บทที่ 6

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

การศึกษา การคัดเลือก *Pisolithus tinctorius* ราเอคโตไมคอร์ไรซ่า เพื่อใช้ในโครงการปลูกป่าในประเทศไทย ผลการศึกษาสรุปได้ดังนี้

1) ราเอคโตไมคอร์ไรซ่า *P. tinctorius* มีการกระจายพันธุ์ที่กว้าง สามารถพบได้ในทุกภาคของประเทศไทย ยกเว้นภาคใต้ ที่ไม่ได้มีการสำรวจ สามารถพบได้ในช่วงฤดูฝน ระหว่างเดือนพฤษภาคม- กันยายน ในป่าสนเขา และสวนป่ายูคาลิปตัส สามารถแยกเส้นใยที่บริสุทธิ์ของรา *P. tinctorius* ได้ทั้งหมด 14 สายพันธุ์ ซึ่งทั้ง 14 สายพันธุ์นี้ จะอาศัยอยู่กับพืชจำพวกสนสามใบ (*P. kesiya*) และ ยูคาลิปตัส (*E. camaldulensis*) เป็นส่วนใหญ่

2) ผลของอุณหภูมิต่อการเจริญของราเอคโตไมคอร์ไรซ่า *P. tinctorius* เมื่อเลี้ยงเส้นใยรา *P. tinctorius* ที่แยกได้ทั้ง 14 สายพันธุ์ ในอาหารเลี้ยงเชื้อเหลว Modified Melin –Norkran (MMN) ระดับ pH ปกติ บ่มที่อุณหภูมิ 20, 30 และ 40 องศาเซลเซียส ในระยะเวลา 30 วัน วัดผลการเจริญเป็นน้ำหนักแห้งของเส้นใยรา ต่อปริมาตรของอาหารเลี้ยงเชื้อเหลว 50 มิลลิลิตร พบว่า อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นระดับอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญของรา *P. tinctorius* ทั้ง 14 สายพันธุ์ การเจริญของเส้นใยรา *P. tinctorius* ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ให้ค่าเฉลี่ยที่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P= 0.05) เมื่อเปรียบเทียบกับการเจริญของเส้นใยรา *P. tinctorius* ที่อุณหภูมิ 20 และ 40 องศาเซลเซียส

3) ผลของความเป็นกรด-ด่าง (pH) ต่อการเจริญของราเอคโตไมคอร์ไรซ่า *P. tinctorius* เมื่อเลี้ยงเส้นใยรา *P. tinctorius* ทั้ง 14 สายพันธุ์ ในอาหารเลี้ยงเชื้อเหลว MMN ที่ระดับ pH 3, 5, 6, 7, และ 9 บ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ในระยะเวลา 30 วัน วัดผลการเจริญเป็นค่าน้ำหนักแห้งของเส้นใยราต่อปริมาตรของอาหารเลี้ยงเชื้อเหลว 50 มิลลิลิตร พบว่า รา *P. tinctorius* แต่ละสายพันธุ์ มีระดับ pH ที่เหมาะสมในการเจริญที่แตกต่างกัน รา *P. tinctorius* สายพันธุ์ที่ 1 เจริญได้ดีที่ pH 7, สายพันธุ์ที่ 2, 4, และ 8 เจริญได้ดีที่ pH 6, สายพันธุ์ที่ 5, 6, 7, 9, และ 12 เจริญได้ดีที่ pH 5-6, สายพันธุ์ที่ 10, 11 เจริญได้ดีที่ pH 3-6, และสายพันธุ์ที่ 3, 13 , และ 14 เจริญได้ดีที่ pH 3-7 สามารถแบ่งกลุ่มของ

รา *P. tinctorius* ตามรูปแบบการเจริญโดยใช้ค่าความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของรา *P. tinctorius* แต่ละสายพันธุ์เป็นเกณฑ์ ได้ 4 กลุ่ม คือ กลุ่มที่เจริญได้ดีที่ระดับ pH ที่เหมาะสม ได้แก่ รา *P. tinctorius* สายพันธุ์ที่ 1, 2, 4, และ 8 กลุ่มที่เจริญเจริญได้ดีในช่วง 2 ระดับ pH ได้แก่ รา *P. tinctorius* สายพันธุ์ที่ 5, 6, 7, 9, และ 12 กลุ่มที่เจริญได้ดีในช่วง 3 ระดับ pH ได้แก่ รา *P. tinctorius* สายพันธุ์ที่ 10 และ 11 และ กลุ่มที่เจริญได้ดีในช่วงที่ 4 ระดับ pH ได้แก่ รา *P. tinctorius* สายพันธุ์ที่ 3, 13, และ 14

การเปลี่ยนแปลงของ pH ในอาหารเลี้ยงเชื้อเหลว MMN บ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ในระยะเวลา 30 วัน พบว่า pH ที่เปลี่ยนแปลงไปจะเป็นสัดส่วนโดยตรง กับการเจริญของเส้นใยรา กล่าวคือ ถ้ามีการเจริญมาก pH ก็จะลดลงมาก

4) สามารถคัดเลือกสายพันธุ์รา *P. tinctorius* ได้ 4 สายพันธุ์ ที่เป็นตัวแทนจากกลุ่มที่มีรูปแบบการเจริญต่าง ๆ ในข้อ 3 และเป็นตัวแทนของพืชอาศัย 2 ชนิด คือ สนสามใบ และยูคาลิปตัส อย่างละ 2 สายพันธุ์ ได้แก่ รา *P. tinctorius* สายพันธุ์ที่ 1 เป็นสายพันธุ์ที่เจริญได้ดีที่ pH 7 แยกจากดอกเห็ดที่เก็บจากสวนป่ายูคาลิปตัส จ. ยโสธร, รา *P. tinctorius* สายพันธุ์ที่ 4 เป็นสายพันธุ์ที่เจริญได้ดีที่ pH 6 แยกจากดอกเห็ดที่เก็บจากป่าสนเขา จ. เชียงใหม่, รา *P. tinctorius* สายพันธุ์ที่ 12 เป็นสายพันธุ์ที่เจริญได้ดีที่ pH 5-6 แยกจากดอกเห็ดที่เก็บจากสวนป่ายูคาลิปตัส จ. ตาก, รา *P. tinctorius* สายพันธุ์ที่ 13 เป็นสายพันธุ์ที่เจริญได้ดีที่ pH 3-7 แยกจากดอกเห็ดที่เก็บจากป่าสนเขา อุทยานแห่งชาติน้ำหนาว จ. เพชรบูรณ์

5) ผลของรา *P. tinctorius* สายพันธ์ที่คัดเลือกได้ ต่อการเจริญของกล้าไม้สนสามใบ และยูคาลิปตัส เมื่อใส่หัวเชื้อเส้นใยของราเอคโตไมคอร์ไรซ่า *P. tinctorius* ทั้ง 4 สายพันธุ์ที่คัดเลือกได้ ให้กับกล้าไม้สนสามใบ และยูคาลิปตัส ในเรือนเพาะชำ เปรียบเทียบผลกับชุดควบคุมที่ได้นำหัวเชื้อเส้นใยของรา *P. tinctorius* มานึ่งฆ่าเชื้อ ก่อนใส่ให้กับกล้าไม้ ผลสรุปได้ดังนี้

5.1) การเจริญของความสูงลำต้น พบว่า การใส่หัวเชื้อเส้นใยรา *P. tinctorius* ให้กับกล้าไม้สนสามใบ และยูคาลิปตัส ทำให้กล้าไม้มีการเจริญของความสูงลำต้น มากกว่ากล้าไม้สนสามใบ และยูคาลิปตัสในทรีตเมนต์ชุดควบคุมทุกสายพันธุ์ ยกเว้นในกล้าไม้สนสามใบที่ใส่หัวเชื้อเส้นใย *P. tinctorius* สายพันธุ์ที่ 12 สำหรับกล้าไม้สนสามใบ การใส่หัวเชื้อเส้นใยรา *P. tinctorius* สายพันธุ์ที่ 13 ให้ค่าความสูงของลำต้นสูงสุด (18.36 ซม.) ส่วนกล้าไม้ยูคาลิปตัส จะให้ค่าความสูงของลำต้นสูงสุด ในทรีตเมนต์ที่ใส่หัวเชื้อเส้นใย *P. tinctorius* สายพันธุ์ที่ 1 (30.15 ซม.)

5.2) การเจริญของเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับคอรากของลำต้น พบว่า การใส่หัวเชื้อเส้นใยรา *P. tinctorius* ให้กับกล้าไม้สนสามใบ และยูคาลิปตัส ทำให้กล้าไม้มีการเจริญทางเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับคอรากลำต้น มากกว่า กล้าไม้สนสามใบ และยูคาลิปตัส ในทรีตเมนต์ชุดควบคุมทุกสายพันธุ์ ในส่วนของกล้าไม้สนสามใบ การใส่หัวเชื้อเส้นใย *P. tinctorius* สายพันธุ์ที่ 13 ทำให้กล้าไม้มีการเจริญทางเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับคอรากของลำต้นมากที่สุด (1.71 มม.) สำหรับกล้าไม้ยูคาลิปตัส พบว่า การใส่หัวเชื้อเส้นใย *P. tinctorius* สายพันธุ์ที่ 12 ทำให้กล้าไม้มีการเจริญของเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับคอรากของลำต้นสูงสุด เท่ากับ 2.10 มม.

5.3) อัตราส่วนระหว่างความสูงต่อเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับคอรากของลำต้น พบว่า การใส่หัวเชื้อเส้นใย *P. tinctorius* ให้กับกล้าไม้สนสามใบ และยูคาลิปตัส ทำให้กล้าไม้มีคุณภาพดีกว่า กล้าไม้สนสามใบ และยูคาลิปตัส ในทรีตเมนต์ชุดควบคุม สำหรับกล้าไม้สนสามใบ พบว่า การใส่หัวเชื้อเส้นใย *P. tinctorius* สายพันธุ์ที่ 4 ให้ค่าอัตราส่วนระหว่างความสูงต่อเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับคอรากของลำต้นต่ำสุด (103.39) แต่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับทรีตเมนต์อื่น ๆ สำหรับกล้าไม้ยูคาลิปตัส มีค่าเฉลี่ยต่ำสุดในทรีตเมนต์ที่ใส่หัวเชื้อเส้นใย *P. tinctorius* สายพันธุ์ที่ 12 (143.05) มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเทียบกับทรีตเมนต์อื่น ๆ

5.4) การเจริญมวลชีวภาพส่วนเหนือดิน (น้ำหนักแห้งของใบ และลำต้น) พบว่า การใส่หัวเชื้อเส้นใย *P. tinctorius* ให้กับกล้าไม้สนสามใบ และยูคาลิปตัส ทำให้กล้าไม้มีการเจริญมวลชีวภาพส่วนเหนือดิน มากกว่ากล้าไม้สนสามใบ และยูคาลิปตัสในทรีตเมนต์ชุดควบคุม ในส่วนของกล้าไม้สนสามใบ พบว่า การใส่หัวเชื้อเส้นใย *P. tinctorius* สายพันธุ์ที่ 13 ทำให้กล้าไม้มีการเจริญมวลชีวภาพส่วนเหนือดินมากที่สุด (298.88 มก./ต้น) สำหรับกล้าไม้ยูคาลิปตัส พบว่า การใส่หัวเชื้อเส้นใยรา *P. tinctorius* สายพันธุ์ที่ 12 ทำให้กล้าไม้มีการเจริญมวลชีวภาพส่วนเหนือดินมากที่สุด (525.93 มก./ต้น)

5.5) การเจริญมวลชีวภาพส่วนใต้ดิน (น้ำหนักแห้งของราก) พบว่า การใส่หัวเชื้อเส้นใยรา *P. tinctorius* ให้กับกล้าไม้สนสามใบ และยูคาลิปตัส ในทรีตเมนต์ชุดควบคุม ในส่วนของกล้าไม้สนสามใบ การใส่หัวเชื้อเส้นใย *P. tinctorius* สายพันธุ์ที่ 13 ทำให้กล้าไม้มีการเจริญมวลชีวภาพส่วนใต้ดินสูงสุด สำหรับกล้าไม้ยูคาลิปตัส มีการเจริญมวลชีวภาพส่วนใต้ดินสูงสุดในทรีตเมนต์ที่ใส่หัวเชื้อเส้นใยสายพันธุ์ที่ 12 (335.23 มก./ต้น)

5.6) อัตราส่วนระหว่างมวลชีวภาพส่วนเหนือดินต่อส่วนใต้ดิน พบว่า การใส่หัวเชื้อเส้นใยรา *P. tinctorius* ให้กับกล้าไม้สนสามใบ แลยูคาลิปตัส ทำให้กล้าไม้มีค่าอัตราส่วนระหว่างมวลชีวภาพส่วนเหนือดินต่อส่วนใต้ดิน ต่ำกว่ากล้าไม้สนสามใบ และยูคาลิปตัส ในทรีตเมนต์ชุดควบคุม ในส่วนของกล้าไม้สนสามใบ การใส่หัวเชื้อเส้นใย *P. tinctorius* สายพันธุ์ที่ 4 จะให้ค่าเฉลี่ยอัตราส่วนระหว่างมวลชีวภาพส่วนเหนือดินต่อส่วนใต้ดินต่ำสุด (1.08) แต่ไม่พบว่า มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

เมื่อเทียบกับทรีตเมนต์อื่น ๆ สำหรับกล้าไม้ยูคาลิปตัส จะให้ค่าเฉลี่ยอัตราส่วนระหว่างมวลชีวภาพส่วนเหนือดินต่อส่วนใต้ดินต่ำสุด ในทรีตเมนต์ที่ใส่หัวเชื้อเส้นใย *P. tinctorius* สายพันธุ์ที่ 12 และ 13 เท่ากัน มีค่าเป็น 1.58

5.7) การเจริญมวลชีวภาพรวม (น้ำหนักแห้งของใบ ลำต้น และราก) พบว่า การใส่หัวเชื้อเส้นใย *P. tinctorius* ให้กับกล้าไม้สนสามใบ และยูคาลิปตัส ทำให้ กล้าไม้มีการเจริญมวลชีวภาพรวมมากกว่า กล้าไม้สนสามใบ และยูคาลิปตัส ในทรีตเมนต์ชุดควบคุม ในส่วนของกล้าไม้สนสามใบ พบว่า การใส่หัวเชื้อเส้นใย *P. tinctorius* สายพันธุ์ที่ 13 ทำให้กล้าไม้มีการเจริญมวลชีวภาพรวม มากที่สุด (554.15 มก./ต้น) สำหรับกล้าไม้ยูคาลิปตัส พบว่า การใส่หัวเชื้อเส้นใยรา *P. tinctorius* สายพันธุ์ที่ 12 ทำให้กล้าไม้มีการเจริญมวลชีวภาพรวมมากที่สุด (861.15 มก./ต้น)

6) การทดสอบการติดเชื้อราเอคโตไมคอร์ไรซ่า *P. tinctorius* สายพันธุ์ที่คัดเลือกได้ เมื่อหาเปอร์เซ็นต์การติดเชื้อราเอคโตไมคอร์ไรซ่า *P. tinctorius* ในกล้าไม้สนสามใบ และยูคาลิปตัส อายุ 6 เดือน พบว่า สำหรับกล้าไม้สนสามใบ ในทรีตเมนต์ที่ใส่หัวเชื้อเส้นใยรา *P. tinctorius* สายพันธุ์ที่ 12 ให้ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การติดเชื้อมากที่สุด (9.25 เปอร์เซ็นต์) แต่ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเทียบกับทรีตเมนต์ที่ใส่หัวเชื้อเส้นใย *P. tinctorius* สายพันธุ์ที่ 1, 4, และ 13 ส่วนกล้าไม้ยูคาลิปตัส จะมีเปอร์เซ็นต์การติดเชื้อสูงสุดในทรีตเมนต์ที่ใส่หัวเชื้อเส้นใย *P. tinctorius* สายพันธุ์ที่ 12 (51 เปอร์เซ็นต์) แต่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับทรีตเมนต์ที่เพาะหัวเชื้อเส้นใย *P. tinctorius* สายพันธุ์ที่ 1

ลักษณะการสร้างรากไมคอร์ไรซ่าในกล้าไม้สนสามใบ ที่เพาะหัวเชื้อเส้นใย *P. tinctorius* ทั้ง 4 สายพันธุ์ พบว่า จะมีลักษณะเป็นรากเดี่ยวที่ไม่แตกแขนง (unbranched) และการแตกแขนงแบบง่าม (dichotomous) ส่วนการสร้างรากไมคอร์ไรซ่าในกล้าไม้ยูคาลิปตัส ที่เพาะหัวเชื้อเส้นใย *P. tinctorius* ทั้ง 4 สายพันธุ์ พบว่า มีลักษณะเป็นแบบรากเดี่ยวที่ไม่แตกแขนง แบบ monopodial pinnate

7) ราเอคโตไมคอร์ไรซ่า ไม่ได้มีความจำเพาะเจาะจงกับพืชอาศัย แต่รา *P. tinctorius* แต่ละสายพันธุ์ จะมีความแตกต่างกันในระดับของการเข้ากันได้เหมาะสม (compatible) หรือเข้ากันไม่ได้เหมาะสม (incompatible) กับพืชอาศัย

ข้อเสนอแนะ

จากการทดลองนี้ จะเห็นได้ว่า การเพาะกล้าไม้สนสามใบ และยูคาลิปตัส สามารถใส่เชื้อราเอคโตไมคอร์ไรซ่า *P. tinctorius* ให้กับกล้าไม้ทั้ง 2 ชนิดนี้ได้ แต่ควรจะได้มีการวิจัย และพัฒนาในขั้นรายละเอียดเพิ่มเติมต่อไป

1) ศึกษาความเข้ากันได้ (compatible) หรือเข้ากันไม่ได้ (incompatible) ของราเอคโตไมคอร์ไรซ่า *P. tinctorius* กับพืชอาศัยชนิดต่าง ๆ

2) ศึกษาถึงปฏิสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยสภาพสิ่งแวดล้อม (ecological specificity) โดยละเอียดทั้งปัจจัยสิ่งมีชีวิต และไม่มีชีวิต ที่อาจมีผลต่อการเจริญ หรือการเกิดไมคอร์ไรซ่ากับรากพืช

3) การศึกษาการนำไปใช้จริงในทางปฏิบัติ เนื่องจากผลการทดลองในห้องปฏิบัติการ ไม่อาจจะแสดงผลที่แท้จริงเมื่ออยู่ในสภาพธรรมชาติได้ ดังนั้นการนำกล้าไม้ที่ติดเชื้อราเอคโตไมคอร์ไรซ่า ไปทดลองปลูกจริงในภาคสนาม จึงเป็นเรื่องที่จำเป็น ที่จะแสดงให้เห็นว่า กล้าไม้ที่ติดเชื้อราเอคโตไมคอร์ไรซ่า สามารถเจริญได้ดีกว่ากล้าไม้ที่ไม่ได้รับการใส่เชื้อ เพื่อเป็นการพิสูจน์ว่าราเอคโตไมคอร์ไรซ่าที่ได้ใส่เข้าไปสามารถจะไปแก่งแย่งกับจุลินทรีย์ชนิดอื่น ตลอดจนราไมคอร์ไรซ่า ที่มีอยู่ตามธรรมชาติได้ และมีความคุ้มทุน เหมาะสมที่จะนำไปปฏิบัติจริง

4) ศึกษาการคัดเลือกสายพันธุ์รา *P. tinctorius* ที่มีการเจริญ และมีการติดเชื้อกับรากพืชได้ดีเปรียบเทียบกับราเอคโตไมคอร์ไรซ่าชนิดอื่น ๆ เนื่องจากในสภาพธรรมชาติ โดยเฉพาะ ในป่าสนเขา หรือป่าเต็งรัง จะมีความหลากหลายในชนิดของราเอคโตไมคอร์ไรซ่ามากมาย นอกจากนี้การคัดเลือกหาชนิดหรือสายพันธุ์ราเอคโตไมคอร์ไรซ่า ที่นอกจากจะส่งเสริมการเจริญของกล้าไม้แล้ว ควรจะพิจารณาประโยชน์ในแง่อื่น ๆ เช่น สามารถเป็นแหล่งอาหาร หรือยารักษาโรค สำหรับประชาชนในพื้นที่ปลูกป่า ซึ่งอาจจะช่วยให้โครงการปลูกป่าประสบผลสำเร็จดังเป้าหมาย เพราะประชาชนจะมีความหวงแหน รู้คุณค่า และช่วยกันดูแลรักษาป่าให้คงอยู่อย่างยั่งยืน ดังนั้นราเอคโตไมคอร์ไรซ่าจึงอาจจะเป็นยุทธศาสตร์หนึ่งที่จะช่วยทำให้โครงการปลูกป่าฟื้นฟูสภาพแวดล้อมในประเทศไทย ประสบความสำเร็จได้

5) ข้อควรระวังในการศึกษาต่อ ๆ ไป คือ ปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่อาจคิดว่าไม่เป็นปัญหา หรือไม่ก่อปัญหา ก็อาจเกิดขึ้นได้ เช่น ศัตรูพืช จำพวก หนู นก แมลง และ มด ควรระวังและป้องกันไว้แต่เนิ่น