

ผลของปุ๋ยหมักมูลแพะผสมชีวภัณฑ์ไตรโคเดอร์มาต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของผักกาดขาวปลี

Effects of goat manure compost mixed with *Trichoderma* bio-product on growth and yield of Chinese cabbage (*Brassica rapa* subsp. *pekinensis*)

ศิริพร อำทอง^{1,*}
Siriporn Amthong^{1,*}

พงศ์ยุทธ นวลบุญเรือง¹
Phongyuth Nualbunruang¹

รุ่งนภา ช่างเจรจา¹
Runnapa Changjeraja¹

สันติ ช่างเจรจา¹
Sunti Changjeraja¹

¹ สถาบันวิจัยเทคโนโลยีเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ลำปาง 52000

¹ Agricultural Technology Research Institution, Rajamangala University of Technology Lanna, Lampang 52000

*Corresponding author: amthong56@gmail.com

ประวัติบทความ

รับเรื่อง: 7 สิงหาคม 2567

ปรับแก้ไข: 25 พฤศจิกายน 2567

รับตีพิมพ์: 12 ธันวาคม 2567

คำสำคัญ

มูลแพะ

ผักกาดขาวปลี

ชีวภัณฑ์ไตรโคเดอร์มา

การผลิตผักปลอดภัย

ปุ๋ยหมัก

บทคัดย่อ

ความเป็นมาและวัตถุประสงค์: การใช้ปุ๋ยหมักมูลแพะร่วมกับชีวภัณฑ์เชื้อราไตรโคเดอร์มาได้รับความสนใจและถูกนำไปใช้อย่างแพร่หลายในการทำเกษตรอินทรีย์ งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของปุ๋ยหมักมูลแพะผสมชีวภัณฑ์ไตรโคเดอร์มาต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของผักกาดขาวปลี

วิธีดำเนินการวิจัย: วางแผนการทดลองแบบบล็อกสุ่มเชิงสุ่ม (Randomized Complete Block Design, RCBD) แบ่งเป็น 6 ทรีตเมนต์ ทรีตเมนต์ละ 20 ต้น ประกอบด้วย T1: กลุ่มควบคุม (ปุ๋ยเคมีสูตร 16-16-16), T2: ปุ๋ยหมักมูลแพะ 100%, T3: ชีวภัณฑ์ไตรโคเดอร์มา 100%, T4: ชีวภัณฑ์ไตรโคเดอร์มา 50% + ปุ๋ยหมักมูลแพะ 50%, T5: ชีวภัณฑ์ไตรโคเดอร์มา 75% + ปุ๋ยหมักมูลแพะ 25% และ T6: ชีวภัณฑ์ไตรโคเดอร์มา 25%+ปุ๋ยหมักมูลแพะ 75% บันทึกผลการเจริญเติบโตของผักกาดขาวปลีทุก 7 วัน หลังย้ายปลูก

ผลการวิจัย: การเจริญเติบโตของต้นผักกาดขาวปลีในทรีตเมนต์ที่ 4 ชีวภัณฑ์ไตรโคเดอร์มา 50% + ปุ๋ยหมักมูลแพะ 50% มีความสูงเฉลี่ยที่อายุ 28 วันหลังย้ายปลูก เท่ากับ 29.10 เซนติเมตร ส่วนในระยะเก็บเกี่ยวที่อายุ 50 วันหลังย้ายปลูก ต้นผักกาดขาวปลีมีความยาวทรงพุ่ม ความกว้างทรงพุ่ม จำนวนใบ และน้ำหนักสดของผลผลิต เท่ากับ 34.00 เซนติเมตร, 30.90 เซนติเมตร, 20.30 ใบ และ 315.24 กรัม ตามลำดับ

สรุป: การใช้ปุ๋ยหมักมูลแพะ 50% ร่วมกับชีวภัณฑ์ไตรโคเดอร์มา 50% ช่วยเพิ่มปริมาณผลผลิตของผักกาดขาวปลีได้ดีที่สุด สามารถนำมาส่งเสริมให้เกษตรกรนำไปใช้ทดแทนปุ๋ยเคมีเพื่อลดต้นทุนการผลิตผักกาดขาวปลีได้

Article History

Received: 7 August 2024

Revised: 25 November 2024

Accepted: 12 December 2024

Keywords

Goat manure
Chinese cabbage
Trichoderma bio-products
Safe vegetable production
Compost

การอ้างอิง

ศิริพร อำทอง, พงศ์ยุทธ นวลบุญเรือง, รุ่งนภา ช่างเจรจา และ สันติ ช่างเจรจา. 2568. ผลของปุ๋ยหมักมูลแพะผสมชีวภัณฑ์ไตรโคเดอร์มาต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของผักกาดขาวปลี. ว. วิทยา. นวัตกรรม. 56(3): 162–171.

How to cite

Amthong, S., P. Nualbunruang, R. Changjeraja and S. Changjeraja. 2025. Effects of goat manure compost mixed with *Trichoderma* bio-product on growth and yield of Chinese cabbage (*Brassica rapa* subsp. *pekinensis*). Agric. Sci. Innov. J. 56(3): 162–171.

Abstract

Background and Objective: Using goat manure compost in combination with *Trichoderma* bio-products has attracted considerable attention and is widely applied in organic farming. This research aimed to evaluate the effects of goat manure compost enriched with *Trichoderma* bio-products on the growth and yield of Chinese cabbage (*Brassica rapa* subsp. *pekinensis*).

Methodology: The experiment was designed using a Randomized Complete Block Design (RCBD) with six treatments, each comprising 20 plants. The treatments (T) were: T1: control (Fertilizer 16-16-16), T2: 100% goat manure compost, T3: 100% *Trichoderma* bio-products, T4: 50% *Trichoderma* bio-products + 50% goat manure compost, T5: 75% *Trichoderma* bio-products + 25% goat manure compost, and T6: 25% *Trichoderma* bio-products + 75% goat manure compost. The growth performance of Chinese cabbage was recorded every 7 days after transplanting.

Main Results: The growth of Chinese cabbage treated with 50% *Trichoderma* bio-products and 50% goat manure compost (T4) has an average height of 29.10 cm at 28 days after transplanting. For the harvest stage, at 50 days after transplanting, the canopy length, canopy width, number of leaves, and yield of the Chinese cabbage were 34.00 cm, 30.90 cm, 20.30 leaves, and 315.24 g, respectively.

Conclusions: The application of 50% goat manure compost combined with 50% *Trichoderma* bio-products resulted in the highest yield of Chinese cabbage. This approach can be promoted as a sustainable alternative to chemical fertilizers, helping farmers reduce production costs.

บทนำ

ความปลอดภัยของผลผลิตทางการเกษตรหรือสินค้าเกษตรเป็นปัจจัยสำคัญต่อการตัดสินใจซื้อสินค้าเกษตรของผู้บริโภค เนื่องจากปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการผลิตในขั้นตอนต่าง ๆ พันธุ์พืช ระบบการปลูก แปลงปลูกพืช รวมไปถึงวิธีการจัดการศัตรูพืช เกษตรกรผู้ปลูกพืชส่วนใหญ่ยังขาดความรู้ความเข้าใจในเรื่องการจัดการศัตรูพืชที่ถูกต้องและเหมาะสม ทำให้มีต้นทุนการผลิตพืชที่สูงขึ้น จากการใช้ปุ๋ยเคมีและสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชที่มากเกินไปจนทำให้เกิดปัญหาสารพิษตกค้างในผลผลิตและสิ่งแวดล้อม รวมไปถึงส่งผลกระทบต่อสุขภาพของเกษตรกรผู้ผลิตและผู้บริโภค ตลอดจนการดื้อต่อสารเคมีของเชื้อสาเหตุโรคพืชชนิดต่าง ๆ (Athinuwat *et al.*, 2015) เกษตรกรผู้ผลิตพืชควรลดการใช้สารเคมีและหันกลับมาทำเกษตรด้วยวิถีธรรมชาติ

เพิ่มมากขึ้น เพื่อให้เกิดสภาพแวดล้อมการทำเกษตรที่ดี และตอบสนองต่อความต้องการของผู้บริโภคที่มีความต้องการผลผลิตพืชที่มีความปลอดภัย

ผักกาดขาวปลี (Chinese cabbage) มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Brassica rapa* subsp. *pekinensis* อยู่ในวงศ์กะหล่ำ (Brassicaceae) เป็นผักที่นิยมรับประทานได้ทั้งบริโภคสดและอาหารปรุงสุกได้หลายชนิด มีความต้องการบริโภคผักกาดขาวปลีปริมาณสูง ในประเทศไทยเฉพาะบริเวณพื้นที่สูงสามารถปลูกผักกาดขาวปลีได้ตลอดทั้งปี แต่บริเวณพื้นที่ราบผลิตได้เฉพาะฤดูหนาวเท่านั้น การปลูกผักกาดขาวปลีในฤดูร้อนมีผลผลิตไม่เพียงพอต่อความต้องการของผู้บริโภค และทำให้ผักกาดขาวปลีมีราคาที่สูงขึ้น (Tisa and Kumchai, 2022) การปฏิบัติเพื่อการเจริญเติบโตของผักกาดขาวปลีที่ดีนั้น การวิเคราะห์สมบัติของ

วัสดุปลูกและการจัดการดินในแปลงปลูกของผักกาดขาวปลีจะช่วยให้ผักกาดขาวปลีมีการเจริญเติบโต มีปริมาณและผลผลิตที่มีคุณภาพตรงตามความต้องการของตลาด ซึ่งพบว่าผักกาดขาวปลีสามารถเจริญเติบโตได้ดีในดินที่มีปริมาณอินทรีย์วัตถุ 6.84–7.14% มีความเป็นกรด-ด่าง 5.05–5.47 ซึ่งแปลงปลูกผักกาดขาวปลีที่มีการจัดการแปลงด้วยการใช้ปุ๋ยหมักช่วยเพิ่มผลผลิตของผักกาดขาวปลีได้มากขึ้น (Nokham *et al.*, 2021)

เชื้อราไตรโคเดอร์มา (*Trichoderma* spp.) เป็นจุลินทรีย์ที่อาศัยอยู่ในดินซึ่งสามารถเร่งการย่อยสลายของอินทรีย์วัตถุในดินได้ สามารถเพิ่มกิจกรรมจุลินทรีย์ในดินโดยการผลิตเอนไซม์ที่ควบคุมการเจริญเติบโตและการละลายฟอสเฟต ซึ่งสามารถกระตุ้นอัตราการงอกของเมล็ดและการเจริญเติบโตของพืชได้ เชื้อราไตรโคเดอร์มาเป็นจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ (Antagonistic microorganism) ที่มีกลไกการควบคุมเชื้อสาเหตุของโรคพืชโดยชีววิธีในการเป็นปรสิต การสร้างปฏิชีวนะสาร การแข่งขัน กับเชื้อสาเหตุโรคพืช (Lasmini *et al.*, 2022) เชื้อราไตรโคเดอร์มาเป็นจุลินทรีย์ดินที่มีประสิทธิภาพในการละลายธาตุอาหารในดินให้อยู่ในรูปที่พืชสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ นอกจากนี้ ยังช่วยปรับคุณภาพของดินและเพิ่มกิจกรรมของจุลินทรีย์ในดินให้สร้างสารที่เป็นประโยชน์ต่อการส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช การใช้เชื้อราไตรโคเดอร์มา ร่วมกับปุ๋ยอินทรีย์จากมูลโค สามารถส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชในระยะต้นกล้า ทั้งยังพบว่าสามารถกระตุ้นการสร้างเอนไซม์ฟอสฟาเตสในดิน เพิ่มกิจกรรมของจุลินทรีย์บริเวณรากพืช ซึ่งการใช้เชื้อราไตรโคเดอร์มา ร่วมกับปุ๋ยอินทรีย์มูลโคเป็นทางเลือกหนึ่งที่ช่วยให้เกษตรกรลดการใช้ปุ๋ยเคมีได้ (Asghar and Kataoka, 2021) การใช้ปุ๋ยอินทรีย์ร่วมกับเชื้อราไตรโคเดอร์มา สามารถเพิ่มผลผลิตต่อไร่ของบวบเหลี่ยมพันธุ์ Kashi Shivani ที่ปลูกในประเทศอินเดีย (Yogita *et al.*, 2022) การใช้ปุ๋ยอินทรีย์ (มูลวัวและมูลม้า) ร่วมกับเชื้อรา *T. harzianum* สายพันธุ์ OMG-08 พบว่า องค์ประกอบทางเคมีของปุ๋ยอินทรีย์มีผลต่อกิจกรรมของเชื้อราไตรโคเดอร์มาในการส่งเสริมการเจริญเติบโตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ และเพิ่มการดูดซึมฟอสฟอรัสของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ได้ดีขึ้น (Vinci *et al.*, 2018)

การวิเคราะห์ธาตุอาหารในปุ๋ยมูลแพะที่ผ่านการหมัก 30 วัน มีไนโตรเจน 2.23% ฟอสฟอรัส 1.24% และโปแตสเซียม 3.69% (Batubara *et al.*, 2021) การนำปุ๋ยมูลแพะมาผลิตเป็นถ่านชีวภาพมาใช้เป็นวัสดุในการผลิตปุ๋ยหมัก ช่วยให้ค่า C/N มีความใกล้เคียงกับดิน มี pH และอินทรีย์วัตถุที่เหมาะสมสำหรับนำไปใส่ในดินเพื่อเพิ่มการสะสมคาร์บอนอินทรีย์ การปลดปล่อยธาตุอาหาร และลดการสูญเสียคาร์บอนไดออกไซด์ สามารถส่ง

เสริมให้เกษตรกรนำไปใช้เพื่อเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดินได้ (Kamolmanit and Lawongsa, 2021) Butay (2018) รายงานว่า การใช้ปุ๋ยชีวภาพจากมูลแพะในรูปแบบปุ๋ยน้ำอัตรา 50 มิลลิลิตรต่อน้ำ 1 ลิตร มีผลต่อการเจริญเติบโตด้านความสูงของต้น น้ำหนักสดและจำนวนใบของผักสลัดกรีนโอ๊ค

การใช้ปุ๋ยหมักจากมูลสัตว์ที่ผ่านกระบวนการหมักที่สมบูรณ์แล้วร่วมกับเชื้อราไตรโคเดอร์มา เพื่อเป็นปุ๋ยชีวภาพที่เป็นประโยชน์ต่อการเจริญเติบโตของพืช การใส่เชื้อราไตรโคเดอร์มาผสมปุ๋ยหมักที่ผ่านการหมักสมบูรณ์แล้ว สามารถลดเชื้อสาเหตุโรคพืชในดินและส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชที่ปลูกได้ (Chamswang, 2020) การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการใช้ปุ๋ยหมักมูลแพะร่วมกับชีวภัณฑ์ไตรโคเดอร์มาในการส่งเสริมการเจริญเติบโตและผลผลิตของผักกาดขาวปลี

อุปกรณ์และวิธีการ

การวางแผนการทดลอง

กำหนดพื้นที่สำหรับทำการทดลอง คือ แปลงปลูกพืชทดลองในพื้นที่วิจัย ตำบลพิชัย อำเภอเมือง จังหวัดลำปาง กลุ่มชุดดินที่ 16 ดินคล้ายชุดดินลำปางที่มีสีลาแลงอ่อน (Lp-pic) สภาพพื้นที่ราบเรียบ มีความลาดชัน 0–2% เป็นดินลิกมาก ดินชั้นเป็นดินร่วน ดินร่วนปนทราย ปฏิกริยาดินเป็นกรดถึงกรดจัด pH 5.5–6.5 จากนั้น วางแผนการทดลองแบบบล็อกสมบูรณ์เชิงสุ่ม (Randomized Complete Block Design, RCBD) ทั้งนี้ในการทดลองใช้แปลงขนาด 1.2 × 3.0 เมตร ประกอบด้วย 6 ทริตเมนต์ ทริตเมนต์ละ 20 ต้น จำนวน 3 ซ้ำ ได้แก่ ทริตเมนต์ที่ 1 กลุ่มควบคุม (ปุ๋ยเคมีสูตร 16-16-16) ทริตเมนต์ที่ 2 ปุ๋ยหมักมูลแพะ 100% ทริตเมนต์ที่ 3 ชีวภัณฑ์ไตรโคเดอร์มา 100% ทริตเมนต์ที่ 4 ชีวภัณฑ์ไตรโคเดอร์มา 50% + ปุ๋ยหมักมูลแพะ 50% ทริตเมนต์ที่ 5 ชีวภัณฑ์ไตรโคเดอร์มา 75% + ปุ๋ยหมักมูลแพะ 25% และทริตเมนต์ที่ 6 ชีวภัณฑ์ไตรโคเดอร์มา 25% + ปุ๋ยหมักมูลแพะ 75% เริ่มทำการทดลองโดยเตรียมปุ๋ยหมักมูลแพะในเดือนเมษายน เตรียมแปลงปลูกและเตรียมเพาะกล้าผักกาดขาวปลีเดือนพฤษภาคม ย้ายต้นกล้าปลูกเดือนมิถุนายน และเก็บผลผลิตเดือนกันยายน ปี พ.ศ. 2565

การเตรียมปุ๋ยหมักมูลแพะผสมเชื้อราไตรโคเดอร์มา

เก็บตัวอย่างปุ๋ยมูลแพะแห้งจากแปลงเกษตรกรผู้เลี้ยงแพะในพื้นที่ตำบลทุ่งผึ้ง อำเภอแจ้ห่ม จังหวัดลำปาง โดยเตรียมมูลแพะแห้ง 50 กิโลกรัม แกลบดิบ 100 กิโลกรัม ผสมคลุกเคล้าให้เข้ากันเป็นกอง รดน้ำให้ความชื้น พลิกกองปุ๋ยหมักทุก ๆ 10 วัน

หมักกองปุ๋ยทิ้งไว้เป็นเวลา 1 เดือน จากนั้น นำปุ๋ยมูลแพะที่หมักสมบูรณ์แล้วมาฝังในที่ร่มให้แห้งแล้วนำไปบดละเอียด

การเตรียมชีวภัณฑ์ไตรโคเดอร์มาชนิดเชื้อสด โดยการขยายหัวเชื้อราไตรโคเดอร์มาบนเมล็ดข้าวสารที่หุงแบบกึ่งสุก โดยใช้อัตราส่วนข้าวสาร 2 ส่วนต่อน้ำ 1 ส่วน เลี้ยงเชื้อราให้สร้างสปอร์บนเมล็ดข้าว เมื่อครบ 7 วัน นำเชื้อราไตรโคเดอร์มา ซึ่งตามอัตราส่วนเพื่อเตรียมผสมปุ๋ยหมักมูลแพะ โดยอัตราส่วนปริมาณเชื้อราไตรโคเดอร์มาในปุ๋ยหมักมีน้ำหนัก 250, 500 และ 750 กรัมต่อปุ๋ยหมักมูลแพะ 1 กิโลกรัม

การเตรียมต้นกล้าผักกาดขาวปลีและแปลงปลูก

เมล็ดผักกาดขาวปลีพันธุ์ที่ใช้ในการทดลองเป็นผักกาดขาวปลีพันธุ์เข้าปลีหลวมหรือไม่ห่อปลี เป็นผักกาดขาวปลีพันธุ์เบาพันธุ์ดีของบริษัท เจียไต๋ จำกัด มีอายุการเก็บเกี่ยวผลผลิตหลังย้ายปลูกที่อายุ 45–50 วัน นำเมล็ดผักกาดขาวปลีมาเพาะในถาดเพาะเมล็ดขนาด 104 หลุม ที่ผสมวัสดุเพาะด้วยดินร่วนผสมพีทมอสอัตราส่วน 1:1 จากนั้น ย้ายถาดเพาะผักกาดขาวปลีไว้ในที่ร่มเพื่อบ่มเมล็ดเป็นเวลา 3 วัน เมื่อเมล็ดผักกาดขาวปลีเริ่มงอกมีใบเลี้ยง ย้ายถาดเพาะกล้าออกเพื่อให้ได้รับแสงโดยใช้ตาข่ายพรางแสง 50% รดน้ำทุกวัน วันละ 2 ครั้ง เวลาเช้าและเย็น เมื่อต้นกล้าผักกาดขาวปลีมีอายุ 20 วัน ทำการย้ายต้นกล้าลงปลูกในแปลง โดยเตรียมแปลงปลูกแบบยกร่องมีขนาดแปลง 1.2×3.0 เมตร จำนวน 18 แปลง โดยนำปุ๋ยหมักมูลแพะผสมชีวภัณฑ์ไตรโคเดอร์มาที่เตรียมไว้ตามวิธีที่แตกต่างๆ มาผสมคลุกเคล้ากับดินในแปลงปลูกแต่ละแปลง โดยการสับดินให้ละเอียดและขึ้นแปลงเตรียมไว้ คลุมแปลงด้วยฟางข้าว รดน้ำให้ความชื้น และหมักส่วนผสมของปุ๋ยในแปลงทิ้งไว้ 7 วันก่อนปลูก

จากนั้น ย้ายต้นกล้าผักกาดขาวปลีลงปลูกในแปลงแต่ละที่ที่เตรียมไว้ ที่ดินแต่ละแปลง 3 แปลง แปลงละ 20 ต้น แปลงที่ที่ 1 ควบคุม (ปุ๋ยเคมีสูตร 16-16-16) แปลงที่ที่ 2 ปุ๋ยหมักมูลแพะ 100% แปลงที่ที่ 3 ชีวภัณฑ์ไตรโคเดอร์มา 100% แปลงที่ที่ 4 ชีวภัณฑ์ไตรโคเดอร์มา 50% + ปุ๋ยหมักมูลแพะ 50% แปลงที่ที่ 5 ชีวภัณฑ์ไตรโคเดอร์มา 75% + ปุ๋ยหมักมูลแพะ 25% และแปลงที่ที่ 6 ชีวภัณฑ์ไตรโคเดอร์มา 25% + ปุ๋ยหมักมูลแพะ 75% โดยกำหนดระยะปลูกระหว่างแถวและระหว่างต้น 50×50 เซนติเมตรให้น้ำด้วยระบบสปริงเกอร์ในแต่ละแปลงปลูก โดยให้น้ำวันละ 2 ครั้ง ช่วงเช้าและเย็น เมื่อผักกาดขาวปลีอายุ 14 และ 30 วันหลังย้ายปลูก ทำการใส่ปุ๋ยหมักตามวิธีที่แตกต่าง ๆ อัตรา 10

กรัมต่อต้น สำหรับที่ที่ 2 เติมน้ำปุ๋ยเคมีสูตร 16-16-16 อัตรา 10 กรัมต่อต้น สามารถเก็บผลผลิตได้เมื่อผักกาดขาวปลีอายุ 45–50 วันหลังย้ายปลูก

การวัดค่าความเป็นกรด-ด่างและค่าการนำไฟฟ้าของตัวอย่างปุ๋ยหมักมูลแพะ

สุ่มเก็บตัวอย่างปุ๋ยหมักมูลแพะและปุ๋ยหมักมูลแพะผสมไตรโคเดอร์มาปริมาณ 10 กรัม นำมาเติมน้ำกลั่น 10 มิลลิลิตร ใช้แท่งแก้วคนสารแขวนลอยของปุ๋ยหมักให้ละลาย ทิ้งไว้ 30 นาที กรองส่วนใสด้วยกระดาษกรอง Whatman เบอร์ 5 นำส่วนใสของสารแขวนลอยที่กรองได้ มาวัดค่าความเป็นกรด-ด่างด้วยเครื่อง HM Digital และวัดค่าการนำไฟฟ้าโดยใช้เครื่อง SmartSensor AR8011

การวัดและบันทึกข้อมูลการเจริญเติบโตของผักกาดขาวปลี

บันทึกข้อมูลการเจริญเติบโตของผักกาดขาวปลีทางลำต้นวันที่ 7, 14, 21 และ 28 วันหลังย้ายปลูก โดยความสูงของต้น วัดจากพื้นดินโคนต้นจนถึงปลายใบที่สูงที่สุด การเจริญเติบโตด้านความกว้าง-ความยาวทรงพุ่ม เก็บเกี่ยวผลผลิตเมื่อผักกาดขาวปลีมีอายุ 50 วันหลังย้ายปลูก บันทึกความยาวของหัวผักกาดขาวปลี ความยาวของรากผักกาดขาวปลี จำนวนใบต่อต้น และน้ำหนักผลผลิตผักกาดขาวปลีต่อต้น

การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance; ANOVA) ของการเจริญเติบโตและผลผลิตผักกาดขาวปลี และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นทางสถิติ 95%

ผลการทดลองและวิจารณ์

ผลของปุ๋ยหมักมูลแพะผสมชีวภัณฑ์ไตรโคเดอร์มาต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของผักกาดขาวปลี

จากการสุ่มเก็บตัวอย่างของปุ๋ยหมักมูลแพะผสมไตรโคเดอร์มาเพื่อวิเคราะห์ค่า pH และค่าการนำไฟฟ้าของปุ๋ยหมัก พบว่า ปุ๋ยหมักมูลแพะมีค่า pH 9.54 และค่าการนำไฟฟ้า 2.80 mS/cm ขณะที่ ปุ๋ยหมักมูลแพะผสมชีวภัณฑ์ไตรโคเดอร์มา มีค่า pH 8.58 และค่าการนำไฟฟ้า 4.54 mS/cm โดยอัตราส่วนผสมของปุ๋ยหมักมูลแพะและเชื้อราไตรโคเดอร์มาในสัดส่วนที่แตก

ต่างกัน มีค่า pH อยู่ในช่วง 8.58–9.54 และค่าการนำไฟฟ้าอยู่ในช่วง 2.80–4.54 mS/cm ซึ่งมีค่าไม่แตกต่างกัน ผลการวิเคราะห์ค่า pH และค่าการนำไฟฟ้าของปุ๋ยมูลแพะที่นำมาใช้ในการทดลองมีคุณสมบัติที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของผักกาดขาวปลี ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Lu *et al.* (2021) ที่รายงานว่ามีค่า pH ของปุ๋ยมูลแพะที่เหมาะสมต่อการปลูกพืชคือ 8.26 มีค่าความชื้น 62.42% มีอัตราส่วน C/N 5.00 และค่าการนำไฟฟ้า 4.0 mS/cm เมื่อนำปุ๋ยมูลแพะมาใช้ในการปลูกพืชร่วมกับชีวภัณฑ์ไตรโคเดอร์มา โดยการนำมูลแพะมาหมักให้สมบูรณ์ก่อนเป็นเวลา 1 เดือน ช่วยให้เกิดการย่อยสลายของอินทรีย์วัตถุที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืช ซึ่งหากมีระยะเวลาในการหมักปุ๋ยที่เหมาะสมจะส่งผลให้การนำปุ๋ยมูลแพะมาใช้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดต่อการปลูกพืชมากขึ้น ซึ่งปุ๋ยหมักมูลแพะมีคุณสมบัติที่ดีต่อการส่งเสริมการเจริญเติบโต ช่วยเพิ่มการปลดปล่อยธาตุอาหารให้อยู่ในรูปที่พืชนำมาใช้ประโยชน์ได้อย่างต่อเนื่อง ช่วยในการปรับปรุงโครงสร้างดิน เพิ่มปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน ทำให้ดินมีโครงสร้างที่ดีขึ้น เพิ่มการระบายอากาศและการอุ้มน้ำ เป็นประโยชน์ต่อระบบรากของพืช และสามารถลดการพึ่งพาปุ๋ยเคมีและสารเคมีกำจัดศัตรูพืช ซึ่งเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมและลดต้นทุนการผลิตทางการเกษตร (Washaya and Washaya, 2023)

จากงานวิจัยของ Saputra *et al.* (2017) ที่รายงานว่า การหมักมูลแพะเป็นเวลา 4 สัปดาห์ก่อนนำมาใช้ในแปลงปลูกข้าวโพดหวาน ช่วยให้ข้าวโพดมีการเจริญเติบโตที่ดีกว่าการใส่ปุ๋ยมูลแพะที่ไม่ผ่านการหมัก จากผลการทดลองพบว่า การใช้ปุ๋ยมูลแพะที่ผ่านกระบวนการหมักอย่างสมบูรณ์แล้ว เมื่อนำมาผสมกับชีวภัณฑ์ไตรโคเดอร์มาในอัตราส่วนที่เท่ากัน สามารถส่งเสริมการเจริญเติบโตของผักกาดขาวปลีในด้านความสูง จากการวัดความสูงของต้นผักกาดขาวปลีในแปลงปลูกเมื่อผักกาดขาวปลีมีอายุ 7, 14, 21 และ 28 วันหลังปลูก ต้นผักกาดขาวปลีที่อายุ 7 และ 14 วันมีความสูงเฉลี่ยในแต่ละทรีตเมนต์ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) เมื่อต้นผักกาดขาวปลีมีอายุ 21 และ 28 วัน ในทรีตเมนต์ที่ 4 การใช้ชีวภัณฑ์ไตรโคเดอร์มา 50% + ปุ๋ยหมักมูลแพะ 50% ต้นผักกาดขาวปลีมีความสูงเฉลี่ยมากที่สุด 25.60 และ 29.10 เซนติเมตร ตามลำดับ และแตกต่างจากทรีตเมนต์อื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$; Table 1) ซึ่งเห็นได้ว่าปุ๋ยหมักจากมูลสัตว์มีปริมาณธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช Katoh *et al.* (2016) รายงานว่าปุ๋ยหมักจากมูลสัตว์ประกอบไปด้วยธาตุอาหารหลักและธาตุอาหารรองที่จำเป็นรวมถึงกรดอินโดลอะซิติก (IAA) ที่มีส่วนช่วยในการส่งเสริมการเจริญเติบโต

ของพืช นอกจากนี้ ในกระบวนการทำปุ๋ยหมักมีจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์เกิดขึ้น ซึ่งมีส่วนช่วยในการส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช

การวัดการเจริญด้านความยาวทรงพุ่มและความกว้างทรงพุ่มของต้นผักกาดขาวปลีที่อายุ 7 และ 14 วัน พบว่าการเจริญเติบโตด้านความยาวทรงพุ่มของผักกาดขาวปลีในแต่ละทรีตเมนต์ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P < 0.05$) เมื่อผักกาดขาวปลีมีอายุ 28 วัน หลังย้ายปลูก การเจริญด้านความยาวทรงพุ่มและความกว้างทรงพุ่มมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$; Table 2) ซึ่งทรีตเมนต์ที่ 4 การใช้ชีวภัณฑ์ไตรโคเดอร์มา 50% + ปุ๋ยหมักมูลแพะ 50% ทำให้ผักกาดขาวปลีมีความยาวทรงพุ่มและความกว้างทรงพุ่มเฉลี่ย 34.00 และ 30.90 เซนติเมตร รองลงมาคือทรีตเมนต์ที่มีการใช้ปุ๋ยมูลแพะ 100% โดยผักกาดขาวปลีมีความยาวทรงพุ่มและความกว้างทรงพุ่ม 32.20 และ 29.60 เซนติเมตร ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Ji *et al.* (2020) ที่รายงานว่า การใช้ปุ๋ยชีวภาพเชื้อราไตรโคเดอร์มาสามารถส่งเสริมการเจริญเติบโตของผักกาดขาวปลีโดยเพิ่มอัตราการงอก เพิ่มความสูงของต้น เพิ่มน้ำหนักสดของผลผลิต และมีผลผลิตรวมต่อไร่เพิ่มขึ้น

เมื่อเก็บเกี่ยวผลผลิตที่อายุ 50 วันหลังปลูก พบว่าผลผลิตผักกาดขาวปลีมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$; Table 3) ในทรีตเมนต์ที่ 2 การใช้ปุ๋ยหมักมูลแพะ 100% หัวผักกาดขาวปลีมีความยาวของหัวสูงสุด คือ 30.80 เซนติเมตร รองลงมาคือ ทรีตเมนต์ที่ 4 หัวผักกาดขาวปลีมีความยาว 29.40 เซนติเมตร ในส่วนของความยาวราก ทรีตเมนต์ที่ 4 ผักกาดขาวปลีมีความยาวรากเฉลี่ย 22.00 เซนติเมตร มีน้ำหนักสด 315.24 กรัม และจำนวนใบ 20.30 ใบ รองลงมาคือ ทรีตเมนต์ที่มีการใช้ชีวภัณฑ์ไตรโคเดอร์มา 100% ผักกาดขาวปลีมีน้ำหนักสด 311.60 กรัม และมีจำนวนใบ 19.70 ใบ

การใช้เชื้อราไตรโคเดอร์มาและปุ๋ยหมักมูลแพะในอัตราส่วนที่เท่ากันช่วยให้ผลผลิตของผักกาดขาวปลีมีน้ำหนักสดของหัวเพิ่มขึ้น ผลผลิตผักคุณภาพดีขึ้น จะเห็นได้ว่าการนำเชื้อราไตรโคเดอร์มามาใช้ในกระบวนการผลิตปุ๋ยชีวภาพจากมูลสัตว์เป็นวิธีการหนึ่งที่จะช่วยในการพัฒนาการผลิตปุ๋ยชีวภาพจากมูลสัตว์ให้มีคุณสมบัติที่เหมาะสมต่อการปลูกพืชมากยิ่งขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Thaha *et al.* (2020) ที่รายงานว่า เชื้อราไตรโคเดอร์มาเป็นจุลินทรีย์ที่อยู่ในธรรมชาติ และมีประสิทธิภาพในกระบวนการย่อยสลายและการกระตุ้นการเจริญเติบโตของพืช ซึ่งไตรโคเดอร์มาสามารถเพิ่มปริมาณธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส แคลเซียม และโปแตสเซียม รวมไปถึงระดับ

ของ pH ที่เหมาะสมของปุ๋ยชีวภาพที่เหมาะสมต่อการปลูกพืช Fitriani *et al.* (2023) รายงานว่า การใช้เชื้อราไตรโคเดอร์มา ร่วมกับปุ๋ยมูลแพะช่วยเพิ่มความสูงของต้นถั่วเหลืองและเพิ่มน้ำหนักสดของเมล็ดถั่วเหลืองได้ดีกว่าการใช้ปุ๋ยเคมีสังเคราะห์ Liu *et al.* (2022) รายงานว่า การใช้เชื้อรา *T. harzianum* สายพันธุ์ T22 เป็นปุ๋ยชีวภาพที่มีคุณสมบัติในการส่งเสริมการเจริญเติบโตและเพิ่มคุณภาพของผลผลิตของพืช Bupleurum ที่ปลูกในประเทศจีน รวมไปถึงเพิ่มปริมาณไนเตรต โปแตสเซียม และฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ให้อยู่ในรูปที่พืชสามารถนำไปใช้ได้ Treemek and Kaewtaphan (2021) รายงานว่า ผักสลัดกรีนโอ๊คที่ปลูกโดยใช้ปุ๋ยมูลสัตว์จากมูลสุกร มูลวัว และมูลแพะ ทำให้ต้นสลัดกรีนโอ๊คมีน้ำหนักสดต้นมากกว่าการไม่ใส่ปุ๋ยมูลสัตว์

การใช้ปุ๋ยหมักมูลแพะผสมชีวภัณฑ์ไตรโคเดอร์มามีผลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของผักกาดขาวปลี ซึ่งปุ๋ยมูลแพะเป็นปุ๋ยอินทรีย์ที่เป็นแหล่งของธาตุอาหารที่สำคัญที่ช่วยในการเจริญเติบโตของพืช เป็นทางเลือกสำหรับเกษตรกรที่นำมาใช้

ทดแทนปุ๋ยเคมี Lasmini *et al.* (2022) รายงานว่า การนำเชื้อราไตรโคเดอร์มามาใช้ร่วมกับปุ๋ยหมักจากมูลสัตว์ช่วยในการส่งเสริมการเจริญเติบโตและเพิ่มผลผลิตของหอมแดงได้ดีกว่าแปลงที่ไม่ได้ใส่ปุ๋ยหมักจากมูลสัตว์ จากผลการทดลองพบว่าการนำปุ๋ยหมักมูลแพะผสมชีวภัณฑ์ไตรโคเดอร์มาสามารถส่งเสริมการเจริญเติบโตและเพิ่มผลผลิตของผักกาดขาวปลีได้ แต่การนำมาใช้ระดับแปลงปลูกพืชของเกษตรกรนั้น ผู้วิจัยต้องศึกษาเพิ่มเติมในเรื่องอายุการเก็บรักษาปริมาณสปอร์ของเชื้อราไตรโคเดอร์มา หลักการเก็บรักษา รวมไปถึงคุณสมบัติทางเคมีของปุ๋ยหมักมูลแพะผสมเชื้อราไตรโคเดอร์มา โดยการวิเคราะห์ปริมาณอินทรีย์วัตถุ ไนโตรเจนทั้งหมด ฟอสฟอรัส และโปแตสเซียมตามมาตรฐานของกรมวิชาการเกษตร เพื่อปรับแก้สูตรผสมให้เหมาะสมต่อการส่งเสริมให้เกษตรกรนำไปปลูกผักกาดขาวปลีในสภาพแปลง เพื่อลดต้นทุนการผลิต ลดการใช้ปุ๋ยเคมี และให้ผลผลิตผักกาดขาวปลีมีคุณภาพตามมาตรฐานเกษตรปลอดภัย

Table 1 Plant height of Chinese cabbage growth with the different combinations of *Trichoderma* bio-product (TBP) and goat manure compost (GMC) at 7, 14, 21, and 28 days after transplanting

Treatment	Plant height (cm)			
	Day 7	Day 14	Day 21	Day 28
T1: Control (Chemical fertilizer)	17.20 ± 1.81	18.10 ± 3.24	22.00 ± 4.37 ^b	24.70 ± 2.71 ^c
T2: 100% GMC	17.60 ± 1.42	20.00 ± 1.94	24.20 ± 2.78 ^{ab}	26.90 ± 2.02 ^b
T3: 100% TBP	17.20 ± 2.48	17.80 ± 2.29	22.10 ± 2.18 ^b	25.80 ± 2.29 ^{bc}
T4: 50% TBP + 50% GMC	16.30 ± 2.35	18.90 ± 2.76	25.60 ± 2.54 ^a	29.10 ± 3.28 ^a
T5: 75% TBP + 25% GMC	15.10 ± 2.18	17.90 ± 2.13	21.80 ± 3.11 ^b	26.80 ± 2.39 ^{bc}
T6: 25% TBP + 75% GMC	16.00 ± 1.82	16.90 ± 2.68	22.40 ± 1.42 ^b	26.10 ± 1.44 ^{bc}
P-value	0.079	0.141	0.023	0.006
CV (%)	12.37	13.96	12.53	9.13

Means within the same column followed by different superscript letters (a, b, c) are significantly different ($P < 0.05$). Values are presented as mean ± standard deviation. CV = coefficient of variation.

Table 2 Canopy length and width of Chinese cabbage growth with the different combinations of *Trichoderma* bio-product (TBP) and goat manure compost (GMC) at 7, 14, 21, and 28 days after transplanting

Treatment	Day 7		Day 14		Day 21		Day 28	
	Canopy length (cm)	Canopy width (cm)	Canopy length (cm)	Canopy width (cm)	Canopy length (cm)	Canopy width (cm)	Canopy length (cm)	Canopy width (cm)
T1: Control (Chemical fertilizer)	16.80 ± 3.93	16.60 ± 4.06 ^a	21.20 ± 2.39	16.60 ± 3.68 ^{ab}	26.80 ± 3.01 ^b	22.70 ± 4.66	27.40 ± 3.94 ^c	25.30 ± 5.01 ^c
T2: 100% GMC	19.00 ± 1.76	16.00 ± 3.65 ^{ab}	22.40 ± 2.17	19.00 ± 2.58 ^a	31.30 ± 3.05 ^a	26.30 ± 3.43	32.20 ± 3.76 ^{ab}	29.60 ± 2.71 ^a
T3: 100% TBP	16.00 ± 3.36	13.60 ± 3.65 ^{bc}	21.50 ± 4.83	16.30 ± 2.79 ^{ab}	29.40 ± 2.91 ^{ab}	24.30 ± 3.26	30.80 ± 4.61 ^b	29.10 ± 3.38 ^{ab}
T4: 50% TBP + 50% GMC	16.20 ± 3.22	13.30 ± 3.05 ^{bc}	19.40 ± 2.59	16.80 ± 2.09 ^a	31.10 ± 2.64 ^a	26.70 ± 3.40	34.00 ± 1.88 ^a	30.90 ± 1.85 ^a
T5: 75% TBP + 25% GMC	15.40 ± 3.40	11.90 ± 2.60 ^c	21.30 ± 3.94	17.10 ± 4.35 ^a	27.10 ± 3.41 ^b	23.80 ± 2.61	29.70 ± 3.02 ^{bc}	26.50 ± 3.17 ^{bc}
T6: 25% TBP + 75% GMC	18.00 ± 3.05	15.10 ± 2.60 ^{ab}	18.10 ± 3.07	13.80 ± 2.78 ^b	29.60 ± 3.77 ^{ab}	24.60 ± 3.47	29.60 ± 2.17 ^{bc}	25.40 ± 2.83 ^c
P-value	0.129	0.021	0.057	0.024	0.0061	0.118	0.015	0.006
CV (%)	18.91	23.02	16.01	18.92	10.81	14.27	11.03	11.88

Means within the same column followed by different superscript letters (a, b, c) are significantly different ($P < 0.05$). Values are presented as mean ± standard deviation. CV = coefficient of variation.

Table 3 Shoot length, root length, shoot fresh weight, and number of leaves of Chinese cabbage growth with the different combinations of *Trichoderma* bio-product (TBP) and goat manure compost (GMC) at 50 days after transplanting

Treatment	Shoot length (cm)	Root length (cm)	Shoot fresh weight (g)	Number of leaves (leaf)
T1: Control (Chemical fertilizer)	21.60 ± 3.03 ^d	15.85 ± 5.30 ^{bc}	185.61 ± 46.35 ^c	15.80 ± 1.22 ^c
T2: 100% GMC	30.80 ± 2.65 ^a	18.00 ± 5.98 ^{ab}	317.99 ± 47.37 ^a	18.90 ± 2.55 ^{ab}
T3: 100% TBP	28.90 ± 1.79 ^{abc}	16.30 ± 5.37 ^{bc}	311.60 ± 32.15 ^a	19.70 ± 1.94 ^a
T4: 50% TBP + 50% GMC	29.40 ± 1.95 ^{ab}	22.00 ± 3.82 ^a	315.24 ± 57.45 ^a	20.30 ± 1.05 ^a
T5: 75% TBP + 25% GMC	27.10 ± 2.18 ^c	13.70 ± 3.52 ^c	263.69 ± 53.85 ^b	17.30 ± 1.70 ^{bc}
T6: 25% TBP + 75% GMC	27.50 ± 2.12 ^{bc}	15.50 ± 4.17 ^{bc}	311.84 ± 46.89 ^a	17.30 ± 2.00 ^{bc}
P-value	0.000	0.000	0.0073	0.000
CV (%)	16.68	8.64	28.33	9.99

Means within the same column followed by different superscript letters (a, b, c) are significantly different ($P < 0.05$). Values are presented as mean ± standard deviation. CV = coefficient of variation.

สรุป

การใช้ชีวภัณฑ์ไตรโคเดอร์มา 50% ร่วมกับปุ๋ยหมักมูลแพะ 50% สนับสนุนให้ต้นผักกาดขาวปลีที่อายุ 28 วัน มีการเจริญเติบโตดีที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับ การใช้ชีวภัณฑ์ไตรโคเดอร์มา ร่วมกับปุ๋ยหมักมูลแพะในสัดส่วนอื่น คือ มีความสูงเท่ากับ 29.10 เซนติเมตร และมีความยาวทรงพุ่มและความกว้างทรงพุ่ม เท่ากับ 34.00 และ 30.90 เซนติเมตร ตามลำดับ นอกจากนี้ ยังส่งผลให้มีจำนวนใบเพิ่มขึ้นเฉลี่ย 20.30 ใบ และเพิ่มน้ำหนักสดของผลผลิตผักกาดขาวปลีเฉลี่ย 315.24 กรัม ในระยะเก็บเกี่ยว

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ กองทุนส่งเสริม ววน. และหน่วยบริหาร และจัดการทุนวิจัยด้านการพัฒนาระดับพื้นที่ (บพท.) โครงการ “การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตด้วยเทคโนโลยีนวัตกรรมแบบมีส่วนร่วมสู่การพัฒนาห่วงโซ่มูลค่าเกษตรที่ยั่งยืน” ปี 2565 รหัส 175567 ที่ให้การสนับสนุนงบประมาณสำหรับการทำวิจัย และสถาบันวิจัยเทคโนโลยีเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ลำปาง ที่ให้การเอื้อเฟื้อสถานที่และห้องปฏิบัติการสำหรับดำเนินงานวิจัย

เอกสารอ้างอิง

- 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. Arch. Microbiol. 203: 4281–4291. <https://doi.org/10.1007/s00203-021-02413-4>.
- Athinuwat, D., J. Sottiwilaiphong and W. Chuaboon. 2015. Plant extracts controlling soft rot disease of Chinese cabbage. Thai Journal of Science and Technology. 4(3): 244–254. (in Thai)
- Batubara, S.F., A.B. Santoso and K.E. Ramija. 2021. Potential of goat manure as organic fertilizer in North Sumatra. BIO Web Conf. 33: 05001. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20213305001>.
- Butay, J.S. 2018. Growth and yield performance of lettuce (*Lactuca sativa* L.) applied with different concentrations of fermented goat manure as bio-fertilizer. J. Bio. & Env. Sci. 13(1): 269–277.

- Chamswang, C. 2020. *Trichoderma* Antagonistic Fungi for Plant Disease Control. Department of Plant Pathology, Faculty of Agriculture at Kamphaeng Saen, Kasetsart University Kamphaeng Saen Campus, Nakhon Pathom, Thailand. 556 p. (in Thai)
- Fitriani, D., F. Podesta., R. Harini and F. Fahrurrozi. 2023. Growth and yield response of black soybean to bioactivator- enriched goat manures amended with *Trichoderma*. Int. J. Agric. Technol. 19(1): 53–62.
- Ji, S., L. Zhihua, B. Liu, Y. Wang and J. Wang. 2020. The effect of *Trichoderma* biofertilizer on the quality of flowering Chinese cabbage and the soil environment. Sci. Hortic. 262: 109069. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.109069>.
- Kamolmanit, B. and P. Lawongsa. 2021. Influence of goat manure biochar compost on soil organic carbon accumulation and aggregate formation. Khon Kaen Agr. J. 49(5): 1194–1204. <https://doi.org/10.14456/kaj.2021.106>. (in Thai)
- Katoh, M., W. Kitahara and T. Sato. 2016. Role of inorganic and organic fractions in animal manure compost in lead immobilization and microbial activity in soil. Appl. Environ. Soil Sci. 2016(1): 7872947. <https://doi.org/10.1155/2016/7872947>.
- Lasmini, S.A., N. Edy, M. Yunus, B.H. Nasir and N. Khasanah. 2022. Effect of the combined application of manure compost and *Trichoderma* sp. on production parameters and stem rot disease incidence of shallot. Chil. J. Agric. Anim. Sci. 38(3): 335–344. <http://dx.doi.org/10.29393/chjaa38-31ohvl10031>.
- Liu, L., Y. Xu, H. Cao, Y. Fan, K. Du, X. Bu and D. Gao. 2022. Effect of *Trichoderma harzianum* biofertilizer on growth, yield, and quality of *Bupleurum chinense*. Plant Direct. 6(11): e461. <https://doi.org/10.1002/pld3.461>.
- Lu, J., J. Wang, Q. Gao, D. Li, Z. Chen, Z. Wei, Y. Zhang and F. Wang. 2021. Effect of microbial inoculation on carbon preservation during goat manure aerobic composting. Molecules. 26(15): 4441. <https://doi.org/10.3390/molecules26154441>.
- Nokham, N., P. Yusuk, N. Boonmala and S. Kabbua. 2021. Final Report. The Integrative Research for Increase Efficiency of Growing Organic Vegetables in the Royal Project Areas. Highland Research and Development Institute (Public Organization). Available Source: <https://research.hrdi.or.th/research/detail/547>. August 6, 2024. (in Thai)
- Saputra, D., M. Handajarningsih and B. Hermawan. 2017. Effect of incubation of goat manure on growth and yield of sweet corn. Akta Agrosia. 20(2): 43–47. <https://doi.org/10.31186/aa.20.2.43-47>.
- Thaha, A.R., U. Umrah, A. Asrul, A. Rahim, F. Fajir and N. Nurzakia. 2020. The role of local isolates of *Trichoderma* sp. as a decomposer in the substrate of cacao pod rind (*Theobroma cacao* L.). AIMS Agriculture and Food. 5(4): 825–834. <https://doi.org/10.3934/agrfood.2020.4.825>.
- Tisa, S. and J. Kumchai. 2022. Heterosis in Chinese cabbage and selection of heat-tolerant varieties. Khon Kaen Agr. J. 50(2): 330-339. (in Thai)
- Treemek, W. and P. Kaewtaphan. 2021. Effect of manure and bio-charcoal on growth of green oak lettuce. In: Proc. of the 3rd National Conference in Science, Technology and Innovation 2021. March 26, 2021. Loei Rajabhat University, Loei. (in Thai)
- Vinci, G., V. Cozzolino, P. Mazzei, H. Monda, R. Spaccini and A. Piccolo. 2018. An alternative to mineral phosphorus fertilizers: The combined effects of *Trichoderma harzianum* and compost on *Zea mays*, as revealed by 1H NMR and GC-MS metabolomics. PLoS ONE. 13(12): e0209664. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0209664>.

- Washaya, S. and D. Washaya. 2023. Benefits, concerns and prospects of using goat manure in sub-Saharan Africa. *Pastoralism*. 13: 28. <https://doi.org/10.1186/s13570-023-00288-2>.
- Yogita, P., V. Prasad, V. Bahadur and T. Gaddam. 2022. Effect of inorganic, organic manures and *Trichoderma* on growth, quality and yield of ridge gourd (*Luffa acutangula*) cv. Kashi Shivani. *Pharma Innov.* 11(6): 1793–1797.