



โครงการ

การเรียนการสอนเพื่อเสริมประสบการณ์

ชื่อโครงการ	ความหลากหลายของราเอคโตไมคอร์ไรซาในแปลงฟื้นฟูระบบนิเวศในพื้นที่ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย จังหวัดสระบุรี	
	Diversity of ectomycorrhizal fungi in the ecosystem restoration area in Chulalongkorn University-Saraburi Area	
ชื่อนิสิต	นางสาวสุจิตรา เพชรชนะ	เลขประจำตัว 5832070323
ภาควิชา	ชีววิทยา	
ปีการศึกษา	2561	

คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของโครงการทางวิชาการที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)

เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของโครงการทางวิชาการที่ส่งผ่านทางคณะที่สังกัด

The abstract and full text of senior projects in Chulalongkorn University Intellectual Repository(CUIR)
are the senior project authors' files submitted through the faculty.

ชื่อโครงการวิจัย	: ความหลากหลายของราเอกโตไมคอร์ไรซาในแปลงฟื้นฟูระบบนิเวศในพื้นที่ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย จังหวัดสระบุรี
นิสิตผู้ดำเนินโครงการ	: นางสาวสุจิตรา เพชรชนะ
อาจารย์ที่ปรึกษา	: ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นิพาดา เรือนแก้ว ดิษยทัต
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	: ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จิตรตรา เพ็ญเขียว
ภาควิชา	: ชีววิทยา

บทคัดย่อ

เอกโตไมคอร์ไรซา (ectomycorrhiza) เป็นความสัมพันธ์แบบภาวะพึ่งพากันของรากกับรากของพืชอาศัย เช่น ไม้วงศ์ยาง งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความหลากหลายของราเอกโตไมคอร์ไรซาในแปลงฟื้นฟูระบบนิเวศในพื้นที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย จังหวัดสระบุรี โดยแปลงที่ทำการศึกษาเป็นแปลงที่มีไม้วงศ์ยางหลายชนิดซึ่งเป็นพืชอาศัยของราเอกโตไมคอร์ไรซา ได้แก่ พะยอม ยางนา รัง เต็ง และตะเคียนทอง โดยเก็บตัวอย่างดิน 2 ครั้ง คือ เดือนสิงหาคมและเดือนตุลาคม 2561 เพื่อแยกและศึกษาลักษณะสัณฐานของรากที่มีราเอกโตไมคอร์ไรซา หรือ morphotype จากการศึกษาสามารถแยกรากที่มีราเอกโตไมคอร์ไรซาได้ทั้งหมด 14 morphotypes ซึ่งพบ 11 morphotypes ในเดือนสิงหาคมและ 13 morphotypes ในเดือนตุลาคมตามลำดับ มี 10 morphotypes ที่พบทั้งในเดือนสิงหาคมและเดือนตุลาคม นอกจากนี้พบว่า morphotype ที่พบมากที่สุดในเดือนสิงหาคมและเดือนตุลาคม คือ Morphotype 1 และ 6 ตามลำดับ พืชอาศัยที่มีการติดเชื้อไมคอร์ไรซามากที่สุด คือ เต็ง โดยส่วนใหญ่แล้วบริเวณพื้นที่ระหว่างพืชอาศัยจะมีการติดเชื้อที่สูงกว่าโคนต้นของพืชอาศัยแต่ละต้น ส่วนใหญ่พบ morphotype ในพืชอาศัยหลายชนิด เช่น Morphotype 10 ซึ่งพบในพืชอาศัยทั้ง 5 ชนิด morphotype ที่พบบริเวณพื้นที่ระหว่างพืชอาศัยก็เป็นชนิดที่พบในพืชอาศัยแต่ละต้นที่อยู่ล้อมรอบบริเวณนั้น ๆ แต่จะมีความชุกชุมที่น้อยกว่า ในทางกลับกันพืชอาศัยแต่ละชนิดก็พบ morphotype หลายชนิดซึ่งอาจมาจากราเอกโตไมคอร์ไรซาต่างชนิดกัน อย่างไรก็ตามการระบุชนิดของรานั้นต้องอาศัยเทคนิคทางชีววิทยาโมเลกุล ผลการศึกษาครั้งนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการฟื้นฟูระบบนิเวศป่าเต็งรังและป่าเบญจพรรณต่อไปได้

คำสำคัญ: ป่าเต็งรัง, พืชอาศัย, เอกโตไมคอร์ไรซา, morphotype

Research title : Diversity of ectomycorrhizal fungi in the ecosystem restoration area in Chulalongkorn University-Saraburi Area

Student name : Miss Sujitra Patchana

Advisor : Assistant Professor Nipada Ruankaew Disyatat, Ph.D.

Co-advisor : Assistant Professor Jittra Piapukiew, Ph.D.

Department : Biology

Abstract

Ectomycorrhiza (ECM) is a mutualistic association between fungi and roots of host plants such as trees in the Dipterocarpaceae. This study aimed to investigate the diversity of ECM fungi in the ecosystem restoration area in Chulalongkorn University-Saraburi Area. The study plot contained several dipterocarp trees which are the ECM host plants, such as *Shorea roxburghii*, *Dipterocarpus alatus*, *Shorea siamensis*, *Shorea obtusa* and *Hopea odorata*. Soil samples were collected twice in August and October 2018. ECM roots or morphotypes were separated and morphological characteristics of morphotypes were studied. The results showed that 14 morphotypes were found, 11 morphotypes in August and 13 morphotypes in October, respectively. Ten morphotypes were found in both months. In addition, the most common morphotypes in August and October were Morphotypes 1 and 6, respectively. The highest mycorrhizal infection was found in *S.Obtusa*. In general, ECM infection was higher in the shared area between host trees than the closer area surrounding each host tree. Overall a morphotype was found in several host species, such as Morphotype 10 which was found in all 5 host tree species. Morphotypes in the shared area were those that were found in surrounding host trees but with a lower abundance. In contrast, many morphotypes were observed in each host species, implying different ECM fungal species infecting the roots of the host tree. However, identification of ECM fungi relies on molecular biology techniques. This result can be applied to the restoration of the deciduous dipterocarp forest and mixed deciduous forest ecosystems.

คำสำคัญ: deciduous dipterocarp forest, ectomycorrhiza, host tree, morphotype

กิตติกรรมประกาศ

โครงการการเรียนการสอนเพื่อเสริมประสบการณ์เรื่อง ความหลากหลายของราเอคโตไมคอร์ไรซาในแปลงพื้นพระบบนิเวศในพื้นที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย จังหวัดสระบุรีสำเร็จไปได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับความช่วยเหลือ ความอนุเคราะห์ให้ทำงานนี้สำเร็จได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ขอขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นิพาดา เรือนแก้ว ดิษยทัต อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการที่ให้การดูแล ให้คำปรึกษา ให้คำแนะนำและความช่วยเหลือในเรื่องของเนื้อหาความรู้ เรื่องหัวข้องานวิจัย ตั้งแต่ต้น ตลอดจนการวางแผนการดำเนินงาน การนำเสนอผลงาน ทั้งช่วยให้คำแนะนำในการทำสื่อการนำเสนอผลงาน จนถึงการทำรูปเล่มโครงการเล่มนี้จนทำให้โครงการครั้งนี้บรรลุวัตถุประสงค์ได้ ทางผู้ดำเนินโครงการรู้สึกขอบคุณและซาบซึ้งถึงความช่วยเหลือของอาจารย์ในทุก ๆ เรื่อง รวมทั้งกำลังใจที่อาจารย์ให้มาโดยตลอด ไม่ว่าจะตอนทำงานหรือตอนนำเสนอผลงาน ขอขอบพระคุณอาจารย์มา ณ ที่นี้

ขอขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จิตรตรา เพ็ญเขียว อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการร่วมที่ได้ให้การดูแล คำแนะนำในเรื่องของเนื้อหาความรู้ หัวข้องานวิจัยและเทคนิคการทำวิจัย ให้คำปรึกษาในการวางแผนดำเนินงาน ความช่วยเหลือและความอนุเคราะห์ในการทำปฏิบัติการทดลองจนสรุปผลออกมาบรรลุวัตถุประสงค์ของโครงการได้ ขอขอบพระคุณอาจารย์มา ณ ที่นี้

ขอขอบคุณนางสาวปวร้าย ปาจิตร ที่คอยให้การดูแล คำปรึกษาและคำแนะนำในการทำปฏิบัติการทดลองโครงการในครั้งนี้จนสำเร็จไปได้ด้วยดี รวมถึงขอบคุณสำหรับกำลังใจที่คอยให้มาตลอด และขอบคุณพี่ ๆ ทุกคนในห้องปฏิบัติการ 212 ภาควิทยาศาสตร์ที่ให้ความช่วยเหลือในเรื่องต่าง ๆ ตลอดการทำปฏิบัติการทดลองครั้งนี้

ขอขอบคุณพี่ ๆ เจ้าหน้าที่ทุกคน ณ พื้นที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย จังหวัดสระบุรี ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์และความช่วยเหลือต่าง ๆ ในการเก็บตัวอย่างในครั้งนี้

ขอขอบพระคุณภาควิชาชีววิทยา และคณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ให้ความอนุเคราะห์สำหรับเงินทุนในการทำโครงการการเรียนการสอนเพื่อเสริมสร้างประสบการณ์ในครั้งนี้

สุดท้ายนี้ขอขอบคุณพี่ปิม ลูกปัดและทับทิม ที่ช่วยเหลือในการเก็บตัวอย่าง รวมถึงเพื่อน ๆ ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยทุกคนที่คอยช่วยเหลือ ให้คำปรึกษารวมถึงกำลังใจในการทำโครงการครั้งนี้

สุจิตรา เพชรชนะ

ผู้ดำเนินโครงการ

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญรูปภาพ	ช
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความเป็นมาและมูลเหตุจูงใจในการเสนอโครงการ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ	2
บทที่ 2 การทบทวนวรรณกรรม	
2.1 ไมคอร์ไรซา (Mycorrhiza)	3
2.2 ลักษณะของราเอคโตไมคอร์ไรซาและพืชอาศัย	3
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการ	
3.1 การกำหนดพื้นที่การศึกษาและช่วงเวลาการศึกษา	5
3.2 การวางแผนการศึกษา	6
3.3 การเก็บตัวอย่างดิน	6
3.4 การแยกรากและศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาของรากเอคโตไมคอร์ไรซา	7
3.5 การวิเคราะห์ผล	9
บทที่ 4 ผลการศึกษา	
4.1 ความหลากหลายของราเอคโตไมคอร์ไรซาในแปลงฟื้นฟูระบบนิเวศ	10
4.2 การติดเชื่อไมคอร์ไรซาในพืชอาศัยต่าง ๆ และพื้นที่ระหว่างพืชอาศัย	17
4.3 รากที่พบในพืชอาศัยต่าง ๆ ของแต่ละ morphotype	18
4.4 ความชุกชุมสัมพันธ์ของ morphotype ที่พบในพืชอาศัยต่าง ๆ และพื้นที่ระหว่างพืชอาศัย	20
บทที่ 5 อภิปรายและสรุปผลการศึกษา	23

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
เอกสารอ้างอิง	27
ภาคผนวก	29

สารบัญตาราง

เรื่อง	หน้า
ตารางที่ 1 ค่าขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางระดับอก (DBH) ความสูงและรัศมีเรือนยอดของ พืชอาศัยทุกต้น	6
ตารางที่ 2 ลักษณะรากที่มีราเอคโตไมคอร์ไรซา หรือ morphotype ที่พบในเดือนสิงหาคม และเดือนตุลาคม 2561	11
ตารางที่ 3 จำนวนรากของแต่ละ morphotype และจำนวน morphotype ที่พบในเดือน สิงหาคมและเดือนตุลาคม 2561	17
ตารางที่ 4 การติดเชื้อราเอคโตไมคอร์ไรซาในพืชอาศัยต่าง ๆ และพื้นที่ระหว่างพืชอาศัยของ เดือนสิงหาคมและเดือนตุลาคม 2561	18

สารบัญรูปภาพ

เรื่อง	หน้า
ภาพที่ 1 แผนภาพแสดงตำแหน่งของพีชอาคัยทั้ง 9 ต้น และพื้นที่ระหว่างพีชอาคัย 4 บริเวณ ในแปลงฟื้นฟูระบบนิเวศในพื้นที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย จังหวัดสระบุรี	5
ภาพที่ 2 ขั้นตอนในการเก็บตัวอย่างดิน	7
ภาพที่ 3 ลักษณะรากรูปแบบต่าง ๆ	7
ภาพที่ 4 รูปแบบการแตกแขนงของราก (Forestry Development, 2008)	8
ภาพที่ 5 รูปทรงของปลายราก (Forestry Development, 2008)	8
ภาพที่ 6 พื้นผิวของปลายราก (Forestry Development, 2008)	8
ภาพที่ 7 จำนวนรากที่พบในพีชอาคัยต่าง ๆ ของแต่ละ morphotype ของเดือนสิงหาคม 2561	19
ภาพที่ 8 จำนวนรากที่พบในพีชอาคัยต่าง ๆ ของแต่ละ morphotype ของเดือนตุลาคม 2561	20
ภาพที่ 9 ความชุกชุมสัมพันธ์ของ morphotype ที่พบในพีชอาคัยต่าง ๆ และพื้นที่ระหว่าง พีชอาคัยของเดือนสิงหาคม 2561	21
ภาพที่ 10 ความชุกชุมสัมพันธ์ของ morphotype ที่พบในพีชอาคัยต่าง ๆ และพื้นที่ระหว่าง พีชอาคัยของเดือนตุลาคม 2561	22
ภาพที่ 11 ความสัมพันธ์ระหว่างพีชอาคัยกับ morphotype เดือนสิงหาคม 2561	25
ภาพที่ 12 ความสัมพันธ์ระหว่างพีชอาคัยกับ morphotype เดือนตุลาคม 2561	25
ภาพที่ 13 ความสัมพันธ์ระหว่างพีชอาคัยกับ morphotype เดือนสิงหาคมและตุลาคม 2561	26

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและมูลเหตุจูงใจในการเสนอโครงการ

เอคโตไมคอร์ไรซา (ectomycorrhiza) เป็นความสัมพันธ์ในการอาศัยอยู่ร่วมกันแบบภาวะพึ่งพากัน (mutualism) ของรากกับรากพืชที่มีชีวิต โดยรากที่อาศัยอยู่กับรากพืชจะได้รับคาร์โบไฮเดรตและสารอื่น ๆ จากกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืชในการดำรงชีวิต ในขณะที่เดียวกันรากจะช่วยเพิ่มการดูดซับน้ำและธาตุอาหารให้กับพืช และเพิ่มความสามารถในการทนทานต่อสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมทำให้พืชเจริญเติบโตได้ดีขึ้น รวมทั้งช่วยป้องกันการเข้าทำลายของเชื้อโรคในรากพืชอีกด้วย (Brearley, 2012; สุนัดดา โยมญาติ, 2557 : ออนไลน์) ความสัมพันธ์นี้ทำให้ทั้งราและพืชสามารถเพิ่มอัตราการอยู่รอดในสภาพแวดล้อมทางธรรมชาติได้

พืชประมาณ 6,000 ชนิดมีความสัมพันธ์แบบเอคโตไมคอร์ไรซา ได้แก่ พืชวงศ์ Pinaceae, Betulaceae, Fabaceae, Myrtaceae, Fagaceae (Rinaldi *et al.*, 2008) และ Dipterocarpaceae หรือไม้วงศ์ยาง ซึ่งพบบ่อยในพื้นที่ป่าในแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ (Phosri *et al.*, 2012) ไม้วงศ์ยางมีความสัมพันธ์กับราเอคโตไมคอร์ไรซา โดยเฉพาะรา Basidiomycota และ Ascomycota ซึ่งราที่มีความสัมพันธ์แบบเอคโตไมคอร์ไรซากับรากพืชวงศ์ Dipterocarpaceae ได้แก่ ราในวงศ์ Agaricaceae, Astraeaceae, Boletaceae, Russulaceae, Thelephoraceae เป็นต้น Yuwa-Amornpitak *et al.*, 2006; Brearley, 2012; Dokmai *et al.*, 2015)

เส้นใยราเอคโตไมคอร์ไรซาที่อาศัยอยู่ร่วมกับรากพืชจะเจริญบริเวณรอบ ๆ รากพืชและสานตัวเป็นแผ่นเหมือนปลอกหุ้มที่เรียกว่า แมนเทิล (mantle) เส้นใยบางส่วนจากแมนเทิลจะเจริญเข้าไปในช่องว่างระหว่างชั้นเซลล์ผิว (epidermis) และชั้นคอร์เทกซ์ (cortex) ของรากพืชแล้วเจริญสานกันเป็นตาข่ายอยู่รอบ ๆ เซลล์เรียกว่า ฮาร์ติกเน็ต (Hartig net) (สุนัดดา โยมญาติ, 2557 : ออนไลน์) และมีราเอคโตไมคอร์ไรซาหลายชนิดที่มีการพัฒนาเป็นดอกเห็ด (Fruiting Body) ด้วย

พื้นที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย จังหวัดสระบุรี เดิมเป็นป่าเต็งรังและป่าเบญจพรรณ ปัจจุบันเป็นป่าเสื่อมโทรมจากการถูกรบกวนเนื่องจากกิจกรรมของมนุษย์ ศูนย์เครือข่ายการเรียนรู้เพื่อภูมิภาคซึ่งเป็นผู้รับผิดชอบพื้นที่จึงได้มีการฟื้นฟูระบบนิเวศพื้นที่ป่าแห่งนี้ขึ้นด้วยการปลูกกล้าไม้วงศ์ยางตั้งแต่ปี พ.ศ.

2556 โดยเลือกเพาะกล้าไม้วงศ์ยางหลายชนิด ได้แก่ พะยอม *Shorea roxburghii* G.Don., ยางนา *Dipterocarpus alatus* Roxb., รั้ง *Shorea siamensis* Miq., เต็ง *Shorea obtusa* Wall., และ ตะเคียนทอง *Hopea odorata* Roxb. แล้วได้ซุบรากต้นกล้าด้วยหัวเชื้อราเอคโตไมคอร์ไรซาก่อนลงแปลงปลูกซึ่งหัวเชื้อราเอคโตไมคอร์ไรซาที่ใช้ซุบรากต้นกล้ามีส่วนประกอบหลัก ได้แก่ เห็ดเพาะ *Astraeus* sp. และเห็ดน้ำหมาก *Russula* sp. รวมทั้งใช้ดินเชื้อด้วย จากการสำรวจเบื้องต้นในแปลงพื้นปุระบบนิเวศในพื้นที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย จังหวัดสระบุรี พบว่ามีการเจริญของราเอคโตไมคอร์ไรซาเป็นเส้นใยในดินและพบดอกเห็ดเอคโตไมคอร์ไรซา เช่น เห็ดน้ำหมาก *Russula* sp. และเห็ดเพาะหนัง *Astraeus odoratus* ในแปลงพื้นฟูตั้งแต่อายุ 4 ปีหลังการปลูกกล้าไม้วงศ์ยาง ซึ่งอาจเป็นตัวชี้วัดถึงความสำเร็จในการคงอยู่ของราเอคโตไมคอร์ไรซากับรากไม้วงศ์ยางที่เป็นพืชอาศัย

ในการศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความหลากหลายของราเอคโตไมคอร์ไรซาในแปลงพื้นปุระบบนิเวศในพื้นที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย จังหวัดสระบุรี โดยทำการศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาของรากที่มีความสัมพันธ์กับราเอคโตไมคอร์ไรซา ผลจากการศึกษานี้จะเป็นฐานข้อมูลเบื้องต้นและเป็นการบอกถึงความสำเร็จในการฟื้นปุระบบนิเวศป่าแห่งนี้ ซึ่งข้อมูลที่ได้สามารถถ่ายทอดให้กับหน่วยงานที่เกี่ยวข้องหรือชุมชนท้องถิ่นในการศึกษาและนำไปใช้ประโยชน์เกี่ยวกับราเอคโตไมคอร์ไรซาในด้านอื่น ๆ ต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

ศึกษาความหลากหลายของราเอคโตไมคอร์ไรซาในแปลงพื้นปุระบบนิเวศในพื้นที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย จังหวัดสระบุรี

บทที่ 2 การทบทวนวรรณกรรม

2.1 ไมคอร์ไรซา (Mycorrhiza)

ไมคอร์ไรซา มาจากภาษากรีก 2 คำ คือ Mycor แปลว่า รา และ Rhiza แปลว่า ราก ใช้เรียกการอยู่ร่วมกันแบบพึ่งพาอาศัยซึ่งกันและกันของรากกับรากพืชที่มีชีวิต โดยรานั้นต้องไม่เป็นสาเหตุทำให้เกิดโรคของรากพืช ราที่อยู่อาศัยร่วมกับรากพืชจะได้รับสารประกอบคาร์บอนและสารอื่น ๆ จากกระบวนการสังเคราะห์แสงของพืช ในทางกลับกันพืชก็จะได้รับประโยชน์จากรา คือ ราช่วยเพิ่มการดูดซับน้ำและธาตุอาหารให้กับพืชและเพิ่มความสามารถในการทนทานต่อสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมต่อการเติบโตของพืช เช่น ความแห้งแล้ง ดินเปรี้ยว เป็นต้น นอกจากนี้รายังช่วยป้องกันการเข้าทำลายพืชของเชื้อโรคอีกด้วย (สุนัดดา โยมญาติ, 2557 : ออนไลน์)

ไมคอร์ไรซาสามารถแบ่งความแตกต่างทางโครงสร้างของไมคอร์ไรซาออกเป็น 7 ประเภท ได้แก่ เอกโตไมคอร์ไรซา (ectomycorrhiza), อาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา (arbuscular mycorrhiza), เอกเทินโดไมคอร์ไรซา (ectendomycorrhiza), อีริคอยด์ไมคอร์ไรซา (ericoid mycorrhiza), ออร์คิดไมคอร์ไรซา (orchid mycorrhiza), อาร์บุดอยด์ไมคอร์ไรซา (arbutoid mycorrhiza) และ โมโนโทรพอยด์ไมคอร์ไรซา (monotropoid mycorrhiza) ไมคอร์ไรซาแบบที่พบบ่อยได้แก่ เอกโตไมคอร์ไรซาและอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา (চারรัตน์ แก้วกระจ่าง, 2553 : ออนไลน์)

2.2 ลักษณะของราเอกโตไมคอร์ไรซาและพืชอาศัย

เอกโตไมคอร์ไรซา (ectomycorrhizal) เป็นการอยู่ร่วมกันระหว่างเชื้อราชั้นสูง (higher fungi) และรากของไม้ยืนต้น (tree) หรือไม้พุ่ม (shrub) โดยเชื้อราพวกนี้เป็นพวกที่สร้างเส้นใยแบบที่มีผนังกันตามขวาง (septate hypha) ส่วนใหญ่อยู่ในไฟลัม Basidiomycota และมีบางส่วนอยู่ในไฟลัม Ascomycota ลักษณะโครงสร้างของรากที่มีเชื้อเอกโตไมคอร์ไรซา (ectomycorrhizal root) ประกอบด้วยเส้นใยของเชื้อราที่สานตัวกันหุ้มอยู่รอบราก (mantle hyphae) เส้นใยบางส่วนที่ยื่นออกนอกรากช่วยในการดูดน้ำและธาตุอาหารให้แก่พืช (external hyphae) เส้นใยที่สานกันแทรกตัวอยู่ระหว่างเซลล์รากในชั้นคอร์เทกซ์ (Hartig net hyphae) ซึ่งเป็นบริเวณที่มีการแลกเปลี่ยนสารอาหารระหว่างเชื้อรากับรากพืชอาศัย เอกโตไมคอร์ไรซาเกิดที่บริเวณส่วนปลายของรากแขนงขนาดเล็ก และเกิด

ได้ตีบริเวณดินชั้นบนที่มีอินทรีย์วัตถุในปริมาณมาก เอคโตไมคอร์ไรซาจะเข้าสู่รากของพืชอาศัยได้โดยเส้นใยสัมผัสกับรากที่ยังอ่อนอยู่ และเส้นใยจะเพิ่มจำนวนบริเวณผิวของรากและเจริญเข้าไปภายในราก โดยเจริญอยู่ระหว่างเซลล์ของรากพืช รากที่มีเอคโตไมคอร์ไรซาจะมีลักษณะสั้นและแตกแขนงมาก สามารถมองเห็นความแตกต่างระหว่างบริเวณที่มีและไม่มีเอคโตไมคอร์ไรซาได้จากลักษณะภายนอกรากด้วยตาเปล่า (ธารรัตน์ แก้วกระจ่าง, 2553 : ออนไลน์)

พืชประมาณ 6,000 ชนิดมีความสัมพันธ์แบบเอคโตไมคอร์ไรซา ได้แก่ พืชวงศ์ Pinaceae, Betulaceae, Fabaceae, Myrtaceae, Fagaceae (Rinaldi *et al.*, 2008) และ Dipterocarpaceae หรือไม้วงศ์ยาง เป็นพืชอาศัยที่มีการศึกษาเกี่ยวกับราเอคโตไมคอร์ไรซาอย่างมาก และยังพบบ่อยในพื้นที่ป่าในแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ (Phosri *et al.*, 2012)

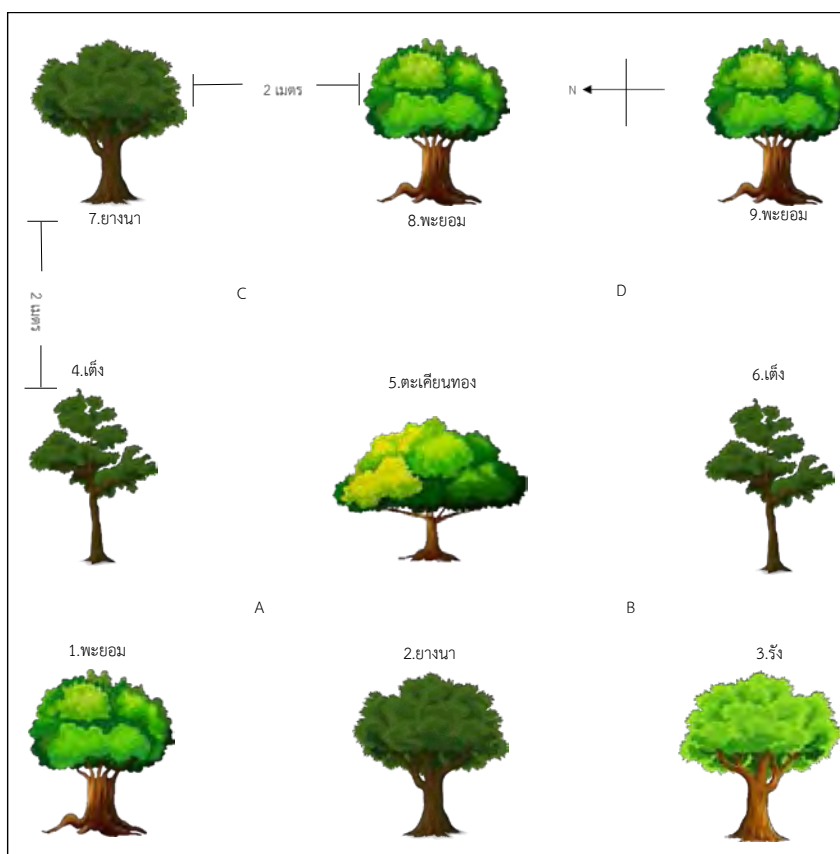
ราเอคโตไมคอร์ไรซาส่วนใหญ่อยู่ใน Phylum Basidiomycota และ Ascomycota เช่น ราในวงศ์ Agaricaceae, Amanitaceae, Astraeaceae, Boletaceae, Russulaceae, Thelephoraceae และ Sclerodermataceae เป็นต้น เส้นใยราเอคโตไมคอร์ไรซาที่อาศัยอยู่ร่วมกับรากพืชจะเจริญบริเวณรอบ ๆ รากพืชและสานตัวเป็นแผ่นเหมือนปลอกหุ้มที่เรียกว่า แมนเทิล (mantle) เส้นใยบางส่วนจากแมนเทิลจะเจริญเข้าไปในช่องว่างระหว่างชั้นเซลล์ผิว (epidermis) และชั้นคอร์เทกซ์ (cortex) ของรากพืชแล้วเจริญสานกันเป็นตาข่ายอยู่รอบ ๆ เซลล์เรียกว่า ฮาร์ติกเน็ต (Hartig net) ทำให้เห็นเหมือนรากมีรากปกคลุมอยู่ โดยรากเอคโตไมคอร์ไรซาอาจมีสีน้ำตาล เหลือง ขาว เขียว ดำ น้ำเงินหรือทอง ขึ้นอยู่กับชนิดของราเอคโตไมคอร์ไรซาที่เข้าไปอาศัยอยู่ร่วมกับรากพืช (สุนัดดา โยมญาติ, 2557 : ออนไลน์) การจำแนกรากเอคโตไมคอร์ไรซา หรือ morphotype จึงอาศัยลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเส้นใยราที่อยู่ร่วมกับรากพืช โดยลักษณะสำคัญที่ใช้ ได้แก่ รูปแบบการแตกแขนงของราก รูปทรงของปลายราก พื้นผิวของปลายราก และสีของเส้นใย (Forestry Development, 2008) นอกจากนี้อาจใช้วิธีทางชีวโมเลกุลเพื่อตรวจสอบชนิดของราเอคโตไมคอร์ไรซาเพิ่มเติมได้อีกด้วย

บทที่ 3

วิธีการดำเนินการ

3.1 การกำหนดพื้นที่การศึกษาและช่วงเวลาที่ศึกษา

พื้นที่ศึกษาจะอยู่ในบริเวณแปลงฟื้นฟูระบบนิเวศในพื้นที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย จังหวัดสระบุรี ซึ่งปลูกกล้าไม้วงศ์ยางที่ซบด้วยเชื้อราเอกโตไมคอร์ไรซา ได้แก่ พะยอม ยางนา รัง เต็ง และตะเคียนทอง เป็นแถวห่าง 2×2 เมตร มีอายุประมาณ 5 ปี จำนวน 9 ต้น และพื้นที่ระหว่างพืชโฮสต์ 4 บริเวณ ได้แก่ บริเวณ A ซึ่งประกอบไปด้วย พะยอมต้นที่ 1 ยางนาต้นที่ 2 เต็งต้นที่ 4 และตะเคียนทอง บริเวณ B ประกอบด้วย ยางนาต้นที่ 2 รัง ตะเคียนทองและเต็งต้นที่ 6 บริเวณ C ประกอบด้วย เต็งต้นที่ 4 ตะเคียนทอง ยางนาต้นที่ 7 และพะยอมต้นที่ 8 บริเวณ D ประกอบด้วย ตะเคียนทอง เต็งต้นที่ 6 พะยอมต้นที่ 8 และพะยอมต้นที่ 9 (ภาพที่ 1)



ภาพที่ 1 แผนภาพแสดงตำแหน่งของพืชอาศัยทั้ง 9 ต้น และพื้นที่ระหว่างพืชอาศัย 4 บริเวณ ในแปลงฟื้นฟูระบบนิเวศในพื้นที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย จังหวัดสระบุรี

3.2 การวางแผนศึกษา

วางแผนศึกษาเป็นพื้นที่สี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาด 4 x 4 เมตร ล้อมรอบไม้วงศ์ยางที่เป็นพืชอาศัย จำนวน 9 ต้น บันทึกชนิดของพืชอาศัย วัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางระดับอก (Diameter at breast height หรือ DBH) ความสูงของพืชอาศัยและรัศมีเรือนยอดของพืชอาศัยทุกต้น (ตารางที่ 1)

ตารางที่1 ค่าขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางระดับอก (DBH) ความสูงของและรัศมีเรือนยอดของพืชอาศัยทุกต้น

ตำแหน่ง	พืชอาศัย	ค่า DBH (CM)	ความสูง (M)	รัศมีเรือนยอด (CM)
1	พะยอม	11.3	7.2	166
2	ยางนา	11.5	7.9	163
3	รัง	12.1	7.7	207
4	เต็ง	7.8	7.7	74
5	ตะเคียนทอง	6.9	6.4	108
6	เต็ง	7.6	6.6	172
7	ยางนา	10.7	6.7	256
8	พะยอม	9.6	9.6	172
9	พะยอม	16.5	8.0	172

3.3 การเก็บตัวอย่างดิน

การเก็บตัวอย่างดินเพื่อนำมาแยกรากเอกโตไมคอร์ไรซา โดยเก็บตัวอย่างดินในช่วงฤดูฝน คือ เดือนสิงหาคมและเดือนตุลาคม 2561 จะเก็บตัวอย่างดินภายในรัศมี 1 เมตรจากโคนต้นของพืชอาศัย และตัวอย่างดินจากตำแหน่งที่เรือนยอดของพืชอาศัย 4 ต้นชนหรือทับซ้อนกัน สุ่มตำแหน่งที่จะเก็บตัวอย่างดินแล้วใช้ soil corer ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5.5 เซนติเมตร ขุดดินเป็นแท่งลึก 20 เซนติเมตร แล้วเก็บรักษาในถุงพลาสติกโดยจะเก็บตัวอย่างดินรวม 3 ตัวอย่างรอบพืชอาศัยแต่ละต้น และอีก 4 ตัวอย่างจากพื้นที่ระหว่างพืชอาศัย (ภาพที่ 2) จากนั้นทำการเก็บรักษาตัวอย่างดินในตู้เย็นที่อุณหภูมิ ประมาณ 4 องศาเซลเซียสจนกว่าจะนำมาศึกษาต่อไป



ภาพที่ 2 ขั้นตอนในการเก็บตัวอย่างดิน

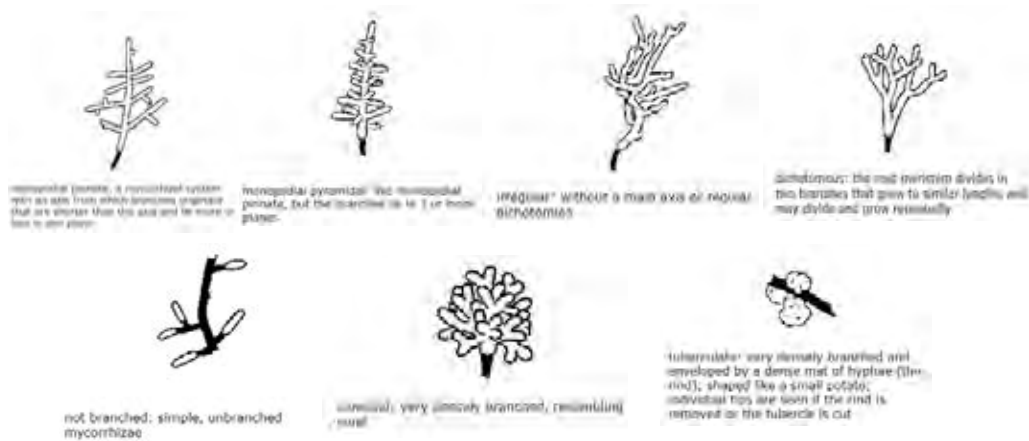
3.4 การแยกรากและศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาของรากเอคโตไมคอร์ไรซา

ขั้นต้นจะทำการนำตัวอย่างดินที่ได้มาล้างน้ำผ่านตะแกรงเพื่อแยกรากออกจากดิน จากนั้นทำความสะอาดราก แล้วศึกษาลักษณะรากภายใต้กล้องจุลทรรศน์แบบสเตอริโอเพื่อทำการสังเกตการติดเชื้อของราเอคโตไมคอร์ไรซาบริเวณปลายราก แยกรากเป็นรากที่ตาย รากที่ไม่มีราเอคโตไมคอร์ไรซาและรากที่มีราเอคโตไมคอร์ไรซา หรือ morphotype (ภาพที่3) โดยจะใช้ลักษณะทางสัณฐานวิทยาที่สำคัญ ได้แก่ รูปแบบการแตกแขนงของราก รูปทรงของปลายราก พื้นผิวของปลายราก (ภาพที่ 4, 5 และ 6) และสีของเส้นใย (Forestry Development, 2008) และทำการจัดกลุ่มรากเป็น morphotype ต่าง ๆ แล้วบันทึกลักษณะที่สำคัญและนับจำนวนปลายราก (root tip) ที่ถูกจำแนกเป็น morphotype

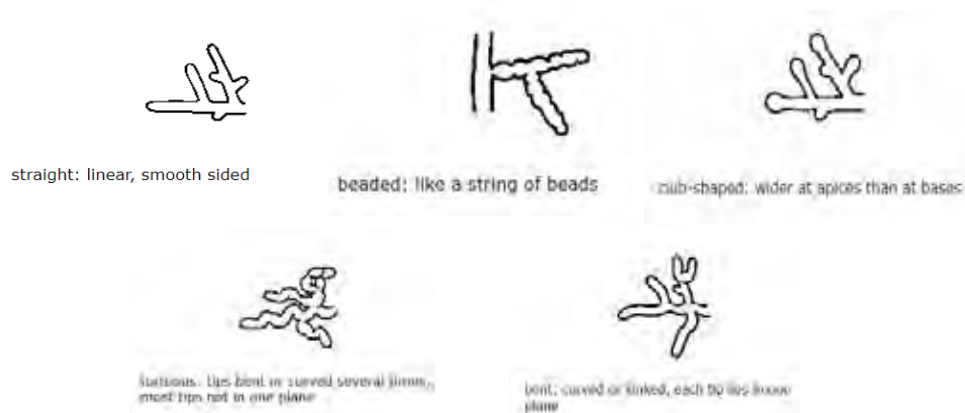


ภาพที่ 3 ลักษณะรากรูปแบบต่าง ๆ

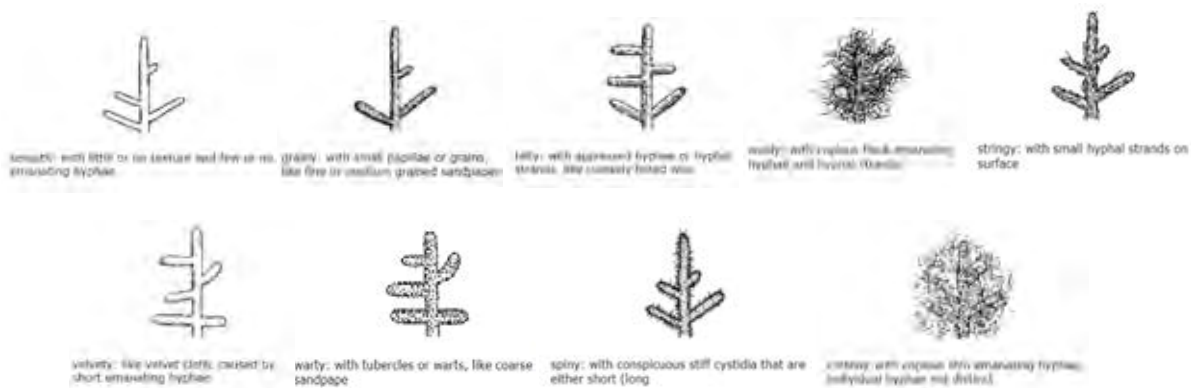
- a. รากที่ตาย
- b. รากที่ไม่มีราเอคโตไมคอร์ไรซา
- c. รากที่มีราเอคโตไมคอร์ไรซา หรือ morphotype



ภาพที่ 4 รูปแบบการแตกแขนงของราก (Forestry Development, 2008)



ภาพที่ 5 รูปทรงของปลายราก (Forestry Development, 2008)



ภาพที่ 6 พื้นผิวของปลายราก (Forestry Development, 2008)

3.5 การวิเคราะห์ผล

รวบรวมข้อมูลรากที่มีราเอคโตไมคอร์ไรซาทุก ๆ morphotype ที่พบจากพีชอาคัยแต่ละต้นและระหว่างพีชอาคัย คำนวณอัตราการติดเชื้อราเอคโตไมคอร์ไรซา (infection rate) และความชุกชุมสัมพัทธ์ (relative abundance) ของแต่ละ morphotype แล้วเปรียบเทียบระหว่างพีชอาคัยและช่วงเวลาที่ทำการศึกษา

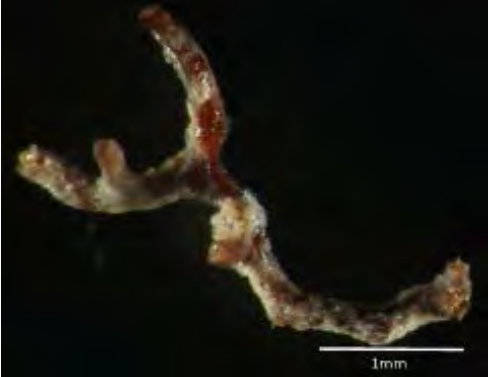

บทที่ 4

ผลการศึกษา



4.1 ความหลากหลายของราเอคโตไมคอร์ไรซาในแปลงฟื้นฟูระบบนิเวศ

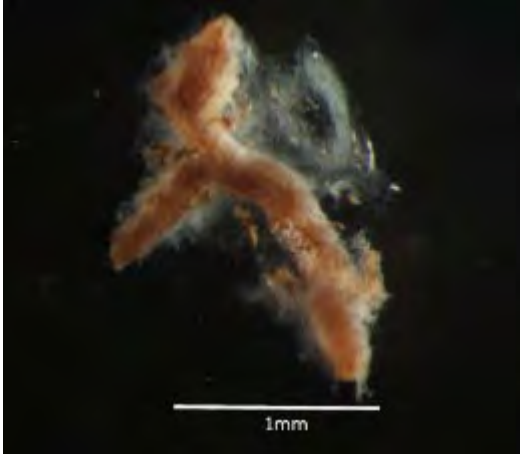

จากการสำรวจความหลากหลายของราเอคโตไมคอร์ไรซา โดยทำการเก็บตัวอย่างดินในช่วงฤดูฝน คือ เดือนสิงหาคมและเดือนตุลาคม 2561 เพื่อนำมาแยกรากและศึกษาลักษณะรากที่มีราเอคโตไมคอร์ไรซา หรือ morphotype จากการศึกษาสามารถแยกลักษณะรากที่มีราเอคโตไมคอร์ไรซาได้ทั้งหมด 14 morphotypes (ตารางที่ 2) ซึ่งพบในเดือนสิงหาคมและตุลาคม 11 morphotypes และ 13 morphotypes ตามลำดับ (ตารางที่ 3) มี 10 morphotypes ที่พบทั้งในเดือนสิงหาคมและเดือนตุลาคม มี 1 morphotype พบเฉพาะในเดือนสิงหาคม และมี 3 morphotypes ที่พบเฉพาะในเดือนตุลาคม เท่านั้น นอกจากนี้พบว่า morphotype ที่พบมากที่สุดในเดือนสิงหาคมและเดือนตุลาคม คือ Morphotype 1 และ Morphotype 6 ตามลำดับ (ตารางที่ 3)


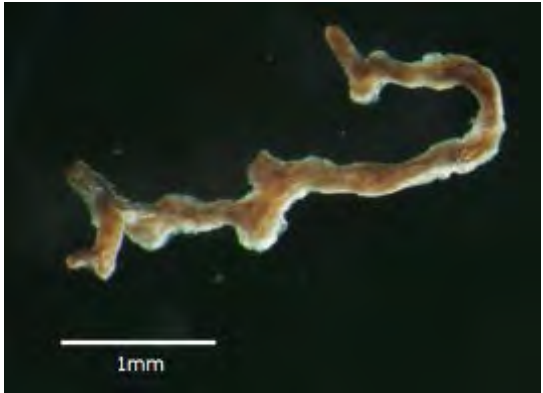
ตารางที่ 2 ลักษณะรากที่มีราเอคโตไมคอร์ไรซา หรือ morphotype ที่พบในเดือนสิงหาคมและเดือน
ตุลาคม 2561


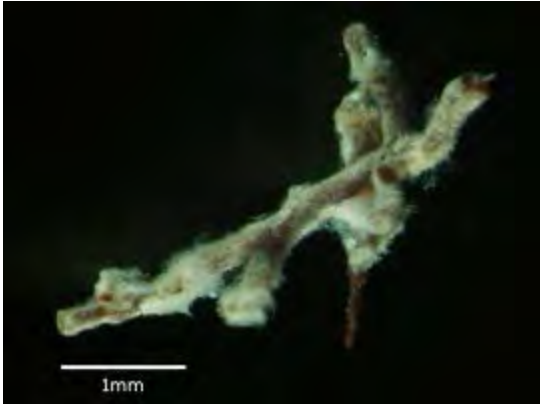
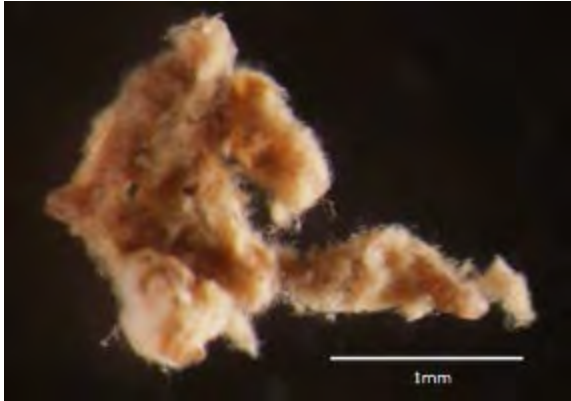
Morphotype	ลักษณะทางสัณฐานวิทยา ของราก	ภาพ
M1	<ul style="list-style-type: none"> - การแตกแขนงของรากไม่แน่นอน (Irregular) - ปลายรากคดงอ (Bent) - พื้นผิวมีความหยาบเป็นเส้นใยเล็ก ๆ (Felty) - รากสีน้ำตาลเข้ม - เส้นใยราสีขาว 	
M2	<ul style="list-style-type: none"> - การแตกแขนงของรากไม่แน่นอน (Irregular) - ปลายรากคดงอ (Bent) - พื้นผิวเป็นเส้นใยเล็ก ๆ ชี้ชัดเจน (Stringy) - รากสีดำ - เส้นใยราสีน้ำตาล 	

Morphotype	ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของราก	ภาพ
M3	<ul style="list-style-type: none"> - การแตกแขนงของรากไม่แน่นอน (Irregular) - ปลายรากคดงอ (Bent) - พื้นผิวมีความหยาบเป็นเส้นใยเล็ก ๆ (Felty) - รากสีน้ำตาลกลาง - เส้นใยราสีขาวฟูน้อย 	
M4	<ul style="list-style-type: none"> - การแตกแขนงของรากไม่แน่นอน (Irregular) - ปลายรากคดงอ (Bent) - พื้นผิวมีความหยาบเป็นเส้นใยเล็ก ๆ (Felty) - รากสีน้ำตาลเหลือง - เส้นใยราสีขาว 	
M5	<ul style="list-style-type: none"> - การแตกแขนงของรากไม่แน่นอน (Irregular) - ปลายรากคดงอ (Bent) - พื้นผิวมีความหยาบเป็นเส้นใยเล็ก ๆ (Felty) - รากสีน้ำตาลดำ - เส้นใยราสีขาวแนบกับผิวปลายราก 	

Morphotype	ลักษณะทางสัณฐานวิทยา ของราก	ภาพ
M6	<ul style="list-style-type: none"> - การแตกแขนงของรากไม่แน่นอน (Irregular) - ปลายรากคดงอ (Bent) - พื้นผิวมีความหยาบเป็นเส้นใยเล็ก ๆ (Felty) - รากสีน้ำตาลเข้ม - เส้นใยราสีขาวแนบกับผิวปลายราก 	
M7	<ul style="list-style-type: none"> - การแตกแขนงของรากไม่แน่นอน (Irregular) - ปลายรากคดงอ (Bent) - พื้นผิวมีความหยาบเป็นเส้นใยเล็ก ๆ (Felty) - รากสีน้ำตาลกลาง - เส้นใยราสีขาวคลุมผิวปลายราก 	

Morphotype	ลักษณะทางสัณฐานวิทยา ของราก	ภาพ
M8	<ul style="list-style-type: none"> - การแตกแขนงของรากไม่แน่นอน (Irregular) - ปลายรากคดงอ (Bent) - พื้นผิวเป็นเส้นใยเล็ก ๆ มากมายฟุ้งกระจาย (Cottony) - รากสีน้ำตาลกลาง - เส้นใยราสีขาวฟูมาก 	
M9	<ul style="list-style-type: none"> - การแตกแขนงของรากไม่แน่นอน (Irregular) - ปลายรากคดงอ (Bent) - พื้นผิวเป็นเส้นใยเล็ก ๆ ชี้ขึ้นชัดเจน (Stringy) - รากสีน้ำตาลเข้ม - เส้นใยราสีขาวยาว 	

Morphotype	ลักษณะทางสัณฐานวิทยา ของราก	ภาพ
M10	<ul style="list-style-type: none"> - การแตกแขนงของรากไม่แน่นอน (Irregular) - ปลายรากคดงอ (Bent) - พื้นผิวมีความหยาบเป็นเส้นใยเล็ก ๆ (Felty) - รากสีน้ำตาลอ่อน - เส้นใยราสีขาวฟูน้อย 	
M11	<ul style="list-style-type: none"> - การแตกแขนงของรากไม่แน่นอน (Irregular) - ปลายรากคดงอ (Bent) - พื้นผิวมีการกระจายตัวของเส้นใยสั้น ๆ เหมือนเป็นกำมะหยี่ (Velvety) - รากสีน้ำตาลอ่อน - เส้นใยราสีขาวแนบกับผิวปลายราก 	

Morphotype	ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของราก	ภาพ
M12	<ul style="list-style-type: none"> - การแตกแขนงของรากไม่แน่นอน (Irregular) - ปลายรากคดงอ (Bent) - พื้นผิวมีความหยาบเป็นเส้นใยเล็ก ๆ (Felty) - รากสีน้ำตาลเหลืองหม่น - เส้นใยราสีขาวคลุมปลายราก 	
M13	<ul style="list-style-type: none"> - การแตกแขนงของรากไม่แน่นอน (Irregular) - ปลายรากคดงอ (Bent) - พื้นผิวมีการกระจายตัวของเส้นใยสั้น ๆ เหมือนเป็นกำมะหยี่ (Velvety) - รากสีน้ำตาล - เส้นใยราสีขาวคลุมปลายราก 	
M14	<ul style="list-style-type: none"> - การแตกแขนงของรากไม่แน่นอน (Irregular) - ปลายรากคดงอ (Bent) - พื้นผิวเป็นเส้นใยเล็ก ๆ มากมายฟุ้งกระจาย (Cottony) - รากสีน้ำตาล - เส้นใยราสีเหลืองอ่อนฟู 	

ตารางที่ 3 จำนวนรากเอกโตไมคอร์ไรซาแต่ละ morphotype ที่พบในเดือนสิงหาคมและเดือนตุลาคม 2561

Morphotype	จำนวนรากเอกโตไมคอร์ไรซาที่พบ	
	สิงหาคม	ตุลาคม
M1	1822	440
M2	1558	251
M3	687	424
M4	4	14
M5	418	433
M6	60	2267
M7	849	653
M8	66	604
M9	139	4
M10	79	360
M11	12	0
M12	0	38
M13	0	122
M14	0	192
รวม	5694	5802
จำนวน morphotype	11	13

4.2 การติดเชื้อไมคอร์ไรซาในพืชอาศัยต่าง ๆ และพื้นที่ระหว่างพืชอาศัย

จากการศึกษาการติดเชื้อไมคอร์ไรซาในพืชอาศัยต่าง ๆ และพื้นที่ระหว่างพืชอาศัยของเดือนสิงหาคมและเดือนตุลาคม 2561 พบว่า โดยส่วนใหญ่แล้วพื้นที่ระหว่างพืชอาศัยจะมีการติดเชื้อที่สูงกว่าในพืชอาศัยแต่ละต้น ในเดือนสิงหาคม เต็งมีการติดเชื้อมากที่สุดถึง 73.76 % และพื้นที่ระหว่างอาศัยบริเวณ A มากที่สุดถึง 86.73 % ในเดือนตุลาคม เต็งมีการติดเชื้อมากที่สุดถึง 91.89 % และพื้นที่ระหว่างพืช

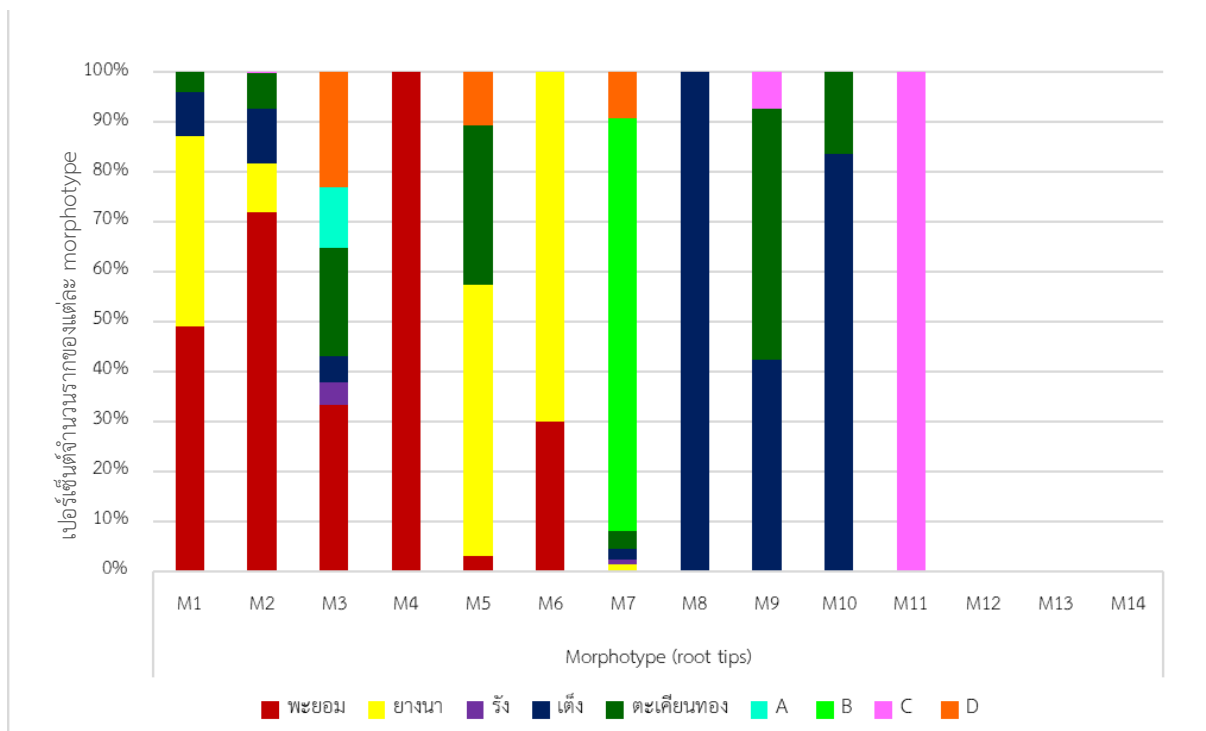
อาศัยจะเป็นบริเวณ C มากที่สุดถึง 96.06 % นอกจากนี้พบว่า โดยส่วนใหญ่ในเดือนตุลาคมจะมีการติดเชื้อไมคอร์ไรซามากกว่าเดือนสิงหาคม (ตารางที่ 4)

ตารางที่ 4 การติดเชื้อราเอกโตไมคอร์ไรซาในพืชอาศัยต่าง ๆ และพื้นที่ระหว่างพืชอาศัยของเดือนสิงหาคมและเดือนตุลาคม 2561

พืชอาศัย	การติดเชื้อ (% Colonization)	
	สิงหาคม	ตุลาคม
พะยอม	68.45	59.37
ยางนา	56.37	68.53
รัง	23.31	67.28
เต็ง	73.76	91.89
ตะเคียนทอง	49.57	43.44
บริเวณ A	86.73	91.45
บริเวณ B	85.09	93.98
บริเวณ C	81.58	96.06
บริเวณ D	78.31	56.90

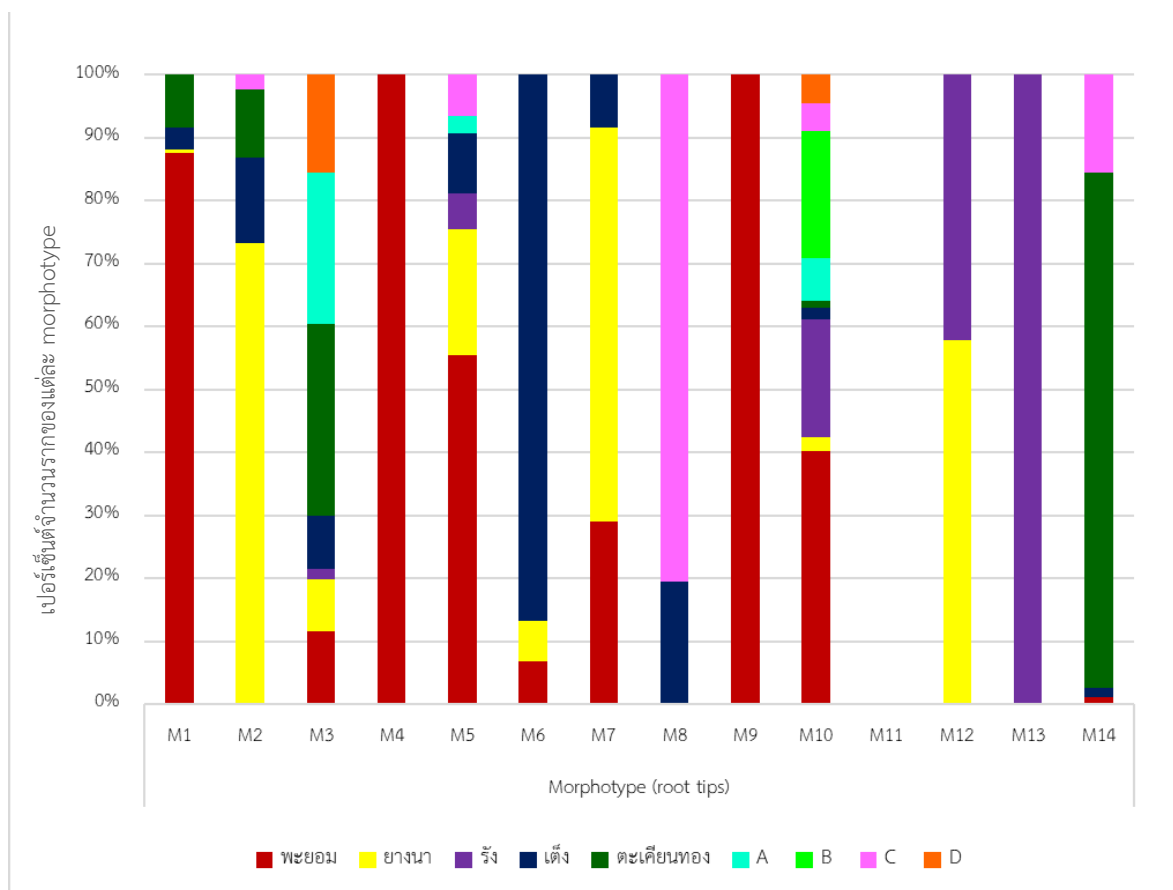
4.3 รากที่พบในพืชอาศัยต่าง ๆ ของแต่ละ morphotype

จากการสำรวจจำนวนรากที่พบในพืชอาศัยต่าง ๆ ของแต่ละ morphotype ในเดือนสิงหาคม 2561 พบว่า morphotype ส่วนใหญ่พบในพืชอาศัยหลายชนิด ซึ่ง Morphotype 3 และ 7 พบในพืชอาศัยหลายชนิดที่สุด โดย Morphotype 3 พบในพืชอาศัย 4 ชนิด ได้แก่ พะยอม รัง เต็ง และ ตะเคียนทอง และ Morphotype 7 ก็พบในพืชอาศัย 4 ชนิด ได้แก่ ยางนา รัง เต็ง และตะเคียนทอง และพื้นที่ระหว่างพืชอาศัย 2 บริเวณ ซึ่งเป็นพื้นที่ระหว่างพืชอาศัย 4 ชนิดข้างต้น นอกจากนี้ยังมี morphotype บางชนิดที่พบในพืชอาศัยเพียงชนิดเดียวหรือพื้นที่ระหว่างพืชอาศัยบริเวณเดียวเท่านั้น ได้แก่ Morphotype 4 และ 8 ซึ่งพบในพะยอมและเต็งเท่านั้น ตามลำดับ และ Morphotype 11 พบเฉพาะในบริเวณ C เท่านั้น และในเดือนนี้ไม่พบ Morphotype 12, 13 และ 14 (ภาพที่ 7)



ภาพที่ 7 จำนวนรากที่พบในพีชอาศัยต่าง ๆ ของแต่ละ morphotype ของเดือนสิงหาคม 2561

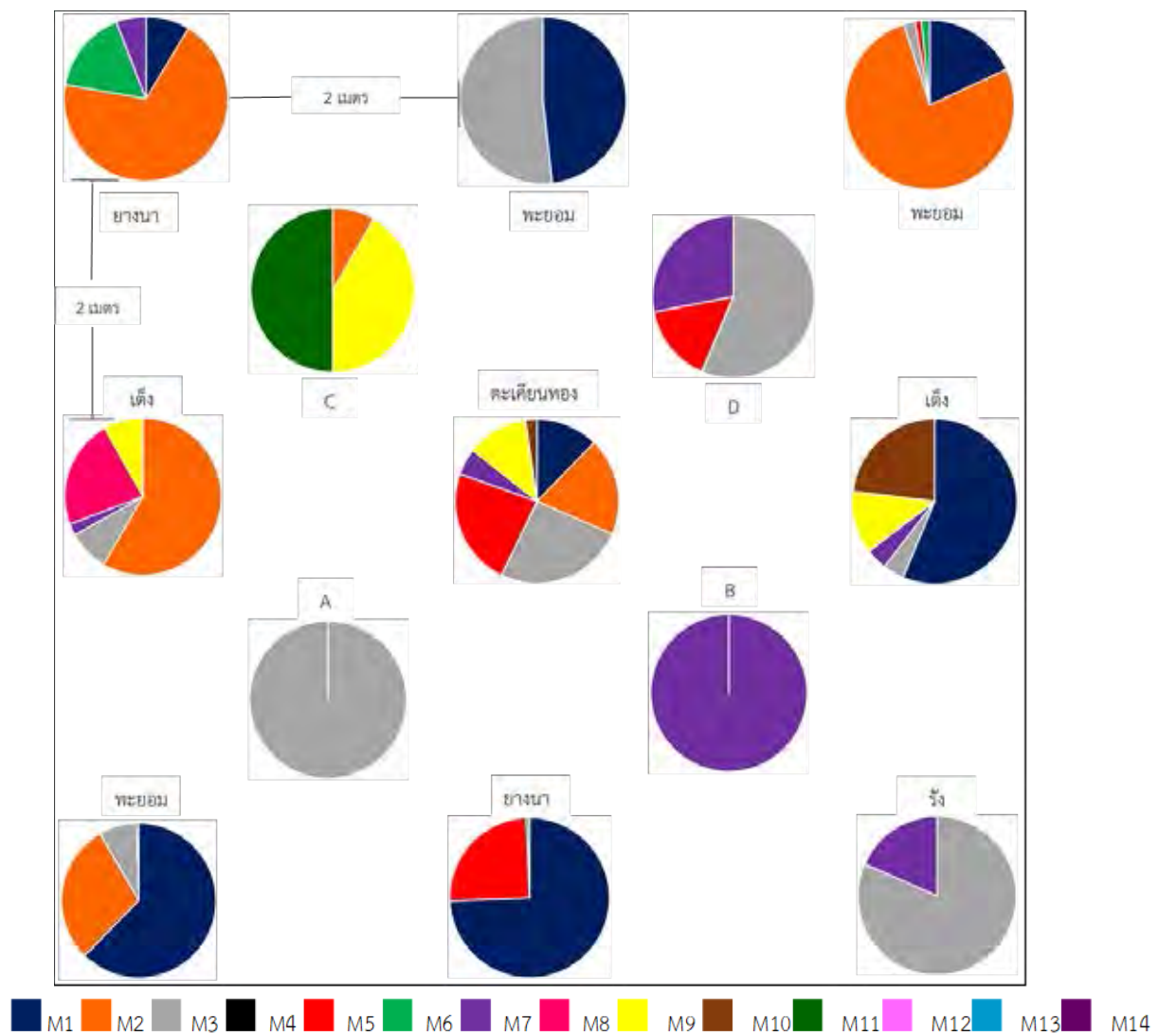
จากการสำรวจจำนวนรากที่พบในพีชอาศัยต่าง ๆ ของแต่ละ morphotype ในเดือนตุลาคม 2561 พบว่า morphotype ส่วนใหญ่ก็พบในพีชอาศัยหลายชนิดเช่นเดียวกับเดือนสิงหาคม แต่จะมีสัดส่วนของจำนวนรากที่พบสูงกว่า ซึ่งในเดือนนี้ Morphotype 10 พบในพีชอาศัยหลายชนิดที่สุด โดยพบในพีชอาศัยทั้ง 5 ชนิด ได้แก่ พะยอม ยางนา รั้ง เต็ง และตะเคียนทองและพื้นที่ระหว่างพีชอาศัยทั้ง 4 บริเวณ ซึ่งเป็นพื้นที่ที่อยู่ระหว่างพีชอาศัยทั้ง 5 ชนิดข้างต้น นอกจากนี้ยังมี morphotype บางชนิดที่พบในพีชอาศัยเพียงชนิดเดียวเท่านั้น ได้แก่ Morphotype 4 และ 9 ซึ่งพบในพะยอมเท่านั้น และ Morphotype 13 พบในรั้งเท่านั้น และในเดือนนี้ไม่พบ Morphotype 11 (ภาพที่ 8)



ภาพที่ 8 จำนวนรากที่พบในพีชอาศัยต่าง ๆ ของแต่ละ morphotype ของเดือนตุลาคม 2561

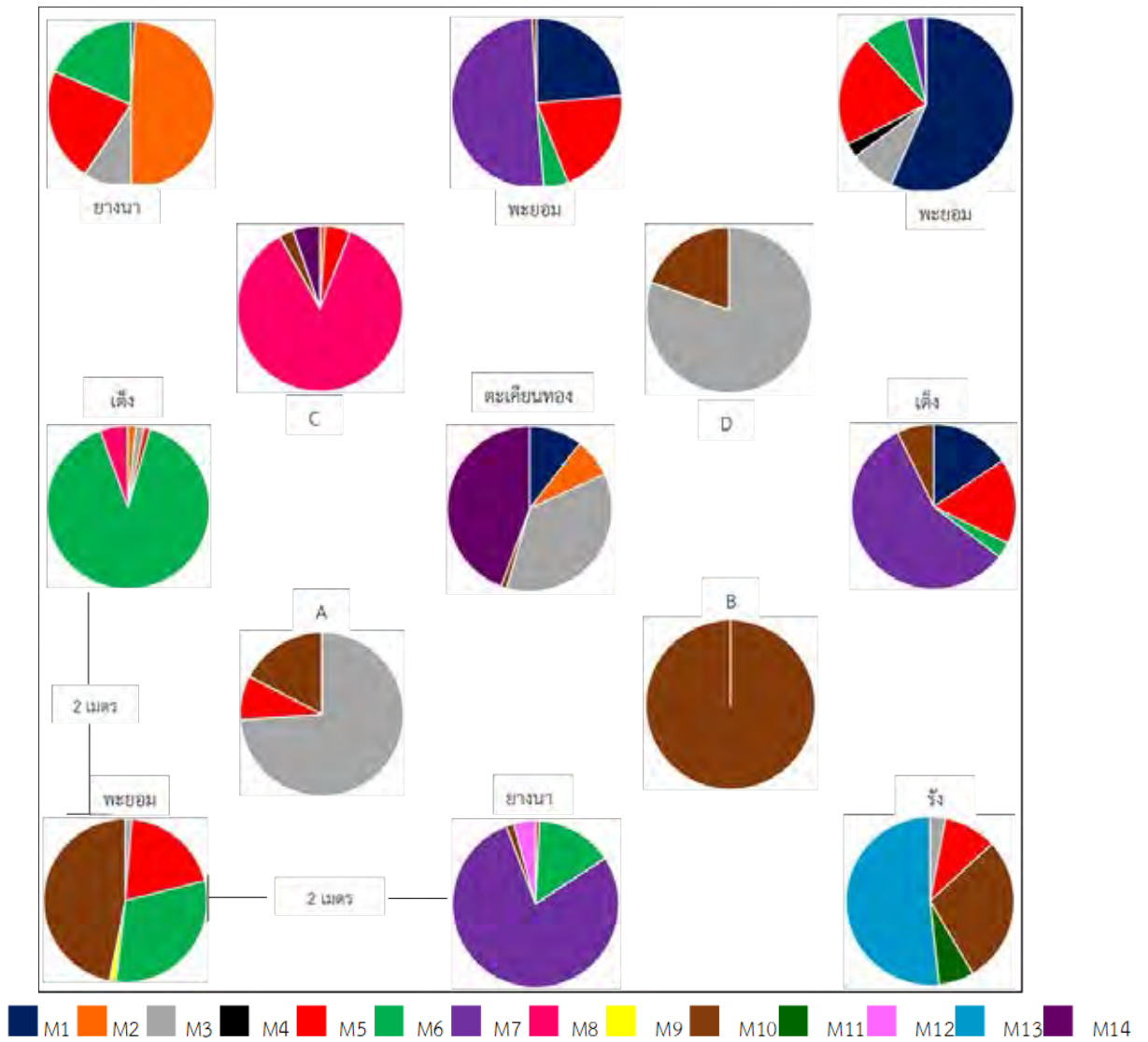
4.4 ความชุกชุมสัมพันธ์ของ morphotype ที่พบในพีชอาศัยต่าง ๆ และพื้นที่ระหว่างพีชอาศัย

จากการศึกษาความชุกชุมสัมพันธ์ของ morphotype ที่พบในพีชอาศัยต่าง ๆ และพื้นที่ระหว่างพีชอาศัยของเดือนสิงหาคม 2561 พบว่า morphotype ที่พบบริเวณพื้นที่ระหว่างพีชอาศัยก็เป็นชนิดที่พบในพีชอาศัยแต่ละต้นที่อยู่ล้อมรอบบริเวณนั้น ๆ แต่จะมีความชุกชุมที่น้อยกว่า และตะเคียนทองเป็นพีชอาศัยที่พบ morphotype มากที่สุดถึง 7 morphotypes นอกจากนี้พื้นที่ระหว่างพีชอาศัยบริเวณ A และ B พบ morphotype เพียงแค่ชนิดเดียวเท่านั้น คือ Morphotype 3 และ 7 ตามลำดับ (ภาพที่ 9)



ภาพที่ 9 ความชุกชุมสัมพันธ์ของ morphotype ที่พบในพืชอาศัยต่าง ๆ และพื้นที่ระหว่างพืชอาศัย
ของเดือนสิงหาคม 2561

จากการศึกษาความชุกชุมสัมพันธ์ของ morphotype ที่พบในพืชอาศัยต่าง ๆ และพื้นที่ระหว่างพืชอาศัยของเดือนตุลาคม 2561 พบว่า ความชุกชุมสัมพันธ์ของ morphotype ส่วนใหญ่สูงกว่าในเดือนสิงหาคม และ morphotype ที่พบในพื้นที่ระหว่างพืชอาศัยก็เป็นชนิดเดียวกันกับที่พบในพืชอาศัยแต่ละต้นเช่นเดียวกับเดือนสิงหาคม ซึ่งพะยอมต้นที่ 9 เป็นพืชอาศัยที่พบ morphotype มากที่สุดถึง 7 morphotypes นอกจากนี้พื้นที่ระหว่างพืชอาศัยบริเวณ B พบ morphotype เพียงแค่ชนิดเดียวเท่านั้น คือ Morphotype 10 (ภาพที่ 10)



ภาพที่ 10 ความชุกชุมสัมพันธ์ของ morphotype ที่พบในพืชอาศัยต่าง ๆ และพื้นที่ระหว่างพืชอาศัยของเดือนตุลาคม 2561

บทที่ 5

อภิปรายและสรุปผลการศึกษา

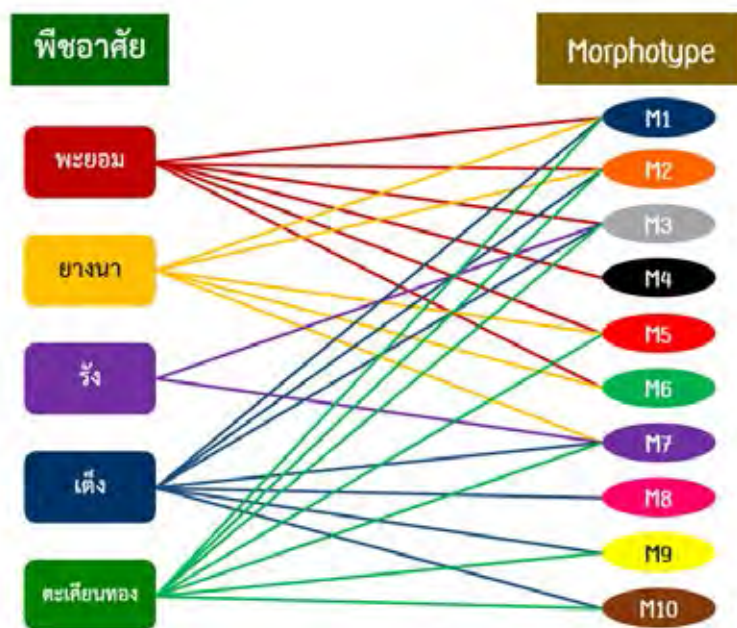
การสำรวจความหลากหลายของราเอคโตไมคอร์ไรซาในแปลงฟื้นฟูระบบนิเวศจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย จังหวัดสระบุรี ในช่วงฤดูฝน 2 เดือน คือ เดือนสิงหาคมและเดือนตุลาคม พบรากที่มีราเอคโตไมคอร์ไรซา หรือ morphotype ทั้งหมด 14 morphotypes โดยในเดือนสิงหาคมพบ 11 morphotypes ซึ่งน้อยกว่าในเดือนตุลาคมที่พบถึง 13 morphotypes อาจเป็นเพราะ morphotype บางชนิดมีจำนวนน้อยทำให้โอกาสในการเข้าติดเชื่อมกับรากพืชอาศัยมีน้อยจึงตรวจไม่พบ หรืออาจมาจากการที่รากที่รวมมาเป็น morphotype มีความต้องการทรัพยากรและปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมที่แตกต่างกัน เมื่อถึงเวลาและมีปัจจัยที่เหมาะสมจึงจะสามารถพบ morphotype ชนิด ๆ นั้นได้ นอกจากนี้พบว่ามี 10 morphotypes ที่พบเหมือนกันของทั้ง 2 เดือน ทั้งนี้อาจเป็นเพราะเงื่อนไขทางสภาพแวดล้อมยังเป็นเหมือนเดิมหรืออาจมีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย ทั้งพื้นที่ศึกษา วิธีการเก็บตัวอย่างและฤดูกาล จึงทำให้พบ morphotype ที่เหมือนกันหลายชนิด

จำนวนรากเอคโตไมคอร์ไรซาที่พบในเดือนตุลาคมมีจำนวนที่มากกว่าในเดือนสิงหาคม อาจเนื่องมาจากรากของพืชอาศัยที่มีราเอคโตไมคอร์ไรซาเมื่ออยู่ร่วมกัน ราเอคโตไมคอร์ไรซานี้มีการส่งผ่านสารอินทรีย์ต่าง ๆ ได้แก่ คาร์บอน ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส ระหว่างกันผ่านทาง การเชื่อมกันของเส้นใย (Simard, 1997) เมื่อเวลาผ่านไปทำให้รากที่มีราเอคโตไมคอร์ไรซาสามารถมีการเจริญเติบโต เพิ่มจำนวนได้มากขึ้นจึงทำให้ในเดือนตุลาคมพบรากเอคโตไมคอร์ไรซาที่มากกว่าเดือนสิงหาคม

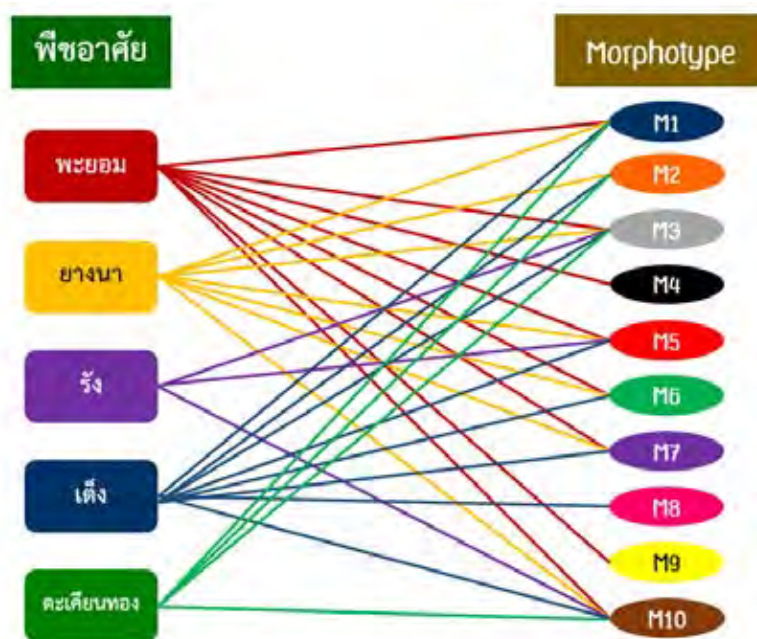
ปฏิสัมพันธ์ระหว่างรากของพืชชั้น พืชที่อยู่แบบต้นเดี่ยวแต่อยู่ร่วมกันหรือปลูกในพื้นที่เดียวกันกับพืชชนิดอื่นที่เป็นต้นเดี่ยวเช่นกัน จะเกิดการหลีกเลี่ยงการแข่งขันและแยกพื้นที่ระหว่างกันเกิดเป็นช่องว่าง (Faget *et al.*, 2013) จึงทำให้พื้นที่ระหว่างพืชที่เป็นคนละชนิดกัน อาจไม่พบรากหรือพบเป็นจำนวนน้อย เป็นไปตามการศึกษาการติดเชื่อไมคอร์ไรซาที่พบว่าพื้นที่ระหว่างพืชอาศัยมีจำนวนรากที่น้อยกว่าพืชอาศัยแต่ละต้น ถึงแม้ว่าจะมีรากจำนวนน้อยกว่าแต่พื้นที่ระหว่างพืชอาศัยนี้ก็กลับมีการติดเชื่อไมคอร์ไรซาที่สูงกว่าในพืชอาศัยแต่ละต้น ซึ่งแสดงว่ารากที่สามารถมาอยู่ร่วมกันตรงพื้นที่ระหว่างพืชอาศัยนั้นจะต้องเป็นรากที่มีราเอคโตไมคอร์ไรซาหรือ morphotype ที่เป็นเช่นนี้อาจเป็นเพราะว่ารากที่มีราเอคโตไมคอร์ไรซามีความแข็งแรงทนทานต่อสภาพแวดล้อมและเชื้อโรคต่าง ๆ ได้ดี จึงสามารถเจริญเติบโตมาอยู่ตรงบริเวณพื้นที่ระหว่างพืชอาศัยทำให้ตรงพื้นที่นี้มีการติดเชื่อที่สูงกว่า

รูปแบบความสัมพันธ์ของราเอกโตไมคอร์ไรซากับพืชอาศัยวงศ์ Dipterocarpaceae แสดงให้เห็นว่าพืชอาศัย 1 ชนิดมีความสัมพันธ์กับราเอกโตไมคอร์ไรซาได้มากกว่า 1 ชนิด ซึ่งสามารถแสดงให้เห็นได้ 2 รูปแบบ คือ ความหลากหลายที่สูงของราเอกโตไมคอร์ไรซาในไม้วงศ์ยาง และความจำเพาะเจาะจงที่ต่ำของราเอกโตไมคอร์ไรซากับไม้วงศ์ยาง (Yuwa-Amornpitak *et al.*, 2006) เช่นเดียวกับผลการศึกษาในเรื่องจำนวนรากที่พบและความชุกชุมสัมพันธ์ของ morphotype กับพืชอาศัยต่าง ๆ แสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์แบบเอกโตไมคอร์ไรซา โดยรูปแบบของความสัมพันธ์นี้จะแสดงให้เห็นในรูปแบบที่เรียกว่า Bipartite Network ซึ่งจะแสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างพืชอาศัยกับ morphotype เส้นที่เชื่อมระหว่างพืชอาศัยกับ morphotype แสดงถึงความสัมพันธ์ใน 2 รูปแบบ คือ การที่พืชอาศัยแต่ละชนิดจะพบ morphotype ได้หลายชนิด เช่น พะยอม พบ Morphotype 1,2,3,4,5 และ 6 ในทางกลับกันก็จะเห็นว่า morphotype แต่ละชนิดถูกพบหรือสามารถอยู่ร่วมกับพืชอาศัยได้หลายชนิดเช่นเดียวกัน เช่น Morphotype 1 พบในพืชอาศัย 4 ชนิด ได้แก่ พะยอม ยางนา เต็งและตะเคียนทอง (ภาพที่ 11) ซึ่งจะพบความสัมพันธ์เป็นรูปแบบที่เหมือนกันในทั้งเดือนสิงหาคมและตุลาคม (ภาพที่ 12 และ 13)

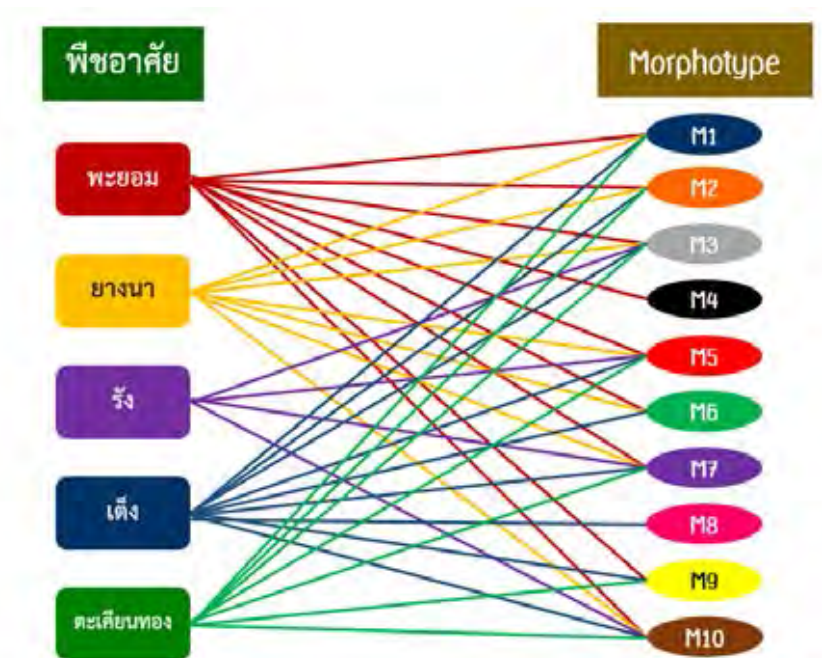
โดยความสัมพันธ์แบบเอกโตไมคอร์ไรซานี้มีรูปแบบที่ซับซ้อน โดยไม่ได้มีความจำเพาะของพืชอาศัยกับ morphotype ที่เป็นรูปแบบ 1:1 เช่นเดียวกับงานวิจัยการศึกษาความหลากหลายของราเอกโตไมคอร์ไรซาในพื้นที่ป่า white sand forest ในประเทศโคลัมเบีย ซึ่งได้มีการเปรียบเทียบชนิดราที่พบในประเทศโคลัมเบียและประเทศเกียนาน่าว่าการพบราชนิดเดียวกัน แต่มาจากพืชอาศัยคนละชนิดกัน ซึ่งเป็นไปตามรูปแบบความสัมพันธ์ของราเอกโตไมคอร์ไรซากับพืชอาศัยดังที่กล่าวมาข้างต้น ว่าการที่พบรา 1 ชนิดอยู่ร่วมกับพืชอาศัยได้หลายชนิด การที่เป็นเช่นนี้มาจากการที่รามีความจำเพาะต่อพืชอาศัยที่ต่ำจึงทำให้อยู่ร่วมกับพืชอาศัยได้หลายชนิด (Vasco-Palacios *et al.*, 2018)



ภาพที่ 11 ความสัมพันธ์ระหว่างพืชอาศัยกับ morphotype เดือนสิงหาคม 2561



ภาพที่ 12 ความสัมพันธ์ระหว่างพืชอาศัยกับ morphotype เดือนสิงหาคม 2561



ภาพที่ 13 ความสัมพันธ์ระหว่างพืชอาศัยกับ morphotype เดือนสิงหาคมและตุลาคม 2561

อย่างไรก็ตามในการศึกษาครั้งนี้เป็นการศึกษาความหลากหลายของราเอกโตไมคอร์ไรซาในเบื้องต้นด้วยการจำแนกลักษณะของรากที่มีราเอกโตไมคอร์ไรซาหรือ morphotype ตามลักษณะทางสัณฐานวิทยาที่สำคัญแยกออกมาได้เป็น morphotype ต่าง ๆ แต่การที่จะสามารถระบุชนิดของราเอกโตไมคอร์ไรซาและชนิดของพืชอาศัยที่ร่วมกันเป็น morphotype แต่ละชนิดได้นั้นจะต้องอาศัยเทคนิคทางชีวโมเลกุลต่อไป จึงจะสามารถอธิบายความจำเพาะระหว่างรากกับพืชอาศัยได้ รวมถึงการเก็บตัวอย่างเพิ่มขึ้นและเพิ่มช่วงเวลาในการเก็บตัวอย่างให้ครบทุกฤดูกาล ซึ่งจะสามารถให้ข้อมูลเพิ่มเติมเกี่ยวกับพลวัตระหว่างราเอกโตไมคอร์ไรซากับพืชอาศัยได้ และผลการศึกษาครั้งนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการฟื้นฟูระบบนิเวศป่าเต็งรังและป่าเบญจพรรณในพื้นที่อื่น ๆ ต่อไป

เอกสารอ้างอิง

- ธารรัตน์ แก้วกระจ่าง. 2553. ชนิดของราไมคอร์ไรซา. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://www.lookforest.com/00_newlook/article_person.php?id_send=7
[17 เมษายน 2562]
- สุนัดดา โยมญาติ. 2557. ไมคอร์ไรซา. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: <http://www.biology.ipst.ac.th/?p=903> [17 เมษายน 2562]
- Brearley Q.F. 2012. Ectomycorrhizal Associations of the Dipterocarpaceae. Biotropica. 44 : 37–648.
- Dokmai P., Phosri C., Khangrang R. and Suwannasai N. 2015. Above- and Below-Ground Ectomycorrhizal Diversity in a Pine-Oak Forest in Northeastern Thailand. Chiang Mai Journal of Science. 42 : 80–88.
- Faget M., Nagel A.K., Walter A., Herrera M.J., Jahnke S., Schurr U. and Temperton M.V. 2013. Root–root interactions: extending our perspective to be more inclusive of the range of theories in ecology and agriculture using in-vivo analyses. Annals of Botany 112 : 253–266
- Forestry Development. 2008. Morphology of Ectomycorrhizal System. [online]. Available: http://forestrydev.org/biodiversity/bcern/glossary/glossary_system-tips_e.html
[20 April 2019]
- Phosri C., Pölme S., Taylor F.S.A., Kõljalg U., Suwannasai N. and Tedersoo L. 2012. Diversity and community composition of ectomycorrhizal fungi in a dry deciduous dipterocarp forest in Thailand. Biodiversity Conservation DOI 10.1007/s10531-012-0250-1
- Rinaldi A.C., Comadini O. and Kuyper T.W. 2008. Ectomycorrhizal fungal diversity: Separating the wheat from the chaff. Fungal Diversity. 33 : 1–45.

- Simard W.S., Perry A.D., Jones D.M., Myrold D.D., Durall M.D. and Molina R. 1997. Net transfer of carbon between ectomycorrhizal tree species in the field. Nature 388, 579–582
- Vasco-Palacios, A.M., Hernandez, J., Peñuela-Mora, M.C., Franco-Molano, A.E. and Boekhout, T. 2018. Ectomycorrhizal fungi diversity in a white sand forest in western Amazonia. Fungal Ecology.31 : 9-18
- Yuwa-Amornpitak T., Vichitsoonthonkul T., Tanticharoen M., Cheevadhanarak S. and Ratchadawong S. 2006. Diversity of Ectomycorrhizal Fungi on Dipterocarpaceae in Thailand. Journal of Biological Sciences. 6 : 1059–106

ภาคผนวก

ตาราง ก จำนวนรากของแต่ละ morphotype ที่พบในเดือนสิงหาคม 2561

วันที่	พืชอาศัย	จำนวนรากเอกโตไมคอร์ไรซา													
		M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12	M13	M14
23/8/61	พะยอม	896	1122	229	4	13	18	0	0	0	0	0	0	0	0
	ยางนา	694	152	0	0	227	42	13	0	0	0	0	0	0	0
	รัง	0	0	31	0	0	0	7	0	0	0	0	0	0	0
	เต็ง	161	171	37	0	0	0	19	66	59	66	0	0	0	0
	ตะเคียนทอง	71	111	148	0	134	0	30	0	70	13	0	0	0	0
	บริเวณ A	0	0	83	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	บริเวณ B	0	0	0	0	0	0	701	0	0	0	0	0	0	0
	บริเวณ C	0	2	0	0	0	0	0	0	10	0	12	0	0	0
	บริเวณ D	0	0	159	0	44	0	79	0	0	0	0	0	0	0
	รวม	1822	1558	687	4	418	60	849	66	139	79	12	0	0	0

ตาราง ข จำนวนรากของแต่ละ morphotype ที่พบในเดือนตุลาคม 2561

วันที่	พืชอาศัย	จำนวนรากเอกโตไมคอร์ไรซา													
		M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12	M13	M14
21/10/61	พะยอม	385	0	49	14	240	153	189	0	4	145	0	0	0	2
	ยางนา	3	184	35	0	87	147	409	0	0	8	0	22	0	0
	รัง	0	0	7	0	24	0	0	0	0	67	0	16	122	0
	เต็ง	15	34	36	0	42	1967	55	118	0	7	0	0	0	3
	ตะเคียนทอง	37	27	129	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	157
	บริเวณ A	0	0	102	0	12	0	0	0	0	24	0	0	0	0
	บริเวณ B	0	0	0	0	0	0	0	0	0	73	0	0	0	0
	บริเวณ C	0	6	0	0	28	0	0	486	0	16	0	0	0	30
	บริเวณ D	0	0	66	0	0	0	0	0	0	16	0	0	0	0
	รวม	440	251	424	14	433	2267	653	604	4	360	0	38	122	192

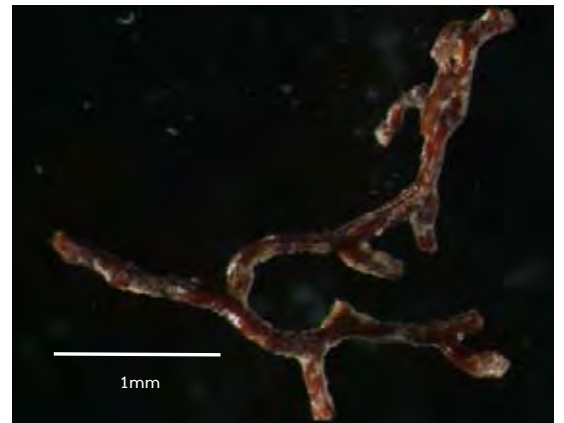
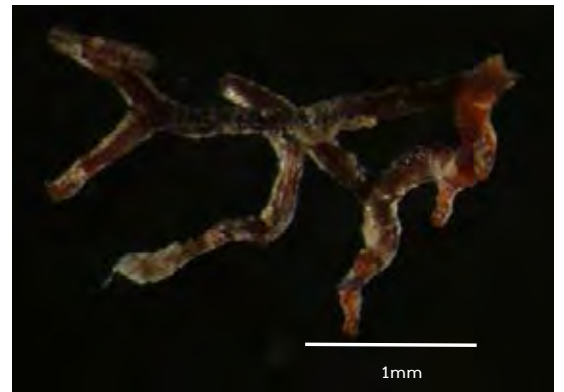
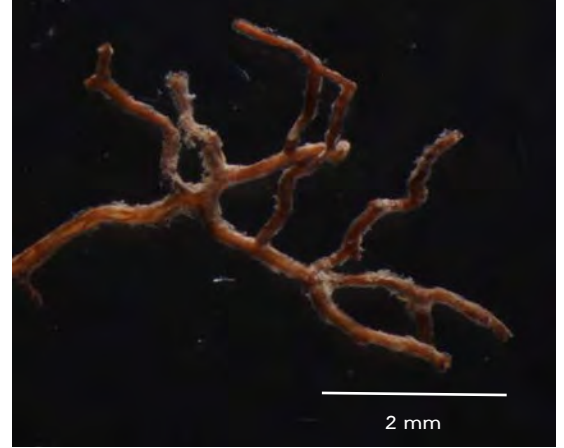
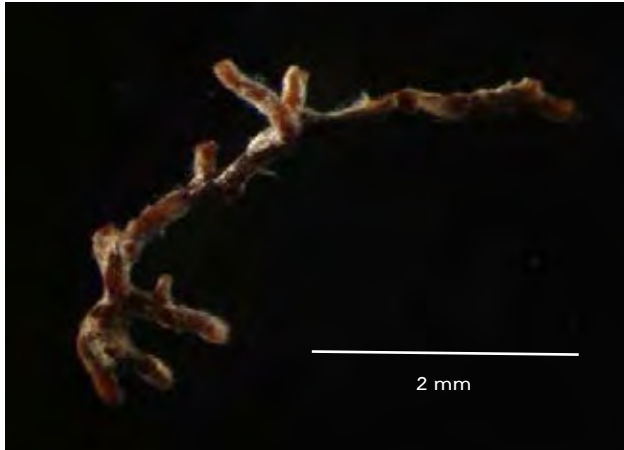
ตาราง ค เปอร์เซ็นต์จำนวนรากของแต่ละ morphotype ที่พบในเดือนสิงหาคม 2561

วันที่	พืชอาศัย	จำนวนรากเอกโตไมคอร์ไรซา (%)										
		M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11
23/8/61	พะยอม	49.18	72.02	33.33	100.00	3.11	30.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	ยางนา	38.09	9.76	0.00	0.00	54.31	70.00	1.53	0.00	0.00	0.00	0.00
	รัง	0.00	0.00	4.51	0.00	0.00	0.00	0.82	0.00	0.00	0.00	0.00
	เต็ง	8.84	10.98	5.39	0.00	0.00	0.00	2.24	100.00	42.45	83.54	0.00
	ตะเคียนทอง	3.90	7.12	21.54	0.00	32.06	0.00	3.53	0.00	50.36	16.46	0.00
	บริเวณ A	0.00	0.00	12.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	บริเวณ B	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	82.57	0.00	0.00	0.00	0.00
	บริเวณ C	0.00	0.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	7.19	0.00	100.00
	บริเวณ D	0.00	0.00	23.14	0.00	10.53	0.00	9.31	0.00	0.00	0.00	0.00

ตาราง ง เปอร์เซ็นต์จำนวนรากของแต่ละ morphotype ที่พบในเดือนตุลาคม 2561

วันที่	พืชอาศัย	จำนวนรากเอกโตไมคอร์ไรซา (%)												
		M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M12	M13	M14
21/10/61	พะยอม	87.50	0.00	11.56	100.00	55.43	6.75	28.94	0.00	100.00	40.28	0.00	0.00	1.04
	ยางนา	0.68	73.31	8.25	0.00	20.09	6.48	62.63	0.00	0.00	2.22	57.89	0.00	0.00
	รัง	0.00	0.00	1.65	0.00	5.54	0.00	0.00	0.00	0.00	18.61	42.11	100.00	0.00
	เต็ง	3.41	13.55	8.49	0.00	9.70	86.77	8.42	19.54	0.00	1.94	0.00	0.00	1.56
	ตะเคียนทอง	8.41	10.76	30.42	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.11	0.00	0.00	81.77
	บริเวณ A	0.00	0.00	24.06	0.00	2.77	0.00	0.00	0.00	0.00	6.67	0.00	0.00	0.00
	บริเวณ B	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	20.28	0.00	0.00	0.00
	บริเวณ C	0.00	2.39	0.00	0.00	6.47	0.00	0.00	80.46	0.00	4.44	0.00	0.00	15.63
	บริเวณ D	0.00	0.00	15.57	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.44	0.00	0.00	0.00

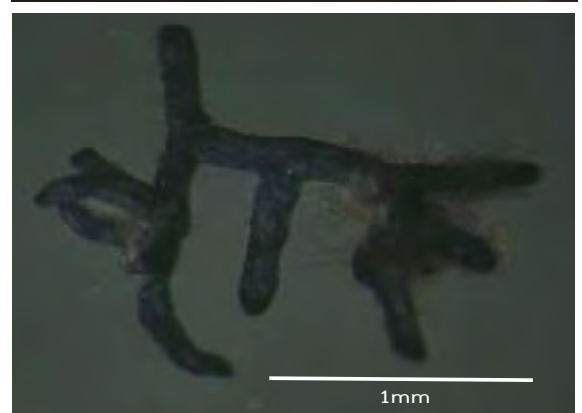
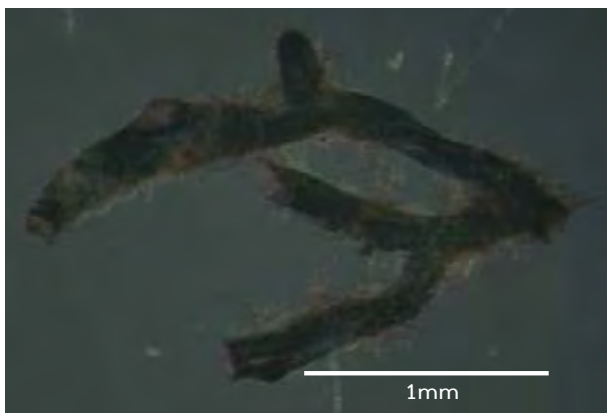
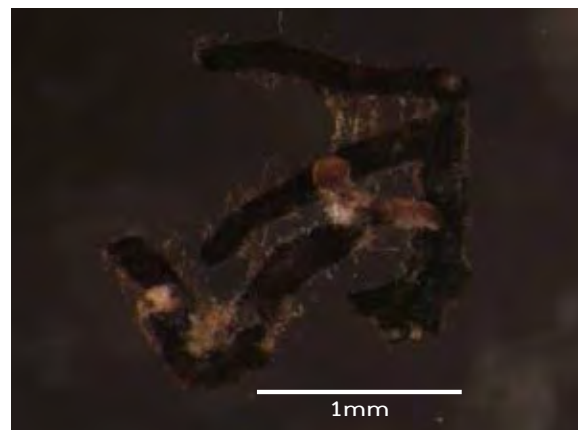
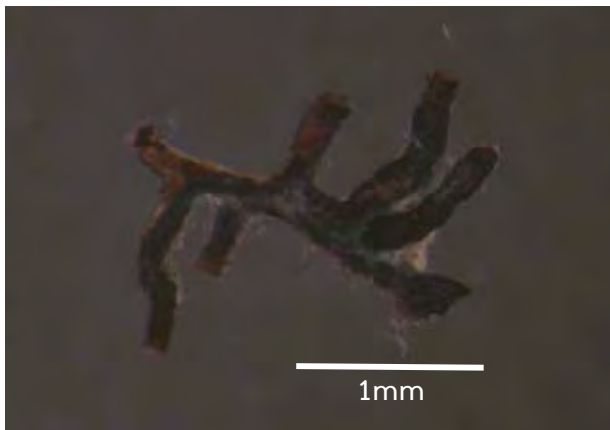
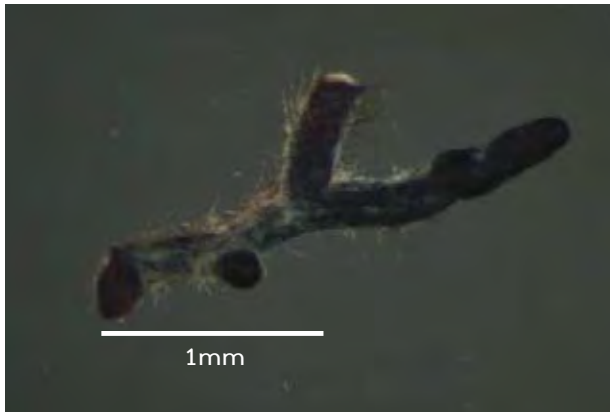
Morphotype 1



ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของราก : การแตกแขนงของรากไม่แน่นอน (Irregular) ปลายรากคดงอ (Bent) พื้นผิวมีความหยาบเป็นเส้นใยเล็ก ๆ (Felty) รากสีน้ำตาลเข้ม เส้นใยราสีขาว

ระยะเวลา : พบในช่วงเดือนสิงหาคมและตุลาคม 2561

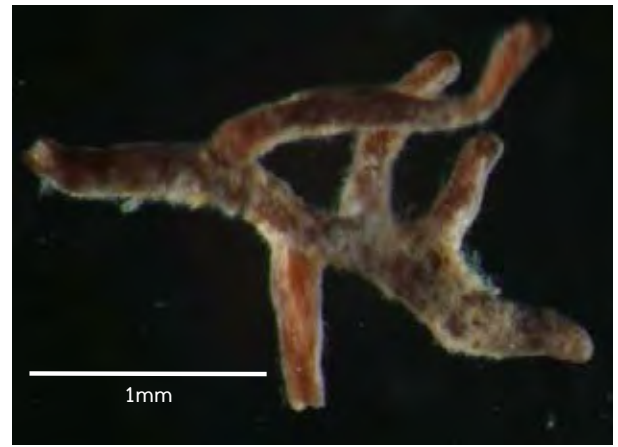
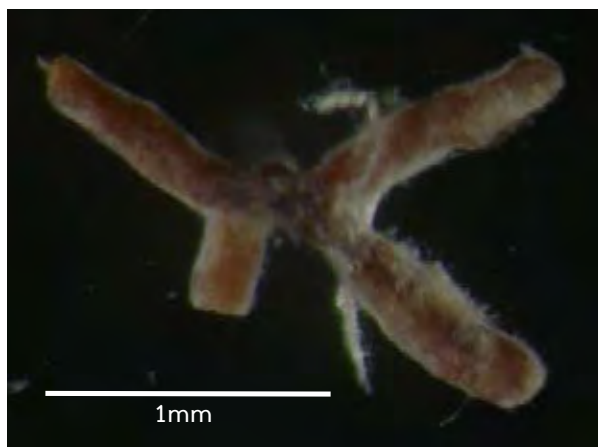
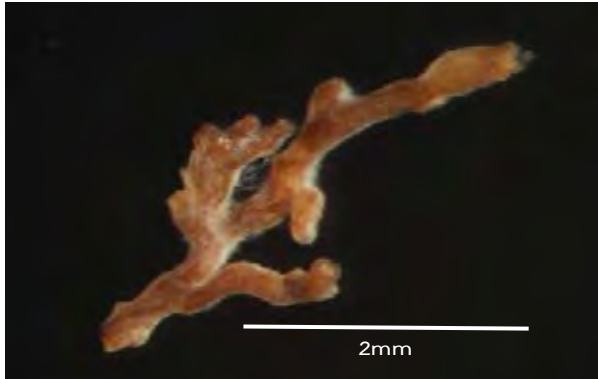
Morphotype 2



ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของรากล : การแตกแขนงของรากลไม่แน่นอน (Irregular) ปลายรากลคดงอ (Bent) พื้นผิวเป็นเส้นใยเล็ก ๆ ชี้ชัดชัดเจน (Stringy) รากลสีดำ เส้นใยราสีน้ำตาล

ระยะเวลา : พบในช่วงเดือนสิงหาคมและตุลาคม 2561

Morphotype 3



ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของราก : การแตกแขนงของรากไม่แน่นอน (Irregular) ปลายรากคดงอ (Bent) พื้นผิวมีความหยาบเป็นเส้นใยเล็ก ๆ (Felty) รากสีน้ำตาลกลาง เส้นใยราสีขาวฟูน้อย

ระยะเวลา : เก็บในช่วงเดือนสิงหาคมและตุลาคม 2561

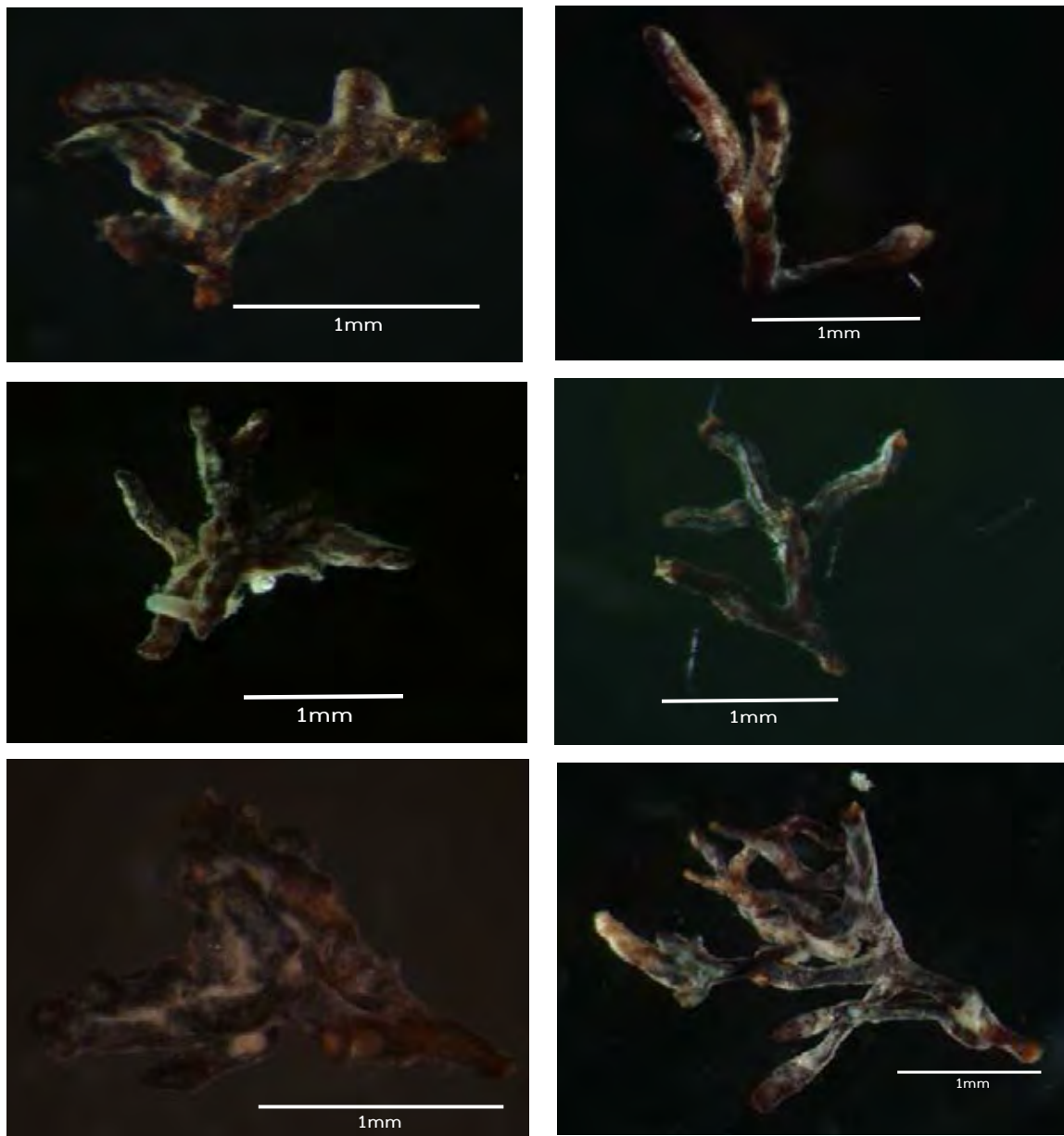
Morphotype 4



ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของราก : การแตกแขนงของรากไม่แน่นอน (Irregular) ปลายรากคดงอ (Bent) พื้นผิวมีความหยาบเป็นเส้นใยเล็ก ๆ (Felty) รากสีน้ำตาลเหลือง เส้นใยราสีขาว

ระยะเวลา : พบในช่วงเดือนสิงหาคมและตุลาคม 2561

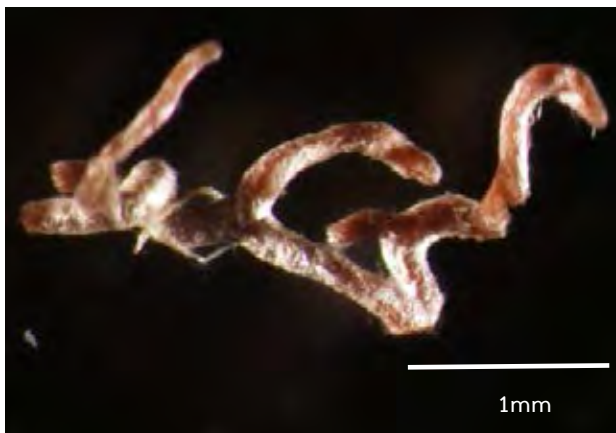
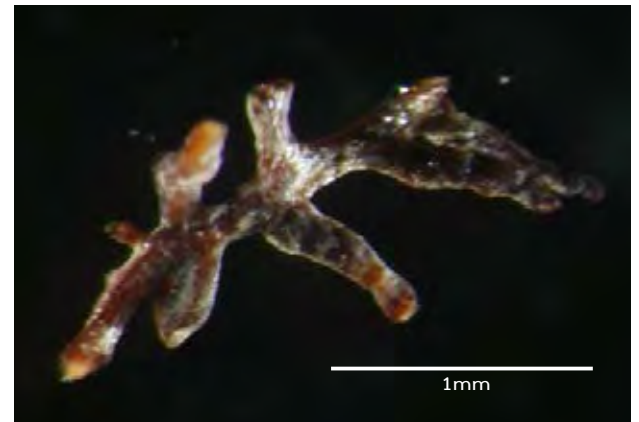
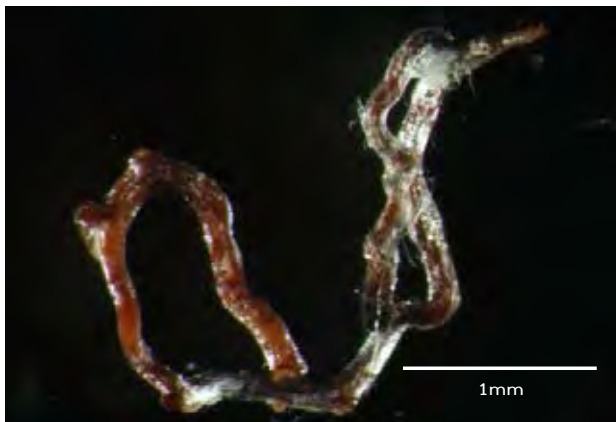
Morphotype 5



ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของราก : การแตกแขนงของรากไม่แน่นอน (Irregular) ปลายรากคดงอ (Bent) พื้นผิวมีความหยาบเป็นเส้นใยเล็ก ๆ (Feltly) รากสีน้ำตาลดำ เส้นใยราสีขาวยาวแนบกับผิวปลายราก

ระยะเวลา : พบในช่วงเดือนสิงหาคมและตุลาคม 2561

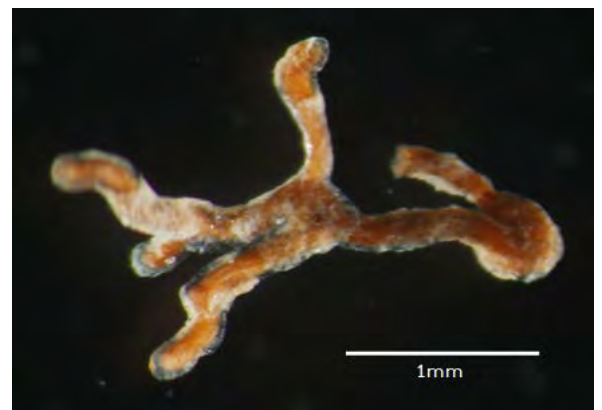
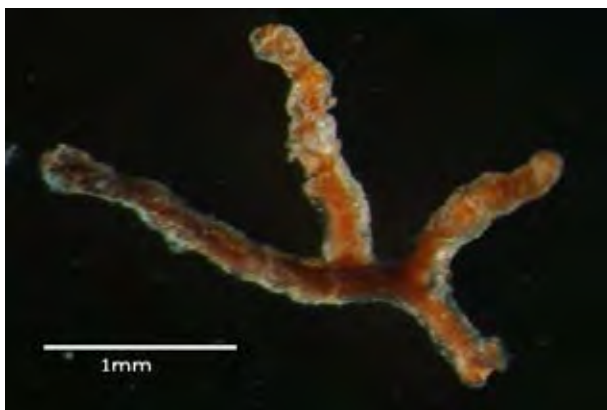
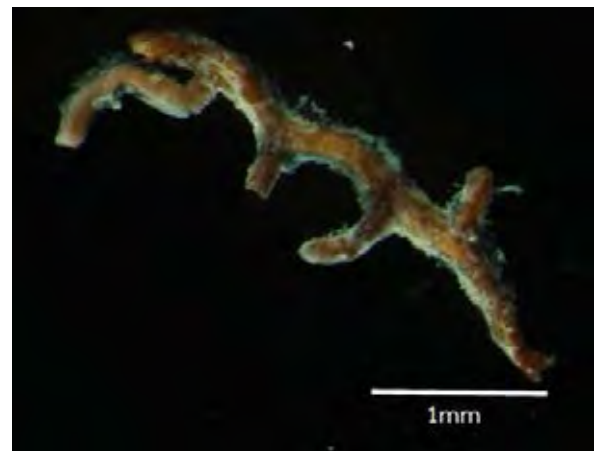
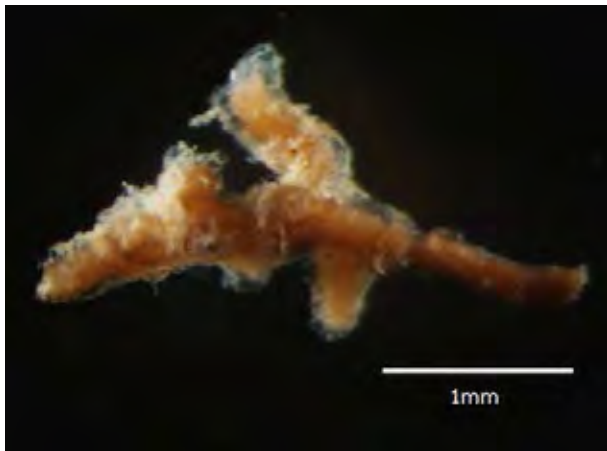
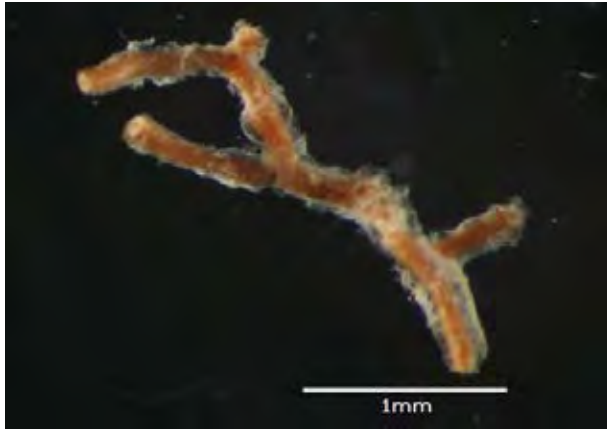
Morphotype 6



ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของราก : การแตกแขนงของรากไม่แน่นอน (Irregular) ปลายรากคดงอ (Bent) พื้นผิวมีความหยาบเป็นเส้นใยเล็ก ๆ (Feltly) รากสีน้ำตาลเข้ม เส้นใยสีขาวแนบกับผิวปลายราก

ระยะเวลา : พบในช่วงเดือนสิงหาคมและตุลาคม 2561

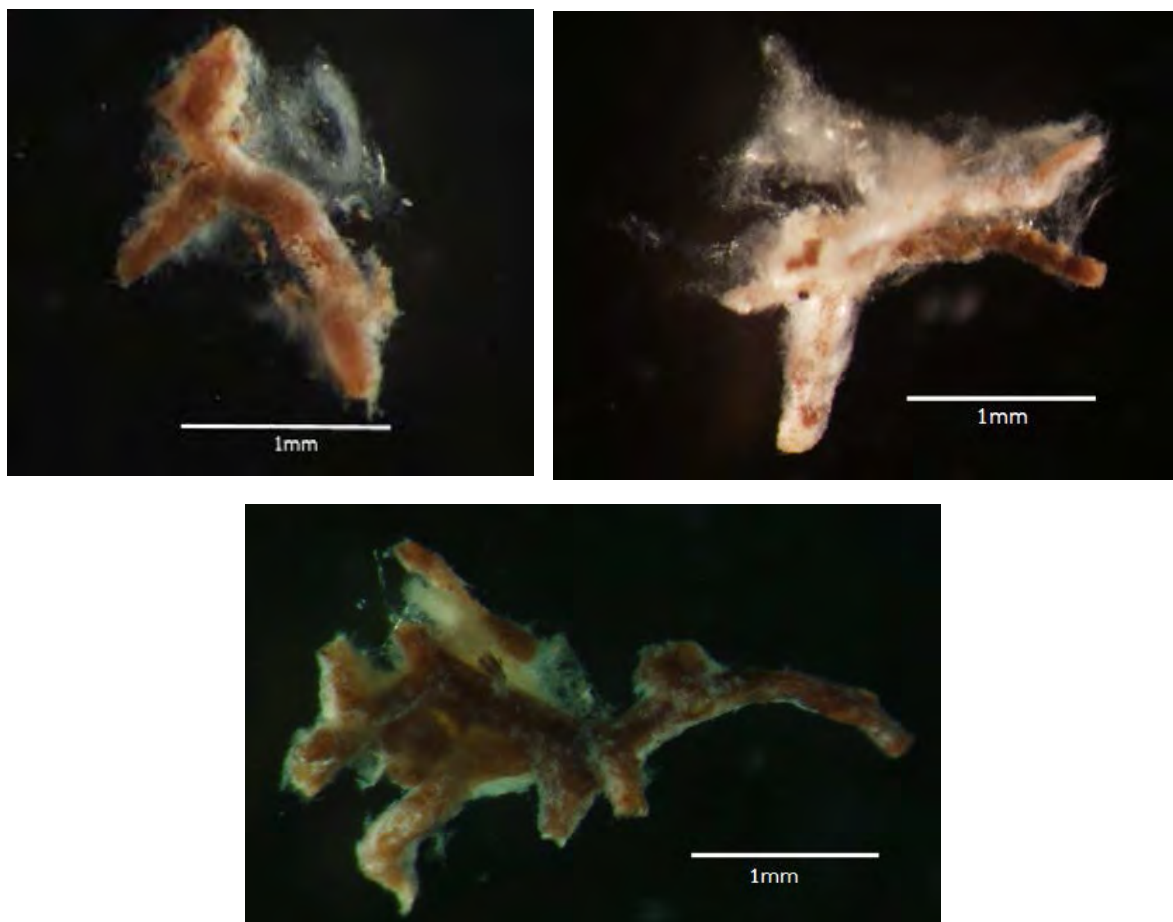
Morphotype 7



ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของราก : การแตกแขนงของรากไม่แน่นอน (Irregular) ปลายรากคดงอ (Bent) พื้นผิวมีความหยาบเป็นเส้นใยเล็ก ๆ (Felty) รากสีน้ำตาลกลาง เส้นใยราสีขาวคลุมผิวปลายราก

ระยะเวลา : พบในช่วงเดือนสิงหาคมและตุลาคม 2561

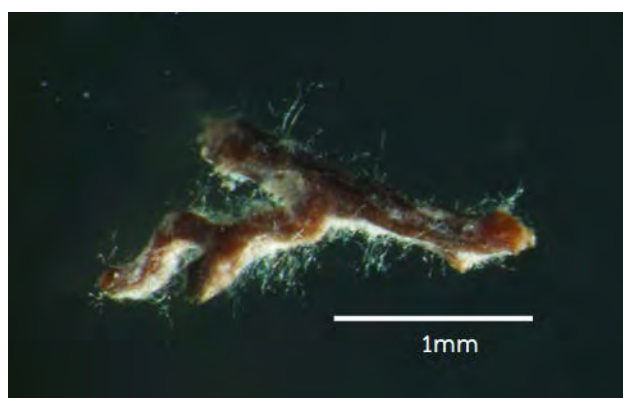
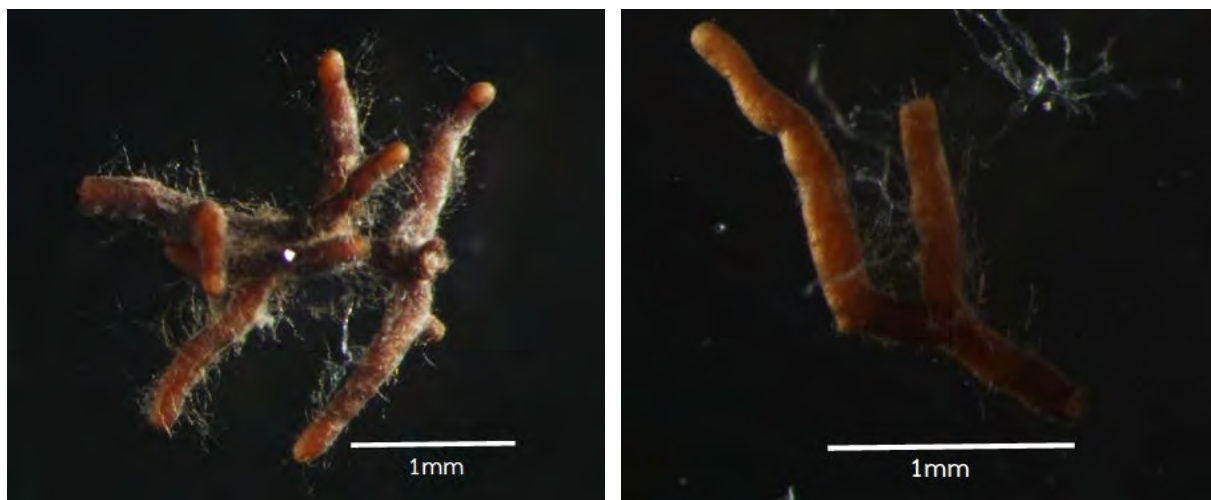
Morphotype 8



ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของราก : การแตกแขนงของรากไม่แน่นอน (Irregular) ปลายรากคดงอ (Bent) พื้นผิวเป็นเส้นใยเล็ก ๆ มากมายฟูกระจาย (Cottony) รากสีน้ำตาลกลาง เสี้ยนใยราสีขาวฟูมาก

ระยะเวลา : พบในช่วงเดือนสิงหาคมและตุลาคม 2561

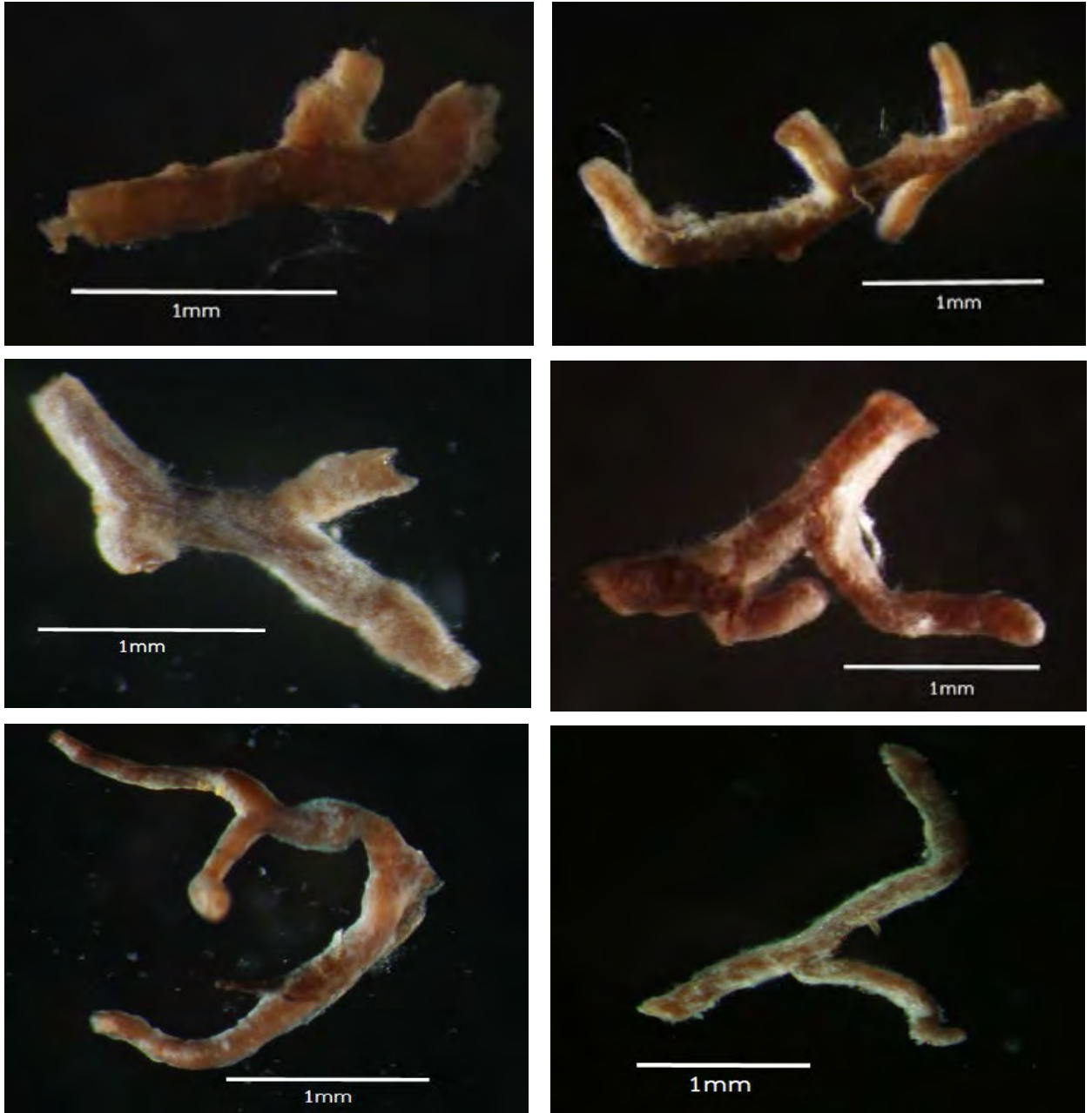
Morphotype 9



ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของราก : การแตกแขนงของรากไม่แน่นอน (Irregular) ปลายรากคดงอ (Bent) พื้นผิวเป็นเส้นใยเล็ก ๆ ชี้ชัดชัดเจน (Stringy) รากสีน้ำตาลเข้ม เส้นใยราสีขาวยาว

ระยะเวลา : พบในช่วงเดือนสิงหาคมและตุลาคม 2561

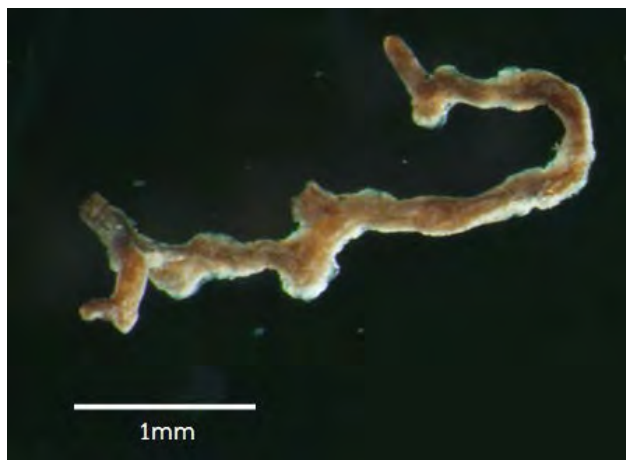
Morphotype 10



ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของราก : การแตกแขนงของรากไม่แน่นอน (Irregular) ปลายรากคดงอ (Bent) พื้นผิวมีความหยาบเป็นเส้นใยเล็ก ๆ (Feltly) รากสีน้ำตาลอ่อน เส้นใยสีขาวฟูน้อย

ระยะเวลา : พบในช่วงเดือนสิงหาคมและตุลาคม 2561

Morphotype 11



ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของราก : การแตกแขนงของรากไม่แน่นอน (Irregular) ปลายรากคดงอ (Bent) พื้นผิวมีการกระจายตัวของเส้นใยสั้น ๆ เหมือนเป็นกำมะหยี่ (Velvety) รากสีน้ำตาลอ่อน เส้นใยราสีขาวแนบกับผิวปลายราก

ระยะเวลา : พบในช่วงเดือนสิงหาคม 2561

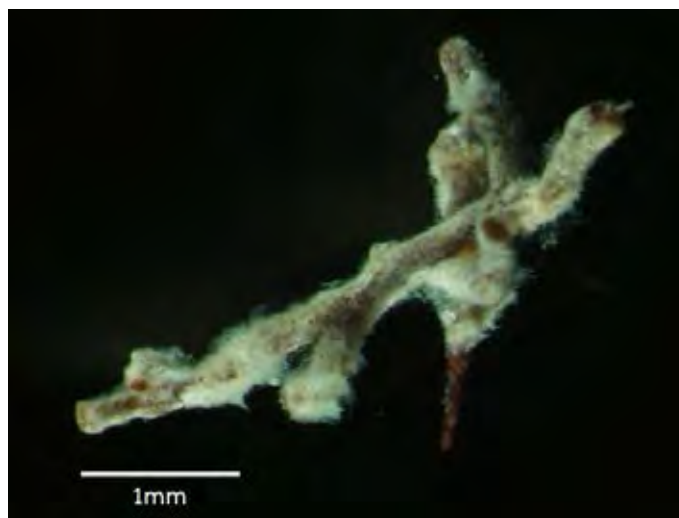
Morphotype 12



ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของราก : การแตกแขนงของรากไม่แน่นอน (Irregular) ปลายรากคดงอ (Bent) พื้นผิวมีความหยาบเป็นเส้นใยเล็ก ๆ (Felty) รากสีน้ำตาลเหลืองหม่น เส้นใยราสีขาวคลุมปลายราก

ระยะเวลา : พบในช่วงเดือนตุลาคม 2561

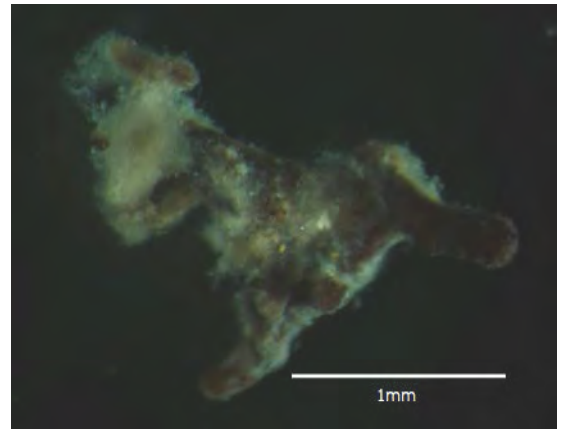
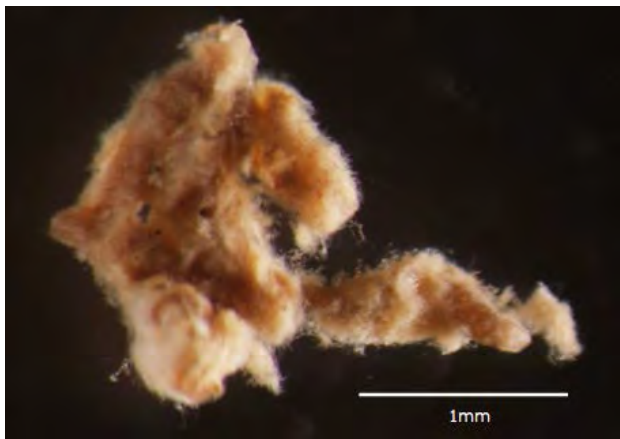
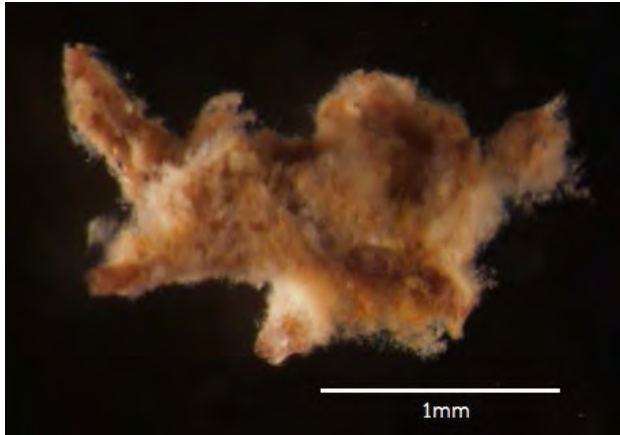
Morphotype 13



ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของราก : การแตกแขนงของรากไม่แน่นอน (Irregular) ปลายรากคดงอ (Bent) พื้นผิวมีการกระจายตัวของเส้นใยสั้น ๆ เหมือนเป็นกำมะหยี่ (Velvety) รากสีน้ำตาล เส้นใยราสีขาวคลุมปลายราก

ระยะเวลา : พบในช่วงเดือนตุลาคม 2561

Morphotype 14



ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของราก : การแตกแขนงของรากไม่แน่นอน (Irregular) ปลายรากคดงอ (Bent) พื้นผิวเป็นเส้นใยเล็ก ๆ มากมายฟุ้งกระจาย (Cottony) รากสีน้ำตาล เส้นใยราสีเหลืองอ่อนฟู

ระยะเวลา : พบในช่วงเดือนตุลาคม 2561