Journal of Agricultural Research and Extension 43(1): 15-28

การผลิตฟ้าทะลายโจรอินทรีย์ในกระถางสภาพโรงเรือนทางภาคใต้ของประเทศไทย

Organic Kariyat (*Andrographis paniculata*) Production in Pot under Greenhouse Conditions in Southern Thailand

จักรกฤษณ์ พูนภักดี[1] และอธิป สกุลเผือก[2,*]

Chakkrit Poonpakdee[1] and Athip Sakunphueak[2,*]

[1]สาขาวิชานวัตกรรมการเกษตรและการจัดการ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ สงขลา 90110

[2]สาขาวิชาเภสัชเวทและเภสัชพฤกษศาสตร์ คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ สงขลา 90110

[1]Agricultural Innovation and Management Division, Faculty of Natural Resources,
Prince of Songkla University, Songkla, Thailand 90110

[2]Department of Pharmacognosy and Pharmaceutical Botany, Faculty of Pharmaceutical Sciences,
Prince of Songkla University, Songkla, Thailand 90110

*Corresponding author: athip.s@psu.ac.th

*ORCID iD: https://orcid.org/0000-0001-8788-3544

Received: *March 29, 2025*

Revised: *July 2, 2025*

Accepted: *October 16, 2025*

Abstract

Kariyat (*Andrographis paniculata*) is a medicinal herb with significant therapeutic potential. Currently, organic *A. paniculata* is cultivated in controlled-environment greenhouses to ensure high-quality production. A crucial factor in organic greenhouse cultivation of this herb is the management of soil nutrients. This study aimed to investigate the effects of different application rates of cow manure on the growth, nutrient uptake, and andrographolide production in *A. paniculata* cultivated in an organic farming system under greenhouse conditions in southern Thailand. Red soil was collected and mixed with cow manure at rates of 0 (control), 2, 4, 6, and 8 tons rai^{-1} (0, 61.32, 122.64, 189.96 and 245.28 g pot^{-1}, respectively). *A. paniculata* plants were cultivated in 10 inch-diameter pots. The results showed that the application of cow manure at a rate of 2 tons rai^{-1} significantly promoted plant height, stem diameter, and both fresh and dry biomass weights. In addition, the application of cow manure at a rate of 2 tons rai^{-1} not only resulted in the best growth of *A. paniculata*, but also enhanced soil pH, electrical conductivity, nutrient availability, and andrographolide content in the plant. Therefore, applying cow manure at a rate of 2 tons rai^{-1} can serve as a guideline for organic greenhouse cultivation of *A. paniculata*, as it improves soil properties, enhances plant growth, increases nutrient uptake, and promotes andrographolide content in the plant.

Keywords: herb, andrographolide, organic agriculture, soil management in agriculture

บทคัดย่อ

ฟ้าทะลายโจร (*Andrographis paniculata*) เป็นพืชสมุนไพรที่มีศักยภาพทางการแพทย์ ปัจจุบันมีการปลูกฟ้าทะลายโจรอินทรีย์ในโรงเรือนที่สามารถควบคุมสภาพแวดล้อมเพื่อให้ได้ฟ้าทะลายโจรคุณภาพดี สิ่งสำคัญในการปลูกฟ้าทะลายโจรอินทรีย์ในระบบโรงเรือน คือ การจัดการธาตุอาหารในดิน งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของมูลวัวอัตราต่าง ๆ ต่อการเจริญเติบโต การดูดใช้ธาตุอาหาร และการสร้างสารแอนโดรกราโฟไลด์ของฟ้าทะลายโจรที่ปลูกในระบบเกษตรอินทรีย์ภายใต้สภาพโรงเรือนในภาคใต้ของประเทศไทย ทำการผสมดินแดงกับมูลวัวในอัตรา 0 (ควบคุม), 2, 4, 6 และ 8 ตัน/ไร่ (0, 61.32, 122.64, 189.96 และ 245.28 กรัม/กระถาง ตามลำดับ) จากนั้นปลูกฟ้าทะลายโจรในกระถางขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 นิ้ว ผลการทดลองพบว่า การใส่มูลวัวในอัตรา 2 ตัน/ไร่ ส่งผลให้ฟ้าทะลายโจรมีการเจริญเติบโตด้านความสูง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น ตลอดจนน้ำหนักชีวมวลฟ้าทะลายโจรสดและแห้งเพิ่มสูงขึ้น การใส่มูลวัวในอัตรา 2 ตัน/ไร่ ไม่เพียงแต่ส่งผลให้ฟ้าทะลายโจรเจริญเติบโตดีที่สุด แต่ยังส่งผลให้ดินมีพีเอช ค่าการนำไฟฟ้า ปริมาณธาตุอาหาร ตลอดจนปริมาณสารแอนโดรกราโฟไลด์ในฟ้าทะลายโจรเพิ่มสูงขึ้น ดังนั้น การผสมมูลวัวกับดินในอัตรา 2 ตัน/ไร่ สามารถใช้เป็นแนวทางในการผลิตฟ้าทะลายโจรอินทรีย์ในระบบโรงเรือน โดยทำให้สมบัติของดิน การเจริญเติบโตของพืช ปริมาณธาตุอาหารที่พืชดูดนำไปใช้ และปริมาณสาระสำคัญในฟ้าทะลายโจรเพิ่มสูงขึ้น

คำสำคัญ: สมุนไพร แอนโดรกราโฟไลด์ เกษตรอินทรีย์ การจัดการดินทางการเกษตร

บทนำ

ฟ้าทะลายโจร (*Andrographis paniculata*) เป็นพืชสมุนไพรไทยที่มีความสำคัญในทางการแพทย์ โดยมีข้อบ่งใช้ในบัญชียาหลักแห่งชาติเพื่อบรรเทาอาการหวัด เจ็บคอ อาการไข้ และท้องเสีย (Herbal Products Division, 2025) นอกจากนี้ยังเคยมีรายงานว่ามีประสิทธิผลในการบรรเทาอาการหลอดลมอักเสบ และโรคที่เกี่ยวกับระบบภูมิคุ้มกัน (Shahid Akbar, 2011) ฟ้าทะลายโจรได้รับการยอมรับอย่างกว้างขวางจากผลการวิจัยที่แสดงให้เห็นถึงสมบัติในการต้านการอักเสบและกระตุ้นภูมิคุ้มกัน (Sooksawate *et al*., 2022) ฟ้าทะลายโจรมีสารสำคัญ คือ แอนโดรกราโฟไลด์ (Andrographolide) ซึ่งมีฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาที่สอดคล้องกับสรรพคุณข้างต้น จึงทำให้ฟ้าทะลายโจรได้รับความสนใจอย่างมากในวงการสมุนไพร โดยเฉพาะในช่วงสถานการณ์การระบาดหนักของเชื้อโควิด-19 ในช่วงปี พ.ศ. 2563 ที่ผ่านมา เนื่องจากมีการใช้ฟ้าทะลายโจรเพื่อบรรเทาอาการขั้นต้นของการติดเชื้อของโรคดังกล่าว

ประเทศไทยมีการปลูกฟ้าทะลายโจรในหลายพื้นที่ เนื่องจากมีสภาพภูมิอากาศร้อนชื้นเหมาะสมต่อการเจริญเติบโต (Department of Agriculture, 2021) แม้ว่าฟ้าทะลายโจรจะเป็นพืชที่มีความทนทานต่อสภาพอากาศร้อนและแห้งแล้งได้ดี แต่การปลูกในพื้นที่ภาคใต้ยังคงประสบปัญหาผลผลิตต่ำ พืชเจริญเติบโตไม่ดี เนื่องจากดินในภาคใต้ส่วนใหญ่เป็นดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ (Land Development Department, 2015) นอกจากนั้น หลายพื้นที่มีการใช้สารเคมีในการควบคุมศัตรูพืช ส่งผลให้ผู้ใช้สมุนไพรอาจได้รับอันตรายจากสารเคมีตกค้าง แม้ว่าการใช้ปุ๋ยเคมีมีโอกาสเกิดสารตกค้างในดินน้อยก็ตาม ดังนั้น เพื่อลดข้อกังวลตลอดจนปฏิบัติ

ตามแนวทางการผลิตพืชอินทรีย์ การใช้มูลสัตว์ เช่น มูลโค ซึ่งมีปริมาณมากในภาคใต้และสามารถใช้เป็นแหล่งให้ธาตุอาหารพืชได้ จึงเป็นแนวทางที่น่าสนใจ เนื่องจากการปลูกในระบบเกษตรอินทรีย์เป็นการทำเกษตรที่ปราศจากการใช้ปุ๋ยเคมีและยากำจัดศัตรูพืช (National Bureau of Agricultural Commodity and Food Standards, 2018)

การผลิตฟ้าทะลายโจรในระบบเกษตรอินทรีย์สามารถตอบสนองต่อความต้องการของผู้บริโภคที่หันมาสนใจผลิตภัณฑ์ที่ปลอดภัยจากสารเคมีและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม นอกจากนั้น การผลิตพืชในระบบโรงเรือนช่วยให้พืชได้ผลผลิตเพิ่มขึ้น (Poonpakdee, 2022) โรงเรือนจะช่วยควบคุมปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของฟ้าทะลายโจร เช่น อุณหภูมิ ความชื้น และแสงแดด ซึ่งจะช่วยให้พืชเจริญเติบโตได้ดี ผลผลิตมีคุณภาพ และลดการเข้าทำลายของโรคและแมลงศัตรูพืช การผลิตฟ้าทะลายโจรให้ได้สารสำคัญสูงมีหลายปัจจัยเกี่ยวข้อง หนึ่งในปัจจัยนั้น คือ ธาตุอาหารพืช มีรายงานว่าเมื่อฟ้าทะลายโจรได้รับธาตุอาหารอย่างเหมาะสมจากวัสดุปลูก พบว่าฟ้าทะลายโจรเจริญเติบโตดีและมีสารสำคัญเพิ่มสูงขึ้น (Tanawirote *et al*., 2024) แม้ปุ๋ยอินทรีย์จะมีปริมาณธาตุอาหารต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับปุ๋ยเคมี อย่างไรก็ตาม การใช้ปุ๋ยอินทรีย์ในปริมาณที่ให้ธาตุอาหารเพียงพอ ส่งผลให้ฟ้าทะลายโจรมีการเจริญเติบโตและปริมาณสารแอนโดรกราโฟไลด์เพิ่มสูงขึ้น (Basak *et al*., 2019; Sanjutha *et al*., 2008) กรมวิชาการเกษตรได้แนะนำให้ใช้ปุ๋ยอินทรีย์ในอัตรา 2–3 ตัน/ไร่ เพื่อเป็นแหล่งให้ธาตุอาหารพืชและปรับปรุงสมบัติดิน อย่างไรก็ตาม การใช้ปุ๋ยอินทรีย์อัตราสูงถึง 7.5 ตัน/ไร่ ในระบบแปลงเกษตรอินทรีย์ พบว่าส่งผลให้ข้าวโพดหวานเจริญเติบโตและผลผลิตเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับอัตราต่ำ (Pongthai *et al*., 2023) ปัจจุบันยังไม่มีรายงานอัตราปุ๋ยอินทรีย์สำหรับการผลิตฟ้าทะลายโจรอินทรีย์ ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของมูลวัวต่อการเจริญเติบโตและการสร้างสารสำคัญของฟ้าทะลายโจรที่ปลูกในระบบเกษตรอินทรีย์ภายใต้สภาพโรงเรือน

อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมดินปลูกและเพาะกล้าฟ้าทะลายโจร

ทำการเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของฟ้าทะลายโจรที่ปลูกในดินแดงที่เก็บใกล้บริเวณภูเขาหินปูนในอำเภอรัตภูมิ จังหวัดสงขลา (X=625772.7522 E; Y=771365.7643 N) จากนั้นนำดินมาผึ่งให้แห้งในที่ร่ม แบ่งดินออกเป็น 2 ส่วน ส่วนแรกร่อนผ่านตะแกรงช่องเปิด 2 มม. เพื่อใช้วิเคราะห์สมบัติเบื้องต้นทางเคมี ได้แก่ พีเอช (1:5 w/v) ค่าการนำไฟฟ้า (1:5 w/v) ไนโตรเจนทั้งหมด (Kjeldahl method) ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Bray II) โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมที่สกัดได้ (1M NH_4OAc pH 7.0) และร่อนผ่านตะแกรงขนาดช่องเปิด 0.5 มม. เพื่อวิเคราะห์อินทรียวัตถุในดิน (Walkley and Black method) ตามคู่มือวิเคราะห์ดินและพืช (Onthong and Poonpakdee, 2020) ดินส่วนที่ 2 ร่อนผ่านตะแกรงขนาดช่องเปิด 2.0 ซม. สำหรับใช้ปลูกฟ้าทะลายโจรในกระถางสภาพโรงเรือนที่มีหลังคาพลาสติกใส ผนังด้านข้างเป็นมุ้งตาข่ายและมีพัดลมระบายอากาศเพื่อถ่ายเทอากาศระหว่างภายในและนอกโรงเรือน เพาะกล้าฟ้าทะลายโจรในวัสดุปลูกที่ผสมจากดินร่วน แกลบดำ มูลไส้เดือน และขุยมะพร้าวในสัดส่วน 1:1:1:1 โดยปริมาตร หมักทิ้งไว้เป็นเวลา 30 วันก่อนนำมาใช้ หยอดเมล็ดฟ้าทะลายโจรในถาดเพาะที่บรรจุวัสดุปลูกจำนวน 5 เมล็ด/หลุม เมื่อกล้าฟ้าทะลายโจรงอกและมีอายุ 30 วัน ทำการคัดเหลือ 1 ต้น/หลุม และย้ายกล้าลงปลูกในกระถางขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 นิ้ว ที่บรรจุดินปริมาตรประมาณ 6 ลิตร แต่ละกระถางวางห่างกันประมาณ 10 ซม. วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design: CRD) มี 5 ทรีตเมนต์ ทรีตเมนต์ละ 8 ซ้ำ ได้แก่ 1) ชุดควบคุม และทรีตเมนต์ที่ 2–5) คือ ดินแดงคลุกผสมมูลวัวอัตรา 2, 4, 6 และ 8 ตัน/ไร่ ตามลำดับ (เทียบพื้นที่ของดิน 1 ไร่กับขนาดพื้นที่ของกระถาง น้ำหนักมูลวัวที่ใช้ คือ 0, 61.32, 122.64, 189.96 และ 245.28 กรัม/กระถาง ตามลำดับ)

โดยมูลวัวที่นำมาใช้มีค่าพีเอช (1:10 w/v) 7.31 ค่าการนำไฟฟ้า (1:10 w/v) 3.29 dS/m ไนโตรเจนทั้งหมด (total N) 1.08 % ฟอสฟอรัสทั้งหมด (total P_2O_5) 0.75% และโพแทสเซียมทั้งหมด (total K_2O) 2.00% รดน้ำประปาวันละ 2 ครั้ง ช่วงเช้าและเย็นโดยใช้บัวรดน้ำ

การเจริญเติบโตและการวิเคราะห์ธาตุอาหารในฟ้าทะลายโจร

เก็บข้อมูลการเจริญเติบโตของกล้าฟ้าทะลายโจรหลังปลูกลงในกระถาง 2, 4, 6, 8 และ 10 สัปดาห์ โดยการวัดความสูงต้น (ส่วนเหนือดินจนถึงยอด) และเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น (เหนือดิน 2 ซม.) โดยใช้ดิจิตอลเวอร์เนีย เมื่อครบกำหนดสิ้นสุดการทดลอง (10 สัปดาห์ เนื่องจากฟ้าทะลายโจรเริ่มออกดอก) เก็บต้นฟ้าทะลายโจรส่วนเหนือดินแยกออกเป็น 3 ส่วน คือ ใบ ลำต้น (ลำต้น+กิ่ง+ดอก) และราก จากนั้นทำความสะอาดและกำจัดสิ่งปนเปื้อน ชั่งน้ำหนักสดของส่วนต่าง ๆ และอบจนน้ำหนักคงที่ หลังจากนั้นชั่งและบันทึกน้ำหนักแห้ง ทำการบดตัวอย่างฟ้าทะลายโจรแล้วร่อนผ่านตะแกรงขนาด 20 เมช และย่อยด้วยกรดซัลฟิวริก (H_2SO_4) เพื่อวิเคราะห์ไนโตรเจนทั้งหมด (Kjeldahl method) และกรดผสมไนทริกเปอร์คลอริก (HNO_3:$HClO_4$ 3:1 v/v) เพื่อวิเคราะห์ฟอสฟอรัส (Vanadomobedate method) โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม เหล็ก แมงกานีส สังกะสี และทองแดงทั้งหมด (Atomic absorption spectrophotometer) ตามคู่มือวิเคราะห์ดินและพืช (Onthong and Poonpakdee, 2020) จากนั้นประเมินปริมาณธาตุอาหารทั้งหมดที่ฟ้าทะลายโจรดูดใช้จากความเข้มข้นธาตุอาหารและผลผลิตน้ำหนักแห้งของฟ้าทะลายโจร

การเตรียมสารสกัดฟ้าทะลายโจรเพื่อวิเคราะห์ปริมาณแอนโดรกราโฟไลด์

นำตัวอย่างส่วนเหนือดินทั้งหมดของฟ้าทะลายโจรที่ผ่านการอบแห้งที่ 50°ซ บดให้ละเอียดแล้วร่อนผ่านตะแกรงขนาด 40 เมช เตรียมสารสกัดตามวิธีที่ได้ระบุไว้ใน Thai Herbal Pharmacopoeia (Thai Pharmacopoeia Committee, 2021) ชั่งผงฟ้าทะลายโจร 400 มก. ลงในขวดก้นกลม เติมสารผสมระหว่างไดคลอโรมีเทนและเมธานอล ในอัตราส่วน 1:1 (v/v) ปริมาตร 50 มล. สกัดฟ้าทะลายโจรโดยใช้เทคนิคการสกัดด้วยความร้อนในสภาวะ reflux เป็นเวลา 30 นาที จากนั้นกรองสารสกัดผ่านกระดาษกรอง Whatman No.1 นำสารสกัดที่ได้ไประเหยให้แห้งภายใต้สภาวะลดความดัน ละลายกลับด้วยเมธานอล และปรับปริมาตรให้ได้ 100 มล. ในขวดปรับปริมาตร จากนั้นกรองสารสกัดผ่านแผ่นกรองไนลอนขนาด 0.45 ไมโครเมตร และนำสารสกัดที่ได้ไปวิเคราะห์ปริมาณแอนโดรกราโฟไลด์ด้วยเทคนิค High Performance Liquid Chromatography (HPLC)

การวิเคราะห์ปริมาณแอนโดรกราโฟไลด์ด้วยเทคนิค HPLC

การวิเคราะห์ปริมาณแอนโดรกราโฟไลด์โดยเทคนิค HPLC อ้างอิงตามวิธีที่ระบุใน Thai Herbal Pharmacopoeia โดยมีการปรับปรุงเล็กน้อย (Thai Pharmacopoeia Committee, 2021) การวิเคราะห์ทำบนระบบ HPLC Prominence i รุ่น LC-2030C 3D (Shimadzu ประเทศญี่ปุ่น) ใช้คอลัมน์ C-18 ขนาด 15x4.6 มม. เป็นวัฏภาคอยู่กับที่ และใช้ส่วนผสมของเมธานอลและน้ำในอัตราส่วน 52:48 (v/v) ตามลำดับ ปริมาตรการฉีดตัวอย่างวิเคราะห์ 20 ไมโครลิตร นำค่าพื้นที่ใต้กราฟจากการวิเคราะห์ไปเปรียบเทียบปริมาณแอนโดรกราโฟไลด์กับกราฟมาตรฐานที่สร้างจากสารมาตรฐานแอนโดรกราโฟไลด์ในช่วงความเข้มข้น 5–30 ไมโครกรัม/มล.

การวิเคราะห์สถิติ

หาค่าเฉลี่ยของข้อมูลการเจริญเติบโต ได้แก่ ความสูง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น น้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง ปริมาณธาตุอาหารในส่วนต่าง ๆ และปริมาณสารแอนโดรกราโฟไลด์ในฟ้าทะลายโจร ตลอดจนสมบัติ

ดินก่อนและหลังปลูก จากนั้นนำมาหาค่าความแปรปรวน (ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างทรีตเมนต์ด้วยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ผลการวิจัย

สมบัติทั่วไปของดิน

เมื่อนำดินปลูกก่อนการทดลองมาวิเคราะห์สมบัติทางเคมี พบว่าการใส่มูลวัวส่งผลให้ดินมีค่าพีเอช ค่าการนำไฟฟ้า อินทรียวัตถุ และธาตุอาหาร ได้แก่ ไนโตรเจนทั้งหมด ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมที่สกัดได้เพิ่มสูงขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับทรีตเมนต์ควบคุม และเมื่อใส่มูลวัวในอัตราที่สูงขึ้นก็มีแนวโน้มทำให้ธาตุอาหารในดินเพิ่มสูงขึ้น อย่างไรก็ตาม เมื่อใส่มูลวัวอัตรา 8 ตัน/ไร่ พบว่า ส่งผลให้ดินมีค่าการนำไฟฟ้าสูงถึง 1.45 dS/m (Table 1)

Table 1 Chemical properties of soil before cultivation

Application rate (ton/rai)	pH (1:5)	EC (dS m^{-1})	OM (g kg^{-1})	Total N (g kg^{-1})	Avail. P (mg kg^{-1})	Extr. K (mg kg^{-1})	Extr. Ca (mg kg^{-1})	Extr. Mg (mg kg^{-1})
0	6.22 c	0.08 e	13.18 d	0.70 e	96.90 e	84.31 e	1918.00 c	57.02 e
2	6.44 b	0.86 d	22.17 c	1.39 d	144.62 d	2383.48 d	2330.02 b	220.55 d
4	6.67 b	1.06 c	27.47 bc	1.68 c	230.15 c	3128.42 c	2721.41 b	268.47 c
6	7.05 a	1.38 b	36.52 a	1.86 b	263.82 b	3933.64 b	3010.31 a	363.59 a
8	7.25 a	1.45 a	43.49 a	2.24 a	288.66 a	4149.85 a	3527.13 a	428.93 b
F-test	*	*	*	*	*	*	*	*
CV (%)	**1.53**	**3.28**	**12.33**	**2.01**	**0.59**	**2.84**	**1.37**	**1.07**

* = significantly different at P≤0.05; Different letters in the same column indicated significant differences by DMRT at P≤0.05

การเจริญเติบโตของฟ้าทะลายโจร

การใส่มูลวัวในอัตรา 2 และ 4 ตัน/ไร่ ส่งผลให้ฟ้าทะลายโจรมีการเจริญเติบโตดีกว่าการไม่ใส่และใส่มูลวัวในอัตราสูง (6 และ 8 ตัน/ไร่) (Figure 1) นอกจากนั้น การใส่มูลวัวอัตรา 2 และ 4 ตัน/ไร่ ส่งผลให้ต้นฟ้าทะลายโจรมีความสูงและเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นสูงกว่าในทรีตเมนต์ที่มีการใส่มูลวัว 6 และ 8 ตัน/ไร่ โดยเฉพาะในสัปดาห์ที่ 10 ซึ่งเป็นสัปดาห์เก็บเกี่ยว การใส่มูลวัวอัตรา 2 ตัน/ไร่ ส่งผลให้ฟ้าทะลายโจรมีความสูงและขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นสูงที่สุด (Figure 2) ส่วนการใส่มูลวัวในอัตรา 8 ตัน/ไร่ ส่งผลให้ฟ้าทะลายโจรมีการเจริญเติบโตช้า แคระแกรน และเริ่มแสดงอาการเหี่ยวเฉา

เมื่อสิ้นสุดการทดลอง (10 สัปดาห์) ทำการเก็บเกี่ยวฟ้าทะลายโจรเพื่อประเมินน้ำหนักสดและแห้ง พบว่าการใส่มูลวัวในอัตรา 2 ตัน/ไร่ ส่งผลให้ฟ้าทะลายโจร มีน้ำหนักสดในส่วนของราก (10.14 กรัม) ใบ (38.4 กรัม) ลำต้น (20.8 กรัม) และน้ำหนักแห้งของราก (1.63 กรัม) ใบ (8.23 กรัม) และลำต้น (4.42 กรัม) สูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบ กับทรีตเมนต์อื่น ๆ การใส่มูลวัวในอัตราที่สูงขึ้นส่งผลให้น้ำหนักของฟ้าทะลายโจรลดลง โดยเฉพาะการใส่มูลวัวที่อัตรา 6 ตัน/ไร่ พบว่าส่งผลให้ฟ้าทะลายโจรมีชีวมวลต่ำสุดเมื่อเทียบกับการใส่มูลวัวในอัตรา 0–4 ตัน/ไร่ (Figure 3) ในขณะที่การใส่มูลวัวอัตรา 8 ตัน/ไร่ พบว่าฟ้าทะลายโจรมีอาการเหี่ยวเฉา ใบเหลือง แคระแกรน และค่อย ๆ ยืนต้นตาย

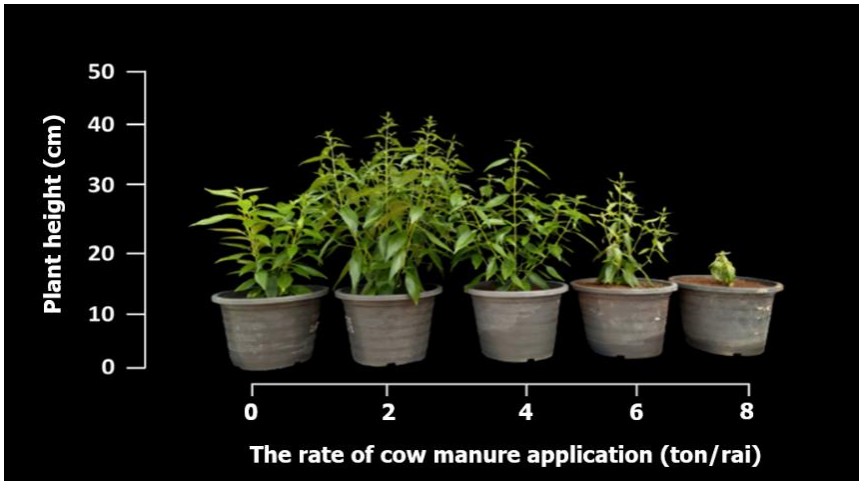

Figure 1 Growth of Kariyat in soil amended with cow manure at rate of 0–8 tons rai^{-1}

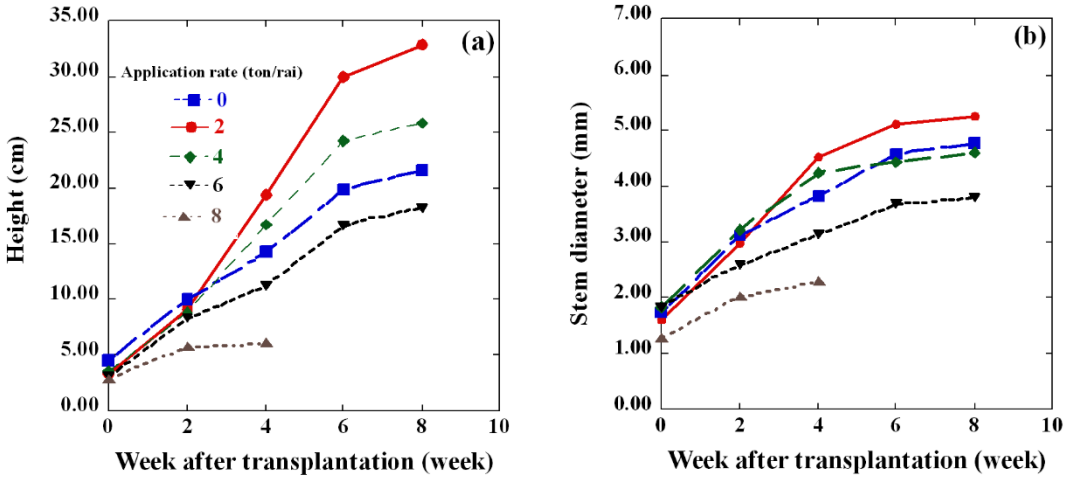

Figure 2 Height (a) and stem diameter (b) of Kariyat in soil amended with cow manure at rate of 0–8 tons/rai

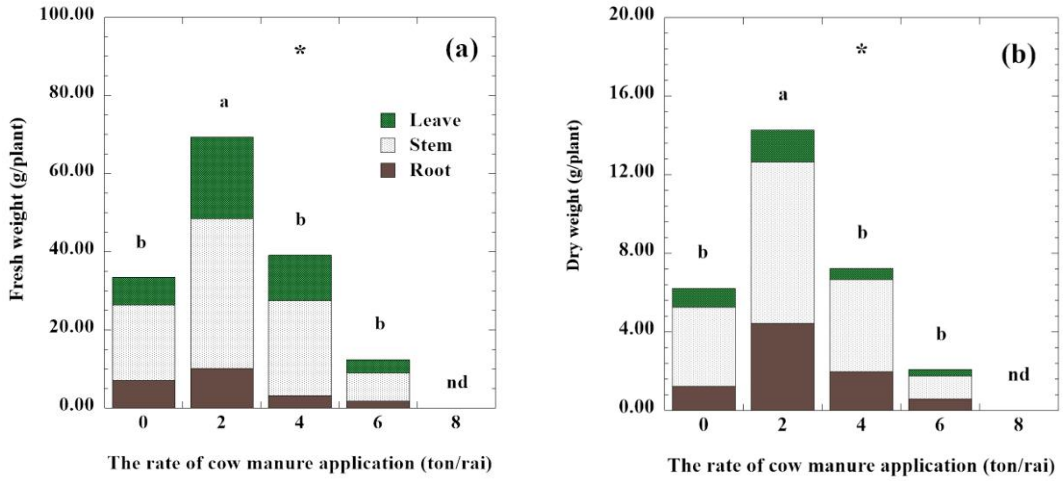

Figure 3 Fresh (a) and dry weight (b) of Kariyat in soil amended with cow manure at rate of 0–8 tons/rai

* = significantly different at P≤0.05; Different letters in each bar indicated significant differences by DMRT; nd = no data due to plant non-survival

ความเข้มข้นและการดูดใช้ธาตุอาหารในฟ้าทะลายโจร

เมื่อประเมินความเข้มข้นธาตุอาหารในรากฟ้าทะลายโจร พบว่าการใส่มูลวัวส่งผลให้ธาตุอาหารพืชส่วนใหญ่มีความเข้มข้นสูงกว่าการไม่ใส่มูลวัว (Table 2) ความเข้มข้นของไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม ซึ่งเป็นธาตุอาหารหลักของพืชมีความเข้มข้นสูงในใบ > ราก > ลำต้น ในขณะที่ความเข้มข้นของเหล็ก แมงกานีส สังกะสี และทองแดง ซึ่งเป็นจุลธาตุมีความเข้มข้นสูงในราก > ใบ > ลำต้น การใส่มูลวัวในอัตรา 2 ตัน/ไร่ ส่งผลให้ความเข้มข้นของธาตุอาหารในรากของฟ้าทะลายโจรมีความเข้มข้นของไนโตรเจน (20.14 กรัม/กก.) ฟอสฟอรัส (1.67 กรัม/กก.) แมกนีเซียม (4.36 กรัม/กก.) แมงกานีส (1,238.3 มก./กก.) สังกะสี (293.3 มก./กก.) และทองแดง (22.7 มก./กก.) สูงที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับการใส่มูลวัวในอัตราอื่น ๆ (Table 2) ในขณะที่ความเข้มข้นธาตุอาหารในส่วนใบของฟ้าทะลายโจร พบว่าการใส่มูลวัวในอัตรา 2 ตัน/ไร่ ส่งผลให้ฟ้าทะลายโจรมีความเข้มข้นของไนโตรเจน (29.7 กรัม/กก.) ฟอสฟอรัส (1.13 กรัม/กก.) แมกนีเซียม (5.85 กรัม/กก.) เหล็ก (185.3 มก./กก.) แมงกานีส (71.5 มก./กก.) สังกะสี (31.2 มก./กก.) และทองแดง (4.77 มก./กก.) สูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับการใส่มูลวัวอัตราอื่น ๆ (Table 2) ในขณะที่ความเข้มข้นของธาตุอาหารในลำต้นมีการสะสมไนโตรเจน (14.6 กรัม/กก.) ฟอสฟอรัส (1.25 กรัม/กก.) และโพแทสเซียม (59.0 กรัม/กก.) สูงที่สุดเมื่อมีการใส่มูลวัวในอัตรา 4 ตัน/ไร่ นอกจากนั้น ฟ้าทะลายโจรที่ปลูกในดินแดงที่มีการใส่มูลวัวอัตรา 2 ตัน/ไร่ พบว่าส่วนลำต้นของฟ้าทะลายโจรมีการสะสมจุลธาตุสูงที่สุด (Table 2)

Table 2 Nutrient concentration

Application rate	Total nutrient (g kg^{-1})					Total micronutrient (mg kg^{-1})			
(ton rai^{-1})	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Zn	Cu
In root									
0	11.31 d	0.86 c	37.20 d	23.30 a	3.41 d	2,475 b	1,013 c	223.02 c	14.92 b
2	20.14 a	1.67 a	42.00 c	13.60 c	4.36 a	2,882 a	1,238 a	293.34 a	22.72 a
4	19.17 b	1.13 b	50.62 a	11.63 d	3.91 b	2,838 a	1,136 b	284.68 b	20.48 a
6	17.53 c	1.12 b	44.94 b	14.34 b	3.63 c	2,353 c	990 d	214.54 d	13.87 b
8	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
F-test	*	*	*	*	*	*	*	*	*
CV (%)	**1.91**	**3.74**	**1.92**	**0.85**	**2.02**	**1.25**	**0.89**	**0.80**	**7.05**
In leave									
0	29.40 a	0.83 c	34.70 c	42.30 a	3.75 d	123.31 c	50.44 b	21.41 c	2.32 c
2	29.70 a	1.13 a	49.00 b	25.92 b	5.85 a	185.34 a	71.52 a	31.22 a	4.77 a
4	28.60 b	1.04 b	53.90 a	21.13 c	5.61 b	174.70 b	70.47 a	28.06 b	3.51 b
6	23.60 c	0.80 c	55.40 a	16.91 d	4.24 c	119.83 c	42.03 c	19.84 c	2.16 c
8	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
F-test	*	*	*	*	*	*	*	*	*
CV (%)	**0.87**	**3.33**	**2.13**	**2.06**	**0.93**	**1.13**	**1.77**	**3.44**	**3.58**
In stem									
0	10.50 d	0.58 c	48.22 c	28.31 a	2.63 a	27.32 c	31.52 c	20.23 c	4.09 c
2	13.31 c	1.21 a	50.73 b	20.67 b	2.41 b	55.82 a	63.31 a	25.82 a	5.69 a
4	14.62 a	1.25 a	59.01 a	21.04 b	2.47 b	49.47 b	56.97 b	22.97 b	5.23 b
6	14.34 b	0.92 b	58.26 a	20.53 b	2.18 c	21.46 d	27.68 c	19.35 c	3.74 c
8	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
F-test	*	*	*	*	*	*	*	*	*
CV (%)	**1.33**	**5.54**	**0.58**	**1.15**	**1.85**	**5.32**	**4.70**	**3.82**	**3.38**

* = significantly different at P≤0.05; Different letters in the same column indicated significant differences by DMRT withn each plant part (root, leave and stem); nd = no data due to plant non-survival

เมื่อประเมินปริมาณธาตุอาหารทั้งหมดที่ต้นฟ้าทะลายโจรดูดใช้ซึ่งเป็นผลรวมปริมาณการดูดใช้ในส่วนต่าง ๆ พบว่าการใส่มูลวัวในอัตรา 2 ตัน/ไร่ ส่งผลให้ฟ้าทะลายโจรมีการดูดใช้ไนโตรเจน (0.90 กรัม/ต้น) ฟอสฟอรัส (0.057 กรัม/ต้น) โพแทสเซียม (2.03 กรัม/ต้น) แคลเซียม (0.86 กรัม/ต้น) และแมกนีเซียม (0.18 กรัม/ต้น) สูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับการใส่มูลวัวอัตราต่าง ๆ (Table 3) สอดคล้องกับการดูดใช้จุลธาตุที่พบว่าการใส่มูลวัวในอัตรา 2 ตัน/ไร่ ส่งผลให้ฟ้าทะลายโจรมีการดูดใช้เหล็ก (44.74 มก./ต้น) แมงกานีส (19.65 มก./ต้น) สังกะสี (5.01 มก./ต้น) และทองแดง (0.48 มก./ต้น) สูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับการใส่มูลวัวในอัตราอื่น ๆ (Table 3) อย่างไรก็ตาม การใส่มูลวัวในอัตราที่เพิ่มขึ้นกลับส่งผลให้ฟ้าทะลายโจรมีการดูดใช้ธาตุอาหารได้ลดลง โดยเฉพาะการใส่มูลวัวในอัตรา 6 ตัน/ไร่

Table 3 Total nutrients uptake in Kariyat

	Macro-nutrients					Micro-nutrients			
Application rate (ton ra^{i-1})	N uptake (g plant^{-1})	P uptake (g plant^{-1})	K uptake (g plant^{-1})	Ca uptake (g plant^{-1})	Mg uptake (g plant^{-1})	Fe uptake (mg plant^{-1})	Mn uptake (mg plant^{-1})	Zn uptake (mg plant^{-1})	Cu uptake (mg plant^{-1})
0	0.32 b	0.014 c	0.75 c	0.58 b	0.06 c	16.30 c	6.82 c	1.64 c	0.14 c
2	0.90 a	0.057 a	2.03 a	0.86 a	0.18 a	44.74 a	19.65 a	5.01 a	0.48 a
4	0.45 b	0.025 b	1.18 b	0.39 c	0.09 b	22.13 b	9.13 b	2.42 b	0.21 b
6	0.12 c	0.006 d	0.33 d	0.11 d	0.02 d	5.22 d	2.25 d	0.54 d	0.04 d
8	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
F-test	*	*	*	*	*	*	*	*	*
CV (%)	**7.08**	**3.94**	**9.36**	**2.07**	**11.49**	**0.81**	**0.89**	**1.32**	**4.65**

* = significantly different at P≤0.05; Different letters in the same column indicate significant differences by DMRT within macro- (column 2-6) and micro-nutrient groups (column 7-10); nd = no data due to plant non-survival

ปริมาณสารแอนโดรกราโฟไลด์

การใส่มูลวัวส่งผลให้ฟ้าทะลายโจรมีปริมาณสารแอนโดรกราโฟไลด์เพิ่มขึ้นตามอัตราที่ใส่ (Figure 4) โดยพบว่า การใส่มูลวัวอัตรา 0, 2, 4 และ 6 ตัน/ไร่ ส่งผลให้ส่วนเหนือดินของฟ้าทะลายโจรมีปริมาณสารแอนโดรกราโฟไลด์ร้อยละ 0.94, 1.82, 2.41 และ 3.50 ตามลำดับ การใส่มูลวัวในอัตรา 4 และ 6 ตัน/ไร่ ส่งผลให้ฟ้าทะลายโจรมีปริมาณสารสำคัญดังกล่าวสูง อย่างไรก็ตาม แม้ฟ้าทะลายโจรมีสาระสำคัญสูงแต่กลับพบว่าฟ้าทะลายโจรมีการเจริญเติบโตไม่ดี (Figure 1)

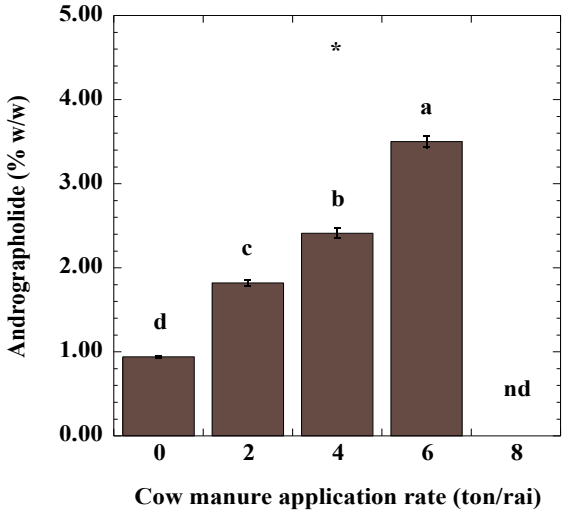

Figure 4 Andrographolide content in shoot of Kariyat in soil amended with cow manure at rate of 0–8 tons/rai

* = significantly different at P≤0.05; Different letters in each bar indicated significant differences by DMRT; vertical bar = SD; nd = no data due to plant non-survival

วิจารณ์ผลการวิจัย

สมบัติดิน

ดินแดงที่ใช้ศึกษาก่อนทำการทดลองมีพีเอช ค่าการนำไฟฟ้า ตลอดจนแคลเซียมและแมกนีเซียมซึ่งเป็นธาตุอาหารรองในระดับที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืช (Table 1) การใส่มูลวัวในอัตราที่เพิ่มสูงขึ้นส่งผลให้ดินมีค่าพีเอช ค่าการนำไฟฟ้า ปริมาณอินทรียวัตถุรวมทั้งธาตุอาหารในดินเพิ่มสูงขึ้นตามอัตราที่ใส่ (Table 1) มูลวัวเป็นปุ๋ยอินทรีย์ที่เป็นแหล่งให้ธาตุอาหารพืชทั้งธาตุอาหารหลัก ธาตุอาหารรอง และธาตุอาหารเสริม และเป็นปุ๋ยอินทรีย์ที่หาได้ทั่วไปในภาคใต้เนื่องจากเกษตรกรในภาคใต้นิยมเลี้ยงวัว อย่างไรก็ตาม มูลวัวมีพีเอชเป็นด่าง การใส่มูลวัวในอัตราที่เพิ่มขึ้น จึงส่งผลให้ดินมีค่าพีเอชตลอดจนความเข้มข้นของธาตุอาหารพืชเพิ่มขึ้น ดังนั้นการใส่มูลวัวในอัตราที่สูงเกินไปจึงส่งผลให้ดินเป็นด่างและมีค่าการนำไฟฟ้าสูงจนไม่เหมาะสมต่อการปลูกพืช ทั้งนี้ค่าพีเอชที่เหมาะสมต่อการปลูกพืชอยู่ที่ 5.5–7.0 ในขณะที่ค่าการนำไฟฟ้าของดิน (EC_e) ไม่ควรสูงกว่า 2 dS/m (Brady and Weil, 2008) การใส่มูลวัวไม่เพียงแต่ส่งผลให้ดินมีธาตุอาหารเพิ่มสูงขึ้น แต่มีรายงานว่าช่วยให้สมบัติดินทางด้านฟิสิกส์และชีวภาพ เช่น ความหนาแน่นรวมของดินลดลง (Baka *et al*., 2021) ช่วยเพิ่มปริมาณจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ในดินที่ช่วยการย่อยสลายอินทรียวัตถุ และส่งเสริมความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารในดิน (Sivojiene *et al*., 2021)

การเจริญเติบโตของฟ้าทะลายโจร

การใส่มูลวัวในอัตราที่เหมาะสมช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของฟ้าทะลายโจรทั้งด้านความสูง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น รวมทั้งชีวมวลของฟ้าทะลายโจร (Figure 2 and 3) มูลวัวมีธาตุอาหารโดยเฉพาะไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม ซึ่งในดินส่วนใหญ่มีธาตุเหล่านี้เป็นองค์ประกอบต่ำแต่เป็นธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช โดยเฉพาะไนโตรเจนที่มีบทบาทสำคัญในการเป็นองค์ประกอบของคลอโรฟิลล์ ซึ่งเป็นสารที่ใช้ในการสังเคราะห์แสง ในขณะที่ฟอสฟอรัสช่วยกระตุ้นการสังเคราะห์พลังงานในรูปของ ATP ซึ่งเกี่ยวข้องกับสารให้พลังงานในเซลล์พืช ส่วนโพแทสเซียมช่วยควบคุมการสังเคราะห์โปรตีนและส่งเสริมการเคลื่อนย้ายแป้งและน้ำตาล (Osotsapar, 2015) เมื่อฟ้าทะลายโจรได้รับปุ๋ยอินทรีย์ก็ส่งผลให้ได้รับธาตุอาหารเพิ่มขึ้น สอดคล้องกับมีรายงานว่า ฟ้าทะลายโจรที่ปลูกในดินซึ่งใช้ปุ๋ยอินทรีย์เป็นแหล่งให้ธาตุอาหารในปริมาณที่เพียงพอ พบว่ามีการเจริญเติบโต และปริมาณสารแอนโดรกราโฟไลด์เพิ่มสูงขึ้น (Basak *et al*., 2019) นอกจากนั้น การใช้ปุ๋ยอินทรีย์ในอัตรา 15 ตัน/เฮกตาร์ (~2.4 ตัน/ไร่) (Sanjutha *et al*., 2008) ซึ่งมีปริมาณใกล้เคียงกับการทดลองของงานนี้ คือ ใช้ปุ๋ยอินทรีย์ในอัตรา 2 ตัน/ไร่ พบว่าส่งผลให้ฟ้าทะลายโจรเจริญเติบโตได้ดี

การดูดใช้ธาตุอาหารของฟ้าทะลายโจร

การใส่มูลวัวในอัตรา 2 ตัน/ไร่ พบว่าช่วยส่งเสริมให้ฟ้าทะลายโจรเกิดการสะสมธาตุอาหารในส่วนต่าง ๆ ของพืชเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับการไม่ใส่ เมื่อดินมีธาตุอาหารเพิ่มขึ้น พืชเจริญเติบโตดีขึ้น นอกจากนั้น ส่งผลให้ฟ้าทะลายโจรดูดใช้ธาตุอาหารได้เพิ่มขึ้น (Table 5) การใส่ปุ๋ยอินทรีย์ยังช่วยให้สามารถลดปริมาณการใช้ปุ๋ยเคมีในการผลิตพืชได้ การลดปริมาณการใช้ปุ๋ยเคมีไม่เพียงแต่ช่วยลดต้นทุนในการผลิต แต่ยังช่วยเพิ่มความมั่นใจของผู้บริโภคในการเลือกใช้ผลิตภัณฑ์สมุนไพร ซึ่งผู้บริโภคมักคำนึงถึงการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดี (Good Agriculture Practices: GAP) ปุ๋ยอินทรีย์ช่วยเพิ่มน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้ง ตลอดจนปริมาสารแอนโดรกราโฟไลด์ในฟ้าทะลายโจรเพิ่มสูงขึ้น (Basak *et al*., 2019) อย่างไรก็ตาม การใส่มูลวัวจากแหล่งที่มีฟอสฟอรัสเป็นองค์ประกอบสูงในอัตราสูงอาจส่งผลให้เกิดการสะสมของฟอสฟอรัสในดินซึ่งอาจทำให้พืชดูดใช้เหล็กและแมงกานีสลดลงจนไม่เพียงพอต่อความต้องการ และอาจแสดงอาการขาดธาตุดังกล่าวได้ (Osotsapar, 2015) ดังนั้น การใส่มูลวัวในอัตราที่เหมาะสมจึงเป็นสิ่งสำคัญในการรักษาความสมดุลของธาตุอาหารในดิน โดยเฉพาะการผลิตพืชระบบเกษตรอินทรีย์

ปริมาณสารแอนโดรกราโฟไลด์

สภาพแวดล้อมต่าง ๆ เช่น ปริมาณแสง อุณหภูมิ ความชื้น ช่วงเวลาเก็บเกี่ยว และความอุดมสมบูรณ์ของดิน ล้วนเป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อปริมาณสารแอนโดรกราโฟไลด์ในฟ้าทะลายโจร (Department of Agriculture, 2021) ส่วนต่าง ๆ ของฟ้าทะลายโจรมีปริมาณสารแอนโดรกราโฟไลด์แตกต่างกัน โดยพบสารดังกล่าวสูงในใบ (3.57%) > ส่วนทั้งต้น (1.24%) > ลำต้น (0.75%) > ฝัก (0.16%) (Department of Agriculture, 2021) สอดคล้องกับข้อมูลการทดลองที่พบว่า การใช้มูลวัวอัตรา 2 ตัน/ไร่ ส่งผลให้ฟ้าทะลายโจรมีปริมาณสาระสำคัญในส่วนเหนือดินร้อยละ 1.825 ซึ่งเป็นปริมาณที่สูงกว่าที่รายงาน (Figure 4) เมื่อฟ้าทะลายโจรได้รับธาตุอาหารเพิ่มขึ้นส่งผลให้ฟ้าทะลายโจรมีสารสำคัญเพิ่มสูงขึ้น เช่นเดียวกับที่มีรายงานว่า การจัดการธาตุอาหารที่เหมาะสมโดยเฉพาะการใช้ปุ๋ยมูลไส้เดือนอัตรา 5 ตัน/เฮกตาร์ ร่วมกับการใช้ปุ๋ยไนโตรเจน 75 กก./เฮกตาร์ ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมอย่างละ 50 กก./เฮกตาร์ พบว่าช่วยเพิ่มปริมาณสารแอนโดรกราโฟไลด์ในฟ้าทะลายโจรได้ เมื่อเปรียบเทียบกับการใส่ปุ๋ยในอัตราต่ำ (Verma *et al.,* 2024) แม้การใส่มูลวัวในอัตรา 2 ตัน/ไร่ ส่งผลให้ฟ้าทะลายโจรมีการเจริญเติบโตดีที่สุด แต่กลับพบว่ามีปริมาณสารแอนโดรกราโฟไลด์ต่ำกว่าฟ้าทะลายโจร

ที่ได้รับมูลวัวอัตรา 4 และ 6 ตัน/ไร่ ทั้งนี้อาจเนื่องจากการใส่มูลวัวในอัตรา 4 และ 6 ตัน/ไร่ ส่งผลให้ดินมีค่าการนำไฟฟ้าสูง (Table 1) สภาวะดังกล่าวส่งผลให้ฟ้าทะลายโจรมีการดูดใช้น้ำและธาตุอาหารได้ลดลง เกิดสภาวะเครียด ฟ้าทะลายโจรจึงสร้างสารแอนโดรกราโฟไลด์เพิ่มขึ้น (Trakoonyingcharoen, 2022) ฟ้าทะลายโจรจะให้ปริมาณสารสำคัญสูงเมื่ออยู่ในระยะช่วงออกดอกหรืออายุประมาณ 120–135 วันหลังปลูก (Department of Agriculture, 2021) จึงมีคำแนะนำให้เก็บเกี่ยวในช่วงอายุดังกล่าว ปริมาณสารสำคัญจะค่อย ๆ ลดลงเมื่อพืชเริ่มมีการการติดฝัก และปริมาณสารสำคัญอาจลดลงถึงร้อยละ 25 หากเก็บรักษาฟ้าทะลายโจรไว้นาน (Department of Agriculture, 2021) ทั้งนี้ฟ้าทะลายโจรแห้งสำหรับใช้ผลิตยาต้องมีปริมาณสารแอนโดรกราโฟไลด์ไม่ต่ำกว่า 1% (w/w) (Department of Agriculture, 2021)

สรุปผลการวิจัย

การใส่มูลวัวในอัตรา 2 ตัน/ไร่ เพื่อเป็นแหล่งให้ธาตุอาหารพืชในการผลิตฟ้าทะลายโจรอินทรีย์ในระบบโรงเรือนทางภาคใต้ของประเทศไทย เป็นอัตราที่ส่งเสริมให้ฟ้าทะลายโจรมีการเจริญเติบโตด้านความสูง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น ตลอดจนชีวมวลสดและแห้งสูงที่สุด นอกจากนั้น ยังส่งผลให้ฟ้าทะลายโจรมีปริมาณสารแอนโดรกราโฟไลด์และการดูดใช้ธาตุอาหารได้เพิ่มขึ้น ส่งผลให้คุณค่าทางโภชนาการเพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับการไม่ใส่และใส่มูลวัวในอัตราอื่น ๆ การใส่มูลวัวไม่เพียงแต่ช่วยให้ฟ้าทะลายโจรโตดีขึ้น แต่ยังส่งผลให้ดินมีอินทรียวัตถุ และปริมาณธาตุอาหารพืชเพิ่มขึ้น ดังนั้นการใส่มูลวัวในอัตรา 2 ตัน/ไร่ จึงเป็นอัตราที่เหมาะสมสำหรับการผลิตฟ้าทะลายโจรในกระถางระบบเกษตรอินทรีย์ภายใต้สภาพโรงเรือน

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคณะทรัพยากรธรรมชาติ และคณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ ที่ได้สนับสนุนสถานที่ ตลอดจนอุปกรณ์และเครื่องมือวิทยาศาสตร์ในการทำวิจัยให้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

Baka, A., C. Poonpakdee, K. Khawmee and J. Onthong. 2021. Effects of fertilizers on growth, yield and curcuminoid content of Turmeric (*Curcuma longa* L.) cultivated in red clay loam and sandy loam soil. **Burapha Science Journal** 26(3): 1611–1626. [in Thai]

Basak, B.B., R.S. Jata, N.A. Gajbhiye, A. Sahaa and P. Manivela. 2019. Organic nutrient management through manures, microbes and biodynamic preparation improves yield and quality of Kalmegh (*Andrograghis paniculata*), and soil properties. **Journal of Plant Nutrition** 43(4): 1–15.

Brady, N.C. and R.R. Weil. 2008. **The Nature and Properties of Soils**. New Jersey: Pearson Education Press. 975 p.

Department of Agriculture. 2021. **Guide to the Production of Andrographis for Farmers**. Bangkok: Department of Agriculture, Ministry of Agriculture and Cooperatives Press. 42 p. [in Thai]

Herbal Products Division. 2025. **The list of national essential herbal medicine**. Retrieved from https://herbal.fda.moph.go.th/drug-list/category/ann-drug01

Land Development Department. 2015. **State of Soil and Land Resources of Thailand**. Bangkok: Land Development Department, Ministry of Agriculture and Cooperatives Press. 304 p. [in Thai]

National Bureau of Agricultural Commodity and Food Standards. 2018. **Organic Farming Manual**. Bangkok: National Bureau of Agricultural Commodity and Food Standards, Ministry of Agriculture and Cooperatives Press. 12 p. [in Thai]

Onthong, J. and C. Poonpakdee. 2020. **Soil and Plant Analysis Manual**. Songkhla: Faculty of Natural Resources, Prince of Songkla University. 90 p. [in Thai]

Osotsapar, Y. 2015. **Plant Nutrients**. Bangkok: Kasetsart University Press. 548 p. [in Thai]

Pongthai, T., S. Khayankan, S. Chaisong and H. Hrunheem. 2023. Study on compost rate in organic farming on seed production of hybrid sweet corn Songkhla 84-1. **Research Publication**. Retrieved from https://www.doa.go.th/seed/?page_id=2693 [in Thai]

Poonpakdee, C. 2022. **Soilless Culture**. Songkhla: Faculty of Natural Resources, Prince of Songkla University. 130 p. [in Thai]

Sanjutha, S., S. Subramanian, C.I. Rani and J. Maheswari. 2008. Integrated nutrient management in *Andrographis paniculata.* **Research Journal of Agriculture and Biological Sciences** 4(2): 141–145.

Shahid Akbar, M.D. 2011. *Andrographis paniculata*: a review of pharmacological activities and clinical effects. **Alternative Medicine Review** 16(1): 66–77.

Sivojiene, D., A. Kacergius, E. Baksiene, A. Maseviciene and L. Zickiene. 2021. The Influence of organic fertilizers on the abundance of soil microorganism communities, agrochemical indicators, and yield in east Lithuanian light soils. **Plants** 10(1): 1–14.

Sooksawate, T., R. Chantraket and P. Kwankhao. 2022. Club Journal. **Journal of Thai Traditional & Alternative Medicine** 18(1): 222–227. [in Thai]

Tanawirote, P., T. Sumachit, P. Lahuna, R. Sennoi, R. Ruttanaprasert and R. Puttha. 2024. Effect of sowing media from residual biomass of sugarcane and rice on growth and Andrographolide content of Fa Thalai Chon (*Andrographis paniculate* (Burm. F) Nees) sprouts. **Journal of Agricultural Research and Extension** 41(2): 14–25. [in Thai]

Thai Pharmacopoeia Committee. 2021. **Thai Herbal Pharma-copoeia 2021**. Nonthaburi: Department of Medical Sciences. 140 p. [in Thai]

Trakoonyingcharoen, P. 2022. Effects of nitrogen content on yield and phytochemical concentration of *Andrographis paniculate* planting in sandy soils. **Maejo Journal of Agricultural Production** 5(2): 30–38. [in Thai]

Verma, H., M.S. Negi, B.S. Mahapatrac, A. Shukla, J. Pauld and M.K. Bhatt. 2024. Growth, yield, andrographolide content and total antioxidant activity of Kalmegh [*Andrographis paniculata* (Burm. f.) Wall. ex Nees] under variable nitrogen rates and organic manures application in Indo-Gangetic plains of India. **Journal of Plant Nutrition** 47(20): 4048–4060.