

ประสิทธิภาพของสารป้องกันกำจัดราบางชนิดในการยับยั้งการงอก และการมีชีวิตของสปอร์ราแป้งสตรอว์เบอร์รี

Fungicides Efficacy on Inhibition of Spore Germination and Viability of Strawberry Powdery Mildew

รวีพล ต่ายคง¹ วิศิษฐ์ เจริญยิ่ง² ทิพย์ประภา พรหมเทพ³
มนัญชยา บุญตั่ว³ และ เกวาลิน คุณาศักดากุล^{3*}

Rawipon Taikhong¹, Wisit Jaroenueng², Tipprapa Promthep³,
Mananchaya Boontua³ and Kaewalin Kunasakdakul^{3*}

¹ งานบริหารงานวิจัยและวิเทศสัมพันธ์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จ. เชียงใหม่ 50200

¹ Section of Research Administration and International Relations, Faculty of Agriculture,
Chiang Mai University, Chiang Mai 50200, Thailand

² สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จ. เชียงใหม่ 50200

² Biotechnology Program, Graduate School, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200, Thailand

³ สาขาวิชาโรคพืช ภาควิชากีฏวิทยาและโรคพืช คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จ. เชียงใหม่ 50200

³ Division of Plant Pathology, Department of Entomology and Plant Pathology, Faculty of Agriculture,
Chiang Mai University, Chiang Mai 50200, Thailand

*Corresponding author: Email: kaewalin.k3@gmail.com

(Received: 8 August 2021; Accepted: 10 November 2021)

Abstract: This research aimed to study the efficacy of some fungicides for inhibition of powdery mildew fungi in strawberry plants. Twelve treatments were established using the highest recommended rate of contact fungicides; electrolyzed oxidized water (EOW), sulfur, aliphatic hydrocarbon, sodium bicarbonate, mancozeb, and systemic fungicides; azoxystrobin, difenoconazole + azoxystrobin, triforine, metalaxyl, penthiopyrad, and carbendazim. Sterile distilled water was set as a comparing control treatment. After incubating the fungus spore for 6, 12, 18 and 24 hours in each treatment, consistent results of spore germination and viability inhibitions over tested time were observed. The trials for 24 hours, we found that EOW, sulfur, aliphatic hydrocarbon, mancozeb, difenoconazole + azoxystrobin, triforine, metalaxyl, and penthiopyrad chemicals showed non-statistical significance of the high rate spore germinating inhibition at 99 - 100 %. However, FDA stained treatment for detecting spore viability under inverted fluorescent microscope, EOW, sulfur and aliphatic hydrocarbon treatments revealed non-statistical significance at very high rate to inhibit spore viability as consistent for the results of germinations trials. In case of mancozeb, rate of spore germinating inhibition was very high at 99.81 %, but low rate at 54.43 % of spore viability inhibition was determined. Although sodium bicarbonate and

metalaxyl showed high percentage of spore germinating inhibition at 78.35 and 86.01 % respectively, the ability for inhibiting spore viability was not sufficient. This results revealed that some fungicides effectively inhibited spore germination of powdery mildew fungus but could not successfully suppress the disease due to ability to inhibit spore viability was not sufficient.

Keywords: Strawberry, powdery mildew spore, fungicide

บทคัดย่อ: การศึกษาการยับยั้งการงอกและการมีชีวิตของสปอร์ราแป้งสตรอว์เบอร์รี มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินประสิทธิภาพของสารป้องกันกำจัดรา 2 กลุ่ม รวม 11 กรรมวิธี คือ ประเภทสัมผัส ได้แก่ electrolyzed oxidized water (EOW), sulfur, aliphatic hydrocarbon, sodium bicarbonate และ mancozeb และประเภทดูดซึม ได้แก่ azoxystrobin, difenoconazole + azoxystrobin, triforine, metalaxyl, penthiopyrad และ carbendazim โดยใช้ในอัตราแนะนำสูงสุด และมีน้ำกลั่นฆ่าเชื้อเป็นกรรมวิธีควบคุม ผลการทดลองหลังบ่มสปอร์ราแป้งบนเยื่อหอมที่แช่ในสารละลายสารป้องกันกำจัดราแต่ละชนิดที่ระยะเวลา 6, 12, 18 และ 24 ชั่วโมง หลังการปลูกเชื้อ ให้ผลในทำนองเดียวกัน โดยการทดลองที่ 24 ชั่วโมง พบว่า สารป้องกันกำจัดราที่สามารถยับยั้งการงอกของสปอร์ราแป้งได้ไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยมีค่าสูงสุดที่ 99 - 100 % ได้แก่ EOW, sulfur, aliphatic hydrocarbon, mancozeb, difenoconazole + azoxystrobin, triforine, metalaxyl และ penthiopyrad และเมื่อนำสปอร์ราแป้งแต่ละกรรมวิธีมาข่มด้วย FDA เพื่อตรวจสอบความมีชีวิตภายใต้กล้อง inverted fluorescent พบว่า EOW, sulfur และ aliphatic hydrocarbon มีประสิทธิภาพไม่แตกต่างกันทางสถิติในการทำให้สปอร์ตายและสอดคล้องกับการยับยั้งการงอกที่สูงที่สุด แต่พบว่า mancozeb แม้จะสามารถยับยั้งการงอกได้ถึง 99.81 % แต่พบการตายของสปอร์เพียง 54.43 % ส่วนกรณี sodium bicarbonate และ metalaxyl แม้จะสามารถยับยั้งการงอกได้ค่อนข้างสูงที่ 78.35 และ 86.01 % ตามลำดับ แต่พบว่าไม่สามารถลดความมีชีวิตของสปอร์ราแป้งได้ แสดงให้เห็นว่าสารป้องกันกำจัดราบางชนิดอาจมีผลในการชะลอการเข้าทำลายของเชื้อราแป้งด้วยการยับยั้งการงอกของสปอร์แต่อาจไม่สามารถควบคุมการเกิดโรคได้อย่างมีประสิทธิภาพเนื่องจากไม่สามารถยับยั้งการมีชีวิตของสปอร์ได้

คำสำคัญ: สตรอว์เบอร์รี สปอร์ราแป้ง สารป้องกันกำจัดรา

คำนำ

สตรอว์เบอร์รี (*Fragaria x ananassa* Duchesne) จัดเป็นไม้ผลขนาดเล็กที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ ซึ่งปลูกได้ในพื้นที่ที่มีอากาศเย็นในเขตภาคเหนือของไทย และถือเป็นพืชที่มีความอ่อนแอต่อโรคและแมลงศัตรูมากชนิดหนึ่ง ในปัจจุบันมีการนำเทคโนโลยีโรงเรือนที่มีความทันสมัยเข้ามาใช้เพื่อเพิ่มคุณภาพผลผลิตเนื่องด้วยการผลิตในโรงเรือนที่มีการควบคุมบางปัจจัยด้านสภาพแวดล้อม มักก่อให้เกิดสภาพที่มีความชื้นแสงต่ำ สภาพวันสั้น ความชื้นสูงและอุณหภูมิต่ำ (Maas, 1998) ซึ่งเป็นปัจจัยที่เหมาะสมต่อการเจริญ

และแพร่ระบาดของโรคราแป้ง เชื้อราสาเหตุโรคราแป้ง ได้แก่ *Podosphaera aphanis* var. *aphanis* (Meeboon et al., 2016) สามารถเข้าทำลายสร้างความเสียหายให้กับพืชได้รุนแรงและรวดเร็ว โดยจะพบอาการโรคคล้ายมีผงแป้งปกคลุมอยู่บนส่วน ใบ ก้านใบ และผล ทำให้ใบพืชมีอาการงอมีนูนขึ้นคล้ายกับรูปถ้วย เมื่อเวลาผ่านไปการทำลายที่รุนแรงมากขึ้นจะทำให้เนื้อเยื่อพืชเกิดรอยไหม้เป็นแผลสีน้ำตาลแดง ในการควบคุมโรคราแป้งเกษตรกรส่วนใหญ่นิยมใช้สารป้องกันกำจัดราหลายชนิดและมักประสบปัญหาไม่สามารถควบคุมโรคได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทำให้มีการใช้มากขึ้นทั้งจำนวนชนิดของสารและปริมาณ ซึ่งอาจก่อให้เกิดการติดต่อ

สารป้องกันกำจัดราในราแป้งได้ ดังนั้น วัตถุประสงค์
การทดลองครั้งนี้จึงได้คัดเลือกสารป้องกันกำจัดราบาง
ชนิดที่เกษตรกรนิยมใช้ในการป้องกันกำจัดโรคราแป้ง
ของสตรอว์เบอร์รี โดยมุ่งประเมินประสิทธิภาพใน
การยับยั้งการงอกและการฆ่าสปอร์ราแป้ง ของสาร
ป้องกันกำจัดราประเภทสัมผัสและดูดซึม เพื่อให้ได้ข้อมูล
สำคัญที่สามารถนำมาประกอบการเลือกใช้สารป้องกัน
กำจัดราในการควบคุมโรคราแป้งของสตรอว์เบอร์รี
ต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

การศึกษาอาการและสัญญาณวิทยาสปอร์ราแป้ง

ศึกษาลักษณะอาการของโรคราแป้งของ
สตรอว์เบอร์รี โดยเก็บรวบรวมตัวอย่างที่พบการระบาด
ภายในแปลงเพาะปลูกสตรอว์เบอร์รี ภายใต้โรงเรือน
ควบคุมอุณหภูมิ (evaporative cooling system) คณะ
เกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ บันทึกลักษณะ
อาการของโรค และลักษณะทางสัญญาณวิทยาของสปอร์
ราแป้งภายใต้กล้องจุลทรรศน์ ได้แก่ ลักษณะเส้นใย
รูปร่างและขนาดของสปอร์ และการงอกของสปอร์

การเตรียมเชื้อหอมและสารละลาย

เตรียมเชื้อหอมโดยนำหอมหัวใหญ่สีขาว
ผ่าแบ่งครึ่ง ลอกใช้เฉพาะส่วนในของกาบใบที่มีลักษณะ
เป็นมันเงา จากนั้นตัดให้มีขนาด 0.5-1.0 x 0.5-1.0
เซนติเมตร แช่ในสารละลาย ethanol 95 % v/v เป็น
เวลา 48 ชั่วโมง จากนั้นนำมาล้างด้วยน้ำกลั่น และ
ล้างผ่านน้ำไหลอีกครั้งเป็นเวลา 12 ชั่วโมง หลังจากนั้น
เตรียมสารป้องกันกำจัดราตามคำแนะนำในอัตรา
การใช้สูงสุด ประกอบด้วย 2 กลุ่มสาร ได้แก่ กลุ่มสาร
ประเภทสัมผัส ได้แก่ electrolyzed oxidized water
(EOW; 0.2% NaCl ผ่านกระแสไฟฟ้า 10 นาที), sulfur
0.8 กรัมต่อ 200 มิลลิลิตร, aliphatic hydrocarbon
0.4 มิลลิลิตรต่อ 200 มิลลิลิตร, sodium bicarbonate
1.5 กรัมต่อ 200 มิลลิลิตร และ mancozeb 0.6
กรัมต่อ 200 มิลลิลิตร และกลุ่มสารประเภทดูดซึม
ได้แก่ azoxystrobin 0.1 มิลลิลิตรต่อ 200 มิลลิลิตร,

difenoconazole + azoxystrobin 0.1 มิลลิลิตรต่อ 200
มิลลิลิตร, triforine 0.2 มิลลิลิตรต่อ 200 มิลลิลิตร,
metalaxyl 0.3 กรัมต่อ 200 มิลลิลิตร, penthiopyrad
0.1 มิลลิลิตรต่อ 200 มิลลิลิตร และ carbendazim 2
มิลลิลิตรต่อ 200 มิลลิลิตร โดยมีน้ำกลั่นฆ่าเชื้อเป็น
กรรมวิธีควบคุม รวม 12 กรรมวิธี

การยับยั้งการงอกของสปอร์

นำเชื้อหอมมาลอยบนผิวหน้าสารละลาย
ของสารป้องกันกำจัดราในแต่ละกรรมวิธีเป็นเวลา
10 นาที จากนั้นนำเชื้อหอมไปปลูกเชื้อด้วยสปอร์ราแป้ง
ด้วยวิธีการรดกลุ่มสปอร์ราแป้งลงบนเชื้อหอม และ
นำเชื้อหอมกลับไปลอยบนผิวหน้าสารละลายดังเดิม
บันทึกผล เมื่อเวลาผ่านไป 6, 12, 18 และ 24 ชั่วโมง
หลังการปลูกเชื้อ โดยนับจำนวนสปอร์ที่งอก (spore
germination) ในแต่ละกรรมวิธี บันทึกผลกรรมวิธีละ
3 ซ้ำ วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (completely
randomized design: CRD) เปรียบเทียบโดยใช้วิธี
least significant difference (LSD) วิเคราะห์ที่ระดับ
ความเชื่อมั่น 95 % โดยคำนวณการยับยั้งการงอก
ของสปอร์ได้จากสูตร ดังนี้

$$\begin{aligned} & \text{การยับยั้งการงอกของสปอร์ (\%)} \\ &= 100 - \left(\frac{\text{จำนวนสปอร์ที่งอก}}{\text{จำนวนสปอร์ที่นับทั้งหมด}} \times 100 \right) \end{aligned}$$

ความมีชีวิตรอดของสปอร์ราแป้ง

เตรียมสารละลาย fluorescein diacetate
(FDA) ความเข้มข้น 1 % โดยใช้เอทานอล 99.99 % v/v
เป็นตัวทำละลาย จากนั้นนำไปเจือจางให้ได้สารละลาย
FDA ความเข้มข้น 0.1 % เก็บสารละลายไว้ที่ 4 °C เพื่อ
ใช้ในการย้อมตรวจหาความมีชีวิตรอดของสปอร์
จากนั้นเตรียมสปอร์ราแป้งโดยเก็บรวบรวมใบสตรอว์-
เบอร์รีที่แสดงอาการโรคราแป้งนำมาบดสปอร์ลงใน
น้ำกลั่นฆ่าเชื้อ จากนั้นนำไปปั่นให้สปอร์ตกตะกอน
โดยเครื่องปั่นเหวี่ยง ที่ความเร็วรอบ 10,000 rpm นาน
1 นาที ล้างสปอร์ด้วยน้ำกลั่นฆ่าเชื้ออีกครั้งด้วยวิธี
ข้างต้น จากนั้น นำสปอร์แขวนลอยที่ได้มาผสมในอัตรา

1:1 (v/v) ในสารละลายของสารป้องกันกำจัดราแต่ละชนิด (ความเข้มข้น 2 เท่า) ให้มีความเข้มข้นเท่ากันกับการเตรียมสารละลายที่กล่าวไว้ข้างต้น จากนั้นบ่มเชื้อที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วจึงนำสปอร์แขวนลอย 20 ไมโครลิตร หยดลงบนสไลด์หลุมพร้อมทั้งหยดสารละลาย FDA ความเข้มข้น 0.1 % ปริมาตรเท่ากันลงไป ผสมให้เข้ากันก่อนนำไปตรวจสอบภายใต้กล้องจุลทรรศน์แบบ inverted fluorescent microscope (Olympus IMT-2) บันทึกข้อมูลการมีชีวิตรอด (viable spore) โดยนับจำนวนสปอร์ที่เรืองแสงสีเขียวภายใต้แสง UV เปรียบเทียบกับจำนวนสปอร์ภายใต้แสงขาว บันทึกผลกรรมวิธีละ 3 ซ้ำ วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (completely randomized design: CRD) เปรียบเทียบโดยใช้วิธี least significant difference (LSD) วิเคราะห์ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % โดยคำนวณการยับยั้งความมีชีวิตรอดของสปอร์ราแป้งได้จากสูตร ดังนี้

$$\text{การยับยั้งความมีชีวิตรอดของสปอร์ (\%)} = 100 - \left(\frac{\text{จำนวนสปอร์ที่เรืองแสง}}{\text{จำนวนสปอร์ที่นับทั้งหมด}} \times 100 \right)$$

ผลการทดลอง

อาการและสัญญาณวิทยาสปอร์ราแป้ง

จากการศึกษาตัวอย่างสตรอว์เบอร์รีที่แสดงอาการโรคราแป้ง พบการเจริญของราแป้งบนผิวใบ ดอก และผล มีลักษณะเป็นกลุ่มเชื้อราสีขาวคล้ายผงแป้ง ปกคลุมกระจายบนผิวของพืช โดยอาการที่พบมักเกิดบนใบล่างก่อนเมื่อมีอาการรุนแรงเชื้อราแป้งจะปกคลุมทั่วทั้งใบ ทำให้ใบมีแผลสีน้ำตาล และใบมีลักษณะงอขึ้นห่อเป็นถ้วย (Figure 1A) และอาการบนดอกและผลจะมีเส้นใยสีขาวปกคลุม หากอาการรุนแรงจะปรากฏแผลสีน้ำตาลที่ฐานรองดอกทำให้ดอกไม่สามารถพัฒนาเป็นผลได้ (Figure 1B, C, D, E, F) ยังพบลักษณะราแป้งภายใต้กล้องจุลทรรศน์ชนิด compound มีเส้นใยใสไม่มีสี (hyaline) primary spore มีผนังเรียบ รูปร่างทรงรีหรือทรงกระบอก มีลักษณะใส ไม่มีสี มีขนาดเฉลี่ย

15.50 x 27.75 μm และ secondary spore มีรูปร่างทรงรี ผนังเรียบ มีลักษณะใสไม่มีสี มีขนาดเฉลี่ย 16.87 x 27.37 μm ภายในประกอบด้วย fibrosin bodies (Figure 1H) ต่อกับก้านชูสปอร์ที่มีลักษณะใส ไม่มีสี มีขนาดเฉลี่ย 10.67 x 148.18 μm (Figure 1G) และรูปแบบการงอกของ conidia เป็นแบบ Fibroidium type (Figure 1I) ซึ่งเป็น asexual stage ของ *Oidium* subgen. *Fibroidium* สาเหตุโรคราแป้งของสตรอว์เบอร์รี

การยับยั้งการงอกของสปอร์

ผลการศึกษาประสิทธิภาพของสารป้องกันกำจัดราในการยับยั้งการงอกของสปอร์ราแป้งบนเยื่อหุ้มที่ลอยบนสารละลายของสารป้องกันกำจัดราชนิดต่าง ๆ เป็นเวลา 6, 12, 18 และ 24 ชั่วโมง พบว่า ในชุดควบคุม สปอร์ของราแป้งมีร้อยละของการงอกเพิ่มขึ้นในทุกช่วงเวลา และสามารถงอก 100 % ที่ 24 ชั่วโมง สังเกตจากการพบ germ tube เจริญออกมาจากปลายข้างใดข้างหนึ่งหรือกลางสปอร์ ซึ่งสปอร์ที่ไม่งอกจะไม่พบ germ tube นี้ (Figure 2) สำหรับการยับยั้งการงอกของสปอร์ราแป้งโดยสารป้องกันกำจัดราประเภทสัมผัสจำนวน 4 ชนิด ได้แก่ EOW, sulfur, aliphatic hydrocarbon และ mancozeb พบว่า มีประสิทธิภาพในการยับยั้งสูงที่สุดที่ 100 % ไม่แตกต่างทางสถิติในทุกช่วงระยะเวลา สำหรับ sodium bicarbonate มีประสิทธิภาพในการยับยั้งระหว่าง 68.94 - 78.35 % ในระยะเวลา 6 - 24 ชั่วโมง ตามลำดับ ส่วนการยับยั้งการงอกโดยสารป้องกันกำจัดราประเภทดูดซึมจำนวน 6 ชนิด พบว่า 3 ชนิด ได้แก่ difenoconazole + azoxystrobin, triforine และ penthiopyrad มีประสิทธิภาพในการยับยั้งสูงที่สุด ไม่แตกต่างทางสถิติในทุกช่วงระยะเวลาและไม่แตกต่างจากสารประเภทสัมผัสที่กล่าวข้างต้น เมื่อตรวจนับการงอกของสปอร์ในกรรมวิธีต่าง ๆ หลังการบ่มเชื้อ 24 ชั่วโมง พบว่า sodium bicarbonate มีการยับยั้งการงอกของสปอร์อยู่ที่ 78.35 % สำหรับสารประเภทดูดซึม พบว่า azoxystrobin และ carbendazim มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการงอกของสปอร์อยู่ในช่วง 44.39 - 49.54 % ซึ่งต่ำกว่าสารป้องกันกำจัดราประเภทสัมผัสที่กล่าวข้างต้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 1)

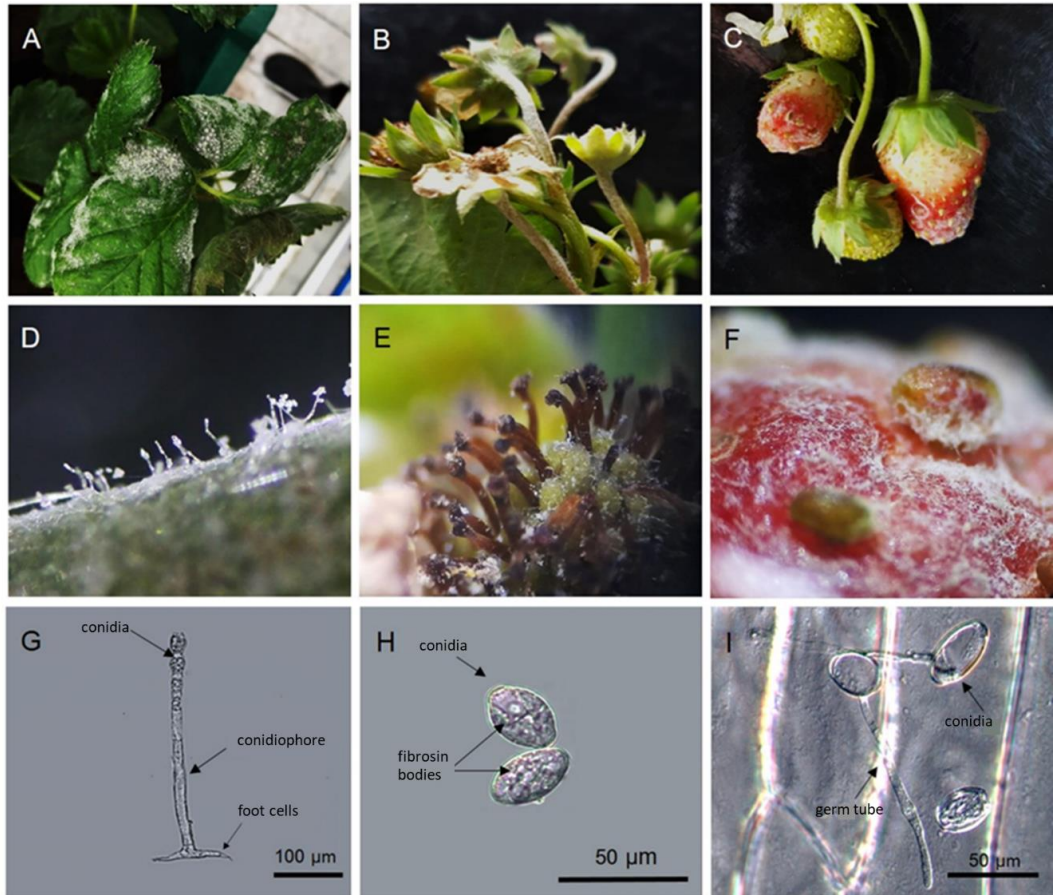


Figure 1. Symptoms of strawberry powdery mildew and morphology of fungus pathogen under microscope. A and D: symptom on leaves; B and E: symptom on flowers; C and F: symptom on fruits; G: conidiophore and conidia; H: conidia; I: germination of conidia

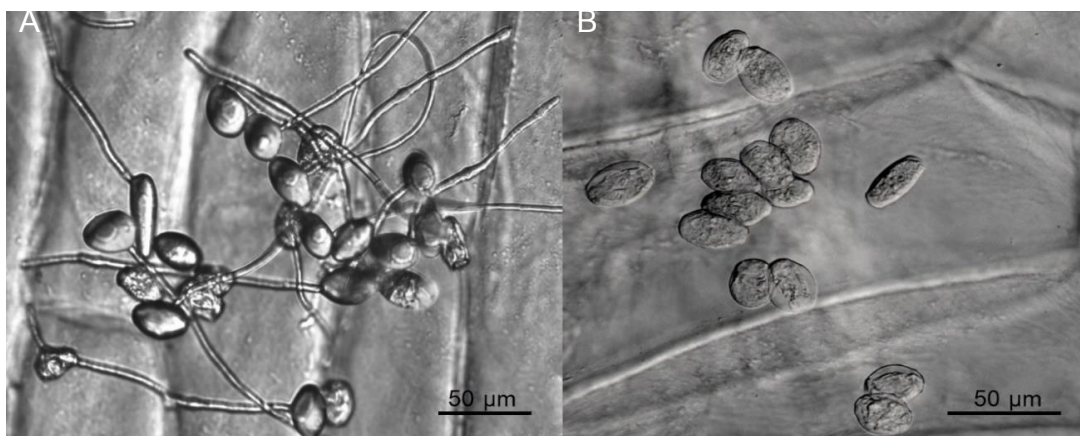


Figure 2. Characteristics of strawberry powdery mildew spore after incubating for 24 hours. A; spore germination in sterile distilled water (control) B; non germinating spore in sulfur treatment

Table 1. Percentages inhibition of spore germination and viability of powdery mildew fungus after incubating in 11 fungicides at 6, 12, 18 and 24 hours

Treatment		% Inhibition of spore germination ¹				% Inhibition of spore viability ²
		6 hrs	12 hrs	18 hrs	24 hrs	24 hrs
control	sterile distilled water (DI water)	43.33 ^{e3}	23.06 ^e	10.05 ^f	0.00 ^d	0.00 ^d
fungicides	EOW	100.00 ^a	100.00 ^a	100.00 ^a	100.00 ^a	93.34 ^a
	sulfur	100.00 ^a	100.00 ^a	100.00 ^a	100.00 ^a	91.56 ^a
	aliphatic hydrocarbon	100.00 ^a	100.00 ^a	100.00 ^a	100.00 ^a	89.05 ^a
	sodium bicarbonate	68.94 ^c	60.59 ^c	79.61 ^c	78.35 ^b	0.00 ^d
	mancozab	99.67 ^a	99.79 ^a	99.72 ^a	99.81 ^a	54.43 ^{bc}
fungicides	azoxystrobin	75.08 ^c	50.87 ^d	60.36 ^d	44.39 ^c	93.82 ^a
	difenoconazole + azoxystrobin	99.16 ^a	98.51 ^a	99.80 ^a	99.71 ^a	60.59 ^b
	triforine	98.72 ^{ab}	96.93 ^{ab}	99.46 ^a	99.73 ^a	59.72 ^b
	metalaxyl	92.33 ^b	88.26 ^b	90.12 ^b	86.01 ^{ab}	0.00 ^d
	penthiopyrad	99.68 ^a	99.87 ^a	100.00 ^a	99.76 ^a	48.10 ^c
	carbendazim	56.04 ^d	66.34 ^c	35.88 ^e	49.54 ^c	68.59 ^b
CV%		4.47	6.40	6.07	11.66	11.06
LSD		6.48	8.84	8.31	15.68	8.49

¹ Inhibition percentages of spore germination in different time compared with control² Inhibition percentages of spore viability after dyeing by FDA solution³ Values with the same letter within a column are not significant at $P \geq 0.05$

การมีชีวิตของสปอร์

การตรวจสอบการมีชีวิตของสปอร์ราแป้งที่สัมผัสกับสารละลายของสารป้องกันกำจัดราชนิดต่าง ๆ หลังการย้อมด้วย FDA และตรวจดูการเรืองแสงของสปอร์ภายใต้กล้อง inverted fluorescent microscope จากผลการทดลองที่แสดงใน Table 1 ข้างต้น พบว่า สปอร์ราแป้งที่สัมผัสกับสาร 4 ชนิด มีเปอร์เซ็นต์ยับยั้งการมีชีวิตของสปอร์ (เปอร์เซ็นต์สปอร์ตาย) สูงที่สุดไม่แตกต่างกัน

ทางสถิติ ได้แก่ azoxystrobin, EOW, sulfur และ aliphatic hydrocarbon โดยมีร้อยละการยับยั้งการมีชีวิตของสปอร์เท่ากับ 93.82, 93.34, 91.56 และ 89.05 % ตามลำดับ ขณะที่ sodium bicarbonate และ metalaxyl ไม่มีการตายของสปอร์เลย (Figure 3) ส่วน carbendazim, difenoconazole + azoxystrobin, triforine และ mancozab มีร้อยละการยับยั้งการมีชีวิตของสปอร์หรือทำให้สปอร์ราแป้งตายได้เท่ากับ 68.59, 60.59, 59.72 และ 54.43% ตามลำดับ

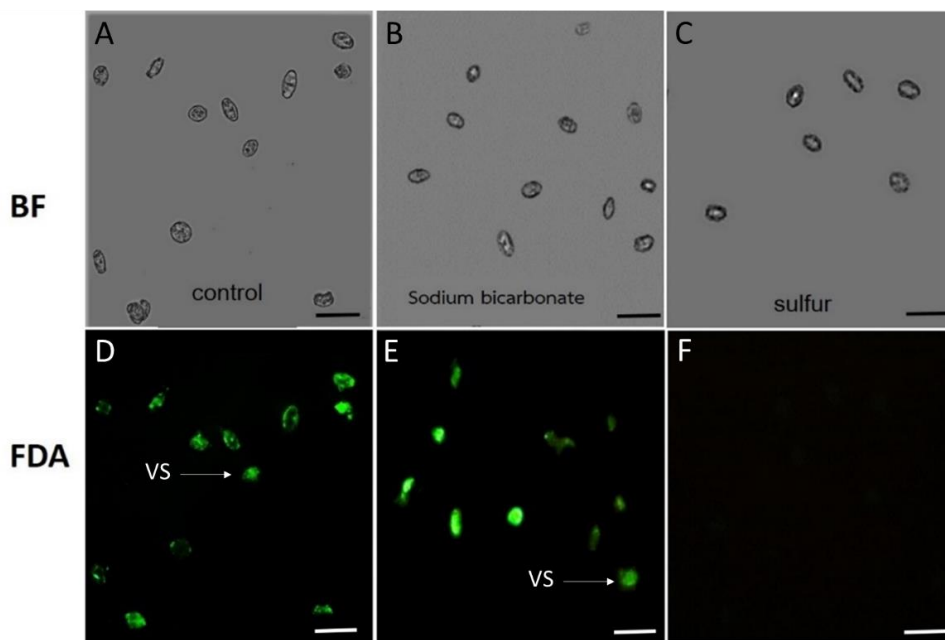


Figure 3. Viability of powdery mildew spore after 24 h incubation in sterile distilled water (control A,D), sodium bicarbonate (B,E) and sulfur (C,F) visualized using inverted fluorescent microscope under bright field (BF) and bandpass filter for fluorescein diacetate (FDA). Spore exhibit green fluorescence with FDA indicating viable spore (VS), dead spore were not fluoresced. Scale bars indicate 50 μ m

วิจารณ์ผลการทดลอง

อาการและสัญญาณวิทยาของสปอร์ราแป้งที่พบในการทดลองเป็นไปตามลักษณะการจำแนกจัดเป็นชนิด *P. aphanis* โดย Ale-Agha *et al.* (2008), Braun (1985), Calis *et al.* (2015), Glawe (2006) และ Meeboon *et al.* (2016) และเมื่อนำมาทดสอบกับสารป้องกันกำจัดราประเภทสัมผัส ได้แก่ EOW, sulfur และ aliphatic hydrocarbon มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการงอกและการมีชีวิตของสปอร์ราแป้งสูงที่สุด (100.00 %) ไม่แตกต่างกัน โดย EOW มีฤทธิ์เป็นกรดของ hypochlorous acid (HOCl) ซึ่งสามารถใช้ในการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ได้ (Kim *et al.*, 2000) และ Boonmee and Kunasakdakul (2013) ได้รายงานที่สามารถนำมาใช้ในการควบคุมโรคราแป้งของพืชวงศ์แตงได้ดี ส่วน sulfur จากรายงาน Tammasorn *et al.* (2017) พบว่า สามารถลดการงอกของสปอร์ราแป้ง

ลงได้ถึง 87.32 - 93.66 % ที่อัตราการใช้ 15 และ 30 กรัมต่อน้ำ 20 ลิตร ตามลำดับ และคาดว่าในสาร aliphatic hydrocarbon มีความสามารถในการเคลือบพื้นผิวของสปอร์ทำให้เกิดการขัดขวางการแลกเปลี่ยนของอากาศ (Reid and Seifert, 1982) สำหรับ sodium bicarbonate ที่พบว่า มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการงอกของสปอร์ราแป้งสตรอว์เบอร์รีได้ค่อนข้างดีที่ 60.59 - 79.61 % สอดคล้องกับรายงานของ Demir *et al.* (1997), Fallik *et al.* (1997) และ Tammasorn *et al.* (2017) อย่างไรก็ตามในการทดลองนี้ได้เสนอผลการตรวจสอบความมีชีวิตของสปอร์ราแป้งด้วยการย้อมสาร FDA และตรวจดูการเรืองแสงของสปอร์ภายใต้กล้อง inverted fluorescent microscope ซึ่งจะแสดงถึงการมีกิจกรรมของเอนไซม์เอสเทอเรสของสปอร์ที่ยังคงมีชีวิต (Boyd *et al.*, 2008) สปอร์ที่สัมผัสกับ sodium bicarbonate แม้จะสามารถยับยั้งการงอกได้ แต่ไม่สามารถทำให้สปอร์ตายได้เลยแสดง

ให้เห็นว่าการใช้ sodium bicarbonate อาจชะลอการเข้าทำลายพืชแต่ไม่สามารถควบคุมโรคได้อย่างมีประสิทธิภาพ เช่นเดียวกับกรณีของ mancozeb และ metalaxyl ส่วน difenoconazole + azoxystrobin กับ azoxystrobin พบว่า สารผสมมีประสิทธิภาพสูงกว่า มีรายงานพบว่า azoxystrobin สามารถยับยั้งราแป้งที่เกิดจาก *P. macularis* เฉพาะเจาะจงชนิดเดียวเท่านั้น (Reuveni and Sheglov, 2002) และผลการทดลองของ Keinath (2015) รายงานว่าการใช้สาร azoxystrobin ไม่สามารถควบคุมการเจริญของโคโลนีของราแป้งได้โดยเทียบเท่ากับการใช้น้ำเปล่า ขณะที่ Kakade *et al.* (2006) ได้รายงานว่าสาร difenoconazole สามารถยับยั้งโรคราแป้งได้ในกุหลาบได้ดีกว่าสารชนิดอื่น ส่วน triforine มีประสิทธิภาพในการควบคุมการงอกของสปอร์ราแป้งได้ดีที่ 96.93 - 99.73 % เมื่อเทียบกับกรรมวิธีควบคุมที่ 24 ชั่วโมง สอดคล้องกับผลการทดลองของ (Lee *et al.*, 2004) พบว่า สาร triforine ที่ใช้กับโรคราแป้งในแตงกวามีความสามารถยับยั้งสปอร์งอกได้ 100.00 % โดยมีค่าความงอกของสปอร์อยู่ที่ 0.00 % เช่นเดียวกับรายงานของ Paulus and Nelson (1988) ซึ่งได้ทำการทดสอบสารเคมีที่ใช้ในการป้องกันโรคราแป้งในกุหลาบพบว่า triforine และ penthiopyrad ยับยั้งการงอกของสปอร์ได้ดีมากแต่ฆ่าสปอร์ได้ไม่มากนัก ซึ่งเมื่อนำไปใช้อาจส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพในการควบคุมโรคได้ สำหรับ carbendazim มีผลการยับยั้งการงอกและการมีชีวิตของสปอร์ได้น้อยที่สุดในการทดลองนี้ และ Anand *et al.* (2010) รายงานการใช้ carbendazim ในการควบคุมราแป้งในพริกที่เกิดจากเชื้อ *Leveillula taurica* พบว่า ทุกการทดลองเมื่อพ่นด้วย carbendazim ทำให้ดัชนีการเกิดโรคราแป้งเพิ่มขึ้น และจากรายงานของ Hiremath and Lal (2018) พบว่าการพ่น carbendazim สามารถควบคุมโรคราแป้งได้เพียง 48.99 % และ 54.47 % เมื่อเวลาผ่านไป 10 และ 20 วันหลังการพ่นตามลำดับ

สรุป

ประสิทธิภาพของสารป้องกันกำจัดรา 2 กลุ่ม คือ ประเภหสัผสม และประเภหคูดัผสม รวม 11 ชนิด ผลการทดลองของสารแต่ละชนิดที่ระยะเวลาต่าง ๆ ให้ผลในการทำงานเดียวกัน และที่ 24 ชั่วโมง มีสารเคมีจำนวน 8 ชนิด ที่สามารถยับยั้งการงอกของสปอร์ราแป้งได้ไม่แตกต่างกันทางสถิติโดยมีค่าสูงสุดที่ 100 % ได้แก่ EOW, sulfur, aliphatic hydrocarbon, mancozeb, difenoconazole + azoxystrobin, triforine, metalaxyl และ penthiopyrad และเมื่อตรวจสอบความมีชีวิตของสปอร์ พบว่า สารเคมีประเภหสัผสม ได้แก่ EOW, sulfur และ aliphatic hydrocarbon มีประสิทธิภาพในการทำให้สปอร์ตายสอดคล้องกับการยับยั้งการงอกที่สูงที่สุดไม่แตกต่างกันทางสถิติ

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณโครงการวิจัยพัฒนาสตรอว์เบอร์รีปลอดโรคภายใต้เงื่อนไขควบคุมอุณหภูมิ สังกัดงานบริหารงานวิจัยและวิเทศสัมพันธ์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ และภาควิชากีฏวิทยาและโรคพืช คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ที่ได้สนับสนุนวัสดุอุปกรณ์ และเครื่องมือในการทำวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- Ale-Agha, N., H. Boyle, U. Braun, H. Butin, H. Jage, V. Kummer and H.D. Shin. 2008. Taxonomy, host range, and distribution of some powdery mildew fungi (Erysiphales). *Schlechtendalia* 17: 39-54.
- Anand, T., A. Chandrasekaran, S. Kuttalam, G. Senthilraja and R. Samiyappan. 2010. Integrated control of fruit rot and powdery mildew of chilli using the biocontrol agent *Pseudomonas fluorescens* and a chemical fungicide. *Biological Control* 52(1): 1-7.

- Boonmee, S. and K. Kunasakdakul. 2013. Effects of electrolyzed oxidizing water on powdery mildew reduction of cucurbits. *Journal of Agriculture* 29(3): 257-266. (in Thai)
- Boyd, V., O.M. Cholewa and K.K. Papas. 2008. Limitations in the use of fluorescein diacetate/propidium iodide (FDA/PI) and cell permeable nucleic acid stains for viability measurements of isolated islets of Langerhans. *Current Trends in Biotechnology and Pharmacy* 2(2): 66-84
- Braun, U. 1985. Miscellaneous notes on the genus *Sphaerotheca*. I. *Zentralblatt für Mikrobiologie* 140(2): 161-170.
- Calis, O., C. Cekic, S. Soylu and M. Tor. 2015. Identification of new resistance sources from diploid wild strawberry against powdery mildew pathogen. *Pakistan Journal of Agricultural Sciences* 52(3): 677-683.
- Demir, S., A. Gül and E. Onogur. 1997. The effect of sodium bicarbonate on powdery mildew in tomato. *Acta Horticulturae* 491: 449-452.
- Fallik, E., O. Ziv, S. Grinberg, S. Alkalai and J. D. Klein. 1997. Bicarbonate solutions control powdery mildew (*Leveillula taurica*) on sweet red pepper and reduce the development of postharvest fruit rotting. *Phytoparasitica* 25(1): 41-43.
- Glawe, D.A. 2006. Synopsis of genera of Erysiphales (powdery mildew fungi) occurring in the Pacific Northwest. *Pacific Northwest Fungi* 1(12): 1-27.
- Hiremath, B. and A.A. Lal. 2018. Evaluation of fungicides for management of field pea (*Pisum sativum* L.) powdery mildew caused by *Erysiphe polygoni* DC. *International Journal of Pure and Applied Bioscience* 6(4): 516-520.
- Kakade, D.S., S.B. Gurav, B.R. Singh and C.A. Nimbalkar. 2006. Management of powdery mildew in rose under polyhouse condition. *Journal of Ornamental Horticulture* 9(4): 293-295.
- Keinath, A.P. 2015. Efficacy of fungicides against powdery mildew on watermelon caused by *Podosphaera xanthii*. *Crop Protection* 75: 70-76.
- Kim, C., Y.C. Hung and R.E. Brackett. 2000. Roles of oxidation-reduction potential in electrolyzed oxidizing and chemically modified water for the inactivation of food-related pathogens. *Journal of Food Protection* 63(1): 19-24.
- Lee, S.Y., S.B. Lee, Y.K. Kim and H.G. Kim. 2004. Effect of agrochemicals on mycelial growth and spore germination of a hyperparasite, *Ampelomyces quisqualis* 94013 for controlling cucumber powdery mildew. *The Korean Journal of Pesticide Science* 8(1): 71-78.
- Maas, J.L. 1998. *Compendium of Strawberry Diseases*. 2nd ed. U.S. American Phytopathological Society, St. Paul, MN. 98 p.
- Meeboon, J., I. Hidayat and S. Takamatsu. 2016. Note on powdery mildews (Erysiphales) in Thailand I. *Podosphaera* sect. *Sphaerotheca*. *Plant Pathology and Quarantine* 6(2): 142-174.
- Paulus, A and J. Nelson. 1988. Controlling powdery mildew and rust in roses. *California Agriculture* 42(4): 15.
- Reid, I.D. and K.A. Seifert. 1982. Effect of an atmosphere of oxygen on growth, respiration, and lignin degradation by white-rot fungi. *Canadian Journal of Botany* 60(3): 252-260.

Reuveni, M. and D. Sheglov. 2002. Effects of azoxystrobin, difenoconazole, polyoxin B (polar) and trifloxystrobin on germination and growth of *Alternaria alternata* and decay in red delicious apple fruit. Crop Protection 21(10): 951-955.

Tammasorn, N., N. Wanasiri, W. Kuntasup, R. Cheewangkoon, R.J. McGovern and C. To-Anun. 2017. Controlling powdery mildew disease of *Craterostigma pumilum* Hochst. ornamental plant. International Journal of Agricultural Technology 13(2): 213-226.
