

ประสิทธิภาพของเชื้อรา *Trichoderma* spp. ในการควบคุมโรคแอนแทรคโนสในพริกขาวชัยบุรี (*Capsicum frutescens*)

Efficacy of Various *Trichoderma* spp. in Controlling Anthracnose Disease in White Chaiburi Pepper (*Capsicum frutescens*)

นันทกาน์ นานชา¹ Zahwa Hendarto² สุชาวดี โบช่วย¹ และ ปริศนา วงศ์ล้อม^{1*}

Nantakan Nancha¹, Zahwa Hendarto², Suchawadee Bowchaui¹, and Prisana Wonglom^{1*}

¹ คณะเทคโนโลยีและการพัฒนาชุมชน มหาวิทยาลัยทักษิณ วิทยาเขตพัทลุง อำเภอป่าพะยอม จังหวัดพัทลุง

¹ Faculty of Technology and Community Development, Thaksin University, Phatthalung Campus, Pa Phayom, Phatthalung

² Fakultas Pertanian, Universitas Muria Kudus Universitas, Indonesia

* Corresponding author: prisana.w@tsu.ac.th

Received 03 April 2025; Revised 17 May 2025; Accepted 19 May 2025

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินประสิทธิภาพของเชื้อรา *Trichoderma* spp. 3 ไอโซเลท (TSU, TSUZ2-03 และ PT3.5) ในการควบคุมโรคแอนแทรคโนสจากเชื้อสาเหตุ *Colletotrichum* spp. ในพริกขาวชัยบุรี ในห้องปฏิบัติการ เก็บตัวอย่างผลพริกที่เป็นโรคและทดสอบการเกิดโรค พบเชื้อสาเหตุโรคแอนแทรคโนส 3 ไอโซเลท ได้แก่ Chi-1, Chi-2 และ Chi-3 เชื้อราทั้งหมดสามารถก่อโรคได้ เชื้อสายพันธุ์ Chi-2 มีความรุนแรงสูงสุด (รอยแผลเฉลี่ย 0.9 ซม.) ผลการศึกษาพบว่าเชื้อรา *Trichoderma* สายพันธุ์ TSU มีประสิทธิภาพสูงสุดในการยับยั้งการเจริญของเชื้อสาเหตุโรค โดยลดขนาดรอยแผลบนผลพริกได้เฉลี่ย 0.33 – 0.4 เซนติเมตร และมีอัตราการยับยั้งเชื้อสูงถึง 67.26% ในขณะที่สายพันธุ์ PT3.5 และ TSUZ2-03 มีอัตราการยับยั้งเชื้อที่ 38.56% และ 13.56% ตามลำดับ นอกจากนี้ การทดสอบในแปลงปลูกพบว่า *Trichoderma* TSU สามารถลดความรุนแรงของโรคได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) เมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม ผลการศึกษานี้ชี้ให้เห็นว่า *Trichoderma* TSU มีศักยภาพสูงในการพัฒนาเป็นชีวภัณฑ์ควบคุมโรคแอนแทรคโนสในพริกขาวชัยบุรีอย่างยั่งยืน แทนที่การใช้สารเคมีสังเคราะห์

คำสำคัญ: โรคกุ้งแห้ง *Colletotrichum* spp. *Trichoderma* spp. พริกขาวชัยบุรี (*Capsicum frutescens*)

Abstract

This study aimed to evaluate the efficacy of three *Trichoderma* strains (TSU, TSUZ2-03, and PT3.5) in controlling anthracnose disease caused by *Colletotrichum* spp. in White Chaiburi pepper, through laboratory. Chili fruits showing disease symptoms were collected and subjected to a pathogenicity test. Three isolates of the pathogen were obtained, designated as Chi-1, Chi-2, and Chi-3. Among them, isolate Chi-2 showed the highest disease severity (lesion width of 0.9 cm.) Results demonstrated that *Trichoderma* TSU exhibited the highest inhibitory activity, reduced lesion size on pepper fruits to an average of 0.33 – 0.4 cm, and achieved a 67.26% inhibition rate, while PT3.5 and TSUZ2-03 showed lower efficacy (38.56% and 13.56%, respectively). Field trials

confirmed that *Trichoderma* TSU significantly reduced disease severity ($p<0.01$) compared to the control group. These findings highlight *Trichoderma* TSU as a promising biocontrol agent for sustainable anthracnose management in White Chaiburi pepper, offering an alternative to synthetic chemical pesticides.

Keywords: Anthracnose, *Colletotrichum* spp., *Trichoderma* spp., White Chaiburi pepper (*Capsicum frutescens*)

บทนำ

พริก (*Capsicum* spp.) เป็นพืชเศรษฐกิจที่มีความสำคัญทั้งในระดับประเทศและนานาชาติ โดยเฉพาะพันธุ์พื้นเมืองอย่างพริกขาวชัยบุรีซึ่งเป็นที่ยอมรับอย่างมากในภาคใต้ของประเทศไทย เนื่องจากมีรสชาติเผ็ดจัดและกลิ่นหอมเฉพาะตัว ที่ทำให้เป็นวัตถุดิบสำคัญในอาหารพื้นบ้านหลายชนิด (Department of Agriculture Extension, 2021) อย่างไรก็ตาม การปลูกพริกมีปัญหาเรื่องโรคแอนแทรกโนสในพริกเป็นปัญหาสำคัญที่ส่งผลกระทบต่อการผลิตและคุณภาพของผลผลิตพริกทั่วโลก โดยมีรายงานว่าทำให้เกิดการสูญเสียผลผลิตอย่างรุนแรงทั้งในช่วงก่อนและหลังการเก็บเกี่ยว ในอินเดียการสูญเสียผลผลิตจากโรคนี้สูงถึง 10–54% ซึ่งคิดเป็นมูลค่าประมาณ 491.67 ล้านดอลลาร์ต่อปี ในประเทศอื่น ๆ เช่น เวียดนาม มีรายงานการสูญเสียสูงถึง 20–80% และในเกาหลีประมาณ 10% (Saxena et al., 2016) โรคแอนแทรกโนสในพริกแสดงอาการเป็นรอยแผลยุบตัวสีน้ำตาลถึงดำบนผล ซึ่งสามารถขยายลุกลามอย่างรวดเร็วในสภาพแวดล้อมที่เหมาะสม โดยเฉพาะในช่วงที่มีความชื้นสูง

ปัจจุบันเกษตรกรส่วนใหญ่ยังพึ่งพาสารเคมีสังเคราะห์ในการควบคุมโรคนี้ แต่การใช้งานอย่างต่อเนื่องได้นำไปสู่ปัญหาสิ่งแวดล้อม การพัฒนาการดื้อยาของเชื้อโรค ตลอดจนความเสี่ยงต่อสุขภาพของผู้ผลิตและผู้บริโภค (Oerke, 2006) ในบริบทของการเกษตรที่ยั่งยืน การควบคุมโรคพืชโดยชีววิธีได้กลายเป็นทางเลือกที่สำคัญ เชื้อรา *Trichoderma* spp. เป็นจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ที่ได้รับการศึกษาอย่างกว้างขวางเนื่องจากมีประสิทธิภาพสูงในการควบคุมโรคพืชหลายชนิด (Vinale et al., 2008) กลไกการทำงานของเชื้อรา *Trichoderma* ประกอบด้วยหลายรูปแบบ ได้แก่ การแข่งขันทางนิเวศวิทยา การผลิตสารยับยั้ง การเป็นปรสิตต่อเชื้อราสาเหตุโรค และการกระตุ้นความต้านทานโรคในพืช (Harman et al., 2004) การศึกษารังนี้มนำมาซึ่งการประเมินประสิทธิภาพของเชื้อรา *Trichoderma* 3 ไอโซเลตต่างๆ (TSU, TSUZ2-03 และ PT3.5) ในการควบคุมโรคแอนแทรกโนสในพริกขาวชัยบุรี โดยมีการประเมินในสภาพควบคุมในห้องปฏิบัติการ การศึกษานี้จึงเป็นข้อมูลสำคัญสำหรับการพัฒนาชีวภัณฑ์ควบคุมโรคที่เหมาะสมกับสภาพการปลูกพริกในประเทศไทย ตลอดจนเป็นทางเลือกที่ยั่งยืนแทนที่การใช้สารเคมีสังเคราะห์

วัสดุ อุปกรณ์และวิธีการ

1. การเตรียมเชื้อจุลินทรีย์และการออกแบบการทดลอง

การศึกษารังนี้มนำมาซึ่งการดำเนินการในสภาพควบคุมในห้องปฏิบัติการ โดยใช้เชื้อรา *Trichoderma* 3 ไอโซเลต ได้แก่ TSU, TSUZ2-03 และ TSUPT3.5 ซึ่งคัดเลือกจากความสามารถในการยับยั้งเชื้อราสาเหตุโรคในงานวิจัยเบื้องต้น ซึ่งเชื้อรา *Trichoderma* ทั้ง 3 ไอโซเลตมีประสิทธิภาพในการควบคุมเชื้อราสาเหตุโรคพืช และสามารถกระตุ้นการเจริญเติบโตของพืช (Regional Science Park, South, 2021) เชื้อทั้งหมดถูกเลี้ยงบนอาหาร PDA (Potato Dextrose Agar) ที่อุณหภูมิ $25\pm 2^{\circ}\text{C}$ เป็นเวลา 7 วัน ก่อนนำมาใช้ในการทดลอง

2. การสำรวจโรคและการทดสอบความสามารถในการเกิดโรค

เชื้อสาเหตุโรคแอนแทรกโนส (*Colletotrichum* spp.) แยกเชื้อสาเหตุโรคจากตัวอย่างพริกขาวชัยบุรีที่แสดงอาการแผลยุบตัวแผลขยายใหญ่มีลักษณะเป็นวงกลมซ้อนๆ กัน จากพื้นที่ปลูกพริก หมู่ที่ 7 ตำบลชัยบุรี อำเภอเมือง จังหวัดพัทลุง ที่แสดงอาการโรคชัดเจน โดยใช้เทคนิค Tissue Transplanting ตามวิธีการของ Shi et al. (2021) ด้วยการตัดเนื้อเยื่อบริเวณขอบแผลขนาด 5×5 มม. ทำความสะอาดด้วย sodium hypochlorite 10% นาน 1 นาที ล้างด้วยน้ำกลั่นปลอดเชื้อ 3 ครั้ง จากนั้นนำไปเลี้ยงบนอาหาร WA (Water Agar) เป็นเวลา 5-7 วัน จากนั้นย้ายเส้นใยเชื้อไปเลี้ยงในอาหาร PDA สำหรับทำการทดลองต่อไป

3. การทดสอบความสามารถในการก่อโรคของเชื้อสาเหตุโรคแอนแทรคโนส

นำเชื้อราที่แยกได้จากผลพริกที่เป็นโรค ย้ายเลี้ยงในอาหาร PDA เป็นเวลา 5 วัน ตัดส่วนปลายของเส้นใย ปลุกเชื้อด้วยวิธีการทำผลบนผลพริก วางในกล่องขึ้น บันทึกรผลการทดลองหลังจากปลุกเชื้อ 5 วัน

4. การประเมินประสิทธิภาพในสภาพควบคุม

การทดสอบประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อสาเหตุโรคในห้องปฏิบัติการใช้วิธี Dual Culture Technique โดยวางเชื้อ *Trichoderma* และ *Colletotrichum* spp. ห่างกัน 4 เซนติเมตร บนอาหาร PDA วัดเปอร์เซ็นต์การยับยั้ง (Percentage Inhibition) หลัง ปลุก 7 วัน ตามสูตรของ Bell et al. (1982)

$$\% \text{การยับยั้ง} = [(\text{การเจริญของเชื้อควบคุม} - \text{การเจริญของเชื้อทดสอบ}) / \text{การเจริญของเชื้อควบคุม}] \times 100$$

5. การทดสอบประสิทธิภาพการควบคุมโรคในผลพริก

วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) ประกอบด้วย 4 ทรีทเมนต์ *Trichoderma* 3 ไอโซเลทและชุดควบคุม จำนวน 4 ซ้ำต่อทรีทเมนต์ เตรียมสารละลายเชื้อ *Trichoderma* ความเข้มข้น 1×10^6 สปอร์/มิลลิลิตร โดยใช้ Tween 80 เป็นสารลดแรงตึงผิวความเข้มข้น 0.05% ฉีดพ่นทุก 7 วัน เป็นเวลา 4 สัปดาห์ เริ่มตั้งแต่วันที่แสดงอาการโรค วัดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางแผล

ชุดการทดลองที่ 1 พริกที่มีเชื้อสาเหตุโรค (ชุดควบคุม)

ชุดการทดลองที่ 2 เชื้อสาเหตุโรคและ *Trichoderma* TSU

ชุดการทดลองที่ 3 เชื้อสาเหตุโรคและ *Trichoderma* TSU Z2-03

ชุดการทดลองที่ 4 เชื้อสาเหตุโรคและ *Trichoderma* TSU PT3.5

ผลการทดลอง

1. ความรุนแรงของโรคแอนแทรคโนสในแปลงปลูกพริกขาวชัยบุรี

จากการสำรวจในแปลงปลูกพริก พบว่าความรุนแรงของโรคแอนแทรคโนสมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 59.20% ซึ่งสะท้อนถึงการแพร่ระบาดของโรคในพื้นที่เพาะปลูก ทั้งนี้ เชื้อราสาเหตุโรคนี้สามารถลดผลผลิตได้ถึง 50-80% ในกรณีที่มีการระบาดรุนแรง (Shi et al., 2021) ลักษณะอาการของโรคแสดงเป็นรอยแผลซ้ำที่ขยายตัวเป็นรูปวงรีหรือวงกลม พร้อมกับมีตุ่มสีดำขนาดเล็กเรียงตัวเป็นวงซ้อนกัน ซึ่งในสภาพอากาศที่มีความชื้นสูงจะพบเมือกเยิ้มสีส้มอ่อนบริเวณแผลที่เกิดจากเชื้อ *Colletotrichum* spp.

2. การแยกและทดสอบการก่อโรคของเชื้อสาเหตุโรคแอนแทรคโนส

ผลการแยกเชื้อ พบเชื้อสาเหตุโรคแอนแทรคโนส 3 ไอโซเลท ได้แก่ Chi-1, Chi-2 และ Chi-3 โดยเชื้อทั้งหมดสามารถก่อโรคได้ภายใต้สภาวะการทดลอง โดยสายพันธุ์ Chi-2 มีความรุนแรงสูงสุด (รอยแผลเฉลี่ย 0.9 ซม.) รองลงมาคือ Chi-1 (รอยแผลเฉลี่ย 0.8 ซม.) ขณะที่ Chi-3 มีความรุนแรงต่ำสุด (รอยแผลเฉลี่ย 0.5 ซม.) (Figure 1)



Figure 1 Pathogenicity test of three isolates of *Colletotrichum* causing anthracnose disease on chili peppers. (A) Chili peppers inoculated with isolate Chi-2 (B) Chili peppers inoculated with isolate Chi-1 (C) Chili peppers inoculated with isolate Chi-3 (D) Control group (no inoculation)

3. ประสิทธิภาพของ *Trichoderma* spp. ในการยับยั้งเชื้อสาเหตุโรคแอนแทรกโนส

การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของเชื้อ *Trichoderma* สายพันธุ์ TSU, TSUZ2-03 และ TSUPT3.5 พบว่า สายพันธุ์ TSU มีประสิทธิภาพสูงสุด โดยสามารถลดขนาดรอยแผลได้มากที่สุด (เฉลี่ย 0.33–0.4 ซม.) และมีอัตราการยับยั้งเชื้อสูงถึง 67.26% ขณะที่สายพันธุ์ TSUPT3.5 มีประสิทธิภาพปานกลาง (อัตราการยับยั้งเชื้อ 38.56%) และ TSUZ2-03 มีประสิทธิภาพต่ำที่สุด (อัตราการยับยั้งเชื้อ 13.56%) (Figure 2)

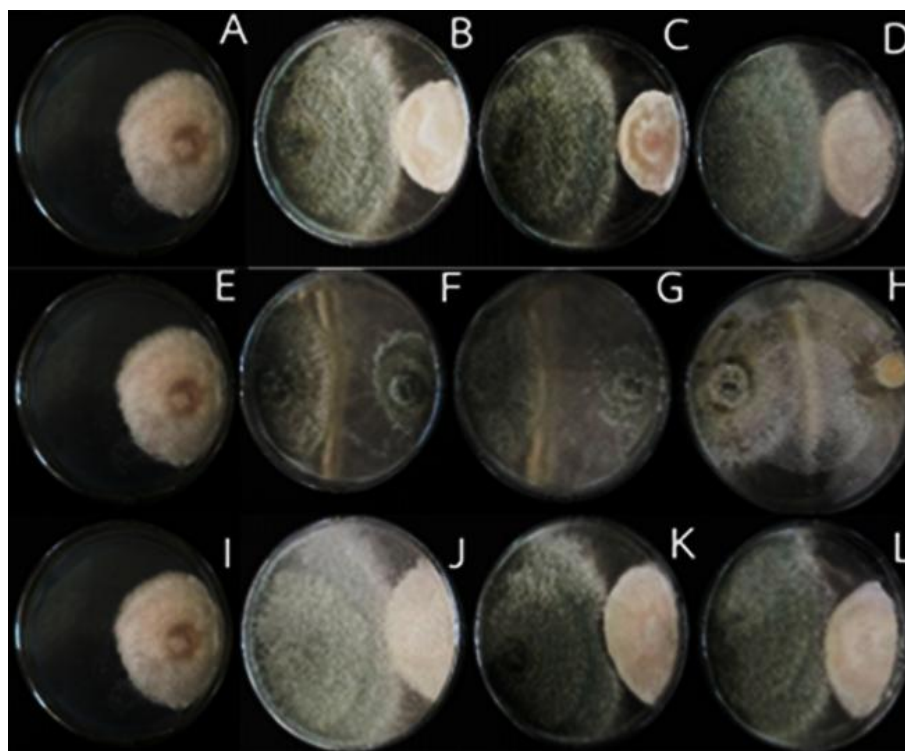


Figure 2 Effectiveness of three *Trichoderma* isolates in controlling the causal agent of anthracnose in white Chaiya Buri peppers using the Dual Culture method. A, E, I: control group (without *Trichoderma*), B, C, D: interaction between pathogen isolate Chi-1 and *Trichoderma* sp. TSU, *Trichoderma* sp. TSU Z2-03, and *Trichoderma* sp. TSU PT3.5, respectively, F, G, H: interaction between pathogen isolate Chi-2 and *Trichoderma* sp. TSU, *Trichoderma* sp. TSU Z2-03, and *Trichoderma* sp. TSU PT3.5, respectively, J, K, L: interaction between pathogen isolate Chi-3 and *Trichoderma* sp. TSU, *Trichoderma* sp. TSU Z2-03, and *Trichoderma* sp. TSU PT3.5, respectively

4. การทดสอบประสิทธิภาพการควบคุมโรคในผลพริก

การศึกษาประสิทธิภาพของเชื้อรา *Trichoderma* ในการยับยั้งการเจริญของเชื้อสาเหตุโรคในพริก พบว่า *Trichoderma* ทั้งสามสายพันธุ์มีความสามารถในการยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อโรคได้แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$) โดย *Trichoderma* TSU สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อโรคได้ดีที่สุด โดยลดความยาวของเส้นใยเชื้อโรคลงเหลือ 0.33–0.44 ซม. คิดเป็นร้อยละการยับยั้ง 67.26% ขณะที่ *Trichoderma* PT3.5 และ TSUZ2-03 ให้ค่าการยับยั้ง 38.56% และ 13.56% ตามลำดับ

สำหรับการเปรียบเทียบความรุนแรงของเชื้อสาเหตุโรค 3 ไอโซเลต (Chi-1, Chi-2 และ Chi-3) ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) โดยไอโซเลต Chi-1 มีค่าการยับยั้งสูงสุดในกลุ่มนี้ที่ 29.30% รองลงมาคือ Chi-2 และ Chi-3 ที่ 27.44% และ 18.19% ตามลำดับ (Table 1)

Table 1 Effectiveness of Three *Trichoderma* Strains in Controlling Anthracnose in Chili Peppers via Spraying Method

Treatments	Diameter of lesion (cm)			Inhibition (%)
	1 st	2 nd	3 rd	
Control				
Pathogen	1.04 ^a	1.06 ^a	1.08 ^a	-
Distilled water + pathogen	1.02 ^a	1.03 ^a	1.05 ^a	-
A Type of <i>Trichoderma</i>				
<i>Trichoderma</i> TSU	0.33 ^c	0.37 ^c	0.44 ^a	67.26
<i>Trichoderma</i> TSUZ2-03	0.98 ^a	1.00 ^a	1.02 ^a	13.56
<i>Trichoderma</i> PT3.5	0.75 ^b	0.75 ^b	0.75 ^b	38.56
F-value	**	**	**	-
B Isolate				
Chi-1	0.82	0.84	0.85	29.30
Chi-2	0.85	0.85	0.87	27.44
Chi-3	0.91	0.94	0.97	18.19
F-value	ns	ns	ns	-
C.V. (%)	32.04	30.26	28.39	-
A x B	ns	ns	ns	-

Note: Means in the same column followed by different letters are significantly different at $p < 0.01$ according to Duncan's Multiple Range Test (DMRT).

“**” indicates a statistically significant difference at $p < 0.01$, “ns” indicates non-significant.

C.V. (%) = Coefficient of Variation; A x B = Interaction between *Trichoderma* treatments (A) and pathogen isolates (B)

วิจารณ์

ผลการศึกษาที่สอดคล้องกับงานวิจัยก่อนหน้านี้ที่ระบุว่า *Trichoderma* spp. สามารถควบคุมเชื้อสาเหตุโรคพืชผ่านกลไกต่างๆ เช่น การแข่งขันทางนิเวศวิทยา การสร้างเอนไซม์ย่อยสลายผนังเซลล์เชื้อโรค และการกระตุ้นความต้านทานโรคของพืช (Harman et al., 2004) โดยเฉพาะสายพันธุ์ TSU ที่มีประสิทธิภาพสูงสุด อาจเนื่องมาจากความสามารถในการผลิตสารปฏิชีวนะที่มีฤทธิ์สูงหรือการเข้าทำลายเชื้อสาเหตุโดยตรง อย่างไรก็ตาม ประสิทธิภาพที่แตกต่างกันระหว่างสายพันธุ์ *Trichoderma* อาจเกี่ยวข้องกับอัตราการเจริญเติบโตและการสร้างสารยับยั้งที่ต่างกัน (Benítez et al., 2004)

แม้ว่าผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า เชื้อรา *Trichoderma* spp. สายพันธุ์ TSU สามารถควบคุมโรคแอนแทรคโนสได้อย่างมีประสิทธิภาพ แต่ยังคงต้องมีการศึกษาต่อไปในสภาพแวดล้อมจริง เนื่องจากปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมอาจส่งผลต่อประสิทธิภาพของชีวภัณฑ์ เช่น อุณหภูมิ ความชื้น และสภาพดิน (Shores et al., 2010) นอกจากนี้ ควรมีการทดสอบระยะยาวเพื่อประเมินผลกระทบของ *Trichoderma* ต่อระบบนิเวศของพืชและความยั่งยืนของการควบคุมโรค

นอกจากนี้ ควรมีการศึกษากลไกการควบคุมโรคที่ละเอียดขึ้นในระดับโมเลกุล เช่น การแสดงออกของยีนที่เกี่ยวข้องกับความต้านทานของพืชเมื่อได้รับ *Trichoderma* และการผลิตสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของแต่ละสายพันธุ์ (Lorito et al., 2010) การศึกษา

เพิ่มเติมเกี่ยวกับการใช้ *Trichoderma* ร่วมกับวิธีการควบคุมโรคแบบอื่น เช่น การใช้พืชร่วมชีวภาพหรือการปรับปรุงสภาพแวดล้อมในการปลูก อาจช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการควบคุมโรคและลดความเสี่ยงของการเกิดความต้านทานของเชื้อสาเหตุโรคพืชในระยะยาว

สรุป

ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าเชื้อรา *Trichoderma* spp. สายพันธุ์ TSU มีประสิทธิภาพสูงสุดในการควบคุมโรคแอนแทรคโนสในพริกขี้หนู โดยสามารถลดขนาดรอยแผลและมีอัตราการยับยั้งเชื้อสูงสุดที่ 67.26% ขณะที่สายพันธุ์ TSUPT3.5 และ สายพันธุ์ TSUZ2-03 มีประสิทธิภาพต่ำกว่าอย่างมีนัยสำคัญ การศึกษานี้สนับสนุนการใช้ *Trichoderma* เป็นชีวภัณฑ์ทางเลือกแทนสารเคมีในการควบคุมโรคแอนแทรคโนส ซึ่งเป็นแนวทางที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมและยั่งยืน อย่างไรก็ตาม ควรมีการศึกษาต่อไปในแปลงปลูกจริงเพื่อประเมินปัจจัยแวดล้อมที่อาจมีผลต่อประสิทธิภาพของ *Trichoderma*

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอแสดงความขอบคุณอย่างสูงต่อทุกท่านที่มีส่วนร่วมในการทำวิจัยครั้งนี้ ขอขอบคุณ คณะเทคโนโลยีและการพัฒนาชุมชน มหาวิทยาลัยทักษิณ และหน่วยบริหารและจัดการทุนด้านการพัฒนาระดับพื้นที่ (บพท.) ที่ให้การสนับสนุนด้านทรัพยากรและสถานที่วิจัย ขอขอบคุณ ChatGPT สำหรับการช่วยเหลือในการเรียบเรียงบทความวิชาการ และให้คำแนะนำด้านการเขียนที่ช่วยให้บทความมีความสมบูรณ์และเป็นระบบมากยิ่งขึ้น

เอกสารอ้างอิง

- Bell, D.K., Wells, H.D., and Markham, C.R. (1982). In vitro antagonism of *Trichoderma* spp. against six fungal plant pathogens. *Phytopathology*, 72, 379–382.
- Benítez, T., Rincón, A.M., Limón, M.C., and Codón, A.C. (2004). Biocontrol mechanisms of *Trichoderma* strains. *International Microbiology*, 7(4), 249–260.
- Department of Agriculture Extension. (2021). Report on the production situation of chili in Thailand. Ministry of Agriculture and Cooperatives. [accessed 01 April 2025]
- Harman, G.E., Howell, C.R., Viterbo, A., Chet I., and Lorito, M. (2004). *Trichoderma* species—opportunistic, avirulent plant symbionts. *Nature Reviews Microbiology*, 2(1), 43–56. <https://doi.org/10.1038/nrmicro797>
- Lorito, M., Woo, S.L., Harman, G.E., and Monte, E. (2010). Translational research on *Trichoderma*: from 'omics to the field. *Annual Review of Phytopathology*, 48, 395–417. <https://doi.org/10.1146/annurev-phyto-073009-114314>
- Oerke, E.C. (2006). Crop losses to pests. *Journal of Agricultural Science*, 144(1), 31–43. <https://doi.org/10.1017/S0021859605005708>
- Regional Science Park, South. (2021). Area-based innovation for community local startups (Full research report). Thaksin University, Phatthalung.
- Saxena, A., Raghuwanshi, R., Gupta, V.K., and Singh, H.B. (2016). Chilli anthracnose: the epidemiology and management. *Frontier in Microbiology*, 30(7), 1527. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2016.01527>
- Shi, X.C., Wang, S.Y., Duan, X.C., Wang, Y.Z., Liu F.Q., and Laborda, P. (2021). Biocontrol strategies for the management of *Colletotrichum* species in postharvest fruits. *Crop Protection*, 141, 105454. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2020.105454>

- Shoresh, M., Harman G.E., and Mastouri, F. (2010). Induced systemic resistance and plant responses to fungal biocontrol agents. *Annual Review of Phytopathology*, 48, 21–43.
- Vinale, F., Sivasithamparam K, Ghisalberti Emilio L., Marra R., Woo, S.L. and Lorito, M., (2008). *Trichoderma*–plant–pathogen interactions. *Soil Biology and Biochemistry*, 40(1), 1–10.
<https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2007.07.002>