 11-30 นาที

ระดับ 4 ละลายน้ำภายใน 30-60 นาที

ระดับ 5 ไม่ละลายน้ำ เกาะตัวเป็นกลุ่มด้านบนผิวน้ำ

3) ลักษณะการแขวนลอยในน้ำ โดยนำต้นแบบผงชีวภัณฑ์ไปละลายน้ำ อัตรา 20 g/น้ำ 20 l (กฤติเดชและดุสิต, 2559) จับเวลาการตกตะกอน ซึ่งความสามารถการตกตะกอน แบ่งเป็น 5 ระดับ

ระดับ 1 ตกตะกอนหมดภายในเวลา 12 ชั่วโมง

ระดับ 2 ตกตะกอนหมดภายในเวลา 30-60 นาที

ระดับ 3 ตกตะกอนหมดภายในเวลา 11-30 นาที

ระดับ 4 ตกตะกอนหมดภายในเวลา 5-10 นาที

ระดับ 5 ตกตะกอนหมดภายในเวลา 1-5 นาที

4) ค่าความเป็นกรดต่าง (pH) โดยนำต้นแบบชีวภัณฑ์ไปละลายน้ำ อัตรา 20 g/น้ำ 20 l ตั้งทิ้งไว้ 5 นาที แล้วจุ่มกระดาษลิตมัส (Merck®) ในสารละลาย นาน 5 วินาที จากนั้นเทียบสีตามค่ามาตรฐาน

ข้อมูลแสดงให้เห็นว่าต้นแบบผงชีวภัณฑ์ทั้ง 4 สูตร สูตรที่ 1 มีสีขาว สูตรที่ 2, 3 และ 4 มีสีขาวอมเทา ส่วนใหญ่มีความละเอียดและร่วนซุยมาก ยกเว้นสูตรที่ 4 ทั้งนี้บางสูตรมีลักษณะเป็นผงค่อนข้างละเอียด แต่ละลายน้ำยาก (ตารางที่ 4.3.2 และภาพที่ 4.3.1)

ตารางที่ 4.3.2 ลักษณะภายนอกของต้นแบบผงชีวภัณฑ์ป้องกันโรคทางดินที่ผลิตจากเชื้อแบคทีเรียปฏิปักษ์ 3 สายพันธุ์

สูตร ^{1/}	คุณสมบัติต้นแบบผงชีวภัณฑ์ ^{2/}			
	สี	ความละเอียด	ความร่วนซุย	ลักษณะเฉพาะ
1	ขาว	+++	+++	ผงค่อนข้างละเอียด
2	ขาวอมเทา	+++	+++	ผงค่อนข้างละเอียด
3	ขาวอมเทา	++	++	เป็นเม็ดละลายน้ำยาก ต้องบดก่อนใช้
4	ขาวอมเทา	+	+	ผงค่อนข้างละเอียด ละลายน้ำยาก

^{1/} สูตรที่ 1 แป้งมันสำปะหลังผสมน้ำตาลทราย สูตรที่ 2 corn starch ผสม talcum สูตรที่ 3 แป้งข้าวเจ้า ผสม CMC และสูตรที่ 4 แป้งข้าวเจ้าผสม Tween 20 และเอทานอล

^{2/} ความละเอียดและความร่วนซุยของผงวัสดุรองรับ ได้แก่ (+) น้อย, (++) ปานกลาง และ (+++) มาก



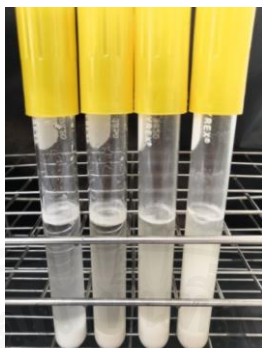
ภาพที่ 4.3.1 ลักษณะต้นแบบชีวภัณฑ์ผงป้องกันโรคทางดินที่ผลิตจากเชื้อแบคทีเรียปฏิปักษ์ 3 สายพันธุ์

ต้นแบบผงชีวภัณฑ์ สูตรที่ 3 แป้งข้าวเจ้า และ CMC มีสมบัติทางกายภาพและเคมีเหมาะสมสำหรับการผลิต คือ มีค่าการละลายน้ำภายใน 1-5 นาที หรือระดับ 1 (ละลายเร็วดี) ค่าการแขวนลอยในน้ำระดับ 2 โดยสารตกตะกอนหมดภายในเวลา 30-60 นาที ซึ่งเป็นคุณสมบัติที่ดี เนื่องจากเนื้อสารแขวนลอยในน้ำและไม่ทำให้หัวฉีดอุดตัน ส่วนความเป็นกรดต่างมีค่า 6.50 (กรดอ่อน) เป็นช่วงที่เชื้อแบคทีเรียปฏิปักษ์ 3 สายพันธุ์ คือ FT2, MTR13 และ HRS8 สามารถเจริญและอยู่รอดได้ รองลงมา ได้แก่ สูตรที่ 4 แป้งข้าวเจ้าผสม Tween 20 และเอทานอล ที่ละลายน้ำ ระดับ 2 ค่าการแขวนลอย ระดับ 1 และมีความเป็นกรดเล็กน้อย (pH 6.95) สำหรับต้นแบบผงชีวภัณฑ์ สูตร 2 ที่มีส่วนประกอบของ corn starch ผสม talcum มีค่าการละลายน้ำอยู่ในระดับ 2 ค่าการแขวนลอยในน้ำระดับ 4 และค่าความเป็นกรดต่าง เท่ากับ 7.96 (ด่างอ่อน) ใกล้เคียงกับสูตรที่ 1 แป้งมันสำปะหลัง ผสมน้ำตาลทราย แต่สารตกตะกอนเร็วภายในเวลา 1-5 นาที อย่างไรก็ตามคุณสมบัติดังกล่าว อาจไม่ส่งผลกระทบต่อการใช้กับเชื้อโรคที่อยู่ในดิน (ตารางที่ 4.3.3 และภาพที่ 4.3.2)

ตารางที่ 4.3.3 สมบัติทางกายภาพและเคมีของต้นแบบผงชีวภัณฑ์ป้องกันโรคทางดินที่ผลิตจากเชื้อแบคทีเรียปฏิปักษ์ 3 สายพันธุ์

สูตร ^{1/}	คุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของต้นแบบผงชีวภัณฑ์		
	การละลายน้ำ	การแขวนลอยในน้ำ	ค่าความเป็นกรดต่าง
1	2	5	7.95
2	2	4	7.96
3	1	2	6.50
4	2	1	6.95
น้ำ (ชุดควบคุม)	-		7.35

^{1/} สูตรที่ 1 แป้งมันสำปะหลังผสมน้ำตาลทราย สูตรที่ 2 corn starch ผสม talcum สูตรที่ 3 แป้งข้าวเจ้า ผสม CMC และสูตรที่ 4 แป้งข้าวเจ้าผสม Tween 20 และเอทานอล



ภาพที่ 4.3.2 ตัวอย่างลักษณะการแขวนลอยในน้ำของต้นแบบผงชีวภัณฑ์ป้องกันโรคทางดินที่ผลิตจากเชื้อแบคทีเรียปฏิปักษ์ 3 สายพันธุ์ หลังทิ้งไว้นาน 30 นาที

2) ผลทดสอบความสามารถในการยับยั้งการเจริญของเชื้อราสาเหตุโรคพืชทางดิน 3 ชนิด ได้แก่ *Fusarium oxysporum* (ระยะ 7 วัน หลังทดสอบ) *Pythium aphanidermatum* (ระยะ 7 วัน หลังทดสอบ) *Rhizoctonia solani* (ระยะ 3 วัน หลังทดสอบ) ด้วยวิธี dual culture และเชื้อแบคทีเรีย *Ralstonia solanacearum* สาเหตุโรคเหี่ยวเฉา (ระยะ 7 วัน หลังทดสอบ) ของต้นแบบผงชีวภัณฑ์ 4 สูตร หลังผลิตทันที ด้วย paper disc method พบว่าสูตรที่ 1 แป้งมันสำปะหลังผสมน้ำตาลทราย และสูตรที่ 2 Corn starch ผสม talcum มีประสิทธิภาพดีที่สุดเมื่อเทียบกับสูตรอื่น โดยยับยั้งเชื้อรา *F. oxysporum* 85.11% และ 83.91% *P. aphanidermatum* 75.87% และ 74.32% *R. solani* 71.31% และ 75.12% นอกจากนี้ยังทำให้เกิดวงใสรอบเชื้อแบคทีเรีย *R. solanacearum* ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 3.58 cm และ 3.55 cm ตามลำดับ (ตารางที่ 4.3.4)

ตารางที่ 4.3.4 ประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อสาเหตุโรคทางดิน 4 ชนิด ของต้นแบบผงชีวภัณฑ์ป้องกันโรคทางดิน
4 สูตร หลังการผลิตทันทีในสภาพห้องปฏิบัติการ

สูตร ^{2/}	เชื้อสาเหตุโรคพืช ^{1/}			
	<i>F. oxysporum</i> (%)	<i>P. aphanidermatum</i> (%)	<i>R. solani</i> (%)	<i>R. solanacearum</i> (cm)
1	85.11 a	75.87 a	71.31 b	3.58 a
2	83.91 a	74.32 b	75.12 a	3.55 a
3	66.56 c	59.17 c	57.09 c	1.10 b
4	0.00 b	15.87 d	0.00 d	0.10 b
CV (%)	1.11	1.51	1.63	0.12
LSD _{0.05}	1.02	1.54	0.60	1.02

^{1/} คิดจากค่าเฉลี่ย 3 ซ้ำ และค่าที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันในสัณฐานเดียวกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเปรียบเทียบโดยวิธี Least Significant Difference ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

^{2/} สูตรที่ 1 แป้งมันสำปะหลังผสมน้ำตาลทราย สูตรที่ 2 corn starch ผสม talcum สูตรที่ 3 แป้งข้าวเจ้า ผสม CMC และสูตรที่ 4 แป้งข้าวเจ้าผสม Tween 20 และเอทานอล

เมื่อเก็บรักษาต้นแบบชีวภัณฑ์ 4 สูตร ของแต่ละสัดส่วนการผสมหัวเชื้อแบคทีเรียปฏิปักษ์ในวัสดุรองรับที่อุณหภูมิของห้องปฏิบัติการ จากนั้นนำมาตรวจวัดปริมาณหัวเชื้อ (cfu/g) โดยวิธี drop plate บนอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA ผลการเก็บรักษาหลังผลิต 2 เดือน พบว่า 50% ของหัวเชื้อที่ผสมกับวัสดุรองรับสูตรที่ 1-4 มีความเข้มข้นเชื้อมากที่สุด 3.90×10^9 , 3.83×10^9 , 2.83×10^9 และ 1.11×10^9 cfu/ml ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับสัดส่วนอื่น รองลงมาคือการผสมหัวเชื้อ 35% มีความเข้มข้น 0.12×10^8 - 1.55×10^8 cfu/ml ในขณะที่ไม่พบเชื้อแบคทีเรียปฏิปักษ์ในต้นแบบชีวภัณฑ์ผงที่มีผสม 10% (ตารางที่ 4.3.5) สำหรับผลการเก็บรักษา 4 เดือน แนวโน้มความเข้มข้นเชื้อยังคงเดิม คือ 50% ของหัวเชื้อในวัสดุรองรับทั้ง 4 สูตร ตรวจพบเชื้อสูงสุด 5.30×10^9 , 3.73×10^9 , 0.65×10^8 และ 0.34×10^8 cfu/ml ตามลำดับ รองลงมาคือ 35% มีค่า 1.00×10^8 , 0.81×10^8 , 8.12×10^6 , 0.11×10^6 cfu/ml ตามลำดับ (ตารางที่ 4.3.6) ซึ่งใกล้เคียงกับความเข้มข้นของเชื้อหลังการผลิต 2 เดือน ข้อมูลแสดงให้เห็นว่าหลังการผลิต 6 เดือน ต้นแบบชีวภัณฑ์ผงที่ผสมหัวเชื้อ 10% 20% และ 25% ไม่พบการเจริญของเชื้อแบคทีเรียปฏิปักษ์ ทั้งนี้หัวเชื้อ 50% สูตรที่ 1 แป้งมันสำปะหลังผสมน้ำตาลทราย และสูตรที่ 2 corn starch ผสม talcum มีความเข้มข้นของเชื้อสูงสุด 9.62×10^8 และ 3.28×10^9 แตกต่างอย่าง

มีนัยสำคัญกับสูตรอื่น ส่วนการผสมหัวเชื้อสูตร 1-4 ที่ 35% มีค่าความเข้มข้นเชื้อ 5.65×10^7 , 0.33×10^7 , 6.60×10^5 และ 6.66×10^5 cfu/ml ตามลำดับ (ตารางที่ 4.3.7)

การบันทึกความเข้มข้นของเชื้อแบคทีเรียปฏิปักษ์แสดงข้อมูลในทิศทางเดียวกันต่อเนื่องจนถึงเดือนที่ 12 (ตารางที่ 4.3.8-4.3.10) ซึ่งการผสมหัวเชื้อ 50% ในวัสดูรกรับสูตรที่ 1 และ 2 มีค่าลดลงเหลือ 1.13×10^5 และ 1.25×10^5 cfu/ml แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับสูตรที่ 3 และ 4 ที่มีความเข้มข้นเชื้อ 3.98×10^3 และ 4.21×10^3 cfu/ml ตามลำดับ

ตารางที่ 4.3.5 ปริมาณเชื้อแบคทีเรียปฏิปักษ์ในต้นแบบผงชีวภัณฑ์ป้องกันโรคทางดินหลังการผลิต 2 เดือน เปรียบเทียบร้อยละการผสมหัวเชื้อในวัสดูรกรับ

สูตร ^{2/}	ความเข้มข้นเชื้อแบคทีเรียปฏิปักษ์ ^{1/} (cfu/ml)				
	10%	20%	25%	35%	50%
1	0.00	0.00	1.43×10^5 a	1.53×10^8 a	3.83×10^9 a
2	0.00	0.00	1.48×10^5 a	1.55×10^8 a	3.90×10^9 a
3	0.00	0.00	0.00 b	0.23×10^8 b	2.83×10^9 bc
4	0.00	0.00	0.00 b	0.12×10^8 b	1.11×10^9 bc
CV (%)	-	-	1.82	1.53	2.73
LSD _{0.05}	-	-	1.13	1.85	2.49

^{1/} คิดจากค่าเฉลี่ย 3 ซ้ำ และค่าที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันในสดมภ์เดียวกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเปรียบเทียบโดยวิธี Least Significant Difference ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยค่า LSD แปลงเป็นค่า logarithm

^{2/} สูตรที่ 1 แป้งมันสำปะหลังผสมน้ำตาลทราย สูตรที่ 2 corn starch ผสม talcum สูตรที่ 3 แป้งข้าวเจ้า ผสม CMC และสูตรที่ 4 แป้งข้าวเจ้าผสม Tween 20 และเอทานอล

ตารางที่ 4.3.6 ปริมาณเชื้อแบคทีเรียปฏิปักษ์ในต้นแบบผงชีวภัณฑ์ป้องกันโรคทางดินหลังการผลิต 4 เดือน เปรียบเทียบร้อยละการผสมหัวเชื้อในวัสดูรกรับ

สูตร ^{2/}	ความเข้มข้นเชื้อแบคทีเรียปฏิปักษ์ ^{1/} (cfu/ml)				
	10%	20%	25%	35%	50%
1	0.00	0.00	0.00	0.81×10^8 a	3.73×10^9 a
2	0.00	0.00	0.00	1.00×10^8 a	5.30×10^9 a
3	0.00	0.00	0.00	0.11×10^6 b	0.65×10^8 b

สูตร ^{2/}	ความเข้มข้นเชื้อแบคทีเรียปฏิปักษ์ ^{1/} (cfu/ml)				
	10%	20%	25%	35%	50%
4	0.00	0.00	0.00	8.12×10^6 c	0.34×10^8 b
CV (%)	-	-	-	1.51	2.65
LSD _{0.05}	-	-	-	2.41	2.47

^{1/} คิดจากค่าเฉลี่ย 3 ซ้ำ และค่าที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันในสดมภ์เดียวกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเปรียบเทียบโดยวิธี Least Significant Difference ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยค่า LSD แปลงเป็นค่า logarithm

^{2/} สูตรที่ 1 แป้งมันสำปะหลังผสมน้ำตาลทราย สูตรที่ 2 corn starch ผสม talcum สูตรที่ 3 แป้งข้าวเจ้า ผสม CMC และสูตรที่ 4 แป้งข้าวเจ้าผสม Tween 20 และเอทานอล

ตารางที่ 4.3.7 ปริมาณเชื้อแบคทีเรียปฏิปักษ์ในต้นแบบผงชีวภัณฑ์ป้องกันโรคทางดินหลังการผลิต 6 เดือน เปรียบเทียบร้อยละการผสมหัวเชื้อในวัสดุรองรับ

สูตร ^{2/}	ความเข้มข้นเชื้อแบคทีเรียปฏิปักษ์ ^{1/} (cfu/ml)				
	10%	20%	25%	35%	50%
1	0.00	0.00	0.00	5.65×10^7 a	9.62×10^8 a
2	0.00	0.00	0.00	0.33×10^7 a	3.28×10^9 a
3	0.00	0.00	0.00	6.60×10^5 b	5.57×10^7 b
4	0.00	0.00	0.00	6.66×10^5 c	5.20×10^7 b
CV (%)	-	-	-	1.23	2.15
LSD _{0.05}	-	-	-	1.11	2.03

^{1/} คิดจากค่าเฉลี่ย 3 ซ้ำ และค่าที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันในสดมภ์เดียวกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเปรียบเทียบโดยวิธี Least Significant Difference ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยค่า LSD แปลงเป็นค่า logarithm

^{2/} สูตรที่ 1 แป้งมันสำปะหลังผสมน้ำตาลทราย สูตรที่ 2 corn starch ผสม talcum สูตรที่ 3 แป้งข้าวเจ้า ผสม CMC และสูตรที่ 4 แป้งข้าวเจ้าผสม Tween 20 และเอทานอล

ตารางที่ 4.3.8 ปริมาณเชื้อแบคทีเรียปฏิปักษ์ในต้นแบบผงชีวภัณฑ์ป้องกันโรคทางดินหลังการผลิต 8 เดือน เปรียบเทียบร้อยละการผสมหัวเชื้อในวัสดุรองรับ

สูตร ^{2/}	ความเข้มข้นเชื้อแบคทีเรียปฏิปักษ์ ^{1/} (cfu/ml)				
	10%	20%	25%	35%	50%
1	0.00	0.00	0.00	1.25x10 ⁷ a	8.55x10 ⁸ a
2	0.00	0.00	0.00	1.35x10 ⁷ a	2.56x10 ⁹ a
3	0.00	0.00	0.00	5.12x10 ³ b	5.63x10 ⁶ b
4	0.00	0.00	0.00	4.00x10 ³ c	5.65x10 ⁶ b
CV (%)	-	-	-	1.10	2.02
LSD _{0.05}	-	-	-	0.93	1.13

^{1/} คิดจากค่าเฉลี่ย 3 ซ้ำ และค่าที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันในสดมภ์เดียวกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเปรียบเทียบโดยวิธี Least Significant Difference ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยค่า LSD แปลงเป็นค่า logarithm

^{2/} สูตรที่ 1 แป้งมันสำปะหลังผสมน้ำตาลทราย สูตรที่ 2 corn starch ผสม talcum สูตรที่ 3 แป้งข้าวเจ้า ผสม CMC และสูตรที่ 4 แป้งข้าวเจ้าผสม Tween 20 และเอทานอล

ตารางที่ 4.3.9 ปริมาณเชื้อแบคทีเรียปฏิปักษ์ในต้นแบบผงชีวภัณฑ์ป้องกันโรคทางดินหลังการผลิต 10 เดือน เปรียบเทียบร้อยละการผสมหัวเชื้อในวัสดุรองรับ

สูตร ^{2/}	ความเข้มข้นเชื้อแบคทีเรียปฏิปักษ์ ^{1/} (cfu/ml)				
	10%	20%	25%	35%	50%
1	0.00	0.00	0.00	1.12x10 ⁵ a	8.00x10 ⁶ a
2	0.00	0.00	0.00	1.13x10 ⁵ a	2.12x10 ⁶ a
3	0.00	0.00	0.00	4.26x10 ³ b	4.85x10 ⁴ b
4	0.00	0.00	0.00	3.22x10 ³ c	4.61x10 ⁴ b
CV (%)	-	-	-	1.21	0.98
LSD _{0.05}	-	-	-	1.09	1.21

^{1/} คิดจากค่าเฉลี่ย 3 ซ้ำ และค่าที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันในสดมภ์เดียวกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเปรียบเทียบโดยวิธี Least Significant Difference ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยค่า LSD แปลงเป็นค่า logarithm

^{2/} สูตรที่ 1 แป้งมันสำปะหลังผสมน้ำตาลทราย สูตรที่ 2 corn starch ผสม talcum สูตรที่ 3 แป้งข้าวเจ้า ผสม CMC และสูตรที่ 4 แป้งข้าวเจ้าผสม Tween 20 และเอทานอล

ตารางที่ 4.3.10 ปริมาณเชื้อแบคทีเรียปฏิชีวนะในต้นแบบผงชีวภัณฑ์ป้องกันโรคทางดินหลังการผลิต 12 เดือน เปรียบเทียบร้อยละการผสมหัวเชื้อในวัสดุรองรับ

สูตร ^{2/}	ความเข้มข้นเชื้อแบคทีเรียปฏิชีวนะ ^{1/} (cfu/ml)				
	10%	20%	25%	35%	50%
1	0.00	0.00	0.00	1.53x10 ³ a	1.13x10 ⁵ a
2	0.00	0.00	0.00	1.65x10 ³ a	1.25x10 ⁵ a
3	0.00	0.00	0.00	4.11x10 ² b	3.98x10 ³ b
4	0.00	0.00	0.00	3.35x10 ² c	4.21x10 ³ b
CV (%)	-	-	-	0.10	1.51
LSD _{0.05}	-	-	-	0.96	1.42

^{1/} คิดจากค่าเฉลี่ย 3 ซ้ำ และค่าที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันในสัณฐานเดียวกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเปรียบเทียบโดยวิธี Least Significant Difference ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยค่า LSD แปลงเป็นค่า logarithm

^{2/} สูตรที่ 1 แป้งมันสำปะหลังผสมน้ำตาลทราย สูตรที่ 2 corn starch ผสม talcum สูตรที่ 3 แป้งข้าวเจ้า ผสม CMC และสูตรที่ 4 แป้งข้าวเจ้าผสม Tween 20 และเอทานอล

ต้นแบบชีวภัณฑ์ที่เก็บรักษาสามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อราสาเหตุโรคพืชทางดิน 3 ชนิด ได้แก่ *F. oxysporum* *P. aphanidermatum* *R. solani* และเชื้อแบคทีเรีย *R. solanacearum* สาเหตุโรคเหี่ยวเหี่ยวได้แตกต่างกัน ผลการทดสอบหลังเก็บรักษา 2 เดือน พบว่าสูตรที่ 2 corn starch ผสม talcum ยับยั้งเชื้อสาเหตุโรคที่เกิดจากเชื้อรา *F. oxysporum* 81.12%, *P. aphanidermatum* 4.20% และ *R. solani* 73.36% และเกิดวงใสรอบเชื้อแบคทีเรีย *R. solanacearum* ขนาด 3.15 cm (ตารางที่ 4.3.11) อย่างไรก็ตามหลังการผลิตตั้งแต่เดือนที่ 4 ประสิทธิภาพต้นแบบชีวภัณฑ์เริ่มลดลงมากขึ้นโดยเฉพาะกับเชื้อรา *R. solani* ซึ่งมีการเจริญเติบโตเร็วกว่าเชื้ออื่น ผลการยับยั้งเชื้อสาเหตุโรคทางดินในเดือนที่ 4-12 หลังการผลิตแสดงในตารางที่ 4.3.12-4.3.16 ทั้งนี้หลังการผลิต 12 เดือน ต้นแบบชีวภัณฑ์สูตรที่ 2 ยังคงมีประสิทธิภาพสูงกว่าสูตรอื่น มีค่า 40.00% 21.30% และ 23.25% ตามลำดับ ส่วนผลการยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย *R. solanacearum* สาเหตุโรคเหี่ยวเหี่ยว หลังจาก 6 เดือน มีค่าเท่ากับ 0 (ภาพที่ 4.3.3 และ 4.3.4) ดังนั้นจึงคัดเลือกต้นแบบชีวภัณฑ์สูตรที่ 2 ไปทดสอบในขั้นตอนต่อไป

ตารางที่ 4.3.11 ประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อสาเหตุโรคทางดิน 4 ชนิด ของต้นแบบผงชีวภัณฑ์ป้องกันโรคทางดิน 4 สูตร หลังการผลิต 2 เดือน ในสภาพห้องปฏิบัติการ

สูตร ^{2/}	เชื้อสาเหตุโรคพืช ^{1/}			
	<i>F. oxysporum</i> (%)	<i>P. aphanidermatum</i> (%)	<i>R. solani</i> (%)	<i>R. solanacearum</i> (cm)
1	84.43 a	72.83 b	69.11 b	3.10 a
2	81.12 b	74.20 a	73.36 a	3.15 a
3	60.12 c	55.00 c	51.10 c	0.65 b
4	0.00 d	10.23 d	0.00 d	0.00 b
CV (%)	1.69	2.10	1.65	0.20
LSD _{0.05}	2.73	2.15	1.50	0.15

^{1/} คิดจากค่าเฉลี่ย 3 ซ้ำ และค่าที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันในสัณฐานเดียวกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเปรียบเทียบโดยวิธี Least Significant Difference ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

^{2/} สูตรที่ 1 แป้งมันสำปะหลังผสมน้ำตาลทราย สูตรที่ 2 corn starch ผสม talcum สูตรที่ 3 แป้งข้าวเจ้า ผสม CMC และสูตรที่ 4 แป้งข้าวเจ้าผสม Tween 20 และเอทานอล

ตารางที่ 4.3.12 ประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อสาเหตุโรคทางดิน 4 ชนิด ของต้นแบบผงชีวภัณฑ์ป้องกันโรคทางดิน 4 สูตร หลังการผลิต 4 เดือน ในสภาพห้องปฏิบัติการ

สูตร ^{2/}	เชื้อสาเหตุโรคพืช ^{1/}			
	<i>F. oxysporum</i> (%)	<i>P. aphanidermatum</i> (%)	<i>R. solani</i> (%)	<i>R. solanacearum</i> (cm)
1	84.12 a	72.72 b	65.16 b	3.00 a
2	80.33 b	74.13 a	72.38 a	3.00 a
3	61.23 c	54.20 c	50.63 c	0.55 b
4	0.00 d	10.12 d	0.00 d	0.00 b
CV (%)	2.13	2.67	3.23	5.86
LSD _{0.05}	2.21	2.30	2.43	0.26

^{1/} คิดจากค่าเฉลี่ย 3 ซ้ำ และค่าที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันในสัณฐานเดียวกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเปรียบเทียบโดยวิธี Least Significant Difference ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

^{2/} สูตรที่ 1 แป้งมันสำปะหลังผสมน้ำตาลทราย สูตรที่ 2 Corn starch ผสม talcum สูตรที่ 3 แป้งข้าวเจ้า ผสม CMC และสูตรที่ 4 แป้งข้าวเจ้าผสม Tween 20 และเอทานอล

ตารางที่ 4.3.13 ประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อสาเหตุโรคทางดิน 4 ชนิด ของต้นแบบผงชีวภัณฑ์ป้องกันโรคทางดิน 4 สูตร หลังการผลิต 6 เดือน ในสภาพห้องปฏิบัติการ

สูตร ^{2/}	เชื้อสาเหตุโรคพืช ^{1/}			
	<i>F. oxysporum</i> (%)	<i>P. aphanidermatum</i> (%)	<i>R. solani</i> (%)	<i>R. solanacearum</i> (cm)
1	83.20 a	71.80 b	65.12 b	2.90 a
2	80.00 b	73.88 a	71.50 a	2.90 a
3	60.58 c	53.83 c	50.10 c	0.40 b
4	0.00 d	9.85 d	0.00 d	0.00 b
CV (%)	2.83	2.16	3.24	1.59
LSD _{0.05}	2.98	2.31	2.33	0.19

^{1/} คิดจากค่าเฉลี่ย 3 ซ้ำ และค่าที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันในสดมภ์เดียวกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเปรียบเทียบโดยวิธี Least Significant Difference ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

^{2/} สูตรที่ 1 แป้งมันสำปะหลังผสมน้ำตาลทราย สูตรที่ 2 corn starch ผสม talcum สูตรที่ 3 แป้งข้าวเจ้า ผสม CMC และสูตรที่ 4 แป้งข้าวเจ้าผสม Tween 20 และเอทานอล

ตารางที่ 4.3.14 ประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อสาเหตุโรคทางดิน 4 ชนิด ของต้นแบบผงชีวภัณฑ์ป้องกันโรคทางดิน 4 สูตร หลังการผลิต 8 เดือน ในสภาพห้องปฏิบัติการ

สูตร ^{2/}	เชื้อสาเหตุโรคพืช ^{1/}			
	<i>F. oxysporum</i> (%)	<i>P. aphanidermatum</i> (%)	<i>R. solani</i> (%)	<i>R. solanacearum</i> (cm)
1	70.25 a	71.25 b	65.44 b	0.00
2	79.95 b	73.13 a	71.45 a	0.00
3	60.10 c	52.83 c	49.53 c	0.00
4	0.00 d	9.43 d	0.00 d	0.00

สูตร ^{2/}	เชื้อสาเหตุโรคพืช ^{1/}			
	<i>F. oxysporum</i> (%)	<i>P. aphanidermatum</i> (%)	<i>R. solani</i> (%)	<i>R. solanacearum</i> (cm)
CV (%)	2.33	1.90	3.13	-
LSD _{0.05}	1.62	1.93	2.12	-

^{1/} คิดจากค่าเฉลี่ย 3 ซ้ำ และค่าที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันในสดมภ์เดียวกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเปรียบเทียบโดยวิธี Least Significant Difference ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

^{2/} สูตรที่ 1 แป้งมันสำปะหลังผสมน้ำตาลทราย สูตรที่ 2 corn starch ผสม talcum สูตรที่ 3 แป้งข้าวเจ้า ผสม CMC และสูตรที่ 4 แป้งข้าวเจ้าผสม Tween 20 และเอทานอล

ตารางที่ 4.3.15 ประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อสาเหตุโรคทางดิน 4 ชนิด ของต้นแบบผงชีวภัณฑ์ป้องกันโรคทางดิน 4 สูตร หลังการผลิต 10 เดือน ในสภาพห้องปฏิบัติการ

สูตร ^{2/}	เชื้อสาเหตุโรคพืช ^{1/}			
	<i>F. oxysporum</i> (%)	<i>P. aphanidermatum</i> (%)	<i>R. solani</i> (%)	<i>R. solanacearum</i> (cm)
1	54.00 a	31.12 a	33.32 a	0.00
2	54.25 a	30.18 a	32.32 a	0.00
3	30.00 b	28.1 b	26.00 b	0.00
4	0.00 c	0.00 c	0.00 c	0.00
CV (%)	0.20	0.90	1.38	-
LSD _{0.05}	0.15	0.83	1.33	-

^{1/} คิดจากค่าเฉลี่ย 3 ซ้ำ และค่าที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันในสดมภ์เดียวกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเปรียบเทียบโดยวิธี Least Significant Difference ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

^{2/} สูตรที่ 1 แป้งมันสำปะหลังผสมน้ำตาลทราย สูตรที่ 2 corn starch ผสม talcum สูตรที่ 3 แป้งข้าวเจ้า ผสม CMC และสูตรที่ 4 แป้งข้าวเจ้าผสม Tween 20 และเอทานอล

ตารางที่ 4.3.16 ประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อสาเหตุโรคทางดิน 4 ชนิด ของต้นแบบผงชีวภัณฑ์ป้องกันโรคทางดิน 4 สูตร หลังการผลิต 12 เดือน ในสภาพห้องปฏิบัติการ

สูตร ^{2/}	เชื้อสาเหตุโรคพืช ^{1/}			
	<i>F. oxysporum</i> (%)	<i>P. aphanidermatum</i> (%)	<i>R. solani</i> (%)	<i>R. solanacearum</i> (cm)
1	53.00 a	30.12 a	32.12 a	0.00
2	53.23 a	30.18 a	32.22 a	0.00
3	30.00 b	28.1 b	26.00 b	0.00
4	0.00 c	0.00 c	0.00 c	0.00
CV (%)	0.22	0.11	0.10	-
LSD _{0.05}	0.21	0.33	0.12	-

^{1/} คิดจากค่าเฉลี่ย 3 ซ้ำ และค่าที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันในสดมภ์เดียวกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเปรียบเทียบโดยวิธี Least Significant Difference ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

^{2/} สูตรที่ 1 แป้งมันสำปะหลังผสมน้ำตาลทราย สูตรที่ 2 Corn starch ผสม talcum สูตรที่ 3 แป้งข้าวเจ้า ผสม CMC และสูตรที่ 4 แป้งข้าวเจ้าผสม Tween 20 และเอทานอล

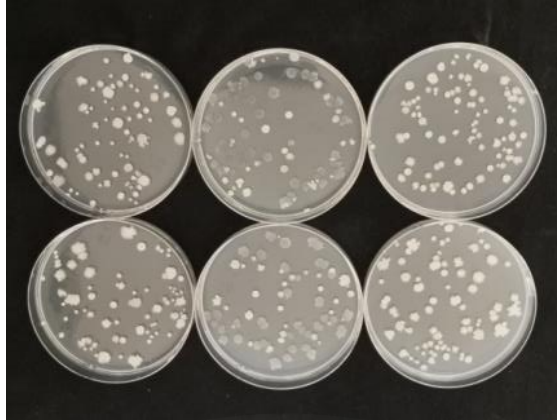


(ก)



(ข)

ภาพที่ 4.3.3 ตัวอย่างลักษณะการยับยั้งการเจริญของเชื้อสาเหตุโรคพืชทางดิน (ก) เชื้อราสาเหตุโรค (ข) เชื้อแบคทีเรียสาเหตุโรคเหี่ยวเหี่ยว ระยะ 7 วัน หลังการทดสอบ



ภาพที่ 4.3.4 ลักษณะเชื้อแบคทีเรียปฏิปักษ์ 3 ไอโซเลท ที่เจริญบนอาหารเลี้ยงเชื้อ อายุ 7 วัน

4.3.2 กิจกรรมวิจัยที่ 2 ทดสอบประสิทธิภาพการป้องกันกำจัดของต้นแบบชีวภัณฑ์ในสภาพแปลงปลูกพืช

คัดเลือกวิธีใช้ต้นแบบชีวภัณฑ์ที่ให้ผลป้องกันกำจัดโรคทางดินดีที่สุดจากผลการวิจัยปีงบประมาณ พ.ศ. 2563 เพื่อนำมาทดสอบซ้ำ ได้แก่ (1) การคลุกเมล็ดและโรยรอบโคนต้นหลังย้ายปลูก 7 วัน และ (2) การคลุกกับวัสดุเพาะกล้า อัตรา 40 g/วัสดุเพาะกล้า 1 kg เนื่องจากมีค่ายับยั้งการเกิดโรคช่วง 75 - 85% ซึ่งใกล้เคียงกับการใช้สารเคมีการค้า โดยใช้กับต้นแบบชีวภัณฑ์ที่ผลิตจากหัวเชื้อแบคทีเรียปฏิปักษ์ ร้อยละ 50 ผสมกับวัสดุรองรับสูตร corn starch และ talcum ความเข้มข้นของเชื้อสูงสุดหลังการผลิตทันที (2.33×10^{10}) และหลังเก็บรักษา 12 เดือน (1.25×10^5) ในขณะเดียวกันมีต้นทุนค่าวัสดุรองรับหัวเชื้อค่อนข้างต่ำ คือ 58 บาท ต่อกิโลกรัม และหลังเก็บรักษาชีวภัณฑ์ นาน 12 เดือน ยังมีค่าเปอร์เซ็นต์ยับยั้งการเจริญของเชื้อสาเหตุโรคพืชทางดิน 4 ชนิด (รา *F. oxysporum*, รา *P. phanidermatum* รา *R. solani* และแบคทีเรีย *R. solanacearum*) สูงกว่าสูตรการผลิตอื่น วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ แบ่งเป็น 6 กรรมวิธี จำนวน 3 ซ้ำ เปรียบเทียบผลการใช้กับวิธีของเกษตรกร สารเคมีการค้า และชีวภัณฑ์การค้า

ผลการทดสอบกับค่น้ำในแปลงปลูกของเกษตรกรโครงการพัฒนาฯ ป่าแป๋ หลังการทดสอบ 15 วัน พบว่าชีวภัณฑ์สามารถควบคุมเชื้อสาเหตุโรคได้ดี โดยเฉพาะกรรมวิธีที่ 6 การคลุกต้นแบบชีวภัณฑ์กับวัสดุเพาะกล้า อัตรา 40 g/วัสดุเพาะกล้า 1 Kg ยับยั้งโรคเน่าคอดินที่เกิดจากเชื้อรา *P. aphanidermatum* และ *R. solani* ได้ 90 - 95% ซึ่งให้ผลเท่ากับกรรมวิธีที่ 4 การใช้ชีวภัณฑ์การค้า (ไตรซาน) รองกันหลุมก่อนปลูก รองลงมาก็คือ การคลุกเมล็ดด้วยต้นแบบชีวภัณฑ์และโรยรอบโคนต้นหลังย้ายปลูก 7 วัน (กรรมวิธีที่ 5) ยับยั้งโรคได้ 80-85% ส่วนวิธีของเกษตรกร ที่ใช้ชีวภัณฑ์ไตรโคเดอร์มาและชีวภัณฑ์ B10 ควบคุมโรคได้ต่ำสุดมีค่า 75-80% สำหรับแปลงทดสอบมะเขือเทศของสถานีเกษตรหลวงอินทนนท์ ตรวจพบโรคเหี่ยวเหี่ยว *R. solanacearum* *R. solani* *P. aphanidermatum* และ *sclerotium* sp. เป็นเชื้อสาเหตุโรคอื่นที่พบในแปลง ทั้งนี้การคลุกต้นแบบชีวภัณฑ์กับวัสดุเพาะกล้า อัตรา 40 g/วัสดุเพาะกล้า 1 Kg ช่วยลดการเกิดโรคได้ 75 - 80% แต่ให้ผลไม่ดีเท่ากรรมวิธีที่ 1 วิธีของเกษตรกรที่เปลี่ยนต้นตอเป็นมะเขือพวง (85-90%) และกรรมวิธีที่ 2

การใช้สารเคมีการค้า โคปีน่า (คอปเปอร์ออกซีคลอไรด์ 85%) และ เทอร์ราคลอร์ ซูเปอร์-เอ็กซ์ (ควินโตซีน+อีไทรไดอะโซล 24% + 6% W/V EC) 85-95% หลังการทดสอบ 30 วัน จึงอาจกล่าวได้ว่าการคลุกต้นแบบสารชีวภัณฑ์กับวัสดุเพาะกล้า อัตรา 40 g/วัสดุเพาะกล้า 1 kg มีประสิทธิภาพดีกับโรคทางดินที่เกิดจากเชื้อรา มากกว่าเชื้อแบคทีเรีย (ตารางที่ 4.3.17 และภาพที่ 4.3.5-4.3.6)

ตารางที่ 4.3.17 ผลการควบคุมโรคทางดินของต้นแบบชีวภัณฑ์ผงในแปลงปลูกกะน้า ระยะ 15 วัน หลังการทดสอบ และมะเขือเทศ ระยะ 30 วัน หลังการทดสอบ

กรรมวิธี		เปอร์เซ็นต์ยับยั้งการเกิดโรค ของกะน้า ^{1/} (%)			เปอร์เซ็นต์ยับยั้งการเกิดโรค ของมะเขือเทศ ^{1/} (%)		
		แปลงที่	แปลงที่	แปลงที่	แปลงที่	แปลงที่	แปลงที่
		1	2	3	1	2	3
1	ชุดควบคุม (วิธีของเกษตรกร)	80b	75c	75d	90a	85b	90b
2	ชุดควบคุม (ไม่ปลูกเชื้อสาเหตุโรค)	70c	70d	75d	60c	75d	60d
3	สารเคมีการค้า (คอปเปอร์ออกซีคลอไรด์ 85%) และ (ควินโตซีน+ อีไทรไดอะโซล 24% + 6% W/V EC)	ทดสอบในแปลงอินทรีย์ (ไม่มีการใช้สารเคมี)			85b	90a	95a
4	สารชีวภัณฑ์การค้า (ไตรซาน) รอง ก้นหลุมก่อนปลูก	90a	95a	90b	85b	80c	85c
5	การคลุกเมล็ดด้วยต้นแบบ ชีวภัณฑ์ และโรยรอบโคนต้นหลัง ย้ายปลูก 7 วัน	80b	85c	85c	70d	65e	65f
6	การคลุกต้นแบบชีวภัณฑ์กับวัสดุ เพาะกล้า อัตรา 40 g/วัสดุเพาะ กล้า 1 Kg	95a	90b	95a	80c	80c	75e
	CV (%)	0.41	0.43	0.42	0.41	0.42	0.42
	LSD _{0.05}	4.89	4.91	4.95	5.00	4.95	4.99

^{1/} คิดจากค่าเฉลี่ย 3 ซ้ำ และค่าที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันในสดมภ์เดียวกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเปรียบเทียบโดยวิธี Least Significant Difference ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%



ภาพที่ 4.3.5 การใช้ดินแบบชีวภัณฑ์ป้องกันกำจัดโรคทางดินในแปลงปลูกคะน้าร่วมกับเกษตรกร



ภาพที่ 4.3.6 การใช้ดินแบบชีวภัณฑ์ป้องกันกำจัดโรคทางดินในแปลงปลูกมะเขือเทศร่วมกับเกษตรกร

เมื่อพิจารณาปริมาณและคุณภาพผลิตผล (kg/พื้นที่ทดสอบ) ต้นทุนการใช้งาน/ฤดูการ (บาท/ฤดูการ) และลักษณะความผิดปกติของต้นพืชทดสอบ ข้อมูลแสดงให้เห็นว่า การทดสอบในแปลงปลูกมะเขือเทศร่วมกับเกษตรกรและเจ้าหน้าที่สถานีเกษตรหลวงอินทนนท์ หลังทดสอบ พบว่าวิธีคลุกดินแบบชีวภัณฑ์ 40 กรัม กับวัสดุเพาะกล้า 1 กิโลกรัม พบจำนวนต้นเป็นโรคต่ำสุด มีต้นทุนการใช้ 683 บาท/โรงเรือน/ฤดูการ ให้ผลดีกว่าการคลุกเมล็ดด้วยชีวภัณฑ์และโรยรอบโคนต้นหลังย้ายปลูก 7 วัน มีต้นทุนการใช้ 981 บาท/โรงเรือน/ฤดูการ สำหรับวิธีรองกันหลุมด้วยชีวภัณฑ์การค้ำ (เชื้อราไตรโคเดอร์มา) มีต้นทุนการใช้ 1,105 บาท/โรงเรือน/ฤดูการ และมีค่าเฉลี่ยน้ำหนักสดของมะเขือเทศหลังเก็บเกี่ยว 620-628 กิโลกรัม ซึ่งการคลุกดินแบบชีวภัณฑ์กับวัสดุเพาะกล้าพบต้นเป็นโรคน้อยกว่ากรรมวิธีอื่น เช่นเดียวกับการทดสอบในแปลงปลูกคะน้าพื้นที่โครงการพัฒนาฯ ป่าแป๋ ที่พบอาการต้นเน่าคอดินน้อยที่สุดในวิธีคลุกดินแบบชีวภัณฑ์ 40 กรัม กับวัสดุเพาะกล้า 1 กิโลกรัม พบ

จำนวนต้นเป็นโรคต่ำสุด มีต้นทุนการใช้ 875 บาท/โรงเรือน/ฤดูการ และมีค่าเฉลี่ยน้ำหนักสดของคะน้าหลังเก็บเกี่ยว 378.00-380.80 กิโลกรัม ซึ่งดีกว่าวิธีคลุกเมล็ดด้วยต้นแบบชีวภัณฑ์และโรยรอบโคนต้นหลังย้ายปลูก 7 วันมีต้นทุนการใช้ 1,200 บาท/โรงเรือน/ฤดูการ และค่าเฉลี่ยน้ำหนักสดเท่ากับ 336.00 กิโลกรัม (ตารางที่ 4.3.18 และ 4.3.19)

ตารางที่ 4.3.18 ปริมาณและคุณภาพผลิตผลที่เก็บเกี่ยวได้ ต้นทุนการใช้สาร และความผิดปกติของต้นคะน้า

กรรมวิธี		ปริมาณ (kg/โรงเรือน)	คุณภาพ ผลิตผล	ต้นทุนการใช้ (บาท/ฤดูการ)	ความผิดปกติ ของพืชทดสอบ
1	ชุดควบคุม (วิธีของเกษตรกร)	364	ดี-ปาน กลาง	2,500	ไม่พบ
2	ชุดควบคุม (ไม่ปลูกเชื้อสาเหตุโรค)	336	ดี-ปาน กลาง	ไม่มี	ไม่พบ
3	สารเคมีการค้า	ไม่ใช้สารเคมี			
4	สารชีวภัณฑ์การค้า (ไตรซาน) รอง กันหลุมก่อนปลูก	380.80	ดี	1,375	ไม่พบ
5	การคลุกเมล็ดด้วยต้นแบบ ชีวภัณฑ์ และโรยรอบโคนต้นหลัง ย้ายปลูก 7 วัน	336	ดี-ปาน กลาง	1,200	ไม่พบ
6	การคลุกต้นแบบชีวภัณฑ์กับวัสดุ เพาะกล้า อัตรา 40 g/วัสดุเพาะ กล้า 1 Kg	378	ดี	875	ไม่พบ

ตารางที่ 4.3.19 ปริมาณและคุณภาพผลิตผลที่เก็บเกี่ยวได้ ต้นทุนการใช้สาร และความผิดปกติของต้นมะเขือเทศ

กรรมวิธี		ปริมาณ (kg/1 โรงเรือน)	คุณภาพ ผลิตผล	ต้นทุนการใช้ (บาท/ฤดูการ)	ความผิดปกติ ของพืชทดสอบ
1	ชุดควบคุม (วิธีของเกษตรกร)	170	ดี	1,350	ไม่พบ
2	ชุดควบคุม (ไม่ปลูกเชื้อสาเหตุโรค)	123	ปานกลาง	ไม่มี	ไม่พบ

กรรมวิธี		ปริมาณ (kg/1 โรงเรือน)	คุณภาพ ผลิตผล	ต้นทุนการใช้ (บาท/ฤดูการ)	ความผิดปกติ ของพืชทดสอบ
3	สารเคมีการค้า (คอปเปอร์ออกไซด์คลอไรด์) และ (ควินโตซีน+ อีไตรไดอะโซล 24% + 6% W/V EC)	165	ดี-ปาน กลาง	1,350	ไม่พบ
4	สารชีวภัณฑ์การค้า (ไตรซาน) รองก้นหลุมก่อนปลูก	155	ดี-ปาน กลาง	1,105	ไม่พบ
5	การคลุกเมล็ดด้วยต้นแบบชีวภัณฑ์ และโรยรอบโคนต้นหลังย้ายปลูก 7 วัน	138	ปานกลาง	981	ไม่พบ
6	การคลุกต้นแบบชีวภัณฑ์กับวัสดุเพาะกล้า อัตรา 40 g/วัสดุเพาะกล้า 1 Kg	157	ดี-ปาน กลาง	683	ไม่พบ

4.4 โครงการย่อยที่ 4 การประเมินประสิทธิภาพผลิตภัณฑ์ทดแทนสารเคมีเกษตรจากผลงานวิจัยที่ผลิตจากพืชท้องถิ่นและสายพันธุ์จุลินทรีย์ปฏิบัติบนพื้นที่สูง

4.4.1 กิจกรรมวิจัยที่ 1 ทดสอบประสิทธิภาพการใช้ชีวภัณฑ์เชื้อรา *Beauveria bassiana* (พีพี-เบ็บ) โดยดำเนินการต่อเนื่องจากปีงบประมาณ พ.ศ. 2563 ตั้งแต่เดือนสิงหาคม-ธันวาคม 2563 ณ สถานีวิจัยโครงการหลวงแม่หลอด อ.แม่แตง จ.เชียงใหม่ วางแผนการทดสอบแบบสุ่มบล็อกสมบูรณ์ เปรียบเทียบปริมาณการใช้ชีวภัณฑ์จากผลงานวิจัยกับผลิตภัณฑ์การค้า แบ่งเป็น 6 กรรมวิธี จำนวน 3 ซ้ำ ผลการบันทึกเปอร์เซ็นต์การเข้าทำลายของมอดเจาะผลกาแฟที่แปลงปลูกอยู่บริเวณกลางแจ้ง (แปลงที่ 1) พบว่าทุกกรรมวิธีแสดงความเสียหายไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95% ซึ่งวิธีใช้กับด้ร่วมกับสารล่อเมธิลแอลกอฮอล์ : เอทิลแอลกอฮอล์ เท่ากับ 50 : 50 ของเกษตรกรมีค่าน้อยสุด 7.48% ส่วนการฉีดพ่นชีวภัณฑ์เชื้อรา (พีพี-เบ็บ) อัตรา 100 200 และ 300 g/น้ำ 20 l พบการเข้าทำลายที่ 18.34 17.78 และ 18.71% ตามลำดับ สำหรับแปลงในร่ม (แปลงที่ 2) พบว่าวิธีควบคุมที่ไม่มีการจัดการใด มีมอดเจาะผลกาแฟต่ำสุด 5.97% และไม่แตกต่างกับวิธีฉีดพ่นชีวภัณฑ์การค้า (บูเวริน) ที่พบการเข้าทำลาย 19.91% แต่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับการฉีดพ่นชีวภัณฑ์เชื้อราจากผลงานวิจัยทั้ง 3 อัตรา 24.58 26.41 และ 28.36% ตามลำดับ ดังตารางที่ 4.4.1

การบันทึกเปอร์เซ็นต์การเข้าทำลายของมอดเจาะผลกาแฟระยะหลังเก็บเกี่ยว พบว่าสภาพแปลงปลูกกลางแจ้ง (แปลงที่ 1) ทุกกรรมวิธีแสดงผลไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95% เช่นกัน โดยการฉีดพ่นชีวภัณฑ์เชื้อราจากผลงานวิจัย อัตรา 200 g/น้ำ 20 l ช่วยลดความเสียหายมากที่สุด พบมอดเจาะผลกาแฟ 21.62 % รองลงมาคือวิธีเกษตรกร (กับดักร่วมกับสารล่อ) และการใช้ชีวภัณฑ์เชื้อรา อัตรา 100 g/น้ำ 20 l มีค่า 22.12% และ 23.00% ตามลำดับ หลังจากนั้นได้สุ่มเก็บตัวอย่างผลสุกของกาแฟแต่ละกรรมวิธี และนำไปผ่าเพื่อวัดระดับความเสียหายเชิงคุณภาพ (Qualitative Damage) แบ่งเป็น 4 ระดับ (ภาพที่ 4.4.1) ดังนี้

ความเสียหายระดับที่ 1 = พบผลที่เปลือกแต่ไม่พบร่องรอยการเจาะถึงเนื้อด้านใน

ความเสียหายระดับที่ 2 = พบรอยเจาะที่เปลือกและเนื้อด้านในแต่ไม่ถึงเมล็ดกาแฟ

ความเสียหายระดับที่ 3 = พบรอยเจาะที่เปลือก เนื้อด้านในและถึงเมล็ดกาแฟ

ความเสียหายระดับที่ 4 = พบผลและรอยเจาะถึงเมล็ดกาแฟทำให้เมล็ดเน่า 50-100%

การจัดความรุนแรงในการเข้าทำลายของมอดเจาะผลกาแฟ ส่วนใหญ่ความเสียหายอยู่ระดับที่ 3 คิดเป็น 30.75% รองลงมาคือ ระดับ 4 มีค่า 21.79% ซึ่งส่งผลกระทบต่อคุณภาพผลิตผลและไม่สามารถนำไปจำหน่ายได้ ทั้งนี้หากความเสียหายผลผลิตกาแฟอยู่ในระดับที่ 1 และ 2 นั้น ยังสามารถส่งจำหน่ายได้เนื่องจากไม่มีการเข้าทำลายถึงเมล็ดของผลกาแฟ ดังแสดงในตารางที่ 4.4.2 และภาพ 4.4.2 และ 4.4.3

ตารางที่ 4.4.1 ประสิทธิภาพการใช้ชีวภัณฑ์ป้องกันกำจัดมอดเจาะผลกาแฟ ณ สถานีวิจัยโครงการหลวงแม่หลอด อ.แม่แตง จ.เชียงใหม่ ช่วงเดือนสิงหาคม-ธันวาคม 2563

กรรมวิธี	การเข้าทำลายของมอดเจาะผลกาแฟ ในแปลงปลูก ^{1/} (%)		การเข้าทำลายของมอดเจาะ ผลกาแฟหลังการเก็บเกี่ยว ^{1/} (%)	
	แปลง 1	แปลง 2	แปลง 1	แปลง 2
	หลัง	หลัง		
1. วิธีเกษตรกร (กับดักร่วมกับสารล่อ)	7.48 a	10.47 ab	22.12 a	22.87 a
2. ชีวภัณฑ์ 100 g	18.34 a	24.58 b	23.00 a	26.87 a
3. ชีวภัณฑ์ 200 g	17.78 a	26.41 b	21.62 a	30.12 a
4. ชีวภัณฑ์ 300 g	18.71 a	28.36 b	28.87 a	27.50 a

5. ผลិតภัณฑ์การค้า (บูเวริน)	17.00 a	19.91 ab	33.00 a	23.87 a
6. วิธีควบคุม (ไม่มีการจัดการใด)	16.88 a	5.97 a	28.37 a	21.25 a
CV (%)	0.82	0.63	0.48	0.50
LSD _{0.05}	19.83	18.48	19.21	19.33

^{1/} คิดจากค่าเฉลี่ย 3 ซ้ำ และค่าที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันในสดมภ์เดียวกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเปรียบเทียบโดยวิธี Least Significant Difference ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%



(ก)



(ข)

ภาพที่ 4.4.1 ระดับความเสียหายของเมล็ดกาแฟจากการเข้าทำลายของมอดเจาะ และผลกาแฟบนต้น

ตารางที่ 4.4.2 ความเสียหายเมล็ดกาแฟระยะหลังเก็บเกี่ยวผลิตผลจากการเข้าทำลายของมอดเจาะผลกาแฟ ณ สถานีวิจัยโครงการหลวงแม่หลอด อ.แม่แตง จ.เชียงใหม่ ช่วงเดือนธันวาคม 2563

กรรมวิธี	เปอร์เซ็นต์ความเสียหาย (%)			
	ระดับ 1	ระดับ 2	ระดับ 3	ระดับ 4
1. วิธีเกษตรกร (กับดักร่วมกับสารล่อ)	9	17.5	32	19.75
2. ฉีดพ่นชีวภัณฑ์ 100 g	11.5	21	32	20.5
3. ฉีดพ่นชีวภัณฑ์ 200 g	14.5	22	31.5	21.5
4. ฉีดพ่นชีวภัณฑ์ 300 g	12.5	25.5	35.5	19
5. ผลิตภัณฑ์การค้า (บูเวริน)	12	17	28	32.5

6. วิธีควบคุม (ไม่มีการจัดการใด)	15	20.5	25.5	17.5
----------------------------------	----	------	------	------



(ก)



(ข)



(ค)



(ง)



(จ)



(ฉ)

ภาพที่ 4.4.2 ลักษณะการเข้าทำลายของมอดเจาะผลกาแฟบริเวณแปลงปลูกกลางแจ้งในแต่ละกรรมวิธี (ก) กับด้กร่วมกับสารล่อ (ข) ชีวภัณฑ์ 100 g (ค) ชีวภัณฑ์ 200 g (ง) ชีวภัณฑ์ 300 g (จ) ผลิตภัณฑ์การค้า (บูเวริน) และ (ฉ) ไม่มีการจัดการใด



(ก)



(ข)



(ค)



(ง)



(จ)



(ฉ)

ภาพที่ 4.4.3 ลักษณะการเข้าทำลายของมอดเจาะผลกาแฟบริเวณแปลงปลูกบริเวณที่ร่มในแต่ละกรรมวิธี (ก) กับด้กร่วมกับสารล่อ (ข) ชีวภัณฑ์ 100 g (ค) ชีวภัณฑ์ 200 g (ง) ชีวภัณฑ์ 300 g (จ) ผลิตภัณฑ์การค้า (บูเวริน) และ (ฉ) ไม่มีการจัดการใด

4.4.2 กิจกรรมวิจัยที่ 2 ทดสอบประสิทธิภาพสารล่อดึงดูดเพลี้ยไฟของพืชตระกูลพริก วางแผนการทดสอบแบบ T-Test เปรียบเทียบระหว่าง (1) วิธีการใช้สารล่อดึงดูดเพลี้ยไฟร่วมกับกับดักกาวเหนียวถุงพลาสติกสีน้ำเงินจากผลงานวิจัย และ (2) วิธีการใช้กับดักกาวเหนียวถุงพลาสติกสีเหลือง โดยวางกับดักกรรมวิธีละ 6 กับดัก ระยะติดตั้งห่าง 4 เมตร ทดสอบในแปลงปลูกพริกหวาน 2 พื้นที่ การบันทึกข้อมูลจำนวนเพลี้ยไฟสะสม 5 สัปดาห์ ณ ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงห้วยส้มป่อย อ.จอมทอง จ.

เชียงใหม่ พบว่ากับดักสารล่อดึงดูดเพลี้ยไฟจากผลงานวิจัยมีปริมาณ 1,586 ตัว (เฉลี่ย 88 ตัว/กับดัก) มากกว่ากับดักกาวเหนียวสีเหลืองที่มีจำนวนเพลี้ยไฟ 607 ตัว (เฉลี่ย 33 ตัว/กับดัก) โดยคำนวณเป็นค่าความแตกต่างทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95% เท่ากับ 0.008 ส่วนสถานีเกษตรหลวงอินทนนท์ อ.จอมทอง จ.เชียงใหม่ พบจำนวนเพลี้ยไฟที่ติดกับดักสารล่อดึงดูดเพลี้ยไฟสะสม 1,267 ตัว (เฉลี่ย 72 ตัว/กับดัก) ในขณะที่กับดักกาวเหนียวสีเหลืองมีจำนวน 793 ตัว (เฉลี่ย 44 ตัว/กับดัก) ค่าความแตกต่างทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95% เท่ากับ 0.005 สรุปได้ว่าการใช้สารล่อร่วมกับกับดักกาวเหนียวสีน้ำเงินจากผลงานวิจัย สามารถดึงดูดเพลี้ยไฟได้มากกว่ากับดักกาวเหนียวสีเหลือง โดยทั้ง 2 พื้นที่ แสดงผลทดสอบเป็นไปในทิศทางเดียวกัน (ตารางที่ 4.4.3-4.4.5 และภาพที่ 4.4.4-4.4.5)

ตารางที่ 4.4.3 ผลการทดสอบประสิทธิภาพสารล่อดึงดูดเพลี้ยไฟของพริกหวานในแปลงเกษตรกรพื้นที่ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงห้วยส้มป่อย และสถานีเกษตรหลวงอินทนนท์ อ.จอมทอง จ.เชียงใหม่

พื้นที่ทดสอบ	จำนวนสะสมของเพลี้ยไฟที่ติดกับดัก ^{1/} (ตัว/6 กับดัก)							
	กับดักสารล่อดึงดูดจากผลงานวิจัย				กับดักกาวเหนียวสีเหลือง			
	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	รวม	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	รวม
ศูนย์ฯ ห้วยส้มป่อย	457	474	655	1,586	177	193	237	607
สถานีฯ อินทนนท์	406	424	437	1,267	307	270	216	793
				2,853				1,400

ตารางที่ 4.4.4 ผลทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95% เปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างการใช้กับดักสารล่อดึงดูดเพลี้ยไฟจากผลงานวิจัยและกับดักกาวเหนียวสีเหลืองพื้นที่ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงห้วยส้มป่อย

กรรมวิธี	N	$\bar{x}$	S.D.	Sig.	t
สารล่อดึงดูด	3	528.67	109.738	0.008	4.956
กาวเหนียวสีเหลือง	3	202.33	31.070		

Sig >.05 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเปรียบเทียบโดยวิธี T-Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

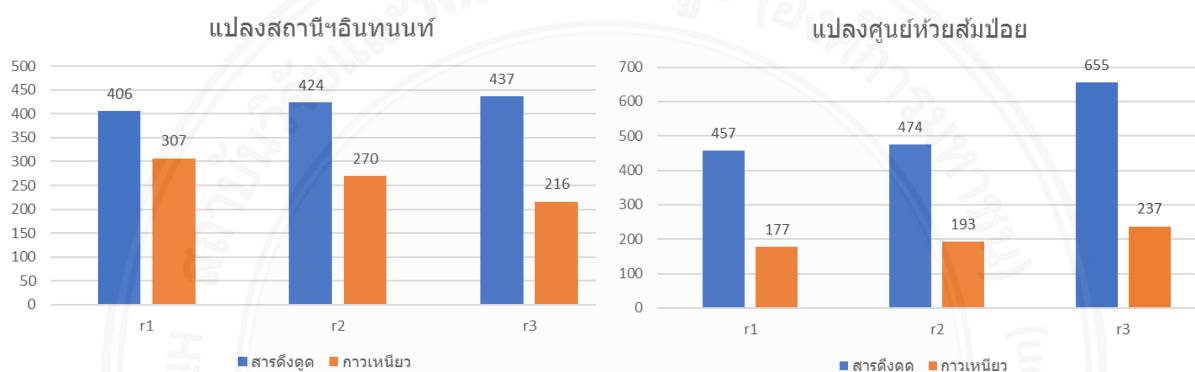
Sig <.05 ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเปรียบเทียบโดยวิธี T-Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 4.4.5 ผลทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95% เปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างการใช้กับดักสารล่อดึงดูดเพลี้ยไฟจากผลงานวิจัยและกับดักกาวเหนียวสีเหลืองในพื้นที่สถานีเกษตรหลวงอินทนนท์

กรรมวิธี	N	$\bar{x}$	S.D.	Sig.	t
สารล่อดึงดูด	3	422.33	15.567	0.005	2.270
กาวเหนียวสีเหลือง	3	264.33	45.764		

Sig >.05 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเปรียบเทียบโดยวิธี T-Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

Sig <.05 ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเปรียบเทียบโดยวิธี T-Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%



ภาพที่ 4.4.4 จำนวนสะสมของเพลี้ยไฟที่ติดกับดักสารล่อดึงดูดสีน้ำเงินจากผลงานวิจัยและกับดักกาวเหนียวสีเหลืองในพื้นที่ทดสอบ 2 แห่ง



ภาพที่ 4.4.5 ลักษณะของ (ก) กับดักสารล่อดึงดูดเพลี้ยไฟจากผลงานวิจัย (ข) กับดักกาวเหนียวสีเหลือง (ค) แปลงทดสอบ และ (ง) เพลี้ยไฟภายใต้กล้องจุลทรรศน์

4.4.3 กิจกรรมวิจัยที่ 3 ทดสอบประสิทธิภาพชีวภัณฑ์ลดความเป็นกรดและความเป็นพิษของโลหะหนักออกซิไดนดิน วางแผนการทดสอบแบบ T-test เปรียบเทียบระหว่าง (1) แปลงควบคุมที่ไม่มีการจัดการใด และ (2) วิจัยจากผลงานวิจัยโดยการรองกันหลุมหรือโรยก่อนปลูกต้นกล้าด้วยผงชีวภัณฑ์ลดปริมาณโลหะหนักใน

ดินที่ผลิตจากไดอะตอมไมท์และปูน อัตรา 1 ซ่อนชา (3 g/หลุม) จากนั้นราดสารตรึงโลหะหนัก คือ 0.1% ของ เพอร์รัสซัลเฟต (Fe^{2+}) ที่ละลายน้ำลงในดินหลังย้ายปลูก ดำเนินการทดสอบ 3 แปลง ณ ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแม่โจ้ อ.ฮอด จ.เชียงใหม่ บันทึกผลด้วยการเก็บตัวอย่างดินช่วงก่อนและหลังทดสอบ สำหรับต้นพืชจะส่งตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนักอาซีนิกทั้งหมด (Total Arsenic; As) แบ่งเป็น ส่วนของใบและราก เช่นเดียวกับตัวอย่างปุ๋ยอินทรีย์ที่เกษตรกรใช้ใส่บำรุงต้นพืชระหว่างปลูก ทั้งนี้ประเทศไทยกำหนดระดับเกณฑ์พื้นฐานการปนเปื้อนของโลหะหนักอาซีนิกหรือสารหนูในดิน ไม่เกิน 30 mg/kg

ผลการวิเคราะห์พบว่า ตัวอย่างดินก่อนทดสอบมีปริมาณโลหะหนักอาซีนิกทั้งหมดเกินเกณฑ์พื้นฐานในแปลงปลูกพืชของนายพะมู มีค่า 43 mg/kg แต่อีก 2 แปลงไม่เกิน คือแปลงนายวันฤทธิ์ 29 mg/kg และนางวิภา 27.1 mg/kg เมื่อสุ่มเก็บตัวอย่างดินหลังการทดสอบ ข้อมูลแสดงให้เห็นว่าแปลงนายวันฤทธิ์ ซึ่งใส่ผงชีวภัณฑ์ และสาร Fe^{2+} จากผลงานวิจัยพบโลหะหนักอาซีนิก 37.6 mg/kg น้อยกว่าแปลงควบคุมที่ไม่มีการจัดการใด (40 mg/kg) ขณะที่อีก 2 แปลง แสดงผลตรงกันข้าม คือแปลงที่ใส่ผงชีวภัณฑ์ และสาร Fe^{2+} พบการปนเปื้อนของโลหะหนักอาซีนิกสูงกว่าแปลงควบคุมเล็กน้อย (ตารางที่ 4.4.6) อย่างไรก็ตามดินทุกแปลงหลังการทดสอบมีปริมาณโลหะหนักอาซีนิกทั้งหมดเกินเกณฑ์ระดับพื้นฐานและมีค่าสูงกว่าก่อนการทดสอบ สำหรับผลการวิเคราะห์แคดเมียมทั้งหมด (Total Cadmium; Cd) ทุกตัวอย่างดินที่สุ่มไม่พบการปนเปื้อน (ตารางที่ 4.4.7) ส่วนปุ๋ยอินทรีย์ของเกษตรกรทั้ง 3 ราย ได้แก่ นายวันฤทธิ์ นายพะมู และนางวิภา พบโลหะหนักอาซีนิก 15.26 8.04 และ 2.40 mg/kg ตามลำดับ ดังตารางที่ 4.4.8

เมื่อนำตัวอย่างต้นพืชที่ปลูกในแปลงที่ใช้ผงชีวภัณฑ์ และสาร Fe^{2+} ไปตรวจหาปริมาณอาซีนิกทั้งหมด แบ่งเป็น ส่วนของใบและราก พบว่าใบผักสลัดจากแปลงนางวิภา มีค่าน้อยที่สุด < 0.025 mg/kg แปลงนายวันฤทธิ์ (คะน้า) 0.051 mg/kg และแปลงนายพะมู (ผักสลัด) 0.13 mg/kg ตามลำดับ ขณะที่แปลงควบคุมผักสลัดของนางวิภาไม่พบการปนเปื้อน แต่ในแปลงของนายพะมู และนายวันฤทธิ์ พบ < 0.025 และ 0.081 mg/kg ตามลำดับ ส่วนตัวอย่างรากพืชในแปลงที่ใช้ผงชีวภัณฑ์ และสาร Fe^{2+} พบอาซีนิกปริมาณน้อยที่สุด 0.050 mg/kg จากรากผักสลัดแปลงของนางวิภา รองลงมาคือแปลงนายวันฤทธิ์ 0.052 mg/kg และแปลงนายพะมู 0.074 mg/kg ตามลำดับ เช่นเดียวกับแปลงควบคุมที่พบการปนเปื้อนโลหะหนักอาซีนิกมีค่า 0.041 0.048 และ 0.085 mg/kg ดังแสดงในตารางที่ 4.4.9 สำหรับการปนเปื้อนของแคดเมียมทั้งหมด พบปริมาณ < 0.018 mg/kg เฉพาะส่วนของรากพืชที่เก็บมาจากแปลงปลูกคะน้าของนายวันฤทธิ์ และผักสลัดของนายพะมู เท่านั้น (ตารางที่ 4.4.10)

ตารางที่ 4.4.6 ปริมาณอะซิติกทั้งหมดในดินแปลงปลูกพืชของเกษตรกรเปรียบเทียบผลระยะก่อนและหลังการใส่ผงชีวภัณฑ์และสารตรึงโลหะหนักจากผลงานวิจัย ณ ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแม่โถ อ.ฮอด จ.เชียงใหม่

เกษตรกร	ชนิดพืช	ปริมาณอะซิติกทั้งหมดในดิน (mg/kg)		
		ก่อนทดสอบ	หลังทดสอบ	
			แปลงควบคุม	แปลงทดสอบ
นายวันฤทธิ์	คะน้า	29.0	40.0	37.6
นางวิภา	ผักสลัด	27.1	36.1	37.6
นายพะมู	ผักสลัด	43.0	47.3	48.5

ตารางที่ 4.4.7 ปริมาณแคดเมียมทั้งหมดในดินแปลงปลูกพืชของเกษตรกรเปรียบเทียบผลระยะก่อนและหลังการใส่ผงชีวภัณฑ์และสารตรึงโลหะหนักจากผลงานวิจัย ณ ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแม่โถ อ.ฮอด จ.เชียงใหม่

เกษตรกร	ชนิดพืช	ปริมาณแคดเมียมทั้งหมดในดิน (mg/kg)		
		ก่อนทดสอบ	หลังทดสอบ	
			แปลงควบคุม	แปลงทดสอบ
นายวันฤทธิ์	คะน้า	ND ^{2/}	ND	ND
นางวิภา	ผักสลัด	ND	ND	ND
นายพะมู	ผักสลัด	ND	ND	ND

^{2/}ND = Not detect หรือตรวจไม่พบ

ตารางที่ 4.4.8 ปริมาณอะซิติกทั้งหมดในปุ๋ยอินทรีย์ของเกษตรกรที่เข้าร่วมทดสอบงานวิจัยใช้เพื่อบำรุงต้นพืช

เกษตรกร	ปุ๋ยอินทรีย์	ปริมาณอะซิติกทั้งหมดในปุ๋ยอินทรีย์ (mg/kg)
นายวันฤทธิ์	สูตรของเกษตรกร	15.26
นางวิภา	สูตรของเกษตรกร	2.40
นายพะมู	สูตรของเกษตรกร	8.04

ตารางที่ 4.4.9 ปริมาณอะซิติกทั้งหมดในส่วนของตัวอย่างใบและรากพืชหลังการทดสอบ

เกษตรกร	ชนิดพืช	ปริมาณอะซิติกทั้งหมด (mg/kg)			
		แปลงควบคุม		แปลงทดสอบ	
		ใบ	ราก	ใบ	ราก
นายวันฤทธิ์	คะน้า	0.081	0.048	0.05 ^{1/}	0.052
นางวิภา	ผักสลัด	ND ^{2/}	0.041	< 0.025	0.050

นายพะมู	ผักสลัด	< 0.025	0.085	0.13	0.074
---------	---------	---------	-------	------	-------

^{1/}ปริมาณอาชีวนิคที่ตรวจพบ

^{2/}ND = Not detect หรือตรวจไม่พบ

ตารางที่ 4.4.10 ปริมาณแคดเมียมทั้งหมดในส่วนของตัวอย่างใบและรากพืชหลังการทดสอบ

เกษตรกร	ชนิดพืช	ปริมาณแคดเมียมทั้งหมด (mg/kg)			
		แปลงควบคุม		แปลงทดสอบ	
		ใบ	ราก	ใบ	ราก
นายวันฤทธิ์	คะน้า	ND ^{2/}	< 0.018 ^{1/}	ND	< 0.018
นางวิภา	ผักสลัด	ND	ND	ND	ND
นายพะมู	ผักสลัด	ND	< 0.018	ND	< 0.018

^{1/}ปริมาณแคดเมียมที่ตรวจพบ

^{2/}ND = Not detect หรือตรวจไม่พบ



ภาพที่ 4.4.6 ลักษณะแปลงทดสอบและการเก็บตัวอย่างพืชเพื่อส่งวิเคราะห์โลหะหนัก

4.4.4 กิจกรรมวิจัยที่ 4 ทดสอบประสิทธิภาพชีวภัณฑ์ป้องกันโรคผลเน่า *Phytophthora* ของเสาวรส โดยปรับปรุงวิธีผลิตชีวภัณฑ์ในห้องปฏิบัติการเพื่อลดต้นทุนการผลิตและอัตราการใช้ เริ่มจากเลี้ยงหัวเชื้อแบคทีเรียปฏิปักษ์ สายพันธุ์ TChC2 (*Alcaligenes faecalis*) ในอาหารเหลวสูตรแบ่งหัวเชื้อผสมธาตุอาหารเสริม (ต้นทุนอาหาร 3.88 บาท/ลิ) นาน 3 วัน จนได้เชื้อความเข้มข้น 10^{10} cfu/ml นำสารแขวนลอยของเชื้อที่ได้ไปผสมกับ 7 สูตรวัสดุรองรับ เปรียบเทียบสัดส่วนการผสมหัวเชื้อ ได้แก่ 25% 35% และ 50% โดยน้ำหนักของวัสดุรองรับ อบด้วยลมร้อนอุณหภูมิ 35-40°C จนเหลือความชื้น 15-20% จึงบดเป็นผงละเอียดและใส่ในถุงบรรจุภัณฑ์ ยกเว้นสูตรที่ 7 ที่มีลักษณะเป็นของเหลว บันทึกความเข้มข้นหัวเชื้อแบคทีเรียปฏิปักษ์ในชีวภัณฑ์แต่ละสูตรหลังผลิตเสร็จทันที

ข้อมูลแสดงให้เห็นว่าสัดส่วนหัวเชื้อที่เพิ่มขึ้นแปรผันตรงต่อความเข้มข้นที่ตรวจพบ ทั้งนี้กรรมวิธีการผสมหัวเชื้อ 50% กับวัสดุรองรับสูตร 1 แป้งข้าวเจ้าผสมน้ำมันถั่วเหลืองและชูโครส (สูตรเดิม) ต้นทุน 145 บาท/kg มีปริมาณหัวเชื้อสูงสุด 2.80×10^9 cfu/ml ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95% กับวัสดุรองรับสูตร 3 CMC ผสม Talcum ต้นทุน 50 บาท/kg ความเข้มข้นเชื้อ 2.63×10^9 cfu/ml ขณะที่หลายสูตรการผลิตตรวจไม่พบการเจริญของเชื้อแบคทีเรียปฏิปักษ์ ได้แก่ (1) สัดส่วนการผสม 10% ทั้ง 7 สูตร (2) สัดส่วนการผสม 20% 25% ในสูตรที่ 2, 4-7 (3) สัดส่วนการผสม 35% 50% ในสูตรที่ 5 และ 7 (ตารางที่ 4.4.11-4.4.12 และภาพที่ 4.4.7) จึงเลือกสูตรการผสมหัวเชื้อ 50% โดยน้ำหนักของวัสดุรองรับ ไปทดสอบในขั้นตอนต่อไป

ตารางที่ 4.4.11 ต้นทุนของวัสดุรองรับหัวเชื้อแบคทีเรียปฏิปักษ์ สายพันธุ์ TChC2 ที่ใช้ผลิตชีวภัณฑ์ป้องกันโรคผลเน่า *Phytophthora* ของเสาวรส

กรรมวิธี	ส่วนประกอบของวัสดุรองรับ น้ำหนัก 1 kg	ต้นทุนวัสดุรองรับ (บาท/kg)
1	แป้งข้าวเจ้า 800 g ผสมน้ำมันถั่วเหลือง 5 ml และชูโครส 100 g (สูตรเดิม)	145.00
2	แป้งข้าวโพด 300 g talcum 700 g	58.00
3	carboxymethyl cellulose (CMC) 20 g และ Talcum 980 g	50.00
4	แป้งมันสำปะหลัง 900 g ผสมน้ำตาลทราย 100 g	47.30
5	แป้งข้าวโพด 50 g ผสม 8 ml Tween 20 และเอทานอล 5 ml	125.00
6	แป้งข้าวเจ้า 990 g และ CMC 10 g	90.65
7	น้ำมันถั่วเหลือง 1 l ผสมชูโครส 75 g และ Tween 20 0.75 ml	109.75

ตารางที่ 4.4.12 ปริมาณเชื้อแบคทีเรียปฏิปักษ์ในต้นแบบชีวภัณฑ์ป้องกันโรคผลเน่า *Phytophthora* ของเสาวรส หลังผลิตทันทีเปรียบเทียบกับร้อยละการผสมหัวเชื้อในวัสดุรองรับ

สูตร ^{2/}	ความเข้มข้นเชื้อแบคทีเรียปฏิปักษ์ ^{1/} (cfu/ml)				
	10%	20%	25%	35%	50%
1	0.00	1.10×10^6 a	1.80×10^6 a	2.35×10^8 a	2.80×10^9 a
2	0.00	0.00 b	0.00 b	1.23×10^7 b	1.46×10^8 b
3	0.00	1.00×10^6 a	1.36×10^6 a	2.27×10^8 a	2.63×10^9 a
4	0.00	0.00 b	0.00 b	1.20×10^7 b	1.80×10^8 b

สูตร ^{2/}	ความเข้มข้นเชื้อแบคทีเรียปฏิปักษ์ ^{1/} (cfu/ml)				
	10%	20%	25%	35%	50%
5	0.00	0.00 b	0.00 b	0.00 d	0.00 d
6	0.00	0.00 b	0.00 b	1.52x10 ⁷ bc	1.15x10 ⁸ bc
7	0.00	0.00 b	0.00 b	0.00 d	0.00 d
CV (%)	-	0.78	1.13	1.52	2.66
LSD _{0.05}	-	0.96	1.32	2.56	2.54

^{1/} คิดจากค่าเฉลี่ย 3 ซ้ำ และค่าที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันในสดมภ์เดียวกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเปรียบเทียบโดยวิธี Least Significant Difference ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยค่า LSD แปลงเป็นค่า logarithm

^{2/} สูตรที่ 1 แป้งข้าวเจ้าผสมน้ำมันถั่วเหลืองและชูโครส สูตรที่ 2 แป้งข้าวโพดผสม talcum สูตรที่ 3 CMC ผสม talcum สูตรที่ 4 แป้งมันสำปะหลังผสมน้ำตาลทราย สูตรที่ 5 แป้งข้าวโพดผสม Tween 20 และเอทานอล สูตรที่ 6 แป้งข้าวเจ้าผสม CMC และสูตรที่ 7 น้ำมันถั่วเหลืองผสมชูโครส และ Tween 20



ภาพที่ 4.4.7 ลักษณะเชื้อแบคทีเรียปฏิปักษ์ 3 ไอโซเลท ที่เจริญบนอาหารเลี้ยงเชื้อ NA อายุ 7 วัน

ข้อมูลเปอร์เซ็นต์การยับยั้งการเจริญเส้นใยเชื้อราสาเหตุโรคผลเน่า *Phytophthora* เสาวรสของต้นแบบผงชีวภัณฑ์ทั้ง 7 สูตร ที่ผลิตจากหัวเชื้อ 50% โดยวิธี dual culture บนอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ แสดงให้เห็นว่าชีวภัณฑ์สูตรที่ 3 CMC ผสม Talcum มีประสิทธิภาพดีที่สุด 73.55 75.23 และ 78.75% หลังการทดสอบ 3 5 และ 7 วัน ตามลำดับ ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95% กับสูตรที่ 1 แป้งข้าวเจ้าผสมน้ำมันถั่วเหลืองและชูโครส (สูตรเดิม) ที่ยับยั้งได้ 73.49 75.85 และ 78.35% รองลงมาคือ สูตรที่ 2 แป้งข้าวโพดผสม talcum และสูตรที่ 6 แป้งข้าวเจ้าผสม CMC รายละเอียดแสดงดังตารางที่ 4.4.13 และภาพที่ 4.4.8

ตารางที่ 4.4.13 ประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อราสาเหตุโรคผลเน่าเสาวรสของต้นแบบชีวภัณฑ์ที่ผสมสัดส่วนหัวเชื้อ 50% โดยน้ำหนักวัสดุรองรับ หลังการผลิตทันทีในสภาพห้องปฏิบัติการ

สูตร ^{2/}	เชื้อสาเหตุโรคพืช <i>Phytophthora</i> sp. ^{1/}		
	3 วัน	5 วัน	7 วัน
1	73.49 a	75.85 a	78.35 a
2	65.00 b	70.15 b	74.15 b
3	73.55 a	75.23 a	78.75 a
4	58.23 d	60.95 d	65.26 c
5	30.00 f	32.00 f	35.15 e
6	62.85 c	65.25 c	66.95 b
7	50.96 e	53.00 e	54.18 d
CV (%)	0.10	1.23	0.39
LSD _{0.05}	10.12	8.60	9.35

^{1/} คัดจากค่าเฉลี่ย 3 ซ้ำ และค่าที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันในสดมภ์เดียวกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเปรียบเทียบโดยวิธี Least Significant Difference ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

^{2/} สูตรที่ 1 แป้งข้าวเจ้าผสมน้ำมันถั่วเหลืองและซูโครส สูตรที่ 2 แป้งข้าวโพดผสม talcum สูตรที่ 3 CMC ผสม talcum สูตรที่ 4 แป้งมันสำปะหลังผสมน้ำตาลทราย สูตรที่ 5 แป้งข้าวโพดผสม Tween 20 และเอทานอล สูตรที่ 6 แป้งข้าวเจ้าผสม CMC และสูตรที่ 7 น้ำมันถั่วเหลืองผสมซูโครส และ Tween 20



ภาพที่ 4.4.8 ลักษณะการยับยั้งการเจริญของเชื้อสาเหตุโรคผลเน่าเสาวรส ระยะ 7 วัน หลังการทดสอบ

ผลการศึกษาสมบัติทางกายภาพและเคมีของต้นแบบชีวภัณฑ์ ได้แก่

- 1) สี โดยบันทึกสีของต้นแบบชีวภัณฑ์ หลังจากอบแห้งและบดเป็นผง หรือผลิตเสร็จแล้ว
 - 2) ลักษณะการละลายน้ำ โดยนำต้นแบบชีวภัณฑ์ไปละลายน้ำ อัตรา 20 g/น้ำ 20 l (กฤติเดชและดุสิต, 2559) จับเวลาการละลายน้ำ ซึ่งความสามารถในการละลาย แบ่งเป็น 5 ระดับ
 - ระดับ 1 ละลายน้ำภายใน 1-5 นาที
 - ระดับ 2 ละลายน้ำภายใน 6-10 นาที
 - ระดับ 3 ละลายน้ำภายใน 11-30 นาที
 - ระดับ 4 ละลายน้ำภายใน 30-60 นาที
 - ระดับ 5 ไม่ละลายน้ำ เกาะตัวเป็นกลุ่มด้านบนผิวน้ำ
 - 3) ลักษณะการแขวนลอยในน้ำ โดยนำต้นแบบชีวภัณฑ์ไปละลายน้ำ อัตรา 20 g/น้ำ 20 l (กฤติเดชและดุสิต, 2559) จับเวลาการตกตะกอน ซึ่งความสามารถการตกตะกอน แบ่งเป็น 5 ระดับ
 - ระดับ 1 ตกตะกอนหมดภายในเวลา 12 ชั่วโมง
 - ระดับ 2 ตกตะกอนหมดภายในเวลา 30-60 นาที
 - ระดับ 3 ตกตะกอนหมดภายในเวลา 11-30 นาที
 - ระดับ 4 ตกตะกอนหมดภายในเวลา 5-10 นาที
 - ระดับ 5 ตกตะกอนหมดภายในเวลา 1-5 นาที
 - 4) ค่าความเป็นกรดต่าง (pH) โดยนำต้นแบบชีวภัณฑ์ไปละลายน้ำ อัตรา 20 g/น้ำ 20 l ตั้งทิ้งไว้ 5 นาที แล้วจุ่มกระดาษลิตมัส (Merck®) ในสารละลาย นาน 5 วินาที จากนั้นเทียบสีตามค่ามาตรฐาน
- ข้อมูลแสดงให้เห็นว่าต้นแบบชีวภัณฑ์ทั้ง 7 สูตร มีลักษณะภายนอกแตกต่างกัน โดยสูตรที่ 1-6 เป็นผงสีขาว ส่วนใหญ่มีความละเอียดและร่วนซุยมาก ทั้งนี้บางสูตรเป็นผงค่อนข้างละเอียดแต่ละลายน้ำยาก ในขณะที่สูตรที่ 7 เป็นของเหลวหนืดสีเหลืองใสแต่ละลายน้ำได้ดี (ตารางที่ 4.4.14 และภาพที่ 4.4.9)
- ตารางที่ 4.4.14 ลักษณะภายนอกของต้นแบบชีวภัณฑ์ป้องกันโรคผลเน่าเสาวรสที่เกิดจากเชื้อรา *Phytophthora* sp.

สูตร ^{1/}	คุณสมบัติต้นแบบชีวภัณฑ์ ^{2/}			
	สี	ความละเอียด	ความร่วนซุย	ลักษณะเฉพาะ
1	ขาว	+++	+++	ผงค่อนข้างละเอียด
2	ขาว	+++	+++	ผงค่อนข้างละเอียด
3	ขาว	++	+++	ผงค่อนข้างละเอียด

สูตร ^{1/}	คุณสมบัติต้นแบบชีวภัณฑ์ ^{2/}			
	สี	ความละเอียด	ความร่วนซุย	ลักษณะเฉพาะ
4	ขาว	+++	+++	ผงค่อนข้างละเอียดละลายน้ำยาก
5	ขาว	++	+	ผงค่อนข้างละเอียดละลายน้ำยาก
6	ขาว	+++	+++	ผงค่อนข้างละเอียดละลายน้ำยาก
7	เหลืองใส	-	-	ของเหลวหนืดละลายในน้ำ

^{1/} สูตรที่ 1 แป้งข้าวเจ้าผสมน้ำมันถั่วเหลืองและซูโครส สูตรที่ 2 แป้งข้าวโพดผสม talcum สูตรที่ 3 CMC ผสม talcum สูตรที่ 4 แป้งมันสำปะหลังผสมน้ำตาลทราย สูตรที่ 5 แป้งข้าวโพดผสม Tween 20 และเอทานอล สูตรที่ 6 แป้งข้าวเจ้าผสม CMC และสูตรที่ 7 น้ำมันถั่วเหลืองผสมซูโครส และ Tween 20

^{2/} ความละเอียดและความร่วนซุยของผงวัสดุรองรับ ได้แก่ (+) น้อย, (++) ปานกลาง และ (+++) มาก



สูตรที่ 1



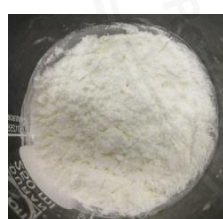
สูตรที่ 2



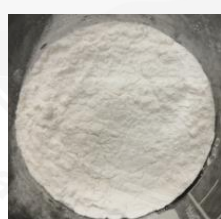
สูตรที่ 3



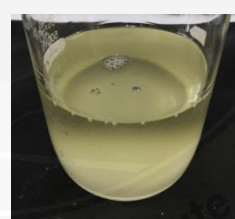
สูตรที่ 4



สูตรที่ 5



สูตรที่ 6



สูตรที่ 7

ภาพที่ 4.4.9 ลักษณะต้นแบบชีวภัณฑ์ป้องกันโรคผลเน่าเสาวรสที่เกิดจากเชื้อรา *Phytophthora* sp.

ต้นแบบชีวภัณฑ์ที่เหมาะสมสำหรับการผลิตมากที่สุด คือ สูตรที่ 7 น้ำมันถั่วเหลืองผสมซูโครสและ Tween 20 โดยสามารถละลายน้ำได้เร็วภายใน 1-5 นาที (ระดับ 1) ค่าการแขวนลอยในน้ำ หรือสารตกตะกอนหมดภายในเวลา 30-60 นาที (ระดับ 2) ใกล้เคียงกับสูตรที่ 2 แป้งข้าวโพดผสม talcum ที่ละลายน้ำภายใน 6-10 นาที (ระดับ 2) สารตกตะกอนหมดภายในเวลา 30-60 นาที (ระดับ 2) ซึ่งเป็นคุณสมบัติทางกายภาพที่ดี เนื่องจากเนื้อสารและเซลล์ของแบคทีเรียถูกแขวนลอยในน้ำได้นานทำให้ชีวภัณฑ์มีความ

เข้มข้นสูงเมื่อพ่นไปยังต้นพืช จึงช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการป้องกันกำจัดเชื้อโรคและไม่ทำให้หัวมีดุดตัน ส่วนสมบัติทางเคมี ได้แก่ ความเป็นกรดต่างมีค่า 7.21 และ 7.25 (ด่างอ่อน) ตามลำดับ เป็นช่วงที่เชื้อแบคทีเรียปฏิปักษ์ 3 สายพันธุ์ คือ FT2, MTR13 และ HRS8 เจริญเติบโตและอยู่รอดได้ สำหรับต้นแบบชีวภัณฑ์สูตรที่ 1 แป้งข้าวเจ้าผสมน้ำมันถั่วเหลืองและซูโครส (สูตรเดิม) ที่ละลายน้ำภายใน 11-30 นาที (ระดับ 3) ค่าการแขวนลอย ระดับ 2 และมีความเป็นด่าง (pH 7.56) มีความเหมาะสมลำดับถัดลงมา ตามด้วยสูตรที่ 3 CMC ผสม talcum ซึ่งมีประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อสาเหตุโรคผลเน่าของเสาวรสสูงสุด มีค่าการละลายน้ำภายใน 30-60 นาที (ระดับ 4) ค่าการแขวนลอยในน้ำระดับ 3 หรือสารตกตะกอนหมดภายในเวลา 11-30 นาที และความเป็นกรดต่างมีค่า 6.65 (ตารางที่ 4.4.15 และภาพที่ 4.4.10)

ตารางที่ 4.4.15 สมบัติทางกายภาพและเคมีของต้นแบบชีวภัณฑ์ป้องกันโรคผลเน่าเสาวรสที่เกิดจากเชื้อรา *Phytophthora* sp.

สูตร ^{1/}	คุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของต้นแบบชีวภัณฑ์		
	การละลายน้ำ	การแขวนลอยในน้ำ	ค่าความเป็นกรดต่าง
1	3	2	7.56
2	2	5	7.25
3	4	3	6.65
4	5	1	7.43
5	5	1	7.12
6	5	1	6.95
7	1	5	7.21
น้ำ (ชุดควบคุม)	-		7.39

^{1/} สูตรที่ 1 แป้งข้าวเจ้าผสมน้ำมันถั่วเหลืองและซูโครส สูตรที่ 2 แป้งข้าวโพดผสม talcum สูตรที่ 3 CMC ผสม talcum สูตรที่ 4 แป้งมันสำปะหลังผสมน้ำตาลทราย สูตรที่ 5 แป้งข้าวโพดผสม Tween 20 และเอทานอล สูตรที่ 6 แป้งข้าวเจ้าผสม CMC และสูตรที่ 7 น้ำมันถั่วเหลืองผสมซูโครส และ Tween 20



ภาพที่ 4.4.10 ตัวอย่างลักษณะการแขวนลอยในน้ำของต้นแบบชีวภัณฑ์ป้องกันโรคผลเน่าเสาวรสที่เกิดจากเชื้อรา *Phytophthora* sp. หลังทิ้งไว้นาน 30 นาที

คัดเลือกวิธีการผลิตต้นแบบชีวภัณฑ์สูตรที่ 3 CMC ผสม talcum มาศึกษาปริมาณการใช้ในห้องปฏิบัติการโดยฉีดพ่นชีวภัณฑ์บนผลเสาวรสซึ่งปลูกเชื้อรา *Phytophthora* sp. วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ แบ่งเป็น 9 กรรมวิธี จำนวน 3 ซ้ำ พบว่า ต้นแบบชีวภัณฑ์สูตรที่ 3 CMC ผสม talcum ที่อัตราการใช้ 100 g/น้ำ 20 l ให้ผลดีที่สุด มีเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคผลเน่าหลังการทดสอบ 3 วัน 5 วัน และ 7 วัน เท่ากับ 6%, 10% และ 15% ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับสูตรเดิม แบ่งข้าวเจ้า 800 g ผสมน้ำมันถั่วเหลือง 5 ml และซูโครส 100 g มีเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคผลเน่าหลังการทดสอบเท่ากับ 8%, 13% และ 17% ตามลำดับ ที่อัตราการใช้ 200 g/น้ำ 20 l (ตารางที่ 4.4.16 และภาพที่ 4.4.11)

ตารางที่ 4.4.16 ปริมาณการใช้ต้นแบบชีวภัณฑ์ป้องกันโรคผลเน่าเสาวรสที่เกิดจากเชื้อรา *Phytophthora* sp. ในห้องปฏิบัติการ

กรรมวิธี	ปริมาณการใช้	เปอร์เซ็นต์การเกิดโรคผลเน่า (%)		
		3 วัน	5 วัน	7 วัน
1	ชุดควบคุม (ไม่ฉีดพ่นสารใด)	0a	0a	5a
2	ชุดควบคุม (ปลูกเชื้อราสาเหตุโรค)	13g	20f	25f
3	สารเคมีเมทาแลกซิล 25% WP (metalaxyl) อัตรา 40 g/น้ำ 20 l	2b	5b	8b
4	ชีวภัณฑ์สูตร 1 (สูตรเดิม) อัตรา 200 g/น้ำ 20 l	8d	13d	17d
5	ต้นแบบชีวภัณฑ์สูตร 3 อัตรา 50 g/น้ำ 20 l	10f	15e	20e
6	ต้นแบบชีวภัณฑ์สูตร 3 อัตรา 70 g/น้ำ 20 l	9e	15e	18d
7	ต้นแบบชีวภัณฑ์สูตร 3 อัตรา 100 g/น้ำ 20 l	6c	10c	15c
8	ต้นแบบชีวภัณฑ์สูตร 3 อัตรา 150 g/น้ำ 20 l	6c	10c	14c
9	ต้นแบบชีวภัณฑ์สูตร 3 อัตรา 200 g/น้ำ 20 l	6c	10c	14c

CV (%)		1.25	1.10	1.23
LSD _{0.05}		2.97	1.98	3.01

^{1/} คิดจากค่าเฉลี่ย 3 ซ้ำ และค่าที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันในสดมภ์เดียวกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเปรียบเทียบโดยวิธี Least Significant Difference ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

จากนั้นคัดเลือกปริมาณการใช้ต้นแบบชีวภัณฑ์สูตร 3 อัตรา 100 g/น้ำ 20 l ซึ่งให้ผลดีที่สุดมาทดสอบประสิทธิภาพการป้องกันกำจัดโรคผลเน่าเสาวรสในแปลงปลูกพีชอีกครั้ง วางแผนการทดสอบแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) เปรียบเทียบ 6 กรรมวิธี 3 ซ้ำ ซ้ำละ 3 ต้น ได้แก่ กรรมวิธีที่ 1 ชุดควบคุม (ไม่มีการจัดการใด) กรรมวิธีที่ 2 สารเคมีเมทาแลกซิล 25% WP (metalaxyl) อัตรา 40 g/น้ำ 20 l ฉีดพ่นทุก 15 วัน กรรมวิธีที่ 3 ชีวภัณฑ์สูตร 1 (สูตรเดิม) อัตรา 200 g/น้ำ 20 l ฉีดพ่นทุก 5 วัน กรรมวิธีที่ 4 ต้นแบบชีวภัณฑ์สูตร 3 อัตรา 100 g/น้ำ 20 l ฉีดพ่นทุก 5 วัน กรรมวิธีที่ 5 ต้นแบบชีวภัณฑ์สูตร 3 อัตรา 100 g/น้ำ 20 l ฉีดพ่นทุก 7 วัน กรรมวิธีที่ 6 ต้นแบบชีวภัณฑ์สูตร 3 อัตรา 100 g/น้ำ 20 l ฉีดพ่นทุก 14 วัน โดยพ่นสารให้ทั่วทั้งต้นต่อเนื่อง 2 เดือน ตั้งแต่เสาวรสอยู่ในระยะติดดอกจนถึงระยะติดผล ข้อมูลเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคหลังการทดสอบ ระยะ 7 และ 14 วัน พบว่าการระบาดของโรคผลเน่าเสาวรสในแปลงทดสอบมีน้อยมาก เพียง 0.25% จึงตรวจไม่พบอาการผลเน่าในทุกกรรมวิธี และเมื่อนำตัวอย่างผลมาบันทึกโรคระยะหลังเก็บเกี่ยวนาน 14 วัน ไม่พบอาการผลเน่าเช่นกัน (ภาพที่ 4.4.11)



ภาพที่ 4.4.11 แปลงทดสอบและลักษณะผลเสาวรสหลังเก็บรักษานาน 14 วัน

4.4.5 กิจกรรมวิจัยที่ 5 ประเมินความพึงพอใจของเกษตรกรและเจ้าหน้าที่ หลังการทดสอบประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์โดยการสัมภาษณ์

รายการ	ระดับความพึงพอใจ (คะแนน)				
	ไม่ พอใจ	พอใจ น้อย	พอใจ ปาน กลาง	พอใจ มาก	พอใจ มาก ที่สุด
1. ประสิทธิภาพในการป้องกันกำจัดศัตรูพืช					
1.1 เชื้อรา <i>Beauveria bassiana</i> กำจัดมอดเจาะผล กาแฟ (พีพี-เบ็บ)			✓		
1.2 สารล่อดึงดูดเพลี้ยไฟของพริกหวาน				✓	
1.3 ชีวภัณฑ์ลดความเป็นกรดและความเป็นพิษของ โลหะหนักอาซิโนในดิน			✓		
1.4 ชีวภัณฑ์ป้องกันโรคผลเน่าของเสาวรส			✓		
2. วิธีการ ได้แก่ ปริมาณสาร และความถี่ในการใช้					
2.1 เชื้อรา <i>Beauveria bassiana</i> กำจัดมอดเจาะผล กาแฟ (พีพี-เบ็บ)			✓		
2.2 สารล่อดึงดูดเพลี้ยไฟของพริกหวาน					✓
2.3 ชีวภัณฑ์ลดความเป็นกรดและความเป็นพิษของ โลหะหนักอาซิโนในดิน			✓		
2.4 ชีวภัณฑ์ป้องกันโรคผลเน่าของเสาวรส			✓		
3. ความพึงพอใจโดยรวมของการใช้ผลิตภัณฑ์					
3.1 เชื้อรา <i>Beauveria bassiana</i> กำจัดมอดเจาะผล กาแฟ (พีพี-เบ็บ)			✓		
3.2 สารล่อดึงดูดเพลี้ยไฟของพริกหวาน				✓	
3.3 ชีวภัณฑ์ลดความเป็นกรดและความเป็นพิษของ โลหะหนักอาซิโนในดิน			✓		
3.4 ชีวภัณฑ์ป้องกันโรคผลเน่าของเสาวรส			✓		

ข้อเสนอแนะ

- 1) การละลายชีวภัณฑ์ไม่ค่อยละลายดีเท่าที่ควร

การยื่นจดทรัพย์สินทางปัญญาเพื่อคุ้มครองสิทธิประโยชน์จากผลงานวิจัย

1) ผลงานวิจัยที่คัดเลือก จำนวน 2 รายการ ได้แก่ ส่วนผสมสารล่อดึงดูดผีเสื้อหนอนเจาะผลไม้ และส่วนผสมสารล่อดึงดูดผีเสื้อหนอนกระทู้ผัก โดยพิจารณาจาก (1) ดำเนินการเสร็จสิ้นตามขั้นตอนการพัฒนาเป็นต้นแบบผลิตภัณฑ์กลุ่มฟีโรโมนดึงดูดแมลงศัตรูพืชแล้วในปีงบประมาณ พ.ศ. 2563 (2) มีแนวโน้มที่ดีในการกำจัดแมลงศัตรูพืชเป้าหมาย เป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ที่ยังไม่มีคู่แข่งทางการตลาดในชนิดเดียวกัน ต้นทุนการผลิตไม่สูงจนเกินไป และวิธีการผลิตไม่ซับซ้อน

2) ดำเนินการตามขั้นตอนการยื่นจดทรัพย์สินทางปัญญา ประเภทอนุสิทธิบัตร ประกอบด้วย (1) การดำเนินงานวิจัยและสรุปเทคนิคการประดิษฐ์ที่เกี่ยวข้อง (2) ยกร่างคำขอยื่นจดทรัพย์สินทางปัญญา (3) จัดเตรียมเอกสารประกอบ (4) ยื่นขอจดทะเบียน/จดทะเบียน รายละเอียดแสดงในภาคผนวก



บทที่ 5

สรุปและวิจารณ์ผลการวิจัย

5.1 การปรับปรุงรูปแบบสารชีวภัณฑ์ป้องกันกำจัดศัตรูพืชสำคัญบนพื้นที่สูงสำหรับการผลิตในโรงงาน

การปลูกเชื้อรา *Metarhizium anisopliae* ไอโซเลท 4849 บนสิ่งอาศัย ได้แก่ หนอนกระทุ้ง และรา *Beauveria bassiana* ไอโซเลท 5335 บนเพลี้ยอ่อน หลังเก็บรักษานาน 10 ปี เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการกำจัดให้ผลดีที่สุดในการทดสอบที่ 1 เดิมความเข้มข้นบนอาหารเลี้ยงเชื้อ Malt Extract Agar (MEA) มีค่า 4.38×10^8 และ 2.40×10^8 สปอร์/มิลลิลิตร เพิ่มขึ้นเป็น 1.11×10^{10} และ 5.60×10^8 สปอร์/มิลลิลิตร เมื่อนำมาทดสอบประสิทธิภาพการกำจัดแมลงพบว่ามีการตายของหนอนกระทุ้ง 83.33% และเพลี้ยอ่อน 76.67% หลังพ่นเชื้อรา 5 วัน สำหรับการปลูกเชื้อราบนสิ่งอาศัยในรุ่นที่ 2 และ 3 พบว่าความเข้มข้นเชื้อลดลง แต่ยังสูงกว่าค่าเริ่มต้น เช่นเดียวกับข้อมูลด้านประสิทธิภาพการกำจัดแมลงที่ค่าเปอร์เซ็นต์การตายลดลงเล็กน้อย จึงกล่าวเบื้องต้นได้ว่าการปลูกเชื้อราทั้ง 2 ไอโซเลท บนหนอนกระทุ้งและเพลี้ยอ่อนมีผลต่อการเพิ่มประสิทธิภาพการกำจัดแมลง สอดคล้องกับผลงานวิจัยของมาลี ตั้งระเปียบ (2553) ซึ่งเป็นผู้คัดแยกเชื้อราทั้ง 2 ไอโซเลท ที่กล่าวว่าหากเก็บรักษาเชื้อราสาเหตุโรคแมลงและเลือกอาหารเลี้ยงเชื้อไม่เหมาะสมจะส่งผลให้การเจริญเติบโตการสร้างโปรตีนและสารพิษ เช่น destruxins และ beauverxin ลดลง โดยเริ่มแรกใช้เวลาภายใน 3 วัน ทำให้แมลงตาย 100% เมื่อฉีดพ่นสารแขวนลอยเชื้อราที่ความเข้มข้น $\times 10^8$ สปอร์/มิลลิลิตร

การฉีดพ่นสารแขวนลอยชีวภัณฑ์เชื้อรา *M. anisopliae* สูตรกัวร์กัมผสมทาลคัมที่มีหัวเชื้อราอัตรา 50% โดยน้ำหนักต่อปริมาตร (v/w) ความเข้มข้น $\times 10^8$ สปอร์/มิลลิลิตร เพื่อกำจัดหนอนกระทุ้ง พบการตายหลังทดสอบ 7 วัน มีค่าสูงสุด $83.33 \pm 5.77\%$ รองลงมาคือสูตรสปอร์ผสมเกาลิน $80.00 \pm 10.00\%$ โดยความเข้มข้นเชื้อราหลังเก็บรักษา 6 เดือน มีค่า 88.00 ± 6.56 และ 88.00 ± 7.00 สปอร์/กรัมของชีวภัณฑ์ ซึ่งมีค่าลดลง 2.58 และ 2.22% เมื่อเทียบกับหลังผลิต 1 เดือน การใช้ชีวภัณฑ์สูตรสปอร์ผสมเกาลิน อัตรา 100 กรัม/น้ำ 20 ลิตร ทำให้หนอนกระทุ้งตายสูงสุด $93.33 \pm 5.77\%$ (7 วัน) ไม่แตกต่างกับอัตราการใช้ 50 และ 70 กรัม รวมทั้งสารเคมีฟิโพรนิล ($90.00 \pm 0.00\%$) สำหรับเชื้อรา *B. bassiana* ผงชีวภัณฑ์สูตรกัวร์กัมผสมน้ำมันปาล์มและน้ำกลั่น ให้ผลดีเช่นเดียวกับสูตรสปอร์ผสมเกาลินพบเพลี้ยอ่อนตาย 100% (7 วัน) เท่ากัน โดยความเข้มข้นหลังเก็บรักษา 6 เดือน คือ 87.00 ± 1.73 และ 86.00 ± 2.00 สปอร์/กรัม ซึ่งมีค่าลดลง 3.33% และ 1.53% ตามลำดับ ผงชีวภัณฑ์สูตรกัวร์กัมผสมทาลคัม อัตรา 100 กรัม/20 ลิตร สูตรสปอร์ผสมเกาลิน อัตรา 50 และ 100 กรัม กำจัดเพลี้ยอ่อนได้ 100% เท่ากับสารเคมีฟิโพรนิลเช่นกัน

สูตรชีวภัณฑ์แบบเม็ดละลายน้ำที่ผลิตจากเชื้อแอคติโนมัยซิส ไอโซเลท GAR 1 ทั้ง 3 สูตร มีความเข้มข้น 1.51×10^{10} - 1.63×10^{10} cfu/กรัม หลังเก็บรักษานาน 1 เดือน ค่าการยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อราสาเหตุโรคโคนเน่ารากเน่า *Pythium aphanidermatum* ช่วง 79.19-81.41% (2 วัน) ในขณะที่หลังการเก็บ 6 เดือน ตรวจพบหัวเชื้อแอคติโนมัยซิสลดลงเหลือ 1.06×10^{10} - 1.29×10^{10} cfu/กรัม และยังคงยับยั้งราสาเหตุโรคสูงถึง 72.91-76.38% ข้อมูลผลการทดสอบในห้องปฏิบัติการแสดงให้เห็นว่าการใช้ชีวภัณฑ์สูตร starch ผสมแป้งถั่วเหลือง ชูโครสและธาตุอาหารเสริม และสูตรแป้งถั่วคัมผสมเกาליนและกลูโคส 70 กรัม/น้ำ 1 ลิตร ยับยั้งเชื้อสาเหตุโรคได้ดีที่สุดเท่ากัน 68.85% แต่ยังต่ำกว่าสารเคมีเมทาแลกซิล (100%) ในขณะที่วิธีการใช้ชีวภัณฑ์ทั้ง 3 สูตร โดยรองกันหลุม 1-3 เม็ด หรือรองกันหลุมร่วมกับฝัฟที่โคนต้น 1 เม็ด หลังย้ายปลูก 14 วัน ทุกกรรมวิธีไม่พบการเกิดโรค รวมทั้งทำให้ต้นค่น้ำมีความสูงต้น ความยาวราก น้ำหนักสด และน้ำหนักแห้งเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะการรองกันหลุมชีวภัณฑ์สูตรแป้งถั่วคัมผสมเกาליนและกลูโคส อัตรา 3 เม็ด และฝัฟที่โคนต้น 1 เม็ด หลังปลูก 14 วัน ซึ่งมีประสิทธิภาพดีกว่าชีวภัณฑ์จากผลงานวิจัยสูตรเดิม (พีพี-สเตอริบโต) ชีวภัณฑ์การค้าไตรซาน และสารเคมีเมทาแลกซิล อย่างไรก็ตามจำเป็นต้องเพิ่มความคงตัวโดยเติมสารยึดเกาะเพื่อให้เม็ดชีวภัณฑ์มีความแข็งแรงและไม่ดูดความชื้น เช่น starch polyvinylpyrrolidone (อมรรัตน์, 2547) หรือปรับวิธีการอัดเม็ด

5.2 การเพิ่มประสิทธิภาพและอายุการเก็บรักษาต้นแบบผลิตภัณฑ์ชีวภาพกำจัดวัชพืชชนิดสำคัญบนพื้นที่สูง

ต้นแบบชีวภัณฑ์ที่ผลิตจากสารสกัดหยาบจากต้นสาระแหน่ผสมสารเสริมประสิทธิภาพและสารรักษาสภาพ ได้แก่ วิตามินซี, วิตามินอี, Butylated hydroxytoluene, Beta hydroxy acid, 95% Ethyl alcohol และน้ำส้มสายชู สัดส่วน 0.1, 0.5, 1 และ 5% โดยมวล ที่เก็บรักษานาน 6 เดือน ยังคงผลการยับยั้งการงอกของเมล็ดและการเจริญของต้นกล้าวัชพืช 3 ชนิด คือ ผักโขม ตีนตุ๊กแก และหญ้าตีนกา 100% หลังทดสอบในห้องปฏิบัติการ 7 วัน ข้อมูลแสดงให้เห็นว่า Ascorbic acid, Tocopherol, Butylated hydroxytoluene, Beta hydroxy acid, 95% Ethyl alcohol และน้ำส้มสายชู ไม่ทำให้สารสกัดสาระแหน่มีประสิทธิภาพลดลง แต่วิตามินซี, วิตามินอี, 95% Ethyl alcohol และน้ำส้มสายชู ทำให้ลักษณะสารสกัดซึ่งเป็นของเหลวสีน้ำตาลไม่มีตะกอน อาจเกิดจากสารดังกล่าวสามารถละลายในน้ำได้ ในขณะที่ Butylated hydroxytoluene และ Beta hydroxy acid ทำให้เกิดตะกอน เนื่องจาก Butylated hydroxytoluene ละลายในน้ำที่มีตัวทำละลาย Propylene Glycol หรือ Ethanol ส่วน Beta hydroxy acid ละลายใน carbon tetrachloride, benzene, propanol, absolute ethanol, acetone ผลการศึกษายังพบว่าส่วนใหญ่สารสกัดผสมมีค่าความเป็นกรดต่างประมาณ 6.00 ไม่แตกต่างจากสารสกัดที่ไม่เติมสารรักษาสภาพ ยกเว้นการผสมวิตามินซี, Beta hydroxy

acid และน้ำส้มสายชูซึ่งมีฤทธิ์เป็นกรดทำให้ค่าความเป็นกรดต่างลดลงอยู่ในช่วง 3.07-5.61 ผลการทดสอบประสิทธิภาพสารสกัดสะระแหน่ที่เดิม 0.1% ของ 95% Ethyl alcohol ความเข้มข้น 5% ปริมาณ 200 ml/ ถูทดสอบ (ต้นทุน 111.8 บาท/ลิตร) เปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ทางการค้าในสภาพโรงเรือนพบว่าสารสกัดที่เก็บรักษา 6 เดือน ยังคงผลการยับยั้งการงอกของเมล็ดและการเจริญของต้นกล้าวัชพืชทั้ง 3 ชนิด 100% (หลังทดสอบ 7 วัน) เช่นเดียวกับสารเคมีอะลาคอร์ และไกลโฟเซต อย่างไรก็ตามอัตราการใช้สารสกัดต่อหน่วยทดสอบค่อนข้างสูง อาจไม่เหมาะสมกับการนำไปใช้ในสภาพแปลงปลูกพืชของเกษตรกรมากนัก ซึ่งคล้ายกับ Cavalieri and Caporali (2010) ที่ศึกษาผลของสารสกัดน้ำมันหอมระเหยจากสะระแหน่เพื่อยับยั้งการเจริญวัชพืช *Amaranthus retroflexus* L., *Solanum nigrum* L., *Portulaca oleracea* L., *Chenopodium album* L., *Sinapis arvensis* L., *Lolium* spp. และ *Vicia sativa* L. โดยทดสอบทั้งสภาวะห้องปฏิบัติการและโรงเรือน พบว่าความเข้มข้นสารสกัด 1.8 และ 5.4 mg/l สามารถยับยั้งการงอกของวัชพืชทั้งหมดในสภาวะห้องปฏิบัติการ ส่วนสภาวะโรงเรือนต้องใช้ความเข้มข้นสูงขึ้นจึงจะยับยั้งการเจริญของวัชพืชได้ดี เช่นเดียวกับปี 2002 Onen et al. ศึกษาผลยับยั้งการงอกและการเจริญของวัชพืชในสภาวะห้องปฏิบัติการด้วยสารสกัดน้ำมันหอมระเหยสะระแหน่เพื่อควบคุมวัชพืช *Agrostemma githago* L., *Amaranthus retroflexus* L., *Cardaria draba* (L.) Desv., *Chenopodium album* L., *Echinochloa crus-galli* (L.) P.B., *Reseda lutea* L., *Rumex crispus* L., *Trifolium pretense* L. พบว่าสามารถยับยั้งการงอกและการเจริญของวัชพืชได้ทุกชนิดที่ความเข้มข้น 10 และ 20 μ l/plate

5.3 การทดสอบประสิทธิภาพต้นแบบชีวภัณฑ์สูตรสำเร็จที่มีฤทธิ์ในการควบคุมโรคทางดินและเพิ่มผลผลิตพืชบนพื้นที่สูง

วิธีการผลิตต้นแบบชีวภัณฑ์ป้องกันโรคทางดิน 4 เชื้อสาเหตุ ซึ่งผลิตจากแบคทีเรียปฏิปักษ์ 3 สายพันธุ์ คือ FT2, MTR13 และ HRS8 ที่มีประสิทธิภาพดีและเหมาะสมมากกว่าสูตรเดิม สรุปดังนี้ ผสมหัวเชื้อแบคทีเรียปฏิปักษ์ 3 สายพันธุ์ กับวัสดุรองรับสูตร 2 corn starch 300 g ผสม talcum 700 g 1:1 (หัวเชื้อ 50% โดยน้ำหนักวัสดุรองรับ) ต้นทุนค่าสาร 58.00 บาท/kg จากนั้นนำไปอบให้มีความชื้น 15-20% และบดเป็นผงใส่ภาชนะบรรจุ หลังผลิตเสร็จทันทีได้ความเข้มข้นเชื้อ 2.33×10^{10} cfu/ml โดยมีลักษณะเป็นผงสีขาวอมเทาเนื้อละเอียดร่วนซุย ละลายน้ำภายใน 6-10 นาที ตกตะกอนเร็วหมดภายในเวลา 5-10 นาที และมีค่าความเป็นกรดต่าง 7.96 ทั้งนี้คุณสมบัติดังกล่าวอาจไม่ส่งผลกระทบต่อวิธีการใช้กับโรคทางดินมากนัก ผลทดสอบประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อราสาเหตุโรคในห้องปฏิบัติการ ได้แก่ *Fusarium oxysporum*, *Pythium aphanidermatum* และ *Rhizoctonia solani* มีค่า 83.91% 74.32% และ 75.12% ตามลำดับ นอกจากนี้

ยังทำให้เกิดวงใสขนาด 3.55 เซนติเมตร กับแบคทีเรียโรคเหี่ยวเหี่ยว *Ralstonia solanacearum* อย่างไรก็ดี ตามเมื่อเก็บรักษาชีวภัณฑ์ 12 เดือน พบว่าความเข้มข้นของเชื้อแบคทีเรียปฏิชีวนะในชีวภัณฑ์แสดงข้อมูลลดลง ต่อเนื่องเหลือ 1.25×10^5 cfu/ml ซึ่งไม่แตกต่างกับสูตรแป้งมันสำปะหลังผสมน้ำตาลทราย 1.13×10^5 cfu/ml แต่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับสูตรแป้งข้าวเจ้าผสม CMC และสูตรแป้งข้าวเจ้าผสม Tween 20 และเอทานอลที่มีความเข้มข้นเชื้อ 3.98×10^3 และ 4.21×10^3 cfu/ml ตามลำดับ เช่นเดียวกันประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อสาเหตุโรค 4 ชนิด มีค่าลดลงเหลือ 53.23% 30.18% และ 32.22% ในขณะที่ไม่พบการเกิดวงใสกับแบคทีเรีย *R. solanacearum* ไกล่เคียงกับงานวิจัยของ Zohair และคณะ (2018) ที่ทดสอบประสิทธิภาพของเชื้อราปฏิชีวนะ *Aspergillus pseudocaelatus* และ *Trichoderma gamsii* ควบคุมเชื้อสาเหตุโรคพืช ได้แก่ *Fusarium solani*, *Rhizoctonia solani*, *Sclerotium rolfsii* และ *Verticillium dahlia* มีค่าการยับยั้งเท่ากับ 71.43%, 80.17%, 82.64% และ 77.36% ส่วน *T. gamsii* ยับยั้งได้ 74.29%, 77.16%, 81.06% และ 79.43% ตามลำดับ

ผลศึกษาวิธีการใช้ต้นแบบชีวภัณฑ์ในแปลงปลูกพืชร่วมกับเกษตรกรพบว่า การคลุกต้นแบบชีวภัณฑ์จากผลงานวิจัย 40 g กับวัสดุเพาะกล้า 1 kg และการใช้ชีวภัณฑ์การค้ำ (ไตรซาน) ให้ผลยับยั้งการเกิดโรคทางดินกับต้นคะน้าดีที่สุด 90 - 95% ส่วนวิธีที่ใช้ชีวภัณฑ์ไตรโคเดอร์มาและชีวภัณฑ์ B10 ที่เกษตรกรปฏิบัติควบคุมโรคได้ 75-80% สำหรับแปลงทดสอบมะเขือเทศ แสดงผลควบคุมโรคทางดินระดับปานกลางคือ วิธีของเกษตรกรที่เปลี่ยนต้นต่อเป็นมะเขือพวงยับยั้งโรคสูงสุด 85-90% เท่ากับการใช้สารเคมีการค้ำ (คอปเปอร์ออกไซด์คลอไรด์ 85%) และ (ควินโตซีน+ อีไตรโดอะโซล 24% + 6% W/V EC) หลังการทดสอบ 30 วัน ในขณะที่การคลุกต้นแบบชีวภัณฑ์ 40 g กับวัสดุเพาะกล้า 1 kg ช่วยลดการเกิดโรคได้ 75 -80% โดยมีต้นทุนการใช้งาน/ฤดูการ 683-875 บาท ปริมาณและคุณภาพผลิตผลของคะน้าและมะเขือเทศมีค่าเฉลี่ย 387 kg และ 628 kg/พื้นที่ทดสอบ 1 โรงเรือน ตามลำดับ ซึ่ง ไกล่เคียงเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้สารเคมีหรือชีวภัณฑ์การค้ำ สอดคล้องกับการรายงานของ Cora และคณะ (2019) ที่ศึกษาประสิทธิภาพของสารชีวภาพ Companion® (*Bacillus subtilis* GB03), Triathlon BA® (*Bacillus amyloliquefaciens* D747), Cease® (*Bacillus subtilis* QST 713), RootShield Plus® (*Trichoderma harzianum* KRL-AG2 และ *Trichoderma virens* G-41) ในการควบคุมโรครากเน่าโคนเน่าของผัก arugula (พืชตระกูลคะน้า) ที่เกิดจากเชื้อรา *Pythium* spp. ในโรงเรือนทดสอบ หลังจาก 7 วัน สรุปผลได้ว่า Cease® (*Bacillus subtilis* QST 713) แสดงผลดีที่สุด 74.4%

5.4 การประเมินประสิทธิภาพผลิตภัณฑ์ทดแทนสารเคมีเกษตรจากผลงานวิจัยที่ผลิตจากพืชท้องถิ่นและสายพันธุ์จุลินทรีย์ปฏิบัติบนพื้นที่สูง

1) การฉีดพ่นชีวภัณฑ์เชื้อรา *Beauveria bassiana* จากผลงานวิจัย หรือพีพี-เบ็บ อัตรา 100 200 และ 300 กรัม/น้ำ 20 ลิตร แบ่งเป็น (1) แปลงกลางแจ้ง พบว่าทุกกรรมวิธีแสดงผลไม่แตกต่างกันทางสถิติ 18.34% 17.78% และ 18.71% ทั้งนี้วิธีใช้กับด้กักร่วมกับสารล่อของเกษตรกร (เมทิลแอลกอฮอล์ผสม เอทิลแอลกอฮอล์ สัดส่วน 1:1) มีเปอร์เซ็นต์การเข้าทำลายของมอดเจาะผลกาแฟน้อยสุด 7.48% (2) แปลงในร่ม ข้อมูลแสดงให้เห็นว่าวิธีควบคุมที่ไม่มีการจัดการใดพบมอดเพียง 5.97% แตกต่างกับการใช้ชีวภัณฑ์จากผลงานวิจัยทั้ง 3 อัตรา (24.58% 26.41% และ 28.36% ตามลำดับ) สำหรับการสุ่มตรวจความเสียหาย ส่วนใหญ่พบรอยเจาะที่เปลือก เนื้อด้านในและถึงเมล็ดกาแฟ คิดเป็น 30.75% ส่งผลให้คุณภาพผลิตผลอยู่ในระดับต่ำ และไม่สามารถนำไปจำหน่ายได้ เนื่องจากกาแฟใช้เมล็ดเป็นตัวบริโภคซึ่งเมื่อเมล็ดกาแฟถูกมอดเข้าทำลาย จะส่งผลถึงคุณภาพของตัวเมล็ดกาแฟและอาจรวมไปถึงรสชาติของกาแฟด้วย ซึ่งผลการทดสอบแตกต่างจากผลการศึกษาของสุมาลีและคณะ (2563) ที่สรุปว่ามอดเจาะผลกาแฟสร้างความเสียหายสูงสุด 98.53% ในกรรมวิธีที่ไม่มีการจัดการใดของแปลงกลางแจ้ง ส่วนการฉีดพ่นชีวภัณฑ์เชื้อราพีพี-เบ็บ 100 g/น้ำ 20 ลิตร ทุก 7 วัน บริเวณแปลงทดสอบในร่มมีค่าน้อยสุด 16.50% โดยรวมแล้วความพึงพอใจของเจ้าหน้าที่ต่อประสิทธิภาพการใช้ชีวภัณฑ์เชื้อรา *B. bassiana* จากผลงานวิจัยจัดอยู่ระดับปานกลาง

2) การติดตั้งสารล่อดึงดูดด้กักร่วมกับกับดักกาเหวนิวสีน้ำเงินจากผลงานวิจัย ระยะห่าง 4 เมตร ในแปลงปลูกพริกหวานของศูนย์พัฒนาโครงการหลวงห้วยส้มป่อยนานต่อเนื่อง 5 สัปดาห์ ช่วยลดจำนวนประชากรเพลี้ยไฟได้โดยสำรวจพบสะสม 1,586 ตัว (เฉลี่ย 88 ตัว/กับดัก) แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 95% เมื่อเปรียบเทียบกับกับดักกาเหวนิวสีเหลืองดักจับได้ 607 ตัว (เฉลี่ย 33 ตัว/กับดัก) สำหรับพื้นที่สถานีเกษตรหลวงอินทนนท์ พบจำนวนเพลี้ยไฟในกับดักสารดึงดูดสะสม 1,267 ตัว (เฉลี่ย 72 ตัว/กับดัก) ในขณะที่กับดักกาเหวนิวสีเหลืองสะสม 793 ตัว (เฉลี่ย 44 ตัว/กับดัก) สอดคล้องกับงานวิจัยของจิราพรและคณะ (2562) ที่ทดสอบประสิทธิภาพต้นแบบสารดึงดูดเพลี้ยไฟเบญจมาศในโรงเรือนโดยดึงดูดเพลี้ยไฟได้ 70.65% เห็นได้ว่าการใช้สารดึงดูดด้กักร่วมกับกับดักกาเหวนิวสีน้ำเงินสามารถดึงดูดเพลี้ยไฟได้มากกว่ากับดักกาเหวนิวทั่วไป

3) การทดสอบประสิทธิภาพชีวภัณฑ์ลดความเป็นกรดและความเป็นพิษของโลหะหนักอาซินิคโดยการรองกันหลุมหรือโรยก่อนปลูกต้นกล้าด้วยผงชีวภัณฑ์ที่ผลิตจากไดอะตอมไมท์และปูน จากนั้นราดสารละลาย 0.1% เพอร์รัสซัลเฟต (Fe^{2+}) ลงดินในแปลงปลูกผักของเกษตรกรศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแม่โถ ข้อมูลแสดงว่ามีเพียงตัวอย่างดินสำหรับปลูกผักสลัดระยะก่อนการทดสอบของนายพะมูที่พบปริมาณโลหะ

หนักอาซินิกทั้งหมด (Total Arsenic) 43 mg/kg ซึ่งเกินค่าพื้นฐานการปนเปื้อน (30 mg/kg) ส่วนแปลงปลูก
 ค่น้ำของนายวันฤทธิ์ และแปลงปลูกผักสลัดของนางวิภาไม่เกิน มีค่า 29 mg/kg และ 27 mg/kg ตามลำดับ
 แต่เมื่อเก็บดินหลังการทดสอบทั้งแปลงควบคุมและแปลงทดสอบที่ใส่ผงชีวภัณฑ์ร่วมกับสารตรึงโลหะหนักกลับ
 พบว่าทุกแปลง มีปริมาณอาซินิกสูงขึ้นและเกินค่าพื้นฐาน อาจเนื่องมาจากการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ที่มีส่วนผสมของขี้
 วัวและแกลบโดยตรวจพบอาซินิกปนเปื้อนปริมาณ 2.40-15.26 mg/kg รวมทั้งการใช้ปุ๋ยเคมีสูตร 13-13-21
 และสูตร 15-15-15 ดังเช่นการรายงานของชุมชน (2560) ที่สุ่มตรวจปุ๋ยเคมีสูตร 15-0-0 และพบอาซินิกปน
 เปื้อน 2.13 mg/kg อย่างไรก็ตามตรวจไม่พบการปนเปื้อนของแคดเมียมในดิน สำหรับการวิเคราะห์ตัวอย่างใบ
 และรากพืชพบอาซินิกทั้งแปลงควบคุมและแปลงทดสอบแต่ไม่เกินค่ามาตรฐาน (0.1 mg/kg) เช่นเดียวกับ
 แคดเมียมซึ่งกำหนดให้ไม่เกิน 0.3 mg/kg (ตรวจสอบเช่นกัน)

4) สารแขวนลอยแบคทีเรียปฏิชีวนะ สายพันธุ์ TChC2 ที่เพิ่มปริมาณในอาหารเหลวสูตรแป้งถั่วเหลือง
 เติม CaCl_2 และ MnCl_2 จากนั้นผสมกับวัสดุรองรับร้อยละ 50 โดยน้ำหนัก เพื่อผลิตเป็นชีวภัณฑ์ป้องกันโรค
 ผลเน่า *Phytophthora* ของเสาวรส ตรวจพบความเข้มข้นเชื้อช่วงหลังผลิตเสร็จทันทีสูงที่สุดในวัสดุรองรับสูตร
 แป้งข้าวเจ้า 800 กรัม น้ำมันถั่วเหลือง 5 มิลลิลิตร และซูโครส 100 กรัม (สูตรเดิม) มีค่า 2.80×10^9 cfu/ml
 ต้นทุน 145 บาท/kg แต่ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p=0.05$) กับ Carboxymethyl cellulose
 (CMC) 20 กรัม และ Talcum 980 กรัม (สูตรใหม่) มีค่า 2.63×10^9 cfu/ml ต้นทุน 50 บาท/kg โดยมี
 ลักษณะเป็นผงสีขาว เนื้อค่อนข้างละเอียดและร่วนซุย สามารถละลายน้ำภายใน 30-60 นาที สารตกตะกอน
 หมดภายในเวลา 11-30 นาที และความเป็นกรดต่างมีค่า 6.65 ผลการทดสอบประสิทธิภาพการยับยั้งโรคใน
 ห้องปฏิบัติการทั้ง 2 สูตร ให้ผลไม่แตกต่างกัน คือ 78.35% และ 78.75% หลังทดสอบ 7 วัน การใช้ต้นแบบ
 ชีวภัณฑ์สูตร CMC ผสม Talcum อัตรา 100 g/น้ำ 20 l มีแนวโน้มควบคุมโรคผลเน่าเสาวรสในห้องปฏิบัติการ
 ได้ดี อย่างไรก็ตามการทดสอบในแปลงปลูกร่วมกับเกษตรกรของศูนย์พัฒนาโครงการหลวงห้วยโป่งซึ่งปีที่ผ่านมา
 ได้รับความเสียหายอย่างหนัก แต่ปีนี้พบโรคเพียง 0.25% จึงตรวจไม่พบอาการผลเน่าในทุกกรรมวิธีทั้งระยะ
 ก่อน และระยะหลังเก็บเกี่ยวนาน 14 วัน จำเป็นต้องวางแผนการทดสอบซ้ำอีกครั้ง