วารสารแก่นเกษตร THAIJO

Content List Available at ThaiJo

Khon Kaen Agriculture Journal

Journal Home Page : https://li01.tci-thaijo.org/index.php/agkasetkaj



ชีวผลิตภัณฑ์รูปแบบผง *Brevibacillus formosus* สายพันธุ์ NJTU05 ควบคุมโรครากและโคนเน่าของทุเรียน

Brevibacillus formosus strain NJTU05 powder formulation bioproduct to control root and stem rot disease of durian

ณัฐริกา จิตต์เฝือ[1], ดุสิต อธินุวัฒน์[1] และ วิลาวรรณ์ เชื้อบุญ[1]*

Nattarika jitfour[1], Dusit Athinuwat[1] and Wilawan Chuaboon[1]*

[1] *สาขาวิชาเทคโนโลยีการเกษตร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต 12120*

[1]*Agricultural Technology, Faculty of Science and Technology, Thammasat University 12120*

บทคัดย่อ: แบคทีเรียที่มีประโยชน์ *Brevibacillus formosus* สายพันธุ์ NJTU05 มีประสิทธิภาพในการควบคุมเชื้อรา *Phytopthora palmivora* สาเหตุโรครากและโคนเน่าของทุเรียน และโรคสำคัญอื่น ๆ เช่น โรคเน่าคอดิน (*Pythium* sp.), โรคกิ่งแห้ง (*Fusarium* sp.) เป็นต้น ดังนั้น การวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อพัฒนาชีวผลิตภัณฑ์ที่มีแบคทีเรียสายพันธุ์ NJTU05 เป็นตัวออกฤทธิ์ ในรูปแบบผงละลายน้ำพร้อมใช้ เพื่อง่ายต่อการใช้งานของเกษตรกร โดยนำตะกอนเซลล์แบคทีเรียสายพันธุ์ NJTU05 ผสมกับอาหารและตัวพาที่เหมาะสมสูตรต่างๆ จากนั้นศึกษาอายุของชีวผลิตภัณฑ์ 3 สูตร ประกอบด้วย สูตรที่ 1 ตะกอนเซลล์ *B. formosus* NJTU05 (ความเข้มข้น $1X10^{15}$ CFU/ml): Pre-gelatinized starch: แป้งข้าวโพด: ซูโครส อัตราส่วน 10:15:60:15 (สูตร JF-1) สูตรที่ 2 ตะกอนเซลล์ *B. formosus* NJTU05 (ความเข้มข้น $1X10^{15}$ CFU/ml): Pre-gelatinized starch: แป้งข้าวโพด: แป้งมันสำปะหลัง: ซูโครส อัตราส่วน 10:15:30:30:15 (สูตร JF-2) และ สูตรที่ 3 ตะกอนเซลล์ *B. formosus* NJTU05 (ความเข้มข้น $1X10^{15}$ CFU/ml):Pre-gelatinized starch: แป้งมันสำปะหลัง: ซูโครส อัตราส่วน 10:15:60:15 (สูตร JF-3) พบว่า สูตร JF-1 เป็นสูตรที่มีคุณสมบัติทางกายภาพและชีวภาพเหมาะสมที่สุด โดยสามารถละลายและฟุ้งกระจายคงตัวในน้ำได้ในระดับดี รองลงมาคือ สูตร JF-2 และ สูตร JF-3 ตามลำดับ ตลอดจนสามารถคงความมีชีวิตของ แบคทีเรียสายพันธุ์ NJTU05 ได้ดีที่สุด โดยหลังเก็บรักษา นาน 6 เดือน พบจำนวนแบคทีเรียสายพันธุ์ NJTU05 เท่ากับ $1.8x10^{12}$ CFU/ml ซึ่งลดลงจากเริ่มต้น $1X10^{15}$ CFU/ml ในขณะที่สูตร JF-2 และ JF-3 ตรวจพบประชากรของสายพันธุ์ NJTU05 ที่มีชีวิตรอดในชีวผลิตภัณฑ์ทั้ง 2 สูตร เท่ากับ $0.5x10^{6}$ CFU/ml และ $0.3x10^{6}$ CFU/ml ตามลำดับ จึงเลือกนำชีวผลิตภัณฑ์สูตร JF-1 มาทดสอบประสิทธิภาพของชีวผลิตภัณฑ์ในการยับยั้งและควบคุมโรครากและโคนเน่าของทุเรียนในระดับห้องปฏิบัติการและเรือนทดลอง พบว่า ชีวผลิตภัณฑ์ สูตร JF-1 มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อรา *P. palmivora* สายพันธุ์ P-TU12 ได้ดี โดยมีเปอร์เซ็นต์การยับยั้ง เท่ากับ 77.96% ซึ่งมีประสิทธิภาพดีเทียบเท่าการใช้เชื้อสดที่เลี้ยงในอาหารสูตรมาตรฐาน NGB (76.48%) และมีประสิทธิภาพที่ดีกว่า ชีวภัณฑ์ทางการค้า *Bacillus subtillis* 14.26% ($P \leq 0.05$) การทดสอบประสิทธิภาพของชีวผลิตภัณฑ์ในสภาพแปลงทดลอง ณ อำเภอท่าใหม่ จังหวัดจันทบุรี พบว่า กรรมวิธีที่ใช้ชีวผลิตภัณฑ์ JF-1 ราดบริเวณทรงพุ่มร่วมกับการพ่นใบมีประสิทธิภาพในการลดความรุนแรงของโรครากและโคนเน่าของทุเรียน ได้ 80.56% จำนวนเชื้อราลดน้อยลงหลังใช้ชีวผลิตภัณฑ์ อัตรา ต้นละ 100 ลิตร ต่อเนื่องทุก ๆ 7 วัน จำนวน 4 ครั้ง (28 วัน หลังทดสอบ) ซึ่งประสิทธิภาพของการควบคุมโรคไม่แตกต่างกับการใช้แบคทีเรียสายพันธุ์ NJTU05 ในรูปแบบเชื้อสดที่เลี้ยงในอาหารสูตรมาตรฐาน ที่มีประสิทธิภาพการลดความรุนแรงโรครากและโคนเน่า เท่ากับ 78.67% และมีประสิทธิภาพดีกว่าชีวผลิตภัณฑ์ทางการค้า (68.22%) ($p \leq 0.05$)

* Corresponding author: nattarika.1399@gmail.com

Received: date; October 9, 2024 Revised: date; December 18, 2024

Accepted: date; January 7, 2025 Published: date; May 30, 2025

คำสำคัญ: แบคทีเรียมีประโยชน์; ชีวผลิตภัณฑ์; โรครากและโคนเน่าของทุเรียน

ABSTRACT: The beneficial bacterium *Brevibacillus formosus* strain NJTU05 has demonstrated high efficacy in controlling *Phytophthora palmivora*, the causal agent of root and stem rot in durian, as well as other significant fungal diseases, such as damping-off (*Pythium* sp.) and branch wilt (*Fusarium* sp.). This study aimed to develop a water-soluble powder bio-product containing *B. formosus* NJTU05 as the active agent for convenient use by farmers. Three formulations were prepared using bacterial cell sediment of NJTU05 mixed with various nutrients and carriers. Formulation 1 (JF-1) consisted of bacterial sediment (1×10^{15}CFU/ml): pre-gelatinized starch: corn starch: sucrose in a ratio of 10:15:60:15. Formulation 2 (JF-2) included bacterial sediment (1×10^{15}CFU/ml): pre-gelatinized starch: corn starch: tapioca starch: sucrose in a ratio of 10: 15: 30: 30: 15, while Formulation 3 (JF-3) consisted of bacterial sediment (1×10^{15} CFU/ml): pre-gelatinized starch: tapioca starch: sucrose in a ratio of 10:15:60:15. Among the three, JF-1 exhibited the best physical and biological properties, showing good solubility, stability in water, and superior viability, retaining 1.8×10^{12} CFU/ml after six months of storage compared to 0.5×10^{6} CFU/ml and 0.3×10^{6} CFU/ml for JF-2 and JF-3, respectively. Laboratory and greenhouse testing confirmed JF-1's effectiveness in inhibiting *P. palmivora* strain P-TU12 mycelial growth with a 77.96% inhibition rate, comparable to fresh NJTU05 cultures grown on standard NGB medium (76.48%) and significantly higher than the commercial bioproduct *Bacillus subtilis* (14.26%, $p \leq 0.05$). Field trials in Tha Mai District, Chanthaburi, demonstrated that soil application and foliar spray of JF-1 reduced disease severity by 80.56% when applied at 100 liters/tree every 7 days for four applications. This efficacy was comparable to fresh bacterial cultures (78.67%) and superior to commercial products (68.22%, $p \leq 0.05$). JF-1 proved to be a highly effective, user-friendly solution for fungal disease control in durian cultivation.
Keywords: beneficial bacteria; root and stem rot in durian; bioproduct

บทนำ

ทุเรียนเป็นไม้ผลยืนต้นขนาดใหญ่สามารถเจริญเติบโตและให้ผลผลิตได้ดีในเขตที่มีสภาพอากาศร้อนชื้น ทุเรียนเป็นผลไม้สำคัญของประเทศไทยที่นอกจากบริโภคในประเทศแล้วยังสามารถส่งออกทำรายได้ให้กับประเทศในแต่ละปีจำนวนมาก (กรมส่งเสริมเกษตร 2551) ผลผลิตทุเรียนไทยภาคตะวันออกและภาคใต้ สามารถเก็บเกี่ยวขายสู่ตลาดช่วงเดือนเมษายน-สิงหาคมของทุกปี ในปี 2567 เกษตรกรได้รับผลกระทบจากการเผชิญกับภัยแล้งรุนแรงนาน 4 เดือนแรกของปี ส่งผลต่อการติดดอกในปริมาณน้อยอีกทั้งเมื่อผลผลิตใกล้เก็บเกี่ยวผลผลิตของทุเรียนมีน้ำหนักเบา รวมทั้งปัญหาศัตรูพืชของทุเรียน ปัญหาเหล่านี้ส่งผลให้ผลผลิตลงลดและต้นทุเรียนยืนต้นตาย เกษตรกรใช้สารเคมีในปริมาณมากในการจัดการศัตรูดังกล่าว (Sudarat and Pornchulee, 2560) ส่งผลให้เกิดการตกค้างของสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชตกค้างในผลผลิตส่งผลต่อการส่งออกของทุเรียน โดยสารเคมีตกค้างผลผลิต อาทิเช่น สารแคดเมียม สารเอทีฟอน เป็นต้น ปัจจัยดังกล่าวข้างต้นเป็นเหตุให้ผลผลิตทุเรียนไม่ได้คุณภาพตามมาตรฐานการส่งออก (มาตรฐาน มกอช.9002-2551) ผลกระทบจากสภาพแวดล้อมเกิดขึ้นเป็นครั้งคราวและป้องกันได้ค่อนข้างยากลำบาก ในขณะที่ปัญหาจากศัตรูพืช โดยเฉพาะโรคพืชนั้นเกิดขึ้นได้ตลอดเวลาหากสภาพแวดล้อมเหมาะสม ซึ่งโรคพืชจัดปัญหาสำคัญในการผลิตทุเรียน เช่น โรคแอนแทรคโนส โรคราใบติด โรคราสีชมพู โดยเฉพาะโรครากและโคนเน่าสาเหตุจากเชื้อรา *Phytopthora palmivora* สามารถเกิดได้กับทุกส่วนของต้นทุเรียน ส่งผลให้ต้นทุเรียนที่กำลังเจริญเติบโตและให้ผลผลิตยืนต้นตายได้ โรคระบาดทำความเสียหายกับทุเรียนในทุกแหล่งปลูกของประเทศไทย ทำให้ปริมาณผลผลิตทุเรียนลดลงและผลผลิตไม่ได้คุณภาพ (สำนักงานวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่6 กรมวิชาการเกษตร, 2565) ปัจจุบันการควบคุมโรครากและโคนเน่าทำได้หลายวิธี เช่น การใช้ต้นตอที่ต้านทานต่อโรครากและโคนเน่า การใช้สารเคมีป้องกันกำจัดโรคพืชกลุ่มต่าง ๆ ซึ่งเป็นวิธีการที่เกษตรกรส่วนมากเลือกใช้แต่วิธีการดังกล่าวส่งผลทำให้เกิดสารพิษตกค้าง ส่งผลกระทบต่อผู้บริโภค สิ่งแวดล้อม และการส่งออกของทุเรียน รวมทั้งการใช้และกำจัดโรคพืชโดยชีววิธีจึงเป็นอีกเลือกในการควบคุมโรครากและโคนเน่าของทุเรียน การควบคุมโรคพืชด้วยชีววิธีโดยเน้นการใช้ประโยชน์จากจุลินทรีย์ที่มีความสามารถในการทำลายและยังยั้งการแพร่ระบาดของเชื้อโรคพืชได้ โดยวิธีการแข่งขันการใช้อาหารเพื่อการเจริญได้ดีกว่าเชื้อโรคพืช หรือการเข้าทำลายเซลล์ของเชื้อโรคพืชโดยตรง และ/หรือการสร้างสารปฏิชีวนะยับยั้งการเจริญของเชื้อโรคพืช (สุวิจักขณ์ และ วิลาวรรณ์, 2562) เช่น การใช้เชื้อ *Trichoderma* sp., *Bacillus* sp. เป็นต้น (Supaporn et al., 1994; Pornsil et al., 2024) แต่การระบาดของโรคยังคงกระจายและลุกลามอย่างต่อเนื่อง อีกทั้งการใช้จุลินทรีย์ในการป้องกันกำจัดโรครากและโคนเน่าของทุเรียนรวมทั้งการยืดอายุของจุลินทรีย์ในรูปแบบการพัฒนาเป็นชีว

ผลิตภัณฑ์ในประเทศไทยยังมีข้อมูลค่อนข้างจำกัด การศึกษาพัฒนาจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์เพื่อลดการระบาดของเชื้อสาเหตุโรคเป็นการเพิ่มโอกาสให้แก่เกษตรกรได้เลือกใช้จุลินทรีย์ที่เหมาะสมกับสภาพพื้นที่ปลูก เช่น เชื้อ *Brevibacillus formosus* NJTU05 เป็นสายพันธุ์หนึ่งที่แยกได้ในประเทศไทยจากห้องปฏิบัติการเกษตรอินทรีย์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ พบได้ในสภาพทั่วไปอาศัยอยู่ในดิน มีประสิทธิภาพในการควบคุมเชื้อรา *P. palmivora* สาเหตุโรครากและโคนเน่าของทุเรียนนอกจากนี้ยังมีประสิทธิภาพในการควบคุมเชื้อราอื่น ๆ เช่น *Pythium* sp. *และ Fusarium* sp. สาเหตุ โรคเน่าคอดินและโรคกิ่งแห้งเป็นต้น ด้วยความสามารถนี้จึงถูกเลือกนำมาผลิตเป็นสารชีวผลิตภัณฑ์ในรูปแบบผงแห้ง งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อการพัฒนาชีวภัณฑ์จุลินทรีย์ปฏิปักษ์ป้องกันกำจัดโรครากและโคนเน่าในทุเรียนเพื่อพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ให้เกษตรกรมีทางเลือกในการป้องกันกำจัดโรครากและโคนเน่าของทุเรียนต่อไป

วิธีการศึกษา

1. การพัฒนาชีวผลิตภัณฑ์รูปแบบผงละลายน้ำพร้อมใช้

1.1 เตรียมเชื้อแบคทีเรียที่มีประโยชน์

นำเชื้อ *B. formosus* สายพันธุ์ NJTU05 จากห้องปฏิบัติการเกษตรอินทรีย์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ที่มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อรา *P. palmivora* สายพันธุ์ P-TU12 สาเหตุโรครากและโคนเน่าของทุเรียน (พรชนก และคณะ, 2565) เลี้ยงในอาหาร nutrient glucose broth (NGB) เขย่าที่ 250 รอบต่อนาที ที่อุณหภูมิ 25±3 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง จากนั้นตกตะกอนเซลล์ด้วยเครื่อง Centrifuge (ยี่ห้อ Eppendorf รุ่น 5810R ประเทศ Germany) ที่ 8,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 15 นาที เก็บตะกอนเซลล์ จากนั้นปรับความเข้มข้น เท่ากับ 10^{15} เก็บในอุณหภูมิ 5-10 °C เพื่อนำไปใช้ในขั้นตอนต่อไป

1.2 คัดเลือกชนิดของตัวพาและสารอาหาร

คัดเลือกสารอาหารและตัวพาที่มีคุณสมบัติผงละเอียด การละลายและการฟุ้งกระจายในน้ำได้ดี และมีการตกตะกอนช้า ทั้งนี้ในการศึกษาวิจัยคัดเลือกชนิดของตัวพาและสารอาหาร ประกอบด้วย 1) แป้งข้าวโพด 2) แป้งมันสำปะหลัง 3) Pre-Gelatinized Starch และ 4) ซูโครส นำสารอาหารและตัวพานึ่งฆ่าเชื้อโรคภายใต้สภาพอุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ความดัน 15 ปอนด์/ตารางนิ้ว นาน 15 นาที และนำมาผสมเป็น 3 สูตร อัตราส่วนดังนี้ สูตรที่ 1 (JF-1) ตะกอนเซลล์ *B. formosus* NJTU05: Pre-gelatinized starch: แป้งข้าวโพด: ซูโครส (10:15:60:15) สูตรที่ 2 (JF-2) ตะกอนเซลล์ *B. formosus* NJTU05: Pre-gelatinized starch: แป้งข้าวโพด: แป้งมันสำปะหลัง: ซูโครส (10:15:30:30:15) และสูตรที่ 3 (JF-3) ตะกอนเซลล์ *B. formosus* NJTU05: Pre-gelatinized starch: แป้งมันสำปะหลัง: ซูโครส (10:15:60:15) ชีวผลิตภัณฑ์แต่ละสูตรผสมคลุกเคล้าให้เข้ากันนำแยกบรรจุในถุงฟลอยด์ทึบแสง ขนาด 20 กรัม/ถุง ซีลปิดสนิทด้วยความร้อน และเก็บรักษาไว้ภายใต้สภาพอุณหภูมิห้อง

1.3 การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพ

ผสมทุกส่วนประกอบให้เป็นเนื้อเดียวกันด้วยอัตราส่วนตาม **Table 1** ตรวจสอบคุณสมบัติทางกายภาพประกอบด้วยการหาเปอร์เซ็นต์การละลายน้ำ (suspensibility) การฟุ้งกระจายตัวในน้ำ (กชพร, 2566) และการตกตะกอน ด้วยวิธีการ Settling Test บันทึกปริมาตรของตะกอน 5 และ 10 นาที โดยสังเกตการเปลี่ยนแปลงและลักษณะของตะกอน (Sakesan and Thanakorn, 2554) โดยกำหนดระดับการตะกอนเทียบกับเวลา ระดับที่ 1 : ตกตะกอนภายใน 5นาที และระดับที่ 2 : ตกตะกอนภายใน 10 นาที

Table 1 Ratio of components Carriers Nutrients and Proportions in the development of various biological product formulas in 1 Kg

Formula	Components of carriers and nutrients				Physical properties	
	B. formosus ($1X10^{15}$ CFU/ml)	Pre-Gelatinized Starch	Corn Starch: tapioca Starch	Sucrose	Suspensibility[1/]	Dispersed in water[2/]
JF-1	10	15	60 :00	15	1	1
JF-2	10	15	30 : 30	15	1	2
JF-3	10	15	00 : 60	15	1	1

[1/] Detail of physical properties of different formulate of modified powder components.

[2/] Dispersed in water: Level 1 within 5 minutes and Level 2 within 10 minutes.

1.4 การตรวจสอบคุณสมบัติทางชีวภาพ

ตรวจสอบการมีชีวิตรอดของแบคทีเรีย *B. formosus* NJTU05 ในสูตรชีวผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาขึ้นทุก 1 เดือน เป็นเวลา 6 เดือน ด้วยวิธี Plate count บน NGA (พงศธร และดุสิต, 2560) วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบรูณ์ (completely randomized design, CRD) กรรมวิธีละ 5 ซ้ำ โดยมีกรรมวิธีการทดลองดังนี้ กรรมวิธีที่ 1 อาหารสูตร JF-1 + ตะกอนเซลล์ *B. formosus* NJTU05 กรรมวิธีที่ 2 อาหารสูตร JF-2 + ตะกอนเซลล์ *B. formosus* NJTU05 กรรมวิธีที่ 3 อาหารสูตร JF-3 + ตะกอนเซลล์ *B. formosus* NJTU05 ตรวจสอบความมีชีวิตรอดของแบคทีเรียที่มีประโยชน์ในชีวผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาขึ้นเพื่อกำหนดวันหมดอายุของผลิตภัณฑ์ โดยชีวผลิตภัณฑ์ที่มีคุณสมบัติทางกายภาพและชีวภาพที่ดีจะถูกคัดเลือกไปใช้ศึกษาในการทดลองต่อไป

2. ทดสอบประสิทธิภาพของชีวผลิตภัณฑ์

2.1 การยับยั้งเชื้อราสาเหตุโรครากและโคนเน่าในระดับห้องปฏิบัติการ

ทดสอบความสามารถในการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *P. palmivora* (พรชนก และคณะ, 2565) ด้วยวิธี Dual culture นำเชื้อรา *P. palmivora* อายุ 7 วัน (ขนาด 0.5 เซนติเมตร) วางตรงกลางจานอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA (จานเพาะเลี้ยงเชื้อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 9 เซนติเมตร) นำชีวผลิตภัณฑ์ละลายน้ำอัตราแนะนำ (1 กรัม ต่อน้ำปลอดเชื้อ 1 ลิตร) ขีดเส้นตรงล้อมรอบเชื้อราทั้ง 4 ด้าน โดยมีระยะห่างจากเชื้อรา 2 เซนติเมตร (สุวิจักขณ์ และคณะ, 2562) เปรียบเทียบกรรมวิธีควบคุมที่ใช้น้ำนึ่งฆ่าเชื้อ (ddH_2O) บ่มเชื้อที่อุณหภูมิห้อง วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) กรรมวิธีละ 5 ซ้ำ โดยมีกรรมวิธีการทดลองดังนี้

กรรมวิธีที่ 1 เชื้อรา *P. Palmivora* + เชื้อสด *B. formosus* NJTU05

กรรมวิธีที่ 2 เชื้อรา *P. Palmivora* + ชีวภัณฑ์ทางการค้า *B. subtillis*

กรรมวิธีที่ 3 เชื้อรา *P. Palmivora* + ชีวผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาขึ้น (JF-1)

กรรมวิธีที่ 4 เชื้อรา *P. Palmivora* + น้ำนึ่งฆ่าเชื้อ (ddH_2O)

บันทึกผลโดยการวัดความกว้างโคโลนีเชื้อราสาเหตุโรครากและโคนเน่าในจานอาหารทดสอบเปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุม (กรรมวิธีที่ 4) นำค่าที่ได้คำนวณเป็นเปอร์เซ็นต์ยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อราสาเหตุโรครากและโคนเน่า (Percent inhibition of radial growth: PIRG) โดยมีสูตรคำนวณการยับยั้งด้วยสมการ ของ Rahman et al. (2009)

$$PIRG\ (\%) = [(R1 - R2)/R1 \times 100]$$

R1 = ความยาวรัศมีโคโลนีของเชื้อรา *P. palmivora* ในจานควบคุม

R2 = ความยาวรัศมีโคโลนีของเชื้อรา *P. palmivora* ในจานทดสอบ

2.2 การควบคุมโรครากและโคนเน่าในแปลงทดลอง

คัดเลือกชีวผลิตภัณฑ์ที่มีประสิทธิภาพสูงที่สุดจากการทดลองที่ 1 ที่สามารถคงความมีชีวิตรอดของแบคทีเรียที่มีประโยชน์ *B. formosus* NJTU05 ใช้ทดสอบประสิทธิภาพในการควบคุมโรครากและโคนเน่าในสภาพแปลงทดลอง วางแผนการทดลองแบบ randomized complete block design (RCBD) เปรียบเทียบกับแบคทีเรียที่มีประโยชน์ *B. formosus* NJTU05 รูปแบบเชื้อสดที่เลี้ยงในอาหาร NGB (ความเข้มข้นประมาณ 10^8 CFU/ml) (บุษราคัม และคณะ, 2556) ชีวภัณฑ์ทางการค้า และน้ำนึ่งฆ่าเชื้อ (ddH_2O) ใช้ทุเรียน อายุ 4-6 ปี แสดงอาการของโรครากและโคนเน่าเป็นพืชทดสอบ ณ ต.สองพี่น้อง อ.ท่าใหม่ จ.จันทบุรี กรรมวิธีละ 5 ซ้ำ กรรมวิธีประกอบด้วย

กรรมวิธีที่ 1 พ่นด้วยน้ำนึ่งฆ่าเชื้อ (ddH_2O) (กรรมวิธีควบคุม)

กรรมวิธีที่ 2 พ่นชีวผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาขึ้น(JF-1) + ราดลงดินบริเวณรอบทรงพุ่มของต้นทุเรียน

กรรมวิธีที่ 3 พ่นด้วยชีวภัณฑ์ทางการค้า *B. subtillis* + ราดลงดินบริเวณรอบทรงพุ่มของต้นทุเรียน

กรรมวิธีที่ 4 พ่นด้วยเชื้อสด *B. formosus* NJTU05 + ราดลงดินบริเวณรอบทรงพุ่มของต้นทุเรียน

การเตรียมชีวผลิตภัณฑ์แบคทีเรียที่มีประโยชน์ในรูปแบบผงละลายน้ำในอัตรา 20 กรัมต่อน้ำ 20 ลิตร วิธีการใช้ชีวผลิตภัณฑ์โดยวิธีการพ่นร่วมกับการราดลงดินบริเวณรอบทรงพุ่มของต้นทุเรียน อัตรา ต้นละ 100 ลิตร (คำนวณจากปริมาณการใช้สารละลายชีวภัณฑ์จากปริมาณหน้าดินรอบทรงพุ่ม กว้าง x ยาว x ลึก (8 x 8 x 0.15 =9.6 m^3) ต่อเนื่องทุก ๆ 7 วัน เพื่อตรวจสอบประสิทธิภาพในการยับยั้งโรค (% Disease reduction) โดย 1) สุ่มตัวอย่างชิ้นส่วนของต้นทุเรียนที่แสดงลักษณะอาการของโรค น้ำหนัก 1 กรัม จากต้นทุเรียนในแปลงทดสอบนำไปแช่คลอร็อกซ์ 5% เป็นเวลา 3 นาที และแช่ในน้ำกลั่นปลอดเชื้อ 3 ครั้งๆ ละ 2 นาที ซับด้วยกระดาษทิชชูที่นึ่งฆ่าเชื้อ (พรชนก, 2565) แช่ชิ้นส่วนพืชในน้ำนึ่งฆ่าเชื้อปริมาณ 9 มิลิลิตร วางบนเครื่องเขย่า 150 รอบต่อนาที นาน 1 นาที จากนั้นนำส่วนใสกระจายให้ทั่วผิวหน้าอาหารเลี้ยงเชื้อ Potato dextrose agar (PDA) บ่มที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 24-48 ชั่วโมง ตรวจนับปริมาณเชื้อบนผิวหน้าอาหาร PDA 2) สุ่มตัวอย่างดินรอบทรงพุ่มของต้นทุเรียนทดสอบสุ่มเก็บตัวอย่างดิน โดยขุดเป็นหลุมรูป V ให้ลึกในแนวดิ่งประมาณ 15 เซนติเมตร จุดละ 1 กิโลกรัม รวม 5 จุดรอบต้นพืชทดสอบ (สำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน, 2563) จากนั้นสุ่มดินแต่ละจุด นำดิน 1 กรัม ผสมกับน้ำ 9 มิลลิลิตร เจือจางดินด้วยวิธี Tenfold dilution (วิลาวรรณ์, 2551) ตรวจนับปริมาณเชื้อ *P. palmivora* ด้วยวิธี Plate count เปรียบเทียบปริมาณเชื้อสาเหตุโรคก่อนและหลังใช้ชีวผลิตภัณฑ์ บ่มที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 24-48 ชั่วโมง และ 3) ตรวจสอบพัฒนาการของแผลจากต้นทุเรียนทดสอบเปรียบเทียบก่อนและหลังใช้ชีวผลิตภัณฑ์ โดยทั้ง 3 วิธีการตรวจสอบทำการตรวจสอบทุก ๆ 7 วัน ก่อนพ่นชีวผลิตภัณฑ์ เป็นเวลา 28 วัน (5 ครั้ง)

ผลการศึกษาและวิจารณ์

1. การพัฒนาชีวผลิตภัณฑ์รูปแบบผงละลายน้ำพร้อมใช้

1.1 คัดเลือกชนิดของตัวพาและสารอาหาร

งานวิจัยครั้งนี้เลือกชนิดของตัวพาประกอบด้วย แป้งข้าวโพด, แป้งมันสำปะหลัง, Pre-Gelatinized Starch และ ซูโครส เนื่องจากแป้งข้าวโพดมีขนาดอนุภาคเล็กจึงมีความสามารถในการละลายน้ำที่ต่ำ มีองค์ประกอบของอะไมโลส (Amylose) ในปริมาณสูงประมาณ 28% ซึ่งอะไมโลสจะทำให้โครงสร้างร่างแหในเม็ดแป้งแข็งแรงขึ้น ทำให้เกิดการพองตัวได้น้อย แป้งข้าวโพดมีขนาดอนุภาคขนาด 3.6-14.3 ไมครอน เม็ดแป้งขนาดเล็ก (Misha and Rai, 2006; Singh et al., 2006) สามารถเกาะติดกับแบคทีเรียได้ดี ทั้งยังสามารถเคลือบแบคทีเรียได้อย่างสม่ำเสมอสอดคล้องกับการรายงานของ Chipendale and Ridgeway (1974) และแป้งมันสำปะหลังจะมีการพองตัวและการละลายที่ดีกว่าเนื่องจากพันธะภายในร่างแหอ่อนแอ (กล้าณรงค์ และ เกื้อกูล, 2550) มีขนาดอนุภาคขนาด 7.1-25.0 ไมครอน เม็ดแป้งขนาดใหญ่ จึงเกาะติดกับเม็ดแบคทีเรียได้ไม่ดี (Misha and Rai, 2006) และสารอาหารที่เลือกใช้คือน้ำตาลซูโครส เนื่องจากชีวผลิตภัณฑ์ที่มีเชื้อจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ผสมอยู่จะต้องมีสารอาหารเพื่อให้จุลินทรีย์สามารถมีชีวิตรอดและขยายเพิ่มจำนวนได้ในปริมาณที่เหมาะสมได้ โดยใช้อาหารจากแหล่งธรรมชาติ เช่น น้ำตาล รำข้าว และสารประกอบอื่น ๆ ซึ่งไม่เป็นอันตรายต่อ

สิ่งแวดล้อม (สุพัตรา, 2544) และเมื่อผสมส่วนประกอบตามอัตราส่วนที่กำหนดพบว่า ลักษณะของชีวผลิตภัณฑ์ที่ได้เป็นชีวผลิตภัณฑ์แบบผง (Dust formulation) มีสีขาวขุ่น ไม่มีกลิ่น เมื่อนำไปละลายน้ำพบเป็นสีใสและไม่กลิ่น

1.2 การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพ

คุณสมบัติทางกายภาพด้านการละลายชีวผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาขึ้น พบว่า ชีวผลิตภัณ์ JF-1 สามารถละลายน้ำได้ 28% ภายใน 1 นาที เมื่อเทียบกับการละลายสมบูรณ์ที่เวลา 3.56 นาที ในขณะที่ชีวภัณ์ JF-2 สามารถละลายน้ำได้ 22% ภายใน 1 นาที เมื่อเทียบกับการละลายสมบูรณ์ที่เวลา 4.48 นาที และชีวภัณ์ JF-3 ละลายน้ำได้ 47% ภายใน 1 นาที เมื่อเทียบกับการละลายสมบูรณ์ที่เวลา 2.12 นาที ซึ่งอยู่ในระดับละลายน้ำดี และนอกจากนี้ยังพบว่าคุณสมบัติทางกายภาพด้านของชีวผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาขึ้นทั้ง 3 สูตร สามารถในการฟุ้งกระจายและคงตัวในน้ำได้ โดยแขวนลอยและตกตะกอนเต็มที่ ภายใน 24 ชั่วโมง โดยคุณบัติทางกายภาพที่ดีของชีวผลิตภัณฑ์คือสารชีวผลิตภัณฑ์มีความปลอดภัยสูงต่อคน สัตว์ และสิ่งแวดล้อม ไม่มีสารพิษตกค้าง มีความเฉพาะเจาะจงต่อศัตรูพืชและเชื้อราสาเหตุโรค สามารถทนต่อสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลง

1.3 การตรวจสอบคุณสมบัติทางชีวภาพ

คุณสมบัติทางชีวภาพ พบว่า ชีวผลิตภัณฑ์ทั้ง 3 สูตร สามารถคงความมีชีวิตรอดของแบคทีเรียปฏิปักษ์ *B. formosus* สายพันธุ์ NJTU05 ได้ดีแตกต่างกัน โดยชีวผลิตภัณฑ์สูตร JF-1 หลังเก็บรักษานาน 6 เดือน พบประชากรเชื้อเฉลี่ยเท่ากับ $1.8x10^{12}$ CFU/ml โดยมีปริมาณลดลงเล็กน้อยจากปริมาณเชื้อเริ่มต้น $1X10^{15}$ CFU/ml ในขณะที่ สูตรที่ JF-2 และ JF-3 มีปริมาณประชากรแบคทีเรียเฉลี่ยหลังเก็บรักษานาน 4 เดือน เท่ากับ $0.5x10^{6}$ CFU/ml และ $0.3x10^{6}$ CFU/ml ตามลำดับ (Table 2) ซึ่งทั้ง 2 สูตรนี้ไม่สามารถคงความมีชีวิตรอดของประชากรแบคทีเรียที่มีประโยชน์ได้ โดยประชากรแบคทีเรียที่มีประโยชน์ลดลงอย่างรวดเร็วและมีปริมาณความเข้มข้นเชื้อต่ำกว่ามาตรฐานชีวผลิตภัณฑ์กำหนด (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2559) และพบว่าไม่สามารถคงความมีชีวิตรอดของแบคทีเรียได้ในเดือนที่ 5 จากผลการการทดลองนี้ชี้ให้เห็นว่าการเก็บรักษาเชื้อโดยบรรจุในรูปแบบผงละลายน้ำของชีวผลิตภัณฑ์สูตรสำเร็จพร้อมใช้สูตรที่ JF-1 มีประสิทธิภาพในการช่วยยืดอายุการเก็บรักษาแบคทีเรียที่มีประโยชน์ได้ อย่างไรก็ตามในความมีชีวิตรอดของแบคทีเรียที่มีประโยชน์มีแนวโน้มลดลดได้ เนื่องจากระยะเวลาในการเก็บที่ผ่านไปทำให้แบคทีเรียบางส่วนได้ตาย สอดคล้องกับงานวิจัยของ มังกร และ อุไรลักษณ์ (2552) ได้รายงานว่า แป้งข้าวโพดสามารถเคลือบเม็ดแบคทีเรีย *Lactobacillus plantarum* LP64 ซึ่งถูกหุ้มด้วยอัลจีเนตได้ดี และการคลุกผสมเม็ดแบคทีเรียกับแป้งข้าวโพดเพื่อเป็นสื่อผสมก่อนการทำแห้งสามารถช่วยยืดอายุการเก็บรักษาเม็ดแบคทีเรียให้มีปริมาณเซลล์มีชีวิตสูง เช่นเดียวกับ ณัฏฐิมา และคณะ (2557) รายงานผลการศึกษาการพัฒนาชีวภัณฑ์แบคทีเรีย *B. subtilis* สายพันธุ์ BS-DOA 24 สามารถเก็บรักษาความมีชีวิตรอดในชีวผลิตภัณฑ์รูปแบบผงละลายน้ำ ได้เป็นเวลา 12 เดือนที่อุณหภูมิห้อง

Table 2 The population of *B. formosus* NJTU05 obtained from various formulas was incubated at room temperature for 6 months

Shelf life (Month)	Viable *B. formosus* NJTU05 cells in a bioproduct (CFU/mL)		
	JF-1	JF-2	JF-3
0	$1.0x10^{15}$	$1.0x10^{15}$	$1.0x10^{15}$
1	$0.9x10^{15}$	$0.9x10^{12}$	$0.8x10^{13}$
2	$0.6x10^{15}$	$0.5x10^{10}$	$0.2x10^{9}$
3	$3.8x10^{14}$	$2.6x10^{8}$	$1.1x10^{7}$
4	$3.6x10^{13}$	$0.5x10^{6}$	$0.3x10^{6}$
5	$2.2x10^{13}$	0	0
6	$1.8x10^{12}$	0	0

2. ทดสอบประสิทธิภาพของชีวผลิตภัณฑ์

2.1 การยับยั้งเชื้อราสาเหตุโรครากและโคนเน่าในระดับห้องปฏิบัติการ

จากการพัฒนาชีวผลิตภัณฑ์ทั้ง 3 สูตร JF-1 มีคุณสมบัติเหมาะสมทั้งคุณสมบัติด้านกายภาพและชีวภาพจึงเลือกมาเพื่อทดสอบประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อราสาเหตุโรครากและโคนเน่าในระดับห้องปฏิบัติการ พบว่า ชีวผลิตภัณฑ์ สูตร JF-1 (อัตรา 1 กรัมต่อน้ำ 1 ลิตร ความเข้มข้นประชากรเชื้อ $1.8X10^{12}$ CFU/ml) มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *P. palmivora* สายพันธุ์ P-TU12 ได้ดี โดยมีเปอร์เซ็นต์การยับยั้ง เท่ากับ 77.96% **(Figure 1)** ซึ่งมีประสิทธิภาพดีเทียบเท่าการใช้เชื้อสดที่เลี้ยงในอาหารสูตรมาตรฐาน NGB (76.48%) และมีประสิทธิภาพที่ดีกว่าชีวภัณฑ์ทางการค้า *Bacillus subtillis* 14.26% (เปอร์เซ็นต์การยับยั้ง เท่ากับ 63.70%) **(Figure 2)** สอดคล้องกับงานของ Yucheng Liu et al. (2024) รายงานผลการศึกษาแบคทีเรียในกลุ่ม *Brevibacillus laterosporus* สามารถยับยั้งเชื้อราสาเหตุโรคพืช เช่น *P. capsica, Rhizoctonia solani และ Fusarium oxysporum* ยับยั้งการเจริญเติบโตได้ 96.55%, 80.17% และ 26% ตามลำดับ

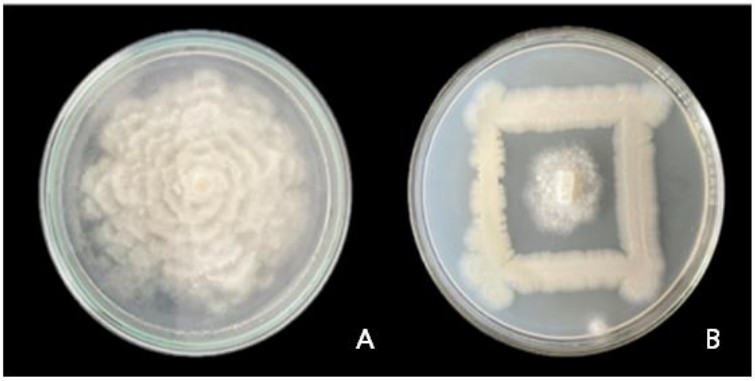


Figure 1 The efficacy of bioproduct JF-1 inhibited growth the mycelium of *P. palmivora* (B) compared with control treatment (distilled water) (A).

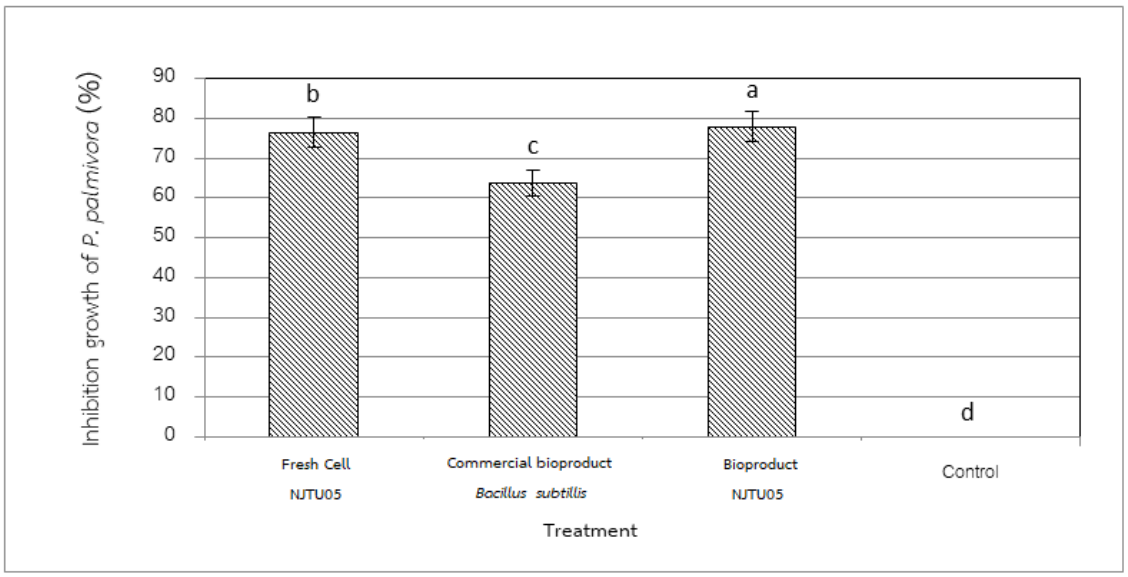


Figure 2 The efficacy of beneficial bacteria inhibited growth of *P. palmivora* P-TU12 . Bio product NJTU05 (a), Fresh cell of NJTU05 (b), Commercial Bio product (*Bacillus subtillis*) (c), with control (ddH_2O) (d), Mean ± standard deviation followed by different lowercase letters are significantly different at $P \leq 0.05$ by DMRT method.

2.2 การควบคุมโรครากและโคนเน่าในแปลงทดลอง

การทดสอบประสิทธิภาพของชีวผลิตภัณฑ์ในสภาพแปลงทดลอง ณ อำเภอท่าใหม่ จังหวัดจันทบุรี พบว่า กรรมวิธีที่ใช้ชีวผลิตภัณฑ์ JF-1 ราดบริเวณทรงพุ่มร่วมกับการพ่นใบมีประสิทธิภาพในการลดความรุนแรงของโรครากและโคนเน่าของทุเรียน ได้ 80.56% จำนวนเชื้อราลดน้อยลงหลังใช้ชีวผลิตภัณฑ์ต่อเนื่อง 4 ครั้ง (28 วัน หลังทดสอบ) โดยลักษณะแผลที่โคนต้นก่อนใช้ชีวผลิตภัณฑ์ JF-1 วันที่ 0 ลักษณะอาการบริเวณโคนต้นทุเรียนเน่าฉ่ำน้ำ มีแผลเป็นจุด ๆ สีน้ำตาลเข้มและมีกลิ่นเหม็น หลังใช้ชีวผลิตภัณฑ์ 7 วัน พบว่า แผลเริ่มแห้งและขนาดของแผลเล็กลงแต่ยังมีลักษณะฉ่ำน้ำ และเมื่อตรวจสอบลักษณะแผลหลังใช้ชีวผลิตภัณฑ์ 14 วัน ลักษณะแผลบริเวณเนื้อไม้แห้งดีขึ้น และไม่พบการฉ่ำน้ำ บริเวณแผลเปลือกไม้เปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล และหลังใช้ชีวผลิตภัณฑ์จำนวน 21 วัน ลักษณะแผลบริเวณเนื้อไม้แห้ง เกิดการสร้างเนื้อไม้ใหม่ขึ้น และหลังใช้ชีวผลิตภัณฑ์ต่อเนื่องนาน 28 วัน พบว่า แผลมีลักษณะแห้ง มีรอยแตกจากแผลเดิมเล็กน้อย เกิดเนื้อไม้ใหม่ ต้นสมบูรณ์ใบเขียวเข้ม และไม่ปรากฏอาการของโรครากและโคนเน่าในทุเรียนเพิ่มเติมตำแหน่งอื่นบนต้น ระดับความชื้นเฉลี่ยที่ 64.2 %RH และอุณหภูมิเฉลี่ย 32.6 องศาเซลเซียส **(Figure 3)** ซึ่งประสิทธิภาพของการควบคุมโรคไม่แตกต่างกับการใช้เชื้อ *B. formosus* สายพันธุ์ NJTU05 ในรูปแบบเชื้อสดที่เลี้ยงในอาหารสูตรมาตรฐานที่มีประสิทธิภาพการลดความรุนแรงโรครากและโคนเน่า เท่ากับ 78.67% และมีประสิทธิภาพดีกว่าชีวผลิตภัณฑ์ทางการค้า (68.22%) **(Table 3)** แสดงให้เห็นว่าเชื้อ *B. formosus* สายพันธุ์ NJTU05 มีประสิทธิภาพในการยับยั้งและควบคุมโรครากเน่าโคนเน่าทุเรียนได้ดีเมื่อรูปชีวผลิตภัณฑ์ สูตรที่ JF-1 ทั้งในระดับห้องปฏิบัติการและระดับแปลงทดลอง สอดคล้องกับงานวิจัยของ นลินี และคณะ (2554) การใช้เชื้อจุลินทรีย์ปฏิปักษ์เพื่อควบคุมโรครากและโคนเน่าของทุเรียน ได้ศึกษาผลิตภัณฑ์จากเชื้อ *B. subtilis* WD20 ในการกำจัดและยับยั้งโรครากเน่าโคนเน่าในทุเรียน ด้วยการทา 4 ครั้ง และใช้เข็มฉีดเชื้อ 1 ครั้ง ด้วยเชื้อ *B. subtilis* WD20 พบว่า ต้นทุเรียนที่ ได้รับการรักษาอาการโคนเน่าจะเริ่มหายเป็นปกติ โดยเนื้อเยื่อสวนที่เป็นโรคฟื้นตัวเป็นเนื้อไม้ปกติ ต้นทุเรียนที่มีลักษณะสมบูรณ์ฟื้นตัว ใบตั้งมีสีเขียวสดใส เมื่อเก็บชิ้นส่วนตัวอย่างพืชจากบริเวณแผลที่ทำการทดสอบประสิทธิภาพของชีวผลิตภัณฑ์ในการยับยั้งโรครากและโคนเน่าของทุเรียน พบว่าจำนวนเชื้อราสาเหตุโรคมีปริมาณเชื้อราลดน้อยลงหลังใช้ชีวผลิตภัณฑ์ต่อเนื่อง 4 ครั้ง หรือ 28 วันหลังการทดสอบและมีปริมาณแบคทีเรียที่มีประโยชน์เพิ่มมากขึ้น **(Figure 4)** และเมื่อเก็บสุ่มเก็บดิน จากบริเวณรอบทรงพุ่มที่ทำการทดสอบประสิทธิภาพของชีวผลิตภัณฑ์ในการยับยั้งโรครากและโคนเน่าของทุเรียน พบว่าจำนวนเชื้อรา *P. Palmivora* มีปริมาณเชื้อราลดน้อยลงหลังใช้ชีวผลิตภัณฑ์ต่อเนื่อง 4 ครั้ง **(Figure 5)** ชีวผลิตภัณฑ์ JF-1 สามารถลดปริมาณเชื้อรา *P. Palmivora* คงเหลือ 19.44% มีประสิทธิภาพดีกว่าเชื้อ *B. formosus* สายพันธุ์ NJTU05 ในรูปแบบเชื้อสดที่เลี้ยงในอาหารสูตรมาตรฐานและชีวผลิตภัณฑ์ทางการค้า *B. subtillis* โดยมีปริมาณเชื้อรา *P. Palmivora* คงเหลือ 21.33 % และ 31.78% ตามลำดับ

Table 3 The efficacy of bioproduct was development inhibited root and stem rot of durian under field condition

Treatment	Disease Reduction (%)			
	7 Day	14 Day	21 Day	28 Day
T1	0.00±0.00d	0.00±0.00d	0.00±0.00d	0.00±0.00d
T2	41.89±6.47a	66.33±3.86a	72.78±5.01a	80.56±4.88a
T3	42.22±2.88a	52.33±3.70c	57.11±5.17c	68.22±4.31c
T4	41.44±5.40a	59.11±5.69b	61.33±4.23b	78.67±5.98b
C.V.%	13.97	12.95	13.29	12.31

[1/] Vertical mean ± standard deviation followed by different lowercase letters are significantly different at P ≤ 0.05 by DMRT method.



Figure 3 The efficacy of bioproduct JF-1 inhibited root and stem rot disease of durian, A) 7-day after applied bioproduct JF-1, B), C), and D) 14, 21, and 28-day after applied bioproduct JF-1 of durian tree, respectively.

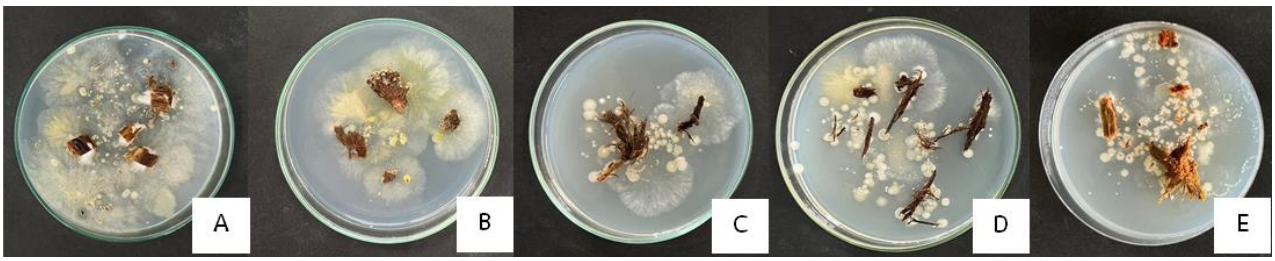


Figure 4 Plant specimens collected from the wound area were tested for the efficacy of bioproduct JF-1 in inhibiting durian root and stem rot disease after applied bioproductsJF-1 at 0 day (A), 7 days (B), 14 days (C), 21 days (D), and 28 days (E).

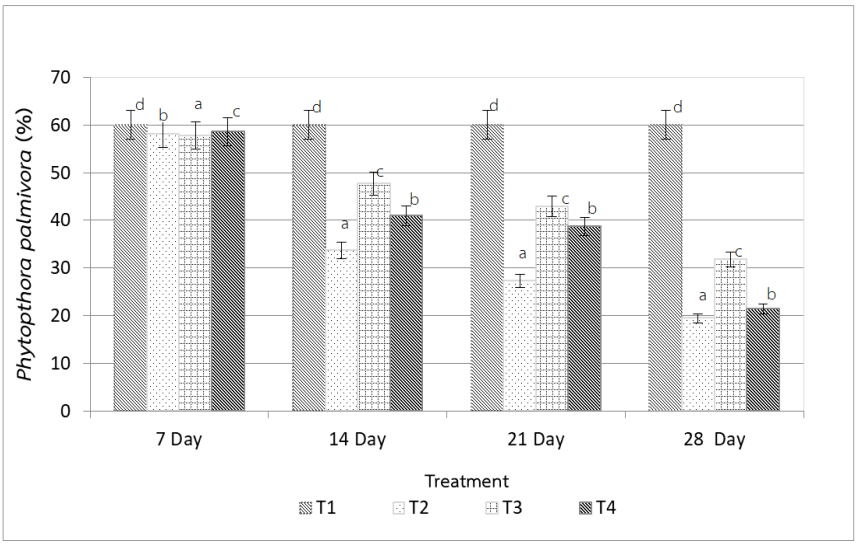


Figure 5 The population of *P. palmivora in* soil samples from testing the effectiveness of the biological product in inhibiting durian root disease and crown rot after using the biological product. Treatment are including T1= ddH_2O, T2=Biological product JF-1, T3= Commercial Bioproduct (*Bacillus subtillis)* , and T4= Fresh cell of NJTU05). Mean ± standard deviations followed by different lowercase letters are significantly different at $P \leq 0.05$ by DMRT method.

สรุป

งานวิจัยนี้ได้พัฒนาชีวผลิตภัณฑ์ชนิดผงแห้งละลายน้ำสูตร JF-1 ซึ่งประกอบด้วยตะกอนแบคทีเรีย *B. formosus* สายพันธุ์ NJTU05 ในสารพาและสารอาหารที่มีส่วนประกอบ ได้แก่ Pre-gelatinized starch แป้งข้าวโพด และซูโครส ในอัตราส่วน 10:15:60:15 พบว่าชีวผลิตภัณฑ์ดังกล่าวมีคุณสมบัติทางกายภาพและชีวภาพที่เหมาะสมสำหรับการใช้งานจริง เมื่อทดสอบประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *P. palmivora* สายพันธุ์ P-TU12 ซึ่งเป็นสาเหตุของโรครากและโคนเน่า พบว่า ในระดับห้องปฏิบัติการชีวผลิตภัณฑ์สามารถยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อราได้ 77.96% ในสภาพแปลงทดลอง ณ อำเภอท่าใหม่ จังหวัดจันทบุรี การใช้ชีวผลิตภัณฑ์ในอัตราส่วน 20 กรัม/น้ำ 20 ลิตร (ปริมาณ 100 ลิตรต่อต้น) โดยพ่นร่วมกับการราดบริเวณรอบทรงพุ่มของต้นทุเรียนทุก 7 วัน เป็นจำนวน 4 ครั้ง สามารถลดความรุนแรงของโรคได้ถึง 80.56%

ทั้งนี้ควรดำเนินการศึกษาประสิทธิภาพของชีวผลิตภัณฑ์ในพื้นที่ปลูกทุเรียนอื่น ๆ ที่มีลักษณะสภาพแวดล้อมและความรุนแรงของเชื้อสาเหตุโรคที่แตกต่างกัน เพื่อยืนยันความเสถียรของผลลัพธ์และความสามารถในการควบคุมโรคในสถานการณ์จริงที่หลากหลาย การประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม และควรดำเนินการศึกษาผลกระทบของชีวผลิตภัณฑ์ต่อจุลินทรีย์ในดินและระบบนิเวศโดยรวม เพื่อให้มั่นใจว่าการใช้งานไม่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อความสมดุลทางชีวภาพในระยะยาว

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณ ทุนบัณฑิตเรียนดีเพื่อศึกษาต่อระดับบัณฑิตศึกษา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2565 (ตามสัญญาเลขที่ ทบ 17/2565)

เอกสารอ้างอิง

กชพร ใจเย็น, อักขรพัชร ลายตลับ, ดุสิต อธินุวัฒน์ และวิลาวรรณ์ เชื้อบุญ. 2566. คัดเลือกและทดสอบประสิทธิภาพของจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ในการควบคุมโรคสำคัญในกัญชา. น. 36-37. ใน: ประชุมวิชาการพืช กัญชา กัญชง กระท่อม ระดับชาติ ครั้งที่ 1 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน จ.นครปฐม.

กรมเจรจาการค้าระหว่างประเทศ. 2565. สินค้าทุเรียนและผลิตภัณฑ์. สำนักการค้า, กรุงเทพฯ.

กรมส่งเสริมวิชาการ. 2551. ทุเรียน. สำนักส่งเสริมและจัดการสินค้าเกษตร, กรุงเทพฯ.

กลุ่มส่งเสริมการควบคุมศัตรูพืชโดยชีววิธี. 2559. มาตรฐานชีวภัณ์(ผลิตภัณฑ์ชีววิธี)ที่ใช้ในการควบคุมศัตรูพืช. กรมส่งเสริมการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

กฤติเดช อนันต์และดุสิต อธินุวัฒน์. 2559. ผลของการใช้ *Bacillus subtilis* สูตรผงและสูตรน้ำในการผลิตผักกาดฮ่องเต้. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

กล้าณรงค์ ศรีรอต และเกื้อกูล ปิยะจอมขวัญ. 2550. เทคโนโลยีของแป้ง. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

กลุ่มพัฒนาเศรษฐกิจฐานราก.2563. ทุเรียนราชาแห่งผลไม้ไทยถูกใจคนต่างแดน. สำนักนโยบายและยุทธศาสตร์การค้า, กรุงเทพฯ.

ณัฏฐิมา โฆษิตเจริญกุล, บูรณี พั่ววงษ์แพทย์, ทิพวรรณ กันหาญาติ และรุ่งนภา ทองเครั่ง. 2557. การพัฒนาชีวภัณฑ์แบคทีเรีย *Bacillus subtilis* สายพันธุ์ BS- DOA 24 ในการควบคุมโรคเหี่ยวของขิงที่เกิดจากเชื้อ*Ralstonia solanacearum*. วารสารวิชาการเกษตร. 2557: 234-251.

นลินี ศิวากรณ์, พจนา ตระกูลสุขรัตน์, เพลินพิศ สงสังข์ และศิริพร วรกุลดำรงชัย. 2554. การควบคุมโรครากเน่าและโคนเน่าของทุเรียนโดยใช้ชีวภัณฑ์ที่ได้จากเชื้อ *Bacillus subtilis*. สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช, กรุงเทพฯ.

บุษราคัม อุดมศักดิ์, ณัฏฐิมา โฆษิตเจริญกุล, บูรณี พั่ววงษ์แพทย์ และวรางคนา แซ่อ้วง. 2556. การทดสอบประสิทธิภาพ *Bacillussubtilis* ในการควบคุมโรคใบจุดคะน้า สาเหตุจากเชื้อรา *Alternaria brassicicol*a. กลุ่มวิจัยโรคพืช สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช, กรมวิชา การเกษตร, กรุงเทพฯ.

พงศธร ปรโลกานนท์. 2560. การพัฒนาชีวภัณฑ์แบคทีเรียปฏิปักษ์จากถ่านชีวภาพเพื่อกระตุ้นภูมิต้านทานมะนาวอินทรีย์ต่อต้านโรคแคงเกอร์. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

พรชนก เดชมณี, ดุสิต อธินุวัฒน์ และวิลาวรรณ์ เชื้อบุญ. 2565. ลักษณะและประสิทธิภาพของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ในการควบคุมเชื้อ *Phytophthora palmivora* สาเหตุโรครากเน่าโคนเน่าในทุเรียน. ใน: การประชุมวิชาการอารักขาพืชแห่งชาติ ครั้งที่ 15 สมาคมคนไทยธุรกิจเกษตร. วันที่ 22-24 พฤศจิกายน 2565. ณ โรงแรมรามาการ์เด้นส์, กรุงเทพฯ.

พรศิลป์ สีเผือก, พัชราภรณ์ วาณิชย์ปกรณ์ และ สกุลรัตน์ หาญศึก.2024.การคัดเลือกและทดสอบประสิทธิภาพของแบคทีเรียเอนโดไฟท์ต่อการควบคุมโรครากและโคนเน่าของทุเรียนที่เกิดจากเชื้อ *Phytophthora palmivora*ในสภาพโรงเรือนทดลอง. แก่นเกษตร. 52: 1189-1200.

มณจันทร์ เมฆธน และชัยวัฒน์ กระตุฤกษ์. 2537. การป้องกันกำจัดโรครากเน่า-โคนเน่าของทุเรียนโดยชีววิธีด้วยเชื้อแบคทีเรีย *Bacillus subtilis* AP01 (ลาร์มิน่า). น. 200-208. ใน: การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 32. วันที่ 3-7 กุมภาพันธ์ 2537. ณ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน, กรุงเทพฯ.

มณีรัตน์ คูหาพิทักษ์ธรรม. 2561. การศึกษาลักษณะสัณฐานวิทยาและการเกิดโรคและเชื้อรา *Phytophthora palmivora* สาเหตุเกิดโรครากเน่าโคนเน่าของทุเรียนในประเทศไทย. สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, ชลบุรี.

มังกร โรจน์ประภากร และ อุไรลักษณ์ พงษ์เกษ. 2552. การทำแห้งโปรไบโอติกเพื่อยืดอายุเก็บรักษา.น. 588-595. ใน:การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ครั้งที่ 47: สาขาอุตสาหกรรมเกษตร. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

มาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ. 2551. สารพิษตกค้าง: ปริมาณสารพิษตกค้างสูงสุด. สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติกระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

มาลัยพร เชื้อบัณฑิต ,ศิริพร วรกุลดำรงชัย, อภิรดี กอร์ปไพบูลย์ และวิชาญ ประเสริฐ. ม.ป.ป. ศึกษาประสิทธิภาพของสารเคมีและสารอินทรีย์ในการป้องกันกำจัดโรครากเน่าโคนเน่าของทุเรียน. ศูนย์วิจัยพืชจันทบุรี, จันทบุรี.

ลัดดาวัลย์ เฉลิมแสนยากร. 2567. ฤดูทุเรียนปี 2024 คาดผลผลิตลดลง 18%YoY แม้ราคาจะพุ่งสูงแต่รายได้เกษตรเพิ่มเพียง 0.3%YoY: สำนักงานเศรษฐกิจเกษตร รวบรวมโดยศูนย์วิจัยกสิกรไทย, กรุงเทพฯ.

วิลาวรรณ์ เชื้อบุญ. 2551. ลักษณะและการทดสอบประสิทธิภาพของแบคทีเรียที่มีประโยชน์ควบคุม เชื้อ *Erwinia crotovora subsp*. carotovora สาเหตุโรคเน่าเละของกะหล่ำดอก. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สาลี่ ชินสถิต และพูลสวัสดิ์ อาจละกะ. 2542. เอกสารวิชาการ การป้องกันกำจัดโรครากเน่าโคนเน่าทุเรียนเนื่องจากเชื้อราไฟทอปเทอรา โดยวิธีผสมผสาน. กรมวิชาการเกษตร, จันทบุรี.

สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 6. 2565. เทคโนโลยีผสมผสานการป้องกันกำจัดโรครากเน่าโคนเน่าทุเรียน ภาคตะวันออก. กรมวิชาการเกษตร, จันทบุรี.

สุดารัตน์ เพชรจร และพรชุลีย์ นิลวิเศษ. 2560. การใช้สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชในการผลิตทุเรียนของเกษตรกร ในอำเภอสวี จังหวัดชุมพร. ใน:การประชุมวิชาการระดับชาติครั้งที่ 14 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน.

สุภาพร อวรัญ. 2537. การคัดเลือกและการใช้จุลินทรีย์ปฏิปักษ์ เพื่อควบคุมโรครากและโคนเน่าของทุเรียนที่เกิดจากเชื้อรา *Phytophthora palmivora* (Butl.) Butl. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย.

สุวิจักขณ์ สมจินดา, ดุสิต อธินุวัฒน์ และวิลาวรรณ์ เชื้อบุญ. 2562. ผลของแบคทีเรียที่มีประโยชน์ในการควบคุมเชื้อ *Colletotrichum capsici* สาเหตุโรคแอนแทรกโนสในพริก. ใน: การประชุมวิชาการระดับชาติ ราชมงคลสุรินทร์ ครั้งที่ 10:เรื่องวิจัยและนวัตกรรม นำสู่การพัฒนาอย่างยั่งยืน. วันที่ 19-20 กันยายน. ณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสุรินทร์.

สุพัตรา เจริญคุณ. 2544. การสำรวรวบรวมข้อมูลการใช้และการยอมรับจุลินทรีย์ EM (กรณีศึกษาเกษตรกลุ่มเพาะปลูกนังหวัดสระบุรี). วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

อำพล พรหมเมศร์, สรัญยา วัลยะเสวี, หัทยา อรุโณทยานันท์, โรเบิร์ต เจมส์, แมกกอฟเวิ่น, รัชดาวรรณ ชีวังกูร และชัยวัฒน์อโตอนันท์. 2562. ประสิทธภาพของราปฏิปักษ์ *Chaetomium spp.* ต่อ *Phytophthora palmivora* (P-05) สาเหตุโรครากเน่าโคนเน่าทุเรียน. แก่นเกษตร. 47: 1251-1264.

Chippendale, G. M., and G. P. V. Ridgeway. 1974. Dietary Carbohydrates: Role in feeding behavior and growth of Southwestern Corn Borer, Deatraea grandiosella. Journal of Insect Physiology. 20: 751-759.

Liu, Y., X. Zai, G. Weng, X. Ma, and D. Deng. 2024. *Brevibacillus laterosporus*: A Probiotic with Important Applications in Crop and Animal Production. Microorganisms. 12: article ID 564.

Misha, S., and T. Rai. 2006. Morphology and functional properties of corn, potato and tapioca starches. Food Hydrocolloids. 20: 557-566.

Rahman, M. A., M. F. Begum, and M. F. Alam. 2009. Screening of Trichoderma isolates as a biological control agent against *Ceratocystis paradoxa* causing pineapple disease of sugarcane. Mycobiology. 37: 277-285.

Vidhyasekaran, P., and M. Muthamilan. 1995. Development of formulations of *Pseudomonas fluorescens* for control of chickpea wilt. Plant Diseases. 79: 782-786.