การใช้ชีวภัณฑ์ชนิดผงจากดินขาวสำหรับย่อยฟางข้าว และควบคุมโรคขอบใบแห้งในระบบการปลูกข้าวอินทรีย์

Application of China Clay Based Bioformula to Straw Decomposition and Bacterial Leaf Blight Control in Organic Rice Cultivation System

ดุสิต อธินุวัฒน์*

สาขาเทคโนโลยีการเกษตร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต ตำบลคลองหนึ่ง อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี 12120

ศิระประภา มหานิล

สำนักวิชาวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง ตำบลท่าสุด อำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย 57100

Dusit Athinuwat*

Department of Agricultural Technology, Faculty of Science and Technology, Thammasat University, Rangsit Centre, Khlong Nueng, Khlong Luang, Pathum Thani 12120

Siraprapa Brooks

School of Science, Mae Fah Luang University, Tha Sut, Muang, Chiang Rai 57100

Received: August 14, 2018; Accepted: September 12, 2018

บทคัดย่อ

ต้นแบบชีวภัณฑ์ชนิดผงสำหรับย่อยฟางข้าวและควบคุมโรคขอบใบแห้งของข้าวประกอบด้วย *Bacillus subtilis*, *Aspergillus* sp., *Azotobacter* sp., *Saccharomyces cerevisiae* และ *Trichoderma* sp. ซึ่งได้นำมาประเมินประสิทธิภาพการย่อยสลายตอซังฟางข้าวและศึกษาประสิทธิภาพของชีวภัณฑ์ต้นแบบชนิดผง ในการควบคุมโรคขอบใบแห้งพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 เปรียบเทียบกับน้ำหมักชีวภาพของเกษตรกรที่ผลิตจากเศษผักและน้ำชีวภัณฑ์ที่มีจำหน่ายเป็นการค้า โดยศึกษาวิจัยในสภาพไร่นา จังหวัดปทุมธานี ระหว่างช่วงเดือนตุลาคม พ.ศ. 2558 ถึงเดือนมกราคม พ.ศ. 2559 (ฤดูปลูก 1) และช่วงเดือนเมษายนถึงกรกฎาคม พ.ศ. 2559 (ฤดูปลูก 2) โดยวางแผนการทดลองแบบ randomized complete block design (RCBD) ผลการทดลองพบว่าการใช้ชีวภัณฑ์ต้นแบบชนิดผงส่งผลให้ดินในนาข้าวมีค่าอัตราการย่อยสลายและค่าครึ่งชีวิตสูงกว่ากรรมวิธีควบคุมอย่างแตกต่างกันทางสถิติ ($p = 0.05$) นอกจากนี้ผลิตภัณฑ์ชีวภาพยังมีประสิทธิภาพส่งเสริมให้ต้นข้าวมีความสูงของต้น จำนวนรากแขนง น้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง จำนวนต้นต่อกอ จำนวนเมล็ดต่อรวง และมีประสิทธิภาพในการควบคุมโรคขอบใบแห้ง ซึ่งแตกต่างทางสถิติกับกรรมวิธีควบคุม ($p = 0.05$) จัดเป็นผลกระทบเชิงบวกของผลิตภัณฑ์ชีวภาพสูตรผง ในการย่อยสลายตอซังฟางข้าวและควบคุมโรคขอบใบแห้งอย่างยั่งยืน

**Corresponding author: athinova6@hotmail.com*

คำสำคัญ : ชีวภัณฑ์ชนิดผง; ย่อยฟางข้าว; โรคขอบใบแห้ง

Abstract

New bioproduct consisted of *Bacillus subtilis*, *Aspergillus* sp., *Azotobacter* sp., *Saccharomyces cerevisiae*, and *Trichoderma* sp. was evaluated for degrading of rice stubble and controlling bacterial leaf blight of rice cultivar Khao Dawk Mali 105 compared to bioorganic liquid produced by farmers and commercial produced under paddy field conditions. The investigation was carried out at Pathum Thani during October, 2015-January, 2016 and April-July, 2016 using Randomized Complete Block Design (RCBD). After microbial powder formula (bioproduct) was used the result revealed the soil property as degradation rate and half-life tended to be higher than that of the control treatment ($p = 0.05$). The treatment of bioproduct increased plant height, number of lateral roots, stem fresh weight, stem dry weight, tiller number per hill, seed number per spike when compared with those of the control treatments ($p = 0.05$). Moreover, bacterial leaf blight was controlled by the bioproduct under field conditions. It would be the positive impacts of new bioproduct in degrading rice stubble and sustainable controlling bacterial leaf blight control.

Keywords: bioproduct powder formula; straw decomposition; bacterial leaf blight

1. คำนำ

สถานการณ์ภัยแล้งส่งผลกระทบต่อการเพาะปลูกข้าวนาปรังมาตั้งแต่ช่วงปลายปี พ.ศ. 2557 จนถึงช่วงต้นฤดูกาลเพาะปลูกข้าวนาปี ปีเพาะปลูก 2558/2559 กระทรวงเกษตรและสหกรณ์จึงได้ขอความร่วมมือเกษตรกรให้งดการปลูกข้าวนาปรัง ปีเพาะปลูก 2557/2558 ในเขตลุ่มน้ำเจ้าพระยาจำนวน 22 จังหวัด ส่งผลให้ปี พ.ศ. 2557 ผลผลิตข้าวไทยลดลงจากปีก่อนร้อยละ 3.1 ขณะที่ผลผลิตข้าวโลกเพิ่มขึ้นจากปีก่อนร้อยละ 2.0 ส่วนการส่งออกข้าวไทยทั้งปริมาณและมูลค่าส่งออกเพิ่มขึ้นร้อยละ 65.9 และ 30.6 ตามลำดับ เนื่องจากราคาส่งออกข้าวของไทยใกล้เคียงกับประเทศคู่แข่งส่งผลให้นำเข้าข้าวจากไทยเพิ่มขึ้น (กองนโยบายและแผนพัฒนาการเกษตร สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2558) ซึ่งปัญหาภัยแล้งเกิดได้โดยธรรมชาติและโดยการกระทำของมนุษย์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการตัดไม้ทำลายป่าและสภาวะเรือนกระจก (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2558) รวมทั้งการเผาฟางข้าวหลังการเก็บเกี่ยวนับเป็นการปฏิบัติทางการเกษตรซึ่งเป็นการเพิ่มปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศ และเป็นตัวการสำคัญในการเกิดปรากฏการณ์เรือนกระจกอีกสาเหตุหนึ่ง (ฉันฐิสา, 2540) ยิ่งไปกว่านั้นการเผาฟางข้าว ส่งผลกระทบต่อความอุดมสมบูรณ์ของดิน ทั้งโครงสร้างดินและสมบัติทางชีวเคมีของดิน ตลอดจนทำให้เกิดความไม่สมดุลของระบบนิเวศ โดยเฉพาะส่งผลให้จุลินทรีย์ดิน จุลินทรีย์ปฏิปักษ์ แมลงศัตรูธรรมชาติ และธาตุอาหารในดินถูกทำลาย จึงทำให้มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำและปริมาณอินทรียวัตถุยังแปรผันตรงกับปริมาณไนโตรเจน ซึ่งเป็นธาตุอาหารหลักในการเจริญเติบโตของต้นข้าว ทำให้ข้าวมีการเจริญเติบโตไม่ตรงตามลักษณะทางพันธุกรรมและเกิดปัญหาการระบาดของโรคและแมลงศัตรูพืช โดยเฉพาะ

อย่างยิ่งโรคขอบใบแห้ง ซึ่งเกิดจาก *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* ที่จะทำให้ผลผลิตข้าวเสียหายถึง 80 % (พากเพียร และคณะ, 2552)

การควบคุมโรคขอบใบแห้งนิยมใช้สารเคมี bacbicure (Canoron) อัตรา 30 กรัม/น้ำ 20 ลิตร (พากเพียร และคณะ, 2552) ซึ่งสารเคมีดังกล่าวออกฤทธิ์ 2 แนวทาง คือ กระตุ้นภูมิต้านทานพืช และยับยั้งเชื้อโรค แต่เมื่อสภาพแวดล้อมเหมาะสมในการเกิดโรคขอบใบแห้ง เชื้อสาเหตุจะเจริญได้ดีในสภาพธรรมชาติ และสารเคมีดังกล่าวเน้นการใช้เพื่อป้องกันโรค รวมทั้งเกษตรกรขาดประสบการณ์ในการวินิจฉัยโรคพืช จึงไม่ทันสถานการณ์การระบาดและทำให้การควบคุมโรคมักไม่ได้ผล ประกอบกับผู้บริโภคส่วนใหญ่ตระหนักถึงสุขภาพและพิษภัยของสารเคมีที่จะตกค้างในผลผลิตและสิ่งแวดล้อม เกษตรกรจึงหันมาทำการปลูกข้าวแบบเกษตรอินทรีย์ ซึ่งเน้นไถกลบฟางข้าวและการรักษาสมดุลธรรมชาติ ให้เกิดการควบคุมกันเองในระบบนิเวศ รวมทั้งใช้ชีววิธีในการควบคุมโรค แต่การไถกลบฟางข้าวต้องใช้เวลาย่อยสลาย 3-4 สัปดาห์ คณะผู้วิจัยจึงคิดค้นผลิตภัณฑ์ชีวภาพชนิดของเหลว สำหรับย่อยสลายฟางข้าวประกอบด้วย *Bacillus subtilis*, *Azotobacter* sp., *Saccharomyces cerevisiae*, *Aspergillus* sp. และ *Trichoderma* sp. เมื่อนำไปย่อยสลายฟางข้าว ทำให้ที่มีค่าเฉลี่ยค่าคงที่อัตราการย่อยสลายสูงสุด (k) เท่ากับ 0.064 แตกต่างทางสถิติกับกรรมวิธีควบคุม ($p = 0.05$) และเมื่อพิจารณาจากค่าครึ่งชีวิต (half-life) พบว่าการฝังกลบฟางข้าวร่วมกับผลิตภัณฑ์ชีวภาพชนิดของเหลวนั้นมีค่าครึ่งชีวิตเท่ากับ 13.1 ซึ่งสั้นกว่ากรรมวิธีที่ฝังกลบฟางข้าวเพียงอย่างเดียว มีค่าครึ่งชีวิตเท่ากับ 15.6 วัน นอกจากนี้ผลิตภัณฑ์ชีวภาพดังกล่าวยังมีศักยภาพในการเพิ่มปริมาณธาตุอาหารในดินและเพิ่มปริมาณอินทรียวัตถุจากการย่อยสลายตอซังฟางข้าว เพื่อส่งเสริมการเจริญเติบโตต้นข้าวและเพิ่มผลผลิตข้าวอย่างยั่งยืน ส่งเสริมให้ต้นข้าวมีความสูงต้น จำนวนรากแขนง น้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง จำนวนต้นต่อกอ จำนวนเมล็ดต่อรวง และน้ำหนัก 1,000 เมล็ด ซึ่งแตกต่างทางสถิติกับกรรมวิธีควบคุม ($p = 0.05$) (จตุพร และคณะ, 2555) อย่างไรก็ตาม ผลิตภัณฑ์ชีวภาพดังกล่าวยังไม่สะดวกกับการขนส่งและอายุการเก็บรักษาสั้น คณะผู้วิจัยจึงพัฒนาชีวภัณฑ์ชนิดผงสำหรับย่อยฟางข้าวและควบคุมโรคแบคทีเรียที่สำคัญของข้าว (กระบวนการพัฒนาอยู่ระหว่างการจดสิทธิบัตร) เพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าว การศึกษาวิจัยครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบประสิทธิภาพชีวภัณฑ์ชนิดผงสำหรับย่อยฟางข้าว และควบคุมโรคแบคทีเรียที่สำคัญของข้าว ในพื้นที่จังหวัดปทุมธานี อันจะเป็นประโยชน์ต่อเกษตรกรผู้ปลูกข้าว ทั้งแบบเกษตรอินทรีย์และเกษตรดีที่เหมาะสม (GAP) เพื่อลดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ลดการระบาดของโรคพืช และลดต้นทุนการผลิต รวมทั้งเป็นการสนับสนุนและขยายพื้นที่การผลิตพืชตามแนวเกษตรอินทรีย์ อีกทั้งเป็นต้นแบบกับภาคเอกชน ในการผลิตชีวภัณฑ์ทางการค้าต่อไป

2. อุปกรณ์และวิธีการ

2.1. ประสิทธิภาพการใช้ชีวภัณฑ์ต้นแบบชนิดผงในการควบคุมโรคขอบใบแห้งในสภาพไร่

2.1.1 วางแผนการทดลอง

การศึกษาประสิทธิภาพการใช้ชีวภัณฑ์ชนิดผงสำหรับย่อยฟางข้าวและควบคุมโรคแบคทีเรียที่สำคัญของข้าว ในการควบคุมโรคขอบใบแห้งของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ105 จากการเข้าทำลายของโรคในสภาพธรรมชาติ 2 ฤดูปลูก ได้แก่ ช่วงเดือนตุลาคม พ.ศ. 2558 ถึงเดือนมกราคม พ.ศ. 2559 และช่วงเดือนเมษายนถึงเดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2559 ณ แปลงเกษตรกรหมู่ 7 ตำบลคลองเจ็ด อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี ซึ่งพื้นที่นี้เป็น

ตัวแทนพื้นที่ที่นิยมเผาฟางข้าวและมีโรคขอบใบแห้งระบาดอยู่เป็นประจำ โดยวางแผนการทดลองแบบ randomized complete block design (RCBD) ประกอบด้วย 7 กรรมวิธี กรรมวิธีละ 5 ซ้ำ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้ (1) กรรมวิธี T1 หมักฟางข้าวหลังร่วมกับพ่นใบ 3 ครั้ง (เมื่อข้าวอายุ 40, 60 และ 90 วันหลังปลูก) ด้วยชีวภัณฑ์ต้นแบบชนิดผงร่วมกับการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ (2) กรรมวิธี T2 หมักฟางข้าวร่วมกับพ่นใบ 5 ครั้ง (เมื่อข้าวอายุ 15, 40, 60, 75 และ 90 วันหลังปลูก) ด้วยชีวภัณฑ์ต้นแบบชนิดผงร่วมกับการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ (3) กรรมวิธี T3 หมักฟางข้าวร่วมกับพ่นใบ 3 ครั้ง (เมื่อข้าวอายุ 40, 60 และ 90 วันหลังปลูก) ด้วยน้ำหมักชีวภาพของเกษตรกรที่ผลิตจากเศษผักร่วมกับการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ (4) กรรมวิธี T4 หมักฟางข้าวร่วมกับพ่นใบ 5 ครั้ง (เมื่อข้าวอายุ 15, 40, 60, 75 และ 90 วันหลังปลูก) ด้วยน้ำหมักชีวภาพของเกษตรกรที่ผลิตจากเศษผักร่วมกับการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ (5) กรรมวิธี T5 หมักฟางข้าวร่วมกับพ่นใบ 3 ครั้ง (เมื่อข้าวอายุ 40, 60 และ 90 วันหลังปลูก) ด้วยชีวภัณฑ์ที่มีจำหน่ายเป็นการค้าร่วมกับการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ (6) กรรมวิธี T6 หมักฟางข้าวร่วมกับพ่นใบ 5 ครั้ง (เมื่อข้าวอายุ 15, 40, 60, 75 และ 90 วันหลังปลูก) ด้วยชีวภัณฑ์ที่มีจำหน่ายเป็นการค้าร่วมกับการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ และ (7) กรรมวิธี T7 ไถกลบฟางข้าวร่วมกับการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ ทั้งนี้ปริมาณฟางข้าวที่ใช้ศึกษาวิจัยครั้งนี้เท่ากับ 200 กิโลกรัมต่อไร่ อัตราการใช้ชีวภัณฑ์ 50 กรัมต่อน้ำ 20 ลิตร และอัตราการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ 500 กิโลกรัมต่อไร่ โดยการปลูก การดูแลรักษา การป้องกันกำจัดโรคและแมลง ตลอดจนการเก็บเกี่ยวจะปฏิบัติตามวิธีการดั้งเดิมของเกษตรกร

2.1.2 การเตรียมพื้นที่ปลูก

แบ่งแปลงทดลองในแต่ละพื้นที่ออกเป็น block จำนวน 5 block โดยแต่ละ block ประกอบด้วยแปลงย่อยขนาด 10 x 10 เมตร จำนวน 7 แปลง โดยเกลี่ยดินให้ทุกแปลงย่อยมีความสม่ำเสมอกัน จากนั้นนำพลาสติกขนาดความสูง 150 เซนติเมตร มาฝังลงไปในดิน 30 เซนติเมตร แล้วใช้ดินกลบปลายข้างล่างของทั้งสองด้านให้แน่น กั้นแต่ละแปลงเพื่อป้องกันการซึมของน้ำในแปลงทดลอง จะได้หน่วยทดลองย่อยขนาด 10 x 10 เมตร ปลูกข้าวพันธุ์หอมมะลิ105 แบบนาดำ โดยใช้ต้นกล้าอายุ 15 วัน ปักดำกอละ 1 ต้น ใช้ระยะปลูกที่ 25 x 25 เซนติเมตร

2.1.3 การเก็บข้อมูล

เก็บข้อมูลทั้งหมด 3 ข้อมูลหลัก คือ (1) ด้านการเจริญเติบโตต้นข้าว ได้แก่ ความสูงต้น จำนวนราก น้ำหนักแห้ง น้ำหนักสด และจำนวนต้นต่อกอ (2) ข้อมูลผลผลิต ได้แก่ น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งต่อต้น จำนวนเมล็ดต่อรวง และผลผลิตต่อไร่ และ (3) ข้อมูลด้านการระบาดของโรคขอบใบแห้งจากเชื้อ *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* ในสภาพธรรมชาติโดยจดบันทึกความรุนแรงโรคตามพื้นที่ใบที่เสียหายจากการเข้าทำลายของโรค ในวันแรกที่ข้าวแสดงอาการโรค และเก็บข้อมูลความรุนแรงโรคทุกสัปดาห์ คำนวณความรุนแรงโรคด้วยวิธี area under disease progress curve (AUDPC) นำข้อมูลที่ได้ทั้งหมดมาวิเคราะห์ความแปรปรวนด้วยวิธี analysis of variance และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's new multiple range test

2.1.4 วิเคราะห์ปริมาณ salicylic acid (SA) ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

นำตัวอย่างใบข้าวอายุ 15, 40, 60, 75 และ 90 วัน ที่เก็บมาในแต่ละกรรมวิธีมาบดให้ละเอียดใน 90 % (v/v) methanol อัตราใบข้าว 1 กรัม/90 % (v/v) methanol 2.5 มิลลิลิตร จากนั้นนำมา centrifuge ที่ 15,000 x g เป็นเวลา 15 นาที นำส่วนที่เป็น pellet ที่เหลือจากการ centrifuge ครั้งแรก นำมาสกัดใน 100 % (v/v) methanol และ

centrifuge ที่ 15,000 x g เป็นเวลา 15 นาที อีกครั้ง นำส่วนที่เป็น supernatants มาละลายใน 90 % methanol จากนั้นใช้ thin layer chromatography เป็นตัวแยกสารละลาย พร้อมกับเตรียม standard SA ละลายใน 90 % methanol เพื่อเปรียบเทียบกับสารละลายที่ได้ และวิเคราะห์ระดับของ SA ตามวิธีของ Schneider-Müller และคณะ (1994) ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างสาร SA ที่ชีวภัณฑ์ต้นแบบ กระตุ้นให้พืชสร้างขึ้นกับความรุนแรงของโรคที่เกิดขึ้นในธรรมชาติ

2.2 ประสิทธิภาพชีวภัณฑ์ต้นแบบชนิดผงในการย่อยฟางข้าวในสภาพไร่

สับฟางข้าวให้มีขนาด 5 เซนติเมตร บรรจุลงในถุงตาข่ายไนลอนขนาด 15 x 15 เซนติเมตร ถุงละ 50 กรัม ฝังกลบตัวอย่างในดินลึก 15 เซนติเมตร ลงในแต่ละแปลงของแต่ละกรรมวิธี ทั้ง 2 ฤดูปลูก ทั้งนี้ควบคุมความชื้น อุณหภูมิ และความเป็นกรด-ด่าง ของดินในแต่ละกรรมวิธี เก็บถุงตาข่ายไนลอนที่บรรจุตัวอย่างซากพืช 50 กรัม ที่ได้ฝังในดินลึก 15 เซนติเมตร ในทุก 5 วัน เป็นเวลา 20 วัน นำซากพืชที่เหลือในแต่ละช่วงเวลาอบที่อุณหภูมิ 85 °C เพื่อไล่ความชื้นจนน้ำหนักคงที่ ชั่งน้ำหนักแห้ง น้ำหนักส่วนที่หายไปจะเป็นปริมาณการสลายตัวของซากพืชแต่ละช่วงเวลา (Faithfull, 2002) จากนั้นนำมาคำนวณค่าคงที่อัตราการย่อยสลายดังสมการ $X_t \div X_o = e^{-kt}$ หาค่าคงที่จากสมการ $\ln X_t = -kt + \ln X_o$ และ $\ln (X_o \div X_t) = -kt$ เมื่อ X_o = น้ำหนักของซากอินทรีย์ในตอนเริ่มต้น (กรัม); X_t = น้ำหนักของซากอินทรีย์เมื่อเวลาผ่านไป t (กรัม); t = เวลาที่แตกต่างระหว่าง X_o และ X_t (วัน); k = ค่าคงที่การย่อยสลายเอกโพแนนเชี่ยล (ต่อวัน); e = ค่าคงที่ฐานของล็อกธรรมชาติ = 2.718

นำข้อมูลที่ได้จากการทดลองตามแบบแผนการทดลองมาวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลด้วยวิธี analysis of variance และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยด้วยวิธี DMRT

3. ผลการวิจัย

3.1 ประสิทธิภาพการใช้ชีวภัณฑ์ต้นแบบชนิดผงด้านผลผลิตข้าวในสภาพไร่

ผลการศึกษาประสิทธิภาพการใช้ชีวภัณฑ์ต้นแบบชนิดผงด้านผลผลิตข้าวในสภาพไร่ในพื้นที่อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานีในฤดูปลูกที่ 1 และฤดูปลูกที่ 2 พบว่า T2 มีประสิทธิภาพในการส่งเสริมการเจริญเติบโตต้นข้าว จนกระทั่งให้ผลผลิตสูงที่สุดแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p = 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีอื่น ๆ (ตารางที่ 1 และ 2) โดยฤดูปลูกที่ 1 ส่งผลให้ข้าวมีน้ำหนักสด 3.10 มิลลิกรัม น้ำหนักแห้ง 2.64 มิลลิกรัม เมล็ดต่อรวง 196 เมล็ด และผลผลิต 561 กิโลกรัมต่อไร่ (ตารางที่ 1) และฤดูปลูกที่ 2 ส่งผลให้ข้าวมีน้ำหนักสด 3.12 มิลลิกรัม น้ำหนักแห้ง 2.58 มิลลิกรัม เมล็ดต่อรวง 200 เมล็ด และผลผลิต 566 กิโลกรัมต่อไร่ (ตารางที่ 2)

3.2 ประสิทธิภาพการใช้ชีวภัณฑ์ต้นแบบชนิดผงด้านการควบคุมโรคขอบใบแห้งที่ระบาดตามธรรมชาติในสภาพไร่

ผลการศึกษาประสิทธิภาพการใช้ชีวภัณฑ์ต้นแบบชนิดผงด้านการควบคุมโรคขอบใบแห้งที่ระบาดตามธรรมชาติในสภาพไร่ในพื้นที่อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี ในฤดูปลูกที่ 1 และฤดูปลูกที่ 2 พบว่า T2 มีประสิทธิภาพในการควบคุมโรคขอบใบแห้งที่เกิดจากเชื้อ *X. oryzae* pv. *oryzae* ที่ระบาดตามธรรมชาติในสภาพไร่ได้ดีที่สุดแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p = 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีอื่น ๆ (รูปที่ 1) โดยฤดูปลูกที่ 1 และฤดูปลูกที่ 2 นั้น T2 พบ AUDPC โรคขอบใบแห้งเท่ากับ 148.24 และ 155.31 ตามลำดับ ขณะที่ T7 ซึ่งเป็นกรรมวิธีควบคุมในฤดูปลูกที่ 1 และฤดูปลูกที่ 2 พบ AUDPC โรคขอบใบแห้งเท่ากับ 1054 และ 1103.89 ตามลำดับ (รูปที่ 1)

ตารางที่ 1 ประสิทธิภาพการใช้ชีวภัณฑ์ต้นแบบชนิดผงด้านผลผลิตข้าวในสภาพไร่ ฤดูปลูกที่ 1

กรรมวิธี[1]	น้ำหนักสด (มิลลิกรัม)	น้ำหนักแห้ง (มิลลิกรัม)	เมล็ดต่อรวง	ผลผลิต (กก/ไร่)
T1	3.14a	2.69a	198a	535b
T2	3.10a	2.64a	196a	561a
T3	2.95b	2.28c	170d	319f
T4	3.06a	2.28c	170d	363e
T5	2.89b	2.40b	179c	418d
T6	2.91b	2.42b	185b	471c
T7	2.64c	2.14d	160e	307f

[1/]T1 หมักฟางข้าวร่วมกับพ่นใบ 3 ครั้ง (เมื่อข้าวอายุ 40, 60 และ 90 วันหลังปลูก) ด้วยชีวภัณฑ์ต้นแบบชนิดผงร่วมกับการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ T2 หมักฟางข้าวร่วมกับพ่นใบ 5 ครั้ง (เมื่อข้าวอายุ 15, 40, 60, 75 และ 90 วันหลังปลูก) ด้วยชีวภัณฑ์ต้นแบบชนิดผงร่วมกับการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ T3 หมักฟางข้าวร่วมกับพ่นใบ 3 ครั้ง (เมื่อข้าวอายุ 40, 60 และ 90 วันหลังปลูก) ด้วยน้ำหมักชีวภาพของเกษตรกรที่ผลิตจากเศษผักร่วมกับการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ T4 หมักฟางข้าวร่วมกับพ่นใบ 5 ครั้ง (เมื่อข้าวอายุ 15, 40, 60, 75 และ 90 วันหลังปลูก) ด้วยน้ำหมักชีวภาพของเกษตรกรที่ผลิตจากเศษผักร่วมกับการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ T5 หมักฟางข้าวร่วมกับพ่นใบ 3 ครั้ง (เมื่อข้าวอายุ 40 60 และ 90 วันหลังปลูก) ด้วยชีวภัณฑ์ที่มีจำหน่ายเป็นการค้าร่วมกับการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ T6 หมักฟางข้าวร่วมกับพ่นใบ 5 ครั้ง (เมื่อข้าวอายุ 15 40 60 75 และ 90 วันหลังปลูก) ด้วยชีวภัณฑ์ที่มีจำหน่ายเป็นการค้าร่วมกับการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ และ T7 ไถกลบฟางข้าวร่วมกับการใช้ปุ๋ยอินทรีย์

[2/]ประสิทธิภาพของชีวภัณฑ์ต้นแบบชนิดผงด้านการเจริญเติบโตต้นข้าวในสภาพไร่ ฤดูปลูกที่ 1 แตกต่างกันตามตัวอักษรเปรียบเทียบตามคอลัมน์ โดยวิเคราะห์หาความแปรปรวนและเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดย Duncan's new multiple range tests (DMRT) ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป

ตารางที่ 2 ประสิทธิภาพการใช้ชีวภัณฑ์ต้นแบบชนิดผงด้านผลผลิตข้าวในสภาพไร่ ฤดูปลูกที่ 2

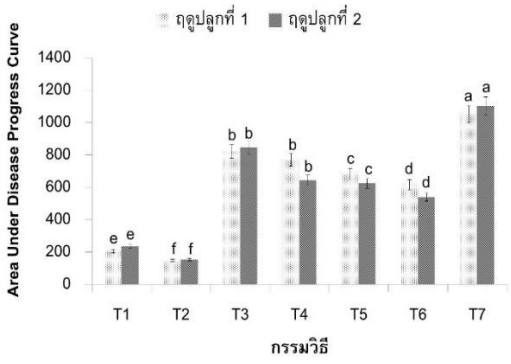
กรรมวิธี[1]	น้ำหนักสด (มิลลิกรัม)	น้ำหนักแห้ง (มิลลิกรัม)	เมล็ดต่อรวง	ผลผลิต (กก/ไร่)
T1	3.10ab	2.68a	197a	526b
T2	3.12a	2.58b	200a	566a
T3	3.01bc	2.39cd	167c	370e
T4	2.96c	2.42c	158d	425d
T5	2.99c	2.35d	174b	499c
T6	2.92c	2.39cd	175b	494c
T7	2.71d	1.92e	158d	305f

[1/]รายละเอียดกรรมวิธี T1-T7 ดังแสดงในตารางที่ 1

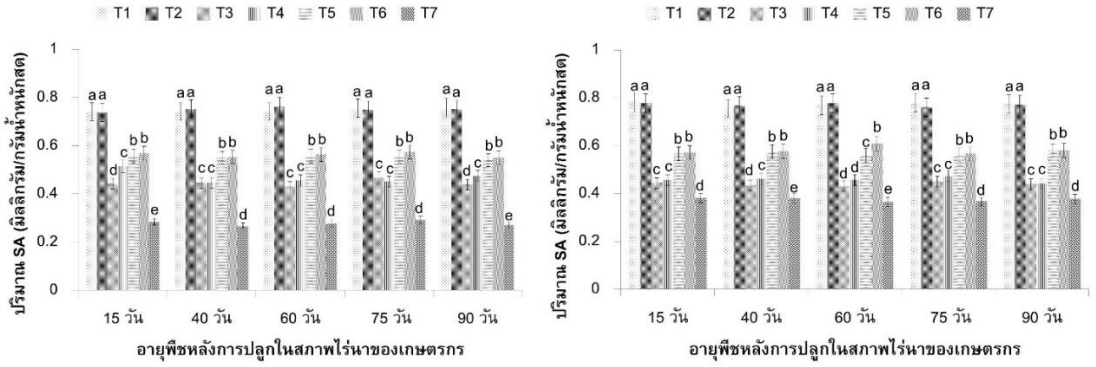
[2/]ประสิทธิภาพของชีวภัณฑ์ต้นแบบชนิดผงด้านผลผลิตข้าวในสภาพไร่ ฤดูปลูกที่ 2 แตกต่างกันตามตัวอักษรเปรียบเทียบตามคอลัมน์ โดยวิเคราะห์หาความแปรปรวนและเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดย DMRT ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป

3.3 ประสิทธิภาพการใช้ชีวภัณฑ์ต้นแบบชนิดผงด้านการกระตุ้นให้ต้นข้าวอายุต่าง ๆ สะสม salicylic acid

ผลการศึกษาประสิทธิภาพของชีวภัณฑ์ต้นแบบชนิดผงด้านการกระตุ้นให้ต้นข้าวอายุต่าง ๆ สะสม salicylic acid (SA) ในฤดูปลูกที่ 1 และฤดูปลูกที่ 2 พบว่า T1 และ T2 ซึ่งมีการใช้ชีวภัณฑ์ต้นแบบชนิดผง ส่งผลให้ต้นข้าวเกิดการสะสม SA สูงที่สุดในทุกช่วงอายุที่ศึกษาวิจัยนั้นแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p = 0.05$) กับกรรมวิธีอื่น ๆ โดยฤดูปลูกที่ 1 เมื่อข้าวอายุ 15, 40, 60, 75 และ 90 วัน หลังปลูก T1 มีการสะสม SA เท่ากับ 0.741, 0.742, 0.742, 0.756 และ 0.758 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักสด ตามลำดับ และ T2 มีการสะสม SA เท่ากับ 0.738, 0.753, 0.762, 0.749 และ 0.751 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักสด ตามลำดับ ในขณะที่ T7 ไถกลบฟางข้าวร่วมกับการใช้ปุ๋ยอินทรีย์เพียงอย่างเดียว มีการสะสม SA ต่ำสุด เท่ากับ 0.283, 0.266, 0.277, 0.292 และ 0.270 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักสด ตามลำดับ (รูปที่ 2ก) ในฤดูปลูกที่ 2 เมื่อข้าวอายุ 15, 40, 60, 75 และ 90 วัน หลังปลูก T1 มีการสะสม SA เท่ากับ 0.783, 0.756, 0.768, 0.780 และ 0.775 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักสด ตามลำดับ และ T2 มีการสะสม SA เท่ากับ 0.778, 0.767, 0.778,



รูปที่ 1 ประสิทธิภาพของชีวภัณฑ์ต้นแบบชนิดผงด้านการควบคุมโรคขอบใบแห้งที่ระบาดตามธรรมชาติในสภาพไร่ ฤดูปลูกที่ 1 และฤดูปลูกที่ 2 แตกต่างกันตามตัวอักษรเปรียบเทียบในแต่ละกรรมวิธีในแต่ละฤดูปลูก โดยวิเคราะห์หาความแปรปรวนและเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดย DMRT ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป ซึ่งรายละเอียดกรรมวิธี T1-T7 ดังแสดงในตารางที่ 1

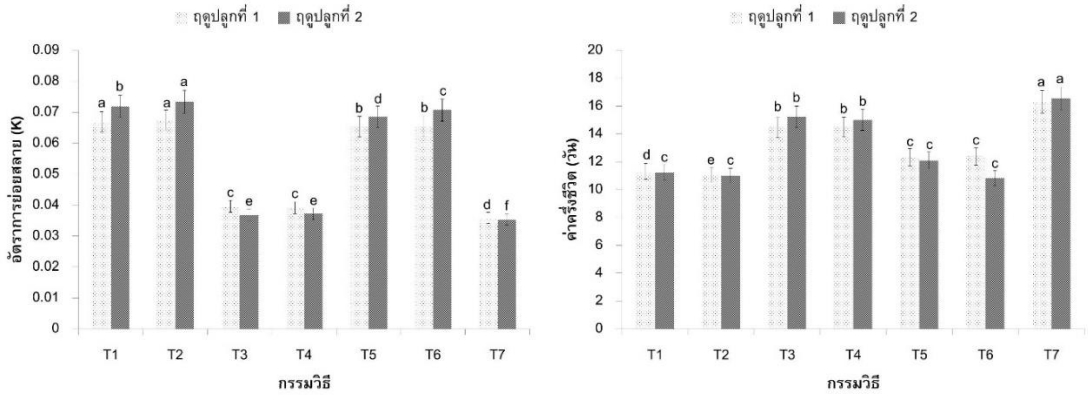


รูปที่ 2 ประสิทธิภาพของชีวภัณฑ์ต้นแบบชนิดผงด้านการกระตุ้นให้ต้นข้าวอายุต่าง ๆ สะสม salicylic acid (SA) ในฤดูปลูกที่ 1 (ก) และฤดูปลูกที่ 2 (ข) แตกต่างกันตามตัวอักษรเปรียบเทียบในแต่ละกรรมวิธี โดยวิเคราะห์หาความแปรปรวนและเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดย DMRT ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป ซึ่งรายละเอียดกรรมวิธี T1-T7 ดังแสดงในตารางที่ 1

0.761 และ 0.772 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักสด ตามลำดับ ในขณะที่ T7 มีการสะสม SA ต่ำสุด เท่ากับ 0.381, 0.379, 0.365, 0.367 และ 0.378 มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักสด ตามลำดับ (รูปที่ 2ข)

3.4 ทดสอบประสิทธิภาพชีวภัณฑ์ต้นแบบชนิดผงด้านการย่อยสลายเศษซากพืชในสภาพไร่

ผลการศึกษาประสิทธิภาพของชีวภัณฑ์ต้นแบบชนิดผงด้านการย่อยสลายฟางข้าวและเศษซากพืชในสภาพไร่นา ในฤดูปลูกที่ 1 และฤดูปลูกที่ 2 พบว่า T1 และ T2 ส่งผลให้ฟางข้าวและเศษซากพืชในนาข้าว ในฤดูปลูกที่ 1 มีอัตราการย่อยสลาย (K) สูงที่สุดเท่ากับ 0.067 และ 0.067 ตามลำดับ และในฤดูปลูกที่ 2 มีอัตราการย่อยสลาย (K) สูงที่สุดเท่ากับ 0.072 และ 0.073 ตามลำดับ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p = 0.05$) ขณะที่ T7 กรรมวิธีควบคุมมีอัตราการย่อยสลาย (K) ต่ำที่สุดทั้งในฤดูปลูกที่ 1 และฤดูปลูกที่ 2 เท่ากับ 0.036 และ 0.035 ตามลำดับ (รูปที่ 3ก) รวมทั้ง T1 และ T2 ยังส่งผลให้ฟางข้าวและเศษซากพืชมีค่าครึ่งชีวิตต่ำที่สุดในทั้ง 2 ฤดูปลูก ฤดูปลูกที่ 1 เท่ากับ 11.31 และ 11.05 วัน และฤดูปลูกที่ 2 เท่ากับ 11.24 และ 10.99 วัน แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p = 0.05$) ขณะที่ T7 ส่งผลให้ฟางข้าวและเศษซากพืชมีค่าครึ่งชีวิตสูงที่สุดในทั้ง 2 ฤดูปลูก ฤดูปลูกที่ 1 เท่ากับ 16.29 วัน และฤดูปลูกที่ 2 เท่ากับ 16.55 วัน (รูปที่ 3ข) โดยผลการทดลองสอดคล้องกันกับอัตราการย่อยสลาย



รูปที่ 3 ประสิทธิภาพของชีวภัณฑ์ต้นแบบชนิดผงด้านการย่อยสลายฟางข้าวในสภาพไร่ โดย (ก) อัตราการย่อยสลาย (K) และ (ข) ค่าครึ่งชีวิตของเศษซากพืช (วัน) ในฤดูปลูกที่ 1 และฤดูปลูกที่ 2 แตกต่างกันตามตัวอักษรเปรียบเทียบในแต่ละกรรมวิธีในแต่ละฤดูปลูก โดยวิเคราะห์หาความแปรปรวนและเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดย DMRT ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป ซึ่งรายละเอียดกรรมวิธี T1-T7 ดังแสดงในตารางที่ 1

4. วิจารณ์

การใช้ชีวภัณฑ์ต้นแบบชนิดผงให้เกิดประโยชน์และประสิทธิภาพสูงสุดเกี่ยวข้องกับหลายปัจจัยทั้งสมบัติและกลไกของจุลินทรีย์ สูตรผสมสารพาและสารอาหาร สภาพแวดล้อม และวิธีการใช้ที่เหมาะสม ทั้งนี้ชีวภัณฑ์ต้นแบบชนิดผงประกอบด้วย *B. subtilis*, *Aspergillus* sp., *Azotobacter* sp., *Saccharomyces cerevisiae* และ *Trichoderma* sp. มีสมบัติและกลไกที่แตกต่างกัน โดย *Aspergillus* sp. เป็นราที่สร้างสารที่มีฤทธิ์เป็นกรดไปย่อยสลาย

ซากสัตว์หรือซากอินทรียวัตถุให้กลายเป็นอนินทรีย์สารที่พืชสามารถนำกลับไปใช้ประโยชน์ได้อีกครั้งหนึ่ง จากการศึกษาของ Banik และ Dey (1982) พบว่า *Aspergillus* sp. มีความสามารถในการย่อยเซลลูโลสได้ดี *Azotobacter* sp. เป็นแบคทีเรียที่มีความสามารถตรึงไนโตรเจนได้โดยอิสระ โดย Singh และ Bhargava (1994) ได้ปลูก *A. chroococcum* ให้กับ oilseed rape (*Brassica napus* cv. ISN. 129) ร่วมกับการใช้ไนโตรเจนในระดับต่าง ๆ พบว่าผลผลิตเมล็ดและน้ำหนักแห้งทั้งหมดจะเพิ่มมากที่สุดในการทดลองที่ไม่ได้ใส่ไนโตรเจนเลย ยิ่งไปกว่านั้นยังพบว่า *A. chroococcum* เมื่อใส่ร่วมกับปุ๋ยไนโตรเจนจะทำให้ผลผลิตน้ำหนักเมล็ดและน้ำหนักแห้งทั้งหมดเพิ่มขึ้นถึง 35-60 เปอร์เซ็นต์ (Kevin, 2005) *Saccharomyces cerevisiae* ช่วยในการย่อยสลายแป้งและน้ำตาล ทำให้ดินมีความโปร่ง และมีออกซิเจนมากขึ้น ทำให้รากพืชเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว เมื่อ *S. cerevisiae* ตายจะถูก *Clostridium* ย่อยสลายเพื่อปลดปล่อยธาตุอาหารรองหลายชนิด ได้แก่ แคลเซียม แมกนีเซียม กำมะถัน เป็นต้น (Kevin, 2005) *Trichoderma* sp. มีความสามารถสูงในการแข่งขัน (competition) กับเชื้อโรคด้านการใช้อาหารและแร่ธาตุต่างๆ จากแหล่งอาหารในธรรมชาติ ตลอดจนการใช้สารที่จำเป็นต่อการเจริญของเส้นใยได้เป็นอย่างดี ซึ่งมีสมบัติย่อยสลายผนังเส้นใยราสาเหตุโรคพืช จากนั้นแทงเส้นใยเข้าไปเจริญอยู่ภายในเส้นใยเชื้อโรค เป็นสาเหตุให้เชื้อโรคสูญเสียความมีชีวิต ส่งผลให้ปริมาณของเชื้อโรคลดลง (อรพินท์ และคณะ, 2531) ขณะที่บางสายพันธุ์สามารถสร้างสารปฏิชีวนะ (antibiotic) ไตรโคเดอร์มิน (trichodermin) ออกมาเพื่อยับยั้งหรือเข้าทำลายเส้นใยของเชื้อโรคจนเกิดการเหี่ยวสลาย (lysis) จิระเดช และคณะ (2542) รายงานประสิทธิภาพของ *Trichoderma* sp. ร่วมกับ *B. subtilis* และ *Serratia plymuthica* PBRC1 เพื่อใช้ในการควบคุมรา *Fusarium oxysporum*, *Sclerotium rolfsii* และ *Rhizoctonia solani* บริเวณรากต้นกล้ามะเขือเทศ นอกจากนี้มีรายงานสมบัติของแบคทีเรียปฏิปักษ์ *B. subtilis* โดยยับยั้งการเจริญหรือฆ่า *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* สาเหตุโรคขอบใบแห้งของข้าว ส่งเสริมการผลิตข้าว ด้วยคุณลักษณะพิเศษหลายประการ ได้แก่ สามารถผลิตสารปฏิชีวนะ การผลิตสารยึดติดแนบแน่นกับผิวพืชและยับยั้งเชื้อโรค และสามารถเพิ่มการผลิตฮอร์โมนพืช indole-3-acetic acid (IAA) กระตุ้นให้ข้าวเจริญเติบโตแข็งแรงสมบูรณ์รวดเร็วให้ผลผลิตสูงและรอดพ้นต่อการถูกเชื้อโรคทำลาย ตลอดจนกระตุ้นให้ข้าวผลิตสารต่าง ๆ ในระบบภูมิต้านทาน ได้แก่ salicylic acid, jasmonic acid, β-1,3-glucanase, peroxidase, phenolics, guaicol peroxidase และ glucosinolate ที่ใช้ยับยั้งการเข้าทำลายของเชื้อโรคและแมลง ตลอดจนเพิ่มความทนทานต่อสภาพแล้งหรือขาดน้ำของพืช (จตุพร และคณะ, 2555; ดุสิต และคณะ, 2555; ปาริชาติ และคณะ, 2555; Boonnadakul *et al*., 2012) หลักฐานดังกล่าวข้างต้นและผลการศึกษาวิจัยครั้งนี้แสดงให้เห็นว่าการใช้จุลินทรีย์ปฏิปักษ์ผสมหลายสายพันธุ์ที่มีลักษณะและกลไกที่แตกต่างกัน ไม่หักล้างกัน จะมีประสิทธิภาพสูงในการย่อยสลายฟางข้าวและยับยั้งการเข้าทำลายของเชื้อสาเหตุโรค

5. สรุป

5.1 ชีวภัณฑ์ต้นแบบชนิดผง ประกอบด้วย *Bacillus subtilis*, *Aspergillus* sp., *Azotobacter* sp., *Saccharomyces cerevisiae* และ *Trichoderma* sp. มีประสิทธิภาพในการส่งเสริมให้ต้นข้าวมีจำนวนเมล็ดต่อรวง น้ำหนัก 1,000 เมล็ด และควบคุมโรคขอบใบแห้งได้ดีที่สุด ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกรรมวิธีควบคุม ($p = 0.05$)

5.2 ชีวภัณฑ์ต้นแบบชนิดผง ทำให้ฟางข้าว

และเศษซากพืชอื่น ๆ ในนาข้าวมีค่าเฉลี่ยค่าคงที่อัตราการย่อยสลายสูงสุด (k) และมีค่าครึ่งชีวิตต่ำที่สุด ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกรรมวิธีควบคุม ($p = 0.05$)

5.3 การหมักฟางข้าวร่วมกับพ่นใบ 3 ครั้ง (เมื่อข้าวอายุ 40, 60 และ 90 วันหลังปลูก) หรือ 5 ครั้ง (เมื่อข้าวอายุ 15, 40, 60, 75 และ 90 วันหลังปลูก) ด้วยชีวภัณฑ์ต้นแบบชนิดผงร่วมกับการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ เป็นวิธีการที่ดีที่สุดในการย่อยสลายฟางข้าว ปรับสภาพดิน และควบคุมโรคขอบใบแห้งที่ระบาดในสภาพธรรมชาติ

6. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยเรื่องนี้ได้รับการสนับสนุนจากงบประมาณแผ่นดิน ประจำปีงบประมาณ 2560 (เลขที่สัญญา 20/2560) และขอขอบคุณศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ สำหรับการสนับสนุนเครื่องมือในการวิจัยครั้งนี้

7. รายการอ้างอิง

กรมอุตุนิยมวิทยา, *ภัยแล้ง*, แหล่งที่มา : http://www.tmd.go.th/info/info.php?FileID=71.

กองนโยบายและแผนพัฒนาการเกษตร สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, เลื่อนปลูกนาปีสู้ภัยแล้ง สศก. เผยไม่กระทบผลผลิตนาปี ระบุ GDP เกษตร อาจลดลงไม่มาก, แหล่งที่มา : http://www.oae.go.th/ewt_news.php?nid=20182&filename=index, 9 สิงหาคม 2558.

จตุพร บุณณดากุล, วิลาวรรณ์ เชื้อบุญ และดุสิต อธินุวัฒน์, 2555, เชื้อผสมหลายสายพันธุ์เพิ่มประสิทธิภาพการใช้ธาตุอาหารในดินและส่งเสริมการเจริญเติบโตข้าวหอมมะลิอินทรีย์, น. 104-115, การประชุมวิชาการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ครั้งที่ 10, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต, ปทุมธานี.

จิระเดช แจ่มสว่าง และวรรณวิไล อินทนู, 2542, การใช้เชื้อราไตรโคเดอร์มาควบคุมโรคพืช, โครงการเกษตรกู้ชาติ, ภาควิชาโรคพืช คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน, นครปฐม, 90 น.

ฉันฐิสา เกศมณี, 2540, การศึกษาปริมาณการปล่อยแก๊สเรือนกระจกจากกระบวนการอุตสาหกรรมการผลิต, วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, กรุงเทพฯ.

ดุสิต อธินุวัฒน์, ปาริชาติ สถิตธรรมพนา และจตุพร บุณณดากุล, 2555, ประสิทธิภาพแบคทีเรียปฏิปักษ์ *Bacillus subtilis* สายพันธุ์ TU-Orga1 ในการส่งเสริมการเจริญเติบโตและควบคุมโรคขอบใบแห้งและใบขีดโปร่งแสงของข้าว, น. 117-118, การประชุมวิชาการ “ธรรมศาสตร์วิจัย ก้าวไกล สู่สากล”, หอประชุมกองทัพเรือ, กรุงเทพฯ.

ปาริชาติ สถิตธรรมพนา, วิลาวรรณ์ เชื้อบุญ และดุสิต อธินุวัฒน์, 2555, ลักษณะและประสิทธิภาพของแบคทีเรียที่มีประโยชน์ควบคุมเชื้อ *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* สาเหตุโรคขอบใบแห้งของข้าว, น. 116-127, การประชุมวิชาการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ครั้งที่ 10, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต, ปทุมธานี.

พากเพียร อรัญนารถ, นงรัตน์ นิลพานิชย์ และรัศมี ฐิติเกียรติพงศ์, 2552, ประสิทธิภาพของสารป้องกันกำจัดโรคพืชบางชนิด, ว.วิทย.กษ. 40 (พิเศษ 1): 51-54.

อรพินท์ สุริยพันธุ์, โยอิชิ อุเอฮารา และวิศิษฐ์ โชลิตกุล, 2531, ผลของการใช้อินทรียวัตถุที่มีต่อสมบัติทางเคมีของดินและผลผลิตของข้าวโพดในดินชุดปากช่อง, น. 71-78, เอกสารวิชาการอินทรียวัตถุกับการเกษตรในดินไร่, กรมวิชา

การเกษตร, กรุงเทพฯ.

Boonnadakul, C., Somsook, S., Anurugsa, B. and Athinuwat, D., 2012, Efficacy of rice stubble degrading microorganisms, fungal antagonist and N-fixing bacterium for enhancing growth and yield of organic rice, Mol. Plant Microbe Interact. 25: 1104-1117.

Faithfull, N.T., 2002, Methods in Agricultural, Chemical Analysis: A Practical Handbook, CABI Publishing, Wallingford, 266 p.

Kevin, K., 2005, Fungi Biology and Applications Edited, John Wiley & Sons, Ltd., New Jersey.

Schneider-Müller, S., Kurosaki, F. and Nishi, A., 1994, Role of salicylic acid and intracellular Ca^{2+} in the induction of chitinase activity in carrot suspension culture, Physiol. Mol. Plant Pathol. 45: 101-109.

Singh, P. and Bhargava, S.C., 1994, Changes in growth and yield components of *Brassica napus* in response to *Azotobacter* inoculation at different rates nitrogen application, J. Agric. Sci. 122: 241-247.