

ผลของสารเสริมประสิทธิภาพทางการเกษตร สารป้องกันกำจัดโรคพืชอะซอกซิสโตรบิน และการใช้ร่วมกันในการ
ยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อรา *Phytophthora* sp. และ *Colletotrichum* sp.
Effects of Agrochemical Adjuvants, Azoxystrobin, and Their Combination
on Mycelial Inhibition of *Phytophthora* sp. and *Colletotrichum* sp.

ณัฐพล คงคาหลวง¹ ชัยณรงค์ รัตนกริชากุล¹ และ พิสุทธิ์ เขียวมณี¹
Natthaphon Khongkhaluang¹ Chainarong Rattanakreetakul¹ and Pisut Keawmanee¹

บทคัดย่อ

การใช้สารเสริมประสิทธิภาพทางการเกษตรร่วมกับสารป้องกันกำจัดเชื้อรา เป็นแนวทางที่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการควบคุมโรคพืช งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินผลของสารเสริมประสิทธิภาพเชิงพาณิชย์ 7 ชนิด สารอะซอกซิสโตรบิน 5 สูตร การค้า และการใช้ร่วมกันต่อการเจริญของเชื้อรา *Phytophthora* sp. และ *Colletotrichum* sp. สาเหตุโรคในไม้ผล ผลการทดลองพบว่าสารเสริมประสิทธิภาพเพียงอย่างเดียวสามารถยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อราบนอาหารแข็ง potato dextrose agar (PDA) ได้ 58–80% โดย RG, AS และ TS มีประสิทธิภาพสูงสุด ส่วนการทดสอบในอาหารเหลว malt extract broth (MEB) พบว่า TS และ TPS สามารถลดน้ำหนักเส้นใยแห้งของ *Colletotrichum* sp. ได้อย่างมีนัยสำคัญ ขณะที่ PWS และ TS ลดน้ำหนักเส้นใยแห้งของ *Phytophthora* sp. ได้อย่างเด่นชัดเมื่อเทียบกับชุดควบคุมและสารเสริมชนิดอื่น สำหรับสารอะซอกซิสโตรบินเดี่ยวให้การยับยั้งปานกลาง (18–46%) แต่เมื่อใช้ร่วมกับสารเสริมประสิทธิภาพ (RG, TS และ PWS) ประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ โดยสามารถยับยั้งเชื้อรา *Phytophthora* sp. และ *Colletotrichum* sp. ได้ 78–98% และ 73–88% ตามลำดับ ผลการศึกษานี้ชี้ให้เห็นว่าสารเสริมประสิทธิภาพมีบทบาทสำคัญในการยกระดับศักยภาพของสารอะซอกซิสโตรบิน และสามารถนำไปประยุกต์ใช้เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการควบคุมโรคหลังการเก็บเกี่ยวในไม้ผลได้อย่างมีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ: สารเสริมประสิทธิภาพ, อะซอกซิสโตรบิน, *Phytophthora*, *Colletotrichum*

Abstract

The application of agricultural adjuvants in combination with fungicides is a promising strategy to enhance the efficacy of disease control. This study aimed to evaluate the effects of seven commercial adjuvants, five formulations of azoxystrobin, and their combinations on the growth of *Phytophthora* sp. and *Colletotrichum* sp., the causal agents of fruit diseases. The results showed that adjuvants alone inhibited fungal growth on potato dextrose agar (PDA) by 58–80%, with RG AS, and TS being the most effective. In malt extract broth (MEB), TS and TPS (Modified Liquid Organosiloxane) significantly reduced the dry weight of *Colletotrichum* sp., while PWS and TS markedly reduced the dry weight of *Phytophthora* sp. compared with the control and other adjuvants. Azoxystrobin alone showed moderate inhibition (18–46%); however, when combined with the adjuvants RG, TS, and PWS, its efficacy increased significantly, achieving 78–98% inhibition against *Phytophthora* sp. and 73–88% against *Colletotrichum* sp. These findings highlight the crucial role of adjuvants in enhancing the potential of azoxystrobin and suggest their effective application in improving postharvest disease management of fruit crops.

Keywords: adjuvant, azoxystrobin, *Phytophthora*, *Colletotrichum*

คำนำ

ปัญหาโรคพืชที่เกิดจากเชื้อรา เป็นอุปสรรคสำคัญทางการเกษตรเนื่องจากส่งผลกระทบต่อปริมาณและคุณภาพของผลผลิต นอกจากนี้ยังส่งผลกระทบต่อการส่งออกโดยเฉพาะผลไม้หลังการเก็บเกี่ยว ปัญหาที่พบเกิดจากของเชื้อราสกุล *Phytophthora* sp. และ *Colletotrichum* sp. ที่เป็นสาเหตุโรคผลเน่าและโรคแอนแทรคโนสตามลำดับ ที่พบในผลไม้หลายชนิด เช่น ทุเรียน และมะม่วง (กรมวิชาการเกษตร, 2557) การควบคุมโรคดังกล่าวผู้ส่งออกใช้สารเคมีป้องกันกำจัดโรคพืช อย่างไรก็ตาม

¹ ภาควิชาโรคพืช คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ นครปฐม 73140

¹ Department of Plant Pathology, Faculty of Agriculture at Kamphaeng Saen, Kasetsart University, Nakhon Pathom 73140

การใช้สารเคมีต่อเนื่องส่งผลกระทบต่อความปลอดภัยของผู้ผลิต ผู้บริโภค ส่งเสริมให้เกิดการพัฒนาความต้านทานของเชื้อรา และผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ปัจจุบันสารกลุ่มสโตรบิลิทรินโดยเฉพาะสารอะซอกซิสโตรบิน (azoxystrobin) ได้รับความนิยมเนื่องจากมีคุณสมบัติยับยั้งการหายใจระดับไมโทคอนเดรียของเชื้อรา (FRAC, 2025) และได้รับการขึ้นทะเบียนให้ใช้เพื่อควบคุมโรคผลเน่าและโรคพืชหลายชนิด อย่างไรก็ตามประสิทธิภาพของสารอะซอกซิสโตรบินขึ้นอยู่กับหลาย เช่น ชนิดของเชื้อรา ระดับความเข้มข้นของสารออกฤทธิ์ ตลอดจนการผสมร่วมกับสารเสริมประสิทธิภาพ (adjuvants) เป็นแนวทางที่ได้รับความสนใจ เนื่องจากสารเสริมประสิทธิภาพมีคุณสมบัติในการช่วยลดแรงตึงผิว ยึดเกาะพื้นผิว ทำให้น้ำยาแผ่กระจายได้กว้างบนผิวใบ ดูดซึมเข้าใบหรือลำต้นพืชได้ดี จึงทำให้เกิดการกระจายทั่วต้นได้ดี ลดการสูญเสียจากการระเหย การไหลทิ้งของสารเคมี ทำให้ไม่ถูกชะล้างออกง่าย นอกจากนี้ Tawfik *et al.* (2015) ยังพบว่าการใช้สารเสริมประสิทธิภาพทำให้เปอร์เซ็นต์การยับยั้งการเจริญของเส้นใยเพิ่มขึ้น การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินศักยภาพของสารเสริมประสิทธิภาพทางการค้าบางชนิดร่วมกับสารเคมีป้องกันกำจัดโรคพืชเชิงพาณิชย์ที่มีอะซอกซิสโตรบินเป็นองค์ประกอบ ในการยับยั้งการเจริญของเชื้อ *Phytophthora* sp. และ *Colletotrichum* sp. ที่เพาะเลี้ยงบนอาหาร PDA เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพ และใช้เป็นข้อมูลสนับสนุนการใช้ประโยชน์ของสารเสริมประสิทธิภาพต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

1. การทดสอบสารเสริมประสิทธิภาพต่อการเจริญของเชื้อราในอาหารเลี้ยงเชื้อแข็ง

เชื้อรา *Phytophthora* sp. และ *Colletotrichum* sp. ได้รับความอนุเคราะห์จากห้องปฏิบัติการสรีรวิทยาต้านโรคพืช ภาควิชาโรคพืช คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เลี้ยงเชื้อราบนอาหารเลี้ยงเชื้อ potato dextrose agar (PDA) เป็นระยะเวลา 7 วัน โดยใช้สารเสริมประสิทธิภาพที่เลือกมาใช้ทดลองคัดเลือกจากสารที่ใช้เป็นประจำในท้องตลาด 7 ชนิด ดังแสดงใน Table 1 ทำการทดสอบสารเสริมประสิทธิภาพด้วยวิธี poisoned food technique ในจานเลี้ยงเชื้อ (คำแนะนำการใช้สารเสริมประสิทธิภาพพื้นฐานที่ 5 มิลลิลิตร ต่อน้ำ 20 ลิตร) ทดสอบที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ตามการใช้งานจริงของเกษตรกรที่ในระดับ 2, 20, 60 และ 200 เท่าของคำแนะนำ ซึ่งเทียบกับชุดควบคุม วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ กรรมวิธีละ 5 ซ้ำ ตรวจสอบลักษณะของเส้นใยภายใต้กล้องจุลทรรศน์ และวัดการเจริญของโคโลนีที่ระยะเวลา 7 วัน เพื่อประเมินศักยภาพของสารเสริมประสิทธิภาพทางการเกษตร คำนวณหาเปอร์เซ็นต์ยับยั้งการเจริญเติบโตของเส้นใย (Percent Inhibition of Diameter Growth = PIDG) ตามวิธีการของ เกษม (2532)

$$PIDG = ((D1 - D2) / D1) \times 100$$

โดย D1 คือ เส้นผ่านศูนย์กลางโคโลนีของเชื้อสาเหตุโรคพืชในชุดควบคุม

D2 คือ เส้นผ่านศูนย์กลางโคโลนีของเชื้อสาเหตุโรคพืชในชุดทดสอบ

Table 1 Agrochemical adjuvants collected from a Thai agricultural shop.

Code name	Scope of use	Active ingredients
RG	Wetting agent	Poly(oxy-1,2-ethanediyl), alpha-(2propylheptyl)-omega-hydroxy
AS		Nonionic (Alcohol Ethoxylate, Alcohol Alkoxylate) and free fatty acid
TS		Blended of alkyl aryl polyethoxylated and sodium alkylsulfonated alkylate
PW	Surfactant agent	Polyalkyleneoxide Modified Heptamethyltrisiloxane
TPS		Modified Liquid Organosiloxane
PS		Trisiloxane Ethoxylate
PWS	Sticker agent	Oxirane, 2-methyl-, polymer with oxirane, mono (2-propylheptyl) ether

2. การทดสอบสารเสริมประสิทธิภาพต่อการสร้างเส้นใยในอาหารเลี้ยงเชื้อเหลว

ทดสอบการพัฒนาของเส้นใยเชื้อรา *Phytophthora* sp. และ *Colletotrichum* sp. สาเหตุโรคพืชหลังการเก็บเกี่ยว ในสภาพอาหารเหลว malt extract broth (MEB) โดยผสมสารเสริมประสิทธิภาพในอัตราที่สูงกว่าคำแนะนำ 20 เท่า ย้ายขึ้นวันที่มีส่วนของเส้นใยเชื้อราลงในอาหารทดสอบ นำไปเขย่าบนเครื่องเขย่า (Shaker รุ่น NB-101M, N-BioTek, ประเทศเกาหลีใต้) ความเร็วรอบ 150 รอบต่อนาที ที่อุณหภูมิห้อง (30-32 องศาเซลเซียส) วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ กรรมวิธีละ 5 ซ้ำ เมื่อ

ครบกำหนด 9 วัน กรองเส้นใยออกจากอาหารเลี้ยงเชื้อด้วยกระดาษกรองและล้างเส้นใยด้วยน้ำกลั่นนึ่งฆ่าเชื้อ นำไปอบแห้งด้วยเครื่องอบลมร้อน ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส จนกว่าน้ำหนักจะคงที่แล้วชั่งน้ำหนักเส้นใยแห้ง

3. การทดสอบสารอะซอกซิสโตรบินต่อการยับยั้งเชื้อรา

ทดสอบอะซอกซิสโตรบินเชิงพาณิชย์ 25% W/V 5 สูตรการค้า โดยวิธี poisoned food technique ที่ความเข้มข้น 1x และ 2x ของอัตราแนะนำบนฉลาก (คำแนะนำ 10 มิลลิลิตร ต่อน้ำ 20 ลิตร) ในอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA วางเชื้อรา *Phytophthora* sp. และ *Colletotrichum* sp. บริเวณกลางจานเลี้ยงเชื้อ บ่มเชื้อไว้ที่อุณหภูมิห้อง (30-32 องศาเซลเซียส) วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ กรรมวิธีละ 5 ซ้ำ บันทึกผลโดยวัดขนาดโคโลนีที่ระยะเวลา 7 วัน แล้วคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ยับยั้งการเจริญเติบโต เช่นเดียวกับวิธีการที่ 1 เพื่อประเมินประสิทธิภาพของสารเคมีอะซอกซิสโตรบิน

4. การทดสอบการเสริมฤทธิ์ของสารเสริมประสิทธิภาพร่วมกับสารอะซอกซิสโตรบิน

ทดสอบสารเสริมประสิทธิภาพจำนวน 3 ชนิด ที่มีแนวโน้มในการควบคุมเชื้อราได้ดี ที่ความเข้มข้น 2x ของอัตราแนะนำ ร่วมกับอะซอกซิสโตรบินเชิงพาณิชย์ 5 สูตรการค้า (AZ1-AZ5) ที่ความเข้มข้น 1x ของอัตราแนะนำ โดยวิธี poisoned food technique บน PDA บ่มเชื้อไว้ที่อุณหภูมิห้อง (30 -32 องศาเซลเซียส) ภายใต้แสง near UV สลับบ่ม 12 ชั่วโมง ประเมินการยับยั้งการเจริญเชื้อรา *Phytophthora* sp. และ *Colletotrichum* sp. วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ กรรมวิธีละ 5 ซ้ำ โดยวัดขนาดโคโลนีของเชื้อรา จากนั้นคำนวณเปอร์เซ็นต์การยับยั้งการเจริญ เช่นเดียวกับวิธีการที่ 1

ผล

1. การทดสอบสารเสริมประสิทธิภาพต่อการเจริญของเชื้อราในอาหารเลี้ยงเชื้อแข็ง

การทดสอบสารเสริมประสิทธิภาพ 7 ชนิดได้แก่ RG, AS, TS, PW, TPS, PS และ PWS กับเชื้อรา *Phytophthora* sp. และ *Colletotrichum* sp. ด้วยวิธี poisoned food technique เพื่อตรวจสอบการยับยั้งโคโลนีของเชื้อราบนอาหาร PDA ที่ผสมสารเสริมประสิทธิภาพ ความเข้มข้น 2, 20, 60 และ 200 เท่า ผลการทดสอบพบว่าสารกลุ่ม wetting agent รหัส RG และ AS มีประสิทธิภาพดีที่สุดในการยับยั้งการเจริญของโคโลนีของเชื้อรามากกว่า 60% สารเสริมประสิทธิภาพมีฤทธิ์ในการยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อรา *Phytophthora* sp. และ *Colletotrichum* sp. ที่ระดับ 60 – 80% โดยเชื้อรา *Phytophthora* sp. มีแนวโน้มในการถูกยับยั้งจากสารเสริมประสิทธิภาพได้มากกว่า *Colletotrichum* sp. การใช้สารเสริมประสิทธิภาพที่ความเข้มข้นสูงขึ้นจะมีผลยับยั้งการเจริญของเชื้อราได้ดีขึ้น แต่ไม่สามารถยับยั้งการสร้างโคโลนีของเชื้อรา ดังแสดงผลใน Table 2

ลักษณะโคโลนีเชื้อรา *Phytophthora* sp. เมื่อสัมผัสสารเสริมประสิทธิภาพ พบว่าทำให้โคโลนีมีลักษณะที่แตกต่างออกไป ได้แก่ โคโลนีอัดแน่น หรือ โคโลนีขึ้นฟูส่วนกลาง หรือยังมีการเจริญเติบโตของโคโลนีแบบรวมตัวกันหลวม ๆ สร้างเส้นใยฟูขึ้นด้านบนตรงกลาง การแสดงออกที่ผิดปกติจะขึ้นกับชนิดของสารเสริมประสิทธิภาพ สำหรับการเจริญเติบโตของโคโลนีเชื้อรา *Colletotrichum* sp. ให้ผลการตอบสนองเช่นเดียวกัน ทั้งนี้พบว่าสารเสริมประสิทธิภาพส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของผนังเซลล์ โดยทำให้เส้นใยของเชื้อราทั้งสองชนิดแสดงอาการผิดปกติอย่างเห็นได้ชัด

2. การทดสอบสารเสริมประสิทธิภาพต่อการสร้างเส้นใยในอาหารเลี้ยงเชื้อเหลว

ผลของสารเสริมประสิทธิภาพต่อเชื้อราสาเหตุโรคหลังการเก็บเกี่ยวในอาหารเหลว พบว่า สารเสริมประสิทธิภาพมีผลต่อน้ำหนักเส้นใยเชื้อรา *Phytophthora* sp. โดยพบว่า สาร RG, PW และ PS ทำให้น้ำหนักเส้นใยเชื้อราเพิ่มมากขึ้น (167.62, 167.82 และ 170.52 มก. ตามลำดับ) เมื่อเทียบกับชุดควบคุม ในขณะที่สารเสริมประสิทธิภาพ PWS และ TS มีผลต่อการยับยั้งการสร้างเส้นใยเชื้อรา *Phytophthora* sp. อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สำหรับเชื้อรา *Colletotrichum* sp. พบว่าสารเสริมประสิทธิภาพทุกชนิดให้ผลในการยับยั้งการสร้างเส้นใยของเชื้อราได้ โดยชุดทดสอบที่มีผลยับยั้งการสร้างเส้นใยได้ดีที่สุดได้แก่ TPS และ TS ดังแสดงใน Table 3

3. การทดสอบสารอะซอกซิสโตรบินต่อการยับยั้งเชื้อรา

จากการทดสอบสารเคมีอะซอกซิสโตรบิน 5 ชนิดต่อเชื้อรา *Phytophthora* sp. และ *Colletotrichum* sp. (Table 4) พบว่า สารเคมีอะซอกซิสโตรบินทั้ง 5 ชนิด สามารถยับยั้งการเจริญของโคโลนีเชื้อรา *Phytophthora* sp. ได้แตกต่างกัน โดยพบค่าการยับยั้งการเจริญของโคโลนีเชื้อราระหว่าง 18.23 - 42.05 % โดยสารเคมีอะซอกซิสโตรบินรหัส AZ 4 สามารถยับยั้งการเจริญของโคโลนีเชื้อรา *Phytophthora* sp. ได้ดี สำหรับผลต่อเชื้อรา *Colletotrichum* sp. พบว่า สารเคมีอะซอกซิสโตรบินให้ค่าการยับยั้งระหว่าง 28.40 – 46.00 % โดยพบว่า สารเคมีอะซอกซิสโตรบินรหัส AZ 1 และ AZ 2 ให้ผลการยับยั้งได้ดี

Table 2 Percentage inhibition of *Phytophthora* sp. and *Colletotrichum* sp. on potato dextrose agar amended with adjuvants, evaluated 7 days after incubation.

Trade name	Mycelial inhibition (%) ^{1/}							
	<i>Phytophthora</i> sp.				<i>Colletotrichum</i> sp.			
	2X	20X	60X	200X	2X	20X	60X	200X
RG	65.78 ^b	60.52 ^{ab}	79.41 ^a	80.23 ^a	68.42 ^b	68.68 ^{ab}	76.59 ^a	78.72 ^a
AS	74.21 ^a	68.94 ^a	67.94 ^b	68.52 ^b	71.05 ^a	72.36 ^a	64.53 ^b	64.53 ^b
TS	67.89 ^b	68.42 ^a	62.64 ^b	63.82 ^b	67.89 ^b	73.94 ^a	59.92 ^{bc}	59.52 ^b
PW	66.57 ^b	65.26 ^a	63.82 ^b	63.52 ^b	64.47 ^b	61.84 ^b	57.44 ^{bc}	58.51 ^b
TPS	00.00 ^d	00.00 ^c	47.76 ^c	55.29 ^c	47.10 ^c	43.88 ^c	38.29 ^d	44.68 ^c
PS	66.05 ^b	66.31 ^a	61.76 ^b	64.11 ^b	64.21 ^b	62.10 ^b	52.83 ^c	55.31 ^{bc}
PWS	57.89 ^c	57.36 ^b	68.82 ^b	72.64 ^b	63.42 ^b	66.05 ^b	62.76 ^b	65.60 ^b
F - test	**	**	*	**	**	*	*	*

*Significantly different at $p < 0.05$; ** Significantly different at $p < 0.01$. ^{1/}Means within a column followed by different letters are significantly different ($p < 0.05$) according to least significant difference (LSD).

Table 3 Dry weight of *Phytophthora* sp. and *Colletotrichum* sp. on malt extract broth mixed with adjuvants after 9 days of incubation.

Trade name	Dry weight (mg) ^{1/}	
	<i>Phytophthora</i> sp.	<i>Colletotrichum</i> sp.
Control	135.62 ^{bc}	236.92 ^a
RG	167.62 ^{ab}	187.32 ^b
AS	144.92 ^{abc}	153.82 ^d
TS	132.42 ^c	169.22 ^c
PW	167.82 ^{ab}	191.52 ^b
TPS	139.82 ^{abc}	144.82 ^f
PS	170.52 ^a	178.92 ^{bc}
PWS	120.42 ^c	183.12 ^{bc}
F - test	*	*

*Significantly different at $p < 0.05$. ^{1/}Means within a column followed by different letters are significantly different ($p < 0.05$) according to least significant difference (LSD).

Table 4 Percentage inhibition of *Phytophthora* sp. and *Colletotrichum* sp. colonies on potato dextrose agar with azoxystrobin at 7 days after incubation.

Trade name	Mycelial inhibition (%) ^{1/}			
	<i>Phytophthora</i> sp.		<i>Colletotrichum</i> sp.	
	1X	2x	1X	2x
AZ 1	18.23 ^c	17.94 ^c	32.80 ^a	46.00 ^a
AZ 2	26.47 ^b	38.52 ^a	30.80 ^a	42.40 ^a
AZ 3	22.64 ^{bc}	37.94 ^{ab}	28.40 ^b	39.20 ^b
AZ 4	34.11 ^a	42.05 ^a	33.20 ^a	39.20 ^b
AZ 5	21.17 ^{bc}	24.41 ^b	29.20 ^{ab}	39.60 ^b
F - test	*	*	*	*

*significantly different at $p < 0.05$. ^{1/}Means within a column followed by different letters are significantly different ($p < 0.05$) according to least significant difference (LSD).

4. การทดสอบการเสริมฤทธิ์ของสารเสริมประสิทธิภาพร่วมกับสารอะซอกซิสโตรบิน

สารอะซอกซิสโตรบิน ชื่อการค้าที่แตกต่างกัน 5 ตัวอย่าง ผสมกับสารเสริมประสิทธิภาพต่างชนิด (RG, TS และ PWS) มีผลยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *Phytophthora* sp. และ *Colletotrichum* sp. แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) โดย RG+AZ 3 และ RG+AZ 5 ให้ผลยับยั้งเชื้อรา *Phytophthora* sp. สูงสุด ในขณะที่ RG+AZ 3 มีประสิทธิภาพยับยั้งเชื้อรา *Colletotrichum* sp. สูงสุด ส่วนการผสมกับ PWS บางชนิดให้ผลยับยั้งต่ำสุด แสดงให้เห็นว่าสารเสริมประสิทธิภาพชนิด RG มีแนวโน้มส่งเสริมการออกฤทธิ์ของอะซอกซิสโตรบินได้ดีที่สุด อะซอกซิสโตรบินแต่ละสูตรการค้ามีประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อราไม่เท่ากัน เมื่อเปรียบเทียบกับ AZ 1–5 กัน พบว่าประสิทธิภาพแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยสูตรการค้า AZ 3 และ AZ 5 มักให้ผลยับยั้งสูงกว่าในหลายกรณี (Table 5, Figure 1)

Table 5 Percentage inhibition of *Phytophthora* sp. and *Colletotrichum* sp. treated with azoxystrobin combined with different adjuvants at 7 days after incubation on potato dextrose agar.

Trade name	% Mycelial inhibition ^{1/}	
	<i>Phytophthora</i> sp.	<i>Colletotrichum</i> sp.
RG+AZ 1	89.16 ^{ab}	86.43 ^a
RG+AZ 2	88.61 ^{ab}	84.70 ^a
RG+AZ 3	98.05 ^a	87.82 ^a
RG+AZ 4	89.44 ^{ab}	82.62 ^{ab}
RG+AZ 5	96.66 ^a	81.93 ^{ab}
TS+AZ 1	86.11 ^c	83.32 ^{ab}
TS+AZ 2	97.50 ^a	80.89 ^b
TS+AZ 3	77.50 ^c	80.89 ^b
TS+AZ 4	81.66 ^b	82.62 ^{ab}
TS+AZ 5	85.83 ^b	84.35 ^a
PWS+AZ 1	83.88 ^b	79.16 ^b
PWS+AZ 2	77.77 ^c	79.86 ^b
PWS+AZ 3	90.83 ^a	72.97 ^c
PWS+AZ 4	86.66 ^b	79.28 ^{ab}
PWS+AZ 5	95.83 ^a	72.91 ^c
F - test	*	*

*Significantly different at the 95% confidence level ($p < 0.05$). ^{1/}Means within a column followed by different letters are significantly different ($p < 0.05$) according to least significant difference (LSD).

วิจารณ์ผล

สารเสริมประสิทธิภาพไม่สามารถใช้กำจัดเชื้อราได้ แต่อย่างไรก็ตามการเลือกใช้สารเสริมประสิทธิภาพที่เหมาะสม อาจช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของสารกำจัดเชื้อราในการควบคุมโรคพืชได้ ผลการทดลองครั้งนี้แสดงให้เห็นถึงความสำคัญของชนิดสารออกฤทธิ์ ความเข้มข้น และองค์ประกอบของสูตรผสมที่มีผลโดยตรงในการยับยั้งเชื้อสาเหตุโรคพืช การทดสอบสารเสริมประสิทธิภาพร่วมกับสารกำจัดเชื้อราอะซอกซิสโตรบิน ให้ผลในการเพิ่มประสิทธิภาพในการควบคุมเชื้อ *Phytophthora* sp. และ *Colletotrichum* sp. ได้อย่างมีนัยสำคัญ โดยมีการยับยั้งสูงถึง 70 – 90 % ซึ่งสอดคล้องกับงานของ Hu *et al.* (2024) ซึ่งพบว่า adjuvant ประเภท wetting agent ช่วยลดแรงตึงผิวของสารละลายและเพิ่มการสัมผัสสารออกฤทธิ์กับผนังเซลล์ของเชื้อ เพิ่ม droplet spread ability และ contact angle reduction ทำให้สารออกฤทธิ์กระจายตัวได้ดีขึ้น ขณะที่ Gent *et al.* (2003) รายงานว่าสารเสริมประสิทธิภาพกลุ่ม surfactants ช่วยเพิ่มฤทธิ์ของสารกำจัดเชื้อราได้ 26 – 38 % โดยให้ความเห็นว่าเป็นการเพิ่มการซึมผ่านเข้าสู่พืชหรือผนังเซลล์ของเชื้อราได้ดีขึ้น ในขณะที่สารกลุ่ม sticker agents มีผลต่อการยึดเกาะและคงตัวของสารป้องกันกำจัดเชื้อรา มากกว่าผลยับยั้งโดยตรง ในอาหาร PDA พบว่าการยับยั้งอยู่ในระดับปานกลาง แต่เมื่อใช้ร่วมกับอะซอกซิสโตรบิน ประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ โดยเฉพาะต่อ *Phytophthora* sp. ผลนี้สอดคล้องกับรายงานของ Gaskin and Steele (2009) ที่พบว่าสารกลุ่ม sticker agents สามารถเพิ่มการยึดเกาะและลดการหลุดออกหลังการฉีดพ่นหรือการล้างได้ดี นอกจากนี้การใช้สารเสริมประสิทธิภาพร่วมกับสารเคมีป้องกันกำจัดเชื้อรายังช่วยเสริมประสิทธิภาพในการควบคุมโรค เช่นเดียวกับรายงานของ Zhang *et al.* (2022) ที่ใช้โคโคซานเป็น adjuvant ร่วมกับสารเคมี pyraclostrobin ทำให้เพิ่มการควบคุมโรคราแป้งได้ 89 – 94 % และเพิ่มคุณภาพผลผลิตด้วย Gao *et al.* (2019) ได้รายงานที่ adjuvant ช่วยเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของสารกำจัดเชื้อราในการกระจาย การซึม และการคงอยู่ ส่งผลให้ประสิทธิภาพของ pyraclostrobin ในการควบคุมเชื้อรา *C. scovillei* ดีขึ้น ขณะเดียวกัน Adusei-Fosu *et al.* (2021) ได้แสดงให้เห็นว่า การใช้สารเคมีป้องกันกำจัดโรคพืชร่วมกับสารเสริมประสิทธิภาพหลายชนิดสามารถเพิ่มการกระจายตัวและการคงตัวของหยดสารบนใบไม้ ส่งผลให้การควบคุมราสนิมมีประสิทธิภาพมากขึ้น ผลเหล่านี้ยืนยันว่าบทบาทของสารเสริมประสิทธิภาพมีความสำคัญต่อการยกระดับศักยภาพของสารป้องกันกำจัดเชื้อรา อย่างไรก็ตาม

การใช้สารเสริมประสิทธิภาพในปริมาณสูงบางชนิดอาจก่อให้เกิด phytotoxicity ต่อพืชได้ ขึ้นกับชนิดและความเข้มข้นของ adjuvant ที่ใช้ (Bhuiyan *et al.*, 2024; Teng *et al.*, 2023)

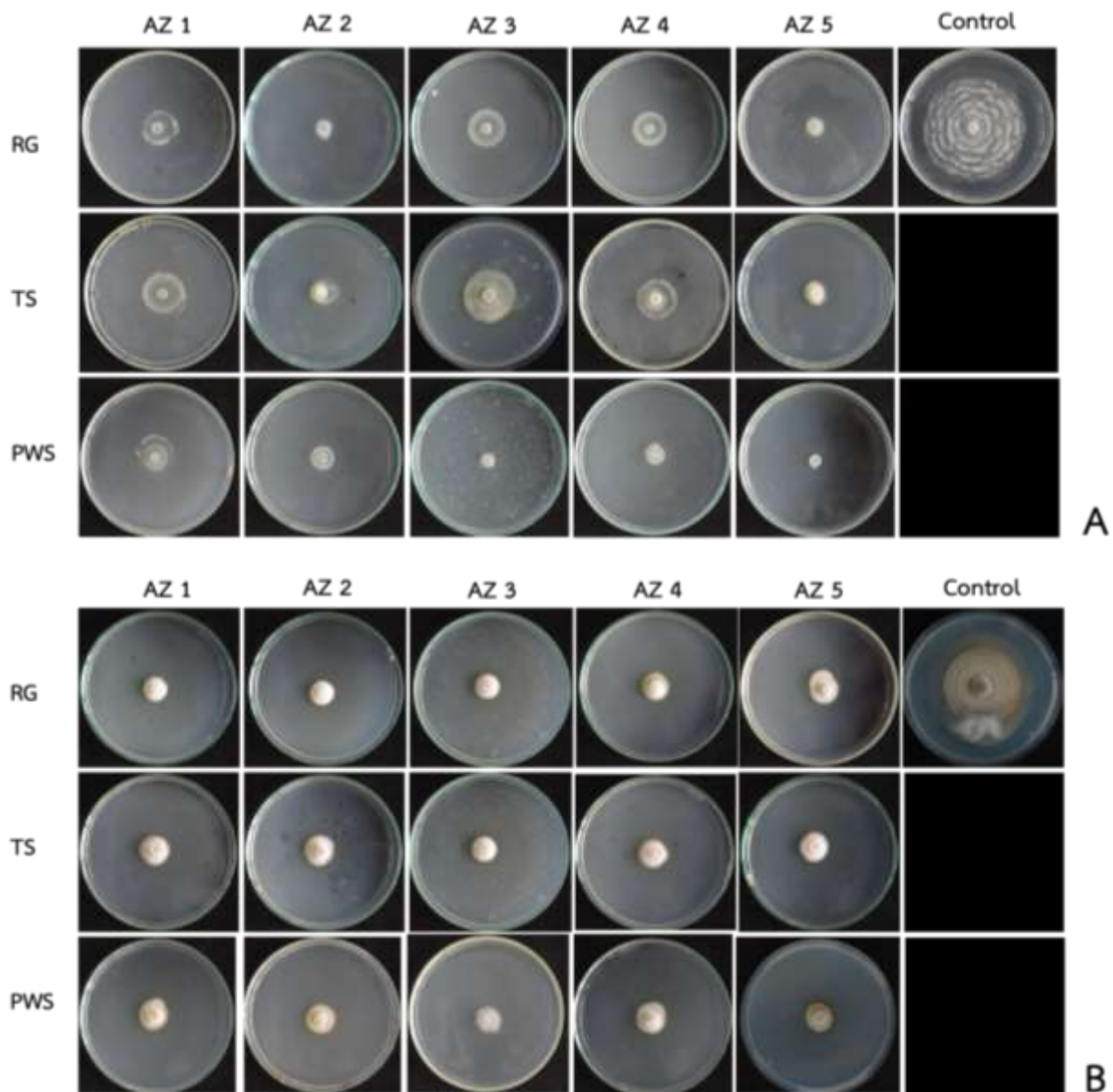


Figure 1 Colonies of *Phytophthora* sp. (A) and *Colletotrichum* sp. (B) treated with azoxystrobin (five commercial formulations, AZ 1–5) in combination with three adjuvants (RG, TS, and PWS) using the poisoned food technique after 7 days of incubation on potato dextrose agar.

สรุปผลการทดลอง

การทดลองพบว่าสารเสริมประสิทธิภาพ 7 ชนิด สามารถยับยั้งการเจริญของ *Phytophthora* sp. และ *Colletotrichum* sp. ได้ 57.89–80.23% โดย RG, AS และ TS มีประสิทธิภาพสูงที่สุด ส่วนในการทดสอบในอาหารเลี้ยงเชื้อเหลว พบว่า PWS และ TS สามารถยับยั้งการสร้างเส้นใยของ *Phytophthora* sp. ได้อย่างชัดเจน ขณะที่ TPS และ TS มีประสิทธิภาพสูงที่สุดในการยับยั้ง *Colletotrichum* sp. ส่วนอะซอกซิสโตรบิน 5 สูตรการค้าให้ผลการยับยั้งเชื้อราต่างกัน โดยยับยั้ง *Phytophthora* sp. ได้ 18.23–42.05% (AZ 4 ดีที่สุด) และ *Colletotrichum* sp. ได้ 28.40–46.00% (AZ 1 และ AZ 2 ดีที่สุด) ทั้งนี้ การผสม RG, TS และ PWS กับอะซอกซิสโตรบินช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการยับยั้งอย่างมีนัยสำคัญ โดยควบคุม *Phytophthora* sp. ได้ 77.77–98.05% และ *Colletotrichum* sp. ได้ 72.91–87.82% สูงกว่าการใช้สารเดี่ยวอย่างชัดเจน

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณห้องปฏิบัติการสรีรวิทยาโรคพืชและภาควิชาโรคพืช คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม ที่ได้สนับสนุนอุปกรณ์และสถานที่ในการทดลอง

เอกสารอ้างอิง

- กรมวิชาการเกษตร. 2557. โรคผลไม้หลังการเก็บเกี่ยว. สำนักวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพมหานคร. 129 หน้า.
- เกษม สร้อยทอง. 2532. การควบคุมเชื้อโรคพืชโดยชีววิธี. ภาควิชาเทคโนโลยีการเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร. 362 หน้า.
- Adusei-Fosu, K., C.A. Rolando and B. Richardson. 2021. Evaluating the efficacy of potential fungicide-adjuvant combinations for control of myrtle rust in New Zealand. *Journal of Plant Diseases and Protection* 128: 1501–1515. <https://doi.org/10.1007/s41348-021-00523-1>.
- Bhuiyan, M.Z.R. L.D.R. Mendoza, D.K. Lakshman, A. Qi and M.F.R. Khan. 2024. Evaluation of adjuvants added to fungicides for controlling *Cercospora* leaf spot on sugar beet. *Crop Protection* 175: 106471. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2023.106471>.
- FRAC. 2025. FRAC Code List[®] 2025: Fungal control agents sorted by cross-resistance pattern and mode of action. [Online]. Available Source: <https://www.frac.info/media/ljsi3qrv/frac-code-list-2025.pdf>. (20 September 2025)
- Gao, Y., X. Li, L. He, B. Li, W. Mu and F. Liu. 2019. Role of adjuvants in the management of anthracnose—change in the crystal morphology and wetting properties of fungicides. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 67(33): 9232–9240. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.9b02147>.
- Gaskin, R. and K. Steele. 2009. A comparison of sticker adjuvants for their effects on retention and rainfastening of fungicide sprays. *New Zealand Plant Protection*. 62: 339–342. <https://doi.org/10.30843/nzpp.2009.62.4809>.
- Gent, D.H., H.F. Schwartz and S.J. Nissen. 2003. Effect of commercial adjuvants on vegetable crop fungicide coverage, absorption, and efficacy. *Plant Disease* 87(5): 591–595. <https://doi.org/10.1094/PDIS.2003.87.5.591>.
- Hu, H. Y. Ma, X. Song, D. Wang, X. Ren, C. Wu, C. Liu, X. Ma, Y. Shan, Y. Meng, and Y. Ma. 2024. Tank-mix adjuvants enhance pesticide efficacy by improving physicochemical properties and spraying characteristics for application to cotton with unmanned aerial vehicles. *ACS Omega* 9(28): 31011–31025. <https://doi.org/10.1021/acsomega.4c04301>.
- Tawfik S.M., M.F. Zakya, T.G.M. Mohammad and H.A.E. Attia. 2015. Synthesis, characterization, and in vitro antifungal activity of anionic and nonionic surfactants against crop pathogenic fungi. *J. Ind Eng Chem* 25:163–171. <https://doi.org/10.1016/J.JIEC.2015.03.031>.
- Teng, L., T. Gao, A. Gu, Q. Zhang, M. Hu, J. Hao, X. Li and P. Liu. 2023. Evaluation of adjuvants for reducing the risk of phytotoxicity in low-volume spray of propiconazole. *Phytopathology Research* 5(62). <https://doi.org/10.1186/s42483-023-00213-w>.
- Zhang, C., Q. Li, J. Li, Y. Su, and X. Wu. 2022. Chitosan as an adjuvant to enhance the control efficacy of low-dosage pyraclostrobin against powdery mildew of *Rosa roxburghii* and improve its photosynthesis, yield, and quality. *Biomolecules*, 12(9), 1304. <https://doi.org/10.3390/biom12091304>.