การทดสอบประสิทธิภาพของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ในการควบคุมโรคใบจุดสีน้ำตาลของข้าว

Efficiency Test of Antagonistic Microorganisms to Control Rice Brown Spot Disease

ฐิตินันท์ วงค์ภักดิ์[1] อมรศรี ขุนอินทร์[1] และวรรณวิไล อินทนู[1*]

Thitinan Wongpak[1], Amornsri Khun-In[1] and Wanwilai Intanoo[1*]

Received: May 15, 2023
Revised: June 23, 2023
Accepted: June 26, 2023

Abstract: Efficiency test of antagonistic microorganisms in inhibiting the growth of *Bipolaris oryzae*, causes of brown spot disease of rice in laboratory condition by using dual culture method was performed. It was found that the percentage inhibiting growth of pathogenic fungus was 34.96-57.64%. *Torulaspora* indica DMKU-RP31 and *Bacillus amyloliquefaciens* inhibited the growth of *B. oryzae* the most, followed by *Trichoderma asperellum* (CB-Pin-01) with inhibition percentage of 57.64, 57.63 and 54.86%, respectively. The efficacy of rice brown spot control was tested in greenhouse conditions by soaking rice seeds in cell or spore suspension of antagonistic microorganisms and spraying rice plants for 3 times, comparing to the control and chemical (carbendazim) treatments. The result showed that when the rice was 65 days old, *B. amyloliquefaciens*, *T. indica* DMKU-RP31 and *T. asperellum* (CB-Pin-01) treatments could reduce the occurrence of disease. The *B. amyloliquefaciens* treatment reduced disease incidence by 54.17%, when compared to the control treatment.

Keywords: leaf brown spot disease, antagonistic microorganisms, biological control

บทคัดย่อ: การทดสอบประสิทธิภาพของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ในการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *Bipolaris oryzae* สาเหตุของโรคใบจุดสีน้ำตาลในสภาพห้องปฏิบัติการด้วยวิธี dual culture พบว่ามีเปอร์เซ็นต์การยับยั้งการเจริญของเชื้อราสาเหตุโรคอยู่ระหว่าง 34.96-57.64% โดยยีสต์ *Torulaspora indica* DMKU-RP31 และแบคทีเรีย *Bacillus amyloliquefaciens* สามารถยับยั้งการเจริญของ *B. oryzae* ได้มากที่สุด รองลงมาคือเชื้อรา *Trichoderma asperellum* (CB-Pin-01) โดยมีเปอร์เซ็นต์การยับยั้งเชื้อราสาเหตุโรค 57.64, 57.63 และ 54.86 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อนำจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ไปทดสอบประสิทธิภาพการควบคุมโรคใบจุดสีน้ำตาลในสภาพโรงเรือนปลูกพืชทดลองโดยแช่เมล็ดข้าวในเซลล์หรือสปอร์แขวนลอยของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์และพ่นต้นข้าว 3 ครั้ง เปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุมและการใช้สารเคมี (carbendazim) ผลการวิจัยพบว่าเมื่อข้าวอายุ 65 วัน กรรมวิธีที่ใช้แบคทีเรีย *B. amyloliquefaciens*, ยีสต์ *T. indica* DMKU-RP31 และเชื้อรา *T. asperellum* (CB-Pin-01) สามารถลดการเกิดโรคใบจุดสีน้ำตาลได้ โดยกรรมวิธีที่ใช้แบคทีเรีย *B. amyloliquefaciens* ช่วยลดการเกิดโรคได้มากที่สุดถึง 54.17 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับกรรมวิธีควบคุม

คำสำคัญ: โรคใบจุดสีน้ำตาล, จุลินทรีย์ปฏิปักษ์, การควบคุมโรคโดยชีววิธี

---

[1] ภาควิชาโรคพืช คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม 73140

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

*Corresponding author: agrwli@ku.ac.th

Agricultural Science and Management J. 7 (2) : 28-37 (2024)

คำนำ

ข้าวเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย เป็นพืชอาหารหลักที่มีคุณค่าทางอาหาร สามารถแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ได้หลากหลาย และเป็นที่ต้องการของผู้บริโภคทั้งในประเทศและต่างประเทศ โดยผลผลิตของข้าวที่ผลิตในประเทศปี พ.ศ. 2565 มีผลผลิตข้าวรวม 7.69 ล้านตัน คิดเป็นมูลค่า 1.38 ล้านตัน (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2565ก, 2565ข) แต่การปลูกข้าวมักพบปัญหาที่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพและปริมาณทำให้ผลผลิตลดลง ซึ่งเกิดจากโรคต่างๆ โรคใบจุดสีน้ำตาลที่เกิดจากเชื้อรา *Bipolaris oryzae* เป็นอีกโรคหนึ่งที่สามารถเข้าทำลายต้นข้าวได้ตั้งแต่ระยะกล้าจนถึงระยะออกรวง เป็นโรคที่เกิดได้ทั้งบริเวณใบข้าวและถ่ายทอดไปบนเมล็ดข้าว ทำให้เมล็ดเสื่อมคุณภาพ พบรายงานการแพร่ระบาดของโรคใบจุดสีน้ำตาลครั้งแรกที่ประเทศญี่ปุ่น เมื่อปี ค.ศ.1900 ต่อมาพบการระบาดในพื้นที่ปลูกข้าวทั่วโลก เช่น ประเทศญี่ปุ่น จีน เมียนม่า ศรีลังกา บังคลาเทศ อิหร่าน แอฟริกา อเมริกาใต้ รัสเซีย อเมริกาเหนือ ฟิลิปปินส์ ซาอุดิอาระเบีย ออสเตรเลีย ไทย และอินเดีย (Ou, 1985; Khalili *et al*., 2012) ซึ่งในประเทศไทยพบการแพร่ระบาดของโรคในพื้นที่ปลูกข้าวทั่วทุกภูมิภาค ทั้งจากการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศ สภาพพื้นที่ปลูก และการปลูกข้าวอย่างต่อเนื่อง ส่งผลกระทบต่อคุณภาพและปริมาณของผลผลิตลดลง การแพร่ระบาดของโรครุนแรงมากขึ้น เมื่อปลูกในพื้นที่ที่ปลูกข้าวอย่างต่อเนื่อง

การควบคุมโรคพืชที่เกิดจากเชื้อรานิยมใช้สารเคมี เนื่องจากมีประสิทธิภาพสูง หาได้ง่าย และสะดวกต่อการใช้งาน แต่อาจส่งผลกระทบโดยตรงต่อสุขภาพของทั้งผู้ผลิตและผู้บริโภครวมถึงสิ่งแวดล้อม ดังนั้นเพื่อเป็นแนวทางที่จะลดการใช้สารเคมีลง การนำจุลินทรีย์ปฏิปักษ์มาใช้ควบคุมโรคพืชจึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่มีประสิทธิภาพ จุลินทรีย์ปฏิปักษ์ที่นิยมนำมาใช้ควบคุมโรคพืช ได้แก่ เชื้อราปฏิปักษ์ เช่น *Trichoderma* spp. *Chaetomium* spp. *Gliocladium* spp. แบคทีเรียปฏิปักษ์ เช่น *Bacillus* spp. *Pseudomonas* spp. แอคติโนมัยซีส เช่น *Streptomyces* sp. และยีสต์ *Candida* sp. เป็นต้น งานวิจัยนี้จึงมีจุดประสงค์เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ในการยับยั้งการเจริญของเชื้อ *B. oryzae* สาเหตุโรคใบจุดสีน้ำตาลของข้าวในสภาพห้องปฏิบัติการ และสภาพโรงเรือนทดลอง

อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมเชื้อทดสอบ

แยกเชื้อราสาเหตุโรคใบจุดสีน้ำตาลของข้าวจากใบข้าวที่เป็นโรคด้วยวิธี tissue transplanting โดยวางบนอาหาร PDA (potato dextrose agar) บ่มที่อุณหภูมิห้อง นาน 7 วัน เมื่อเริ่มเห็นเส้นใยเจริญออกมาจากชิ้นพืช ตัดเส้นใยด้วย cork borer แล้วย้ายไปเลี้ยงบนอาหาร PDA บ่มไว้ที่อุณหภูมิห้อง จากนั้นทำให้บริสุทธิ์ด้วยเทคนิค single spore isolation (จินตนา, 2562) นำสปอร์เดี่ยวที่งอกมาเลี้ยงบนอาหาร PDA บ่มไว้ที่อุณหภูมิห้องจนเชื้อราเจริญสร้างโคโลนีจึงนำไปศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเชื้อราโดยเลี้ยงบนอาหาร PDA ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 10-15 วัน บันทึกสีและการเจริญของเส้นใย ศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาของโคนิเดียที่เจริญบนอาหาร PDA ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ จำแนกชนิดตามลักษณะทางสัณฐานวิทยาของ Manamgoda *et al.* (2014) และ Nazari *et al*. (2015)

เตรียมจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ที่ใช้ทดสอบ ได้แก่ เชื้อราไตรโคเดอร์มา *Trichoderma asperellum* (CB-Pin-01) นำมาเลี้ยงบนอาหาร PDA บ่มทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง นาน 3 วัน สำหรับการทดลองในห้องปฏิบัติการ และ ชีวภัณฑ์ชนิดน้ำ อัตราส่วน 1 ลิตร ต่อน้ำ 200 ลิตร สำหรับพ่น และอัตราส่วน 1 ลิตร ต่อน้ำ 400 ลิตรสำหรับแช่เมล็ดพันธุ์ในเรือนทดลอง แบคทีเรียบาซิลลัส 3 สายพันธุ์ คือ บาซิลลัส NO.1 (*Bacillus subtilis*), บาซิลลัส NO.2 (*Bacillus amyloliquefaciens*) และ บาซิลลัส NO.3 (*Bacillus cereus*) เลี้ยงเชื้อบนอาหาร NGA แล้วบ่มที่อุณหภูมิห้อง นาน 2 วัน สำหรับการทดลองในห้องปฏิบัติการ และ อัตราส่วน 20 กรัมต่อน้ำ 20 ลิตร สำหรับเรือนทดลอง ซึ่งเชื้อราไตรโคเดอร์มาชนิดน้ำ และแบคทีเรีย

บาซิลลัสที่ได้รับความอนุเคราะห์จากห้องปฏิบัติการควบคุมโรคพืชโดยชีวภาพ ภาควิชาโรคพืช คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน และเชื้อยีสต์ที่แยกได้จากใบข้าว (Into *et al*., 2020) ซึ่งได้รับความอนุเคราะห์จากภาควิชาจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 3 สายพันธุ์ คือ *Wickerhamomyces anomalus* DMKU-RP25, *Torulaspora indica* DMKU-RP31 และ *Torulaspora indica* DMKU-RP35 เพิ่มปริมาณบนอาหาร YM agar ด้วยการ streak plate แล้วบ่มที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส นาน 2 วัน เพื่อใช้ในการทดลอง

การทดสอบประสิทธิภาพของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ต่อการยับยั้งการเจริญของเชื้อสาเหตุโรคใบจุดสีน้ำตาลของข้าวในห้องปฏิบัติการด้วยเทคนิค dual culture

ทดสอบโดยใช้ cork borer ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 8 มิลลิเมตร เจาะเส้นใยเชื้อรา *B. oryzae* สาเหตุโรคใบจุดสีน้ำตาลของข้าวที่เจริญบนอาหาร PDA อายุ 7 วัน วางบนอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA โดยวางชิ้นวุ้นเชื้อราสาเหตุโรคห่างจากขอบจานอาหารเลี้ยงเชื้อ ประมาณ 1.5 เซนติเมตร จากนั้นใช้ loop ที่ฆ่าเชื้อแล้วแตะ single colony ของยีสต์หรือแบคทีเรียบาซิลลัส ขีดเป็นเส้นตรงยาว 3 เซนติเมตร ในตำแหน่งตรงข้ามกับเชื้อสาเหตุโรค วางห่างจากขอบจานอาหารเลี้ยงเชื้อ 1.5 เซนติเมตร บ่มเชื้อที่อุณหภูมิห้อง ส่วนกรณีของเชื้อราปฏิปักษ์ใช้ cork borer ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 8 มิลลิเมตร เจาะเส้นใยของเชื้อรา *T. asperellum* (CB-Pin-01) ที่เจริญอยู่บนอาหาร PDA เป็นเวลา 2 วัน นำไปวางในจานอาหาร PDA ห่างจากขอบจาน 1.5 เซนติเมตร โดยวางตรงข้ามกับชิ้นวุ้นเชื้อราสาเหตุโรคให้ห่างกัน 6 เซนติเมตร ส่วนชุดควบคุมวางเฉพาะเชื้อสาเหตุโรคห่างจากขอบจานอาหารเลี้ยงเชื้อ 1.5 เซนติเมตร เพียงด้านเดียว บ่มเชื้อที่อุณหภูมิห้อง บันทึกผลการเจริญของเชื้อสาเหตุโรค และจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ทุกวัน เพื่อนำไปคำนวณเปอร์เซ็นต์การยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อโรค (บรรเจิด และจิระเดช, 2529 อ้างถึงในพราวมาส, 2558)

การศึกษาประสิทธิภาพของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ต่อการควบคุมโรคใบจุดสีน้ำตาลของข้าวในสภาพโรงเรือนทดลอง

เตรียมต้นข้าวทดสอบ โดยนำเมล็ดข้าวเปลือกพันธุ์สุพรรณบุรี 60 ซึ่งเป็นพันธุ์อ่อนแอต่อโรคใบจุดสีน้ำตาลของข้าวมาแช่น้ำ สารเคมี และเซลล์หรือสปอร์แขวนลอยของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เทน้ำออกแล้วบ่มต่ออีก 1 คืน ก่อนนำไปปลูกลงถาดเพาะกล้าที่มีดินเหนียว นำถาดเพาะกล้าไปไว้ในโรงเรือนขนาดเล็ก เมื่อต้นกล้าอายุ 21 วัน ย้ายต้นกล้าลงปลูกในบ่อซีเมนต์ เมื่อต้นข้าวอายุ 36 วัน ใส่ปุ๋ยครั้งที่ 1 สูตร 16-20-0 อัตรา 25 กิโลกรัมต่อไร่ ใส่ปุ๋ยครั้งที่ 2 สูตร 46-0-0 อัตรา 15 กิโลกรัมต่อไร่ เมื่อข้าวอายุ 45 วัน และใส่ปุ๋ยครั้งที่ 3 สูตร 46-0-0 อัตรา 10 กิโลกรัมต่อไร่ เมื่อข้าวอายุ 55 วัน นอกจากการแช่เมล็ดพันธุ์ข้าวในเซลล์/สปอร์แขวนลอยของเชื้อปฏิปักษ์ (soaking, SK) แล้วยังมีการพ่นเซลล์/สปอร์แขวนลอยของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ลงบนใบข้าว 3 ครั้ง คือ ระยะตั้งท้อง (60 วันหลังปลูก) ระยะรวงข้าวเริ่มโผล่ออกจากใบธงได้ 5 เปอร์เซ็นต์ (75 วันหลังปลูก) และเมื่อข้าวออกรวงครบทุกต้น (90 วันหลังปลูก)

วางแผนการทดลองแบบ CRD โดยแบ่งออกเป็น 9 กรรมวิธี กรรมวิธีละ 6 ซ้ำ ซ้ำละ 5 ต้น ได้แก่กรรมวิธีที่1 แช่เมล็ดพันธุ์และพ่นต้นข้าวด้วยน้ำเปล่า (ชุดควบคุม) กรรมวิธีที่2 แช่เมล็ดพันธุ์และพ่นต้นข้าวด้วยสารเคมี carbendazim กรรมวิธีที่3 แช่เมล็ดพันธุ์และพ่นต้นข้าวด้วยเซลล์แขวนลอยของแบคทีเรียบาซิลลัส NO.1 (*B. subtilis*) กรรมวิธีที่4 แช่เมล็ดพันธุ์และพ่นต้นข้าวด้วยเซลล์แขวนลอยของแบคทีเรียบาซิลลัส NO.2 (*B. amyloliquefacien*s) กรรมวิธีที่5 แช่เมล็ดพันธุ์และพ่นต้นข้าวด้วยเซลล์แขวนลอยของแบคทีเรียบาซิลลัส NO.3 (*B. cereus*) กรรมวิธีที่6 แช่เมล็ดพันธุ์และพ่นต้นข้าวด้วยเซลล์แขวนลอยของยีสต์ *W. anomalus* DMKU-RP25 กรรมวิธีที่7 แช่เมล็ดพันธุ์และพ่นต้นข้าวด้วยเซลล์แขวนลอยของยีสต์ *T. indica* DMKU-RP31 กรรมวิธีที่8 แช่เมล็ดพันธุ์และพ่นต้นข้าวด้วยเซลล์แขวนลอยของยีสต์ *T. indica* DMKU- RP35 กรรมวิธีที่9 แช่เมล็ดพันธุ์และพ่นต้นข้าวด้วยสปอร์แขวนลอยเชื้อรา *T. asperellum* (CB-Pin-01)

ประเมินความรุนแรงของโรคใบจุดสีน้ำตาลของข้าวโดยสุ่มเก็บตัวอย่างใบข้าวในข้าวระยะตั้งท้องและระยะเก็บเกี่ยว สุ่มเลือกใบข้าวใบที่ 3และใบที่4 โดยนับจากใบธง กรรมวิธีละ 3 ซ้ำๆ ละ 10 ใบ นำค่าที่ได้มาประเมินระดับความรุนแรงโรคใบจุดสีน้ำตาลของข้าว ดัดแปลงจาก เกณฑ์ของกรมการข้าว (ดารา และคณะ, 2550)และ กนกวรรณ และ พรไพรินทร์ (2558) ส่วนการประเมินในระยะเก็บเกี่ยวจะประเมินโดยสุ่มเลือกใบธงของต้นข้าว ในแต่ละกรรมวิธี กรรมวิธีละ 3 ซ้ำๆ ละ 10 ใบ แล้วคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ความรุนแรงของโรค จากสูตร

$$\frac{\text{ผลรวมของ (จำนวนใบที่เป็นโรคในแต่ละระดับ×ระดับ)}}{\text{(จำนวนใบทั้งหมด ×ระดับสูงสุด)}} \times 100$$

บันทึกการเจริญเติบโตของต้นข้าวโดยวัดความสูงของต้นข้าวระยะต่างๆ 3 ครั้ง คือ ระยะตั้งท้อง (60 วันหลังปลูก ก่อนพ่นจุลินทรีย์ปฏิปักษ์) ระยะเริ่มออกรวง (85 วันหลังปลูก) และระยะเก็บเกี่ยว (120 วันหลังปลูก) โดยสุ่มวัดกรรมวิธีละ 4 ซ้ำๆ ละ 10 ใบ รวบกอข้าววัดจากโคนต้นข้าวจนถึงปลายใบสูงสุด และนับจำนวนต้นต่อกอ กรรมวิธีละ 3 ซ้ำๆ ละ 5 กอ บันทึกผลผลิตข้าวโดยนำรวงข้าวมาตากให้เมล็ดข้าวมีความชื้น 14 เปอร์เซ็นต์ บันทึกจำนวนรวงต่อกอ แล้วนำมาปลิดเมล็ดออกจากรวง ชั่งน้ำหนักเมล็ดต่อกอ สุ่มเมล็ดข้าวเปลือกชั่งน้ำหนักกรรมวิธีละ 5 กรัม จำนวน 3 ซ้ำ นับจำนวนเมล็ดแล้วคำนวณเปอร์เซ็นต์เมล็ดดี และเมล็ดด่าง

วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยใช้โปรแกรม R (R-language and environment for statistical computing and graphics) เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยจากกรรมวิธีต่างๆ โดย Least significant difference (LSD) ($P \leq 0.05$)

ในส่วนของการเกิดโรคใบจุดสีน้ำตาลเป็นเชื้อสาเหตุเดียวกับโรคเมล็ดด่างสามารปนเปื้อนติดมากับเมล็ดพันธุ์ได้ การทดลองนี้จึงปล่อยให้เกิดโรคตามธรรมชาติ เนื่องจากการเกิดโรคมีสาเหตุจากพืชอาศัยมีความอ่อนแอ เชื้อสาเหตุโรคมีความรุนแรง และมีสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมต่อการเกิดโรค

ผลการทดลองและวิจารณ์

การแยกเชื้อและจำแนกชนิดของเชื้อราสาเหตุโรคใบจุดสีน้ำตาลของข้าวโดยลักษณะทางสัณฐานวิทยา

เชื้อราที่แยกได้จากใบข้าวที่เป็นโรคใบจุดสีน้ำตาล นำมาเลี้ยงบนอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA พบว่าเส้นใยเชื้อราในระยะแรกมีสีขาว ต่อมาเริ่มเปลี่ยนสีเป็นขาวปนเทาหรือขาวปนน้ำตาล จากนั้นเส้นใยเปลี่ยนเป็นสีเทาเข้ม หรือน้ำตาลเข้ม ฟูคล้ายสำลี เมื่อนำไปศึกษาภายใต้กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง พบว่ามีก้านชูโคนิเดียสีน้ำตาล ชูขึ้นเป็นก้านตรงและมีผนังกั้น โคนิเดียสีน้ำตาล รูปทรงคล้ายเรือ หรือฐานกว้างปลายเรียว และโค้ง ปลายโคนิเดียสามารถงอกได้ทั้งสองด้าน โคนิเดียมีขนาดตั้งแต่ 15-19 x 77-101 ไมครอน ซึ่งลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเส้นใยบนอาหาร ก้านชู และโคนิเดีย สอดคล้องกันกับลักษณะของเชื้อรา *Bipolaris oryzae* ตามรายงานของ Manamgoda *et al*. (2014)

การทดสอบประสิทธิภาพของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ต่อการยับยั้งการเจริญของเชื้อสาเหตุโรคใบจุดสีน้ำตาลของข้าวในห้องปฏิบัติการด้วยเทคนิค dual culture

ผลการทดลองพบว่าจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ที่นำมาใช้ทดสอบทุกสายพันธุ์ยกเว้นแบคทีเรียบาซิลลัส *B. subtilis* สามารถยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อรา *B. oryzae* ได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับชุดควบคุม โดยมีค่าเปอร์เซ็นต์ยับยั้งอยู่ระหว่าง 34.96-57.64 เปอร์เซ็นต์ *T. indica* DMKU-RP31 และแบคทีเรีย *B. amyloliquefaciens* สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *B. oryzae* ได้สูงสุด รองลงมาคือเชื้อรา *T. asperellum* (CB-Pin-01) มีเปอร์เซ็นต์การยับยั้งเชื้อราสาเหตุโรค 57.64, 57.63 และ 54.86 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ (Table 1)

ส่วนอัตราการเจริญคลุมทับเชื้อราสาเหตุโรค *B. oryzae* ของเชื้อรา *T. asperellum* (CB-Pin-01) มีค่า 1.24 เซนติเมตรต่อวัน ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Into *et al*.(2020) ที่รายงานว่ายีสต์ปฏิปักษ์ *W. anomalus* DMKU-RP25, *T. indica* DMKU-RP31

และ *T. indica* DMKU-RP35 สามารถยับยั้งเชื้อราสาเหตุโรคข้าวได้ เนื่องจากมีกิจกรรมของเอนไซม์ β-1,3-Glucanase และ Chitinase สูง และมีการปล่อย VOCs ซึ่งเป็นกลไกโดยตรงที่สำคัญในการเป็นปฏิปักษ์กับเชื้อราที่ทำให้เกิดโรค ส่วนการใช้ *Trichoderma* spp. และ *Bacillus* spp. สอดคล้องกับรายงานของ ปัณณวิชญ์ และคณะ (2560) ที่พบว่า *Trichoderma* sp. NS-03 และ *T. asperellum* (CB-Pin-01) สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อราสาเหตุโรคเมล็ดด่าง (*B. oryzae*) ได้ โดยเจริญคลุมทับเชื้อสาเหตุโรคอย่างสมบูรณ์ เนื่องจากมีการพันรัดและเข้าไปทำลายเส้นใยของเชื้อราสาเหตุโรค (mycoparasitism) สามารถแข่งขัน (competition) การใช้ธาตุอาหารได้ดีกว่า (Benitez *et al*., 2004) ในขณะที่ Bacillus sp. NS-02 และ *Bacillus* sp. No-2 มีเปอร์เซ็นต์ยับยั้ง 36.42-37.56 โดยการสร้างเอนไซม์และสารปฏิชีวนะ Tojo *et al*. (2015) รายงานว่า *B. subtilis* สามารถสร้างสารปฏิชีวนะได้แก่ Bacilysin, Neotrehalosadiamine, Bacitracin, Plipastatin, Surfactin และ Bacilysocin เป็นต้น และ Nagy *et al*. (2012) รายงานว่า *Bacillus* spp. สามารถสร้างสารปฏิชีวนะได้หลายชนิดได้แก่ Bacillomycin D, Bacilysin, Fengycin, Iturin และ Surfactin เป็นต้น

Table 1 Antagonistic activity of antagonistic microorganisms to inhibit mycelial growth of *Bipolaris oryzae* by dual culture plate method.

Antagonistic strain	Mycelial growth of[1/] *B. oryzae* (cm)	Percentage inhibition[2/] of radial growth (%)	Overgrowth rate (cm/day)[3/]
control	7.20 a[4/]	0.00 e	-
Bacillus subtilis	7.07 a	1.85 e	-
Bacillus amyloliquefaciens	3.05 e	57.63 a	-
Bacillus cereus	4.10 c	43.06 c	-
Wickerhamomyces anomalus DMKU-RP25	4.68 b	34.96 d	-
Torulaspora indica DMKU-RP31	3.05 e	57.64 a	-
*Torulaspora indic*a DMKU-RP35	3.30 d	54.17 b	-
Trichoderma asperellum (CB-Pin-01)	3.25 de	54.86 ab	1.24
C.V.%	3.15	5.12	

[1/] Mycelial growth of *B. oryzae* on culture medium

[2/] Percentage inhibition of radial growth from the formula $\frac{R1-R2}{R1} \times 100$

R1 is the colony radius of the pathogen in the control dish in cm.

R2 is the colony radius of the pathogen inhibited by the antagonist after cessation, in cm, compared to the control dish placed 1.5 cm from the edge of the Petri dish only one side.

[3/] Growth rate of antagonist covering the pathogen from the formula $\frac{D \times 1}{T}$ (cm/day)

D is the distance that the *T. asperellum* strain CB-Pin-01 grew over the pathogenic fungus. This was measured from the point where the *T. asperellum* strain CB-Pin-01 collided with the pathogenic fungus and then grew over the pathogenic fungus to the edge of the Petri dish in cm.

T is the length of time that *T. asperellum* strain CB-Pin-01 took to cover the pathogenic mycelium. Number of days from the point where the pathogen and *T. asperellum* strain CB-Pin-01 collide to the edge of the Petri dish.

[4/] Means in each column followed by the same letter are not significantly different according to Least Significant Difference (LSD) ($P \leq 0.05$).

Table 2 Efficacy of antagonistic microorganisms, which applied by seed soaking and plant spraying on the severity of brown spot disease on rice cultivar Suphanburi 60 at 65 days and 120 days after planting.

Antagonistic strain	severity of rice brown spot disease[1/]			
	65 day[2/]		120 day[3/]	
control	17.78 b[4/]	-	1.60 e	-
carbendazim	21.67 a	(+21.88%)[5/]	2.41 cd	(+50.02%)
Bacillus subtilis	11.02 c	(-38.02%)	3.83 a	(+138.51%)
Bacillus amyloliquefaciens	8.15 d	(-54.17%)	2.96 bcd	(+84.65%)
Bacillus cereus	11.48 c	(-35.42%)	3.02 bc	(+88.49%)
Wickerhamomyces anomalus DMKU-RP25	10.46 cd	(-41.15%)	3.40 ab	(+111.59%)
Torulaspora indica DMKU- RP31	10.37 cd	(-41.67%)	3.52 ab	(+119.28%)
Torulaspora indica DMKU-RP35	10.74 c	(-39.58%)	2.96 bcd	(+84.65%)
Trichoderma asperellum (CB-Pin-01)	12.22 c	(-31.25%)	2.35 d	(+46.18%)
C.V.%	11.17		12.97	

[1/] Percent severity of rice brown spot disease = $\frac{\text{Total sum of (number of leaves each level} \times \text{level)}}{\text{Total number of leaves observed} \times \text{maximum level}} \times 100$

[2/] After the spray antagonistic microorganisms 1 time

[3/] After the spray antagonistic microorganisms 3 times

[4/] Means in each column followed by the same letter are not significantly different according to Least Significant Difference (LSD) ($P \leq 0.05$)

[5/] Percentage of increment(+) or decrement(-) of each treatment mean when compared to the control

ประสิทธิภาพของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ต่อการควบคุมโรคใบจุดสีน้ำตาลของข้าวในสภาพโรงเรือนทดลอง

จากการประเมินความรุนแรงของโรคบนใบข้าวเมื่อข้าวอายุ 65 วัน หลังจากพ่นจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ 1 ครั้ง พบว่าทุกกรรมวิธีที่ใช้จุลินทรีย์ปฏิปักษ์มีค่าความรุนแรงของโรค 8.15-12.22 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งต่ำกว่ากรรมวิธีควบคุมที่มีความรุนแรงโรค 17.78 เปอร์เซ็นต์ อย่างมีนัยสำคัญ และกรรมวิธีที่ใช้สารเคมี carbendazim ที่มีความรุนแรงของโรค 21.67 เปอร์เซ็นต์ โดยทุกกรรมวิธีที่ใช้จุลินทรีย์ปฏิปักษ์ช่วยลดการเกิดโรคลงได้ 31.25-54.17 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งกรรมวิธีที่ใช้ *B. amyloliquefaciens* ลดการเกิดโรคได้สูงถึง 54.17 เปอร์เซ็นต์ โดยมีค่าความรุนแรงของโรคต่ำเพียง 8.15 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งแตกต่างทางสถิติเมื่อเทียบกับกรรมวิธีควบคุม และนับว่ามีประสิทธิภาพสูงกว่าการใช้สารเคมี (Table 2)

เมื่อนำข้อมูลที่ได้มาเปรียบเทียบกันระหว่างความรุนแรงของโรคข้าวที่อายุ 65 วัน และ 120 วัน พบว่า กรรมวิธีที่ใช้จุลินทรีย์ปฏิปักษ์แช่เมล็ดก่อนปลูกและพ่น 1 ครั้ง ที่ 65 วันสามารถลดการเกิดโรคได้มากกว่าเมื่อ เทียบกับ 120 วัน สอดคล้องกับงานวิจัยของ Limtong *et al*. (2020) ที่พบว่าการแช่เมล็ดพันธุ์ด้วยยีสต์ปฏิปักษ์ก่อนปลูกสามารถควบคุมการเกิดโรคกล้าเน่า (Rice Seedling Rot Disease) จากเชื้อ *Helminthosporium oryzae* ได้ และสอดคล้องกับ ชนสิริน และเสาวนีย์ (2561) ที่พบว่าการใช้แบคทีเรียปฏิปักษ์พ่นลงใบข้าวส่งผลให้ความรุนแรงของโรคใบจุดสีน้ำตาลต่ำลง เมื่อเทียบกับกรรมวิธีควบคุม Abdel-Fattah *et al*. (2007) รายงานว่าการใช้สปอร์แขวนลอยเชื้อรา *T. harzianum* พ่นต้นข้าวสามารถควบคุมโรคใบจุดสีน้ำตาลของข้าวที่เกิดจากเชื้อรา *B. oryzae* ได้อย่างมีประสิทธิภาพ และรัศมี และคณะ (2554) รายงานว่าการพ่นเชื้อแบคทีเรีย *Bacillus* spp. สามารถควบคุมโรคเมล็ดด่างของข้าวได้

Table 3 Efficacy of antagonistic microorganisms on panicle per plant, healthy seed and dirty panicle seed of randomized seed samples derived from rice plant cv. Suphanburi 60.

Antagonistic strain	Panicle / plant[1/]		Healthy seed (%)[2/]		Dirty panicle seed (%)	
control	12.67 cd[3/]	-	29.36 cd	-	55.50 a	-
carbendazim	18.80 a	(+48.42%)[4/]	32.47 cd	(+10.59%)	52.87 ab	(-4.74%)
Bacillus subtilis	13.77 c	(+8.68%)	48.80 ab	(+66.20%)	35.32 cd	(-36.37%)
Bacillus amyloliquefaciens	14.07 c	(+11.05%)	35.76 bcd	(+21.81%)	48.64 abc	(-12.36%)
Bacillus cereus	13.83 c	(+9.21%)	25.60 cd	(-12.81%)	60.22 a	(+8.50%)
Wickerhamomyces anomalus DMKU-RP25	14.33 c	(+13.16%)	48.86 ab	(+66.40%)	33.90 d	(-38.92%)
Torulaspora indica DMKU-RP31	11.50 de	(+9.21%)	39.67 abc	(+35.11%)	35.57 cd	(-35.91%)
Torulaspora indica DMKU-RP35	10.77 e	(-15.00%)	53.31 a	(+81.55%)	34.94 cd	(-37.04%)
Trichoderma asperellum (CB-Pin-01)	16.27 b	(+28.42%)	20.82 d	(-29.09%)	39.10 bcd	(-29.56%)
C.V.%	7.19		24.50		18.70	

[1/] Panicle / plant

[2/] Percent healthy seed and dirty panicle seed from three replication/treatment

[3/] Means in each column followed by the same letter are not significantly different according to Least Significant Difference (LSD) ($P \leq 0.05$).

[4/] Percentage of increment(+) or decrement(-) of each treatment mean when compared to the control

การตรวจนับจำนวนรวงต่อกอพบว่ากรรมวิธีที่ใช้ *T. asperellum* (CB-Pin-01) มีจำนวน 16.27 รวงต่อกอซึ่งมีค่าสูงกว่ากรรมวิธีควบคุม (12.67 รวงต่อกอ) อย่างมีนัยสำคัญ กรรมวิธีที่ใช้สารเคมี carbendazim มีจำนวนรวงต่อกอสูงที่สุด18.80 รวงต่อกอ ในขณะที่ทุกกรรมวิธีที่ใช้จุลินทรีย์ปฏิปักษ์ยกเว้นกรรมวิธีที่ใช้ *T. indica* DMKU-RP35 ช่วยเพิ่มจำนวนรวงต่อกอได้ 8.65-28.42 เปอร์เซ็นต์เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุม (Table 3) สอดคล้องกับงานวิจัยของ จิระเดช และคณะ (2560) ที่รายงานว่าการใช้ชีวภัณฑ์แบคทีเรีย *Bacillus* sp. สามารถเพิ่มจำนวนต้นและรวงต่อกอ น้ำหนักผลผลิตต่อกอและน้ำหนักผลผลิตต่อไร่ได้ เนื่องจาก *Bacillus* sp. สามารถผลิตฮอร์โมน IAA สามารถละลายฟอสเฟตให้อยู่ในรูปที่พืชนำไปใช้ประโยชน์และสร้างไซเดอร์โรฟอร์ได้ ซึ่งคุณสมบัติเหล่านี้เป็นส่วนหนึ่งของ PGPR (plant growth promoting rhizobacteria) ที่ช่วยส่งเสริมการเจริญของพืช และเพิ่มผลผลิตได้ (Ahmad *et al*., 2008)

จากการสุ่มตัวอย่างเมล็ดข้าวในแต่ละกรรมวิธี เพื่อนับเปอร์เซ็นต์เมล็ดดี พบว่ากรรมวิธีที่ใช้จุลินทรีย์ปฏิปักษ์ *B. subtilis*, *W. anomalus* DMKU-RP25 และ *T. indica* DMKU-RP35 มีเปอร์เซ็นต์เมล็ดดีสูงกว่ากรรมวิธีควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีเมล็ดดีสูงกว่ากรรมวิธีควบคุม 66.20, 66.40 และ 81.55 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนกรรมวิธีที่ใช้ *B. amyloliquefaciens* และ *T. indica* DMKU-RP31 มีเปอร์เซ็นต์เมล็ดดีสูงกว่ากรรมวิธีควบคุม 21.81 และ 35.1 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่การใช้สารเคมีช่วยให้มีเมล็ดดีสูงกว่ากรรมวิธีควบคุมเพียง 10.59 เปอร์เซ็นต์ (Table 3)

Table 4 Efficacy of antagonistic microorganisms on total weight of yield (g) per plant of rice cv. Suphanburi 60 from seed soaking and plant spray.

Antagonistic strain	Total weight of yield (g) / plant[1/]	
control	208.20 d[2/]	-
carbendazim	331.06 a	(+59.02%)[3/]
Bacillus subtilis	249.53 c	(+19.85%)
Bacillus amyloliquefaciens	321.39 a	(+54.37%)
Bacillus cereus	315.40 a	(+51.49%)
Wickerhamomyces anomalus DMKU-RP25	272.26 b	(+30.77%)
Torulaspora indica DMKU-RP31	224.05 d	(+7.62%)
Torulaspora indica DMKU-RP35	284.62 b	(+36.71%)
Trichoderma asperellum (CB-Pin-01)	287.86 b	(+38.27%)
C.V.%	3.57	

[1/] Total weight of yield (g) / plant

[2/] Means in each column followed by the same letter are not significantly different according to Least Significant Difference (LSD) ($P \leq 0.05$).

[3/] Percentage of increment(+) or decrement(-) of each treatment mean when compared to the control

การนับเปอร์เซ็นต์เมล็ดด่าง พบว่าทุกกรรมวิธีที่ใช้จุลินทรีย์ปฏิปักษ์ยกเว้นกรรมวิธีที่ใช้ *B. amyloliquefaciens* และ *B. cereus* มีเปอร์เซ็นต์เมล็ดด่างอยู่ระหว่าง33.90-39.10 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งต่ำกว่ากรรมวิธีควบคุมที่มีเมล็ดด่าง 55.50 เปอร์เซ็นต์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติโดยที่ *W. anomalus* DMKU-RP25, *T. indica* DMKU-RP35, *T. indica* DMKU-RP31, *B. subtilis* และ *T. asperellum* (CB-Pin-01) ลดปริมาณเมล็ดด่างลงได้ 38.92, 37.04, 35.91, 36.37 และ 29.56 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุม ในขณะที่กรรมวิธีที่ใช้สารเคมีช่วยลดปริมาณเมล็ดด่างลงได้ 4.74 เปอร์เซ็นต์ (Table 3)

ในส่วนของน้ำหนักผลผลิตของข้าวต่อกอ พบว่าทุกกรรมวิธีที่ใช้จุลินทรีย์ปฏิปักษ์ มีน้ำหนักผลผลิตข้าวต่อกอสูงกว่ากรรมวิธีควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติโดยมีค่าอยู่ระหว่าง 224.05-321.39 กรัมต่อกอ กรรมวิธีที่ใช้ *B. amyloliquefaciens* ช่วยให้น้ำหนักผลผลิตข้าวต่อกอมากที่สุดเท่ากับ 321.39 กรัมต่อกอ ซึ่งสูงกว่ากรรมวิธีควบคุม 54.37 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือ *B. cereus* โดยจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ทั้งสองชนิดนี้ทำให้มีน้ำหนักผลผลิตข้าวต่อกอเทียบเท่ากับการใช้สารเคมี carbendazim ในทางสถิติ และทุกกรรมวิธีที่ใช้จุลินทรีย์ปฏิปักษ์ช่วยให้ข้าวมีน้ำหนักผลผลิตต่อกอเพิ่มขึ้น 7.62-54.37 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุม (Table 4)

สรุป

การศึกษาประสิทธิภาพของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ต่อการยับยั้งการเจริญของเชื้อสาเหตุโรคใบจุดสีน้ำตาลของข้าวในห้องปฏิบัติการด้วยเทคนิค dual culture พบว่ายีสต์ *Torulaspora indica* DMKU-RP31, แบคทีเรีย Bacillus amyloliquefaciens และเชื้อรา *Trichoderma asperellum* (CB-Pin-01) มีประสิทธิภาพสูงที่สุดในการยับยั้งเชื้อ *Bipolaris oryzae* และเมื่อศึกษาประสิทธิภาพของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ต่อการควบคุมโรคใบจุดสีน้ำตาลของข้าวในสภาพโรงเรือนทดลองจากการประเมินความรุนแรงของโรคใบจุดสีน้ำตาลของข้าวที่อายุ 65 วัน และ 120 วัน พบว่ากรรมวิธีที่ใช้จุลินทรีย์ปฏิปักษ์แช่เมล็ดก่อนปลูกและพ่นบนใบข้าว 3 ครั้ง สามารถลดการเกิดโรคเมื่อข้าวอายุ 65 วันได้มากกว่า 120 วัน

โดยกรรมวิธีที่ใช้ *B. amyloliquefaciens*, *T. indica* DMKU-RP31 และเชื้อรา *T. asperellum* (CB-Pin-01) ช่วยลดการเกิดโรคได้สูงกว่ากรรมวิธีควบคุม และสารเคมี carbendazim นอกจากนี้ยังช่วยลดเปอร์เซ็นต์เมล็ดด่าง และช่วยเพิ่มผลผลิตได้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณห้องปฏิบัติการควบคุมโรคพืชโดยชีวภาพ และเรือนปลูกพืชทดลอง ของภาควิชาโรคพืช คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กำแพงแสน จังหวัดนครปฐม

ขอขอบคุณ ศ.ดร. สาวิตรี ลิ่มทอง ที่อนุเคราะห์ยีสต์เพื่อการทดลองในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

กนกวรรณ วัฒนากร และพรไพรินทร์ รุ่งเจริญทอง. 2558. ผลของไคโตซานต่อการเจริญเติบโตและระดับการเกิดโรคใบจุดสีน้ำตาลในข้าวเจ้าหอมนิล. หน้า 621-629. *ใน*: การประชุมวิชาการระดับชาติ ครั้งที่ 12 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม

จินตนา อันอาตม์งาม. 2562. เทคนิควิจัยเชื้อราสาเหตุโรคพืช. สำนักพิมพ์ศูนย์ส่งเสริมและฝึกอบรมการเกษตรแห่งชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน, นครปฐม. 166 หน้า.

จิระเดช แจ่มสว่าง, วรรณวิไล อินทนู และบังอร น้อยใสย์. 2560. ประสิทธิภาพของชีวภัณฑ์ *Bacillus siamensis* RRK1-Rif ในการลดการเกิดโรคกาบใบแห้ง และลดโรคเมล็ดด่างของข้าว. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 49(1): 1-14.

ชนสิริน กลิ่นมณี และเสาวนีย์ ศรีบัว. 2561. การใช้จุลินทรีย์ปฏิปักษ์ควบคุมโรคใบจุดสีน้ำตาลข้าว. หน้า 132-140. *ใน*: เอกสารประกอบการประชุมวิชาการข้าวและธัญพืชเมืองหนาว ครั้งที่ 35. โรงแรมแชนด์ ดูนส์ เจ้าหลาว บีช รีสอร์ท. จันทบุรี.

ดารา เจตนะจิตร นงรัตน์ นิลพานิชย์ พากเพียร อรัญนารถ วิชิต ศิริสันธนะ วิชชุดา รัตนากาญจน์ รัศมี ฐิติเกียรติพงศ์ วันชัย โรจนหัสดิน และธัญลักษณ์ อารยาพันธ์. 2550. โรคข้าวและการป้องกันกำจัด. สำนักวิจัยและพัฒนาข้าว กรมการข้าว. 68 หน้า.

บรรเจิด อินหว่าง และจิระเดช แจ่มสว่าง. 2529. การควบคุมโรคโคนเน่าของมะเขือเทศ (*Rhizoctonia solani* Kuehn) โดยจุลินทรีย์จากดินเกษตรกรรม. หน้า 173-185. *ใน*: การประชุมวิชาการสาขาพืช ครั้งที่ 24. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ

ปัณณวิชญ์ เย็นจิตต์ ธิดา เดชฮวบ และวาริน อินทนา. 2560. การประยุกต์ใช้ร่วมกันของผงเชื้อ *Trichoderma* sp. และ *Bacillus* sp. ต่อการควบคุมโรคเมล็ดด่างที่เกิดจาก *Bipolaris oryzae* ในข้าว. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 49(1): 15-26.

พราวมาส เจริญรักษ์. 2558. ประสิทธิภาพของเชื้อราปฏิปักษ์ *Trichoderma asperellum* ในการลดโรคเมล็ดด่าง ส่งเสริมการเจริญเติบโต และเพิ่มผลผลิตของข้าว. วิทยานิพนธ์ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กำแพงแสน นครปฐม. 194 หน้า.

รัศมี ฐิติเกียรติพงศ์ วันพร เข็มมุกด์ วิชชุดา รัตนากาญจน์ และนิพนธ์ บุญมี. 2554. ประสิทธิภาพของเชื้อแบคทีเรียปฏิปักษ์และสารจากพืชบางชนิดในการควบคุมโรคเมล็ดด่างของข้าว. หน้า 242-247. *ใน*: สัมมนาวิชาการกลุ่มศูนย์วิจัยข้าวภาคเหนือตอนบนและภาคเหนือตอนล่าง. ม.ป.ท. กรมการข้าว สำนักวิจัยและพัฒนาข้าว.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2565ก. สมาคมผู้ส่งออกข้าวไทย. ผลพยากรณ์การผลิตข้าวปี2560-2565 (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล: www.thairiceexporters.or.th/production.htm (24 มีนาคม 2566).

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2565ข. สมาคมผู้ส่งออกข้าวไทย. สรุปข่าวประจำสัปดาห์ ประจำวันที่ 25-31 มกราคม 2566 (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล: www.thairiceexporters.or.th/mk_rpt/2023/news_1FEB2023CFUQz.pdf (24 มีนาคม 2566).

Abdel-Fattah, G.M., Y.M. Shabana, A.E. Ismail and Y.M. Rasha. 2007. *Trichoderma harzianum*: a biocontrol agent against *Bipolaris oryzae*. Mycopathologia 164(2): 81-89.

Ahmad, F., I. Ahmad and M.S. Khan. 2008. Screening of free-living rhizospheric bacteria for their multiple plant growth promoting activities. Microbiological Research 183: 173-181.

Benitez, T., A. Rincón, M. Limón and A. Codón. 2004. Biocontrol mechanisms of *Trichoderma strains*. International Microbiolology 7: 249-260.

Into, P., P. Khunnamwong, S. Jindamoragot, S. Am-in, W. Intanoo and S. Limtong. 2020. Yeast associated with rice phylloplane and their contribution to control of rice sheath blight disease. Microorganisms 8(3):362, doi:10.3390/microorganisms8030362

Khalili, E., M. Sadravi, S. Naeimi and V. Khosravi. 2012. Biological control of rice brown spot with native isolates of three *Trichoderma species*. Brazil Journal Microbiology 43: 297-305.

Limtong, S., P. Into and P. Attarat. 2020. Biocontrol of rice seedling rot disease caused by *Curvularia lunata* and *Helminthosporium oryzae* by epiphytic yeasts from plant leaves. Microorganisms 8(5):647, doi.org/10.3390/microorganisms8050647

Manamgoda, D.S., A.Y. Rossman, L.A. Castlebury, P.W. Crous, H. Madarid, E. Chukeatirote and K.D. Hyde. 2014. The genus *Bipolaris*. Studies of Mycology 79: 221-288.

Nagy, A., L. Manczinger, D. Tombácz, L. Hatvani, J. GyÖrfi, Z. Antal, E. Sajben, C. VágvÖlgyi and L. Kredics. 2012. Biological control of oyster mushroom green mold disease by antagonistic Bacillus species. Biological Control of fungal and Bacterial Plant Pathogens IOBC-WPRS Bulletin 78: 289-293.

Nazari, S., M. Javan-nikkhah, K.B. Fotouhifar, V. Khosravi and A. Alizadeh. 2015. *Bipolaris* species associated with rice plant: pathogenicity and genetic diversity of *Bipolaris oryzae* using rep-PCR in Mazandaran province of Iran. Journal of Crop Protection 4(4): 497-508.

Ou, S.H. 1985. Rice Disease. Commonwealth Mycological Institute. Ferry Lane, UK. 380 pp.

Tojo, S., Y. Tanaka and K. Ochi. 2015. Activation of antibiotic production in *Bacillus* spp. by cumulative drug resistance mutations. American Society for Microbiology Journal 59(12): 7799-7804.