ผลของการปลูกเชื้อเห็ดตับเต่า (*Phlebopus portentosus*) ต่อการเจริญเติบโตของกล้าพะยูง (*Dalbergia cochinchinensis*) และกล้าประดู่ป่า (*Pterocarpus macrocarpus*)

อัญชิสา วสุสุนทร

ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาการจัดการป่าไม้
มหาวิทยาลัยแม่โจ้
พ.ศ. 2567

ผลของการปลูกเชื้อเห็ดตับเต่า (*Phlebopus portentosus*) ต่อการเจริญเติบโตของกล้าพะยูง (*Dalbergia cochinchinensis*) และกล้าประดู่ป่า (*Pterocarpus macrocarpus*)

อัญชิสา วสุสุนทร

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของความสมบูรณ์ของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาการจัดการป่าไม้
สำนักบริหารและพัฒนาวิชาการ มหาวิทยาลัยแม่โจ้
พ.ศ. 2567

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยแม่โจ้

ผลของการปลูกเชื้อเห็ดตับเต่า (*Phlebopus portentosus*)
ต่อการเจริญเติบโตของกล้าพะยูง (*Dalbergia cochinchinensis*)
และกล้าประดู่ป่า (*Pterocarpus macrocarpus*)

อัญชิสา วสุสุนทร

วิทยานิพนธ์นี้ได้รับการพิจารณาอนุมัติให้เป็นส่วนหนึ่งของความสมบูรณ์ของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาการจัดการป่าไม้

พิจารณาเห็นชอบโดย **อาจารย์ที่ปรึกษา**

อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก .....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรรณา มังกิตะ)
วันที่.....เดือน.....พ.ศ. .....

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....
(รองศาสตราจารย์ ดร.แหลมไทย อาษานอก)
วันที่.....เดือน.....พ.ศ. .....

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กมลพร ปานง่อม)
วันที่.....เดือน.....พ.ศ. .....

ประธานอาจารย์ผู้รับผิดชอบหลักสูตร .....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ว่าที่ร้อยตรี ดร.ธนากร ลัทธิ์ถีระสุวรรณ)
วันที่.....เดือน.....พ.ศ. .....

สำนักบริหารและพัฒนาวิชาการรับรองแล้ว .....
(รองศาสตราจารย์ ดร.ชัยยศ สัมฤทธิ์สกุล)
รักษาการแทนรองอธิการบดี
วันที่.....เดือน.....พ.ศ. .....

มหาวิทยาลัยแม่โจ้
MAEJO UNIVERSITY

ชื่อเรื่อง ผลของการปลูกเชื้อเห็ดตับเต่า (*Phlebopus portentosus*) ต่อการเจริญเติบโตของกล้าพะยูง (*Dalbergia cochinchinensis*) และกล้าประดู่ป่า (*Pterocarpus macrocarpus*)
ชื่อผู้เขียน นางสาวอัญชิสา วสุสุนทร
ชื่อปริญญา วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการป่าไม้
อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรรณา มังกิตะ

บทคัดย่อ

การศึกษาผลของการปลูกหัวเชื้อเห็ดตับเต่า (*Phlebopus portentosus*) ซึ่งเป็นเห็ดไมคอร์ไรซาที่นิยมรับประทานต่อการเจริญเติบโตของกล้าพะยูง (*Dalbergia cochinchinensis*) และกล้าประดู่ป่า (*Pterocarpus macrocarpus*) ซึ่งเป็นต้นไม้มีค่าทางเศรษฐกิจ โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design; CRD) มี 7 ชุดการทดลอง ได้แก่ ชุดควบคุม (ไม่ปลูกหัวเชื้อ) ชุดทดลองที่ปลูกหัวเชื้อเห็ดปริมาตร 10, 20 และ 30 มิลลิลิตร จำนวน 1 และ 2 ครั้ง โดยปลูกหัวเชื้อห่างกัน 15 วัน ทดสอบกับกล้าพะยูง และกล้าประดู่ป่าอายุ 4 เดือน บันทึกผลการเจริญเติบโตทุก 30 วัน จนอายุครบ 180 วัน ผลของการปลูกหัวเชื้อเห็ดตับเต่าต่อการเจริญเติบโตของกล้าพะยูง และกล้าประดู่ป่า เมื่ออายุครบ 180 วัน พบว่า การปลูกหัวเชื้อเห็ดตับเต่าที่ปริมาตร 20 มิลลิลิตร จำนวน 2 ครั้ง ให้ผลดีที่สุด ความสูงของลำต้น เส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับคอราก ความกว้างของทรงพุ่ม และมวลชีวภาพโดยรวมโดยค่าเฉลี่ยสูงสุด เมื่อเทียบกับชุดควบคุมเพิ่มขึ้นร้อยละ 32.04 41.13 38.82 และ 49.59 ตามลำดับ เมื่อวัดปริมาณคลอโรฟิลล์ พบว่า คลอโรฟิลล์เอ และคลอโรฟิลล์รวม เมื่อเทียบกับชุดควบคุมเพิ่มขึ้นร้อยละ 171.48 42.72 และ 85.20 ตามลำดับ และทำการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณคลอโรฟิลล์เอกับการเจริญเติบโตของกล้าพะยูง พบว่า ปริมาณคลอโรฟิลล์เอมีความสัมพันธ์กับความสูงของลำต้นกล้าพะยูงมากที่สุด (R^2 = 0.7512) รองลงไป คือ มวลชีวภาพโดยรวม เส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับคอราก และความกว้างของทรงพุ่ม ตามลำดับ ผลของการปลูกหัวเชื้อเห็ดตับเต่าต่อการเจริญเติบโตของกล้าประดู่ป่า พบว่า ความสูงของลำต้น เส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับคอราก ความกว้างของทรงพุ่ม และมวลชีวภาพโดยรวมค่าเฉลี่ยสูงสุดเมื่อเทียบกับชุดควบคุมเพิ่มขึ้นร้อยละ 41.02 42.98 14.34 และ 46.79 ตามลำดับ เมื่อวัดปริมาณคลอโรฟิลล์เอ คลอโรฟิลล์บี และคลอโรฟิลล์รวมค่าเฉลี่ยสูงสุด เมื่อเทียบกับชุดควบคุมเพิ่มขึ้นร้อยละ 167.78 3.20 และ 67.91 ตามลำดับ และทำการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่าง

ปริมาณคลอโรฟิลล์เอกับการเติบโตของกล้าประดู่ป่า พบว่า ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ มีความสัมพันธ์กับเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับคอรากกล้าประดู่ป่ามากที่สุด (R^2 = 0.8323) รองลงไป คือ มวลชีวภาพโดยรวม ความกว้างของทรงพุ่ม และความสูงของลำต้น ตามลำดับ แตกต่างกับชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

เมื่อตรวจสอบรากกล้าพะยูง และกล้าประดู่ป่า หลังปลูกหัวเชื้อครบที่ 180 วัน พบว่า การปลูกหัวเชื้อเห็ดตับเต่าปริมาตร 20 มิลลิลิตร จำนวน 2 ครั้ง เมื่อเทียบกับชุดควบคุมเพิ่มขึ้นร้อยละ 248.24 และ 254.19 และวัดความยาวรากกล้าพะยูง และกล้าประดู่ป่า เมื่อเทียบกับชุดควบคุมเพิ่มขึ้นร้อยละ 104.41 และ 145.79 แตกต่างกับชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) การตรวจสอบลักษณะเส้นใยเห็ดตับเต่าที่อยู่กับรากฝอยของกล้าพะยูง และกล้าประดู่ป่า ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) ที่กำลังขยาย 100 ไมครอน พบว่า พื้นที่ของรากฝอยกล้าพะยูงมีการปกคลุมของเส้นใยเห็ดประมาณร้อยละ 65.63 และกล้าประดู่ป่ามีการปกคลุมของเส้นใยเห็ดประมาณร้อยละ 71.88 ผลการศึกษาสามารถใช้เป็นแนวทางส่งเสริมการปลูกป่าโดยใช้เชื้อเห็ดตับเต่า ร่วมกับไม้เศรษฐกิจเพื่อช่วยเพิ่มการเจริญเติบโตของพืช

คำสำคัญ : ไม้เศษฐกิจ, กล้าไม้คุณภาพ, ภาวะพึ่งพาอาศัย, คลอโรฟิลล์, การปลูกป่า

Title THE EFFECT OF *Phlebopus portentosus* INOCULATION ON THE GROWTH PROMOTION OF *Dalbergia cochinchinensis* SEEDLINGS AND *Pterocarpus macrocarpus* SEEDLINGS

Author Miss Unchisa Vasusuntron

Degree Master of Science in Forest Management

Advisory Committee Chairperson Assistant Professor Dr. Wanna Mangkita

ABSTRACT

Study on the effect of Bolete (*Phlebopus portentosus*) on the growth promotion of Siamese Rosewood (*Dalbergia cochinchinensis*) seedlings and Burmese Rosewood (*Pterocarpus macrocarpus*) seedlings which is a tree with economic value were investigated. A completely randomized design (CRD) with seven treatments was used. The treatments were: control (no inoculation), inoculation with 10, 20, or 30 ml of *P. portentosus* inoculum, inoculated once or twice, with a 15-day interval between inoculations. Four-month-old *D. cochinchinensis* seedlings and *P. macrocarpus* seedlings were used in the experiment. Growth parameters were recorded for 180 days after inoculation. The result of the growth of *D. cochinchinensis* seedlings and *P. macrocarpus* seedlings were found to be inoculated inoculation twice with a volume of 20 ml *P. portentosus* gave the best results. It was found that stem height, diameter at root collar, canopy width and total biomass compared with control were increased 32.04, 41.13, 38.82 and 49.59 percent, respectively. The quantities of chlorophyll A and total chlorophyll compared with control were increased 171.48, 42.72 and 85.20 percent, respectively. The correlation analysis between amount of chlorophyll A and plant growth indicators showed that the correlation coefficient between chlorophyll A and stem height was highest (R^2 = 0.7512) followed by total biomass, diameter at root collar and canopy width, respectively. It was found that the average stem height, diameter at root collar, canopy width, and total biomass compared with control were

increased 41.02, 42.98, 14.34 and 46.79 percent, respectively. The quantities of chlorophyll A and total chlorophyll compared with control were increased 167.78 and 67.91 percent, respectively. The correlation analysis between amount of chlorophyll A and plant growth indicators showed that the correlation coefficient between chlorophyll A and diameter at root collar was highest (R^2 = 0.8323) followed by total biomass, canopy width and stem height respectively. The results were significantly different from the control at the statistical level ($p \leq 0.05$).

The roots of *D. cochinchinensis* seedlings and *P. macrocarpus* seedlings age 180 days after inoculation twice with a volume of 20 ml of *P. portentosus* were investigated. It was found that the average number of roots was compared with control were increased 248.24 and 254.19 percent, respectively. While the root length of *D. cochinchinensis* seedlings and *P. macrocarpus* seedlings compared with control were increased 104.41 and 145.79 percent, respectively. The results were significantly different from the control at the statistical level ($p \leq 0.05$). *P. portentosus* attached to *D. cochinchinensis* seedlings and *P. macrocarpus* seedlings roots were examined by Scanning Electron Microscope (SEM) at 100 μm. The results show that *D. cochinchinensis* seedlings roots had approximately 65.63 percent of the mushroom mycelium attached and *P. macrocarpus* seedlings roots had approximately 71.88 percent of the mushroom mycelium attached. The results could be used as a guideline for promote forestation by using *P. Portentosus* along with economic trees for increasing plant growth.

Keywords : Economic trees, Quality seedings, Symbiosis, Chlorophyll, Forestation

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี โดยได้รับความกรุณาจากคณาจารย์ที่ปรึกษา ผู้เรียนต้องขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรรณา มังกิตะ รองศาสตราจารย์ ดร.แหลมไทย อาษานอก และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กมลพร ปานง่อม คณะอาจารย์ที่ปรึกษาที่ช่วยให้ความรู้ คอยแนะนำทั้งในภาคทฤษฎี และปฏิบัติ ช่วยแนะนำเทคนิควิธีที่เหมาะสมกับการทดลอง ให้คำปรึกษา ให้ความรู้ ความเข้าใจในวิทยานิพนธ์ที่ทำจนงานสำเร็จบรรลุตามวัตถุประสงค์

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปราณี นางงาม ผู้ทรงคุณวุฒิประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ให้คำแนะนำและข้อเสนอที่เป็นประโยชน์ต่องานวิจัย

ขอขอบคุณ ดร.สุจิตรา โกศล ประธานมูลนิธิเห็ดไมคอร์ไรซาเพื่ออนุรักษ์และฟื้นฟูป่าไม้ ที่ช่วยให้คำแนะนำการวิจัย นายไพฑูรย์ จันทร์โลหิต ผู้อนุเคราะห์กล้าไม้ทดลอง และนางสาวณัฐณิชา กติกาโชคสกุล ผู้ช่วยเก็บข้อมูลระหว่างการทดลอง

ขอขอบคุณคณะอาจารย์ทั้งในสาขาวิชาการจัดการป่าไม้ และนอกสาขาวิชา รวมทั้งเจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้องทุกท่านที่สอนและแนะนำในแต่ละรายวิชา นักศึกษาปริญญาโท สาขาวิชาการจัดการป่าไม้ และนักษาปริญญาตรี สาขาวิชาเกษตรป่าไม้ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ - แพร่ เฉลิมพระเกียรติ ที่ช่วยเหลือ ในการเรียน ขอขอบคุณทุนอุดหนุนจากสำนักงานการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ประจำปี 2565 และขอขอบคุณเงินทุนสนับสนุนการวิจัย จากทุนศิษย์ก้นกุฏิ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่ช่วยให้การสนับสนุนทุนการศึกษาวิจัยงานวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้ สุดท้ายนี้ขอขอบคุณบิดามารดา และครอบครัวที่ช่วยสนับสนุนค่าใช้จ่ายและให้กำลังใจตลอดการศึกษาระดับปริญญาโทในครั้งนี้

อัญชิสา วสุสุนทร

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ค

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ช

สารบัญ ..... ซ

สารบัญตาราง ..... ฐ

สารบัญภาพ ..... ณ

บทที่ 1 บทนำ 1

วัตถุประสงค์ 3

ประโยชน์ที่ได้รับ 3

ขอบเขตของการศึกษา 3

นิยามศัพท์ 4

บทที่ 2 ทฤษฎี และการตรวจเอกสาร 5

เป้าหมายการพัฒนาอย่างยั่งยืน SDGs 5

โมเดลเศรษฐกิจ BCG 6

การจัดการป่าไม้อย่างยั่งยืน 7

ป่าในประเทศไทย 8

ป่าประเภทที่ไม่ผลัดใบ (Evergreen) 8

ป่าประเภทที่ผลัดใบ (Declduous) 9

พระราชบัญญัติป่าไม้ พ.ศ. 2562 10

พระราชบัญญัติหลักประกันทางธุรกิจ พ.ศ. 2558 10

พะยูง 11

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ 11
ระบบนิเวศน์ 11
การขยายพันธุ์ และผลิตกล้าไม้ 11
ประโยชน์ของพะยูง 12
ประดู่ป่า 13
ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ 13
ระบบนิเวศน์ 13
การขยายพันธุ์ และผลิตกล้าไม้ 13
ประโยชน์ของประดู่ป่า 13
ปัจจัยการเจริญเติบโตของพืช 14
ดิน (Soil) 14
น้ำ (Water) 14
อากาศ (Weather) 15
แสงสว่าง (Light) 15
อุณหภูมิ (Temperature) 15
ความดัน (Pressure) 16
ค่า Positive potential of the Hydrogen ions หรือ ค่า pH 16
ธาตุอาหารพืช (Plant Nutrients) 16
การสังเคราะห์แสง 18
รงควัตถุสังเคราะห์แสง 19
กายวิภาคของพืช 20
หน้าที่โดยทั่วของราก 20
โครงสร้างของราก 20
โครงสร้างตามภาคตัดขวางของราก 20

หน้าที่โดยทั่วไปของลำต้น 22
โครงสร้างของลำต้น 22
โครงสร้างตามภาคตัดขวางของลำต้น 22
หน้าที่โดยทั่วไปของใบ 23
โครงสร้างของใบ 23
โครงสร้างตามภาคตัดขวางของใบ 23
ไมคอร์ไรซา (Mycorrhiza) 24
ชนิดของราไมคอร์ไรซา 24
ความสัมพันธ์ของพืช และไมคอร์ไรซา 26
ระบบนิเวศเอคโตไมคอร์ไรซา 26
ประโยชน์ของเห็ดราไมคอร์ไรซา 27
เห็ด (Mushroom) 28
ลักษณะทางสัณฐานวิทยา 28
การจำแนกโดยใช้สัณฐานวิทยา 28
เห็ดตับเต่า 31
ลักษณะทางสัณฐานวิทยา 31
ประโยชน์ของเห็ดตับเต่า 32
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 32
บทที่ 3 วัสดุอุปกรณ์ และวิธีการวิจัย 35
วัสดุ และอุปกรณ์ 35
สารเคมี 36
3.1 วิธีการเตรียมหัวเชื้อเห็ดตับเต่าในห้องปฏิบัติการ 37
วิธีการเตรียมอาหารแข็งสำเร็จรูป 37
วิธีการแยกเชื้อเห็ดตับเต่าจากดอกเห็ดเพื่อให้ได้เส้นใยเห็ดบริสุทธิ์ 38

วิธีการขยายเชื้อเห็ดตับเต่าในอาหารเมล็ดข้าวฟ่าง 38
วิธีการเตรียมหัวเชื้อเห็ดตับเต่าเพื่อใส่กล้าพะยูง และกล้าประดู่ป่า 39
วิธีการวัดปริมาณมวลชีวภาพของหัวเชื้อเห็ดตับเต่าที่ใช้ในการทดลอง 39
3.2 วิธีการศึกษาการเจริญเติบโตของกล้าพะยูง และกล้าประดู่ป่า 40
วิธีการเตรียมกล้าพะยูง และกล้าประดู่ป่า 40
วิธีการศึกษาการเจริญเติบโตของกล้าพะยูง และกล้าประดู่ป่า 40
3.3 วิธีการศึกษาผลของเชื้อเห็ดตับเต่าต่อกล้าพะยูง และกล้าประดู่ป่า 42
วิธีการตรวจวัดปริมาณคลอโรฟิลล์ 42
วิธีการวัดปริมาณมวลชีวภาพส่วนเหนือดิน และใต้ดิน 43
3.4 วิธีการตรวจสอบจำนวน และความยาวของรากกล้าพะยูง และกล้าประดู่ป่า 43
3.5 วิธีการตรวจสอบการเกาะของเส้นใยด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope : SEM) 44
3.6 วิธีการนับการปกคลุมรากกล้าพะยูง และกล้าประดู่ป่า 45
3.7 วิธีการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณคลอโรฟิลล์เอกับการเติบโตของกล้าพะยูง และกล้าประดู่ป่า 45
3.8 วิธีการวิเคราะห์ข้อมูล 45
บทที่ 4 ผลการวิจัย และวิจารณ์ผล 46
1.1 การศึกษาผลของปริมาตร และจำนวนครั้งที่ปลูกหัวเชื้อเห็ดตับเต่าต่อการเจริญเติบโต ของกล้าพะยูง 46
1.2 การศึกษาผลของปริมาตร และจำนวนครั้งที่ปลูกหัวเชื้อเห็ดตับเต่าต่อการเจริญเติบโต ของกล้าประดู่ป่า 53
2.1 การศึกษาผลของแนวโน้มการเจริญเติบโตของกล้าพะยูง โดยแสดงข้อมูลหลังปลูก หัวเชื้อเห็ดตับเต่าที่ 30 60 90 120 150 และ 180 วัน 61
2.2 การศึกษาผลของแนวโน้มการเจริญเติบโตของกล้ากล้าประดู่ป่า โดยแสดงข้อมูลหลังปลูก หัวเชื้อเห็ดตับเต่าที่ 30 60 90 120 150 และ 180 วัน 64

3.1 การศึกษาผลของปริมาตร และจำนวนครั้งที่ปลูกหัวเชื้อเห็ดตับเต่าต่อปริมาณคลอโรฟิลล์ ของกล้าพะยูง 68
3.2 การศึกษาผลของปริมาตร และจำนวนครั้งที่ปลูกหัวเชื้อเห็ดตับเต่าต่อปริมาณคลอโรฟิลล์ ของกล้าประดู่ป่า 70
4.1 การศึกษาผลของปริมาตร และจำนวนครั้งที่ปลูกหัวเชื้อเห็ดตับเต่าต่อมวลชีวภาพ ของกล้าพะยูง 73
4.2 ศึกษาผลของปริมาตร และจำนวนครั้งที่ปลูกหัวเชื้อเห็ดตับเต่าต่อมวลชีวภาพ ของกล้าประดู่ป่า 74
5.1 การศึกษาผลของความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณคลอโรฟิลล์เอกับการเจริญเติบโตของ กล้าพะยูง 76
5.2 การศึกษาผลของความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณคลอโรฟิลล์เอต่อการเจริญเติบโตของ กล้าประดู่ป่า 79
6.1 การศึกษาผลของปริมาตร และจำนวนครั้งที่ปลูกหัวเชื้อเห็ดตับเต่าต่อจำนวนราก และ ความยาวของรากกล้าพะยูง 83
6.2 การศึกษาผลของปริมาตร และจำนวนครั้งที่ปลูกหัวเชื้อเห็ดตับเต่าต่อจำนวนราก และ ความยาวของรากกล้าประดู่ป่า 85
7.1 การศึกษาผลของปริมาตร และจำนวนครั้งที่ปลูกหัวเชื้อเห็ดตับเต่าต่อเส้นใยเห็ดตับเต่า ที่อยู่ร่วมกับรากของกล้าพะยูงโดยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) 87
7.2 การศึกษาผลของปริมาตร และจำนวนครั้งที่ปลูกหัวเชื้อเห็ดตับเต่าต่อเส้นใยเห็ดตับเต่า ที่อยู่ร่วมกับรากของกล้าประดู่ป่าโดยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) 88
บทที่ 5 สรุป และข้อเสนอแนะ 90
สรุปผลการวิจัย 90
ข้อเสนอแนะ 91
บรรณานุกรม 92
ประวัติผู้วิจัย 99

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 ธาตุอาหารหลัก และหน้าที่ 16

ตารางที่ 2 ธาตุอาหารรอง และหน้าที่ 16

ตารางที่ 3 ธาตุอาหารเสริม และหน้าที่ 17

ตารางที่ 4 อาการขาดธาตุอาหารของพืช 17

ตารางที่ 5 ความสูงของลำต้น เส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับคอราก และความกว้างของทรงพุ่ม ของกล้าพะยูงหลังปลูกหัวเชื้อเห็ดตับเต่าเป็นระยะเวลา 30 วัน 47

ตารางที่ 6 ความสูงของลำต้น เส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับคอราก และความกว้างของทรงพุ่ม ของกล้าพะยูงหลังปลูกหัวเชื้อเห็ดตับเต่าเป็นระยะเวลา 60 วัน 48

ตารางที่ 7 ความสูงของลำต้น เส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับคอราก และความกว้างของทรงพุ่ม ของกล้าพะยูงหลังปลูกหัวเชื้อเห็ดตับเต่าเป็นระยะเวลา 90 วัน 49

ตารางที่ 8 ความสูงของลำต้น เส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับคอราก และความกว้างของทรงพุ่ม ของกล้าพะยูงหลังปลูกหัวเชื้อเห็ดตับเต่าเป็นระยะเวลา 120 วัน 50

ตารางที่ 9 ความสูงของลำต้น เส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับคอราก และความกว้างของทรงพุ่ม ของกล้าพะยูงหลังปลูกหัวเชื้อเห็ดตับเต่าเป็นระยะเวลา 150 วัน 51

ตารางที่ 10 ความสูงของลำต้น เส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับคอราก ความกว้างของทรงพุ่ม ของกล้าพะยูงหลังปลูกหัวเชื้อเห็ดตับเต่าเป็นระยะเวลา 180 วัน 52

ตารางที่ 11 ความสูงของลำต้น เส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับคอราก และความกว้างของทรงพุ่ม ของกล้าประดู่ป่าหลังปลูกหัวเชื้อเห็ดตับเต่าเป็นระยะเวลา 30 วัน 54

ตารางที่ 12 ความสูงของลำต้น เส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับคอราก และความกว้างของทรงพุ่ม ของกล้าประดู่ป่าหลังปลูกหัวเชื้อเห็ดตับเต่าเป็นระยะเวลา 60 วัน 55

ตารางที่ 13 ความสูงของลำต้น เส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับคอราก และความกว้างของทรงพุ่ม ของกล้าประดู่ป่าหลังปลูกร่วมกับหัวเชื้อเห็ดตับเต่าเป็นระยะเวลา 90 วัน 56

ตารางที่ 14 ความสูงของลำต้น เส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับคอราก และความกว้างของทรงพุ่ม ของกล้าประดู่ป่าหลังปลูกร่วมกับหัวเชื้อเห็ดตับเต่าเป็นระยะเวลา 120 วัน..... 57

ตารางที่ 15 ความสูงของลำต้น เส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับคอราก และความกว้างของทรงพุ่ม ของกล้าประดู่ป่าหลังปลูกร่วมกับหัวเชื้อเห็ดตับเต่าเป็นระยะเวลา 150 วัน..... 58

ตารางที่ 16 ความสูงของลำต้น เส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับคอราก และความกว้างของทรงพุ่ม ของกล้าประดู่ป่าหลังปลูกร่วมกับหัวเชื้อเห็ดตับเต่าเป็นระยะเวลา 180 วัน..... 59

ตารางที่ 17 ค่าร้อยละของความสูงของลำต้นกล้าพะยูงที่เพิ่มขึ้นทุก 30 วัน เมื่อเปรียบเทียบกับ ชุดควบคุม..... 61

ตารางที่ 18 ค่าร้อยละของเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับคอรากกล้าพะยูงที่เพิ่มขึ้นทุก 30 วัน เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม..... 62

ตารางที่ 19 ค่าร้อยละความกว้างทรงของพุ่มกล้าพะยูงที่เพิ่มขึ้นทุก 30 วัน เมื่อเปรียบเทียบ กับชุดควบคุม..... 63

ตารางที่ 20 ค่าร้อยละความสูงของลำต้นกล้าประดู่ป่าที่เพิ่มขึ้นทุก 30 วัน เมื่อเปรียบเทียบ กับชุดควบคุม..... 64

ตารางที่ 21 ค่าร้อยละเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับคอรากกล้าประดู่ป่าที่เพิ่มขึ้นทุก 30 วัน เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม..... 65

ตารางที่ 22 ค่าร้อยละความกว้างทรงของพุ่มกล้าประดู่ป่าที่เพิ่มขึ้นทุก 30 วัน เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม..... 66

ตารางที่ 23 ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ คลอโรฟิลล์บี และคลอโรฟิลล์รวมของกล้าพะยูงหลังปลูกหัวเชื้อเห็ดตับเต่าเป็นระยะเวลา 180 วัน..... 69

ตารางที่ 24 ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ คลอโรฟิลล์บี และคลอโรฟิลล์รวมของกล้าประดู่ป่าหลังปลูกร่วมกับหัวเชื้อเห็ดตับเต่าเป็นระยะเวลา 180 วัน..... 71

ตารางที่ 25 มวลชีวภาพเหนือดิน มวลชีวภาพใต้ดิน และมวลชีวภาพโดยรวมของกล้าพะยูงหลัง ปลูกหัวเชื้อเห็ดตับเต่าเป็นระยะเวลา 180 วัน..... 73

ตารางที่ 26 มวลชีวภาพเหนือดิน มวลชีวภาพใต้ดิน และมวลชีวภาพโดยรวมของกล้าประดู่ป่าหลังปลูกร่วมกับหัวเชื้อเห็ดตับเต่าเป็นระยะเวลา 180 วัน..... 74

ตารางที่ 27 ผลของจำนวนราก และ ความยาวของรากกล้าพะยูงหลังปลูกหัวเชื้อเห็ดตับเต่าเป็นระยะเวลา 180 วัน..... 83

ตารางที่ 28 ผลของจำนวนราก และ ความยาวของรากกล้าประดู่ป่าหลังปลูกร่วมกับหัวเชื้อเห็ดตับเต่าเป็นระยะเวลา 180 วัน..... 85

ตารางที่ 29 ค่าร้อยละการปกคลุมรากกล้าพะยูงของเส้นใยเชื้อเห็ดตับเต่า..... 87

ตารางที่ 30 ค่าร้อยละการปกคลุมรากกล้าประดู่ป่าของเส้นใยเชื้อเห็ดตับเต่า..... 88

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 1 หลักจัดการป่าไม้อย่างยั่งยืน 7
ภาพที่ 2 epidermis ในราก 20
ภาพที่ 3 รากที่อยู่ร่วมกับเอคโตไมคอร์ไรซา 24
ภาพที่ 4 เห็ดตับเต่า (*Phlebopus portentosus*) 31
ภาพที่ 5 ขั้นตอนการเตรียมหัวเชื้อเห็ดตับเต่าในห้องปฏิบัติการ 37
ภาพที่ 6 ขั้นตอนการศึกษาการเจริญเติบโตของกล้าพะยูง และกล้าประดู่ป่า 40
ภาพที่ 7 ขั้นตอนการตรวจวัดปริมาณคลอโรฟิลล์ และการวัดปริมาณมวลชีวภาพส่วนเหนือดิน และใต้ดิน 42
ภาพที่ 8 ขั้นตอนการตรวจสอบการเกาะของเส้นใย 44
ภาพที่ 9 แนวโน้มการเจริญเติบโตด้านความสูงของลำต้นกล้าพะยูง 61
ภาพที่ 10 แนวโน้มการเจริญเติบโตด้านเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับคอรากกล้าพะยูง 62
ภาพที่ 11 แนวโน้มการเจริญเติบโตด้านความกว้างของทรงพุ่มกล้าพะยูง 63
ภาพที่ 12 แนวโน้มการเจริญเติบโตด้านความสูงของลำต้นกล้าประดู่ป่า 64
ภาพที่ 13 แนวโน้มการเจริญเติบโตด้านเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับคอรากกล้าประดู่ป่า 65
ภาพที่ 14 แนวโน้มการเจริญเติบโตด้านความกว้างของทรงพุ่มกล้าประดู่ป่า 66
ภาพที่ 15 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณคลอโรฟิลล์เอกับการเจริญเติบโต ด้านความสูงของลำต้นกล้าพะยูง 76
ภาพที่ 16 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณคลอโรฟิลล์เอกับการเจริญเติบโต ด้านเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับคอรากกล้าพะยูง 76
ภาพที่ 17 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณคลอโรฟิลล์เอกับการเจริญเติบโต ด้านความกว้างของทรงพุ่มกล้าพะยูง 77

ภาพที่ 18 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณคลอโรฟิลล์เอกับการเจริญเติบโต ด้านมวลชีวภาพโดยรวมของกล้าพะยูง 77

ภาพที่ 19 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณคลอโรฟิลล์เอกับการเจริญเติบโต ด้านความสูงของลำต้นกล้าประดู่ป่า 79

ภาพที่ 20 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณคลอโรฟิลล์เอกับการเจริญเติบโต ด้านเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับคอรากกล้าประดู่ป่า 79

ภาพที่ 21 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณคลอโรฟิลล์เอกับการเจริญเติบโต ด้านความกว้างของทรงพุ่มกล้าประดู่ป่า 80

ภาพที่ 22 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณคลอโรฟิลล์เอกับการเจริญเติบโต ด้านมวลชีวภาพโดยรวมของกล้าประดู่ป่า 80

ภาพที่ 23 รากกล้าพะยูงที่ไม่ได้ปลูก และปลูกหัวเชื้อเห็ดตับเต่า ในปริมาตรที่แตกต่างกัน 84

ภาพที่ 24 รากกล้าประดู่ป่าที่ไม่ได้ปลูก และปลูกหัวเชื้อเห็ดตับเต่า ในปริมาตรที่แตกต่างกัน 86

ภาพที่ 25 รากกล้าพะยูงที่ถ่ายใต้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) 87

ภาพที่ 26 รากของกล้าประดู่ป่าที่ถ่ายใต้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) 88

มหาวิทยาลัยแม่โจ้
MAEJO UNIVERSITY

บทที่ 1
บทนำ

ที่มาของปัญหา

ปัจจัยที่ส่งผลต่อการพัฒนาอย่างยั่งยืน นอกจากเรื่องของสังคม เศรษฐกิจ แล้วยังเกี่ยวข้องกับการปกป้อง ฟื้นฟู สนับสนุนการใช้ระบบนิเวศอย่างยั่งยืน การใช้ประโยชน์จากป่าไม้เพื่อลดความแห้งแล้ง ความเสื่อมโทรม การพังทลายของดินในพื้นที่ป่าไม้ โดยช่วยฟื้นฟูป่าไม้ที่เสียหาย เพื่อลดการสูญเสียความหลากหลายทางชีวภาพ โดยใช้หลักการของเศรษฐกิจสีเขียว ที่เน้นการลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมเพื่อให้เกิดการพัฒนาอย่างยั่งยืน ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของกลไกสำคัญในการขับเคลื่อนเศรษฐกิจอย่างมั่นคง โดยมีปัจจัยสำคัญในการปรับสมดุลสร้างรายได้ให้คนที่ใช้ประโยชน์จากป่าไม้ได้อย่างคุ้มค่า เกิดประโยชน์สูงสุด แต่ยังคงอนุรักษ์ และฟื้นฟูป่าไม้ โดยเชื่อมกับการใช้ประโยชน์จากเห็ดไมคอร์ไรซาเพื่อช่วยเพิ่มการเจริญเติบโตให้กับไม้ป่าเศรษฐกิจชนิดต่าง ๆ ทั้งยังเป็นเห็ดที่รับประทานได้มาช่วยสร้างแหล่งรายได้เสริมให้กับผู้ปลูกไม้ป่าเศรษฐกิจระหว่างที่รอให้ต้นไม้เจริญเติบโตพร้อมใช้งานได้

ไม้พะยูง และไม้ประดู่ป่า ถูกจัดเป็นไม้มีค่า ไม้เศรษฐกิจ ในพระราชบัญญัติหลักประกันธุรกิจใช้เพื่อการค้ำประกันกับธนาคาร รวมถึงอยู่ในรายชื่อไม้คาร์บอนเครดิตสร้างรายได้จากการขายคาร์บอนเครดิต ไม้พะยูง (*Dalbergia cochinchinensis*) เป็นไม้ในวงศ์ Fabaceae มีเนื้อไม้แข็งแรงทนทาน มีราคาซื้อขายสูง เป็นไม้มงคล มีความเชื่อว่า พยุง ในเรื่องบ้านเรือนมั่นคงพยุงฐานะ และโชคในอดีตเป็นไม้หวงห้ามประเภท ก. ซึ่งต้องได้รับการอนุญาตในการตัด ซื้อขาย ส่งผลให้เกิดปัญหาการลักลอบตัดฟัน เนื่องจากมีความต้องการใช้เนื้อไม้ทั้งใน และต่างประเทศ รอบตัดฟัน 15 - 30 ปี (จตุพร, 2544; ส่วนปลูกป่าภาคเอกชน สำนักส่งเสริมการปลูกป่า กรมป่าไม้, 2561) และไม้ประดู่ป่า (*Pterocarpus macrocarpus*) เป็นไม้ผลัดใบในวงศ์ Fabaceae สามารถเติบโตในที่แดดจัดต้องการน้ำ และความชื้นปานกลางในการเติบโต สามารถปลูกได้ทุกภาคของประเทศ เป็นไม้มงคลที่ หมายถึง ความแข็งแกร่ง สามัคคี ไม้ประดู่มีความแข็ง (Hardness) มากกว่าไม้สัก 2 เท่า มีความทนทานตามธรรมชาติ (การทดลองฝังดิน) เฉลี่ย 14 ปี เนื้อไม้ประดู่ป่าสามารถใช้สร้างบ้าน ทำเฟอร์นิเจอร์ ทำเครื่องดนตรีไทย และเปลือกถูกนำมาใช้ในการย้อมสีผ้า รอบตัดฟันยาว 10 ปี (ส่วนปลูกป่าภาคเอกชน สำนักส่งเสริมการปลูกป่า กรมป่าไม้, 2556; สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2565) โดยไม้ทั้งสองชนิด ได้รับความนิยม ประชาชนสนใจอยากปลูกเป็นจำนวนมาก แต่เป็นไม้ที่เจริญเติบโตช้า

การใช้เทคโนโลยีจากเห็ดป่าเศรษฐกิจ ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นเอคโตไมคอร์ไรซามีหลากหลายชนิด เช่น เห็ดเผาะ (*Astraeus hygrometricus*) เห็ดระโงก (*Amanita javanica*) เห็ดตะไคล (*Russula virescens*) (สุจิตรา และคณะ, 2562) รวมถึงเห็ดตับเต่า

(*Phlebopus portentosus*) โดยใช้ประโยชน์จากเส้นใยเห็ดอาศัยอยู่กับรากของพืชแบบพึ่งพาอาศัยเกื้อกูลกัน (Symbiosis) เส้นใยเห็ดตับเต่าปล่อยน้ำย่อยออกมาช่วยย่อยแร่ธาตุในดินให้แปรสภาพมาอยู่ในรูปไอออนที่พืชสามารถนำไปใช้งานได้ง่าย เส้นใยที่ห่อหุ้มรากฝอยช่วยเพิ่มพื้นที่ในการดูดซับน้ำและธาตุอาหาร (N, P, K, Ca, Mg) ได้เพิ่มมากขึ้น (Allen, 1991; สาวิตรี และประภาพร , 2548) โดยเฉพาะธาตุไนโตรเจนที่เป็นส่วนสำคัญต่อปฏิกิริยาการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช เนื่องจากเป็นธาตุหลักที่เป็นองค์ประกอบของคลอโรฟิลล์โดยที่คลอโรฟิลล์แบ่งออกได้ คือ คลอโรฟิลล์เอซึ่งมีอยู่ 3 ใน 4 ของปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดของพืช และคลอโรฟิลล์บีมีอยู่ 1 ใน 4 ของปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมด (Panawala, 2017) รวมถึงเพิ่มพื้นที่ให้กับรากพืช ทำให้พืชสามารถทนต่อความแห้งแล้ง เพิ่มการกักเก็บน้ำ การเปลี่ยนแปลงของความเป็นกรด-ด่างของดิน เพิ่มอัตราการรอดตายจากโรคพืช (โรคเน่าคอดิน) โดยที่ราไมคอร์ไรซาจะห่อหุ้มราก ทำให้ราที่เป็นสาเหตุของโรคไม่สามารถเข้าทำลายเซลล์ของราก และมีความสามารถในการปล่อยสารปฏิชีวนะ (Antibiotic) เพื่อปกป้องรากที่หุ้มอยู่ หรือรากที่อยู่บริเวณใกล้เคียงจากควบคุมเชื้อโรคและศัตรูพืช ในการควบคุมไส้เดือนฝอยรากปม โดยการเข้าทำลายไข่ การฟักตัว และตัวอ่อนในระยะที่สองของไส้เดือนฝอยปมราก ช่วยเพิ่มการรอดตายของกล้าที่ลงปลูกในแปลง (กิตติมา และคณะ, 2548; ทนุวงศ์ และอุทัยวรรณ, 2537; อธิษฐาน และอมรศรี , 2564) ชนิดของพืชที่เห็ดตับเต่าสามารถเจริญที่ระบบรากของพืชได้นั้นมีหลากหลายชนิด ซึ่งส่วนใหญ่เป็นพืชเศรษฐกิจและเป็นพืชอาหารที่สามารถปลูกได้อย่างกว้างขวาง ได้แก่ พืชสกุลส้ม เช่น ส้ม ส้มโอ มะกรูด มะนาว กลุ่มไม้ผล เช่น ลำไย น้อยหน่า ขนุน หว้า มะกอกน้ำ กลุ่มพืชผัก และพืชดอก เช่น โสน แคบ้าน ชงโค หางนกยูงไทย เป็นต้น (รวีวรรณ, 2557; อนงค์ และคณะ, 2551) ทั้งช่วยเพิ่มการเจริญเติบโตด้านความสูง คอราก ทรงพุ่ม และมวลชีวภาพทั้งเหนือดิน และใต้ดิน รวมถึงมีแนวโน้มในการสร้างรากแก้ว และรากแขนงเพิ่มขึ้น ให้กับต้นพืชที่เข้าไปอยู่อาศัย (ธนภักษ์ และคณะ, 2564) เมื่ออยู่ในสภาวะที่เหมาะสมทั้งอุณหภูมิ และความชื้นเชื้อเห็ดตับเต่าจะสามารถรวมตัว และเกิดเป็นดอกเห็ดได้ ดอกเห็ดมีเนื้อสัมผัสคล้ายเนื้อสัตว์ กินเป็นยาบำรุงร่างกาย บำรุงกำลัง มีสรรพคุณยาช่วยบำรุงร่างกาย บำรุงตับ ลดความดัน ดับพิษร้อนภายใน (สุวลักษณ์, 2558) มีราคาสูง สามารถแปรรูปเห็ดตับเต่าเพื่อเพิ่มมูลค่า สร้างรายได้ และช่วยส่งเสริมเศรษฐกิจพอเพียงในชุมชน (รวีวรรณ , 2557; วชิรญา และคณะ, 2565; อนงค์ และอัจฉรา, 2530) ด้วยความสัมพันธ์ของเห็ดตับเต่า ซึ่งเป็นเห็ดที่นิยมรับประทานจึงสนใจศึกษาเพื่อเป็นข้อมูลในการส่งเสริม และสร้างแรงจูงใจในการปลูกหัวเชื้อเห็ดตับเต่าร่วมกับการปลูกไม้พะยูง และไม้ประดู่ป่า หรือไม้ป่าเศรษฐกิจชนิดอื่น ๆ ต่อไป

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาผลของปริมาตร และจำนวนครั้งที่ปลูกหัวเชื้อเห็ดตับเต่าต่อการเจริญเติบโตของกล้าพะยูง และกล้าประดู่ป่า
2. เพื่อศึกษาปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบกล้าพะยูง และกล้าประดู่ป่าที่ปลูกเชื้อเห็ดตับเต่า
3. เพื่อศึกษาลักษณะของการอยู่ร่วมกันระหว่างเชื้อเห็ดตับเต่ากับรากกล้าพะยูง และกล้าประดู่ป่า

ประโยชน์ที่ได้รับ

1. ทราบปริมาตรของเชื้อเห็ดตับเต่าที่เหมาะสมที่สุดต่อการเจริญเติบโตของกล้าพะยูง และกล้าประดู่ป่า
2. ทราบปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบกล้าพะยูง และกล้าประดู่ป่าที่ปลูกเชื้อเห็ดตับเต่า
3. ทราบลักษณะการอยู่ของเชื้อเห็ดตับเต่าร่วมกับรากกล้าพะยูง และกล้าประดู่ป่า

ขอบเขตของการศึกษา

1. การเพาะเลี้ยงเชื้อเห็ดตับเต่าในห้องปฏิบัติการ
2. การปลูกเชื้อเห็ดตับเต่าร่วมกับกล้าพะยูง และกล้าประดู่ป่า
3. การติดตามผลของหัวเชื้อเห็ดตับเต่าต่อการเจริญเติบโตของกล้าพะยูง และกล้าประดู่ป่า 3 ดัชนี ได้แก่ ความสูงของลำต้น เส้นผ่าศูนย์กลางระดับคอราก และความกว้างของทรงพุ่ม ทุก ๆ 30 วัน เป็นระยะเวลา 180 วัน
4. การตรวจวัดปริมาณคลอโรฟิลล์ มวลชีวภาพของกล้าพะยูง และกล้าประดู่ป่า หลังปลูกหัวเชื้อเห็ดตับเต่าเป็นระยะเวลา 180 วัน
5. การตรวจสอบจำนวนราก ความยาวของราก และการปกคลุมของเส้นใยเห็ดตับเต่ากับรากกล้าพะยูง และกล้าประดู่ป่า หลังปลูกหัวเชื้อเห็ดตับเต่าเป็นระยะเวลา 180 วัน
6. ดำเนินการวิจัยภายในมหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ และสถาบันบริการตรวจสอบคุณภาพและมาตรฐานผลิตภัณฑ์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้

นิยามศัพท์

1. หัวเชื้อเห็ดตับเต่า (*P. portentosus*) คือ หัวเชื้อน้ำแบบแขวนลอยที่ได้จากอาหารเมล็ดข้าวฟ่าง โดยเป็นการขยายเชื้อจากการแยกเชื้อดอกเห็ดสดในอาหารสำเร็จรูป

2. กล้าพะยูง (*D. cochinchinensis*) และกล้าประดู่ป่า (*P. macrocarpus*) คือ กล้าที่ได้จากการเพาะเมล็ด

3. ดัชนีที่ใช้ติดตามการเจริญเติบโต คือ การเจริญเติบโตด้านความสูงของลำต้น การเจริญเติบโตด้านเส้นผ่าศูนย์กลางระดับคอราก และการเจริญเติบโตด้านความกว้างของทรงพุ่ม

4. ดัชนีของการศึกษาผลการอยู่ร่วมกันของเชื้อเห็ดตับเต่าต่อกล้าพะยูง และกล้าประดู่ป่าหลังปลูกเชื้อเป็นเวลา 180 วัน คือ ดัชนีการเจริญเติบโต ปริมาณคลอโรฟิลล์ มวลชีวภาพ จำนวนราก และการปกคลุมของเส้นใยเชื้อเห็ดตับเต่าที่อยู่ร่วมกับราก

บทที่ 2
ทฤษฎี และการตรวจเอกสาร

เป้าหมายการพัฒนาอย่างยั่งยืน SDGs

การดำเนินการเพื่อยุติความยากจน คนมีความสงบสุข และความมั่งคั่ง โดยมีเป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืน มีแนวทาง มีเป้าหมายที่ชัดเจน เพื่อให้สอดคล้องกับลำดับความสำคัญในการพัฒนาเพื่อเลือกทางที่เหมาะสมในการปรับปรุงชีวิตอย่างยั่งยืน โดยสามารถจัดกลุ่มตามปัจจัยที่เชื่อมโยงกันใน 5 มิติ คือ (1) การพัฒนาคนในสังคม (2) ความสำคัญกับการปกป้องและรักษาทรัพยากรธรรมชาติ และสภาพภูมิอากาศ (3) เศรษฐกิจและความมั่งคั่ง และสอดคล้องกับธรรมชาติ (4) สันติภาพและความยุติธรรม และ (5) ความเป็นหุ้นส่วนการพัฒนาความร่วมมือของทุกภาคส่วนเพื่อขับเคลื่อนวาระการพัฒนาที่ยั่งยืน โดยมีเป้าหมายทั้งหมด 17 เป้าหมาย ได้แก่

1. ยุติความยากจนทุกรูปแบบในทุกที่

2. ยุติความหิวโหย บรรลุความมั่นคงทางอาหาร ยกระดับโภชนาการ และส่งเสริมการเกษตรที่ยั่งยืน

3. สร้างหลักประกันว่าคนมีชีวิตที่มีสุขภาพดี และส่งเสริมสวัสดิภาพสำหรับทุกคนในทุกวัย

4. สร้างหลักประกันว่าทุกคนมีการศึกษาที่มีคุณภาพอย่างครอบคลุม เท่าเทียม และสนับสนุนโอกาสในการเรียนรู้ตลอดชีวิต

5. บรรลุความเสมอภาคระหว่างเพศและให้อำนาจของผู้หญิง และเด็กหญิงทุกคน

6. สร้างหลักประกันเรื่องน้ำ การสุขาภิบาลให้มีการจัดการอย่างยั่งยืน และมีสภาพพร้อมใช้

7. สร้างหลักประกันว่าทุกคนเข้าถึงพลังงานสมัยใหม่ในราคาที่สามารถซื้อหาได้ เชื่อถือได้ และยั่งยืน

8. ส่งเสริมการเติบโตทางเศรษฐกิจที่ต่อเนื่อง ครอบคลุมอย่างยั่งยืน การจ้างงานเต็มที่มีผลิตภาพ และการมีงานที่สมควรสำหรับทุกคน

9. สร้างโครงสร้างพื้นฐานที่มีความทนทาน ส่งเสริมการพัฒนาอุตสาหกรรมที่ครอบคลุมอย่างยั่งยืน และส่งเสริมนวัตกรรม

10. ลดความไม่เสมอภาคภายใน และระหว่างประเทศ

11. ทำให้เมือง และการตั้งถิ่นฐานของมนุษย์มีความปลอดภัย พร้อมรับการเปลี่ยนแปลง และยั่งยืน

12. สร้างหลักประกันให้มีแบบแผนการผลิต และการบริโภคที่ยั่งยืน

13. ปฏิบัติการอย่างเร่งด่วนเพื่อต่อสู้กับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ และผลกระทบที่เกิดขึ้น

14. อนุรักษ์และใช้ประโยชน์จากมหาสมุทร และทรัพยากรทางทะเลอย่างยั่งยืนเพื่อการพัฒนา

15. ปกป้อง ฟื้นฟู และสนับสนุนการใช้ระบบนิเวศบนบกอย่างยั่งยืน จัดการป่าไม้อย่างยั่งยืน ต่อสู้ความแห้งแล้ง หยุดการเสื่อมโทรมของที่ดิน และฟื้นสภาพกลับมาใหม่ เพื่อหยุดยั้งการสูญเสียความหลากหลายทางชีวภาพ

16. ส่งเสริมสังคมที่สงบสุขและครอบคลุม เพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืน ให้ทุกคนเข้าถึงความยุติธรรม สร้างสถาบันที่มีประสิทธิผล รับผิดชอบ และครอบคลุมในทุกระดับ

17. เสริมความเข้มแข็งให้แก่กลไกการดำเนินงาน และฟื้นฟูสภาพหุ้นส่วนความร่วมมือระดับโลกสำหรับการพัฒนาที่ยั่งยืน (สำนักงานสภาพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ, 2566)

โมเดลเศรษฐกิจ BCG

BCG Economy Model คือ กลไกสำคัญในการขับเคลื่อนเศรษฐกิจให้เติบโตแบบก้าวกระโดด กระจายโอกาส กระจายรายได้ และนำความมั่งคั่งไปสู่ชุมชนในท้องถิ่นอย่างทั่วถึง มีการพัฒนาทางเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อมที่ยั่งยืน

เศรษฐกิจชีวภาพ (Bioeconomy) การนำความรู้ระดับสูงด้านเทคโนโลยีชีวภาพ และลดต้นทุนด้านความหลากหลายทางชีวภาพ

เศรษฐกิจหมุนเวียน (Circular Economy) ระบบเศรษฐกิจที่ต้องการให้ใช้ทรัพยากรอย่างคุ้มค่าที่สุดในทุกกระบวนการ เพื่อให้ไม่มีอัตราการเกิดของเสีย หรือมีได้แต่ควรน้อยที่สุด เพื่อให้ทั้งกระบวนการเกิดประสิทธิภาพสูงสุด เป็นการปรับสมดุลระหว่างมนุษย์กับทรัพยากร เปลี่ยนวงจรการใช้ทรัพยากรให้มีการหมุนเวียนได้มากที่สุด โดยการเปลี่ยนจากการใช้ทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัดมาเป็นการใช้ทรัพยากรที่นำกลับมาใช้ใหม่ (Renewable Resources) โดยเฉพาะผลิตภัณฑ์มูลค่าสูงทางอุตสาหกรรมซึ่งช่วยลดขยะและผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

เศรษฐกิจสีเขียว (Green Economy) เน้นส่งผลดีต่อสิ่งแวดล้อม และการพัฒนาที่ยั่งยืนเป็นเป้าหมายสูงสุด (สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.), 2564)

การจัดการป่าไม้อย่างยั่งยืน

คือ การจัดการสมดุลอย่างยั่งยืนระหว่างชุมชน (คนในสังคม) สิ่งแวดล้อม และเศรษฐกิจ ให้อยู่ร่วมกันได้อย่างยั่งยืน

ภาพที่ 1 หลักจัดการป่าไม้อย่างยั่งยืน

ที่มา วิรัตน์ ไชยศรี (2551)

ความยั่งยืนด้านสังคม คือ การที่ผู้ประกอบการด้านป่าไม้ หรือสวนป่าสามารถดำเนินกิจกรรม และอยู่ร่วมกับสังคมชุมชนในท้องถิ่นได้ โดยระบบการจัดการป่าไม้อย่างยั่งยืนใช้ในการจัดการพื้นที่ป่าไม้เพื่อมุ่งเน้นการพัฒนาสังคม ชุมชนโดยรอบพื้นที่ป่าไม้ หรือชุมชนในพื้นที่ป่าไม้ให้มีความอยู่เย็นเป็นสุข มีคุณภาพชีวิตที่ดี

ความยั่งยืนด้านสิ่งแวดล้อม คือ การจัดการป่าไม้อย่างยั่งยืนจะมุ่งเน้น ให้มีการฟื้นฟูสภาพพื้นที่ป่าไม้ให้มีความอุดมสมบูรณ์เพิ่มมากขึ้นทั้งในพื้นที่ป่าไม้ และพื้นที่อนุรักษ์ที่กำหนดไว้มีการดำเนินการ เพื่อการอนุรักษ์ดินให้มีความสมบูรณ์มากขึ้น เมื่อสภาพสิ่งแวดล้อมดีขึ้นส่งผลให้ชุมชนรอบพื้นที่ป่าไม้มีทรัพยากรธรรมชาติที่อุดมสมบูรณ์ของทรัพยากรน้ำและอาหารในพื้นที่ป่าไม้ การเก็บหาสมุนไพร และสภาพสิ่งแวดล้อมเกื้อหนุนการดำรงชีวิตของชุมชนต่าง ๆ รอบพื้นที่ป่าไม้

ความยั่งยืนด้านเศรษฐกิจ คือ ระบบการจัดการป่าไม้อย่างยั่งยืนจะมุ่งเน้น ให้ประชาชนจัดการพื้นที่ป่าไม้ให้สามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตได้อย่างต่อเนื่อง ใช้ประโยชน์ป่าไม้ได้ตลอดทั้งปี ชุมชนโดยรอบจะได้ร่วมใช้สอย ทรัพยากรธรรมชาติในพื้นที่ป่าไม้ได้อย่างต่อเนื่อง และทำให้มั่นใจได้ว่าพื้นที่ป่าไม้จะคงอยู่ตลอดไป

หลักความยั่งยืนทั้งสามด้านจะหมุนเวียน ส่งเสริมให้ทั้งชุมชน และสภาพสิ่งแวดล้อมพื้นที่ป่าไม้อย่างยั่งยืน (วิรัตน์, 2551)

ป่าในประเทศไทย

ป่าประเภทที่ไม่ผลัดใบ (Evergreen)

ป่าประเภทนี้เขียวชอุ่มตลอดปี เนื่องจากต้นไม้ทั้งหมดที่ขึ้นอยู่เป็นประเภทที่ไม่ผลัดใบ ได้แก่

ป่าดิบชื้น (Moist Evergreen Forest) เป็นป่ารกทึบเขียวชอุ่มตลอดปี มีพันธุ์ไม้หลายร้อยชนิดขึ้นเบียดเสียดกันอยู่ พบกระจัดกระจายสูงจากระดับน้ำทะเลประมาณ 600 เมตร อยู่ทั่วไปในทุกภาคของประเทศ พบมากที่สุดแถบชายฝั่งภาคตะวันออก และภาคใต้ พันธุ์ไม้สำคัญ ได้แก่ ไม้วงศ์ยาง เช่น ยางนา ยางเสียน เป็นต้น พันธุ์ไม้อื่น เช่น ไม้ตะเคียน กะบาก อบเชย จำปาป่า ส่วนไม้ชั้นรอง คือ พวกไม้กอ เช่น กอน้ำ กอเดือย และไม้ชั้นล่างจะเป็นพวกปาล์ม ไผ่ ระกำ หวาย บุกขอน เฟิร์น มอส กล้วยไม้ป่า และเถาวัลย์ชนิดต่าง ๆ

ป่าดิบแล้ง (Dry Evergreen Forest) เป็นป่าที่อยู่ในพื้นที่ ตามหุบเขา มีความชุ่มชื้นน้อย ในแถบภาคเหนือ และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ สูงจากระดับน้ำทะเลประมาณ 300-600 เมตร พันธุ์ไม้สำคัญ ได้แก่ มะค่าโมง ยางนา ยางแดง พยอม ตะเคียนแดง กระเบากลัก และตาเสือ ส่วนพื้นที่ป่าชั้นล่างจะไม่หนาแน่น และโล่งเตียน

ป่าดิบเขา (Hill Evergreen Forest) เป็นป่าในพื้นที่สูง หรือ บนภูเขาสูงจากระดับน้ำทะเลประมาณ 1,000-1,200 เมตร ส่วนใหญ่อยู่บนเทือกเขาสูงทางภาคเหนือ ภาคกลาง และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ พันธุ์ไม้สำคัญ ได้แก่ ไม้วงศ์ก่อ เช่น ก่อสีเสียด ก่อตาหมูน้อย อบเชย พวกไม้ขุน และสนสามพันปี ส่วนไม้ชั้นรอง ได้แก่ เป้ง สะเดาช้าง ขมิ้นต้น ไม้พื้นล่างเป็นพวกเฟิร์น กล้วยไม้ดิน

ป่าสนเขา (Pine Forest) ป่าสนเขาขึ้นตามภูเขาสูง ส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ซึ่งมีความสูงจากระดับน้ำทะเลประมาณ 200-1,800 เมตร ภาคตะวันออกเฉียงใต้ บางครั้งพบขึ้นปนอยู่กับป่าแดง และป่าดิบเขา ป่าสนเขามีลักษณะเป็นป่าโปร่ง ชนิดพันธุ์ไม้ที่สำคัญ คือ สนสองใบ และสนสามใบ

ป่าชายเลน (Mangrove Forest) เป็นป่าที่มีต้นไม้ขึ้นหนาแน่น โดยแต่ละชนิดมีรากค้ำยันและรากหายใจ ป่าชนิดนี้ปรากฏอยู่ตามที่ดินเลนริมทะเล หรือ บริเวณปากน้ำแม่น้ำขนาดใหญ่ ซึ่งมีน้ำเค็มท่วมถึง พันธุ์ไม้ที่ขึ้นอยู่ตามป่าชายเลน ส่วนมากเป็นพันธุ์ไม้ขนาดเล็กใช้ประโยชน์สำหรับการเผาถ่าน และฟืนไม้ พันธุ์ไม้สำคัญ คือ โกงกางใบเล็ก โกงกางใบใหญ่ ประสัก ถั่วขาว ถั่วขำ โปรง ตะบูน แสมทะเล โพทะเล ลำพูน ลำแพน ไม้พื้นล่างมักเป็นพวก ปรงทะเลเหงือกปลาหมอ ปอทะเล และเป้ง

ป่าพรุหรือป่าบึงน้ำจืด (Swamp Forest) เป็นป่าที่ขึ้นบริเวณที่มีน้ำจืดท่วมเป็นเวลานาน ดินระบายน้ำไม่ดีป่าพรุในพื้นที่ภาคกลาง มีลักษณะโปร่ง และมีต้นไม้ขึ้นอยู่ห่าง ๆ กัน เช่น จิกโมกบ้าน หวายน้ำ หวายโปร่ง ระกำ อ้อ และแขม ในภาคใต้ป่าพรุมีขึ้นอยู่ตามบริเวณที่มีน้ำขังตลอดปี ดินป่าพรุเป็นพีท ซึ่งเกิดจากซากพืชผุสลายทับถมกัน

ป่าชายหาด (Beach Forest) เป็นป่าโปร่งไม่ผลัดใบขึ้นตามบริเวณหาดชายทะเล น้ำไม่ท่วมตามฝั่งดิน และชายเขาริมทะเล ต้นไม้สำคัญที่ขึ้นอยู่ตามหาดชายทะเล เป็นพืชทนเค็ม และมีลักษณะไม้เป็นพุ่มลักษณะต้นคดงอ ใบหนาแข็ง เช่น สนทะเล หูกวาง โพธิ์ทะเล กระทิง ตีนเป็ดทะเล หยีน้ำ ต้นเตย และหญ้าต่าง ๆ ขึ้นอยู่เป็นไม้พื้นล่าง ตามฝั่งดิน และชายเขา มักพบไม้เกตลำบิด มะคาแต้ กระบองเพชร เสมา ไม้หนาม เช่น ซิงซี่ หนามหัน กำจาย มะดันขอ เป็นต้น

ป่าประเภทที่ผลัดใบ (Declduous)

ในฤดูฝนป่าประเภทนี้เขียวชอุ่ม ถึงฤดูแล้งต้นไม้ส่วนใหญ่จะผลัดใบทำให้ป่าดูโปร่ง และมักจะเกิดไฟป่าเผาไหม้ใบไม้และต้นไม้ขนาดเล็ก ป่าชนิดสำคัญซึ่งอยู่ในประเภทนี้ ได้แก่

ป่าเบญจพรรณ (Mixed Declduous Forest) เป็นป่าผลัดใบผสม หรือ ป่าเบญจพรรณ มีลักษณะเป็นป่าโปร่ง และยังมีไม้ไผ่ชนิดต่าง ๆ ขึ้นอยู่กระจัดกระจายทั่วไป ดินมักเป็นดินร่วนปนทราย ภาคเหนือมักจะมีไม้สักขึ้น ภาคกลาง ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และภาคตะวันออก มีป่าขึ้นน้อย และกระจัดกระจาย ได้แก่ สัก ประดู่แดง มะค่าโมง พะยูง ชิงชัน พี้จั่น ตะแบก เสลา อ้อยช้าง ส้าน ยม หอม ยมหิน มะเกลือ สมพง เก็ดดำ เก็ดแดง ไม้ไผ่สำคัญ เช่น ไผ่ป่า ไผ่บง ไผ่ซาง ไผ่รวก ไผ่ไร

ป่าเต็งรัง (Declduous Dipterocarp Forest) หรือป่าแดง ป่าแพะ ป่าโคก เป็นป่าโปร่ง ตามพื้นป่ามักจะมีโจด ต้นแปรง และหญ้าเพ็ก พื้นที่แห้งแล้งดินร่วนปนทราย หรือกรวด ลูกรัง พบในที่ราบ และที่ภูเขา ภาคเหนือขึ้นอยู่บนเขาที่มีดินตื้น และแห้งแล้งมาก ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือพบป่าแดง หรือป่าเต็งรัง พันธุ์ไม้สำคัญ ได้แก่ เต็ง รัง เหียง พลวง กราด พะยอม ติ้ว แต้ว ประดู่ แดง มะขามป้อม มะกอก ผักหวาน สมอไทย ตะแบก เลือดแสลงใจ รกฟ้า ไม้พื้นล่างเป็นหญ้า หญ้าเพ็ก ปรง กระเจียวเปราะ มะพร้าวเต่า ปุ่มแป้ง โจด และหญ้า

ป่าหญ้า (Savannas Forest) เป็นป่าที่อยู่ทุกภาคบริเวณป่าที่ถูกแผ้วถางทำลายบริเวณพื้นดินที่ขาดความสมบูรณ์ พืชที่พบมากที่สุดในป่าหญ้า คือ หญ้าคา หญ้าขน แฝก อ้อ แขม ตาช้าง หญ้าโขมง หญ้าเพ็ก และปุ่มแป้ง บริเวณที่มีความชื้น และการระบายน้ำได้ดีจะพบ พง และแขม ต้นไม้ทนไฟ เช่น ตับเต่า รกฟ้าตานเหลือ ติ้ว และแต้ว (นิวัติ, 2556)

พระราชบัญญัติป่าไม้ พ.ศ. 2562

พระราชบัญญัติป่าไม้ พ.ศ. 2548 มีวัตถุประสงค์เพื่อป้องกัน รักษาไม้มีค่า ที่อยู่ในป่า ทำให้ไม่เอื้ออำนวยต่อการส่งเสริมการปลูก โดยห้ามมิให้ใช้ประโยชน์จากไม้มีค่าที่เป็นไม้หวงห้ามประเภท ก. (ไม้สัก, ไม้พะยูง เป็นต้น) แต่ยังส่งเสริมการปลูกให้เกษตรกร หรือประชาชนโดยไม่สามารถตัดมาใช้ประโยชน์ได้ ดังนั้นพระราชบัญญัติป่าไม้ พ.ศ. 2562 มีวัตถุประสงค์เพื่อเอื้ออำนวย การทำไม้ การเคลื่อนย้าย หรือการส่งเสริมอุตสาหกรรม การใช้ประโยชน์จากไม้หวงห้าม ไม้มีค่า และแก้ปัญหาในการส่งเสริมการปลูกไม้มีค่าให้มีการแก้ไขให้สามารถทำไม้ได้ง่ายขึ้น ช่วยส่งเสริมการปลูกไม้มีค่า เพื่อนำมาใช้ประโยชน์มากขึ้น เปิดโอกาสให้เอกชน ประชาชน สามารถใช้ประโยชน์จากไม้หวงห้ามได้มากขึ้น การให้ไม้ทุกชนิด ที่ปลูกในดินที่มีกรรมสิทธิ์ถูกต้องไม้เป็นไม้หวงห้าม ประชาชน (เจ้าของที่ดิน) สามารถนำมาประโยชน์ได้ แต่ต้องอยู่ใต้เงื่อนไข ที่ดินที่มีกรรมสิทธิ์ หรือ ปลูกขึ้นในที่ดินที่ได้รับอนุญาต และต้นไม้เดิมที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติในพื้นที่ยังสถานะเป็นไม้หวงห้าม แต่สามารถตัดสอยใช้เพื่อใช้งาน แต่การค้า ส่งออก ต้องมีหนังสือรับรอง

ตามมาตรา 7 “ไม้ชนิดใดที่ขึ้นในป่าจะให้เป็นไม้หวงห้ามประเภทใด ให้กำหนดโดยพระราชกฤษฎีกา สำหรับไม้ทุกชนิดที่ขึ้นในที่ดินที่มีกรรมสิทธิ์หรือสิทธิครอบครองตามประมวลกฎหมายที่ดินไม่เป็นไม้หวงห้าม หรือไม้ที่ปลูกขึ้นในที่ดินที่ได้รับอนุญาตให้ทำประโยชน์ตามประเภทหนังสือแสดงสิทธิที่รัฐมนตรีประกาศกำหนดโดยความเห็นชอบของคณะรัฐมนตรี ให้ถือว่าไม่เป็นไม้หวงห้าม” (พระราชบัญญัติป่าไม้ ปี 2562, 2562)

พระราชบัญญัติหลักประกันทางธุรกิจ พ.ศ. 2558

กรมพัฒนาธุรกิจการค้า นำไม้ยืนต้นที่มีมูลค่าสูงมาใช้เป็นหลักประกันทางธุรกิจออกเป็นกฎกระทรวง ตามมาตรา 8 (6) ตามพระราชบัญญัติหลักประกันทางธุรกิจ พ.ศ. 2558 เพื่อเอื้ออำนวยให้ใช้ไม้ยืนต้นที่มีมูลค่าทางเศรษฐกิจ ตามบัญชีรายชื่อท้ายกฎหมายว่าด้วยสวนป่า ให้สามารถนำมาเป็นหลักประกันทางธุรกิจได้ โดยตามพระราชบัญญัติระบุว่า

ในหมวด 1 สัญญาหลักประกันทางธุรกิจ ผู้ให้หลักประกันอาจตราทรัพย์สินของตนไว้เพื่อประกัน การชำระหนี้อันบุคคลอื่นต้องชำระได้ “ตามมาตรา 8 หลักประกันได้แก่ทรัพย์สิน ดังต่อไปนี้

(1) กิจการ

(2) สิทธิเรียกร้อง

(3) สังหาริมทรัพย์ที่ผู้ให้หลักประกันใช้ในการประกอบธุรกิจ เช่น เครื่องจักร สินค้าคงคลัง หรือ วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตสินค้า

(4) อสังหาริมทรัพย์ในกรณีที่ผู้ให้หลักประกันประกอบธุรกิจอสังหาริมทรัพย์โดยตรง

(5) ทรัพย์สินทางปัญญา

(6) ทรัพย์สินอื่นตามที่กำหนดในกฎกระทรวง”

(พระราชบัญญัติหลักประกันทางธุรกิจ พ.ศ. 2558, 2558)

ไม้ยืนต้นที่กำหนดตามบัญชีท้ายกฎหมายว่าด้วยสวนป่า จำนวน 58 ชนิด ประกอบด้วย “ไม้สัก **พะยูง** ชิงชัน กระซิก กระพี้เขาควาย สาธร แดง **ประดู่ป่า** ประดู่บ้าน มะค่าโมง มะค่าแต้ เคี่ยม เคี่ยมคะนอง เต็ง รัง พะยอม ตะเคียนทอง ตะเคียนหิน ตะเคียนชันตาแมว ไม้สกุลยาง (ไม่รวมยางพารา) สะเดา สะเดาเทียม ตะกู ยมหิน ยมหอม นางพญาเสือโคร่ง นนทรี สัตบรรณ ตีนเป็ดทะเล พฤกษ์ ปีบ ตะแบกนา เสลา อินทนิลน้ำ ตะแบกเลือด นากบุด ไม้สกุลจำปี (จำปีสิรินธร จำปีป่า จำปีถิ่นไทย จำปีดง จำปีแขก จำปีเพชร) แคนา กัลปพฤกษ์ ราชพฤกษ์ สุพรรณิการ์ เหลืองปรีดียาธร มะหาด มะขามป้อม หว้า จามจุรี พลับพลา กันเกรา กะทังใบใหญ่ หลุมพอ กฤษณา ไม้หอม เทพทาโร ฝาง ไผ่ทุกชนิด ไม้สกุลมะม่วง ไม้สกุลทุเรียน และมะขาม”

(ส่วนปลูกป่าภาคเอกชน สำนักส่งเสริมการปลูกป่า กรมป่าไม้, 2561)

พะยูง

ชื่อวิทยาศาสตร์ *Dalbergia cochinchinensis*

ชื่อวงศ์ Fabaceae

ชื่อสามัญ Siamese Rosewood

ชื่อพื้นเมือง ขะยุง, พยุง และแดงจีน

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

ไม้พะยูงเป็นไม้ยืนต้นขนาดกลางถึงใหญ่ ลำต้นสูง 15-30 เมตร เปลือกสีเทาแตกไม่เป็นระเบียบ หลุดร่อน เปลือกในสีน้ำตาลแกมเหลือง เนื้อไม้มีสีแดงอมม่วง หรือแดงเลือดหมู ใบประกอบแบบขนนกปลายคี่ ใบย่อย 7-9 ใบ เรียงสลับ คล้ายไข่ หรือหอก ปลายแหลมเป็นติ่ง โคนมนกว้าง ขอบเรียบเป็นคลื่นเล็กน้อย แผ่นใบเหนียว ลักษณะคล้ายแผ่นหนัง ช่อดอกตั้งแยกแขนงออกบริเวณปลายยอด และซอกใบใกล้ปลายยอด กลีบเลี้ยงเชื่อมติดกันคล้ายระฆัง กลีบดอก 5 กลีบ ผลเป็นฝักรูปขอบขนาน แบนบาง เมื่อแห้งไม่แตกออกร่วงหล่นโดยที่เมล็ดยังอยู่ในฝัก กระเปาะหุ้มเมล็ดรูปไตสีน้ำตาลเข้ม (ส่วนปลูกป่าภาคเอกชน สำนักส่งเสริมการปลูกป่า กรมป่าไม้, 2561)

ระบบนิเวศน์

กระจายพันธุ์ในป่าเบญจพรรณ ป่าดิบแล้ง ที่ความสูง 100-200 เมตร จากระดับน้ำทะเล (ส่วนปลูกป่าภาคเอกชน สำนักส่งเสริมการปลูกป่า กรมป่าไม้, 2561)

การขยายพันธุ์ และผลิตกล้าไม้

เมล็ดของไม้พะยูงมีความงันที่เปลือก จึงต้องนำเมล็ดไปแช่น้ำก่อน นำไปลงวัสดุเพาะไม้พะยูงต้องการวัสดุที่สามารถอุ้มน้ำได้ดี และมีความพรุนมาก เช่น แกลบ หรือขุยมะพร้าว

เพาะเมล็ดในถุงเพาะขนาดเล็ก 2 x 6 นิ้ว โดยวัสดุเพาะกล้าไม้ ประกอบด้วยดินดำ ขุยมะพร้าว และปุ๋ยอินทรีย์ ในอัตราส่วน 2:1:1 รดน้ำเช้าเย็น (ส่วนปลูกป่าภาคเอกชน สำนักส่งเสริมการปลูกป่า กรมป่าไม้, 2561; สำนักงานพัฒนาเศรษฐกิจจากชีวภาพ, 2564)

ประโยชน์ของพะยูง

ต้นพะยูงจัดเป็นไม้มงคลตามชื่อที่พ้องกับคำว่า พยุง หมายถึง การประคองให้อยู่ในสภาพปกติ ช่วยให้ทรงตัวได้ และจัดเป็นไม้มงคลที่ใช้ในการก่อสร้างอาคาร หรืองานประดิษฐ์วัตถุต่าง ๆ พะยูงจัดเป็นหนึ่งในเก้าไม้มงคลไทย ซึ่งประกอบไปด้วย “ราชพฤกษ์ ชัยพฤกษ์ ขนุน ทองหลางทรงบาดาล ไผ่สีสุก สัก กันเกรา และพะยูง” เนื่องมาจากเนื้อไม้มีสีสัน ลวดลายสวยงาม ทำให้มีความต้องการสูง มีราคา เนื้อละเอียดเหนียว แข็งทนทาน และขึ้นเงาเนื่องจากน้ำมันในเนื้อไม้ ใช้ในการทำเครื่องเรือน เครื่องใช้ สามารถปลูกเป็นไม้ประดับเพื่อให้ร่มเงาที่สาธารณะ หรือในบริเวณบ้านได้ (จตุพร, 2544; ส่วนปลูกป่าภาคเอกชน สำนักส่งเสริมการปลูกป่า กรมป่าไม้, 2561) พะยูงถูกจัดเป็นไม้มีค่า ไม้เศรษฐกิจ ในพระราชบัญญัติหลักประกันธุรกิจใช้ในการค้ำประกัน รวมถึงอยู่ในรายชื่อไม้คาร์บอนเครดิตสร้างรายได้จากการขายคาร์บอนเครดิต (สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2565)

ประโยชน์ทางเภสัชวิทยาของพะยูง “สารฟีนอลิกจากลำต้นมีฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์ 5alpha-reductase ซึ่งมีผลให้ลดปริมาณการสร้างฮอร์โมนเพศชาย (แอนโดรเจน)” (ฐานข้อมูลสมุนไพร คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, 2553)

เนื่องจากไม้พะยูงมีเนื้อไม้ที่สีสัน และลวดลายสวยงามไม้พะยูง เป็นที่ต้องการของตลาดประเทศจีน สิงคโปร์ ฮ่องกง ไต้หวัน ทำให้เกิดการลักลอบตัดไม้พะยูงเพื่อส่งออก เนื้อไม้พะยูงเป็นไม้ที่ละเอียดเหนียว มีความแข็งแรงทนทาน นิยมนำมาใช้ในการทำเครื่องเรือน เครื่องใช้ ทำสิ่งประดิษฐ์ งานแกะสลัก ที่มีคุณภาพสูง และราคาแพง ในประเทศไทยใช้ทำเป็นเครื่องดนตรี เช่น ซออู้ ซอด้วง ขลุ่ย รำมะนา ลูกระนาด โทน ฯลฯ หรือใช้ทำเป็นวัตถุมงคล เช่น เทพเจ้า ฮก ลก ซิ่ว ตัวปี่เซียะ เป็นต้น ประโยชน์ของไม้พะยูงกับการเลี้ยงครั่ง ให้ผลผลิตสูงหลายสิบกิโลกรัมต่อต้น (ส่วนปลูกป่าภาคเอกชน สำนักส่งเสริมการปลูกป่า กรมป่าไม้, 2561)

ประโยชน์ทางอ้อมในการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติ ช่วยลด หรือบรรเทาความรุนแรงของลมพายุ ป้องกันการชะล้าง และการพังทลายของหน้าดินจากฤดูฝน ดูดซับน้ำฝนเป็นแหล่งกำเนิดของต้นน้ำลำธาร บรรเทาปัญหาการเกิดฝนตกหนัก หรืออุทกภัย เป็นพื้นที่สันทนาการในการให้ความรื่นรมย์แก่ท้องถิ่นหรือชุมชน (จตุพร, 2544)

ประดู่ป่า

ชื่อวิทยาศาสตร์ *Pterocarpus macrocarpus*

ชื่อวงศ์ Fabaceae

ชื่อสามัญ Burmese Rosewood

ชื่อพื้นเมือง ประดู่ป่า, ดู่ป่า

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

ไม้ยืนต้นขนาดกลางเปลือกนอกหนาสีน้ำตาลเข้ม แตกสะเก็ด เปลือกในสีน้ำตาล น้ำเลี้ยงสีแดง เนื้อไม้แข็งสีแดงอมเหลือง มีลวดลายสวยงาม ใบประกอบขนนกชั้นเดียว ปลายใบคี่ เรียงสลับ ใบย่อยรูปไข่ หรือขอบขนาน โคนใบมน ขอบใบเรียบ ปลายใบเป็นติ่ง แผ่นใบมีลักษณะคล้ายหนัง ท้องใบมีขนอ่อน ดอกช่อกระจะแยกแขนง ออกที่ซอกใบ และปลายกิ่ง ดอกย่อยสีเหลืองแกมแสด ลักษณะคล้ายถั่ว กลีบเลี้ยงสีน้ำตาลเขียว 5 กลีบ โคนเชื่อมติดกันคล้ายถ้วย ปลายแยก 2 แฉก แบ่งเป็นอันบน 2 กลีบติดกัน และอันล่าง 3 กลีบติดกัน กลีบดอกลักษณะคล้ายผีเสื้อมี 5 กลีบ เกสรเพศผู้ 10 อัน เกสรเพศเมียมี 1 อัน ผลมีปีกเดียวแบนบาง ตรงกลางนูนลักษณะคล้ายโล่ (ส่วนปลูกป่าภาคเอกชน สำนักส่งเสริมการปลูกป่า กรมป่าไม้, 2556)

ระบบนิเวศน์

เขตการกระจายพันธุ์ ในป่าเบญจพรรณ และป่าเต็งรัง ความสูงจากระดับน้ำทะเล 300 – 600 เมตร (ส่วนปลูกป่าภาคเอกชน สำนักส่งเสริมการปลูกป่า กรมป่าไม้, 2556)

การขยายพันธุ์ และผลิตกล้าไม้

เมล็ดประดู่มีเปลือกหุ้มแข็งภายในและมีแผ่นหุ้มภายนอกที่แข็ง และเหนียว ตัดแกะเมล็ดก่อนเพาะนำไปแช่น้ำ 24 ชั่วโมง เพาะเมล็ดในถุงเพาะขนาดเล็ก 2 x 6 นิ้ว โดยวัสดุเพาะกล้าไม้ประกอบด้วยดินดำ ขุยมะพร้าว และปุ๋ยอินทรีย์ ในอัตราส่วน 2:1:1 รดน้ำเช้าเย็น (ส่วนปลูกป่าภาคเอกชน สำนักส่งเสริมการปลูกป่า กรมป่าไม้, 2556; สำนักงานพัฒนาเศรษฐกิจจากชีวภาพ, 2564)

ประโยชน์ของประดู่ป่า

ไม้ประดู่ป่าเป็นไม้เนื้อแข็ง ปลวกไม่ทำลาย มีเนื้อไม้สีสวย สีแดงอมเหลืองถึงสีแดงอิฐเข้ม มีลวดลาย ขึ้นเงา นำมาใช้ในการกสร้างบ้านเรือน ทำเสา คาน ฝาหรือ พื้นบ้าน คานเรือ และส่วนประกอบอื่น ๆ เนื่องจากคุณสมบัติทนทานต่อสภาพอากาศ และค่ากรด-ด่างของน้ำ นิยมนำมาใช้ทำเฟอร์นิเจอร์ เครื่องมือเครื่องใช้ เช่น ด้ามมีด จานรองแก้ว ทัพพี ทำเป็นเครื่องดนตรี เช่น ส่วนประกอบหลักของซอด้วง หรือระนาด มีความแข็งมากกว่าไม้สัก 2 เท่า มีความทนทานตามธรรมชาติเฉลี่ยสูง 14 ปี (ส่วนปลูกป่าภาคเอกชน สำนักส่งเสริมการปลูกป่า กรมป่าไม้, 2556)

เปลือกไม้ประดู่นำมาใช้ย้อมผ้าให้สีน้ำตาล ใช้ฟอกหนัง แก่นนำมาใช้ย้อมผ้าให้สีแดงคล้ำ แก่นประดู่หาได้ยาก จึงนิยมใช้เปลือก โดยลอกเอาส่วนเปลือกต้นมาตากแห้ง (เดชา, 2546)

ประโยชน์ทางเภสัชวิทยาของประดู่ป่า “ฤทธิ์ลดน้ำตาลในเลือด ฤทธิ์ลดความดันโลหิต, ฤทธิ์กระตุ้นการเผาผลาญพลังงานของร่างกาย ฤทธิ์ลดไขมันในเลือด ฤทธิ์ต้านเชื้อจุลชีพ ฤทธิ์ต้านเซลล์มะเร็ง และฤทธิ์ต้านอัลไซเมอร์” (จุไรรัตน์, 2552)

ประโยชน์ในเชิงอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม ต้นประดู่ป่าเรือนยอดกลมโตความแข็งแรง ช่วยป้องกันลม และคลุมผิวหน้าดิน รองรับน้ำฝนลดแรงปะทะหน้าดินลดการพังทลายของหน้าดิน ระบบรากแผ่กว้างหยั่งลึก ช่วยยึดหน้าดินไม่ให้พังทลาย ปมรากที่มีขนาดใหญ่ช่วยตรึงไนโตรเจนในอากาศ ใบเมื่อร่วงหล่นจากการผลัดใบเกิดการผุพัง เพิ่มธาตุอาหารอินทรียวัตถุ ประดู่ป่าถูกจัดเป็นไม้มีค่า ไม้เศรษฐกิจ ในพระราชบัญญัติหลักประกันธุรกิจใช้ในการค้ำประกัน รวมถึงอยู่ในรายชื่อไม้คาร์บอนเครดิตสร้างรายได้จากการขายคาร์บอนเครดิต (ส่วนปลูกป่าภาคเอกชน สำนักส่งเสริมการปลูกป่า กรมป่าไม้, 2556; สำนักงานนโยบายและแผนกทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2565)

ปัจจัยการเจริญเติบโตของพืช

การเจริญเติบโตของพืช ต้องการปัจจัยหลายประการ พืชเป็นสิ่งมีชีวิตมีการเจริญเติบโต และดำรงชีวิตอยู่ได้ย่อมต้องการ ปัจจัยที่มีผลต่อการสังเคราะห์แสง และปัจจัยเกี่ยวกับสิ่งแวดล้อม

ดิน (Soil)

ปัจจัยหลักของการเจริญเติบโตของพืช สามารถอุ้มน้ำ หรือสามารถกักเก็บความชื้น การถ่ายเทอากาศ การเกาะกันของอนุภาคดิน ที่แตกต่างกันตามความหนาแน่นของเนื้อดิน ความหยาบ และละเอียดของดิน โดยเนื้อดินแบ่งได้ 3 กลุ่ม ได้แก่ ดินทราย (Sandy soil) ดินร่วน (Loamy soil) และดินเหนียว (Clayey soil) ซึ่งกำหนดจากความหยาบ และละเอียดของเนื้อดิน หรืออนุภาคเนื้อดิน (Particle size) โดยดินทราย คือ ดินที่มีเนื้อหยาบ ถ่ายเทอากาศมาก อุ้มน้ำได้น้อย ขณะที่ดินเหนียว คือ ดินที่มีเนื้อละเอียด ถ่ายเทอากาศได้น้อย อุ้มน้ำได้มาก และดินร่วมมีความก้ำกึ่งของอนุภาคระหว่างดินทราย ดินเหนียว โดยสามารถถ่ายเทอากาศและอุ้มน้ำได้ดี โดยที่ทั่วไปดินประกอบด้วยของแข็งอย่างสารอนินทรีย์ (Inorganic matter) และสารอินทรีย์ (Organic matter) เป็นวัสดุแห่งกำเนิดแร่ธาตุในดินซึ่งเป็นแหล่งอาหารของพืช (อรรจนน์, 2549)

น้ำ (Water)

น้ำเป็นองค์ประกอบที่มีความสำคัญของสิ่งมีชีวิตเป็นส่วนประกอบที่มีมากที่สุดของร่างกายสิ่งมีชีวิต สำหรับพืช เนื้อเยื่อ และอวัยวะต่าง ๆ มีน้ำอยู่ในปริมาณที่แตกต่างกันมากน้อยขึ้นอยู่กับอายุชนิดของเยื่อพืช ส่วนที่กำลังเติบโตจะมีน้ำอยู่ประมาณร้อยละ 85 - 90 ของน้ำหนักสด ในขณะที่ส่วน

ที่มีการพักตัว เช่น เมล็ดจะมีน้ำอยู่น้อยเพียงร้อยละ 5-10 น้ำในพืชขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำในดินและในอากาศ น้ำมีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของพืชช่วยละลายแร่ธาตุอาหารในดินเพื่อให้รากดูดอาหารไปเลี้ยงส่วนต่าง ๆ ของลำต้น ช่วยให้ดินมีความชุ่มชื้น และยังช่วยให้การทำงานของกระบวนการต่าง ๆ ในพืชเป็นไปอย่างปกติ น้ำที่ใบใช้ในการสังเคราะห์แสงมาจากการที่รากดูดซึมผ่านท่อลำเลียงน้ำก่อนเข้าสู่ลำต้นไปยังเส้นใบ การสังเคราะห์แสงน้ำจะละลายในไฮโดรเจน และออกซิเจนเป็นการช่วยให้เซลล์เปียกชื้นช่วยกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ (ชวนพิศ, 2544; ลิลลี่ และคณะ, 2552)

อากาศ (Weather)

ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และก๊าซออกซิเจน ใช้ในการสังเคราะห์ด้วยแสงเพื่อสร้างอาหารและหายใจ คาร์บอนไดออกไซด์ เกิดจากการเผาไหม้ การหายใจของสิ่งมีชีวิต การเน่าเปื่อยผุพังของสิ่งมีชีวิตที่ตายแล้ว โดยที่มีปริมาณก๊าซในอากาศคงที่อยู่เสมอเนื่องจากพืชนำไปใช้ในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง คาร์บอนไดออกไซด์เข้าไปในใบโดยการแพร่เข้าทางปากใบ (ชวนพิศ, 2544)

แสงสว่าง (Light)

แสงสว่าง เป็นสิ่งจำเป็นในกระบวนการสังเคราะห์แสง ซึ่งเป็นกระบวนการใช้พลังงานจากแสงไปใช้สร้างอาหาร และเก็บสะสมพลังงาน แสงแดดที่เป็นแสงสีขาวประกอบด้วยแสงสีต่าง ๆ โดยมีความยาวที่แตกต่างกัน โดยสีแดงมีความยาวคลื่นมากที่สุด และสีม่วงมีความยาวคลื่นสั้น ถ้าขาดแสงแดดพืชจะแคระแกรน ความเข้มแสง (Light intensity) มีผลตรงต่อการสังเคราะห์แสง ช่วงแสง (Light duration) ความยาวของแสงมีผลต่อการเจริญเติบโต คุณภาพแสง (Light quality) แสงที่มาจากแหล่งกำเนิดต่างกันย่อมทำให้มีคุณภาพต่างกัน มีผลต่อปากใบที่จะคลายน้ำซึ่งเป็นแรงดึงเพราะแสงทำให้ โปเทสเซี่ยมไอออนเขาสูงปากใบทำให้ปากใบเต่ง เกิดกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง (ชวนพิศ, 2544)

อุณหภูมิ (Temperature)

อุณหภูมิทำให้เกิดพลังงานภายในโมเลกุลของสาร (ธาตุอาหาร) เพิ่มขึ้นจึงทำให้เกิดพลังงานอิสระที่เพิ่มมากขึ้น เมื่อปัจจัยอื่น ๆ เหมือนกัน การแพร่ของสารจะเกิดจากบริเวณที่มีอุณหภูมิสูงไปสู่บริเวณที่มีอุณหภูมิต่ำ ความร้อน และการระเหยของไอน้ำทางปากใบ ส่งผลต่อการลำเลียงน้ำภายในลำต้นของพืช

ความดัน (Pressure)

ความดันทำให้พลังงานอิสระเพิ่มขึ้นโดยโมเลกุลของสาร (ธาตุอาหาร) จะแพร่จากบริเวณที่มีความดันสูงไปยังบริเวณที่มีความดันต่ำ และความดันจะมีบทบาทสำคัญต่อการเคลื่อนที่ของน้ำในพืช เนื่องจากเซลล์พืชส่วนมากอยู่ภายใต้ ความดันเมื่อเทียบกับสภาพแวดล้อมภายนอก ยกเว้นสารละลายในท่อไซเล็มขึ้นอยู่กับแรงดึง (ลิลลี่ และคณะ, 2552)

ค่า Positive potential of the Hydrogen ions หรือ ค่า pH

ค่า pH ในดินไม่ได้มีผลโดยตรงกับการเจริญเติบโตของพืช แต่มีส่วนช่วยให้พืชสามารถดูดซับสารอาหารจากดิน โดยค่า pH มีความสัมพันธ์กับการละลายธาตุอาหารของพืชในดิน (นิวัติ, 2556; สุวรรณ, 2555)

ธาตุอาหารพืช (Plant Nutrients)

ธาตุอาหารหรือปุ๋ย เป็นสิ่งที่ส่งเสริมทำให้พืชเจริญเติบโต ธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช คือ ธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม โดยพืชจะนำไปใช้เมื่ออยู่ในรูปสารละลายไอออน (สมัฤทธิ์, 2538)

ตารางที่ 1 ธาตุอาหารหลัก และหน้าที่

ธาตุอาหารหลัก	หน้าที่
ไนโตรเจน (N)	กระบวนการสร้างอาหาร และสร้างพลังงานให้กับพืช สร้างคลอโรฟิลล์
ฟอสฟอรัส (P)	การเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์เป็นพลังงานทางเคมีในพืช ช่วยผลิตอาหาร (แป้ง และน้ำตาล) ช่วยในการเจริญเติบโต กระตุ้นการออกดอก และการเจริญเติบโตของราก
โพแทสเซียม (K)	การสร้างโปรตีนทำให้ผลมีคุณภาพ

ตารางที่ 2 ธาตุอาหารรอง และหน้าที่

ธาตุอาหารรอง	หน้าที่
แคลเซียม (Ca)	การแบ่งเซลล์ ผสมเกสร การงอกของเมล็ด เป็นส่วนสำคัญของโครงสร้างเซลล์พืช
แมกนีเซียม (Mg)	การสังเคราะห์แสง เป็นองค์ประกอบของคลอโรฟิลล์ ช่วยกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโต
กำมะถัน (S)	การเพิ่มการเจริญเติบโตของราก และพัฒนาการเจริญเติบโตของเมล็ด เป็นองค์ประกอบของกรดอะมิโน วิตามิน และโปรตีน

ตารางที่ 3 ธาตุอาหารเสริม และหน้าที่

ธาตุอาหารเสริม	หน้าที่
โบรอน (B)	การพัฒนาการของเมล็ดพันธุ์ กระตุ้นการออกดอก การผสมเกสร การติดผล และการย้ายน้ำตาลมาสู่ผล
ทองแดง (Cu)	ระบบสืบพันธุ์พืช การสังเคราะห์คลอโรฟิลล์ ช่วยกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์
คลอรีน (Cl)	การกระตุ้นการย่อยอาหารสำหรับพืช มีความสำคัญเกี่ยวเนื่องกับฮอร์โมนพืช
เหล็ก (Fe)	การสังเคราะห์คลอโรฟิลล์ และสังเคราะห์แสง
แมงกานีส (Mn)	การทำงานของเอนไซม์ที่มีส่วนประกอบของคาร์บอนไดออกไซด์ และการย่อยไนโตรเจน
โมลิบดีนัม (Mo)	การดึงไนโตรเจนออกมาใช้งาน และการสังเคราะห์โปรตีน
สังกะสี (Zn)	การสังเคราะห์ฮอร์โมนออกซิน คลอโรฟิลล์ และควบคุมการย่อยน้ำตาล
นิกเกิล (Ni)	กระบวนการงอกของเมล็ด และเอนไซม์ที่มีหน้าที่เกี่ยวข้องกับการทำให้ไนโตรเจนให้อยู่ในรูปที่สามารถนำไปใช้ได้

ตารางที่ 4 อาการขาดธาตุอาหารของพืช

การขาดธาตุอาหาร	การแสดงออกของยอด และใบอ่อน
เหล็ก (Fe)	เนื้อใบระหว่างเส้นใบเหลือง
กำมะถัน (S)	ใบเขียวซีด หรือเหลืองใบมีขนาดเล็ก
แคลเซียม (Ca)	ใบโค้งงอบิดเบี้ยว ปลายยอดอ่อนแห้งตาย
ทองแดง (Cu)	ปลายใบหยิก ขอบโค้ง เนื้อเยื่อใบตาย
โบรอน (B)	ฐานใบมีสีซีด บิดเบี้ยว และตายจากโคนใบ
แมงกานีส (Mn)	ใบมีสีเหลือง และพบจุดแผลไหม้บนใบ
สังกะสี (Zn)	ใบมีขนาดเล็ก ยอดแตกออกเป็นกระจุ ทำให้เนื้อใบระหว่างเส้นใบเหลือง

การขาดธาตุอาหาร	การแสดงออกของใบล่าง และใบแก่
ไนโตรเจน (N)	ใบมีสีซีด หรือเหลือง ต้นแคระแกร็น
โพเทสเซียม (K)	ใบมีสีซีด ปลายน้ำตาล ขอบใบมีจุดสีน้ำตาล
ฟอสฟอรัส (P)	ใบเขียวปนม่วง ลดการเจริญเติบโต
โมลิบดินัม (Mo)	ใบมีจุดเหลืองกระจาย
แมกนีเซียม (Mg)	ใบมีสีเหลืองซีด

การสังเคราะห์แสง

กระบวนการสังเคราะห์แสงเป็นกระบวนการ และขั้นตอนที่เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยเกิดในคลอโรพลาสต์ซึ่งเป็นจุดศูนย์กลางของการสังเคราะห์แสง มีคลอโรฟิลล์นำพลังงานแสงเปลี่ยนเป็นพลังงานเคมี ทำให้เกิดประโยชน์ในการสร้างอาหารจากโมเลกุลของคาร์บอนไดออกไซด์นำไปสร้างน้ำตาล และแป้ง รวมทั้งการปล่อยออกซิเจนออกมาให้สิ่งมีชีวิตอื่น นำไปใช้ในกระบวนการเมตาบอไลท์ ที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิต ในกระบวนการศึกษาการสังเคราะห์แสงสามารถแบ่งได้ 3 ขั้นตอน

Diffusion process การไหลของคาร์บอนไดออกไซด์จากอากาศรอบบริเวณผิวใบไปยังบริเวณการสังเคราะห์แสง อัตราการไหล และดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ในอากาศ และแรงต้านที่เกิดขึ้นระหว่างทางที่คาร์บอนไดออกไซด์จะไหลซึม

Photochemical process การเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์ให้เป็นพลังงานเคมี (ATP, NADPH) ในกระบวนการนี้มีปฏิกิริยาออกซิเดชันของน้ำเกิดขึ้นพร้อมกัน ทำให้เกิดพลังงานและออกซิเจน $2H_2O$+ ATP + 2Pi จะได้ O_2 + 2ATP + 4NADPH พลังงานแสงเป็นปัจจัยสำคัญที่มีอิทธิพลต่อกระบวนการ (ปฏิกิริยาแสง)

ปฏิกิริยาแสง เป็นปฏิกิริยาที่เกี่ยวข้องกับการสร้าง ATP $NADPH_2$ และออกซิเจนในพืช ใช้ในการรับแสงคลอโรพลาสต์ไทลาคอยด์ จะทำหน้าที่เก็บพลังงานแสงโดยใช้ระบบแสงที่มีอยู่ 2 ระบบ ได้แก่ ระบบแสง 1 และระบบแสง 2 แต่ละระบบมีรงควัตถุหลายชนิดทำหน้าที่ดูดซับพลังงาน และเป็นศูนย์กลางของปฏิกิริยาในระบบแสง 1 มีรงควัตถุสำคัญ คือ คลอโรฟิลล์เอดูดซับแสงความยาวคลื่นมากกว่า 680 นาโมเมตร ส่วนในระบบแสง 2 ประกอบด้วยคลอโรฟิลล์เอที่ดูดซับแสงความยาวคลื่นน้อยกว่า 680 นาโมเมตร การสังเคราะห์แสงจะเกิดขึ้นได้ดีต้องกระตุ้นระบบแสงทั้ง 2 ระบบ แต่รงควัตถุอย่าง แคโรทีนอยด์ ไฟโคบิลิน และ คลอโลฟิลล์บี เป็นรงควัตถุประกอบไม่ได้ทำ

หน้าที่ในการดูดกลืนแสงในกระบวนโดยตรง แต่ทำหน้าที่รับแสง และส่งพลังงานกระตุ้นให้แก่โมเลกุลของคลอโรฟิลล์

Biological process การที่คาร์บอนไดออกไซด์ถูกเปลี่ยนเป็นแป้ง น้ำตาล หรือคาร์โบไฮเดรต โดยใช้พลังงานเคมี ATP และ NADPH กระบวนการนี้ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ ไม่ได้ขึ้นอยู่กับแสง หรือคาร์บอนไดออกไซด์ และมีความแตกต่างกันตามประเภทของพืช เรียกว่า ปฏิกิริยามืด (ชวนพิศ, 2544)

รงควัตถุสังเคราะห์แสง

ประกอบด้วยรงควัตถุ 3 ชนิด ได้แก่ คลอโรฟิลล์ แคโรทีนอยด์ และไฟโคบิลิน คลอโรฟิลล์มีอยู่หลายรูปแบบ เช่น คลอโรฟิลล์เอ เป็นรงควัตถุที่พบได้มากที่สุดในพืชมีบทบาทต่อการสังเคราะห์แสงมากที่สุด พบในพืชสีเขียวหรือพืชทุกชนิดที่สังเคราะห์แสงได้ มีสีเขียวแกมน้ำเงิน สูตรโครงสร้าง $C_{55}H_{72}O_5N_4Mg$ เป็นสารที่ละลายได้ดีในตัวทำละลายอินทรีย์แต่ไม่ละลายในน้ำ คลอโรฟิลล์บี เป็นคลอโรฟิลล์ที่มีสีเขียวอ่อนแกมเหลืองมีคุณสมบัติคล้ายคลอโรฟิลล์เอ พบในพืชชั้นสูงทุกชนิด และสาหร่าย คลอโรฟิลล์ซี พบในสาหร่ายสีน้ำตาล และสาหร่ายสีเหลืองทอง และคลอโรฟิลล์ดี เป็นคลอโรฟิลล์ที่พบในสาหร่ายสีแดง ส่วนของแคโรทีนอยด์ มีรงควัตถุสีแดง สีส้ม และสีน้ำตาล ไม่ละลายในน้ำ ส่วนไฟโคบิลิน มีรงควัตถุที่มีสีน้ำเงิน และแดง ละลายในน้ำได้
(ชวนพิศ, 2544)

คลอโรฟิลล์ (Chlorophyll) เป็นสารประกอบอินทรีย์ที่พบได้ทั่วไปในทุกส่วนที่เป็นสีเขียวของพืช พบมากในใบ และในส่วนอื่น ๆ เช่น ลำต้น กิ่ง ดอก ผล และรากที่มีสีเขียว สาระสำคัญในการสร้างพลังงานในกระบวนการสังเคราะห์แสง เพื่อสร้างสารอินทรีย์ เช่น น้ำตาล เป็นสารที่ดูดกลืนแสงในช่วงแสงสีน้ำเงิน และสีแดงได้มาก ดูดกลืนแสงสีเหลือง และสีเขียวได้น้อย ทำให้มองเห็นใบพืชมีสีเขียว องค์ประกอบสำคัญคลอโรฟิลล์จะประกอบด้วยธาตุไนโตรเจน (N) โดยเฉพาะคลอโรฟิลล์เอมีอยู่ 3 ใน 4 ของปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดในพืช (Panawala, 2017) การสังเคราะห์คลอโรฟิลล์เกิดขึ้นบริเวณคลอโรพลาสต์ (ชวนพิศ, 2544)

คลอโรพลาสต์ (Chloroplast) เป็นองค์ประกอบสำคัญของเซลล์พืชทำหน้าที่เกี่ยวกับการสังเคราะห์แสง โดยการทำงานของคลอโรพลาสต์ มีรูปร่างลักษณะกลมรีคล้ายไข่อยู่ในทุกส่วนของพืชที่ได้รับแสงพบได้มากที่สุดบริเวณใดที่เรียกว่า Mesophyll คลอโรพลาสต์จะปรากฏอยู่ในชั้นเอพิเดอมีสยกเว้นในส่วน Guard cells ของปากใบ คลอโรพลาสต์ ที่มีเยื่อหุ้ม 2 ชั้น ประกอบด้วย Matrix เรียกว่า สโทรมา (Stroma) มีโครงสร้างเป็นเยื่อหุ้ม 2 ชั้น ได้แก่ ชั้นไทราคอยด์ (Tyrokoid) และชั้นกรานา (Grana) โดยมีสโทรมอลไทราคอยด์ (Stromal tyrokoid) พบไรโบโซม ดีเอ็นเอ และเม็ดแป้งจากการสังเคราะห์แสง องค์ประกอบคลอโรพลาสต์ประกอบด้วยน้ำ 70–80%

ส่วนที่เหลือจากน้ำทั้งหมดจะประกอบด้วยโปรตีนร้อยละ 60 ไขมันร้อยละ 30–40 และรงควัตถุร้อยละ 5–10 (ชวนพิศ, 2544)

กายวิภาคของพืช

หน้าที่โดยทั่วของราก

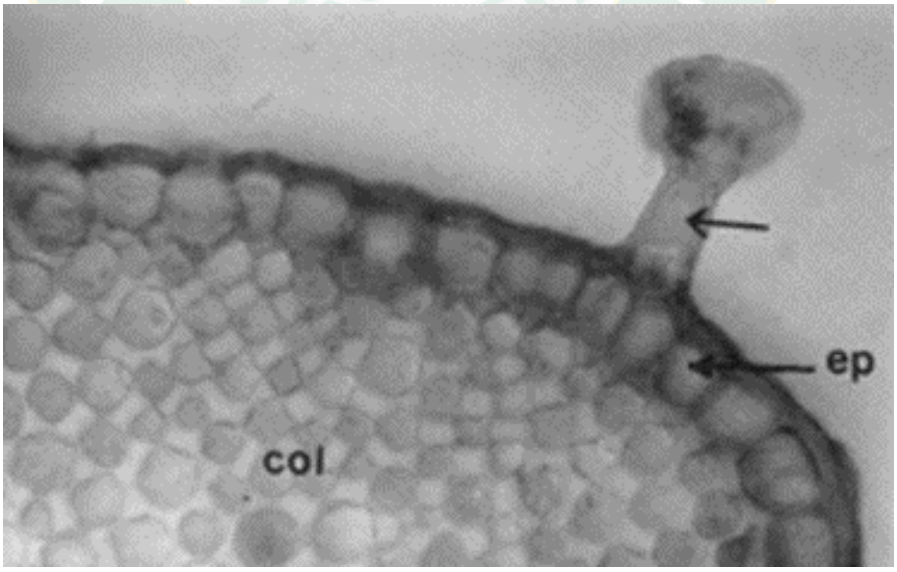
1. ค้ำจุนส่วนต่าง ๆ ของพืชให้ทรงตัวอยู่ได้ (Anchorage)
2. ดูด และลำเลียงน้ำ (Absorption and Transportation)
3. หน้าที่ขึ้นกับลักษณะของราก เช่น สะสมอาหาร ยึดเกาะ การหายใจ

โครงสร้างของราก

บริเวณหมวกราก (Root cap) เซลล์เรียงตัวหลวม ๆ อายุสั้น แต่สามารถสร้างเพิ่มเติมได้ ช่วยป้องกันอันตรายให้แก่เซลล์ปลายรากขณะแทงลงดิน บริเวณเซลล์กำลังแบ่งตัว (Region of cell division) เป็นเขตเนื้อเยื่อเจริญอยู่ถัดจากหมวกรากขึ้นมาเซลล์แบ่งตัวแบบไมโทซิส (Mitosis) เพื่อเพิ่มจำนวนเซลล์โดยเซลล์ตรงปลายบางส่วนจะเปลี่ยนเป็นเซลล์หมวกราก

บริเวณเซลล์ขยายตัวตามยาว (Region of cell elongation) เป็นกลุ่มเซลล์ที่ได้รับจากเขตการแบ่งตัวมีการยืดตัวของเซลล์ออกทางด้านยาว เป็นจุดเชื่อมที่เซลล์เปลี่ยนแปลงเป็นส่วนต่าง ๆ ซึ่งประกอบด้วยกลุ่มของ Protoderm เจริญเป็น Epidermis, Procambium เจริญเป็น Xylem และ Phloem, Ground meristem เจริญเป็นชั้น Cortex และ Pith (เทียมใจ, 2541; ภูวดล, 2545)

โครงสร้างตามภาคตัดขวางของราก



ภาพที่ 2 epidermis ในราก

ที่มา : ภูวดล บุตรรัตน์, 2545

เอพิเดอร์มิส (Epidermis) เนื้อเยื่อถาวรเชิงเดี่ยวอยู่นอกสุดของส่วนต่าง ๆ ของพืช ในระยะการเจริญขั้นแรก Primary growth กำเนิดมาจากชั้นเนื้อเยื่อผิวเป็นส่วนที่สัมผัสกับภายนอก ปกคลุมส่วนต่าง ๆ ของพืชทั้งลำต้น ราก ใบ ดอก ผล เมล็ด ยกเว้นบริเวณปลายยอด ปลายราก การเจริญขั้นที่สอง Secondary growth เนื้อเยื่อ Epidermis เจาะสลายไป การตัดขวางของลำต้นหรือใบจะเห็นเซลล์เป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าเรียงอยู่ชั้นเดียวแต่พืชบางชนิดอาจมีหลายชั้น เรียกว่า Multiple epidermis หน้าที่ของ Epidermis มีหลายประการ เช่น การป้องกันอันตราย การคายน้ำ การแลกเปลี่ยนก๊าซ สะสมน้ำ และสารละลายจากกระบวนการ Metabolism มีความเกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์แสง การขับเคลื่อนของเสีย หรือสร้างเซลล์ใหม่ปกคลุมเมื่อมีบาดแผล มีหน้าที่ทำให้เซลล์มีความสามารถในการเปลี่ยนแปลงรูปร่าง และโครงสร้างต่าง ๆ (เทียมใจ คมกฤส, 2541; ภูวดล บุตรรัตน์, 2545)

คอร์เท็กซ์ (Cortex) อยู่ถัดจากชั้น epidermis เข้าไปประกอบด้วยเนื้อเยื่อ Parenchyma เป็นส่วนใหญ่ ผนังเซลล์บาง ช่วยสะสมอาหาร อาณาเขตของคอร์เทคในรากจะกว้างกว่าลำต้น (ภูวดล บุตรรัตน์, 2545)

สตีล (Stele) อยู่ถัดจากชั้น Endodermis แคบกว่าชั้น Cortex ประกอบด้วยชั้นต่าง ๆ ได้แก่

Pericycle เป็นชั้นผนังบางขนาดเล็ก 1-2 แถวติดอยู่กับชั้น Endodermis เป็นจุดกำเนิดของรากแขนง (Lateral root) ซึ่งการเจริญของรากแขนงเรียกว่า Endogenous branching

Vascular bundle ประกอบด้วย Xylem อยู่ตรงกลางเรียงเป็นแฉก (Arch) เป็นชั้นเซลล์ขนาดเล็ก Protoxylem ซึ่งเกิดขึ้นก่อนด้านในเป็น Metaxylem รากของพืชใบเลี้ยงคู่มีจำนวนแฉกน้อยกว่า ส่วนรากใบเลี้ยงเดี่ยวมักมีจำนวนแฉกมาก Phloem ถ้าเป็นพืชใบเลี้ยงคู่มี Vascular cambium ขวางกั้นระหว่าง Xylem และ Phloem

Pith อาณาเขตตรงกลางของรากในพืชใบเลี้ยงเดี่ยวจะเห็นได้ชัดเจนเป็นเนื้อเยื่อ Parenchyma (เทียมใจ, 2541; ภูวดล, 2545)

หน้าที่โดยทั่วไปของลำต้น

1. แกนช่วยชูกิ่ง ใบ ดอก ผล และเมล็ด ช่วยให้ใบกางออกรับแดดในการสังเคราะห์ด้วยแสง
2. ทางลำเลียงน้ำ และแร่ธาตุที่รากดูดขึ้นมาส่งต่อไปยังใบ และส่วนต่าง ๆ ของพืช

โครงสร้างของลำต้น

เนื้อเยื่อเจริญปลายยอด (Apical meristem)

ใบเริ่มเกิด (Leaf primordium)

ใบอ่อน (Young leaf)

ลำต้นอ่อน (Young stem)

โครงสร้างตามภาคตัดขวางของลำต้น

เอพิเดอร์มิส (Epidermis) อยู่ชั้นนอกสุด ปกติเรียงเป็นแถวเดียว และเปลี่ยนเป็นขน หรือ ปากใบขึ้น

คอร์เท็กซ์ (Cortex) เป็นเนื้อเยื่อ Parenchyma ชั้นด้านนอกติดกับ Epidermis 2-3 แถว เป็น Collenchyma และมีเนื้อเยื้อ Sclerenchyma แทรกอยู่ ในต้นอายุน้อยเซลล์ชั้น Cortex ใกล้กับชั้น Epidermis

Endodermis และ Pericycle ตามปกติชั้น Endodermis อยู่ถัดจากชั้นในสุด Cortex เข้าไป แต่ในลำต้นเห็นได้ไม่ชัดเจน หรือไม่มีเช่นเดียวกับชั้น Pericycle ซึ่งแตกต่างจากในรากที่มัดท่อลำเลียง (Vascular bundle) กลุ่มของท่อลำเลียงประกอบด้วย Primary xylem และ Primary phloem อยู่ด้านนอก เป็นแนวรัศมีเดียวกัน โดยมี Fascicular cambium กั้นอยู่ ส่วนเนื้อเยื่อที่อยู่ระหว่างกลุ่มท่อลำเลียงแต่ละกลุ่มเรียกว่า Interfascicular region ซึ่งมาจาก Parenchyma ต่อมาเปลี่ยนแปลงเป็นเนื้อเยื่อเจริญ Interfascicular cambium โดยจะสร้างกลุ่มพ่อลำเลียงใหม่เชื่อมต่อกับกลุ่มเดิมทำให้เกิดท่อ Xylem และ Phloem รอบลำลำต้น

พิธ (Pith) อยู่ชั้นในสุดประกอบด้วยเนื้อเยื่อจำพวก Parenchyma แป้ง หรือสารต่าง ๆ เช่น ผลึกแทนนิน (เทียมใจ, 2541; ภูวดล, 2545)

หน้าที่โดยทั่วไปของใบ

1. การสังเคราะห์แสง การหายใจ และ การคายน้ำ
2. ก้านใบพองโตเป็นทุ่นช่วยพยุงลำต้นให้ลอยน้ำได้
3. ใบของพืชบางชนิดเปลี่ยนไปเป็นถุงดักจับแมลง

โครงสร้างของใบ

แผ่นใบ (Blade)

หูใบ (Stipule)

ก้านใบ (Petiole)

เส้นใบ (Vein)

โครงสร้างตามภาคตัดขวางของใบ

เอพิเดอร์มิส (Epidermis) ผิวใบ เป็นเนื้อเยื่อชั้นนอกปกคลุมส่วนอื่น ๆ ที่อยู่ภายในปกติหนาชั้นเดียว ผนังด้านนอกมีสารคิวตินฉาบ ชั้นของคิวติน เรียกว่า คิวติเคล (Cuticle) ช่วยป้องกันการระเหยของน้ำออกจากใบ มีอยู่ทั้งสองด้านของแผ่นใบผิวใบด้านบน หรือด้านหลังใบเป็นด้านที่รับแสงแดดเรียกว่า Upper epidermis พืชที่อยู่ในสภาวะปกติมี 1 ชั้น พืชที่อยู่ในสภาพแห้งแล้งจะมีอยู่หลายชั้น และเซลล์ชั้นในสุดมีขนาดใหญ่ผนังบางสะสมน้ำ เรียกว่า Water storage cell ผิวใบด้านล่างหรือด้านท้องใบ (Dorsal) เป็นด้านที่ชิดผิวดินเรียกว่า Lower epidermis sale ชั้นนี้อาจเปลี่ยนเป็นเซลล์คุม (Guard cell) รูปร่างคล้ายไตคล้าย หรือเมล็ดถั่วประกบกันเป็นปากใบ (Stomata)

มีโซฟิลล์ (Mesophyll) เป็นเนื้อเยื่อที่อยู่ระหว่างชั้น Epidermis ส่วนใหญ่เป็นเนื้อเยื่อ Parenchyma แบ่งออกเป็น 2 ชั้น ได้แก่

Palisade parenchyma เป็นเซลล์รูปร่างยาวเรียงตั้งฉากกับ Epidermis ภายในมีเม็ดคลอโรพลาสต์จำนวนมาก จึงมีบทบาทในการสังเคราะห์แสงส่วนใหญ่ Palisade parenchyma อยู่ทางผิวใบด้านบนมีแถวเดียว (Bifacial leaf) หรือหลายแถว (Dorsiventral leaf) โดยด้านล่างเป็น Spongy parenchyma

Spongy parenchyma เป็นเนื้อเยื้อ Parenchyma สร้างกลุ่มเรียงตัวอยู่ห่าง ๆ ในชั้น Palisade parenchyma มีรูปร่างเป็นแฉก ในใบพืชเลี้ยงเดี่ยวชั้น Mesophyll ไม่สามารถแยกออกเป็น Palisade และ Spongy

มัดท่อลำเลียง (Vascular bundle) คือ เส้นกลางใบ หรือเส้นใบ ประกอบด้วย Xylem อยู่ด้านใน หรือตอนบน Phloem อยู่รอบนอก หรือ ส่วนล่าง และ Parenchyma ที่ทำหน้าที่สะสมแป้งล้อมรอบ Vascular bundle เรียกว่า Bundle sheath (เทียมใจ, 2541; ภูวดล, 2545)

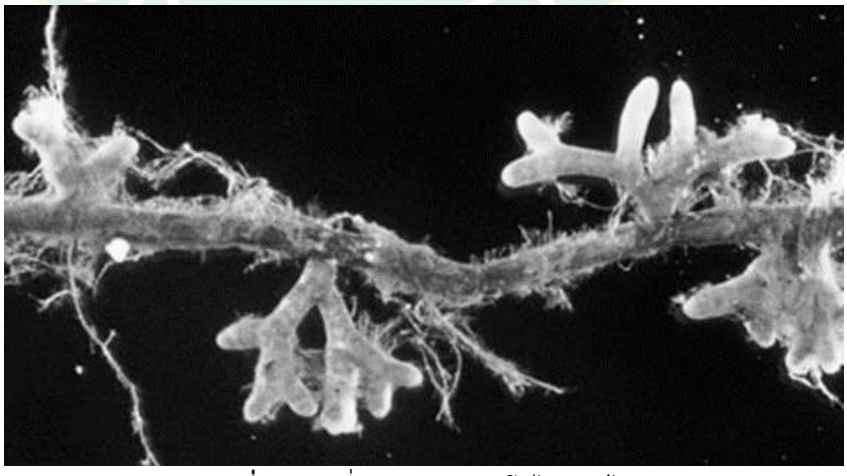
ไมคอร์ไรซา (Mycorrhiza)

ไมคอร์ไรซาเป็นรากศัพท์คำว่า Mykes หรือ Mushroom รวมกับคำว่า Rhiza ที่หมายถึง Root หรือราก คือ ความสัมพันธ์ระหว่างรากับระบบรากของพืชชั้นสูง เป็นเชื้อราที่ถูกค้นพบโดยนักวิทยาศาสตร์ชาวเยอรมันชื่อ A.B. Fran ในปี ค.ศ. 1885 ซึ่งศึกษาระบบรากพืช พบว่าเชื้อราที่อาศัยอยู่กับรากพืช และต้นไม้ป่า แต่ไม่ทำให้เกิดโรค ซึ่งจะอาศัยอยู่บริเวณรากพืช หรือเข้าไปอยู่ในรากพืชในลักษณะพึ่งพาอาศัย และรับประโยชน์ร่วมกัน โดยไม่ทำให้เกิดโรค หรือก่อความเสียหายต่อพืชเหมือนกับเชื้อราทั่วไป ช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชโดยการย่อยธาตุอาหารหลัก (ไนโตรเจน โพแทสเซียม ฟอสฟอรัส แคลเซียม แมกนีเซียม) ผ่านกระบวนการเมแทบอไลท์ (Metabolite) (Allen, 1991; Bonfante and Genre, 2010)

ชนิดของราไมคอร์ไรซา

เชื้อราไมคอร์ไรซาที่มีความนิยมในการศึกษาวิจัย และมีความสำคัญมีอยู่ **2** ชนิด คือ ราเอนโดไมคอร์ไรซา และราเอคโตไมคอร์ไรซา จากทั้งหมด **7** ชนิด ได้แก่

1. เอคโตไมคอร์ไรซา (Ectomycorrhiza)
2. อาร์บัสคูลาร์ ไมคอร์ไรซา (Arbuscular mycorrhiza)
3. เอคเทนโดไมคอร์ไรซา (Ectendomycorrhiza)
4. เออริคอยด์ไมคอร์ไรซา (Ericoid inycorrhiza)
5. มอนโทรพอยด์ไมคอร์ไรซา (Montropoid mycorhiza)
6. อาร์บูทอยด์ ไมคอร์ไรซา (Arbutoid mycorrhiza)
7. ออร์คิด ไมคอร์ไรซา (Orchid mycorrhizas)



ภาพที่ 3 รากที่อยู่ร่วมกับเอคโตไมคอร์ไรซา

ที่มา : Smith and Read, 2008

เอคโตไมคอร์ไรซา (Ectomycorrhiza) เส้นใยของราเจริญสานตัวกันเป็นแผ่น (Fungal sheath) หรือเป็นเยื่อหุ้ม (Mantle) อยู่รอบ ๆ ผิวราก หนาประมาณ 20-100 ไมโครเมตร เส้นใยบางส่วนเจริญเข้าไปอยู่ในช่องว่างระหว่างเซลล์ชั้น Epidermis กับเซลล์ชั้น Cortex เส้นใยจะเจริญสานกันเป็นตาข่ายอยู่รอบ Cortical cell เรียกว่า Hartig net (ภาพที่ 3) ราเอคโตไมคอร์ไรซาพบมากกว่า 5,000 ชนิด และสามารภเจริญอยู่ร่วมกับพืชได้หลากหลายชนิด เติบโตในเขตภูมิอากาศได้หลากหลาย ส่วนใหญ่เป็นราชั้นสูงจัดจำแนกอยู่ในกลุ่ม Basidiomycetes, Gasteromycetes, Ascomycetes และ Phycomycetes (Harley and Smith, 1983; Smith and Read, 2008; รวีวรรณ, 2557)

เอนโดไมคอร์ไรซา (Endomycorrhizal) เส้นใยเจริญอยู่รอบ ๆ รากพืช และมีเส้นใยบางส่วนเจริญเข้าไปในเซลล์ของรากพืช (Intracellular) และเข้าอยู่ระหว่างเซลล์ (Intercellular) ของรากพืชในชั้น Cortex โดยเจริญอยู่รอบ ๆ รากของพืช และอยู่กันอย่างหลวม ๆ หรือเจริญออกจากรากลงดินประมาณ 1 เซนติเมตร เส้นใยราที่เจริญเข้าไปในรากจะเจริญอยู่ในชั้น Primary cortex หรือ ราเวสสิคูลาร์-อาร์บัสคูลาร์ ไมคอร์ไรซา โดยเมื่อเข้าอยู่ร่วมกับราก พืชยังสามารถเจริญเติบโตได้ตามปกติ (Harley and Smith, 1983; รวีวรรณ, 2557)

เอคเทนโดไมคอร์ไรซา (Ectendomycorrhiza) มีลักษณะคล้ายคลึงระหว่างเอคโตไมคอร์ไรซา และ เอนโดไมคอร์ไรซา พบเป็นเส้นใยเจริญเกาะกันอย่างหลวม ๆ รอบ ๆ รากพืช หรือไม่พบเลย มีเส้นใยเจริญเข้าสู่เซลล์พืชขดเป็นวง (Coil) อยู่ภายใน พบเส้นใยเจริญเข้าไปอยู่ในช่องว่างระหว่างเซลล์ในชั้น Cortex และสร้าง Hartig net มีผนังกั้นมีสีเข้ม จัดอยู่ใน Class Basidiomycetes และ Ascomycetes พืชที่พบการอาศัยของรา ได้แก่ Pine, Spruce, Beech ซึ่งเป็นพืชในกลุ่ม Gymnospermae และ Angiospermae (Harley and Smith, 1983; รวีวรรณ, 2557)

เออริคอยด์ไมคอร์ไรซา (Ericoid mycorrhiza) มีลักษณะเส้นใยของรามีผนังกั้นเป็นราใน Class Ascomycetes และ Basidiomycetes เช่น *Pezizella ericae* และ Clavaria เมื่อเจริญเข้าสู่เซลล์พืชแล้วม้วนขดเป็นวง (Coil) อยู่ในเซลล์ของ Cortex โดยไม่สร้าง sheath หรือ Hartig net พืชที่พบการอาศัยของราเป็นไม้พุ่ม หรือไม้ยืนต้นขนาดเล็กใน Order Ericales Family Ericaceae (sub-family Ericoideae, Vaccinioideae) Family Epacridaceae และ Family Empetraceae เหมาะกับพืชที่ปลูกในดินที่มีความเป็นกรดสูง ช่วยดูดซับธาตุไนโตรเจน (Harley and Smith, 1983; Weiss et al., 2016; รวีวรรณ, 2557)

อาร์บูทอยด์ไมคอร์ไรซา (Arbutoid mycorrhiza) อยู่ร่วมกับราก โดยสร้างเส้นใยสานกันเป็นแผ่น (Sheath) ล้อมรอบราก เส้นใยบางส่วนเจริญเข้าไปอยู่ระหว่างเซลล์ในชั้น Cortex และสร้าง Hartig net บางส่วนเข้าสู่เซลล์แล้วเจริญขดม้วนเป็นวง (Coil) อยู่ภายในเซลล์พืช มีความสัมพันธ์กับพืชแบบเป็นราใน Class Basidiomycetes มีความสัมพันธ์คล้ายแบบเอคโตไมคอร์ไรซา หรือ เอคเทนโดไมคอร์ไรซา พืชที่พบการอาศัยของรา คือ ต้นไม้ และไม้พุ่ม (Shrub) ใน Order Ericales ที่โตเต็มที่แล้ว (Harley and Smith, 1983; Smith and Read, 2008; รวีวรรณ, 2557)

มอนโทรพอยด์ไมคอร์ไรซา (Montropoid mycorrhiza) อยู่บริเวณรากแขนง พบเส้นใยของราสานกัน 2-3 ชั้น เป็นแผ่น (Sheath) และมีเส้นใยสานกันแบบ Hartig net ล้อมรอบเซลล์ชั้นนอกสุดของ Epidermis และชั้น Cortex เส้นใยบางส่วนเข้าไปในเซลล์ของ Epidermis แล้วเจริญเป็น Haustoria โดยไม่แตกแขนง เป็นราใน Class Basidiomycetes เช่น *Boletus* พบการอาศัยอยู่ร่วมกับไม้ป่าหลายชนิด เช่น Beech, Pine และ Conifers ชนิดอื่น ๆ (Harley and Smith, 1983; Vierheilig et al., 2005; รวีวรรณ, 2557)

ออร์คิดไมคอร์ไรซา (Orchid mycorrhiza) เป็นราใน Class Basidiomycetes ที่สามารถย่อยเซลลูโลส (Cellulose) และลิกนิน (Lignin) มีความสำคัญในการกระตุ้นการงอกของเมล็ดพืช และให้สารอาหารที่กล้าต้องการใช้ในการเจริญเติบโต พบในพืช Family Orchidaceae หรือกล้วยไม้ชนิดต่าง ๆ (Harley and Smith, 1983; Kamal and Varma, 2008; รวีวรรณ , 2557)

ความสัมพันธ์ของพืช และไมคอร์ไรซา

ราไมคอร์ไรซากับพืชมีความสัมพันธ์แบบพึ่งพาอาศัยกัน โดยเชื้อราเข้าอาศัยอยู่บริเวณรากหรือโครงสร้างที่เหมือนรากพืช (Allen, 1991) ราไมคอร์ไรซาเป็นราชนิดหนึ่ง ทำหน้าที่ช่วยให้พืชดูดซับธาตุอาหารจากกระบวนการเมตะโบไลท์ (สารจากกิจกรรมดำรงชีพของเห็ดรา) น้ำย่อยของเห็ดตับเต่าช่วยให้แร่ธาตุอาหารในดินแปรสภาพมาอยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืช โดยให้อยู่ในรูปแบบไอออน ช่วยดูดซับน้ำจากดิน ทำให้พืชทนต่อสภาวะที่แห้งแล้ง ทำหน้าที่เป็นราเจ้าถิ่นควบคุมเชื้อราโรคพืช จึงทำให้ต้นไม้ที่มีราไมคอร์ไรซาอาศัยอยู่มีความแข็งแรงต้านทานต่อเชื้อราโรคพืชได้มากขึ้น

ระบบนิเวศเอคโตไมคอร์ไรซา

ระบบนิเวศเอคโตไมคอร์ไรซาเป็นองค์ประกอบสำคัญต่อระบบนิเวศในป่าเขตหนาว เขตเมดิเตอร์เรเนียน เขตอบอุ่น เนื่องจากเชื้อราเอคโตไมคอร์ไรซามีความสัมพันธ์กับพืชในวงศ์ Pinaceae, Fagaceae, Tiliaceae, Betulaceae และ Myrtaceae เป็นต้น ป่าเขตร้อนส่วนใหญ่จะเป็นพืชในวงศ์ Dipterocarpaceae โดยในธรรมชาติเชื้อราเอคโตไมคอร์ไรซามีความสำคัญต่อการเจริญเติบโต การอยู่รอดของไม้ในป่า ซึ่งจะช่วยเพิ่มกำลังในการดูดซึมแร่ธาตุจากดิน โดยเฉพาะ

ธาตุอาหาร ต่าง ๆ ในดิน และธาตุคาร์บอนที่ได้จากการสังเคราะห์แสงของพืชจะถูกส่งผ่านมายังเส้นใยของเชื้อรา กลับสู่ระบบนิเวศของดิน ดังนั้นความสัมพันธ์ของเอคโตไมคอร์ไรซาจึงมีบทบาทสำคัญในกระบวนการทางชีววิทยา และวัฏจักรการหมุนเวียนคาร์บอน นอกจากราเอคโตไมคอร์ไรซาพบว่า มีความสัมพันธ์กับจุลินทรีย์ทั้งแบคทีเรีย และเชื้อราชนิดอื่น ๆ ทั้งในทางยับยั้ง หรือสนับสนุน โดยราเอคโตไมคอร์ไรซา แบคทีเรียจะทำงานร่วมกันในกระบวนการเปลี่ยนแปลงธาตุอาหารให้อยู่ในรูปที่พืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ เอคโตไมคอร์ไรซาจึงอาจจัดว่าเป็นปุ๋ยทางธรรมชาติที่ทำให้รากพืชสามารถดูดธาตุอาหารได้ดีขึ้น ลดการพึ่งพาปุ๋ยเคมีที่อาจส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม (Allen, 1991; Jackson and Manson, 1984; Kamal and Varma, 2008)

ประโยชน์ของเห็ดราไมคอร์ไรซา

ในปัจจุบันมีการศึกษาเกี่ยวกับการใช้ประโยชน์ของไมคอร์ไรซาในการปลูกป่า ในพื้นที่ที่ขาดความอุดมสมบูรณ์ มีการตัดไม้ หรือทำไร่เลื่อนลอย ซึ่งหน้าดินถูกชะล้างไปมาก การปลูกกล้าไม้ที่มีราเอคโตไมคอร์ไรซาอาศัยอยู่ที่ราก จะทำให้พืชมีอัตราการรอดตายสูง เพิ่มการเจริญเติบโต และสามารถเพิ่มผลผลิตทางการเกษตร เนื่องด้วยไมคอร์ไรซาจะช่วยเพิ่มพื้นที่ผิว เพิ่มความแข็งแรง ความทนทานให้แก่ระบบราก ช่วยเพิ่มอายุให้แก่ระบบราก ช่วยป้องกันโรคที่จะเกิดกับระบบรากของพืช ช่วยให้ต้นไม้มีความแข็งแรงทนทานต่อสภาพพื้นที่แห้งแล้ง ทนทานต่อความเป็นพิษของดิน ความเป็นกรด-ด่างของดิน เพิ่มความสามารถในการดูดซับน้ำ และแร่ธาตุอาหารให้แก่ต้นไม้ เอคโตไมคอร์ไรซามีความสามารถในการทนต่อความเค็ม รวมถึงช่วยให้พืชสามารถเพิ่มความสามารถในการทนเค็ม ทดสอบลงปลูกราเอคโตไมคอร์ไรซากับกล้าไม้ยูคาลิปตัส พบว่า กล้าไม้ที่ปลูกเชื้อมีการเจริญเติบโตดีกว่าที่ไม่ปลูกเชื้อ เพิ่มการดูดซับธาตุอาหาร เช่น ฟอสฟอรัส (P) ไนโตรเจน (N) โปรแตสเซียม (K) แคลเซียม (Ca) และธาตุอื่น ๆ โดยเชื้อราจะดูดซับ และสะสมในรากก่อนส่งไปในส่วนต่าง ๆ ของต้นพืชช่วยในการสังเคราะห์แสงของพืช (Photosynthesis) ย่อยสลาย และดูดซับธาตุอาหารจากหินแร่ในดินที่สลายตัวยาก และอินทรีย์สารต่าง ๆ ที่สลายตัวไม่สมบูรณ์ ให้พืชสามารถนำเอาไปใช้ประโยชน์ ดอกเห็ดไมคอร์ไรซาสามารถนำมาประกอบอาหารเป็นเห็ดสมุนไพร ช่วยเสริมสร้างระบบนิเวศป่าไม้ให้มีความอุดมสมบูรณ์ และทำให้ป่ามีความอุดมสมบูรณ์ (Allen, 1991; Jackson and Manson, 1984; Kamal and Varma, 2008)

เห็ด (Mushroom)

เห็ด หรือ Mushroom จัดอยู่ในในอาณาจักรของรา (Fungi Kingdom) ไฟลัมเบสิโอไมโคตา และไฟลัมอะการิโคไมโคทา

เห็ดรา คือ สิ่งมีชีวิตในกลุ่มยูแคริโอต สิ่งมีชีวิตขนาดเล็กอย่างยีสต์ รา (หรือเห็ด) ลักษณะที่ใช้แยกเห็ดราจากอาณาจักรอื่น คือ ไคทินที่ผนังเซลล์ เป็นสิ่งมีชีวิตที่ได้รับอาหาร โดยการย่อยโมเลกุล (เฮเทโรทรอพ) ไม่สามารถสังเคราะห์ด้วยแสง ทำหน้าที่เป็นผู้สลายสารอินทรีย์หลักในระบบนิเวศ เห็ดราจึงถูกจัดเป็นสิ่งมีชีวิตในกลุ่ม ยูไมโคตา (Eumycota) (เกษม, 2537)

เห็ดจัดเป็นสิ่งมีชีวิตที่อยู่ในอาณาจักรรา (Kingdom of Fungi) เนื่องจากไม่มีคลอโรฟิลล์ และไม่สามารถสังเคราะห์อาหารได้ด้วยตนเอง ไม่มีระบบเส้นประสาทหรือประสาทสัมผัส ไม่มีอวัยวะสำหรับการเคลื่อนไหวโดยเฉพาะ จึงทำให้แตกต่างจากสิ่งมีชีวิตในอาณาจักรพืช และสัตว์ แต่เห็ดมีการพัฒนา สร้างโครงสร้างขนาดใหญ่ หรือที่เรียกว่า ดอกเห็ด (Fruiting body) ที่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า สัมผัส และจับต้องได้ ซึ่งอาจจะอ่อนนิ่ม เปราะบาง หรือแข็งเหนียว และภายใน หรือบนดอกเห็ดนี้เป็นที่เกิดของหน่วยสืบพันธุ์ (Spore) ของเห็ดมีขนาดเล็กสามารถตรวจดูด้วยกล้องจุลทรรศน์ (สำนักวิจัยการอนุรักษ์ป่าไม้ และพันธุ์พืช, 2560)

ลักษณะทางสัณฐานวิทยา

เห็ด หรือ ดอกเห็ด เป็นโครงสร้างของการสืบพันธุ์ ซึ่งประกอบด้วยก้าน (Stipe) และหมวก (pileus) ใต้หมวกอาจมีลักษณะเป็นครีบ (Lamella) เป็นท่อ (Tube) ซึ่งเกิดจากสปอร์ (Spore) ขนาดเล็กสามารถศึกษาได้โดยใช้กล้องจุลทรรศน์ เห็ดทานได้ (Edible mushroom) เช่น เห็ดเผาะ เห็ดหล่ม เห็ดลม เห็ดโคน เห็ดตับเต่า และเห็ดทานไม่ได้หรือเห็ดพิษ (Toadstools หรือ Poisonous mushroom) เช่น เห็ดตระโกหิน ซึ่งเห็ดพิษบางชนิดทานแล้วเกิดอาการหลอนประสาท หรือบางชนิดทานแล้วสามารถทำให้เสียชีวิต (สำนักวิจัยการอนุรักษ์ป่าไม้ และพันธุ์พืช, 2560)

การจำแนกโดยใช้สัณฐานวิทยา

โครงสร้าง และส่วนต่าง ๆ ของดอกเห็ดดอกเห็ดที่จะนำมาใช้ในการอธิบายโครงสร้าง หรือส่วนประกอบ คือ ดอกเห็ดที่มีรูปร่างคล้ายร่มที่กางแล้ว เมื่อยังอ่อนอาจมีลักษณะเป็นก้อนรูปไข่ขนาดเล็กเนื่องจากมีเปลือกบาง ซึ่งสร้างจากเส้นใยของรามาหุ้มดอกอ่อนเอาไว้ เมื่อดอกเห็ดที่อยู่ข้างในขยายตัวโตขึ้นจะดันเปลือกหุ้มจนแตก แล้วส่วนของก้านกับหมวก และครีบ เปลือกที่หุ้มดอกอ่อนส่วนบนอาจจะหลงเหลือติดเป็นชิ้นหรือเป็นสะเก็ดเล็ก ๆ อยู่บนหมวก เปลือกหุ้มโคนก้านส่วนล่างเป็นโครงสร้างรูปร่างคล้ายถ้วย หรือถุง (Cup หรือ Volva)

เห็ดบางชนิดมีส่วนที่เรียกว่า วงแหวน (Ring หรือ Annulus) ติดอยู่รอบก้านวงแหวน คือ ส่วนของเนื้อเยื่อที่หุ้มเพื่อปกป้องครีบ (Gil) ในขณะที่ครีบยังอ่อนอยู่ เมื่อส่วนของหมวกค่อย ๆ กางขยายออก ครีบจะยืดตัวตาม ทำให้เนื้อเยื่อที่หุ้มครีบถูกดึงจนฉีกขาด จะมีบางส่วนหลงเหลือติด

รอบก้าน วงแหวนมีลักษณะเป็นแผ่นหนา หรือเป็นเพียงเยื่อบาง เห็ดที่ไม่มีวงแหวน เพราะไม่มีเนื้อเยื่อหุ้มครีบในขณะที่ยังอ่อนครีบแต่ละครีบที่อยู่ใต้หมวกมีลักษณะเป็นแผ่นบาง รูปร่างคล้ายใบมีดและเรียงอยู่ใกล้กันอย่างมีระเบียบ โดยมีก้านดอกเป็นแกนกลาง

ครีบเป็นที่เกิดของสปอร์ (Spore) หรือหน่วยที่ใช้ในการสืบพันธุ์ของเห็ด สปอร์มีขนาดเล็กมากไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า มีเห็ดหลายชนิดที่ส่วนให้กำเนิดสปอร์ไม่มีลักษณะเป็นครีบแต่มีลักษณะเป็นท่อหรือรู หรือมีรูปร่างคล้ายฟันเลื่อยแหลม และเรียงชิดติดกันแน่น หรือมีลักษณะเป็นแผ่นเรียบ หรือนูนเป็นสัน

ก้านของดอกเห็ดติดอยู่ตรงกลางหมวกหรือเยื้องไปทางด้านใดด้านหนึ่ง ติดอยู่กับด้านข้างของหมวกดอกเห็ด ขึ้นอยู่ตามตอไม้ และขอนไม้ ลักษณะคล้ายชั้นวางของ หรือคล้ายหิ้ง (กรภัทร์, 2560)

ลักษณะภายนอกของดอกเห็ดต้องบันทึกข้อมูลในขณะที่ดอกเห็ดยังสดอยู่เพื่อใช้ประกอบการวินิจฉัยชนิด ดังนี้

1. ขนาด การวัดขนาดเป็นสิ่งสำคัญที่ต้องบันทึกขณะดอกเห็ดยังสด
2. สี การอธิบายสีของดอกเห็ดแตกต่างกันไป ดังนั้นควรมีตารางเทียบสีมาตรฐาน สีของดอกเห็ดอาจเปลี่ยนแปลงได้ตามอายุ
3. การทำรอยพิมพ์สปอร์ (Spore print) นิยมทำเฉพาะเห็ดนิ่ม (Agarics) เพื่อดูสีของสปอร์หลังเก็บดอกเห็ดที่โตเต็มที่ และยังสดอยู่ เก็บรอยพิมพ์สปอร์ไว้บันทึกเลขที่ให้ตรงกับตัวอย่างดอกเห็ดที่เก็บ เพื่อนำไปใช้เป็นข้อมูลตรวจพิสูจน์ชนิดเห็ดตามหลักอนุกรมวิธาน (Taxonomy)
4. การเปลี่ยนสี (Color changes) เนื้อเยื่อบางชนิดของเห็ดเมื่อถูกทำให้เกิดแผล หรือใช้ใบมีดตัดจะเปลี่ยนสี เนื่องจากทำปฏิกิริยากับอากาศ
5. หมวก (Cap, Pileus) หมวกเห็ดเป็นโครงสร้างที่เกิดของสปอร์อาจมีลักษณะเหนียวคล้ายมีกาวหุ้ม (Glutinous) เช่น ผิวของขอบหมวก รูปร่างของขอบหมวกที่ผ่าครึ่งตามความยาว และรูปร่างลักษณะยอด วัดขนาดความกว้าง ความยาว และค่าเฉลี่ยด้วย บันทึกรายละเอียดให้หมด
6. เนื้อใน (Flesh) เมื่อใช้มีดผ่าหรือตัดจนเห็นเนื้อด้านใน ให้สังเกตสี และการเปลี่ยนสี ความหยาบละเอียด
7. ครีบ และรู (Gils, Pores or Tubes) เป็นแหล่งกำเนิดสปอร์ เป็นส่วนที่อยู่ด้านล่างของหมวก ต้องทำการบันทึกลักษณะการติดของครีบกับก้าน การเรียงตัว และระยะห่างระหว่างครีบ อาจถี่ห่าง ความหนา ลึกจำนวนรู ครีบ เป็นมิลลิเมตร หรือเซนติเมตร
8. ก้าน (Stipe, Stalk) เป็นส่วนที่ชูให้หมวกเห็ดยกสูงขึ้น เพื่อให้สะดวกแก่การปล่อยสปอร์ แต่เห็ดบางชนิดที่มีลักษณะเป็นทิ้งไม่มีก้าน บันทึกลักษณะการติดของก้านกับหมวก รูปร่าง สี ผิวของก้าน ลักษณะของเนื้อใน การปรากฏวงแหวน (ring, annulus) หรือถ้วย (volva, Cup) วัดขนาดความกว้าง ความยาว และค่าเฉลี่ย

9. เยื่อหุ้มดอกเห็ด (Veil) คือ เนื้อเยื่อ ชิ้นส่วนของเนื้อเยื่อหุ้มดอกเห็ด การสร้างวงแหวน (Ring หรือ Annulus) ที่ก้านดอก สูงหรือต่ำ ปลอก (Volva) ที่ฐานก้านดอก

10. กลิ่น และรสชาติ (Odor and Taste) เช่น ลักษณะกลิ่นหอมชวนรับประทาน กลิ่นเหม็น สะอิดสะเอียน ขม เฝื่อน จืด หวาน ฝาด ฯลฯ

11. กลุ่มเส้นใย (Mycelium) เห็ดอาจมีการสร้างรากเทียม (Rhizomorphs) หรือก้อนเส้นใยแข็ง (Sclerotium) โดยเฉพาะราในกลุ่ม Armillariella

12. นิสัยในการเจริญ (Growth habit) นิสัยในการเจริญของเห็ดบอกถึงจำนวนของดอกเห็ดชนิดหนึ่งที่พบในพื้นที่แห่งหนึ่งได้

13. การติดของดอกเห็ดกับสิ่งที่เห็ดเจริญอยู่ (Fruiting body attach-ment) โดยปกติดอกเห็ดติดกับสิ่งที่มันเจริญอยู่โดยก้านซึ่งเรียกว่าแบบ Stipitate ดอกเห็ดขึ้นซ้อนทับกันเป็นชั้น ๆ (Imbricate) (สำนักวิจัยการอนุรักษ์ป่าไม้ และพันธุ์พืช, 2560)

เห็ดตับเต่า

ชื่อวิทยาศาสตร์ *Phlebopus portentosus*

ชื่อวงศ์ Boletaceae

ชื่อสามัญ Bolete

ชื่อพื้นเมือง เห็ดห้า, เห็ดน้ำผึ้ง (ภาคอีสาน)

เห็ดตับเต่าเป็นเห็ดรา (Fungi) เป็นเห็ดป่าธรรมชาติเกิดในฤดูฝน โดยเฉพาะป่าเต็งรัง ป่าแดง ป่าแพะ ป่าสะแก และพบเห็ดชนิดนี้ได้ในสวนไม้ผลไม้ยืนต้น เช่น สวนมะม่วง มะไฟ ลำไย สวนไม้ผลที่มีต้นทองหลาง กระถินเทพา โสน เป็นต้น (อนงค์ และอัจฉรา, 2530)

ภาพที่ 4 เห็ดตับเต่า (*Phlebopus portentosus*)

ลักษณะทางสัณฐานวิทยา

เห็ดตับเต่าถูกจัดเป็นเห็ดที่รับประทานได้ ลักษณะภายนอกของเห็ดเป็นรูปกระทะคว่ำ ลักษณะมน มีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 12-30 เซนติเมตร ผิวมันวาวเนื้อแข็งภายนอกเห็นเป็นหมวกเห็ดสีน้ำตาลเข้มข้น ก้านใหญ่ ภายนอกมีลักษณะคล้ายกับกำมะหยี่สีน้ำตาล เนื้อแข็งกดแล้วคืนสภาพ เมื่อดอกบานเต็มที่กลางหมวกเว้าลงเล็กน้อยผิวสีน้ำตาลเข้มถึงสีน้ำตาลอ่อนด้านข้างปริแตก เนื้อใน สีเหลือง โคนก้านมีความโปร่ง และมีความเปราะกดแล้วยุบ ไม่คืนสภาพ ดอกเห็ดตับเต่าเมื่อถูกหั่น หรือถูกตัดแล้วจะเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Oxidation) ทำให้เนื้อภายในจากสีเหลืองกลายเป็นสีน้ำเงินอมเขียว (ดีพร้อม, 2542; อนงค์ และอัจฉรา, 2530)

ประโยชน์ของเห็ดตับเต่า

เห็ดตับเต่า เป็นเชื้อราเอคโตไมคอร์ไรซา (Ectomycorrhiza) ที่อาศัยอยู่กับพืชแบบพึ่งพาอาศัย (Symbiotic) เส้นใยเห็ดตับเต่าอยู่รอบ ๆ รากเป็นแผ่นแมนเทิล และใยฮาร์ติก มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างต้นไม้ และจุลินทรีย์ในดิน (Soil microorganism) มีบทบาทในกระบวนการสลายตัวของอินทรียวัตถุในดิน ขบวนการแปรสภาพของสารอนินทรีย์ และกระบวนการตรึงไนโตรเจน ให้อยู่ในรูปไอออนเพื่อให้พืชสามารถดูดซับได้ง่าย ส่งให้พืชไปใช้ในกระบวนการสังเคราะห์แสง ซึ่งผลิตแป้ง น้ำตาล โปรตีน และวิตามิน เพื่อใช้ในการเจริญเติบโต (อธิษฐาน และอมรศรี, 2564) รวมทั้งยังช่วยในการปกป้องกันรากพืชจากโรค เช่น โรคเน่าคอดิน โดยที่ราไมคอร์ไรซาจะผลิตฮอร์โมนกระตุ้นการแตกแขนง การยืดยาวของราก ยืดอายุของราก ทำให้ราที่เป็นสาเหตุของโรคไม่สามารถเข้าทำลายเซลล์ของรากที่มีราไมคอร์ไรซาห่อหุ้ม และมีความสามารถในการปล่อยสารปฏิชีวนะ เพื่อปกป้องรากที่หุ้มอยู่ หรือรากที่อยู่บริเวณใกล้เคียงจากโรคพืช (กิตติมา และคณะ, 2548) หรือป้องกันศัตรูพืช เมื่อต้นไม้เจริญเติบโตจะส่งสารอาหาร ให้เห็ดราเอคโตไมคอร์ไรซานำมาใช้ในการเจริญเติบโตเกิดเป็นดอกเห็ด (สุจิตรา และคณะ, 2562; สุวลักษณ์, 2558)

เห็ดตับเต่า มีกลิ่นเฉพาะ ดอกเห็ดอ่อน เนื้อแน่น นำมาทำอาหารมีสัมผัสคล้ายเนื้อสัตว์ ปัจจุบันมีการแปรรูป เพื่อถนอมอาหารทั้งการบรรจุกระป๋อง (Canning) หรือการทำแห้ง (Dehydration) มีราคาซื้อขายในราคาดอกสดราคาต่อกิโลกรัมอยู่ที่ประมาณ 200 บาท ขึ้นไป (ดีพร้อม, 2542; วชิรญา และคณะ, 2565; อนงค์ และอัจฉรา, 2530) มีสรรพคุณทางยาช่วยบำรุงร่างกาย บำรุงตับ ลดความดันโลหิต ดับพิษร้อน (สุวลักษณ์, 2558)

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

กิตติมา และคณะ (2548) ศึกษาเอคโตไมคอร์ไรซากับการควบคุมโรคเน่าคอดินของกล้าไม้ยูคาลิปตัส โดยราไมคอร์ไรซามีประโยชน์ต่อพืชไม้ป่า หรือต้นไม้โดยตรงเนื่องจากการเข้าไปอยู่ร่วมกันในบริเวณนั้น ทำการทดลองกับกล้าไม้ยูคาลิปตัสที่ทำการปลูกเชื้อราโรคเน่าคอดิน ปลูกกล้าร่วมกับราเอคโตไมคอร์ไรซา และปลูกกล้าระหว่างเชื้อราโรคเน่าคอดิน และเชื้อราเอคโตไมคอร์ไรซา ให้กับกล้าไม้ทั้งหมด 5 ชั้นอายุ ได้แก่ 1 เดือน 1 เดือนครึ่ง 2 เดือน 2 เดือนครึ่ง 3 เดือน โดยทำการทดลองครั้งละ 50 ต้น ทุกชั้นอายุ ตรวจวัดผลการนับจำนวนกล้าที่ตาย และจำนวนกล้าที่ปกติไม่แสดงอาการหลังปลูกเชื้อราโรคเน่าคอดินทุกสัปดาห์ พบว่า กล้าไม้ที่ปลูกร่วมกับราเอคโตไมคอร์ไรซาที่อายุ 2 เดือนครึ่งมีอัตรารอดตายร้อยละ 70 กล้าที่ปลูกร่วมกับระหว่างราเอคโตไมคอร์ไรซากับราโรคเน่าคอดินมีอัตราการรอดตายร้อยละ 68 และกล้าไม้ยูคาลิปตัสที่ปลูกร่วมกับราโรคเน่าคอดินที่อายุ 1 และ 2 เดือนมีอัตราการรอดตายต่ำเพียงร้อยละ 8

จากการศึกษาแสดงให้เห็นว่าเอคโตไมคอร์ไรซามีส่วนในการป้องกันโรคให้กับต้นกล้ายูคาลิปตัส รวมทั้งช่วยให้กล้าเจริญเติบโตทางความสูง

ประภาพร และคณะ (2555) ศึกษาผลของเชื้อเห็ดตับเต่าต่อการเกิดราก และการเติบโตของรากของกิ่งตอนชมพู่พันธุ์เพชรสายรุ้ง วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design) บันทึกมวลสดราก จำนวนราก และพื้นที่รากของกิ่งตอนชมพู่ ผลการทดลอง พบว่า การใส่เชื้อเห็ดตับเต่าปริมาตรต่าง ๆ ช่วยเพิ่มจำนวนราก มวลสดราก และพื้นที่ราก จำนวนรากรวมเฉลี่ยมากขึ้นเมื่อเทียบกับชุดควบคุม

ปานทิพย์ และประภาพร (2555) ศึกษาผลของเชื้อเห็ดตับเต่าไอโซเลทต่าง ๆ ต่อการเติบโตทางกิ่งใบ และมวลชีวภาพของต้นกล้าฝรั่ง ‘Okinawa’ วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ บันทึกขอมูลการเติบโต ทุก ๆ 30 วัน และมวลชีวภาพ ทุก ๆ 60 วัน หลังทำการปลก รวม 180 วัน พบวาต้นกล้าฝรั่ง ‘Okinawa’ ที่ปลูกหัวเชื้อเห็ดตับเต่ามีคาเฉลี่ยความสูง จำนวนใบที่แตกใหม่ และดัชนีความเขียวของใบมากกว่าชุดควบคุม

สุจิตรา และคณะ (2562) ศึกษาความหลากหลายทางชนิดพันธุ์ และนิเวศวิทยาของเห็ดป่ากินได้ในพื้นที่บ้านบุญแจ่ม จังหวัดแพร่ เพื่อเป็นฐานข้อมูลสนับสนุนการศึกษาในเขตพื้นที่บ้านบุญแจ่ม จังหวัดแพร่ ในอนาคต พื้นที่ป่าไม้ในชุมชนมีความเกี่ยวข้องการดำรงชีวิตของคนในชุมชน พื้นที่ในการเก็บหาอาหาร เช่นเห็ดป่า และพืชผักป่า นำมาบริโภคในครัวเรือน นำมาค้าขาย พบว่า เห็ดป่ากินได้ส่วนใหญ่เป็นเห็ดไมคอร์ไรซา (Mycorrhiza) ที่อาศัยอยู่กับพืชแบบพึ่งพาอาศัย (Symbiotic) โดยราเอคโตไมคอร์ไรซาจะทำหน้าที่ดูดซับน้ำ และธาตุอาหาร ในขณะที่พืชจะรับไปเพื่อใช้ในกระบวนการสังเคราะห์แสง ซึ่งผลิตแป้ง น้ำตาล โปรตีน และวิตามิน ให้เห็ดราไมคอร์ไรนำมาใช้ในการเจริญเติบโตเกิดเป็นดอกเห็ด เห็ดราไมคอร์ไรซามีหลากหลายชนิด เช่น เห็ดเผาะ (*Astraeus hygrometricus*) เห็ดระโงก (*Amanita javanica*) เห็ดตะไคล (*Russula virescens*) ซึ่งเป็นเห็ดนิยมรับประทาน และสร้างมูลค่าทางเศรษฐกิจให้กับพื้นที่ เกิดในฤดูฝนที่มีความชื้นอยู่ที่ร้อยละ 11.5-13.5 ความเป็นกรดเบสอยู่ที่ 5.0-7.0

ธนภักษ์ และคณะ (2564) ศึกษาอายุกล้าหว้าที่เหมาะสมในการเจริญของเชื้อเห็ดตับเต่าภายใต้สภาวะเรือนปลูกพืช เพื่อเป็นแนวทางสำหรับการผลิตเห็ดตับเต่า และสร้างรายได้ให้กับเกษตรกร และใช้กับพืชชนิดอื่น โดยสนใจเห็ดป่าไมคอร์ไรซาซึ่งเป็นเชื้อราที่อาศัยอยู่ร่วมกับรากไม้มีลักษาการเข้าอาศัยใหญ่ ๆ อยู่บนผิวราก เอ็นโดไมคอร์ไรซา และกลุ่มที่เข้าไปอยู่ร่วมกับเซลล์ภายในราก เอคโตไมคอร์ไรซา ซึ่งมีคุณสมบัติในการช่วยดูดซับน้ำและธาตุอาหารให้กับพืช และพืชจะทำหน้าที่ให้อาหาร เห็ดตับเต่าเป็นเอคโตไมคอร์ไรซา มีรายงานที่นำเชื้อเห็ดตับเต่ามาใช้กับพืชหลากหลายชนิด ซึ่งมีผลต่อการช่วยในการเจริญเติบโต และการรอดชีวิตของพืชที่ปลูกร่วมกับเชื้อเห็ดตับเต่าเมื่อปลูกลงแปลงธรรมชาติ ทดสอบโดยใช้กล้าหว้าอายุ 1 3 5 7 และ 9 เดือนนำมาปลูกหัว

เชื้อเห็ดตับเต่า 20 มิลิลลิตร และเก็บผลการเจริญเติบโตหลังปลูกเป็นเวลา 1 เดือน พบว่า กล้าหว้าที่อายุ 7 เดือน มีการเจริญเติบโตด้านความสูง และ เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นที่ระดับคอรากมากที่สุด การเจริญเติบโต และมวลชีวภาพโดยรวมของกล้าหว้าที่ปลูกหัวเชื้อดีกว่าที่ไม่ได้ปลูกหัวเชื้อเห็ดตับเต่า

ธนภักษ์ และคณะ (2564) ศึกษาการเจริญเติบโตของกล้าไม้ที่ปลูกร่วมกับเห็ดตับเต่าโดยนำลงปลูกในแปลงจำนวน 3 พื้นที่ มีลักษณะแปลงปลูกแตกต่างกันดังนี้ สภาพพื้นที่เป็นที่ราบเชิงเขา สภาพพื้นที่เป็นสวนกล้วย และสภาพพื้นที่ไร่มันสำปะหลัง โดยไม่ใส่ปุ๋ยเคมีหรือสารควบคุมการเจริญเติบโต หลังปลูก 6 เดือน พบว่า แปลงปลูกแบบผสมผสานร่วมกับแปลงกล้วย พบกล้าไม้ที่ปลูกเชื้อราเอคโตไมคอร์ไรซาตอบสนองต่อการเจริญเติบโตมากกว่า เมื่อเปรียบเทียบกับต้นควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เพิ่มการเจริญเติบโตของกล้าไม้ที่นำลงปลูกในแปลง โดยมาจากการที่เห็ดป่าไมคอร์ไรซาเส้นใยส่วนใหญ่เจริญบริเวณรอบรากพืช (Ectomycorrhiza) ดำรงชีวิตแบบพึ่งพาอาศัยเกื้อกูลกัน ส่งผลให้พืชสามารถเจริญ ได้ในดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ ทนต่อสภาพความเป็นกรด ความแห้งแล้งสูง และมีความต้านทานต่อโรคที่เข้าทำลายระบบราก หรือในสภาพแวดล้อมอื่น ๆ ที่ไม่เหมาะสม ส่วนใหญ่มักเจริญร่วมกับ ไม้วงค์ยาง (Dipterocarpaceae)

กิติภูมิ และคมกฤษณ์ (2565) ศึกษาผลของหัวเชื้อน้ำเห็ดตับเต่าต่อการเจริญเติบโต และผลผลิตของพริกขี้หนูลูกผสม โดยการศึกษา อายุกล้าย้ายปลูก และปริมาตรที่เหมาะสมของหัวเชื้อชนิดน้ำเห็ดตับเต่าต่อการเจริญเติบโต ต่อผลผลิตของพริกขี้หนูลูกผสมพันธุ์ยอดสน ที่ย้ายปลูกอายุ 22 และ 50 วัน ใช้ปริมาตรหัวเชื้อน้ำ ที่แตกต่างกัน 30, 60 และ 90 มิลลิลิตร พบว่า ยิ่งใช้หัวเชื้อปริมาตรเพิ่มขึ้นทำให้มีแนวโน้มการเจริญเติบ มวลชีวภาพ และ ผลผลิตของพริกขี้หนูลูกผสมที่ดีกว่าที่การใช้ปริมาตรหัวเชื้อที่น้อยกว่า และไม่ได้ใส่หัวเชื้อ

มนต์นรินทร์ และคณะ (2565) ศึกษาประสิทธิภาพของเชื้อเห็ดป่าเศรษฐกิจต่อการเจริญเติบโตของกล้าไม้ยางนา โดยศึกษาเห็ดป่าเศรษฐกิจ ได้แก่ เห็ดระโงก เห็ดเผาะหนัง เห็ดตับเต่า เห็ดกลุ่มย่อยสลายอินทรีย์สาร เห็ดทั้ง 3 ชนิดเป็นราชนิดเอคโตไมคอร์ไรซาให้กับกล้าไม้ยางนาอายุ 6 เดือนทำการวัดการเจริญเติบโตทุก ๆ เดือนเป็นเวลา 6 เดือน พบว่า การใส่เชื้อเห็ดทั้ง 3 ชนิดให้กับกล้ายางนามีผลต่อการเจริญเติบโตคอราก และความสูงมากกว่ากล้าที่ไม่ได้ใส่เชื้ออย่างมีนัยยะสำคัญทางสถิติ ผลการตรวจสอบการเข้าอาศัยของราเอคโตไมคอร์ไรซาร่วมกับรากจากห้องปฏิบัติการ พบว่า ต้นกล้าที่ใส่เชื้อเห็ดทั้ง 3 ชนิด ราเอคโตไมคอร์ไรซามีการเข้าอาศัยบริเวณปลายรากโดยเส้นใยที่ปลายรากเกิดใหม่ การใส่เชื้อเห็ดระโงก และเชื้อเห็ดตับเต่าพบการเจริญเติบโตของเส้นใยเข้าสู่รากในชั้น Epidermis แสดงให้เห็นว่าราเอคโตไมคอร์ไรซามีความสามารถในการเข้าอาศัยร่วมกันได้กับรากพืช

บทที่ 3
วัสดุอุปกรณ์ และวิธีการวิจัย

วัสดุ และอุปกรณ์

1. กรวย
2. กระดาษ
3. กระดาษกรองเบอร์ 1 (ยี่ห้อ Whatman)
4. กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (ยี่ห้อ Tescan Clara)
5. กล้าพะยูง และกล้าประดู่ป่า
6. กะละมัง
7. ขวดโซดา
8. ขวดดูแรน/ขวดเก็บสารเคมี ขนาด 500 มิลลิลิตร (ยี่ห้อ Duran)
9. ขวดรูปชมพู่ ขนาด 250 มิลลิลิตร (ยี่ห้อ Pyrex)
10. ขุยมะพร้าว
11. เข็มเขี่ยเชื้อ
12. เข็มฉีดยาปริมาตร 30 มิลลิลิตร
13. คิวเวทท์แก้ว
14. เครื่องชั่ง 1 ตำแหน่ง (ยี่ห้อTanita)
15. เครื่องชั่ง 2 ตำแหน่ง (ยี่ห้อ Sartorius; รุ่น GE2102)
16. เครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง (ยี่ห้อ Uni Bloc; รุ่น ATX224)
17. เครื่องดูดความชื้นและเคลือบตัวอย่าง (ยี่ห้อ Safematic, รุ่น CCU-010)
18. เครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (ยี่ห้อ Thermo Fisher Scientific; รุ่น Genesys 10S UV-Vis)
19. จานเพาะเชื้อ
20. ดินดำ
21. ต้นกล้าพะยูง และกล้าประดู่ป่า
22. ตะกร้า
23. ตะเกียงแอลกอฮอร์
24. ตะเกียบ
25. ตู้บ่ม (ยี่ห้อ Memmert)
26. ตู้ปลอดเชื้อ (ยี่ห้อ BossTech)
27. ตู้เย็น

28. ตู้อบลมร้อน (ยี่ห้อ Memmert)
29. ถังน้ำขนาด 200 ลิตร
30. ถุงเพาะขนาด 2 x 6 นิ้ว และ 3 x 8 นิ้ว
31. เทปคาร์บอน (Carbon tape)
32. ใบมีดเบอร์ 10 และ 11
33. ปุ๋ยอินทรีย์
34. ฟิล์มยืดถนอมอาหาร
35. มีดผ่าตัดเบอร์ 3
36. เมล็ดข้าวฟ่าง
37. เมล็ดกล้าไม้พะยูง และกล้าประดู่ป่า
38. ไมโครปิเปตขนาด 1000 ไมโครลิตร
39. ไม้บรรทัด
40. ยางรัด
41. เวอร์เนียคาลิปเปอร์
42. สำลี
43. หม้อนึ่งความดันไอน้ำ (ยี่ห้อ Zealway, รุ่น GI54TW)
44. หม้อหุงข้าว (ยี่ห้อ Sharp)
45. หลอดทดลองขนาด 2.0 มิลลิลิตร
46. หัวเชื้อเห็ดตับเต่าในอาหารเมล็ดข้าวฟ่าง
47. เห็ดตับเต่า
48. อ่างควบคุมอุณหภูมิ (ยี่ห้อ Memmert)
49. อาหารแข็ง Potato Dextrose Agar (ยี่ห้อ Himedia)

สารเคมี

1. น้ำดื่ม
2. สารละลาย Glutaraldehyde (AR)
3. สารละลาย Hexamethyldisilazane (AR)
4. สารละลาย Osmium Tetroxide (AR)
5. สารละลาย Paraformaldehyde (AR)
6. สารละลาย Phosphate Buffered Saline (AR)
7. สารละลาย Dimethyl Sulfoxide (AR)
8. แอลกอฮอล์ความเข้มข้น 30 50 70 80 และ 90 เปอร์เซ็นต์ (AR)

3.1 วิธีการเตรียมหัวเชื้อเห็ดตับเต่าในห้องปฏิบัติการ

ภาพที่ 5 ขั้นตอนการเตรียมหัวเชื้อเห็ดตับเต่าในห้องปฏิบัติการ

วิธีการเตรียมอาหารแข็งสำเร็จรูป

1. ทำการชั่งอาหารสำเร็จรูป (Potato Dextrose Agar; PDA) 39 กรัม ต่อน้ำสะอาด (น้ำดื่ม) ปริมาตร 1 ลิตร (เท่ากับ 1,000 ซีซีหรือ 1,000 มิลลิลิตร) ใส่ขวดดูแรนค้นอาหารสำเร็จรูปและน้ำสะอาดให้เข้ากัน ก่อนนำอาหารใส่ลงในหม้อนึ่งความดันเพื่อนึ่งฆ่าเชื้อที่ปนเปื้อนมากับอาหาร ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว เป็นเวลา 15 นาที

2. เมื่อครบเวลาที่กำหนดปล่อยให้ความดัน และอุณหภูมิลดลงประมาณ 60 องศาเซลเซียส ซึ่งอาหารในขวดยังมีลักษณะเป็นของเหลว ทำการเทด้วยเทคนิคปลอดเชื้อ (Aseptic technique) ใส่จานเพาะเชื้อภายในตู้ปลอดเชื้อ รอให้อาหารเย็นตัวก่อนนำไปใช้งาน (สำนักงานพัฒนาเศรษฐกิจจากชีวภาพ, 2564)

วิธีการแยกเชื้อเห็ดตับเต่าจากดอกเห็ดเพื่อให้ได้เส้นใยเห็ดบริสุทธิ์

1. เตรียมอาหารสำเร็จรูป PDA บนจานเพาะเลี้ยงสำหรับแยกเชื้อเห็ดตับเต่า
2. คัดเลือกดอกเห็ดสดของเห็ดตับเต่าที่จะใช้แยกเชื้อ โดยใช้ดอกเห็ดสดจากสวนมะขามป้อม บ้านหนองสุวรรณ อำเภอสอง จังหวัดแพร่ เป็นดอกอ่อนที่มีสภาพสมบูรณ์ ไม่มีโรค และแมลงเข้าทำลาย ทำความสะอาดดอกเห็ด โดยเช็ดบริเวณดอกเห็ดด้วยกระดาษชำระ ไม่นำดอกเห็ดไปล้างน้ำเนื่องจากจะทำให้ดอกเห็ดปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์
3. ทำการแยกเชื้อภายในตู้ปลอดเชื้อด้วยเทคนิคปลอดเชื้อ ใช้มีดผ่าตัดที่ปลอดเชื้อแยกดอกเห็ดออกเป็นส่วน ๆ ก่อนจะใช้มีดผ่าตัดตัดส่วนเนื้อเยื่อด้านในดอกโดยไม่ให้ติดส่วนที่เป็นผิวภายนอกของดอกเห็ด ตัดเป็นชิ้นเล็กขนาดประมาณ 0.5 x 0.5 เซนติเมตร ใช้มีดผ่าตัดหรือเข็มเขี่ยย้ายชิ้นส่วนเห็ดลงในอาหารเลี้ยงเชื้อสำเร็จรูป PDA ที่เตรียมไว้
4. ใช้ฟิล์มยืดถนอมอาหารพันรอบจานเลี้ยงเชื้อเพื่อลดการปนเปื้อน และสูญเสียความชื้น ก่อนนำไปบ่มในตู้บ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลาประมาณ 15 วัน หรือโคโลนีเส้นใยเติบโตโดยมีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 1 เซนติเมตร
5. ย้ายเส้นใยเห็ดไปเลี้ยงบนอาหารสำเร็จรูป PDA ใหม่อีกรอบเพื่อให้ได้เส้นใยบริสุทธิ์ โดยใช้มีดผ่าตัดหรือเข็มเขี่ยที่เตรียมไว้ย้ายชิ้นส่วนเส้นใยรอบนอก ก่อนพันด้วยฟิล์มยืดถนอมอาหารรอบจานอาหาร
6. นำอาหารเลี้ยงเชื้อบ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลาประมาณ 30 วัน จะได้เส้นใยเชื้อเห็ดที่บริสุทธิ์ไม่ปนเปื้อน นำไปขยายลงในอาหารเมล็ดข้าวฟ่างเพื่อเพิ่มปริมาณในการใช้เป็นหัวเชื้อเห็ด (สำนักงานพัฒนาเศรษฐกิจจากชีวภาพ, 2564)

วิธีการขยายเชื้อเห็ดตับเต่าในอาหารเมล็ดข้าวฟ่าง

1. ล้างเมล็ดข้าวฟ่างให้สะอาดแล้วนำไปหุงให้สุก ทำการบรรจุลงในขวดโซดาปิดจุกด้วยสำลีโดยปิดทับสำลีด้วยกระดาษรัดยางแล้วนำไปนึ่งฆ่าเชื้อโดยนำไปนึ่งฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว เป็นเวลา 15 นาที เตรียมอาหารเมล็ดข้าวฟ่างในขวดแก้วซึ่งผ่านการนึ่งฆ่าเชื้อแล้วทิ้งให้เย็นข้ามคืนก่อนนำมาใช้งาน
2. เตรียมเชื้อเห็ดตับเต่าบนอาหารสำเร็จรูป PDA ที่บริสุทธิ์ หรือแก่เกินไป สำหรับย้ายขยายเพิ่มปริมาณเชื้อเห็ดโดยใช้มีดผ่าตัดส่วนของเส้นใยที่อยู่บริเวณรอบนอกเป็นชิ้นขนาดประมาณ 0.5 x 0.5 เซนติเมตร ใช้เข็มเขี่ยย้ายชิ้นส่วนเส้นใยเห็ดตับเต่าลงในขวดที่บรรจุอาหารเมล็ดข้าวฟ่างที่เตรียมไว้โดยวาง 10 ชิ้นต่ออาหารเลี้ยงเชื้อ 1 ขวด วางกระจายรอบขวด ให้ชิ้นส่วนด้านที่เป็นเส้นใยสัมผัสกับอาหารเมล็ดข้าวฟ่าง

3. นำขวดอาหารเมล็ดข้าวฟ่างที่ใส่เชื้อเห็ดจากอาหารสำเร็จรูป PDA ไปบ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เส้นใยจะเจริญในอาหารเมล็ดข้าวฟ่าง โดยเชื้อเห็ดตับเต่าจะเจริญเติบโตเต็มขวดใช้เวลา 30 วัน หรือจนกว่าจะเต็มขวด นำหัวเชื้อเห็ดตับเต่าในเมล็ดข้าวฟ่างที่พร้อมนำไปใช้ในการปลูกร่วมกับกล้าพะยูง และกล้าประดู่ป่า (สำนักงานพัฒนาเศรษฐกิจจากชีวภาพ, 2564)

วิธีการเตรียมหัวเชื้อเห็ดตับเต่าเพื่อใส่กล้าพะยูง และกล้าประดู่ป่า

นำหัวเชื้อเห็ดตับเต่าในอาหารเมล็ดข้าวฟ่างออกจากขวดใส่ในภาชนะแล้วเติมน้ำเปล่าที่ปราศจากคลอรีน (น้ำดื่ม) โดยใช้อัตราส่วนหัวเชื้อเห็ดตับเต่าในอาหารเมล็ดข้าวฟ่าง 100 กรัม ต่อน้ำปริมาตร 1 ลิตร (เท่ากับ 1,000 ซีซี หรือ 1,000 มิลลิลิตร) แช่ทิ้งไว้ 15 นาที ก่อนทำการขยี้เมล็ดข้าวฟ่างแล้วกรองผ่านตะกร้าคัดกรองแค่เมล็ดข้าวฟ่างออก เพื่อให้เหลือส่วนของหัวเชื้อน้ำที่มีลักษณะเป็นสารแขวนลอยหัวเชื้อน้ำเห็ดตับเต่าสีน้ำตาลเข้ม

วิธีการวัดปริมาณมวลชีวภาพของหัวเชื้อเห็ดตับเต่าที่ใช้ในการทดลอง

ทำการวัดมวลชีวภาพ (Biomass) ของเส้นใยหัวเชื้อเห็ดตับเต่าปริมาตร 10, 20 และ 30 มิลลิลิตร โดยกรองผ่านกระดาษกรองเบอร์ 1 ทำการฉีดสารแขวนลอยของหัวเชื้อเห็ดให้สารผ่านกระดาษกรองเอาเฉพาะเส้นใยเห็ดไปอบแห้งที่ 40 องศาเซลเซียส ในตู้อบลมร้อน และชั่งน้ำหนักจนกว่าน้ำหนักจะนิ่ง

3.2 วิธีการศึกษาการเจริญเติบโตของกล้าพะยูง และกล้าประดู่ป่า

ภาพที่ 6 ขั้นตอนการศึกษาการเจริญเติบโตของกล้าพะยูง และกล้าประดู่ป่า

วิธีการเตรียมกล้าพะยูง และกล้าประดู่ป่า

1. การเตรียมต้นกล้าพะยูง และกล้าประดู่ป่า โดยทำการเพาะเมล็ดแล้วคัดลงในถุงเพาะขนาดเล็ก 2 x 6 นิ้ว ใช้วัสดุเพาะกล้า ซึ่งประกอบด้วยดินดำ ขุยมะพร้าว และปุ๋ยอินทรีย์ในอัตราส่วน 2:1:1

2. เมื่อกล้าพะยูง และกล้าประดู่ป่า อายุ 3 เดือน ย้ายลงถุงเพาะขนาด 3 x 8 นิ้ว โดยใช้วัสดุเพาะเดียวกัน

3. นำไปอนุบาลกล้าพะยูง และกล้าประดู่ป่า เป็นเวลา 1 เดือน (รวมอายุกล้า 4 เดือน) ก่อนเริ่มการทดลอง คัดกล้าพะยูง และกล้าประดู่ป่า ที่มีขนาดเท่า ๆ กัน ความสูงของลำต้นประมาณ 20 เซนติเมตร เพื่อนำมาใช้ทดลอง โดยให้น้ำทุกวัน ในช่วงเช้า ต้นละประมาณ 40 มิลลิลิตร

วิธีการศึกษาการเจริญเติบโตของกล้าพะยูง และกล้าประดู่ป่า

1. วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design: CRD) (ประภาพร และคณะ, 2555; ปานทิพย์ และประภาพร, 2555) โดยมี 7 ชุดการทดลอง ใช้กล้าพะยูง และกล้าประดู่ป่าอย่างละ 6 ต้นต่อชุดการทดลอง ทำทั้งหมด 3 ซ้ำ ได้แก่ ชุดทดลองที่ไม่ได้ปลูกหัวเชื้อเห็ดตับเต่า (C) ชุดทดลองที่ปลูกหัวเชื้อเห็ดตับเต่าปริมาตร 10 มิลลิลิตร จำนวน 1 ครั้ง (T1) ชุดทดลองที่ปลูกหัวเชื้อเห็ดตับเต่าปริมาตร 20 มิลลิลิตร จำนวน 1 ครั้ง (T2) ชุดทดลองที่ปลูกหัวเชื้อเห็ดตับเต่าปริมาตร 30 ml จำนวน 1 ครั้ง (T3) ชุดทดลองที่ปลูกหัวเชื้อเห็ดตับเต่า

ปริมาตร 10 มิลลิลิตร จำนวน 2 ครั้ง (T4) ชุดทดลองที่ปลูกหัวเชื้อเห็ดตับเต่าปริมาตร 20 มิลลิลิตร จำนวน 2 ครั้ง (T5) และชุดทดลองที่ปลูกหัวเชื้อเห็ดตับเต่าปริมาตร 30 มิลลิลิตร จำนวน 2 ครั้ง (T6) (มวลชีวภาพของเส้นใยเห็ด 0.3 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร) โดยการปลูกหัวเชื้อเห็ดตับเต่าจำนวน 1 และ 2 ครั้งจะทำการปลูกหัวเชื้อครั้งที่สองเว้นระยะเวลา 15 วัน จากครั้งแรก

2. ทำการปลูกหัวเชื้อโดยการรดน้ำดินในถุงเพาะพอชื้น บีบดินในถุงเพาะกล้าให้แตกเป็นร่องเล็กน้อย เพื่อให้เชื้อเห็ดลงไปบริเวณโซนรากได้ดีขึ้น หลังปลูกหัวเชื้อเห็ดอนุบาลกล้าพะยูงและกล้าประดู่ป่าในที่ร่ม ไม่รดน้ำในช่วง 1 - 3 วันแรก เพื่อให้เส้นใยเห็ดได้ตั้งตัว และเจริญเกาะติดที่ระบบรากของกล้าพะยูง และกล้าประดู่ป่า หลังจากนั้นรดน้ำพอชื้น ไม่ให้น้ำไม่ไหลล้นจนชะเส้นใยเห็ดออกจากถุง (สำนักงานพัฒนาเศรษฐกิจจากฐานชีวภาพ องค์การมหาชน, 2564)

3. เมื่อครบ 1 สัปดาห์ นำกล้าพะยูง และกล้าประดู่ป่า มาวางบริเวณที่มีแสงแดดรำไร ให้น้ำ 40 มิลลิลิตร ในแต่ละหน่วยการทดลอง และช่วงเวลาเดียวกันทุกเช้า

4. หลังปลูกหัวเชื้อเป็นระยะเวลา 30 วัน ตรวจวัดการเจริญเติบโตครั้งแรก และทำการตรวจวัดทุก ๆ 30 วัน จนกระทั่งกล้าพะยูง และกล้าประดู่ป่าปลูกร่วมกับหัวเชื้อเห็ดตับเต่าครบ 180 วัน ติอตามผลโดยวัดความสูงของลำต้นด้วยไม้บรรทัด จากคอรากถึงปลายยอด 1 ครั้ง เส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับคอรากด้วยใช้เวอร์เนียคาลิปเปอร์ และวัดทรงพุ่มด้วยไม้บรรทัด 2 ครั้ง แล้วนำมาคำนวณค่าเฉลี่ย (Elliott et al., 2000; ทนุวงศ์ และอุทัยวรรณ, 2537)

3.3 วิธีการศึกษาผลของเชื้อเห็ดตับเต่าต่อกล้าพะยูง และกล้าประดู่ป่า

ภาพที่ 7 ขั้นตอนการตรวจวัดปริมาณคลอโรฟิลล์ และการวัดปริมาณมวลชีวภาพส่วนเหนือดินและใต้ดิน

วิธีการตรวจวัดปริมาณคลอโรฟิลล์

1. การตรวจวัดปริมาณคลอโรฟิลล์ ทำโดยสุ่มตัวอย่างกล้าพะยูง และกล้าประดู่ป่าในแต่ละชุดการทดลอง แล้วสุ่มเก็บตัวอย่างใบกล้าพะยูง และกล้าประดู่ป่า หลังปลูกหัวเชื้อเห็ดตับเต่าครบ 180 วัน เพื่อดูปริมาณคลอโรฟิลล์ในแต่ละชุดการทดลอง โดยใช้ที่เจาะกระดาษเจาะเอาใบแก่ นำใบมาสับแล้วสุ่มชั่งน้ำหนักสดปริมาณ 10 มิลลิกรัม ใส่ในหลอดทดลองขนาด 2.0 มิลลิลิตร
2. เติมสารละลาย Dimethyl Sulfoxide (DMSO) ปริมาตร 1.5 มิลลิลิตร
3. แล้วบ่มในอ่างควบคุมอุณหภูมิที่ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที
4. ทิ้งให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง แล้วทำการวัดโดยสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ ที่ความยาวคลื่น 663 นาโนเมตร และ 645 นาโนเมตร สำหรับการวัดคลอโรฟิลล์ โดยใช้คิวเวทท์แก้ว (Arnon, 1949; Siebeneichler et al., 2019; ณัฐธิดา และบุบผา, 2564) แล้วนำไปคำนวณหาค่าปริมาณคลอโรฟิลล์ ตามสูตรดังนี้

คลอโรฟิลล์เอ = [12.7 (A663) - 2.69 (A645) x V]/(1000 x wt)

คลอโรฟิลล์บี = [22.9 (A645) – 4.68 (A663) x V]/(1000 x wt)

คลอโรฟิลล์รวม = [20.2 (A645) + 8.02 (A663) x V]/(1000 x wt)

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

วิธีการวัดปริมาณมวลชีวภาพส่วนเหนือดิน และใต้ดิน

วัดปริมาณมวลชีวภาพส่วนเหนือดิน และใต้ดิน โดยนำกล้าพะยูง และกล้าประดู่ป่าหลังปลูกร่วมกับหัวเชื้อเห็ดตับเต่าเป็นระยะเวลา 180 วัน มาล้างดินออก แยกระหว่างส่วนเหนือดิน และส่วนรากใต้ดิน ชั่งน้ำหนักสดหน่วยเป็นกรัม จดบันทึกก่อนห่อด้วยกระดาษ นำไปอบแห้งในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 80 ชั่วโมง หรือจนน้ำหนักคงที่ โดยชั่งน้ำหนักแห้งหน่วยเป็นกรัม

3.4 วิธีการตรวจสอบจำนวน และความยาวของรากกล้าพะยูง และกล้าประดู่ป่า

ทำการนับจำนวนราก และวัดความยาวของรากกล้าพะยูง และกล้าประดู่ป่าหลังปลูกร่วมกับหัวเชื้อเห็ดตับเต่าเป็นระยะเวลา 180 วัน แล้วสุ่มแต่ละชุดการทดลองแล้วนำกล้ามาล้างดินออก นับจำนวนรากทั้งรากแก้ รากแขนง และรากฝอยทั้งหมด ก่อนจะวัดความยาวรากแก้ว และรากแขนง นำค่าที่ได้ไปหาค่าเฉลี่ยสำหรับแต่ละชุดการทดลอง

3.5 วิธีการตรวจสอบการเกาะของเส้นใยด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope : SEM)

ภาพที่ 8 ขั้นตอนการตรวจสอบการเกาะของเส้นใย

1. สุ่มเก็บตัวอย่างจากรากกล้าพะยูง และกล้าประดู่ป่า หลังปลูกร่วมกับหัวเชื้อเห็ดตับเต่าเป็นระยะเวลา 180 วัน นำรากไปล้างน้ำสะอาดก่อนสุ่มตัดรากฝอยให้มีขนาดประมาณ 0.5 - 1.0 เซนติเมตร แล้วล้างด้วยสารละลาย 1X (v/v) Phosphate Buffered Saline (PBS) จำนวน 1 ครั้ง

2. ทำการหยุดปฏิกิริยาครั้งที่ 1 (Primary fixation) ด้วยน้ำยา Karnovsky's fixative (2% Paraformaldehyde + 2% Glutaraldehyde)

3. ล้างด้วยสารละลาย 1X (v/v) PBS จำนวน 2 ครั้ง

4. นำตัวอย่างรากไปหยุดปฏิกิริยาครั้งที่ 2 (Secondary fixation) โดยใช้สารละลาย 1% Osmium tetroxide ที่เตรียมในสารละลาย เก็บในอุณหภูมิห้องในที่มืดเป็นเวลา 2 ชั่วโมง

5. นำมาล้างด้วยสารละลาย 1X (v/v) PBS จำนวน 2 ครั้ง

6. ทำการดึงน้ำออก (Dehydration) ด้วยแอลกอฮอล์ความเข้มข้นต่าง ๆ คือ 30 50 70 80 และ 90 เปอร์เซ็นต์ อย่างละ 1 ครั้ง ครั้งละ 5 นาที และดึงน้ำออกด้วยแอลกอฮอล์ 100 เปอร์เซ็นต์ จำนวน 3 ครั้ง ครั้งละ 5 นาที

7. ทำตัวอย่างให้แห้ง (Drying) โดยการแช่ในสารละลาย Hexamethyldisilazane (HMDS) เป็นเวลา 15 นาที

8. นำตัวอย่างรากวางบนเทปคาร์บอน (Carbon tape) ทำการดูดความชื้นออก และทำการเคลือบ (Coating) ตัวอย่างด้วยทองคำ โดยใช้เครื่อง Safematic รุ่น CCU-010

9. นำไปตรวจสอบ และถ่ายภาพด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด โดยการเตรียมตัวอย่างสำหรับการทำ SEM ทำตามวิธีการของ (Panngom et al., 2014)

3.6 วิธีการนับการปกคลุมรากกล้าพะยูง และกล้าประดู่ป่า

นำภาพถ่ายทุกชุดการทดลองที่ได้จากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด โดยใช้กำลังขยายเท่ากัน มาแบ่งเป็นช่องจำนวน 64 ช่อง ให้มีขนาดเท่ากันทุกช่อง และนับช่องที่มีเส้นใยปกคลุม ก่อนนำไปเทียบบัญญัติไตรยางศ์เพื่อหาร้อยละการปกคลุมของแต่ละภาพของแต่ละชุดการทดลอง

3.7 วิธีการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณคลอโรฟิลล์เอกับการเติบโตของกล้าพะยูง และกล้าประดู่ป่า

วิเคราะห์สมการสหสัมพันธ์ ระหว่างปริมาณคลอโรฟิลล์เอ (มิลลิกรัม/กรัม) และดัชนีชี้วัดการเติบโตของกล้าพะยูง และกล้าประดู่ป่า 4 ดัชนี ได้แก่ ความสูงของลำต้น (เซนติเมตร) เส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับคอราก (มิลลิเมตร) ความกว้างของทรงพุ่ม (เซนติเมตร) และมวลชีวภาพ (กรัม) และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R) โดยใช้โปรแกรม Excel

3.8 วิธีการวิเคราะห์ข้อมูล

นำค่าที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวน Analysis of variance (ANOVA) และเปรียบเทียบหาความแตกต่างของค่าเฉลี่ยในแต่ละสิ่งทดลอง โดยใช้ Duncan’s multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (IBM SPSS Statistics ,โปรแกรมวิเคราะห์สถิติ SPSS)

บทที่ 4
ผลการวิจัย และวิจารณ์ผล

1.1 การศึกษาผลของปริมาตร และจำนวนครั้งที่ปลูกหัวเชื้อเห็ดตับเต่าต่อการเจริญเติบโตของกล้าพะยูง

การศึกษาผลการปลูกหัวเชื้อเห็ดตับเต่าในปริมาตรที่แตกต่างกันต่อการเจริญเติบโตของกล้าพะยูง โดยวัดดัชนีชี้วัดการเจริญเติบโตของกล้าไม้ 3 ดัชนี คือ ความสูงของลำต้น เส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับคอราก ความกว้างของทรงพุ่ม ทุก ๆ 30 วัน เป็นระยะเวลา 180 วัน และดูผลดัชนีเมื่อทดสอบกล้าพะยูงครบ 180 วัน โดยทำการวัดปริมาณคลอโรฟิลล์ และศึกษามวลชีวภาพโดยรวม

ผลการศึกษาการเจริญเติบโตของกล้าพะยูงหลังปลูกหัวเชื้อเห็ดตับเต่าที่ปริมาตร 10 20 และ 30 มิลลิลิตร จำนวน 1 และ 2 ครั้ง เป็นระยะเวลา 30 วัน การเจริญเติบโตด้านความสูงของลำต้น พบว่า การปลูกหัวเชื้อเห็ดตับเต่าปริมาตร 30 มิลลิลิตร จำนวน 1 ครั้ง มีค่าเฉลี่ยสูงสุดที่ 30.83±3.79 เซนติเมตร และการเจริญเติบโตด้านเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับคอราก พบว่า การปลูกหัวเชื้อเห็ดตับเต่าปริมาตร 30 มิลลิลิตรจำนวน 2 ครั้ง มีค่าเฉลี่ยสูงสุดที่ 3.76±0.38 มิลลิเมตร ไม่แตกต่างกับชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ในส่วนการเจริญเติบโตด้านความกว้างของทรงพุ่ม พบว่า การปลูกหัวเชื้อเห็ดตับเต่าปริมาตร 10 มิลลิลิตร จำนวน 2 ครั้ง มีค่าเฉลี่ยสูงสุดที่ 20.72±4.79 เซนติเมตร แตกต่างกับชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) (ตารางที่ 5) โดยค่าเฉลี่ยสูงสุดความสูงของลำต้น เส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับคอราก และความกว้างของทรงพุ่ม เมื่อเทียบกับชุดควบคุมเพิ่มขึ้นร้อยละ 6.12 7.15 และ 9.71 ตามลำดับ

ตารางที่ 5 ความสูงของลำต้น เส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับคอราก และความกว้างของทรงพุ่ม ของกล้าพะยูงหลังปลูกหัวเชื้อเห็ดตับเต่าเป็นระยะเวลา 30 วัน

ทรีตเมนต์	การเจริญเติบโตของกล้าพะยูงหลังปลูกหัวเชื้อเป็นเวลา 30 วัน		
	ความสูงของลำต้น (cm)	เส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับคอราก (mm)	ความกว้างของทรงพุ่ม (cm)
ชุดควบคุม	29.06±5.13[a]	3.51±0.42[a]	18.89±6.90[b]
การปลูกหัวเชื้อเห็ดตับเต่าจำนวน 1 ครั้ง			
10 มิลลิลิตร (T1)	30.17±4.02[a]	3.58±0.37[a]	19.06±6.47[ab]
20 มิลลิลิตร (T2)	29.67±3.61[a]	3.54±0.39[a]	18.44±5.84[ab]
30 มิลลิลิตร (T3)	30.83±3.79[a]	3.65±0.35[a]	19.94±5.59[ab]
การปลูกหัวเชื้อเห็ดตับเต่าจำนวน 2 ครั้ง			
10 มิลลิลิตร (T4)	30.28±4.41[a]	3.70±0.23[a]	20.72±4.79[a]
20 มิลลิลิตร (T5)	29.56±4.00[a]	3.71±0.33[a]	20.50±5.02[ab]
30 มิลลิลิตร (T6)	30.11±4.23[a]	3.76±0.38[a]	19.58±5.63[ab]
F	0.32	1.20	1.26
Sig.	0.92	0.31	0.02

หมายเหตุ: a-b ตัวอักษรตัวยกที่แตกต่างกันในแต่ละคอลัมน์แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ผลการศึกษาการเจริญเติบโตของกล้าพะยูงหลังปลูกหัวเชื้อเห็ดตับเต่าที่ปริมาตร 10 20 และ 30 มิลลิลิตร จำนวน 1 และ 2 ครั้ง เป็นระยะเวลา 60 วัน การเจริญเติบโตด้านความสูงของลำต้น พบว่า การปลูกหัวเชื้อเห็ดตับเต่าปริมาตร 30 มิลลิลิตร จำนวน 2 ครั้ง มีค่าเฉลี่ยสูงสุดที่ 37.56±7.18 เซนติเมตร ขณะที่การเจริญเติบโตด้านเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับคอราก พบว่า การปลูกหัวเชื้อเห็ดตับเต่าปริมาตร 20 มิลลิลิตร จำนวน 2 ครั้ง มีค่าเฉลี่ยสูงสุดที่ 5.25±1.09 มิลลิเมตร และการเจริญเติบโตด้านความกว้างของทรงพุ่ม พบว่า การปลูกหัวเชื้อเห็ดตับเต่าปริมาตร 10 มิลลิลิตร จำนวน 2 ครั้ง มีค่าเฉลี่ยสูงสุดที่ 24.56±4.44 เซนติเมตร แตกต่างกับชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) (ตารางที่ 6) โดยค่าเฉลี่ยสูงสุดความสูงของลำต้น เส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับคอราก และความกว้างของทรงพุ่ม เมื่อเทียบกับชุดควบคุมเพิ่มขึ้นร้อยละ 19.86 27.74 และ 7.54 ตามลำดับ

ตารางที่ 6 ความสูงของลำต้น เส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับคอราก และความกว้างของทรงพุ่มของกล้าพะยูงหลังปลูกหัวเชื้อเห็ดตับเต่าเป็นระยะเวลา 60 วัน

ทรีตเมนต์	การเจริญเติบโตของกล้าพะยูงหลังปลูกหัวเชื้อเป็นเวลา 60 วัน		
	ความสูงของลำต้น (cm)	เส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับคอราก (mm)	ความกว้างของทรงพุ่ม (cm)
ชุดควบคุม	31.33±5.48^{b}	4.11±0.61^{d}	22.83±8.80^{b}
การปลูกหัวเชื้อเห็ดตับเต่าจำนวน 1 ครั้ง			
10 มิลลิลิตร (T1)	35.00±5.72^{ab}	4.49±0.47^{cd}	23.36±8.67^{ab}
20 มิลลิลิตร (T2)	34.00±5.84^{ab}	4.68±0.51^{bc}	23.06±7.48^{ab}
30 มิลลิลิตร (T3)	34.33±3.38^{ab}	4.23±0.49^{cd}	24.14±7.73^{ab}
การปลูกหัวเชื้อเห็ดตับเต่าจำนวน 2 ครั้ง			
10 มิลลิลิตร (T4)	35.39±5.46^{ab}	4.71±0.66^{bc}	24.56±4.44^{a}
20 มิลลิลิตร (T5)	34.67±8.78^{ab}	5.25±1.09^{a}	24.17±6.32^{ab}
30 มิลลิลิตร (T6)	37.56±7.18^{a}	4.94±0.70^{ab}	23.53±6.01^{ab}
F	1.83	7.81	0.82
Sig.	0.01	0.00	0.05

หมายเหตุ: a-d ตัวอักษรตัวยกที่แตกต่างกันในแต่ละคอลัมน์แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ผลการศึกษาการเจริญเติบโตของกล้าพะยูงหลังปลูกหัวเชื้อเห็ดตับเต่าที่ปริมาตร 10 20 และ 30 มิลลิลิตร จำนวน 1 และ 2 ครั้ง เป็นระยะเวลา 90 วัน การเจริญเติบโตด้านความสูงของลำต้น พบว่า การปลูกหัวเชื้อเห็ดตับเต่าปริมาตร 30 มิลลิลิตร จำนวน 2 ครั้ง มีค่าเฉลี่ยสูงสุดที่ 40.50±7.54 เซนติเมตร ขณะที่การเจริญเติบโตด้านเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับคอราก พบว่า การปลูกหัวเชื้อเห็ดตับเต่าปริมาตร 20 มิลลิลิตร จำนวน 2 ครั้ง มีค่าเฉลี่ยสูงสุดที่ 5.96±0.60 มิลลิเมตร และการเจริญเติบโตด้านความกว้างของทรงพุ่ม พบว่า การปลูกหัวเชื้อเห็ดตับเต่าปริมาตร 10 มิลลิลิตร จำนวน 2 ครั้ง มีค่าเฉลี่ยสูงสุดที่ 28.72±4.83 เซนติเมตร แตกต่างกับชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) (ตารางที่ 7) โดยค่าเฉลี่ยสูงสุดความสูงของลำต้น เส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับคอราก และความกว้างของทรงพุ่ม เมื่อเทียบกับชุดควบคุมเพิ่มขึ้นร้อยละ 11.98 35.15 และ 15.14 ตามลำดับ

ตารางที่ 7 ความสูงของลำต้น เส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับคอราก และความกว้างของทรงพุ่มของกล้าพะยูงหลังปลูกหัวเชื้อเห็ดตับเต่าเป็นระยะเวลา 90 วัน

ทรีตเมนต์	การเจริญเติบโตของกล้าพะยูงหลังปลูกหัวเชื้อเป็นเวลา 90 วัน		
	ความสูงของลำต้น (cm)	เส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับคอราก (mm)	ความกว้างของทรงพุ่ม (cm)
ชุดควบคุม	36.17±9.23^{b}	4.41±0.80^{c}	24.94±8.92^{b}
การปลูกหัวเชื้อเห็ดตับเต่าจำนวน 1 ครั้ง			
10 มิลลิลิตร (T1)	39.06±6.31^{ab}	4.92±0.70^{bc}	25.14±8.73^{ab}
20 มิลลิลิตร (T2)	38.94±7.25^{ab}	4.77±0.51^{bc}	25.42±7.25^{ab}
30 มิลลิลิตร (T3)	37.06±3.78^{ab}	4.80±0.76^{bc}	24.89±7.23^{b}
การปลูกหัวเชื้อเห็ดตับเต่าจำนวน 2 ครั้ง			
10 มิลลิลิตร (T4)	38.25±6.77^{ab}	5.19±0.91^{b}	28.72±4.83^{a}
20 มิลลิลิตร (T5)	39.61±5.88^{ab}	5.96±0.60^{a}	26.03±6.06^{ab}
30 มิลลิลิตร (T6)	40.50±7.54^{a}	5.02±1.38^{bc}	27.36±6.74^{ab}
F	4.71	4.74	2.80
Sig.	0.04	0.00	0.05

หมายเหตุ: a-c ตัวอักษรตัวยกที่แตกต่างกันในแต่ละคอลัมน์แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ผลการศึกษาการเจริญเติบโตของกล้าพะยูงหลังปลูกหัวเชื้อเห็ดตับเต่าที่ปริมาตร 10 20 และ 30 มิลลิลิตร จำนวน 1 และ 2 ครั้ง เป็นระยะเวลา 120 วัน การเจริญเติบโตด้านความสูงของลำต้น พบว่า การปลูกหัวเชื้อเห็ดตับเต่าปริมาตร 30 มิลลิลิตร จำนวน 2 ครั้ง มีค่าเฉลี่ยสูงสุดที่ 51.72±9.40 เซนติเมตร ขณะที่การเจริญเติบโตด้านเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับคอราก พบว่า การปลูกหัวเชื้อเห็ดตับเต่าปริมาตร 20 มิลลิลิตร จำนวน 2 ครั้ง มีค่าเฉลี่ยสูงสุดที่ 6.58±1.28 มิลลิเมตร และการเจริญเติบโตด้านความกว้างของทรงพุ่ม พบว่า การปลูกหัวเชื้อเห็ดตับเต่าปริมาตร 10 มิลลิลิตร จำนวน 2 ครั้ง มีค่าเฉลี่ยสูงสุดที่ 30.42±5.33 เซนติเมตร แตกต่างกับชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) (ตารางที่ 8) โดยค่าเฉลี่ยสูงสุดความสูงของลำต้น เส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับคอราก และความกว้างของทรงพุ่ม เมื่อเทียบกับชุดควบคุมเพิ่มขึ้นร้อยละ 28.95 31.67 และ 11.85 ตามลำดับ

ตารางที่ 8 ความสูงของลำต้น เส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับคอราก และความกว้างของทรงพุ่มของกล้าพะยูงหลังปลูกหัวเชื้อเห็ดตับเต่าเป็นระยะเวลา 120 วัน

ทรีตเมนต์	การเจริญเติบโตของกล้าพะยูงหลังปลูกหัวเชื้อเป็นเวลา 120 วัน		
	ความสูงของลำต้น (cm)	เส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับคอราก (mm)	ความกว้างของทรงพุ่ม (cm)
ชุดควบคุม	40.11±9.78^{b}	5.00±1.00^{c}	27.19±9.30^{ab}
การปลูกหัวเชื้อเห็ดตับเต่าจำนวน 1 ครั้ง			
10 มิลลิลิตร (T1)	43.22±7.25^{ab}	5.46±1.43^{bc}	26.64±8.46^{b}
20 มิลลิลิตร (T2)	40.17±7.34^{b}	4.98±0.58^{c}	27.83±6.74^{ab}
30 มิลลิลิตร (T3)	39.72±4.13^{b}	5.59±0.88^{bc}	27.36±7.11^{ab}
การปลูกหัวเชื้อเห็ดตับเต่าจำนวน 2 ครั้ง			
10 มิลลิลิตร (T4)	41.50±9.23^{ab}	5.65±1.36^{ab}	30.42±5.33^{a}
20 มิลลิลิตร (T5)	44.78±11.70^{ab}	6.58±1.28^{a}	30.22±4.85^{ab}
30 มิลลิลิตร (T6)	51.72±9.40^{a}	6.27±1.24^{ab}	30.03±6.04^{ab}
F	4.07	4.69	4.77
Sig.	0.00	0.00	0.00

หมายเหตุ: a-c ตัวอักษรตัวยกที่แตกต่างกันในแต่ละคอลัมน์แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ผลการศึกษาการเจริญเติบโตของกล้าพะยูงหลังปลูกหัวเชื้อเห็ดตับเต่าที่ปริมาตร 10 20 และ 30 มิลลิลิตร จำนวน 1 และ 2 ครั้ง เป็นระยะเวลา 150 วัน การเจริญเติบโตด้านความสูงของลำต้น พบว่า การปลูกหัวเชื้อเห็ดตับเต่าปริมาตร 20 มิลลิลิตร จำนวน 2 ครั้ง มีค่าเฉลี่ยสูงสุดที่ 52.83±12.13 เซนติเมตร ขณะที่การเจริญเติบโตด้านเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับคอราก พบว่า การปลูกหัวเชื้อเห็ดตับเต่าปริมาตร 30 มิลลิลิตร จำนวน 2 ครั้ง มีค่าเฉลี่ยสูงสุดที่ 7.50±1.12 มิลลิเมตร และการเจริญเติบโตด้านความกว้างของทรงพุ่ม พบว่า การปลูกหัวเชื้อเห็ดตับเต่าปริมาตร 20 มิลลิลิตร จำนวน 2 ครั้ง มีค่าเฉลี่ยสูงสุดที่ 34.64±4.51 เซนติเมตร แตกต่างกับชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) (ตารางที่ 9) โดยค่าเฉลี่ยสูงสุดความสูงของลำต้น เส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับคอราก และความกว้างของทรงพุ่ม เมื่อเทียบกับชุดควบคุมเพิ่มขึ้นร้อยละ 14.86 34.72 และ 17.98 ตามลำดับ

ตารางที่ 9 ความสูงของลำต้น เส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับคอราก และความกว้างของทรงพุ่มของกล้าพะยูงหลังปลูกหัวเชื้อเห็ดตับเต่าเป็นระยะเวลา 150 วัน

ทรีตเมนต์	การเจริญเติบโตของกล้าพะยูงหลังปลูกหัวเชื้อเป็นเวลา 150 วัน		
	ความสูงของลำต้น (cm)	เส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับคอราก (mm)	ความกว้างของทรงพุ่ม (cm)
ชุดควบคุม	46.00±9.66^{ab}	5.57±1.27^{c}	29.36±9.47^{ab}
การปลูกหัวเชื้อเห็ดตับเต่าจำนวน 1 ครั้ง			
10 มิลลิลิตร (T1)	45.89±6.77^{b}	5.78±1.68^{bc}	27.42±9.51^{b}
20 มิลลิลิตร (T2)	46.28±10.33^{ab}	5.55±1.06^{c}	30.61±5.54^{ab}
30 มิลลิลิตร (T3)	49.33±10.94^{ab}	6.95±109^{ab}	30.75±7.06^{ab}
การปลูกหัวเชื้อเห็ดตับเต่าจำนวน 2 ครั้ง			
10 มิลลิลิตร (T4)	50.22±10.89^{ab}	6.04±1.49^{abc}	34.53±5.57^{a}
20 มิลลิลิตร (T5)	52.83±12.13^{a}	7.09±1.26^{ab}	34.64±4.51^{a}
30 มิลลิลิตร (T6)	52.33±8.29^{ab}	7.50±1.12^{a}	32.22±5.04^{ab}
F	2.52	6.58	2.31
Sig.	0.05	0.00	0.04

หมายเหตุ: a-c ตัวอักษรตัวยกที่แตกต่างกันในแต่ละคอลัมน์แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ผลการศึกษาการเจริญเติบโตของกล้าพะยูงหลังปลูกหัวเชื้อเห็ดตับเต่าที่ปริมาตร 10 20 และ 30 มิลลิลิตร จำนวน 1 และ 2 ครั้ง เป็นระยะเวลา 180 วัน การเจริญเติบโตด้านความสูงของลำต้น พบว่า การปลูกหัวเชื้อเห็ดตับเต่าปริมาตร 20 มิลลิลิตร จำนวน 2 ครั้ง มีค่าเฉลี่ยสูงสุดที่ 62.94±13.07 เซนติเมตร ขณะที่การเจริญเติบโตด้านเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับคอราก พบว่า การปลูกหัวเชื้อเห็ดตับเต่าปริมาตร 30 มิลลิลิตร จำนวน 2 ครั้ง มีค่าเฉลี่ยสูงสุดที่ 8.87±6.35 มิลลิเมตร และการเจริญเติบโตด้านความกว้างของทรงพุ่ม พบว่า การ ปลูกหัวเชื้อเห็ดตับเต่าปริมาตร 10 มิลลิลิตร จำนวน 2 ครั้ง มีค่าเฉลี่ยสูงสุดที่ 42.61±6.52 เซนติเมตร แตกต่างกับชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) (ตารางที่ 10) โดยค่าเฉลี่ยสูงสุดความสูงของลำต้น เส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับคอราก และความกว้างของทรงพุ่ม เมื่อเทียบกับชุดควบคุมเพิ่มขึ้นร้อยละ 32.04 41.13 และ 38.82 ตามลำดับ

ตารางที่ 10 ความสูงของลำต้น เส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับคอราก ความกว้างของทรงพุ่มของกล้าพะยูงหลังปลูกหัวเชื้อเห็ดตับเต่าเป็นระยะเวลา 180 วัน

ทรีตเมนต์	การเจริญเติบโตของกล้าพะยูงหลังปลูกหัวเชื้อเป็นเวลา 180 วัน		
	ความสูงของลำต้น (cm)	เส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับคอราก (mm)	ความกว้างของทรงพุ่ม (cm)
ชุดควบคุม	47.67±11.42^{c}	6.29±1.54^{d}	30.70±6.10^{c}
การปลูกหัวเชื้อเห็ดตับเต่าจำนวน 1 ครั้ง			
10 มิลลิลิตร (T1)	55.65±13.25^{bc}	6.87±1.57^{cd}	30.62±10.70^{c}
20 มิลลิลิตร (T2)	52.39±13.47^{bc}	6.44±1.09^{d}	34.25±7.28^{bc}
30 มิลลิลิตร (T3)	53.06±8.91^{bc}	8.07±0.88^{abc}	34.94±6.27^{bc}
การปลูกหัวเชื้อเห็ดตับเต่าจำนวน 2 ครั้ง			
10 มิลลิลิตร (T4)	53.47±13.57^{bc}	7.08±1.48^{bcd}	42.61±6.52^{a}
20 มิลลิลิตร (T5)	62.94±13.07^{a}	8.22±1.13^{ab}	41.69±5.78^{ab}
30 มิลลิลิตร (T6)	60.22±14.43^{ab}	8.87±6.35^{a}	36.39±5.42^{bc}
F	2.68	6.74	9.20
Sig.	0.02	0.00	0.00

หมายเหตุ: a-c ตัวอักษรตัวยกที่แตกต่างกันในแต่ละคอลัมน์แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

1.2 การศึกษาผลของปริมาตร และจำนวนครั้งที่ปลูกหัวเชื้อเห็ดตับเต่าต่อการเจริญเติบโตของกล้าประดู่ป่า

การศึกษาผลการปลูกหัวเชื้อเห็ดตับเต่าในปริมาตรที่แตกต่างกันต่อการเจริญเติบโตของกล้าประดู่ป่า โดยวัดดัชนีชี้วัดการเจริญเติบโตของกล้าไม้ 3 ดัชนี คือ ความสูงของลำต้น ส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับคอราก และความกว้างของทรงพุ่ม ทุก ๆ 30 วัน เป็นระยะเวลา 180 วัน เมื่อทดสอบกล้าประดู่ป่าครบ 180 วัน ทำการวัดปริมาณคลอโรฟิลล์ และศึกษามวลชีวภาพโดยรวม

ผลการศึกษาการเจริญเติบโตของกล้าประดู่ป่าหลังปลูกหัวเชื้อเห็ดตับเต่าที่ปริมาตร 10 20 และ 30 มิลลิลิตร จำนวน 1 และ 2 ครั้ง เป็นระยะเวลา 30 วัน พบว่า การปลูกหัวเชื้อเห็ดตับเต่าปริมาตร 30 มิลลิลิตร จำนวน 2 ครั้ง มีค่าเฉลี่ยความสูงของลำต้นสูงสุดที่ 25.66±3.62 เซนติเมตร และค่าเฉลี่ยเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับคอรากสูงสุดที่ 4.57±0.82 มิลลิเมตร ไม่แตกต่างกับชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ในส่วนการเจริญเติบโตด้านความกว้างของทรงพุ่ม พบว่า การปลูกหัวเชื้อเห็ดตับเต่าปริมาตร 30 มิลลิลิตร จำนวน 1 ครั้ง มีค่าเฉลี่ยสูงสุดที่ 21.27±4.91 เซนติเมตร แตกต่างกับชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) (ตารางที่ 11) โดยค่าเฉลี่ยสูงสุดความสูงของลำต้น เส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับคอราก และความกว้างของทรงพุ่ม เมื่อเทียบกับชุดควบคุมเพิ่มขึ้นร้อยละ 11.06 10.10 และ 12.25 ตามลำดับ

ตารางที่ 11 ความสูงของลำต้น เส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับคอราก และความกว้างของทรงพุ่มของกล้าประดู่ป่าหลังปลูกหัวเชื้อเห็ดตับเต่าเป็นระยะเวลา 30 วัน

ทรีตเมนต์	การเจริญเติบโตของกล้าประดู่ป่าหลังปลูกหัวเชื้อเป็นเวลา 30 วัน		
	ความสูงของลำต้น (cm)	เส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับคอราก (mm)	ความกว้างของทรงพุ่ม (cm)
ชุดควบคุม	23.11±2.74[b]	4.16±0.67[a]	18.27±3.27[b]
การปลูกหัวเชื้อเห็ดตับเต่าจำนวน 1 ครั้ง			
10 มิลลิลิตร (T1)	24.00±4.55[ab]	4.30±0.66[a]	18.75±3.15[b]
20 มิลลิลิตร (T2)	24.94±4.28[ab]	4.02±0.50[a]	20.52±4.28[ab]
30 มิลลิลิตร (T3)	24.77±3.27[ab]	4.58±0.86[a]	21.27±4.91[a]
การปลูกหัวเชื้อเห็ดตับเต่าจำนวน 2 ครั้ง			
10 มิลลิลิตร (T4)	25.00±3.10[a]	4.41±0.77[a]	20.33±5.32[ab]
20 มิลลิลิตร (T5)	25.33±3.44[a]	4.55±0.65[a]	19.16±1.96[ab]
30 มิลลิลิตร (T6)	25.66±3.62[a]	4.57±0.82[a]	20.83±3.85[ab]
F	0.97	1.60	1.41
Sig.	0.05	0.15	0.02

หมายเหตุ: a-b ตัวอักษรตัวยกที่แตกต่างกันในแต่ละคอลัมน์แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ผลการศึกษาการเจริญเติบโตของกล้าประดู่ป่าหลังปลูกหัวเชื้อเห็ดตับเต่าที่ปริมาตร 10 20 และ 30 มิลลิลิตร จำนวน 1 และ 2 ครั้ง เป็นระยะเวลา 60 วัน การเจริญเติบโตด้านความสูงของลำต้น พบว่า การปลูกหัวเชื้อเห็ดตับเต่าปริมาตร 30 มิลลิลิตร จำนวน 2 ครั้ง มีค่าเฉลี่ยสูงสุดที่ 28.61±4.72 เซนติเมตร ขณะที่การเจริญเติบโตด้านเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับคอราก พบว่า การปลูกหัวเชื้อเห็ดตับเต่าปริมาตร 20 มิลลิลิตรจำนวน 2 ครั้ง มีค่าเฉลี่ยสูงสุดที่ 5.56±0.96 มิลลิเมตร และการเจริญเติบโตด้านความกว้างของทรงพุ่ม พบว่า การปลูกหัวเชื้อเห็ดตับเต่าปริมาตร 30 มิลลิลิตร จำนวน 1 ครั้ง มีค่าเฉลี่ยสูงสุดที่ 26.16±4.56 เซนติเมตร แตกต่างกับชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) (ตารางที่ 12) โดยค่าเฉลี่ยสูงสุดความสูงของลำต้น เส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับคอราก และความกว้างของทรงพุ่ม เมื่อเทียบกับชุดควบคุมเพิ่มขึ้นร้อยละ 11.83 14.49 และ 12.28 ตามลำดับ

ตารางที่ 12 ความสูงของลำต้น เส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับคอราก และความกว้างของทรงพุ่มของกล้าประดู่ป่าหลังปลูกหัวเชื้อเห็ดตับเต่าเป็นระยะเวลา 60 วัน

ทรีตเมนต์	การเจริญเติบโตของกล้าประดู่ป่าหลังปลูกหัวเชื้อเป็นเวลา 60 วัน		
	ความสูงของลำต้น (cm)	เส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับคอราก (mm)	ความกว้างของทรงพุ่ม (cm)
ชุดควบคุม	25.58±4.39^{b}	4.86±0.69^{cb}	21.72±3.02^{c}
การปลูกหัวเชื้อเห็ดตับเต่าจำนวน 1 ครั้ง			
10 มิลลิลิตร (T1)	26.52±4.86^{ab}	5.35±0.90^{ab}	22.40±2.15^{bc}
20 มิลลิลิตร (T2)	27.66±3.91^{ab}	4.36±0.49^{c}	24.86±3.74^{ab}
30 มิลลิลิตร (T3)	27.77±3.96^{ab}	5.51±0.74^{ab}	26.16±4.56^{a}
การปลูกหัวเชื้อเห็ดตับเต่าจำนวน 2 ครั้ง			
10 มิลลิลิตร (T4)	27.72±3.16^{ab}	4.97±0.68^{ab}	24.38±2.79^{ab}
20 มิลลิลิตร (T5)	28.36±6.01^{a}	5.56±0.96^{a}	24.27±2.2^{ab}
30 มิลลิลิตร (T6)	28.61±4.72^{a}	5.30±0.79^{ab}	24.38±3.87^{ab}
F	1.06	4.97	3.49
Sig.	0.05	0.00	0.00

หมายเหตุ: a-d ตัวอักษรตัวยกที่แตกต่างกันในแต่ละคอลัมน์แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ผลการศึกษาการเจริญเติบโตของกล้าประดู่ป่าหลังปลูกหัวเชื้อเห็ดตับเต่าที่ปริมาตร 10 20 และ 30 มิลลิลิตร จำนวน 1 และ 2 ครั้ง เป็นระยะเวลา 90 วัน การเจริญเติบโตด้านความสูงของลำต้น พบว่า การปลูกหัวเชื้อเห็ดตับเต่าปริมาตร 30 มิลลิลิตร จำนวน 2 ครั้ง มีค่าเฉลี่ยสูงสุดที่ 33.61±6.29 เซนติเมตร ขณะที่การเจริญเติบโตด้านเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับคอราก พบว่า การปลูกหัวเชื้อเห็ดตับเต่าปริมาตร 20 มิลลิลิตรจำนวน 2 ครั้ง มีค่าเฉลี่ยสูงสุดที่ 6.00±1.10 มิลลิเมตร และการเจริญเติบโตด้านความกว้างของทรงพุ่ม พบว่า การปลูกหัวเชื้อเห็ดตับเต่าปริมาตร 10 มิลลิลิตร จำนวน 2 ครั้ง มีค่าเฉลี่ยสูงสุดที่ 27.83±2.72 เซนติเมตร แตกต่างกับชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) (ตารางที่ 13) โดยค่าเฉลี่ยสูงสุดความสูงของลำต้น เส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับคอราก และความกว้างของทรงพุ่ม เมื่อเทียบกับชุดควบคุมเพิ่มขึ้นร้อยละ 20.04 18.17 และ 13.61 ตามลำดับ

ตารางที่ 13 ความสูงของลำต้น เส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับคอราก และความกว้างของทรงพุ่มของกล้าประดู่ป่าหลังปลูกร่วมกับหัวเชื้อเห็ดตับเต่าเป็นระยะเวลา 90 วัน

ทรีตเมนต์	การเจริญเติบโตของกล้าประดู่ป่าหลังปลูกหัวเชื้อเป็นเวลา 90 วัน		
	ความสูงของลำต้น (cm)	เส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับคอราก (mm)	ความกว้างของทรงพุ่ม (cm)
ชุดควบคุม	28.00±6.52^{b}	5.08±0.71^{cd}	24.5±2.49^{b}
การปลูกหัวเชื้อเห็ดตับเต่าจำนวน 1 ครั้ง			
10 มิลลิลิตร (T1)	29.72±4.48^{ab}	5.41±0.70^{bc}	25.69±2.48^{ab}
20 มิลลิลิตร (T2)	30.41±7.61^{ab}	4.99±0.52^{d}	27.33±4.02^{a}
30 มิลลิลิตร (T3)	30.88±4.90^{ab}	5.98±0.79^{a}	27.27±3.39^{a}
การปลูกหัวเชื้อเห็ดตับเต่าจำนวน 2 ครั้ง			
10 มิลลิลิตร (T4)	30.77±5.50^{ab}	5.55±0.68^{abc}	27.83±2.72^{a}
20 มิลลิลิตร (T5)	31.83±4.37^{ab}	6.00±1.10^{a}	27.30±2.34^{a}
30 มิลลิลิตร (T6)	33.61±6.29^{a}	5.86±0.52^{ab}	27.52±3.98^{a}
F	1.43	5.71	2.58
Sig.	0.01	0.00	0.02

หมายเหตุ: a-d ตัวอักษรตัวยกที่แตกต่างกันในแต่ละคอลัมน์แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ผลการศึกษาการเจริญเติบโตของกล้าประดู่ป่าหลังปลูกหัวเชื้อเห็ดตับเต่าที่ปริมาตร 10 20 และ 30 มิลลิลิตร จำนวน 1 และ 2 ครั้ง เป็นระยะเวลา 120 วัน การเจริญเติบโตด้านความสูงของลำต้น พบว่า การปลูกหัวเชื้อเห็ดตับเต่าปริมาตร 30 มิลลิลิตร จำนวน 2 ครั้ง มีค่าเฉลี่ยสูงสุดที่ 37.83±8.02 เซนติเมตร ขณะที่การเจริญเติบโตด้านเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับคอราก พบว่า การปลูกหัวเชื้อเห็ดตับเต่าปริมาตร 20 มิลลิลิตรจำนวน 2 ครั้ง มีค่าเฉลี่ยสูงสุดที่ 7.18±1.30 มิลลิเมตร และการเจริญเติบโตด้านความกว้างของทรงพุ่ม พบว่า การปลูกหัวเชื้อเห็ดตับเต่าปริมาตร 20 มิลลิลิตร จำนวน 2 ครั้ง มีค่าเฉลี่ยสูงสุดที่ 31.02±3.52 เซนติเมตร แตกต่างกับชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) (ตารางที่ 14) โดยค่าเฉลี่ยสูงสุดความสูงของลำต้น เส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับคอราก และความกว้างของทรงพุ่ม เมื่อเทียบกับชุดควบคุมเพิ่มขึ้นร้อยละ 29.22 35.70 และ 13.87 ตามลำดับ

ตารางที่ 14 ความสูงของลำต้น เส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับคอราก และความกว้างของทรงพุ่มของกล้าประดู่ป่าหลังปลูกร่วมกับหัวเชื้อเห็ดตับเต่าเป็นระยะเวลา 120 วัน

ทรีตเมนต์	การเจริญเติบโตของกล้าประดู่ป่าหลังปลูกหัวเชื้อเป็นเวลา 120 วัน		
	ความสูงของลำต้น (cm)	เส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับคอราก (mm)	ความกว้างของทรงพุ่ม (cm)
ชุดควบคุม	29.27±10.13^{b}	5.29±0.63^{c}	26.83±2.38^{b}
การปลูกหัวเชื้อเห็ดตับเต่าจำนวน 1 ครั้ง			
10 มิลลิลิตร (T1)	31.5±7.12^{ab}	5.43±0.78^{c}	28.05±2.24^{b}
20 มิลลิลิตร (T2)	32.05±9.08^{ab}	5.37±0.38^{c}	30.72±4.89^{a}
30 มิลลิลิตร (T3)	34.38±9.21^{ab}	6.31±0.69^{abc}	30.63±2.71^{a}
การปลูกหัวเชื้อเห็ดตับเต่าจำนวน 2 ครั้ง			
10 มิลลิลิตร (T4)	35.27±6.27^{ab}	5.71±0.65^{bc}	30.55±2.58^{a}
20 มิลลิลิตร (T5)	36.11±8.64^{ab}	7.18±1.30^{a}	31.02±3.52^{a}
30 มิลลิลิตร (T6)	37.83±8.02^{a}	6.60±0.63^{ab}	30.75±3.53^{a}
F	2.10	14.92	4.41
Sig.	0.05	0.00	0.00

หมายเหตุ: a-c ตัวอักษรตัวยกที่แตกต่างกันในแต่ละคอลัมน์แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ผลการศึกษาการเจริญเติบโตของกล้าประดู่ป่าหลังปลูกหัวเชื้อเห็ดตับเต่าที่ปริมาตร 10 20 และ 30 มิลลิลิตร จำนวน 1 และ 2 ครั้ง เป็นระยะเวลา 150 วัน การเจริญเติบโตด้านความสูงของลำต้น พบว่า การปลูกหัวเชื้อเห็ดตับเต่าปริมาตร 30 มิลลิลิตร จำนวน 2 ครั้ง มีค่าเฉลี่ยสูงสุดที่ 46.80±8.43 เซนติเมตร ขณะที่การเจริญเติบโตด้านเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับคอราก พบว่า การปลูกหัวเชื้อเห็ดตับเต่าปริมาตร 20 มิลลิลิตรจำนวน 2 ครั้ง มีค่าเฉลี่ยสูงสุดที่ 7.60±1.41 มิลลิเมตร และการเจริญเติบโตด้านความกว้างของทรงพุ่ม พบว่า การปลูกหัวเชื้อเห็ดตับเต่าปริมาตร 20 มิลลิลิตร จำนวน 2 ครั้ง มีค่าเฉลี่ยสูงสุดที่ 33.19±2.90 เซนติเมตร แตกต่างกับชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) (ตารางที่ 15) โดยค่าเฉลี่ยสูงสุดความสูงของลำต้น เส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับคอราก และความกว้างของทรงพุ่ม เมื่อเทียบกับชุดควบคุมเพิ่มขึ้นร้อยละ 21.31 37.60 และ 13.59 ตามลำดับ

ตารางที่ 15 ความสูงของลำต้น เส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับคอราก และความกว้างของทรงพุ่มของกล้าประดู่ป่าหลังปลูกร่วมกับหัวเชื้อเห็ดตับเต่าเป็นระยะเวลา 150 วัน

ทรีตเมนต์	การเจริญเติบโตของกล้าประดู่ป่าหลังปลูกหัวเชื้อเป็นเวลา 150 วัน		
	ความสูงของลำต้น (cm)	เส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับคอราก (mm)	ความกว้างของทรงพุ่ม (cm)
ชุดควบคุม	38.58±6.57^{b}	5.52±0.72^{e}	29.22±2.00^{c}
การปลูกหัวเชื้อเห็ดตับเต่าจำนวน 1 ครั้ง			
10 มิลลิลิตร (T1)	39.19±8.64^{b}	5.91±0.81^{de}	30.02±1.13^{c}
20 มิลลิลิตร (T2)	42.11±8.64^{ab}	5.63±0.39^{e}	31.00±3.92^{bc}
30 มิลลิลิตร (T3)	42.52±7.91^{ab}	6.92±0.92^{bc}	32.13±2.05^{ab}
การปลูกหัวเชื้อเห็ดตับเต่าจำนวน 2 ครั้ง			
10 มิลลิลิตร (T4)	43.58±8.38^{ab}	6.39±0.65^{cd}	32.00±2.22^{ab}
20 มิลลิลิตร (T5)	43.83±6.66^{ab}	7.60±1.41^{a}	33.19±2.90^{a}
30 มิลลิลิตร (T6)	46.80±8.43^{a}	7.20±0.51^{ab}	33.05±2.53^{a}
F	2.15	15.92	6.01
Sig.	0.05	0.00	0.00

หมายเหตุ: a-e ตัวอักษรตัวยกที่แตกต่างกันในแต่ละคอลัมน์แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ผลการศึกษาการเจริญเติบโตของกล้าประดู่ป่าหลังปลูกหัวเชื้อเห็ดตับเต่าที่ปริมาตร 10 20 และ 30 มิลลิลิตร จำนวน 1 และ 2 ครั้ง เป็นระยะเวลา 180 วัน การเจริญเติบโตด้านความสูงของลำต้น พบว่า การปลูกหัวเชื้อเห็ดตับเต่าปริมาตร 20 มิลลิลิตร จำนวน 2 ครั้ง มีค่าเฉลี่ยสูงสุดที่ 54.59±8.83 เซนติเมตร ขณะที่การเจริญเติบโตด้านเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับคอราก พบว่า การปลูกหัวเชื้อเห็ดตับเต่าปริมาตร 20 มิลลิลิตรจำนวน 2 ครั้ง มีค่าเฉลี่ยสูงสุดที่ 8.05±1.02 มิลลิเมตร และการเจริญเติบโตด้านความกว้างของทรงพุ่ม พบว่า การปลูกหัวเชื้อเห็ดตับเต่าปริมาตร 20 มิลลิลิตร จำนวน 2 ครั้ง มีค่าเฉลี่ยสูงสุดที่ 36.35±2.14 เซนติเมตร แตกต่างกับชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) (ตารางที่ 16) โดยค่าเฉลี่ยสูงสุดความสูงของลำต้น เส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับคอราก และความกว้างของทรงพุ่ม เมื่อเทียบกับชุดควบคุมเพิ่มขึ้นร้อยละ 41.02 42.98 และ 14.34 ตามลำดับ

ตารางที่ 16 ความสูงของลำต้น เส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับคอราก และความกว้างของทรงพุ่มของกล้าประดู่ป่าหลังปลูกร่วมกับหัวเชื้อเห็ดตับเต่าเป็นระยะเวลา 180 วัน

ทรีตเมนต์	การเจริญเติบโตของกล้าประดู่ป่าหลังปลูกหัวเชื้อเป็นเวลา 180 วัน		
	ความสูงของลำต้น (cm)	เส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับคอราก (mm)	ความกว้างของทรงพุ่ม (cm)
ชุดควบคุม	38.71±8.20^{d}	5.63±0.62^{d}	31.79±0.82^{c}
การปลูกหัวเชื้อเห็ดตับเต่าจำนวน 1 ครั้ง			
10 มิลลิลิตร (T1)	39.41±7.62^{d}	6.57±0.85^{c}	32.76±1.78^{bc}
20 มิลลิลิตร (T2)	42.76±8.39^{cd}	5.83±0.40^{d}	33.44±1.79^{b}
30 มิลลิลิตร (T3)	45.06±8.23^{bc}	7.26±0.86^{b}	33.97±1.87^{b}
การปลูกหัวเชื้อเห็ดตับเต่าจำนวน 2 ครั้ง			
10 มิลลิลิตร (T4)	49.24±6.47^{ab}	6.73±0.86^{c}	34.00±0.88^{b}
20 มิลลิลิตร (T5)	54.59±8.83^{a}	8.05±1.02^{a}	36.35±2.14^{a}
30 มิลลิลิตร (T6)	50.88±7.22^{a}	7.72±0.55^{ab}	35.41±2.87^{a}
F	9.83	27.29	11.39
Sig.	0.00	0.00	0.00

หมายเหตุ: a-d ตัวอักษรตัวยกที่แตกต่างกันในแต่ละคอลัมน์แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

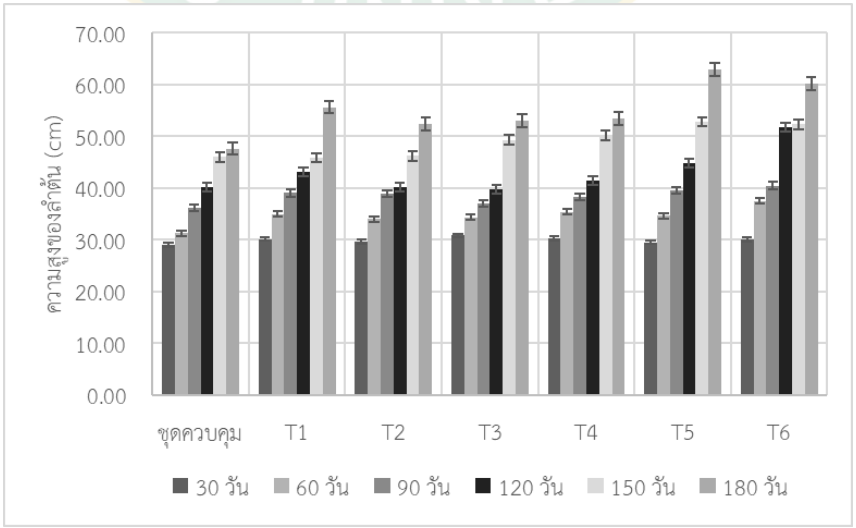
ผลการศึกษากล้าพะยูง และกล้าประดู่ป่าหลังปลูกหัวเชื้อเห็ดตับเต่าเป็นระยะเวลา 180 วัน พบว่า การปลูกหัวเชื้อเห็ดตับเต่าปริมาตร 20 มิลลิลิตร จำนวน 2 ครั้ง มีประสิทธิภาพมากที่สุด ส่งผลให้กล้าพะยูง และกล้าประดู่ป่ามีการเจริญเติบโตดีที่สุดโดยการใช้หัวเชื้อเห็ดปริมาตรน้อยที่สุด สอดคล้องตามคำแนะนำปริมาตรการปลูกหัวเชื้อเห็ดตับเต่าที่แปรผันตามความสูงของกล้าไม้ โดยแนะนำการปลูกหัวเชื้อเห็ดตับเต่าปริมาตร 20 มิลลิลิตรต่อความสูง 20 เซนติเมตร (สำนักงานพัฒนาเศรษฐกิจจากชีวภาพ, 2564) ผลจากการปลูกหัวเชื้อเห็ดตับเต่าช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของกล้าพะยูง และกล้าประดู่ป่าให้เพิ่มขึ้น สอดคล้องกับ การปลูกหัวเชื้อเห็ดตับเต่าร่วมกับยูคาลิปตัสคามาลดูเลนซีส และสนคาริเบีย พบว่า ต้นที่ได้ปลูกเชื้อมีการดูดซับธาตุอาหารของในดินเหมืองแร่ได้ดีกว่า ส่งผลให้มีการเจริญเติบโตที่ดีกว่าต้นที่ไม่ได้ปลูกเชื้อ (สมบูรณ์, 2532) จากการที่เชื้อเข้าไปอยู่รวมกับราก ทำหน้าที่ย่อยธาตุอาหารในดินให้อยู่ในรูปที่ใช้งานได้ง่าย อีกทั้งยังเพิ่มการแตกแขนงของรากพืช เพื่อใช้ในการหาอาหารได้ (สุจิตรา และคณะ, 2562; อนงค์ และคณะ, 2551) รวมถึงการใช้เชื้อเห็ดตับเต่าที่เพาะเลี้ยงกับข้าวฟ่างมาทดลองในยูคาลิปตัสซึ่งช่วยเพิ่มการเจริญเติบโตเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับคอราก พื้นที่ใบ ปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม การใช้เชื้อเห็ดตับเต่าในรูปแบบของสารแขวนลอย พบว่า มีการเพิ่มการเจริญเติบโต มวลชีวภาพ ปริมาณไนโตรเจน และโพแทสเซียม (สาวิตรี และประภาพร, 2548)

2.1 การศึกษาผลของแนวโน้มการเจริญเติบโตของกล้าพะยูง โดยแสดงข้อมูลหลังปลูกหัวเชื้อเห็ดตับเต่าที่ 30 60 90 120 150 และ 180 วัน

การแสดงแนวโน้มการเจริญเติบโตด้านความสูงของลำต้นกล้าพะยูงหลังการปลูกหัวเชื้อเห็ดตับเต่าครบ 30 60 90 120 150 และ 180 วัน พบว่า การปลูกหัวเชื้อเห็ดตับเต่าปริมาตร 20 มิลลิลิตร จำนวน 2 ครั้ง ความสูงมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในช่วง 180 วัน ขณะที่การปลูกหัวเชื้อเห็ดตับเต่าปริมาตร 30 มิลลิลิตร จำนวน 2 ครั้ง มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในช่วง 120 และ 180 วัน เมื่อเทียบกับชุดควบคุมชุดควบคุม (ตารางที่ 17, ภาพที่ 9)

ตารางที่ 17 ค่าร้อยละของความสูงของลำต้นกล้าพะยูงที่เพิ่มขึ้นทุก 30 วัน เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม

ค่าร้อยละเมื่อเทียบกับชุดควบคุม	30 วัน	60 วัน	90 วัน	120 วัน	150 วัน	180 วัน
การปลูกหัวเชื้อเห็ดตับเต่าจำนวน 1 ครั้ง						
10 มิลลิลิตร (T1)	3.82	11.70	7.99	7.76	-0.24	16.74
20 มิลลิลิตร (T2)	2.10	8.51	7.68	0.14	0.60	9.91
30 มิลลิลิตร (T3)	6.12	9.57	2.46	-0.97	7.25	11.31
การปลูกหัวเชื้อเห็ดตับเต่าจำนวน 2 ครั้ง						
10 มิลลิลิตร (T4)	4.21	12.94	5.76	3.46	9.18	12.18
20 มิลลิลิตร (T5)	1.72	10.64	9.52	11.63	14.86	32.04
30 มิลลิลิตร (T6)	3.63	19.86	11.98	28.95	13.77	26.34

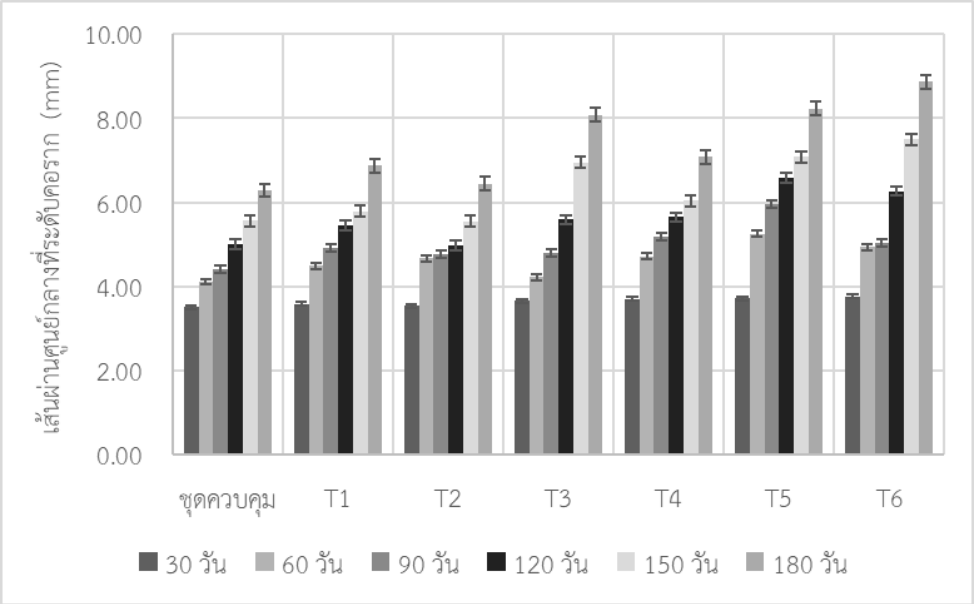


ภาพที่ 9 แนวโน้มการเจริญเติบโตด้านความสูงของลำต้นกล้าพะยูง

การแสดงแนวโน้มการเจริญเติบโตด้านเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับคอรากกล้าพะยูงหลังการปลูกหัวเชื้อเห็ดตับเต่าครบ 30 60 90 120 150 และ 180 วัน พบว่า การปลูกหัวเชื้อเห็ดตับเต่าปริมาตร 20 มิลลิลิตร จำนวน 2 ครั้ง มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในช่วง 90 และ 120 วัน ขณะที่การปลูกหัวเชื้อเห็ดตับเต่าปริมาตร 30 มิลลิลิตร จำนวน 2 ครั้ง มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในช่วง 150 และ 180 วัน เมื่อเทียบกับชุดควบคุมชุดควบคุม (ตารางที่ 18, ภาพที่ 10)

ตารางที่ 18 ค่าร้อยละของเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับคอรากกล้าพะยูงที่เพิ่มขึ้นทุก 30 วัน เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม

ค่าร้อยละเมื่อเทียบกับชุดควบคุม	30 วัน	60 วัน	90 วัน	120 วัน	150 วัน	180 วัน
การปลูกหัวเชื้อเห็ดตับเต่าจำนวน 1 ครั้ง						
10 มิลลิลิตร (T1)	2.14	9.12	11.54	9.15	3.86	9.34
20 มิลลิลิตร (T2)	0.78	13.73	8.21	-0.43	-0.43	2.42
30 มิลลิลิตร (T3)	4.16	2.87	8.73	11.75	24.80	28.44
การปลูกหัวเชื้อเห็ดตับเต่าจำนวน 2 ครั้ง						
10 มิลลิลิตร (T4)	5.53	14.59	17.63	13.04	8.40	12.71
20 มิลลิลิตร (T5)	5.88	27.74	35.15	31.67	27.25	30.83
30 มิลลิลิตร (T6)	7.15	20.20	13.85	25.38	34.72	41.13

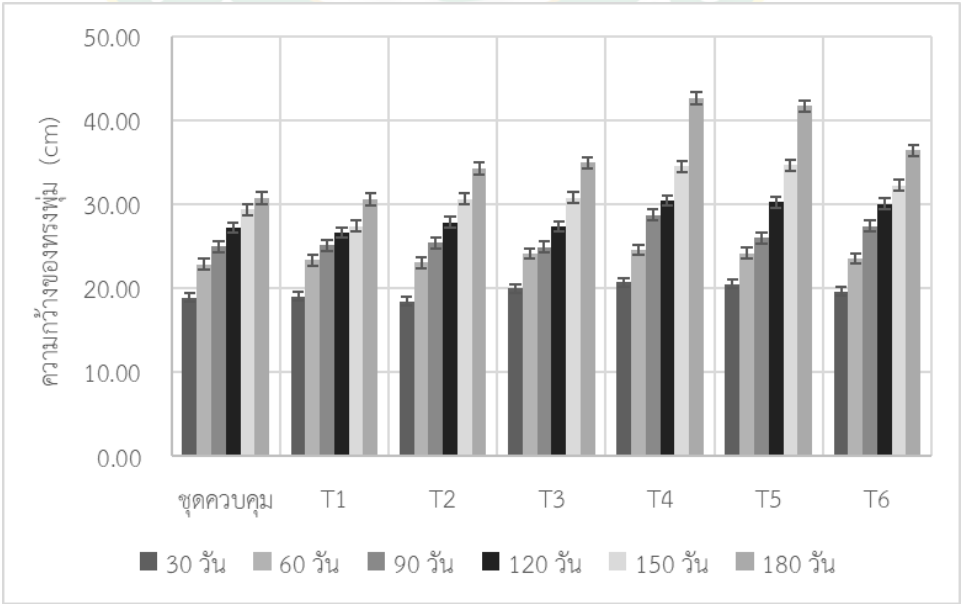


ภาพที่ 10 แนวโน้มการเจริญเติบโตด้านเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับคอรากกล้าพะยูง

การแสดงแนวโน้มการเจริญเติบโตด้านความกว้างทรงของพุ่มกล้าพะยูงหลังการปลูกหัวเชื้อเห็ดตับเต่าครบ 30 90 120 150 และ 180 วัน พบว่า การปลูกหัวเชื้อเห็ดตับเต่าปริมาตร 10 จำนวน 2 ครั้ง มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในช่วง 90 150 และ 180 วัน ในขณะที่การปลูกหัวเชื้อเห็ดตับเต่าปริมาตร 20 มิลลิลิตร จำนวน 2 ครั้ง มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในช่วง 120 150 และ 180 วัน เมื่อเทียบกับชุดควบคุม (ตารางที่ 19, ภาพที่ 11)

ตารางที่ 19 ค่าร้อยละความกว้างทรงของพุ่มกล้าพะยูงที่เพิ่มขึ้นทุก 30 วัน เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม

ค่าร้อยละเมื่อเทียบกับชุดควบคุม	30 วัน	60 วัน	90 วัน	120 วัน	150 วัน	180 วัน
การปลูกหัวเชื้อเห็ดตับเต่าจำนวน 1 ครั้ง						
10 มิลลิลิตร (T1)	0.88	2.31	0.78	-2.04	-6.62	-0.27
20 มิลลิลิตร (T2)	-2.35	0.97	1.89	2.35	4.26	11.56
30 มิลลิลิตร (T3)	5.59	5.72	-0.22	0.61	4.73	13.83
การปลูกหัวเชื้อเห็ดตับเต่าจำนวน 2 ครั้ง						
10 มิลลิลิตร (T4)	9.71	7.54	15.14	11.85	17.60	38.82
20 มิลลิลิตร (T5)	8.53	5.84	4.34	11.13	17.98	35.75
30 มิลลิลิตร (T6)	3.68	3.04	9.69	10.42	9.74	18.55



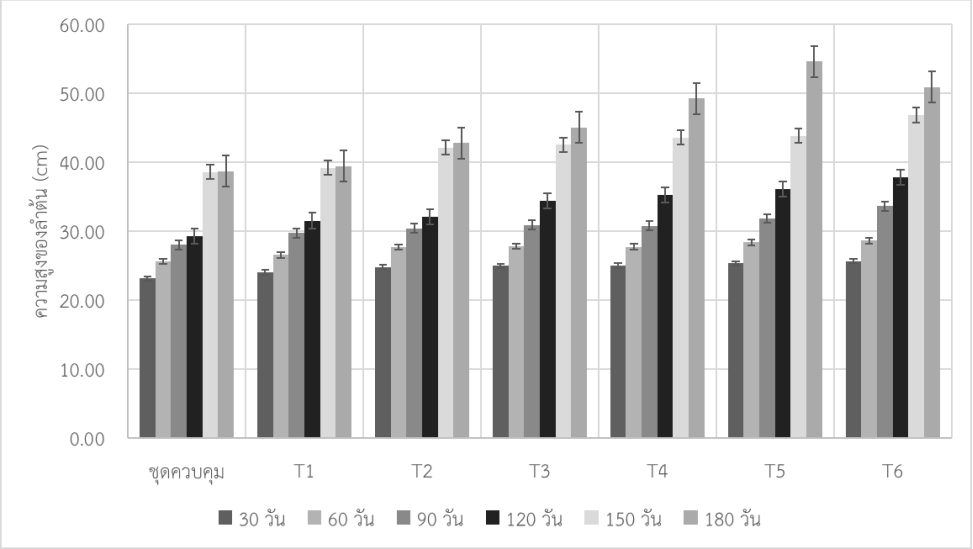
ภาพที่ 11 แนวโน้มการเจริญเติบโตด้านความกว้างของทรงพุ่มกล้าพะยูง

2.2 การศึกษาผลของแนวโน้มการเจริญเติบโตของกล้ากล้าประดู่ป่า โดยแสดงข้อมูลหลังปลูกหัวเชื้อเห็ดตับเต่าที่ 30 60 90 120 150 และ 180 วัน

การแสดงแนวโน้มการเจริญเติบโตด้านความสูงของลำต้นกล้าประดู่ป่าหลังการปลูกหัวเชื้อเห็ดตับเต่าเมื่อที่ครบ 30 60 90 120 150 และ 180 วัน พบว่า การปลูกหัวเชื้อเห็ดตับเต่าปริมาตร 20 และ 30 มิลลิลิตร จำนวน 2 ครั้ง มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในช่วง 180 วัน เมื่อเทียบกับชุดควบคุม (ตารางที่ 20, ภาพที่ 12)

ตารางที่ 20 ค่าร้อยละความสูงของลำต้นกล้าประดู่ป่าที่เพิ่มขึ้นทุก 30 วัน เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม

ค่าร้อยละเมื่อเทียบกับชุดควบคุม	30 วัน	60 วัน	90 วัน	120 วัน	150 วัน	180 วัน
การปลูกหัวเชื้อเห็ดตับเต่าจำนวน 1 ครั้ง						
10 มิลลิลิตร (T1)	3.85	3.69	6.15	7.59	1.58	4.58
20 มิลลิลิตร (T2)	7.93	8.14	8.63	9.49	9.14	13.47
30 มิลลิลิตร (T3)	7.21	8.58	10.32	17.46	10.22	19.56
การปลูกหัวเชื้อเห็ดตับเต่าจำนวน 2 ครั้ง						
10 มิลลิลิตร (T4)	8.17	8.36	9.92	20.49	12.96	30.64
20 มิลลิลิตร (T5)	9.62	10.86	13.69	23.34	13.61	41.63
30 มิลลิลิตร (T6)	11.06	11.83	20.04	29.22	21.31	35.01

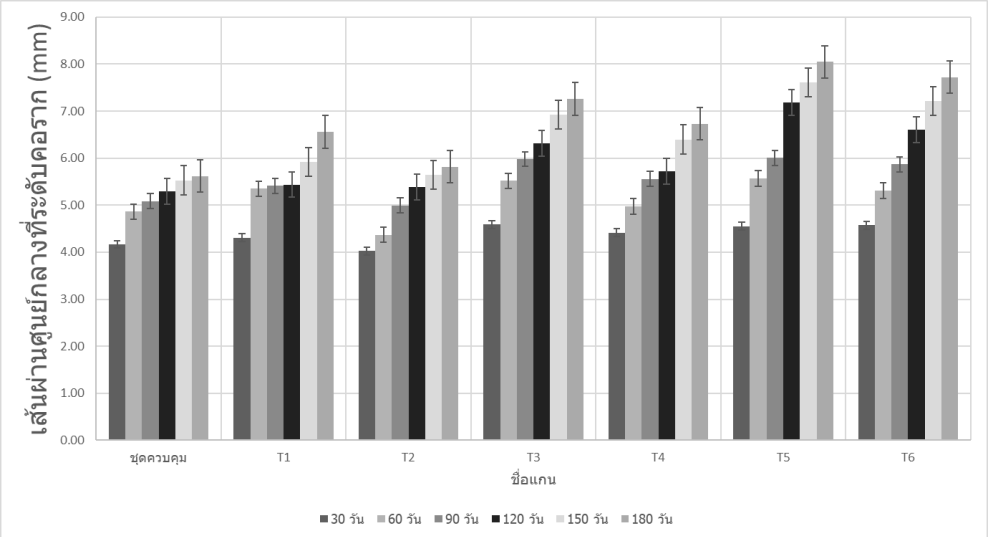


ภาพที่ 12 แนวโน้มการเจริญเติบโตด้านความสูงของลำต้นกล้าประดู่ป่า

การแสดงแนวโน้มการเจริญเติบโตด้านเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับคอรากกล้าประดู่ป่าหลังการปลูกหัวเชื้อเห็ดตับเต่าเมื่อที่ครบ 30 60 90 120 150 และ 180 วัน พบว่า การปลูกหัวเชื้อเห็ดตับเต่าปริมาตร 20 มิลลิลิตร จำนวน 2 ครั้ง มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในช่วง 120 150 และ 180 วัน ในขณะที่การปลูกหัวเชื้อเห็ดตับเต่าปริมาตร 30 มิลลิลิตร จำนวน 2 ครั้ง มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในช่วง 150 และ 180 วัน เมื่อเทียบกับชุดควบคุม (ตารางที่ 21, ภาพที่ 13)

ตารางที่ 21 ค่าร้อยละเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับคอรากกล้าประดู่ป่าที่เพิ่มขึ้นทุก 30 วัน เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม

ค่าร้อยละเมื่อเทียบกับชุดควบคุม	30 วัน	60 วัน	90 วัน	120 วัน	150 วัน	180 วัน
การปลูกหัวเชื้อเห็ดตับเต่าจำนวน 1 ครั้ง						
10 มิลลิลิตร (T1)	3.37	10.01	6.49	2.65	6.97	16.62
20 มิลลิลิตร (T2)	-3.40	-10.23	-1.71	1.54	1.99	3.53
30 มิลลิลิตร (T3)	10.10	13.47	17.67	19.18	25.24	29.00
การปลูกหัวเชื้อเห็ดตับเต่าจำนวน 2 ครั้ง						
10 มิลลิลิตร (T4)	5.91	2.24	9.30	7.95	15.71	19.66
20 มิลลิลิตร (T5)	9.28	14.49	18.17	35.70	37.60	42.88
30 มิลลิลิตร (T6)	9.85	9.14	15.41	24.63	30.38	37.17

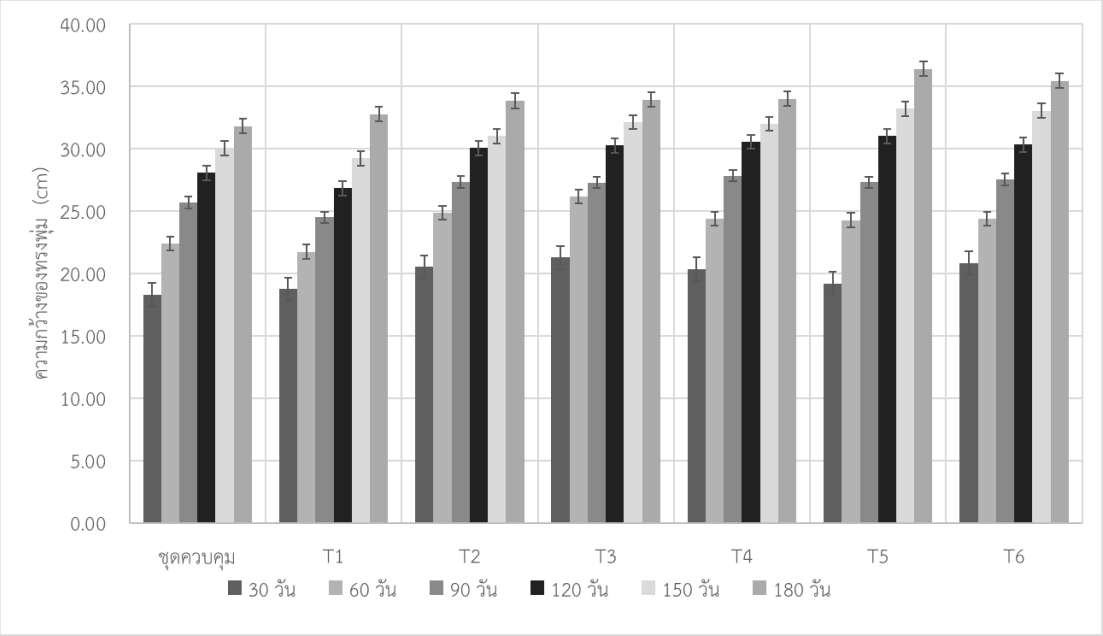


ภาพที่ 13 แนวโน้มการเจริญเติบโตด้านเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับคอรากกล้าประดู่ป่า

การแสดงแนวโน้มการเจริญเติบโตด้านทรงพุ่มของกล้าประดู่ป่าหลังการปลูกหัวเชื้อเห็ดตับเต่าเมื่อที่ครบ 30 90 120 150 และ 180 วัน พบว่า การปลูกหัวเชื้อเห็ดตับเต่าปริมาตร 20 และ 30 มิลลิลิตร จำนวน 2 ครั้ง มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในช่วง 120 วัน เมื่อเทียบกับชุดควบคุม (ตารางที่ 22, ภาพที่ 14)

ตารางที่ 22 ค่าร้อยละความกว้างทรงของพุ่มกล้าประดู่ป่าที่เพิ่มขึ้นทุก 30 วัน เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม

ค่าร้อยละเมื่อเทียบกับชุดควบคุม	30 วัน	60 วัน	90 วัน	120 วัน	150 วัน	180 วัน
การปลูกหัวเชื้อเห็ดตับเต่าจำนวน 1 ครั้ง						
10 มิลลิลิตร (T1)	2.58	3.13	4.88	4.55	2.76	3.05
20 มิลลิลิตร (T2)	12.31	14.45	11.56	14.49	6.08	5.18
30 มิลลิลิตร (T3)	16.41	20.46	11.34	14.18	9.98	6.85
การปลูกหัวเชื้อเห็ดตับเต่าจำนวน 2 ครั้ง						
10 มิลลิลิตร (T4)	11.25	12.28	13.61	13.87	9.51	6.94
20 มิลลิลิตร (T5)	4.86	11.76	11.45	15.63	13.59	14.34
30 มิลลิลิตร (T6)	13.98	12.28	12.36	14.60	13.12	11.38



ภาพที่ 14 แนวโน้มการเจริญเติบโตด้านความกว้างของทรงพุ่มกล้าประดู่ป่า

การศึกษาผลของแนวโน้มการเจริญเติบโตของกล้าพะยูง และกล้าประดู่ป่า โดยแสดงข้อมูลที่บันทึกหลังปลูกร่วมกับหัวเชื้อเห็ดตับเต่าในปริมาตร และจำนวนครั้งที่แตกต่างกันที่ 30 60 90 120 150 และ 180 วัน โดยการติดตามผลการเจริญเติบโต 3 ดัชนี ได้แก่ ความสูงของลำต้น เส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับคอราก และ ความกว้างของทรงพุ่ม พบว่า การปลูกหัวเชื้อเห็ดตับเต่าจำนวน 2 ครั้ง มีแนวโน้มที่ดีกว่าการปลูกหัวเชื้อเห็ดตับเต่าเพียงครั้งเดียว

เมื่อเทียบกับชุดควบคุมแนวโน้มการเจริญเติบโตด้านความสูงของลำต้นเป็นเกณฑ์ พบว่า กล้าพะยูงมีแนวโน้มที่สามารถลงปลูกได้หลังปลูกร่วมกับหัวเชื้อเห็ดตับเต่าที่ 60 วัน โดยใช้ปริมาตรการปลูกหัวเชื้อเห็ดตับเต่าที่ 30 มิลลิลิตร จำนวน 2 ครั้ง ขณะที่กล้าประดู่ป่าสามารถนำลงปลูกได้หลังปลูกร่วมกับหัวเชื้อเห็ดตับเต่าที่ 60 วัน โดยใช้ปริมาตรการปลูกหัวเชื้อเห็ดตับเต่าที่ 20 หรือ 30 มิลลิลิตร จำนวน 2 ครั้ง

เมื่อเทียบกับชุดควบคุมแนวโน้มการเจริญเติบโตด้านเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับคอรากเป็นเกณฑ์ พบว่า กล้าพะยูงมีแนวโน้มที่สามารถลงปลูกได้หลังปลูกร่วมกับหัวเชื้อเห็ดตับเต่าที่ 60 วัน ขณะที่กล้าประดู่ป่าสามารถนำลงปลูกหลังปลูกร่วมกับหัวเชื้อเห็ดตับเต่าได้ตั้งแต่ระยะ 30 และ 60 วัน โดยใช้ปริมาตรการปลูกหัวเชื้อเห็ดตับเต่าที่ 20 มิลลิลิตร จำนวน 2 ครั้ง

เมื่อเทียบกับชุดควบคุมแนวโน้มการเจริญเติบโตด้านความกว้างของทรงพุ่มเป็นเกณฑ์ พบว่า กล้าพะยูงแนวโน้มที่สามารถลงปลูกได้หลังปลูกร่วมกับหัวเชื้อเห็ดตับเต่าที่ 30 วัน โดยใช้ปริมาตรการปลูกหัวเชื้อเห็ดตับเต่าที่ 10 หรือ 20 มิลลิลิตร 2 ครั้ง ขณะที่กล้าประดู่ป่าสามารถลงปลูกได้หลังปลูกร่วมกับหัวเชื้อเห็ดตับเต่าที่ 30 วัน หรือ 60 วัน โดยใช้ปริมาตรการปลูกหัวเชื้อเห็ดตับเต่าที่ 10 20 หรือ 30 มิลลิลิตร 2 ครั้ง

เมื่อเทียบกับชุดควบคุมแนวโน้มการเจริญเติบโตที่เพิ่มขึ้นตามปริมาตร และจำนวนครั้งที่แตกต่างกันของหัวเชื้อเห็ดตับเต่าที่ปลูกร่วมกับกล้าพะยูง และกล้าประดู่ป่ามีการเพิ่มขึ้นคล้ายกับการศึกษาผลของหัวเชื้อน้ำเห็ดตับเต่าต่อการเจริญเติบโต และผลผลิตของพริกขี้หนูที่มีแนวโตเพิ่มขึ้นตามปริมาตรหัวเชื้อน้ำเห็ดตับเต่าที่เพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับชุดควบคุม (กิติภูมิ และ คมกฤษณ์, 2565)

3.1 การศึกษาผลของปริมาตร และจำนวนครั้งที่ปลูกหัวเชื้อเห็ดตับเต่าต่อปริมาณคลอโรฟิลล์ของกล้าพะยูง

การวิเคราะห์ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ คลอโรฟิลล์บี และคลอโรฟิลล์รวมของกล้าพะยูงหลังทดสอบครบ 180 วัน ในการปลูกหัวเชื้อเห็ดตับเต่า ในปริมาตร 10 20 และ 30 มิลลิลิตร จำนวน 1 และ 2 ครั้ง ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ พบว่า การปลูกหัวเชื้อเห็ดตับเต่าปริมาตร 20 มิลลิลิตร จำนวน 2 ครั้ง มีค่าเฉลี่ยสูงสุดที่ 3.23±0.03 มิลลิกรัมต่อกรัม แตกต่างกับชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ในขณะที่ปริมาณคลอโรฟิลล์บี พบว่า การปลูกหัวเชื้อเห็ดตับเต่าปริมาตร 10 มิลลิลิตร จำนวน 2 ครั้ง มีค่าเฉลี่ยสูงสุดที่ 1.87±0.22 มิลลิกรัมต่อกรัม และการปลูกหัวเชื้อเห็ดตับเต่าลงในกล้าพะยูงที่ปริมาตร และจำนวนครั้ง แตกต่างกันไม่ส่งผลให้กล้าไม้ผลิตคลอโรฟิลล์บีแตกต่างกับชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ส่วนปริมาณคลอโรฟิลล์รวม (คลอโรฟิลล์เอ รวมกับ คลอโรฟิลล์บี) พบว่า การปลูกหัวเชื้อเห็ดตับเต่าที่ปริมาตร 20 มิลลิลิตร จำนวน 2 ครั้ง มีค่าเฉลี่ยสูงสุดที่ 4.63±0.09 มิลลิกรัมต่อกรัม แตกต่างกับชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) (ตารางที่ 23) โดยค่าเฉลี่ยสูงสุดของปริมาณคลอโรฟิลล์เอ คลอโรฟิลล์บี และคลอโรฟิลล์รวม เมื่อเทียบกับชุดควบคุมเพิ่มขึ้นร้อยละ 171.48 42.72 และ 85.20 ตามลำดับ

ตารางที่ 23 ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ คลอโรฟิลล์บี และคลอโรฟิลล์รวมของกล้าพะยูงหลังปลูกหัวเชื้อเห็ดตับเต่าเป็นระยะเวลา 180 วัน

ทรีตเมนต์	ปริมาณคลอโรฟิลล์ของกล้าพะยูงหลังปลูกหัวเชื้อเป็นเวลา 180 วัน		
	Chlorophyll a ($mg.g^{-1}$)	Chlorophyll b ($mg.g^{-1}$)	Total chlorophyll ($mg.g^{-1}$)
ชุดควบคุม	1.19±0.63^{c}	1.31±0.71^{ab}	2.50±0.09^{c}
การปลูกหัวเชื้อเห็ดตับเต่าจำนวน 1 ครั้ง			
10 มิลลิลิตร (T1)	1.94±0.07^{bc}	1.06±0.26^{ab}	3.00±0.19^{cd}
20 มิลลิลิตร (T2)	2.60±0.16^{ab}	0.94±0.02^{b}	3.54±0.14^{c}
30 มิลลิลิตร (T3)	2.80±0.04^{ab}	0.92±0.01^{b}	3.72±0.02^{bc}
การปลูกหัวเชื้อเห็ดตับเต่าจำนวน 2 ครั้ง			
10 มิลลิลิตร (T4)	1.99±0.25^{bc}	1.87±0.22^{a}	3.87±0.03^{bc}
20 มิลลิลิตร (T5)	3.23±0.03^{a}	1.40±0.12^{ab}	4.63±0.09^{a}
30 มิลลิลิตร (T6)	2.73±0.44^{ab}	1.48±0.31^{ab}	4.21±0.14^{ab}
F	4.88	1.11	4.00
Sig.	0.03	0.44	0.00

หมายเหตุ: a-c ตัวอักษรตัวยกที่แตกต่างกันในแต่ละคอลัมน์แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

3.2 การศึกษาผลของปริมาตร และจำนวนครั้งที่ปลูกหัวเชื้อเห็ดตับเต่าต่อปริมาณคลอโรฟิลล์ของกล้าประดู่ป่า

การวิเคราะห์ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ คลอโรฟิลล์บี และคลอโรฟิลล์รวมของกล้าประดู่ป่าหลังทดสอบครบ 180 วัน ในการปลูกหัวเชื้อเห็ดตับเต่า ในปริมาตร 10 20 และ 30 มิลลิลิตร จำนวน 1 และ 2 ครั้ง ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ พบว่า การปลูกหัวเชื้อเห็ดตับเต่าปริมาตร 20 มิลลิลิตร จำนวน 2 ครั้ง มีค่าเฉลี่ยสูงสุดที่ 2.41±0.31 มิลลิกรัมต่อกรัม แตกต่างกับชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ในขณะที่ปริมาณคลอโรฟิลล์บี พบว่า การปลูกหัวเชื้อเห็ดตับเต่าปริมาตร 20 มิลลิลิตร จำนวน 1 ครั้ง มีค่าเฉลี่ยสูงสุดที่ 1.33±0.69 มิลลิกรัมต่อกรัม ไม่แตกต่างกับชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ส่วนปริมาณคลอโรฟิลล์รวม (คลอโรฟิลล์เอ รวมกับ คลอโรฟิลล์บี) พบว่า การปลูกหัวเชื้อเห็ดตับเต่าที่ปริมาตร 20 มิลลิลิตร จำนวน 2 ครั้ง มีค่าเฉลี่ยสูงสุดที่ 3.61±0.55 มิลลิกรัมต่อกรัม แตกต่างกับชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) (ตารางที่ 24) โดยค่าเฉลี่ยสูงสุดปริมาณคลอโรฟิลล์เอ คลอโรฟิลล์บี และคลอโรฟิลล์รวม เมื่อเทียบกับชุดควบคุมเพิ่มขึ้นร้อยละ 167.78 3.20 และ 67.91 ตามลำดับ

ตารางที่ 24 ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ คลอโรฟิลล์บี และคลอโรฟิลล์รวมของกล้าประดู่ป่าหลังปลูกร่วมกับหัวเชื้อเห็ดตับเต่าเป็นระยะเวลา 180 วัน

ทรีตเมนต์	ปริมาณคลอโรฟิลล์ของกล้าประดู่ป่าหลังปลูกหัวเชื้อเป็นเวลา 180 วัน		
	Chlorophyll a ($mg.g^{-1}$)	Chlorophyll b ($mg.g^{-1}$)	Total chlorophyll ($mg.g^{-1}$)
ชุดควบคุม	0.90 ± 0.48^{b}	1.25 ± 0.31^{a}	2.15 ± 0.18^{c}
การปลูกหัวเชื้อเห็ดตับเต่าจำนวน 1 ครั้ง			
10 มิลลิลิตร (T1)	1.71 ± 0.11^{ab}	0.73 ± 0.19^{a}	2.43 ± 0.08^{bc}
20 มิลลิลิตร (T2)	1.29 ± 0.66^{ab}	1.33 ± 0.69^{a}	2.61 ± 0.04^{bc}
30 มิลลิลิตร (T3)	1.98 ± 0.03^{ab}	0.92 ± 0.18^{a}	2.89 ± 0.20^{abc}
การปลูกหัวเชื้อเห็ดตับเต่าจำนวน 2 ครั้ง			
10 มิลลิลิตร (T4)	2.05 ± 0.18^{ab}	1.09 ± 0.21^{a}	3.14 ± 0.03^{ab}
20 มิลลิลิตร (T5)	2.41 ± 0.31^{a}	1.20 ± 0.86^{a}	3.61 ± 0.55^{a}
30 มิลลิลิตร (T6)	1.94 ± 0.22^{ab}	1.29 ± 0.18^{a}	3.22 ± 0.04^{ab}
F	2.16	0.24	4.70
Sig.	0.17	0.95	0.03

หมายเหตุ: a-c ตัวอักษรตัวยกที่แตกต่างกันในแต่ละคอลัมน์แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p\leq0.05$)

การปลูกหัวเชื้อเห็ดตับเต่าส่งผลให้กล้าพะยูง และกล้าประดู่ป่าผลิตคลอโรฟิลล์เอ และคลอโรฟิลล์รวมเพิ่มขึ้น ซึ่งคลอโรฟิลล์เป็นรงควัตถุหลักที่สำคัญ ในการดูดซับ และถ่ายทอดพลังงานแสงไปยังคลอโรพลาสต์ซึ่งเป็นแหล่งทำปฏิกิริยาแสง เป็นการสังเคราะห์อาหารของพืช อีกทั้งปริมาณคลอโรฟิลล์ยังบ่งบอกปัจจัยทางสภาพแวดล้อมของพืช เช่น การขาดธาตุไนโตรเจน หรือมีการเข้าทำลายของศัตรูพืชส่งผลให้ปริมาณคลอโรฟิลล์ลดลง (ณัฐธิดา และบุบผา, 2564; สุริวรรณ และคณะ, 2560) การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณคลอโรฟิลล์กับการเจริญเติบโตของต้นกล้ายางพารา พบว่า ปริมาณคลอโรฟิลล์ที่เพิ่มขึ้นมีผลต่อการเจริญเติบโตของกล้ายางพาราอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Ariff et al., 2012) เนื่องจากการเจริญเติบโตเป็นผลมาจากการปฏิกิริยาสังเคราะห์ด้วยแสง ซึ่งเป็นหน้าที่ของคลอโรฟิลล์ในการดูดกลืนพลังงานแสง และสังเคราะห์อาหารให้กับพืช ปริมาณคลอโรฟิลล์ที่เพิ่มขึ้นมีความสัมพันธ์โดยตรงกับธาตุไนโตรเจนที่เป็นส่วนประกอบหลักของคลอโรฟิลล์ และเป็นองค์ประกอบของเอนไซม์ที่ใช้ในปฏิกิริยาการสังเคราะห์ด้วยแสง (Gardner et al., 2022)

4.1 การศึกษาผลของปริมาตร และจำนวนครั้งที่ปลูกหัวเชื้อเห็ดตับเต่าต่อมวลชีวภาพของกล้าพะยูง

ผลการศึกษามวลชีวภาพเหนือดิน มวลชีวภาพใต้ดิน และมวลชีวภาพโดยรวมของกล้าพะยูง หลังทดสอบครบ 180 วัน การปลูกหัวเชื้อเห็ดตับเต่าปริมาตร 10 20 และ 30 มิลลิลิตร จำนวน 1 และ 2 ครั้ง พบว่า การปลูกหัวเชื้อเห็ดตับเต่าปริมาตร 20 มิลลิลิตร จำนวน 2 ครั้ง มีค่าเฉลี่ยมวลชีวภาพเหนือดินสูงสุดที่ 18.62±6.45 กรัม ค่าเฉลี่ยมวลชีวภาพใต้ดินสูงสุดที่ 18.62±6.45 กรัม และ ค่าเฉลี่ยมวลชีวภาพโดยรวมสูงสุดที่ 23.47±8.13 กรัม แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) (ตารางที่ 25) โดยค่าเฉลี่ยสูงสุดมวลชีวภาพเหนือดิน มวลชีวภาพใต้ดิน และมวลชีวภาพโดยรวมเมื่อเทียบกับชุดควบคุมเพิ่มขึ้นร้อยละ 49.56 49.38 และ 49.59 ตามลำดับ

ตารางที่ 25 มวลชีวภาพเหนือดิน มวลชีวภาพใต้ดิน และมวลชีวภาพโดยรวมของกล้าพะยูงหลังปลูกหัวเชื้อเห็ดตับเต่าเป็นระยะเวลา 180 วัน

ทรีตเมนต์	มวลชีวภาพของกล้าพะยูงหลังปลูกหัวเชื้อเป็นเวลา 180 วัน		
	มวลชีวภาพเหนือดิน (g)	มวลชีวภาพใต้ดิน (g)	มวลชีวภาพโดยรวม (g)
ชุดควบคุม	12.45±4.63^{c}	3.24±1.20^{c}	15.69±5.83^{c}
การปลูกหัวเชื้อเห็ดตับเต่าจำนวน 1 ครั้ง			
10 มิลลิลิตร (T1)	12.57±4.16^{c}	3.27±1.08^{c}	15.84±5.24^{c}
20 มิลลิลิตร (T2)	12.98±4.43^{c}	3.37±1.15^{c}	16.36±5.58^{c}
30 มิลลิลิตร (T3)	13.67±4.75^{bc}	3.55±1.23^{bc}	17.22±5.99^{bc}
การปลูกหัวเชื้อเห็ดตับเต่าจำนวน 2 ครั้ง			
10 มิลลิลิตร (T4)	15.90±3.83^{abc}	4.13±1.00^{abc}	20.03±4.83^{abc}
20 มิลลิลิตร (T5)	18.62±6.45^{a}	4.84±1.68^{a}	23.47±8.13^{a}
30 มิลลิลิตร (T6)	16.85±2.52^{ab}	4.38±0.65^{ab}	21.23±3.18^{ab}
F	3.99	3.99	3.99
Sig.	0.00	0.00	0.00

หมายเหตุ: a-c ตัวอักษรตัวยกที่แตกต่างกันในแต่ละคอลัมน์แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

4.2 ศึกษาผลของปริมาตร และจำนวนครั้งที่ปลูกหัวเชื้อเห็ดตับเต่าต่อมวลชีวภาพของกล้าประดู่ป่า

มวลชีวภาพเหนือดิน มวลชีวภาพใต้ดิน และมวลชีวภาพโดยรวมของกล้าประดู่ป่าหลังทดสอบครบ 180 วัน ในการปลูกหัวเชื้อเห็ดตับเต่า ในปริมาตร 10 20 และ 30 มิลลิลิตร จำนวน 1 และ 2 ครั้ง พบว่า การปลูกหัวเชื้อเห็ดตับเต่าปริมาตร 20 มิลลิลิตร จำนวน 2 ครั้ง มีค่าเฉลี่ยมวลชีวภาพเหนือดินสูงสุดที่ 12.72±1.91 กรัม ค่าเฉลี่ยมวลชีวภาพใต้ดินสูงสุดที่ 3.30±0.49 กรัม และ ค่าเฉลี่ยมวลชีวภาพโดยรวมสูงสุดที่ 16.02±2.41 กรัม แตกต่างกับชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) (ตารางที่ 26) โดยค่าเฉลี่ยสูงสุดมวลชีวภาพเหนือดิน มวลชีวภาพใต้ดิน และมวลชีวภาพโดยรวมเมื่อเทียบกับชุดควบคุมเพิ่มขึ้นร้อยละ 46.88 46.67 และ 46.79 ตามลำดับ

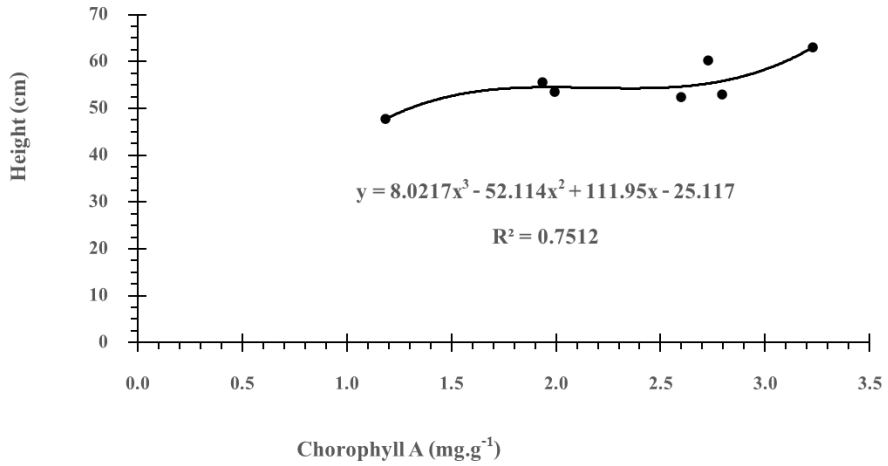
ตารางที่ 26 มวลชีวภาพเหนือดิน มวลชีวภาพใต้ดิน และมวลชีวภาพโดยรวมของกล้าประดู่ป่าหลังปลูกร่วมกับหัวเชื้อเห็ดตับเต่าเป็นระยะเวลา 180 วัน

ทรีตเมนต์	มวลชีวภาพของกล้าประดู่ป่าหลังปลูกหัวเชื้อเป็นเวลา 180 วัน		
	มวลชีวภาพเหนือดิน (g)	มวลชีวภาพใต้ดิน (g)	มวลชีวภาพโดยรวม (g)
ชุดควบคุม	8.66±1.08^{b}	2.25±0.28^{b}	10.92±1.37^{b}
การปลูกหัวเชื้อเห็ดตับเต่าจำนวน 1 ครั้ง			
10 มิลลิลิตร (T1)	9.12±1.01^{b}	2.37±0.26^{b}	11.49±1.27^{b}
20 มิลลิลิตร (T2)	9.88±1.21^{ab}	2.56±0.31^{ab}	12.44±1.52^{ab}
30 มิลลิลิตร (T3)	10.97±1.22^{ab}	2.85±0.31^{ab}	13.83±1.54^{ab}
การปลูกหัวเชื้อเห็ดตับเต่าจำนวน 2 ครั้ง			
10 มิลลิลิตร (T4)	10.37±0.8^{ab}	2.69±0.20^{ab}	13.06±1.01^{ab}
20 มิลลิลิตร (T5)	12.72±1.91^{a}	3.30±0.49^{a}	16.02±2.41^{a}
30 มิลลิลิตร (T6)	11.47±1.31^{ab}	2.98±0.34^{ab}	14.45±1.66^{ab}
F	3.99	4.00	4.00
Sig.	0.00	0.00	0.00

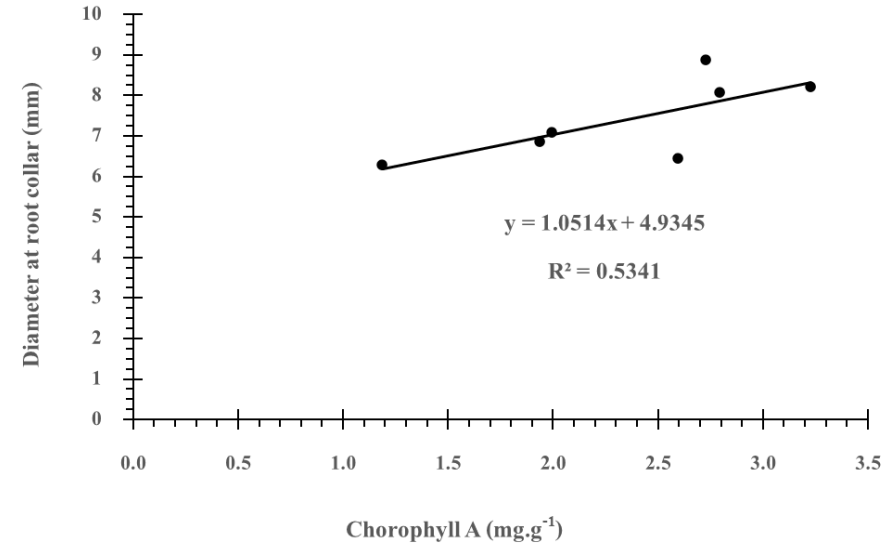
หมายเหตุ: a-c ตัวอักษรตัวยกที่แตกต่างกันในแต่ละคอลัมน์แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

กล้าพะยูง และกล้าประดู่ป่าหลังปลูกหัวเชื้อเห็ดตับเต่าเป็นระยะเวลา 180 วัน พบว่ามีมวลชีวภาพเหนือดิน มวลชีวภาพใต้ดิน และมวลชีวภาพโดยรวม มากกว่าชุดทดลองที่ไม่ได้รับการปลูกหัวเชื้อเห็ดตับเต่า (ชุดควบคุม) สอดคล้องกับการเจริญเติบโตของกล้ายางนาที่ปลูกร่วมกับเอคโตไมคอร์ไรซามีน้ำหนักแห้งมากกว่ากล้าที่ไม่ได้ปลูกหัวเชื้อ (Jackson and Manson, 1984; ทนุวงศ์ และอุทัยวรรณ, 2537) และกล้าหว้าอายุ 7 เดือน ที่ปลูกหัวเชื้อตับเต่ามีมวลชีวภาพส่วนเหนือดิน และมวลชีวภาพส่วนใต้ดิน มากกว่ากล้าที่ไม่ได้ปลูกหัวเชื้อ (ธนภักษ์ และคณะ, 2564)

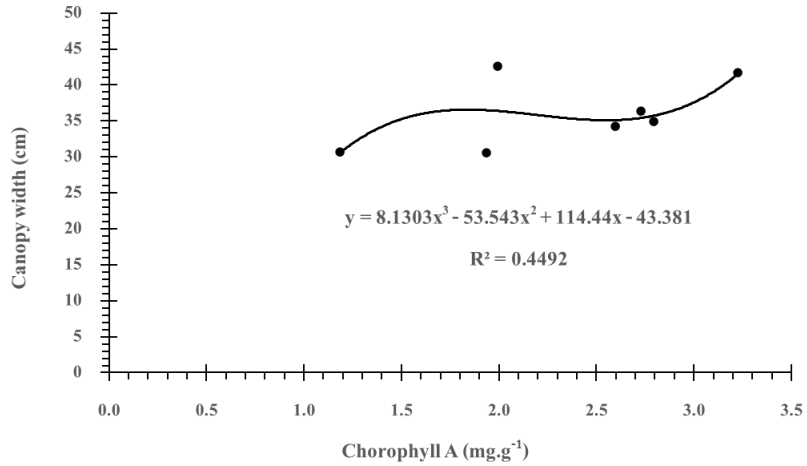
5.1 การศึกษาผลของความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณคลอโรฟิลล์เอกับการเจริญเติบโตของกล้าพะยูง



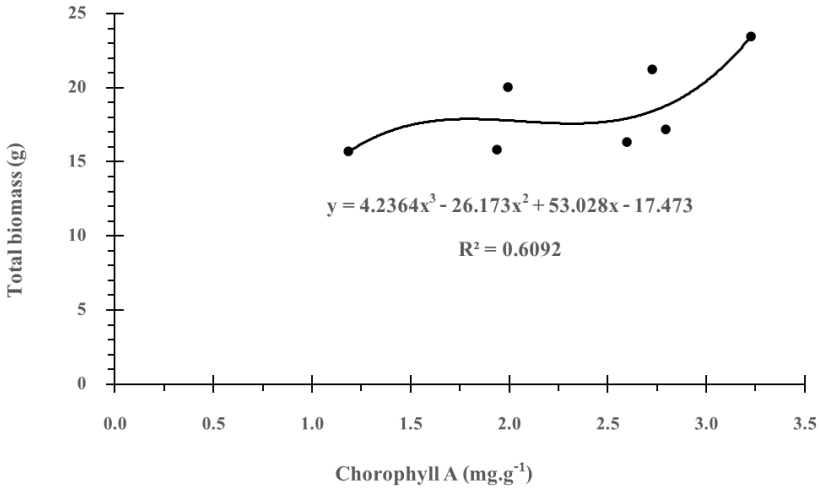
ภาพที่ 15 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณคลอโรฟิลล์เอกับการเจริญเติบโตด้านความสูงของลำต้นกล้าพะยูง



ภาพที่ 16 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณคลอโรฟิลล์เอกับการเจริญเติบโตด้านเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับคอรากกล้าพะยูง



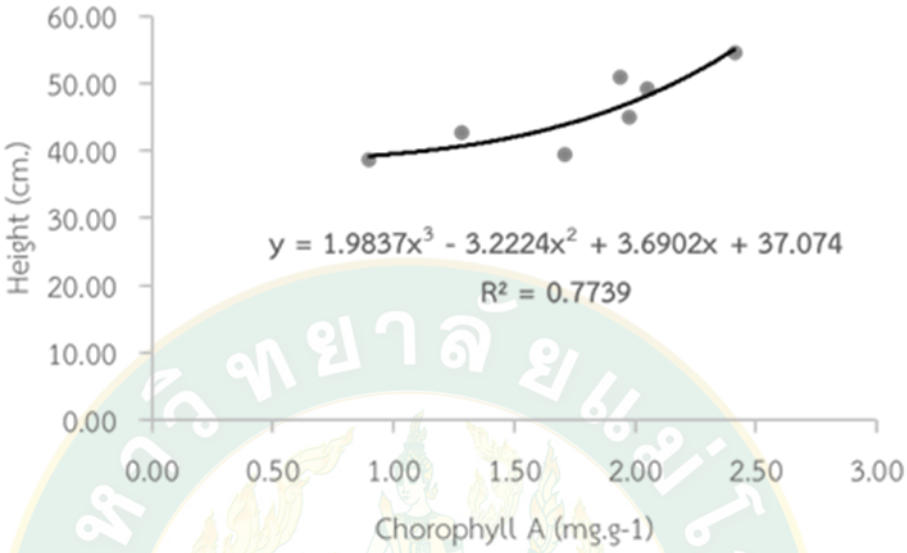
ภาพที่ 17 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณคลอโรฟิลล์เอกับการเจริญเติบโตด้านความกว้างของทรงพุ่มกล้าพะยูง



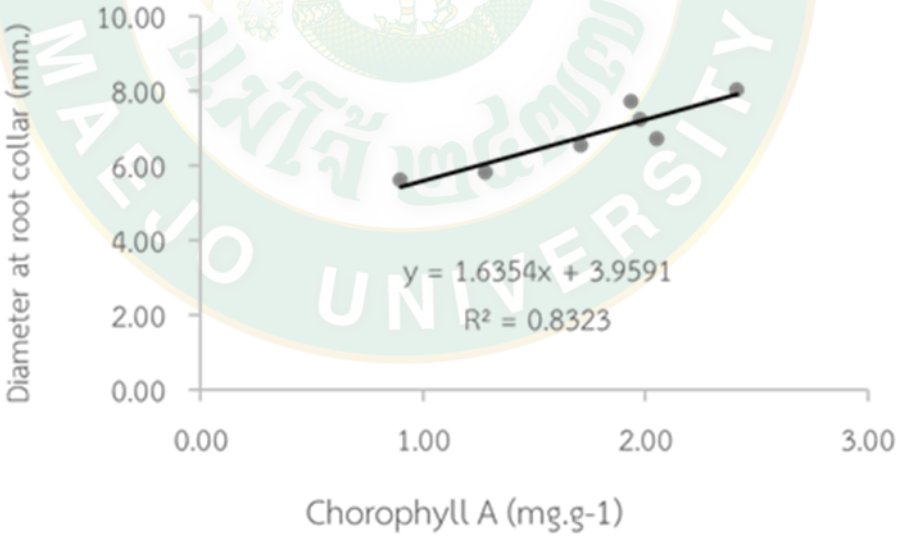
ภาพที่ 18 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณคลอโรฟิลล์เอกับการเจริญเติบโตด้านมวลชีวภาพโดยรวมของกล้าพะยูง

ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณคลอโรฟิลล์เอ (มิลลิกรัม/กรัม) และดัชนีชี้วัดการเจริญเติบโตของกล้าพะยูง 4 ดัชนี ได้แก่ ความสูงของลำต้น (เซนติเมตร) เส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับคอราก (มิลลิเมตร) ความกว้างของทรงพุ่ม (เซนติเมตร) และมวลชีวภาพ (กรัม) ได้นำมาวิเคราะห์ลักษณะความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณคลอโรฟิลล์เอ และดัชนีชี้วัดการเจริญเติบโตของกล้าพะยูง 4 ดัชนี ซึ่งผลการวิเคราะห์ พบว่า ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ มีความสัมพันธ์กับความสูงของกล้าพะยูงมากที่สุด ซึ่งรูปแบบสมการความสัมพันธ์ที่ให้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R^2) มากที่สุดเป็นแบบโพลีโนเมียลยกกำลัง 3 ซึ่งความสูงของกล้าพะยูงจะผันแปรตามปริมาณคลอโรฟิลล์เอ ตามสมการ $y = 8.0217x^3 - 52.114x^2 + 11.95x - 25.117$ โดยมีค่าความสัมพันธ์อยู่ในระดับปานกลาง-มาก ($R^2 = 0.7512$) (ภาพที่ 15) ในทำนองเดียวกันปริมาณคลอโรฟิลล์เอ มีความสัมพันธ์กับมวลชีวภาพและความกว้างของทรงพุ่มเป็นแบบโพลีโนเมียลยกกำลัง 3 ($R^2 = 0.6092$ และ 0.4492 ตามลำดับ) (ภาพที่ 18 และ ภาพที่ 17) ในขณะที่ ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ มีลักษณะความสัมพันธ์กับเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับคอรากเป็นแบบสมการเส้นตรง $y = 1.0514x + 4.9345$ ($R^2 = 0.5341$) (ภาพที่ 16) ตามลำดับ ซึ่งค่าความสัมพันธ์ของปริมาณคลอโรฟิลล์เอ และดัชนีชี้วัดการเจริญเติบโตของกล้าพะยูง 3 ปัจจัยดังกล่าว จัดอยู่ในระดับปานกลาง

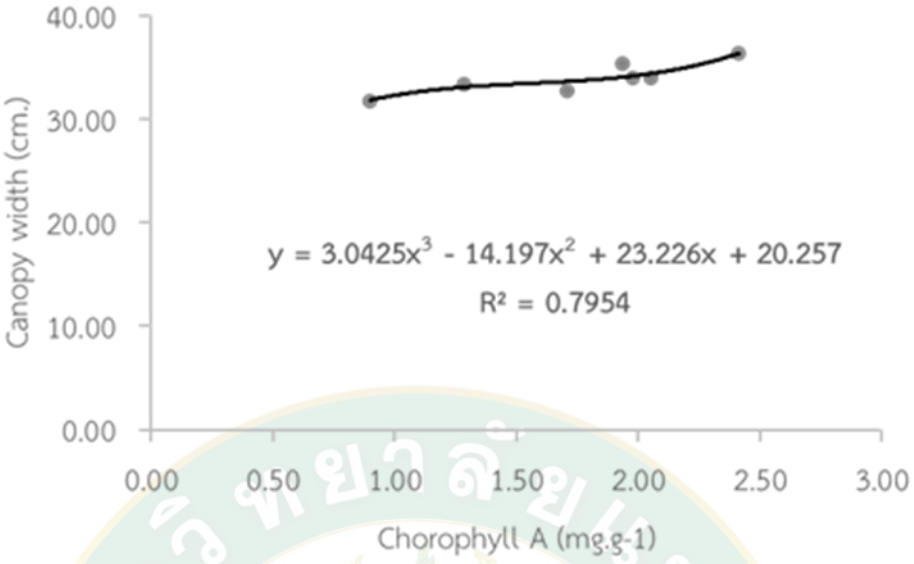
5.2 การศึกษาผลของความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณคลอโรฟิลล์เอต่อการเจริญเติบโตของกล้าประดู่ป่า



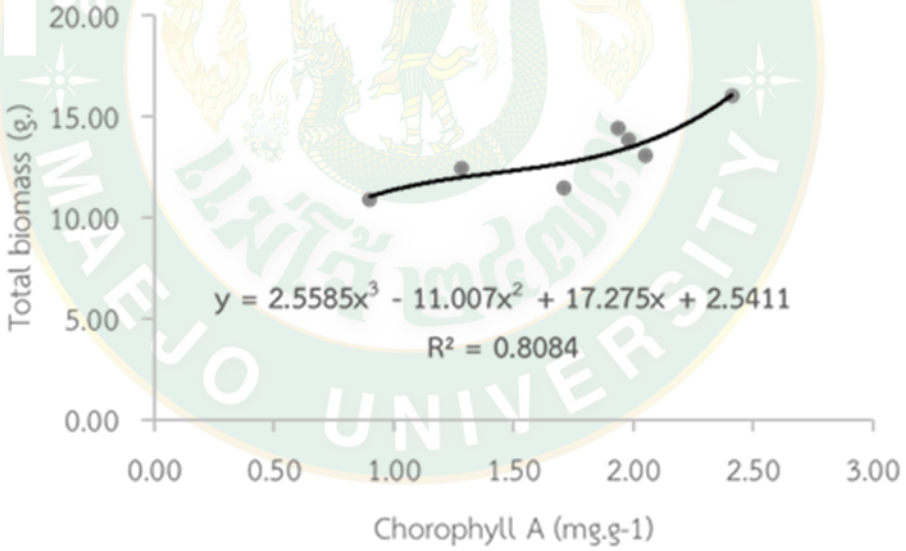
ภาพที่ 19 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณคลอโรฟิลล์เอกับการเจริญเติบโตด้านความสูงของลำต้นกล้าประดู่ป่า



ภาพที่ 20 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณคลอโรฟิลล์เอกับการเจริญเติบโตด้านเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับคอรากกล้าประดู่ป่า



ภาพที่ 21 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณคลอโรฟิลล์เอกับการเจริญเติบโตด้านความกว้างของทรงพุ่มกล้าประดู่ป่า



ภาพที่ 22 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณคลอโรฟิลล์เอกับการเจริญเติบโตด้านมวลชีวภาพโดยรวมของกล้าประดู่ป่า

ผลการตรวจวัดระดับปริมาณคลอโรฟิลล์เอ (มิลลิกรัม/กรัม) และดัชนีชี้วัดการเจริญเติบโตของกล้าประดู่ป่า 4 ดัชนี ได้แก่ ความสูงของลำต้น (เซนติเมตร) เส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับคอราก (มิลลิเมตร) ความกว้างของทรงพุ่ม (เซนติเมตร) และมวลชีวภาพโดยรวม (กรัม) ได้นำมาวิเคราะห์ลักษณะความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณคลอโรฟิลล์เอ และดัชนีชี้วัดการเจริญเติบโตของกล้าประดู่ป่า 4 ดัชนี ซึ่งผลการวิเคราะห์ พบว่า ปริมาณคลอโรฟิลล์เอมีความสัมพันธ์กับเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับคอรากของกล้าประดู่ป่ามากที่สุด ซึ่งรูปแบบของสมการความสัมพันธ์ที่ให้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R^2) มากที่สุดเป็นแบบสมการเส้นตรง $y = 1.6354x + 3.9591$ โดยมีค่าความสัมพันธ์อยู่ในระดับปานกลาง-มาก ($R^2 = 0.8323$) (ภาพที่ 20) คือ ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ มีลักษณะความสัมพันธ์กับเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับคอราก ในขณะที่แบบโพลีโนเมียลยกกำลัง 3 ซึ่งมวลชีวภาพโดยรวมของกล้าประดู่ป่า จะผันแปรตามปริมาณคลอโรฟิลล์เอ ตามสมการ $y = 2.5585x^3 - 11.007x^2 + 17.275x + 2.5411$ ($R^2 = 0.8084$) (ภาพที่ 22) ในทำนองเดียวกันปริมาณคลอโรฟิลล์เอ มีความสัมพันธ์กับความกว้างของทรงพุ่ม และความสูงเป็นแบบโพลีโนเมียลยกกำลัง 3 ($R^2 = 0.7954$ และ 0.7739 ตามลำดับ) (ภาพที่ 21 และ ภาพที่ 19) ตามลำดับ ซึ่งค่าความสัมพันธ์ของปริมาณคลอโรฟิลล์เอ และดัชนีชี้วัดการเจริญเติบโตของกล้าประดู่ป่า 3 ปัจจัยดังกล่าว จัดอยู่ในระดับปานกลาง-มาก

ผลการวิเคราะห์สมการความสัมพันธ์ พบว่า ปริมาณคลอโรฟิลล์มีผลต่อการเจริญเติบโตทางด้านความสูงของกล้าไม้ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยของ (Ariff et al., 2012) ซึ่งได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณคลอโรฟิลล์กับการเจริญเติบโตทางความสูงของต้นกล้ายางพารา พบว่าปริมาณคลอโรฟิลล์ที่เพิ่มขึ้นมีผลต่อการเพิ่มขึ้นของระดับความสูงของกล้ายางพาราอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นอกจากนั้นยังมีรายงานการวิจัย (สืบสกุล และศักดิ์ดา, 2554) พบว่า ผลผลิตและมวลชีวภาพข้าวโพดมีความสัมพันธ์แบบแปรผันตามปริมาณคลอโรฟิลล์ โดยมีความสัมพันธ์แบบเส้นตรงระหว่างน้ำหนักแห้งกับปริมาณ คลอโรฟิลล์ (R^2=0.63) โดยคลอโรฟิลล์เป็นแหล่งไนโตรเจน และคาร์บอนซึ่งส่งผลต่อ การเจริญเติบโตของเซลล์ใบและการเจริญเติบโตด้านความกว้างของทรงพุ่ม (Li et al., 2018) ในขณะที่ คลอโรฟิลล์เอ ซึ่งเป็นรงควัตถุหลักที่ดูดซับพลังงานแสง มีผลโดยตรงต่อการสังเคราะห์อาหาร และการเจริญเติบโตของพืช (ณัฐธิดา และบุบผา, 2564) เนื่องจากการเจริญเติบโตเป็นผลมาจากการปฏิกิริยาสังเคราะห์ด้วยแสง ซึ่งเป็นหน้าที่ของคลอโรฟิลล์ในการดูดกลืนพลังงานแสง และสังเคราะห์อาหารให้กับพืช ปริมาณคลอโรฟิลล์ที่เพิ่มขึ้นมีความสัมพันธ์โดยตรงกับธาตุไนโตรเจนที่เป็นส่วนประกอบหลักของคลอโรฟิลล์ และเป็นองค์ประกอบของเอนไซม์ที่ใช้ในปฏิกิริยาการสังเคราะห์ด้วยแสง (Gardner et al., 2022) ดังนั้น การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณคลอโรฟิลล์เอกับดัชนีชี้วัดการเจริญเติบโตต่าง ๆ ของพืช ได้แก่ ความสูงของลำต้น เส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับคอราก ความกว้างของทรงพุ่ม และมวลชีวภาพโดยรวม จึงน่าจะเป็นไปในทิศทางเดียวกัน กล่าวคือ ถ้าปริมาณคลอโรฟิลล์เอมีค่ามากจะส่งผลให้การเจริญเติบโตของพืชมากด้วย และค่าความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณคลอโรฟิลล์เอกับดัชนีชี้วัดการเจริญเติบโตต่าง ๆ ของพืชควรอยู่ในระดับสูง แต่เนื่องจากผลการทดลองนี้มีจำนวนตัวอย่างจำกัด ซึ่งอาจมีผลให้เกิดความคลาดเคลื่อนประกอบกับระดับความเชื่อมั่นของข้อมูลน้อยลง ส่งผลให้ค่าความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณคลอโรฟิลล์เอกับค่าดัชนีชี้วัดการเจริญเติบโต และมวลชีวภาพ ของพืชมีค่าอยู่ในระดับปานกลาง

6.1 การศึกษาผลของปริมาตร และจำนวนครั้งที่ปลูกหัวเชื้อเห็ดตับเต่าต่อจำนวนราก และความยาวของรากกล้าพะยูง

ผลการศึกษาจำนวนราก และความยาวรากกล้าพะยูงหลังทดสอบครบ 180 วัน หลังปลูกร่วมกับหัวเชื้อเห็ดตับเต่าปริมาตร 10 20 และ 30 มิลลิลิตร จำนวน 1 และ 2 ครั้ง การตรวจสอบจำนวนราก พบว่า การปลูกหัวเชื้อเห็ดตับเต่าปริมาตร 20 มิลลิลิตร จำนวน 2 ครั้ง มีค่าเฉลี่ยสูงสุดที่ 217.30±6.23 และ การตรวจสอบความยาวของราก พบว่า การปลูกหัวเชื้อเห็ดตับเต่าปริมาตร 30 มิลลิลิตร จำนวน 2 ครั้ง มีค่าเฉลี่ยสูงสุดที่ 36.76±0.50 เซนติเมตร แตกต่างกับชุดควบคุม และการปลูกหัวเชื้อเห็ดตับเต่าจำนวน 1 ครั้ง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) (ตารางที่ 27) โดยค่าเฉลี่ยสูงสุดจำนวนราก และความยาวของราก เมื่อเทียบกับชุดควบคุมเพิ่มขึ้นร้อยละ 248.24 และ 107.68 ตามลำดับ

ตารางที่ 27 ผลของจำนวนราก และ ความยาวของรากกล้าพะยูงหลังปลูกหัวเชื้อเห็ดตับเต่าเป็นระยะเวลา 180 วัน

ทรีตเมนต์	จำนวนราก	ความยาวราก (cm)
ชุดควบคุม	62.40±7.00^{e}	17.70±0.60^{e}
การปลูกหัวเชื้อเห็ดตับเต่าจำนวน 1 ครั้ง		
10 มิลลิลิตร (T1)	98.00±8.39^{d}	24.20±0.48^{d}
20 มิลลิลิตร (T2)	127.00±7.38^{c}	29.80±0.28^{c}
30 มิลลิลิตร (T3)	164.60±9.81^{b}	30.98±0.66^{b}
การปลูกหัวเชื้อเห็ดตับเต่าจำนวน 2 ครั้ง		
10 มิลลิลิตร (T4)	155.20±6.85^{b}	31.30±0.49^{b}
20 มิลลิลิตร (T5)	217.30±6.23^{a}	36.18±0.32^{a}
30 มิลลิลิตร (T6)	212.70±7.17^{a}	36.76±0.50^{a}
F	223.96	751.50
Sig.	0.00	0.00

หมายเหตุ: a-e ตัวอักษรตัวยกที่แตกต่างกันในแต่ละคอลัมน์แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ภาพที่ 23 รากกล้าพะยูงที่ไม่ได้ปลูก และปลูกหัวเชื้อเห็ดตับเต่าในปริมาตรที่แตกต่างกัน

เมื่อนับจำนวนรากทั้งหมด และความยาวรากของกล้าพะยูงที่ปลูกร่วมกับหัวเชื้อเห็ดตับเต่า พบว่า การปลูกหัวเชื้อเห็ดตับเต่าจำนวน 2 ครั้ง มีจำนวนราก และความยาวรากมากกว่ากล้าพะยูงที่ไม่ปลูกหัวเชื้อ (ชุดควบคุม) และการปลูกจำนวน 2 ครั้ง มีจำนวนราก และความยาวรากมากกว่าการปลูกจำนวน 1 ครั้งในปริมาตรหัวเชื้อเห็ดตับเต่าที่เท่ากัน เนื่องจากมีการปลูกหัวเชื้อซ้ำเป็นการเพิ่มโอกาสที่เส้นใยเห็ดตับเต่าจะเข้าเกาะกับรากได้เพิ่มมากขึ้น (ภาพที่ 23) พบว่า ค่าเฉลี่ยจำนวนรากของกล้าพะยูงหลังทดสอบครบ 180 วัน เมื่อเทียบกับชุดควบคุมเพิ่มขึ้นร้อยละ 57.05 103.53 163.78 148.72 248.24 และ 240.87 ตามลำดับ ขณะที่ความยาวรากของกล้าพะยูงหลังทดสอบ พบว่า เพิ่มขึ้นร้อยละ 36.72 68.36 75.03 76.84 104.41 และ 107.68 ตามลำดับ

6.2 การศึกษาผลของปริมาตร และจำนวนครั้งที่ปลูกหัวเชื้อเห็ดตับเต่าต่อจำนวนราก และความยาวของรากกล้าประดู่ป่า

ผลการศึกษาจำนวนราก และความยาวรากกล้าประดู่ป่าหลังทดสอบครบ 180 วัน หลังปลูกร่วมกับหัวเชื้อเห็ดตับเต่าปริมาตร 10 20 และ 30 มิลลิลิตร จำนวน 1 และ 2 ครั้ง การตรวจสอบจำนวนราก พบว่า การปลูกหัวเชื้อเห็ดตับเต่าปริมาตร 20 มิลลิลิตร จำนวน 2 ครั้ง มีค่าเฉลี่ยสูงสุดที่ 211.10±7.41 และการตรวจสอบความยาวของราก พบว่า การปลูกหัวเชื้อเห็ดตับเต่าปริมาตร 30 มิลลิลิตร จำนวน 2 ครั้ง มีค่าเฉลี่ยสูงสุดที่ 31.90±0.30 เซนติเมตร แตกต่างกับชุดควบคุม และการปลูกหัวเชื้อเห็ดตับเต่าจำนวน 1 ครั้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) (ตารางที่ 28) โดยค่าเฉลี่ยสูงสุดจำนวนราก และความยาวของราก เมื่อเทียบกับชุดควบคุมเพิ่มขึ้นร้อยละ 254.19 และ 148.44 ตามลำดับ

ตารางที่ 28 ผลของจำนวนราก และ ความยาวของรากกล้าประดู่ป่าหลังปลูกร่วมกับหัวเชื้อเห็ดตับเต่าเป็นระยะเวลา 180 วัน

ทรีตเมนต์	จำนวนราก	ความยาวราก (cm)
ชุดควบคุม	59.60±6.28^{e}	12.84±0.68^{d}
การปลูกหัวเชื้อเห็ดตับเต่าจำนวน 1 ครั้ง		
10 มิลลิลิตร (T1)	91.60±9.65^{d}	16.38±0.54^{c}
20 มิลลิลิตร (T2)	116.20±7.14^{c}	27.5±0.42^{b}
30 มิลลิลิตร (T3)	151.40±8.55^{b}	27.44±0.67^{b}
การปลูกหัวเชื้อเห็ดตับเต่าจำนวน 2 ครั้ง		
10 มิลลิลิตร (T4)	152.20±6.85^{b}	27.86±0.33^{b}
20 มิลลิลิตร (T5)	211.10±7.41^{a}	31.56±0.40^{a}
30 มิลลิลิตร (T6)	204.20±6.18^{a}	31.90±0.30^{a}
F	221.23	887.83
Sig.	0.00	0.00

หมายเหตุ: a-e ตัวอักษรตัวยกที่แตกต่างกันในแต่ละคอลัมน์แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ภาพที่ 24 รากกล้าประดู่ป่าที่ไม่ได้ปลูก และปลูกหัวเชื้อเห็ดตับเต่า ในปริมาตรที่แตกต่างกัน

เมื่อตรวจสอบจำนวนราก และความยาวรากของกล้าประดู่ป่าที่ปลูกร่วมกับหัวเชื้อเห็ดตับเต่า พบว่า การปลูกจำนวน 2 ครั้ง มีจำนวนรากทั้งหมด และความยาวของรากมากกว่ากล้าประดู่ป่าที่ไม่ปลูกหัวเชื้อ (ชุดควบคุม) และการปลูกจำนวน 2 ครั้ง มีปริมาณรากมากกว่าการปลูกจำนวน 1 ครั้ง ในปริมาตรเชื้อเห็ดตับเต่าเท่ากัน เนื่องจากมีการปลูกหัวเชื้อซ้ำเป็นการเพิ่มโอกาสที่เชื้อเห็ดตับเต่าจะเข้าเกาะกับรากได้เพิ่มมากขึ้น (ภาพที่ 24) โดยค่าเฉลี่ยจำนวนรากของกล้าประดู่ป่าหลังทดสอบครบ 180 วัน เมื่อเทียบกับชุดควบคุมเพิ่มขึ้นร้อยละ 53.69 94.97 154.03 155.37 254.19 และ 242.62 ตามลำดับ ขณะที่ความยาวรากของกล้าประดู่ป่าหลังทดสอบครบเพิ่มขึ้นร้อยละ 27.57 114.17 113.71 116.98 145.79 และ 148.44 ตามลำดับ

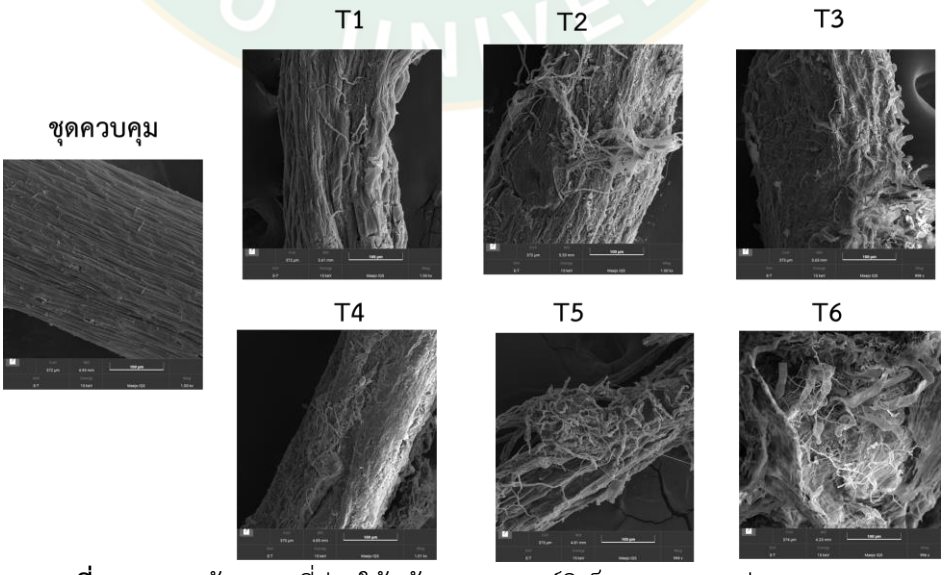
การเพิ่มขึ้นของจำนวนราก และความยาวอย่างมีนัยสำคัญกับชุดควบคุมที่ 180 วัน หลังปลูกหัวเชื้อเห็ดตับเต่าร่วมกับกล้าพะยูง และกล้าประดู่ป่า เกิดจากเส้นใยของราเอคโตไมคอร์ไรซาเข้าเกาะแล้วเพิ่มพื้นที่ผิวของราก กระตุ้นการดูดซับน้ำ ธาตุอาหาร และช่วยย่อยธาตุอาหารผ่านกระบวนการเมตาบอไลท์ของเชื้อราเอคโตไมคอร์ไรซาทำให้ธาตุอาหารอยู่ในรูปไอออน ซึ่งรากพืชสามารถดูดซับได้ง่าย เมื่อความเข้มข้นของไอออนแร่ธาตุอาหาร และกระตุ้นให้เกิดรากเพิ่มขึ้น เป็นการตอบสนองของกลไกการเกิดรากเพื่อดูดซับธาตุอาหารไปใช้ในกระบวนเจริญเติบโต และการสังเคราะห์แสง (Allen, 1991; ชวนพิศ, 2544)

7.1 การศึกษาผลของปริมาตร และจำนวนครั้งที่ปลูกหัวเชื้อเห็ดตับเต่าต่อเส้นใยเห็ดตับเต่าที่อยู่ร่วมกับรากของกล้าพะยูงโดยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM)

เมื่อตรวจสอบการเกาะของเส้นใยเชื้อเห็ดรอบรากฝอยของกล้าพะยูง ด้วยเทคนิค SEM ที่กำลังขยาย 100 ไมครอน พบว่า เส้นใยเกาะบนผิวรากแตกต่างกันในแต่ชุดการทดลอง โดยการปลูกหัวเชื้อเห็ดตับเต่าปริมาตร 20 มิลลิลิตร จำนวน 2 ครั้ง มีค่าร้อยละการปกคลุมของเส้นใยมากสูงสุดที่ 65.63 รองลงมา คือ การปลูกหัวเชื้อเห็ดตับเต่าปริมาตร 30 มิลลิลิตร จำนวน 2 ครั้ง มีค่าร้อยละการปกคลุมของเส้นใยที่ 59.37 ส่วนชุดควบคุมไม่มีการเกาะของเส้นใยเห็ดคิดเป็นร้อยละ 0 (ตารางที่ 29, ภาพที่ 25)

ตารางที่ 29 ค่าร้อยละการปกคลุมรากกล้าพะยูงของเส้นใยเชื้อเห็ดตับเต่า

ทรีตเมนต์	ร้อยละของการปกคลุมรากของเส้นใย
ชุดควบคุม	0
การปลูกหัวเชื้อเห็ดตับเต่าจำนวน 1 ครั้ง	
10 มิลลิลิตร (T1)	18.75
20 มิลลิลิตร (T2)	56.25
30 มิลลิลิตร (T3)	51.54
การปลูกหัวเชื้อเห็ดตับเต่าจำนวน 2 ครั้ง	
10 มิลลิลิตร (T4)	53.13
20 มิลลิลิตร (T5)	65.63
30 มิลลิลิตร (T6)	59.37



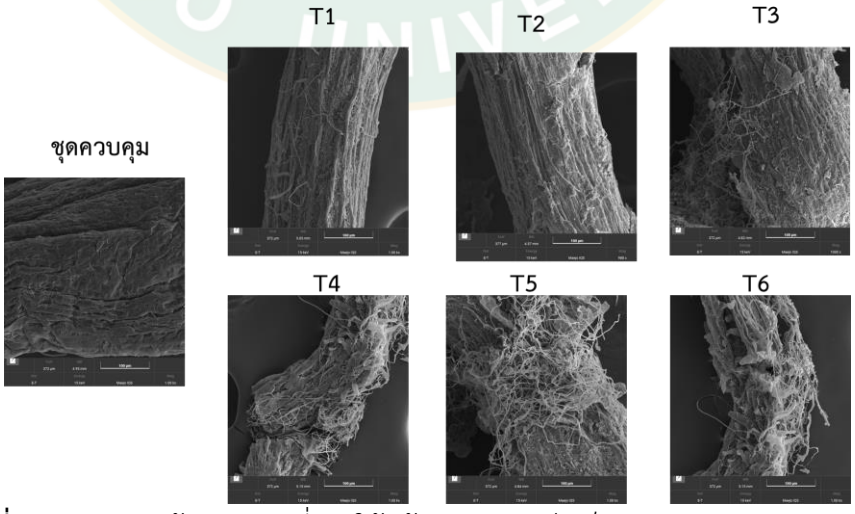
ภาพที่ 25 รากกล้าพะยูงที่ถ่ายใต้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM)

7.2 การศึกษาผลของปริมาตร และจำนวนครั้งที่ปลูกหัวเชื้อเห็ดตับเต่าต่อเส้นใยเห็ดตับเต่าที่อยู่ร่วมกับรากของกล้าประดู่ป่าโดยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM)

เมื่อตรวจสอบการเกาะของเส้นใยเชื้อเห็ดรอบรากฝอยของกล้าประดู่ป่า ด้วยเทคนิค SEM ที่กำลังขยาย 100 ไมครอน พบว่า เส้นใยเกาะบนผิวรากแตกต่างกันในแต่ชุดการทดลอง โดยการปลูกหัวเชื้อเห็ดตับเต่าปริมาตร 20 มิลลิลิตร จำนวน 2 ครั้ง มีค่าร้อยละการปกคลุมของเส้นใยสูงสุดที่ 71.88 รองลงมา คือ การปลูกหัวเชื้อเห็ดตับเต่าปริมาตร 30 มิลลิลิตร จำนวน 2 ครั้ง มีค่าร้อยละการปกคลุมของเส้นใยที่ 60.94 ส่วนชุดควบคุมไม่มีการเกาะของเส้นใยเห็ดคิดเป็นร้อยละ 0 (ตารางที่ 30, ภาพที่ 26)

ตารางที่ 30 ค่าร้อยละการปกคลุมรากกล้าประดู่ป่าของเส้นใยเชื้อเห็ดตับเต่า

ทรีตเมนต์	ร้อยละของการปกคลุมรากของเส้นใย
ชุดควบคุม	0
การปลูกหัวเชื้อเห็ดตับเต่าจำนวน 1 ครั้ง	
10 มิลลิลิตร (T1)	26.56
20 มิลลิลิตร (T2)	37.50
30 มิลลิลิตร (T3)	40.63
การปลูกหัวเชื้อเห็ดตับเต่าจำนวน 2 ครั้ง	
10 มิลลิลิตร (T4)	50.00
20 มิลลิลิตร (T5)	71.88
30 มิลลิลิตร (T6)	60.94



ภาพที่ 26 รากของกล้าประดู่ป่าที่ถ่ายใต้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM)

การปลูกหัวเชื้อเห็ดตับเต่าร่วมกับกล้าพะยูง และกล้าประดู่ป่า พบว่า เส้นใย (Mycelium) มีลักษณะยาวเจริญสานตัวกันเป็นแผ่น (Fungal sheath) อยู่รอบ ๆ รากฝอย เส้นใยบางส่วนจะเจริญเข้าไปอยู่ในช่องว่างระหว่างเซลล์ชั้น Epidermis (Allen, 1991; Massicotte et al., 2005; สุจิตรา และคณะ, 2562; อนงค์ และคณะ, 2551) ส่งผลให้รากมีพื้นที่ผิวเพิ่มขึ้นสามารถดูดซับความชื้น และธาตุอาหารได้มากขึ้น รวมทั้งเส้นใยเห็ดตับเต่าเข้าปกคลุมรากเป็นแผ่น และผลิตฮอร์โมนช่วยกระตุ้นการแตกแขนง การยืดยาวของราก การยืดอายุของราก เส้นใยเห็ดตับเต่าช่วยย่อยสลายอินทรียวัตถุต่าง ๆ ในดินส่งให้รากพืชในรูปของไอออน ทำให้พืชสามารถนำไปใช้ในการเติบโตได้ดีขึ้น (สุริวรรณ และคณะ, 2560) และมีความสามารถในการปล่อยสารปฏิชีวนะ เพื่อปกป้องรากที่ห่อหุ้มอยู่ หรือรากที่อยู่บริเวณใกล้เคียงจากโรคพืช และศัตรูพืช ทำให้ราที่เป็นสาเหตุของโรคไม่สามารถเข้าทำลายเซลล์ของรากที่มีราไมคอร์ไรซาห่อหุ้มอยู่ได้ (กิตติมา และคณะ, 2548; อธิษฐาน และอมรศรี, 2564)

บทที่ 5
สรุป และข้อเสนอแนะ

สรุปผลการวิจัย

การศึกษาผลของเชื้อเห็ดตับเต่าต่อการเจริญเติบโตของกล้าพะยูง และกล้าประดู่ป่า เริ่มต้นอายุ 4 เดือน จากการบันทึกผลทุก ๆ 30 วัน แล้วนำมาวิเคราะห์เปรียบเทียบข้อมูลแต่ละชุดการทดลอง พบว่า กล้าพะยูง และกล้าประดู่ป่า ที่ปลูกร่วมกับเชื้อเห็ดสามารถนำปลูกลงแปลงได้ตั้งแต่ช่วง 60 วันหลังปลูกร่วมกับเชื้อเห็ดตับเต่า รวมทั้งผลการปลูกเชื้อเห็ดตับเต่าจำนวน 2 ครั้ง มีแนวโน้มในการเพิ่มการเจริญเติบโตได้ดีกว่าการปลูกหัวเชื้อเห็ดตับเต่าเพียงครั้งเดียว และการเก็บข้อมูลการเจริญเติบโตที่ 180 วันหลังปลูกร่วมกับหัวเชื้อเห็ดตับเต่า พบว่า การปลูกหัวเชื้อเห็ดปริมาตร 20 มิลลิลิตร จำนวน 2 ครั้ง เป็นปริมาตร และจำนวนครั้งที่เหมาะสมมากที่สุดในการปลูกหัวเชื้อร่วมกับกล้าพะยูง และกล้าประดู่ป่า เชื้อเห็ดตับเต่าช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตด้านความสูงของลำต้น เส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับคอราก ความกว้างของทรงพุ่ม มวลชีวภาพโดยรวม ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ ปริมาณคลอโรฟิลล์รวม จำนวนราก และความยาวรากโดยรวมแล้วดีที่สุด โดยที่ใช้หัวเชื้อเห็ดเห็ดตับเต่าปริมาณน้อยที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณคลอโรฟิลล์เอจากใบต่อการเจริญเติบโตของกล้าพะยูง และกล้าประดู่ป่า พบว่า ปริมาณคลอโรฟิลล์เอของกล้าพะยูงมีผลต่อการเจริญเติบโตด้านความสูงของลำต้นมากที่สุด รองลงมา คือ มวลชีวภาพโดยรวม การเจริญเติบโตด้านเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับคอราก และด้านความกว้างของทรงพุ่ม ตามลำดับ ขณะที่ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณคลอโรฟิลล์เอของกล้าประดู่ป่ามีผลต่อการเจริญเติบโตด้านเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับคอรากมากที่สุด รองลงมา คือ มวลชีวภาพโดยรวม การเจริญเติบโตด้านความสูง และด้านความกว้างของทรงพุ่ม ตามลำดับ

เมื่อตรวจสอบรากด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด ที่กำลังขยาย 100 ไมครอน พบว่า เส้นใยเห็ดตับเต่าเจริญสานกันเป็นแผ่นรอบ ๆ รากฝอย เพิ่มพื้นที่ผิวของรากฝอยซึ่งส่งผลโดยตรงต่อการดูดซับน้ำ และธาตุอาหาร จากการทดลองนี้สามารถนำไปต่อยอด และใช้ประโยชน์ในการส่งเสริมการปลูกพะยูง และกล้าประดู่ป่าร่วมกับการปลูกหัวเชื้อเห็ดตับเต่าให้แก่เกษตรกร รวมทั้งเป็นแนวทางการวิจัยในพืชเศรษฐกิจชนิดอื่น ๆ ต่อไปในอนาคต

ข้อเสนอแนะ

1. ควรเพิ่มขนาดถุงเพาะเลี้ยงหากมีการศึกษาในระยะยาว เนื่องจากกล้าไม้ที่ปลูกร่วมกับหัวเชื้อเห็ดตับเต่ารากมีลักษณะยืดยาว และพบรากฝอยจำนวนมากอัดแน่น และขดเป็นกลุ่มภายในถุง
2. การพิจารณาความสูงเป็นเกณฑ์กล้าไม้พะยูงเสนอแนะให้ลงปลูกได้หลังปลูกร่วมกับเชื้อเห็ดตับเต่า 60 วันถึง 120 วัน ขณะที่กล้าไม้ประดู่ป่าสามารถนำลงปลูกได้ตั้งแต่ระยะ 60 วัน หลังปลูกร่วมกับหัวเชื้อเห็ดตับเต่า โดยใช้ปริมาตรการปลูกหัวเชื้อเห็ดตับเต่าที่ 20 หรือ 30 มิลลิลิตร จำนวน 2 ครั้ง
3. การพิจารณาโดยใช้เส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับคอรากเป็นเกณฑ์ กล้าไม้พะยูงแนะนำให้ลงปลูกได้หลัง 60 วัน ขณะที่กล้าไม้ประดู่ป่าสามารถนำลงปลูกได้ตั้งแต่ระยะ 30 วัน และ 60 วัน หลังปลูกร่วมกับหัวเชื้อเห็ดตับเต่า โดยใช้ปริมาตรการปลูกหัวเชื้อเห็ดตับเต่าที่ 20 หรือ 30 มิลลิลิตร จำนวนน 2 ครั้ง
4. การพิจารณาโดยใช้ความกว้างทรงของพุ่มเป็นเกณฑ์ กล้าไม้พะยูงแนะนำให้ลงปลูกได้หลัง 30 วัน โดยใช้ปริมาตรการปลูกหัวเชื้อเห็ดตับเต่าที่ 10 หรือ 20 มิลลิลิตร จำนวน 2 ครั้ง ขณะที่กล้าไม้ประดู่ป่าสามารถนำลงปลูกได้ตั้งแต่ระยะ 30 วัน และ 60 วัน หลังปลูกร่วมกับหัวเชื้อเห็ดตับเต่า โดยใช้ปริมาตรการปลูกหัวเชื้อเห็ดตับเต่าที่ 10 20 หรือ 30 มิลลิลิตร จำนวน 2 ครั้ง

บรรณานุกรม

Allen, M. F. 1991. **The Ecology of Mycorrhizae.** Cambridge: Cambridge University Press.

Ariff, E. A. R. E., Abdullah, S. and Suratman, M. N. . 2012. **The Relationships between Height and Stomatal Conductance, Chlorophyll Content, Diameter of Rubber Tree (*Hevea brasiliensis*) Saplings.**: Engineering and Industrial Applications (ISBEIA).

Arnon, D. I. 1949. Copper enzymes in isolated chloroplasts. Polyphenol oxidase in Beta vulgris. . **Plant Physiology.**, 24 (1), 1-15.

Bonfante, P. & Genre, A. 2010. Mechanisms underlying beneficial plant–fungus interactions in mycorrhizal symbiosis. **Nature Communications**, 1 (1), 48.

Elliott, S, Kerby, J, Blakesley, D, Hardwick, K, Woods, K & Anusarn-sunthorn, V. 2000. **Forest Restoration for wildlife conservation. Chiang Mai: International Tropical Timber Organization and the Forest Restoration Research Unit**. Chiang Mai: Chiang Mai University. .

Gardner, A, Ellsworth, D. S., Pritchard, J & MacKenzie, A. R. 2022. Are chlorophyll concentrations and nitrogen across the vertical canopy profile affected by elevated CO2 in mature Quercus trees. . **Springer**, 1 (36), 170 – 180.

Harley, J. L. & Smith, S. E. . 1983. **Mycorrhizal symbiosis.** . London Academic Press.

Jackson, R. M. & Manson, P. A. . 1984. **Mycorrhiza**. London.

Kamal, S. & Varma, A. (2008). Peatland Microbiology. In (pp. 177-203).

Li, Y., He, N., Hou, J., Xu, L., Liu, C., Zhang, J., Wang, Q., Zhang, X. & Wu, X. 2018. Factors Influencing Leaf Chlorophyll Content in Natural Forests at the Biome Scale. **Frontiers in Ecology and Evolution**, 6 (64), 1-10

Massicotte, H. B., Melville, L. H. & Peterson, R. L. 2005. Structural features of mycorrhizal associations in two members of the Monotropoideae, Monotropa uniflora and Pterospora andromedea. **Mycorrhiza**, 15 (2), 101-110.

Panawala, L. 2017. Difference Between Chlorophyll A and B Difference Between

Chlorophyll A and B Main Difference – Chlorophyll A vs Chlorophyll B. [Online]. Retrieved form www.researchgate.net/publication/316584030. (12 January 2022)

Panngom, K., Lee, S.H. , Park, D.H., Sim, G.B., Kim, Y.H., Han, H.S., Park, G. & Choi, E.H. 2014. Non-Thermal Plasma Treatment Diminishes Fungal Viability and Up-Regulates Resistance Genes in a Plant Host. **PLoS One** 9 (6), 1 - 12.

Siebeneichler, S.C., Barbosa, J.S., Cruz, A.M.M., Ramos, M.A.D., Fernandes, H.E. & Nascimento, V.L. 2019. Comparison between extraction methods of photosynthetic pigments in *Acacia mangium*. **Plant Sciences**, 1 (9), 1-5.

Smith, Sally E. & Read, David. (2008). Mycorrhizal Symbiosis. In **Mycorrhizal Symbiosis (Third Edition)**. London: Academic Press. (pp. 637-768)

Vierheilig, H., Schweiger, P. & Brundrett, M. 2005. An overview of methods for the detection and observation of arbuscular mycorrhizal fungi in roots. **Physiologia Plantarum**,1(25), 393-404.

Weiss, M., Waller, F., Zuccaro, Alga and Selosse, M. 2016. Sebacinales—One thousand and one interactions with land plants. **New Phytologist**, 2 (11), 1-10

กิตติมา ด้วงแค, วินันท์ดา หิมะมาน และจันจิรา อายะวงศ์. 2548. **เอคโตไมคอร์ไรซากับการควบคุมโรคเน่าคกล้าไม้ยูคาลิปตัส**. กรุงเทพฯ: สำนักวิจัยการอนุรักษ์ป่าไม้และพันธุ์พืช กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช.

กิติภูมิ สุขนางรอง และคมกฤษณ์ แสงเงิน. 2565. ผลของหัวเชื้อชนิดน้ำเห็ดตับเต่าต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของพริกขี้หนูลูกผสมพันธุ์ยอดสน. **วารสารเกษตรและอาหาร มรวอ**.,1(2), 12-22.

เกษม สร้อยทอง. 2537. **เห็ดและราขนาดใหญ่ในประเทศไทย**. อุบลราชธานี: โรงพิมพ์ศิริธรรม ออฟเซ็ท.

จตุพร มังคลารัตน์. 2544. **การปลูกสร้างสวนป่าไม้พะยูง**. กรุงเทพฯ: สำนักวิชาการป่าไม้ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ กรมป่าไม้,.

จุไรรัตน์ เกิดดอนแฝก. 2552. **หนังสือสมุนไพรบำบัดเบาหวาน 150 ชนิด**. กรุงเทพฯ.

ชวนพิศ แดงสวัสดิ์. 2544. **สรีรวิทยาของพืช**. กรุงเทพฯ.

ฐานข้อมูลสมุนไพร คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี. 2553. **พะยูง.** [ระบบออนไลน์]

แหล่งที่มา http://www.phagarden.com/main.php?action=viewpage&pid=249 (14 มกราคม 2564)

ณัฐธิดา อินปิก และบุบผา คงสมัย. 2564. การวิเคราะห์ปริมาณคลอโรฟิลล์และแคโรทีนอยด์ที่สกัดตัวทำละลายหลายชนิดเข้าด้วยเทคนิคสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ในใบของบุกเนื้อทราย. **วิทยาศาสตร์เกษตรและการจัดการ**, 4 (3), 81-88.

ดีพร้อม ไชยวงศ์เกียรติ. 2542. **เห็ดกินได้ เห็ดพื้นบ้าน ในประเทศไทย**. กรมการแพทย์ สถาบันการแพทย์แผนไทย.

เดชา ศิริภัทร. 2546. **ประดู่ : ตำนานความหอมและบิดาแห่งราชนาวี**. {ระบบออนไลน์} แหล่งที่มา https://www.doctor.or.th/article/detail/1675 (14 มกราคม 2564)

ทนุวงศ์ แสงเทียน และอุทัยวรรณ แสงวณิช. 2537. การเจริญเติบโตของกล้าไม้ยางนา (*Dipterocarpus alatus* Roxb.) ที่ได้รับการปลูกเชื้อราเอคโตไมคอร์ไรซา. **วารสารวนศาสตร์**, 3 (1), 22-28.

เทียมใจ คมกฤส. 2541. **กายวิภาคของพฤกษ์**. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาวตร์.

ธนภักษ์ อินยอด, ธนากร ลัทธิถีระสุวรรณ, ธนภัทร เติมอารมณ์, ชาตรี กอนี, ศิรินทิพย์ ชัยมงคล และวีระชัย ฟองธิวงค์. 2564. ผลของเอคโตไมคอร์ไรซาจากเห็ดเผาะและเห็ดตับเต่าต่อการเจริญของไม้ป่าและไม้โตเร็วบางชนิดในสภาพแปลงธรรมชาติ. **วารสารเกษตรพระจอมเกล้า**, 39 (3), 215 – 223.

ธนภักษ์ อินยอด, ธนากร ลัทธิถีระสุวรรณ, ขนิษฐา ชวนะนรเศรษฐ, ธนภัทร เติมอารมณ์, ชาตรี กอนี, สุริมา ญาติโสม, สุจิตรา บัวลอย และปิยะดา เอี่ยมประสงค์. 2564. การศึกษาอายุของต้นหว้าที่เหมาะสมในการเจริญของเชื้อเห็ดตับเต่าภายใต้เรือนปลูกพืช. **วารสารเกษตรนเรศวร**, 18 (1), 10-23.

ธนิตา อาสว่าง, อุไรวรรณ วิจารณกุล, รุ้งเพชร แข็งแรง, ณัฏฐิกา สุวรรณาศรัย และเชิดชัย โพธิ์ศรี. 2558. เอคโตไมคอร์ไรซาของเห็ดเผาะสิรินธรในกล้าไม้ยางนา. มหาวิทยาลัยนเรศวร. 1(1),88-93.

นิวัติ เรืองพานิช. 2556. **ป่าและการป่าไม้ในประเทศไทย**. บริษัท ยูโอเพ่น จำกัด: : กองทุนจัดพิมพ์ตำราป่าไม้ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ประภาพร ตั้งกิจโชติ, มัชฌิมา แทนสา และกวิศร์ วานิชกุล. 2555. **ผลของเชื้อเห็ดตับเต่าต่อการออกรากของกิ่งตอนชมพู่พันธุ์เพชรสายรุ้ง**. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย.

ปานทิพย์ ขันวิชัย และประภาพร ตั้งกิจโชติ. 2555. **ผลของเชื้อเห็ดตับเต่า (***Boletus colossus* Heim.) **ไอโซเลทต่าง ๆ ต่อการเติบโตทางกิ่งใบ และมวลชีวภาพของต้นกล้าฝรั่ง**

Okinawa. ในการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 50. 31 ม.ค.-2 ก.พ. 2555. กรุงเทพฯ: สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย .

พระราชบัญญัติป่าไม้ ปี 2562. 2562. **พระราชบัญญัติป่าไม้ ปี 2562**.ราชกิจจานุเบกษา (เล่ม 136 ตอนที่ 50ก, น.107-108). กรุงเทพฯ.

พระราชบัญญัติหลักประกันทางธุรกิจ พ.ศ. 2558. 2558 . **พระราชบัญญัติหลักประกันทางธุรกิจ พ.ศ. 2558**. ราชกิจจานุเบกษา (เล่ม 132 ตอนที่ 104ก, น, 2-3). กรุงเทพฯ.

ภูวดล บุตรรัตน์. 2545. **โครงสร้างภายในของพืช**. บริษัทโรงพิมพ์ไทยวัฒนาพานิช จำกัด.

มนต์นรินทร์ เรืองจิตต์, สุธีระ เหิมฮึก, จุฑามาศ อาจนาเสียว และนครินทร์ สุวรรณราช. 2565. ประสิทธิภาพของเชื้อเห็ดป่าเศรษฐกิจต่อการเจริญเติบโตของกล้าไม้ยางนา. **วารสารวิจัยนิเวศวิทยาป่าไม้เมืองไทย**, 6 (2), 59-78 .

รวีวรรณ เดื่อมขันมณี. (2557). **พัฒนาการวิจัยเห็ดตับเต่าจังหวัดพระนครศรีอยุธยาอย่างยั่งยืน. พระนครศรีอยุธยา**. คณะเทคโนโลยีการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร และมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ. พระนครศรีอยุธยา.

ลิลลี่ กาวิต๊ะ, มาลี ณ นคร, ศรีสม สุวรรณวงศ์ และสุรียา ตันติวิวัฒน์. 2552. **สรีรวิทยาของพืช**. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วชิรญา เหลียวตระกูล, วิจิตรา เหลียวตระกูล และวรรภา วงศ์แสงธรรม. 2565. นวัตกรรมด้านอาหารจากฐานทรัพยากรท้องถิ่นในชุมชนสามเรือน อำเภอบางปะอิน จังหวัดพระนครศรีอยุธยาสู่เชิงพาณิชย์. **Science, Technology, and Social Sciences Procedia.**, 4 (1), 1-10.

วิรัตน์ ไชยศรี. 2551. การจัดการป่าไม้อย่างยั่งยืน. **วารสารการจัดการป่าไม้**, 2 (3) ,79-86

สมบูรณ์ บุญยืน. 2532. ผลของเชื้อเอคโตไมคอรไรซา ไพโซไลธัส ทิงธอเรียส ต่อการเจริญเติบโตและการดูดซับธาตุอาหารของกล้าไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซีส และสนคาริเบีย ที่ปลูกบนมูลดินเหมืองแร่. **มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์**, 8 (1), 1-10.

สมัฤทธิ์ เฟื่องจันทร์. 2538. **แร่ธาตุพืชสวน**. ขอนแก่น: มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

ส่วนปลูกป่าภาคเอกชน สำนักส่งเสริมการปลูกป่า กรมป่าไม้. 2556. **ประดู่ป่า**. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา https://forestinfo.forest.go.th/pfd/Files/FileEBook/EB3 .pdf (15 มกราคม 2564).

ส่วนปลูกป่าภาคเอกชน สำนักส่งเสริมการปลูกป่า กรมป่าไม้. 2561. **พะยูง**. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา https://www.forest.go.th/suratthani11/wp-content/uploads/sites/46/2018/03/.pdf. (15 มกราคม 2564).

สาวิตรี วีระเสถียร และประภาพร ตั้งกิจโชติ. 2548. ผลของเชื้อเห็ดตับเต่าต่อการเจริญเติบโตของกล้าไม้ยูคาลิปตัส. **วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร**, 36 (5-6 (Suppl.)), 268-271.

สำนักงานนโยบายและแผนกทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. 2565. **สร้างคาร์บอนเครดิต-สร้างรายได้**. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา https://www.onep.go.th. (2 พฤษภาคม 2566).

สำนักงานสภาพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ. 2566. **เป้าหมายการพัฒนาอย่างยั่งยืน SDGs**. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา https://sdgs.nesdc.go.th/9A-sdgs/. (2 พฤษภาคม 2567).

สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.). 2564. **เป้าหมายการพัฒนาอย่างยั่งยืน SDGs** [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา https://www.nstda.or.th/home/. (2 พฤษภาคม 2567).

สำนักงานพัฒนาเศรษฐกิจจากชีวภาพ. 2564. **คู่มืออบรมเชิงปฏิบัติการเทคโนโลยีการผลิตเชื้อเห็ดไมคอร์ไรซาและการปลูกพืชเศรษฐกิจร่วมกับการเพาะเห็ดไมคอร์ไรซา**. กรุงเทพฯ: สำนักงานพัฒนาเศรษฐกิจจากชีวภาพ (องค์การมหาชน).

สำนักวิจัยการอนุรักษ์ป่าไม้ และพันธุ์พืช. 2560. คู่มือศึกษาความหลากหลาย (**Mushrooms)** กรุงเทพฯ: สำนักวิจัยการอนุรักษ์ป่าไม้และพันธุ์พืช,.

สืบสกุล ศิริยุทธ์ และศักดิ์ดา จงแก้ววัฒนา. 2554. การประเมินระดับคลอโรฟิลล์ในใบข้าวโพดโดยการใช้ Chlorophyll meter และความสัมพันธ์กับน้ำหนักแห้งมวลชีวภาพและผลผลิต. **แก่นเกษตร,** 39 (ฉบับพิเศษ), 166-175

สุจิตรา โกศล, สุนารี วังลึก, ธนภักษ์ อินยอด, ธนภัทร เติมอารมณ์, วรรณา มังกิตะ และธนากร ลัทธิ์ถีระสุวรรณ. 2562. ความหลากหลายทางชนิดพันธ์และนิเวศวิทยาของเห็ดป่ากินได้ในพื้นที่ป่าชุมชนบ้านบุญแจ่ม จังหวัดแพร. **วารสารวิจัยนิเวศวิทยาป่าไม้เมืองไทย**, 3 (1), 38-46.

สุริวรรณ มูลจันทร์, นิสา เหล็กสูงเนิน, สุวิมล อุทัยรัศมี และบุญธิดา ม่วงศรีเมืองดี. 2560. ผลของความเข้มแสงต่อการเติบโตและตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์ด้วยแสงของกล้าไม้ป่ายืนต้น. **วารสารวนศาสตร์**, 36 (2), 12-23.

สุวรรณ ตั้งมิตรเจริญ. 2555. **พะยูง**. ส่วนส่งเสริมการปลูกป่าเอกชน สำนักส่งเสริมการปลูกป่า.

สุวลักษณ์ ชัยชูโชติ. 2558. **โครงการวิจัย และพัฒนาเห็ดเศรษฐกิจสายพันธุ์ใหม่**. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา ttps://doa.go.th/research/attachment.php?aid=2156 (26 ตุลาคม 2565.).

อธิษฐาน ชมเพ็ญ และอมรศรี ขุนอินทร์. 2564. ประสิทธิภาพของเชื้อเห็ดตับเต่า (*Boletus sp.*) ในการควบคุมไส้เดือนฝอยรากปม (*Meloidogyne incognita*). **วารสารวิจัย มข**, 21 (2), 13-

24.

อนงค์ จันทร์ศรีกุล, พูนพิไล สุวรรณฤทธิ์ และอุทัยวรรณ แสงวณิช. 2551. **ความหลากหลายของเห็ดและราขนาดใหญ่ในประเทศไทย**. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ หาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

อนงค์ จันทร์ศรีกุล และอัจฉรา พยัพพานนท์. 2530. ตับเต่า: เห็ดที่ควรพัฒนา. **วารสารกสิกร**, 60 (5), 441-445.

มหาวิทยาลัยแม่โจ้
MAEJO UNIVERSITY

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ-สกุล	อัญชิสา วสุสุนทร
เกิดเมื่อ	20 พฤษภาคม 2542
ประวัติการศึกษา	พ.ศ. 2563 ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการป่าไม้ มหาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ พ.ศ.2560 วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีชีวภาพ มหาลัยแม่โจ้
ประวัติการทำงาน	-

uyunchisa10069@gmail.com

mju6308301017@mju.ac.th