Journal of Agri. Research & Extension 41(1): 13-28

ผลของปุ๋ยหมักกลุ่มจุลินทรีย์ Microbial consortium 1 (MC1) และสารกระตุ้นอินทรีย์ต่อการเจริญเติบโต การสะสมสาร 2-อะเซทิล-1-ไพโรลีน (2เอพี) และการต้านอนุมูลอิสระในข้าวหอม

Effects of Microbial Consortium 1 (MC1) Fertilizer and Organic Stimulants on Growth, 2-Acetyl-1-Pyrroline (2AP) Accumulation and Antioxidant Activity of Fragrant Rice

สมคิด ดีจริง[1*] วศิน เจริญตัณธนกุล[1] วราภรณ์ แสงทอง[1] ศุภธิดา อ่ำทอง[2] และรุ่งทิพย์ กาวารี[1]

Somkid Deejing[1*], Wasin Charerntantanakul[1], Varaporn Sangthong[1]

Supathida Aumthong[2] and Rungthip Kawaree[1]

[1]สาขาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

[2]สาขาปฐพีศาสตร์ คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

[1]Program in Biotechnology, Faculty of Science, Maejo University, Chiang Mai, Thailand 50290

[2]Program in Soil Science, Faculty of Agricultural Production, Maejo University, Chiang Mai, Thailand 50290

*Corresponding author: somkid_d@mju.ac.th

Received: *March 31, 2023*
Revised: *October 04, 2023*
Accepted: *November 01, 2023*

Abstract

Fragrant rice with antioxidants produced by organic farming systems is high quality rice and preferable. This research studied the effects of compost in combination with microbial consortium MC1, alternative wetting and drying water management and organic stimulants (bioextract and egg-derived hormone) on antioxidant activity and accumulation of 2-acetyl-1-pyrroline (2AP) in 3 cultivars of fragrant rice, i.e. Maejo 1A, Maejo 2, and Mali Daeng. Supplementation with MC1 tentatively increased height, tillering, and panicle number of all 3 cultivars as compared with control group while supplementation with MC1 and bioextract added with egg-derived hormone tentatively increased height, tillering, and panicle number, and number of filled spikelet of all 3 cultivars as compared with application of MC1 alone. At the same time, supplementation with MC1 and bioextract added with egg-derived hormone tentatively increased total phenolic compounds and antioxidative activity in only Mali Daeng. Meanwhile, the increased 2AP was not detected in rice supplemented with MC1 and bioextract with egg-derived hormone.

Keywords: 2AP, fragrant rice, microbial consortium, antioxidant, organic stimulants

บทคัดย่อ

ข้าวหอมที่มีสารต้านอนุมูลอิสระที่ผลิตโดยระบบเกษตรอินทรีย์ เป็นข้าวที่มีคุณภาพสูงและเป็นที่ชื่นชอบของผู้บริโภค งานวิจัยนี้ทำการศึกษาผลของการใช้ปุ๋ยหมักร่วมกับกลุ่มจุลินทรีย์ MC1 การจัดการน้ำแบบเปียกสลับแห้ง และสารกระตุ้นอินทรีย์ชีวภาพ (น้ำหมักชีวภาพและฮอร์โมนไข่) เพื่อช่วยเพิ่มการสะสมสาร 2-acetyl-1-pyrroline (2AP) และการต้านอนุมูลอิสระในข้าวหอม 3 พันธุ์ ได้แก่ ข้าวเจ้าก่ำหอมแม่โจ้ 1 เอ ข้าวเหนียวหอม กข แม่โจ้ 2 และข้าวหอมมะลิแดง การเสริมปุ๋ยหมักร่วมกับกลุ่มจุลินทรีย์ MC1 มีแนวโน้มช่วยเพิ่มความสูง การแตกกอ และจำนวนรวงของข้าวทั้ง 3 พันธุ์ เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม และการเสริมปุ๋ยหมักร่วมกับกลุ่มจุลินทรีย์ MC1 ร่วมกับการเสริมน้ำหมักชีวภาพและฮอร์โมนไข่มีแนวโน้มช่วยเพิ่มความสูง การแตกกอ จำนวนรวง และจำนวนเมล็ดดีต่อรวงของข้าวทั้ง 3 พันธุ์ เมื่อเปรียบเทียบกับการเสริมปุ๋ยหมักร่วมกับกลุ่มจุลินทรีย์ MC1 เพียงอย่างเดียว การเสริมปุ๋ยหมักร่วมกับกลุ่มจุลินทรีย์ MC1 และการเสริมน้ำหมักชีวภาพและฮอร์โมนไข่ช่วยเพิ่มปริมาณฟีนอลิครวมและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในข้าวหอมมะลิแดง ไม่พบการเพิ่มขึ้นของปริมาณสาร 2AP ในข้าวที่ได้รับการเสริมปุ๋ยหมักร่วมกับกลุ่มจุลินทรีย์ MC1 และการเสริมน้ำหมักชีวภาพและฮอร์โมนไข่

คำสำคัญ: สารหอม ข้าวหอม ปุ๋ยหมักกลุ่มจุลินทรีย์ สารต้านอนุมูลอิสระ สารกระตุ้นอินทรีย์

คำนำ

ข้าวหอม เป็นข้าวที่มีความหอมเป็นเอกลักษณ์เฉพาะ และการผลิตข้าวไทยประสบปัญหาด้านคุณภาพข้าวด้อยลง และยังมีต้นทุนการผลิตและการแข่งขันกับนานาประเทศสูง ดังนั้นการพัฒนาข้าวหอมที่ผลิตด้วยระบบเกษตรอินทรีย์และเป็นผลิตภัณฑ์จากธรรมชาติที่มีสารต้านอนุมูลอิสระสูงน่าจะส่งผลดีต่อสุขภาพผู้บริโภค ซึ่งความหอมในข้าวหอมนั้นเกิดจากสารผสมกันหลายชนิด แต่สารเด่นที่ทำให้ข้าวมีกลิ่นหอม คือ สาร 2-acetyl-1-pyrroline (2AP) การสร้างสารนี้ในข้าวหอมถูกกำหนดโดยลักษณะทางพันธุกรรมของข้าว แต่สภาพแวดล้อมที่ปลูกข้าวก็มีอิทธิพลต่อการสร้างกลิ่นหอมในข้าวหอมด้วย Mo *et al.* (2016) รายงานว่า การบริหารจัดการน้ำ ปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อม ความเค็ม ความแห้ง และการได้รับแสงในช่วงของการสร้างเมล็ดในข้าวขาวดอกมะลิของไทย และข้าวพันธุ์บาสมาติกของอินเดียมีผลต่อการสะสมสาร 2AP ปริมาณไนโตรเจนที่เพิ่มขึ้นในระยะข้าวตั้งท้องช่วยปรับปรุงปริมาณกลิ่นหอมของเมล็ดข้าวได้ (Mo *et al*., 2018) หากข้าวเจริญเติบเติบโตอยู่ในสภาวะกดดัน เช่น ความแห้งแล้ง และความเค็ม จะมีผลทำให้เกิดการสะสมโพรลีนซึ่งเป็นสารตั้งต้นในการสร้างสาร 2AP ในข้าวให้สูงขึ้น (Prodhan and Qingyao, 2020) และข้าวที่มีความเครียดจากความแห้งแล้งช่วงข้าวออกดอกจะส่งผลช่วยเพิ่มการสะสมสาร 2AP ในข้าวได้ (Gui *et al*., 2022) และในข้าวพันธุ์พื้นเมือง Kuthiru ของอินเดียจะมีการสะสมสารฟีนอลิคสูงสุดในสภาวะกดดันที่มีเกลือโซเดียมคลอไรด์เข้มข้น 200 mM (Joseph *et al*., 2015) ซึ่ง Chinachanta *et al*. (2021) พบว่าแบคทีเรีย *Sinomonas* sp. ที่แยกได้จากดินรอบรากข้าวอินทรีย์ช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตและเพิ่มการสร้างสาร 2AP ในข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่เจริญเติบโตในสภาวะกดดันจากความเค็ม และ Lia *et al*. (2016) พบว่าการเติม Mn ในการปลูกข้าวช่วยปรับปรุงการเจริญเติบโต ผลผลิต คุณภาพกลิ่นหอมของข้าว และเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์ 2AP ให้เพิ่มขึ้น และ Changsri (2014) ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพข้าวหอมมะลิไทย พบว่าตัวแปรที่ส่งผลในเชิงบวกกับค่า 2AP ได้แก่ Zn, Mo และ P ส่วนตัวแปรหลักที่ส่งผลในเชิงลบ ได้แก่ Cu, Fe และ pH และพบว่าการขาดน้ำในระดับดิน 25 ซม. หลังออกดอก 7 วัน ทำให้ปริมาณสาร 2AP ในเมล็ดข้าวขาวดอกมะลิ 105 และ กข 15 สูงที่สุด นอกจากนี้ Palungwachira *et al.*

(2019) พบว่า ข้าวดำ (*Oryza sativa* L.) มีสารโพลีฟีนอลแอนโธไซยานินปริมาณสูง ซึ่งมีผลดีต่อสุขภาพเนื่องจากมีคุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระและต้านการอักเสบและฟื้นฟูการสังเคราะห์คอลลาเจนที่ช่วยรักษาภาวะสมดุลของผิวหนัง ดังนั้น งานวิจัยนี้ผู้วิจัย จึงสนใจนำวิธีการทางชีวภาพโดยประยุกต์ใช้ปุ๋ยหมักที่มีกลุ่มจุลินทรีย์ (Microbial Consortium 1, MC1) และ *Anabaena azollae* ที่อาศัยอยู่กับแหนแดงมาช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของข้าว โดยการจัดการน้ำและสารกระตุ้นอินทรีย์เพื่อช่วยเพิ่มการต้านอนุมูลอิสระและสะสมสาร 2AP ในข้าวหอม 3 พันธุ์ ได้แก่ ข้าวเจ้ากำ่หอมแม่โจ้ 1 เอ ข้าวเหนียวหอม กข แม่โจ้ 2 และข้าวหอมมะลิแดง

อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมดินเริ่มต้นและเตรียมปุ๋ยหมักกลุ่มจุลินทรีย์ (Microbial Consortium 1, MC1) และการวิเคราะห์

1. เก็บตัวอย่างดินเริ่มต้นที่ใช้ปลูกข้าว นำไปวิเคราะห์ที่กลุ่มพัฒนาการตรวจสอบพืชและปัจจัยการผลิต สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตร เขตที่ 1 ตามวิธีการของ Agricultural Production Sciences Research and Development Division (2010)

2. เตรียมปุ๋ยกลุ่มจุลินทรีย์ MC1 ที่เป็นแบคทีเรียส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช ประกอบด้วย แบคทีเรียละลายฟอสเฟต ได้แก่ *Burkhoderia cenocepacia* RSPVK2, *Paenibacillus alvei* RRTSA6, *Bacillus subtilis* RSTSA1, *Burkhoderia glumae* PVKRS5 และ *Bacillus pumilus* RRTSA6 (ละลายฟอสเฟตและผลิต Indole acetic acid (IAA), แบคทีเรียผลิต Siderophore ชนิด Hydroxamate และ Catecholate คือ *Bacillus pumilus* ISP2S6 และ *Alcaligenes aquatilis* S65 ผลิต Siderophore ชนิด Catecholate และ *Bacillus endophyticus* S70 ผลิต 1-aminocyclopropane-1-carboxylate (ACC) deaminase ซึ่งแบคทีเรียข้างต้นเป็นของห้องปฏิบัติการจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ โดยทำการเพาะเลี้ยงแบคทีเรียดังกล่าวบนผิวหน้าอาหารวุ้นผิวเอียงที่มีพื้นที่บนผิวหน้าอาหารเท่ากัน อายุ 24 ชั่วโมง จากนั้นดูดอาหารกากน้ำตาลใส่ในหลอดอาหารวุ้นผิวเอียงที่มีแบคทีเรียแต่ละชนิดเจริญอยู่บนผิวหน้าอาหาร และเขี่ยให้เชื้อหลุดออกจากผิวหน้าอาหารแล้วใส่ลงในอาหารกากน้ำตาลร้อยละ 10 นำไปบ่มไว้ที่อุณหภูมิ 37°ซ. ระยะเวลา 24-48 ชั่วโมง และนับจำนวนจุลินทรีย์เริ่มต้นได้เท่ากับ $2.61X10^5$ CFU/ml ได้กล้าเชื้อปริมาตร 10 ลิตร จากนั้นนำไปผสมกับปุ๋ยหมัก 30 กก. ที่ได้จากผู้ผลิตเกษตรอินทรีย์หมักไว้ 2 สัปดาห์ ได้เป็นปุ๋ยหมักกลุ่มจุลินทรีย์ MC1 และวิเคราะห์จำนวนจุลินทรีย์ได้เท่ากับ $1.55X10^7$ CFU/g

ศึกษาผลของปุ๋ยหมักกลุ่มจุลินทรีย์ MC1 และสารกระตุ้นอินทรีย์ต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต การต้านอนุมูลอิสระ และการสะสมสาร 2AP ของข้าว

การปลูกข้าว

การเพาะต้นกล้าข้าว 3 พันธุ์ คือ ข้าวเจ้ากำ่หอมแม่โจ้ 1 เอ ข้าวเหนียวหอม กข แม่โจ้ 2 ไม่ไวต่อช่วงแสง ต้นเตี้ย และข้าวหอมมะลิแดง ให้ได้ต้นกล้าข้าวอายุ 20 วัน

การปลูกข้าว นำดินนาในเขตอำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ มาคลุกผสมกับปุ๋ยหมัก MC1 ที่ได้จากการเตรียม โดยแบ่งใส่อ่างเปลขนาดกว้างxยาวxสูง (85x119x29 ซม.) แต่ละอ่างใส่ดินเท่ากันทุกอ่างให้ดินสูงประมาณ 25 ซม. วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design; CRD) โดยมีชุดการทดลองปลูกข้าว 3 พันธุ์ และข้าวแต่ละพันธุ์แบ่งชุดทดลองเป็น 3 ชุดทดลอง การทดลองละ 3 ซ้ำ คือ ชุดควบคุม (Control) ข้าว+ดิน ชุดทดลองที่ 1 (Treatment 1) ข้าว+ดิน+ปุ๋ยหมัก MC1 ร่วมกับแหนแดงและเมล็ดแมงลัก ชุดทดลองที่ 2 (Treatment 2) ข้าว+ดิน+ปุ๋ยหมัก

MC1 ร่วมกับแหนแดงและเมล็ดแมงลัก+สารกระตุ้นอินทรีย์ชีวภาพ ใส่ในอ่างสัปดาห์ละครั้ง โดยแต่ละซ้ำปลูกเว้นระยะห่างระหว่างต้นข้าวแต่ละต้น 25 ซม. โดยปลูกหลุมละ 3 ต้น จำนวน 9 หลุมต่ออ่าง

การกระตุ้นการสะสมสาร 2AP ในข้าว

1) การทำน้ำหมักชีวภาพและฮอร์โมนไข่

เตรียมสารกระตุ้นอินทรีย์ชีวภาพที่เป็นน้ำหมักชีวภาพ ประกอบด้วย ถั่วเหลืองผ่าซีกที่ปั่นผสมกับน้ำแล้วกรองแยกกากเอาแต่น้ำ แล้วเติมกลูโคส น้ำตาลทรายขาว นมเปรี้ยว น้ำมะพร้าวอ่อน ใบเตย และน้ำส้มสายชูเทียม หมักไว้ 1 เดือน ที่อุณหภูมิห้อง จากนั้นนำไปใช้ใส่ในอ่างปลูกข้าวในอัตราส่วน 10 มล. ต่ออ่างต่อสัปดาห์ โดยใส่ร่วมกับน้ำหมักจากกากน้ำปลาในอัตราส่วนเดียวกัน และการเตรียมฮอร์โมนไข่จากไข่ไก่สด น้ำตาลทราย น้ำ และนมเปรี้ยว หมักร่วมกันไว้ 1 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิห้อง นำสารกระตุ้นอินทรีย์ผสมกับเมล็ดแมงลักโดยใช้ใส่ในอ่างปลูกข้าวในอัตราส่วน 10 มล. ต่ออ่างต่อสัปดาห์ การใช้เมล็ดแมงลักเป็นวัสดุพา (Carrier) ที่เป็นโพลิเมอร์ธรรมชาติเพื่อให้ค่อย ๆ ปลดปล่อยสารกระตุ้นอินทรีย์ออกมาในดินทีละน้อย

2) การจัดการน้ำ

ใช้วิธีการจัดการน้ำแบบเปียกสลับแห้ง โดยให้น้ำสูงระดับ 3 ซม. จากผิวดิน แล้วขังน้ำไว้จนกระทั่งน้ำแห้งแล้วเติมใหม่ ทำซ้ำจนข้าวอยู่ในระยะแตกกอสูงสุด จึงปรับเพิ่มระดับน้ำเป็น 5 ซม. ขังน้ำไว้จนข้าวเริ่มออกช่อดอก จากนั้นปรับเพิ่มระดับน้ำเป็น 10 ซม. รักษาระดับน้ำจนข้าวออกดอกถึงระยะแป้งในเมล็ดเริ่มแข็ง และระบายน้ำออกหลังข้าวออกดอกแล้ว 20 วัน

3) การวัดการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าว และวิเคราะห์การต้านอนุมูลอิสระและสาร 2AP

3.1 วัดการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าว วัดการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวทั้ง 3 พันธุ์ ในแต่ละชุดการทดลอง ทำการวัดความสูงของต้นข้าว การแตกกอของข้าวโดยนับจำนวนต้นต่อกอ จำนวนรวงข้าว จำนวนเมล็ดดีต่อรวง และชั่งน้ำหนักเมล็ดข้าว 100 เมล็ด

3.2 วิเคราะห์ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของข้าว

การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิครวม การสกัดตัวอย่างข้าว ทำโดยดัดแปลงตามวิธีการของ Sakulsingharoj *et al.* (2019) โดยผสมเมทานอลร้อยละ 80 กับเมล็ดข้าวสาร ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 30 นาที นำไปปั่นเหวี่ยงและดูดเก็บส่วนใสไปวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิครวมและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของข้าว ซึ่งวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบ ฟีนอลิครวม โดยใช้ Folin-Ciocalteu reagent เตรียมตัวอย่างสารสกัด 200 มก/มล. ในเมทานอล ร้อยละ 80 ดูดตัวอย่างสารสกัดลงใน 96 Well plate เติมน้ำและเติม Folin-Ciocalteu reagent ลงไป ปล่อยไว้ 3 นาที แล้วเติมโซเดียมคาร์บอเนตร้อยละ 20 นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 760 nm ด้วยเครื่องอ่านไมโครเพลท นาทีที่ 30 ทำการทดลอง 3 ซ้ำ และนำค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่างเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐานของ Gallic acid รายงานปริมาณสารประกอบฟีนอลิครวมของสารตัวอย่างในรูปของ Milligrams of gallic acid equivalents per gram (GAE/g)

การวิเคราะห์ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ ด้วยวิธี DPPH (2,2–diphenyl–1–pierylhydrazyl) Radical scavenging capacity assay เตรียมตัวอย่างสารสกัดระดับความเข้มข้นต่าง ๆ ในเมทานอลร้อยละ 80 เตรียม DPPH reagent 0.1 mM ในเมทานอล ดูดตัวอย่างลงใน 96 Well plate เติม DPPH reagent ลงไป นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 nm ด้วยเครื่องอ่านไมโครเพลท วัดนาทีที่ 30 ทำการทดลอง 3 ซ้ำ คำนวณ %inhibition แล้วนำไปพล๊อตกราฟระหว่าง %inhibition กับความเข้มข้นของตัวอย่าง แล้วหาค่า IC_{50} รายงานฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระในเทอม IC_{50}

3.3 การวิเคราะห์ปริมาณสาร 2AP

นำตัวอย่างเมล็ดข้าววิเคราะห์ปริมาณสาร 2AP ของเมล็ดข้าวด้วย Headspace–Chromatography (HS-GC) ซึ่ง Gas chromatography (GC) รุ่น Clarus 690, PerkinElmer และเครื่อง Head space (HS) รุ่น TurboMatrix 40, PerkinElmer ซึ่งสภาวะในการวิเคราะห์ใน GC มีดังนี้ การนำสารเข้า 200°ซ. อุณหภูมิเริ่มต้น 45°ซ. อัตราการเพิ่มอุณหภูมิ 7°ซ./นาที จนถึง 125°ซ. อัตราการไหลของก๊าซฮีเลียม 20 มม./นาที อุณหภูมิตัวตรวจวัด 250 °ซ. สภาวะใน HS อุณหภูมิของตู้อบ 125 °ซ. อุณหภูมิของเข็มนำตัวอย่าง 130°ซ. อุณหภูมิของท่อนำตัวอย่าง 130 °ซ.

การวิเคราะห์ดินปลูกข้าวเมื่อสิ้นสุดการทดลอง

เก็บตัวอย่างดินที่อยู่ในอ่างปลูกข้าวหอมเมื่อสิ้นสุดการทดลอง ในแต่ละชุดการทดลอง และวิเคราะห์ดิน ได้แก่ วิเคราะห์ปริมาณอินทรียวัตถุ ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ แคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ แมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ และค่าความเป็นกรด–ด่าง การวิเคราะห์ดิน ตามวิธีการของ Agricultural Production Sciences Research and Development Division (2010)

ผลการวิจัย

ผลการวิเคราะห์ดินเริ่มต้น และปุ๋ยหมักกลุ่มจุลินทรีย์ (Microbial Consortium 1, MC1)

ผลการวิเคราะห์ดินเริ่มต้นพบว่า มีค่าความเป็นกรด–ด่าง 6.5 มีอินทรียวัตถุร้อยละ 0.77 มีฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ แคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ และแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ 19, 40, 1,470 และ 140 มก./กก. ตามลำดับ ส่วนปุ๋ยหมัก MC1 มีค่าความเป็นกรดด่าง 9.2 มีร้อยละของอินทรียวัตถุ 48.4 ร้อยละความชื้น 58.9 ร้อยละไนโตรเจนทั้งหมด ฟอสฟอรัสทั้งหมด โพแทสเซียมทั้งหมด และแมกนีเซียมทั้งหมด เท่ากับ 1.8, 1.1, 2.1, 1.8 และ 0.4 ตามลำดับ มีค่าดัชนีการงอกของเมล็ดร้อยละ 227.2 และค่าการนำไฟฟ้าเท่ากับ 0.7 dS/m

ผลของปุ๋ยหมักกลุ่มจุลินทรีย์ MC1 และสารกระตุ้นอินทรีย์ต่อการเจริญเติบโตและผลผลิต การต้านอนุมูลอิสระและการสะสมสาร 2AP

ใน Table 1 แสดงผลค่าเฉลี่ยของความสูงของข้าว การแตกกอ จำนวนรวงข้าว จำนวนเมล็ดดีต่อรวง น้ำหนักเมล็ดข้าว 100 เมล็ด พบว่าข้าวอายุ 60 วัน ในกลุ่มควบคุม Treatment 1 คือ ข้าว ดิน ปุ๋ยหมัก MC1 ร่วมกับแหนแดงและเมล็ดแมงลัก และ Treatment 2 คือ ข้าว ดิน ปุ๋ยหมัก MC1 ร่วมกับแหนแดงและเมล็ดแมงลัก และสารกระตุ้นอินทรีย์ โดยผลของความสูงเฉลี่ยของข้าวเจ้าก่ำหอมแม่โจ้ 1 เอ เท่ากับ 50.1, 53.56 และ 63.48 ซม. ตามลำดับ ข้าวเหนียวหอม กข แม่โจ้ 2 เท่ากับ 42.70, 46.67 และ 51.56 ซม. และข้าวหอมมะลิแดง เท่ากับ 53.70, 60.74 และ 65.11 ซม. ตามลำดับ ผลของความสูงของข้าวทั้ง 3 พันธุ์ (60 วัน) ไม่พบความแตกต่างทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ $p<0.05$ ส่วนความสูงของข้าวที่อายุ 120 วัน ของข้าวเจ้าก่ำหอมแม่โจ้ 1 เอ พบว่ามีความสูงเฉลี่ย 86.26, 91.11 และ 96.85 ซม. ตามลำดับ ในข้าวเหนียวหอม กข แม่โจ้ 2 เท่ากับ 80.59, 82.07 และ 86.41 ซม. ตามลำดับ และข้าวมะลิแดง เท่ากับ 53.70, 60.74 และ 65.11 ซม. ตามลำดับ ซึ่งไม่พบความแตกต่างทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ $p<0.05$ ของความสูงของข้าวที่อายุ 120 วัน ทั้ง 3 พันธุ์

ผลการแตกกอของข้าวเจ้าก่ำหอมแม่โจ้ 1 เอ โดยดูจากจำนวนกอ (60 วัน) พบว่ากลุ่มควบคุม Treatment 1 และ Treatment 2 มีจำนวนกอเฉลี่ย 5.11, 6.56 และ 7.52 กอ ตามลำดับ ส่วนข้าวเหนียวหอม กข แม่โจ้ 2 เท่ากับ 6.11, 6.78 และ 8.89 กอ ตามลำดับ และข้าวหอมมะลิแดง เท่ากับ 6.56, 6.85 และ 7.19 กอ ตามลำดับ ไม่พบความแตกต่างทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ $p<0.05$ ของการแตกกอของข้าวทั้ง 3 พันธุ์

ผลจำนวนรวงข้าวเมื่อข้าวอายุ 120 วัน พบว่า จำนวนรวงข้าวของข้าวเจ้าก่ำหอมแม่โจ้ 1 เอ กลุ่มควบคุม Treatment 1 และ Treatment 2 มีจำนวนรวงข้าวเฉลี่ย 4.81, 5.74 และ 7.48 รวง ตามลำดับ ส่วนข้าวเหนียวหอม กข แม่โจ้ 2 เท่ากับ 7.00, 6.78 และ 10.37 รวง ตามลำดับ และข้าวหอมมะลิแดง เท่ากับ 1.00, 4.41 และ 6.30 รวง ตามลำดับ ผลจำนวนรวงข้าวของข้าวทั้ง 3 พันธุ์ ไม่พบความแตกต่างทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ $p<0.05$

ผลของจำนวนเมล็ดดีต่อรวงเมื่อข้าวมีอายุเก็บเกี่ยว 145 วัน ของข้าวเจ้าก่ำหอมแม่โจ้ 1 เอ พบว่ากลุ่มควบคุม Treatment 1 และ Treatment 2 มีจำนวนเมล็ดดีเฉลี่ย 81.45, 136.25 และ 145.04 เมล็ด/รวง ตามลำดับ พบความแตกต่างทางสถิติระหว่างกลุ่มควบคุมและกลุ่ม Treatment 1 และ 2 แต่ไม่พบความแตกต่างทางสถิติระหว่างกลุ่ม Treatment 1 และ treatment 2 จำนวนเมล็ดดีต่อรวงของข้าวเหนียวหอม กข แม่โจ้ 2 เท่ากับ 98.09, 120.54 และ 165.44 เมล็ด/รวง ตามลำดับ และข้าวหอมมะลิแดงเท่ากับ 71.34, 92.15 และ 118.84 เมล็ด/รวง ตามลำดับ ซึ่งจำนวนเมล็ดดีต่อรวงของข้าวเหนียวหอม กข แม่โจ้ 2 และข้าวหอมมะลิแดง ไม่พบความแตกต่างทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ $p<0.05$

ผลน้ำหนักเมล็ดข้าว 100 เมล็ด ของข้าวเจ้าก่ำหอมแม่โจ้ 1 เอ พบว่ากลุ่มควบคุม Treatment 1 และ treatment 2 มีน้ำหนักเฉลี่ย 22.62, 23.72 และ 22.97 กรัม ตามลำดับ ส่วนข้าวเหนียวหอม กข แม่โจ้ 2 เท่ากับ 23.86, 24.40 และ 24.24 กรัม และข้าวหอมมะลิแดง พบว่า เท่ากับ 20.62, 23.18 และ 24.49 กรัม ผลน้ำหนักเมล็ดข้าว 100 เมล็ดของข้าวทั้ง 3 พันธุ์ ไม่พบความแตกต่างทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ $p<0.05$

2.2 ผลการวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิครวมและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของข้าวผลวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิครวมของข้าวเจ้าก่ำหอมแม่โจ้ 1 เอ พบว่า กลุ่มควบคุม Treatment 1 และ Treatment 2 มีค่า GAE เฉลี่ย 0.83, 0.94 และ 0.87 มก./ก. ไม่พบความแตกต่างทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ $p<0.05$ ส่วนข้าวเหนียวหอม กข แม่โจ้ 2 เท่ากับ 0.36, 0.49 และ 0.46 มก./ก. ตามลำดับ ส่วนข้าวเจ้าก่ำหอมแม่โจ้ 1 เอ และข้าวเหนียวหอม กข แม่โจ้ 2 ไม่พบความแตกต่างทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ $p<0.05$ และข้าวหอมมะลิแดง เท่ากับ 0.59, 0.59 และ 1.53 มก./ก. พบความแตกต่างทางสถิติระหว่างกลุ่ม Treatment 2 และกลุ่มควบคุมและ Treatment 1 แต่ไม่พบความแตกต่างทางสถิติระหว่างกลุ่มควบคุม และ Treatment 1 ผลการวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิครวมของข้าว 3 พันธุ์ (Table 2)

Table 1 Growth and productivity of 3 cultivars in organic fragrant rice

Parameters	Group	Maejo 1A	Maejo 2	Mali Daeng
Height (60 days)	Control	50.11±4.26	42.70±2.90	53.70±4.10
(cm)	Trt 1	53.56±3.03	46.67±2.80	60.74±7.92
	Trt 2	63.48±9.60	51.56±3.21	65.11±7.20
Height (120 days)	Control	86.26±5.27	80.59±4.50	77.37±7.22
(cm)	Trt 1	91.11±3.72	82.07±5.39	86.11±13.02
	Trt 2	96.85±5.16	86.41±3.39	91.07±8.43
Tillering	Control	5.11+1.55	6.11+1.52	6.56+1.34
(tillers/plant)	Trt 1	6.56+1.29	6.78+1.40	6.85+1.21
	Trt 2	7.52+1.77	8.89+1.59	7.19+1.70
Panicle number	Control	4.81±1.82	7.00±1.33	1.00±1.14
(panicles/plant)	Trt 1	5.74±1.13	6.78±1.22	4.41±3.13
	Trt 2	7.48±2.28	10.37±3.16	6.30±1.92
Number of filled spikelet	Control	81.45±2.05[a]	98.09±5.47	71.34±6.64
(grains/panicle)	Trt 1	136.25±12.45[b]	120.54±10.42	92.15±15.70
	Trt 2	145.04±26.88[b]	165.44±70.63	118.84±8.52
Weight	Control	22.62±0.57	23.86±0.63	20.62±3.35
(grams of 100 spikelet)	Trt 1	23.72±0.74	24.40±1.28	23.18±1.65
	Trt 2	22.97±2.21	24.24±0.42	24.49±0.32

Different letters indicate significant difference (p-value<0.05)

Table 2 Total phenolic content expressed in terms of gallic acid equivalent (mg of GA/g of extract) of 3 cultivars in organic fragrant rice

Group	Maejo 1A	Maejo 2	Mali Daeng
Control	0.83±0.14	0.36±0.07	0.59±0.12[a]
Treatment 1	0.94±0.07	0.49±0.03	0.59±0.06[a]
Treatment 2	0.87±0.06	0.46±0.06	1.53±0.12[b]

Different letters indicate significant difference (p-value<0.05)

ผลการวิเคราะห์ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH ของข้าวเจ้าก่ำหอมแม่โจ้ 1 เอ พบว่า กลุ่มควบคุม Treatment 1 และ Treatment 2 มีค่า IC50 เฉลี่ย 138.45, 137.11 และ 170.14 มก./มล. ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ p<0.05 ส่วนข้าวเหนียวหอม กข แม่โจ้ 2 เท่ากับ 211.72, 238.35 และ 230.53 มก./มล. และข้าวเหนียวหอม กข แม่โจ้ 2 ไม่พบความแตกต่างทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ p<0.05 และข้าวหอมมะลิแดง เท่ากับ 49.75, 54.82 และ 13.66 มก./มล. ตามลำดับ พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างกลุ่มควบคุมและกลุ่ม Treatment 2 แต่ไม่พบความแตกต่างทางสถิติระหว่างกลุ่มควบคุมและกลุ่ม Treatment 1 ผลการวิเคราะห์ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH ของข้าว 3 พันธุ์ (Table 3)

Table 3 IC50 value of antioxidant activity test using DPPH method of 3 cultivars in organic fragrant rice

IC50 (mg/ml)Group	Maejo 1A	Maejo 2	Mali Daeng
Control	138.45±3.51	211.72±12.15	49.75±6.76[a]
Treatment 1	137.11±5.46	238.35±30.43	54.82±4.40[a]
Treatment 2	170.14±23.77	230.53±34.13	13.66±0.79[b]

Different letters indicate significant difference (p-value<0.05)

ผลการวิเคราะห์ปริมาณสาร 2AP ของข้าวเจ้าก่ำหอมแม่โจ้ 1 เอ พบว่ากลุ่มควบคุม Treatment 1 และ Treatment 2 มีปริมาณสาร 2AP เฉลี่ย 2.79, 2.88 และ 2.46 ppm ตามลำดับ ส่วนข้าวเหนียวหอม กข แม่โจ้ 2 เท่ากับ 4.32, 3.51 และ 4.05 ppm ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ p<0.05 และข้าวหอมมะลิแดง เท่ากับ 0.25, 1.18 และ 0.62 ppm พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างกลุ่มควบคุมและกลุ่ม Treatment 1 แต่ไม่พบความแตกต่างทางสถิติระหว่างกลุ่ม Treatment 1 และ Treatment 2 ผลการวิเคราะห์ปริมาณสาร 2AP ของข้าว 3 พันธุ์ (Table 4)

Table 4 Quantification of 2-acetyl-1-pyrroline (2AP) of 3 cultivars in organic fragrant rice

Group	Maejo 1A	Maejo 2	Mali Daeng
Control	2.79±0.14	4.32±0.42	0.25±0.34[a]
Trt 1	2.88±0.50	3.51±1.05	1.18±0.07[b]
Trt 2	2.46±0.42	4.05±0.55	0.62±0.05[a,b]

Different letters indicate significant difference (p-value<0.05)

ผลการวิเคราะห์ดินเมื่อสิ้นสุดการทดลอง

ผลการวิเคราะห์ดิน พบว่าตัวอย่างดินของกลุ่มควบคุมมีค่าความเป็นกรดด่าง (pH) เท่ากับ 7.9 (ค่าเหมาะสม 6.0-7.0) มีร้อยละของอินทรียวัตถุเท่ากับ 1.1 (ค่าเหมาะสม 2.5-3) ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ 22.80 มก./กก. (ค่าเหมาะสม 26.0-42.0) โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ 66.50 มก./กก. (ค่าเหมาะสม 130) แคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ 1,335.80 มก./กก. (ค่า

เหมาะสม 1,040) และแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ 135.3±4.90 มก./กก. (ค่าเหมาะสม 135) ในขณะที่กลุ่ม Treatment 1 มีค่าความเป็นกรดด่าง (pH) เท่ากับ 6.80 มีร้อยละของอินทรียวัตถุ ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียม เท่ากับ 1.20, 17.30, 53.50, 1,527.30 และ 157.50 มก./กก. ตามลำดับ และกลุ่ม Treatment 2 มีค่าความเป็นกรดด่าง (pH) เท่ากับ 6.40 มีร้อยละของอินทรียวัตถุ ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียม เท่ากับ 4.50, 2,414.80, 171.50, 5,822.00 และ 2,731.30 มก./กก. ตามลำดับ โดยพบความแตกต่างทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ (Table 5)

Table 5 Soil analysis at the end of experiment

Group	pH	Organic matter (%)	Available phosphorus (mg/kg)	Exchangeable potassium (mg/kg)	Calcium Exchangeable (mg/kg)	Magnesium Exchangeable (mg/kg)
Control	7.90±0.1^{a}	1.10±0.0^{a}	22.80±1.3^{a}	66.50±6^{a}	1,335.80±59.1^{a}	135.30±4.9^{a}
Trt 1	6.80±0.0^{b}	1.20±0.1^{a}	17.30±1.0^{b}	53.50±5.9^{b}	1,527.30±48.4^{b}	157.50±2.1^{b}
Trt 2	6.40±0.1^{c}	4.50±0.4^{b}	2,414.80±944.3^{c}	171.50±22.8^{c}	5,822.00±504.3^{c}	2,731.30±29.8^{c}
Optimal values	**6-7**	**2.5-3**	**26-42**	**130**	**1040**	**135**

Different letters indicate significant difference (p-value<0.05)

วิจารณ์ผลการวิจัย

ในการทดลองนี้ ดินเริ่มต้นมีความเป็นกรดเล็กน้อย ซึ่ง Office of Science for Land Development (2005) กล่าวว่า ค่าความเป็นกรด–ด่างที่เหมาะสมในการเจริญเติบโตของข้าวระหว่าง 5.5-6.5 ดินเริ่มต้นในการทดลองนี้มีปริมาณอินทรียวัตถุ และโพแทสเซียมอยู่ในระดับต่ำ ส่วนปริมาณฟอสฟอรัสในดินนี้อยู่ในระดับสูง และมีแคลเซียมและแมกนีเซียมอยู่ในระดับปานกลาง ตามมาตรฐานกำหนดคุณสมบัติปุ๋ยอินทรีย์ ได้แก่ ค่าความเป็นกรด-ด่าง อยู่ระหว่าง 5.5-8.5 ปริมาณอินทรียวัตถุไม่ต่ำกว่าร้อยละ 30 ของน้ำหนัก ไนโตรเจนทั้งหมดไม่น้อยกว่าร้อยละ 0.5 ของน้ำหนัก ฟอสฟอรัสทั้งหมดไม่น้อยกว่าร้อยละ 0.5 ของน้ำหนัก โพแทสเซียมทั้งหมดไม่น้อยกว่าร้อยละ 0.5 ของน้ำหนัก ดัชนีการงอกของเมล็ดไม่น้อยกว่าร้อยละ 80 และค่าการนำไฟฟ้าไม่เกิน 10 dS/m จากผลการวิเคราะห์ปุ๋ยหมัก MC1 ในการทดลองนี้ พบว่ามีค่าความเป็นกรด–ด่างสูงกว่ามาตรฐานเล็กน้อย คือ ค่อนข้างเป็นด่าง ซึ่งในการหมักวัสดุอินทรีย์ค่าความเป็นกรด–ด่างของปุ๋ยหมักมีการเปลี่ยนแปลงตามระยะเวลาของการหมัก โดยระยะแรกจะเป็นกรดต่อมาจะเป็นด่าง เมื่อกระบวนการหมักสมบูรณ์จนเป็นสารฮิวมัสค่าความเป็นกรด–ด่าง 7.5-8.5 ความเป็นด่างอ่อน ๆ ของปุ๋ยมีผลดีต่อการนำไปใช้ในการปรับปรุงดิน ถ้าค่าความเป็นกรด–ด่างสูงมากเกินไปไนโตรเจนในปุ๋ยจะเปลี่ยนไปเป็นแอมโมเนียแล้วระเหยไป และหากค่าความเป็นกรด–ด่างต่ำเกินไปจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์จะหยุดการเจริญ แต่จุลินทรีย์ที่เป็นสาเหตุของโรคพืชจะเจริญได้ดี ซึ่ง Davari *et al.* (2012) พบว่า การใช้อินทรียวัตถุ ปุ๋ยคอก และส่วนเหลือจากการปลูกข้าวกับปุ๋ยอินทรีย์ร่วมกับแบคทีเรียตรึงไนโตรเจน ละลายฟอสเฟต และพวกย่อยสลายเซลลูโลส มีผลช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโต

เพิ่มผลผลิตและคุณภาพของเมล็ดข้าวสาลี และยังช่วยลดต้นทุนการผลิตของการปลูกข้าวสาลีแบบอินทรีย์ด้วย ปุ๋ยหมัก MC1 ในการทดลองนี้มีปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม และค่าการนำไฟฟ้าของปุ๋ยหมัก MC1 มีค่าใกล้เคียงตามมาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ แต่พบว่าปุ๋ยหมัก MC1 มีค่าดัชนีการงอกของเมล็ดสูงกว่ามาตรฐาน แสดงว่าปุ๋ยหมักนี้เกิดการย่อยสลายสมบูรณ์และสามารถนำไปใช้กับพืชได้โดยไม่มีความเป็นพิษต่อพืช

ผลการเจริญเติบโตและผลผลิตข้าว พบว่าต้นข้าวใน Treatment 1 คือ ข้าว ดิน ปุ๋ยหมัก MC1 ร่วมกับแหนแดงและเมล็ดแมงลัก ส่วน Treatment 2 คือ ข้าว ดิน ปุ๋ยหมัก MC1 ร่วมกับแหนแดง เมล็ดแมงลัก และสารกระตุ้นอินทรีย์มีแนวโน้มในการเจริญเติบโต การแตกกอ ความสูงของต้นข้าวที่อายุ 60 และ 120 วัน จำนวนรวงข้าว จำนวนเมล็ดดีของข้าวทั้ง 3 พันธุ์ ดีกว่าชุดควบคุม ซึ่งอาจเป็นผลมาจากในปุ๋ยหมัก MC1 มีอินทรียวัตถุและแบคทีเรียที่ช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตและผลผลิตของต้นข้าว และ Yi *et al.* (2014) พบว่าการใส่อินทรียวัตถุในดินช่วยส่งเสริมให้อนุภาคของดินจับตัวเป็นก้อนมีโครงสร้างดีและร่วน อากาศถ่ายเทได้สะดวก ระบายน้ำดี การอุ้มน้ำได้เพิ่มขึ้น เพิ่มปริมาณธาตุอาหารในดิน และการดูดซับธาตุอาหารของพืช เพิ่มความต้านทานการเปลี่ยนแปลงความเป็นกรด–ด่างของดิน ทำให้จุลินทรีย์ในดินเพิ่มขึ้น ทำให้ดินมีปริมาณอินทรียคาร์บอน ไนโตรเจนทั้งหมด และฟอสฟอรัสรวมเพิ่มมากขึ้น ซึ่งการใส่น้ำหมักชีวภาพใน Treatment 2 อาจมีผลช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวทั้ง 3 พันธุ์ และ Matsumiya and Kubo (2011) พบว่าเปปไทด์ที่ได้จากการย่อยถั่วเหลืองมีผลช่วยเพิ่มจำนวน และความยาวและเพิ่มพื้นที่ผิวของเซลล์ขนรากในพืชถึง 16.6 เท่า และ Umesha and Narayanaswamy (2017) พบว่า ในน้ำมะพร้าวมีไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม โซเดียม สังกะสี และแมงกานีส และยังมีกรดอินโดลอะซิติก ซึ่งช่วยในการพัฒนารากของพืช (Aishwarya *et al.*, 2022) ในการทดลองนี้ ใน treatment 2 ยังมีฮอร์โมนไข่และกากน้ำปลา ซึ่ง Sangchhen (2011) พบว่าการใช้ปุ๋ยน้ำหมักปลา และฮอร์โมนไข่ ใช้ระยะอายุข้าว 60 วัน หรือข้าวเริ่มตั้งท้อง ทำให้ต้นข้าวแข็งแรง ต้านทานโรค และช่วยให้ผลผลิตข้าวเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ยังมี *Anabaena azollae* อาศัยอยู่กับแหนแดงที่ช่วยตรึงไนโตรเจนได้จากอากาศได้ถึง 1.1 กก. ไนโตรเจนต่อวัน (Pabby *et al*., 2003) และเมื่อแหนแดงตายลงก็กลายเป็นธาตุอาหารให้พืชและจุลินทรีย์ใช้ประโยชน์ได้จึงจัดเป็นปุ๋ยชีวภาพและวัสดุปรับปรุงดินต้นทุนต่ำได้เป็นอย่างดี อย่างไรก็ตาม ผลน้ำหนักเมล็ดข้าว 100 เมล็ด ในงานวิจัยนี้พบว่าทั้ง Treatment 1 และ Treatment 2 ให้น้ำหนักผลผลิตเมล็ดข้าวไม่แตกต่างจากชุดควบคุม ซึ่งน้ำหนักเมล็ดข้าวถูกกำหนดโดยปริมาณแป้งซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักประมาณร้อยละ 85 ของน้ำหนักแห้ง ดังนั้น ถ้าทำให้การสังเคราะห์และการสะสมแป้งเพิ่มมากขึ้นในระยะการพัฒนาของเมล็ดก็อาจทำให้เพิ่มน้ำหนักเมล็ดและเพิ่มผลผลิตโดยรวมได้

ผลของการจัดการน้ำแบบเปียกสลับแห้งต่อข้าวใน Treatment 1 คือ ข้าว ดิน ปุ๋ยหมัก MC1 ร่วมกับแหนแดงและเมล็ดแมงลัก และ Treatment 2 คือ ข้าว ดิน ปุ๋ยหมัก MC1 ร่วมกับแหนแดง เมล็ดแมงลัก และสารกระตุ้นอินทรีย์ ในการทดลองนี้พบว่า การจัดการน้ำแบบเปียกสลับแห้งมีแนวโน้มทำให้ข้าวทั้ง 3 พันธุ์ มีความสูง จำนวนต้นต่อกอ จำนวนรวงข้าว จำนวนเมล็ดดีต่อรวงดีกว่าชุดควบคุม ซึ่ง Harakotr and Thongoon (2018) พบว่าการปลูกข้าวไรซ์เบอรี่ด้วยระยะการปลูก 40×40 ซม. ร่วมกับการจัดการน้ำแบบเปียกสลับแห้งและแบบท่วมขังตลอดฤดูการปลูก มีแนวโน้มช่วยให้ข้าวมีการเจริญเติบโตและองค์ประกอบผลผลิตดีที่สุด ปริมาณฟีนอลิครวมของข้าวหอมมะลิแดงใน Treatment 2 สูงกว่ากลุ่มควบคุม ผลการทดลองนี้บ่งชี้ว่าการเสริมปุ๋ยหมัก MC1 ร่วมกับแหนแดงและเมล็ดแมงลักและสารกระตุ้นอินทรีย์ชีวภาพในปริมาณและความถี่ตามกำหนดสามารถช่วยกระตุ้นการสร้างสารฟีนอลิครวมในข้าวพันธุ์หอมมะลิแดงได้ แต่ไม่มี

ผลต่อข้าวอีก 2 พันธุ์ คือ ข้าวเจ้ากำหอมแม่โจ้ 1 เอ และข้าวเหนียวหอม กข แม่โจ้ 2 ซึ่ง Wongtay *et al.* (2020) พบว่าพันธุ์ข้าวและแหล่งปลูกข้าวเป็นปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณสารฟีนอลิคในข้าวต่างสายพันธุ์ และ Daiponmak *et al.* (2010) พบว่าข้าวก่ำดอยสะเก็ดและข้าวขาวดอกมะลิ 105 มีปริมาณฟีนอลิคทั้งหมดเพิ่มมากขึ้นเมื่ออยู่ในสภาวะที่มีเกลือโซเดียมคลอไรด์ 60 mM ส่วนข้าวไรซ์เบอรี่และข้าวสินเหล็กมีปริมาณฟีนอลิคทั้งหมดเพิ่มขึ้นระดับปานกลาง แสดงให้เห็นว่าปริมาณของสารฟีนอลิคที่เพิ่มขึ้นเกิดขึ้นเนื่องจากกลไกการตอบสนองต่อความเค็มของพืช ส่วนในข้าวกล้องงอกของข้าวไทย และข้าว Kuthiru ของอินเดียมีปริมาณสารฟีนอลิคสูงที่สุดในที่มีเกลือ 150 และ 200 mM ตามลำดับ (Umnajkitikorn *et al.*, 2013)

ในงานทดลองนี้ ข้าวเหนียวหอม กข แม่โจ้ 2 ที่มีอายุเก็บเกี่ยวในนาปีอายุ 135 วัน นาปรัง อายุ 146 วัน ซึ่งการทดลองนี้ปลูกข้าวในฤดูนาปรัง การนับจำนวนต้นต่อกออาจทำเร็วเกินไปจึงทำให้ต้นแตกกอออกเพิ่มขึ้นหลังจากนับต้นต่อกอแล้ว นอกจากนี้ ลักษณะเฉพาะของข้าวพันธุ์นี้ คือ หากระยะการปลูกห่างมากข้าวจะสามารถแตกออกเรื่อย ๆ ไม่หยุด ดังนั้น จึงมีโอกาสเป็นไปได้ว่าจำนวนรวงจะมากกว่าจำนวนต้นในวันที่นับได้

ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ ใน Treatment 1 คือ ข้าว ดิน ปุ๋ยหมัก MC1 ร่วมกับแหนแดงและเมล็ดแมงลัก ส่วน Treatment 2 คือข้าว ดิน ปุ๋ยหมัก MC1 ร่วมกับแหนแดง เมล็ดแมงลัก และสารกระตุ้นอินทรีย์ ของข้าวเจ้ากำหอมแม่โจ้ 1 เอ และข้าวเหนียวหอม กข แม่โจ้ 2 โดยดูจากค่า IC50 ของการต้านอนุมูลอิสระของข้าว 2 พันธุ์ พบว่าใน Treatment 1 และ Treatment 2 ไม่แตกต่างจากกลุ่มควบคุม ในขณะที่ค่า IC50 ของการต้านอนุมูลอิสระของข้าวหอมมะลิแดงใน Treatment ที่ 2 น้อยกว่ากลุ่มควบคุม ซึ่งค่าที่น้อยกว่านี้แปรผกผันกับประสิทธิภาพในการต้านอนุมูลอิสระ ซึ่งบ่งชี้ถึงว่าข้าวหอมมะลิแดงใน Treatment 2 มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้น ซึ่งสัมพันธ์กับปริมาณฟีนอลิครวมที่มีสูงขึ้นใน Treatment 2 ของข้าวพันธุ์ดังกล่าว ซึ่ง Goufo *et al*. (2010) รายงานว่า สารต้านอนุมูลอิสระในข้าวจะพบสูงที่สุดในข้าวที่มีสีดำ รองลงมาคือ ข้าวที่มีสีม่วง สีแดง และสีน้ำตาล ตามลำดับ และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระจะแปรผันตรงกับปริมาณแอนโทไซยานิน เช่น ข้าวก่ำดอยมูเซอ ข้าวไรซ์เบอร์รี่ และข้าวสังข์หยดมีปริมาณแอนโทไซยานิน 336, 87.46 และ 1.09 มก. ต่อ 100 กรัม ตามลำดับ Kasikumpaiboon and Boonman (2020) ได้ทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดข้าวหอมมะลิแดงด้วยวิธี DPPH assay, ABTS assay, FRAP assay และวัดปริมาณสารประกอบฟีนอลิครวม ด้วยวิธี Folin-Ciocalteu assay พบว่าการสกัดแต่ละวิธีได้ปริมาณสารสกัดใกล้เคียงกัน โดยมีค่าร้อยละของสารสกัดที่ได้อยู่ที่ 4.00-5.68 ซึ่งสารสกัดข้าวหอมมะลิแดงด้วยเอทานอลมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุด โดยวิธี DPPH assay และ ABTS assay มีค่า IC50 เท่ากับ 521.40±0.87 มคก/มล และ 416.93±7.16 มคก/มล ตามลำดับ และวิธี FRAP assay มีค่าการต้านอนุมูลอิสระ เท่ากับ 6,888±543.64 mM TE/g extract นอกจากนี้ ยังมีปัจจัยอื่น ๆ ที่มีผลต่อการสะสมสารต้านอนุมูลอิสระในข้าว ได้แก่ ปัจจัยก่อนการเก็บเกี่ยว ชนิดของดิน ความเค็ม คาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศ การใช้สารเคมี อุณหภูมิและระดับการเจริญเติบโตเต็มที่ และปัจจัยหลังการเก็บเกี่ยว (Thammapat and Sirimornpun, 2015)

ข้าวทั้ง 3 พันธุ์ ในการทดลองนี้ มีปริมาณสาร 2AP ของ Treatment 1 คือ ข้าว ดิน ปุ๋ยหมัก MC1 ร่วมกับแหนแดง และเมล็ดแมงลัก ส่วน Treatment 2 คือ ข้าว ดิน ปุ๋ยหมัก MC1 ร่วมกับแหนแดง เมล็ดแมงลัก และสารกระตุ้นอินทรีย์ พบว่าใน Treatment 1 และ 2 ต่ำกว่าชุดควบคุม จากผลของการวิเคราะห์ดินพบว่ามีปริมาณของ P, K, Ca และ Mg ในดินอยู่สูงเกินกว่าค่าที่เหมาะสมของค่ามาตรฐานของธาตุอาหารที่เหมาะสมต่อการปลูกพืช อาจทำให้เกิดความไม่สมดุลของธาตุอาหารที่มีผลต่อการสะสมสารหอมในข้าวได้ซึ่ง Monggoot *et al.* (2014) รายงานว่า เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของธาตุ

อาหาร ได้แก่ N, P, Ca, Zn, Mn และ Mg พบว่าในชุดควบคุมข้าวขาวดอกมะลิ 105 มีปริมาณสาร 2AP เท่ากับ 1.42 ppm แต่เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของธาตุอาหาร N, P, Ca และ Mn เป็น 2 เท่า ทำให้ข้าวมีปริมาณสาร 2AP เพิ่มขึ้นเป็น 12.69, 16.68, 13.82, 13.06 ppm ตามลำดับ และเมื่อใช้ Zn เข้มข้น 4 เท่า ข้าวมีปริมาณสาร 2AP เป็น 10.23 ppm และที่ระดับความเข้มข้นของ Mg เพิ่มขึ้น 8 เท่า ทำให้ข้าวมีปริมาณสาร 2AP เป็น 12.83 ppm ซึ่งแสดงว่าการเติมธาตุอาหารเดี่ยวที่เหมาะสมมีผลในการช่วยเพิ่มการสร้างสาร 2AP ได้ และ Nawara *et al*. (2020) พบว่าการแปรผันของปริมาณสาร 2AP ในข้าวขาวดอกมะลิและการกระตุ้นให้สะสมสาร 2AP ให้เพิ่มขึ้นโดยธาตุอาหารในดินชนิดต่าง ๆ และการเติมธาตุอาหารในดินมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณของสาร 2AP ในส่วนต่าง ๆ ของข้าว เช่น ในใบข้าว ไม่เพียงแต่ในระยะการเจริญเติบโตที่แตกต่างกันเท่านั้น แต่ในแต่ละตำแหน่งของใบในแต่ละระยะการเจริญเติบโตของข้าวด้วย

ในการทดลองนี้ พบว่าน้ำหมักชีวภาพมีผลในทางลบกับการสะสมสาร 2AP น้ำหมักชีวภาพในการทดลองนี้ผ่านการหมักที่อุณหภูมิห้องระยะเวลานาน 1 เดือน อาจมีผลทำให้สารตั้งต้นที่อยู่ในส่วนประกอบต่าง ๆ สลายไปจากการย่อยสลายของจุลินทรีย์ หรืออาจเป็นผลมาจากน้ำหมักชีวภาพมีความเป็นกรดสูงเกินไปเนื่องจากมีส่วนผสมที่เป็นน้ำส้มสายชูอยู่ด้วย และในเตรียมสารกระตุ้นน่าจะต้องใช้ส่วนประกอบที่เป็นสารตั้งต้นที่เตรียมสดใหม่และใช้ทันที ซึ่ง Maraval *et al*. (2010) พบว่าข้าวจะสร้างสาร 2AP ปริมาณสูงที่สุดในสภาวะกรด–ด่าง 9.0-11.0 และในการทดลองนี้ ใส่กากน้ำปลาในอ่างปลูกข้าว 100 กรัมต่ออ่าง อาจมีปริมาณเกลืออยู่น้อยเกินไป และ Deejing and Sanguanpong (2015) พบว่าเมื่อเติมกากน้ำปลา ครั้งที่ 1 ในอัตรา 500 กก./ไร่ หลังจากปลูกข้าวระยะเวลา 30 วัน และครั้งที่ 2 เติมกากน้ำปลาหลังจากปลูกข้าวระยะเวลา 60 วัน ในอัตรา 250 กก./ไร่ มีแนวโน้มที่จะช่วยเพิ่มปริมาณสาร 2AP ในข้าวขาวดอกมะลิ 105 แต่ไม่มีผลต่อการเพิ่มของสาร 2AP ของข้าวหอมมะลิแดง หรืออาจเป็นผลมาจากก่อนเก็บเกี่ยวข้าวซึ่งเป็นช่วงต้นฤดูฝน มีฝนตกลงมาก่อนการเก็บเกี่ยวข้าว จึงส่งผลทำให้ดินปลูกข้าวไม่แห้ง ซึ่งโดยทั่วไปหากต้นข้าวมีสภาวะกดดันจากความเค็มและความแห้งแล้งจะช่วยให้ข้าวสะสมสาร 2AP สูงขึ้นได้ นอกจากนี้ การบริหารจัดการน้ำและความเค็มมีผลต่อการสะสมสาร 2AP ด้วย (Mo *et al*., 2016) ความหอมของข้าว นอกจากจะถูกควบคุมทางพันธุกรรมแล้วยังแปรปรวนไปตามสภาพแวดล้อม เช่น อุณหภูมิ แสงแดด ความชื้น ชนิดและความอุดมสมบูรณ์ของดิน รวมทั้งปริมาณธาตุอาหารต่าง ๆ และความเครียดจากสภาพแวดล้อม เช่น ความแห้งและความเค็มอีกด้วย (Gay *et al*., 2010) ซึ่งการสะสมสาร 2AP น้อยอาจเป็นผลมาจากการจัดการและการเก็บรักษาข้าวก่อนและหลังการเก็บเกี่ยว เช่น อุณหภูมิและเวลา ในการรอให้ข้าวแห้ง การเก็บรักษาการสีข้าว มีผลกระทบต่อสารให้กลิ่นหอม 2AP ในข้าวให้ลดลงได้อีกด้วย (Baradi and Elepano, 2012) นอกจากนี้ ความเค็มและความแห้ง ยังมีผลต่อผลผลิตข้าวทั้งในด้านความยาวของราก จำนวนราก ความยาวต้นกล้า และยังทำให้อัตราความงอกลดลง รากมีการเจริญเติบโตไม่ดี จำนวนรวงต่อกอ ความยาวรวง จำนวนเมล็ดต่อรวง น้ำหนักเมล็ดลดลง (Hussain *et al*., 2017)

ในการทดลองนี้ ผลการวิเคราะห์แต่ละพารามิเตอร์ของดินหลังสิ้นสุดการทดลองใน Treatment 2 คือ ข้าว ดิน ปุ๋ยหมัก MC1 ร่วมกับแหนแดง เมล็ดแมงลัก และสารกระตุ้นอินทรีย์สูงกว่าชุดควบคุมและ Treatment 1 คือ ข้าว ดิน ปุ๋ยหมัก MC1 ร่วมกับแหนแดงและเมล็ดแมงลัก อาจเป็นผลมาจากใน Treatment 2 มีการเติมกากน้ำปลาลงไป ซึ่งในกากน้ำปลามีส่วนประกอบ เช่น ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม กำมะถัน และเมื่อสิ้นสุดการทดลองดินมีลักษณะแห้งอาจทำให้สารข้างต้นมีความเข้มข้นขึ้น จึงอาจจะทำให้ผลการวิเคราะห์พารามิเตอร์ต่าง ๆ มีค่าสูงขึ้นได้

สรุปผลการวิจัย

การปลูกข้าวเจ้ากำหอมแม่โจ้ 1 เอ ข้าวเหนียวหอม กข แม่โจ้ 2 และข้าวหอมมะลิแดง แล้วเสริมด้วยปุ๋ยหมัก MC1 มีแนวโน้มช่วยเพิ่มความสูง การแตกกอ และจำนวนรวงดีกว่ากลุ่มควบคุม และการเสริมปุ๋ยหมัก MC1 น้ำหมักชีวภาพและฮอร์โมนไข่มีแนวโน้มช่วยเพิ่มความสูง การแตกกอ จำนวนรวง และจำนวนเมล็ดดีต่อรวงของข้าวทั้ง 3 พันธุ์ เมื่อเทียบกับใส่ปุ๋ยหมัก MC1 อย่างเดียว การจัดการน้ำแบบเปียกสลับแห้ง มีแนวโน้มทำให้ข้าวทั้ง 3 พันธุ์ เจริญเติบโตและให้ผลผลิตดีกว่ากลุ่มควบคุม การเสริมปุ๋ยหมัก MC1 ในข้าวทั้ง 3 พันธุ์ และน้ำหมักชีวภาพและฮอร์โมนไข่ช่วยเพิ่มปริมาณฟีนอลิครวมและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในข้าวหอมมะลิแดง แต่ไม่พบในข้าวพันธุ์อื่น การเสริมปุ๋ยหมัก MC1 น้ำหมักชีวภาพและฮอร์โมนไข่ไม่มีผลต่อการเพิ่มปริมาณสาร 2AP

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ สำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สกสว.) และสำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่สนับสนุนทุนวิจัยประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2565 รวมทั้ง คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่อำนวยความสะดวกสถานที่ อุปกรณ์ และเครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง

Agricultural Production Sciences Research and Development Division. 2010. **Handbook of Soil Analysis (Chemical and Physical Methods). Vol. 1.** Bangkok: Quick Print Offset Press. 174 p. [in Thai]

Aishwarya, D., P. Prashanth, N. Seenivasan and D.S. Naik. 2022. Coconut water as a root hormone: biological and chemical composition and applications. **Journal of Pharmaceutical Innovation** 11(12): 1678-1681.

Baradi, U.M.A. and A.R. Elepano. 2012. Aroma loss in rice as affected by various conditions during postharvest operations. **Philippine Agricultural Scientist** 95(3): 260-266.

Changsri, R. 2014. **Factors Affecting the Quality of Thai Hom Mali Rice Factors Affecting the Quality of Thai Hom Mali Rice**. 47 p. *In* Research Report. Bangkok: Rice Department. [in Thai]

Chinachanta, K., A. Shutsrirung, L. Herrmann D. Lesueur and W. Pathom-aree. 2021. Enhancement of the aroma compound 2-acetyl-1-pyrroline in Thai jasmine rice (*Oryza sativa*) by rhizobacteria under salt stress. **Biology** 10(10): 1-16.

Daiponmak, W., P. Theerakulpisut, P. Thanonkao, A. Vanavichit and P. Prathepha. 2010. Changes of anthocyanin cyanidin-3-glucoside content and antioxidant activity in Thai rice varieties under salinity stress. **ScienceAsia** 36: 286-291.

Davari, M.R., S.N. Sharma and M. Mirzakhani. 2012. The effect of combinations of organic materials and biofertilisers on productivity, grain quality, nutrient uptake and economics in organic farming of wheat. **Journal of Organic Systems** 7(2): 26-35.

Deejing, S. and V. Sanguanpong. 2015. Evaluation of Soil quality in Organic Rice Fields. pp. 150-156. *In* **Proceedings of the 11th Research & Innovation 22-23 July 2015.** Phitsanulok: Naresuan University. [in Thai]

Gay, F., I. Maraval, S. Roques, Z. Gunata, R. Boulanger, A. Audebert and C. Mestres. 2010. Effect of salinity on yield and 2-acetyl-1-pyrroline content in the grains of three fragrant rice cultivars (*Oryza sativa* L.) in Camargue (France). **Field Crops Research** 117: 154-160.

Goufo, P., M. Duan, S. Wongpornchai and X. Tang. 2010. Some factors affecting the concentration of the aroma compound 2-acetyl-1-pyrroline in two fragrant rice cultivars grown in South China. **Frontiers of Agriculture in China.** 4(1): 1-9.

Gui, R.F., H.L. Jing, U. Ashraf, S.Y. Li, M.Y. Duan, S.G. Pan, H. Tian, X.R. Tang and Z.W. Mo. 2022. Drought stress at flowering stage regulates photosynthesis, aroma and grain yield in fragrant rice. **Applied Ecology and Environmental Research** 20(3): 2425-2438.

Harakotr B. and A. Thongoon. 2018. Effects of water management and plant spacing on the growth and yield of purple riceberry rice with the system of rice intensification (SRI). **Thai Science and Technology Journal** 24(6): 986-997.

Hussain, S., J.H. Zhang, C. Zhong, L.F. Zhu, X.C. Cao, S.M. Yu, A.B. James, J.J. Hu and Q.Y. Jin. 2017. Effect of salt stress on rice growth, development characteristics, and the regulating ways: a review. **Journal of Integrative Agriculture** 16: 2357-2374.

Joseph, E.A., V.V. Radhakrishnan and K.V. Mohanan. 2015. A study on the accumulation of proline an osmoprotectant amino acid under salt stress in some native rice cultivars of north Kerala, India. **Universal Journal of Agricultural Research** 3(1): 15–22.

Kasikumpaiboon, J. and N. Boonman. 2020. Antioxidant Activities of Red Jasmine Rice Extracts. pp. 1382-1394. *In* **Proceedings of the 10th STOU National Research Conference.** Nontaburi: Sukhothai Thammathirat Open University. [in Thai]

Lia, M., U. Ashraf, H. Tian, Z. Mob, S. Pan, A. Anjumd, M. Duan and X. Tang. 2016. Manganese-induced regulations in growth, yield formation, quality characters, rice aroma and enzyme involved in 2-acetyl-1-pyrroline biosynthesis in fragrant rice. **Plant Physiology and Biochemistry** 103: 167-175.

Maraval, I., K. Sen and A. Agrebi. 2010. Quantification of 2-acetyl-1-pyrroline in rice by stable isotope dilution assay through headspace solid–phase microextraction coupled to gas chromatography tandem mass spectrometry. **Analytica Chimica Acta** 675: 148-155.

Matsumiya, Y. and M. Kubo. 2011. Soybean peptide: novel plant growth promoting peptide from soybean. **Agricultural and Biological Sciences Journal** 1: 215-230.

Mo, Z., J. Huang and D. Xiao. 2016. Supplementation of 2-Ap, Zn and La improves 2-acetyl-1-pyrroline concentrations in detached aromatic rice panicles *In Vitro*. **PLoS One** 11(2): e0149523.

Mo, Z., U. Ashraf, Y. Tang, W. Li, S. Pan, M. Duan, H. Tian and X. Tang. 2018. Nitrogen application at the booting stage affects 2-acetyl-1-pyrroline, proline, and total nitrogen contents in aromatic rice. **Chilean Journal of Agricultural Research** 78(2): 165-172.

Monggoot, S., P. Sookwong, S. Mahatheeranont and S. Meechoui. 2014. Influence of single nutrient element on 2-Acetyl-1-pyrroline contents in Thai fragrant rice (*Oryza sativa* L.) cv. Khao Dawk Mali 105 grown under soilless conditions. pp. 642-647. **The 26th Annual Meeting of the Thai Society for Biotechnology and International Conferences.** Chiang Rai: Mae Fah Luang University.

Nawara, W.C., O. Bennett, O. Norkaew P. Sookwong, S. Moolkam, S. Narueba and S. Mahatheeranont. 2020. Variation of the impact aroma compound, 2-acetyl-1-pyrroline, content in Thai fragrant rice plants and its enhanced accumulation by soil nutritional elements. **Journal of Agricultural Science** 2(6): 36-45.

Office of Science for Land Development. 2005. **Handbook for the Analysis of Soil Samples, Water, Fertilizers, Plants, Soil Improvement Materials and Analyze to Inspect and Certify Product Standards Vol. 1.** Bangkok: Kasetsart University Press. 46 p. [in Thai]

Pabby, A., R. Prasanna and P.K. Singh. 2003. Azolla-anabaena symbiosis from traditional agriculture biotechnology. **Indian Journal of Biotechnology** 2(1): 26-37.

Palungwachira, P., S. Tancharoen, C. Phruksaniyom, S. Klungsaeng, R. Srichan, K. Kikuchi and T. Nararatwanchai. 2019. Antioxidant and anti-inflammatory properties of anthocyanins extracted from *Oryza sativa* L. in primary dermal fibroblasts. **Oxidative Medicine and Cellular Longevity** 2019: 1-18.

Prodhan, Z.H. and S. Qingyao. 2020. Rice aroma: a natural gift comes with price and the way forward. **Rice Science** 27(2): 86-100.

Sakulsingharoj, C., L. Na Rachasima, A. Richinda, P. Wongputtisin, R. Kawaree, S. Pongjaroenkit and V. Sangtong. 2019. Evaluation of Total Anthocyanins and Antioxidant Activity of Thai Rice Cultivars for Phenotypic Selection in Rice Breeding. pp. 227-235. **Proceedings of the 2019 International Joint Conference on JSAM and SASJ, and 13th CIGR VI Technical Symposium joining FWFNWG and FSWG Workshops.** Hokkaido: Hokkaido University – Sapporo Campus

Sangchhen, V. 2011. **A Study on Bioextract Production Process and Its Effectiveness on Rice Production of Farmers in Bangpakong District.** Master Thesis. Rajamangala University of Technology. 114 p. [in Thai]

Thammapat, P. and S. Sirimornpun. 2015. Effects of NaCl and soaking temperature on the phenolic compounds, α-tocopherol, γ-oryzanol and fatty acids of glutinous rice. **Food Chemistry** 175(21): 218-224.

Umesha, S. and B. Narayanaswamy. 2017. Pivotal role of residual coconut water and spent wash on phyllosphere and rhizosphere microflora of Gherkin (*Cucumis sativus* L.) under glass house condition. **International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences** 6(7): 3956-3963.

Umnajkitikorn, K., B. Faiyue and K. Saengnil. 2013. Enhancing antioxidant properties of germinated Thai rice (*Oryza sativa* L.) cv. Kum Doi Saket with salinity. **Journal of Rice Research** 1: 103.

Wongtay, P., D. Maneejan, R. Jansasithorn, A. Juttupornpong, N. Sueadang, P. Saiyued, S. Kongsomjit, W. Sukviwat, P. Maneenin and K. Parngrussamee. 2020. Phenolic content in Thai rice varieties and the effects of storage temperature on rice quality. **Thai Rice Research Journal** 11(2): 103-113.

Yi, D.W., X. Yu, X. Zhang, X.D. Qin, X.L. Fu, F.T. Yang, X.Y. Liu, X.S. Min, X.W. Fa and S. Schaeffer. 2014. Changes in soil microbial community composition in response to fertilization of paddy soils in subtropical China. **Applied Soil Ecology** 84: 140-147.