วารสารวิจัยและส่งเสริมวิชาการเกษตร 42(3): 28-40

อิทธิพลของปุ๋ยอินทรีย์เคมีต่อการเจริญเติบโต สรีรวิทยา ผลผลิต และปริมาณแลคโตนรวมในฟ้าทะลายโจรภายใต้สภาพกระถาง

Influence of Organic Chemical Fertilizer on Growth, Physiology, Yield and Total Lactone Content of *Andrographis paniculata* in Pot Conditions

ปริญญาวดี ศรีตนทิพย์[1,*] ชิติ ศรีตนทิพย์[1] เสกสรร วงศ์ศิริ[2] บุศรินทร์ บุญเต็ม[1]
พิมพ์รัมภา สำราญ[1] และมนัสวี วังไชยเลิศ[1]

Parinyawadee Sritontip[1,*], Chiti Sritontip[1], Seksan Wongsiri[2], Butsarin Boontem[1]
Pimrumpa Samran[1] and Manassawee Wangchailerd[1]

[1]สถาบันวิจัยเทคโนโลยีเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ลำปาง 52000
[2]คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ลำปาง 52000
[1]Agricultural Technology Research Institute, Rajamangala University of Technology Lanna, Lampang, Thailand 52000
[2]Faculty of Science and Agricultural Technology, Rajamangala University of Technology Lanna Lampang, Thailand 52000
*Corresponding author: Parinyawadee@rmutl.ac.th

Received: *June 16, 2024*
Revised: *March 10, 2025*
Accepted: *March 27, 2025*

Abstract

The purpose of this study was to determine how much organic chemical fertilizer was needed for growth, physiology, yield, and total lactone content in potted *Andrographis paniculata*. The Agricultural Technology Research Institute, Rajamangala University of Technology Lanna, Lampang province served as the site of the experiment. The organic chemical fertilizers were applied at the following rates: 0 (control treatment), 1.4, 2.8, 4.2, and 5.6 grams per pot. The experiment was a randomized complete block design (RCBD) with 5 treatments and 8 replications. The 6-3-3 OM10% compound type fertilizer was utilized in the experiment. The experiment was carried out in 2023, from August to October. According to the findings, *A. paniculata* exhibited greater stem growth in terms of plant height, stem diameter, number of leaves, leaf width, and leaf length when the chemical organic fertilizer was applied at a rate of 2.8–4.2 grams per pot. This, in turn, led to a higher dry weight than when other fertilizer rates were used. In comparison to other fertilizer rates, the application of chemical organic fertilizer at a rate of 2.8–5.6 grams per pot helped to increase the fresh weight, transpiration rate, stomata conductance rate, CO_2 assimilation rate, and leaf efficiency of chlorophyll fluorescence. The amount of chlorophyll and total lactone in the leaves were measured with each fertilizer rate. The organic chemical fertilizer rate suggested by this experiment was 75 kilograms per rai, or 4.2 grams per pot.

Keywords: Organic chemical fertilizer, *Andrographis paniculata* (Burm.f.) Nees, Total lactone

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอัตราปุ๋ยอินทรีย์เคมีที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโต สรีรวิทยา ผลผลิต และปริมาณแลคโตนรวมในการปลูกฟ้าทะลายโจรภายใต้สภาพกระถาง ดำเนินการทดลอง ณ สถาบันวิจัยเทคโนโลยีเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา จังหวัดลำปาง วางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design) จำนวน 5 กรรมวิธี กรรมวิธีละ 8 ซ้ำ ได้แก่ การใส่ปุ๋ยอินทรีย์เคมีอัตรา 0 (กรรมวิธีควบคุม), 1.4, 2.8, 4.2 และ 5.6 กรัมต่อกระถาง ปุ๋ยที่ใช้ในการทดลอง คือ ปุ๋ยอินทรีย์เคมี สูตร 6-3-3 OM10% แบบคอมปาวน์ ทำการทดลองระหว่างเดือนสิงหาคม-ตุลาคม 2566 จากการทดลองพบว่า การใส่ปุ๋ยอินทรีย์เคมีอัตรา 2.8–4.2 กรัมต่อกระถาง ฟ้าทะลายโจรมีการเจริญเติบโตทางลำต้นในด้านความสูงของลำต้น ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของลำต้น จำนวนใบ ความกว้างใบ และความยาวใบ ส่งผลให้มีน้ำหนักแห้งสูงกว่าการใส่ปุ๋ยในอัตราอื่น ส่วนการใส่ปุ๋ยอินทรีย์เคมีในอัตรา 2.8–5.6 กรัมต่อกระถาง ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของระบบแสงที่สองของใบ การคายน้ำ การยอมให้ก๊าซผ่านทางปากใบ อัตราการแลกเปลี่ยนก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และน้ำหนักสด สูงกว่าการใส่ปุ๋ยในอัตราอื่น การใส่ปุ๋ยทุกอัตราช่วยเพิ่มความเขียวของใบและปริมาณแลคโตนรวมมากกว่าการไม่ใส่ปุ๋ย อัตราปุ๋ยอินทรีย์เคมีที่แนะนำสำหรับการทดลองนี้ที่เหมาะสม คือ 4.2 กรัมต่อกระถาง หรืออัตรา 75 กิโลกรัมต่อไร่

คำสำคัญ: ปุ๋ยอินทรีย์เคมี ฟ้าทะลายโจร แลคโตนรวม

คำนำ

ฟ้าทะลายโจร (*Andrographis paniculata* (Burm.f.) Nees) เป็นสมุนไพรที่ได้รับการบรรจุอยู่ในบัญชียาหลักแห่งชาติ ซึ่งมีสรรพคุณทางยาหลากหลาย โดยมีฤทธิ์ในการบรรเทาอาการท้องเสีย ชนิดที่ไม่เกิดจากการติดเชื้อ บรรเทาอาการเจ็บคอ บรรเทาอาการของโรคหวัด (common cold) เช่น เจ็บคอ ปวดเมื่อยกล้ามเนื้อ และปัจจุบันถูกนำมาใช้เพื่อรักษาโรคโควิด-19 ในประกาศคณะกรรมการพัฒนาระบบยาแห่งชาติ (Chainok, 2021) แม้มีความต้องการใช้ฟ้าทะลายโจรเพื่อรักษาโรคโควิด-19 ในปริมาณมาก แต่ปริมาณวัตถุดิบมีไม่เพียงพอต่อความต้องการ (Thai PBS, 2021) เนื่องจากการผลิตในปัจจุบันยังไม่เป็นรูปแบบอุตสาหกรรมและเชิงพาณิชย์ นอกจากนี้กองนโยบายเทคโนโลยีเพื่อการเกษตรและเกษตรกรรมยั่งยืน ยังคาดการณ์ว่าในปี พ.ศ. 2571 ฟ้าทะลายโจรจะยังเป็นที่ต้องการของผู้บริโภค รวมถึงผู้ที่ต้องการใช้ผลิตภัณฑ์จากธรรมชาติ (Office of the Permanent Secretary for Ministry of Agricultural and Cooperatives, 2023) ซึ่งการผลิตในปัจจุบันมีทั้งแบบการใส่ปุ๋ยเคมีและการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ ซึ่งทั้งสองระบบการปลูกมีข้อดีที่แตกต่างกัน จากการทดลองนี้มีการใส่ปุ๋ยอินทรีย์เคมีที่มีส่วนผสมของมูลค้างคาว โดยเป็นปุ๋ยที่ขึ้นทะเบียนปุ๋ยของกรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ และจำหน่ายเป็นการค้า เนื่องจากต้องการหาวิธีปลูกเพื่อใช้ในอุตสาหกรรม เพื่อให้มีปริมาณผลผลิตที่เพียงพอแล้วยังต้องคำนึงถึงปริมาณสารสำคัญด้วย การใส่ปุ๋ยอินทรีย์เคมีนอกจากให้ธาตุอาหารแก่พืชแล้วยังช่วยปรับปรุงดิน มีรายงานการใส่ปุ๋ยอินทรีย์เคมีที่มีส่วนผสมของมูลค้างคาว พบว่าเป็นหนึ่ง

ในปุ๋ยที่มีประโยชน์ มีธาตุอาหารที่จำเป็นที่ช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช มีธาตุฟอสฟอรัสสูงสามารถนำไปใช้เป็นปุ๋ยฟอสฟอรัสให้แก่พืชได้ (Sae Lim, 2016) อีกทั้งมีรายงานการใช้ปุ๋ยมูลค้างคาวร่วมกับไบโอชาร์ช่วยเพิ่มผลผลิตของกระเจี๊ยบเขียว และช่วยปรับปรุงคุณภาพดิน (Dimande *et al*., 2023) และทำให้น้ำหนักฝักแห้ง ผลผลิตต่อต้น และน้ำหนักเมล็ดถั่วลิสงสูงที่สุด และมีแนวโน้มว่าสามารถช่วยเพิ่มสารประกอบฟีนอลิกในเมล็ดได้ (Khowilaisaeng and Aninbon, 2022) ซึ่งธาตุอาหารของพืชเป็นหนึ่งปัจจัยที่ทำให้พืชมีการสร้างสารประกอบฟีนอลิกเพิ่มขึ้น โดยมีบทบาทในการควบคุมการสังเคราะห์สารทุติยภูมิ เช่น สารประกอบฟีนอลิก สารประกอบฟลาโวนอยด์ และแคโรทีนอยด์ เป็นต้น (Li *et al*., 2008) ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอัตราปุ๋ยอินทรีย์เคมีในการปลูกฟ้าทะลายโจรที่ส่งเสริมการเจริญเติบโต การเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยา ผลผลิต และปริมาณแลคโตนรวม ซึ่งข้อมูลที่ได้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการผลิต ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อผู้ผลิตวัตถุดิบสมุนไพรเชิงพาณิชย์ต่อไป

วิธีดำเนินการวิจัย

วางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design) จำนวน 5 กรรมวิธี กรรมวิธีละ 8 ซ้ำ ได้แก่ การใส่ปุ๋ยอินทรีย์เคมีอัตรา 0 (กรรมวิธีควบคุม), 1.4, 2.8, 4.2 และ 5.6 กรัมต่อกระถาง ปุ๋ยที่ใช้ในการทดลอง คือ ปุ๋ยอินทรีย์เคมี สูตร 6-3-3 OM10% แบบคอมปาวน์ ขนาดบรรจุ 25 กิโลกรัม ขึ้นทะเบียนปุ๋ยกับกรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ทะเบียนปุ๋ยเคมี เลขที่ 844/2561 ซึ่งประกอบด้วยปริมาณอินทรียวัตถุรับรองร้อยละ 10.0 มีไนโตรเจนทั้งหมดร้อยละ 6.0 ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ร้อยละ 3.0 และโพแทสเซียมที่ละลายน้ำร้อยละ 3.0 สมบัติของชุดดินที่นำมาศึกษามีความเป็นกรดด่าง (pH) เท่ากับ 7.72 มีปริมาณอินทรียวัตถุเท่ากับร้อยละ 1.49 มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ร้อยละ 0.06 และมีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ 2.91 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

พืชทดลอง คือ ฟ้าทะลายโจรสายพันธุ์พิจิตร 4-4 (Chaemcheun *et al*., 2020) เป็นสายพันธุ์ที่กรมวิชาการเกษตรพัฒนาวิธีการเตรียมต้นกล้า โดยนำเมล็ดแช่น้ำเป็นเวลา 24 ชั่วโมง และนำไปเพาะบนกระดาษเพาะเมล็ด เมื่อต้นกล้าอายุ 14 วันหลังเพาะเมล็ด ทำการย้ายต้นกล้าลงถาดเพาะกล้าขนาด 104 หลุม ที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางแต่ละหลุม 4 เซนติเมตร มีวัสดุเพาะกล้าคือ พีทมอส ทำการย้ายปลูกเมื่อต้นกล้าอายุ 45 วัน หลังจากเพาะเมล็ด คัดเลือกต้นกล้าให้มีขนาดของลำต้น และความสูงของลำต้นใกล้เคียงกัน นำมาปลูกในกระถางพลาสติกสีดำขนาด 15 นิ้ว ปริมาณปุ๋ยตามกรรมวิธีการทดลองอัตรา 0, 25, 50, 75 และ 100 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งการเตรียมดินสำหรับการทดลองให้ใส่ดินกระถางละ 18 กิโลกรัม ปริมาณปุ๋ยที่ใส่ต่อกระถางตามกรรมวิธีที่ทำการทดลองคำนวณจากดิน 1 ไร่ หนัก 3.216×10^5 กิโลกรัม (ดิน 1 ไร่ ลึก 0.15 เมตร มีพื้นที่ 1,600 ตารางเมตร มีความหนาแน่น 1.34 กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร มีน้ำหนัก 0.15 เมตร x 1,600 x 1.34 x 10^{-3} กิโลกรัม ต่อ 10 ลูกบาศก์เมตร เท่ากับ 3.216×10^5 กิโลกรัม) ได้ปริมาณปุ๋ยอินทรีย์เคมีตามกรรมวิธีที่ทดลอง ได้แก่ 0, 1.4, 2.8, 4.2 และ 5.6 กรัมต่อกระถาง ผสมให้เป็นเนื้อเดียวกันก่อนย้ายต้นกล้าปลูก การให้น้ำตอนเช้าทุกวัน เวลา 9.00 น. ปริมาณ 1 ลิตรต่อกระถาง เป็นปริมาณน้ำที่ทำการศึกษาอัตราการใช้น้ำของฟ้าทะลายโจรก่อนการทดลองก่อนหน้า ทำการปลูกในโรงเรือน ณ สถาบันวิจัยเทคโนโลยีเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา จังหวัดลำปาง ระหว่างเดือนสิงหาคม–ตุลาคม พ.ศ. 2566 ทำการบันทึกดังนี้

1. ทำการเก็บตัวอย่างดินจำนวน 2 ครั้ง ได้แก่ ดินที่ผสมปุ๋ยอินทรีย์เคมีตามกรรมวิธีการทดลองก่อนทำการย้ายปลูกต้นกล้าฟ้าทะลายโจร และดินที่ทำการทดลองเสร็จสิ้นแล้วหลังจากทำการเก็บเกี่ยวผลผลิต ตัวอย่างดินของแต่ละกรรมวิธีจะทำการคลุกเคล้าให้เข้ากัน

เก็บตัวอย่างดิน 1 กิโลกรัม นำมาผึ่งให้แห้งในโรงเรือนทดลองเป็นระยะเวลา 15 วัน จากนั้นทุบดินให้แตกละเอียด นำไปวิเคราะห์สมบัติดิน การเปลี่ยนแปลงปริมาณธาตุอาหารในดิน ได้แก่ ค่าความเป็นกรดด่าง โดยใช้อัตราส่วนระหว่างดิน : น้ำ เท่ากับ 1 : 1 (Attanandana and Chancharoensuk, 1999) ปริมาณอินทรีย์วัตถุโดยใช้วิธี Walkley-Black Titration (Walkley and Black, 1934) ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด โดยการย่อยตัวอย่างดินด้วย digestion mixture และใช้วิธีการทำให้เกิดสี (Supakamnerd, 1999) และปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ สกัดโดยวิธี Bray II และวิเคราะห์ปริมาณโดยวิธี Colorimetric (Bray and Kurtz, 1945)

2. การเจริญเติบโตทางลำต้น ได้แก่ ความสูงของลำต้น (เซนติเมตร) โดยวัดจากโคนต้นถึงปลายยอดของต้น ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของลำต้น (มิลลิเมตร) วัดความสูงขึ้นมาจากพื้นดิน 5 เซนติเมตร ทำเครื่องหมายไว้เพื่อทำการวัดครั้งต่อไป โดยวัดข้อมูล 2 ด้านของลำต้นแล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย ความกว้างของทรงพุ่ม (เซนติเมตร) วัดส่วนที่กว้างที่สุดของทรงพุ่มเป็น 2 แนวตั้งฉากกันแล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย นับจำนวนใบต่อต้น (ใบ) ใช้ใบที่ 3 นับจากปลายยอดวัดขนาดความกว้างและความยาวใบ (เซนติเมตร) ทำการเก็บข้อมูลที่อายุ 56 วัน ซึ่งเป็นระยะที่สิ้นสุดระยะการเจริญเติบโตทางลำต้น และเริ่มออกดอก นำค่าที่วัดได้มาหาค่าเฉลี่ย

3. การวัดความเขียวใบ ทำการวัดใบคู่ที่ 3 นับจากปลายยอด วัดใบละ 2 ตำแหน่ง ด้านขวาและซ้ายของเส้นกลางใบ ที่อายุ 56 วันหลังย้ายปลูก ใช้เครื่อง Chlorophyll Meter รุ่น SPAD 502® นำค่าที่วัดได้มาหาค่าเฉลี่ย

4. การวัดประสิทธิภาพของการใช้แสงสูงสุดของใบ (Maximum Quantum Efficiency of PSII Photochemistry, FV/FM) ทำการวัดใบคู่ที่ 3 นับจากปลายยอด โดย 1 ต้น วัด 2 ใบ ใบละ 1 ตำแหน่ง ในช่วงเวลา 9.00–11.00 น. ที่อายุ 56 วันหลังย้ายปลูก ใช้เครื่อง Chlorophyll Fluorometer Model Handy PEA ver. 2 (Hansatech instrument) โดยทำ dark-adapted เป็นระยะเวลา 20 นาที ก่อนการวัดค่า FV/FM นำค่าที่วัดได้มาหาค่าเฉลี่ย

5. การวัดอัตราการสังเคราะห์แสง (photosynthesis) วัดการคายน้ำ (transpiration rate) มีหน่วยเป็นมิลลิโมลต่อตารางเมตรต่อวินาที ($mmolm^{-2}s^{-1}$) อัตราการแลกเปลี่ยนก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2 assimilation rate) มีหน่วยเป็น ไมโครโมลต่อตารางเมตรต่อวินาที ($\mu molm^{-2}\text{-}s^{-1}$) การยอมให้ก๊าซผ่านทางปากใบ (stomata conductance rate) มีหน่วยเป็นมิลลิโมลต่อตารางเมตรต่อวินาที ($mmolm^{-2}s^{-1}$) ทำการวัดใบคู่ที่ 3 นับจากปลายยอด โดย 1 ต้น วัด 2 ใบ ใบละ 1 ตำแหน่ง ช่วงระหว่าง 10.00–11.00 น. ที่อายุ 56 วันหลังย้ายปลูก ใช้เครื่องวัดอัตราการสังเคราะห์แสงของพืช ยี่ห้อ ADC BioScientific Ltd. รุ่น LCpro นำค่าที่วัดได้มาหาค่าเฉลี่ย

6. ปริมาณผลผลิต ได้แก่ น้ำหนักสดต่อต้น โดยเก็บเกี่ยวที่ระยะออกดอกร้อยละ 6.25 เก็บเกี่ยวผลผลิตในช่วงเช้า ใช้กรรไกรตัดกิ่งตัดส่วนเหนือดินห่างจากโคนต้น 4 ข้อ หรือประมาณ 10 เซนติเมตร จากนั้นหาน้ำหนักแห้งต่อต้น โดยนำฟ้าทะลายโจรไปอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 72 ชั่วโมง

7. ปริมาณแลคโตนรวม หลังจากที่อบใบฟ้าทะลายโจรที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 72 ชั่วโมง นำมาบดให้เป็นผง และสกัดใบฟ้าทะลายโจรด้วยวิธี Sonication โดยใช้ตัวทำละลายเป็น methanol นำผงใบฟ้าทะลายโจรใส่ในตัวทำละลาย ในอัตราส่วน 1 : 10 แล้ว sonicate เป็นเวลา 30 นาที ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส บ่มไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 7 วัน นำไปปั่นเหวี่ยง และกรองเอาเฉพาะส่วนใส นำไปวิเคราะห์ปริมาณแลคโตนรวมในพืชตัวอย่างด้วยเทคนิคสเปกโตรโฟโตมิทรี โดยดูดสารสกัดใบฟ้าทะลายโจรปริมาตร 2 มิลลิเมตร และเติมสารละลาย 3,5-ไดไนโตรเบนโซอิกแอซิด ความเข้มข้นร้อยละ 1 และสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้นร้อยละ 0.5 อย่างละ 0.5 มิลลิเมตร ผสมให้เข้ากัน ทิ้งไว้ 10 นาที จากนั้นวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 536

นาโนเมตร และคำนวณปริมาณสารกลุ่มแลคโตนรวมจากสมการเส้นตรง (linear regression) ของกราฟมาตรฐาน โดยดัดแปลงวิธีจาก Onsa *et al*., (2022); Sharma and Sharma (2018) วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (ANOVA) โดยการทดสอบความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี DMRT (Duncan's Multiple Range Test) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ด้วยโปรแกรม SPSS version 30.0.0

ผลการวิจัย

สมบัติของดินและการเปลี่ยนแปลงปริมาณธาตุอาหารในดิน

หลังการใส่ปุ๋ยอินทรีย์เคมีผสมดินก่อนทำการย้ายปลูกต้นกล้าฟ้าทะลายโจร พบว่าค่าความเป็นกรด-ด่างมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง การใส่ปุ๋ยอินทรีย์เคมีอัตรา 1.4–5.6 กรัมต่อกระถาง ทำให้ดินมีค่าความเป็นกรด-ด่างลดลง เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีที่ไม่ใส่ปุ๋ย มีค่าเฉลี่ย 7.37–7.57 ซึ่งการใส่ปุ๋ยอินทรีย์เคมีอัตรา 5.6 กรัมต่อกระถาง ทำให้ดินมีความเป็นกรด-ด่างน้อยที่สุด (7.37) ปริมาณอินทรียวัตถุ พบว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ การใส่ปุ๋ยอินทรีย์เคมีอัตรา 0 และ 1.4 กรัมต่อกระถาง ดินมีปริมาณอินทรียวัตถุต่ำที่สุดและไม่มีความแตกต่างกัน มีค่าเฉลี่ยร้อยละ 1.49 และ 1.51 ตามลำดับ แต่เมื่อใส่ปุ๋ยอินทรีย์เคมีอัตรา 2.8–5.6 กรัมต่อกระถาง ทำให้ดินมีปริมาณอินทรียวัตถุเพิ่มขึ้น โดยมีค่าเฉลี่ยร้อยละ 1.75–1.90 ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด พบว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง การไม่ใส่ปุ๋ยทำให้ดินมีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดต่ำที่สุด มีค่าเฉลี่ยร้อยละ 0.056 แต่การใส่ปุ๋ยอินทรีย์เคมีอัตรา 2.8 กรัมต่อกระถาง ทำให้ดินมีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดสูงที่สุด มีค่าเฉลี่ยร้อยละ 0.086 แต่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับการใส่ปุ๋ยอินทรีย์เคมีอัตรา 4.2 กรัมต่อกระถาง ส่วนปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ พบว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง การใส่ปุ๋ยอินทรีย์เคมีอัตรา 5.6 กรัมต่อกระถาง ทำให้ดินมีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์สูงที่สุด มีค่าเฉลี่ย 18.21 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ส่วนการไม่ใส่ปุ๋ยอินทรีย์เคมี มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่ำที่สุด มีค่าเฉลี่ย 2.91 มิลลิกรัม/กิโลกรัม (Table 1)

Table 1 Physiochemical properties of soil before planting of *A. paniculata* affect by different rates of compound organic chemical fertilizer

Fertilizer rate (g/pot)	pH	Organic matter (%)	Nitrogen (%)	Available phosphorus (mg/kg)
0 (control)	7.72±0.02 a	1.49±0.03 b	0.056±0.00 d	2.91±0.65 d
1.4	7.57±0.04 b	1.51±0.10 b	0.071±0.00 c	3.95±0.43 d
2.8	7.48±0.02 bc	1.75±0.07 a	0.086±0.00 a	6.40±0.85 c
4.2	7.45±0.05 cd	1.80±0.09 a	0.081±0.01 ab	13.31±0.41 b
5.6	7.37±0.04 d	1.90±0.02 a	0.075±0.00 bc	18.21±0.79 a
F-test	**	*	**	**
CV (%)	**0.94**	**8.38**	**9.19**	**15.39**

The results are expressed as the means ± standard error (SE). *,** denote significant levels (P-value) at 0.05 and 0.01, respectively Data with the same letters within a column do not differ significantly by DMRT at 0.05 level.

หลังจากทำการเก็บเกี่ยวผลผลิต คุณสมบัติดินในด้านค่าความเป็นกรดด่าง พบว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง การใส่ปุ๋ยอินทรีย์เคมีอัตรา 1.4 กรัมต่อกระถาง ทำให้ดินมีค่าความเป็นกรดด่างสูงที่สุด มีค่าเฉลี่ย 7.91 แต่ไม่มีความแตกต่างกับการไม่ใส่ปุ๋ยอินทรีย์เคมี ปริมาณอินทรียวัตถุ พบว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ การใส่ปุ๋ยอินทรีย์เคมีอัตรา 4.2 และ 5.6 กรัมต่อกระถาง ทำให้ดินมีปริมาณอินทรียวัตถุสูงที่สุด มีค่าเฉลี่ยร้อยละ 1.58 และ 1.62 ตามลำดับ แต่ไม่มีความแตกต่างกับการใส่ปุ๋ยอินทรีย์เคมีอัตรา 2.8 กรัมต่อกระถาง ขณะที่ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยมีค่าเฉลี่ยร้อยละ 0.063–0.077 ส่วนปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ พบว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง การใส่ปุ๋ยอินทรีย์เคมีอัตรา 5.6 กรัมต่อกระถาง ทำให้ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์สูงที่สุด มีค่าเฉลี่ย 9.17 มิลลิกรัม/กิโลกรัม แต่ไม่มีความแตกต่างกับการใส่ปุ๋ยอินทรีย์เคมีอัตรา 4.2 กรัมต่อกระถาง (Table 2)

Table 2 Physiochemical properties of soil after harvesting of *A. paniculata* affect by different rates of compound organic chemical fertilizer

Fertilizer rate (g/pot)	pH	Organic matter (%)	Nitrogen (%)	Available phosphorus (mg/kg)
0 (control)	789±0.03 ab	1.26±0.08 c	0.063±0.00	2.01±0.03 c
1.4	7.91±0.02 a	1.36±0.05 bc	0.073±0.00	3.58±0.44 c
2.8	781±0.04 bc	1.49±0.05 ab	0.077±0.00	5.95±1.48 b
4.2	7.74±0.03 c	1.58±0.10 a	0.075±0.01	7.82±0.93 ab
5.6	7.79±0.05 c	1.62±0.05 a	0.070±0.00	9.17±0.43 a
F-test	**	*	ns	**
CV (%)	**0.57**	**8.65**	**13.00**	**10.11**

The results are expressed as the means ± standard error (SE).

ns = no significant difference; *,** denote significant levels (P-value) at 0.05, and 0.01, respectively

Data with the same letters within a column do not differ significantly by DMRT at 0.05 level.

การเจริญเติบโตทางลำต้น

การเจริญเติบโตทางลำต้นที่อายุ 56 วันหลังย้ายปลูก พบว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งในทุกด้าน โดยการใส่ปุ๋ยอินทรีย์เคมีอัตรา 2.8 และ 4.2 กรัมต่อกระถาง มีผลทำให้ฟ้าทะลายโจรมีความสูงของลำต้น จำนวนใบต่อต้น และความยาวใบสูงที่สุด โดยความสูงของลำต้นมีค่าเฉลี่ย 67.90 และ 74.78 เซนติเมตร จำนวนใบมีค่าเฉลี่ย 259.00 และ 241.50 ใบ และความยาวใบมีค่าเฉลี่ย 12.77 และ 11.77 เซนติเมตร ตามลำดับ การใส่ปุ๋ยอินทรีย์เคมีอัตรา 4.2 กรัมต่อกระถาง ทำให้เส้นผ่านศูนย์กลางของลำต้นสูงที่สุด แต่ไม่มีความแตกต่างกับการใส่ปุ๋ยอินทรีย์เคมีอัตรา 2.8 กรัมต่อกระถาง

มีค่าเฉลี่ย 8.03 มิลลิเมตร การใส่ปุ๋ยอินทรีย์เคมีอัตรา 4.2 กรัมต่อกระถาง ทำให้ความกว้างทรงพุ่มสูงที่สุดมีค่าเฉลี่ย 50.62 เซนติเมตร ส่วนการใส่ปุ๋ยอินทรีย์เคมีอัตรา 2.8 และ 4.2 กรัมต่อกระถาง ทำให้มีความกว้างใบสูงที่สุด แต่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับการใส่ปุ๋ยอินทรีย์เคมีอัตรา 5.6 กรัมต่อกระถาง มีค่าเฉลี่ย 4.30 และ 4.37 เซนติเมตร ตามลำดับ (Table 3)

Table 3 Effects of different rate of compound organic chemical fertilizer on growth of *A. paniculata* at 56 days after transplantin

Fertilizer rate (g/pot)	Plant height (cm)	Stem diameter (mm)	Canopy width (cm)	Number of leaf per plant	Leaf width (cm)	Leaf length (cm)
0 (control)	27.60±1.64 c	3.92±0.43 c	18.29±1.86 c	70.00±21.56 c	2.88±0.22 c	8.38±0.61 b
1.4	39.63±2.63 c	5.92±0.24 b	34.88±3.16 b	118.75±13.07 bc	3.17±0.20 bc	8.97±0.54 b
2.8	67.90±2.28 a	6.95±0.46 ab	41.67±1.76 b	259.00±29.40 a	4.30±0.25 a	12.77±0.74 a
4.2	74.78±3.10 a	8.03±0.77 a	50.62±4.06 a	241.50±32.97 a	4.37±0.24 a	11.77±0.61 a
5.6	53.03±3.96 b	6.30±0.18 b	39.97±1.84 b	159.00±5.52 b	3.67±0.19 ab	9.67±0.65 b
F-test	**	**	**	**	**	**
CV (%)	**9.77**	**16.33**	**13.02**	**13.93**	**12.35**	**10.47**

The results are expressed as the means ± standard error (SE). ** denote significant levels (P-value) at 0.01
Data with the same letters within a column do not differ significantly by DMRT at 0.05 level

การเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาและอัตราการสังเคราะห์แสง

ความเขียวของใบ พบว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ โดยการใส่ปุ๋ยอินทรีย์เคมีทุกอัตราทำให้ฟ้าทะลายโจรมีความเขียวของใบมากกว่าการไม่ใส่ปุ๋ย โดยมีค่าเฉลี่ย 44.33–47.47 SPAD unit ส่วนประสิทธิภาพการทำงานของระบบแสงที่สองของใบ พบว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง การใส่ปุ๋ยอินทรีย์เคมีอัตรา 2.8 กรัมต่อกระถาง ทำให้ประสิทธิภาพการทำงานของระบบแสงที่สองของใบสูงที่สุด มีค่าเฉลี่ย 0.773 แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับการใส่ปุ๋ยอินทรีย์เคมีอัตรา 4.2 และ 5.6 กรัมต่อกระถาง (Table 4)

การคายน้ำ พบว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง การใส่ปุ๋ยอินทรีย์เคมีอัตรา 2.8 กรัมต่อกระถาง ทำให้การคายน้ำมีค่าสูงที่สุด มีค่าเฉลี่ย 0.580 มิลลิโมลต่อตารางเมตรต่อวินาที แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับการใส่ปุ๋ยอินทรีย์เคมีอัตรา 4.2 และ 5.6 กรัมต่อกระถาง การยอมให้ก๊าซผ่านทางปากใบ พบว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ การใส่ปุ๋ยอินทรีย์เคมีอัตรา 2.8 กรัมต่อกระถาง ทำให้ค่าการยอมให้ก๊าซผ่านทางปากใบสูงที่สุด มีค่าเฉลี่ย 0.020 มิลลิโมลต่อตารางเมตรต่อวินาที แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับการใส่ปุ๋ยอินทรีย์เคมีอัตรา 4.2 กรัมต่อกระถาง ส่วนอัตราการแลกเปลี่ยนก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ พบว่ามีความ

แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง โดยที่การใส่ปุ๋ยอินทรีย์เคมีทุกอัตรา ทำให้ฟ้าทะลายโจรมีอัตราการแลกเปลี่ยนก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ สูงกว่าการไม่ใส่ปุ๋ย โดยมีค่าเฉลี่ยระหว่าง 1.968–2.580 ไมโครโมลต่อตารางเมตรต่อวินาที (Table 4)

Table 4 Change of chlorophyll content, chlorophyll fluorescence, leaf photosynthesis in *A. paniculata* at 56 days after transplanting by different rate of compound organic chemical fertilizer

Fertilizer Rates (g/pot)	Chlorophyll Content (SPAD unit)	Chlorophyll Fluorescence (FV/FM)	Photosynthesis rate		
			Transpiration rate ($mmolm^{-2}s^{-1}$)	Stomata conductance rate ($mmolm^{-2}s^{-1}$)	CO_2-assimilation rate ($\mu molm^{-2}s^{-1}$)
0 (control)	33.10±2.85 b	0.744±0.01 c	0.348±0.02 c	0.010±0.00 b	1.025±0.13 b
1.4	45.23±3.73 a	0.757±0.01 bc	0.453±0.03 b	0.013±0.00 b	1.968±0.18 a
2.8	47.47±2.66 a	0.773±0.00 a	0.580±0.02 a	0.020±0.00 a	2.000±0.26 a
4.2	47.43±3.61 a	0.770±0.00 ab	0.500±0.03 ab	0.015±0.00 ab	2.580±0.18 a
5.6	44.33±2.92 a	0.762±0.00 ab	0.520±0.05 ab	0.013±0.00 b	2.420±0.03 a
F-test	*	**	**	*	**
CV (%)	**15.92**	**1.14**	**13.18**	**5.13**	**6.19**

The results are expressed as the means ± standard error (SE). *,** denote significant levels (P-value) at 0.05, and 0.01, respectively Data with the same letters within a column do not differ significantly by DMRT at 0.05 level.

ผลผลิตและปริมาณแลคโตนรวม

น้ำหนักสดต่อต้น พบว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ การใส่ปุ๋ยอินทรีย์เคมีอัตรา 2.8 และ 4.2 กรัมต่อกระถาง ทำให้ฟ้าทะลายโจรมีน้ำหนักสดสูงที่สุด มีค่าเฉลี่ย 102.50 และ 113.42 กรัม ตามลำดับ แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับการใส่ปุ๋ยอินทรีย์เคมีอัตรา 5.6 กรัมต่อกระถาง ส่วนน้ำหนักแห้ง พบว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง การใส่ปุ๋ยอินทรีย์เคมีอัตรา 4.2 กรัมต่อกระถาง ทำให้ฟ้าทะลายโจรมีน้ำหนักแห้งสูงที่สุด มีค่าเฉลี่ย 34.13 กรัม แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับการใส่ปุ๋ยอินทรีย์เคมีอัตรา 2.8 กรัมต่อกระถาง (Table 5)

ปริมาณแลคโตนรวม พบว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง โดยที่การใส่ปุ๋ยอินทรีย์เคมีทุกอัตรา ทำให้ฟ้าทะลายโจรมีปริมาณแลคโตนรวมสูงกว่าการไม่ใส่ปุ๋ย โดยมีค่าเฉลี่ยระหว่าง 27.84–29.98 กรัม/100 กรัม น้ำหนักแห้ง (Table 5)

Table 5 Effects of different rate of compound organic chemical fertilizer on fresh weight, dry weight and total lactone of *A. paniculata*

Fertilizer rates (kg/rai)	Fresh weight (g)	Dry weight (g)	Total lactone (g/100 g dry weight)
0 (control)	58.36±14.02 b	18.38±1.58 cd	24.98±0.51 b
1.4	61.76±7.76 b	13.17±1.28 d	28.14±0.49 a
2.8	102.50±18.08 a	27.79±1.55 ab	28.10±0.81 a
4.2	113.42±11.75 a	34.13±2.54 a	27.84±0.30 a
5.6	81.86±14.54 ab	20.99±3.76 bc	29.98±1.08 a
F-test	*	**	**
CV (%)	**13.42**	**19.51**	**4.85**

The results are expressed as the means ± standard error (SE). *,** Denote significant levels (P-value) at 0.05, and 0.01, respectively Data with the same letters within a column do not differ significantly by DMRT at 0.05 level.

วิจารณ์ผลการวิจัย

จากการทดลอง การใส่ปุ๋ยอินทรีย์เคมีผสมดินก่อนทำการย้ายปลูกต้นกล้าฟ้าทะลายโจร อัตรา 1.4–5.6 กรัมต่อกระถาง ทำให้ความเป็นกรดด่าง ปริมาณอินทรียวัตถุ ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด และปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยทำให้ดินมีค่าความเป็นกรด-ด่างลดลง มีค่าเฉลี่ย 7.37–7.57 ซึ่งการใส่ปุ๋ยอินทรีย์เคมีอัตรา 5.6 กรัมต่อกระถาง ทำให้ดินมีความเป็นกรดด่างต่ำที่สุด (7.37) การใส่ปุ๋ยอินทรีย์เคมีอัตรา 1.4 กรัมต่อกระถาง ดินมีปริมาณอินทรียวัตถุไม่ต่างกับการไม่ใส่ปุ๋ย (1.51) อีกทั้งมีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดต่ำที่สุด แต่เมื่อใส่ปุ๋ยอินทรีย์เคมีอัตรา 2.8–5.6 กรัมต่อกระถาง พบว่าทำให้ดินมีปริมาณอินทรียวัตถุเพิ่มขึ้น มีค่าเฉลี่ยร้อยละ 1.75–1.90 มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดเพิ่มขึ้น มีค่าเฉลี่ยร้อยละ 0.075–0.086 และทำให้ดินมีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์เพิ่มขึ้นตามอัตราการใส่ปุ๋ย มีค่าเฉลี่ย 6.40–18.21 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (Table 1) โดยการใส่ปุ๋ยอินทรีย์เคมีทำให้ดินมีความเป็นด่างลดลง มีปริมาณอินทรียวัตถุ ปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์เพิ่มสูงขึ้น ซึ่งการลดลงของค่าความเป็นกรดด่างในดินเกิดจากสมบัติความเป็นกรดปานกลางของปุ๋ยอินทรีย์เคมี (Nilawonk, 2020) เมื่อใส่ปุ๋ยในดินจะเกิดการปลดปล่อยไฮโดรเจนไอออน (H^+) ขณะที่เกิดกระบวนการเปลี่ยนรูปแอมโมเนียมไปเป็นไนเตรท (Nitrification) มีอัตราเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับดินควบคุม นอกจากนี้การเปลี่ยนแปลงดังกล่าวยังอาจเป็นผลจากการปลดปล่อยธาตุอาหารต่าง ๆ และการปลดปล่อยไฮโดรเจนไอออนที่เกิดขึ้นในกระบวนการ Nitrification ดังที่กล่าวมาข้างต้นร่วมด้วย (Kaewsuralikhit *et al*., 2020)

หลังจากทำการเก็บเกี่ยวผลผลิต พบว่าสมบัติของชุดดิน ความเป็นกรดด่าง ปริมาณอินทรียวัตถุ และปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยทุกกรรมวิธีมีค่าความเป็นกรด-ด่างเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับก่อนทดลอง ซึ่งการไม่ใส่ปุ๋ยและใส่ปุ๋ยอินทรีย์เคมีอัตรา 1.4 กรัมต่อกระถาง ทำให้ดินมีค่าความเป็นกรด-ด่างสูงที่สุด มีค่าเฉลี่ย 7.89–7.91 ส่วนการใส่ปุ๋ยอัตรา 2.8–5.6 กรัมต่อกระถาง ทำให้ดินมีค่าความเป็นกรด-ด่างต่ำที่สุด มีค่าเฉลี่ย 7.74–7.81 และทุกกรรมวิธีมีปริมาณ

อินทรียวัตถุในดินลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับก่อนการทดลอง โดยที่การใส่ปุ๋ยอัตรา 4.2–5.6 กรัมต่อกระถาง ทำให้ดินมีปริมาณอินทรียวัตถุสูงที่สุด มีค่าเฉลี่ยร้อยละ 1.58–1.62 ส่วนการไม่ใส่ปุ๋ยมีปริมาณอินทรียวัตถุในดินต่ำที่สุด มีค่าเฉลี่ยร้อยละ 1.26 นอกจากนี้ยังทำให้ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ลดลงเมื่อเทียบกับก่อนทดลอง ซึ่งการไม่ใส่ปุ๋ยและใส่ปุ๋ยอัตรา 1.4 กรัมต่อกระถาง ทำให้ดินมีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์น้อยที่สุด มีค่าเฉลี่ย 2.01–3.58 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ส่วนการใส่ปุ๋ยอินทรีย์เคมีอัตรา 5.6 กรัมต่อกระถาง ทำให้ดินมีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์สูงที่สุด มีค่าเฉลี่ย 9.17 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม แต่ไม่ต่างกับการใส่ปุ๋ยอินทรีย์เคมีอัตรา 4.2 กรัมต่อกระถาง มีค่าเฉลี่ย 7.82 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยมีค่าเฉลี่ยร้อยละ 0.063–0.077 (Table 2) การที่ค่าความเป็นด่างของดินเพิ่มขึ้น ซึ่งอาจเกิดจากปริมาณอินทรียวัตถุที่เพิ่มขึ้นจากการใส่ปุ๋ยอินทรีย์เคมีที่ช่วยเพิ่มค่าความสามารถในการแลกเปลี่ยนแคตไอออน (Cation Exchange Capacity; CEC) ของดิน เมื่อค่า CEC ของดินสูงขึ้น ดินสามารถดึงดูดไอออนของไฮโดรเจน (H^+) จากสารละลายในดินมายึดเกาะกับอินทรียวัตถุได้มากขึ้น ส่งผลให้ค่าความเป็นกรด-ด่างของดินเพิ่มขึ้นหรือมีความเป็นด่างมากขึ้น (Kaewhao, 2014) นอกจากนี้ปุ๋ยอินทรีย์เคมีซึ่งมีส่วนผสมของมูลค้างคาวมีปริมาณฟอสฟอรัสสูง สามารถใช้เป็นปุ๋ยฟอสฟอรัสให้แก่พืชได้ (Sae Lim, 2016) จากผลการทดลอง พบว่าฟ้าทะลายโจรสายพันธุ์พิจิตร 4-4 ที่ได้รับปุ๋ยอินทรีย์เคมีอัตรา 2.8–4.2 กรัมต่อกระถาง มีการเจริญเติบโตทางลำต้นในด้านความสูงของลำต้น ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของลำต้น จำนวนใบ ความกว้างใบ และความยาวใบสูงกว่าการใส่ปุ๋ยในอัตราอื่น การใส่ปุ๋ยทุกอัตราช่วยเพิ่มความเขียวของใบ สอดคล้องกับ Dimande *et al*. (2023) ที่รายงานว่าปุ๋ยที่มีส่วนผสม ของมูลค้างคาวช่วยปรับปรุงคุณภาพดิน และทำให้ผลผลิตของกระเจี๊ยบเขียวเพิ่มขึ้น ทำให้เมล่อนมีปริมาณคลอโรฟิลล์สูงที่สุด รวมถึงมีผลผลิตและองค์ประกอบของผลผลิตสูง (Pukpumin *et al*., 2022) ทั้งนี้เนื่องจากมูลค้างคาวมีปริมาณไนโตรเจนสูง (Yusuk *et al*., 2022) โดยปริมาณไนโตรเจนสัมพันธ์กับปริมาณคลอโรฟิลล์ในพืช

การใส่ปุ๋ยอินทรีย์เคมีในอัตรา 2.8–5.6 กรัมต่อกระถาง ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของระบบแสงที่สองของใบ การคายน้ำ การยอมให้ก๊าซผ่านทางปาก และอัตราการแลกเปลี่ยนก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ มีผลทำให้ฟ้าทะลายโจรมีน้ำหนักสด โดยการใส่ปุ๋ยอินทรีย์เคมีในอัตรา 2.8–4.2 กรัมต่อกระถาง ทำให้น้ำหนักแห้งมีแนวโน้มสูงกว่าการใส่ปุ๋ยในอัตราอื่น ส่วนการใส่ปุ๋ยอินทรีย์เคมีทุกอัตราเพิ่มปริมาณแลคโตนรวมมากกว่าการไม่ใส่ปุ๋ย สอดคล้องกับการศึกษาของ Sukyankij *et al*. (2024) ที่พบว่าการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ในปริมาณต่างกันส่งผลให้ฟ้าทะลายโจรมีปริมาณสารแอนโดรกราโฟไลด์แตกต่างกัน ซึ่งปุ๋ยอินทรีย์มีจุลินทรีย์ที่มีบทบาทสำคัญในการกระตุ้นให้พืชผลิตสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ เช่น ฮอร์โมนพืชหรือสารอินทรีย์ระเหยง่าย (volatile organic compounds) ที่ช่วยกระตุ้นการสร้างสารเหล่านี้ในพืชสมุนไพร แม้ว่ากลไกการทำงานของจุลินทรีย์ในกระบวนการนี้ยังไม่สามารถอธิบายได้อย่างชัดเจน แต่พบว่าปุ๋ยอินทรีย์ช่วยส่งเสริมการผลิตสารที่มีประโยชน์ในพืชได้อย่างมีนัยสำคัญ (Tripathi and Singh, 2021; Sukyankij *et al*., 2023) แต่การให้ปริมาณมากเกินไปไม่ได้ทำให้ฟ้าทะลายโจรมีผลผลิตสูงที่สุด ดังนั้นควรใช้ในปริมาณที่เหมาะสม ซึ่ง Rattaneetu (2009) รายงานว่าการใช้ปุ๋ยจากมูลค้างคาวอัตราต่อไร่ในปริมาณที่ไม่สูงเกินไปช่วยเพิ่มการเจริญเติบโตของพืชได้ เนื่องจากมูลค้างคาวเป็นปุ๋ยอินทรีย์ที่มีปริมาณธาตุอาหารพืชมากที่สุดเมื่อเทียบกับปุ๋ยคอกที่ได้จากมูลสัตว์ทั่วไป โดยอัตราปุ๋ยอินทรีย์เคมีที่แนะนำสำหรับการทดลองนี้ที่เหมาะสม คือ 4.2 กรัมต่อกระถาง หรืออัตรา 75 กิโลกรัมต่อไร่ เนื่องจากมีน้ำหนักแห้งต่อต้นสูง มีปริมาณแลคโตนรวมไม่แตกต่างจากการใส่ปุ๋ยในอัตราอื่น โดยค่ามาตรฐานวัตถุดิบที่ใช้สำหรับการผลิตยา มาตรฐานยาสมุนไพรไทย 2020 กำหนดปริมาณแลคโตนรวมคำนวณเป็นแอนโดรกราโฟไลด์ไม่น้อยกว่า 6.0% w/w (Department of Medical Sciences, 2020)

สรุปผลการวิจัย

1. การใส่ปุ๋ยอินทรีย์เคมีอัตรา 2.8–4.2 กรัมต่อกระถาง มีการเจริญเติบโตทางลำต้นในด้านความสูงของลำต้น ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของลำต้น จำนวนใบ ความกว้างใบ และความยาวใบ ส่งผลให้มีน้ำหนักแห้งสูงกว่าการใส่ปุ๋ยในอัตราอื่น

2. การใส่ปุ๋ยอินทรีย์เคมีในอัตรา 2.8–5.6 กรัมต่อกระถาง ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของระบบแสงที่สองของใบ การคายน้ำ การยอมให้ก๊าซผ่านทางปาก อัตราการแลกเปลี่ยนก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และน้ำหนักสดสูงกว่าการใส่ปุ๋ยในอัตราอื่น

3. การใส่ปุ๋ยทุกอัตราช่วยเพิ่มความเขียวของใบและปริมาณแลคโตนรวมมากกว่าการไม่ใส่ปุ๋ย

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนาที่สนับสนุนทุนอุดหนุนการวิจัย งบประมาณด้านววน. ทุน Fundamental Fund ประจำปีงบประมาณ 2566 แหล่งทุน กองทุนส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัย และนวัตกรรม (สกสว.)

เอกสารอ้างอิง

Attanandana, T. And J. Chancharoensuk. 1999. **Soil and Plant Analysis Exercises and Practical Manual**. Bangkok: Faculty of Agriculture Kasetsart University. 170 p. [in Thai]

Bray, R.H. and L.T. Kurtz. 1945. Determination of total, organic, and available forms of phosphorus in soils. **Soil Science**. 59(1): 39–46.

Chaemcheun, K., S. Anuttato, P. Kheawpoompuang C. Ditchaiwong and C. Kongnakhon. 2020. ***Andrographis paniculata*: High-Quality Varieties for Combating the COVID-19 Crisis**. Phitsanulok: Office of Agricultural Research and Development Region 2. 8 p. [in Thai]

Chainok, K. 2021. **Using Fah Talai Jone for COVID-19 Treatment: National Drug System Development Committee Announcement**. [Online]. Available https://pharmacy.mahidol.ac.th/th/knowledge/article/569/ฟ้าทะลายโจร-โควิด-19/ (December 10, 2023). [in Thai]

Department of Medical Sciences. 2020. **Thai Herbal Pharmacopoeia 2020.** Bangkok: The Agricultural Co-operative Federation of Thailand., Ltd. 475 p. [in Thai]

Dimande, P., M. Arrobas and M.Â. Rodrigues. 2023. Effect of bat guano and biochar on okra yield and some soil properties. **Horticulturae** 9(7): 1–17.

Kaewhao, S. 2014. Soil quality improvement using green manure: case study in Nongbor reservoir area, Borabue district, Maha Sarakham province. **Journal of Science and Technology Mahasarakham University** 33(6): 592–602. [in Thai]

Kaewsuralikhit, S., P. Namwong, P. Thongra-ar, N. Thaweenut and K. Chatchaisiri. 2020. Mineralization and chemical properties changes in soil amended with azolla. **Thai Agricultural Research Journal** 38(2): 139–149. [in Thai]

Khowilaisaeng, N. and C. Aninbon. 2022. Influence of organic fertilizer types on yield components and total phenolic compounds in peanut. **Thai Science and Technology Journal** 28(2): 265–273. [in Thai]

Li, J., Z. Zhu and J. Gerendás. 2008. Effects of nitrogen and sulfur on total phenolics and antioxidant activity in two genotypes of leaf mustard. **Journal of Plant Nutrition** 31(9): 1642–1655.

Nilawonk, W. 2020. Influence of organic fertilizers and bio-extracts on the change of some soil properties and vegetable yields. **Khon Kaen Agriculture Journal** 48(3): 639–650. [in Thai]

Office of the Permanent Secretary for Ministry of Agricultural and Cooperatives. 2023. **Assessment of Herbal Product Production by the Ministry of Agriculture and Cooperatives**. Bangkok: Office of the Permanent Secretary for Ministry of Agricultural and Cooperatives. 69 p. [in Thai]

Onsa, N.E., S.K. Prasad, T. Chaiyaso, C. Lumsangkul and S.R. Sommano. 2022. Phenotypic and chemotypic relations among local *Andrographis paniculata* (Burm. f.) wall landrace collection. **Horticulturae** 8(10): 978.

Pukpumin, E., P. Khaengkhana and E. Sareepua. 2022. Comparison of nutrient quality from manure to organic melon (*Cucumis melo* L.) production in greenhouse. **Journal of Science Engineering and Technology Rajabhat Maha Sarakham University** 1(2): 1–16. [in Thai]

Rattaneetu, B. 2009. Organic fertilizer improves deteriorated soil. **Princess of Naradhivas University Journal** 1(2): 1–16. [in Thai]

Sae Lim, S. 2016. **Organic Fertilizer and Utilization in Thailand**. Khon Kaen: Research and Development Group for Organic Matter Management, Land Development Department. 202 p. [in Thai]

Sharma, S. and Y.P. Sharma. 2018. Comparison of different extraction methods and HPLC method development for the quantification of andrographolide from *Andrographis paniculata* (Burm. f.) Wall. Ex Nees. **Annals of Phytomedicine** 7(1): 119–130.

Sukyankij, S., S. Khienman and C. Khongsud. 2024. Influence of organic fertilizer on growth and quality of kalmegh. **Thai Science and Technology Journal** 32(2): 13–26. [in Thai]

Sukyankij, S., S. Sukyankij, and T. Panich-Pat. 2023. Effect of co-fertilizer application and dolomite amendments on yield and grain quality of rice grown on post-active acid sulfate soil. **AGRIVITA Journal of Agricultural Science** 45(2): 311–321.

Supakamnerd, N. 1999. **Colorimetric Analysis of Ammonium Nitrogen**. Chiang Rai: Chiangrai Horticulture Research Center. 17 p. [in Thai]

Thai PBS. 2021. **Booming market for Fah Talai Jone: sales surge 5x amid raw material**. [Online]. Available https://www.thaipbs.or.th/news/content/306846 (December 20, 2023). [in Thai]

Tripathi, P. and A. Singh. 2021. Biofertilizers: "An Ace in the Hole" in Medicinal and Aromatic Plants Cultivation. pp. 253–263. *In* Rakshit, A., V.S. Meena, M. Parihar, H.B. Singh and A.K. Singh (Eds.). **Biofertilizers**. United Kingdom: Woodhead Publishing.

Walkley, A. and I.A. Black. 1934. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter, and a proposed modification of the chromic acid titration method. **Soil science** 37(1): 29–38.

Yusuk, P., N. Nokham and N. Kamol. 2022. **Nutrients from manure fertilizer**. [Online]. Available https://www.hrdi.or.th/articles/Detail/1526 (May 23, 2024). [in Thai]