รายงานการวิจัย

ผลของหัวเชื้อราเอคโตไมคอร์ไรซ่าเห็ดเผาะที่มีต่อการติดเชื้อไมคอร์ไรซ่า และการเจริญของกล้าไม้ยางนา

Effect of mycelial inoculum of ectomycorrhizal fungi *Astraeus* spp. on mycorrhizal infection and growth of *Dipterocarpus alatus* Roxb. seedlings

โดย

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จิตรตรา เพียภูเขียว
ภาควิชาพฤกษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ทุนอุดหนุนการวิจัยจากเงินอุดหนุนทั่วไปจากรัฐบาล
ประจำปีงบประมาณ 25

บทคัดย่อ

เห็ดเผาะฝ้าย (*Astraeus asiaticus*) และเห็ดเผาะหนัง (*A. odoratus*) เป็นราเอคโตไมคอร์ไรซาของไม้วงศ์ไม้ยาง ซึ่งเป็นไม้ที่สำคัญของป่าเขตร้อนในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้โดยเฉพาะในประเทศไทย ปัจจุบันการปลูกป่าไม้วงศ์ไม้ยางมักจะไม่ประสบความสำเร็จ เนื่องจากขาดราเอคโตไมคอร์ไรซาอาศัยอยู่ร่วมด้วย ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่จะต้องพัฒนาวิธีการใส่หัวเชื้อเพื่อที่จะนำไปประยุกต์ใช้ในการปลูกป่า จากการศึกษาการประเมินผลของวิธีการใส่หัวเชื้อเส้นใยรูปแบบต่างๆ คือ เส้นใยแขวนลอย เส้นใยเจริญในวัสดุผสมเวอร์มิคูไลท์และพีทมอส เส้นใยเจริญในวัสดุผสมขุยมะพร้าวและแกลบ และเส้นใยที่ทำให้อยู่ในเม็ดแคลเซียมอัลจิเนต ที่มีต่อการติดเชื้อไมคอร์ไรซาและการกระตุ้นการเติบโตของกล้าไม้ยางนาเมื่ออายุ 8 เดือน พบว่า ในชุดควบคุมที่ไม่ได้ใส่หัวเชื้อ ไม่พบการติดเชื้อไมคอร์ไรซา สำหรับเปอร์เซ็นต์การติดเชื้อไมคอร์ไรซาของราเอคโตไมคอร์ไรซาทั้งสองสายพันธุ์มีค่าใกล้เคียงกันโดยชุดการทดลองที่ใส่หัวเชื้อเส้นใยราเอคโตไมคอร์ไรซาเห็ดเผาะฝ้ายสายพันธุ์ KANII6 มีเปอร์เซ็นต์การติดเชื้อไมคอร์ไรซา 34.02 – 80.64% สำหรับชุดการทดลองที่ใส่หัวเชื้อเส้นใยราเอคโตไมคอร์ไรซาเห็ดเผาะหนังสายพันธุ์ TAK8 มเปอร์เซ็นต์การติดเชื้อไมคอร์ไรซา 31.98 – 88.68 % และพบว่าชุดการทดลองที่ใส่หัวเชื้อแบบเส้นใยเจริญในวัสดุผสมขุยมะพร้าวและแกลบกับวัสดุปลูกในอัตราส่วน1:6 ของแต่ละสายพันธุ์มีเปอร์เซ็นต์การติดเชื้อไมคอร์ไรซาสูงที่สุด ราเอคโตไมคอร์ไรซาทั้งสองสายพันธุ์สามารถกระตุ้นการเติบโตของกล้าไม้ได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อมีเปอร์เซ็นต์การติดเชื้อมากกว่า 12 เปอร์เซ็นต์ขึ้นไป และกล้าไม้ที่ได้รับหัวเชื้อราเอคโตไมคอร์ไรซาเห็ดเผาะหนังสายพันธุ์ TAK8 แบบเส้นใยเจริญในวัสดุผสมขุยมะพร้าวและแกลบกับวัสดุปลูกในอัตราส่วน 1:6 และ 1:3 โดยปริมาตร มีการเติบโตทางความสูง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น มวลชีวภาพเหนือดิน มวลชีวภาพใต้ดินและมวลชีวภาพรวมสูงกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ผลการศึกษาครั้งนี้แสดงให้เห็นว่า เปอร์เซ็นต์การติดเชื้อมีความแปรผันขึ้นอยู่กับปริมาณของหัวเชื้อและวิธีการใส่หัวเชื้อรูปแบบต่างๆ นอกจากนี้ยังสามารถใช้ขุยมะพร้าวและแกลบเป็นทางเลือกสำหรับใช้เป็นวัสดุในการผลิตหัวเชื้อเส้นใยทางการค้าได้เนื่องจากหาได้ง่ายและมีราคาถูก

Abstract

Astraeus asiaticus and *A. odoratus* are edible ectomycorrhizal fungi associated with dipterocarp tree. Dipterocarpaceae is commercial hardwoods and important to tropical forest ecosystem in South East Asia especially in Thailand. Dipterocarp plantations are now not quite successful due to poor ectomycorrhizal association there is a need to develop inoculation programs for forest nurseries. In this study, the effects of different inoculation techniques (mycelial suspension, mycelial inoculum grown in peat-vermiculite, mycelial inoculum grown in coconut dust-rice husk, alginateentrapped mycelium) of both strains on mycorrhizal formation and growth stimulation of 8- months-old Dipterocarpus alatus seedlings were also evaluated. The results showed that no mycorrhizal infection was found in noninoculation treatments. The percentage of mycorrhizal infection showed similar values for both fungal species. The percentage of infection in treatments inoculated with the strain KANII6 was ranging from 34.02% to 80.64%. The strain TAK8 colonized seedling roots ranging from 31.98% to 88.68%. The seedlings inoculated with mycelia inoculum grown in coconut dust-rice husk mixed with growing medium in a proportion 1:6 (v/v) of both strains had the highest percentage of infection. The both strains significantly stimulated growth of *D. alatus* seedlings having mycorrhizal colonization > 12%. The seedlings inoculated with mycelia inoculums of fungal strain TAK8 grown in coconut dust-rice husk mixed with growing medium in proportion 1:6 and 1:3 (v/v) had shoot height, stem diameter, shoot and root dry weight and total biomass significantly greater than non-inoculated seedlings. The results in this study indicated that the seedling colonization level was very variable depending on inoculums dose and inoculation techniques. Moreover coconut dust and rice husk are promising alternative substrates for commercial mycelial inoculum production because of their availability and cheapness.

กิตติกรรมประกาศ

รายงานการวิจัยเรื่อง ผลของหัวเชื้อราเอคโตไมคอร์ไรซ่าเห็ดเผาะที่มีต่อการติดเชื้อไมคอร์ไรซ่าและการเจริญของกล้าไม้ยางนา ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากเงินอุดหนุนทั่วไปจากรัฐบาล ประจำปีงบประมาณ 2555

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย……...ก
บทคักย่อภาษาอังกฤษ……...ข
กิตติกรรมประกาศ……...ค
สารบัญ……...ง
สารบัญตาราง……...จ
สารบัญรูปภาพ……...ฉ
บทนำ……...1
วิธีดำเนินงานวิจัย……...12
ผลการวิจัย……...17
วิจารณ์ผลการวิจัย……...32
สรุปผลการวิจัย……...36
เอกสารอ้างอิง……...38
ภาคผนวก……...43
ภาคผนวก ก……...44
ภาคผนวก ข……...46
ประวัติผู้วิจัย……...60

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

1 แสดงสาร ความเข้มข้น และปริมาตรที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาพีซีอาร์.....15

2 การเปรียบเทียบการติดเชื้อไมคอร์ไรซาของกล้าไม้ยางนาอายุ 8 เดือน เมื่อใส่หัวเชื้อรา เอคโตไมคอร์ไรซาเห็ดเผาะฝ้ายสายพันธุ์ KANII6 รูปแบบต่างๆ.....24

3 การเปรียบเทียบการติดเชื้อไมคอร์ไรซาของกล้าไม้ยางนาอายุ 8 เดือน เมื่อใส่หัวเชื้อรา เอคโตไมคอร์ไรซาเห็ดเผาะหนังสายพันธุ์ TAK8 รูปแบบต่างๆ..... 25

4 การเปรียบเทียบการกระตุ้นการเติบโตของกล้าไม้ยางนาอายุ 8 เดือน เมื่อใส่หัวเชื้อรา เอคโตไมคอร์ไรซาเห็ดเผาะฝ้ายสายพันธุ์ KANII6 รูปแบบต่างๆ.....27

5 การเปรียบเทียบการกระตุ้นการเติบโตของกล้าไม้ยางนาอายุ 8 เดือน เมื่อใส่หัวเชื้อรา เอคโตไมคอร์ไรซาเห็ดเผาะหนังสายพันธุ์ TAK8 รูปแบบต่างๆ..... 30

สารบัญรูปภาพ

ภาพที่ หน้า

1 แสดง Hartig net และแมนเทิล (mantle) ของรากเอคโตไมคอร์ไรซา.....2

2 ลักษณะของดอกเห็ดเผาะฝ้าย (*A. asiaticus*) ระยะต่างๆ.....9

3 ลักษณะของดอกเห็ดเผาะหนัง (*A. odoratus*) ระยะต่างๆ.....10

4 ลักษณะลำต้น ดอก ใบ และผลของยางนา (*Diptercarpus alatus* Roxb. Ex G. Don).....11

5 หัวเชื้อเส้นใยราเอคโตไมคอร์ไรซาเห็ดเผาะแบบเส้นใยแขวนลอย และหัวเชื้อเส้นใย ราเอคโตไมคอร์ไรซาเห็ดเผาะแบบเส้นใยในรูปเม็ดแคลเซียมอัลจิเนต.....12

6 หัวเชื้อเส้นใยราเอคโตคอร์ไรซาเห็ดเผาะแบบเส้นใยเจริญในวัสดุผสมเวอร์มิคูไลท์และ พีทมอส และหัวเชื้อเส้นใยราเอคโตไมคอร์ไรซาเห็ดเผาะแบบเส้นใยเจริญในวัสดุ ผสมขุยมะพร้าวและแกลบที่ทำให้ชุ่มด้วยอาหารเหลว MMN.....13

7 ดอกเห็ดเผาะหนัง (*A. odoratus*) ที่พบในชุดการทดลองที่ใส่เส้นใยราเอคโตไมคอร์ไรซา เห็ดเผาะหนังสายพันธุ์ TAK8 แบบเส้นใยเจริญในวัสดุผสมขุยมะพร้าวและแกลบกับ วัสดุปลูกในอัตราส่วน 1:6 โดยปริมาตร.....22

8 ลักษณะรากเอคโตไมคอร์ไรซา.....23

9 เปรียบเทียบการเติบโตของกล้าไม้ยางนาเมื่ออายุ 8 เดือนที่ใส่หัวเชื้อรา เอคโตไมคอร์ไรซาเห็ดเผาะฝ้ายสายพันธุ์ KANII6 รูปแบบต่างๆ.....28

10 เปรียบเทียบการเติบโตของกล้าไม้ยางนาเมื่ออายุ 8 เดือนที่ใส่หัวเชื้อรา เอคโตไมคอร์ไรซาเห็ดเผาะหนังสายพันธุ์ TAK8 รูปแบบต่างๆ.....

บทนำ

ในปัจจุบันป่าไม้ของประเทศไทยได้ถูกทำลายลงไปอย่างมาก ปริมาณป่าไม้ที่เหลืออยู่ไม่สามารถรักษาสมดุลธรรมชาติไว้ได้ การปลูกป่าเพื่อฟื้นฟูสภาพป่าที่เสื่อมโทรมในบริเวณที่เคยเป็นป่ามาก่อน (reforestation) หรือการปลูกป่าในบริเวณที่ไม่เคยเป็นป่ามาก่อน (afforestation) จึงเป็นแนวทางหนึ่งในการเพิ่มพื้นที่ป่าไม้ การรณงค์ส่งเสริมให้ปลูกสร้างสวนป่าโดยใช้ไม้ประจำถิ่นของไทยโดยเฉพาะอย่างยิ่งไม้ในวงศ์ยางนา ซึ่งเป็นไม้ที่มีคุณค่าทางเศรษฐกิจของไทยนับว่าเป็นเรื่องที่จำเป็นและสำคัญ แต่การแต่ไม้ในวงศ์ยางนานี้มีอัตราการเจริญเติบโตช้า มักแคระแกรนและมีอัตราการรอดตายต่ำเมื่อย้ายปลูก ทั้งนี้เนื่องจากสาเหตุหนึ่งคือไม้ในวงศ์นี้ต้องการราเอคโตไมคอร์ไรซาช่วยเร่งการเจริญและช่วยให้ต้นกล้าอยู่รอดจากสภาวะล้อมล้อมที่ไม่เหมาะสมได้ แม้ว่าในระบบนิเวศน์วิทยาของป่าธรรมชาติชนิดต่างๆของประเทศไทยจะมีราเอคโตไมคอร์ไรซากระจายพันธุ์อยู่ทั่วไปก็ตาม แต่ในบางท้องที่โดยเฉพาะในท้องที่ป่าเสื่อมโทรมซึ่งถูกแผ้วถางมีการทำไม้หรือไร่เลื่อนลอยนาน ๆ หน้าดินถูกชะล้างให้เสื่อมสภาพไป ราเอคโตไมคอร์ไรซาจะมีอยู่อย่างจำกัดหรือเกิดการขาดแคลนขึ้นได้ ฉะนั้นจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีการเพาะเลี้ยงราเอคโตไมคอร์ไรซาที่มีความเหมาะสมเพื่อใช้ผลิตเป็นหัวเชื้อใส่ให้กับกล้าไม้ก่อนที่จะนำไปปลูกสร้างเป็นสวนป่าใหม่จึงจะสามารถทำให้ต้นไม้มีอัตราการรอดตายเพิ่มขึ้นและมีอัตราการเจริญเติบโตเร็วขึ้น ส่งผลทำให้การปลูกป่าของไม้วงศ์ยางนาประสบความสำเร็จได้

ราเอคโตไมคอร์ไรซ่าเห็ดเผาะเป็นราเอคโตไมคอร์ไรซาที่พบว่าอาศัยอยู่ร่วมกับรากไม้ในวงศ์ยางนาและสามารถเพาะเลี้ยงเส้นใยบนอาหารเลี้ยงเชื้อทำให้สามารถนำมาเพาะขยายเพื่อใช้ผลิตเป็นหัวเชื้อใส่ให้กับกล้าไม้วงศ์ยางนาได้ นอกจากนี้ราเอคโตไมคอร์ไรซาเห็ดเผาะยังสามารถสร้างดอกเห็ดที่รับประทานได้ ดังนั้นการศึกษาผลของหัวเชื้อเส้นใยราเอคโตไมคอร์ไรซ่าเห็ดเผาะที่ผลต่อการเจริญของกล้าไม้วงศ์ยางนาจึงเป็นสิ่งที่จำเป็นและสำคัญอย่างยิ่งในการที่จะนำหัวเชื้อดังกล่าวมาใช้ผลิตในเชิงการค้าและใส่ให้กับกล้าไม้เพื่อให้การปลูกสร้างสวนป่าไม้วงศ์ยางนาของไทยประสบความสำเร็จในอนาคต อีกทั้งประชาชนยังสามารถเก็บดอกเห็ดเอคโตไมคอร์ไรซ่าโดยเฉพาะอย่างยิ่งเห็ดเผาะเป็นอาหารและเป็นรายได้เสริมอีกทางหนึ่ง

การทบทวนวรรณกรรม/สารสนเทศที่เกี่ยวข้อง

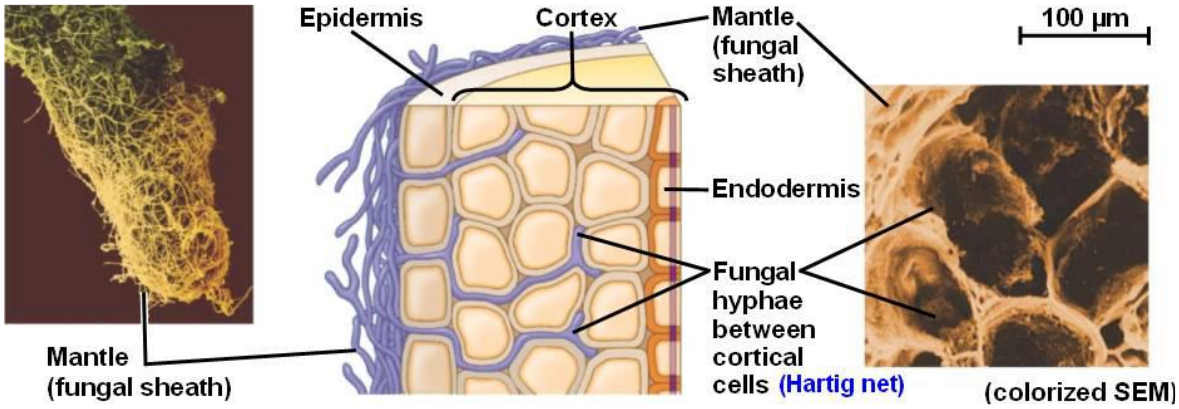
1. **เอคโตไมคอร์ไรซา** (ectomycorrhiza)

เอคโตไมคอร์ไรซา (ectomycorrhiza) เป็นการอยู่ร่วมกันระหว่างเชื้อราและรากพืชชั้นสูง โดยรานั้นต้องไม่ใช่ราที่เป็นสาเหตุของโรคพืช การอยู่ร่วมกันนี้เป็นความสัมพันธ์แบบต่างฝ่ายต่างได้รับประโยชน์ พืชได้รับน้ำและแร่ธาตุที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิตจากรา โดยเฉพาะธาตุฟอสฟอรัส ส่วนรา

ได้รับสารอาหารจากพืชผ่านมาทางระบบราก เช่น แป้ง น้ำตาล โปรตีน กรดอะมิโนและวิตามิน โดยราจะทำหน้าที่เหมือนเป็นรากฝอยให้แก่พืช เส้นใยที่อยู่ภายนอกและภายในรากจะช่วยเพิ่มพื้นที่ผิวในการดูดซึมธาตุอาหารให้แก่พืช จึงทำให้พืชที่มีราเอคโตไมคอร์ไรซาอยู่ที่รากจะมีอัตราการเจริญเติบโตสูงกว่าพืชที่ไม่มีรานี้ และลดอัตราการตายของกล้าไม้เมื่อปลูกลงแปลง (Harley และ Smith 1983, Chilvers และคณะ 1987)

2. ลักษณะรากเอคโตไมคอร์ไรซา

รากเอคโตไมคอร์ไรซา มีลักษณะที่สำคัญคือเส้นใยราจะเจริญสานตัวกันเป็นแผ่นอัดแน่น (fungal sheath) หรือเป็นเยื่อหุ้ม เรียก แมนเทิล(mantle) อยู่รอบๆราก และเส้นใยราบางส่วนจะเจริญเข้าไปอยู่ในช่องว่างระหว่างเซลล์ชั้นเอพิเดอร์มิส (epidermis) กับเซลล์ชั้นคอร์เท็กซ์ สานกันเป็นร่างแห เรียกว่า ใยฮาร์ติก (hartig net) (ภาพที่ 1) เยื่อหุ้มแมนเทิลอาจเรียบหรือมีเส้นใยแผ่เป็นรัศมีโดยรอบ ราต่างชนิดกันจะมีแมนเทิลที่แตกต่างกันทั้งความหนา พื้นผิวและสี ถึงแม้จะเป็นราชนิดเดียวกันแต่พืชอาศัยต่างกันก็มีลักษณะแมนเทิลต่างกันด้วย fungal sheath ส่วนใหญ่จะพบเป็น 2 ชั้น โดยชั้นนอกจะสานตัวกันอัดแน่นกว่าชั้นใน สีของเส้นใยอาจจะมีสีดำ ส้ม เหลือง น้ำตาล และไม่มีสีขึ้นอยู่กับชนิดของรา เส้นใยราจะเจริญรอบๆรากแขนง (secondary root) หรือรากฝอย (tertiary root) เมื่อรากพืชติดเชื้อราเอคโตไมคอร์ไรซา รากพืชจะลดการสร้างขนราก ความยาวของรากแขนงและรากฝอยลดลงแต่จะเพิ่มการแตกแขนงมากขึ้น และรูปแบบของการแตกแขนงขึ้นอยู่กับชนิดของเชื้อราและชนิดของพืชอาศัย (Zak, 1971)



ภาพที่ 1 แสดง Hartig net และแมนเทิล (mantle) ของรากเอคโตไมคอร์ไรซา (http://invam.caf.wvu.edu/collection/pubs/abstracts/mcgrawhill.htm)

3. ชนิดของราเอคโตไมคอร์ไรซาและพืชอาศัย

จำนวนชนิดทั้งหมดของราเอคโตไมคอร์ไรซายังไม่ทราบแน่ชัด จากที่เคยมีการประมาณไว้ 5,500 ชนิด (Molina และคณะ,1992) นั้นยังเป็นการประมาณที่น้อยเกินไป จากความก้าวหน้าของเทคนิคทางอณูพันธุศาสตร์ พบว่าราประมาณ 7,000-10,000 ชนิด มีการสร้างเอคโตไมคอร์ไรซากับรากพืช (Taylor และ Alexander, 2005) ส่วนใหญ่เป็นราใน PhylumBasidiomycota และส่วนน้อยใน Phylum Ascomycota ซึ่งเป็นราในกลุ่มที่สร้างดอกเห็ด และสามารถใช้รูปร่างลักษณะของดอกเห็ดในการจำแนกราเอคโตไมคอร์ไรซาได้ ดอกเห็ดบางชนิดมีลักษณะเฉพาะทำให้สามารถจำแนกชนิดได้ง่าย แต่ส่วนใหญ่ดอกเห็ดจะพบในระยะเวลาที่สั้นและจำกัด เช่น ฤดูฝนหรือฤดูหนาวพืชที่มีการสร้างเอคโต-ไมคอร์ไรซาพบได้ประมาณ 8,000 ชนิด (Meyer, 1973; Smith และ Read, 1997) ส่วนใหญ่มักจะเป็นพวกไม้ป่าที่พบได้ทั่วไปในเขตอบอุ่นและเขตร้อน เช่น ไม้ในวงศ์ Pinaceae Fagaceae Betulaceae Myrtaceae Salicaceae และ Dipterocarpaceae เป็นต้น (Smith และ Read, 1997) ราเอคโตไมคอร์-ไรซาบางชนิดมีความจำเพาะต่อพืชอาศัย บางชนิดมีพืชอาศัยได้หลายชนิด

4. ประโยชน์ของราเอคโตไมคอร์ไรซา

4.1 กระตุ้นการเจริญของพืช ราเอคโตไมคอร์ไรซาสามารถเพิ่มอัตราการเจริญของพืชได้ รากพืชที่มีราเอคโตไมคอร์ไรซาจะมีขนาดใหญ่ เส้นใยราเปรียบเสมือนรากฝอยที่แผ่ไปได้ไกลจึงช่วยดูดน้ำและแร่ธาตุจากแหล่งที่รากพืชไปไม่ถึง ตัวอย่างเช่น ไม้ในสกุล *Hopea* ที่ใส่หัวเชื้อ *Pisolithus tinctorius* มีการอัตราการเจริญเพิ่มขึ้น (Yazid และคณะ, 1994) ต้นยูคาลิปตัสที่มีการใส่หัวเชื้อ *Scleroderma* sp. มีการอัตราการเจริญเพิ่มขึ้นถึง 46เปอร์เซ็นต์ (Chen และคณะ, 2006) เนื่องจากราเอคโตไมคอร์ไรซาจะย่อยสลายธาตุอาหารและกระตุ้นการเคลื่อนที่ของธาตุอาหารที่สำคัญในดินทำให้พืชเอาไปใช้ได้ โดยเฉพาะกรดออกซาลิกหรือแคลเซียมออกซาเลทที่สร้างจากราเอคโตไมคอร์ไรซาหลายสายพันธุ์ (Graustein และคณะ, 1977; Cromack และคณะ, 1979; Sollins และคณะ, 1981; Malajczuk และ Cromack, 1982; O'Connell และคณะ, 1983) จะเพิ่มการแตกตัวของ iron และ aluminium phosphate (Lopez-Hemandez และคณะ, 1986) และความเข้มข้นของการแลกเปลี่ยนธาตุอาหารในดิน เช่น aluminium iron manganese zinc และ copper เพิ่มสูงขึ้นจากการมีราเอคโตไมคอร์ไรซา *Hysierungiumse tchellii* (Entry และคณะ, 1987) นอกจากนี้กรดอินทรีย์ที่ผลิตจาก *H. tchellii* และ *Gaurierium onticol* จะทำให้ฟอสเฟตและซัลเฟตอยู่ในรูปที่พืชนำไปใช้ได้ (Griffith, 1994)

4.2 ความทนทานของพืชต่อภาวะที่ไม่เหมาะสม พืชที่มีไมคอร์ไรซาสามารถ ทนแล้งได้ เนื่องจากมีเส้นใยราเจริญอยู่ทำให้มีระบบรากที่สามารถเพิ่มพื้นที่และชอนไชเพื่อดูดซับ น้ำเอาไว้ได้มากกว่าพืชที่ไม่มีไมคอร์ไรซา นอกจากนี้รายังช่วยปกป้องไม่ให้รากสูญเสียน้ำมากจนเกินไปหรือรากแห้งตาย (Marx, 1980) นอกจากนี้กรดอินทรีย์ที่สร้างจากราจะปกป้องพืชจากความเป็นพิษของอลูมิเนียมและโลหะหนักในดิน และลดความเข้มข้นของโลหะหนักในเนื้อเยื่อพืช (Bradley และคณะ, 1982; Danielson, 1985; Jones และ Hutchinson, 1986)

4.3 ป้องกันรากพืชจากจุลินทรีย์ที่เป็นสาเหตุโรคพืช เส้นใยราเอคโตไมคอร์ไรซาที่เจริญรอบๆ รากพืช เปรียบเสมือนสิ่งกีดขวางต่อการบุกรุกของจุลินทรีย์ที่เป็นสาเหตุโรคพืช ราเอคโตไมคอร์ไรซาสามารถต่อต้านการเจริญของราที่ก่อโรคพืช และทำให้พืชสามารถต้านทานโรคได้ดีกว่าพืชที่ไม่มีไมคอร์-ไรซา Tsantrizos และคณะ (1991) พบว่าสารปฏิชีวนะที่แยกได้จาก *Pisolithus tinctorius* สามารถยับยั้งการงอกของสปอร์และยับยั้งการเจริญของเส้นใยราที่ก่อโรคในพืชได้

4.4 อาหารของมนุษย์และสัตว์ ราเอคโตไมคอร์ไรซาหลายชนิดที่สร้างดอกเห็ดที่รับประทานได้หรือนำไปใช้เป็นยา เห็ดบางชนิดมีราคาแพง เช่น truffles *(Tuber* spp.) ที่นิยมรับประทานในแถบทวีปยุโรปและ matsutake *(Tricholoma matsutake)* ที่พบมากในประเทศจีน เกาหลีและญี่ปุ่น สำหรับในประเทศไทยพบว่ามีเห็ดป่าหลายชนิดที่มักนิยมรับประทานและมีราคาแพงเช่นกัน เช่น เห็ดเผาะ (*Astraeus* spp.) เห็ดตับเต่า (*Boletus* spp.) เห็ดระโงกหรือเห็ดไข่ห่าน (*Amanita* spp.) เห็ดไคลหรือเห็ดน้ำหมาก (*Russula* spp.) เป็นต้น

4.5 ระบบนิเวศ ในปัจจุบัน ราเอคโตไมคอร์ไรซานับว่าเป็นองค์ประกอบสำคัญในระบบนิเวศป่าเขตหนาว เขตเมดิเตอร์เรเนียนและเขตอบอุ่น เนื่องจากราเอคโตไมคอร์ไรซามีความสัมพันธ์กับพืชในวงศ์ Pinaceae Fagaceae Tiliaceae Betulaceae และ Myrtaceae เป็นต้น สำหรับป่าเขตร้อนนั้นส่วนใหญ่จะเป็นพืชในวงศ์ Dipterocarpaceae ในธรรมชาติราเอคโตไมคอร์ไรซามีความสำคัญต่อการเจริญและการอยู่รอดของไม้ในป่า โดยราจะเพิ่มการดูดซึมแร่ธาตุจากดิน โดยเฉพาะธาตุที่มีการเคลื่อนที่ (nutrient mobility) ต่ำในดิน เช่น ฟอสฟอรัส และธาตุอาหารรองต่างๆ (micronutrients)รวมทั้งไนโตรเจนด้วย (Smith และ Read, 2008) นอกจากนี้ธาตุคาร์บอนที่ได้จากการสังเคราะห์แสงของพืชจะถูกส่งผ่านมายังเส้นใยของราและกลับสู่ระบบนิเวศของดิน ดังนั้นความสัมพันธ์ของไมคอร์ไรซาจึงมีบทบาทสำคัญในกระบวนการทางชีววิทยาและวัฏจักรการหมุนเวียนสารคาร์บอน (Finlay และ Rosling, 2005) นอกจากนี้ราเอคโตไมคอร์ไรซายังพบว่ามีความสัมพันธ์กับจุลินทรีย์ทั้งแบคทีเรียและราชนิดอื่นทั้งในทางยับยั้งหรือสนับสนุนกันและกัน ตัวอย่างเช่น มีแบคทีเรียที่รากเอคโตไมคอร์ไรซาที่พบว่าช่วยส่งเสริมการสร้างไมคอร์ไรซา (mycorrhization helper bacteria, MHBs) (Garbaye, 1994; Frey-Klettand และ Garbaye, 2005) โดยราเอคโตไมคอร์ไรซาและแบคทีเรียจะทำงานร่วมกันในกระบวนการเปลี่ยนแปลงธาตุอาหารต่างๆให้อยู่ในรูปที่พืชนำไปใช้ได้ ไมคอร์ไรซาจึงอาจจัดว่าเป็นปุ๋ยทางธรรมชาติที่ทำให้รากพืชสามารถดูดธาตุอาหารได้ดีขึ้น ลดการพึ่งพาปุ๋ยเคมีที่อาจส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม Sousaและคณะ (2010) ได้ทดสอบประสิทธิภาพของหัวเชื้อราเอคโตไมคอร์ไรซาสายพันธุ์ต่างๆเทียบกับกับการใช้ปุ๋ยเคมี พบว่าเมื่อใช้ราเอคโตไมคอร์ไรซาที่เหมาะสมกับต้นพืชแล้ว พืชมีอัตราการเจริญเติบโตสูงกว่าการใช้ปุ๋ยเคมีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

5. การประยุกต์ใช้ราเอคโตไมคอร์ไรซากับการปลูกป่าทดแทน

มีงานวิจัยมากมายที่แสดงให้เห็นว่าราเอคโตไมคอร์ไรซามีความสำคัญต่อพืชในการกระตุ้นการเจริญเติบโตและการรอดชีวิตของต้นกล้าเมื่อต้องอยู่ในสภาพที่แห้งแล้งหรือสภาวะที่ไม่เหมาะสมและเนื่องจากราเอคโตไมคอร์ไรซามีความสัมพันธ์กับไม้ยืนต้นที่พบส่วนใหญ่ในป่าเขตอบอุ่นและเขตร้อน ซึ่งพื้นที่ป่าเหล่านี้ได้ลดลงอย่างต่อเนื่อง ดังนั้นในปัจจุบันการนำราเอคโตไมคอร์ไรซามาประยุกต์ใช้ร่วมกับการปลูกป่าทดแทนจึงได้รับความสนใจเป็นอย่างมาก แต่อย่างไรก็ตามการที่กล้าไม้จะมีการติดราไมคอร์ไรซาได้นั้นยังขึ้นอยู่กับความจำเพาะระหว่างชนิดราเอคโตไมคอร์ไรซาและชนิดของพืชด้วย ดังนั้นการคัดเลือกเชื้อและพัฒนาหัวเชื้อที่เหมาะสมเพื่อใส่ให้กับกล้าไม้ก่อนที่นำไปใช้ในการปลูกป่าจึงมีความสำคัญ ตัวอย่างเช่น ป่าสน (Monterrey pine) ในประเทศสเปนตอนเหนือ ซึ่งพื้นที่ป่าได้ลดลงอย่างมากจากปัญหาการตัดไม้ทำลายป่า Dunabeitia และคณะ (2004) จึงได้ใช้พืชท้องถิ่น เช่น บีช (*Fagus sylvatica*) และโอ๊ค (*Quercus robur*) และราเอคโตไมคอร์ไรซา เช่น *Scleroderma citrinum* และ *Pisolithus arhizus* แล้วทำการคัดเลือกเชื้อที่เหมาะสมหรือจำเพาะกับพืชมากที่สุดก่อนที่จะนำมาใช้เป็นหัวเชื้อใส่ให้กับพืชในการปลูกป่าทดแทน Nunez และคณะ (2006) ได้ใช้ราเอคโตไมคอร์ไรซา *Tuber melanosporum* กับต้นโอ๊ค(*Quercus* spp.) เพื่อใช้ในการปลูกป่าพบว่าราเอคโตไมคอร์ไรซาสามารถเพิ่มอัตราการเจริญเติบโตและการดูดซึมฟอสฟอรัสของต้นโอ๊คได้ สำหรับในประเทศไทยนั้นการลดลงของพื้นที่ป่าเกิดจากจำนวนประชากรในประเทศที่เพิ่มขึ้น และการขยายตัวทางด้านเศรษฐกิจทำให้ประชาชนใช้ประโยชน์จากป่าไม้มากขึ้น ทั้งในลักษณะของการเป็นที่อยู่อาศัย การตัดไม้เพื่อการค้า การใช้และการเผาพื้นที่ป่าเพื่อการเกษตรการเกิดไฟป่า การเปลี่ยนพื้นที่ป่าเป็นพื้นที่ท่องเที่ยว เป็นต้น โดยเฉพาะป่าไม้วงศ์ไม้ยางเป็นพรรณไม้ที่สำคัญของป่าเขตร้อนที่พบได้ทุกภาคของประเทศไทย มีการนำมาใช้ประโยชน์ทั้งทางตรงและทางอ้อม ในปัจจุบันมีการส่งเสริมการปลูกสวนป่าไม้ยางทดแทนกันอย่างกว้างขวาง แต่ไม้ในวงศ์ไม้ยางนี้มีอัตราการเจริญเติบโตช้าและมีอัตราการรอดตายต่ำเมื่อย้ายปลูก เนื่องจากไม้ในวงศ์นี้ต้องการราเอคโตไมคอร์ไรซาที่อาศัยอยู่ร่วมกับรากพืชแบบพึ่งพาอาศัย ราเอคโตไมคอร์ไรซาจะช่วยเพิ่มอัตราการเจริญเติบโตและการอยู่รอดของพืช แม้ว่าในป่าธรรมชาติจะมีราไมคอร์ไรซากระจายพันธุ์อยู่ทั่วไปก็ตาม แต่ในบางท้องที่โดยเฉพาะในท้องที่ป่าเสื่อมโทรมซึ่งถูกแผ้วถาง มีการทำไม้หรือทำไร่เลื่อนลอยนาน ๆ หน้าดินถูกชะล้างให้เสื่อมสภาพไปมาก เชื้อราจะมีอยู่อย่างจำกัดหรือเกิดการขาดแคลนขึ้นได้ ดังนั้นการพัฒนาหัวเชื้อและคัดเลือกเชื้อเพื่อใส่ให้กับกล้าไม้แล้วนำไปปลูกในพื้นที่เสื่อมโทรม หรือขาดไมคอร์ไรซา จึงเป็นที่สนใจและศึกษากันอย่างกว้างขวางเพื่อที่จะทำให้การปลูกป่าไม้ยางประสบความสำเร็จ ตัวอย่างงานวิจัยที่ศึกษาการพัฒนาหัวเชื้อราเอคโตไมคอร์ไรซากับไม้วงศ์ไม้ยาง เช่น Turjaman และคณะ (2005) ได้ทำการศึกษาผลของหัวเชื้อสปอร์ราเอคโตไมคอร์ไรซา *Pisolithus arhizus* และ *Scleroderma* sp. ต่อการเจริญของกล้าไม้ *Shorea pinanga* เพื่อนำไปใช้ในการปลูกป่า จากการใส่หัวเชื้อให้กับกล้าไม้เป็นเวลา 7 เดือน พบว่ามีเปอร์เซ็นต์การติดเชื้อไมคอร์ไรซา 86 เปอร์เซ็นต์ และเพิ่มอัตราการเจริญเติบโตของกล้าไม้ทางความสูง เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น จำนวนใบ น้ำหนักสดและแห้งของลำต้นและเพิ่มอัตราการรอดชีวิตมากกว่าต้นกล้าที่ไม่ได้รับการใส่หัวเชื้อ Lee

และคณะ (2008) ได้แยกราเอคโตไมคอร์ไรซาตามธรรมชาติจากรากของสยาเหลือง(*Shorea parvifolia*) จากนั้นทำหัวเชื้อแบบเส้นใยเจริญในวัสดุผสมเวอร์มิคูไลท์และพีทมอส และใส่หัวเชื้อให้กับกล้าไม้ตะเคียนทอง (*Hopea odorata*) หลังจากผ่านไป 6 เดือน พบว่ามีเปอร์เซ็นต์การติดเชื้อไมคอร์ไรซา 53 เปอร์เซ็นต์ และราสามารถเพิ่มอัตราการเจริญเติบโตของกล้าไม้ทางความสูงได้ 30 เปอร์เซ็นต์ Yazid และคณะ (1994) ได้ใส่หัวเชื้อราเอคโตไมคอร์ไรซา *Pisolithus tinctorius* ให้กับไม้ตะเคียนทอง (*Hopea odorata*) และกระบกกรัง (*Hopea helferi*) เพื่อจะนำไปประยุกต์ใช้ในการปลูกป่า เมื่อผ่านไป 9 เดือน พบว่ามีเปอร์เซ็นต์การติดเชื้อไมคอร์ไรซาเฉลี่ย 80 เปอร์เซ็นต์ และเพิ่มอัตราการเจริญเติบโตทางความสูงของตะเคียนทอง (*H. odorata*) และกระบกกรัง (*H. helferi*) ได้82 เปอร์เซ็นต์และ 75 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ

6. ชนิดของหัวเชื้อราเอคโตไมคอร์ไรซา

หัวเชื้อชนิดต่างๆและวิธีการลงหัวเชื้อกับต้นกล้าได้ถูกพัฒนาอย่างต่อเนื่อง สามารถแบ่งชนิดของหัวเชื้อราเอคโตไมคอร์ไรซาได้ 3 ชนิด คือ

6.1 ดินเชื้อ (soil inoculum) จะเก็บจากบริเวณแหล่งกำเนิดของต้นไม้ที่มีเชื้อไมคอร์ไรซาอยู่ในธรรมชาติ เป็นวิธีปฏิบัติที่ได้ผลดีมานาน วิธีคือขุดดินเชื้อไมคอร์ไรซาที่ห่างจากลำต้นแม่ประมาณ 50 เซนติเมตร ลึก 10-20 เซนติเมตร ให้มีรากเดิมติดมาด้วย แล้วนำไปใช้ทันที หรือเก็บไว้ในที่ร่มประมาณไม่เกิน 7 วัน เชื้อไมคอร์ไรซาที่ติดอยู่กับดินนี้จะนำไปคลุกกับดินเพาะอัตรา 1:6 ถึง 1:10 ส่วน แล้วเพาะเมล็ดและต้นกล้า ข้อดีของวิธีนี้คือ ประหยัด เสียค่าใช้จ่ายน้อย ไม่ยุ่งยากซับซ้อน แต่ข้อเสียคือดินมีน้ำหนักมาก ขนย้ายระยะทางไกล ๆ ไม่สะดวก และไม่สามารถทราบชนิดเชื้อราไมคอร์ไรซาที่เหมาะสมกับต้นกล้าได้ และดินยังอาจมีเชื้อโรคติดมาระบาดกับต้นกล้าได้ง่ายอีกด้วย วิธีการป้องกันคือต้องเลือกดินจากรากต้นไม้ที่สมบูรณ์ปราศจากโรค และควรปัดกวาดซากพืชหน้าดินออกให้สะอาดก่อนขุดดินนำเอาไปใช้เพาะต้นกล้า

6.2 หัวเชื้อสปอร์ (spore inoculum) เหมาะกับราที่สร้างสปอร์มาก เช่น *Pisolithus* spp. *Scleroderma* spp. และ *Astraeus* spp. หรือราที่ไม่สามารถเพาะเลี้ยงเส้นใยได้ในอาหารเลี้ยงเชื้อ โดยนำสปอร์ของเห็ดราคลุกกับเมล็ดพันธุ์ก่อนเพาะกล้า หรือนำสปอร์ไปละลายน้ำแล้วฉีดพ่นกับต้นกล้าหรือเมล็ดพันธุ์ในแปลงเพาะ ข้อดีของวิธีการนี้คือ นำไปปฏิบัติได้ง่าย ค่าใช้จ่ายน้อย ไม่ต้องใช้เทคนิคพิเศษ แต่มีข้อเสียคือ ไม่สามารถเก็บสปอร์ในปริมาณมากๆได้ ไม่สามารถคัดสายพันธุ์ที่ดีมีประสิทธิภาพสูง และสปอร์มีระยะพักตัว มีการงอกที่ไม่สม่ำเสมอ บางชนิดงอกยาก ต้องใช้วิธีกระตุ้นเป็นพิเศษ

6.3 หัวเชื้อเส้นใย (mycelial inoculum) เป็นวิธีการที่นิยมกันมากในปัจจุบันเพราะสามารถนำไปขยายเลี้ยงเพิ่มจำนวนเส้นใยได้มาก ทำได้โดยแยกและเลี้ยงเส้นใยจากดอกเห็ดข้อเสียคือราไมคอร์ไรซาบางชนิดไม่สามารถเลี้ยงในอาหารเลี้ยงเชื้อได้ ต้องใช้เทคนิคและอุปกรณ์ค่อนข้างซับซ้อน และต้องการความรู้และความชำนาญเป็นพิเศษโดยเฉพาะจึงจะดำเนินการได้ แต่ข้อดีคือ คัดเลือกราสาย

พันธุ์ดีได้ หัวเชื้อที่ได้จะบริสุทธิ์ปราศจากเชื้อปนเปื้อน และได้สายพันธุ์เชื้อราที่ได้คัดเลือกเหมาะสมแล้วมาใช้จึงมีประสิทธิภาพสูง เป็นที่นิยมในการผลิตหัวเชื้อเชิงการค้ารูปแบบของหัวเชื้อเส้นใยที่นิยมใช้มีดังนี้

6.3.1. เส้นใยแขวนลอย (mycelial suspension) เป็นการใช้เส้นใยที่แยกจากเนื้อเยื่อดอกเห็ดที่เลี้ยงในอาหารเลี้ยงเชื้อเหลวหรือบนอาหารแข็งแล้ว จากนั้นนำเส้นใยที่ได้มาปั่นในน้ำกลั่นฆ่าเชื้อแล้วใส่ให้กับต้นกล้า ข้อดีคือทำได้ง่ายปราศจากการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ แต่มีข้อเสียคือราเอคโตไมคอร์ไรซาบางชนิดนั้นไม่สามารถเจริญได้หลังจากเส้นใยถูกปั่นเป็นชิ้นเล็กๆ (Brundrett และคณะ, 2005)

6.3.2 เส้นใยเจริญในวัสดุผสมเวอร์มิคูไลท์และพีทมอส (mycelial inoculum grown in peat-vermiculite) (Marx และ Kenney, 1982) วิธีนี้เป็นการเลี้ยงเส้นใยราบนอาหารเลี้ยงเชื้อแข็ง แล้วนำมาใส่ลงในภาชนะที่บรรจุเวอร์มิคูไลท์และพีทมอสที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้วในอัตราส่วน 9:1 โดยปริมาตร และทำให้ชุ่มด้วยอาหารเลี้ยงเชื้อเหลวที่เหมาะสม หัวเชื้อชนิดนี้นับว่าเป็นหัวเชื้อที่มีประสิทธิภาพและได้รับความนิยม ทั้งนี้เพราะเวอร์มิคูไลท์มีข้อดีคือ อากาศถ่ายเทได้ดี มีรูพรุน เส้นใยเมื่อเจริญแทรกเข้าไปสามารถได้รับการปกป้องและพีทมอสช่วยในการปรับ pH ให้เหมาะสมต่อการเจริญของเส้นใยซึ่งอยู่ในระหว่าง 4.8-5.5 และมีอาหารเลี้ยงเชื้อเหลวที่มีธาตุอาหารเพื่อใช้ในการเจริญเติบโต แต่มีข้อเสียคือ ใช้เวลานานในการบ่มเชื้ออาจส่งผลให้ราเอคโตไมคอร์ไรซาบางชนิดสูญเสียความสามารถในการเกิดไมคอร์ไรซาได้ (Molina, 1980)

6.3.3 เส้นใยที่ทำให้อยู่ในเม็ดแคลเซียมอัลจิเนต (Alginate-entrapped mycelium) หัวเชื้อเส้นใยชนิดนี้สามารถทำได้โดยเลี้ยงเส้นใยบนอาหารเหลว แล้วนำเส้นใยมาปั่นในน้ำกลั่นที่ผ่านการฆ่าเชื้อ จนเป็นสารแขวนลอยเส้นใย เติมโซเดียมอัลจิเนต 2 เปอร์เซ็นต์โดยมวลต่อปริมาตร ลงไปในปริมาตรเท่ากัน จากนั้นนำส่วนผสมนี้หยดลงไปในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0.7 โมลาร์ (Mauperin และคณะ, 1987) หัวเชื้อชนิดนี้มีข้อดีคือเส้นใยจะสามารถมีชีวิตอยู่ได้นาน เพราะเม็ดอัลจิเนตเก็บรักษาความชื้นเอาไว้ได้ ราเอคโตไมคอร์ไรซาหลายชนิด เช่น *Descocolea* sp. *Hebeloma* sp. *Laccaria* sp. และ *Pisolithus* sp. ประสบความสำเร็จจากการทำหัวเชื้อด้วยวิธีนี้ และสามารถเก็บไว้ได้ที่อุณหภูมิต่ำนานถึง 7 เดือน (Kuek และคณะ, 1992) มักนิยมผลิตเป็นการค้า ข้อเสียคือต้องใช้สารเคมีที่มีราคาค่อนข้างแพง

7. ราเอคโตไมคอร์ไรซาเห็ดเผาะ (*Astraeus* spp.)

เห็ดเผาะหรือเห็ดถอบ (*Astraeus* spp.) เป็นราเอคโตไมคอร์ไรซาที่พบได้ทั่วไปในป่าเขตอบอุ่นและเขตร้อน ในประเทศไทยมักพบทางภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ดอกเห็ดเผาะ มีลักษณะกลม ไม่มีก้านดอก ดอกอ่อนมีสีขาวหม่น เมื่อแก่เปลือกหุ้มด้านนอกจะแตกออกเป็นแฉกและสปอร์จะกระจายไปตามลม เป็นเห็ดที่คนพื้นเมืองนิยมบริโภค ออกดอกปีละ 1 ครั้งในช่วงต้นฤดูฝน (เดือน

พฤษภาคมถึงสิงหาคม) Zeller (1948) และ Kirk และคณะ(2001) ได้รายงานว่าราเอคโตไมคอร์ไรซาในสกุล *Astraeus* มีเพียง 2 ชนิด คือ *A. hygrometricus* และ *A. pteridis* สำหรับประเทศไทยในอดีตได้มีรายงานว่าเห็ดเผาะที่พบมีเพียงชนิดเดียวคือ *A. hygrometricus* (อนิวรรต เฉลิมพงษ์และ ธีรวัฒน์ บุญทวีคุณ, 2524, 2525) จนกระทั่ง Phosri และคณะ (2004, 2007) ได้ทำการศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาและลักษณะทางอณูพันธุศาสตร์ของราเอคโตไมคอร์ไรซาในสกุล *Astraeus* พบว่าราเอคโตไมคอร์ไรซาเห็ดเผาะในประเทศไทยมีอยู่ด้วยกัน 2 ชนิดคือ เห็ดเผาะหนัง (*Astraeus odoratus* Phosri, Watling, M. P. Martin & Whalley) และเห็ดเผาะฝ้าย (*Astraeus asiaticus* Phosri, M. P. Martin & Watling)

7.1 ราเอคโตไมคอร์ไรซาเห็ดเผาะฝ้าย (*A. asiaticus*)

อนุกรมวิธานของ *A. asiaticus* (Kirk และคณะ, 2008)

Kingdom Fungi

Phylum Basidiomycota

Class Agaricomycetes

Order Boletales

Family Astraeaceae

Genus *Astraeus*

Species *Astraeus asiaticus*

ดอกเห็ดมีลักษณะกลมถึงค่อนข้างกลม ไม่มีก้านดอก มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 18.7-29.7 มิลลิเมตร ผนังด้านนอก (outer peridium) หนา สีค่อนข้างขาว เมื่อแก่ผนังด้านนอกจะแตกเป็นแฉกประมาณ 5-12 แฉก ด้านในของผนังชั้นนี้ (inner layer) ค่อนข้างขาวและเป็นสีเทาออกน้ำตาลเมื่อโตเต็มที่ endoperidium มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 13-24 มิลลิเมตร มีการแตกออกหรือเปิดออกที่ apical ดอกเห็ดอ่อนจะมี gleba สีขาว เมื่อโตเต็มที่จะมีสีน้ำตาลปนม่วง ภายในมีเบสิดิโอสปอร์ที่มีลักษณะกลมมีหนาม มีสีน้ำตาลปนม่วง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 8.75-15.2 ไมโครเมตร มักพบดอกเห็ดในดินทรายหรือดินลูกรังในป่าเต็งรังของภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ในช่วงฤดูฝนเดือนพฤษภาคมถึงสิงหาคม (Phosri และคณะ, 2004, 2007) (ภาพที่ 2)

ภาพที่ 2 ลักษณะของดอกเห็ดเผาะฝ้าย (*A. asiaticus*) ระยะต่างๆ (ก) ดอกเห็ดเผาะฝ้ายจะพบเส้นใยปกคลุมด้านนอก (ข) ดอกเห็ดเผาะฝ้ายเมื่อเริ่มแก่ผ่าให้เห็นสปอร์ภายใน (ค) ดอกเห็ดเผาะฝ้ายเมื่อแก่จะแตกเป็นแฉกประมาณ 5-12 แฉก

7.2 **ราเอคโตไมคอร์ไรซาเห็ดเผาะหนัง** (*A. odoratus*)

อนุกรมวิธานของ *A. odoratus* (Kirk และคณะ, 2008)

Kingdom Fungi

Phylum Basidiomycota

Class Agaricomycetes

Order Boletales

Family Astraeaceae

Genus *Astraeus*

Species *Astraeus odoratus*

ดอกเห็ดมีลักษณะกลมถึงค่อนข้างกลม ไม่มีก้านดอก เมื่อโตเต็มที่สามารถมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางได้ถึง 65 มิลลิเมตร ดอกเห็ดมีกลิ่นแรงเหมือนดินชื้นๆ ผนังด้านนอก (Outer peridium) เรียบ มีสีน้ำตาลอ่อนๆ เมื่อแก่ผนังด้านนอกจะแตกเป็นแฉกประมาณ 3-9 แฉก ด้านในของผนังชั้นนี้ (inner layer) สีค่อนข้างน้ำตาล เทาจนถึงดำ endoperidium มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 13-25 มิลลิเมตร มีการแตกออกหรือเปิดออกที่ apical มี gleba สีน้ำตาลปนม่วง เบสิดิโอสปอร์มีลักษณะกลม มีหนาม มีสีน้ำตาลปนม่วง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 7.5-15.2 ไมโครเมตร มักพบดอกเห็ดในดินทรายหรือดินลูกรังในป่าเต็งรังของภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ในช่วงฤดูฝนเดือนพฤษภาคมถึงมิถุนายน (Phosri และคณะ, 2004)(ภาพที่ 3)

ภาพที่ 3 ลักษณะของดอกเห็ดเผาะหนัง (*A. odoratus*) ระยะต่างๆ (ก) ดอกเห็ดเผาะหนังขณะยังอ่อน (ข) ดอกเห็ดเผาะหนังเมื่อเริ่มแก่ผ่าให้เห็นสปอร์ภายใน (ค) ดอกเห็ดเผาะหนังเมื่อแก่จะแตกเป็นแฉกประมาณ 3-9 แฉก

8. **ยางนา** (*Dipterocarpus alatus* Roxb. ex G.Don)

อนุกรมวิธานของ *D. alatus* Roxb. ex G.Don (Ashton, 1982)

Kingdom Plantae

Division Tracheophyta

Class Magnoliopsida

Order Theales

Family Dipterocarpaceae

Genus *Dipterocarpus*

Species *Dipterocarpus alatus*

ยางนา เป็นไม้ยืนต้นขนาดใหญ่ เมื่อโตเต็มที่สูงได้ถึง 40-50 เมตร พบในป่าไม่ผลัดใบและป่าเต็งรัง มีการกระจายพันธุ์ในบังคลาเทศ พม่า ไทย มาเลเซีย กัมพูชา ลาวและเวียดนาม สำหรับในประเทศไทย ไม้ยางนามีเขตการกระจายพันธุ์ในที่ลุ่มต่ำริมห้วย ลำธาร และตามหุบเขาทั่วทุกภาคของประเทศที่ความสูงตั้งแต่ระดับทะเลปานกลางถึง 350 เมตร ใบเป็นใบเดี่ยว เรียงสลับ รูปไข่แกมรูปหอก ขนาดประมาณ 8-15 x 20-35 เซนติเมตร เนื้อใบหนาปลายใบสอบเรียว โคนใบเรียบ เส้นแขนงใบมี 11 – 18 คู่ ก้านใบยาว 2.5-4.5 เซนติเมตร ดอกเป็นสีชมพูออกดอกเป็นช่อสั้นๆตามซอกใบและปลายกิ่ง กลีบรองกลีบดอกตอนโคนเชื่อมติดกันเป็นรูปถ้วยและมีครีบตามยาว 5 ครีบ ปลายแยกเป็น 5 แฉก ยาว 2 แฉก สั้น 3 แฉก มีขนสั้นๆสีน้ำตาลคลุมทั่วไป กลีบดอกมี 5 กลีบ ผลมีลักษณะกลมมีครีบตามยาว ขนาด 5 ครีบ ปีกยาว 2 ปีก ขนาด 3 x 14 เซนติเมตร ปีกสั้น 3 ปีก ขนาด 12 x 14 เซนติเมตร (ภาพที่4) ระยะผลร่วงประมาณปลายเดือนมีนาคมถึงต้นเดือนพฤษภาคม ขนาดพันธุ์โดยการเพาะเมล็ด เนื้อไม้ยางนามีสีน้ำตาลแดง หรือสีน้ำตาลเทา เสี้ยนตรงเนื้อไม้หยาบ แข็งปานกลาง เลื่อยไสกบตกแต่งให้เรียบได้ง่าย จึงนิยมนำมาเลื่อยทำฝาบ้าน ไม้ระแนง โครงหลั งคา ทำพื้น เพดานและเครื่องเรือนต่างๆ

ภาพที่ 4 ลักษณะลำต้น ดอก ใบ และผลของยางนา (*Diptercarpus alatus* Roxb. Ex G. Don) (http://www.kasetloongkim.com/modules.php?name=showpage&pid=921, http://www.vncreatures.net/chitiet.php?page=1&loai=2&ID=3307, http://www.flickr.com/photos/haile/302072228)

วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1. คัดเลือกสายพันธุ์ราเอคโตไมคอร์ไรซาเห็ดเผาะที่มีสมบัติที่ดีและเหมาะสมต่อการผลิตหัวเชื้อเพื่อสร้างเอคโตไมคอร์ไรซาให้แก่กล้าไม้ในวงศ์ยางนา
2. ผลิตหัวเชื้อเส้นใยราเอคโตไมคอร์ไรซาเห็ดเผาะ
3. ทดสอบการติดเชื้อและการกระตุ้นการเจริญเติบโตของกล้าไม้วงศ์ยางนาโดยราเอคโตไมคอร์-ไรซาที่คัดเลือก

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้สายพันธุ์ราเอคไมคอร์ไรซาเห็ดเผาะหนังและเห็ดเผาะฝ้ายที่ดีและเหมาะสมในการใช้เป็นหัวเชื้อเส้นใยที่ใส่ให้กับกล้าไม้วงศ์ยางนาเพื่อกระตุ้นการเจริญ
2. ได้รูปแบบของการใช้หัวเชื้อเส้นใยราเอคโตไมคอร์ไรซาเห็ดเผาะที่เหมาะสม
3. ได้มหาบัณฑิตที่มีความรู้และเข้าใจในเรื่องราเอคโตไมคอร์ไรซาเป็นอย่างดีจำนวน 1 คน.
4. ได้ผลงานวิจัยที่ตีพิมพ์เผยแพร่ในระดับชาติและนานาชาติอย่างน้อย 1 เรื่อง

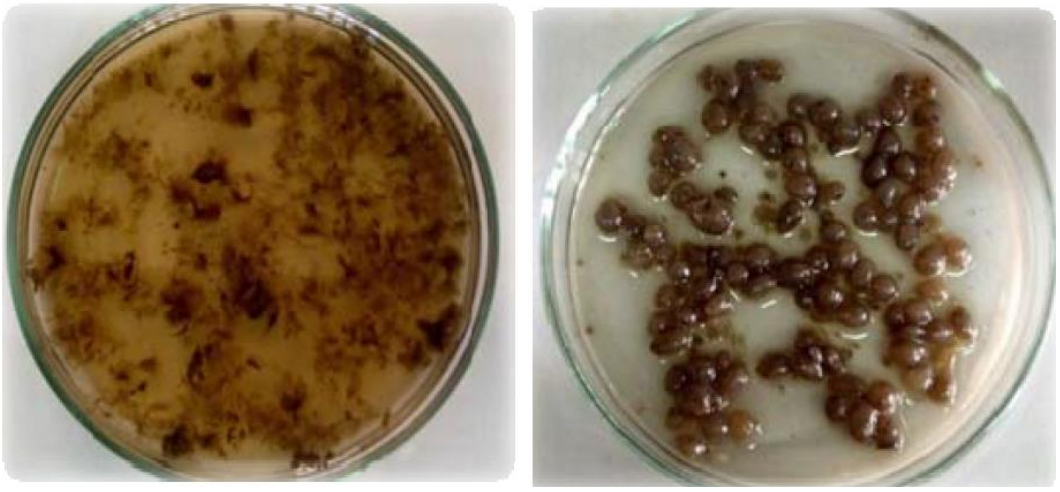
วิธีดำเนินการวิจัย

1. ผลิตหัวเชื้อเส้นใยราเอคโตไมคอร์ไรซาเห็ดเผาะ

ทำการผลิตหัวเชื้อเส้นใยราเอคโตไมคอร์ไรซาเห็ดเผาะสายพันธุ์ที่คัดเลือกได้ 3 รูปแบบ ดังนี้

1.1 **เส้นใยแขวนลอย** (mycelial suspension) เตรียมหัวเชื้อตั้งต้นโดยเลี้ยงเส้นใยราเอคโตไมคอร์ไรซาเห็ดเผาะสายพันธุ์ที่คัดเลือกได้คือเห็ดเผาะฝ้ายสายพันธุ์ KANII6 และเห็ดเผาะหนังสายพันธุ์ TAK8 ในอาหารเลี้ยงเชื้อเหลว MMN ที่มีค่าpH 5.5 เป็นเวลา 14 วัน ที่อุณหภูมิห้อง นำเส้นใยราเอคโตไมคอร์ไรซาเห็ดเผาะมาล้างด้วยน้ำกลั่นปลอดเชื้อเพื่อล้างอาหารเลี้ยงเชื้อออก ปั่นเส้นใยราเอคโตไมคอร์ไรซาเห็ดเผาะ 10 กรัมในน้ำกลั่นที่ผ่านการฆ่าเชื้อ 200 มิลลิลิตร ดังภาพที่ 5 (ก)

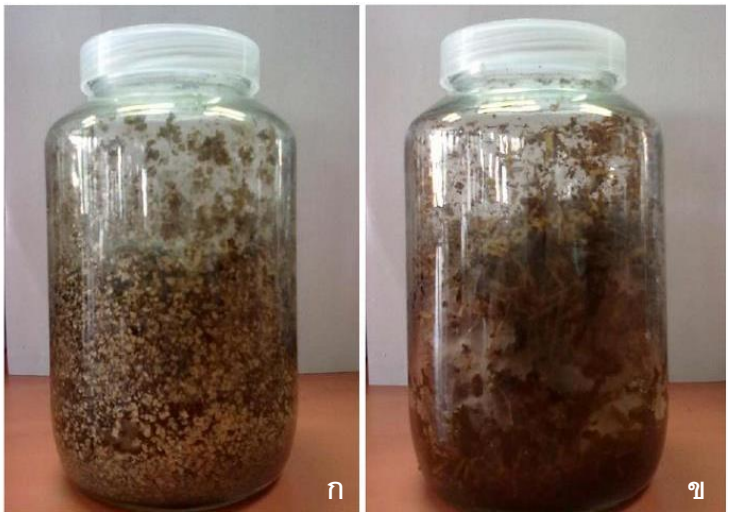
1. 2 **เส้นใยที่ทำให้อยู่ในเม็ดแคลเซียมอัลจิเนต** (alginate entrapped mycelium) เตรียมหัวเชื้อตั้งต้นโดยเลี้ยงเส้นใยราเอคโตไมคอร์ไรซาเห็ดเผาะฝ้ายสายพันธุ์ KANII6 และเห็ดเผาะหนังสายพันธุ์ TAK8 ที่คัดเลือกได้ในอาหารเลี้ยงMMN และpH 5.5 เวลา 14 วัน ที่อุณหภูมิห้อง นำเส้นใยราเอคโตไมคอร์ไรซาเห็ดเผาะมาล้างด้วยน้ำกลั่นปลอดเชื้อเพื่อล้างอาหารเลี้ยงเชื้อออก ปั่นเส้นใยราเอคโตไมคอร์ไรซาเห็ดเผาะ 10 กรัมในสารละลายโซเดียมอัลจิเนต 2 เปอร์เซ็นต์โดยมวลต่อปริมาตร จากนั้นนำเส้นใยแขวนลอยที่ได้มาหยดลงในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0.7 โมลาร์ (M) ดังภาพที่ 5 (ข)



ภาพที่ 5 หัวเชื้อเส้นใยราเอคโตไมคอร์ไรซาเห็ดเผาะแบบเส้นใยแขวนลอย (ก) และหัวเชื้อเส้นใยราเอคโตไมคอร์ไรซาเห็ดเผาะแบบเส้นใยในรูปเม็ดแคลเซียมอัลจิเนต(ข)

1.3 **เส้นใยเจริญบนวัสดุ** เตรียมหัวเชื้อตั้งต้นโดยเลี้ยงเส้นใยราเอคโตไมคอร์ไรซาเห็ดเผาะสายพันธุ์เห็ดเผาะฝ้ายสายพันธุ์ KANII6 และเห็ดเผาะหนังสายพันธุ์ TAK8 ที่คัดเลือกได้ในอาหารเลี้ยง MMN และpH 5.5 เวลา 14 วัน ที่อุณหภูมิห้อง ตัดชิ้นวุ้นบริเวณขอบด้านนอกของโคโลนีด้วยเครื่องเจาะ

จุกคอร์กจำนวน 8 ชิ้น นำไปใส่ในขวดแก้วขนาด 500 มิลลิลิตรที่มีวัสดุต่างๆที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้วคือ (1) เวอร์มิคูไลท์และพีทมอสในอัตราส่วน 9:1 โดยปริมาตร (Garbaye, 1988) (2) ขุยมะพร้าวและแกลบในอัตราส่วน 1:1 โดยปริมาตร ที่ทำให้ชุ่มด้วยอาหารเหลว MMN ที่มีค่าpH 5.5 เพาะเลี้ยงเส้นใยราเอคโตไมคอร์ไรซาเห็ดเผาะเป็นเวลาประมาณ 1 เดือน (ภาพที่ 6 ก และ ข ตามลำดับ) จากนั้นทำการล้างอาหารเลี้ยงเชื้อออกจากเส้นใยราที่เจริญบนวัสดุด้วยน้ำประปา ก่อนนำไปใช้ในการทดลองขั้นต่อไป



ภาพที่ 6 หัวเชื้อเส้นใยราเอคโตคอร์ไรซาเห็ดเผาะแบบเส้นใยเจริญในวัสดุผสมเวอร์มิคูไลท์และพีทมอส (ก) และหัวเชื้อเส้นใยราเอคโตไมคอร์ไรซาเห็ดเผาะแบบเส้นใยเจริญในวัสดุผสมขุยมะพร้าวและแกลบ (ข) ที่ทำให้ชุ่มด้วยอาหารเหลว MMN

2. ประเมินผลรูปแบบของหัวเชื้อเส้นใยราเอคโตไมคอร์ไรซาเห็ดเผาะที่มีต่อการติดเชื้อไมคอร์ไรซาและการกระตุ้นการเติบโตของกล้าไม้ยางนา

เปรียบเทียบการติดเชื้อและการเติบโตของกล้าไม้ยางนา (*Dipterocapus alatus* Roxb. ex G.Don)ที่มีการใส่หัวเชื้อราเอคโตไมคอร์ไรซาเห็ดเผาะหนังและราเอคโตไมคอร์ไรซาเห็ดเผาะฝ้ายรูปแบบต่างๆ และชุดควบคุมที่ไม่ได้ใส่หัวเชื้อ

2.1 การเตรียมกล้าไม้ยางนา ทำการฆ่าเชื้อที่ผิวเมล็ด โดยแช่ใน 5 เปอร์เซ็นต์ Sodium Hypochlorite เป็นเวลา 30 นาที ล้างด้วยน้ำกลั่นปลอดเชื้อ 3 ครั้ง แล้วนำไปเพาะเมล็ดในถุงเพาะชำโดยใส่ถุงละ 1 เมล็ด ที่บรรจุวัสดุปลูกได้แก่ เพอร์ไลท์:พีทมอส:ทราย อัตราส่วน 4:2:1 โดยปริมาตร ที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว รดน้ำทุกวันจนกล้าไม้อายุ 1 เดือน

2.2 การใส่หัวเชื้อราเอคโตไมคอร์ไรซาและการดูแลกล้าไม้ ทำการย้ายต้นกล้าที่มีอายุ 1 เดือน ลงในวัสดุปลูกดังข้อ 2.1 ที่ผ่านการฆ่าเชื้อปริมาตร 500 มิลลิลิตร ในถุงเพาะชำขนาด 3x6 นิ้ว ที่มีการใส่หัวเชื้อเส้นใยรูปแบบต่างๆ ในปริมาณต่างๆ ดังนี้

ชุดการทดลองที่ 1 ชุดควบคุมไม่ได้ใส่หัวเชื้อ (C)

ชุดการทดลองที่ 2 เส้นใยแขวนลอยปริมาณ 5 มิลลิลิตร (MS-5)

ชุดการทดลองที่ 3 เส้นใยแขวนลอยปริมาณ 10 มิลลิลิตร (MS-10)

ชุดการทดลองที่ 4 เส้นใยแขวนลอยปริมาณ 20 มิลลิลิตร (MS-20)

ชุดการทดลองที่ 5 เส้นใยที่ทำให้อยู่ในเม็ดแคลเซียมอัลจิเนตปริมาณ 5 มิลลิลิตร (AE-5)

ชุดการทดลองที่ 6 เส้นใยที่ทำให้อยู่ในเม็ดแคลเซียมอัลจิเนตปริมาณ 10 มิลลิลิตร (AE-10)

ชุดการทดลองที่ 7 เส้นใยที่ทำให้อยู่ในเม็ดแคลเซียมอัลจิเนตปริมาณ 20 มิลลิลิตร (AE-20)

ชุดการทดลองที่ 8 เส้นใยเจริญในวัสดุผสมเวอร์มิคูไลท์และพีทมอสโดยผสมกับวัสดุปลูกในอัตราส่วน 1:9 โดยปริมาตร (VM+PM-1:9)

ชุดการทดลองที่ 9 เส้นใยเจริญในวัสดุผสมเวอร์มิคูไลท์และพีทมอสโดยผสมกับวัสดุปลูกในอัตราส่วน 1:6 โดยปริมาตร (VM+PM-1:6)

ชุดการทดลองที่ 10 เส้นใยเจริญในวัสดุผสมเวอร์มิคูไลท์และพีทมอสโดยผสมกับวัสดุปลูกในอัตราส่วน1:3 โดยปริมาตร (VM+PM-1:3)

ชุดการทดลองที่ 11 เส้นใยเจริญในวัสดุผสมขุยมะพร้าวและแกลบโดยผสมกับวัสดุปลูกในอัตราส่วน 1:9 โดยปริมาตร (CD + RH -1:9)

ชุดการทดลองที่ 12 เส้นใยเจริญในวัสดุผสมขุยมะพร้าวและแกลบโดยผสมกับวัสดุปลูกในอัตราส่วน 1:6 โดยปริมาตร (CD + RH -1:6)

ชุดการทดลองที่ 13 เส้นใยเจริญในวัสดุผสมขุยมะพร้าวและแกลบโดยผสมกับวัสดุปลูกในอัตราส่วน 1:3 โดยปริมาตร (CD + RH -1:3)

ทำการทดลองชุดละ 3 ซ้ำๆ ละ 5 ตัวอย่าง วางแผนการทดลองแบบ CRD ดูแลต้นไม้โดยรดน้ำ ให้ปุ๋ยไนโตรเจน ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียม ในระดับปานกลาง (ภาคผนวก ก) ทุกๆ 2 สัปดาห์เป็นเวลา 8 เดือน

2.3 ประเมินผลรูปแบบของหัวเชื้อเส้นใยราเอคโตไมคอร์ไรซาเห็ดเผาะที่มีต่อการติดเชื้อไมคอร์ไรซาของกล้าไม้ยางนา

เมื่อต้นกล้าอายุ 8 เดือน ทำการย้ายกล้าไม้ออกจากถุงเพาะชำ จากนั้นล้างวัสดุปลูกออกจากรากด้วยน้ำประปาให้สะอาด ตรวจสอบชนิดของรากเอคโตไมคอร์ไรซาที่พบ ดังนี้

2.3.1 ตรวจลักษณะสัณฐานวิทยาของรากเอคโตไมคอร์ไรซา ได้แก่ รูปร่างลักษณะ โดยสังเกตจากสี ขนาด และลักษณะเส้นใยที่อยู่รอบๆราก ออกเป็นกลุ่มตามลักษณะที่พบตามรายงานของ Agerer (1991) และบันทึกภาพรากภายใต้กล้องจุลทรรศน์แบบสเตอริโอ

2.3.2 ตรวจสอบชนิดรากเอคโตไมคอร์ไรซา ด้วยวิธีการทางอณูพันธุศาสตร์โดยการหาลำดับเบสที่ตำแหน่ง Internal transcribed spacer (ITS) โดยมีขั้นตอนดังนี้

- นำตัวอย่างรากเอคโตไมคอร์ไรซา จำนวน 1-2 ราก และใส่ stainless steel

ขนาด 2 มิลลิเมตร จำนวน 3 ลูก ใส่ลงในหลอดไมโครเซนติฟิวส์ขนาด 2.0 มิลลิลิตร นำไปบดด้วยเครื่อง Mixer MM 400 โดยใช้ความถี่ 20 เฮิรตซ์ เป็นเวลา 1 นาทีหรือจนกว่าตัวอย่างจะละเอียดทำการสกัดดีเอ็นเอจากตัวอย่างรากเอคโตไมคอร์ไรซาด้วยวิธี cetyltrimethyl ammonium bromide (CTAB) ของ Zhou และคณะ (1999)

- เพิ่มปริมาณชิ้นส่วนดีเอ็นเอที่ตำแหน่ง ITS ของราด้วยปฏิกิริยาลูกโซ่พอลิเมอร์เรส โดยใช้ไพรเมอร์ ITS1 มีลำดับเบสคือ 5'TCCGTAGGTGAACCTGCGG3' และ ITS4 มีลำดับเบสคือ 5'TCCTCCGCTTATTGATATGC3' (White และคณะ, 1990) ปฏิกิริยาลูกโซ่พอลิเมอร์เรสประกอบด้วยสารต่างๆ ที่ใช้ทำปฏิกิริยา ดังตารางที่ 1

- นำสารละลายพีซีอาร์ไปทำการเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอที่ตำแหน่ง ITS ด้วยเครื่องเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอ (Authorized thermal cycler) โดยมีสภาวะของการทำปฏิกิริยาลูกโซ่พอลีเมอร์เรสดังนี้

Initial denaturation	94 องศาเซลเซียส	5 นาที	
Denaturation	94 องศาเซลเซียส	1 นาที	38 รอบ
Annealing	51 องศาเซลเซียส	1นาที	
Extension	72 องศาเซลเซียส	1นาที	
Final extension	72 องศาเซลเซียส	5นาที	
Hold	4 องศาเซลเซียส		

ตารางที่ 1 แสดงสาร ความเข้มข้น และปริมาตรที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาพีซีอาร์

สาร	**ความเข้มข้นสุดท้าย**	**ปริมาตร** (μl)
DW	-	15.5
10XLA PCR ™ Buffer (Mg2+free)	1x	5
25 mM $MgCl_2$	2.5 mM	5
dNTP	2.5 mM	8
Primer ITS1	1μM	2.5
Primer ITS4	1μM	2.5
BSA	0.4 mg/ml	1
TaKaRa LA Taq™	5 units/μl	0.5
Template		1
	Total	50

- ตรวจสอบผลการเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอที่ตำแหน่ง ITS โดยวิธีอิเล็กโตรโฟรีซีสบนอะกาโรสเจล 1.5 เปอร์เซ็นต์ ที่เติม SYBR Green ปริมาตร 1 ไมโครลิตรต่ออะกาโรสเจล 10มิลลิลิตร ในสารละลาย 1XTBE โดยใช้กระแสไฟฟ้า 120 โวลล์ เป็นเวลา 90 นาที และใช้ชิ้นส่วนดีเอ็นเอมาตรฐานขนาด100 bp + 1.5 Kb DNA ladder ตรวจสอบขนาดชิ้นส่วนของดีเอ็นเอที่เกิดขึ้นภายใต้แสงอัลตราไวโอเลตโดยใช้เครื่องกำเนิดแสงอัลตราไวโอเลต (UV-Transilluminator) และบันทึกภาพโดยใช้กล้องถ่ายรูปเจล (Gel-Doc) นำตัวอย่างที่ทำการเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอสำเร็จแล้วไปเก็บไว้ที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส จนกว่าจะนำมาใช้ศึกษาในขั้นตอนต่อไป

- ส่งผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการเพิ่มปริมาณชิ้นส่วนดีเอ็นเอที่ตำแหน่ง ITS ที่ผ่านการตรวจสอบและให้ผลที่ชัดเจนไปวิเคราะห์ที่บริษัท Macrogen ณ สาธารณรัฐเกาหลี ด้วยเครื่องวิเคราะห์ลำดับเบส รุ่น Biosystems 3730XL sequencers

- นำลำดับเบสที่ตำแหน่ง ITS ของราที่แยกได้ มาเปรียบเทียบความเหมือนและความคล้ายคลึงของลำดับเบสกับฐานข้อมูลใน GenBank ด้วยโปรแกรม Blastn (www.ddbj.nig.ac.jp/)

2.3.3 หาเปอร์เซ็นต์การติดเชื้อของราเอคโตไมคอร์ไรซาของรากกล้าไม้ตามรายงานของ Nara และคณะ (2003) โดยตัดรากออกเป็นชิ้นเล็กๆ ให้มีความยาวชิ้นละ 1 เซนติเมตร จำนวน 300 ชิ้นต่อ 1 ซ้ำ แล้วนำมาวางบนแผ่นกริดขนาดตาราง1x1 ตารางเซนติเมตร แล้วสุ่มนับราก เพื่อคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การติดเชื้อราเอคโตไมคอร์ไรซา

2.4 ประเมินผลรูปแบบของหัวเชื้อเส้นใยราเอคโตไมคอร์ไรซาเห็ดเผาะต่อการกระตุ้นการเติบโตของกล้าไม้ยางนา

- ทำการวัดความสูงของลำต้นตั้งแต่คอรากจนถึงปลายลำต้นโดยใช้ไม้บรรทัดและวัดเส้นผ่านศูนย์กลางของลำต้นที่ระดับคอรากโดยใช้เวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ (vernier caliper)

- หามวลชีวภาพของส่วนลำต้นและราก โดยนำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 72 ชั่วโมง ชั่งหาน้ำหนักแห้ง

2.5 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

เปรียบเทียบความแตกต่างของข้อมูลในแต่ละชุดการทดลองโดยใช้โปรแกรม SPSS ด้วยวิธี One-way ANOVA และ Duncan’s Multiple Range Test

ผลการวิจัย

1. ประเมินผลรูปแบบของหัวเชื้อเส้นใยราเอคโตไมคอร์ไรซาเห็ดเผาะที่มีต่อการติดเชื้อไมคอร์ไรซาของกล้าไม้ยางนา

จากการประเมินผลวิธีการใส่หัวเชื้อเส้นใยราเอคโตไมคอร์ไรซาเห็ดเผาะฝ้ายสายพันธุ์ KANII6 4 รูปแบบ คือ เส้นใยแขวนลอย เส้นใยที่ทำให้อยู่ในเม็ดแคลเซียมอัลจิเนต ในปริมาณ 5 10 และ 20 มิลลิลิตร เส้นใยเจริญในวัสดุผสมเวอร์มิคูไลท์และพีทมอส และเส้นใยเจริญในวัสดุผสมขุยมะพร้าวและแกลบ โดยผสมหัวเชื้อและวัสดุปลูกในอัตราส่วน 1:9 1:6 และ 1:3 โดยปริมาตร ที่มีต่อการติดเชื้อไมคอร์ไรซาของกล้าไม้ยางนา พบว่าเมื่อตรวจสอบลักษณะรากเอคโตไมคอร์ไรซาในชุดการทดลองที่มีการใส่หัวเชื้อราเอคโตไมคอร์ไรซาเห็ดเผาะฝ้ายสายพันธุ์ KANII6 พบรากเอคโตไมคอร์ไรซามีลักษณะการแตกแขนงแบบ monopodial pinnate มีแผ่นแมนเทิลสีเหลืองอมน้ำตาล (KANII6) (ภาพที่ 8 ก) และเมื่อตรวจสอบชนิดของรากเอคโตไมอร์ไรซา KANII6 โดยการหาลำดับเบสที่ตำแหน่ง ITS ให้ผลดังแสดงในภาคผนวก ก เมื่อเปรียบเทียบกับลำดับเบสที่ตำแหน่ง ITS ในฐานข้อมูล GenBank พบว่ามีความเหมือนกับลำดับเบสที่ตำแหน่ง ITS กับราเอคโตไมคอร์ไรซาเห็ดเผาะฝ้าย *A. asiaticus* (EU718089) เป็น 97 เปอร์เซ็นต์ โดยมีการจัดเรียงลำดับเบสเปรียบเทียบด้วยโปรแกรม ClustalW (www.ddbj.nig.ac.jp/) ดังนี้

```
KANII6      ____________________________________________________________AGC
EU718089    TAGAGGAAGTAAAAGTCGTAACAAGGTTTCCGTAGGTGAACCTGCGGAAGGATCATTAGC
                                                                    ***
KANII6      GAATTCTGAGGCGGGAGAGCGCAAGGGGGTTCTAGCATTTCGGAATGCTGTCGCTGGCCT
EU718089    GAATTCTGAGGCGGGAGAGCGCAAGGGGGTTCTAGCATTTCGGAGTGCTGTCGCTGGCCT
            ********************************************** **************
KANII6      TTCGGGGCATGTGCCCGTCTTCCGAGTGTCTGCCTTCGGACCTCCGAACCCTCTCCTATA
EU718089    TTCGGGGCATGTGCACGTCTTCGGAGTGTCTGCCTTCGGACCTCCGAACCCTCTCCTATA
            ************** ******* ************************************
KANII6      CCTTCCAAACACACCTGTGTGCACCTGTTGGAGGCCTTGTCTATTAGGCAGACCTATGTA
EU718089    CCTCCCAAACACACCTGTGTGCACCTGTTGTAGGCCTTGTCTATTAGGCAGACCTATGTA
            *** ************************** ****************************
KANII6      TTACTTTCATAAACATCGAA-GTATAAAAGAATGTTTGAACACACGATATATATGAATAA
EU718089    TTACTTTCATAAACATCGCATGTATAAAAGAATGTTTGAACACACGATATATATGAATAA
          ****************** * ************************************
KANII6      ATATA- CTTTCAGCAATGGATCTCTTGGCTCTCGCATCGATGAAGAACGCAGCGAATTGC
EU718089    ATATAACTTTCAGCAATGGATCTCTTGGCTCTCGCATCGATGAAGAACGCAGCGAATTGC
            ***** ****************************************************

KANII6      GATAAGTAATGGGAATTGCAGATTTTCCGTGAATCA-CGAATCTTTGAACGCACCTTGCG
```

```
EU718089    GATAAGTAATGTGAATTGCAGATTTTCCGTGAATCATCGAATCTTTGAACGC ACCTTGCG
            ********** ********************** ************************
KANII6      CTCCTTGGTATTCCGAGGAGCATGCCTGTTTGAGTGTCATCGAAATCTCAAAATCCTAGC
EU718089    CTCCTTGGTATTCCGAGGAGCATGCCTGTTTGAGTGTCATCGAAATCTCAAAATCCTAGC
            ************************************************************
KANII6      TTTGCCTTGTCGGAACTTGGTTTTTGGACTTTGGGAGTTTGCGGGCGACCCCTTTGCTTT
EU718089    TTTGCCTTGTCGGAGCTTGGTTTTTGGACTTTGGGAGTTTGCGGGCGACCCCTTTGCTTT
            ********** ********************************************
KANII6      GGGAAGTCGGCTCTCCTTAAATTGATTAGCAGTGGGTGCAAGTCCTTTGCATGGCACGGC
EU718089    GGGATGTCGGCTCTCCTTAAATGTATTAGCAGTGGGTGCAAGTCCTTTGCATGGCACGGC
            **** ********** ************************************
KANII6      CTGTTCGACGTCGTAGTGATCGTCGCGGGCTGGAAGGGCTTGGATTGACATGTCTCATGC
EU718089    CTGTTCGACGTCGTAGTGATCGTCGCGGGCTGGAAGTGCTTGGATTGACATGTCTCATGC
            ********** ********************
KANII6      TTCCAACTTTTACATGCGCCAAGTTTAGTCTAGGCTACTCTAGCGTGTGTCCTTTTCTCT
EU718089    TTCCAACTTTTACATGCGCCAAGTTTAGTCTAGGCTACTCTAGCGTGTGTCCTTTTCTCT
            ************************************************************
KANII6      AAGGCTTGACCTCAAATCAGGTAGGACTACCCGCTGAA----------
EU718089    AAGGCTTGACCTCAAATCAGGTAGGACTACCCGCTGAACTTAAGCATATCAATA
            **********
```

จากการหาคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การติดเชื้อไมคอร์ไรซาพบว่าในชุดการทดลองที่ใส่หัวเชื้อเส้นใยราเอคโตไมคอร์ไรซาเห็ดเผาะฝ้ายสายพันธุ์ KANII6 ให้ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 2 สำหรับชุดการทดลองที่ไม่ได้ใส่หัวเชื้อ ไม่พบการติดเชื้อไมคอร์ไรซา เมื่อเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การติดเชื้อไมคอร์ไรซาของชุดการทดลองที่ใส่หัวเชื้อราเอคโตไมคอร์ไรซาเห็ดเผาะฝ้ายสายพันธุ์KANII6 แบบเส้นใยแขวนลอยปริมาณ 5 10 และ 20 มิลลิลิตร พบว่าเปอร์เซ็นต์การติดเชื้อไมคอร์ไรซาไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ชุดการทดลองที่ใส่หัวเชื้อแบบเส้นใยที่ทำให้อยู่ในเม็ดแคลเซียมอัลจิเนตปริมาณ 5 10 และ 20 มิลลิลิตร พบว่าชุดการทดลองที่ใส่ปริมาณ 10 มิลลิลิตรมีเปอร์เซ็นต์การติดเชื้อไมคอร์ไรซาสูงกว่าชุดการทดลองที่ใส่ปริมาณ 5 มิลลิลิตรอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติกับชุดการทดลองที่ใส่ปริมาณ 20 มิลลิลิตร ชุดการทดลองที่ใส่หัวเชื้อเส้นใยเจริญในวัสดุผสมเวอร์มิคูไลท์และพีทมอสกับวัสดุปลูกในอัตราส่วน 1:9 1:6 และ1:3 โดยปริมาตร พบว่าชุดการทดลองที่ใส่อัตราส่วน 1:6 มีเปอร์เซ็นต์การติดเชื้อไมคอร์ไรซาสูงกว่าชุดการทดลองที่ใส่อัตราส่วน 1:9 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติกับชุดการทดลองที่ใส่อัตราส่วน 1:3 ชุดการทดลองที่ใส่หัวเชื้อเส้นใยเจริญในวัสดุผสมขุยมะพร้าวและแกลบกับวัสดุปลูกในอัตราส่วน 1:9 1:6 และ 1:3 โดยปริมาตร พบว่าชุดการทดลองที่ใส่อัตราส่วน 1:6 มีเปอร์เซ็นต์การติดเชื้อไมคอร์ไรซาสูงกว่าชุดการทดลองที่ใส่อัตราส่วน 1:9 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติแต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติกับชุดการทดลองที่ใส่อัตราส่วน 1:3

จากการประเมินผลรูปแบบของหัวเชื้อเส้นใยราเอคโตไมคอร์ไรซาเห็ดเผาะหนังสายพันธุ์ TAK8 4 รูปแบบ คือ เส้นใยแขวนลอย เส้นใยที่ทำให้อยู่ในเม็ดแคลเซียมอัลจิเนต ในปริมาณ 5 10 และ 20 มิลลิลิตร เส้นใยเจริญในวัสดุผสมเวอร์มิคูไลท์และพีทมอส และเส้นใยเจริญในวัสดุผสมขุยมะพร้าวและแกลบ โดยผสมหัวเชื้อและวัสดุปลูกในอัตราส่วน 1:9 1:6 และ 1:3 โดยปริมาตรที่มีต่อการติดเชื้อไมคอร์-ไรซาของกล้าไม้ยางนา พบว่าเมื่อตรวจสอบลักษณะรากเอคโตไมคอร์ไรซาในชุดการทดลองที่มีการใส่หัวเชื้อราเอคโตไมคอร์ไรซาเห็ดเผาะหนังสายพันธุ์ TAK8 พบรากเอคโตไมคอร์ไรซามีลักษณะการแตกแขนงแบบ monopodial pinnate มีแผ่นแมนเทิลสีเหลืองอมน้ำตาล (TAK8) (ภาพที่ 8 ข) และเมื่อตรวจสอบชนิดของรากเอคโตไมอร์ไรซา TAK8 โดยการหาลำดับเบสที่ตำแหน่ง ITS ให้ผลดังแสดงในภาคผนวก ก เมื่อเปรียบเทียบกับลำดับเบสที่ตำแหน่ง ITS ในฐานข้อมูล GenBank พบว่ามีความเหมือนกับลำดับเบสที่ตำแหน่ง ITS กับราเอคโตไมคอร์ไรซาเห็ดเผาะหนัง *A. odoratus* (AJ629879) เป็น 99 เปอร์เซ็นต์ โดยมีการจัดเรียงลำดับเบสเปรียบเทียบด้วยโปรแกรม ClustalW (www.ddbj.nig.ac.jp/) ดังนี้

```
TAK8        ATTACCGAATCGTGCAAGGAGCGTAAGACGGTCGGAGGAGGAACCTCGGGGGGGTGTCT
AJ629879    ATTACCGAATCGTGCAAGGAGCGTAAGACGGTCGGAGGAGGAACCTCGGGGGGGTGTCT
            ************************************************************
TAK8        AGTAGTATTTCGGAGTTGCTGGTCGCTGGCCTTTCGGCCATGTGCACGTCTCCGGAGTCC
AJ629879    AGTAGTATTTCGGAGT-GCTG - TCGCTGGCCTTTCGGCAATGTGCACGTCTCCGGAGTCC
            **************** **** ************************************
TAK8        GATGGGGTGTGTATACACCCAACCCCCCCCTCGGCCTCGGTCTCCTTCGGAACCTCTGAAG
AJ629879    GATGGGGTGTGTATACACCCAACCCCCCCCTCGGCCTCGGTCTCCTTCCGAACCTCTGAAG
           ********************************************** ************
TAK8        CTCCTGTACCTCTCTAACACCATTGTGCACCTTGTTGTAGGTCTCGTCGAGGGACCTATG
AJ629879    CTCCTGTACCTCTCTAACACCATTGTGCACCTTGTTGTAGGTCTCGTCGAGGGACCTATG
            ************************************************************
TAK8        TATTCCTTTTTTTT-ATAAAGCTCTCTGCATGTATACAGAACGTTGTCTTTTGACAAACA
AJ629879    TATTCCTTTTTTTTTATAAAGCTCTCTGCATGTATACAGAACGTTGTCTTTTGACAAACA
            ************ ******************************************
TAK8        TGTCATATAAACATATATATAACTTTCAGCAATGGATCTCTTGGCTCTCGCATCGATGAA
AJ629879    TGTCATATAAACATATATATAACTTTCAGCAATGGATCTCTTGGCTCTCGCATCGATGAA
            ************************************************************
TAK8        GAACGCAGCGAATCGCGATAAGTAATGTGAATTGCAGATTTTCCGTGAATCATCGAATCT
AJ629879    GAACGCAGCGAATCGCGATAAGTAATGTGAATTGCAGATTTTCCGTGAATCATCGAATCT
            ************************************************************
TAK8        TTGAACGCACCTTGCGCTCCTTGGTATTCCGAGGAGCATGCCTGTTTGAGTGTCATCGAA
AJ629879    TTGAACGCACCTTGCGCTCCTTGGTATTCCGAGGAGCATGCCTGTTTGAGTGTCATCGAA
            ************************************************************
```

```
TAK8          ATCTCAAATCCTAAGCTTTGCTTCGGTCGCCGACTCGGAGCGAGCTCGGACTTGGACTTT
AJ629879      ATCTCAAATCCTAAGCTTTGCTTCGGTCGCCGACTCGGAGCGAGCTCGGACTTGGACTTT
              ************************************************************
TAK8          GGGAGTCTGCGGGCGACCCGACTTTGCTCGGGACGCCGGCTCTCCTCAAATGCATTAGCG
AJ629879      GGGAGTCTGCGGGCGACCCGACTTTGCTCGGGACGCCGGCTCTCCTCAAATGCATTAGCG
              ************************************************************
TAK8          GTGGGCTTCGAGCCTTTGCACGGCACGGCCTGTTCGACGTCGTAGTGATCGTCGCGGGCT
AJ629879      GTGGGCTTCGAGCCTTTGCACGGCACGGCCTGTTCGACGTCGTAGTGATCGTCGCGGGCT
              ************************************************************
TAK8          GGAAGTGCTTGGATCGACGTGTCTCATGCTTCCAACCATGTGCCGCGCCGCGCCGGGGTT
AJ629879      GGAAGTGCTTGGATCGACGTGTCTCATGCTTCCAACCATGTGCCGCGCCGCGCCGGGGTT
              ************************************************************
TAK8          GTTAATCCCGGGGCCGGAACTCTTCT- -AAGGCGTGACGTCGA----------
AJ629879      GTTAATCCCGGGGCCGGAACTCTTTTTTAAGGCTTGACCTCAAATCAGGT
              ************************ *   ***** **** ** *
```

ผลการคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การติดเชื้อไมคอร์ไรซาพบว่าในชุดการทดลองที่ใส่หัวเชื้อเส้นใยราเอคโตไมคอร์ไรซาเห็ดเผาะหนังสายพันธุ์ TAK8 ให้ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 3 สำหรับชุดการทดลองที่ไม่ได้ใส่หัวเชื้อ ไม่พบการติดเชื้อไมคอร์ไรซา เมื่อเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การติดเชื้อไมคอร์ไรซาของชุดการทดลองที่ใส่หัวเชื้อราเอคโตไมคอร์ไรซาเห็ดเผาะหนังสายพันธุ์ TAK8 แบบเส้นใยแขวนลอยปริมาณ 5 10 และ 20 มิลลิลิตร พบว่าเปอร์เซ็นต์การติดเชื้อไมคอร์ไรซาไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ชุดการทดลองที่ใส่หัวเชื้อแบบเส้นใยที่ทำให้อยู่ในเม็ดแคลเซียมอัลจิเนตปริมาณ 5 10 และ 20 มิลลิลิตร พบว่าชุดการทดลองที่ใส่ปริมาณ 10 มิลลิลิตร มีเปอร์เซ็นต์การติดเชื้อไมคอร์ไรซาสูงกว่าชุดการทดลองที่ใส่ปริมาณ 5 และ 20 มิลลิลิตรอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนชุดการทดลองที่ใส่ปริมาณ 5 และ 20 มิลลิลิตรนั้นไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ชุดการทดลองที่ใส่หัวเชื้อแบบเส้นใยเจริญในวัสดุผสมเวอร์มิคูไลท์และพีทมอสกับวัสดุปลูกในอัตราส่วน 1:9 1:6 และ 1:3 โดยปริมาตร พบว่าชุดการทดลองที่ใส่อัตราส่วน 1:6 มีเปอร์เซ็นต์การติดเชื้อไมคอร์ไรซาสูงกว่าชุดการทดลองที่ใส่อัตราส่วน 1:9 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติกับชุดการทดลองที่ใส่อัตราส่วน 1:3 ชุดการทดลองที่ใส่หัวเชื้อแบบเส้นใยเจริญในวัสดุผสมขุยมะพร้าวและแกลบกับวัสดุปลูกในอัตราส่วน 1:9 1:6 และ 1:3 โดยปริมาตร พบว่าชุดการทดลองที่ใส่อัตราส่วน 1:6 มีเปอร์เซ็นต์การติดเชื้อไมคอร์ไรซาสูงกว่าชุดการทดลองที่ใส่อัตราส่วน 1:9 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติแต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติกับชุดการทดลองที่ใส่อัตราส่วน 1:3

นอกจากนี้เมื่อตรวจสอบลักษณะรากเอคโตไมคอร์ไรซาในชุดการทดลองที่มีการใส่หัวเชื้อราเอคโตไมคอร์ไรซาเห็ดเผาะฝ้ายสายพันธุ์ KANII6 และราเอคโตไมคอร์ไรซาเห็ดเผาะหนังสายพันธุ์ TAK8 พบรากเอคโตไมคอร์ไรซาชนิดอื่นในบางชุดการทดลอง มีลักษณะการแตกแขนงแบบmonopodial

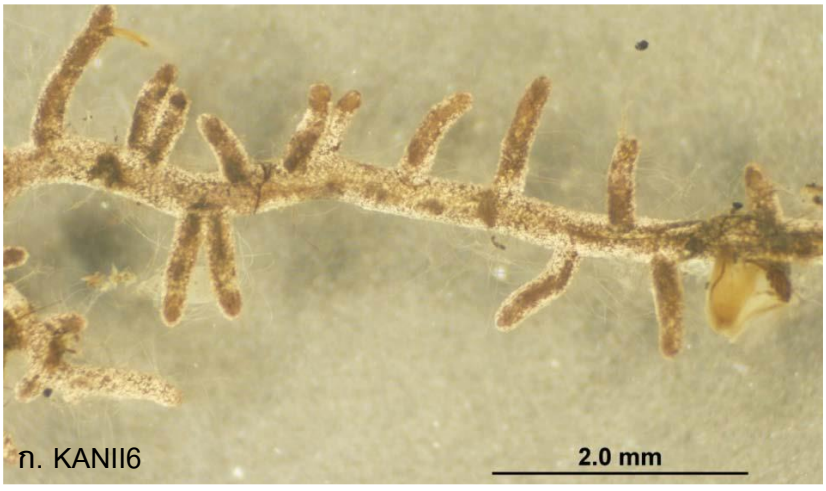
pinnate มีแผ่นแมนเทิลสีขาว (ECM) แต่มีปริมาณการติดเชื้อน้อยประมาณ 3 เปอร์เซ็นต์ (ภาพที่ 8 ค) และเมื่อตรวจสอบชนิดของรากเอคโตไมอร์ไรซา ECM โดยการหาลำดับเบสที่ตำแหน่ง ITS ดังแสดงในภาคผนวก ก แล้วเปรียบเทียบกับลำดับเบสที่ตำแหน่ง ITS ในฐานข้อมูล GenBank พบว่ามีความเหมือนกับลำดับเบสที่ตำแหน่ง ITS กับราเอคโตไมคอร์ไรซาในกลุ่ม *Tomentella* sp. (EU819522) เป็น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยมีการจัดเรียงลำดับเบสเปรียบเทียบด้วยโปรแกรม ClustalW (www.ddbj.nig.ac.jp/) ดังนี้

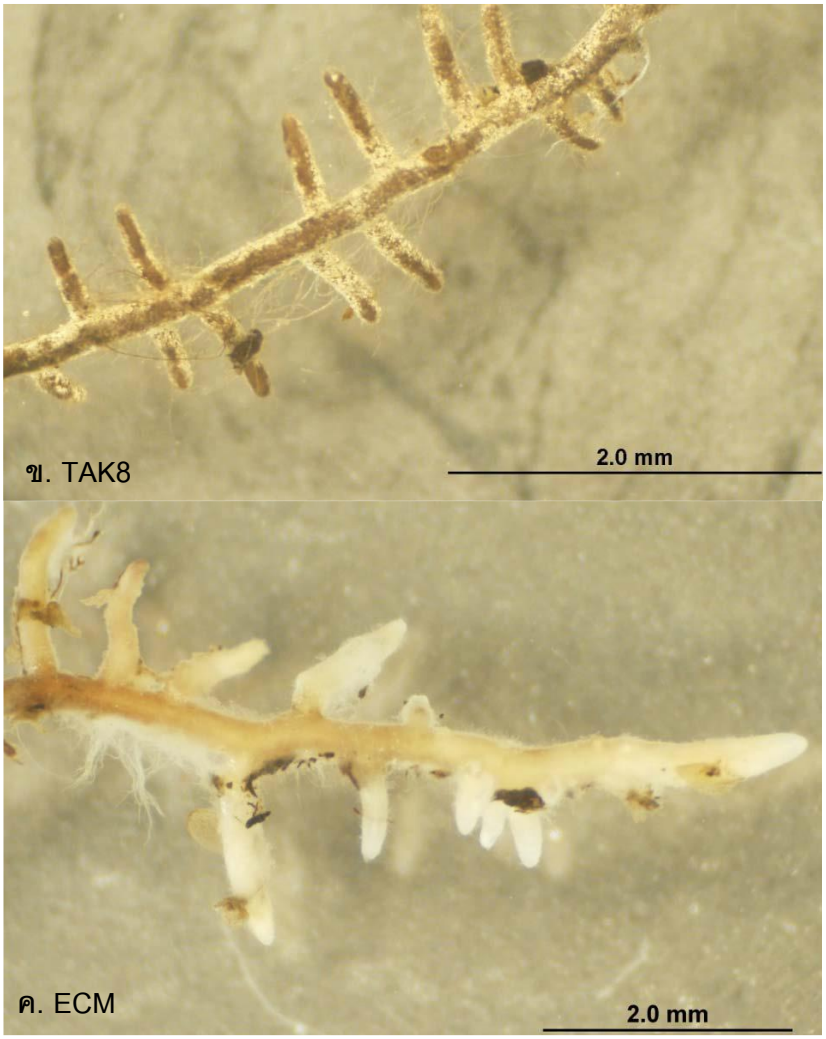
```
ECM1        CTTGGTCATTTAGAGGAAGTAAAAGTCGTAACAAGGTTTCCGTAGGTGAACCTGCGGAA
EU819522    CTTGGTCATTTAGAGGAAGTAAAAGTCGTAACAAGGTTTCCGTAGGTGAACCTGCGGAA
            ************************************************************
ECM1        GGATCATTACCGAATTGTCAACACGGGTTGTTGCTGGCCCCCGTAGGGGGGCATGTGCAC
EU819522    GGATCATTACCGAATTGTCAACAAGAGTTGTTGCTGGTCCT--CAAATGGGGGCATGTGCAC
            ****************************************  *   **************
ECM1        ACTCTGTTCACACATCCACTCACACC- TGTGCACCCTCTGTAGTTCTGTGGTCTGGGGGG
EU819522    GCTCTGTTCACACATCCACTCACACCCTGTGCACCCTYTGTAGTTCTATGGTCAGGGGG-
            *************************** ********** ********** ***** *****
ECM3        CCCTGTCCTCCTGCTGTGGT-CTGCATCTTTACACACACACACTGTAACAAAGTCTAATG
EU819522    - CCTGTCCTCCTGCTGTGGTTCTGCATCTTTACACACACA-- CTGTAACAAAGTCTCATG
            ******************* ********************  ******************
ECM1        GAATGCATGTCGCGTTTAACGCAATACAATACAACTTTCAGCAACGGATCTCTTGGCTCT
EU819522    GAATGCATGTCGCGTTTAACGCAATACAATACAACTTTCAGCAACGGATCTCTTGGCTCT
            ************************************************************
ECM1        CGCATCGATGAAGAACGCAGCGAAATGCGATAAGTAATGTGAATTGCAGAATTCAGTGAA
EU819522    CGCATCGATGAAGAACGCAGCGAAATGCGATAAGTAATGTGAATTGCAGAATTCAGTGAA
            ************************************************************
ECM1        TCATCGAATCTTTGAACGCACCTTGCGCCCTTTGGCTATTCCGGAGGGCATGCCTGTTTG
EU819522    TCATCGAATCTTTGAACGCACCTTGCGCCCTTTGGCTATTCCGGAGGGCATGCCTGTTTG
            ************************************************************
ECM1        AGTATCATGAACACCTCAACTC-TTGTGGTTTTCCATGATGTATGCTTGGACTTTGGGGG
EU819522    AGTATCATGAACACCTCAACTCATTGTGGTTTTCCATGATGTA-GCTTGGACTTTGGGGG
            ********************** ***********************************
ECM1        TCTTGCTGGC-TACAGTCGGCTCCTCTCAAATGAATCAGCTTACCGGTGTTTGGTGGGTA
EU819522    TTTTGCTGGCCTACAGTCGGCTCCTCTAAAATAAATCAGCTTACCGGTGTTTGGTGGGTA
            * ******** ***************** ********************************
ECM1        TCATGGGTGTGATAACTATCTACGCTTGTGGATTT-CCACCAGGTAACCTTCATCAATGG
EU819522    TCATGGGTGTGATAACTATCTACGCTTATGGTTTTTCCACCAGGTAACCTTCATCAGTGG
            ********************************** ******************** ***
ECM1        AGGTTCACTGGAGCTCATA
EU819522    AGGTTCACYGGAAATCATA
```

******** *** *****

ในการทดลองครั้งนี้พบดอกเห็ดเผาะหนังในชุดการทดลองที่ใส่เส้นใยราเอคโตไมคอร์ไรซาเห็ดเผาะหนังสายพันธุ์ TAK8 แบบเส้นใยเจริญในวัสดุผสมขุยมะพร้าวและแกลบกับวัสดุปลูกในอัตราส่วน 1:6 โดยปริมาตร ดังภาพที่ 7 ลักษณะดอกเห็ดมีขนาดเล็ก แตกเป็นแฉก 5 แฉก เมื่อจำแนกชนิดโดยอาศัยลักษณะสัณฐานวิทยาของดอกเห็ด ตามรายงานของ Phosri และคณะ (2004, 2007) พบว่ามีลักษณะสัณฐานวิทยาเบื้องต้นเป็นเห็ดเผาะหนัง (*A. odoratus*)

ภาพที่ 7 ดอกเห็ดเผาะหนัง (*A. odoratus*) ที่พบในชุดการทดลองที่ใส่เส้นใยราเอคโตไมคอร์ไรซาเห็ดเผาะหนังสายพันธุ์ TAK8 แบบเส้นใยเจริญในวัสดุผสมขุยมะพร้าวและแกลบกับวัสดุปลูกในอัตราส่วน 1:6 โดยปริมาตร





ภาพที่ 8 ลักษณะรากเอคโตไมคอร์ไรซา (ก) รากเอคโตไมคอร์ไรซา KANII6 (ข) รากเอคโตไมคอร์ไรซา TAK8 (ค) รากเอคโตไมคอร์ไรซา ECM

ตารางที่ 2 การเปรียบเทียบการติดเชื้อไมคอร์ไรซาของกล้าไม้ยางนาอายุ 8 เดือน เมื่อใส่หัวเชื้อรา เอคโตไมคอร์ไรซาเห็ดเผาะฝ้ายสายพันธุ์ KANII6 รูปแบบต่างๆ

หัวเชื้อรูปแบบต่าง ๆ	**เปอร์เซ็นต์การติดเชื้อไมคอร์ไรซาเห็ดเผาะฝ้าย**	**เปอร์เซ็นต์การติดเชื้อไมคอร์ไรซาชนิดอื่น**
C	0g	0
MS-5	37.98ef	1.44
MS-10	37.32ef	3.89

MS-20	34.02f	3.11
AE-5	56.64cd	0
AE-10	72.00ab	0
AE-20	57.36cd	0
VM+PM-1:9	49.32de	3.67
VM+PM-1:6	76.02ab	3.33
VM+PM-1:3	64.02bc	3.00
RH+CD-1:9	57.32cd	0
RH+CD-1:6	80.64a	0
RH+CD-1:3	74.64ab	0

เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยตามอักษรในแนวตั้ง ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรกำกับด้านข้างต่างกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ตารางที่ 3 การเปรียบเทียบการติดเชื้อไมคอร์ไรซาของกล้าไม้ยางนาอายุ 8 เดือน เมื่อใส่หัวเชื้อราเอคโตไมคอร์ไรซาเห็ดเผาะหนังสายพันธุ์ TAK8 รูปแบบต่างๆ

หัวเชื้อรูปแบบต่าง ๆ	**เปอร์เซ็นต์การติดเชื้อไมคอร์ไรซาเห็ดเผาะหนัง**	**เปอร์เซ็นต์การติดเชื้อไมคอร์ไรซาชนิดอื่น**
C	0f	0
MS-5	32.64e	3.44
MS-10	31.98e	3.22

MS-20	35.34e	2.89
AE-5	65.34cd	0
AE-10	85.32a	0
AE-20	64.68cd	0
VM+PM-1:9	54.00d	3.22
VM+PM-1:6	72.00bc	3.56
VM+PM-1:3	66.66cd	3.22
RH+CD-1:9	60.66cd	0
RH+CD-1:6	88.68a	0
RH+CD-1:3	81.36ab	0

เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยตามอักษรในแนวตั้ง ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรกำกับด้านข้างต่างกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

2. ประเมินผลรูปแบบของหัวเชื้อเส้นใยราเอคโตไมคอร์ไรซาเห็ดเผาะต่อการกระตุ้นการเติบโตของกล้าไม้ยางนา

จากการประเมินผลรูปแบบของหัวเชื้อเส้นใยราเอคโตไมคอร์ไรซาเห็ดเผาะฝ้ายสายพันธุ์KANII6 4 รูปแบบ คือ เส้นใยแขวนลอย เส้นใยที่ทำให้อยู่ในเม็ดแคลเซียมอัลจิเนต ในปริมาณ 5 10 และ 20 มิลลิลิตร เส้นใยเจริญในวัสดุผสมเวอร์มิคูไลท์และพีทมอส เส้นใยเจริญในวัสดุผสมขุยมะพร้าวและแกลบ โดยผสมหัวเชื้อและวัสดุปลูกในอัตราส่วน 1:9 1:6 และ 1:3 โดยปริมาตร ที่มีต่อการกระตุ้นการเติบโตของกล้าไม้ยางนา เมื่อทำการวัดการเจริญทางความสูง เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นระดับคอราก มวลชีวภาพส่วนเหนือดิน มวลชีวภาพส่วนใต้ดิน และมวลชีวภาพรวม เมื่อต้นกล้าอายุได้ 8 เดือน ให้ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 4 และลักษณะของกล้าไม้ยางนาเมื่ออายุ 8 เดือน แสดงดังภาพที่ 9

จากตารางที่ 4 เมื่อเปรียบเทียบความสูงของชุดการทดลองที่ใส่หัวเชื้อราเอคโตไมคอร์ไรซาเห็ดเผาะฝ้ายสายพันธุ์ KANII6 รูปแบบต่างๆ กับชุดควบคุมที่ไม่ได้ใส่หัวเชื้อ พบว่า ความสูงของชุดการทดลองที่ใส่หัวเชื้อแบบเส้นใยเจริญในวัสดุผสมขุยมะพร้าวและแกลบกับวัสดุปลูกในอัตราส่วน 1:3 โดยปริมาตร มีความสูงมากกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยที่กล้าไม้มีความสูงเพิ่มขึ้น 21.54 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบชุดการทดลองแบบเส้นใยแขวนลอยปริมาณ 5 10 และ 20 มิลลิลิตร พบว่าความสูงในแต่ละชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ชุดการทดลองที่ใส่หัวเชื้อแบบเส้นใยที่ทำให้อยู่ในเม็ดแคลเซียมอัลจิเนตปริมาณ 5 10 และ 20 มิลลิลิตร พบว่าความสูงของชุดการทดลองที่ใส่ปริมาณ 20 มิลลิลิตรสูงกว่าชุดการทดลองที่ใส่ปริมาณ 5 และ10 มิลลิลิตรอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ชุด

การทดลองที่ใส่หัวเชื้อแบบเส้นใยเจริญในวัสดุผสมเวอร์มิคูไลท์และพีทมอสกับวัสดุปลูกในอัตราส่วน1:9 1:6 และ 1:3 โดยปริมาตร พบว่าความสูงในแต่ละชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ชุดการทดลองที่ใส่หัวเชื้อแบบเส้นใยเจริญในวัสดุผสมขุยมะพร้าวและแกลบกับวัสดุปลูกในอัตราส่วน 1:9 1:6 และ 1:3 โดยปริมาตร พบว่าความสูงในแต่ละชุดการทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

เมื่อเปรียบเทียบขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นที่ระดับคอรากของชุดการทดลองที่ใส่หัวเชื้อราเอคโตไมคอร์ไรซาเห็ดเผาะฝ้ายสายพันธุ์ KANII6 รูปแบบต่างๆ กับชุดควบคุมที่ไม่ได้ใส่หัวเชื้อพบว่าขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นของชุดการทดลองที่ใส่หัวเชื้อแบบเส้นใยเจริญในวัสดุผสมขุยมะพร้าวและแกลบกับวัสดุปลูกในอัตราส่วน 1:3 โดยปริมาตร มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นมากกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยที่กล้าไม้มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพิ่มขึ้น 17.86 เปอร์เซ็นต์ ส่วนชุดการทดลองอื่นๆ ไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับชุดควบคุม

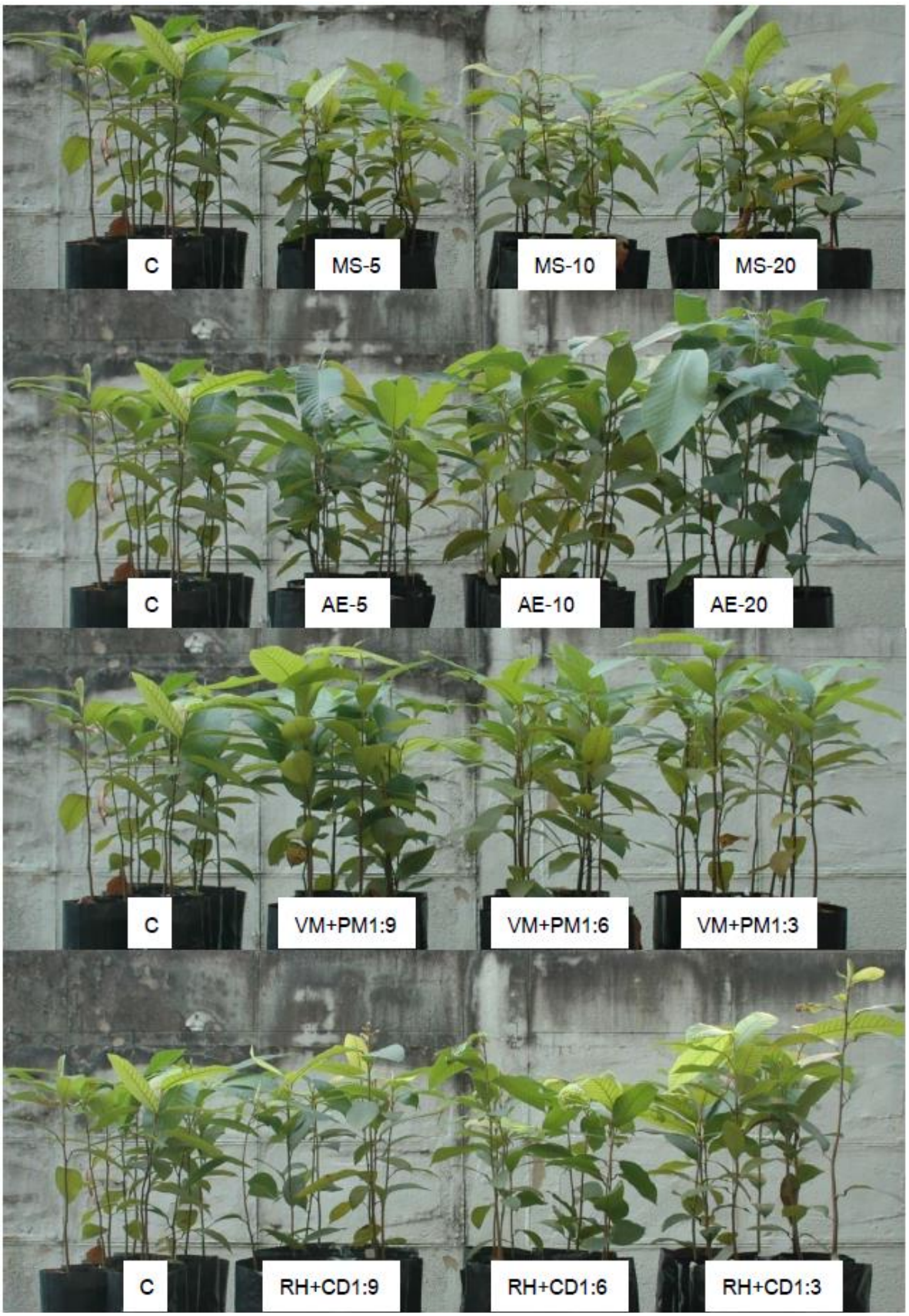
เมื่อเปรียบเทียบมวลชีวภาพส่วนเหนือดิน มวลชีวภาพส่วนใต้ดินและมวลชีวภาพรวมของชุดการทดลองที่ใส่หัวเชื้อเส้นใยราเอคโตไมคอร์ไรซาเห็ดเผาะฝ้ายสายพันธุ์ KANII6 รูปแบบต่างๆกับชุดควบคุมที่ไม่ได้ใส่หัวเชื้อ พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตารางที่ 4 การเปรียบเทียบการกระตุ้นการเติบโตของกล้าไม้ยางนาอายุ 8 เดือน เมื่อใส่หัวเชื้อราเอคโตไมคอร์ไรซาเห็ดเผาะฝ้ายสายพันธุ์ KANII6 รูปแบบต่างๆ

รูปแบบหัวเชื้อ	**ความสูง (ซม.)**	**เส้นผ่านศูนย์กลางระดับคอราก (มม.)**	**มวลชีวภาพส่วนเหนือดิน (กรัม)**	**มวลชีวภาพส่วนใต้ดิน (กรัม)**	**มวลชีวภาพรวม(กรัม)**
C	28.83bcd	4.87bc	1.93abc	0.65abcd	2.58abc
MS-5	25.58de	4.56c	1.51d	0.53bcd	2.04cd

MS-10	24.41de	4.59c	1.49d	0.48cd	1.96d
MS-20	22.90e	4.88bc	1.46d	0.49cd	1.95d
AE-5	23.45e	4.91bc	1.49d	0.43d	1.92d
AE-10	27.88cde	4.63c	1.78bcd	0.53bcd	2.31bcd
AE-20	33.29ab	4.97bc	2.13ab	0.67abc	2.80ab
VM+PM-1:9	28.91bcd	4.88bc	1.68cd	0.56bcd	2.24bcd
VM+PM-1:6	31.02abc	5.02abc	1.96abc	0.74ab	2.70ab
VM+PM-1:3	32.13abc	5.24abc	2.05abc	0.66abc	2.71ab
RH+CD-1:9	32.04abc	5.58ab	2.03abc	0.73ab	2.76ab
RH+CD-1:6	30.93abc	5.27abc	2.03abc	0.74ab	2.77ab
RH+CD-1:3	35.04a	5.74a	2.27a	0.84a	3.11a

เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยตามอักษรในแนวตั้ง ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรกำกับด้านข้างต่างกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)



ภาพที่ 9 เปรียบเทียบการเติบโตของกล้าไม้ยางนาเมื่ออายุ 8 เดือนที่ใส่หัวเชื้อราเอคโตไมคอร์ไรซาเห็ดเผาะฝ้ายสายพันธุ์ KANII6 รูปแบบต่างๆ

จากการประเมินผลรูปแบบของหัวเชื้อเส้นใยราเอคโตไมคอร์ไรซาเห็ดเผาะหนังสายพันธุ์ TAK8 ทั้ง 4 รูปแบบ คือ เส้นใยแขวนลอย เส้นใยที่ทำให้อยู่ในเม็ดแคลเซียมอัลจิเนต ในปริมาณ 5 10 และ 20 มิลลิลิตร เส้นใยเจริญในวัสดุผสมเวอร์มิคูไลท์และพีทมอส เส้นใยเจริญในวัสดุผสมขุยมะพร้าวและแกลบ โดยผสมหัวเชื้อและวัสดุปลูกในอัตราส่วน 1:9 1:6 และ 1:3 โดยปริมาตร ที่มีต่อการกระตุ้นการเติบโตของกล้าไม้ยางนา เมื่อทำการวัดการเจริญทางความสูง เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นระดับคอราก มวลชีวภาพส่วนเหนือดิน มวลชีวภาพส่วนใต้ดิน และมวลชีวภาพรวม เมื่อต้นกล้าอายุได้ 8 เดือน ให้ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 5 และลักษณะของกล้าไม้ยางนาเมื่ออายุ 8 เดือน แสดงดังภาพที่ 10

จากตารางที่ 5 เมื่อเปรียบเทียบความสูงของชุดการทดลองที่ใส่หัวเชื้อราเอคโตไมคอร์ไรซาเห็ดเผาะหนังสายพันธุ์ TAK8 รูปแบบต่างๆ กับชุดควบคุมที่ไม่ได้ใส่หัวเชื้อ พบว่า ความสูงของชุดการทดลองที่ใส่หัวเชื้อแบบเส้นใยเจริญในวัสดุผสมเวอร์มิคูไลท์และพีทมอสกับวัสดุปลูกในอัตราส่วน 1:9 1:6 และ 1:3 โดยปริมาตร และเส้นใยเจริญในวัสดุผสมขุยมะพร้าวและแกลบกับวัสดุปลูกในอัตราส่วน 1:9 1:6 และ1:3 โดยปริมาตร มีความสูงมากกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยชุดการทดลองที่ใส่หัวเชื้อแบบเส้นใยเจริญในวัสดุผสมขุยมะพร้าวและแกลบกับวัสดุปลูกในอัตราส่วน 1:3 โดยปริมาตร มีความสูงเพิ่มขึ้นมากที่สุดคือ 44 เปอร์เซ็นต์

เมื่อเปรียบเทียบขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นที่ระดับคอรากของชุดการทดลองที่ใส่หัวเชื้อราเอคโตไมคอร์ไรซาเห็ดเผาะหนังสายพันธุ์ TAK8 รูปแบบต่างๆ กับชุดควบคุมที่ไม่ได้ใส่หัวเชื้อพบว่าขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นของชุดการทดลองที่ใส่หัวเชื้อแบบเส้นใยเจริญในวัสดุผสมขุยมะพร้าวและแกลบกับวัสดุปลูกในอัตราส่วน 1:9 1:6 และ 1:3 โดยปริมาตร มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นมากกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนชุดการทดลองอื่นๆ ไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับชุดควบคุม เมื่อเปรียบเทียบมวลชีวภาพส่วนเหนือดินของชุดการทดลองที่ใส่หัวเชื้อราเอคโตไมคอร์ไรซาเห็ดเผาะหนังสายพันธุ์ TAK8 รูปแบบต่างๆ กับชุดควบคุมที่ไม่ได้ใส่หัวเชื้อ พบว่ามวลชีวภาพส่วนเหนือดินของชุดการทดลองที่ใส่หัวเชื้อแบบเส้นใยเจริญในวัสดุผสมเวอร์มิคูไลท์และพีทมอสกับวัสดุปลูกในอัตราส่วน 1:3 โดยปริมาตร และชุดการทดลองที่ใส่หัวเชื้อแบบเส้นใยเจริญในวัสดุผสมขุยมะพร้าวและแกลบกับวัสดุปลูกในอัตราส่วน 1:6 และ 1:3 โดยปริมาตร สูงกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

เมื่อเปรียบเทียบมวลชีวภาพส่วนใต้ดินของชุดการทดลองที่ใส่หัวเชื้อราเอคโตไมคอร์ไรซาเห็ดเผาะหนังสายพันธุ์ TAK8 รูปแบบต่างๆ กับชุดควบคุมที่ไม่ได้ใส่หัวเชื้อ พบว่ามวลชีวภาพส่วนใต้ดินของชุดการทดลองที่ใส่หัวเชื้อแบบเส้นใยเจริญในวัสดุผสมเวอร์มิคูไลท์และพีทมอสกับวัสดุปลูกในอัตราส่วน 1:3 และชุดการทดลองที่ใส่หัวเชื้อแบบเส้นใยเจริญในวัสดุผสมขุยมะพร้าวและแกลบกับวัสดุปลูกในอัตราส่วน 1:9 1:6 และ 1:3 โดยปริมาตร สูงกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

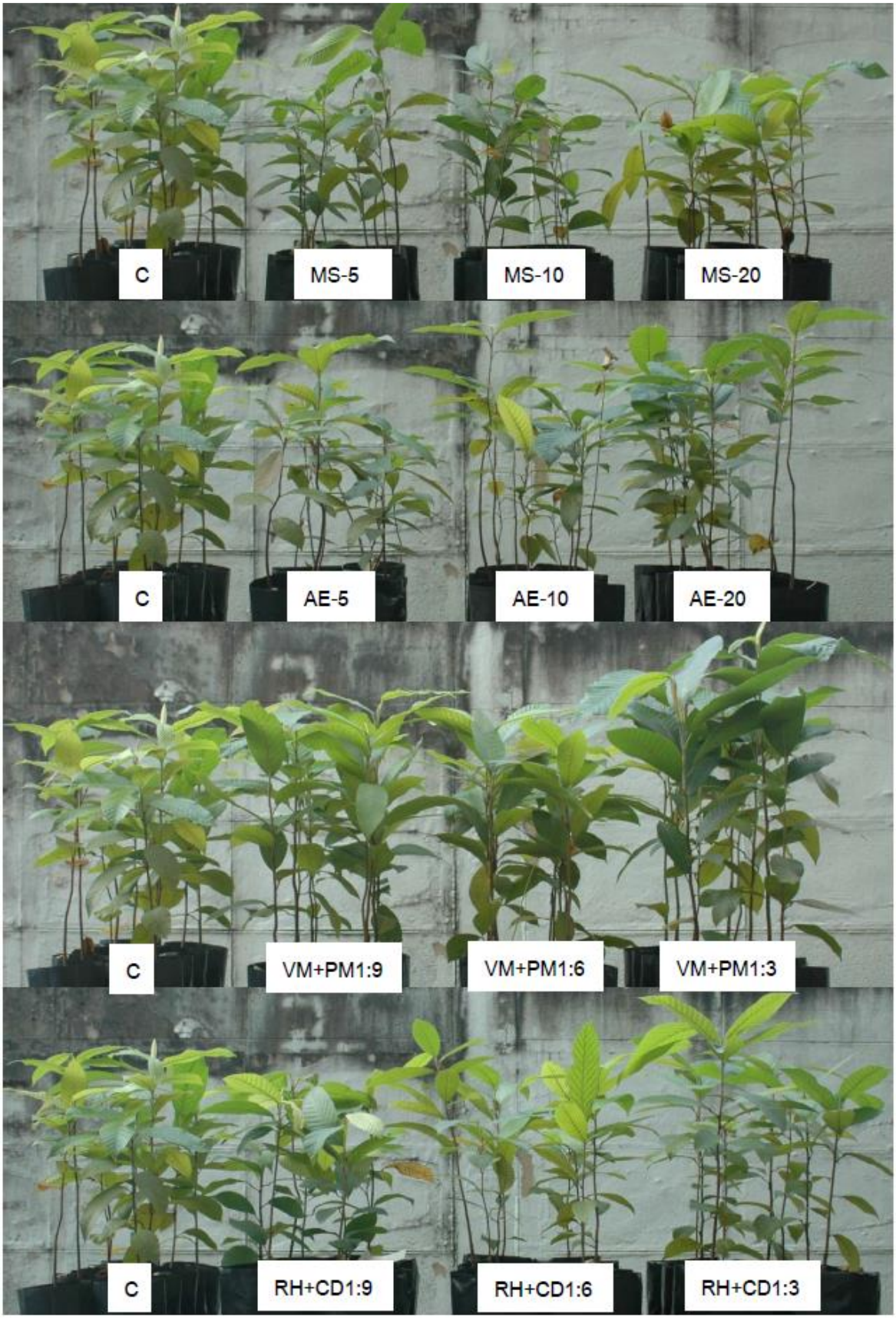
เมื่อเปรียบเทียบมวลชีวภาพรวมของชุดการทดลองที่ใส่หัวเชื้อราเอคโตไมคอร์ไรซาเห็ดเผาะหนังสายพันธุ์ TAK8 รูปแบบต่างๆ กับชุดควบคุมที่ไม่ได้ใส่หัวเชื้อ พบว่ามวลชีวภาพรวมของชุดการ

ทดลองที่ใส่หัวเชื้อแบบเส้นใยเจริญในวัสดุผสมเวอร์มิคูไลท์และพีทมอสกับวัสดุปลูกในอัตราส่วน 1:3 โดยปริมาตร และชุดการทดลองที่ใส่หัวเชื้อแบบเส้นใยเจริญในวัสดุผสมขุยมะพร้าวและแกลบกับวัสดุปลูกในอัตราส่วน 1:6 และ 1:3 โดยปริมาตร สูงกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางที่ 5 การเปรียบเทียบการกระตุ้นการเติบโตของกล้าไม้ยางนาอายุ 8 เดือน เมื่อใส่หัวเชื้อรา เอคโตไมคอร์ไรซาเห็ดเผาะหนังสายพันธุ์ TAK8 รูปแบบต่างๆ

รูปแบบหัวเชื้อ	**ความสูง (ซม.)**	**เส้นผ่านศูนย์กลางระดับคอราก (มม.)**	**มวลชีวภาพส่วนเหนือดิน (กรัม)**	**มวลชีวภาพส่วนใต้ดิน (กรัม)**	**มวลชีวภาพรวม(กรัม)**
C	27.62d	4.68bc	1.96cde	0.66de	2.62cd
MS-5	27.57d	3.76e	1.77def	0.61def	2.38de
MS-10	28.17bcd	3.71e	1.55fg	0.57ef	2.12e
MS-20	23.54e	4.61c	1.32g	0.41g	1.73f
AE-5	28.45bcd	4.90bc	1.62f	0.52fg	2.14e
AE-10	28.89bcd	4.06de	1.51fg	0.53f	2.04ef
AE-20	27.69cd	4.39cd	1.70ef	0.50fg	2.20e
VM+PM-1:9	31.72b	4.91bc	2.02bcd	0.70cd	2.72cd
VM+PM-1:6	31.43bc	4.85bc	1.91cde	0.66de	2.58cd
VM+PM-1:3	37.25a	5.18b	2.28ab	0.80bc	3.08ab
RH+CD-1:9	31.45bc	5.84a	2.11abc	0.83b	2.94bc
RH+CD-1:6	38.60a	6.17a	2.23ab	0.86b	3.09ab
RH+CD-1:3	39.80a	6.02a	2.37a	0.97a	3.34a

เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยตามอักษรในแนวตั้ง ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรกำกับด้านข้างต่างกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)



ภาพที่ 10 เปรียบเทียบการเติบโตของกล้าไม้ยางนาเมื่ออายุ 8 เดือนที่ใส่หัวเชื้อราเอคโตไมคอร์ไรซาเห็ดเผาะหนังสายพันธุ์ TAK8 รูปแบบต่างๆ

วิจารณ์ผลการวิจัย

จากการตรวจสอบลักษณะรากเอคโตไมคอร์ไรซาในชุดการทดลองที่มีการใส่หัวเชื้อราเอคโตไมคอร์ไรซาเห็ดเผาะฝ้ายสายพันธุ์ KANII6 พบว่ารากเอคโตไมคอร์ไรซา ECM1 มีลักษณะทางสัณฐานวิทยาคล้ายกับรากเอคโตไมคอร์ไรซา ECM2 ที่พบในชุดการทดลองที่มีการใส่หัวเชื้อราเอคโตไมคอร์ไรซาเห็ดเผาะหนังสายพันธุ์ TAK8 จึงไม่สามารถจำแนกรากได้โดยใช้เพียงลักษณะทางสัณฐานวิทยา ดังนั้นจึงจำเป็นต้องใช้เทคนิคทางอณูพันธุศาสตร์มาช่วยในการจำแนกชนิดรากเอคโตไมคอร์ไรซา โดยการหาลำดับเบสที่ตำแหน่ง ITS แล้วเปรียบเทียบกับลำดับเบสที่ตำแหน่ง ITS ในฐานข้อมูล GenBank มีงานวิจัยจำนวนมากที่ใช้ลำดับเบสที่ตำแหน่ง ITS มาใช้ในการพิสูจน์เอกลักษณ์ของเอคโตไมคอร์ไรซา (Palmer และคณะ, 2008; Kranabetter, 2009; Ishidaและคณะ, 2009; Tedersoo และคณะ, 2010) นอกจากนี้ยังตรวจสอบพบรากเอคโตไมคอร์ไรซาชนิดอื่นในชุดการทดลองที่มีการใส่หัวเชื้อราเอคโตไมคอร์ไรซาเห็ดเผาะฝ้ายสายพันธุ์ KANII6 และเห็ดเผาะหนังสายพันธุ์ TAK8 แต่มีจำนวนไม่มาก ซึ่งแสดงให้เห็นถึงการปนเปื้อนของราเอคโตไมคอร์ไรซาตามธรรมชาติ เมื่อตรวจสอบลำดับเบสที่ตำแหน่ง ITS ของรากเอคโตไมคอร์ไรซาดังกล่าวกับข้อมูลที่มีอยู่ใน GenBank พบว่าเป็นราเอคโตไมคอร์ไรซา *Tomentella* sp. ซึ่งราที่อยู่ในสกุลนี้พบได้ทั่วไปและเป็นชนิดเด่นในป่าสนและป่าเต็งรัง พบอาศัยอยู่ร่วมกับพืชหลายชนิด (Jakucs และ Eros-Honti, 2008) จึงอาจปนเปื้อนมากับลม น้ำ หรือเมล็ดยางนา สอดคล้องกับงานวิจัยของ Yomyart (2008) ที่ได้ทำการสำรวจโครงสร้างสังคมของราเอคโตไมคอร์ไรซาในป่าเต็งรังในประเทศไทย พบว่า*Tomentella* spp. เป็นชนิดรากเอคโตไมคอร์ไรซาที่พบเด่นในป่าเต็งรัง นอกจากนี้ยังเป็นราเอคโตไมคอร์ไรซาที่พบปนเปื้อนอยู่กับรากกล้าไม้ในเรือนเพาะชำ และ Yuwa-Amornpitak และคณะ (2006)ได้ทำการศึกษาความหลากหลายของราเอคโตไมคอร์ไรซาในป่าไม้วงศ์ไม้ยางในประเทศไทย พบรากเอคโตไมคอร์ไรซา *Tomentella* spp. ในรากไม้ยางนา (*D. alatus*) เช่นเดียวกัน อย่างไรก็ตามการปนเปื้อนราเอคโตไมคอร์ไรซาชนิดอื่นๆเป็นสิ่งที่ต้องควรตระหนัก เนื่องจากส่งผลให้การติดเชื้อของราเอคโตไมคอร์ไรซาที่ต้องการลดลง ซึ่งหากเป็นราเอคโตไมคอร์ไรซาที่สามารถสร้างดอกเห็ดที่รับประทานได้ อาจทำให้ไม่สามารถเกิดดอกเห็ดได้เนื่องจากปริมาณการติดเชื้อที่น้อย ถึงแม้ว่าการมีราเอคโตไมคอร์ไรซาที่ต้องการร่วมกับราเอคโตไมคอร์ไรซาที่ปนเปื้อ นจะให้ผลการกระตุ้นการเจริญของกล้าไม้ก็ตาม ดังนั้นจึงจำเป็นต้องคัดเลือกราเอคโตไมคอร์ไรซาที่มีการเจริญเติบโตเร็วและสามารถแข่งขันในการเข้าอาศัยรากพืชได้ดีมาใช้ผลิตเป็นหัวเชื้อ นอกจากนี้การใช้วัสดุปลูกที่ผ่านการฆ่าเชื้อและการฆ่าเชื้อบริเวณผิวของเมล็ดก่อนปลูกอาจเป็นวิธีการหนึ่งที่จะช่วยในการลดปนเปื้อนราเอคโตไมคอร์ไรซาชนิดอื่นได้

จากการประเมินผลรูปแบบหัวเชื้อเส้นใยราเอคโตไมคอร์ไรซาเห็ดเผาะฝ้ายสายพันธุ์KANII6 และเห็ดเผาะหนังสายพันธุ์ TAK8 ทั้ง 4 รูปแบบที่มีต่อการติดเชื้อไมคอร์ไรซาของกล้าไม้ยางนา พบเปอร์เซ็นต์การติดเชื้อไมคอร์ไรซา เมื่อใช้หัวเชื้อเส้นใยราเอคโตไมคอร์ไรซาเห็ดเผาะฝ้ายสายพันธุ์

KANII6 ใส่ให้กับกล้าไม้ยางนาเมื่ออายุ 8 เดือน พบว่ามีเปอร์เซ็นต์การติดเชื้อไมคอร์ไรซา 34.02-80.64 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 2) และเมื่อใช้หัวเชื้อเส้นใยราเอคโตไมคอร์ไรซาเห็ดเผาะหนังสายพันธุ์ TAK8 มีเปอร์เซ็นต์การติดเชื้อไมคอร์ไรซา 31.98-88.68 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 3) จากการเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การติดเชื้อไมคอร์ไรซาเมื่อใช้หัวเชื้อทั้ง 4 รูปแบบ พบว่าหัวเชื้อเส้นใยราเอคโตไมคอร์ไรซาเห็ดเผาะฝ้ายและเห็ดเผาะหนังที่เจริญในวัสดุผสมเวอร์มิคูไลท์และพีทมอสและที่เจริญในวัสดุผสมขุยมะพร้าวและแกลบที่ผสมกับวัสดุปลูกในอัตราส่วนที่เหมาะสมทำให้กล้าไม้มีการติดเชื้อไมคอร์ไรซาสูงที่สุด รองลงมาคือเส้นใยที่ทำให้อยู่ในเม็ดแคลเซียมอัลจิเนต ส่วนเส้นใยแขวนลอยทำให้กล้าไม้มีการติดเชื้อไมคอร์ไรซาต่ำที่สุด ดังนั้นแสดงว่าวิธีการใส่และปริมาณของหัวเชื้อที่ต่างกัน ส่งผลให้กล้าไม้มีการติดเชื้อไมคอร์ไรซาต่างกัน

เมื่อใช้หัวเชื้อเส้นใยราเอคโตไมคอร์ไรซาเห็ดเผาะฝ้ายสายพันธุ์ KANII6 และเห็ดเผาะหนังสายพันธุ์ TAK8 แบบเส้นใยแขวนลอย พบว่ากล้าไม้มีเปอร์เซ็นต์การติดเชื้อไมคอร์ไรซาที่ต่ำเมื่อเทียบกับวิธีการอื่นๆ และพบว่าการใส่หัวเชื้อวิธีนี้ในปริมาณที่ต่างกันไม่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์การติดเชื้อไมคอร์ไรซา สอดคล้องกับงานวิจัยของ Palade และคณะ (2004) ที่รายงานว่าหัวเชื้อแบบเส้นใยแขวนลอยของ *Lactarius deliciosus* 217 ในปริมาณ 5 มิลลิลิตร หรือ 0.025 กรัมของน้ำหนักแห้ง ทำให้กล้าไม้สน *Pinus pinaster* มีการติดเชื้อไมคอร์ไรซา 24 เปอร์เซ็นต์ และ *P. sylvestris* 10 เปอร์เซ็นต์เท่านั้น Brundrett และคณะ (2005) รายงานว่าราเอคโตไมคอร์ไรซาบางชนิดไม่สามารถเจริญได้หลังจากเส้นใยถูกปั่นเป็นชิ้นเล็กๆ ซึ่งสอดคล้องกับงานของ Danielson และ คณะ(1984) และ Boyle และคณะ(1987) ที่รายงานว่าเส้นใยของรา *Pisolithus* sp. และ *Paxillus* sp. ไม่มีประสิทธิภาพหลังจากเส้นใยถูกปั่น ดังนั้นแสดงว่าเมื่อเส้นใยถูกใส่ให้กับกล้าไม้โดยที่เส้นใยไม่ได้รับการปกป้องหรือปรับตัวให้เข้ากับธรรมชาติ ก็อาจทำให้เส้นใยถูกทำลายหรือรอดชีวิตได้น้อยจนไม่สามารถเข้าไปเกิดไมคอร์ไรซาได้ อย่างไรก็ตาม หัวเชื้อรูปแบบนี้ได้รับความนิยมในการทำเป็นหัวเชื้อเนื่องจากเป็นวิธีที่ง่าย เพิ่มปริมาณหัวเชื้อได้รวดเร็วและปราศจากการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ (Danielson และคณะ, 1984; Boyle และคณะ, 1987; Richter และ Bruhn,1989) จากผลการทดลองนี้ หากต้องการใช้หัวเชื้อเห็ดเผาะในรูปแบบนี้อาจต้องมีการใส่หัวเชื้อในปริมาณที่มากกว่า 20 มิลลิลิตร ถึงจะส่งผลต่อการติดเชื้อไมคอร์ไรซา

สำหรับหัวเชื้อเส้นใยราเอคโตไมคอร์ไรซาเห็ดเผาะฝ้ายสายพันธุ์ KANII6 และเห็ดเผาะหนังสายพันธุ์ TAK8 แบบเส้นใยที่ทำให้อยู่ในเม็ดแคลเซียมอัลจิเนต พบว่าทำให้กล้าไม้มีเปอร์เซ็นต์การติดเชื้อไมคอร์ไรซาสูงกว่าเมื่อใช้หัวเชื้อแบบเส้นใยแขวนลอย เนื่องจากหัวเชื้อรูปแบบนี้มีข้อดีคือเส้นใยจะสามารถมีชีวิตอยู่ได้นาน เพราะเม็ดอัลจิเนตเก็บรักษาความชื้นเอาไว้ได้ เส้นใยราจึงได้รับการปกป้อง สามารถปรับตัวและสามารถเจริญเข้าไปติดเชื้อที่รากกล้าไม้ได้ ราเอคโตไมคอร์ไรซาหลายชนิด เช่น *Descocolea* sp. *Hebeloma* sp. *Laccaria* sp. และ *Pisolithus* sp. ประสบความสำเร็จจากการทำหัวเชื้อด้วยวิธีนี้ และสามารถเก็บไว้ได้ที่อุณหภูมิต่ำนานถึง 7 เดือน (Kuek และคณะ, 1992) และเมื่อใช้หัวเชื้อราเอคโตไมคอร์ไรซาเห็ดเผาะฝ้ายและเห็ดเผาะหนังในปริมาณที่ต่างกันคือ 5 10 และ 20 มิลลิลิตร

พบว่าการใช้หัวเชื้อปริมาณ 10 มิลลิลิตร ทำให้กล้าไม้มีเปอร์เซ็นต์การติดเชื้อไมคอร์ไรซาสูงกว่าการใช้ปริมาณ 5 และ 20 มิลลิลิตร อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังนั้นแสดงว่าการใช้หัวเชื้อในปริมาณที่เหมาะสม จะสามารถเพิ่มการติดเชื้อไมคอร์ไรซาของกล้าไม้ได้ โดยไม่จำเป็นต้องใช้ปริมาณหัวเชื้อมากที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Mortier และคณะ (1989) ที่ได้เปรียบเทียบปริมาณการใส่หัวเชื้อเส้นใยที่อยู่ในเม็ดแคลเซียมอัลจิเนตปริมาณ 2 5 และ 10 กรัมของน้ำหนักแห้ง พบว่าเมื่อผ่านไป 11 สัปดาห์ ต้นกล้าที่ใส่หัวเชื้อ 10 กรัมของน้ำหนักแห้ง มีเปอร์เซ็นต์การติดเชื้อไมคอร์ไรซาสูงที่สุด แต่เมื่อผ่านไป 25 สัปดาห์พบว่าชุดการทดลอง 2 5 และ 10 กรัมของน้ำหนักแห้ง มีเปอร์เซ็นต์การติดเชื้อไม่แตกต่างกัน ซึ่งแสดงให้เห็นว่า ปริมาณหัวเชื้อมีความสำคัญกับระยะเวลาในการติดเชื้อ การใช้หัวเชื้อในปริมาณที่น้อยอาจต้องใช้ระยะเวลานานขึ้นในการจะให้เชื้อนั้นเข้าสู่รากและพัฒนาเป็นรากเอคโตไมคอร์ไรซา

สำหรับหัวเชื้อเส้นใยราเอคโตไมคอร์ไรซาเห็ดเผาะฝ้ายสายพันธุ์ KANII6 และเห็ดเผาะหนังสายพันธุ์ TAK8 แบบเส้นใยเจริญในวัสดุผสมเวอร์มิคูไลท์และพีทมอส และวัสดุผสมขุยมะพร้าวและแกลบ พบว่าทำให้กล้าไม้มีเปอร์เซ็นต์การติดเชื้อไมคอร์ไรซาสูงกว่าหัวเชื้อรูปแบบอื่นสอดคล้องกับงานวิจัยของ Palade และคณะ (2004) ที่รายงานว่า *L. deliciosus* 178 เมื่อใช้เป็นหัวเชื้อแบบเส้นใยเจริญในวัสดุผสมเวอร์มิคูไลท์และพีทมอสสามารถเกิดไมคอร์ไรซากับ *P. pinaster* และ *P. sylvestris* 100 เปอร์เซ็นต์ Hung และ Trappe (1987) ได้ใส่หัวเชื้อราเอคโตไมคอร์ไรซา *Laccaria laccata* และ *Hebeloma crustuliniforme* แบบเส้นใยเจริญในวัสดุผสมเวอร์มิคูไลท์และพีทมอสให้กับต้นเฟอร์ พบว่าหัวเชื้อรารูปแบบนี้เป็นหัวเชื้อที่มีประสิทธิภาพสูง โดยมีเปอร์เซ็นต์การติดเชื้อ 83 เปอร์เซ็นต์ และ 90 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

จากผลการทดลองพบว่าการใช้อัตราส่วนระหว่างหัวเชื้อต่อวัสดุปลูกในอัตราส่วน 1:6 ทำให้กล้าไม้มีเปอร์เซ็นต์การติดเชื้อสูงกว่าการใช้ในอัตราส่วน 1:9 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ไม่ต่างกันทางสถิติกับการใช้ในอัตราส่วน 1:3 ดังนั้นแสดงว่าการใช้หัวเชื้อในปริมาณที่เหมาะสมก็จะทำให้กล้าไม้มีการติดเชื้อไมคอร์ไรซาได้ โดยที่ไม่จำเป็นต้องสิ้นเปลืองหัวเชื้อในปริมาณมากถึงจะทำให้กล้าไม้มีการติดเชื้อมาก หัวเชื้อแบบเส้นใยเจริญในวัสดุผสมเวอร์มิคูไลท์และพีทมอสนี้ถูกจัดว่าเป็นการผลิตหัวเชื้อที่เหมาะสมที่สุดที่ใส่ให้กับกล้าไม้ (Marx, 1980) ทั้งนี้เพราะเวอร์มิคูไลท์มีข้อดีคือ อากาศถ่ายเทได้ดีมีรูพรุน เส้นใยเมื่อเจริญแทรกเข้าไปสามารถได้รับการปกป้องและพีทมอสช่วยในการปรับ pH ให้เหมาะสมต่อการเจริญของเส้นใยซึ่งอยู่ในระหว่าง 4.8-5.5 และมีอาหารเลี้ยงเชื้อเหลวที่มีธาตุอาหารเพื่อใช้ในการเจริญเติบโต การเลี้ยงเส้นใยบนวัสดุจึงเป็นการปรับสภาพเส้นใยราให้สามารถเจริญแทรกได้ดีก่อนที่จะนำไปผสมกับวัสดุปลูก นอกจากนี้วิธีการใส่หัวเชื้อนั้นไม่เป็นการทำลายเส้นใยราอีกด้วยเพราะไม่ต้องปั่นเส้นใยเหมือนการทำหัวเชื้อเส้นใยรูปแบบอื่น และหัวเชื้อรูปแบบนี้สามารถเพิ่มปริมาณเชื้อได้มาก เพราะเส้นใยจะเจริญแทรกเข้าไปในวัสดุ ต่างจากการทำหัวเชื้อแบบเส้นใยแขวนลอยที่ต้องเลี้ยงเชื้อในจาเพาะเชื้อจึงทำให้เพิ่มปริมาณเชื้อได้น้อยและมีค่าใช้จ่ายสูง แต่อย่างไรก็ตามเวอร์มิคูไลท์และพีทมอสนั้นมีราคาแพงและต้องนำเข้าจากต่างประเทศอาจไม่เหมาะสำหรับใช้ในการผลิตเป็นหัวเชื้อปริมาณมากหรือ

เชิงการค้าสำหรับประเทศไทยหรือประเทศที่ต้องนำเข้าเวอร์มิคูไลท์ ซึ่งจะทำให้การผลิตหัวเชื้อมีค่าใช้จ่ายสูง ดังนั้นการประยุกต์ใช้วัสดุที่มีอยู่ในท้องถิ่นมาใช้ผลิตหัวเชื้อจึงมีความจำเป็น

จากผลการทดลองนี้พบว่าเมื่อเปรียบเทียบการใช้หัวเชื้อแบบเส้นใยเจริญในวัสดุผสมเวอร์มิคูไลท์และพีทมอสกับการใช้หัวเชื้อแบบเส้นใยเจริญในวัสดุผสมขุยมะพร้าวและแกลบในปริมาณที่ใส่ให้กับกล้าไม้เท่ากัน พบว่าเปอร์เซ็นต์การติดเชื้อไมคอร์ไรซาไม่ต่างกันทางสถิติ นอกจากนี้ ยังพบว่าเส้นใยราเอคโตไมคอร์ไรซาเห็ดเผาะฝ้ายสายพันธุ์ KANII6 และเห็ดเผาะหนังสายพันธุ์ TAK8 สามารถเจริญได้ในวัสดุคือขุยมะพร้าวและแกลบที่ทำให้ชุ่มด้วยอาหารเลี้ยงเชื้อเหลวได้ดีเช่นเดียวกับเวอร์มิคูไลท์และพีทมอส ดังนั้น จากการทดลองนี้แสดงให้เห็นว่าสามารถใช้วัสดุคือแกลบและขุยมะพร้าวซึ่งหาได้ง่ายและมีราคาถูกกว่ามาทดแทนการใช้เวอร์มิคูไลท์และพีทมอสได้ ซึ่งจะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการลดต้นทุนในการผลิตหัวเชื้อราเอคโตไมคอร์ไรซา

เมื่อประเมินผลรูปแบบของหัวเชื้อราเอคโตไมคอร์ไรซาเส้นใยเห็ดเผาะฝ้ายสายพันธุ์KANII6 ต่อการกระตุ้นการเติบโตของกล้าไม้ยางนา พบว่าชุดการทดลองที่ใส่หัวเชื้อแบบเส้นใยเจริญในวัสดุผสมขุยมะพร้าวและแกลบกับวัสดุปลูกในอัตราส่วน 1:3 โดยปริมาตร สามารถเพิ่มการเติบโตทางความสูงและขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นของกล้าไม้ยางนาได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับชุดควบคุม สำหรับเส้นใยราเอคโตไมคอร์ไรซาเห็ดเผาะหนังสายพันธุ์ TAK8 พบว่าชุดการทดลองที่ใส่หัวเชื้อแบบเส้นใยเจริญในวัสดุผสมเวอร์มิคูไลท์และพีทมอสและหัวเชื้อแบบเส้นใยเจริญในวัสดุผสมขุยมะพร้าวและแกลบกับวัสดุปลูกในอัตราส่วน 1:9 1:6 และ 1:3 โดยปริมาตร สามารถเพิ่มการเติบโตทางความสูงของกล้าไม้ยางนาได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับชุดควบคุม และหัวเชื้อแบบเส้นใยเจริญในวัสดุผสมขุยมะพร้าวและแกลบกับวัสดุปลูกในอัตราส่วน 1:6 และ 1:3 โดยปริมาตร สามารถเพิ่มการเติบโตทางความสูง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น มวลชีวภาพเหนือดิน มวลชีวภาพใต้ดินและมวลชีวภาพรวมของกล้าไม้ยางนาได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับชุดควบคุม หากพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์การติดเชื้อไมคอร์ไรซาเห็ดเผาะและการกระตุ้นการเติบโตของกล้าไม้ยางนา พบว่าชุดการทดลองที่มีเปอร์เซ็นต์การติดเชื้อไมคอร์ไรซาประมาณ 60 เปอร์เซ็นต์ขึ้นไป จะสามารถกระตุ้นการเติบโตของกล้าไม้ยางนาทางความสูง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น มวลชีวภาพเหนือดิน มวลชีวภาพใต้ดินและมวลชีวภาพรวมได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Thomson และคณะ (1994) ที่รายงานว่าการกระตุ้นการเจริญเติบโตของพืชมีความสัมพันธ์โดยตรงกับเปอร์เซ็นต์การติดเชื้อไมคอร์ไรซา อย่างไรก็ตาม Mortier และคณะ (1989) รายงานว่ากล้าไม้ที่มีการเจริญเติบโตมากที่สุดอาจไม่ได้มาจากชุดการทดลองที่มีเปอร์เซ็นต์การติดเชื้อสูงที่สุด ดังนั้นเปอร์เซ็นต์การติดเชื้อที่เหมาะสมจะสามารถกระตุ้นการเจริญเติบโตของกล้าไม้ได้ดีที่สุด ซึ่งเปอร์เซ็นต์การติดเชื้อที่เหมาะสมจะมีความแตกต่างกันขึ้นกับชนิดพืชและชนิดราเอคโตไมคอร์ไรซา

สรุปผลการวิจัย

จากการประเมินผลรูปแบบของหัวเชื้อเส้นใยราเอคโตไมคอร์ไรซาเห็ดเผาะฝ้ายสายพันธุ์KANII6 4 รูปแบบที่มีต่อการติดเชื้อไมคอร์ไรซาของกล้าไม้ยางนา พบลักษณะรากเอคโตไมคอร์ไรซาในชุดการทดลองที่มีการใส่หัวเชื้อราเอคโตไมคอร์ไรซาเห็ดเผาะฝ้ายสายพันธุ์ KANII6 มีลักษณะการแตกแขนงแบบ monopodial pinnate มีแผ่นแมนเทิลสีเหลืองอมน้ำตาล (ECM1)และเมื่อตรวจสอบชนิดของราก KANII6 โดยการหาลำดับเบสที่ตำแหน่ง ITS แล้วเปรียบเทียบกับลำดับเบสที่ตำแหน่ง ITS ในฐานข้อมูล GenBank พบว่ามีความเหมือนกับลำดับเบสที่ตำแหน่ง ITS กับราเอคโตไมคอร์ไรซาเห็ดเผาะฝ้าย *A. asiaticus* (EU718089) เป็น 97 เปอร์เซ็นต์ สำหรับในชุดการทดลองที่มีการใส่หัวเชื้อราเอคโตไมคอร์ไรซาเห็ดเผาะหนังสายพันธุ์ TAK8 พบรากเอคโตไมคอร์ไรซามีลักษณะการแตกแขนงแบบ monopodial pinnate มีแผ่นแมนเทิลสีเหลืองอมน้ำตาล (TAK8) และเมื่อตรวจสอบชนิดของรากเอคโตไมอร์ไรซา TAK8 โดยการหาลำดับเบสที่ตำแหน่ง ITS แล้วเปรียบเทียบกับลำดับเบสที่ตำแหน่ง ITS ในฐานข้อมูล GenBank พบว่ามีความเหมือนกับลำดับเบสที่ตำแหน่ง ITS กับราเอคโตไมคอร์ไรซาเห็ดเผาะหนัง *A. odoratus* (AJ629879) เป็น 99 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้เมื่อตรวจสอบลักษณะรากเอคโตไมคอร์ไรซาในชุดการทดลองที่มีการใส่หัวเชื้อราเอคโตไมคอร์ไรซาเห็ดเผาะฝ้ายสายพันธุ์ KANII6 และเห็ดเผาะหนังสายพันธุ์ TAK8 พบรากเอคโตไมคอร์ไรซาชนิดอื่นในบางชุดการทดลอง มีลักษณะการแตกแขนงแบบ monopodial pinnate มีแผ่นแมนเทิลสีขาว (ECM) แต่มีปริมาณการติดเชื้อน้อยประมาณ 3 เปอร์เซ็นต์ เมื่อตรวจสอบชนิดของรากเอคโตไมอร์ไรซา ECM โดยการหาลำดับเบสที่ตำแหน่ง ITS แล้วเปรียบเทียบกับลำดับเบสที่ตำแหน่ง ITS ในฐานข้อมูล GenBank พบว่ามีความเหมือนกับลำดับเบสที่ตำแหน่ง ITS กับราเอคโตไมคอร์ไรซาในกลุ่ม *Tomentella* sp. (EU819522) เป็น 95 เปอร์เซ็นต์

จากการคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การติดเชื้อไมคอร์ไรซาของกล้าไม้ยางนาเมื่ออายุ 8 เดือนพบว่าในชุดควบคุมที่ไม่ได้ใส่หัวเชื้อ ไม่พบการติดเชื้อไมคอร์ซา สำหรับเปอร์เซ็นต์การติดเชื้อของราเอคโตไมคอร์ไรซาทั้งสองสายพันธุ์มีค่าใกล้เคียงกันโดยชุดการทดลองที่ใส่หัวเชื้อเส้นใยราเอคโตไมคอร์ไรซาเห็ดเผาะฝ้ายสายพันธุ์ KANII6 มีเปอร์เซ็นต์การติดเชื้อไมคอร์ไรซา 34.02-80.64 เปอร์เซ็นต์ สำหรับชุดการทดลองที่ใส่หัวเชื้อเส้นใยราเอคโตไมคอร์ไรซาเห็ดเผาะหนังสายพันธุ์ TAK8 มีเปอร์เซ็นต์การติดเชื้อไมคอร์ไรซา 31.98-88.68 เปอร์เซ็นต์ และพบว่าชุดการทดลองที่ใส่หัวเชื้อแบบเส้นใยเจริญในวัสดุผสมขุยมะพร้าวและแกลบกับวัสดุปลูกในอัตราส่วน 1:6 ของแต่ละสายพันธุ์ มีเปอร์เซ็นต์การติดเชื้อไมคอร์ไรซาสูงที่สุด ราเอคโตไมคอร์ไรซาทั้งสองสายพันธุ์สามารถกระตุ้นการเติบโตของกล้าไม้ได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อมีเปอร์เซ็นต์การติดเชื้อมากกว่า 12 เปอร์เซ็นต์ขึ้นไป และกล้าไม้ที่ได้รับหัวเชื้อแบบเส้นใยเจริญในวัสดุผสมขุยมะพร้าวและแกลบกับวัสดุปลูกในอัตราส่วน 1:3 โดยปริมาตร มีการเติบโตทางความสูง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น มวลชีวภาพเหนือดิน มวลชีวภาพใต้ดินและมวลชีวภาพรวมสูงกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ผลการศึกษาครั้งนี้แสดงให้เห็นว่า เปอร์เซ็นต์การติดเชื้อมีความแปรผันขึ้นอยู่กับปริมาณของหัวเชื้อและวิธีการใส่หัวเชื้อรูปแบบต่างๆ นอกจากนี้ยังสามารถใช้ขุยมะพร้าวและแกลบเป็นทางเลือกสำหรับใช้เป็นวัสดุในการผลิตหัวเชื้อเส้นใยทางการค้าได้เนื่องจากหาได้ง่ายและมีราคาถูก

ข้อเสนอแนะ

จากการวิจัยนี้พบว่า ได้หัวเชื้อราเอคโตไมคอร์ไรซาเห็ดเผาะที่เหมาะสมที่สามารถกระตุ้นการเติบโตของกล้าไม้ยางนาได้ แต่ควรทำการวิจัยเพิ่มเติมในแปลงปลูก เนื่องจากผลทดลองในเรือนเพาะชำไม่สามารถแสดงผลที่แท้จริงเมื่ออยู่ในสภาพธรรมชาติได้

เอกสารอ้างอิง

ภาษาไทย

อนิวรรต เฉลิมพงษ์ และ ธีรวัฒน์ บุญทวีคุณ. 2524. **การสำรวจเชื้อราเอคโตไมคอร์ไรซาที่สัมพันธ์กับรากต้นไม้ในระบบนิเวศวิทยาป่าเต็งรังท้องที่สะแกราช**. กรุงเทพมหานคร: กรมป่าไม้.

อนิวรรต เฉลิมพงษ์ และ ธีรวัฒน์ บุญทวีคุณ. 2525. **การสำรวจเอคโตไมคอร์ไรซาในระบบนิเวศวิทยาป่าดิบแล้ง**. กรุงเทพมหานคร: กรมป่าไม้.

ภาษาอังกฤษ

Boyle, C. D., Robertson, W. J., and Salonius, P. O. 1987. Use of mycelia slurries of mycorrhizal fungi as inoculums for commercial tree seedling nurseries. **Canadian Journal of Forest Research**. 17: 1480-1486.

Bradley, R., Burt, A. J., and Read, D. J. 1982. The biology of mycorrhiza in the Ericaceae VIII. The role of mycorrhizal infection in heavy metal resistance. **New Phytologist**. 91: 197-209.

Brundrett , M., Bougher, N., Dell, B., Grove, T., and Malajczuk, N. 1996. **Working with mycorrhizas in forestry and agriculture**. Canberra: Pirie Printers.

Brundrett , M., Malajczuk, N., Mingqin, G., Daping, X., Snelling, S., and Dell, B. 2005. Nursery inoculation of Eucalyptus seedlings in Western Australia and Southern China using spores and mycelial inoculum of diverse ectomycorrhizal fungi from different climatic regions. **Forest Ecology and Management**. 209: 193-205.

Chen, Y. L., Dell, B., and Malajczuk, N. 2006. Effect of Scleroderma spore density and age on mycorrhiza formation and growth of containerized *Eucalyptus globulus* and *E. urophylla* seedlings. **New Forests**. 31: 453- 467.

Chilvers, G. A. 1968. Some distinctive types of eucalypt mycorrhiza. **Australian Journal of Botany**. 26: 49-70.

Cromack, K., Sollins, P., Graustein, W. C., Speidel, K., Todd, A. W., Spycher, G., Li, C. Y., and Todd, R. L. 1979. Calcium oxalate accumulation and soil weathering in mats of the hypogeous fungus *Hysterangium crassurn.* **Soil Biology and Biochemistry**. 11: 463 468.

Danielson, R. M., Visser, S., and Parkinson, D. 1984. The effectiveness of mycelia slurries of mycorrhizal fungi for the inoculation of container-grown jack pine seedlings. **Canadian Journal of Botany**. 14: 140-142.

Danielson, R. M. 1985. Mycorrhizae and reclamation of stressed terrestrial environments. In Tate, R. L., and Klein, D. A., eds, Soil Reclamation Processes: **Microbial Analyses and Applications**, pp. 173-201. New York: Marcel Dekker.

Entry, J. A., Rose, C. L., and Cromack, K. 1987. Litter decomposition and nutrient release in ectomycorrhizal mat communities in a Douglas-fir forest soil. **Soil Biology and Biochemistry**. 23: 285- 290.

Finlay, R. D., and Rosling, A. 2005. Integrated nutrient cycles in forest ecosystems: the role of ectomycorrhizal fungi. In Gadd, G. M., ed, **Fungi in Biogeochemical Cycles**. Cambridge: Cambridge University Press.

Frey-Klett, P., and Garbaye, J. 2005. Mycorrhiza helper bacteria: a promising model for the genomic analysis of fungal-bacterial interactions. **New Phytologist**. 168: 4-8.

Garbaye, J., Delwaulle, J. C., and Diangana, D.1988 . Growth response of eucalypts in the Congo to ectomycorrhizal inoculation. **Forest Ecology and Management**. 24: 151-157.

Garbaye, J. 1994. Tansley review No. 76 helper bacteria: a new dimension to the mycorrhizal symbiosis. **New Phytologist**. 128: 197-210.

Griffith, P. R., Baham, J. E., and Cladwell, B. A. 1994. Soil solution chemistry of ectomycorrhizal mats in forest soil. **Soil Biology and Biochemistry**. 26: 331-337.

Graustein, W. C., Cromack, K., and Sollins, P. 1977. Calcium oxalate: occurrence in soils and effect on nutrient and geochemical cycles. **Science**. 198: 1252-1254.

Haley, J. L., and Smith, S. E. 1983. **Mycorrhizal Symbiosis**. London: Academic Press.

Hung, L. L., and Trappe, J. M. 1987. Ectomycorrhizal inoculation of Douglas-fir transplanted container seedlings with commercially produced inoculum. **New Forests**. 1: 141-152.

Ishida, T. A., Nara, K., Ma, S., Takano, T., and Liu, S. 2009. Ectomycorrhizal fungal community in alkaline-saline soil in northeastern China. **Mycorrhiza**. 19: 329-335.

Jakucs, E., and Eros-Honti, Z. 2008. Morphological-anatomical characterization and identification of *Tomentella* ectomycorrhizas. **Mycorrhiza**. 18: 277-285**.**

Jones, M. D. and Hutchinson, T. C. 1986. The effects of mycorrhizal infection on the response of *Betula papyrifera* to nickel and copper. **New Phytologist**. 102: 429-442.

Kirk, P. M., Cannon, P. F., David, J. C., and Stalpers, J. A. 2001. **Ainsworth and Bisby's Dictionary of the Fungi**. 9th ed, Wallingford : CABI Publishing.

Kirk, P. M., Cannon, P. F., David, J. C., and Stalpers, J. A. 2008. Ainsworth and Bisby's

Dictionary of the Fungi. 10th ed, Wallingford : CABI Publishing.

Kranabetter, J. M., and Durall, D. M., and MacKenzie, W. H. 2009. Diversity and species distribution of ectomycorrhizal fungi along productivity gradients of a southern boreal forest. **Mycorrhiza**. 19: 99-111.

Kuek, C., Tommerup, I. C., and Malajczuk, N. 1992. Hydrogel bead inocula for the production of ectomycorrhizal eucalypts for plantations. **Mycological Research**. 96: 273-277.

Lee, S. S., Patahayah, M., Chong, W. S., and Lapeyrie, F. 2008. Successful ectomycorrhizal inoculation of dipterocarp species with a locally isolated fungus in Peninsular Malaysia. **Journal of Tropical Forest Science**. 20: 237-247.

Lopez-Hernandez, D., Sieaert, G., and Rodriauez, J. V. 1986. Competitive absorption of phosphate with malate and oxalate by tropical soils. **Soil Science Society of 77 America Journal**. 50: 1460-1462.

Malajczuk, N., and Cromack, K. 1982. Accumulation of calcium oxalate in the mantle of ectomycorrhizal roots of *Pinus radiata* and *Eucalyptus marginata.* **New Phytologist**. 92: 527-531.

Marx, D. H. 1980. Ectomycorrhizal fungus inoculations: a tool for improving forestation practices. In Mikola, P., ed, **Tropical Mycorrhiza Research**., pp. 13-71. Oxford: Clarendon.

Marx, D. H., and Kenny, D. S. 1982. Production of ectomycorrhizal fungus inoculum. In Schenck, N. C., ed, **Methods and Principles of Mycorrhizal Research**., pp.131-146. St. Paul, Minnesota: The American Phytopathological Society.

Marx, D. H., Ruehle, J. L., and Cordell, C. E. 1991. Methods for studing nursery and field reponse of trees to specific ectomycorrhiza. In Norris, J. R., Read, D. J., and Varma, A. K., eds, **Methods in Microbiology**., pp. 383-411. London: Academic Press.

Meyer, F. H. 1973. Distribution of ectomycorrhizae in native and man-made forests. In Marks, G. C., and Kozlowski, T. T., eds, **Ectomycorrhizae**., pp. 79-105. New York: Academic Press.

Molina, R., Massicotte, H., and Trappe, J. M. 1992. Specificity phenomenon in mycorrhizal symbiosis: community ecological consequences and practical implications. In Allen, M. F., ed, **Mycorrhizal Functioning**., pp. 357- 423. London: Chapman and Hall.

Mortier, F., Le Tacon, F., and Garbaye, J. 1989. Effect of dose and formulation of *Laccaria laccata* inoculum on mycorrhizal infection and growth of Douglas fir in nursery. **Agriculture, Ecosystems and Environment**. 28: 351-354.

Nara, K., Nakaya, H., Wu, B., Zhou, Z., and Hogetsu, T. 2003. Underground primary succession of ectomycorrhizal fungi in a volcanic desert on Mount Fuji. **New Phytologist**. 159: 743-756.

Nunez, J. A. D., Serrano, J. S., Barreal, J. A. R., and Gonzalez, J. A. S. O. 2006. The influence of mycorrhization with *Tuber melanosporum* in the afforestation of a mediterranean site with *Quercus ilex* and *Quercus faginea*. **Forest Ecology and Management**. 231: 226 – 233.

O'Connell, A. M., Malaiczuk, N., and Gailitis, V. 1983. Occurrence of calcium oxalate in karri *(Eucalyptus diversicolor* F. Muell.) forest ecosystems of south western Australia. **Oecotogia**. 56: 239 - 244.

Palmer, J. M., Lindner, D. L., and Volk, T. J. 2008. Ectomycorrhizal characterization of an American chestnut (*Castanea dentata*)-dominated community in Western Wisconsin. **Mycorrhiza**.19: 27-36.

Parlade, J., Pera, J., and Luque, J. 2004. Evaluation of mycelial inocula of edible *Lactarius* species for the production of *Pinus pinaster* and *P. sylvestris* mycorrhizal seedlings under greenhouse conditions. **Mycorrhiza**. 14: 171-176.

Peterson, R. L., and Chakravarty, P. 1991. Techniques in systhesizing ectomycorrhiza. In Norris, J. R., Read, D. J., and Varma, A. K., eds, **Methods in Microbiology**., pp. 75-106. London: Academic Press.

Phosri, C., Watling, R., Martin, M. P., and Whalley, A. J. S. 2004. The genus Astraeus in Thailand. **Mycotaxon**. 89: 453-463.

Phosri, C., Martin, M. P., Sihanoth, P., Whalley, A. J. S., and Watling, R. 2007. Molecular study of the genus *Astraeus*. **Mycological Research**. 111: 275-286.

Richter, D. L., and Bruhn, J . N. 1989. Field survival of containerized red and jack pine seedlings inoculated with mycelial slurries of ectomycorrhizal fungi. **New Forest**.3: 247-258.

Smith, S. E., and Read, D. J. 1997. **Mycorrhizal Symbiosis**. Harcourt Brace & Company, Publishers, San Diego: Academic Press.

Sollins, P., Cromack, K., Li, C. Y., and Fogel, R. 1981. Role of low-molecular-weight organic acids in the inorganic nutrition of fungi and higher plants. In Wicklow, D. T., and Carroll ,G. C., eds, **The Fungal Community: Its Organization and Role in the Ecosystem**., pp. 607-619. New York : Marcel Dekker.

Sousa, N. R., Franco, A. R., Oliveira, R. S., and Castro, P. M. L. 2010. Ectomycorrhizal fungi as an alternative to the use of chemical fertilisers in nursery production of *Pinus pinaster*. **Journal of Environmental Management**. 1-6.

Taylor, A. F. S., and Alexander, I. J. 2005. The ectomycorrhizal symbiosis: life in the real world. **Mycologist**. 19: 102 -112.

Tedersoo, L., May, T. W., and Smith, M. E. 2010. Ectomycorrhizal lifestyle in fungi: global diversity, distribution, and evolution of phylogenetic lineages. **Mycorrhiza**. 20: 217-263.

Thomson, B. D., Grove, T. S., Malajczuk, N., and Hardy, G. E. STJ. 1994. The effectiveness of ectomycorrhizal fungi in increasing the growth of *Eucalyptus globulus* Labill. in relation to root colonization and hyphal development in soil. **New Phytologist**. 126: 517-524.

Trappe, J. M. 1977. Selection of fungi for ectomycorrhizal inoculation in nurseries. **Annual Reviews of Phytopathology**. 15: 203-222.

Turjaman, M., Tamai, Y., Segah, H., Limin, S. H., Cha, J. Y., Osaki, M., and Tawaraya, K. 2005. Inoculation with the ectomycorrhizal fungi *Pisolithus arhizus* and *Scleroderma* sp. improves early growth of *Shorea pinanga* nursery seedlings. **New Forests**. 30: 67-73.

Yazid, M. S., Lee, S. S., and Lapeyrie, F. 1994. Growth stimulation of *Hopea* spp. (Dipterocarpaceae) seedlings following ectomycorrhizal inoculation with an exotic strain of *Pisolithus tinctorius*. **Forest Ecology and Management**. 67: 339-343.

Yomyart, S. 2008. Community structure of ectomycorrhizal fungi and reforestation application in Dipterocapaceae. **Doctor dissertation**. Field of study Biotechnology, Graduate School, Chulalongkorn University.

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: 1059-1064.

Zak, B. 1971. Characterization and identification of Douglas fir mycorrhizae. In Haeskaylo, E.,ed, **Mycorrhizae**. pp. 38 - 53. Washington DC: US Government Printing Office.

Zeller, S. M. 1948. Notes on certain gasteromycetes, including two new orders. **Mycologia**. 40: 639-668.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
พิสูจน์เอกลักษณ์ราเอคโตไมคอร์ไรซา

ผล ITS sequences ของราก KANII6 ในชุดการทดลองที่มีการใส่หัวเชื้อราเอคโตไมคอร์ไรซาเห็ดเผาะฝ้ายสายพันธุ์ KANII6 ได้ดังนี้คือ

AGCGAATTCTGAGGCGGGAGAGCGCAAGGGGGTTCTAGCATTTCGGAATGCTGTCG
CTGGCCTTTCGGGGCATGTGCCCGTCTTCCGAGTGTCTGCCTTCGGACCTCCGAACC
CTCTCCTATACCTTCCAAACACACCTGTGTGCACCTGTTGGAGGCCTTGTCTATTAGGC
AGACCTATGTATTACTTTCATAAACATCGAAGTATAAAAGAATGTTTGAACACACGATAT
ATATGAATAAATATACTTTCAGCAATGGATCTCTTGGCTCTCGCATCGATGAAGAACGC
AGCGAATTGCGATAAGTAATGGGAATTGCAGATTTTCCGTGAATCACGAATCTTTGAAC
GCACCTTGCGCTCCTTGGTATTCCGAGGAGCATGCCTGTTTGAGTGTCATCGAAATCT
CAAAATCCTAGCTTTGCCTTGTCGGAACTTGGTTTTTGGACTTTGGGAGTTTGCGGGCG
ACCCCTTTGCTTTGGGAAGTCGGCTCTCCTTAAATTGATTAGCAGTGGGTGCAAGTCC
TTTGCATGGCACGGCCTGTTCGACGTCGTAGTGATCGTCGCGGGCTGGAAGGGCTTG
GATTGACATGTCTCATGCTTCCAACTTTTACATGCGCCAAGTTTAGTCTAGGCTACTCT
AGCGTGTGTCCTTTTCTCTAAGGCTTGACCTCAAATCAGGTAGGACTACCCGCTGAA

ผล ITS sequences ของราก TAK8 ในชุดการทดลองที่มีการใส่หัวเชื้อราเอคโตไมคอร์ไรซาเห็ดเผาะหนังสายพันธุ์ TAK8 ได้ดังนี้คือ

ATTACCGAATCGTGCAAGGAGCGTAAGACGGTCGGAGGAGGAACCTCGGGGGGGT
GTCTAGTAGTATTTCGGAGTTGCTGGTCGCTGGCCTTTCGGCCATGTGCACGTCTCCG
GAGTCCGATGGGGTGTGTATACACCCAACCCCCCCTCGGCCTCGGTCTCCTTCGGAA
CCTCTGAAGCTCCTGTACCTCTCTAACACCATTGTGCACCTTGTTGTAGGTCTCGTCGA
GGGACCTATGTATTCCTTTTTTTTATAAAGCTCTCTGCATGTATACAGAACGTTGTCTTTT
GACAAACATGTCATATAAACATATATATAACTTTCAGCAATGGATCTCTTGGCTCTCGC
ATCGATGAAGAACGCAGCGAATCGCGATAAGTAATGTGAATTGCAGATTTTCCGTGAA
TCATCGAATCTTTGAACGCACCTTGCGCTCCTTGGTATTCCGAGGAGCATGCCTGTTT
GAGTGTCATCGAAATCTCAAATCCTAAGCTTTGCTTCGGTCGCCGACTCGGAGCGAG
CTCGGACTTGGACTTTGGGAGTCTGCGGGCGACCCGACTTTGCTCGGGACGCCGGC
TCTCCTCAAATGCATTAGCGGTGGGCTTCGAGCCTTTGCACGGCACGGCCTGTTCGA

CGTCGTAGTGATCGTCGCGGGCTGGAAGTGCTTGGATCGACGTGTCTCATGCTTCCA
ACCATGTGCCGCGCCGCGCCGGGGTTGTTAATCCCGGGGCCGGAACTCTTCTAAGG
CGTGACGTCGA

ผล ITS sequences ของราก ECM ในชุดการทดลองที่มีการใส่หัวเชื้อราเอคโตไมคอร์ไรซาเห็ดเผาะฝ้ายสายพันธุ์ KANII6 และในชุดการทดลองที่มีการใส่หัวเชื้อราเอคโตไมคอร์ไรซาเห็ดเผาะหนังสายพันธุ์ TAK8 ได้ดังนี้คือ

TCTTGGTCATTTAGAGGAAGTAAAAGTCGTAACAAGGTTTCCGTAGGTGAACCTGCGG
AAGGATCATTACCGAATTGTCAACACGGGTTGTTGCTGGCCCCCGTAGGGGGGCATG
TGCACACTCTGTTCACACATCCACTCACACCTGTGCACCCTCTGTAGTTCTGTGGTCTG
GGGGGCCCTGTCCTCCTGCTGTGGTCTGCATCTTTACACACACACACTGTAACAAAGT
CTAATGGAATGCATGTCGCGTTTAACGCAATACAATACAACTTTCAGCAACGGATCTCT
TGGCTCTCGCATCGATGAAGAACGCAGCGAAATGCGATAAGTAATGTGAATTGCAGA
ATTCAGTGAATCATCGAATCTTTGAACGCACCTTGCGCCCTTTGGCTATTCCGGAGGG
CATGCCTGTTTGAGTATCATGAACACCTCAACTCTTGTGGTTTTCCATGATGTATGCTTG
GACTTTGGGGGTCTTGCTGGCTACAGTCGGCTCCTCTCAAATGAATCAGCTTACCGGT
GTTTGGTGGGTATCATGGGTGTGATAACTATCTACGCTTGTGGATTTCCACCAGGTAAC
CTTCATCAATGGAGGTTCACTGGAGCTCATA

ภาคผนวก ข
ผลการวิเคราะห์ค่าทางสถิติ

ภาคผนวก ข ตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์ค่าทางสถิติ โดยวิธี Oneway – ANOVA ของความสูง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นที่ระดับคอราก มวลชีวภาพส่วนเหนือดิน มวลชีวภาพส่วนใต้ดิน มวลชีวภาพรวมและเปอร์เซ็นต์การติดเชื้อไมคอร์ไรซาของกล้าไม้ยางนาเมื่ออายุ 8 เดือนที่ได้รับหัวเชื้อราเอคโตไมคอร์ไรซาเห็ดเผาะฝ้ายสายพันธุ์ KANII6 รูปแบบต่างๆ

		Sum of Squares	df	Mean square	F	Sig.
ความสูง	Between Groups	551.201	12	45.933	6.122	.000
	Within Groups	195.090	26	7.503		
	Total	746.291	38			
ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นที่ระดับคอราก	Between Groups	4.705	12	.392	2.523	.023
	Within Groups	4.040	26	.155		
	Total	8.745	38			
มวลชีวภาพส่วนเหนือดิน	Between Groups	2.826	12	.235	6.009	.000
	Within Groups	1.019	26	.039		
	Total	3.845	38			
มวลชีวภาพส่วนใต้ดิน	Between Groups	.557	12	.046	3.518	.004
	Within Groups	.343	26	.013		
	Total	.899	38			
มวลชีวภาพรวม	Between Groups	5.712	12	.476	5.103	.000
	Within Groups	2.425	26	.093		
	Total	8.138	38			
เปอร์เซ็นต์การติดเชื้อไมคอร์ไรซา	Between Groups	495.325	12	41.277	23.879	.000
	Within Groups	44.944	26	1.729		
	Total	540.269	38			

ภาคผนวก ข ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์ค่าทางสถิติ โดยวิธี Duncan's Multiple Range Test ของความสูงของกล้าไม้ยางนาเมื่ออายุ 8 เดือนที่ได้รับหัวเชื้อราเอคโตไมคอร์ไรซาเห็ดเผาะฝ้าย สายพันธุ์ KANII6 รูปแบบต่างๆ

Post Hoc Tests

Homogeneous Subsets

ความสูง

Duncan[a]

Treatment	N	Subset for alpha = 0.05				
		1	2	3	4	5
4	3	22.9033				
5	3	23.4533				
3	3	24.4100	24.4100			
2	3	25.5833	25.5833			
6	3	27.8800	27.8800	27.8800		
1	3		28.8333	28.8333	28.8333	
8	3		28.9133	28.9133	28.9133	
12	3			30.9333	30.9333	30.9333
9	3			31.0200	31.0200	31.0200
11	3			32.0400	32.0400	32.0400
10	3			32.1333	32.1333	32.1333
7	3				33.2933	33.2933
1	3					35.0400
Sig.		.055	.081	.108	.093	.116

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

ภาคผนวก ข ตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์ค่าทางสถิติ โดยวิธี Duncan's Multiple Range Test ของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นที่ระดับคอรากของกล้าไม้ยางนาเมื่ออายุ 8 เดือนที่ได้รับหัวเชื้อราเอคโตไมคอร์ไรซาเห็ดเผาะฝ้ายสายพันธุ์ KANII6 รูปแบบต่างๆ

Post Hoc Tests

Homogeneous Subsets

ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นที่ระดับคอราก

Duncan[a]

Treatment	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
2	3	4.5600		
3	3	4.5933		
6	3	4.6267		
1	3	4.8733	4.8733	
4	3	4.8767	4.8767	
8	3	4.8800	4.8800	
5	3	4.9100	4.9100	
7	3	4.9667	4.9667	
9	3	5.0200	5.0200	5.0200
10	3	5.2400	5.2400	5.2400
12	3	5.2733	5.2733	5.2733
11	3		5.5800	5.5800
13	3			5.7400
Sig.		.070	.069	.054

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

ภาคผนวก ข ตารางที่ 4 ผลการวิเคราะห์ค่าทางสถิติ โดยวิธี Duncan's Multiple Range Test ของมวลชีวภาพส่วนเหนือดินของกล้าไม้ยางนาเมื่ออายุ 8 เดือนที่ได้รับหัวเชื้อราเอคโตไมคอร์ไรซาเห็ดเผาะฝ้ายสายพันธุ์ KANII6 รูปแบบต่างๆ

Post Hoc Tests

Homogeneous Subsets

มวลชีวภาพส่วนเหนือดิน

Duncan[a]

Treatment	N				
		1	2	3	4
4	3	1.4600			
3	3	1.4867			
5	3	1.4867			
2	3	1.5100			
8	3	1.6767	1.6767		
6	3	1.7833	1.7833	1.7833	
1	3		1.9300	1.9300	1.9300
9	3		1.9633	1.9633	1.9633
11	3		2.0300	2.0300	2.0300
12	3		2.0300	2.0300	2.0300
10	3		2.0533	2.0533	2.0533
7	3			2.1300	2.1300
13	3				2.2700
Sig.		.088	.051	.071	.077

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

ภาคผนวก ข ตารางที่ 5 ผลการวิเคราะห์ค่าทางสถิติ โดยวิธี Duncan's Multiple Range Test ของมวลชีวภาพส่วนใต้ดินของกล้าไม้ยางนาเมื่ออายุ 8 เดือนที่ได้รับหัวเชื้อราเอคโตไมคอร์ไรซาเห็ดเผาะฝ้ายสายพันธุ์ KANII6 รูปแบบต่างๆ

Post Hoc Tests

Homogeneous Subsets

มวลชีวภาพส่วนใต้ดิน

Duncan[a]

Treatment	N				
		1	2	3	4
5	3	.4333			
3	3	.4767	.4767		
4	3	.4933	.4933		
2	3	.5267	.5267	.5267	
6	3	.5300	.5300	.5300	
8	3	.5633	.5633	.5633	
1	3	.6467	.6467	.6467	.6467
10	3		.6600	.6600	.6600
7	3		.6700	.6700	.6700
11	3			.7333	.7333
12	3			.7367	.7367
9	3			.7400	.7400
13	3				.8400
Sig.		.056	.085	.060	.082

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

ภาคผนวก ข ตารางที่ 6 ผลการวิเคราะห์ค่าทางสถิติ โดยวิธี Duncan's Multiple Range Test ของมวลชีวภาพรวมของกล้าไม้ยางนาเมื่ออายุ 8 เดือนที่ได้รับหัวเชื้อราเอคโตไมคอร์ไรซาเห็ดเผาะฝ้ายสายพันธุ์ KANII6 รูปแบบต่างๆ

Post Hoc Tests

Homogeneous Subsets

มวลชีวภาพรวม

Duncan[a]

Treatment	N				
		1	2	3	4
5	3	1.9200			
3	3	1.9533			
4	3	1.9633			
2	3	2.0367	2.0367		
8	3	2.2400	2.2400	2.2400	
6	3	2.3133	2.3133	2.3133	
1	3		2.5767	2.5767	2.5767
9	3			2.7033	2.7033
10	3			2.7133	2.7133
11	3			2.7633	2.7633
12	3			2.7667	2.7667
7	3			2.8000	2.8000
13	3				3.1100
Sig.		.176	.056	.062	.072

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

ภาคผนวก ข ตารางที่ 7 ผลการวิเคราะห์ค่าทางสถิติ โดยวิธี Duncan's Multiple Range Test ของเปอร์เซ็นต์การติดเชื้อไมคอร์ไรซาของกล้าไม้ยางนาเมื่ออายุ 8 เดือนที่ได้รับหัวเชื้อราเอคโตไม-คอร์ไรซาเห็ดเผาะฝ้ายสายพันธุ์ KANII6 รูปแบบต่างๆ

Post Hoc Tests

Homogeneous Subsets

เปอร์เซนต์การติดเชื้อไมคอร์ไรซา

Duncan[a]

Treatment	N	Subset for alpha = 0.05						
		1	2	3	4	5	6	7
1	3	.0000						
4	3		34.0002					
3	3		37.9800	37.3200				
2	3		37.9802	37.9802				
8	3			49.3200	49.3200			
5	3				56.6398	56.6398		
7	3				57.3198	57.3198		
11	3				57.3602	57.3602		
10	3					64.0200	64.0200	
6	3						72.0002	72.0002
13	3						74.6438	74.6438
9	3						76.0002	76.0002
12	3							80.6398
Sig.		1.000	.562	.089	.266	.308	.099	.229

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

ภาคผนวก ข ตารางที่ 8 ผลการวิเคราะห์ค่าทางสถิติ โดยวิธี Oneway – ANOVA ของความสูง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นที่ระดับคอราก มวลชีวภาพส่วนเหนือดิน มวลชีวภาพส่วนใต้ดิน มวลชีวภาพรวมและเปอร์เซ็นต์การติดเชื้อไมคอร์ไรซาของกล้าไม้ยางนาเมื่ออายุ 8 เดือนที่ได้รับหัวเชื้อราเอคโตไมคอร์ไรซาเห็ดเผาะหนังสายพันธุ์ TAK8 รูปแบบต่างๆ

		Sum of Squares	df	Mean square	F	Sig.
ความสูง	Between Groups	851.702	12	70.975	17.741	.000
	Within Groups	104.019	26	4.001		
	Total	955.722	38			
ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นที่ระดับคอราก	Between Groups	22.828	12	1.902	23.010	.000
	Within Groups	2.150	26	.083		
	Total	24.978	38			
มวลชีวภาพส่วนเหนือดิน	Between Groups	3.842	12	.320	14.721	.000
	Within Groups	.566	26	.022		
	Total	4.408	38			
มวลชีวภาพส่วนใต้ดิน	Between Groups	.954	12	.079	20.025	.000
	Within Groups	.103	26	.004		
	Total	1.057	38			
มวลชีวภาพรวม	Between Groups	8.445	12	.704	17.097	.000
	Within Groups	1.070	26	.041		
	Total	9.515	38			
เปอร์เซ็นต์การติดเชื้อไมคอร์ไรซา	Between Groups	650.156	12	54.180	41.158	.000
	Within Groups	34.226	26	1.316		
	Total	684.382	38			

ภาคผนวก ข ตารางที่ 9 ผลการวิเคราะห์ค่าทางสถิติ โดยวิธี Duncan's Multiple Range Test ของความสูงของกล้าไม้ยางนาเมื่ออายุ 8 เดือนที่ได้รับหัวเชื้อราเอคโตไมคอร์ไรซาเห็ดเผาะหนังสายพันธุ์ TAK8 รูปแบบต่างๆ

Post Hoc Tests

Homogeneous Subsets

ความสูง

Duncan[a]

Treatment	N	Subset for alpha = 0.05				
		1	2	3	4	5
4	3	23.5433				
2	3		27.5667			
1	3		27.6200			
7	3		27.6933	27.6933		
3	3		28.1700	28.1700	28.1700	
5	3		28.4467	28.4467	28.4467	
6	3		28.8867	28.8867	28.8867	
9	3			31.4333	31.4333	
11	3			31.4467	31.4467	
8	3				31.7200	
10	3					37.2533
12	3					38.6000
13	3					39.8000
Sig.		1.000	.484	.051	.064	.152

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

ภาคผนวก ข ตารางที่ 10 ผลการวิเคราะห์ค่าทางสถิติ โดยวิธี Duncan's Multiple Range Test ของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นที่ระดับคอรากของกล้าไม้ยางนาเมื่ออายุ 8 เดือนที่ได้รับหัวเชื้อราเอคโตไมคอร์ไรซาเห็ดเผาะหนังสายพันธุ์ TAK8 รูปแบบต่างๆ

Post Hoc Tests

Homogeneous Subsets

ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นที่ระดับคอราก

Duncan[a]

Treatment	N	Subset for alpha = 0.05				
		1	2	3	4	5
3	3	3.7100				
2	3	3.7600				
6	3	4.0600	4.0600			
7	3		4.3867	4.3867		
4	3			4.6133		
1	3			4.6800	4.6800	
9	3			4.8467	4.8467	
5	3			4.9000	4.9000	
8	3			4.9133	4.9133	
10	3				5.1800	
11	3					5.8400
13	3					6.0200
12	3					6.1667
Sig.		.170	.176	.057	.066	.200

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

ภาคผนวก ข ตารางที่ 11 ผลการวิเคราะห์ค่าทางสถิติ โดยวิธี Duncan's Multiple Range Test ของมวลชีวภาพส่วนเหนือดินของกล้าไม้ยางนาเมื่ออายุ 8 เดือนที่ได้รับหัวเชื้อราเอคโตไมคอร์ไรซาเห็ดเผาะหนังสายพันธุ์ TAK8 รูปแบบต่างๆ

Post Hoc Tests

Homogeneous Subsets

มวลชีวภาพส่วนเหนือดิน

Duncan[a]

Treatment	N	Subset for alpha = 0.05						
		1	2	3	4	5	6	7
4	3	1.3167						
6	3	1.5100	1.5100					
3	3	1.5500	1.5500					
5	3		1.6233					
7	3		1.7033	1.7033				
2	3		1.7667	1.7667	1.7667			
9	3			1.9133	1.9133	1.9133		
1	3			1.9633	1.9633	1.9633		
8	3				2.0200	2.0200	2.0200	
11	3					2.1100	2.1100	2.1100
12	3						2.2333	2.2333
10	3						2.2833	2.2833
13	3							2.3700
Sig.		.077	.066	.057	.063	.147	.054	.057

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

ภาคผนวก ข ตารางที่ 12 ผลการวิเคราะห์ค่าทางสถิติ โดยวิธี Duncan's Multiple Range Test ของมวลชีวภาพส่วนใต้ดินของกล้าไม้ยางนาเมื่ออายุ 8 เดือนที่ได้รับหัวเชื้อราเอคโตไมคอร์ไรซา เห็ดเผาะหนังสายพันธุ์ TAK8 รูปแบบต่างๆ

Post Hoc Tests

Homogeneous Subsets

มวลชีวภาพส่วนเหนือดิน

Duncan[a]

Treatment	N	Subset for alpha = 0.05						
		1	2	3	4	5	6	7
4	3	.4133						
7	3	.4967	.4967					
5	3	.5200	.5200					
6	3		.5300					
3	3		.5700	.5700				
2	3		.6133	.6133	.6133			
1	3			.6567	.6567			
9	3			.6633	.6633			
8	3				.6967	.6967		
10	3					.8000	.8000	
11	3						.8333	
12	3						.8567	
13	3							.9667
Sig.		.059	.051	.108	.150	.055	.308	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

ภาคผนวก ข ตารางที่ 13 ผลการวิเคราะห์ค่าทางสถิติ โดยวิธี Duncan's Multiple Range Test ของมวลชีวภาพรวมของกล้าไม้ยางนาเมื่ออายุ 8 เดือนที่ได้รับหัวเชื้อราเอคโตไมคอร์ไรซาเห็ดเผาะหนังสายพันธุ์ TAK8 รูปแบบต่างๆ

Post Hoc Tests

Homogeneous Subsets

มวลชีวภาพรวม

Duncan[a]

Treatment	N	Subset for alpha = 0.05					
		1	2	3	4	5	6
4	3	1.7300					
7	3	2.0400	2.0400				
5	3		2.1200				
6	3		2.1433				
3	3		2.2000				
2	3		2.3800	2.3800			
1	3			2.5767	2.5767		
9	3			2.6200	2.6200		
8	3			2.7167	2.7167		
10	3				2.9433	2.9433	
11	3					3.0833	3.0833
12	3					3.0900	3.0900
13	3						3.3367
Sig.		.073	.076	.073	.051	.412	.160

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

ภาคผนวก ข ตารางที่ 14 ผลการวิเคราะห์ค่าทางสถิติ โดยวิธี Duncan's Multiple Range Test ของเปอร์เซ็นต์การติดเชื้อไมคอร์ไรซาของกล้าไม้ยางนาเมื่ออายุ 8 เดือนที่ได้รับหัวเชื้อราเอคโตไม-คอร์ไรซาเห็ดเผาะหนังสายพันธุ์ TAK8 รูปแบบต่างๆ

Post Hoc Tests

Homogeneous Subsets

เปอร์เซ็นต์การติดเชื้อไมคอร์ไรซา

Duncan[a]

Treatment	N	Subset for alpha = 0.05					
		1	2	3	4	5	6
1	3	.0000					
3	3		31.9799				
2	3		32.6382				
4	3		35.3364				
8	3			54.0000			
11	3			60.6600	60.6600		
7	3			64.6777	64.6777		
5	3			65.3433	65.3433		
10	3			66.6608	66.6608		
9	3				72.0000	72.0000	
13	3					81.6778	81.6778
6	3						85.3438
12	3						88.6834
Sig.		1.000	.582	.052	.081	.109	.229

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3.000.

ประวัติผู้วิจัย

1. ชื่อ - นามสกุล (ภาษาไทย) นางจิตรตรา เพียภูเขียว

ชื่อ - นามสกุล (ภาษาอังกฤษ) Mrs. Jittra Piapukiew

2. เลขหมายบัตรประจำตัวประชาชน 3869900134599

3. ตำแหน่งปัจจุบัน ผู้ช่วยศาสตราจารย์

4. หน่วยงานและสถานที่อยู่ที่ติดต่อได้สะดวก

ภาควิชพฤกษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ถนนพญาไท เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330

โทร. 022185492 โทรสาร 022528979 e-mail: jittra.k@chula.ac.th

5. ประวัติการศึกษา

มหาวิทยาลัย	ปริญญา	สาขาวิชา	ปีที่ได้รับ ค.ศ.
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	วท.บ. (เกียรตินิยมอันดับ1)	เกษตรศาสตร์	1992
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	M.S.	เทคโนโลยีชีวภาพ	1996
University of Tokyo	Ph.D.	Forest Science	2003

6. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา) ระบุสาขาวิชาการ

ไม่มี

7. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ โดยระบุสถานภาพในการทำการวิจัยว่าเป็นผู้อำนวยการแผนงานวิจัย หัวหน้าโครงการวิจัย หรือผู้ร่วมวิจัยในแต่ละผลงานวิจัย

7.1 หัวหน้าโครงการวิจัยเรื่อง

- การแยก microsatellite Marker สำหรับราเอคโตไมคอร์ไรซ่าเห็ดเผาะ *Astraeus hygrometricus*
  แหล่งทุน กองทุนพัฒนาศักยภาพ อาจารย์ใหม่ สกว (2548-2550)
- การย่อยสลายทางชีวภาพของเอ็นโดซัลแฟนโดยรา
  แหล่งทุนรัชดาภิเษกสมโภช จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
- การย่อยสลายทางชีวภาพของแอทราซีนโดยรา
  แหล่งทุน ทุน90 ปี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

- การคัดเลือกจุลินทรีย์เพื่อผลิตหัวเชื้อปุ๋ยหมักจากทลายปาล์มน้ำมัน
แหล่งทุน ทุน 90 ปี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
- การใช้ราเอคโตมัยคอร์ไรซาสำหรับการประยุกต์ใช้ในการปลูกป่าไม้วงศ์ยางนาใน จังหวัดน่าน
แหล่งทุน ทุนภายใต้ โครงการวิทยาเพื่อพื้นถิ่น จากจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

7.2 ผู้ร่วมวิจัยในโครงการวิจัยเรื่อง

- การศึกษาความหลากหลายของราเอคโตไมคอร์ไรซ่าในป่าเต็งรัง อ.เวียงสา จ. น่าน
แหล่งทุน จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
- การผลิตไบโอดีเซล โดยกระบวนการกระตุ้นด้วยเอนไซม์ไลเปส
แหล่งทุนสำนักพัฒนาการวิจัยการเกษตร (องค์การมหาชน) สวก

7.3 งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว

ผลงานวิจัยที่เผยแพร่ในวารสารย้อนหลัง 5 ปี

Karnchanatat, A., Petsom, A., Sangvanich, P., **Piapukiew, J.**, Reynolds, C.D. Whalley A.J.S.and Sihanonth, P.2007. Purification and biochemical characterization of an extracellular β-glucosidase from wood-decaying fungus *Daldini eschscholzii* (Ehrenb. Fr) Rehm. **FEMS Microbiology Letters** 270: 162-170.

Karnchanatat, A., Petsom, A., Sangvanich, P., **Piapukiew, J.**, Whalley, A.J.S., Reynolds, C.D., and Sihanonth, P.2008. A novel thermostable endoglucanase from the wood-decaying fungus *Daldinia eschscholzii* (Ehrenb.:Fr.) Rehm. **Enzyme and Microbial Technology** 42: 404-412.

Pornpakakul, S, Suwancharoen S. Petsom A., Roengsumran, S., Muangsin N, Chaichit, N, **Piapukiew J.**, Sihanonth P., Allen J.W. 2009. A new sesquiterpenoid metabolite from *Psilocybe samuiensis*. **Journal of Asian Natural Products Research** 11:12-17

Pechwang J, Sihanonth P, Pornpakakul S, Muangsin N, **Piapukiew J**, Vangnai A, Chaichit N, Chuchawankul S, and Petsom A. 2010. Biotransformation of ent-kaur - 16-en-19-oic acid by *Psilocybe cubensis*.**Natural Product Reseach** 24: 905-914.

Chaeprasert S, **Piapukiew J**, Whalley A.JS. and Sihanonth P. 2010. Endophytic fungi from mangrove plant species of Thailand: their antimicrobial and anticancer potentials. Botanica **Marina** 53 : 555–564

Wipusaree N, Sihanonth P, **Piapukiew** J, Sangvanich Pand Karnchanatat A.2011. Purification and characterization of a xylanase from the endophytic fungus *Alternaria alternata* isolated from the Thai medicinal plant, *Croton oblongifolius* Roxb. **African Journal of Microbiology Research** .5(31): 5697- 5712

การนำเสนอผลงานวิชาการในการประชุมวิชาการย้อนหลัง 5 ปี

Thongkaew S., Sangvichien E., Sihanonth P., Someya T, **Piapukiew J.** 2007. Distribution and cultivation of mycobiont family Trypethliaceae (lichen-forming fungi, Ascomycota) in Thailand. International Symposium on Microbial Ecology. Asia 2007, 15-17 September 2007. Ehime Univ.,Matsuyama, Japan.

Nitsakulkan T., **Piapukiew J.**, Palaga T., Someya T, Whalley A.J.S, Sihanonth P.2007. Bioactive compounds produced by actinomycetes isolated from herbivore dung in Thailand.International Symposium on Microbial Ecology. Asia 2007, 15-17 September 2007. Ehime Univ.,Matsuyama, Japan.

Yomyart S., **Piapukiew J.**, Wu B., Hogetsu T, Sihanonth P. 2007. Community structure of ectomycorrhizal fungi in a dipterocarp forest in Thailand. International Symposium on Microbial Ecology. Asia 2007, 15-17 September 2007. Ehime Univ., Matsuyama, Japan.

Tatong W, Chulaluksananukul, W. Lian C. Hogetsu, T. Sihanonth, P, **Piapukiew J.** 2007. Development of microsatellite markers for ectomycorrhizal fungus *Astraeus hygrometricus* (Pers.) Morgan. การประชุมนักวิจัยรุ่นใหม่ พบเมธีวิจัยอาวุโส สกว ครั้งที่ 7 วันที่11-13 ตุลาคม 2550 โรงแรมแอมบาสซาเดอร์ ซิตี้ จอมเทียน จ. ชลบุรี ทุนกองทุนพัฒนาศักยภาพ อาจารย์ใหม่ สกว (2548-2550)

Ruangcharus C., Chulaluksananukul W., Sihanonth P., **Piapukiew J.** 2007. Effect of Different inoculum source on composting of oil Palm. The 33rd Congress on Sciences and Technology of Thailand.October 18-20, 2007 Walailuk Univ., Nakhon Si Thammarat, Thailand.

Mongkol R. **Piapukiew J.** and chavasiri W. 2007. Control of Heart rot disease of pineapple using butyl 4-hydroxy Benzoate. 12th Biological Graduate Congress. December 17-19, 2007, University of Malaya, Malaysia

Yomyart S., **Piapukiew J.** Wu B., Hogetsu T., and Sihanonth P. 2007. Community structure of Ectomycorrhizal fungi in a *Dipterocarpus alatus* Plantation in Thailand. Asian Mycology Congress and International Marine & Freshwater Mycology Symposium, 2-6 December 2007, Parkroyal Penang, Malaysia.

Angsanam S., Malilas W., Vangnai A.S., Chulalaksananukul W., **Piapukiew J.** 2008. Screening and optimization for lipase production form *Fusarium solani* CU103.

The 20th Annual Meeting and International Conference of Thai Society for Biotechnology. October 14-17th, 2008. Taksila hotel, Maha Sarakham,Thailand.

Angsanam S., Chulalaksananukul W., **Piapukiew J** 2008. Optimal conditions for lipase production from *Fusarium solani* CU103. 13th Biological sciences graduate Congress December 15th-17th National University of Singapore, Singapore

Ruaungcharus C, Chulalaksananukul W., Sihanonth P. **Piapukiew J** 2008.Isolation and characterization of predominant microorganisms during composting of oil palm empty-fruit-bunches. 13th Biological sciences graduate Congress. December 15th-17th National University of Singapore, Singapore

Sukanyanee Saeprasert, **Jittra Piapukiew**, Anthony J. S. Whalley and Prakitsin Sihanonth. 2009. Endophytic fungi in mangrove plants of Thailand. International conference on Fungi evolution and Charles Darwin: From Morphology to Molecules, 9-11 July 2009, Sirindorn Science Home,Thailand Science Park, Pathumthani, Thailand.

Thirawattana Praramat, Tanapat Palaga, **Jitga Jittra Piapukiew**, Anthony J. S. Whalley and Prakitsin Sihanonth. 2009. Antimicrobial and anticancer of endophytic fungi from *Mitragina javanica* leaves. International conference on Fungal evolution and Charles Darwin: From Morphology to Molecules, 9-11 July 2009, Sirindorn Science Home, Thailand Science Park, Pathumthani, Thailand.

Saeprasert S., Wu B., Whalley A.J.S, Sihanonth P., **Piapukiew J.** and Hogetsu T. Using molecular technique for study the Endophytic fungal community in mangrove leaves of *Lumnitzera recemosa* Willd. Asian Mycological Congress 2009 & 11th International Marine & Freshwater Mycology Symposium. 15-19 November 2009. National Museum of of Natural Science, Taichung, Taiwan

Yomyart S., **Piapukiew** J., Watling R., Whalley A.J.S. and Sihanonth P. Effect of 3 selected ectomycorrhizal fungi; *Astreaus asiaticus*, *Astraeus odoratus* and *Pisolithus abditus* on the growth of 7 dipterocarp species. Asian Mycological Congress 2009 & 11th International Marine & Freshwater Mycology Symposium. 15-19 November 2009. National Museum of of Natural Science, Taichung, Taiwan

Aunlumpoon C and **Piapukiew J**. 2011. Effect of spore Inocula of ectomycorrhizal fungi *Russula* spp. on growth Stimulation of Shorea siamensis Miq. The 23rd Annual Meeting of the Thai Society for Biotechnology "*Systems Biotechnology: Quality & Success*". October 27-28,2011 At the Imperial Queen's Park Hotel,

Bangkok.

Pachit P., **Piapukiew J**. and Phosri C. 2011. Molecular Phylogeny of ectomycorrhizal fungus *Tylopilus* based on nuLSU rDNA in Thailand. The 23nd Annual Meeting of the Thai Society for Biotechnology " *Systems Biotechnology: Quality & Success*". October 27-28,2011 At the Imperial Queen's Park Hotel, Bangkok.

Luangsuphabool T., Piapukiew J., Sanglarpcharoenkit M. and Sangvichien E. 2012. Antimicrobial activity of lichen-forming fungi genus Trypethelium. The 7th International Association for Lichenology Symposium "Lichens: from genome to ecosystem in a changing world" 9-13 January 2012. Chaophya Park Hotel, Bangkok

Luangsuphabool T., Sangvichien E, Lumbsch T. and Piapukiew J. 2012. Cryptic diversity in *Trypethelum eluteriae* in Thailand The 7th International Association for Lichenology Symposium "Lichens: from genome to ecosystem in a changing world" 9-13 January 2012. Chaophya Park Hotel, Bangkok