ประสิทธิภาพของชีวภัณฑ์ *Bacillus siamensis* RRK1–Rif สูตรผงเปียกน้ำในการควบคุมโรคกาบใบแห้งและโรคเมล็ดด่างและการเพิ่มผลผลิตของข้าว

Efficacy of *Bacillus siamensis* RRK1–Rif wettable powder formulations against sheath blight and dirty panicle diseases and on yield enhancement of rice

บังอร น้อยใสย์[1], จิระเดช แจ่มสว่าง[1*] และ วรรณวิไล อินทนู[1]

Bung–on Noisai[1], Chiradej Chamswarng[1*] and Wanwilai Intanoo[1]

บทคัดย่อ: ชีวภัณฑ์แบคทีเรีย *Bacillus siamensis* RRK1–Rif สูตรผงเปียกน้ำ (WP) หลังเก็บไว้ 11 เดือน ที่อุณหภูมิห้อง (25-30 °C) สามารถลดการเกิดโรคกาบใบแห้งของข้าวซึ่งเกิดจากเชื้อรา *Rhizoctonia solani* ได้อย่างมีนัยสำคัญ โดยสามารถลดความรุนแรงของโรคและเปอร์เซ็นต์ต้นเป็นโรคต่อกอ หลังการปลูกเชื้อสาเหตุโรคที่ 21 วัน ได้ 36.56–48.82% และ 7.94–30.65% ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุมที่ปลูกเชื้อสาเหตุโรค นอกจากนี้ชีวภัณฑ์ดังกล่าว ยังช่วยลดโรคเมล็ดด่างบนรวงข้าวที่เกิดจากการแพร่ระบาดของเชื้อโรคตามธรรมชาติได้ 17.02–37.02% เมล็ดดีเพิ่มขึ้น 6.05–11.27% เมล็ดด่างและเมล็ดลีบลดลง 3.29–32.71% และ 25.15–55.11% ตามลำดับ และสามารถส่งเสริมการเจริญเติบโตของข้าว โดยมีจำนวนต้นและรวงต่อกอ เพิ่มขึ้น 20.38–22.68% และ 14.55–15.40% ตามลำดับ ช่วยให้ผลผลิตต่อไร่เพิ่มขึ้น 34.49–45.66% ขณะที่ข้าวกล้องซึ่งได้จากการขัดสีข้าวเปลือกมีข้าวเต็มเมล็ดเพิ่มขึ้น 4.95–16.78% และข้าวหักลดลง 13.24–44.85%

คำสำคัญ : โรคกาบใบแห้ง, โรคเมล็ดด่าง, เชื้อแบคทีเรียบาซิลลัส, ชีวภัณฑ์

ABSTRACT: *Baciilus siamensis* RRK1–Rif bioproducts as wettable powder (WP) formulation stored for 11 months at room temperature (25-30 °C) significantly reduced sheath blight disease caused by *Rhizoctonia solani*. At 21 days after pathogen inoculation, the bioproducts effectively reduced sheath blight severity and percent of infected tillers per plant by 36.56-48.82% and 7.94–30.65%, respectively when compared to a pathogen inoculated control. Moreover, these bioproducts also reduced dirty panicle disease on rice plants sown under natural fungal pathogen infestation by 17.02-37.02%, increased the percentages of healthy seeds by 6.05–11.27%, while reduced the dirty panicle infected seeds and empty seeds by 3.29–32.71% and 25.15– 55.11%, respectively. The bioproducts of RRK1–Rif promoted plant growth by increasing the tiller and panicle numbers per plant by 20.38–22.68% and 14.55–15.40%, respectively. The yields were increased by 34.49–45.66%, whereas whole kernels of milled brown rice were increased by 4.95–16.78% and broken kernels were reduced by 13.24–44.85%.

Keywords: Sheath blight disease, Dirty panicle disease, *Bacillus* spp., Bioproduct

[1] ภาควิชาโรคพืช คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม 73140
Department of Plant Pathology, Faculty of Agriculture at Kamphaeng Saen, Kasetsart University, Kamphaeng Saen Campus, Nakhon Pathom, 73140

* Corresponding author: agrcdc@ku.ac.th

บทนำ

ข้าวเป็นพืชอาหารหลักและพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย โดยในปี พ.ศ. 2559 ที่ผ่านมามีการส่งออกข้าวคิดเป็นมูลค่า 155,912 ล้านบาท (สมาคมผู้ส่งออกข้าวไทย, 2559) โรคกาบใบแห้งที่เกิดจากเชื้อรา *Rhizoctonia solani* ทำให้ผลผลิตของข้าวลดลง 20% ถ้าโรคลามขึ้นไปถึงใบธง และโรคนี้มีแนวโน้มว่าจะแพร่ระบาดมากยิ่งขึ้น เนื่องจากเชื้อสาเหตุโรคสามารถสร้างเม็ดสเคลอโรเทียม (sclerotium) อยู่รอดได้นานในดิน ในตอซังหรือวัชพืชในนา และสามารถกลับเข้าทำลายข้าวได้อีกเมื่อมีสภาพแวดล้อมที่เหมาะสม โรคเมล็ดด่างเป็นอีกโรคหนึ่งที่มีความสำคัญ เนื่องจากสามารถแพร่ระบาดได้ในข้าวทุกพันธุ์ เมื่อมีการแพร่ระบาดแล้วทำให้ผลผลิตของข้าวลดลงอย่างมาก ทำให้ความงอก และอายุการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ข้าวลดลงอย่างรวดเร็ว (อัญชลี และคณะ, 2546) เมื่อนำไปขัดสีจะได้เมล็ดข้าวที่มีคุณภาพต่ำ และแตกหักง่าย นอกจากนี้เชื้อราสาเหตุโรคยังติดไปกับเมล็ดพันธุ์ข้าวได้ ซึ่งก่อให้เกิดโรคในการปลูกฤดูต่อไป (กฤษ์, 2522) การควบคุมโรคในปัจจุบันนิยมใช้สารเคมีซึ่งเป็นวิธีที่ใช้ได้ผลดีและสะดวก แต่การใช้สารเคมี มีข้อจำกัดคือสารออกฤทธิ์เสื่อมประสิทธิภาพเร็ว นอกจากนี้ถ้าใช้สารเคมีต่อเนื่องเป็นเวลานานอาจเกิดปัญหาเชื้อราต้านทานต่อสารเคมี รวมทั้งปัญหาสารเคมีตกค้างในสิ่งแวดล้อมและผลิตผลข้าวซึ่งส่งผลเสียต่อผู้ผลิตและผู้บริโภค การใช้จุลินทรีย์จึงเป็นแนวทางหนึ่งที่จะสามารถนำไปใช้ป้องกันโรคพืชได้อย่างมีประสิทธิภาพ มีรายงานการใช้แบคทีเรียควบคุมโรคกาบใบแห้งข้าวได้อย่างมีประสิทธิภาพ เช่น การใช้แบคทีเรีย *Bacillus subtilis* ที่สร้างสารปฏิชีวนะ iturin A ออกฤทธิ์ยับยั้งเชื้อรา *R.solani* (Pusey et al., 1989) การใช้แบคทีเรียปฏิปักษ์ *B. subtilis* MBI600 แช่เมล็ดข้าวก่อนปลูกและพ่นต้นข้าว (Kumar et al., 2012) การใช้ชีวภัณฑ์แบคทีเรีย *B. megaterium* .ในรูปเกล็ดหยาบ (granular) พ่นต้นข้าว (ปิลันธนา และ ศราวิชญ์ 2558) และในรูปเม็ด (pellet) และเกล็ดหยาบ (granular) หว่านและพ่นต้นข้าวเพื่อลดโรคกาบใบแห้ง (Kanjanamaneesathian et al, 2007) จากการทดลองของ พัชรพร (2557) พบว่าการใช้เชื้อแบคทีเรีย *Bacillus siamensis* RRK1–Rif มีประสิทธิภาพในการควบคุมโรคกาบใบแห้งได้ ดังนั้นการศึกษานี้จึงมุ่งเน้นการใช้ชีวภัณฑ์เชื้อแบคทีเรียปฏิปักษ์ *B. siamensis* RRK1–Rif ลดโรคกาบใบแห้งและโรคเมล็ดด่างของข้าวตลอดจนช่วยเพิ่มผลผลิตและคุณภาพของข้าว เพื่อเป็นข้อมูลสำหรับนำมาประยุกต์ใช้ทดแทนการใช้สารเคมีควบคุมโรคข้าวต่อไป

วิธีการศึกษา

1. การเตรียมชีวภัณฑ์แบคทีเรีย *Bacillus siamensis* RRK1–Rif ชนิดผงเปียกน้ำ (WP)

แบคทีเรียเอื้อประโยชน์ *B. siamensis* ไอโซเลต RRK1-Rif ที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้เป็นแบคทีเรียพันธุ์กลายที่ได้จากการชักนำให้เชื้อแบคทีเรียไอโซเลต RRK1 ซึ่งแยกได้จากดินบริเวณรอบรากข้าว (Rhizosphere soil) ในแปลงนาของเกษตรกร อำเภอเมือง จังหวัดกาญจนบุรี เกิดการกลายพันธุ์

เลี้ยงเชื้อแบคทีเรีย *B. siamensis* RRK1–Rif บนเมล็ดถั่วเหลือง ตามวิธีการที่ดัดแปลงจากจารุวรรณ (2556) โดยแช่เมล็ดถั่วเหลืองในน้ำ ที่เติมโปรตีน เป็นเวลา 8–12 ชม. ตักเมล็ดถั่วเหลืองใส่ถุงนำไปนึ่งฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121°C เป็นเวลา 20 นาที นำเซลล์แขวนลอยของเชื้อแบคทีเรีย ที่เลี้ยงในอาหาร nutrient glucose broth (NGB) ใส่ในเมล็ดถั่วเหลืองที่ผ่านการนึ่งฆ่าเชื้อแล้ว จากนั้นเลี้ยงเชื้อแบคทีเรียเป็นเวลา 5 วัน ล้างแบคทีเรียที่เจริญบนเมล็ดถั่วเหลือง ด้วยน้ำนึ่งฆ่าเชื้อ แล้วนำไปแช่ในอ่างน้ำร้อน (water bath) ที่อุณหภูมิ 70 °C เป็นเวลา 30 นาที นำเซลล์แขวนลอยแบคทีเรียที่ผ่านความร้อนแล้วมาผสมกับ 1% carboxymethyl cellulose (CMC) แล้วนำไปผสมกับผงแป้งจากพืช 1 กิโลกรัม (สูตรที่1) และ ผง Diatomaceous Earth (Dicalite®) (สูตรที่2)

คลุกเคล้าส่วนผสมให้เข้ากัน จากนั้นเกลี่ยบนแผ่นพลาสติก ผึ่งไว้ในที่ร่มภายใต้อุณหภูมิห้อง รอจนความชื้นลดลงเหลือ 35% จึงบรรจุชีวภัณฑ์ในรูปผงลงในถุงพลาสติกก่อนเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิห้อง (25-30 °C)

2. การเตรียมและการปลูกเชื้อรา *Rhizoctonia solani*

เชื้อสาเหตุโรคแยกได้จากตัวอย่างต้นข้าวที่แสดงอาการแผลสีเขียวปนเทาหรือแผลมีสีน้ำตาลไหม้ปรากฏตามกาบใบบริเวณระดับน้ำด้วยวิธี tissue transplanting technique

เตรียมเชื้อรา *R. solani* โดยเลี้ยงเชื้อราบนอาหาร potato dextrose agar (PDA) เป็นเวลา 2 วัน ใช้ cork borer ตัดปลายเส้นใย เพื่อนำไปเลี้ยงบนเมล็ดข้าวเปลือกที่ต้มจนเมล็ดปริแตก และผ่านการนึ่งฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121°C จากนั้นนำไปบ่มที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 5–7 วัน ก่อนนำไปใช้ บรรจุข้าวเปลือกใส่ซองชา 10 กรัม/ซอง (ดัดแปลงจาก พากเพียร และคณะ, 2544) เมื่อต้นข้าวอายุ 60 วัน ปลูกเชื้อรา *R. solani* โดยเหน็บซองชาไว้ที่กอข้าวในระดับเดียวกับน้ำ เป็นเวลา 3 วัน แล้วนำซองชาออก

3. การทดสอบประสิทธิภาพของชีวภัณฑ์ *Bacillus siamensis* RRK1–Rif ในการลดโรคกาบใบแห้งและโรคเมล็ดด่าง และการเพิ่มผลผลิตของข้าว

นำเมล็ดข้าวเปลือกพันธุ์ชัยนาท1 แช่ (seed soaking, Sk) ในเซลล์แขวนลอยที่เตรียมจากชีวภัณฑ์ *B. siamensis* RRK1–Rif ซึ่งเก็บไว้นาน 11 เดือนที่อุณหภูมิห้อง (25-30 °C) อัตรา 20 กรัมต่อน้ำ 20 ลิตร นาน 24 ชั่วโมง นำไปบ่มอีก 24 ชั่วโมง จากนั้นนำไปปลูกในดินเหนียวที่ผ่านการนึ่งฆ่าเชื้อ ย้ายต้นกล้าข้าวอายุ 21 วัน ลงแปลงปลูกขนาดเล็ก 1×3 ตารางเมตร และพ่นบนต้นข้าว (plant spray, Ps) 3 ครั้ง คือ ก่อนปลูกเชื้อสาเหตุโรค 7 วัน หลังปลูกเชื้อสาเหตุโรคที่ 7 และ 14 วัน โดยใช้ชีวภัณฑ์ในอัตรา 20 กรัมต่อน้ำ 20 ลิตร ในการทดลองครั้งนี้ใช้ชีวภัณฑ์เชื้อแบคทีเรีย *Bacillus subtilis* 1×10^9 cfu/g (ลาร์มิน่า, Larminar®; Sk+Ps3) ชีวภัณฑ์เชื้อรา *Trichoderma asperellum* CB–Pin–01 สูตร 2 (Ta 2; Sk+Ps3) และสารเคมี validamycin (3% W/V; Ps3) เพื่อเปรียบเทียบ วางแผนการทดลองแบบ Randomized complete block design (RCBD) ประกอบด้วย 11 กรรมวิธี กรรมวิธีละ 4 ซ้ำ ซ้ำละ 10 ต้น วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยใช้โปรแกรม R (R-language and environment for statistical computing and graphics) เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดย Least significant difference (LSD) ($P \leq 0.05$)

4. การประเมินความรุนแรงของโรคกาบใบแห้งของข้าว

หลังการปลูกเชื้อรา *R. solani* บนต้นข้าวเป็นเวลา 21 วัน นับจำนวนต้นที่เป็นโรคต่อกอ และวัดความสูงของแผล โดยวัดจากโคนต้นที่ระดับความสูงของน้ำ (ระดับที่ทำการปลูกเชื้อ) จนถึงจุดสูงสุดของแผลที่ลุกลาม และวัดความสูงของต้นข้าว โดยวัดจากระดับของดินไปจนถึงปลายสุดของใบธง หลังจากนั้นนำไปคำนวณหาความรุนแรงของโรค เป็นเปอร์เซ็นต์ ความสูงสัมพัทธ์ของแผล (% Relative Lesion Height) (Ahn et al., 1986)

เปอร์เซ็นต์ความสูงสัมพัทธ์ของแผล (%) = (ความสูงของแผล/ความสูงของต้นข้าว) × 100

5. การประเมินการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าว

ตรวจนับจำนวนต้นและรวงต่อกอ น้ำหนักผลผลิตรวมต่อกอ และคำนวณน้ำหนักผลผลิตรวมต่อไร่

6. การประเมินโรคเมล็ดด่างบนรวงและคุณภาพของเมล็ดข้าว

ประเมินโรคตามเกณฑ์ของกรมการข้าว (ดารา และคณะ, 2550) โดยประเมินบนรวงข้าวที่ได้จากการเก็บเกี่ยวผลผลิตในระยะเก็บเกี่ยว กรรมวิธีละ 4 ซ้ำ ซ้ำละ 5 รวง หลังนวดเมล็ดจากรวงข้าวแล้วสุ่มเมล็ดข้าวมาชั่งตัวอย่างละ 10 กรัม นับจำนวนเมล็ดดี

เมล็ดด่างและเมล็ดลีบ โดยชั่งเมล็ดข้าวกรรมวิธีละ 3 ซ้ำ จากนั้นคำนวณเป็นเปอร์เซ็นต์ต่อจำนวนเมล็ดทั้งหมด ตรวจสอบคุณภาพการขัดสี โดยบันทึกน้ำหนักข้าวกล้องเป็นน้ำหนักของข้าวเต็มเมล็ด (whole kernels) ต้นข้าว (head rice) และข้าวหัก (broken kernels) หลังการขัดสีข้าวเปลือกเปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุม

ผลการศึกษาและวิจารณ์

1. อิทธิพลของชีวภัณฑ์ *Bacillus siamensis* RRK1–Rif ต่อความรุนแรงของโรคกาบใบแห้งและเปอร์เซ็นต์การเกิดโรค

การประเมินความรุนแรงของโรคกาบใบแห้งหลังจากปลูกเชื้อรา *R. solani* เป็นเวลา 21 วัน พบว่าทุกกรรมวิธีที่ใช้ชีวภัณฑ์ RRK1-Rif และกรรมวิธีที่ใช้ชีวภัณฑ์ Ta 2 (Sk+Ps3) รวมทั้งกรรมวิธีที่ใช้สารเคมี (Ps3) ลดความรุนแรงของโรคได้ 36.56-54.30% เมื่อเทียบกับกรรมวิธีควบคุมที่ปลูกเชื้อสาเหตุโรค และมีความรุนแรงต่ำกว่ากรรมวิธีควบคุมที่ปลูกเชื้อสาเหตุโรค (9.30%) อย่างมีนัยสำคัญ โดยการใช้สารเคมี (Ps3) มีความรุนแรงโรคต่ำที่สุด (4.25%) ซึ่งแตกต่างจากกรรมวิธีที่ใช้ชีวภัณฑ์ลาร์มิน่า (Sk+Ps3) (7.63%) อย่างมีนัยสำคัญ แต่ไม่แตกต่างจากทุกกรรมวิธีที่ใช้ชีวภัณฑ์ RRK1-Rif ยกเว้นกรรมวิธีที่ใช้ RRK1-Rif สูตร 2 (Sk) และ สูตร 1 (Sk+Ps1)

จำนวนต้นที่เป็นโรคต่อกอจากการเข้าทำลายของเชื้อรา *R. solani* สาเหตุโรคกาบใบแห้งเมื่อครบ 21 วัน หลังการปลูกเชื้อ พบว่าทุกกรรมวิธีที่ใช้ชีวภัณฑ์ RRK1-Rif และ Ta 2 มีเปอร์เซ็นต์ต้นเป็นโรคต่อกอน้อยกว่ากรรมวิธีควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ (81.63%) โดยมีเปอร์เซ็นต์ต้นเป็นโรคต่อกอลดลง 7.94-30.65% และกรรมวิธีที่ใช้ชีวภัณฑ์ RRK1-Rif สูตร 2 (Sk+Ps1) มีเปอร์เซ็นต์ต้นที่เป็นโรคต่อกอต่ำที่สุด คือ 56.61% ซึ่งต่ำกว่ากรรมวิธีที่ใช้ชีวภัณฑ์ลาร์มิน่า (Sk+Ps3) (77.46%) และกรรมวิธีที่ใช้สารเคมี (Ps3) (72.00%) อย่างมีนัยสำคัญ (**Table 1**)

กรรมวิธีที่ใช้ชีวภัณฑ์ *B. siamensis* RRK1–Rif มีความรุนแรงของโรคกาบใบแห้งและเปอร์เซ็นต์ต้นเป็นโรคต่อกอต่ำกว่า หรือเทียบเท่าการใช้สารเคมี อาจเนื่องมาจากอิทธิพลของสารปฏิชีวนะที่เชื้อแบคทีเรีย *B. siamensis* RRK1–Rif สร้างขึ้น จากรายงานของ Pusey et al. (1989) พบว่า เชื้อแบคทีเรีย *B. subtilis* สามารถผลิตสารปฏิชีวนะ Iturin A ที่มีฤทธิ์ต่อต้านโรคที่เกิดจากเชื้อรา *R. solani* สาเหตุโรคกาบใบแห้งของข้าว เช่นเดียวกับงานทดลองของ Kumar et al. (2012) ที่พบว่าชีวภัณฑ์ของแบคทีเรียปฏิปักษ์ *B. subtilis* MBI600 (Interal®) ที่ความเข้มข้น 2.2×10^9 cfu/ml ชนิดน้ำแช่เมล็ดก่อนปลูกและพ่นต้นข้าวที่อายุ 45 วัน หลังจากย้ายปลูก มีความรุนแรงของโรคกาบใบแห้งต่ำที่สุดแต่ไม่แตกต่างจากการใช้สารเคมีคาร์เบนดาซิม (carbendazim) และการทดลองของ ปิลันธนา และศราวิชญ์ (2558) พบว่าการพ่นชีวภัณฑ์เชื้อ *B. megaterium* ในรูปแกรนูลที่ความเข้มข้น 10^9 เซลล์/มิลลิลิตร จำนวน 3 ครั้ง สามารถลดความรุนแรงของโรคกาบใบแห้งได้แตกต่างจากกรรมวิธีควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งแสดงให้เห็นว่า *B. siamensis* RRK1–Rif ที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้มีศักยภาพสูงในการเป็นเชื้อแบคทีเรียปฏิปักษ์สำหรับใช้ควบคุมเชื้อราสาเหตุโรคกาบใบแห้งได้

Table 1 Effects of *Bacillus siamensis* RRK1–Rif formulations on the severity of sheath blight on rice plant and infected tiller per plant at 21 days after inoculation by *Rhizoctonia solani*

Treatments	Severity of sheath blight (%)[1]		Infected tiller/plant (%)	
RRK1–Rif 1 (Sk[2]+Ps3[3])	4.76[cd4]	(–48.82%)[5]	72.63[b]	(–11.03%)
RRK1–Rif 2 (Sk+Ps3)	4.91[cd]	(–47.20%)	56.61[d]	(–30.65%)
RRK1–Rif 1 (Sk)	5.30[cd]	(–43.01%)	74.04[b]	(–9.30%)
RRK1–Rif 2 (Sk)	5.90[c]	(–36.56%)	64.39[c]	(–21.12%)
RRK1–Rif 1 (Sk+Ps1[6])	5.88[c]	(–36.77%)	75.15[b]	(–7.94%)
RRK1–Rif 2 (Sk+Ps1)	5.19[cd]	(–44.19%)	74.41[b]	(–8.84%)
Ta 2[7] (Sk+Ps3)	5.52[cd]	(–40.65%)	66.01[c]	(–19.14%)
(Larminar®) (Sk+Ps3)	7.63[b]	(–17.96%)	77.46[ab]	(–5.11%)
Validamycin (Ps3)	4.25[d]	(–54.30%)	74.38[b]	(–8.88%)
Control *(+R. solani)*	9.30[a]		81.63	–
Control *(–R. solani)*	–		–	
C.V. (%)	16.43		6.05	

[1] Percent severity of sheath blight of rice (lesion height/plant height) × 100; [2] Sk = Seed soaking; [3] Ps3 = Plant spray 3 times; [4] Means in each column followed by the same letter (s) are not significantly different according to Least Significant Difference (LSD) ($P<0.05$); [5] Percentage of decrement (–) of each treatment mean when compared with a control; [6] Ps1 = Plant spray 1 time; [7] Ta 2 = Bioproduct of *Trichoderma asperellum* CB–Pin–01 formulation 2

2. อิทธิพลของชีวภัณฑ์ *Bacillus siamensis* RRK1–Rif ต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าว

การตรวจนับจำนวนต้นต่อกอ พบว่าทุกกรรมวิธีที่ใช้ชีวภัณฑ์ RRK1–Rif มีจำนวนต้นไม่แตกต่างกัน (20.38-22.68 ต้น/กอ) ซึ่งมีจำนวนต้นต่อกอสูงกว่ากรรมวิธีควบคุมที่ปลูกเชื้อสาเหตุโรค (14.73 ต้น/กอ) อย่างมีนัยสำคัญ แต่ไม่แตกต่างจากกรรมวิธีที่ใช้ชีวภัณฑ์ Ta 2 (Sk+Ps3) (22.99 ต้น/กอ), กรรมวิธีที่ใช้สารเคมี (Ps3) (21.50 ต้น/กอ) และกรรมวิธีที่ใช้ชีวภัณฑ์ลาร์มิน่า (Sk+Ps3) (21.34 ต้น/กอ) (**Table 2**)

การตรวจนับจำนวนรวงต่อกอ พบว่าทุกกรรมวิธีที่ใช้ชีวภัณฑ์ RRK1–Rif และ Ta สูตร 2 มีจำนวนรวงเพิ่มสูงกว่ากรรมวิธีควบคุมที่ปลูกเชื้อสาเหตุโรค (11.15 รวง/กอ) อย่างมีนัยสำคัญ โดยกรรมวิธีที่ใช้ชีวภัณฑ์ Ta สูตร 2 (Sk+Ps3) มีจำนวนรวงต่อกอมากที่สุด คือ (15.83 รวง/กอ) ซึ่งมีค่าสูงกว่าการใช้สารเคมี (Ps3) (13.74 รวง/กอ) และกรรมวิธีที่ใช้ชีวภัณฑ์ลาร์มิน่า (Sk+Ps3) (14.37รวง/กอ) อย่างมีนัยสำคัญ แต่ไม่แตกต่างจากกรรมวิธีที่ใช้ชีวภัณฑ์ RRK1-Rif สูตร 2 (Sk+Ps3), (Sk) และ สูตร 1 (Sk) (**Table 2**)

ทุกกรรมวิธีที่ใช้ชีวภัณฑ์ RRK1-Rif และ Ta สูตร 2 ให้น้ำหนักต่อกอเพิ่มขึ้นมากกว่ากรรมวิธีควบคุมที่ปลูกเชื้อสาเหตุโรค อย่างมีนัยสำคัญ โดยกรรมวิธีที่ใช้ชีวภัณฑ์ Ta สูตร 2 (Sk+Ps3) มีน้ำหนักผลผลิตต่อกอมากที่สุด คือ (36.67 กรัม/กอ) ซึ่งมีค่าสูงกว่าการใช้สารเคมี (Ps3) (28.78 กรัม/กอ) และกรรมวิธีที่ใช้ชีวภัณฑ์ลาร์มิน่า (Sk+Ps3) (29.57 กรัม/กอ) อย่างมีนัยสำคัญ แต่ไม่แตกต่างจากทุกกรรมวิธีที่ใช้ชีวภัณฑ์ RRK1-Rif ยกเว้นกรรมวิธีที่ใช้ชีวภัณฑ์ RRK1-Rif สูตร 1 (Sk+Ps3) และ (Sk) (**Table 2**) เมื่อพิจารณาน้ำหนักผลผลิตต่อไร่ พบว่ากรรมวิธีที่ใช้ชีวภัณฑ์ RRK1-Rif ช่วยให้ข้าวมีน้ำหนักผลผลิตต่อไร่เพิ่มขึ้น 34.49-45.66% ขณะที่ชีวภัณฑ์ Ta สูตร 2 ให้ผลผลิตเพิ่มขึ้นสูงที่สุด (61.23%) เมื่อเทียบกับกรรมวิธีควบคุมที่ปลูกเชื้อสาเหตุโรค (**Table 2**)

การใช้ชีวภัณฑ์ RRK1-Rif และ Ta สูตร 2 ช่วยเพิ่มจำนวนต้น รวงและน้ำหนักผลผลิตต่อกอ ตลอดจนน้ำหนักผลผลิตต่อไร่ได้ เมื่อเทียบกับกรรมวิธีควบคุมที่ปลูกเชื้อสาเหตุโรค สอดคล้องกับงานทดลองของเพชรพิกุล (2553) ที่พบว่า การใช้แบคทีเรียย่อยไคตินสายพันธุ์กลาย ไอโซเลต PT-3M, PT7-1M, PT9-1M, PT10-9M, PT20-10M, PT24-3M, PT25-6M, PT49-9M, PT56-4M และ PT70-8M รดโคนกอข้าว สามารถส่งเสริมการเจริญเติบโตและช่วยให้ผลผลิตของข้าวเพิ่มขึ้น และ Charoenrak and Chamswarng (2016) พบว่าการใช้ชีวภัณฑ์ *T. asperellum* 01-52 และ CB-Pin-01 ชนิดเชื้อสด แช่เมล็ดร่วมกับพ่นต้นข้าวช่วยเพิ่มจำนวนต้น รวงต่อกอ น้ำหนักผลผลิตรวมได้เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุม

Table 2 Effects of *Bacillus siamensis* RRK1–Rif formulations on tiller, panicle numbers and paddy weight per plant and yield of rice (var. Chai Nat1)

Treatments	Tiller number/ plant	Panicle/plant	Total weight of paddy (g/plant)	Rice yield/ (kg/rai)
RRK1–Rif 1(Sk[1/]+Ps3[2/])	20.98[ab3/]	14.49[b-d]	30.05[bc]	493.43[a-c] (+37.98%)[4/]
RRK1–Rif 2 (Sk+Ps3)	22.68[ab]	15.40[ab]	33.00[a-c]	520.87[a-c] (+45.66%)
RRK1–Rif 1 (Sk)	20.38[b]	15.25[ab]	29.94[bc]	495.83[a-c] (+38.66%)
RRK1–Rif 2 (Sk)	21.40[ab]	15.00[a-c]	32.91[a-c]	484.77[bc] (+35.57%)
RRK1–Rif 1 (Sk+Ps1[5/])	22.05[ab]	14.55[b-d]	32.86[a-c]	491.55[a-c] (+37.46%)
RRK1–Rif 2 (Sk+Ps1)	22.08[ab]	14.80[a-d]	32.79[a-c]	480.93[bc] (+34.49%)
Ta 2[6/] (Sk+Ps3)	22.99[a]	15.83[a]	36.67[a]	576.53[a] (+61.23%)
(Larminar®) (Sk+Ps3)	21.34[ab]	14.37[b-d]	29.57[c]	458.11[c] (+28.11%)
Validamycin (Ps3)	21.50[ab]	13.74[d]	28.78[c]	470.47[c] (+31.57%)
Control *(+R. solani)*	14.73[c]	11.15[e]	22.35[d]	357.58[d] –
Control *(–R. solani)*	20.33[b]	13.87[cd]	35.63[ab]	563.72[ab] (+57.72%)
C.V. (%)	8.64	5.74	12.97	12.43

[1/] Sk = Seed soaking; [2/] Ps3 = Plant spray 3 times; [3/] Means in each column followed by the same letter (s) are not significantly different according to Least Significant Difference (LSD) ($P<0.05$); [4/] Percentage of increment (+) of each treatment mean when compared with a control; [5/] Ps1 = Plant spray 1 time; [6/] Ta 2 = Bioproduct of *Trichoderma asperellum* CB–Pin–01 formulation 2

3. อิทธิพลของชีวภัณฑ์ *Bacillus siamensis* RRK1–Rif ต่อโรคเมล็ดด่างและคุณภาพของข้าว

การประเมินโรคเมล็ดด่างบนรวงข้าว พบว่ากรรมวิธีที่ใช้ชีวภัณฑ์ RRK1-Rif สามารถลดเปอร์เซ็นต์โรคเมล็ดด่างที่เกิดจากเชื้อรา *Curvularia lunata*, *Bipolaris oryzae* และ *Alternaria padwickii* บนรวงได้ 17.02-37.02% เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุมที่ปลูกเชื้อรา *R. solani* และมีเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคบนรวงต่ำกว่ากรรมวิธีควบคุม อย่างมีนัยสำคัญ โดยกรรมวิธีที่ใช้ RRK1-Rif สูตร 1 (Sk+Ps3) มีเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคบนรวงต่ำที่สุด คือ 1.48% แต่ไม่ต่างจากกรรมวิธีที่ใช้ชีวภัณฑ์ Ta สูตร 2 (Sk+Ps3) (1.66 %) และการใช้สารเคมี (Ps3) (1.72%) (**Table 3**)

การสุ่มเมล็ดข้าวในแต่ละกรรมวิธีมาตรวจนับเปอร์เซ็นต์เมล็ดดี พบว่าทุกกรรมวิธีที่ใช้ RRK1–Rif มีเปอร์เซ็นต์เมล็ดดีเพิ่มขึ้น (6.05–11.27%) เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุมที่ปลูกเชื้อรา *R. solani* และมีเมล็ดดีสูงกว่ากรรมวิธีควบคุม อย่างมีนัยสำคัญ โดยกรรมวิธีที่ใช้ RRK1–Rif สูตร 1 (Sk+Ps3) มีเปอร์เซ็นต์เมล็ดดีสูงที่สุด คือ 87.49 % และมีเปอร์เซ็นต์เมล็ดดีสูงกว่ากรรมวิธีที่ใช้ชีวภัณฑ์

Ta สูตร 2 (Sk+Ps3), กรรมวิธีที่ใช้ชีวภัณฑ์ลาร์มิน่า (Sk+Ps3) และการใช้สารเคมี (Ps3) อย่างมีนัยสำคัญ (**Table 3**)

การตรวจเปอร์เซ็นต์เมล็ดด่าง พบว่ากรรมวิธีที่ใช้ชีวภัณฑ์ RRK1–Rif มีเปอร์เซ็นต์เมล็ดด่างลดลง 3.29–32.71% โดยกรรมวิธีที่ใช้ชีวภัณฑ์ RRK1–Rif สูตร 1 (Sk+Ps3) มีเปอร์เซ็นต์เมล็ดด่างน้อยที่สุด 7.86% ซึ่งมีค่าต่ำกว่ากรรมวิธีควบคุม และกรรมวิธีที่ใช้ชีวภัณฑ์ลาร์มิน่า (Sk+Ps3) (11.00%) อย่างมีนัยสำคัญ (**Table 3**)

เมื่อตรวจเปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบ พบว่ากรรมวิธีที่ใช้ชีวภัณฑ์ RRK1–Rif มีเปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบลดลง 25.15–55.11% โดยกรรมวิธีที่ใช้ชีวภัณฑ์ RRK1–Rif สูตร 1 (Sk+Ps1) มีเปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบน้อยที่สุด 4.33% ซึ่งมีค่าต่ำกว่ากรรมวิธีควบคุม และการใช้สารเคมี (Ps3) (8.74%) อย่างมีนัยสำคัญ แต่ไม่แตกต่างจากกรรมวิธีที่ใช้ชีวภัณฑ์ RRK1–Rif สูตร 2 (Sk+Ps1) สูตร 1 (Sk+Ps3) และกรรมวิธีที่ใช้ชีวภัณฑ์ลาร์มิน่า (Sk+Ps3) (**Table 3**)

Table 3 Effects of *Bacillus siamensis* RRK1–Rif on dirty panicle incidence and percentage of healthy seeds, dirty panicle infected seeds and empty seeds of rice (var. Chai Nat 1)

Treatments	Dirty panicle disease incidence (%)[1/]	Healthy seed (%)[2/]	Dirty panicle infected seed (%)[2/]	Empty seed (%)[2/]
RRK1–Rif1 (Sk[4/]+Ps3[5/])	1.48[e3/]	87.49[a]	7.86[c]	4.66[fg]
	(–37.02%)[6/]	(+11.27%)[6/]	(–32.71%)	(–51.68%)
RRK1–Rif 2 (Sk+Ps3)	1.91[b-d]	84.10[b]	10.36[ab]	5.54[ef]
	(–18.72%)	(+6.69%)	(–11.20%)	(–42.58%)
RRK1–Rif 1 (Sk)	1.93[bc]	84.21[b]	9.50[bc]	6.31[de]
	(–17.87%)	(+7.10%)	(–18.81%)	(–34.54%)
RRK1–Rif 2 (Sk)	1.95[b]	83.38[b]	9.40[bc]	7.22[cd]
	(–17.02%)	(+6.05%)	(–19.48%)	(–25.15%)
RRK1–Rif 1 (Sk+Ps1[7/])	1.91[b-d]	84.38[b]	10.46[ab]	4.33[g]
	(–18.72%)	(+7.32%)	(–3.72%)	(–55.11%)
RRK1–Rif 2 (Sk+Ps1)	1.90[b-d]	84.01[b]	11.29[ab]	4.85[fg]
	(–19.15%)	(+6.85%)	(–3.29%)	(–49.65%)
Ta 2[8/] (Sk+Ps3)	1.66[de]	81.77[b]	10.19[ab]	8.04[bc]
	(–29.36%)	(+4.00%)	(–12.72%)	(–16.58%)
(Larminar®) (Sk+Ps3)	1.68[c-d]	84.62[bc]	11.00[ab]	4.38[g]
	(–28.51%)	(+7.32%)	(–5.75%)	(–54.55%)
Validamycin (Ps3)	1.72[b-e]	81.76[b]	9.05[bc]	8.74[ab]
	(–26.81%)	(+3.99%)	(–16.92%)	(–9.38%)
Control *(+R. solani)*	2.35[a]	78.63[c]	11.67[a]	9.64[a]
	–	–	–	–
Control *(–R. solani)*	1.55[e]	83.19[b]	10.75[ab]	6.05[e]
	(-34.04%)	(+5.81%)	(-7.88%)	(–37.23%)
C.V. (%)	10.07	2.46	13.76	12.26

[1/] Percent dirty panicle disease incidence from four replications/treatment; [2/] Percent healthy seeds, dirty panicle infected seeds and empty seeds from three replications/treatment (10 g/replication); [3/] Means in each column followed by the same letter (s) are not significantly different according to Least Significant Difference (LSD) ($P<0.05$); [4/] Sk = Seed soaking; [5/] Ps3 = Plant spray 3 times [6/] Percentage of increment (+) or decrement (–) of each treatment mean when compared with a control; [7/] Ps1 = Plant spray 1 time; [8/] Ta 2 = Bioproduct of *Trichoderma asperellum* CB–Pin–01 formulation 2

หลังจากนำเมล็ดข้าวเปลือกไปขัดสีเป็นข้าวกล้อง และนำมาคัดแยกเป็นข้าวเต็มเมล็ดรวมต้นข้าว (เมล็ดข้าวหักที่มีความยาวมากกว่าข้าวหักแต่ไม่ถึงความยาวของข้าวที่เต็มเมล็ด) และข้าวหัก พบว่าทุกกรรมวิธีที่ใช้ RRK1–Rif มีน้ำหนักข้าวเต็มเมล็ด (รวมต้นข้าว) 7.63-8.49 กรัม น้ำหนักเมล็ดข้าวหัก 1.50-2.36 กรัม จากข้าวกล้อง 10 กรัม ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับกรรมวิธีควบคุมที่มีการปลูกเชื้อ *R. solani* (ข้าวเต็มเมล็ด 7.27 กรัม, ข้าวหัก 2.72 กรัม) คิดเป็นน้ำหนักข้าวเต็มเมล็ดเพิ่มขึ้น 4.95-16.78% น้ำหนักข้าวหักลดลง 13.24-44.85% เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุม โดยกรรมวิธีที่ใช้ RRK1-Rif สูตร 1 (Sk) มีน้ำหนักข้าวเต็มเมล็ดสูงที่สุด คือ 8.49 กรัม และมีน้ำหนักข้าวหักน้อยที่สุด คือ 1.50 กรัม จากข้าวกล้อง 10 กรัม (**Table 4**)

การใช้ชีวภัณฑ์ *B. siamensis* RRK1–Rif แช่เมล็ดเพียงอย่างเดียว หรือแช่เมล็ดร่วมกับพ่นลงบนต้นข้าว ช่วยเพิ่มเปอร์เซ็นต์เมล็ดดี ลดเปอร์เซ็นต์เมล็ดด่างบนรวง ตลอดจนเมล็ดด่างและเมล็ดลีบจากการนับได้ สอดคล้องกับการทดลองของนิชากร (2553) พบว่าการใช้ผงเชื้อแบคทีเรีย *B. amyloliquefaciens* สายพันธุ์กลายไอโซเลต CG06–M6 และ BB165–M3 แช่เมล็ดและพ่นบนต้นข้าว มีประสิทธิภาพในการเพิ่มเปอร์เซ็นต์เมล็ดดีและลดเปอร์เซ็นต์เมล็ดด่างได้ดีกว่ากรรมวิธีควบคุมที่ปลูกเชื้อสาเหตุโรคอย่างมีนัยสำคัญ โดยมีประสิทธิภาพเทียบเท่ากรรมวิธีที่ใช้สารเคมี ซึ่งอาจมีผลมาจากกลไกในการควบคุมโรคทั้งด้านการสร้างสารปฏิชีวนะ สารทุติยภูมิ ตลอดจนชักนำให้พืชสร้างเอนไซม์ และกระตุ้นให้พืชต้านโรค (Kinsella et al., 2009) นอกจากนี้การใช้ชีวภัณฑ์ RRK1–Rif ยังช่วยให้น้ำหนักข้าวกล้องเต็มเมล็ดเพิ่มขึ้นและน้ำหนักเมล็ดข้าวหักลดลงได้ ซึ่งสอดคล้องกับงานทดลองของจิตรา (2557) ที่พบว่าการใช้ชีวภัณฑ์แบคทีเรีย *B. amyloliquefaciens* BB165–M3 ช่วยให้น้ำหนักข้าวเต็มเมล็ดเพิ่มขึ้น 2.47% เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุม อาจเนื่องมาจากการใช้เชื้อแบคทีเรีย *Bacillus* spp. ช่วยให้เชื้อดังกล่าวสามารถเจริญครอบครองรากข้าวได้ จึงส่งเสริมให้รากสามารถดูดซับแร่ธาตุอาหารเข้าสู่ต้นพืชและเกิดการสะสมธาตุอาหารในเมล็ดข้าวเพิ่มขึ้น ทำให้เมล็ดข้าวเปลือกมีความสมบูรณ์และแข็งแกร่งจนสามารถผ่านกระบวนการขัดสีเป็นข้าวกล้องคุณภาพสูง (Charoenrak and Chamswarng, 2016)

Table 4 Effects of *Bacillus siamensis* RRK1–Rif fomulations on weight of whole kernels plus head rice and broken kernels of milled brown rice (var. Chai Nat 1)

Treatments	Weight of milled brown rice 10 g			
	Whole kernel (g)[1/]		Broken kernel (g)[1/]	
RRK1–Rif 1(Sk[2/]+Ps3[3/])	8.45[ab4/]	(+16.23%)[5/]	1.54[de]	(-43.27%)[5/]
RRK1–Rif 2 (Sk+Ps3)	8.16[c]	(+12.24%)	1.83[c]	(-32.72%)
RRK1–Rif 1 (Sk)	8.49[a]	(+16.78%)	1.50[e]	(-44.85%)
RRK1–Rif 2 (Sk)	8.20[bc]	(+12.79%)	1.79[cd]	(-34.19%)
RRK1–Rif 1 (Sk+Ps1[6/])	8.13[c]	(+11.73%)	1.86[c]	(-31.24%)
RRK1–Rif 2 (Sk+Ps1)	7.63[d]	(+4.95%)	2.36[b]	(-13.24%)
Ta 2[7/] (Sk+Ps3)	8.29[a-c]	(+14.03%)	1.70[c-e]	(-37.50%)
(Larminar®) (Sk+Ps3)	8.24[a-c]	(+13.34%)	1.75[c-e]	(-35.66%)
Validamycin (Ps3)	8.36[a-c]	(+14.99%)	1.63[c-e]	(-40.07%)
Control *(+R. solani)*	7.27[e]	–	2.72[a]	
Control *(–R. solani)*	8.19[bc]	(+12.66%)	1.80[cd]	(-33.82%)
C.V. (%)	2.27		9.90	

[1/] Weights of whole kernels plus head rice and broken kernels from 10 g of milled brown rice; [2/] Sk = Seed soaking; [3/] Ps3 = Plant spray 3 times; [4/] Means in each column followed by the same letter (s) are not significantly different according to Least Significant Difference (LSD) ($P<0.05$); [5/] Percentage of increase (+) or decrement (–) of each treatment mean when compared with a control; [6/] Ps1 = Plant spray 1 time; [7/] Ta 2 = Bioproduct of *Trichoderma asperellum* CB–Pin–01 formulation 2

สรุป

ชีวภัณฑ์แบคทีเรีย *Bacillus siamensis* RRK1-Rif สูตรผงเปียกน้ำ (WP) อายุเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง 11 เดือน มีประสิทธิภาพในการลดความรุนแรงของโรคและลดเปอร์เซ็นต์ต้นเป็นโรคกาบใบแห้งต่อกอของข้าวที่ 21 วัน หลังปลูกเชื้อสาเหตุโรค ลดการเกิดโรคเมล็ดด่างบนรวงช่วยเพิ่มเปอร์เซ็นต์เมล็ดดี ลดเปอร์เซ็นต์เมล็ดด่างและเมล็ดลีบ นอกจากนี้ยังช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของข้าว โดยช่วยเพิ่มจำนวนต้นและรวงต่อกอ ช่วยเพิ่มผลผลิตในสภาพที่มีเชื้อสาเหตุโรคกาบใบแห้งเข้าทำลาย และยังช่วยเพิ่มน้ำหนักข้าวกล้องเต็มเมล็ด ตลอดจนลดน้ำหนักข้าวกล้องหักหลังการขัดสีข้าวเปลือก ชีวภัณฑ์ชนิดนี้สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการควบคุมโรคของข้าวในระบบเกษตรอินทรีย์และเกษตรดีที่เหมาะสม (GAP) ได้

เอกสารอ้างอิง

จารุวรรณ บัวสุวรรณ. 2556. ประสิทธิภาพของชีวภัณฑ์แบคทีเรีย *Bacillus* spp. ในการควบคุมโรครากเน่าที่เกิดจากเชื้อรา *Pythium aphanidermatum* ของผักกาดหอม ซึ่งปลูกในระบบไฮโดรโพนิกส์แบบ NFT. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, นครปฐม.

จิตรา น้อยพันธ์. 2557. ประสิทธิภาพของชีวภัณฑ์แบคทีเรีย *Bacillus amyloliquefaciens* สายพันธุ์ BB165-M3 ในการเพิ่มผลผลิตและลดโรคเมล็ดด่างของข้าว. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, นครปฐม.

ดารา เจตนะจิตร, นงรัตน์ นิลพานิชย์, พากเพียร อรัญนารถ, วิชิต ศิริสันธนะ, วิชชุดา รัตนากาญจน์, รัศมี ฐิติเกียรติพงศ์, เยาวภา ตันติวานิช, วันชัย โรจนหัสดิน และ จรรยา อารยาพันธ์. 2550. โรคข้าวและการป้องกันกำจัด. สำนักวิจัยและพัฒนาข้าว กรมการข้าว.

นิชากร แซ่ตั้ง. 2553. การคัดเลือกเชื้อปฏิปักษ์ เพื่อเพิ่มผลผลิตและลดโรคเมล็ดด่างของข้าว. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. นครปฐม.

ปิลันธนา ฐาปนพงษ์วรกุล และ ศราวิชญ์ สายมงคล. 2558. ประสิทธิภาพของเชื้อแบคทีเรียปฏิปักษ์ *Bacillus megaterium* สายพันธุ์ No.16 ในการควบคุมโรคกาบใบแห้งของข้าวพันธุ์ กข6. วารสารเกษตร. 31: 301-310.

พากเพียร อรัญนารถ, นงรัตน์ นิลพานิชย์ วิชิต ศิริสันธนะ และ สมคิด ดิสถาพร 2544. ประสิทธิภาพของชีวภัณฑ์ *Bacillus subtilis* ในการควบคุมโรคกาบใบแห้งของข้าว. วารสารวิชาการข้าว. 19: 4-12.

พัชรพร ธรรมภิบาลอุดม. 2557. การใช้แบคทีเรียเอื้อประโยชน์เพื่อลดโรคกาบใบแห้งของข้าว เพิ่มผลผลิต และย่อยสลายฟางข้าว. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. นครปฐม.

เพชรพิกุล วางมูล. 2553. บทบาทของแบคทีเรียที่ผลิตเอนไซม์ไคตินในการควบคุมโรคกาบใบแห้งของข้าวโดยชีววิธี. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. นครปฐม.

ฤกษ์ ศยามานนท์. 2522. โรคข้าวและการป้องกันกำจัด. โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด, กรุงเทพฯ.

สมาคมผู้ส่งออกข้าวไทย. 2559. รายงานสถานการณ์ส่งออกข้าวไทย ปี 2559. แหล่งที่มา: เมื่อ 26 กรกฎาคม, 2560.

อัญชลี ประเสริฐศักดิ์, เกษม สุนทราจารย์, นิพนธ์ มาฆทาน, ณัฐหทัย เอพาณิช และ อ่วม คงชู. 2546. ผลของระดับความรุนแรงของโรคเมล็ดด่างต่ออายุการเก็บรักษาของเมล็ดข้าวพันธุ์หลัก. น. 25. ในบทคัดย่อ การประชุมวิชาการข้าวและธัญพืชเมืองหนาวประจำปี 2546.

Ahn,S.W., R. de La Pena, B.L. Candole, and T.W. Mew. 1986. A new scale for rice sheath blight disease assessment. IRRN 11: 17.

Charoenrak, P. and C. Chamswarng. 2016. Efficacies of wettable pellet and fresh culture of *Trichoderma asperellum* biocontrol products in growth promoting and reducing dirty panicles of rice. Agr. Nat. Resour. 50: 243 – 249.

Kinsella, K., C.P. Schulthess, T.F. Morris, and D. Stnart. 2009. Rapid quantification of *Bacillus subtilis* antibiotics in the rhizosphere. Soil Biol Biochem. 41: 374-379.

Kanjanamaneesathian M, R. Wiwattanapatapee, A. Pengnoo, K. Oungbho, and A. Chumthong. 2007. Efficacy of novel formulations of *Bacillus megaterium* in suppressing sheath blight of rice caused by *Rhizoctonia solani*. Plant Pathol. J. 6: 195-201.

Kumar, K.V.K., S.K.R. Yellareddygari, M.S. Reddy, J.W. Kloepper, K.S. Lawrence, X.G. Zhou, H. Sudini, D.E. Groth, S.K. Raju, and M.E. Miller. 2012. Efficacy of *Bacillus subtilis* MBI 600 against sheath blight caused by *Rhizoctonia solani* and on growth and yield of rice. Rice Science. 19: 55-63.

Pusey P.L. 1989. Use of *Bacillus subtilis* and related organisms as biofungicides. Pesticide Science. 27: 133–140.