

ปัจจัยทางสรีรวิทยาต่อการเจริญของ *Fusarium solani* สาเหตุโรครากแห้งของทุเรียนและสารเคมีในการควบคุม

Physiological factors affecting growth of *Fusarium solani* causing dieback of durian and fungicide controlling

พัชรี บุญเรืองรอด¹, รัตยา พงศ์พิสุทธา^{1*} และ ชัยณรงค์ รัตนกริษากุล¹

Patcharee Boonruangrod¹, Ratiya Pongpisutta^{1*} and Chainarong Rattanakreetakul¹

¹ ภาควิชาโรคพืช คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม 73140

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

บทคัดย่อ: ผลกระทบต่อการผลิตทุเรียนทั้งปริมาณและคุณภาพคือการเข้าทำลายของเชื้อราสาเหตุโรคก่อให้เกิดผลเสียหายทางเศรษฐกิจได้ อีกทั้งการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศอาจทำให้เชื้อรา *Fusarium* เกิดการระบาดในแปลงปลูกทุเรียน วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อศึกษาปัจจัยทางสรีรวิทยา ได้แก่ อุณหภูมิ แสง และความเป็นกรด - ด่าง (pH) บนอาหารเลี้ยงเชื้อต่อการเจริญของเชื้อรา *Fusarium solani* ซึ่งแยกได้จากอาการรากแห้งของทุเรียนในพื้นที่จังหวัดจันทบุรี และตราด พบว่าเชื้อราเจริญได้ดีที่อุณหภูมิ 25 - 30°C สำหรับการทดสอบแสงต่อการเจริญของเชื้อรานี้ พบว่าโดยส่วนใหญ่เจริญได้ดีในที่มืด 24 ชั่วโมง ส่วน pH ของอาหารที่เหมาะสมต่อการเจริญของเชื้อรามีค่า 6 - 7 จากการทดสอบความสามารถในการเกิดโรคกับต้นกล้าทุเรียนพันธุ์หมอนทองอายุ 6 เดือน ผลการทดลองพบว่ากิ่งของทุเรียนที่ปลูกเชื้อแสดงอาการแผลช้ำน้ำตาลอมม่วง ขอบแผลสีน้ำตาลเข้ม หลังการปลูกเชื้อ 7 วัน ต่อมาก็เริ่มแห้ง ใบเปลี่ยนเป็นสีเหลืองและหลุดร่วง หลังการปลูกเชื้อ 14 วัน นอกจากนี้ยังได้ทดสอบประสิทธิภาพของสารเคมีป้องกันกำจัดเชื้อรา 4 ชนิด พบว่าสารเคมีที่มีประสิทธิภาพในการยับยั้งเส้นใยได้ดีที่สุดได้แก่ carbendazim รองมาคือ pyraclostrobin วิธีการป้องกันและควบคุมโรคโดยใช้สารเคมีป้องกันกำจัดเชื้อราที่มีประสิทธิภาพ จะนำไปสู่ความสำเร็จในการจัดการโรคในแปลงทุเรียนได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งทุเรียนต้องการการตัดแต่งกิ่ง การได้รับปุ๋ยอย่างสม่ำเสมอ ตามเวลาที่เหมาะสมเพื่อให้ต้นทุเรียนมีสุขภาพดีและแข็งแรงเพื่อต่อสู้กับการเข้าทำลายของเชื้อราสาเหตุโรคได้

คำสำคัญ : เชื้อรา *Fusarium*; โรครากแห้ง; ทุเรียน; การควบคุมโรค

ABSTRACT: The impact of durian production on quantity and quality is fungal pathogen destruction, especially in the orchards leading to the highest amount of economic loss. Additionally, climate change had observable effects on the environment and might be cause *Fusarium* outbreak in durian orchards. The objective of this research was to investigate physiological factors such as temperature, light and media pH affecting on growth of *Fusarium solani* isolated from branches, causing dieback of durian in Chanthaburi and Trat provinces. The results showed that the fungus grew on optimum temperature was 25 - 30°C. Light affecting fungal growth, showed the greatest colony diameter on dark 24 hr and grew up very fast on medium with pH 6 - 7. Then, pathogenicity assay was conducted on 6-months old of durian seedling cv. Mon Thong. It was found that inoculated branch showing purple-brown bruising lesion with dark brown edge at 7 days after inoculation (DAI). Later at 14 DAI, dieback incidences appeared on infected branches and leaves turned yellow, then fell off from the branches. Efficiency of four fungicides was investigated. It was revealed that carbendazim showed the greatest trend to inhibit mycelial growth followed by

* Corresponding author: agrryp@ku.ac.th

Received: date; April 2, 2021 Accepted: date; June 10, 2021 Published: date; December 5, 2021

pyraclostrobin. Prevention and control the disease using effective fungicides lead to disease management in durian orchards, effectively. Particularly, the durian requires regular pruning and fertilizer feeding to keep it healthy and strong at the right time to against plant pathogenic fungi.

Keywords: *Fusarium*; dieback; durian; disease control

บทนำ

ทุเรียนมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Durio zibethinus* Murray มีถิ่นกำเนิดอยู่ทางเอเชียใต้ตั้งแต่ ประเทศมาเลเซีย ฟิลิปปินส์ อินโดนีเซีย อินเดียใต้ และประเทศไทย (แสวง, 2530; Nanthachi,1994) จัดเป็นไม้ยืนต้นที่เจริญเติบโตได้ดี ในที่มีความชื้นสูง อุณหภูมิอยู่ระหว่าง 25 – 30°C หรือมีฝนตกชุกตลอดทั้งปี เฉลี่ยต่อปีประมาณ 1,600 - 4,000 มล.(Subhadrabandhu and Ketsa, 2001) ซึ่งภาคตะวันออก และภาคใต้เป็นภูมิภาคที่มีสภาพอากาศเหมาะสมในการปลูกทุเรียนของไทย พบการปลูกกันมาในจังหวัดระยอง จันทบุรี ตราด ปราจีนบุรี ชุมพร สุราษฎร์ธานี นครศรีธรรมราช และยะลา พื้นที่การปลูกทุเรียนมีปริมาณเพิ่มมากขึ้นจากปี 2561 คิดเป็น 8% และปริมาณผลผลิตรวมเพิ่มขึ้น 46% เนื่องจากทุเรียนมีราคาสูงขึ้นทำให้เกษตรกร หันมาปลูกทุเรียนกันมากขึ้น แต่พบว่าการส่งออกทุเรียนในรูปผลสด ปี 2561 ลดลงจากปี 2560 ถึง 7.84% (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2562) ส่วนใหญ่ประสบปัญหาโรคทุเรียน โดยเฉพาะโรคที่เกิดจากเชื้อรา

รัตยา และคณะ (2563) ได้ศึกษาโรคกิ่งแห้งของทุเรียนจากเดิมเข้าใจว่าเกิดจากเชื้อรา *Phytophthora palmivora* ซึ่งทำให้เกษตรกรผู้ปลูกทุเรียนใช้สารเคมีป้องกันกำจัดเชื้อราที่ไม่ตรงต่อเป้าหมายมาโดยตลอดเป็นระยะเวลาที่ยาวนาน โรคกิ่งแห้งยังคงเกิดขึ้นในแปลงและส่งผลกระทบให้ทุเรียนใบเหลืองและหลุดร่วงในที่สุด จากการเก็บตัวอย่างโรคกิ่งแห้ง อาการแผลสีน้ำตาลจากต้น และดินในพื้นที่ปลูกทุเรียนจังหวัดชุมพร จันทบุรี และตราด แยกเชื้อด้วยวิธี tissue transplanting บนอาหารเลี้ยงเชื้อ potato dextrose agar (PDA) และ BNCRA selective medium ได้เชื้อราจำนวน 28 ไอโซเลท จำแนกเชื้อราโดยอาศัยลักษณะทางสัณฐานวิทยา ร่วมกับเทคนิคอณูชีวโมเลกุล พบลำดับนิวคลีโอไทด์บริเวณ ITS1-5.8s-ITS2 และ TEF1-alpha ยาวประมาณ 800 และ 1,000 คู่เบส ตามลำดับจากการวิเคราะห์ลำดับนิวคลีโอไทด์ จำแนกได้เป็นเชื้อรา *Fusarium solani* สอดคล้องกับรายงานของ Nguyen et al. (2012) ที่สำรวจเชื้อราก่อให้เกิดโรคกับต้นกล้าทุเรียนใน 3 พื้นที่ ของประเทศเวียดนาม ได้แก่ Da Huoai, Di Linh และ Bao Lam พบเชื้อรา *Fusarium* sp. ในแต่ละพื้นที่คิดเป็น 66.40, 78.20, และ 40.50% ตามลำดับ ซึ่งมากกว่าเชื้อรา *Phytophthora palmivora* ที่พบเพียง 53.30, 65.00 และ 30.00% ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่าเชื้อรา *Fusarium* sp. สามารถทำให้เกิดโรค dieback กับพืชอื่นได้ เช่น โกโก้ และ มะกอก เป็นต้น (Rosmana et al., 2014; Trabelsi et al.,2017) งานวิจัยนี้ให้ความสำคัญกับเชื้อราสาเหตุโรคกิ่งแห้งของทุเรียน และมีข้อสันนิษฐานว่าโรคดังกล่าวอาจจะไม่ได้เกิดจากเชื้อรา *Ph. palmivora* แต่เกิดจากเชื้อรา *F. solani* จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของปัจจัยทางสรีรวิทยาที่มีผลต่อการเจริญของเชื้อรา *F. solani* การออกของสปอร์ รวมถึงทดสอบการเกิดโรคกิ่งแห้งในต้นกล้าทุเรียน เพื่อนำไปสู่การควบคุมโรคที่ตรงเป้าหมาย และมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น สามารถรักษาดันทุเรียนไว้ได้ทันเวลา

วิธีการศึกษา

เชื้อราสาเหตุโรคที่ใช้ในการศึกษา

นำเชื้อรา *F. solani* จำนวน 4 ไอโซเลท ที่แยกได้จากดินบริเวณโคนต้น ผล และกิ่งทุเรียน จากจังหวัดจันทบุรี และตราด ในปี พ.ศ. 2561 ซึ่งได้รับความอนุเคราะห์จากห้องปฏิบัติการการวิทยา ภาควิชาโรคพืช คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นำมาเลี้ยงลงบนอาหารเลี้ยงเชื้อ potato dextrose agar (PDA) บ่มได้แสง near UV สลับมืด 12 ชั่วโมง อุณหภูมิ 25°C เป็นระยะเวลา 7 วัน นำเชื้อเก็บไว้ในอาหาร potato carrot agar (PCA) ที่อุณหภูมิ 14°C เพื่อใช้ในการศึกษาต่อไป

การศึกษาปัจจัยทางสรีรวิทยาต่อการเจริญของเส้นใยเชื้อรา

นำเชื้อรา *F. solani* จำนวน 4 ไอโซเลท เลี้ยงบนอาหาร PDA ภายใต้แสง near UV สลับมืด ที่อุณหภูมิ 25°C อายุ 7 วัน จากนั้นใช้ cork borer ขนาด 6 มิลลิเมตร เจาะบริเวณขอบโคโลนีของเชื้อรา ย้ายลงอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA นำไปทดสอบความแตกต่างกันของอุณหภูมิ สภาพแสง และค่าความเป็นกรด - ด่าง ดังนี้

อุณหภูมิ

นำไปบ่มภายใต้แสง near UV สลับมืด ที่อุณหภูมิแตกต่างกัน 4 ระดับ ได้แก่ 15, 20, 25 และ 30°C

สภาพแสง

นำไปบ่มภายใต้สภาพแสงที่ต่างกัน คือ ภายใต้แสง near UV 24 ชั่วโมง ภายใต้แสง near UV สลับมืด 12 ชั่วโมง และมีตลอด 24 ชั่วโมง

ความเป็นกรด-ด่าง (pH)

นำเชื้อราขยายลงบนอาหาร PDA ที่มีค่าความเป็นกรดต่าง 5 ระดับ ได้แก่ 5, 6, 7, 8 และ 9 โดยปรับค่าความเป็น กรด-ด่าง ด้วย HCl ความเข้มข้น 3% และ NaOH ความเข้มข้น 5 M จากนั้นบ่มภายใต้แสง near UV สลับมืด 12 ชั่วโมง เป็นระยะเวลา 7 วัน

บันทึกผลการทดลองโดยวัดการเจริญขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นใยทุกวัน จนครบ 7 วัน

ศึกษาการงอกของสปอร์

เลี้ยงเชื้อรา *F. solani* จำนวน 4 ไอโซเลท ได้แก่ TRA006, TRA020, CHA032 และ CHA040 บนอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA บ่ม ภายใต้แสง near UV สลับมืด 12 ชั่วโมง อุณหภูมิ 25°C เป็นระยะเวลา 7 วัน นำสปอร์ของเชื้อรา มาทำสปอร์แขวนลอย (spore suspension) ความเข้มข้น 10^5 สปอร์/มิลลิลิตร ใช้ไมโครปิเปตดูด spore suspension ปริมาตร 50 ไมโครลิตร หยดบนอาหาร water agar (WA) จากนั้นใช้แท่งแก้วเกลี่ยสปอร์ให้ทั่วผิวหน้าอาหาร นำไปบ่มภายใต้แสง near UV 12 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 25°C เป็นระยะเวลา 6 ชั่วโมง บันทึกผลข้อมูลการงอกของสปอร์เชื้อรา โดยนับจำนวนสปอร์ที่งอกและสปอร์ทั้งหมดของเชื้อรา ภายใต้กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง stereo microscope คำนวณหาเปอร์เซ็นต์การงอกของสปอร์เชื้อรา จากสูตร

$$\text{เปอร์เซ็นต์การงอกของสปอร์เชื้อรา} = \frac{\text{จำนวนสปอร์เชื้อราที่งอก} \times 100}{\text{จำนวนสปอร์เชื้อราทั้งหมด}}$$

ทดสอบความสามารถในการทำให้เกิดโรค

นำเชื้อรา *F. solani* แต่ละ ไอโซเลท มาทำ spore suspension ความเข้มข้น 10^6 สปอร์/มิลลิลิตร ฉีดพ่นลงบนต้นกล้าทุเรียน หมอนทอง อายุ 6 เดือน โดยใช้เครื่อง air brush ปลุกเชื้อแบบไม่ทำลาย และทำลายโดยใช้เข็มเจาะลึก 5 มิลลิเมตร นำไปบ่มในตู้บ่มเชื้อที่มีความชื้นสัมพัทธ์ 80 - 90% อุณหภูมิ 27 - 30°C นาน 24 ชั่วโมง จากนั้นนำมาวางในสภาพโรงเรือนปกติ บันทึกข้อมูลลักษณะอาการ และพัฒนาการของโรค

ทดสอบประสิทธิภาพของสารเคมีในการควบคุมการเจริญของเส้นใยเชื้อรา *Fusarium solani*

ทดสอบสารเคมีกำจัดเชื้อราจำนวน 4 ชนิด ได้แก่ carbendazim, copper hydroxide, hymexazol และ pyraclostrobin ในการยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อราด้วยวิธี poisoned food โดยผสมสารเคมีลงในอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA ความเข้มข้นสุดท้ายเป็น 62.5, 125, 250, 500, 750, 1,000, 1,250 และ 1,500 ppm จากนั้นใช้ cork borer ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 มิลลิเมตร เจาะบริเวณขอบโคโลนีของเชื้อรา นำไปวางที่จุดกึ่งกลางของจานเลี้ยงเชื้อ โดยให้ผิวหน้าที่มีเส้นใยสัมผัสกับอาหาร บ่มภายใต้แสง near UV สลับมืด 12 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 25°C บันทึกข้อมูลโดยคำนวณเปอร์เซ็นต์ยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อรา อายุ 7 วัน โดยใช้สูตร

$$\text{เปอร์เซ็นต์ยับยั้งการเจริญของเส้นใย} = \frac{\text{การทดลองควบคุม} - \text{การทดลอง}}{\text{การทดลองควบคุม}} \times 100$$

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วางแผนการทดลองแบบ completely randomized design (CRD) สิ่งทดลอง คือ เชื้อรา *F. solani* จำนวน 4 ไอโซเลท มีจำนวน 5 ซ้ำ วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วยโปรแกรม R version 3.6.1 เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย ด้วยวิธีของ Least Significant Difference ที่ระดับความเชื่อมั่น $P < 0.05$

ผลการศึกษาและวิจารณ์

ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเชื้อรา *Fusarium solani*

จากการศึกษาเชื้อรา *F. solani* จำนวน 4 ไอโซเลต บนอาหาร PDA พบว่าโคโลนีของเชื้อรา ที่บ่มได้แสง near UV สลับมืด 12 ชั่วโมง อุณหภูมิ 25°C นาน 7 วัน มีลักษณะใกล้เคียงกันคือ มีเส้นใยฟูจากผิวหน้าอาหาร เจริญค่อนข้างเร็วบนอาหาร PDA แต่สีของเส้นใยของเชื้อราแต่ละไอโซเลตแตกต่างกันเล็กน้อย โดยที่ TRA006 มีเส้นใยสีม่วงถึงม่วงเข้ม ขอบโคโลนีเป็นสีขาวเรียบ (Figure 1A)

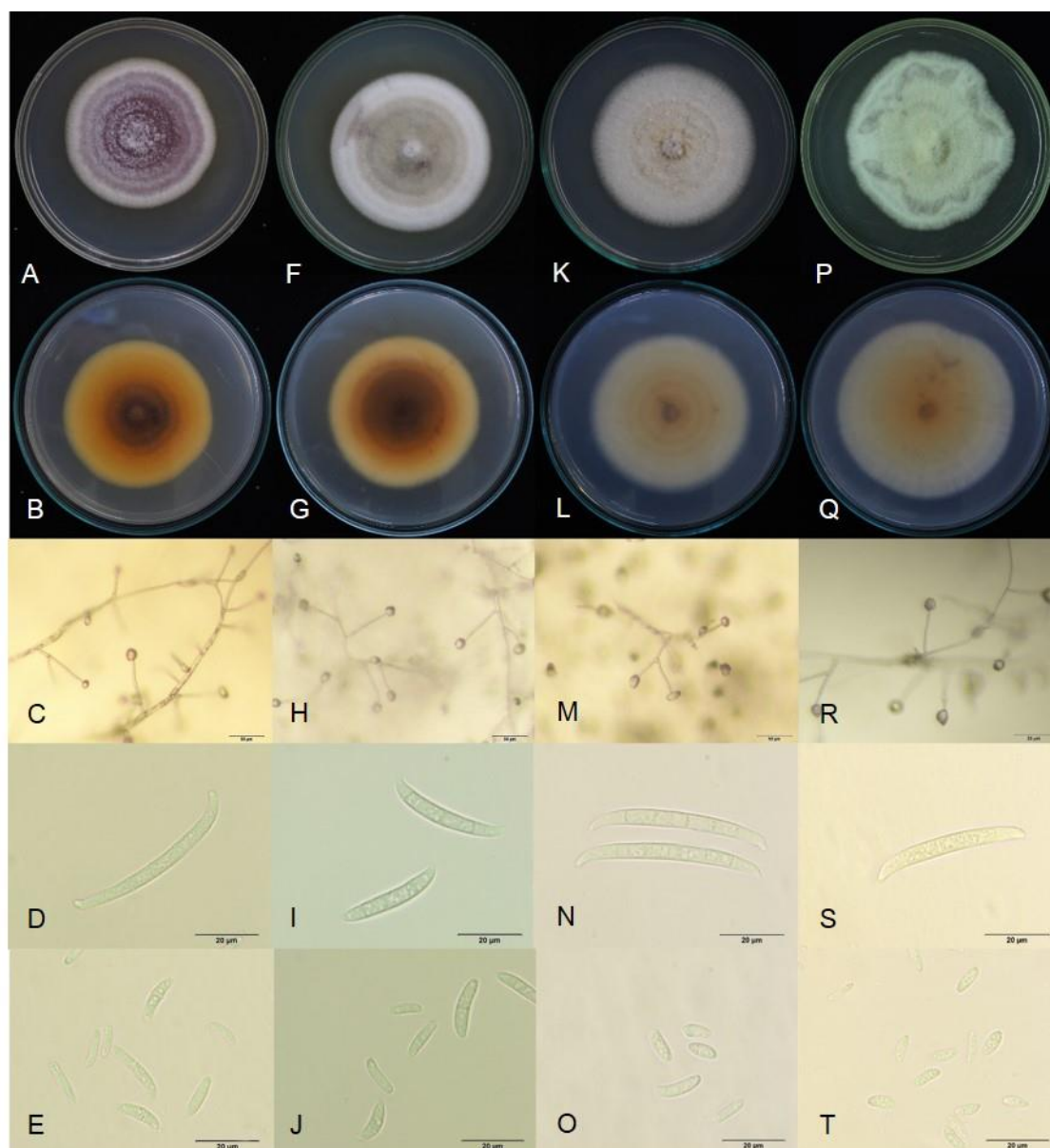


Figure 1 Four isolates of *Fusarium solani* on PDA at 7d incubation period (A-E) TRA006, (F-J) TRA020, (K-O) CHA032, (P-T) CHA040, (A,F,K,P) colony type, (B, G, L, Q) reversed colony, (C,H,M,R) false head (scale bar=50 μ m), (D,I,N,S) macroconidia (scale bar=20 μ m) and (E,J,O,T) microconidia (scale bar=20 μ m)

ส่วน TRA020 มีเส้นใยสีขาวถึงขาวขุ่นขอบเรียบ (Figure 1F) สำหรับ CHA032 มีสีขาวถึงครีม (Figure 1K) คล้ายกับ CHA040 (Figure 1P) แต่เส้นใยฟูจากผิวอาหารมากกว่าจากการสังเกตด้านล่างโคโลนี (reversed colony) ของทั้ง 4 ไอโซเลต พบการสร้างเม็ดสี (pigment) สีม่วง เมื่อเชื้อรามีอายุมากขึ้นเม็ดสีเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลเข้ม (Figure 1B, 1G) ซึ่งตรงกับการบรรยายลักษณะโคโลนีของ

เชื้อรา *F. solani* ของ Leslie and Summerell (2006) เมื่อศึกษาส่วนขยายพันธุ์ของเชื้อราภายใต้กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงที่กำลังขยาย 400x พบว่าเชื้อราทั้ง 4 ไอโซเลต มีการสร้างสปอร์ ทั้ง 2 รูปแบบ ได้แก่ macroconidia และ microconidia มีรูปร่างคล้ายกันทั้ง 4 ไอโซเลต โดยมีความแตกต่างกันบ้างที่ขนาดของสปอร์เพียงเล็กน้อย กล่าวคือในส่วนของ macroconidia มีผนังหนา มีรูปร่าง fusiform บริเวณ apical cell มีลักษณะทู่ (blunt) และมน (rounded) ส่วน basal cell มีลักษณะคล้ายเท้า (foot shape) ชัดเจน พบสปอร์ มี 3 - 5 เซลล์ ขนาดสปอร์ประมาณ 2.50 - 3.75 x 3.75 - 7.50 ไมโครเมตร (Figure 1D, 1I, 1N, 1S) ส่วน microconidia มีผนังหนา พบรูปร่างตั้งแต่ oval ถึง ellipsoid, obovoid และ reniform มี 1-2 เซลล์ ขนาดสปอร์ประมาณ 2.50 - 5.00 x 12.50 - 20.00 ไมโครเมตร (Figure 1E, 1J, 1O, 1T) อยู่บนก้านชูสปอร์ แบบ false head (Figure 1C, 1H, 1M, 1R) สำหรับเซลล์ที่ทำให้กำเนิดสปอร์ (conidiogenous cell) เป็นแบบ monophialide ซึ่งตรงกับเกณฑ์การจำแนกเชื้อรา *F. solani* ของ Nelson et al. (1983) และ Leslie and Summerell (2006)

การศึกษาปัจจัยทางสรีรวิทยาต่อการเจริญของเส้นใยเชื้อรา

เชื้อราทุกไอโซเลตมีการเจริญของเส้นใยได้ดีที่อุณหภูมิ 25 - 30°C โดยที่อุณหภูมิ 25°C พบการเจริญของเชื้อรา CHA032, TRA020, TRA006 และ CHA040 มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางการเจริญของเส้นใย 6.95, 6.70, 6.20 และ 5.28 เซนติเมตร ตามลำดับ ส่วนที่อุณหภูมิ 30°C วัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางการเจริญของเส้นใยได้เท่ากับ 5.92, 6.70, 6.73 และ 4.97 เซนติเมตร ตามลำดับ อย่างไรก็ตามที่อุณหภูมิ 30°C ไอโซเลต TRA006 เจริญได้ดี ส่วน CHA032 และ CHA040 นั้นการเจริญลดลง ส่วน TRA020 นั้น พบการเจริญเท่ากับการบ่มที่อุณหภูมิ 25°C (Table 1) ซึ่งภาคตะวันออกและภาคใต้ของประเทศไทยนั้นเป็นภูมิภาคที่มีอากาศร้อนชื้น ในช่วงเดือนตุลาคม 2562-ตุลาคม 2563 จากข้อมูลในรายฉบับสมบูรณ์ของ รัตยา และคณะ (ข้อมูลส่วนตัว) พบว่าจังหวัดจันทบุรี ตราด และชุมพร มีอุณหภูมิเฉลี่ย 25.34-28.60, 24.67-29.56 และ 24.82-30.75°C ตามลำดับ ซึ่งในช่วงเวลาดังกล่าวพบว่าเชื้อรา *F. solani* สาเหตุโรคกิ่งแห้ง ระบาดในแปลงทุเรียนค่อนข้างรุนแรง สอดคล้องกับงานทดลองนี้ที่พบว่าอุณหภูมิที่ 25°C นั้นเชื้อราสร้างเส้นใยได้ดี ซึ่งเส้นใยสามารถสร้างโครงสร้างที่สามารถขยายพันธุ์ต่อไปได้ เช่น สปอร์

Table 1 Effect of temperatures on mycelial growth of *F. solani* 4 isolates after 7 days of inoculation period on PDA

Temperature (°C)	Diameter of colony (cm) ^{1/}			
	TRA006	TRA020	CHA032	CHA040
15	1.82 ± 0.06d	1.63 ± 0.02c	1.72 ± 0.02d	1.72 ± 0.02c
20	3.67 ± 0.09c	3.73 ± 0.35b	3.33 ± 0.02c	3.57 ± 0.07b
25	6.20 ± 0.03b	6.70 ± 0.06a	6.95 ± 0.05a	5.28 ± 0.09a
30	6.73 ± 0.11a	6.70 ± 0.10a	5.92 ± 0.36b	4.97 ± 0.24a
CV	2.92	6.82	11.89	5.43
LSD	0.25	0.60	1.00	0.43
P-value	*	*	*	*

^{1/} Data are expressed as mean ± SE and the different letters in the same column are significantly different, ($P < 0.05$)

สำหรับการศึกษาลักษณะของแสงต่อการเจริญของเชื้อราในสภาพที่แตกต่างกัน พบว่าเชื้อรา 3 ไอโซเลต ได้แก่ TRA006, TRA020 และ CHA040 เจริญได้ดีในสภาพมืด 24 ชั่วโมง มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นใย เท่ากับ 7.37, 7.18 และ 7.30 เซนติเมตร ตามลำดับ (Table 2) สอดคล้องกับรายงานของ Fayzalla et al. (2008) ซึ่งทดสอบผลของแสงต่อการเจริญของเชื้อรา *F. solani* พบว่าเชื้อราเจริญได้ดีในที่มืด 24 ชั่วโมง ส่วนไอโซเลต CHA032 มีการเจริญได้ดีทั้งในภายใต้แสง near UV 24 ชั่วโมง ภายใต้แสง near

UV สลับมืด 12 ชั่วโมง และสภาพมืดตลอด 24 ชั่วโมง โดยไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นใย เท่ากับ 7.38, 7.32 และ 6.63 เซนติเมตร ตามลำดับ (LSD = 1.16) (Table 2) ซึ่งแตกต่างจากรายงานของ Singh et al. (2017) และ Kausar et al. (2009) พบว่าเชื้อรา *F. solani* นั้นเจริญได้ดีที่ภายใต้แสง near UV 24 ชั่วโมง รองมาคือสภาพมืดตลอด 24 ชั่วโมง และภายใต้แสง near UV สลับมืด 12 ชั่วโมง ตามลำดับ อย่างไรก็ตามที่เชื้อรา *F. solani* สามารถเจริญได้ดีในทุกสภาพแสง อาจเป็นผลมาจากเชื้อรานี้มีความผันแปรกับปัจจัยทางค่อนข้างสูง สามารถปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมได้ง่าย (Lester et al., 1988)

Table 2 Effect of light on mycelial growth of *F. solani* 4 isolates on PDA after 7 days of inoculation period

Factor	Diameter of colony (cm) ^{1/}			
	TRA006	TRA020	CHA032	CHA040
light 24 hr.	5.88 ± 0.12c	5.99 ± 0.16c	7.38 ± 0.07a	6.25 ± 0.22b
light/dark 12 hr.	6.55 ± 0.08b	6.72 ± 0.02b	7.32 ± 0.28a	6.40 ± 0.25b
Dark 24 hr.	7.37 ± 0.07a	7.18 ± 0.13a	6.63 ± 0.51a	7.30 ± 0.20a
CV	2.42	3.11	8.20	5.86
LSD	0.03	0.41	1.16	0.78
P-value	*	*	ns	*

^{1/} Data are expressed as mean ± SE and the different letters in the same column are significantly different, ($P < 0.05$)

ส่วนผลของความเป็นกรด-ด่าง(pH) ต่อการเจริญของเชื้อรา *F. solani* นั้น พบว่าเชื้อราส่วนใหญ่เจริญได้ดีที่ pH 6-7 โดยที่ pH 6 เชื้อราไอโซเลท TRA006, TRA020, CHA032 และ CHA040 มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางโคโลนี 6.60, 6.62, 6.02 และ 5.95 ซม. ส่วนที่ pH 7 มีขนาดเท่ากับ 6.67, 6.70, 5.88 และ 5.32 ซม. ตามลำดับ หากเปรียบเทียบกันในระหว่างอาหารที่มีค่า pH 6 และ pH 7 พบว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติ หรืออาจแตกต่างกันเล็กน้อยในไอโซเลท CHA040 เท่านั้น (Table 3) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Singh et al. (2017) รายงานว่าเชื้อรา *F. solani* เจริญได้ดีที่ pH 6 ส่วน Nath et al. (2017) พบว่าเชื้อรา *Fusarium oxysporum* f. sp. *ciceri* สาเหตุโรคเหี่ยวในถั่วลูกไก่ เจริญได้ดีที่สุดบนอาหารที่มีค่า pH 6 ซึ่งบนอาหาร PDA ที่มีค่า pH 6-pH 7 เชื้อราโดยส่วนใหญ่แล้วนั้นเจริญได้ดีอยู่แล้ว

Table 3 Effect of pH on mycelial growth of *F. solani* 4 isolates after 7 days of incubation period on PDA

pH	Diameter of colony (cm) ^{1/}			
	TRA006	TRA020	CHA032	CHA040
5	3.25 ± 0.05c	3.30 ± 0.10c	4.08 ± 0.04d	3.52 ± 0.49c
6	6.60 ± 0.08a	6.62 ± 0.03a	6.02 ± 0.07a	5.95 ± 0.05a
7	6.67 ± 0.12a	6.70 ± 0.06a	5.88 ± 0.04a	5.32 ± 0.70ab
8	4.60 ± 0.10b	4.13 ± 0.15b	5.63 ± 0.06b	4.60 ± 0.16bc
9	3.50 ± 0.18c	3.12 ± 0.09c	5.40 ± 0.08c	3.93 ± 0.06c
CV	4.05	3.14	1.96	14.40
LSD	0.36	0.30	0.19	1.22
P-value	*	*	*	*

^{1/} Data are expressed as mean ± SE and the different letters in the same column are significantly different, ($P < 0.05$)

อย่างไรก็ตามมีรายงานของ Ramteke and Kamble (2011) และ Naik et al. (2010) พบว่า pH ที่เหมาะสมต่อเชื้อรา *F. solani* และ *Fusarium oxysporum* f. sp. *vanillae* เท่ากับ pH 4.5 และ 5 ตามลำดับ ซึ่งงานวิจัยของ Panwar et al. (2016) พบว่า *F. solani* สามารถเจริญและดำรงชีพได้บน substrate ที่มีค่าความเป็นกรดต่างที่ค่อนข้างกว้าง และสามารถอยู่รอดในดินได้ แม้ว่าจะมีการปลูกพืชหมุนเวียนก็ยังคงพบเชื้อรา *F. solani* ระบาดในพื้นที่นั้นได้เสมอ ตลอดจนเชื้อรานี้มีการปรับตัวในสภาพธรรมชาติเพื่อการอยู่รอดได้ค่อนข้างดี

ศึกษาการงอกของสปอร์

พบการงอกของสปอร์เชื้อราในแต่ละไอโซเลท มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยไอโซเลทที่มีการงอกของสปอร์ที่ดีที่สุด 2 ไอโซเลท คือ CHA032 และ CHA040 เท่ากับ 94.23 และ 92.61% ตามลำดับ รองลงมาได้แก่ TRA006 และ TRA020 มีการงอกของสปอร์ เท่ากับ 77.53 และ 53.50% ตามลำดับ (LSD = 6.99) (Table 4) ปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการงอกของสปอร์เชื้อราสกุลนี้ได้แก่ แสงสว่าง 12 ชั่วโมง สลับมืด 12 ชั่วโมง (Leach, 1962) ความชื้น (Indira & Venkateshwaran, 2004; Tonapi et al., 2007) และอุณหภูมิ 25 - 30°C (Ahamad et al. 2002) ซึ่งปัจจัยเหล่านี้เป็นสภาพแวดล้อมที่เกิดขึ้นในประเทศไทยอยู่แล้ว ดังนั้นจึงเป็นการเอื้อต่อการเจริญของเชื้อรา *F. solani* ส่งผลให้เมื่อสปอร์ของเชื้อรา *F. solani* ปลิวไปด้วยลม หรือถูกชะล้างด้วยน้ำฝนในสภาพธรรมชาติ เมื่อตกลงบนกิ่งทุเรียนก็จะสามารถงอกสปอร์และเข้าทำลายกิ่งทุเรียนได้ต่อไป

Table 4 Spore germination of *Fusarium solani* 4 isolates on WA incubated under near UV light for 12 hr at 25°C for 6 hr of incubation period

Isolates	Spore germination (%) ^{1/}
CHA032	94.23 ± 1.14a
CHA040	92.61 ± 1.19a
TRA006	77.53 ± 1.06b
TRA020	53.50 ± 4.24c
CV (%)	6.57
LSD	6.99
P-value	*

^{1/} Data are expressed as mean ± SE and the different letters in the same column are significantly different, ($P < 0.05$)

ทดสอบความสามารถในการทำให้เกิดโรคบนต้นกล้าทุเรียน

จากการนำ เชื้อรา *F. solani* ทั้ง 4 ไอโซเลท มาทดสอบความสามารถในการทำให้เกิดโรคแบบทำแผล และไม่ทำแผลบนกิ่งของต้นกล้าทุเรียนพันธุ์หมอนทอง อายุ 6 เดือน ที่บ่มในโรงเรือน พบว่าต้นกล้าที่ปลูกเชื้อโดยการทำแผล (Figure 2) หลังการปลูกเชื้อ 14 วัน พบอาการแผลมีสีน้ำตาลเข้ม ถึงน้ำตาลปนแดงบริเวณผิวกิ่งด้านนอก ใบเริ่มเปลี่ยนเป็นสีเหลือง หลังการปลูกเชื้อผ่านไป 4 สัปดาห์ พบอาการชัดเจนขึ้น บริเวณผิวด้านนอกของกิ่งเริ่มแห้ง ผิวกิ่งไม่เรียบ มีสีน้ำตาลอ่อน เมื่อผ่าดูด้านในของกิ่ง พบเนื้อไม้มีลักษณะแห้ง สีน้ำตาลอ่อนถึงน้ำตาลเข้ม หลังการปลูกเชื้อ 8 สัปดาห์ พบใบทุเรียนเหลืองซีดจากปลายใบ ต่อมาใบม้วนงอและเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล ต่อมาหลุดร่วงไป ต้นกล้าทุเรียนมีลักษณะทรุดโทรมและแห้งตายในที่สุด ซึ่งการปลูกเชื้อแบบทำแผลจะพบอาการโรคได้เร็วและรุนแรงกว่าการปลูกเชื้อแบบไม่ทำแผล ซึ่งอาการพัฒนาเห็นได้ชัดเจนหลังการปลูกเชื้อ 14 วัน สอดคล้องกับรายงานของรัตติยา และคณะ (2563) ซึ่งได้ศึกษาเชื้อราสาเหตุโรคกิ่งแห้งของทุเรียนในพื้นที่ชุมพร จันทบุรี และตราด พบว่าเชื้อรา *F. solani* ก่อให้เกิดโรคกิ่งแห้งในทุเรียนได้ โดยแสดงอาการแผลมีสีน้ำตาลเข้ม ถึงน้ำตาลแดง ขอบแผลไม่แน่นอน ใบเริ่มเหลืองหลุดร่วง และกิ่งแห้ง และยังมีรายงานของ Hoa et al. (2013) พบว่าเชื้อรา *F. solani* สามารถก่อโรคกับทุเรียนสายพันธุ์ Kho qua xanh ในเขตพื้นที่ทางตอนใต้ของประเทศ

เวียดนามได้ โดยทำให้ทุเรียนแสดงอาการแผลแห้งสีน้ำตาลถึงดำ นอกจากนี้ยังพบรายงานที่เกี่ยวข้องกับเชื้อรา *F. solani* ที่ก่อให้เกิดโรคกิ่งแห้ง (dieback) กับพืชอื่นอีกหลายชนิด เช่น ทองหลวงลาย (*Erythrina variegata*) มะม่วง (*Mangifera indica*) ประดู่ลาย (*Dalbergia sissoo* Roxb.) โกโก้ (*Theobroma cacao*) เมเปิล (*Acer negundo*) และมะกอก (*Olea europaea*) เป็นต้น (Khanzada et al., 2004; Demirci and Maden, 2006; Rajput et al., 2008; Rosmana et al., 2014; Kuroda et al., 2017; Trabelsi et al., 2017) ได้เช่นกัน

เมื่อนำกิ่งทุเรียนที่แสดงอาการกิ่งแห้งมาแยกเชื้อกลับตามหลักการพิสูจน์โรคของ Koch (Koch's postulation) ด้วยเทคนิค tissue transplanting บนอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA บ่มได้แสง near UV สลับมืด 12 ชั่วโมง อุณหภูมิ 25°C เป็นระยะเวลา 7 วัน พบว่าสามารถแยกได้เชื้อรา *Fusarium* ที่มีลักษณะโคโลนีเหมือนกันกับโคโลนีตั้งต้นของเชื้อรา *F. solani* ทั้ง 4 ไอโซเลท เมื่อนำไปตรวจสอบภายใต้กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง เพื่อตรวจสอบลักษณะทางสัณฐานวิทยา สามารถยืนยันได้ว่าเชื้อที่แยกกลับมาได้นั้นคือ เชื้อรา *F. solani*



Figure 2 Die back symptoms on 6 months old durian seedlings occurred at day14 after inoculation by *Fusarium solani* 4 isolates using wounded inoculation with mycelial disc and incubated in the greenhouse (A) control, (B) TRA006, (C) TRA020, (D) CHA032 and (E) CHA040

การศึกษาประสิทธิภาพของสารเคมีในการควบคุมเชื้อรา *Fusarium solani*

จากการทดสอบประสิทธิภาพของสารเคมีป้องกันกำจัดเชื้อราจำนวน 4 ชนิด ได้แก่ carbendazim, copper hydroxide, metalaxyl และ pyraclostrobin ที่ระดับความเข้มข้น 62.5, 125, 250, 500, 750, 1,000, 1,250 และ 1,500 ppm ในการยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อรา *F. solani* พบว่าสารเคมีที่มีประสิทธิภาพดีที่สุดได้แก่ carbendazim รองลงมาได้แก่ pyraclostrobin, hymexazole และ copper hydroxide ตามลำดับ หากเปรียบเทียบประสิทธิภาพของสารเคมีในการยับยั้งเส้นใยเชื้อราที่ระดับ 60% ขึ้นไป พบว่าสารเคมี carbendazim มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อรา ทั้ง 4 ไอโซเลท ตั้งแต่ความเข้มข้น 62.5 ppm ขึ้นไป โดยที่ความเข้มข้นต่ำสุดที่ทดสอบ พบว่ามีค่าการยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อราไอโซเลท TRA006, TRA020, CHA032 และ CHA040 เท่ากับ 72.97, 74.22, 69.00 และ 79.33% ส่วนความเข้มข้นแนะนำ 500 ppm มีค่าการยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อราได้ดีกว่า เท่ากับ 79.47, 78.01, 78.33 และ 84.00% ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 5) ประสิทธิภาพของสารเคมีเป็นไปในทิศทางเดียวกันเมื่อความเข้มข้นของสารเคมีสูงขึ้น อย่างไรก็ตามในไอโซเลท CHA040 นั้น พบว่าที่ความเข้มข้นตั้งแต่ 125 ppm เป็นต้นไป พบการยับยั้งการเจริญของเส้นใย เท่ากับ 84% โดยยังคงพบการเจริญของเส้นใยบน mycelial disc ได้เล็กน้อย งานวิจัยของ Singh et al. (2000), Naik et al. (2007) และ Palani et al. (2015) ศึกษาผลของสารเคมีต่อการยับยั้งเจริญของเชื้อรา *F. solani* พบว่าสารเคมีที่อัตราแนะนำ 500 ppm ขึ้นไป มีประสิทธิภาพในการยับยั้งสูงที่สุด สามารถควบคุมได้ถึง 90.58% สารเคมี carbendazim นั้น จัดอยู่ในกลุ่ม benzimidazole มีกลไกการออกฤทธิ์บริเวณ β - tubulin เป็นหลัก และจะไปรบกวนการทำงานของ microtubule dynamic การขนส่งของสารภายในเซลล์ และยับยั้งการแบ่งตัวของนิวเคลียส ทำให้เชื้อราไม่สามารถเจริญได้ (Hammerschlag and Sisler, 1973; Thelingwani et al., 2009)

สารเคมีที่มีประสิทธิภาพรองลงมาได้แก่ pyraclostrobin ที่ความเข้มข้นที่แนะนำ 125 ppm พบการควบคุมน้อยกว่า 60% ส่วนความเข้มข้น 250 ppm มีประสิทธิภาพในการควบคุมการเจริญของเส้นใยเชื้อราไอโซเลท CHA040 เพียงไอโซเลทเดียว โดยมีค่าการยับยั้งเท่ากับ 62.00% อย่างไรก็ตามที่ความเข้มข้น 500 ppm พบว่าสามารถควบคุมเชื้อราทั้ง 4 ไอโซเลท ได้ โดยมีค่าการยับยั้งการเจริญของเส้นใย เท่ากับ 68.64, 70.07, 69.67 และ 73% ตามลำดับ หากเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการยับยั้งเส้นใยของสารเคมีกับความเข้มข้นที่ใช้ควบคุมเชื้อราไอโซเลทเดียวกัน พบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 5) งานวิจัยของ Chen et al. (2012) ใช้สารเคมีนี้ ที่ความเข้มข้น 150 และ 225 ppm สามารถควบคุมเชื้อรา *F. asiaticum* สาเหตุโรค Fusarium head blight ในข้าวสาลี ได้ 71.10 และ 80.40% ตามลำดับ ส่วนยุทธศักดิ์ และคณะ (2556) พบประสิทธิภาพของสารเคมีนี้ในการควบคุมเชื้อรากลุ่ม asexual Ascomycetes สกุลอื่น คือ เชื้อรา *Septoria chrysanthemella* สาเหตุโรคใบจุดของเบญจมาศ พบว่าที่ความเข้มข้นตามอัตราแนะนำ 125 ppm สามารถควบคุมโรคได้ 95.99%

ส่วน hymexazol นั้น ซึ่งมีอัตราแนะนำ 540 ppm นั้น พบว่าที่ความเข้มข้น 500 ppm นั้น มีประสิทธิภาพในการควบคุมเชื้อราไอโซเลท CHA040 ได้เพียงไอโซเลทเดียว โดยมีค่าการยับยั้งการเจริญของเส้นใยเท่ากับ 61.33%. ในขณะที่ความเข้มข้น 1,000 ppm พบการยับยั้งการเจริญของเส้นใย เท่ากับ 68.73, 68.14, 62.33 และ 79.33% ตามลำดับ ความเข้มข้นที่สูงขึ้นทำให้การยับยั้งเส้นใยเชื้อรา *F. solani* มีประสิทธิภาพสูงขึ้น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 5) มีรายงานของวรารักษ์ และคณะ (2560) และ Fakhre et al. (2006) พบว่าสารเคมี นี้มีประสิทธิภาพในการควบคุมเชื้อรา *F. oxysporum* สาเหตุโรคเหี่ยวเฉาของมะเขือเทศ และ *Fusarium oxysporum* f. sp. *tuberosi* สาเหตุโรคเหี่ยวของมันฝรั่ง ที่ความเข้มข้น 540 ppm โดยมีค่าการยับยั้งการเจริญของเส้นใย เท่ากับ 97.67 และ 77.00% ตามลำดับ

สำหรับสารเคมี copper hydroxide นั้น (อัตราแนะนำ 1,540 ppm) ที่ความเข้มข้น 1,500 ppm สามารถควบคุมเชื้อราไอโซเลท TRA006 และ TRA020 ได้ โดยมีค่าการยับยั้งการเจริญของเส้นใย เท่ากับ 69.70 และ 72.33% ตามลำดับ ในขณะที่ CHA032 มีค่าการยับยั้งการเจริญของเส้นใยเท่ากับ 42.00% แต่ไม่สามารถควบคุมเชื้อราไอโซเลท CHA040 ได้ ซึ่งค่าการยับยั้งการเจริญของเส้นใย เท่ากับ 0.00% (Table 5) มีรายงานประสิทธิภาพของสารนี้ในการควบคุมเชื้อรา *F. solani* สาเหตุโรค dieback ของต้นชา ต้องใช้ความเข้มข้นสูงถึง 3,000 ppm จึงควบคุมเส้นใยได้ 80.10% (Kishor et al., 2015) และที่ความเข้มข้น 2,000 ppm สามารถควบคุมเส้นใยเชื้อรา *F. oxysporum* สาเหตุโรคเหี่ยวของแคนตาลูป ได้ 100% (วิพรพรรณ และ วรภูมิ, 2559)

ดังนั้นการเลือกชนิดของสารเคมีป้องกันกำจัดเชื้อรา และอัตราการใช้ที่ถูกต้องเหมาะสม จึงจะสามารถควบคุมเชื้อรา *F. solani* สาเหตุโรกกิ่งแห้งของทุเรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

Table 5 Efficiency of 4 fungicides to inhibit *Fusarium solani* 4 Isolates on PDA using poisoned food technique at day 7 after incubation period

fungicides	conc.	Percent inhibition (%) ^{1/}			
		TRA006	TRA020	CHA032	CHA040
carbendazim	62.5	72.97 ± 4.44bc	74.22 ± 1.17b-e	69.00 ± 2.08c-f	79.33 ± 2.91b-d
	125	76.81 ± 4.44a-c	78.78 ± 0.48ab	73.67 ± 0.33b-e	84.00 ± 0.00a
	250	76.02 ± 4.44a-c	76.89 ± 0.19a-d	77.00 ± 0.58a-d	84.00 ± 0.00a
	500	79.47 ± 4.44ab	78.01 ± 0.65a-c	78.33 ± 0.67a-c	84.00 ± 0.00a
	750	79.50 ± 4.44ab	80.67 ± 0.25a	77.67 ± 0.67a-c	84.00 ± 0.00a
	1,000	79.50 ± 2.16ab	80.67 ± 0.25a	84.00 ± 0.00a	84.00 ± 0.00a
	1,250	81.41 ± 4.10a	81.81 ± 0.24a	80.33 ± 0.33ab	84.00 ± 0.00a
	1,500	81.41 ± 2.73a	81.81 ± 0.24a	84.00 ± 0.00a	84.00 ± 0.00a
copper hydroxide	62.5	0.00 ± 3.86m	0.00 ± 1.49n	0.00 ± 0.00m	0.00 ± 0.00m
	125	0.00 ± 4.16m	0.00 ± 1.49n	0.00 ± 0.00m	0.00 ± 0.00m
	250	0.00 ± 2.51m	0.00 ± 1.49n	0.00 ± 0.00m	0.00 ± 0.00m
	500	0.00 ± 3.20m	0.00 ± 1.49n	0.00 ± 0.00m	0.00 ± 0.00m
	750	0.00 ± 4.45m	0.00 ± 1.49n	0.00 ± 0.00m	0.00 ± 0.00m
	1,000	32.79 ± 4.68i	17.33 ± 3.60k	24.67 ± 0.88jk	0.00 ± 0.00m
	1,250	61.60 ± 1.19de	62.53 ± 1.27h	42.33 ± 1.76i	0.00 ± 0.00m
	1,500	69.70 ± 2.41cd	72.33 ± 0.72d-f	42.00 ± 17.62i	0.00 ± 0.00m
hymexazol	62.5	0.00 ± 0.88l	0.32 ± 2.29m	9.67 ± 0.67l	29.67 ± 1.20l
	125	8.20 ± 0.38k	9.40 ± 3.10l	13.00 ± 1.00l	37.00 ± 1.15k
	250	18.75 ± 0.52j	19.69 ± 1.58k	16.00 ± 2.52kl	41.67 ± 2.60j
	500	36.36 ± 2.10hi	40.87 ± 1.80j	30.67 ± 0.33j	61.33 ± 0.33g
	750	44.08 ± 1.52gh	49.17 ± 2.72i	42.67 ± 2.40i	73.33 ± 1.45e
	1,000	68.73 ± 2.47cd	68.14 ± 1.73fg	62.33 ± 2.19fg	79.33 ± 0.67b-d
	1,250	69.33 ± 1.32cd	73.06 ± 1.81c-f	65.33 ± 1.86ef	82.00 ± 0.00ab
	1,500	76.02 ± 4.25a-c	73.82 ± 1.99b-e	71.00 ± 1.00b-f	82.33 ± 1.20ab
pyraclostrobin	62.5	48.89 ± 2.11fg	50.32 ± 2.09i	44.67 ± 0.67i	46.67 ± 0.88i
	125	51.63 ± 1.94fg	50.00 ± 0.00i	47.33 ± 0.88hi	53.67 ± 1.45h
	250	56.19 ± 0.89ef	53.76 ± 1.46i	55.33 ± 2.03gh	62.00 ± 1.15g
	500	68.64 ± 1.02cd	70.07 ± 0.54ef	69.67 ± 0.33c-f	73.00 ± 0.58e
	750	63.82 ± 0.80de	63.88 ± 5.78gh	67.67 ± 4.37d-f	69.00 ± 5.00f
	1,000	68.96 ± 0.80cd	70.45 ± 0.57ef	77.67 ± 0.88a-c	76.00 ± 2.08de
	1,250	72.45 ± 0.71bc	72.34 ± 0.52d-f	73.33 ± 0.33b-e	78.00 ± 0.58cd
	1,500	76.77 ± 0.71a-c	78.03 ± 0.19a-c	77.67 ± 1.20a-c	80.00 ± 1.15bc
LSD		8.22	5.18	9.60	3.79
CV		10.49	6.51	12.10	4.40
p-value		*	*	*	*

^{1/}Data are expressed as mean ± SE and the different letters in the same column are significantly different, ($P < 0.05$)

สรุป

การศึกษาค้นคว้าที่มีความเหมาะสมต่อการเจริญของเชื้อรา *F. solani* พบว่าสามารถเจริญได้ดีที่อุณหภูมิ 25 - 30°C สภาพแสงมีด 24 ชั่วโมง ยกเว้นไอโซเลท CHA032 เจริญได้ดีในทุกสภาพแสง และค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) 6 - 7 ซึ่งปัจจัยเหล่านี้เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืชเขตร้อนด้วยเช่นกัน จึงเป็นปัจจัยที่ช่วยส่งเสริมให้เชื้อรา *F. solani* เจริญได้ดีและทำให้เกิดการเข้าทำลายต้นกล้าทุเรียนและเกิดโรคกิ่งแห้งได้ โดยในการทดลองปลูกเชื้อลงต้นกล้าทุเรียน พบว่าเชื้อรา *F. solani* เข้าทำลายกิ่งได้ทั้งการปลูกเชื้อแบบทำแผลและไม่ทำแผล สำหรับการควบคุมด้วยสารเคมีป้องกันกำจัดเชื้อราที่มีประสิทธิภาพควบคุมในระดับมากกว่า 60% ขึ้นไปนั้น พบว่าสารเคมี carbendazim ควบคุมได้ในทุกความเข้มข้นตั้งแต่ 62.5 ppm รองลงมาได้แก่ pyraclostrobin และ hymexazole ที่ความเข้มข้น 500 และ 1,000 ppm ขึ้นไป สามารถควบคุมเชื้อรา *F. solani* ได้ทั้ง 4 ไอโซเลท สำหรับ copper hydroxide นั้น ที่ความเข้มข้น 1,500 ppm ควบคุมได้เพียง 2 ไอโซเลท คือ TRA006 และ TRA020 ซึ่งความเข้มข้นที่แนะนำคือ 1,540 ppm อย่างไรก็ตามการทดลองการควบคุมการเจริญของเส้นใยเชื้อรา *F. solani* ด้วยสารเคมีป้องกันกำจัดเชื้อรานี้ พบว่าประสิทธิภาพของสารเคมีนั้นขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ของเชื้อราสาเหตุโรคกิ่งแห้งซึ่งเก็บตัวอย่างมาจากพื้นที่ปลูกทุเรียนที่แตกต่างกันอีกด้วย

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สกสว.) และขอขอบคุณภาคีวิชาโรคพืช คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ที่อนุเคราะห์สถานที่ห้องปฏิบัติการวิทยาและอุปกรณ์ต่าง ๆ ในการทำงานวิจัย ขอขอบคุณศูนย์ไม้ผลเขตร้อน ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ที่ให้ความอนุเคราะห์โรงเรือนทดลอง รวมถึงผู้มีส่วนเกี่ยวข้องทุกท่านที่ทำให้การศึกษานี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

- ยุทธศักดิ์ เจียมไชยศรี, อภิรัชต์ สมฤทธิ์, และธารทิพย์ ภาสบุตร. 2556. การศึกษาประสิทธิภาพสารป้องกันกำจัดโรคพืชในการป้องกันกำจัดโรคใบจุดเบญจมาศ. กลุ่มวิจัยโรคพืช สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช, กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ.
- รติยา พงศ์พิสุธา, ชัยณรงค์ รัตนกริชากุล, สันธิติ บินคาเดอร์, กนกพร ฉัตรไชยศิริ, และพัชรี บุญเรืองรอด. 2563. การตรวจสอบเชื้อราสาเหตุของโรคกิ่งแห้งของทุเรียน. แก่นเกษตร. 48: 703-714.
- วราภรณ์ บุญเกิด, จิรนนท์ ไหมยมสูงเนิน, และนัฐธิภรณ์ เดชบุรัมย์. 2560. การควบคุมโรคเหี่ยวเหลืองของมะเขือเทศด้วยสารป้องกันกำจัดโรคพืชและจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ในสภาพเรือนทดลอง น. 258-265. ใน: การประชุมทางวิชาการ ครั้งที่ 55 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- วิพรพรรณ เนื่องเม็ก, และวรวุฒิ อ้ายดวง. 2559. การทดสอบประสิทธิภาพของสารป้องกันกำจัดเชื้อราในการควบคุม เชื้อรา *Fusarium oxysporum* สาเหตุโรคเหี่ยวของแคนตาลูป. พืชศาสตร์สงขลานครินทร์. 4: 51-55.
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2562. ทุเรียน. แหล่งข้อมูล : <http://www.oae.go.th/view/1/TH-TH>. ค้นเมื่อ 19 ตุลาคม 2562.
- แสวง ภูศิริ. 2530. เรืองทุเรียน. วิทยาลัยเกษตรกรรมตรัง, ตรัง.
- Ahamad, S., D.K. Agrawal, N. Udit, and S.S. Chauhan. 2002. Effect of temperature, pH, light and inoculation period on growth, sporulation, biomass and gibberellic acid production. Annals of Plant Protection Sciences. 10: 343-348.
- Chen, Y., A.F. Zhang, T.C. Gao, Y. Zhang, W.X. Wang, K.J. Ding, and M. Zhou. 2012. Integrated use of pyraclostrobin and epoxiconazole for the control of *Fusarium* head blight of wheat in Anhui Province of China. Plant Disease. 96: 1495-1500.

- Demirci, E., and S. Maden. 2006. A severe dieback of box elder (*Acer negundo*) caused by *Fusarium solani* (Mart.) Sacc. in Turkey. Australasian Plant Disease Notes. 1: 13-15.
- Fakher, A., D.R. Mejda, J.K. Hayfa, H. Khaled, and E.M. Mohamed. 2006. Evaluation of fungicides for control of *Fusarium* wilt of potato. The Plant Pathology Journal. 5: 239-243.
- Fayzalla, E.S., Y. Shabana, and N. Mahmoud. 2008. Effect of environmental conditions on wilting and root rot fungi pathogenic to solanaceous plants. The Plant Pathology Journal. 7: 27-33.
- Hammerschlag, R.S., and H.D. Sisler. 1973. Benomyl and methyl-2-benzimidazolecarbamate (MBC): Biochemical, cytological and chemical aspects of toxicity to *Ustilago maydis* and *Saccharomyces cerevesiae*. Pesticide Biochemistry and Physiology. 3: 42-54.
- Hoa, N.V., D.T.K. Uyen, N.T. Hieu, and N.M. Chau. 2013. A new finding pathogen on durian in south Vietnam and preliminary results on varieties screen against *Phytophthora* spp. Southern Horticultural Research Institute, Vietnam.
- Indira, S., and M. Venkateshwaran. 2004. Influence of weather parameters on spore production in major mold pathogens of sorghum in relation to mold severity in the field. International Journal of Plant Protection. 32: 75-79.
- Kausar, P., S. Chohan, and R.J.M. Parveen. 2009. Physiological studies on *Lasiodiplodia theobromae* and *Fusarium solani* the cause of Shesham decline. Mycopath. 7: 35-38.
- Khanzada, M., A. Lodhi, L. And, and S. Shahzad. 2004. Pathogenicity of *Lasiodiplodia theobromae* and *Fusarium solani* on mango. Pakistan Journal of Botany. 36: 181-189.
- Kishor, C.K., B. Azariah, B. Mitali, B. Priyanka, and D. Tanima. 2015. Biological and chemical control of *Fusarium solani* causing dieback disease of tea *Camellia sinensis* (L): An in vitro study. International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences. 4: 955-963.
- Kuroda, K., I. Chuma, T. Kihara, T. Murakami, K. Takashina, D. Hiraoka, and N. Kameyama. 2017. First report of *Fusarium solani* species complex as a causal agent of *Erythrina variegata* decline and death after gall formation by *Quadrastichus erythrinae* on Okinawa Island, Japan. Journal of General Plant Pathology. 83: 344-357.
- Leach, C.M. 1962. Sporulation of diverse species of fungi under near-ultraviolet radiation. Canadian Journal of Botany. 40: 151-161.
- Leslie, J.F., and B.A. Summerell. 2006. The *Fusarium* Laboratory Manual. Blackwell Publishing, Victoria, Australia.
- Lester, W.B., C.M. Liddell, and B.A. Summerell. 1988. Laboratory Manual for *Fusarium* Research Incorporating a Key and Descriptions of Common Species Found in Australia, 2nd ed. Australia: University of Sydney, Australia.
- Naik, G., R. Nagaraja, and R. KrishnaNaik. 2010. Variability studies of *Fusarium oxysporum* f. sp. *vanillae* isolates. International Journal of Security and Networks. 1: 12-16.
- Naik, M., H. Madhukar, and G. Rani. 2007. Evaluation of fungicides against *Fusarium solani*, the causal agent of wilt of chilli. Vegetable Science. 34: 173-176.
- Nanthachai, S. 1994. Durian: Fruit Development, Postharvest Physiology, Pandling and Marketing in ASEAN. ASEAN Food Handling Bureau, Kuala Lumpur, Malaysia.

- Nath, N., A. Ahmed, and F. M. Aminuzzaman. 2017. Morphological and physiological variation of *Fusarium oxysporum* f. sp. *ciceri* isolates causing wilt disease in chickpea. International Journal of Environment, Agriculture and Biotechnology. 2: 202-212.
- Nelson, P.E., T.A. Toussoun, and W.F.O. Marasas. 1983. *Fusarium* species: An Illustrated Manual for Identification. Pennsylvania State University Press, University Park, Pennsylvania.
- Nguyen, V.H., D.T.K. Uyen, N.T. Hieu, and N.M. Chau. 2012. *Phytophthora citricola*: New finding pathogen on durian in Vietnam, control models and preliminary results on varieties screen against *Phytophthora* spp. Available:http://www.itfnet.org/Download/Superfruit2013/Parallel_Session_3/HOA_New_durian_pathogen_in_Vietnam.pdf. Accessed Nov. 1, 2019.
- Palani, N., S. Vanitha, R. Jayaraman, P. Seethapathy, A. Kathaperumal, N. Krishnan, and K. Gandhi. 2015. Efficacy of bio-control agents and fungicides in management of mulberry wilt caused by *Fusarium solani*. Journal of Biological Control. 29: 107-114.
- Panwar, V., A. Aggarwal, S. Paul, V. Singh, P.K. Singh, D. Sharma, and M. S. Saharan. 2016. Effect of temperature and pH on the growth of *Fusarium* spp. causing *Fusarium* head blight (FHB) in wheat. South Asian Journal of Experimental Biology. 6: 186-193.
- Rajput, N. A, M.A. Pathan, M. Jiskani, and A.Q. Arain. 2008. Pathogenicity and host range of *Fusarium solani* (Mart.) Sacc., causing dieback of Shisham (*Dalbergia sissoo* Roxb.). Pakistan Journal of Botany. 40: 2631-2639.
- Ramteke, P., and S. Kamble. 2011. Physiological studies in *Fusarium solani* causing rhizome rot of ginger (*Zingiber officinale* Rosc.). The Bioscan. 6: 195-197.
- Rosmana, A., I.P. Papalangi, S. Kannapadang, M.D. Rahim, and A. Nasaruddin. 2014. Cultural and pathogenic characterization of *Fusarium* fungi isolated from dieback branches of cacao. International Journal of Current Research and Academic Review. 2: 1-6.
- Singh, N.B., R.K.T. Devi, and P.P. Devi. 2000. Effect of fungicides on growth and sporulation of *Fusarium solani*. Indian Phytopathology. 53: 327-328.
- Singh, S., U. Rani, U.S. Tiwana, D. Singh, and A. Sirari. 2017. Investigation of optimum conditions for the growth of *Fusarium solani* EGY1 causing root rot of guar (*Cyamopsis tetragonoloba* L.). Journal of Applied and Natural Science. 9: 2249-2254.
- Subhadrabandhu, S., and S. Ketsa. 2001. Durian King of Tropical Fruit. Daphne Brasell Associates. Throdon, Wellington, New Zealand.
- Thelingwani, R., S. Zvada, H. Dolgos, A.L. Ungell, and C. Masimirembwa. 2009. In vitro and in silico Identification and characterization of thiabendazole as a mechanism-based inhibitor of CYP1A2 and simulation of possible pharmacokinetic drug-drug Interactions. Drug metabolism and disposition: the biological fate of chemicals. 37: 1286-1294.
- Trabelsi, R., H. Sellami, Y. Gharbi, S. Krid, M. Cheffi, S. Kammoun, and M.A. Triki. 2017. Morphological and molecular characterization of *Fusarium* spp. associated with olive trees dieback in Tunisia. 3 Biotech. 3: 7-28.
- Tonapi, V., R. Mundada, S. Navi, R. Reddy, R. Thakur, R. Bandyopadhyay, and N. Seetharama. 2007. Effect of temperature and humidity regimes on grain mold sporulation and seed quality in sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). Archives of Phytopathology and Plant Protection. 40: 113-127.