

ผลของวัสดุเพาะจากเศษเหลือชีวมวลจากอ้อยและข้าวต่อการเจริญเติบโต

และปริมาณสารแอนโดรกราโฟไลด์ในต้นอ่อนฟ้าทะลายโจร

(*Andrographis paniculata* (Burm. F) Nees)

Effect of Sowing Media from Residual Biomass of Sugarcane and Rice

on Growth and Andrographolide Content of Fa Thalai Chon

(*Andrographis paniculata* (Burm. F) Nees) Sprouts

เพ็ญภา ธานะวิโรจน์¹ ธันยธรณ์ สุมาจิตร¹ พร้อมพงษ์ ลาหุณะ¹ รัตติกาล เสนน้อย²

รัตนจิรา รัตนประเสริฐ³ และรัชณี พุทธา^{1*}

Pennapa Tanawirote¹, Tunyatorn Sumachit¹, Prompong Lahuna¹, Rattikarn Sennoi²

Ruttanachira Ruttanaprasert³ and Ratchanee Puttha^{1*}

¹สาขาวิชาพืชไร่ คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290

²สาขาเทคโนโลยีการผลิตพืช คณะเกษตรศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก ชลบุรี 20110

³สาขาพืชศาสตร์ สิ่งทอ และการออกแบบ คณะเกษตรศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน สุรินทร์ 32000

¹Program in Agronomy, Faculty of Agricultural Production, Maejo University, Chiang Mai, Thailand 50290

²Department of Plant Production Technology, Faculty of Agriculture and Natural Resources
Rajamangala University of Technology Tawan-ok, Chonburi, Thailand 20110

³Department of Plant Science, Textile and Design, Faculty of Agriculture and Technology
Rajamangala University of Technology Isan, Surin, Thailand 32000

*Corresponding author: ratchanee_pt@mju.ac.th

Abstract

Received: September 20, 2023

Revised: March 09, 2024

Accepted: April 10, 2024

Thailand has a huge amount of residue biomass from sugar cane and rice. Finding the utilization is important. For example, they can be used as a part of planting material for Fa Thalai Chon sprouts to obtain better growth and higher andrographolide content within the shorter production period than normal planting method. The objective of this research was to investigate the effect of sowing media from residual biomass of sugarcane and rice on growth and andrographolide content of Fa Thalai Chon sprouts. The experiment was laid out in a completely randomized design (CRD) with four replications. Three formulas of sowing media were; 1) peat moss, 2) peat moss : residue biomass (50:50) and 3) peat moss : residue biomass (75:25). Residue biomass was a composite material made from sugarcane leaf : rice straw : rice bran: water (1:5:3:1). The results showed that Fa Thalai Chon sprout planted in peat moss : residue biomass (50:50) showed the highest stem length (7.25 cm), and andrographolide content (3.180 mg/g sample) followed by Fa Thalai Chon sprout planted in peat moss : residue biomass (75:25),

which had the stem length of 6.20 cm, and andrographolide content of 2.733 mg/g sample. Plant seedlings in peat moss had the highest stem and root fresh weight at 29.98 and 17.28 mg, respectively. This study concluded that residue biomass from sugar cane and rice promoted growth, and andrographolide content in Fa Thalai Chon sprouts. Peat moss mixed with residue biomass ratio 50:50 was the suitable growing media for better growth and higher andrographolide content of Fa Thalai Chon sprouts.

Keywords: agricultural biomass residue, growing media, kalmegh, diterpene lactone

บทคัดย่อ

ประเทศไทยมีเศษเหลือชีวมวลจากอ้อยและข้าวจำนวนมากมหาศาล การหาวิธีการใช้ประโยชน์จึงมีความสำคัญ เช่น การนำมาเป็นวัสดุเพาะต้นอ่อนฟ้าทะลายโจร เพื่อให้ได้ปริมาณสารแอนโดรกราโฟไลด์สูง และใช้เวลาการผลิตสั้นกว่าการปลูกปกติ งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาวัสดุเพาะจากเศษเหลือชีวมวลจากอ้อยและข้าวต่อการเจริญเติบโต และปริมาณสารแอนโดรกราโฟไลด์ในต้นอ่อนฟ้าทะลายโจร วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) จำนวน 4 ซ้ำ วัสดุเพาะ 3 สูตร ได้แก่ 1) พีทมอส 2) พีทมอส : วัสดุเพาะจากเศษเหลือชีวมวล (50:50) และ 3) พีทมอส: วัสดุเพาะจากเศษเหลือชีวมวล (75:25) โดยวัสดุเพาะจากเศษเหลือชีวมวล คือ วัสดุเพาะผสมจากใบอ้อย: ฟางข้าว: รำข้าว: น้ำ (1:5:3:1) พบว่าต้นอ่อนฟ้าทะลายโจรที่เพาะในวัสดุเพาะพีทมอสผสมวัสดุเพาะจากเศษเหลือชีวมวล (50:50) มีความยาวลำต้น (7.25 ซม.) และปริมาณสารแอนโดรกราโฟไลด์ (3.180 มก./กรัมตัวอย่าง) สูงที่สุด รองลงมาคือ ต้นอ่อนฟ้าทะลายโจรที่เพาะในวัสดุเพาะผสมพีทมอส : วัสดุเพาะจากเศษเหลือชีวมวล (25:75) มีความยาวลำต้น 6.20 ซม. และปริมาณสารแอนโดรกราโฟไลด์ 2.733 มก./กรัมตัวอย่าง และต้นอ่อนฟ้าทะลายโจรที่เพาะในพีทมอส ทำให้น้ำหนักสดต้นและรากมากที่สุด มีค่า 29.98 และ 17.28 มก./ต้น ตามลำดับ จากการทดลองนี้สรุปได้ว่าการใช้เศษเหลือชีวมวลจากอ้อยและข้าวช่วยส่งเสริมการ

เจริญเติบโต และปริมาณสารแอนโดรกราโฟไลด์ในต้นอ่อนฟ้าทะลายโจร และวัสดุเพาะจากพีทมอสผสมวัสดุเพาะจากเศษเหลือชีวมวล อัตราส่วน 50:50 โดยปริมาตร มีศักยภาพในการเพาะต้นอ่อนฟ้าทะลายโจรให้มีปริมาณแอนโดรกราโฟไลด์สูงได้

คำสำคัญ: ชีวมวลเหลือทิ้งทางการเกษตร วัสดุปลูก ฟ้าทะลายโจร ไตเทอร์ปีนแลคโตน

คำนำ

ฟ้าทะลายโจร (Fa Thalai Chon) ชื่อภาษาอังกฤษคือ King of bitter หรือ Green chiretta อินเดียเรียกว่า Kalmegh ส่วนจีนเรียกว่า Chuan-Xin-Lian และมาเลเซียเรียกว่า Hemptedu bumi ชื่อวิทยาศาสตร์คือ *Andrographis paniculata* (Burm. F) Nees (Intharuksa et al., 2022) จัดอยู่ในยาสมุนไพร ในบัญชียาหลักแห่งชาติฉบับ พ.ศ. 2561 และจากการศึกษาผู้มารับบริการในร้านขายยาแผนปัจจุบัน จังหวัดอุดรธานี 630 คน พบว่าฟ้าทะลายโจรมีความต้องการจากผู้มารับบริการมากที่สุดอันดับแรก (125 รายการ หรือร้อยละ 19.8) (Soongkhang et al., 2023) ฟ้าทะลายโจรเป็นพืชสมุนไพรพื้นบ้านของไทยที่นำมาใช้ในการรักษาโรคมาอย่างยาวนาน และมีความต้องการเพื่อช่วยในการป้องกันและรักษามากขึ้นในช่วงการระบาดของโรคโควิด-19 (COVID-19) เนื่องจากต้นฟ้าทะลายโจรมีสารสำคัญในกลุ่ม

ไดเทอร์ปีนแลคโตน (Diterpene lactone) ประกอบด้วย แอนโดรกราโฟไลด์ (Andrographolide) นีโอแอนโดรกราโฟไลด์ (Neo-Andrographolide) 14-ดีออกซีแอนโดรกราโฟไลด์ (14-deoxy-andrographolide) และ 14-ดีออกซีไดดีไฮโดรแอนโดรกราโฟไลด์ (14-deoxy-11,12-didehydroandrographolide) (Adiguna *et al.*, 2023) มีฤทธิ์ในการยับยั้งการเพิ่มจำนวนของไวรัส (ไม่ใช่ฆ่าเชื้อไวรัส) ลดการอักเสบ ซึ่งมีผลในการลดอาการไข้ ลดอาการหวัด บรรเทาอาการไอ และเจ็บคอ และเพิ่มสารคุ้มกันบางชนิดในร่างกาย ทำให้สามารถใช้รักษาผู้ป่วยโควิดที่ไม่มีอาการหรือมีอาการน้อยในระยะเริ่มต้นได้

นอกจากนี้ฟ้าทะลายโจรยังมีข้อดีในการรักษาโรคโควิด-19 ในกรณีที่เชื้อโควิด-19 กลายพันธุ์หรือเปลี่ยนสายพันธุ์ไปเรื่อย ๆ เนื่องจากมีฤทธิ์การรักษารักษาติดเชื้อไวรัสแบบวงกว้าง ไม่ได้เจาะจงเฉพาะตัวใดตัวหนึ่ง (Bureau of Information Office of The Permanent Secretary of MOPH, 2022) และที่สำคัญการใช้ฟ้าทะลายโจรยังช่วย ลดค่าใช้จ่ายในการรักษาโรคโควิด-19 ได้ มีการวิจัยในผู้ป่วยโควิด-19 ที่มีอาการรุนแรงน้อย ที่ได้รับยาฟ้าทะลายโจร ในขนาดที่มีแอนโดรกราโฟไลด์ 180 มิลลิกรัมต่อวัน จำนวน 309 คน พบว่ามีการเปลี่ยนของอาการที่รุนแรงขึ้นเพียง 3 ราย หรือคิดเป็น 0.97 เปอร์เซ็นต์ แต่ผู้ป่วยโควิด-19 ที่ไม่ได้รับยาฟ้าทะลายโจร จำนวน 529 คน พบว่าการเปลี่ยนของอาการที่รุนแรงขึ้น (ภาวะปอดอักเสบหรือใส่ท่อช่วยหายใจ) 77 ราย หรือคิดเป็น 14.64 เปอร์เซ็นต์ และมีการเปรียบเทียบมูลค่าในการรักษาต่อคน ระหว่างการใช้ยาฟ้าทะลายโจร 180 บาท และยาฟาวิพิราเวียร์ (Favipiravir) 4,800 บาท (Benjaponpithak *et al.*, 2021)

การผลิตฟ้าทะลายโจรในแปลงต้องมีการปลูกดูแลรักษา การจัดการศัตรูพืช การให้น้ำ แรงงานในการเก็บเกี่ยว ทำให้มีต้นทุนสูงในการผลิต และต้องคำนึงถึงปริมาณของสารแอนโดรกราโฟไลด์ที่แปรปรวนตามส่วนของต้น และระยะการเจริญเติบโต เช่น ต้นแก่ (ขณะออกดอก) ในส่วนใบ และส่วนเหนือดินจะมีปริมาณสารแอนโดร

กราโฟไลด์มากกว่าต้นอ่อน (ก่อนออกดอก) (Bunsong *et al.*, 2023) ดังนั้นหากสามารถผลิตต้นอ่อนฟ้าทะลายโจรได้ จะช่วยลดต้นทุนการผลิตและระยะเวลาในการผลิตลง นอกจากนี้ยังสามารถควบคุมปริมาณสารแอนโดรกราโฟไลด์ได้ ปัจจัยหนึ่งที่สำคัญในการเพาะต้นอ่อนให้มีการเจริญเติบโตดี ให้ผลผลิตสูง และคุณภาพดี คือ วัสดุเพาะที่ดี ซึ่งมีลักษณะในการช่วยยึดเหนี่ยวหรือค้ำยันต้นกล้าให้ตั้งตัวได้ดี เป็นแหล่งกักเก็บสารอาหารและน้ำ มีความโปร่ง ช่วยให้ออกซิเจนแพร่กระจายไปยังราก และสามารถแลกเปลี่ยนก๊าซระหว่างรากและบรรยากาศภายนอกพื้นผิวของรากได้ดี ปราศจากโรค น้ำหนักเบา เพื่อช่วยในการเคลื่อนย้าย ราคาถูก และมีธาตุอาหารที่เพียงพอและเหมาะสมต่อต้นกล้า (Buragohain *et al.*, 2022) ผู้วิจัยจึงมีความสนใจพัฒนาวัสดุเพาะจากเศษชีวมวลเหลือทิ้งทางการเกษตร ซึ่งมีข้อดี คือ มีปริมาณมาก ราคาถูก และมีธาตุอาหารที่เพียงพอต่อการเจริญเติบโตของต้นกล้าหรือต้นอ่อน และช่วยเพิ่มสารพฤษเคมีที่สำคัญ โดยพบว่ามีการศึกษาเกี่ยวกับผลของวัสดุเพาะต่อการเจริญเติบโต และปริมาณสารแอนโดรกราโฟไลด์ของฟ้าทะลายโจรเฉพาะในระยะเก็บเกี่ยว (Isa *et al.*, 2021; Suhaini *et al.*, 2020)

ใบอ้อย และฟางข้าวเป็นชีวมวลเหลือทิ้งทางการเกษตรที่เกิดขึ้นหลังการเก็บเกี่ยวผลผลิตซึ่งมีจำนวนมาก และเกษตรกรมักกำจัดด้วยการเผา ก่อให้เกิดปัญหาฝุ่น PM 2.5 ดังนั้นการนำใบอ้อยและฟางข้าวมาใช้ประโยชน์ และลดปัญหาการเผาในแปลงอ้อยและข้าว จึงมีความสำคัญ มีรายงานองค์ประกอบด้านธาตุอาหารหลักของเศษชีวมวลเหลือทิ้งจากอ้อยมีไนโตรเจน 1.5 เปอร์เซ็นต์ ฟอสฟอรัส 0.23 เปอร์เซ็นต์ และโพแทสเซียม 0.55 เปอร์เซ็นต์ (Liu *et al.*, 2023) และข้าวมีไนโตรเจน 0.7 เปอร์เซ็นต์ ฟอสฟอรัส 0.23 เปอร์เซ็นต์ และโพแทสเซียม 1.75 เปอร์เซ็นต์ (Goswami *et al.*, 2019) พบมีธาตุอาหารที่มากกว่าพีทมอสซึ่งเป็นวัสดุเพาะทางการค้า ซึ่งมีไนโตรเจน 0.12 เปอร์เซ็นต์ ฟอสฟอรัส 0.07 เปอร์เซ็นต์ และโพแทสเซียม 0.32 เปอร์เซ็นต์ (จากการ

วิเคราะห์ในการทดลองนี้) นอกจากนี้การเจริญเติบโตของต้นอ่อนใช้ระยะเวลาไม่นาน จึงไม่ต้องการใช้ปริมาณธาตุอาหารที่สูงมาก จึงเหมาะต่อการใช้เป็นวัสดุเพาะต้นอ่อนได้ อย่างไรก็ตามการศึกษาวัสดุเพาะจากเศษชีวมวลทางการเกษตรที่ส่งผลต่อการเจริญเติบโตและปริมาณสารแอนโดรกราโฟไลด์ของฟ้าทะลายโจรในระยะต้นอ่อนยังไม่พบการรายงานมาก่อน ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาวัสดุเพาะจากเศษเหลือชีวมวลจากอ้อยและข้าวต่อการเติบโต และปริมาณสารแอนโดรกราโฟไลด์ในต้นอ่อนฟ้าทะลายโจร ข้อมูลที่ได้รับจากการศึกษาครั้งนี้จะเป็นทางเลือกหนึ่งที่เป็นประโยชน์ในการพัฒนาการผลิตฟ้าทะลายโจรเพื่อความมั่นคงทางยาสมุนไพรของชาติต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมวัสดุเพาะ

เตรียมวัสดุเพาะเศษเหลือชีวมวล นำไปอ้อยและฟางข้าวบดให้ละเอียดด้วยเครื่องปั่นย่อยใบไม้ จากนั้นนำไปอ้อยบด ฟางข้าวบด รำข้าว และน้ำ ตวงด้วยบีกเกอร์ และผสมตามอัตราส่วน 1:5:3:1 โดยปริมาตร และคนให้เข้ากัน จากนั้นนำพีทมอส ยีห่อคลาสแมน แบบ Pot Ground H ผสมกับเศษเหลือชีวมวล และผสมวัสดุเพาะตามสูตร 1) พีทมอส (ตัวแปรควบคุม เนื่องจากเป็นวัสดุเพาะที่นิยมใช้เพาะกล้าต้นอ่อน) 2) พีทมอส : วัสดุเพาะเศษเหลือชีวมวล (50:50) และ 3) พีทมอส : วัสดุเพาะเศษเหลือชีวมวล (25:75) ทำการศึกษาในตะกร้าเพาะภายใต้สภาพโรงเรือน คณะผลิตกรรมการเกษตรมหาวิทยาลัยแม่โจ้ วางแผนการทดลองแบบ CRD จำนวน 4 ซ้ำ แบ่งวัสดุเพาะทั้ง 3 สูตร เป็น 2 ส่วน เพื่อใช้ในการเพาะ และเพื่อใช้วิเคราะห์สมบัติทางเคมี ได้แก่ 1) ความเป็นกรดด่าง (pH) ด้วย pH meter อัตราส่วนวัสดุเพาะ : น้ำ 1:5 2) ค่าการนำไฟฟ้า (EC) สกัดด้วยน้ำอัตรา 1:5 วัดค่าด้วยเครื่อง EC metter 3) อินทรีย์วัตถุ (OM) ใช้วิธี Walkley and Black 4) C/N ratio 5) ปริมาณไนโตรเจน

ด้วยวิธีการกลั่น (Kjeldahl method) 6) ปริมาณฟอสฟอรัส วิเคราะห์ด้วย Yellow method และ 7) ปริมาณโพแทสเซียม โดยย่อยตัวอย่างด้วย Yellow method และวัดด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS)

การบ่มเมล็ด การเพาะ และการดูแลปฏิบัติ

ซังเมล็ดฟ้าทะลายโจรน้ำหนัก 1 กรัมต่อทรีตเมนต์ต่อซ้ำ จากนั้นแช่เมล็ดฟ้าทะลายโจรในน้ำที่อุณหภูมิ 50°C. (น้ำเดือด 1 ส่วน และน้ำอุณหภูมิปกติ 2 ส่วน) เป็นเวลา 12 ชั่วโมง จากนั้นนำเมล็ดที่ผ่านการแช่แล้ว ห่อด้วยผ้าขนหนู นำไปบ่มในภาชนะที่มีฝาปิดเป็นเวลา 12 ชั่วโมง สังเกตว่ามีส่วนของรากโผล่ออกมาเล็กน้อยจากเมล็ด ให้นำเมล็ดงอกย้ายลงตะกร้าพลาสติกแบบโปร่ง ขนาด 9x17x6 (กว้างxยาวxสูง) ซม. โดยโรยบนวัสดุเพาะที่เตรียมไว้ 500 มล./ตะกร้า ใช้ไม้จิ้มฟันเล็กน้อย และกลบด้วยวัสดุเพาะด้านบนอีกครั้ง ให้น้ำปริมาณ 500 หรือ 1,000 มล. เท่ากันตลอดการทดลอง ขึ้นอยู่กับความแห้งของวัสดุเพาะ จากนั้นนำไปวางไว้ในโรงเรือนที่มีตาข่ายพรางแสงคลุมป้องกันแสงในช่วงกลางวัน

การบันทึกข้อมูลการเติบโต

บันทึกข้อมูลการเติบโตของต้นอ่อนฟ้าทะลายโจรเมื่ออายุ 21 วันหลังเพาะเมล็ด ดังนี้ 1) จำนวนต้นอ่อนโดยการนับจำนวนต้นอ่อนฟ้าทะลายโจรที่งอกทั้งหมดในตะกร้าเพาะ จากนั้นนำตะกร้าเพาะที่มีต้นอ่อนไปล้างวัสดุเพาะออกจนสะอาด และทำสุ่มตัวอย่างต้นอ่อนฟ้าทะลายโจรจำนวน 10 ต้น/ซ้ำ เพื่อนำมาบันทึกข้อมูล 2) ความยาวลำต้น วัดจากโคนต้นถึงใต้ใบเลี้ยง หน่วยวัดเป็นเซนติเมตร และ 3) ความยาวราก วัดจากโคนต้นจนถึงปลายราก หน่วยวัดเป็นเซนติเมตร และนำมาหาค่าเฉลี่ย จากนั้นตัดแยกต้นและรากของต้นอ่อนทั้งหมด เพื่อนำมาบันทึกข้อมูล 4) น้ำหนักสดต้น และ 5) น้ำหนักสดราก โดยนำไปชั่งน้ำหนักสดด้วยเครื่องชั่งดิจิตอล ทศนิยม 2 ตำแหน่ง มีหน่วยเป็นมิลลิกรัม จากนั้นนำต้นสด

ไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 60°C. และนำรากสดไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 50°C. เป็นเวลา 48 ชั่วโมง หรือจนกว่าน้ำหนักแห้งคงที่ เพื่อนำมาบดหยาบ 6) น้ำหนักแห้งต้น และ 7) น้ำหนักแห้งราก โดยนำมาชั่งน้ำหนักแห้งด้วยเครื่องชั่งดิจิทัล ทศนิยม 2 ตำแหน่ง มีหน่วยเป็นมิลลิกรัม ข้อมูลน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของต้นและราก นำมาคำนวณให้เป็นน้ำหนักต่อต้น โดยคำนวณจากสูตรน้ำหนักสดหรือน้ำหนักแห้งของต้นหรือราก/จำนวนต้นอ่อน

การสกัด การวิเคราะห์และการคำนวณปริมาณสารแอนโดรกราโฟไลด์

นำต้นอ่อนฟ้าทะลายโจรที่อบแห้งแล้วมาบดให้ได้ตัวอย่างบดแห้งจำนวน 10 กรัม เพื่อนำไปสกัดและวิเคราะห์หาปริมาณสารแอนโดรกราโฟไลด์ ด้วยวิธี High Performance Liquid Chromatography (HPLC) ดัดแปลงวิธีการของ Champati *et al.* (2022) ขั้นตอนการสกัดตัวอย่าง ดังนี้ 1) ชั่งน้ำหนักตัวอย่าง 1 กรัม เติม Acetonitrile 10 มล. (1:10, w/v) ผสมให้เข้ากันด้วยเครื่อง Vortex เป็นเวลา 2 นาที นำไป Sonicate 20 นาที อุณหภูมิ 50°C. 2) นำไปปั่นเหวี่ยง (Centrifuge) ที่ความเร็วรอบ 2,000 xg เป็นเวลา 5 นาที ที่อุณหภูมิ 4°C และนำสารสกัดชั้นบน (Supernatant) แยกออกมา และ

3) นำสารสกัดไปกรองผ่านตัวกรองชนิดไนลอน (Nylon membrane) ขนาดรู 0.45 μm ใส่ในขวดใส่ตัวอย่าง ขั้นตอนการวิเคราะห์แอนโดรกราโฟไลด์ด้วยเครื่อง HPLC ยี่ห้อ Shimadzu (Shimadzu, Kyoto, Japan) รุ่น 20 ทำการวิเคราะห์ในระบบ Gradient eluent ด้วยคอลัมน์ชนิด C-18 (InertSustain® C-18 (4.6×250 mm, 5 μm) ต่อเข้ากับการดคอลัมน์ (InertSustain® C-18; 4.6×10 mm, 5 μm) โมบายเฟสมี 2 ชนิด คือ โมบายเฟส A ประกอบไปด้วยกรดฟอสฟอริกในน้ำ DI pH 2.5 และชนิด B คือ Acetonitrile ซึ่งอัตราการใช้ของโมบายเฟสคงที่ 1 มิลลิเมตร/นาที่ การไล่ระดับ โมบายเฟส B เริ่มต้น 0-20 นาที/20 เปอร์เซ็นต์ (v/v) ตามมาด้วย 20-30 นาที/20-50 เปอร์เซ็นต์ (v/v) นาทีที่ 30-60/50-20 เปอร์เซ็นต์ (v/v) อุณหภูมิคอลัมน์ 40°C. ปริมาณที่ฉีด 20 ไมโครลิตร ทำการตรวจวัดด้วยดีเทคเตอร์ชนิดไดโอดแอเรย์ (Photodiode array detector) ความยาวคลื่น 223 นาโนเมตร จากนั้นวิเคราะห์ชนิดของแอนโดรกราโฟไลด์ โดยเปรียบเทียบกับ Retention time ของแอนโดรกราโฟไลด์มาตรฐาน (Figure 1) และคำนวณหาปริมาณแอนโดรกราโฟไลด์จากกราฟมาตรฐานของแอนโดรกราโฟไลด์ ผลที่ได้แสดงในหน่วยมิลลิกรัมต่อกรัมตัวอย่าง (mg/g sample)

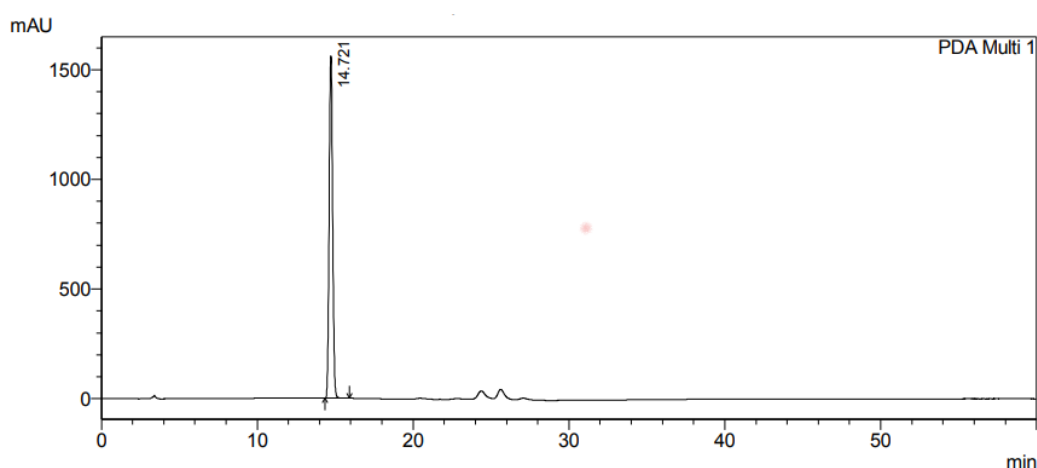


Figure 1 Chromatogram of the reference standard of andrographolide observed using HPLC

การวิเคราะห์ทางสถิติ

นำข้อมูลลักษณะการเติบโต และปริมาณสารแอนโดรกราโฟไลด์ของต้นอ่อนฟ้าทะลายโจร วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติตามแผนการทดลองแบบ CRD และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Least Significant Different (LSD) ด้วยโปรแกรม Statistix 10 (Statistix 10 Analytical Software, 1985)

ผลการวิจัย

สมบัติทางเคมีของวัสดุเพาะ

พีทมอส มีความเป็นกรดปานกลาง ค่าพีเอช (pH) 5.65 ค่าการนำไฟฟ้า (EC) 2.14 dS/m ปริมาณอินทรีย์วัตถุ (OM) 70.89 เปอร์เซ็นต์ ค่าคาร์บอนต่อไนโตรเจน 39.24 ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด 0.12

เปอร์เซ็นต์ ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด 0.07 เปอร์เซ็นต์ และปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมด 0.318 เปอร์เซ็นต์ พีทมอส : วัสดุเพาะเศษเหลือชีวมวล (50:50) พบว่ามีค่าความเป็นกรดสูง พีเอช (pH) 5.35 ค่าการนำไฟฟ้า (EC) เท่ากับ 3.31 dS/m ปริมาณอินทรีย์วัตถุ (OM) 70.99 เปอร์เซ็นต์ ค่าคาร์บอนต่อไนโตรเจน 31.87 ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด 1.51 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด 0.18 เปอร์เซ็นต์ และปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมด 0.66 เปอร์เซ็นต์ และพีทมอส : วัสดุเพาะเศษเหลือชีวมวล (25:5) พบว่ามีค่าความเป็นกรดปานกลาง พีเอช (pH) 5.66 ค่าการนำไฟฟ้า (EC) 3.17 dS/m ปริมาณอินทรีย์วัตถุ (OM) 91.83 เปอร์เซ็นต์ ค่าคาร์บอนต่อไนโตรเจน 24.10 ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด 1.97 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด เท่ากับ 0.23 เปอร์เซ็นต์ และปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมด 0.84 เปอร์เซ็นต์ (Table 1)

Table 1 Chemical characteristics of the three sowing media in the experiment

Sowing media	pH (1:5 H ₂ O)	EC (1:5 H ₂ O) (dS/m)	Organic matter, OM (%)	C/N ratio	Total N (%)	Total P (%)	Total K (%)
Peat moss	5.65	2.14	70.89	39.24	0.12	0.07	0.32
Peat moss : residue biomass (50:50)	5.35	3.31	70.99	31.87	1.51	0.18	0.66
Peat moss : residue biomass (25:75)	5.66	3.17	91.83	24.10	1.97	0.23	0.84

จำนวนต้นอ่อน ความยาวต้น และความยาวราก

วัสดุเพาะที่แตกต่างกันไม่ทำให้จำนวนและความยาวรากของต้นอ่อนฟ้าทะลายโจรแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยพบว่าการเพาะเมล็ดฟ้าทะลายโจรในพีทมอส พีทมอสผสมวัสดุเพาะเศษเหลือชีวมวล อัตราส่วน 50:50 และอัตราส่วน 25:75 ทำให้มีจำนวนต้นอ่อน 247, 283 และ 275 ต้น และมีความยาวราก 2.57, 2.91 และ 2.81 ซม. ตามลำดับ แต่อย่างไร

ก็ตามวัสดุเพาะที่แตกต่างกันส่งผลต่อความยาวต้นของต้นอ่อนฟ้าทะลายโจรที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.01$) (Table 2) ซึ่งต้นอ่อนฟ้าทะลายโจรที่เพาะในพีทมอสผสมวัสดุเพาะเศษเหลือชีวมวล อัตราส่วน 50:50 มีความยาวต้นมากที่สุด 7.25 ซม. รองลงมาคือต้นอ่อนฟ้าทะลายโจรที่เพาะในพีทมอส และพีทมอสผสมวัสดุเพาะเศษเหลือชีวมวล อัตราส่วน 25:75 มีความยาวต้น 6.37 และ 6.20 ซม. ตามลำดับ (Table 2)

Table 2 Number of spouts, shoot length, and root length of Fa Thalai Chon sprouts planted in three sowing media

Sowing media	Number of spouts /planting unit (plant)	Shoot length (cm)	Root length (cm)
Peat moss	247±18.08 ^{1/}	6.37±0.20 ^b	2.57±0.12
Peat moss : residue biomass (50:50)	283±5.19	7.25±0.25 ^a	2.91±0.08
Peat moss : residue biomass (25:75)	275±2.72	6.20±0.10 ^b	2.81±0.07
F-test	ns	**	ns
C.V. (%)	8.18	5.86	6.57

^{1/}Data are presented as mean±SE (n=4), Values with different letters within the same column are significantly different at $P<0.05$ probability level by LSD. ^{ns}, ** not significant and significant at $P<0.01$ probability level

น้ำหนักสดต้น น้ำหนักแห้งต้น น้ำหนักสดราก และน้ำหนักแห้งราก

วัสดุเพาะที่แตกต่างกันไม่ทำให้น้ำหนักแห้งต้นและรากของต้นอ่อนฟ้าทะลายโจรแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) แต่ทำให้น้ำหนักสดต้นและรากของต้นอ่อนฟ้าทะลายโจรแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) (Table 3) ต้นอ่อนฟ้าทะลายโจรที่เพาะในพีทมอสมีน้ำหนักสดต้น น้ำหนักแห้งต้น น้ำหนักสดราก

และน้ำหนักแห้งรากมากที่สุด 29.98, 2.63, 17.28 และ 0.75 มก. ตามลำดับ ส่วนต้นอ่อนฟ้าทะลายโจรที่เพาะในพีทมอสผสมวัสดุเพาะเศษเหลือชีวมวล อัตราส่วน 25:75 และพีทมอสผสมวัสดุเพาะเศษเหลือชีวมวล อัตราส่วน 50:50 จัดอยู่ในกลุ่มเดียวกันรองจากพีทมอส โดยมีน้ำหนักสดต้น น้ำหนักแห้งต้น น้ำหนักสดราก และน้ำหนักแห้งราก 23.58, 2.30, 7.25 และ 0.58 มก. และ 17.58, 2.01, 6.53 และ 0.59 มก. ตามลำดับ (Table 3)

Table 3 Stem fresh weight, stem dry weight root fresh weight, and root dry weight of Fa Thalai Chon sprouts planted in three sowing media

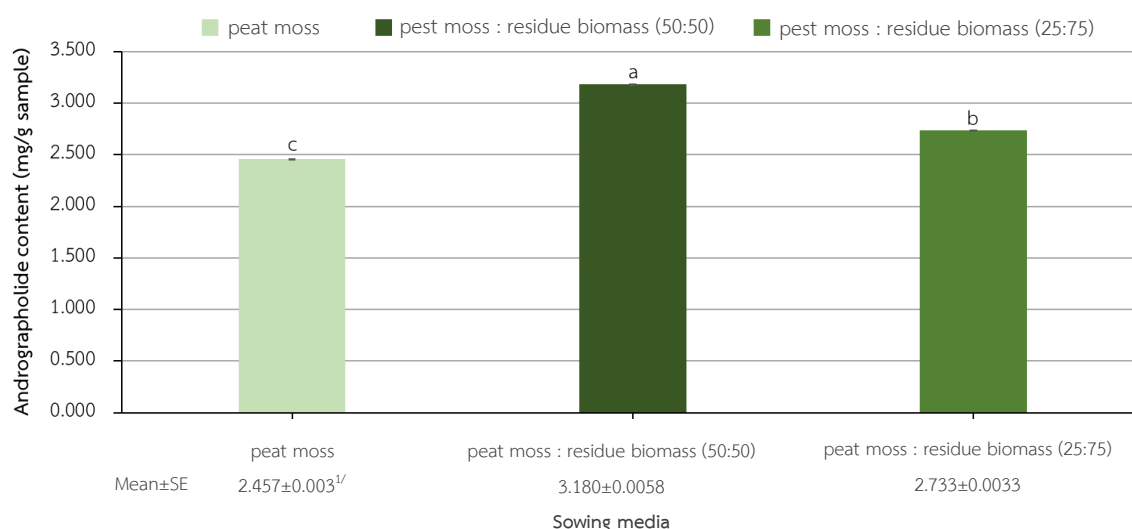
Sowing media	Stem fresh weight (mg/plant)	Stem dry weight (mg/plant)	Root fresh weight (mg/plant)	Root dry weight (mg/plant)
Peat moss	29.98±4.43 ^a	2.63±0.32	17.28±2.42 ^a	0.75±0.07
Peat moss : residue biomass (50:50)	17.58±0.82 ^b	2.01±0.15	6.53±0.31 ^b	0.59±0.05
Peat moss : residue biomass (25:75)	23.58±2.66 ^{ab}	2.30±0.29	7.25±0.89 ^b	0.58±0.07
F-test	*	ns	**	ns
C.V. (%)	25.47	22.8	28.96	19.95

^{1/}Data are presented as mean±SE (n=4). Values with different letters within the same column are significantly different at $P<0.05$ probability level by LSD. ns, *, ** not significant and significant at $P<0.05$ and $P<0.01$ probability level

ปริมาณแอนโดรกราโฟไลด์

วัสดุเพาะที่แตกต่างกันส่งผลต่อปริมาณแอนโดรกราโฟไลด์ของต้นอ่อนฟ้าทะลายโจรแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.01$) (Figure 2) ต้นอ่อนฟ้าทะลายโจรที่เพาะในพีทมอสผสมวัสดุเพาะเศษเหลือชีวมวล อัตราส่วน 50:50 มีปริมาณแอนโดรกราโฟไลด์

มากที่สุด 3.180 มก./กรัมตัวอย่าง รองลงมาคือ ต้นอ่อนฟ้าทะลายโจรที่เพาะในพีทมอสผสมวัสดุเพาะเศษเหลือชีวมวล อัตราส่วน 25:75 มีปริมาณแอนโดรกราโฟไลด์ 2.733 มก./กรัมตัวอย่าง และต้นอ่อนฟ้าทะลายโจรที่เพาะในพีทมอส มีปริมาณแอนโดรกราโฟไลด์ 2.457 มก./กรัมตัวอย่าง (Figure 2)

**Figure 2** Andrographolide content of Fa Thalai Chon sprouts planted in three sowing media

^{1/}Data are presented as mean±SE (n=3). Values with different letters are significantly different at $P<0.05$ probability level by LSD.

วิจารณ์ผลการวิจัย

วัสดุเพาะแต่ละชนิดมีคุณสมบัติทางเคมีและธาตุอาหารที่แตกต่างกัน และส่งผลต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต และปริมาณสารแอนโดรกราโฟไลด์ของฟ้าทะลายโจรที่แตกต่างกัน ตามคำแนะนำของกรมวิชาการเกษตร ดินปลูกฟ้าทะลายโจรควรมีค่าพีเอช (pH) ระหว่าง 5.5-6.5 และมีอินทรีย์วัตถุมากกว่า 3.5 เปอร์เซ็นต์ (Department of Agriculture, 2021) จากข้อมูลของการทดลองนี้พบว่า วัสดุปลูกทั้ง 3 สูตร มีค่าพีเอชที่ใกล้เคียงกัน (5.35-5.66) และอยู่ในช่วงที่สามารถปลูกฟ้าทะลายโจรได้ และมีปริมาณอินทรีย์วัตถุมากเพียงพอ ส่วนค่าการนำไฟฟ้า (EC) ของวัสดุเพาะสูตรที่ 2 มีค่ามากกว่าพีทมอส (3.17-3.31 dS/m) แต่อย่างไรก็ตามมีรายงานว่าฟ้าทะลายโจรสามารถเจริญเติบโตได้ในสารละลายที่มีค่าการนำไฟฟ้า จนถึง 12 dS/m (Sasithorn *et al.*, 2019) และจากการศึกษาครั้งนี้วัสดุเพาะสูตรที่ 2 และ 3 ซึ่งมีเศษเหลือชีวมวลจากอ้อยและข้าวเป็นองค์ประกอบ ทำให้มีปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมทั้งหมดสูงกว่าพีทมอส และส่งผลดีต่อการเติบโต และปริมาณสารแอนโดรกราโฟไลด์ของต้นอ่อนฟ้าทะลายโจร สอดคล้องกับการศึกษาธาตุอาหารจากปุ๋ยที่ใส่ในการปลูกฟ้าทะลายโจร พบว่าธาตุอาหารไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโต และปริมาณสารแอนโดรกราโฟไลด์ในต้นฟ้าทะลายโจร (Sasithorn *et al.*, 2019; Sanjutha *et al.*, 2008)

นอกจากนี้ยังมีการศึกษาของ Champati *et al.* (2022) ที่กล่าวว่าอิทธิพลของสภาพแวดล้อม และธาตุอาหารในดินส่งผลต่อปริมาณสารแอนโดรกราโฟไลด์ในต้นฟ้าทะลายโจร โดยจากการสร้างโมเดลที่เกิดจากใส่ค่าปัจจัยด้านสภาพแวดล้อม และธาตุอาหารที่ส่งผลต่อปริมาณสารแอนโดรกราโฟไลด์ พบว่าปริมาณแอนโดรกราโฟไลด์สามารถเพิ่มได้โดยการจัดการธาตุอาหารหลักในดิน (ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม) โดยการเพิ่ม/ลดระดับ โดยการแทนที่ในสมการพบว่าสามารถเพิ่ม

ปริมาณสารแอนโดรกราโฟไลด์จาก 3.38 เป็น 4.90 เปอร์เซ็นต์ได้ เมื่อมีการลดปริมาณไนโตรเจน (59.94 เหลือ 34.34 กก./เฮกตาร์) แต่เพิ่มปริมาณฟอสฟอรัส (35.98 เพิ่มขึ้น 41.02 กก./เฮกตาร์) และโพแทสเซียม (409.06 เพิ่มขึ้น 600.11 กก./เฮกตาร์) โดยทั่วไปจะพบว่าไนโตรเจนมักส่งผลต่อการเจริญเติบโตของพืช แต่ในส่วนของไนโตรเจนที่ต้องการลดลงอาจเกี่ยวเนื่องกับสมมติฐานความสมดุลระหว่างคาร์บอน/สารอาหาร (Carbon/nutrient balanced hypothesis) ที่กล่าวว่า การที่ไนโตรเจนในดินมีเพิ่มขึ้นจากการผลิตแอมโมเนียมไอออนส่วนเกิน ส่งผลให้การเจริญเติบโตของพืชถูกจำกัด และอัตราการสังเคราะห์ลดลง ส่วนฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมส่งผลทั้งต่อการเจริญเติบโต ปริมาณและคุณภาพของผลผลิต และปริมาณสารแอนโดรกราโฟไลด์ และจากการศึกษาของ Dhanush *et al.* (2018) ได้กล่าวว่าโพแทสเซียมช่วยปรับสมดุลศักย์ไฟฟ้าและสร้างโมเลกุลที่ให้พลังงาน เช่น ATP และ NADPH ในคลอโรพลาสต์ ซึ่งอาจมีส่วนทำให้การผลิตแอนโดรกราโฟไลด์เพิ่มขึ้น ดังนั้นการมีอัตราส่วนระหว่างธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมที่เหมาะสมในวัสดุเพาะหรือในดิน น่าจะมีผลต่อปริมาณสารแอนโดรกราโฟไลด์ที่สูงขึ้นได้ ดังเช่นในการทดลองนี้วัสดุเพาะทั้ง 2 สูตร มีธาตุฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมสูงกว่าพีทมอสมาก แม้ว่าวัสดุเพาะสูตรที่ 3 จะมีธาตุอาหารมากกว่าสูตรที่ 2 แต่ธาตุอาหารทั้ง 3 ธาตุอาจจะไม่อยู่ในอัตราส่วนที่เหมาะสม จึงทำให้การใช้วัสดุเพาะสูตรที่ 2 หรือพีทมอสผสมวัสดุเพาะเศษเหลือชีวมวลอัตรา 50:50 โดยปริมาตร เพาะต้นอ่อนฟ้าทะลายโจรให้มีปริมาณสารแอนโดรกราโฟไลด์ที่สูงกว่า

วัสดุเพาะเป็นปัจจัยที่สำคัญต่อการเพาะต้นอ่อน ส่งผลต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต และปริมาณสารแอนโดรกราโฟไลด์ การศึกษาครั้งนี้พบว่าการใช้วัสดุเพาะที่แตกต่างกันส่งผลต่อการเจริญเติบโต และปริมาณสารแอนโดรกราโฟไลด์ของต้นอ่อนฟ้าทะลายโจร สอดคล้องกับการศึกษาวัสดุปลูกที่แตกต่างกันส่งผลต่อมวลชีวภาพของใบฟ้าทะลายโจร อายุ 115 วันหลังย้ายปลูก โดยวัสดุ

ปลูกผสมปุ๋ยหมัก ดินชั้นบน และทราย อัตราส่วน 3:2:1 ทำให้ฟ้าทะลายโจรมีมวลชีวภาพของใบสูง (Isa *et al.*, 2021) และการศึกษาผลของวัสดุเพาะ 2 ชนิด ได้แก่ 1) ขุยมะพร้าว (Coco peat) 70 เปอร์เซ็นต์ ผสมขี้เถ้าแกลบ (Rice-hull ash, RHA) 30 เปอร์เซ็นต์ และ 2) ขุยมะพร้าว 100 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับการใส่ปุ๋ยแมกนีเซียม (10, 50 และ 70 ppm Mg) ในระบบการปลูกพืชไร้ดิน โดยเก็บข้อมูลในระยะออกดอก พบว่าวัสดุเพาะและปริมาณปุ๋ยแมกนีเซียมที่แตกต่างกันส่งผลต่อลักษณะความสูง จำนวนกิ่งต่อต้น จำนวนใบต่อต้น ผลผลิตน้ำหนักแห้ง และปริมาณสารแอนโดรกราโฟไลด์ โดยพบว่าวัสดุปลูกที่เหมาะสมต่อการปลูกฟ้าทะลายโจร คือ วัสดุปลูกที่ผสม ขุยมะพร้าว (Coco peat) 70 เปอร์เซ็นต์ ผสมขี้เถ้าแกลบ (Rice-hull ash, RHA) 30 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับการใส่ปุ๋ยแมกนีเซียม 50 ppm Mg ทำให้ฟ้าทะลายโจรมีปริมาณแอนโดรกราโฟไลด์ 0.7 µg/mL (Suhaini *et al.*, 2020)

จากข้อมูลดังกล่าวจะเห็นได้ว่าการเจริญเติบโต ผลผลิต และปริมาณสารแอนโดรกราโฟไลด์ของฟ้าทะลายโจรมีความแปรปรวนได้ตามสภาพการปลูก โดยการผลิตต้นอ่อนฟ้าทะลายโจรที่มีปริมาณสารแอนโดรกราโฟไลด์สูงจะช่วยลดต้นทุนในการใช้แรงงานในการปลูกดูแล สามารถปลูกได้ในพื้นที่จำกัด ใช้ระยะเวลาในการผลิตสั้นเมื่อเปรียบเทียบกับการผลิตในแปลง ไม่ต้องใช้สารเคมีในการกำจัดโรคแมลง และสามารถควบคุมปริมาณสารแอนโดรกราโฟไลด์ เนื่องจากเก็บต้นอ่อนทั้งต้นได้ในระยะเวลาเดียวกัน

สรุปผลการวิจัย

ผลการทดลองใช้เศษเหลือชีวมวลจากอ้อยและข้าวเป็นส่วนผสมของวัสดุเพาะต้นอ่อนฟ้าทะลายโจรพบว่าควรแนะนำให้ใช้พีทมอสผสมวัสดุเพาะจากเศษเหลือชีวมวล (ใบอ้อย : ฟางข้าว : รำข้าว : น้ำ อัตราส่วน

1:5:3:1) ในอัตราส่วน 50:50 โดยปริมาตร เป็นวัสดุการเพาะต้นอ่อนฟ้าทะลายโจร ช่วยส่งเสริมปริมาณสารแอนโดรกราโฟไลด์ (3.180 มก./กรัมตัวอย่าง) ในต้นอ่อนฟ้าทะลายโจร

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนภายใต้โครงการพัฒนาและผลิตกำลังคนของประเทศเพื่อรองรับนโยบาย Thailand 4.0 มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ผู้วิจัยขอขอบคุณ คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่ให้การสนับสนุนการวิจัย สถานที่ และอุปกรณ์เครื่องมือในการศึกษาวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- Adiguna, S.P., J.A. Panggabean, R.T. Swasono, S.I. Rahmawati, F. Izzati, A. Bayu, M.Y. Putra, C. Formisano and C. Giuseppina. 2023. Evaluations of andrographolide-rich fractions of *Andrographis paniculata* with enhanced potential antioxidant, anticancer, antihypertensive, and anti-inflammatory activities. **Plants** 12: 1220. DOI: 10.3390/plants12061220
- Benjaponpithak, A., K. Visithanon, T. Sawaengtham, T. Thaneerat and K. Wanaratna. 2021. Short communication on use of andrographis herb (FA THALAI CHON) for the treatment of COVID-19 patients. **Journal of Thai Traditional and Alternative Medicine** 19(1): 229-233. [in Thai]

- Bunsoong, T., S. Chaiyodsilp, S. Chaiyodsilp, K. Sarankawin and S. Kaewklin. 2023. The study of andrographolide contents in different parts of *Andrographis paniculata* (Burm. f.) Nees at different harvesting periods from Muak Lek, Saraburi. **Journal of Thai Traditional & Alternative Medicine** 20(1): 141-149. [in Thai]
- Buragohain, N., S. Gogoi, U. Kotoky, D.B. Phookan, P.K. Barua and P. Kalita. 2022. Effect of sowing media and variety on seedling root growth and field performance of early cauliflower (*Brassica oleracea* var. botrytis). **Asian Journal of Agricultural Extension, Economics & Sociology** 40(12): 245-253.
- Bureau of Information Office of the Permanent Secretary of MOPH. 2022. ***Andrographis paniculata*: medicine security is confident it can handle Covid. Say goodbye to the old year and welcome the new year.** [Online]. Available <https://pr.moph.go.th/?url=pr/detail/2/02/183192/> (July 31, 2023). [in Thai]
- Champati, B.B., B.M. Padhiari, A. Ray, T. Halder S. Jena, A. Sahoo, B. Kar, P.K. Kamila, P.C. Panda, B. Ghosh and S. Nayak. 2022. Application of a multilayer perceptron Artificial neural network for the prediction and optimization of the andrographolide content in *Andrographis paniculata*. **Molecules** 27(9): 2765.
- Department of Agriculture. 2021. **Planting *Andrographis paniculata*.** [Online]. Available <https://www.doa.go.th/oard2/wpcontent/uploads/2021/08/ฟ้าทะลายโจร.pdf> (July 31, 2023). [in Thai]
- Dhanush, S.L., G.A.P. Mallikarjuna, A.J. Kademani, S. Anilkumar and G.C. Reddy. 2018. Effect of nutrient levels on growth, yield, quality and economics of second ratoon crop in Kalmegh (*Andrographis paniculata* Nees.). **International Journal of Pure & Applied Bioscience** 6: 721-725.
- Goswami, S.B., R. Mondal and S.K. Man. 2019. Crop residue management options in rice–rice system: a review. **Archives of Agronomy and Soil Science** 66(9): 1218-1234.
- Intharuksa, A., W. Arunotayanun, W. Yooiin and P. Sirisa-Ard. 2022. A comprehensive review of *Andrographis paniculata* (Burm. f.) Nees and its constituents as potential lead compounds for COVID-19 drug discovery 2022. **Molecules** 27(14): 4479. DOI:10.3390/molecules27144479
- Isa, M.M., K.F. Kasim, M.F.A. Muttalib and M.N. Jaafar. 2021. Effect of different growing media and media water status on leaf biomass of *Andrographis paniculate*. **IOP Conference Series: Earth and Environmental Science** 765(1): 012051. DOI:10.1088/1755-1315/765/1/012051

- Liu, Y., Y. Tan, D. Liang, C. Pei and Z. Zhang. 2023. Effects of sugarcane leaf return and fertilizer reduction on maize growth yield and soil properties in red soil. **Plants** 12(5): 1029. DOI:10.3390/plants12051029
- Sanjutha, S., S. Subramanian, C. Indu Rani and J. Maheswari. 2008. Integrated nutrient management in *Andrographis paniculate*. **Research Journal of Agriculture and Biological Sciences** 4(2): 141-145.
- Sasithorn, K., P. Pongwichian and B. Po-on. 2019. **Effect of organic fertilizer on growth and active ingredient of some species of herb in inland saline soil**. [Online]. Available <https://webapp.ldd.go.th/LDDCon65/data/09/9-4.pdf> (July 31, 2023). [in Thai]
- Soongkhang, T., T. Kanjanarach, P. Daosaodsai and S. Chanabun. 2023. Availability of herbal medicines in the National List of Essential Medicines in drugstores for modern medicines located in Udonthani. **Thai Journal of Pharmacy Practice** 15(3): 625-635. [in Thai]
- Statistix 10 Analytical Software. 1985. **Statistix 10 data analysis software for researchers**. [Online]. Available <http://statistix.com> (November 11, 2023).
- Suhaini, A.M., M.H. Hawaji, S.H. Man, N. Baharulrazi and N.A. Yunus. 2020. Characterisation of andrographolide in *Andrographis Paniculata* under different cultivation conditions. **Chemical Engineering Transactions** 78: 17-132. DOI:10.3303/CET2078022