การคัดเลือก *Pisolithus tinctorius* ราเอคโตไมคอร์ไรซ่าเพื่อใช้ในโครงการปลูกป่าในประเทศไทย

นาย เชิดชัย โพธิ์ศรี

วิทยานิพนธ์เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2541

ISBN 974 – 331 – 697 - 3

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

I14430734 1

SELECTION OF *Pisolithus tinctorius* ECTOMYCORRHIZAL FUNGI FOR REFORESTATION PROGRAM IN THAILAND

MR CHERDCHAI PHOSRI

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science in Environmental Science
Inter- Department of Environmental Science
Graduate School
Chulalongkorn University
Academic Year 1998

ISBN 974 – 331 – 697 - 3

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การคัดเลือก *Pisolithus tinctorius* ราเอคโตไมคอร์ไรซ่า เพื่อใช้ในโครงการปลูกป่าในประเทศไทย
โดย	นายเชิดชัย โพธิ์ศรี
สาขาวิชา	วิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ ดร. ประกิตติ์สิน สีหนนทน์
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	อาจารย์ อนิวรรต เฉลิมพงษ์

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(ศาสตราจารย์ นายแพทย์ ศุภวัฒน์ ชุติวงศ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. พิพัฒน์ พัฒนผลไพบูลย์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(รองศาสตราจารย์ ดร. ประกิตติ์สิน สีหนนทน์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

(อาจารย์ อนิวรรต เฉลิมพงษ์)

..... กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ มุกดา คูหิรัญ)

..... กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชาญวิทย์ โฆษิตานนท์)

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสีเขียวนี้เพียงแผ่นเดียว

เชิดชัย โพธิ์ศรี : การคัดเลือก *Pisolithus tinctorius* ราเอคโตไมคอร์ไรซ่า เพื่อใช้ในโครงการปลูกป่าในประเทศไทย (SELECTION OF *Pisolithus tinctorius* ECTOMYCORRHIZAL FUNGI FOR REFORESTATION PROGRAM IN THAILAND) อ.ที่ปรึกษา : รศ. ดร. ประกิตติ์สิน สีหนนทน์, อ. ที่ปรึกษาร่วม: อ. อนิวรรต เฉลิมพงษ์ ; 134 หน้า. ISBN 974-331-697-3

วัตถุประสงค์ของการศึกษานี้เพื่อต้องการคัดเลือกสายพันธุ์ราเอคโตไมคอร์ไรซ่า *Pisolithus tinctorius* (Pers.) Coker & Couch. ที่มีสมบัติที่ดีเหมาะต่อการทำหัวเชื้อเพื่อสร้างไมคอร์ไรซ่า ให้แก่กล้าสนสามใบ (*Pinus kesiya* Royle ex Gordon) และยูคาลิปตัส (*Eucalyptus camaldulensis* Dehnh.)

การศึกษาปัจจัยของสิ่งแวดล้อม ได้แก่ อุณหภูมิ และความเป็นกรด- ด่าง ที่มีผลต่อการเจริญของเส้นใยราเอคโตไมคอร์ไรซ่า ที่แยกจากเห็ด *P. tinctorius* จากแหล่งต่าง ๆ ของประเทศ จำนวน 14 สายพันธุ์ โดยใช้แผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Completely randomized design, CRD) พบว่า เส้นใยราเอคโตไมคอร์ไรซ่า *P. tinctorius* ทุกสายพันธุ์เจริญได้ดีที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ในช่วงความเป็นกรด-ด่าง ระหว่าง 5 –7 ที่ระดับความเชื่อมั่น P = 0.05 สามารถคัดเลือกรา *P. tinctorius* สายพันธุ์ที่มีการเจริญดี ได้ 4 สายพันธุ์ คือ สายพันธุ์ที่ 1 จากสวนป่ายูคาลิปตัส จ. ยโสธร, สายพันธุ์ที่4 จากป่าสนเขา จ. เชียงใหม่, สายพันธุ์ที่ 12 จากสวนป่ายูคาลิปตัส จ. ตาก และสายพันธุ์ที่ 13 จากป่าสนเขา จ. เพชรบูรณ์

ผลของการใส่หัวเชื้อเส้นใยรา *P. tinctorius* สายพันธุ์ที่คัดเลือกได้ในวัสดุเพาะ ต่อการสร้างไมคอร์ไรซ่า และผลต่อการตอบสนองการเจริญของกล้าไม้สนสามใบ และยูคาลิปตัส ในเรือนเพาะชำ เทียบกับชุดควบคุมที่ไต้นำหัวเชื้อเส้นใยรา *P. tinctorius* มานึ่งฆ่าเชื้อก่อนใส่ให้กับกล้าไม้ โดยใช้แผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (Randomized complete block design, RCBD) พบว่า การใส่หัวเชื้อเส้นใยรา *P. tinctorius* มีผลทำให้การเจริญทางความสูงของลำต้น เส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับคอรากของลำต้น น้ำหนักแห้งในส่วนของลำต้น ใบ และราก และมวลชีวภาพรวม ของกล้าไม้สนสามใบ และยูคาลิปตัส เพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับชุดควบคุม การใส่หัวเชื้อเส้นใย *P. tinctorius* สายพันธุ์ที่ 13 ทำให้กล้าไม้สนสามใบมีการเจริญทางความสูงของลำต้น น้ำหนักแห้งของลำต้น ใบ ราก และมวลชีวภาพรวม มากกว่าการใส่หัวเชื้อเส้นใย *P. tinctorius* สายพันธุ์อื่น การใส่หัวเชื้อเส้นใย *P. tinctorius* สายพันธุ์ที่ 12 ให้กับกล้าไม้ยูคาลิปตัส ทำให้กล้าไม้มีการเจริญทางด้านเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น น้ำหนักแห้งของลำต้น ใบ ราก และมวลชีวภาพรวม มากกว่าการใส่หัวเชื้อเส้นใย *P. tinctorius* สายพันธุ์อื่น ที่ระดับความเชื่อมั่น P = 0.05 ผลที่ได้จากการศึกษานี้เป็นประโยชน์อย่างยิ่ง สำหรับใช้เป็นแนวทางในการวิจัยและพัฒนาเกี่ยวกับไมคอร์ไรซ่าในโครงการปลูกป่าในประเทศไทย

ภาควิชา สหสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม ลายมือชื่อนิสิต เชิดชัย โพธิ์ศรี

สาขาวิชา วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา

ปีการศึกษา 2541 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

บทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสีเขียวนี้เป็นบทคัดย่อของวิทยานิพนธ์ภายในแฟ้มเดียว

C826756 : MAJOR INTER- DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL SCIENCE
KEY WORD: ECTOMYCORRHIZAE / *Pisolithus tinctorius* / REFORESTATION
CHERDCHAI PHOSRI : SELECTION OF *Pisolithus tinctorius* ECTOMYCORRHIZAL FUNGI FOR REFORESTATION PROGRAM IN THAILAND . THESIS ADVISOR: ASSOC. PROF. PRAKITSINTH SIHANONTH, Ph. D. THESIS COADVISOR: ANIWAT CHALERMPONGSE, M.S. 134 pp. ISBN 974-331-697-3.

The study objective was aimed to select the strains of *Pisolithus tinctorius* (Pers.) Coker & Couch ectomycorrhizal fungi, which have good properties for producing inocula and forming ectomycorrhiza on *Pinus kesiya* Royle ex Gordon and *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. Seedlings.

Environtmental factors such as temperature and pH that affect the mycelial growth of 14 isolates of *P. tinctorius* which isolated from *P. tinctorius* fruiting bodies of different sources in the country were studied by using Completely randomized design (CRD), in order to select these strains for producing inocula. The results revealed the optimum temperature at 30 °C with the optimum pH between 5 to 7 with statistical confidence at P = 0.05. Selection of the suitable isolates under the optimum growth conditions obtained only 4 isolates, which were the isolates no. 1, 4, 12, and 13 from Eucalyptus plantation in Yasothon province, Pine forest in Chiangmai province, Eucalyptus plantation in Tak province, and Pine forest in Petchaboon province, respectively. These isolates were used for making inocula, for mycorrhizal formation with *P. kesiya* and *E. camaldulensis* seedlings.

The effect of inocula of selected *P. tinctorius* isolates in forming ectomycorrhizas and growth responses in *P. kesiya* and *E. camaldulensis* seedlings were studied by using Randomized complete block design (RCBD). The results revealed the increases in height, root collar diameter, dry matter of shoot, root, and total biomass of seedlings after inoculation by ectomycorrhizal *P. tinctorius*. For pine seedlings, inoculation with *P. tinctorius* isolate no. 13 increased more growth in height, root collar diameter, dry matter of shoot, root and total biomass in comparison with other isolates. Inoculation of *P. tinctorius* isolate no. 12 on eucalyptus seedlings increased more growth in stem diameter, dry matter of shoot, root and total biomass in comparison with other isolates. These were statistically verified the significant differences at P = 0.05. These research findings provide information on how to select the appropriate fungal strains to be used for research, development and production of ectomycorrhizal seedlings in reforestation program in Thailand.

ภาควิชา สหสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม ลายมือชื่อนิสิต เชิดชัย โพธิ์ปรี

สาขาวิชา วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา

ปีการศึกษา 2541 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความช่วยเหลืออย่างดีของ รศ.ดร. ประกิตติ์สิน สีหนนทน์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ซึ่งได้ให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นต่าง ๆ ในการวิจัยมาด้วยดีตลอด

ขอขอบพระคุณ อาจารย์ อนิวรรต เฉลิมพงษ์ อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ผศ.ดร. พิพัฒน์ พัฒนผลไพบูลย์ ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ รศ. มุกดา คูหิรัญ และ ผศ.ดร. ชาญวิทย์ โฆษิตานนท์ กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาให้ข้อคิดเห็น และข้อแนะนำที่ช่วยทำให้การแก้ไขปรับปรุงวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบคุณ ภาควิชาจุลชีววิทยา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ อุปกรณ์ และสารเคมีที่ใช้ในการวิจัย รวมทั้งเจ้าหน้าที่ ภาควิชาจุลชีววิทยาทุกท่าน และเพื่อนพ้องน้องพี่ทุก ๆ คน

ขอขอบคุณ ภาควิชาพฤกษศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ให้ความอนุเคราะห์ใช้กล้องสเตอริโอไมโครสโคป สำหรับถ่ายรูป

ขอขอบพระคุณ กลุ่มวิจัยโรควิทยาและจุลชีววิทยาป่าไม้ กรมป่าไม้ ที่เอื้อเฟื้อสถานที่อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย

ขอขอบคุณ ส่วนเมล็ดพันธุ์ไม้ป่า กรมป่าไม้ ที่ให้ความอนุเคราะห์เมล็ดไม้สำหรับการวิจัย

ขอบคุณ เพื่อน ๆ วนศาสตร์ 57 เพื่อน ๆ สหสาขาวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม ผู้มีน้ำใจ และ สุภาภรณ์ กิตติวโรดม ที่ให้ความช่วยเหลือ และเป็นกำลังใจเสมอมา

ผลงานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากโครงการพัฒนาองค์ความรู้และศึกษานโยบายการจัดการทรัพยากรชีวภาพในประเทศไทย ซึ่งร่วมจัดตั้งโดยสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัยและศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ รหัสโครงการ BRT 540046 จึงขอขอบคุณมา ณ ที่นี้ด้วย

ท้ายนี้ ข้าพเจ้า ขอกราบขอบพระคุณบิดา- มารดา คุณป้า ขอบคุณ พี่ ๆ ทุกคน ซึ่งให้การสนับสนุนทุก ๆ ด้าน และเป็นกำลังใจแก่ข้าพเจ้าเสมอมา จนสำเร็จการศึกษา

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ
กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ
สารบัญ ..... ช
สารบัญตาราง ..... ซ
สารบัญภาพ ..... ญ
บทที่
1 บทนำ 1
2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 4
3 วิธีการทดลอง 23
4 ผลการทดลอง 33
5 วิจารณ์ผลการทดลอง 94
6 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ 100
รายการอ้างอิง 106
ภาคผนวก 117
ประวัติผู้เขียน 134

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ชนิดของราเอคโตไมคอร์ไรซ่า.....	5
2	ชนิดไม้ในเขตอบอุ่นและเขตร้อนที่มีความสัมพันธ์แบบเอคโตไมคอร์ไรซ่า.....	8
3	สายพันธุ์ราเอคโตไมคอร์ไรซ่า *P. tinctorius* ที่สามารถแยกได้เส้นใยที่บริสุทธิ์.....	28
4	ลักษณะการเจริญในอาหารเลี้ยงเชื้อแข็ง MMN ของราเอคโตไมคอร์ไรซ่า *P. tinctorius* แต่ละสายพันธุ์ที่สามารถแยกได้เส้นใยที่บริสุทธิ์.....	29
5	น้ำหนักแห้งเฉลี่ยของเส้นใยรา *P. tinctorius* ในอาหารเลี้ยงเชื้อเหลว MMN บ่มที่อุณหภูมิ 20, 30, และ 40 องศาเซลเซียส ระยะเวลา30 วัน	35
6	ลักษณะการเจริญของเส้นใยรา *P. tinctorius* ในอาหารเลี้ยงเชื้อเหลว MMN ที่ระดับอุณหภูมิต่าง ๆ ระยะเวลา 30 วัน.....	39
7	เปรียบเทียบการเจริญของเส้นใยรา *P. tinctorius* โดยวัดน้ำหนักแห้งของเส้นใย (มิลลิกรัม) ในอาหารเลี้ยงเชื้อเหลว MMN ที่ระดับ pH ต่าง ๆ บ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 30 วัน.....	52
8	การเปลี่ยนแปลงของ pH ในอาหารเลี้ยงเชื้อเหลว MMN เมื่อเลี้ยงเส้นใยรา *P. tinctorius* สายพันธุ์ต่าง ๆ บ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 30 วัน.....	54
9	ลักษณะการเจริญของเส้นใยรา *P. tinctorius* ในอาหารเลี้ยงเชื้อเหลว MMN ที่ระดับ pH ต่าง ๆ บ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 30 วัน.....	57
10	เปรียบเทียบการเจริญของความสูงลำต้นกล้าไม้สนสามใบและยูคาลิปตัส อายุ 6 เดือน ที่เพาะเชื้อรา *P. tinctorius* สายพันธุ์ต่าง ๆ	72
11	เปรียบเทียบการเจริญของเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นกล้าไม้สนสามใบและยูคาลิปตัส อายุ 6 เดือน ที่เพาะเชื้อรา *P. tinctorius* สายพันธุ์ต่าง ๆ	74

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
12	เปรียบเทียบอัตราส่วนระหว่างความสูงต่อเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น กล้าไม้สนสามใบ และยูคาลิปตัส อายุ 6 เดือน ที่เพาะเชื้อรา *P. tinctorius* สายพันธุ์ต่าง ๆ	77
13	เปรียบเทียบการเจริญมวลชีวภาพส่วนเหนือดินเฉลี่ยของกล้าไม้ สนสามใบ และยูคาลิปตัส อายุ 6 เดือน ที่เพาะเชื้อรา *P. tinctorius* สายพันธุ์ต่าง ๆ	79
14	เปรียบเทียบการเจริญมวลชีวภาพส่วนใต้ดินเฉลี่ยของกล้าไม้ สนสามใบ และยูคาลิปตัส อายุ 6 เดือน ที่เพาะเชื้อรา *P. tinctorius* สายพันธุ์ต่าง ๆ	82
15	เปรียบเทียบอัตราส่วนระหว่างมวลชีวภาพส่วนเหนือดินต่อส่วนใต้ดิน เฉลี่ยของกล้าไม้สนสามใบ และยูคาลิปตัส อายุ 6 เดือน ที่เพาะเชื้อรา *P. tinctorius* สายพันธุ์ต่าง ๆ	84
16	เปรียบเทียบการเจริญมวลชีวภาพรวมเฉลี่ย ของกล้าไม้ สนสามใบ และยูคาลิปตัส อายุ 6 เดือน ที่เพาะเชื้อรา *P. tinctorius* สายพันธุ์ต่าง ๆ	87
17	เปรียบเทียบการติดเชื้อของกล้าไม้สนสามใบ แลยูคาลิปตัส อายุ 6 เดือน ที่เพาะเชื้อรา *P. tinctorius* สายพันธุ์ต่าง ๆ.....	88
18	การตอบสนองการเจริญของกล้าไม้สนสามใบ และยูคาลิปตัส อายุ 6 เดือน ที่เพาะหัวเชื้อเส้นใย *P. tinctorius* สายพันธุ์ต่าง ๆ.....	93

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	ภาพตัดขวางของรากพืช แสดงการติดเชื้อราเอคโตไมคอร์ไรซ่าชนิดต่าง ๆ ในรากพืช.....	10
2	รูปแบบการแตกแขนงของรากเอคโตไมคอร์ไรซ่า.....	11
3	การกระจายของราเอคโตไมคอร์ไรซ่า *P. tinctorius* ในประเทศไทย สำรวจเก็บตัวอย่างระหว่างปี พ.ศ. 2539-2540.....	24
4	ลักษณะของดอกเห็ด *P. tinctorius* ที่ขึ้นอยู่ในป่าสนเขาธรรมชาติ.....	25
5	ลักษณะของดอกเห็ด *P. tinctorius* ที่ขึ้นอยู่ในสวนป่ายูคาลิปตัส	25
6	ลักษณะภายในของดอกเห็ด *P. tinctorius* เมื่อผ่าตามยาว.....	26
7	ลักษณะของสปอร์รา *P. tinctorius*	26
8	ลักษณะการเจริญของรา *P. tinctorius* สายพันธุ์ต่าง ๆ ที่แยกได้เส้นใยบริสุทธิ์ บนอาหารเลี้ยงเชื้อแข็ง MMN.....	32
9	การเจริญทางน้ำหนักแห้งเฉลี่ยของเส้นใยรา *P. tinctorius* สายพันธุ์ต่าง ๆ ในอาหารเลี้ยงเชื้อเหลว MMN ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 30 วัน.....	34
10	การเจริญทางน้ำหนักแห้งเฉลี่ยของเส้นใยรา *P. tinctorius* สายพันธุ์ต่าง ๆ ในอาหารเลี้ยงเชื้อเหลว MMN ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 30 วัน	34
11	ลักษณะการเจริญของเส้นใยรา *P. tinctorius* สายพันธุ์ต่าง ๆ ในอาหารเลี้ยงเชื้อเหลว MMN บ่มที่อุณหภูมิ 20, 30, และ 40 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 30 วัน.....	36
12	ลักษณะการเจริญของเส้นใยรา *P. tinctorius* สายพันธุ์ต่าง ๆ ในอาหารเลี้ยงเชื้อเหลว MMN บ่มที่อุณหภูมิ 20, 30, และ 40 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 30 วัน.....	37
13	ลักษณะการเจริญของเส้นใยรา *P. tinctorius* สายพันธุ์ต่าง ๆ ในอาหารเลี้ยงเชื้อเหลว MMN บ่มที่อุณหภูมิ 20, 30, และ 40 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 30 วัน.....	37
14	ลักษณะการเจริญของเส้นใยรา *P. tinctorius* สายพันธุ์ต่าง ๆ ในอาหารเลี้ยงเชื้อเหลว MMN บ่มที่อุณหภูมิ 20, 30, และ 40 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 30 วัน.....	38

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
15	ลักษณะการเจริญของเส้นใยรา *P. tinctorius* สายพันธุ์ต่าง ๆ ในอาหารเลี้ยงเชื้อเหลว MMN บ่มที่อุณหภูมิ 20, 30, และ 40 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 30 วัน.....	38
16	การเจริญของเส้นใยรา *P. tinctorius* สายพันธุ์ที่ 1 ในอาหารเลี้ยงเชื้อเหลว MMN ที่ระดับ pH 3. 5, 6, 7, และ 9 บ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 30 วัน.....	45
17	การเจริญของเส้นใยรา *P. tinctorius* สายพันธุ์ที่ 2 ในอาหารเลี้ยงเชื้อเหลว MMN ที่ระดับ pH 3. 5, 6, 7, และ 9 บ่มที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 30 วัน.....	45
18	การเจริญของเส้นใยรา *P. tinctorius* สายพันธุ์ที่ 3 ในอาหารเลี้ยงเชื้อเหลว MMN ที่ระดับ pH 3. 5, 6, 7, และ 9 บ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 30 วัน.....	46
19	การเจริญของเส้นใยรา *P. tinctorius* สายพันธุ์ที่ 4 ในอาหารเลี้ยงเชื้อเหลว MMN ที่ระดับ pH 3. 5, 6, 7, และ 9 บ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 30 วัน.....	46
20	การเจริญของเส้นใยรา *P. tinctorius* สายพันธุ์ที่ 5 ในอาหารเลี้ยงเชื้อเหลว MMN ที่ระดับ pH 3. 5, 6, 7, และ 9 บ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 30 วัน.....	47
21	การเจริญของเส้นใยรา *P. tinctorius* สายพันธุ์ที่ 6 ในอาหารเลี้ยงเชื้อเหลว MMN ที่ระดับ pH 3. 5, 6, 7, และ 9 บ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 30 วัน.....	47
22	การเจริญของเส้นใยรา *P. tinctorius* สายพันธุ์ที่ 7 ในอาหารเลี้ยงเชื้อเหลว MMN ที่ระดับ pH 3. 5, 6, 7, และ 9 บ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 30 วัน.....	48
23	การเจริญของเส้นใยรา *P. tinctorius* สายพันธุ์ที่ 8 ในอาหารเลี้ยงเชื้อเหลว MMN ที่ระดับ pH 3. 5, 6, 7, และ 9 บ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 30 วัน.....	48

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
24	การเจริญของเส้นใยรา *P. tinctorius* สายพันธุ์ที่ 9 ในอาหารเลี้ยงเชื้อเหลว MMN ที่ระดับ pH 3. 5, 6, 7, และ 9 บ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 30 วัน.....	49
25	การเจริญของเส้นใยรา *P. tinctorius* สายพันธุ์ที่ 10 ในอาหารเลี้ยงเชื้อเหลว MMN ที่ระดับ pH 3. 5, 6, 7, และ 9 บ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 30 วัน.....	49
26	การเจริญของเส้นใยรา *P. tinctorius* สายพันธุ์ที่ 11 ในอาหารเลี้ยงเชื้อเหลว MMN ที่ระดับ pH 3. 5, 6, 7, และ 9 บ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 30 วัน.....	50
27	การเจริญของเส้นใยรา *P. tinctorius* สายพันธุ์ที่ 12 ในอาหารเลี้ยงเชื้อเหลว MMN ที่ระดับ pH 3. 5, 6, 7, และ 9 บ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 30 วัน.....	50
28	การเจริญของเส้นใยรา *P. tinctorius* สายพันธุ์ที่ 13 ในอาหารเลี้ยงเชื้อเหลว MMN ที่ระดับ pH 3. 5, 6, 7, และ 9 บ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 30 วัน.....	51
29	การเจริญของเส้นใยรา *P. tinctorius* สายพันธุ์ที่ 14 ในอาหารเลี้ยงเชื้อเหลว MMN ที่ระดับ pH 3. 5, 6, 7, และ 9 บ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 30 วัน.....	51
30	ลักษณะการเจริญของเส้นใยรา *P. tinctorius* สายพันธุ์ต่าง ๆ ในอาหารเลี้ยงเชื้อเหลว MMN ที่ระดับ pH 3. 5, 6, 7, และ 9 บ่มที่อุณหภูมิ องศาเซลเซียส ระยะเวลา 30 วัน.....	55
31	ลักษณะการเจริญของเส้นใยรา *P. tinctorius* สายพันธุ์ต่าง ๆ ในอาหารเลี้ยงเชื้อเหลว MMN ที่ระดับ pH 3. 5, 6, 7, และ 9 บ่มที่อุณหภูมิ องศาเซลเซียส ระยะเวลา 30 วัน.....	55
32	ลักษณะการเจริญของเส้นใยรา *P. tinctorius* สายพันธุ์ต่าง ๆ ในอาหารเลี้ยงเชื้อเหลว MMN ที่ระดับ pH 3. 5, 6, 7, และ 9 บ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 30 วัน.....	56

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
33	ลักษณะการเจริญของเส้นใยรา *P. tinctorius* สายพันธุ์ต่าง ๆ ในอาหารเลี้ยงเชื้อเหลว MMN ที่ระดับ pH 3. 5, 6, 7, และ 9 บ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 30 วัน.....	56
34	การเจริญทางความสูงของลำต้นกล้าไม้สนสามใบ อายุ 6 เดือน เมื่อเพาะหัวเชื้อเส้นใยราเอคโตไมคอร์ไรซ่า *P. tinctorius* เปรียบเทียบกับชุดควบคุม.....	66
35	การเจริญทางความสูงของลำต้นกล้าไม้ยูคาลิปตัส อายุ 6 เดือน เมื่อเพาะหัวเชื้อเส้นใยราเอคโตไมคอร์ไรซ่า *P. tinctorius* เปรียบเทียบกับชุดควบคุม.....	67
36	การเจริญของกล้าไม้สนสามใบ และยูคาลิปตัส อายุ 6 เดือน ในทรีตเมนต์ที่ใส่หัวเชื้อเส้นใย *P. tinctorius* สายพันธุ์ที่ 1	68
37	การเจริญของกล้าไม้สนสามใบ และยูคาลิปตัส อายุ 6 เดือน ในทรีตเมนต์ที่ใส่หัวเชื้อเส้นใย *P. tinctorius* สายพันธุ์ที่ 1 ซึ่งผ่านการนึ่งฆ่าเชื้อ.....	68
38	การเจริญของกล้าไม้สนสามใบ และยูคาลิปตัส อายุ 6 เดือน ในทรีตเมนต์ที่ใส่หัวเชื้อเส้นใย *P. tinctorius* สายพันธุ์ที่ 4	69
39	การเจริญของกล้าไม้สนสามใบ และยูคาลิปตัส อายุ 6 เดือน ในทรีตเมนต์ที่ใส่หัวเชื้อเส้นใย *P. tinctorius* สายพันธุ์ที่ 4 ซึ่งผ่านการนึ่งฆ่าเชื้อ.....	69
40	การเจริญของกล้าไม้สนสามใบ และยูคาลิปตัส อายุ 6 เดือน ในทรีตเมนต์ที่ใส่หัวเชื้อเส้นใย *P. tinctorius* สายพันธุ์ที่ 12	70
41	การเจริญของกล้าไม้สนสามใบ และยูคาลิปตัส อายุ 6 เดือน ในทรีตเมนต์ที่ใส่หัวเชื้อเส้นใย *P. tinctorius* สายพันธุ์ที่ 12 ซึ่งผ่านการนึ่งฆ่าเชื้อ.....	70
42	การเจริญของกล้าไม้สนสามใบ และยูคาลิปตัส อายุ 6 เดือน ในทรีตเมนต์ที่ใส่หัวเชื้อเส้นใย *P. tinctorius* สายพันธุ์ที่ 13	71

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
43	การเจริญของกล้าไม้สนสามใบ และยูคาลิปตัส อายุ 6 เดือน ในทรีตเมนต์ที่ใส่หัวเชื้อเส้นใย *P. tinctorius* สายพันธุ์ที่ 13 ซึ่งผ่านการนึ่งฆ่าเชื้อ.....	71
44	การเจริญของเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นกล้าไม้สนสามใบ และยูคาลิปตัส เมื่อเพาะหัวเชื้อเส้นใยรา *P. tinctorius* เปรียบเทียบกับชุดควบคุม.....	73
45	อัตราส่วนระหว่างความสูงต่อเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับคอราก ของกล้าไม้สนสามใบ เมื่อเพาะหัวเชื้อเส้นใยรา *P. tinctorius* เปรียบเทียบกับชุดควบคุม.....	75
46	อัตราส่วนระหว่างความสูงต่อเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับคอราก ของกล้าไม้ยูคาลิปตัส เมื่อเพาะหัวเชื้อเส้นใยรา *P. tinctorius* เปรียบเทียบกับชุดควบคุม.....	76
47	มวลชีวภาพส่วนเหนือดินของกล้าไม้สนสามใบ และยูคาลิปตัส อายุ 6 เดือน เมื่อเพาะหัวเชื้อเส้นใยรา *P. tinctorius* เปรียบเทียบกับชุดควบคุม.....	78
48	มวลชีวภาพส่วนใต้ดินของกล้าไม้สนสามใบ อายุ 6 เดือน เมื่อเพาะหัวเชื้อ เส้นใยรา *P. tinctorius* เปรียบเทียบกับชุดควบคุม.....	80
49	มวลชีวภาพส่วนใต้ดินของกล้าไม้ยูคาลิปตัส อายุ 6 เดือน เมื่อเพาะหัวเชื้อ เส้นใยรา *P. tinctorius* เปรียบเทียบกับชุดควบคุม.....	81
50	อัตราส่วนระหว่างมวลชีวภาพส่วนเหนือดินต่อส่วนใต้ดิน ของกล้าไม้สนสามใบ และยูคาลิปตัส อายุ 6 เดือน เมื่อเพาะหัวเชื้อ เส้นใยรา *P. tinctorius* เปรียบเทียบกับชุดควบคุม.....	83
51	มวลชีวภาพรวมของกล้าไม้สนสามใบ อายุ 6 เดือน เมื่อเพาะหัวเชื้อ เส้นใยรา *P. tinctorius* เปรียบเทียบกับชุดควบคุม.....	85
52	มวลชีวภาพรวมของกล้าไม้สนสามใบ อายุ 6 เดือน เมื่อเพาะหัวเชื้อ เส้นใยรา *P. tinctorius* เปรียบเทียบกับชุดควบคุม.....	86
53	ลักษณะการเกิดเอคโตไมคอร์ไรซ่า *P. tinctorius* สายพันธุ์ที่ 4 ในรากไม้สนสามใบ.....	89

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
54	ลักษณะรากไมคอร์ไรซ่าของกล้าสนสามใบที่ย้อมติดสี.....	90
55	ลักษณะของรากสนสามใบในชุดควบคุมสายพันธุ์ที่ 4 ที่ไม่เกิดเอคโตไมคอร์ไรซ่า	90
56	ลักษณะของรากสนสามใบในทรีตเมนต์ชุดควบคุมสายพันธุ์ที่ 4 ที่ไม่ติดสีย้อม.....	91
57	ลักษณะการสร้าง และไม่สร้างรากเอคโตไมคอร์ไรซ่าแบบ monopodial pinnate บนรากไม้ยูคาลิปตัส	92