



การศึกษาอายุของต้นหว้าที่เหมาะสมในการเจริญของเชื้อเห็ดตับเต่าภายใต้สภาวะเรือนปลูกพืช

ชนภักษ์ อินยอด^{1*} ธนากร ลัทธธีระสุวรรณ² ขนิษฐา ขวณะนรเศรษฐ¹ ธนภัทร เต็มอารมย์¹ ชาตรี กอนี¹ สุริมา ญาติโสม¹ สัจจิรา บัวลอย¹ และ ปิยะดา เอี่ยมประสงค์¹

¹สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว.) 35 หมู่ 3 อ. คลองหลวง จ.ปทุมธานี

²มหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ อ.ร้องกวาง จ.แพร่ 54140

*Corresponding author: Tanapuk@tistr.or.th

(Received April 11, 2021; Revised June 4, 2021; Accepted June 5, 2021)

บทคัดย่อ

การศึกษาอายุของต้นหว้าที่เหมาะสมในการเจริญของเชื้อเห็ดตับเต่า ภายใต้สภาวะเรือนปลูกพืช โดยการปลูกเชื้อเห็ดตับเต่าลงในกล้าต้นหว้าอายุ 1, 3, 5, 7 และ 9 เดือน หลังจากนั้น 1 เดือน ตรวจวัดอัตราการเจริญทางความสูงของลำต้น ความโตของลำต้น (เส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับคอรากลำต้น) มวลชีวภาพส่วนเหนือดิน (น้ำหนักแห้งของใบและลำต้น) มวลชีวภาพส่วนใต้ดิน (น้ำหนักแห้งของราก) จำนวนรากแขนง ความยาวราก จำนวนใบ และ เปอร์เซ็นต์การเกิดรากเอกโตไมคอร์ไรซา ผลการทดลองพบว่ากล้าต้นหว้าที่อายุ 7 เดือน เป็นช่วงอายุกล้าที่เหมาะสมที่สุดสำหรับปลูกเชื้อเห็ดตับเต่า ส่งผลให้การเจริญทางด้านความสูง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของลำต้นที่ระดับคอรากของกล้าไม่แตกต่างจากต้นกล้าอายุอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) เท่ากับ 21.32 ± 1.53 และ 1.35 ± 0.09 เซนติเมตร ตามลำดับ รวมถึงผลของจำนวนใบ ความยาวราก มวลชีวภาพส่วนเหนือและใต้ดิน โดยมีค่าเท่ากับ 22 ± 1.00 ใบ, 645.36 ± 24 มิลลิเมตร, 5.2 ± 0.31 กรัม และ 2.9 ± 0.74 กรัม ตามลำดับ ในขณะที่เปอร์เซ็นต์การเกิดรากเอกโตไมคอร์ไรซาพบมากที่สุดที่ต้นหว้าอายุ 3 เดือน จากงานวิจัยนี้ สามารถใช้เป็นข้อมูลสำหรับเกษตรกรและผู้สนใจ ในการเลือกช่วงอายุที่เหมาะสมของพืชอาศัย สำหรับการผลิตเห็ดตับเต่าให้ประสบความสำเร็จในอนาคตได้

คำสำคัญ: เห็ดตับเต่า, ต้นหว้า, พืชอาศัย, เอกโตไมคอร์ไรซา

The study of the Suitable Aging of *Syzygium cumini* (L.) Skeels for Promoting Growth of *Phlebopus portentosus* (Berk. and Broome) Boedijn under Greenhouse Conditions

Tanapak Inyod^{1*}, Thanakorn Lattirasuvan², Khanitha Chawananasest¹, Thanapat Toemarrom¹, Chatree Konee¹, Surima Yatsom¹, Suchitra Bualoi¹ and Piyada Eamprasong¹

¹Thailand institute of Scientific and Technological Research (TISTR). 35 Mu 3, Amphoe Khlong Luang, Pathum Thani

²Maejo University Phrae Campus. Rong Kwang, Phrae, 54140

*Corresponding author: Tanapuk@tistr.or.th

(Received April 11, 2021; Revised June 4, 2021; Accepted June 5, 2021)

Abstract

The study of the suitable aging of *Syzygium cumini* (L.) Skeels for the growth of *Phlebopus portentosus* (Berk. and Broome) Boedijn under greenhouse conditions by transplanting mycelium of *P. portentosus* into seedlings aged for 1, 3, 5, 7 and 9 months. On 1 month after transplanting the data was collected to evaluate the stem height, stem diameter (diameter at the root neck level), biomass of the aboveground part (dry weight of leaves and stems), biomass of the underground part (root dry weight), number of branched roots, root length, number of leaves and percentage of ectomycorrhiza root formation. The results showed that *S. cumini* seedlings at 7 months were the optimum age for mycelium transplantation and were height seedling and stem diameter at root neck level had significantly different ($P \leq 0.05$) were 21.32 ± 1.53 and 1.35 ± 0.09 cm respectively. The number of leaves, root length, biomass of the aboveground part and underground part were 22 ± 1.00 leaves, 645.36 ± 24 mm, 5.2 ± 0.31 g and 2.9 ± 0.74 g respectively. While the percentage of root formation ectomycorrhiza most common when transplanting *P. portentosus* to 3-month-old seedlings. Based on this research was information to farmer and interested person for selected optimum age of plants host seedling to success of produce *P. portentosus* in the future.

Keywords: *Phlebopus portentosus*, *Syzygium cumini*, Host plants, Ectomycorrhiza

บทนำ

เห็ดป่าไมคอร์ไรซา เป็นเชื้อราชนิดหนึ่งที่อาศัยอยู่ตามรากของต้นไม้ แบ่งเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่อาศัยอยู่ภายในเซลล์ผิวของรากต้นไม้ เรียกว่า เอ็นโดไมคอร์ไรซา (endomycorrhiza) และกลุ่มที่อาศัยอยู่กับเซลล์ผิวของรากต้นไม้ เรียกว่า เอกโตไมคอร์ไรซา (ectomycorrhiza) (กิตติมา, 2548; Harley & Smith, 1983) มีคุณสมบัติช่วยให้พืชสามารถดูดซับแร่ธาตุในดินได้ดีขึ้น เพิ่มความอุดมสมบูรณ์ให้แก่พืช ส่วนพืชจะให้อาหาร ที่อยู่อาศัย และความชื้นแก่เห็ด (ราชบัณฑิตยสถาน, 2550) ส่วนใหญ่พบมากในฤดูฝนจึงไม่สามารถเก็บดอกได้ตลอดทั้งปี ทำให้เห็ดป่าบางชนิดมีราคาแพง เช่น เห็ดแดง เห็ดเผาะ เห็ดตะไคล เห็ดระโงก และเห็ดตับเต่า (อนิวัฒน์ และธีรวัฒน์, 2524) สามารถสร้างรายได้ให้กับชาวบ้านเป็นอย่างดี แต่ในปัจจุบันพบว่าป่าไม้ถูกบุกรุกเผาทำลาย ส่งผลโดยตรงต่อความหลากหลายของระบบนิเวศ รวมทั้งเห็ดป่าเกิดการเปลี่ยนแปลงไปเนื่องจากบางสายพันธุ์มีความจำเพาะต่อชนิดของพืชอาศัย ทำให้เสี่ยงต่อการสูญพันธุ์มากขึ้น

เห็ดตับเต่า (*Phlebopus portentosus* (Berk. and Broome) Boedijn เป็นเอกโตไมคอร์ไรซาชนิดหนึ่ง เส้นใยที่ห่อหุ้มรากสามารถดูดซับความชื้นขึ้น ทำให้พืชทนต่อสภาพแล้งได้ดี อีกทั้งยังทำหน้าที่เหมือนราเจ้าถิ่นทำให้เชื้อราโรคพืชต่างๆ เข้าทำลายพืชได้ยากขึ้น ส่งผลให้ต้นไม้ที่มีเชื้อเห็ดตับเต่าอาศัยอยู่มีความแข็งแรงต้านทานต่อเชื้อราโรคพืชได้มากขึ้น (อานนท์, 2553) นอกจากนี้ น้ำย่อยของเห็ดตับเต่า ยังช่วยให้แร่ธาตุในดินแปรสภาพมาอยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืช และเจริญเติบโตได้ดี (Conjeaud et al., 1996) มีรายงานการนำเชื้อของเห็ดตับเต่ามาช่วยในการส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชหลายชนิด เช่น การปลูกเชื้อเห็ดตับเต่าลงในต้นกล้าเต้าซื้อ (รุ่งฟ้า, 2555) ต้นกล้าพริกหนุ่ม พันธุ์หยกสวรรค์ (ณัฐกานต์, 2555) ต้นกล้าฝรั่ง Okinawa (ปานทิพย์ และประภาพร, 2555) และต้นกล้าพริกขี้หนู พันธุ์เทวี 60 (สุกัญญา และคณะ, 2557) ในการขยายพันธุ์เห็ดตับเต่าสามารถทำได้โดยใช้เส้นใยที่ได้จากการเพาะเลี้ยงหรือสปอร์จากดอกเห็ดสดเพาะร่วมกับพืชอาศัย เช่น มะม่วง แคนกัน หางนกยูงไทย มะกอกน้ำ โสน และหว้า เป็นต้น (สมจิตร์, 2549) นอกจากนี้ มีรายงานว่าอายุของต้นกล้าเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อการเกิดเอกโตไมคอร์ไรซา คมกฤษณ์ และบุพผา (2561) ได้ทดสอบโดยการนำหัวเชื้อชนิดน้ำเห็ดตับเต่ามาปลูกเชื้อในต้นพริกขี้หนูลูกผสม พันธุ์ซูปเปอร์ฮอท พบว่าการย้ายปลูกกล้าที่อายุ 22 วัน ส่งผลให้ต้นพริกมีการเจริญทางด้านลำต้นและผลผลิตดีกว่าการย้ายปลูกที่อายุ 50 วัน ในขณะที่ Kil et al. (2014) ศึกษาผลของเชื้อราไมคอร์ไรซาในโสม ที่อายุ 1-5 ปี พบว่าอายุของโสมมีผลต่อการเข้าอาศัยของเชื้อราไมคอร์ไรซา และการพัฒนาโครงสร้างของเชื้อรา ซึ่งเมื่อรากมีอายุเพิ่มมากขึ้น ความหลากหลายของสายพันธุ์และความสม่ำเสมอในการเข้าไปอาศัยในรากพืชจะลดลง สอดคล้องกับรายงานของ นันท์นิ (2560) ศึกษาการผลิตดอกเห็ดตับเต่าในแปลงโสน อายุ 3 เดือน และแปลงส้มโออินทรีย์ พบเส้นใยเชื้อราเจริญอยู่กับรากโสนและส้มโอ แต่อย่างไรก็ตามยังไม่พบดอกเห็ดในแปลงทดลองตลอดระยะเวลา 3 ปี ซึ่งการนำกล้าไม้พืชอาศัยเหล่านี้ไปปลูกในธรรมชาติมีข้อจำกัดหลายประการ เนื่องจากชนิดกล้าไม้ที่แตกต่างกัน และปัจจัยสภาพแวดล้อมที่มีการเปลี่ยนแปลงไป เช่น แสง อุณหภูมิ ความชื้น ความอุดมสมบูรณ์ของดิน และการดูแลรักษา ทั้งนี้ถ้ามีการศึกษาสภาวะแบบเรือนเพาะชำให้มีความเหมาะสมต่อการเจริญเติบโต และมีเปอร์เซ็นต์การรอดชีวิตสูงสุดก่อนการนำกล้าไม้ไปปลูกในสภาพป่าธรรมชาติ จึงมีความจำเป็นต้องทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างช่วงอายุที่เหมาะสมกับกล้าไม้แต่ละชนิด ส่งผลต่อการผลิตกล้าไม้ให้ได้ปริมาณที่เพียงพอสำหรับการปลูกสวนป่าต่อไปในอนาคต

ดังนั้นงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอายุของพืชอาศัย ซึ่งการทดลองนี้จะใช้ต้นหว้าสำหรับการปลูกถ่ายเชื้อเห็ดตับเต่าในสภาพโรงเรือน ตรวจสอบเปอร์เซ็นต์การเกิดรากเอกโตไมคอร์ไรซา และช่วงอายุกล้า

ที่เหมาะสมต่อการปลูกเชื้อเห็ดตับเต่ามากที่สุด เพื่อใช้เป็นแนวทางสำหรับการผลิตเห็ดตับเต่าและสร้างรายได้เสริมให้กับเกษตรกรหรืออาจนำไปประยุกต์กับพืชอื่นๆ ต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมเชื้อเห็ดเอกโตไมคอร์ไรซาในอาหารเหลว

เลี้ยงเชื้อเห็ดตับเต่าจากสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว.) ในอาหารเลี้ยงเชื้อชนิดเหลวที่ประกอบด้วย มันฝรั่ง 20 เปอร์เซ็นต์ น้ำตาลทรายแดง 2 เปอร์เซ็นต์ และ malt extract 0.5 เปอร์เซ็นต์ และปรับค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ให้เท่ากับ pH 4 (Kumla et al., 2011) ینگเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ความดัน 15 ปอนด์/ตารางนิ้ว เป็นเวลา 15 นาที คัดเลือกแม่เชื้อเห็ดตับเต่าบนอาหาร PDA อายุประมาณ 15 วัน และไม่มีการปนเปื้อนของเชื้อราชนิดอื่น นำ cork borer ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 เซนติเมตร เจาะบริเวณรัศมีรอบนอกของเส้นใยบนจานอาหาร ใช้เข็มเย็บเชื้อจิกขึ้นวันจำนวน 3 ชิ้น ใส่ลงอาหารเลี้ยงเชื้อชนิดเหลวที่เตรียมไว้ ลนปากขวด ปิดด้วยจุกสำลีและหุ้มด้วยกระดาษอะลูมิเนียมฟอยล์ บ่มที่อุณหภูมิห้อง ในสภาวะเขย่าด้วยความเร็วรอบ 150 รอบต่อนาที วัดปริมาณมวลชีวภาพ (biomass) ของเส้นใยเห็ดตับเต่าเมื่อเลี้ยงได้ 10 วัน

การทดสอบการเจริญของเชื้อเห็ดตับเต่ากับอายุของพืชอาศัยภายใต้สภาวะเรือนปลูกพืช

เตรียมกล้าไม้เพื่อศึกษาอายุพืชที่เหมาะสมสำหรับการเข้าอาศัยของเชื้อเห็ดป่าไมคอร์ไรซาในต้นพืชเตรียมวัสดุที่ใช้เพาะโดยนำทรายผสมกับขุยมะพร้าว และหน้าดิน (top soil) ด้วยอัตราส่วน 2:1:1 โดยปริมาณ (pH ของวัสดุที่ใช้เพาะเท่ากับ 5.8) บรรจุลงถุงเพาะชำขนาด 6×10 นิ้ว น้ำหนัก 400 กรัมต่อถุง การเพาะเมล็ดต้นหว่า (Syzygium cumini (L.) Skeels) เพื่อใช้ทดสอบการเป็นพืชอาศัยของเห็ดตับเต่า ขั้นตอนการปลูกถ่ายเชื้อเห็ดตับเต่าเริ่มจากการปิดดินที่ถุงเพาะให้ดินแยกออกจากกัน เมื่อปลูกถ่ายเชื้อเห็ดทำให้สามารถไหลผ่านไปยังรากได้สะดวก โดยการใส่สารแขวนลอยเชื้อปริมาณ 20 มิลลิลิตรต่อต้นต่อครั้ง (มวลชีวภาพของเส้นใยเห็ด 4 กรัม/1ลิตร) โดยปลูกเชื้อเห็ดตับเต่าลงในกล้าต้นหว่า เมื่อกล้าไม้อายุ 1, 3, 5, 7 และ 9 เดือน เพื่อป้องกันการชะล้างควรรดให้น้ำเป็นเวลา 2 วัน และวางกล้าไม้ไว้ที่ร่ม เชื้อจะเจริญร่วมกับรากต้นไม้แบบเอื้อประโยชน์ซึ่งกันและกัน ประมาณวันที่ 3 หลังจากปลูกเชื้อเห็ด เริ่มรดน้ำให้ความชื้นเล็กน้อย เมื่อครบ 1 สัปดาห์ จึงนำกล้าไม้ ออกมารับแสงแดดแบบรำไร เพื่อให้ต้นไม้ปรับตัว ดูแลอนุบาลต้นไม้ ให้แข็งแรงสมบูรณ์โดยห้ามใส่ปุ๋ยเคมี หลังปลูกเชื้อเห็ดแล้วเป็นเวลา 1 เดือน จากนั้นตรวจวัดอัตราการเจริญทางความสูงของกล้าต้น เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นที่ระดับคอราก จำนวนรากแขนง ความยาวราก จำนวนใบ และมวลชีวภาพส่วนเหนือดิน (น้ำหนักแห้งของใบและลำต้น) มวลชีวภาพส่วนใต้ดิน (น้ำหนักแห้งของราก) การหามวลชีวภาพในแต่ละส่วนของกล้าไม้ แยกเป็นส่วนส่วนของลำต้น ใบ และรากของแต่ละต้น นำทั้ง 3 ส่วนไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง ชั่งน้ำหนักแห้ง เพื่อหามวลชีวภาพส่วนต่าง ๆ ของกล้าไม้แต่ละต้น

การทดสอบเปอร์เซ็นต์การเกิดรากเอกโตไมคอร์ไรซา

การตรวจติดตามการเจริญร่วมกันของเชื้อเห็ดกับรากพืชอาศัยด้วยการตรวจดูภายใต้กล้องสเตอริโอ (stereo microscope) และทำการย้อมรากพืชอาศัยแล้วตรวจวิเคราะห์ภายใต้กล้องจุลทรรศน์กำลังขยายสูง เพื่อหาเปอร์เซ็นต์การติดเชื้อ (percent infection) ของเห็ดเอกโตไมคอร์ไรซาในกล้าไม้ ตามวิธีของ Phillips & Hayman (1970) โดยตัดรากออกเป็นชิ้นให้มีความยาวประมาณ 1-1.5 เซนติเมตร ย้อมสีราก จากนั้นส้อม

รากที่ย้อมสีแล้วจำนวน 50 ชิ้น วางบนแผ่นสไลด์ละ 5 ชิ้น นับจำนวนรากที่พบเชื้อเห็ดเอคโตไมคอร์ไรซาของแต่ละชุดการทดลอง เพื่อกำหนดหาเปอร์เซ็นต์การติดเชื้อ

การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

ทำการทดลองโดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มแบบสมบูรณ์ (Completely randomized design, CRD) ประกอบด้วย 5 ทรีตเมนต์ 10 ซ้ำต่อทรีตเมนต์ โดยใช้กล้าต้นหว้าที่อายุแตกต่างกันเป็นทรีตเมนต์ นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ค่าทางสถิติด้วยโปรแกรม SAS version 9.1 โดยเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธีทางสถิติ Duncan's New Multiple Range Test ในระดับความเชื่อมั่นที่ 95 เปอร์เซ็นต์

ผลและวิจารณ์

การทดสอบการเจริญของเชื้อเห็ดตับเต่ากับพืชอาศัยชนิดต่างๆ ภายใต้สภาวะเรือนปลูกพืช

การปลูกเชื้อเห็ดตับเต่าในต้นกล้าหว้าอายุ 1, 3, 5, 7 และ 9 เดือน เปรียบเทียบกับชุดควบคุม (ต้นที่ไม่ได้รับการปลูกถ่ายเชื้อ) หลังจากปลูกเชื้อเห็ดเป็นเวลา 1 เดือน จึงตรวจวัดอัตราการเจริญทางความสูงของลำต้น เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นที่ระดับคอราก มวลชีวภาพส่วนเหนือดิน (น้ำหนักแห้งของใบและลำต้น) มวลชีวภาพส่วนใต้ดิน (น้ำหนักแห้งของราก) จำนวนรากแขนง ความยาวราก จำนวนใบ และเปอร์เซ็นต์การเกิดรากเอคโตไมคอร์ไรซา ผลการทดสอบดังนี้

ผลการเจริญทางความสูง เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นที่ระดับคอราก ความยาวราก และจำนวนใบ ที่ได้รับการปลูกถ่ายเชื้อเห็ดตับเต่าในต้นกล้าหว้า อายุ 1, 3, 5, 7 และ 9 เดือน

การเจริญทางด้านความสูง และเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นที่ระดับคอรากของต้นหว้าที่ปลูกถ่ายเชื้อเห็ดตับเต่าเปรียบเทียบกับชุดควบคุม ผลการทดลองพบว่าต้นหว้าอายุ 7 เดือน ที่ได้รับการปลูกถ่ายเชื้อเห็ดตับเต่ามีการเจริญทางด้านความสูง และเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นที่ระดับคอรากเฉลี่ยมากที่สุด 21.32 ± 1.53 และ 1.35 ± 0.09 เซนติเมตร ตามลำดับ (Figure 1) ในขณะที่ชุดควบคุมที่อายุกล้า 7 เดือนเท่ากัน มีการเจริญทางด้านความสูง และเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นที่ระดับคอรากต่ำกว่าต้นที่ปลูกถ่ายเชื้อ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 17.41 ± 1.20 และ 0.97 ± 0.17 เซนติเมตร ตามลำดับ (Figure 2 A, B) สอดคล้องกับงานวิจัยของ ธนิตา และคณะ (2558) ทดสอบการสร้างเอคโตไมคอร์ไรซาของเห็ดเผาะในกล้าไม้ยางนา พบว่าเมื่ออายุต้นกล้า 6 เดือน ให้ผลการเจริญทางความสูง เส้นผ่านศูนย์กลางระดับคอราก และมวลชีวภาพดีกว่าการไม่ปลูกเชื้อ เนื่องจากเอคโตไมคอร์ไรซาที่ปลูกลงไปอาศัยอยู่บริเวณรอบรากพืชมีคุณสมบัติดูดซับน้ำและแร่ธาตุที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตต่อพืช โดยเฉพาะอย่างยิ่งธาตุฟอสฟอรัส ทำให้พืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้โดยตรง (Cairney, 2011; Sharma, 2017)

ส่วนผลการตรวจจำนวนใบ และความยาวรากของต้นกล้าหว้าที่ได้รับการปลูกเชื้อเห็ดตับเต่าให้ผลที่สอดคล้องกัน คือ ที่อายุกล้า 7 เดือน พบว่ามีจำนวนใบเฉลี่ยมากที่สุด 22 ± 1.0 ใบ รองลงมาคือ ต้นกล้าหว้าอายุ 9, 5, 3 และ 1 เดือน มีจำนวนใบเฉลี่ย 17 ± 1.0 , 14 ± 1.2 , 11 ± 1.0 และ 7 ± 1.0 ใบ ตามลำดับ เปรียบเทียบกับชุดควบคุมที่อายุกล้า 7 เดือน มีจำนวนใบเฉลี่ยเพียง 16 ± 1.2 ใบ และผลด้านความยาวรากพบว่าต้นกล้าหว้าอายุ 7 เดือน ให้ความยาวรากมากที่สุดเท่ากับ 645.36 ± 24 มิลลิเมตร รองลงมาคือต้นกล้าหว้าอายุ 5 เดือน มีความยาวรากเท่ากับ 610.26 ± 42 มิลลิเมตร ในขณะที่ต้นกล้าหว้าที่ไม่ได้ปลูกเชื้อเห็ดตับเต่ามีความยาวรากเฉลี่ยเพียง 370.23 ± 20 และ 385.23 ± 53 มิลลิเมตร ตามลำดับ (Figure 2 C, D) จากผลการ

ทดลองพบว่ากรรมวิธีการปลูกถ่ายเชื้อเห็ดตับเต่าไม่ว่าจะมีอายุกล้าในระยะใดให้ผลการเจริญทางด้านความสูง เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นที่ระดับคอราก จำนวนใบ และความยาวราก สูงกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีที่ไม่ ปลูกถ่ายเชื้อ (Table 1) ทั้งนี้เกิดจากการปลูกในสภาพโรงเรือนปริมาณธาตุอาหารถูกควบคุมภายใต้ภาวะ ปลูก ส่งผลให้ต้นหว้าที่ปลูกถ่ายเชื้อเห็ดเห็ดโคโตไมคอร์ไรซาสามารถดูดซับธาตุอาหารได้ดี และนำธาตุอาหารไป ใช้ได้ง่ายขึ้น จึงมีอัตราการเจริญเติบโตที่สูงกว่าต้นที่ไม่ได้ปลูกเชื้อไมคอร์ไรซา สอดคล้องกับงานวิจัยของ ทนุ วงศ์ และอุทัยวรรณ (2537) ได้ทดสอบการเจริญเติบโตของกล้าไม้ยางนา ด้วยการปลูกเชื้อเห็ดเห็ดโคโตไมคอร์ไร ซา 3 ชนิด ได้แก่เห็ดตะไคล เห็ดน้ำแป้ง และเห็ดน้ำหมาก ในสภาพเรือนเพาะชำ โดยกล้าไม้ที่ได้รับการปลูก ถ่ายเชื้อเห็ดตะไคลมีการเจริญเติบโตดีในทุกด้าน เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม

Table 1 Stem height, stem diameter, number of leaves, root length, biomass of the aboveground part (dry weight of leaves and stems) and percentage of ectomycorrhiza root on *S. cumini* seedlings (L.) Skeels were inoculated with mycorrhiza and control (non-inoculated) for 1, 3, 5, 7 and 9 months

Seedlings aged (months)	Plant growth					%
	Stem height (cm)	Stem diameter (cm)	Leaf number (leaf/plant)	Root length (mm)	Biomass (g/plant)	Ectomycorrhiza root
Inoculated						
1	14.30±1.55 ^c	0.77±0.08 ^c	7±1.0 ^e	323.58±60 ^c	3.80±0.30 ^b	53.43±1.80 ^c
3	17.11±1.58 ^b	0.79±0.08 ^c	11±1.0 ^d	532.46±25 ^b ^c	3.70±0.28 ^b	83.32±1.54 ^a
5	18.37±1.42 ^b	0.95±0.06 ^b	14±1.2 ^c	610.26±42 ^{ab}	4.61±0.32 ^{ab}	66.67±1.11 ^b
7	21.32±1.53 ^a	1.35±0.09 ^a	22±1.0 ^a	645.36±24 ^a	5.20±0.31 ^a	56.46±4.60 ^c
9	20.64±1.33 ^{ab}	1.24±0.04 ^{ab}	17±1.0 ^b	576.35±20 ^b	4.76±0.27 ^{ab}	43.66±4.60 ^d
<i>F-test</i>	**	**	*	*	**	**
%CV	12.39	27.38	36.79	28.41	13.86	25.10
Control						
1	12.97±1.35 ^c	0.47±0.10 ^c	5±1.7 ^c	155.27±20 ^d	2.95±0.74 ^{bc}	18.50±2.65 ^{bc}
3	12.84±1.48 ^c	0.55±0.06 ^b	8±1.9 ^{bc}	290.78±27 ^b	2.27±0.24 ^d	17.65±1.68 ^{bc}
5	14.52±1.63 ^b	0.61±0.10 ^b	10±1.4 ^b	385.23±53 ^a	2.50±0.77 ^c	27.50±1.10 ^b
7	17.41±1.20 ^a	0.97±0.17 ^a	16±1.2 ^a	370.23±20 ^{ab}	3.10±0.21 ^b	27.50±4.50 ^b
9	16.49±1.35 ^{ab}	0.85±0.07 ^{ab}	13±1.7 ^{ab}	260.47±22 ^c	3.34±0.58 ^a	34.50±4.62 ^a
<i>F-test</i>	**	**	*	*	*	**
%CV	13.79	21.99	36.02	21.08	13.06	22.20

Different letter presented after values indicates a difference between the mean values of treatments at a significant level of 95%.

**, * Significant at *P* = 0.01 and 0.05 probability levels respectively.



Figure 1 The growth of *S. cumini* (L.) Skeels seedling for 7 months; (A) control (B) mycorrhiza inoculated

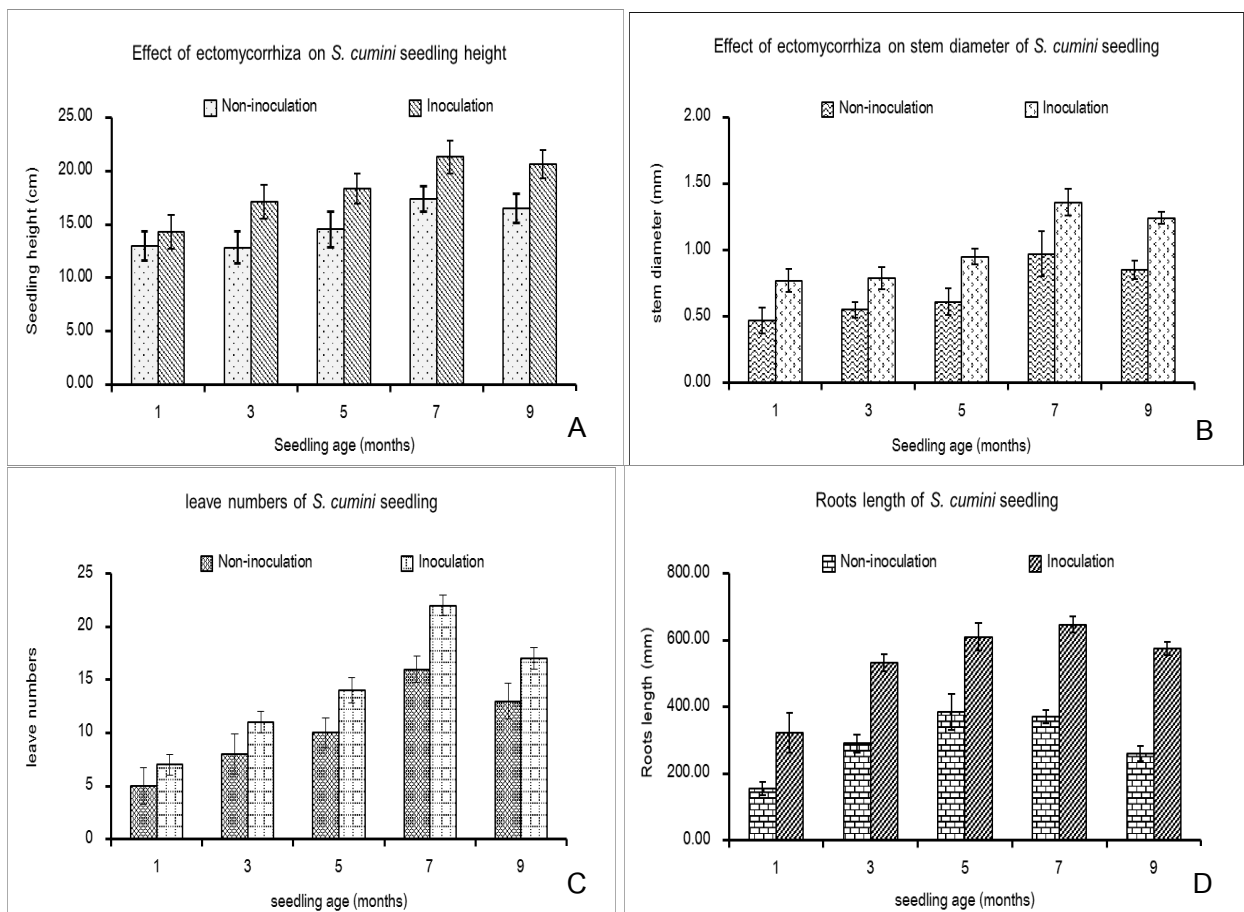


Figure 2 Effect of ectomycorrhiza on *S. cumini* (L.) Skeels were inoculated with mycorrhiza and control seedlings for 1, 3, 5, 7 and 9 months; (A) height seedling, (B) stem diameter, (C) leave numbers and (D) roots length

ผลของปริมาณมวลชีวภาพส่วนเหนือดิน (น้ำหนักแห้งใบและลำต้น) และส่วนใต้ดิน (น้ำหนักแห้งส่วนของราก) ที่ได้รับการปลูกถ่ายเชื้อเห็ดตับเต่าในต้นกล้าหัวอายุ 1, 3, 5, 7 และ 9 เดือน

จากการทดลอง ต้นกล้าหัวที่ปลูกเชื้อเห็ดตับเต่าทุกช่วงอายุของกล้าไม้ มีมวลชีวภาพส่วนเหนือดิน (น้ำหนักแห้งส่วนของใบ และลำต้น) และมวลชีวภาพส่วนใต้ดิน (น้ำหนักแห้งส่วนของราก) มากกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยอายุกล้าไม้ 7 เดือน ที่ปลูกเชื้อเห็ดตับเต่ามีปริมาณมวลชีวภาพเฉลี่ยมากที่สุด 5.2 ± 0.31 กรัม เปรียบเทียบชุดควบคุมมีปริมาณมวลชีวภาพเฉลี่ยเพียง 3.1 ± 0.21 กรัม (Table 1) ในทำนองเดียวกัน มวลชีวภาพส่วนใต้ดินของกล้าไม้ที่ปลูกเชื้อเห็ดตับเต่ามีมวลชีวภาพมากที่สุดเฉลี่ย 2.9 ± 0.74 กรัม ในขณะที่ชุดควบคุมให้ปริมาณมวลชีวภาพเพียง 0.7 ± 0.70 กรัม จากการทดลองยังพบว่า กล้าไม้มีการสร้างจำนวนใบเพิ่มขึ้นและลดลงไม่คงที่ โดยจำนวนใบเกิดใหม่มากที่สุดในช่วงกล้าไม้อายุ 7 เดือน ส่งผลให้มีปริมาณมวลชีวภาพส่วนเหนือดิน (ใบและลำต้น) มากขึ้น แต่เมื่ออายุกล้า 9 เดือน มวลชีวภาพลดลงอาจมีสาเหตุมาจากสภาพแวดล้อม มีการพลัดใบ ส่งผลให้การสร้างใบใหม่น้อยลง (Figure 3) อย่างไรก็ตามการปลูกเชื้อเห็ดตับเต่าปริมาตร 20 มิลลิลิตรต่อต้น ทำให้จำนวนใบใหม่เกิดขึ้นมากกว่าการไม่ปลูกเชื้อเห็ดดังกล่าวเป็นเพราะเชื้อราเอคโตไมคอร์ไรซาช่วยเพิ่มความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารแก่พืช ได้แก่ ไนโตรเจน และ ฟอสฟอรัส (Nehls & Plassard, 2018) สอดคล้องกับงานวิจัยของ WU et al. (2012) ได้ศึกษาการสร้างเอคโตไมคอร์ไรซาของเห็ดตับเต่า โดยแยกเชื้อแบคทีเรีย *Bacillus cereus* จากบริเวณรากของต้นสนดำญี่ปุ่นในธรรมชาติ มาปลูกเชื้อร่วมกับเห็ดตับเต่าในต้นกล้าสนดำญี่ปุ่น พบว่ากล้าไม้ที่ปลูกเชื้อเห็ดตับเต่าอย่างเดียว และเห็ดตับเต่าร่วมกับ *B. cereus* ส่งผลต่อการเจริญเติบโตของกล้าไม้สนดำญี่ปุ่น และเมื่อนำมาวัดปริมาณมวลชีวภาพ คือน้ำหนักแห้งส่วนของลำต้นและใบ (ส่วนเหนือดิน) และน้ำหนักแห้งในส่วนของราก (ส่วนใต้ดิน) มีปริมาณมวลชีวภาพเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม ซึ่งในงานวิจัยกล่าวว่ นอกจาก *Bacillus* ยังพบแบคทีเรียหลายสายพันธุ์เช่น *Burkholderia*, *Paenibacillus*, *Pseudomonas* และ *Streptomyces* ที่อยู่ในดินบริเวณรากจะช่วยกระตุ้นกิจกรรมของเอคโตไมคอร์ไรซาได้ ทำให้สามารถดูดซึมสารอาหารได้มากขึ้น โดยแบคทีเรียเหล่านี้เรียกว่า “mycorrhiza helper bacteria” เช่นเดียวกับงานวิจัยของ Janos et al. (2001) ศึกษาผลของเชื้อราไมคอร์ไรซาต่อการส่งเสริมการเจริญเติบโตของต้นลิ้นจี่ที่ขยายพันธุ์ด้วยกิ่งตอน พบว่าภายหลังจากที่ปลูกไมคอร์ไรซาได้ 120 วัน เชื้อราไมคอร์ไรซาช่วยให้มีน้ำหนักแห้งของส่วนเหนือดินสูงกว่าต้นที่ไม่มีเชื้อราไมคอร์ไรซาถึง 39 เปอร์เซ็นต์ ส่วนงานวิจัยของ วิพรพรรณ และมนัส (2020) ทดสอบผลของเห็ดเอคโตไมคอร์ไรซาต่อการเจริญของไม้ป่า 5 ชนิด โดยปลูกเชื้อเห็ดปริมาตร 50 มิลลิลิตรต่อต้น พบว่ายางนาที่ได้รับการปลูกถ่ายเชื้อ มีค่าความสูง เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น น้ำหนักสด-น้ำหนักแห้งส่วนลำต้น และน้ำหนักแห้งส่วนราก มากกว่ากรรมวิธีที่ไม่ปลูกถ่ายเชื้ออย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ผลของจำนวนรากแขนงต้นกล้าหัวที่ได้รับการปลูกถ่ายเชื้อเห็ดตับเต่า อายุ 1, 3, 5, 7 และ 9 เดือน

จากการตรวจนับจำนวนรากแขนงของต้นกล้าหัวมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ พบว่าต้นกล้าหัวอายุ 5 เดือน ที่ได้รับการปลูกถ่ายเชื้อเห็ดตับเต่ามีจำนวนรากแขนงมากที่สุดจำนวน 1,834 ราก (Figure 4) รองลงมาคือต้นกล้าหัวอายุ 7, 3, 9 และ 1 เดือน โดยมีจำนวนรากแขนงเท่ากับ 1462, 1461, 1257 และ 659 ราก ตามลำดับ ในขณะที่ชุดควบคุม มีจำนวนรากแขนงเฉลี่ยเพียง 415 ราก เนื่องจากเชื้อเห็ดตับเต่าที่ปลูกถ่ายลงในดินเกิดรากเอคโตไมคอร์ไรซาเจริญร่วมกับพืชอาศัย โดยสังเกตได้จากจำนวนราก และลักษณะรูปร่างภายนอกที่เปลี่ยนแปลงไป ซึ่งเส้นใยที่อยู่ภายนอกรากนี้สามารถสานตัวกันเป็นร่างแห มี Polysaccharide gel เป็นองค์ประกอบอยู่รอบๆ ทำให้บริเวณรากเกิดความชุ่มชื้น ส่งผลให้มีจำนวนรากแขนง

เพิ่มมากกว่าต้นที่ไม่รับการถ่ายเชื้อเห็ดตับเต่า สำหรับผลของจำนวนรากแขนงต้นกล้าหัวที่อายุ 5 เดือน มีจำนวนรากแขนงมากกว่าอายุกล้า 7 และ 9 เดือนนั้น อาจเป็นเพราะดินในถุงแน่นเกินไป และรากเจริญอยู่ในถุงเพาะที่ถูกควบคุม มีขนาดจำกัด บางต้นเกิดอาการเน่าและแห้งตาย การเจริญไม่สมบูรณ์ส่งผลให้รากไม่สามารถเจริญแผ่ขยายออกได้ ในขณะที่อินทรีย์วัตถุในดินลดน้อยลง ซึ่งปัจจัยนี้อาจมีผลทำให้การสร้างรากแขนงของต้นกล้าหัวลดลงตามระยะเวลาที่นานขึ้น (Figure 5 A)

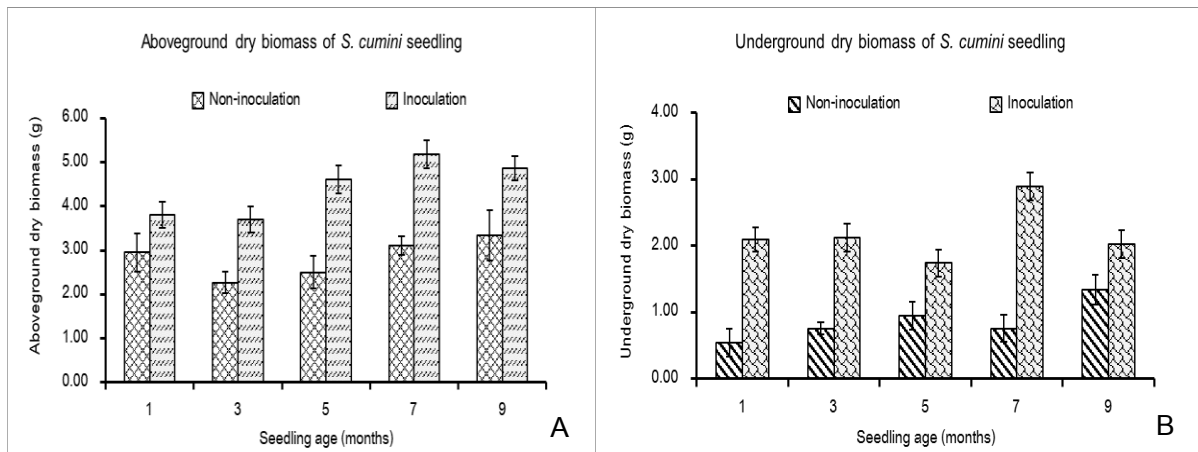


Figure 3 Dry Biomass of *S. cumini* (L.) Skeels for aboveground part (A) and underground part (B) were inoculated with mycorrhiza and control seedlings for 1, 3, 5, 7 and 9 months

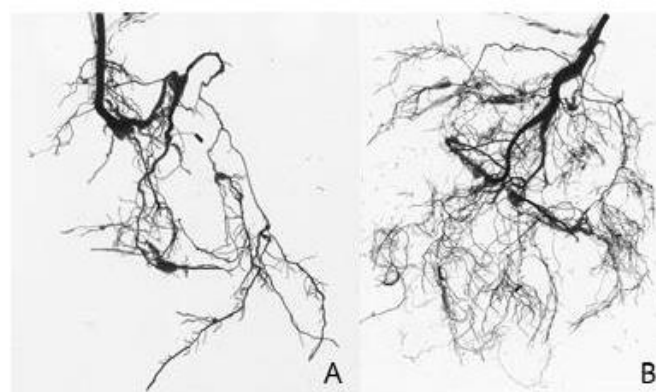


Figure 4 Characteristics of the lateral root numbers of *S. cumini* (L.) Skeels seedlings for 5 months; (A) control (B) mycorrhiza inoculated

การเกิดรากเอคโตไมคอร์ไรซาของต้นกล้าหัวที่ได้รับการปลูกถ่ายเชื้อเห็ดตับเต่า อายุ 1, 3, 5, 7 และ 9 เดือน

ผลการตรวจนับการเกิดรากเอคโตไมคอร์ไรซาในต้นกล้าหัว โดยสุ่มรากไม้ 10 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักรากทั้งต้น (น้ำหนักสด) ตัดแบ่งรากออกเป็นท่อนๆ ให้มีขนาดความยาว 1 เซนติเมตร นำรากที่สุ่มมาวางเรียงกระจายบนจานอาหารเลี้ยงเชื้อ โดยด้านล่างจานมีสเกลวัดรูปสี่เหลี่ยม 1 ช่อง ขนาด 1 ตารางเซนติเมตร เติมน้ำกลั่นเล็กน้อย แล้วทำการนับจำนวนรากที่มีและไม่มีเอคโตไมคอร์ไรซา พร้อมทั้งคำนวณสัดส่วน (ร้อยละ) ของการเกิดรากเอคโตไมคอร์ไรซา ผลการศึกษาพบว่าหลังการปลูกเชื้อเห็ดตับเต่ากล้าไม้อายุ 3 เดือน (Table 1) มี

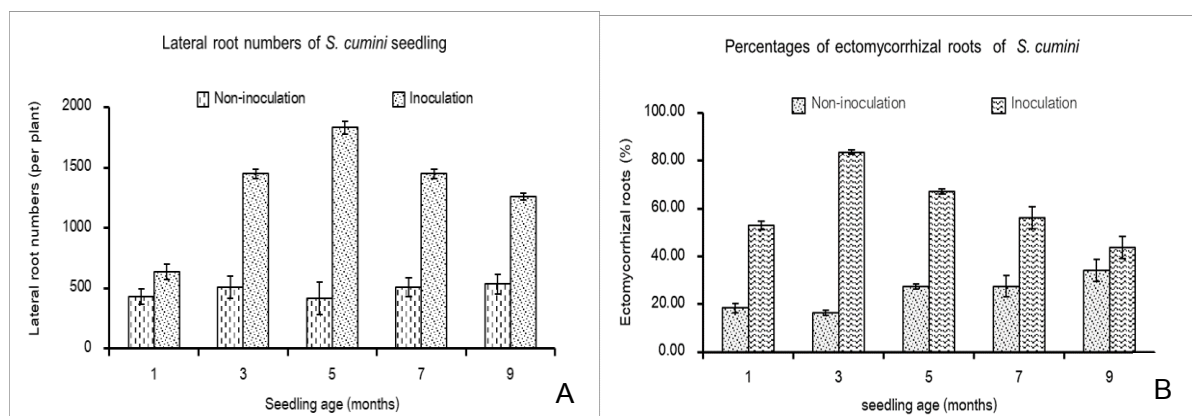


Figure 5 Effect of ectomycorrhiza on *S. cumini* (L.) Skeels were inoculated with mycorrhiza and control seedlings for 1, 3, 5, 7 and 9 months; (A) lateral root numbers and (B) percentages of ectomycorrhizal roots

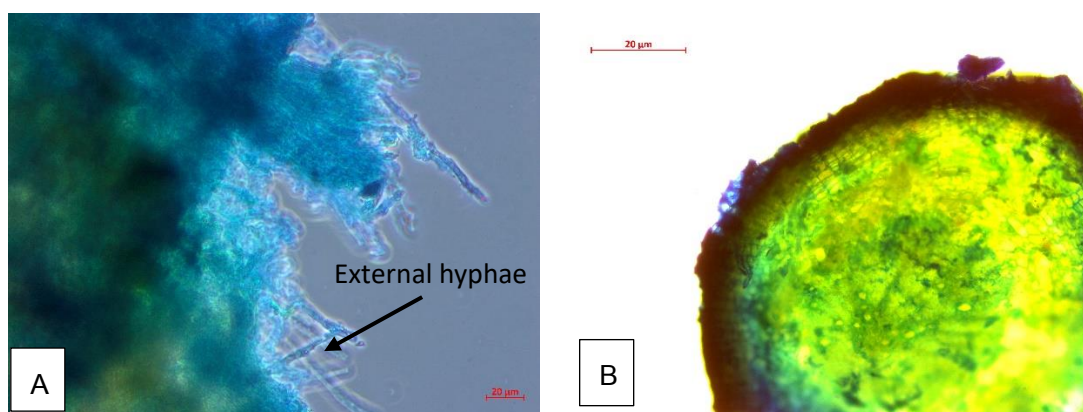


Figure 6 Characteristics of the creation of ectomycorrhizal in the root of *S. cumini* (L.) Skeels (A) transverse section of the mycorrhizal root and (B) control

เปอร์เซ็นต์การเกิดรากเห็ดเอคโตไมคอร์ไรซามากที่สุด 83.32 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือกล้าอายุ 5, 7, 1 และ 9 เดือน โดยมีเปอร์เซ็นต์การเกิดรากเอคโตไมคอร์ไรซาของต้นกล้าหว่าเท่ากับ 66.67, 56.46, 53.43 และ 43.66 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในขณะที่ต้นควบคุมอายุกล้า 3 เดือน มีเปอร์เซ็นต์การเกิดรากเอคโตไมคอร์ไรซาเพียง 17.65 เปอร์เซ็นต์ (Figure 5 B) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Tawaraya et al. (2007) พบว่าการปลูกถ่ายเชื้อไมคอร์ไรซาลงในกล้าไม้ที่อายุน้อย มีค่าการติดเชื้อ 96 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม ที่ติดเชื้อเพียง 6 เปอร์เซ็นต์ เช่นเดียวกับงานวิจัยของ Hanmoungjai (2014) ศึกษาการเกิดรากเอคโตไมคอร์ไรซาของต้นกล้าก่อแป้นภายใต้สภาพโรงเรือน พบว่าเส้นใยของเชื้อราเอคโตไมคอร์ไรซามีเปอร์เซ็นต์การติดรากสูงถึง 97.78 เปอร์เซ็นต์ ส่วนการตรวจสอบการสร้างเอคโตไมคอร์ไรซาในรากต้นหว่า ด้วยการย้อมสีรากตามวิธีของ Phillips & Hayman (1970) ตรวจวิเคราะห์ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ พบว่าต้นกล้าหว่าที่ได้รับการปลูกถ่ายเชื้อเห็ดตับเต่าเกิดการสร้างรากเอคโตไมคอร์ไรซาของเส้นใยสานกันเป็นตาข่าย (external hyphae) โดยเส้นใยจะติดสีของ Trypan blue ที่รากอย่างชัดเจน ลักษณะการเจริญของเส้นใยจะมีการเจริญออกไปตามผิวรากรวมทั้งเจริญออกไปในดิน และแผ่ขยายเส้นใยกว้างขึ้น เพื่อสร้างจุดที่เส้นใยสามารถเข้าสู่รากพืชในตำแหน่งใหม่ ๆ แล้วทอดยาวแตกแขนงมากขึ้นสร้างเป็นเครือข่ายของกระจุกเส้นใย (mycelium) ทั่วรากพืช (Pham et al., 2012) เมื่อเปรียบเทียบกับต้นควบคุมจะไม่พบกลุ่มของเส้นใยเหล่านี้รอบๆ รากพืช (Figure 6) แต่หากเปรียบเทียบ

ระหว่างต้นกล้าอายุ 1, 3, 5, 7 และ 9 เดือน ของชุดควบคุม จะเห็นได้ว่าที่อายุ 9 เดือน มีเปอร์เซ็นต์การติดเชื้อเอคโตไมคอร์ไรซามากกว่า จากรายงานของ Boeraeve et al. (2018) กล่าวว่า การเกิดเอคโตไมคอร์ไรซาสามารถพบได้ในธรรมชาติ โดยอัตราการเกิดจะแตกต่างกันออกไปตามแต่ละพื้นที่ พืชอาศัย และอายุของพืชอาศัย เนื่องจากต้นไม้ที่มีอายุมากขึ้น รากเดิมที่ติดเชื้อไมคอร์ไรซาแล้วเชื้อยังสามารถแพร่กระจายได้ดีอยู่ ทำให้มีเปอร์เซ็นต์เอคโตไมคอร์ไรซามากกว่าเดือนอื่นๆ (Clasen et al., 2018) แต่อย่างไรก็ตาม อัตราการเกิดยังน้อยมากเมื่อเปรียบเทียบกับต้นพืชอาศัยที่ได้รับการปลูกเชื้อโดยตรง

สรุป

การทดสอบผลการปลูกถ่ายเชื้อเห็ดตับเต่าต่อช่วงอายุที่เหมาะสมของกล้าต้นหว้าในสภาพโรงเรือน โดยการปลูกถ่ายเชื้อลงในต้นกล้าหว้าปริมาตร 20 มิลลิลิตรต่อต้น เปรียบเทียบกับชุดควบคุม ที่อายุกล้า 1, 3, 5, 7 และ 9 เดือน เพื่อตรวจสอบเปอร์เซ็นต์การเกิดรากเอคโตไมคอร์ไรซา อัตราการเจริญเติบโต และช่วงอายุกล้าที่เหมาะสมต่อการปลูกเชื้อเห็ดตับเต่ามากที่สุด พบว่าการปลูกถ่ายเชื้อเห็ดตับเต่าลงต้นกล้าหว้าที่อายุ 7 เดือน เป็นช่วงอายุของกล้าไม้ที่เหมาะสม โดยมีการเจริญทางด้านความสูง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของลำต้นที่ระดับคอราก ปริมาณมวลชีวภาพ ความยาวราก และจำนวนใบดีที่สุด ส่วนเปอร์เซ็นต์การเกิดรากเอคโตไมคอร์ไรซาพบมากที่สุด ในกล้าไม้อายุ 3 เดือน แต่อย่างไรก็ตามกรรมวิธีการปลูกถ่ายเชื้อเห็ดตับเต่าไม่ว่าจะมีอายุกล้าระยะใดให้ผลการเจริญเติบโตในทุกด้านสูงกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับต้นที่ไม่ปลูกถ่ายเชื้อ จากผลการทดลองนี้สามารถนำไปต่อยอดและใช้ประโยชน์ในการเลือกช่วงอายุที่เหมาะสมของพืชอาศัยให้แก่เกษตรกร สำหรับการผลิตเห็ดตับเต่าได้ในอนาคต

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยใคร่ขอขอบคุณ สำนักงานพัฒนาเศรษฐกิจจากฐานชีวภาพ (องค์การมหาชน) ในการสนับสนุนทุนวิจัย ภายใต้โครงการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีการเพาะเห็ดป่าไมคอร์ไรซาแบบจำลองธรรมชาติ เพื่อพัฒนาเศรษฐกิจชุมชนอย่างยั่งยืน

เอกสารอ้างอิง

- กิตติมา ด่วงแค, วินันท์ดา หิมะมาน, และจันจิรา อายะวงศ์. (2548). ผลของเอคโตไมคอร์ไรซาต่ออัตราการเจริญเติบโตและการควบคุมโรคที่เกิดจากเชื้อราในดินของกล้าไม้ยูคาลิปตัส. สืบค้น 15 กุมภาพันธ์ 2564, จาก <https://www.dnp.go.th/FEM/PDF/FM9.pdf>
- คมกฤษณ์ แสงเงิน, และบุปผา อยู่ทิม. (2561). ผลของหัวเชื้อชนิดน้ำเห็ดตับเต่าต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของพริกขี้หนูลูกผสมพันธุ์ซูเปอร์ฮอท. วารสารพืชศาสตร์สงขลานครินทร์, 5(3), 1-8.
- ณัฐกานต์ ไทบุญกุล. (2555). ผลของเชื้อเห็ดตับเต่าไอโซเลท TR1 ต่อการเติบโตทางกิ่งใบและผลผลิตของพริกหนุ่มพันธุ์หยกสวรรค์ (ปัญหาพิเศษปริญญาตรี). มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ทनुวงศ์ แสงเทียน, และอุทัยวรรณ แสงวณิช. (2537). การเจริญเติบโตของยางนาที่ได้รับการปลูกเชื้อเอคโตไมคอร์ไรซา. วารสารวนศาสตร์, 13, 22-28.
- ธนิดา อาสว่าง, อุไรวรรณ วิจารณ์กุล, รุ่งเพชร แข็งแรง, ณัฐริกา สุวรรณศรี, และเชิดชัย โพธิ์ศรี. (2558). เอคโตไมคอร์ไรซาของเห็ดเผาะสืบทอดในกล้าไม้ยางนา. การประชุมวิชาการและนำเสนอผลงาน

- วิชาการเครือข่ายงานวิจัยนิเวศวิทยาป่าไม้แห่งประเทศไทย ครั้งที่ 4. พิษณุโลก: คณะเกษตรศาสตร์
มหาวิทยาลัยนเรศวร.
- นันทินี ศรีภูมิปา. (2560). การเพาะเห็ดที่มีศักยภาพเชิงพาณิชย์ภาคเหนือตอนบน (รายงานโครงการวิจัย. กรม
วิชาการเกษตร. 1-39.
- วิพรพรรณ เนื่องเม็ก, และมนัส ทิตยวรรณ. (2562). วัสดุผลิตหัวเชื้อเห็ดเผาะและผลต่อการเจริญของฟัซซาเคีย.
วารสารแก่นเกษตร, 48(1), 1173-1180.
- ปานทิพย์ ชันวิชัย, และประภาพร ตั้งกิจโชติ. (2555). ผลของเชื้อเห็ดตับเต่า (*Boletus colossus* Heim.)
ไอโซเลตต่างๆ ต่อการ เติบโตทางกิ่งใบ และมวลชีวภาพของต้นกล้าฝรั่ง Okinawa. การประชุมทาง
วิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (หน้าที่ 232 – 239). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ราชบัณฑิตยสถาน. (2550). เห็ดในประเทศไทย (พิมพ์ครั้งที่ 2). นนทบุรี: บริษัทที่พิมพ์ จำกัด.
- รุ่งฟ้า จินแส. (2555). การใช้เชื้อเห็ดตับเต่า (*Boletus colossus* Heim.) ส่งเสริมการเจริญเติบโตของต้น
เต้าส้ม (*Diospyros lotus*) ระยะต้นกล้า (รายงานวิจัย). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
วิทยาเขตกำแพงแสน.
- สมจิตร อยู่เป็นสุข. (2549). ไมคอร์ไรซา (พิมพ์ครั้งที่ 1). เชียงใหม่: ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- สุกัญญา บุญทา, ประภาพร ตั้งกิจโชติ, และกวิศร์ วานิชกุล. (2557). ผลของเชื้อเห็ดตับเต่าต่อการ เติบโตทาง
กิ่งใบของพริกขี้หนูเทวี 60. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, 45, 5-8.
- อนิวรรณ เฉลิมพงษ์ และธีรวัฒน์ บุญทวีคุณ. (2525). การสำรวจเอดโดไมคอร์ไรซาในระบบ นิเวศวิทยาป่าดิบ
แล้ง. สืบค้น 15 กุมภาพันธ์ 2564, จาก [https://www.tistr.or.th/sakaerat/project/ASRCT% 20
pdf/3/006.pdf](https://www.tistr.or.th/sakaerat/project/ASRCT%20pdf/3/006.pdf).
- อานนท์ เอื้อตระกูล. (2553). เชื้อต้นไม้อาจสามารถเพาะเห็ดตับเต่าได้. สืบค้นวันที่ 20 กุมภาพันธ์ 2560 จาก
[http://anonbiotec.gratis- foros.com/t185 -topic#387](http://anonbiotec.gratis-foros.com/t185-topic#387).
- Boeraeve, M., Honnay, O., & Jacquemyn, H. (2018). Effects of host species, environmental
filtering and forest age on community assembly of ectomycorrhizal fungi in
fragmented forests. *Fungal Ecology*, 36, 89-98.
- Cairney, J. W. G. (2011). Ectomycorrhizal fungi: the symbiotic route to the root for phosphorus
in forest soils. *Plant Soil*, 344, 51–71,
- Clasen, B. E., Silveira, A. de-O., Baldoni, D. B., Montagner, D. F., Jacques, R. J. S., & Antonioli,
Z. I. (2018). Characterization of Ectomycorrhizal species through molecular biology
tools and morphotyping. *Scientia Agricola*, 75, 3, 246-254.
- Conjeaud, C., Scheromm, P., & Mousain, D. (1996). Effect of phosphorus and ectomycorrhiza
on maritime pine seedling (*Pinus pinaster*). *New Phytologist*, 133(2), 345-351.
- Hanmoungjai, W. (2014). Factors Affecting on the Growth of Mycelium Hed-Pho (*Astreaus
hygrometricus* Morgan) on Agar Medium and Cereal Grain Medium. *Naresuan
University Journal: Science and Technology*, 22(3), 1-9.
- Harley, J. L., & Smith, S. E. (1983). *Mycorrhizal symbiosis*. London and New York: Academic
Press.

- Janos, D. P., Schroeder, M. S., schaffer, B., & Crane, J. H. (2001). Inoculation with arbuscular mycorrhizal fungi enhances growth of Litchi chinensis Sonn. trees after propagation by air-layering. *Plant and Soil*, 233, 85-94.
- Kil, Y. J., Eo, J. K., Lee, E. H., & Eom, A. H. (2014). Root Age-Dependent Changes in Arbuscular Mycorrhizal Fungal Communities Colonizing Roots of *Panax ginseng*. *Mycobiology*, 42(4), 416-21.
- Kumla, J., Danell, E., Bussaban, B., & Lumyong, S. (2011). Suitable Growth Conditions and Nutrition Factors on In Vitro Culture of *Phlebopus portentosus* (Boletales). *Chiang Mai Journal of Science*, 38(1), 156-159.
- Nehls, U., & Plassard, C. (2018). Nitrogen and phosphate metabolism in Ectomycorrhizas. *New Phytologist*, 1-12,
- Pham, N. D. H., Yamada, A., Shimizu, K., Noda, K., Dang, L. A. T., & Suzuk, A. (2012). A sheathing mycorrhiza between the tropical bolete *Phlebopus spongiosus* and *Citrus maxima*. *Mycoscience*, 53, 347–353.
- Phillips, J. M., & Hayman, D. S. (1970). Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. *Transactions of the British Mycological Society*, 55, 158-161.
- Sharma, R. (2017). Ectomycorrhizal Mushrooms: Their Diversity, Ecology and Practical Applications. *Springer International Publishing*, 99-131.
- Tawaraya, K., Turjaman, M., & Ekamawanti, H. A. (2007). Effect of Arbuscular Mycorrhizal Colonization on Nitrogen and Phosphorus Uptake and Growth of *Aloe Vera* L. *Horticultural Science*, 42(7), 1737–1739.
- Wu, X. Q., Hou, L. L., Sheng, J. M., Ren, J. H., Zheng, L., Chen, D., & Ye, J. R. (2012). Effects of ectomycorrhizal fungus *Boletus edulis* and mycorrhiza helper *Bacillus cereus* on the growth and nutrient uptake by *Pinus thunbergii*. *Biology Fertility Soils*, 48, 385–391.