



ศักยภาพของเห็ดป่าเอกโตไมคอร์ไรซาต่อการเจริญในพืชอาศัยที่เป็น  
ไม้ผลเศรษฐกิจเพื่อสร้างระบบวนเกษตรอย่างยั่งยืน

Ability of Wild Ectomycorrhizal Mushroom to Economical Host  
Plant Mycorrhization for Sustainable Agroforestry System

วันวิสาข์ แพงฟัก

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์

ประจำปีงบประมาณ 2559

พ.ศ. 2561

ศักยภาพของเห็ดป่าเอกโตไมคอร์ไรซาต่อการเจริญในพืชอาศัยที่เป็น  
ไม้ผลเศรษฐกิจเพื่อสร้างระบบวนเกษตรอย่างยั่งยืน

Ability of Wild Ectomycorrhizal Mushroom to Economical Host  
Plant Mycorrhization for Sustainable Agroforestry System



งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์  
ประจำปีงบประมาณ 2559

พ.ศ. 2561

**งานวิจัยเรื่อง** ศักยภาพของเห็ดป่าเอโกโตไมคอร์ไรซาต่อการเจริญในพีชอาศัยที่เป็นไม้ผลเศรษฐกิจเพื่อสร้างระบบวนเกษตรอย่างยั่งยืน

**นักวิจัย** ดร. วันวิสาข์ แพงพัก

### บทคัดย่อ

การศึกษาศักยภาพของเห็ดป่าเอโกโตไมคอร์ไรซาต่อการเจริญในพีชอาศัยที่เป็นไม้ผลเศรษฐกิจเพื่อสร้างระบบวนเกษตรอย่างยั่งยืน มีวัตถุประสงค์เพื่อสำรวจและรวบรวมสายพันธุ์ของเห็ดป่าเอโกโตไมคอร์ไรซาและพีชอาศัยในเขตจังหวัดอุดรธานี ทดสอบความสามารถของราเอโกโตไมคอร์ไรซาในการอยู่ร่วมกับรากของกล้าไม้ผลเศรษฐกิจของจังหวัดอุดรธานีในสภาพห้องปฏิบัติการและสภาพโรงเรือน และศึกษาประสิทธิภาพของราเอโกโตไมคอร์ไรซาต่อการเจริญเติบโตของกล้าไม้ ในการสำรวจและรวบรวมสายพันธุ์ของเห็ดป่าเอโกโตไมคอร์ไรซาและพีชอาศัยในเขตจังหวัดอุดรธานีพบเห็ดเอโกโตไมคอร์ไรซาจำนวนทั้งสิ้น 356 ตัวอย่าง วงศ์ที่พบมากที่สุดได้แก่วงศ์ Russulaceae มีค่าร้อยละของความชุกชุมเท่ากับ 35.67 รองลงมาคือ Pluteaceae และ Cantharellaceae ซึ่งมีค่าร้อยละของความชุกชุมเท่ากับ 21.91 และ 16.29 ตามลำดับ สกุล *Amanita* พบจำนวนสายพันธุ์มากที่สุดคือ *Russula* ชนิด รองลงมา คือ 6 พบสายพันธุ์จำนวน *Lactarius* ชนิด 5 พบ *Boletus* ชนิด 4 และ *Boletellus* พบ ชนิด ส่วนสกุลอื่น ๆ ได้แก่ *Heimiella*, *Strobilomyces*, *Astraeus*, *Craterellus*, *Phaeogyroporus* และ *Tricholoma* พบสกุลละ ชนิด 1 จากการสำรวจของเห็ดเอโกโตไมคอร์ไรซาในเขตจังหวัดอุดรธานีมีค่าดัชนีความหลากหลายเท่ากับ 2.75 พีชอาศัยที่พบมีทั้งหมด 8 ชนิด 5 วงศ์ ได้แก่ เต็ง พะยอม ยางเหียง รั้ง ตะแบก เลือด ยอป่า ตะแบกนา และแดง

การทดสอบความสามารถของราเอโกโตไมคอร์ไรซาในการอยู่ร่วมกับรากของกล้าไม้ผลเศรษฐกิจของจังหวัดอุดรธานีในสภาพห้องปฏิบัติการและสภาพโรงเรือน และการศึกษาประสิทธิภาพของราเอโกโตไมคอร์ไรซาต่อการเจริญเติบโตของกล้าไม้ พบการเกิดรากเอโกโตไมคอร์ไรซาในต้นยางนาจากการปลูกเชื้อของเห็ดถอบและเห็ดตับเต่า และการเกิดรากเอโกโตไมคอร์ไรซาในต้นทุเรียนและต้นกล้วยมะม่วงหิมพานต์จากการปลูกเชื้อเห็ดตับเต่า โดยลักษณะรากเอโกโตไมคอร์ไรซาที่พบจะมีการแตกแขนงของราก พบ Rhizomorph สีนํ้าตาลกระจายในวัสดุปลูก รากมีสีนํ้าตาลและมีเส้นใยเชื้อเห็ดปกคลุมผิวด้านนอก เห็ดตับเต่ามีเปอร์เซ็นต์การเข้าอยู่อาศัยของรากเอโกโตไมคอร์ไรซาในต้นยางนามากที่สุด เท่ากับ 18.34 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือในต้นมะม่วงหิมพานต์ และทุเรียนโดยมีเปอร์เซ็นต์การเข้าอยู่อาศัยของรากเอโกโตไมคอร์ไรซาเท่ากับ 15.67 และ 4.33 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ส่วนในกรณีของเชื้อเห็ดถอบซึ่งมีการเข้าอยู่อาศัยของรากเอโกโตไมคอร์ไรซาเฉพาะในต้นยางนานั้น มีเปอร์เซ็นต์การเข้าอยู่อาศัยของรากเอโกโตไมคอร์ไรซาเท่ากับ 15.67 เปอร์เซ็นต์

## กิตติกรรมประกาศ

รายงานการวิจัยเรื่อง ศักยภาพของเห็ดป่าเอกโตไมคอร์ไรซาต่อการเจริญในพืชอาศัยที่เป็นไม้ผลเศรษฐกิจเพื่อสร้างระบบวนเกษตรอย่างยั่งยืน ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากทุนงบประมาณแผ่นดิน มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์ประจำปี 2559 นักวิจัยขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง ขอขอบพระคุณ หลักสูตรชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์ ที่ช่วยสนับสนุนอุปกรณ์การทำวิจัย และให้โอกาสในการจัดนิทรรศการเพื่อเผยแพร่ผลงานวิจัยสู่ชุมชน ท้ายสุดนี้ ผู้วิจัยขอขอบพระคุณบิดามารดาที่ช่วยส่งเสริมสนับสนุนกระตุ้นเตือน และเป็นกำลังใจ ตลอดมาให้ผู้เขียนจัดทำรายงานการวิจัยในครั้งนี้



ดร.วันวิสาข์ แผงพัก  
ผู้วิจัย

## สารบัญเรื่อง

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ค
บทคัดย่อ	ง
สารบัญเรื่อง	จ
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญภาพ	ช
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	22
บทที่ 4 ผลการวิจัย	26
บทที่ 5 สรุปและอภิปรายผลและข้อเสนอแนะ	35
บรรณานุกรม	38
ประวัตินักวิจัย	40



## สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
4.1	ชนิดของเห็ดเอกโตไมคอร์ไรซาที่พบในพื้นที่จังหวัดอุตรดิตถ์	27
4.2	รายชื่อพืชอาศัยและเห็ดเอกโตไมคอร์ไรซาที่พบในเขตจังหวัดอุตรดิตถ์	31
4.3	การทดสอบความสามารถในการเข้าเจริญในต้นกล้าทุเรียน ลางสาด มังคุด และมะม่วงหิมพานต์ของเห็ดป่าชนิดต่างๆ	32
4.4	เปอร์เซ็นต์การเข้าอยู่อาศัยของรากเอกโตไมคอร์ไรซาของเห็ดถอบและเห็ดตับเต่าในต้นกล้าแต่ละชนิด	34



## สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
2.1	ลักษณะที่มองเห็นด้วยตาเปล่า	8
2.2	รูปแบบการแตกแขนงของรากเอกโตไมคอร์ไรซา	13
4.1	แผนภูมิเปรียบเทียบจำนวนตัวอย่างของเห็ดแต่ละสายพันธุ์ที่พบทั้งหมดในพื้นที่จังหวัดอุตรดิตถ์	29
4.2	ลักษณะรากเอกโตไมคอร์ไรซาที่พบในการปลูกเชื้อเห็ดถอบบนต้นกล้วยนา	33



## บทที่ 1

### บทนำ

#### 1.1 ที่มาและความสำคัญ

จากการวิจัยของนักวิทยาศาสตร์ทางจุลินทรีย์ดินทั่วโลก พบว่าราไมคอร์ไรซา (Mycorrhiza) เป็นราในดินที่สามารถเจริญอยู่ร่วมกับรากพืชในลักษณะที่พึ่งพาอาศัยกัน โดยต่างฝ่ายต่างได้รับประโยชน์ (Mutualistic symbiosis) เส้นใยของราที่อาศัยอยู่ทั้งภายใน และภายนอกรากจะทำหน้าที่ช่วยระบบรากพืชในการดูดน้ำ และธาตุอาหารจากดิน โดยเฉพาะอย่างยิ่งการดูดซับธาตุฟอสเฟตให้แก่พืช สวนรากก็จะได้รับสารอาหารเพื่อการดำรงชีวิตจากพืชเป็นการแลกเปลี่ยน โดยทั่วไปเห็ดราชนิดเอกโตไมคอร์ไรซา (Ectomycorrhiza) มีบทบาทสำคัญในการช่วยให้กล้าไม้เจริญเติบโตและแข็งแรง ทนทานต่อสภาวะแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม เห็ดราไมคอร์ไรซาได้ถูกนำมาให้ประโยชน์ในหลายๆ ด้าน โดยพบว่ามีประสิทธิภาพในทางป่าไม้ (การปลูกสร้างสวนป่า) ด้านชุมชน (เห็ดกินได้) และด้านสมุนไพร (ยารักษาโรค)

การเพาะเลี้ยงเห็ดป่าในกลุ่มเอกโตไมคอร์ไรซาสามารถทำได้โดยการเลี้ยงร่วมกับต้นพืชอาศัย ซึ่งในประเทศไทยได้มีการเพาะเลี้ยงในรูปแบบของสวนป่าบ้างแล้วในหลายพื้นที่ อาทิเช่น ศูนย์พัฒนาการเกษตรภูสิงห์ อันเนื่องมาจากพระราชดำริ ต.ห้วยตึกขุ อ.ภูสิงห์ จ.ศรีสะเกษ มีการทำวิจัยเรื่องเพาะเห็ดตระโงก หรือเห็ดไข่ และประสบความสำเร็จในการเพาะในสวนยาง ซึ่งจัดเป็นกลไกการอนุรักษ์ป่าและหาประโยชน์จากป่าด้วยการเพาะเห็ดตระโงก เพื่อเพิ่มรายได้ลดรายจ่าย ซึ่งจะทำให้มีชีวิตความเป็นอยู่ที่ดียิ่งขึ้นต่อไป

จังหวัดอุดรดิตถ์เป็นจังหวัดในภาคเหนือตอนล่าง โดยเฉพาะอย่างยิ่งบริเวณอำเภอน้ำปาด มีผู้นิยมบริโภคเห็ดเป็นจำนวนมาก ทั้งเห็ดป่าและเห็ดจากการเพาะเลี้ยง ชาวบ้านจะทำการรวบรวมและเก็บมาขายตั้งแต่เช้ามีด เพื่อนำมาขายยังตลาดหรือวางแผงไม้ขายตามข้างทาง นอกจากนี้ในพื้นที่จังหวัดอุดรดิตถ์ยังมีการปลูกไม้ผลหลายชนิด ได้แก่ ลางสาด ลองกอง ทุเรียน มังคุดในเขตอำเภอลับแล และมะม่วงหิมพานต์ในเขตอำเภอน้ำปาด

จากข้อมูลข้างต้น นักวิจัยจึงมีความสนใจที่จะสำรวจเห็ดป่า เพื่อทำการคัดเลือกสายพันธุ์เห็ดราไมคอร์ไรซาที่มีประสิทธิภาพในการปลูกเชื้อลงในต้นกล้าไม้ผลเศรษฐกิจที่มีในเขตจังหวัดอุดรดิตถ์ เพื่อกระตุ้นให้เห็ดสามารถเจริญได้ในสวนผลไม้แบบระบบวนเกษตร ซึ่งในอนาคตเกษตรกรสามารถได้ผลผลิตของไม้ผลในสวนวนเกษตรร่วมกับได้ ผลผลิตของเห็ดป่าที่เจริญอยู่ร่วมกับไม้ผล จัดได้ว่าเป็นการเพิ่มรายได้ให้แก่เกษตรกรอย่างยั่งยืนด้วย

#### 1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1.2.1 สำรวจและรวบรวมสายพันธุ์ของเห็ดป่าเอกโตไมคอร์ไรซาและพืชอาศัยในเขตจังหวัดอุตรดิตถ์

1.2.2 ทดสอบความสามารถของราเอกโตไมคอร์ไรซาในการอยู่ร่วมกับรากของกล้าไม้ผลเศรษฐกิจของจังหวัดอุตรดิตถ์ในสภาพห้องปฏิบัติการและสภาพโรงเรือน

1.2.3 ศึกษาประสิทธิภาพของราเอกโตไมคอร์ไรซาต่อการเจริญเติบโตของกล้าไม้

### 1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1.3.1 ขอบเขตด้านประชากร

1. เห็ดเอกโตไมคอร์ไรซาที่พบในพื้นที่ป่าเต็งรังจังหวัดอุตรดิตถ์
2. พืชไม้ผลในเขตจังหวัดอุตรดิตถ์

1.3.2 ขอบเขตด้านพื้นที่

1. ป่าเต็งรังในพื้นที่จังหวัดอุตรดิตถ์
2. ห้องปฏิบัติการจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏ

อุตรดิตถ์

1.3.3 ขอบเขตด้านเวลา

เดือนตุลาคม 2558 – ตุลาคม 2559

### 1.4 คำนิยามเชิงปฏิบัติการ

1.4.1 เห็ดเอกโตไมคอร์ไรซา คือ เห็ดที่มีความสัมพันธ์กับพืชอาศัยแบบพึ่งพา โดยจะสังเกตเบื้องต้นจากการที่เห็ดเจริญอย่างอิสระบนพื้นดิน ไม่เจริญอยู่บนต้นพืช บนเศษซากพืช เมื่อขุดดินบริเวณโคนของเห็ดจะพบเส้นใยของเห็ด หรือบางครั้งพบเส้นใยเห็ดเชื่อมกับรากฝอยของพืชใต้ผิวดิน

1.4.2 พืชอาศัย คือพืชที่ได้จากการสำรวจในช่วงเวลาของการเจริญของเห็ดเอกโตไมคอร์ไรซา

1.4.3 ต้นกล้าเอกโตไมคอร์ไรซา คือ ต้นกล้าของพืชอาศัยของเห็ดเอกโตไมคอร์ไรซาที่ได้มาจากการเพาะจากเมล็ด แล้วทำการปลูกเชื้อเห็ดเข้าไป

### 1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 ทราบถึงความหลากหลายของเห็ด พืชอาศัยที่เห็ดเจริญร่วม และระบบนิเวศของเห็ดป่าเอกโตไมคอร์ไรซาในเขตจังหวัดอุตรดิตถ์

1.5.2 ได้สายพันธุ์ของเห็ดป่าเอกโตไมคอร์ไรซาในเขตจังหวัดอุตรดิตถ์ เพื่อทำการปลูกเชื้อในต้นกล้าต่อไป

1.5.3 ทราบถึงประสิทธิภาพของราเอกโตไมคอร์ไรซาในการอยู่ร่วมกับรากของกล้าไม้ พืชเศรษฐกิจของจังหวัดอุดรดิถีในสภาพห้องปฏิบัติการ และสภาพโรงเรือน

1.5.4 ตีพิมพ์เผยแพร่ผลงานวิจัยในระดับชาติหรือนานาชาติ



## บทที่ 2

### เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

#### 2.1 ความหลากหลายทางชีวภาพ (biodiversity)

คำว่า ความหลากหลายทางชีวภาพ (biodiversity หรือ biological diversity) มีที่มาจาก ความหลากหลาย (diversity) หมายถึง มีมากมายและแตกต่าง รวมกับทางชีวภาพ (biological) หมายถึง ที่เกี่ยวข้องกับสิ่งมีชีวิต (เจริญวิเศษ. 2553)

ความหลากหลายทางชีวภาพหมายถึง การที่สิ่งมีชีวิตมากมายหลายสายพันธุ์และชนิดในบริเวณใดบริเวณหนึ่ง โดยมีองค์ประกอบอยู่ 3 อย่างคือ ความหลากหลายของระบบนิเวศ (ecosystem diversity) ความหลากหลายในเรื่องชนิดของสิ่งมีชีวิต (species diversity) และความหลากหลายของพันธุกรรม (genetic diversity) (สุมนธา และคณะ. 2551)

ลักษณะของความหลากหลายทางชีวภาพสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ประเภท คือ ความหลากหลายทางพันธุกรรม (genetic diversity) เป็นความหลากหลายที่สิ่งมีชีวิตแต่ละชีวิตได้รับการถ่ายทอด มาจากรุ่นพ่อแม่และส่งต่อไปยังรุ่นต่อไป เช่น ความแตกต่างของลวดลายและสีของขนนก ความหลากหลายของสายพันธุ์ข้าว เป็นต้น ความแตกต่างผันแปรทางพันธุกรรมในแต่ละหน่วยชีวิตมีสาเหตุมาจากการเปลี่ยนแปลงพันธุกรรม หรือการกลายพันธุ์ (mutation) อาจเกิดขึ้นในระดับยีนหรือในระดับโครโมโซมผสมผสานกับการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศ ซึ่งเกิดขึ้นตามธรรมชาติได้น้อยมาก และเมื่อลักษณะดังกล่าวถูกถ่ายทอดไปยังรุ่นลูก จะทำให้เกิดความหลากหลายทางพันธุกรรม

ในระบบนิเวศหนึ่งๆ ประกอบด้วยกลุ่มสิ่งมีชีวิตหลายชนิด แม้ในสิ่งมีชีวิตเดียวกันก็ยังมี ความหลากหลายทางพันธุกรรมที่ทำให้เกิดสายพันธุ์ต่างๆ อันเป็นรากฐานสำคัญที่เอื้ออำนวยให้สิ่งมีชีวิตสามารถดำรงชีวิตให้สอดคล้องกับสภาพการเปลี่ยนแปลงของสิ่งแวดล้อมรอบๆ ตัวได้อย่างมีประสิทธิภาพ และสามารถดำรงเผ่าพันธุ์ได้สืบไป

กระบวนการวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิตโดยการคัดเลือกตามธรรมชาติมีปัจจัยสำคัญอยู่ที่ องค์ประกอบทางพันธุกรรมของสิ่งมีชีวิตนั้นกับสภาวะแวดล้อม ความหลากหลายของพันธุกรรมเป็นรากฐานสำคัญที่ช่วยให้สิ่งมีชีวิตสามารถดำรงชีวิตให้สอดคล้องกับสภาพการเปลี่ยนแปลงของสิ่งแวดล้อมรอบๆ ตัวได้อย่างมีประสิทธิภาพ รวมถึงการหลีกเลี่ยงศัตรูและต่อต้านโรคร้ายไข้เจ็บ ความหลากหลายของพันธุกรรมของประชากรแต่ละชนิดที่อาศัยอยู่ตามแหล่งต่างๆ ยังช่วยเพิ่มศักยภาพของประชากรชนิดนั้นให้สามารถวิวัฒนาการและตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงของสภาวะแวดล้อมต่างกันได้เหมาะสมในระยะยาวอีกด้วย

การขาดแคลนความหลากหลายของพันธุกรรมหรือขาดความผันแปรทางพันธุกรรมของ ประชากรธรรมชาติย่อมส่งผลต่อการลดประสิทธิภาพของการอยู่รอด ตลอดจนความสมบูรณ์ในการ สืบพันธุ์ด้วย อันจะทำให้เกิดการสูญเสียความยืดหยุ่นทางวิวัฒนาการตามมาอย่างแน่นอน (เจริญวิชัย. 2553)

ความหลากหลายทางชีวภาพมีความสำคัญ เนื่องมาจากสิ่งมีชีวิตที่มนุษย์เราได้รับจากระบบ นิเวศที่มีอยู่ตามธรรมชาตินั้นมีอยู่มากมายคือ ประโยชน์ทางตรงมีวัสดุธรรมชาติที่มีคุณค่าต่อทางเศรษฐกิจ และสังคม เช่น การใช้อาหารและพืชสมุนไพรจากป่า โดยเฉพาะอย่างยิ่งในประเทศที่กำลังพัฒนา โดยพืช เกษตรหลายชนิดกำเนิดมาจากป่า คุณค่าทางอ้อมเป็นคุณค่าที่เกิดจากการอยู่ร่วมกันของสิ่งมีชีวิตชนิด พันธุ์ต่างๆ โดยที่สิ่งมีชีวิตชนิดหนึ่งจะทำหน้าที่ค้ำจุนให้ชนิดอื่นๆ ระบบนิเวศเป็นแหล่งที่อยู่อาศัยของ พันธุ์พืช และพันธุ์สัตว์ที่มนุษย์นำมาใช้ประโยชน์ได้ (สมณฑา และคณะ. 2551) ซึ่งกัธร (2533) รายงาน ไว้ว่าประเทศไทยเป็นแหล่งที่มีความหลากหลายอยู่ในลำดับสูงมากแห่งหนึ่งของโลก โดยสาเหตุ สำคัญ ประการแรกคือประเทศไทยตั้งอยู่ในโซนร้อนเหนือเส้นศูนย์สูตรเล็กน้อยและอยู่ติดทะเลจึงมีสภาพ ภูมิอากาศที่เหมาะสมต่อการอยู่รอด การเจริญเติบโต และการแพร่พันธุ์ของสิ่งมีชีวิตหลายชนิดตลอดปี ประการที่สองสภาพภูมิประเทศในภาคต่างๆของประเทศไทยมีความแตกต่างกันเช่น ภาคเหนือเป็นเขาสูง ภาคตะวันออกเฉียงเหนือเป็นที่ราบสูง ภาคกลางเป็นที่ราบลุ่ม ภาคใต้เป็นเขาสูงสลับกับที่ราบและมีลม มรสุมพัดผ่านตลอดปี สภาพความหลากหลายของภูมิประเทศ และดินฟ้าอากาศดังกล่าวได้เอื้ออำนวยให้ เกิดความหลากหลายทางชีวภาพสูงมากในบรรดาสิ่งมีชีวิตทั้งหมดที่มีอยู่ในพื้นที่

ความหลากหลายทางชีวภาพกับการดำรงชีวิต พบว่ามนุษย์และสิ่งแวดล้อมมีความสัมพันธ์ ทั้ง ทางตรงและทางอ้อม ดังนั้นความหลากหลายทางชีวภาพจึงเกี่ยวข้องโดยตรงต่อมนุษย์ โดยเฉพาะเป็น แหล่งที่มาของปัจจัยพื้นฐานในการดำรงชีวิตด้วยเหตุนี้การรักษาสมดุลของสภาพแวดล้อมจึงมีประโยชน์ ต่อมนุษย์ดังนี้

1. ประโยชน์ทางตรง เราสามารถนำเอาสิ่งที่อยู่รอบตัว ไม่ว่าจะเป็นพืชและสัตว์มาใช้ ประโยชน์ในด้านต่างๆ ในชีวิตประจำวันหลายด้าน เช่น ต้นไม้มาทำเป็นที่อยู่อาศัย หรือนำพืชมาเป็น อาหาร ยารักษาโรค เครื่องนุ่งห่ม เชื้อเพลิง สิ่งของเครื่องใช้ เป็นต้น

2. ประโยชน์ทางอ้อม ความหลากหลายทางชีวภาพมีประโยชน์ทางอ้อมต่อมนุษย์และ สิ่งแวดล้อมในด้านต่างๆ ได้แก่ เป็นแหล่งอาศัยของสัตว์ป่า ช่วยควบคุมสภาพอากาศ ช่วยรักษาคุณภาพ ดิน คุณภาพน้ำ เป็นต้น (เจริญวิชัย. 2553)

จุลินทรีย์ในดินนี้มีอยู่ประมาณ 5 แสนชนิด แบ่งออกเป็นกลุ่มใหญ่ๆได้ 5 กลุ่ม คือ แบคทีเรีย สาหร่าย ไวรัส โพรโตซัว และราชนิดต่างๆ ได้แก่ ราเส้นสาย ยีสต์ และเห็ด ซึ่งมีบทบาทหลักและ ความสำคัญของจุลินทรีย์ต่อระบบนิเวศ คือเป็นตัวการในการย่อยสลายซากสิ่งมีชีวิต จุลินทรีย์เหล่านี้จึง มักอาศัยอยู่ตามซากพืชและซากสัตว์ที่ตายแล้ว และเป็นสาเหตุให้ซากพืชเน่าเปื่อยเพื่อสลายเป็นสารอนิน ทรีย์ในดินทำให้ดินมีความอุดมสมบูรณ์ จุลินทรีย์ในดินที่เกี่ยวข้องกับการหมุนเวียนของแร่ธาตุต่างๆ (สุ

มณฑล และคณะ. 2551) ดังนั้นเห็ดจึงมีความสนใจที่จะศึกษาความหลากหลายของเห็ดเพื่อเก็บรวบรวมสายพันธุ์

สถานภาพความหลากหลายทางชีวภาพของประเทศไทย

ประเทศไทยอยู่ในภูมิภาคเขตร้อน มีที่ตั้งอยู่บนคาบสมุทร ขณะที่ทางภาคเหนือเป็นเขตภูเขาสูงที่ต่อเนื่องมาจากเทือกเขาหิมาลัย และทอดตัวต่อเนื่องลงทางด้านตะวันตก เช่น เทือกเขาถนนธงชัย เทือกเขาตะนาวศรีตามแนวชายแดนไทย-พม่าเรื่อยไปจนถึงเทือกเขาภูเก็ต เทือกเขานครศรีธรรมราช จนจรดชายแดนมาเลเซียทางตอนใต้สุดบนแนวเทือกเขาสันกาลาคีรี ส่วนทางภาคกลางต่อภาคอีสานก็มีเทือกเขาเพชรบูรณ์ เทือกเขาดงพญาเย็น และเทือกเขาพนมดงรัก ซึ่งกั้นชายแดนไทย-กัมพูชา

ประเทศไทยตั้งอยู่ในเขตร้อนชั้นบริเวณเส้นศูนย์สูตร (equator) เป็นรอยต่อระหว่างป่าดงดิบชื้นกับป่าผลัดใบเขตร้อนของโลก จึงเป็นแหล่งที่มีความหลากหลายทางชีวภาพสูงแห่งหนึ่งของโลก และเป็นที่ยอมรับของพรรณพืช 3 เขต คือ Indo-Burma, Annametic และ Malesia ประเทศไทยเป็นที่รวมของพันธุ์สัตว์ 3 เขต คือ Sino-Himalayan, Indo-Chinese และ Sundaic (เจริญวิชัย. 2553)

ประเทศไทยมีพื้นที่บนบก 513,115 ตารางกิโลเมตร และตั้งอยู่ในเขตสภาพภูมิอากาศแถบร้อนชื้นใจกลางทวีปเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ จึงก่อให้เกิดสภาพธรรมชาติอันหลากหลายเป็นสะพานเชื่อมต่อสังคมสิ่งมีชีวิตจากเขตเหนือของโลกแถบเทือกเขาหิมาลัยและตอนใต้ของจีนกับคาบสมุทรมลายู รวมถึงสังคมสิ่งมีชีวิตแบบร้อนแห้งแล้งจากกัมพูชาและลาว จึงเป็นแหล่งกำเนิดของระบบนิเวศเขตร้อนหลากหลายประเภท ได้แก่ ความหลากหลายทางชีวภาพทางการเกษตร ความหลากหลายทางชีวภาพของพื้นที่แห้งแล้งและกึ่งชื้น ความหลากหลายทางชีวภาพทางป่าไม้ ความหลากหลายทางชีวภาพทางภูเขา ความหลากหลายทางชีวภาพทางทะเลและชายฝั่ง ความหลากหลายทางชีวภาพทางเกาะ ความหลากหลายทางชีวภาพทางแหล่งน้ำในแผ่นดิน

จากการสำรวจความหลากหลายของชนิดพืชและสัตว์ในประเทศไทยขณะนี้พบว่ามีอยู่ประมาณ 0.36% ของพื้นที่บกของโลก ประเทศไทยจึงเป็นแหล่งที่มีความหลากหลายอยู่ในลำดับที่สูงมากแห่งหนึ่ง โดยมีความหลากหลายของสัตว์มีกระดูกสันหลังและพืชจำพวกที่มีท่อลำเลียงมากกว่า 9.3% ของที่มีบนโลก (เจริญวิชัย. 2553)

เห็ดและโครงสร้าง

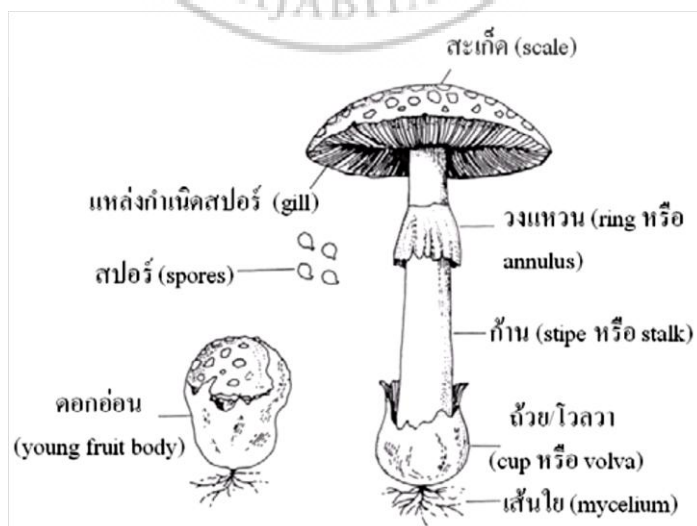
เห็ดเป็นสิ่งมีชีวิตเล็กๆ ที่อยู่ใกล้ชิดกับมนุษย์ สามารถพบได้ทั้งภายในร่างกายและรอบๆ ตัว เราสามารถพบได้ทั้งตามพื้นดิน น้ำ อากาศ ต้นไม้ สัตว์ และสิ่งไม่มีชีวิต แม้ว่าในปี 1991 จะมีรายงานการศึกษาเกี่ยวกับเห็ดราเพียง 65,000 ชนิด แต่คาดว่าจริงๆ แล้วน่าจะมีถึง 1.5-2.5 ล้านชนิดโดยเฉพาะในแถบร้อน เห็ดรามีทั้งประโยชน์และโทษต่อสิ่งมีชีวิตอื่น และหลายครั้งที่เห็ดราเป็นตัวต้นเหตุของการ ผุพังเสื่อมสลายของวัตถุที่ไม่มีชีวิต (นงลักษณ์ และปรีชา. 2548)

เห็ดเป็นสิ่งมีชีวิตที่อยู่ในอาณาจักรรา เป็นกลุ่มราที่มีการรวมตัวกันของเส้นใยเป็นโครงสร้างขนาดใหญ่ มองเห็นได้ด้วยตาเปล่า สามารถหยิบ จับ สัมผัสได้ และเป็นทรัพยากรธรรมชาติกลุ่มหนึ่งที่มีบทบาทหน้าที่ที่สำคัญในระบบนิเวศป่าไม้ โดยสามารถแบ่งออกเป็น 3 กลุ่มตามบทบาทหน้าที่ในระบบนิเวศ ได้แก่ เห็ดผู้ย่อยสลายอินทรีย์วัตถุ (saprophytic mushroom) เห็ดที่มีความสัมพันธ์ร่วมกับสิ่งมีชีวิตชนิดอื่น (symbiosis mushroom) และเห็ดที่เป็นปรสิตของสิ่งมีชีวิตอื่น (parasitic mushroom) หากขาดสิ่งมีชีวิตกลุ่มนี้แล้วจะส่งผลให้ระบบนิเวศป่าไม้เกิดการเปลี่ยนแปลงที่ผิดไปจากปกติ อาจส่งผลให้ความหลากหลายของสิ่งมีชีวิตกลุ่มอื่นๆ อยู่ในภาวะไม่สมดุลได้ ประโยชน์ของเห็ดเป็นที่ทราบดีอยู่แล้วว่าสามารถนำมาใช้ได้หลายช่องทาง เช่น เห็ดที่รับประทานได้ (edible mushroom) เห็ดสมุนไพร (medicinal mushroom) เห็ดที่ใช้ย้อมสี (dyeing mushroom) และเห็ดที่ใช้เป็นสิ่งประดับตกแต่งในอุปกรณ์ต่างๆ (decorated mushroom) เป็นต้น (บารมี. 2549)

โครงสร้างของดอกเห็ดที่รู้จักกันโดยทั่วไป จะเป็นเห็ดกลุ่ม Basidiomycetes มีลักษณะที่สำคัญที่ใช้สำหรับการจัดจำแนกชนิดของดอกเห็ด 2 ประการคือ ลักษณะที่มองเห็นด้วยตาเปล่า (macroscopic features) (รูปที่ 2.1) และลักษณะที่มองเห็นภายใต้กล้องจุลทรรศน์ โดยเฉพาะดอกเห็ดที่มีรูปทรงเป็นรูปร่ม (อนงค์. 2530)

ส่วนประกอบสำคัญของเห็ด มีดังนี้

1. หมวกดอก (cap) เป็นส่วนที่อยู่ปลายสุดของดอกที่เจริญเติบโตขึ้นไปในอากาศ เมื่อเห็ดเจริญเติบโตเต็มที่หมวกดอกก็จะกางออกคล้ายร่ม เช่นเห็ดฟาง แต่หมวกดอกของเห็ดบางชนิดจะแบนราบและกลางหมวกดอกอาจจะเว้าลงไปเป็นแอ่ง เช่นเห็ดนางฟ้า บริเวณด้านบนของหมวกดอกเห็ดบางชนิดจะเรียบ บางชนิดมีผิวขรุขระและบางชนิดมีลักษณะเป็นเกล็ดหรือเป็นขนหุ้มเมล็ด และขนที่หุ้มอาจจะเป็นเนื้อเยื่อที่หลุดหรือฉีกขาดจากปลอกที่หุ้มดอกเห็ด ทั้งนี้เพราะในขณะที่หมวกเห็ดดันปลอกที่หุ้มออกมา เนื้อเยื่อบางส่วนของปลอกที่หุ้มหลุดติดมา ดอกเห็ดบางชนิดหมวกดอกมีเนื้อเหนียว แต่บางชนิดหมวกฉีกขาดง่ายสีของเนื้อภายในดอกเห็ดกับสีภายนอกอาจเป็นสีเดียวกัน หรือต่างกันก็ได้ขึ้นอยู่กับชนิดของดอกเห็ด



## ภาพที่ 2.1 ลักษณะที่มองเห็นด้วยตาเปล่า

ที่มา : บารมี (2549)

2. ครีบดอก (gills) หมายถึงส่วนที่อยู่ด้านล่างหรือส่วนที่อยู่ใต้หมวกดอก มีลักษณะเป็นแผ่นบางๆ เรียงติดกันเป็นรัศมีรอบก้านดอก และแผ่ขยายออกไปยังหมวกดอก ครีบดอกของเห็ดบางชนิดจะยึดติดแน่นกับก้านดอก แต่บางชนิดจะเกาะกันแบบหลวมๆ จำนวนครีบดอกของเห็ดแต่ละชนิดจะแตกต่างกัน บริเวณของครีบจะเป็นแหล่งกำเนิดสปอร์ ความหนาของครีบดอกแต่ละชนิดจะแตกต่างกัน เห็ดบางชนิดครีบดอกอาจมีรูปร่างลักษณะเป็นรูปพวง บางชนิดอาจมีลักษณะเป็นฟันเลื่อย เห็ดที่มีจำนวนครีบดอกที่ก้านดอก และที่ของหมวกดอกเท่ากัน เรียกครีบดอกพวกนี้ว่า simple gills แต่ถ้าจำนวนครีบดอกที่ก้านดอกน้อยกว่าจำนวนครีบที่ขอบหมวกดอกแสดงว่าครีบดอกมีการแตกแขนง

3. วงแหวน (ring) วงแหวนของดอกเห็ด มีลักษณะคล้ายเนื้อเยื่อบางๆ ยึดติดกับก้านดอกโดยอยู่รอบก้านดอก เมื่อหมวกดอกกางออก เนื้อเยื่อที่ยึดก้านดอกกับหมวกดอกจะขาดจากกัน และมีเศษเนื้อเยื่อบางส่วนยึดติดกับก้านดอกทำให้ดูคล้ายกับว่าบริเวณก้านดอกมีแผ่นเยื่อบางๆ สวมอยู่แต่เห็ดบางชนิด ไม่มีวงแหวน ลักษณะของวงแหวนดังกล่าวยังสามารถใช้ในการจำแนกประเภทของดอกเห็ดได้

4. ก้านดอก (stem หรือ stalk หรือ stipe) ก้านดอกของเห็ดแต่ละชนิดจะมีลักษณะแตกต่างกันทั้งทางด้านขนาด และความยาว ตามปกติก้านของดอกเห็ดจะมีลักษณะเป็นรูปทรงกระบอก แต่บริเวณโคนก้านดอกจะใหญ่ และค่อยๆ เรียวเล็กไปยังส่วนปลาย ส่วนบนของก้านดอกจะติดอยู่กับหมวก ดอกหรือครีบดอก ถ้าด้านดอกยึดบริเวณลำก้านดอกพอดีที่บริเวณผิวด้านนอกของก้านดอกเห็ดบางชนิด เรียกว่าบางชนิดจะขรุขระ บางครั้งจะมีลักษณะเป็นเกร็ดคล้ายร่างแหส่วนเนื้อภายในก้านดอกจะมีลักษณะเป็นเส้นใยสานกันอยู่อย่างหลวมๆ คล้ายฟองน้ำ บางชนิดจะรวมกันแน่นที่บึงทำให้ก้านดอกของเห็ดมีลักษณะแข็ง นิ่ม กรอบแตกต่างกัน บริเวณก้านดอกอาจมีรูตรงกลางหรือแน่นที่บึงก็ได้ขึ้นอยู่กับชนิดของเห็ด

5. ปลอกหุ้มโคน (volva) เป็นส่วนที่อยู่ด้านล่างของโคนก้านดอก เห็ดแต่ละชนิดมีปลอกหุ้มโคนที่มีความหนาบางแตกต่างกัน ปลอกหุ้มโคนก็คือเนื้อเยื่อที่หุ้มดอกเห็ดไว้ในขณะที่ดอกเห็ดยังตูมอยู่ เมื่อเห็ดเจริญเติบโตขึ้นก็จะดันเนื้อเยื่อที่หุ้มออกมาและก้านดอกเห็ดก็ชูหมวกดอกขึ้นไปในอากาศ ทั้งส่วนที่เป็นเนื้อเยื่อไว้ด้านล่างบริเวณโคนดอกเห็ด ลักษณะคล้ายถ้วยวางหงายรองรับดอกเห็ดอยู่ตามปกติ ปลอกหุ้มโคนหมวกดอกจะมีสีคล้ายกับหมวกดอก แต่บางชนิดอาจมีสีแตกต่างกัน เห็ดที่มีปลอกโคนได้แก่ เห็ดฟาง เห็ดตระกูลอะมานิต้า

6. สปอร์ (spore) สปอร์ของเห็ดเป็นแบบ Basidiospore สปอร์พวกนี้จะถูกสร้างบริเวณครีบดอกสปอร์ของดอกเห็ดมีขนาดเล็กมากไม่มีสี แต่ถ้าสปอร์เหล่านี้รวมกันเป็นกลุ่มก้อนจะมีสีคล้ายกับสีของครีบดอก สปอร์ของเห็ดแต่ละชนิดจะมีรูปร่างลักษณะแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับชนิดของเห็ด ถ้านำดอกหมวก

ของเห็ดตามวางบนกระดาษบริเวณที่อับลม สปอร์ของเห็ดจะตกลงบนแผ่นกระดาษ เป็นกลุ่มมีลักษณะแผ่ขยายไปตามเส้นของครีบกอก

7. กลุ่มเส้นใย (mycelium) หมายถึง กลุ่มเส้นใยที่รวมตัวกันแน่น เห็ดบางชนิดจะมีกลุ่มเส้นใยรวมตัวกันแน่นที่บริเวณโคนก้านดอก กลุ่มเส้นใยพวกนี้มีลักษณะเป็นเส้นใยหยาบๆ แต่บางชนิดกลุ่มเส้นใยมีลักษณะเป็นเส้นใยละเอียด กลุ่มของเส้นใยดังกล่าวจะมีสีขาวเกะยีระหว่างโคนก้านดอกกับวัสดุที่เห็ดเจริญเติบโต

#### ประเภทของไมคอร์ไรซา

ไมคอร์ไรซา (mycorrhiza) หรือ fungus-root มีรากศัพท์มาจากภาษากรีกว่า “mykes” แปลว่ารา และ “rhiza” แปลว่าราก หมายถึงโครงสร้างของรากที่เป็นผลมาจากความสัมพันธ์แบบพึ่งพาเกื้อกูลและเอื้อประโยชน์ซึ่งกันและกันระหว่างราและรากพืช โดยราจะต้องไม่ใช้ราที่เป็นสาเหตุของโรคพืช (Jackson & Mason, 1984) ราจะช่วยดูดน้ำ และแร่ธาตุที่ จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืชโดยเฉพาะอย่างยิ่งธาตุฟอสฟอรัส (Kumar, 1988; Nopamornbodi, 1995) ในขณะที่รากพืชจะปลดปล่อยอินทรีย์สารจำพวก คาร์โบไฮเดรต วิตามิน และกรดอะมิโน ให้กับรา ลักษณะดังกล่าวนี้จึงเป็นเสมือนกลไกสำคัญในการมีชีวิตอยู่รอดของ ทั้งราและพืชทำให้พืชเจริญอยู่ได้ในดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำความเป็นกรดสูง ความแห้งแล้ง โรค อุดหนุมิสูง และสภาพแวดล้อมอื่น ๆ ที่ไม่เหมาะสม ไมคอร์ไรซาจึงถือเป็น องค์ประกอบที่มีชีวิต และมีความสำคัญในดิน มีสมบัติเป็นทั้งราก และราที่มีประโยชน์ไปควบคู่กัน

Mark และ Foster (1973) รายงานว่า Unger เป็นบุคคลแรกที่ค้นพบราปรากอยู่บนรากพืช และตนไม่ป่าแต่ไม่ทำให้เกิดโรค ต่อมาในปี 1885 Frank นักโรควิทยาป่าไมชาวเยอรมัน เรียกการอยู่ รวมกันของรากกับรากพืชนี้ว่าไมคอร์ไรซา โดยอาศัยโครงสร้าง และลักษณะทางสัณฐานวิทยาที่แตกต่างกัน แต่ชนิดที่สำคัญทางการเกษตรและ ป่าไม้อยู่ 2 ประเภท คือ

1. เอกโตไมคอร์ไรซา (Ectomycorrhiza; ECM) ราในกลุ่มนี้จะสร้างเส้นใยเป็นแผ่นหนาประมาณ 20-40 ไมโครเมตร (Agerer, 1987-1990; Issacc, 1992; Brundrett et al., 1996) ปกคลุมบริเวณผิวรากเรียกแผ่นแมนเทิล (mantle sheath) เส้นใยบางส่วนของแมนเทิลจะเข้าไปเจริญอยู่ ระหว่างเซลล์ผิว (epidermis) และในชั้นคอร์เทกซของเซลล์รากประสานกันเป็นร่างแหเรียก ไยฮาร์ดิก (hartig net) แผ่นแมนเทิลช่วยเพิ่มพื้นที่ผิวการดูดซึมน้ำแก่รากพืชและมีผลทำให้รากพืชเกิดการเปลี่ยนแปลงทางสัณฐานได้ เช่น รากเกิดการแตกแขนงแบบแยกสองแฉก (dichotomous branching) ราเอกโตไมคอร์ไรซาจัดเป็นราชั้นสูงใน Class Basidiomycetes เป็นส่วนใหญ่สามารถสร้างดอกเห็ด (mushroom) และพัพบอล (puffball) โผล่เหนือพื้นดินให้เห็นได้พบแพร่กระจายทั่วทุกเขตของโลก ในเขตนานาเขตอบอุ่น และในเขตร้อน มากกว่า 5,000 ชนิดใน 26 วงศ์ นอกจากนี้สามารถพบได้ใน Class Ascomycetes เช่นราในสกุล *Peziza*, *Tuber*, *Terfezi*, *Genea* และ *Elaphomyces* โดยอาศัยอยู่รวมกันกับพันธุ์ไมป่าประมาณ 2,000 ชนิดในหลายๆ วงศ์ ไคแก ไมวงศสนเขา (Pinaceae) ไมวงศกอ (Fagaceae) ไมวงศ

กำลังเสือโคร่ง (Betulaceae) ไม้วงศุภคาลิปตัส (Myrtaceae) ไม้วงศวอลนัท (Juglandaceae) ไม้วงศกุหลาบพันป (Ericaceae) ไม้วงศชัยพฤกษ์ (Caesalpinaceae) และไม้วงศยาง (Dipterocarpaceae) (Brundrett et al., 1996) ราเอคโตไมคอร์ไรซาสวนใหญ่สามารถ สร้างไมคอร์ไรซากับพืชได้หลายชนิดไม่มีความเฉพาะเจาะจงกับพืชชนิดใดชนิดหนึ่ง เช่น รา *Pisolithus arhizus* เป็นราเอคโตไมคอร์ไรซาที่สามารถสร้างไมคอร์ไรซากับไมยคาลิปตัส ไมสนเขา และไม้วงศกอ (Marx, 1977) ราเอคโตไมคอร์ไรซาบางชนิด เช่น รา *Suillus grevillei* (Klotzsch) สามารถสร้างไมคอร์ไรซากับพืชบางชนิดเท่านั้น (Issaac, 1992)

ในประเทศไทยพบราเอคโตไมคอร์ไรซาประมาณ 69 ชนิดอยู่ร่วมกับพันธุ์ไม้ในระบบนิเวศป่าเต็งรัง ซึ่งแสดงการสร้างเอคโตไมคอร์ไรซาอย่างเด่นชัด ได้แก่ ไม้เต็ง (*Shorea obtusa* Wall.), รัง (*Shorea siamensis* Miq.), เหียง (*Dipterocarpus obtusifolius* Teijsm. Ex Miq.), พลวง (*Dipterocarpus tuberculatus* Roxb.), และมะคาโหมง (*Azzeria xylocarpa* Craib.) (Chalermpongse, 1992)

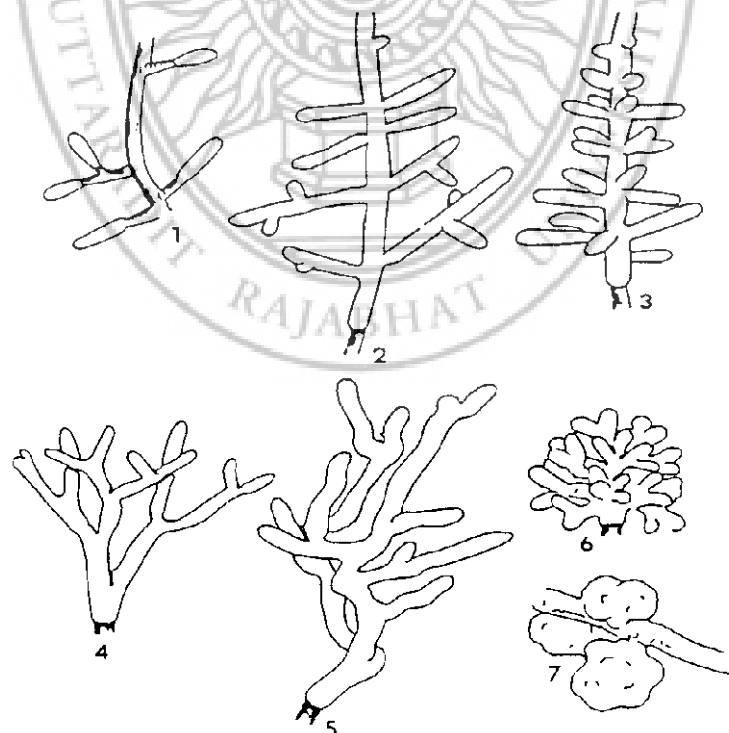
2. อารบัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา (arbuscular mycorrhiza; AM หรือ Endomycorrhizas หรือ Vesicular-arbuscular mycorrhizas) ราในกลุ่มนี้จะมีเส้นใยเจริญอยู่ภายนอกผิวราก ไม่รวมกันเป็นแผ่นแมนเทิล เส้นใยของราจะเจริญเข้าไปอยู่ภายในชั้นคอร์เทกซ์ของเซลล์ราก และสร้างโครงสร้างพิเศษ 2 แบบ สำหรับดูดธาตุอาหารขึ้นภายในเซลล์คอร์เทกซ์นั้น คือ arbuscule เป็นโครงสร้างที่มีผนังหนา และมีรูปร่างคล้ายต้นไม้แตกกิ่งก้านสาขา (dwarf tree) และ vesicle ซึ่งเป็นโครงสร้างที่มีรูปร่างกลม หรือรีผบบาง แต่เดิมจึงอาจเรียกอีก ในชื่อหนึ่งว่า Vesicular-arbuscular mycorrhiza หรือ VA mycorrhizas (VAM) ปัจจุบันพบวรา ในกลุ่มนี้บางชนิดเท่านั้นที่สร้าง vesicle ดังนั้นจึงนิยมเรียกวา อารบัสคูลาร์ไมคอร์ไรซามากกว่า เนื่องจากโครงสร้างทั้งสองนี้เป็นโครงสร้างที่ไม่พบในราชนิดใดๆ จึงทำให้สามารถใช้โครงสร้างนี้ในการบ่งชี้ว่ามีราชนิดนี้เข้าอยู่อาศัยในพืช รากของพืชที่มีราอารบัสคูลาร์ ไมคอร์ไรซาอาศัยรวมอยู่ด้วยสามารถเจริญได้ตามปกติ และไม่มีการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพ แตกรากพืชบางชนิดอาจพบการเปลี่ยนสีเป็นสีเหลืองอ่อน และไม่มีรากขน ซึ่งสีเหลืองนี้จะจางหายไปเมื่อ ถูกแสงสว่างและความชื้นของสึขึ้นอยู่กับปริมาณการเขาสูรากของรา (Harley & Smith, 1983)

ราอารบัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาอยู่ใน Phylum Glomeromycota จำแนกได้ประมาณ 150 ชนิดสวนใหญ่อยู่ในสกุล *Acaulospora*, *Entrophospora*, *Gigaspora*, *Glomus*, *Sclerocystis* และ *Scutellospora* (Schenck & Perez, 1987; Schüßler et al., 2001) เชื่อว่าเป็นไมคอร์ไรซาชนิดที่เก่าแก่ที่สุด มีอายุมากกว่า 450 ล้านปีในยุค Ordovician (Redecker et al., 2000) ราในกลุ่มนี้ เมื่อใส่ปุ๋ยแล้วจะสร้างไมคอร์ไรซาสามารถเพิ่มผลผลิต และส่งเสริมการเติบโตให้กับพืชได้มากกว่า 25,000 ชนิด ทั้งพืชไร่ พืชสวน และกล้าไม้ป่า ซึ่งล้วนแต่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ ได้แก่ สัก ประดู่ ขาว ขาวโพล ขาวพาง กาแฟ องุ่น แอปเปิ้ล พลัม สับปะรด อะโวคาโด สตอร์ เบอร์รี่ ราสเบอร์รี่ เชอร์รี่ แพร มันฝรั่ง เป็นต้น (Varma & Schuepp, 1995; Fortuna et al., 1996; Lovato et al., 1996; Azcon-Aguilar &

Barea, 1996; Siqueira et al., 1998; Duffy & Cassells, 2000; Cardoso et al., 2003) การกระจายของราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาจะพบได้ในดินทุกหนทุกแห่ง ทั้งในดินที่ใช่สำหรับการเกษตร ทงหญ้า ป่าไม้หรือแม้กระทั่งดินที่ปล่อยรกร้างในเหมืองเก่า ดังนั้นราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาจึงถือได้ว่าเป็นองค์ประกอบที่สำคัญอย่างยิ่งในสังคมพืชตามธรรมชาติ อนิวรรต และจีร์วัฒน์ (2525) พบว่าในระบบ นิเวศป่าดิบแล้งของไทย จะมีชนิดพันธุ์ไมที่มีความสัมพันธ์กับราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาอยู่ด้วยกันทั้งสิ้น 113 ชนิด ที่สำคัญได้แก่ ประดู่ (*Pterocarpus macrocarpus* Kurz.) พะยูง (*Dalbergia cochinchinensis* Pierre), แดง (*Xylia xylocarpa* (Roxb.) Taub. var. *kerrii* (Craib & Hutch) Nielsen) มะคาแต้ (*Sindora siamensis* Teijsm. ex Miq.) กระบก (*Irvingia malayana* Oliv. ex A. Benn.) เป็นต้น

ลักษณะของรากพืชที่ติดเชื้อราเอคโตไมคอร์ไรซา

ลักษณะของรากพืชที่มีเอคโตไมคอร์ไรซา จะแตกต่างไปจากรากพืชที่ไม่มีเอคโตไมคอร์ไรซา อย่างเห็นได้ชัด เช่น รูปร่าง สี ลักษณะของผิวราก นอกจากนี้ยังมีลักษณะอื่นๆ ที่มีขนาดเล็กมากจนต้องใช้กล้องจุลทรรศน์ในการตรวจดูลักษณะของรากที่เป็นผลมาจากปฏิสัมพันธ์ระหว่างราและรากพืช รากพืชที่มีเอคโตไมคอร์ไรซาจะมีการแตกแขนงมากขึ้น Zak (1973) ระบุว่า รากไมในตระกูล *Abies*, *Larix*, *Picea*, *Pseudotsuga* และ *Tsuga* ที่มีเอคโตไมคอร์ไรซาจะมีรูปแบบการแตกแขนงของรากเป็นแบบ pyramidally pinnate ขณะที่รากสนที่มีเอคโตไมคอร์ไรซาสวนใหญ่จะมีลักษณะการแตกแขนงเป็นแบบ monopodial, bifurcates หรือ coralloid รูปแบบของการแตกแขนงและชื่อเรียกแสดงไว้ในรูปที่ 2.2



ภาพที่ 2.2 รูปแบบการแตกแขนงของรากเอคโตไมคอร์ไรซา 1) simple or unramified, 2) monopodial-pinnate, 3) monopodial-pyramidal, 4) dichotomous, 5) irregularly pinnate, dichotomous-like, 6) coralloid, 7) tubercle-like

ที่มา Durall et al., 1996

บทบาทที่สำคัญของรากเอคโตไมคอร์ไรซาในระบบนิเวศ

### 1. ความเปราะบางต่อพืช

ก) การดูดซับธาตุอาหารและการกระตุ้นการเจริญของพืช รากพืชที่มีรากเอคโตไมคอร์ไรซาอาศัยอยู่ด้วยจะมีขนาดใหญ่ และแตกแขนงมากขึ้น เส้นใยของรากที่แผ่กระจายไปในดินทุกทิศทางจะทำหน้าที่เสมือนรากฝอย ช่วยเพิ่มพื้นที่ผิวในการดูดซึมธาตุอาหารและน้ำของราก Marx & Ruehle (1988) พบว่า รากของต้นสน *Pinus taeda* ที่ใส่รากเอคโตไมคอร์ไรซา *Pisolithus arhizus* ภายหลังการขยายปลูก 2 ปี จะสามารถสังเกตเห็นเส้นใยของรากแผ่ไปในดินได้ไกลถึง 3 เมตร เส้นใยที่แผ่ไปได้ไกลๆ นี้สามารถดูดธาตุอาหารและน้ำในบริเวณที่รากไปไม่ถึง สวมมาให้กับรากส่งผลให้การเจริญของต้นไมดีขึ้น Rousseau et al. (1994) พบว่า พื้นที่ผิวในการดูดซึมของรากที่เพิ่มขึ้นนั้นมีเส้นใยของรากเอคโตไมคอร์ไรซา เป็นส่วนประกอบถึงร้อยละ 75 Skinner & Bowen (1974) ได้ใช้สารกัมมันตภาพรังสีฟอสฟอรัส-32 ตรวจสอบพบว่ารากของกลาส *Pinus radiata* ที่ใส่รากเอคโตไมคอร์ไรซา *Rhizopogon luteolus* จะสามารถสะสมฟอสฟอรัสในรากที่ได้จากการดูดซึมโดยเส้นใยของรากลากกว่ารากที่ไม่มีเอคโตไมคอร์ไรซา รากเอคโตไมคอร์ไรซายังสามารถย่อยสลายธาตุอาหารในดินที่ละลายตัวโดยยาก ซึ่งอยู่ในรูปที่ พืชใช้ประโยชน์ไม่ได้ให้อยู่ในรูปที่พืชสามารถดูดไปใช้ได้ Cumming & Weinstein (1990) รายงานว่ากลาส *Pinus rigida* ที่ใส่รากเอคโตไมคอร์ไรซา *P. arhizus* จะสามารถใช้  $AlPO_4$  เป็นแหล่งฟอสฟอรัสได้ ซึ่ง Cumming (1993) อธิบายว่า การที่กล้าไม้ที่มีรากเอคโตไมคอร์ไรซาอยู่รวมด้วย สามารถใช้ฟอสฟอรัสที่อยู่ในรูปที่พืชดูดไปใช้ประโยชน์ไม่ได้ เนื่องจากรากเอคโตไมคอร์ไรซาจะผลิตกรดอินทรีย์ออกมา ซึ่งจะมีผลต่อการละลายของ  $AlPO_4$  โดยตรง Williamson & Alexander (1975) และ Ho & Zak (1979) พบว่า รากเอคโตไมคอร์ไรซายังสามารถสร้างเอนไซม์ Phosphatase สะสมไว้ในเซลล์ได้ และด้วยกิจกรรมของเอนไซม์ Phosphatase ที่รากเอคโตไมคอร์ไรซาผลิตขึ้นมานี้ ทำให้พืชสามารถใช้ฟอสฟอรัสที่อยู่ในรูปที่ละลายยาก เช่น p-nitrophenylphosphate, Calcium Phytates (Jackson & Mason 1984, Allen et al. 1981) ได้ ฟอสฟอรัสที่ถูกดูดเข้าไปนี้ประมาณ ร้อยละ 90 จะถูกสะสมไว้ในแผ่นแมนเทิล (Harley & Smith, 1983; Jackson & Mason, 1984) ในรูปของ Soluble orthophosphate (Harley & Loughman, 1963), Soluble polyphosphate (Martin et al., 1983; Harley & Smith, 1983) หรือ Polyphosphate granules (Chilvers & Harley, 1980; White & Brown, 1979) เส้นใยของรากจึงทำหน้าที่เสมือนเป็นแหล่งกักเก็บธาตุฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์สำหรับพืช และจะปลดปล่อยให้พืชเมื่อพืชมีความต้องการธาตุอาหาร

Menge et al. (1977) พบว่ารากอาบัสคูลาไมคอร์ไรซาสามารถกระตุ้นการเจริญของพืชสวนได้โดยทดลองในสม นอกจากนี้ยังสามารถกระตุ้นการเจริญพืชไร่ ผัก ไม้ดอกไม่ประดับอีกด้วย และทำให้ผลผลิตที่ได้มีคุณภาพดีขึ้น เนื่องจากฟอสฟอรัสเป็นธาตุที่สำคัญต่อการเจริญของสวนขยายพันธุ์ คือ ดอก ผล และเมล็ด เมื่อพืชที่ได้รับธาตุฟอสฟอรัสเพิ่มขึ้น การเจริญของสวนขยายพันธุ์ก็เพิ่มขึ้นด้วย เช่น การเพิ่มการออกดอกในพริกไทย (Dodd et al., 1983) เพิ่มการผลิตเมล็ดในถั่วเหลือง และข้าวบาร์เลย์ (Johansen & Jensen, 1996) นอกจากนี้ราอาร์บัสคูลาไมคอร์ไรซาจะช่วยในการดูดซึมธาตุ ฟอสฟอรัสแล้ว ยังช่วยเพิ่มการดูดซึมธาตุอาหารอื่นๆ อีกด้วย เช่น ไนโตรเจน โพแทสเซียม ทองแดง และสังกะสีทำให้ช่วยลดปริมาณการใช้ปุ๋ยเคมี

ข) การป้องกันโรคระบบรากของพืช ราเอคโตไมคอร์ไรซาสามารถช่วยป้องกันการเข้าทำลายของเชื้อราสาเหตุของโรคระบบรากพืช และต้นไม้ได้โดยแผ่นแมนเทิล และใยฮารติก จะทำหน้าที่เสมือนเกราะป้องกันเชื้อโรคที่จะเข้ามาทำลายราก (Marx, 1969a) ราเอคโต ไมคอร์ไรซายังสามารถสร้างสารปฏิชีวนะ (antibiotics) ที่มีฤทธิ์ยับยั้งการเจริญของเชื้อโรคได้ ซึ่ง Marx (1969b) และ Marx & Davey (1969) พบว่า ราเอคโตไมคอร์ไรซา *Leucopaxillus cerealis* var. *piceina* สามารถสร้าง สารปฏิชีวนะ ชื่อ Diatreyne nitrile และ Diatreyne 3 ที่มีฤทธิ์ต่อต้านเชื้อรา *Phytophthora cinnamomi* ได้ Sinclair et al. (1982) พบว่า รากของกลาสน *Pinus resinosa* ที่ติดเชื้อรา เอคโตไมคอร์ไรซา *Laccaria laccata* (Scop.) Cooke สามารถป้องกันโรคที่เกิดจากเชื้อรา *Fusarium oxysporum* E.F.Sm & Swingle และส่งเสริมการเจริญของกลาไมให้เติบโตตามปกติได้ ในขณะที่ต้นกลาที่ไม่มีราเอคโตไมคอร์ไรซาจะมีอัตราการตายสูง หรือการเจริญของต้นกลาจะชะงักงัน นอกจากนี้ที่กลาแลว ราเอคโตไมคอร์ไรซายังสามารถแก่งแย่งกับเชื้อโรคในดินได้ โดยการไชคาร์โบไฮเดรต และสารเคมี อื่นๆ ที่ถูกขับออกมาโดยรากขณะที่อาศัยอยู่รวมกันเท่ากับเป็นการลดปริมาณของธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญของเชื้อโรคในดินลง

ราอาร์บัสคูลาไมคอร์ไรซาสามารถช่วยควบคุมการเกิดและความรุนแรงของโรคพืช โดยราในสกุล *Glomus* sp. ช่วยลดการเกิดโรค Sheath blight ในข้าวไทรอยละ 30 เมื่อผสมราอาร์บัสคูลาไมคอร์ไรซาดังกล่าวในดินที่ใส่ปุ๋ย (liag et al., 1987) รา *G.etunicatum* *G.macrocarpum* และ *Gi. margarita* ช่วยลดการเป็นโรคเหี่ยวจากเชื้อ *Fusarium solani* และเพิ่มผลผลิตของมันฝรั่งได้ (Pescua & Milagrosa, 1989)

ค) การดูดซับความชื้น เสนใยของราเอคโตไมคอร์ไรซาที่แผ่กระจายลงไปดินทุกทิศทาง นอกจากจะช่วยในการดูดธาตุอาหารแล้วยังช่วยเพิ่มพื้นที่ผิวในการดูดน้ำของรากด้วย รากเอคโตไมคอร์ไรซาจะมีความยาวและขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางมากกว่ารากของพืชทั่วไป ช่วยเพิ่มพื้นที่ในการดูดซึมถึงร้อยละ 26-86 (Hadie & Leyton, 1981) แผ่นแมนเทิลของราจะทำ หน้าที่เสมือนฟองน้ำที่ดูดซับความชื้นไว้ Duddrige et al. (1980) พบว่า Rhizomorph ของราเอคโตไมคอร์ไรซา *Suillus bovinus* (Pers.) Roussel สามารถทำหน้าที่ลำเลียงน้ำซึ่งอยู่ในรูปของสารกัมมันตภาพรังสี  $3\text{H}_2\text{O}$  จากรากของกลาสน

*Pinus sylvestris* L. ได้ Foster (1981) อธิบายว่าเส้นใยของราเอคโตไมคอร์ไรซาที่รวมกันเป็น Rhizomorph นี้ จะมีโครงสร้างที่ประกอบด้วยเซลล์ผนังหนา 2 ชั้น และมี Polysaccharide gel เป็นองค์ประกอบอยู่รอบๆ ทำหน้าที่ป้องกันการสูญเสียน้ำ Jennifer et al. (1983) ยังพบว่า ในสภาพความชื้นในดินจำกัดรากเอคโตไมคอร์ไรซาจะมีอัตราการระเหยน้ำต่ำกว่ารากที่ไม่มีเอคโตไมคอร์ไรซา

ง) ความทนทานของต้นไม้ต่อความเป็นพิษของดิน ราเอคโตไมคอร์ไรซาช่วยให้รากพืชมีความทนทานต่อสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม เช่น ความเป็นพิษของดิน อุณหภูมิสูง โลหะหนัก หรือสารกัมมันตภาพรังสี เป็นต้น Jones และ Hutchinson (1988) พบว่ากลาไม Birch ที่มีเอคโตไมคอร์ไรซาสามารถเจริญในดินที่มีนิกเกิล (Ni) เป็นพิษอยู่สูงได้ ในขณะที่ Colpaert & Van Assche (1992) ระบุว่ากลาสน *Pinus sylvestris* ที่มีเอคโตไมคอร์ไรซาสามารถที่จะเจริญอย่างปกติในดินที่มี Zn เป็นพิษ อยู่สูงได้เช่นกัน Denny & Wilkins (1987) ระบุว่าปริมาณของ Zn ที่ดูดเข้าไป จะถูกสะสมไว้ในผนัง เซลล์ของเส้นใยราเอคโตไมคอร์ไรซา มีเพียงส่วนน้อยเท่านั้นที่จะถูกส่งลำเลียงไปยังพืช นอกจากนี้ Entry et al. (1994) ยังพบวากลาสน *Pinus ponderosa* และ *Pinus radiata* ที่มีราเอคโตไมคอร์ไรซา สามารถดูดซับสารกัมมันตภาพรังสี Strontium-90 ( $^{90}\text{Sr}$ ) จากดินได้ในปริมาณที่มากกว่าต้นไม้ที่ไม่มี ราเอคโตไมคอร์ไรซาถึง 3-5 เท่า ราอาร์บัสคูลาไมคอร์ไรซาช่วยให้พืชทนต่อความแห้งแล้ง ดินเค็ม ดินเปรี้ยวได้ (Auge et al., 1992) Blal & Gianinazzi-Pearson (1990) รายงานว่า ราอาร์บัสคูลา ไมคอร์ไรซาทำให้ถั่วลันเตาและถั่วเหลืองทนต่อความแห้งแล้งและ/หรือเจริญกลับมาได้เป็นปกติเร็วขึ้นเมื่อผาน ช่วงนั้นไปแล้ว ปาลมน้ำมันและสับปะรดที่มีราอาร์บัสคูลาไมคอร์ไรซาสามารถเจริญได้ในดินเปรี้ยว

## 2. หน้าที่อื่นในระบบนิเวศ

ก) การหมุนเวียนธาตุอาหาร และการอนุรักษ์ราไมคอร์ไรซา นอกจากจะมีบทบาทสำคัญ ต่อพืชแล้ว ยังมีความสำคัญในการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม ช่วยทำให้เกิดการหมุนเวียนของธาตุอาหารในดิน ป่าไม้ โดยเฉพาะธาตุ N, P และ K เมื่อราไมคอร์ไรซาตายลงธาตุอาหาร ทั้งหลายที่สะสมอยู่ภายในก็จะ ถูกปลดปล่อยกลับสู่ดิน (Harley & Smith, 1983)

Vogt & Edmonds (1980) ศึกษาการสะสมของธาตุอาหารชนิดต่างๆ ใน Fruiting body ของราหลายๆ ชนิด รวมทั้งราเอคโตไมคอร์ไรซาในป่าสน พบว่า Fruiting body จะมีการสะสมธาตุ N, P และ K ได้มากกว่าเศษซากพืชที่ร่วงหล่นอยู่บนพื้นป่า ถึง 3, 2-7 และ 4-22 เท่า ตามลำดับ ซึ่งถือว่ามีมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการหมุนเวียนของธาตุอาหารในระบบนิเวศ

ข) การเคลื่อนย้ายคาร์บอนสู่จุลินทรีย์อื่นในดิน คาร์บอนเป็นแหล่งอาหารที่สำคัญต่อการเจริญของจุลินทรีย์ในดิน การเจริญของจุลินทรีย์จะเป็นไปอย่างคอนขวางขาใน สภาพของดินป่าไม้ซึ่งมีชีวมวลเป็นองค์ประกอบสำคัญอยู่สูงถึงร้อยละ 80-90 ราไมคอร์ไรซาจะมีบทบาทสำคัญในการเคลื่อนย้ายคาร์บอนจากรากพืชอาศัย คาร์บอนส่วนที่เหลือเกินความต้องการจะถูกเคลื่อนย้ายสู่ดินโดยโครงข่ายของเส้นใยรา (mycelial network) เป็นการช่วยในการเจริญของจุลินทรีย์อื่นในระบบนิเวศได้ Soderstrom

(1993) พบวาราไมคอร์ไรซาจะช่วยเหลือขนย้ายคาร์บอนที่เกินความต้องการสู่อินทรีย์ในปริมาณ 200 กรัมต่อตารางเมตรต่อปี

ค) แหล่งอาหารสำหรับสัตว์นานาชนิด ราเอคโตไมคอร์ไรซาเป็นแหล่งอาหารของแมลงและสัตว์ขนาดเล็กในดินอีกหลายชนิด เช่น *Collembola Nematodes* (Warnock et al. 1982) นอกจากนี้ Master et al. (1978) ยังตรวจพบขึ้นสวน หรือสปอร์ของราเอคโตไมคอร์ไรซาในลำไส้ของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมขนาดเล็กถึงร้อยละ 79

### 3. คุณคาคอมมนุษย์

ก) แหล่งอาหารที่สำคัญ นอกจากจะช่วยในการส่งเสริมการเจริญเติบโตของกลาไม้แล้ว ราเอคโตไมคอร์ไรซายังสามารถสร้างดอกเห็ดที่มีความสำคัญในแง่ของอาหารและยา และคุณค่าทางเศรษฐกิจต่อมนุษย์ (Trappe, 1977) ราเอคโตไมคอร์ไรซาหลายชนิดสามารถนำมากินเป็นอาหารได้ ที่สำคัญเช่น เห็ดเพาะ หรือเห็ดดอบ (*A. hygrometricus*) เห็ดระโงกขาว (*Amanita* sp.) เห็ดระโงกเหลือง (*A. caesarea*) เห็ดน้ำหมากหรือเห็ดแดง (*Russula sanguinea* (Bull.) Fr., *R. emetica* (Schaeff.) Pers.) เห็ดตะไคล (*R. delica* Fr.) เห็ดหลังเขียว (*R. virescens* (Schaeff.) Fr.) เห็ดตับเต่า (*Boletus edulis* Bull.) เห็ดเสม็ดยูคา (*Tylopilus rubrobrunneus* Mazzer & A.H. Sm.) (อนิวรรณ, 2539) ดอกเห็ดที่สร้างขึ้นมีคุณค่าสำคัญในทางอาหารและยาอย่างยิ่งต่อชุมชน (Chalermpongse, 1996; Chamratpan, 2003; Klinhom et al., 2003) ในแอฟริกา ชาวพื้นเมืองจะเก็บดอกเห็ดจากป่าเป็นอาหาร (Dijk et al. 2002) เห็ดไมคอร์ไรซาที่ใช่เป็นอาหารโดยส่วนใหญ่ จะพบอยู่ในกลุ่มของ *Amanita*, *Cantharellus*, *Lactarius* และ *Russula* (Munyanziza, 2004) เปนที่ยอมรับว่าเห็ดเหล่านี้เป็นแหล่งของโปรตีน วิตามิน และกรดอมิโน ที่มีคุณค่าสำคัญในทางโภชนาการ คาดประมาณมูลค่าของเห็ดไมคอร์ไรซาที่มีจำหน่ายอยู่ในตลาดโลก มีค่าถึง 3-6 พันล้านเหรียญสหรัฐ ในทวีปยุโรปการเตรียมกลาไม้ เช่น กลาไม้ Oak ในฝรั่งเศสมีการประยุกต์ใช้ราเอคโตไมคอร์ไรซา เช่น รา *Tuber melanosporum* Vittad. และ *Tuber uncinatum* Chatin (Chevalier, 1988; Massanes et al., 1988) ซึ่งสามารถ สร้างดอกเห็ด truffle เมื่อจำหน่ายในตลาดเห็ดชนิดนี้จะมีมูลค่าสูงถึง 700 \$US ต่อน้ำหนักสดหนึ่ง กิโลกรัม (Marx et al., 1992; Walsh 1996) นักวิทยาศาสตร์ได้พยายามเพาะเชื้อราเอคโตไมคอร์ไรซาที่สามารถสร้างดอกเห็ดหลายๆ ชนิดให้กับกลาไม้ เช่น ในประเทศญี่ปุ่นมีการเพาะรา *Tricholoma matsutake* (S. Ito & S. Imai) Singer ให้กับกลาไม้สน (Yun & Hall, 1988) ในประเทศจีนพบว่า การเพาะเชื้อรา *Suillus bovinus* ให้กับกลาไม้สน เมื่อย้ายนำไปปลูกกลาไม้ที่ได้รับการเพาะเชื้อสามารถ สร้างดอกเห็ดได้ ภายในระยะเวลา 2.5 ปี (Chen et al., 2004) ดอกเห็ด หรือ Fruiting body ของราเอคโตไมคอร์ไรซานานาชนิด นอกจากจะเป็นแหล่งอาหารที่สำคัญแล้ว ยังสามารถนำมาสกัดสี้อม ไตหลากหลายสี เช่น สีแดงหรือสีชมพู สามารถสกัดได้จากดอกเห็ดของราเอคโตไมคอร์ไรซาในสกุล *Cortinarius* สีส้มสามารถสกัดได้จาก ดอกเห็ดของราเอคโตไมคอร์ไรซา *Boletus edulis* สีน้ำตาลหรือดำสามารถสกัดได้จากดอกเห็ดของราเอคโตไมคอร์ไรซา *Pisolithus arhizus* เปนตน (Rice & Beebee, 1980)

ข) ตัวชี้คุณภาพสิ่งแวดล้อม ราเอคโตไมคอร์ไรซาเป็นตัวชี้ถึงความอุดมสมบูรณ์ของระบบนิเวศป่าไม้ ถ้าที่ใดมีราเอคโตไมคอร์ไรซาหลากหลายชนิดแสดงว่ามีระบบป่าที่สมบูรณ์ แต่ถ้าที่ใดมีราเอคโตไมคอร์ไรซาน้อยชนิด แสดงว่าท้องที่นั้นมีการทำลายป่ามาก และมีมลพิษสูง Arnolds (1988) รายงานว่าการเกิดสภาวะฝนกรดมีผลต่อการลดลงของจำนวนชนิดราเอคโตไมคอร์ไรซาในป่าสนเขต อบอุ่นขณะที่ Fellner & Peskova (1995) ระบุว่าความเสื่อมโทรมของระบบนิเวศป่าไม้ เนื่องจาก มลพิษทางอากาศในระดับที่รุนแรงมาก มีผลทำให้ความหลากหลายในชนิดของราเอคโตไมคอร์ไรซาลดลง เหลือน้อยกว่าร้อยละ 20 ในขณะที่ราในกลุ่ม Lignicolous จะเพิ่มขึ้นมากกว่าร้อยละ 55 Grime et al. (1987) ได้สร้างสังคมพืชจำลองขึ้น (microcosms) ประกอบด้วยหญ้าหลายชนิดปลูกในดินหินปูน พบว่า ถ้าในสังคมพืชนั้นไม่มีราอาร์บัสคูลาไมคอร์ไรซา ความหลากหลายของหญ้าจะลดลงเมื่อเทียบกับสังคมพืช ที่มีราอาร์บัสคูลาไมคอร์ไรซา Wilson & Hartnett (1997) ทดลองสร้างสังคมพืชของ tallgrass prairie เจริญร่วมกับราอาร์บัสคูลาไมคอร์ไรซา โดยที่มิหนึ่การทดลองได้ใส่ยาฆ่าราที่สามารถยับยั้งการเจริญของราอาร์บัสคูลาไมคอร์ไรซาได้ พบว่าการทดลองที่ไม่ใส่ยาฆ่ารา มีความเข้มแข็งของสังคมพืชที่มากกว่า

## 2.6 การทำหัวเชื้อราเอคโตไมคอร์ไรซาเพื่อใช้ในการเพิ่มผลผลิตของป่า

เนื่องจากประโยชน์ของราเอคโตไมคอร์ไรซาดังกล่าว จะเห็นว่ามี ความจำเป็นอย่างยิ่งในการเพาะราเอคโตไมคอร์ไรซาให้กับกล้าไมกอนยายนำไปปลูก ในพื้นที่ที่ขาดราเอคโตไมคอร์ไรซา โดยเฉพาะในพื้นที่ป่าที่ถูกบุกรุกทำลาย หรือป่าเสื่อมโทรม วิธีการที่นิยมใช้ในการเพาะราเอคโตไมคอร์ไรซาให้กับกล้าไม้ในแปลงเพาะ มีดังต่อไปนี้

### 2.6.1 การใช้ดินเชื้อจากป่าธรรมชาติ (soil or humus containing natural inoculum)

วิธีนี้เป็นวิธีดั้งเดิม ง่าย และสะดวกกับศูนย์เพาะชำที่ตั้งอยู่ใกล้ป่าธรรมชาติ หรือสวนป่าที่มีราเอคโตไมคอร์ไรซาเจริญอยู่ในดินอยู่แล้ว inoculum ชนิดนี้เตรียมได้โดยขุดดิน หรือ ฮิวมัสจากป่า มาผสมกับดินที่ใช้ในการเพาะชำ อัตราสวนที่ใส่ประมาณร้อยละ 10 - 20 (Mikola, 1973) ข้อเสียของวิธีนี้คือ ดินมีน้ำหนักรวมมาก เมื่อต้องใช้ในปริมาณสูงๆ ยุ่งยากกับการขนส่ง โดยเฉพาะการขนย้ายเป็นระยะทางไกลๆ ไม่สะดวก นอกจากนี้ในดินอาจมีศัตรูพืช หรือโรคพืช ที่อาจทำอันตรายก่อให้เกิดความเสียหายแก่กล้าไม้ได้

### 2.6.2 การใช้สปอร์ (spore inoculum)

ราเอคโตไมคอร์ไรซาหลายชนิด เช่น *Pisolithus arhizus*, *Rhizopogon* spp., *Scleroderma* spp. และ *Astraeus hygrometricus* ผลิตสปอร์ได้ปริมาณมาก สปอร์ของราเอคโตไมคอร์ไรซาที่ทราบชนิดแล้ว สามารถนำมาคลุกเคล้ากับดินที่จะใช้เพาะ คลุกเคล้ากับเมล็ด กอนนำไปเพาะหรือฉีดพ่นให้กับกล้าไม้ก็ได้ (Marx et al., 1991) ในสหรัฐอเมริกาได้นำเอาสปอร์ของราเอคโตไมคอร์ไรซา *P. arhizus* มาเพาะให้กับกล้าสนในเรือนเพาะชำ และพบวาสปอร์เพียง 1 มิลลิกรัม ( $1.1 \times 10^6$  สปอร์)

สามารถใช้โตผลดี (Marx & Bryan, 1975; Marx et al., 1976, 1984 a,b) สปอร์ก้อนที่จะนำมาใช้ต้องร่อนด้วยตะแกรง ผึ่งให้แห้ง (ความชื้นประมาณ 18 %) แลวกั๊วที่อุณหภูมิ ประมาณ 5 องศาเซลเซียส จะช่วยให้กั๊วไวดินนานหลายป (Marx et al., 1991)

ข้อดีของ spore inoculum คือ ไม่ต้องนำสปอร์ไปเลี้ยงในอาหารเลี้ยงเหี้ยมภายใต้สภาวะปลอดเชื้อสามารถกั๊วไวดินนาน ไม่ยุ่งยากในทางปฏิบัติ สะดวกในการขนย้าย แต่ก็มีข้อเสียคือ spore inoculum จะมีความแปรปรวนทางพันธุกรรมสูงหากเก็บรวบรวมมาจากหลายๆ พื้นที่ หรือพืชอาศัยต่างชนิดกัน นอกจากนี้การเกิดโรคโตะไมคอร์ไรซาก็บรกกั๊วพืชยังต้องใช้เวลาานกว่าการใช้เชื้อบริสุทธิ์ ถึง 4-6 สัปดาห์ (Marx et al., 1984a)

### 2.6.3 การใช้เชื้อบริสุทธิ์ (mycelial or vegetative inoculum)

วิธีนี้เปนนที่นิยมกันมากในปัจจุบัน เพราะทำให้สามารถคัดเลือกสายพันธุ์ราเอคโตะไมคอร์ไรซาที่ดีที่สุด โดยการเลี้ยงเสนไยจากเนื้อเยื่อดอกเห็ด หรือแยกราเอคโตะไมคอร์ไรซาจากรากพืช แลวนำไปขยายเพิ่มปริมาณโดยใช้ vermiculite กับ peat moss เปนสัปดาห์ และผสมอาหารเหลว Modified Melin-Norkrans (MMN) เลี้ยงนานประมาณ 3-4 เดือน กอนนำไปผสมดินเพาะให้กั๊วกับกลาไม้ (Marx & Kenny, 1982)

วิธีนี้มีข้อจำกัดคือ การนำไปใช้กับศูนย์เพาะชำขนาดใหญ่ยังมีปัญหา เนื่องจากไม่สามารถผลิตหัวเชื้อที่บริสุทธิ์ได้ในปริมาณเพียงพอเหมาะที่จะใช้กับจำนวนกลาไม้ประมาณ 10,000-20,000 ตน เท่านั้น (Marx et al., 1992) นอกจากนี้ราเอคโตะไมคอร์ไรซาบางชนิดยังไม่ สามารถเจริญได้บนอาหารเลี้ยงเชื้อ เช่นรา *Lactarius* spp., *Cortinarius* spp., *Russula* spp. และ *Gomphidius* spp. เปนตน (Molina & Palmer, 1982)

### 2.6.4 การผลิตหัวเชื้อราเอคโตะไมคอร์ไรซาในทางการค้า

ปัจจุบันได้มีการพัฒนาวิธีการใช้เชื้อบริสุทธิ์มาผลิตเปนนอุตสาหกรรมในเชิงการค้า ราเอคโตะไมคอร์ไรซาที่นิยมใช้เปนนหัวเชื้อ และผลิตเปนนการค้าเพื่อใช้ในการปลูกป่าในต่างประเทศ คือ *Pisolithus arhizus*, *Hebeloma crustuliniforme* (Bull. ex St. Am.), *Laccaria bicolor* (R. Mre) Orton หัวเชื้อที่ผลิตขึ้นนี้ใช้ในอัตราสวน 1 ลิตร (ราคาประมาณ 285 บาทต่อลิตร) ต่อพื้นที่ 2.7 ตารางเมตร ก็มีประสิทธิภาพเพียงพอในการทำให้เกิดเอคโตะไมคอร์ไรซากับรากพืช (Marx et al., 1992) ปัจจุบันมีหลายบริษัทที่ทำการผลิตหัวเชื้อราเอคโตะไมคอร์ไรซา และวางจำหน่ายในทองตลาด เช่น Plant Health Care Inc. หรือจาก National Institute of Molecular Biology and Biotechnology ประเทศฟิลิปปินส เปนตน

### 2.7 การคัดเลือกราเอคโตะไมคอร์ไรซาเพื่อใช้ในการผลิตหัวเชื้อ

เนื่องจากโดยธรรมชาตินั้น ราเอคโตะไมคอร์ไรซาที่มีความสัมพันธ์กับรากพืชมีอยู่มากมายหลายชนิด ราแต่ละชนิดก็จะมีผลต่อพืชอาศัยในทางที่แตกต่างกัน การคัดเลือกชนิดของรา หรือ สายพันธุ์ที่เหมาะสมให้กั๊วกับพืชจึงเปนนเรื่องที่ยาก

Trappe (1977) กล่าวว่า เกณฑ์ที่ใช้ในการคัดเลือกราเอคโตไมคอร์ไรซา หรือสายพันธุ์ที่เหมาะสมนั้นจะแตกต่างกันไป แลแต่ความต้องการซึ่งอาจจะพิจารณาจากอัตราการเจริญใน อาหารเลี้ยงเชื้อ ความสามารถในการดูดซึมธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อพืช ความทนทานต่อความเป็นพิษของดิน ความจำเพาะเจาะจงกับพืชอาศัย (host specificity) ความชื้น อุณหภูมิ ความเป็นกรดด่าง (pH) หรือความสามารถในการผลิตดอกเห็ดเพื่อใช้เป็นอาหาร ในระหว่างปัจจัยเหล่านี้ อุณหภูมิ และ pH เป็น ปัจจัยที่สำคัญต่อการเจริญของราเอคโตไมคอร์ไรซา ราเอคโตไมคอร์ไรซา หรือสายพันธุ์ที่เหมาะสมนั้น ควรจะสามารถปรับตัวให้เข้ากับอุณหภูมิ และ pH ของดินหรือสับสเตรตในเรือนเพาะชำ และพื้นที่ปลูกได้เป็นอย่างดี

Marx et al. (1992) กล่าวว่า ราเอคโตไมคอร์ไรซาที่ได้รับคัดเลือกมาเหมาะสมนั้นควรจะมีลักษณะดังต่อไปนี้ คือ

1. สามารถเกิดรากเอคโตไมคอร์ไรซาจำนวนมากกับพืชที่ต้องการหรือกับพืชหลายๆชนิด
2. สามารถเจริญได้อย่างรวดเร็วในอาหารเลี้ยงเชื้อ และมีความทนทานต่อการปรับปรุงเปลี่ยนแปลงสภาพทางกายภาพ เคมี และชีวภาพ
3. ในสภาพหัวเชื้อเสนาเย (inoculum) สามารถมีชีวิตอยู่รอดได้เป็นเวลานานๆหลายสัปดาห์ และสูงส่งสำคัญประการสุดท้ายคือ
4. สามารถปรับตัวให้เข้ากับสภาพทางนิเวศของแต่ละพื้นที่ได้

## บทที่ 3

### วิธีดำเนินการวิจัย

#### ระเบียบวิธี/ประเภทโครงการวิจัย

การวิจัยเชิงทดลองและเชิงสำรวจ

#### พื้นที่ศึกษา

1. สำรวจและศึกษาชนิดของเห็ดเอกโตไมคอร์ไรซาในป่าเต็งรัง จังหวัดอุดรดิตถ์
2. ทำการทดลองในห้องปฏิบัติการจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์
3. เรือนเพาะชำของเกษตรกรในเขตตำบลหัวดง อำเภอลับแล จังหวัดอุดรดิตถ์

#### วิธีดำเนินการวิจัย

1. การสำรวจความหลากหลายของเห็ด และพืชอาศัยของเห็ดป่าเอกโตไมคอร์ไรซาในอำเภอต่างๆ ของจังหวัดอุดรดิตถ์

##### 1.1 การปฏิบัติงานในภาคสนาม

คัดเลือกแปลงศึกษาความหลากหลายเห็ดเอกโตไมคอร์ไรซา จำนวน 5 แปลง ในเขตอำเภอเมือง อำเภอท่าปลา และอำเภอน้ำปาด โดยในแต่ละแปลง มีขนาด 100 เมตร X 100 เมตร (1 เฮกตาร์) ทำการเก็บตัวอย่างเห็ดที่ขึ้นในทุกแปลง เดือนละ 1 ครั้ง ตั้งแต่เดือนพฤษภาคมถึงกันยายน พ.ศ. 2559 หลังเก็บตัวอย่างได้แล้วทำการจดบันทึกรายละเอียดที่พบเห็ด พืชให้อาศัย (host) บันทึกภาพของเห็ดราแต่ละชนิดที่เก็บได้ การเก็บตัวอย่างสวนใหญ่จะเก็บตัวอย่างแห้งกระทำโดยเก็บใส่ถุงกระดาษ หรืออาจใช้กระดาษหนังสือพิมพ์เก่า ที่ใช้แล้วซึ่งสามารถดูดซับความชื้นได้ดี เมื่อถึงที่พักจะทำการพิมพ์ลายพิมพ์สปอร์ (spore print) ตามความเหมาะสมของชนิดเห็ดเพื่อใช้ในการจัดจำแนกชนิดต่อไป

2. การปฏิบัติงานในห้องปฏิบัติการ

2.1 การศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยา และการวินิจฉัยชนิดของเห็ดเอกโตไมคอร์ไรซา  
มีวิธีการดังต่อไปนี้

2.1.1 ทำการวินิจฉัยตัวอย่างเห็ดในระดับสกุลและชนิด โดยใช้ลักษณะภายนอก  
ของดอกเห็ด ที่มองเห็นด้วยตาเปล่า และลักษณะภายใต้กล้องจุลทรรศน์ โดยใช้คู่มือรูปวิธานเห็ดต่างๆ  
(บารมี. 2549)

2.1.2 เมื่อวินิจฉัยเสร็จแล้ว อธิบายรายละเอียดและวาดภาพโครงสร้างเห็ด  
บางอย่าง เช่น สปอร์ เบซิเดียม

2.1.3 นำตัวอย่างเห็ดไปทำแห้งด้วยการอบในตู้ความร้อนแห้ง (oven) ที่  
อุณหภูมิประมาณ 50 องศาเซลเซียส เมื่อตัวอย่างแห้งดีแล้วนำไปเก็บไว้ในกล่องพลาสติกใส ภายในใส่สาร  
ดูดความชื้น เพื่อป้องกันแมลงเข้าทำลายตัวอย่างเห็ด

2.1.4 ตัวอย่างเห็ดบางส่วน ทำการรักษาตัวอย่างเห็ดใน Formalin Alcohol  
Acetic acid (FAA)

2.1.5 ตัดฉลากบอกชนิดเห็ด แหล่งที่เก็บ วันเดือนปีที่สำรวจ ผู้เก็บ และผู้  
วินิจฉัย และนำเข้าไปในตู้พิธิรภัณ์ท์เห็ด

2.2 การศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยา และการวินิจฉัยชนิดของพืชอาศัย มีวิธีการดังต่อไปนี้

นำพืชที่ได้มาวัดขนาดของส่วนประกอบต่างๆ จดบันทึกข้อมูลจากนั้นทำการเก็บรักษา  
พืชโดยการทำให้แห้งด้วยแสงอาทิตย์แห้ง ด้วยแผงอัดพันธุไม้ แล้วนำไปอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 40-60 องศาเซลเซียส  
ประมาณ 48 ชั่วโมง ระหว่างนี้ต้องคอยเปลี่ยนกระดาษหนังสือพิมพ์บ่อยๆ เพื่อป้องกันไม่ให้ตัวอย่างเน่า  
หรือเกิดเชื้อราได้ นำส่วนประกอบต่างๆ มาวิเคราะห์และระบุชนิดโดยอาศัยเอกสารรูปวิธานจำแนกชนิด  
ของพืชที่มีอยู่

### 3. การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ดัชนีความหลากหลายทางชีวภาพของ Shannon-Wiener Index (Krebs, 1989)  
โดยใช้สมการ

s

$$H' = - \sum_{i=1}^s (p_i \ln p_i)$$

i = 1

- เมื่อ  $H'$  = ค่าดัชนีความหลากหลายของ Shannon-Wiener  
 $P_i$  = สัดส่วนของจำนวนชนิดพันธุ์ที่ ต่อผลรวมของจำนวนทั้งหมดทุกชนิดพันธุ์ในสังคม  
 $S$  = จำนวนชนิดพันธุ์ทั้งหมดในพื้นที่  
 $i$  = ชนิดพันธุ์ที่

การวิเคราะห์ร้อยละความชุกชุม (relative abundance) ของการพบ  
 โดยนำข้อมูลชนิดเห็ดราขนาดใหญ่ที่พบบนดิน ที่พบในแต่ละแปลงสำรวจ

$$\text{ร้อยละความชุกชุมของเห็ดชนิดที่ A} = \frac{(\text{จำนวนของเห็ดชนิดที่ A}) \times 100}{(\text{ผลรวมของจำนวนเห็ดทุกชนิดที่พบในสังคมที่ชันนั้น})}$$

#### 4. การทดสอบความสามารถในการเข้าเจริญในต้นกล้าไม้ผลของเห็ดป่า

##### 4.1 วิธีการปลูกเชื้อเห็ดให้แก่กล้าไม้

ทำการปลูกเชื้อเห็ดที่คัดเลือกให้แก่กล้าไม้ผลด้วยสารแขวนลอยสปอร์ (spore suspension) 25 มล./ต้น และชุดควบคุมที่ไม่มีการปลูกเชื้อ (control) โดยใส่น้ำกลั่น 25 มล./ต้น วัสดุปลูกที่ไม่ฆ่าเชื้อนั้นมีส่วนประกอบของ Peat : Vermiculite : Sand ในสัดส่วน 2: 7: 1 แต่ละทรีทเมนต์มี 3 ซ้ำและแต่ละซ้ำมีกล้าไม้ผล 4 ต้น โดยไม้ผลที่นำมาใช้ทดสอบได้แก่กล้าทุเรียน ลางสาด มังคุด และมะม่วงหิมพานต์

การปลูกเชื้อเห็ดด้วยสารแขวนลอยสปอร์ทำโดยนำดอกเห็ดที่แก่เต็มที่มาตากให้แห้ง ถ้าเห็ดชนิดที่มีเปลือกให้แกะเปลือกนอกทิ้ง เก็บส่วนของสปอร์ที่ห่อหุ้มด้วยเปลือกในไว้ นำไปปั่นให้เป็นผงละเอียดด้วยเครื่องปั่นน้ำผลไม้ จากนั้นเตรียมสารแขวนลอยสปอร์โดยใช้สปอร์ : น้ำในสัดส่วน 1 : 9 (V:V) ใส่ในเครื่องปั่นเป็นเวลา 1 นาที ได้สารแขวนลอยสปอร์ที่มีความเข้มข้นเท่ากับ  $10^6$  สปอร์/มล. นำ spore suspension ปลูกเชื้อโดยใส่ลงไปถุงปลูกให้ใกล้กับรากมากที่สุดๆ ในปริมาณ 25 มล./ต้น จากนั้นนำกล้าไม้ไปไว้ยังเรือนเพาะชำ และทำการรดน้ำที่โคนต้นกล้าทุกวันๆ ละ 1 ครั้ง ตรวจสอบการเข้าอาศัยของเชื้อเห็ดเป็นประจำทุกสัปดาห์

##### 4.2 การนับเปอร์เซ็นต์การเข้าอยู่อาศัยของราเอกโตไมคอร์ไรซา

ตัดรากที่ล้างทำความสะอาดแล้วเป็นท่อนสั้นๆ ยาวประมาณ 1 ซม. วางเรียงให้กระจายอย่างสม่ำเสมอในงานเลี้ยงเชื้อที่มีน้ำอยู่เล็กน้อย และที่ก้นจานเลี้ยงเชื้อมีช่องตารางสี่เหลี่ยมขีดไว้เต็มพื้นที่ โดย 1 ช่องมีขนาด 1 ตร.ซม. นับจำนวนรากที่มีและไม่มีเอกโตไมคอร์ไรซาที่พาดอยู่บนเส้นทั้งตามขวางและตามยาวของตาราง จากนั้นคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การเกิดรากเอกโตไมคอร์ไรซา (Brundrett et al., 1996)



## บทที่ 4

### ผลการศึกษา

#### 4.1 การสำรวจความหลากหลายของเห็ดป่าเอกโตไมคอร์ไรซาและฟิซออาศัยในเขตจังหวัดอุดรดิตถ์

##### 4.1.1 ความหลากหลายของเห็ดเอกโตไมคอร์ไรซา

การศึกษาความหลากหลายทางชนิดพันธุ์ของเห็ดป่าชนิดเอกโตไมคอร์ไรซาในแปลงศึกษาความหลากหลายเห็ดเอกโตไมคอร์ไรซา จำนวน 5 แปลง เขตอำเภอโนนสะอาด อำเภอท่าปลา และอำเภอเมือง จังหวัดอุดรดิตถ์ ในช่วงเดือนพฤษภาคม ถึงกันยายน พ.ศ. 2559 พบเห็ดเอกโตไมคอร์ไรซาจำนวนทั้งสิ้น 356 ตัวอย่าง สามารถจัดจำแนกเห็ดได้ 7 วงศ์ (families) ได้แก่วงศ์ Russulaceae, Cantharellaceae, Pluteaceae, Diplocystidiaceae, Boletaceae, Boletinellaceae และ Tricholomataceae สามารถแบ่งเป็นสกุลย่อยได้ 11 สกุล (genera) 25 ชนิด (species) ตามลำดับ วงศ์ที่พบมากที่สุดได้แก่วงศ์ Russulaceae มีค่าร้อยละของความชุกชุมเท่ากับ 35.67 รองลงมาคือ Pluteaceae, Cantharellaceae, Diplocystidiaceae, Boletaceae, Boletinellaceae และ Tricholomataceae ซึ่งมีค่าร้อยละของความชุกชุมเท่ากับ 21.91, 16.29, 14.60, 8.43, 2.53 และ 0.56 ตามลำดับ

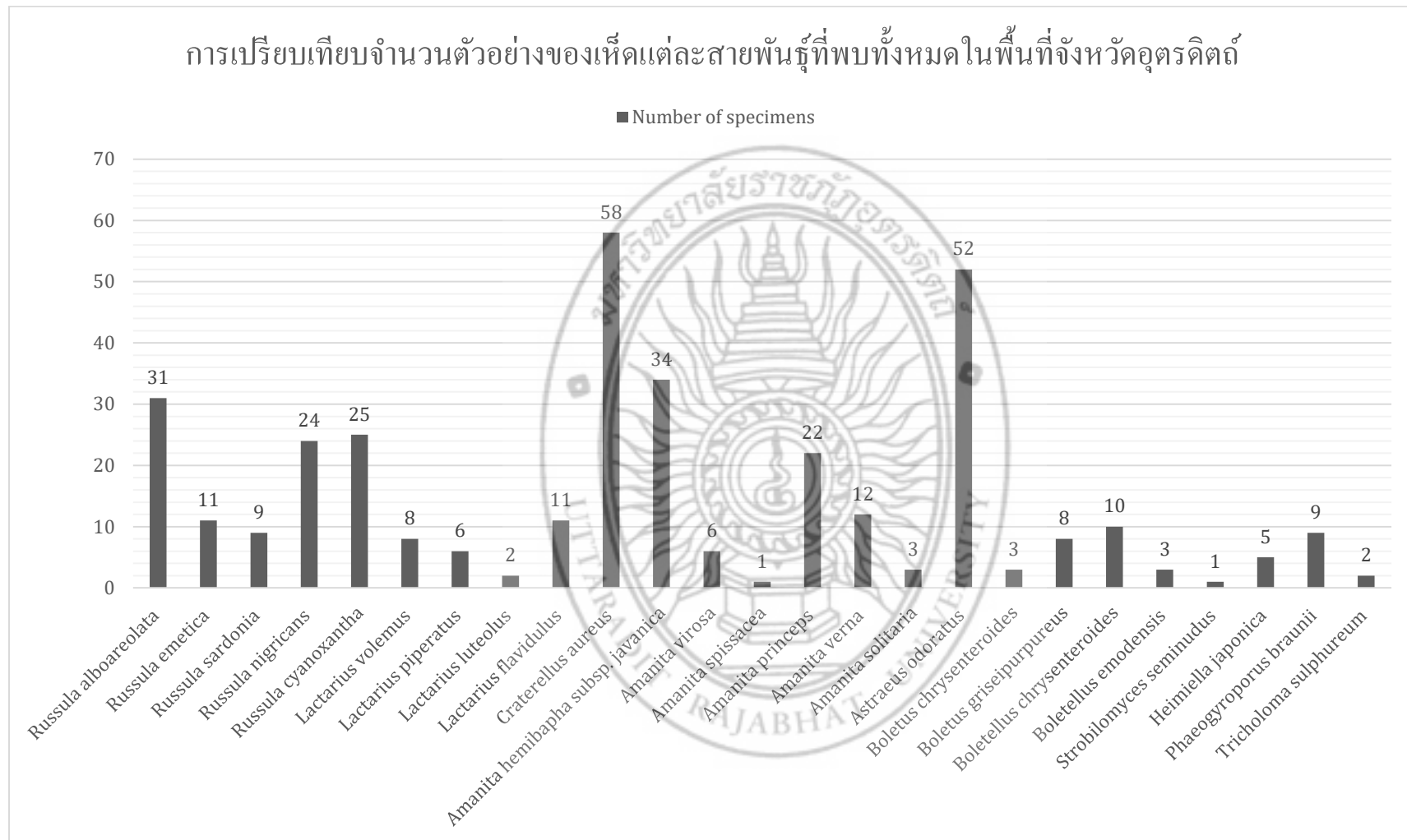
สกุล *Amanita* พบจำนวนสายพันธุ์มากที่สุดคือ 6 ชนิด รองลงมา คือ *Russula* พบสายพันธุ์จำนวน 5 ชนิด *Lactarius* พบ 4 ชนิด *Boletus* และ *Boletellus* พบ 2 ชนิด ส่วนสกุลอื่นๆ ได้แก่ *Craterellus*, *Astraeus*, *Strobilomyces*, *Heimiella*, *Phaeogyroporus* และ *Tricholoma* พบสกุลละ 1 ชนิด โดยจำนวนตัวอย่างที่พบในแต่ละเขตพื้นที่นั้น สามารถเปรียบเทียบแต่ละสายพันธุ์ได้ ซึ่งจะพบว่าเห็ดขมิ้น (*Craterellus aureus*) พบ ตัวอย่างมากที่สุดคือ 58 ตัวอย่าง มีค่าร้อยละของความชุกชุมเท่ากับ 16.29 รองลงมาคือเห็ดถอบ (*Astraeus odoratus*) พบจำนวน 52 ตัวอย่าง มีค่าร้อยละของความชุกชุมเท่ากับ 14.61 และเห็ดไข่ห่านเหลือง (*Amanita hemibapha* subsp. *javanica*) พบ 34 ตัวอย่าง มีค่าร้อยละของความชุกชุมเท่ากับ 9.55 จากการสำรวจของเห็ดเอกโตไมคอร์ไรซาในเขตจังหวัดอุดรดิตถ์มีค่าดัชนีความหลากหลายเท่ากับ 2.75 (ตารางที่ 4.1 และภาพที่ 4.1)

ตารางที่ 4.1 ชนิดของเห็ดเอกโตไมคอร์ไรซาที่พบในพื้นที่จังหวัดอุตรดิตถ์

Family	ชื่อวิทยาศาสตร์	จำนวนตัวอย่างที่พบในแต่ละแปลงศึกษา					รวม	ร้อยละความชุกชุม	
		แปลงที่ 1 <sup>1</sup>	แปลงที่ 2	แปลงที่ 3	แปลงที่ 4	แปลงที่ 5		ชนิด	วงศ์
Russulaceae	<i>Russula alboareolata</i> Hongo	5	7	8	6	5	31	8.71	35.67
	<i>Russula emetica</i> (Schaeff.& Fr.) SF Gray	2	1	4	3	1	11	3.09	
	<i>Russula sardonias</i> Fr.	2	1	3	2	1	9	2.53	
	<i>Russula nigricans</i> (Bull.) Fr.	4	8	6	4	2	24	6.74	
	<i>Russula cyanoxantha</i> (Schaeff. Ex Secr.) Fr	2	5	13	4	1	25	7.02	
	<i>Lactarius volemus</i> (Fr.) Fr.	2	1	3	1	1	8	2.25	
	<i>Lactarius piperatus</i> (Scop ex Fr.) S.F.G.			2	3	1	6	1.69	
	<i>Lactarius luteolus</i> Peck			1	1		2	0.56	
	<i>Lactarius flavidulus</i> Imai.	3	1	2	2	3	11	3.09	
Cantharellaceae	<i>Craterellus aureus</i> Berk. Et Curt.	9	7	22	14	6	58	16.29	16.29
Pluteaceae	<i>Amanita hemibapha</i> (Berk.&Br.) Sacc. subsp. <i>javanica</i>	2	7	19	5	1	34	9.55	21.91
	<i>Amanita virosa</i> (Fr.) Bertellon	1		4	1		6	1.69	
	<i>Amanita spissacea</i> Imai	1					1	0.28	

ตารางที่ 4.1 ชนิดของเห็ดเอกโตไมคอร์ไรซาที่พบในพื้นที่จังหวัดอุตรดิตถ์ (ต่อ)

Family	ชื่อวิทยาศาสตร์	จำนวนตัวอย่างที่พบในแต่ละแปลงศึกษา					ร้อยละความชุกชุม		
		แปลงที่ 1 <sup>1</sup>	แปลงที่ 2	แปลงที่ 3	แปลงที่ 4	แปลงที่ 5	รวม	ชนิด	วงศ์
Pluteaceae	<i>Amanita princeps</i> Cor.&Bas.		4	7	5	6	22	6.18	
	<i>Amanita verna</i> (Bull.ex.Fr) Vitt.	6	1		1	4	12	3.37	
	<i>Amanita solitaria</i> (Bull. Ex Fr.) Karst	2	1				3	0.84	
Diplocystidiaceae	<i>Astraeus odoratus</i> Phosri, Martiin & Watling	9	7	20	10	6	52	14.60	14.60
Boletaceae	<i>Boletus chrysenteroides</i> Snell		1	1	1		3	0.84	8.43
	<i>Boletus griseipurpureus</i> Cor.	5	2	1			8	2.25	
	<i>Boletellus chrysenteroides</i> (Snell) Sing	2	1	6		1	10	2.81	
	<i>Boletellus emodensis</i> (Berk.) Sing	2		1			3	0.84	
	<i>Strobilomyces seminudus</i> Hongo	1					1	0.28	
	<i>Heimiella japonica</i> Hongo		4			1	5	1.40	
Boletinellaceae	<i>Phaeogyroporus braunii</i> (Bres.) Sing			8	1		9	2.53	2.53
Tricholomataceae	<i>Tricholoma sulphureum</i> (Bull. & Fr.) Kum	2					2	0.56	0.56
	รวมตัวอย่างในแต่ละแปลงศึกษา	62	59	131	65	39	356	100	100



ภาพที่ 4.1 แผนภูมิเปรียบเทียบจำนวนตัวอย่างของเห็ดแต่ละสายพันธุ์ที่พบทั้งหมดในพื้นที่จังหวัดอุดรดิตถ์

#### 4.1.2 พืชอาศัยและการใช้ประโยชน์ของเห็ดเอกโตไมคอร์ไรซา

จากการสำรวจแปลงศึกษาป่าเต็งรังของอำเภอน้ำปาด อำเภอน้ำพาด และอำเภอมือง จังหวัดอุตรดิตถ์ทั้ง 5 แปลง พบว่าชนิดของพืชอาศัยที่พบมีทั้งหมด 8 ชนิด 5 วงศ์ ได้แก่

1. ตะแบกเลือด ชื่อวิทยาศาสตร์ คือ *Terminalia mucronata* วงศ์

Combretaceae

2. รัง ชื่อวิทยาศาสตร์ คือ *Shorea siamensis* วงศ์ Dipterocarpaceae

3. ยางเหียง ชื่อวิทยาศาสตร์ คือ *Dipterocarpus obtusifolius* วงศ์

Dipterocarpaceae

4. พะยอม ชื่อวิทยาศาสตร์ คือ *Shorea roxburghii* วงศ์ Dipterocarpaceae

5. ยอป่า ชื่อวิทยาศาสตร์ คือ *Morinda tomentosa* วงศ์ Rubiaceae

6. ตะแบกนา ชื่อวิทยาศาสตร์ คือ *Lagerstroemia floribunda* วงศ์

Lythraceae

7. เต็ง ชื่อวิทยาศาสตร์ คือ *Dipterocarpus turbinatus* วงศ์

Dipterocarpaceae

8. แดง ชื่อวิทยาศาสตร์ คือ *Xylia xylocarpa* วงศ์ Fabaceae

โดยพืชแต่ละชนิดเป็นพืชอาศัยของเห็ดเอกโตไมคอร์ไรซา ดังนี้

ตะแบกเลือด (*Terminalia mucronata*) เป็นพืชอาศัยของเห็ด *Leccinum albllum*, *Craterellus aureus*, *Boletus viridiflavus* และ *Russula alboareolate*

รัง (*Shorea siamensis*) เป็นพืชอาศัยของเห็ด *Astraeus odoratus*

ยางเหียง (*Dipterocarpus obtusifolius*) เป็นพืชอาศัยของเห็ด *Russula rosacea*, *Boletus colossus*, *Astraeus odoratus*, *Russula alboareolate* และ *Lactarius flavidulus*

พะยอม (*Shorea roxburghii*) เป็นพืชอาศัยของเห็ด *Astraeus odoratus*, *Russula cyanoxantha*, *Lactarius flavidulus* และ *Craterellus aureus*

ยอป่า (*Morinda tomentosa*) เป็นพืชอาศัยของเห็ด *Russula foetens*

ตะแบกนา (*Lagerstroemia floribunda*) เป็นพืชอาศัยของเห็ด *Russula rosacea* และ *Russula emetic*

เต็ง (*Dipterocarpus turbinatus*) เป็นพืชอาศัยของเห็ด *Amanita hemibapha* subsp. *Javanica*, *Russula cyanoxantha*, *Lactarius volemus* และ *Astraeus odoratus*

แดง (*Xylia xylocarpa*) เป็นพืชอาศัยของเห็ด *Amanita spissacea* (ตารางที่ 4.2)

ตารางที่ 4.2 รายชื่อพืชอาศัยและเห็ดเอกโตไมคอร์ไรซาที่พบในเขตจังหวัดอุดรดิตถ์

ชื่อวงศ์	ชื่อวิทยาศาสตร์	ชื่อท้องถิ่น	ชนิดเห็ดที่อาศัยร่วม
1. Dipterocarpaceae	1. <i>Dipterocarpus turbinatus</i>	เต็ง	1. <i>Amanita hemibapha</i> subsp. <i>javanica</i>
			2. <i>Russula cyanoxantha</i>
			3. <i>Lactarius volemus</i>
			4. <i>Astraeus odoratus</i>
	2. <i>Shorea roxburghii</i>	พะยอม	1. <i>Astraeus odoratus</i>
			2. <i>Russula cyanoxantha</i>
			3. <i>Lactarius flavidulus</i> lmai
			4. <i>Craterellus aureus</i>
	3. <i>Dipterocarpus obtusifolius</i>	ยางเหียง	1. <i>Russula rosacea</i>
			2. <i>Boletus colossus</i>
			3. <i>Astraeus odoratus</i>
			4. <i>Russula alboareolate</i>
			5. <i>Lactarius flavidulus</i>
	4. <i>Shorea siamensis</i>	รัง	<i>Astraeus odoratus</i>
2. Combretaceae	5. <i>Terminalia mucronata</i>	ตะแบกเลือด	1. <i>Leccinum albllum</i>
			2. <i>Craterellus aureus</i>
			3. <i>Boletus viridiflavus</i>
			4. <i>Russula alboareolate</i>
3. Rubiaceae	6. <i>Morinda tomentosa</i>	ยอป่า	<i>Russula foetens</i>

4.Lythraceae	7. <i>Lagerstroemia floribunda</i>	ตะแบกนา	1. <i>Russula rosacea</i> 2. <i>Russula emetic</i>
5.Fabaceae	8. <i>Xylia xylocarpa</i>	แดง	<i>Amanita spissacea</i>

#### 4.3 การทดสอบความสามารถในการเข้าเจริญในต้นกล้าไม้ผลของเห็ดป่า

จากการปลูกเชื้อเห็ดป่าชนิดเอกโตไมคอร์ไรซาได้แก่ เห็ดถอบ เห็ดตับเต่า เห็ดน้ำหมาก และเห็ดไข่ห่านเหลืองในรูปแบบของสารแขวนลอยของสปอร์ที่ระดับความเข้มข้นเท่ากับ  $10^6$  สปอร์ต่อมิลลิลิตร โดยมีต้นกล้ายางนาเป็นชุดควบคุม จากการทดลองเป็นระยะเวลา 16 สัปดาห์ พบการเกิดรากเอกโตไมคอร์ไรซาในต้นยางนาจากการปลูกเชื้อของเห็ดถอบและเห็ดตับเต่า และพบการเกิดรากเอกโตไมคอร์ไรซาในต้นทุเรียนและต้นกล้ามะม่วงหิมพานต์จากการปลูกเชื้อเห็ดตับเต่าในสัปดาห์ที่ 18 ส่วนในการปลูกเชื้อในเห็ดน้ำหมากและเห็ดไข่ห่านเหลืองไม่พบการรากเอกโตไมคอร์ไรซาในต้นกล้าทุกชนิด (ตารางที่ 4.4) โดยลักษณะรากเอกโตไมคอร์ไรซาที่พบจะมีการแตกแขนงของราก พบไรโซมอป (Rhizomorph) สีน้ำตาลกระจายในวัสดุปลูก รากมีสีน้ำตาลและมีเส้นใยเชื้อเห็ดปกคลุมผิวด้านนอก (ภาพที่ 4.2)

ตารางที่ 4.3 การทดสอบความสามารถในการเข้าเจริญในต้นกล้าทุเรียน ลางสาต มังคุด และมะม่วงหิมพานต์ของเห็ดป่าชนิดต่างๆ

ชนิดของต้นกล้า	การเกิดรากเอกโตไมคอร์ไรซา			
	เห็ดถอบ	เห็ดตับเต่า	เห็ดน้ำหมาก	เห็ดไข่ห่านเหลือง
ทุเรียน	-	+	-	-
ลางสาต	-	-	-	-
มังคุด	-	-	-	-
มะม่วงหิมพานต์	-	+	-	-
ยางนา	+	+	-	-

- หมายเหตุ + พบการเกิดรากเอกโตไมคอร์ไรซา  
- ไม่พบการเกิดรากเอกโตไมคอร์ไรซา



ภาพที่ 4.2 ลักษณะรากเอกโตไมคอร์ไรซาที่พบในการปลูกเชื้อเห็ดถอบบนต้นกล้วยนางา

#### 4.4 การนับเปอร์เซ็นต์การเข้าอยู่อาศัยของรากเอกโตไมคอร์ไรซา

การนับเปอร์เซ็นต์การเข้าอยู่อาศัยของรากเอกโตไมคอร์ไรซาโดยการตัดรากที่ล้างทำความสะอาดแล้วเป็นท่อนสั้นๆ ยาวประมาณ 1 ซม. วางเรียงให้กระจายอย่างสม่ำเสมอในจานเลี้ยงเชื้อที่มีน้ำอยู่เล็กน้อย และที่ก้นจานเลี้ยงเชื้อมีช่องตารางสี่เหลี่ยมขีดไว้เต็มพื้นที่ โดย 1 ช่องมีขนาด 1 ตร.ซม. จากนั้นทำการนับจำนวนรากที่มีและไม่มีเอกโตไมคอร์ไรซาที่พาดอยู่บนเส้นทั้งตามขวางและตามยาวของตาราง พบว่าเห็ดตับเต่ามีเปอร์เซ็นต์การเข้าอยู่อาศัยของรากเอกโตไมคอร์ไรซาในต้นยางนามากที่สุด เท่ากับ 18.34 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือในต้นมะม่วงหิมพานต์ และทุเรียนโดยมีเปอร์เซ็นต์การเข้าอยู่อาศัยของรากเอกโตไมคอร์ไรซาเท่ากับ 15.67 และ 4.33 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ส่วนในกรณีของเชื้อเห็ดถอบซึ่งมีการเข้าอยู่อาศัยของรากเอกโตไมคอร์ไรซาเฉพาะในต้นยางนานั้น มีเปอร์เซ็นต์การเข้าอยู่อาศัยของรากเอกโตไมคอร์ไรซาเท่ากับ 15.67 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 4.4 เปอร์เซ็นต์การเข้าอยู่อาศัยของรากเอกโตไมคอร์ไรซาของเห็ดถอบและเห็ดตับเต่าใน  
ต้นกล้าแต่ละชนิด

ชนิดของต้นกล้า	เปอร์เซ็นต์การเข้าอยู่อาศัยของราก เอกโตไมคอร์ไรซา	
	เห็ดถอบ	เห็ดตับเต่า
ทุเรียน	-	4.33
มะม่วงหิมพานต์	-	15.67
ยางนา	15.67	18.34

## บทที่ 5

### สรุป อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ

#### 5.1 สรุป

การศึกษาความหลากหลายทางชนิดพันธุ์ของเห็ดป่าชนิดเอกโตไมคอร์ไรซาในจังหวัดอุดรดิตถ์ ในช่วงเดือนพฤษภาคม ถึงกันยายน พ.ศ. 2559 พบเห็ดเอกโตไมคอร์ไรซาจำนวนทั้งสิ้น 356 ตัวอย่าง วงศ์ที่พบมากที่สุดได้แก่วงศ์ Russulaceae มีค่าร้อยละของความชุกชุมเท่ากับ 35.67 รองลงมาคือ Pluteaceae และ Cantharellaceae ซึ่งมีค่าร้อยละของความชุกชุมเท่ากับ 21.91 และ 16.29 ตามลำดับ สกุล *Amanita* พบจำนวนสายพันธุ์มากที่สุดคือ 6 ชนิด รองลงมา คือ *Russula* พบสายพันธุ์จำนวน 5 ชนิด *Lactarius* พบ 4 ชนิด *Boletus* และ *Boletellus* พบ 2 ชนิด ส่วนสกุลอื่นๆ ได้แก่ *Craterellus*, *Astraeus*, *Strobilomyces*, *Heimiella*, *Phaeogyroporus* และ *Tricholoma* พบสกุลละ 1 ชนิด จากการสำรวจของเห็ดเอกโตไมคอร์ไรซาในเขตจังหวัดอุดรดิตถ์มีค่าดัชนีความหลากหลายเท่ากับ 2.75 พืชอาศัยที่พบมีทั้งหมด 8 ชนิด 5 วงศ์ ได้แก่ เต็ง พะยอม ยางเหียง รั้ง ตะแบกเลือด ยอป่า ตะแบกนา และแดง

จากการปลูกเชื้อเห็ดป่าชนิดเอกโตไมคอร์ไรซา พบการเกิดรากเอกโตไมคอร์ไรซาในต้นยางนา จากการปลูกเชื้อของเห็ดถอบและเห็ดตับเต่า และการเกิดรากเอกโตไมคอร์ไรซาในต้นทุเรียนและต้นกล้วยมะม่วงหิมพานต์จากการปลูกเชื้อเห็ดตับเต่า โดยลักษณะรากเอกโตไมคอร์ไรซาที่พบจะมีการแตกแขนงของราก พบ Rhizomorph สีสน้ำตาลกระจายในวัสดุปลูก รากมีสีน้ำตาลและมีเส้นใยเชื้อเห็ดปกคลุมผิวด้านนอก เห็ดตับเต่ามีเปอร์เซ็นต์การเข้าอยู่อาศัยของรากเอกโตไมคอร์ไรซาในต้นยางนามากที่สุด เท่ากับ 18.34 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือในต้นมะม่วงหิมพานต์ และทุเรียนโดยมีเปอร์เซ็นต์การเข้าอยู่อาศัยของรากเอกโตไมคอร์ไรซาเท่ากับ 15.67 และ 4.33 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ส่วนในกรณีของเชื้อเห็ดถอบซึ่งมีการเข้าอยู่อาศัยของรากเอกโตไมคอร์ไรซาเฉพาะในต้นยางนานั้น มีเปอร์เซ็นต์การเข้าอยู่อาศัยของรากเอกโตไมคอร์ไรซาเท่ากับ 15.67 เปอร์เซ็นต์

## 5.2 อภิปรายผล

การศึกษาความหลากหลายทางชนิดพันธุ์ของเห็ดป่าชนิดเอโกโตไมคอร์ไรซาในจังหวัดอุดรดิตถ์ ในช่วงเดือนพฤษภาคม ถึงกันยายน พ.ศ. 2559 พบเห็ดเอโกโตไมคอร์ไรซาจำนวนทั้งสิ้น 356 ตัวอย่าง มีค่าดัชนีความหลากหลายเท่ากับ 2.75 การสำรวจพบเห็ดในช่วงฤดูที่มีฝนตก จัดได้ว่าการเกิดเห็ดเอโกโตไมคอร์ไรซาสัมพันธ์กับปริมาณความชื้นในดิน โดยสภาพป่าที่ทำการสำรวจทั้งหมด 5 แปลง คือป่าเต็งรัง โดยเห็ดที่พบมากได้แก่ เห็ดขมิ้น เห็ดถอบ เห็ดไซ่ห่านเหลืองหรือเห็ดระโงก เห็ดแดง เห็ดหน้าม้อย เป็นต้น สัมพันธ์กับพีชอาศัยของเห็ดเอโกโตไมคอร์ไรซาที่ทำการสำรวจพบ เป็นพันธุ์พืชเด่นที่พบในป่าเต็งรัง ได้แก่ เต็ง รัง ยางนา เหียง พลวง ในการสำรวจแต่ละครั้งจะพบเห็ดกินได้ปริมาณไม่เยอะ เนื่องจากมีชาวบ้านมาเก็บเห็ดเพื่อการบริโภคในเขตพื้นที่ศึกษา ทำให้นักวิจัยไม่สามารถบันทึกผลของปริมาณความชุกของเห็ดเอโกโตไมคอร์ไรซาได้ ชนิดของเห็ดที่พบในงานวิจัยครั้งนี้สอดคล้องกับในงานวิจัยของบารมีและคณะ (2553) คือพื้นที่สำรวจส่วนใหญ่เป็นสังคมพืชป่าเต็งรัง จึงพบเห็ดเอโกโตไมคอร์ไรซาจำนวนมากเนื่องจากพืชเด่นเป็นพืชวงศ์ไม้ยาง สำหรับสกุลของเห็ดเอโกโตไมคอร์ไรซาที่มีความสัมพันธ์กับไม้วงศ์ยางที่ศึกษาพบได้แก่ *Amanita*, *Astreaus*, *Lactarius*, *Laccaria*, *Russula*, *Scleroderma* เป็นต้น และยังมีเห็ดบางชนิดพบในปริมาณมากและพบทุกครั้งที่สำรวจ เช่น เห็ดเผาะ (*A. odoratus*)

นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ กิตติมา และคณะ (2551) พบเห็ดราไมคอร์ไรซาจำนวนทั้งหมด 51 ชนิด 24 สกุล 15 วงศ์ ซึ่งเห็ดราไมคอร์ไรซาจะขึ้นอยู่กับพืชเฉพาะ ส่วนใหญ่เป็นวงศ์ไม้ยาง วงศ์ไม้สน และไม้ก่อ พบความหลากหลายของเห็ดราไมคอร์ไรซาสูงสุดในพืชไม้ก่อเป็นไม้เด่น และยังพบว่าความหลากหลายของเห็ดราไมคอร์ไรซารองลงมาคือ ป่าสนสามใบผสมก่อ และป่าเต็งรัง

สมหญิงและคณะ (2552) ได้ศึกษาความหลากหลายชนิดของพรรณไม้และการใช้ประโยชน์ผลผลิตจากป่าในชุมชนโคกใหญ่ อำเภอปีปทุม จังหวัดมหาสารคาม พบว่าชุมชนมีการนำเห็ดป่ามาใช้ประโยชน์ 42 ชนิด เห็ดไซ่ห่านหรือเห็ดระโงกมักเจริญบริเวณต้นจิก แดง เต็ง รัง และแต่เป็นต้น เห็ดหล่มขาวหรือเห็ดตะไคล้มักเกิดบริเวณต้นเหมือดแ่อ่ ตั้ว เต็ง รัง และพะยอมเป็นต้น

ในการนำสปอร์ของเห็ดเอโกโตไมคอร์ไรซาได้แก่ เห็ดถอบ เห็ดตับเต่า เห็ดไซ่ห่านเหลือง และเห็ดน้ำหมากมาปลูกเชื้อลงบนพืชไม้ผล ได้แก่ทุเรียน ลางสาด มังคุด มะม่วงหิมพานต์ โดยมียางนาเป็นชุดควบคุม เชื้อเห็ดตับเต่ามีสามารถเข้าอาศัยในรากของทุเรียนและมะม่วงหิมพานต์ ถือได้ว่าเป็นเห็ดที่สามารถใช้ในการเพิ่มศักยภาพในการเจริญเติบโตของไม้ผลได้ ส่วนเห็ดไซ่ห่านเหลือง และเห็ดน้ำหมากนั้นไม่สามารถปลูกเชื้อลงในพืชไม้ผลได้ อาจเนื่องจากเห็ดทั้งสองชนิดมีพีชอาศัยที่เฉพาะ และไม้ผลที่

คัดเลือกมาทดสอบไม่ได้เป็นพืชอาศัยของเห็ดทั้งสองชนิด ในการศึกษาครั้งนี้พบว่าต้นกล้าที่มีเชื้อเห็ดเข้าอาศัยมีการเจริญเติบโตดีกว่าต้นกล้าที่ไม่มีเชื้อเห็ดเข้าอาศัย แสดงให้เห็นว่าเห็ดเอกโตไมคอร์ไรซาส่งเสริมการเจริญของต้นกล้าได้ จากการศึกษาของออมทรัพย์และคณะ (2544) พบว่าการปลูกเชื้อเห็ดดับเต่าโดยการรองกันหลุมทำให้ต้นกล้ามะม่วง และมะกอกน้ำมีความสูงเฉลี่ยมากกว่าต้นกล้าที่ไม่ได้ปลูกเชื้อ 31.7 และ 29.1% ส่วนสาวิตรี (2550) พบว่าต้นกล้ายูคาลิปตัสที่ได้รับการปลูกเชื้อเห็ดดับเต่า มีความสูงเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับคอราก มวลชีวภาพรวมและปริมาณการดูดซับธาตุอาหารของใบรวมกับลำต้นเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

### 5.3 ข้อเสนอแนะ

- 5.3.1 ควรวิเคราะห์ปัจจัยทางนิเวศวิทยาเพิ่มเติมเพื่อให้ทราบถึงปัจจัยการเกิดเห็ด
- 5.3.2 ควรปรับปรุงพืชอาศัยที่เป็นไม้ผลทางเศรษฐกิจให้มากขึ้นยิ่งขึ้น



## บรรณานุกรม

- กิตติมา ด้วงแค วินันท์ดา หิมะมาน จันจิรา อายะวงศ์ภุษา พงษ์พานิช และจิรพรรณ โสภี. 2550. ความหลากหลายของเห็ดราไมคอร์ไรซาในระบบนิเวศป่าไม้เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเชียงดาว. ในรายงานการประชุมหลากหลายทางชีวภาพด้านป่าไม้และสัตว์ป่าแบบบูรณาการประจำปี 2550. หน้า. 238-253
- กิตติมา ด้วงแค. (2548). ไมคอร์ไรซา: ความหลากหลาย และแนวทางการพัฒนา. ในรายงานการประชุม ความหลากหลายทางชีวภาพด้านป่าไม้ และสัตว์ป่า “ความก้าวหน้าของผลงานวิจัย และ กิจกรรมปี 2548” ณ โรงแรมริเจนท์ ซะอ่า เพชรบุรี วันที่ 21-24 สิงหาคม 2548. หน้า. 187-201.
- ชริดา ปุกหุด และอุทัย อันพิมพ์. (2555) ท่องเที่ยวตามรอยวัฒนธรรมลาวใต้โดยศูนย์ฝึกปฏิบัติการ ท่องเที่ยว คณะศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
- ฉาไลศา ยูวอมรพิทักษ์ และ เกศสุคนธ์ มณีวรรณ. (2541). ศึกษาอนุกรมวิธาน และความหลากหลายของ เห็ดกินได้ในบางจังหวัดในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย. มหาวิทยาลัยมหาสารคาม. บารมี สกลรักษ์. 2549. ความหลากหลายของเห็ดในสถานีเกษตรหลวงอ่างขาง จังหวัดเชียงใหม่. วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (วนศาสตร์) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- พรรณี จูฑาภิชาติ, งามนิจ นนทโส และสำออง หอมชื่น. (2535). การสำรวจและการเก็บรวบรวมเห็ดรา ชั้นสูง (agarics) ในเขตวนอุทยานแห่งชาติเขาค้อ. จังหวัดเพชรบูรณ์.
- ลักษณะของเห็ดพิษและเห็ดกินได้. [ออนไลน์]. (2556). แหล่งที่มา <http://www.webdb.dmsc.moph.go.th>
- วสันต์ เพชรรัตน์. (2541). การสำรวจ เก็บ และรวบรวมเห็ด (macrofungi) ในพื้นที่บริเวณเขตรักษาพันธุ์ สัตว์ป่าโตนงาช้างและพื้นที่ใกล้เคียง. ภาควิชาการจัดการศัตรูพืช. คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- ธีรวัฒน์ บุญทวีคุณ, ยศนันท์ พรหมโชติกุล และอรุณี วิณิน. (2547). ความหลากหลายของเห็ดในพื้นที่ เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาอ่างฤๅไน. ในรายงานการประชุมความหลากหลายทางชีวภาพงานวิจัย จากอดีตสู่อนาคต. กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช. กรุงเทพฯ. หน้า.134-145.

อนงค์ จันทรศรีกุล. (2530). เห็ดเมืองไทย. ไทยวัฒนาพานิช. กรุงเทพฯ.

อนงค์ จันทรศรีกุล พูนพิไล สวรรณฤทธิ อุทัยวรรณ แสงวณิช Tsutomu Morinaga Yoshinori Nishizawa และ Yasuaki Murakami. (2551). ความหลากหลายของเห็ดและราขนาดใหญ่ในประเทศไทย. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

อุทัยวรรณ แสงวณิช. (2553). บทบาทของเห็ดที่อยู่ตามธรรมชาติ, ในข่าวสารเพื่อผู้เพาะเห็ด (Newsletter for Mushroom Growers) ปีที่ 15 ฉบับที่ 13 กันยายน - ธันวาคม 2553. หน้า 6-9.

อนิวรรณ เณิมพงษ์ และ อีรวัฒน์บุญทวีคุณ. 2525. การสำรวจเอกโตไมคอร์ไรซาในระบบนิเวศป่าไม้ดิบแล้ง. กองบำรุงกรมป่าไม้. กรุงเทพมหานคร.



## ประวัตินักวิจัย

### หัวหน้าโครงการวิจัย

- ชื่อ - นามสกุล (ภาษาไทย) วันวิสาข์ พิระภาค  
ชื่อ - นามสกุล (ภาษาอังกฤษ) Miss Wanwisa Fangfuk
- เลขที่บัตรประชาชน 3 5399 00066 82 1
- ตำแหน่งปัจจุบัน พนักงานมหาวิทยาลัย
- หน่วยงานและสถานที่อยู่ที่ติดต่อได้สะดวก พร้อมหมายเลขโทรศัพท์ โทรสาร และไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (e-mail)

หลักสูตรสาขาวิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัย  
ราชภัฏอุดรดิตถ์ 27 ถนนอินใจมี ตำบลท่าอิฐ อำเภอเมืองฯ จังหวัดอุดรดิตถ์ 53000  
โทรศัพท์ 0-5541-2096 ต่อ 1306 มือถือ 089-6400191  
E-mail address: wanwisa\_f@hotmail.com

### 2. ประวัติการศึกษา

ปีที่จบการศึกษา	ชื่อปริญญา	สาขาวิชา	สถาบันการศึกษา	ประเทศ
2553	Doctor of Philosophy in Agricultural Science	Mushroom technology	Shinshu University	ญี่ปุ่น
2546	วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต	โรคพืช	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่	ไทย
2543	วิทยาศาสตรบัณฑิต	เกษตรศาสตร์	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่	ไทย

- สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา) ระบุสาขาวิชาการเห็ดเอกโตไมโครไรซา โรคพืช Biocontrol เชื้อรา
- ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ โดยระบุสถานภาพในการทำการวิจัยว่าเป็นผู้อำนวยการแผนงานวิจัย หัวหน้าโครงการวิจัย หรือผู้ร่วมวิจัยในแต่ละผลงานวิจัย
  - ผู้อำนวยการแผนงานวิจัย : ชื่อแผนงานวิจัย
  - หัวหน้าโครงการวิจัย : ชื่อโครงการวิจัย
  - งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว : ชื่อผลงานวิจัย ปีที่พิมพ์ การเผยแพร่ และแหล่งทุน (เรื่อง 1 อาจมากกว่า)
- ความหลากหลายทางชีวภาพของพืช บริเวณพื้นที่ศึกษาในเขตลำปางทุ่งกะโล่ อำเภอเมือง จังหวัดอุดรดิตถ์ แหล่งทุน มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์ ปี 2553
- การสำรวจและการแยกเลี้ยงเชื้อเอกโตไมโครไรซาของเห็ดถอบในจังหวัดอุดรดิตถ์ แหล่งทุน มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์ ปี 2554
- การควบคุมวัชพืชหญ้าข้าวเนก และหญ้าดอกขาว โดยชีววิธี ปัญหาพิเศษ วิทยาศาสตร์บัณฑิต คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ปี 2542
- การคัดเลือก actinomycetes endophyte ในข้าวเพื่อควบคุมโรคใบไหม้ วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ปี 2546

5. Ecophysiology of Japanese *Astraeus* Mushroom (Ph.D. Thesis, Shinshu University, Japan; 2009)
6. **Fangfuk, W.**, K. Okada, R. Petchang, C. To-anun, M. Fukuda and A. Yamada. 2010. *In vitro* mycorrhization of edible *Astraeus* mushrooms and their morphological characterization. *Mycoscience* 241-234 :(3)51.
7. **Fangfuk, W.**, R. Petchang, C. To-anun, M. Fukuda and A. Yamada. 2010. Identification of Japanese *Astraeus*, based on morphological and phylogenetic analyses. *Mycoscience* 299-291 :(4)51.
8. Limkaisang, S., C.J. Henry, W.L. Kon, S. Baharuddin, S. Yukio, R. Divarangkoon, **W. Fangfuk**, C. To-anun and T. Susumu. 2006. Molecular phylogenetic analyses reveal a close relationship between powdery mildew fungi on some tropical trees and *Erysiphe alphitoides*, an oak powdery mildew. *Mycoscience* 339-327 :(6)47.
9. To-anun, C., S. Kom-un, A. Sunawan, **W. Fangfuk**, Y. Sato and S. Takamatsu. 2005. A new subgenus, *Microidium*, of *Oidium* (Erysiphaceae) on *Phyllanthus* spp. *Mycoscience* 46(1): 1-8.
10. To-anun, C., S. Limkaisang, **W. Fangfuk**, Y. Sato and U. Braun. 2003. A new species of *Brasiliomyces* (Erysiphaceae) on *Dalbergia cultrata* var. *cultrata* from Thailand. *Mycoscience* 44(6): 447-451.