รายงานโครงการวิจัย

การเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ฟอสฟอรัสในดินปลูกมังคุด

Enhancing Phosphorus Use Efficiency

in Mangosteen Growing Soil

ปิยะมาศ โสมภีร์

Piyamat Somphee

2563

กรมวิชาการเกษตร

รายงานโครงการวิจัย

การเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ฟอสฟอรัสในดินปลูกมังคุด

Enhancing Phosphorus Use Efficiency

in Mangosteen Growing Soil

ปิยะมาศ โสมภีร์

Piyamat Somphee

2563

กรมวิชาการเกษตร

คำปรารภ

รายงานผลการวิจัยสิ้นสุดของโครงการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ฟอสฟอรัสในดินปลูกมังคุด มุ่งหวังเพื่อศึกษาการใช้ประโยชน์จากเชื้อราไมคอร์ไรซา และจุลินทรีย์ละลายฟอสเฟตในดินที่มีสภาวะการตรึงฟอสฟอรัสในสวนมังคุด เนื่องจากจากการทำการเกษตรในเขตภาคตะวันออกมีการใส่ปุ๋ยอย่างไม่ถูกต้องและเหมาะสม โดยเฉพาะมีการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสที่มากจนเกินไป จนทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงจากรูปที่เป็นประโยชน์ไปเป็นรูปที่ไม่เป็นประโยชน์ ปัจจุบันปัญหาดังกล่าวยังไม่ได้ถูกแก้ไข ซึ่งอาจเกิดจากการขาดความรู้ความเข้าใจหรือไม่ทราบแนวทางที่จะทำการแก้ไข จากเทคโนโลยีของกรมวิชาการเกษตรจากกลุ่มงานวิจัยจุลินทรีย์ดินได้มีการผลิตผลิตภัณฑ์ เชื้อจุลินทรีย์ย่อยละลายฟอสเฟต และเชื้อราไมคอร์ไรซา พวกเอ็นโดไมคอร์ไรซา ซึ่งเชื้อจุลินทรีย์นี้สามารถนำมาใช้แก้ปัญหาดังกล่าวได้ แต่สำหรับเชื้อราไมคอร์ไรซา จำพวกเอ็คโตไมคอร์ไรซา ยังไม่มีการศึกษาและผลิตเป็นเทคโนโลยีเพื่อนำมาประยุกต์ใช้ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นเพื่อผลิตและหาแนวทางเลือกใหม่สำหรับการนำเชื้อราเอ็คโตไมคอร์ไรซา มาประยุกต์ใช้ร่วมกับเชื้อราเอ็นโดไมคอร์ไรซา และจุลินทรีย์ย่อยละลายฟอสเฟต ในพื้นที่ทำการเกษตรในจังหวัดจันทบุรีที่ประสบปัญหาการตกค้างของฟอสฟอรัส ให้เกิดประโยชน์สูงสุด พร้อมกับนำเทคโนโลยีที่มีอยู่แล้วนำมาใช้ให้เกิดประโยชน์โดยตรงแก่เกษตรกร เพื่อเป็นการฟื้นฟูพื้นที่ทำกินให้สมบูรณ์รักษาซึ่งระบบนิเวศ ให้มีความหลากหลายทางชีวภาพ และสามารถใช้เทคโนโลยีอย่างชาญฉลาด คณะผู้วิจัยหวังว่ารายงานนี้จะเป็นประโยชน์แก่เกษตรกรในการนำไปใช้ประโยชน์ และเป็นประโยชน์ต่อนักวิจัยท่านอื่นที่สนใจสามารถนำไปต่อยอดได้

ปิยะมาศ โสมภีร์
นักวิชาการเกษตรชำนาญการ
ศูนย์วิจัยพืชสวนจันทบุรี

กรมวิชาการเกษตร

สารบัญ

เนื้อหา	หน้าที่
คำปรารภ	ก
สารบัญ	ค
กิตติกรรมประกาศ	ง
บทนำ	ฉ
บทคัดย่อ	ช
1. การสำรวจเชื้อราเอ็คโตไมคอร์ไรซาในสวนมังคุด (ปีงบประมาณ 2559-2561)	1
2. การเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ฟอสฟอรัสของมังคุดโดยจุลินทรีย์ (ปีงบประมาณ 2562-2563)	37
บทสรุปและข้อเสนอแนะ	49
บรรณานุกรม	50

กรมวิชาการเกษตร

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณผู้อำนวยการศูนย์วิจัยพืชสวนจันทบุรี คณะกรรมการที่ปรึกษาทางวิชาการทั้งระดับสถาบันวิจัยพืชสวนและระดับกรมที่ให้คำชี้แนะปรับปรุง แก้ไข รวมถึงการติดตามงานในแต่ละช่วงเวลา ขอบคุณคณะทีมงานนักวิจัย ผู้ช่วยนักวิจัย ตลอดจนนักศึกษาฝึกงานทุกคนที่เป็นกำลังสำคัญในการทำงานวิจัยในครั้งนี้ให้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี สุดท้ายขอขอบพระคุณเกษตรกรที่ให้ความอนุเคราะห์ให้พื้นที่ในการสำรวจเห็ดในสวนมังคุดในครั้งนี้

กรมวิชาการเกษตร

ผู้วิจัย

ปิยะมาศ โสมภีร์

Piyamat Somphee

ชมภู จันที

Chompoo Jantee

อภิรดี กอร์ปไพบูลย์

Apiradee Korpphaiboon

เฉลิมพล เอี่ยมพลับ

Chalermpol Eiamplub

กรมวิชาการเกษตร

บทนำ

การใส่ปุ๋ยกับมังคุดหลังการเก็บเกี่ยว เพื่อให้มังคุดสามารถนำเอาไปใช้ทดแทนอาหารที่สูญเสียไปในช่วงการพัฒนาการของผล และใช้ในการซ่อมแซมส่วนที่สึกหรอ ตามคำแนะนำให้ใช้ปุ๋ยสูตรเสมอ เช่น ปุ๋ยสูตร 15-15-15 หรือ 16-16-16 แต่ถ้าต้องการกระตุ้นรากไปพร้อมกันแนะนำให้ใช้ปุ๋ยสูตรที่มีฟอสฟอรัสสูง เช่นปุ๋ยเกร็ดสูตร 15-30-15 อัตรา 60 กรัม ผสมกับฮิวมิคแอซิด อัตรา 100 มิลลิลิตร ผสมน้ำ 20 ลิตร ราดบริเวณใต้ทรงพุ่ม สัปดาห์ละ 1 ครั้ง ประมาณ 2-3 ครั้ง และก่อนที่จะออกดอกประมาณ 1-2 เดือน โดยปกติจะช่วงเดือนตุลาคม สำหรับมังคุดในภาคตะวันออก แนะนำให้ใส่ปุ๋ยทางดินสูตร 8-24-24 หรือ 9-24-24 (ศูนย์วิจัยพืชสวนจันทบุรี, 2545) จากคำแนะนำดังกล่าวสังเกตว่ามีการใส่ปุ๋ยที่มีปริมาณฟอสฟอรัสในปริมาณสูง จากการศึกษาของพันธุ์ทิพย์ (2543) ที่ได้ทำการสำรวจปริมาณธาตุอาหารในดินปลูกมังคุด ตำบลพลับพลา อำเภอเมืองฯ จังหวัดจันทบุรี พบว่ามีปริมาณฟอสฟอรัสในระดับสูง ซึ่งน่าจะเกิดจากการใส่ปุ๋ยที่มีฟอสฟอรัสในปริมาณมากเกินความจำเป็น จากศึกษาของสุมิตรา ภู่วโรดม อาจารย์ประจำภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ทำการศึกษาการจัดการธาตุอาหารในสวนมังคุด ในเขตจังหวัดจันทบุรี ระยอง และตราด โดยการเก็บตัวอย่างดินมากกว่า 1,500 ตัวอย่าง มาทำการวิเคราะห์หาปริมาณธาตุอาหาร พบว่าตัวอย่างดินในสวนต่างๆจำนวนมากกว่า 60 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณฟอสฟอรัสสะสมในดินอยู่เป็นจำนวนมากเกินความจำเป็น โดยบางสวนมีปริมาณธาตุฟอสฟอรัสสูงถึง 2,000 ส่วนในล้านส่วน ในขณะที่ปริมาณฟอสฟอรัสที่เหมาะสมและเพียงพอต่อความต้องการอยู่ระหว่าง 20-30 ส่วนในล้านส่วน เท่านั้น (สำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร, 2557) ประกอบกับกลุ่มชุดดินของจังหวัดจันทบุรี จากการจัดหมวดหมู่ดิน ตามลักษณะและสมบัติดินจากปัจจัยการเกิด และการใช้ประโยชน์ที่ดินที่คล้ายคลึงกัน พบว่าทรัพยากรดินของจังหวัดจันทบุรีประกอบด้วยกลุ่มชุดดินต่างๆ เช่น กลุ่มชุดดินในพื้นที่ลุ่มจะเป็นดินเหนียวที่ลึกมากที่เกิดจากตะกอนน้ำกร่อย ดินเหนียวที่ลึกมากจากตะกอนลำน้ำ ซึ่งเป็นกลุ่มชุดดินที่ง่ายต่อการทำให้เกิดสภาวะการตรึงของฟอสฟอรัส (กรมพัฒนาที่ดิน, 2556)

ดังนั้นจากปัญหาที่ฟอสฟอรัสถูกตรึงในดินในพื้นที่ทำการเกษตรที่มีการใส่ปุ๋ยในปริมาณที่มากเกินไปจนกลายเป็นปัญหาดังกล่าว มีแนวทางในการแก้ไขปัญหานี้ได้โดยใช้ประโยชน์จากจุลินทรีย์ในกลุ่มช่วยดูดซับธาตุฟอสฟอรัสให้กับพืช ซึ่งเป็นจุลินทรีย์ที่อาศัยอยู่ในรากพืชหรืออยู่ร่วมกับพืชแบบพึ่งพาอาศัยซึ่งกันและกัน (Symbiosis) ได้แก่ เชื้อราไมคอร์ไรซา (Mycorrhizal fungi) แบ่งออกได้เป็น 2 ชนิด คือ เอ็คโตไมคอร์ไรซา (Ectomycorrhiza) และ วี-เอไมคอร์ไรซา (VA-mycorrhiza) หรือ เอ็นโดไมคอร์ไรซา (Endomycorrhiza) เชื้อราไมคอร์ไรซา จะช่วยดูดซับฟอสฟอรัส โดยพืชจะได้รับธาตุนี้ด้วยการซึมผ่านเซลล์ของเชื้อรานี้เข้าไปสู่เซลล์ของรากพืช (Endomycorrhiza) (Sreenivasa and Bagyaraj, 1989; Kwapata and Hall, 1985)

นอกจากนี้ยังมีเชื้อจุลินทรีย์ในกลุ่มที่สามารถย่อยละลายฟอสเฟตให้เป็นประโยชน์ต่อพืช เช่น *Bacillus Pseudomonas Thiobacillus Aspergillus Penicillium* และอื่นๆอีกมาก ซึ่งเชื้อจุลินทรีย์ในกลุ่มนี้มีการผลิตกรดอินทรีย์ต่างๆมาละลายฟอสเฟตในรูปที่ไม่เป็นประโยชน์ออกมาอยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืช

กรมวิชาการเกษตร

ได้ และมีการนำจุลินทรีย์ในกลุ่มของแบคทีเรียที่มีความสามารถย่อยละลายฟอสเฟต (Phosphate Solubilizing Bacteria) ในการปลูกข้าว ทำให้น้ำหนักของเมล็ดข้าวเพิ่มขึ้น 1-11% (Vahed *et al*., 2012)

ดังนั้นการนำจุลินทรีย์ทั้งในกลุ่มที่มีความสามารถในการดูดซับฟอสฟอรัสและจุลินทรีย์ที่มีความสามารถในการย่อยละลายฟอสฟอรัสมาประยุกต์ใช้ในการแก้ไขปัญหาการตกค้างของฟอสฟอรัสในดินสวนมังคุดเป็นอีกแนวทางหนึ่ง และนอกจากนี้ยังใช้เป็นแนวทางในการทำการเกษตรแบบอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมและยั่งยืนอีกด้วย

กรมวิชาการเกษตร

บทคัดย่อ

การปลูกมังคุดในจังหวัดจันทบุรีเกษตรกรมีการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสมากจนเกินความต้องการของพืชทำให้เกิดการตกค้าง และอยู่ในรูปที่ไม่เป็นประโยชน์ต่อพืช ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการใช้ประโยชน์จากเชื้อราไมคอร์ไรซา และจุลินทรีย์ละลายฟอสเฟตช่วยในการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ฟอสฟอรัสในดินให้แก่มังคุด โดยมีการทดลอง 2 การทดลอง คือ การสำรวจ คัดเลือกและจำแนกเชื้อราเอ็คโตไมคอร์ไรซาที่ละลายฟอสเฟตได้ วิธีการคือทำการสำรวจเชื้อราเอ็คโตไมคอร์ไรซาบริเวณโคนต้นมังคุด จากนั้นนำมาคัดเชื้อบริสุทธิ์ และจำแนก พบเชื้อเอ็คโตไมคอร์ไรซา 5 ชนิด คือ *Laccaria fraternal*, *Clavaria vermicularis*, *Amanita hemibapha*, *Termitomyces tylerianus* และ *Boletus griseipurpureus* จากนั้นนำมาทดสอบความสามารถในการละลายฟอสเฟตบนอาหาร PDA ผสม $Ca_3(PO_4)_2$ และใน PDB ผสม $Ca_3(PO_4)_2$ ได้เชื้อฯที่มีประสิทธิภาพดี 4 ไอโซเลท คือ 134, 144, 146 และ 148 นำมาปลูกถ่ายลงในต้นกล้ามังคุดที่ปลูกในดินที่ผสมหินฟอสเฟตเปรียบเทียบกับไม่ใส่เชื้อ นำตัวอย่างดิน และพืชวิเคราะห์ปริมาณธาตุฟอสฟอรัสทั้งหมดและฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ การดูดใช้ฟอสฟอรัส เปอร์เซ็นต์การเข้ารากและการเจริญเติบโตของต้นมังคุด ที่ 3, 6 และ 9 เดือน พบว่า เชื้อรา *Clavaria vermicularis* สามารถละลายฟอสเฟตออกมาได้มากที่สุด 332.00, 606.20 และ 335.50 มิลลิกรัม/กิโลกรัมตามลำดับ และที่ระยะ 9 เดือน ยังมีเปอร์เซ็นต์การเข้ารากมากที่สุด 18.33% ส่วนปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดดิน ฟอสฟอรัสในพืช และการเจริญเติบโตของต้นมังคุดแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05) ส่วนการทดลองที่ 2 ศึกษาการใช้เชื้อราไมคอร์ไรซา (เอ็คโตไมคอร์ไรซาและเอ็นโดไมคอร์ไรซา) ร่วมกับปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟตกับมังคุด 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 เก็บตัวอย่างดินและใบมังคุดวิเคราะห์ปริมาณฟอสฟอรัสต่างๆ และเก็บตัวอย่างรากเพื่อหาเปอร์เซ็นต์การเข้ารากของเชื้อราเอ็คโตไมคอร์ไรซา และเอ็นโดไมคอร์ไรซา ที่ระยะเวลา 3, 6, 9 และ 12 เดือน พบว่า การใส่เชื้อราเอ็คโตไมคอร์ไรซาและการใส่ปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟตทำให้มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินมากกว่ากรรมวิธีอื่น (173.30 และ 208.45 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ตามลำดับ) สำหรับปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในดินในทุกกรรมวิธีไม่แตกต่างกันทางสถิติ (p≥0.05) ส่วนค่าความเป็นกรดด่างของดินทุกกรรมมีค่าใกล้เคียงกันคือที่ประมาณ 4 แต่ปริมาณฟอสฟอรัสที่พืชดูดไปใช้จากค่าวิเคราะห์ปริมาณฟอสฟอรัสในใบพืช พบว่า การใส่เชื้อราเอ็คโตไมคอร์ไรซามีปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในใบสูงกว่ากรรมวิธีอื่นๆ ซึ่งให้ผลไม่แตกต่างจากการใส่เชื้อเอ็คโตไมคอร์ไรซา

กรมวิชาการเกษตร

ร่วมกับปุ๋ยชีวภาพละลาย และการใส่ปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟตเพียงอย่างเดียว (ระยะ 9 เดือน) สำหรับเปอร์เซ็นต์การเข้ารากของเชื้อราไมคอร์ไรซาทั้งสองชนิด พบว่า ในช่วงฤดูฝนการเข้ารากของเชื้อฯมีปริมาณมากกว่าในช่วงฤดูแล้ง และปริมาณการเข้ารากของเชื้อราเอ็คโตไมคอร์ไรซาถึงแม้จะมีปริมาณน้อยกว่า แต่มีประสิทธิภาพทำให้พืชดูดใช้ฟอสฟอรัสได้ดีกว่า

Abstract

Mangosteen cultivation in Chanthaburi, Farmers apply too much phosphorus fertilizers to the requirements of the plant that cause residues and are in a form that is not beneficial to plants. Therefore, this research was aimed to study the usage of mycorrhiza and phosphate dissolving microorganisms improve the efficiency of phosphorus utilization in soil mangosteen trees with two experiments were to investigate, select and identify phosphate-soluble ectomycorrhiza. The method was to survey the ectomycorrhiza at the base of the mangosteen trees then screened and identified of pure cultures. Five species of ectomycorrhiza were found as folled *Laccaria fraternal, Clavaria vermicularis, Amanita hemibapha, Termitomyces tylerianus* and *Boletus griseipurpureus.* The phosphate solubility was tested on PDA with $Ca_3(PO_4)_2$ and in PDB mixed with $Ca_3(PO_4)_2$. The four isolates were 134, 144, 146 and 148. And then inoculated all 4 isolates into the mangosteen seedlings that were transplanted the soil mixed with phosphate rocks. The control treatment (the non-inoculation) was compared with them. The soil sample and plants were taken and analyzed total phosphorus and available phosphorus, phosphorus uptake, the percentage of root infection, the growth of mangosteen at 3, 6 and 9 months. It was found that *Clavaria vermicularis* was able to dissolve phosphate the most 332.00, 606.20 and 335.50 mg/kg respectively. And at the 9-months, the percentage infection of roots was the most 18.33%. The total phosphorus content of the soil, phosphorus in plants and the growth of mangosteen trees were not statistically significant ($p > 0.05$). The experimental design was RCB 8 treatments as following 1) Ectomycorrhiza (*Clavaria vermicularis*) inoculation (EC) 2) Endomycorrhiza of Department of Agriculture inoculation (EN) 3) Phosphate solubilizing bio-fertilizer of Department Agriculture inoculation (PBF) 4) EC+EN 5) EC+PBF 6) EN+PBF 7) EC+EN+PBF and 8) without any microbes inoculation. Soil samples and mangosteen leaves were collected before inoculation and analyzed as follows 1) the available phosphorus content, soil pH and total phosphorus in the soil and 2) total phosphorus in plant. Then apply various microorganisms according to those experimental designs. Soil samples mangosteen leaves were collected and analyzed for various phosphorus content. Root

samples were collected to determine the root infection percentage of ectomycorrhiza and endomycorrhiza at 3, 6, 9 and 12 months. It was found that the application of mycorrhiza in all treatments at 3 months had resulted in the available phosphorus content in the soil than the non-inoculation treatment. At the 6 months, endomycorrhizal inoculation and three mixed inoculation resulted in a higher useful phosphorus content than other methods (814.37 and 562.50 mg/kg, respectively). And at the 9 months, it was found that ectomycorrhiza inoculation and application of phosphate solubilizing bio-fertilizer resulted in higher available phosphorus content in soil than other methods (173.30 and 208.45 mg/kg, respectively). The total phosphorus content in soil in all treatments was not statistically different ($p \geq 0.05$). As for the pH of the soil, all treatments were similar, which is approximately 4. But the phosphorus content that the plants absorbed from the phosphorus content analysis of plant leaves, it was found that the total phosphorus content in the leaves was higher than other treatments. The results were not different from fertilization of ectomycorrhiza with dissolved bio-fertilizers and only dissolved phosphate bio-fertilizer application (9 months). The percentage for the root infection of both mycorrhiza during the rainy season, the root of the infection are greater than during the dry season. And the amount of root entry of fungi ectomycorrhiza effectively makes plants absorb phosphorus better, even with a smaller amount. But at the 12 months, the endometrial contamination was found in all treatment. For this reason, there may be no significant differences in the phosphorus content ($p \geq 0.05$).

กรมวิชาการเกษตร

1. การสำรวจเชื้อราเอ็คโตไมคอร์ไรซาในสวนมังคุด (ปีงบประมาณ 2559-2561)

Survey of Ectomycorrhiza in Mangosteen Gardens (2016-2018)

ผู้วิจัย

ปิยะมาศ โสมภีร์ ชมภู จันที

Piyamat Somphee Chompoo Jantee

อภิรดี กอร์ปไพบูลย์ เฉลิมพล เอี่ยมพลับ

Apiradee Korpphaiboon Chalermpol Eiamplub

คำสำคัญ (Key words)

เอ็คโตไมคอร์ไรซา, ละลายฟอสเฟต, มังคุด

Ectomycorrhiza, phosphate solubilizer, mangosteen

กรมวิชาการเกษตร

บทคัดย่อ

เชื้อราเอ็คโตไมคอร์ไรซาที่มีความสามารถในการดูดซับฟอสฟอรัส และละลายฟอสเฟตให้เป็นประโยชน์แก่พืชได้ จึงนำมาใช้ประโยชน์ในการแก้ไขปัญหาสภาวะฟอสฟอรัสตกค้างในดินสวนมังคุด โดยสำรวจเห็ดที่เจริญบริเวณโคนต้นมังคุดก่อนเบื่องต้น สามารถรวบรวมได้ทั้งหมด 161 ตัวอย่าง สามารถคัดแยกเชื้อบริสุทธิ์ได้ทั้งหมด 33 ตัวอย่าง แต่เมื่อนำมาจำแนก พบว่าเป็นเชื้อเอ็คโตไมคอร์ไรซา 5 ชนิด คือ *Laccaria fraternal, Clavaria vermicularis*, *Amanita hemibapha*, *Termitomyces tylerianus* และ *Boletus griseipurpureus* แล้วนำมาทดสอบความสามารถในการละลายฟอสเฟตบนอาหาร PDA ผสม $Ca_3(PO_4)_2$ และใน PDB ผสม $Ca_3(PO_4)_2$ ได้เชื้อฯที่มีประสิทธิภาพดี 4 ไอโซเลท คือ 134, 144, 146 และ 148 นำมาปลูกถ่ายลงในต้นกล้ามังคุดที่ปลูกในดินที่ผสมหินฟอสเฟตเปรียบเทียบกับไม่ใส่เชื้อ นำตัวอย่างดิน และพืชวิเคราะห์ปริมาณธาตุฟอสฟอรัสทั้งหมดและฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ การดูดใช้ฟอสฟอรัส เปอร์เซ็นต์การเข้ารากและการเจริญเติบโตของต้นมังคุด ที่ 3, 6 และ 9 เดือน พบว่า เชื้อรา *Clavaria vermicularis* สามารถละลายฟอสเฟตออกมาได้มากที่สุด 332.00, 606.20 และ 335.50 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ตามลำดับ และที่ระยะ 9 เดือน ยังมีเปอร์เซ็นต์การเข้ารากมากที่สุด 18.33% ส่วนปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดดิน ฟอสฟอรัสในพืช และการเจริญเติบโตของต้นมังคุดแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05)

Abstract

Ectomycorrhiza has the ability to absorb phosphorus and dissolve phosphate to benefit plants. Therefore, it was used to fix the problem of residual phosphorus in soil of mangosteen plantation. Examining the mushrooms at the base of the mangosteen trees before. A total of 161 samples were collected and a total of 33 pure cultures were obtained. Five types of ectomycorrhiza were identified as followed: *Laccaria fraternal, Clavaria vermicularis, Amanita hemibapha, Termitomyces tylerianus* and *Boletus griseipurpureus*. The phosphate solubility was tested on PDA with $Ca_3(PO_4)_2$ and in PDB mixed with $Ca_3(PO_4)_2$. 4 isolates were 134, 144, 146 and 148. And then inoculated all 4 isolates into the mangosteen seedlings that were transplanted the soil mixed with phosphate rocks. The control treatment (the non-inoculation) was compared with them. The soil sample and plants were taken and analyzed total phosphorus and available phosphorus, phosphorus uptake, the percentage of root infection, the growth of mangosteen at 3, 6 and 9 months. It was found that *Clavaria vermicularis* was able to dissolve phosphate the most 332.00, 606.20 and 335.50 mg/kg respectively. And at the 9-months, the percentage infection of roots was the most 18.33%. The total phosphorus content of the soil, phosphorus in plants and the growth of mangosteen trees were not statistically significant ($p > 0.05$).

บทนำ

เกษตรกรที่ปลูกมังคุดในเขตจังหวัดจันทบุรีใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสมาก โดยเฉพาะสูตร 8-24-24 ที่ใส่ในช่วงกระตุ้นตาดอก ทำให้เกิดการตกค้างของปุ๋ยฟอสฟอรัส และเกิดสภาวะการตรึงฟอสฟอรัสทำให้พืชไม่สามารถดูดไปใช้ได้ จากการศึกษาของพันธุ์ทิพย์ (2543) ได้สำรวจปริมาณธาตุอาหารในดินปลูกมังคุด ตำบลพลับพลา อำเภอเมืองฯ จังหวัดจันทบุรี พบว่ามีปริมาณฟอสฟอรัสในระดับสูง ซึ่งน่าจะเกิดจากการใส่ปุ๋ยที่มีฟอสฟอรัสในปริมาณมากเกินความจำเป็น จากศึกษาของสุมิตรา ภู่วโรดม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ศึกษาการจัดการธาตุอาหารในสวนมังคุด ในเขตจังหวัดจันทบุรี ระยอง และตราด โดยการเก็บตัวอย่างดินมากกว่า 1,500 ตัวอย่าง มาวิเคราะห์หาปริมาณธาตุอาหาร พบว่าตัวอย่างดินในสวนต่างๆมากกว่า 60 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณฟอสฟอรัสสะสมในดินอยู่เป็นจำนวนมากเกินความจำเป็น โดยบางสวนมีปริมาณธาตุฟอสฟอรัสสูงถึง 2,000 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ในขณะที่ปริมาณฟอสฟอรัสที่เหมาะสมและเพียงพอต่อความต้องการอยู่ระหว่าง 20-30 มิลลิกรัม/กิโลกรัม เท่านั้น (สำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร, 2557)

กรมวิชาการเกษตร

การแก้ไขมักแนะนำให้ใส่เชื้อจุลินทรีย์ละลายฟอสเฟต หรือ เชื้อราเอ็นโดไมคอร์ไรซา แต่เนื่องจากเชื้อจุลินทรีย์ทั้งสองชนิดนี้เป็นเชื้อจุลินทรีย์ที่หาซื้อยากและเกษตรกรไม่สามารถขยายหัวเชื้อได้เอง จึงมีแนวทางใช้ประโยชน์จากเชื้อราเอ็คโตไมคอร์ไรซา ซึ่งเป็นเชื้อราในกลุ่มที่สามารถดูดใช้ฟอสฟอรัสให้แก่พืชได้เช่นเดียวกัน และเป็นเชื้อราที่ง่ายต่อการขยายเชื้อ เพราะเป็นราขนาดใหญ่ (เห็ด) และจากการสังเกตบริเวณโคนต้นมังคุดพบการเจริญเติบโตของเห็ดหลายชนิด ซึ่งบางชนิดเป็นเห็ดในกลุ่มของเอ็คโตไมคอร์ไรซา ที่มีความสามารถในการละลายฟอสเฟต และดูดซับฟอสฟอรัส ให้เป็นประโยชน์แก่พืชได้ ดังนั้นจึงควรที่จะคัดเลือกหาเชื้อราเอ็คโตไมคอร์ไรซาที่มีประสิทธิภาพดี สามารถเจริญเติบโตร่วมกับมังคุดได้ เพื่อเป็นอีกทางเลือกหนึ่งให้แก่เกษตรกรนำไปปรับใช้ต่อไป

ระเบียบวิธีการวิจัย

กิจกรรมที่ 1 การสำรวจเชื้อราเอ็คโตไมคอร์ไรซาในสวนมังคุด (ปีงบประมาณ 2559-2561)

การทดลองที่ 1.1 การสำรวจ คัดเลือกและจำแนกเชื้อราเอ็คโตไมคอร์ไรซาที่ละลายฟอสเฟตได้ (ปี 2559-2561)

(Survey selection and detection of phosphate-solubilizing ectomycorrhizal (2016-2018))

วิธีปฏิบัติการทดลอง

การปฏิบัติการทดลองมี่ทั้งหมด 3 ขั้นตอนด้วยกันดังต่อไปนี้

ขั้นตอนที่ 1 การสำรวจ และคัดเลือกเชื้อราเอ็คโตไมคอร์ไรซา

วิธีปฏิบัติการทดลอง

1. สำรวจหาเห็ดที่เป็นเชื้อราเอ็คโตไมคอร์ไรซา ในแปลงทดลองของศูนย์วิจัยพืชสวนจันทบุรี และแปลงเกษตรกรผู้ปลูกมังคุดในจังหวัดจันทบุรีนำเชื้อเห็ดเอ็คโตไมคอร์ไรซาที่รวบรวมได้มาแยกเชื้อให้ได้เชื้อบริสุทธิ์ดัดแปลงวิธีของจิตนา และศิริภา (2545) และ Rossi and Oliveira (2011) เพื่อศึกษาความเหมาะสมของอาหารที่ใช้เพาะเลี้ยงเชื้อราเอ็คโตไมคอร์ไรซา โดยมีวิธีการดังนี้

การเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ

การทดลองนี้ใช้อาหารเลี้ยงเชื้อ 3 ชนิด คือ Potato dextrose agar (PDA), Modified Melin-Norkrans (MMN) และ PGK โดย อาหาร PDA เป็นอาหารสำเร็จรูป ชั่งสาร 39 กรัม/ลิตร เติม $Ca_3O_8P_{12}$ 1.2 กรัม/ลิตร ไม่ต้องปรับค่า pH สำหรับอาหาร MMN ประกอบด้วย malt extract 3 กรัม glucose 10 กรัม $MgSO_4.7H_2O$ 0.15 กรัม $CaCl_2.2H_2O$ 0.067 กรัม $FeCl_3$ 0.001 กรัม NaCl 0.025 กรัม KCl 0.1 กรัม $Ca_3O_8P_{12}$ 0.05 กรัม วุ้น 15 กรัม ปรับค่า pH ให้ได้ 5.6 และอาหาร PGK ประกอบด้วย glucose 10 กรัม peptone 3.33 กรัม yeast extract 0.67 กรัม K_2HPO_4 0.628 กรัม $MgSO_4.7H_2O$ 0.33 กรัม $CuSO_4.5H_2O$ 0.0021 กรัม $MnCl_2.4H_2O$ 0.0006 กรัม $ZnSO_4$ 0.0005 กรัม $FeSO_4$ 0.0004 กรัม $Ca_3O_8P_{12}$ 0.12 กรัม วุ้น 15 กรัม ปรับค่า

กรมวิชาการเกษตร

pH ให้ได้ 5.8 เมื่อผสมและละลายส่วนประกอบเรียบร้อยแล้ว นำไปหลอมให้วุ้นละลาย ปรับปริมาตรให้ครบ 1 ลิตร เทใส่ขวดแก้ว ปิดปากขวดด้วยสำลี หุ้มด้วยกระดาษรัดยางให้เรียบร้อย เขียนชื่ออาหารกำกับให้ชัดเจน นำไปนึ่งฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ความดัน 15 ปอนด์/ตารางนิ้ว จากนั้นนำไปเทลงบนจานเพาะเชื้อที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว

การแยกเชื้อบริสุทธิ์

นำเห็ดที่รวบรวมได้มาแยกมาฆ่าเชื้อโดยใส่ลงในแอลกอฮอล์ 95 % เขย่า 5 นาที ล้างด้วยน้ำกลั่นที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว 3 ครั้ง จากนั้นนำเห็ดมาตัดเป็นชิ้นส่วนเล็กๆขนาดเท่ากัน วางลงบนอาหารทั้ง 3 สูตร

2. จำแนกเห็ดเอ็คโตไมคอร์ไรซาตามลักษณะสัณฐานวิทยา โดยใช้ตำรา เอกสารวิชาการ ดังนี้ บารมี (2549) , ธนาวรรณ และคณะ (2556) อนงค์ และคณะ (2551), อนงค์ (2550), Walker and Miller (2002), Karun and Sridhar (2014), Tedersoo *et al*. (2010), Brundrett (2008), Arumanayagam and Araunman (2014), Degreef *et al*. (2005) และPavlidis *et al*. (2005)

การบันทึกข้อมูล

ทำการบันทึกชนิดของเชื้อราเอ็คโตไมคอร์ไรซาที่ทำการคัดเลือก และจำแนกได้ ตามลักษณะทางสัณฐานวิทยา

ขั้นตอนที่ 2 การทดสอบความสามารถในการละลายฟอสเฟตของเชื้อราเอ็คโตไมคอร์ไรซา

วางแผนการทดลองแบบ CRD โดยจำนวนกรรมวิธีเท่ากับจำนวนของเชื้อราเอ็คโตไมคอร์ไรซาที่ทำการคัดแยกได้ ทำทั้งหมด 3 ซ้ำ

วิธีปฏิบัติการทดลอง

1. นำเชื้อราเอ็คโตไมคอร์ไรซามาทำการปลูกถ่าย (Inoculate) ลงในอาหารเลี้ยงเชื้อที่เชื้อราเอ็คโตไมคอร์ไรซาสามารถเจริญได้ดีจากขั้นตอนที่ 1
2. จากนั้นใช้ Cork Borer ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 เซนติเมตร เจาะเอาส่วนปลายของเส้นใยมาวางบนอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA ที่เติมไตรแคลเซียมฟอสเฟต ($Ca_3(PO_4)_2$) วัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของโคโลนี และ Clear Zone แล้วนำมาคำนวณหาอัตราส่วนระหว่างโคโลนี ต่อ Clear Zone
3. นำค่าที่ได้มาวิเคราะห์สถิติ แล้วเลือก Isolate ที่มีประสิทธิภาพที่ดี เพื่อทำการทดสอบหาปริมาณการละลายฟอสเฟต โดยมีวิธีการคือ หาปริมาณเริ่มต้นโดยทำเช่นเดียวกันกับขั้นตอนที่ 1 ถึง 2 จากนั้นใช้ Cork Borer ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 เซนติเมตร เจาะเอาส่วนปลายของเส้นใยมาทำการปลูกถ่ายลงใน (Inoculate) อาหารเหลวที่เหมาะสมกับการเจริญของเชื้อราเอ็คโตไม

กรมวิชาการเกษตร

คอร์ไรซา ที่มีการเติมแหล่งฟอสฟอรัสในรูปที่ละลายยาก คือ ไตรแคลเซียมฟอสเฟต เปรียบเทียบกับไม่ใส่เชื้อ นำมาหาปริมาณฟอสฟอรัสทุก 3, 5, 7, 9 และ11 วัน โดยนำสารละลายที่ได้มา 1 มิลลิเมตร เติมสาร Vanadate Reagent 5 มิลลิเมตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น 25 มิลลิเมตร นำไปอ่านค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่องสเปกโตโฟโตมิเตอร์ ที่ความยาวคลื่น 470 นาโนเมตร เปรียบกับสารละลายมาตรฐาน KH_2PO_4 ที่ความเข้มข้น 0, 4, 8, 12, 16 และ 20 ส่วนในล้านส่วน

4. นำตัวอย่างเชื้อที่กรองได้อบหาน้ำหนักแห้ง โดยชั่งน้ำหนักกระดาษกรองไว้ก่อน เมื่อกรองตัวอย่างเชื้อแล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส จนกว่าจะแห้ง จากนั้นนำมาหาน้ำหนักแห้ง
5. นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์สถิติ เพื่อสรุปผล

การบันทึกข้อมูล

- ทำการบันทึกเส้นผ่านศูนย์กลางของโคโลนี และ Clear Zone เพื่อหาอัตราส่วนระหว่างขนาดของโคโลนี และ Clear Zone
- ทำการบันทึกความสามารถในการละลายฟอสเฟตที่ระยะ 3, 5, 7, 9 และ 11 วัน

ขั้นตอนที่ 3 การทดสอบประสิทธิภาพของเชื้อราเอ็คโตไมคอร์ไรซาในกล้ามังคุด

แบบและวิธีการทดลอง วางแผนการทดลองแบบ RCB จำนวน 5 กรรมวิธี ทำทั้งหมด 6 ซ้ำ ซ้ำละ 1 ต้น ดังนี้

กรรมวิธีที่ 1 ไม่ปลูกเชื้อ
กรรมวิธีที่ 2 เชื้อราเอ็คโตไมคอร์ไรซา Isolates 134
กรรมวิธีที่ 3 เชื้อราเอ็คโตไมคอร์ไรซา Isolates 144
กรรมวิธีที่ 4 เชื้อราเอ็คโตไมคอร์ไรซา Isolates 146
กรรมวิธีที่ 5 เชื้อราเอ็คโตไมคอร์ไรซา Isolates 148

วิธีปฏิบัติการทดลอง

1. นำเมล็ดมังคุดมาลอกเอาเยื่อหุ้มเมล็ดออกเพาะบนทรายที่ผ่านการนึ่งฆ่าเชื้อแล้ว 3 ครั้ง
2. เมื่อต้นกล้าสูงประมาณ 10 เซนติเมตร นำมาเพาะลงในดินที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว 3 ครั้ง โดยใช้ 1 เมล็ดต่อ 1 กระถาง
3. เตรียมดินปลูก โดยนำดินมานึ่งฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ภายใต้ความดัน 15 ปอนด์/ตารางนิ้ว นึ่งฆ่าเชื้อทั้งหมด 3 ครั้ง แต่ละครั้งห่างกัน 3 วัน ผสมหินฟอสเฟตอัตรา ดิน 5 กิโลกรัม ต่อ หินฟอสเฟต 1 กิโลกรัม นำมาวิเคราะห์หาปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด และฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์เริ่มต้นในดิน
4. ขยายเชื้อราเอ็คโตไมคอร์ไรซาลงบนก้อนหัวเชื้อเห็ด

กรมวิชาการเกษตร

5. ปลูกถ่ายเชื้อราเอ็คโตไมคอร์ไรซาลงบริเวณรากของกล้ามังคุดไอโซเลท 2 กรัม/กระถาง และใส่เชื้อซ้ำทุก 1 เดือน
6. เก็บตัวอย่างดินและพืชมาวิเคราะห์ปริมาณฟอสฟอรัสที่ระยะ 3, 6 และ 9 เดือน ตามวิธีของกลุ่มงานวิจัยเคมีดิน กองปฐพีวิทยา กรมวิชาการเกษตร (2544)
7. วัดการเจริญเติบโตของมังคุด (ความสูงต้น ทรงพุ่มต้น จำนวนใบ ขนาดใบ เส้นผ่านศูนย์กลางของลำต้น) ที่ระยะ 3, 6 และ 9 เดือน
8. ตรวจการเข้ารากา (Root Infection) ที่ระยะ 3, 6 และ 9 เดือน โดยการตัดส่วนของ Root tip ย้อมสี โดยนำรากมังคุดมาล้างให้สะอาด จากนั้นแช่ในสารละลาย KOH 10% ประมาณ 24 ชั่วโมง เมื่อครบตามเวลาล้างสารละลาย KOH 10% ให้สะอาดด้วยน้ำสะอาด เติมสารละลาย methylene blue 0.06 % ให้ท่วม แช่ทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง เมื่อครบตามเวลาที่กำหนด นำตัวอย่างรากออกมาล้างด้วยน้ำสะอาดให้สีที่ไม่ติดกับเซลล์รากหลุดออกไป แล้วทำการเลือกตัวอย่างราก โดยสังเกตหาตัวอย่างรากที่มีลักษณะ ใสและติดสีน้ำเงินของ methylene blue แล้วตัดตัวอย่างรากความยาวประมาณ 1 เซนติเมตร จากบริเวณปลายรากจำนวน 5 ราก/สไลด์ หยดกลีเซอรีนประมาณ 2 หยด ให้ท่วมรากและปิดด้วยกระจกปิดสไลด์จากนั้นกดให้รากแตกออกและบางที่สุด ซับน้ำยาที่ไหลออกจากกระจกปิดสไลด์แล้วน้ำน้ำยาเคลือบเล็บมาทารอบกระจกปิดสไลด์ แล้วมาส่องดูภายใต้กล้องจุลทรรศน์เพื่อหาเส้นใยของเชื้อราเอ็คโตไมคอร์ไรซา (ดัดแปลงวิธีของ บุศกร (2540))
9. บันทึก รวบรวม วิเคราะห์ข้อมูลและสรุปผล

การบันทึกข้อมูล

- ทำการบันทึกปริมาณฟอสฟอรัสในมังคุด ที่ระยะต่างระยะ 3, 6 และ 9 เดือน
- ทำการบันทึกข้อมูลการเข้ารากา (Root Infection) บริเวณ Root tip ที่ระยะ 3, 6 และ 9 เดือน
- ทำการบันทึกข้อมูลการเจริญเติบโต (ความสูงต้น ทรงพุ่มต้น จำนวนใบ ขนาดใบ เส้นผ่านศูนย์กลางของลำต้น) ที่ระยะ 3, 6 และ 9 เดือน

เวลาและสถานที่

เริ่มทำการทดลอง 1 ตุลาคม 2559 – 30 กันยายน 2561 ณ ศูนย์วิจัยพืชสวนจันทบุรี

ผลการวิจัยและอภิปราย

ขั้นตอนที่ 1 การสำรวจ และคัดเลือกเชื้อราเอ็คโตไมคอร์ไรซา

จากเก็บรวบรวมเชื้อเห็ดที่เจริญบริเวณโคนต้นมังคุด จากแปลงมังคุดของศูนย์วิจัยพืชสวนจันทบุรี โดยมีจำนวน 3 จุด คือ แปลงมังคุดศูนย์เรียนรู้ มีเนื้อที่ 12 ไร่ แปลงรวบรวมพันธุ์พืชสกุล Garcinia ของโครงการอนุรักษ์พันธุกรรมพืชอันเนื่องมาจากพระราชดำริสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี เนื้อที่ประมาณ 5 ไร่ และเส้นทางเดินโครงการท่องเที่ยวเชิงเกษตร ระยะทางประมาณ 700 เมตร แปลงมังคุดศูนย์

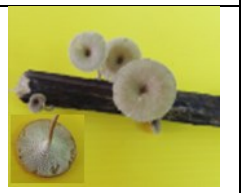
กรมวิชาการเกษตร

พัฒนาไม้ผลเศรษฐกิจภาคตะวันออก อ.ขลุง จ.จันทบุรี เนื้อที่ 3 ไร่ และทำการสำรวจแปลงมังคุดของเกษตรกร จำนวน 1 แปลง ต.พลับพลา อ.เมืองฯ จ.จันทบุรี เนื้อที่ประมาณ 12 ไร่ สามารถเก็บรวบรวมได้ 161 ตัวอย่าง

นำตัวอย่างที่รวบรวมได้มาคัดแยกเชื้อให้ได้เชื้อบริสุทธิ์สามารถคัดแยกได้ทั้งหมด 33 ตัวอย่าง คือ รหัสตัวอย่างที่ 101, 104, 106, 109, 113, 121, 122, 126, 127, 134, 137, 139, 140, 141, 142 , 143, 144, 145, 146, 147, 148, 149, 150, 151, 152, 153, 154, 155, 156, 157, 158, 160 และ161 เมื่อนำมาจำแนกสามารถจำแนกพบว่าเป็นเชื้อราเอ็คโตไมคอร์ไรซา จำนวน 5 ตัวอย่างคือ *Laccaria fraternal* (No.109), *Clavaria vermicularis* Fr. (No.134), *Amanita hemibapha* [Berk.&Br.] Sacc.javanica Cor.&Bas (No.144), *Termitomyces tylerianus* Otieno (No.146) และ *Boletus griseipurpureus* Corner (No.148) (ตารางที่ 1) จากการสำรวจพบว่าบริเวณที่มีความชื้นมากไม่มีการกวาดใบมังคุดที่ล่วงทิ้งออกจากแปลงพบการเจริญเติบโตของเห็ดมากกว่าสวนมังคุดที่มีการทำความสะอาดดีและสามารถพบเชื้อเห็ดที่เป็นเอ็คโตไมคอร์ไรซาด้วย

กรมวิชาการเกษตร

ตารางที่ 1 การจัดจำแนกเชื้อราขนาดใหญ่ทั้ง 33 ตัวอย่าง

ที่	รหัส (code)	ไฟลัม (Phylum)	ชั้น (Class)	อันดับ (Order)	วงศ์ (Family)	สกุล (Genus)	สปีชีส์ (Species)	ชื่อสามัญ (Common name)	ชนิด (Type)	ภาพ (Fig)
1	101	Basidiomycota	Basidiomycetes	Polyporales	Polyporaceae	*Polyporus*	*Polyporus arcularius* Batsch. Ex Fr	ร่มพม่า	saprophyte	
2	104	Basidiomycota	Agaricomycetes	Agaricales	Agarcaceae	*Macrolepiota*	*Macrolepiota gracilenta* (Krombh. ex Fr.) Mos.	ยูง นกยูง	saprophyte	
3	106	Basidiomycota	Agaricomycetes	Agaricales	Marasmiaceae	*Marasmius*	*Marasmius bulliardii*	คันจ้องดุมล้อ	saprophyte	
4	109	Agaricomycetes	Basidiomycetes	Agaricales	Tricholomataceae	*Laccaria*	*Laccaria fraternal*	A deceiver	ectomycorrhiza	

กรมวิชาการเกษตร

ตารางที่ 1 การจัดจำแนกเชื้อราขนาดใหญ่ทั้ง 33 ตัวอย่าง (ต่อ)

ที่	รหัส (code)	ไฟลัม (Phylum)	ชั้น (Class)	อันดับ (Order)	วงศ์ (Family)	สกุล (Genus)	สปีชีส์ (Species)	ชื่อสามัญ (Common name)	ชนิด (Type)	ภาพ (Fig)
5	113	Ascomycota	Sordariomycetes	Xylariales	Xylariaceae	*Xylaria*	*Xylaria hypoxylon* (l. EX Hook.) Grev.	-	saprophyte	
6	121	Ascomycota	Sordariomycetes	Xylariales	Xylariaceae	*Xylaria*				
7	122	Basidiomycota	Agaricomycetes	Agaricales		*Xeromphalina*	*Xeromphalina campanella* (Batsch) Maire			
8	126	Basidiomycota	Agaricomycetes	Agaricales	Marasmiaceae	*Marasmius*	*Marasmius arborescens* (Henn.) Beeli	-	saprophyte	

กรมวิชาการเกษตร

กรมวิชาการเกษตร

ตารางที่ 1 การจัดจำแนกเชื้อราขนาดใหญ่ทั้ง 33 ตัวอย่าง (ต่อ)

กรมวิชาการเกษตร

ที่	รหัส (code)	ไฟลัม (Phylum)	ชั้น (Class)	อันดับ (Order)	วงศ์ (Family)	สกุล (Genus)	สปีชีส์ (Species)	ชื่อสามัญ (Common name)	ชนิด (Type)	ภาพ (Fig)
9	127	Basidiomycota	Agaricomycetes	Agaricales	Marasmiaceae	*Marasmius*	*Marasmius aurantioferrugineus* Hongo	Fused Marasmi เห็ดร้อยหวาย		
10	134	Basidiomycota	Agaricomycetes	Agaricales	Clavariaceae	*Clavaria*	*Clavaria vermicularis* Fr.	fairy fingers เห็ดหนอน ขาว ปะการัง	ectomycorrhiza	
11	137	Basidiomycota	Agaricomycetes	Polyporales	Polyporaceae	*Microporus*	*Microporus xanthopus* (Fr.) Ktz	กรวยทอง ตะกู	saprophyte	
12	139	Unknown								

กรมวิชาการเกษตร

กรมวิชาการเกษตร

ตารางที่ 1 การจัดจำแนกเชื้อราขนาดใหญ่ทั้ง 33 ตัวอย่าง (ต่อ)

ที่	รหัส (code)	ไฟลัม (Phylum)	ชั้น (Class)	อันดับ (Order)	วงศ์ (Family)	สกุล (Genus)	สปีชีส์ (Species)	ชื่อสามัญ (Common name)	ชนิด (Type)	ภาพ (Fig)
13	140	Ascomycota	Sordariomycetes	Xylariales	Xylariaceae	*Xylaria*	*Xylaria carpophila*	Beechmast Candlesnuff	saprophyte	
14	141	Unknown								
15	142	Basidiomycota	Agaricomycetes	Agaricales	Tricholomataceae	*Mycena*				
16	143	Unknown								

กรมวิชาการเกษตร

กรมวิชาการเกษตร

ตารางที่ 1 การจัดจำแนกเชื้อราขนาดใหญ่ทั้ง 33 ตัวอย่าง (ต่อ)

ที่	รหัส (code)	ไฟลัม (Phylum)	ชั้น (Class)	อันดับ (Order)	วงศ์ (Family)	สกุล (Genus)	สปีชีส์ (Species)	ชื่อสามัญ (Common name)	ชนิด (Type)	ภาพ (Fig)
17	144	Basidiomycota	Agaricomycetes	Agaricales	Pluteaceae	*Amanita*	*Amanita hemibapha* [Berk.&Br.] Sacc.javanica Cor.&Bas	ไข่เหลือง, ระโงกเหลือง	ectomycorrhiza	
18	145	Basidiomycota	Agaricomycetes	Phallales	Phallaceae	*Dictyophora*	*Dictyophora duplicate* [Bosc]Fisch	เห็ดร่างแหสั้นขาว, ร่างแหลิ้นขาว, เห็ดเยี่ยวงู	saprophyte	
19	146	Basidiomycota	Agaricomycetes	Phallales	Lyophyllaceae	*Termitomyces*	*Termitomyces tylerianus* Otieno	โคนขาว	ectomycorrhiza	
20	147	Basidiomycota	Agaricomycetes	Phallales	Mycenaceae	*Mycena*				

กรมวิชาการเกษตร

กรมวิชาการเกษตร

ตารางที่ 1 การจัดจำแนกเชื้อราขนาดใหญ่ทั้ง 33 ตัวอย่าง (ต่อ)

กรมวิชาการเกษตร

ที่	รหัส (code)	ไฟลัม (Phylum)	ชั้น (Class)	อันดับ (Order)	วงศ์ (Family)	สกุล (Genus)	สปีชีส์ (Species)	ชื่อสามัญ (Common name)	ชนิด (Type)	ภาพ (Fig)
21	148	Basidiomycota	Agaricomycetes	Boletales	Boletaceae	*Boletus*	*Boletus griseipurpureus* Corner	เห็ดเสม็ด	ectomycorrhiza	
22	149	Basidiomycota	Agaricomycetes	Agaricales	Marasmiaceae	*Marasmiellus*	*Marasmiellus delectans*			
23	150	Basidiomycota	Agaricomycetes	Agaricales	Pluteaceae	*Piuteus*				
24	151	Ascomycota	Sordariomycetes	Xylariales	Xylariaceae	*Xylaria*	*Xylaria hypoxylon*		saprophyte	

กรมวิชาการเกษตร

กรมวิชาการเกษตร

ตารางที่ 1 การจัดจำแนกเชื้อราขนาดใหญ่ทั้ง 33 ตัวอย่าง (ต่อ)

ที่	รหัส (code)	ไฟลัม (Phylum)	ชั้น (Class)	อันดับ (Order)	วงศ์ (Family)	สกุล (Genus)	สปีชีส์ (Species)	ชื่อสามัญ (Common name)	ชนิด (Type)	ภาพ (Fig)
25	152	Basidiomycota	Agaricomycetes	Agaricales	Marasmiaceae	*Marasmius*	*Marasmius sullivantii*		saprophyte	
26	153	Basidiomycota	Agaricomycetes	Agaricales	Agaricaceae	*Coprinus*				
27	154	Basidiomycota	Basidiomycetes	Polyporales	Polyporaceae	*Lentinus*	*Lentinus squarrosulus* Mont	เห็ดขอนขาว, ขอนขาว	saprophyte	
28	155	Basidiomycota	Basidiomycetes	Agaricates	Mycenaceae	*Mycena*			saprophyte	

กรมวิชาการเกษตร

กรมวิชาการเกษตร

ตารางที่ 1 การจัดจำแนกเชื้อราขนาดใหญ่ทั้ง 33 ตัวอย่าง (ต่อ)

ที่	รหัส (code)	ไฟลัม (Phylum)	ชั้น (Class)	อันดับ (Order)	วงศ์ (Family)	สกุล (Genus)	สปีชีส์ (Species)	ชื่อสามัญ (Common name)	ชนิด (Type)	ภาพ (Fig)
30	157	Basidiomycota	Agaricomycetes	Agaricales	Omphalotaceae	*Gymnopus*	*Gymnopus villosipes*			
31	158	Basidiomycota	Agaricomycetes	Agaricales	Marasmiaceae	*Marasmius*				
32	160	Basidiomycota	Agaricomycetes	Agaricales	Marasmiaceae	*Marasmius*	*Marasmius delectans*			
33	161	Basidiomycota	Agaricomycetes	Agaricales	Marasmiaceae	*Marasmius*	*Marasmius wynneae*			

กรมวิชาการเกษตร

กรมวิชาการเกษตร

กรมวิชาการเกษตร

ซึ่งการอยู่ร่วมกันของเชื้อราเอ็คโตไมคอร์ไรซาและพืช เป็นการอยู่ร่วมกันแบบภาวะพึ่งพากัน (Mutualism) ระหว่างเชื้อรา (Fungi) และรากพืช โดยที่พืชได้รับน้ำและธาตุอาหาร เช่น ฟอสฟอรัส และไนโตรเจนจากเชื้อรา ในขณะที่เชื้อราได้รับสารอาหารที่จำเป็น เช่น น้ำตาล กรดอะมิโนและวิตามินจากพืชผ่านทางระบบราก เส้นใยของเชื้อราหรือ โดยไฮฟาของเชื้อราฯจะเจริญรอบๆ รากและสานตัวเป็นแผ่นหรือเป็นปลอก หุ้มเรียกว่าแมนเทิล (Mantle) ซึ่งจะมีสีและความหนาแตกต่างกันขึ้นอยู่กับชนิดของเชื้อราฯ ไฮฟาบางส่วนจากแมนเทิลจะเจริญเข้าไปอยู่ในช่องว่างระหว่างเซลล์ชั้นเอพิเดอร์มิสและชั้นคอร์เทกซ์ของรากพืช แล้วเจริญสานกันเป็นตาข่ายอยู่รอบๆ เซลล์ เรียกว่าฮาทิกเนท (Hartig net)

จากการศึกษา พบว่า รากของพืชเกือบทุกชนิดมีเชื้อราไมคอร์ไรซาอาศัยอยู่ และมีส่วนช่วยให้พืชรอดชีวิตเมื่อเจริญบนดินที่มีสภาพไม่เหมาะสมได้ เช่น ดินที่มีความเป็นกรดสูง ดินเค็มและดินที่ขาดธาตุอาหาร เป็นต้น นอกจากนี้เชื้อราไมคอร์ไรซายังช่วยยับยั้งการเจริญเติบโตของราที่เป็นสาเหตุของโรคพืช เชื้อราเอ็คโตไมคอร์ไรซามีมากกว่า 5,000 ชนิดและอยู่ร่วมกับรากของพืชใบเลี้ยงคู่ที่เป็นไม้พุ่มและไม้ต้นประมาณ 8,000 ชนิด เช่นพืชในวงศ์สน (Pinaceae) และวงศ์ยาง (Dipterocarpaceae) เป็นต้น แต่ไม่พบเชื้อราเอ็คโตเอคโตไมคอร์ไรซาอยู่ร่วมกับรากของพืชใบเลี้ยงเดี่ยว

เชื้อราเอ็คโตไมคอร์ไรซาส่วนใหญ่อยู่ในไฟลัมเบสิดิโอไมโคตา (Phylum Basidiomycota) และบางส่วนอยู่ในไฟลัมแอสโคไมโคตา (Phylum Ascomycota) และไฟลัมไซโกไมโคตา (Phylum Zygomycota) เมื่ออยู่ในสภาวะแวดล้อมที่เหมาะสม เชื้อราเอ็คโตไมคอร์ไรซาจะสร้างดอกเห็ดทั้งที่อยู่บนดินและใต้ดิน เชื้อราฯที่สร้างดอกเห็ดบนดิน เช่น เห็ดลูกฝุ่น (Rhizopogon) และเห็ดน้ำนม (Lactarius) เป็นต้น บางชนิดนิยมนำมารับประทาน เช่น เห็ดระโงกเหลือง (*Amanita hemibapha*) และเห็ดน้ำหมาก (Russula) เป็นต้น ส่วนเชื้อราฯที่สร้างดอกเห็ดใต้ดิน เช่น เห็ดเผาะ (Astraeus) และเห็ดทรัฟเฟิล (Truffle) ซึ่งเป็นเห็ดที่นิยมรับประทานมากในประเทศเขตหนาว มีราคาแพงเนื่องจากมีรสชาติอร่อยและไม่สามารถเพาะได้ต้องเก็บจากป่าเท่านั้น (กฤษณา และคณะ, ไม่ปรากฏปีที่พิมพ์)

ขั้นตอนที่ 2 การทดสอบความสามารถในการละลายฟอสเฟตของเชื้อราเอ็คโตไมคอร์ไรซา

การทดสอบความสามารถในการละลายทำการคัดเลือกจากเชื้อบริสุทธิ์ในขั้นตอนที่ 1 มาเฉพาะเชื้อราเอ็คโตไมคอร์ไรซา 5 ไอโซเลท (No. 134, 144, 146 และ 148) พบว่า รหัสตัวอย่างที่ 144 มีอัตราส่วนระหว่างโคโลนีต่อวงใส (Colony : Clear Zone) มากที่สุด 25.44±0.20 มิลลิเมตร รองลงมาคือ 146 และ148 กับ 134 (21.11±1.17, 12.03±0.58 และ10.67±1.15 มิลลิเมตร ตามลำดับ) ในขณะที่รหัสตัวอย่าง 109 ไม่สร้างวงใส (ตารางที่ 2) การเกิดวงใสคือเชื้อราฯมีความสามารถในการสร้างเอนไซม์ Phytase, Phosphatase, Nucleotidases และ Glecerophosphatase เพื่อแปรสภาพอินทรีย์ฟอสฟอรัสให้อยู่ในรูปของอนินทรีย์ฟอสฟอรัสที่เรียกว่า ออโธฟอสเฟต (Orthophosphate) ซึ่งเป็นพวกโมโน (Mono) และ ไดไฮโดรเจนฟอสเฟต (Dihydrogen Phosphate) (ธงชัย, 2550)

กรมวิชาการเกษตร

ตารางที่ 2 อัตราส่วนระหว่างโคโลนีต่อวงใสของเชื้อราเอ็คโตไมคอร์ไรซา

รหัสตัวอย่าง	อัตราส่วนระหว่างโคโลนีต่อวงใส (มม.)
109	ไม่สร้างวงใส
134	10.67 ± 1.15^{c}
144	25.44 ± 0.20^{a}
146	21.11 ± 1.17^{b}
148	12.03 ± 0.58^{c}
F-test	**
C.V. (%)	5.06

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ยตามแนวตั้งที่มีตัวอักษรต่างกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ $p \leq 0.05$ เมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี LSD, ** = แตกต่างกันทางสถิติ $p \leq 0.01$

จากนั้นนำตัวอย่างเชื้อราเอ็คโตไมคอร์ไรซาทั้ง 5 ตัวอย่างมาทดสอบการละลายฟอสเฟตในอาหาร PDB โดยเติมไตรแคลเซียมฟอสเฟต หาปริมาณทุก 3, 5,7, 9 และ 11 วัน ผลการทดลองพบว่า ตัวอย่างเชื้อที่ 109, 144, 146 และ 148 สามารถละลายฟอสฟอรัสออกมาได้มากที่สุดที่ 3 วัน โดยตัวอย่างที่ 144 มีความสามารถในการละลายฟอสเฟตได้มากที่สุด โดยให้ปริมาณฟอสฟอรัส 15.39±3.43 %ฟอสฟอรัส/1 กรัมน้ำหนักแห้งของเชื้อ รองลงมาคือรหัสตัวอย่างที่ 146 มีปริมาณฟอสฟอรัส 11.02±0.56 %ฟอสฟอรัส/1 กรัมน้ำหนักแห้งของเชื้อ ตามด้วยรหัสตัวอย่างที่ 148 คือ 5.11±1.35 %ฟอสฟอรัส/1 กรัม น้ำหนักแห้งของเชื้อ ส่วนรหัสตัวอย่างที่ 109 และ 134 มีการดูดฟอสฟอรัสไปใช้ในการสร้างเซลล์จึงทำให้ปริมาณลดลง (1.58±0.23 และ 0.81±0.1%ฟอสฟอรัส/1 กรัม น้ำหนักแห้งของเชื้อ ตามลำดับ) เมื่อเทียบกับ control (3.56±0.44%) แต่สังเกตได้ว่ารหัสตัวอย่างที่ 134 มีการปลดปล่อยฟอสฟอรัสออกมาตามระยะเวลา จากตารางที่ 3 ปริมาณฟอสฟอรัสเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ และ เมื่อนำอาหารเลี้ยงเชื้อที่กรองได้มาวัดค่า pH พบว่า รหัสตัวอย่างที่ 134 มีค่า pH มากกว่าตัวอย่างเชื้ออื่น (5.41±0.79 - 6.45±0.05) ในขณะที่ตัวอย่างเชื้ออื่นๆมีค่า pH อยู่ในช่วง 3-4 (ตารางที่ 4) จากข้อมูลแสดงให้เห็นว่าเชื้อเอ็คโตไมคอร์ไรซาทั้ง 5 ชนิดนี้สามารถสร้างกรดละลายฟอสเฟตได้ ซึ่งกรดที่สามารถสร้างได้มีทั้งกรดอินทรีย์ เช่น กรดฟอร์มิค อะซิติค โปรปิโอนิค แลคติค

กรมวิชาการเกษตร

ไกลโคลิค ฟูมาริค และ ซัคซินิค และกรดอนินทรีย์ เช่น กรดไนตริค และซัลฟูริค (ธงชัย, 2550) โดยสามารถสังเกตได้จากอาหารเลี้ยงเชื้อมีสีใสไม่ขุนเหมือนกับชุดควบคุมที่ยังมีความขุ่นของไตรแคลเซียมฟอสเฟต ($Ca_3(PO_4)_2$) (ภาพที่ 1)

ตารางที่ 3 ความสามารถในการละลายฟอสเฟตของเชื้อราเอ็คโตไมคอร์ไรซาที่ระยะเวลา 3, 5, 7, 9 และ 11 วัน

รหัสตัวอย่าง	ปริมาณฟอสฟอรัส (%P/dw. 1 g) ที่เวลาต่างๆ				
	3 วัน	5 วัน	7 วัน	9 วัน	11 วัน
109	1.58±0.23^{de}	0.99±0.36^{b}	0.80±0.15^{c}	0.89±0.12^{c}	0.83±0.12^{c}
134	0.81±0.17^{e}	0.80±0.06^{b}	0.89±0.30^{c}	1.21±0.72^{c}	2.34±0.72^{b}
144	15.39±3.43^{a}	3.41±1.33^{a}	2.00±0.46^{b}	1.34±0.11^{c}	1.34±0.11^{c}
146	11.02±0.56^{b}	3.51±0.53^{a}	2.97±0.31^{a}	1.80±0.03^{b}	2.05±0.05^{b}
148	5.11±1.35^{c}	4.46±1.55^{a}	3.29±0.69^{a}	2.28±0.58^{b}	1.16±0.58^{c}
control	3.56±0.44^{cd}	3.14±0.48^{a}	2.89±0.44^{a}	3.63±0.15^{a}	3.28±0.15^{a}
F-test	**	**	**	**	**
C.V. (%)	24.62	32.98	20.00	15.6	21.19

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ยตามแนวตั้งที่มีตัวอักษรต่างกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ $p \leq 0.05$ เมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี LSD, ** = แตกต่างกันทางสถิติ $p \leq 0.01$

ตารางที่ 4 ค่า pH ของอาหารเลี้ยงเชื้อที่กรองได้ของแต่ตัวอย่างที่ระยะเวลา 3, 5, 7, 9 และ 11 วัน

รหัสตัวอย่าง	ค่า pH ที่เวลาต่าง ๆ				
	3 วัน	5 วัน	7 วัน	9 วัน	11 วัน
109	3.91±0.01^{cd}	3.98±0.07^{c}	3.62±0.08^{c}	3.39±0.07^{c}	2.50±0.14^{c}
134	5.41±0.79^{a}	6.09±0.09^{a}	6.45±0.05^{a}	6.08±0.11^{a}	5.66±0.14^{a}
144	4.69±0.08^{b}	4.65±0.25^{b}	5.18±0.21^{b}	4.83±0.31^{b}	3.28±0.53^{b}
146	4.41±0.01^{bc}	3.26±0.07^{d}	4.12±0.06^{c}	3.74±0.23^{c}	2.25±0.32^{c}
148	3.38±0.03^{d}	4.17±0.10^{c}	4.06±1.19^{c}	4.96±0.71^{b}	5.60±0.18^{a}
control	4.35±0.04^{bc}	4.65±0.05^{b}	4.42±0.02^{bc}	4.58±0.07^{b}	3.33±0.02^{b}

กรมวิชาการเกษตร

F-test	**	**	**	**	**
C.V. (%)	7.42	2.76	10.70	7.28	7.32

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ยตามแนวตั้งที่มีตัวอักษรต่างกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ $p \leq 0.05$ เมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี LSD, ** = แตกต่างกันทางสถิติ $p \leq 0.01$

ภาพที่ 1 การทดสอบการละลายฟอสเฟตในอาหาร PDB ที่เติมไตรแคลเซียมฟอสเฟตที่ระยะเวลาต่างๆ

ขั้นตอนที่ 3 การทดสอบประสิทธิภาพของเชื้อราเอ็คโตไมคอร์ไรซาในกล้ามังคุด

จากขั้นตอนที่ 2 เลือกตัวอย่างเชื้อไอโซเลทที่ 134, 144, 146 และ 148 มาทดสอบประสิทธิภาพในการละลายฟอสเฟต โดยทดสอบกับกล้ามังคุดเปรียบเทียบกับไม่ใส่เชื้อ วัดการเจริญเติบโตของต้นมังคุดเริ่มต้นดังนี้ ความสูงต้น ทรงพุ่มต้น จำนวนใบ ขนาดใบ เส้นผ่านศูนย์กลางของลำต้น (ตารางที่ 5) พบว่า การเจริญเติบโตทางด้านความสูงต้นแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) ขนาดของทรงพุ่ม กรรมวิธีที่ใส่เชื้อ134 และ144 กับไม่ใส่เชื้อ มีขนาดทรงพุ่มมากกว่ากรรมวิธีที่ใส่เชื้อ 146 และ148 (22.28, 22.90 และ 21.03 เซนติเมตร ตามลำดับ) แต่ที่ 9 เดือน แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น พบว่า กรรมวิธีที่ใส่เชื้อ 134 มีขนาดกว้างกว่ากรรมวิธีอื่นๆ (0.75 เซนติเมตร) แต่ที่ 9 เดือน แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) (ตารางที่ 5)

จำนวนใบของมังคุดที่ 3 เดือน พบว่า กรรมวิธีที่ไม่ใส่เชื้อ ใส่เชื้อ 134 และ146 มีจำนวนใบมากกว่ากรรมวิธีที่ใส่เชื้อ 144 และ 148 ($p \leq 0.05$) แต่ที่ 6 เดือน มีจำนวนใบที่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p \geq 0.05$) เดือน

กรมวิชาการเกษตร

ที่ 9 กรรมวิธีที่ใส่เชื้อ 144, 148 และไม่ใส่เชื้อ มีจำนวนใบมากกว่า กรรมวิธี 134 และ 144 ส่วนความกว้างใบพบว่าทั้ง 3, 6 และ 9 เดือน แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) ความยาวใบพบความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ที่ 3 เดือน คือ กรรมวิธีไม่ใส่เชื้อ ใส่เชื้อ134 และ144 มีความยาวใบมากกว่ากรรมวิธีที่ใส่เชื้อ 146 และ 148 (11.52, 11.83 และ 10.88 เซนติเมตร ตามลำดับ ส่วน 6 เดือนและ 9 เดือน แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) (ตารางที่ 6)

ตารางที่ 5 การเจริญเติบโตลำต้นของต้นมังคุดที่ระยะ 3, 6 และ 9 เดือน ของแต่ละกรรมวิธี

กรรมวิธี	ความสูงต้น (ซม.)				ทรงพุ่ม (ซม.)				เส้นผ่านศูนย์กลางต้น (ซม.)			
	เริ่มต้น	3 ด.	6 ด.	9 ด.	เริ่มต้น	3 ด.	6 ด.	9 ด.	เริ่มต้น	3 ด.	6 ด.	9 ด.
ไม่ใส่เชื้อ	10.25	11.73	15.37	16.75	22.18^{a}	22.28^{a}	25.35^{a}	23.55	0.38	0.47^{b}	0.70^{ab}	0.67
134	12.27	13.33	15.82	16.33	22.33^{a}	22.90^{a}	23.93^{a}	23.62	0.41	0.57^{a}	0.75^{a}	0.75
144	11.30	12.73	15.97	19.5	20.35^{ab}	21.03^{ab}	21.47^{ab}	25.33	0.40	0.48^{b}	0.62^{bc}	0.68
146	10.73	11.93	12.9	16.25	19.03^{b}	20.20^{b}	17.17^{b}	25.05	0.36	0.41^{b}	0.50^{c}	0.63
148	11.10	12.12	16.78	16.94	19.13^{b}	19.82^{b}	22.28^{ab}	19.59	0.39	0.44^{b}	0.67^{ab}	0.67
F-test	ns	ns	ns	ns	**	*	*	ns	ns	**	**	ns
C.V. (%)	13.16	12.86	20.96	17.94	8.26	8.06	20.35	30.77	17.57	16.28	15.67	13.14

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

ตารางที่ 6 การเจริญเติบโตใบของต้นมังคุดที่ระยะ 3, 6 และ 9 เดือน ของแต่ละกรรมวิธี

กรรมวิธี	จำนวนใบ				ความกว้างใบ (ซม.)				ความยาวใบ (ซม.)			
	เริ่มต้น	3 ด.	6 ด.	9 ด.	เริ่มต้น	3 ด.	6 ด.	9 ด.	เริ่มต้น	3 ด.	6 ด.	9 ด.
ไม่ใส่เชื้อ	13	17^{a}	19	22^{ab}	3.73	3.73	4.50	4.70	11.02	11.52^{a}	13.18	14.78
134	14	17^{a}	19	20^{b}	3.97	4.05	3.83	4.28	11.37	11.83^{a}	11.20	12.28
144	13	15^{b}	20	24^{a}	3.65	3.75	3.67	4.45	10.77	10.88^{ab}	12.63	15.17
146	13	17^{a}	19	19^{b}	3.37	3.67	3.92	4.85	9.88	10.20^{b}	12.27	14.43
148	13	15^{b}	22	24^{a}	3.30	3.37	4.04	4.13	9.98	10.27^{b}	12.73	13.12
F-test	ns	**	ns	**	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns
C.V. (%)	10.32	7.45	18.07	12.17	16.19	14.39	17.85	16.48	11.39	9.27	19.15	23.58

กรมวิชาการเกษตร

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

ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในดินมีปริมาณลดลงตามระยะเวลา โดยที่ 3 เดือน พบว่า ในกรรมวิธีที่มีการปลูกถ่ายเชื้อไอโซเลท 148 มีปริมาณลดลงมากกว่ากรรมวิธีอื่น เท่ากับ 6.98 มิลลิกรัม/ แต่ที่ 6 เดือน กลับพบว่าในทุกกรรมวิธีมีปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดเพิ่มขึ้นแทนที่จะต้องลดลง ที่ระยะ 9 เดือน ทุกกรรมวิธีแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) แต่เมื่อเทียบกับระยะ 6 เดือน พบว่ามีปริมาณลดลงทุกกรรมวิธี (ตารางที่ 7) แสดงให้เห็นว่าเกิดสภาวะการตรึงฟอสฟอรัสเพิ่มขึ้น ซึ่งดินสามารถตรึงฟอสเฟตได้หลายปฏิกิริยาด้วยกันโดยสามารถแบ่งได้ 3 ชนิด คือ

1) ปฏิกิริยาการดูดซับอยู่ตามผิวดิน (Adsorption Reaction) โดยอนุภาคของดินที่มีขนาดเล็กที่อยู่ในสภาพของคอลลอยด์ เช่นแร่ดินเหนียวต่างๆ อินทรียวัตถุ และออกไซด์ของเหล็ก และอะลูมินัม มีประจุไฟฟ้าแฝงอยู่ และไอออนฟอสเฟตก็มีประจุไฟฟ้าแฝงอยู่เช่นเดียวกัน จึงทำให้สามารถดูดยึดกันได้

2) ปฏิกิริยาการแทนที่ด้วยไอออนที่มีขนาดไอออนเท่ากัน (Isomorphous Replacement) ไอออนฟอสเฟตที่ถูกดูดยึดอยู่โดยรอบพื้นผิวของแร่ดินเหนียวจะค่อยๆเคลื่อนตัวเข้าไปอยู่ในช่องว่างระหว่างผลึกต่อผลึกของ Clay Colloid ไอออนฟอสเฟตบางไอออนจะค่อยเปลี่ยนจากสภาพที่ถูกดูดซับ เป็นการเข้าแทนที่แอนไอออนของผลึก เช่น Hydroxyl, Silicate แล้วไอออนฟอสเฟตจะจับตัวกับคอลลอยด์ด้วยพันธะทางเคมี ฟอสเฟตนี้จะถูกดูดตรึงโดยไม่มีโอกาสหลุดออกมาอยู่ในสารละลายดินอีก

3) ปฏิกิริยาการแตกตัวแล้วทำปฏิกิริยา (Double Decomposition) สารประกอบฟอสเฟตที่ละลายได้ดี จะละลายและแตกตัวให้ไอออนฟอสเฟต และไอออนบวกอื่นๆในดินมีสารประกอบต่างๆ เช่น เหล็กออกไซด์ เหล็กไฮดรอกไซด์ อะลูมินัมไฮดรอกไซด์ แคลเซียมคาร์บอเนต แมกนีเซียมคาร์บอเนต เมื่ออยู่ในสภาพที่เหมาะสมสารประกอบเหล่านี้จะละลายและแตกตัวให้ไอออนบวกต่างๆ เช่น แคตไอออนของเหล็ก อะลูมินัม แคลเซียม และแมกนีเซียม อยู่ในสารละลายดิน และเมื่อไอออนฟอสเฟตกับแคตไอออนเหล่านี้พบกันจะทำปฏิกิริยากัน เกิดเป็นสารประกอบฟอสเฟตที่ละลายยากยิ่งขึ้น เช่น เกิดเป็นเหล็กฟอสเฟต อะลูมินัมฟอสเฟต แคลเซียมฟอสเฟต และสารประกอบที่มีสูตรโมเลกุลสลับซับซ้อนยิ่งขึ้น เมื่อเกิดสารประกอบฟอสเฟตที่ละลายยากยิ่งขึ้นจึงเป็นการตรึงฟอสเฟต (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2541)

ตารางที่ 7 ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในดินที่ระยะ 3, 6 และ 9 เดือน ของแต่ละกรรมวิธี

กรรมวิธี	ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในดิน (%) ที่ระยะเวลาต่างๆ			
	เริ่มต้น	3 ด.	6 ด.	9 ด.

ไม่ใส่เชื้อ	8.91	8.14[a]	10.68[b]	9.64
134	8.92	8.04[a]	12.61[a]	8.95
144	8.88	7.66[a]	9.98[b]	9.53
146	8.86	8.19[a]	10.87[b]	9.59
148	9.58	6.98[b]	10.20[b]	8.75
F-test	ns	**	*	ns
C.V. (%)	8.25	7.01	12.35	13.65

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

สำหรับปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์หากเชื้อเอ็คโตไมคอร์ไรซาสามารถละลายฟอสเฟตออกมาได้จริงปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต้องเพิ่มขึ้น ซึ่งจากผลการทดลองพบว่า เพิ่มขึ้นจริงทุกไอโซเลทเมื่อเปรียบเทียบกับที่ไม่ใส่เชื้อ โดยที่ 3 เดือน ทุกกรรมวิธีที่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ที่ 6 เดือน พบว่า กรรมวิธีที่ใส่เชื้อ 134 และ 148 มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์เพิ่มขึ้นมากกว่ากรรมวิธีที่ใส่เชื้อ 144 และโดยมีปริมาณเพิ่มขึ้น 606.20 และ 406.70 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ตามลำดับ ที่ระยะ 9 เดือน พบว่า กรรมวิธีที่ใส่เชื้อ 134, 148 และ ไม่ใส่เชื้อ มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์มากกว่ากรรมวิธีที่ใส่เชื้อ 144 และ 146 แต่เมื่อนำมาหักลบกับปริมาณเริ่มต้น กรรมวิธีที่ใส่เชื้อ 134 มีปริมาณมากกว่ากรรมวิธีอื่นๆ (335.50 มิลลิกรัม/กิโลกรัม) (ตารางที่ 8)

ตารางที่ 8 ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินที่ระยะ 3, 6 และ 9 เดือน ของแต่ละกรรมวิธี

กรรมวิธี	ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน (มก./กก.) ที่ระยะเวลาต่างๆ				ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินที่ละลายออกมาได้ (มก./กก.) ที่ระยะเวลาต่างๆ		
	เริ่มต้น	3 ด.	6 ด.	9 ด.	3 ด.-เริ่มต้น	6 ด.-เริ่มต้น	9 ด.-เริ่มต้น
ไม่ใส่เชื้อ	2,588.30[a]	2,668.30	2,681.20[ab]	2653.20[a]	80.00	92.90	64.90
134	2,255.00[bc]	2,587.00	2,861.20[a]	2590.50[ab]	332.00	606.20	335.50
144	2,160.00[c]	2,714.30	2,341.70[c]	2394.50[c]	554.33	175.70	234.50
146	2,331.70[bc]	2,699.60	2,443.30[bc]	2437.20[bc]	367.90	111.60	105.50
148	2,463.30[ab]	2,645.20	2,870.00[a]	2482.10[abc]	181.83	406.70	18.80
F-test	**	ns	**	*			
C.V. (%)	7.88	6.49	7.42	5.81			

กรมวิชาการเกษตร

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

ความสามารถในการดูดใช้ฟอสฟอรัสของต้นมังคุดพบว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติทั้งที่ระยะ 3, 6 และ 9 โดยในช่วง 3 เดือน การใส่เชื้อไอโซเลที่ 148 มีการดูดใช้ฟอสฟอรัสได้ดีที่สุด 3.61% หลังจากนั้นลดความสามารถลง จนกระทั่งเดือนที่ 9 พบว่าในกรรมวิธีที่ใส่เชื้อทั้ง 4 ไอโซเลท มีความสามารถในการดูดใช้ฟอสฟอรัสได้ดีกว่ากรรมวิธีที่ไม่ใส่เชื้อ (ชุดควบคุม) (ตารางที่ 9)

กรมวิชาการเกษตร

ตารางที่ 9 ความสามารถในการดูดใช้ฟอสฟอรัสที่ระยะ 3, 6 และ 9 เดือน ของแต่ละกรรมวิธี

กรรมวิธี	การดูดใช้ฟอสฟอรัสของพืช (%) ที่ระยะเวลาต่างๆ		
	3 ด.	6 ด.	9 ด.
ไม่ใส่เชื้อ	2.38^{b}	0.065^{a}	0.035^{b}
134	1.69^{c}	0.046^{b}	0.052^{a}
144	2.57^{b}	0.05^{ab}	0.045^{ab}
146	2.94^{b}	0.037^{b}	0.053^{a}
148	3.61^{a}	0.053^{ab}	0.054^{a}
F-test	**	*	*
C.V. (%)	19.48	27.32	23.68

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ยตามแนวตั้งที่มีตัวอักษรต่างกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ $p \leq 0.05$ เมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี LSD, *=แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ $p \leq 0.05$, ** = แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ $p \leq 0.01$

การเข้ารากของเชื้อเอ็คโตไมคอร์ไรซาที่ 3 เดือน พบว่า ไอโซเลทที่ 134, 144 และ 146 โดยมีการเข้ารากได้มากกว่า 148 (13.06, 15.04 และ11.85%) และ ไม่พบการเข้ารากในกรรมวิธีที่ไม่ใส่เชื้อ แต่ที่ระยะ 6 เดือน พบว่า เชื้อเอ็คไตไมคอร์ไรซาไอโซเลทที่ 134, 144 และ148 มีเปอร์เซ็นต์การเข้ามีรากมากกว่าไอโซเลทอื่นๆ ที่ระยะ 9 เดือน เชื้อฯไอโซเลทที่ 134 สามารถเข้ารากได้มากที่สุด 18.33% (ตารางที่ 10)

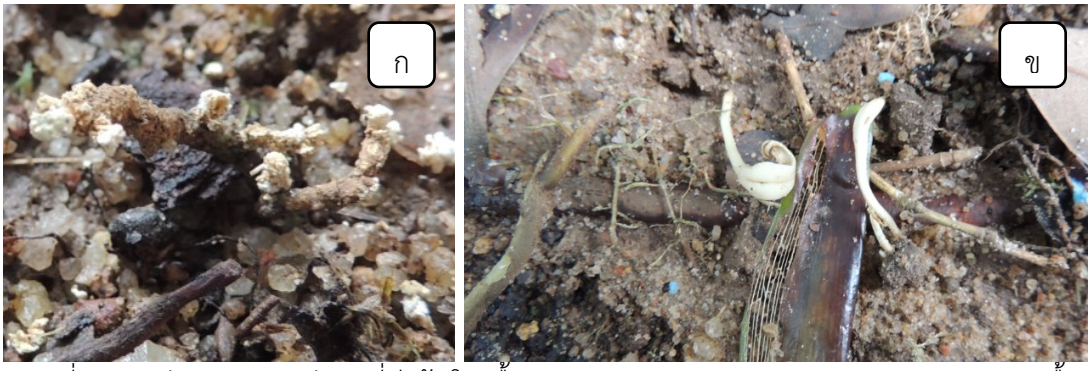
ตารางที่ 10 การเข้ารากของเชื้อราเอ็คโตไมคอร์ไรซาที่ระยะ 3, 6 และ 9 เดือน ของแต่ละกรรมวิธี

กรรมวิธี	การเข้ารากของเชื้อราเอ็คโตไมคอร์ไรซาที่ระยะเวลาต่างๆ (%)		
	3 ด.	6 ด.	9 ด.
ไม่ใส่เชื้อ	0.00^{c}	0.00^{c}	0.00^{c}
134	13.06^{ab}	4.44^{ab}	18.33^{a}
144	15.09^{a}	4.54^{ab}	6.67^{b}
146	11.86^{ab}	3.33^{b}	8.34^{b}
148	9.82^{b}	6.67^{a}	6.12^{b}
F-test	**	**	**
C.V. (%)	38.16	52.56	48.98

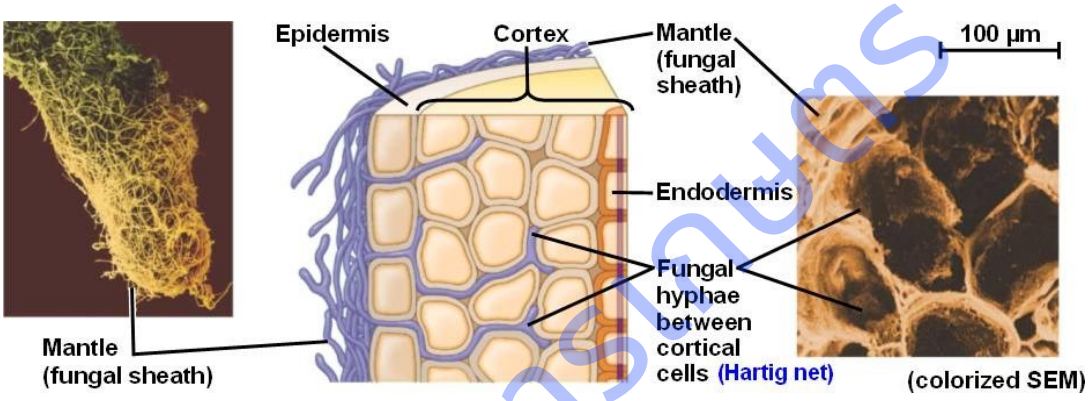
หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ยตามแนวตั้งที่มีตัวอักษรต่างกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ $p \leq 0.05$ เมื่อเปรียบเทียบด้วยวิธี LSD, ** = แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ $p \leq 0.01$

จากข้อมูลปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในดิน ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน และปริมาณฟอสฟอรัสในต้นมังคุด ในระยะแรกเชื้อราฯที่มีประสิทธิภาพดีคือ ไอโซเลทที่ 144 แต่เมื่อระยะเวลานานขึ้นเป็นไอโซเลทที่ 134 อาจเนื่องจากมีการเจริญเติบโตของเชื้อราฯที่ช้าต้องอาศัยเวลานาน แต่มีผลดีในระยะยาว เนื่องจากมังคุดเป็นพืชอายุยืน และสังเกตได้ว่าปริมาณฟอสฟอรัสที่ละลายออกมาได้นั้นสัมพันธ์กับความสามารถในการเข้ารากของเชื้อราฯ โดยไอโซเลทที่ 134 เมื่อเวลานานขึ้นที่ 9 เดือนมีการเข้ารากมากกว่าเชื้อราฯอื่นๆ และจากขั้นตอนการสำรวจ ภาพที่ 2 เห็นได้ชัดเจนว่ารากของมังคุดมีเส้นใยของเชื้อราเอ็คโตไมคอร์ไรซาอาศัยอยู่ ซึ่งเชื้อราเอ็คโตไมคอร์ไรซาสร้างเส้นใยอยู่บริเวณรอบๆ ผิวรากพืช ครอบคลุมผิวรากภายนอกอัดกันแน่นเป็นแผ่นคล้ายเป็นเปลือกราก บางส่วนของเส้นใยจะเข้าไปอยู่ระหว่างเซลล์ภายในรากพืชและเข้าไปถึงชั้นของคอร์เท็กซ์ (cortex) (ภาพที่ 3) เชื้อเอ็คโตไมโคไรซาส่วนใหญ่จะพบอยู่ในพืชจำพวกไม้ยืนต้น ไม้ป่า เช่น สน ยูคาลิปตัส ต้นโอค การอยู่ร่วมกันของเชื้อนี้กับรากพืชทำให้ต้นพืชได้รับธาตุอาหารเพียงพอและทนแล้งได้ดี

ศูนย์วิทยทรัพยากร



ภาพที่ 2 ก) ลักษณะรากมังคุดที่มีเส้นใยเชื้อรา *Clavaria verm*icularis Fr. ปกคลุม ข) เชื้อรา *Clavaria verm*icularis Fr. เจริญบริเวณรากมังคุด



ภาพที่ 3 การเข้าสู่รากของเชื้อราเอ็คโตไมคอร์ไรซา (Wikiwand, 2562)

จากการศึกษาของเชื้อราชนิดนี้พบว่าช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตและช่วยเพิ่มอัตราการรอดตาย (Survival Rate) ของกล้าไม้เมื่อนำไปปลูกในพื้นที่แห้งแล้ง และเสื่อมโทรม (Pampolina *et al*., 1999) เนื่องจากเชื้อราเอ็คโตไมคอร์ไรซาจะช่วยเพิ่มพื้นที่ผิวราก ผลิตธาตุอาหารบางชนิด ทำให้กล้าไม้ทนทานต่อสภาพแห้งแล้ง และช่วยเร่งให้ต้นไม้มีอัตราการเติบโตสูงถึง 1-5 เท่าจากอัตราปกติ (Marx, 1972; Kikuchi *et al*., 1999) Burgess *et al*. (1993) ทดสอบปลูกเชื้อ (inoculation) เอ็คโตไมคอร์ไรซา ทั้งหมด 16 ไอโซเลท (isolates) ให้กับต้นยูคาลิปตัส (*Eucalyptus diversicolor* F. Muell.) บริเวณราก พบว่าเชื้อราเอ็คโตไมคอร์ไรซา *L. laccata* และ *S. verrucosum* มีประสิทธิภาพในการช่วยเพิ่มดูดธาตุฟอสฟอรัสเพิ่มขึ้น 4 มิลลิกรัมฟอสฟอรัส/กิโลกรัม ในสภาพดินทราย

Sihanonth and Todd (1977) รายงานว่าในเซลล์ท่อน้ำและท่ออาหารของรากพืชที่มีเชื้อรา เอ็คโตไมคอร์ไรซาอาศัยอยู่จะมีธาตุแมกนีเซียม ฟอสฟอรัส กำมะถัน โพแทสเซียม และแคลเซียม มากกว่ารากพืชที่ไม่มีเชื้อราเอ็คโตไมคอร์ไรซาอาศัยอยู่ นอกจากนี้ยังช่วยป้องกันการเข้าทำลายของเชื้อราที่เป็นสาเหตุของโรคทางระบบราก (root diseases) (Marx, 1969a, 1969b) ตัวอย่างเชื้อราเอ็คโตไมคอร์ไรซา (Ectomycorrhiza) เช่น เห็ดละโงกเหลือง (*Amanitahemibapha subsp*. javanica), เห็ดละโงกแดง (*Amanita hemibapha* subsp. hemibapha), เห็ดละโงกขาว (*Amanita princeps* Corner et Bas), เห็ดไข่เยี่ยวม้า (*Amanita*

กรมวิชาการเกษตร

vaginata (Bull. ex Fr.) Vitt.), เห็ดโคนหวาย (*Amanita lepidella*), เห็ดแดง (*Russula lepida*), เห็ด *Scleroderma aereolatum* Fr., เห็ด *Scleroderma neosaccadia*, เห็ด *Lactarius* sp. และ เห็ด *Clavulina* sp. เห็ดตับเต่าหรือเห็ดผึ้ง (*Boletus edulis* Bull.ex Fr.) (จิตนา และ ศิริภา, 2545; สาวิตรี และคณะ, 2553)

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

จากการสำรวจ รวบรวมและคัดเลือกเชื้อราเอ็คโตไมคอร์ไรซาจากสวนมังคุดในศูนย์วิจัยพืชสวนจันทบุรี ศูนย์วิจัยและพัฒนาไม้ผลเศรษฐกิจภาคตะวันออก และสวนเกษตรกรในจังหวัดจันทบุรี 1 ราย พบเชื้อราเอ็คโตไมคอร์ไรซา 5 ชนิด คือ *Laccaria fraternal, Clavaria vermicularis*, *Amanita hemibapha*, *Termitomyces tylerianus* และ *Boletus griseipurpureus* เชื้อราฯที่มีประสิทธิภาพในการละลายฟอสเฟตได้ดีที่สุดคือ *Clavaria vermicularis*

กรมวิชาการเกษตร

2. การเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ฟอสฟอรัสของมังคุดโดยจุลินทรีย์ (ปีงบประมาณ 2562-2563)

Improving phosphorus use efficiency in mangosteen by microbes (2019-2020)

ผู้วิจัย

ปิยะมาศ โสมภีร์ ชมภู จันที

Piyamat Somphee Chompoo Jantee

อภิรดี กอร์ปไพบูลย์ เฉลิมพล เอี่ยมพลับ

Apiradee Korpphaiboon Chalermpol Eiamplub

คำสำคัญ (Key words)

เอ็คโตไมคอร์ไรซา, เอ็นโดไมคอร์ซา, ปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟต, มังคุด

Ectomycorrhiza, Endomycorrhiza, phosphate biofertilizer, mangosteen

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) ใส่เชื้อราเอ็นโตไมคอร์ไรซาของกรมวิชาการเกษตร 3) ใส่ปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟตของกรมวิชาการเกษตร 4) ใส่เชื้อราเอ็คโตไมคอร์ไรซา + เชื้อราเอ็นโดไมคอร์ไรซา 5) ใส่เชื้อราเอ็คโตไมคอร์ไรซา + ปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟต 6) ใส่เชื้อราเอ็นโดไมคอร์ไรซา+ ปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟต 7) ลูกเชื้อทั้ง 3 ชนิดร่วมกัน และ 8) ไม่ใส่เชื้อ โดยทำการเก็บตัวอย่างดินและใบมังคุดก่อนการใส่เชื้อฯวิเคราะห์ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน 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

กรมวิชาการเกษตร

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 ($p \geq 0.05$)

Abstract

Because Mycorrhiza can absorb phosphorus dissolves phosphates to benefit plants. Therefore, it was used to fix the condition of phosphorus residue in the soil of Mangosteen garden. The objective of the research was to study the utilization of mycorrhiza and phosphate soluble microorganisms to enhance the uptake of phosphorus in the soil of plants.

Experiments were conducted at the Eastern Economic Fruit Development Center, Chanthaburi Province from October 2019 to September 2020. The experimental design was RCB 8 treatments as following 1) Ectomycorrhiza (*Clavaria vermicularis*) inoculation 2) Endomycorrhiza of Department of Agriculture inoculation 3) Phosphate solubilizing bio-fertilizer of Department Agriculture inoculation 4) EC+EN 5) EC+PBF 6) EN+PBF 7) EC+EN+PBF and 8) without any mycorrhiza inoculation. Soil samples and mangosteen leaves were collected before inoculation and analyzed as follows 1) the available phosphorus content, soil pH and total phosphorus in the soil and 2) total phosphorus in plant. Then apply various microorganisms according to those experimental designs. Soil samples mangosteen leaves were collected and analyzed for various phosphorus content. Root samples were collected to determine the root infection percentage of ectomycorrhiza and endomycorrhiza at 3, 6, 9 and 12 months. It was found that the application of mycorrhiza in all treatments at 3 months had resulted in the available phosphorus content in the soil than the non-inoculation treatment. At the 6 months, endomycorrhizal innoculation and three mixed inoculation resulted in a higher useful phosphorus content than other methods (814.37 and 562.50 mg/kg,

กรมวิชาการเกษตร

respectively). And at the 9 months, it was found that ectomycorrhiza inoculation and application of phosphate solubilizing bio-fertilizer resulted in higher available phosphorus content in soil than other methods (173.30 and 208.45 mg/kg, respectively). The total phosphorus content in soil in all treatments was not statistically different ($p \geq 0.05$. As for the pH of the soil, all treatments were similar, which is approximately 4. But the phosphorus content that the plants absorbed from the phosphorus content analysis of plant leaves, it was found that the total phosphorus content in the leaves was higher than other treatments. The results were not different from fertilization of ectomycorrhiza with dissolved bio-fertilizers and only dissolved phosphate bio-fertilizer application (9 months). The percentage for the root infection of both mycorrhiza during the rainy season, the root of the infection are greater than during the dry season. And the amount of root entry of fungi ectomycorrhiza effectively makes plants absorb phosphorus better, even with a smaller amount. But at the 12 months, the endometrial contamination was found in all treatment. For this reason, there may be no significant differences in the phosphorus content ($p \geq 0.05$).

บทนำ

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 โดยถึงแม้ว่ามีกระบวนการ ละลายตัวของแร่เหล่านี้แต่กระบวนการสร้างผลึกใหม่นี้เกิดต่อเนื่องกันไปด้วย ซึ่งกระบวนการทั้งสองนี้ใช้เวลาประมาณ 2 ปี ในขณะเดียวกันกระบวนการดูดยึดฟอสฟอรัส และการเกิดกระบวนการตกผลึกของแร่ธาตุเกิดขึ้นเพียงเวลาสั้นๆ ซึ่งอาจเป็นชั่วโมงถึงเป็นวันเท่านั้นหลังการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัส จากสภาวะดังกล่าวการนำจุลินทรีย์ที่มีความสามารถในการดูดซับและละลายฟอสเฟตจะช่วยให้พืชสามารถดูดใช้ฟอสฟอรัสได้ดีมีประสิทธิภาพมากขึ้น โดยปิยะมาศ และคณะ (2563) ได้สำรวจเห็ดเอ็คโตไมคอร์ไรซาที่พบว่ามีการเจริญร่วมกับมังคุด 5 ชนิด คือ *Laccaria fraternal, Clavaria vermicularis*, *Amanita hemibapha*, *Termitomyces tylerianus* และ *Boletus griseipurpureus* ที่มีความสามารถในการละลายฟอสเฟตได้ นอกจากนี้ทางกรมวิชาการเกษตรได้ผลิตหัวเชื้อชีวภัณฑ์เอ็นโดไมคอร์ไรซาส่งเสริมให้เกษตรกรนำไปใช้ร่วมกับการปลูกพืชหลายชนิด ซึ่งเชื้อราไมคอร์ไรซามี

กรมวิชาการเกษตร

ประโยชน์ในการช่วยธาตุอาหารให้แก่พืชได้ 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 จากผลการทดลองพบว่าการใช้จุลินทรีย์ละลายฟอสเพตร่วมกัน หินฟอสเฟตสามารถเพิ่มการเจริญเติบโต และผลผลิตพืชได้มากกว่าการใส่เฉพาะหินฟอสเฟต โดยเฉพาะในดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ โดยเพิ่มขึ้นประมาณ 27 - 40 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับการไม่ใช้เชื้อ ดังนั้นจึงนำเชื้อไมคอร์ไรซาทั้งเอ็คโตไมคอร์ไรซา เอ็นไดไมคอร์ไรซา และปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟตมาใช้ร่วมกัน เพื่อช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการดูดใช้ฟอสฟอรัสในดินให้กับการปลูกมังคุด โดยเฉพาะพื้นที่ที่มีภาวะฟอสฟอรัสตกค้างในปริมาณมาก

ระเบียบวิธีการวิจัย

กิจกรรมที่ 2 การเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ฟอสฟอรัสของมังคุดโดยจุลินทรีย์ (ปีงบประมาณ 2562-2563)

การทดลองที่ 2.1 การใช้เชื้อราไมคอร์ไรซา (เอ็คโตไมคอร์ไรซา และเอ็นโดไมคอร์ไรซา) ร่วมกับปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟตกับมังคุด (ปี 2562- 2563)

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

วิธีปฏิบัติการทดลอง

1. 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

กรมวิชาการเกษตร

กรรมวิธีที่ 7 ปลูกเชื้อทั้ง 3 ชนิดร่วมกัน

กรรมวิธีที่ 8 ไม่ปลูกเชื้อ

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

3. จัดเตรียมเชื้อราเอ็นโดไมคอร์ไรซา และปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟตจากกลุ่มงานวิจัยจุลินทรีย์ดิน กลุ่มวิจัยปฐพีวิทยา กรมวิชาการเกษตร

4. ทำการวิเคราะห์หาปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในดินและพืช และปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินเริ่มต้น และค่า pH ดิน ตามวิธีของกลุ่มงานวิจัยเคมีดิน กองปฐพีวิทยา กรมวิชาการเกษตร (2544) โดยพื้นที่ที่จะทำการทดลอง คือแปลงมังคุดที่ศูนย์พัฒนาไม้ผลเศรษฐกิจภาคตะวันออก ต.บ่อเวฬุ อ.ขลุง จ.จันทบุรี

5. 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 เพิ่มทราย 750 กรัม

6. เก็บตัวอย่างพืชเพื่อวิเคราะห์ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในดินและพืช และปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินเริ่มต้น และค่า pH ดิน ตามวิธีของกลุ่มงานวิจัยเคมีดิน กองปฐพีวิทยา กรมวิชาการเกษตร (2544) ที่ระยะ 3, 6, 9 และ 12 เดือน

7. ตรวจสอบการเข้าสู่บริเวณ Root tip ของเชื้อราเอ็คโตไมคอร์ไรซา และเชื้อราเอ็นโดไมคอร์ไรซา ดัดแปลงวิธีของ บุศกร (2540)

8. บันทึก รวบรวม วิเคราะห์ข้อมูลและสรุปผล

การบันทึกข้อมูล

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

เวลาและสถานที่

เริ่มทำการทดลอง 1 ตุลาคม 2562 – 30 กันยายน 2563 ณ ศูนย์วิจัยพืชสวนจันทบุรี

ผลการวิจัยและอภิปราย

กรมวิชาการเกษตร

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
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

กรมวิชาการเกษตร

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 นี้ มีผลทำให้เกิดกระบวนการตรึงฟอสฟอรัสโดยที่ฟอสฟอรัสในดินทำปฏิกิริยาแล้วตกตะกอนอย่างรวดเร็วกับ 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 พบว่ามีความแตกต่างกันอย่าง

กรมวิชาการเกษตร

มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) 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

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) ส่วนการเข้ารากของเชื้อเอ็นโดไมคอร์ไรซา 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 ที่มีการปลูกถ่ายเชื้อเอ็นโดไมคอร์ไรซามีร้อยละการเข้ารากเพิ่มมากขึ้นเป็นร้อยละ 63.33 และในกรรมวิธีที่ 4 มีร้อยละการเข้ารากเป็น 66.00 กรรมวิธีที่ 6 เท่ากับร้อยละ 70.67 และกรรมวิธีที่ 7 เท่ากับร้อยละ 40.67 ที่ระยะ 9 เดือน พบว่า ในแต่กรรมวิธีที่มีการใส่เชื้อมีปริมาณของเชื้อลดลง ยกเว้นในกรรมวิธีที่ 7 ที่มีปริมาณเชื้อราเอ็นโดไมคอร์ไรซาเพิ่มมากขึ้นเป็นร้อยละ 51.33 ที่ระยะ 12 เดือนพบการปนเปื้อนของเชื้อราเอ็นโดไมคอร์

กรมวิชาการเกษตร

ไรซาในทุกกรรมวิธี ซึ่งอาจเกิดจากฝนตกแล้วทำให้เชื้อราเอ็นโดไมคอร์ไรซาไหลไปกับน้ำเพราะพื้นที่ที่ทำการทดลองเป็นพื้นที่ลาดเอียง (ตารางที่ 15)

ตารางที่ 15 การเข้ารากของเชื้อราเอ็คโตไมคอร์ไรซา และเอ็นโดไมคอร์ไรซา

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 และมีผลทำให้ปริมาณ

กรมวิชาการเกษตร

ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินเพิ่มสูงขึ้น 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-ซาไอโซเลท 134 มีค่าสูงกว่ากรรมวิธีอื่นๆ ถึงแม้ว่าเปอร์เซ็นต์การเข้ารากของเชื้อราเอ็คโตไมคอร์ไรซามีน้อยกว่าเชื้อราเอ็นโดไมคอร์ไรซาก็ตาม นั้นแสดงให้เห็นว่าเชื้อราเอ็คโตไมคอร์ไรซาไอโซเลท 134 มีประสิทธิภาพดีกว่าเชื้อราเอ็นโดไมคอร์ไรซาของกรมวิชาการเกษตร ซึ่งจากผลการทดลองที่ 1 ที่มีการศึกษาถึงความสามารถในการละลายฟอสเฟต โดยพบว่าเชื้อราเอ็คโตไมคอร์ไรซาไอโซเลท 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

สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

จากการทดลองการปลูกถ่ายเชื้อราเอ็คโตไมคอร์ไรซาไอโซเลท 134 (*Clavaria vermicularis* หรือเห็ดหนอนขาว) ลงในดินที่ปลูกมังคุดที่มีภาวะฟอสฟอรัสตกค้าง สามารถช่วยให้ฟอสฟอรัสอยู่ในรูปที่เป็น

กรมวิชาการเกษตร

ประโยชน์แก่พืชได้มากกว่าไม่ใส่เชื้อ และมีประสิทธิภาพเทียบเท่ากับการใส่ปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟตของกรมวิชาการเกษตร และช่วยให้ต้นมังคุดดูดใช้ฟอสฟอรัสได้ดีขึ้นกว่าการไม่ใส่เชื้อ

กรมวิชาการเกษตร

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

จากการสำรวจ รวบรวมและคัดเลือกเชื้อราเอ็คโตไมคอร์ไรซาจากสวนมังคุดในศูนย์วิจัยพืชสวนจันทบุรี ศูนย์วิจัยและพัฒนาไม้ผลเศรษฐกิจภาคตะวันออก และสวนเกษตรกรในจังหวัดจันทบุรี 1 ราย พบเชื้อราเอ็คโตไมคอร์ไรซา 5 ชนิด คือ *Laccaria fraternal, Clavaria vermicularis*, *Amanita hemibapha*, *Termitomyces tylerianus* และ *Boletus griseipurpureus* เชื้อราฯที่มีประสิทธิภาพในการละลายฟอสเฟตได้ดีที่สุดคือ *Clavaria vermicularis* และเมื่อนำเชื้อราเอ็คโตไมคอร์ไรซา *Clavaria vermicularis* มาเปรียบเทียบประสิทธิภาพกับเชื้อเอ็นโดไมคอร์ไรซา และปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟตของกรมวิชาการเกษตร โดยใส่ลงในดินที่ปลูกมังคุดที่มีภาวะฟอสฟอรัสตกค้าง เชื้อราเอ็คโตไมคอร์ไรซา *Clavaria vermicularis* สามารถช่วยให้ฟอสฟอรัสอยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์แก่พืชได้มากกว่าไม่ใส่เชื้อ และมีประสิทธิภาพเทียบเท่ากับการใส่ปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟตของกรมวิชาการเกษตร และช่วยให้ต้นมังคุดดูดใช้ฟอสฟอรัสได้ดีขึ้นกว่าการไม่ใส่เชื้อ ซึ่งเกษตรกรสามารถนำเชื้อเห็ดเอ็คโตไมคอร์ไรซาไปช่วยแก้ไขปัญหาฟอสฟอรัสตกค้างในสวนมังคุดได้ด้วยตนเอง โดยสามารถนำดินที่มีเห็ดเอ็คโตไมคอร์ไรซาดังกล่าวเจริญอยู่ไปโรยในสวนมังคุดของตนเองได้

กรมวิชาการเกษตร

บรรณานุกรม

กิจกรรมที่ 1 การสำรวจเชื้อราเอ็คโตไมคอร์ไรซาในสวนมังคุด (ปีงบประมาณ 2559-2561)

กฤษณา พงษ์พานิช จันจิรา อายะวงศ์ จิรพรรณ โสภี ปานรดา แจ้งสันเทียะ และ อำนาจ ภูขุนทด. ไม่ปรากฏปีที่พิมพ์. ความหลากชนิด บทบาทเชิงนิเวศ และการใช้ประโยชน์ของจุลินทรีย์ในพื้นที่กลุ่มป่าภูเขียว-น้ำหนาว. รายงานผลงานวิจัย สำนักวิจัยการอนุรักษ์ป่าไม้และพันธุ์พืช. 53.

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

จิตนา บุพบรรพต และ ศิริภา โพธิ์พินิจ. 2545. การใช้ประโยชน์ของเชื้อราเอ็คโตไมคอร์ไรซากับกล้าไม้วงศ์ไม้ยาง I. ความหลากหลายของเชื้อราเอ็คโตไมคอร์ไรซาในสวนป่าไม้วงศ์ยางบางชนิด และการแยกเชื้อรา. รายงานการประชุมวิชาการป่าไม้ ประจำปี 2545. 394-406.

ธงชัย มาลา. 2550. ปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยชีวภาพ: เทคนิคการผลิตและการใช้ประโยชน์. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 300.

ธนาวรรณ สุขเกษม สุพจน์ เกิดมี พวงผกา แก้วกรม สุรางค์รัตน์ พันแสง .13-28. โครงการการศึกษาความหลากชนิดของเห็ดป่าในชุมชนพัฒนวรพงษ์ จังหวัดเพชรบูรณ์. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ ประจำปีงบประมาณ 2556. มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์.

บารมี สกลรักษ์. 2549. ความหลากหลายของเห็ดในสถานีเกษตรหลวงอ่างขาง จังหวัดเชียงใหม่. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

บุษกร มงคลพิทยาธร. 2540. การใช้เชื้อวีเอไมคอร์ไรซาในการเพิ่มประสิทธิภาพการย้ายปลูกต้นกล้าสตอเบอรี่ที่ได้จากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อในเรือนเพาะชำ. วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์) สาขาปฐพีศาสตร์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 120.

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

สาวิตรี วีระเสถียร ประภาพร ตั้งกิจโชติ และกวิศร์ วานิชกุล. 2553. ธาตุอาหารที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของต้นกล้ายูคาลิปตัสภายหลังการปลูกเชื้อเห็ดตับเต่า. ว.วิทย์ กษ. 41(3/1)(พิเศษ): 201-204.

สำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร. 2557. ลดค่าปุ๋ยในไม้ผล. สืบค้นจาก: http://www.arda.or.th/easyknowledge/easy-articles-detail.php?id=327 (30/4/2557).

อนงค์ จันทร์ศรีกุล พูนพิไล สุวรรณฤทธิ์ และอุทัยวรรณ แสงวณิช. 2551. ความหลากหลายของเห็ดและราขนาดใหญ่ในประเทศไทย. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ. 514.

อนงค์ จันทร์ศรีกุล. 2550. เห็ดในประเทศไทย. ราชบัณฑิตสถาน. กรุงเทพฯ. 256.

Arumanayagam S. and M. Arunmani. 2014. Rock phosphate solubilization by the ectomycorrhizal fungus *Laccaria fraternal* and its associated mycorrhizal helper bacterial strains. African Journal of Biotechnology. 13(5):2524-2530.

กรมวิชาการเกษตร

Brundrett M. 2008. “Ectomycorrhizal fungi”. Mycorrhizal associations. From : http://mycorrhizas.info/ecmf.html, 26 November 2014.

Burgess T.I., N., Malajczuk and T.S., Grove. 1993. The ability of 16 ectomycorrhizal fungi to increase growth and phosphorus uptake of *Eucalyptus globulus* Labill. and E. diversicolor F. Muell. Plant and Soil. 153(2): 155-164.

Degreef J., L. Demuynck, A. Mukandera, G. Nyirandayambaje, B. Nzigidahera and A.D. Kesel. 2016. Wild edible mushrooms, a valuable resource for food security and rural development in Burundi and Rwanda. Biotechnology Agronomy Society and Environment. 20(4): 441-452.

Karun N. C. and K. R. Sridhar. 2014. Geasters in the Western Ghats and west coast of India. Acta Mycologica. 49(2):207–219.

Marx D.H. 1969a. Growth of mycorrhizal and nonmycorrhizal shortleaf pine seedling in soil with *Phytophthora cinnamomi*. Phytopathol. 63: 18-23.

Marx D.H. 1969b. The influence of ectotrophic mycorrhizal fungi on the resistance of pine roots to pathogenic infections. I Antagonism of mycorrhizal fungi to root pathogenic fungi and soil bacteria. Phytopathology. 59: 153-163.

Marx D.H. 1972. Ectomycorrhizae as biological deterrents to pathogenic root infections. Annual Review of Phytopathology. 10: 429-454.

Pampolina, N.M., R. E., de la Cruz and M.U., Garcia. 1999. Ectomycorrhizal Root and Fungi of *Philippine dipterocarps*. ACIAR Canberra Australia. 475 p.

Pavlidis T., M. Ilieva, S. Bencheva and J. Stancheva. 2005. Researches on wood-destroying fungi division Ascomycota, Classic Ascomycetes. Proc. Nat. Sci. 109: 143-148.

Rossi M.J, L. V. Oliveira. 2011. Growth of the ectomycorrhizal fungus pisolithus microcarpus in different nutritional conditions. Brazilian Journal of Microbiology.42: 624-632.

Sihanonth P. and R.L., Todd. 1977. Transfer of nutrients from mycorrhizal fungi to plant root. Soil. Zoology Colloquium. Ecol. Bull. 25: 392-397

Tedersoo L., T. W. May and M. E. Smith. 2010. Ectomycorrhizal lifestyle in fungi: global diversity, distribution, and evolution of phylogenetic lineages. Mycorrhiza. 20(4): 217-263.

Walker J. F. and O. K. Miller. 2002. Ectomycorrhizal sporophore distributions in a southeastern appalachian mixed hardwood/conifer forest with thickets of *Rhododendron maximum*. Mycologia. 94(2): 221–229.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัย

Wikiwand. 2562. Ectomycorrhiza. From http://www.wikiwand.com/en/Ectomycorrhiza (14/1/2019).

กิจกรรมที่ 2 การเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ฟอสฟอรัสของมังคุดโดยจุลินทรีย์ (ปีงบประมาณ 2562-2563)

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.

บุษกร มงคลพิทยาธร. 2540. การใช้เชื้อวีเอไมคอร์ไรซาในการเพิ่มประสิทธิภาพการย้ายปลูกต้นกล้าสตอเบอรี่ที่ได้จากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อในเรือนเพาะชำ. วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์) สาขาปฐพีศาสตร์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 120.

ปิยะมาศ โสมภีร์ ปวริศร์ อินทพุก และเฉลิมพล เอี่ยมพลับ. 2563. การสำรวจ จำแนก และคัดเลือกเชื้อราเอ็คโตไมคอร์ไรซา ที่ละลายฟอสเฟตได้จากดินสวนมังคุด. การประชุมวิชาการพืชสวน แห่งชาติครั้งที่ 18 วันที่ 5-7 พฤศจิกายน 2562 ณ โรงแรมริชมอนด์สไตล์ลิช 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 และ บารมี 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.

กรมวิชาการเกษตร

Vahed H. S., P. Shahinrokhsar and F. Heydarnezhad. 2012. Performance of phosphate solubilizing bacteria for improving growth and yield of rice (*Oryza Sativa* L.) in the presence of phosphorus fertilizer. International Journal of Agriculture and Crop Sciences. 4 (17): 1228-1232. Sreenivasa, M.N. and D.J., Bagyaraj. 1989. Use of pesticide for mass production of vesicular-arbuscular mycorrhizal inoculum. Plant and Soil. 119: 127-132.

Kwapata, M.B. and A.E., Hall. 1985. Effects of moisture regime and phosphorus on Mycorrhizal infection, nutrient uptake and growth of cowpeas (*Vigna unquiculata* L.). Field Crops Research. 12: 241-250.

กรมวิชาการเกษตร