การปรับปรุงการเจริญของกล้าสน *Pinus kesiya* โดยใช้ราเอ็กโตไมคอร์ไรซ่าที่แยกจากเห็ดเผาะ (*Astraeus hygrometricus*) และ เห็ดตับเต่าดำ (*Boletus edulis*)

นางสาว จิตรตรา กาญจนประยุธ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
หลักสูตรเทคโนโลยีชีวภาพ
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
พ.ศ. 2539

ISBN 974-634-471-4

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

I17377791

IMPROVING GROWTH OF PINE SEEDLING (*Pinus kesiya*) BY ECTOMYCORRHIZAL FUNGI ISOLATED FROM *Astraeus hygrometricus* AND *Boletus edulis* MUSHROOMS

MISS JITTRA KANCHANAPRAYUDH

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of The Requirements for the

Degree of Master of Science

Progamme Biotechnology

Graduate School

Chulalongkorn University

1996

ISBN 974-634-471-4

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การปรับปรุงการเจริญของกล้าสน *Pinus kesiya* โดยใช้
ราเอ็กโตไมคอร์ไรซ่าที่แยกจากเห็ดเผาะ (*Astraeus hygrometricus*)
และเห็ดตับเต่าดำ (*Boletus edulis*)

โดย นางสาว จิตรตรา กาญจนประยุธ
หลักสูตร เทคโนโลยีชีวภาพ
อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ดร. ประกิตติ์สิน สีหนนทน์

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ เป็นส่วนหนึ่งของ การศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร. สันติ ถุงสุวรรณ)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
(อาจารย์ ดร.สุเมธ ตันตระเธียร)

.....อาจารย์ที่ปรึกษา
(รองศาสตราจารย์ ดร. ประกิตติ์สิน สีหนนทน์)

.....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ มุกดา ดูหิรัญ)

.....กรรมการ
(อาจารย์ อนิวรรต เฉลิมพงษ์)

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสีเขียวนี้เพียงแผ่นเดียว

จิตรตรา กาญจนประยุธ : การปรับปรุงการเจริญของกล้าสน (*Pinus kesiya*) โดยใช้ราเอ็กโตไมคอร์ไรซ่า ที่แยกจากเห็ดเผาะ (*Astraeus hygrometricus*) และเห็ดตับเต่าดำ (*B. edulis*) (IMPROVING GROWTH OF PINE SEEDLING (*Pinus kesiya*) BY ECTOMYCORRHIZAL FUNGI ISOLATED FROM *Astraeus hygrometricus* AND *Boletus* edulis . MUSHROOMS) อาจารย์ที่ปรึกษา : รองศาสตราจารย์ ดร. ประกิตติ์สิน สีหนนทน์ , 168 หน้า .
ISBN 974-634-471-4

การศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเจริญของเส้นใยราเห็ดเผาะ (*Astraeus hygrometricus*) สายพันธุ์ 1, 2 และ 3 และเส้นใยราเห็ดตับเต่าดำ(*B. edulis*) สายพันธุ์ 1, 2 และ 3 ได้แก่ ชนิดอาหาร pH และอุณหภูมิ เพื่อให้ได้สภาวะที่ผลิตเส้นใยราเห็ดเผาะและเส้นใยเห็ดตับเต่าดำ โดยใช้แผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design จากผลการศึกษาพบว่า การเจริญของเส้นใยราเห็ดเผาะ สายพันธุ์ 1, 2 และ 3 และเส้นใยราเห็ดตับเต่าดำสายพันธุ์ 1, 2 และ 3 เจริญในอาหารเลี้ยงเชื้อ Potato Dextrose Broth ได้ดีกว่าเจริญในอาหารเลี้ยงเชื้อ Malt Extract , Modified Melin & Norkran Media , Hagem Media และ Palmer Media อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สำหรับ pH ของอาหารเลี้ยงเชื้อและอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญของเส้นใยราเห็ดเผาะพบว่าในทุกสายพันธุ์เจริญได้ดีในช่วงระหว่าง pH 4-6 ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ส่วนเส้นใยราเห็ดตับเต่าดำในทุกสายพันธุ์เจริญได้ดีในระหว่าง pH 4-5 ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เมื่อวัดเปรียบเทียบการเจริญระหว่างสายพันธุ์ของเส้นใยเห็ดเผาะและเห็ดตับเต่าดำ พบว่าเส้นใยเห็ดเผาะ สายพันธุ์ 2 และเห็ดตับเต่าดำสายพันธุ์ 3 เจริญได้ดีที่สุด

การศึกษาผลการใส่ราเอ็กโตไมคอร์ไรซ่าเห็ดเผาะสายพันธุ์ 2 และเห็ดตับเต่าดำสายพันธุ์ 3 เพื่อเร่งอัตราการเจริญเติบโตของกล้าสนสามใบ (*Pinus kesiya*) เปรียบเทียบกับทรีตเมนต์ชุดควบคุมซึ่งใส่ราเอ็กโตไมคอร์ไรซ่าที่ผ่านการนึ่งฆ่าเชื้อ โดยวางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design เปรียบเทียบความแตกต่างโดยวิธี Duncan' s New Multiple - Range Test เก็บผลการทดลองเมื่อต้นกล้าสนอายุ 5 เดือน ผลการศึกษาปรากฏว่า การใส่ราเอ็กโตไมคอร์ไรซ่าเห็ดเผาะสายพันธุ์ 2 และเห็ดตับเต่าดำสายพันธุ์ 3 มีผลทำให้ เปอร์เซนต์การงอก เปอร์เซนต์การอยู่รอด เปอร์เซนต์การติดเชื้อ น้ำหนักสดของ ลำต้นใบและราก มวลชีวภาพส่วนเหนือดิน(น้ำหนักแห้งของลำต้นและใบ) มวลชีวภาพส่วนใต้ดิน(น้ำหนักแห้งของราก) มวลชีวภาพรวม(น้ำหนักแห้งของลำต้นใบและราก) ความสูงของลำต้น เส้นผ่าศูนย์กลางระดับคอราก อัตราส่วนระหว่างความสูงกับเส้นผ่าศูนย์กลางระดับคอราก ปริมาณธาตุอาหารไนโตรเจน ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมในลำต้นและใบ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเฉลี่ยพบว่า ผลการใส่ราเอ็กโตไมคอร์ไรซ่าเห็ดเผาะสายพันธุ์ 2 และเห็ดตับเต่าดำสายพันธุ์ 3 จะให้ผลดีกว่าทรีตเมนต์ชุดควบคุม ยกเว้นปริมาณธาตุอาหารไนโตรเจน ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมในลำต้นและใบการใส่ราเอ็กโตไมคอร์ไรซ่าเห็ดเผาะสายพันธุ์ 2 และเห็ดตับเต่าดำสายพันธุ์ 3 จะให้ผลต่ำกว่าทรีตเมนต์ชุดควบคุม ส่วนความยาวรากไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ภาควิชา ..... ลายมือชื่อนิสิต จิตรตรา กาญจนประยุธ

สาขาวิชา เทคโนโลยีชีวภาพ ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....

ปีการศึกษา 2538 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสีเขียวเพียงแผ่นเดียว

C526467 : PROGRAMME BIOTECHNOLOGY
KEY WORD: *Pinus kesiya*/*Boletus edulis*/*Astraeus hygrometricus*/*Ectomycorrhiza*
JITTRA KANCHANAPRAYUDH : IMPROVING GROWTH OF PINE SEEDLING (*Pinus kesiya*) BY ECTOMYCORRHIZAL FUNGI ISOLATED FROM *Astraeus hygrometricus* AND *Boletus edulis* MUSHROOMS THESIS ADVISOR : ASSO.PROF. PRAKITSIN SIHANONTH,Ph.D. 168 pp. ISBN 974-634-471-4

Studies of factors affecting mycelial growths of *Astraeus hygrometricus* strains 1, 2 and 3 and *Boletus edulis* strains 1, 2 and 3 on the types of nutrient, pH and a temperature to determine their optimum mycelial growths by using, Completely Randomized Design with conducted. Results showed that mycelial growths of *A. hygrometricus* strains 1, 2 and 3 and *B. edulis* strains 1, 2 and 3 were statistically significant different in Potato Dextrose Broth, Malt Extract, Modified Melin & Norkran Medium, Hagem Medium and Palmer Medium. The optimal pH for all growths of *A. hygrometricus* were between 4-6 at 30 °c while those of *B. edulis* were in the range of pH 4-5 at 30 °c of *A. hygrometricus* and *B. edulis* were studied. The result of growth comparisons of all strains indicated *A. hygrometricus* strain 2 and *B. edulis* strain 3 were the best.

The studies on inoculation of *A. hygrometricus* strain 2 and *B. edulis* strain 3 in stimulate the growth of 5-months old *Pinus kesiya* seedlings were compared with control by using Randomized Complete Block Design. Results revealed that inoculation of *A. hygrometricus* strain 2 and *B. edulis* strain 3 showed significant difference in seed germination per-centage, survival and infection, shoot fresh weight, root fresh weight, dry above ground (shoot) biomass, dry below ground (root) biomass, total dry biomass, shoot height, root collar diameter, heigth/root collar dimeter ratio, total nitrogen, phosphorus and potassium in leaves and stems, except that total nitrogen, phosphorus and potassium in leaves and stems had lower performances than control and root length did not show statistical differences.

ภาควิชา - ลายมือชื่อนิสิต จิตรา กาญจนประยุทธ

สาขาวิชา เทคโนโลยีชีวภาพ ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา

ปีการศึกษา 2538 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม -

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยความกรุณาให้คำปรึกษาแนะนำ และ ช่วยเหลือเป็นอย่างดีจาก **รองศาสตราจารย์ ดร. ประกิตติ์สิน สีหนนทน์** **รองศาสตราจารย์ สุทธพรรณ ตรีรัตน์** รวมทั้งคณาจารย์ทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้จนประสบความสำเร็จในการศึกษา ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณทุกท่านเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอขอบคุณ ดร. สุเมธ ตันตระเธียร รองศาสตราจารย์ มุกดา ดูหิรัญ อาจารย์ อนิวรรต เฉลิมพงษ์ ที่ได้กรุณาแนะนำแก้ไขวิทยานิพนธ์ให้สมบรูณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบคุณ คุณ พิณ เกื้อกูล ที่ได้อนุเคราะห์เมล็ดสนสามใบ คุณวิศิษฐ์พรและเจ้าหน้าที่ในโครงการส่วนพระองค์สวนจิตรลดาที่ได้เอื้อเฟื้อสถานที่ ความช่วยเหลือและความร่วมมือด้วยดีตลอดจนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. สมศักดิ์ วังใน ที่ได้ให้ความช่วยเหลือและคำปรึกษาในด้านการวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารในพืช

ขอขอบคุณ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ให้ทุนอุดหนุนตลอดจนแก้ไขข้อบกพร่องทำให้วิทยานิพนธ์แบบนี้สำเร็จสมบรูณ์ยิ่งขึ้น

สุดท้ายนี้ขอขอบคุณ บิดา-มารดา พี่ น้อง และเพื่อนๆที่ได้สนับสนุนเป็นกำลังใจในการทำวิทยานิพนธ์ตลอดมาจนสำเร็จการศึกษา

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... จ

กิตติกรรมประกาศ..... ฉ

สารบัญตาราง..... ซ

สารบัญกราฟ..... ญ

สารบัญภาพ..... ฐ

บทที่

1. บทนำ..... 1
2. การตรวจเอกสาร..... 3
3. วัสดุอุปกรณ์และวิธีการทดลอง..... 15
4. ผลการทดลอง..... 24
5. วิจารณ์ผลการทดลอง..... 115
6. สรุปผลการทดลอง..... 123

รายการอ้างอิง..... 126

ภาคผนวก..... 136

ประวัติผู้เขียน..... 168

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

1. การเจริญของเส้นใยเห็ดเผาะ (*A. hygrometricus*) สายพันธุ์ 1 ในอาหารเหลวต่างๆในระยะเวลา 30 วัน..... 27
2. การเจริญของเส้นใยเห็ดเผาะ (*A. hygrometricus*) สายพันธุ์ 2 ในอาหารเหลวต่าง ๆ ในระยะเวลา 30 วัน..... 31
3. การเจริญของเส้นใยเห็ดเผาะ (*A. hygrometricus*) สายพันธุ์ 3 ในอาหารเหลวต่าง ๆ ในระยะเวลา 30 วัน..... 35
4. การเจริญของเส้นใยเห็ดตับเต่าดำ (*B. edulis*) สายพันธุ์ 1 ในอาหารเหลวต่าง ๆ ในระยะเวลา 30 วัน..... 39
5. การเจริญของเส้นใยเห็ดตับเต่าดำ (*B. edulis*) สายพันธุ์ 2 ในอาหารเหลวต่าง ๆ ในระยะเวลา 30 วัน..... 43
6. การเจริญของเส้นใยเห็ดตับเต่าดำ (*B. edulis*) สายพันธุ์ 3 ในอาหารเหลวต่าง ๆ ในระยะเวลา 30 วัน..... 47
7. สรุปการเจริญของเส้นใยเห็ดเผาะ (*A. hygrometricus*) และเห็ดตับเต่าดำ(*B. edulis*) สายพันธุ์ต่าง ๆ ในอาหาร Potato Dextrose Agar ที่ pH เหมาะสมต่อการเจริญ เป็นระยะเวลา 10 วัน..... 65
8. การเจริญของเส้นใยเห็ดเผาะ (*A. hygrometricus*) และเห็ดตับเต่าดำ (*B. edulis*) สายพันธุ์ต่าง ๆ ในอาหาร Potato Dextrose Agar ที่ pH เหมาะสมแต่ละสายพันธุ์ ที่อุณหภูมิต่าง ๆ เป็นระยะเวลา 10 วัน..... 77
9. ความแตกต่างของเปอร์เซนต์การงอกของกล้าสนสามใบ (*P. kesiya*) อายุ 5 เดือน ที่ปลูกโดยการใส่ราเอ็กโตไมคอร์ไรซ่า เห็ดเผาะ (*A.hygrometricus*) และเห็ดตับเต่าดำ(*B.edulis*) และชุดในแต่ละทรีตเมนต์..... 82
10. ความแตกต่างของเปอร์เซนต์การอยู่รอดของกล้าสนสามใบ (*P. kesiya*) อายุ 5 เดือนที่ปลูกโดยการใส่ราเอ็กโตไมคอร์ไรซ่า เห็ดเผาะ(*A.hygrometricus*) และเห็ดตับเต่าดำ (*B.edulis*) และชุดควบคุมในแต่ละทรีตเมนต์..... 85
11. ความแตกต่างของเปอร์เซนต์การติดเชื้อของกล้าสนสามใบ (*P. kesiya*) อายุ 5 เดือนที่ปลูกโดยการใส่ราเอ็กโตไมคอร์ไรซ่า เห็ดเผาะ(*A. hygrometricus*) และเห็ดตับเต่าดำ(*B.edulis*) และคุมในแต่ละทรีตเมนต์..... 87

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

12. น้ำหนักสดของลำต้นและใบและน้ำหนักสดของรากกล้าสนสามใบ (*P. kesiya*) อายุ 5เดือน ที่ปลูกโดยการใส่ราเอ็กโตไมคอร์ไรซ่า รา เห็ดเผาะ(*A. hygrometricus*) และเห็ดตับเต่าดำ (*B. edulis*) และชุดควบคุมในแต่ละทรีตเมนต์..... 88

13. มวลชีวภาพ(น้ำหนักแห้งของลำต้นและใบ)และมวลชีวภาพ (น้ำหนักแห้งของราก)ของกล้าสนสามใบ(*P. kesiya*) อายุ 5เดือน ที่ปลูกโดยการใส่ราเอ็กโตไมคอร์ไรซ่าเห็ดเผาะ(*A. hygrometricus*) และเห็ดตับเต่าดำ (*B. edulis*)และชุดควบคุมในแต่ละทรีตเมนต์..... 94

14. มวลชีวภาพรวม(น้ำหนักแห้งของลำต้น ใบและราก)ของกล้าสนสามใบ (*P. kesiya*) อายุ 5เดือน ที่ปลูกโดยการใส่ราเอ็กโตไมคอร์ไรซ่าเห็ดเผาะ (*A. hygrometricus*) และเห็ดตับเต่าดำ (*B. edulis*)และชุดควบคุมในแต่ละทรีตเมนต์..... 97

15. เส้นผ่าศูนย์กลางระดับคอรากของกล้าสนสามใบ (*P. kesiya*) อายุ 5 เดือน ที่ปลูกโดยการใส่ราเอ็กโตไมคอร์ไรซ่า เห็ดเผาะ (*A. hygrometricus*) และเห็ดตับเต่าดำ (*B. edulis*) และ ชุดควบคุมในแต่ละทรีตเมนต์..... 99

16. ความยาวรากของกล้าสนสามใบ (*P. kesiya*) อายุ 5เดือน ที่ปลูกโดยการใส่ราเอ็กโตไมคอร์ไรซ่า เห็ดเผาะ(*A. hygrometricus*) และเห็ดตับเต่าดำ(*B. edulis*)และชุดควบคุมในแต่ละทรีตเมนต์..... 101

17. ความสูงของลำต้นของกล้าสนสามใบ (*P. kesiya*) อายุ 5เดือน ที่ปลูกโดยการใส่ราเอ็กโตไมคอร์ไรซ่าเห็ดเผาะ(*A. hygrometricus*) และเห็ดตับเต่าดำ(*B. edulis*)และชุดควบคุมในแต่ละทรีตเมนต์..... 103

18. อัตราส่วนระหว่างความสูงกับเส้นผ่าศูนย์กลางที่ระดับคอรากของกล้าสนสามใบ(*P. kesiya*) อายุ 5เดือน ที่ปลูกโดยการใส่ราเอ็กโตไมคอร์ไรซ่าเห็ดเผาะ(*A. hygrometricus*) และ เห็ดตับเต่าดำ (*B. edulis*)และชุดควบคุมในแต่ละทรีตเมนต์..... 105

19. ปริมาณธาตุอาหารในใบและลำต้นของกล้าสนสามใบ (*P.kesiya*) อายุ 5 เดือนที่ปลูกโดยการใส่ราเอ็กโตไมคอร์ไรซ่าเห็ดเผาะ(*A. hygrometricus*) และเห็ดตับเต่าดำ(*B. edulis*)และชุดควบคุมในแต่ละทรีตเมนต์..... 106

สารบัญกราฟ

กราฟที่ หน้า

1. การเจริญของเส้นใยเห็ดเผาะ (*A. hygrometricus*) สายพันธุ์ 1 ในอาหารเหลวต่างๆ เมื่อเลี้ยงเส้นใยเป็นเวลา 30 วัน..... 28
2. การเปลี่ยนแปลง pH ในอาหารเหลวชนิดต่างๆที่ใช้เลี้ยงเส้นใยเห็ดเผาะ(*A. hygrometricus*)สายพันธุ์ 1ในระยะเวลา 30 วัน..... 29
3. การเจริญของเส้นใยเห็ดเผาะ (*A. hygrometricus*) สายพันธุ์ 2 ในอาหารเหลวต่างๆ เมื่อเลี้ยงเส้นใยเป็นเวลา 30 วัน 32
4. การเปลี่ยนแปลง pH ในอาหารเหลวชนิดต่างๆที่ใช้เลี้ยงเส้นใยเห็ดเผาะ (*A. hygrometricus*)สายพันธุ์ 2 ในระยะเวลา 30 วัน.... 33
5. การเจริญของเส้นใยเห็ดเผาะ (*A. hygrometricus*) สายพันธุ์ 3 ในอาหารเหลวต่างๆ เมื่อเลี้ยงเส้นใยเป็นเวลา 30 วัน..... 36
6. การเปลี่ยนแปลง pH ในอาหารเหลวชนิดต่างๆที่ใช้เลี้ยงเส้นใยเห็ดเผาะ (*A. hygrometricus*)สายพันธุ์ 3 ในระยะเวลา 30 วัน... 37
7. การเจริญของเส้นใยเห็ดตับเต่าดำ (*B. edulis*) สายพันธุ์ 1 ในอาหารเหลวต่างๆ เมื่อเลี้ยงเส้นใยเป็นเวลา 30 วัน..... 40
8. การเปลี่ยนแปลง pH ในอาหารเหลวชนิดต่างๆที่ใช้เลี้ยงเส้นใยเห็ดตับเต่าดำ (*B. edulis*) สายพันธุ์ 1ในระยะเวลา 30 วัน..... 41
9. การเจริญของเส้นใยเห็ดตับเต่าดำ (*B. edulis*) สายพันธุ์ 2 ในอาหารเหลวต่างๆ เมื่อเลี้ยงเส้นใยเป็นเวลา 30 วัน..... 44
10. การเปลี่ยนแปลง pH ในอาหารเหลวชนิดต่างๆที่ใช้เลี้ยงเส้นใยเห็ดตับเต่าดำ (*B. edulis*) สายพันธุ์ 2ในระยะเวลา 30 วัน..... 45
11. การเจริญของเส้นใยเห็ดตับเต่าดำ (*B. edulis*) สายพันธุ์ 3 ในอาหารเหลวต่างๆ เมื่อเลี้ยงเส้นใยเป็นเวลา 30 วัน..... 48
12. การเปลี่ยนแปลง pH ในอาหารเหลวชนิดต่างๆที่ใช้เลี้ยงเส้นใยเห็ดตับเต่าดำ (*B. edulis*) สายพันธุ์ 3ในระยะเวลา 30 วัน.. 49

สารบัญกราฟ(ต่อ)

กราฟที่ หน้า

13. การเจริญของเส้นใยเห็ดเผาะ (*A. hygrometricus*) สายพันธุ์ 1 ในอาหารเลี้ยงเชื้อ Potato Dextrose Agar ในช่วงความเป็นกรด-ด่าง (pH) 4-10 ในระยะเวลา 10 วัน..... 53
14. การเจริญของเส้นใยเห็ดเผาะ (*A. hygrometricus*) สายพันธุ์ 2 ในอาหารเลี้ยงเชื้อ Potato Dextrose Agar ในช่วงความเป็นกรด-ด่าง (pH) 4-10 ในระยะเวลา 10 วัน..... 55
15. การเจริญของเส้นใยเห็ดเผาะ (*A. hygrometricus*) สายพันธุ์ 3 ในอาหารเลี้ยงเชื้อ Potato Dextrose Agar ในช่วงความเป็นกรด-ด่าง (pH) 4-10 ในระยะเวลา 10 วัน..... 57
16. การเจริญของเส้นใยเห็ดตับเต่าดำ (*B. edulis*) สายพันธุ์ 1 ในอาหารเลี้ยงเชื้อ Potato Dextrose Agar ในช่วงความเป็นกรด-ด่าง (pH) 4-10 ในระยะเวลา 10 วัน..... 59
17. การเจริญของเส้นใยเห็ดตับเต่าดำ (*B. edulis*) สายพันธุ์ 2 ในอาหารเลี้ยงเชื้อ Potato Dextrose Agar ในช่วงความเป็นกรด-ด่าง (pH) 4-10 ในระยะเวลา 10 วัน..... 61
18. การเจริญของเส้นใยเห็ดตับเต่าดำ (*B. edulis*) สายพันธุ์ 3 ในอาหารเลี้ยงเชื้อ Potato Dextrose Agar ในช่วงความเป็นกรด-ด่าง (pH) 4-10 ในระยะเวลา 10 วัน..... 63
19. การเจริญของเส้นใยเห็ดเผาะ (*A. hygrometricus*) สายพันธุ์ 1 ในอาหารเลี้ยงเชื้อ Potato Dextrose Agar ที่ pH 6 บ่มเชื้อที่อุณหภูมิ 20 , 30 และ 40 องศาเซลเซียสในระยะเวลา 10 วัน..... 68
20. การเจริญของเส้นใยเห็ดเผาะ (*A. hygrometricus*) สายพันธุ์ 2 ในอาหารเลี้ยงเชื้อ Potato Dextrose Agar ที่ pH 5 บ่มเชื้อที่อุณหภูมิ 20 , 30 และ 40 องศาเซลเซียสในระยะเวลา 10 วัน..... 69
21. การเจริญของเส้นใยเห็ดเผาะ (*A. hygrometricus*) สายพันธุ์ 3 ในอาหารเลี้ยงเชื้อ Potato Dextrose Agar ที่ pH 4 บ่มเชื้อที่อุณหภูมิ 20 , 30 และ 40 องศาเซลเซียสในระยะเวลา 10 วัน..... 71

สารบัญกราฟ(ต่อ)

กราฟที่ หน้า

22. การเจริญของเส้นใยเห็ดตับเต่าดำ (*B. edulis*) สายพันธุ์ 1 ในอาหารเลี้ยงเชื้อ Potato Dextrose Agar ที่ pH 4 บ่มเชื้อที่อุณหภูมิ 20 , 30 และ 40 องศาเซลเซียส ในระยะเวลา 10 วัน..... 72

23. การเจริญของเส้นใยเห็ดตับเต่าดำ (*B. edulis*) สายพันธุ์ 2 ในอาหารเลี้ยงเชื้อ Potato Dextrose Agar ที่ pH 5 บ่มเชื้อที่อุณหภูมิ 20 , 30 และ 40 องศาเซลเซียสในระยะเวลา 10 วัน..... 74

24. การเจริญของเส้นใยเห็ดตับเต่าดำ (*B. edulis*) สายพันธุ์ 3 ในอาหารเลี้ยงเชื้อ Potato Dextrose Agar บ่มเชื้อที่อุณหภูมิ 20 , 30 และ 40 องศาเซลเซียสในระยะเวลา 10 วัน..... 75

25. ความแตกต่างของเปอร์เซนต์การงอกของกล้าสนสามใบ (*P. kesiya*) อายุ 5 เดือนที่ปลูกโดยการใส่ราเอ็กโตไมคอร์ไรซ่าเห็ดเผาะ (*A. hygrometricus*) และเห็ดตับเต่าดำ (*B. edulis*) และชุดควบคุมในแต่ละทรีตเมนต์..... 83

26. ความแตกต่างของเปอร์เซนต์การอยู่รอดของกล้าสนสามใบ (*P. kesiya*) อายุ 5 เดือนที่ปลูกโดยการใส่ราเอ็กโตไมคอร์ไรซ่าเห็ดเผาะ (*A. hygrometricus*) และเห็ดตับเต่าดำ (*B. edulis*) และชุดควบคุมในแต่ละทรีตเมนต์..... 86

27. น้ำหนักสดของลำต้นและใบของกล้าสนสามใบ (*P. kesiya*) อายุ 5 เดือนที่ปลูกโดยการใส่ราเอ็กโตไมคอร์ไรซ่าเห็ดเผาะ (*A. hygrometricus*) และเห็ดตับเต่าดำ(*B.edulis*) และชุดควบคุมในแต่ละทรีตเมนต์..... 89

28. น้ำหนักสดของรากของกล้าสนสามใบ (*P. kesiya*) อายุ 5 เดือนที่ปลูกโดยการใส่ราเอ็กโตไมคอร์ไรซ่าเห็ดเผาะ (*A. hygrometricus*) และเห็ดตับเต่าดำ (*B. edulis*) และชุดควบคุมในแต่ละทรีตเมนต์..... 90

29. มวลชีวภาพส่วนเหนือดิน(น้ำหนักแห้งของลำต้นและใบ)ของกล้าสนสามใบ (*P. kesiya*) อายุ 5 เดือนที่ปลูกโดยการใส่ราเอ็กโตไมคอร์ไรซ่าเห็ดเผาะ (*A. hygrometricus*) และเห็ดตับเต่าดำ (*B. edulis*)และชุดควบคุมในแต่ละทรีตเมนต์..... 95

สารบัญกราฟ(ต่อ)

กราฟที่ หน้า

30. มวลชีวภาพส่วนใต้ดิน(น้ำหนักแห้งของราก)ของกล้าสนสามใบ (*P. kesiya*) อายุ 5 เดือน ที่ปลูกโดยการใส่ราเอ็กโตไมคอร์ไรซ่าเห็ดเผาะ (*A. hygrometricus*) และเห็ดตับเต่าดำ (*B. edulis*) และชุดควบคุมในแต่ละทรีตเมนต์..... 96

31. มวลชีวภาพรวม(น้ำหนักแห้งของลำต้น ใบและราก)ของกล้าสนสามใบ (*P. kesiya*) อายุ 5 เดือน ที่ปลูกโดยการใส่ราเอ็กโตไมคอร์ไรซ่าเห็ดเผาะ (*A. hygrometricus*) และเห็ดตับเต่าดำ (*B. edulis*)และชุดควบคุมในแต่ละทรีตเมนต์..... 98

32. เส้นผ่าศูนย์กลางระดับคอรากของกล้าสนสามใบ (*P. kesiya*) อายุ 5 เดือน ที่ปลูกโดยการใส่ราเอ็กโตไมคอร์ไรซ่าเห็ดเผาะ (*A. hygrometricus*) และเห็ดตับเต่าดำ (*B. edulis*) และชุดควบคุมในแต่ละทรีตเมนต์..... 100

33. ความยาวรากของกล้าสนสามใบ (*P. kesiya*) อายุ 5 เดือน ที่ปลูกโดยการใส่ราเอ็กโตไมคอร์ไรซ่าเห็ดเผาะ (*A. hygrometricus*) และเห็ดตับเต่าดำ (*B. edulis*) และชุดควบคุมในแต่ละทรีตเมนต์..... 102

34. ความสูงลำต้นของกล้าสนสามใบ (*P. kesiya*) อายุ 5 เดือน ที่ปลูกโดยการใส่ราเอ็กโตไมคอร์ไรซ่าเห็ดเผาะ (*A. hygrometricus*) และเห็ดตับเต่าดำ (*B. edulis*) และชุดควบคุมในแต่ละทรีตเมนต์..... 104

35. ปริมาณธาตุไนโตรเจนในใบและลำต้นของกล้าสนสามใบ (*P. kesiya*) อายุ 5 เดือน ที่ปลูกโดยการใส่ราเอ็กโตไมคอร์ไรซ่าเห็ดเผาะ (*A. hygrometricus*) และเห็ดตับเต่าดำ (*B. edulis*) และชุดควบคุมในแต่ละทรีตเมนต์..... 107

36. ปริมาณธาตุฟอสฟอรัสในใบและลำต้นของกล้าสนสามใบ (*P. kesiya*) อายุ 5 เดือน ที่ปลูกโดยการใส่ราเอ็กโตไมคอร์ไรซ่าเห็ดเผาะ (*A. hygrometricus*) และเห็ดตับเต่าดำ (*B. edulis*) และชุดควบคุมในแต่ละทรีตเมนต์..... 108

37. ปริมาณธาตุโพแทสเซียมในใบและลำต้นของกล้าสนสามใบ (*P. kesiya*) อายุ 5 เดือน ที่ปลูกโดยการใส่ราเอ็กโตไมคอร์ไรซ่าเห็ดเผาะ (*A. hygrometricus*) และเห็ดตับเต่าดำ (*B. edulis*) และชุดควบคุมในแต่ละทรีตเมนต์..... 109

สารบัญภาพ

ภาพที่ หน้า

1 ลักษณะสัณฐานของรากที่มีราเอ็กโตไมคอร์ไรซ่า..... 4

2 ลักษณะเส้นใยของเห็ดเผาะ (*A. hygrometricus.*) สายพันธุ์ 1
ในอาหารเลี้ยงเชื้อเหลวชนิดต่างๆ เมื่อเลี้ยงเส้นใยเป็นเวลา 30 วัน..... 30

3 ลักษณะเส้นใยของเห็ดเผาะ (*A. hygrometricus.*) สายพันธุ์ 2
ในอาหารเลี้ยงเชื้อเหลวชนิดต่างๆ เมื่อเลี้ยงเส้นใยเป็นเวลา 30 วัน..... 34

4 ลักษณะเส้นใยของเห็ดเผาะ (*A. hygrometricus.*) สายพันธุ์ 3
ในอาหารเลี้ยงเชื้อเหลวชนิดต่างๆ เมื่อเลี้ยงเส้นใยเป็นเวลา 30 วัน..... 38

5 ลักษณะเส้นใยของเห็ดตับเต่าดำ (*B. edulis*) สายพันธุ์ 1
ในอาหารเลี้ยงเชื้อเหลวชนิดต่างๆ เมื่อเลี้ยงเส้นใยเป็นเวลา 30 วัน..... 42

6 ลักษณะเส้นใยของเห็ดตับเต่าดำ (*B. edulis*) สายพันธุ์ 2
ในอาหารเลี้ยงเชื้อเหลวชนิดต่างๆ เมื่อเลี้ยงเส้นใยเป็นเวลา 30 วัน..... 46

7 ลักษณะเส้นใยของเห็ดตับเต่าดำ (*B. edulis*) สายพันธุ์ 3
ในอาหารเลี้ยงเชื้อเหลวชนิดต่างๆ เมื่อเลี้ยงเส้นใยเป็นเวลา 30 วัน..... 50

8 ลักษณะโคโลนีของเห็ดเผาะ (*A. hygrometricus.*) สายพันธุ์ 1
ในอาหารเลี้ยงเชื้อ Potato Dextrose Agar ที่มี pH 4 - 10 เมื่อเลี้ยง
เส้นใยเป็นเวลา30วัน..... 54

9 ลักษณะโคโลนีของเห็ดเผาะ (*A. hygrometricus.*) สายพันธุ์ 2
ในอาหารเลี้ยงเชื้อ Potato Dextrose Agar ที่มี pH 4 - 10 เมื่อเลี้ยง
เส้นใยเป็นเวลา 30 วัน..... 56

10 ลักษณะโคโลนีของเห็ดเผาะ (*A. hygrometricus.*) สายพันธุ์ 3
ในอาหารเลี้ยงเชื้อ Potato Dextrose Agar ที่มี pH 4 - 10 เมื่อเลี้ยง
เส้นใยเป็นเวลา 30 วัน..... 58

11 ลักษณะโคโลนีของเห็ดตับเต่าดำ (*B. edulis*) สายพันธุ์ 1
ในอาหารเลี้ยงเชื้อ Potato Dextrose Agar ที่มี pH 4 - 10 เมื่อเลี้ยง
เส้นใยเป็นเวลา 30 วัน..... 60

12 ลักษณะโคโลนีของเห็ดตับเต่าดำ (*B edulis*) สายพันธุ์ 2
ในอาหารเลี้ยงเชื้อ Potato Dextrose Agar ที่มี pH 4 - 10 เมื่อเลี้ยง
เส้นใยเป็นเวลา 30 วัน..... 62

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ หน้า

13 ลักษณะโคโลนีของเห็ดตับเต่าดำ (*B. edulis*) สายพันธุ์ 3 ในอาหารเลี้ยงเชื้อ Potato Dextrose Agar ที่มี pH 4 - 10 เมื่อเลี้ยงเส้นใยเป็นเวลา 30 วัน 64

14 ลักษณะโคโลนีของเห็ดเผาะ (*A. hygrometricus.*) สายพันธุ์ 1 ในอาหารเลี้ยงเชื้อ Potato Dextrose Agar บ่มเชื้อที่อุณหภูมิต่างๆ เมื่อเลี้ยงเส้นใยเป็นเวลา 30 วัน 70

15 ลักษณะโคโลนีของเห็ดเผาะ (A. hygrometricus.) สายพันธุ์ 2 ในอาหารเลี้ยงเชื้อ Potato Dextrose Agar บ่มเชื้อที่อุณหภูมิต่างๆ เมื่อเลี้ยงเส้นใยเป็นเวลา 30 วัน 70

16 ลักษณะโคโลนีของเห็ดเผาะ (*A. hygrometricus.*) สายพันธุ์ 3 ในอาหารเลี้ยงเชื้อ Potato Dextrose Agar บ่มเชื้อที่อุณหภูมิต่างๆ เมื่อเลี้ยงเส้นใยเป็นเวลา 30 วัน 73

17 ลักษณะโคโลนีของเห็ดตับเต่าดำ (*B. edulis*) สายพันธุ์ 1 ในอาหารเลี้ยงเชื้อ Potato Dextrose Agar บ่มเชื้อที่อุณหภูมิต่างๆ เมื่อเลี้ยงเส้นใยเป็นเวลา 30 วัน 73

18 ลักษณะโคโลนีของเห็ดตับเต่าดำ (*B. edulis*) สายพันธุ์ 2 ในอาหารเลี้ยงเชื้อ Potato Dextrose Agar บ่มเชื้อที่อุณหภูมิต่างๆ เมื่อเลี้ยงเส้นใยเป็นเวลา 30 วัน 76

19 ลักษณะโคโลนีของเห็ดตับเต่าดำ (*B. edulis*) สายพันธุ์ 3 ในอาหารเลี้ยงเชื้อ Potato Dextrose Agar บ่มเชื้อที่อุณหภูมิต่างๆ เมื่อเลี้ยงเส้นใยเป็นเวลา 30 วัน 76

20 ลักษณะเส้นใยเห็ดเผาะ (*A. hygrometricus*) สายพันธุ์ 2 ใน inoculum ที่เลี้ยงในวัสดุเพาะ 2 ชนิด 79

21 ลักษณะเส้นใยเห็ดตับเต่าดำ (*B. edulis*) สายพันธุ์ 3 ใน inoculum ที่เลี้ยงในวัสดุเพาะ 2 ชนิด 79

22 เปรียบเทียบการเจริญของกล้าสนสามใบ อายุ 5 เดือนใน ทรีตเมนต์ที่ใส่ราเอ็กโตไมคอร์ไรซ่า *A. hygrometricus* สายพันธุ์ 2

ภาพที่ หน้า

ที่เตรียมในเวอร์มิคิวไลท์และขุยมะพร้าวกับทรีตเมนต์ชุดควบคุม โดยใส่ราเอ็กโตไมคอร์ไรซ่า *A. hygrometricus* สายพันธุ์ 2 ที่นึ่งฆ่าเชื้อ 80

23 เปรียบเทียบการเจริญของกล้าสนสามใบอายุ 5 เดือนในทรีตเมนต์ที่ใส่ราเอ็กโตไมคอร์ไรซ่า (*B. edulis*)สายพันธุ์ 3 กับทรีตเมนต์ชุดควบคุมโดยใส่ราเอ็กโตไมคอร์ไรซ่า (*B. edulis*) สายพันธุ์ 3 ที่ผ่านการนึ่งฆ่าเชื้อ 81

24 ลักษณะรากสนสามใบที่เกิดเอ็กโตไมคอร์ไรซ่าโดยเห็ดเผาะ (*A. hygrometricus*) สายพันธุ์ 2 111

25 ลักษณะรากสนสามใบที่เกิดเอ็กโตไมคอร์ไรซ่าโดยเห็ดตับเต่าดำ (*B. edulis*) สายพันธุ์ 3 112

26 ลักษณะรากสนสามใบที่เกิดเอ็กโตไมคอร์ไรซ่าโดยเห็ดเผาะ (*A. hygrometricus*) เมื่อสังเกตดูด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope) 113

27 ลักษณะรากสนสามใบที่เกิดเอ็กโตไมคอร์ไรซ่าโดยเห็ดตับเต่าดำ (*B. edulis*) เมื่อสังเกตดูด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope) 114