

ผลของการปลูกเชื้อเห็ดตับเต่า (*Phlebopus portentosus*)
ต่อการเติบโตของกล้าพะยูน (*Dalbergia cochinchinensis*)

The Effect of Bolete (*Phlebopus portentosus*) Inoculation
on The Growth of Siamese Rosewood (*Dalbergia cochinchinensis*) Seedlings

อัญชิสา วสุสุนทร¹, แหลมไทย อาษานอก², กมลพร ปานงอม³ และวรรณ มังกิตะ^{1*}
Unchisa Vasusuntron¹, Lamthai Asanog², Kamonporn Panngom³ and Wanna Mangkita^{1*}

Received date: 2 ต.ค. 66 Revised date: 24 ธ.ค. 66 Accepted date: 27 ธ.ค. 66

DOI: <https://doi.org/10.55003/kmaj.2025.03.24.011>

บทคัดย่อ

การศึกษาผลของการปลูกเชื้อเห็ดตับเต่า (*Phlebopus portentosus*) ซึ่งเป็นเห็ดไมคอร์ไรซาที่นิยมรับประทานต่อการเติบโตของกล้าพะยูน (*Dalbergia cochinchinensis*) ซึ่งเป็นต้นไม้ที่มีมูลค่าสูง โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design; CRD) มี 7 ชุดการทดลอง ได้แก่ ชุดควบคุม (ไม่ปลูกเชื้อ) ชุดทดลองที่ปลูกเชื้อเห็ดปริมาณ 10, 20 และ 30 มิลลิลิตร จำนวน 1 และ 2 ครั้ง โดยปลูกเชื้อห่างกัน 15 วัน ทดสอบกับกล้าพะยูนอายุ 4 เดือน บันทึกผลการเติบโตจนอายุครบ 180 วัน พบว่าการปลูกเชื้อที่ปริมาณ 20 มิลลิลิตร จำนวน 2 ครั้ง ให้ผลดีที่สุด เมื่อวัดปริมาณคลอโรฟิลล์เอ คลอโรฟิลล์บี และคลอโรฟิลล์รวม มีค่าเฉลี่ย 3.23 ± 0.03 , 1.40 ± 0.12 และ 4.63 ± 0.09 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ และคลอโรฟิลล์รวม แตกต่างกับชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) เมื่อวัดความสูง เส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับคอราก ทรงพุ่ม และมวลชีวภาพรวม มีค่าเฉลี่ย 62.94 ± 13.07 เซนติเมตร 8.22 ± 1.13 มิลลิเมตร 41.69 ± 5.78 เซนติเมตร และ 23.47 ± 8.13 กรัม ตามลำดับ แตกต่างกับชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณคลอโรฟิลล์เอกับการเติบโตของกล้าพะยูน พบว่า ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ มีความสัมพันธ์กับ ความสูงของกล้าไม้มากที่สุด ($R^2 = 0.7512$) รองลงไปที่คือ มวลชีวภาพ เส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับคอราก และขนาดความกว้างของทรงพุ่ม ตามลำดับ เมื่อทำการตรวจสอบลักษณะเส้นใยเห็ดที่อยู่กับรากฝอยของกล้าพะยูนด้วย กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) ที่กำลังขยาย 100 ไมโครเมตร พบว่ารากฝอยกล้าพะยูนที่ปลูกเชื้อมีเส้นใยเห็ดตับเต่าเกาะผิวรากโดยรอบ ผลการศึกษาสามารถใช้เป็นแนวทางส่งเสริมการปลูกป่า โดยใช้เชื้อเห็ดไมคอร์ไรซา (เห็ดตับเต่า) ร่วมกับไม้เศรษฐกิจ เพื่อช่วยเพิ่มการเติบโตของพืช

คำสำคัญ: พะยูน กล้าไม้ เห็ดตับเต่า เอคโตไมคอร์ไรซา ไมคอร์ไรซา

Abstract

The effect of bolete (*Phlebopus portentosus*) inoculation, which is a highly favored edible mycorrhizal mushroom, on the growth of Siamese rosewood (*Dalbergia cochinchinensis*) seedlings, which is a highly valued tree, was investigated. Completely Randomized Design (CRD) with seven treatments was used. The treatments were: control group (no inoculation); inoculation with 10, 20, and 30 ml of *P. portentosus* inoculum, inoculated once and twice with a 15-day interval between inoculations. Four-month-old *D. cochinchinensis* seedlings were used in the experiment. Growth parameters were recorded for 180 days after inoculation. It was found that two inoculation of 20 ml gave the best results. The result showed that the average quantities of chlorophyll A, chlorophyll B, and total chlorophyll content that were measured were 3.23 ± 0.03 , 1.40 ± 0.12 , and 4.63 ± 0.09 mg.g⁻¹, respectively. The average quantities of chlorophyll A and total chlorophyll were significantly different from the control group at the statistical level of $P \leq 0.05$. The average stem height, diameter at root collar, canopy width, and total biomass were 62.94 ± 13.07 cm, 8.22 ± 1.13 mm, 41.69 ± 5.78 cm, and 23.47 ± 8.13 g, respectively. The results were significantly different from the control group at the statistical level of $P \leq 0.05$. The

¹ สาขาวิชาการจัดการป่าไม้ โครงการจัดตั้งวิทยาลัยการป่าไม้ มหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ แพร่ 54140

² สาขาวิชาเกษตรป่าไม้ มหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ แพร่ 54140

³ กลุ่มวิทยาศาสตร์พื้นฐาน มหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ แพร่ 54140

¹ Master of Science Program in Forest Management, The Established Project of College of Forestry, Maejo University Phrae Campus, Maejo University, Phrae 54140

² Program in Agroforestry, Maejo University Phrae Campus, Maejo University, Phrae 54140

³ Program in Basic Science, Maejo University Phrae Campus, Maejo University, Phrae 54140

*Corresponding author: E-mail: mangkita378@gmail.com

correlation analysis between amount of chlorophyll A and plant growth indicators showed that the correlation coefficient between chlorophyll A and stem height was highest ($R^2 = 0.7512$), followed by total biomass, diameter at root collar, and canopy width respectively. *P. portentosus* attached to *D. cochinchinensis* seedlings roots were examined by Scanning Electron Microscope (SEM) at 100 μm . The results showed that the inoculated roots had mycelium attached to the surrounding root surface. The study results could be used as a guideline to promote re-forestation by using mycorrhizal mushroom (*P. portentosus*) along with economic trees for increasing plant growth.

Keywords: *Dalbergia cochinchinensis*, seedlings, *Phlebobus portentosus*, ectomycorrhiza, mycorrhiza

คำนำ

เห็ดไมคอร์ไรซาช่วยเพิ่มการเจริญเติบโตให้กับไม้ป่าเศรษฐกิจได้หลากหลายชนิด ไม้พะยูน (*Dalbergia cochinchinensis*) เป็นไม้ในวงศ์ Fabaceae มีเนื้อไม้แข็งแรงทนทาน มีราคาซื้อขายสูง เป็นไม้มงคล มีความเชื่อว่าพวงในเรือนบ้านเรือนมั่นคงพวงฐานะ และโชค ในอดีตเป็นไม้หวงห้ามประเภท ก. ซึ่งต้องได้รับการอนุญาตในการตัด ซื่อขาย ส่งผลให้เกิดปัญหาการลักลอบตัดฟันเนื่องจากมีความต้องการใช้เนื้อไม้ทั้งใน และต่างประเทศ ปัจจุบันพะยูนถูกจัด เป็นไม้เศรษฐกิจตามรายชื่อ ตามพระราชบัญญัติหลักประกันทางธุรกิจ สามารถใช้ไม้ในการประกันกู้ยืม สินเชื่อ หรือค้ำประกันธุรกิจได้ ส่งผลให้ประชาชนมีความสนใจในการปลูกพะยูนเพิ่มมากขึ้น แต่พะยูนเป็นไม้โตช้า รอบตัดฟัน 15 - 30 ปี (Royal Forest Department, 2018) การใช้เทคโนโลยีจากเห็ดป่าเศรษฐกิจ ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นเอดโตไมคอร์ไรซามีหลากหลายชนิด เช่น เห็ดเผาะ (*Astraeus hygrometricus*) เห็ดระโงก (*Amanita javanica*) เห็ดตะไคล (*Russula virescens* Fr.) รวมถึงเห็ดตับเต่า (*Phlebobus portentosus*) (Kosol et al., 2020) โดยเส้นใยเห็ดอาศัยอยู่กับรากของพืชแบบพึ่งพาอาศัยเกื้อกูลกัน (Symbiosis) เส้นใยเห็ดตับเต่าปล่อยน้ำย่อยออกมาช่วยย่อยแร่ธาตุในดินให้แปรสภาพมาอยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์กับพืช เส้นใยที่ห่อหุ้ม รากผ่อยช่วยเพิ่มพื้นที่ในการดูดซับน้ำและธาตุอาหาร (N, P, K, Ca, Mg) ได้เพิ่มมากขึ้น (Allen, 1991) โดยเฉพาะธาตุไนโตรเจน ที่เป็นส่วนสำคัญต่อปฏิกิริยาการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช เนื่องจากเป็นธาตุหลักที่เป็นองค์ประกอบของคลอโรฟิลล์ โดยที่คลอโรฟิลล์แบ่งออกได้คือ คลอโรฟิลล์เอ ซึ่งมีอยู่ 3 ใน 4 ของปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดของพืช และคลอโรฟิลล์บี มีอยู่ 1 ใน 4 ของปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมด (Panawala, 2017) ชนิดของพืชที่เห็ดตับเต่าสามารถเจริญที่ระบบรากของพืช ได้นั้นมีหลากหลายชนิดซึ่งส่วนใหญ่เป็นพืชเศรษฐกิจ และเป็นพืชอาหารที่สามารถปลูกได้อย่างกว้างขวาง ได้แก่ พืชสกุลส้ม เช่น ส้ม ส้มโอ มะกรูด มะนาว กลุ่มไม้ผล เช่น ลำไย น้อยหน่า ขนุน หว้า มะกอกน้ำ กลุ่มพืชผัก และพืชดอก เช่น โสน แคบ้าน ชงโค หางนกยูงไทย เป็นต้นและเมื่ออยู่ในสภาวะที่เหมาะสมทั้งอุณหภูมิ และความชื้นเชื้อเห็ดจะสามารถรวมตัวและเกิดเป็นดอกเห็ดได้ (Jandrasikul et al., 2008; Duamkhanmanee, 2014) มีรายงานการนำเชื้อเห็ดตับเต่ามาทดสอบกับพืชหลากหลายชนิด เช่น การใช้เชื้อเห็ดตับเต่าที่เพาะเลี้ยงกับข้าวฟ่างมาทดลองในยูคาลิปตัสซึ่งช่วยเพิ่มการเจริญเติบโต เส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับคอราก พื้นที่ใบ ปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม และการใช้เชื้อเห็ดตับเต่าในรูปแบบของ สารแขวนลอย พบว่ามีการเพิ่มการเจริญเติบโต มวลชีวภาพ ปริมาณไนโตรเจน และโพแทสเซียม (Verasathiean and Tangkitchote, 2005) การปลูกเชื้อดอกเห็ดตับเต่าในกล้าฝรั่ง ช่วยเพิ่มการแตกกิ่ง การเจริญเติบโต มวลชีวภาพ โดยศึกษาเป็นระยะเวลา 180 วัน (Kanwichai and Tangkijchote, 2012) การปลูกเชื้อเห็ดตับเต่าร่วมกับต้นหว้าที่เริ่มต้นอายุแตกต่างกัน พบว่ากล้าหว้าที่อายุ 7 เดือน มีการเพิ่มการเจริญเติบโตด้านความสูง เส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับคอรากมากที่สุด และพบว่าเชื้อเห็ดตับเต่าช่วย เพิ่มการเจริญเติบโตกล้าหว้าที่ปลูกเชื้อมากกว่าที่ไม่ได้ปลูกเชื้อ (Inyod et al., 2021a) รวมถึงการปลูกเชื้อเห็ดตับเต่าร่วมกับไม้ป่า และไม้โตเร็ว เช่น หางนกยูง และแคบ้าน ช่วยเพิ่มขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับคอราก และทรงพุ่มของกล้าไม้ที่ปลูก เชื้อมากกว่าที่ไม่ได้ปลูกเชื้อ (Inyod et al., 2021b) งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของเชื้อเห็ดตับเต่าต่อการเติบโตของกล้าพะยูน เพื่อเป็นข้อมูลในการส่งเสริม การสร้างแรงจูงใจในการปลูกพะยูน และไม้ป่าเศรษฐกิจชนิดอื่น ๆ ร่วมกับการเพาะเห็ดไมคอร์ไรซาในอนาคต

วิธีการศึกษา

การเตรียมหัวเชื้อเห็ดตับเต่าในอาหารเมล็ดข้าวฟ่าง

หัวเชื้อเห็ดตับเต่าที่ใช้ในการทดลอง เตรียมโดยการแยกเชื้อจากดอกเห็ดในอาหารเลี้ยงเชื้อสำเร็จรูป พีดีเอ (Potato Dextrose Agar; PDA) เป็นเวลา 30 วัน แล้วแยกเชื้อที่บริสุทธิ์ลงเลี้ยงบนอาหารพีดีเออีก 30 วัน จึงนำไปขยาย เชื้อเพิ่มปริมาณในอาหารเมล็ดข้าวฟ่าง ใช้เวลาอีก 30 วัน โดยการเพาะเลี้ยงใช้ตูบ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เมื่อหัวเชื้อในอาหารเมล็ดข้าวฟ่าง

เจริญเติบโตเต็มที่แล้ว เตรียมหัวเชื้อโดยการชั่งกับน้ำสะอาดปราศจากคลอรีนในอัตราส่วนหัวเชื้อ 100 กรัม ต่อน้ำ 1,000 มิลลิลิตร (Biodiversity-Based Economy Development Office, 2021) การทดลองใช้หัวเชื้อที่เตรียมในครั้งเดียวกันทั้งหมด

การเตรียมต้นกล้าพะยูน

เพาะเมล็ดพะยูนในถุงเพาะขนาดเล็ก 2 x 6 นิ้ว โดยวัสดุเพาะกล้าไม้ ประกอบด้วยดินดำ ขุยมะพร้าว และปุ๋ยอินทรีย์ ในอัตราส่วน 2:1:1 เมื่อกล้าพะยูนอายุ 3 เดือน ย้ายลงถุงเพาะขนาด 3 x 8 นิ้ว อนุบาลกล้าไม้เป็นเวลา 1 เดือน (รวมอายุกล้า 4 เดือน) คัดกล้าพะยูนที่มีขนาดเท่า ๆ กัน ความสูงประมาณ 20 เซนติเมตร เพื่อนำมาทดลอง (Biodiversity-Based Economy Development Office, 2021)

การปลูกเชื้อเห็ดตับเต่าในต้นกล้าพะยูน

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design; CRD) โดยมี 7 ชุดการทดลอง ใช้กล้าพะยูน 6 ต้นต่อชุดการทดลอง ทำ 3 ซ้ำ โดยมี ชุดควบคุมที่ไม่ปลูกเชื้อเห็ดตับเต่า เปรียบเทียบกับชุดทดลองที่ปลูกเชื้อปริมาณ 10, 20 และ 30 มิลลิลิตร (มวลชีวภาพของเส้นใยเห็ด 3 มิลลิกรัม/10 มิลลิลิตร) ปลูกเชื้อจำนวน 1 ครั้ง และ 2 ครั้ง (การปลูกเชื้อครั้งที่สองเว้นระยะเวลา 15 วัน จากครั้งแรก) ทำการปลูกเชื้อโดยการรดน้ำดินในถุงเพาะพอชื้น ปีบดินในถุงเพาะกล้าให้แตกเป็นร่องเล็กน้อย เพื่อให้เชื้อเห็ดลงไปบริเวณโคนรากได้ดีขึ้น หลังปลูกเชื้อเห็ดอนุบาลกล้าไม้ในที่ร่ม ไม่รดน้ำในช่วง 1-3 วันแรก เพื่อให้เส้นใยเห็ดได้ตั้งตัว และเจริญเกาะติดที่ระบบรากของกล้าไม้ หลังจากนั้นรดน้ำพอชื้น น้ำไม่ไหลล้นจนชะเส้นใยเห็ดออกจากถุง (Biodiversity-Based Economy Development Office, 2021) เมื่อครบ 1 สัปดาห์นำกล้าไม้มาวางบริเวณที่มีแสงแดดรำไร ให้น้ำในปริมาณที่เท่า ๆ กัน ในช่วงเวลาเดียวกันทุกเช้าในแต่ละหน่วยการทดลอง หลังปลูกเชื้อเป็นระยะเวลา 30 วัน ตรวจวัดการเจริญเติบโตกระทั่งกล้าไม้มีอายุครบ 180 วัน โดยวัดความสูงด้วยไม้บรรทัด จากคอรากถึงปลายยอด 1 ครั้ง เส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับคอรากด้วยใช้เวอร์เนียรัศมีเปอร์ และวัดทรงพุ่มด้วยไม้บรรทัด 2 ครั้ง แล้วนำมาคำนวณค่าเฉลี่ย (Sangthian and Sangwanit, 1994; Elliott et al., 2000)

การตรวจวัดปริมาณคลอโรฟิลล์

การตรวจวัดปริมาณคลอโรฟิลล์ ทำโดยสุ่มตัวอย่างกล้าพะยูนในแต่ละชุดการทดลอง แล้วสุ่มเก็บตัวอย่างใบ โดยใช้ที่เจาะกระดาษเอาใบแก่ นำใบมาล้างแล้วสับหั่นน้ำหนักสดจำนวน 10 มิลลิกรัม เพื่อใส่ในหลอดทดลองขนาด 2.0 มิลลิลิตร เติมน้ำละลายไดเมทิลซัลฟอกไซด์ (Dimethyl Sulfoxide; DMSO) ปริมาตร 1.5 มิลลิลิตร แล้วบ่มที่ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที ทิ้งให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง แล้วทำการวัดโดยสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (ยี่ห้อ Thermo Fisher Scientific; รุ่น Genesys 10S UV-Vis) ที่ความยาวคลื่น 663 นาโนเมตร และ 645 นาโนเมตร สำหรับการวัดคลอโรฟิลล์ โดยใช้คิวเวทแก้ว (Arnon, 1949; Siebeneichler et al., 2019; In-pik & Kongsamai, 2022) แล้วนำไปคำนวณหาค่าปริมาณคลอโรฟิลล์ ตามสูตรดังนี้

$$\text{คลอโรฟิลล์เอ} = [12.7 (A_{663}) - 2.69 (A_{645}) \times V] / (1000 \times \text{wt})$$

$$\text{คลอโรฟิลล์บี} = [22.9 (A_{645}) - 4.68 (A_{663}) \times V] / (1000 \times \text{wt})$$

$$\text{คลอโรฟิลล์รวม} = [20.2 (A_{645}) + 8.02 (A_{663}) \times V] / (1000 \times \text{wt})$$

เมื่อ A คือ ค่าการดูดกลืนแสงของสาร, V คือ ปริมาตรสารละลาย DMSO และ wt คือ น้ำหนักใบที่ใช้สกัด

การวัดปริมาณมวลชีวภาพส่วนเหนือดิน และใต้ดิน

วัดปริมาณมวลชีวภาพส่วนเหนือดิน และใต้ดิน โดยนำกล้าอายุ 180 วัน มาล้างดินออก แยกระหว่างส่วนเหนือ ดินและส่วนรากใต้ดิน ชั่งน้ำหนักสดหน่วยเป็นกรัม จดบันทึกก่อนห่อด้วยกระดาษ นำไปอบแห้งในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 80 ชั่วโมง จนน้ำหนักคงที่ ชั่งน้ำหนักแห้งหน่วยเป็นกรัม

การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณคลอโรฟิลล์เอกับการเติบโตของกล้าพะยูน

วิเคราะห์สมการสหสัมพันธ์ ระหว่างปริมาณคลอโรฟิลล์เอ (มิลลิกรัม/กรัม) และดัชนีชี้วัดการเติบโตของกล้าพะยูน 4 ดัชนี ได้แก่ ความสูง (เซนติเมตร) เส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับคอราก (มิลลิเมตร) ขนาดความกว้างของทรงพุ่ม (เซนติเมตร) และมวลชีวภาพ (กรัม) และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R) โดยใช้โปรแกรม Excel

การตรวจสอบการเกาะของเส้นใยด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope : SEM)

ทำโดยการเก็บตัวอย่าง และตัดรากให้มีขนาดประมาณ 0.5-1.0 เซนติเมตร นำไปล้างด้วยสารละลาย 1X (v/v) phosphate buffered saline (PBS) จำนวน 1 ครั้ง จากนั้นทำการหยุดปฏิกิริยาครั้งที่ 1 (Primary fixation) ด้วยน้ำยา Karnovsky's fixative (2% Paraformaldehyde + 2% glutaraldehyde) ล้างด้วยสารละลาย 1X (v/v) PBS จำนวน 2 ครั้ง จากนั้นนำตัวอย่างรากไปหยุดปฏิกิริยาครั้งที่ 2 (Secondary fixation) โดยใช้สารละลาย 1% Osmium tetroxide ที่เตรียมในสารละลาย เก็บในที่มืดเป็นเวลา 2 ชั่วโมง นำมาล้างด้วยสารละลาย 1X (v/v) PBS จำนวน 2 ครั้ง จากนั้นทำการดึงน้ำออก

(Dehydration) ด้วยแอลกอฮอล์ที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ คือ 30, 50, 70, 80, และ 90 เปอร์เซ็นต์ อย่างละ 1 ครั้ง ๆ ละ 5 นาที และดึงน้ำออกด้วยแอลกอฮอล์ 100 เปอร์เซ็นต์ จำนวน 3 ครั้ง ๆ ละ 5 นาที ทำตัวอย่างให้แห้ง (Drying) โดยการแช่ในสารละลาย hexamethyldisilazane (HMDS) เป็นเวลา 15 นาที แล้วนำตัวอย่างรากวางบนเทป คาร์บอน (Carbon tape) นำไปดูดความชื้น ออก และทำการเคลือบ (Coating) ตัวอย่างด้วยทองคำ โดยใช้ เครื่อง Safematic รุ่น CCU-010 แล้วนำไปส่อง และถ่ายภาพด้วย กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (ยี่ห้อ, Tescan Clara) โดยการเตรียม ตัวอย่างสำหรับการทำ SEM ทำตามวิธีการของ (Panngom et al., 2014)

การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ความแปรปรวน analysis of variance (ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยในแต่ละ สิ่ง ทดลอง โดยใช้ Duncan's multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ด้วยโปรแกรมวิเคราะห์สถิติ SPSS

ผลการศึกษาและวิจารณ์

การปลูกเชื้อเห็ดตับเต่าต่อการปริมาณคลอโรฟิลล์ของกล้าพะยูน

การวิเคราะห์ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ คลอโรฟิลล์บี และคลอโรฟิลล์รวมของกล้าพะยูนที่ปลูกเชื้อเห็ดตับเต่า ที่ปริมาณของ เชื้อเห็ดที่แตกต่างกัน พบว่า ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ ของกล้าพะยูนที่ปลูกเชื้อเห็ดที่ปริมาตร 20 และ 30 มิลลิลิตร จำนวน 1 ครั้ง และ 2 ครั้ง มีค่าสูงกว่ากล้าไม้ที่ไม่ได้ปลูกเชื้อเห็ดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ในขณะที่การปลูก เชื้อเห็ดลงในกล้าพะยูนที่ ระดับดังกล่าวจำนวน 1 ครั้ง และ 2 ครั้ง ไม่ส่งผลให้กล้าไม้ผลิตคลอโรฟิลล์บีแตกต่างจากกล้า ไม้ที่ไม่ได้ปลูกเชื้อเห็ดแต่อย่างใด นอกจากนั้นยังพบว่า ปริมาณคลอโรฟิลล์รวม (คลอโรฟิลล์เอ รวมกับ คลอโรฟิลล์บี) ของกล้าพะยูนที่ปลูกเชื้อเห็ดที่ปริมาตร 20 และ 30 มิลลิลิตร จำนวน 2 ครั้ง มีค่าสูงกว่ากล้าไม้ที่ไม่ได้ปลูก เชื้อเห็ดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) รายละเอียดดังแสดง ใน Table 1 การปลูกเชื้อเห็ดตับเต่าส่งผลให้กล้าพะยูน ผลิตคลอโรฟิลล์เอ และคลอโรฟิลล์รวมเพิ่มขึ้น ซึ่งคลอโรฟิลล์เป็นรงควัตถุ หลักที่สำคัญ ในการดูดซับ และถ่าย ทอดพลังงานแสงไปยังคลอโรพลาสต์ซึ่งเป็นแหล่งทำปฏิกิริยาแสง เป็นการสังเคราะห์อาหาร ของพืช อีกทั้งปริมาณ คลอโรฟิลล์ยังบ่งบอกปัจจัยทางสภาพแวดล้อมของพืช เช่น การขาดธาตุไนโตรเจน หรือมีการเข้า ทำลาย ของศัตรูพืชส่งผลให้ปริมาณคลอโรฟิลล์ลดลง (Moonchun et al., 2017; In-pik and Kongsamai, 2022)

การปลูกเชื้อเห็ดตับเต่าต่อการเติบโตของกล้าพะยูน

การศึกษามูลของการปลูกเชื้อเห็ดตับเต่าในปริมาตรที่แตกต่างกันต่อการเติบโตของกล้าพะยูน โดยตรวจวัด ดัชนีชี้วัดการ เติบโตของกล้าไม้ 4 ดัชนี ได้แก่ การเติบโตทางความสูง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับคอราก ขนาดทรงพุ่ม และ มวลชีวภาพ (น้ำหนักแห้ง) ผลการศึกษารูปได้ดังนี้ การปลูกเชื้อเห็ดตับเต่าที่ปริมาตร 20 และ 30 มิลลิลิตร จำนวน 2 ครั้ง ส่งผลให้การเติบโต ทางด้านความสูงของกล้าพะยูนสูงกว่ากล้าไม้ที่ไม่ได้ปลูกเชื้อเห็ดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยมีค่าความสูงเฉลี่ย 62.94 ± 13.07 , 60.22 ± 14.43 และ 47.67 ± 11.42 เซนติเมตร ตามลำดับ ในทำนองเดียวกัน การปลูกเชื้อเห็ดตับเต่าที่ปริมาตร 20 และ 30 มิลลิลิตร จำนวน 2 ครั้ง ส่งผลให้มวลชีวภาพ ของกล้าพะยูน สูงกว่ากล้าไม้ที่ไม่ได้ปลูกเชื้อเห็ดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยมีค่ามวลชีวภาพเฉลี่ย 23.47 ± 8.13 , 21.23 ± 3.18 และ 15.69 ± 5.83 กรัม ตามลำดับ การปลูกเชื้อเห็ดตับเต่าที่ ปริมาตร 20 และ 30 มิลลิลิตร จำนวน 2 ครั้ง และปริมาตร 30 มิลลิลิตร จำนวน 1 ครั้ง ส่งผลให้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับ คอรากของกล้าพะยูน สูงกว่ากล้าไม้ที่ไม่ได้ ปลูกเชื้อเห็ด อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับ คอรากของกล้าพะยูน มีค่าสูงที่สุดเมื่อปลูกเชื้อเห็ดตับเต่าที่ปริมาตร 30 มิลลิลิตร จำนวน 2 ครั้ง โดยมีค่าเฉลี่ย 8.87 ± 6.35 มิลลิเมตร นอกจากนั้นยังพบว่า การปลูกเชื้อเห็ดตับเต่าที่ปริมาตรต่าง ๆ (10, 20, 30 มิลลิลิตร) จำนวน 2 ครั้ง ส่งผลให้ขนาดความ กว้าง ของทรงพุ่มสูงขึ้น และแตกต่างจากกล้าไม้ที่ไม่ได้ปลูกเชื้อเห็ดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ดังแสดงใน Table 1 และ Figure 2a การศึกษาการเติบโตของกล้าพะยูน อายุครบ 180 วัน หลังจากปลูกเชื้อเห็ดตับเต่า พบว่าการปลูกเชื้อเห็ดที่ปริมาตร 20 มิลลิลิตร จำนวน 2 ครั้ง มีประสิทธิภาพมากที่สุด ส่งผลให้กล้าพะยูน มีการเติบโตดีที่สุด โดยการให้หัวเชื้อเห็ดปริมาณน้อยที่สุด สอดคล้องตามคำแนะนำ ปริมาณการปลูก หัวเชื้อเห็ดตับเต่า ที่แปรผัน ตามความสูงของกล้าไม้ โดยแนะนำการปลูกเชื้อเห็ดตับเต่า ปริมาตร 20 มิลลิลิตรต่อความสูง 20 เซนติเมตร (Biodiversity-Based Economy Development Office , 2021) ผลจากการ ปลูกเชื้อเห็ดตับเต่าช่วยส่งเสริมการเติบโตของกล้าพะยูนให้เพิ่มขึ้น สอดคล้องกับการปลูกเชื้อเห็ดตับเต่าร่วมกับ ยูคาลิปตัสคามาลดู เลนซิส และสนคาร์เปีย ที่พบว่า ดินที่ได้ปลูกเชื้อมีการดูดซับธาตุอาหารของในดินเหมือนแร่ได้ดีกว่า ส่งผลให้มีการเติบโตที่ดีกว่าดิน ที่ไม่ได้ปลูกเชื้อ (Boonyuen, 1989) จากการที่เชื้อเข้าไปอยู่ร่วมกับรากทำหน้าที่ย่อยธาตุอาหาร ในดินให้อยู่ในรูปที่ใช้งานได้ง่าย อีกทั้งยังเพิ่มการแตกแขนงของรากพืช เพื่อใช้ในการหาอาหารได้ (Jandrasrikul et al., 2008; Kosol et al., 2020) รวมถึงการใช้ เชื้อเห็ดตับเต่าที่เพาะเลี้ยงกับข้าวฟ่าง มาทดลอง ในยูคาลิปตัสซึ่งช่วยเพิ่มการเจริญเติบโต เส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับคอราก พื้นที่

ใบ ปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม และการใช้เชื้อเห็ดตับเต่า ในรูปแบบของสารแขวนลอย พบว่ามีการเพิ่มการเจริญเติบโต มวลชีวภาพ ปริมาณไนโตรเจน และโพแทสเซียม (Verasathiean and Tangkitchote, 2005) และงานวิจัยซึ่งพบว่าการเจริญเติบโตของกล้าไม้ ที่ปลูกร่วมกับเห็ดโตไมคอร์ไรซามีน้ำหนักแห้ง มากกว่ากล้าไม้ที่ไม่ได้ปลูกเชื้อ (Jackson and Mason, 1984; Sangthian and Sangwanit, 1994) การศึกษาของ Inyod et al. (2021a) รายงานว่า การใช้กล้าหว้าอายุ 7 เดือนที่ปลูกเชื้อตับเต่า มีมวลชีวภาพมากกว่าไม่ปลูกเชื้อทั้งมวลชีวภาพส่วนเหนือดิน (น้ำหนักแห้งส่วนใบและลำต้น และมวลชีวภาพส่วนใต้ดิน (น้ำหนักแห้งส่วนราก)

Table 1 Quantity of chlorophyll a, chlorophyll b and total chlorophyll, stem height, diameter at root collar, canopy width and total biomass on *D. cochinchinensis* seedlings were inoculated with *P. portentosus* for 180 days

Treatment	Chlorophyll a (mg.g ⁻¹)*	Chlorophyll b (mg.g ⁻¹)*	Total chlorophyll (mg.g ⁻¹)*	Stem height (cm)*	Diameter at root collar (mm)*	Canopy width (cm)*	Total biomass (g)*
Control	1.19±0.63 ^c	1.31±0.71 ^{ab}	2.50±0.09 ^c	47.67±11.42 ^c	6.29±1.54 ^d	30.70±6.10 ^c	15.69±5.83 ^c
Inoculated once							
T1 (10 ml)	1.94±0.07 ^{bc}	1.06±0.26 ^{ab}	3.00±0.19 ^{cd}	55.65±13.25 ^{bc}	6.87±1.57 ^{cd}	30.62±10.70 ^c	15.84±5.24 ^c
T2 (20 ml)	2.60±0.16 ^{ab}	0.94±0.02 ^b	3.54±0.14 ^c	52.39±13.47 ^{bc}	6.44±1.09 ^d	34.25±7.28 ^{bc}	16.36±5.58 ^c
T3 (30 ml)	2.80±0.04 ^{ab}	0.92±0.01 ^b	3.72±0.02 ^{bc}	53.06±8.91 ^{bc}	8.07±0.88 ^{abc}	34.94±6.27 ^{bc}	17.22±5.99 ^{bc}
Inoculated twice							
T4 (10 ml)	1.99±0.25 ^{bc}	1.87±0.22 ^a	3.87±0.03 ^{bc}	53.47±13.57 ^{bc}	7.08±1.48 ^{bcd}	42.61±6.52 ^a	20.03±4.83 ^{abc}
T5 (20 ml)	3.23±0.03 ^a	1.40±0.12 ^{ab}	4.63±0.09 ^a	62.94±13.07 ^a	8.22±1.13 ^{ab}	41.69±5.78 ^{ab}	23.47±8.13 ^a
T6 (30 ml)	2.73±0.44 ^{ab}	1.48±0.31 ^{ab}	4.21±0.14 ^{ab}	60.22±14.43 ^{ab}	8.87±6.35 ^a	36.39±5.42 ^{bc}	21.23±3.18 ^{ab}

^{a-e} Different superscript letters within each row are significantly different ($P \leq 0.05$).

ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณคลอโรฟิลล์เอกับการเติบโตของกล้าพะยูน

ผลการตรวจวัดระดับปริมาณคลอโรฟิลล์เอ (มิลลิกรัม/กรัม) และดัชนีชี้วัดการเติบโตของกล้าพะยูน 4 ดัชนี ได้แก่ ความสูง (เซนติเมตร) เส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับคอราก (มิลลิเมตร) ขนาดความกว้างของทรงพุ่ม (เซนติเมตร) และมวลชีวภาพ (กรัม) ได้นำมาวิเคราะห์ลักษณะความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณคลอโรฟิลล์เอและดัชนีชี้วัดการเติบโตของกล้าพะยูน 4 ดัชนี ซึ่งผลการวิเคราะห์ พบว่า ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ มีความสัมพันธ์กับ ความสูงของกล้าไม้มากที่สุด ซึ่งรูปแบบของสมการ ความสัมพันธ์ที่ให้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R^2) มากที่สุดเป็นแบบโพลีโนเมียลยกกำลัง 3 ซึ่งความสูงของ กล้าพะยูนจะผันแปร ตามปริมาณคลอโรฟิลล์เอ ตามสมการ $y = 8.0217x^3 - 52.114x^2 + 11.95x - 25.117$ โดยมีค่าความสัมพันธ์อยู่ในระดับปานกลาง-มาก ($R^2 = 0.7512$) ในทำนองเดียวกันปริมาณคลอโรฟิลล์เอ มีความสัมพันธ์กับมวลชีวภาพ และขนาดความกว้าง ของทรงพุ่มเป็นแบบโพลีโนเมียลยกกำลัง 3 ($R^2 = 0.6092$ และ 0.4492 ตามลำดับ) ในขณะที่ ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ มีลักษณะความสัมพันธ์กับเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับคอราก เป็นแบบสมการเส้นตรง $y = 1.0514x + 4.9345$ ($R^2 = 0.5341$) ซึ่งค่าความสัมพันธ์ของปริมาณคลอโรฟิลล์เอ และดัชนีชี้วัดการเติบโตของกล้าพะยูน 3 ปัจจัยดังกล่าว จัดอยู่ในระดับปานกลาง โดยลักษณะรูปแบบสมการความสัมพันธ์และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ดังแสดงใน Figure 1

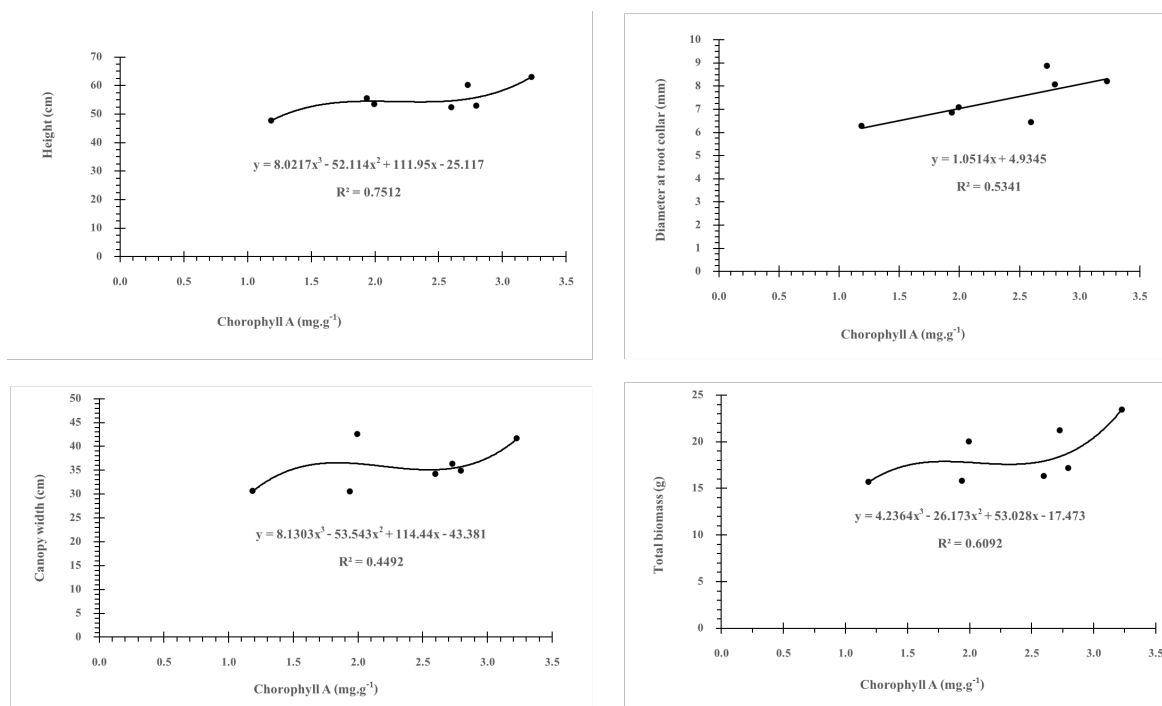


Figure 1 The correlation analysis between amount of chlorophyll A and plant growth indicators: stem height (top left), diameter at root collar (top right), canopy width (bottom left) and biomass (bottom right).

ผลการวิเคราะห์สมการความสัมพันธ์ พบว่า ปริมาณคลอโรฟิลล์มีผลต่อการเติบโตทางด้านความสูงของกล้าไม้ ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยของ (Ariff et al., 2012) ซึ่งได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณคลอโรฟิลล์กับการเติบโตทาง ความสูงของต้นกล้ายางพารา พบว่า ปริมาณคลอโรฟิลล์ที่เพิ่มขึ้นมีผลต่อการเพิ่มขึ้น ของระดับความสูงของกล้า ยางพารา อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นอกจากนั้นยังมีรายงานการวิจัย (Siriyoote and Jongaewwattana, 2011) พบว่าผลผลิต และมวลชีวภาพของข้าวโพดมีความสัมพันธ์แบบแปรผันตามปริมาณคลอโรฟิลล์ โดยมีความสัมพันธ์แบบเส้นตรง ระหว่าง น้ำหนักแห้งกับปริมาณคลอโรฟิลล์ ($R^2=0.63$) โดยคลอโรฟิลล์เป็นแหล่งไนโตรเจน และคาร์บอนซึ่งส่งผลต่อ การเติบโตของเซลล์ ใบ และการเติบโตของเรณอยอดทรงพุ่ม (Li et al., 2018) ในขณะที่ คลอโรฟิลล์เอ ซึ่งเป็นรงควัตถุหลักที่ ดูดซับพลังงานแสง มีผลโดยตรงต่อการสังเคราะห์อาหาร และการเจริญเติบโตของพืช (In-pik and Kongsamai, 2022) เนื่องจากการเจริญเติบโต เป็นผลมาจากการปฏิกิริยาสังเคราะห์ด้วยแสง ซึ่งเป็นหน้าที่ของคลอโรฟิลล์ในการดูดกลืนพลังงานแสง และสังเคราะห์อาหาร ให้กับพืช ปริมาณคลอโรฟิลล์ที่เพิ่มขึ้นมีความสัมพันธ์ โดยตรงกับธาตุไนโตรเจนที่เป็นส่วนประกอบหลัก ของคลอโรฟิลล์ และเป็นองค์ประกอบของเอนไซม์ที่ใช้ในปฏิกิริยาการสังเคราะห์ด้วยแสง (Gardner et al., 2022) ดังนั้น การวิเคราะห์ ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณคลอโรฟิลล์เอกับดัชนีชี้วัดการเติบโตต่าง ๆ ของพืช ได้แก่ ความสูง เส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับคอราก ขนาดความกว้างของทรงพุ่ม และมวลชีวภาพ (กรัม) จึงน่าจะเป็นไปในทิศทางเดียวกัน กล่าวคือ ถ้าปริมาณคลอโรฟิลล์เอ มีค่ามากจะส่งผลให้การเติบโตของพืชมาด้วย และค่าความสัมพันธ์ระหว่าง ปริมาณคลอโรฟิลล์เอกับ ดัชนีชี้วัดการเติบโตต่าง ๆ ของพืชควรอยู่ในระดับสูง แต่เนื่องจากผลการทดลองนี้มีจำนวนตัวอย่างจำกัด ซึ่งอาจจะมีผลให้เกิด ความคลาดเคลื่อน ประกอบกับระดับความเชื่อมั่นของข้อมูลน้อยลง ส่งผลให้ค่าความสัมพันธ์ ระหว่างปริมาณ คลอโรฟิลล์เอ กับค่าดัชนีชี้วัด การเติบโตของพืชมีค่าอยู่ในระดับปานกลาง

การศึกษาลักษณะเส้นใยเห็ดดับเต่าโดยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM)

เมื่อตรวจสอบลักษณะเส้นใยเห็ดดับเต่าที่อยู่ร่วมกับรากกล้าพะยูน พบว่ากล้าพะยูนที่ปลูกเชื้อปริมาณ 20 มิลลิลิตร 2 ครั้ง มีจำนวนรากแขนงและรากฝอย มากกว่ากล้าพะยูนที่ไม่ปลูกเชื้อ และกล้าพะยูนที่ปลูกเชื้อปริมาณ 20 มิลลิลิตร 1 ครั้ง ดังแสดงใน Figure 2b, 2d and 2f เมื่อตรวจสอบการเกาะของเส้นใยเชื้อเห็ดรอบรากฝอยของกล้าพะยูน ด้วยเทคนิค SEM ที่กำลังขยาย 100 ไมโครเมตร พบว่า การปลูกเชื้อเห็ดที่ปริมาณ 20 มิลลิลิตร จำนวน 2 ครั้ง เส้นใย (Mycelium) มีลักษณะยาว เจริญสานตัวกันเป็นแผ่น (Fungal sheath) อยู่รอบ ๆ รากฝอย เนื่องจากการปลูกหัวเชื้อ เข้าเป็นการเพิ่มโอกาส ที่เชื้อเห็ดดับเต่าจะเข้าเกาะกับรากได้เพิ่มมากขึ้น ดังแสดงใน Figure 2g เส้นใยบางส่วนจะเจริญ เข้าไปอยู่ในช่องว่าง ระหว่างเซลล์ชั้น Epidermis ส่งผลให้รากมีพื้นที่ผิวเพิ่มขึ้น สามารถดูดซับความชื้น และธาตุอาหารได้มากขึ้น เส้นใยเห็ดดับเต่ายังช่วยย่อยสลายอินทรีย์วัตถุต่าง ๆ ในดินส่งให้รากพืชในรูปของอู๋ออน ทำให้พืชสามารถนำไปใช้ในการเจริญเติบโตได้ดีขึ้น (Allen, 1991; Massicotte et al.,

2005; Jandrasrikul et al., 2008; Kosol et al., 2020) การปลูกเชื้อปริมาณ 20 มิลลิลิตร 1 ครั้ง พบว่าผิวรากมีปริมาณเส้นใยเกาะเพียงบาง ๆ ดังแสดงใน Figure 2e ส่วนรากพะยูนที่ไม่มีการปลูกเชื้อตรวจไม่พบเส้นใยเห็ดดับแต่แสดงใน Figure 2c



Figure 2 (a) *D. cochinchinensis* seedlings (Control, inoculated once with 20 ml, and inoculated twice with 20 ml). (b) *D. cochinchinensis* seedling roots were non-inoculated with *P. portentosus*. (c) Scanning electron microscope (SEM) of *P. portentosus* seedling roots non-inoculated with *P. Portentosus*. (d) *D. cochinchinensis* seedling roots were inoculated once with 20 ml with *P. Portentosus*. (e) SEM of *D. cochinchinensis* seedling roots were inoculated once with 20 ml with *P. portentosus*. (f) *D. cochinchinensis* seedling roots were inoculated twice with 20 ml with *P. Portentosus*. (g) SEM of *D. cochinchinensis* seedling roots were inoculated twice with 20 ml with *P. portentosus*.

สรุปผลการศึกษา

การศึกษามูลของเชื้อเห็ดดับแต่ต่อการเติบโตของกล้าพะยูน อายุ 4 เดือน โดยเก็บข้อมูลการเติบโตรวม 180 วัน พบว่าการปลูกเชื้อเห็ดปริมาณ 20 มิลลิลิตร จำนวน 2 ครั้ง มีประสิทธิภาพมากที่สุดโดยกล้าพะยูนมีการเติบโตดีที่สุด โดยมีการใช้หัวเชื้อเห็ดปริมาณน้อยที่สุด มีปริมาณคลอโรฟิลล์เอ และคลอโรฟิลล์รวม ความสูง เส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับคอรากทรงพุ่ม และมวลชีวภาพรวม แตกต่างกับชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) เมื่อตรวจสอบรากด้วยกล้องจุลทรรศน์ อิเล็กตรอนแบบส่องกราด ที่กำลังขยาย 100 ไมโครเมตร พบเส้นใยเห็ดดับแต่เจริญสานกันเป็นแผ่นรอบ ๆ รากฝอย ส่งผลต่อการดูดซับน้ำและธาตุอาหาร ทำให้มีผลต่อการเพิ่มขึ้นของปริมาณคลอโรฟิลล์เอ และคลอโรฟิลล์ ที่มีความสัมพันธ์กับการเพิ่มขึ้น ของความสูง เส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับคอราก ทรงพุ่ม และมวลชีวภาพรวม แตกต่างกับชุดควบคุมที่ไม่มีการปลูกเชื้อเห็ดดับแต่ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จากการทดลองนี้สามารถนำไปต่อยอด และใช้ประโยชน์ในการส่งเสริมการปลูก พะยูนร่วมกับการปลูก เชื้อเห็ดดับแต่ ให้แก่เกษตรกร รวมทั้งเป็นแนวทางการวิจัยในพืชเศรษฐกิจชนิดอื่น ๆ ต่อไปในอนาคต

ผลประโยชน์ทับซ้อน

ผู้เขียนขอประกาศว่าบทความนี้ไม่มีผลประโยชน์ทับซ้อน

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนจากสำนักงานการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ประจำปี 2565 และบทความวิจัยนี้ ได้รับเงินสนับสนุนการวิจัย จากทุนศิษย์กัณท์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ขอขอบคุณ ดร.สุจิตรา โกศล ประธานมูลนิธิเห็ดไมคอร์ไรซาเพื่ออนุรักษ์และฟื้นฟูป่าไม้ ที่ช่วยให้งานการวิจัย นายไพฑูรย์ จันทรโลहित ผู้อำนวยความสะดวกกล้าไม้ทดลอง และนางสาวณัฐนิชา กิตติกาโชคสกุล ผู้ช่วยเก็บข้อมูลระหว่างการทดลอง

การมีส่วนร่วมในการเขียนบทความของผู้เขียน

ความคิดริเริ่ม และ สมมุติฐาน: อัญชิสา วสุสุนทร, วรณา มั่งกิตะ. การปฏิบัติการวิจัย การมีส่วนร่วมในการออกแบบ การทดลอง การทดสอบ เครื่องมือวัด วิธีการเก็บข้อมูล และ criteria: อัญชิสา วสุสุนทร, วรณา มั่งกิตะ, แหลมไทย อาษานอก, กมลพร ปานง่อม. การวิเคราะห์ข้อมูล การแปลผล: อัญชิสา วสุสุนทร, วรณา มั่งกิตะ. การวิพากษ์วิจารณ์ผล การแสดง การเปรียบเทียบกับข้อสรุปหรือองค์ความรู้ หรือทฤษฎีเดิม: อัญชิสา วสุสุนทร, วรณา มั่งกิตะ, แหลมไทย อาษานอก, กมลพร ปานง่อม. การมีส่วนร่วมในการเขียนต้นฉบับบทความ: อัญชิสา วสุสุนทร, วรณา มั่งกิตะ, กมลพร ปานง่อม. การให้การสนับสนุนเครื่องมือห้องปฏิบัติการ และ ครุภัณฑ์: วรณา มั่งกิตะ, กมลพร ปานง่อม.

เอกสารอ้างอิง

- Allen, M. F. (1991). **The Ecology of Mycorrhizae**. Cambridge University Press.
- Ariff, E. A. R. E., Abdullah, S., & Suratman, M. N. (2012). The relationships between height and stomatal conductance, chlorophyll content, diameter of rubber tree (*Hevea brasiliensis*) saplings. In **The 12th Symposium of the Malaysian Society of Applied Biology**, pp. 1-4. Engineering and Industrial Applications (ISBEIA).
- Anon, D. I. (1949). Copper enzymes in isolated chloroplasts. Polyphenol oxidase in *Beta vulgaris*. **Plant Physiology**, 24(1), 1-15.
- Biodiversity-Based Economy Development Office. (2021). **Workshop Manual Mycorrhizal Inoculum Production Technology and Economic Plant with Mycorrhizal Mushroom Cultivation**. Biodiversity-Based Economy Development. (in Thai).
- Boonyuen, S. (1989). **Effects of Ectomycorrhiza *Pysolithus Tinthorius* on Growth and Nutrient Uptake of Eucalyptus Seedlings Kamal Dulensys Eucalyptus Camaldulensis Dehnh and the Caribbean Pine Planted on Mining Soil**. Master's thesis. Kasetsart University. (in Thai).
- Duamkhanmanee, R. (2014). **Development of Bolete (*Boletus colossus* Heim.), Ectomycorrhizal Mushroom**. Retrieved from: <https://research.rmutsb.ac.th/fullpaper/2557/2557239875506.pdf>. (in Thai).
- Elliott, S., Kerby, J., Blakesley, D., Hardwick, K., Woods, K., & Anusarnsunthorn, V. (2000). **Forest Restoration for Wildlife Conservation**. Chiang Mai University. (in Thai).
- Gardner, A., Ellsworth, D. S., Pritchard, J., & MacKenzie, A. R. (2022). Are chlorophyll concentrations and nitrogen across the vertical canopy profile affected by elevated CO₂ in mature Quercus trees. **Springer**, 36(1), 1797–1809.
- In-pik, N., & Kongsamai, B. (2022). Spectrophotometric determination of chlorophyll and carotenoid contents of *Amorphophallus muelleri* Blume leaves using different solvents. **Journal of Agricultural Science and Management**, 4(3), 81-88. (in Thai).
- Inyod, T., Lattirasuvan, T., Chawanorasest, K., Toemarom, T., Konee, C., Yatsom, S., Bualoi, S., & Eamprasong P. (2021a). The study of the suitable aging of *Syzygium cumini* (L.) skeels for promoting growth of *Phlebopus portentosus*. **Naresuan Agricultural Journal**, 18(1), 1-13. (in Thai).
- Inyod, T., Lattirasuvan, T., Termarom, T., Konee, C., Chaimongkhon, S., & Fongthiwong, W. (2021b). Effects of ectomycorrhiza from *Astraeus odoratus* and *Phlebopus portentosus* on some species of forest trees and fast-growing trees in natural conditions. **King Mongkut's Agricultural Journal**, 39(3), 215–223. (in Thai).
- Jackson, R. M., & Manson, P. A. (1984). **Mycorrhiza**. Edward Arnold Ltd.
- Jandrasrikul, A., Suwanarit, P., & Sangwanit, U. (2008). **Diversity of Mushrooms and Macrofungi in Thailand**. Kasetsart University. (in Thai).
- Kanwichai, P., & Tangkijchote, P. (2012). Various isolates of bolete (*Boletus colossus* Heim.) spawn affecting vegetative growth and biomass of 'Okinawa' guava seedlings. In **Proceedings of 50th Kasetsart University Annual Conference: Agricultural Extension and Home Economics, Plants**, pp. 232-239. Kasetsart University. (in Thai).
- Kosol, S., Wangluek, S., Inyod, T., Toemarom, T., Mangkita, W., & Lattirasuvan, T. (2020). Species diversity and ecology of edible wild-mushroom at Ban Boonjam Community Forest, Phrae province. **Thai Forest Ecological Research Journal**, 3(1), 38-46. (in Thai).
- Li, Y., He, N., Hou, J., Xu, L., Liu, C., Zhang, J., Wang, Q., Zhang X., & Wu, X. (2018). Factors influencing leaf chlorophyll content in natural forests at the biome scale. **Frontiers in Ecology and Evolution**, 64(6), 1-10.
- Massicotte H. B., Melville, L. H., & Peterson, R. L. (2005). Structural features of mycorrhizal associations in two members of the Monotropoideae, *Monotropa uniflora* and *Pterospira andromedea*. **Mycorrhiza**, 15(1), 101-110.
- Moonchun, S., Leksungnoen, N., Uthairatsamee, S., & Moungrimuangdee, B. (2017). Effect of light intensity on growth and photosynthesis related variables of forest tree seedlings. **Thai Journal of Forestry**, 36(2), 12-23. (in Thai).
- Panawala, L. (2017). **Difference Between Chlorophyll A and B Difference Between Chlorophyll A and B Main Difference – Chlorophyll A vs Chlorophyll B**. Retrieved form: www.researchgate.net/publication/316584030.
- Panngom, K., Lee, S. H., Park, D. H., Sim, G. B., Kim, Y. H., Han, H. S., Park, G., & Choi, E. H. (2014). Non-thermal plasma treatment diminishes fungal viability and up-regulates resistance genes in a plant host. **Plos One**, 9(6), 1-12.

- Royal Forest Department. (2018). *Dalbergia-cochinchinensis* Pierre. Retrieved from: <https://www.forest.go.th/suratthani11/wp-content/uploads/sites/46/2018/03/.pdf>. (in Thai).
- Sangthian, T., & Sangwanit, U. (1994). Growth of *Dipterocarpus alatus* Roxb. seedlings inoculated with ectomycorrhizal fungi. **Thai Journal of Forestry**, 13(1), 22-28. (in Thai).
- Siebeneichler, S. C., Barbosa, J. S., Cruz, A. M. M., Ramos, M. A. D., Fernandes, H. E., & Nascimento, V. L. (2019). Comparison between extraction methods of photosynthetic pigments in *Acacia mangium*. **Communications in Plant Sciences**, 19(9), 1-5.
- Siriyoote, S., & Jongkaewwattana, S. (2011). Evaluation of leaves chlorophyll levels of maize using chlorophyll meter and its relationship to biomass and yield. **Khon Kaen Agricultural Journal**, 39(Suppl 1), 166-175. (in Thai).
- Verasathian, S., & Tangkitchote, P. (2005). Effect of king bolete (*Boletus* sp.) culture on seedling growth of Eucalyptus (*E. camaldulensis* Dehnh.). **Agricultural Science Journal**, 36(Suppl 5-6), 268-271. (in Thai).