รายงานผลงานเรื่องเต็มการทดลองที่สิ้นสุด 2561

---

1. แผนงานวิจัย : การวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตกล้วย

2. โครงการวิจัย : การวิจัยและพัฒนาเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและการจัดการคุณภาพในโซ่อุปทานกล้วยไข่เพื่อการส่งออก

3. ชื่อการทดลอง (ภาษาไทย) : ศึกษาวิธีการควบคุมโรคหลังการเก็บเกี่ยวกล้วยไข่อย่างปลอดภัยเพื่อการส่งออก

ชื่อการทดลอง (ภาษาอังกฤษ) : The study of controlling postharvest crown rot of banana cv. Kluai Khai by safety methods for exporting

4. คณะผู้ดำเนินงาน

หัวหน้าการทดลอง : วรางคณา มากกำไร[1]

ผู้ร่วมงาน : ทวีศักดิ์ แสงอุดม[1] สุนิตา คามีศักดิ์[1]
รุ้งลาวัลย์ อินต๊ะวงค์[2]

---

5. บทคัดย่อ

โรคขั้วหวีเน่า (Crown rot disease) ในกล้วยไข่หลังการเก็บเกี่ยว เป็นปัญหาสำคัญในการส่งออก การใช้สารเคมีป้องกันกำจัดเชื้อราช่วยลดปัญหาดังกล่าวแต่การใช้ในปริมาณมากเกินไปส่งผลให้เกิดการตกค้างของสารเกินค่ามาตรฐานที่กำหนดโดยประเทศคู่ค้า การหาวิธีควบคุมโรคด้วยสารปลอดภัยลดการใช้สารเคมีจึงเป็นทางออกที่ดีวิธีหนึ่ง ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงศึกษาวิธีการควบคุมโรคขั้วหวีเน่าของกล้วยไข่อย่างปลอดภัย โดยเริ่มจากทำการทดลองหาสารปลอดภัยที่มีประสิทธิภาพควบคุมโรคขั้วหวีเน่าในกล้วยไข่โดยการปลูกเชื้อราสาเหตุก่อนจุ่มสารทดสอบ เปรียบเทียบกับสารเคมีที่ใช้กันโดยทั่วไป ได้แก่ โพรคลอราซ คาร์เบนดาซิม และอะซ็อกซี่สโตรบินที่อัตรา 250 ppm สารปลอดภัยที่นำมาทดสอบได้แก่ โพแทสเซียมซอร์เบท 500 ppm กรดออกซาลิก 100 ppm น้ำมันหอมระเหยอบเชยเทศ 0.3% ในเบื้องต้น พบว่า น้ำมันหอมระเหยอบเชยเทศ 0.3% สามารถยับยั้งการเกิดโรคจากเชื้อรา *Fusarium oxysporum* ได้ 17.6% แต่ทำให้ผิวกล้วยเป็นสีดำ (peel browning) จึงไม่เหมาะสมในการนำไปใช้ ครั้งที่ 2 ได้ปรับกรรมวิธี โดยสารเคมีที่นำมาเปรียบเทียบได้แก่ โพรคลอราซ และคาร์เบนดาซิม อัตรา 250 ppm สารปลอดภัยยังคงเป็นโพแทสเซียมซอร์เบท 500 ppm และกรดออกซาลิก 100 ppm เพิ่มเติม กรดซาลิไซลิก 250 ppm และน้ำโอโซน 0.5 ppm ซึ่งผลการทดลองพบว่าสารเคมีมีประสิทธิภาพในการควบคุมโรคสูงสุด ในขณะที่กลุ่มสารปลอดภัยยังไม่เห็นผล

[1] สถาบันวิจัยพืชสวน แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพมหานคร 10900 โทร.02-579-0583 โทรสาร 0-25614667

[2] ศูนย์วิจัยพืชสวนสุโขทัย อ.ศรีสัชนาลัย จ. สุโขทัย 64190 โทร 0-5567-9085 อีเมลล์ tachai51@gmail.com

ที่ชัดเจน อาจเนื่องจากการเกิดโรคค่อนข้างต่ำ ดังนั้น จึงทำการทดลองเพิ่มเติมอีก โดยเพิ่มกรรมวิธีจุ่มน้ำโอโซน 0.5 ppm ร่วมกับโพรคลอราซ 125 ppm กรรมวิธีอื่นๆยังคงเดิม (รวมกับกรรมวิธีควบคุม (น้ำเปล่า) ทั้งหมด 8 กรรมวิธี) ทำการทดลองทั้งในห้องปฏิบัติการโดยวิธี poisoned food technique และการปลูกเชื้อสาเหตุบนขั้วหวีกล้วยไข่ก่อนการจุ่มสาร ผลการทดลองพบว่า โพรคลอราซ 250 ppm และ น้ำโอโซน 0.5 ppm ร่วมกับโพรคลอราซ 125 ppm สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อราสาเหตุโรคขั้วหวีเน่าทั้ง *Fusarium oxysporum* และ *Lasiodiplodia theobromae* ได้ดีที่สุด 100% ในห้องปฏิบัติการ และ ≥90% สำหรับเชื้อ *F. oxysporum* และ 38-52% สำหรับเชื้อ *L. theobromae* ในการทดลองประสิทธิภาพสารหลังการปลูกเชื้อสาเหตุบนขั้วหวีกล้วยไข่ หลังจากนั้น นำกรรมวิธีทั้งหมดไปทดสอบการควบคุมโรคหลังการเก็บรักษาตามวิธีการส่งออก โดยจุ่มสารก่อนเก็บรักษาในห้องเย็น 14 °C และตรวจสอบการเกิดโรคสัปดาห์ที่ 2 4 และ 6 พบว่า เปอร์เซ็นต์การเกิดโรคสูงขึ้นตามอายุการเก็บรักษาและเมื่อผลสุก กรรมวิธีควบคุมโรคโดยจุ่มสารเคมีทั้งโพรคลอราซ และคาร์เบนดาซิม 250 ppm สามารถควบคุมโรคได้อย่างมีประสิทธิภาพ และการจุ่มน้ำโอโซน 0.5 ppm ร่วมกับโพรคลอราซ 125 ppm ให้ผลดีไม่แตกต่างกับการจุ่มสารเคมีเพียงอย่างเดียว รองลงมาคือการจุ่มน้ำโอโซน 0.5 ppm นอกจากนี้ ผลการตกค้างของสารเคมีหลังการเก็บรักษา 2 สัปดาห์ แล้วบ่มสุก พบสารเคมีสะสมในเปลือกสูงสุด ขณะที่เนื้อผลพบปริมาณต่ำและไม่เกินระดับปริมาณสารตกค้างสูงสุด (MRL) ในทุกกรรมวิธีที่ใช้สารเคมี ดังนั้น กรรมวิธีที่ดีที่สุดที่สามารถควบคุมโรคขั้วหวีเน่าในกล้วยไข่อย่างมีประสิทธิภาพและปลอดภัย ลดการใช้สารเคมี คือ การจุ่มน้ำโอโซน 0.5 ppm ร่วมกับโพรคลอราซ 125 ppm นาน 15 นาที ก่อนการเก็บรักษาเพื่อการส่งออก

ABSTRACT

Crown rot is an important disease in ‘Kluai Khai’ banana (Musa AA group) that causes tremendous post harvest loss of export. Fungicides have been used to control this problem; however, using high dose induces the problem of excess chemical residue in the commodity over the standard limit. Finding the other effective and safety methods to reduce using fungicides is one of the best ways to solve the problem. This study was done to investigate the safety chemicals controlling crown rot disease in ‘Kluai Khai’ banana in order to replace or reduce using fungicides. First, we tried to determine the most effective safety chemical in controlling the disease after inoculation of pathogen on banana crow in comparison with general used fungicides, 250 ppm prochloraz, carbendazim, and azoxystrobin. The safety chemicals included 500 ppm potassium sorbate, 100 ppm oxalic acid, and 0.3% cinnamon oil. The result showed that 0.3% cinnamon oil could inhibit the growth of *Fusarium oxysporum*, pathogen of crown rot, at 17.6% but it brought about peel browning. So, this method is not suitable to be used further. For the second time, we changed to compare 250 ppm prochloraz and carbendazim with 500 ppm potassium

sorbate, 100 ppm oxalic acid, 250 ppm salicylic acid, and 0.5 ppm ozone water. We found that the fungicides were still the most effective in controlling crown rot while among the safety chemicals, they were not different and no one showed good enough effectiveness. It may be because of low disease development in that time of experiment so it is hard to see the effectiveness of each treatment. Therefore, we did experiments further by keeping all the treatments and added one more treatment, 0.5 ppm ozone water plus 125 ppm prochloraz (8 treatments in total; water was used as control). We did both *in vitro* by poisoned food technique and *in vivo* by inoculating pathogens on banana crown before applying treatments. The results revealed 250 ppm prochloraz and 0.5 ppm ozone water plus 125 ppm prochloraz were the most effective treatments to control crown rot caused by both pathogens *Fusarium oxysporum* and *Lasiodiplodia theobromae*. For *in vitro*, the mycelium growth inhibition of both treatments for both pathogens was 100%. For *in vivo*, % inhibition was ≥ 90% for *F. oxysporum* and 38-52% for *L. theobromae.* Then, all treatments were considered for the effectiveness of disease control after cold storage at 14 °C following the export practice. The banana was treated with the treatments before storage and they were investigated for % disease development and % inhibition after 2, 4, and 6 week. The results showed that the longer time of storage and at ripening stage the disease were more develop. 250 ppm prochloraz and carbendazim could control the disease effectively. Moreover, 0.5 ppm ozone water plus 125 ppm prochloraz had high effectiveness as same as those two fungicide treatments, following by 0.5 ppm ozone water. Besides, the results of chemical residue in the ripe fruit after 2 week storage found that chemical was high in peel and very low in flesh which did not exceed the Maximum Residue Limits (MRL) in all fungicide related treatments. Therefore, the best treatment which has high effectiveness in control crown rot disease in 'Kluai Khai' banana and reduced using fungicide by a half dose was dipping the fruit in 0.5 ppm ozone water plus 125 ppm prochloraz for 15 min before cold storage for export.

6. คำนำ

ปัจจุบันกล้วยไข่นับเป็นผลไม้ที่มีศักยภาพในการส่งออกสูง โดยการส่งออกกล้วยไข่ ส่งออกไปตลาดจีน คิดเป็น 60% ของการส่งออกทั้งหมด ประกอบด้วย มณฑลเสฉวน มณฑลเจ้อเจียง มณฑลเจียงซู และมณฑลอันฮุย ที่มีการนำเข้าเพิ่มขึ้นโดยเฉพาะช่วงเทศกาลตรุษจีน ตลาดที่มีศักยภาพ ได้แก่ เวียดนาม เกาหลีใต้ ญี่ปุ่น และฮ่องกง โดยในปี 2555 มีพื้นที่ปลูกประมาณ 74,000 ไร่ ผลผลิต 172,587 ตัน ส่งออก 15,502

ตัน แต่อย่างไรก็ตามโรคหลังการเก็บเกี่ยวซึ่งเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ผลผลิตเสียหาย และการใช้สารเคมีเพื่อควบคุมโรคดังกล่าวในปริมาณมากเกินไปทำให้มีสารตกค้างในผลผลิต ส่งผลให้ผลผลิตไม่ตรงตามมาตรฐานยังคงเป็นปัญหาในการส่งออกในปัจจุบัน ดังนั้นจึงจำเป็นต้องเร่งรัดวิจัยและพัฒนาวิธีการควบคุมโรคอย่างมีประสิทธิภาพและปลอดภัย เพื่อทดแทนหรือลดปริมาณการใช้สารเคมี เพิ่มปริมาณผลผลิตที่ได้มาตรฐานตรงตามข้อกำหนดของประเทศคู่ค้า ผลผลิตไม่มีสารตกค้างเกินข้อกำหนดและมีคุณภาพดีเมื่อถึงตลาดปลายทาง

โรคที่สำคัญหลังการเก็บเกี่ยวของกล้วย คือ โรคขั้วหวีเน่า (crown rot) เป็นสาเหตุหลักของการสูญเสียผลผลิตในขั้นตอนการบ่มและวางจำหน่ายคิดเป็น 59.89% (คมจันทร์ และคณะ, 2559) เกิดจากเชื้อราสาเหตุ ได้แก่ *Lasiodiplodia theobromae* , *Fusarium* sp. และ *Colletotrichum musae* ซึ่งเชื้อที่ทำให้เกิดอาการรุนแรงที่สุดคือ *L. theobromae* แต่โดยมากพบการเข้าทำลายของหลายชนิดร่วมกัน (Snowdon, 1990; สำนักวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร กรมวิชาการเกษตร, 2557) เชื้อราเหล่านี้มีอยู่ทั่วไปในแปลงปลูกกล้วย สปอร์ของเชื้อราสามารถเข้าในระยะที่ผลอ่อนหรือมีบาดแผลในแปลงปลูก และจะเจริญแสดงอาการเมื่อผลสุก (Gonzale-Aguilar *et al.,* 2003) จากผลการศึกษาของ Sangudom (2013) พบว่า วิธีการปฏิบัติของล้ง/บริษัทฯในการควบคุมโรคนี้แตกต่างกันไป บ้างมีการใช้สารเคมีป้องกันเชื้อราจุ่มหวีผลในน้ำสุดท้ายของการทำความสะอาด ซึ่งชนิดและอัตราก็แตกต่างกัน สารป้องกันเชื้อราที่นิยมใช้ ได้แก่ คาร์เบนดาซิม และโปรคลอราซ จากข้อมูลของ สวพ. 6 พบปัญหาสารตกค้างในกล้วยไข่เนื่องจากการใช้คาร์เบนดาซิมในอัตราที่มากเกินไป ปัจจุบันประเทศผู้นำเข้ามีความเข้มงวดขึ้น บางประเทศไม่อนุญาตให้มีการใช้สารเคมีในขั้นตอนหลังการเก็บเกี่ยว (Maobool *et al.,* 2010)

จากงานวิจัยที่ผ่านมา มีการทดลองใช้ hot water treatment (HWT) โดยจุ่มที่อุณหภูมิ 50 ℃ แล้วจุ่มในน้ำที่ 25 ℃ 30 นาที พบว่า ช่วยยืดอายุการเก็บรักษากล้วยไข่ (Srilaong and Photchanachai, 2011) การใช้กรรมวิธีร่วมระหว่างสารเคมีโดยลดอัตราการใช้สารเคมีร่วมกับ HWT ก็สามารถช่วยยืดอายุได้เช่นกัน (Schina *et al.,* 2000) นอกจากนี้มีการใช้น้ำมันหอมระเหยอบเชยเทศ (cinnamon oil) 0.3-0.4% สามารถชะลอการเกิดโรคแอนแทรคโนสของกล้วย (Maobool *et al.,* 2010) บุญญวดีและคณะ (2557) พบว่า สารโพแทสเซียมซอร์เบท (potassium sorbate) 500 mg/l, กรดออกซาลิก (oxalic acid) 100 mg/l หรือ กรดซาลิไซลิก (salicylic) 250 mg/l จุ่มเป็นเวลา 5 นาที สามารถช่วยควบคุมโรคขั้วหวีเน่าของกล้วยหอมได้ นอกจากนี้ ปัจจุบันมีการนำโอโซนซึ่งคุณสมบัติในการเป็นตัวออกซิไดซ์อย่างแรง มีความว่องไวในการทำปฏิกิริยาเคมีและสลายตัวอย่างรวดเร็ว ไม่มีปัญหาเกี่ยวกับสารพิษตกค้าง โอโซนได้รับการยอมรับว่าเป็นสารทำความสะอาดและฆ่าเชื้อที่มีประสิทธิภาพสูง โดยพบว่าโอโซนที่ความเข้มข้น 0.01-0.04 ppm มีฤทธิ์ทำลายเชื้อรา แบคทีเรียและไวรัสได้ดีและเร็วกว่าคลอรีนสูงถึง 5,000 เท่า นอกจากนี้โอโซนยังมีประสิทธิภาพเหนือกว่าสารเคมีจำพวกโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต (Potassium Permanganate) และไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (Hydrogen peroxide) อีกด้วย ซึ่งหลายประเทศในยุโรปได้มีการเลือกใช้ก๊าซโอโซนแทนสารเคมีดังกล่าว (จารุณี, 2547) บทบาทของโอโซนในการกำจัดเชื้อจุลินทรีย์คือ การเป็น strong oxidizing agent และความสามารถในการเอนไซม์ กรดนิวคลีอิค องค์ประกอบของผนังเซลล์ของแบคทีเรีย เยื่อหุ้มของสปอร์

เชื้อราและ capsids ของเชื้อไวรัส (Khadre *et al.,* 2001) ดวงธิดา และคณะ (2549) จุ่มผลเงาะในน้ำโอโซนความเข้มข้น 0.3 ppm นาน 15 นาที สามารถลดปริมาณเชื้อราที่ผิวได้ 79.2% กานดาและคณะ (2549) พบว่า การล้างผลส้มด้วยน้ำโอโซนนาน 2 ชั่วโมง สามารถชะลอการเจริญทางเส้นใยของเชื้อรา *Penicillium digitatum* และการเกิดโรคราสีเขียวบนผลส้มได้โดยไม่มีกระทบต่อคุณภาพของส้ม เพ็ญแขและคณะ (2550) จุ่มพริกในน้ำโอโซนความเข้มข้น 5 ppm นาน 10 นาที สามารถลดปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์รา และโคลิฟอร์มบนผิวพริกได้ดี

ดังนั้น จึงศึกษาวิธีการควบคุมโรคหลังการเก็บเกี่ยวของกล้วยไข่อย่างมีประสิทธิภาพและปลอดภัยจากสารพิษตกค้างเพื่อลดการใช้สารเคมี และเพิ่มผลผลิตที่ได้มาตรฐานในการส่งออก

7. วิธีดำเนินการ

อุปกรณ์

1. กล้วยไข่ ที่ระยะสุกแก่ 70-80%
2. คาร์เบนดาซิม 250 ppm
3. โพรคลอราซ 125 และ 250 ppm
4. อะซ็อกซี่สโตรบิน 250 ppm
5. โพแทสเซียมซอร์เบท 500 ppm
6. กรดออกซาลิก 100 ppm
7. น้ำมันหอมระเหยอบเชยเทศ 0.3%
8. กรดซาลิไซลิก 250 ppm
9. น้ำโอโซน 0.5 ppm
10. คลอรอกซ์ อัตรา 25 ml/น้ำ 20L
11. อีทีฟอน 250 ppm
12. ถุงโพลีเอทิลีน (PE)
13. กล่องกระดาษสำหรับบรรจุกล้วยไข่เพื่อการส่งออก
14. อุปกรณ์และสารเคมีในการเพาะเลี้ยงและปลูกเชื้อรา *F. oxysporum* และ *L. theobromae*
15. อุปกรณ์และเกณฑ์ในการประเมินคุณภาพผลกล้วย
16. อุปกรณ์และสารเคมีในการวิเคราะห์ปริมาณสารเคมีตกค้างในผลกล้วย

วิธีการ

1. การทดสอบเพื่อหาสารที่มีประสิทธิภาพในป้องกันกำจัดเชื้อราสาเหตุโรคขั้วหวีเน่าในกล้วยไข่ที่เกิดจากการปลูกเชื้อราสาเหตุโรค (ดำเนินการทดลอง 2 ครั้ง)

<u>ครั้งที่ 1</u>

วางแผนการทดลองแบบ RCB มี 7 กรรมวิธี 3 ซ้ำ (3 หวี/ซ้ำ)

กรรมวิธีที่ 1 ชุดควบคุม (จุ่มน้ำเปล่า)

กรรมวิธีที่ 2 จุ่มสารป้องกันเชื้อราคาร์เบนดาซิม 250 ppm 3 นาที

กรรมวิธีที่ 3 จุ่มสารป้องกันเชื้อราโพรคลอราซ 250 ppm 3 นาที

กรรมวิธีที่ 4 จุ่มสารป้องกันเชื้อราอะซ็อกซี่สโตรบิน 250 ppm 3 นาที

กรรมวิธีที่ 5 จุ่มสารโพแทสเซียมซอร์เบท 500 ppm 5 นาที

กรรมวิธีที่ 6 จุ่มกรดออกซาลิก 100 ppm 5 นาที

กรรมวิธีที่ 7 จุ่มน้ำมันหอมระเหยอบเชยเทศ 0.3% 5 นาที

<u>ครั้งที่ 2</u>

วางแผนการทดลองแบบ RCB มี 7 กรรมวิธี 3 ซ้ำ (3 หวี/ซ้ำ)

กรรมวิธีที่ 1 ชุดควบคุม (จุ่มน้ำเปล่า)

กรรมวิธีที่ 2 จุ่มสารป้องกันเชื้อราคาร์เบนดาซิม 250 ppm 3 นาที

กรรมวิธีที่ 3 จุ่มสารป้องกันเชื้อราโพรคลอราซ 250 ppm 3 นาที

กรรมวิธีที่ 4 จุ่มกรดซาลิไซลิก 250 ppm 5 นาที

กรรมวิธีที่ 5 จุ่มสารโพแทสเซียมซอร์เบท 500 ppm 5 นาที

กรรมวิธีที่ 6 จุ่มกรดออกซาลิก 100 ppm 5 นาที

กรรมวิธีที่ 7 จุ่มน้ำโอโซน 0.5 ppm 15 นาที

วิธีปฏิบัติการทดลอง

1. เก็บเกี่ยวกล้วยจากแปลงที่ความสุกแก่ 70-80%
2. ชำแหละหวี คัดตำหนิ ทำความสะอาดหวีกล้วยด้วยการจุ่ม Clorox อัตรา 25 ml/น้ำ 20L 5 นาที แล้วผึ่งแห้ง
3. ทำการทดลอง 2 ชุด โดยปลูกเชื้อสำคัญของโรคขั้วหวีเน่า 2 ชนิด (แยกเชื้อจากขั้วหวีของกล้วยไข่) คือ ชุดหนึ่งปลูกเชื้อ *F. oxysporum* อีกชุดหนึ่งปลูกเชื้อ *L. theobromae* ใช้เชื้ออายุ 7 วัน เจาะชิ้นวุ้นขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 7 mm คว่ำหน้าลงบนขั้วหวี แล้วเรียงใส่ตะกร้า
4. นำถุงพลาสติกพ่นด้วยน้ำกลั่นหุ้มตะกร้า เก็บที่อุณหภูมิห้อง 24 ชั่วโมง เพื่อบ่มเพาะเชื้อ
5. เอาวุ้นเชื้อออก และนำกล้วยจุ่มสารตามกรรมวิธี ผึ่งให้แห้ง
6. นำกล้วยมาพ่นอีทีฟอน 250 ppm ทั่วหวี บ่มจนผลสุก
7. เมื่อผลสุก ตรวจสอบการเป็นโรค

การบันทึกข้อมูล

1. นับจำนวนผลที่เป็นโรค
2. ประเมินเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคบนขั้วหวี
3. คำนวณเปอร์เซ็นต์การยับยั้งการเกิดโรค โดยใช้สูตรดังนี้

   เปอร์เซ็นต์การยับยั้งการเกิดโรค = $[(A - B) / A] \times 100$

   A คือ ค่าเฉลี่ยของการเกิดโรคของกรรมวิธีควบคุม

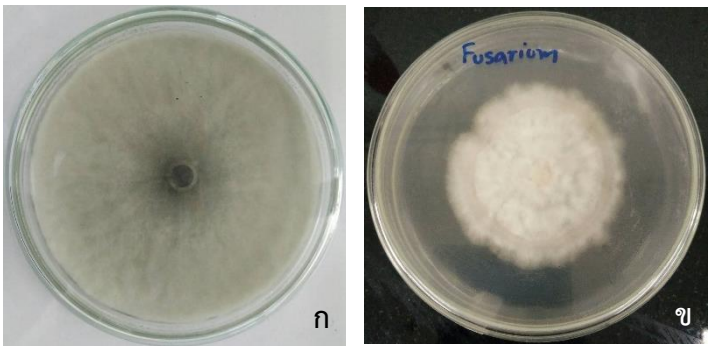
   B คือ ค่าเฉลี่ยของการเกิดโรคของกรรมวิธีที่ 2-7

2. การทดสอบประสิทธิภาพสารป้องกันกำจัดเชื้อราสาเหตุโรคขั้วหวีเน่าในกล้วยไข่ในห้องปฏิบัติการและในผลกล้วยไข่ที่ปลูกเชื้อราสาเหตุโรค

2.1 การทดสอบในห้องปฏิบัติการ

2.1.1 การแยกเชื้อสาเหตุของโรคขั้วหวีเน่าในกล้วยไข่

เก็บตัวอย่างของโรคขั้วหวีเน่าของกล้วยไข่ที่เกิดจากเชื้อรา *F. oxysporum* และ *L. theobromae* มาแยกเชื้อด้วยวิธี Tissue Transplanting โดยตัดขั้วหวีที่เป็นโรคเป็นชิ้นสี่เหลี่ยมขนาดเล็ก ฆ่าเชื้อด้วย clorox 10% และใช้กระดาษทิชชูที่ฆ่าเชื้อแล้วซับให้แห้ง จากนั้นวางบนอาหารเลี้ยงเชื้อ potato dextrose agar (PDA) บ่มไว้ที่อุณหภูมิ 25-30 °C เมื่อเชื้อเจริญเติบโตแล้ว (ภาพที่ 1) ตรวจสอบลักษณะของเชื้อที่แยกได้ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ นำไปทำการพิสูจน์การเกิดโรคขั้วหวีเน่า โดยอาศัยหลักการพิสูจน์โรค Koch's Postulates และขั้วหวีต้องแสดงอาการเกิดโรคขั้วหวีเน่าเช่นเดิม (ภาพที่ 2) จากนั้นจึงนำไปแยกเชื้อลงในหลอดอาหารเพื่อเก็บไว้เป็น stock culture และนำไปทดสอบความสามารถในการเกิดโรคขั้วหวีเน่า



ภาพที่ 1 ลักษณะของเชื้อสาเหตุโรคขั้วหวีเน่า บนอาหาร PDA ที่อายุ 5 วัน
ก = เชื้อ *L. theobromae* ข = เชื้อ *F. oxysporum*

ภาพที่ 2 การพิสูจน์โรคขั้วหวีเน่าในกล้วยไข่

2.1.2 การทดสอบประสิทธิภาพของสารป้องกันกำจัดโรคพืช

2.1.2.1 ทดสอบประสิทธิภาพของสารป้องกันกำจัดโรคพืชต่อการเจริญเติบโตของเชื้อสาเหตุโรคขั้วหวีเน่า ด้วยวิธี poisoned food technique วางแผนการทดลองแบบ CRD 8 กรรมวิธี 3 ซ้ำๆ ละ 10 จานเลี้ยงเชื้อ ดังนี้

กรรมวิธีที่ 1 น้ำเปล่า (กรรมวิธีควบคุม)

กรรมวิธีที่ 2 คาร์เบนดาซิม 250 ppm

กรรมวิธีที่ 3 โพรคลอราซ 250 ppm

กรรมวิธีที่ 4 กรดซาลิไซลิก 250 ppm

กรรมวิธีที่ 5 โพแทสเซียมซอร์เบท 500 ppm

กรรมวิธีที่ 6 กรดออกซาลิก 100 ppm

กรรมวิธีที่ 7 โอโซน 0.5 ppm

กรรมวิธีที่ 8 โอโซน 0.5 ppm ร่วมกับ โพรคลอราซ 125 ppm

2.1.2.2 เตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA ใส่ลงในหลอดทดลอง ปริมาณ 9 มิลลิลิตร จากนั้นนำไปนึ่งฆ่าเชื้อด้วย autoclave

2.1.2.3 นำสารที่ชั่งไว้แล้วใส่ลงในน้ำนึ่งที่ฆ่าเชื้อแล้ว (สารที่ชั่งต้องทำให้มีความเข้มข้นมากกว่าเดิม 10^{1} หรือ ×10 เช่น คำนวณสารที่ต้องใช้ปริมาณ 0.142 กรัม/น้ำ 200 มล. เมื่อชั่งจริงต้องชั่งสาร 1.42 กรัม/น้ำ 200 มล. เพราะเมื่อนำไปผสมกับอาหาร จะถูกทำให้เจือจางไป 10^{-1}) และนำหลอดอาหารที่เตรียมไว้มาอุ่นให้ละลาย จากนั้นจึงดูดสารเคมีที่เตรียมไว้ จำนวน 1 มิลลิลิตร ลงในหลอดอาหารเลี้ยงเชื้อ 9 มิลลิลิตร ผสมสารละลายให้เข้ากัน ด้วยเครื่อง vortex mixer และเทลงในจานเลี้ยงเชื้อ รอจนอาหารแข็ง และนำเชื้อ *F. oxysporum* และ *L. theobromae* อายุ 5 วัน ที่เตรียมไว้ เจาะด้วย cork borer ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 7 มิลลิเมตร บริเวณรอบๆ โคโลนีของเชื้อ ย้ายชิ้นวุ้นที่เจาะไว้วางลงบนอาหารเลี้ยงเชื้อที่ผสมด้วยสารเคมีต่างๆไว้ โดยวางชิ้นวุ้นด้านที่มีเส้นใยของเชื้อราคว่ำลงสัมผัสกับผิวอาหาร เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 30-35 °C จนเชื้อราที่เลี้ยงบนอาหารที่ไม่ได้ใส่สารเคมี (control) เจริญเต็มจานเลี้ยงเชื้อจึงวัดผลการทดลอง

2.1.3 บันทึกข้อมูลการเจริญเติบโตของเชื้อ

วัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของโคโลนีของเชื้อราบนอาหารเลี้ยงเชื้อที่ผสมสารทดสอบ เปรียบเทียบกับเชื้อที่เจริญเชื้อราบนอาหารเลี้ยงเชื้อที่ไม่ผสมสารใดๆ และหาเปอร์เซ็นต์การยับยั้งการเจริญของเชื้อ โดยใช้สูตร

เปอร์เซ็นต์การยับยั้งการเจริญของเชื้อ = [(A – B) / A] x 100

A = ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางโคโลนีของเชื้อราในอาหารเลี้ยงเชื้อที่ไม่ใส่กรรมวิธีใดๆ

B = ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางโคโลนีของเชื้อราในอาหารเลี้ยงเชื้อที่ใส่สารทดสอบ

2.2 การทดสอบในผลกล้วยไข่ที่ได้รับการปลูกเชื้อราสาเหตุโรค

วางแผนการทดลองแบบ RCB มี 8 กรรมวิธี 3 ซ้ำ (2 หวี/ซ้ำ)

กรรมวิธีที่ 1 ชุดควบคุม (จุ่มน้ำเปล่า)

กรรมวิธีที่ 2 จุ่มสารป้องกันเชื้อราคาร์เบนดาซิม 250 ppm 3 นาที

กรรมวิธีที่ 3 จุ่มสารป้องกันเชื้อราโพรคลอราซ 250 ppm 3 นาที

กรรมวิธีที่ 4 จุ่มกรดซาลิไซลิก 250 ppm 5 นาที

กรรมวิธีที่ 5 จุ่มสารโพแทสเซียมซอร์เบท 500 ppm 5 นาที

กรรมวิธีที่ 6 จุ่มกรดออกซาลิก 100 ppm 5 นาที

กรรมวิธีที่ 7 จุ่มน้ำโอโซน 0.5 ppm 15 นาที

กรรมวิธีที่ 8 จุ่มน้ำโอโซน 0.5 ppm +สารป้องกันเชื้อราโพรคลอราซ 125 ppm 15 นาที

วิธีปฏิบัติการทดลอง

1. เก็บเกี่ยวกล้วยจากแปลงที่ความสุกแก่ 70%
2. ชำแหละหวี คัดตำหนิ ทำความสะอาดหวีกล้วยด้วยการจุ่ม Clorox อัตรา 25 ml/น้ำ 20 L 5 นาที แล้วผึ่งแห้ง
3. ทำการทดลอง 2 ชุด โดยปลูกเชื้อสำคัญของโรคขั้วหวีเน่า 2 ชนิด คือ ชุดหนึ่งปลูกเชื้อ *F. oxysporum* อีกชุดหนึ่งปลูกเชื้อ *L. theobromae* ใช้เชื้ออายุ 5 วัน เจาะชิ้นวุ้นขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 7 mm คว่ำหน้าลงบนขั้วหวี แล้วเรียงใส่ตะกร้า
4. นำถุงพลาสติกพ่นด้วยน้ำกลั่นหุ้มตะกร้า เก็บที่อุณหภูมิห้อง 36 ชั่วโมง เพื่อบ่มเพาะเชื้อ
5. เอาวุ้นเชื้อออก และนำกล้วยจุ่มสารตามกรรมวิธี ผึ่งให้แห้ง
6. นำกล้วยมาพ่นอีทีฟอน 250 ppm ทั่วหวี บ่มจนผลสุก
7. เมื่อผลสุก ตรวจสอบการเป็นโรค

การบันทึกข้อมูล

1. นับจำนวนผลที่เป็นโรค
2. ประเมินเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคบนขั้วหวี
3. คำนวณเปอร์เซ็นต์การยับยั้งการเกิดโรค โดยใช้สูตรดังนี้

   เปอร์เซ็นต์การยับยั้งการเกิดโรค = [(A – B) / A] x 100

   A คือ ค่าเฉลี่ยของการเกิดโรคของกรรมวิธีควบคุม

   B คือ ค่าเฉลี่ยของการเกิดโรคของกรรมวิธีที่ 2-8

3. การทดสอบประสิทธิภาพสารในการควบคุมโรคขั้วหวีเน่าในกล้วยไข่และผลการตกค้างของสารหลังการเก็บรักษาตามวิธีการส่งออก

วางแผนการทดลองแบบ RCB มี 8 กรรมวิธี 3 ซ้ำ (2 หวี/ซ้ำ)

กรรมวิธีที่ 1 ชุดควบคุม (จุ่มน้ำเปล่า)

กรรมวิธีที่ 2 จุ่มสารป้องกันเชื้อราคาร์เบนดาซิม 250 ppm 3 นาที

กรรมวิธีที่ 3 จุ่มสารป้องกันเชื้อราโพรคลอราซ 250 ppm 3 นาที

กรรมวิธีที่ 4 จุ่มน้ำโอโซน 0.5 ppm +สารป้องกันเชื้อราโพรคลอราซ 125 ppm 15 นาที

กรรมวิธีที่ 5 จุ่มน้ำโอโซน 0.5 ppm 15 นาที

กรรมวิธีที่ 6 จุ่มกรดซาลิไซลิก 250 ppm 5 นาที

กรรมวิธีที่ 7 จุ่มกรดออกซาลิก 100 ppm 5 นาที

กรรมวิธีที่ 8 จุ่มสารโพแทสเซียมซอร์เบท 500 ppm 5 นาที

วิธีปฏิบัติการทดลอง

1. เก็บเกี่ยวกล้วยจากแปลงเกษตรกรที่ความสุกแก่ 70%
2. ทำความสะอาด แบ่งกล้วยจำนวน 6 หวี สำหรับวัดคุณภาพผลเริ่มต้นจากแปลงปลูก
3. นำผลกล้วยจุ่มสารตามกรรมวิธี ผึ่งแห้ง บรรจุในถุงโพลีเอทิลีน (PE) ปิดปากถุง ลงในกล่องกระดาษสำหรับการบรรจุกล้วยเพื่อการส่งออก
4. เก็บรักษาในห้องเย็นอุณหภูมิ 14 °C
5. สำหรับกรรมวิธีที่จุ่มสารคาร์เบนดาซิม และโพรคลอราซ (กรรมวิธีที่ 2, 3, 4) สุ่มตัวอย่างซ้ำละ 1 หวี ตรวจสอบปริมาณสารตกค้างทั้งผลที่สัปดาห์ที่ 0, 1, และ 2 หลังการเก็บรักษาทันที และปริมาณสารตกค้างในเปลือก เนื้อ และทั้งผลเมื่อผลสุกหลังการเก็บรักษา 2 สัปดาห์
6. ตรวจสอบการเป็นโรคหลังการเก็บรักษาและเมื่อผลสุก และวัดคุณภาพอื่นๆเมื่อผลสุก ทุกสัปดาห์ที่ 2, 4, และ 6 หลังการเก็บรักษา

การบันทึกข้อมูลการเกิดโรค

1. นับจำนวนผลที่เป็นโรค
2. ประเมินเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคบนขั้วหวี
3. คำนวณเปอร์เซ็นต์การยับยั้งการเกิดโรค โดยใช้สูตรดังนี้

เปอร์เซ็นต์การยับยั้งการเกิดโรค = [(A – B) / A] x 100

A คือ ค่าเฉลี่ยของการเกิดโรคของกรรมวิธีควบคุม

B คือ ค่าเฉลี่ยของการเกิดโรคของกรรมวิธีที่ 2-8

การบันทึกข้อมูลคุณภาพผล

1. ความแน่นเนื้อโดย penetrometer
2. กลิ่นและรสชาติโดยการชิมเพื่อตรวจสอบความผิดปกติ (normal or abnormal)
3. การเกิดจุดกระโดยมีเกณฑ์ ดังนี้

ลักษณะการเกิดจุดกระ

1 = ผิวเหลืองและไม่มีจุดกระ

2 = ผิวเหลืองขึ้นและปรากฏจุดกระสีน้ำตาลขนาดเล็กคล้ายจุดปลายเข็ม

3 = จุดกระสีน้ำตาลกระจายทั่วผิวและมีขนาดใหญ่ขึ้น โดยจุดกระยังกระจายแยกกัน

4 = จุดกระมีขนาดใหญ่ขึ้นและจุดกระเริ่มรวมกัน สีดำขึ้น และจุดกระจมในเปลือก

ปริมาณการเกิดจุดกระ

1 = น้อยมาก 1-20% ของพื้นที่

2 = น้อย 21-40% ของพื้นที่

3 = ปานกลาง 41-60% ของพื้นที่

4 = มาก 61-80% ของพื้นที่

5 = มากที่สุด 81-100% ของพื้นที่

เวลาและสถานที่

ดำเนินการในเดือนตุลาคม 2558 – กันยายน 2561 รวม 2 ปี ณ สถาบันวิจัยพืชสวน

8. ผลการทดลองและวิจารณ์

1. การทดสอบเพื่อหาสารที่มีประสิทธิภาพในป้องกันกำจัดเชื้อราสาเหตุโรคขั้วหวีเน่าในกล้วยไข่ที่เกิดจากการปลูกเชื้อราสาเหตุโรค (ดำเนินการทดลอง 2 ครั้ง)

ครั้งที่ 1

กลุ่มสารเคมีที่นำมาทดสอบ ได้แก่ คาร์เบนดาซิม โพรคลอราซ และอะซ็อกซี่สโตรบิน ซึ่งอะซ็อกซี่-สโตรบิน เป็นสารเคมีชนิดใหม่ที่เริ่มนำมาใช้ในการป้องกันกำจัดเชื้อราในผลผลิต สำหรับกลุ่มสารปลอดภัย ได้แก่ โพแทสเซียมซอร์เบท กรดออกซาลิก และน้ำมันหอมระเหยอบเชยเทศ ส่วนเชื้อราสาเหตุที่นำมาทดสอบมีเพียงชนิดเดียวคือ *F. oxysporum* เนื่องจากขณะนั้นสามารถแยกเชื้อจากกล้วยไข่ได้เพียงชนิดเดียว ผลการทดลอง พบว่า กรรมวิธีจุ่มสารเคมีป้องกันเชื้อราทั้งหมดให้ผลในการควบคุมการเกิดเชื้อราบนขั้วหวีและเชื้อราที่ผลได้ดีกว่ากรรมวิธีจุ่มสารปลอดภัย และกรรมวิธีควบคุม (ตารางที่ 1.1 และ ภาพที่ 1.1) โดยมีเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคที่ขั้วหวี 5.22 - 17.50% เปอร์เซ็นต์การยับยั้งการเกิดโรค 72.12 - 91.68% ในขณะที่กรรมวิธีควบคุมมีการเกิดโรคที่ขั้วหวี 62.78% สำหรับการจุ่มสารปลอดภัย กลับพบว่ามีเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคที่ขั้วหวีไม่แตกต่างกับกรรมวิธีควบคุม โดยในกลุ่มนี้ พบว่า การจุ่มน้ำมันหอมระเหยอบเชยเทศ 0.3% ให้ผลดีที่สุด มีเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคที่ขั้วหวี 60.56% และเปอร์เซ็นต์การยับยั้งการเกิดโรค 17.11% ในขณะที่โพแทสเซียมซอร์เบทและกรดออกซาลิกไม่สามารถยับยั้งการเกิดโรคได้เมื่อเทียบกับกรรมวิธีควบคุม สอดคล้องกับ Kyu Kyu Win (2007) พบว่าการใช้สารสกัดอบเชยเทศ 5 g/L สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อ *Fusarium* sp. บนอาหารเลี้ยงเชื้อได้โดยสมบูรณ์ และควบคุมการเกิดโรคขั้วหวีเน่าในกล้วยหอมทองได้ดี มีเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคเพียง 25% หลังเก็บรักษาที่ 13 ℃ นาน 7 สัปดาห์ โดยไม่พบผลเสียต่อคุณภาพผล แต่อย่างไรก็ตาม ในการทดลองนี้พบว่าผลกล้วยที่จุ่มน้ำมันหอมระเหยอบเชยเทศสีผิวเปลี่ยนเป็นสีดำ (peel browning) และประสิทธิภาพในการควบคุมโรคยังค่อนข้างต่ำ วิธีนี้จึงไม่เหมาะสมในการใช้ควบคุมโรคขั้วหวีเน่าในกล้วยไข่ (ตารางที่ 1.1 และ ภาพที่ 1.1)

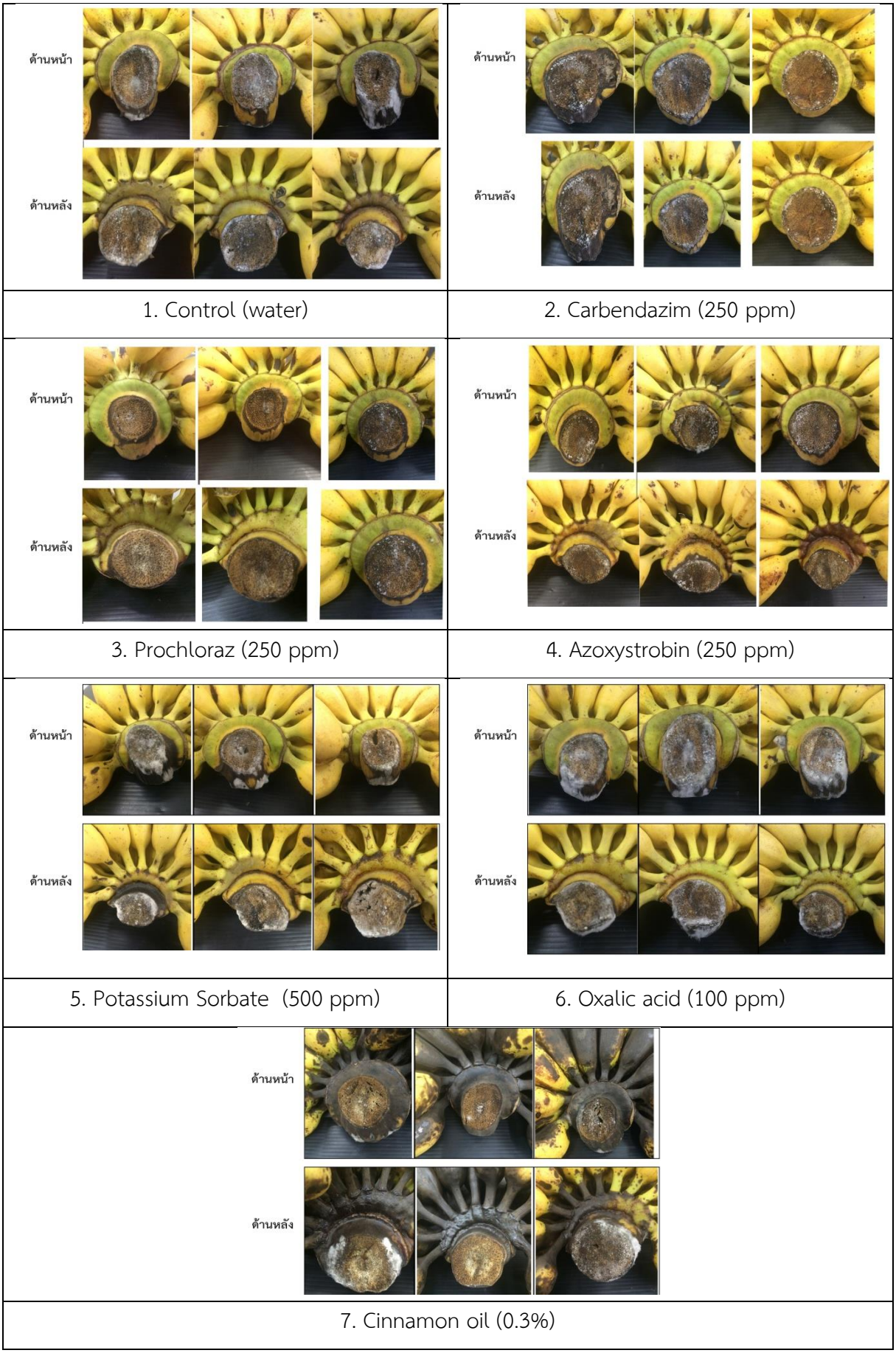
ตารางที่ 1.1 ประสิทธิภาพของสารในการควบคุมโรคขั้วหวีเน่าที่เกิดจากการปลูกเชื้อ *F. oxysporum* ก่อนจุ่มสารและบ่มสุกที่อุณหภูมิห้อง

กรรมวิธี	% โรคบนขั้วหวี	% การยับยั้งการเกิดโรค
Control (water)	62.78 b	-
250 ppm Carbendazim	17.50 a	72.12 a
250 ppm Prochloraz	5.22 a	91.68 a
250 ppm Azoxystrobin	15.83 a	74.78 a
500 ppm Potassium sorbate	83.33 b	0.00
100 ppm Oxalic acid	78.33 b	0.00
0.3% Cinnamon oil	60.55 b	17.11 b
F-test	**	**

กรรมวิธี	% โรคบนขั้วหวี	% การยับยั้งการเกิดโรค
CV (%)	34.2	16.5

ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรที่ต่างกันในคอลัมน์เดียวกันแตกต่างกันทางสถิติโดยวิธี DMRT

* = แตกต่างที่ $p<0.05$, ** = แตกต่างที่ $p<0.01$, ns = ไม่แตกต่าง



ภาพที่ 1.1 แสดงการเกิดโรคบนขั้วหวีหลังจุ่มสารต่างๆตามกรรมวิธีและบ่มสุก

ครั้งที่ 2

จากผลการทดลองในครั้งที่ 1 พบว่า น้ำมันหอมระเหยอบเชยเทศมีผลต่อคุณภาพผล จึงมีการปรับกรรมวิธีทดลองใหม่ โดยตัดกรรมวิธีจุ่มน้ำมันหอมระเหยอบเชยเทศและสารป้องกันเชื้อราอะซ็อกซี่สโตรบิน ซึ่งประสิทธิภาพไม่ต่างจากโพรคลอราซและคาร์เบนดาซิมแต่ยังไม่เป็นที่นิยมในกลุ่มผู้ประกอบการมากนัก อีกทั้งราคาค่อนข้างสูงกว่ามาก และเพิ่มกรรมวิธีจุ่มน้ำโอโซน และจุ่มกรดซาลิไซลิก เชื้อราสาเหตุสำคัญที่นำมาทดสอบมี 2 ชนิด ได้แก่ *F. oxysporum* และ *L. theobromae*

การควบคุมการเกิดเชื้อราบนขั้วหวีจากการปลูกเชื้อ *F. oxysporum* พบว่า การเกิดโรคบนขั้วหวีค่อนข้างต่ำและไม่แตกต่างกันทางสถิติ (3.44 – 21.06%) และไม่พบการเกิดโรคที่ผล อย่างไรก็ตาม กรรมวิธีใช้สารทุกชนิดมีแนวโน้มการเกิดโรคน้อยกว่ากรรมวิธีควบคุมที่มีเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคสูงสุด 21.06% ซึ่งกรรมวิธีใช้สารทุกชนิดมีเปอร์เซ็นต์ยับยั้งการเกิดโรคไม่แตกต่างกัน มีค่าระหว่าง 51.72 – 83.64% เมื่อเทียบกับกรรมวิธีควบคุม โดยกรดออกซาลิก 100 ppm มีแนวโน้มในการควบคุมโรคดีที่สุด พบเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคบนขั้วหวี 3.44% ซึ่งคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ยับยั้งการเกิดโรค 83.64% (ตารางที่ 1.2)

การควบคุมการเกิดเชื้อราบนขั้วหวีจากการปลูกเชื้อ *L. theobromae* ซึ่งเป็นเชื้อราสาเหตุโรคขั้วหวีเน่าที่ทำให้เกิดอาการรุนแรงที่สุด พบว่า การเกิดโรคค่อนข้างต่ำมาก (11.94 – 14.17%) เปอร์เซ็นต์ยับยั้งการเกิดโรค 6.18 – 22.85% เทียบกับกรรมวิธีควบคุมซึ่งไม่แตกต่างกันทางสถิติ และไม่พบการเกิดโรคที่ผลเช่นกัน ทั้งนี้อาจเนื่องจากผลผลิตกล้วยมีความสดใหม่ เกษตรกรมีการดูแลจัดการสวนดีทำให้ผลผลิตแข็งแรง และเชื้อที่นำมาทำการทดลองอาจจะค่อนข้างอ่อนแอเนื่องจากเลี้ยงเชื้อบนอาหารต่อกันมาหลายรุ่น ทำให้ไม่สามารถเห็นประสิทธิภาพของสารในการควบคุมโรคได้ชัดเจน แต่ทั้งนี้มีแนวโน้ม ในกลุ่มสารปลอดภัย กรดออกซาลิก 100 ppm มีประสิทธิภาพควบคุมโรคที่ขั้วหวีได้ดีที่สุด โดยมีเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคบนขั้วหวีต่ำที่สุด 11.94% ซึ่งคิดเป็นเปอร์เซ็นต์การยับยั้งการเกิดโรค 12.97% และในกลุ่มสารเคมี โพรคลอราซมีประสิทธิภาพควบคุมโรคที่ขั้วหวีได้ดีที่สุด โดยมีเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคบนขั้วหวี 12.08% ซึ่งคิดเป็นเปอร์เซ็นต์การยับยั้งการเกิดโรคสูงสุด 22.85% แต่อย่างไรก็ตามประสิทธิภาพในการควบคุมโรคที่เกิดจากเชื้อรา *L. theobromae* ของทั้งสารกลุ่มปลอดภัยและสารเคมียังไม่ดีเพียงพอ ทำให้มีเปอร์เซ็นต์การยับยั้งการเกิดโรคต่ำหรือไม่แตกต่างกับกรรมวิธีควบคุม (ตารางที่ 1.3)

จากผลการทดลองในเชื้อราสาเหตุทั้งสองชนิด สารปลอดภัยที่มีแนวโน้มให้ผลดีที่สุดในการป้องกันกำจัดเชื้อทั้ง 2 ชนิดดังกล่าว คือ กรดออกซาลิก 100 ppm อย่างไรก็ตาม เพื่อยืนยันประสิทธิภาพผลของสารปลอดภัยให้แน่ชัด ต้องทำการทดลองซ้ำอีกครั้ง แล้วจึงเลือกสารปลอดภัยที่มีประสิทธิภาพสูงสุดไปทดลองควบคุมโรคกล้วยไข่ในช่วงการเก็บรักษาตามวิธีการส่งออกต่อไป

ตารางที่ 1.2 แสดงประสิทธิภาพของสารในการควบคุมโรคขั้วหวีเน่าที่เกิดจากการปลูกเชื้อ *F. oxysporum* ก่อนจุ่มสารและบ่มสุกที่อุณหภูมิห้อง

กรรมวิธี	% โรคบนขั้วหวี	% การยับยั้งการเกิดโรค
Control (water)	21.06	-
250 ppm Carbendazim	8.94	57.52
250 ppm Prochloraz	5.44	74.14
250 ppm Salicylic acid	5.67	73.09
500 ppm Potassium sorbate	10.17	51.72
100 ppm Oxalic acid	3.44	83.64
0.5 ppm Ozone	4.72	77.57
F-test	ns	ns
CV (%)	119.4	34.3

ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรที่ต่างกันในคอลัมน์เดียวกันแตกต่างกันทางสถิติโดยวิธี DMRT
* = แตกต่างที่ p<0.05, ** = แตกต่างที่ p<0.01, ns = ไม่แตกต่าง

ตารางที่ 1.3 แสดงประสิทธิภาพของสารในการควบคุมโรคขั้วหวีเน่าที่เกิดจากการปลูกเชื้อ *L. theobromae* ก่อนจุ่มสารและบ่มสุกที่อุณหภูมิห้อง

กรรมวิธี	% โรคบนขั้วหวี	% การยับยั้งการเกิดโรค
Control (water)	12.28	-
250 ppm Carbendazim	13.67	10.26
250 ppm Prochloraz	12.08	22.85
250 ppm Salicylic acid	12.83	7.39
500 ppm Potassium sorbate	14.17	6.18
100 ppm Oxalic acid	11.94	12.97
0.5 ppm Ozone	13.61	0.00
F-test	ns	ns
CV (%)	30.0	147.3

ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรที่ต่างกันในคอลัมน์เดียวกันแตกต่างกันทางสถิติโดยวิธี DMRT
* = แตกต่างที่ p<0.05, ** = แตกต่างที่ p<0.01, ns = ไม่แตกต่าง

2. การทดสอบประสิทธิภาพสารป้องกันกำจัดเชื้อราสาเหตุโรคขั้วหวีเน่าในกล้วยไข่ในห้องปฏิบัติการและในผลกล้วยไข่ที่ปลูกเชื้อราสาเหตุโรค

จากการทดสอบเพื่อหาสารที่มีประสิทธิภาพในการควบคุมโรคขั้วหวีเน่าในกล้วยไข่ 2 ครั้ง ยังไม่ปรากฏผลที่ชัดเจน จึงทำการทดลองซ้ำโดยเพิ่มกรรมวิธีจุ่มน้ำโอโซนร่วมกับโพรคลอราซที่ลดอัตราลงครึ่งหนึ่งของอัตราใช้ปกติ และทำการทดสอบทั้งในห้องปฏิบัติการและผลกล้วยไข่ที่ได้รับการปลูกเชื้อราสาเหตุ

2.1 การทดสอบในห้องปฏิบัติการ

การทดสอบประสิทธิภาพของสารป้องกันกำจัดโรคพืชต่อการเจริญของเชื้อ *F. oxysporum* สาเหตุโรคขั้วหวีเน่า ด้วยวิธี poisoned food technique บนอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA บันทึกข้อมูลการเจริญเติบโตของเชื้อสาเหตุ และเปอร์เซ็นต์การยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อ พบว่า การใช้โพรคลอราซ 250 ppm และการใช้โอโซนร่วมกับโพรคลอราซ 125 ppm สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อ *F. oxysporum* ดีที่สุด มีเปอร์เซ็นต์การยับยั้งการเจริญของเชื้อ 100% และไม่มีการเจริญเติบโตของเชื้อสาเหตุบนอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA ซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีทดลองอื่นๆ รองลงมา คือ การใช้กรดซาลิไซลิก 250 ppm มีเปอร์เซ็นต์การยับยั้งการเจริญของเชื้อ 15.60% และมีเส้นผ่าศูนย์กลางการเจริญของเชื้อ 4.60 เซนติเมตร ซึ่งไม่แตกต่างกันทางสถิติกับกรรมวิธีการใช้สารคาร์เบนดาซิม และการใช้น้ำเปล่า ที่มีเปอร์เซ็นต์การยับยั้งการเจริญของเชื้อ 11.09 และ 9.61% และเส้นผ่าศูนย์กลางการเจริญของเชื้อ 4.99 และ 5.51 เซนติเมตร ตามลำดับ แต่แตกต่างกันทางสถิติกับกรรมวิธีอื่นๆ ส่วนการใช้โพแทสเซียมซอร์เบท 500 ppm กรดออกซาลิก 100 ppm และโอโซน 0.5 ppm พบว่ามีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเชื้อราต่ำที่สุด โดยมีเปอร์เซ็นต์การยับยั้งการเจริญของเชื้อ *F. oxysporum* ที่ 0.99 0 และ 0 % ตามลำดับ และมีเส้นผ่าศูนย์กลางการเจริญของเชื้อรา คือ 5.80 5.80 และ 6.10 เซนติเมตร ตามลำดับ ซึ่งแตกต่างกันทางสถิติกับกรรมวิธีควบคุม (ตารางที่ 2.1.1 และภาพที่ 2.1.1) จากการทดลองนี้จะเห็นได้ว่าการใช้โพรคลอราซยังคงมีประสิทธิภาพสูงที่สุดเมื่อเทียบกับกรรมวิธีอื่นๆ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของอภิรัชต์ และคณะ (2554) ได้มีการทดสอบประสิทธิภาพสารป้องกันกำจัดโรคพืชที่จำหน่ายเป็นการค้า คือ คาร์เบนดาซิม คลอโรทาโลนิล และโพรคลอราซ ต่อการยับยั้งการเจริญของเชื้อ *Fusarium* spp. ที่เป็นเชื้อสาเหตุของการเกิดโรคในกล้วยไม้ ซึ่งทดสอบด้วยวิธี poisoned food technique บนอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA พบว่า การใช้สารเคมีป้องกันกำจัดโรคพืชทั้ง 3 ชนิด สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อสาเหตุได้ดี นอกจากนี้ยังมีผลการศึกษาของ ของ Jahanshira และ Dzhalilov (2010) มีการศึกษาประสิทธิภาพของสารเคมีป้องกันกำจัดโรคพืชทั้ง 6 ชนิด คือ benomyl, carbendazim, prochloraz, fludioxonil, bromuconazole และ azoxystrobin ต่อเชื้อ *F. oxysporum* ในมะเขือเทศ พบว่า การใช้สาร prochloraz และ bromuconazole มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเชื้อราได้ดีที่สุด

ส่วนการทดสอบประสิทธิภาพของสารป้องกันกำจัดโรคพืชต่อการเจริญของเชื้อ *L. theobromae* ด้วยวิธี poisoned food technique บนอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA บันทึกข้อมูลการเจริญเติบโตของเชื้อสาเหตุ และเปอร์เซ็นต์การยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อ พบว่า การใช้โพรคลอราซ 250 ppm คาร์เบนดาซิม 250 ppm และโอโซนร่วมกับโพรคลอราซ 125 ppm มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเชื้อ *L. theobromae* ดีที่สุด คือ ทั้ง 3 กรรมวิธีมีเปอร์เซ็นต์การยับยั้งการเจริญของเชื้อ 100 % และไม่มีการเจริญของเส้นใยของเชื้อสาเหตุ ซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับทุกกรรมวิธี ประสิทธิภาพรองลงมา คือ การใช้โพแทสเซียมซอร์เบท 500 ppm และกรดซาลิไซลิก 250 ppm มีเปอร์เซ็นต์ยับยั้งการเจริญของเชื้อ 61.67 และ 29.62 % ตามลำดับ และมีเส้นผ่าศูนย์กลางของเชื้อ 2.62 และ 4.81 เซนติเมตร ตามลำดับ ซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกรรมวิธีควบคุมที่มีเปอร์เซ็นต์การยับยั้งการเจริญของเชื้อ

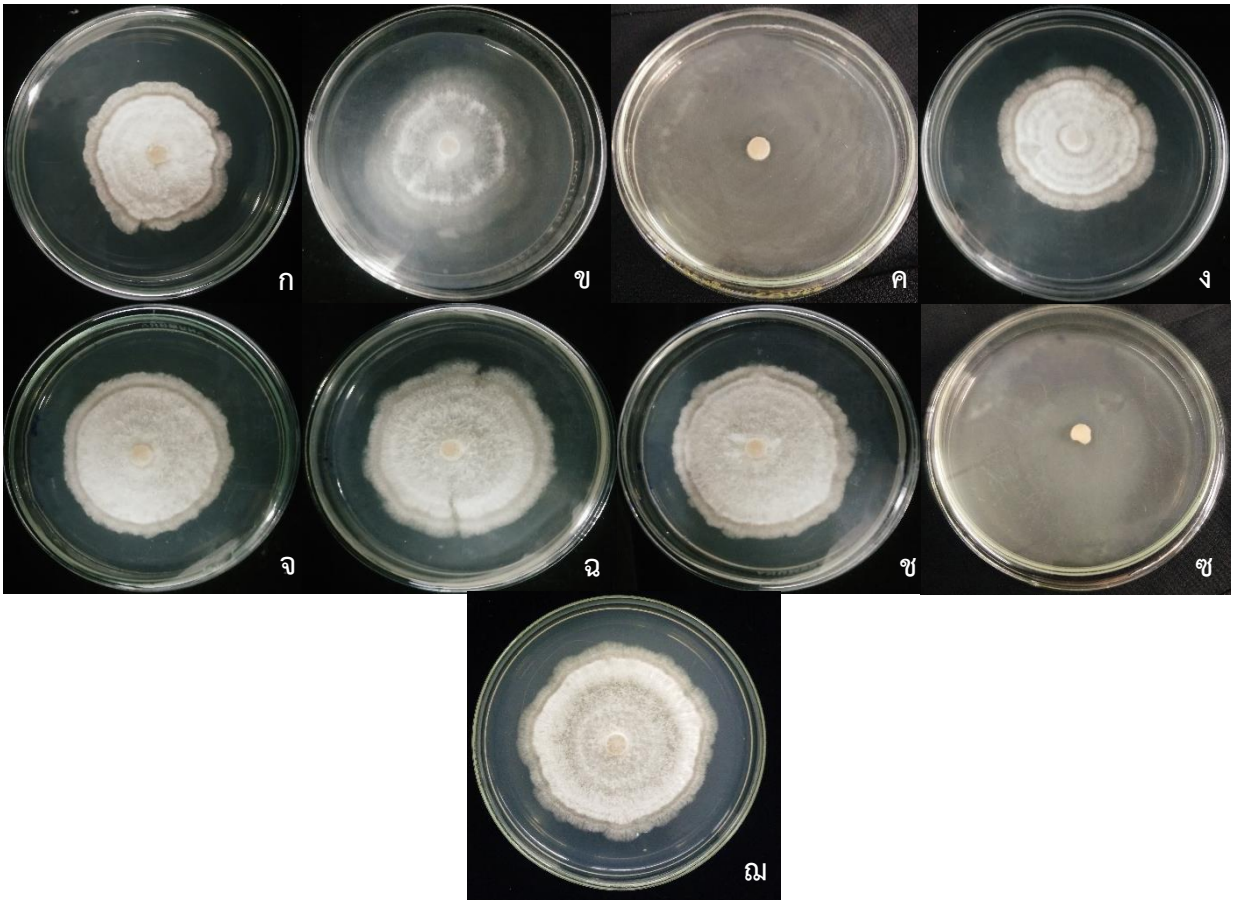
16.86 % และเส้นผ่าศูนย์กลางของเชื้อ 5.69 เซนติเมตร ส่วนการใช้โอโซน 0.5 ppm มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเชื้อ *L. theobromae* ต่ำที่สุด โดยมีเปอร์เซ็นต์การยับยั้งการเจริญของเชื้อที่ 1.40 % และเส้นผ่าศูนย์กลางของเชื้อ 7 เซนติเมตร (ตารางที่ 2.1.1 และภาพที่ 2.1.2) ในขณะที่ บุญวดี และคณะ (2557) พบว่า กรดซาลิไซลิกที่ความเข้มข้น 250 ppm มีประสิทธิภาพยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อ *F. oxysporum* แต่ไม่สามารถยับยั้งเชื้อ *L. theobromae* บนอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA ได้ สารโพแทสเซียมซอร์เบท 100 - 1000 ppm สามารถยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อ *F. oxysporum* และไม่สามารถยับยั้งเชื้อ *L. theobromae* ได้ ส่วนกรดออกซาลิกมีประสิทธิภาพต่ำสุด ที่อัตรา 1000 ppm ยับยั้งการเจริญของเชื้อ *F. oxysporum* ได้เพียง 8.68% แต่จากการทดลองนี้พบว่า โพแทสเซียมซอร์เบท 500 ppm สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อ *L. theobromae* ได้ถึง 61.67% และกรดซาลิไซลิก 250 ppm ยับยั้งการเจริญของเชื้อทั้ง 2 ชนิดได้เล็กน้อย (<50%) ส่วนกรดออกซาลิก 100 ppm ไม่สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อทั้ง 2 ชนิดได้เช่นกัน

แสดงให้เห็นว่าการใช้สารปลอดภัยเพียงอย่างเดียวยังมีประสิทธิภาพไม่เพียงพอที่จะยับยั้งการเจริญของเชื้อสาเหตุโรคได้ แต่การใช้น้ำโอโซนร่วมกับโพรคลอราซที่ลดความเข้มข้นลงครึ่งหนึ่งมีประสิทธิภาพสูงและเทียบเท่ากับการใช้สารเคมีเพียงอย่างเดียวในการยับยั้งเชื้อราทั้ง 2 ชนิดได้

ตารางที่ 2.1.1 เปอร์เซ็นต์การยับยั้งเชื้อ และเส้นผ่าศูนย์กลางของเชื้อ *F. oxysporum* ที่อายุ 6 วัน และ *L. theobromae* ที่อายุ 2 วัน

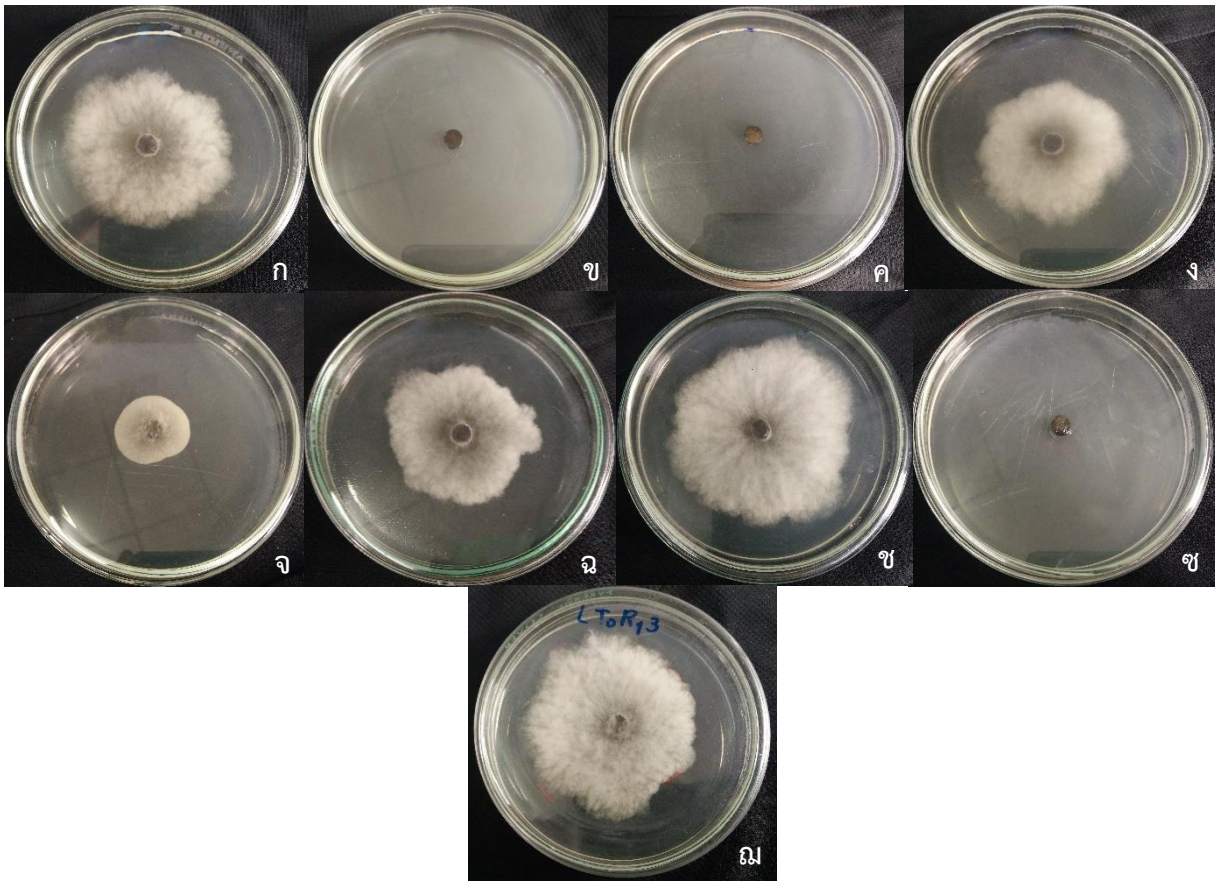
กรรมวิธี	*F. oxysporum*[1]		*L. theobromae*	
	เปอร์เซ็นต์การยับยั้ง (%)	เส้นผ่าศูนย์กลางของเชื้อ (ซม.)	เปอร์เซ็นต์การยับยั้ง (%)	เส้นผ่าศูนย์กลางของเชื้อ (ซม.)
Control (no treatment)	-	5.48 cd	-	6.85 e
Control (water)	9.61 b	5.51 cd	16.86 d	5.69 d
250 ppm Carbendazim	11.09 b	4.99 bc	100.00 a	0.00 a
250 ppm Prochloraz	100.00 a	0.00 a	100.00 a	0.00 a
250 ppm Salicylic acid	15.60 b	4.60 b	29.62 c	4.81 c
500 ppm Potassium sorbate	0.99 c	5.80 d	61.67 b	2.62 b
100 ppm Oxalic acid	0.00 c	5.80 d	14.74 d	5.83 d
0.5 ppm Ozone	0.00 c	6.10 d	1.40 e	7.00 e
0.5 ppm Ozone + 125 ppm Prochloraz	100.00 a	0.00 a	100.00 a	0.00 a
CV (%)	14.1	8.5	8.8	8.4

[1]ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรเหมือนกันในแนวตั้งไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT



ภาพที่ 2.1.1 ประสิทธิภาพของสารป้องกันกำจัดโรคพืชต่อการเจริญเติบโตของเชื้อ *F. oxysporum* ที่อายุ 6 วัน

ก = น้ำเปล่า (กรรมวิธีควบคุม)
ข = คาร์เบนดาซิม 250 ppm
ค = โพรคลอราซ 250 ppm
ง = กรดซาลิไซลิก 250 ppm
จ = โพแตสเซียมซอร์เบต 500 ppm
ฉ = กรดออกซาลิก 100 ppm
ช = โอโซน 0.5 ppm
ซ = โอโซน 0.5 ppm + โพรคลอราซ 125 ppm


ก
ข
ค
ง
จ
ฉ
ช
ซ
LToR13
ฌ

ภาพที่ 2.1.2 ประสิทธิภาพของสารป้องกันกำจัดโรคพืชต่อการเจริญเติบโตของเชื้อ *L. theobromae* ที่อายุ 2 วัน

ก = น้ำเปล่า (กรรมวิธีควบคุม)
ข = คาร์เบนดาซิม 250 ppm
ค = โพรคลอราซ 250 ppm
ง = กรดซาลิไซลิก 250 ppm
จ = โพแตสเซียมซอร์เบต 500 ppm
ฉ = กรดออกซาลิก 100 ppm
ช = โอโซน 0.5 ppm
ซ = โอโซน 0.5 ppm + โพรคลอราซ 125 ppm

2.2 การทดสอบในผลกล้วยไข่ที่ได้รับการปลูกเชื้อราสาเหตุโรค

การควบคุมการเกิดเชื้อราบนขั้วหวีจากการปลูกเชื้อ *F. oxysporum* พบว่า หลังบ่มสุก 7 วัน ขั้วหวีมีอาการของโรคต่ำกว่า 50% (2.25 – 42.08%) และไม่พบการเกิดโรคที่ผล โดยพบว่า การใช้โพรคลอราซและน้ำโอโซนร่วมกับโพรคลอราซมีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเกิดโรคสูงสุดที่ 93.51 และ 89.42% ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองในห้องปฏิบัติการ ในขณะที่กรดซาลิไซลิกและคาร์เบนดาซิมมีประสิทธิภาพยับยั้งการเกิดโรคต่ำสุด 27.00 และ 15.79% ตามลำดับ เมื่อเทียบกับกรรมวิธีควบคุม (ตารางที่ 2.2.1)

การควบคุมการเกิดเชื้อราบนขั้วหวีจากการปลูกเชื้อ *L. theobromae* พบว่า หลังบ่มสุก 7 วัน ขั้วหวีมีอาการของโรค 27.08 – 69.17% ซึ่งรุนแรงกว่าเชื้อ *F. oxysporum* และไม่พบการเกิดโรคที่ผลเช่นกัน โดยพบการเกิดโรคที่ขั้วหวีต่ำสุดในกรรมวิธีจุ่มโพรคลอราซ น้ำโอโซนร่วมกับโพรคลอราซ และกรดซาลิไซลิก 27.08 35.00 และ 44.17% ตามลำดับ ซึ่งมีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเกิดโรคสูงสุดที่ 52.28 38.33 และ 25.55% ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองในห้องปฏิบัติการ ในขณะที่โพแทสเซียมซอร์เบทและกรดออกซาลิกมีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเกิดโรคต่ำ 2.5% เมื่อเทียบกับกรรมวิธีควบคุม (ตารางที่ 2.2.2) แนวโน้มไปในทางเดียวกันกับ บุญวดีและคณะ (2557) พบว่า การปลูกเชื้อราสาเหตุขั้วหวีเน่า *L. theobromae* ในกล้วยหอมทองก่อนจุ่มสารปลอดภัย 3 ชนิด ได้แก่ กรดออกซาลิก กรดซาลิไซลิก และโพแทสเซียมซอร์เบท ความเข้มข้น 100 250 500 และ 1000 ppm ไม่สามารถยับยั้งการเกิดโรคได้ แต่กรดซาลิไซลิก 250 ppm สามารถลดความรุนแรงของโรคได้ 26.49% ทั้งนี้ อาจเนื่องจากกรดซาลิไซลิก สามารถยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อ *L. theobromae* ได้โดยตรงแล้ว (จากการทดลองในห้องปฏิบัติการ) ยัง

สามารถชักนำให้ผลไม้มีความต้านทานต่อโรคได้อีกด้วย (Qin et al., 2003) แต่อย่างไรก็ตามประสิทธิภาพของสารนี้ยังไม่ดีพียงพอ

เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบกรรมวิธีต่างๆ กับเชื้อราสาเหตุโรคทั้ง 2 ชนิด จะเห็นว่าประสิทธิภาพในกลุ่มสารเคมี สารโพรคลอราซควบคุมโรคจากเชื้อทั้ง 2 ชนิดได้ดีกว่า สารคาร์เบนดาซิม สำหรับกลุ่มสารปลอดภัย การใช้น้ำโอโซนร่วมกับสารโพรคลอราซที่ลดอัตราลง ใช้ได้ดีในการควบคุมเชื้อราทั้ง 2 ชนิดโดยมีประสิทธิภาพไม่แตกต่างจากการใช้สารโพรคลอราซเพียงอย่างเดียวที่อัตราเข้นข้นสูงกว่า ข้อสังเกตุ การใช้น้ำโอนโซนเพียงอย่างเดียวมีประสิทธิภาพยับยั้งการเกิดโรคได้ในอันดับกลางๆของเชื้อทั้ง 2 ชนิด แต่เมื่อร่วมกับสารโพรคลอราซประสิทธิภาพเสริมกันทำให้การลดสารโพรคลอราซอัตราเพียงครึ่งหนึ่งจากเดิม ก็มีประสิทธิภาพดีเทียบเท่ากับการใช้ในอัตราสูงกว่า 2 เท่าได้

ตารางที่ 2.2.1 แสดงประสิทธิภาพของสารในการควบคุมโรคขั้วหวีเน่าที่เกิดจากการปลูกเชื้อ *F. oxysporum* ก่อนจุ่มสารและบ่มที่อุณหภูมิห้อง

กรรมวิธี	% โรคบนขั้วหวี	% การยับยั้งการเกิดโรค
Control (water)	34.67	-
250 ppm Carbendazim	24.42	15.79 b
250 ppm Prochloraz	2.25	93.51 a
250 ppm Salicylic acid	42.08	27.00 b
500 ppm Potassium sorbate	37.67	49.36 ab
100 ppm Oxalic acid	13.33	61.54 ab
0.5 ppm Ozone	13.58	60.82 ab
0.5 ppm Ozone + 125 ppm Prochloraz	3.67	89.42 a
F-test	ns	*
CV (%)	108.8	44.0

ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรที่ต่างกันในคอลัมน์เดียวกันแตกต่างกันทางสถิติโดยวิธี DMRT

* = แตกต่างที่ $p<0.05$, ** = แตกต่างที่ $p<0.01$, ns = ไม่แตกต่าง

ตารางที่ 2.2.2 แสดงประสิทธิภาพของสารในการควบคุมโรคขั้วหวีเน่าที่เกิดจากการปลูกเชื้อ *L. theobromae* ก่อนจุ่มสารและบ่มที่อุณหภูมิห้อง

กรรมวิธี	% โรคบนขั้วหวี	% การยับยั้งการเกิดโรค
Control (water)	56.75 ab	-
250 ppm Carbendazim	54.50 ab	14.54 bc
250 ppm Prochloraz	27.08 a	52.28 a
250 ppm Salicylic acid	44.17 ab	25.55 abc
500 ppm Potassium sorbate	69.17 b	2.50 c
100 ppm Oxalic acid	66.67 b	2.50 c
0.5 ppm Ozone	67.08 b	14.24 bc
0.5 ppm Ozone + 125 ppm Prochloraz	35.00 a	38.33 ab
F-test	*	*
CV (%)	30.0	71.7

ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรที่ต่างกันในคอลัมน์เดียวกันแตกต่างกันทางสถิติโดยวิธี DMRT

* = แตกต่างที่ $p<0.05$, ** = แตกต่างที่ $p<0.01$, ns = ไม่แตกต่าง

3. การทดสอบประสิทธิภาพสารในการควบคุมโรคขั้วหวีเน่าในกล้วยไข่และผลการตกค้างของสารหลังการเก็บรักษาตามวิธีการส่งออก

นำกรรมวิธีทั้งหมดที่ทดสอบประสิทธิภาพสารป้องกันกำจัดเชื้อราสาเหตุโรคขั้วหวีเน่าในกล้วยไข่ในห้องปฏิบัติการและในผลกล้วยไข่ที่ปลูกเชื้อราสาเหตุโรค มาทดสอบประสิทธิภาพของสารในการควบคุมการเกิดเชื้อราบนขั้วหวีหลังการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 14 °C ระยะเวลาต่างๆ พบว่า การเกิดโรคมีอาการเล็กน้อยในช่วงหลังการเก็บรักษาที่ 2 สัปดาห์ และจะทวีความรุนแรงขึ้นเมื่อเก็บรักษานานขึ้นที่ 4 สัปดาห์ และ 6 สัปดาห์ ตามลำดับ และอาการของโรคมีมากขึ้นเมื่อผลสุก สอดคล้องกับ Gonzale-Aguilar et al. (2003) นอกจากนี้ พบว่า กล้วยไข่เริ่มสุกหลังการเก็บรักษานาน 6 สัปดาห์ ซึ่งถือว่าหมดอายุการเก็บรักษา จึงตรวจสอบเพียงการเกิดโรค ไม่วิเคราะห์คุณภาพผล ทั้งนี้จะพบว่าประสิทธิภาพของสารแต่ละชนิดในการควบคุมโรคแตกต่างกัน โดยพบว่าหลังการเก็บรักษา 2 สัปดาห์ การเกิดโรคหลังเก็บรักษาในกรรมวิธีใช้สารทุกชนิดต่ำกว่ากรรมวิธีควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ แต่ในทุกกรรมวิธีไม่มีความแตกต่างกันในการยับยั้งการเกิดโรคเมื่อเทียบกับกรรมวิธีควบคุม แต่เมื่อบ่มสุก พบว่า การใช้สารโพรคลอราซ น้ำโอโซนร่วมกับโพรคลอราซ คาร์เบนดาซิม และน้ำโอโซนมีเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคต่ำ 20.83 23.83 35.00 และ 40.00% ตามลำดับ ซึ่งสารโพรคลอราซ น้ำโอโซนร่วมกับโพรคลอราซ และคาร์เบนดาซิมสามารถยับยั้งการเกิดโรคได้สูงสุดไม่แตกต่างกัน 71.59 61.50 และ 52.27% ตามลำดับ รองลงมาเป็นการจุ่มน้ำโอโซน 45.46% (ตารางที่ 3.1)

หลังการเก็บรักษา 4 สัปดาห์ การเกิดโรคหลังเก็บรักษาในกรรมวิธีใช้น้ำโอโซนร่วมกับโพรคลอราซ คาร์เบนดาซิม โพรคลอราซ และน้ำโอโซน มีเปอร์เซ็นต์ต่ำที่สุด 4.33 11.00 13.17 และ 19.00 ตามลำดับ ส่งผลให้สารกลุ่มนี้มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเกิดโรคสูงสุดเมื่อเทียบกับกรรมวิธีควบคุมเช่นกันที่ 91.26 77.81 73.45 และ 61.68 ตามลำดับ แต่หลังการบ่มสุก พบว่า เหลือเพียงการใช้น้ำโอโซนร่วมกับโพรคลอราซ คาร์เบนดาซิม และโพรคลอราซ ที่มีเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคต่ำสุด 14.33 29.75 และ 26.67% ตามลำดับ และสามารถยับยั้งการเกิดโรคได้สูงสุดไม่แตกต่างกัน 84.22 67.25 และ 70.64% ตามลำดับ ซึ่งการใช้น้ำโอโซนเป็นอันดับรองลงมา 38.53% (ตารางที่ 3.1)

หลังการเก็บรักษา 6 สัปดาห์ ให้ผลในทางเดียวกันกับหลังการเก็บรักษา 4 สัปดาห์ คือ การใช้น้ำโอโซนร่วมกับโพรคลอราซ โพรคลอราซ คาร์เบนดาซิม และน้ำโอโซน มีเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคต่ำที่สุด 7.08 28.33 29.58 และ 39.58 ตามลำดับ และเมื่อบ่มสุกการใช้น้ำโอโซนร่วมกับโพรคลอราซ โพรคลอราซ และคาร์เบนดาซิมมีเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคต่ำสุด 3.33 11.25 และ 17.50% ตามลำดับ ซึ่งคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ยับยั้งการเกิดโรคได้สูงสุด 96.04 86.63 และ 79.21% ตามลำดับ ตามด้วยน้ำโอโซน 50.99% (ตารางที่ 3.1)

จะเห็นได้ว่าในกลุ่มสารปลอดภัย น้ำโอโซนมีประสิทธิภาพในการควบคุมโรคขั้วหวีเน่าหลังการเก็บรักษาและบ่มสุกได้ดีที่สุด โดยโอโซนสามารถฆ่าจุลินทรีย์ได้โดยการทำปฏิกิริยากับโปรตีน เอนไซม์ และเยื่อหุ้มเซลล์ทำให้เซลล์แตก (สุเทพ, 2553; ราณี และคณะ, 2552) แต่จากการทดลองนี้ประสิทธิภาพพบเพียง 40-50% ซึ่งยังไม่ดีเพียงพอในการนำไปใช้ อย่างไรก็ตาม เมื่อนำน้ำโอโซน 0.5 ppm ร่วมกับสารโพรคลอราซ 125 ppm ประสิทธิภาพเพิ่มสูงเทียบเท่ากับการใช้สารเคมีเพียงอย่างเดียว

สำหรับการตรวจสอบคุณภาพหลังบ่มสุก ลักษณะและปริมาณการเกิดจุดกระในกรรมวิธีต่างๆในช่วงการเก็บรักษาเดียวกันมีความใกล้เคียงกันอยู่ในช่วงคะแนนไม่เกิน 3 คือ มีจุดกระเล็กๆ ปริมาณน้อยถึงปานกลาง ความแน่นเนื้อของผลใกล้เคียงกันอยู่ในช่วง 0.57-0.65 Kg หลังเก็บรักษา 2 สัปดาห์ และ 0.48-0.56 Kg หลังเก็บรักษา 4 สัปดาห์ ไม่แตกต่างจากกรรมวิธีควบคุม นอกจากนี้ไม่พบความผิดปกติในกลิ่นและรสชาติของทุกกรรมวิธี (ตารางที่ 3.1)

ผลการตรวจสอบปริมาณสารตกค้างคาร์เบนดาซิม และโพรคลอราซในผลกล้วย พบว่า หลังการจุ่มสารและหลังการเก็บรักษาเป็นเวลา 1 และ 2 สัปดาห์ ปริมาณสารที่พบในผลกล้วยดิบ (หลังนำออกจากห้องเย็น) มีค่าลดลงเพียงเล็กน้อยและสูงกว่าระดับปริมาณสารตกค้างสูงสุด (Maximum Residue Limits; MRL) โดยค่า MRL ของสารคาร์เบนดาซิมในผลกล้วย กำหนดโดยมาตราฐานอาหารระหว่างประเทศ (CODEX) ที่ 0.2 mg/kg (CODEXALIMENTARIUS FAO-WHO, 2006) และกำหนดโดยสาธารณรัฐประชาชนจีนที่ 0.1 mg/kg (สำนักงานมาตรฐานอาหารและสินค้าเกษตรแห่งชาติ 2556) ส่วนค่า MRL ของสารโพรคลอราซไม่มีกำหนดมาตรฐานในกล้วย จึงใช้ค่า default limit ที่ 0.01 mg/kg ข้อสังเกตุ ในกรรมวิธีจุ่มน้ำโอโซนร่วมกับโพรคลอราซอัตราครึ่งความเข้มข้นเดิม (125 ppm) มีค่าการตกค้างของสารโพรคลอราซสูงกว่ากรรมวิธีจุ่มโพรคลอราซ 250 ppm ทั้งนี้อาจเนื่องจากเวลาที่ใช้ในการจุ่มสารของกรรมวิธีแรกนานกว่า โดยจุ่มนาน 15 นาที ในขณะที่กรรมวิธีจุ่มโพรคลอราซ 250 ppm ใช้เวลา 3 นาที (ตารางที่ 3.2) แต่เมื่อตรวจสอบสารตกค้างในผลกล้วยที่บ่มสุกหลังการเก็บรักษา 2 สัปดาห์ โดยแยกเป็น 3 ส่วน คือ ผลรวม (เปลือก+เนื้อ) เปลือก และ

เนื้อ พบว่า ปริมาณสารเคมีส่วนใหญ่อยู่ที่เปลือก ในขณะที่ส่วนเนื้อไม่พบหรือพบเพียงเล็กน้อยซึ่งต่ำกว่าค่า MRL (ตารางที่ 3.3)

ตารางที่ 3.1 ประสิทธิภาพของสารป้องกันกำจัดเชื้อราสาเหตุโรคขั้วหวีเน่าหลังการเก็บรักษาที่ 14 °C ระยะเวลาต่างๆ และหลังบ่มสุกที่อุณหภูมิห้อง และตรวจสอบคุณภาพหลังบ่มสุก

ระยะเวลาเก็บรักษา	กรรมวิธี	%โรคบนขั้วหวี		%การยับยั้งการเกิดโรค		การเกิดจุดกระ		ความแน่นเนื้อ (Kg)	กลิ่นและรสชาติ
		หลังเก็บรักษา	หลังบ่มสุก	หลังเก็บรักษา	หลังบ่มสุก	ลักษณะ	ปริมาณ		
2 สัปดาห์	Control (water)	19.33 b	73.33 c	-	-	2.00	1.33	0.61	N[1]
	Carbendazim (250 ppm)	7.50 a	35.00 ab	61.21	52.27 ab	1.50	1.00	0.57	N
	Prochloraz (250 ppm)	4.67 a	20.83 a	75.86	71.59 a	1.83	1.50	0.61	N
	Ozone (0.5 ppm) + Prochloraz (125 ppm)	8.67 a	23.83 a	55.17	67.50 ab	2.00	2.17	0.61	N
	Ozone (0.5 ppm)	5.25 a	40.00 ab	72.84	45.46 bc	1.33	1.00	0.65	N
	Salicylic acid (250 ppm)	6.58 a	80.00 c	65.95	6.63 d	2.17	1.00	0.57	N
	Oxalic acid (100 ppm)	6.83 a	59.17 bc	64.66	21.21 cd	1.67	1.33	0.63	N
	Potassium Sorbate (500 ppm)	4.92 a	57.08 bc	74.57	24.05 cd	1.83	1.33	N/A[2]	N
	F-test	*	**	ns	**	-	-	ns	-
	CV (%)	57.6	26.5	33.5	32.9	-	-	10.8	-
4 สัปดาห์	Control (water)	49.58 b	90.83 c	-	-	2.00	1.40	0.56	N
	Carbendazim (250 ppm)	11.00 a	29.75 ab	77.81 a	67.25 ab	1.83	1.60	0.48	N
	Prochloraz (250 ppm)	13.17 a	26.67 a	73.45 a	70.64 ab	2.00	2.33	0.56	N
	Ozone (0.5 ppm) + Prochloraz (125 ppm)	4.33 a	14.33 a	91.26 a	84.22 a	1.83	1.40	0.55	N

ตารางที่ 3.1 ประสิทธิภาพของสารป้องกันกำจัดเชื้อราสาเหตุโรคขั้วหวีเน่าหลังการเก็บรักษาที่ 14 °C ระยะเวลาต่างๆ และหลังบ่มสุกที่อุณหภูมิห้อง และตรวจสอบคุณภาพหลังบ่มสุก

ระยะเวลาเก็บรักษา	กรรมวิธี	%โรคบนขั้วหวี		%การยับยั้งการเกิดโรค		การเกิดจุดกระ		ความแน่นเนื้อ (Kg)	กลิ่นและรสชาติ
		หลังเก็บรักษา	หลังบ่มสุก	หลังเก็บรักษา	หลังบ่มสุก	ลักษณะ	ปริมาณ		
	Ozone (0.5 ppm)	19.00 a	55.83 b	61.68 ab	38.53 bc	1.83	1.80	0.54	N
	Salicylic acid (250 ppm)	62.50 b	100.00 c	0.00	0.00	N/A	N/A	N/A	N/A
	Oxalic acid (100 ppm)	44.92 b	86.67 c	24.93 b	8.56 c	2.17	2.60	0.51	N
	Potassium Sorbate (500 ppm)	67.92 b	87.50 c	0.00	7.03 c	2.00	2.17	0.51	N
	F-test	**	**	*	**	-	-	ns	-
	CV (%)	38.0	23.7	32.5	38.3	-	-	18.8	-
6 สัปดาห์	Control (water)	73.75 cd	84.17 c	-	-	-	-	-	-
	Carbendazim (250 ppm)	29.58 ab	17.50 ab	59.89 ab	79.21 ab	-	-	-	-
	Prochloraz (250 ppm)	28.33 ab	11.25 a	61.58 ab	86.63 a	-	-	-	-
	Ozone (0.5 ppm) + Prochloraz (125 ppm)	7.08 a	3.33 a	90.40 a	96.04 a	-	-	-	-
	Ozone (0.5 ppm)	39.58 abc	41.25 b	46.33 ab	50.99 bc	-	-	-	-
	Salicylic acid (250 ppm)	86.67 d	96.67 c	5.08 b	0.00	-	-	-	-
	Oxalic acid (100 ppm)	50.00 bcd	69.17 c	33.90 ab	22.11 cd	-	-	-	-
	Potassium Sorbate (500 ppm)	53.75 bcd	75.00 c	27.12 b	11.39 d	-	-	-	-
	F-test	*	**	ns	**	-	-	-	-

ตารางที่ 3.1 ประสิทธิภาพของสารป้องกันกำจัดเชื้อราสาเหตุโรคขั้วหวีเน่าหลังการเก็บรักษาที่ 14 °C ระยะเวลาต่างๆ และหลังบ่มสุกที่อุณหภูมิห้อง และตรวจสอบคุณภาพหลังบ่มสุก

ระยะเวลาเก็บรักษา	กรรมวิธี	%โรคบนขั้วหวี		%การยับยั้งการเกิดโรค		การเกิดจุดกระ		ความแน่นเนื้อ (Kg)	กลิ่นและรสชาติ
		หลังเก็บรักษา	หลังบ่มสุก	หลังเก็บรักษา	หลังบ่มสุก	ลักษณะ	ปริมาณ		
	CV (%)	47.7	29.3	64.7	29.3	-	-	-	-

ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรที่ต่างกันในคอลัมน์เดียวกันแตกต่างกันทางสถิติโดยวิธี DMRT, * = แตกต่างที่ p<0.05, ** = แตกต่างที่ p<0.01, ns = ไม่แตกต่าง

ตารางที่ 3.2 ปริมาณสารตกค้างของคาร์เบนดาซิมหรือโพรคลอราซในผลกล้วยไข่หลังการเก็บรักษาที่ 14 °C ระยะเวลาต่าง ๆ

กรรมวิธี	ปริมาณสารตกค้างที่ระยะเวลาหลังการเก็บรักษา (mg/kg)		
	0 สัปดาห์ (หลังจุ่มสาร)	1 สัปดาห์	2 สัปดาห์
Carbendazim (250 ppm)	1.69	1.70	1.62
Prochloraz (250 ppm)	1.82	1.69	1.32
Ozone (0.5 ppm) + Prochloraz (125 ppm)	3.13	3.04	2.10

หมายเหตุ ค่า MRL ของ Carbendazim ในกล้วยตามมาตรฐาน CODEX 0.2 mg/kg

ค่า MRL ของ Prochloraz ในกล้วย ไม่มีกำหนดในมาตรฐาน CODEX ดังนั้นเป็นค่า default limit 0.01 mg/kg

ตารางที่ 3.3 ปริมาณสารตกค้างของคาร์เบนดาซิมหรือโพรคลอราซในส่วนเปลือก เนื้อ และผลรวมของกล้วยไข่หลังการเก็บรักษาที่ 14 °C เป็นเวลา 2 สัปดาห์แล้วบ่มสุก

กรรมวิธี	ปริมาณสารตกค้าง (mg/kg)		
	ผล (เปลือก+เนื้อ)	เปลือก	เนื้อ
Carbendazim (250 ppm)	1.87	8.68	0.10
Prochloraz (250 ppm)	0.44	1.48	ND
Ozone (0.5 ppm) + Prochloraz (125 ppm)	1.05	4.97	0.006

หมายเหตุ ค่า MRL ของ Carbendazim ในกล้วยตามมาตรฐาน CODEX 0.2 mg/kg

ค่า MRL ของ Prochloraz ในกล้วย ไม่มีกำหนดในมาตรฐาน CODEX ดังนั้นเป็นค่า default limit 0.01 mg/kg

ND = not detect

จากผลการทดลองทั้งหมด พบว่า ยังไม่มีสารปลอดภัยชนิดไหนสามารถทดแทนการใช้สารเคมีในการควบคุมโรคขั้วหวีเน่าได้โดยสมบูรณ์ โพรคลอราซถือเป็นสารเคมีที่มีประสิทธิภาพดีที่สุด สำหรับการจุ่มน้ำโอโซนมีผลในการควบคุมได้บ้างแต่ยังไม่ดีเท่าที่ควร แต่เมื่อนำโพรคลอราซลดความเข้มข้นลงครึ่งหนึ่งร่วมกับน้ำโอโซน พบว่าสามารถส่งเสริมประสิทธิภาพในการควบคุมโรคได้สูงเทียบเท่ากับกับการใช้สารโพรคลอราซที่อัตราเดิม

ซึ่งปริมาณสารตกค้างในเนื้อผลยังต่ำกว่าค่า MRL ดังนั้น กรรมวิธีนี้จึงเป็นวิธีที่ดีที่สุดที่จะนำไปใช้ในการควบคุมโรคขั้วหวีเน่าในกล้วยไข่เพื่อการส่งออกได้อย่างมีประสิทธิภาพ อีกทั้งยังช่วยลดการใช้สารเคมีอีกด้วย

9. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

การจุ่มผลกล้วยไข่ด้วยน้ำโอโซน 0.5 ppm ร่วมกับสารป้องกันเชื้อราโพรคลอราซ 125 ppm เป็นเวลา 15 นาที ก่อนการเก็บรักษาที่ 14 องศาเซลเซียส สามารถควบคุมการเกิดโรคขั้วหวีเน่าได้มีประสิทธิภาพสูงสุดไม่แตกต่างกับการใช้โพรคลอราซ 250 ppm ซึ่งปริมาณสารโพรคลอราซตกค้างในเนื้อผลต่ำกว่าค่า MRL (0.006 mg/kg หลังการเก็บรักษา 2 สัปดาห์) และไม่มีผลกระทบต่อการเกิดจุดกระ ความแน่นเนื้อ กลิ่นและรสชาติของผลกล้วย

สำหรับข้อเสนอแนะ อาจนำวิธีดังกล่าวทำการทดลองเพิ่มเติมโดยปรับลดอัตราการใช้สารโพรคลอราซที่อัตราต่างๆ ร่วมกับลดเวลาที่ใช้ในการจุ่มสารที่เวลาต่างๆ หาจุดที่ดีที่สุด (optimum) ในการควบคุมโรคได้อย่างมีประสิทธิภาพและปริมาณสารตกค้างน้อยที่สุด เพื่อลดอัตราการใช้สารและการตกค้าง ลดต้นทุนและเวลาในขั้นตอนหลังการเก็บเกี่ยว ได้ผลผลิตมีคุณภาพและปลอดภัยมากยิ่งขึ้น

10. การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

1. เกษตรกรหรือผู้ประกอบการสามารถนำวิธีการควบคุมโรคกล้วยไข่หลังการเก็บเกี่ยวที่มีประสิทธิภาพและปลอดภัยต่อผู้บริโภคไปปรับใช้ เพื่อลดการสูญเสียต่อผลผลิตในการส่งออก

2. หน่วยงานอื่นๆ สามารถนำผลการทดลองนี้ไปพัฒนาต่อยอดหรือเผยแพร่ต่อกลุ่มผู้ใช้ประโยชน์ เช่น กรมส่งเสริมการเกษตร กรมส่งเสริมสหกรณ์ สถาบันการศึกษา และภาคเอกชน

11. คำขอบคุณ

ขอขอบคุณ เจ้าหน้าที่จากสถาบันวิจัยพืชสวน ที่ช่วยในการปฏิบัติงานต่างๆ จนสำเร็จเรียบร้อย

12. เอกสารอ้างอิง

กานดา หวังชัย กนกวรรณ ศริญญาวัจน์ และ จำนงค์ อุทัยบุตร. 2549. ประสิทธิภาพของโอโซนในการควบคุมโรคหลังการเก็บเกี่ยวระหว่างการเก็บรักษาผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้ง. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร ปีที่ 37 ฉบับที่ 5 (พิเศษ). 2549. หน้า 89-92.

ดวงธิดา ขุมทอง มนตรี อิศรไกรศีล วาริน อินทนา หมุดดอเล็บ หนีสอ และประคอง เย็นจิตต์. 2549. ผลของการใช้โอโซนในการควบคุมโรคหลังเก็บเกี่ยวของเงาะ ทุเรียนและมะม่วง. หน่วยวิจัยไม้ผลเขตร้อน สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์ ท่าศาลา นครศรีธรรมราช.

บุญญวดี จิระวุฒิ รัตตา สุทธยาคม อมรา ชินภูติ และเสริมสุข สลักเพ็ชร์. 2557. โรคขั้วหวีเน่าของกล้วยหอมทองและการควบคุมโดยใช้สารปลอดภัย. http://www.doa.go.th/research/attachment.php?aid=13. [สืบค้นเมื่อ 2 ต.ค. 2557].

เพ็ญแข จิรอัสดร ประเวทย์ ตุ้ยเต็มวงศ์ ฆรณี ตุ้ยเต็มวงศ์ วรพจน์ สุนทรสุข และ ภัณฑิรา เกตุแก้ว. 2550. การลดเชื้อปนเปื้อนในพริกขี้หนูสดด้วยโอโซนและคลอรีน. กรุงเทพฯ: สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย.

ราณี สุรากาญจน์กุล, ปกรณ์ อุ่นประเสริฐ และเอก แสงวิเชียร. 2552. การใช้โอโซนเพื่อความปลอดภัยอาหาร. ภาคนิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตร์บัณฑิต. มหาวิทยาลัยรามคำแหง, ภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร คณะวิทยาศาสตร์

สุเทพ นิยมญาติ. 2553. ผลของโอโซนต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของส้มโอตัดแต่งพร้อมบริโภคในระหว่างการเก็บรักษา.ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีการอาหาร ภาคเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยศิลปากร.

สำนักงานมาตรฐานอาหารและสินค้าเกษตรแห่งชาติ. จีนประกาศมาตรฐานค่า MRL สารกำจัดศัตรูพืชในอาหาร. เข้าถึงได้จาก: http://www.acfs.go.th/warning/viewEarly.php?id=4334 [เข้าถึงเมื่อ 1 พฤศจิกายน 2560]

สำนักวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร กรมวิชาการเกษตร. 2557. โรคผลไม้หลังการเก็บเกี่ยว. http://www.doa.go.th/pprdo/download/text2.pdf. หน้า 12-18.

อภิรัชต์ สัมฤทธิ์, ธารทิพย ภาสบุตร และทัศนาพร ทัศคร. 2554. การศึกษาวิธีการที่มีประสิทธิภาพในการป้องกันกำจัดเชื้อรา *Fusarium* spp. สาเหตุโรคในกล้วยไม้ที่ปลูกเป็นการค้า. รายงานผลงานวิจัย ประจำปี 2554 สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช กรมวิชาการเกษตร. หน้า 288-295.

CODEXALIMENTARIUS FAO-WHO. 2006. FI 0327-Banana. http://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/codex-texts/dbs/pestes/commodities-d... [สืบค้นเมื่อ 12 ก.ค. 2561].

Gonzale-Aguilar, G.A., Buta, J.G. and Wang, C.Y. 2003. Methyl Jasmonate and modifies atmosphere packaging (MAP) reduce decay and maintain postharvest quality of papaya" Sunrise. Postharvest Biology and Technology. Vol. 28, pp. 361-370.

Jahanshir, Amini and Dzhalilov F., Sidovich .2010. The effects of fungicides on *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* associated with Fusarium wilt of tomato. Journal of plant protection. vol.50(2): 172-178 p.

Kyu Kyu Win, N., Jitareerat, P., Kanlayanarat, S. and Sangchote, S. (2007). Effects of cinnamon extract, chitosan coating, hot water treatment and their combinations on crown rot disease and quality of banana fruit. Postharvest Biol Technol 45(3):333-340.

Khadre, M.A., Yousef, A.E., Kim, J.G., 2001, Microbiological aspects of ozone applications in food: A review. Journal of Food Science 66(9), 1242.

Maobool, M., Ali, A. and. Alderson, P.G. 2010. Effect of cinnamon oil on incidence of anthracnose disease and postharvest quality of bananas during storage. International Journal of Agriculture & Biology. Vol. 12, pp. 516-520.

Qin, G.Z., Tian, S.P., Xu, Y., Wan. Y.K., 2003. Enhancement of biocontrol efficacy of antagonistic yeasts by salicylic acid in sweet cherry fruit. Physiol. Mol. Plant pathol. 62: 147-154.

Sangudom, T. 2013. Quality management in the supply chain of 'Kluai Khai' banana (*Musa* AA group) for exporting. A dissertation submitted in partial fulfillment of the requirements for The degree of Doctor of Philosophy (Postharvest Technology), School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Thailand. pp.166.

Schina, M.D., Hallewin, G., Ben-Yehoshug, S. and Fallik, E. 2000. Host-pathogen interactions by heat treatment. Postharvest Biology and Technology. Vol. 21, No.1, pp. 71-85.

Snowdon, A.L. 1990. A Color Atlas or Post-harvest Diseases and disorders of Fruits and Vegetables. Vol. 1: General Introduction and Fruits. CRC Press, Boca Raton, Flor Dida. P. 126-127.

Srilaong, V. and Photchanachai, S. 2011. Effects of hot water treatments on the physiology and quality of 'Kluai Khai' banana. International Food Research Journal. Vol.18, No. 3, pp.1013-1016.