

ผลของเอคโตไมคอร์ไรซาจากเห็ดเผาะและเห็ดตับเต่า

ต่อการเจริญของไม้ป่าและไม้โตเร็วบางชนิดในสภาพแปลงธรรมชาติ

Effects of Ectomycorrhiza from *Astraeus odoratus* and *Phlebopus portentosus* on some Species of Forest Trees and Fast Growing Trees in Natural Conditions

ธนภักษ์ อินยอด¹, ธนากร ลัทธิตระสุธรรม², ธนภัทร เต็มอารมย์¹, ชาตรี กอนี¹,
ศิรินทิพย์ ชัยมงคล² และวีระชัย ฟองธิวงศ์²

Tanapak Inyod¹, Thanakorn Lattirasuvan², Thanapat Termarom¹, Chatree Konee¹,
Sirinthip Chaimongkhon² and Weerachi Fongthiwong²

บทคัดย่อ

เห็ดเผาะและเห็ดตับเต่า เป็นเอคโตไมคอร์ไรซา เส้นใยเห็ดเจริญบริเวณรอบรากพืช ดำรงชีวิตแบบพึ่งพาอาศัยเกื้อกูลกันกับพืช (symbiosis) และมีมูลค่าทางเศรษฐกิจสูงในประเทศไทย การศึกษาสูตรอาหารที่เหมาะสมเพื่อเพิ่มปริมาณเส้นใยในอาหารเพาะเลี้ยงสังเคราะห์จำนวน 4 สูตร พบว่าอาหารสูตรที่ 4 ประกอบด้วย มันฝรั่ง 20 เปอร์เซ็นต์ น้ำตาล 2 เปอร์เซ็นต์ และ malt extract 0.5 เปอร์เซ็นต์ มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยให้ปริมาณน้ำหนักแห้งเส้นใยเห็ดเผาะและเห็ดตับเต่ามากที่สุด คือ 1.12 และ 7.17 กรัม/100 มิลลิลิตร ตามลำดับ และเมื่อนำมาทดสอบกับพืชอาศัยของเห็ดจำนวน 4 ชนิด ได้แก่ ตะเคียนทอง (*Hopea odorata*) มะค่าโมง (*Azelia xylocarpa*) ซึ่งจะปลูกถ่ายเชื้อเห็ดเผาะ ส่วนหางนกยูงไทย (*Caesalpinia pulcherrima*) และแคบ้าน (*Sesbania grandiflora*) ปลูกถ่ายเชื้อเห็ดตับเต่าเปรียบเทียบกับต้นที่ไม่ใส่เชื้อ (ต้นควบคุม) เพื่อดูผลของการเจริญของกล้าไม้พืชอาศัยที่ได้รับการปลูกถ่ายเชื้อเห็ดไมคอร์ไรซาที่นำไปปลูกในสภาพธรรมชาติที่บ้านปางมอญ อำเภออำเภอนาโหล จังหวัดน่าน จำนวน 3 พื้นที่ มีลักษณะแปลงปลูกแตกต่างกันดังนี้ 1. สภาพพื้นที่เป็นที่ราบเชิงเขา (PM1) 2. สภาพพื้นที่เป็นสวนกล้วย (PM2) และ 3. สภาพพื้นที่ไร่มันสำปะหลัง (PM3) โดยไม่ใส่ปุ๋ยเคมีหรือสารควบคุมการเจริญเติบโต ภายหลังการปลูก 6 เดือน พบว่า แปลงปลูกแบบผสมผสานร่วมกับแปลงกล้วย (PM2) กล้าไม้ตอบสนองต่อการเจริญเติบโตมากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับต้นควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งด้านความสูง เส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับคอรากของลำต้น และความกว้างทรงพุ่ม

คำสำคัญ: เห็ดไมคอร์ไรซา เห็ดเผาะ เห็ดตับเต่า พืชอาศัย

Abstract

Astraeus odoratus and *Phlebopus portentosus* are ectomycorrhiza fungi that grow and survive symbiotically around the roots of certain plants hosts. They are of high economic value in Thailand. Our study of the optimum culture medium for increasing mycelium density involved four different media types. The results indicated that the T4 medium, which was composed of potato 20%, sugar 2%, and malt extract 0.5% produced the highest biomasses (level of significance $P \leq 0.05$) for *A. odoratus* and *P. portentosus* (1.12 and 7.17 g/100 ml, respectively). The effects of the mycorrhiza on the growth of 4 host plant species (*Hopea odorata* and *Azelia xylocarpa* were inoculated with *A. odoratus*; *Caesalpinia pulcherrima*, and *Sesbania grandiflora* were inoculated with *P. portentosus*) were compared with the control, which had not been inoculated with mycorrhiza. The two types of mycorrhiza mushrooms was transplanted into three different habitats: foothills (PM1), banana plantations (PM2) and cassava plantations (PM3), and this took place without fertilizer and plant growth regulator addition at Pangmon village, in Nan province.

Keywords: mycorrhiza, *Astraeus odoratus*, *Phlebopus portentosus*, host plant

¹ สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว.) เทคโนธานี อ. คลองหลวง จ. ปทุมธานี 12120

¹ Thailand institute of Scientific and Technological Research (TISTR), Technopolis, Khlong Luang, Pathum Thani 12120

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

² Maejo University Phrae Campus, Rong Kwang, Phrae 54140

*Corresponding author, Email: Tanapak@tistr.or.th

คำนำ

เห็ดป่าไมคอร์ไรซาเส้นใยส่วนใหญ่เจริญบริเวณรอบรากพืช (ectomycorrhiza) ดำรงชีวิตแบบพึ่งพาอาศัยเกื้อกูลกันกับพืช (symbiosis) (Allen, 1991) ช่วยในการดูดซับน้ำและแร่ธาตุที่สำคัญต่อการเจริญเติบโตของพืช ในขณะที่รากพืชจะปลดปล่อยสารอินทรีย์ที่จำเป็นในการดำรงชีวิตให้กับรา (Nopamombodi, 1995; Brundrett, 2006) ส่งผลให้พืชสามารถเจริญได้ในดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ ทนต่อสภาพความเป็นกรด ความแห้งแล้งสูง และมีความต้านทานต่อโรคที่เข้าทำลายระบบรากเป็นอย่างดี หรือในสภาพแวดล้อมอื่น ๆ ที่ไม่เหมาะสม ทั้งนี้ยังขึ้นอยู่กับชนิดของเห็ดไมคอร์ไรซากับชนิดกล้าไม้พืชอาศัย (Harley and Smith, 1983) ดังนั้นเห็ดไมคอร์ไรซาถือเป็นองค์ประกอบที่มีความสำคัญในดิน และส่วนใหญ่มักเจริญร่วมกับไม้วงศ์ยาง (Dipterocarpaceae) เช่น ยางนา เต็ง รัง มะค่าโมง พะยอม และเหียง เป็นต้น (สมจิตร อยู่เป็นสุข, 2549)

เห็ดเผาะ (*Astraeus odoratus*) และเห็ดตับเต่า (*Phlebopus portentosus*) เป็นเห็ดไมคอร์ไรซามีมูลค่าทางเศรษฐกิจสูงในประเทศไทย เห็ดเผาะมีลักษณะกลม ก้านดอกแข็ง ผนังดอกด้านนอกเรียบ ดอกมีสีเหลืองน้ำตาล ไปจนถึงสีดำ เมื่อดอกแก่มากจะแตกออกเป็น 3-10 แฉก (อนงค์ จันทศรีกุล และคณะ, 2551) พบในป่าเต็งรัง (ราชบัณฑิตยสถาน, 2550) ส่วนเห็ดตับเต่า ลักษณะทั่วไปหมวกเห็ดรูปกระทะคว่ำ ก้านอวบใหญ่ สีน้ำตาลอมเหลือง หมวกและก้านผิวมีขนละเอียดคล้ายกำมะหยี่สีน้ำตาล มักพบในประเทศไทยทางภาคเหนือบริเวณโคนต้นไม้ (เกษม สร้อยทอง, 2537) ปัจจุบันมีศึกษาการใช้เชื้อราไมคอร์ไรซาร่วมพืชชนิดอื่น ๆ Phosri (2005) ได้ศึกษาการสร้างเอดโตไมคอร์ไรซาในสนสามใบ พบว่าการเจริญเติบโตทางด้านความสูงและมีปริมาณมวลชีวภาพส่วนเหนือ-ใต้ดินเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม เช่นเดียวกับงานวิจัยของ Janos et al. (2001) ศึกษาผลของเชื้อราไมคอร์ไรซาต่อการส่งเสริมการเจริญเติบโตของต้นลินจี่ที่ขยายพันธุ์ด้วยกิ่งตอน พบว่าภายหลังจากที่ปลูกถ่ายเชื้อไมคอร์ไรซาได้ 120 วัน ส่งผลให้ไม้หนักรากส่วนเหนือดินสูงกว่าต้นที่ไม่มีเชื้อราไมคอร์ไรซา ในขณะที่ วิพรพรรณ เนื่องเม็ก และมนัส ทิตยวรรณ (2562) ทดสอบผลของเห็ดเอดโตไมคอร์ไรซาในต้นยางนา โดยใส่เชื้อเห็ดปริมาณ 50 มิลลิกรัมต่อต้น พบว่ายางนาที่ได้รับการปลูกถ่ายเชื้อมีความสูงและเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นมากกว่ากรรมวิธีที่ไม่ปลูกถ่ายเชื้อ

เห็ดไมคอร์ไรซาที่เกิดขึ้นเป็นเห็ดป่าที่เกิดตามธรรมชาติ ไม่สามารถนำมาเพาะเลี้ยงในระบบโรงเรือนได้เหมือนกับเห็ดเศรษฐกิจทั่วไป โดยจะเก็บได้ในช่วงฤดูฝนของทุกปีและยังมีปริมาณน้อยเนื่องจากป่าไม้ในประเทศไทยลดจำนวนลงอย่างรวดเร็ว ส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศ และส่งผลโดยตรงต่อปริมาณเห็ดตับเต่าและเห็ดเผาะซึ่งไม่เพียงพอต่อความต้องการในการบริโภค มีมูลค่าสูง แต่หากสามารถเลี้ยงเส้นใยในอาหารเพาะเลี้ยงเชื้ออย่างง่าย เพื่อให้เห็ดเผาะและเห็ดตับเต่าสร้างเส้นใยมากขึ้น และปลูกถ่ายเชื้อใส่พืชอาศัย จะสร้างสวนป่าสวนเห็ดในพื้นที่ของเกษตรกรเองทำให้ได้ผลผลิตเห็ดมากขึ้น อีกทั้งทำให้พืชมีอัตราการรอดชีวิตสูง และมีการเจริญเติบโตดี

ไม้วงศ์ไม้ยาง และไม้โตเร็วบางชนิด (สน หว้า ตะเคียน ยูคาลิปตัส แคบ้าน และหางนกยูง เป็นต้น) เป็นพรรณไม้ที่สำคัญของป่าเขตร้อน (tropical forest) เป็นไม้เศรษฐกิจที่นิยมปลูก และถูกนำมาใช้ประโยชน์ทั้งทางตรงและทางอ้อม ในปัจจุบันมีการส่งเสริมการปลูกสร้างสวนป่าสวนเห็ดอย่างกว้างขวาง ดังนั้นการปรับปรุงกล้าไม้ให้มีคุณภาพและแข็งแรงเป็นปัจจัยหนึ่งที่ทำให้การปลูกสร้างสวนป่าประสบผลสำเร็จ ในปัจจุบันมีการศึกษาพบเชื้อราเอดโตไมคอร์ไรซามีผลในการส่งเสริมการเจริญเติบโตและช่วยเพิ่มอัตราการรอดตาย (survival rate) ของกล้าไม้ เมื่อนำไปปลูกในพื้นที่แห้งแล้งและเสื่อมโทรม (Pampolina et al., 1999)

ดังนั้นงานวิจัยมีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบสูตรอาหารที่เหมาะสมต่อการเจริญของเส้นใยเอดโตไมคอร์ไรซาของเห็ดตับเต่าและเห็ดเผาะ และเพื่อศึกษาผลของเห็ดไมคอร์ไรซาทั้งสองชนิดในการส่งเสริมการเจริญเติบโตของกล้าไม้ป่าและไม้โตเร็วบางชนิดที่เป็นพืชอาศัยในสภาพแปลงธรรมชาติ

วิธีการศึกษา

การแยกเชื้อบริสุทธิ์เห็ดไมคอร์ไรซา

การแยกเชื้อบริสุทธิ์เห็ดไมคอร์ไรซา (เห็ดตับเต่าและเห็ดเผาะ) โดยเลี้ยงบนอาหารเลี้ยงเชื้อ Potato Dextrose Agar (PDA) ที่นึ่งฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส แรงดัน 15 ปอนด์/ตารางนิ้ว เป็นเวลา 15 นาที เทใส่จานเพาะเลี้ยงปริมาณ 25 มิลลิกรัม ทิ้งไว้ให้เย็น การแยกเชื้อบริสุทธิ์จากดอกเห็ดเริ่มจากคัดเลือกดอกที่สะอาดและสมบูรณ์ ใช้เข็มเย็บเย็บกรีดเนื้อเห็ดตรงกลางดอกออกเป็นชิ้นเล็ก นำไปวางบนอาหารเพาะเลี้ยง เส้นใยจะเจริญเต็มจานเพาะประมาณ 30 วัน

การศึกษาปริมาณเส้นใย (biomass) ของเห็ดเหาะและเห็ดตับเต่าในอาหารเพาะเลี้ยง 4 สูตร

อาหารเลี้ยงเชื้อชนิดเหลวสำหรับใช้เลี้ยงเชื้อเห็ดเหาะและเห็ดตับเต่าจำนวน 4 สูตร ได้แก่ สูตรที่ 1 (T1) ใช้อาหารสำเร็จรูป Potato Dextrose Broth (PDB) เป็นชุดควบคุม สูตรที่ 2 (T2) ประกอบด้วย มันฝรั่ง 20 เปอร์เซ็นต์ น้ำตาลทรายแดง 2 เปอร์เซ็นต์ สูตรที่ 3 (T3) ประกอบด้วย มันฝรั่ง 20 เปอร์เซ็นต์ น้ำตาลทรายแดง 2 เปอร์เซ็นต์ peptone 0.2 เปอร์เซ็นต์ และ สูตรที่ 4 (T4) ประกอบด้วย มันฝรั่ง 20 เปอร์เซ็นต์ น้ำตาลทรายแดง 2 เปอร์เซ็นต์ malt extract 0.5 เปอร์เซ็นต์ โดยต้มมันฝรั่งกับน้ำสะอาดจนสุก นำมากรองด้วยผ้าขาวบาง แบ่งใส่ในปีกเกอร์นำมาปรับปริมาตรและค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) 2 ช่วง คือ pH 4 และ pH 5 นำไปนึ่งฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส แรงดัน 15 ปอนด์/ตารางนิ้ว เป็นเวลา 15 นาที เมื่ออาหารเย็นลง นำเส้นใยเชื้อเห็ดเหาะและเห็ดตับเต่าที่เลี้ยงไว้ในอาหาร PDA มาใส่เพื่อเลี้ยงขยายในอาหารเหลวทั้ง 4 สูตร 2 ระดับความเป็นกรด-ด่าง ด้วยเทคนิคปลอดเชื้อ โดยคัดเลือกแม่เชื้อเห็ดเหาะและเห็ดตับเต่าอายุประมาณ 15 วัน และไม่มีกรรปนเปื้อนของเชื้อราชนิดอื่น นำ cork borer ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 เซนติเมตร เจาะบริเวณรัศมีรอบนอกของเส้นใยบนจานอาหาร ใช้เข็มเย็บเชื้อขึ้นจำนวน 3 ชิ้น ใส่ลงในอาหารเลี้ยงเชื้อชนิดเหลวที่เตรียมไว้ ลนปากขวด ปิดด้วยจุกกลี และหุ้มด้วยกระดาษฟอยล์ บ่มที่อุณหภูมิห้อง ในสภาวะเขย่าด้วยความเร็วรอบ 150 รอบต่อนาที ตรวจวัดปริมาณเส้นใยของเห็ดตับเต่าเมื่อเลี้ยงได้ 10 วัน และเห็ดเหาะ 20 วัน เมื่อครบอายุ นำอาหารเหลวที่มีเส้นใยเห็ดมากรองผ่านกระดาษกรองเบอร์ 1 ด้วยระบบปั๊มสุญญากาศ แล้วล้างด้วยน้ำกลั่น 3 ครั้ง รวบรวมกระทั่งกระดาษกรองไม่มีน้ำหยด นำเส้นใยที่ผ่านการกรองมาอบในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง บันทึกข้อมูลน้ำหนักแห้งของเส้นใย (biomass) วิเคราะห์ค่าทางสถิติด้วยโปรแกรม SAS version 9.1 โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มแบบสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) ประกอบด้วย 4 สูตรอาหาร 3 ซ้ำต่อสูตรอาหาร โดยเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธีทางสถิติ Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ในระดับความเชื่อมั่นที่ 95 เปอร์เซ็นต์

การเตรียมกล้าไม้ป่าและไม่โตเร็วและการใส่เชื้อเห็ดไมคอร์ไรซา

การเตรียมกล้าไม้สำหรับใส่เชื้อเห็ดไมคอร์ไรซา ประกอบด้วยกล้าไม้ป่าและไม่โตเร็ว จำนวน 4 ชนิด คือ มะค่าโมงและตะเคียนทอง อายุกล้าไม้ 1 ปี สำหรับใส่เชื้อเห็ดเหาะ และกล้าไม้โตเร็ว ได้แก่ หางนกยูงไทยและแคบ้าน อายุกล้า 6 เดือน สำหรับใส่เชื้อเห็ดตับเต่า เริ่มจากการบิดินที่ถุงเพาะให้ดินแยกออกจากกัน เมื่อใส่เชื้อเห็ดจะทำให้สามารถไหลผ่านไปยังรากได้ดีขึ้น นำเชื้อเห็ดที่เลี้ยงในอาหารเหลวชนิดลงบริเวณโคนรากปริมาณ 15 มิลลิลิตรต่อต้น เพื่อป้องกันการชะล้างควรรดให้น้ำเป็นเวลา 2 วัน และวางกล้าไม้ไว้ในที่ร่ม โดยเชื้อจะเจริญร่วมกับรากต้นไม้อย่างมีประสิทธิภาพซึ่งกันและกัน ประมาณวันที่ 3 หลังจากใส่เชื้อเห็ดเริ่มรดน้ำให้ความชื้นเล็กน้อย เมื่อครบ 1 สัปดาห์ จึงนำกล้าไม้ออกมาปรับแสงแดดแบบรำไร เพื่อให้ต้นไม้อปรับตัว ดูแลจนกล้าไม้ได้ 1 เดือน ให้ต้นไม้แข็งแรงสมบูรณ์โดยห้ามใส่ปุ๋ยเคมี หลังจากนั้นจึงนำกล้าไม้ไปปลูกในสภาพแปลงธรรมชาติ

การนำกล้าไม้ที่มีเชื้อเห็ดไมคอร์ไรซาไปปลูกในสภาพแปลงธรรมชาติ

นำกล้าไม้ที่มีเชื้อเห็ดไมคอร์ไรซา (เห็ดเหาะและเห็ดตับเต่า) ไปปลูกในพื้นที่บ้านปางมอญ (PM) ตำบลอ่าวนาโหล อำเภอยางตลาด จังหวัดน่าน จำนวน 3 แปลง โดยมีพื้นที่ปลูกแตกต่างกันดังนี้ แปลง PM1 พิกัด 18°28'48.9"N 100°30'15.2"E สภาพพื้นที่เป็นที่ราบเชิงเขา แปลง PM2 พิกัด 18°29'29.6"N 100°30'54.4"E สภาพพื้นที่เป็นสวนกล้วย และแปลง PM3 พิกัด 18°29'41.6"N 100°31'16.4"E สภาพพื้นที่เป็นไร่มันสำปะหลัง มีกล้าไม้ที่ปลูกจำนวน 4 ชนิด คือ ตะเคียนทอง (*Hopea odorata*) มะค่าโมง (*Azelia xylocarpa*) หางนกยูงไทย (*Caesalpinia pulcherrima*) และแคบ้าน (*Sesbania grandiflora*) (เต็ม สมิตินันท์, 2557) ชนิดละ 24 ต้น เปรียบเทียบกับต้นที่ไม่ปลูกถ่ายเชื้อ การปลูกต้นกล้าทั้ง 4 แปลง จะไม่มีการใส่ปุ๋ยเคมีหรือสารควบคุมการเจริญเติบโต หลังการปลูกต้นกล้าแล้วเป็นระยะเวลา 6 เดือน ตรวจสอบการสร้างเอดไมคอร์ไรซา โดยการสุ่มตัวอย่างราก ตรวจสอบลักษณะสัณฐานวิทยาภายใต้กล้องจุลทรรศน์แบบสโตริโอ ล้างรากให้สะอาดด้วยน้ำเปล่า และนำรากที่ตัดมาทำสไลด์ ย้อมด้วย methylene blue ศึกษาลักษณะโครงสร้างรากภายใต้กล้องจุลทรรศน์ บันทึกผลการเจริญเติบโตของต้นกล้าดังนี้ คือ อัตราการรอดชีวิต (เปอร์เซ็นต์) ความสูงต้น (เซนติเมตร) เส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับคอรากของลำต้น (เซนติเมตร) ความกว้างทรงพุ่ม (เซนติเมตร) และสุขภาพของกล้าไม้ (คะแนน) ด้วยระบบการให้คะแนน 4 ด้าน ประกอบด้วย ด้านความสูง ด้านรูปร่างทรงพุ่ม ด้านความสมบูรณ์ของใบ และด้านการเข้าทำลายของโรคและแมลง นำมาวิเคราะห์โดยวิธีการให้คะแนน โดยกำหนดคะแนนระดับ 3 หมายถึงความสมบูรณ์มาก คะแนนระดับ 2 หมายถึงความสมบูรณ์ปานกลาง และคะแนนระดับ 1 หมายถึงมีความสมบูรณ์ต่ำ เปรียบเทียบกับกล้าไม้ที่ไม่ได้รับการปลูกถ่ายเชื้อ (ชุดควบคุม) วิเคราะห์ค่าทางสถิติด้วยโปรแกรม SAS version 9.1 วางแผนการทดลองแบบ CRD ประกอบด้วย 4 พื้นที่ปลูก 4 ชนิดกล้าไม้ กล้าไม้ละ 3 ซ้ำ โดยเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธีทางสถิติ DMRT ในระดับความเชื่อมั่นที่ 95 เปอร์เซ็นต์

ผลการศึกษาและวิจารณ์

การศึกษาปริมาณเส้นใย (biomass) ของเห็ดเผาะและเห็ดตับเต่าในอาหารเพาะเลี้ยง 4 สูตร

จากการศึกษาการเจริญเติบโตของเส้นใยเห็ดเผาะในอาหารเพาะเลี้ยงชนิดต่าง ๆ 4 สูตร พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยระดับความเป็นกรด-ด่างที่ pH 4 เส้นใยสามารถเจริญได้ดีกว่าระดับ pH 5 ในทุกสูตรอาหาร ในอาหารที่เตรียมจากมันฝรั่ง และที่มีส่วนประกอบของ malt extract ให้ปริมาณน้ำหนักแห้งของเส้นใยเห็ดเผาะมากกว่าอาหาร PDB สำเร็จรูปทางการค้า (ชุดควบคุม) โดยอาหารสูตรที่ 4 (T4) ประกอบด้วย มันฝรั่ง 20 เปอร์เซ็นต์ น้ำตาลทรายแดง 2 เปอร์เซ็นต์ และ malt extract 0.5 เปอร์เซ็นต์ ให้ปริมาณน้ำหนักแห้งเส้นใยมากที่สุดคือ 1.12 กรัม/100 มิลลิลิตร รองลงมาคืออาหารสูตรที่ 1 (T1) คือสูตรอาหาร PDB (ชุดควบคุม) ให้ปริมาณเส้นใย 0.87 กรัม/100 มิลลิลิตร และอาหารเหลวที่เส้นใยเห็ดเจริญได้น้อยที่สุดคือ อาหารสูตรที่ 2 (มันฝรั่ง 20 เปอร์เซ็นต์ น้ำตาลทรายแดง 2 เปอร์เซ็นต์) ให้ปริมาณน้ำหนักแห้งเส้นใย 0.25 กรัม/100 มิลลิลิตร (Table 1)

ส่วนการศึกษากการเจริญของเส้นใยเห็ดตับเต่าที่เลี้ยงด้วยอาหารเหลวชนิดต่าง ๆ จำนวน 4 สูตร พบว่า อาหารสูตร T2 และ T3 เส้นใยเห็ดสามารถเจริญได้ดี และให้ปริมาณเส้นใยได้มากกว่าอาหารสำเร็จรูป PDB (T1) ซึ่งเป็นชุดควบคุม แต่ในทางสถิติไม่มีความแตกต่างกัน ในขณะที่อาหารสูตร 4 (T4) ที่ระดับ pH 4 และ pH 5 พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ให้ปริมาณน้ำหนักแห้งเส้นใยเห็ดตับเต่ามากที่สุด คือ 7.17 และ 7.14 กรัม/100 มิลลิลิตร ตามลำดับ (Figure 1) รองลงมาสูตรที่ 3 (T3) ที่ระดับ pH 5 มีปริมาณเส้นใย 6.19 กรัม/100 มิลลิลิตร เมื่อเปรียบเทียบกับอาหารสำเร็จรูป PDB (T1) ซึ่งเป็นชุดควบคุม ให้ปริมาณน้ำหนักแห้งเส้นใยเฉลี่ยเท่ากับ 2.71 กรัม/100 มิลลิลิตร และมีปริมาณเส้นใยน้อยกว่าอาหารสูตรที่ 2 (T2) ซึ่งมีส่วนประกอบเพียงมันฝรั่งกับน้ำตาลทรายแดง (Table 1) ดังนั้นในการเตรียมหัวเชื้อเห็ดเผาะและเห็ดตับเต่าในอาหารเหลวสูตรที่เหมาะสมที่สุด คือสูตรที่ 4 (T4) สอดคล้องกับงานของ นัยนา ทองเจียม และคณะ (2559) พบว่าการเพาะเลี้ยงเชื้อเห็ดเผาะและเห็ดตับเต่าในอาหารเลี้ยงเชื้อ modified PDA (มันฝรั่ง 20 เปอร์เซ็นต์ malt extract 0.2 เปอร์เซ็นต์ และน้ำตาล dextrose 2 เปอร์เซ็นต์) เส้นใยเห็ดตับเต่าและเห็ดเผาะสามารถเจริญได้ดีสุด ในระยะเวลา 15-20 วัน และยังสอดคล้องกับรายงานของ Scherommm et al. (1990) พบว่าเชื้อเห็ดเอคโตไมคอร์ไรซาสสามารถเจริญได้ดีบนอาหารเลี้ยงเชื้อที่มีส่วนประกอบของสารอินทรีย์ไนโตรเจน และ Thapar (1988) รายงานว่า เชื้อราไมคอร์ไรซาเส้นใยเจริญได้ดีบนอาหารที่มีน้ำตาลซูโครส มอลโตสเป็นแหล่งคาร์บอน และแอมโมเนียมเป็นแหล่งไนโตรเจน

Table 1 Biomass of *Astraeus odoratus* and *Phlebopus portentosus* (g) in four different media.

Treatment	Biomass (g/100 ml)			
	<i>Astraeus odoratus</i>		<i>Phlebopus portentosus</i>	
	pH 4	pH 5	pH 4	pH 5
T1 PDB	0.87±0.00ab	0.25±0.05a	2.71±0.30b	4.08±0.48b
T2 Potato 20%	0.25±0.31b	0.11±0.05b	3.86±0.38b	4.41±0.40b
T3 Potato 20%+Peptone 0.2%	0.72±0.24ab	0.26±0.19a	4.82±0.91b	6.19±0.72a
T4 Potato 20%+Malt extract 0.5%	1.12±0.32a	0.11±0.09b	7.17±0.48a	7.14±0.36a
F-test	*	*	**	**
CV (%)	44.28	49.23	24.63	22.74

Means in the same column followed by the same letter are not significantly different by DMRT at $P=0.05$.

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

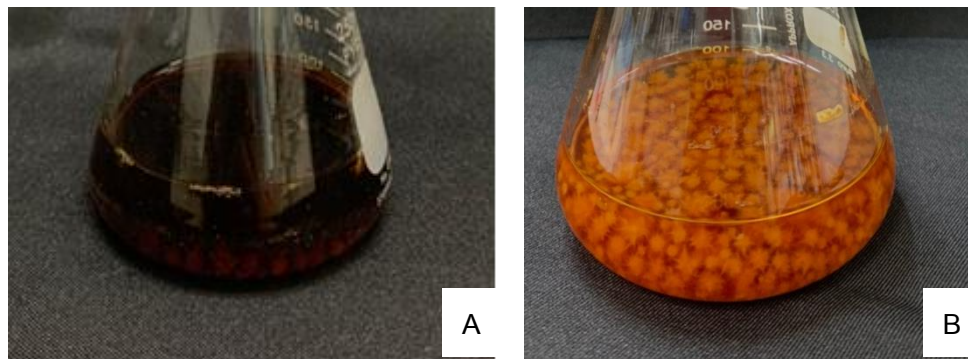


Figure 1 Mycelium density (A) of *Astraeus odoratus* for 20 days and (B) mycelium of *Phlebopus portentosus* for 10 days in T4 medium.

เปอร์เซ็นต์การรอดชีวิต การเจริญเติบโต และสุขภาพของกล้าไม้ หลังการนำกล้าไม้ไปปลูกในพื้นที่ เป็นเวลา 6 เดือน

ภายหลังการนำกล้าไม้ที่มีเชื้อเห็ดไมคอร์ไรซา (เห็ดเผาะและเห็ดตับเต่า) ไปปลูกในสภาพแปลงธรรมชาติ ของบ้านปางมอญ ตำบลอ่าวนาโดย อำเภอยางชุมน้อย จังหวัดศรีสะเกษ จำนวน 3 พื้นที่ ที่มีลักษณะแปลงปลูกแตกต่างกันดังนี้ แปลง PM1 สภาพพื้นที่เป็นที่ราบเชิงเขา แปลง PM2 สภาพพื้นที่เป็นสวนกล้วย และแปลง PM3 สภาพพื้นที่ไร่มันสำปะหลัง เปรียบเทียบกับต้นที่ไม่ปลูกถ่ายเชื้อ จากการทดลองพบว่ามีความแตกต่างกันในทางสถิติดังต่อไปนี้

เปอร์เซ็นต์การรอดชีวิตของกล้าไม้

เปอร์เซ็นต์การรอดชีวิตของกล้าไม้เฉลี่ยอยู่ระหว่าง 72.34-98.95 เปอร์เซ็นต์ โดยพบว่าแปลง PM2 ซึ่งสภาพแปลงปลูกร่วมแปลงสวนกล้วย กล้าไม้มีการรอดชีวิตเฉลี่ยสูงสุด คือ 98.95 เปอร์เซ็นต์ โดยมีค่าโม่ง หางนกยูงไทย และแคบ้าน มีการรอดชีวิตถึง 100 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือแปลง PM3 สภาพแปลงจะปลูกร่วมกับมันสำปะหลัง มีอัตราการรอดชีวิตเฉลี่ย 88.74 ส่วนแปลงกล้าไม้ที่ไม่ได้รับการปลูกถ่ายเชื้อมีอัตราการรอดชีวิตเฉลี่ยน้อยที่สุด 72.34 เปอร์เซ็นต์ (Table 2) เนื่องจากเห็ดไมคอร์ไรซาเป็นราที่อาศัยอยู่กับเซลล์ผิวราก โดยช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการดูดน้ำและธาตุอาหารของราก ส่งผลให้ลำต้นพืชเหี่ยวช้าในสภาวะขาดน้ำ (Jannifer et al.,1983) และยังช่วยป้องกันการเข้าทำลายของโรคได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทำให้มีเปอร์เซ็นต์การรอดชีวิตสูงด้วย (กิตติมา ดั่งแคว และคณะ, 2548) ดังนั้นกล้าไม้ที่ได้รับการปลูกถ่ายเชื้อเห็ดเผาะและเห็ดตับเต่า จึงมีอัตราการรอดชีวิตสูงกว่ากล้าไม้ที่ไม่ได้รับการปลูกถ่ายเชื้อ

Table 2 Survival percentages of *Hopea odorata*, *Azelia xylocarpa*, *Caesalpinia pulcherrima* and *Sesbania grandiflora* inoculated with mycorrhiza (*Astraeus odoratus* and *Phlebopus portentosus*) and non-inoculated seedlings for 6 months.

Treatment	Plant survival (%)				Average (%)
	<i>A. odoratus</i>		<i>P. portentosus</i>		
	<i>H. odorata</i>	<i>A. xylocarpa</i>	<i>C. pulcherrima</i>	<i>S. grandiflora</i>	
Non-inoculated seedlings	79.55	64.33	77.66	67.85	72.34
PM1 foothills	95.80	95.80	79.16	75.00	86.44
PM2 banana plantation	95.80	100.00	100.00	100.00	98.95
PM3 cassava plantation	80.00	91.66	100.00	83.33	88.74

การเจริญเติบโตของกล้าไม้

การศึกษาการเจริญเติบโตของกล้าไม้ จากการวัดการเจริญด้านความสูงของกล้าไม้หลังการปลูกเป็นเวลา 6 เดือน พบว่าต้นกล้าที่ได้รับการใส่เชื้อเห็ดไมคอร์ไรซา (เห็ดตับเต่าและเห็ดเผาะ) ในสภาพแปลงธรรมชาติทั้ง 3 พื้นที่ มีการเจริญเติบโตทางด้านความสูงมากกว่ากล้าไม้ที่ไม่ได้รับการปลูกถ่ายเชื้อ (ชุดควบคุม) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยสภาพแปลงปลูกร่วมกับสวนกล้วย (PM2) ต้นตะเคียนทอง ต้นมะค่าโม่ง ต้นหางนกยูงไทย และต้นแคบ้าน มีความสูงเฉลี่ยสูงสุด คือ 73.56, 123.25, 84.32 และ 152.21 เซนติเมตร ตามลำดับ รองลงมาคือแปลง PM3 และ PM1 มีสภาพแปลงปลูก

ร่วมกับมันสำปะหลัง และที่ราบเชิงเขา (Table 3) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Phiaphukhiao (1960) ได้ศึกษาผลการปลูกถ่ายเชื้อเห็ดเผาะลงในกล้าไม้พืชอาศัย ได้แก่ ต้นตะเคียนทอง ยางนา พะยอม เต็ง และรัง มีอัตราการเจริญเติบโตด้านความสูงมากกว่าต้นที่ไม่ได้ปลูกถ่ายเชื้ออย่างมีนัยสำคัญ ส่วนผลของเส้นผ่านศูนย์กลางต้นที่ระดับคอราก และผลความกว้างทรงพุ่ม เมื่อนำมาวิเคราะห์ผลทางสถิติ พบว่าให้ผลไปในแนวทางเดียวกับผลด้านความสูง คือทุกชนิดของกล้าไม้ที่ได้รับการใส่เชื้อเห็ดเผาะมีค่าเฉลี่ยเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับคอรากของลำต้น และความกว้างทรงพุ่ม สูงกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 4, 5) (Figure 2) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Arsawang et al. (2015) ได้ศึกษาผลของการปลูกถ่ายเชื้อเห็ดเผาะสีรินทร์ให้ผลการเจริญเติบโตทางด้านความสูง และเส้นผ่านศูนย์กลางระดับคอรากในต้นยางนา สูงกว่าต้นที่ไม่ได้ปลูกถ่ายเชื้ออย่างมีนัยสำคัญ เช่นเดียวกับ ทนวงศ์ แสงเทียน และอุทัยวรรณ แสงวณิช (2537) รายงานว่า การเจริญเติบโตของกล้าไม้ยางนาในดินนี้หม่าเชื้อที่ไม่ได้รับการปลูกเชื้อ และได้รับการปลูกเชื้อราไมคอร์ไรซา มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางด้านความสูง และเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับคอรากของลำต้น โดยกล้าที่ได้รับการปลูกเชื้อมีการเจริญเติบโตในทุกด้านที่กล่าวข้างต้นสูงกว่าชุดควบคุม และจากการทดลองดังกล่าวพบว่าพื้นที่แปลงปลูกที่มีอัตราอดชีวิตสูง และให้ผลการเจริญเติบโตของกล้าไม้สูงสุด ในด้านความสูง เส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับคอรากของลำต้น และความกว้างทรงพุ่ม เป็นแปลงที่เกษตรกรปลูกแบบผสมผสานร่วมกับแปลงกล้วย (PM2) เนื่องจากต้นกล้วยเป็นพืชแซมที่ให้ร่มเงา ยังช่วยลดผลกระทบต่อการแข่งขันของรากต่อรากพืชหลัก และช่วยปรับพื้นดินให้เกิดความชุ่มชื้นให้กับกล้าไม้ ส่วนผลการตรวจสอบการสร้างเอดโตไมคอร์ไรซาในรากของต้นตะเคียนทอง โดยดูลักษณะสีฐานวิทยาภายใต้กล้องจุลทรรศน์ พบการสร้างเอดโตไมคอร์ไรซาของเส้นใยเห็ดเผาะสานกันเป็นตาข่าย (external hyphae) สีน้ำตาลบริเวณผิวของรากพืช เมื่อตัดรากพืชตามขวางเส้นใยติดสีน้ำเงินของ methylene blue ลักษณะเส้นใยมีผนังกันห่อหุ้มชั้น epidermis ของรากพืชอย่างชัดเจนเมื่อเปรียบเทียบกับรากของต้นควบคุม (Figure 3) โดยเส้นใยเห็ดเผาะเอดโตไมคอร์ไรซาที่แผ่กระจายไปในดิน นอกจากจะช่วยดูดซึมธาตุอาหารแล้วยังสามารถช่วยเพิ่มพื้นที่ผิวในการดูดซึมน้ำของรากด้วย สอดคล้องกับ Foster (1981) รายงานว่า เส้นใยเชื้อราเอดโตไมคอร์ไรซาที่รวมตัวเป็นกลุ่มของเส้นใยรอบรากพืช (rhizomorph) มีโครงสร้างที่ประกอบด้วยเซลล์ที่มีผนังหนา และมี polysaccharide gel เป็นองค์ประกอบอยู่รอบ ๆ ทำหน้าที่ป้องกันการสูญเสียน้ำ และในสภาพที่มีความชื้นในดินจำกัด ดังนั้นรากพืชที่มีเชื้อราไมคอร์ไรซาจะมีอัตราการระเหยน้ำต่ำกว่ารากที่ไม่ได้รับการปลูกถ่ายเชื้อราไมคอร์ไรซา และยังสอดคล้องกับ ธนิตา อาส่วง และคณะ (2558) ศึกษาการสร้างเอดโตไมคอร์ไรซาของเห็ดเผาะสีรินทร์ในต้นยางนา พบ rhizomorph สีน้ำตาลดำรอบ ๆ ราก และพบว่าการใส่หัวเชื้อเห็ดเผาะสีรินทร์ให้การเจริญเติบโตทางความสูง เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น และมวลชีวภาพดีกว่าการไม่ใส่หัวเชื้อเห็ด

Table 3 Average height of *Hopea odorata*, *Azelia xylocarpa*, *Caesalpinia pulcherrima*, and *Sesbania grandiflora* inoculated with mycorrhiza (*Astraeus odoratus* and *Phlebopus portentosus*) and non-inoculated seedlings for 6 months.

Treatment	Average height (cm)			
	<i>A. odoratus</i>		<i>P. portentosus</i>	
	<i>H. odorata</i>	<i>A. xylocarpa</i>	<i>C. pulcherrima</i>	<i>S. grandiflora</i>
Non-inoculated seedlings	55.32±1.16c	81.04±1.49c	60.24±3.19c	111.32±4.26b
PM1 foothills	66.21±2.10b	78.32±3.56c	63.25±2.68bc	142.35±6.59a
PM2 banana plantation	73.56±2.27a	123.25±2.91a	84.32±4.50a	152.21±6.27a
PM3 cassava plantation	69.25±4.44b	107.36±5.35b	70.21±5.42ab	146.85±7.82a
F-test	**	**	**	**
CV (%)	4.02	3.70	6.13	4.60

Means in the same column followed by the same letter are not significantly different by DMRT at P=0.05.

** = Significant at 0.01 probability levels.

Table 4 Average tree diameter of *Hopea odorata*, *Azelia xylocarpa*, *Caesalpinia pulcherrima*, and *Sesbania grandiflora* inoculated with mycorrhiza (*Astraeus odoratus* and *Phlebopus portentosus*) and non-inoculated seedlings for 6 months.

Treatment	Average tree diameter (cm)			
	<i>A. odoratus</i>		<i>P. portentosus</i>	
	<i>H. odorata</i>	<i>A. xylocarpa</i>	<i>C. pulcherrima</i>	<i>S. grandiflora</i>
Non-inoculated seedlings	0.82±0.02b	0.67±0.05b	0.64±0.03c	1.83±0.02b
PM1 foothills	0.87±0.04b	0.74±0.03b	0.71±0.01bc	2.88±0.02a
PM2 banana plantation	1.03±0.02a	0.92±0.03a	0.94±0.02a	2.86±0.04a
PM3 cassava plantation	1.04±0.04a	0.68±0.04b	0.73±0.01b	2.87±0.05a
F-test	**	**	**	**
CV (%)	6.13	6.74	5.25	2.46

Means in the same column followed by the same letter are not significantly different by DMRT at P=0.05.

** = Significant at 0.01 probability levels.

Table 5 Average long shrub of *Hopea odorata*, *Azelia xylocarpa*, *Caesalpinia pulcherrima*, and *Sesbania grandiflora* inoculated with mycorrhiza (*Astraeus odoratus* and *Phlebopus portentosus*) and non-inoculated seedlings for 6 months.

Treatment	Average long shrub (cm)			
	<i>A. odoratus</i>		<i>P. portentosus</i>	
	<i>H. odorata</i>	<i>A. xylocarpa</i>	<i>C. pulcherrima</i>	<i>S. grandiflora</i>
Non-inoculated seedlings	34.12±1.27b	28.25±2.42c	32.10±3.15b	65.19±2.58d
PM1 foothills	52.14±6.13a	30.12±1.08bc	51.20±3.09a	93.50±1.91c
PM2 banana plantation	50.14±3.36a	37.78±1.77a	51.20±2.62a	132.17±12.27a
PM3 cassava plantation	49.32±3.34a	33.21±1.87b	46.89±2.47a	110.27±4.97b
F-test	**	**	**	**
CV (%)	8.47	5.72	6.28	6.79

Means in the same column followed by the same letter are not significantly different by DMRT at P=0.05.

** = Significant at 0.01 probability levels.

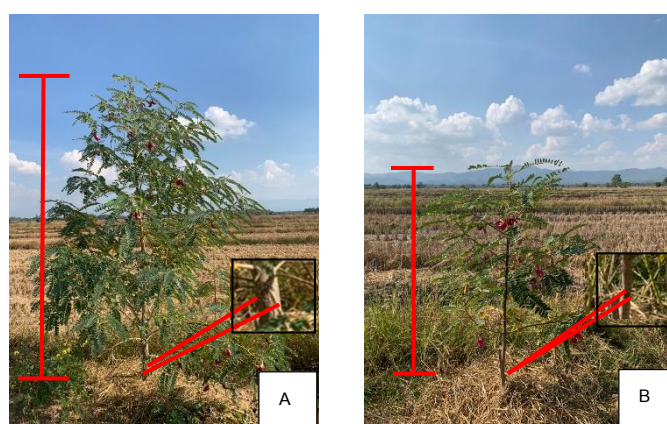


Figure 2 Height and tree diameter of *Sesbania grandiflora* for 6 months (A) inoculated seedling with mycorrhiza and (B) non-inoculated seedlings.

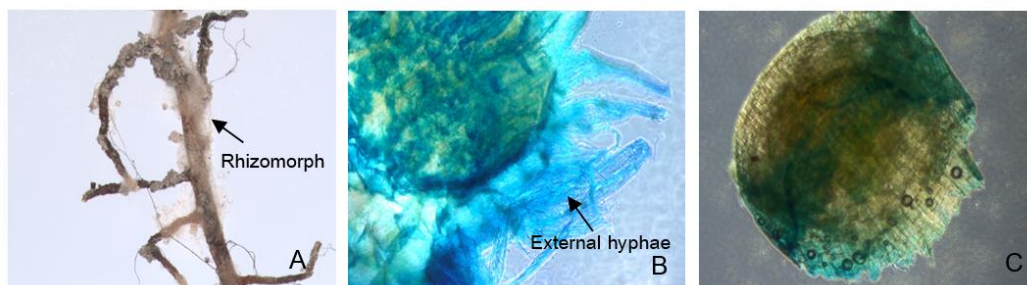


Figure 3 Characteristics of the creation of ectomycorrhiza in the root of *Hopea odorata* (A) plant root covered by rhizomorph (B) transverse section of the mycorrhiza root and (C) non-inoculated mycorrhiza (control).

สุขภาพของกล้าไม้

การตรวจประเมินความสมบูรณ์และสุขภาพของกล้าไม้ พบว่ามีคะแนนสุขภาพของต้นไม้เฉลี่ยอยู่ระหว่าง 1.22-2.11 คะแนน โดยกล้าไม้ที่ได้รับการใส่เชื้อเห็ดไมคอร์ไรซา มีระดับคะแนนเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 1.98-2.88 คะแนน (Table 6) ซึ่งสูงกว่าในชุดควบคุม ค่าคะแนนสุขภาพของกล้าไม้สูงสุด คือกล้าไม้ที่มีสภาพแปลงปลูกร่วมกับสวนกล้วย (PM2) รองลงมาคือแปลง PM3 และ PM1 มีสภาพแปลงปลูกร่วมกับมันสำปะหลัง และที่ราบเชิงเขา ตามลำดับ สอดคล้องกับงานวิจัยของ รุ่งฟ้า จินแสง (2555) รายงานว่า การใส่เชื้อเห็ดดับเตาปริมาณ 80 มิลลิกรัมต่อต้น ทำให้ต้นกล้ามีอัตราการเจริญเติบโตที่มากกว่าต้นที่ไม่ใส่เชื้อ มีคะแนนสูงสุด 7.2 คะแนน

Table 6 Average of tree health of *Hopea odorata*, *Azelaia xylocarpa*, *Caesalpinia pulcherrima*, and *Sesbania grandiflora* inoculated with mycorrhiza (*Astraeus odoratus* and *Phlebopus portentosus*) and non-inoculated seedlings for 6 months.

Treatment	Average tree health (score)			
	<i>A. odoratus</i>		<i>P. portentosus</i>	
	<i>H. odorata</i>	<i>A. xylocarpa</i>	<i>C. pulcherrima</i>	<i>S. grandiflora</i>
Non-inoculated seedlings	2.10±0.06b	2.11±0.11	1.22±0.06b	1.58±0.23b
PM1 foothills	2.56±0.16a	1.98±0.09	2.32±0.17a	2.64±0.07a
PM2 banana plantation	2.56±0.06a	2.35±0.12	2.36±0.12a	2.88±0.05a
PM3 cassava plantation	2.56±0.12a	2.45±0.13	2.51±0.12a	2.68±0.01a
F-test	*	ns	**	**
CV (%)	8.40	9.51	10.96	9.09

Note: Score 3 = high growing, score 2 = moderate growing, and score 1 = low growing.

Means in the same column followed by the same letter are not significantly different by DMRT at P=0.05.

**, * = Significant at 0.01 and 0.05 probability levels, respectively. ns = non-significant.

สรุปผลการศึกษา

การศึกษาสูตรอาหารเหลวที่เหมาะสมต่อการเจริญของเส้นใยเห็ดไมคอร์ไรซา (เห็ดเผาะและเห็ดดับเตา) สูตรที่เหมาะสมที่สุดคือ สูตร 4 (T4) ประกอบด้วย มันฝรั่ง 20 เปอร์เซ็นต์ น้ำตาลทรายแดง 2 เปอร์เซ็นต์ และ malt extract 0.5 เปอร์เซ็นต์ ให้ปริมาณน้ำหนักแห้งเส้นใยเห็ดเผาะ และเห็ดดับเตามากที่สุด คือ 1.12 และ 7.17 กรัม/100 มิลลิกรัม ตามลำดับ ส่วนการเจริญของกล้าไม้พืชอาศัยที่ได้รับการปลูกถ่ายเชื้อเห็ดไมคอร์ไรซา ภายหลังการปลูก 6 เดือน ในพื้นที่บ้านปางมอญ จังหวัดน่าน จำนวน 4 ชนิด ได้แก่ ตะเคียนทอง มะค่าโมง หางนกยูงไทย และแคบ้าน พบว่าแปลงที่ปลูกแบบผสมผสานร่วมกับแปลงกล้วย (PM2) กล้าไม้มีการตอบสนองต่อการเจริญเติบโตมากกว่าอย่างมีนัยสำคัญยิ่งเมื่อเปรียบเทียบกับต้นควบคุม ทั้งด้านความสูง เส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับคอรากของลำต้น และความกว้างทรงพุ่ม

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยใคร่ขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สกสว.) และสำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร (องค์การมหาชน) (สวก.) ในการสนับสนุนทุนวิจัย ในการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีการเพาะเห็ดไมคอร์ไรซา (เห็ดตับเต่า เห็ดเผาะ เห็ดระโงก) และเห็ดตีนแรด ที่สร้างต้นแบบสวนป่าสวนเห็ดครัวเรือนเพื่อพัฒนาเศรษฐกิจชุมชนอย่างยั่งยืน

เอกสารอ้างอิง

- กิตติมา ต้วงแค, วินันต์ดา หิมะมาน และจันจิรา อายุวงษ์. 2548. ผลของเอดโตไมคอร์ไรซาต่อ อัตราการเจริญเติบโตและการควบคุมโรคที่เกิดจากเชื้อราในดินของกล้าไม้ยูคาลิปตัส. กลุ่มงานกีฏวิทยาและจุลชีววิทยาป่าไม้ กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช. <https://www.dnp.go.th/FEM/PDF/FM9.pdf> (15 มกราคม 2564).
- เกษม สร้อยทอง. 2537. *เห็ดและราขนาดใหญ่ในประเทศไทย*. พิมพ์ครั้งที่ 1. อุบลราชธานี: ศิริธรรม ออฟเซ็ท.
- เต็ม สมิตินันท์. 2557. *เชื้อพรรณไม้แห่งประเทศไทย*. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: สำนักหอพรรณไม้ สำนักวิจัยการอนุรักษ์ป่าไม้และพันธุ์พืช กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช.
- ทनुวงศ์ แสงเทียน และอุทัยวรรณ แสงวนิช. 2537. การเจริญเติบโตของยางนาที่ได้รับการปลูกเชื้อเอดโตไมคอร์ไรซา. *วารสารวนศาสตร์* 13: 22-28.
- ธนิดา อาสวาท, อุไรวรรณ วิจารณ์กุล, รุ่งเพชร แข็งแรง, ญัฏฐิกา สุวรรณศรี และเชิดชัย โพธิ์ศรี. 2558. เอดโตไมคอร์ไรซาของเห็ดเผาะสีรินทร์ในกล้าไม้ยางนา. ใน *การประชุมวิชาการและนำเสนอผลงานวิชาการเครือข่ายงานวิจัยนิเวศวิทยาป่าไม้แห่งประเทศไทย ครั้งที่ 4*. คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร, พิษณุโลก.
- นัยนา ทองเจียม, อินทิรา พันธาส, ปิติ กาลธยานันท์, พจณีย์ ยิ่งคุ้ม และน้ำตาล คุ่มตะโก. 2559. การเพาะเลี้ยงเห็ดเอดโตไมคอร์ไรซานิดินได้ในไม้ไผ่เร็ว. สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้ กรมป่าไม้. <https://www.forprod.forest.go.th/forprod/forprod2017> (17 มกราคม 2564).
- รุ่งฟ้า จินแส. 2555. การใช้เชื้อเห็ดตับเต่า (*Boletus colossus* Heim.) ส่งเสริมการเจริญเติบโตของต้นเต้าชื่อ (*Diospyros lotus*) ระยะต้นกล้า. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี, ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์กำแพงแสน.
- ราชบัณฑิตยสถาน. 2550. *เห็ดในประเทศไทย*. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: ราชบัณฑิตยสถาน.
- วิพรพรรณ เนื่องมณี และมนัส ทิตยวรรณ. 2562. วัสดุผลิตหัวเชื้อเห็ดเผาะและผลต่อการเจริญของพืชอาศัย. *วารสารแก่นเกษตร* 48(1): 1173-1180.
- สมจิตร อยู่เป็นสุข. 2549. *ไมคอร์ไรซา*. พิมพ์ครั้งที่ 1. เชียงใหม่: ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- อนงค์ จันทศิริกุล, พูนพิไล สุวรรณฤทธิ์ และอุทัยวรรณ แสงวนิช. 2551. *ความหลากหลายของเห็ดและราขนาดใหญ่ในประเทศไทย*. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- Allen, M. F. 1991. The ecology of mycorrhizae. In *Journal of Tropical Ecology*, A. C. Newton, ed. pp. 194. Cambridge: Cambridge University Press.
- Arsawang, T., Vijaranakul, U., Kengrang, R., Suwannasai, N., and Phosri, C. 2015. Ectomycorrhizal formation of *Astraeus sirindhorniae* on dipterocarp seedlings. In *Proceedings of Thailand Forest Ecological Research Network (T-FERN) Ecological Knowledge for Sustainable Management*. pp. 272. Phitsanuloke.
- Brundrett, M. C. 2006. Understanding the roles of multifunctional mycorrhizal and endophytic fungi. *Soil Biology* 38(9): 281-298.
- Foster, R. C. 1981. Mycelial strands of *Pinus radiata* D. Don: Ultrastructure and histochemistry. *The New Phytologist* 88: 705-712.
- Harley, J. L., and Smith, S. E. 1983. Mycorrhizal symbiosis. In *Scientific Research*, J. Dighton, ed. pp 483. London: Academic Press.
- Janos, D. P., Schroeder, M. S., Schaffer, B., and 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.
- Jennifer, L. P., Linderman, R. G., and Black, C. H. 1983. The role of ectomycorrhizas in drought tolerance of Douglas- fir seedlings. *The New Phytologist* 95: 83-95.
- Nopamornbodi, O. 1995. Effect of mycorrhizae on plant growth and soil fertility. In *International Training Course on Soil Management Technique "Fertility Improvement"*, ADRC, ed. JICAS ADRC, Khonkaen.
- Pampolina, N. M., Cruz, R. E., and Garcia, M. U. 1999. Ectomycorrhizal root and fungi of Philippine dipterocarps. In *Proceedings of an international symposium and workshop, kaiping, Guangdong Province, P. R., M. Brundett, B. Dell, N. Malajczuk, and G. Mingqin*, eds. pp. 47-50. Kaiping City: The Chinese Academy of Forestry.
- Phiaphukhiao, J. 1996. Effects of *Astraeus* spp. mycelial inoculate on mycorrhizal formation and growth stimulation of *Dipterocarpus alatus* Roxb. ex G. Don seedlings. Thesis, Chulalongkorn University, Bangkok, Thailand.
- Phosri, C. 2005. Ectomycorrhizal formation of gasteromycete fungi in forest tree seedlings. Research Report, Pibulsongkram Rajabhat University, Phitsanuloke.
- Scheromm, P., Plassard, C., and Saldac, L. 1990. Effect of nitrate and ammonium nutrition on the metabolism of the ectomycorrhizal basidiomycete, *Hebeloma cylindrosporum* Romagn. *The New Phytologist* 114: 227-234.
- Thapar, H. S. 1988. Nutritional studies on ectomycorrhizal fungi of chir pine in culture. In *Mycorrhizae for Green Asia 1st Asian Conference on Mycorrhizae*, N. Raman, and K. Natarajan, eds. pp. 179-183. Madras: Madras University.

วันรับบทความ (Received date) : 5 ก.พ. 64

วันแก้ไขบทความ (Revised date) : 1 มี.ย. 64

วันตอบรับบทความ (Accepted date) : 5 ส.ค. 64