



ใบรับรองวิทยานิพนธ์
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการจัดการทางดิน)

ปริญญา

วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการจัดการทางดิน

ปฐพีวิทยา

สาขา

ภาควิชา

เรื่อง ผลของการใช้ *Glomus aggregatum* ในการเพิ่มความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัสในดิน
กรดสวนองุ่นที่ใส่ปุ๋ยฟอสเฟตในระดับที่แตกต่างกัน

The Effects of *Glomus aggregatum* on Available Phosphorus Enhancement in Grape
Orchard Acid Soil at Different Level of Phosphate Fertilizer Application

นามผู้วิจัย นางสาวสายฝน เทียมทะนงค์

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(..... อาจารย์ศุภชัย อ่ำกา, Ph.D.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม
(..... รองศาสตราจารย์ธงชัย มาลา, Ph.D.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม
(..... อาจารย์กนกกร สีนมา, Ph.D.)

หัวหน้าภาควิชา
(..... ผู้ช่วยศาสตราจารย์อรรถศิษฐ์ วงศ์มณีโรจน์, วท.ม.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

(..... รองศาสตราจารย์กัญญา ธีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ เดือน พ.ศ.

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

ผลของการใช้ *Glomus aggregatum* ในการเพิ่มความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัสในดินกรดสวนองุ่นที่ใส่ปุ๋ยฟอสเฟตในระดับที่แตกต่างกัน

The Effects of *Glomus aggregatum* on Available Phosphorus Enhancement in Grape Orchard Acid Soil at Different Level of Phosphate Fertilizer Application

โดย

นางสาวสายฝน เทียมทะนงค์

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการจัดการทางดิน)

พ.ศ. 2558

สายฝน เทียมทะนงค์ 2557: ผลของการใช้ *Glomus aggregatum* ในการเพิ่มความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัสในดินกรดสวนองุ่นที่ใส่ปุ๋ยฟอสเฟตในระดับที่แตกต่างกัน ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการจัดการทางดิน) สาขา วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการจัดการทางดิน ภาควิชาปฐพีวิทยา อาจารย์ที่ปรึกษา วิทยานิพนธ์หลัก: อาจารย์ศุภชัย อ่ำคา, Ph.D. 83 หน้า

จากการศึกษาผลของเชื้อราไมคอร์ไรซาร่วมกับปุ๋ยฟอสฟอรัสต่อการละลายฟอสเฟตและคุณสมบัติดินในสวนองุ่น โดยวางแผนการทดลองแบบ 3x2x5 Factorial Design in CRD จำนวน 3 ซ้ำ ประกอบด้วย 3 ปัจจัย ได้แก่ ปัจจัยที่ 1 พันธุ์องุ่น คือ Beauty Seedless (B), Loose Perlette (L) Black Opal (BL) ปัจจัยที่ 2 เชื้อราไมคอร์ไรซา *Glomus aggregatum* 2 ระดับ คือ ไม่ใส่เชื้อรา (N) และใส่เชื้อราไมคอร์ไรซา 300 กรัมต่อต้น (I) และปัจจัยที่ 3 ปุ๋ยฟอสเฟตโดยใส่ปุ๋ยฟอสเฟตตามคำแนะนำ 5 ระดับ คือ 0, 27.17, 54.34, 81.52 และ 108.69 กรัมต่อต้น โดยเก็บข้อมูลจำนวนสปอร์ในดิน ความหนาแน่นการเข้าสู่รากพืชของเชื้อราและกิจกรรมเอนไซม์ฟอสฟาเทส ปฏิกริยาดินดิน ปริมาณธาตุฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินและและปริมาณความเข้มข้นของฟอสฟอรัสทั้งหมดในใบองุ่น

ผลการทดลองพบว่า การปลูกองุ่นพันธุ์ Beauty Seedless ส่งเสริมการเพิ่มจำนวนสปอร์ในดินและความหนาแน่นของการเข้าสู่รากพืชและการละลายฟอสเฟตในดินสูง รวมถึงการใส่ปุ๋ยฟอสเฟตที่อัตรา 27.17 กรัมต่อต้น ส่งเสริมให้จำนวนสปอร์ในดินเพิ่มขึ้น ในขณะที่การใส่ปุ๋ยฟอสเฟตที่อัตรา 54.34 กรัมต่อต้น ส่งเสริมให้ความสามารถการเข้าสู่รากพืชของเชื้อราไมคอร์ไรซาและปริมาณเอนไซม์ฟอสฟาเทสเพิ่มขึ้น และมีผลทำให้ค่าปฏิกริยาดิน ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน และปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในใบเพิ่มขึ้น โดยพบว่า การใส่ปุ๋ยฟอสเฟตที่อัตรา 54.34 กรัมต่อต้น มีผลให้ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน และปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในใบเพิ่มขึ้น ในขณะที่การใส่ปุ๋ยฟอสเฟตที่อัตรา 27.17 กรัมต่อต้น มีผลให้ค่าปฏิกริยาดินเพิ่มขึ้น

ลายมือชื่อนิสิต

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

Saifon Tiamtanong 2014: The Effects of *Glomus aggregatum* on Available Phosphorus Enhancement in Grape Orchard Acid Soil at Different level of Phosphate Fertilizer Application. Master of Science (Soil Science and Management Technology), Major Field: Soil Science and Management Technology, Department of Soil Science. Thesis Advisor: Mr. Suphachai Amkha, Ph.D. 83 pages.

To study the effect of mycorrhizal fungi with phosphate fertilizer on phosphate solubilizing and some soil properties in grapes orchard. The experimental was using 3x2x5 factorial in Completely Randomized Design (CRD) with 3 replications on as comfits factor 1 was grape varieties (Beauty Seedless, Loose Perlette and Black opal), factor 2 was mycorrhizal fungi inoculation (Non-mycorrhizal fungi inoculation and mycorrhizal fungi inoculation) and factor 3 was phosphate fertilizers application (0, 27.17, 54.34, 81.52 and 108.69 g plant⁻¹) The data collected about that spore number, root colonization density, activities phosphatases enzyme, soil pH, available phosphorus in soil and total concentration of phosphorus in leaf grape.

The results that Beauty Seedless varietie increased spore number, root colonization density and activities phosphatases enzyme. By the time, mycorrhizal fungi combination with 27.17 g plant⁻¹ of phosphate fertilizer increased spore number and mycorrhizal fungi combination with 54.34 g plant⁻¹ of phosphate fertilizer increased root colonization density, activities phosphatases enzyme, , root colonization density, activities phosphatases enzyme, soil pH, available phosphorus in soil and total concentration of phosphorus in leaf grape. While, mycorrhizal fungi combination with 27.17 g plant⁻¹ of phosphate fertilizer effect soil pH.

Student's signature

Thesis Advisor's signature

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ อาจารย์ ดร.ศุภชัย อัครา อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ที่ช่วยให้คำแนะนำ คำปรึกษา และให้ความช่วยเหลือในทุกๆด้าน ไม่ว่าจะเป็นเรื่องการเรียนรู้ การทำวิทยานิพนธ์และอื่นๆอีกมากมาย ตลอดจนการตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้กับข้าพเจ้าเป็นอย่างดี ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.ชงชัย มาลา และ ดร. กนกกร สีนมา อาจารย์ที่ปรึกษาร่วมวิทยานิพนธ์ รวมทั้ง ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชัยสิทธิ์ ทองจุก ประธานการสอบ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ขวัญชัย คุณเจริญไพศาล ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก ที่ให้ความกรุณาแนะนำและตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น ผู้เขียนจึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

วิทยานิพนธ์นี้ ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยระดับบัณฑิตศึกษา เพื่อการตีพิมพ์ผลงานในวารสารวิชาการระดับนานาชาติ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ประจำปีงบประมาณ 2555

ขอขอบคุณภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม ที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่ปฏิบัติการวัสดุ และอุปกรณ์ ตลอดจนคำแนะนำด้านเทคนิคต่างๆ และได้รับผงบ่มเชื้อราไมคอร์ไรซา จากห้องปฏิบัติการจุลชีววิทยาทางดิน ภาควิชาปฐพีวิทยาและขอขอบพระคุณแปลงเกษตรกร ตำบลวังน้ำเขียว อำเภอวังน้ำเขียว จังหวัดนครราชสีมา ที่สนับสนุนสถานที่ในการทำวิจัย

สุดท้ายนี้ ข้าพเจ้าขอกราบขอบคุณ ครอบครัวสุดรัก ที่ให้การสนับสนุนและส่งเสริมการศึกษาของข้าพเจ้าด้วยดีตลอดมา และเป็นกำลังใจให้ความช่วยเหลือในการทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้จนสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

สายฝน เทียมทะนงค์

ธันวาคม 2557

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(3)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	3
การตรวจเอกสาร	4
อุปกรณ์และวิธีการ	17
อุปกรณ์	17
วิธีการ	18
ผลและวิจารณ์	25
สรุปผลการทดลอง	68
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	69
ภาคผนวก	77
ประวัติการศึกษาและการทำงาน	83

สารบัญญัตินำ

ตารางที่	หน้า
1 สมบัติทางเคมีบางประการของดินก่อนการทดลอง	19
2 จำนวนสปอร์ในดินของ <i>Glomus aggregatum</i> มีอิทธิพลต่อดินกรดในสวนองุ่นที่ ระยะเริ่มออกดอกและระยะติดผล (สปอร์ต่อกรัม)	28
3 ความหนาแน่นในการเข้าสู่รากพืชของ <i>Glomus aggregatum</i> มีอิทธิพลต่อดินกรด ในสวนองุ่นที่ระยะเริ่มออกดอกและระยะติดผล (เปอร์เซ็นต์)	34
4 กิจกรรมเอนไซม์ฟอสฟาเทสของ <i>Glomus aggregatum</i> มีอิทธิพลต่อดินกรดใน สวนองุ่นที่ระยะเริ่มออกดอกและระยะติดผล	41
5 ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินสวนองุ่นที่ระยะเริ่มออกดอก ติดผลและ การเก็บเกี่ยว (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)	48
6 ค่าปฏิกิริยาดินในสวนองุ่นที่ระยะเริ่มออกดอก ติดผลและหลังการเก็บเกี่ยว	56
7 ปริมาณความเข้มข้นของฟอสฟอรัสทั้งหมดในใบขององุ่นที่ระยะเริ่มออกดอก และระยะเก็บเกี่ยว (เปอร์เซ็นต์)	64

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	จำนวนสปอร์ (สปอร์ต่อกรัม) ในดินที่ระยะการเจริญเติบโตต่างๆของการใส่เชื้อราไมคอร์ไรซาร่วมกับปุ๋ยมันฝรั่งต่างๆ	29
2	จำนวนสปอร์ (สปอร์ต่อกรัม) ในดินที่ระยะการเจริญเติบโตต่างๆของการใส่เชื้อราไมคอร์ไรซาร่วมกับปุ๋ยฟอสเฟตในอัตราที่แตกต่างกัน	30
3	จำนวนสปอร์ (สปอร์ต่อกรัม) ในดินที่ระยะการเจริญเติบโตต่างๆของการใส่เชื้อราไมคอร์ไรซาร่วมกับปุ๋ยฟอสเฟตในอัตราที่แตกต่างกันในแปลงปุ๋ยทั้ง 3 พันธุ์	31
4	ความหนาแน่นในการเข้าสู่รากพืชของเชื้อรา (เปอร์เซ็นต์) ที่ระยะการเจริญเติบโตต่างๆของการใส่เชื้อราไมคอร์ไรซาร่วมกับปุ๋ยมันฝรั่งต่างๆ	35
5	ความหนาแน่นในการเข้าสู่รากพืชของปุ๋ย (เปอร์เซ็นต์) ที่ระยะการเจริญเติบโตต่างๆของการใส่เชื้อราไมคอร์ไรซาร่วมกับปุ๋ยฟอสเฟตในอัตราที่แตกต่างกัน	36
6	ความหนาแน่นในการเข้าสู่รากพืชของปุ๋ย (เปอร์เซ็นต์) ที่ระยะการเจริญเติบโตต่างๆของการใส่เชื้อราไมคอร์ไรซาร่วมกับปุ๋ยฟอสเฟตในอัตราที่แตกต่างกันในแปลงปุ๋ยทั้ง 3 พันธุ์	37
7	กิจกรรมเอนไซม์ฟอสฟาเทสบริเวณรากของปุ๋ยที่ระยะการเจริญเติบโตต่างๆของการใส่เชื้อราไมคอร์ไรซาร่วมกับปุ๋ยมันฝรั่งต่างๆ	42
8	กิจกรรมเอนไซม์ฟอสฟาเทสบริเวณรากของปุ๋ยที่ระยะการเจริญเติบโตต่างๆของการใส่เชื้อราไมคอร์ไรซาร่วมกับปุ๋ยฟอสเฟตในอัตราที่แตกต่างกัน	43
9	กิจกรรมเอนไซม์ฟอสฟาเทสบริเวณรากของปุ๋ยที่ระยะการเจริญเติบโตต่างๆของการใส่เชื้อราไมคอร์ไรซาร่วมกับปุ๋ยฟอสเฟตในอัตราที่แตกต่างกันในแปลงปุ๋ยทั้ง 3 พันธุ์	44

สารบัญญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
10	ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน (มิลลิกรัม/กิโลกรัม) ที่ระยะการเจริญเติบโตต่างๆของการใส่เชื้อราไมคอร์ไรซาร่วมกับปุ๋ยอินทรีย์ต่างๆ	49
11	ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน (มิลลิกรัม/กิโลกรัม) ที่ระยะการเจริญเติบโตต่างๆของพันธุ์อินทรีย์ร่วมกับปุ๋ยฟอสเฟตในอัตราที่แตกต่างกัน	50
12	ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน (มิลลิกรัม/กิโลกรัม) ที่ระยะการเจริญเติบโตต่างๆของเชื้อราไมคอร์ไรซาร่วมกับปุ๋ยฟอสเฟตในอัตราที่แตกต่างกัน	51
13	ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน (มิลลิกรัม/กิโลกรัม) ที่ระยะการเจริญเติบโตต่างๆของการใส่เชื้อราไมคอร์ไรซาร่วมกับปุ๋ยฟอสเฟตในอัตราที่แตกต่างกันในแปลงอินทรีย์ 3 พันธุ์	52
14	ปฏิกิริยาดินที่ระยะการเจริญเติบโตต่างๆของการใส่เชื้อราไมคอร์ไรซาร่วมกับอินทรีย์ต่างๆ	57
15	ปฏิกิริยาดินที่ระยะการเจริญเติบโตต่างๆของพันธุ์อินทรีย์ร่วมกับปุ๋ยฟอสเฟตในอัตราที่แตกต่างกัน	58
16	ปฏิกิริยาดินที่ระยะการเจริญเติบโตต่างๆของเชื้อราไมคอร์ไรซาร่วมกับปุ๋ยฟอสเฟตในอัตราที่แตกต่างกัน	59
17	ปฏิกิริยาดินที่ระยะการเจริญเติบโตต่างๆของการใส่เชื้อราไมคอร์ไรซาร่วมกับปุ๋ยฟอสเฟตในอัตราที่แตกต่างกันในแปลงอินทรีย์ 3 พันธุ์	60

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
18	ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในใบ (เปอร์เซ็นต์) ที่ระยะการเจริญเติบโตต่างๆของการใส่เชื้อราไมคอร์ไรซาร่วมกับองุ่นพันธุ์ต่างๆ	65
19	ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในใบ (เปอร์เซ็นต์) ขององุ่นที่ระยะการเจริญเติบโตต่างๆของการใส่เชื้อราไมคอร์ไรซาร่วมกับปุ๋ยฟอสเฟตในอัตราที่แตกต่างกัน	66
20	ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในใบ (เปอร์เซ็นต์) ขององุ่นที่ระยะการเจริญเติบโตต่างๆของการใส่เชื้อราไมคอร์ไรซาร่วมกับปุ๋ยฟอสเฟตในอัตราที่แตกต่างกันในแปลงองุ่นทั้ง 3 พันธุ์	67

ผลของการใช้ *Glomus aggregatum* ในการเพิ่มความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัสในดิน
กรดสวนองุ่นที่ใส่ปุ๋ยฟอสเฟตในระดับที่แตกต่างกัน

The Effects of *Glomus aggregatum* on Available Phosphorus Enhancement in Grape
Orchard Acid Soil at Different Level of Phosphate Fertilizer Application

คำนำ

สืบเนื่องมาจากแปลงเกษตรกรในจังหวัดนครราชสีมาได้ทำการปลูกองุ่นในหลายพื้นที่ ซึ่งในการปฏิบัติและดูแลแปลงองุ่นได้มีการใช้ปุ๋ยเคมีที่ให้ธาตุอาหารหลักในอัตราสูงเป็นระยะเวลานานและต่อเนื่องกัน ทำให้สภาวะธาตุอาหารพืชในดินขาดความสมดุล โดยเฉพาะอย่างยิ่งธาตุฟอสฟอรัส นอกจากนี้ในบริเวณพื้นที่ปลูกองุ่นในจังหวัดนครราชสีมา ดินมีความเป็นกรดรุนแรง (พนามาตรและกิตติพงษ์, 2550) ซึ่งดินกรดที่มีความเป็นกรดรุนแรง ทำให้เกิดกระบวนการตรึงฟอสฟอรัสในดินซึ่งเกิดจากเหล็กและอะลูมิเนียมละลายออกมามากและทำปฏิกิริยากับฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน เกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อนของเหล็กและอะลูมิเนียมที่ละลายน้ำได้ยาก จึงทำให้ความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัสในดินลดลง พืชจึงไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ (Irene and Thomas, 2006) อย่างไรก็ตามไมคอร์ไรซา เป็นเชื้อราที่อาศัยอยู่ร่วมกันแบบพึ่งพากับรากพืช โดยต่างฝ่ายต่างได้รับประโยชน์ (mutualistic symbiosis) เชื้อราไมคอร์ไรซาจะได้รับอาหารพวกคาร์โบไฮเดรตและฮอร์โมนบางชนิดจากพืช ในขณะที่เชื้อราจะช่วยเพิ่มการดูดธาตุอาหารต่างๆจากดินสู่รากพืช โดยเฉพาะอย่างยิ่งธาตุฟอสฟอรัส (ชงชัย, 2550) นอกจากนี้ยังเพิ่มการดูดธาตุอาหารไนโตรเจน โพแทสเซียม แคลเซียม ซัลเฟต ทองแดง แมงกานีส สังกะสี และเหล็กให้กับพืช ซึ่งจะช่วยให้พืชมีการเจริญเติบโตได้ดีและผลผลิตสูงกว่าที่ไม่ใส่เชื้อราได้อีกด้วย (Fitter, 1985; Marcshtner and Dell, 1994) ดังนั้นสามารถนำเชื้อราไมคอร์ไรซามาใช้ร่วมกับพืชเพื่อเพิ่มผลผลิตของพืชให้สูงขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งในดินที่มีปัญหาเกี่ยวกับการตรึงฟอสฟอรัส ดินที่ขาดฟอสฟอรัสหรือดินที่มีฟอสฟอรัสในรูปที่พืชไม่สามารถนำไปใช้ได้ โดยช่วยเพิ่มพื้นที่ของการดูดซับให้มากขึ้น โยราที่อาศัยอยู่กับพืชจะขยายอาณาเขตการหาอาหารได้มากขึ้น รวมทั้งการทำให้รากมีพื้นที่ผิวมากกว่ารากปกติด้วย ซึ่งเชื้อราไมคอร์ไรซาสามารถส่งเสริมการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์อื่นที่อยู่รอบๆรากพืชในการละลายฟอสเฟต (phosphate solubilizers) ให้เจริญเติบโตได้ดี ทำให้มีฟอสเฟตละลายออกมา

มาก (ชงชัย, 2550) โดยพืชจำเป็นต้องมีฟอสฟอรัสเพียงพอต่อการเจริญเติบโตในการผลิตพืชที่เหมาะสม (Grant *et al.*, 2001) ซึ่งการให้ปุ๋ยฟอสเฟตที่มากเกินไปในดินมีผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมอย่างมากและอาจถูกตรึงได้ง่ายมากขึ้นในดิน (Plenchette *et al.*, 2005) นอกจากนี้แหล่งผลิตปุ๋ยฟอสเฟตในโลกมีอยู่จำกัดและจะค่อยๆถูกนำไปใช้จนหมดไป (Tiessen, 1995) ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่จะต้องศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการใช้เชื้อราไมคอร์ไรซากับอัตราปุ๋ยฟอสเฟตที่เหมาะสม เพื่อส่งเสริมการทำงานของเชื้อราไมคอร์ไรซาในการละลายฟอสเฟต และเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยฟอสเฟต ลดปัญหาการตรึงฟอสฟอรัสในดินที่มีปัญหา รวมทั้งการตอบสนองความต้องการฟอสฟอรัสขั้นต่ำสำหรับพืช

วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาผลของ *Glomus aggregatum* ต่อการเพิ่มความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัสในดินกรดสวนองุ่น รวมทั้งสมบัติทางชีววิทยาและปริมาณความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในใบองุ่น ที่ใส่ปุ๋ยฟอสเฟตในระดับที่แตกต่างกัน



การตรวจเอกสาร

เชื้อราไมคอร์ไรซา (Mycorrhizal fungi)

ไมคอร์ไรซา คือ เชื้อราและรากพืชที่อยู่ร่วมกันแบบพึ่งพาอาศัยโดยต่างฝ่ายต่างได้รับประโยชน์ (mutualistic symbiosis) เชื้อราไมคอร์ไรซาจะได้รับอาหารพวกคาร์โบไฮเดรตและฮอร์โมนบางชนิดจากพืช ในขณะที่เชื้อราจะช่วยเพิ่มการดูดธาตุอาหารต่างๆจากดินสู่รากพืช โดยเฉพาะอย่างยิ่งธาตุฟอสฟอรัส (ธงชัย, 2550) นอกจากนี้ยังเพิ่มการดูดธาตุอาหารไนโตรเจน โพแทสเซียม แคลเซียม ซัลเฟต ทองแดง แมงกานีส สังกะสีและเหล็กให้กับพืช ซึ่งจะช่วยให้พืชมีการเจริญเติบโตได้ดีและผลผลิตสูงกว่าที่ไม่ใส่เชื้อราได้อีกด้วย (Fitter, 1985; Marcshner and Dell, 1994) เชื้อราไมคอร์ไรซายังช่วยให้พืชทนทานต่อความแห้งแล้งและช่วยป้องกันการเกิดโรคพืชที่เกิดจากเชื้อจุลินทรีย์อื่นๆได้อีกด้วย (Smith and Read, 1997)

Harley and Smith (1983) แบ่งเชื้อราไมคอร์ไรซาออกเป็น 3 ชนิด ตามลักษณะการเจริญเติบโตบริเวณรากพืช คือ 1) เชื้อราเอ็กโตไมคอร์ไรซา (ectomycorrhizal fungi) 2) เชื้อราเอ็กเท็นโดไมคอร์ไรซา (ectendomycorrhizal fungi หรือ 3) เชื้อราเอ็นโดไมคอร์ไรซา (endomycorrhizal fungi)

โดยเชื้อราเอ็นโดไมคอร์ไรซาหรือวีเอไมคอร์ไรซา เป็นเชื้อราที่สร้างไฮรอสานกันอย่างหลวมๆอยู่รอบๆรากพืช บางส่วนเจริญเข้าไปภายในรากโดยอยู่ระหว่างเซลล์ บางส่วนอยู่ภายในเซลล์ในชั้นคอร์เท็กซ์ ไฮรอสานที่อยู่ภายในเซลล์จะพัฒนาตัวเองเป็นโครงสร้างดูดอาหาร (haustoria) 2 แบบ คือ แบบแตกแขนงคล้ายพุ่มไม้ เรียกว่า อาร์บัสคูล (arbuscule) และแบบกลมคล้ายรูปไข่ เรียกว่า เวสิเคิล (vesicle) บางครั้งพบทั้งสองโครงสร้างในขณะเดียวกัน (ธงชัย, 2550)

เชื้อราวีเอไมคอร์ไรซา (VA-mycorrhizal fungi)

1. ลักษณะทางสัณฐานของเชื้อราวีเอไมคอร์ไรซาประกอบด้วย

1.1 อาร์บัสคูล (arbuscule) เป็นโครงสร้างที่อยู่ภายในเซลล์รากพืชชั้น cortex ลักษณะคล้าย

haustoria และปลายเส้นใยมีการแตกแขนงออกแบบ dichotomous branching ออับัสกุลมีอายุสั้น ประมาณ 1 ถึง 2 สัปดาห์ หลังจากนั้นผนังก็จะสลายไป ออับัสกุลอาจเกิดขึ้นให้เห็นภายใน 2 ถึง 3 วันหลังจากเชื้อเจริญเข้าสู่รากพืชแล้ว ช่วยทำให้พื้นที่สัมผัสของเยื่อหุ้มเซลล์ของเซลล์รากพืช เพิ่มขึ้นอีก 2 ถึง 3 เท่า (Seiverding, 1991)

1.2 เวสิเคิล (vesicle) เป็น โครงสร้างที่มีรูปร่างคล้ายถุงที่โป่งพองออกบริเวณส่วนปลายของใยรา ภายในประกอบด้วย phospholipid เป็น โครงสร้างที่ใช้เก็บสะสมอาหารของเชื้อรา เมื่อผิวนอกของเนื้อเยื่อชั้นคอร์เทกซ์ของรากหลุดออกไป เวสิเคิลจะไหลออกมาสู่ดิน ต่อมาอาจจะงอกและทำหน้าที่เป็นส่วนขยายพันธุ์ของราได้ โดยปกติเวสิเคิลจะเกิดขึ้นหลังออับัสกุลและมีจำนวนเพิ่มขึ้น หลังจากใส่ปุ๋ยจุลธาตุที่เป็น โลหะหนัก ซึ่งจะเกิดกับรากฝอยมากกว่ารากอื่นๆ รูปร่าง โครงสร้างของผนังเซลล์ องค์ประกอบภายในและจำนวนของเวสิเคิลของราแต่ละชนิดจะแตกต่างกันออกไป

1.3 ใยรานอกรากพืช (external hyphae) เป็น โครงสร้างที่สำคัญของเชื้อราประกอบด้วย ใยราที่อยู่ภายนอกกรากของพืชสามารถสานกันเป็นร่างแหทำให้เพิ่มพื้นที่ในการดูดธาตุอาหารเช่น ฟอสฟอรัสมากขึ้น ใยราในดินมี 2 ลักษณะคือ ใยราหลักที่มีลักษณะค่อนข้างใหญ่มีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 8-12 ไมโครเมตร แต่บางครั้งอาจมีขนาดใหญ่ถึง 20 ไมโครเมตร ใยราหลักมีลักษณะแตกกิ่งแขนงออกด้านข้างคล้ายราก ทำหน้าที่ดูดอาหารเมื่อพบอาหารที่เหมาะสมและกลุ่มใยราขนาดเล็กจะแตกแขนงออกมามีผนังบาง ทำหน้าที่แทรกเข้าไปในอนุภาคของอินทรีย์วัตถุ เมื่ออาหารหมดไซโตพลาซึมก็จะเคลื่อนที่ไปยังใยราหลักแล้วสร้างผนังกันส่วนแขนงใยราที่ดูดอาหารก็จะเหี่ยวไป

1.4 สปอร์พักตัว (resting spore) เป็น โครงสร้างพิเศษของราที่สร้างขึ้นมาเพื่อใช้ในการพักตัวเมื่อสภาพแวดล้อมไม่เหมาะสม มีรูปร่างและขนาดที่แตกต่างกัน เมื่อสภาพแวดล้อมเหมาะสมจะงอกและเจริญเข้าสู่รากพืชที่เหมาะสมต่อไป

เชื้อราวิเอโมคอร์ไรซา เป็นหนึ่งในไม่กี่เชื้อที่มีความสัมพันธ์กับพืชและอาจจะเป็นแหล่งกำเนิดของพื้นที่เพาะปลูกพืช (Morton and Benny, 1990) ต้นกำเนิดโดยประมาณของเชื้อราไมคอร์ไรซาคือ 353-462 ล้านปี ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐานที่ว่าเชื้อราเหล่านี้อาจเกิดขึ้นบนพื้นดินที่เป็นพืชโบราณ (Simon *et al.*, 1993)

ปริมาณเชื้อราที่จะพบปริมาณมากในดินการเกษตรคือ เชื้อราวิเอไมคอร์ไรซา ซึ่งคิดเป็น 5-50 % ของมวลชีวภาพจุลินทรีย์ดิน (Olsson *et al.*, 1999) โดยมวลชีวภาพมีเส้นใยของเชื้อราวิเอไมคอร์ไรซาปริมาณ 54-900 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ (Zhu *et al.*, 2003)

2. ผลกระทบของระดับฟอสฟอรัสในดินต่อเชื้อราไมคอร์ไรซา

บทบาทของเชื้อราวิเอไมคอร์ไรซาในการดูดธาตุอาหารได้รับการกล่าวถึงที่หลากหลาย ซึ่งตอนนี้ได้เป็นที่ยอมรับกันว่าเชื้อราวิเอไมคอร์ไรซาสามารถปรับปรุงธาตุฟอสฟอรัสในพื้นที่อาศัยของพืช โดยเฉพาะอย่างยิ่งในดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำและยังสามารถช่วยในการดูดซึมของไอออนอื่นๆ เช่น ทองแดง (Cu) และสังกะสี (Zn) (Powell and Bagyaraj, 1984)

พืชมีการดูดใช้ฟอสเฟตจากดินพบว่ามักจะมีข้อจำกัดอยู่ โดยพบว่าอัตราการเคลื่อนที่ของฟอสเฟตจากบริเวณรากพืชจะมากกว่าที่ผิวราก (Nye, 1977) ส่วนในดินที่มีความจุสนามสูงมีผลต่อการดูดซับฟอสเฟต เช่น กลุ่มดิน Andosols มีความเข้มข้นของฟอสเฟตในสารละลายดินที่ระดับต่ำมาก (Fox, 1978) และการแพร่กระจายไปที่รากพืชจะช้ามาก (Nye and Tinker, 1977) แหล่งที่มาของฟอสฟอรัสที่พืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์อยู่บริเวณหรือใกล้รากพืช ซึ่งสามารถปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้ฟอสฟอรัส โดยให้รากพืชสามารถเข้าถึงฟอสฟอรัสในช่วงแรกของการเจริญเติบโต เพื่อชะลอปฏิกิริยาของฟอสฟอรัสกับแคลเซียม (Ca) แมกนีเซียม (Mg) เหล็ก (Fe) หรืออลูมิเนียม (Al) ออกไซด์ (Sample *et al.*, 1980)

การใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสอาจมีอิทธิพลต่อการพัฒนาของไมคอร์ไรซา โดยผลกระทบส่วนใหญ่จะเกี่ยวข้องกับความสามารถในการละลายและความเป็นประโยชน์ของปุ๋ยฟอสฟอรัส ในขณะที่รูปแบบการละลายน้ำที่ง่ายขึ้นและ phytoavailable ของฟอสฟอรัส จะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในการให้แก่พืช แต่จะลดปริมาณไมคอร์ไรซา ส่วนรูปแบบที่ละลายน้ำได้น้อยของฟอสฟอรัส เช่น หินฟอสเฟต มีผลกระทบต่อการให้แก่พืชและปริมาณไมคอร์ไรซาที่ลดลง ดังนั้นไมคอร์ไรซาอาจจะเป็นสิ่งสำคัญอย่างยิ่งสำหรับฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำสำหรับการผลิตของพืช (Grant *et al.*, 2005)

การดูดซึมที่เฉพาะของฟอสฟอรัสโดยการทำงานเป็นกลุ่มจะมีผลต่อความสมดุลและการกระจายตัวของอนุภาค (Lima *et al.*, 2000) เชื้อราไมคอร์ไรซามีส่วนทำให้โครงสร้างของดินโดยต่อ

การเติบโตของเส้นใยภายนอกรากลงสู่ดิน เพื่อสร้างโครงสร้างที่มีอนุภาคดินร่วมกัน (Miller and Jastrow, 2000)

เชื้อราวิเอไมคอร์ไรซาไม่ได้มีศักยภาพในการเพิ่มปริมาณฟอสฟอรัส แต่ศักยภาพของเชื้อราคือ ช่วยปลดปล่อยปริมาณฟอสฟอรัสในดิน โดยเฉพาะปุ๋ยฟอสฟอรัสที่ละลายช้า (Lehmann *et al.*, 2001; Lekberg and Koide, 2005)

3. ผลของเชื้อราวิเอไมคอร์ไรซาต่อการเจริญเติบโตของพืช

1. ส่งเสริมการดูดธาตุอาหารของพืช

อัตราการดูดกินฟอสเฟตในพืชที่มีเชื้อราวิเอไมคอร์ไรซาอยู่ด้วยจะเป็นไปได้เร็วกว่าพืชที่ไม่มีเชื้อราวิเอไมคอร์ไรซา (Son and Smith, 1988) อัตราการเคลื่อนที่ของฟอสเฟตในรากพืชที่มีไมคอร์ไรซามีค่าโดยประมาณ 17×10^{-14} โมลต่อเซนติเมตรต่อวินาที มากกว่าในพืชปกติซึ่งมีอัตราการเคลื่อนที่ของฟอสเฟตภายในรากพืชประมาณ 3.6×10^{-14} โมลต่อเซนติเมตรต่อวินาที (Bolan, 1991) การเพิ่มขึ้นของการดูดซับฟอสเฟตของรากพืชนั้นเชื่อว่ามีสาเหตุมาจากความสามารถของเชื้อราวิเอไมคอร์ไรซาด้วยประการต่างๆ ที่สำคัญ 3 ประการดังนี้

1.1 การเจริญของใยรากนอกในดินความมากหรือน้อยของการเจริญของใยรากนอก รากพืชของเชื้อราวิเอไมคอร์ไรซามีผลอย่างยิ่งต่อการส่งเสริมการดูดกินฟอสเฟตของเชื้อราและ เป็นความสามารถที่อธิบายถึงการส่งเสริมการเจริญเติบโตให้แก่พืชอย่างชัดเจนที่สุด 2 ประการ

ก. การลดระยะทางที่ฟอสเฟตจะแพร่กระจายสู่รากพืช

ข. การเพิ่มพื้นที่ผิวในการดูดซับธาตุอาหาร

1.2 การดูดกินฟอสเฟตโดยเชื้อราวิเอไมคอร์ไรซาเมื่อเปรียบเทียบกับรากพืชแล้วปรากฏว่าใยรากดูดกินฟอสเฟตได้ดีกว่า เนื่องจากมีความชอบในการดูดหรือฟอสเฟตสามารถเคลื่อนที่เข้าสู่ใยราได้ง่ายกว่านั่นเองและใยรากสามารถดูดซับฟอสเฟตได้ในระดับที่มีความเข้มข้นต่ำมากได้ดีกว่ารากปกติ (ธงชัย, 2550)

การส่งเสริมการดูดกินฟอสเฟตโดยเชื้อราวิเอไมคอร์ไรซาเกิดขึ้นเนื่องจากไฮราที่เจริญครอบคลุมดินในปริมาณที่มากกว่ารากปกติที่ไม่มีเชื้อราวิเอไมคอร์ไรซา รวมทั้งไฮราเองก็มีความสามารถในการดูดซับฟอสเฟตที่สูงกว่าตลอดจนเชื้อรามีความสามารถในการปรับสภาพแวดล้อมในเขตรากพืชที่ส่งเสริมให้มีการดูดกินฟอสเฟตได้สูงขึ้น ส่วนใหญ่ของฟอสเฟตที่รากดูดขึ้นมาจะสะสมอยู่ในรูปเม็ดโพลีฟอสเฟตซึ่งจะถูกส่งต่อไปยังอาร์บัสคูล โดยการไหลเวียนของไซโตพลาซึมเอ็นไซม์โพลีฟอสฟาเตสจะช่วยให้ฟอสเฟตมีขนาดเล็กกลงแล้วปลดปล่อยลงสู่ fungus root interface หรือ matrix หลังจากนั้นจะถูกเซลล์พืชนำไปใช้ต่อไป (ธงชัย, 2550)

นอกจากนี้ยังพบว่าเชื้อราวิเอไมคอร์ไรซาช่วยในการปลดปล่อยธาตุฟอสฟอรัสแล้ว ยังมีการปลดปล่อยธาตุอื่นๆด้วย คือไนโตรเจน โพแทสเซียมในดินกรด ซึ่งเส้นใยของเชื้อรามีประสิทธิภาพในการย่อยสลายวัสดุอินทรีย์ที่ดีกว่ารากพืช(Hodge, 2003)

2. ช่วยในด้านทานต่อโรคจากเชื้อจุลินทรีย์อื่น

เชื้อราวิเอไมคอร์ไรซามีศักยภาพในการลดความเสียหายที่เกิดจากการพัดพาของเชื้อราที่ก่อให้เกิดโรค ไล่เดือนฝอยและแบคทีเรียในดิน ปฏิสัมพันธ์ระหว่างเชื้อราวิเอไมคอร์ไรซาและไล่เดือนฝอยได้รับการศึกษาในกล้วย (*Musa spp.*) Jaizme-Vega *et al.* (1997) รายงานว่า การปลูกเชื้อที่มีเชื้อรา *Glomus mosseae* ทำให้ผลผลิตของกล้วยเพิ่มสูงขึ้น (*Musa spp.*) ในขณะที่ต้นกล้วยที่มีการเข้าอยู่อาศัยของเชื้อราวิเอไมคอร์ไรซาในรากไม่มีผลส่งเสริมหรือยับยั้งการสะสมของไล่เดือนฝอยในรากถึงแม้ว่าต้นกล้วยที่มีเชื้อราเวสทิคูลาร์-อาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซากับไล่เดือนฝอยที่อยู่ในรากจะมีปมก็ตาม (Pinochet *et al.*, 1997)

3. ส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช

Abu-Zeyad *et al.* (1999) ศึกษาผลของเชื้อราวิเอไมคอร์ไรซาที่มีต่อการเจริญเติบโตและการผลิต castanospermine กับพืชดังกล่าวช่วยเพิ่มการเจริญเติบโตและปริมาณฟอสฟอรัสในต้นและเพิ่มการผลิต castanospermine ในใบในทำนองเดียวกันต้นกล้าของ sweetgum (*Liquidambar styraciflua*) ที่มีเชื้อราวิเอไมคอร์ไรซาจะให้น้ำหนักสดมากกว่าต้นกล้าที่ไม่มีเชื้อราเวสทิคูลาร์-อาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาถึง 40 เท่า นอกจากนี้มีผู้ตั้งสมมติฐานว่าการกระตุ้นกิจกรรมของฮอร์โมนหรือ

การดูดน้ำเพิ่มขึ้นของพืช อาจเกี่ยวข้องกับการตอบสนองการเจริญเติบโตเนื่องมาจากการใส่เชื้อราวิเอไมคอร์ไรซาให้กับพืช (Powell and Bagyarai; 1986)

Yano-Melo *et al.* (1999) ศึกษาผลของเชื้อราวิเอไมคอร์ไรซาที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของต้นกล้ากล้วย ที่ได้จากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพบว่าต้นกล้าที่ใส่เชื้อ *Acaulospora scrobiculata*, *Gl. clarum* และ *Gl. etunicatum* มีความสูงพื้นที่ใบน้ำหนักสดต้นและรากรวมทั้งอัตราการสังเคราะห์แสงและอัตราการหายใจสูงกว่าต้นกล้ากล้วยชุดควบคุมที่ไม่ใส่เชื้อราเวสิคูลาร์-อาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา Pinochet *et al.* (1997) พบว่า ต้นกล้ากล้วยที่ใส่เชื้อราวิเอไมคอร์ไรซา *Gl. Intraradices* มีการเจริญเติบโตมากกว่าต้นกล้ากล้วยที่ไม่ใส่เชื้อราวิเอไมคอร์ไรซานอกจากนี้ยังพบว่า การใส่เชื้อราวิเอไมคอร์ไรซาจะส่งเสริมการเจริญเติบโตของต้นกล้วยมากกว่าการใส่ปุ๋ยฟอสเฟต

4. ช่วยเพิ่มความทนทานต่อสภาพแห้งแล้งของพืช

เชื้อราวิเอไมคอร์ไรซาช่วยเพิ่มพื้นที่ในการดูดน้ำธาตุอาหารและช่วยเพิ่มรากฝอยทำให้พืชสามารถทนต่อสภาพแห้งแล้งได้และสามารถฟื้นตัวภายหลังการขาดน้ำได้เร็วขึ้นพืชที่มีรายงานว่าทนแล้งได้เมื่อมีเชื้อราได้แก่ ถั่วเหลืองข้าวสาลีหัวหอมและพริกไทย (Bethelenfalvay and Linderman, 1992) ต้นข้าวโพดที่มีการเข้าอยู่อาศัยของเชื้อ *Gl. Intraradices* มีอัตราการคายน้ำของใบปริมาณน้ำในใบและพื้นที่สีเขียวของใบสูงกว่าต้นข้าวโพดที่ไม่มีการเข้าอยู่อาศัยของเชื้อ *Gl. Intraradices* แต่มีความต้านทานของปากใบ (stomata resistance) ต่ำกว่าต้นข้าวโพดที่ไม่มีการเข้าอยู่อาศัยของเชื้อราดังกล่าว แสดงให้เห็นว่าต้นข้าวโพดที่มีการเข้าอยู่อาศัยของเชื้อราวิเอไมคอร์ไรซามีความต้านทานต่อความแห้งแล้งได้ดีกว่าต้นข้าวโพดที่ไม่มีการเข้าอยู่อาศัยของเชื้อราวิเอไมคอร์ไรซา (Subramanian *et al.*, 1995) พืชที่มีเชื้อราเวสิคูลาร์ไมคอร์ไรซาจะช่วยเพิ่มความยาวและการหยั่งลึกของรากพืชในดิน (Eillis *et al.*, 1985; Kothari *et al.*, 1990)

5. ส่งเสริมการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์อื่นๆในดินที่เป็นประโยชน์ต่อพืช

แบคทีเรียตรึงไนโตรเจนที่อยู่แบบอิสระในดิน (free-living nitrogen-Fixing bacteria) Packvsky *et al.* (1985) ศึกษาการเข้าอยู่อาศัยของ *Azospirillum brasilense* ร่วมกับเชื้อรา

Gl. Fasciculatum ในข้าวฟ่างซึ่งเจริญเติบโตในดินที่มีปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัสที่พืชสามารถนำไปใช้ได้ต่ำพบว่าการปลูกเชื้อชนิดใดชนิดหนึ่งเพียงอย่างเดียวหรือปลูกเชื้อทั้งสองชนิดร่วมกันสามารถเพิ่มการเจริญเติบโตของพืชดังกล่าวได้และเพิ่มได้ดีที่สุดเมื่อปลูกเชื้อทั้งสองชนิดร่วมกัน

Toro *et al.* (1997) ปลูกพืชร่วมกับเชื้อราเวสิคูลาร์-อาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา *Gl.intraradices* และแบคทีเรียที่ช่วยละลายฟอสเฟต ได้แก่ *Enterobacter* sp. และ *Bacillus subtilis* โดยใช้ดินที่มีปริมาณฟอสฟอรัสที่พืชสามารถนำไปใช้ได้ต่ำ (ใส่ปุ๋ยหินฟอสเฟตในดิน) ซึ่งคิดผลได้ด้วยฟอสฟอรัส-32 พบว่าพืชที่ใส่เชื้อราเวสิคูลาร์ไมคอร์ไรซาและแบคทีเรียที่ช่วยละลายฟอสเฟตมีความแข็งแรงจำเพาะ (specific activity) ของฟอสฟอรัส-32 สูงกว่าชุดควบคุมที่ไม่ใส่เชื้อดังกล่าว แสดงให้เห็นว่าพืชนั้นสามารถใช้ฟอสเฟตได้เมื่อใส่เชื้อราเวสิคูลาร์ไมคอร์ไรซาพร้อมกับแบคทีเรียที่ช่วยละลายฟอสเฟตนอกจากนี้ยังพบว่าการปลูกพืชร่วมกับ *Gl. Intraradices* และ *Bacillus subtilis* ทำให้มวลชีวภาพปริมาณไนโตรเจนและปริมาณฟอสฟอรัสมีค่าสูงกว่าพืชที่ไม่มีการปลูกเชื้อดังกล่าวหรือปลูกเชื้อชนิดใดชนิดหนึ่งเพียงชนิดเดียว การปลูกเชื้อรา *Gl. Mosseae* ร่วมกับแบคทีเรียที่ช่วยละลายฟอสเฟตในถั่ว clover พบว่า ทำให้น้ำหนักแห้งปริมาณไนโตรเจนและปริมาณฟอสฟอรัสในต้นถั่ว clover ที่ปลูกเชื้อทั้งสองชนิดมากกว่าในต้นถั่ว clover ที่ปลูกเชื้อชนิดใดชนิดหนึ่งเพียงอย่างเดียว โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อใส่ร่วมกับปุ๋ยในรูปหินฟอสเฟตให้กับพืช (Toro and Herrera, 1996)

6. ป้องกันความเป็นพิษจากโลหะหนัก

Norland (1993) พบว่าพื้นที่ทำเหมืองแร่จะส่งผลกระทบต่อปัจจัยในดินหลายอย่างเช่น pH ความอุดมสมบูรณ์ของดิน ความเป็นพิษของโลหะหนักความหนาแน่นของดินและความชื้นในดิน โดยเชื้อราเวสิคูลาร์ไมคอร์ไรซาจะช่วยส่งเสริมการดูดธาตุอาหารในพืชเช่น การดูดธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียม ซึ่งจะมีน้อยในดินเหมืองแร่ (mine soil) และหางแร่ (tailing) นอกจากนี้พบว่า เชื้อราเวสิคูลาร์ไมคอร์ไรซาช่วยกรองโลหะหนักที่เป็นอันตรายต่อพืชได้แก่ อะลูมิเนียม แคลเซียมและยังช่วยปรับปรุงการกักเก็บน้ำในระบบการเกษตร (Newsham *et al.*, 1995)

7. การอนุรักษ์ดิน

ใยราของเชื้อราวิเอไมคอร์ไรซามีบทบาทในการช่วยรักษาและยึดอนุภาคของดิน ซึ่งจะช่วยให้ต้านทานต่อการกัดเซาะพังทลายของดิน เชื้อราและรากพืชจะปลดปล่อยสารบางชนิดเช่น Polysaccharide และสารเมือกซึ่งมีคุณสมบัติเหมือนกาวหรือยางเหนียวๆรวมตัวกับใยราของเชื้อรา เกิดการจับตัวของอนุภาคดิน (Oades, 1984; Foster and Nicolson; 1979) ช่วยให้โครงสร้างของดินดีขึ้นทำให้ดินร่วนซุย ป้องกันการสูญเสียดินจากดินจากการชะล้างของน้ำและการพังทลายของดิน (Bethlenfalvay and Linderman, 1992)

4. การเคลื่อนย้ายฟอสเฟตของเส้นใยเชื้อราวิเอไมคอร์ไรซาสู่รากพืช

เชื้อราวิเอไมคอร์ไรซาสามารถดูดฟอสเฟตจากดิน โดยฟอสเฟตส่วนหนึ่งจะถูกส่งไปยังเซลล์รากพืชโดยกระบวนการต่างๆดังนี้คือ

1. การดูดฟอสเฟตโดยใยภายนอกรากพืช

ซึ่งต้องใช้พลังงานจากกระบวนการเมแทบอลิซึมเนื่องจากต้องดูดฟอสเฟตในดินซึ่งมีความเข้มข้นต่ำเข้ามาสู่ภายในใยซึ่งมีความเข้มข้นของฟอสเฟตสูงกว่า (Powell and Bagyaraj, 1986) Smith and Gininazzi-Pearson (1988) รายงานว่าความเข้มข้นของฟอสเฟตภายในใยจะมีค่ามากกว่าความเข้มข้นในดินประมาณ 1,000 เท่า ดังนั้นการดูดฟอสเฟตจากดินสู่ใยราของเชื้อราจึงเป็นกระบวนการ active transport

2. การเคลื่อนที่ของฟอสเฟตภายในใยราของเชื้อรา

ฟอสเฟตจะเคลื่อนที่จากใยภายนอกรากเข้าสู่ใยภายในราก (intraradical hyphae) ไปจนถึงอาร์บัสคูล กระบวนการนี้เกิดขึ้นโดยการไหลเวียนของไซโตพลาสซึม (cytoplasmic streaming) ในเซลล์ของเชื้อราซึ่งอัตราการเคลื่อนที่ของฟอสเฟตภายในใยราของเชื้อราที่อยู่ภายนอกกรากพืชจะอยู่ในช่วง $0.1^{-2}.0 \times 10^{-9}$ mole cm^{-1} s^{-1} โดยมีอัตราสูงกว่าอัตราการแพร่ของฟอสเฟตในช่องว่างของดินประมาณ 1,000 เท่า (Powell and Bagyaraj, 1986)

Bolan (1991) รายงานว่าปริมาณของฟอสเฟตที่พบในใยรากของเชื้อราวิเอไมคอร์ไรซาจะมีค่าสูงกว่าในรากพืช เนื่องจากฟอสเฟตที่ใยรากของรากดูดเข้าไปนั้นจะถูกเปลี่ยนให้อยู่ในรูปโพลีฟอสเฟตถึง 40 เปอร์เซ็นต์ โดยเอนไซม์ที่เชื้อราสร้างขึ้นคือ เอนไซม์โพลีฟอสเฟตไคเนส (polyphosphatekinase) ซึ่งเชื้อราจะเก็บสะสมฟอสเฟตส่วนนี้ไว้ในแวคิวโอล (vacuole) และภายในใยรากฟอสเฟตส่วนนี้เป็นแหล่งสำรองที่จะส่งต่อไปยังพืชต่อไปอนินทรีย์ฟอสเฟตที่สะสมอยู่ในใยรากของเชื้อรามี 3 แบบคือ soluble orthophosphate, soluble polyphosphate และ polyphosphate granule อย่างไรก็ตามการดูดฟอสเฟตของเชื้อรานี้จะมีฟอสเฟตประมาณ 1 เปอร์เซ็นต์ ที่เคลื่อนที่ต่อไปยังเนื้อเยื่อของพืช โดยไม่มีการสะสม

3. การส่งถ่ายฟอสเฟตจากเชื้อราสู่รากพืช

จะเกิดขึ้นที่อาร์บัสคูลซึ่ง polyphosphate granule จะถูกย่อยให้มีขนาดเล็กลง โดยเอนไซม์โพลีฟอสฟาเทส (polyphosphatase) จากนั้นจะปล่อยสู่ไซโตพลาสซึมฟอสเฟตจะเคลื่อนที่ผ่านอาร์บัสคูลไปยังบริเวณที่เรียกว่า interfacial matrix ซึ่งเป็นบริเวณที่มีการแลกเปลี่ยนสารอาหารระหว่างเชื้อรากับพืช โดยกระบวนการ passive transport จากนั้นฟอสเฟตจะเคลื่อนที่เข้าสู่เซลล์พืช โดยผ่านพลาสมาเมมเบรนของเซลล์รากพืช โดยกระบวนการ active transport และจะเคลื่อนที่ต่อไปยังส่วนอื่นๆของพืชเพื่อใช้ประโยชน์ต่อไป (Smith and Gianinazzi-Pearson, 1988; Powell and Bagyaraj, 1986)

รากพืชที่มีการเข้าอยู่อาศัยของเชื้อราวิเอไมคอร์ไรซาจะสามารถดูดฟอสเฟตได้มากกว่ารากพืชที่ไม่มีการเข้าอยู่อาศัยของเชื้อราวิเอไมคอร์ไรซาได้ถึง 3-5 เท่า ในอัตรา 10^{-11} mole m^{-1} s^{-1} (Smith and Read, 1997) จากการศึกษาโดยใช้ฟอสฟอรัส-32 (P-32) พบว่าต้นโสน (*Sesbania aculeata*) ที่มีการเข้าอยู่อาศัยของเชื้อราวิเอไมคอร์ไรซาจะดูดฟอสฟอรัสได้มากกว่าต้นที่ไม่มีการเข้าอยู่อาศัยของเชื้อราดังกล่าวได้ถึง 1.61-1.38 เท่าทั้งในสภาวะที่มีฟอสฟอรัสในดินต่ำและสูง โดยมีประสิทธิภาพในการเก็บฟอสฟอรัสไว้ในรากและเคลื่อนย้ายไปยังต้นได้ดีกว่าต้นที่ไม่มีการเข้าอยู่อาศัยของเชื้อราวิเอไมคอร์ไรซา (Sharma *et al.*, 1999)

ฟอสฟอรัสในดินและการดูดฟอสเฟตไอออนของราก

ดินโดยทั่วไปมีฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ค่อนข้างต่ำ เนื่องจากฟอสฟอรัสส่วนใหญ่ถูกตรึงอยู่ในรูปที่พืชใช้ประโยชน์ได้ยาก สำหรับฟอสเฟตไอออนซึ่งเป็นรูปที่พืชใช้ประโยชน์ได้ง่ายนั้น พืชดูดจากดินด้วยการใช้โปรตีนซึ่งทำหน้าที่ขนส่งตัวละลายผ่านเยื่อ หรือเรียกว่า โปรตีนขนส่ง (ยงยุทธ, 2552)

ในดินที่ปลูกมาเป็นเวลานานประมาณ 75% ของฟอสฟอรัสทั้งหมดอยู่ในรูปอนินทรีย์ ส่วนอีก 20% อยู่ในรูปอินทรีย์ฟอสฟอรัสและมีปริมาณไม่กี่เปอร์เซ็นต์อยู่ในมวลชีวภาพจุลินทรีย์ดิน (Grant *et al.*, 2005). อนินทรีย์ฟอสฟอรัสในสารละลายดินในปัจจุบันเช่น ไอออนออร์โทฟอสเฟต (orthophosphate ions) โดยทั่วไปมักจะอยู่ในรูป H_2PO_4^- หรือ HPO_4^{2-} ซึ่งขึ้นอยู่กับปฏิกิริยาดิน (Jaillard *et al.*, 2001) เมื่อ pH ของดินต่ำกว่า 6.8 รูปที่เป็นประโยชน์และมีอยู่มากคือ H_2PO_4^- ซึ่งพืชดูดไปใช้ง่ายที่สุด pH ระหว่าง 6.8-7.2 จะมีอยู่ในรูป HPO_4^{2-} หาก pH สูงกว่า 7.2 จะมี PO_4^{3-} เป็นส่วนใหญ่ซึ่งพืชดูดใช้ได้ยาก (ยงยุทธ, 2552)

ข้อจำกัดความเป็นประโยชน์ฟอสฟอรัสต่อการเจริญเติบโตของพืชในดินกรดของเขตร้อนชื้น โดยการขาดฟอสฟอรัสมีสาเหตุหลักมาจากการดูดซับ H_2PO_4^- จากอะลูมิเนียม (Al) และเหล็กออกไซด์ (Fe oxides) ซึ่งจะเปลี่ยนฟอสฟอรัสทั้งหมดไปอยู่ในรูปที่พืชไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ (Irene and Thomas, 2006) เมื่อพืชขาดแคลนฟอสฟอรัส ทางหนึ่งที่พืชตอบสนอง คือ การเพิ่มเอนไซม์ฟอสฟาเทสกรด (acid phosphatase, APase) ในเซลล์และ/หรือขับถ่ายออกมาภายนอกเซลล์ เอนไซม์นี้จะช่วยเพิ่มความเป็นประโยชน์ของฟอสเฟตในดิน โดยไฮโดรไลสฟอสเฟตเอสเทอร์ (Pi-esters) ส่วนเอนไซม์ในเซลล์ก็ช่วยละลายฟอสเฟตที่สะสมอยู่ออกมาใช้ประโยชน์ (ยงยุทธ, 2552)

ชนิดของพืชแต่ละสายพันธุ์อาจมีความต้องการฟอสฟอรัสที่แตกต่างกัน เนื่องจากมีความแตกต่างของการเจริญเติบโตที่สูงสุดของพืช ที่สามารถดูดใช้ฟอสเฟตหรือการใช้ประโยชน์ฟอสเฟตภายในพืช ผลโดยตรงของเชื้อราวิเอไมคอร์ไรซาต่อการเจริญเติบโตของพืช อาจจะดูดซึ่มสารอาหารได้ (Powell and Bagyaraj, 1984)

การจัดการธาตุฟอสฟอรัสต้องมีการวางแผนที่จะแก้ไขตามความต้องการของพืชแต่ละชนิด และมีเป้าหมายในการจัดการสำหรับการเพาะปลูก (Grant *et al.*, 2005)

อัตราการดูดฟอสฟอรัสเป็นความสัมพันธ์ของอัตราการดูดน้ำและความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในสารละลายดิน โดยฟอสฟอรัสไอออนที่ใกล้บริเวณขนรากจะดูดซึมได้อย่างรวดเร็ว ส่งผลให้บริเวณที่ลึกลงไปมีความเข้มข้นของฟอสฟอรัสลดลง (Bagshaw *et al.*, 1972)

บทบาทที่เฉพาะเจาะจงสำหรับเชื้อราไมคอร์ไรซาในการดูดซึมของหินฟอสเฟตมีบางครั้งที่ได้รับการกล่าวถึง (Irene and Thomas, 2006) เพราะพืชที่มีไมคอร์ไรซาจะมีประสิทธิภาพในการใช้หินฟอสเฟตได้ดีกว่าพืชที่ไม่มีไมคอร์ไรซา แต่กระบวนการเหล่านี้ยังคงได้รับความสนใจจำนวนน้อย

องุ่น (Grape)

องุ่นเป็นไม้ผลชนิดเถาเลื้อยที่มีอายุยาวนานหลายปี สามารถปลูกได้ในสภาพภูมิอากาศหลายแบบ แต่องุ่นที่ปลูกในสภาพที่มีอากาศหนาวเย็น จะมีคุณภาพสูงกว่า องุ่นเป็นไม้ผลวงศ์ Vitaceae สกุล *Vitis* มีหลายชนิด แต่พันธุ์ที่ปลูกอยู่ในประเทศไทย ส่วนใหญ่เป็นชนิด *Vitis vinifera* มีถิ่นกำเนิดในเอเชียที่มีอากาศอบอุ่น อุณหภูมิ 10-20 องศาเซลเซียส แต่ก็สามารถเจริญเติบโตได้ดี ในเขตอากาศกึ่งร้อนถึงร้อน สำหรับประเทศไทยเชื่อว่านำเข้ามาปลูกในสมัยรัชกาลที่ 5 จนกระทั่งปี พ.ศ.2493 หลวงสมานวนกิจ ได้นำองุ่นจากแคลิฟอร์เนีย มาปลูกที่มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ และกรมวิชาการเกษตร ต่อมาในปี 2506 ศ.ปวิณบุญศรีและคณะ ได้นำองุ่นยุโรปหลายสายพันธุ์ มาทดลองปลูกประสบความสำเร็จ และขยายผลไปสู่เกษตรกร ในเขตภาคกลางปลูกเป็นการค้าจนกระทั่งปัจจุบัน สำหรับในมูลนิธิโครงการหลวง ได้เริ่มวิจัยและส่งเสริมให้เกษตรกร ปลูกองุ่นมาเป็นเวลานานแล้ว เนื่องจากเห็นว่าเป็นไม้ผลชนิดหนึ่ง ที่สามารถเป็นอาชีพให้กับเกษตรกรได้ ประกอบกับสภาพภูมิอากาศ มีความหนาวเย็นเป็นข้อดี ทำให้ผลผลิตมีคุณภาพดีกว่าปกติ และยังสามารถผลิตองุ่นบางพันธุ์ ที่ต้องการสภาพอากาศหนาวเย็นได้

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

ลักษณะโครงสร้างขององุ่นประกอบด้วย 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนที่อยู่ใต้ดินคือ ราก (root) และส่วนที่อยู่เหนือดิน คือ ลำต้น (trunk) แขน (arm) และกิ่งอ่อน (shoot) กิ่งอ่อนประกอบด้วยก้าน (stem) ใบ (leave) ดอก (flower) และผล (berry) (Weaver, 1976)

ราก (root) โดยทั่วไปองุ่นขยายพันธุ์ด้วยการปักชำ จึงไม่มีรากแก้ว มีรากฝอยที่พัฒนาออกทางด้านข้างและเพิ่มมากขึ้น ไม่หยั่งลงดินลึก รากฝอยทำหน้าที่ดูดซับน้ำและแร่ธาตุจากดิน ส่วนใหญ่รากองุ่นลึกประมาณ 1-1.5 เมตร จากดินและสามารถหยั่งลึกได้ถึง 1.8-3.0 เมตร หรือมากกว่า นั่นองุ่นที่ปลูกด้วยเมล็ดจะมีรากแก้วหยั่งลึกลงสู่ดิน และมีรากฝอยแตกแขนงออกด้านข้าง องุ่นที่ใช้เมล็ดนี้มักใช้ประโยชน์ในการปรับปรุงพันธุ์ขององุ่น (Weaver, 1976)

ลำต้นและแขน (trunk and arm) ลำต้นเป็นส่วนสำคัญขององุ่นที่ทำหน้าที่ลำเลียงน้ำหรือพวงทรงพุ่มของใบและส่วนอื่นที่อยู่เหนือดินเป็นส่วนที่เชื่อมต่อกับส่วนเหนือดินและรากขององุ่น กิ่งที่แตกแขนงออกจากลำต้นซึ่งมีอายุมากกว่า 1 ปี เรียกว่า แขน (arm) ซึ่งให้กำเนิดกิ่งสั้น (spur) และกิ่งหลัก (cane) ที่ถูกตัดแต่งเพื่อให้ผลผลิตในฤดูถัดไป (Weaver, 1976)

มือ (tendrils) มือเป็นส่วนที่คล้ายกับส่วนของดอกที่แตกแขนงออกด้านข้าง ซึ่งมีจุดกำเนิดโครงสร้างและหน้าที่แยกเป็นพิเศษ (Pratt, 1974) มือมีลักษณะม้วน ไม่มีใบ เกิดด้านตรงข้ามกับใบ และพันเกาะให้ต้นองุ่นติดกับลวดหรือสิ่งที่ยึดหรือพวงลำต้นองุ่น (Weaver, 1976)

ตา (bud) ตาขององุ่น คือส่วนที่แตกออกมาเป็นกิ่ง ใบ ดอก และผลต่อไป อยู่บริเวณโคนเหนือก้านใบตามข้อของกิ่ง ตาขององุ่นเป็นตา รวม ประกอบด้วยตา 3 ตา คือ ตาเอก (primary bud) อยู่ตรงกลางขนาดใหญ่และมีการพัฒนาเจริญเติบโตเป็นกิ่งอ่อน ส่วนตาดีก 2 ตาที่อยู่ข้างๆ เรียกว่า ตารองหรือตาข้าง (secondary bud and tertiary bud) ซึ่งมีขนาดเล็กกว่าซึ่งมีการพักตัว เมื่อตาเอกถูกทำลาย ตารองจะมีการพัฒนาเจริญเติบโตเข้ามาแทนที่ตาที่ถูกทำลาย (Weaver, 1976)

ใบ (leaf) ใบประกอบด้วย 3 ส่วน คือ แผ่นใบ (blade) ก้านใบ (petiole) และใบเลี้ยงฐานของพืช (stipules) ซึ่งจะพบในใบอ่อนและหลุดร่วงไป ใบองุ่นจะหนาขึ้นตามอายุของใบ ด้านบนใบพบปากใบเพียงเล็กน้อยหรือไม่มีเลย แต่พบปากใบด้านใต้ใบจำนวนมาก ใบขององุ่น

ประกอบด้วยรอยเว้า 5 แฉก (lobe) รอยเว้าที่ลึกระหว่างแฉกเรียกว่า sinus ขอบของใบองุ่นมีลักษณะเป็นแบบฟันเลื่อย หน้าทีของใบองุ่นคือการสังเคราะห์แสงและการหายใจ (Weaver, 1976)

ดอก (flower) ดอกองุ่นออกเป็นช่อดอกเกิดขึ้นด้านตรงข้ามกับใบในตำแหน่งเดียวกับมือก้านช่อดอก (rachis) เป็นแกนกลางของช่อดอกและดอกเดี่ยวเกิดบนก้านดอก กลีบดอกองุ่นมีสีเขียวอยู่รวมกันเป็นอันเดียวด้านบนสุดของดอกเรียกว่า cap หรือ calyptra มีลักษณะคล้ายหมวกคลุมซึ่งหลุดออกเมื่อดอกบาน ดอกขององุ่นชนิด *V. vinifera* เป็นดอกสมบูรณ์แบบ hermaphrodite ซึ่งมีเกสรตัวเมียและตัวผู้ทำงานได้ ส่วนดอกตัวเมีย (female) มีเกสรตัวเมียที่สมบูรณ์ แต่มีเสลดตัวผู้สั้นและเป็นหมัน พบมากในองุ่นสายพันธุ์ยุโรปและสายพันธุ์อเมริกา (Weaver, 1976)

ผล (berry) เมื่อดอกได้รับการผสมพันธุ์แล้ว รังไข่เริ่มขยายตัวและขนาดใหญ่ขึ้น เห็นเป็นตุ่มสีเขียว ส่วนดอกที่ไม่ได้ผสมพันธุ์ก็จะหลุดร่วงไป ช่อผลมีหลายลักษณะของการแตกแขนงเช่น ทรงกระบอก (cylindrical) รูปกรวย (conical) รูปร่างคล้ายพีระมิด (pyramidal) และรูปร่างกลม (globular) ผลองุ่นประกอบด้วยเปลือก (skin) เนื้อ (pulp) และเมล็ด (seed) องุ่นชนิดต่างกันมักมีผลที่แตกต่างกันซึ่งมีประโยชน์ในการจำแนกสายพันธุ์ (Weaver, 1976)

พันธุ์ที่ส่งเสริมให้เกษตรกรปลูก 3 พันธุ์คือ

1. พันธุ์บิวตี้ ซีดเลส (Beauty Seedless) เป็นองุ่นชนิดไม่มีเมล็ด ผลกลมมีสีดำ ขนาดผลเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 1 เซนติเมตร เปลือกผลหนา รสชาติหวานอร่อย อายุตั้งแต่ ตัดแต่งกิ่งจนถึงเก็บเกี่ยวประมาณ 5-6 เดือน
2. พันธุ์ลูส เพอเลต (Loose Perlette) เป็นองุ่นที่ไม่มีเมล็ด ได้จากการนำเอาเมล็ดขององุ่นพันธุ์ Perlette มาอาบรังสีทำให้เกิดพันธุ์ใหม่คือพันธุ์ Loose Perlette (Chadha and Randhawa, 1974) เมื่อแก่มีผลสีเหลืองสวย ผลค่อนข้างกลม ขนาดปานกลาง เปลือกบางรสชาติดหวานกรอบ เป็นที่นิยมของผู้บริโภคทั่วไป
3. พันธุ์แบล็ค โอปอล (Black Opal) เป็นองุ่นไม่มีเมล็ด รูปร่างผลทรงรี มีขนาดผลปานกลาง ผลมีสีดำ ช่อขนาดปานกลางถึงใหญ่ เปลือกผลบาง เนื้อแน่น ติดผลตกเป็นพวงแน่น

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. พีชทดลองงุ่นพันธุ์ Beauty Seedless (pH 6.2), Loose Perlette (pH 5.72) และ Black Opal (pH 4.03) อายุ 2 ปี
2. เชื้อราไมคอร์ไรซา
Glomus aggregatum ของภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน
3. ปุ๋ยฟอสฟอรัส
ปุ๋ยทริปเปิลซูเปอร์ฟอสเฟต (0-46-0)
ปุ๋ยยูเรีย (46-0-0)
ปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ (0-0-60)
4. เครื่องมือมาตรฐานที่ใช้ในการเก็บตัวอย่างดินภาคสนาม
5. อุปกรณ์การเก็บข้อมูลด้านการเจริญเติบโตและผลผลิต
6. เครื่องมือและอุปกรณ์สำหรับการเตรียมตัวอย่างดินและพืช
7. เครื่องมืออุปกรณ์และสารเคมีสำหรับวิเคราะห์สมบัติของดินและพืช
8. เครื่องมือและอุปกรณ์สำหรับวิเคราะห์เชื้อราไมคอร์ไรซาในดินและราก
9. เครื่องมือและอุปกรณ์คอมพิวเตอร์สำหรับวิเคราะห์ผลและเก็บรวบรวมข้อมูล

วิธีการ

ศึกษาการใส่เชื้อรา *Glomus aggregatum* ร่วมกับปุ๋ยฟอสเฟตในอัตราต่างกันต่อจำนวนสปอร์ในดิน การเข้าสู่ราก และการละลายฟอสเฟตในดิน รวมทั้งสมบัติของดินในแปลงปลูกของพันธุ์ Beauty Seedless, Loose Perlette และ Black Opal โดยมีขั้นตอนการดำเนินงานดังนี้

1. การวางแผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบ 3x2x5 Factorial in Completely Randomized Design จำนวน 3 ซ้ำประกอบด้วย 3 ปัจจัยได้แก่ ปัจจัยที่ 1 พันธุ์องุ่น คือ Beauty Seedless (B), Loose Perlette (L) และ Black Opal (BL) ปัจจัยที่ 2 เชื้อราวิเอไมคอร์ไรซา *Glomus aggregatum* 2 ระดับ คือ ไม่ใส่เชื้อรา (N) และใส่เชื้อราวิเอไมคอร์ไรซา 300 กรัมต่อต้น (I) และปัจจัยที่ 3 ปุ๋ยฟอสเฟต 5 ระดับ คือ โดยประมาณความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัสเท่ากับ 0 (P1), 27.17 (P2), 54.34 (P3), 81.52 (P4) และ 108.69 (P5) กรัมต่อต้น ในขณะที่ปุ๋ยในโตรเจนใส่ในอัตรา 195.63 กรัมต่อต้น และปุ๋ยโพแทสเซียมใส่ในอัตรา 233.34 กรัมต่อต้น ใช้ดินองุ่นจำนวน 5 ต้นต่อซ้ำ

2. การเพิ่มปริมาณเชื้อราวิเอไมคอร์ไรซาโดยวิธี single spore germination ตามวิธีของ Brundrett *et al.* (1994)

โดยการผลิตผงเชื้อราวิเอไมคอร์ไรซา *Gl. aggregatum* จากสปอร์ที่แยกได้ ซึ่งอธิบายไว้ในข้อ 4.2 โดยคัดเลือกสปอร์ที่ยังมีชีวิตออกมาเดี่ยว ๆ แล้วนำสปอร์ดังกล่าวไปเพิ่มปริมาณด้วยวิธี single spore germination โดยนำเมล็ดข้าวฟ่างมาฆ่าเชื้อที่ผิวเมล็ดด้วย clorox เข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์ นาน 5 นาที แล้วล้างออกด้วยน้ำกลั่นที่ผ่านการนึ่งมาเชื้อแล้ว 3 ครั้ง นำเมล็ดที่ได้แช่ในน้ำกลั่นที่นึ่งมาเชื้อแล้ว นาน 1 วัน เพื่อให้รากงอกออกมา นำสปอร์ที่คัดเลือกแล้ววางบนรากโดยใช้ 1 สปอร์ต่อเมล็ด ปลูกลงในทรายที่ผ่านการอบฆ่าเชื้อในตู้อบที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง ซึ่งบรรจุในภาชนะขนาดเล็กที่เตรียมไว้สำหรับปลูก เมื่อข้าวฟ่างอายุ 1 สัปดาห์ ย้ายลงแก้วพลาสติก หลังจากนั้น 3 สัปดาห์ ย้ายลงกระถางขนาด 10 นิ้ว รดด้วยน้ำสลัดกับสารละลายธาตุอาหารพืชในปริมาณที่เท่ากัน เมื่อข้าวฟ่างอายุ 13 สัปดาห์ สุ่มตัวอย่างดินและรากมาตรวจสอบจำนวนสปอร์ และการเข้าอยู่อาศัยของเชื้อราในราก จากนั้นงดการให้น้ำและธาตุอาหารพืชเป็นเวลา 1 สัปดาห์ (Asher,

1975) ตัดต้นข้าวฟ่างทิ้งแล้วคว่ำทรายลงอ่างพลาสติก ตัดรากพืชให้มีความยาว 1 เซนติเมตร คลุกเคล้าทราย และรากข้าวฟ่างด้วยกันแล้วเก็บใส่ถุงพลาสติกที่สะอาดไว้เป็นหัวเชื้อ

3. การเตรียมดินและการปฏิบัติบำรุงรักษาพืชทดลองต้นอ่อน

3.1 แปลงพืชทดลองใช้แปลงเกษตรกร ปลูกอ่อน อำเภอวังน้ำเขียว จังหวัดนครราชสีมา เนื้อที่ 2 ไร่ จำนวน 3 แปลง โดยสมบัติของดินบางประการก่อนทดลอง ได้แสดงไว้ในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 สมบัติทางเคมีบางประการของดินก่อนการทดลอง

รายการที่วิเคราะห์	วิเคราะห์ได้	ความหมาย
pH (1:1)	4.93	กรดจัดมาก
EC _c (dS/m)	0.36	ไม่เค็ม
Soil organic matter (%)	0.88	ต่ำ
Available P (mg/kg)	8.81	ปานกลาง
Exchangeable K (mg/kg)	27.13	ต่ำ

3.2 เลือกต้นอ่อนทั้ง 3 พันธุ์ ที่มีอายุ 2 ปี ที่ตัดแต่งกิ่งแล้ว เพื่อเป็นตัวแทนในการทดลองรวม 150 ต้น

3.3 ดำเนินการทดลองตามตำรับการทดลองที่กำหนดไว้ โดยใส่เชื้อราด้วยการโรยรอบต้นอ่อน ใช้ปลั้วชุดดินรอบๆ ขึ้นมากลบ หลังจากตัดแต่งกิ่ง 1 สัปดาห์ ส่วนตำรับที่ใส่ปุ๋ยฟอสเฟตตามปริมาณของปุ๋ยที่กำหนดไว้ในตำรับการทดลองโดยโรยรอบๆ เช่นกัน หลังตัดแต่งกิ่ง 1 สัปดาห์ และ 4 สัปดาห์ โดยให้น้ำแบบน้ำหยด (drip irrigation)

4. การเก็บข้อมูลเชื้อรา *Glomus aggregatum* โดยเก็บข้อมูลระหว่างการทดลองในช่วงออกดอก และติดผล ตามวิธีการดังต่อไปนี้

4.1 การเก็บตัวอย่างดินและรากพืชอ่อน

เก็บตัวอย่างดินรอบๆ รากพืชที่ระดับความลึก 10 เซนติเมตร ห่างจากโคนต้น 10 เซนติเมตร ตามตำราวิธีการทดลองและเก็บตัวอย่างรากอ่อนเลือกรากอ่อนที่มีสีเขียว (แต่รากอ่อนจะมีสีเขียว) ตัดให้มีความยาวรากประมาณ 1.0 เซนติเมตร ต้นละ 2-3 รากต่อตัวอย่างดิน และเก็บรากใส่ถุงพลาสติกตามตำราวิธีการทดลองเพื่อนำมาวิเคราะห์ในขั้นตอนต่อไป

4.2 การตรวจนับจำนวนสปอร์ของเชื้อราวิเอไมคอร์ไรซาในดินบริเวณรากอ่อน

นำตัวอย่างดินมาแยกเศษหินเศษรากพืชต่างๆ ออกให้หมดแล้วไปผึ่งให้แห้งและบดให้เล็กลง จากนั้นใช้วิธีการร่อนแบบเปียก (wet sieving and decanting) ตามวิธีการของ Brundrett *et al.* (1994) นำตัวอย่างดิน 10 กรัมใส่ลงในน้ำปริมาตร 200 มิลลิลิตรนำไปใส่เครื่องเขย่านาน 15 นาที ตั้งทิ้งไว้ 1-2 นาที เพื่อให้เศษดินตกตะกอน เติสารละลายดินส่วนบนผ่านตะแกรงขนาด 325 เมช 60 เมช และ 40 เมช ตามลำดับ นำตะกอนที่ติดบนตะแกรงชั้นสุดท้ายไปใส่ในหลอดแล้วผสมสารละลายน้ำตาลที่มีความเข้มข้นประมาณ 40 เปอร์เซ็นต์ ด้วยวิธี sucrose centrifugation ของ Daniels and Skipper (1982) นำไปหมุนเหวี่ยงแบบ horizontal rotor ที่ความเร็ว 4,000 รอบต่อนาที นาน 1 นาที นำสารละลายที่ได้ไปกรองด้วยเครื่องกรองแบคทีเรียโดยเทของเหลวส่วนบนลงบนกระดาษกรอง No. 2 ในเครื่องกรองแบคทีเรียล้างด้วยน้ำที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้วหลายๆ ครั้ง เพื่อล้างน้ำตาลออก นำสปอร์ที่ได้บนกระดาษกรองไปตรวจนับปริมาณสปอร์

4.3 การตรวจสอบความหนาแน่นของเชื้อราวิเอไมคอร์ไรซาในรากพืช (root colonization percentage)

นำรากอ่อนมาตรวจหาการครอบครองรากของเชื้อราวิเอไมคอร์ไรซา ตามวิธีการของ Brundrett *et al.* (1994) โดยนำรากอ่อนมาล้างดินออกให้สะอาด ตัดรากให้มีความยาวประมาณ 1 เซนติเมตร แช่รากในสารละลาย KOH 10 เปอร์เซ็นต์ใน water bath ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 1 ชั่วโมง แล้วล้างรากด้วยน้ำธรรมดา เพื่อล้างสารละลาย KOH ออกให้หมด หลังจากนั้นแช่รากใน alkaline H₂O₂ solution นาน 1 ชั่วโมง เพื่อให้รากใสมากขึ้นและล้างสารละลาย H₂O₂ ออกด้วยน้ำธรรมดา 3 ครั้ง เพื่อไล่สารละลาย H₂O₂ ออกให้หมดและแช่รากในสารละลาย HCl (HCl: H₂O = 1: 4) นาน 10-15 นาที เพื่อให้รากมีสภาพเป็นกรด นำรากออกจากสารละลาย HCl โดยไม่ต้อง

ล้างน้ำเชื้อรากใน trypan blue solution ไม่ต่ำกว่า 8 ชั่วโมงหรือจนกว่ารากจะถูกย้อมจนติดสี เทสี trypan blue ทิ้งไปและไม่ต้องล้างรากเก็บรากใน lactic acid solution เพื่อเก็บไว้ศึกษาต่อไป

นำรากที่เก็บไว้ศึกษาจากวิธีการข้างต้นไปตรวจสอบการครอบครองรากของเชื้อราวิเอไมคอร์ไรซา ด้วยวิธี gridline intersect method (Giovannetti and Mosse, 1980) โดยใช้ forcep แบ่งรากมาส่วนหนึ่งวางรากใน plate กระจายรากให้ทั่ว plate โดยใช้ น้ำจาก wash bottle ใช้หลอดดูดคูดน้ำใน plate ออกให้แห้งแล้วนำไปส่องดูภายใต้กล้อง dissecting microscope ตั้งเกดจุดตัดของรากกับเส้นตรง gridline แล้วบันทึกข้อมูลของจำนวนจุดตัดทั้งหมดและจุดตัดที่มีเชื้อราวิเอไมคอร์ไรซา เพื่อนำมาคำนวณเปอร์เซ็นต์การเข้าอยู่อาศัยของเชื้อราวิเอไมคอร์ไรซาในรากของพืช โดยใช้สูตรในการคำนวณดังนี้

$$\% \text{ Root Infection} = \frac{\text{intersections between infected root and straight line}}{\text{total intersections between root and straight line}} \times 100$$

4.4 การศึกษาเอนไซม์ phosphatases (ธงชัยและคณะ, 2551)

นำดินปลูกของพืช โดยเก็บข้อมูลช่วงออกดอก และติดผล มาตรวจหาเอนไซม์ phosphatases ดังนี้

4.4.1 ใส่น้ำดิน 1.0 กรัมลงใน erlenmeyer flask ขนาด 50 มิลลิลิตร

4.4.2 เติมน้ำ toluene จำนวน 0.2 มิลลิลิตร และ MUB (pH 6.5 หรือ 11.0) จำนวน 4 มิลลิลิตร

4.4.3 เติมน้ำ *p*-nitrophenyl phosphate solution (pH เดียวกัน) จำนวน 1 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน 2-3 วินาที ปิดฝา flask ด้วยจุกยางแล้ววางไว้ใน incubator อุณหภูมิ 37 °C

4.4.4 หลังจากบ่มไว้ 1 ชั่วโมง เปิดจุกยางแล้วเติมน้ำ 0.5M CaCl₂ จำนวน 1 มิลลิลิตร และ 0.5 M NaOH จำนวน 4 มิลลิลิตร ผสม flask ให้เข้ากัน 2-3 วินาที

4.4.5 กรองสารละลายผ่านกระดาษกรอง Whatman no.2

4.4.6 วัดความเข้มของสีเหลืองที่เกิดขึ้น โดยเครื่อง spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 440 นาโนเมตร แล้วคำนวณหาปริมาณ *p*-nitrophenol ของสารละลายที่กรองได้หลังจากเทียบกับกราฟมาตรฐานของ *p*-nitrophenol ที่ความเข้มข้น 0, 10, 20, 30, 40 และ 50 มิลลิกรัม

5. การเก็บข้อมูลดิน โดยเก็บข้อมูลก่อนการทดลอง และระหว่างการทดลอง ได้แก่ ช่วงออกดอก ติดผล และหลังการเก็บเกี่ยวผลผลิตตอน 1 สัปดาห์ ตามวิธีการดังต่อไปนี้

5.1 การเตรียมตัวอย่างดิน

เก็บตัวอย่างดินที่ระดับความลึก 0-30 เซนติเมตร แต่ละตำรับการทดลองเก็บใส่ในถุงพลาสติก นำตัวอย่างดินไปผึ่งให้แห้ง หลังจากนั้นนำตัวอย่างดินที่ผึ่งแห้งแล้วร่อนผ่านตะแกรงขนาด 0.5 และ 2.0 มิลลิเมตร เพื่อนำมาวิเคราะห์สมบัติต่างๆ ในขั้นตอนต่อไป

5.2 การวิเคราะห์ดินก่อนการทดลอง

5.2.1 ค่าปฏิกิริยาดิน (Soil pH) ใช้อัตราส่วนดินต่อน้ำ 1: 1 วัดด้วย pH meter

5.2.2 ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน (soil organic matter) ด้วยวิธี Walkley and Black Titration (Walkley and Black, 1934)

5.2.3 ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (available phosphorous) สกัดดินด้วยน้ำยาสกัด Bray II แล้ววัดปริมาณฟอสฟอรัสด้วยเครื่อง spectrophotometer (Bray and Krutz, 1945)

5.2.4 ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด (total phosphorous) วัดปริมาณฟอสฟอรัสด้วยเครื่อง spectrophotometer (Bray and Krutz, 1945)

5.2.5 ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (exchangeable potassium) สกัดดินด้วย 1N NH_4OAc ที่เป็นกลาง (pH 7.0) วัดด้วยเครื่อง atomic absorption spectrophotometer

5.3 การวิเคราะห์ดินระหว่างการทดลอง

5.3.1 ค่าปฏิกิริยาดิน (Soil pH) ใช้อัตราส่วนดินต่อน้ำ 1: 1 วัดด้วย pH meter

5.3.2 ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (available phosphorous) สกัดดินด้วยน้ำยาสกัด Bray II แล้ววัดปริมาณฟอสฟอรัสด้วยเครื่อง spectrophotometer (Bray and Krutz, 1945)

6. การเก็บข้อมูลตัวอย่างใบอ่อนช่วงออกดอก และก่อนเก็บเกี่ยวผลผลิตอ่อน 1 สัปดาห์ตามวิธีการดังต่อไปนี้

6.1 การเก็บตัวอย่างใบอ่อน

สุ่มเก็บตัวอย่างใบอ่อนจำนวน 10 ใบต่อดัน โดยเก็บใบตำแหน่งที่ 3-5 จากยอดต่อดัน แล้วนำตัวอย่างใบอ่อนในแต่ละต้นของแต่ละซ้ำมารวมกัน เพื่อใช้สำหรับนำไปวิเคราะห์ธาตุอาหารในใบอ่อน

6.2 การวิเคราะห์ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในใบอ่อน

นำตัวอย่างใบอ่อนแต่ละซ้ำของแต่ละซ้ำทดลอง ไปอบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส จนน้ำหนักคงที่ แล้วบดนำตัวอย่างใบอ่อนไปบดให้ละเอียด โดยย่อยตัวอย่างพืชด้วย digestion mixture ($H_2SO_4-H_2O_2$) แล้วนำไปวิเคราะห์ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดโดยวิธี colorimetric method (ทัศนีย์และจรงค์, 2542)

7. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ โดยการวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance; ANOVA) เพื่อหาค่า F-value หากข้อมูลแสดงความแตกต่างที่ระดับความเชื่อมั่น 95 และ 99 เปอร์เซ็นต์ แล้วนำมาเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ที่แตกต่างกันด้วยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

8. สถานที่ทำการทดลอง

8.1 แปลงเกษตรกรปลูกองุ่น อำเภอวังน้ำเขียว จังหวัดนครราชสีมา

8.2 ห้องปฏิบัติการเคมีและความอุดมสมบูรณ์ของดิน ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร
กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน

8.3 ห้องปฏิบัติการจุลชีววิทยาของดิน ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร กำแพงแสน
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน

9. ระยะเวลาทำการทดลอง

ตั้งแต่เดือนสิงหาคม 2556 – เดือนตุลาคม 2557

ผลและวิจารณ์

การใช้ *Glomus aggregatum* มีผลต่อสมบัติทางชีววิทยาของดินกรดในสวนองุ่นที่ระยะการเจริญเติบโตต่างๆดังนี้

1. จำนวนสปอร์ของเชื้อราไมคอร์ไรซาในดินที่ระยะการเจริญเติบโตต่างๆขององุ่น

จากการศึกษาพันธุ์องุ่นร่วมกับการใส่เชื้อราไมคอร์ไรซาและปุ๋ยฟอสเฟตในอัตราที่แตกต่างกัน มีผลทำให้จำนวนสปอร์ในดินมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติในช่วงออกดอกและติดผลขององุ่น (ตารางที่ 2) โดยพบว่าพันธุ์องุ่นที่แตกต่างกันส่งผลให้จำนวนสปอร์ในดินมีความแตกต่างกันทางสถิติ กล่าวคือ องุ่นพันธุ์ Loose Perlette ให้จำนวนสปอร์ในดินมากที่สุดในช่วงการออกดอก รองลงมาคือ องุ่นพันธุ์ Black opal และพันธุ์ Beauty Seedless ตามลำดับ ในขณะที่องุ่นพันธุ์ Beauty Seedless ให้จำนวนสปอร์ในดินมากที่สุดในช่วงติดผล รองลงมาคือ รองลงมาคือ องุ่นพันธุ์ Black opal และ องุ่นพันธุ์ Loose Perlette ตามลำดับ โดยจะเห็นได้ว่าพันธุ์องุ่นที่แตกต่างกัน ทำให้พบจำนวนสปอร์ในดินที่แตกต่างกัน ส่วนเชื้อราไมคอร์ไรซานั้น พบว่าการใส่เชื้อราไมคอร์ไรซาให้จำนวนสปอร์ในดินมากกว่าการไม่ใส่เชื้อราไมคอร์ไรซา และมีความแตกต่างกันทางสถิติทั้งช่วงออกดอกและติดผล แสดงว่าเชื้อราไมคอร์ไรซาสามารถเติบโตและเพิ่มจำนวนสปอร์ได้ในการปลูกองุ่น สำหรับปุ๋ยฟอสเฟตที่อัตราแตกต่างกัน พบว่าอัตราปุ๋ยฟอสเฟตที่ 27.17 กรัมต่อต้น (P2) ให้จำนวนสปอร์ในดินมากกว่าการใส่ปุ๋ยในอัตราอื่นๆทั้งช่วงการออกดอกและติดผล และมีความแตกต่างกันทางสถิติ แสดงให้เห็นว่าปุ๋ยฟอสเฟตมีผลต่อการเจริญเติบโตและเพิ่มจำนวนสปอร์ในดินของเชื้อราไมคอร์ไรซา นอกจากนี้มีข้อสังเกตพบว่าการใส่ปุ๋ยฟอสเฟตให้จำนวนสปอร์ของเชื้อราไมคอร์ไรซาในดินมากกว่าการไม่ใส่ปุ๋ยฟอสเฟต อย่างไรก็ตามมีข้อสังเกตพบว่าการใส่ปุ๋ยฟอสเฟตในปริมาณที่เพิ่มขึ้น ส่งผลทำให้จำนวนสปอร์ในดินลดลง และไม่มีแตกต่างกันทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับการไม่ใส่ปุ๋ยฟอสเฟต เนื่องจากธาตุฟอสฟอรัสที่ปลดปล่อยออกมาเกิดเป็นแหล่งอาหารของจุลินทรีย์ จึงทำให้สปอร์มีมาก

เมื่อพิจารณาปฏิสัมพันธ์กันระหว่างพันธุ์องุ่นที่แตกต่างกันกับการใส่เชื้อราไมคอร์ไรซา พบว่า พันธุ์องุ่นที่แตกต่างกันกับการใส่เชื้อราไมคอร์ไรซามีปฏิสัมพันธ์กัน และส่งผลให้จำนวนสปอร์ในดินมีความแตกต่างกันทางสถิติทั้งช่วงออกดอกและติดผล (ตารางที่ 2) กล่าวคือ องุ่นพันธุ์

Loose Perlette ร่วมกับการใส่เชื้อราไมคอร์ไรซาให้จำนวนสปอร์ในดินมากสุดในช่วงการออกดอก ส่วนองุ่นพันธุ์ Beauty Seedless ร่วมกับการใส่เชื้อราไมคอร์ไรซาให้จำนวนสปอร์ในดินมากที่สุดในช่วงการติดผล เมื่อเปรียบเทียบกับตำรับการทดลองอื่นๆ (ภาพที่ 1) นอกจากนี้มีข้อสังเกตพบว่าการปลูกองุ่นร่วมกับการใส่เชื้อราไมคอร์ไรซาให้จำนวนสปอร์ในดินมากกว่าการปลูกองุ่นร่วมกับการไม่ใส่เชื้อราไมคอร์ไรซา แสดงให้เห็นว่าเชื้อราไมคอร์ไรซาสามารถเติบโตและเพิ่มจำนวนสปอร์ได้ในการปลูกองุ่น

ในขณะที่ปฏิสัมพันธ์กันระหว่างการใส่เชื้อราไมคอร์ไรซากับปุ๋ยฟอสเฟตในอัตราที่แตกต่างกัน พบว่า การใส่เชื้อราไมคอร์ไรซาร่วมกับปุ๋ยฟอสเฟตในอัตราที่แตกต่างกันมีปฏิสัมพันธ์กัน และส่งผลให้จำนวนสปอร์ในดินมีความแตกต่างกันทางสถิติทั้งช่วงการออกดอกและติดผล (ตารางที่ 2) กล่าวคือ การใส่เชื้อราไมคอร์ไรซาร่วมกับปุ๋ยฟอสฟอรัสที่อัตรา 27.17 กรัมต่อต้น ให้จำนวนสปอร์ในดินมากที่สุดในช่วงการออกดอกและติดผล เมื่อเปรียบเทียบกับตำรับการทดลองอื่นๆ นอกจากนี้ยังพบว่าการใส่เชื้อราไมคอร์ไรซาร่วมกับการใส่ปุ๋ยฟอสเฟตให้จำนวนสปอร์ในดินมากกว่าการไม่ใส่เชื้อราไมคอร์ไรซาร่วมกับปุ๋ยฟอสเฟต แสดงให้เห็นว่าการใส่ปุ๋ยฟอสเฟตอย่างเดียวไม่มีผลทำให้จำนวนสปอร์ในดินเพิ่มขึ้น ถึงแม้ว่าในธรรมชาติจะมีเชื้อราไมคอร์ไรซาอยู่ในดินอย่างไรก็ตามการใส่เชื้อราไมคอร์ไรซาร่วมกับการใส่ปุ๋ยฟอสเฟตในอัตราที่ปุ๋ยฟอสเฟตเพิ่มสูงขึ้น มีแนวโน้มทำให้จำนวนสปอร์ในดินลดลงดังภาพที่ 2

นอกจากนี้ปฏิสัมพันธ์กันพันธุ์องุ่นร่วมกับการใส่เชื้อราไมคอร์ไรซาและปุ๋ยฟอสเฟตในอัตราที่แตกต่างกัน พบว่า พันธุ์องุ่นร่วมกับการใส่เชื้อราไมคอร์ไรซาและปุ๋ยฟอสเฟตในอัตราที่แตกต่างกันมีปฏิสัมพันธ์กัน และส่งผลให้จำนวนสปอร์ในดินมีความแตกต่างกันทางสถิติทั้งในช่วงการออกดอกและติดผล (ตารางที่ 2) กล่าวคือ องุ่นพันธุ์ Beauty Seedless ร่วมกับการใส่เชื้อราไมคอร์ไรซาและปุ๋ยฟอสเฟตในอัตรา 27.17 กรัมต่อต้น ให้จำนวนสปอร์ในดินมากที่สุดทั้งในช่วงการออกดอกและติดผล เมื่อเปรียบเทียบกับตำรับการทดลองอื่นๆ (ภาพที่ 3)

จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าโดยองุ่นทั้ง 3 พันธุ์นี้ มีปริมาณจำนวนสปอร์ในดินแตกต่างกัน ซึ่งการใส่เชื้อราไมคอร์ไรซาเพิ่มลงไปนั้น ส่งเสริมให้ปริมาณจำนวนสปอร์มากกว่าการไม่ใส่เชื้อราไมคอร์ไรซาได้อย่างชัดเจน ส่วนการใส่ปุ๋ยฟอสเฟตในอัตราที่แตกต่างกันนั้น พบว่าการใส่ปุ๋ยฟอสเฟตในปริมาณที่เพิ่มมากขึ้นมีแนวโน้มทำให้ปริมาณจำนวนสปอร์เชื้อราไมคอร์ไรซาในดินลดน้อยลง เนื่องจากการใส่ปุ๋ยฟอสเฟตซึ่งมีสารเคลือบเม็ดปุ๋ยเชื้อรา

ความสามารถในการละลายได้ต่ำ ธาตุอาหารจึงละลายออกมาได้น้อย การอยู่รอดของเชื้อราจึงต่ำตามไปด้วย (วชิราภรณ์, 2548) รวมทั้งการเพิ่มการเจริญและปริมาณของเชื้อราไมคอร์ไรซาเป็นไปได้ยาก หากไม่มีการเติมเชื้อราไมคอร์ไรซาลงไปในดินให้มากขึ้น เพราะในดินยังมีจุลินทรีย์ชนิดอื่นๆที่อาศัยปะปนอยู่และเป็นปฏิปักษ์ต่อกัน ทำให้กิจกรรมของเชื้อราไมคอร์ไรซาลดลงส่งผลกระทบต่อการใช้ธาตุอาหารของพืช (Chen *et al.*, 2000; Tawaraya *et al.*, 2003) เมื่อมีการใส่เชื้อราเพิ่มลงไปดินจะเป็นการเพิ่มปริมาณจุลินทรีย์ให้มากขึ้น และเพิ่มกิจกรรมของจุลินทรีย์ให้มากขึ้นด้วย ซึ่งจะประโยชน์ในการส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชอ่อนและเพิ่มปริมาณฟอสฟอรัสในดิน

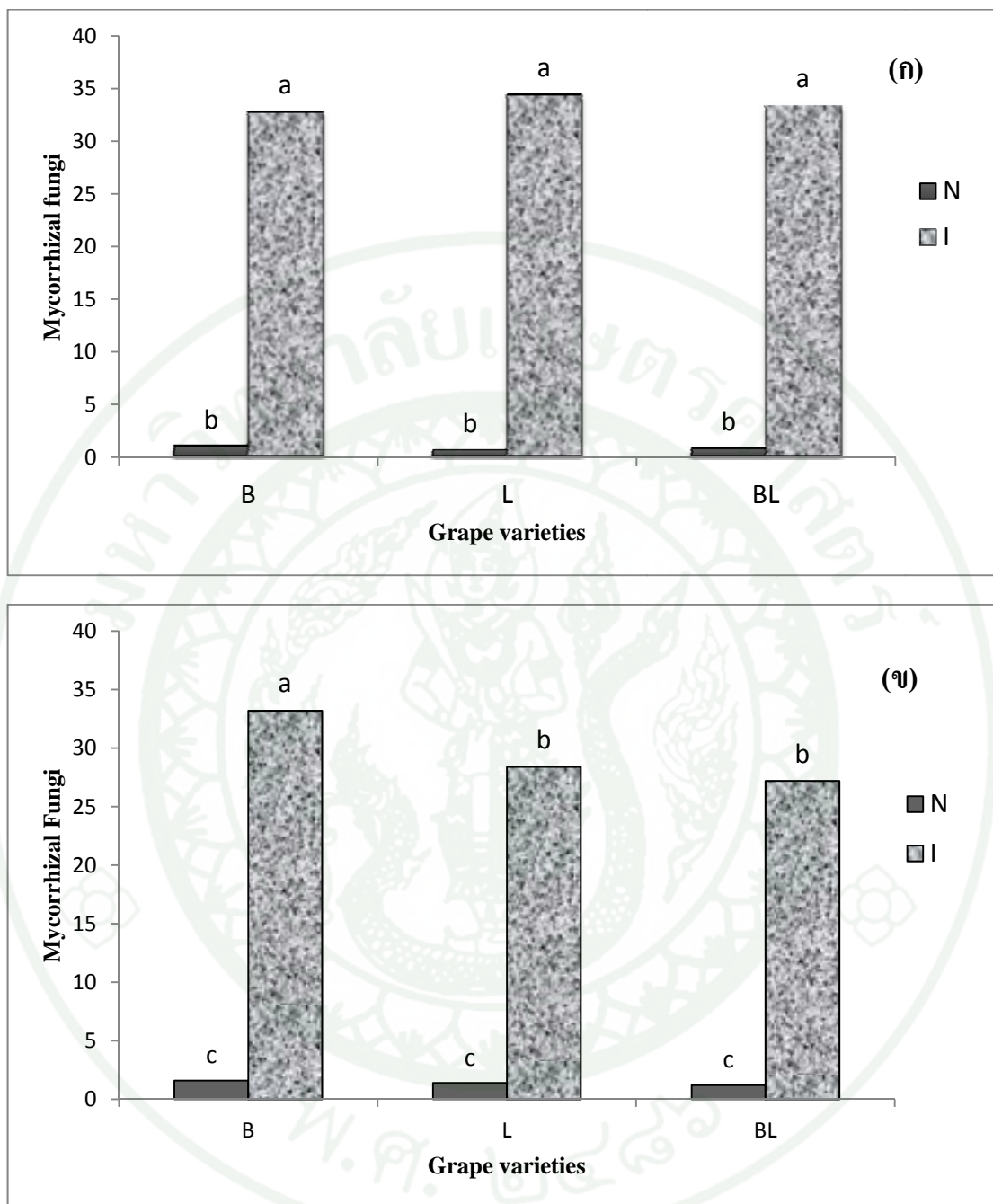


ตารางที่ 2 จำนวนสปอร์ในดินของ *Glomus aggregatum* มีอิทธิพลต่อดินกรดในสวนองุ่นที่ระยะเริ่มออกดอกและระยะติดผล (สปอร์ต่อกรัม)

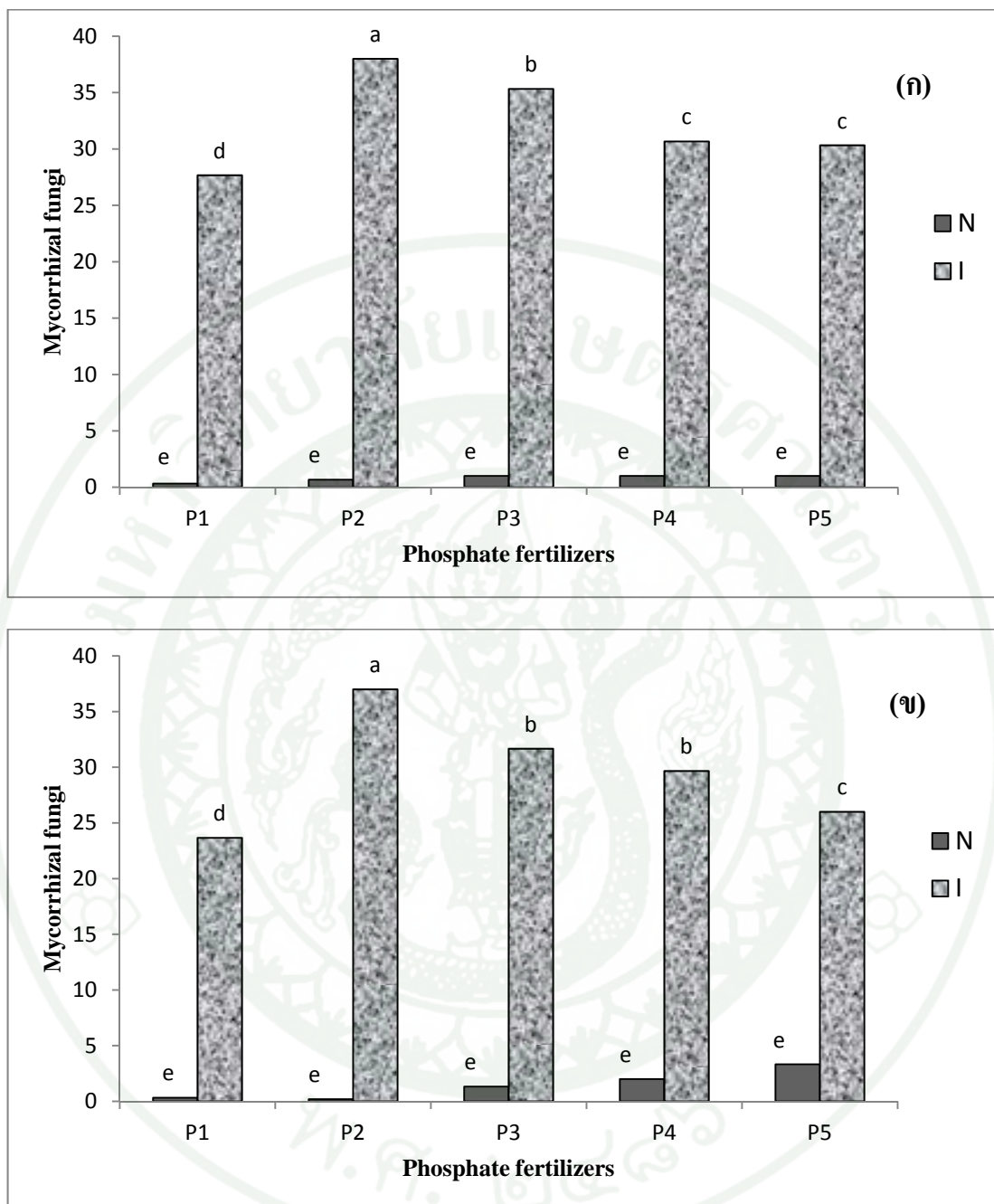
คำรับการทดลอง	จำนวนสปอร์ในดิน	
	เริ่มออกดอก	เริ่มติดผล
ปัจจัยที่ 1 พันธุ์องุ่น (V)		
Beauty Seedless (V1)	15.9B	17.4A
Loose Perlette (V2)	17.5A	14.8C
Black Opal (V3)	17.1A	16.3B
F-test	**	**
ปัจจัยที่ 2 เชื้อราไมคอร์ไรซา (M)		
ไม่ใส่เชื้อรา (N)	0.80X	1.40X
ใส่เชื้อรา (I)	33.53Y	29.6Y
F-test	**	**
ปัจจัยที่ 3 ระดับของปุ๋ยฟอสเฟต (P)		
ปุ๋ย TSP 0 กรัมต่อต้น (P1)	15.0c	15.0c
ปุ๋ย TSP 27.17 กรัมต่อต้น (P2)	21.0a	18.5a
ปุ๋ย TSP 54.34 กรัมต่อต้น (P3)	18.0b	16.5b
ปุ๋ย TSP 81.52 กรัมต่อต้น (P4)	16.0c	14.0d
ปุ๋ย TSP 108.69 กรัมต่อต้น (P5)	15.0c	13.5d
F-test	**	**
V x M	**	**
V x P	ns	Ns
M x P	**	**
M x V x P	**	**
CV (%)	13.26	19.46

หมายเหตุ ตัวอักษรที่ต่างกันในกลุ่มเดียวกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

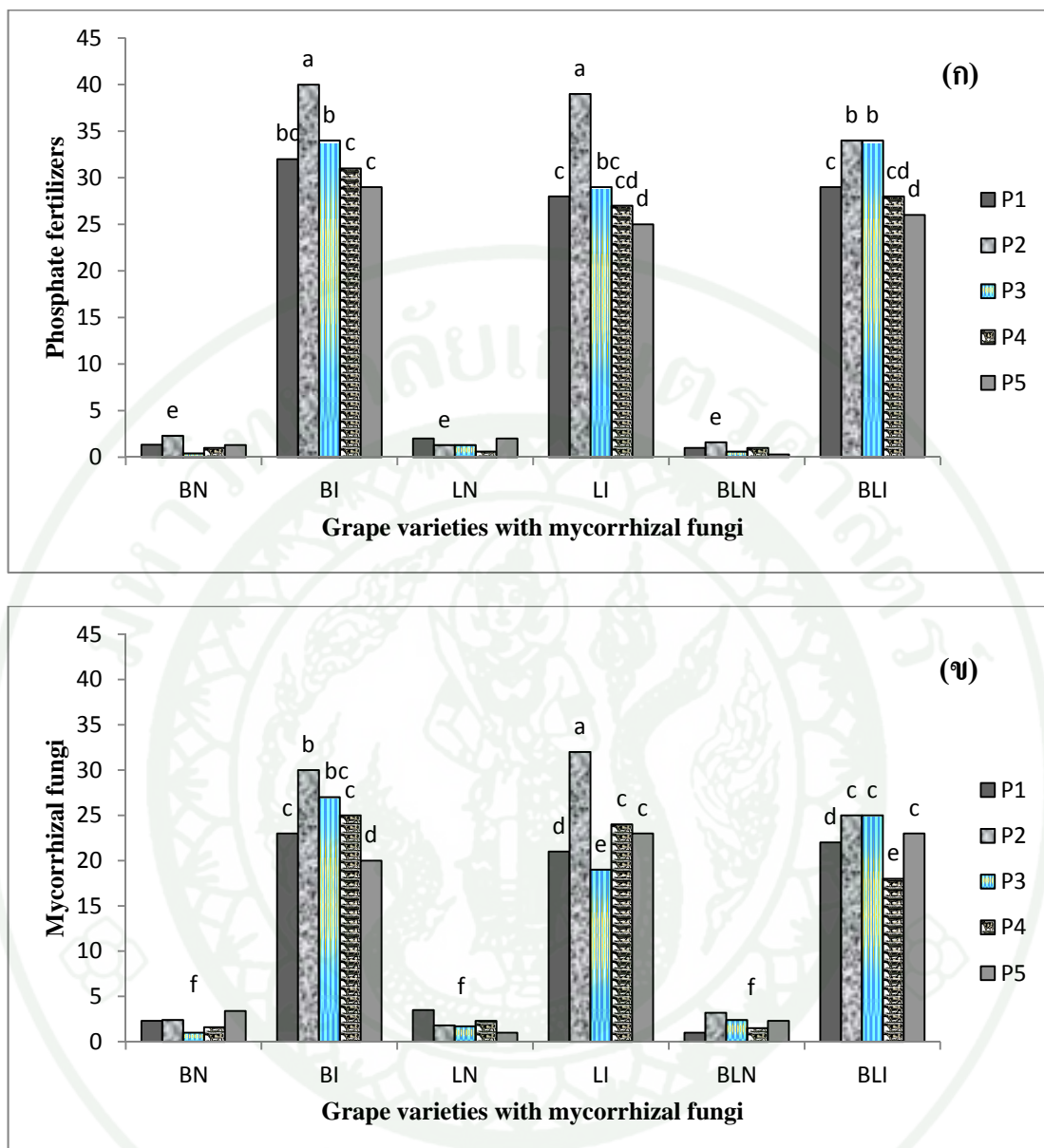
** แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 %



ภาพที่ 1 จำนวนสปอร์ (สปอร์ต่อกรัม) ในดินที่ระยะการเจริญเติบโตต่างๆของการใส่เชื้อราไมคอร์ไรซาร่วมกับองุ่นพันธุ์ต่างๆ โดย (ก) การใส่เชื้อราไมคอร์ไรซาร่วมกับพันธุ์องุ่นที่ระยะเริ่มออกดอก (ข) การใส่เชื้อราไมคอร์ไรซาร่วมกับพันธุ์องุ่นที่ระยะติดผล (N = ไม่ใส่เชื้อรา, I = ใส่เชื้อรา) (B = องุ่นพันธุ์ Beauty Seedless, L = องุ่นพันธุ์ Loose Perlette, BL = องุ่นพันธุ์ Black Opal)



ภาพที่ 2 จำนวนสปอร์ (สปอร์ต่อกรัม) ในดินที่ระยะการเจริญเติบโตต่างๆของการใส่เชื้อราไมคอร์ไรซาร่วมกับปุ๋ยฟอสเฟตในอัตราที่แตกต่างกัน โดย (ก) การใส่เชื้อราไมคอร์ไรซาร่วมกับปุ๋ยฟอสเฟตที่ระยะเริ่มออกดอก (ข) การใส่เชื้อราไมคอร์ไรซาร่วมกับปุ๋ยฟอสเฟตที่ระยะติดผล (N = ไม่ใส่เชื้อรา, I = ใส่เชื้อรา) (P1, P2, P3, P4, P5 = ปุ๋ยฟอสเฟตที่อัตรา 0, 27.17, 54.34, 81.52, 108.69 กรัมต่อดิน ตามลำดับ)



ภาพที่ 3 จำนวนสปอร์ (สปอร์ต่อกรัม) ในดินที่ระยะการเจริญเติบโตต่างๆของการใส่เชื้อราไมคอร์ไรซาร่วมกับปุ๋ยฟอสเฟตในอัตราที่แตกต่างกันในแปลงงุ่นทั้ง 3 พันธุ์ โดย (ก) การใส่เชื้อราไมคอร์ไรซาร่วมกับปุ๋ยฟอสเฟตในแปลงงุ่นทั้ง 3 พันธุ์ ที่ระยะเริ่มออกดอก (ข) การใส่เชื้อราไมคอร์ไรซาร่วมกับปุ๋ยฟอสเฟตในแปลงงุ่นทั้ง 3 พันธุ์ ที่ระยะติดผล (N = ไม่ใส่เชื้อรา, I = ใส่เชื้อรา) (V1 = องุ่นพันธุ์ Beauty Seedless, V2 = องุ่นพันธุ์ Loose Perlette, V3 = องุ่นพันธุ์ Black Opal) (P1, P2, P3, P4, P5 = ปุ๋ยฟอสเฟตที่อัตรา 0, 27.17, 54.34, 81.52, 108.69 กรัมต่อต้น ตามลำดับ)

2. ความหนาแน่นในการเข้าสู่รากพืชของเชื้อราไมคอร์ไรซาที่ระยะการเจริญเติบโตต่างๆขององุ่น

ผลการศึกษাপันธุ์องุ่นร่วมกับการใส่เชื้อราไมคอร์ไรซาและปุ๋ยฟอสเฟตในอัตราที่แตกต่างกัน มีผลทำให้การเข้าสู่รากพืชของเชื้อราไมคอร์ไรซามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติในช่วงออกดอกและติดผลขององุ่น (ตารางที่ 3) โดยพบว่าพันธุ์องุ่นที่แตกต่างกันส่งผลให้การเข้าสู่รากพืชของเชื้อราไมคอร์ไรซามีความแตกต่างกันทางสถิติ กล่าวคือพันธุ์ Beauty Seedless ให้การเข้าสู่รากพืชของเชื้อราไมคอร์ไรซามากที่สุดในช่วงการออกดอกและติดผล รองลงมาคือรองลงมาคือพันธุ์ Loose Perlette และพันธุ์ Black Opal ตามลำดับ โดยจะเห็นได้ว่าพันธุ์องุ่นที่แตกต่างกัน ทำให้พบการเข้าสู่รากพืชของเชื้อราไมคอร์ไรซาที่แตกต่างกัน ส่วนการใส่เชื้อราไมคอร์ไรซานั้นพบว่า การใส่เชื้อราไมคอร์ไรซาพบการเข้าสู่รากพืชของเชื้อรามากกว่าการไม่ใส่เชื้อราไมคอร์ไรซา และมีความแตกต่างกันทางสถิติทั้งช่วงออกดอกและติดผล แสดงว่าเชื้อราไมคอร์ไรซาสามารถเติบโตและสามารถเจริญเข้าสู่รากพืชได้ในการปลูกองุ่น สำหรับการใส่ปุ๋ยฟอสเฟตในอัตราที่ต่างกันนั้นพบว่า การใส่ปุ๋ยฟอสเฟตที่อัตรา 54.34 กรัมต่อต้น ให้การเข้าสู่รากพืชของเชื้อราไมคอร์ไรซามากกว่าการใส่ปุ๋ยฟอสเฟตในอัตราอื่นๆทั้งช่วงการออกดอกและติดผล แสดงให้เห็นว่าปุ๋ยฟอสเฟตมีผลต่อการเจริญเติบโตและเพิ่มประสิทธิภาพการเข้าสู่รากพืชของเชื้อราไมคอร์ไรซา โดยที่การใส่ปุ๋ยฟอสเฟตมีผลให้การเข้าสู่รากพืชของเชื้อราไมคอร์ไรซามากกว่าการไม่ใส่ปุ๋ยฟอสเฟต แต่อย่างไรก็ตามการใส่ปุ๋ยฟอสเฟตในปริมาณที่อัตราปุ๋ยฟอสเฟตเพิ่มขึ้นมีผลทำให้การเข้าสู่รากพืชของเชื้อราไมคอร์ไรซาลดลง และไม่แตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับการไม่ใส่ปุ๋ยฟอสเฟต

เมื่อพิจารณาปฏิสัมพันธ์กันระหว่างพันธุ์องุ่นที่แตกต่างกันกับการใส่เชื้อราไมคอร์ไรซาพบว่า พันธุ์องุ่นที่แตกต่างกันกับการใส่เชื้อราไมคอร์ไรซามีปฏิสัมพันธ์กัน และส่งผลให้การเข้าสู่รากพืชของเชื้อราไมคอร์ไรซามีความแตกต่างกันทางสถิติทั้งช่วงออกดอกและติดผล (ตารางที่ 3) กล่าวคือ พันธุ์ Beauty Seedless ร่วมกับการใส่เชื้อราไมคอร์ไรซาให้การเข้าสู่รากพืชของเชื้อราไมคอร์ไรซามากที่สุดในช่วงการออกดอกและติดผล เมื่อเปรียบเทียบกับตำรับการทดลองอื่นๆ (ภาพที่ 4) นอกจากนี้มีข้อสังเกตพบว่าการปลูกองุ่นร่วมกับการใส่เชื้อราไมคอร์ไรซาให้การเข้าสู่รากพืชของเชื้อราไมคอร์ไรซามากกว่าการปลูกองุ่นร่วมกับการไม่ใส่เชื้อราไมคอร์ไรซา แสดงให้เห็นว่าเชื้อราไมคอร์ไรซาสามารถเติบโตและเพิ่มการเข้าสู่รากพืชของเชื้อราไมคอร์ไรซาได้ในการปลูกองุ่น

ในขณะที่ปฏิสัมพันธ์กันระหว่างการใส่เชื้อราไมคอร์ไรซากับปุ๋ยฟอสเฟตในอัตราที่แตกต่างกัน พบว่า การใส่เชื้อราไมคอร์ไรซาร่วมกับปุ๋ยฟอสเฟตในอัตราที่แตกต่างกันมีปฏิสัมพันธ์กัน และส่งผลให้การเข้าสู่รากพืชของเชื้อราไมคอร์ไรซามีความแตกต่างกันทางสถิติทั้งช่วงการออกดอกและติดผล (ตารางที่ 3) กล่าวคือ การใส่เชื้อราไมคอร์ไรซาร่วมกับปุ๋ยฟอสเฟตที่อัตรา 54.34 กรัมต่อต้น ให้การเข้าสู่รากพืชของเชื้อราไมคอร์ไรซามากที่สุดทั้งในช่วงการออกดอกและติดผล เมื่อเปรียบเทียบกับตำรับการทดลองอื่นๆ อย่างไรก็ตามมีข้อสังเกตพบว่าการใส่เชื้อราไมคอร์ไรซาร่วมกับการใส่ปุ๋ยฟอสเฟตให้การเข้าสู่รากพืชของเชื้อราไมคอร์ไรซามากกว่าการไม่ใส่เชื้อราไมคอร์ไรซาร่วมกับปุ๋ยฟอสเฟต อย่างไรก็ตามการใส่เชื้อราไมคอร์ไรซาร่วมกับการใส่ปุ๋ยฟอสเฟตในปริมาณที่เพิ่มขึ้นจาก 54.34 กรัมต่อต้น มีแนวโน้มทำให้การเข้าสู่รากพืชของเชื้อราไมคอร์ไรซาลดลง ดังภาพที่ 5

นอกจากนี้ปฏิสัมพันธ์กันพันธุ์องุ่นร่วมกับการใส่เชื้อราไมคอร์ไรซาและปุ๋ยฟอสเฟตในอัตราที่แตกต่างกัน พบว่า พันธุ์องุ่นร่วมกับการใส่เชื้อราไมคอร์ไรซาและปุ๋ยฟอสเฟตในอัตราที่แตกต่างกันมีปฏิสัมพันธ์กัน และส่งผลให้การเข้าสู่รากพืชของเชื้อราไมคอร์ไรซามีความแตกต่างกันทางสถิติทั้งในช่วงการออกดอกและติดผล (ตารางที่ 3) กล่าวคือ องุ่นพันธุ์ Beauty Seedless ร่วมกับการใส่เชื้อราไมคอร์ไรซาและปุ๋ยฟอสเฟตในอัตรา 54.34 กรัมต่อต้น ให้การเข้าสู่รากพืชของเชื้อราไมคอร์ไรซามากที่สุดทั้งในช่วงการออกดอกและติดผล เมื่อเปรียบเทียบกับตำรับการทดลองอื่นๆ (ภาพที่ 6)

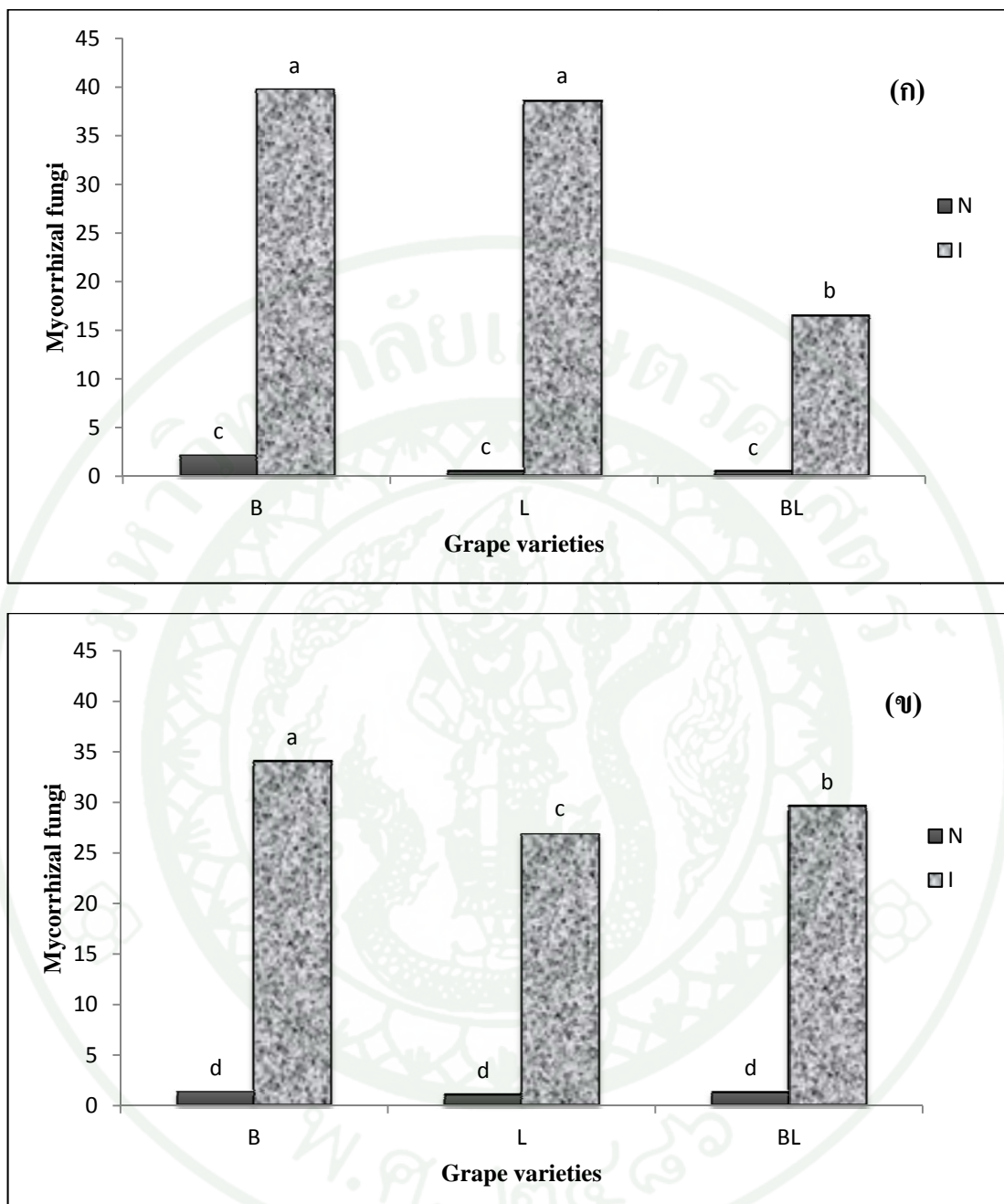
จากผลการทดลองทำให้ทราบว่า การใส่เชื้อราไมคอร์ไรซาเพิ่มลงไปในดิน ทำให้เปอร์เซ็นต์การเข้าสู่รากพืชของเชื้อรามากกว่าการไม่ใส่เชื้อราอย่างเด่นชัด ส่วนการใส่ปุ๋ยฟอสเฟตในอัตราที่แตกต่างกัน ส่งผลให้ประสิทธิภาพการเข้าสู่รากแตกต่างกันออกไป ซึ่งเป็นไปได้ว่าการที่พบปริมาณสปอร์ในดินมากทำให้เกิดกิจกรรมของเชื้อรามาก ส่งผลให้พบเปอร์เซ็นต์การเข้าสู่รากพืชของเชื้อรามากตามไปด้วย เนื่องจากก่อนที่จะมีการส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช เชื้อราวิเอไมคอร์ไรซาต้องมีการเข้าสู่รากพืชก่อน (Smith and Gianinazzi-Pearson, 1988) และเมื่อเชื้อราเข้าสู่รากพืชแล้ว จะมีการสร้างอาร์บัสคูล ทำหน้าที่แลกเปลี่ยนอาหารระหว่างเชื้อราและรากพืชและสร้างเวสิเคิล เพื่อเก็บสะสมอาหารและปลดปล่อยให้พืชได้ใช้ประโยชน์ต่อไปภายหลังได้ (Ahaibor and Hirata, 1994) และจะเป็นประโยชน์ในการส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชองุ่น

ตารางที่ 3 ความหนาแน่นในการเข้าสู่รากพืชของ *Glomus aggregatum* มีอิทธิพลต่อดินกรดในสวนอุ่นที่ระยะเริ่มออกดอกและระยะติดผล (เปอร์เซ็นต์)

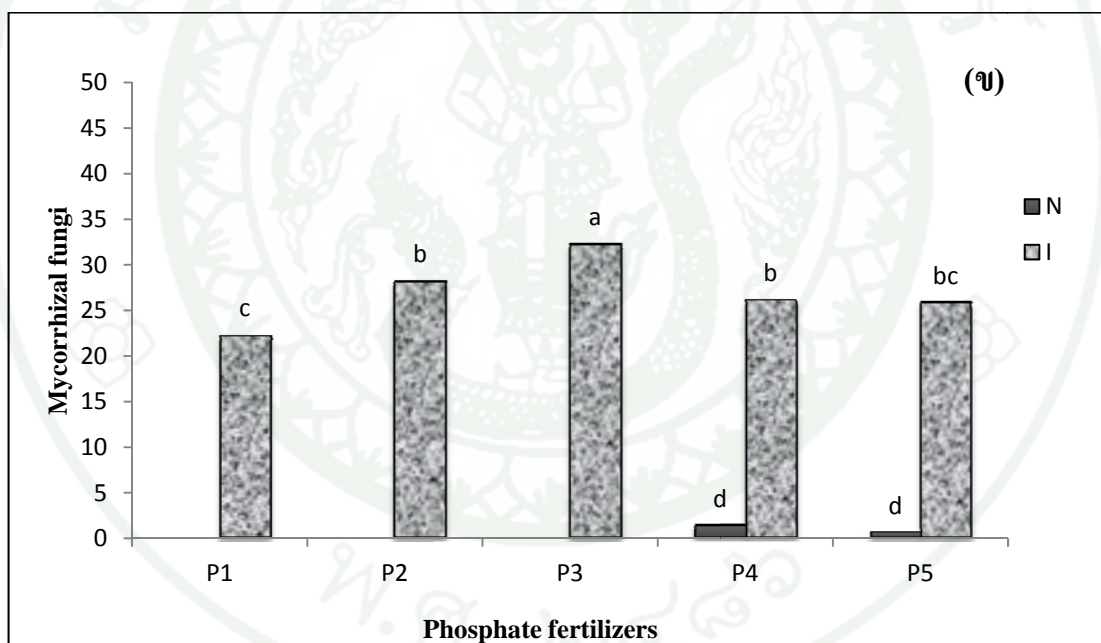
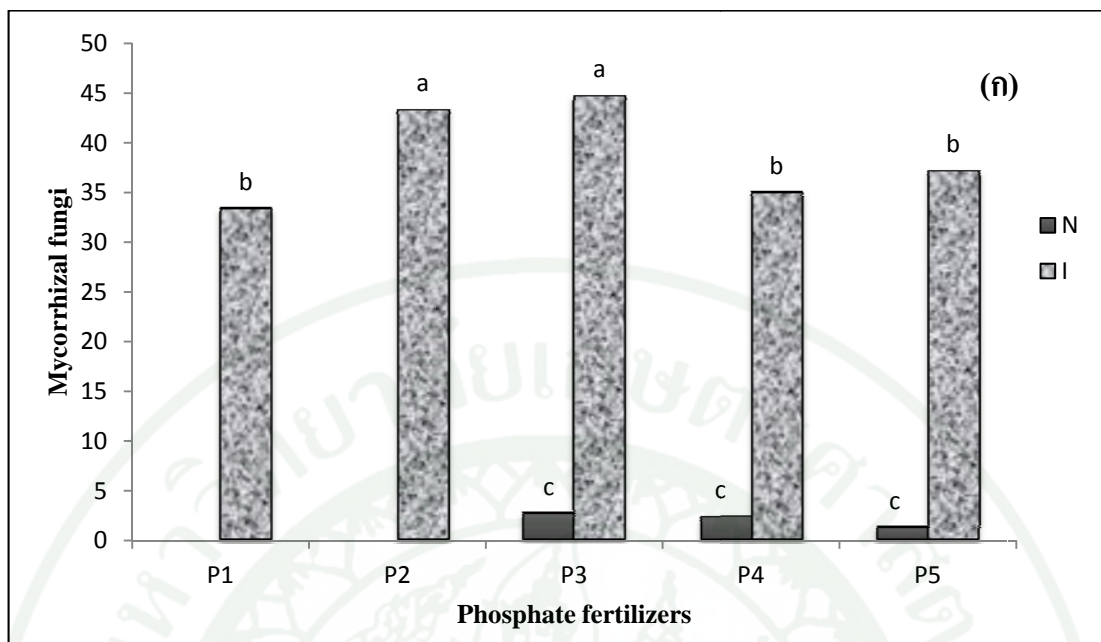
ตำรับการทดลอง	การเข้าสู่รากพืชของเชื้อราวิเอไมคอร์ไรซา	
	เริ่มออกดอก	ติดผล
ปัจจัยที่ 1 พันธุ์อุน (V)		
Beauty Seedless (V1)	21A	18A
Loose Perlette (V2)	20A	14B
Black Opal (V3)	17B	15B
F-test	**	**
ปัจจัยที่ 2 เชื้อราไมคอร์ไรซา (M)		
ไม่ใส่เชื้อรา (N)	1X	1X
ใส่เชื้อรา (I)	37Y	30Y
F-test	**	**
ปัจจัยที่ 3 ระดับของปุ๋ยฟอสเฟต(P)		
ปุ๋ย TSP 0 กรัมต่อต้น (P1)	15d	17b
ปุ๋ย TSP 27.17 กรัมต่อต้น (P2)	20b	15c
ปุ๋ย TSP 54.34 กรัมต่อต้น (P3)	23a	18a
ปุ๋ย TSP 81.52 กรัมต่อต้น (P4)	17c	16bc
ปุ๋ย TSP 108.69 กรัมต่อต้น (P5)	19b	13d
F-test	**	**
V x M	**	**
V x P	ns	ns
M x P	**	**
M x V x P	**	**
CV (%)	23.14	19.92

หมายเหตุ ตัวอักษรที่ต่างกันในกลุ่มเดียวกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

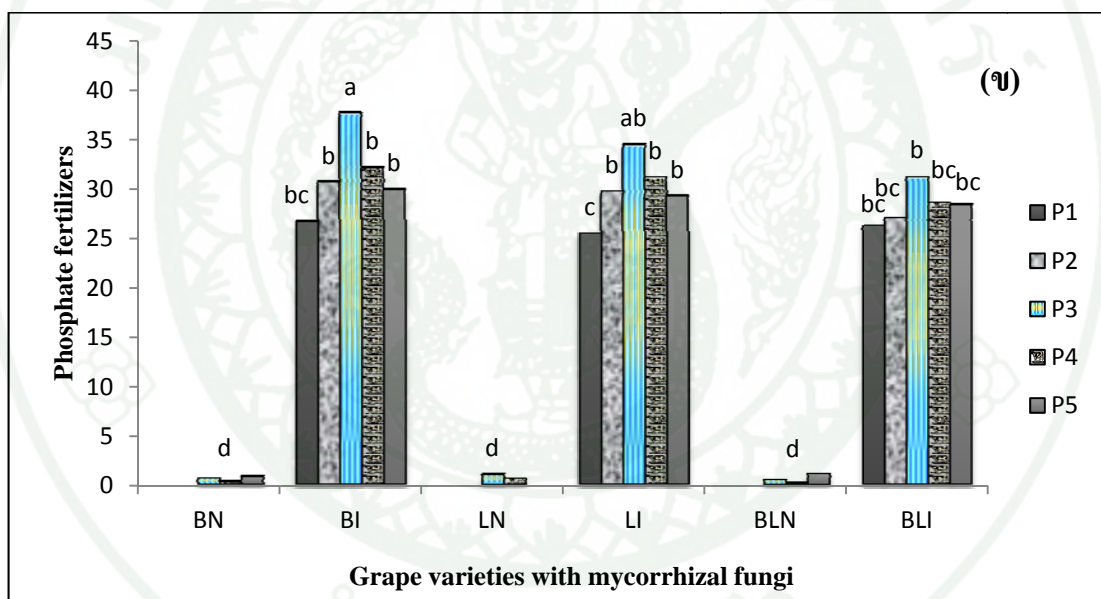
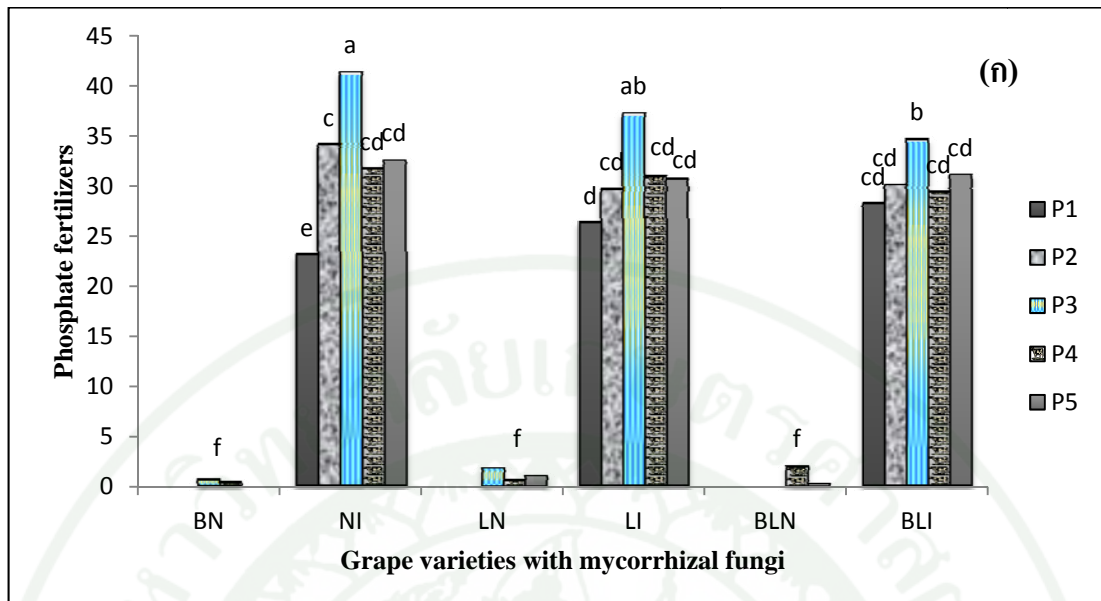
** แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 %



ภาพที่ 4 การเข้าสู่รากพืชของเชื้อรา (เปอร์เซ็นต์) ที่ระยะการเจริญเติบโตต่างๆของการใส่เชื้อราไมคอร์ไรซาร่วมกับองุ่นพันธุ์ต่างๆ โดย (ก) การใส่เชื้อราไมคอร์ไรซาร่วมกับพันธุ์องุ่นที่ระยะเริ่มออกดอก (ข) การใส่เชื้อราไมคอร์ไรซาร่วมกับพันธุ์องุ่นที่ระยะติดผล (N = ไม่ใส่เชื้อรา, I = ใส่เชื้อรา) (B = องุ่นพันธุ์ Beauty Seedless, L = องุ่นพันธุ์ Loose Perlette, BL = องุ่นพันธุ์ Black Opal)



ภาพที่ 5 การเข้าสู่รากพืชของเชื้อรา (เปอร์เซ็นต์) ที่ระยะการเจริญเติบโตต่างๆของการใส่เชื้อราไมคอร์ไรซาร่วมกับปุ๋ยฟอสเฟตในอัตราที่แตกต่างกัน โดย (ก) การใส่เชื้อราไมคอร์ไรซาร่วมกับปุ๋ยฟอสเฟตที่ระยะเริ่มออกดอก (ข) การใส่เชื้อราไมคอร์ไรซาร่วมกับปุ๋ยฟอสเฟตที่ระยะติดผล (N = ไม่ใส่เชื้อรา, I = ใส่เชื้อรา) (P1, P2, P3, P4, P5 = ปุ๋ยฟอสเฟตที่อัตรา 0, 27.17, 54.34, 81.52, 108.69 กรัมต่อต้น ตามลำดับ)



ภาพที่ 6 การเข้าสู่รากพืชของเชื้อรา (เปอร์เซ็นต์) ที่ระยะการเจริญเติบโตต่างๆของการใส่เชื้อราไมคอร์ไรซาร่วมกับปุ๋ยฟอสเฟตในอัตราที่แตกต่างกันในแปลงงุ่นทั้ง 3 พันธุ์ โดย (ก) การใส่เชื้อราไมคอร์ไรซาร่วมกับปุ๋ยฟอสเฟตในแปลงงุ่นทั้ง 3 พันธุ์ ที่ระยะเริ่มออกดอก (ข) การใส่เชื้อราไมคอร์ไรซาร่วมกับปุ๋ยฟอสเฟตในแปลงงุ่นทั้ง 3 พันธุ์ ที่ระยะติดผล (N = ไม่ใส่เชื้อรา, I = ใส่เชื้อรา) (V1 = งามุ่นพันธุ์ Beauty Seedless, V2 = งามุ่นพันธุ์ Loose Perlette, V3 = งามุ่นพันธุ์ Black Opal)(P1, P2, P3, P4, P5 = ปุ๋ยฟอสเฟตที่อัตรา 0, 27.17, 54.34, 81.52, 108.69 กรัมต่อต้น ตามลำดับ)

3. กิจกรรมเอนไซม์ฟอสฟาเทสในดิน

จากการศึกษาพันธุ์องุ่นร่วมกับการใส่เชื้อราไมคอร์ไรซาและปุ๋ยฟอสเฟตในอัตราที่แตกต่างกัน มีผลทำให้กิจกรรมเอนไซม์ฟอสฟาเทสในดินมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติในช่วงออกดอกและติดผลขององุ่น (ตารางที่ 4) โดยพบว่าพันธุ์องุ่นที่แตกต่างกันส่งผลให้เอนไซม์ฟอสฟาเทสในดินมีความแตกต่างกันทางสถิติ กล่าวคือพันธุ์ Beauty Seedless ให้เอนไซม์ฟอสฟาเทสในดินมากที่สุดในช่วงออกดอกและติดผล รองลงมาคือรองลงมาคือ องุ่นพันธุ์ Black Opal และ องุ่นพันธุ์ Loose Perlette โดยจะเห็นได้ว่าพันธุ์องุ่นที่แตกต่างกัน ทำให้พบเอนไซม์ฟอสฟาเทสในดินที่แตกต่างกัน เนื่องจากการเจริญเติบโตของไฮรารีในแต่ละพันธุ์เจริญแตกต่างกัน รวมทั้งจำนวนสปอร์ในดิน และความสามารถในการเข้าสู่รากขององุ่นแตกต่างกันด้วย ส่วนการใส่เชื้อราไมคอร์ไรซานั้นพบว่า การใส่เชื้อราไมคอร์ไรซาส่งผลให้พบปริมาณของกิจกรรมเอนไซม์ฟอสฟาเทสในดินมากกว่าการไม่ใส่เชื้อราไมคอร์ไรซา และมีความแตกต่างกันทางสถิติทั้งช่วงออกดอกและติดผล แสดงว่าเชื้อราไมคอร์ไรซาสามารถผลิตเอนไซม์ฟอสฟาเทสได้ในการปลูกองุ่นสำหรับการใส่ปุ๋ยฟอสเฟตที่อัตราแตกต่างกันนั้น พบว่า การใส่ปุ๋ยฟอสเฟตที่อัตรา 54.34 กรัมต่อต้น (P3) ให้ปริมาณเอนไซม์ฟอสฟาเทสในดินมากกว่าการใส่ปุ๋ยฟอสเฟตในอัตราอื่นๆ ทั้งช่วงการออกดอกและติดผล แสดงให้เห็นว่าปุ๋ยฟอสเฟตมีผลต่อกิจกรรมเอนไซม์ฟอสฟาเทสของเชื้อราไมคอร์ไรซา นอกจากนี้ยังพบว่า การใส่ปุ๋ยฟอสเฟตมีผลให้เอนไซม์ฟอสฟาเทสในดินมากกว่าการไม่ใส่ปุ๋ยฟอสเฟต แต่อย่างไรก็ตามการใส่ปุ๋ยฟอสเฟตในปริมาณที่เพิ่มมากขึ้นอาจมีผลทำให้เอนไซม์ฟอสฟาเทสในดินลดลง และไม่แตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับการไม่ใส่ปุ๋ยฟอสเฟต ทั้งนี้ อาจเนื่องมาจากในดินมีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในปริมาณที่สูง ทำให้เชื้อราไมคอร์ไรซาไม่มีการสร้างหรือปลดปล่อยเอนไซม์ฟอสฟาเทสออกมาละลายฟอสฟอรัสที่อยู่ในดิน

เมื่อพิจารณาปฏิสัมพันธ์กันระหว่างพันธุ์องุ่นที่แตกต่างกันกับการใส่เชื้อราไมคอร์ไรซาพบว่า พันธุ์องุ่นที่แตกต่างกันกับการใส่เชื้อราไมคอร์ไรซามีปฏิสัมพันธ์กัน และส่งผลให้ปริมาณเอนไซม์ฟอสฟาเทสมีความแตกต่างกันทางสถิติทั้งช่วงออกดอกและติดผล (ตารางที่ 4) กล่าวคือ องุ่นพันธุ์ Beauty Seedless ร่วมกับการใส่เชื้อราไมคอร์ไรซาให้เอนไซม์ฟอสฟาเทสในดินมากที่สุดในช่วงออกดอกและการติดผล เมื่อเปรียบเทียบกับดำรับการทดลองอื่นๆ (ภาพที่ 7) นอกจากนี้มีข้อสังเกตพบว่าการปลูกองุ่นร่วมกับการใส่เชื้อราไมคอร์ไรซาให้เอนไซม์ฟอสฟาเทสในดิน

มากกว่าการปลูกองุ่นร่วมกับการไม่ใส่เชื้อราไมคอร์ไรซา แสดงให้เห็นว่าเชื้อราไมคอร์ไรซา ส่งเสริมการสร้างเอนไซม์ฟอสฟาเทสได้ใน การปลูกองุ่น

ในขณะที่ปฏิสัมพันธ์กันระหว่างการใส่เชื้อราไมคอร์ไรซากับปุ๋ยฟอสเฟตในอัตราที่แตกต่างกัน พบว่า การใส่เชื้อราไมคอร์ไรซาร่วมกับปุ๋ยฟอสเฟตในอัตราที่แตกต่างกันมีปฏิสัมพันธ์กัน และส่งผลให้เอนไซม์ฟอสฟาเทสในดินมีความแตกต่างกันทางสถิติทั้งช่วงการออกดอกและติดผล (ตารางที่ 5) กล่าวคือการใส่เชื้อราไมคอร์ไรซาร่วมกับปุ๋ยฟอสเฟตที่อัตรา 54.34 กรัมต่อต้น ให้ปริมาณเอนไซม์ฟอสฟาเทสในดินมากที่สุดทั้งในช่วงการออกดอกและติดผล เมื่อเปรียบเทียบกับตำรับการทดลองอื่นๆ นอกจากนี้การใส่เชื้อราไมคอร์ไรซาร่วมกับการใส่ปุ๋ยฟอสเฟตให้ปริมาณเอนไซม์ฟอสฟาเทสในดินมากกว่าการไม่ใส่เชื้อราไมคอร์ไรซาร่วมกับปุ๋ยฟอสเฟต รวมทั้งการใส่เชื้อราไมคอร์ไรซาร่วมกับการใส่ปุ๋ยฟอสเฟตในปริมาณที่ปุ๋ยฟอสเฟตเพิ่มสูงขึ้น มีแนวโน้มให้เอนไซม์ฟอสฟาเทสในดินลดลงดังภาพที่ 8 แสดงว่าการใส่ปุ๋ยฟอสเฟตในอัตราสูง อาจส่งเสริมให้ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินเพิ่มสูงขึ้น ทำให้กิจกรรมการทำงานของเชื้อราไมคอร์ไรซา ลดลง จึงอาจทำให้ปริมาณการผลิตหรือสร้างเอนไซม์ฟอสฟาเทสลดลงได้

นอกจากนี้ปฏิสัมพันธ์กันพันธุ์องุ่นร่วมกับการใส่เชื้อราไมคอร์ไรซาและปุ๋ยฟอสเฟตในอัตราที่แตกต่างกัน พบว่า พันธุ์องุ่นร่วมกับการใส่เชื้อราไมคอร์ไรซาและปุ๋ยฟอสเฟตในอัตราที่แตกต่างกันมีปฏิสัมพันธ์กัน และส่งผลให้เอนไซม์ฟอสฟาเทสในดินมีความแตกต่างกันทางสถิติทั้งในช่วงการออกดอกและติดผล (ตารางที่ 5) กล่าวคือ องุ่นพันธุ์ Beauty Seedless ร่วมกับการใส่เชื้อราไมคอร์ไรซาและปุ๋ยฟอสเฟตในอัตรา 54.34 กรัมต่อต้น ให้เอนไซม์ฟอสฟาเทสในดินมากที่สุดทั้งในช่วงการออกดอกและติดผล เมื่อเปรียบเทียบกับตำรับการทดลองอื่นๆ (ภาพที่ 9)

โดยการเข้าสู่รากพืชมากของเชื้อราไมคอร์ไรซาจะส่งผลต่อการผลิตเอนไซม์ฟอสฟาเทสเพื่อละลายฟอสฟอรัสที่อยู่ในดิน ซึ่งดินโดยทั่วไปมีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืชค่อนข้างต่ำ เนื่องจากฟอสฟอรัสส่วนใหญ่อยู่ในรูปสารประกอบที่ไม่ละลายน้ำหรือละลายได้ยาก หรือถูกดูดซับกับแร่ธาตุอื่นๆ ซึ่งเชื้อราไมคอร์ไรซามีความสามารถในการใช้ประโยชน์จากฟอสเฟตในดินที่อยู่ในรูปที่พืชไม่สามารถนำไปใช้ได้หรือมีความเป็นประโยชน์ต่อพืชน้อย ได้แก่ tricalcium phosphate, rock phosphate, iron phosphate และ aluminium phosphate (Beever and Burns, 1980; Allen *et al.*, 1981) เพื่อส่งไปให้รากพืชดูดไปใช้ต่อไป ซึ่งจากการทดลองพบว่า องุ่นพันธุ์ Beauty Seedless มีการเข้าสู่รากพืชของเชื้อราไมคอร์ไรซาสูง จึงส่งผลให้เชื้อราไมคอร์ไรซาผลิตเอนไซม์

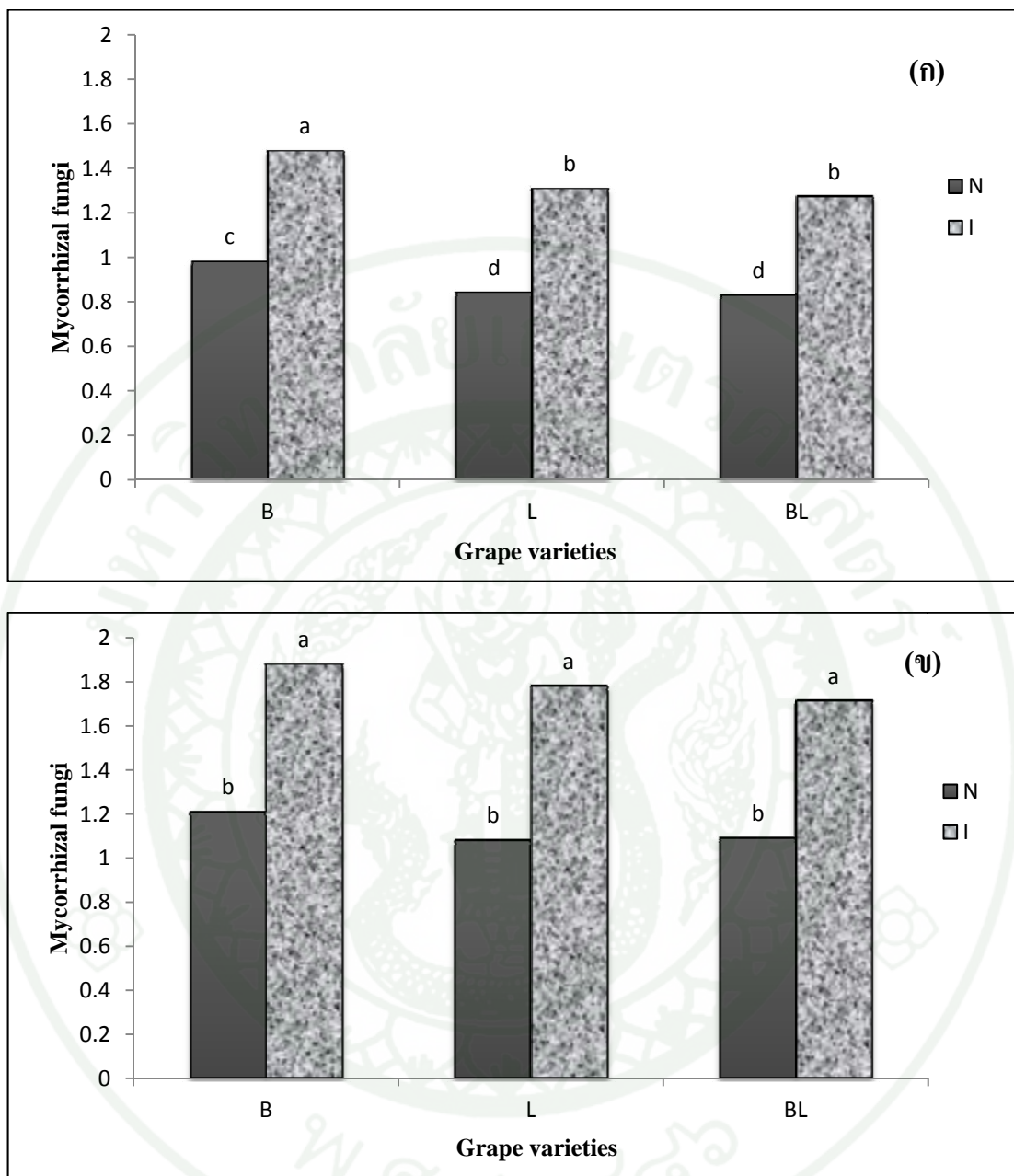
เพิ่มสูงขึ้นเมื่อระยะเวลาผ่านไป และทำให้มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืชเพิ่มสูงขึ้นตามไปด้วย ซึ่ง Ahonen-Jonnarth *et al.* (2002) กล่าวว่าพืชต้องการฟอสฟอรัสเป็นอย่างมากในระยะเจริญเติบโตและช่วงการออกดอก ดังนั้นเมื่อมีการเข้าอาศัยอยู่ของเชื้อราในรากพืช เชื้อราไมคอร์ไรซาจึงกระตุ้นให้สร้าง RAPA (root acid phosphatase activity) เพิ่มขึ้น ในสถานะที่มีฟอสฟอรัสจำกัด สำหรับการเจริญเติบโตของพืช รวมถึงการที่เชื้อราไมคอร์ไรซาสร้างไฮฟาทั้งภายในรากและนอกราก จึงเป็นการเพิ่มพื้นที่ผิวในการดูดซับธาตุอาหารและน้ำให้แก่รากพืช (Gerdemann, 1968) ส่วนพันธุ์ Loose Perlette และ Black Opal มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืชน้อย โดยอาจเนื่องมาจากการดูดใช้ธาตุอาหารของพืชแต่ละชนิดของแต่ละระยะการเจริญเติบโตที่มีความต้องการปริมาณธาตุอาหารที่ไม่เท่ากัน ส่งผลให้ในบางช่วงของการเจริญเติบโตพบปริมาณธาตุอาหารในดินมาก และบางช่วงพบปริมาณธาตุอาหารในดินลดลง (Barker and Pilbeam, 2007) ทำให้อาจมีผลต่อการสร้างปริมาณเอนไซม์ฟอสฟาเทส

ตารางที่ 4 กิจกรรมเอนไซม์ฟอสฟาเทสของ *Glomus aggregatum* มีอิทธิพลต่อดินกรดในสวนองุ่น
ที่ระยะเริ่มออกดอกและระยะติดผล (unit of $\mu\text{mol PNP/ g soil/hours}$)

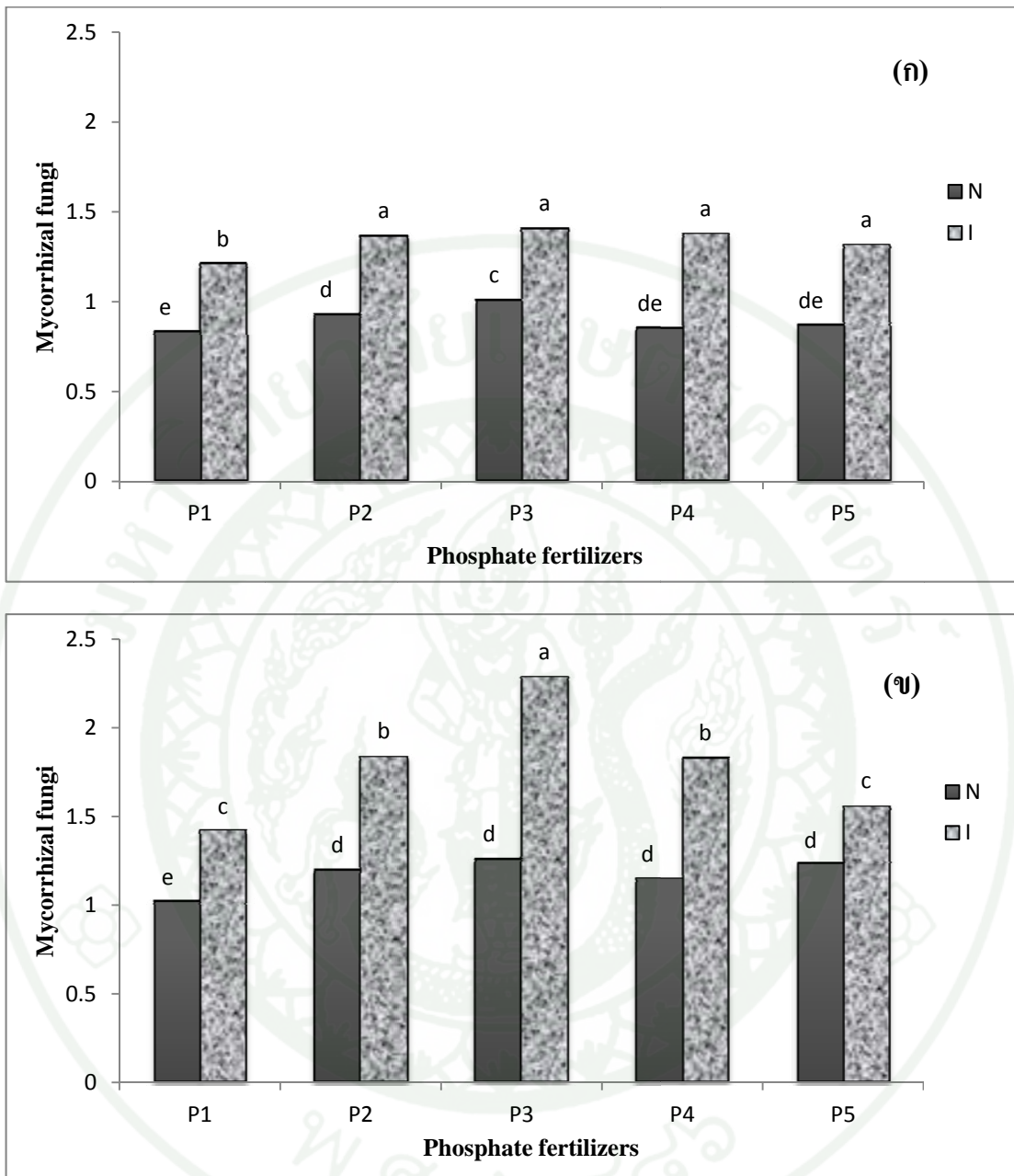
คำรับการทดลอง	Enzyme Phosphates	
	เริ่มออกดอก	ติดผล
ปัจจัยที่ 1 พันธุ์องุ่น(V)		
Beauty Seedless (V1)	1.23A	1.55A
Loose Perlette (V2)	1.08B	1.43B
Black Opal (V3)	1.05B	1.40B
F-test	**	**
ปัจจัยที่ 2 เชื้อราไมคอร์ไรซา (M)		
ไม่ใส่เชื้อรา (N)	0.89X	1.13X
ใส่เชื้อรา (I)	1.35Y	1.79Y
F-test	**	**
ปัจจัยที่ 3 ระดับของปุ๋ยฟอสเฟต(P)		
ปุ๋ย TSP 0 กรัมต่อต้น (P1)	1.05c	1.54b
ปุ๋ย TSP 27.17 กรัมต่อต้น (P2)	1.12b	1.57b
ปุ๋ย TSP 54.34 กรัมต่อต้น (P3)	1.21a	1.70a
ปุ๋ย TSP 81.52 กรัมต่อต้น (P4)	1.11b	1.38c
ปุ๋ย TSP 108.69 กรัมต่อต้น (P5)	1.08bc	1.34c
F-test	**	**
V x M	**	**
V x P	ns	ns
M x P	**	**
M x V x P	**	**
CV (%)	13.92	10.64

หมายเหตุ ตัวอักษรที่ต่างกันในกลุ่มเดียวกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

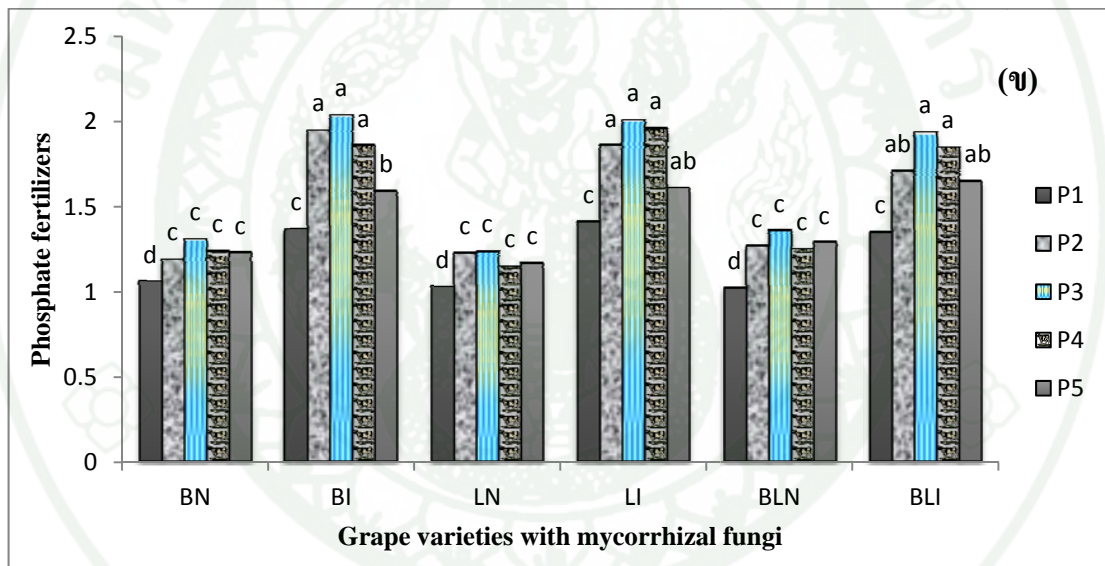
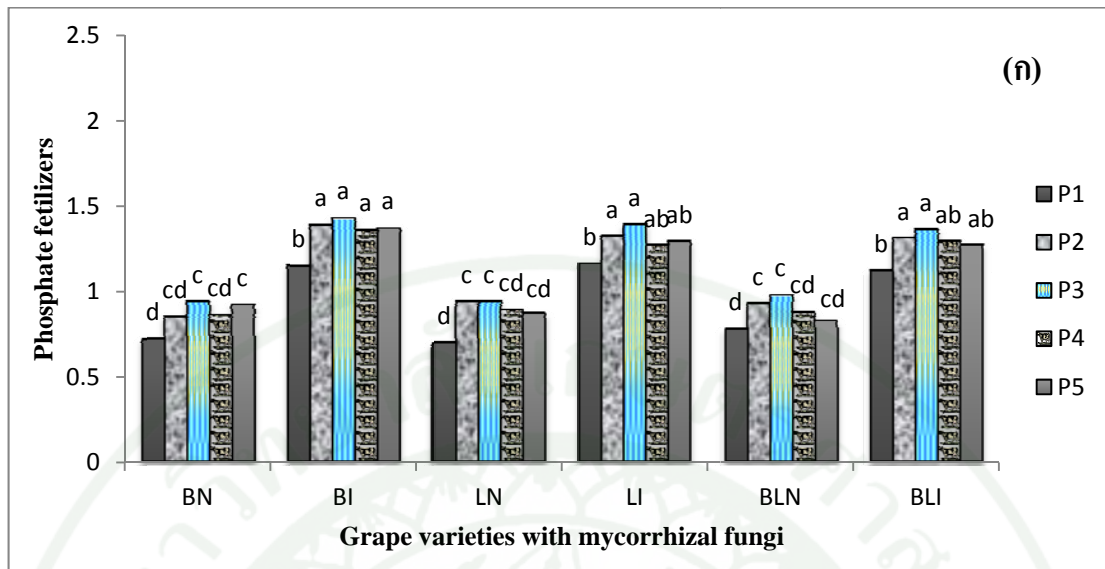
** แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 %



ภาพที่ 7 กิจกรรมเอนไซม์ฟอสฟาเทสบริเวณรากองุ่นที่ระยะการเจริญเติบโตต่างๆของการใส่เชื้อราไมคอร์ไรซาร่วมกับองุ่นพันธุ์ต่างๆ โดย (ก) การใส่เชื้อราไมคอร์ไรซาร่วมกับพันธุ์องุ่นที่ระยะเริ่มออกดอก (ข) การใส่เชื้อราไมคอร์ไรซาร่วมกับพันธุ์องุ่นที่ระยะติดผล (N = ไม่ใส่เชื้อรา, I = ใส่เชื้อรา) (B = องุ่นพันธุ์ Beauty Seedless, L = องุ่นพันธุ์ Loose Perlette, BL = องุ่นพันธุ์ Black Opal)



ภาพที่ 8 กิจกรรมเอนไซม์ฟอสฟาเทสบริเวณรากของุ่นที่ระยะการเจริญเติบโตต่างๆของการใส่เชื้อราไมคอร์ไรซาร่วมกับปุ๋ยฟอสเฟตในอัตราที่แตกต่างกัน โดย (ก) การใส่เชื้อราไมคอร์ไรซาร่วมกับปุ๋ยฟอสเฟตที่ระยะเริ่มออกดอก (ข) การใส่เชื้อราไมคอร์ไรซาร่วมกับปุ๋ยฟอสเฟตที่ระยะติดผล (N = ไม่ใส่เชื้อรา, I = ใส่เชื้อรา) (P1, P2, P3, P4, P5 = ปุ๋ยฟอสเฟตที่อัตรา 0, 27.17, 54.34, 81.52, 108.69 กรัมต่อต้น ตามลำดับ)



ภาพที่ 9 กิจกรรมเอนไซม์ฟอสฟาเทสบริเวณรากองุ่นที่ระยะการเจริญเติบโตต่างๆของการใส่เชื้อราไมคอร์ไรซาร่วมกับปุ๋ยฟอสเฟตในอัตราที่แตกต่างกันในแปลงองุ่นทั้ง 3 พันธุ์ โดย (ก) การใส่เชื้อราไมคอร์ไรซาร่วมกับปุ๋ยฟอสเฟตในแปลงองุ่นทั้ง 3 พันธุ์ ที่ระยะเริ่มออกดอก (ข) การใส่เชื้อราไมคอร์ไรซาร่วมกับปุ๋ยฟอสเฟตในแปลงองุ่นทั้ง 3 พันธุ์ ที่ระยะติดผล (N = ไม่ใส่เชื้อรา, I = ใส่เชื้อรา) (V1 = องุ่นพันธุ์ Beauty Seedless, V2 = องุ่นพันธุ์ Loose Perlette, V3 = องุ่นพันธุ์ Black Opal)(P1, P2, P3, P4, P5 = ปุ๋ยฟอสเฟตที่อัตรา 0, 27.17, 54.34, 81.52, 108.69 กรัมต่อต้น ตามลำดับ)

การใช้ *Glomus aggregatum* มีผลต่อสมบัติของดินบางประการและปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในใบองุ่นที่ระยะการเจริญเติบโตต่างๆดังนี้

1. ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน

ในการศึกษาพันธุ์องุ่นร่วมกับการใส่เชื้อราไมคอร์ไรซาและปุ๋ยฟอสเฟตในอัตราที่แตกต่างกัน มีผลทำให้ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติในช่วงออกดอก ติดผลและการเก็บเกี่ยวขององุ่น (ตารางที่ 5) โดยพบว่าพันธุ์องุ่นที่แตกต่างกันส่งผลให้ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินมีความแตกต่างกันทางสถิติ กล่าวคือ องุ่นพันธุ์ Beauty Seedless ให้ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินมากที่สุดในช่วงการออกดอก ติดผล และการเก็บเกี่ยว รองลงมาคือ องุ่นพันธุ์ Loose Perlette และ องุ่นพันธุ์ Black Opal ตามลำดับ โดยจะเห็นได้ว่าพันธุ์องุ่นที่แตกต่างกัน ทำให้ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินที่แตกต่างกัน ส่วนการใส่เชื้อราไมคอร์ไรซานั้นพบว่า การใส่เชื้อราไมคอร์ไรซาส่งผลให้มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินมากกว่าการไม่ใส่เชื้อราไมคอร์ไรซา และมีความแตกต่างกันทางสถิติทั้งช่วงออกดอก ติดผลและการเก็บเกี่ยว แสดงว่าเชื้อราไมคอร์ไรซาสามารถช่วยในการปลดปล่อยฟอสฟอรัสให้อยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์ได้เพิ่มมากขึ้นในการปลูกองุ่น สำหรับการใส่ปุ๋ยฟอสเฟตในอัตราที่แตกต่างกัน พบว่าการใส่ปุ๋ยฟอสเฟตที่อัตรา 54.34 กรัมต่อต้น (P3) ให้ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินมากกว่าการใส่ปุ๋ยในอัตราอื่นๆทั้งช่วงการออกดอก ติดผลและการเก็บเกี่ยว โดยมีข้อสังเกตให้เห็นว่า การใส่ปุ๋ยฟอสเฟตมีผลให้ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินมากกว่าการไม่ใส่ปุ๋ยฟอสเฟต อย่างไรก็ตามพบว่าการใส่ปุ๋ยฟอสเฟตในปริมาณที่เพิ่มขึ้นอาจมีผลทำให้ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินลดลง เนื่องจากฟอสฟอรัสในปุ๋ยถึงแม้จะละลายน้ำได้ง่าย แต่เมื่อละลายออกมามากในสารละลายดินอาจ จะทำปฏิกิริยาอย่างรวดเร็วกับแร่ธาตุต่างๆ ในดิน โดยเฉพาะอย่างยิ่งกับเหล็กและอะลูมิเนียมในดินในสภาพดินกรดและกลายเป็นสารประกอบที่ละลายน้ำยาก ทำให้ความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัสในดินต่อพืชลดลง

ผลการพิจารณาปฏิสัมพันธ์กันระหว่างพันธุ์องุ่นที่แตกต่างกันกับการใส่เชื้อราไมคอร์ไรซาพบว่า พันธุ์องุ่นที่แตกต่างกันกับการใส่เชื้อราไมคอร์ไรซามีปฏิสัมพันธ์กัน ส่งผลให้ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินมีความแตกต่างกันทางสถิติทั้งช่วงออกดอก ติดผลและการเก็บเกี่ยว (ตารางที่ 5) กล่าวคือ องุ่นพันธุ์ Beauty Seedless ร่วมกับการใส่เชื้อราไมคอร์ไรซาให้ปริมาณ

ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินมากที่สุดในช่วงการออกดอก ติดผลและการเก็บเกี่ยว เมื่อเปรียบเทียบกับตำรับการทดลองอื่นๆ (ภาพที่ 10) นอกจากนี้มีข้อสังเกตพบว่าการปลูกอุนร่วมกับ การใส่เชื้อราไมคอร์ไรซาให้ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินมากกว่าการปลูกอุนร่วมกับ การไม่ใส่เชื้อราไมคอร์ไรซา แสดงให้เห็นว่าเชื้อราไมคอร์ไรซาสามารถเพิ่มปริมาณฟอสฟอรัสที่ เป็นประโยชน์ในดินได้ในการปลูกอุน

พิจารณาปฏิสัมพันธ์กันระหว่างพันธุ์อุนที่แตกต่างกันกับการใส่ปุ๋ยฟอสเฟตในอัตราที่ แตกต่างกัน พบว่า พันธุ์อุนที่แตกต่างกันกับการใส่ปุ๋ยฟอสเฟตในอัตราที่แตกต่างกันมีปฏิสัมพันธ์ กัน และส่งผลให้ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินมีความแตกต่างกันทางสถิติทั้งช่วงออก ดอก ติดผลและการเก็บเกี่ยว (ตารางที่ 5) กล่าวคือ อุนพันธุ์ Beauty Seedless ร่วมกับการใส่ปุ๋ย ฟอสเฟตที่อัตรา 54.34 กรัมต่อต้น ให้ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินมากที่สุดในช่วงการ ออกดอก ติดผลและการเก็บเกี่ยว เมื่อเปรียบเทียบกับตำรับการทดลองอื่นๆ (ภาพที่ 11) นอกจากนี้มี ข้อสังเกตพบว่าการปลูกอุนร่วมกับการใส่ปุ๋ยฟอสเฟตให้ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน มากกว่าการปลูกอุนร่วมกับการไม่ใส่ปุ๋ยฟอสเฟต แสดงให้เห็นว่าอุนในแต่ละพันธุ์มีความ ต้องการปุ๋ยฟอสฟอรัสที่แตกต่างกัน

ในขณะที่พิจารณาปฏิสัมพันธ์กันระหว่างการใส่เชื้อราไมคอร์ไรซากับปุ๋ยฟอสเฟตในอัตรา ที่แตกต่างกัน พบว่า การใส่เชื้อราไมคอร์ไรซาร่วมกับปุ๋ยฟอสเฟตในอัตราที่แตกต่างกันมี ปฏิสัมพันธ์กัน และส่งผลให้ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินมีความแตกต่างกันทางสถิติ ทั้งช่วงการออกดอก ติดผลและการเก็บเกี่ยว (ตารางที่ 5) กล่าวคือ การใส่เชื้อราไมคอร์ไรซาร่วมกับ ปุ๋ยฟอสฟอรัสที่อัตรา 54.34 กรัมต่อต้นให้ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินมากที่สุดทั้ง ในช่วงการออกดอก ติดผลและการเก็บเกี่ยว เมื่อเปรียบเทียบกับตำรับการทดลองอื่นๆ อย่างไรก็ตามมีข้อสังเกตพบว่าการใส่เชื้อราไมคอร์ไรซาร่วมกับการใส่ปุ๋ยฟอสเฟตให้ปริมาณฟอสฟอรัสที่ เป็นประโยชน์ในดินมากกว่าการไม่ใส่เชื้อราไมคอร์ไรซาร่วมกับปุ๋ยฟอสเฟต นอกจากนี้การใส่เชื้อ ราไมคอร์ไรซาร่วมกับการใส่ปุ๋ยฟอสเฟตในปริมาณที่เพิ่มขึ้น มีแนวโน้มทำให้ปริมาณฟอสฟอรัสที่ เป็นประโยชน์ในดินลดลงดังภาพที่ 12 ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ใน ดินเพิ่มขึ้นจากการใส่ปุ๋ยฟอสเฟตในอัตราที่เพิ่มสูงขึ้น ทำให้กิจกรรมการทำงานของเชื้อราไมคอร์ไรซา ลดลง หรืออาจเกิดจากการใส่ปุ๋ยฟอสเฟตในอัตราที่สูง อาจทำให้มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็น ประโยชน์ในดินมีมากเกินไปเกินความต้องการของพืช ทำให้ส่วนที่เหลือของฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ ในดินถูกตรึงไว้ในดินในรูปสารประกอบที่ละลายน้ำได้ยาก รวมทั้งดินที่ใช้ในการปลูกอุนทั้ง 3

พันธุ์ อยู่ในสภาพดินกรด จึงส่งผลให้ฟอสฟอรัสในดินถูกตรึงได้ง่ายขึ้น ทำให้ความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัสในดินลดลงได้

เมื่อพิจารณาปฏิสัมพันธ์กันพันธุ์องุ่นร่วมกับการใส่เชื้อราไมคอร์ไรซาและปุ๋ยฟอสเฟตในอัตราที่แตกต่างกัน พบว่า พันธุ์องุ่นร่วมกับการใส่เชื้อราไมคอร์ไรซาและปุ๋ยฟอสเฟตในอัตราที่แตกต่างกันมีปฏิสัมพันธ์กัน และส่งผลให้ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินมีความแตกต่างกันทางสถิติทั้งในช่วงการออกดอก ติดผลและการเก็บเกี่ยว (ตารางที่ 6) กล่าวคือ องุ่นพันธุ์ Beauty Seedless ร่วมกับการใส่เชื้อราไมคอร์ไรซาและปุ๋ยฟอสเฟตในอัตรา 54.34 กรัมต่อต้น ให้ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินมากที่สุดทั้งในช่วงการออกดอก ติดผลและการเก็บเกี่ยว เมื่อเปรียบเทียบกับตำรับการทดลองอื่นๆ (ภาพที่ 13)

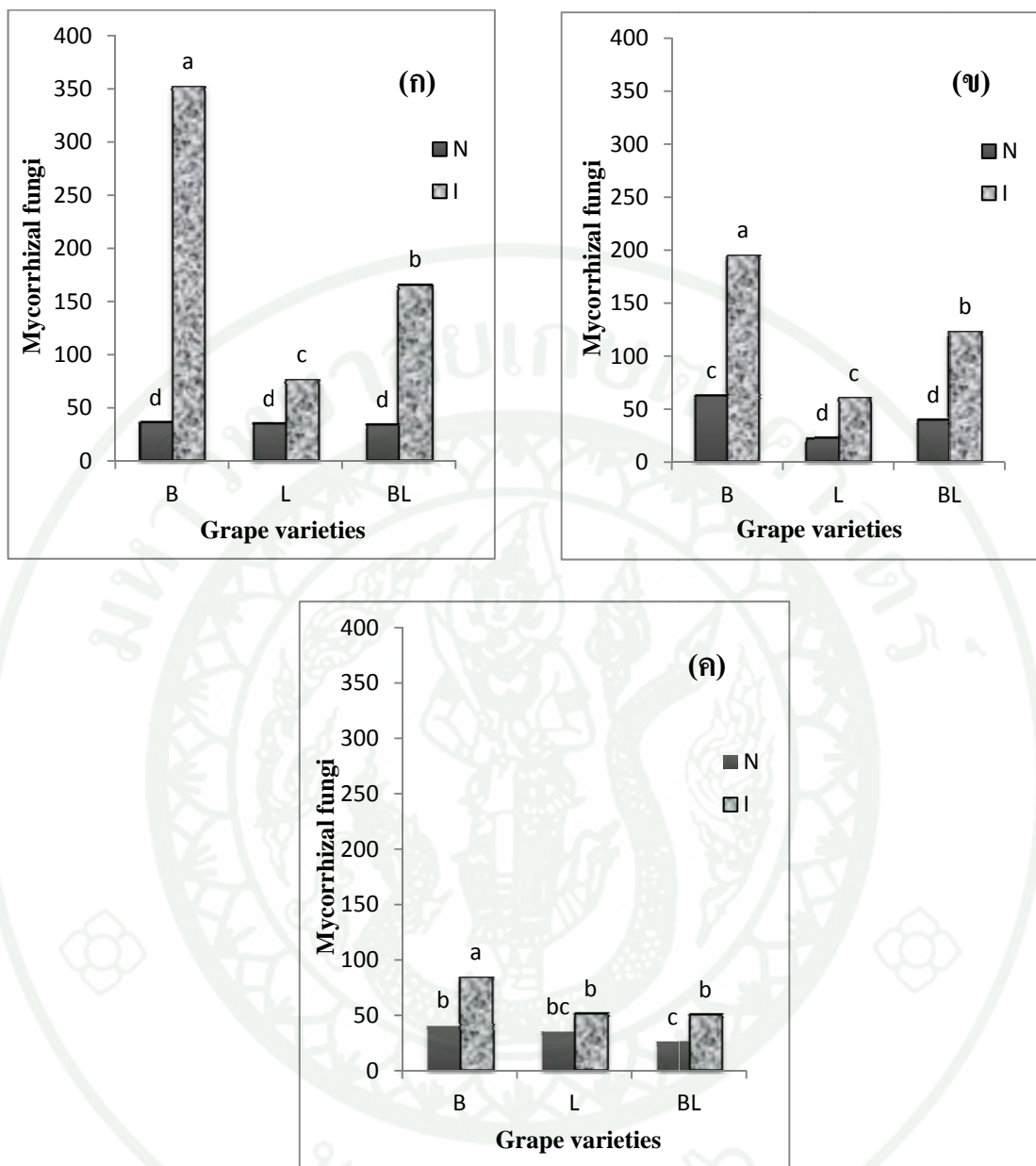
จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่า ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินขององุ่นในแต่ละสายพันธุ์มีความแตกต่างกัน ซึ่ง De Miranda and Harris (1994) ได้ศึกษาผลของฟอสฟอรัสในดินต่อการงอกและการเจริญของใยราของเชื้อรา *Gl. etunicatum*, *Gl. fasciculatum* และ *Scutellospora herogama* โดยใช้เทคนิค two soil-agar plate พบว่าเมื่อใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสในดินในอัตรา 12.5 ไมโครกรัมต่อดิน 1 กรัม จะช่วยกระตุ้นการงอกของสปอร์เชื้อราดังกล่าว แต่เมื่อใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสมากขึ้น จะทำให้การงอกของสปอร์เชื้อราดังกล่าวลดลง เมื่อเปรียบเทียบปริมาณธาตุอาหารแต่ละค่าวิเคราะห์พบว่า มีแนวโน้มลดลงตามเวลาทดลองที่เพิ่มขึ้น โดยอาจเนื่องมาจากการดูดใช้ธาตุอาหารของพืชแต่ละระยะการเจริญเติบโตที่มีความต้องการปริมาณธาตุอาหารที่ไม่เท่ากัน ส่งผลให้ในช่วงของการเจริญเติบโตพบปริมาณธาตุอาหารในดินมากและบางช่วงพบปริมาณธาตุอาหารในดินลดลง (Barker and Pilbeam, 2007)

ตารางที่ 5 ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินสวนองุ่นที่ระยะเริ่มออกดอก ติดผลและการเก็บเกี่ยว (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)

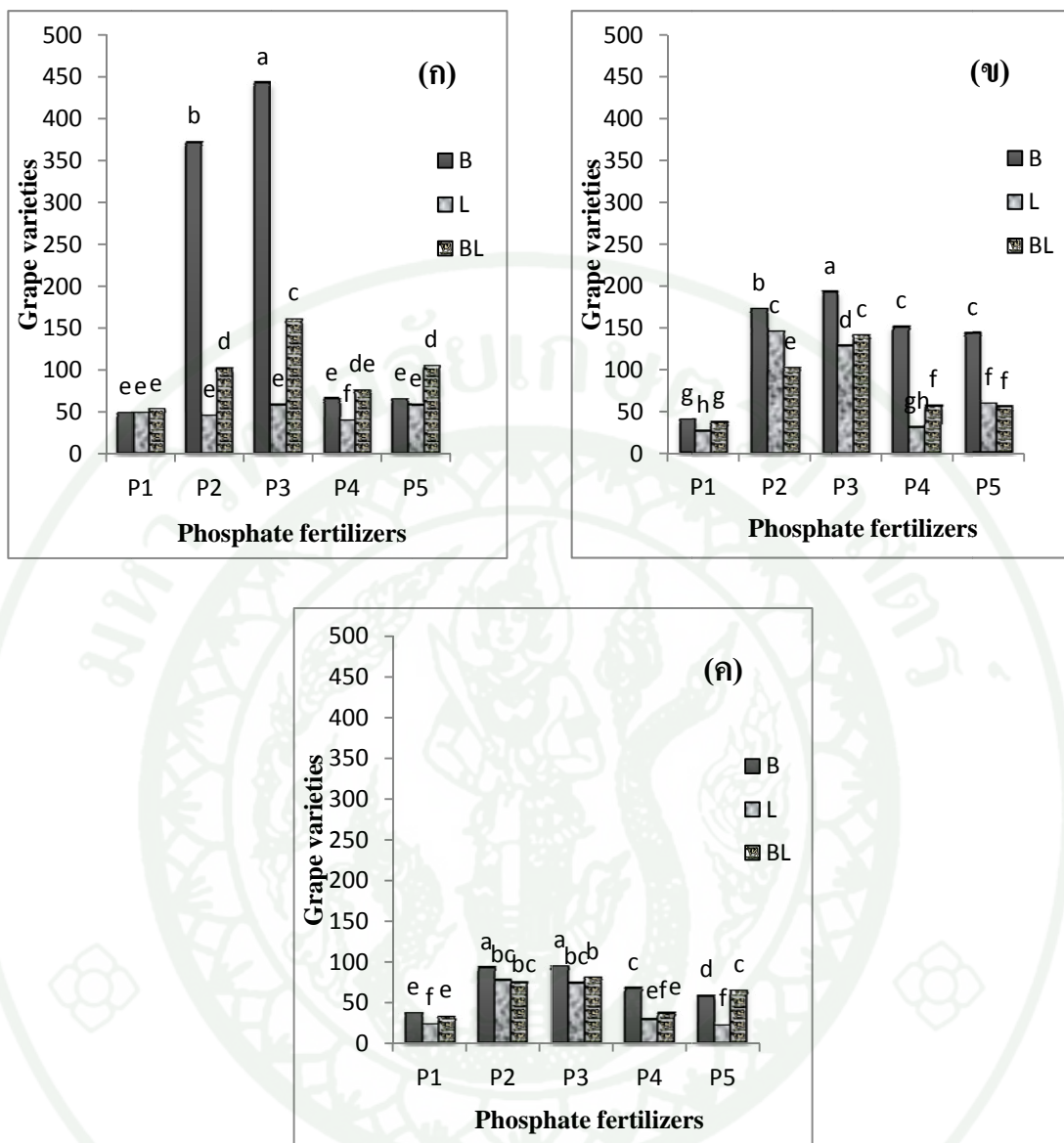
ตัวรับการทดลอง	ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์		
	เริ่มออกดอก	ติดผล	การเก็บเกี่ยว
ปัจจัยที่ 1 พันธุ์องุ่น(V)			
Beauty Seedless (V1)	193.93A	178.33A	62.43A
Loose Perlette (V2)	55.48B	41.37B	50.38AB
Black Opal (V3)	99.64B	46.21B	37.83B
F-test	**	**	**
ปัจจัยที่ 2 เชื้อราไมคอร์ไรซา (M)			
ไม่ใส่เชื้อรา (N)	34.73X	41.36X	38.46X
ใส่เชื้อรา (I)	197.97Y	135.91Y	61.97Y
F-test	**	**	**
ปัจจัยที่ 3 ระดับของปุ๋ยฟอสเฟต(P)			
ปุ๋ย TSP 0 กรัมต่อต้น (P1)	50.28c	35.14c	31.75b
ปุ๋ย TSP 27.17 กรัมต่อต้น (P2)	173.61b	140.28a	81.36a
ปุ๋ย TSP 54.34 กรัมต่อต้น (P3)	220.71a	144.05a	83.24a
ปุ๋ย TSP 81.52 กรัมต่อต้น (P4)	60.47c	86.48b	44.90b
ปุ๋ย TSP 108.69 กรัมต่อต้น (P5)	76.67c	98.45b	49.02b
F-test	**	**	**
V x M	**	**	**
V x P	**	**	**
M x P	**	**	**
M x V x P	**	**	**
CV (%)	15.26	7.01	1.13

หมายเหตุ ตัวอักษรที่ต่างกันในกลุ่มเดียวกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

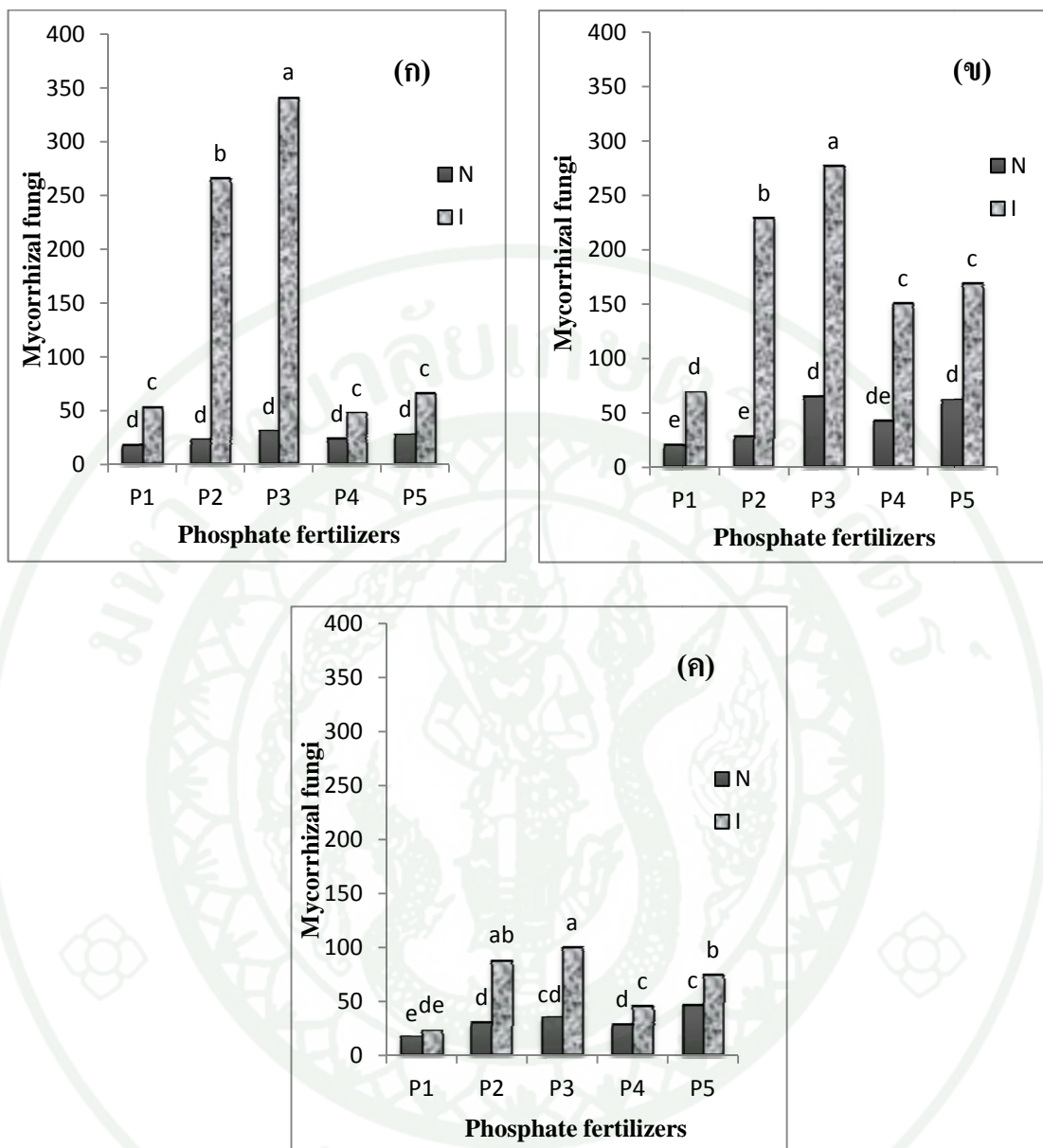
** แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 %



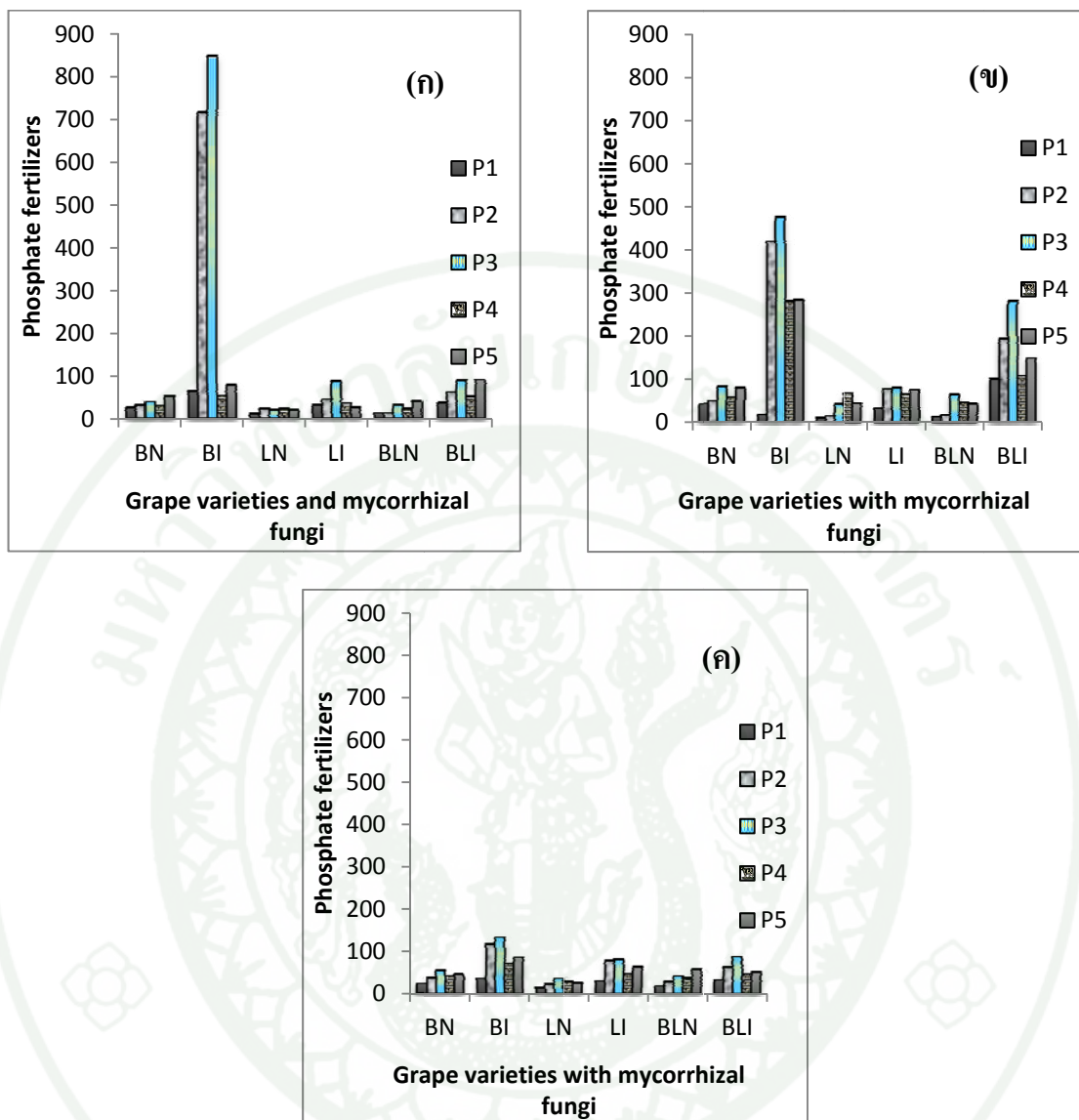
ภาพที่ 10 ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน (มิลลิกรัม/กิโลกรัม) ที่ระยะการเจริญเติบโตต่างๆของการใส่เชื้อราไมคอร์ไรซาร่วมกับองุ่นพันธุ์ต่างๆ โดย (ก) การใส่เชื้อราไมคอร์ไรซาร่วมกับพันธุ์องุ่นที่ระยะเริ่มออกดอก (ข) การใส่เชื้อราไมคอร์ไรซาร่วมกับพันธุ์องุ่นที่ระยะติดผล (ค) การใส่เชื้อราไมคอร์ไรซาร่วมกับพันธุ์องุ่นที่ระยะเก็บเกี่ยว (N = ไม่ใส่เชื้อรา, I = ใส่เชื้อรา) (B = องุ่นพันธุ์ Beauty Seedless, L = องุ่นพันธุ์ Loose Perlette, BL= องุ่นพันธุ์ Black Opal)



ภาพที่ 11 ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน (มิลลิกรัม/กิโลกรัม) ที่ระยะการเจริญเติบโตต่างๆของพันธุ์องุ่นร่วมกับปุ๋ยฟอสเฟตในอัตราที่แตกต่างกัน โดย (ก) พันธุ์องุ่นร่วมกับปุ๋ยฟอสเฟตในอัตราที่แตกต่างกันที่ระยะเริ่มออกดอก (ข) พันธุ์องุ่นร่วมกับปุ๋ยฟอสเฟตในอัตราที่แตกต่างกันที่ระยะติดผล (ค) พันธุ์องุ่นร่วมกับปุ๋ยฟอสเฟตในอัตราที่แตกต่างกันที่ระยะเก็บเกี่ยว (B = องุ่นพันธุ์ Beauty Seedless, L = องุ่นพันธุ์ Loose Perlette, BL = องุ่นพันธุ์ Black Opal) (P1, P2, P3, P4, P5 = ปุ๋ยฟอสเฟตที่อัตรา 0, 27.17, 54.34, 81.52, 108.69 กรัมต่อต้น ตามลำดับ)



ภาพที่ 12 ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน (มิลลิกรัม/กิโลกรัม) ที่ระยะการเจริญเติบโตต่างๆของเชื้อราไมคอร์ไรซาร่วมกับปุ๋ยฟอสเฟตในอัตราที่แตกต่างกัน โดย (ก) เชื้อราไมคอร์ไรซาร่วมกับปุ๋ยฟอสเฟตในอัตราที่แตกต่างกันที่ระยะเริ่มออกดอก (ข) เชื้อราไมคอร์ไรซาร่วมกับปุ๋ยฟอสเฟตในอัตราที่แตกต่างกันที่ระยะติดผล (ค) เชื้อราไมคอร์ไรซาร่วมกับปุ๋ยฟอสเฟตในอัตราที่แตกต่างกันที่ระยะเก็บเกี่ยว (N = ไม่ใส่เชื้อรา, I = ใส่เชื้อรา) (P1, P2, P3, P4, P5 = ปุ๋ยฟอสเฟตที่อัตรา 0, 27.17, 54.34, 81.52, 108.69 กรัมต่อต้นตามลำดับ)



ภาพที่ 13 ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน (มิลลิกรัม/กิโลกรัม) ที่ระยะการเจริญเติบโตต่างๆของการใส่เชื้อราไมคอร์ไรซาร่วมกับปุ๋ยฟอสเฟตในอัตราที่แตกต่างกันในแปลงองุ่นทั้ง 3 พันธุ์ โดย (ก) การใส่เชื้อราไมคอร์ไรซาร่วมกับปุ๋ยฟอสเฟตในแปลงองุ่นทั้ง 3 พันธุ์ ที่ระยะเริ่มออกดอก (ข) การใส่เชื้อราไมคอร์ไรซาร่วมกับปุ๋ยฟอสเฟตในแปลงองุ่นทั้ง 3 พันธุ์ ที่ระยะติดผล (ค) การใส่เชื้อราไมคอร์ไรซาร่วมกับปุ๋ยฟอสเฟตในแปลงองุ่นทั้ง 3 พันธุ์ ที่ระยะเก็บเกี่ยว (N = ไม่ใส่เชื้อรา, I = ใส่เชื้อรา) (V1 = องุ่นพันธุ์ Beauty Seedless, V2 = องุ่นพันธุ์ Loose Perlette, V3= องุ่นพันธุ์ Black Opal)(P1, P2, P3, P4, P5 = ปุ๋ยฟอสเฟตที่อัตรา 0, 27.17, 54.34, 81.52, 108.69 กรัมต่อต้น ตามลำดับ)

2. ปฏิกริยาดินในสวนองุ่น

จากการศึกษาพันธุ์องุ่นร่วมกับการใส่เชื้อราไมคอร์ไรซาและปุ๋ยฟอสเฟตในอัตราที่แตกต่างกัน มีผลทำให้ค่าปฏิกริยาดินมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ช่วงออกดอก ติดผลและการเก็บเกี่ยวขององุ่น (ตารางที่ 6) โดยพบว่าพันธุ์องุ่นที่แตกต่างกันส่งผลให้ค่าปฏิกริยาดินมีความแตกต่างกันทางสถิติ กล่าวคือ องุ่นพันธุ์ Beauty Seedless ให้ค่าปฏิกริยาดินเป็นกรดเล็กน้อยในช่วงการออกดอก ติดผลและการเก็บเกี่ยว ส่วนองุ่นพันธุ์ Loose Perlette ให้ค่าปฏิกริยาดินเป็นกรดปานกลาง และ องุ่นพันธุ์ Black opal ให้ค่าปฏิกริยาดินเป็นกรดจัด ทั้งนี้อาจเป็นไปได้ว่าค่าปฏิกริยาดินในแต่ละแปลงที่ใช้ในการทดลองมีค่าปฏิกริยาดินแตกต่างกัน ดังนั้นดินที่เป็นกรดสูงอาจมีผลต่อการตรึงฟอสฟอรัสในดิน ซึ่งพืชไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ และอาจมีผลต่อกิจกรรมจุลินทรีย์อื่นๆทำงานได้ช้าลง ทำให้ค่าปฏิกริยาดินในดินที่ใช้ปลูกองุ่นทั้ง 3 พันธุ์แตกต่างกัน ส่วนการใส่เชื้อราไมคอร์ไรซานั้นพบว่า การใส่เชื้อราไมคอร์ไรซาส่งผลให้ค่าปฏิกริยาดินเป็นกรดปานกลาง ในขณะที่การไม่ใส่เชื้อราไมคอร์ไรซาให้ค่าปฏิกริยาดินเป็นกรดจัด และมีความแตกต่างกันทางสถิติทั้งช่วงออกดอก ติดผลและการเก็บเกี่ยว แสดงว่าเชื้อราไมคอร์ไรซาทำให้ค่าปฏิกริยาดินเพิ่มขึ้นและมีค่าปฏิกริยาดินมากกว่าการไม่ใส่เชื้อราไมคอร์ไรซา สำหรับการใส่ปุ๋ยฟอสเฟตในอัตราที่แตกต่างกันนั้นพบว่า การใส่ปุ๋ยฟอสเฟตที่อัตรา 27.17 กรัมต่อต้น (P2) ให้ค่าปฏิกริยาดินเพิ่มขึ้นหรือมีความเป็นกรดลดลง กล่าวคือดินเป็นกรดเล็กน้อยทั้งช่วงการออกดอก ติดผลและการเก็บเกี่ยว และมีความแตกต่างกันทางสถิติ นอกจากนี้ยังพบว่า การใส่ปุ๋ยฟอสเฟตในอัตราที่เพิ่มขึ้นมีแนวโน้มทำให้ค่าปฏิกริยาดินลดลงหรือดินมีความกรดเพิ่มขึ้น ทั้งนี้เนื่องมาจากการใส่ปุ๋ยฟอสเฟตในอัตราสูง ทำให้มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืชตกค้างอยู่ในดิน และเมื่อดินมีความชื้นอาจทำให้เกิดปฏิกริยาทางเคมีของดิน เกิดการรวมตัวของฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์กับน้ำในดินเกิดเป็นกรดฟอสฟอริก ส่งผลให้ค่าปฏิกริยาดินลดลงหรือมีความเป็นกรดเพิ่มขึ้น

เมื่อพิจารณาปฏิสัมพันธ์กันระหว่างพันธุ์องุ่นที่แตกต่างกันกับการใส่เชื้อราไมคอร์ไรซาพบว่า พันธุ์องุ่นที่แตกต่างกันกับการใส่เชื้อราไมคอร์ไรซามีปฏิสัมพันธ์กัน และส่งผลให้ค่าปฏิกริยาดินมีความแตกต่างกันทางสถิติทั้งช่วงออกดอก ติดผลและการเก็บเกี่ยว (ตารางที่ 6) กล่าวคือ องุ่นพันธุ์ Beauty Seedless ร่วมกับการใส่เชื้อราไมคอร์ไรซาให้ค่าปฏิกริยาดินเป็นกรดปานกลางในช่วงการออกดอก ติดผลและการเก็บเกี่ยว เมื่อเปรียบเทียบกับดำรับการทดลองอื่นๆ (ภาพที่ 14) นอกจากนี้มีข้อสังเกตพบว่าการปลูกองุ่นร่วมกับการใส่เชื้อราไมคอร์ไรซาให้ค่า

ปฏิกิริยาดินเป็นกรดน้อยกว่าการปลูกอุน่ร่วมกับการใช้เชื้อราไมคอร์ไรซา ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากดินที่ใช้ในการปลูกอุน่ทั้ง 3 พันธุ์มีค่าปฏิกิริยาดินต่างกัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งดินที่ปลูกพันธุ์ Beauty Seedless มีค่าปฏิกิริยาดินเป็นกรดเล็กน้อยหรือค่าความเป็นกรดอน้อย

ผลการพิจารณาปฏิสัมพันธ์กันระหว่างพันธุ์อุน่ที่แตกต่างกันกับการใส่ปุ๋ยฟอสเฟตในอัตราที่แตกต่างกัน พบว่า พันธุ์อุน่ที่แตกต่างกันกับการใส่ปุ๋ยฟอสเฟตในอัตราที่แตกต่างกันมีปฏิสัมพันธ์กัน และส่งผลให้ค่าปฏิกิริยาดินมีความแตกต่างกันทางสถิติทั้งช่วงออกดอก ติดผลและการเก็บเกี่ยว (ตารางที่ 6) กล่าวคือ อุน่พันธุ์ Loose Perlette และ Beauty Seedless ร่วมกับการใส่ปุ๋ยฟอสเฟตที่อัตรา 27.17 กรัมต่อตัน ให้ค่าปฏิกิริยาดินเป็นกรดเล็กน้อยในช่วงการออกดอก ติดผลและการเก็บเกี่ยว เมื่อเปรียบเทียบกับตำรับการทดลองอื่นๆ (ภาพที่ 15)

ในขณะที่พิจารณาปฏิสัมพันธ์กันระหว่างการใส่เชื้อราไมคอร์ไรซากับปุ๋ยฟอสเฟตในอัตราที่แตกต่างกัน พบว่า การใส่เชื้อราไมคอร์ไรซาร่วมกับปุ๋ยฟอสเฟตในอัตราที่แตกต่างกันมีปฏิสัมพันธ์กัน และส่งผลให้ค่าปฏิกิริยาดินเป็นกรดเล็กน้อยมีความแตกต่างกันทางสถิติทั้งช่วงการออกดอก ติดผลและการเก็บเกี่ยว (ตารางที่ 6) กล่าวคือ การใส่เชื้อราไมคอร์ไรซาร่วมกับปุ๋ยฟอสเฟตที่อัตรา 27.17 กรัมต่อตัน ให้ค่าปฏิกิริยาดินเป็นกรดเล็กน้อยทั้งในช่วงการออกดอก ติดผลและการเก็บเกี่ยว เมื่อเปรียบเทียบกับตำรับการทดลองอื่นๆ ดังภาพที่ 16

นอกจากนี้พิจารณาปฏิสัมพันธ์กันพันธุ์อุน่ร่วมกับการใช้เชื้อราไมคอร์ไรซาและปุ๋ยฟอสเฟตในอัตราที่แตกต่างกัน พบว่า พันธุ์อุน่ร่วมกับการใช้เชื้อราไมคอร์ไรซาและปุ๋ยฟอสเฟตในอัตราที่แตกต่างกันมีปฏิสัมพันธ์กัน และส่งผลให้ค่าปฏิกิริยาดินเป็นกรดเล็กน้อยมีความแตกต่างกันทางสถิติทั้งในช่วงการออกดอก ติดผลและการเก็บเกี่ยว (ตารางที่ 6) กล่าวคือ อุน่พันธุ์ Beauty Seedless ร่วมกับการใส่เชื้อราไมคอร์ไรซาและปุ๋ยฟอสเฟตในอัตรา 27.17 กรัมต่อตัน ให้ค่าปฏิกิริยาดินเป็นกลางทั้งในช่วงการออกดอก ติดผลและการเก็บเกี่ยว เมื่อเปรียบเทียบกับตำรับการทดลองอื่นๆ (ภาพที่ 17)

จากผลการทดลองจะพบว่า ค่าปฏิกิริยาดินในแปลงอุน่พันธุ์ต่างๆจะให้ค่าปฏิกิริยาดินตั้งแต่เป็นกรดจัดถึงปานกลาง ซึ่งสามารถปลูกอุน่ได้และเชื้อราไมคอร์ไรซาสามารถเจริญเติบโตได้ เช่นเดียวกับ การทดลองกับพืชผักคือ *Arnica montana* L. ซึ่งเป็นพืชที่แสดงผลตอบสนองต่อความเป็นกรดของดินอย่างเด่นชัดโดยทดลองที่ระดับ pH 2.5, 3.5, 4.5 และ 5.5 พบว่าที่ระดับ pH

เพิ่มขึ้นหรือความเป็นกรดน้อยลง (4.5-5.5) เปอร์เซ็นต์การเข้าอยู่อาศัยของเชื้อรา *Gl. fasciculatum* จะเพิ่มขึ้น พืชเจริญเติบโตได้ค่อนข้างปกติ เมื่อเปรียบเทียบกับไม่มีการใส่เชื้อราเวสิคูลาร์-อาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา พืชจะตายที่ระดับ pH 2.5-3.5 ซึ่งที่ระดับ pH นี้ พืชที่มีเชื้อราเวสิคูลาร์-อาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา อาศัยอยู่จะยังเจริญได้ แต่การเจริญเติบโตจะลดลงอย่างช้าๆซึ่งแสดงว่าเชื้อราเวสิคูลาร์-อาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาช่วยให้พืชต้านทานต่อสภาพความเป็นกรดของดินได้ (Heijine *et al*, 1996) แต่สภาพดินเป็นกรดอาจจะส่งผลต่อการตรึงฟอสฟอรัสในดิน ทำให้ไม่สามารถนำฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินไปใช้ประโยชน์ได้

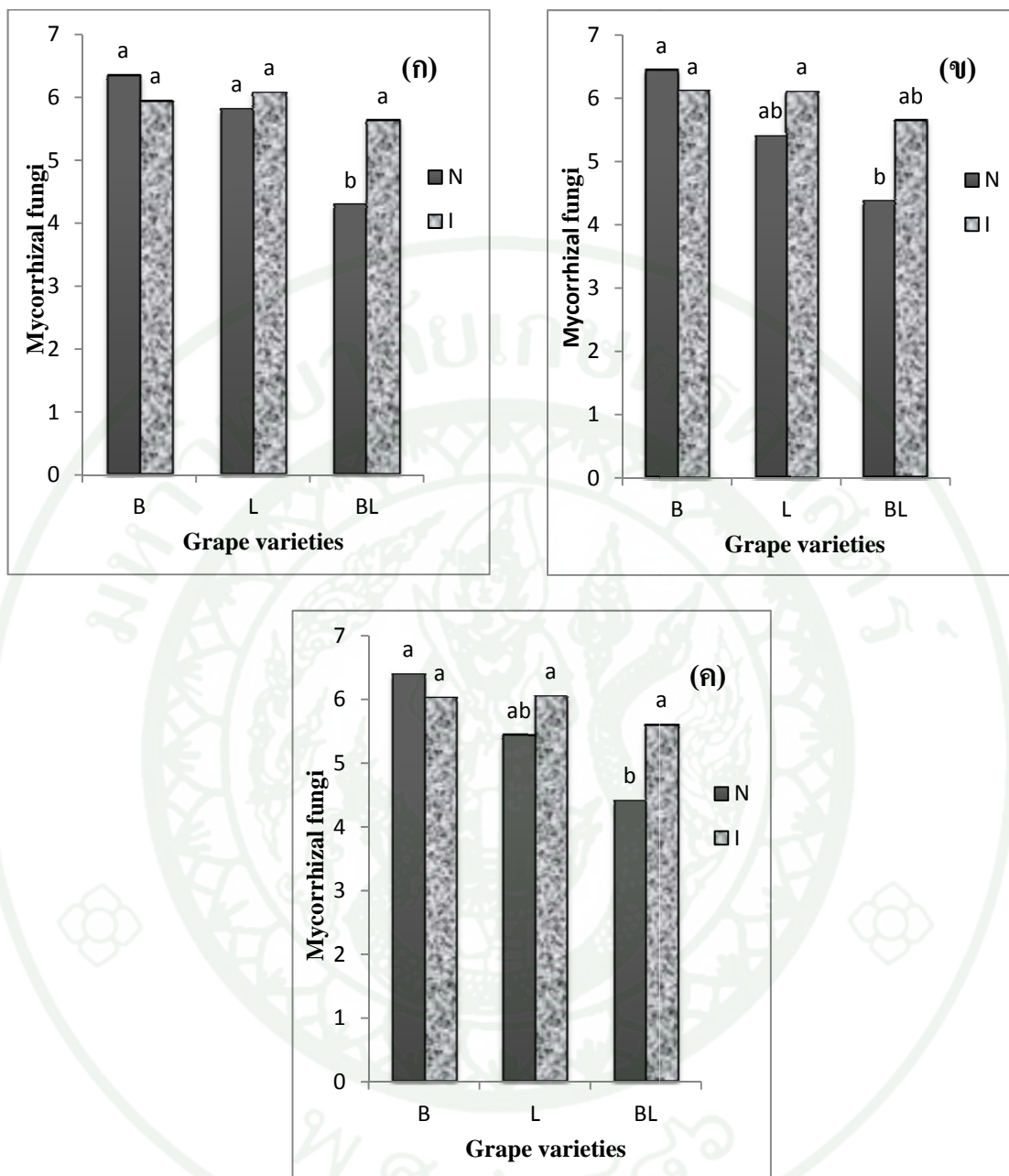


ตารางที่ 6 ค่าปฏิกริยาควินในสวนองุ่นที่ระยะเริ่มออกดอก ติดผลและหลังการเก็บเกี่ยว

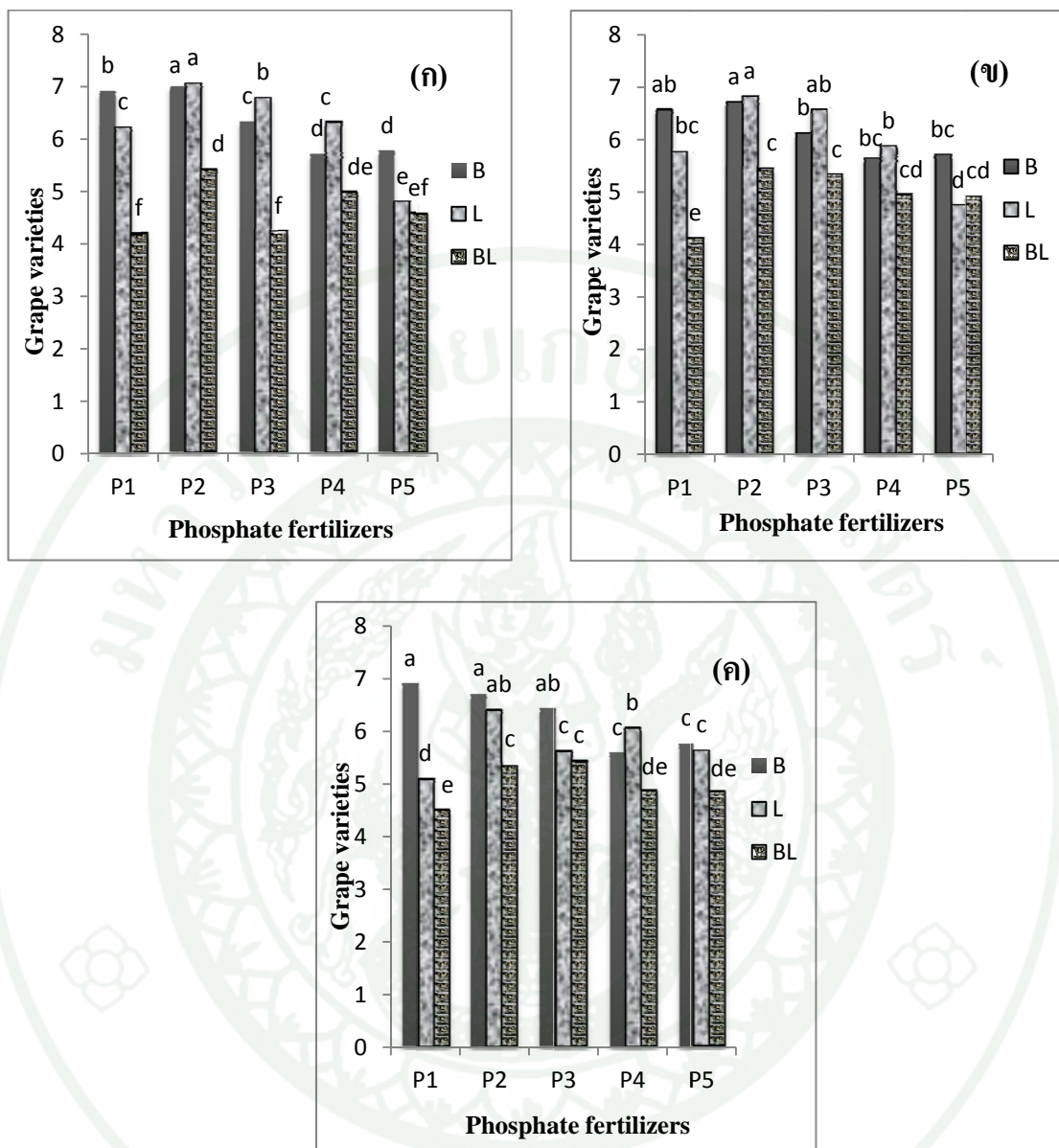
การทดลอง	ปฏิกริยาควิน		
	เริ่มออกดอก	ติดผล	เก็บเกี่ยว
ปัจจัยที่ 2 พันธุ์องุ่น(V)			
Beauty Seedless (V1)	6.14A	6.28A	6.21A
Loose Perlette (V2)	5.95B	5.76B	5.74B
Black Opal (V3)	4.98C	5.01C	5.01C
F-test	**	**	**
ปัจจัยที่ 1 เชื้อราไมคอร์ไรซา (M)			
ไม่ใส่เชื้อรา (N)	5.49X	5.41X	5.41X
ใส่เชื้อรา (I)	5.88Y	5.96Y	5.89Y
F-test	**	**	**
ปัจจัยที่ 3 ระดับของปุ๋ยฟอสเฟต(P)			
ปุ๋ย TSP 0 กรัมต่อต้น (P1)	5.78b	5.49bc	5.50b
ปุ๋ย TSP 27.17 กรัมต่อต้น (P2)	6.50a	6.33a	6.16a
ปุ๋ย TSP 54.34 กรัมต่อต้น (P3)	5.79b	6.00ab	5.83ab
ปุ๋ย TSP 81.52 กรัมต่อต้น (P4)	5.66b	5.48bc	5.51b
ปุ๋ย TSP 108.69 กรัมต่อต้น (P5)	5.05c	5.12c	5.41b
F-test	**	**	**
V x M	**	**	**
V x P	**	**	**
M x P	**	**	**
M x V x P	**	**	**
CV (%)	0.87	1.13	1.86

หมายเหตุ ตัวอักษรที่ต่างกันในกลุ่มเดียวกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

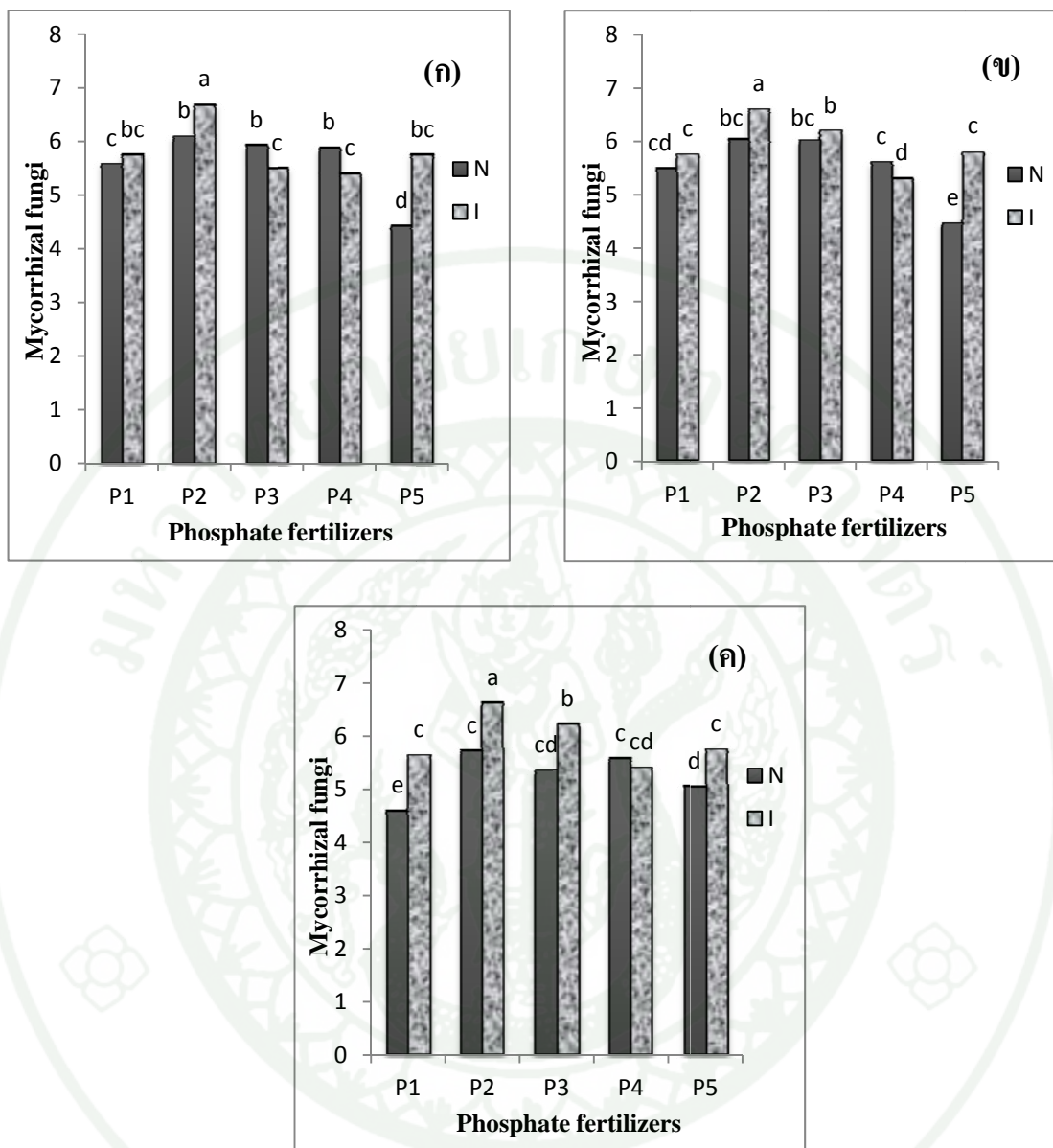
** แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 %



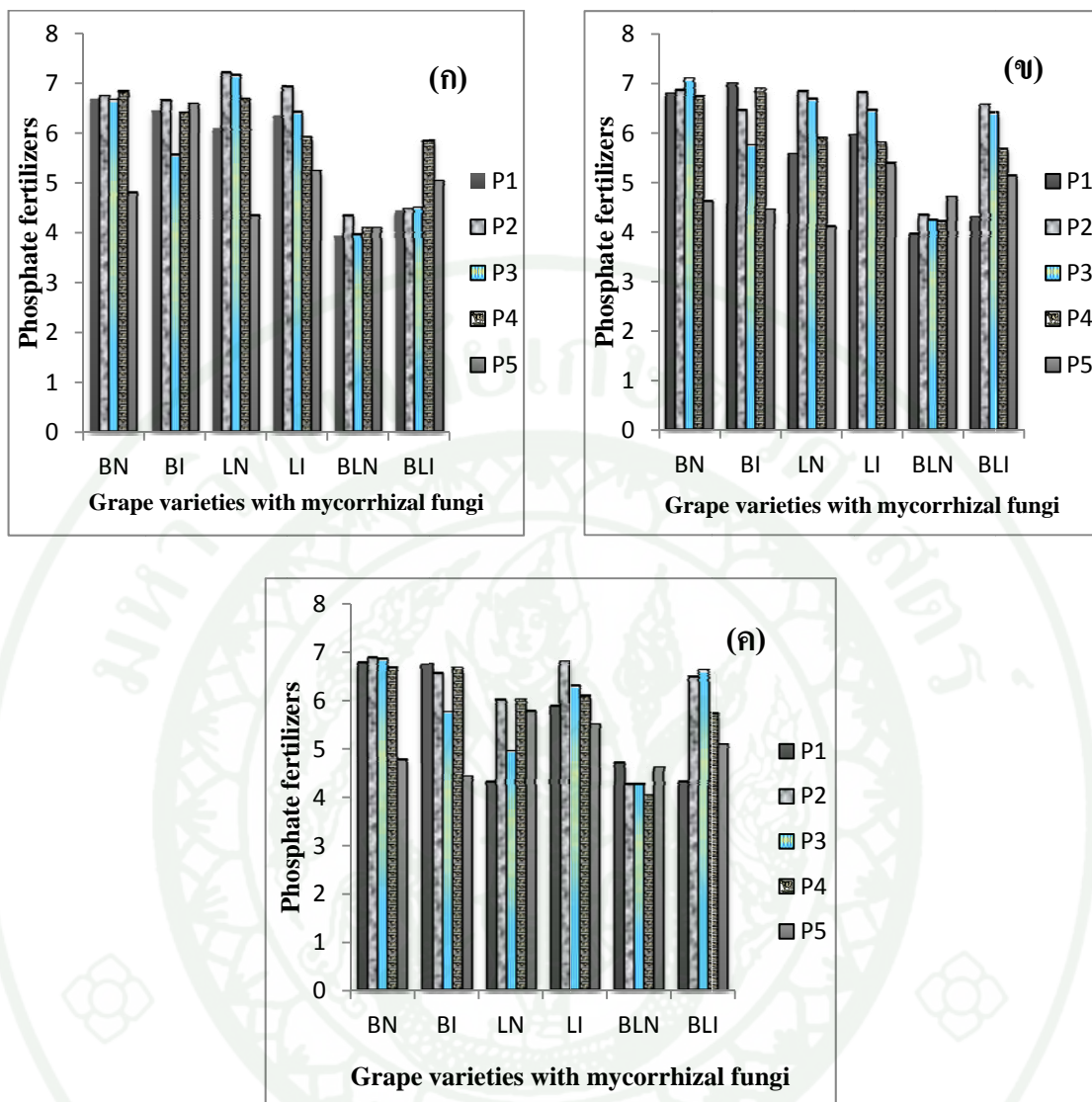
ภาพที่ 14 ปฏิบัติการดินที่ระยะการเจริญเติบโตต่างๆของการใส่เชื้อราไมคอร์ไรซาร่วมกับองุ่นพันธุ์ต่างๆ โดย (ก) การใส่เชื้อราไมคอร์ไรซาร่วมกับพันธุ์องุ่นที่ระยะเริ่มออกดอก (ข) การใส่เชื้อราไมคอร์ไรซาร่วมกับพันธุ์องุ่นที่ระยะติดผล (ค) การใส่เชื้อราไมคอร์ไรซาร่วมกับพันธุ์องุ่นที่ระยะเก็บเกี่ยว (N = ไม่ใส่เชื้อรา, I = ใส่เชื้อรา) (B = องุ่นพันธุ์ Beauty Seedless, L = องุ่นพันธุ์ Loose Perlette, BL = องุ่นพันธุ์ Black Opal)



ภาพที่ 15 ปฏิกริยาดินที่ระยะการเจริญเติบโตต่างๆของพันธุ์องุ่นร่วมกับปุ๋ยฟอสเฟตในอัตราที่แตกต่างกัน โดย (ก) พันธุ์องุ่นร่วมกับปุ๋ยฟอสเฟตในอัตราที่แตกต่างกันที่ระยะเริ่มออกดอก (ข) พันธุ์องุ่นร่วมกับปุ๋ยฟอสเฟตในอัตราที่แตกต่างกันที่ระยะติดผล (ค) พันธุ์องุ่นร่วมกับปุ๋ยฟอสเฟตในอัตราที่แตกต่างกันที่ระยะเก็บเกี่ยว (B = องุ่นพันธุ์ Beauty Seedless, L = องุ่นพันธุ์ Loose Perlette, BL= องุ่นพันธุ์ Black Opal) (P1, P2, P3, P4, P5 = ปุ๋ยฟอสเฟตที่อัตรา 0, 27.17, 54.34, 81.52, 108.69 กรัมต่อต้น ตามลำดับ)



ภาพที่ 16 ปฏิกริยาดินที่ระยะการเจริญเติบโตต่างๆของเชื้อราไมคอร์ไรซาร่วมกับปุ๋ยฟอสเฟตในอัตราที่แตกต่างกัน โดย (ก) เชื้อราไมคอร์ไรซาร่วมกับปุ๋ยฟอสเฟตในอัตราที่แตกต่างกันที่ระยะเริ่มออกดอก (ข) เชื้อราไมคอร์ไรซาร่วมกับปุ๋ยฟอสเฟตในอัตราที่แตกต่างกันที่ระยะติดผล (ค) เชื้อราไมคอร์ไรซาร่วมกับปุ๋ยฟอสเฟตในอัตราที่แตกต่างกันที่ระยะเก็บเกี่ยว (N = ไม่ใส่เชื้อรา, I = ใส่เชื้อรา) (P1, P2, P3, P4, P5 = ปุ๋ยฟอสเฟตที่อัตรา 0, 27.17, 54.34, 81.52, 108.69 กรัมต่อต้น ตามลำดับ)



ภาพที่ 17 ปฏิกริยาดินที่ระยะการเจริญเติบโตต่างๆของการใส่เชื้อราไมคอร์ไรซาร่วมกับปุ๋ยฟอสเฟตในอัตราที่แตกต่างกันในแปลงอุ่นทั้ง 3 พันธุ์ โดย (ก) การใส่เชื้อราไมคอร์ไรซาร่วมกับปุ๋ยฟอสเฟตในแปลงอุ่นทั้ง 3 พันธุ์ ที่ระยะเริ่มออกดอก (ข) การใส่เชื้อราไมคอร์ไรซาร่วมกับปุ๋ยฟอสเฟตในแปลงอุ่นทั้ง 3 พันธุ์ ที่ระยะติดผล (ค) การใส่เชื้อราไมคอร์ไรซาร่วมกับปุ๋ยฟอสเฟตในแปลงอุ่นทั้ง 3 พันธุ์ ที่ระยะเก็บเกี่ยว (N = ไม่ใส่เชื้อรา, I = ใส่เชื้อรา) (V1 = อุ่นพันธุ์ Beauty Seedless, V2 = อุ่นพันธุ์ Loose Perlette, V3 = อุ่นพันธุ์ Black Opal) (P1, P2, P3, P4, P5 = ปุ๋ยฟอสเฟตที่อัตรา 0, 27.17, 54.34, 81.52, 108.69 กรัมต่อต้น ตามลำดับ)

3. ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในใบที่ระยะการเจริญเติบโตต่างๆ

จากการศึกษาพันธุ์องุ่นร่วมกับการใส่เชื้อราไมคอร์ไรซาและปุ๋ยฟอสเฟตในอัตราที่แตกต่างกัน มีผลทำให้ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในใบมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในช่วงติดผลขององุ่น (ตารางที่ 7) โดยพบว่าพันธุ์องุ่นที่แตกต่างกันส่งผลให้ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในใบมีความแตกต่างกันทางสถิติ กล่าวคือ องุ่นพันธุ์ Beauty Seedless และองุ่นพันธุ์ Loose Perlette ให้ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในใบมากที่สุดในช่วงติดผล ในขณะที่องุ่นพันธุ์ Black Opal ให้ปริมาณฟอสฟอรัสในใบต่ำที่สุด โดยจะเห็นได้ว่าพันธุ์องุ่นที่แตกต่างกัน ทำให้ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในใบแตกต่างกัน ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินขององุ่นทั้ง 3 พันธุ์มีความแตกต่างกัน ทำให้ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในใบต่างกันไปด้วย ส่วนในช่วงเก็บเกี่ยวองุ่นนั้นพบว่าปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในใบไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ สำหรับการใส่เชื้อราไมคอร์ไรซานั้นพบว่า การใส่เชื้อไมคอร์ไรซาส่งผลให้ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในใบมากกว่าการไม่ใส่เชื้อราไมคอร์ไรซา และมีความแตกต่างกันทางสถิติในช่วงติดผลและการเก็บเกี่ยว แสดงว่าเชื้อราไมคอร์ไรซาสามารถผลิตเอนไซม์ฟอสฟาเทสในการละลายฟอสเฟตให้อยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์กับพืชได้มากขึ้น ทำให้มีปริมาณฟอสฟอรัสในใบองุ่นเพิ่มขึ้น ในขณะที่การใส่ปุ๋ยฟอสเฟตในอัตราที่ต่างกันพบว่า การใส่ปุ๋ยฟอสเฟตที่อัตรา 54.34 กรัมต่อต้น (P3) ให้ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในใบมากกว่าการใส่ปุ๋ยในอัตราอื่นๆทั้งช่วง ติดผลและการเก็บเกี่ยว โดยมีข้อสังเกตให้เห็นว่าการใส่ปุ๋ยฟอสเฟตในปริมาณที่เพิ่มขึ้นมีผลให้ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในใบองุ่นลดลง อาจเนื่องมาจากการใส่ปุ๋ยฟอสเฟตในอัตราที่เพิ่มสูงขึ้น ไม่มีผลทำให้องุ่นดูดฟอสเฟตไปใช้ในการเจริญเติบโตและสร้างดอกได้มากขึ้น หรืออาจเป็นเพราะการใส่ปุ๋ยฟอสเฟตในอัตราสูงๆอาจทำให้ฟอสฟอรัสในดินถูกตรึงได้ง่าย ทำให้ความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัสในดินลดลง รวมทั้งค่าปฏิกิริยาดินในแปลงปลูกองุ่นทั้ง 3 พันธุ์ มีค่าปฏิกิริยาดินเป็นกรด ทำให้ความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัสในดินลดลง หรือรวมตัวกับสารประกอบพวก Fe/Al (OH) ซึ่งละลายออกมาได้ดีในสภาพดินกรด และได้สารประกอบที่ละลายน้ำได้ยากขึ้น

เมื่อพิจารณาปฏิสัมพันธ์กันระหว่างพันธุ์องุ่นที่แตกต่างกันกับการใส่เชื้อราไมคอร์ไรซาพบว่า พันธุ์องุ่นที่แตกต่างกันกับการใส่เชื้อราไมคอร์ไรซามีปฏิสัมพันธ์กัน และส่งผลให้ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในใบมีความแตกต่างกันทางสถิติในช่วงติดผล (ตารางที่ 7) กล่าวคือ องุ่นพันธุ์ Beauty Seedless ร่วมกับการใส่เชื้อราไมคอร์ไรซาให้ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในใบมากที่สุด

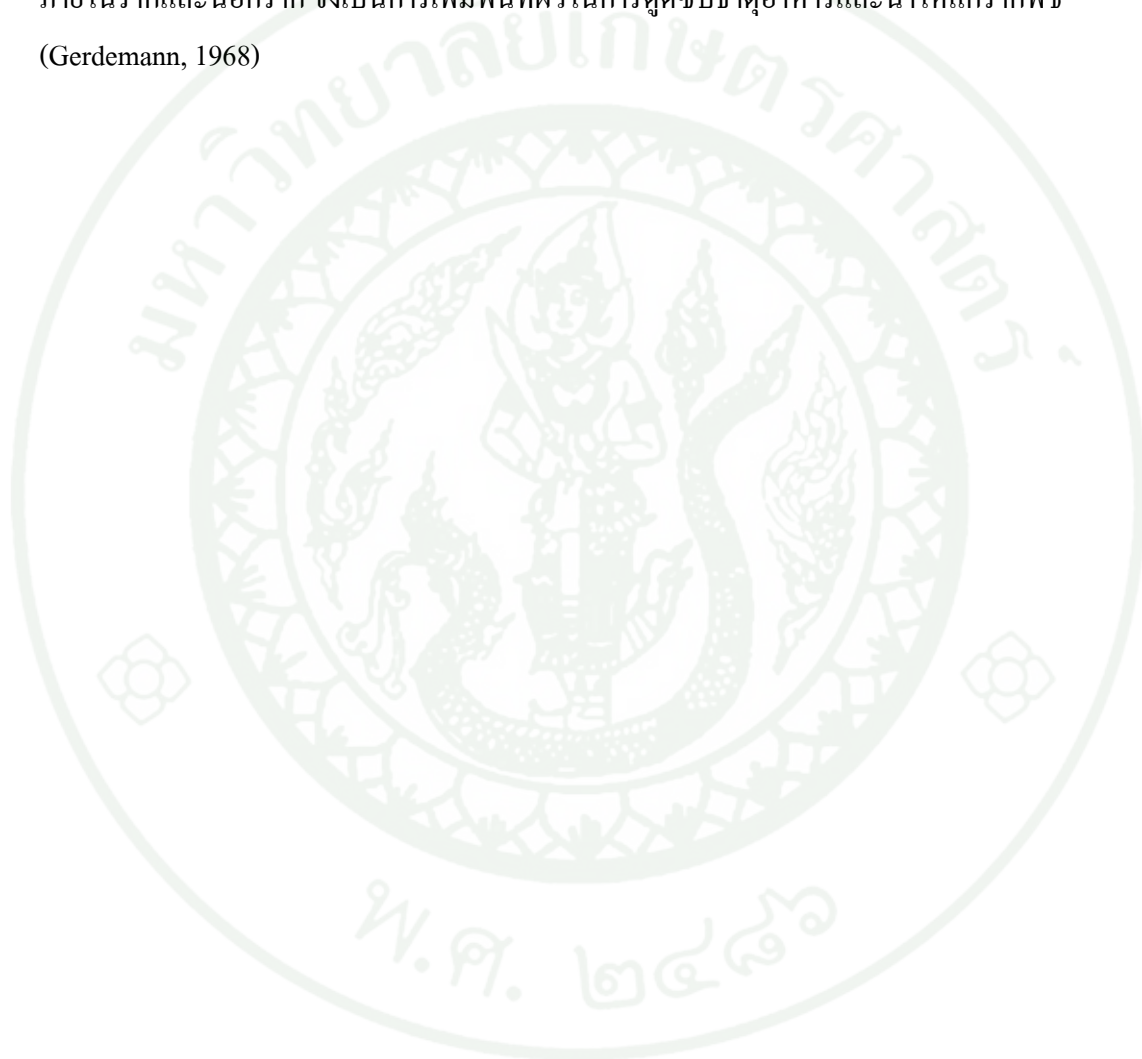
ในช่วงติดผล เมื่อเปรียบเทียบกับตำรับการทดลองอื่นๆ (ภาพที่ 18) นอกจากนี้มีข้อสังเกตพบว่าการปลูกองุ่นร่วมกับการใส่เชื้อราไมคอร์ไรซาให้ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในใบมากกว่าการปลูกองุ่นร่วมกับการไม่ใส่เชื้อราไมคอร์ไรซา แสดงให้เห็นว่าเชื้อราไมคอร์ไรซาสามารถเพิ่มปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน ด้วยการผลิตเอนไซม์ฟอสฟาเทสออกมาละลายฟอสเฟตได้มากขึ้น จึงส่งผลให้มีปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในใบองุ่นสูง

เมื่อพิจารณาปฏิสัมพันธ์กันระหว่างการใส่เชื้อราไมคอร์ไรซากับปุ๋ยฟอสเฟตในอัตราที่แตกต่างกัน พบว่า การใส่เชื้อราไมคอร์ไรซาร่วมกับปุ๋ยฟอสเฟตในอัตราที่แตกต่างกันมีปฏิสัมพันธ์กัน และส่งผลให้ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในใบมีความแตกต่างกันทางสถิติทั้งช่วงติดผลและการเก็บเกี่ยว (ตารางที่ 7) กล่าวคือ การใส่เชื้อราไมคอร์ไรซาร่วมกับปุ๋ยฟอสฟอรัสที่อัตรา 54.34 กรัมต่อต้นให้ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในใบมากที่สุดทั้งในช่วงติดผลและการเก็บเกี่ยว เมื่อเปรียบเทียบกับตำรับการทดลองอื่นๆ อย่างไรก็ตามมีข้อสังเกตพบว่าการใส่เชื้อราไมคอร์ไรซาร่วมกับการใส่ปุ๋ยฟอสเฟตในปริมาณที่เพิ่มขึ้นมีแนวโน้มทำให้ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในใบลดลงดังภาพที่ 19 ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการที่ดินมีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์เพิ่มขึ้น ทำให้เชื้อราไมคอร์ไรซาสร้างเอนไซม์ฟอสฟาเทสมาละลายฟอสเฟตได้น้อยลง ประกอบกับการใส่ปุ๋ยฟอสเฟตในอัตราสูงๆ อาจทำให้ฟอสฟอรัสในดินมีโอกาสถูกตรึงได้ง่าย ทำให้ปริมาณฟอสฟอรัสในใบองุ่นลดลง

เมื่อพิจารณาปฏิสัมพันธ์กันพันธุ์องุ่นร่วมกับการใส่เชื้อราไมคอร์ไรซาและปุ๋ยฟอสเฟตในอัตราที่แตกต่างกัน พบว่า พันธุ์องุ่นร่วมกับการใส่เชื้อราไมคอร์ไรซาและปุ๋ยฟอสเฟตในอัตราที่แตกต่างกันมีปฏิสัมพันธ์กัน และส่งผลให้ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในใบมีความแตกต่างกันทางสถิติทั้งในช่วงติดผลและการเก็บเกี่ยว (ตารางที่ 7) กล่าวคือ องุ่นพันธุ์ Beauty Seedless ร่วมกับการใส่เชื้อราไมคอร์ไรซาและปุ๋ยฟอสเฟตในอัตรา 54.34 กรัมต่อต้น ให้ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในใบมากที่สุดทั้งในช่วงติดผลและการเก็บเกี่ยว เมื่อเปรียบเทียบกับตำรับการทดลองอื่นๆ (ภาพที่ 20)

ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าการมีเชื้อราไมคอร์ไรซาช่วยให้พืชมีปริมาณธาตุฟอสฟอรัสเพิ่มมากขึ้น สอดคล้องกับกิตติมา (2541) กล่าวว่าเมื่อเชื้อราไมคอร์ไรซาอยู่ร่วมกับรากพืช เชื้อราจะสร้างไฮฟาทั้งภายในและภายนอกผิวราก ซึ่งไฮราดังกล่าวนี้จะมึบทบาทในการเพิ่มพื้นที่ผิวในการดูดน้ำและธาตุอาหาร ทำให้รากพืชสามารถดูดน้ำและธาตุอาหารได้มากขึ้น (Bolan, 1991) ส่วน

ปริมาณธาตุอาหารในใบอ่อน พบว่าเชื้อราไมคอร์ไรซามีแนวโน้มทำให้ปริมาณธาตุฟอสฟอรัสในใบอ่อนมากกว่าการที่ไม่ได้รับเชื้อราวิเอไมคอร์ไรซาอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ พืชต้องการฟอสฟอรัสเป็นอย่างมากในระยะเจริญเติบโตและออกดอก เมื่อมีการเข้าอาศัยของเชื้อรา เชื้อราวิเอไมคอร์ไรซาจึงกระตุ้นให้สร้าง RAPA (root acid phosphatase activity) เพิ่มขึ้นในสถานะที่มีฟอสฟอรัสจำกัดสำหรับการเจริญเติบโตของพืช รวมถึงการที่เชื้อราไมคอร์ไรซาสร้างไฮราทั้งภายในรากและนอกราก จึงเป็นการเพิ่มพื้นที่ผิวในการดูดซับธาตุอาหารและน้ำให้แก่รากพืช (Gerdemann, 1968)

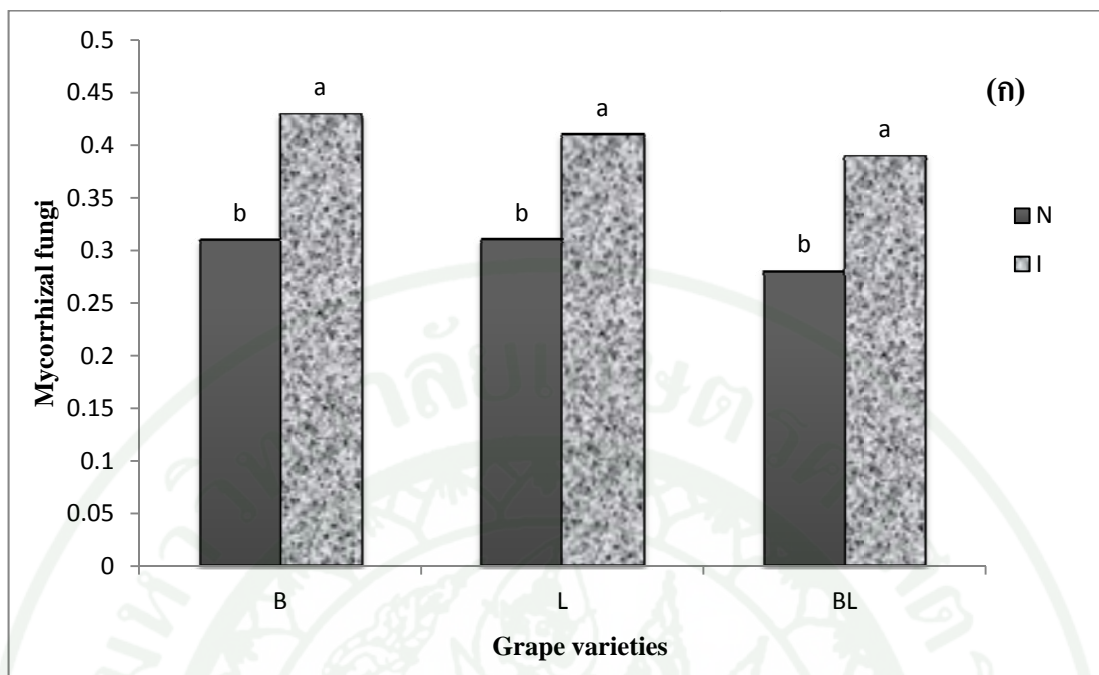


ตารางที่ 8 ปริมาณความเข้มข้นของฟอสฟอรัสทั้งหมดในใบขององุ่นที่ระยะเริ่มออกดอกและระยะเก็บเกี่ยว (เปอร์เซ็นต์)

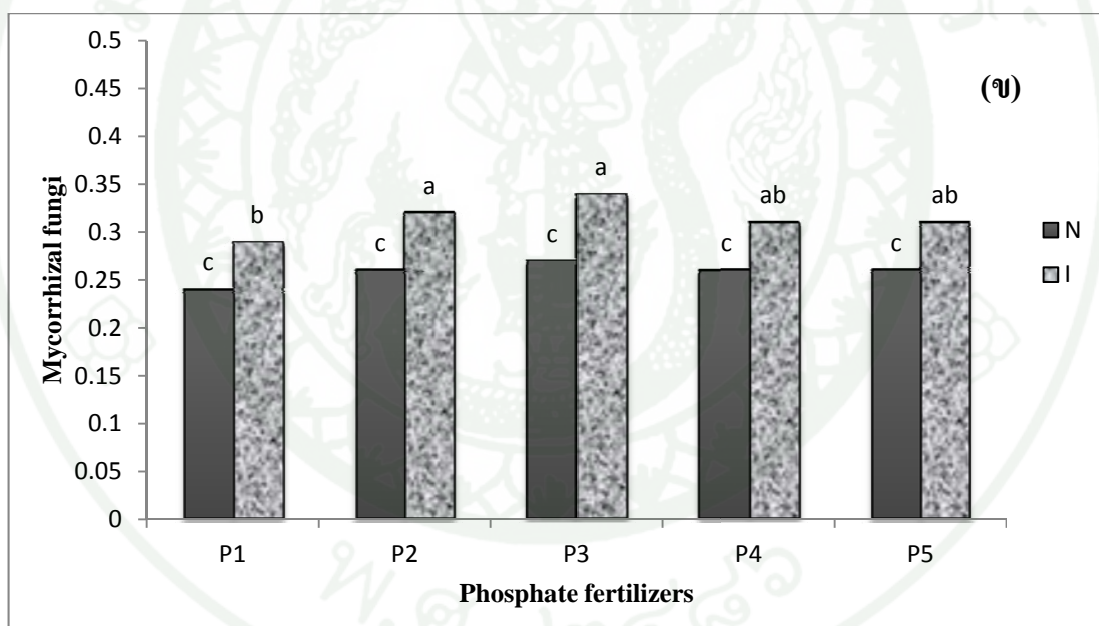
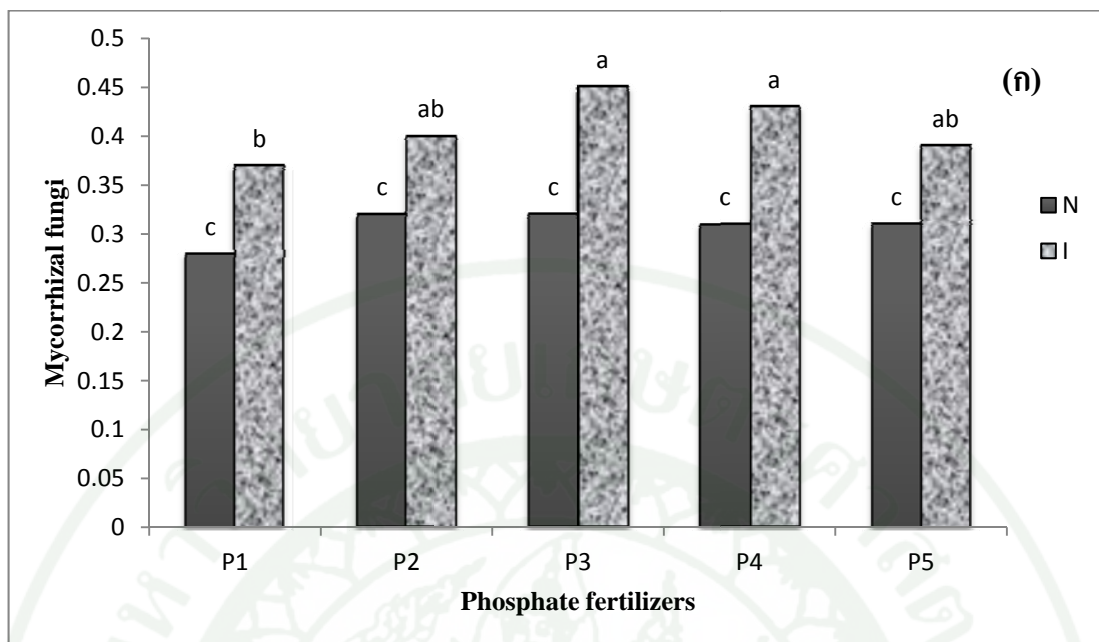
คำรับการทดลอง	ฟอสฟอรัสทั้งหมดในใบ	
	เริ่มติดผล	หลังการเก็บเกี่ยว
ปัจจัยที่ 1 พันธุ์องุ่น(V)		
Beauty Seedless (V1)	0.37A	0.28
Loose Perlette (V2)	0.36A	0.29
Black Opal (V3)	0.34B	0.28
F-test	**	ns
ปัจจัยที่ 2 เชื้อราไมคอร์ไรซา (M)		
ไม่ใส่เชื้อรา (N)	0.31X	0.26X
ใส่เชื้อรา (I)	0.41Y	0.32Y
F-test	**	**
ปัจจัยที่ 3 ระดับของปุ๋ยฟอสเฟต(P)		
ปุ๋ย TSP 0 กรัมต่อต้น (P1)	0.31c	0.24c
ปุ๋ย TSP 27.17 กรัมต่อต้น (P2)	0.35b	0.28b
ปุ๋ย TSP 54.34 กรัมต่อต้น (P3)	0.38a	0.30a
ปุ๋ย TSP 81.52 กรัมต่อต้น (P4)	0.37a	0.27b
ปุ๋ย TSP 108.69 กรัมต่อต้น (P5)	0.35b	0.28b
F-test	**	**
V x M	**	**
V x P	ns	ns
M x P	**	**
M x V x P	**	**
CV (%)	3.94	1.45

หมายเหตุ ตัวอักษรที่ต่างกันในกลุ่มเดียวกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

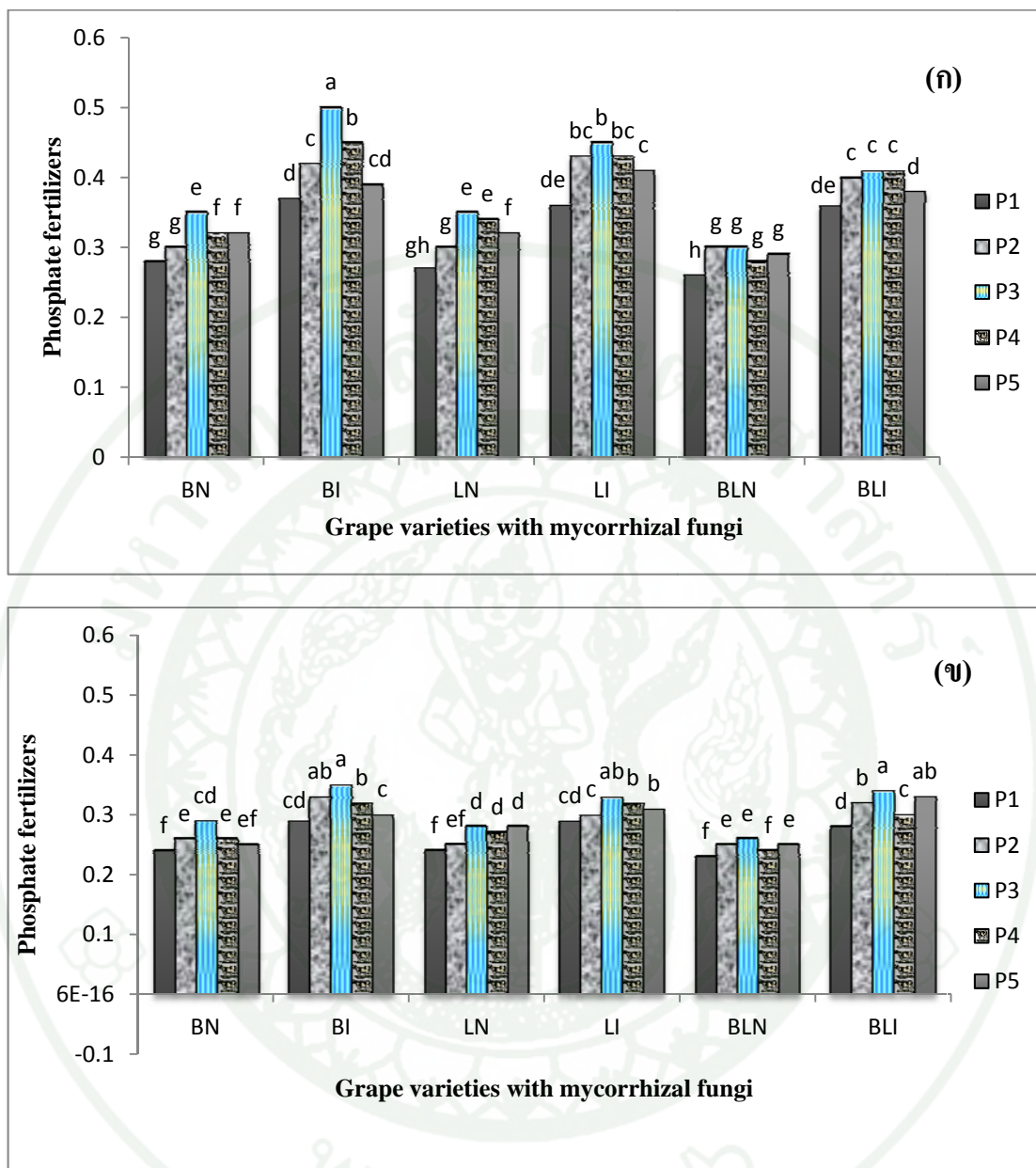
** แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 %



ภาพที่ 18 ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในใบ (เปอร์เซ็นต์) ที่ระยะการเจริญเติบโตต่างๆของการใส่เชื้อราไมคอร์ไรซาร่วมกับองุ่นพันธุ์ต่างๆ โดย (ก) การใส่เชื้อราไมคอร์ไรซาร่วมกับพันธุ์องุ่นที่ระยะเริ่มออก(N = ไม่ใส่เชื้อรา, I = ใส่เชื้อรา) (B = องุ่นพันธุ์ Beauty Seedless, L = องุ่นพันธุ์ Loose Perlette, BL= องุ่นพันธุ์ Black Opal)



ภาพที่ 19 ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในใบ (เปอร์เซ็นต์) ขององุ่นที่ระยะการเจริญเติบโตต่างๆของการใส่เชื้อราไมคอร์ไรซาร่วมกับปุ๋ยฟอสเฟตในอัตราที่แตกต่างกัน โดย (ก) การใส่เชื้อราไมคอร์ไรซาร่วมกับปุ๋ยฟอสเฟตที่ระยะเริ่มออกดอก (ข) การใส่เชื้อราไมคอร์ไรซาร่วมกับปุ๋ยฟอสเฟตที่ระยะเก็บเกี่ยว (N = ไม่ใส่เชื้อรา, I = ใส่เชื้อรา) (P1, P2, P3, P4, P5 = ปุ๋ยฟอสเฟตที่อัตรา 0, 27.17, 54.34, 81.52, 108.69 กรัมต่อต้น ตามลำดับ)



ภาพที่ 20 ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในใบ (เปอร์เซ็นต์) ขององุ่นที่ระยะการเจริญเติบโตต่างๆของการใส่เชื้อราไมคอร์ไรซาร่วมกับปุ๋ยฟอสเฟตในอัตราที่แตกต่างกันในแปลงองุ่นทั้ง 3 พันธุ์ โดย (ก) การใส่เชื้อราไมคอร์ไรซาร่วมกับปุ๋ยฟอสเฟตในแปลงองุ่นทั้ง 3 พันธุ์ ที่ระยะเริ่มออกดอก (ข) การใส่เชื้อราไมคอร์ไรซาร่วมกับปุ๋ยฟอสเฟตในแปลงองุ่นทั้ง 3 พันธุ์ ที่ระยะเก็บเกี่ยว (N = ไม่ใส่เชื้อรา, I = ใส่เชื้อรา) (V1 = องุ่นพันธุ์ Beauty Seedless, V2 = องุ่นพันธุ์ Loose Perlette, V3 = องุ่นพันธุ์ Black Opal) (P1, P2, P3, P4, P5 = ปุ๋ยฟอสเฟตที่อัตรา 0, 27.17, 54.34, 81.52, 108.69 กรัมต่อต้น ตามลำดับ)

สรุปผลการทดลอง

การใช้ *Glomus aggregatum* มีผลต่อสมบัติทางชีววิทยาของดินกรดในสวนองุ่นที่ระยะการเจริญเติบโตต่างๆ ได้สรุปผลการทดลองดังนี้

1. การใส่เชื้อราไมคอร์ไรซา ส่งเสริมให้จำนวนสปอร์ในดินและความหนาแน่นการเข้าสู่รากพืชของเชื้อราไมคอร์ไรซาเพิ่มขึ้น รวมทั้งมีปริมาณเอนไซม์ฟอสฟาเทสในดินเพิ่มขึ้น
2. การใส่ปุ๋ยฟอสเฟตในช่วงอัตรา 27.17 กรัมต่อต้น ส่งเสริมให้จำนวนสปอร์ในดินเพิ่มขึ้น ในขณะที่การใส่ปุ๋ยฟอสเฟตในช่วงอัตรา 54.34 กรัมต่อต้น ส่งเสริมให้ความสามารถการเข้าสู่รากพืชของเชื้อราไมคอร์ไรซาและปริมาณเอนไซม์ฟอสฟาเทสเพิ่มขึ้น

การใช้ *Glomus aggregatum* มีผลต่อสมบัติของดินบางประการและปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในใบองุ่นที่ระยะการเจริญเติบโตต่างๆ ได้สรุปผลการทดลองดังนี้

1. การใส่เชื้อราไมคอร์ไรซามีผลทำให้ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน และปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในใบเพิ่มขึ้น
2. การใส่ปุ๋ยฟอสเฟตในช่วงอัตรา 54.34 กรัมต่อต้น มีผลให้ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน และปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในใบเพิ่มขึ้น ในขณะที่การใส่ปุ๋ยฟอสเฟตในช่วงอัตรา 27.17 กรัมต่อต้น มีแนวโน้มให้ค่าปฏิกิริยาดินเปลี่ยนแปลงไป

อย่างไรก็ตามพบว่าแปลงปลูกองุ่นพันธุ์ Beauty Seedless มีแนวโน้มส่งเสริมให้จำนวนสปอร์ในดิน และความหนาแน่นการเข้าสู่รากพืชของเชื้อราไมคอร์ไรซาเพิ่มขึ้น รวมทั้งมีปริมาณเอนไซม์ฟอสฟาเทสในดิน ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน และปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในใบเพิ่มขึ้น ทั้งนี้อาจเป็นเพราะค่าปฏิกิริยาดินที่แตกต่างกันในแปลงปลูกองุ่นในแต่ละพันธุ์ จึงส่งผลต่อการเพิ่มจำนวนเชื้อราไมคอร์ไรซาและปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กิตติมา รัมัญวงษ์. 2541. ความหลากหลายของราเวสทีคูลาร์-อาร์บัสคูลาร์ ไมคอร์ไรซา ของสัก และผลที่มีต่อการเจริญเติบโตของกล้าสัก. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ทัศนีย์ อัดตะนันท์ และ จรรย์ชัย จันทน์เจริญสุข. 2542. แบบฝึกหัด และคู่มือปฏิบัติการการจำแนกดินและพืช. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ

ธงชัย มาลา, 2550. ปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยชีวภาพ: เทคนิคการผลิตและการใช้ประโยชน์. พิมพ์ครั้งที่ 1. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร, 143-188 น.

ธงชัย มาลา, สิริรักษา ช่วงโอภาส, ชาลิต สงประยูร, วันทนีย์ พึ่งแสง. 2551. ปฏิบัติการจุลินทรีย์ทางดิน. พิมพ์ครั้งที่ 1. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 107-110 น.

พนามาศ ตริวิวรรณกุล และ กิตติพงษ์ ตริตรูยานนท์. 2550. เทคโนโลยีการผลิตของเกษตรกรอำเภอปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา. การประชุมวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 45 สาขาส่งเสริมการเกษตร. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

วชิราภรณ์ เรือนแป้น. 2548. การผลิตกรดอินทรีย์และประสิทธิภาพในการละลายฟอสเฟต โดยเชื้อราเวสทีคูลาร์-อาร์บัสคูลาร์ ไมคอร์ไรซาที่เจริญร่วมกับข้าวโพด (*Zea mays* L.). วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ยงยุทธ โอสดสภา, 2552. ธาตุอาหารพืช. พิมพ์ครั้งที่ 3. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

- Abu-Zeyad, R., A.G. Khan and C. Khoo. 1999. Occurrence of arbuscular mycorrhiza in *Castanospermum australe* A. Cunn & C. Fraser and effects on growth and production of castanospermine. Available <http://mycorrhiza.ag.utK.edu/latest99/10khanal.htm>, October 12, 2001.
- Ahaibor, B.D. and H. Hirata. 1994. Characteristic responses of three legumes to the inoculation of two species of VAM fungi in Andosol soils with different fertilities. **Mycorrhiza** 5 : 63-70.
- Ahonen-Jonnarth U., P.A.W. Van Hees, U.S. Lundström and D.F. Roger. 2000. Organic acid produced by mycorrhizal *Pinus sylvestris* exposed to elevated aluminum and heavy metal concentrations. **New Phytol.** 146 : 557-567.
- Allen, M.F., J.C. Sexton., T.S. Moore and M. Christen. 1981. Influence of phosphate source on vesicular-arbuscular mycorrhizae of *Bouteloua gracilis*. **New Phytol.** 87 : 687-691.
- Bagshaw, R., L.V. Vaidyanathan and P.H. Nye. 1972. The supply of nutrient ions by diffusion to plants in soil: Direct determination of labile phosphate concentration gradients in a sandy soil induced by plant uptake. **Plant Soil** 37 : 617-626.
- Barker, A.V. and D.J. Pilbeam. 2007. **Handbook of plant nutrition**. Taylor & Francis Group, LLC, USA.
- Beever, R.E. and D.J.W. Burns. 1980. Phosphorus uptake, storage and utilisation by fungi. pp. 127. In C.L. Powell and D.J. Bagyaraj (eds.). **VA Mycorrhiza**. CRC Press, Inc., United States.

Bethelenfalvay, G.J. and R.G. Linderman. 1992. **Mycorrhizae in Sustainable Agriculture.**

American Society of Agronomy, Inc., America : 124 p.

Bolan, N.A. 1991. A Critical Review on the Role of Mycorrhiza Fungi in Update of Phosphorus by Plant. **Plant and Soil** 134 : 189-207.

Bray, R.H. and L.T. Kurtz. 1945. Determination of total, organic and available forms of phosphorus in soil. **Soil Sci.** 59 : 39-45.

Chanda, K.L. and G.S. Randhawa. 1974. Grape Varieties in India. Indian Council of Agriculture Research, **New Delhi**: 221 p.

Chen, Y.L., M.C. Brundrett and B. Dell. 2000. Effects of ectomycorrhizas and vesicular arbuscular mycorrhizas, alone or in competition, on root colonization and growth of *Eucalyptus globulus* and *E. urophylla*. **New Phytol.** 146 : 545–556.

De Miranda, J.C.C. and P.J. Harris. 1994. Effect of soil phosphorus on spore germination and hyphal growth of arbuscular mycorrhizal fungi. **New Phytol.** 128 : 103-108.

Ellis, J.R., H.J. Larsen and M.G. Boosalis. 1985. Drought resistance of wheat plants inoculated with vesicular-arbuscular mycorrhizae. **Plant and Soil** 86 : 369-378.

Fitter, A.H. 1985. Functioning of vesicular-arbuscular mycorrhizas under field condition. **New Phytol**, 99 : 257-265.

Fox, R.L. 1978. Studies on phosphorus nutrition in the tropics, pp.169-187. In C.S. Andrew and E.J. Kamprath, eds. **Mineral Nutrition of Legumes in Tropical and Subtropical Soils.** Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization, Melbourne.

- Gerdemann, J.W. 1968. The effect of mycorrhiza on the growth of maize. **Mycologia** 56 : 342-349.
- Grant, C.A., D.N. Flaten, D.J. Tomasiewicz and S.C. Sheppard. 2001. The importance of early season P nutrition. **Can. J. Plant Sci.** 81 : 211-224.
- Grant, C., S. Bittman, M. Montreal, C. Plenchette and C. Morel. 2005. Soil and fertilizer phosphorus: Effects on plant P supply and mycorrhizal development. **Can.J. Plant Sci.** 85 : 3-14.
- Harley, J.L. and S.E. Smith. 1983. **Mycorrhizal Symbiosis**. Academic Press, London.
- Heijne B., D. Van Dam, G.W. Heil and R. Bobbink. 1996. Acidification effect on vesicular arbuscular mycorrhizal (VAM) infection, growth and nutrient uptake of established heathland herb species. **Plant and Soil** 179 : 197-206.
- Hodge, A. 2003. Plant nitrogen capture from organic matter as affected by spatial dispersion, interspecific competition and mycorrhizal colonization. **New Phytol.** 157 :303-314.
- Irene, M.C and W.K. Thomas. 2006. **Mycorrhizas and tropical soil fertility**. Agriculture, Ecosystem and Environment. 116 : 72-84.
- Jaizme-Vega, M.C, P. Tenoury, J. Pinochet and M. Jaimot. 1997. Interactions between the root-knot nematode *Meloidogyne incognita* and *Glomus mosseae* in banana. **Plant Soil** 196 : 27-35.
- Jaillard, B., C. Plassard and P. Hinsinger. 2001. Measurement of H⁺ fluxes and concentrations in the rhizosphere, pp. 231-266. In Z. Rengel, ed. **Soil Acidity Handbook**. Marcel Dekker Inc., New York.

- Kothari, S.K., H. Marscher., and E. George. 1990. Effect of VA mycorrhizal fungi and rhizosphere microganisms on root and shoot morphology, growth and water relations in maize. **New Phytol.** 116: 303-311.
- Lehmann, J., M.S. Cravo, J.L.V. Macedo, A. Moreira and G. Schroth. 2001. Phosphorus management for perennial crops in central Amazonian upland soils. **Plant Soil** 237 :309-319.
- Lekberg, Y. and R.T. Koide. 2005. Is plant performance limited by abundance of arbuscular mycorrhizal fungi A meta-analysis of studies published between 1988 and 2003. **New Phytol.** 168 : 189-204.
- Lima, J.M., S.J. Anderson and N. Curi. 2000. Phosphorus induced clay dispersion as related to aggregate size and composition in Hapludoxs. **Soil Sci. Soc. Am. J.** 64 : 892-897.
- Marschner, H. and B. Dell. 1994. Nutrition uptake in mycorrhizal symbiosis. **Plant and soil.** 159 : 89-102.
- Miller, R.M. and J.D. Jastrow. 2000. Mycorrhizal fungi influence soil structure, pp.3-18. In Y.Kapulnik and D.D. Douds, eds. **Arbuscular Mycorrhizas: Physiology and Function.** Kluwer Academic, Dordrecht.
- Morton, J.B. and G.L. Benny. 1990. Revised classification of arbuscular mycorrhizal fungi (Zygomycetes) : A new order, Glomales, two sub-order, Glomineae and Gigasporaceae and two new families, Acaulosporaceae and Gigasporaceae, with an emendation of Glomaceae. **Mycotaxon** 37 : 471-491.
- Newsham, K.K., A.H. Fitter and A. Watkinson. 1995. Arbuscular mycorrhiza protect an annual grass from root pathogenic fungi in he field. **J. Ecol.** 83 : 991-1000.

- Norland, M. 1993. Soil factors affecting mycorrhizal use in surface mine reclamation. The use of mycorrhiza in mined land reclamation. Available <http://www.Soils.umn.edu:8003/h5015/97papers/sturres.htm>, October 12, 2001.
- Nye, P.H. 1977. The rate-limiting step in plant nutrient absorption from soil. **Soil Sci.** 123 : 292-297.
- _____ and P.B. Tinker. 1977. **Solute Movement in the Soil-Water System.** Blackwell Scientific, Oxford.
- Oades, J.M. 1984. Soil organic matter and structural stability: Mechanisms and implications for management. **Plant and Soil** 76 : 319-337.
- Olsson, P.A., I. Thingstrup, I. Jakobsen and E. Baath. 1999. Estimation of the biomass of arbuscular mycorrhizal fungi in a linseed field. **Soil Biol. Biochem.** 31 : 1879-1887.
- Plenchette, C., C. Clermont-Dauphin, J.M. Meynard and J.A. Fortin. 2005. Managing arbuscular mycorrhizal fungi in cropping systems. **Can. J. Plant Sci.** 85 : 31-40.
- Pinochet, J., C. Fernandez, M.C. Jaizme and P.Tenoury. 1997. Micropropagated banana infected with *Meloidogyne javanica* responds to *Glomus intraradices* and phosphorus. **Hort. Science** 32 : 101-103.
- Powell, C.L. and D.J. Bagyaraj. 1986. **VA-Mycorrhiza.** CRC Press, Inc., United States of America. 234 p.
- Sample, E.C., R.J. Soper and G.J. Racz. 1980. Reaction of phosphate fertilizers in soils, pp. 262-310. In F.E. Khasawneh, E.C. Sample and E.J. Kamprath, eds. **The Role of Phosphorus in Agriculture.** ASA, Madison, WI.

- Sharma, A.K., P.C. Srivastava and B.N. Johri. 1999. Effect of vesicular-arbuscular mycorrhization on uptake and translocation of phosphorus in *Sesbania aculeata*. Available http://mycorrhiza.ag.utk.edu/latest00/00_1_sharm1.htm, October 12, 2001.
- Simon, L., J. Bousquet, R.C. Levesque and M. Lalonde. 1993. Origin and diversification of endomycorrhizal fungi and coincidence with vascular land plants. **Nature** 363 : 67-79.
- Siverding, E., J. Friendrichsen and W. Suden. 1991. **Vesicular-arbuscular Mycorrhiza Management in Tropical Agrosystems**. Federal Republic of Germany, Eschborn.
- Smith, S.E. and D.J. Read. 1997. **Mycorrhizal Symbiosis**. Academic Press, London. 605 p.
- Smith, S.E. and V. Gianinazzi-Pearson. 1988. Physiological interactions between symbionts in vesicular-arbuscular mycorrhizal plants. *Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Molecul. Biol.* 39 : 221-244.
- Son, C. L., and S. E. Smith. 1988. Mycorrhizal growth responses : Interaction between photon irradiance and phosphorus nutrition. **New Phytol.** 108 : 305-314.
- Subramanian, K.S., C. Charet, L.M. Dwyer and R.I. Hamilton. 1995. Arbuscular mycorrhizas and water relations in maize under drought stress at tasselling. **New Phytol.** 129 : 643-650.
- Tawaraya, K., Y. Takaya, M. Turjaman, S. J. Tuah, S. H. Limin, Y. Tamai, J. Y. Cha, T. Wagatsuma and M. Osaki. 2003. Arbuscular mycorrhizal colonization of tree species grown in peat swamp forests of Central Kalimantan, Indonesia. **Forest Ecol. and Manage.** 182 : 381-386.

- Tiessen, H. 1995. **Phosphorus in the Global Environment. Transfers, Cycles and Management.** SCOPE 54. John Wiley and Sons, New York.
- Toro, M., R. Azcon and R. Herrera. 1996. Effects on yield and nutrition of mycorrhizal and nodulated *Pueraria phaseoloides* exerted by P-solubilizing rhizobacteria. **Biol. And Fert. of Soils.** 21 : 23-29 p.
- Toro, M., R. Azcon and J.M. Barea. 1997. Improvement of arbuscular mycorrhiza development by inoculation of soil with phosphate-solubilizing rhizobacteria to improve rock phosphate bioavailability (P-32) and nutrient cycling. Available <http://mycorrhiza.ag.utk.edu/latest/ztorol.htm>, October 12, 2001.
- Walkley, A. and C. A. Black. 1934. An examination of Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chroma acid titration method. **Soil Sci.** 37 : 29-35.
- Weaver, R.J. 1976. **Grape Growing.** John Wiley and Sons. Inc., USA: 371 p.
- Yano-Melo, A.M., O.J. Saggin, J.M. Lima, N.F. Melo and L.C. Maia. 1999. Effect of arbuscular mycorrhizal fungi on the acclimatization of micropropagated banana plantlets. Available <http://mycorrhiza.agutk.edu/latest99/10yanoml1.htm>, October 12, 2001.
- Zhu, Y-G., F.A. Smith and S.E. Smith. 2003. Phosphorus efficiencies and responses of barley (*Hordeum vulgare* L.) to arbuscular mycorrhizal fungi grown in highly calcareous soil. **Mycorrhiza.**13 : 93-100.



ภาคผนวก

คำแนะนำในการใส่ปุ๋ยตามสมบัติดินก่อนปลูก

อัตราปุ๋ยไนโตรเจน (N) ที่แนะนำคือ 180 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์

อัตราปุ๋ยฟอสฟอรัส (P_2O_5) ที่แนะนำคือ 100 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์

อัตราปุ๋ยโพแทสเซียม (K_2O) ที่แนะนำคือ 280 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์

หมายเหตุ สำหรับพื้นที่ปลูกองุ่น: 2000 ต้นต่อเฮกตาร์

วิธีการคำนวณการใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน

ขั้นที่ 1

ปุ๋ยไนโตรเจน

(1 เฮกตาร์ เท่ากับ 6.25 ไร่)

จากคำแนะนำให้ใส่ปุ๋ยไนโตรเจน 180 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ ใช้ต้นองุ่นจำนวน 2000 ต้นต่อเฮกตาร์

เมื่อนำมาเทียบเป็น กิโลกรัมต่อไร่ จะได้เป็น

ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนที่อัตรา 180 กิโลกรัมต่อ 6.25 ไร่ มีค่าเท่ากับ 28.8 กิโลกรัมต่อไร่

ในขณะที่ ใช้ต้นองุ่นจำนวน 2000 ต้นต่อ 6.25 ไร่ มีค่าเท่ากับ 320 ต้นต่อไร่

ดังนั้น องุ่น 320 ต้นต่อไร่ ใช้ปุ๋ยไนโตรเจน 28.8 กิโลกรัมต่อไร่

ปุ๋ยไนโตรเจนที่ใช้คือ ปุ๋ยยูเรีย (46-0-0)

โดย 46 กิโลกรัมไนโตรเจน มาจากปุ๋ย 46-0-0 ที่อัตรา 100 กิโลกรัม

28.8 กิโลกรัมไนโตรเจน มาจากปุ๋ย 46-0-0 ที่อัตรา $\frac{100 \times 28.8}{46} = 62.6$ กิโลกรัมต่อไร่

ดังนั้น ต้นองุ่น 320 ต้น ใช้ปุ๋ยยูเรีย 62.6 กิโลกรัมต่อไร่

ถ้าองุ่น 1 ต้น ใช้ปุ๋ยยูเรีย $\frac{62.6}{300} = 0.1956$ กิโลกรัมต่อไร่ หรือ 195.63 กรัมต่อต้น

ปุ๋ยโพแทสเซียม

จากคำแนะนำให้ใส่ปุ๋ยโพแทสเซียม 280 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ ใช้ต้นองุ่นจำนวน 2000 ต้นต่อเฮกตาร์ เมื่อนำมาเทียบเป็น กิโลกรัมต่อไร่ จะได้เป็น
ใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมที่อัตรา 280 กิโลกรัมต่อ 6.25 ไร่ มีค่าเท่ากับ 44.8 กิโลกรัมต่อไร่
ในขณะที่ ใช้ต้นองุ่นจำนวน 2000 ต้นต่อ 6.25 ไร่ มีค่าเท่ากับ 320 ต้นต่อไร่
ดังนั้น ไร่ 320 ต้นต่อไร่ ใช้ปุ๋ยโพแทสเซียม 44.8 กิโลกรัมต่อไร่

ปุ๋ยโพแทสเซียมที่ใช้คือ ปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ (0-0-60)

โดย 60 กิโลกรัมโพแทสเซียม มาจากปุ๋ย 0-0-60 ที่อัตรา 100 กิโลกรัม
44.8 กิโลกรัมโพแทสเซียม มาจากปุ๋ย 0-0-60 ที่อัตรา $\frac{100 \times 44.8}{60} = 74.67$ กิโลกรัมต่อไร่

ดังนั้น ต้นองุ่น 320 ต้น ใช้ปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ 74.67 กิโลกรัมต่อไร่

ถ้าองุ่น 1 ต้น ใช้ปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ $\frac{74.67}{320} = 0.233$ กิโลกรัมต่อไร่ หรือ
233.34 กรัมต่อต้น

ปุ๋ยฟอสฟอรัส

จากคำแนะนำให้ใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัส 100 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ ใช้ต้นองุ่นจำนวน 2000 ต้นต่อเฮกตาร์ เมื่อนำมาเทียบเป็น กิโลกรัมต่อไร่ จะได้เป็น
ใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสที่อัตรา 100 กิโลกรัมต่อ 6.25 ไร่ มีค่าเท่ากับ 16 กิโลกรัมต่อไร่
ในขณะที่ ใช้ต้นองุ่นจำนวน 2000 ต้นต่อ 6.25 ไร่ มีค่าเท่ากับ 320 ต้นต่อไร่
ดังนั้น ไร่ 320 ต้นต่อไร่ ใช้ปุ๋ยฟอสฟอรัส 16 กิโลกรัมต่อไร่

ปุ๋ยฟอสฟอรัสที่ใช้คือ ปุ๋ยทริปเปิลซูเปอร์ฟอสเฟต (0-46-0)

โดย 46 กิโลกรัมฟอสฟอรัส มาจากปุ๋ย 0-46-0 ที่อัตรา 100 กิโลกรัม
16 กิโลกรัมฟอสฟอรัส มาจากปุ๋ย 0-46-0 ที่อัตรา $\frac{100 \times 16}{46} = 34.78$ กิโลกรัมต่อไร่

ดังนั้น ต้นองุ่น 320 ต้น ใช้ปุ๋ยทริปเปิลซูเปอร์ฟอสเฟต 34.78 กิโลกรัมต่อไร่

ถ้าถุ่น 1 ตัน ใช้ปุ๋ยทริปเปิลซูเปอร์ฟอสเฟต $\frac{34.78}{320} = 0.108$ กิโลกรัมต่อไร่ หรือ
108.69 กรัมต่อตัน

ขั้นที่ 2

การใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสคิดเป็น 100%, 75%, 50%, 25% และ 0% เพื่อหาอัตราที่เหมาะสมในการปลูกถุ่น

100% P₂O₅ ปริมาณที่ใส่คือ $\frac{34.78}{320} = 0.108$ กิโลกรัมต่อตัน หรือ
= 108.69 กรัมต่อตัน.....100%

75% P₂O₅ ปริมาณที่ใส่คือ $\frac{34.78 \times 75}{100 \times 320} = 0.0815$ กิโลกรัมต่อตัน หรือ
= 81.52 กรัมต่อตัน.....75%

50% P₂O₅ ปริมาณที่ใส่คือ $\frac{34.78 \times 50}{100 \times 320} = 0.0543$ กิโลกรัมต่อตัน หรือ
= 54.34 กรัมต่อตัน.....50%

25% P₂O₅ ปริมาณที่ใส่คือ $\frac{34.78 \times 25}{100 \times 320} = 0.0271$ กิโลกรัมต่อตัน หรือ
= 27.17 กรัมต่อตัน.....25%

0% P₂O₅ คือไม่ใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัส

ตารางผนวกที่ 1 ชื่อจำกัดต่างๆที่ใช้ในการประเมินระดับสมบัติทางเคมีและการประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดิน (เอิบ, 2542; Land Classification Division and FAO ProjectStaff, 1973; Soil Survey Division Staff, 1993)

	ระดับ (rating)	พิสัย (range)
1. ปฏิกริยาของดิน (soil reaction), pH (ดิน:น้ำ = 1:1)	เป็นกรดรุนแรงมากที่สุด (ultra acid)	< 3.5
	เป็นกรดรุนแรงมาก (extremely acid)	3.5-4.4
	เป็นกรดจัดมาก (very strongly acid)	4.5.-5.0
	เป็นกรดจัด (strongly acid)	5.1-5.5
	เป็นกรดปานกลาง (moderately acid)	5.6-6.0
	เป็นกรดเล็กน้อย (slightly acid)	6.1-6.5
	เป็นกลาง (neutral)	6.6-7.3
	เป็นด่างเล็กน้อย (slightly alkaline)	7.3-7.8
	เป็นด่างปานกลาง (moderately alkaline)	7.9-8.4
	เป็นด่างจัด (strongly alkaline)	8.5-9.0
	เป็นด่างจัดมาก (very strongly alkaline)	>9.0
2. ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (available P) (Bray II)	ต่ำมาก (VL)	< 3
	ต่ำ (L)	3-6
	ค่อนข้างต่ำ (ML)	6-10
	ปานกลาง (M)	10-15
	ค่อนข้างสูง (MH)	15-25
	สูง (H)	25-45
	สูงมาก (VH)	>45
3. ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ (available K) (NH ₄ OAc)	ต่ำมาก (VL)	< 30
	ต่ำ (L)	30-60
	ปานกลาง (M)	60-90
	สูง (H)	90-120
	สูงมาก (VH)	>120

ตารางผนวกที่ 2 ความสัมพันธ์ของค่าการนำไฟฟ้ากับปริมาณเกลือในดินและการเจริญเติบโตของพืช

ค่า EC (mmho/cm)	เกลือในดิน (%)	ระดับความเค็ม ของดิน	อิทธิพลต่อพืช
<2	< 0.1	ไม่เค็ม	ไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตพืช
2-4	0.1-0.15	เค็มเล็กน้อย	มีผลต่อพืชไม่ทนเค็ม
4-8	0.15-0.35	เค็มปานกลาง	มีผลต่อพืชหลายชนิด
8-16	0.35-0.70	เค็มมาก	พืชทนเค็มเท่านั้นเจริญเติบโตได้
>16	> 0.70	เค็มมากที่สุด	พืชทนเค็มน้อยชนิดที่เจริญเติบโตได้

อ้างอิง : <http://www3.rid.go.th/>

ประวัติการศึกษาและการทำงาน

ชื่อ-นามสกุล	นางสาวสายฝน เทียมทะนงค์
วัน เดือน ปี ที่เกิด	06 ธันวาคม พ.ศ. 2532
สถานที่เกิด	จังหวัดลำปาง
ประวัติการศึกษา	วิทยาศาสตรบัณฑิต (เกษตรศาสตร์) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน	-
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	-
ผลงานดีเด่นและรางวัลทางวิชาการ	-
ทุนการศึกษาที่ได้รับ	ทุนวิจัยระดับบัณฑิตศึกษา เพื่อการตีพิมพ์ผลงานในวารสารวิชาการระดับนานาชาติ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ประจำปีงบประมาณ 2555