รายงานผลงานเรื่องเต็มการทดลองที่สิ้นสุด

---

1. **แผนงานวิจัย** : แผนบูรณาการวิจัยและพัฒนาไม้ผลเศรษฐกิจ (สับปะรด ลำไย ทุเรียน มังคุด มะม่วง)

2. **โครงการวิจัย** : การเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ฟอสฟอรัสในดินปลูกมังคุด

   กิจกรรม : กิจกรรมที่ 2 การเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ฟอสฟอรัสของมังคุดโดยจุลินทรีย์ (ปีงบประมาณ 2562-2563)

   ชื่อการทดลอง (ภาษาไทย) : การใช้เชื้อราไมคอร์ไรซา (เอ็คโตไมคอร์ไรซา และเอ็นโดไมคอร์-ไรซา) ร่วมกับปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟตกับมังคุด (ปี 2562-2563)

   ชื่อการทดลอง (ภาษาอังกฤษ) : Using of Mycorrhizal (ectomycorrhiza and endomycorrhiza) with phosphate biofertilizer on mongosteen (2019-2020)

3. **คณะผู้ดำเนินงาน**

   หัวหน้าการทดลอง : นางสาวปิยะมาศ โสมภีร์[1] ศูนย์วิจัยพืชสวนจันทบุรี

   ผู้ร่วมงาน : นางชมภู จันที[1] ศูนย์วิจัยพืชสวนจันทบุรี

   นางอภิรดี กอร์ปไพบูลย์[1] ศูนย์วิจัยพืชสวนจันทบุรี

   นายเฉลิมพล เอี่ยมพลับ[2] สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 6

4. **บทคัดย่อ**

เชื้อราไมคอร์ไรซาที่มีความสามารถในการดูดซับฟอสฟอรัส และละลายฟอสเฟตให้เป็นประโยชน์แก่พืชได้ จึงนำมาใช้ประโยชน์ในการแก้ไขปัญหาสภาวะฟอสฟอรัสตกค้างในดินสวนมังคุด โดยงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการใช้ประโยชน์ของเชื้อราไมคอร์ไรซาและจุลินทรีย์ละลายฟอสเฟตในการเพิ่มประสิทธิภาพการดูดใช้ฟอสฟอรัสในดินของมังคุด ได้ทำการทดลองที่ศูนย์พัฒนาไม้ผลเศรษฐกิจภาคตะวันออก จ. จันทบุรี ระหว่างเดือน ตุลาคม 2562 ถึง กันยายน 2563 วางแผนการทดลองแบบ RCB จำนวน 8 กรรมวิธี ได้แก่ 1) ใส่เชื้อราเอ็คโตไมคอร์ไรซา (*Clavaria vermicularis*) 2) ใส่เชื้อราเอ็นโดไมคอร์ไรซาของกรมวิชาการเกษตร 3) ใส่ปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟตของกรมวิชาการเกษตร 4) ใส่เชื้อราเอ็คโตไมคอร์ไรซา + เชื้อราเอ็นโดไมคอร์ไรซา 5) ใส่เชื้อราเอ็คโตไมคอร์ไรซา + ปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟต 6) ใส่เชื้อราเอ็นโดไมคอร์ไรซา+ ปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟต 7) ลูกเชื้อทั้ง 3 ชนิดร่วมกัน และ 8) ไม่ใส่เชื้อ โดยทำการเก็บตัวอย่างดินและใบมังคุดก่อนการใส่เชื้อฯ

---

[1] ศูนย์วิจัยพืชสวนจันทบุรี สถาบันวิจัยพืชสวน กรมวิชาการเกษตร อ.ขลุง จ.จันทบุรี

[2] สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 6 กรมวิชาการเกษตร อ.ขลุง จ.จันทบุรี

ศรีวิชาการเกษตร

วิเคราะห์ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งฟอสฟอรัสทั้งหมดในดิน ค่าความเป็นกรดด่างของดิน และปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในพืช จากนั้นใส่เชื้อจุลินทรีย์ต่างๆตามกรรมวิธี เก็บตัวอย่างดินและใบมังคุดวิเคราะห์ปริมาณฟอสฟอรัสต่างๆ และเก็บตัวอย่างรากเพื่อหาเปอร์เซ็นต์การเข้ารากของเชื้อราเอ็คโตไมคอร์ไรซา และเอ็นโดไมคอร์ไรซา ที่ระยะเวลา 3, 6, 9 และ 12 เดือน พบว่า การใส่เชื้อจุลินทรีย์ในทุกกรรมวิธีที่ระยะ 3 เดือน มีผลทำให้มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินมีปริมาณมากกว่ากรรมวิธีที่ไม่มีการใส่เชื้อ และที่ระยะ 6 การใส่เชื้อเราเอ็นโดไมคอร์ไรซาและการใส่เชื้อร่วมกัน 3 ชนิด ทำให้มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์มากกว่ากรรมวิธีอื่นๆ (814.37 และ 562.50 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ตามลำดับ) และ 9 เดือน พบว่า การใส่เชื้อราเอ็คโตไมคอร์ไรซา และการใส่ปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟตทำให้มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินมากกว่ากรรมวิธีอื่น (173.30 และ 208.45 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ตามลำดับ) สำหรับปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในดินในทุกกรรมวิธีไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p \geq 0.05$) ส่วนค่าความเป็นกรดด่างของดินทุกกรรมมีค่าใกล้เคียงกันคือที่ประมาณ 4 แต่ปริมาณฟอสฟอรัสที่พืชดูดไปใช้จากค่าวิเคราะห์ปริมาณฟอสฟอรัสในใบพืช พบว่า การใส่เชื้อราเอ็คโตไมคอร์ไรซามีปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในใบสูงกว่ากรรมวิธีอื่นๆ ซึ่งให้ผลไม่แตกต่างจากการใส่เชื้อเอ็คโตไมคอร์ไรซาร่วมกับปุ๋ยชีวภาพละลาย และการใส่ปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟตเพียงอย่างเดียว (ระยะ 9 เดือน) สำหรับเปอร์เซ็นต์การเข้ารากของเชื้อราไมคอร์ไรซาทั้งสองชนิด พบว่า ในช่วงฤดูฝนการเข้ารากของเชื้อฯมีปริมาณมากกว่าในช่วงฤดูแล้ง และปริมาณการเข้ารากของเชื้อราเอ็คโตไมคอร์ไรซาถึงแม้จะมีปริมาณน้อยกว่า แต่มีประสิทธิภาพทำให้พืชดูดใช้ฟอสฟอรัสได้ดีกว่า แต่ที่ระยะ 12 เดือน พบการปนเปื้อนของเชื้อราเอ็นโดไมคอร์ไรซาในทุกกรรมวิธี ซึ่งด้วยเหตุนี้อาจทำให้ผลการทดลองที่ระยะ 12 มีปริมาณฟอสฟอรัสต่างๆไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p \geq 0.05$)

5. คำนำ

จากการสำรวจปริมาณธาตุอาหารในดินปลูกมังคุดในเขตจังหวัดจันทบุรีแล้วพบว่ามีปริมาณฟอสฟอรัสสูงมาก (กรมพัฒนาที่ดิน, 2556; พันธุ์ทิพย์, 2543) เนื่องจากเกษตรกรผู้ปลูกมังคุดในจังหวัดจันทบุรีเข้าใจว่าในช่วงกระตุ้นดอกต้องใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสในปริมาณมากๆ จึงจะทำให้มังคุดออกดอกได้ดี ในขณะที่ความสามารถดูดใช้ปุ๋ยฟอสฟอรัสของพืชนั้นสามารถที่จะดูดธาตุฟอสฟอรัสที่ใส่ลงไปในดินได้เพียงร้อยละ 10-30 เท่านั้นทั้งๆ ที่ปุ๋ยไม่ได้ถูกชะละลายออกไปจากดิน ส่วนที่ขาดไป 70-90 เปอร์เซ็นต์ นี้พืชไม่สามารถนำไปใช้ได้ เนื่องจากฟอสเฟตที่ละลายน้ำได้ในปุ๋ยจะทำปฏิกิริยาตกตะกอนกับองค์ประกอบต่างๆ ของดิน เกิดเป็นสารประกอบฟอสเฟตที่ละลายน้ำยาก ซึ่งเรียกว่า การตรึงฟอสเฟต (Phosphate Fixation) ทำให้ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืชนั้นลดลง โดยถึงแม้ว่ามีกระบวนการละลายตัวของแร่เหล่านี้แต่กระบวนการสร้างผลึกใหม่นี้เกิดต่อเนื่องกันไปด้วย ซึ่งกระบวนการทั้งสองนี้ใช้เวลาประมาณ 2 ปี ในขณะเดียวกันกระบวนการดูดยึดฟอสฟอรัส และการเกิดกระบวนการตกผลึกของแร่ธาตุเกิดขึ้นเพียงเวลาสั้นๆ ซึ่งอาจเป็นชั่วโมงถึงเป็นวันเท่านั้นหลังการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัส จากสภาวะดังกล่าวการนำจุลินทรีย์ที่มีความสามารถในการดูดซับและละลายฟอสเฟตจะช่วยให้พืชสามารถดูดใช้ฟอสฟอรัสได้ดีมีประสิทธิภาพมากขึ้น โดยปิยะมาศ และคณะ (2563) ได้สำรวจเห็ดเอ็คโตไมคอร์ไรซาที่พบว่ามีการเจริญร่วมกับมังคุด 5 ชนิด คือ *Laccaria fraternal, Clavaria vermicularis*, *Amanita hemibapha*,

กรมวิชาการเกษตร

Termitomyces tylerianus และ *Boletus griseipurpureus* ที่มีความสามารถในการละลายฟอสเฟตได้ นอกจากนี้ทางกรมวิชาการเกษตรได้ผลิตหัวเชื้อชีวภัณฑ์เอ็นโดไมคอร์ไรซาส่งเสริมให้เกษตรกรนำไปใช้ร่วมกับการปลูกพืชหลายชนิด ซึ่งเชื้อราไมคอร์ไรซามีประโยชน์ในการช่วยธาตุอาหารให้แก่พืชได้ โดยเฉพาะความสามารถในการดูดใช้ฟอสฟอรัสให้แก่พืชได้ โดยเชื้อราไมคอร์ไรซา (Mycorrhiza) จะช่วยดูดซับฟอสฟอรัส โดยพืชจะได้รับธาตุนี้ด้วยการซึมผ่านเซลล์ของเชื้อรานี้เข้าไปสู่เซลล์ของรากพืช และเชื้อราไมคอร์ไรซายังช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช โดยทำให้มีพื้นที่ผิวรากพืชเพิ่มมากขึ้น ทำให้ดูดน้ำและธาตุอาหารได้มากขึ้น ช่วยดูดซับและสะสมธาตุอาหารอื่น เช่น ไนโตรเจน โพแทสเซียม แคลเซียม สังกะสี ทองแดง ไว้ในรากพืช ซึ่งพืชนำไปใช้ประโยชน์ได้ ช่วยดูดซับธาตุอาหารจากหินและแร่ที่ละลายตัวยาก รวมทั้งจากอินทรียวัตถุที่ยังละลายตัวไม่หมดหรือยังไม่แปรสภาพเป็นปุ๋ยอินทรีย์ ซึ่งพืชสามารถนำธาตุอาหารส่วนนี้ไปใช้ประโยชน์ได้เช่นกัน และนอกจากนี้กรมวิชาการเกษตรยังได้ผลิตปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟต โดยกลุ่มงานวิจัยจุลินทรีย์ดิน กลุ่มวิจัยปฐพีวิทยา สำนักวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร ทำการ ศึกษารวบรวมจุลินทรีย์ละลายฟอสเฟตที่มีในประเทศ และคัดเลือกให้ได้จุลินทรีย์ที่มีประสิทธิภาพในการละลาย หินฟอสเฟตและฟอสเฟตรูปที่ไม่ละลายอื่นๆ แล้วทดลองนำไปใช้กับพืช จากผลการทดลองพบว่าการใช้จุลินทรีย์ละลายฟอสเฟตร่วมกัน หินฟอสเฟตสามารถเพิ่มการเจริญเติบโต และผลผลิตพืชได้มากกว่าการใส่เฉพาะหินฟอสเฟต โดยเฉพาะในดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ โดยเพิ่มขึ้นประมาณ 27 - 40 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับการไม่ใช้เชื้อ ดังนั้นจึงนำเชื้อไมคอร์ไรซาทั้งเอ็คโตไมคอร์ไรซา เอ็นไดไมคอร์ไรซา และปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟตมาใช้ร่วมกัน เพื่อช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการดูดใช้ฟอสฟอรัสในดินให้กับการปลูกมังคุด โดยเฉพาะพื้นที่ที่มีภาวะฟอสฟอรัสตกค้างในปริมาณมาก

วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาการใช้ประโยชน์ของเชื้อราไมคอร์ไรซาและจุลินทรีย์ละลายฟอสเฟตในการเพิ่มประสิทธิภาพการดูดใช้ฟอสฟอรัสในดินของมังคุด

6. วิธีดำเนินการ :

- สิ่งที่ใช้ในการทดลอง

1. สวนมังคุด 1 สวน
2. หัวเชื้อราเอ็คโตไมคอร์ไรซา
3. หัวเชื้อราเอ็นโดไมคอร์ไรซาจากกลุ่มงานวิจัยจุลินทรีย์ดิน กลุ่มวิจัยปฐพีวิทยา กรมวิชาการเกษตร
4. ปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟตจากกลุ่มงานวิจัยจุลินทรีย์ดิน กลุ่มวิจัยปฐพีวิทยา กรมวิชาการเกษตร
5. อุปกรณ์ในการเก็บตัวอย่างดิน เช่น ถุงพลาสติก จอบ เสียม ยางรัด เป็นต้น
6. เครื่องแก้ว สารเคมี วัสดุทางวิทยาศาสตร์ และเครื่องสเปกโตโฟโตมิเตอร์ สำหรับวิเคราะห์หาปริมาณฟอสฟอรัสในรูปที่เป็นประโยชน์และไม่เป็นประโยชน์
7. อุปกรณ์สำนักงานต่างๆในการจดบันทึก
8. อุปกรณ์สำหรับคอมพิวเตอร์เพื่อการบันทึกข้อมูล วิเคราะห์ สรุปผล และรายงานผล

กรมวิชาการเกษตร

- แบบและวิธีการทดลอง วางแผนการทดลองแบบ RCB จำนวน 8 กรรมวิธี ทำทั้งหมด 5 บล็อก ในบล็อกมี 1 ซ้ำ ซ้ำละ 1 ต้น ดังนี้

กรรมวิธีที่ 1 ใส่เชื้อราเอ็คโตไมคอร์ไรซาไอโซเลท 134 (*Clavaria vermicularis* (เห็ดหนอนขาว))

กรรมวิธีที่ 2 ใส่เชื้อราเอ็นโดไมคอร์ไรซาของกรมวิชาการเกษตร

กรรมวิธีที่ 3 ใส่ปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟตของกรมวิชาการเกษตร

กรรมวิธีที่ 4 ใส่เชื้อราเอ็คโตไมคอร์ไรซาที่ 134 + เชื้อราเอ็นโดไมคอร์ไรซา

กรรมวิธีที่ 5 ใส่เชื้อราเอ็คโตไมคอร์ไรซาที่ 134 + ปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟต

กรรมวิธีที่ 6 ใส่เชื้อราเอ็นโดไมคอร์ไรซา+ ปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟต

กรรมวิธีที่ 7 ปลูกเชื้อทั้ง 3 ชนิดร่วมกัน

กรรมวิธีที่ 8 ไม่ปลูกเชื้อ

- วิธีปฏิบัติการทดลอง

1. ขยายเชื้อราเอ็คโตไมคอร์ไรซาไอโซเลท 134 (*Clavaria vermicularis* (เห็ดหนอนขาว)) โดยน้ำเชื้อฯที่เจริญบนอาหาร PDA มาวางเชื้อราฯลงในวัสดุสำหรับขยายเชื้อที่ประกอบไปด้วย ปลายข้าว : รำข้าวหยาบ อัตรา 1:1 ใส่แมกนีเซียม 2 กรัม/กิโลกรัม ซึ่งต้องนำไปนึ่งฆ่าเชื้อก่อนที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ภายใต้แรงดัน 15 ปอนด์/ตารางนิ้ว เวลา 15 นาที

2. จัดเตรียมเชื้อราเอ็นโดไมคอร์ไรซา และปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟตจากกลุ่มงานวิจัยจุลินทรีย์ดิน กลุ่มวิจัยปฐพีวิทยา กรมวิชาการเกษตร

3. ทำการวิเคราะห์หาปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในดินและพืช และปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินเริ่มต้น และค่า pH ดิน ตามวิธีของกรมวิชาการเกษตร (2544) โดยพื้นที่ที่จะทำการทดลอง คือแปลงมังคุดที่ศูนย์พัฒนาไม้ผลเศรษฐกิจภาคตะวันออก ต.บ่อเวฬุ อ.ขลุง จ.จันทบุรี

4. ใส่เชื้อราเอ็คโตไมคอร์ไรซา และ เชื้อราเอ็นโดไมคอร์ไรซา และปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟตตามกรรมวิธีต่างๆ ลงบริเวณรากของมังคุด แต่เนื่องจากเชื้อราฯที่ใส่มีปริมาณทำให้เมื่อใส่อาจไม่ทั่วถึงบริเวณโคนต้น จึงเติมทรายเพื่อช่วยให้ใส่ตัวอย่างเชื้อราฯได้สะดวกมากขึ้น จึงผสมทรายลงไปด้วย โดยกรรมวิธีที่ใส่เชื้อราเอ็คโตไมคอร์ไรซาไอโซเลท 134 ปริมาณ 100 กรัม ชั่งทรายเพิ่ม 350 กรัม กรรมวิธีที่ใส่เชื้อราเอ็นโดไมคอร์ไรซาปริมาณ 10 กรัม ชั่งทราย 750 กรัม และกรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟต ปริมาณ 100 กรัม เพิ่ม ทราย 750 กรัม

5. เก็บตัวอย่างพืชเพื่อวิเคราะห์ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในดินและพืช และปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินเริ่มต้น และค่า pH ดิน ตามวิธีของกรมวิชาการเกษตร (2544) ที่ระยะ 3, 6, 9 และ 12 เดือน

6. ตรวจสอบการเข้าสู่บริเวณ Root tip ของเชื้อราเอ็คโตไมคอร์ไรซา และเชื้อราเอ็นโดไมคอร์ไรซา ตามวิธีของ บุศกร (2540)

7. บันทึก รวบรวม วิเคราะห์ข้อมูลและสรุปผล

- การบันทึกข้อมูล

- ปริมาณฟอสฟอรัสในดิน และใบมังคุดที่ระยะเวลา 3, 6, 9 และ 12 เดือน

กรมวิชาการเกษตร

- ค่า pH ดินที่ระยะเวลา 3, 6, 9 และ 12 เดือน
- เปอร์เซ็นต์การเข้ารากของเชื้อราเอ็คโตไมคอร์ไรซา
- เปอร์เซ็นต์การเข้ารากของเชื้อราเอ็นโดไมคอร์ไรซา

- เวลาและสถานที่

เริ่มทำการทดลอง 1 ตุลาคม 2562 – 30 กันยายน 2563 ณ ศูนย์วิจัยพืชสวนจันทบุรี

7. ผลการทดลองและวิจารณ์

จากการปลูกถ่ายเชื้อต่างๆลงในดินสวนมังคุดและมีการหาปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน พบว่า ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินเมื่อระยะเวลา 3 เดือน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p \leq 0.01$) โดยกรรมวิธีที่ 1, 2, 3, 5, 6 และ 7 มีปริมาณมากกว่ากรรมวิธีที่ 4 และกรรมวิธีที่มีปริมาณน้อยที่สุดคือกรรมวิธีที่ 8 ซึ่งเป็นกรรมวิธีควบคุม ที่ระยะ 6 เดือน พบว่า กรรมวิธีที่ 2 และ 7 มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินมากกว่ากรรมวิธีอื่นๆ (ตารางที่ 12) ที่ระยะ 9 เดือน พบว่า กรรมวิธีที่ 1 และ 3 (ใส่เชื้อราเอ็คโตไมคอร์ไรซาไอโซเลทที่ 134 และใส่ปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟต ตามลำดับ) มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์มากกว่ากรรมวิธีอื่นๆ แต่สังเกตได้ว่าปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินมีปริมาณน้อยกว่าที่ระยะ 3 และ 6 เดือนมาก ที่ระยะ 12 เดือน พบว่า แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) แต่สังเกตได้ว่ามีปริมาณเพิ่มขึ้นจากระยะ 9 เดือน (ตารางที่ 11) ซึ่งการละลายออกมาได้ของฟอสฟอรัสบริเวณรากพืชนี้เกิดกระบวนการ Mineralization ของฟอสฟอรัส เพราะบริเวณรากพืชมีเอนไซม์ Phosphatase ปลดปล่อยมาจากรากพืช นอกจากนี้รากพืชยังปลดปล่อยสารอินทรีย์ (Root exudate) ที่ง่ายต่อการย่อยสลายและไปกระตุ้นกิจกรรมของจุลินทรีย์ดินในบริเวณรากพืชดังกล่าวทำให้การย่อยสลายอินทรียวัตถุในดินมีเพิ่มขึ้นได้อีกด้วย โดยเฉพาะพืชที่มีเชื้อจุลินทรีย์ที่มีความสามารถในการละลายฟอสเฟตอยู่บริเวณรากพืชมากก็จะสามารถช่วยให้ฟอสฟอรัสเป็นประโยชน์ต่อพืชมากตามไปด้วย (Tarafdar and Junk, 1987) ซึ่งจากผลการทดลองสังเกตได้ว่ากรรมวิธีที่ใส่เชื้อราเอ็คโตไมคอร์ไรซาไอโซเลท 134 และกรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยชีวภาพที่มีเชื้อราละลายฟอสเฟตอยู่ด้วยมีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ละลายออกมาในดินได้มากกว่านั้นแสดงให้เห็นว่าเชื้อจุลินทรีย์ทั้งสองชนิดนี้มีความสามารถในการละลายฟอสเฟตได้ดีกว่าเชื้อราเอ็นโดไมคอร์ไรซา

ตารางที่ 11 ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินของแต่ละกรรมวิธี

กรรมวิธี	ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (มก./กก.)			
	3 ด.	6 ด.	9 ด.	12 ด.
1	513.95 a	391.44 b	173.30 ab	312.25
2	400.25 abc	814.37 a	92.80 cd	336.50
3	432.00 ab	455.56 b	208.45 a	297.87
4	322.50 bc	360.31 b	39.56 de	226.00

กรมวิชาการเกษตร

5	407.75 abc	410.94 b	52.20 de	277.00
6	455.50 ab	416.50 b	20.25 e	323.50
7	493.55 a	562.50 ab	142.45 bc	217.25
8	372.32 c	513.00 b	56.75 de	283.50
F-test	*	*	**	ns
C.V. (%)	25.34	34.92	51.00	57.89

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ยตามแนวตั้งที่มีตัวอักษรต่างกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ $p \leq 0.05$ เมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี LSD, ns = แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ $p \geq 0.05$, * = แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ $p \leq 0.05$, ** = แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ $p \leq 0.01$

ค่าความเป็นกรดด่างของดินก่อนการทดลองมีค่าไม่แตกต่างกัน แต่เมื่อทำการปลูกถ่ายเชื้อลงไปแล้วตามกรรมวิธีต่างๆ เมื่อผ่านไป 3 เดือน พบว่า กรรมวิธีที่ 2 มีค่าความเป็นกรดด่างของดินเป็นกรดต่ำกว่ากรรมวิธีอื่นๆ (4.19) ส่วนกรรมวิธีที่ 1 และ 6 มีค่าความเป็นกรดด่างของดินสูงกว่ากรรมวิธีอื่นๆ เท่ากับ 4.47 และ 4.35 ตามลำดับ ที่ระยะ 6 เดือน กรรมวิธีที่ 1, 2 และ 3 มีค่าความเป็นกรดด่างสูงกว่ากรรมวิธีอื่น (4.29, 4.23 และ 4.24 ตามลำดับ) ที่ระยะ 9 และ12 เดือน ค่าความเป็นกรดด่าง แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) แต่ในทุกกรรมวิธีที่ระยะ 12 เดือนมีค่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับที่ระยะ 9 เดือน (ตารางที่ 12) จากค่าความเป็นกรดด่างของดินถึงแม้จะแตกต่างกันทางสถิติก็ตามแต่พบว่าการที่ดินในทุกกรรมวิธีมีค่าอยู่ที่ 4 นี้มีผลทำให้เกิดกระบวนการตรึงฟอสฟอรัสโดยที่ฟอสฟอรัสในดินทำปฏิกิริยาแล้วตกตะกอนอย่างรวดเร็วกับ Fe และ Al ดินกรด เป็นสารประกอบ Fe และ Al-phosphate ซึ่งเป็นรูปที่ไม่เป็นประโยชน์ต่อพืชเพราะเป็นสารประกอบที่ไม่ละลายน้ำ ดินที่มีค่าความเป็นกรดด่างอยู่ระหว่าง 6 - 7 จะมีการตรึงฟอสฟอรัสน้อย และมีฟอสเฟตที่อยู่ในรูปที่พืชจะใช้ประโยชน์ได้มากที่สุด (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2541) ดังนั้นนอกเหนือจากการใส่เชื้อจุลินทรีย์ช่วยในการละลายฟอสเฟตแล้วควรมีการปรับปรุงบำรุงดินเพื่อยกระดับค่าความเป็นกรดด่างของดินด้วย

กรมวิชาการเกษตร

ตารางที่ 12 ค่าความเป็นกรดด่างของดินของแต่ละกรรมวิธี

กรรมวิธี	ค่าความเป็นกรดด่างของดิน			
	3 ด.	6 ด.	9 ด.	12 ด.
1	4.47 a	4.29 a	4.47	4.54
2	4.19 d	4.23 ab	4.26	4.51
3	4.44 ab	4.24 a	4.42	4.60
4	4.25 cd	4.08 bc	4.26	4.58
5	4.29 bcd	4.05 c	4.29	4.43

6	4.35 abc	4.07 c	4.26	4.60
7	4.25 cd	4.01 c	4.23	4.39
8	4.24 cd	4.09 bc	4.11	4.25
F-test	**	**	ns	ns
C.V. (%)	2.82	2.71	3.89	5.68

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ยตามแนวตั้งที่มีตัวอักษรต่างกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ $p \leq 0.05$ เมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี LSD, ns = แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ $p \geq 0.05$, ** = แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ $p \leq 0.01$

ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในดินหลังใส่เชื้อจุลินทรีย์ 3, 6, 9 และ 12 เดือน พบว่า แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) โดยในช่วง 3 ถึง 9 เดือน ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในดินลดลงตามระยะเวลา ซึ่งเป็นไปในทิศทางเดียวกันทุกกรรมวิธี แต่ที่ระยะ 12 เดือน ปริมาณเพิ่มขึ้นในทุกกรรมวิธี (ตารางที่ 13)

ตารางที่ 13 ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในดินของแต่ละกรรมวิธี

กรรมวิธี	ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในดิน (%)			
	3 ด.	6 ด.	9 ด.	12 ด.
1	0.73	0.56	0.40	0.55
2	0.68	0.60	0.36	0.55
3	0.75	0.48	0.42	0.47
4	0.64	0.41	0.37	0.48
5	0.61	0.44	0.31	0.51
6	0.64	0.45	0.34	0.48
7	0.63	0.50	0.40	0.40
8	0.58	0.49	0.37	0.51
F-test	ns	ns	ns	ns
C.V. (%)	14.86	20.77	30.06	29.98

หมายเหตุ: ns = แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ $p \geq 0.05$

ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในพืชหลังใส่เชื้อจุลินทรีย์ 3 และ 6 เดือน พบว่า แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) และปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในพืชตั้งแต่ก่อนการปลูกถ่ายเชื้อและปลูกถ่ายเชื้อเป็นระยะเวลา 3 และ 6 เดือน มีการเปลี่ยนแปลงน้อยมาก แต่ที่ระยะ 9 เดือน พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยกรรมวิธีที่ 1 ใส่เชื้อราเอ็คโตไมคอร์ไรซาไอโซเลท 134 และกรรมวิธีที่ 5 ใส่เชื้อราเอ็คโตไมคอร์ไรซาไอโซเลท 134 + ปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟต และกรรมวิธีที่ 7 ใส่เชื้อจุลินทรีย์ทั้ง 3 ชนิดร่วมกัน มีปริมาณฟอสฟอรัสในใบมากกว่ากรรมวิธีอื่น ที่ระยะ 12 เดือน พบว่า แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) (ตารางที่ 14)

ตารางที่ 14 ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในพืชของแต่ละกรรมวิธี

กรมวิชาการเกษตร

กรรมวิธี	ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในพืช (%)			
	3 ด.	6 ด.	9 ด.	12 ด.
1	0.22	0.20	0.32 a	0.17
2	0.16	0.20	0.23 bc	0.15
3	0.24	0.20	0.17 c	0.17
4	0.19	0.24	0.21 bc	0.17
5	0.21	0.22	0.25 ab	0.19
6	0.20	0.20	0.21 bc	0.12
7	0.20	0.20	0.26 ab	0.19
8	0.18	0.20	0.22 bc	0.16
F-test	ns	ns	*	ns
C.V. (%)	20.43	20.16	24.18	25.81

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ยตามแนวตั้งที่มีตัวอักษรต่างกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ $p \leq 0.05$ เมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี LSD, ns = แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ $p \geq 0.05$, * = แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ $p \leq 0.05$,

การติดตามการเข้ารากของเชื้อรา 2 ชนิด คือ เอ็คโตไมคอร์ไรซา และเอ็นโดไมคอร์ไรซา พบว่า ที่ระยะ 3 เดือน การเข้ารากของเชื้อราเอ็คโตไมคอร์ไรซาไอโซเลทที่ 134 ของกรรมวิธีที่ 1 มีการเข้ารากมากที่สุดร้อยละ 40.67 รองลงมาคือกรรมวิธีที่ 4, 5 และ 7 (22.67, 7.33 และ 4.67 ตามลำดับ) ส่วนการเข้ารากของเชื้อเอ็นโตไมคอร์ไรซา พบว่า พบมากที่สุดในกรรมวิธีที่ 4 และ 7 เท่ากับร้อยละ 45.33 และ 40.00 ตามลำดับ แต่ที่ระยะ 6 เดือน กลับพบว่า ในกรรมวิธีที่ 1 ที่มีการปลูกถ่ายเชื้อเอ็คโตไมคอ์ไรซาไอโซเลท 134 มีร้อยละการเข้ารากลดน้อยลงเหลือ 4.00 แต่ในกรรมวิธีที่ 7 มีมากขึ้น ร้อยละ 10.00 ในขณะที่กรรมวิธีที่ 2 ที่มีการปลูกถ่ายเชื้อเอ็นโตไมคอร์ไรซามีร้อยละการเข้ารากเพิ่มมากขึ้นเป็นร้อยละ 63.33 และในกรรมวิธีที่ 4 มีร้อยละการเข้ารากเป็น 66.00 กรรมวิธีที่ 6 เท่ากับร้อยละ 70.67 และกรรมวิธีที่ 7 เท่ากับร้อยละ 40.67 ที่ระยะ 9 เดือน พบว่า ในแต่กรรมวิธีที่มีการใส่เชื้อมีปริมาณของเชื้อลดลง ยกเว้นในกรรมวิธีที่ 7 ที่มีปริมาณเชื้อราเอ็นโตไมคอร์ไรซาเพิ่มมากขึ้นเป็นร้อยละ 51.33 ที่ระยะ 12 เดือนพบการปนเปื้อนของเชื้อราเอ็นโตไมคอร์ไรซาในทุกกรรมวิธี ซึ่งอาจเกิดจากฝนตกแล้วทำให้เชื้อราเอ็นโตไมคอร์ไรซาไหลไปกับน้ำเพราะพื้นที่ที่ทำการทดลองเป็นพื้นที่ลาดเอียง (ตารางที่ 15)

ตารางที่ 15 การเข้ารากของเชื้อราเอ็คโตไมคอร์ไรซา และเอ็นโตไมคอร์ไรซา

กรรมวิธี	การเข้ารากของเชื้อฯ (%)			
	3 ด.	6 ด.	9 ด.	12 ด.

	No.134	EN	No.134	EN	No.134	EN	No.134	EN
1	40.67	0.00	4.00	0.00	12.00	0.00	6.67	3.33
2	0.00	14.67	0.00	63.33	0.00	48.89	0.00	24.00
3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	8.00
4	22.67	45.33	6.00	66.00	5.33	27.73	0.00	20.67
5	7.33	0.00	3.33	0.00	7.34	0.00	5.33	32.68
6	0.00	13.33	0.00	70.67	0.00	8.33	0.00	19.33
7	4.67	40.00	10.00	40.67	3.33	51.33	7.33	30.00
8	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0	0.00	26.67

หมายเหตุ: No.134 = เชื้อราเอ็คโตไมคอร์ไรซาไอโซเลทที่ 134, EN= เชื้อราเอ็นโดไมคอร์ไรซา

จากผลการทดลองในระยะ 3 เดือนแรก ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินในกรรมวิธีที่ใส่เชื้อทั้งแบบเดี่ยวๆ และใส่ร่วมกันมีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินมากกว่าไม่ใส่เชื้อและหลังจากนั้นในช่วง 6 เดือน กับพบว่าปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินจะมีมากขึ้นกว่าเดิม โดยเฉพาะกรรมวิธีที่ 2 ที่มีการใส่เชื้อเอ็นโดไมคอร์ไรซาของกรมวิชาการเกษตร และการใส่เชื้อร่วมกันทั้ง 3 ชนิด เนื่องจากว่าในช่วงนี้เป็นช่วงฤดูแล้ง ทำให้สภาพอากาศแห้งแล้งไม่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของเชื้อราทั้ง 3 ชนิด โดยเฉพาะเชื้อราเอ็คโตไมคอร์ไรซาไอโซเลท 134 ที่เป็นเห็ด ซึ่งสังเกตได้จากเปอร์เซ็นต์การเข้ารากของเชื้อราเอ็นโดไมคอร์ไรซามีเปอร์เซ็นต์การเข้ารากได้มากกว่า โดยมีค่าเท่ากับ 63.30 และ 40.67% ตามลำดับ ในขณะที่พบการเข้ารากของเชื้อราเอ็คโตไมคอร์ไรซาไอโซเลท 134 มีเพียง 4.00-6.00% เท่านั้น ซึ่งปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญของเส้นใยเห็ดเอ็คโตไมคอร์ไรซานอกเหนือจากปัจจัยทางพันธุกรรมแล้วยังมีปัจจัยภายนอกที่มีผลต่อการเจริญคือ อุณหภูมิซึ่งมีผลสำคัญต่อการเจริญเติบโตทั้งระยะเส้นใย ระยะออกดอก และระยะปล่อยสปอร์ รวมไปถึงความเป็นกรดด่างของดินด้วย โดยปกติจะเจริญได้ดีในสภาวะที่เป็นกลางหรือกรดเล็กน้อย จากการวิเคราะห์ค่าความกรดด่างของดินจากแปลงทดลองพบว่ามีค่าเป็นกรดมาก คือ อยู่ที่ 4 และนอกจากนี้ปัจจัยของความชื้นก็มีผลต่อการเจริญ ซึ่งโดยปกติจะเจริญได้ดีในสภาพที่มีความชื้นสัมพัทธ์ค่อนข้างสูง คือ ร้อยละ 70-95 แต่ในช่วง 6 เดือนนี้เป็นช่วงฤดูแล้งมีสภาพแห้งแล้งมากไม่เหมาะสมต่อการเจริญของเส้นใยเชื้อราเอ็คโตไมคอร์ไรซา และเชื้อราในปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟต (วิทยา, 2552; รัตเขตร์ และธิติยา, 2553) แต่เมื่อเข้าสู่ฤดูฝน (9 เดือน) พบว่า กรรมวิธีมีที่ใส่เชื้อราไมคอร์ไรซาทั้งสองชนิดมีเปอร์เซนต์เข้าสู่รากมากขึ้น และมีผลทำให้ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินเพิ่มสูงขึ้น และกรรมวิธีที่ใส่เชื้อราเอ็คโตไมคอร์ไรซาไอโซเลท 134 มีประมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์มากกว่าการใส่เชื้อราเอ็นโดไมคอร์ไรซา และมีประสิทธิภาพเทียบเท่ากับการใส่ปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟต หากเปรียบเทียบกับกรรมวิธีที่ 5 ที่ไม่มีการใส่เชื้อ พบว่ามีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์น้อยมาก 56.75 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ซึ่งแสดงให้เห็นว่าเมื่อไม่มีการใส่เชื้อจุลินทรีย์ที่ช่วยในการดูดซับและละลายฟอสเฟตลงไปในดินทำให้ฟอสฟอรัสละลายออกมาได้น้อยมาก และนอกจากนี้เมื่อพิจารณาปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในพืชพบว่าในช่วง 9 เดือน กรรมวิธีที่มีการใส่เชื้อราเอ็คโตไมคอร์ไรซาไอโซเลท 134 ช่วยให้พืชดูดใช้ธาตุฟอสฟอรัสได้ดีกว่าไม่ใส่เชื้อและดีกว่าใส่เชื้อเอ็นโดไมคอร์ไรซา โดยสังเกตได้จากปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในใบมังคุดในกรรมวิธีที่ 1, 5 และ 7 ที่มีการใส่เชื้อเอ็คโตไมคอร์ไร-ซาไอโซ

ศูนย์วิทยทรัพยากร

เลท 134 มีค่าสูงกว่ากรรมวิธีอื่นๆ ถึงแม้ว่าเปอร์เซ็นต์การเข้ารากของเชื้อราเอ็คโตไมคอร์ไรซามีน้อยกว่าเชื้อราเอ็นโดไมคอร์ไรซาก็ตาม นั้นแสดงให้เห็นว่าเชื้อราเอ็คโตไมคอร์ไรซาไอโซเลท 134 มีประสิทธิภาพดีกว่าเชื้อราเอ็นโดไมคอร์ไรซาของกรมวิชาการเกษตร ซึ่งจากผลการทดลองที่ 1 ที่มีการศึกษาถึงความสามารถในการละลายฟอสเฟตโดยพบว่าเชื้อราเอ็คโตไมคอร์ไรซาไอโซเลท 134 มีความสามารถในการละลายฟอสเฟตได้ด้วย ซึ่งนอกเหนือจากคุณสมบัติของเชื้อราเอ็คโตไมคอร์ไรซาที่จะดูดซับแล้วยังมีความสามารถนี้ด้วย นั้นอาจเป็นเหตุที่ว่ากรรมวิธีที่มีการใส่เชื้อราเอ็คโตไมคอร์ไรซาไอโซเลท 134 มีค่าปริมาณฟอสฟอรัสในใบมากกว่ากรรมวิธีอื่นๆ เพราะช่วยในการดูดใช้ได้ดีด้วยนั่นเอง มีการรายงานว่าเห็ดหนอนขาว (*Clavaria vermicularis*) นอกจากเป็นเห็ดเอ็คโตไมคอร์ไรซาแล้วยังจัดเป็นเห็ดที่สามารถรับประทานได้อีกด้วย โดยมีการรายงานพบในประเทศไทย เช่น สถานีวิจัยวนเกษตรตราด จ.ตราด และสถานีเกษตรหลวงอ่างขาง จ.เชียงใหม่ (อุทัยวรรณ และคณะ, 2556) และยังมีการรายงานว่ามีคุณสมบัติทางยาได้อีกด้วย (Panda and Satapathy, 2020) จากการศึกษาของสมบูรณ์ (2532) ที่ทำการเพาะเชื้อเอคโตไมคอร์ไรซา *Pisolithus tinctorius* (Pers.) Coker & Couch ลงในกล้าไม้ยูคาลิปตัส คามาล ดูเลนซิส และสนคาริเบียที่ปลูกบนมูลดินเหมืองแร่ พบว่า เมื่อกล้าไม้มีอายุ 6 เดือน กล้าไม้ที่ปลูกเชื้อราเอ็คโตไมคอร์ไรซามีการเจริญเติบโตด้านความสูง เส้นผ่าศูนย์กลางที่ระดับคอราก มวลชีวภาพน้ำหนักแห้งปริมาณธาตุฟอสฟอรัสและแมกนีเซียมสูงกว่ากล้าไม้ที่ไม่ได้ปลูกราเอคโตไมคอร์ไรซาอย่างมีนัยสำคัญ ธีรวัฒน์ (2533) ได้รายงานผลการทดลองการปลูกราเอคโตไมคอร์ไรซา *P. tinctorius* ให้กับกล้าไม้สนสามใบ และสนคาริเบีย พบว่าการเจริญเติบโตทางเส้นผ่าศูนย์กลางที่ระดับคอราก มวลชีวภาพน้ำหนักแห้ง ปริมาณการดูดซับธาตุฟอสฟอรัสในส่วนของใบ ลำต้น และราก มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญระหว่างกรรมวิธี โดยกรรมวิธีที่ใส่เชื้อลงในดินให้ผลดีที่สุด รองลงมาได้แก่ การใส่สปอร์ การใส่เส้นใย และกรรมวิธีที่ไม่ได้ปลูกราเอ็คโตไมคอร์ไรซาตามลำดับ

8. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

จากการทดลองการปลูกถ่ายเชื้อราเอ็คโตไมคอร์ไรซาไอโซเลท 134 (*Clavaria vermicularis* หรือ เห็ดหนอนขาว) ลงในดินที่ปลูกมังคุดที่มีภาวะฟอสฟอรัสตกค้าง สามารถช่วยให้ฟอสฟอรัสอยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์แก่พืชได้มากกว่าไม่ใส่เชื้อ และมีประสิทธิภาพเทียบเท่ากับการใส่ปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟตของกรมวิชาการเกษตร และช่วยให้ต้นมังคุดดูดใช้ฟอสฟอรัสได้ดีขึ้นกว่าการไม่ใส่เชื้อ

9. การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

นำวิธีการที่ดีที่สุดจากการทดลองไปถ่ายทอดให้แก่เกษตรกรนำไปปรับใช้ในการแก้ไขปัญหาสภาวะตกค้างของฟอสฟอรัสในดินสวนมังคุดที่ดี

10. คำขอบคุณ (ถ้ามี)

ขอบคุณนักศึกษาฝึกงานจากสถาบันต่าง ๆ ที่ได้ช่วยเหลืองานวิจัยนี้ให้สำเร็จได้ด้วยดีอย่างเต็มกำลังความสามารถ

กรมวิชาการเกษตร

11. เอกสารอ้างอิง

กรมพัฒนาที่ดิน. 2556. ข้อมูลดินและการจัดการดิน. จาก http://r02.ldd.go.th/Website_station/ cti01/ soil_management_m10.html (14/5/56).

ธีรวัฒน์ บุญทวีคุณ. 2533. เทคนิคการเพาะเชื้อราเอคโตไมคอร์ไรซากับกล้าไม้สนเขาในเขตร้อนในเรือนเพาะชำ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ปิยะมาศ โสมภีร์ ปวริศร์ อินทพุก และเฉลิมพล เอี่ยมพลับ. 2563. การสำรวจ จำแนก และคัดเลือกเชื้อราเอ็คโตไมคอร์ไรซา ที่ละลายฟอสเฟตได้จากดินสวนมังคุด. การประชุมวิชาการพืชสวน แห่งชาติครั้งที่ 18 วันที่ 5-7 พฤศจิกายน 2562 ณ โรงแรมริชมอนด์สไตล์ลิซ คอนเวนชั่น นนทบุรี. ไม้ผล เรื่องที่ 9: 1-6.

พันธุ์ทิพย์ นนทรี. 2543. การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของธาตุอาหารในใบมังคุด. ปัญหาพิเศษปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (เกษตรศาสตร์) สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

รัตเขตร์ เชยกลิ่น และ ธิติยา บุญประเทือง. เจาะลึกกับเห็ด ใน: เอกสารประกอบการฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการ “ก้าวแรกสู่การเป็นนักอนุกรมวิธานเห็ด” วันที่ 25-27 มิถุนายน 2553. กรุงเทพฯ: สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ .

วิทยา ทวีนุช. 2552. การเพาะเห็ดแบบเศรษฐกิจพอเพียง. สกายบุ๊คส์: ปทุมธานี. 158 น.

สมบูรณ์ บุญยืน. 2532. ผลของเชื้อเอคโตไมคอร์ไรซา ไพโซไลทัส ทิงธอเลียส ต่อการเจริญเติบโตและการดูดซับธาตุอาหารของกล้าไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส และสนคาริเบียที่ปลูกบนมูลดินเหมืองแร่. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

อุทัยวรรณ แสงวณิช พูนพิไล สุวรรณฤทธิ์ อัจฉรา พยัพพานนท์ เจนิเฟอร์ เหลืองสะอาด อนงค์ จันทร์ศรีสกุล และบารมี สกลรักษ์ใ 2556. บัญชีรายการทรัพย์สินชีวภาพเห็ด. สำนักพัฒนาเศรษฐกิจจากฐานชีวภาพ (องค์การมหาชน), กรุงเทพฯ. 374 น.

คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา. 2541. ปฐพีวิทยาเบื้องต้น. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ. 547.

Panda J. and K. B. Satapathy. 2020. Exploration, distribution and identification of mushroom species in khurda district of odisha, india. Plant Archives. 20:1. 3255-3270.

Tarafdar J. C. and A. Junk. 1987. Phosphatase activity in the rhizosphere and its relation to the depletion of soil organic phosphorus. Biology and Fertility of Soils. 3: 199-204.

กรมวิทยาศาสตร์