

ผลของการใช้จุลินทรีย์ที่มีประโยชน์กระตุ้นภูมิคุ้มกันด้านทานข้าว เพื่อลดการระบาดของโรคใบหงิก

Effect of Beneficial Microorganism Application to Induce Rice Plant Immune for Ragged Stunt Disease Reduction

วิลาวรรณ เชื้อบุญ และดุสิต อธินวนนท์*

สาขาการจัดการเกษตรอินทรีย์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

ศูนย์รังสิต ตำบลคลองหนึ่ง อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี 12120

Wilawan Chuaboon and Dusit Athinuwat*

Major of Organic Farming Management, Faculty of Science and Technology, Thammasat University,
Rangsit Centre, Khlong Nueng, Khlong Luang, Pathum Thani 12120

บทคัดย่อ

โรคใบหงิกที่เกิดจาก *Rice ragged stunt virus* (RRSV) เป็นโรคไวรัสที่ก่อให้เกิดความเสียหายต่อระบบการปลูกข้าวในวงกว้าง การศึกษาวิจัยครั้งนี้ เพื่อพัฒนากลยุทธ์ในการจัดการโรคดังกล่าวด้วยการใช้จุลินทรีย์ที่มีประโยชน์แต่ละชนิด ได้แก่ *Bacillus subtilis* TU-Orga1, *Pseudomonas fluorescens* SP007s และ *Beauveria bassiana* เข้าร่วมในระบบการปลูกข้าว จุลินทรีย์แต่ละชนิดถูกนำมาทดสอบประสิทธิภาพในการควบคุม RRSV แมลงพาหะ และการกระตุ้นภูมิคุ้มกันด้านทานพืช ได้แก่ salicylic acid (SA) และ superoxide dismutase (SOD) ในสภาพไร่ เปรียบเทียบกับการปฏิบัติแบบดั้งเดิมของเกษตรกร ซึ่งในการทดลองติดต่อกัน 2 ฤดู นั้นใช้ TU-Orga1, SP007s และ *B. bassiana* สูตรสำเร็จชนิดผงในอัตรา 2 กรัม/น้ำ 20 ลิตร (ความเข้มข้นประมาณ 1×10^8 cfu/ml) โดยนำไปพ่นต้นข้าว 8 ครั้ง (ก่อนปลูก วันปลูก และเมื่อข้าวอายุ 15, 30, 45, 60, 70 และ 90 วัน) ร่วมกับการจัดการธาตุอาหารโดยการเติมปุ๋ยคอก 500 กก./ไร่ หินฟอสเฟต 20 กก./ไร่ โพแทสเซียมฮิวเมต 1 กก./ไร่ และพ่นใบด้วยน้ำหมักมูลสุกร 5 ครั้ง เมื่อข้าวอายุ 30, 45, 60, 70 และ 90 วัน ซึ่งมีประสิทธิภาพสูงในการลดการระบาดของ RRSV 76.3 ถึง 93.5 % และลดการระบาดของแมลงพาหะ 100 % ตลอดจนเพิ่มผลผลิตข้าว 9-33 % เปรียบเทียบกับการปฏิบัติดั้งเดิมของเกษตรกร ($p=0.05$) อีกทั้ง TU-Orga1, SP007s และ *B. bassiana* ยังแสดงให้เห็นว่ามีการสะสม SA และ SOD ในต้นข้าวปริมาณสูงกว่าการปฏิบัติแบบดั้งเดิมของเกษตรกร ซึ่งสอดคล้องกับความสามารถในการควบคุมโรค แมลงพาหะและแมลงศัตรูพืช ยิ่งไปกว่านั้นจุลินทรีย์ชนิดต่าง ๆ ดังกล่าวไม่เป็นปฏิปักษ์กับแมลงศัตรูธรรมชาติ (ด้วงเต่าปีกลายหยัก ด้วงเต่าปีกลายจุด แมลงปอเข็ม และแมงมุม) และไม่พบสารพิษตกค้างในเมล็ดข้าวสารที่ได้จากเทคโนโลยีที่ศึกษาวิจัยครั้งนี้

คำสำคัญ : แมลงพาหะ; แมลงศัตรูธรรมชาติ; การควบคุมโรคพืชโดยชีววิธี; เกษตรอินทรีย์; โรคไวรัส

Abstract

Ragged stunt disease caused by *Rice ragged stunt virus* (RRSV) is the most devastating viral disease of rice production worldwide. Studies were conducted to develop management strategies using the individually effective microorganism of *Bacillus subtilis* TU-Orga1, *Pseudomonas fluorescens* SP007s, and *Beauveria bassiana* in the rice production system. They were investigated for their ability to control RRSV, insect vector, and activate plant defense-related enzyme, salicylic acid (SA) and superoxide dismutase (SOD) under field conditions, compared with the conventional practice by farmers. In two-consecutive field trials, TU-Orga1, SP007s, and *B. bassiana* formulated in a powder delivering system, 2 g/20L of water applied as foliar spray (1×10^8 cfu/ml) for 8 times (before planting, planting day, 15, 30, 45, 60, 70, and 90 days after planting) combined with soil nutrition management by adding 500 kg/rai of manure, 20 kg/rai of rock phosphate, 1 kg/rai of potassium humate and foliar spray liquid fertilizer of swine manure fermentation for 5 times at 30, 45, 60, 75, and 90 days after planting, had the most effect on reducing RRSV (76.3-93.5 %) and its insect vector (100 %) and increased rice yield (9-33 %), compared to conventional practice ($p=0.05$). The TU-Orga1, SP007s, and *B. bassiana* also showed the higher accumulation of SA and SOD activity in rice plant than the conventional practice that correlated with their disease, insect vector and insect pests reduction ability. Moreover, the biological agents did not inhibit natural enemies (lady beetle, seven-spotted lady beetle, damselfly, and wolf spider) and the chemical residues were not found in rice grain from the studied technology.

Keywords: insect vector; natural enemies; biological control; organic farming; viral disease

1. คำนำ

ระบบการปลูกข้าวในปัจจุบันมีความแตกต่างกันขึ้นอยู่กับบริบทของแต่ละท้องถิ่น และความเอื้ออำนวยของสภาพดินฟ้าอากาศ บางพื้นที่มีการปลูกอย่างต่อเนื่องโดยเฉพาะในแหล่งชลประทาน ในขณะที่บางพื้นที่ปลูกข้าวในฤดูฝนสลับกับการปลูกพืชหลักชนิดอื่น ๆ ที่ใช้น้ำน้อยในฤดูแล้ง ดังนั้นการจัดการระบบการปลูกจึงต่างกัน การปลูกข้าวอย่างต่อเนื่องซึ่งไม่คำนึงถึงปัญหาความเสื่อมโทรมของดินอาจส่งผลให้เกษตรกรต้องลงทุนสูงในด้านปุ๋ยเคมีและสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชอย่างต่อเนื่อง อีกทั้งปริมาณการใช้ปุ๋ยเคมีเกินความจำเป็นก่อให้เกิดปัญหาสภาพดินเสื่อมโทรม เช่น เกิดดินเค็ม ดิน

เปรี้ยว และโครงสร้างดินถูกทำลาย มีผลให้เกิดปัญหาสะสมปุ๋ยเคมีในดิน ซึ่งจะทำให้พืชไม่สามารถใช้ธาตุอาหารอื่น ๆ ได้เต็มศักยภาพ และเกิดการระบาดของศัตรูพืช (โรค แมลงศัตรูพืช และแมลงพาหะ) (กองกัญและสัตว์บาล, 2539; กรมการข้าว, 2545) ซึ่งปัญหาดังกล่าวจัดเป็นปัญหาสำคัญของระบบการปลูกข้าวในปัจจุบันที่ถูกละเลย นอกจากนั้นเกษตรกรผู้ปลูกข้าวยังคงเน้นการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดหรือควบคุมการแพร่ระบาดของศัตรูพืชโดยไม่คำนึงถึงระดับความรุนแรงในการระบาดของศัตรูพืชที่แท้จริงและมักพบศัตรูพืชดื้อสารเคมี โดยเฉพาะเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล (Denno *et al.*, 1991) ซึ่งเป็นแมลงปากดูดที่มีความเฉพาะเจาะจงต่อพืช

อาหารเพียงชนิดเดียวคือข้าว โดยทั้งระยะตัวอ่อนและตัวเต็มวัยจะดูดกินน้ำเลี้ยงจากท่อน้ำ ท่ออาหารบริเวณโคนต้นข้าวเหนือน้ำ เมื่อเพลี้ยกระโดดเข้าทำลายข้าวจะแสดงอาการใบเหลืองเหี่ยวแห้งตายเป็นหย่อม ๆ เรียกว่า อาการฮ็อพเพอร์เบิร์น (นวลศรี, 2557) นอกจากนี้เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลยังเป็นแมลงพาหะนำโรคไวรัส *Rice ragged stunt virus* (RRSV) ซึ่งเป็นสาเหตุของโรคใบหงิกหรือโรคจู๋ ต้นข้าวที่เป็นโรคมีอาการแคระแกรน และมีอาการแตกต่างกันตามระยะการเจริญเติบโตของต้นข้าว เช่น ต้นข้าวที่เป็นโรคในระยะแรก ๆ ของการเจริญเติบโตจะมีขอบใบขาดคล้ายผ้าขี้ริ้ว ซึ่งอาการของโรคที่มองเห็นได้ชัดมากในระยะนี้ อาการขาดของขอบใบจะมองเห็นได้ก่อนที่ใบอ่อนจะคลี่ออกเป็นแผ่นใบ เมื่อต้นที่เป็นโรคมีอายุมากขึ้นก็จะเริ่มมีการบิดม้วนของแผ่นใบ ซึ่งอาจเกิดที่ปลายหรือที่โคนของใบ เส้นใบมีอาการบวมเพราะการเจริญเติบโตผิดปกติของท่ออาหารที่ใบ กาบใบ และข้อใบ เส้นใบที่บวมนี้จะเป็นสีเหลือง หรือสีขาวนวล หรือสีน้ำตาลแก่ และมีอาการบวมนูน ในระยะที่ต้นข้าวที่เป็นโรคมีอายุมากขึ้น โพรงจะบิดม้วนเป็นเกลียว ออกดอกช้ากว่าปกติ รวงข้าวโผล่ไม่พ้นโพรง หน่อข้าวจะแตกเป็นแขนงจากข้อที่อยู่ใกล้หรือสูงกว่าผิวดิน ซึ่งอาการออกรวงขนาดเล็กมากและมักจะลีบเป็นส่วนใหญ่ (ธีระ, 2532) การป้องกันกำจัดโรคใบหงิกส่วนใหญ่จะกำจัดเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล (แมลงพาหะ) โดยใช้สารเคมีป้องกันกำจัดแมลงพ่นทันที (Thomas *et al.*, 2011) ซึ่งสารเคมีที่ใช้ในการป้องกันกำจัดเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลนอกจากจะทำลายแมลงเป้าหมายแล้วยังมีผลกระทบโดยตรงต่อแมลงศัตรูธรรมชาติ การควบคุมโรคโดยชีววิธีและเกษตรอินทรีย์จึงเป็นอีกแนวทางหนึ่งที่อาศัยหลักการความสมดุลของธรรมชาติเป็นหลักที่จะสามารถลดต้นทุนการผลิตและปัญหาสุขภาพลงรวมทั้งลดสารเคมีตกค้างในผลผลิตและ

สภาพแวดล้อม ตลอดจนลดการนำเข้าปุ๋ยเคมีได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2. อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

2.1 วางแผนการทดลองและทดสอบประสิทธิภาพเทคโนโลยีการควบคุมโรคใบหงิกข้าว

สิ่งทดลองเป็นการศึกษาเทคโนโลยีการควบคุมโรคใบหงิกในระบบการปลูกข้าว ได้แก่ เทคโนโลยีที่ 1 การใช้จุลินทรีย์ท้องถิ่น *Bacillus subtilis* TU-Orga1 ชนิดผงเข้าร่วมในระบบการปลูกข้าวตามแนวทางเกษตรอินทรีย์ เทคโนโลยีที่ 2 การใช้จุลินทรีย์สายพันธุ์ทางการค้า *Pseudomonas fluorescens* SP007s ชนิดผงเข้าร่วมในระบบการปลูกข้าวตามแนวทางเกษตรอินทรีย์ เทคโนโลยีที่ 3 การใช้จุลินทรีย์สายพันธุ์ทางการค้า *Beauveria bassiana* ชนิดผงเข้าร่วมในระบบการปลูกข้าวตามแนวทางเกษตรอินทรีย์ รวม 3 เทคโนโลยี เปรียบเทียบกับเทคโนโลยีการจัดการศัตรูพืชแบบดั้งเดิมของเกษตรกร ดังรายละเอียดในตารางที่ 1 โดยวางแผนการทดลองแบบ randomized complete block design (RCBD) บนพื้นที่นาของเกษตรกรตัวอย่าง ตำบลคลองเจ็ด อำเภอกลองหลวง จังหวัดปทุมธานี จำนวน 1 ราย แบ่งขนาดแปลงทดลองย่อย แปลงละ 1 ไร่ ทำการทดลอง 3 ซ้ำ รวมเป็นพื้นที่ 12 ไร่ ปลูกข้าวเจ้าพันธุ์ปทุมธานี 2 อัตรา 20 กก./ไร่ โดยวิธีการปลูกแบบนาหว่าน จำนวน 2 ถูปลูก (ถูที่ 1 เดือนพฤศจิกายน 2555 ถึงเดือนกุมภาพันธ์ 2556 และถูที่ 2 เดือนพฤษภาคม ถึงเดือนสิงหาคม 2556)

2.2 ประเมินประสิทธิภาพของเทคโนโลยี

ประเมินประสิทธิภาพผลของการใช้จุลินทรีย์ต่อการระบาดของโรคใบหงิกทุกช่วงอายุการเจริญเติบโตของข้าว ประกอบด้วย (1) การเกิดโรคไวรัสใบหงิก (2) การระบาดของแมลงพาหะ

ตารางที่ 1 ขั้นตอนการปฏิบัติในแต่ละเทคโนโลยีตั้งแต่เริ่มปลูกข้าวจนกระทั่งเก็บเกี่ยวผลผลิตและการจัดการศัตรูข้าวรูปแบบต่าง ๆ^{1/}

อายุข้าว	เทคโนโลยีที่ 1 (T1)	เทคโนโลยีที่ 2 (T2)	เทคโนโลยีที่ 3 (T3)	เทคโนโลยีที่ 4 (T4)
ก่อนปลูก	- ใส่ปุ๋ยคอก 0.5 ตัน/ไร่ ร่วมกับหินฟอสเฟต 20 กก./ไร่ และโพแทสเซียมอิวเมท 1 กก./ไร่ - พ่นจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ <i>B. subtilis</i> TU-Orga1 ชนิดผง ลงในดินให้ทั่วแปลง ครั้งที่ 1 - ปั่นตีดิน 2 ครั้ง หมักตอซัง 7 วัน พร้อมทำเทือก	- ใส่ปุ๋ยคอก 0.5 ตัน/ไร่ ร่วมกับหินฟอสเฟต 20 กก./ไร่ และโพแทสเซียมอิวเมท 1 กก./ไร่ - พ่นจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ <i>P. fluorescens</i> SP007s ชนิดผงลงดินให้ทั่วแปลง - ปั่นตีดิน 2 ครั้ง หมักตอซัง 7 วัน พร้อมทำเทือก	- ใส่ปุ๋ยคอก 0.5 ตัน/ไร่ ร่วมกับหินฟอสเฟต 20 กก./ไร่ และโพแทสเซียมอิวเมท 1 กก./ไร่ - พ่นจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ <i>B. bassiana</i> ชนิดผงลงดินให้ทั่วแปลง - ปั่นตีดิน 2 ครั้ง หมักตอซัง 7 วัน พร้อมทำเทือก	- ปั่นตีดินและทำเทือก
	- หว่านเมล็ดข้าวพันธุ์ปทุมธานี 2 15-20 กก./ไร่	- หว่านเมล็ดข้าวพันธุ์ปทุมธานี 2 15-20 กก./ไร่	- หว่านเมล็ดข้าวพันธุ์ปทุมธานี 2 15-20 กก./ไร่	- หว่านเมล็ดข้าวพันธุ์ปทุมธานี 2 15-20 กก./ไร่
	- พ่นจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ <i>B. subtilis</i> TU-Orga1 ชนิดผง ครั้งที่ 2	- พ่นจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ <i>P. fluorescens</i> SP007s ชนิดผง ครั้งที่ 2	- พ่นจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ <i>B. bassiana</i> ชนิดผง ครั้งที่ 2	- พ่นสารเคมีคุมวัชพืช บิวทาคลอร์
7 วัน	- ปล่อน้ำเข้า - วิเคราะห์การระบาดของแมลงและโรคระยะต้นกล้า - หากพบการระบาดของแมลงและโรคให้พ่นจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ TU-Orga1 ชนิดผง ให้ทั่วแปลง	- ปล่อน้ำเข้า - วิเคราะห์การระบาดของแมลงและโรคระยะต้นกล้า - หากพบการระบาดของแมลงและโรคให้พ่นจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ SP007s ชนิดผง ให้ทั่วแปลง	- ปล่อน้ำเข้า - วิเคราะห์การระบาดของแมลงและโรคระยะต้นกล้า - หากพบการระบาดของแมลงและโรคให้พ่นจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ <i>B. bassiana</i> ชนิดผง ให้ทั่วแปลง	- ปล่อน้ำเข้า - พ่นสารเคมีคุมวัชพืช ออกช้าไดอะกิว
15 วัน	- วิเคราะห์การระบาดของแมลงและโรคระยะต้นกล้า - พ่นจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ TU-Orga1 ชนิดผง พ่นให้ทั่วแปลงครั้งที่ 3	- วิเคราะห์การระบาดของแมลงและโรคระยะต้นกล้า - พ่นจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ SP007s ชนิดผง ครั้งที่ 3	- วิเคราะห์การระบาดของแมลงและโรคระยะต้นกล้า - พ่นจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ <i>B. bassiana</i> ชนิดผง ครั้งที่ 3	- พ่นสารเคมีคุมแมลง ชิกซ์ - พ่นฮอร์โมน สารเคมีควบคุมหนอน และรา - ใส่ปุ๋ยเคมีและยาเม็ด
30 วัน	- วิเคราะห์การระบาดของแมลงและโรค - พ่นจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ TU-Orga1 ชนิดผง พ่นให้ทั่วแปลง ครั้งที่ 4 - พ่นน้ำหมักมูลสุกรทั่วแปลง	- วิเคราะห์การระบาดของแมลงและโรค - พ่นจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ SP007s ชนิดผง ครั้งที่ 4 - พ่นน้ำหมักมูลสุกรทั่วแปลง	- วิเคราะห์การระบาดของแมลงและโรค - พ่นจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ <i>B. bassiana</i> ชนิดผง ครั้งที่ 4 - พ่นน้ำหมักมูลสุกรทั่วแปลง	- ปล่อน้ำแห้ง

อายุ ข้าว	เทคโนโลยีที่ 1 (T1)	เทคโนโลยีที่ 2 (T2)	เทคโนโลยีที่ 3 (T3)	เทคโนโลยีที่ 4 (T4)
45 วัน	- วิเคราะห์การเกิดโรคและการระบาดของแมลง - พนจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ TU-Orga1 ชนิดผง พ่นให้ทั่วแปลง ครั้งที่ 5 - พ่นน้ำหมักมูลสุกรทั่วแปลง	- วิเคราะห์การเกิดโรคและการระบาดของแมลง - พนจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ SP007s ชนิดผง ครั้งที่ 5 - พ่นน้ำหมักมูลสุกรทั่วแปลง	- วิเคราะห์การเกิดโรคและการระบาดของแมลง - พนจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ <i>B. bassiana</i> ชนิดผง ครั้งที่ 5 - พ่นน้ำหมักมูลสุกรทั่วแปลง	- ปล่อน้ำเข้า - พ่นฮอร์โมนสังเคราะห์และสารเคมีคุมแมลงและราเมื่อข้าวอายุ 40 และ 55 วัน - ใส่ปุ๋ยเคมีและยาเม็ด
60 วัน	- วิเคราะห์การเกิดโรคและการระบาดของแมลง - พนจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ TU-Orga1 ชนิดผง พ่นให้ทั่วแปลง ครั้งที่ 6 - พ่นน้ำหมักมูลสุกรทั่วแปลง	- วิเคราะห์การเกิดโรคและการระบาดของแมลง - พนจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ SP007s ชนิดผง ครั้งที่ 6 - พ่นน้ำหมักมูลสุกรทั่วแปลง	- วิเคราะห์การเกิดโรคและการระบาดของแมลง - พนจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ <i>B. bassiana</i> ชนิดผง ครั้งที่ 6 - พ่นน้ำหมักมูลสุกรทั่วแปลง	- พ่นฮอร์โมนสังเคราะห์และสารเคมีคุมแมลงและรา
75 วัน	- วิเคราะห์การเกิดโรคและการระบาดของแมลง - พนจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ TU-Orga1 ชนิดผง ให้ทั่วแปลง ครั้งที่ 7 - พ่นน้ำหมักมูลสุกรทั่วแปลง	- วิเคราะห์การเกิดโรคและการระบาดของแมลง - พนจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ SP007s ชนิดผง ให้ทั่วแปลง ครั้งที่ 7 - พ่นน้ำหมักมูลสุกรทั่วแปลง	- วิเคราะห์การเกิดโรคและการระบาดของแมลง - พนจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ <i>B. bassiana</i> ชนิดผง ครั้งที่ 7 - พ่นน้ำหมักมูลสุกรทั่วแปลง	- พ่นฮอร์โมนสังเคราะห์และสารเคมีคุมแมลงและราเมื่อข้าวอายุ 75 และ 85 วัน
90 วัน	- วิเคราะห์การเกิดโรคและการระบาดของแมลง - พนจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ TU-Orga1 ชนิดผง พ่นให้ทั่วแปลง ครั้งที่ 8	- วิเคราะห์การเกิดโรคและการระบาดของแมลง - พนจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ SP007s ชนิดผง ครั้งที่ 8	- วิเคราะห์การเกิดโรคและการระบาดของแมลง - พนจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ <i>B. bassiana</i> ชนิดผง ครั้งที่ 8	- ใส่ปุ๋ยแต่งหน้า สูตร 16-16-16 - พ่นฮอร์โมนสังเคราะห์และสารเคมีคุมแมลงและรา
120 วัน	- เก็บเกี่ยวผลผลิต	- เก็บเกี่ยวผลผลิต	- เก็บเกี่ยวผลผลิต	- เก็บเกี่ยวผลผลิต

^{1/} อัตราแนะนำในการใช้จุลินทรีย์ *B. subtilis* TU-Orga1 หรือ *P. fluorescens* SP007s หรือ *B. bassiana* ชนิดผงอัตรา 2 กรัม/น้ำ 20 ลิตร, บิวทาคลอร์อัตรา 120-160 ซีซี/น้ำ 40 ลิตร/ไร่, ออกซาไดอะกิวอัตรา 120-160 ซีซี/น้ำ 40 ลิตร/ไร่ และสารเคมีคุมแมลง ชิกซ์ อัตรา 20 ซีซี/น้ำ 20 ลิตร

และแมลงศัตรูพืช (3) ปริมาณผลผลิต (4) ปริมาณศัตรูธรรมชาติ และ (5) ปริมาณสารตกค้าง

2.3 ประเมินประสิทธิภาพของจุลินทรีย์ในการชักนำภูมิคุ้มกันต้านทานโรคและแมลง

2.3.1 การเตรียมตัวอย่าง

สุ่มเก็บตัวอย่างใบข้าวที่อายุ 30 วัน หลังปลูกที่ได้รับการพ่นจุลินทรีย์จากเทคโนโลยีต่าง ๆ เป็นเวลา 7 วันต่อเนื่อง โดยเริ่มเก็บก่อนพ่น

จุลินทรีย์ 24 ชั่วโมง (ข้าวอายุ 29 วัน) และหลังพ้นจุลินทรีย์ต่อเนื่องอีก 6 วัน นำใบข้าวของแต่ละเทคโนโลยี ตัวอย่างละ 0.5 กรัม บดในโกรงที่เย็นและเติม 10 mM K_3PO_4 buffer pH 7.0 ที่เติม 4 % (w/v) polyvinylpyrrolidone (PVP) ปริมาตร 5 มิลลิเมตร บดจนละเอียดและนำไปใส่ในหลอด microcentrifuge หมุนเหวี่ยงที่ 1,2000 rpm เป็นเวลา 30 นาที ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ดูดสารสกัดเอนไซม์ (enzyme extract) ส่วนบนใส่ในหลอด microcentrifuge หลอดใหม่เก็บไว้ที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส (Velikova *et al.*, 1999) สำหรับใช้ในวิธีการต่อไป

2.3.2 วิเคราะห์ปริมาณ salicylic acid (SA)

นำสารสกัดเอนไซม์จาก 2.3.1 ปริมาตร 500 ไมโครลิตร เติมน้ำ 0.02 M ferric ammonium sulfate ปริมาตร 500 ไมโครลิตร บ่มไว้สภาพอุณหภูมิห้อง (28 ± 3 องศาเซลเซียส) นาน 5 นาที วัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง spectrophotometer รุ่น CE1011 ที่ความยาวคลื่น 530 นาโนเมตร โดยแสดงค่าเป็น mg/g fresh weight (Tatyane *et al.*, 2007) เปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐาน ตามสมการคือ $Y = 0.114X + 0.049$ โดย Y = ปริมาณการสะสมของ SA และ X = ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 530 นาโนเมตร

2.3.3 การวัดกิจกรรมเอนไซม์ superoxide dismutase (SOD)

ผสมสารละลายของปฏิกิริยา (reaction mixture) ปริมาตร 3 มิลลิเมตร (50 mM phosphate buffer pH 7.8, 13 mM methionine, 75 μ M nitroblue tetrazolium (NBT), 0.1 mM ethylenediaminetetraacetic acid (EDTA), enzyme extract, 2 μ M riboflavin) และนำไปวางห่างจากหลอดไฟฟลูออเรสเซนต์ 18 W ระยะห่าง 5 เซนติเมตร เป็นเวลา 10 นาที ปฏิกิริยาจะเริ่มเกิด

ส่วนหลอดผสมสารละลายของปฏิกิริยาที่ไม่ได้ใส่สารสกัดเอนไซม์ เป็นหลอดควบคุม ส่วนหลอดผสมสารละลายของปฏิกิริยาที่ไม่ถูกแสงเป็นหลอดไม่เกิดปฏิกิริยา (blank) และเมื่อครบ 10 นาที หยุดปฏิกิริยาโดยการนำไปไว้ในที่มืด จากนั้นนำหลอดผสมสารละลายไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 560 นาโนเมตร (Dhindsa *et al.*, 1981)

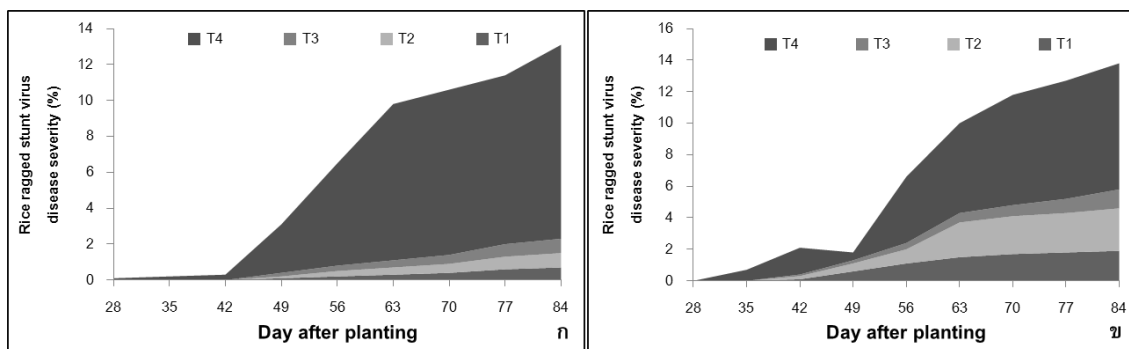
3. ผลการวิจัยและวิจารณ์

3.1 ประสิทธิภาพของเทคโนโลยีในการควบคุมโรคใบหงิกของข้าวในสภาพไร่

ผลการทดลองพบว่าในฤดูปลูกที่ 1 การใช้จุลินทรีย์ท้องถิ่น *B. subtilis* TU-Orga1 (เทคโนโลยีที่ 1) และจุลินทรีย์สายพันธุ์ทางการค้า *P. fluorescens* SP007s และ *B. bassiana* (เทคโนโลยีที่ 2 และ 3 ตามลำดับ) เข้าร่วมในระบบการปลูกข้าวตามแนวทางเกษตรอินทรีย์ มีประสิทธิภาพสูงในการลดการเกิดของโรคไวรัสใบหงิกเท่ากับ 76.3, 66.3 และ 85.0 % ตามลำดับ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับการปฏิบัติดั้งเดิมของเกษตรกร (เทคโนโลยีที่ 4) ที่มีการระบาดของโรคไวรัสใบหงิก 8 % (รูปที่ 1ก) ($p=0.05$) โดยข้าวที่เป็นโรคจะแสดงอาการ ต้นเตี้ย ไม่สูงเท่าที่ควร ใบสีเขียวเข้ม แคบและสั้น ใบใหม่แตกช้ากว่าปกติ และเมื่อแตกพุ่งขึ้นมาไม่ค่อยสมบูรณ์ ปลายใบบิดเป็นเกลียว นอกจากนี้ยังสังเกตเห็นขอบใบแห้งวินและเส้นใบบวมโป่งเป็นแนวยาวทั้งที่ใบและกาบใบ ข้าวที่เป็นโรคออกรวงล่าช้าและให้รวงไม่สมบูรณ์ รวงให้เมล็ดลีบเป็นส่วนใหญ่ (สำนักงานวิจัยและพัฒนาข้าว, 2555; นวลศรี, 2557) เช่นเดียวกับกับฤดูปลูกที่ 2 การใช้จุลินทรีย์ท้องถิ่น *B. subtilis* TU-Orga1 (เทคโนโลยีที่ 1) และจุลินทรีย์สายพันธุ์ทางการค้า *P. fluorescens* SP007s และ *B. bassiana* ในเทคโนโลยีที่ 2 และ 3 ตามลำดับ ยังคงมีประสิทธิภาพสูงในการลดการระบาดของโรคใบหงิก

เท่ากับ 93.5, 92.6 และ 92.6 % ตามลำดับ ขณะที่เทคโนโลยีที่ 4 การปฏิบัติดั้งเดิมของเกษตรกรมีการระบาดของ (disease severity) ของโรคใบหงิก 10.8 % (รูปที่ 1ข) ($p=0.05$) เนื่องจากจุลินทรีย์ที่ใช้ในเทคโนโลยีการปลูกข้าวมีผลในการกระตุ้นความต้านทานของข้าว นลินา (2554) พบว่าการใช้แบคทีเรียปฏิปักษ์ *P. fluorescens* SP007s สามารถชักนำให้คะนัสสมสาร glucosinolate ที่สามารถ

ยับยั้งการเจริญและการเข้าทำลายของหนอนใยผัก นอกจากนี้ ปาริชาติ และคณะ (2555) รายงานว่า *B. subtilis* TU-Orga1 สามารถกระตุ้นให้พืชสร้างเอนไซม์บางชนิดเป็นปริมาณมากที่สามารถกระตุ้นให้เกิดความต้านทานโรคพืชหรือแมลงได้ นอกจากนั้นผลการทดลองพบว่าปริมาณโรคใบหงิกที่มีการระบาดลดลงสอดคล้องกับจำนวนแมลงพาหะ (เพลี้ยกระโดด) ที่ลดลงซึ่งจะกล่าวรายละเอียดในข้อถัดไป



รูปที่ 1 แผนภาพแสดง area under disease progress curve ของโรคใบหงิกที่ระบาดในฤดูปลูกที่ 1 ระหว่างเดือนพฤศจิกายน 2555 ถึงเดือนกุมภาพันธ์ 2556 (ก) และฤดูปลูกที่ 2 ระหว่างเดือนพฤษภาคม ถึงเดือนสิงหาคม 2556 (ข) รายละเอียดกรรมวิธีดังตารางที่ 1

3.2 ประสิทธิภาพของเทคโนโลยีในการควบคุมเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลและแมลงศัตรูอื่นๆ

ผลการทดสอบการจัดการเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลซึ่งเป็นแมลงพาหะของโรคใบหงิกให้ตรงตามความต้องการของท้องถิ่นโดยใช้ชีววิธี พบว่าการใช้จุลินทรีย์ท้องถิ่นและจุลินทรีย์สายพันธุ์ทางการค้ามีผลต่อการระบาดของแมลงพาหะของโรคใบหงิก (เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล) และแมลงศัตรูพืชสำคัญของข้าวที่ระบาดในแปลงทดลอง ณ ตำบลคลองเจ็ด อำเภอกลองหลวง จังหวัดปทุมธานี ในฤดูปลูกที่ 1 ระหว่างเดือนพฤศจิกายน 2555 ถึงเดือนกุมภาพันธ์ 2556 ได้แก่ เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล (*Nilaparvata lugens*) เพลี้ยจักจั่นสีเขียว (*Nephotettix virescens*)

หนอนกอสีครีม (*Scirpophaga incertulas*) หนอนห่อใบข้าว (*Cnaphalocrosis medinalis*) และด้กแตนข้าว (*Hieroglyphus banian*) โดยเทคโนโลยีที่ 3 (*B. bassiana*) เป็นกรรมวิธีที่สามารถควบคุมการระบาดของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลได้ดีที่สุด ซึ่งพบการระบาดเป็นบางช่วงอายุของข้าว ได้แก่ เมื่อข้าวอายุ 35, 49, 56 และ 77 วัน ซึ่งพบ 0.1, 0.1, 0.2 และ 0.2 ตัว/กอ ตามลำดับ รองลงมาคือเทคโนโลยีที่ 1 (*B. subtilis* TU-Orga1) และ เทคโนโลยีที่ 2 (*P. fluorescens* SP007s) ตามลำดับ ซึ่งพบการระบาดของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล 0.4 และ 1.1, 1 และ 1.2, 0.6 และ 1.1, 0.4 และ 0.6, 1.5 และ 2.4, 0.6 และ 1.3, 0.7 และ 0.7, 1.1 และ 1.2 และ 1 และ 0.6 ตัว/กอ เมื่อข้าวอายุ 28, 35, 42, 49, 56, 63, 70, 77 และ 84 วัน ตามลำดับ ขณะที่

เทคโนโลยีที่ 4 การปฏิบัติดั้งเดิมของเกษตรกร พบการระบาดของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลสูงสุดในทุกช่วงอายุและการเจริญเติบโตของข้าว ซึ่งพบระบาด 7.5, 20, 23.2, 24.1, 29.4, 25.6, 21.7, 22.4 และ 21.7 ตัว/กอ เมื่อข้าวอายุ 28, 35, 42, 49, 56, 63, 70, 77 และ 84 วัน ตามลำดับ (รูปที่ 2ก) นอกจากนี้เทคโนโลยีที่ 3 ยังมีประสิทธิภาพสูงในการควบคุมเพลี้ยจักจั่นสีเขียว หนอนกอสีครีม หนอนห่อใบ และตักแตนข้าว โดยพบการระบาดของเพลี้ยจักจั่นสีเขียวเมื่อข้าวอายุ 77 วัน 0.1 ตัว/กอ (รูปที่ 2ข) หนอนกอสีครีมเมื่อข้าวอายุ 42, 49 และ 84 วัน 0.1, 0.1 และ 0.1 ตัว/กอ ตามลำดับ (รูปที่ 2ค) ตักแตนข้าวเมื่อข้าวอายุ 28 วัน 0.1 ตัว/กอ (รูปที่ 2ง) และหนอนห่อใบเมื่อข้าวอายุ 49 วัน 0.1 ตัว/กอ (รูปที่ 2จ) รองลงมาคือเทคโนโลยีที่ 1 โดยพบการระบาดของเพลี้ยจักจั่นสีเขียวเมื่อข้าวอายุ 42, 63 และ 77 วัน 0.6, 0.1 และ 0.2 ตัว/กอ ตามลำดับ (รูปที่ 2ข) พบหนอนกอสีครีมเมื่อข้าวอายุ 42, 49, 56, 63 และ 84 วัน 0.1, 0.1, 0.2, 0.1 และ 0.1 ตัว/กอ ตามลำดับ (รูปที่ 2ค) และตักแตนข้าวเมื่อข้าวอายุ 28 วัน 0.2 ตัว/กอ (รูปที่ 2ง) และหนอนห่อใบเมื่อข้าวอายุ 35 และ 49 วัน 0.1 และ 0.1 ตัว/กอ ตามลำดับ (รูปที่ 2จ) และเทคโนโลยีที่ 2 พบการระบาดของเพลี้ยจักจั่นสีเขียวเมื่อข้าวอายุ 35, 42 และ 77 วัน 0.1, 0.5 และ 0.3 ตัว/กอ ตามลำดับ (รูปที่ 2ข) หนอนกอสีครีมเมื่อข้าวอายุ 35, 42, 49, 56 และ 84 วัน 0.2, 0.1, 0.1, 0.1 และ 0.5 ตัว/กอ ตามลำดับ (รูปที่ 2ค) ตักแตนข้าวเมื่อข้าวอายุ 28 และ 35 วัน 0.2 และ 0.1 ตัว/กอ (รูปที่ 2ง) และหนอนห่อใบเมื่อข้าวอายุ 28, 35, 42 และ 49 วัน 0.2, 0.1, 0.1 และ 0.1 ตัว/กอ ตามลำดับ (รูปที่ 2จ) ในขณะที่เทคโนโลยีที่ 4 การปฏิบัติดั้งเดิมของเกษตรกรพบการระบาดของเพลี้ยจักจั่นสีเขียว หนอนกอสีครีม ตักแตนข้าว และหนอนห่อใบทุกช่วงอายุและการเจริญเติบโตของข้าว (28, 35, 42, 49, 56, 63, 70, 77 และ 84 วัน)

1.6, 2.1, 3.7, 1.2, 1, 0.4, 1.3, 0.9 และ 0.3 ตัว/กอ ตามลำดับ (รูปที่ 2ข); 1.8, 0.4, 0.8, 0.4, 0.4, 0.6, 0.1, 1.1 และ 2.4 ตัว/กอ ตามลำดับ (รูปที่ 2ค); 1, 1.1, 0.9, 1.4, 0.1, 0.1, 0.1, 0.1 และ 0.1 ตัว/กอ ตามลำดับ (รูปที่ 2ง); และ 0.3, 1.3, 0.9, 1.1, 0.4, 0.1, 0.1, 0.1 และ 0.1 ตัว/กอ ตามลำดับ (รูปที่ 2จ)

สำหรับการระบาดของแมลงพาหะนำโรคใบหงิก (เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล) และแมลงศัตรูข้าวที่ระบาดในแปลงทดลอง ณ ตำบลคลองเจ็ด อำเภอกลองหลวง จังหวัดปทุมธานี ในฤดูปลูกที่ 2 ระหว่างเดือนพฤษภาคม ถึงเดือนสิงหาคม 2556 ได้แก่ เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล เพลี้ยจักจั่นสีเขียว และตักแตนข้าว โดยเทคโนโลยีที่ 3 เป็นกรรมวิธีที่มีประสิทธิภาพสูงที่สุดในการควบคุมเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล ซึ่งเริ่มพบการระบาดเมื่อข้าวอายุ 35, 42, 49, 56, 63, 70, 77 และ 84 วัน 0.1, 2.7, 3.9, 4.7, 5.7, 5.6, 3.8 และ 4.8 ตัว/กอ ตามลำดับ รองลงมาคือเทคโนโลยีที่ 1 และเทคโนโลยีที่ 2 ซึ่งพบการระบาดของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลเมื่อข้าวอายุ 28, 35, 42, 49, 56, 63, 70, 77 และ 84 วัน 0.3 และ 0.8, 0.7 และ 1, 4.3 และ 3.5, 4.9 และ 4.8, 6.6 และ 5.5, 5.2 และ 4.8, 5 และ 4.4, 4.6 และ 4.4 และ 4.6 และ 3.6 ตัว/กอ ตามลำดับ ขณะที่เทคโนโลยีที่ 4 การปฏิบัติดั้งเดิมของเกษตรกร พบการระบาดของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลสูงสุดในทุกช่วงอายุและการเจริญเติบโตของข้าว ซึ่งพบระบาด 7.8, 21.4, 24.6, 22.1, 30.3, 27.9, 17.4, 19.8 และ 19.9 ตัว/กอ เมื่อข้าวอายุ 28, 35, 42, 49, 56, 63, 70, 77 และ 84 วัน ตามลำดับ (รูปที่ 3ก) นอกจากนี้เทคโนโลยีที่ 3 ยังมีประสิทธิภาพดีที่สุดในการควบคุมเพลี้ยจักจั่นสีเขียวและตักแตนข้าว โดยพบการระบาดของเพลี้ยจักจั่นสีเขียวเมื่อข้าวอายุ 35, 42, 56, 63, 70, 77 และ 84 วัน 0.1, 1, 0.2, 0.4, 0.3, 0.5 และ 0.6 ตัว/กอ (รูปที่ 3ข) และตักแตนข้าวเมื่อข้าวอายุ 28, 35, 42, 49, 56, 63, 70, 77 และ

84 วัน 0.7, 0.3, 0.7, 0.4, 0.7, 0.4, 0.6, 3.2 และ 3.6 ตัว/กอ (รูปที่ 3ค) รองลงมาคือ เทคโนโลยีที่ 1 ซึ่งพบการระบาดของเพลี้ยจักจั่นสีเขียวเมื่อข้าวอายุ 35, 42, 56, 63, 70, 77 และ 84 วัน 0.4, 1.9, 0.4, 0.5, 0.3, 0.5 และ 0.2 ตัว/กอ ตามลำดับ (รูปที่ 3ข) และตักแตนข้าวเมื่อข้าวอายุ 28, 35, 42, 49, 56, 63, 70, 77 และ 84 วัน 0.4, 0.3, 0.1, 0.4, 0.8, 0.6, 0.5, 2.6 และ 3.6 ตัว/กอ (รูปที่ 3ค) และเทคโนโลยีที่ 2 พบการระบาดของเพลี้ยจักจั่นสีเขียวเมื่อข้าวอายุ 35, 42, 56, 63, 70, 77 และ 84 วัน 0.5, 1.1, 0.3, 0.7, 0.2, 0.5 และ 0.2 ตัว/กอ ตามลำดับ (รูปที่ 3ข) และตักแตนข้าวเมื่อข้าวอายุ 28, 35, 42, 49, 56, 63, 70, 77 และ 84 วัน 0.7, 0.4, 0.3, 0.5, 1, 0.7, 0.6, 2.7 และ 3.8 ตัว/กอ (รูปที่ 3ค) ในขณะที่เทคโนโลยีที่ 4 การปฏิบัติดั้งเดิมของเกษตรกรพบการระบาดของเพลี้ยจักจั่นสีเขียวและตักแตนข้าวสูงทุกช่วงอายุและการเจริญเติบโตของข้าว (28, 35, 42, 49, 56, 63, 70, 77 และ 84 วัน) 2.9, 2.3, 4.5, 2.2, 2.2, 1.7, 2.7, 2.7 และ 0.9 ตัว/กอ ตามลำดับ (รูปที่ 3ข) และ 2, 1.8, 1.9, 1.9, 2.1, 1.4, 1.8, 6.9 และ 7.6 ตัว/กอ ตามลำดับ (รูปที่ 3ค) จากการทดลองจะพบว่าทั้งสองฤดูที่ทำการทดสอบประสิทธิภาพของเทคโนโลยีการควบคุมโรคใบหงิกของข้าว พบว่าทุกเทคโนโลยีที่มีการใช้จุลินทรีย์เข้ารวมมีประสิทธิภาพสม่ำเสมอในการลดปริมาณการระบาดของโรค แมลงศัตรูพืช และแมลงพาหะนำโรค รวมทั้งปรับสมดุลของระบบนิเวศนาข้าวให้มีความอุดมสมบูรณ์มากขึ้น ซึ่งจุลินทรีย์แต่ละสายพันธุ์มีความโดดเด่นที่เป็นคุณสมบัติประโยชน์ต่อการส่งเสริมการเจริญเติบโตอย่างสมบูรณ์ของพืชต่าง ๆ เช่น การยับยั้งและการผลิตสารยับยั้งเชื้อสาเหตุโรคพืช (รัชฎาวรรณ และสุดฤดี, 2546) การรักษาและการแก้ไขความผิดปกติต่าง ๆ ของพืช (bioremediator) การกระตุ้นและชักนำขีดความสามารถทางสรีระวิทยาพืชให้ดำเนินไปอย่างเต็มศักยภาพ

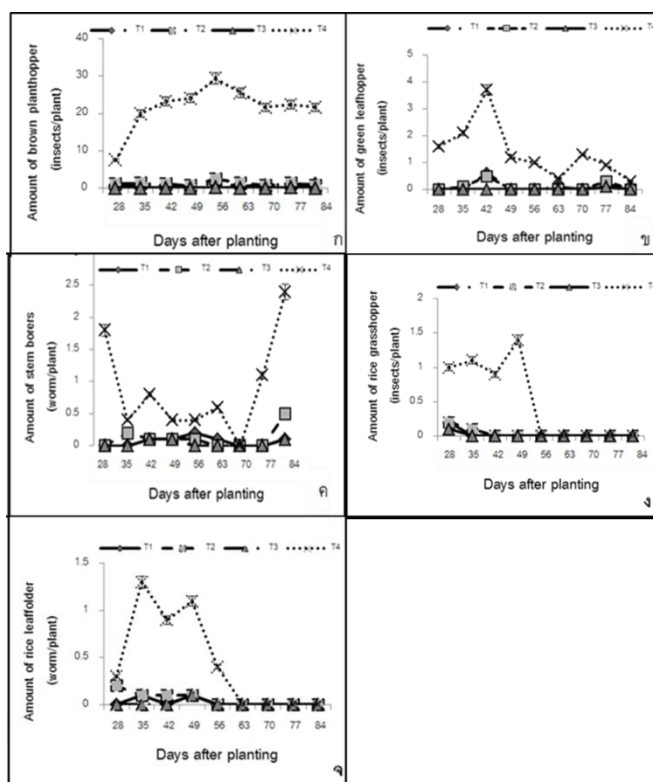
(สมใจ และสุดฤดี, 2546) ตลอดจนการชักนำให้พืชมีภูมิต้านทาน (induced systemic resistance, ISR) โดยกระตุ้นให้พืชสร้างสิ่งกีดขวางและสารปกป้องตนเองให้รอดพ้นจากความเครียดต่าง ๆ ที่พืชได้รับเนื่องจากสภาพแวดล้อมไม่เหมาะสมและถูกรบกวนจากศัตรูพืช (โรค แมลง และวัชพืช) (Prathuangwong *et al.*, 2005) นอกจากนี้จุลินทรีย์มีกลไกที่สามารถกระตุ้นพืชให้เกิดความต้านทานโดยการสร้างสารพิษต่าง ๆ ที่มีฤทธิ์ในการขับไล่ ยับยั้ง หรือฆ่าแมลงพาหะและแมลงศัตรูพืช เช่น ไชยาโนต์ (Baskin *et al.*, 2008) หรือกระตุ้นให้พืชสร้างสารไฟโตอะเล็กซิน (phytoalexin) หรือ PR-protein ต่าง ๆ โดยการกระตุ้นความต้านทานทำได้โดยจุลินทรีย์ทำหน้าที่กระตุ้นหรือเปิดระบบป้องกันตัวของพืช ส่งผลให้พืชเกิดกระบวนการรับรู้จดจำ (recognition) ระหว่างพืชกับศัตรูพืช เซลล์พืชบริเวณที่ถูกบุกรุกเข้าทำลายจะเกิดออกซิเดชันอย่างรุนแรง (oxidative burst) และสังเคราะห์ กรดซาลิไซลิก (salicylic acid; SA) ขึ้นมาซึ่ง SA นี้จะไปกระตุ้นให้ PR gene สร้าง mRNA ขึ้นมาปริมาณมากเพื่อนำไปสังเคราะห์ PR-protein ทำให้เกิดกระบวนการต้านทานโรคโดยทำหน้าที่เป็นตัวนำสัญญาณเมื่อเกิดการรุกรานของเชื้อโรค แมลงพาหะ และแมลงศัตรูพืช (Silverman *et al.*, 2005)

3.3 ผลการใช้เทคโนโลยีต่อปริมาณผลผลิต

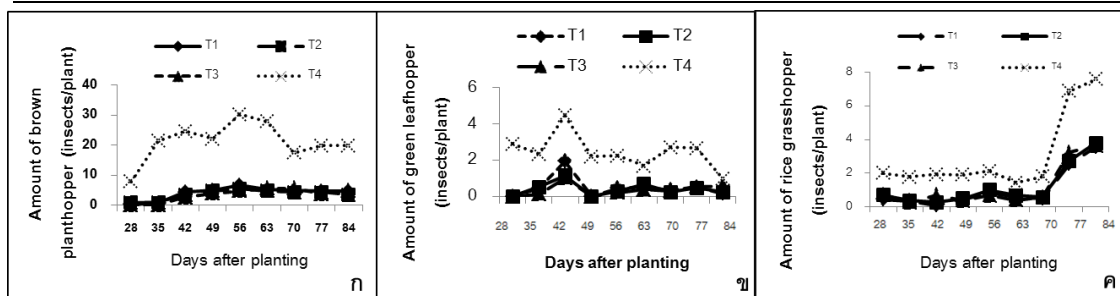
ผลการทดลองในฤดูปลูกที่ 1 พบว่าเทคโนโลยีที่ 1 การใช้จุลินทรีย์ท้องถิ่น *B. subtilis* TU-Orga1 ร่วมในการปลูกข้าวแบบเกษตรอินทรีย์ ส่งผลให้ได้ผลผลิตข้าวเฉลี่ยสูงสุด 998.0 กิโลกรัม/ไร่ ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับเทคโนโลยีที่ 2, 3 และ 4 ที่มีปริมาณผลผลิตข้าว 846.8, 863.6 และ 750.1 กิโลกรัม/ไร่ ตามลำดับ ($p=0.05$) เช่นเดียวกันกับผลการทดลองในฤดูปลูกที่ 2 เทคโนโลยีที่ 1 ยังคงทำให้ได้ผลผลิตข้าวเฉลี่ย

สูงสุด 1,044 กิโลกรัม/ไร่ ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับเทคโนโลยีที่ 2, 3 และ 4 ที่มีปริมาณผลผลิตข้าว 899.1, 880.3 และ 805.0 กิโลกรัม/ไร่ ตามลำดับ ($p=0.05$) (รูปที่ 4ก) เมื่อพิจารณาจำนวนเมล็ดต่อรวงของข้าวในฤดูปลูกที่ 1 พบว่าเทคโนโลยีที่ 1 มีค่าเฉลี่ยน้ำหนัก 1,000 เมล็ดสูงสุด 27.4 กรัม มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p=0.05$) กับเทคโนโลยีที่ 2, 3 และ 4 ซึ่งมีค่าเฉลี่ยน้ำหนัก 1,000 เมล็ด เท่ากับ 21.2, 21.5 และ 17.9 กรัม ตามลำดับ สำหรับฤดูปลูกที่ 2 พบว่าเทคโนโลยีที่ 1 ยังมีค่าเฉลี่ยน้ำหนัก 1,000 เมล็ดสูงสุด 28.9 กรัม ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p=0.05$) กับเทคโนโลยีที่ 2, 3

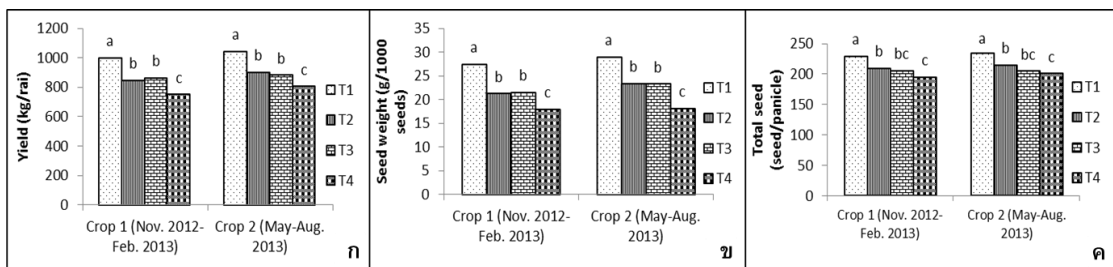
และ 4 ซึ่งมีค่าเฉลี่ยน้ำหนัก 1,000 เมล็ด เท่ากับ 23.4, 23.2 และ 18.1 กรัม ตามลำดับ (รูปที่ 4ข) ในทำนองเดียวกัน พบว่า จำนวนเมล็ดต่อรวงของเทคโนโลยีที่ 1 ก็มีค่าสูงสุดเท่ากับ 229.5 เมล็ด/รวง ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p=0.05$) กับเทคโนโลยีที่ 2, 3 และ 4 ที่มีค่าเฉลี่ยจำนวนเมล็ดต่อรวงเท่ากับ 209.6, 205.3 และ 194.8 เมล็ดต่อรวง ตามลำดับ เช่นเดียวกันกับฤดูปลูกที่ 2 เทคโนโลยีที่ 1 ก็มีค่าเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 234.5 เมล็ด/รวง ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p=0.05$) กับเทคโนโลยีที่ 2, 3 และ 4 ที่มีค่าเฉลี่ยจำนวนเมล็ดต่อรวงเท่ากับ 214.5, 204.9 และ 200.6 เมล็ด/รวง ตามลำดับ (รูปที่ 4ค)



รูปที่ 2 ประชากรแมลงพาหะนำโรคใบหงิกและแมลงศัตรูข้าวที่พบในฤดูปลูกที่ 1 ระหว่างเดือนพฤศจิกายน 2555 ถึงเดือนกุมภาพันธ์ 2556 ประกอบด้วยเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล (ก) เพลี้ยจักจั่นสีเขียว (ข) หนอนกอสีครีม (ค) ตั๊กแตน (ง) และหนอนห่อใบ (จ) ที่พบในแต่ละเทคโนโลยีที่ใช้จุลินทรีย์ท้องถิ่น และจุลินทรีย์สายพันธุ์ทางการค้า (T1-T3) เปรียบเทียบกับการปฏิบัติดั้งเดิมของเกษตรกร (T4)



รูปที่ 3 ประชากรแมลงพาหะและแมลงศัตรูข้าวที่พบในฤดูปลูกที่ 2 ระหว่างเดือนพฤษภาคม ถึงเดือนสิงหาคม 2556 ประกอบด้วยเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล (*Nilaparvata lugens*) (ก) เพลี้ยจักจั่นเขียว (*Nephotettix virescens*) (ข) และด้กแตนข้าว (*Hieroglyphus banian*) (ค) ที่พบในแต่ละเทคโนโลยีที่ใช้จุลินทรีย์ท้องถิ่นและจุลินทรีย์สายพันธุ์ทางการค้า (T1-T3) เปรียบเทียบกับการปฏิบัติดั้งเดิมของเกษตรกร (T4)

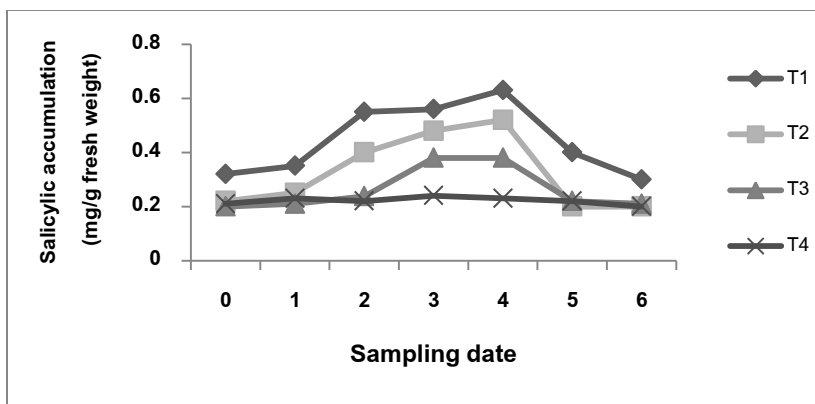


รูปที่ 4 ผลการใช้จุลินทรีย์ชนิดผง *Bacillus subtilis* TU-Orga1 (T1) *Pseudomonas fluorescens* SP007s (T2) และ *Beauveria bassiana* (T3) เปรียบเทียบกับการปฏิบัติแบบดั้งเดิมของเกษตรกร (T4) ต่อปริมาณผลผลิตข้าวพันธุ์ปทุมธานี 2 (ก) น้ำหนัก 1000 เมล็ด (ข) และจำนวนเมล็ดต่อรวง (ค) ในฤดูปลูกที่ 1 (ข้าว) และฤดูปลูกที่ 2 (ข้าว)

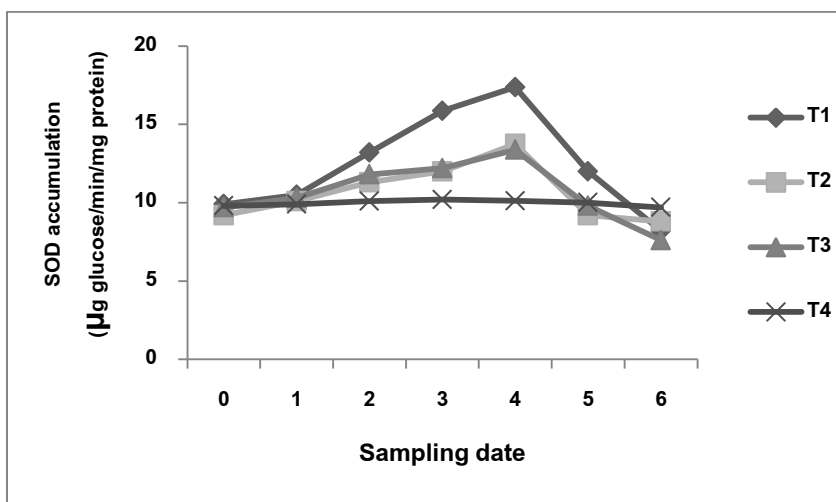
3.4 ประสิทธิภาพจุลินทรีย์ในการชักนำภูมิต้านทานโรคและแมลง

ผลการทดลองพบว่าเทคโนโลยีที่ 1 มีค่าเฉลี่ยปริมาณการสะสมเอนไซม์ 2 ชนิด ใน 2 ฤดูปลูกสูงที่สุด ($p=0.05$) โดยมีการเพิ่มขึ้นของปริมาณ SA สะสมสูงสุดในวันที่ 4 (ข้าวอายุ 34 วัน หลังปลูก) เท่ากับ 0.63 mg/g fresh weight (รูปที่ 5) และมีปริมาณการสะสมของเอนไซม์ SOD สูงสุด ในวันที่ 4 เท่ากับ 17.38 $\mu\text{g glucose/min/mg protein}$ รองลงมาคือเทคโนโลยีที่ 2 และ 3 ตามลำดับ มีการสะสมของ SA สูงสุดในวันที่ 4

เช่นกัน โดยมีปริมาณการสะสม เท่ากับ 0.52 และ 0.38 mg/g fresh weight ในขณะที่ SOD ของเทคโนโลยีที่ 2 และ 3 มีปริมาณการสะสมสูงสุดในวันที่ 4 (รูปที่ 6) โดยมีปริมาณการสะสมเท่ากับ 13.75 และ 13.38 $\mu\text{g glucose/min/mg protein}$ ตามลำดับ ซึ่งปริมาณการสะสมของเอนไซม์ SA และ SOD ให้ผลสอดคล้องไปในทิศทางเดียวกันความสามารถในการลดความรุนแรงของโรคใบหิกปริมาณประชากรแมลงพาหะและแมลงศัตรูที่สำคัญตลอดจนปริมาณผลผลิตที่เก็บเกี่ยวได้ให้ผลผลิตเพิ่มขึ้น 9-33 % แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับการ



รูปที่ 5 ผลการใช้จุลินทรีย์ชนิดผง *Bacillus subtilis* TU-Orga1 (T1) *Pseudomonas fluorescens* SP007s (T2) *Beauveria bassiana* (T3) เปรียบเทียบกับการปฏิบัติแบบดั้งเดิมของเกษตรกร (T4) ต่อค่าเฉลี่ยปริมาณการสะสมของฮอร์โมน salicylic acid ใน 2 ถูปลูก (ถูปลูกที่ 1 ระหว่างเดือนพฤศจิกายน 2555 ถึงเดือนกุมภาพันธ์ 2556 และถูปลูกที่ 2 ระหว่างเดือนพฤษภาคม ถึงเดือนสิงหาคม 2556)



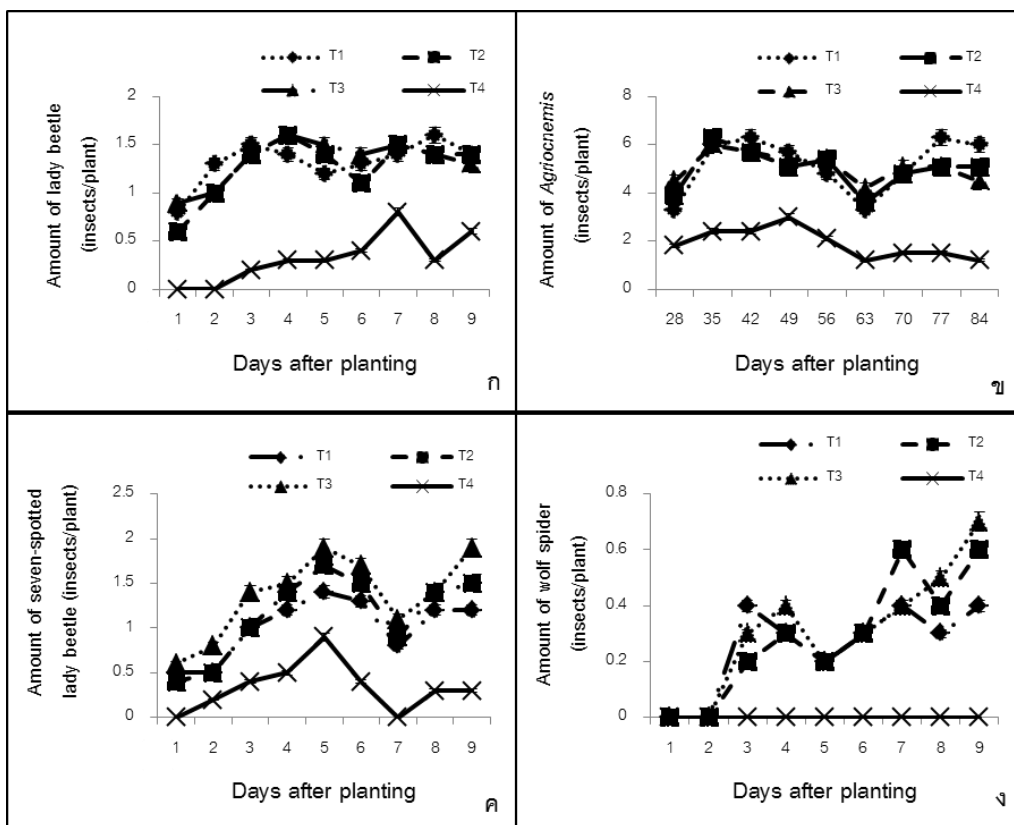
รูปที่ 6 ผลการใช้จุลินทรีย์ชนิดผง *Bacillus subtilis* TU-Orga1 (T1) *Pseudomonas fluorescens* SP007s (T2) *Beauveria bassiana* (T3) เปรียบเทียบกับการปฏิบัติแบบดั้งเดิมของเกษตรกร (T4) ต่อค่าเฉลี่ยปริมาณการสะสมของเอนไซม์ SOD ใน 2 ถูปลูก (ถูปลูกที่ 1 ระหว่างเดือนพฤศจิกายน 2555 ถึงเดือนกุมภาพันธ์ 2556 และถูปลูกที่ 2 ระหว่างเดือนพฤษภาคม ถึงเดือนสิงหาคม 2556)

ปฏิบัติดั้งเดิมของเกษตรกร (เทคโนโลยีที่ 4) การใช้เชื้อจุลินทรีย์ท้องถิ่นและสายพันธุ์ทางการค้าในการวิจัยครั้งนี้นอกจากจะชักนำให้พืชสะสมเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องในระบบภูมิคุ้มกันเพิ่มขึ้นและลดการ

ระบาดของโรคและแมลงศัตรูต่าง ๆ แล้ว ยังส่งผลให้พืชเจริญเติบโตได้รวดเร็วและให้ผลผลิตคุณภาพและปริมาณที่เพิ่มขึ้นดีกว่าการปฏิบัติดั้งเดิมของเกษตรกรที่มีผลต่อปริมาณผลผลิตข้าวเพียงด้าน

เดี่ยว เมื่อพิจารณาถึงการเพิ่มการสะสมเอนไซม์ ปกป้องตนเองของพืช อาจมีกลไกที่เกี่ยวข้อง แตกต่างกันระหว่างจุลินทรีย์แต่ละชนิด เช่น มีผล ต่อการสะสมสารที่ผนังเซลล์เกิดหนาและแข็งทำให้ เชื้อเข้าทำลายไม่ได้หรือสะสมสารที่เป็นสารฆ่าเชื้อ โรค (Buensanteai *et al.*, 2008) โดยการชักนำ การต้านทานของพืชนี้ทั้งที่มีความจำเพาะและไม่ จำเพาะเจาะจงต่อพืชด้วย การศึกษาแสดงว่า *B.*

subtilis TU-Orga1 ที่แยกเชื้อจากข้าวมีความ จำเพาะเจาะจงในการชักนำภูมิต้านทานต่อพืช อาศัยข้าว ในขณะที่ *P. fluorescens* SP007s และ *B. bassiana* จัดเป็น non-specific resistance เนื่องจากเป็นเชื้อที่แยกมาจากพืชอื่นแต่ยังสามารถ ชักนำภูมิต้านทานของข้าวได้ดี (Prathuangwong *et al.*, 2005)



รูปที่ 7 ประชากรของแมลงศัตรูธรรมชาติ ได้แก่ ตัวเต่าปีกลายหยัก (ก) แมลงปอเข็ม (ข) ตัวเต่าลายจุด (ค) และแมงมุม (ง) ที่สำรวจพบในฤดูปลูกที่ 1 ระหว่างเดือนพฤศจิกายน 2555 ถึงเดือนกุมภาพันธ์ 2556

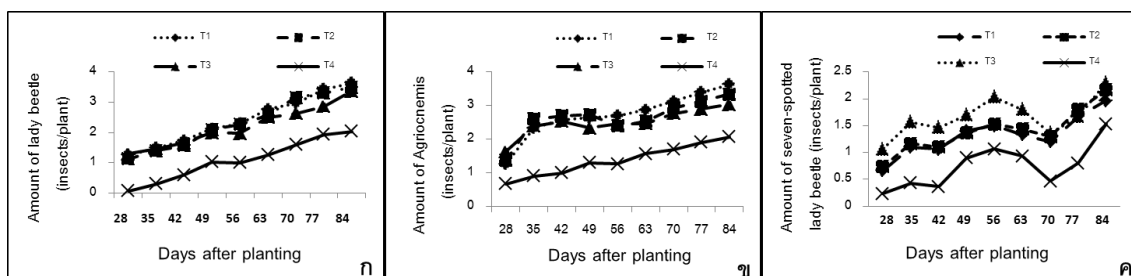
3.5 ผลของการใช้จุลินทรีย์ท้องถิ่นต่อ ปริมาณศัตรูธรรมชาติ

การใช้จุลินทรีย์ท้องถิ่น *B. subtilis* TU-Orga1 (เทคโนโลยีที่ 1) และจุลินทรีย์สายพันธุ์ทาง

การค้า *P. fluorescens* SP007s และ *B. bassiana* (เทคโนโลยีที่ 2 และ 3 ตามลำดับ) ไม่มีผลกระทบต่อแมลงศัตรูธรรมชาติทั้ง 2 ฤดูปลูก โดยพบว่าใน ฤดูปลูกที่ 1 เทคโนโลยีที่ใช้จุลินทรีย์สายพันธุ์ต่าง ๆ

มีการสำรวจพบประชากรแมลงศัตรูธรรมชาติ ได้แก่ ตัวง่าปีกลายหยัก แมลงปอเข็ม ตัวง่าลายจุด และแมงมุมทุกสัปดาห์ที่ทำการสำรวจ แต่การปฏิบัติดั้งเดิมของเกษตรกรที่มีการใช้สารเคมีควบคุมแมลงศัตรูพืช (เทคโนโลยีที่ 4) จะพบจำนวนแมลงศัตรูธรรมชาติน้อยกว่า (รูปที่ 7) โดยในฤดูปลูกที่ 2 ก็ให้ผลการทดลองในทำนองเดียวกัน การใช้จุลินทรีย์ท้องถิ่นและจุลินทรีย์สายพันธุ์ทางการค้า (เทคโนโลยีที่ 1-3) ส่งผลให้มีจำนวนประชากรของแมลงศัตรูธรรมชาติสูงกว่าการปฏิบัติดั้งเดิมของ

เกษตรกร (เทคโนโลยีที่ 4) โดยแมลงศัตรูธรรมชาติที่พบในฤดูปลูกที่ 2 ได้แก่ ตัวง่าปีกลายหยัก แมลงปอเข็ม และตัวง่าลายจุด (รูปที่ 8) ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าจุลินทรีย์ท้องถิ่นและจุลินทรีย์สายพันธุ์คุณภาพไม่มีพิษตกค้างต่อแมลงมีประโยชน์ชนิดอื่น และไม่ตกค้างในสภาพธรรมชาติทำให้แมลงศัตรูธรรมชาติมีปริมาณเพิ่มขึ้น และสามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการควบคุมแมลงได้ด้วยเช่นกัน (ปรีชา และคณะ, 2538; ปรีชา, 2545)



รูปที่ 8 ประชากรของแมลงศัตรูธรรมชาติ ได้แก่ ตัวง่าปีกลายหยัก (ก) แมลงปอเข็ม (ข) และตัวง่าลายจุด (ค) ที่สำรวจพบในฤดูปลูกที่ 2 ระหว่างเดือนพฤษภาคม ถึงเดือนสิงหาคม 2556

3.6 ปริมาณสารตกค้างในผลผลิต

การทดสอบประสิทธิภาพในสภาพไร่ โดยใช้จุลินทรีย์ท้องถิ่น *B. subtilis* TU-Orga1 (เทคโนโลยีที่ 1) และจุลินทรีย์สายพันธุ์ทางการค้า *P. fluorescens* SP007s และ *B. bassiana* (เทคโนโลยีที่ 2 และ 3 ตามลำดับ) ร่วมในระบบการปลูกข้าวตามแนวทางเกษตรอินทรีย์ เปรียบเทียบกับการปฏิบัติดั้งเดิมของเกษตรกรที่มีการใช้สารเคมีในการควบคุมโรคและแมลงทุกสัปดาห์และใช้ปุ๋ยยูเรีย 100 % (เทคโนโลยีที่ 4) หลังจากนั้นนำเมล็ดข้าวที่ได้จากแต่ละกรรมวิธีตรวจหาสารเคมีตกค้างตามมาตรฐานสินค้าเกษตรส่งออก พบว่าไม่พบสารตกค้างกลุ่ม organophosphate, pyrethroid และ endosulfan ซึ่งทดสอบทั้งหมด 13 ชนิด ใน

เมล็ดข้าวที่สุ่มจากทุกเทคโนโลยี และไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญระหว่างเทคโนโลยีที่ใช้ จุลินทรีย์สายพันธุ์ต่าง ๆ และการปฏิบัติดั้งเดิมของเกษตรกร (ตารางที่ 2)

4. สรุป

จากผลการทดลองทั้ง 2 ฤดูปลูก แสดงให้เห็นว่าจุลินทรีย์สายพันธุ์ต่าง ๆ ชนิดผง โดยเฉพาะ *B. subtilis* TU-Orga1 มีประสิทธิภาพในการควบคุมโรคใบหงิกซึ่งมีเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลเป็นพาหะนำโรคได้ดีกว่าการใช้สารเคมี เนื่องจากการใช้ชีววิธีร่วมกับกระบวนการปลูกข้าวตามแนวทางเกษตรอินทรีย์ซึ่งก่อนทำการทดลองแมลงศัตรูข้าวต่าง ๆ โดยเฉพาะเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลระบาด

รุนแรง ตีต่อสารเคมี จนกระทั่งใช้สารเคมีไม่ได้ผล รวมทั้งแมลงศัตรูพืชสามารถหลบซ่อนตามซอกใบ และที่ก้างต่าง ๆ ได้ดี ทำให้สารเคมีเข้าไม่ถึง ขณะเดียวกันการใช้จุลินทรีย์มีข้อดี คือ สามารถทำงานได้แม้ในที่ที่สารเคมีเข้าไม่ถึง และไม่ทำให้แมลงศัตรูพืชตีต่อจุลินทรีย์หรือมีค่อนข้างน้อย แสดงให้เห็นว่าเทคโนโลยีการใช้จุลินทรีย์ *B. subtilis* TU-Orga1, *P. fluorescens* SP007s และ *B.*

bassiana ที่คิดค้นและทดลองในสภาพแปลงในฤดูปลูกที่ 1 และ 2 สามารถลดความเสียหายที่เกิดจากเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลซึ่งเป็นพาหะนำโรคใบหงิก และแมลงศัตรูข้าวที่สำคัญอื่น ๆ ในแต่ละฤดูปลูกได้ รวมถึงยังเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมซึ่งแสดงผลโดยปริมาณของแมลงศัตรูธรรมชาติ และการตรวจไม่พบปริมาณสารพิษตกค้างในผลผลิตและสภาพแวดล้อม

ตารางที่ 2 การตรวจสอบสารตกค้างในแต่ละเทคโนโลยี^{1/}

กลุ่มสารเคมี	เทคโนโลยีที่ 1	เทคโนโลยีที่ 2	เทคโนโลยีที่ 3	เทคโนโลยีที่ 4
Organophosphate Group				
Methamidophos	ND	ND	ND	ND
Dimethoate	ND	ND	ND	ND
Chlorpyrifos	ND	ND	ND	ND
Parathion-methyl	ND	ND	ND	ND
Malathion	ND	ND	ND	ND
Parathion ethyl	ND	ND	ND	ND
Profenofos	ND	ND	ND	ND
Ethion	ND	ND	ND	ND
Triazophos	ND	ND	ND	ND
Pyrethroid Group				
Deltamethrin	ND	ND	ND	ND
Cypermethrin	ND	ND	ND	ND
Cyfluthrin	ND	ND	ND	ND
Other				
Endosulfan	ND	ND	ND	ND

^{1/}ND = ตรวจไม่พบสารตกค้าง และรายละเอียดเทคโนโลยีแสดงในตารางที่ 1

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษาที่ให้การสนับสนุนโครงการวิจัยและนวัตกรรมเพื่อถ่ายทอดสู่ชุมชนฐานรากปี 2555 และกองทุนวิจัยมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ประจำปี

2555 ฉบับที่ ทป 19/2555, ทป 2/8/2557 และโครงการพัฒนานักวิจัยและงานวิจัยเพื่ออุตสาหกรรม-พวอ. ระดับปริญญาโท สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย โครงการอิทธิพลของเชื้อ *Bacillus* sp. ในการกระตุ้นการสังเคราะห์สารกาบา

เพื่อควบคุมโรคใบขีดโปร่งแสงของข้าวและการพัฒนาผลิตภัณฑ์ข้าวกล้องงอกคุณภาพสูง สัญญาเลขที่ MSD5610110 และบริษัทไบรง ฟรุต อินดัสทรี จำกัด

6. รายการอ้างอิง

- กรมการข้าว, 2545, เกษตรดีที่เหมาะสมสำหรับข้าวนาชลประทาน, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ, 42 น.
- กองกัญและสัตววิทยา, 2539, รายงานผลการค้นคว้าวิจัยการป้องกันกำจัดเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล, โครงการป้องกันกำจัดเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลและโรคใบหงิก พ.ศ. 2534-2539, กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ, 189 น..
- ดุสิต อธิณัฐ, จตุพร บุณณดากุล และปาริชาติ สถิตธรรมพนา, 2555, ประสิทธิภาพแบคทีเรียปฏิบัณ์ *Bacillus subtilis* สายพันธุ์ TU-Orga1 ในการส่งเสริมการเจริญเติบโตและควบคุมโรคขอบใบแห้งและใบขีดโปร่งแสงของข้าว, น. 58-59, ใน การประชุมวิชาการธรรมชาติวิทยา, หอประชุมกองทัพเรือ, กรุงเทพฯ.
- ธีระ สุตะบุตร, 2532, โรคไวรัสและโรคคล้ายไวรัสของพืชสำคัญในประเทศไทย, ภาควิชาโรคพืช คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- นวลศรี โชตินันท์, 2557, จดหมายข่าวผลใบก้าวหน้าการวิจัยและพัฒนาการเกษตร, กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.
- นลินา เหมสนิท, 2554, การใช้เชื้อแบคทีเรียปฏิบัณ์ *Pseudomonas fluorescens* SP007s ชักนำให้คะน้ำเกิดความต้านทานต่อโรคและแมลงศัตรูพืช, วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- ปรีชา วังศิลาบัตร, 2545, นิเวศวิทยาของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลและการควบคุมปริมาณ, กองกัญและสัตววิทยา, กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.
- ปรีชา วังศิลาบัตร, สุวัฒน์ รวยอารีย์, เรวัต ภัทรสุทธิ, เณริมวงศ์ ธีระวัฒน์ และวนิช ยาคาลัย, 2538, มิตรและศัตรูของชาวนา, น. 22-23, ใน ศัตรูธรรมชาติของแมลงศัตรูข้าวที่สำคัญ, กองกัญและสัตววิทยา กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.
- ปาริชาติ สถิตธรรมพนา, วิลาวรรณ เชื้อบุญ และดุสิต อธิณัฐ, 2555, ลักษณะและประสิทธิภาพของแบคทีเรียที่มีประโยชน์ควบคุมเชื้อ *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* สาเหตุโรคขอบใบแห้งของข้าว, ใน การประชุมวิชาการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ครั้งที่ 10, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, ปทุมธานี.
- รัชฎาวรรณ เดชมณี และสุดฤดี ประเทืองวงศ์, 2546, การศึกษาลักษณะบางประการของสาร secondary metabolites ที่ผลิตโดย *Bacillus firmus* ในการยับยั้งเชื้อ *Xanthomonas campestris* pv. *glycines*, น. 117, ใน การประชุมวิชาการอารักขาพืช ครั้งที่ 6, มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.
- สมใจ พิริยะประสาธน์ และสุดฤดี ประเทืองวงศ์, 2546, ประสิทธิภาพของเชื้อแบคทีเรียจากดินปลวกที่มีแนวโน้มเป็นเชื้อปฏิบัณ์และส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชวงศ์อะคาเซีย, น. 116, ใน การประชุมวิชาการอารักขาพืช ครั้งที่ 6, มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.
- สุวัฒน์ รวยอารีย์, 2544, เรียนรู้การจัดการแมลงศัตรูข้าวโดยวิธีผสมผสาน, น.134-147, ใน เอกสารวิชาการ กสสว-006-2544.

สำนักวิจัยและพัฒนาข้าว กรมการข้าว, พันธุ์ข้าว,
แหล่งที่มา : [http://www.brrd.in.th/rkb/
varieties/index.php.html](http://www.brrd.in.th/rkb/varieties/index.php.html), 22 มีนาคม 2555.

Baskin, S.I., Kelly, J.B., Maliner, B.I.,
Rockwood, G.A. and Zoltani, C.K., 2008,
Cyanide poisoning, pp. 371-41, In
Tuorinsky, S.D. (Ed.), Textbook of Military
Medicine: Medical Aspects of Chemical
Warfare, Office of The Surgeon General
at TMM Publications, Borden Institute,
Washington D.C.

Denno, R.F., Roderick, G.K., Olmstead, K.L.
and Dobel, H.G., 1991, Density-related
migration in planthoppers (Homoptera:
Delphacidae): The role of habitat
persistence, Am. Nat. 138: 1513-41.

Dhindsa, R.S., Plumb-Dhindsa, P. and Thorpe,
T.A., 1981, Leaf senescence: correlation
with increased levels of membrane
permeability and lipid peroxidation and
decreased levels of superoxide dismutase
and catalase, J. Exp. Bot. 32: 93-101.

Prathuangwong, S., Chatnaparat, T.,
Pupakdeepon, W., Hemsanit, N., Kasem,
S., Hirata, H. and Tsuyumu, S., 2010,
Combining *Pseudomonas fluorescens*
SP007s product and manure mixed
SP007s improves disease control and
effects defense related enzymes of rice, In
Proceedings of the 2nd Joint Seminar
in

Asian Core Program, Khon Kaen, P100.

Prathuangwong, S., Kasem, S., Thowthampitak,
J. and Athinuwat, D., 2005, Multiple plant
response to bacterial mediated protection
against various diseases, J. of ISSAAS
11: 79-87.

Silverman, K., Wong, C.J., Grabinski, M.J.,
Hampton, J., Sylvest, C.E and Dillon, E.M.,
2005, A web-based therapeutic workplace
for the treatment of drug addiction and
chronic unemployment, Behav. Modif., 29:
417-463.

Tatyane, S., Valdman, E., Valdman, B. and
Selma, G.F.L., 2007, Salicylic acid
degradation from aqueous solution using
Pseudomonas fluorescens HK44:
Parameter study and application tools,
Brazil J. Microbiol. 38: 39-44.

Thomas, C.S., Nelson, N.P., Gary, C.J.,
Tianchan, N. and David, M.H., 2011, Use
of media and public-domain Internet
sources for detection and assessment of
plant health threats, Emer. Health Threats
J. 4:7157.

Velikova, V., Yordanov, I. and Edreva, A.,
1999, Oxidative stress and some
antioxidant systems in acid rain-treated
bean plants: Protective role of exogenous
polymines, Plant Sci. 151: 59-66.