ชนิดและปริมาณผงเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา ต่อการเจริญเติบโตของต้นกล้ากาแฟโรบัสตา

Types and rates of arbuscular mycorrhizal fungi inoculation on robusta coffee seedling growth

สุพิชญา เหลืองธนาวัฒน์ [1], ธงชัย มาลา [1] และ ศุภชัย อำคา [1*]

Supichaya Lueangthanawat [1], Thongchai Mala [1] and Suphachai Amkha [1*]

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์งานวิจัยนี้เพื่อหาชนิดและปริมาณที่เหมาะสมของผงเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาที่มีต่อการเจริญเติบโตในระยะแรกของต้นกล้ากาแฟโรบัสตา แบ่งออกเป็น 2 การทดลอง คือ การทดลองที่ 1 ศึกษาผลของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาบางชนิดที่มีต่อการเจริญเติบโตของกล้ากาแฟโรบัสตา วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ จำนวน 3 ซ้ำ โดยเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา 8 ชนิด และการไม่ใส่เชื้อ ผลการทดลองพบว่าเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาที่มีประสิทธิภาพสูงในการครอบครองรากกาแฟและส่งเสริมการเจริญเติบโตของต้นกล้ากาแฟ มี 5 ชนิด คือ *Acaulospora morrawiae* LU6, *Gl. callosum* CH2, *Gl. callosum* KK5, *Gl. intradices* LU3 และ *Glomus* sp. 2TS5 การทดลองที่ 2 ศึกษาผลของเชื้อราที่ได้จากการทดลองที่ 1 และปริมาณการใส่เชื้อราที่มีต่อการเจริญเติบโตของกล้ากาแฟ วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ และจัดสิ่งทดลองแบบแฟคทอเรียล ประกอบด้วย 2 ปัจจัย คือ ชนิดเชื้อ AMF 5 สายพันธุ์ และการใส่ปริมาณของผงเชื้อ 5 ระดับ ได้แก่ 0, 5, 10, 20 และ 40 กรัมต่อกระถาง ผลการทดลองพบว่า การใส่เชื้อ *Acaulospora morrawiae* LU6 ในปริมาณ 10-40 กรัมต่อกระถาง และการใส่เชื้อ *Glomus* sp. 2TS5 ในปริมาณ 5-20 กรัมต่อกระถาง ทำให้ความหนาแน่นในการครอบครองรากกล้ากาแฟโรบัสตาสูงที่สุด ส่วนการใส่เชื้อ *Gl. callosum* KK5 ในปริมาณ 10 กรัมต่อกระถาง ทำให้ความสูงและเส้นผ่านศูนย์กลางต้นของกล้ากาแฟสูงที่สุด ดังนั้น การใส่เชื้อรา *Gl. callosum* KK5 ในอัตรา 10 กรัมต่อกระถาง จึงเป็นทางเลือกที่ดีที่สุดในการผลิตกล้ากาแฟ

Abstract

The experiments were conducted in order to obtain the effects of various types and rates of arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) inoculation on robusta coffee

คำสำคัญ: การครอบครองราก, *Acaulospora morrawiae*, *Glomus* sp., *Gl. callosum*, *Gl. callosum*, *Gl.intradices*

[1] ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ นครปฐม 73140

[1] Soil Science Department, Faculty of Agriculture at Kamphaeng Saen, Kasetsart University Kamphaeng Saen Campus, Nakhon Pathom 73140

[*] Corresponding author: agrscak@ku.ac.th

seedling growth. In the first experiment, the effect of various kinds of AMF inoculation on the coffee seedling g rowth was determined. The experiment was carried out with 8 types of AMF and non-AMF inoculation in completely randomized design (CRD) with 3 replications. The results shown that 5 varieties of AMF, i.e. *Acaulospora morrawiae* LU6, *Gl. callosum* CH2, *Gl. callosum* KK5, *Gl. intradices* LU3 and *Glomus* sp. 2TS5 were able to colonized coffee roots and enhanced seedling growth compared to others AMF. In the second experiment the effect of 5 types of from the first experiment together with 5 quantities of AMF inoculants on root colonization and coffee seedling growth were compared. The experiment was arranged in 5x5 factorial treatments with CRD. The results indicated that *Acaulospora morrawiae* LU6 with AMF power inoculation at a rate 10-40 g/pot and Glomus sp. 2TS5 at a rate 5-20 g/pot enhanced root colonization with highest. However, *Gl. callosum* KK5 inoculation at therate 10 g/pot resulted in the best seedling growth. Thus, *Gl. callosum* KK5 inoculation at the rate of 10 g/pot was recommended for coffee seedling production.

Keywords: Root colonization, *Acaulospora morrawiae*, *Glomus* sp., *Gl. callosum*, *Gl. callosum*, *Gl. intradices*

คำนำ

เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา (Arbuscular Mycorrhizal Fungi, AMF) จัดเป็นจุลินทรีย์ดินที่อาศัยอยู่ร่วมกับรากพืช มีความสัมพันธ์แบบต่างฝ่ายต่างได้รับประโยชน์ โดยเชื้อราจะได้รับอาหารพวกคาร์โบไฮเดรตและฮอร์โมนบางชนิดจากพืช ในขณะที่เชื้อ AMF มีบทบาทที่สำคัญต่อการเจริญเติบโตของพืช ช่วยเพิ่มการดูดน้ำและธาตุอาหารพืช ได้แก่ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แมกนีเซียม เหล็ก แมงกานีส สังกะสี และทองแดง (Clark and Zeto, 2000, Smith and Read, 2008) อีกทั้งยังช่วยเพิ่มปริมาณผลผลิต คุณภาพผลผลิต ความต้านทานต่อการเกิดโรคพืช ความทนทานต่อความแห้งแล้ง ฟื้นฟูดินที่เสื่อมโทรม และรักษาเสถียรภาพของระบบนิเวศ (Gianinazzi *et al*., 2010, Vosátka and Albrechtová, 2009) กาแฟเป็นพืชที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจของประเทศไทย พื้นที่ปลูกกาแฟส่วนใหญ่อยู่ทางภาคใต้ซึ่งเป็นแหล่งปลูกกาแฟพันธุ์โรบัสตาร้อยละ 79 ของผลผลิตทั้งหมด ส่วนพื้นที่ปลูกที่เหลืออยู่ทางภาคเหนือ ซึ่งปลูกพันธุ์อาราบิกา โดยในปี 2559 มีพื้นที่ปลูก 187,077 ไร่ ลดลงจากปี พ.ศ. 2558 ซึ่งมีพื้นที่ปลูก 189,068 ไร่ มีผลผลิตในปี พ.ศ. 2559 ประมาณ 17,829 ตัน แหล่งปลูกกาแฟโรบัสตาส่วนใหญ่อยู่ในจังหวัดชุมพร 128,054 ไร่ ระนอง 55,082 ไร่ สุราษฎร์ธานี 2,461 ไร่ และกระบี่ 2,039 ไร่ (สำนักวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร, 2559) สาเหตุที่ทำให้พื้นที่ปลูกกาแฟมีแนวโน้มลดลง เนื่องมาจากการสร้างดอกและติดผลของกาแฟที่มีปริมาณน้อยลง เพราะพื้นที่ที่มีการปลูกกาแฟเป็นพืชเชิงเดี่ยว มีการใช้เครื่องจักรทาง

การเกษตร ทำให้ดินเกิดการอัดแน่น ส่งผลให้โครงสร้างของดินถูกทำลาย ลดปริมาณศักย์น้ำในดิน การชะล้างพังทลายของดินเพิ่มสูงขึ้น ส่งผลให้ลดการเจริญเติบโตของราก ทำให้ต้นกาแฟมีการเจริญเติบโตและผลผลิตลดลง (Miransari *et al*., 2007) ขณะที่การใส่เชื้อ AMF ให้กับต้นกล้ากาแฟจะช่วยเพิ่มผลผลิตของเมล็ดกาแฟที่ปลูกในดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ (Siqueira *et al*., 1998) เช่นเดียวกับงานวิจัยของ Sanchez *et al*., 2005 ซึ่งพบว่าการใส่เชื้อ AMF มีผลทำให้ความเข้มข้นของฟอสฟอรัสและการเจริญเติบโตของต้นกาแฟ สูงกว่าการไม่ใส่เชื้อ AMF แสดงให้เห็นได้ว่าการใส่เชื้อ AMF สามารถช่วยให้กาแฟมีการเจริญเติบโตดีและมีปริมาณความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในต้นสูง ส่งเสริมให้ต้นกาแฟออกดอกและมีผลผลิตเพิ่มขึ้น (Andrade *et al*., 2009) อย่างไรก็ตาม ปัจจุบันการศึกษาชนิดของเชื้อรา AMF ต่อการเจริญเติบโตของต้นกาแฟโรบัสตาในประเทศไทยยังมีไม่มากนัก จึงเป็นแนวคิดในการศึกษาเพื่อหาชนิดและปริมาณที่เหมาะสมของผงเชื้อ AMF ที่มีต่อการเจริญเติบโตในระยะแรกของต้นกล้ากาแฟโรบัสตา

อุปกรณ์และวิธีการ

การทดลองนี้แบ่งออกเป็น 2 การทดลอง ได้แก่ 1) ศึกษาผลของเชื้อ AMF บางชนิดที่มีต่อการเจริญเติบโตในระยะแรกของกล้ากาแฟโรบัสตา และ 2) ศึกษาชนิดและปริมาณผงเชื้อ AMF ที่มีต่อการเจริญเติบโตของกล้ากาแฟโรบัสตา

<u>การทดลองที่ 1</u> ผลของเชื้อ AMF บางชนิดที่มีต่อการเจริญเติบโตในระยะแรกของกล้ากาแฟโรบัสตา

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design; CRD) จำนวน 3 ซ้ำ ใส่เชื้อ AMF 8 ชนิด และการไม่ใส่เชื้อเป็นตำรับควบคุม รวมเป็น 9 ตำรับการทดลอง ล้างทำความสะอาดภาชนะปลูก และเช็ดด้วยเอทานอล 75 เปอร์เซ็นต์ หลังจากนั้นบรรจุวัสดุปลูก (หน้าดินของชุดดินปากช่อง ผสมปุ๋ยหมักในอัตราส่วน 5:1 โดยปริมาตร หลังจากนั้นผสมยูเรีย หินฟอสเฟต และโพแทสเซียมคลอไรด์ ให้มีปริมาณ N, P_2O_5 และ K_2O จำนวน 200, 300 และ 200 มก./กก.) ลงภาชนะปลูก 60 กรัม ปรับผิวหน้าดินให้เรียบ แล้วโรยผงเชื้อ 40 กรัม (ผงเชื้อ:วัสดุปลูก 1:1 โดยปริมาตร) ลงบนหน้าดินที่เตรียมไว้ ปรับให้เรียบ แล้วย้ายกล้ากาแฟระยะปีกผีเสื้อ (30 วันหลังเพาะเมล็ด) โดยตำรับที่ไม่ใส่ผงเชื้อให้ใส่วัสดุปลูกแทน จากนั้นกลบด้วยวัสดุปลูก 20 กรัม ปรับผิวหน้าดินให้เรียบและรดน้ำให้ชุ่ม

<u>การทดลองที่ 2</u> ชนิดและปริมาณผงเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา ที่มีต่อการเจริญเติบโตของกล้ากาแฟโรบัสตา วางแผนการทดลองแบบ 5x5 factorial in CRD ประกอบด้วยเชื้อ AMF จำนวน 5 สายพันธุ์จากการทดลองที่ 1 และปริมาณของผงเชื้อ 5 ระดับได้แก่ 0, 5, 10, 20 และ 40 กรัม จำนวน 4 ซ้ำ โดยผสมผงเชื้อกับวัสดุปลูก 40, 35, 30, 20 และ 0 กรัม ตามลำดับ (ผงเชื้อ:วัสดุปลูก คือ 0:40, 5:35, 10:30, 20:20 และ 40:0) โดยการเตรียมผงเชื้อทั้ง 5 สายพันธุ์จากการทดลองที่ 1 นั้น นำไปผลิตผงเชื้อโดยวิธี pot inoculum production โดยใช้หน้าดินของชุดดินปากช่องผสมกับปุ๋ยหมักฟางข้าว อัตราส่วน 10:1 โดยปริมาตร เป็นวัสดุปลูก และใช้ข้าวฟ่างเป็นพืชอาศัย ส่วนการเตรียมดินและใส่ผงเชื้อ ทำเหมือนกับการทดลองที่ 1

การเก็บข้อมูลและบันทึกผล

1) การครอบครองราก (root colonization; %) ที่ 2 และ 4 สัปดาห์หลังการใส่เชื้อ โดยวิธี gridline intersect method ที่ระบุใน Brundrett *et al*., 1994 โดยใช้ forcep แบ่งรากมาส่วนหนึ่ง วางรากใน plate ที่มีเส้น gridline กระจายให้ทั่ว plate โดยใช้น้ำกลั่นช่วยและใช้ dropper ดูดน้ำใน plate ออกให้แห้ง แล้วนำไปส่องดูภายใต้กล้อง dissecting microscope กำลังขยาย 40 เท่า นำข้อมูลที่ได้ไปคำนวณหาร้อยละการเข้าครอบครองราก โดยสมการดังนี้

$$\text{Root colonization (\%)} = \frac{\text{จำนวนของรากที่เกิดการเข้าสู่ราก}}{\text{จำนวนรากพืชทั้งหมดที่ตรวจสอบ}} \times 100$$

2) ความสูง และขนาดลำต้น (เซนติเมตร) โดยข้อมูลความสูง นำมาคำนวณหาความสูงที่เพิ่มขึ้น คือความสูงครั้งสุดท้าย-ความสูงที่เริ่มต้นที่ระยะ 2 และ 4 สัปดาห์หลังการใส่เชื้อ

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยการวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance; ANOVA) เพื่อหาค่า P-value หากข้อมูลแสดงความแตกต่างที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์ และนำมาเปรียบเทียบความแตกต่างของข้อมูล ตามวิธีการของ Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

ผลและวิจารณ์

<u>การทดลองที่ 1</u> ผลของเชื้อ AMF บางชนิดที่มีต่อการเจริญเติบโตในระยะแรกของกล้ากาแฟโรบัสตา

จากการศึกษาผลของเชื้อ AMF จำนวน 8 ชนิด ที่มีต่อการเจริญเติบโตในระยะแรกของกล้ากาแฟ พบว่าความหนาแน่นในการครอบครองรากกาแฟของแต่ละตำรับการทดลอง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติในตำรับที่มีการใส่เชื้อรา ส่วนใหญ่จะมีความหนาแน่นในการครอบครองรากกาแฟสูง และให้ความหนาแน่นในการครอบครองได้ดีกว่าตำรับที่ไม่ใส่เชื้อ ซึ่งเชื้อ AMF จำนวน 5 ชนิด คือ *Glomus intradices* LU3, *Glomus* sp. 2TS5, *Glomus callosum* CH2, *Glomus callosum* KK5 และ *Glomus delhienes* LU3 ส่งเสริมให้การครอบครองรากกล้ากาแฟสูง (Table 1) ขณะที่ความสูงของกล้ากาแฟที่เพิ่มขึ้นหลังการใส่เชื้อ 2 และ 4 สัปดาห์ พบว่า แต่ละตำรับการทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (Table 2) โดยตำรับที่มีการใส่เชื้อรา ส่วนใหญ่ส่งเสริมให้ความสูงของกล้ากาแฟเพิ่มขึ้นกว่าการไม่ใส่เชื้อ โดยเชื้อ AMF จำนวน 5 ชนิด คือ *Acaulospora morrawiae* LU6, *Gl. callosum* CH2, *Gl. callosum* KK5, *Gl. intradices* LU3 และ *Glomus* sp. 2TS5 ส่งเสริมให้กล้ากาแฟมีความสูงที่เพิ่มขึ้นมากที่สุด ส่วนขนาดลำต้นของกล้ากาแฟ หลังการใส่เชื้อที่ระยะ 4 สัปดาห์ แต่ละตำรับการทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (Table 2) ในตำรับที่มีการใส่เชื้อรา มีผลให้ขนาดลำต้นของกล้ากาแฟสูงขึ้น และให้ผลดีกว่าการไม่ใส่เชื้อ โดยขนาดของลำต้นกาแฟที่มีการใส่เชื้อรา ให้ขนาดลำต้นอยู่ในช่วง 0.16-0.17 ซม. และการไม่ใส่เชื้อ

Table 1 Root colonization (%) of robusta coffee seedling at 2 and weeks after AMF inoculation

Treatments	Root colonization (%)	
	2 weeks	4 weeks
control	0.00e	0.00f
Acaulospora morrawiae LU6	31.25a	49.77d-e
Glomus aggregatum TS7	13.73d	47.59e
Glomus callosum CH2	16.67c	71.43b
Glomus callosum KK5	17.00b	71.09b
Glomus delhienes LU3	17.00b	65.37c
Glomus intradices LU3	18.18b	77.50a
Glomus sp. TS1	28.90a	50.00d
Glomus sp. 2TS5	17.67b-c	75.39a-b
P value	0.00 (**)	0.00 (**)
CV.(%)	15.13	19.76

Values followed by the same letter in a column are not significant at 1% level by the Duncan Multiple Range Test

Table 2 Plant height increased and stem diameter of robusta coffee seedling at 2 and 4 weeks after AMF inoculation

Treatments	Plant height increased (cm)		Stem diameter (cm)	
	2 weeks	4 weeks	2 weeks	4 weeks
control	3.50	3.19c	0.13c	0.15c
Acaulospora morrawiae LU6	5.29	5.64a	0.16a	0.17a
Glomus aggregatum TS7	4.70	4.76b	0.15a-b	0.16b
Glomus callosum CH2	5.75	5.38a-b	0.14b	0.16b
Glomus callosum KK5	5.10	4.87a-b	0.16a	0.16b
Glomus delhienes LU3	4.19	4.88a-b	0.15a-b	0.17a
Glomus intradices LU3	5.25	4.96a-b	0.16a	0.16b
Glomus sp. TS1	4.87a-b	4.87a-b	0.15a-b	0.16b
Glomus sp. 2TS5	5.43a-b	5.43a-b	0.16a	0.16b
P value	0.03 (ns)	0.00 (**)	0.00 (**)	0.00 (**)
CV.(%)	19.00	10.53	13.00	9.09

Values followed by the same letter in a column are not significant at 1% level by the Duncan Multiple Range Test

ให้ขนาดลำต้น 0.15 ซม. จากการศึกษานี้พบว่าเชื้อ AMF สามารถเข้าครอบครองรากกาแฟได้ค่อนข้างรวดเร็วในเวลาเพียง 2 สัปดาห์ และภายในสัปดาห์ที่ 4 ก็พบว่าการครอบครองรากอยู่ในระดับที่หนาแน่นมากและส่งผลต่อการเจริญเติบโตของกล้ากาแฟ ดังนั้นจากผลการทดลองที่ 1 จึงทำการคัดเลือกเชื้อ AMF ท้องถิ่นที่มีประสิทธิภาพในการครอบครองรากกาแฟ และส่งเสริมการเจริญเติบโตของกล้ากาแฟ จำนวน 5 ชนิด คือ *Acaulospora morrawiae* LU6, *Gl. callosum* CH2, *Gl. callosum* KK5, *Gl. intradices* LU3 และ *Glomus* sp. 2TS5 นี้เพื่อทำการศึกษาต่อในการทดลองที่ 2

<u>การทดลองที่ 2</u> ชนิดและปริมาณผงเชื้อ AMF ที่มีต่อการเจริญเติบโตของกล้ากาแฟโรบัสตา ที่ระยะ 2 และ 4 สัปดาห์

ก. ชนิดและปริมาณผงเชื้อ AMF ที่มีต่อการครอบครองรากของกล้ากาแฟโรบัสตา

การใส่เชื้อ AMF ชนิดต่างๆ และปริมาณผงเชื้อ AMF ในระดับที่ต่างกัน ส่งเสริมให้ความหนาแน่นในการครอบครองรากของกล้ากาแฟโรบัสตามีความแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (Table 3) โดยการใส่เชื้อ *Glomus* sp. 2TS5 ให้ปริมาณความหนาแน่นในการครอบครองรากกล้ากาแฟสูงที่สุด รองลงมาคือการใส่เชื้อ *Gl. intraradices* LU3 และการใส่เชื้อ *Gl. callosum* KK5 ให้การครอบครองรากต่ำที่สุด ที่ระยะ 2 สัปดาห์หลังการใส่เชื้อ ในทางกลับกันที่ระยะ 4 สัปดาห์หลังการใส่เชื้อ พบว่าการใส่เชื้อ *Acaulospora morrawiae* LU6 ให้ปริมาณความหนาแน่นในการครอบครองรากกล้ากาแฟสูงที่สุด รองลงมาคือการใส่เชื้อ *Glomus* sp. 2TS5 ส่วนการใส่เชื้อ *Gl. intraradices* LU3 ให้การครอบครองรากต่ำที่สุด (Table 3) แสดงว่าปริมาณความหนาแน่นในการครอบครองรากกล้ากาแฟของเชื้อ AMF แต่ละชนิดมีความจำเพาะเจาะจงกับรากของกล้ากาแฟ ซึ่งจากการทดลองพบว่า เชื้อ *Glomus* sp. 2TS5 และ *Acaulospora morrawiae* LU6 มีแนวโน้มให้ปริมาณความหนาแน่นในการครอบครองรากของกล้ากาแฟโรบัสตาค่อนข้างสูง ขณะที่ปริมาณผงเชื้อ AMF ที่ใส่ในระดับที่ต่างกัน พบว่าปริมาณเชื้อที่เพิ่มขึ้น ส่งเสริมให้ความหนาแน่นในการครอบครองรากของกล้ากาแฟโรบัสตาเพิ่มสูงขึ้นทั้งที่ 2 และ 4 สัปดาห์ แต่เมื่อใส่ผงเชื้อ AMF ที่ปริมาณ 40 กรัมนั้น พบว่าปริมาณความหนาแน่นในการครอบครองรากกาแฟลดลง (Table 3) ทั้งนี้อาจเป็นเพราะปริมาณของรากกล้ากาแฟมีน้อย ทำให้สารอาหารที่ปลดปล่อยจากกล้ากาแฟผ่านมาทางระบบรากให้กับเชื้อ AMF นั้นมีปริมาณไม่เพียงพอกับการเจริญเติบโตของเชื้อ AMF ที่ใส่ลงไปในวัสดุปลูก จึงส่งผลให้ความหนาแน่นของเส้นใยในการครอบครองรากมีปริมาณน้อยตามไปด้วย เนื่องจากเชื้อ AMF และรากพืชอยู่ร่วมกันแบบพึ่งพาอาศัยกัน เอื้ออำนวยประโยชน์ซึ่งกันและกัน (symbiosis) เซลล์ของรากพืชและราสามารถถ่ายทอดอาหารให้กันและกันได้ ต้นพืชได้รับน้ำและแร่ธาตุที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิตจากรา ส่วนราได้รับสารอาหารจากต้นพืชผ่านมาทางระบบราก เช่น พวกแป้ง น้ำตาล โปรตีน และวิตามินต่างๆ (Bolan, 1991)

เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์กันระหว่างการใส่เชื้อ AMF ชนิดต่างๆ กับปริมาณผงเชื้อ AMF ในระดับที่ต่างกัน พบว่าการใส่เชื้อ AMF

ชนิดต่างๆ กับปริมาณผงเชื้อในระดับที่ต่างกัน มีความสัมพันธ์กัน และแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติต่อการครอบครองรากกล้ากาแฟ (Table 3) โดยการใส่เชื้อ *Gl. intradices* LU3 ในปริมาณ 20 กรัมต่อกระถาง ส่งเสริมให้มีปริมาณความหนาแน่นในการครอบครองรากกล้ากาแฟสูงที่สุด ที่ระยะ 2 สัปดาห์ (Figure 1) ขณะที่การใส่เชื้อ *Acaulospora morrawiae* LU6 ในปริมาณผงเชื้อ AMF ที่อัตรา 10-40 กรัมต่อกระถาง และการใส่เชื้อ *Glomus* sp. 2TS5 ในปริมาณผงเชื้อ AMF ที่อัตรา 5-20 กรัมต่อกระถาง ส่งเสริมให้มีปริมาณความหนาแน่นในการครอบครองรากกล้ากาแฟโรบัสตาสูง (Figure 2) อย่างไรก็ตาม มีข้อสังเกตพบว่าการใส่เชื้อ *Acaulospora morrawiae* LU6 ในปริมาณสูงส่งผลให้ปริมาณความหนาแน่นในการครอบครองรากกล้าสูงกว่าการใส่เชื้อ *Glomus* sp. 2TS5 ในปริมาณการใส่ผงเชื้อที่ระดับเดียวกัน ทั้งนี้อาจเป็นเพราะเชื้อ *Acaulospora* sp. สามารถเจริญและทนต่อสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมได้ดีกว่าเชื้อ *Glomus* sp. เช่น ปริมาณสารอาหารจากรากพืชที่ปลดปล่อยออกมา ไม่เพียงพอต่อการเจริญของเส้นใย เป็นต้น หรืออาจเป็นเพราะเชื้อ *Acaulospora* sp. มีโครงสร้างพิเศษที่สร้างขึ้นเพื่อใช้ในการพักตัว เมื่อมีสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม (resting spore) และเมื่อมี

Table 3 Root colonization (%) of robusta coffee seedling at 2 and 4 weeks as affected by types and rates of AMF inoculation

Factor	Root colonization (%)	
	2 weeks	4 weeks
Mycorrhizal fungi (M)		
Acaulospora morrawiae LU6 (M1)	7.92^{C}	68.39^{A}
Glomus callosum CH2 (M2)	7.64^{D}	44.63^{C}
Glomus callosum KK5 (M3)	5.77^{E}	32.90^{D}
Glomus intradices LU3 (M4)	13.28^{B}	30.36^{E}
Glomus sp. 2TS5 (M5)	14.12^{A}	50.77^{B}
P value (M)	0.00 (**)	0.00 (**)
Rate of inoculation (Q)		
0g (Q1)	0.21^{e}	0.57^{e}
5g (Q2)	9.15^{d}	49.73^{c}
10g (Q3)	12.89^{b}	55.48^{b}
20g (Q4)	14.88^{a}	65.49^{a}
40g (Q5)	11.65^{c}	46.06^{d}
P value (Q)	0.00 (**)	0.00 (**)
MxQ	0.00 (**)	0.00 (**)
CV. (%)	17.43	15.46

Values followed by the same letter in a column are not significant at 1% level by the Duncan Multiple Range Test

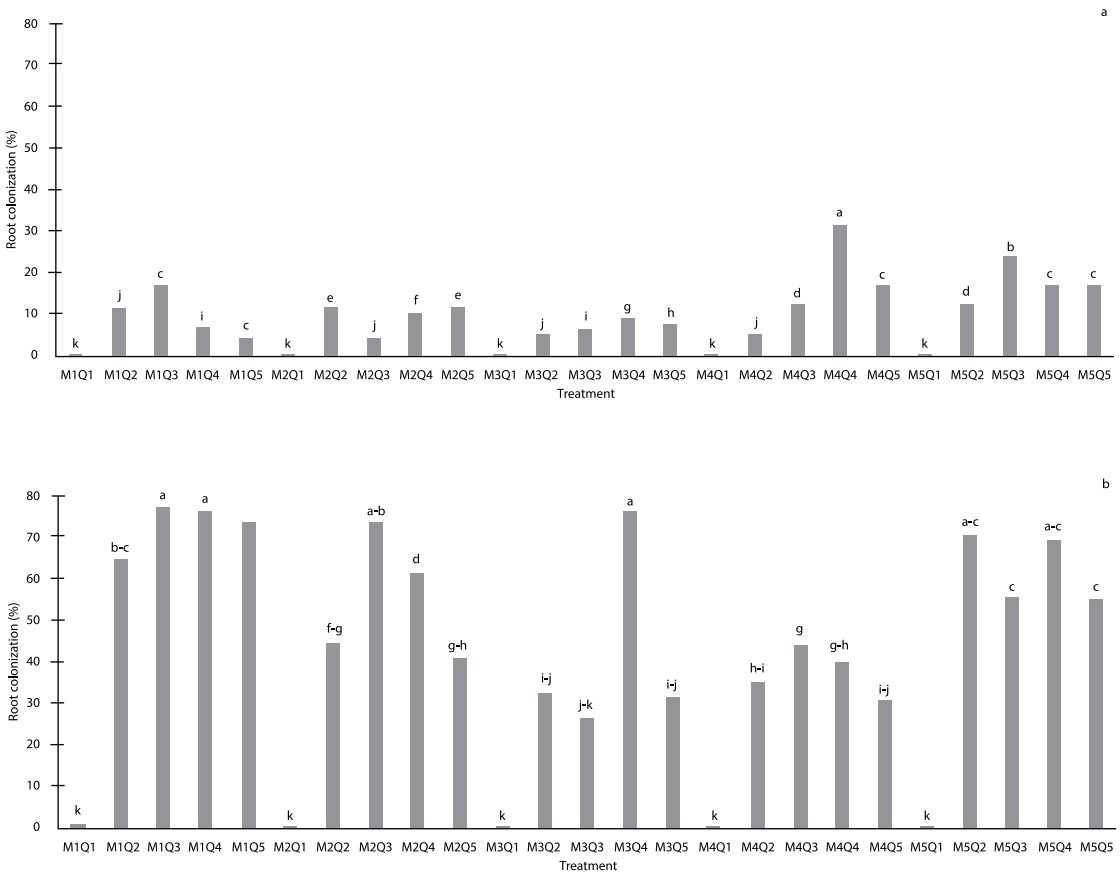

Figure 1 Interaction between of types and rates of AMF inoculation on root colonization (%) of robusta coffee seedling at 2 weeks and 4 weeks

สภาพแวดล้อมที่เหมาะสมก็จะเกิดการงอกและเจริญเข้าสู่รากพืชได้ จึงทำให้ปริมาณความหนาแน่นในการครอบครองรากกล้ากาแฟโรบัสตา สูงกว่าการใส่เชื้อ *Glomus* sp.

ข. ชนิดและปริมาณผงเชื้อ AMF ที่มีต่อความสูงที่เพิ่มขึ้นของกล้ากาแฟโรบัสตา

การใส่เชื้อ AMF ชนิดต่างๆ และปริมาณผงเชื้อราในระดับที่ต่างกันส่งเสริมให้ความสูงที่เพิ่มขึ้นของกล้ากาแฟโรบัสตามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ระยะ 4 สัปดาห์ (Table 4) โดยการใส่เชื้อ *Gl. callosum* KK5 และ *Glomus* sp. 2TS5 ส่งเสริมให้กล้ากาแฟโรบัสตามีความสูงที่เพิ่มขึ้นสูงที่สุด รองลงมาคือการใส่เชื้อ *Gl. intradices* LU3, *Acaulospora morrawiae* LU6 และ *Gl. callosum* CH2 ตามลำดับ จากผลการทดลองชี้ให้เห็นว่า การใส่เชื้อ *Gl. callosum* KK5 และ *Glomus* sp. 2TS5 ส่งเสริมให้กล้ากาแฟโรบัสตามีความสูงที่เพิ่มขึ้นสูงกว่าการใส่เชื้อชนิดอื่นๆ อาจเป็นเพราะเส้นใยของเชื้อ *Gl. callosu*m KK5 และ *Glomus* sp. 2TS5 สามารถเจริญอยู่รอบๆ รากพืช และ

Table 4 Plant height increased (cm) of robusta coffee seedling at 2 and 4 weeks as affected by types of and rates of AMF inoculation

Factor	Plant height increased (cm)	
	2 weeks	4 weeks
Mycorrhizal fungi (M)		
Acaulospora morrawiae LU6 (M1)	4.53	5.34^{B}
Glomus callosum CH2 (M2)	3.97	4.69^{B}
Glomus callosum KK5 (M3)	3.70	7.03^{A}
Glomus intradices LU3 (M4)	3.98	5.53^{B}
Glomus sp. 2TS5 (M5)	4.33	6.60^{A}
P value (M)	0.50 (ns)	0.00 (**)
Rate of inoculation (Q)		
0g (Q1)	4.50	4.79^{c}
5g (Q2)	3.77	5.69^{b-c}
10g (Q3)	3.73	5.95^{a-b}
20g (Q4)	4.21	6.04^{a-b}
40g (Q5)	4.30	6.73^{a}
P value (Q)	0.48 (ns)	0.00 (**)
MxQ	0.76 (ns)	0.00 (**)
CV. (%)	22.34	12.24

Values followed by the same letter in a column are not significant at 1% level by the Duncan Multiple Range Test

บางส่วนของเส้นใยเจริญเข้าไปในเซลล์ของรากพืช ซึ่งเส้นใยเจริญอยู่รอบๆ รากพืชอย่างหลวมๆ และยื่นออกนอกรากพืช ยังสามารถเจริญต่อกันเป็นร่างแห แผ่แทรกอยู่ในส่วนต่างๆ ของดิน จึงช่วยในการดูดซับน้ำและธาตุอาหารได้เพิ่มมากขึ้น เนื่องมาจากเชื้อ AMF มีปริมาณเส้นใยรามากกว่าปริมาณของรากพืช (Sylvia and Chellemi, 2001) ขณะที่ปริมาณการใส่ผงเชื้อ AMF นั้น พบว่าปริมาณการใส่ผงเชื้อราส่งเสริมให้ความสูงที่เพิ่มขึ้นของกาแฟมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระยะ 4 สัปดาห์ (Table 4) กล่าวคือความสูงของกล้ากาแฟโรบัสตามีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นตามปริมาณการใส่ผงเชื้อราที่เพิ่มขึ้น โดยปริมาณการใส่ผงเชื้อ AMF ที่อัตรา 10-40 กรัมต่อกระถาง มีแนวโน้มส่งเสริมให้ความสูงที่เพิ่มขึ้นของกล้ากาแฟเพิ่มขึ้น แต่ไม่พบว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ ดังนั้นปริมาณผงเชื้อ AMF ที่เหมาะสมควรเท่ากับ 10 กรัมต่อกระถาง เพื่อประหยัดค่าใช้จ่าย โดยผลลัพธ์ที่ได้ยังเท่ากับการใส่ผงเชื้อ AMF ในอัตราที่สูงขึ้น

เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์กันระหว่างการใส่เชื้อ AMF ชนิดต่างๆ กับปริมาณผงเชื้อรา

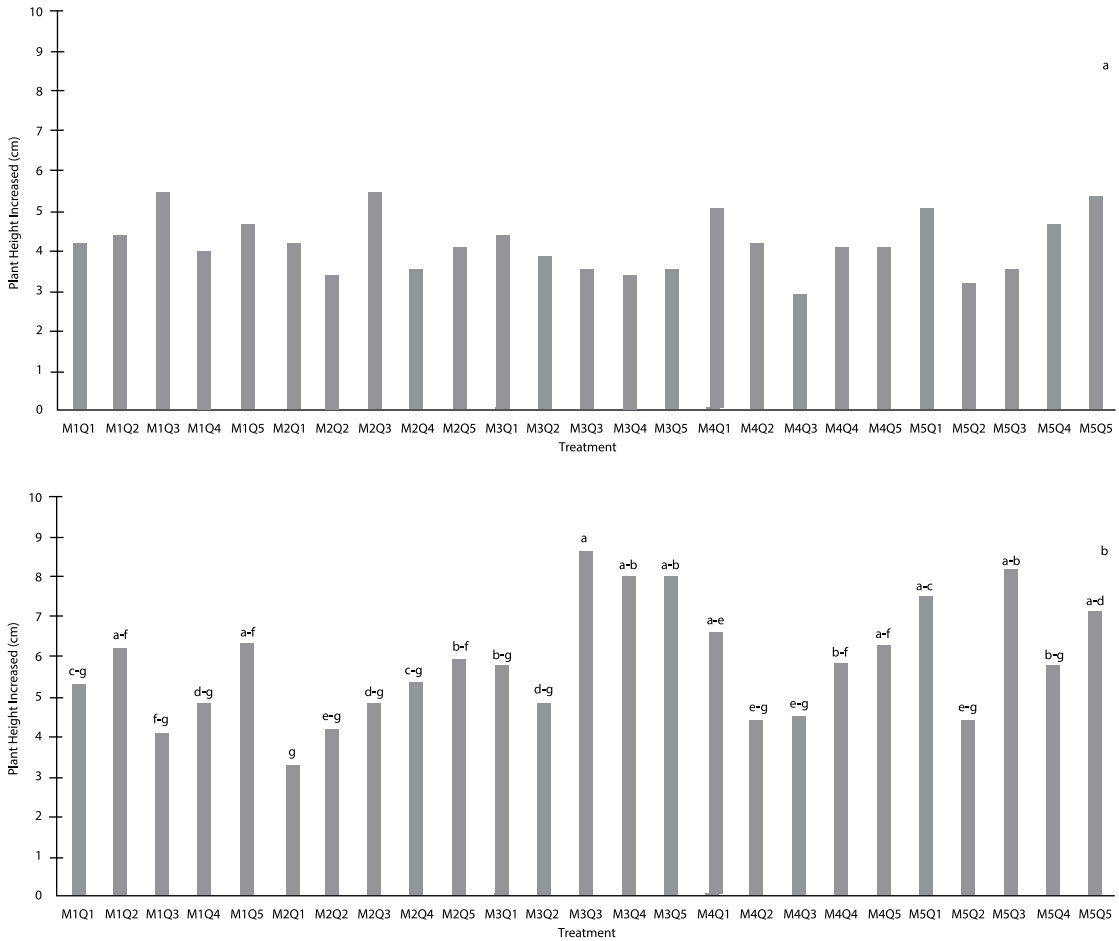

Figure 2 Interaction between of types and rate of AMF inoculation on plant height increases (cm) of robusta coffee seedling at 2 weeks (a) and 4 weeks (b)

ในระดับที่ต่างกันต่อความสูงของกล้ากาแฟที่ระยะ 4 สัปดาห์ พบว่ามีความสัมพันธ์กันและแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (Table 4) โดยการใส่เชื้อ *Gl. callosum* KK5 ในปริมาณผงเชื้อรา 10-40 กรัมต่อกระถาง ส่งเสริมให้มีกล้ากาแฟมีความสูงที่เพิ่มมากขึ้นมากที่สุด (Figure 2) แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับการใส่เชื้อ *Glomus* sp. 2TS5, *Gl. intradices* LU3 และ *Acaulospora morrawiae* LU6 ในปริมาณผงเชื้อ AMF ที่อัตรา 40 กรัมต่อกระถาง ดังนั้นการใส่เชื้อ *Gl. callosum* KK5 ในปริมาณผงเชื้อ AMF ที่อัตรา 10 กรัมต่อกระถาง เป็นชนิดและปริมาณผงเชื้อ AMF ที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของกล้ากาแฟ

การใส่เชื้อ AMF ชนิดต่างๆ ส่งเสริมให้ขนาดลำต้นของกล้ากาแฟโรบัสตามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ระยะ 4 สัปดาห์ (Table 5) โดยการใส่เชื้อ *Gl. callosum* KK5 *Gl. callosum* CH2 และ *Acaulospora morrawiae* LU6 ทำให้ขนาดลำต้นของกล้ากาแฟสูงที่สุด ขณะที่การใส่เชื้อ *Gl. intradices* LU3 และ *Glomus* sp. 2TS5 ให้ขนาดลำต้น

Table 5 Stem diameter (cm) of robusta coffee seedling at 2 and 4 weeks as affected by types and rate of AMF inoculation

Factor	Stem diameter (cm)	
	2 weeks	4 weeks
Mycorrhizal fungi (M)		
Acaulospora morrawiae LU6 (M1)	0.17	1.97^{A-B}
Glomus callosum CH2 (M2)	0.15	1.84^{A-C}
Glomus callosum KK5 (M3)	0.15	1.99^{A}
Glomus intradices LU3 (M4)	0.16	1.73^{C}
Glomus sp. 2TS5 (M5)	0.15	6.60^{A}
P value (M)	0.40 (ns)	0.00 (**)
Powder Quantities (Q)		
0g (Q1)	01.5	1.83
5g (Q2)	0.16	1.85
10g (Q3)	0.16	1.84
20g (Q4)	0.16	1.93
40g (Q5)	0.16	1.92
P value (Q)	0.53 (ns)	0.39 (ns)
MxQ	0.93 (ns)	0.09 (ns)
CV. (%)	18.00	18.00

Values followed by the same letter in a column are not significant at 1% level by the Duncan Multiple Range Test

ของกล้ากาแฟโรบัสตาใกล้เคียงกัน ส่วนปริมาณการใส่ผงเชื้อรา พบว่า ไม่ส่งผลให้ขนาดลำต้นของกล้ากาแฟโรบัสตาแตกต่างกัน รวมทั้งไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างการใส่เชื้อ AMF ต่างๆ กับปริมาณผงเชื้อราในระดับที่ต่างกันต่อขนาดลำต้นของกาแฟดังแสดงใน Table 5 และ Figure 3 จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า การใส่เชื้อ *Gl. callosum* KK5 ทำให้ขนาดของลำต้นสูงสุดและเป็นไปในแนวทางเดียวกันกับความสูงที่เพิ่มขึ้นของกล้ากาแฟโรบัสตา ดังนั้นเชื้อ *Gl. callosum* KK5 น่าจะเป็นเชื้อ AMF ที่เหมาะสมต่อการส่งเสริมการเจริญเติบโตของกล้ากาแฟโรบัสตาทั้งด้านความสูงและขนาดลำต้นที่เพิ่มขึ้น

สรุป

การใส่เชื้อ *Acaulospora morrawiae* LU6 ในปริมาณผงเชื้อ AMF 10-40 กรัมต่อ

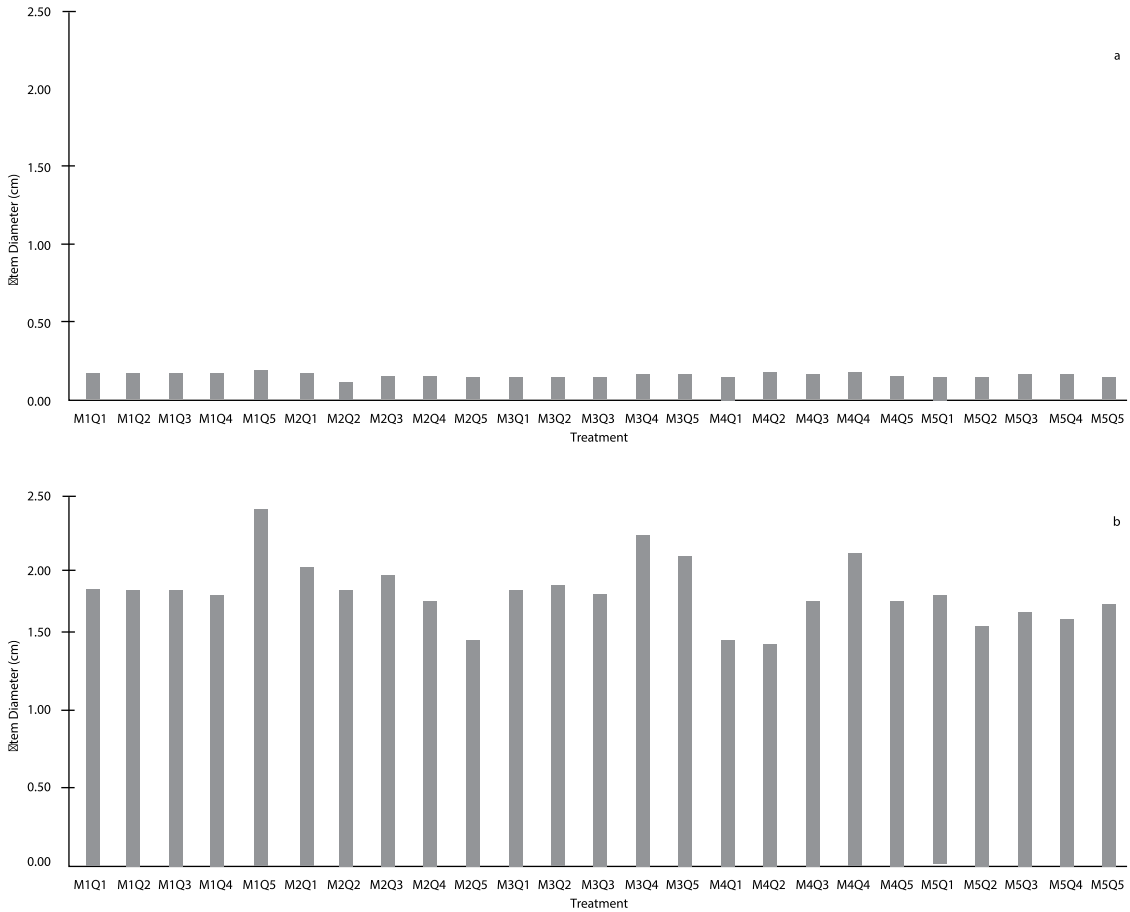

Figure 3 Interaction between of types and rate of AMF inoculation on stem diameter (cm) of robusta coffee seedling at 2 weeks (a) and 4 weeks (b)

กระถาง และการใส่เชื้อ *Glomus* sp. 2TS5 ในปริมาณผงเชื้อ AMF ที่อัตรา 5-20 กรัมต่อกระถาง ส่งเสริมให้มีปริมาณความหนาแน่นในการครอบครองรากกล้ากาแฟโรบัสตาสูง ส่วนการใส่เชื้อ *Gl. callosum* KK5 ในปริมาณผงเชื้อ AMF 10 กรัมต่อกระถาง ทำให้ความสูงและเส้นผ่านศูนย์กลางต้นสูงที่สุด ดังนั้น การใส่เชื้อรา *Gl. callosum* KK5 ในอัตรา 10 กรัมต่อกระถาง จึงเป็นทางเลือกที่ดีที่สุด

คำขอบคุณ

ขอขอบพระคุณสำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร (องค์การมหาชน) ที่สนับสนุนงบประมาณทุนวิจัยภายใต้โครงการ “การใช้เชื้อราอาบัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาเพื่อยกระดับความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัสในดินที่ปลูกกาแฟ” และขอขอบคุณ นางสาวนฤดี จุลบุษย์ ที่อนุเคราะห์ต้นกล้ากาแฟโรบัสตา

เอกสารอ้างอิง

ธงชัย มาลา. 2550. ปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยชีวภาพ: เทคนิคการผลิตและการใช้ประโยชน์. พิมพ์ครั้งที่ 2. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร, 143-188.

พักตร์เพ็ญ ภูมิพันธ์. 2556. บทบาทของราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาต่อพืช ดินและสิ่งแวดล้อม. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2(2): 92-101.

สำนักวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร. 2559. ข้อมูลการผลิตและการตลาดกาแฟ 2558. สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. (ออนไลน์). แหล่งที่มา: http://www.oae.go.th/ewt_news.php?nid=17878&filename=index

Andrade, S. A. L., P. Mazzafera, M. A. Schiavunato and A. P. Silveira. 2009. Arbuscular mycorrhizal association in coffee. J. Agri. Sci. 147(2): 105-115.

Bolan. 1991. A critical review on the role of mycorrhizal fungi in the uptake of phosphorus by plants. Plant Soil 134 (2): 189-207.

Brundrett, M., L. Melvile. and L. Peterson. 1994. Practical methods in mycorrhiza research. Mycologia publications Ontario, Canada.

Clark, R. B., and S. K. Zeto. 2000. Mineral acquisition by arbuscular mycorrhizal plants. J. Plant Nutr. 23 (7): 867-902.

Gianinazzi, S., A. Gollotte, M.-N. Binet, D. van Tuinen, D. Redecker, and D. Wipf. 2010. Agroecology: The key role of arbuscular mycorrhizas in ecosystem services. Mycorrhiza 20 (8): 519-530.

Miransari, M., H. A. Bahrami, F. Rejali, M. J. Malakouti, and H. Torabi. 2007. Using arbuscular mycorrhiza to reduce the stressful effects of soil compaction on corn (*Zea mays* L.) growth. Soil Biol. Biochem. 39 (8): 2014-2026.

Sanchez, C., E. Montilla, and R. C. Rivera. 2005. Comportamiento de 15 cepas de hongos micorrizogenos (hma) sobre el desarrollo de posturas de cafeto en un suelo pardo gleyzoso. Revista Forestal Latinoamericana 38: 83-95.

Siqueira, J. O., O. J. Saggin-Júnior, W. W. Flores-Aylas, and P. T. G. Guimarães. 1998. Arbuscular mycorrhizal inoculation and superphosphate application influence plant development and yield of coffee in Brazil. Mycorrhiza 7 (6): 293-300.

Smith, S. E., and D. Read. 2008. Mycorrhizal symbiosis (third edition). Academic Press: London, p 13-41.

Sylvia, D. M., and D. O. Chellemi. 2001. Interactions among root-inhabiting fungi and their implications for biological control of root Pathogens. Adv. Agron. 73: 1-33.

Vosátka, M., and J. Albrechtová. 2009. Microbial strategies for crop improvement. Khan, M. S., Zaidi, A., Musarrat, J., Eds.; Springer Berlin Heidelberg: Berlin, Heidelberg, p 205-225.