

ผลของสารเคมีป้องกันกำจัดเชื้อรา Cyazofamid และ Fluazinam ต่อเชื้อรา *Phytophthora* sp.
สาเหตุโรครากเน่า โคนเน่า และผลเน่าของทุเรียนในสภาพห้องปฏิบัติการ

Effects of Cyazofamid and Fluazinam against *Phytophthora* sp. Causing Root
Rot, Stem Rot and Fruit Rot Durian Diseases *In Vitro*

เจตานุสรณ์ รอดศิริ^{1*} ณัฐธิดา เชียงสวน¹ และ พรประพา คงตระกูล^{1*}

Jetnusun Rodsiri¹, Nattida Chaingsuan¹ and Pornprapa Kongtragoul^{1*}

¹หลักสูตรเทคโนโลยีการจัดการผลิตพืช ภาควิชาเทคโนโลยีการเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ จังหวัดชุมพร

¹Program in Technology Management of Plant Production, Department of Agricultural Technology,

King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Prince of Chumphon Campus

Received : Oct 16, 2023

Revised : Nov 20, 2023

Accepted : Dec 31, 2023

บทคัดย่อ

เชื้อรา *Phytophthora* sp. เป็นเชื้อสาเหตุโรครากเน่า โคนเน่า และผลเน่า เป็นปัญหาสำคัญที่สุดในการปลูกทุเรียน เนื่องจากทำให้ต้นทุเรียนที่กำลังเจริญเติบโตและให้ผลผลิตยืนต้นตายได้ นอกจากนี้เชื้อสาเหตุดังกล่าวยังต้านทานต่อสารเคมีชนิดเดิม จึงควรศึกษาประสิทธิภาพของสารเคมีป้องกันกำจัดเชื้อราชนิดใหม่ที่มีกลไกการออกฤทธิ์ต่างกันในการยับยั้งเชื้อรา *Phytophthora* sp. สำหรับการศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเก็บรวบรวมและจำแนกลักษณะสัณฐานวิทยาของเชื้อรา *Phytophthora* sp. ทดสอบความสามารถในการก่อโรคนับในทุเรียน โดยวางแผนการทดลองแบบ completely randomized design (CRD) และหาค่าประสิทธิภาพของสารเคมีป้องกันกำจัดเชื้อรา cyazofamid (FRAC code 21) และ fluazinam (FRAC code 29) ต่อการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *Phytophthora* sp. พบว่าเชื้อราสาเหตุโรคที่แยกได้ จำนวน 10 ไอโซเลท คือ M_1, M_2, M_3, Pt_1, Pt_2, Ts_1, Ts_2, Ts_3, Ts_4, และ Ts_5 มีลักษณะโคโลนีแบบ stellate และ radiate เส้นใยไม่มีผนังกันสร้าง sporangium แบบ ovoid และ ellipsoid ที่มี papillate หรือ semi-papillate และสร้าง chlamydospores ทรงกลมผนังหนา ซึ่งระบุว่าเป็น *Phytophthora* sp. ทุกไอโซเลท และสามารถก่อให้เกิดโรคนับในทุเรียนได้ สำหรับการทดสอบประสิทธิภาพของสารเคมีป้องกันกำจัดเชื้อรา cyazofamid และ fluazinam ที่ระดับความเข้มข้น 1, 10, และ 100 ppm พบว่าสารเคมีป้องกันกำจัดเชื้อรา cyazofamid มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเส้นใยเชื้อรา *Phytophthora* sp. ทุกไอโซเลท โดยมีค่า EC₅₀ มากกว่า 100 ppm และสารเคมีป้องกันกำจัดเชื้อรา fluazinam มีค่า EC₅₀ เท่ากับ 12.65 - 60.22 ppm

คำสำคัญ : เชื้อรา *Phytophthora* sp., cyazofamid, fluazinam

Abstract

Phytophthora sp. is the causal agent of root rot, stem rot, and fruit rot diseases. It is the most critical problem in durian cultivation due to the cause of the death of durian trees that are growing and producing yield. Additionally, the pathogen is resistant to old fungicides. Therefore, the efficacy of new fungicides with different modes of action should be studied for inhibiting *Phytophthora* sp. The purposes of this study were to collect and classify *Phytophthora* sp. morphology, to test the pathogenicity on the durian leaves, and to evaluate the efficacy of cyazofamid (FRAC code 21) and fluazinam (FRAC code 29) against *Phytophthora* sp. The results show that ten isolates of pathogenic fungi were M_1, M_2, M_3, Pt_, Pt_2, Ts_1, Ts_2, Ts_3, Ts_4, and Ts_5. Their morphology had stellate and radiate colonies, sporangium was observed to be ovoid and ellipsoid with papillate or semi-papillate, and chlamydospore was formed as spherical, thick-walled. All isolates were identified as *Phytophthora* sp. and could cause disease on durian leaves by completely randomized design (CRD). The fungicide cyazofamid (FRAC code 21) and fluazinam (FRAC code 29) were tested experiment at 1, 10, and 100 ppm. The cyazofamid had the efficacy to inhibit the growth of all *Phytophthora* sp. isolates with an EC_{50} at more than 100 ppm, and the fluazinam had an EC_{50} at 12.65-60.22 ppm.

Keywords : *Phytophthora* sp.; cyazofamid; fluazinam

*Corresponding author. E-mail : jetnuson13@gmail.com, pornprapa.ko@kmitl.ac.th

บทนำ

ทุเรียน (*Durio zibethinus* L.) เป็นผลไม้เขตร้อนที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจชนิดหนึ่งของไทย ประเทศไทยผลิตและส่งออกทุเรียนเป็นอันดับ 1 ของโลก โดยในปี พ.ศ. 2565 มีพื้นที่ปลูกทุเรียนทั่วประเทศ ประมาณ 1,344,369 ไร่ มีผลผลิตรวม 1,252,086 ตัน สร้างมูลค่าของผลผลิตได้ 125,788 ล้านบาท ทั้งนี้ทุเรียนเป็นพืชที่มีการเจริญเติบโตได้ดีในสภาพภูมิอากาศแบบประเทศไทย ปัจจุบันมีการขยายพื้นที่ปลูกทุเรียนมากขึ้นในทุกภูมิภาค แหล่งผลิตทุเรียนที่สำคัญของภาคใต้ เช่น ชุมพร นครศรีธรรมราช และ สุราษฎร์ธานี ในส่วนของภาคตะวันออก เช่น จันทบุรี ตราด และ ระยอง (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2566) เนื่องจากตลาดทั้งในและต่างประเทศมีความต้องการทุเรียนที่มีคุณภาพ และรสชาติดีจึงทำให้มีความต้องการของผลผลิตจำนวนมากขึ้นทุกปี (สมิตร คุณเจตน์, 2560)

การปลูกทุเรียนตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบันเกษตรกรส่วนใหญ่ประสบปัญหาด้านโรคพืช ได้แก่ โรครากเน่า โคนเน่า และผลเน่า (root rot, stem rot and fruit rot) สาเหตุจากเชื้อรา *Phytophthora* sp. ซึ่งสร้างความเสียหายให้กับการผลิตทุเรียนในประเทศไทยเป็นอย่างมาก เชื้อรา *Phytophthora* sp. สามารถเข้าทำลายได้ตั้งแต่ระยะต้นกล้าจนถึงต้นโต สามารถเข้าทำลายได้ทุกส่วนของต้นทุเรียน ลักษณะอาการของต้นทุเรียนที่เป็นโรครากและโคนเน่า หากเชื้อราชนิดนี้เข้าทำลายที่รากทุเรียนจะพบว่ารากมีสีน้ำตาลดำและเน่า อาการอาจจะลุกลามขึ้นมายังลำต้นได้ อาการที่โคนต้นทุเรียน เปลือกของลำต้นจะแตกและเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลถึงน้ำตาลม่วง เมื่อใช้มีดกดดูจะรู้สึกนุ่ม ในสภาพอากาศที่ชื้นจะพบเมือกเยิ้มสีน้ำตาลแดงออกมาจากเปลือกลำต้น เมื่อขูดเปลือกออกพบว่าเนื้อไม้เปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลแดง อาการดังกล่าวมักพบบริเวณโคนต้นระดับผิวดิน ใบทุเรียนที่ถูกเชื้อเข้าทำลายจะเป็นผลเน่า ใบอ่อนแสดงอาการอย่างรุนแรง ต้นทุเรียนที่เป็นโรค ใบจะมีสีซีดลง ไม่เป็นมัน ต่อมาใบจะเหลืองอย่างรวดเร็ว โดยเฉพาะในพันธุ์ที่อ่อนแอ เช่น หมอนทอง ใบจะสลดและร่วงหล่น (มณีรัตน์ คูหาพิทักษ์ธรรม, 2561) ลักษณะอาการเน่าของทุเรียน มีชื่อเรียก

ตามส่วนต่าง ๆ ที่เกิดโรค คือ โรคครากเน่า โคนเน่า ลำต้นเน่า กิ่งเน่า และผลเน่า เชื้อราเข้าทำลายราก และลูกกลามสู่โคนต้น ในสภาพดินที่มีการระบายน้ำไม่ดี มีความชื้นสูง เป็นสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมกับการเจริญของเชื้อราสาเหตุของโรค การแพร่ระบาดของเชื้อโรค สามารถติดไปกับหยดน้ำฝน หรือแพร่ระบาดทางลม เชื้ออาจติดไปกับดิน น้ำ และซากส่วนของพืชที่เป็นโรค เข้าทำลายใบ ลูกกลามสู่กิ่งและผล ก่อให้เกิดความเสียหายอย่างรุนแรงในทุเรียนหลายสายพันธุ์ เช่น หมอนทอง กระดุม ชะนี ก้านยาว กบสุพรรณ เป็นต้น (อมรรัตน์ ภูโพลย์ และคณะ, 2546) จากการเข้าทำลายของเชื้อรา *Phytophthora* sp. เกษตรกรส่วนใหญ่นิยมใช้สารเคมีป้องกันกำจัดเชื้อรา เพราะสะดวกและได้ผลรวดเร็ว อมรรัตน์ ภูโพลย์และคณะ (2555) รายงานความต้านทานของเชื้อรา *Phytophthora* sp. ต่อสารป้องกันกำจัดเชื้อรา metalaxyl สำหรับการทดลองครั้งนี้ศึกษาผลของสารเคมีป้องกันกำจัดเชื้อรา cyazofamid รหัส FRAC code 21 และ fluazinam รหัส FRAC code 29 มีกลไกออกฤทธิ์ยับยั้งการหายใจทั้งนี้สารเคมีป้องกันกำจัดเชื้อรา cyazofamid มีจุดจับจำเพาะ complex III : cytochrome bc1 (ubiquinone reductase) ที่ Qi site ใน complex III และสารเคมี fluazinam จุดจับจำเพาะ uncouplers of oxidative phosphorylation ยับยั้งการสังเคราะห์ ATP ที่เกิดควบคู่กับการเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอน (ธิดา เดชชวบ, 2559; Fungicide resistance action committee, 2022) ซึ่งสารเคมีทั้ง 2 ชนิดนี้มีประสิทธิภาพสูงในการควบคุมโรคพืชที่เกิดจากเชื้อรา *Phytophthora* sp. โดยมีศักยภาพในการป้องกันกำจัดสูง มีระยะเวลาการควบคุมที่ยาวนานและทนต่อการชะล้าง จากการทดลองครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) เก็บรวบรวมแยก และจำแนกตามลักษณะสัณฐานวิทยาของเชื้อรา *Phytophthora* sp. 2) ทดสอบความสามารถในการก่อโรคของเชื้อรา *Phytophthora* sp. สาเหตุโรคครากเน่า โคนเน่า และผลเน่าของทุเรียน บนใบทุเรียน และ 3) ทดสอบผลของสารเคมีป้องกันกำจัดเชื้อรา cyazofamid และ fluazinam ต่อเชื้อรา *Phytophthora* sp. สาเหตุโรคครากเน่า โคนเน่า และผลเน่าของทุเรียนในสภาพห้องปฏิบัติการ

อุปกรณ์และวิธีการ

1. เก็บรวบรวมและแยกเชื้อรา *Phytophthora* sp. สาเหตุโรคทุเรียน

เก็บตัวอย่างทุเรียนที่คาดว่าเกิดจากเชื้อรา *Phytophthora* sp. จากลำต้น และผลของทุเรียน จากพื้นที่ 3 อำเภอ ได้แก่ อำเภอเมือง อำเภอท่าชะ และอำเภอปะทิว ในจังหวัดชุมพร นำตัวอย่างโรคที่เก็บรวบรวมได้มาทำการแยกเชื้อรา โดยวิธี tissue transplanting โดยตัดชิ้นส่วนพืชบริเวณแผลที่พืชโดนเข้าทำลาย ให้มีขนาด 0.5 x 0.5 เซนติเมตร ฆ่าเชื้อบริเวณพื้นผิวโดยแช่ sodium hypochlorite (10% Clorox®, USA) ประมาณ 3-5 นาที และล้างด้วยน้ำกลั่นที่ผ่านการนึ่งฆ่าเชื้อ ประมาณ 3-5 นาที ซับด้วยกระดาษทิชชูที่ผ่านการนึ่งฆ่าเชื้อให้แห้ง และนำมาวางบนอาหารเลี้ยงเชื้อ NARH-M1 V8 selective medium โดยดัดแปลงจากวิธีของ Jeffers and Martin (1986) และ Ferguson and Jeffers (1999) ภายในตู้ปลอดเชื้อ (laminar flow clean bench) นำไปบ่มไว้ในตู้บ่มเชื้อ (incubator) 2-3 วัน ที่อุณหภูมิห้อง (28±2 องศาเซลเซียส) เมื่อสังเกตเห็นเส้นใยของเชื้อราที่เจริญออกมาใช้ cork borer ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 เซนติเมตร ตัดบริเวณปลายเส้นใยที่เจริญออกมาวางบนอาหาร V8 agar สำหรับใช้ในการแยกเชื้อราบริสุทธิ์ด้วยวิธี single spore isolation (SSI) ดัดแปลงวิธีจาก Ho and Ko (1997) โดยใช้ cork borer ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 เซนติเมตร เชียเส้นใยบริเวณที่มีสปอร์ของเชื้อรา โดยนำเส้นใยที่มีสปอร์ของเชื้อราใส่ลงใน micro tube ที่เติมน้ำกลั่นนึ่งฆ่าเชื้อปริมาตร 1 มิลลิลิตร จากนั้นนำไปเขย่าด้วยเครื่อง vortex เทลงบนจานอาหารเพาะเชื้อ water agar (WA) จากนั้นนำมาบ่มไว้อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นนำไปตรวจสอบภายใต้กล้องจุลทรรศน์ และจุดหรือวาดวงกลมตรงที่มีสปอร์ด้านล่างของจานเพาะเชื้อ จากนั้นใช้มีด หรือ cork borer ตัดย้ายลงบนจานเพาะเชื้อที่มีอาหาร Potato Dextrose Agar (PDA) (Difco™, USA) หลังจากนั้นนำมาบ่มไว้ที่อุณหภูมิห้อง ประมาณ 5-7 วัน และเก็บไว้ใน PDA slant สำหรับใช้ในการศึกษาต่อไป

2. ศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเชื้อรา *Phytophthora* sp. สาเหตุโรคทุเรียน

นำเชื้อราบริสุทธิ์ มาเลี้ยงบนอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA ใช้ cork borer ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 เซนติเมตร ตัดเส้นใยบริเวณขอบโคโลนีของเชื้อ วางให้ด้านที่มีเส้นใยของเชื้อคว่ำลงบนอาหารบริเวณกลางจานอาหารเลี้ยงเชื้อบ่มไว้ที่อุณหภูมิห้องจนเชื้อราเจริญเติบโตเต็มจานเลี้ยงเชื้อ จากนั้นใช้เข็มเย็บเส้นใยเชื้อรา แล้วหยดด้วยน้ำกลั่นที่ผ่านการนึ่งฆ่าเชื้อแล้ววางบนกระจกสไลด์ ปิดด้วยแผ่น cover slip และศึกษาภายใต้กล้องจุลทรรศน์ โดยกรรมวิธีของ Gallegly and Hong (2008); Suksiri *et al.* (2018) บันทึกลักษณะโคโลนี เส้นใย สปอร์ ภายใต้กล้องจุลทรรศน์

3. ทดสอบความสามารถในการก่อโรคบนใบ (Pathogenicity test) ของเชื้อรา *Phytophthora* sp. สาเหตุโรคทุเรียน

นำเชื้อรา *Phytophthora* sp. เลี้ยงบนอาหาร PDA ที่ อุณหภูมิห้อง แล้วนำใบทุเรียนในระยะใบเฟสลาดที่ไม่เป็นโรค มาทดสอบด้วยวิธี detached leaf โดยตัดแปลงจาก Suksiri *et al.* (2018) มาทำความสะอาดฆ่าเชื้อบริเวณพื้นผิวโดยแช่ 10% Clorox ประมาณ 5 นาที และล้างด้วยน้ำกลั่นที่ผ่านการนึ่งฆ่าเชื้อ ประมาณ 2-3 นาที ซับด้วยกระดาษทิชชูที่ผ่านการนึ่งฆ่าเชื้อให้แห้ง จากนั้นนำเข็มที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้วมาเจาะบนใบทุเรียน 6 แผล ใช้ cork borer ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 เซนติเมตร ที่ลนไฟ ฆ่าเชื้อแล้ว ตัดชิ้นส่วนเชื้อรา *Phytophthora* sp. จากการเลี้ยงบนอาหาร PDA นำไปปลูกเชื้อบนใบทุเรียน และให้ความชื้นโดยนำกระดาษทิชชูที่ผ่านการนึ่งฆ่าเชื้อชุบน้ำกลั่นนึ่งฆ่าเชื้อให้ชุ่ม จากนั้นพันขั้วใบทุเรียน แล้วนำไปใส่กล่องพลาสติกให้ความชื้นด้วยการนำน้ำกลั่นนึ่งฆ่าเชื้อเทลงในกล่อง ปริมาตร 500 มิลลิลิตร โดยวางตระแกรงลวดไว้ในกล่องเพื่อไม่ให้ใบติดกันกล่อง ปิดฝาเพื่อทำการบ่มเชื้อไว้ที่อุณหภูมิห้อง โดยวางแผนการทดลองแบบ completely randomized design (CRD) สังเกตการเกิดโรค บันทึกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของแผลบนใบทุเรียน

4. ประเมินประสิทธิภาพของ cyazofamid และ fluazinam ในการควบคุมเชื้อรา *Phytophthora* sp. สาเหตุโรคทุเรียน ในสภาพห้องปฏิบัติการ

เตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA ผสมกับสารป้องกันกำจัดเชื้อรา cyazofamid (40% a.i.) ที่ระดับความเข้มข้น 1, 10 และ 100 ppm และสารป้องกันกำจัดเชื้อรา fluazinam (50% a.i.) ที่ระดับความเข้มข้น 1, 10 และ 100 ppm โดยใช้ cork borer ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 เซนติเมตร ตัดบริเวณขอบโคโลนีของเชื้อราแต่ละไอโซเลต นำไปเลี้ยงบนอาหาร PDA ที่ผสมสารป้องกันกำจัดเชื้อราที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ เปรียบเทียบการเจริญเติบโตของโคโลนีเชื้อรากับชุดควบคุมคือ อาหาร PDA ที่ไม่ได้ผสมสารป้องกันกำจัดเชื้อรา โดยการวัดเส้นผ่านศูนย์กลางของโคโลนีเชื้อรา ทำการทดลองความเข้มข้นละ 4 ซ้ำ บ่มไว้ที่อุณหภูมิห้อง บันทึกผลการทดลอง และนำไปคำนวณเปอร์เซ็นต์การยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราสาเหตุโรค โดยดัดแปลงวิธีการของ Marinho *et al.* (2018) บันทึกผลการทดลอง วัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางโคโลนีเชื้อรา คำนวณหาเปอร์เซ็นต์การยับยั้งการเจริญเติบโตของเส้นใย (percent inhibition of mycelial growth; PIMG) จากสูตร

$$PIMG = [(C-T)/C]*100 \quad (1)$$

โดยกำหนดให้ C = เส้นผ่านศูนย์กลางโคโลนีของเชื้อราบนอาหารเลี้ยงเชื้อชุดควบคุม, T = เส้นผ่านศูนย์กลางโคโลนีของเชื้อราบนอาหารเลี้ยงเชื้อชุดทดลอง

นำผลการทดลองมาแสดงกราฟความสัมพันธ์เชิงเส้น โดยกำหนดให้ แกน X เป็นค่า log ของความเข้มข้นของสารเคมีป้องกันกำจัดเชื้อราที่ใช้ทดสอบ และให้ แกน Y เป็นค่าเปอร์เซ็นต์การยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา จากนั้นแทนค่าเปอร์เซ็นต์

การยับยั้งการเจริญเติบโต จะได้ค่าความเข้มข้นนำมาหาค่า antilog จะได้ความเข้มข้นของสารเคมีที่สามารถยับยั้งการเจริญเติบโต ได้ 50 เปอร์เซ็นต์ (half maximum effective concentration; EC₅₀) ดังสมการ

$$Y = a \ln (X)+b \quad (2)$$

โดยกำหนดให้ Y = เปอร์เซ็นต์การยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา X = ความเข้มข้นของสารเคมีป้องกันกำจัดเชื้อราที่สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา

ผลการศึกษา

1. เก็บรวบรวมและแยกเชื้อรา *Phytophthora* sp. สาเหตุโรคทุเรียน

เก็บตัวอย่างโรคทุเรียนจากลำต้นและผลทุเรียนในพื้นที่ 3 อำเภอ ได้แก่ อำเภอเมือง อำเภอน้ำขุ่น และอำเภอบึงสามพัน ที่คาดว่าเกิดจากเชื้อรา *Phytophthora* sp. ซึ่งมีลักษณะอาการจากลำต้น และผลของทุเรียน ดังนี้ ลักษณะอาการที่พบบนลำต้น ผิวเปลือกจะแตกเป็นร่อง มีเมือกไหลเยิ้มออกมา และเนื้อเยื่อเปลือกที่ถูกทำลายจะมีสีน้ำตาลแดงไปจนถึงน้ำตาลเข้ม โดยกลางแผลจะมีสีเข้มกว่าขอบแผล (ภาพที่ 1ก) และพบอาการผลเน่า บริเวณเปลือกจะนิ่มและยุบตัวลง รอยแผลเป็นสีน้ำตาลเทาไปจนถึงสีดำ ข้ำแผลจะขยายใหญ่ลุกลามมากขึ้นตามรูปร่างของผล ซึ่งทำให้เกิดเป็นแผลเน่าเจริญลุกลามเข้าไปในเนื้อทุเรียน (ภาพที่ 1ข)



(ก) เปลือกลำต้น



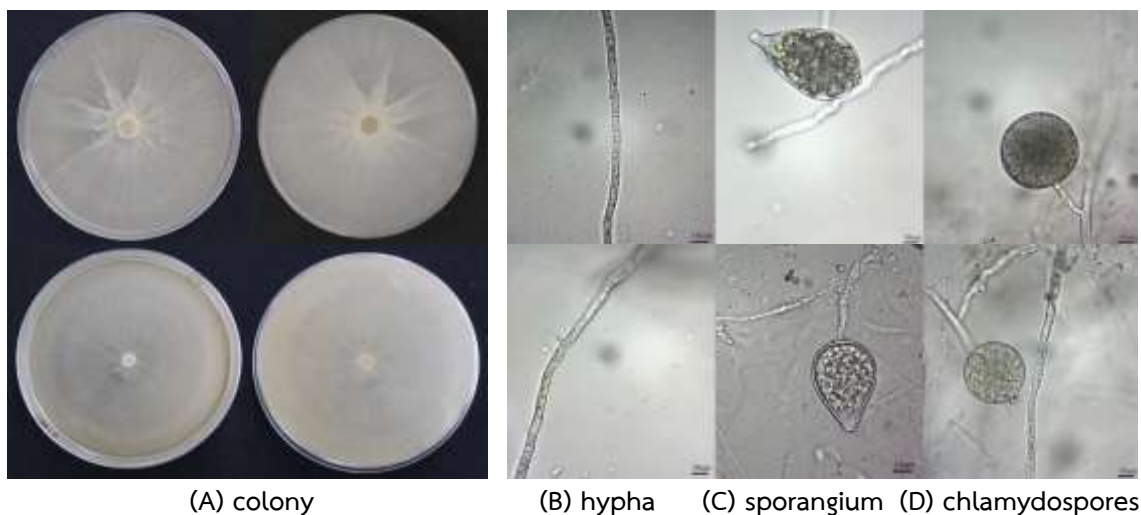
(ข) ผลที่ถูกเชื้อเข้าทำลายบริเวณส่วนเปลือก

ภาพที่ 1 ลักษณะอาการโรคทุเรียนที่เกิดจากการเข้าทำลายของเชื้อรา *Phytophthora* sp.

2. ศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเชื้อรา *Phytophthora* sp. สาเหตุโรคทุเรียน

แยกเชื้อราให้บริสุทธิ์ด้วยวิธี single spore isolate (SSI) ได้จำนวน 10 ไอโซเลต ดังนี้ M_1, M_2, M_3, Pt_1, Pt_2, Ts_1, Ts_2, Ts_3, Ts_4 และ Ts_5 ทำการศึกษาลักษณะสัณฐานวิทยาของเชื้อราที่แยกได้ โดยเลี้ยงเชื้อบนอาหาร PDA เป็นเวลา 7 วัน สามารถแบ่งลักษณะโคโลนีที่พบได้ 2 แบบ ได้แก่ แบบแตกคล้ายรูปดาว (stellate) และ แบบแผ่รัศมี (radiate) ประกอบด้วย จำนวน 2 ไอโซเลต คือ M_1 และ M_3 มีลักษณะโคโลนีแบบ radiate มีจำนวน 8 ไอโซเลต คือ M_2, Pt_1, Pt_2, Ts_1, Ts_2, Ts_3, Ts_4 และ Ts_5 มีลักษณะโคโลนีแบบ stellate เมื่อตรวจสอบลักษณะเส้นใยภายใต้กล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 400X พบว่า ทั้ง 10 ไอโซเลต มีลักษณะเส้นใยใสไม่มีสี ไม่มีผนังกั้น (non-septate) แตกกิ่งก้านแบบ simple sympodium หรือไม่มีความแน่นอน มีการสร้าง sporangium 2 แบบ ได้แก่ ellipsoid และ ovoid ไอโซเลตที่มี sporangium แบบ ellipsoid มีจำนวน 3 ไอโซเลต คือ Pt_1, Ts_2 และ Ts_5 และไอโซเลตที่มี sporangium แบบ ovoid มีจำนวน 7 ไอโซเลต

คือ M_1, M_2, M_3, Pt_2, Ts_1, Ts_3, และ Ts_4 พบส่วนปลายของ sporangium แบบมี papillate ชัดเจน จำนวน 5 ไอโซเลต คือ M_2, M_3, Pt_2, Ts_1, และ Ts_4 และมี papillate แบบ semi-papillate จำนวน 5 ไอโซเลต คือ M_1, Pt_1, Ts_2, Ts_3 และ Ts_5 ทุกไอโซเลตสร้าง chlamydospores รูปร่างค่อนข้างกลม (ภาพที่ 2)



ภาพที่ 2 ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเชื้อรา *Phytophthora* sp. สาเหตุโรคทุเรียน; colony (A), hypha (B), sporangium (C) และ chlamydospores (D) (scalebar = 10 μ m)

3. ทดสอบความสามารถในการก่อโรคนใบ (Pathogenicity test) ของเชื้อรา *Phytophthora* sp. สาเหตุโรคทุเรียน

จากการทดสอบความสามารถในการก่อโรคของเชื้อรา *Phytophthora* sp. โดยการปลูกเชื้อลงบนใบทุเรียน ทั้ง 10 ไอโซเลต (M_1, M_2, M_3, Pt_1, Pt_2, Ts_1, Ts_2, Ts_3, Ts_4 และ Ts_5) สามารถก่อโรคได้บนใบ ทั้งนี้แต่ละไอโซเลตเข้าทำลายใบทุเรียนมีขนาดบาดแผลแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ในวันที่ 2 พบว่า ไอโซเลต Ts_5 และ Pt_1 มีขนาดบาดแผลเฉลี่ยสูงสุดที่ 19.82 มิลลิเมตร และ 17.83 มิลลิเมตร ตามลำดับ ในวันที่ 3 พบว่าทุกไอโซเลตมีขนาดบาดแผลเพิ่มขึ้น ทั้งนี้ ไอโซเลต Ts_5 มีขนาดบาดแผลเฉลี่ย 20.32 มิลลิเมตร และ ไอโซเลต Pt_1 มีขนาดบาดแผลเฉลี่ย 20.78 มิลลิเมตร (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 เส้นผ่านศูนย์กลางบาดแผลบนใบทุเรียนหลังปลูกเชื้อ *Phytophthora* sp. เป็นเวลา 3 วัน

Isolate code	Lesion diameter (mm)	
	Day 2	Day 3
M_1	7.70 ^{1c}	12.76b
M_2	11.81b	12.31b
M_3	5.94c	8.10c
Pt_1	17.83a	20.78a
Pt_2	6.88c	11.58b

ตารางที่ 1 (ต่อ)

Isolate code	Lesion diameter (mm)	
	Day 2	Day 3
Ts_1	13.33b	12.61b
Ts_2	7.60c	12.51b
Ts_3	6.65c	8.71c
Ts_4	6.52c	8.19c
Ts_5	19.82a	20.32a
Isolates	*	*
CV (%)	14.17	9.51
LSD	2.5123	2.0707

๙ ค่าเฉลี่ยจาก 4 ซ้ำที่มีตัวอักษรแตกต่างกันในแนวคอลัมน์มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เปรียบเทียบโดยวิธี LSD ($P \leq 0.05$)

4. ประเมินประสิทธิภาพของ cyazofamid และ fluazinam ในการควบคุมเชื้อรา *Phytophthora* sp. สาเหตุโรคทุเรียนในสภาพห้องปฏิบัติการ

จากการทดสอบประสิทธิภาพของสารเคมีป้องกันกำจัดเชื้อรา cyazofamid และ fluazinam ต่อการยับยั้งการเจริญเติบโตของเส้นใยเชื้อรา *Phytophthora* sp. บนอาหาร PDA ที่ระดับความเข้มข้น 1, 10 และ 100 ppm วัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของโคโลนีเพื่อนำมาคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา พบว่า สารเคมีป้องกันกำจัดเชื้อรา cyazofamid ที่ระดับความเข้มข้น 100 ppm สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตมากกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ จำนวน 4 ไอโซเลท M_3, Ts_5, Pt_2 และ M_1 ได้ 72.54, 67.11, 56.62 และ 51.83 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ต่อมา พบว่าสารเคมีป้องกันกำจัดเชื้อรา cyazofamid ที่ระดับความเข้มข้น 10 ppm มีเพียงจำนวน 1 ไอโซเลท คือ Ts_5 สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตได้ 55.95 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่สารเคมีป้องกันกำจัดเชื้อรา fluazinam ที่ระดับความเข้มข้น 100 ppm สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตมากกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ ทุกไอโซเลท คือ 52.96-70.70 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับชุดควบคุม และการใช้สารเคมี fluazinam ที่ระดับความเข้มข้น 10 ppm มีจำนวน 4 ไอโซเลท คือ Ts_1, Ts_5, Ts_3 และ Ts_2 สามารถยับยั้งการเจริญเติบโต ได้ 53.92, 53.44, 53.01 และ 51.62 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ทั้งนี้สารเคมีป้องกันกำจัดเชื้อรา cyazofamid และ fluazinam ที่ระดับความเข้มข้น 1 ppm สามารถควบคุมการเจริญเติบโตของเชื้อรา *Phytophthora* sp. ได้ที่ 2.30-36.92 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 2)

จากนั้นแทนค่าเปอร์เซ็นต์การยับยั้งการเจริญเติบโต ในแต่ละระดับความเข้มข้นของสารเคมีป้องกันกำจัดเชื้อรา มาแสดงกราฟความสัมพันธ์เชิงเส้น กับ log ของความเข้มข้นของสารเคมีป้องกันกำจัดเชื้อรา ในสมการ regression equation หาค่า antilog เพื่อคำนวณหาความเข้มข้นของสารเคมีป้องกันกำจัดเชื้อราที่สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตได้ 50% (half maximum effective concentration; EC_{50}) พบว่า สารเคมี cyazofamid สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราที่ค่า $EC_{50} > 100$ ppm จำนวน 8 ไอโซเลท คือ M_1, M_2, Pt_1, Pt_2, Ts_1, Ts_2, Ts_3 และ Ts_4 ยกเว้น M_3 สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของ

เส้นใยที่ค่า EC_{50} เท่ากับ 13.05 ppm และ Ts_5 สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเส้นใยที่ค่า EC_{50} เท่ากับ 6.60 ppm ในขณะที่สารเคมีป้องกันกำจัดเชื้อรา fluazinam สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราทุกไอโซเลท ซึ่งมีค่า EC_{50} เท่ากับ 12.65-60.22 ppm (ตารางที่ 3)

ตารางที่ 2 ผลของสารเคมีป้องกันกำจัดเชื้อรา cyazofamid และ fluazinam ที่ความเข้มข้น 1, 10 และ 100 มิลลิกรัม/ลิตร ต่อการยับยั้งการเจริญทางเส้นใยของเชื้อรา *Phytophthora* sp. จำนวน 10 ไอโซเลท

Isolate code	Fungicides	Percent of inhibition (%)		
		1 (ppm)	10 (ppm)	100 (ppm)
M_1	cyazofamid	16.51 ^{1/}	25.42	51.83
	fluazinam	10.10	32.54	54.93
M_2	cyazofamid	16.19	21.74	44.67
	fluazinam	21.35	45.07	65.46
M_3	cyazofamid	36.92	34.36	72.54
	fluazinam	3.52	42.26	52.96
Pt_1	cyazofamid	16.15	20.71	25.54
	fluazinam	22.37	39.60	57.77
Pt_2	cyazofamid	15.91	13.61	56.62
	fluazinam	23.54	48.61	61.52
Ts_1	cyazofamid	18.05	24.90	26.36
	fluazinam	20.86	53.92	58.17
Ts_2	cyazofamid	6.07	9.51	35.14
	fluazinam	23.19	51.62	64.86
Ts_3	cyazofamid	2.30	19.48	14.16
	fluazinam	16.94	53.01	60.25
Ts_4	cyazofamid	5.81	9.71	20.92
	fluazinam	22.85	51.51	63.15
Ts_5	cyazofamid	35.50	55.95	67.11
	fluazinam	17.75	53.44	70.70

^{1/} ค่าเฉลี่ยจาก 4 ซ้ำ

ตารางที่ 3 ความเข้มข้นของสารเคมีป้องกันกำจัดเชื้อรา cyazofamid และ fluazinam ที่มีประสิทธิภาพยับยั้งการเจริญทางเส้นใยของเชื้อรา *Phytophthora* sp. ได้ 50%

Isolate code	Fungicides	Regression equation	R ²	EC ₅₀
M_1	cyazofamid	$y = 7.6689\ln(x) + 13.593$	0.9243	>100
	fluazinam	$y = 9.7353\ln(x) + 10.105$	1	60.22
M_2	cyazofamid	$y = 6.185\ln(x) + 13.293$	0.8897	>100
	fluazinam	$y = 9.5787\ln(x) + 21.905$	0.9981	18.79
M_3	cyazofamid	$y = 7.7349\ln(x) + 30.128$	0.6965	13.05
	fluazinam	$y = 10.735\ln(x) + 8.1965$	0.9031	49.11
Pt_1	cyazofamid	$y = 2.0392\ln(x) + 16.107$	0.9997	>100
	fluazinam	$y = 7.6865\ln(x) + 22.216$	0.9998	37.14
Pt_2	cyazofamid	$y = 8.8394\ln(x) + 8.3592$	0.7076	>100
	fluazinam	$y = 8.2489\ln(x) + 25.562$	0.967	19.35
Ts_1	cyazofamid	$y = 1.8045\ln(x) + 18.946$	0.8771	>100
	fluazinam	$y = 8.1014\ln(x) + 25.663$	0.8342	20.17
Ts_2	cyazofamid	$y = 6.3123\ln(x) + 2.3688$	0.8374	>100
	fluazinam	$y = 9.0489\ln(x) + 25.725$	0.9576	37.14
Ts_3	cyazofamid	$y = 2.5757\ln(x) + 6.0518$	0.4546	>100
	fluazinam	$y = 9.4032\ln(x) + 21.746$	0.8713	16.10
Ts_4	cyazofamid	$y = 3.2801\ln(x) + 4.5937$	0.9278	>100
	fluazinam	$y = 8.7516\ln(x) + 25.683$	0.9439	16.10
Ts_5	cyazofamid	$y = 6.8627\ln(x) + 37.052$	0.9719	6.60
	fluazinam	$y = 11.499\ln(x) + 20.818$	0.9612	12.65

วิจารณ์ผลการทดลอง

จากตัวอย่างโรคลำต้นเน่า และผลเน่าทุเรียน แยกเชื้อสาเหตุโดยวิธีการ tissue transplanting technique บนอาหารเลี้ยงเชื้อ NARH-M1 V8 selective medium แยกเชื้อราบริสุทธิ์ได้จำนวน 10 ไอโซเลท ศึกษาลักษณะสัณฐานวิทยา พบโคโลนีแบบ stellate คล้ายรูปดาว และ แบบ radiate คล้ายรัศมี และศึกษากายใต้กล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 400X พบลักษณะเส้นใยเป็นแบบ non-septate เรียวยาว แตกกิ่งก้านแบบ simple sympodium หรืออาจไม่มีความแน่นอน มีการสร้าง sporangium แบบ ovoid, ellipsoid และมี papillate ชัดเจน หรือ semi-papillate และพบการสร้าง chlamydospores รูปร่างค่อนข้างกลม ลักษณะดังกล่าวจัดจำแนกเป็น *Phytophthora* sp. ตามรายงานของ Drenth and Sendall (2001) และ Gallegly and Hong (2008) และทำการทดสอบความสามารถในการก่อโรคของเชื้อรา *Phytophthora* sp. โดยการปลูกเชื้อลงบนใบทุเรียน พบว่า

ทุกไอโซเลท สามารถก่อให้เกิดโรคบนใบทุเรียนได้ภายหลังการปลูกเชื้อในวันที่ 2 ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ อมรรัตน์ ภูไพบูลย์ และคณะ (2546) และ Suksiri *et al.* (2018) พบว่าเชื้อรา *Phytophthora* sp. ก่อให้เกิดโรคบนใบทุเรียน และเริ่มมีอาการติดเชื้อในวันที่ 2 แสดงอาการแผลเน่าสีน้ำตาลจนถึงสีดำ บนเนื้อเยื่อใบทั้งด้านหน้าและท้องใบด้านหลัง แผลจะขยายลุกลามไปตามเส้นใบ ขนาดและรูปร่างไม่มีความแน่นอน แผลขยายใหญ่ขึ้นไปตามความกว้างและความยาวของใบทุเรียนแล้วขยายลุกลามจนเน่าหมดทั้งใบ

สารเคมีป้องกันกำจัดเชื้อรา cyazofamid (FRAC code 21) สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราที่ค่า $EC_{50} > 100$ ppm จำนวน 8 ไอโซเลท ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Siegenthaler and Hanse (2021) รายงานว่า cyazofamid รหัส FRAC 21 จัดอยู่ในกลุ่ม Quinone inside Inhibitors; Qil-fungicides มีกลไกการออกฤทธิ์ยับยั้งการหายใจและการสร้างพลังงานโดยมีผลต่อเอนไซม์ชนิดเดียวกันกับสารในกลุ่ม Qi site แต่คนละตำแหน่งโดยจะจับกับควิโนนของ cytochrome bc_1 ที่เยื่อหุ้มชั้นในไมโทคอนเดรีย กล่าวว่าสารเคมีป้องกันกำจัดเชื้อรา cyazofamid ที่ระดับความเข้มข้น 0, 100, 500 และ 1000 ppm ต่อเชื้อรา *Phytophthora capsica* ที่แยกได้จากรัฐเทนเนสซี สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราที่ค่า $EC_{50} > 1000$ ppm และมีความต้านทานสูง ซึ่งตรงกับรายงานของ Dib *et al.* (2017) ได้ทำการประเมินประสิทธิภาพของสารเคมีป้องกันกำจัดเชื้อราบางชนิดต่อเชื้อรา *Phytophthora infestans* สาเหตุของโรคใบไหม้ในมะเขือเทศ จากการทดลองพบว่า ฤทธิ์ยับยั้งของสารเคมีป้องกันกำจัดเชื้อรา cyazofamid ที่ผ่านการทดสอบแล้วใช้ในอัตราการแนะนำกับการเจริญเติบโตของเส้นใยไอโซเลท PhK-1 และ PhK-2 ได้ค่า EC_{50} เท่ากับ 359.30 และ 531.56 ppm เป็นตัวบ่งชี้ว่ามีประสิทธิภาพน้อยกว่าความต้านทานของเชื้อรา เช่นเดียวกับรายงานของ Marin and Peres (2021) ได้ทำการศึกษาเชื้อรา *Phytophthora* ที่ก่อให้เกิดโรคก่อนเน่า และผลเน่าของสตอเบอร์รี่ พบว่าการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดเชื้อรา cyazofamid ที่ระดับความเข้มข้น 1 และ 5 ppm สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *P. nicotianae* ได้ 28 และ 32 เปอร์เซ็นต์ รวมทั้งสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *P. cactorum* ได้ 12 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ในขณะที่ สารเคมีป้องกันกำจัดเชื้อรา fluazinam (29) ที่ระดับความเข้มข้น 1, 10 และ 100 ppm จากการทดลองพบว่า สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราทุกไอโซเลท ซึ่งมีค่า EC_{50} เท่ากับ 12.65 - 60.22 ppm ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Rekanovic *et al.* (2011) กล่าวว่าสารเคมีป้องกันกำจัดเชื้อรา fluazinam มีรหัส FRAC 29 จัดอยู่ในกลุ่ม 2, 6-dinitro-anilines มีกลไกการออกฤทธิ์ยับยั้งการหายใจและสร้างพลังงาน ทำให้เชื้อไม่สามารถสร้างการงอกของสปอร์ และการสร้างโครงสร้างที่ใช้ในการเข้าทำลายพืช พบว่าสารเคมีป้องกันกำจัดเชื้อรา fluazinam ต่อ *P. infestans* สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราที่ค่า EC_{50} เท่ากับ 0.14-0.27 ppm ทุกไอโซเลทมีความอ่อนแอต่อสารเคมีป้องกันกำจัด fluazinam ตามเกณฑ์กำหนด FRAC 2022 ยังจัดให้ fluazinam เป็นสารเคมีป้องกันกำจัดที่มีความเสี่ยงต่ำต่อการต้านทานสารเคมี ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Dib *et al.* (2017) ได้ทำการประเมินประสิทธิภาพของสารเคมีป้องกันกำจัดเชื้อราบางชนิดต่อเชื้อรา *P. infestans* สาเหตุของโรคใบไหม้ในมะเขือเทศ จากการทดลองพบว่าฤทธิ์ยับยั้งของสารเคมีป้องกันกำจัดเชื้อรา fluazinam ที่ผ่านการทดสอบแล้วใช้ในอัตรา 50 มิลลิลิตร ที่ทดลองกับการเจริญเติบโตของไมซีเลียม PhK-1 และ PhK-2 ได้ค่า EC_{50} เท่ากับ 2.35 และ 11.84 ppm เป็นตัวบ่งชี้ว่ามีประสิทธิภาพมากกว่าไมซีเลียมของเชื้อสาเหตุ เช่นเดียวกับรายงานของ Marin and Peres (2021) ได้ทำการศึกษาหาสารเคมีป้องกันกำจัดเชื้อราที่สามารถใช้เป็นทางเลือกในการจัดการโรคของสตอเบอร์รี่ที่เกิดจากเชื้อรา *Phytophthora* spp. การค้นหาทางเลือกของสารเคมี จากการทดลองพบว่า การใช้สารเคมีป้องกันกำจัดเชื้อรา fluazinam ที่ระดับความเข้มข้น 1 และ 5 ppm สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *P. nicotianae* เท่ากับ 44 และ 68 เปอร์เซ็นต์ รวมทั้งสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *P. cactorum* เท่ากับ 12 และ 22 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

สรุปและข้อเสนอแนะ

จากการเก็บรวบรวมตัวอย่างโรคทุเรียน ทำการแยกเชื้อราได้จำนวน 10 ไอโซเลท ทำการจัดจำแนกตามลักษณะทางสัณฐานวิทยา พบลักษณะโคโลนีแบบ stellate คล้ายรูปดาว และลักษณะแบบ radiate คล้ายรัศมี มีเส้นใยเป็นแบบ non-septate สร้าง sporangium แบบ ovoid, ellipsoid และมี papillate หรือ semi-papillate และพบการสร้าง chlamydospores ทุกไอโซเลทจัดจำแนกได้เป็น เชื้อรา *Phytophthora* sp. ทั้งนี้ทุกไอโซเลทสามารถก่อให้เกิดโรคบนใบทุเรียน จากการทดสอบประสิทธิภาพของสารป้องกันกำจัดเชื้อรา พบว่าสารเคมีป้องกันกำจัดเชื้อรา cyazofamid (21) มีค่า $EC_{50} > 100$ ppm ในขณะที่สารเคมีป้องกันกำจัดเชื้อรา fluazinam (29) สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราทุกไอโซเลท ซึ่งมีค่า EC_{50} เท่ากับ 12.65 - 60.22 ppm

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ หลักสูตรเทคโนโลยีการจัดการผลิตพืช ภาควิชาเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพรเขตรอุดมศักดิ์ ที่ให้ความอนุเคราะห์จนทำให้การทดลองครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี จึงขอกราบพระคุณไว้ในโอกาสนี้

เอกสารอ้างอิง

- ธิดา เดชขวบ. (2559). สารเคมีที่ใช้ในการป้องกันกำจัดโรคพืช. กรุงเทพฯ : เอเชีย ดิจิตอล การพิมพ์.
- มนิรัตน์ คูหาพิทักษ์ธรรม. (2561). การศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาและการเกิดโรคของเชื้อรา *Phytophthora palmivora* สาเหตุโรครากเน่าและโคนเน่าของทุเรียนในประเทศไทย. จันทบุรี : สาขาเทคโนโลยีการเกษตร คณะวิทยาศาสตร์ และศิลปศาสตร์, มหาวิทยาลัยบูรพา วิทยาเขตจันทบุรี.
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. (2566). สถานการณ์สินค้าเกษตรที่สำคัญและแนวโน้ม ปี 2566. 7 เมษายน 2566, เข้าถึงได้จาก : <https://www.opsmoac.go.th/chiangrai-dwl-files-442991791980>.
- สมิทร คุณเจตน์. (2560). การผลิตต้นกล้าทุเรียนพันธุ์หมอนทองเพื่อลดการติดเชื้อ *Phytophthora palmivora* โดยวิธีการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ในโรงเรือนเพาะชำด้วยระบบควบคุมฟuzzy. จันทบุรี : คณะวิทยาศาสตร์และศิลปศาสตร์, มหาวิทยาลัยบูรพา วิทยาเขตจันทบุรี.
- อมรรัตน์ ภูไพบูลย์, พงนา ตระกูลสุขรัตน์ และทวี เก้าศิริ. (2546). ความผันแปรใน *Phytophthora palmivora* (Butl.) Butl. ทุเรียน : ลักษณะรูปร่างและแบบคู่ผสม. วารสารวิชาการเกษตร, 21(1) : 75-87.
- _____. (2555). ผลของสารป้องกันกำจัดโรคพืช metalaxyl ต่อการเจริญของเชื้อรา *Phytophthora palmivora*. ใน รายงานผลงานวิจัยประจำปี 2555 (หน้า 1163-1174). กรุงเทพฯ : สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช กรมวิชาการเกษตร.
- Dib, N.D., Abdel Rahman, T.G., Ashour, A.M.A., and Badawy, H.M.A. (2017). In vitro and In vivo evaluation of certain fungicides against *Phytophthora Infestans* (Mont.) the causal pathogen of late blight disease on tomato. *Plant Protection and Pathology*, 8(5) : 201-208.
- Drenth, A. and Sendall, B. (2001). Practical guide to detection and identification of *Phytophthora*. *Tropical Plant Protection*, 1 : 32-33.
- Ferguson, A.J., and Jeffers, S.N. (1999). Identifying Species of *Phytophthora*. *Plant Disease*, 83 : 1129-1136.

- Fungicide Resistance Action Committee. (2022). *FRAC Code List 2021 : Fungal Control Agents Sorted by Cross Resistance Pattern and Mode of Action (including FRAC Code numbering)*. Retrieved April 6, 2022, from <https://www.frac.info/docs/default-source/publications/frac-code-list/frac-code-list-2022>.
- Gallegly, M.E. and Hong, C. (2008). *Phytophthora* : identifying species by morphology and DNA fingerprints. *Phytopathology and Plant Protection*, 44(2) : 202-203.
- Ho, W.C. and Ko, W.H. (1997). A simple method for obtaining single spore isolate of fungi. *Botanical Bulletin of Academia Sinica*, 38 : 41-44.
- Jeffers, S.N. and Martin, S. (1986). Comparison of two media selective of *Phytophthora* and *Pythium* species. *Plant Disease*, 70(11) : 1038-1043.
- Marin, M.V., and Peres, N.A. (2021). Improving the toolbox to manage *Phytophthora* diseases of strawberry : Searching for chemical alternatives. *Plant Health Progress*, 22(3) : 294-299.
- Marinho, G.J.P., Klein, D.E., Junior, C.L. (2018). Evaluation of soapberry (*Sapindus saponaria* L.) Leaf extract against papaya anthracnose. *Summa Phytopathologica*, 44(2) : 127-131.
- Rekanovic, E., Potočnik, I., Milijasevic-Marcic, S., Stepanovic, M., Todorovic, B., and Mihajlovic, M. (2011). Sensitivity of *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary isolates to fluazinam, fosetyl-Al, and propamocarb-hydrochloride. *Pesticide i fitomedicina*, 26(2) : 111-116.
- Siegenthaler, T.B., and Hansen, Z.R. (2021). Sensitivity of *Phytophthora capsici* from Tennessee to mefenoxam, fluopicolide, oxathiapiprolin, dimethomorph, mandipropamid, and cyazofamid. *Plant Disease*, 105(10) : 3000-3007.
- Suksiri, S., Laipas, P., Soyong, K., and Poaim, S. (2018). Isolation and identification of *Phytophthora* sp. and *Pythium* sp. from durian orchard in Chumphon province, Thailand. *Agricultural Technology*, 14(3) : 389-402.