

ผลการใช้ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนร่วมกับเชื้อราไตรโคเดอร์มาต่อผลผลิตข้าว กข43 และสมบัติดินบางประการในนาข้าวอินทรีย์

Effect of Vermicompost Combined with *Trichoderma* sp. on RD43 Rice Yield and Some Soil Properties in Organic Paddy Field

ปรัชวณี พิบัติรุ่ง^{1*} เพชรพิกุล ขำอ่อน¹ วุฒิพงษ์ แบ่งใจ¹ อธิพล ทรัพย์บุญ² พิชิต โชดก¹ และช่อเพชร จำปี³

Prachwanee Pibumrung^{1*} Petchpikul Khum-on¹ Wuthipong Pangjai¹ Theeraphol Sapboon² Pichit Chodok¹ and Chopphet Jumpee³

¹สาขาวิชาเทคโนโลยีการเกษตรสมัยใหม่ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา อำเภอพระนครศรีอยุธยา จังหวัดพระนครศรีอยุธยา 13000

¹Division of Modern Agriculture Technology, Faculty of Science and Technology, Phranakhon Si Ayutthaya Rajabhat University, Phra Nakhon Si Ayutthaya, Phra Nakhon Si Ayutthaya 13000

²สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา อำเภอพระนครศรีอยุธยา จังหวัดพระนครศรีอยุธยา 13000

²Division of Management Engineering, Faculty of Science and Technology, Phranakhon Si Ayutthaya Rajabhat University, Phra Nakhon Si Ayutthaya, Phra Nakhon Si Ayutthaya 13000

³สาขาวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา อำเภอพระนครศรีอยุธยา จังหวัดพระนครศรีอยุธยา 13000

³Division of Industrial Technology, Faculty of Science and Technology, Phranakhon Si Ayutthaya Rajabhat University, Phra Nakhon Si Ayutthaya, Phra Nakhon Si Ayutthaya 13000

* Corresponding author: prachwaneepibumung@gmail.com

(Received: 1 October 2024; Revised: 11 November 2024; Accepted: 4 December 2024)

Abstract

The objective of this research was to determine the effect of vermicompost and *Trichoderma* sp. combined application on RD43 rice yield and some soil properties in farmers' organic fields, Phachi district, Phra Nakhon Si Ayutthaya province. The experiment was arranged in a Randomized Complete Block Design with 5 treatments and 6 replications consisting of treatment 1 (T1) no application of vermicompost and *Trichoderma* sp. (Control), treatment 2 (T2) application of 1,000 kg/rai of vermicompost, treatment 3 (T3) application of 1,000 kg/rai of vermicompost and 1 kg/rai of *Trichoderma* sp., treatment 4 (T4) application of 1,000 kg/rai of vermicompost and 2 kg/rai of *Trichoderma* sp. and treatment 5 (T5) application of 1,000 kg/rai of vermicompost and 3 kg/rai of *Trichoderma* sp. The result showed that the application of 1,000 kg/rai of vermicompost and 2 kg/rai of *Trichoderma* sp. resulted in the highest plant height of 102.12 cm, tillers per hill of 15.17, number of grains per panicle of 131.63, grain yield of 616.23 kg/rai and straw dry weight of 988.56 kg/rai, respectively. In addition, receiving such treatment also lead to the highest amount of organic matter and total nitrogen (3.79% and 0.48%, respectively) ($p < 0.01$). The results of this research suggest that the application of vermicompost combined with *Trichoderma* sp. in organic rice fields can increase the yield of RD43 rice and plant nutrients in the soil.

Keywords: Yield components, organic fertilizer, organic matter, soil nutrients

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลการใช้ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนร่วมกับเชื้อราไตรโคเดอร์มา (*Trichoderma* sp.) ต่อผลผลิตข้าว กข43 และสมบัติของดินบางประการในแปลงนาข้าวอินทรีย์ของเกษตรกร อำเภอภาชี จังหวัดพระนครศรีอยุธยา วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ในบล็อก ทั้งหมด 6 ซ้ำ จำนวน 5 กรรมวิธี ประกอบด้วย กรรมวิธีที่ 1 (T1) ไม่ใส่ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนและเชื้อราไตรโคเดอร์มา (ควบคุม) กรรมวิธีที่ 2 (T2) ใส่ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือน อัตรา 1,000 กก./ไร่ กรรมวิธีที่ 3 (T3) ใส่ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือน อัตรา 1,000 กก./ไร่ และเชื้อราไตรโคเดอร์มา อัตรา 1 กก./ไร่ กรรมวิธีที่ 4 (T4) ใส่ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือน อัตรา 1,000 กก./ไร่ และเชื้อราไตรโคเดอร์มา อัตรา 2 กก./ไร่ และกรรมวิธีที่ 5 (T5) ใส่ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนอัตรา 1,000 กก./ไร่ และเชื้อราไตรโคเดอร์มา อัตรา 3 กก./ไร่ ผลการวิจัยพบว่า การใช้ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือน อัตรา 1,000 กก./ไร่ และเชื้อราไตรโคเดอร์มา อัตรา 2 กก./ไร่ ให้ความสูงต้นข้าวสูงสุด 102.12 ซม. จำนวนต้นสูงสุด 15.17 ต้น/กอ จำนวนเมล็ดสูงสุด 131.63 เมล็ด/รวง ผลผลิตเมล็ดสูงสุด 616.23 กก./ไร่ และน้ำหนักฟางแห้งสูงสุด 988.56 กก./ไร่ ตามลำดับ รวมทั้งดินมีปริมาณอินทรีย์วัตถุและไนโตรเจนทั้งหมดในดินสูงสุด (3.79% และ 0.48% ตามลำดับ) ($P < 0.01$) ผลการวิจัยครั้งนี้เสนอแนะว่า การใช้ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนร่วมกับเชื้อราไตรโคเดอร์มาในนาข้าวอินทรีย์ช่วยเพิ่มผลผลิตข้าว กข43 และธาตุอาหารพืชในดินนาได้

คำสำคัญ: องค์ประกอบผลผลิต ปุ๋ยอินทรีย์ อินทรีย์วัตถุ ธาตุอาหารในดิน

คำนำ

ข้าวพันธุ์ กข43 (RD43) เป็นข้าวเจ้าไม่ไวต่อช่วงแสง อายุเก็บเกี่ยวสั้น 95 วัน ผลผลิตประมาณ 561 กิโลกรัม/ไร่ คุณภาพการหุงต้มเมล็ดข้าวสุกนุ่ม มีกลิ่นหอมอ่อน ปริมาณอะไมโลสต่ำ (18.82 เปอร์เซ็นต์) (Rice Department, 2023) มีคาร์โบไฮเดรตที่ทนต่อการย่อยได้ดีกว่าข้าวอะไมโลสต่ำสายพันธุ์อื่น มีค่าดัชนีน้ำตาลอยู่ในระดับปานกลางค่อนข้างต่ำ จัดเป็นข้าวทางเลือกสำหรับผู้บริโภคที่ต้องการควบคุมปริมาณน้ำตาลในเลือด จึงตอบสนองตลาดข้าวและตลาดสุขภาพได้ (Wasusun *et al.*, 2017) สำหรับปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนจัดเป็นปุ๋ยอินทรีย์ที่มีศักยภาพในการผลิตพืชอินทรีย์ เป็นปุ๋ยชีวภาพที่ได้จากการย่อยสลายอินทรีย์วัตถุและจุลินทรีย์ภายในลำไส้ของไส้เดือน จึงมีจุลินทรีย์มากกว่าปุ๋ยหมักทั่วไป ช่วยเพิ่มปริมาณอินทรีย์วัตถุและไนโตรเจนในดิน (Vyas *et al.*, 2022) เป็นแหล่งธาตุอาหารพืชทั้งมหธาตุและจุลธาตุ มีสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่สำคัญต่อการเจริญเติบโตของพืช (Cruz *et al.*, 2024) รวมทั้งมีกรดฮิวมิก ฮอริโมนควบคุมการเจริญเติบโต และเอนไซม์ที่ช่วยในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง ช่วยปรับสมดุลธาตุอาหารพืช

เพิ่มปริมาณสาร อินทรีย์และเป็นแหล่งกักเก็บคาร์บอนในดิน (Oyege and Bhaskar, 2023) ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนมีปริมาณกรดฮิวมิก มากกว่าปุ๋ยหมักมูลหนอนนกมูลจิ้งหรีด และมูลไก่ (Pibumrung, 2023) สามารถใช้ร่วมกับปุ๋ยเคมีเพื่อลดการใช้ปุ๋ยเคมีได้ ในต่างประเทศมีรายงานการใช้ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนร่วมกับปุ๋ยเคมีเพื่อเพิ่มผลผลิตข้าว อัตราการใช้ระหว่าง 380 - 800 กิโลกรัมต่อไร่ (Shukla *et al.*, 2017; Pradhan *et al.*, 2022) ในประเทศไทย มีรายงานว่า การใช้ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนที่อัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 0.5 เท่าของค่าวิเคราะห์ดิน ช่วยเพิ่มน้ำหนักผลผลิตเมล็ดและตอซังข้าวหอมปทุมธานี 1 ได้ (Sukyankij *et al.*, 2021) และ การใช้ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนจากผักตบชวาที่อัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมี 46-0-0 อัตรา 25 กิโลกรัมต่อไร่ ส่งผลให้ข้าว กข41 มีจำนวนต้นและผลผลิตสูงสุด แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับการใช้ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนจากผักตบชวาที่อัตรา 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ เพียงอย่างเดียว (Jianwitachayakul and Somniam, 2021) สำหรับการผลิตข้าวในระบบอินทรีย์ มีรายงานว่า ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนช่วยเพิ่มปริมาณไนโตรเจนในดินและประสิทธิภาพการดูดใช้ไนโตรเจนของข้าว โดยการแบ่งใส่

ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนให้สอดคล้องกับระยะการเจริญเติบโตของข้าว สามารถเพิ่มผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตข้าวได้สูงกว่าการใส่ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนทั้งหมดแบบรองพื้นครั้งเดียว (Bejbaruah *et al.*, 2013) ในด้านการใช้ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนร่วมกับเชื้อราไตรโคเดอร์มาเป็นแนวทางหนึ่งในการเพิ่มผลผลิตในระบบเกษตรอินทรีย์ เนื่องจากเชื้อราไตรโคเดอร์มา (*Trichoderma* sp.) เป็นเชื้อราที่นำมาใช้กันแพร่หลายในการควบคุมทางชีวภาพ ช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชและลดการใช้ปุ๋ยเคมี (Cai *et al.*, 2015) สามารถสร้างสารเมแทบอลิไต์ทุติยภูมิกระตุ้นการเจริญเติบโตและสร้างความแข็งแรงให้พืช รวมทั้งออกฤทธิ์ควบคุมเชื้อสาเหตุโรคพืช (Tyskiewicz *et al.*, 2022) ด้านการใช้เชื้อราไตรโคเดอร์มาร่วมกับปุ๋ยอินทรีย์ มีรายงานการศึกษาพบว่า การใส่เชื้อราไตรโคเดอร์มาที่ความเข้มข้นสูง (1010 CFU ต่อลิตร) ในดินผสมปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนอัตราสูง (1:75 โดยน้ำหนัก) ส่งผลให้ต้นกล้ามะเขือเทศมีความสูงต้น น้ำหนักแห้ง พื้นที่รากและพื้นที่ใบสูงกว่าต้นกล้ามะเขือเทศในดินผสมปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนอัตราต่ำ (1:50 และ 1:25 โดยน้ำหนัก ตามลำดับ) (Silva *et al.*, 2020) และยังมีรายงานการศึกษา พบว่า การใส่เชื้อราไตรโคเดอร์มาที่ระดับความเข้มข้นสูง (มากกว่า 4×10^{11} โค尼เดียต่อกิโลกรัม) ในวัสดุปลูกจากปุ๋ยหมักมูลไส้เดือน ส่งผลให้ผักสลัดมีการเจริญเติบโต น้ำหนักสด และน้ำหนักแห้งต่ำกว่าการไม่ใส่เชื้อราไตรโคเดอร์มา (ชุดควบคุม) (Wiethan *et al.*, 2018) สำหรับข้าว มีรายงานว่า การใส่ปุ๋ยเคมีอัตราแนะนำร่วมกับปุ๋ยหมักมูลไส้เดือน และใส่เชื้อราไตรโคเดอร์มาที่อัตราความเข้มข้นสูง (1.12 กิโลกรัมต่อไร่) ในการปลูกข้าว (*Oryza sativa* L. cv MTU 7029) ส่งผลให้ข้าวมีการเจริญเติบโต ให้ผลผลิตเมล็ด และปริมาณโปรตีนในเมล็ดข้าวสูงกว่าการใส่เชื้อราไตรโคเดอร์มาที่อัตราความเข้มข้นต่ำ (0.8 และ 0.4 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ) (Shukla *et al.*, 2017) แสดงให้เห็นว่า ความเข้มข้นของเชื้อราไตรโคเดอร์มาและปริมาณปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนที่ใช้มีความสัมพันธ์กันและมีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตข้าว อย่างไรก็ตาม ยังไม่มีข้อมูลการใช้ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนร่วมกับเชื้อราไตรโคเดอร์มาในระบบการ

ผลิตข้าวอินทรีย์ ดังนั้น การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนร่วมกับเชื้อราไตรโคเดอร์มาต่อผลผลิตข้าว กข43 และสมบัติดินบางประการในการผลิตข้าวอินทรีย์

อุปกรณ์และวิธีการ

พื้นที่ศึกษา

ทำการทดลองในแปลงข้าวอินทรีย์ ศูนย์เรียนรู้โคกหนองนา พัฒนาชุมชน หมู่ที่ 12 ตำบลโคกม่วง อำเภอภาชี จังหวัดพระนครศรีอยุธยา ($14^{\circ}2'33.2''$ N $100^{\circ}44'40.4''$ E) ระหว่างเดือนสิงหาคม ถึง เดือนธันวาคม ปี พ.ศ. 2566 เตรียมแปลงนาโดยการไถกลบตอซังและใช้น้ำหมักจุลินทรีย์หมักกล้วย อัตรา 5 ลิตรต่อน้ำ 100 ลิตรต่อไร่ เพื่อเร่งอัตราการย่อยสลายตอซัง วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ในบล็อก (randomized complete block design; RCBD) จำนวน 5 กรรมวิธี ได้แก่

T1 ไม่ใส่ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือน ไม่ใส่เชื้อราไตรโคเดอร์มา (control)

T2 ใส่ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือน อัตรา 1,000 กิโลกรัมต่อไร่

T3 ใส่ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือน อัตรา 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับเชื้อราไตรโคเดอร์มา อัตรา 1 กิโลกรัมต่อไร่

T4 ใส่ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือน อัตรา 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับเชื้อราไตรโคเดอร์มา อัตรา 2 กิโลกรัมต่อไร่

T5 ใส่ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือน อัตรา 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับเชื้อราไตรโคเดอร์มา อัตรา 3 กิโลกรัมต่อไร่

ทุกกรรมวิธี มี 6 ซ้ำ แต่ละซ้ำทำเป็นแปลงย่อยขนาด 3x5 เมตร โดยการเพาะเมล็ดพันธุ์ข้าว กข43 ในถาดพลาสติก เมื่อต้นกล้าอายุ 20 วัน ทำการปักดำ 3 ต้นต่อหลุม ระยะปลูก 30x30 เซนติเมตร กรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนปฏิบัติเหมือนกันทุกกรรมวิธี โดยการหว่านและแบ่งใส่ 3 ครั้ง ได้แก่ ครั้งที่ 1 ก่อนปักดำ 7 วัน อัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ ครั้งที่ 2 หลังปักดำ 25 วัน

อัตรา 250 กิโลกรัมต่อไร่ และครั้งที่ 3 ช่วงข้าวเริ่มกำเนิดช่อดอก (อายุข้าว 55 วัน) อัตรา 250 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ สำหรับกรรมวิธีที่ใส่เชื้อราไตรโคเดอร์มาทำการผสมเชื้อราไตรโคเดอร์มาชนิดสดกับปุ๋ยหมักมูลไส้เดือน แบ่งใส่ 3 ครั้ง พร้อมการใส่ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนทุกครั้ง อัตราการใส่ครั้งที่ 1:2:3 เท่ากับ 2:1:1 ของปริมาณเชื้อราไตรโคเดอร์มาที่ใช้ในแต่ละกรรมวิธี หลังปักดำ 15 วัน ฉีดพ่นน้ำหมักผลไม้ อัตรา 1 ลิตรต่อน้ำ 20 ลิตรต่อไร่ เมื่อข้าวอายุ 45 วัน ฉีดพ่นน้ำหมักฮอร์โมนไข่ อัตรา 20 มิลลิลิตรต่อน้ำ 20 ลิตรต่อไร่ ปลอynnน้ำออกให้น้ำแห้ง 2 ครั้ง ระหว่างการใส่ปุ๋ยครั้งที่ 2 และ 3 เพื่อให้เชื้อราไตรโคเดอร์มาเจริญเติบโตได้ดีขึ้น หลังปลอynnน้ำออก 10 วัน ปลอynnน้ำเข้าและควบคุมระดับน้ำให้อยู่ในช่วง 5 - 15 เซนติเมตร กำจัดวัชพืชใช้น้ำหมักสะเดาและสมุนไพรฉีดพ่นไล่แมลงตามความจำเป็น และปลอynnน้ำออกจากรนาก่อนเก็บเกี่ยว 20 วัน

การเก็บตัวอย่างและการบันทึกข้อมูล

ดินในพื้นที่แปลงทดลองเป็นชุดดินท่าเรือ กล่าวคือ เกิดจากตะกอนน้ำพา เป็นดินลึก ดินบนเป็นดินเหนียว ปฏิกริยาดินเป็นกรดจัดมากถึงกรดเล็กน้อย (5.0 - 6.5) ดินบนตอนล่างเป็นดินเหนียว ปฏิกริยาดินเป็นกรดปานกลางถึงเป็นกลาง (6.0 - 7.0) พบมวลก้อนกลมของเหล็กและแมงกานีสตลอดหน้าตัดดิน และมีรอยแตกที่ผิวหน้าดินในฤดูร้อน (Department of Land Development, 2024) ทำการเก็บตัวอย่างดินในแต่ละแปลงย่อยที่ความลึก 0 - 15 เซนติเมตร นำมาทำให้แห้ง (air dry) ร่อนผ่านตะแกรง 2 มิลลิเมตร วิเคราะห์สมบัติดินตามวิธีการ Soil Survey Laboratory Methods (Burt, 2004) วิเคราะห์เนื้อดินด้วยวิธี Pipette method วัดปฏิกริยาดิน อัตราส่วนดินต่อน้ำ 1:1 ด้วย pH Meter วัดค่าการนำไฟฟ้า อัตราส่วนดินต่อน้ำ 1:5 ด้วย EC meter วิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดด้วยวิธี Kjeldahl method ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินด้วยวิธี Wet oxidation method ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ สกัดโดยวิธี Bray II แล้ววัดด้วยเครื่อง Spectrophotometer (Libra S70, USA) วัดปริมาณโพแทสเซียม แคลเซียมและแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ โดยสกัดดินด้วยสารละลาย

1N NH₄OAc pH 7.0 และวิเคราะห์ด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer (AA-6200, Japan) และวัดปริมาณแอมโมเนียมที่แลกเปลี่ยนได้ โดยสกัดดินด้วยสารละลาย 2M KCl และกรองสารละลายนำไปวัดปริมาณแอมโมเนียมรูปที่แลกเปลี่ยนได้ด้วยเครื่อง Spectrophotometer (Attanandana and Chanchareonsook, 1999)

ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนในการศึกษาครั้งนี้ ได้จากฟาร์มในชุมชนเพาะเลี้ยงไส้เดือนสายพันธุ์แอฟริกันไนท์ครอเลอร์ (African night crawler) โดยใช้มูลวัวและเศษผักผลไม้ตามฤดูกาลเป็นอาหารเลี้ยง นำปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนที่ได้มาวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและเคมีของปุ๋ยอินทรีย์ (Department of Agriculture, 2008) และปริมาณกรดฮิวมิก โดยสกัดปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนด้วยสารละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ เข้มข้น 0.1 N (Pant *et al.*, 2012)

เก็บข้อมูลการเจริญเติบโต องค์ประกอบผลผลิตและผลผลิตของข้าว โดยทำการเก็บข้อมูลการเจริญเติบโตที่ระยะเก็บเกี่ยวข้าว อายุ 95 วัน โดยสุ่มจำนวน 5 กอต่อแปลงย่อย วัดความสูงต้น จำนวนต้นตอก จำนวนรวงต่อกอ จำนวนเมล็ดตต่อรวง และผลผลิตเมล็ดต่อไร่ (ที่ความชื้น 14 เปอร์เซ็นต์) และเก็บตัวอย่างข้าวทั้งต้นยกเว้นราก แยกส่วนลำต้น ใบ และเมล็ด อบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส 48 ชั่วโมง หรือจนกว่าน้ำหนักแห้งคงที่ นำไปคำนวณดัชนีการเก็บเกี่ยว (harvest index; HI) จากอัตราส่วนของน้ำหนักผลผลิตเมล็ดต่อน้ำหนักผลผลิตเมล็ดรวมกับฟางข้าว นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ค่าความแปรปรวน (analysis of variance; ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของแต่ละกรรมวิธีด้วยวิธี Duncan's new multiple range test (DMRT) ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.01 ด้วยโปรแกรม SPSS

ผลการวิจัยและวิจารณ์

องค์ประกอบและผลผลิตข้าว

ผลการปลูกข้าวอินทรีย์ กข43 แบบนาดำพบว่า การใส่ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนเพียงอย่างเดียว และการใส่ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนร่วมกับเชื้อราไตรโคเดอร์มาใน

อัตรา 1 2 และ 3 กิโลกรัมต่อไร่ ส่งผลให้ความสูงต้น จำนวนต้นตอกอ จำนวนรวงตอกอ จำนวนเมล็ดตอรวง ผลผลิตต่อไร่ และดัชนีการเก็บเกี่ยวสูงกว่าการไม่ใส่ปุ๋ย (ควบคุม) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) (Table 1) โดยกรรมวิธีการใส่ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนร่วมกับเชื้อราไตรโคเดอร์มา อัตรา 2 กิโลกรัมต่อไร่ ส่งผลให้ข้าว กข43 มีความสูงต้นสูงสุด (102.12 เซนติเมตร) จำนวนเมล็ดสูงสุด (131.63 เมล็ดตอรวง) ผลผลิตข้าวสูงสุด (616.23 กิโลกรัมต่อไร่) และน้ำหนักฟางข้าวสูงสุด (988.56 กิโลกรัมต่อไร่) แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับทุกกรรมวิธี โดยให้ผลผลิตเมล็ดข้าว และน้ำหนักฟางข้าว เพิ่มขึ้นจากกรรมวิธีการไม่ใส่ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือน และการใส่ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนเพียงอย่างเดียว คิดเป็น 216.75 และ 122.71 เปอร์เซ็นต์ และ 35.22 และ 29.85 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ขณะที่การใส่ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนร่วมกับเชื้อราไตรโคเดอร์มา อัตรา 1 กิโลกรัมต่อไร่ ให้ผลผลิตต่อไร่ของลงนามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับการใส่ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนเพียงอย่างเดียว และการใส่ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนร่วมกับเชื้อราไตรโคเดอร์มา อัตรา 3 กิโลกรัมต่อไร่ โดยให้ผลผลิตเมล็ดข้าว และน้ำหนักฟางข้าวเพิ่มขึ้นจากกรรมวิธีการไม่ใส่ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือน และการใส่ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนเพียงอย่างเดียว คิดเป็น 159.90 และ 81.23 เปอร์เซ็นต์ และ 10.96 และ 5.67 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่า ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนในทุกกรรมวิธีช่วยให้ข้าว กข43 เจริญเติบโตและให้ผลผลิตได้สูงขึ้น ทั้งนี้เพราะปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนมีธาตุอาหารในรูปที่พืชสามารถนำไปใช้ได้ ในปริมาณสูง (Tancho, 2020) ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการดูดใช้ธาตุอาหารพืชได้โดยตรง อีกทั้งกรดฮิวมิกในปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนกระตุ้นให้ข้าวเกิดความเครียดเชิงบวก (Eustress) และเปลี่ยนแปลงกระบวนการเมแทบอลิซึมผ่านการสังเคราะห์ด้วยแสง การสะสมไนเตรท (NO_3^-) น้ำตาล คาร์โบไฮเดรต และการระเหยก๊าซของราก ส่งผลให้ข้าวมีมวลชีวภาพรวมสูงขึ้น (Van Tol *et al.*, 2021) ในขณะที่การใส่ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนร่วมกับเชื้อราไตรโคเดอร์มาช่วยให้ข้าว กข43 มีผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตสูงขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม และการ

ใส่ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนเพียงอย่างเดียว เนื่องจากเชื้อราไตรโคเดอร์มามีกลไกที่เกี่ยวข้องกับการเพิ่มอัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิ และประสิทธิภาพการใช้น้ำ รวมทั้งการเปิดปิดปากใบและการคายน้ำของใบ ส่งผลให้ข้าวมีการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้นทั้งด้านความสูงต้น จำนวนต้น จำนวนใบ ความยาวและน้ำหนักสดของราก (Doni *et al.*, 2014) อีกทั้งกรดอินโดล-3-แอซิดิก (IAA) ที่เชื้อราไตรโคเดอร์มาสร้างขึ้น อาจมีส่วนช่วยเพิ่มการเจริญเติบโตของพืชในระยะแรก (Asghar and Kataoka, 2021) นอกจากนี้เชื้อราไตรโคเดอร์มา เป็นราปฏิปักษ์สามารถควบคุมเชื้อสาเหตุโรคพืช และชักนำให้พืชมีความต้านทานต่อเชื้อสาเหตุโรคพืชได้ จึงส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชอย่างมีประสิทธิภาพ (Yao *et al.*, 2023) อย่างไรก็ตาม ผลการศึกษารั้งนี้ พบว่า การใส่ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนร่วมกับเชื้อราไตรโคเดอร์มาในอัตราที่สูงขึ้น (3 กิโลกรัมต่อไร่) มีแนวโน้มให้ผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตข้าว กข43 ลดลง เป็นไปได้ว่า การใช้เชื้อราไตรโคเดอร์มาที่ระดับความเข้มข้นสูงเกินไป ส่งผลกระทบต่อการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของข้าว สอดคล้องกับ Juiphan *et al.* (2021) ที่รายงานว่า การทดลองปลูกเมล็ดข้าวด้วยเชื้อราไตรโคเดอร์มา ความเข้มข้นสูง 0.1 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ส่งผลให้ข้าวมีค่าดัชนีความแข็งแรงของเมล็ดและการเจริญเติบโตของต้นกล้าต่ำกว่าการปลูกเมล็ดข้าวด้วยเชื้อราไตรโคเดอร์มาที่ระดับความเข้มข้นต่ำ (0.025 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก) ดังนั้น การใช้เชื้อราไตรโคเดอร์มาในอัตราที่สูงขึ้น ควรพิจารณาอัตราการใส่ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนและประสิทธิภาพการให้ผลผลิตพืชที่สอดคล้องกัน เนื่องจากกรดฮิวมิกในปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนมีผลต่อกิจกรรมของจุลินทรีย์ในการหมุนเวียนสารอาหาร (Maji *et al.*, 2017) และเชื้อราไตรโคเดอร์มาเจริญเติบโต ครอบครองพื้นที่ใช้สารอาหารและออกซิเจนได้ดีกว่าจุลินทรีย์อื่นในแหล่งอาศัยเดียวกัน (Yao *et al.*, 2023) มีกลไกที่เกี่ยวข้องกับการดูดใช้ธาตุอาหารพืชและการปล่อยสารคัดหลั่งของราก ซึ่งพืชต้องปรับเปลี่ยนกระบวนการทั้งทางสรีรวิทยา และชีวเคมีในด้านการเจริญเติบโต การกระตุ้นระบบป้องกัน และการต้านทานความเครียด เพื่อตอบสนองการ

อยู่ร่วมกันในเขตอิทธิพลรากพืชและการเข้าสู่รากของเชื้อราไตรโคเดอร์มา (Sood *et al.*, 2020) จึงอาจส่งผลกระทบต่อการให้ผลผลิตของพืชได้ อย่างไรก็ตาม การใส่ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนร่วมกับเชื้อราไตรโคเดอร์มาสามารถเพิ่มผลผลิตข้าว กข43 ได้อย่างมีประสิทธิภาพทั้งทางตรงและทางอ้อม โดยปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนเป็นแหล่งธาตุอาหารพืชของข้าว อีกทั้งเป็นแหล่งอินทรีย์สารให้เชื้อราไตรโคเดอร์มาเพิ่มความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหาร

ในดินและสร้างสารที่ช่วยเพิ่มการเจริญเติบโต รวมทั้งชักนำความต้านทานเชื้อสาเหตุโรคพืชให้ข้าวได้โดยตรง ในทางอ้อมสารชีวมีกในปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนกระตุ้นให้ข้าวเกิดความเครียดเชิงบวกช่วยเพิ่มการดูดใช้ธาตุอาหารพืช และเชื้อราไตรโคเดอร์มาช่วยควบคุมเชื้อสาเหตุโรคพืชในดิน การใส่ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนร่วมกับเชื้อราไตรโคเดอร์มาในอัตราที่เหมาะสม จึงช่วยส่งเสริมให้ข้าว กข43 มีองค์ประกอบและผลผลิตเพิ่มขึ้นได้

Table 1 Yield and harvest index of RD43 rice variety grown in organic paddy field

Treatment	Plant height (cm)	No. of tiller/hill	No. of panicle/hill	No. of grain/panicle	Grain yield (kg/rai)	Straw dry weight (kg/rai)	Harvest index (HI)
T1 (Control)	79.26 c	8.83 c	6.50 c	94.89 c	194.55 d	443.87 c	0.31 b
T2	86.84 b	11.17 b	9.00 b	114.07 b	455.71 c	761.29 b	0.38 a
T3	92.97 b	14.33 a	10.33 ab	120.15 b	505.64 b	804.42 b	0.38 a
T4	102.12 a	15.17 a	11.50 a	131.63 a	616.23 a	988.56 a	0.39 a
T5	88.05 b	11.67 b	8.83 b	115.42 b	471.08 c	790.13 b	0.38 a
F	**	**	**	**	**	**	**
C.V. (%)	5.54	9.41	10.87	6.73	5.16	10.31	6.92

Remarks: **Significant at $p \leq 0.01$, means in the same column followed by different letters were significantly different by DMRT test

สมบัติปุ๋ยหมักมูลไส้เดือน สมบัติดินก่อนการทดลองและหลังการเก็บเกี่ยว

ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนมีสมบัติตามเกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ของกรมวิชาการเกษตร (Department of Agriculture, 2012) มีสภาพเป็นกลาง (pH 7.15) มีค่าการนำไฟฟ้าต่ำ (EC 1.17 เดซิซีเมนส์ต่อเมตร) มีปริมาณอินทรีย์วัตถุสูง (43.93 เปอร์เซ็นต์) อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน 16:1 มีปริมาณธาตุอาหารหลัก 1.58 เปอร์เซ็นต์ Total-N 1.47 เปอร์เซ็นต์ P_2O_5 และ 0.93 เปอร์เซ็นต์ K_2O ปริมาณโซเดียมต่ำ (0.16 เปอร์เซ็นต์) มีค่าดัชนีการงอกสมบูรณ์ (104.79 เปอร์เซ็นต์) และปริมาณกรดฮิวมิก 6.15 กรัมต่อกิโลกรัม (Table 2)

ผลการวิเคราะห์ดินก่อนการทดลอง พบว่าดินนามีเนื้อดินเป็นดินเหนียว มีสภาพเป็นกลาง (pH 6.90) มีค่าการนำไฟฟ้าต่ำ ไม่มีปัญหาดินเค็ม (EC 0.92 เดซิซีเมนส์ต่อเมตร) มีปริมาณอินทรีย์วัตถุค่อนข้างสูง (3.05 เปอร์เซ็นต์) มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์สูง (31.63 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) มีปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้สูง (96.74 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) (FAO Project Staff and Land Classification Division, 1973) (Table 2)

Table 2 Properties of vermicompost and soil at site before planting

Properties	pH (1:2)	EC (1:10) (dS/m)	OM (%)	Total N (%)	Total P ₂ O ₅ (%)	Total K ₂ O (%)	Soluble Na (%)	C:N ratio	GI index (%)	Moisture (%)	Humic acid (g/kg)
Vermicompost	7.15	1.17	43.93	1.58	1.47	0.93	0.16	16:1	104.79	28.44	6.15
Properties	pH (1:1)	EC (1:5) (dS/m)	OM (%)	Total N (%)	Avail. P (mg/kg)	Exch. K (mg/kg)	Exch. Ca (mg/kg)	Exch. Mg (mg/kg)	Sand (%)	Silt (%)	Clay (%)
Soil	6.90	0.92	3.05	0.17	31.63	96.74	2,740.50	777.16	5.60	35.69	58.71

Table 3 Properties of soil after harvesting RD43 rice

Treatment	pH (1:1)	EC (1:5) (dS/m)	OM (%)	Total N (%)	Avail. P (mg/kg)	Exch. K (mg/kg)	Exch. Ca (mg/kg)	Exch. Mg (mg/kg)
T1 (Control)	6.84 a	0.98 c	3.13 c	0.10 c	15.77 b	67.95 b	1,587.21 b	678.27 b
T2	6.72 b	1.20 b	3.72 b	0.42 b	45.47 a	138.40 a	1,947.94 ab	810.46 a
T3	6.71 b	1.22 b	3.70 b	0.44 ab	44.63 a	136.88 a	2,330.16 a	828.91 a
T4	6.55 c	1.30 ab	3.79 a	0.48 a	47.60 a	142.85 a	2,423.83 a	842.32 a
T5	6.51 c	1.37 a	3.68 b	0.41 b	43.51 a	135.57 a	2,105.57 ab	812.08 a
F	**	**	**	**	**	**	**	**
C.V. (%)	1.03	6.70	1.17	8.46	8.55	3.63	17.84	9.41

Remarks: **Significant at $p \leq 0.01$, means in the same column followed by different letters were significantly different by DMRT test

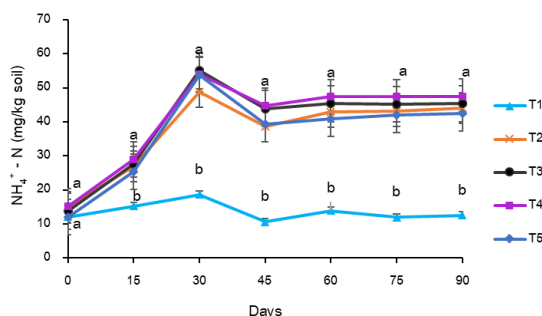


Figure 1 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ in soil ($p < 0.01$) during RD43 rice planting in a paddy field

ผลการวิเคราะห์สมบัติดินหลังเก็บเกี่ยวข้าวพบว่า ดินทุกกรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือน มีสภาพเป็นกลาง (pH 6.51 - 6.72) มีค่าการนำไฟฟ้าต่ำ (1.20 - 1.37 เดซิซีเมนส์ต่อเมตร) มีปริมาณอินทรีย์วัตถุสูง (3.68 - 3.79 เปอร์เซ็นต์) ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดอยู่ในระดับปานกลาง (0.41 - 0.48 เปอร์เซ็นต์) ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์สูงถึงสูงมาก (43.51 - 47.60 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) และปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้สูงมาก (135.57 - 142.85 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) แตกต่างกับกรรมวิธีการไม่ใส่ปุ๋ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 3) โดยการใส่ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนทุกกรรมวิธีมีผลให้ค่าความเป็นกรด - ด่างของดินลดลง เนื่องจากกิจกรรมเมแทบอลิซึมการใส่ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนของจุลินทรีย์มีการปลดปล่อยกรดอินทรีย์ออกมา (Al-Maamori *et al.*, 2023) ช่วยละลายแร่ธาตุและเพิ่มปริมาณไอออนที่แลกเปลี่ยนที่ได้ ส่งผลให้ค่าการนำไฟฟ้าของดินเพิ่มขึ้น (Kim and Park, 2024) เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีไม่ใส่ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือน รวมทั้งการใส่ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนทุกกรรมวิธีส่งผลให้ดินนาหลังการเก็บเกี่ยวยังคงมีปริมาณอินทรีย์วัตถุไนโตรเจนทั้งหมด ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนที่ได้สูงกว่ากรรมวิธีการไม่ใส่ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งนี้ เพราะการใส่ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนเป็นการเพิ่มแหล่ง

คาร์บอนให้จุลินทรีย์ เพิ่มกิจกรรมของเอนไซม์ในดินที่ช่วยหมุนเวียนธาตุอาหารให้เป็นประโยชน์เพิ่มขึ้น (Ramazanoglu, 2024) ส่งผลให้ดินที่ใส่ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนยังคงมีความอุดมสมบูรณ์สูงขึ้น ในขณะที่การไม่ใส่ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือน ส่งผลให้ดินนาหลังการเก็บเกี่ยวมีปริมาณธาตุอาหารพืชอยู่ในระดับต่ำกว่าดินก่อนปลูก (Table 3) นอกจากนี้ การแบ่งใส่ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนช่วยเพิ่มปริมาณแอมโมเนียม ($\text{NH}_4^+ - \text{N}$) ในดินตลอดระยะเวลา 90 วัน ได้สูงกว่ากรรมวิธีที่ไม่ใส่ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) (Figure 1) สอดคล้องกับการศึกษาของ Hoque *et al.* (2022) พบว่า ดินนาที่น้ำท่วมขังและใส่ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนมีกระบวนการมินิอรัลไลเซชันของไนโตรเจนและฟอสฟอรัสสูงกว่าดินนาที่น้ำท่วมขังและไม่ใส่ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือน โดยหลังการใส่ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือน ดินมีปริมาณ NH_4^+ และ PO_4^{3-} , HPO_4^{2-} และ H_2PO_4^- เพิ่มขึ้นและคงที่ในระดับสูงเพียงพอตลอดระยะเวลาเจริญเติบโตและให้ผลผลิตของข้าว ซึ่งอาจเป็นเพราะการใส่ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนช่วยเพิ่มปริมาณจุลินทรีย์ในดินที่มีน้ำท่วมขัง ส่งผลให้มีการใช้อินทรีย์สารและปลดปล่อยธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์เพิ่มขึ้น โดยเฉพาะดินนาที่เป็นดินเหนียวมีแนวโน้มดูดซับธาตุอาหารและตรึงฟอสฟอรัสไว้ได้สูง การใส่ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนลงไปดินช่วยเพิ่มมวลชีวภาพคาร์บอนของจุลินทรีย์และกิจกรรมเอนไซม์เอซิด

ฟอสฟาเตส (acid phosphatase) ละลายฟอสฟอรัสให้อยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืชได้สูงขึ้น (Zhang *et al.*, 2020) อย่างไรก็ตาม การใส่ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนร่วมกับเชื้อราไตรโคเดอร์มา อัตรา 2 กิโลกรัมต่อไร่ ส่งผลให้ดินนาหลังการเก็บเกี่ยวมีปริมาณอินทรีย์วัตถุสูงสุด (3.79 เปอร์เซ็นต์) แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับทุกกรรมวิธี และมีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดสูงสุด (0.48 เปอร์เซ็นต์) แต่ไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนร่วมกับเชื้อราไตรโคเดอร์มา อัตรา 1 กิโลกรัมต่อไร่ (0.44 เปอร์เซ็นต์) อีกทั้งการใส่ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนเพียงอย่างเดียว และการใส่ปุ๋ยหมัก มูลไส้เดือนร่วมกับเชื้อราไตรโคเดอร์มา อัตรา 1 และ 3 กิโลกรัมต่อไร่ ให้ปริมาณไนโตรเจนในดินไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงว่า ปริมาณปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนเป็นปัจจัยจำกัดการใช้อินทรีย์คาร์บอนและไนโตรเจนของเชื้อราไตรโคเดอร์มาในดิน เพราะจุลินทรีย์ใช้อินทรีย์สารในการสร้างมวลชีวภาพ ดินที่ใส่ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนจึงมีมวลชีวภาพจุลินทรีย์ไนโตรเจนสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบกับดินที่ไม่ใส่ปุ๋ยและดินที่ใส่ปุ๋ยเคมี (Zhao *et al.*, 2017) สอดคล้องกับการศึกษาของ Pang *et al.* (2017) ที่พบว่า ดินที่ใส่ปุ๋ยอินทรีย์ร่วมกับเชื้อราไตรโคเดอร์มามีปริมาณอินทรีย์วัตถุ ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมในดินสูงกว่าดินที่ใส่ปุ๋ยอินทรีย์แต่ไม่ใส่เชื้อราไตรโคเดอร์มา เนื่องจากเชื้อราไตรโคเดอร์มามีการปล่อยสารออกซิน และสารทุติยภูมิที่มีผลต่อการปล่อยสารคัดหลั่งของรากในเขตอหิทธิพลรากพืช (rhizosphere) ส่งผลให้มีการเพิ่มจำนวน และความหลากหลายของจุลินทรีย์หมุนเวียนสารอาหารที่เป็นประโยชน์ในวัฏจักรชีวภาพ รวมทั้งเชื้อราไตรโคเดอร์มาช่วยส่งเสริมกิจกรรมฟอสฟาเตส (phosphatase activity) และมีเนอรัลไลเซชันไนโตรเจนของปุ๋ยอินทรีย์ในดิน (Asghar and Kataoka, 2021) กล่าวได้ว่า การใส่ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนร่วมกับเชื้อราไตรโคเดอร์มาเป็นวิธีการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ที่มีประสิทธิภาพ ช่วยเพิ่มและรักษา

ความอุดมสมบูรณ์ของดินนาได้โดยปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนมีธาตุอาหารพืช ช่วยเพิ่มปริมาณอินทรีย์วัตถุและมวลชีวภาพของจุลินทรีย์ รวมทั้งส่งเสริมกิจกรรมของเอนไซม์เพิ่มความเป็นประโยชน์ธาตุอาหารในดิน และเชื้อราไตรโคเดอร์มาช่วยหมุนเวียนอินทรีย์สารเพิ่มธาตุอาหารที่จำเป็นให้พืชส่งเสริมผลผลิตนาให้สูงขึ้นตามแนวทางเกษตรอินทรีย์

สรุปผลการวิจัย

การใส่ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือน ที่อัตรา 1,000 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับการใส่เชื้อราไตรโคเดอร์มา อัตรา 2 กิโลกรัมต่อไร่ ส่งผลให้ข้าว กข43 มีความสูงต้น จำนวนเมล็ดดีต่อรวง และผลผลิตต่อไร่สูงสุด รวมทั้งให้ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินสูงสุดแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.01$) เมื่อเปรียบเทียบกับทุกกรรมวิธี โดยการใส่ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนทุกกรรมวิธีมีแนวโน้มให้ดินมีค่าความเป็นกรด-ด่างลดลง มีค่าการนำไฟฟ้าสูงขึ้น และมีปริมาณธาตุอาหารในดินสูงขึ้นแตกต่างกับการไม่ใส่ปุ๋ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.01$) ผลจากการวิจัยนี้ พบว่า การใช้ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนร่วมกับเชื้อราไตรโคเดอร์มาสามารถช่วยเพิ่มผลผลิตข้าว กข43 และธาตุอาหารในดินนาได้อย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งเป็นทางเลือกเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ที่ส่งเสริมการผลิตข้าวในระบบเกษตรอินทรีย์ได้อย่างเหมาะสม

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณทุนอุดหนุนการวิจัย กองทุนส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (ววน.) มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา

เอกสารอ้างอิง

- Al- Maamori, H. A. , A. D. Salman, M. Al- Budeiri, Y.A. O. Al-Shami and E. M. Al-shaabani. 2023. Effect of vermicompost production on some soil properties and nutrients in plants. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science 1214(1): 012006. Available: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1214/1/012006>.
- Asghar, W. and R. Kataoka. 2021. Effect of co-application of *Trichoderma* spp. with organic composts on plant growth enhancement, soil enzymes and fungal community in soil. Archives of Microbiology 203(7): 4281-4291. Available: <https://doi.org/10.1007/s00203-021-02413-4>.
- Attanandana, T. and J. Chanchareonsook. 1999. Soil and plant analysis. Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok. [in Thai]
- Bejbaruah, R. , R. C. Sharma and P. Banik. 2013. Split application of vermicompost to rice (*Oryza sativa* L.): Its effect on productivity, yield components, and N dynamics. Organic Agriculture 3:123-128. Available: <https://doi.org/10.1007/s13165-013-0049-8>.
- Burt, R. 2004. Soil survey laboratory methods manual. Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service, Washington DC.
- Cai, F. , W. Chen, Z. Wei, G. Pang, R. Li, W. Ran and Q. Shen. 2015. Colonization of *Trichoderma harzianum* strain SQR-T037 on tomato roots and its relationship to plant growth, nutrient availability and soil microflora. Plant and Soil 388: 337-350. Available: <https://doi.org/10.1007/s11104-014-2326-z>.
- Cruz, G.S.J., P.H. Hermes, S.V. Miriam and A.M. López. 2024. Benefits of vermicompost in agriculture and factors affecting its nutrient content. Journal of Soil Science and Plant Nutrition 24 : 4898-4917. Available: <https://doi.org/10.1007/s42729-024-01880-0>.
- Department of Agriculture. 2008. Organic fertilizer analysis manual. Ministry of Agriculture and Cooperatives, Bangkok. [in Thai]
- Department of Agriculture. 2012. Announcement from the Department of Agriculture regarding registration applications issuance of registration certificate and amendments to the organic fertilizer registration list 2012. Available: <https://www.doa.go.th/ard/wp-content/uploads/2019/11/FEDOA5.pdf> (August 22, 2024). [in Thai]
- Department of Land Development. 2024. Soil map of Phachi district. Available: http://oss101.ldd.go.th/web_th_soilseries/01_central/14_Ayutthaya/14_map/14_AMP/1409.pdf (March 2, 2024). [in Thai]
- Doni, F. , A. Isahak, C.R.C.M. Zain and W.M.W. Yusoff. 2014. Physiological and growth response of rice plants (*Oryza sativa* L.) to *Trichoderma* spp. inoculants. AMB Express 4(45): 1-7.
- FAO Project Staff and Land Classification Division. 1973. Soil interpretation handbook for Thailand. Department of Land Development,

- Ministry of Agriculture and Cooperatives, Bangkok.
- Hoque, T.S., A.K. Hasan, M.A. Hasan, N. Nahar, D.K. Dey, S. Mia, Z.M. Solaiman and M.A. Kader. 2022. Nutrient release from vermicompost under anaerobic conditions in two contrasting soils of Bangladesh and its effect on wetland rice crop. *Agriculture* 12(3): 376. Available: <https://doi.org/10.3390/agriculture12030376>.
- Jianwitchayakul, P. and P. Somniyam. 2021. Efficiency of vermicompost from water hyacinth on growth, yield and yield component of rice var. RD41. *Khon Kaen Agriculture Journal Supplement* 49(1): 949-955. [in Thai]
- Juiphan, R., B. Pensuriya, P. Nitmee, P. Kaewsri, S. Wongsatchanan, T. Pinsanthie, R. Chindachia, J. Mungngam, P. Pratubkong, N. Chachai and J. Sreesaeng. 2021. Influence of *Trichoderma harzianum* and germination test methods on germination and seedling growth of Indica and Japonica rice. *Journal of Agricultural Science* 52(3): 325-340. [in Thai]
- Kim, H.N. and J.H. Park. 2024. Monitoring of soil EC for the prediction of soil nutrient regime under different soil water and organic matter contents. *Applied Biological Chemistry* 67(1): 1-9. Available: <https://doi.org/10.1186/s13765-023-00849-4>.
- Maji, D., P. Misra, S. Singh and A. Kalra. 2017. Humic acid rich vermicompost promotes plant growth by improving microbial community structure of soil as well as root nodulation and mycorrhizal colonization in the roots of *Pisum sativum*. *Applied Soil Ecology* 110: 97-108. Available: <http://dx.doi.org/10.1016/j.apsoil.2016.10.008>.
- Oyege, I. and M.S.B. Bhaskar. 2023. Effects of vermicompost on soil and plant health and promoting sustainable agriculture. *Soil Systems* 7(4): 101. Available: <https://doi.org/10.3390/soilsystems7040101>.
- Pang, G., F. Cai, R. Li, Z. Zhao, R. Li, X. Gu, Q. Shen and W. Chen. 2017. *Trichoderma*-enriched organic fertilizer can mitigate microbiome degeneration of monocropped soil to maintain better plant growth. *Plant and Soil* 416: 181-192. Available: <https://doi.org/10.1007/s11104-017-3178-0>.
- Pant, A.P., T.J.K. Radovich, N.V. Hue and R.E. Paull. 2012. Biochemical properties of compost tea associated with compost quality and effects on pak choi growth. *Scientia Horticulturae* 148: 138-146. Available: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2012.09.019>.
- Pibumrung, P. 2023. Chemical properties of aerated compost teas on growth and nitrate content of lettuce in hydroponics system with deep flow technique (DFT). *Journal of Agricultural Production* 5(1): 135-148. [in Thai]
- Pradhan, S.R., S. Dash, M.R. Chowdhury, S.P. Das, K. Sar and S. Moharana. 2022. Impact of integrated vermicompost and chemical fertilizer use on productivity, nutrient uptake and economics of rice. *Biological Forum- An International Journal* 14(2a): 89-95.

- Ramazanoglu, E. 2024. Effects of vermicompost application on plant growth and soil enzyme activity in wheat (*Triticum aestivum* L.) monitored by thermal imaging. Cogent Food and Agriculture 10(1) : 2373872. Available: <https://doi.org/10.1080/23311932.2024.2373872>.
- Rice Department. 2023. Rice knowledge bank RD43. Available: <https://newwebs2.ricethailand.go.th/webmain/rkb3> (August 20, 2023). [in Thai]
- Shukla, S., R.N. Meena, V.K. Verma and R.K. Singh. 2017. Effect of various sources of nutrition on plant growth, yield and quality of rice (*Oryza sativa* L.) cv.MTU 7029. Environment and Ecology 35(2B): 1168-1172.
- Silva, N.G., A.P.D.S. Mambri, D.K.Q.D. Santos, S.J. Lopes, A.C.R. Marques and A.C.F.D. Silva. 2020. Vermicompost and *Trichoderma* in the development of cherry group tomato seedlings. Ciência e Natura 42(14): 1-12. Available: <https://doi.org/10.5902/2179460X40285>.
- Sood, M., D. Kapoor, V. Kumar, M.S. Sheteiw, M. Ramakrishnan and M. Landi. 2020. *Trichoderma*: the “secrets” of a multitiered biocontrol agent. Plants 9(6): 762. Available: <https://doi.org/10.3390/plants9060762>.
- Sukyankij, S., S. Jewprasert, W. Pangjai and T. Panichpat. 2021. Comparison of the quality of two organic fertilizers on yield of Hom Pathum rice and soil properties. Khon Kaen Agriculture Journal 49(1): 37-48. [in Thai]
- Tancho, A. 2020. Garbage disposal with earthworm at Maejo University. Journal of Agricultural Production 2(1): 1-10. [in Thai]
- Tyskiewicz, R., A. Nowak, E. Ozimek and J. Jaroszek-Sciset. 2022. *Trichoderma*: the current status of its application in agriculture for the biocontrol of fungal phytopathogens and stimulation of plant growth. International Journal of Molecular Sciences 23(4): 2329. Available: <https://doi.org/10.3390/ijms23042329>.
- Van Tol, D.C.T.A., R.L.L. Berbara, O.C.H. Tavares, D.F.D.G. Mello, E.G. Pereira, C.D.C.B. Souza, L.M. Espinosa and A.C. Garcia. 2021. Humic acids induce a eustress state via photosynthesis and nitrogen metabolism leading to a root growth improvement in rice plants. Plant Physiology and Biochemistry 162: 171-184. Available: <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2021.02.043>.
- Vyas, P., S. Sharma and J. Gupta. 2022. Vermicomposting with microbial amendment: implications for bioremediation of industrial and agricultural waste. BioTechnologia 103 (2): 203-215. Available: <https://doi.org/10.5114/bta.2022.116213>.
- Wasusun, A. S. Wongpiyachon, S. Songchitsomboon, W. Sukviwat, P. Maneenin and S. Pakkethati. 2017. RD43 rice variety: Medium glycemic index rice for niche market. Rice Academic Journal 8(2): 45-53. [in Thai]

Wiethan, M.M.S., G.S. Bortolin, R.S. Pinto and A.C.F.

Silva. 2018. Initial development of lettuce in vermicompost at higher *Trichoderma* doses. *Horticultura Brasileira* 36(1): 77-82. Available: <https://doi.org/10.1590/S0102-053620180113>.

Yao, X. H. Guo, K. Zhang, M. Zhao, J. Ruan and J. Chen. 2023. *Trichoderma* and its role in biological control of plant fungal and nematode disease. *Frontiers in Microbiology* 14: 1160551. Available: <https://doi.org/10.3389/fmicb.2023.1160551>.

Zhang, F., R. Wang, W. Yu, J. Liang and X. Liao. 2020. Influences of a vermicompost application on the phosphorus transformation and microbial activity in a paddy soil. *Soil and Water Research* 15(4) : 199- 210. Available: <https://doi.org/10.17221/91/2019-SWr>.

Zhao, H-T., T-P. Li, Y. Zhang, J. Hu, Y-C. Bai, Y-H. Shan and F. Ke. 2017. Effects of vermicompost amendment as a basal fertilizer on soil properties and cucumber yield and quality under continuous cropping conditions in a greenhouse. *Journal of Soils Sediments* 17: 2718-2730. Available: <https://doi.org/10.1007/s11368-017-1744-y>.