ประสิทธิภาพสารป้องกันกำจัดโรคขอบใบแห้งของข้าว

Efficiency of Chemicals for Controlling Bacterial Blight Disease of Rice

ศุภลักษณา สนคงนอก[1*] วันพร เข็มมุกด์[1] วัลยา รักแก้ว[1]
สุภาวดี ฤทธิสนธิ์[1] อัญชนา ดลชลา[1] วิพากษ์ อ่อนทรัพย์[1] จันจิรา ชัยกล้า[1]
สุกัญญา อรัญมิตร[1] และ พยอม โคเบลลี่[1]
Suphalaksana Sonkhongnok[1*], Wanporn Khemmuk[1], Wanlaya Rakkaew[1],
Supawadee Rittison[1], Anchana Dolchala[1], Wipak Onsub[1], Chanchira chaikla[1],
Sukanya Aranmitr[1] and Payorm Cobelli[1]

บทคัดย่อ

โรคขอบใบแห้ง (Bacterial blight) มีเชื้อสาเหตุจากเชื้อแบคทีเรีย *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* (*Xoo*) เมื่อเชื้อเข้าทำลายต้นข้าวจะได้รับความเสียหายอย่างรุนแรงส่งผลให้ผลผลิตข้าวลดลงปัจจุบันพบการระบาดเพิ่มมากขึ้น การใช้สารเคมีป้องกันกำจัดเป็นวิธีหนึ่งที่มีประสิทธิภาพ งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบประสิทธิภาพสารป้องกันกำจัดโรคขอบใบแห้งของข้าว ได้แก่ สาร zinc thiazole สาร copper hydroxide สาร copper oxychloride และสาร tribasic copper sulfate ความเข้มข้นตามอัตราแนะนำในการยับยั้งการเจริญของเชื้อแบคทีเรีย *Xoo* จำนวน 5 ไอโซเลต ได้แก่ XanSPB2019, XanCNT2019, XanCMI2019, XanPLG2019 และ XanSKN2019 ด้วยวิธี paper disc diffusion ในสภาพห้องปฏิบัติการ พบว่าสาร copper oxychloride มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเชื้อแบคทีเรีย *Xoo* ได้ดีแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับชุดควบคุม รองลงมาเป็นสาร copper hydroxide และสาร tribasic copper sulfate การทดสอบในโรงเรือนทดลองที่มีการปลูกเชื้อลงบนข้าวพันธุ์พิษณุโลก 2 ด้วยวิธี clipping method พบว่าสาร zinc thiazole สามารถควบคุมโรคขอบใบแห้งดีที่สุด แตกต่างจากชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ รองลงมาเป็นสาร copper oxychloride สาร copper hydroxide และสาร tribasic copper sulfate

Received: 20 April 2023; Accepted: 17 August 2023

[1] กองวิจัยและพัฒนาข้าว กรมการข้าว เขตจตุจักร กรุงเทพฯ

[1] Division of Rice Research and Development, Rice Department, Chatuchak, Bangkok, 10900

* Corresponding author: supalaksana.l@rice.mail.go.th

ร้อยละความรุนแรงของโรค เท่ากับ 21.19, 28.06, 30.95 และ 31.16 ตามลำดับ การทดสอบในสภาพแปลงนาจำนวน 3 แปลง ได้แก่ 1) ฤดูนาปรัง พ.ศ. 2565 ที่ตำบลหันตรา อำเภอพระนครศรีอยุธยา จังหวัดพระนครศรีอยุธยา 2) ฤดูนาปี พ.ศ. 2565 ที่ตำบลดอนเกาะกา อำเภอบางน้ำเปรี้ยว จังหวัดฉะเชิงเทรา และ 3) ฤดูนาปี พ.ศ. 2565 ที่ตำบลดอนฉิมพลี อำเภอบางน้ำเปรี้ยว จังหวัดฉะเชิงเทรา พบว่าสาร zinc thiazole มีร้อยละความรุนแรงของโรคต่ำที่สุด คือ 15.38, 10.37 และ 10.99 ตามลำดับ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับชุดควบคุม คือ 68.75, 15.56 และ 38.92 ตามลำดับ ดังนั้นสาร zinc thiazole จึงเป็นสารที่ให้ผลในการควบคุมโรคขอบใบแห้งได้ดีที่สุด

คำสำคัญ: ข้าว โรคขอบใบแห้ง ประสิทธิภาพ สารป้องกันกำจัดโรคข้าว

Abstract

Bacterial blight (BB) disease caused by *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* (*Xoo*). This disease causes severe damage as well as a reduction in yield overall. BB epidemics have increased rapidly in recent years. The use of chemicals is one practical method. The aim of this research was to evaluate the efficacy of bacterial blight chemicals, including zinc thiazole, copper hydroxide, copper oxychloride, and tribasic copper sulfate at recommended dosages with the paper disc diffusion method in the laboratory conditions to suppress five Xoo isolates, namely XanSPB2019, XanCNT2019, XanCMI2019, XanPLG2019, and XanSKN2019. The results showed that copper oxychloride significantly controlled the growth of *Xoo* bacteria as compared to the control. Copper hydroxide and tribasic copper sulfate ranked second. The Phitsanulok 2 rice variety and an artificial inoculation with bacterial suspension using the clipping method were used in experiments carried out in the experimental greenhouse. The results indicated that zinc thiazole was the most effective treatment for bacterial blight, with a statistically significant difference from the control. The following are copper oxychloride, copper hydroxide and tribasic copper sulfate. The comparable percentages of severity were 21.19, 28.06, 30.95, and 31.16. respectively. Three paddy field conditions were tested: 1) in the dry season 2022 at Hantra subdistrict, Phra Nakhon Si Ayutthaya district, Phra Nakhon Si Ayutthaya province 2) in the wet season 2022 at Don Ko Ka subdistrict, Bang Nam Priao district, Chachoengsao province and 3) in the wet season 2022 at Don Chimplee subdistrict, Bang Nam Priao district, Chachoengsao Province. The zinc thiazole group showed the lowest percentage of disease severity, 15.38, 10.37, and 10.99, respectively, in Bang Nam Priao District, Chachoengsao province. Zinc thiazole was found to be the most effective chemical with

percentages of severity 15.38 10.37 and 10.99, significantly different from the control were 68.75, 15.56 and 38.92 respectively. In conclusion, zinc thiazole is the most effective chemical for controlling bacterial blight.

Keywords: rice, bacterial leaf blight, chemical efficiency, chemical control

บทนำ

โรคขอบใบแห้งของข้าวเป็นปัญหาสำคัญที่มีผลกระทบต่อผลผลิตข้าว มีเชื้อสาเหตุจาก เชื้อแบคทีเรีย *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* (*Xoo*) สามารถทำลายข้าวได้ทุกระยะการเจริญเติบโต ถ้าเข้าทำลายข้าวระยะกล้าทำให้เกิดอาการเหี่ยวทั้งต้น หรือที่เรียกว่า ครีเสก (กองวิจัยและพัฒนาข้าว กรมการข้าว, 2562; Raghunandana et al., 2023) เชื้อแบคทีเรียสาเหตุโรคขอบใบแห้งมีความหลากหลายทางพันธุกรรมสูงพบรายงานความหลากหลายทางพันธุกรรมของเชื้อสูงสุดจำนวน 20 pathotype และบางพื้นที่ในภาคกลาง เช่น จังหวัดชัยนาท นครนายก นนทบุรี ปทุมธานี ราชบุรี และสุโขทัย เชื้อสามารถปรับตัวให้เข้าทำลายข้าวที่มียีน *xa5* ได้ (จารุวี และคณะ, 2565) ประเทศไทยปี พ.ศ. 2558-2559 พบการระบาดของโรคขอบใบแห้งที่รุนแรงและมีแนวโน้มการระบาดเพิ่มมากขึ้น โดยเฉพาะในพื้นที่ที่ปลูกข้าวพันธุ์อ่อนแอต่อโรคขอบใบแห้ง ทั้งในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคเหนือตอนล่าง และภาคกลาง พบในข้าวพันธุ์ ขาวดอกมะลิ 105 กข15 กข6 กข12 กข31 กข41 กข47 กข49 กข53 กข61 และพิษณุโลก 2 มีการระบาดมากถึงร้อยละ 100 (พยอม และธีรดา, 2560) ส่งผลกระทบต่อผลผลิตข้าว ซึ่ง Mew et al. (1993) รายงานว่า เมื่อเชื้อแบคทีเรียสาเหตุโรคขอบใบแห้งเข้าทำลายต้นข้าวส่งผลกระทบต่อผลผลิตข้าว ทำให้ผลผลิตข้าวลดลงถึงร้อยละ 50 สอดคล้องกับ พยอม และธีรดา (2560) รายงานว่า ข้าวพันธุ์อ่อนแอต่อโรคขอบใบแห้ง เช่น ขาวดอกมะลิ 105 กข15 กข6 กข12 เมื่อเชื้อแบคทีเรียสาเหตุโรคขอบใบแห้งเข้าทำลายต้นข้าวทำให้ผลผลิตข้าวลดลงร้อยละ 10-30 จากปัญหาดังกล่าว จึงควรหาวิธีการป้องกันกำจัดโรคขอบใบแห้งที่มีประสิทธิภาพ สะดวกและทันต่อสถานการณ์ ซึ่งการใช้สารป้องกันกำจัดโรคข้าวเป็นวิธีการที่เกษตรกรนิยมและเลือกใช้มาก ทั้งนี้ควรคำนึงถึงวิธีการใช้อย่างถูกต้องทั้งปริมาณและตรงกับชนิดของพืช เนื่องจากเมื่อใช้สารป้องกันกำจัดโรคข้าวติดต่อกันเป็นเวลานาน อาจส่งผลให้มีสารพิษตกค้างในดิน ทำให้เป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศ การป้องกันกำจัดโรคข้าวที่เกิดจากเชื้อแบคทีเรียนั้น จะใช้สารประกอบทองแดงซึ่งมีการนำมาใช้ในศตวรรษที่ 19 โดยมีความเป็นพิษต่อเชื้อแบคทีเรีย สารประกอบทองแดงที่ใช้ในการควบคุมโรคพืชอยู่ในรูปของสารอนินทรีย์ เตรียมได้จาก copper sulfate, copper carbonate, cuprous oxide และ copper oxychloride โดย copper oxychloride เป็นสารกลุ่มหลักที่ใช้ทั่วไป ประกอบด้วยธาตุ copper ร้อยละ 4-50 (ชลิดา, 2557) สอดคล้องกับ ปิยะวรรณ และคณะ (2556) รายงานว่าสาร copper oxychloride ให้ผลการยับยั้งเชื้อสาเหตุโรคขอบใบแห้งได้ดีในสภาพห้องปฏิบัติการ นอกจากสารที่มีทองแดงเป็นองค์ประกอบแล้ว พากเพียร และคณะ (2552) รายงานว่า สาร bacbicure (canoron) ให้ผลในการควบคุมโรคขอบใบแห้งของข้าวพันธุ์พิษณุโลก 2 ได้ดีที่สุด ทั้งในสภาพเรือนทดลองและแปลงนาทดลอง ในปี พ.ศ. 2550-2551สอดคล้องกับอุดมศักดิ์ (2555) รายงานว่า สาร bacbicure อัตรา 60 กรัมต่อน้ำ 20 ลิตร มีประสิทธิภาพในการควบคุมโรคแคงเกอร์ของมะนาวดีที่สุด ซึ่งสาร bacbicure ใช้ควบคุมโรคที่เกิดจากเชื้อแบคทีเรียในพืชได้หลากหลายชนิด และปัจจุบันสาร bacbicure หาซื้อได้ยาก หรือไม่มีขายในท้องตลาดแล้ว อีกทั้งยังไม่ได้ขึ้นทะเบียนวัตถุอันตรายทางการเกษตรให้ใช้ควบคุมโรคขอบใบแห้งในนาข้าว จึงไม่สามารถใช้เป็นคำแนะนำในการควบคุมโรคขอบใบแห้งของข้าวได้ งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของสารป้องกันกำจัดโรคขอบใบแห้งของข้าวที่ขึ้นทะเบียนวัตถุอันตรายทางการเกษตรกับกรมวิชาการเกษตรเพื่อใช้เป็น

ทางเลือกให้เกษตรกรได้ใช้สารที่ถูกต้องในสภาวะที่เกิดการระบาดโรคขอบใบแห้งของข้าว นำไปสู่การควบคุมสถานการณ์การระบาดของโรคได้อย่างมีประสิทธิภาพ ถูกต้องทั้งชนิด ปริมาณ และวิธีการใช้ที่เหมาะสม ปลอดภัยต่อผู้ผลิต ผู้บริโภค รวมทั้งสิ่งแวดล้อมต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

1. การทดสอบประสิทธิภาพของสารป้องกันกำจัดโรคขอบใบแห้งในสภาพห้องปฏิบัติการ

1.1 นำเชื้อแบคทีเรียสาเหตุโรคขอบใบแห้ง *Xoo* จำนวน 5 ไอโซเลต ได้แก่ XanSPB2019 XanCNT2019, XanCMI2019, XanPLG2019 และ XanSKN2019 จากจังหวัดสุพรรณบุรี ชัยนาท เชียงใหม่ พัทลุง และจังหวัดสกลนคร ทดสอบด้วยวิธี paper disc diffusion เลี้ยงขยายเชื้อบนอาหาร Potato Peptone Agar (PPA) บ่มที่อุณหภูมิห้องนาน 24-48 ชั่วโมง เมื่อเชื้อเจริญเทน้ำกลั่นนึ่งฆ่าเชื้อ และใช้แท่งแก้วรูปตัวแอล (L) ขูดเชื้อแบคทีเรียผสมเข้ากับน้ำกลั่นนึ่งฆ่าเชื้อ นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 600 นาโนเมตร (optical density O.D.) เท่ากับ 0.2 (A600 = 0.2) ความเข้มข้น $1x10^8$ เซลล์ต่อมิลลิลิตร มาทดสอบประสิทธิภาพของสารเคมีในการยับยั้งการเจริญของเชื้อ *Xoo* ความเข้มข้นตามอัตราแนะนำ (ตารางที่ 1) หยดสารทดสอบปริมาตร 10 ไมโครลิตร ลงบน paper disc ที่มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 6 มิลลิเมตร (Whatman No.1) ที่นึ่งฆ่าเชื้อแล้ว ปล่อยให้แห้ง แล้วนำมาวางลงบนผิวหน้าอาหาร Nutrient Agar (NA) ที่ผสมเซลล์แขวนลอยแบคทีเรียเชื้อสาเหตุโรคขอบใบแห้ง *Xoo* อัตราส่วนที่ผสม เท่ากับ อาหาร NA 20 มิลลิเมตร ต่อเซลล์แขวนลอยเชื้อแบคทีเรีย 1 มิลลิลิตร บ่มที่อุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24, 48 และ 72 ชั่วโมง (ดวงกมล และคณะ, 2555; ชานนทร์, 2557; Ibrahim, 2015; Yu et al., 2018)

1.2 วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design มี 4 ซ้ำ 5 กรรมวิธี ดังนี้

กรรมวิธีที่ 1 zinc thiazole (ซิงค์ไทอะโซล)

กรรมวิธีที่ 2 copper hydroxide (คอปเปอร์ไฮดรอกไซด์)

กรรมวิธีที่ 3 copper oxychloride (คอปเปอร์ออกซีคลอไรด์)

กรรมวิธีที่ 4 tribasic coppersulfate (ไตรเบสิค คอปเปอร์ซัลเฟต)

กรรมวิธีที่ 5 น้ำกลั่น (ชุดควบคุม)

1.3 บันทึกข้อมูลการเกิด clear zone (ความกว้างบริเวณใส) ที่เวลา 24, 48 และ 72 ชั่วโมง และคำนวณความกว้างของ clear zone (อภิสิทธิ์ และคณะ 2553; ชานนทร์, 2557; Martí et al., 2018) แล้ววิเคราะห์ข้อมูลโดยวิธี Analysis of variance และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ดังนี้

ความกว้าง clear zone (มิลลิเมตร) = (เส้นผ่านศูนย์กลาง paper disc รวมบริเวณ clear zone – เส้นผ่าศูนย์กลาง paper disc)/2

ตารางที่ 1 สารป้องกันกำจัดโรคขอบใบแห้งที่ใช้ในการทดสอบ

Common name	Active Ingredients	Rate of used/20 liter
zinc thiazole	20 % SC	60 ml
copper hydroxide	77 % WP	15-20 g
copper oxychloride	85 % WP	30 g
tribasic copper sulfate	34.5 % SC	30 ml

2. การทดสอบประสิทธิภาพของสารป้องกันกำจัดโรคขอบใบแห้งในสภาพโรงเรือน

2.1 วางแผนการทดลองแบบ Randomized Completely Randomized Design จำนวน 4 ซ้ำ โดยนำเชื้อแบคทีเรียสาเหตุโรคขอบใบแห้ง *Xoo* ไอโซเลตที่รุนแรง คือ XanSKN2019 ประชากรเชื้อจากจังหวัดสกลนคร ซึ่งทำการพิสูจน์โรค (Koch' postulates) แล้วในรายงานความก้าวหน้าโครงการประสิทธิภาพสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูข้าวที่ขึ้นทะเบียนวัตถุอันตรายกับกรมวิชาการเกษตร ปี 2564 พบความรุนแรงของโรคระดับ 7-9 จากนั้นทดสอบประสิทธิภาพของสารในการควบคุมโรคขอบใบแห้ง ปลูกข้าวพันธุ์อ่อนแอต่อโรคขอบใบแห้ง พันธุ์พิษณุโลก 2 ในกระถางดินเผาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 นิ้ว เมื่อข้าวอายุ 50-60 วันหลังปักดำ ทำการปลูกเชื้อ *Xoo* (เตรียมเชื้อตามข้อ 1) บนใบข้าว โดยใช้กรรไกรจุ่มเซลล์แขวนลอยเชื้อแบคทีเรียแล้วตัดปลายใบข้าวออก 1-2 เซนติเมตร (Clipping method) จำนวน 10 ใบต่อกระถาง (3 กระถางต่อซ้ำ) ให้น้ำแบบพ่นฝอย วันละ 3 ครั้งๆ ละ 30 นาที เพื่อให้สภาพแวดล้อมเหมาะแก่ความรุนแรงของโรคขอบใบแห้ง (กรรมวิธีเหมือนข้อ 1.2 พ่นสารจำนวน 2 ครั้ง ได้แก่ ครั้งที่ 1 เมื่อพบอาการของโรค (3 วันหลังปลูกเชื้อ) ครั้งที่ 2 หลังจากพ่นสารครั้งที่ 1 เป็นเวลา 7 วัน

2.2 บันทึกข้อมูลโดยวัดความยาวแผลและความยาวใบข้าวก่อนและหลังพ่นสารทุกครั้ง เพื่อคำนวณร้อยละความรุนแรงของโรค (กรมวิชาการเกษตร, 2564) และวิเคราะห์ผลทางสถิติด้วยวิธี Analysis of variance และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

ร้อยละความรุนแรงของโรค (Percent disease severity)

= (ความยาวของแผล/ความยาวของใบข้าว) ×100

3. การทดสอบประสิทธิภาพของสารป้องกันกำจัดโรคขอบใบแห้งในสภาพแปลง

วางแผนการทดลองแบบ RCB จำนวน 4 ซ้ำ โดยนำเชื้อ *Xoo* ไอโซเลต ที่รุนแรง คือ XanSKN2019 ประชากรจากจังหวัดสกลนคร ทดสอบประสิทธิภาพของสารในการควบคุมโรคขอบใบแห้งในสภาพแปลงนา ทดสอบแปลงเกษตรกร 3 แห่ง ได้แก่ 1) ฤดูนาปรัง พ.ศ. 2565 ตำบลหันตรา อำเภอพระนครศรีอยุธยา จังหวัดพระนครศรีอยุธยา ปลูกข้าวพันธุ์พิษณุโลก 2 2) ฤดูนาปี พ.ศ. 2565 ตำบลดอนเกาะกา อำเภอบางน้ำเปรี้ยว ปลูกข้าวพันธุ์ กข 85 (อ่อนแอต่อโรคขอบใบแห้ง) จังหวัดฉะเชิงเทรา และ 3) ฤดูนาปี พ.ศ. 2565 ตำบลดอนฉิมพลี อำเภอบางน้ำเปรี้ยว จังหวัดฉะเชิงเทรา ปลูกข้าวพันธุ์พิษณุโลก 2 ในแปลงย่อยขนาด 5 x 7 เมตร ช่วงข้าวระยะแตกกอ (อายุ 50-60 วัน) ทำการปลูกเชื้อ *Xoo* ด้วยวิธี Clipping method รวบต้นข้าวทั้งกอแล้วตัดปลายใบข้าว โดยเลือกใบบนสุดและใบรองลงมาที่คลี่เต็มที่แล้ว จะไม่อ่อนหรือแก่เกินไป ในแปลงย่อยละ 20 จุด เดินตามแนวทแยงมุม 2 เส้น (เส้นละ 10 จุด) พ่นสารจำนวน 2 ครั้ง ครั้งแรกเมื่อพบอาการของโรคหรือประมาณ 7 วันหลังปลูกเชื้อ และพ่นครั้งที่ 2 หลังจากพ่นสารครั้งแรก เป็นเวลา 7 วัน บันทึกข้อมูลโดยวัดความยาวแผลและความยาวใบข้าวก่อนและหลังพ่นสารทุกครั้งตามข้อ 2.1 การจัดการดูแลแปลงใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 16-20-0 อัตรา 30 กิโลกรัมต่อไร่ ก่อนปักดำ 1 วัน และใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ หลังปักดำ 30 วัน (ดวงกมล, 2558) เพื่อสร้างสภาวะให้ต้นข้าวสมบูรณ์เหมาะแก่การเข้าทำลายของเชื้อสาเหตุโรค และสุ่มเก็บผลผลิตในพื้นที่ขนาด 4 x 6 เมตร ชั่งน้ำหนักและวัดความชื้นผลผลิตของทุกกรรมวิธี เพื่อเปรียบเทียบผลผลิตที่ความชื้นร้อยละ 14 และวิเคราะห์ผลทางสถิติด้วยวิธี Analysis of variance และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. การทดสอบประสิทธิภาพของสารป้องกันกำจัดโรคขอบใบแห้งในสภาพห้องปฏิบัติการ

การทดสอบประสิทธิภาพของสารป้องกันกำจัดโรคขอบใบแห้งในสภาพห้องปฏิบัติการ ต่อเชื้อแบคทีเรียสาเหตุโรคขอบใบแห้ง *Xoo* ทั้ง 5 ไอโซเลต พบว่าสาร copper oxychloride มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเชื้อดีที่สุด ที่ระดับอัตราแนะนำ สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อ *Xoo* ได้ทั้ง 5 ไอโซเลต พบ clear zone ขนาดกว้าง 3.66, 4.62, 3.53, 3.75 และ 4.81 มิลลิเมตร

ตามลำดับ สอดคล้องกับ ปิยะวรรณ และคณะ (2556) รายงานว่าสาร copper oxychloride ให้ผลการยับยั้งเชื้อสาเหตุโรคขอบใบแห้งดีที่สุดเมื่อทดสอบในสภาพห้องปฏิบัติการ รองลงมาเป็นสาร copper hydroxide สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อ *Xoo* ได้ทั้ง 5 ไอโซเลต เช่นกัน พบ clear zone ขนาดกว้าง 1.62, 2.88, 1.53, 2.25 และ 2.94 มิลลิเมตร ตามลำดับ ส่วนสาร tribasic copper sulfate สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อ *Xoo* ได้ทั้ง 5 ไอโซเลต พบ clear zone ขนาดกว้าง 1.38, 1.94, 0.62, 2.00 และ 2.38 มิลลิเมตร ตามลำดับ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างกรรมวิธีที่ใส่สารป้องกันกำจัดเชื้อ *Xoo* กับกรรมวิธีควบคุม (ตารางที่ 2) ส่วนสาร zinc thiazole ไม่แสดงผลการเกิด clear zone ในทุกกรรมวิธีที่ทดสอบ อาจเนื่องจากการทดสอบในครั้งนี้ใช้น้ำเป็นตัวทำละลาย จึงทำให้ผลการทดลองที่ได้ไม่ชัดเจน ทั้งนี้จากการศึกษาของ Chen et al. (2019) ได้ทดสอบฤทธิ์ต้านเชื้อแบคทีเรีย *Xoo* (PXO99) ของสาร Zinc thiazole 20% W/V SC หรือในรูปแบบสารแขวนลอยเข้มข้น (suspension concentrate; SC) เทียบกับ สาร zinc thiazole (ความบริสุทธิ์ 98.7%) ในตัวทำละลาย dimethylsulfoxide (DMSO) โดยวิธี agar-well diffusion assay ในจานเพาะเลี้ยงเชื้อ พบว่า สารทั้งสองชนิดสามารถยับยั้งเชื้อ *Xoo* ได้ดี โดยสาร zinc thiazole ที่ละลายใน DMSO อัตรา 20 ไมโครกรัมต่อไมโครลิตร มีความกว้างบริเวณใส 1.6 เซนติเมตร ซึ่งมากกว่ากรรมวิธีที่ใช้สาร zinc thiazole 20% W/V SC รูปแบบสารแขวนลอยเข้มข้น อัตรา 200 ไมโครกรัมต่อไมโครลิตร ที่พบความกว้างบริเวณใสเพียง 1.4 เซนติเมตร และจากการทดสอบหาค่า Half maximal effective concentration (EC_{50}) ค่าความเข้มข้นของสาร zinc thiazole ที่มีผลต่อการยับยั้งการเจริญของเชื้อสาเหตุโรคพืชลงไปครึ่งหนึ่งจากค่าเริ่มต้น โดยทดสอบสาร zinc thiazole กับเชื้อ *X. campestris* pv. *campestris* (*Xcc*), *Erwinia pyrifoliae (Ep), E. amylovora (Ea), X. axonopodis* pv. *glycines (Xag)* และ *Xoo* พบค่า EC_{50} เท่ากับ 32.43, 7.83, 20.23, 31.77 และ 10.98 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ แต่เชื้อ *Ep* มีค่า EC_{50} ต่ำที่สุดเมื่อเทียบกับเชื้อชนิดอื่น แสดงให้เห็นว่าสาร zinc thiazole มีความเป็นพิษมากหรือสารมีผลต่อการเจริญของเชื้อ สามารถยับยั้งเชื้อได้ดี กล่าวคือเมื่อใช้สารในปริมาณหรือความเข้มข้นต่ำ ก็สามารถยับยั้งหรือมีประสิทธิภาพในการควบคุมโรคพืชได้ดี

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบประสิทธิภาพสารป้องกันกำจัดโรคขอบใบแห้งจำนวน 4 ชนิด ต่อเชื้อ *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* จำนวน 5 ไอโซเลต ในสภาพห้องปฏิบัติการ

Treatment	clear zone (mm)				
	XanSPB2019	XanCNT2019	XanCMI2019	XanPLG2019	XanSKN2019
zinc thiazole	0.00 c	0.00 d	0.00 b	0.00 c	0.00 c
copper	1.62 b	2.88 b	1.53 b	2.25 ab	2.94 b
copper	3.66 a	4.62 a	3.53 a	3.75 a	4.81 a
tribasic	1.38 b	1.94 c	0.62 b	2.00 b	2.38 b
distilled	0.00 c	0.00 d	0 b	0.00 c	0.00 c
F-test	**	**	**	**	**
CV (%)	56.26	13.13	97.46	68.47	33.2

หมายเหตุ

Xan = *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae*
SPB = Suphan Buri province
CNT = Chai Nat province
CMI = Chiang Mai province
PLG = Phatthalung province
SKN = Sakon Nakhon province
2019 = Year of isolate and collected pathogen

2. การทดสอบประสิทธิภาพของสารป้องกันกำจัดโรคขอบใบแห้งในสภาพโรงเรือน

การทดสอบประสิทธิภาพสารป้องกันกำจัดโรคขอบใบแห้งในสภาพโรงเรือน กับแบคทีเรียสาเหตุโรคขอบใบแห้ง ไอโซเลตที่มีความรุนแรงมากที่สุด คือ XanSKN2019 พบว่า สาร zinc thiazole มีร้อยละความรุนแรงของโรคต่ำที่สุด เท่ากับ ร้อยละ 21.19 รองลงมาเป็นสาร copper oxychloride สาร copper hydroxide และสาร tribasic coppersulfate มีร้อยละความรุนแรงของโรค เท่ากับ ร้อยละ 28.06, 30.95 และ 31.16 ตามลำดับ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับชุดควบคุมที่มีร้อยละความรุนแรงของโรค 41.56 (ตารางที่ 3) สอดคล้องกับงานวิจัยของวันพร และคณะ 2562 ได้ทดสอบประสิทธิภาพสารป้องกันกำจัดโรคขอบใบแห้ง จำนวน 6 ชนิด ได้แก่ สาร fosetyl-aluminium สาร copper oxychloride สาร copper hydroxide สาร zinc thiazole สาร isoprothiolane และสาร tribasic coppersulfate พบว่า สาร zinc thiazole ให้ผลยับยั้งโรคขอบใบแห้งได้ดีที่สุดในสภาพโรงเรือน สอดคล้องกับผลการศึกษาของ Liang et al. (2015) รายงานว่า zinc thiazole (ความบริสุทธิ์ 98.7%) และ bismerthiazol (ความบริสุทธิ์ 92.5%) ส่งเสริมการป้องกันตัวเองของต้นข้าว โดยการยับยั้งการผลิต extracellular polysaccharide (EPS) ของเชื้อ *Xoo* EPS เป็นสารที่เชื้อแบคทีเรียสร้างขึ้นมานอกเซลล์ในรูปของสารเมือกเพื่อเป็นเกราะป้องกันตัวเซลล์จากสิ่งแวดล้อมภายนอก (สาวิตรี, 2561) และเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้แบคทีเรียก่อโรครุนแรง ช่วยให้แบคทีเรียก่อโรค (pathogenic bacteria) หลีกเลี่ยงและชะลอการกระตุ้นการตอบสนองการป้องกันของพืช สาร Thiazole และอนุพันธ์ของ Thiazole มีคุณสมบัติต้านจุลินทรีย์สาเหตุโรคในมนุษย์ สัตว์ และพืชได้โดยตรง นอกจากนี้ยังสามารถเหนี่ยวนำกลไกการป้องกันตัวเองของพืช (Systemic Acquired Resistance; SAR) โดยลดการสะสมของ H_2O_2 ควบคุมยีนที่เกี่ยวข้องกับการป้องกันตัวเองของพืช (plant defense-related genes) การสะสมของแคลโลส (callose deposition) และลดปฏิกิริยา hypersensitive response (HR) ในพืช ลดการผลิต EPS ของเชื้อจุลินทรีย์สาเหตุโรค (Leoni et al., 2014; Oostendorp et al., 2001; Turan-Zitouni et al., 2004)

ตารางที่ 3 ร้อยละความรุนแรงของโรคขอบใบแห้ง จากเชื้อ *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* XanSKN2019 หลังจากการพ่นสารป้องกันกำจัดโรคขอบใบแห้ง 14 วัน ในสภาพโรงเรือน

Treatment	Disease Severity (%)	
	Before spraying	After spraying
zinc thiazole	0.37	21.19 a[1/]
copper hydroxide	0.39	30.95 b
copper oxychloride	0.37	28.06 ab
tribasic copper sulfate	0.35	31.16 b
distilled water	0.38	41.56 c
F-test	ns	**
CV (%)	7.76	18.23

[1/]Means within the same column followed the same letter are not significantly different by DMRT test at $p<0.05$.

3. การทดสอบประสิทธิภาพของสารป้องกันกำจัดโรคขอบใบแห้งในสภาพแปลง

การทดสอบประสิทธิภาพของสารป้องกันกำจัดโรคขอบใบแห้งในสภาพแปลง ที่จังหวัดพระนครศรีอยุธยา พบว่าสาร zinc thiazole มีประสิทธิภาพในการควบคุมโรคขอบใบแห้งดีที่สุด มีร้อยละความรุนแรงของโรค 15.38 รองลงมาเป็นสาร copper hydroxide สาร copper oxychloride และสาร tribasic copper-

sulfate ร้อยละความรุนแรงของโรค เท่ากับ 19.59, 22.02 และ 22.61 ตามลำดับ (ตารางที่ 4) การทดสอบที่ตำบลดอนเกาะกา จังหวัดฉะเชิงเทรา และที่ตำบลดอนฉิมพลี จังหวัดฉะเชิงเทรา ให้ผลสอดคล้องกัน คือ สาร zinc thiazole มีประสิทธิภาพในการควบคุมโรคขอบใบแห้งดีที่สุด มีร้อยละความรุนแรงของโรค 10.37 และ 10.99 ตามลำดับ รองลงมาเป็นสาร copper oxychloride มีร้อยละความรุนแรงของโรค 12.22 และ 13.27 ตามลำดับ สาร tribasic copper sulfate มีร้อยละความรุนแรงของโรค 12.78 และ 14.00 ตามลำดับ และสาร copper hydroxide มีร้อยละความรุนแรงของโรค 13.01 และ 14.30 ตามลำดับ (ตารางที่ 5-6) ผลผลิตข้าวที่จังหวัดพระนครศรีอยุธยา กรรมวิธีที่พ่นสาร zinc thiazole มีผลผลิตสูงสุด 239 กิโลกรัมต่อไร่ รองลงมาเป็นกรรมวิธีที่พ่นสาร copper hydroxide สาร copper oxychloride และสาร tribasic copper sulfate มีผลผลิต 233, 228, 225 กิโลกรัมต่อไร่ แต่ผลผลิตข้าวในทุกกรรมวิธีไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ในขณะที่ผลผลิตข้าวที่ตำบลดอนเกาะกา จังหวัดฉะเชิงเทรา กรรมวิธีที่พ่นสาร zinc thiazole มีผลผลิตสูงที่สุด 789 กิโลกรัมต่อไร่ รองลงมาเป็นสาร copper oxychloride สาร copper hydroxide และสาร tribasic copper sulfate มีผลผลิต 687, 685 และ 673 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับทุกกรรมวิธี และผลผลิตข้าวที่ตำบลดอนฉิมพลี จังหวัดฉะเชิงเทรา กรรมวิธีที่พ่นสาร zinc thiazole มีผลผลิตสูงที่สุด 789 กิโลกรัมต่อไร่ รองลงมาเป็นสาร tribasic copper sulfate สาร copper oxychloride และสาร copper hydroxide มีผลผลิต 774, 701, 694 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ แต่ทุกกรรมวิธีไม่มีความแตกต่างทางสถิติ (ตารางที่ 7) จากการสอบถามพฤติกรรมการใช้สารป้องกันกำจัดโรคข้าวของเกษตรกรในแปลงนาข้างเคียง พบว่า มีการใช้สารป้องกันกำจัดโรคข้าวมากถึง 4 ครั้ง คือ ช่วงระยะแตกกอ (30 วัน), เริ่มตั้งท้อง (60 วัน), ตั้งท้อง (75 วัน) และ ออกรวงร้อยละ 5 (85 วัน) ซึ่งมากเกินความจำเป็น ทำให้ต้นทุนการผลิตข้าวสูง เช่น ค่าแรง ค่าสารป้องกันกำจัดโรคพืช และยังทำให้เสียเวลา นอกจากนี้ การใช้สารเคมีที่มากเกินไปอาจส่งผลให้เกิดสารพิษตกค้างในผลผลิตข้าวและสิ่งแวดล้อมได้

ตารางที่ 4 เปอร์เซ็นต์ความรุนแรงของโรคขอบใบแห้ง จากเชื้อ *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* XanSKN2019 หลังจากการพ่นสารป้องกันกำจัดโรคขอบใบแห้ง 14 วัน ในสภาพแปลงนา ฤดูนาปรัง พ.ศ. 2565 ตำบลหันตรา อำเภอพระนครศรีอยุธยา จังหวัดพระนครศรีอยุธยา

Treatment	Disease Severity (%)	
	Before spraying	After spraying
zinc thiazole	7.78	15.38 a[1/]
copper hydroxide	7.96	19.59 ab
copper oxychloride	7.9	22.02 ab
tribasic copper sulfate	8.46	22.61 b
distilled water	8.78	68.75 c
F-test	ns	**
CV (%)	12.76	16.12

[1/]Means within the same column followed the same letter are not significantly different by DMRT test at $p<0.05$.

ตารางที่ 5 เปอร์เซ็นต์ความรุนแรงของโรคขอบใบแห้ง จากเชื้อ *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* XanSKN2019 หลังจากการพ่นสารป้องกันกำจัดโรคขอบใบแห้ง14 วัน ในสภาพแปลงนา ฤดูนาปี 2565 ตำบลดอนเกาะกา อำเภอบางน้ำเปรี้ยว จังหวัดฉะเชิงเทรา

Treatment	Disease Severity (%)	
	Before spraying	After spraying
zinc thiazole	3.35	10.37 a[1/]
copper hydroxide	3.09	13.01 ab
copper oxychloride	2.99	12.22 a
tribasic copper sulfate	3.04	12.78 a
distilled water	4.57	15.56 b
F-test	ns	*
CV (%)	39.02	13.52

[1/]Means within the same column followed the same letter are not significantly different by DMRT test at $p<0.05$.

สรุปผลการทดลอง

การทดสอบประสิทธิภาพของสารป้องกันกำจัดโรคขอบใบแห้งในสภาพห้องปฏิบัติการ พบว่าสาร copper oxychloride มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อ *Xoo* ทั้ง 5 ไอโซเลตได้ดีที่สุด รองลงมาเป็นสาร copper hydroxide และสาร tribasic copper sulfate ยกเว้นสาร zinc thiazole ที่ไม่มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อ *Xoo* การทดสอบประสิทธิภาพสารป้องกันกำจัดโรคขอบใบแห้งในสภาพโรงเรือนและในสภาพแปลงนา พบว่าสาร zinc thiazole อัตรา 60 มิลลิลิตร ต่อน้ำ 20 ลิตร (อัตราแนะนำ) เป็นสารที่มีประสิทธิภาพดีที่สุด โดยพ่นสารจำนวน 2 ครั้ง พ่นครั้งแรกเมื่อพบอาการของโรคขอบใบแห้งในระยะเริ่มแรก และพ่นครั้งที่ 2 หลังจากพ่นสารครั้งแรก เป็นเวลา 7 วัน ดังนั้นงานวิจัยนี้สามารถใช้เป็นคำแนะนำในการควบคุมโรคขอบใบแห้งของข้าวได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทั้งวิธีการใช้ที่เหมาะสม ตรงกับชนิดของพืช ปลอดภัยต่อผู้ผลิต ผู้บริโภค และสิ่งแวดล้อม นำไปสู่การลดต้นทุนการผลิตข้าว

ตารางที่ 6 เปอร์เซ็นต์ความรุนแรงของโรคขอบใบแห้ง จากเชื้อ *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* XanSKN2019 หลังจากการพ่นสารป้องกันกำจัดโรคขอบใบแห้ง 14 วัน ในสภาพแปลงนา ฤดูนาปี 2565 ตำบลดอนฉิมพลี อำเภอบางน้ำเปรี้ยว จังหวัดฉะเชิงเทรา

Treatment	Disease Severity (%)	
	Before spraying	After spraying
zinc thiazole	3.13	10.99 a[1/]
copper hydroxide	3.66	14.30 b
copper oxychloride	2.80	13.27 b
tribasic copper sulfate	3.12	14.00 b
distilled water	3.18	38.92 c
F-test	ns	**
CV (%)	32.87	7.91

[1/]Means within the same column followed the same letter are not significantly different by DMRT test at $p<0.05$.

ตารางที่ 7 ผลผลิตข้าว (กิโลกรัมต่อไร่) ของข้าวจากแปลงทดสอบการใช้สารเคมีควบคุมโรคขอบใบแห้งของข้าวจำนวน 3 แหล่ง

Treatment	Hantra, Phra Nakhon Si Ayutthaya PSL2	Don Koka, Chachoengsao RD85	Don Chimphli, Chachoengsao PSL2
zinc thiazole	239	789 a[1/]	789
copper hydroxide	233	685 b	694
copper oxychloride	228	687 b	701
tribasic copper sulfate	225	673 b	774
distilled water	202	638 b	669
F-test	ns	*	ns
CV (%)	22.19	7.43	10.28

[1/]Means within the same column followed the same letter are not significantly different by DMRT test at $p<0.05$.

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณกองทุนส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม และสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สกสว.) ที่ส่งเสริมและสนับสนุนงบประมาณวิจัย ภายใต้แผนงานระบบการผลิตข้าวแบบอาหารปลอดภัย และเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม และขอขอบคุณศูนย์วิจัยข้าวเชียงใหม่ พัทลุง ชัยนาท และสกลนคร ที่ให้ความอนุเคราะห์เชื้อสาเหตุโรคขอบใบแห้ง *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* (*Xoo*)

เอกสารอ้างอิง

กรมวิชาการเกษตร. 2564. คำแนะนำการจัดทำแผนการทดลองประสิทธิภาพสารป้องกันกำจัดโรคพืช ปี 2564. กลุ่มวิจัยโรคพืช สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช กรมวิชาการเกษตร.

กองวิจัยและพัฒนาข้าว กรมการข้าว. 2562. ศัตรูข้าวและการป้องกันกำจัด. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร: บริษัท อาร์ต ควอลิไฟท์ จำกัด.

จารุวี อันเซตา ธีรยุทธ ตู้จินดา คนึงนิตย์ เหรียญวรากร และ สุจินต์ ภัทรภูวดล. 2565. การกระจายตัวของสายพันธุ์เชื้อ *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* ในภาคกลางของ ประเทศไทย. วารสารแก่นเกษตร. 50 (1), 204-215.

ชานนทร์ แสงจันทร์. 2557. การควบคุมโรคเน่าเละที่เกิดจากเชื้อแบคทีเรีย *Erwinia carotovora* pv. *carotovora* ในผักกาดเขียวปลีโดยใช้ความต้านทานจากสิ่งกระตุ้น. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท สาขาวิชาพืชศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

ชลิดา เล็กสมบูรณ์. 2557. โรคพืชและการวินิจฉัย. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ดวงกมล บุญช่วย อนรรฆพล บุญช่วย และ เสน่ห์ คชรัตน์. 2555. การลดระดับความรุนแรงของโรคขอบใบแห้งของข้าวโดยวิธีผสมผสานในนาชลประทานภาคเหนือตอนล่าง. *ใน:* บทคัดย่อการประชุมวิชาการข้าวแห่งชาติครั้งที่ 2. การประชุมวิชาการข้าวแห่งชาติครั้งที่ 2, 21-23 ธ.ค. 2555, กรุงเทพมหานคร: สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ.

ดวงกมล บุญช่วย. 2558. ปฏิกิริยาของสายพันธุ์/พันธุ์ข้าวจากแหล่งเชื้อพันธุ์ธนาคารเชื้อพันธุ์ข้าวและ

INGER ต่อโรคไหม้และโรคขอบใบแห้งจังหวัดชัยนาท. *ใน*: การประชุมวิชาการข้าวและธัญพืชเมืองหนาว ครั้งที่ 32 ประจำปี 2558. วันที่ 21-23 เมษายน 2558 ณ เมธาวลัย ชะอำ จ. เพชรบุรี.

ปิยะวรรณ ใยดี พันนิภา ยาใจ และ นิภาพรรณ แก้วประดับ. 2556. ประสิทธิภาพสารเคมีป้องกันกำจัดโรคขอบใบแห้ง: ไอโซเลตแพร่และอุตรดิตถ์. *ใน:* การสัมมนาวิชาการกลุ่มศูนย์วิจัยข้าวภาคเหนือตอนบนและภาคเหนือตอนล่าง วันที่26-27 มีนาคม 2556 ณ โรงแรมดิเอ็มเพรส อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่.

พยอม โคเบลลี่ และธีรดา หวังสมบูรณ์ดี. 2560. โรคขอบใบแห้งของข้าวในประเทศไทย: สถานการณ์การระบาดของโรคปัจจุบัน. Unisearch Journal. 4: 23-27.

พากเพียร อรัญนารถ นงรัตน์ นิลพานิชย์ และรัศมีฐิติเกียรติพงศ์ 2552. ประสิทธิภาพของสารป้องกันกำจัดโรคพืชบางชนิดต่อโรคขอบใบแห้งของข้าว. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร. 40(พิเศษ1), 51-54.

วันพร เข็มมุกด์ ศุภลักษณา หล่าจันทึก สุนิสา คงสมโอษฐ์ วิลาวรรณ จั่นแก้ว รินันทา คำน้อม รุ่งทิวา วงค์ไชย จันจิรา ชัยกล้า และ วิชชุดา รัตนากาญจน์. 2562. ประสิทธิภาพสารเคมีป้องกันกำจัดโรคขอบใบแห้งและโรคเมล็ดด่างของข้าว. *ใน*: การประชุมวิชาการข้าวและธัญพืชเมืองหนาว ครั้งที่ 36 พ.ศ. 2562. วันที่ 12-15 พฤษภาคม 2562. ณ ณ โรงแรมแกรนด์ฟอร์จูน นครศรีธรรมราช อำเภอเมือง จังหวัดนครศรีธรรมราช.

สาวิตรี ดือราแม. 2561. การผลิตเอ็กโซพอลิแซ็กคาไรด์จากแบคทีเรียแลกติกและการประยุกต์ใช้. วารสารอาหาร. 48(3), 21-30.

อภิสิทธิ์ โฆษิตชัยยงค์ จันทร์ฉาย ทองปิ่น ขวัญเนตร สมบัติสมภพ ชญาน์ จันทวสุ ธีระศักดิ์ หมากผิน เอกชัย วิมลมาลา และณรงค์ฤทธิ์ สมบัติภพ. 2553. สมบัติของวัสดุและความสามารถในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียของพอลิเอทิลีนความหนาแน่นสูงที่ผสมไตรโคลซาน. วารสารวิจัยและนวัตกรรมเพื่ออุตสาหกรรมไทย. 1(3), 16-27.

อุดมศักดิ์ เลิศสุชาตวนิช. 2555. ประสิทธิภาพของสาร Bacbicure 25 percent WP ในการควบคุมโรคแคงเกอร์ของมะนาว. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร. 43(1), 15-22.

Chen, X., L. Zhou, P. Laborda, Y. Zhao, K. Li, and F. Liu. 2019. First method for dissolving zinc thiazole and re-evaluation of its antibacterial properties against rice bacterial blight disease. Phytopathology Research. 1(1), 1–10.

Ibrahim, H.M.M. 2015. Green synthesis and characterization of silver nanoparticles using banana peel extract and their antimicrobial activity against representative microorganisms. Journal of Radiation Research and Applied Sciences. 8(3), 265–275.

Leoni, A., A. Locatelli, R. Morigi, and M. Rambaldi. 2014. Novel thiazole derivatives: a patent review (2008–2012. Part 2). Expert Opinion on Therapeutic Patents. 24(7), 759–777.

Liang, X., X. Yu, W. Dong, S. Guo, S. Xu, J. Wang, and M. Zhou. 2015. Two thiadiazole compounds promote rice defence against *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* by suppressing the bacterium's production of extracellular polysaccharides. Molecular Plant Pathology. 16(8), 882–892.

Martí, M., B. Frígols, and A. Serrano-Aroca. 2018. Antimicrobial characterization of advanced materials for bioengineering applications. Journal of Visualized Experiments. (138), e57710.

Mew, T.W., A.M Alvarez, J.E Leach and J. Swings. 1993. Focus on Bacterial Blight of Rice. Plant Disease. 77(1), 5-12.

Oostendorp, M., W. Kunz, B. Dietrich, and T. Staub. 2001. Induced disease resistance in plants by chemicals. European Journal of Plant Pathology. 107(1), 19–28.

Raghunandana, A., D. Pramesh, S. Gururaj, C. Amoghavarsha, M.K. Yadav, U. Ngangkham, H.D. Pushpa, M.K. Prasannakumar, B.T. Raghavendra, and N.R. Harischandra. 2023. Genetic diversity and pathotype profiling of *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* isolates from diverse rice growing ecosystems of Karnataka state of India. Plant Protection Science. 59(1), 31–47.

Turan-Zitouni, G., Ş. Demirayak, A. Özdemir, Z.A. Kaplancıklı, and M.T. Yıldız. 2004. Synthesis of some 2-[(benzazole-2-yl) thioacetylamino] thiazole derivatives and their antimicrobial activity and toxicity. European Journal of Medicinal Chemistry. 39(3), 267–272.

Yu, Y.-J., Z. Chen, P.T. Chen, and I.-S. Ng. 2018. Production, characterization and antibacterial activity of exopolysaccharide from a newly isolated *Weissella cibaria* under sucrose effect. Journal of Bioscience and Bioengineering. 126(6), 769–777.