รายงานผลการวิจัย

เรื่อง การศึกษาผลของการใช้เชื้อราอาบัสคูล่าไมคอร์ไรซาและพีจีพีอาร์ (PGPR)ต่อการดึงดูดธาตุอาหาร การเจริญเติบโตและผลผลิตของลำไย

Effects of Abucular Mycorrhiza Fungi and Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR) on Nutrients Uptake, Growth and Yield of Longan

ได้รับการจัดสรรงบประมาณวิจัย ประจำปี 2555

จำนวน 326,800 บาท

หัวหน้าโครงการ นางนงลักษณ์ ประณะพงษ์

ผู้ร่วมโครงการ นางสาวจีราภรณ์ อินทสาร

งานวิจัยเสร็จสิ้นสมบูรณ์

20 กันยายน 2556

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยเรื่อง การศึกษาผลของการใช้เชื้อราอาบัสคูล่าไมคอร์ไรซาและพีจีพีอาร์ (PGPR) ต่อการดึงดูดธาตุอาหาร การเจริญเติบโตและผลผลิตของลำไย (Effects of Abucular Mycorrhizal Fungi and Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR) on Nutrients Uptake, Growth and Yield of Longan) ได้สำเร็จลุล่วง โดยได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากสำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ประจำปีงบประมาณ 2555 ผู้วิจัยขอขอบคุณ สาขาปฐพีศาสตร์ คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่อนุเคราะห์เรื่องสถานที่ในการดำเนินการวิจัยให้เสร็จสมบูรณ์

ขอขอบคุณ นายทอง ฝั้นสิม เจ้าของสวนลำไยอินทรีย์ ที่ให้ความอนุเคราะห์พื้นที่ศึกษาทำงานวิจัย และให้ความร่วมมือด้วยดีเสมอมา

คณะผู้วิจัย

สารบัญ

	หน้า
สารบัญตาราง	ข
สารบัญภาคผนวก	ค
บทคัดย่อ	1
Abstract	3
คำนำ	5
วัตถุประสงค์ของการวิจัย	7
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	7
การตรวจเอกสาร	8
อุปกรณ์และวิธีการวิจัย	21
ผลการวิจัย	27
สรุปผลการวิจัย	46
วิจารณ์ผลการวิจัย	48
เอกสารอ้างอิง	51
ภาคผนวก	59

สารบัญตาราง

		หน้า
ตารางที่ 1	ปริมาณสปอร์เชื้อราอาบัสคูล่าไมคอร์ไรซาในดินบริเวณใต้ทรงพุ่มลำไย	27
ตารางที่ 2	ลักษณะของสปอร์เชื้อราอาบัสคูล่าไมคอร์ไรซา ในดินบริเวณใต้ทรงพุ่มลำไย	28
ตารางที่ 3	คุณสมบัติของดินก่อนการทดลอง	30
ตารางที่ 4	คุณสมบัติของดินหลังการทดลองปีที่ 1	32
ตารางที่ 5	คุณสมบัติของดินหลังการทดลองปีที่ 2	35
ตารางที่ 6	ปริมาณธาตุอาหารหลักในใบลำไยหลังใส่เชื้อราไมคอร์ไรซา 6 เดือน	37
ตารางที่ 7	ปริมาณธาตุอาหารหลักในใบลำไยหลังใส่เชื้อราไมคอร์ไรซา 12 เดือน	38
ตารางที่ 8	ความสูง ความกว้าง ความยาวของทรงพุ่มลำไยหลังใส่ เชื้อราไมคอร์ไรซา 6 เดือน	40
ตารางที่ 9	ความสูง ความกว้าง ความยาวของทรงพุ่มลำไยหลังใส่ เชื้อราไมคอร์ไรซา 12 เดือน	41
ตารางที่ 10	ปริมาณสปอร์ไมคอร์ไรซาในตัวอย่างดินของต้นลำไยหลังใส่ เชื้อราไมคอร์ไรซา 3, 6, 9 และ 12 เดือน	43
ตารางที่ 11	เปอร์เซ็นต์การเข้ารากลำไยหลังใส่เชื้อราไมคอร์ไรซา 3, 6, 9 และ 12 เดือน	45

สารบัญภาคผนวก

		หน้า
ภาพที่ 1	ลักษณะการเข้ารากของเชื้อราอาบัสคูล่าไมคอร์ไรซา	61
ภาพที่ 2	ต้นกล้าลำไยที่ปลูกในกระถาง	62

การศึกษาผลของการใช้เชื้อราอาบัสคูล่าไมคอร์ไรซาและพีจีพีอาร์ (PGPR) ต่อการดึงดูดธาตุอาหาร การเจริญเติบโตและผลผลิตของลำไย

Effects of Abucular Mycorrhiza Fungi and Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR) on Nutrients Uptake, Growth and Yield of Longan

นงลักษณ์ ปุระณะพงษ์ และจีราภรณ์ อินทสาร

Nongluck Puranapong and Jiraporn Inthasan

คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จ.เชียงใหม่ 50290

บทคัดย่อ

การศึกษาการใช้เชื้อราอาบัสคูล่าไมคอร์ไรซาและพีจีพีอาร์ (PGPR) ต่อการดึงดูดธาตุอาหาร การเจริญเติบโตและผลผลิตของลำไย แบ่งออกเป็น 3 การทดลองย่อย ประกอบไปด้วย 1) การสำรวจและเก็บตัวอย่างเชื้อราอาบัสคูล่าไมคอร์ไรซาในดินบริเวณใต้ทรงพุ่มจากสวนลำไย 6 อำเภอ เขตจังหวัดเชียงใหม่และลำพูน 2) การศึกษาการใช้เชื้อราอาบัสคูล่าไมคอร์ไรซาและพีจีพีอาร์ (PGPR) ต่อการดึงดูดธาตุอาหาร การเจริญเติบโตและผลผลิตของลำไย 3) การทดลองประสิทธิภาพของเชื้อราอาบัสคูล่าไมคอร์ไรซาต่อการเจริญเติบโตของต้นกล้าลำไยในกระถาง

จากการสำรวจและเก็บตัวอย่างเชื้อราอาบัสคูล่าไมคอร์ไรซาในดินบริเวณใต้ทรงพุ่มจากสวนลำไย 6 อำเภอ เขตจังหวัดเชียงใหม่และลำพูน ได้แก่ อำเภอสันป่าตอง, อำเภอหางดง, อำเภอสารภี, อำเภอแม่ออน, อำเภอแม่ทา และอำเภอทุ่งหัวช้าง โดยเก็บตัวอย่างดินจากบริเวณโคนต้นลำไยเพื่อตรวจสอบหาจำนวนและลักษณะของสปอร์ในดิน จากการศึกษาพบว่า ปริมาณเชื้อราอาบัสคูล่าไมคอร์ไรซา ของตัวอย่างดินทั้ง 6 อำเภอมีค่าเฉลี่ย 17.0 สปอร์/ดิน 10 กรัม โดยพบว่าที่อำเภอสารภีมีปริมาณสปอร์หนาแน่นสูงที่สุดคือ 19.67 สปอร์/ดิน 10 กรัม และไม่แตกต่างในทางสถิติกับอำเภออื่น รูปร่างลักษณะสปอร์โดยทั่วไปค่อนข้างกลม แต่มีความหลากหลายของสีสปอร์ เช่นสีดำ ขาว เหลือง ส้ม ส้มแดง และขาวเหลือง เป็นต้น

สำหรับผลของการใช้เชื้อราอาบัสคูล่าไมคอร์ไรซาและพีจีพีอาร์ (PGPR) ต่อการดึงดูดธาตุอาหาร การเจริญเติบโตและผลผลิตของลำไย ในสภาพแปลงปลูกที่ทำการศึกษาในสวนลำไยอินทรีย์ เขตอำเภอดอยสะเก็ด จังหวัดเชียงใหม่ ทำการศึกษาเป็นระยะเวลา 2 ปี โดยวางแผนการทดลองแบบ RCRD ประกอบด้วย 4 สิ่งทดลอง 3 ซ้ำ ประกอบไปด้วย 1) ตำรับควบคุม 2)

เชื้อราวีเอไมคอร์ไรซา (กรมวิชาการเกษตร) 3) ผลิตภัณฑ์พีจีพีอาร์ (กรมวิชาการเกษตร) 4) เชื้อราวีเอไมคอร์ไรซาร่วมกับพีจีพีอาร์ จากการทดลองพบว่า ค่าความเป็นกรด-ด่างของดินระดับบน โดยเฉลี่ยลดลงเล็กน้อย โดยการใช้ PGPR มีผลทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่างสูงกว่าตำรับอื่น ขณะที่พบว่าปริมาณอินทรียวัตถุเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเมื่อเทียบกับดินก่อนการทดลอง สำหรับปริมาณฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมที่สกัดได้ลดต่ำลงทั้งในปีการทดลองที่ 1 และปีการทดลองที่ 2 เหลือเพียง 15.5 และ 7.5 mgP/kg และปริมาณโพแทสเซียม เหลือเพียง 361 และ 392 mgK/kg ตามลำดับ สำหรับผลการวิเคราะห์หาคุณสมบัติทางเคมีของดินในดินระดับล่างเกือบจะไม่มีความแตกต่างเมื่อเทียบกับดินก่อนการทดลองยกเว้นปริมาณอินทรียวัตถุที่เพิ่มขึ้นจาก 3.11% เป็น 3.58% หลังการใส่ตำรับทดลองในปีที่ 1 แต่กลับลดลงเหลือเพียง 2.85% เมื่อเสร็จสิ้นงานทดลองในปีที่ 2 โดยพบว่าการใช้เชื้อราอาบัสคูล่าไมคอร์ไรซาเพียงอย่างเดียวได้ทรงพุ่มลำไย มีผลทำให้ปริมาณฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมที่สกัดได้สูงกว่าตำรับอื่นๆ ทั้งในดินระดับบนและดินระดับล่าง

การทดลองประสิทธิภาพของเชื้อราอาบัสคูล่าไมคอร์ไรซาต่อการเจริญเติบโตของต้นกล้าลำไยในกระถาง โดยวางแผนการทดลองแบบ CRD มี 8 Treatment 3 ซ้ำ (Replication) ประกอบด้วย 1) ตำรับควบคุม (Control) 2) สปอร์เชื้อราอาบัสคูล่าไมคอร์ไรซาจากสวนลำไยอำเภอสันป่าตอง 3) สปอร์เชื้อราอาบัสคูล่าไมคอร์ไรซาจากสวนลำไยอำเภอหางดง 4) สปอร์เชื้อราอาบัสคูล่าไมคอร์ไรซาจากสวนลำไยอำเภอสารภี 5) สปอร์เชื้อราอาบัสคูล่าไมคอร์ไรซาจากสวนลำไยอำเภอแม่ออน 6) สปอร์เชื้อราอาบัสคูล่าไมคอร์ไรซาจากสวนลำไยอำเภอทุ่งหัวช้าง 7) สปอร์เชื้อราอาบัสคูล่าไมคอร์ไรซาจากสวนลำไยอำเภอแม่ทา 8) เชื้อราวีเอไมคอร์ไรซาของกรมวิชาการเกษตร จากการทดลองพบว่าเชื้อราไมคอร์ไรซาที่คัดเลือกได้จากอำเภอแม่ทามีความสามารถในการเข้ารากสูงที่สุดและปริมาณสปอร์ไมคอร์ไรซาสูงที่สุดหลังจากการใส่เชื้อนาน 12 เดือน การเจริญเติบโตในด้านความสูง ความกว้างทรงพุ่มและความยาวของทรงพุ่มตอบสนองต่อเชื้อราไมคอร์ไรซาจากอำเภอแม่ทาสูงที่สุด ปริมาณไนโตรเจน และโพแทสเซียมของตัวอย่างใบลำไยในระยะ 6 เดือน ไม่มีความแตกต่างในทางสถิติ เชื้อราไมคอร์ไรซาที่คัดได้จากอำเภอสันป่าตอง ส่งผลให้ปริมาณฟอสฟอรัสของใบลำไยระยะ 6 เดือนสูงที่สุด เชื้อไมคอร์ไรซาจากอำเภอสารภีส่งผลให้ปริมาณไนโตรเจนของใบลำไยที่ระยะ 12 เดือนสูงที่สุด ($P<0.05$) ปริมาณฟอสฟอรัสในตัวอย่างใบลำไยระยะ 12 เดือนสูงที่สุดเมื่อมีการใส่เชื้อวีเอไมคอร์ไรซาจากกรมวิชาการเกษตรและอำเภอสันป่าตอง แต่ไม่มีความแตกต่างในทางสถิติกับอำเภอแม่ทา อำเภอทุ่งหัวช้างและอำเภอหางดง ปริมาณโพแทสเซียมในใบลำไยระยะ 12 เดือนอยู่ในระดับใกล้เคียงกับปริมาณโพแทสเซียมในระยะ 6 เดือนและไม่มีความแตกต่างในทางสถิติกับทุกตำรับทดลอง

คำสำคัญ: ไมคอร์ไรซา พีจีพีอาร์ ลำไย ธาตุอาหารพืช

Abstract

To study the effect of abuscular mycorrhiza fungi and plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on nutrients uptake, growth and yield of longan was consisted of 3 experiments as follow; 1) to survey and collected abuscular mycorrhiza under longan canopies, 2) to study the usage of abuscular mycorrhiza and PGPR on nutrients uptake ,growth and yield of longan and 3) to evaluate the efficiency of abuscular mycorrhiza on longan seeding growth in pot experiment.

The variation and population of abuscular mycorrhiza fungi under longan canopies was studied from sampled that collected from different orchard at 6 districts in Chiang mai and Lamphun provinces such as Sapatong, Hong Dong, Saraphee, Mae On, Mae Tha and Thung Hua Chang. Soil samples were analyzed to count the population and characteristic of abucular mycorrhiza spores by complete randomized design with 3 replications. The result shows the average of population of mycorrhiza as 17.0 spores/ 10 g soil. At Saraphee district, the population of mycorrhiza got the peak at 19.67 spores/10 g soil but not significant with others. Normally, the shape of spores reported in often circle or oval shape, and they have many colors like black, white, yellow, orange, orange-red, white-yellow, etc.

The respond of the usage of abuscular mycorrhiza and PGPR on nutrients uptake, growth and yield of longan at Doi Saket district orchard was studied 2 annuals by randomized complete block design (RCBD) with 4 treatments and 3 replications. The treatments consisted of control, mycorrhiza (AMF) of DOA, PGPR of DOA and AMF+PGPR. The result found that the average of soil pH in topsoil slightly decreased and the applied only PGPR caused the soil pH higher than other treatments. Organic matter was slightly increased compared with soil sample before treated. Extractable phosphorus and potassium were reduced in the end of experiment on the first and second years after application of treatments to 15.5 and 7.5 mgP/kg, 361 and 392 mgK/kg respectively. On subsoil level, the soil chemical properly showed in rarely non significant compared with soil samples before started experiment. However, organic matter was increased from 3.11% to 3.58% at the first year experiment, but reduced to 2.85% in the end of second year. The application of only mycorrhiza under Longan canopy caused majority of extractable phosphorus and potassium higher than other treatments both in top and subsoil.

The efficiency of abucular mycorrhiza fungi on longan seeding growth in pot experiment was study with 8 treatments as follow by different source of AMF from Sapatong, Hong Dong, Saraphee, Mae On, Mae Tha, Thung Hua Chang and DOA comparing with control treatment. The experimental trial was designed by complete randomized design (CRD) with 3 replications. The result showed that AMF of Mae Tha site caused the highest percentage of root colonization and spores mycorrhiza after 12 months inoculated. The high, width and length of canopy were recorded at the peak with AMF of Mae Tha treatment. The concentrations of nitrogen and potassium in longan leave samples at 6 months were not significant among treatments. However, AMF of Sapatong caused the highest phosphorus content in longan leave samples at 6 months. In addition, AMF of Saraphee provide the highest nitrogen content in longan leave samples at 12 months ($P<0.05$). Moreover, phosphorus in longan leave at 12 months was in the highest level by AMF of DOA and Sapatong but did not significant from AMF of Mae Tha, Thung Hua Chang and Hong Dong. The concentration of potassium in longan leave at 12 months got level off the samples at 6 months and no significantly different among treatments.

Key words: Mycorrhizal, PGPR, Longan, Nutrition

คำนำ

ลำไยเป็นไม้ผลเศรษฐกิจของไทย ปัจจุบันนอกจากมีการเพิ่มราคาของผลผลิตโดยการผลิตลำไยนอกฤดูแล้วการผลิตลำไยอินทรีย์ยังเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่มีศักยภาพในการส่งออกทั้งในปัจจุบันและอนาคต แต่ด้วยการผลิตพืชในระบบเกษตรอินทรีย์ (organic agricultural system) เป็นระบบการจัดการการผลิตพืชแบบองค์รวมที่เกื้อหนุนต่อระบบนิเวศรวมถึงความหลากหลายทางชีวภาพ และวงจรชีวภาพ โดยเน้นการใช้วัสดุธรรมชาติ หลีกเลี่ยงการใช้วัตถุจากการสังเคราะห์และสารเคมีสังเคราะห์ ส่วนใหญ่การจัดการธาตุอาหารพืชในระบบอินทรีย์มักใส่ปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยหมัก นอกจากนี้การอาศัยกิจกรรมจุลินทรีย์ดิน (soil microorganisms) เพื่อส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชโดยเฉพาะกล้าไม้โตเร็วและไม้ป่าก็มีการศึกษากันอย่างแพร่หลาย ต้นไม้ส่วนใหญ่มักมีปฏิสัมพันธ์อย่างใกล้ชิดกับจุลินทรีย์ในดิน ซึ่งมีมากมายหลายชนิด กิจกรรมของจุลินทรีย์ดินนับว่ามีประโยชน์ต่อการเจริญเติบโตของพืชชั้นสูง นอกจากนี้จุลินทรีย์ดินยังมีบทบาทสำคัญในกระบวนการสลายตัวของอินทรียวัตถุ กระบวนการแปรสภาพของสารอนินทรีย์ รวมไปถึงการตรึงไนโตรเจน ซึ่งจุลินทรีย์ที่มีบทบาทสำคัญในกระบวนการดังกล่าวได้แก่ เชื้อราอาบัสคูล่าไมคอร์ไรซา (micorrhiza fungi) และอะโซโตแบคเตอร์แบคทีเรีย (*Azotobacter chroococcum*) เชื้อราอาบัสคูล่าไมคอร์ไรซามีประโยชน์ต่อพืชป่าไม้ หรือต้นไม้โดยตรง คือช่วยให้ต้นไม้มีอัตราการอยู่รอดและการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้น โดยเชื้อราจะผลิตฮอร์โมนบางอย่างออกมา กระตุ้นให้รากแขนงแตกยืดยาวออกไปช่วยเพิ่มพื้นที่ผิวในการดูดธาตุอาหารและน้ำของราก และเส้นใยที่แผ่ไปไกลๆ นี้สามารถดูดธาตุอาหารและน้ำในบริเวณรากไปไม่ถึงส่งมาให้กับรากด้วย นอกจากนี้เชื้อราอาบัสคูล่าไมคอร์ไรซายังช่วยยืดอายุของรากที่ทำหน้าที่ดูดน้ำและธาตุอาหาร โดยเชื้อราที่อยู่รอบๆ รากในลักษณะที่เป็นแผ่นแมนเทิล และไฮฮาร์ติก (Hartignet) ช่วยห่อหุ้มราก ทำให้เชื้อราที่เป็นสาเหตุโรคพืชไม่สามารถเข้าไปทำลายเซลล์ของรากได้ หรือรากที่หุ้มอยู่รอบรากอาจจะปล่อยสารพวกแอนตี้ไบโอติค (antibiotic) ออกมาคุ้มครองรากที่มีเชื้อราอาบัสคูล่าไมคอร์ไรซา และรากที่ไม่มีเชื้อราอาบัสคูล่าไมคอร์ไรซาแต่อยู่ใกล้เคียงกันให้ปลอดภัยจากการเข้าทำลายของเชื้อโรค (สิทธิชัย, 2541) นอกจากเชื้อราอาบัสคูล่าไมคอร์ไรซาแล้วยังมีพวกแบคทีเรียในดินที่เป็นประโยชน์ต่อพืชเรียกว่า Plang Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR) ตัวอย่างเช่น *Azotobacter, Beijerinckia* และ *Azospirillum* ซึ่งมีบทบาทในการตรึงไนโตรเจนเป็นประโยชน์ต่อพืช *Azotobacter chroococcum* เป็นจุลินทรีย์ที่เจริญในระบบนิเวศแบบ non-symbiotic และ free living ต้องการอากาศในการตรึงไนโตรเจน (N) สามารถเพิ่มไนโตรเจนแก่ดินโดยส่งเสริมการดึงดูด (uptake) ไนเตรท (NO^-_3) แอมโมเนียม (NH^+_4) ฟอสเฟต ($H_2PO^-_4$) และเหล็ก (Fe) รวมทั้งส่งเสริมกิจกรรมของเอนไซม์ไนเต

รทรีดักเตส(nitrate reductase) (Wani, 1990) จุลินทรีย์นี้จึงมีผลต่อการช่วยสะสมไวตามิน กรดอะมิโน และฮอร์โมนพืชออกซิน ซึ่งมีผลโดยตรงต่อกลไกการพัฒนาราก และการเจริญเติบโตของพืช (Akbari *et al*., 2007)

ดังนั้นการศึกษาวิจัยผลของกิจกรรมจุลินทรีย์ดินพวก เชื้อราอาบัสคูล่าไมคอร์ไรซา และ PGPR ต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตลำไยจึงเป็นแนวทางหนึ่งที่น่าสนใจในการผลิตลำไยอินทรีย์ และ คัดเลือกเชื้อราอาบัสคูล่าไมคอร์ไรซาที่มีประสิทธิภาพ ผลของเชื้อราไมคอร์ไรซา และ PGPR ต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของลำไย ผลงานวิจัยที่ได้จากโครงการสามารถนำไปกำหนดแนวทางและวิธีการใช้จุลินทรีย์ดินในการผลิตลำไยอินทรีย์ ซึ่งจะนำไปสู่การสร้างมูลค่าของรายได้จากการส่งออกลำไยอินทรีย์ ช่วยลดปริมาณการนำเข้าปุ๋ยเคมี รวมทั้งสร้างเสริมสุขภาพของผู้บริโภคทั้งภายในและต่างประเทศ

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อให้ได้สายพันธุ์ของเชื้อราอาบัสคูล่าไมคอร์ไรซาที่เพิ่มประสิทธิภาพการดึงดูดธาตุอาหารและส่งเสริมการเจริญเติบโตของลำไย

2. เพื่อให้ได้วิธีการส่งเสริมการเจริญเติบโต และเพิ่มผลผลิตลำไย ด้วยการใส่จุลินทรีย์ดิน

3. เพื่อศึกษาผลของเชื้อราอาบัสคูล่าไมคอร์ไรซา และ Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR) ต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณธาตุอาหารหลักในใบ การเจริญเติบโต และผลผลิตของลำไย

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้เทคโนโลยีการใช้จุลินทรีย์ดินเพื่อการจัดการธาตุอาหารลำไยอินทรีย์ ซึ่งเกษตรกรผู้ปลูกลำไยอินทรีย์ในภาคเหนือโดยเฉพาะจังหวัดเชียงใหม่ และลำพูน สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้

2. ได้สายพันธุ์ของเชื้อราอาบัสคูล่าไมคอร์ไรซาตามธรรมชาติที่มีประสิทธิภาพสูงในการส่งเสริมการเจริญเติบโตของต้นลำไย

3. ได้องค์ความรู้แก่เกษตรกรผู้ปลูกลำไย และประชาชนทั่วไป การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์ของเกษตรกร โดยผ่านกระบวนการถ่ายทอดเทคโนโลยีจากโครงการ จะนำไปสู่การเพิ่มขึ้นของผลผลิตและคุณภาพลำไยอินทรีย์ ส่งผลต่อการเพิ่มรายได้แก่เกษตรกร และมูลค่าการส่งออกของลำไยอินทรีย์ รวมทั้งสร้างเสริมสุขภาพที่ดีต่อเกษตรกรและผู้บริโภค

4. ได้องค์ความรู้ โดยใช้พื้นที่วิจัยเพื่อเป็นฐานต้นแบบ(แปลงสาธิต)ในการเรียนรู้ของเกษตรกรและนักศึกษา ในการผลิตลำไยอินทรีย์

5. นำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์ย่อมนำไปสู่การลดปริมาณการใช้ปุ๋ยเคมี และลดปริมาณการนำเข้าสารดังกล่าวได้

การตรวจเอกสาร

1. ถิ่นกำเนิดของลำไย

ลำไยเป็นพืชที่นิยมปลูกทางตอนใต้ของประเทศจีนนับพันปีชาวจีนปลูกรับประทานเพื่อเป็นยาบำรุง พื้นที่ปลูกลำไยส่วนใหญ่ปลูกกันมากในมณฑลฟูเกี้ยน กวางตุ้ง กวางสี ไต้หวัน และเสฉวน การแพร่กระจายของลำไยจากประเทศจีนนี้มีการกระจายออกไปหลายภูมิภาค ไม่ว่าจะเป็นเอเชีย สหรัฐอเมริกา ออสเตรเลีย ซึ่งมีลักษณะภูมิประเทศและภูมิอากาศในลักษณะกึ่งร้อน อันเอื้อต่อการเจริญเติบโตของลำไย

ลำไยจากประเทศจีนนี้ได้แพร่กระจายเข้าไปสู่ อินเดีย ลังกา พม่า ฟิลิปปินส์ ยุโรป สหรัฐอเมริกา(มลรัฐฮาวายและฟลอริดา) คิวบา หมู่เกาะอินเดียตะวันตก และเกาะมาดากัสกา ในประเทศไทยนั้น มีการพบลำไยดามป่าในจังหวัดเชียงใหม่ ส่วนในจังหวัดเชียงรายมีลำไยพื้นเมืองซึ่งมีผลเล็กขึ้นอยู่ดาษดื่นเรียกกันว่าลำไยธรรมดา จนกระทั่ง พ.ศ.2439 มีชาวจีนผู้หนึ่งนำกิ่งตอนลำไย 5 กิ่ง จากประเทศจีนมาถวายเจ้าดารารัศมี พระชายาของพระบาทสมเด็จพระจุลจอมเกล้าเจ้าอยู่หัว รัชกาลที่ 5 เจ้าดารารัศมี ได้แบ่งลำไยไว้ปลูกที่กรุงเทพฯ 2 กิ่ง ส่วนอีก 3 กิ่งได้มอบให้เจ้าน้อยตั๋น ณ เชียงใหม่ ผู้เป็นน้องชายนำไปปลูกที่จังหวัดเชียงใหม่ ณ บ้านน้ำโท้ง ตำบลสบแม่ข่า อำเภอหางดง จังหวัดเชียงใหม่ ต่อมาได้แพร่กระจายพันธุ์ไปยังพื้นที่อื่นในจังหวัดเชียงใหม่และจังหวัดใกล้เคียง โดยเฉพาะจังหวัดลำพูน ในอดีดการขยายพันธุ์ลำไยทำโดยเพาะเมล็ด จึงทำให้มีการกลายพันธุ์เกิดขึ้น (จำเนียร, 2546)

2. สิ่งแวดล้อมที่เหมาะสมในการเพาะปลูก

ดิน

ลำไยสามารถเจริญเติบโตได้ดีกับดินแทบทุกชนิดแต่ดินที่เหมาะสมกับการปลูกลำไยคือดินที่มีความอุดมสมบูรณ์สูงถึงปานกลาง เนื่องจากดินเป็นแหล่งที่ให้ธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตและออกดอกติดผลของลำไย สามารถปลูกลำไยได้ตั้งแต่ ดินร่วน ดินร่วนปนทราย ดินร่วนปนเหนียว หรืออาจจะเป็นดินเหนียวก็ได้ ถ้าจัดระบบการระบายน้ำดีพอ หรือดินตะกอน หรือ ดินน้ำไหลทรายมูล ซึ่งเป็นดินที่หน้าดินลึกเกิดจากการทับถมของตะกอนดินที่ได้จากการท่วมถึงของน้ำจากแม่น้ำ ดินชนิดนี้จะพบมากบริเวณริมแม่น้ำสายใหญ่ เช่น แม่น้ำโขง แม่น้ำยม แม่น้ำน่าน และแม่น้ำปิง เป็นต้น จะเห็นได้ว่าบริเวณลุ่มน้ำเหล่านี้จะปลูกลำไยได้ผลดีแทบจะไม่ต้องให้ปุ๋ยเลย แต่มาระยะหลังบริเวณดังกล่าวไม่ค่อยมีน้ำท่วมถึง ความอุดมสมบูรณ์ของดินจึงลดลงเรื่อยๆ

ทำให้การผลิตลำไยต้องอาศัยปุ๋ย นอกจากนี้ลำไยต้องการดินที่มีค่าความเป็นกรดและด่าง 5.0 – 7.0 และต้องเป็นดินที่มีการระบายน้ำดีเป็นพิเศษ ดังนั้นจึงควรปลูกลำไยในพื้นที่สูงพอสมควร เพราะมีการระบายน้ำที่ดีกว่าในพื้นที่ต่ำ

อุณหภูมิ

อุณหภูมิเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตและการออกดอกของลำไย โดยทั่วไปลำไยต้องการอุณหภูมิค่อนข้างต่ำ ประมาณ 20 -25 องศาเซลเซียส แต่ในช่วงก่อนออกดอกต้องการอุณหภูมิต่ำเพื่อช่วยชักนำให้เกิดตาดอก เพราะฉะนั้นในช่วงก่อนออกดอกลำไยต้องการอุณหภูมิ ประมาณ 15 -22 องศาเซลเซียส นานประมาณ 8 – 10 สัปดาห์ ยิ่งอากาศหนาวเย็นลำไยจะออกดอกดิดผลมาก ซึ่งจะสังเกตว่าถ้าปีไหนอากาศหนาวเย็นนานๆ โดยไม่มีอากาศอบอุ่นเข้าแทรกลำไยจะมีการออกดอก ติดผลดี (อนันต์, 2547) เมื่อติดผลแล้ว อุณหภูมิสูงขึ้นก็ไม่ส่งผลกระทบต่อผลผลิต แต่ไม่ควรเกิน 40 องศาเซลเซียส เพราะจะทำให้ผลแตกได้

น้ำและปริมาณน้ำฝน

น้ำเป็นสิ่งจำเป็นในการเจริญเติบโตของต้นลำไย เพราะน้ำเป็นปัจจัยที่กำหนดการเจริญเติบโตและความสมบูรณ์ของต้นลำไยได้ โดยเฉพาะที่ดินที่ยังไม่โตเต็มที่ หากลำไยได้รับน้ำในปริมาณที่เพียงพออย่างสม่ำเสมอทั้งจากน้ำฝนและน้ำชลประทาน จะทำให้ต้นลำไยเจริญเติบโตอย่างสม่ำเสมอ ไม่ชะงักการเจริญเติบโต ต้นสมบูรณ์และแข็งแรง ต้านทานต่อโรคได้ดี และโตเร็วกว่าการอาศัยน้ำฝนเพียงอย่างเดียว ถ้าต้นลำไยขาดน้ำการเจริญเติบโตจะชะงัก แคระแกร็น หรืออาจตายได้ ลำไยเป็นพืชที่ชอบน้ำขังแฉะในแหล่งปลูกลำไย ควรมีปริมาณน้ำฝนอยู่ในเกณฑ์เฉลี่ยประมาณ 1,200 – 1,400 มิลลิเมตรต่อปีและจะต้องมีการให้น้ำช่วยด้วย ส่วนจำนวนวันและการกระจายของฝนที่ตกเป็นสิ่งสำคัญไม่น้อยกว่าปริมาณรวมน้ำฝนที่ตกทั้งปีควรมีการกระจายตัวของฝนดีประมาณ 100 - 150 วันต่อปี แต่อย่างไรก็ตามในบางช่วงลำไยต้องการน้ำน้อย คือในช่วงก่อนออกดอกแต่ในช่วงออกดอกติดผลลำไยต้องการน้ำในปริมาณมาก

ปริมาณความชื้น

ปริมาณน้ำฝนที่ตกในปีหนึ่งๆจะมีผลเกี่ยวข้องกับความชื้นในดินซึ่งมีความจำเป็นต่อลำไยในช่วงตั้งแต่การดิตผล โดยทั่วไปแล้วลำไยต้องการความชื้นสูงขึ้นเรื่อยๆ ตั้งแต่เดือนกุมภาพันธ์– เดือนมิถุนายน ซึ่งในช่วงนี้ ถ้าลำไยขาดความชื้นในดิน ดอกที่ได้มักจะแห้งหรือดอกจะร่วง ในกรณีที่มีฝนตกในเดือนเมษายนที่เรียกกันว่า “ฝนชะช่อมะม่วง” มักจะทำให้ผลลำไยร่วงมาก

ในช่วงเดือนมีนาคมถึงพฤษภาคม จะต้องมีการให้น้ำ เพราะในระยะนี้เป็นช่วงที่มีความชื้นในดินและความชื้นในอากาศต่ำ ในฤดูหนาวความชื้นในอากาศจะลดลงตามลำดับและจะลดลงในเดือนมีนาคมถึงเดือนเมษายนซึ่งเป็นช่วงที่อันตราย เพราะจะทำให้การระเหยของน้ำในใบมีมากขึ้น ความชื้นในอากาศที่ต่ำจึงมีส่วนทำให้ผลผลิตลำไยเสียหายไม่น้อยเช่นกัน (โครงการถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตลำไยและลิ้นจี่, 2543)

ระดับความสูงของพื้นที่

ลำไยจะเจริญเติบโตได้ดีในที่ราบลุ่มจนถึงพื้นที่สูงกว่าระดับน้ำทะเล 1,000 เมตร พื้นที่ปลูกลำไยเป็นการค้าควรอยู่ระหว่างเส้นรุ้งที่ 15-28 องศาเหนือได้ สำหรับเชียงใหม่และลำพูนอยู่ระหว่างเส้นรุ้งที่ 17-19 องศาเหนือ

แสง

โดยปกติลำไยจะออกดอกที่ปลายยอดบริเวณที่ได้รับแสง ส่วนกิ่งที่ไม่ได้รับแสงจะดอกน้อย ดังนั้นพื้นที่ปลูกลำไยส่วนใหญ่ต้องการแสงแดดตลอดเวลา เพื่อใช้ในการปรุงอาหารโดยการสังเคราะห์แสง สภาพโดยทั่วไปของประเทศไทยพบว่า เกือบทุกภาคมีความเข้มของแสงที่ต้นไม้จะใช้ประโยชน์ในการสังเคราะห์แสงและการเจริญเติบโตได้อย่างเพียงพอ ดังนั้น การปลูกลำไยที่เหมาะสมควรปลูกในพื้นที่โล่งแจ้ง ถ้าอยู่ในที่ร่มหรือที่ทึบแสงลำไยจะแทงช่อดอกน้อย

3. ไมคอร์ไรซา(Mycorrhiza fungi)

ไมคอร์ไรซา (Mycorrhiza) เป็นความสัมพันธ์ระหว่างเชื้อรา (fungi) กับระบบรากของพืชโดยเฉพาะอย่างยิ่งพืชชั้นสูง เชื้อรานั้นต้องไม่ใช่เชื้อที่เป็นสาเหตุของโรคพืชส่วนรากพืชต้องเป็นรากที่มีอายุน้อย ๆ และยังทำหน้าที่หลักในการดูดน้ำและธาตุอาหารต่างๆ ให้กับพืช ซึ่งเป็นการอยู่ร่วมกันแบบพึ่งพาอาศัย หรือเอื้ออำนวยประโยชน์ซึ่งกันและกัน (Symbiotic associations) ต้นไม้ให้สารประกอบคาร์โบไฮเดรทและสารประกอบอื่น ๆ จากขบวนการเมตาบอลิซึมที่มีประโยชน์แก่รา และราช่วยเพิ่มธาตุอาหาร เช่น ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และธาตุอื่น ๆ ให้กับต้นไม้ นอกจากนี้เชื้อไมคอร์ไรซายังช่วยปกป้องรากพืชจากการเข้าทำลายของเชื้อโรค ตั้งแต่มีการค้นพบความสัมพันธ์แบบนี้เป็นต้นมา ได้มีการศึกษาค้นคว้ากันอย่างมากมาย และเป็นที่ประจักษ์ว่ารากของพืชเกือบทุกชนิดมีไมคอร์ไรซาอาศัยอยู่ และไมคอร์ไรซานี้เองมีส่วนช่วยให้ต้นพืชสามารถมีชีวิตรอดอยู่ได้ แม้เมื่อเจริญอยู่บนดินที่มีสภาพไม่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโต (อุทัยวรรณ, 2534)

เชื้อราไมคอร์ไรซาเป็นส่วนหนึ่งในระบบนิเวศของพืชและเป็นสิ่งจำเป็นต่อการดำรงชีวิตของพืชโดยเฉพาะในช่วงแรกของการเจริญเติบโตของต้นไม้ เชื้อราจะช่วยดูดซับความชื้นให้แก่กล้าไม้ และจะช่วยให้กล้าไม้มีชีวิตอยู่รอดได้ในช่วงวิกฤตจากความแห้งแล้ง (Mikola, 1973) พันธุ์ไม้ชนิดหนึ่งอาจมีเชื้อราอาบัสคูล่าไมคอร์ไรซาอาศัยอยู่หลายชนิด และเชื้อราอาบัสคูล่าไมคอร์ไรซาชนิดหนึ่งๆ อาจจะอยู่ร่วมกับพันธุ์ไม้ได้หลายชนิต การมีชีวิตอยู่ร่วมกันระหว่างเชื้อราอาบัสคูล่าไมคอร์ไรซากับระบบรากของต้นไม้ มีความสำคัญยิ่งต่อกระบวนการทางสรีรวิทยาและการเจริญเติบโตของต้นไม้ โดยจะทำให้ระบบนิเวศป่าไม้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น (Marx and Barnett, 1974; Mikola, 1973)

ลักษณะสำคัญของเชื้อราวีเอไมคอร์ไรซา

เชื้อราวีเอไมคอร์ไรซาประกอบไปด้วยกลุ่มของใยราที่เจริญอยู่รอบๆ ราก (external hyphae) ใยราที่อยู่ภายนอกรากจะเจริญอยู่อย่างหลวมๆ และอาจยื่นออกมาจากรากประมาณ 1 เซนติเมตร ภายในใยราไม่มีผนังกั้น มีหลายนิวเคลียส ผนังหนา ใยราในดิน มี 2 ชนิด คือ ใยราหลักมีขนาดที่ค่อนข้างใหญ่ เส้นผ่านศูนย์กลางของใยราประมาณ 8-12 ไมโครมิเตอร์ ที่ปลายของใยรามีการแตกกิ่งก้านสาขาแบบ dichotomous ผนังบางคล้ายขนรากของพืช (Mosse, 1981) และกลุ่มใยราขนาดเล็ก ที่แตกกิ่งก้านสาขามากมาย มีอายุสั้น ใยรามีการแตกกิ่งก้านสาขาออกด้านข้างคล้ายรากพืช ทำหน้าที่ดูดธาตุอาหารให้แก่เชื้อราโดยจะแทรกตัวไปตามอนุภาคของอินทรียวัตถุ เมื่ออาหารหมดไซโตพลาสซึมจะเคลื่อนที่ไปยังใยราหลักและสร้างผนังมาปิดกั้น และใยราขนาดเล็กนี้ก็จะเหี่ยวสลายไป ใยราที่อยู่ภายนอกรากนี้ยังสามารถสานตัวกันเป็นร่างแห เพิ่มพื้นที่ในการดูดธาตุอาหาร (Mosse, 1981) เมื่อใยราเจริญเข้าสู่รากพืช โดยเจริญผ่านชั้นอิพิเดอร์มิส (epidermis) เข้าไปยังชั้นคอร์เท็กซ์ (cortex) โดยใยราจะเจริญทั้งภายในเซลล์และระหว่างเซลล์ ซึ่งพบว่ามีการเจริญหลายลักษณะ เช่น เจริญม้วนเป็นวง (coil หรือ pelotons) หรือแตกกิ่งก้านสาขาแบบ dichotomous ออกไปรอบๆ ทุกทิศทางคล้ายกิ่งไม้ เรียกอาร์บัสคูล (arbuscule) (Harley and Smith, 1983) ทำหน้าที่แลกเปลี่ยนสารอาหารระหว่างเซลล์พืชกับเชื้อราอาร์บัสคูลมีอายุประมาณ 1-3 สัปดาห์ จากนั้นจะสลายตัวไป และปลดปล่อยสารอาหารให้แก่ เซลล์พืช ต่อมาเชื้อราจะสร้างโครงสร้างรูปไข่ (oval) ที่ส่วนปลาย หรือส่วนกลางของใยราภายในเซลล์มีผนังหนา เรียกโครงสร้างนี้ว่าเวสสิเคิล (vesicle) ภายในประกอบไปด้วยหยดไขมัน ทำหน้าที่เก็บสะสมอาหารของเชื้อรา และอาจเจริญไปเป็นส่วนที่ใช้ในการขยายพันธุ์ เมื่อผิวของเซลล์ชั้นคอร์เทกซ์เกิดฉีกขาดเวสสิเคิลจะโผล่ออกมาจากเนื้อเยื่อรากและเข้าไปในดิน ต่อมาจะงอกเป็นเซลล์ใหม่ได้ หรือบางครั้งอาจมีการสร้างสปอร์ภายในเวสสิเคิล

กลายเป็น sporangia ได้ (Gerdemann, 1968) โดยทั่วไปเวสสิเคิลจะเกิดขึ้นหลังจากสร้างอาร์บัสคูล แล้ว ส่วนใหญ่จะเกิดเวสสิเคิลที่รากแขนงมากกว่ารากอื่นๆ (Redhead, 1975) ซึ่งอาร์บัสคูลและเวสสิเคิลนี้ จะมีลักษณะแตกต่างกันไปตามชนิดของเชื้อรา (Mosse, 1981)

ประโยชน์ของราไมคอร์ไรซา (Chalermpongse, 1994)

1. ช่วยเพิ่มพื้นที่ผิวและปริมาณของรากต้นไม้ในการดูดธาตุอาหารได้มากขึ้น

2. ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการดูดซับน้ำและช่วยให้ต้นพืชหรือต้นไม้เหี่ยวช้าในสภาวะที่ขาดน้ำ

3. ช่วยให้ต้นไม้ได้รับธาตุอาหารต่างๆ เช่นฟอสฟอรัส ไนโตรเจน โพแทสเซียม แคลเซียมและธาตุอื่นๆ ซึ่งอาบัสคูล่าไมคอร์ไรซาจะดูดซับและสะสมไว้ในราก

4. ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการย่อยสลาย และดูดธาตุอาหารจากหินแร่ในดินที่สลายตัวยาก รวมทั้งพวกอินทรียวัตถุต่างๆ ที่ยังสลายตัวไม่หมด ทำให้พืชหรือต้นไม้นำไปใช้ได้

5. รากที่มีไมคอร์ไรซามีความสามารถป้องกันการเข้าทำลายรากของโรคพืชได้ดีกว่ารากที่ไม่มีอาบัสคูล่าไมคอร์ไรซา ทำให้ต้นพืชมีความต้านทานต่อโรคที่ระบบรากสูงขึ้น

6. ช่วยให้ต้นไม้มีความแข็งแรง ทนทานต่อสภาพพื้นที่แห้งแล้ง หรือปัญหาของดินเค็ม ดินเปรี้ยว หรือดินมีระดับความเป็นกรด-ด่างไม่เหมาะสมได้

7. ช่วยเสริมสร้างระบบนิเวศป่าไม้ให้มีความอุดมสมบูรณ์มากขึ้น

การจำแนกประเภทของไมคอร์ไรซา

ไมคอร์ไรซาสามารถแบ่งประเภทออกเป็นกลุ่มใหญ่ๆ ได้ 2 ประเภทคือ

1. เอนโดไมคอร์ไรซา (Endomycorrhiza) บางทีเราเรียกเห็ดราไมคอร์ไรซากลุ่มนี้ว่า Vesicular-Arbuscular Mycorrhiza (VAM) คือ เชื้อราไมคอร์ไรซาที่อาศัยอยู่ภายในเซลล์ผิวของรากพืชหรือต้นไม้เชื้อราชนิดนี้ไม่สามารถมองเห็นด้วยตาเปล่าแต่สามารถตรวจสอบได้โดยใช้กล้องจุลทรรศน์จะเห็นลักษณะสปอร์รูปทรงกลมมีเส้นใย 2 ลักษณะคือ เส้นใยรูปกระบอง (Vesicles) และเส้นใยขนาดเล็กประสานกันเป็นกระจุก (Arbusculars) เชื้อราไมคอร์ไรซาพวกที่มีความสำคัญต่อพืชเกษตรและพืชป่าไม้มีประมาณ 80 เปอร์เซ็นต์ ของอาณาจักรพืช (Plant kingdom) ส่วนใหญ่จำแนกอยู่ในลำดับ (Order) Glomales มีอยู่ด้วยกัน 5 สกุล (Genera) ได้แก่ Acaulospora Intorphospora Gigaspora Glomus (Sclerocysis) และ Scutellospora เชื้อราเอนโดไมคอร์ไรซา ส่วนใหญ่เป็นราน้ำ มักอาศัยอยู่ในดินทั่วไปมีอยู่ประมาณ 150 ชนิด สามารถสร้างเส้นใยและสปอร์ออกมานอกรากอยู่ในหน้าดินลึกประมาณ 10-20 เซนติเมตร สปอร์มีขนาดเล็กมองด้วยตาเปล่าไม่

เห็น แพร่กระจายพันธุ์ไปตามน้ำ มีการเคลื่อนย้ายไปตามดินโดยสัตว์และแมลง เป็นพาหนะ พืชที่สัมพันธ์กับรากลุ่มนี้มีประมาณ 300,000 ชนิด ส่วนใหญ่เป็นพืชเกษตรและพืชป่าไม้ ในไม้ผลมีรายงานว่า Arbuscular mycorrhizal (AM) fungi มีศักยภาพในการส่งเสริมการเจริญเติบโตของส้ม โดยการปลูกเชื้อ Glomus intraradices FL208 สามารถเพิ่มอัตราการเจริญเติบโต(relative growth rate) ของส้มได้ถึงสามเท่า (Menge, 1983; Eissenstat *et al.*, 1993) ทั้งนี้ AM fungi ส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชโดยช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการสังเคราะห์แสง และส่งเสริมการดึงดูดธาตุอาหารจากดิน (Johnson, 1984; Graham, 1986) โดยเฉพาะธาตุฟอสฟอรัสซึ่ง Son and Smith (1988) รายงานว่าอัตราการดูดกินฟอสเฟตในพืชที่มีเวสิคูลาร์อาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาอยู่ด้วยจะเป็นได้เร็วกว่าพืชที่ไม่มี อัตราการเคลื่อนที่ของฟอสเฟตในรากพืชที่มีอาบัสคูล่าไมคอร์ไรซามีค่าโดยประมาณ 17 x 10^{-14} โมล/ซม./วินาที ซึ่งมากกว่าในพืชปกติที่มีอัตราการเคลื่อนที่ของฟอสเฟตภายในรากพืชประมาณ 3.6 x 10^{-14} โมล/ซม./วินาที

2. เอ็คโตไมคอร์ไรซา (Ectomycorrhiza) คือ เห็ดราไมคอร์ไรซาที่อาศัยอยู่บริเวณเซลล์ผิวของรากภายนอกของพืชหรือต้นไม้ เชื้อราจำพวกเอ็คโตไมคอร์ซามีการเจริญเติบโดอยู่ร่วมกับรากของต้นไม้ยืนต้นแบบพึ่งพาอาศัยซึ่งกันและกัน เส้นใยไม่มีสารสีเขียว (Chlorophyll) เหมือนพืช จึงไม่สามารถสร้างอาหารจำพวกคาร์โบไฮเตรต น้ำตาลและไวตามิน จึงต้องอาศัยดูดซึมเอาจากรากของต้นไม้ เส้นใยของเชื้อราเจริญห่อหุ้มรากของต้นไม้ไว้จะมีส่วนช่วยรักษาความชื้นให้ต้นไม้ในฤดูแล้งและต้นไม้ก็ยังได้ธาตุฟอสฟอรัสในดิน ซึ่งเชื้อราสามารถย่อยสลายธาตุอาหารออกมาจากดินให้เป็นธาตุอาหารในรูปที่ต้นไม้ใช้ประโยชน์ได้ทันที ทำให้ต้นไม้มีรากที่แข็งแรง เจริญเติบโตดีหาอาหารได้มากขึ้น และเมื่ออยู่ในสภาพสิ่งแวดล้อมที่เหมาะสมก็จะรวมตัวกันออกเป็นดอกบริเวณโคนต้นไม้ที่มีรากพืชกระจายอยู่ เราเรียกเห็ดราจำพวกนี้ว่า เอ็คโตไมคอร์ไรซา แต่ความพยายามในการเพาะเลี้ยงด้วยอาหารที่สังเคราะห์จนถึงขั้นออกเป็นดอกเห็ดยังไม่ประสบผลสำเร็จ ได้ผลเพียงเพาะได้เป็นเส้นใย ซึ่งเป็นปัญหาให้นักวิชาการทำงานต่อไป (อนงค์, 2542) ส่วนใหญ่เชื้อราเอ็คโตไมคอร์ไรซาเป็นราชั้นสูง จัดจำแนกอยู่ใน Phylum Basidiomycota Ascomycota และ Zygomycota ส่วนใหญ่เป็นราที่สร้างดอกขนาดใหญ่เหนือผิวดินใต้ร่มไม้ที่มันอาศัย อยู่ซึ่งอยู่ในพวก Basidiomycota และ Ascomycota ส่วน Zygomycota จะมีขนาดเล็กมากมองด้วยตาเปล่าไม่เห็น ต้องส่องดูด้วยกล้องจุลทรรศน์ พวกราที่อยู่ในกลุ่ม Basidiomycota จะสร้างดอกเห็ด (Mushrooms) ขนาดใหญ่ มีทั้งที่กินได้ (Edible) ชนิดที่กินไม่ได้ (Non-edible) ชนิดที่มีพิษ (Poisonous) และเห็ดสมุนไพร (Medicinal) เชื้อราเอ็คโตไมคอร์ไรซามีมากกว่า 5,000 ชนิด พืชหรือต้นไม้ที่สัมพันธ์กับรากลุ่มนี้มีไม่น้อยกว่า 2,000 ชนิด หรือประมาณ 10 – 20% ของพืชชั้นสูง

ในประเทศไทย เคยมีการสำรวจเชื้อราเอ็คโตไมคอร์ไรซาในป่าไม้เต็ง ป่าเบญจพรรณ และป่าร้อนชื้น พบว่าเชื้อราหลายชนิดที่เป็นเอ็คโตไมคอร์ไรซา เช่น *Amanita* spp., *Boletus* spp., *Lactarius* spp., *Russula* spp., *Pisolithus* spp. เป็นต้น (อนิวรรต และธีรวัฒน์, 2524) เชื้อราเอ็คโตไมคอร์ไรซาในธรรมชาติสามารถนำมาทดสอบการเกิดเอ็คโตไมคอร์ไรซาในห้องปฏิบัติการ โดยการปลูกเชื้อบริสุทธิ์ของแต่ละชนิด ที่สำรวจได้กับกล้าพืชทดสอบ (Thomsom *et al.*, 1993) หลังจากนั้นจึงนำรากพืชเหล่านั้นมาดูลักษณะการเกิด Hartig net ที่เกิดจากเส้นใยของเชื้อที่เจริญเข้าไปใน cortex ของราก (Burndrett and Abbott, 1995)

Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR)

จุลินทรีย์พวกแบคทีเรียที่เป็นประโยชน์ต่อพืชในดินหลายชนิดที่เกี่ยวข้องกับการดึงดูดธาตุอาหาร โดยช่วยในการตรึงไนโตรเจนและช่วยละลายธาตุฟอสฟอรัสในดินให้เป็นประโยชน์ต่อพืช รวมเรียกว่า Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR) นิยมนำมาผสมเป็นส่วนประกอบของปุ๋ยชีวภาพ (Karlidag *et al.*, 2007) ซึ่งแบคทีเรียในกลุ่ม PGPR มีหลายชนิดได้แก่ *Acinetobacter, Alcaligenes, Arthrobacter, Azospirillum, Azotobacter, Bacillus, Beijerinckia, Burkholderia, Enterobacter, Erwinia, Flavobacterium, Rhizobium* และ *Serratia* (Rodriguez and Fraga, 1999; Sturz and Nowak, 2000; Sudhakar *et al.*, 2000) มีรายงานการศึกษาพบว่า PGPR สามารถกระตุ้นการเจริญเติบโตและเพิ่มผลผลิตในพืชหลายชนิดได้แก่ส้ม มัลเบอร์รี่ (mulberry) บ๊วย เชอรี่หวาน และราสเบอรี่ (Kloepper, 1994; Sudhakar *et al.*, 2000; Esitken *et al.*, 2002, 2003, 2006; Orhan *et al.*, 2006) โดยทั่วๆไป PGPR จะต้องคำนึงว่ามีบทบาทต่อการส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชตามกลไกเช่น กลไกทางตรงต่อพืช ได้แก่ ความสามารถในการตรึงไนโตรเจน ความสามารถในการเพิ่มความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารพืช เช่นละลายฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมเป็นต้น ความสามารถในการสร้างสาร siderophores ในการจับธาตุเหล็ก ความสามารถในการสร้างฮอร์โมนพืช เช่น auxin, cytokinin และ gibberelin และลดปริมาณ ethylene ในพืช ส่วนกลไกทางอ้อมต่อพืชได้แก่ ความสามารถในการสร้างสารปฏิชีวนะ ความสามารถในการกระตุ้นให้พืชสร้างภูมิคุ้มกัน ความสามารถในการสร้างสารยับยั้งเชื้อราก่อโรค และความสามารถในการสร้างเอนไซม์ย่อยสลายผนังเซลล์ของเชื้อราก่อโรคเป็นต้น(Gliek *et al.*, 1999)

อะโซโตแบคเตอร์ (*Azotobacter)* เป็นจุลินทรีย์ที่เจริญในระบบนิเวศแบบ non-symbiotic และ free living ต้องการอากาศในการตรึงไนโตรเจน (N) สามารถเพิ่ม N แก่ดินโดย

ส่งเสริมการดึงดูด (uptake) ไนเตรท (NO^-_3) แอมโมเนียม (NH^+_4) ฟอสเฟต ($H_2PO^-_4$) และเหล็ก (Fe) รวมทั้งส่งเสริมกิจกรรมของเอนไซม์ไนเตรทรีดักเตส (nitrate reductase) (Wani, 1990) จุลินทรีย์นี้จึงมีผลต่อการช่วยสะสมไวตามิน กรดอะมิโน และฮอร์โมนพืชออกซิน ซึ่งมีผลโดยตรงต่อกลไกการพัฒนาราก และการเจริญเติบโตของพืช (Akbari *et al.*, 2007)

Beijerinckia เป็นแบคทีเรียกลุ่มตรึง N ที่ต้องการอากาศ มีรายงานการพบในบริเวณรากของพืชไร่ พวกอ้อย ข้าวโพด ข้าวโอ๊ต และถั่วเหลือง ส่วน *Azospirillum* เป็นแบคทีเรียที่ช่วยตรึง N เช่นเดียวกัน ซึ่งพบการแพร่กระจายอย่างแพร่หลายในระบบนิเวศน์ในเขตที่มีการปลูกพืชใบเลี้ยงเดี่ยวพวกข้าวโพด ข้าว อ้อย และข้าวฟ่าง เป็นแบคทีเรียแกรมลบที่ต้องการอากาศ ชนิดของ *Azospirillum* ที่รายงานการค้นพบในปัจจุบันมี 5 ชนิดคือ *A. brasilense, A. lipoferum, A. amazonense, A. halopraeferens* และ *A. irakense* (Stacey *et al.*, 1992)

บริเวณที่อยู่อาศัยของ PGPR

บริเวณที่อยู่อาศัยของ PGPR ในระบบรากพืชและ rhizosphere ทำให้สามารถแบ่งชนิดของ PGPR ได้ 2 ประเภท ได้แก่

1. Intracellular PGPR (iPGPR) หมายถึง กลุ่ม PGPR ที่เข้าอาศัยภายในเซลล์ของรากพืช ตัวอย่างที่ชัดเจน ได้แก่ การเข้าอาศัย และสร้างปมของไรโซเบียมกับพืชตระกูลถั่ว

2. Extracellular PGPR (ePGPR) หมายถึง กลุ่ม PGPR ที่ไม่ได้อาศัยอยู่ในเซลล์ของรากพืช แต่มีคุณสมบัติเช่นเดียวกับ PGPR ทั่วไปซึ่งสามารถแบ่งเป็นกลุ่มย่อยตามตำแหน่งที่อยู่ได้อีก 3 กลุ่ม คือ

2.1 กลุ่มที่อาศัยอยู่ใกล้กับราก

2.2 กลุ่มที่อาศัยดิดอยู่ที่ผิวของราก

2.3 กลุ่มที่อาศัยอยู่บริเวณระหว่างเซลล์ของรากในชั้น cortex

กลไกของ PGPR กับการเข้าสู่ระบบรากพืช

ในการเข้าสู่ระบบรากพืช แบคทีเรียส่วนใหญ่จะใช้ระบบการส่งสัญญาณ (signal) ซึ่งสัญญาณดังกล่าวจะอยู่ในรูปสารอินทรีย์ ระบบการใช้สารอินทรีย์ที่ทำหน้าที่เป็นสัญญาณในการสื่อสารระหว่างเซลล์ของแบคทีเรียด้วยกันเองเรียกว่า quorum sensing ซึ่งถูกพบครั้งแรกเมื่อประมาณ 25 ปีมานี้ จากแบคทีเรียที่อาศัยอยู่ในทะเล (Nealson and Hasting, 1979) โดยพบว่าแบคทีเรียจะสร้างสารเหล่านี้ต่อเมื่ออยู่ด้วยกันในความหนาแน่นของประชากรที่พอเหมาะ จากนั้นสารนี้จะไปกระตุ้นการทำงานและการแสดงออกของยีนที่สำคัญได้แก่ การเรืองแสง การก่อโรค การสืบพันธ์แบบ conjugation การสร้างปม และการเคลื่อนที่ของเซลล์แบคทีเรียเอง (Fray, 2002) สารกลุ่ม quorum sensing ที่รู้จักกันแพร่หลาย โดยเฉพาะที่สร้างในกลุ่มแบคทีเรียแกรมลบ คือ N-acetyl-homoserine lactone (AHL) ตัวอย่างเช่น หลายกลุ่มของ AHL ในแบคทีเรีย Rhizobium leguminosarum เป็นตัวควบคุมการพัฒนาการเกิดปมของรากพืช (Cha *et al.*, 1998; Lithgow *et al.*, 2000) เป็นต้น

เมื่อเซลล์แบคทีเรียรวมกลุ่มกันได้แล้วในลำดับต่อไปคือการเคลื่อนเข้าสู่บริเวณผิวของรากซึ่งกลไกทั่วไปพบว่าเป็นกลไกที่คล้ายกับการเริ่มสร้าง biofilm ในสิ่งแวดล้อมอื่นๆ กรณีศึกษาที่พบเป็นครั้งแรกคือใน R. etli จะใช้โครงสร้างผนังเซลล์ที่เป็นสารกลุ่มโพลีแซคคาไรด์ที่เรียกว่า rhicadhesin เข้าจับเกาะกับโมเลกุลของสาร lectin ที่รากพืช จากนั้นการจับตัวของเซลล์และรากจะจับกันแข็งแรงมากขึ้นมีการรวมจำนวนของเซลล์แบคทีเรียมากขึ้นตามลำดับหรือในกรณีของ Pseudomonas fluorescens Fl 13 พบว่ามีการสร้างโปรตีนที่ชื่อ flagellin ซึ่งไปมีผลต่อการเข้าจับเกาะกับรากของต้นถั่ว alfalfa และ Pseudomonas sp. DSS73 เมื่อผลิตสาร cyclic lipopeptisin ร่วมกับการสร้าง flagella จะทำให้เคลื่อนตัวเองไปยังผิวของรากพืชได้เร็วขึ้นกว่าปกติ เป็นต้น (Daniela *et al.*, 2004)

ในขณะที่เซลล์ของ PGPR เพิ่มทวีจำนวนและจับกลุ่มกันบริเวณรากมากขึ้น พืชเองก็มีการตอบสนองต่างๆ โดยเฉพาะการตอบสนองต่อสารบางชนิดที่ PGPR ปลดปล่อยออกมาโดยผ่านระบบที่เรียกว่า Systemic Acquired Resistance (SAR) ซึ่งเป็นระบบหนึ่งของการป้องกันตนเองจากสิ่งแปลกปลอม สาระสำคัญที่ผลิตจากฝ่ายพืชที่เกี่ยวข้องกับการป้องกันตนเองนี้ ได้แก่ ethylene, jasmonic acid (JA) และ salicylic acid (SA) ซึ่งสารทั้งสามชนิดจัดอยู่ในกลุ่มที่มีบทบาทในการกระตุ้นการเจริญของพืช (Reymond and Farmer, 1998; Metraux, 2001) ดังตัวอย่างในกรณีของ ethylene Mayak *et al.* (1999) ได้รายงานว่าการใช้ PGPR สารพันธุ์ P. putda GR12-2 สามารถเพิ่มระดับของ ethylene ในถั่วเขียว โดยมีกลไกมาจากการที่แบคทีเรียสายพันธุ์นี้สามารถสร้าง indole-3 acetic acid (IAA) ซึ่งไปกระตุ้นให้เกิดการสร้าง ethylene

สารตั้งต้น (precursor) สำคัญที่ใช้ในการสังเคราะห์ ethylene ในพืชได้แก่ 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid (ACC) ซึ่งในหลายกรณีที่ PGPR สามารถใช้ ACC เป็นแหล่งอาหารของไนโตรเจนจึงมีผลต่อปริมาณ ethylene และการเจริญของพืชกล่าวคือ PGPR บางกลุ่มจะสร้างเอนไซม์ ACC deaminase ย่อยสลาย ACC ให้เป็นแอมโมเนียและ α-ketobutyrate ดังนั้น ethylene ก็จะถูกสร้างน้องลงส่งผลให้รากพืชบางชนิดมรการยืดยาวต่อไปได้ นอกจากนี้ PGPR บางสายพันธุ์ที่สามารถผลิต IAA ได้มากเกินไปจะมีผลในทางตรงกันข้าม กล่าวคือ IAA ที่ผลิตได้ในปริมาณมากเกินพอ จะไปส่งเสริมการทำงานของเอนไซม์ ACC synthase ซึ่งมีหน้าที่สังเคราะห์ ACC ทำให้มีการสังเคราะห์ ethylene มากขึ้นจนไปยับยั้งการเจริญของราก

ดังนั้นในภาพรวมของการที่ PGPR สามารถลดระดับของ ethylene ในพืชจะเริ่มจากการที่ PGPR เข้าจับเกาะที่ผิวของรากหรือเมล็ดที่กำลังมีการเจริญเติบโต จากนั้นจะใช้กรดอะมิโน tryptophan ที่มาจาก exudates ของรากหรือเมล็ดเป็นสารตั้งต้นในการสังเคราะห์ IAA ซึ่งถ้า PGPR สร้าง IAA ในปริมาณที่เหมาะสมทำงานร่วมกับ IAA ที่มีอยู่เดิมในพืช ก็จะไปส่งเสริมการยืดยาวหรือการเจริญของพืชได้ บางส่วนก็จะไปเสริมการสร้าง ACC ซึ่ง PGPR ก็จะนำ ACC ไปใช้เป็นแหล่งอาหารไนโตรเจน จึงส่งผลให้ปริมาณ ethylene ลดลงตามลำดับ

ส่วน jasmonic acid (JA) โดยปกติมีบทบาทในการกระตุ้นกลุ่มยีนที่เกี่ยวข้องกับการป้องกันการเข้าทำลายของโรคพืช และการสังเคราะห์ ethylene กลุ่มยีนดังกล่าวในพืชได้แก่ defensins, thionios และ proteinase inhibitors ดังเช่นพบว่าเมื่อเชื้อราเอนโดไมคอร์ไรซา Glomus intraradicies เข้าสู่ระบบรากข้าวบาร์เลย์ยีนที่ควบคุมการสร้าง JA ที่ชื่อ JIP23 จะกระตุ้นโดยเฉพาะที่ใบและปลายราก ในขณะที่ส่วนที่ไม่มีการเข้าอาศัยของไมคอร์ไรซาก็จะไม่พบการแสดงออกของยีนนี้แต่อย่างใด (Hause *et al.*, 2002) หรือในกรณีของ SA ซึ่งปกติก็มีบทบาทต่อกระบวนการป้องกันตนเอง Singh *et al.* (2003) พบว่าเมื่อใส่ PGPR 2 สายพันธุ์ ได้แก่ P.fluorescens สายพันธุ์ Pf4 และ P ให้กับถั่ว chickpea (Cicer arietinum) จะกระตุ้นให้พืชสร้าง SA ได้และสามารถเพิ่มการเจริญของพืชได้เช่นกัน

ความสำคัญของ PGPR ต่อพืชมี 3 ประการ

1. เป็นปุ๋ยชีวภาพ (Biofertilizer) ได้แก่ กลุ่มแบคทีเรียที่มีความสามารถเปลี่ยนก๊าซไนโตรเจนในบรรยากาศมาเป็นปุ๋ยไนโตรเจนให้กับพืชได้ เช่น แบคทีเรียในจีนัส Beijerinckia และไซยาโนแบคทีเรียสกุล Nostoc แบคทีเรียที่เพิ่มฟอสฟอรัสหรือกลุ่มแบคทีเรียที่สร้าง siderophore เพื่อสกัดธาตุเหล็กในดินให้กับพืช เป็นต้น ตัวอย่างบทบาทของ PGPR ที่มีคุณสมบัติเป็นปุ๋ยชีวภาพ เช่น แบคทีเรีย Paenibacillus polymyxa มีความสามารถในการดรึงไนโตรเจน และสามารถให้ธาตุอาหารไนโตรเจนกับพืช (Wield *et al.*, 2000) หรือการใช้ PGPR ในจีนัส Serratia proteoemaculans 1 – 10 และ S. liquefaciens 2 – 68 ร่วมกับ *Bradyrhizobium japonicum* ในการปลูกถั่วเหลือง สามารถเพิ่มจำนวนปม มวลชีวภาพและประสิทธิภาพการตรึงไนโตรเจนได้ดีขึ้นกว่าเมื่อใช้ถั่วกับ *B.japonicum* ตามลำพัง ซึ่งพบว่า Serratia ทั้งสองสายพันธุ์ช่วยย่นระยะเวลาการสร้างปมของถั่ว และสามารถเพิ่มอัตราการสร้างปมกับ *B.japonicum* อีกด้วย (Bai *et al.*, 2002) ตัวอย่างการผลิตแบคทีเรียกลุ่ม PGPR เป็นปุ๋ยชีวภาพเชิงพาณิชย์ ในภาคเกษตรกรรมได้แก่ ประเทศบราซิล เมกซิโก และสหรัฐอเมริกา ได้พัฒนาปุ๋ยชีวภาพสร้างธาตุไนโตรเจนโดยแบคทีเรีย Gluconacetobacter diazotrophicus และ Azospirillum ใช้กับพืชไร่สำคัญ เช่น อ้อย ข้าวสาลี โดยพบว่าเมื่อมีการใส่ปุ๋ยชีวภาพในพื้นที่ 600,000 เฮกเตอร์ในประเทศเมกซิโก ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1999 และเพิ่มเป็น 1.5 ล้านเฮกเตอร์ ในปี ค. ศ. 2000 ทำให้ผลผลิตของพืชเพิ่มขึ้นเฉลี่ย 26 เปอร์เซ็นต์ (Mellado, 2002)

2. เป็นผู้สร้างสารกระตุ้นการเจริญเติบโต(Phytostimulator) หรือฮอร์โมนพืช (Phytohormone) สารกลุ่มนี้ที่แบคทีเรียสร้างได้แก่ Auxin, Gibberlin และ Cytokinin ตัวอย่างสกุลของแบคทีเรียกลุ่มนี้คือ Azospirillum และ Azotobacter ดังตัวอย่างงานวิจัยล่าสุดของ Ramos *et al.* (2002) พบว่าการใช้แบคทีเรีย *Bacillus Licheniformis* กับการปลูกต้นกล้า Alder (Alnus glutinosa) พบว่าสามารถส่งเสริมการเจริญเติบโตของต้น Alder ได้อย่างดีเมื่อเปรียบเทียบกับชุดการทดลองที่ไม่ได้ใส่เชื้อ โดยเฉพาะมีระบบรากที่สมบูรณ์ พื้นที่ผิวของใบเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งพบว่าเป็นบทบาทมาจากสารประกอบกลุ่ม Auxin, Gibberlin ที่ผลิตจากแบคทีเรียกลุ่มนี้ หรือการใช้ *B.licheniformis* ร่วมกับ *B.pumis* กับต้นกล้าของพืช Pinus pinae ซึ่งมีความสามารถในการสร้าง Gibberlin พบว่าเพิ่มพื้นที่ผิวของใบและความยาวของรากได้สูงกว่าใช้ *Bacillus* เพียงชนิดเดียวอย่างมีนัยสำคัญ (Probanaza *et al.*, 2002)

3. เป็นผู้ควบคุมศัตรูพืช (Biopesticide) ซึ่งส่วนใหญ่พบว่ามีการสร้างสารแอนติไบโอติกยับยั้งเชื้อราก่อโรคได้ ตัวอย่างเช่น แบคทีเรียจีนัส *Bacillus* , *Pseudomonas* ดังเช่นจากรายงานการวิจัยโดยใช้แบคทีเรีย *P. fluorescens* กับข้าว Rye (Secale cereale) พบว่าสามารถยับยั้งเชื้อรา

Fusaricum culmorum ที่ทำให้เกิดโรคเหี่ยวได้ดียิ่งขึ้น ถ้ามีการปรับสภาพของดินให้มีปริมาณอนุภาคดินเหนียวมากขึ้น (Kurek and Jaraszuk-Scise 2003) หรือ การใช้เชื้อผสมในกลุ่มจีนัส Bacillus เช่น *B.amyloliquefaciens, B.sphaericus* และ *B.pumilis* สามารถยับยั้งกลุ่มของเชื้อก่อโรค เช่น Ralstonia, Collectotrichum หรือ Rhizoctonia โดยกระบวนการสร้างภูมิคุ้มกันให้แก่พืชได้เป็นอย่างดี (Jetiyanon and Kloepper, 2002) ตัวอย่างแบคทีเรียกลุ่ม PGPR ที่มีการใช้ในระดับการค้าและโดยเฉพาะในเชิงที่เป็นการควบคุมโรคพืช (Glick *et al.*, 1999)

จะเห็นได้ว่าการใช้แบคทีเรียกลุ่ม PGPR เป็นอีกทางเลือกหนึ่งโดยเฉพาะกับสภาวการณ์ปัจจุบันที่เน้นความเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม ซึ่งสามารถใช้ทดแทนปุ๋ยเคมี และยาปราบศัตรูพืช (โดยเฉพาะเชื้อราที่มีสภาวะดื้อยาสูงขึ้นในปัจจุบัน) จึงเห็นได้ว่าในกลุ่มประเทศที่พัฒนาแล้ว เช่น กลุ่มประเทศ EU หรือ สหรัฐอเมริกาได้มีการพัฒนาขึ้นเป็นการค้าในรูปของ Bioinoculant แล้ว เช่นกลุ่ม Rhizobium, Pseudomonas, Bacillus และ Streptomyces เป็นต้น (Bloemberg and Lugtenberg, 2001)

โดยทั่วไปการใช้ PGPR มี 3 รูปแบบ ได้แก่ การแช่เมล็ดในสารละลายแบคทีเรีย (bacterial suspension) เป็นเวลา 5 นาที จากนั้นพึ่งให้แห้งในที่ร่มเป็นเวลา 2-3 ชั่วโมง แช่ต้นกล้าลงในสารละลายแบคทีเรียข้ามคืน และการราดแบคทีเรียลงในดินโดยตรง (Islam and Bora,1998) ตัวอย่างของเชื้อ PGPR ที่ใช้กับพืชที่เคยมีการทดสอบและได้ผลดีต่อพืช ได้แก่ ข้าว และ Azotobacter (Kanungo *et al.*,1997) Azospillirum และ ข้าวสาลี (Malik *et al.*, 2002), Acetobacter diazotrophicus และ อ้อย (James *et al.*,1994), Azorhizobium และ ข้าวสาลี (Saleh *et al.*,2001) , การใช้ Az.vinelandii ร่วมกับ Clostridium butyricum ในการปลูกข้าวสาลีทางตะวันตกของออสเตรเลีย (Kennedy and Tchan,1992), Herbaspirillum seropediceae สามารถเพิ่มผลผลิตของรวงข้าว (Arangarasan *et al.*,1998) เป็นต้นและเมื่อไม่นานมานี้ได้มีการพัฒนาปุ๋ยชีวภาพในรูปแบบหัวเชื้อผสม (Multi-strain inoculum) โดยใช้ PGPR 3 สกุลร่วมกันในการปลูกข้าวและพบว่าสามารถเพิ่มผลผลิตให้ข้าวได้ถึง 1.1 ตันต่อเฮกเตอร์ (เพิ่มขึ้นร้อยละ 21) เมื่อเทียบกับไม่ใส่ปุ๋ยชีวภาพ บริเวณเมืองฮานอย ประเทศเวียดนาม โดยการผลิตปุ๋ยชีวภาพดังกล่าวเกิดขึ้นภายใต้ความร่วมมือวิจัยระหว่าง นักวิทยาศาสตร์เวียดนามและออสเตรเลีย ปุ๋ยชีวภาพดังกล่าวประกอบด้วย Pseudomanas ที่สามารถตรึงไนโตรเจน Klebsiella ที่สามารถตรึงไนโตรเจน และย่อยสลายฟอสฟอรัสในรูป $Ca_3(PO_4)_2$ และ Citrobacter freundii ซึ่งช่วยในการเพิ่มความสามารถในการแข่งขันของ PGPR กับเชื้อแบคทีเรียชนิดอื่นๆ ในดินที่จะเข้าอาศัยบริเวณรากแก้ว โดยสัดส่วนการใช้ Pseudomanas , Klebsiella และ Citrobacter freundii จะอยู่ที่ 10:10:1 ตามลำดับ โดยปริมาณ PGPR แต่ละชนิดเท่ากับ $3x10^9$:$1x10^8$: $1x10^7$ เซลล์ต่อกรัมวัสดุตัวพา ตามลำดับ และล่าสุด Han *et*

al., (2005) ได้ค้นพบแบคทีเรียกลุ่มใหม่ที่มีคุณสมบัติเป็น PGPR ในสกุล Delfia tsuruhatensis HR4 ที่ทำการแยกได้จากบริเวณที่ปลูกข้าวทางตอนเหนือของประเทศจีน พบว่าแบคทีเรียสายพันธุ์นี้สามารถยับยั้งการเข้าทำลายของจุลินทรีย์ก่อโรคในต้นข้าว ได้แก่ Xanthomonas oryzae, Rhizoctonia solani และ Pyricularia oryzae นอกจากนี้ยังพบว่าแบคทีเรียกลุ่มนี้มีความสามารถในการตรึงไนโตรเจนได้ (13.06 C_2H_4 nmol ml^{-1} h^{-1}) โดยมียีน nif ซึ่งเป็นยีนที่เกี่ยวข้องกับขบวนการตรึงไนโตรเจนอยู่บน chromosomal DNA

แต่อย่างไรก็ตามการประยุกต์ใช้ในสภาพจริงยังมีความจำเป็นที่ต้องศึกษาศักยภาพและประสิทธิภาพในพื้นที่แต่ละพื้นที่กับพืชแต่ละชนิดด้วย ซึ่งจากการวิจัยหลายๆแห่งพบว่าประสิทธิภาพของแบคทีเรียชนิดเดียวกันจะต่างกันไปตามสภาพสิ่งแวดล้อมของดิน

อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

ประกอบด้วยการทดลองย่อย 3 การทดลองดังต่อไปนี้

การทดลองที่ 1 การคัดเลือกเชื้อราอาบัสคูล่าไมคอร์ไรซาจากสวนลำไย 6 อำเภอ ในเขตจังหวัดเชียงใหม่และจังหวัดลำพูน

อุปกรณ์และวิธีการ

การเก็บตัวอย่างเชื้อราอาบัสคูล่าไมคอร์ไรซา

ทำการสำรวจและเก็บรวบรวมตัวอย่างเชื้อราอาบัสคูล่าไมคอร์ไรซา จากสวนลำไย 6 อำเภอ ในเขตจังหวัดเชียงใหม่และลำพูน ได้แก่ อำเภอสันป่าตอง, อำเภอหางดง, อำเภอสารภี, อำเภอแม่ออน, อำเภอแม่ทา และอำเภอทุ่งหัวช้าง โดยเก็บตัวอย่างดินจากบริเวณโคนต้นลำไยเพื่อตรวจสอบหาจำนวนและลักษณะของสปอร์ในดิน ในห้องปฏิบัติการงานวิจัยจุลินทรีย์ดิน ภาควิชาทรัพยากรดินและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่

การตรวจสอบหาจำนวนสปอร์ในดิน

วิธีการตรวจสอบจำนวนสปอร์ของเชื้อราอาบัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาในดิน (ดัดแปลงจาก Dodd and Phillip, 1996) มีดังนี้

1. ชั่งตัวอย่างดิน 10 กรัม ลงในหลอด centrifuge ขนาด 50 ml
2. ใส่น้ำกลั่นแล้วปั่นเหวี่ยงด้วยเครื่อง centrifuge ที่ 2000 rpm นาน 5 นาที
3. เทเอาส่วนใสออกใส่น้ำตาลซูโครส 50% แล้วปั่นเหวี่ยงที่ 2000 rpm นาน 1 นาที
4. กรองเอาส่วนใสด้วยตะแกรงละเอียด จากนั้นนำตัวอย่างมากรองด้วยกระดาษกรอง Whatman No.2
5. นำกระดาษกรองที่มีสปอร์วางบนจานเพาะเชื้อขนาด เส้นผ่าศูนย์กลาง 9 ซม. แล้วนับจำนวนสปอร์ด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบ Stereo ที่กำลังขยาย 4 เท่า

การทดลองที่ 2 ผลของการใช้เชื้อราวีเอไมคอร์ไรซาร่วมกับพีจีพีอาร์(PGPR) ต่อการเจริญเติบโตและผลิตของลำไยในสภาพแปลงปลูก

อุปกรณ์และวิธีการ

การศึกษาผลของการใช้เชื้อราวีเอไมคอร์ไรซาร่วมกับพีจีพีอาร์(PGPR) ต่อการเจริญเติบโตและผลิตของลำไยในสภาพแปลงปลูก โดยทำการศึกษาในพื้นที่ของเกษตรกรที่เป็นสมาชิกของกลุ่มลำไยอินทรีย์ภาคเหนือโดยเลือกศึกษาในแปลงลำไยอินทรีย์ อำเภอดอยสะเก็ด จังหวัดเชียงใหม่ ระยะเวลาทำการทดลอง 2 ปี

วางแผนการทดลองแบบ RCBD ประกอบด้วย 4 สิ่งทดลอง 3 ซ้ำ ประกอบไปด้วย

Treatment 1 ไม่ใช้เชื้อจุลินทรีย์ (Control)

Treatment 2 ใช้เชื้อราวีเอไมคอร์ไรซา (เป็นผลิตภัณฑ์เชื้อราวีเอไมคอร์ไรซาสายพันธุ์ที่คัดเลือกและผลิตโดยงานวิจัยจุลินทรีย์ดิน กองปฐพีวิทยา กรมวิชาการเกษตร)

Treatment 3 ใช้ผลิตภัณฑ์พีจีพีอาร์ (เป็น Plant growth promoting rhizobacteria; PGPR ที่ผลิตโดยงานวิจัยจุลินทรีย์ดิน กองปฐพีวิทยา กรมวิชาการเกษตร ประกอบด้วยเชื้อแบคทีเรียตรึงไนโตรเจนคือ *Azotobacter, Beijerinckia* และ *Azospirillum* จำนวนมากกว่า 10 ยกกำลัง 8 เซลล์ต่อกรัม ซึ่งเป็นสายพันธุ์ไทยที่มีประสิทธิภาพสูงในการตรึงไนโตรเจนแบบอิสระ)

Treatment 4 ใช้เชื้อราวีเอไมคอร์ไรซาร่วมกับพีจีพีอาร์

** ทุกสิ่งการทดลองใส่หินฟอสเฟตบดต้นละ 1 กิโลกรัม/ต้น

ทำการเก็บตัวอย่างดิน 3 ครั้ง คือ ก่อนการเติมตำรับการทดลองและหลังเก็บผลผลิตปีที่ 1 และปีที่ 2 ที่ระดับความลึก 0-15 และ 15 – 30 เซนติเมตร โดยเก็บตัวอย่างดินใต้ทรงพุ่มลำไย ทำให้แห้งโดยผึ่งไว้ในที่ร่ม (air - dried) แล้วนำไปบด และผ่านตะแกรงร่อนดินขนาด 0.5 และ 2 มิลลิเมตร เพื่อวิเคราะห์หา pH ปริมาณอินทรียวัตถุในดิน ปริมาณฟอสฟอรัสที่สกัดได้ ปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้

การทดลองที่ 3 ผลของการใช้เชื้อราอาบัสคูล่าไมคอร์ไรซาต่อการเจริญเติบโตของต้นกล้าลำไยที่ปลูกในกระถาง

จากงานทดลองที่ 1 การคัดเลือกเชื้อราอาบัสคูล่าไมคอร์ไรซาจากสวนลำไย 6 อำเภอ ในเขตจังหวัดเชียงใหม่และจังหวัดลำพูน ประกอบด้วย

สวนลำไย อำเภอทุ่งหัวช้าง	จังหวัดลำพูน
สวนลำไย อำเภอแม่ทา	จังหวัดลำพูน
สวนลำไย อำเภอสันป่าตอง	จังหวัดเชียงใหม่
สวนลำไย อำเภอหางดง	จังหวัดเชียงใหม่
สวนลำไย อำเภอสารภี	จังหวัดเชียงใหม่
สวนลำไย อำเภอแม่ออน	จังหวัดเชียงใหม่

จากนั้นนำสปอร์แต่ละที่มาทำการเพิ่มปริมาณสปอร์ โดยทำการปลูกเชื้อราอาบัสคูล่าไมคอร์ไรซาในต้นข้าวโพด โดยนำเมล็ดข้าวโพดมาล้างเชื้อที่ปนเปื้อนบริเวณผิวเมล็ดด้วยสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรด์ ที่ความเข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์ นาน 5 นาที แล้วล้างด้วยน้ำกลั่นที่ผ่านการฆ่าเชื้อ 3 ครั้ง นำเมล็ดข้าวโพดลงปลูกในกระถางดินที่เตรียมไว้ นำสปอร์ของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาที่คัดเลือกไว้มาโรยใส่รอบๆเมล็ดข้าวโพด กลบดินแล้วรดน้ำด้วยน้ำกลั่นสลับกับการรดสารละลาย Hoagland's solution (Stamps, 2007) รอจนกว่าต้นข้าวโพดออกดอก เมื่อต้นข้าวโพดออกดอกแล้วทำการตัดดอกทิ้ง งดการให้น้ำข้าวโพด

อุปกรณ์และวิธีการ

คัดเลือกต้นกล้าลำไยเสียบยอดพันธุ์อีดอ อายุประมาณ 2 ปี ขนาดทรงพุ่มประมาณ 50 ซม. เตรียมกระถางพลาสติกขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 50 เซนติเมตร เช็ดทำความสะอาดด้วยแอลกอฮอล์ 70 เปอร์เซ็นต์ เตรียมวัสดุปลูกโดยใช้ดินผสมกับปุ๋ยหมักในอัตราส่วน 2:1 นำไปนึ่งฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที โดยนึ่งฆ่าเชื้อ 2 ครั้ง ห่างกันครั้งละ 1 วัน ค่า pH ของวัสดุเพาะประมาณ 6.0 ล้างรากต้นกล้าลำไยให้สะอาดแล้วนำไปจุ่มยากันรานานประมาณ 30 นาที แล้วล้างด้วยน้ำกลั่นที่นึ่งฆ่าเชื้อแล้วอีกที ทำการปลูกเชื้อราอาบัสคูล่าไมคอร์ไรซาลงในวัสดุปลูก โดยนำขวดสปอร์เชื้อราอาบัสคูล่าไมคอร์ไรซาซึ่งอยู่ในน้ำกลั่น เทสารแขวนลอยเชื้อออกจากขวดด้วยการกรองด้วยผ้าขาวบาง นำสารแขวนลอยเชื้ออาบัสคูล่าไมคอร์ไรซาไปผสมคลุกเคล้ากับวัสดุปลูกในอัตราส่วนวัสดุปลูกต่อเชื้อรา อาบัสคูล่าไมคอร์ไรซาเท่ากับ 6:2 โดยปริมาตร ซึ่งวัสดุปลูกต่อต้นจะต้องมีสปอร์เชื้อไมคอร์ไรซาประมาณ 300 สปอร์ นำต้นกล้าลำไยมาปลูกรดน้ำ

ให้ชุ่มพอประมาณ วางแผนการทดลองแบบ CRD ประกอบด้วย 8 สิ่งทดลอง และมี 3 ซ้ำ สิ่งทดลองประกอบด้วย เชื้อราอาบัสคูล่าไมคอร์ไรซาที่คัดเลือกไว้จาก 6 พื้นที่ เปรียบเทียบกับการใช้ผลิตภัณฑ์เชื้อราวีเอไมคอร์ไรซาของกรมวิชาการเกษตร(คัดเลือกและผลิตโดยงานวิจัยจุลินทรีย์ดิน กองปฐพีวิทยา กรมวิชาการเกษตร) และต้น control ซึ่งไม่มีการใช้เชื้อราอาบัสคูล่าไมคอร์ไรซา การปลูกเชื้อวีเอไมคอร์ไรซาโดยใช้ผลิตภัณฑ์อัตรา 1 ช้อนโต๊ะต่อต้นผสมคลุกเคล้ากับวัสดุปลูก

Treatment 1 ตำรับควบคุม (Control)

Treatment 2 สปอร์เชื้อราอาบัสคูล่าไมคอร์ไรซาจากสวนลำไยอำเภอสันป่าตอง

Treatment 3 สปอร์เชื้อราอาบัสคูล่าไมคอร์ไรซาจากสวนลำไยอำเภอหางดง

Treatment 4 สปอร์เชื้อราอาบัสคูล่าไมคอร์ไรซาจากสวนลำไยอำเภอสารภี

Treatment 5 สปอร์เชื้อราอาบัสคูล่าไมคอร์ไรซาจากสวนลำไยอำเภอแม่ออน

Treatment 6 สปอร์เชื้อราอาบัสคูล่าไมคอร์ไรซาจากสวนลำไยอำเภอทุ่งหัวช้าง

Treatment 7 สปอร์เชื้อราอาบัสคูล่าไมคอร์ไรซาจากสวนลำไยอำเภอแม่ทา

Treatment 8 เชื้อราวีเอไมคอร์ไรซา ของกรมวิชาการเกษตร

หลังจากการใส่เชื้อราอาบัสคูล่าไมคอร์ไรซาลงในดินแล้ว ทำการดูแลต้นกล้าลำไยทั้งหมดโดยรดน้ำให้ชุ่มพอประมาณ วันละสองครั้งเช้าและเย็น ส่วนต้น Control รดยากันราเดือนละครั้ง หลังปลูกเชื้อได้เป็นเวลา 6 เดือน จึงเริ่มบันทึกผลการเจริญเติบโตของต้นลำไยทุกๆ เดือน เป็นเวลา 1 ปี ประกอบด้วย ความสูงต้น ขนาดทรงพุ่ม เก็บตัวอย่างใบรวมในตำแหน่งที่ 2 หลังปลูกเชื้อได้ 6 และ 12 เดือน ไปวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารหลัก N P K ในห้องปฏิบัติการ เก็บตัวอย่างดินและรากแขนงหลังปลูกเชื้อได้ 3, 6, 9 และ 12 เดือนมาตรวจสอบปริมาณสปอร์ในดินและวัดเปอร์เซ็นต์การเข้าอยู่อาศัยของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาในรากลำไย

การวัดเปอร์เซ็นต์การเข้าอยู่อาศัยของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาในรากลำไย

ในการตรวจสอบการติดเชื้อในราก พิจารณาจากความยาวของรากที่มีการติดเชื้อราอาบัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา (Root length colonization) ซึ่งคิดเป็นร้อยละของความยาวรากทั้งหมดที่ใช้ตรวจสอบ วิธีการตรวจสอบมีดังนี้ เก็บตัวอย่างรากลำไยแต่ละตำรับหลังการปลูกเชื้อราไมคอร์ไรซาได้ 3, 6, 9 และ 12 เดือน มาย้อมสีเพื่อตรวจสอบหาเปอร์เซ็นต์การเข้าอาศัยในรากของเชื้ออราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา ตามวิธีของ Dodd and Phillip (1996) โดยนำรากมาล้างน้ำเอาดินออกแล้วแช่ลงในสารละลาย KOH ความเข้มข้น 2.5% ทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง นำรากที่ผ่านการแช่ KOH แล้วแช่ลงในสารละลายกรด HCl ความเข้มข้น 1% ทิ้งไว้อีก 24 ชั่วโมง ล้างรากที่ผ่านการแช่ KOH และ HCl

มาล้างออกด้วยน้ำอีกครั้ง จึงย้อมสีด้วย water blue 0.06% โดยคำนวณเปอร์เซ็นต์การติดเชื้อในรา อาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาในรากจากสูตรต่อไปนี้ (Brundrett *et.al.*, 1996)

$$\%RLC = \frac{100 \times \text{จำนวน Field ที่มีการติดเชื้อ}}{\text{จำนวน Field ที่ตรวจสอบทั้งหมด}}$$

การวิเคราะห์ดินทางเคมี

ความเป็นกรดเป็นด่างของดิน โดยชั่งดิน 10 กรัมต่อน้ำกลั่น 10 มิลลิลิตร(1:1) คนให้เข้ากันตั้งทิ้งไว้ 5 นาที ทำซ้ำกัน 2 ครั้ง ครั้งที่ 3 ตั้งทิ้งไว้ 15 นาที แล้ววัดโดยใช้เครื่องมือpH – meter (Wayne,1980)

ปริมาณอินทรียวัตถุในดิน (Soil organic mater) นำมาวิเคราะห์โดยวิธี Walkley and Black (1947)โดยชั่งดินที่ผ่านตะแกรงร่อนขนาด 0.5 มิลลิเมตร จำนวน 1 กรัม เทลงในขวดชมพู่ ขนาด 250 มิลลิลิตร เติมสารละลาย $K_2Cr_2O_7$ 10 มิลลิลิตร เขย่าเบาๆให้เข้ากันและเติม H_2SO_4 เข้มข้น 20 มิลลิลิตร ทิ้งไว้ 30 นาที (ในตู้ดูดควัน) เติมน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร หยดน้ำยาอินดิเคเตอร์ 3-4 หยด โดยมี O-phenantholineเป็น indicator แล้วไตเตรตด้วย 0.5 N Ferrous sulphate จนเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีน้ำตาลปนแดงบันทึกค่าปริมาตรของ $FeSO_4$ ที่ใช้ไป เพื่อนำมาคำนวณหาค่าที่แท้จริง

ปริมาณฟอสฟอรัสที่สกัดได้ (Extractable phosphorous) โดยวิธี BrayII ชั่งตัวอย่างดินหนัก 2.5 กรัม ใส่ในหลอดเซนดิฟิวส์ สกัดด้วยน้ำยา BrayII จำนวน 25 มิลลิลิตร ปิดฝาให้มิดชิด เขย่านาน 1 นาที นำเข้าเครื่องเซนดิฟิวส์ให้ดินตกตะกอน แล้วกรองสารละลายที่ได้ไปพัฒนาสีน้ำเงินแกรมฟ้าด้วย ascorbic acid ตามวิธีการของ Watanabe and Olsen (1962) แล้ววัดปริมาณฟอสฟอรัสด้วยเครื่อง spectrophotometer

ปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ (Extractable potassium) สกัดตัวอย่างดิน 5 กรัม ใส่ในหลอดเซนดิฟิวส์ สกัดด้วยสารละลาย 1 N NH_4OAc , pH 7 จำนวน 25 มิลลิลิตร ปิดฝาให้มิดชิด เขย่าเป็นเวลา 30 นาที นำเข้าเครื่องเซนดิฟิวส์ให้ดินตกตะกอน กรองสารละลายที่ได้ไปอ่านค่าด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS) (Wayne,1980)

การวิเคราะห์พืช

ปริมาณไนโตรเจน โดยการย่อยตัวอย่างใบและผลลำไย ตามวิธีการของ Jackson (1967) ด้วยกรด H_2SO_4เข้มข้น หลังจากนั้นจึงทำการกลั่นหาปริมาณไนโตรเจน

ตัวอย่างใบพืชจะถูกเผา (Dry ashing) ที่อุณหภูมิ 550°C ประมาณ 6 – 8 ชั่วโมง จากนั้นเติมสารผสม (HCl 2 N: น้ำกลั่น ในอัตราส่วน 15: 15 มิลลิลิตร) กรองด้วยกระดาษกรอง เก็บสารละลายไว้ในขวดสต๊อก เพื่อใช้ในการวิเคราะห์หา P, K, Ca, Mg, Fe, Cu, Mn and Zn (เนาวรัตน์, 2527)

ปริมาณฟอสฟอรัส นำสารละลายที่ได้จากการเผาตัวอย่างใบ และผลของลำไยโดยดูดจากขวดสต๊อก 5 มิลลิลิตร(อาจจะน้อยกว่านี้ได้ในกรณีพืชที่มี P สูง เช่น อาจจะดูด 1 หรือ 2 มิลลิลิตร) ใส่ลงไปในขวดปรับปริมาตร ขนาด 25 มิลลิลิตรเติม Mixed Reagent 5 มิลลิลิตร ในขวดโวลุมเมตริกฟลาส รอให้ครบ 20 นาที จากนั้นปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น อ่านค่าด้วยเครื่อง Spectrophotometer

ปริมาณโพแทสเซียม นำสารละลายที่ได้จากการกรองตัวอย่างหลังจากการเผาตัวอย่างใบและผลของลำไย (Dry Ashing) ไปหาค่าโพแทสเซียม จากการอ่านค่าด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer (เนาวรัตน์, 2527)

ผลการวิจัย

การทดลองที่ 1 การคัดเลือกเชื้อราอาบัสคูล่าไมคอร์ไรซาจากสวนลำไย 6 อำเภอ ในเขตจังหวัดเชียงใหม่และจังหวัดลำพูน

ผลของการตรวจสอบหาจำนวนสปอร์ในดิน

จากการสำรวจและเก็บตัวอย่างเชื้อราอาบัสคูล่าไมคอร์ไรซาในดินบริเวณใต้ทรงพุ่มจากสวนลำไยในเขตอำเภอสันป่าตอง, อำเภอหางดง, อำเภอสารภี, อำเภอแม่ออน, อำเภอแม่ทา และอำเภอทุ่งหัวช้าง โดยทำการเก็บตัวอย่างดินจากบริเวณโคนต้นลำไยเพื่อตรวจสอบหาจำนวนสปอร์ในดินพบว่า ดินบริเวณใต้ทรงพุ่มจากสวนลำไยในเขตอำเภอสารภีมีปริมาณสปอร์ไมคอร์ไรซาสูงที่สุด คือ 19.67 สปอร์/ ดิน 10 กรัม รองลงมาคือดินใต้ทรงพุ่มจากสวนลำไยในเขตอำเภอสันป่าตองและอำเภอหางดง คือ 18.33 สปอร์/ ดิน 10 กรัม สำหรับดินบริเวณใต้ทรงพุ่มจากสวนลำไยในเขตอำเภอแม่ทา มีปริมาณสปอร์อยู่ที่ 15.67 สปอร์/ ดิน 10 กรัม ส่วนดินบริเวณใต้ทรงพุ่มจากสวนลำไยในเขตอำเภอทุ่งหัวช้าง มีปริมาณสปอร์อยู่ที่ 15.33 สปอร์/ ดิน 10 กรัม โดยดินที่มีจำนวนสปอร์เชื้อราอาบัสคูล่าไมคอร์ไรซาต่ำที่สุดคือ ดินบริเวณใต้ทรงพุ่มจากสวนลำไยในเขตอำเภอแม่ออน คือ 14.67 สปอร์/ ดิน 10 กรัม ตารางที่ 1

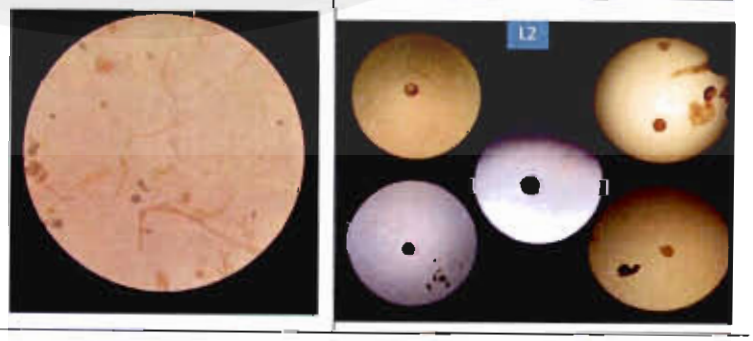
ตารางที่ 1 ปริมาณสปอร์เชื้อราอาบัสคูล่าไมคอร์ไรซาในดินบริเวณใต้ทรงพุ่มลำไย (สปอร์/ ดิน 10 กรัม)

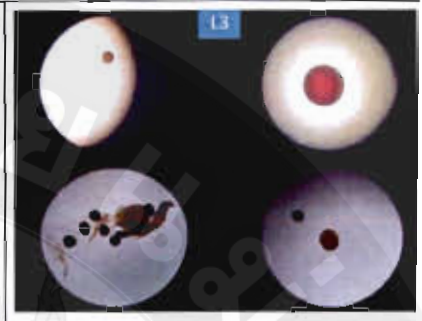
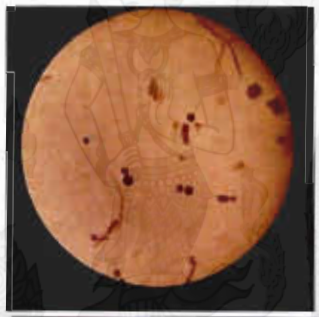
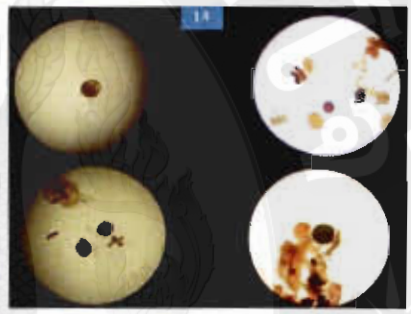
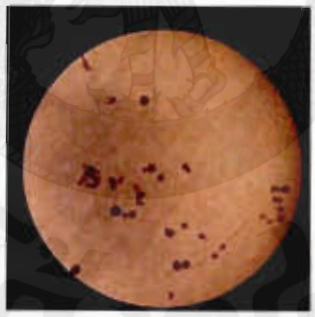
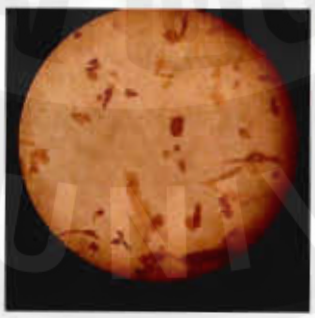
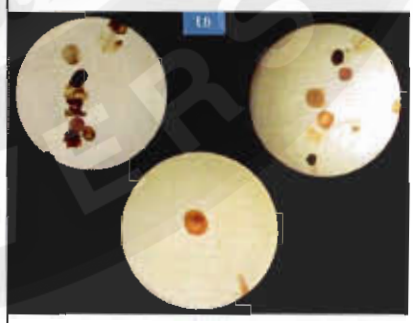
อำเภอ	ค่าเฉลี่ย
สันป่าตอง	18.33
หางดง	18.33
สารภี	19.67
แม่ออน	14.67
แม่ทา	15.67
ทุ่งหัวช้าง	15.33
Grand Mean	**17.00**
%CV	**31.86**
F-test	**ns**

ผลของการตรวจสอบลักษณะของสปอร์เชื้อราอาบัสคูล่าไมคอร์ไรซาในดิน

ทำการศึกษาเชื้อราอาบัสคูล่าไมคอร์ไรซาในดินบริเวณใต้ทรงพุ่มที่เก็บจากสวนลำไยในเขตอำเภอทั้ง 6 อำเภอคือ อำเภอสันป่าตอง, อำเภอหางดง, อำเภอสารภี, อำเภอแม่ออน, อำเภอแม่ทา และอำเภอทุ่งหัวช้าง ซึ่งเก็บตัวอย่างดินจากบริเวณโคนต้นลำไยไปตรวจสอบหาลักษณะของสปอร์เชื้อราอาบัสคูล่าไมคอร์ไรซาในดินแต่ละอำเภอพบว่า ลักษณะของสปอร์ดินบริเวณใต้ทรงพุ่มจากสวนลำไยในเขตอำเภอสันป่าตองมีลักษณะรูปร่างกลม มีสีดำ, ขาว, ส้มแดง, ขาวเหลืองใส และ สีใสเหลือง ตารางที่ 2 ส่วนการตรวจสอบลักษณะสปอร์เชื้อราอาบัสคูล่าไมคอร์ไรซาของอำเภอหางดงมีลักษณะรูปร่างกลม สปอร์มีสีดำ, ส้มแดง, ขาวขุ่น, ขาวเหลืองอ่อน และ สีขาว ซึ่งมีลักษณะและสีเช่นเดียวกันกับสปอร์ของสวนลำไยในอำเภอสารภี สำหรับลักษณะสปอร์เชื้อราอาบัสคูล่าไมคอร์ไรซาของอำเภอแม่ออนมีลักษณะรูปร่างกลมเช่นเดียวกันกับ 3 สวนข้างต้น ส่วนลักษณะของสีจะมีความแตกต่างกันเล็กน้อยคือ มีสีดำ, ขาว, ส้มแดง, เหลือง, ส้ม และขาวเหลือง ขณะที่สวนลำไยในเขตอำเภอแม่ทา สปอร์ของเชื้อราอาบัสคูล่าไมคอร์ไรซามีลักษณะกลม มีสีดำ, ขาว ส้มแดงและใสเหลือง ส่วนลักษณะของสปอร์เชื้อราอาบัสคูล่าไมคอร์ไรซาในดินของอำเภอทุ่งหัวช้างมีลักษณะคล้ายกับสปอร์ในทุกๆสวนที่กล่าวมาข้างต้น คือมีรูปร่างกลม โดยที่สีของสปอร์จะมีสีดำ, ขาว, ส้ม, ขาวเหลืองอ่อน, ส้มน้ำตาล ตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ลักษณะของสปอร์เชื้อราอาบัสคูล่าไมคอร์ไรซาในดินบริเวณใต้ทรงพุ่มลำไย

อำเภอ	ลักษณะของสปอร์	ลักษณะของสปอร์เชื้อราอาบัสคูล่าไมคอร์ไรซาในดิน
สันป่าตอง	รูปร่างกลม มีสีดำ, ขาว, ส้มแดง, ขาวเหลืองใส, ใสเหลือง	
หางดง	รูปร่างกลม มีสีดำ, ส้มแดง, ขาวขุ่น, เหลืองอ่อน, ขาว	

อำเภอ	ลักษณะของสปอร์	ลักษณะของสปอร์เชื้อราอาบัสคูล่าไมคอร์ไรซาในดิน	
สารภี	รูปร่างกลม มีสีดำ, ขาว, ส้มแดง, เหลืองอ่อน ,ขาวขุ่น		
แม่ออน	รูปร่างกลม มีสีดำ, ขาว, ส้มแดง, เหลือง, ส้ม, ขาว เหลือง		
แม่ทา	รูปร่างกลม มีสีดำ, ขาว ส้มแดง, ใส เหลือง		
ทุ่งหัวช้าง	รูปร่างกลม มีสีดำ, ขาว, ส้ม, ขาว เหลืองอ่อน, ส้ม น้ำตาล		

การทดลองที่ 2 ผลของการใช้เชื้อราวีเอไมคอร์ไรซาร่วมกับพีจีพีอาร์(PGPR) ต่อการเจริญเติบโตและผลิตของลำไยในสภาพแปลงปลูก

ผลการศึกษาคุณสมบัติทางเคมีของดินบางประการจากตัวอย่างดินก่อนการทดลอง โดยทำการเก็บตัวอย่างดินที่ระดับความลึก 2 ระดับ คือ ระดับดินบน (0-15 cm.) และระดับดินล่าง (15-30 cm.) พบว่าค่าความเป็นกรดด่างของดินที่ระดับความลึก 0-15 cm. มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 6.67 และที่ระดับความลึก 15-30 cm. มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 6.53 ซึ่งในระดับดินบนมีค่าความเป็นกลาง ส่วนในระดับดินล่างเป็นกรดเล็กน้อย ขณะที่ปริมาณอินทรียวัตถุในดิน ระดับดินบนและดินล่างมีค่าร้อยละ 5.61 และ 3.11 ตามลำดับ ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่สูง ส่วนปริมาณของฟอสฟอรัสที่สกัดได้ในดิน พบว่าในระดับดินบน (0-15 cm.) อยู่ในเกณฑ์ปานกลางคือ 11.41 mgP/kg และในระดับดินล่างอยู่ในเกณฑ์ที่ต่ำ คือ 4.61 mgP/kg ส่วนปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ในดินอยู่เกณฑ์ที่สูงทั้งในดินระดับบนและล่าง คือ 499 และ 332 mgK/kg ตามลำดับ ตารางที่ 3

ตารางที่ 3 คุณสมบัติของดินก่อนการทดลอง

Treatment	pH	%OM	P(mgP/kg)	K(mgK/kg)
Top soil (0-15 cm.)	6.67	5.61	11.41	449
Sub soil (15-30 cm.)	6.53	3.11	4.61	332

ในการทดลองการใช้เชื้อราวีเอไมคอร์ไรซาร่วมกับพีจีพีอาร์(PGPR) ต่อการเจริญเติบโตและผลิตของลำไยในสภาพแปลงปลูกโดยมีตำรับทดลองแบ่งออกเป็น 4 ตำรับ คือ ตำรับควบคุม, ตำรับ Mycorrhiza, ตำรับ PGPR และตำรับ Mycorrhiza + PGPR หลังจากวางตำรับการทดลอง 4 เดือน ได้มีการเก็บตัวอย่างดินเพื่อตรวจสอบคุณสมบัติทางเคมีบางประการ พบว่าค่าความเป็นกรด-ด่างในดินระดับบน (0-15 cm.) ในตำรับ PGPR มีค่าสูงที่สุดคือ 6.68 ส่วนในตำรับที่มีการใส่ Mycorrhiza + PGPR ค่าความเป็นกรด-ด่างลดลงเพิ่มเล็กน้อย คือ 6.59 เมื่อเปรียบเทียบกับการใส่ PGPR เพียงอย่างเดียว ซึ่งในตำรับที่มีการใส่ Mycorrhiza เพียงอย่างเดียว ทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่างมีค่าต่ำกว่าในตำรับควบคุม คือ 6.42 และ6.56 ตามลำดับ โดยทุกตำรับทดลองไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ ($P<0.05$) ส่วนในดินระดับล่าง (15-30 cm.) ตำรับที่มีการใส่เชื้อ Mycorrhiza มีค่าความเป็นกรดด่างสูงที่สุดคือ 6.80 ขณะที่ตำรับที่ใส่ PGPR มีค่าความเป็นกรด-ด่าง 6.49 ซึ่งมีค่า

มากกว่าในตำรับควบคุม (6.48) เพียงเล็กน้อย สำหรับในตำรับ Mycorrhiza + PGPR มีค่าความเป็นกรดด่างต่ำที่สุดคือ 6.34 ซึ่งไม่มีความแตกต่างในทางสถิติทุกตำรับทดลอง ($P<0.05$)

ปริมาณอินทรียวัตถุในดินบริเวณใต้ทรงพุ่มของต้นลำไยที่ใส่ตำรับทดลองลงไป พบว่าในดินระดับบนมีปริมาณอินทรียวัตุสูงกว่าดินระดับล่าง ซึ่งมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 5.82 และ 3.58% ตามลำดับ ตารางที่ 4 โดยพบว่าในดินระดับบน (0-15 cm) ตำรับที่มีการเติมเชื้อ PGPR ทำให้มีปริมาณอินทรียวัตถุสูงที่สุด คือร้อยละ 6.04 รองลงมาคือตำรับที่มีการใส่ Mycorrhiza เพียงอย่างเดียว คือร้อยละ 5.89 ส่วนในตำรับที่มีการใส่ Mycorrhiza + PGPR มีปริมาณอินทรียวัตถุร้อยละ 5.70 ซึ่งไม่มีความแตกต่างในทางสถิติ ($P<0.05$) ในขณะที่ตำรับควบคุมมีค่าอินทรียวัตถุต่ำที่สุด คือร้อยละ 5.63 ส่วนในระดับดินชั้นล่าง (15-30 cm) ปริมาณอินทรียวัตถุที่พบในดินของตำรับ PGPR มีค่าสูงที่สุดคือร้อยละ 3.75 ซึ่งมีปริมาณอินทรียวัตถุมากกว่าตำรับที่มีการใส่ Mycorrhiza + PGPR (3.64%) และตำรับที่ไม่มีการเติมเชื้อลงไป(ตำรับควบคุม 3.57%) โดยที่ตำรับ Mycorrhiza มีปริมาณอินทรียวัตถุต่ำที่สุดคือร้อยละ 3.35 ตารางที่ 4

ส่วนปริมาณฟอสฟอรัสที่สกัดได้ในดินระดับบน (0-15 cm) ตำรับที่มีการใส่เชื้อ Mycorrhiza มีปริมาณฟอสฟอรัสที่สกัดได้สูงที่สุดคือ 25.63 mgP/kg และมีความแตกต่างกันในทางสถิติกับตำรับที่มีการใส่ PGPR และ Mycorrhiza + PGPR ซึ่งในตำรับ Mycorrhiza + PGPR มีปริมาณฟอสฟอรัสที่สกัดได้ในดินคือ 13.92 mgP/kg และตำรับ PGPR มีปริมาณฟอสฟอรัสที่สกัดได้ในดินเพียง 13.77 mgP/kg ส่วนปริมาณฟอสฟอรัสที่สกัดได้ในดินของตำรับควบคุมมีค่าต่ำที่สุดคือ 8.46 mgP/kg ขณะที่ในดินระดับล่าง 15-30 cm ตำรับที่มีการใส่เชื้อ Mycorrhiza มีปริมาณฟอสฟอรัสที่สกัดได้สูงที่สุดเช่นเดียวกับดินระดับบนคือ 6.64 mgP/kg รองลงมาคือตำรับ PGPR ซึ่งมีปริมาณฟอสฟอรัสที่สกัดได้คือ 6.37 mgP/kg ส่วนในตำหรับที่ใส่เชื้อ Mycorrhiza + PGPR ปริมาณฟอสฟอรัสที่สกัดได้ในดิน (4.06 mgP/kg) ซึ่งมีปริมาณน้อยกว่าตำรับที่ใส่เชื้อ Mycorrhiza หรือ ตำรับ PGPR เพียงอย่างเดียว ขณะที่ตำรับควบคุมปริมาณฟอสฟอรัสที่สกัดได้น้อยที่สุดคือ 2.78 mgP/kg ทุกตำรับทดลองไม่มีความแตกต่างในทางสถิติ ($P<0.05$)

ขณะที่ปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ในดินที่ระดับบน (0-15 cm) ตำรับที่มีปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ในดินสูงที่สุดคือ ตำรับที่มีการใส่เชื้อ Mycorrhiza (411 mgK/kg) ส่วนตำรับที่ใส่เชื้อ PGPR มีปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ในดินรองลงมาคือ 373 mgK/kg สำหรับตำรับควบคุมปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ในดินมีปริมาณมากกว่าตำรับที่มีการใส่เชื้อ Mycorrhiza + PGPR คือ 345 และ 315 mgK/kg ตามลำดับ ซึ่งในตำรับที่มีการใส่เชื้อ Mycorrhiza + PGPR ส่งผลให้มีปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ในดินต่ำที่สุด แต่ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติทุกตำรับทดลอง ($P<0.05$) ส่วนปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ในดินระดับล่างนั้น (15-30 cm) ตำรับที่มีการ

ใส่เชื้อ Mycorrhiza เพียงอย่างเดียวมีปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ในดินสูงที่สุดคือ 412 mgK/kg ขณะที่ตำรับ PGPR มีปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ในดินรองลงมาคือ 411 mgK/kg ขณะเดียวกันตำรับที่มีการใส่เชื้อ Mycorrhiza + PGPR กลับมีปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ในดินต่ำกว่าในตำรับที่มีการใส่เชื้อเพียงอย่างเดียว (329 mgK/kg) ส่วนในตำรับควบคุมมีผลทำให้มีปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ในดินต่ำที่สุดคือ 319 mgK/kg ซึ่งทุกตำรับการทดลองไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ ($P<0.05$) ตารางที่ 4

ตารางที่ 4 คุณสมบัติของดินหลังการทดลองปีที่ 1

Treatment	pH	%OM	P(mgP/kg)	K(mgK/kg)
		Top soil (0-15 cm.)		
Control	6.56	5.63	8.46 b	345
Mycorrhiza	6.42	5.89	25.63 a	411
PGPR	6.68	6.04	13.77 b	373
MZ+PGPR	6.59	5.70	13.92 b	315
mean	6.56	5.82	15.45	361
F-test	ns	ns	*	ns
%CV	3.60	11.23	27.73	16.67
		Sub soil (15-30 cm.)		
Control	6.48	3.57	2.78	319
Mycorrhiza	6.80	3.35	6.64	412
PGPR	6.49	3.75	6.37	411
MZ+PGPR	6.34	3.64	4.06	329
Grand Mean	6.53	3.58	4.97	367.75
%CV	4.40	22.17	60.09	17.46
F-test	ns	ns	ns	ns

หมายเหตุ: Mean in the same column followed by different letters were different significantly by LSD **=0.01, *=0.05 and ns= Nonsignificant

จากการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีของดินหลังจากการวางตำรับทดลองในรอบที่ 2 ในดินระดับบน (0-15 cm.) พบว่าค่าความเป็นกรดด่าง มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 6.13 และในตำรับควบคุมมีค่าสูงที่สุดคือ 6.50 ในขณะที่ตำรับ Mycorrhiza และ PGPR เพียงอย่างเดียวค่าความเป็นกรดด่างคือ 6.27 และ 5.90 ตามลำดับ โดยที่ตำรับที่มีการใส่ Mycorrhiza + PGPR ส่งผลให้ค่าความเป็นกรด-ด่างมีค่าต่ำที่สุดคือ 5.86 แต่ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติทุกตำรับทดลอง ($P<0.05$) สำหรับในดินระดับล่าง (15-30 cm.) พบว่ามีค่าความเป็นกรดด่าง มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 5.80 ในตำรับที่มีการใส่เชื้อ Mycorrhiza เพียงอย่างเดียวมีค่าความเป็นกรดด่างสูงที่สุดคือ 5.91 รองลงมาคือตำรับควบคุมและตำรับที่มีการใส่เชื้อ PGPR เพียงอย่างเดียว คือ 5.81 และ 5.77 ขณะที่ตำรับมีการใส่เชื้อ Mycorrhiza ร่วมกับ PGPR มีค่าความเป็นกรด-ด่างของดินต่ำที่สุดคือ 5.71 ทุกตำรับทดลองไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ ($P<0.05$) ตารางที่ 5

สำหรับปริมาณอินทรียวัตถุในดินหลังจากการวางตำรับทดลองในรอบที่ 2 จากการเก็บตัวอย่างดิน 2 ระดับ พบว่าในดินระดับบนมีปริมาณอินทรียวัตถุสูงกว่าในดินระดับล่าง ซึ่งมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.55 และ 2.85 % ตามลำดับ ซึ่งในดินระดับบน (0-15 cm.) ตำรับควบคุมมีปริมาณอินทรียวัตถุในดินสูงที่สุดคือ 4.90 % ส่วนในตำรับที่มีการใส่เชื้อ Mycorrhiza และ PGPR เพียงอย่างเดียว ส่งผลให้มีปริมาณอินทรียวัตถุรองลงมา คือ 4.46 % และ 4.75 % ตามลำดับ ส่วนในตำรับ Mycorrhiza ร่วมกับ PGPR มีปริมาณอินทรียวัตถุต่ำที่สุดคือร้อยละ 4.10 มีความแตกต่างกันในทางสถิติทุกตำรับทดลอง ($P<0.05$) สำหรับในดินระดับล่าง (15-30 cm.) ปริมาณอินทรียวัตถุในดินนั้นตำรับควบคุมมีปริมาณสูงที่สุดคือ ร้อยละ 3.20 และตำรับ Mycorrhiza +PGPR มีปริมาณต่ำที่สุดคือ ร้อยละ 2.52 ส่วนในตำรับที่มีการใส่เชื้อ Mycorrhiza และ PGPR เพียงอย่างเดียวพบว่ามีปริมาณอินทรียวัตถุในดินคือ 3.04 และ 2.65 % แต่ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ ($P<0.05$)

ปริมาณฟอสฟอรัสที่สกัดได้จากดินบริเวณใต้ทรงพุ่มลำไย พบว่าในดินระดับบนมีปริมาณฟอสฟอรัสที่สกัดได้ในดินสูงกว่าในดินระดับล่าง ซึ่งมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 7.45 และ 5.03 mgP/kg ตามลำดับ ในดินระดับบน (0-15 cm.) พบว่าตำรับที่มีการใส่เชื้อ Mycorrhiza ทำให้มีปริมาณปริมาณฟอสฟอรัสที่สกัดได้ในดินสูงที่สุดคือ 10.02 mgP/kg และปริมาณฟอสฟอรัสที่สกัดได้ในดินตำรับ PGPR มีปริมาณต่ำที่สุดคือ 5.52 mgP/kg ขณะที่ปริมาณฟอสฟอรัสที่สกัดได้ในดินของตำรับที่มีการใส่เชื้อ Mycorrhiza ร่วมกับ PGPR นั้น มีปริมาณน้อยกว่าในตำรับที่มีการใส่เชื้อ Mycorrhiza เพียงอย่างเดียว คือ 5.79 mgP/kg ส่วนในตำรับควบคุมมีปริมาณฟอสฟอรัสที่สกัดได้ในดินสูง (8.45 mgP/kg) กว่าตำรับที่มีการใส่เชื้อ PGPR เพียงอย่างเดียว และ Mycorrhiza ร่วมกับ PGPR ซึ่งทุกตำรับทดลองไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ ส่วนในดินชั้นล่าง (15-30 cm) ตำรับ Mycorrhiza มีปริมาณฟอสฟอรัสที่สกัดได้ในดินสูงที่สุด คือ 6.72 mgP/kg ขณะที่การเติมเชื้อ

Mycorrhiza เพียงอย่างเดียว และตำรับที่มีการเติมเชื้อ Mycorrhiza ร่วมกับ PGPR ส่งผลให้มีปริมาณฟอสฟอรัสที่สกัดได้ในดินรองลงมาคือ 6.50 และ5.33 mgP/kg สำหรับตำรับควบคุมมีผลทำให้มีปริมาณฟอสฟอรัสที่สกัดได้ในดินต่ำที่สุดคือ 4.88 mgP/kg แต่มีความแตกต่างในทางสถิติ ($P<0.05$) ตารางที่ 5

ส่วนปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ในดินหลังจากการวางตำรับทดลองในรอบที่ 2 โดยทำการเก็บตัวอย่างดิน 2 ระดับคือ 0-15 และ15-30 cm พบว่าปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ในดินมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 392.5 และ 306.8 mgK/kg โดยที่ตำรับ Mycorrhiza ในดินระดับบน 0-15 cm มีปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ในที่สูงที่สุดคือ 460 mgK/kg ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติกับตำรับควบคุมและตำรับที่มีการใส่เชื้อ PGPR เพียงอย่างเดียวโดยปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้คือ 404 และ 377 mgK/kg ส่วนตำรับ Mycorrhiza + PGPR มีค่าต่ำที่สุดคือ 233 mgK/kg ซึ่งมีความแตกต่างในทางสถิติ ($P<0.05$) ตำรับ Mycorrhiza แตกต่างกับ ตำรับควบคุม และ Mycorrhiza ร่วมกับ PGPR ในขณะที่ปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ในดินระดับล่าง (15-30 cm) พบว่าตำรับ Mycorrhiza มีปริมาณสูงที่สุดคือ 366 mgK/kg รองลงมาคือตำรับควบคุมคือ 303 mgK/kg และตำรับที่มีการเติมเชื้อ PGPR เพียงอย่างเดียวคือ 283 mgK/kg สำหรับตำรับ Mycorrhiza + PGPR มีปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ในดินต่ำที่สุดคือ 275 mgK/kg ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ ($P<0.05$) ตารางที่ 5

ตารางที่ 5 คุณสมบัติของดินหลังการทดลองปีที่ 2

Treatment	pH	%OM	P(mgP/kg)	K(mgK/kg)
		Top soil (0-15 cm.)		
Control	6.50	4.90a	8.45	404 a
Mycorrhiza	6.27	4.46b	10.02	460 a
PGPR	5.90	4.75c	5.52	377 ab
MZ+PGPR	5.86	4.10c	5.79	329 b
Grand Mean	6.13	4.55	7.45	392.5
%CV	1.82	8.75	38.66	12.13
F-test	ns	*	ns	*
		Sub soil (15-30 cm.)		
Control	5.81	3.20	4.88	303
Mycorrhiza	5.91	3.04	6.72	366
PGPR	5.77	2.65	6.50	283
MZ+PGPR	5.71	2.52	5.33	275
Grand Mean	5.80	2.85	5.03	306.75
%CV	3.01	25.61	27.12	26.00
F-test	ns	ns	ns	ns

หมายเหตุ: Mean in the same column followed by different letters were different significantly by LSD **=0.01, *=0.05 and ns= Nonsignificant

การทดลองที่ 3 ผลของการใช้เชื้อราอาบัสคูล่าไมคอร์ไรซาต่อการเจริญเติบโตของต้นกล้าลำไยที่ปลูกในกระถาง

จากการศึกษาผลของการใช้เชื้อราอาบัสคูล่าไมคอร์ไรซาต่อการเจริญเติบโตของต้นกล้าลำไยที่ปลูกในกระถาง พบว่าปริมาณไนโตรเจนในใบเมื่อทำการย้ายปลูกได้ 6 เดือนมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 1.43%N โดยตำรับที่ใช้สปอร์ไมคอร์ไรซาจากสวนลำไยอำเภอสารภีมีปริมาณไนโตรเจนในใบที่ระยะ 6 เดือนสูงที่สุดคือ 1.61%N รองลงมาคือตำรับที่ใช้เชื้อราวีเอไมคอร์ไรซาของกรมวิชาการเกษตรคือ 1.51%N ขณะที่ตำรับควบคุม (ไม่มีการใส่เชื้อราอาบัสคูล่าไมคอร์ไรซา) มีปริมาณไนโตรเจนในใบต่ำที่สุดคือ 1.26%N ทุกตำรับทดลองไม่มีความแตกต่างในทางสถิติ สำหรับปริมาณฟอสฟอรัสในใบลำไยที่ระยะ 6 เดือนพบว่าตำรับที่ใช้สปอร์ไมคอร์ไรซาจากสวนลำไยอำเภอสันป่าตองส่งผลให้มีปริมาณฟอสฟอรัสสูงที่สุดคือ 0.290%P ซึ่งไม่มีความแตกต่างในทางสิติกับตำรับที่ใช้สปอร์ไมคอร์ไรซาจากสวนลำไยอำเภอหางดง และอำเภอแม่ทาเฉลี่ยเท่ากับ 0.223%P ส่วนตำรับที่มีปริมาณฟอสฟอรัสในใบต่ำที่สุดคือตำรับควบคุม ซึ่งมีปริมาณฟอสฟอรัสเพียง0.130%P ($P<0.01$) ปริมาณฟอสฟอรัสในใบลำไยในระยะ 6 เดือนมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 0.198%P ขณะที่ปริมาณโพแทสเซียมในตัวอย่างใบลำไยที่ระยะ 6 เดือนมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 1.13%K โดยตำรับที่ใช้สปอร์ไมคอร์ไรซาจากสวนลำไยอำเภอทุ่งหัวช้างส่งผลให้มีปริมาณโพแทสเซียมในใบสูงที่สุดคือ 1.22%K รองลงมาคือตำรับที่ใช้สปอร์ไมคอร์ไรซาจากสวนลำไยอำเภอสารภีคือ 1.20%K ซึ่งไม่มีความแตกต่างในทางสถิติทุกตำรับทดลอง ขณะที่การใช้เชื้อราวีเอไมคอร์ไรซาของกรมวิชาการเกษตรตรวจพบปริมาณโพแทสเซียมเพียง 1.11%K และตำรับที่ไม่มีการใส่เชื้อไมคอร์ไรซา (Control) มีปริมาณโพแทสเซียมในใบต่ำที่สุดคือ 1.00%K (ตารางที่ 6)

ตารางที่ 6 ปริมาณธาตุอาหารหลักในใบลำไยหลังใส่เชื้อราไมคอร์ไรซา 6 เดือน

Treatment	N	P	K
	(%)		
Control	1.26	0.130^{d}	1.00
AMF สันป่าตอง	1.37	0.290^{a}	1.15
AMF หางดง	1.46	0.217^{ab}	1.08
AMF สารภี	1.61	0.213^{bc}	1.20
AMF แม่ออน	1.43	0.137^{cd}	1.13
AMF ทุ่งหัวช้าง	1.46	0.213^{b}	1.22
AMF แม่ทา	1.34	0.223^{ab}	1.14
กรมวิชาการเกษตร	1.51	0.163^{bcd}	1.11
Grand Mean	1.43	0.198	1.13
%CV	8.25	16.24	14.56
F-test	**ns**	**	**ns**

หมายเหตุ: Mean in the same column followed by different letters were different significantly by LSD **=0.01, *=0.05 and ns= Nonsignificant

สำหรับปริมาณธาตุอาหารในใบลำไยที่อายุ 12 เดือนหลังการใส่สปอร์ไมคอร์ไรซา พบว่าค่าเฉลี่ยของปริมาณไนโตรเจนและโพแทสเซียมมีปริมาณลดลงเล็กน้อยเมื่อเทียบกับปริมาณธาตุอาหารในใบลำไยที่อายุ 6 เดือน ขณะที่ปริมาณฟอสฟอรัสเพิ่มสูงขึ้นเล็กน้อย โดยปริมาณไนโตรเจนตัวอย่างใบลำไยที่ระยะ 12 เดือน ตำรับที่ใช้สปอร์ไมคอร์ไรซาจากสวนลำไยอำเภอสารภีส่งผลให้ปริมาณไนโตรเจนสูงที่สุดคือ 1.59%N ซึ่งมีความแตกต่างกับทุกตำรับทดลอง ($P<0.05$) ยกเว้นตำรับที่ใช้สปอร์ไมคอร์ไรซาจากสวนลำไยอำเภอทุ่งหัวช้าง ตำรับที่ใช้สปอร์ไมคอร์ไรซาจากสวนลำไยอำเภอแม่ทา และตำรับที่ใส่เชื้อราวีเอไมคอร์ไรซาของกรมวิชาการเกษตร โดยปริมาณไนโตรเจนในใบลำไยที่ระยะ 12 เดือนมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 1.36%N ปริมาณฟอสฟอรัสในใบลำไยที่ระยะ 12 เดือนพบว่าตำรับที่ใช้เชื้อราวีเอไมคอร์ไรซาของกรมวิชาการเกษตรส่งผลให้มีปริมาณฟอสฟอรัสสูงที่สุดคือ 0.30%P ซึ่งไม่มีความแตกต่างในทางสถิติกับตำรับที่ใช้สปอร์ไมคอร์ไรซาจากสวนลำไยอำเภอสันป่าตอง อำเภอทุ่งหัวช้าง อำเภอแม่ทา และอำเภอแม่หางดงคือ 0.29%P, 0.25%P, 0.24%P และ 0.22%P ตามลำดับ ส่วนตำรับที่มีปริมาณฟอสฟอรัสในใบต่ำที่สุดคือตำรับควบคุมพบปริมาณฟอสฟอรัสในตัวอย่างใบลำไยเพียง 0.15%P ($P<0.01$) ปริมาณฟอสฟอรัสในใบ

ลำไยในระยะ 12 เดือนมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 0.22%P ซึ่งสูงกว่ารอบ 6 เดือนเล็กน้อย ขณะที่ปริมาณโพแทสเซียมในตัวอย่างใบลำไยที่ระยะ 12 เดือนมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 1.00%K โดยตำรับที่ใช้สปอร์ไมคอร์ไรซาจากสวนลำไยอำเภอสารภีส่งผลให้มีปริมาณโพแทสเซียมในใบสูงที่สุดคือ 1.10%K รองลงมาคือตำรับที่ใช้สปอร์ไมคอร์ไรซาจากสวนลำไยอำเภอแม่ทา และตำรับที่ใช้เชื้อราวีเอไมคอร์ไรซาของกรมวิชาการเกษตรคือ 1.04%K ซึ่งไม่มีความแตกต่างในทางสถิติทุกตำรับทดลอง ขณะที่ตำรับที่ไม่มีการใส่เชื้อไมคอร์ไรซา (Control) มีปริมาณโพแทสเซียมน้อยที่สุดคือ 0.91%K (ตารางที่ 7)

ตารางที่ 7 ปริมาณธาตุอาหารหลักในใบลำไยหลังใส่เชื้อราไมคอร์ไรซา 12 เดือน

Treatment	N	P	K
		(%)	
Control	1.12^{c}	0.15^{c}	0.91
AMF สันป่าตอง	1.28^{bc}	0.29^{a}	0.95
AMF หางดง	1.36^{b}	0.22^{abc}	1.01
AMF สารภี	1.59^{a}	0.18^{bc}	1.10
AMF แม่ออน	1.32^{bc}	0.14^{c}	0.96
AMF ทุ่งหัวช้าง	1.41^{ab}	0.25^{ab}	0.97
AMF แม่ทา	1.41^{ab}	0.24^{ab}	1.04
กรมวิชาการเกษตร	1.41^{ab}	0.30^{a}	1.04
Grand Mean	1.36	0.22	1.00
%CV	9.42	16.52	12.28
F-test	*	**	ns

หมายเหตุ: Mean in the same eolumn followed by different letters were different significantly by LSD **=0.01, *=0.05 and ns= Nonsignificant

การศึกษาความสูงของลำไยหลังจากการใส่สปอร์ไมคอร์ไรซาเป็นระยะเวลา 6 เดือน โดยทำการวัดความสูงของต้นลำไยจากระยะเวลา 0 และ 6 เดือนจึงนำมาคำนวนหาความสูงที่เพิ่มขึ้น พบว่าต้นลำไยมีความสูงที่เพิ่มขึ้นจากเดิมโดยเฉลี่ยแล้ว 11.6 cm. โดยตำรับที่ใช้สปอร์ไมคอร์ไรซาจากสวนลำไยอำเภอแม่ทาส่งผลให้ต้นลำไยสูงกว่าทุกตำรับทดลองซึ่งความสูงเพิ่มขึ้นถึง 16.3 cm. แต่ไม่มีความความแตกต่างกับตำรับที่ใช้สปอร์ไมคอร์ไรซาจากสวนลำไยอำเภอแม่ออนและอำเภอหางดง (13.0 และ 12.7 cm. ตามลำดับ) ขณะที่ตำรับที่ใส่เชื้อราวีเอไมคอร์ไรซาของกรมวิชาการเกษตรมีความสูงเพิ่มขึ้นเพียง 12.3 cm. ส่วนตำรับควบคุมมีความสูงที่เพิ่มขึ้นต่ำที่สุดคือ 7.7 cm. ซึ่งมีความแตกต่างกับทุกตำรับทดลองอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P<0.01$) สำหรับความกว้างของทรงพุ่มลำไยตำรับที่ใช้สปอร์ไมคอร์ไรซาจากสวนลำไยอำเภอทุ่งหัวช้างมีความกว้างเพิ่มขึ้นมากกว่าตำรับอื่นๆซึ่งวัดความกว้างได้ 12.0 cm. รองลงมาตำรับที่ใส่เชื้อราวีเอไมคอร์ไรซาของกรมวิชาการเกษตรตำรับที่ใช้สปอร์ไมคอร์ไรซาจากสวนลำไยอำเภอแม่ทา และตำรับที่ใช้สปอร์ไมคอร์ไรซาจากสวนลำไยอำเภอสันป่าตองคือ 11.3, 10.3 และ 9.5 cm. ตามลำดับ ส่วนตำรับควบคุมมีความกว้างของทรงพุ่มน้อยที่สุดคือ 4.7 cm. ขณะที่ความยาวของทรงพุ่มที่ระยะ 6 เดือนเฉลี่ยอยู่ที่ 7.0 cm. พบว่าตำรับที่ใช้สปอร์ไมคอร์ไรซาจากสวนลำไยอำเภอแม่ทาวัดความยาวของทรงพุ่มได้ยาวที่สุดคือ 11.3 cm. รองลงมาตำรับที่ใช้สปอร์ไมคอร์ไรซาจากสวนลำไยอำเภอสันป่าตอง และอำเภอแม่ออน (7.0 cm.) อย่างไรก็ตามตำรับควบคุมส่งผลให้มีความยาวน้อยที่สุดคือ 5.0 cm. ทุกตำรับทดลองไม่มีความแตกต่างในทางสถิติ (ตารางที่ 8)

ตารางที่ 8 ความสูง ความกว้าง ความยาวของทรงพุ่มลำไยหลังใส่เชื้อราไมคอร์ไรซา 6 เดือน (cm.)

Treatment	ความสูง	ความกว้างทรงพุ่ม	ความยาวทรงพุ่ม
		6 เดือน	
Control	7.7[d]	4.7	5.0
AMF สันป่าตอง	10.0[bcd]	9.5	7.0
AMF หางดง	12.7[abc]	8.7	6.7
AMF สารภี	11.7[bc]	6.7	6.7
AMF แม่ออน	13.0[ab]	7.3	7.0
AMF ทุ่งหัวช้าง	9.0[cd]	12.0	6.3
AMF แม่ทา	16.3[a]	10.3	11.3
กรมวิชาการเกษตร	12.3[bc]	11.3	6.0
Grand Mean	11.6	8.8	7.0
%CV	14.21	30.09	31.27
F-test	**	ns	ns

หมายเหตุ: Mean in the same column followed by different letters were different significantly by LSD **=0.01, *=0.05 and ns= Nonsignificant

สำหรับความสูงของลำไยหลังจากใส่สปอร์ไมคอร์ไรซาเป็นระยะเวลา 12 เดือน พบว่าต้นลำไยมีความสูงที่เพิ่มขึ้นจากก่อนทำการทดลองโดยเฉลี่ยแล้ว 29.9 cm. ตำรับที่ใช้สปอร์ไมคอร์ไรซาจากสวนลำไยอำเภอแม่ทาส่งผลให้ต้นลำไยสูงกว่าทุกตำรับทดลองซึ่งความสูงเพิ่มขึ้นถึง 42.3cm. แต่ไม่มีความความแตกต่างกับตำรับที่ใช้สปอร์ไมคอร์ไรซาจากสวนลำไยอำเภอแม่ออน ตำรับที่ใส่เชื้อราวีเอไมคอร์ไรซาของกรมวิชาการเกษตร และอำเภอหางดง (35.0, 32.3 และ 32.0 cm. ตามลำดับ) ส่วนตำรับควบคุมมีความสูงที่เพิ่มขึ้นต่ำที่สุดคือ 17.3 cm. ซึ่งมีความแตกต่างกับทุกตำรับทดลองอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P<0.01$) ยกเว้นตำรับตำรับที่ใช้สปอร์ไมคอร์ไรซาจากสวนลำไยอำเภอทุ่งหัวช้างและอำเภอสันป่าตอง ขณะที่ความกว้างของทรงพุ่ม 12 เดือนหลังการใส่สปอร์ไมคอร์ไรซาพบความกว้างของทรงพุ่มเพิ่มขึ้นโดยเฉลี่ยแล้วอยู่ที่ 28.0 cm. ตำรับตำรับที่ใช้สปอร์ไมคอร์ไรซาจากสวนลำไยอำเภอแม่ทาส่งผลให้มีความกว้างของทรงพุ่มมากที่สุดคือ 40.7 cm. ซึ่งไม่มีความแตกต่างกับตำรับตำรับที่ใช้สปอร์ไมคอร์ไรซาจากสวนลำไยอำเภอสารภี และตำรับที่ใส่เชื้อราวีเอไมคอร์ไรซาของกรมวิชาการเกษตรคือ 39.3 และ 29.0 cm. ส่วนตำรับควบคุมมีความกว้าง

ของทรงพุ่มที่เพิ่มขึ้นน้อยที่สุดคือ 11.7 cm. ซึ่งมีความแตกต่างในทางสถิติกับทุกตำรับทดลอง ($P<0.01$) ตารางที่ 9 สำหรับความยาวของทรงพุ่มที่ระยะ 12 เดือน พบว่าตำรับที่ใช้สปอร์ไมคอร์ไรซาจากสวนลำไยอำเภอแม่ทาวัดความยาวของทรงพุ่มได้ยาวที่สุดคือ 43.0 cm. รองลงมาตำรับที่ใช้สปอร์ไมคอร์ไรซาจากสวนลำไยอำเภอแม่ออน อำเภอสันป่าตอง อำเภอหางดง กรมวิชาการเกษตร และอำเภอสารภี (32.7, 32.0, 31.7, 30.7 และ 29.7 cm. ตามลำดับ) อย่างไรก็ตามตำรับควบคุมส่งผลให้มีความยาวน้อยที่สุดคือ 9.3 cm ซึ่งตำรับควบคุมมีความแตกต่างในทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (ตารางที่ 9)

ตารางที่ 9 ความสูง ความกว้าง ความยาวของทรงพุ่มลำไยหลังใส่เชื้อราไมคอร์ไรซา 12 เดือน (cm.)

Treatment	ความสูง	ความกว้างทรงพุ่ม	ความยาวทรงพุ่ม
		12 เดือน	
Control	17.3^{d}	11.7^{d}	9.3^{c}
AMF สันป่าตอง	22.5^{cd}	25.0^{cd}	32.0^{ab}
AMF หางดง	32.0^{abc}	26.3^{bc}	31.7^{ab}
AMF สารภี	31.0^{bc}	39.3^{ab}	29.7^{ab}
AMF แม่ออน	35.0^{ab}	25.7^{bc}	32.7^{ab}
AMF ทุ่งหัวช้าง	27.0^{bcd}	26.3^{bc}	23.7^{bc}
AMF แม่ทา	42.3^{a}	40.7^{a}	43.0^{a}
กรมวิชาการเกษตร	32.3^{abc}	29.0^{abc}	30.7^{ab}
Grand Mean	29.9	28.0	29.1
%CV	14.96	20.71	22.02
F-test	**	**	**

หมายเหตุ: Mean in the same eolumn followed by different letters were different significantly by LSD **=0.01, *=0.05 and ns= Nonsignificant

จากงานทดลองที่ทำการศึกษาปริมาณสปอร์ไมคอร์ไรซาในตัวอย่างดินของต้นลำไยหลังใส่เชื้อที่ทำการศึกษาระยะเวลา 3, 6, 9 และ 12 เดือน โดยทำการเก็บตัวอย่างดินบริเวณรอบๆ ต้นลำไยที่ทำการหาปริมาณสปอร์ไมคอร์ไรซา พบว่าเฉลี่ยแล้วปริมาณสปอร์ไมคอร์ไรซามีปริมาณเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาที่เพิ่มขึ้น ที่ระยะเวลา 3 เดือนหลังจากการใส่สปอร์ไมคอร์ไรซาใน

ตัวอย่างดินของต้นลำไยพบว่าตำรับที่ใช้สปอร์ไมคอร์ไรซาจากสวนลำไยอำเภอแม่ทาส่งผลให้มีปริมาณสปอร์ในดินสูงที่สุดคือ 72 สปอร์/ ดิน 10 กรัม ซึ่งมีความแตกต่างในทางสถิติกับทุกตำรับทดลองอย่างเด่นชัด (P<0.01) ขณะที่ตำรับที่มีปริมาณสปอร์รองลงมาคือตำรับตำรับที่ใช้สปอร์ไมคอร์ไรซาจากสวนลำไยอำเภอสันป่าตอง และอำเภอทุ่งหัวช้างคือ 36 และ 31 สปอร์/ ดิน 10 กรัม ตามลำดับ (ตารางที่ 10) ส่วนที่ระยะ 3 เดือน ปริมาณสปอร์ของตำรับที่ใส่เชื้อราวีเอไมคอร์ไรซาของกรมวิชาการเกษตรพบสปอร์เพียง 25 สปอร์/ ดิน 10 กรัม ขณะที่ตำรับควบคุมไม่พบปริมาณสปอร์ในดินแต่อย่างใด (P<0.01)

ที่ระยะเวลา 6 เดือนหลังการใส่สปอร์ไมคอร์ไรซา ในดินพบว่าตำรับที่ใช้สปอร์ไมคอร์ไรซาจากสวนลำไยอำเภอแม่ทาส่งผลให้มีปริมาณสปอร์ในดินสูงที่สุดคือ 90.6 สปอร์/ ดิน 10 กรัม ซึ่งมีความแตกต่างในทางสถิติกับทุกตำรับทดลองอย่างเด่นชัด (P<0.01) ขณะที่ตำรับที่มีปริมาณสปอร์รองลงมาคือตำรับตำรับที่ใช้สปอร์ไมคอร์ไรซาจากสวนลำไยอำเภอทุ่งหัวช้าง และอำเภอสันป่าตอง คือ 43.7 และ 40.5 สปอร์/ ดิน 10 กรัม ตามลำดับ แต่ไม่มีความแตกต่างกับตำรับที่ใส่เชื้อราวีเอไมคอร์ไรซาของกรมวิชาการเกษตรตรวจสอบสปอร์ในดินได้เพียง 35.3 สปอร์/ ดิน 10 กรัม ตำรับควบคุมไม่พบสปอร์ในดินแต่อย่างใด

สำหรับปริมาณสปอร์ไมคอร์ไรซาที่ระยะเวลา 9 เดือน ตำรับที่ใช้สปอร์ไมคอร์ไรซาจากสวนลำไยอำเภอแม่ทายังคงส่งผลให้มีปริมาณสปอร์ในดินสูงที่สุดคือ 98 สปอร์/ ดิน 10 กรัม โดยมีความแตกต่างในทางสถิติกับทุกตำรับทดลองอย่างเด่นชัด (P<0.01) ขณะที่ตำรับที่มีปริมาณสปอร์รองลงมาคือตำรับตำรับที่ใช้สปอร์ไมคอร์ไรซาจากสวนลำไยอำเภอทุ่งหัวช้าง และตำรับที่ใส่เชื้อราวีเอไมคอร์ไรซาของกรมวิชาการเกษตร โดยตรวจสอบสปอร์ในดินได้ 49 และ 58 สปอร์/ ดิน 10 กรัม ตามลำดับ ขณะที่ปริมาณสปอร์เฉลี่ยที่ระยะเวลา 9 เดือนอยู่ที่ 46 สปอร์/ ดิน 10 กรัม ตำรับควบคุมยังคงไม่พบปริมาณสปอร์ในดินเช่นระยะเวลาที่ผ่านมาและทำให้มีความแตกต่างกับทุกตำรับทดลองอย่างเด่นชัด (P<0.01)

ส่วนปริมาณสปอร์ไมคอร์ไรซาในตัวอย่างดินหลังใส่เชื้อเป็นระยะเวลา 12 เดือน มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 51 สปอร์/ ดิน 10 กรัม ตำรับที่มีปริมาณสปอร์ไมคอร์ไรซาสูงที่สุดพบในตำรับที่ใช้สปอร์ไมคอร์ไรซาจากสวนลำไยอำเภอแม่ทาคือ 109 สปอร์/ ดิน 10 กรัม ซึ่งมีความแตกต่างในทางสถิติกับทุกตำรับทดลองอย่างเด่นชัด (P<0.01) ส่วนตำรับที่ใส่เชื้อราวีเอไมคอร์ไรซาของกรมวิชาการเกษตรมีปริมาณสปอร์รองลงมาคือ 63 สปอร์/ ดิน 10 กรัม ขณะที่ตำรับควบคุมไม่พบปริมาณสปอร์ในดินแต่อย่างใด (P<0.01) ที่ระยะเวลา 12 เดือน ปริมาณสปอร์ไมคอร์ไรซาของตำรับที่ใช้สปอร์ไมคอร์ไรซาจากสวนลำไยอำเภอสารภีมีปริมาณลดลงจาก 9 เดือนเล็กน้อย (ตารางที่ 10)

ตารางที่ 10 ปริมาณสปอร์ไมคอร์ไรซาในตัวอย่างดินของต้นลำไยหลังใส่เชื้อราไมคอร์ไรซา 3, 6, 9 และ 12 เดือน (สปอร์/ ดิน 10 กรัม)

Treatment	3 เดือน	6 เดือน	9 เดือน	12 เดือน
Control	0.0^{c}	0.0^{e}	0.0^{c}	0.0^{d}
AMF สันป่าตอง	36.0^{b}	40.5^{bc}	47.0^{b}	49.0^{bc}
AMF หางดง	28.0^{b}	33.7^{cd}	42.0^{b}	43.0^{bc}
AMF สารภี	24.0^{b}	31.7^{d}	40.0^{b}	32.0^{c}
AMF แม่ออน	28.0^{b}	35.0^{cd}	44.0^{b}	57.0^{bc}
AMF ทุ่งหัวช้าง	31.0^{b}	43.7^{b}	49.0^{b}	54.0^{bc}
AMF แม่ทา	72.0^{a}	90.6^{a}	98.0^{a}	109.0^{a}
กรมวิชาการเกษตร	25.0^{b}	35.3^{bcd}	48.0^{b}	63.0^{b}
Grand Mean	30.5	38.8	46.0	51.0
%CV	18.60	9.15	14.40	24.30
F-test	**	**	**	**

หมายเหตุ: Mean in the same column followed by different letters were different significantly by LSD **=0.01, *=0.05 and ns= Nonsignificant

การศึกษาเปอร์เซ็นต์การเข้ารากของไมคอร์ไรซาในตัวอย่างรากฝอยของลำไยหลังใส่เชื้อ 3, 6, 9 และ 12 เดือน ซึ่งทำการเก็บตัวอย่างรากของต้นลำไยบริเวณรากฝอยเพื่อมาศึกษาการเข้ารากของไมคอร์ไรซา โดยเฉลี่ยแล้วเปอร์เซ็นต์การเข้ารากของไมคอร์ไรซามีปริมาณเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาที่เพิ่มขึ้น ที่ระยะเวลา 3 เดือนหลังจากการใส่สปอร์ไมคอร์ไรซาในตัวอย่างดินของต้นลำไยพบว่าตำรับที่ใช้สปอร์ไมคอร์ไรซาจากสวนลำไยอำเภอแม่ทาส่งผลให้เปอร์เซ็นต์การเข้ารากสูงที่สุด 19.0% ซึ่งมีความแตกต่างในทางสถิติกับทุกตำรับทดลองอย่างเด่นชัด ($P<0.01$) ขณะที่ตำรับที่ใส่เชื้อราวีเอไมคอร์ไรซาของกรมวิชาการเกษตรมีเปอร์เซ็นต์การเข้ารากรองลงมาคือ 15.2% ซึ่งไม่มีความแตกต่างกับตำรับที่ใช้สปอร์ไมคอร์ไรซาจากสวนลำไยอำเภอหางดง อำเภอแม่ออน อำเภอสารภี อำเภอสันป่าตอง (14.9, 14.8, 14.5 และ 14.4% ตามลำดับ) ตารางที่ 11 ส่วนตำรับควบคุมไม่พบเปอร์เซ็นต์การเข้ารากแต่อย่างใดและมีความแตกต่างในทางสถิติกับทุกตำรับทดลองอย่างเด่นชัด ($P<0.01$)

ขณะที่ระยะเวลา 6 เดือนหลังการใส่สปอร์ไมคอร์ไรซา พบว่าเปอร์เซ็นต์การเข้ารากของไมคอร์ไรซาของต้นลำไยที่สูงที่สุดพบในตำรับที่ใส่สปอร์ไมคอร์ไรซาจากสวนลำไยอำเภอ

แม่ทาคือ 26.9% รองลงมาคือตำรับที่ใส่เชื้อราวีเอไมคอร์ไรซาของกรมวิชาการเกษตร ตำรับสปอร์ไมคอร์ไรซาจากสวนลำไยอำเภอหางดง และตำรับที่ใส่สปอร์ไมคอร์ไรซาจากสวนลำไยอำเภอทุ่งหัวช้างมีเปอร์เซ็นต์การเข้ารากอยู่ที่ 18.6, 18.4 และ 18.2% ตามลำดับ ส่วนตำรับควบคุมไม่พบเปอร์เซ็นต์การเข้ารากเช่นเดียวกับที่ระยะ 3 เดือน โดยเฉลี่ยแล้วเปอร์เซ็นต์การเข้ารากของสปอร์ไมคอร์ไรซาอยู่ที่ 16.9% (ตารางที่ 11)

ที่ระยะ 9 เดือนเปอร์เซ็นต์การเข้ารากมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 34.6% ซึ่งเพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่าจากระยะ 6 เดือน ตำรับที่ใส่สปอร์ไมคอร์ไรซาจากสวนลำไยอำเภอแม่ทายังคงมีเปอร์เซ็นต์การเข้ารากสูงที่สุดคือ 57.2% และมีความแตกต่างในทางสถิติกับทุกตำรับทดลองอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P<0.01$) ขณะที่ตำรับที่ใส่เชื้อราวีเอไมคอร์ไรซาจากกรมวิชาการเกษตรมีเปอร์เซ็นต์การเข้ารากมากกว่า 2 เท่าของตัวอย่างรากที่เก็บในรอบ 6 เดือนซึ่งพบเปอร์เซ็นต์การเข้ารากสูงถึง 40.5% ส่วนตำรับควบคุมยังคงไม่พบเปอร์เซ็นต์การเข้ารากเช่นเดียวกับที่ระยะที่ผ่านมาและส่งผลให้มีความแตกต่างในทางสถิติกับทุกตำรับทดลองอย่างเด่นชัด ($P<0.01$)

สำหรับเปอร์เซ็นต์การเข้ารากที่ระยะเวลา 12 เดือนหลังการใส่สปอร์ไมคอร์ไรซาลงไป พบว่าตำรับที่ใส่สปอร์ไมคอร์ไรซาจากสวนลำไยอำเภอแม่ทามีเปอร์เซ็นต์การเข้ารากสูงที่สุดคือ 80.8% และมีความแตกต่างในทางสถิติกับทุกตำรับทดลองอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ส่วนตำรับที่ใส่เชื้อราวีเอไมคอร์ไรซาจากกรมวิชาการเกษตรมีเปอร์เซ็นต์การเข้ารากรองลงมาคือ 59.1% และตำรับที่ใส่สปอร์ไมคอร์ไรซาจากสวนลำไยอำเภอทุ่งหัวช้างมีเปอร์เซ็นต์การเข้ารากอยู่ที่ 54.7% ขณะที่ตำรับควบคุมไม่พบเปอร์เซ็นต์การเข้ารากแต่อย่างใด (ตารางที่ 11)

ตารางที่ 11 เปอร์เซ็นต์การเข้ารากลำไยหลังใส่เชื้อราไมคอร์ไรซา 3, 6, 9 และ 12 เดือน

Treatment	3 เดือน	6 เดือน	9 เดือน	12 เดือน
Control	0.0^{d}	0.0^{c}	0.0^{d}	0.0^{c}
AMF สันป่าตอง	14.4^{bc}	17.5^{b}	35.1^{c}	52.6^{b}
AMF หางดง	14.9^{b}	18.4^{b}	36.7^{bc}	51.7^{b}
AMF สารภี	14.5^{bc}	17.9^{b}	35.9^{bc}	53.8^{b}
AMF แม่ออน	14.8^{b}	17.3^{b}	34.6^{c}	52.0^{b}
AMF ทุ่งหัวช้าง	12.4^{c}	18.2^{b}	36.4^{bc}	54.7^{b}
AMF แม่ทา	19.0^{a}	26.9^{a}	57.2^{a}	80.8^{a}
กรมวิชาการเกษตร	15.2^{b}	18.6^{b}	40.5^{b}	59.1^{b}
Grand Mean	13.2	16.9	34.6	50.6
%CV	6.75	8.07	6.22	6.38
F-test	**	**	**	**

หมายเหตุ: Mean in the same column followed by different letters were different significantly by LSD **=0.01, *=0.05 and ns= Nonsignificant

สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาจำนวนและลักษณะสปอร์ไมคอร์ไรซา ในดิน พบว่าปริมาณเชื้อรา อาบัสคูล่าไมคอร์ไรซา ของตัวอย่างดินทั้ง 6 อำเภอมีค่าเฉลี่ย 17.0 สปอร์/ดิน 10 กรัม โดยพบว่าที่อำเภอสารภีมีปริมาณเชื้อหนาแน่นสูงที่สุดคือ 19.67 สปอร์/ดิน 10 กรัม และไม่แตกต่างในทางสถิติกับอำเภออื่น รูปร่างลักษณะสปอร์โดยทั่วไปค่อนข้างกลม แต่มีความหลากหลายของสีสปอร์ เช่นสีดำ ขาว เหลือง ส้ม ส้มแดง และขาวเหลือง เป็นต้น

ขณะที่การทดลองในการเติมเชื้อจุลินทรีย์ Mycorrhiza และ PGPR เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการดึงดูดธาตุอาหารและส่งเสริมการเจริญเติบโตของต้นลำไยพบว่าในปีแรกนั้นในดินระดับบน ค่าความเป็นกรดด่างลดลงทุกตำรับการทดลองยกเว้น ตำรับที่เติม PGPR ส่วนปริมาณอินทรียวัตถุในดินเพิ่มขึ้นทุกตำรับการทดลอง สำหรับปริมาณฟอสฟอรัสที่สกัดได้ในดิน เพิ่มขึ้นทุกตำรับการทดลองโดยเฉพาะตำรับที่เติม Mycorrhiza เพิ่มขึ้นมากที่สุดและปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ในดินพบว่า ลดลงทุกตำรับการทดลอง ในดินระดับล่าง (15-30 cm.) พบว่าค่าความเป็นกรดด่างลดลงทุกตำรับการทดลองยกเว้นตำรับที่เติม Mycorrhiza ส่วนปริมาณอินทรียวัตถุในดินเพิ่มขึ้นทุกตำรับการทดลอง และ ปริมาณฟอสฟอรัสที่สกัดได้ในดินเพิ่มขึ้นยกเว้นตำรับที่เติมเชื้อ Mycorrhiza + PGPR สำหรับปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ เพิ่มขึ้นทุกตำรับการทดลอง

การทดลองประสิทธิภาพของเชื้อราอาบัสคูล่าไมคอร์ไรซาต่อการเจริญเติบโตของต้นกล้าลำไยในกระถาง พบว่าเชื้อราไมคอร์ไรซาที่คัดเลือกได้จากอำเภอแม่ทามีความสามารถในการเข้ารากสูงที่สุด ขณะที่เชื้อราวีเอไมคอร์ไรซาจากกรมวิชาการเกษตร มีประสิทธิภาพต่อการเข้ารากใกล้เคียงกับเชื้อราไมคอร์ไรซาที่คัดเลือกได้จากอำเภอหางดง สำหรับปริมาณสปอร์ไมคอร์ไรซาสูงที่สุดจากการใช้เชื้อราไมคอร์ไรซาที่คัดเลือกได้จากอำเภอแม่ทาเช่นกัน ปริมาณเชื้อราไมคอร์ไรซาที่มีปริมาณสปอร์รองลงมาพบในเชื้อราไมคอร์ไรซาที่คัดเลือกสปอร์ได้จากอำเภอทุ่งหัวช้างและอำเภอแม่ออน โดยมีปริมาณสปอร์สูงกว่ากรมวิชาการเกษตร แต่ไม่มีความแตกต่างในทางสถิติ การตอบสนองการใช้เชื้อราอาบัสคูล่าไมคอร์ไรซาต่อความสูง ความกว้างทรงพุ่มและความยาวของทรงพุ่มสูงที่สุดเมื่อมีการใช้เชื้อราไมคอร์ไรซาจากอำเภอแม่ทา สำหรับเชื้อราไมคอร์ไรซาที่คัดมาจากอำเภอแม่ออนทำให้ความสูงของต้นกล้าลำไยและความยาวของทรงพุ่มสูงกว่าการใช้เชื้อราวีเอไมคอร์ไรซาจากกรมวิชาการเกษตร ขณะที่ความกว้างของทรงพุ่มของเชื้อราไมคอร์ไรซาที่คัดมาจากอำเภอสารภีและอำเภอหางดงมีผลทำให้ความกว้างของกิ่งตอนลำไยดีกว่าการใช้เชื้อราวีเอไมคอร์ไรซาจากกรมวิชาการเกษตรแต่ไม่มีความแตกต่างในทางสถิติ ปริมาณไนโตรเจน และโพแทสเซียมที่สะสมในใบลำไยในระยะ 6 เดือนหลังจากการใส่เชื้อไมคอร์ไรซาไม่มีความแตกต่างในทางสถิติ ปริมาณฟอสฟอรัสของใบลำไยระยะ 6 เดือนสูงที่สุดเมื่อมีการใส่เชื้อราไมคอร์ไรซาที่

คัดได้จากอำเภอสันป่าตอง รองลงมาคืออำเภอหางดงและอำเภอแม่ทา ปริมาณไนโตรเจนของใบลำไยที่ระยะ 12 เดือนตอบสนองต่อการใส่เชื้อไมคอร์ไรซาจากอำเภอสารภี ปริมาณฟอสฟอรัสในตัวอย่างใบลำไยระยะ 12 เดือนสูงที่สุดเมื่อมีการใส่เชื้อวีเอไมคอร์ไรซาจากกรมวิชาการเกษตรและอำเภอสันป่าตองแต่ไม่มีความแตกต่างในทางสถิติกับอำเภอแม่ทา อำเภอทุ่งหัวช้างและอำเภอหางดง ปริมาณโพแทสเซียมในใบลำไยระยะ 12 เดือนอยู่ในระดับใกล้เคียงกับปริมาณโพแทสเซียมในระยะ 6 เดือนและไม่มีความแตกต่างในทางสถิติกับทุกตำรับทดลอง

วิจารณ์ผลการวิจัย

การศึกษาปริมาณเชื้อราอาบัสคูล่าไมคอร์ไรซาใต้ทรงพุ่มลำไยอินทรีย์ในเขตจังหวัดเชียงใหม่และลำพูน 6 อำเภอ พบว่ามีปริมาณเฉลี่ย 17.0 สปอร์/ดิน10 กรัม ซึ่งสูงกว่าเมื่อเทียบกับงานทดลองของ Mohammad *et al.* (2003) ที่ทำการทดสอบหาปริมาณเชื้อราอาบัสคูล่าไมคอร์ไรซาในตัวอย่างดินที่ปลูกพืชหลายๆประเภทในประเทศจอร์แดน โดยดินรอบรากพืชกลุ่ม Peach มีค่าเฉลี่ยตั้งแต่ 12-43 สปอร์/ดิน100 กรัม องุ่นมีปริมาณสปอร์เฉลี่ยอยู่ที่ 13-52 สปอร์/ดิน 100 กรัม และทับทิมมีปริมาณสปอร์เฉลี่ยอยู่ที่ 15-35 สปอร์/ดิน100 กรัม ซึ่งอาจสืบเนื่องมาจากดินในพื้นที่ทดสอบดังกล่าวมีความเป็นกรดสูง สภาพพื้นที่มีความแห้งแล้งและอยู่ในพื้นที่เขตร้อนหรือกึ่งเขตร้อน (McGee, 1989) โดยปริมาณเชื้อไมคอร์ไรซารอบรากพืชกลุ่มไม้ผลส่วนใหญ่จะสูงกว่าพืชชนิดอื่น (Al-Raddad, 1993) ส่วนลักษณะสีของสปอร์ในการทดลองครั้งนี้มีความหลากหลายตั้งแต่สีดำ ขาว เหลือง ส้ม และมีลักษณะกลม หรือรูปไข่ สอดคล้องกับงานทดลองของ Duponnois *et al.* (2001) ที่ตรวจสอบลักษณะและปริมาณเชื้อราอาบัสคูล่าไมคอร์ไรซา ในประเทศเซเนกัล ที่พบลักษณะสปอร์หลากหลายเช่นกันไม่ว่าจะเป็นสี ดำ สีน้ำเงินเข้ม มากกว่าสีอื่น รวมทั้งสีน้ำตาลและ ดำน้ำตาล โดยมีปริมาณเฉลี่ยตั้งแต่ 116-418 สปอร์/ดิน100 กรัม ขณะที่การทดลองของ Safari Sinegani and Sharifa (2007) ที่ตรวจสอบหาปริมาณเชื้อราไมคอร์ไรซาในดินของพืช 7 ชนิดในกระถางโดยนำดินธรรมชาติมาปลูกพืชในกระถางพบปริมาณของสปอร์สูงเฉลี่ยถึง 126-453 สปอร์/ดิน10 กรัม ทั้งนี้อาจจะเกิดจากปัจจัยของดินที่ปลูกมีสภาพเหมาะต่อการขยายตัวของเชื้อราไมคอร์ไรซ่าที่เพิ่มขึ้นอย่างมากเมื่อเทียบกับดินก่อนปลูกพืช รวามทั้งผันแปรตามชนิดของพืชที่ปลูกอีกด้วย

สำหรับการทดลองในการเติมเชื้อไมคอร์ไรซา และการใช้เชื้อ PGPR เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการดูดใช้ธาตุอาหาร และส่งเสริมการเจริญเติบโตของต้นลำไย พบว่าค่าความเป็นกรด-ด่างเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย สอดคล้องกันงานทดลองของ Safari Sinegani and Sharifa (2007) ทั้งนี้อาจเป็นเพราะดินที่ใช้ในการทดลองมีระดับค่าความเป็นกรด-ด่างอยู่ในช่วง 7.0-7.9 ซึ่งจากงานทดลองนี้วัดค่าเฉลี่ยหลังจากการใส่เชื้อทั้งสองกลุ่มแล้วลดลงเหลือ 6.53-6.56 อย่างไรก็ตามการเติมเชื้อไมคอร์ไรซาเพียงอย่างเดียวจะสามารถยกระดับค่าความเป็นกรด-ด่างได้มากกว่าตำรับอื่นเล็กน้อย ส่วนการเติมเชื้อ PGPR ในข้าวโพดที่ปลูดด้วยระบบอินทรีย์ในเขตจังหวัดเชียงใหม่ก็ตอบสนองต่อค่าความเป็นกรด-ด่างเพียงเล็กน้อยเช่นกัน เมื่อเทียบกับตัวอย่างดินก่อนการทดลอง (อรวรรณ และคณะ, 2552) สำหรับปริมาณอินทรียวัตถุที่เพิ่มสูงขึ้นจากการใช้เชื้อไมคอร์ไรซาและ PGPR นั้นน่าจะเป็นผลสืบเนื่องจากการทำงานของปุ๋ยจุลินทรีย์ดังกล่าว โดยเฉพาะหากดินมีปริมาณอินทรียวัตถุต่ำ การเพิ่มขึ้นของอินทรียวัตถุจะเห็นอย่างเด่นชัดเมื่อมีการใช้เชื้อไมคอร์ไรซา เช่นงานทดลองของ Kragiannidis *et al.* (1997) ที่นำเชื้อไมคอร์ไรซาไปเติมให้กับต้นองุ่นในดินเนื้อร่วนปน

ทรายและมีปริมาณอินทรียวัตถุต่ำเพียง 1.2% ร่วมทั้งปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ไม่ถึง 10 ppm นั้นทำให้พบการตอบสนองของเชื้อไมคอร์ไรซาต่อการดูดธาตุอาหารขององุ่น ปริมาณสปอร์ของไมคอร์ไรซาและการเพิ่มขึ้นของอินทรียวัตถุเด่นชัดกว่าการไม่เติมเชื้อไมคอร์ไรซา สำหรับปริมาณโพแทสเซียมใต้ทรงพุ่มของลำไยนั้น ไม่มีความแตกต่างในทางสถิติ เมื่อมีการใช้เชื้อทั้งสองเดี่ยวๆหรือใช้ร่วมกับ ทั้งนี้อาจเป็นเพราะปริมาณโพแทสเซียมใต้ทรงพุ่มลำไยอยู่ในระดับที่สูงคือ 315-412 mgK/kg ซึ่งปริมาณโพแทสเซียมดังกล่าวไม่ตอบสนองต่อการใส่เชื้อในทุกตำรับ สอดคล้องกับงานทดลองของอรวรรณ และคณะ (2552) และ Safari Sinegani and Sharifa (2007) ซึ่งงานทดลองของทั้งสองได้ทำการทดสอบการใช้เชื้อ PGPR และเชื้อไมคอร์ไรซา เช่นกัน

การใช้เชื้อราไมคอร์ไรซาต่อการเจริญเติบโตของต้นกล้าลำไยนั้นเป็นการตรวจสอบศักยภาพในการเข้ารากและความสามารถในการอยู่รอดของสปอร์ไมคอร์ไรซาที่คัดเลือกมาจากได้ทรงพุ่มของต้นลำไยในแต่ละอำเภอ โดยงานทดลองครั้งนี้เป็นการทดลองกับต้นกล้าของลำไยซึ่งมีข้อมูลเกี่ยวกับพืชอาศัยในกลุ่มไม้ผลในประเทศไทยน้อยมาก ทั้งนี้พืชอาศัยที่เหมาะกับการเข้ารากของไมคอร์ไรซานั้นมักเป็นพวกข้าวบาร์เล่ ข้าวโพด หอมหัวใหญ่ มันฝรั่ง และSugar beet แต่อย่างไรก็ตามการติดเชื้อของไมคอร์ไรซามักถูกยกเว้นพืชในตระกูล Cruciferae และ Chenopodiaceae (Ocampo *et al.*, 1979) ส่วนงานวิจัยในประเทศไทยนั้นพบการเจริญของเชื้อราไมคอร์ไรซาร่วมกับพืชหลายชนิดเช่น มันสำปะหลัง และสตรอเบอร์รี่ (พรทิพย์, 2537; บังอร, 2545) ซึ่งการเข้ารากของเชื้อไมคอร์ไรซาในการทดลองครั้งนี้มีความผันแปรไปตามแหล่งที่มาของเชื้อไมคอร์ไรซาในแต่ละอำเภอรวมทั้งการเข้ารากจะเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาหลังการใส่เชื้อโดยมีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด 80% เมื่อใส่เชื้อไมคอร์ไรซาในต้นกล้าลำไยครบ 1 ปี คล้ายกับงานทดลองของ Francis and Read (0000) ที่ทดสอบการเข้ารากของเชื้อราไมคอร์ไรซาในต้น Forbs ซึ่งพบว่าความสามารถอยู่รอดของเชื้อไมคอร์ไรซาในรากเพิ่มสูงขึ้นเมื่อมีการนำเชื้อไมคอร์ไรซาที่มีความแตกต่างกัน 9 สายพันธุ์ โดยมีเพียง 2 สายพันธุ์เท่านั่นที่มีการเข้ารากลดลง ซึ่งอาจเป็นเพราะชนิดของสายพันธุ์ไมคอร์ไรซาเองรวมทั้งปัจจัยของพืชอาศัย (Brgyaraj, 1991) สำหรับปริมาณสปอร์ของไมคอร์ไรซาที่เพิ่มขึ้นหลังจากมีการใส่เชื้อตั้งแต่ 3-12 เดือนนั้น เป็นผลมาจากความเหมาะสมของสภาพดินที่ใช้ในการปลูกต้นกล้าลำไย ซึ่งมีสัดส่วนของดินและอินทรียวัตถุที่เหมาะสมทำให้การขยายสปอร์เพิ่มสูงขึ้นคล้ายกับงานทดลองของ Guar *et al.* (1998) ที่พบการติดเชื้อในรากและการสร้างสปอร์ของพริกในดินที่ใส่อินทรียวัตถุสูงกว่าดินที่ไม่ได้เติมอินทรียวัตถุ และงานทดลองของ Tanu *et al.* (2004) ซึ่งศึกษาชนิดของอินทรียวัตถุกับปริมาณไมคอร์ไรซาของพืชสมุนไพร 3 ชนิดพบว่าปริมาณของเชื้อไมคอร์ไรวาจะเพิ่มสูงขึ้นเมื่อมีการเติมอินทรียวัตถุในดินในอัตราที่สูงขึ้น สำหรับการตอบสนองทางด้านการเจริญเติบโตไม่ว่าจะเป็นทางด้านของความสูง ความกว้างของทรงพุ่ม และ

ความยาวของทรงพุ่มนั้น พบว่าการใช้เชื้อไมคอร์ไรซาในทุกตำรับทำให้การเจริญเติบโตของต้นกล้าลำไยสูงกว่าตำรับควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ สอดคล้องกับรายงานของ Verma and Arya (1998) ที่ทดสอบหัวเชื้อไมคอร์ไรซากับต้นไผ่ในวัสดุปลูก 2 ชนิด คือทรายผสมดิน และทรายผสมดินและปุ๋ยคอก โดยหลังการใส่เชื้อไมคอร์ไรซาในต้นไผ่นาน 12 เดือนทำให้ความสูง และน้ำหนักแห้งของต้นไผ่สูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ นอกจากนี้งานทดลองของ ณัฐวรางค์ (2530) ที่พบว่าเชื้อไมคอร์ไรซามีผลต่อการเจริญเติบโตของต้นกล้ากระถินยักษ์ และกระถินณรงค์อย่างมีนัยสำคัญ รวมทั้งงานทดลองของสายอรุณ (2548) ที่พบจำนวนใบต่อต้น น้ำหนักสด และน้ำหนักแห้งของต้นสตรอเบอร์รี่สูงขึ้นเมื่อมีการใส่เชื้อไมคอร์ไรซาในต้นกล้าสตรอเบอร์รี่อายุ 2 เดือน สำหรับปริมาณการสะสมธาตุอาหารในตัวอย่างใบลำไยพบว่าการตอบสนองต่อธาตุฟอสฟอรัสเด่นชัดมากกว่าไนโตรเจนและโพแทสเซียมทั้งนี้อาจเป็นเพราะบทบาทของเชื้อราไมคอร์ไรซานั้นจะช่วยในการดูดธาตุอาหารที่เคลื่อนที่ไม่มีในพืชโดยเฉพาะธาตุฟอสฟอรัสซึ่งสอดคล้องกับงานทดลองของ Bell et al. (1989) กล่าวว่าความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในเนื้อเยื่อต้นกล้าถั่วลิสงที่ปลูกในดิน Oxisol ในออสเตรเลียสูงกว่าต้นกล้าถั่วลิสงที่ไม่ได้ใส่เชื้ออย่างมีนัยสำคัญ นอกจากนี้ Thomson (1994) พบว่าเชื้อราไมคอร์ไรซาสามารถแก้ไขอาการขาดธาตุฟอสฟอรัสและสังกะสีของต้นแฟลกซ์ โดยตรวจสอบพบระดับความเข้มข้นของฟอสฟอรัสและสังกะสีในตัวอย่างพืชแห้งสูงกว่าการไม่ใส่เชื้อไมคอร์ไรซาอย่างเด่นชัด ขณะที่ความเข้มข้นของปริมาณโพแทสเซียมในตัวอย่างต้น *Agropyron repens* ไม่มีการตอบสนองต่อการใส่เชื้อไมคอร์ไรซาและไม่ใส่เชื้อไมคอร์ไรซาแต่อย่างใด (George *et al*,. 1992) รวมทั้งไม่มีการตอบสนองของการสะสมธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมในส่วนเหนือดินของตัวอย่างสตรอเบอร์รี่พันธุ์พระราชทาน 70 ที่ระยะ 2 เดือนหลังการย้ายปลูก (สายอรุณ, 2548) จากงานทดลองครั้งนี้ทำให้เห็นประโยชน์ของการใส่เชื้อไมคอร์ไรซาต่อการเจริญเติบโตของต้นกล้าลำไย ต่อการเข้ารากจำนวนสปอร์ การเจริญเติบโตในด้านความสูง ความกว้างของทรงพุ่ม และความยาวของทรงพุ่ม รวมทั้งการสะสมปริมาณธาตุอาหารหลักโดยเฉพาะฟอสฟอรัส ทำให้สามารถนำเอาข้อมูลพื้นฐานจากงานวิจัยครั้งนี้มาเป็นแนวทางในการวิจัยที่เกี่ยวกับการผลิตต้นกล้าของไม้ผลในตระกูลใกล้เคียงกับลำไยหรือตระกูลอื่น เพื่อเสริมสร้างความแข็งแรงของต้นกล้าแล้วยังเพิ่มความสามารถในการดูดธาตุอาหารเพิ่มมากขึ้นอีกด้วย

เอกสารอ้างอิง

โครงการถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตลำไยและลิ้นจี่ศูนย์วิจัยและพัฒนาลำไยและลิ้นจี่. 2543. **การผลิตลำไย.** มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ศูนย์วิจัยและพัฒนาลำไยและการผลิตลำไย. 128 น.

จำเนียร ทองพันชั่ง. 2546. **การปลูกลำไย.** นนทบุรี. เกษตรสาสน์. 128น.

ณัฐวรางค์ สงวนราชทรัพย์. 2530. **ชนิตและผลของเชื้อเวสสิคูลาร์ไมคอร์ไรซาต่อการเจริญเติบโตของกล้าไม้บางชนิต.**วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เนาวรัตน์ ศิวะศิลป์. 2527**. คู่มือวิเคราะห์ดิน พืช และปุ๋ย.** ภาควิชาปฐพีศาสตร์และอนุรักษ์ศาสตร์

บังอร แสนคาน. 2545. **การตอบสนองของสตรอเบอรี่ต่อเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาในพื้นที่เกษตร.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

พรทิพย์ เจริญพิวัฒพงษ์. 2537. **ผลของเสสิคูลา อาบัสคูลา ไมคอไรซาต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของดาวเรือง Tagetes erecta**. วิทยานิพนธ์.วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต.สาขาวิชาชีววิทยา. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

สายอรุณ อินทสาร. 2548. **ประสิทธิภาพของหัวเชื้อราอาบัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาที่ผลิตเป็นการค้าต่อการตอบสนองของสตรอเบอร์รี่พันธุ์ต่างๆ.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

สิทธิชัย ตันธนะสฤษดิ์. 2541. **มลพิษสิ่งแวดล้อม.** ภาควิชาอนุรักษ์วิทยา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. (5), 397น.

อุทัยวรรณ แสงวณิช. 2534. **เอคโตไมคอร์ไรซาของพืชป่าไม้**. เอกสารประกอบการบรรยายในโครงการ

อรอวรรณ ฉัตรสีรุ้ง, จิราพร ตุติวุฒิกุล, อังสนา อัครพิศาล, สมศักดิ์ จีรัตน์, สุพัตรา จีรัตน์, ยุทธศักดิ์ ยืนน้อย และอภิศักดิ์ กำเพ็ญ. 2552. **โครงการศักยภาพของปุ๋ยอินทรีย์ต่อการเพิ่มผลผลิตข้าวโพดฝักอ่อนปีที่ 1 ในที่นา ต.แม่ทา อ.ม่อนจ.เชียงใหม่** .รายงานวิจัยเพื่อท้องถิ่นฉบับสมบูรณ์ (สกว.สำนักงานภาค). 98 น.

อนงค์ จันทร์ศรีสกุล. 2542. **เห็ดเมืองไทย เทคโนโลยีการเพาะเห็ด.** ไทยวัฒนาพานิช จำกัด กทม.

อนันต์ ดำรงสุข. 2547. **ลำไย.** กรุงเทพฯ: อักษรสยามการพิมพ์. 152 น.

อนิวรรต เฉลิมพงษ์ และธีรวัฒน์ บุญทวี. 2524. **การสำรวจเชื้อราไมคอร์ไรซ่าที่สัมพันธ์กับรากต้นไม้ใน**

Akbari, G.A., S.M. Arab, H.A. Alikhani, I. Allahdadi and M.H. Arzanesh. 2007. Isolation and selection of indigenous Azospirillum spp. and the IAA of superior strains effects on wheat roots. **World J. Agric.** Sci. 3 (4), 523–529.

Al-Raddad, A. 1993. **Distribution of different Glomus species in rainfed areas in Jordan.** Dirasat, 20: 165-182.

Arangarasan, V., S.P. Palaniappan and S. Chelliah. 1998. Inoculation effects of diazotrops and phosphobacteria on rice. **Indian Journal of Microbiology,** 38:111-112.

Bagyaraj, D.J. 1991. Ecolog of vesicular arbuscular mycorrhizae. *In* Arora D.K., Raj G., Mukerji K.G. and Kundsen G.R. 1991. **Handbook of Applied Mycology**. Marcel Dekker. Inc. New York.

Bai, Y., B. Pan., T.C. Charles and D.L. Smoth. 2002. Co-inoculation dose and root zone temperature for plant growth promoting rhizobacteria on soybean (Glycine max (L.) Merr) grown in soil-less media. **Soil Biology & Biochemistry**, 34: 1953–1957

Bell, M.J., K.J. Midleton and J.P. Thompson. 1989. Effect of vesicular- arbuscular mycorrhizae on growth and phosphorus and zine nutrition of peanut (Archid hypogaea L.) in an Qxisol from subtropical Australia. **Plant and Soil.** 117:49-57.

Bloemberg, G.V and B. J. J. Lugtenberg. 2001. Molecular basis of plant growth promotion and biotecontrol by rhizobacteria. Curr. Opi. **In Plant Bio**, 4:343-350

Brundrett, M. C and L.K. Abbott. 1995. Mycorrhizal fungus propagules in the Jarrah Forest. II. Spatial variability in incoculum levels. **New Phytologist** 131 (4): 461-469

Brundrett, M. C., N. Bougher, BDell, T. Grove and N. Malajczuk. 1996. **Working with Mycorrhizas in Forestry and Agriculture.** ACIAR Monograph. Canberra, Australia.32: 1-374

Cha, C., P. Gao., Y.C. Chen., P.D. Shaaw and S.K. Farrand. 1998. Production of acyl-homoserine lactone quorum-sensing signals by Gram-negative plant-associated bacteria. Mol. **Plant Microbe Inter.** 11:1,1,119-1,129.

Chalermpongse, A. 1994. **Paper presented to the Tentative Training Program on the Culture and Deep- Processing Techniques of Edible Fungi for the Sino-Thai Scientific and Technical Copperation** Program 1993 – 1994, Organized by Kasetsart University, Bangkok, Thailand, June 24 – July 5.

Daniels, R., J. Vanderleyden and J. Michiels. 2004. Quorum sensing and swarming migration in bacteria. **FEMS Microbiology Reviews**, 28:261-289.

Dodd, J.C and D.F. Phillip. 1996. **Spore and root extraction from pot culture**[online]. Available :http:www.bio.uke.ac.uk/beg.Protocols/extraction.htm. [2012, Sep 05]

Duponnois, R., C. Plenchette, J. Thioulouse and P. Cadet . 2001. The mycorrhizal soil infectivity and arbuscular mycorrhizal fungal spore communities in soils of different aged fallows in Senegal. **Applied Soil Ecology** 17 (2001) 239–251

Eissenstat, D.M., J.H. Graham, J.P. Syvertsen and D.L. Drouillard. 1993. Carbon economy of sour orange in relation to mycorrhizal colonization and phosphorus status. **Ann. Bot**. 71:1-10.

Esitken, A., H. Karlidag, S. Ercisli and F. Sahin. 2002. Effects of foliar application of Bacillus subtilis Osu-142 on the yield, growth and control of shot-hole disease (Coryneum blight) of apricot. **Gartenbauwissenschaft** 67, 139–142.

Esitken, A., H. Karlidag, S. Ercisli, M. Turan and F. Sahin. 2003. The effect of spraying a growth promoting bacterium on the yield, growth and nutrient element composition of leaves of apricot (Prunus armeniaca L. cv. Hacihaliloglu). **Aust. J. Agric. Res**. 54, 377–380.

Esitken, A., L. Pirlak, M. Turan and F. Sahin. 2006. Effects of floral and foliar application of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on yield, growth and nutrition of sweet cherry. **Sci. Hort.** 110, 324–327.

Francis, R. and D. J. Read. 1994. The contributions of mycorrhizal fungi to the determination of plant community structure. **Plant and Soil**. 159 :11-25.

Fray, R.G. 2002. Altering plant-microbe interaction through artificially manipulating bacterial quorum sensing. **Ann. Bot.**, 89:245-253.

Gaur, A. and A. Adholeya. And K.G. Mukeni. 1998. A comparison of AM fungi inoculants using Capsicum and Polianthes in marginal soil amended with oeganic matter. **Mycorrhiza.** 7(6):307-312.

Geore, E. K.U. Haussler., D. Vetterlein., E. Gorgus and H. Marschner. 1992. Water and nutrient translocation by hyphae of *Glomus mosseae*. **Can. J. Bot**. 70, 2130-2137.

Gerdemann, J.W. 1968. Vesicular – arbuscular mycorrhiza and plant growth. Annu. **Rev. Phytopathologe** 6:397-418.

Glick, B.R., C.L. Patten, G. Holguin and D.M. Penrose, 1999. **Biochemical and genetic mechanisms used by plant growth promoting bacteria**. Imperial College Press, Waterloo, Ontario, Canada, total number of page.

Graham, J.H. 1986. Citrus mycorrhizae: potential bene®ts and interactions with pathogens. **HortScience** 21, 1302-1306.

Han, J., L. Sun., X. Dong., Z. Cai., X. Sun., H. Yang., Y. Wang and W. Song. 2005. Characterization of a novel plant growth-promoting bacteria strain *Delftia tsuruhatensis* HR4 both as a diazotroph and a potential biocontrol agent against various pathogen. **Syst. and Applied Micro.,** 28:66-76.

Harley, J. L and S. E. Smith, 1983. **Mycorrhizal Symbiosis.** Academic Press, Toronto.

Hause, B., W. Maier., O. Miersch., R. Kramell and D. Strack. 2002. Induction of jasmonate biosynthesis in arbuscular mycorrhizal barley roots. **Plant Physiol.**, 130:1,213-1,220.

Islam, N and L.C. Bora. 1998. Biological management of bacterial leaf blight of rice (*Oryza sativa*) with plant growth promoting rhizobacteria. **Ind. J. Agric. Sci.**, 68:798-800.

Jackson, M.L. 1967. **Soil chemical analysis**. Prentice-Hall. New Delhi. 498p.

James, E.K., V.M. Reis., F.L. Olivares., J.I. Baldani and J. Dobereiner. 1994. Infection of sugar cane by the nitrogen-fixing bacterium *Acetobacter diazotrophicus*. **J. Exp. Bot.**, 45:757-766.

Jetiyanon, K and J.W. Kloepper. 2002. Mixtures of plant growth-promoting rhizobacteria for induction of systemic resistance against multiple plant diseases. **Biological Control,** 24:285-291.

Johnson, C.R. 1984. Phosphorus nutrition on mycorrhizal colonization photosynthesis growth and nutrient composition of Citrus aurantium. **Plant and Soil** 80, 35-42.

Kanungo, P.K., B. Ramakrishnan and V.R. Rao. 1997. Placement effect of organic sources on nitrogenase activity and nitrogen-fixing bacteria inflooded rice soils. **Biology and Fertility of Soils**, 25:103-108.

Karlidag, H., A. Esitken, M. Turan and F. Sahin. 2007. Effects of root inoculation of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on yield, growth and nutrient element contents of leaves of apple. **Scientia Hort.**114:16-20.

Kennedy, I.R and Y. Tchan. 1992. Biological nitrogen fixation in nonleguminous field crops: recent advances. **Plant and Soil**, 141:93-118.

Kloepper, J.W. 1994. Plant growth promoting bacteria (other systems). In: Okon, J. (Ed.), Azospirillum/Plant Association. CRC Press, **Boca Raton**, pp. 137–154.

Kragiannidis, N., D. Velemis and N. Stavroroulos. 1997. **Root colonization and spore population by VA-mycorrhizal fungi in four grapevine rootstocks.** Vitis 36 (2), 57-60

Kurek, E and J. Jaroszuk-Scisel. 2003. Rye (*Secale cereale*) growth promotion by *Pseudomonas fluorescens* strains and their interactions with *Fusarium culmorum* under various soil conditions**. Biological Control,** 26:48-56.

Lithgow, J. K., A. Wilkinson, A. Hardman, B. Rodelas, F. WisniewskiDye, P. Williams and J. A. Downie. 2000. The regulatory locus *cinRI* in Rhizobium leguminosarum controls a network of quorumsensing loci**. Mol Microbiol** 37, 81–97

Marx, D.H and J.P. Barnett. 1974. MycorrhiZae and Containerized forest tree seedling. Proc of the North American. Containerized Forest Tree Improvement Symposium, August 1974, Denver, Colorado, **Great Plain Agriculture Council Pubi.**, No. 86. p. 85-92.

Malik, K.A., M.S. Mirza., U. Hassan., S. Mehnaz., G. Rasul., J. Haurat., R. Bally and P. Normand. 2002. The role of plantassociated beneficial bacteria in rice-wheat cropping system. *In:* Biofertilisers in Action. **Rural Industries Research and Development Corporation. Kennedy, I.R. and Choudhury, A.T.M.A.** (eds.). Canberra, p. 73-83.

Mayak, S., T. Tirosh and B.R. Glick. 1999. Effect of wild-type and mutant plant growth-promoting rhizobacteria on the rooting of mung bean cuttings. **J. Plant Growth Reg.**, 18:49-53.

Mc Gee, P. 1989. Variation in propagule numbers of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi in a semi-arid soil. New Phytopathology. **Mycological Research**, 92: 28-33.

Mellado, C. 2000. **Title of abstract. Proceedings of 8th International Symposium on Nitrogen Fixation with Non Legume**; December 3-7, 2000; The University of Sydney NSW, Australia, page number of abstract.

Menge, J.A. 1983. Utilization of vesicular±arbuscular mycorrhizal fungi in agriculture. Can. **J. Bot.** 61, 1015-1024.

Metraux, J.P. 2001. Systemic acquired resistance and salicylic acid: current state of knowledge. Eur. **J. Plant Pathol.**, 107:13-18.

Mikola, 1973. **Application of mycorrizai symbiosis in Forest Practice, Ectomycorrhizae.** cademic Press lnc., New York and London. P. 383-415.

Mohammad, M.J., S. R. Hamadt and H. I. Malkawit. 2003. Population of arbuscular mycorrhizal fungi in semi-arid environment of Jordan as influenced by biotic and abiotic factors. **Journal of Arid Environments**. 53: 409-417

Mosse, B. 1981. **Vesicular-arbuscular Mycorrhizal Research for Tropical Agriculture. Research Bull.** 194. College of Tropical Agriculture and Human Resources. University of Hawaii. Honolulu. USA. 82 p.

Nealson, K.H and J.W.Hastings, 1979. Bacterial bioluminescence : its control and ecological significance. **Microbiol. Rev.**, 43:496-518.

Ocamop, J.A., J.Martin. and D.S. Hayman. 1980. Influence of plant interaction on vesicular-arbuscular mycorrhizal infection. I Host and non-host plants grown together. **New Phytol**,87. 333-334.

Orhan, E., A. Esitken, S. Ercisli, M.Turan and F. Sahin. 2006. Effects of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on yield, growth and nutrient contents in organically growing raspberry. **Sci. Hort.** 111, 38–43.

Probanaza, A., G.J.A Lucas., P.M. Ruiz., B. Ramos and M.F.J. Gutierrez. 2002. *Pinus pinea* L. Seedling growth and bacterial rhizosphere structure after inoculation with PGPR Bacillus (*B. licheniformis* CECT 5106 and *B. pumilus* CECT 5105). **Applied Soil Ecology**, 20:75-84.

Ramos, B., G.J.A. Lucas., A. Probanza,. M.L. Barrientos and M.F.J. Guterrrez. 2002. Alterations in the rhizobacterial community associated with European alder growth when

inoculated with PGPR strain *Bacillus licheniformis*. **Environmental and Experimental Botany**, 49:61-68.

Redhead, M.L.G. 1975. Symmetry in intertheory relaticn. Synthese. 32, 77-112.

Reymond, P and E.E. Farmer., 1998. Jasmonate and salicylate as global signals for defense gene expression. Curr. Opin. **Plant Biol.**, 5:404-411.

Rodriguez, H and R.Fraga. 1999. Phosphate solubilizing bacteria and their role in plant growth promotion. **Biotechnol. Adv.** 17, 319–339.

Safari, S and Z. Sharifa. 2007. The Abundance of Arbuscular Mycorrhizal Fungi Spores in Rhizospheres of Different Crops. **Turk J Biol.** 31, 181-185

Saleh, S.A., G.A.A. Mekhemar., A.A.A. El-Soud., A.A. Ragab and F.T. Mikhaeel. 2001. **Survival of *Azorhizobium* and *Azospirillum* in different carrier materials: inoculation of wheat and *Sesbania rostrata*.** Bulletin of Faculty of Agriculture, Cairo University, 52:319-338.

Singh, U.P., B.K. Sarma and D.P. Singh. 2003. Effect of plant growth-promoting rhizobacteria and culture filtrate of *Sclerotium rolfsii* on phenolic and salicylic acid contents in chickpea *(Cicer arietinum)*. **Curr. Microbiol.**, 46:131-140.

Son, C.L and S.E., Smith. 1988. Mycorrhizal growth responses: interactions between photon irradiance and phosphorus nutrition. **New Phytologist**.108: 305–314.

Stacey, G., R.H. Burris and H.J. Evans. 1992. **Biological Nitrogen Fixation.** Routledge, Chapman and Hall, Inc., New York.

Stamps, R. H. 2007. Effects of Hoagland's Solution concentration and Aeration on Hydroponic Pteris vittata Production. **Proc.Fla. State Hort. Soc.** 120: 337-339

Sturz, A.V and J. Nowak. 2000. Endophytic communities of rhizobacteria and the strategies required to create yield enhancing associations with crops. Appl. **Soil Ecol**. 15, 183–190.

Sudhakar, P., G.N. Chattopadhyay, S.K. Gangwar and J.K. Ghosh. 2000. Effect of foliar application of Azotobacter, Azospirillum and Beijerinckia on leaf yield and quality of mulberry (Morus alba). **J. Agric. Sci.** 134, 227–234.

Tanu., A. Prakash. and A. Adholeya. 2004. Effect of different organic manures/composts on the herbage and essential oil yield of *Cymbopoogon winterianus* and their influence on

the native AM population in a marginal alfisol. **Bioresource technology.** 92:311-319.

Thomson, B.D.N. Malajcuk, T.S. Grove and G.E.J. Hardy. 1993. Improving the colonization of ectomycorrhizal fungal cultures by association with a host plant and re-isolation. **Mycological Research**. 97 : 839-844.

Thomson. J.P. 1994. Inoculation with vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi from cropped soil over comes long-fallow disorder of linseed (Linum usitaissiumum L.) by improving P and Zn uptake. **Soil Biology and Biochemistry**. 26:1133-1143.

Verma, P.K. and I.D. Arya. 1998. Effect of arbuscular mycorrhiza fungi isolates and organic manure on growth and mycorrhization of micropropagated *Dendrocalamus asper* planets and on spore production in their rhizosphere. **Mycorrhiza**. 8(2) : 113-116.

Walkley, A. and I.A. Black, 1947. **Chromic acid titration method for determination of soil organic matter.** Soil. Sci. Amer. Proc. 63:257.

Wani, S.P. 1990. Inoculation with associative nitrogen fixing bacteria in cereal grain production improvement. **Indian J. Microbiol**. 30, 363–393.

Watanabe, F.S. and S. R. Osen. 1962. Calorimetric determination of phosphorus in water extracts of soil. **Soil Sci**.93:183-188.

Wayne E. S. 1980. **Handbook on reference methods for soil testing**. University of Georgia, Athens

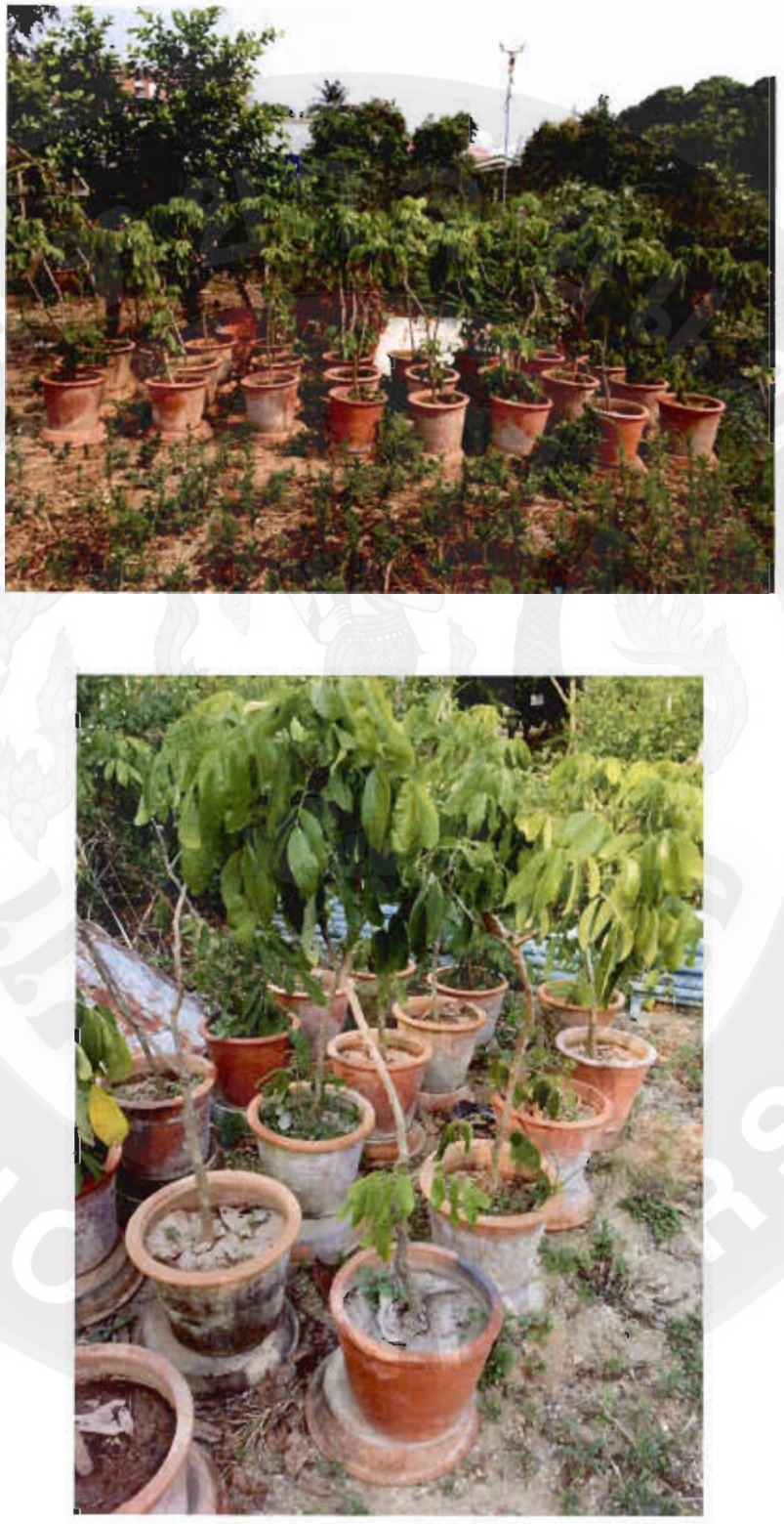
Weild, V.I., E. Paiva., A. Nobrega., D. Elsasvand and L. Selgin. 2000. Diversity of Paenibacillus polymyxa strain isolated from the rhizosphere of maize planted in Cerrado soil. **Res. Microbiol.**, 151:369-381.

ภาคผนวก

ภาคผนวก

ภาพการทดลอง

ภาพที่ 1 ลักษณะการเข้ารากของเชื้อราอาบัสคูล่าไมคอร์ไรซา



ภาพที่ 2 ต้นกล้าลำไยที่ปลูกในกระถาง