ปัจจัยที่ส่งผลต่อการปรากฏขึ้นของไมคอร์ไรซา และเห็ดกินได้ในแปลงปลูกไม้วงศ์ Dipterocapeceae ในจังหวัดสุรินทร์

Factors that effected to the occurrences of wild mycorrhiza and edible mushroom of Dipterocapeceae in Surin Province

ชวนพิศ จารัตน์[1], ยุพเยาว์ โตคีรี[1*], ฐิตาภรณ์ นิลวรรณ[2], พรรณนิการ์ กงจักร[3],
อำนวย วัฒนกรสิริ[1] และ ไสว คณาเสน[4]
Chuanpit Jarat[1*], Yuppayao Tokeeree[1], Thitaporn Nnlawan[2], Phannika Kongjuk[3],
Amnuay Wattanakornsiri[1] and Sawai Kanasen[4]

Received: 27 October 2023 ; **Revised**: 19 December 2023 ; **Accepted**: 26 January 2024

บทคัดย่อ

ไม้วงศ์ยางเป็นไม้มีค่าทางเศรษฐกิจที่สำคัญชนิดหนึ่งของไทย และเป็นพรรณไม้ที่มีภาวะอยู่ร่วมกันแบบพึ่งพาอาศัยซึ่งกันและกันระหว่างรากไม้กับเห็ดป่าไมคอร์ไรซา ไม้วงศ์ยางจึงมีความสำคัญต่อการชักนำการเกิดเห็ดได้เป็นอย่างดี งานวิจัยนี้จึงวัตถุประสงค์เพื่อสำรวจชนิดเห็ดป่าไมคอร์ไรซา เห็ดกินได้ และศึกษาปัจจัยแวดล้อมบางประการต่อการปรากฏของเห็ดป่าไมคอร์ไรซาและเห็ดกินได้ในแปลงปลูกไม้วงศ์ยาง จำนวน 5 แปลง ซึ่งตั้งอยู่ในพื้นที่อำเภอเมือง อำเภอศีขรภูมิ และอำเภอท่าตูม จังหวัดสุรินทร์ โดยสำรวจรูปแบบการปลูก ชนิดไม้วงศ์ยางที่ปลูก ชนิดเห็ดป่าไมคอร์ไรซาและเห็ดป่ากินได้ที่พบ พร้อมเก็บตัวอย่างดินเพื่อวิเคราะห์ระดับธาตุอาหาร ความเป็นกรด-ด่าง และปริมาณอินทรียวัตถุ รวมถึงเก็บข้อมูลความเข้มแสง ความชื้นสัมพัทธ์อากาศ อุณหภูมิอากาศ และความชื้นดิน ด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง โดยเก็บข้อมูลตั้งแต่เดือนกุมภาพันธ์ถึงธันวาคม พ.ศ. 2565 ผลการสำรวจพบว่า การปลูกไม้วงศ์ยางของเกษตรกรส่วนใหญ่ปลูกในรูปแบบสวนป่า ชนิดไม้ที่นิยมปลูกมากที่สุดคือ ยางนา รองลงมาคือ ตะเคียนทอง และพะยอม ตามลำดับ ไม้ในทั้ง 5 แปลง มีอายุการปลูกตั้งแต่ 1-27 ปี ผลการสำรวจพบเห็ดป่าไมคอร์ไรซาทั้งหมด 4 ชนิด จัดอยู่ใน 3 สกุล 3 วงศ์ เห็ดป่ากินได้ทั้งหมด 3 ชนิด 2 สกุล 2 วงศ์ โดยในแปลงปลูกไม้วงศ์ยางแปลงที่ 1 พบเห็ดป่าไมคอร์ไรซาสกุล *Amanita* มีความถี่การปรากฏมากที่สุดตั้งแต่เดือนเมษายนถึงเดือนกรกฎาคม รองลงมาพบสกุล *Russula* ในแปลงปลูกไม้วงศ์ยางแปลงที่ 4 ปรากฏตั้งแต่เดือนเมษายนถึงพฤษภาคม และพบเห็ดป่ากินได้สกุล *Termitomyces* มีความถี่การปรากฏมากที่สุดในแปลงปลูกไม้วงศ์ยางแปลงที่ 3 ตั้งแต่เดือนสิงหาคมถึงกันยายน สำหรับความสัมพันธ์ระหว่างเห็ดป่าที่พบในแปลงกับปัจจัยแวดล้อม โดยวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบ Pearson's Correlation Analysis แสดงให้เห็นว่าความเข้มแสง ความชื้นดิน อินทรียวัตถุ และความชื้นสัมพัทธ์อากาศ มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับการปรากฏเห็ดป่าไมคอร์ไรซา ในขณะที่ปริมาณอินทรียวัตถุ ความชื้นดิน และความชื้นสัมพัทธ์อากาศ มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับการปรากฏเห็ดป่ากินได้ นอกจากนี้ยังพบว่า อายุไม้วงศ์ยาง และการปฏิบัติดูแลแปลงของเกษตรกร เช่น การเติมเชื้อเห็ดอย่างต่อเนื่อง มีส่วนสำคัญในการปรากฏของเห็ดป่าไมคอร์ไรซาและเห็ดป่ากินได้อีกด้วย

คำสำคัญ: ปัจจัยแวดล้อม, สมบัติดิน, การปรากฏ, เห็ดป่าไมคอร์ไรซา, ไม้วงศ์ยาง

[1] สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์ สุรินทร์ 32000
[2] สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์ สุรินทร์ 32000
[3] สาขาวิชาเศรษฐศาสตร์ คณะวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์ สุรินทร์ 32000
[4] ศูนย์พัฒนาการเกษตรภูสิงห์อันเนื่องมาจากพระราชดำริ ศรีสะเกษ 33140
[1] Environmental Science Program, Faculty of Science and Technology, Surindra Rajabhat University, Surin 32000, Thailand
[2] Computer Science Program, Faculty of Science and Technology, Surindra Rajabhat University, Surin 32000, Thailand
[3] Economic Program, Faculty of Science and Technology, Surindra Rajabhat University, Surin 32000, Thailand
[4] Phu Sing Agricultural Development Center, Sisaket, Thailand
* Corresponding Author, e-mail: youngyao.t@srru.ac.th

Abstract

Dipterocarps are one of the most economically important trees of Thailand and are somewhat unusual among trees in that they form ectomycorrhizal (ECM) symbiotic root-inhabiting fungal associations. The purposes of this research were to examine type of wild mycorrhizal mushrooms and edible mushrooms and some environmental factors on wild mushrooms occurrence in five Dipterocapaceae plantations, located in the Mueang, Sikhoraphum and Tha Tum Districts, Surin Province. In each sample, a plantation system survey was conducted, which included types of dipterocarps, mycorrhizal mushrooms, edible wild mushrooms and soils, and analysis of soil properties, including soil nutrients, soil pH, and organic matter content. Environmental factors data was collected with the Internet of Things (IoTs), including humidity, temperature and soil moisture, which were measured in the sample areas during February to December 2022. The result show that most of the Dipterocarpaceae plantations are planted as forest plantation systems. The most common is *Dipterocarpus alatus* Roxb. ex G. Don, followed by *Hopea odorata* Roxb., and *Shorea roxburghii* G. Don, and were aged from 1 to 27 years old. In the survey, four species of mycorrhizal mushroom from three genera and three families, and three species of wild mushroom from two genera and two families, were identified. In the first plantation, *Amanita* was the most abundant mycorrhiza mushroom species, most frequently occurring from April to July. *Russula* was the most abundant mycorrhiza mushroom species in the fourth plantation and occurs most frequently from April to May. *Termitomyces* was the most abundant edible wild mushroom species in the third plantation, occurring most frequently from August to September. The relationship between wild mushrooms in plantations with environmental factors analyzed by the Pearson's correlation analysis found that wild mycorrhizal mushrooms had a positive correlation with soil moisture, organic matter and relative humidity. While, wild edible mushrooms had a positive correlation with organic matter, soil moisture, and relative humidity. Additionally, these results are dependent on the plantation management and adding mushroom inoculum.

Keywords: Environmental Factors, Soil Properties, Occurrence, Wild Mushrooms, Dipterocapaceae

บทนำ

ไม้วงศ์ยางเป็นไม้มีค่าทางเศรษฐกิจที่สำคัญชนิดหนึ่งของไทย พบการกระจายทั่วประเทศตามระบบนิเวศของพื้นที่ มีลักษณะเด่นคือ การมีลำต้นเปลาตรง จึงถูกนำมาใช้ประโยชน์แตกต่างกันตามภูมิภาค และด้วยลักษณะเฉพาะของไม้วงศ์ยางที่สำคัญอีกประการคือ ภาวการณ์อยู่ร่วมกันแบบพึ่งพาอาศัยซึ่งกันและกัน (Mutualistic Symbiosis) ระหว่างรากไม้วงศ์ยางกับเห็ดป่าไมคอร์ไรซา ไม้วงศ์ยางจึงมีความสำคัญต่อการชักนำการเกิดเห็ดได้เป็นอย่างดี (Nipada *et al.,* 2016) วัฒนธรรมการเก็บหาเห็ดป่าจึงพบได้ในพื้นที่ที่มีป่าและพื้นที่ปลูกไม้วงศ์ยาง โดยจากงานวิจัยของ ยุพเยาว์ และคณะ (2562) พบว่า ผลผลิตเห็ดป่าในจังหวัดสุรินทร์ ส่วนใหญ่มาจากป่าชุมชน ในช่วงฤดูเห็ดออกจะพบเห็นประชาชนนำเห็ดป่ามาจำหน่ายตามริมถนนและตลาดสดเป็นจำนวนมาก ในขณะที่ผู้บริโภคก็รอคอยซื้อเห็ดเช่นกัน ผลผลิตไม่เพียงพอต่อการจำหน่าย แม้ว่าจะมีราคาสูงถึง 200-500 บาทต่อกิโลกรัม เห็ดป่าจึงนับว่าเป็นสิ่งของหายากในขณะที่ยังคงได้รับความนิยมอย่างสม่ำเสมอ เห็ดที่นิยมรับประทานและมีราคาสูงเช่น เห็ดระโงก เห็ดเผาะ เห็ดน้ำหมาก และเห็ดโคน เป็นต้น แปลงปลูกป่าไม้วงศ์ยางของเกษตรจึงมีศักยภาพในการพัฒนาให้เป็นแหล่งทรัพยากรชีวภาพท้องถิ่นที่สำคัญที่นำไปสู่การสร้างอาชีพ สร้างรายได้ให้กับเกษตรกรผู้ปลูกไม้วงศ์ยางในช่วงระยะรอการเจริญเติบโตของไม้ได้

อย่างไรก็ตามการเกิดและการเจริญเติบโตของเห็ดป่าจำเป็นต้องอาศัยปัจจัยแวดล้อมที่เหมาะสม ได้แก่ สภาพภูมิอากาศ เช่น ความชื้นอากาศ อุณหภูมิอากาศปริมาณน้ำฝน (Jang and Hur, 2011) และความเข้มแสง เป็นต้น (ศุทธินี และคณะ, 2563) สมบัติดินบางประการ เช่น ความชื้นดิน ธาตุอาหารในดิน ความเป็นกรด-ด่างของดิน (Erlandson *et al*., 2016) แต่ปัจจุบันข้อมูลการศึกษาปัจจัยแวดล้อมที่เหมาะสมในการเกิดของของเห็ดป่าในแปลงปลูกไม้วงศ์ยางยังมีการเผยแพร่น้อย ดังนั้นการศึกษาครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาชนิดเห็ดป่าไมคอร์ไรซา เห็ดกินได้ และความสัมพันธ์ของสมบัติดินและปัจจัยแวดล้อมบางประการต่อการปรากฏของเห็ดป่าไมคอร์ไรซาและเห็ดกินได้ในแปลงปลูกไม้วงศ์ยางในจังหวัดสุรินทร์ เพื่อนำข้อมูลดังกล่าวไปวางแผนการจัดการแปลงปลูกไม้วงศ์ยางที่เหมาะสม เพื่อให้มีเห็ดป่าไมคอร์ไรซาและเห็ดกินได้ชนิดต่าง ๆ และเผยแพร่ให้กับเกษตรกรหรือผู้สนใจต่อไป

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาความหลากชนิดของเห็ดป่าไมคอร์ไรซาและเห็ดกินได้ที่พบในแปลงปลูกไม้วงศ์ยางในพื้นที่จังหวัดสุรินทร์

2. เพื่อศึกษาปัจจัยแวดล้อมบางประการที่ส่งผลต่อการปรากฏของชนิดเห็ดป่าไมคอร์ไรซาและเห็ดกินได้ในแปลงปลูกไม้วงศ์ยางในพื้นที่จังหวัดสุรินทร์

วิธีดำเนินการวิจัย

1. พื้นที่ศึกษา

การวิจัยนี้ได้ทำการคัดเลือกแปลงต้นแบบการปลูกไม้วงศ์ยางของเกษตรกร ที่เป็นสมาชิกกลุ่มวิสาหกิจชุมชนรักษ์ป่าเพื่อพัฒนาคุณภาพชีวิตด้วยเศรษฐกิจพอเพียง จังหวัดสุรินทร์ แบบเฉพาะเจาะจง (Purposive sampling) และตามศักยภาพของเกษตรกรซึ่งเป็นผู้นำกลุ่มจำนวน 5 แปลง ซึ่งมีที่ตั้งแปลงปลูกกระจายอยู่ในพื้นที่จังหวัดสุรินทร์ แล้วบันทึกข้อมูลพิกัดทางภูมิศาสตร์ด้วยเครื่อง Geographic Position System (GPS)

2. การศึกษารูปแบบการปลูกและชนิดไม้วงศ์ยางที่ปลูก

ลงพื้นที่แปลงตัวอย่าง เพื่อสำรวจรูปแบบการปลูกชนิดไม้ไม้วงศ์ยางที่ปลูก ระบุรูปแบบการปลูกตามคู่มือรูปแบบการปลูกไม้ป่าโดยระบบวนเกษตร (กรมป่าไม้, 2556) และจำแนกชนิดพรรณไม้ด้วยลักษณะทางสัณฐานวิทยาในภาคสนาม ระบุชนิดตามคู่มือการอนุรักษ์และใช้ประโยชน์ไม้วงศ์ยาง (กรมอุทยานแห่งชาติสัตว์ป่า และพันธุ์พืช, 2556) พร้อมถ่ายภาพและบันทึกข้อมูล

3. การสำรวจเห็ดป่าไมคอร์ไรซาและเห็ดป่ากินได้

สำรวจชนิดเห็ดป่าไมคอร์ไรซาและเห็ดป่ากินได้ที่พบในแปลงปลูกไม้วงศ์ยางตลอดระยะเวลาการทำวิจัยตั้งแต่เดือนกุมภาพันธ์ถึงเดือนธันวาคม 2565 แล้วบันทึกวันที่พบเห็ดป่าไมคอร์ไรซาและเห็ดกินได้ในแต่ละครั้งเพื่อนับจำนวนการปรากฏ พร้อมถ่ายภาพเห็ดที่ขึ้นในสภาพธรรมชาติ จำแนกชนิดด้วยลักษณะทางสัณฐานวิทยาในภาคสนาม และระบุชนิดของเห็ดตามหนังสือ เอกสาร และสื่ออื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง เช่น คู่มือการสำรวจความหลากหลายของเห็ด (กรมอุทยานแห่งชาติสัตว์ป่า และพันธุ์พืช, 2554) คู่มือการศึกษาความหลากหลายเห็ด (บารมี และคณะ, 2560) และหนังสือเห็ดป่าเมืองไทย: ความหลากหลายและการใช้ประโยชน์ (นิวัฒ, 2553)

4. การศึกษาสมบัติดินบางประการ

4.1 การเก็บและเตรียมตัวอย่างดิน

ทำการสุ่มเก็บตัวอย่างดินรวมในแปลงตัวอย่างให้กระจายครอบคลุมบริเวณที่พบเห็ดจำนวน 15 จุดต่อแปลง ด้วยวิธี Quadripartite จากนั้นนำตัวอย่างดินที่เก็บทั้ง 15 จุดต่อแปลง มาคลุกเคล้าให้เข้ากัน โดยเก็บให้ได้ตัวอย่างดินน้ำหนักประมาณ 1 กิโลกรัม แล้วนำมาผึ่งในที่ร่มจนแห้งสนิท ใช้โกร่งบดตัวอย่างดินให้สามารถนำไปร่อนได้ นำเศษไม้หรือหญ้าที่ติดมาออก ร่อนตัวอย่างดินด้วยตะแกรงร่อนขนาด 2 มิลลิเมตร (สำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน, 2547 และกรมพัฒนาที่ดิน, ม.ป.ป.)

4.2 การวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและเคมีของดิน

วิเคราะห์สมบัติทางกายภาพได้แก่ ค่าความชื้นด้วยวิธีการอบที่ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ความชื้น (กรมพัฒนาที่ดิน, 2553) สำหรับการวิเคราะห์สมบัติทางเคมี ได้แก่ การทดสอบระดับธาตุอาหารในดิน (ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม) ด้วยชุดทดสอบ KU Soil Test Kit วัดค่าความเป็นกรด-ด่างวัดด้วย pH Meter ในอัตราส่วนดิน:น้ำ DI 1:5 วิเคราะห์ปริมาณอินทรียวัตถุด้วยวิธี Walley and Black นำค่าที่วิเคราะห์ได้มาประเมินสภาพความเป็นกรด-ด่าง และระดับอินทรียวัตถุในดินต่อไป (กรมพัฒนาที่ดิน, 2553)

5. การเก็บข้อมูลสภาพอากาศ

ทำการเก็บข้อมูลสภาพอากาศ ประกอบด้วยเซนเซอร์วัดความเข้มแสง เซนเซอร์วัดความชื้นสัมพัทธ์อากาศ และเซนเซอร์วัดอุณหภูมิอากาศ ในแปลงปลูกไม้วงศ์ยางด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง โดยทำการติดตั้งจำนวน 1 เครื่องต่อแปลง มีระยะเวลาบันทึกข้อมูลทุก 1 ชั่วโมง และทำการเก็บข้อมูลตลอดระยะเวลาการทำวิจัย

6. การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลชนิดไม้ อายุไม้ รูปแบบการปลูก ชนิดเห็ดป่าไมคอร์ไรซาและเห็ดป่ากินได้ ช่วงเวลาการปรากฏของเห็ดและระดับธาตุอาหารมาจัดทำบัญชีข้อมูลรายแปลง ข้อมูลความชื้นดิน ความเป็นกรด-ด่างของดิน ปริมาณอินทรียวัตถุ อุณหภูมิอากาศ ความชื้นสัมพัทธ์อากาศ และความเข้มแสง นำมาวิเคราะห์ค่าความแปรปรวน (Analysis of Variance, ANOVA) เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วย Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป IBM SPSS Statistics 26 ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ด้วย Microsoft Excel ระหว่างการปรากฏของเห็ดป่าไมคอร์ไรซาและเห็ดป่ากินได้ในแปลงตัวอย่างทั้ง 5 แปลง กับค่าความชื้นดิน อินทรียวัตถุ อุณหภูมิอากาศ ความชื้นสัมพัทธ์อากาศ และความเข้มแสง

ผลการวิจัย

1. ที่ตั้งแปลงปลูก รูปแบบการปลูก และชนิดไม้วงศ์ยางที่ปลูก

พื้นที่ปลูกไม้วงศ์ยางจำนวน 5 แปลง มีที่ตั้งอยู่ใน 3 อำเภอ ได้แก่ แปลงที่ 1 ตั้งอยู่ที่อำเภอศีขรภูมิ จังหวัดสุรินทร์

มีเนื้อปลูก 5 ไร่ มีรูปแบบการปลูกแบบผสมผสาน โดยพบไม้วงศ์ยางที่ปลูกเพียงชนิดเดียวคือ ยางนา (*Dipterocarpus alatus* Roxb. ex G. Don) จำนวน 20 ต้น อายุ 27 ปี มีลักษณะการปลูกเรียงเป็นแถวบนขอบแปลงปลูกพืชเกษตรหลากชนิด เช่น มะนาว ฝรั่ง หมาก ไผ่ เป็นต้น และมีระยะห่างระหว่างต้นยางนา 4 เมตร สำหรับแปลงที่ 2, 3 และ 4 ตั้งอยู่ที่อำเภอเมือง จังหวัดสุรินทร์ มีเนื้อที่ปลูก 4, 2 และ 2 ไร่ อายุการปลูก 9, 12 และ 5 ปี ตามลำดับ ทั้ง 3 แปลงมีรูปแบบการปลูกในรูปแบบสวนป่า ระยะปลูก 2x2 เมตร โดยไม้วงศ์ยางที่พบมากที่สุดได้แก่ ยางนา (*Dipterocarpus alatus* Roxb. ex G. Don) เฉลี่ยจำนวน 720 ต้นต่อไร่ หรือร้อยละ 90 ของพื้นที่ปลูก รองลงมาคือ ตะเคียนทอง (*Hopea odorata* Roxb.) และพะยอม (*Shorea roxburghii* G.) คิดเป็นร้อยละ 3 และ 2 ตามลำดับ สำหรับแปลงที่ 5 ตั้งอยู่ที่อำเภอท่าตูม จังหวัดสุรินทร์ มีเนื้อที่ปลูก 2 ไร่ มีรูปแบบการปลูกแบบสวนป่า โดยพบไม้วงศ์ยางที่ปลูกเพียงชนิดเดียวคือ ยางนา (*Dipterocarpus alatus* Roxb. ex G. Don) จำนวน 10 ต้น มีอายุ 2 ปี และมีลักษณะการปลูกร่วมกับไม้ป่ามีค่าทางเศรษฐกิจชนิดต่าง ๆ ได้แก่ พะยูง สัก และประดู่ ในระยะปลูก 2x2 เมตร

Table 1 Location, types of dipterocarps and patterns of dipterocapaceae plantations

Study areas	Location		Latitude	Longitude	Dipterocarp Trees	Age (Year)	Plantation System	Area (Rai)
	Subdistrict	District	X	Y				
Plantation 1	Yang	Sikhoraphum	14.960737	103.880193	D. alatus	20	Agroforestry	5
Plantation 2	Tha Sawang	Mueang	14.986918	103.430536	*D. alatus* *H. odorata*	9	Plantation	2
Plantation 3	Tha Sawang	Mueang	14.974047	103.481625	*D. alatus*, *S. roxburghii*, *H. odorata*	12	Plantation	4
Plantation 4	Chaniang	Mueang	14.766190	103.473746	D. *alatus*	5	Plantation	2
Plantation 5	Ponkhrok	Thatum	15.431545	103.748906	D. *alatus*	1	Plantation	2

2. ชนิดและการปรากฏของเห็ดป่าไมคอร์ไรซาและเห็ดป่ากินได้

แปลงปลูกไม้วงศ์ยางแปลงที่ 1 มีความถี่ของการปรากฏเห็ดป่าไมคอร์ไรซาและเห็ดป่ากินได้มากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับแปลงอื่น ๆ โดยชนิดเห็ดป่าไมคอร์ไรซาที่พบได้บ่อยที่สุดอยู่ในกลุ่มเห็ดระโงก สกุล *Amanita* วงศ์ Amanitaceae จำนวน 1 ชนิด ได้แก่ เห็ดระโงกเหลือง พบการปรากฏตั้งแต่เดือนเมษายนถึงกรกฎาคม จำนวนทั้งหมด 7 ครั้ง รองลงมาพบในสกุล *Boletus* วงศ์ Boletaceae จำนวน 1 ชนิด ได้แก่ เห็ดผึ้ง พบการปรากฏตั้งแต่เดือนมีนาคมถึงเมษายน จำนวน 3 ครั้ง นอกจากนี้ยังพบเห็ดป่ากินได้ในสกุล *Phallus* วงศ์ Phallaceae จำนวน 1 ชนิด ได้แก่ เห็ดร่างแห พบการปรากฏในเดือนมิถุนายน จำนวน 2 ครั้ง และพบสกุล *Termitomyces* วงศ์ Tricholomataceae จำนวน 2 ชนิด ได้แก่ เห็ดโคนข้าวตอก พบการปรากฏในเดือนกรกฎาคม จำนวน 1 ครั้ง และเห็ดโคน พบปรากฏในเดือนกันยายน จำนวน 4 ครั้ง

ชนิดเห็ดป่าไมคอร์ไรซาและเห็ดกินได้ที่มีความถี่และปริมาณในการปรากฏรองลงมาคือ แปลงปลูกไม้วงศ์ยางแปลงที่ 2 และ 4 โดยแปลงที่ 2 พบเห็ดป่าไมคอร์ไรซาเพียงกลุ่มเดียวคือ กลุ่มเห็ดตะไคล สกุล *Russula* วงศ์ Russulaceae จำนวน 1 ชนิด ได้แก่ เห็ดตะไคลขาว พบการปรากฏตั้งแต่เดือนเมษายนถึงพฤษภาคม จำนวน 2 ครั้ง สำหรับแปลงที่ 4 พบเห็ดป่าไมคอร์ไรซาเพียงกลุ่มเดียวคือ กลุ่มเห็ดตะไคล สกุล *Russula* วงศ์ Russulaceae จำนวน 1 ชนิด ได้แก่ เห็ดแดงน้ำหมาก พบการปรากฏตั้งแต่เดือนเมษายนถึงพฤษภาคม จำนวน 2 ครั้ง ในแปลงปลูกไม้วงศ์ยางแปลงที่ 3 ไม่พบการปรากฏของเห็ดป่าไมคอร์ไรซา แต่พบเห็ดป่ากินได้ในสกุล *Termitomyces* วงศ์ Tricholomataceae จำนวน 1 ชนิด ได้แก่ เห็ดโคน พบปรากฏในเดือนสิงหาคมถึงกันยายน จำนวน 4 ครั้ง และในแปลงปลูกไม้วงศ์ยางแปลงที่ 5 ไม่พบการปรากฏทั้งเห็ดป่าไมคอร์ไรซาและเห็ดป่ากินได้ ผลการสำรวจชนิดและการปรากฏของเห็ดป่าไมคอร์ไรซาและเห็ดป่ากินได้ที่สำรวจได้แสดงดัง Table 2 และ Figure 1

Table 2 Types of mycorrhiza and edible mushroom in dipterocapaceae plantations

Study areas	Family	Scientific Name	Types	Period Time	Frequency
Plantation 1	Amanitaceae	*Amanita javanica*	Mycorrhiza	April-July	7
	Boletaceae	*Boletus griseipurpureus*	Mycorrhiza	March-April	3
	Phallaceae	*Phallus indusiatus*	Edible	June	2
	Tricholomataceae	*Termitomyces microcarpus*	Edible	July	1
	Tricholomataceae	*Termitomyces robustus*	Edible	September	4
Plantation 2	Russulaceae	*Russula delica*	Mycorrhiza	April-May	2
Plantation 3	Tricholomataceae	*Termitomyces fuliginosus*	Edible	August-September	4
Plantation 4	Russulaceae	*Russula emetica*	Mycorrhiza	April-May	2
Plantation 5	Not found				

Figure 1 Species of wild mycorrhizal mushrooms and edible mushrooms in dipterocapaceae plantations, Surin Province : (A) *Amanita javanica*, (B) *Boletus griseipurpureus*, (C) *Russula delica*, (D) *Russula emetica*, (E) *Phallus indusiatus*, (F) *Termitomyces microcarpus*, (G) *Termitomyces robustus* and (H) *Termitomyces fuliginosus*

3. ผลการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและเคมีดินบางประการ

ผลการศึกษาสมบัติดินทางกายภาพพบว่า ในแปลงปลูกไม้วงศ์ยางทั้ง 5 แปลง มีปริมาณความชื้นดินแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ยกเว้นแปลงที่ 2 และ 3 ที่ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยทั้ง 5 แปลงมีปริมาณความชื้นเฉลี่ยอยู่ในช่วง 7.23-21.25 เปอร์เซ็นต์ ในแปลงที่ 1 มีปริมาณความชื้นดินสูงสุดเท่ากับ 21.25 เปอร์เซ็นต์ และแปลงที่ 5 มีปริมาณความชื้นต่ำสุดเท่ากับ 7.23 เปอร์เซ็นต์ ดังTable 3 สำหรับสมบัติดินทางเคมีพบว่า มีค่าความเป็นกรด-ด่างแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ยกเว้นแปลงที่ 2, 3, และ 4 ที่ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยในแปลงที่ 1 มีค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 5.82 หรือดินมีสภาพเป็นกรดปานกลาง แปลงที่ 2 และ 4 มีค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 6.75 หรือดินมีสภาพเป็นกลาง แปลงที่ 3 มีค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 6.50 หรือดินมีสภาพเป็นกรดเล็กน้อย และแปลงที่ 5 ค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 7.60 หรือดินมีสภาพเป็นด่างปานกลาง สำหรับระดับธาตุอาหารในดิน (N P K) พบว่า ในทุกแปลงมีระดับธาตุอาหารอยู่ในระดับต่ำ และปริมาณอินทรียวัตถุพบว่า ในแปลงที่ 1, 2, 3 และ 4 มีปริมาณอินทรียวัตถุอยู่ในระดับสูงไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนในแปลงที่ 5 พบว่า มีปริมาณอินทรียวัตถุอยู่ในระดับค่อนข้างต่ำและแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) เมื่อเทียบกับแปลงที่ 1, 2, 3 และ 4 แสดงดัง Table 3

Table 3 The study of some soil properties

Study areas	Soil Moisture* (%)	pH*	Soil pH Level*	N P K Level	Organic Matter* (%)	OM Level
Plantation 1	21.25±0.17^{d}	5.82±0.31^{a}	Moderately acidic	Low	3.62±0.09^{b}	High
Plantation 2	19.75±0.24^{c}	6.75±0.43^{b}	Neutral	Low	3.60±0.15^{b}	High
Plantation 3	18.94±0.53^{c}	6.50±0.25^{b}	Slightly acidic	Low	3.62±0.21^{b}	High
Plantation 4	13.48±0.20^{b}	6.75±0.33^{b}	Neutral	Low	3.50±0.35^{b}	High
Plantation 5	7.23±0.34^{a}	7.60±0.18^{c}	Moderately alkaline	Low	1.53±0.22^{a}	Relatively low

* : significance at p<0.05

a,b,c,d Means with different letters within a columns significantly different ta $P \leq 0.05$ according to DMRT

4. ผลการตรวจวัดสภาพอากาศ

ผลการศึกษาสภาพอากาศพบว่า ในแปลงปลูกไม้วงศ์ทั้ง 5 แปลง มีค่าอุณหภูมิอากาศแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ยกเว้น แปลงที่ 2 และ 3 ที่ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยในแปลงที่ 5 มีค่าอุณภูมิอากาศสูงสุดเท่ากับ 31.32±23.81 องศาเซลเซียส และมีค่าต่ำสุดในแปลงที่ 4 เท่ากับ 27.82±2.64 องศาเซลเซียส สำหรับค่าความชื้นสัมพัทธ์อากาศพบว่า ในแปลงปลูกไม้วงศ์ยางทั้ง 5 แปลง มีค่าความชื้นสัมพัทธ์อากาศแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ยกเว้น แปลงที่ 2 และ 3 ที่ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยในแปลงที่ 4 มีค่าความชื้นสัมพัทธ์อากาศสูงสุดเท่ากับ 87.71±12.13 เปอร์เซ็นต์และมีค่าต่ำสุดในแปลงที่ 5 เท่ากับ 66.06±22.26 เปอร์เซ็นต์ ส่วนค่าความเข้มแสง พบว่า ในแปลงปลูกไม้วงศ์ยางทั้ง 5 แปลง มีค่าความเข้มแสงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยในแปลงที่ 1 มีค่าความเข้มแสงสูงสุดเท่ากับ 25,092.99± 108.89 ลักซ์ และมีค่าต่ำสุดในแปลงที่ 2 เท่ากับ 769.52± 107.45 ลักซ์ แสดงดัง Table 4

Table 4 The study of some environment factors

Study areas	Temperature* (^{0}C)	Relative Humidity* (%)	Light Density* (Lux)
Plantation 1	30.15±0.95^{c}	85.50±3.58^{c}	25,092.99±108.89^{e}
Plantation 2	28.18±3.13^{b}	84.59±12.92^{b}	769.52±107.45^{a}
Plantation 3	28.51±31.45^{b}	84.14±18.65^{b}	2,744.32±403.17^{c}
Plantation 4	27.82±2.64^{a}	87.71±12.13^{d}	973.20±605.09^{b}
Plantation 5	31.32±23.81^{d}	66.06±22.26^{a}	5318.83±773.43^{d}

* : significance at p<0.05

a,b,c,d Means with different letters within a columns significantly different ta $P \leq 0.05$ according to DMRT

5. ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยแวดล้อมกับการปรากฏของเห็ดป่าไมคอร์ไรซาและเห็ดป่ากินได้

การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างการปรากฏของดอกเห็ดกับปัจจัยแวดล้อมบางประการในแปลงปลูกไม้วงศ์ยางทั้ง 5 แปลงพบว่า ความเข้มแสง ความชื้นดิน ปริมาณอินทรียวัตถุ และความชื้นสัมพัทธ์อากาศ มีความสัมพันธ์ไปในทิศทางเดียวกันกับการความถี่ในการปรากฏของเห็ดป่าไมคอร์ไรซา ซึ่งความเข้มแสงเป็นปัจจัยแวดล้อมที่ส่งผลต่อการปรากฏของเห็ดป่าไมคอร์ไรซามากที่สุด รองลงมาคือ ความชื้นดิน อินทรียวัตถุ และความชื้นสัมพัทธ์อากาศ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R) เท่ากับ 0.792, 0.735, 0.632 และ 0.579 ตามลำดับ

สำหรับการปรากฏของเห็ดป่ากินได้พบว่า ปริมาณอินทรียวัตถุ ความชื้นดิน ความชื้นสัมพัทธ์อากาศ และความเข้มแสง มีความสัมพันธ์ไปในทิศทางเดียวกันกับความถี่ในการปรากฏของเห็ดป่ากินได้ ซึ่งอินทรียวัตถุเป็นปัจจัยแวดล้อมที่ส่งผลต่อการปรากฏของเห็ดป่ากินได้มากที่สุด รองลงมาคือ ความชื้นดิน ความชื้นสัมพัทธ์อากาศ และความเข้มแสง โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R) เท่ากับ 0.988, 0.988, 0.971 และ 0.406 ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่า อุณหภูมิอากาศมีความสัมพันธ์ในทิศทางผกผันกับการปรากฏของเห็ดป่าไมคอร์ไรซาและเห็ดป่ากินได้ แสดงดัง Table 5

Table 5 Correlation coefficient between frequency of wild mycorrhizal and edible mushrooms occurrence and some environmental factors

Types	Soil Moisture	Organic Matter	Temperature	Relative Humidity	Light Density
Mycorrhiza Mushrooms	0.735	0.632	-0.726	0.579	0.792
Edible Mushrooms	0.988	0.971	-0.814	0.998	0.406

สรุปและวิจารณ์ผล

แปลงปลูกไม้วงศ์ยางของเกษตรกรส่วนใหญ่มีรูปแบบการปลูกเป็นสวนป่า โดยในแปลงมีการปลูกไม้วงศ์ยางหลายชนิด ชนิดที่ปลูกมากที่สุดคือ ยางนา (*Dipterocarpus alatus* Roxb. ex G. Don) รองลงมาคือตะเคียนทอง (*Hopea odorata* Roxb.) และพะยอม (*Shorea roxburghii* G.) อีกรูปแบบการปลูกที่พบคือ การปลูกไม้วงศ์ยางผสมผสานร่วมกับไม้ป่ามีค่าทางเศรษฐกิจและพืชเกษตรอื่น ๆ เช่น พะยูง สัก แดง มะนาว มะม่วง ฝรั่ง หมาก ไผ่ กระเจียว เป็นต้น ชนิดไม้วงศ์ยางที่ปลูกมากที่สุดคือ ยางนา รองลงมาคือตะเคียนทอง และพะยอม โดยอายุไม้วงศ์ยางในทั้ง 5 แปลง มีอายุตั้งแต่ 1-27 ปี การปรากฏชนิดและความถี่ในการปรากฏพบว่าในแปลงที่ 1 มีความถี่ในการปรากฏของเห็ดป่าไมคอร์ไรซาและเห็ดป่ากินได้มากที่สุด ทั้งนี้เนื่องจากอายุไม้วงศ์ยางที่มากขึ้นมีผลต่อความถี่ในการพบเห็ดป่ามากขึ้นด้วย (Martín-Pinto *et al*., 2022)

เมื่อพิจารณาด้านปัจจัยแวดล้อมทั้งสมบัติดินและสภาพภูมิอากาศพบว่า เป็นสิ่งสำคัญอีกประการที่มีผลต่อความถี่และความหลากชนิดในการปรากฏของเห็ดป่าไมคอร์ไรซาและเห็ดป่ากินได้ โดยค่าความเข้มแสง ความชื้นดิน ปริมาณอินทรียวัตถุ และความชื้นสัมพัทธ์อากาศ มีความสัมพันธ์กับความถี่ในการปรากฏของเห็ดป่าไมคอร์ไรซา ตามลำดับ ปริมาณอินทรียวัตถุ ความชื้นดิน ความชื้นสัมพัทธ์อากาศ และความเข้มแสง มีความสัมพันธ์กับการปรากฏของเห็ดป่ากินได้ตามลำดับ

ผลจากงานวิจัยนี้ยังพบว่า ดินในแปลงปลูกไม้วงศ์ยางที่มีปริมาณอินทรียวัตถุสูงจะส่งผลต่อการปรากฏเห็ดป่าไมคอร์ไรซาและเห็ดป่ากินได้มากกว่าดินที่มีอินทรียวัตถุต่ำอีกด้วย โดยเฉพาะเห็ดระโงกเหลือง (*Amanita javanica*) ที่พบการปรากฏได้บ่อยครั้งที่สุดในแปลงที่ 1 เนื่องจากปัจจัยแวดล้อมหลายปัจจัยที่แตกต่างจากแปลงอื่นคือ ความชื้นดิน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยอื่นในอดีตด้วยว่า เชื้อราเอคโตไมคอร์ไรเจริญเติบโตได้ดีที่ระดับความชื้นในดินสูงไปจนถึงสภาพพื้นที่น้ำท่วม (Thomas, 2021) ทั้งนี้ยังมีงานวิจัยบางงานวิจัยรายงานว่า เชื้อราเอคโตไมคอร์ไรซายังสามารถพบได้ในสภาพแวดล้อมที่มีความแห้งแล้งสูงและพื้นที่ทะเลทรายด้วยเช่นกัน (Trappe, 1977; Kennedy and Peay 2007; Lennon *et al*. 2012) (Navarro-Ródenas *et al*., 2012) นอกจากความชื้นดินยังพบว่า สภาพความเป็นกรด-ด่างของดินในทุกแปลงยังมีค่า pH ที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของเชื้อราเอคโตไมคอร์ไรซาที่ส่วนใหญ่เจริญได้ที่ค่า pH อยู่ระหว่าง 5-8 (Erlandson *et al*., 2016)

เมื่อพิจารณาผลการตรวจวัดระดับธาตุอาหารในดินพบว่า ดินในแปลงปลูกไม้วงศ์ยางทั้ง 5 แปลง มีปริมาณธาตุอาหารในดินต่ำ แต่ยังสามารถพบเห็ดป่า ไมคอร์ไรซาได้ เนื่องจากเชื้อราไมคอร์ไรซามีประสิทธิภาพในการดึงดูด

สารอาหารที่อยู่ในดินเป็นอย่างดีจนสามารถพัฒนาเป็นดอกเห็ด และนอกจากนี้ยังช่วยให้พืชที่เจริญเติบโตได้ในสภาพดินที่มีสารอาหารต่ำเจริญเติบโตได้ดีอีกด้วย เนื่องจากความสามารถของเส้นใยต่อการดูดสารอาหารและน้ำในดินเพื่อเป็นแหล่งพลังงานให้กับเชื้อราไมคอร์ไรซาได้เป็นอย่างดีอีกด้วย (Policelli *et al*., 2020, Lindahl *et al*., 2021) สำหรับปริมาณอินทรียวัตถุในดินพบว่า แปลงปลูกไม้วงศ์ยางที่มีปริมาณอินทรียวัตถุในดินสูงเป็นแปลงที่พบเห็ดป่าไมคอร์ไรซาได้บ่อยครั้งและดอกเห็ดมีขนาดใหญ่ ส่วนในดินที่มีอินทรียวัตถุในระดับปานกลางพบเห็ดป่าไมคอร์ไรซาได้น้อย และไม่พบเห็ดป่าไมคอร์ไรซาในดินที่มีปริมาณอินทรียวัตถุต่ำ เนื่องจากดินที่มีอินทรียวัตถุสูงสามารถเป็นแหล่งแลกเปลี่ยนพลังงานที่ดีต่อการเจริญเติบโตของเชื้อราไมคอร์ไรซา ในขณะเดียวกันเส้นใยของเชื้อราเอคโตไมคอร์ไรซาที่ตายแล้ว อาจมีส่วนสำคัญต่อการก่อตัวของอินทรียวัตถุในดินด้วย (Anders *et al*., 2022)

สำหรับปัจจัยด้านสภาพภูมิอากาศก็มีส่วนสำคัญเช่นกันต่อการปรากฏของเห็ดป่าไมคอร์ไรไรซาด้วยเช่นกัน ซึ่งจากการวิจัยครั้งนี้พบว่า ความเข้มแสง เป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อการปรากฏของเห็ดป่าไมคอร์ไรซามากที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ศุทธินี และคณะ (2563) ที่กล่าวไว้ว่า แสงเป็นปัจจัยสำคัญต่อการเจริญเติบโตของเห็ดป่าไมคอร์ไรซาชนิดต่าง ๆ ในขณะค่าความชื้นสัมพัทธ์อากาศเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อการปรากฏของเห็ดป่ากินได้มากที่สุด

นอกจากปัจจัยแวดล้อมแล้ว ความถี่ในการปรากฏและความหลากชนิดของเห็ดป่าไมคอร์ไรซาและเห็ดป่ากินได้นั้น ยังขึ้นอยู่กับวิธีการปฏิบัติดูแลแปลงปลูกของเกษตรกรด้วย เช่น ในแปลงที่ 1 พบความถี่การปรากฏและความหลากชนิดมากที่สุด เนื่องจากเกษตรกรเจ้าของแปลงมีการเติมเชื้อเห็ดป่าไมคอร์ไรซาลงในแปลงปลูกต่อเนื่องทุกปี ๆ ละ 2 ครั้ง ซึ่งทำต่อเนื่องมาเป็นระยะเวลา 8 ปี โดยการนำดอกเห็ดสดที่พบในแปลงฝังลงในบริเวณที่พบเห็ด หรือมีการทำหัวเชื้อจากดอกเห็ดสดราดลงบนบริเวณรากไม้วงศ์ยาง และไม่มีการรบกวนพื้นที่ในบริเวณที่พบเห็ด (ไม่ไถพรวน ไม่ขุด ไม่เหยียบย่ำหรือคุ้ยเขี่ย) รวมทั้งมีการนำใบไม้ปิดปกคลุมคลุมดินในบริเวณที่พบเห็ดด้วย (อนันตพร; สัมภาษณ์, เมษายน 2565) ซึ่งวิธีการปฏิบัติเหล่านี้เป็นปัจจัยสำคัญอีกประการต่อการเพิ่มความหลากหลายของเห็ดป่าไมคอร์ไรซาและเห็ดป่ากินได้ให้มีจำนวนมากขึ้นด้วย

ข้อเสนอแนะ

การศึกษาครั้งนี้สามารถนำไปใช้ประโยชน์เป็นต้นแบบของการนำนวัตกรรมการเพาะขยายเห็ดป่า ไมคอร์ไรซาในแปลงปลูกไม้วงศ์ยางได้ แต่การเก็บผลผลิตที่เกิดจากการใช้นวัตกรรมจำเป็นต้องใช้ระยะเวลาในการศึกษาที่มากกว่านี้ ควรเพิ่มพื้นที่ทดสอบการใช้นวัตกรรมและการเก็บข้อมูลปัจจัยแวดล้อมด้วยเทคโนโลยี IoT เพื่อความแม่นยำของข้อมูลผลผลิตและปัจจัยแวดล้อม ที่จะสามารถนำไปพัฒนาเป็นนวัตกรรมที่ครอบคลุมทุกสภาพพื้นที่หรือครอบคลุมรูปแบบการปลูกไม้วงศ์ยางรูปแบบต่าง ๆ ได้

เอกสารอ้างอิง

กรมป่าไม้. (2556). *คู่มือรูปแบบการปลูกไม้ป่าโดยระบบวนเกษตร.* [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก https://www. forest. go.th/community/wp-content/uploads/sites/ 16/2020/01/รูปแบบการปลูกไม้ป่าโดยระบบวนเกษตร.pdf สืบค้น วันที่ 4 มีนาคม 2565.

กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. (2553). *คู่มือการปฏิบัติงานกระบวนการวิเคราะห์ตรวจสอบดินทางเคมี.* [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จากhttps://www. ldd.go.th/PMQA/2553/Manual/OSD-03.pdf. สืบค้น วันที่ 15 มกราคม 2565.

กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. (ม.ป.ป). *ดินดีคลินิก.* [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จากhttp:// osl101.ldd. go.th/web_soil_clinic/about_clinic2.htm สืบค้น วันที่ 15 มกราคม 2565.

กรมอุทยานแห่งชาติสัตว์ป่า และพันธุ์พืช. (2554). *คู่มือการสำรวจความหลากหลายเห็ด (Mushrooms).* [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก http:///biodi.dnp.go.th/wp-content/uploads/2021/11/mushroom_2812564. pdf สืบค้น วันที่ 5 มีนาคม 2565.

กรมอุทยานแห่งชาติสัตว์ป่า และพันธุ์พืช. (2554). *คู่มือการอนุรักษ์และใช้ประโยชน์ไม้วงศ์ยาง.* [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก https://www.dnp.go.th/ DNPResearch1 /Files/Publication/Book/เนื้อในไม้วงศ์ยาง.pdf สืบค้น วันที่ 4 มีนาคม 2565.

นิวัฒ เสนาะเมือง. (2553). *เห็ดป่าเมืองไทย: ความหลากหลายและการใช้ประโยชน์.* ขอนแก่น: มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

บารมี สกลรักษ์ กิตติมา ด้วงแค วินันท์ดา หิมะมาน จันจิรา อายะวงศ์ และกฤษณา พงษ์พานิช. (2560). *คู่มือการศึกษาความหลากหลายเห็ด.* กรุงเทพฯ: สำนักวิจัยการอนุรักษ์ป่าไม้และพันธุ์พืช กรมอทุยานแห่งชาติ สัตว์ป่าและพันธุ์พืช.

ยุพเยาว์ โตคีรี, น้องนุช สารภี, ดวงตา โนวาเชค และชวนพิศ จารัตน์. (2562). *การศึกษาความหลากหลายทางชีวภาพการกักเก็บคาร์บอนของไม้ยืนต้น และการพึ่งพิงผลผลิตที่มิใช่เนื้อไม้ในระบบนิเวศป่าชุมชน จังหวัดสุรินทร์.* สุรินทร์: มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์.

ศุทธินี ไชยแก้ว, ธารรัตน์ แก้วกระจ่าง และอุทัยวรรณ แสงวณิช. (2563). ความหลากชนิดของเห็ดป่าและอิทธิพลของปัจจัยแวดล้อมบางประการต่อการปรากฏของเห็ดป่าในสถานีวิจัยสิ่งแวดล้อมสะแกราชจังหวัดนครราชสีมา. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 28*(11), 1987-1999.

สำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน กรมที่ดิน. (2547). *คู่มือการวิเคราะห์ตัวอย่าง ดิน น้ำ ปุ๋ย พืช วัสดุปรับปรุงดินและการวิเคราะห์เพื่อตรวจรับรองมาตรฐานสินค้า*. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก https://oer.learn.in.th/ebook/result/113553/176834#page/1. สืบค้น วันที่ 15 มกราคม 2565.

อนันตพร ขันถม. 28 เมษายน 2565. *เกษตรกรเจ้าของแปลงปลูกไม้วงศ์ยางแปลงที่ 1.* สัมภาษณ์.

Anders, T., Dimitrios, F. and Michiel. (2022). Decomposition of soil organic matter by ectomycorrhizal fungi: Mechanisms and consequences for organic nitrogen uptake and soil carbon stabilization. *Front. For. Glob. 5*, 1-9.

Erlandson, S. R., Savage, J. A., Cavender-Bares, J. M. and Peay, K. G. (2016). Soil moisture and chemistry influence diversity of ectomycorrhizal fungal communities associating with willow along a hydrologic gradient. *FEMS Microbiology Ecology, 92*(1), 1-9.

Kennedy, P.G and Peay, K.G. (2007). Different soil moisture conditions change the outcome of the ectomycorrhizal symbiosis between Rhizopogon species and Pinus muricata. *Plant Soil, 291,* 55-65.

Lennon, J.T., Aanderud, Z.T., Lehmkuhl, B.K. (2012). Mapping the niche space of soil microorganisms using taxonomy and traits. *Ecology. 93,* 1867-79.

Lindahl, B. D., Kyaschenko, J., Varenius, K., Clemmensen, K. E., Dahlberg, A., Karltun, E. and Stendahl, J. (2021). A group of ectomycorrhizal fungi restricts organic matter accumulation in boreal forest. *Ecology Letters, 24*, 1341-1351.

Martín-Pinto, P., Oria-de-Rueda, J.A., Dejene, T., Mediavilla, O., Hernández Rodríguez, M. Reque, J.A., Sanz-Benito, I. Santos, M. and Geml, J. (2022). Influence of stand age and site conditions on ectomycorrhizal fungal dynamics in Cistus ladanifer-dominated scrubland ecosystems. *ForEcol Manag, 519,* 1-11.

Navarro-Ródenas, A., Ruíz-Lozano, J. M., Kaldenhoff, R. and Morte, A. (2012). The aquaporin TcAQP1 of the desert truffle Terfezia claveryi is a membrane pore for water and CO_2 transport. Mol. *Plant Microbe Int, 25,* 259-266.

Nipada, R. D., Sunadda, Y., Prakitsin, S. and Jittra, P. (2016). Community structure and dynamics of ectomycorrhizal fungi in a dipterocarp forest fragment and plantation in Thailand. *Plant Ecology & Diversity, 9*(5-6), 577-588.

Jang, S.K. and Hur, T.C. (2011). Relationship between climatic factors and the distribution of higher fungi in Byeonsanbando National Park, Korea, *Mycobiology, 42*, 27-33.

Policelli, N., Horton, T. R., Hudon, A. T., Patterson, T. R., Bhatnagar, J.M. (2020). The Role of Ectomycorrhizal Fungi in Boreal and Temperate Forest Restoration. *Frontiers in Forests and Global Change, 3,* 1-15.

Thomas, P. W. (2021). Ectomycorrhiza resilience and recovery to extreme flood events in *Tuber aestivum* and *Quercus robur*. *Mycorrhiza, 31*(4), 511-517.

Trappe, J. M. (2005). A.B. Frank and mycorrhizae: The challenge to evolutionary and ecologic theory. *Mycorrhiza, 15*(4), 277-81.