

ผลของราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาต่อการเจริญเติบโตของ ยางพาราในสภาพความเป็นกรด-ด่างของดินที่แตกต่างกัน

Effect of Arbuscular Mycorrhizal Fungi on Growth of Rubber at Different Soil pHs

ชวินทร์ ปลื้มเจริญ, พัทตร์เพ็ญ ภูมิพันธ์* และธัญพิสิษฐ์ พวงจิก
สาขาวิชาเทคโนโลยีการเกษตร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
ศูนย์รังสิต ตำบลคลองหนึ่ง อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี 12120

ปวีณา ทองเหลือง

ศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ตำบลกลางดง อำเภอปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา 30320

Chavin Pliumchareorn, Phakpen Poomipan* and Thanpisit Phuangchik
Department of Agricultural Technology, Faculty of Science and Technology, Thammasat University,
Rangsit Centre, Khlong Nueng, Khlong Luang, Pathum Thani 12120

Paweena Thongluang

National Corn and Sorghum Research Center, Faculty of Agriculture, Kasetsart University,
Klang Dong, Pak Chong, Nakhon Ratchasima 30320

บทคัดย่อ

ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซามีศักยภาพนำมาใช้ทดแทนปุ๋ยเคมีได้ แต่ปัจจัยทางดินอาจมีผลต่อประสิทธิภาพของราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาได้ ดังนั้นจึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของความเป็นกรด-ด่างของดินต่อประสิทธิภาพของราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาในการส่งเสริมการเจริญเติบโตของยางพาราพันธุ์ RRIT 251 โดยวางแผนการทดลองแบบ 5x2 factorial in CRD จำนวน 3 ซ้ำ มีปัจจัยศึกษา 2 ปัจจัย ได้แก่ (1) ความเป็นกรด-ด่างของดิน (pH 5.0, 6.0, 6.5, 7.0 และ 8.0) และ (2) ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา (ไม่ใส่และใส่ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา) เพาะเมล็ดยางพารา จากนั้นย้ายปลูกลงกระถาง เมื่อยางพารามีอายุ 12 เดือนพบว่า ยางพารามีการเจริญเติบโตและการเข้าอยู่อาศัยของราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาในรากมากที่สุด เมื่อปลูกในดินที่มีความเป็นกรด-ด่าง 5.0 แต่การใส่ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตของยางพาราที่ปลูกในสภาพความเป็นกรด-ด่างของดิน 5.0 และ 6.0 อย่างไรก็ตาม การใส่ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซามีผลทำให้ยางพาราที่ปลูกในดินที่มีความเป็นกรด-ด่าง 6.5, 7.0 และ 8.0 มีการเจริญเติบโตทั้งทางด้านความสูงและน้ำหนักแห้งมากกว่าการไม่ใส่ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังนั้น ผลการทดลองนี้จึงชี้ให้เห็นว่า ความเป็นกรด-ด่างของดินมีผลทำให้ประสิทธิภาพของราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาต่อการส่งเสริมการเจริญเติบโตของยางพาราแตกต่างกัน

คำสำคัญ : ความเป็นกรด-ด่างของดิน, ยางพารา, ราอาร์บัสคูลารีไมคอร์ไรซา

Abstract

Arbuscular mycorrhizal (AM) fungi have a potential to replace chemical fertilizer. However, soil factor could affect an efficiency of AM fungi. Therefore, this study aimed to determine the effect of soil pH on efficiency of AM fungi on promoting growth of rubber var. RRIT 251. An experiment was undertaken in 5x2 factorial in CRD with 3 replications. Factor 1 was soil pHs (i.e. pH 5.0, 6.0, 6.5, 7.0 and 8.0). Factor 2 was AM fungi (with and without AM inoculations). Seeds were planted and then transplanted into pots. At 12 months after planting, the highest growth and AM colonization were found in rubber planting on soil pH 5.0 but AM inoculation did not affect the growth of rubber planting on soil pH 5.0 and 6.0. However, AM inoculations were shown to increase growth significantly in term of height and dry weight of rubber plantings on soil pH 6.5, 7.0 and 8.0. Therefore, these results indicated that soil pHs affected the efficiency of AM fungi on enhancing the growth of rubber at particular pHs.

Keywords: arbuscular mycorrhizal fungi; rubber, soil pH

1. คำนำ

ยางพารา เป็นพืชที่มีถิ่นกำเนิดในทวีปอเมริกาใต้ จัดอยู่ในวงศ์ Euphorbiaceae มีชื่อวิทยาศาสตร์ คือ *Hevea brasiliensis* L. (นุชนารถ, 2548) ยางพารามีความสำคัญต่อเศรษฐกิจและการพัฒนาของประเทศไทยเป็นอย่างมาก อัญญาณี และคณะ (2556) รายงานว่าการขยายพื้นที่ปลูกยางพาราในประเทศไทยเพิ่มขึ้น จึงทำให้มีความต้องการใช้ปุ๋ยเคมีมากขึ้นด้วย แต่กระบวนการผลิตปุ๋ยเคมีของประเทศไทยต้องใช้วัตถุดิบวัสดุปุ๋ยที่นำเข้ามาจากต่างประเทศทั้งหมด (วริศ และคณะ, 2556) ทำให้ต้นทุนการผลิตสูงขึ้น อีกทั้งในปัจจุบันราคายางพาราต่ำลง และเกิดไม่คุ้มค่าทางเศรษฐกิจ ดังนั้นจึงมีการนำราอาร์บัสคูลารีไมคอร์ไรซามาใช้ในการเพาะปลูกพืช เนื่องจากช่วยทำให้พืชได้รับธาตุอาหารเพิ่มขึ้นเช่นเดียวกับการใส่ปุ๋ยเคมี แต่ใส่เพียงครั้งเดียวก็สามารถให้ธาตุอาหารแก่ยางพาราได้ตลอดอายุการให้ผลผลิต โดยจากการศึกษาของ Mikkelsen และคณะ (2008) และ Poomipan และ

คณะ (2011) พบว่าพืชที่มีการเข้าอยู่อาศัยของราอาร์บัสคูลารีไมคอร์ไรซาในราก จะมีการเจริญเติบโตดีกว่าพืชที่ไม่มีราอาร์บัสคูลารีไมคอร์ไรซาในราก เนื่องจากราอาร์บัสคูลารีไมคอร์ไรซามีเส้นใยนอกรากที่มีขนาดเล็กกว่ารากพืชหลายเท่าและมีการแพร่กระจายในดินอย่างหนาแน่น จึงมีพื้นที่ผิวในการดูดซับธาตุอาหารได้มาก และยังช่วยให้พืชมีความทนทานต่อสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม เช่น ความแห้งแล้ง (Subramanian et al., 1997) ความเค็ม (Bhoopander and Mukerji, 2004) และมีบทบาทสำคัญต่อการปรับปรุงสมบัติทางกายภาพและชีวภาพของดินอีกด้วย (Lovelock et al., 2004) ดังนั้นจึงเห็นได้ว่าราอาร์บัสคูลารีไมคอร์ไรซามีศักยภาพนำมาใช้ทดแทนปุ๋ยเคมีได้ โดยงานวิจัยของ Neeta และคณะ (2014) ได้นำยางพาราพันธุ์ RRIM 600 มาปลูกร่วมกับการใส่ราอาร์บัสคูลารีไมคอร์ไรซาเปรียบเทียบกับการไม่ใส่ราอาร์บัสคูลารีไมคอร์ไรซา พบว่ามีการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ อย่างไรก็ตาม เนื่องจากรา

อาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาเป็นจุลินทรีย์ดินที่มีการดำรงชีวิตแบบพึ่งพาคาอาศัยร่วมกับพืช ดังนั้นปัจจัยทางพืชและดินจึงมีผลต่อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาด้วย (Smith and Read, 1997)

งานวิจัยนี้จึงได้ศึกษาผลของราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาที่มีต่อการเจริญเติบโตของยางพาราพันธุ์ RRIT 251 ภายใต้สภาพความเป็นกรด-ด่างของดินที่แตกต่างกัน ทั้งนี้เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการนำราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซามาใช้ร่วมกับการผลิตยางพาราในประเทศไทยต่อไป

2. อุปกรณ์และวิธีการ

วางแผนการทดลองแบบ 5x2 factorial in completely randomized design (CRD) จำนวน 3 ซ้ำ โดยมีปัจจัยศึกษา 2 ปัจจัย ได้แก่ ปัจจัยที่ 1 ระดับความเป็นกรด-ด่างของดิน ได้แก่ 5.0, 6.0, 6.5, 7.0 และ 8.0 และปัจจัยที่ 2 ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา ได้แก่ การไม่ใส่ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา (NM) และการใส่ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา (AM)

นำชุดดินปากช่อง (ความเป็นกรด-ด่างของดิน 4.8) ที่กำจัดสปอร์ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาตามธรรมชาติแล้วโดยใช้ความร้อน มาปรับความเป็นกรด-ด่างของดินด้วยปูนแคลเซียมคาร์บอเนต วิเคราะห์ความต้องการปูนของดิน (lime requirement) ตามวิธีการ woodruff's buffer solution โดยระดับความเป็นกรด-ด่างของดิน 5.0, 6.0, 6.5, 7.0 และ 8.0 ใส่ปูนแคลเซียมคาร์บอเนต 234, 258, 936, 1,075 และ 2,574 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับเพาะเมล็ดยางพาราพันธุ์ RRIT 251 จากนั้นย้ายปลูกลงในกระถาง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 20 นิ้ว ซึ่งบรรจุดิน 20 กิโลกรัม ร่วมกับการไม่ใส่และใส่ปุ๋ยชีวภาพราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาตามแผนการทดลอง โดยใช้ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาของกรมวิชาการเกษตร 100 กรัมต่อกระถาง ใส่ปุ๋ยเมื่อ

อายุ 4 และ 8 เดือน โดยใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในรูปยูเรียในอัตรา 50 กิโลกรัม/ไร่ ปุ๋ยโพแทสเซียมในรูป KCl ในอัตรา 50 กิโลกรัม/ไร่ ปุ๋ยแคลเซียมในรูป CaCl ในอัตรา 10 กิโลกรัม/ไร่ และปุ๋ยแมกนีเซียมในรูป MgSO₄ ในอัตรา 10 กิโลกรัม/ไร่ ซึ่งในการทดลองนี้ไม่ใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัส เนื่องจากหากฟอสฟอรัสเป็นปัจจัยจำกัด จะทำให้เห็นผลของราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาได้ชัดเจน (Marschner and Dell, 1994)

การบันทึกผลการทดลอง (1) วัดขนาดความสูงและขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่อายุ 4, 8 และ 12 เดือนหลังปลูก (2) ชั่งน้ำหนักแห้งส่วนเหนือดิน น้ำหนักแห้งราก และน้ำหนักแห้งทั้งหมดเมื่ออายุ 12 เดือน (3) ประเมินการเข้าอยู่อาศัยของราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาในราก โดยนำตัวอย่างรากมาย้อมสีรากตามวิธีการของ Philips และ Hayman (1970) แล้วมาประเมินการเข้าอยู่อาศัยในรากของราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา (AM colonization) ตามวิธีของ McGonigle และคณะ (1990) และคำนวณเปอร์เซ็นต์การอยู่อาศัยของราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาในราก ตามวิธีการของ Trouvelet และคณะ (1985) จากนั้นวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของแต่ละตำรับการทดลองด้วยวิธี Duncan's multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

3. ผลการวิจัย

3.1 ผลต่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของยางพารา เมื่ออายุ 4, 8 และ 12 เดือน

ปฏิสัมพันธ์ระหว่างความเป็นกรด-ด่างของดินและราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาไม่มีผลต่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นยางพารา เมื่ออายุ 4, 8 และ 12 เดือน และหากแยกพิจารณาปัจจัยเดี่ยว พบว่าปัจจัยด้านราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาก็ไม่มีผลต่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นยางพารา

เมื่ออายุ 12 เดือน เช่นกัน อย่างไรก็ตาม ปัจจัยด้านความเป็นกรด-ด่างของดินมีผลต่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นของยางพาราเมื่ออายุ 12 เดือน (P value = 0.029) โดยพบว่ายางพาราที่ปลูกในดินที่มีความเป็นกรด-ด่าง 5.0 มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น 1.80 ± 0.14 เซนติเมตร ซึ่งมากกว่าขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นของยางพาราที่ปลูกในความเป็นกรด-ด่างของดิน 6.0 (1.39 ± 0.26 เซนติเมตร) 7.0 (1.35 ± 0.40 เซนติเมตร) และ 8.0 (1.33 ± 0.44 เซนติเมตร) แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นของยางพาราที่ปลูกในความเป็นกรด-ด่างของดิน 6.5 (1.61 ± 0.21 เซนติเมตร) (ตารางที่ 1)

3.2 ผลต่อความสูงของยางพารา เมื่ออายุ 4, 8 และ 12 เดือน

ปฏิสัมพันธ์ร่วมระหว่างความเป็นกรด-ด่างของดินและราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซามีผลต่อความสูงของยางพารา (P value = 0.020) โดยพบว่าเมื่ออายุ 12 เดือน ยางพาราที่ปลูกในดินที่มีความเป็นกรด-ด่าง 6.5, 7.0 และ 8.0 ร่วมกับการใส่ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซามีความสูงเพิ่มขึ้นกว่าการไม่ใส่ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา ในขณะที่การใส่ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาไม่มีผลต่อความสูงของยางพาราที่ปลูกในดินที่มีความเป็นกรด-ด่างของดิน 5.0 และ 6.0 กล่าวคือ ยางพาราที่ปลูกในดินที่มีความเป็นกรด-ด่าง 6.5 ร่วมกับการใส่ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซามีความสูง 215.33 ± 47.50 เซนติเมตร ซึ่งมากกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับความสูงของยางพาราที่ปลูกในดินที่มีความเป็นกรด-ด่าง 6.5 แต่ไม่ใส่ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา (154.33 ± 25.17 เซนติเมตร) เช่นเดียวกับยางพาราที่ปลูกในดินที่มีความเป็นกรด-ด่าง 7.0 ร่วมกับการใส่ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซามีความสูง 240.00 ± 10.00 เซนติเมตร ซึ่ง

มากกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับความสูงของยางพาราที่ปลูกในดินที่มีความเป็นกรด-ด่าง 7.0 แต่ไม่ใส่ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา (150.00 ± 38.11 เซนติเมตร) และยางพาราที่ปลูกในดินที่มีความเป็นกรด-ด่าง 8.0 ร่วมกับการใส่ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซามีความสูง 207.67 ± 35.50 เซนติเมตร ซึ่งมากกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับความสูงของยางพาราที่ปลูกในดินที่มีความเป็นกรด-ด่าง 8.0 แต่ไม่ใส่ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา (116.33 ± 8.50 เซนติเมตร) อย่างไรก็ตาม ยางพารามีความสูงมากที่สุดเมื่อปลูกในดินที่มีความเป็นกรด-ด่าง 5.0 (8 เดือน, P value < 0.001; 12 เดือน, P value = 0.002) และรา อาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาก็มีผลทำให้ความสูงของยางพาราเพิ่มขึ้นกว่าการไม่ใส่ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาในทุกช่วงอายุของการเจริญเติบโต (4 เดือน, P value < 0.001; 8 เดือน, P value = 0.010; 12 เดือน, P value < 0.001) (ตารางที่ 2)

3.3 ผลต่อน้ำหนักแห้งส่วนเหนือดินของยางพารา เมื่ออายุ 12 เดือน

ปฏิสัมพันธ์ร่วมระหว่างความเป็นกรด-ด่างของดินและราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซามีผลต่อน้ำหนักแห้งส่วนเหนือดินของยางพารา (P value < 0.001) โดยพบว่ายางพาราที่ปลูกในดินที่มีความเป็นกรด-ด่าง 6.5, 7.0 และ 8.0 ร่วมกับการใส่ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซามีน้ำหนักแห้งส่วนเหนือดินมากกว่าการไม่ใส่ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา แต่การใส่ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาไม่มีผลต่อน้ำหนักแห้งส่วนเหนือดินของยางพาราที่ปลูกในดินที่มีความเป็นกรด-ด่างของดิน 5.0 และ 6.0 กล่าวคือ ยางพาราที่ปลูกในดินที่มีความเป็นกรด-ด่าง 6.5 ร่วมกับการใส่ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซามีน้ำหนักแห้งส่วนเหนือดิน 170.39 ± 15.45 กรัมต่อต้น ซึ่งมากกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำหนักแห้งส่วนเหนือดินของยางพาราที่ปลูกใน

ตารางที่ 1 เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นของยางพาราที่ปลูกภายใต้ความเป็นกรด-ด่างของดิน 5.0, 6.0, 6.5, 7.0 และ 8.0 ร่วมกับการไม่ใส่และใส่ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา เมื่ออายุ 4, 8 และ 12 เดือน

สิ่งทดลอง	เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น (เซนติเมตร)		
	4 เดือน	8 เดือน	12 เดือน
ปัจจัยที่ 1 ความเป็นกรด-ด่างของดิน			
pH 5.0	0.50±0.04	0.76±0.09 ^{ab 1/}	1.80±0.14 ^a
pH 6.0	0.53±0.07	0.71±0.12 ^{bc}	1.39±0.26 ^b
pH 6.5	0.52±0.05	0.65±0.09 ^c	1.61±0.21 ^{ab}
pH 7.0	0.51±0.08	0.69±0.15 ^{bc}	1.35±0.40 ^b
pH 8.0	0.56±0.07	0.82±0.14 ^a	1.33±0.44 ^b
P-Value	0.363	0.020	0.029
ปัจจัยที่ 2 ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา			
NM	0.51±0.07	0.64±0.11 ^b	1.45±0.28
AM	0.54±0.05	0.81±0.09 ^a	1.53±0.17
P-Value	0.143	<0.001	0.450
ปฏิสัมพันธ์ร่วมระหว่างความเป็นกรด-ด่างของดินและราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา			
pH 5.0 NM	pH 5.0 NM	pH 5.0 NM	pH 5.0 NM
pH 5.0 AM	pH 5.0 AM	pH 5.0 AM	pH 5.0 AM
pH 6.0 NM	pH 6.0 NM	pH 6.0 NM	pH 6.0 NM
pH 6.0 AM	pH 6.0 AM	pH 6.0 AM	pH 6.0 AM
pH 6.5 NM	0.53±0.07	0.60±0.12	1.56±0.02
pH 6.5 AM	0.52±0.01	0.69±0.03	1.65±0.12
pH 7.0 NM	0.44±0.03	0.56±0.05	1.42±0.25
pH 7.0 AM	0.58±0.04	0.83±0.05	1.27±0.07
pH 8.0 NM	0.57±0.06	0.75±0.16	1.02±0.18
pH 8.0 AM	0.56±0.05	0.90±0.08	1.64±0.40
P-Value	0.187	0.390	0.450

^{1/} ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานตามด้วยตัวอักษรต่างกันในแนวตั้ง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ P < 0.05 โดยวิธี DMRT

ดินที่มีความเป็นกรด-ด่าง 6.5 แต่ไม่ใส่ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา (112.95±8.00 กรัมต่อตัน) เช่นเดียวกับยางพาราที่ปลูกในดินที่มีความเป็นกรด-ด่าง 7.0 ร่วมกับการใส่ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซามีน้ำหนักแห้งส่วนเหนือดิน 137.32±15.25 กรัมต่อตัน ซึ่งมากกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบ

เทียบกับน้ำหนักแห้งส่วนเหนือดินของยางพาราที่ปลูกในดินที่มีความเป็นกรด-ด่าง 7.0 แต่ไม่ใส่ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา (104.22±4.72 กรัมต่อตัน) และยางพาราที่ปลูกในดินที่มีความเป็นกรด-ด่าง 8.0 ร่วมกับการใส่ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซามีน้ำหนักแห้งส่วนเหนือดิน 125.57±15.06 กรัมต่อตัน ซึ่งมาก

ตารางที่ 2 ความสูงของยางพาราที่ปลูกภายใต้ความเป็นกรด-ด่างของดิน 5.0, 6.0, 6.5, 7.0 และ 8.0 ร่วมกับการไม่ใส่และใส่ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา เมื่ออายุ 4, 8 และ 12 เดือน

สิ่งทดลอง	ความสูง (เซนติเมตร)		
	4 เดือน	8 เดือน	12 เดือน
ปัจจัยที่ 1 ความเป็นกรด-ด่างของดิน			
pH 5.0	61.63±8.06 ^{b 1/}	95.42±18.63 ^{ab}	264.67±18.99 ^a
pH 6.0	53.05±6.10 ^b	86.20±24.77 ^b	229.33±12.03 ^b
pH 6.5	60.65±9.42 ^b	82.30±10.48 ^b	184.83±47.67 ^{cd}
pH 7.0	57.83±17.74 ^b	90.92±29.13 ^{ab}	195.00±55.23 ^c
pH 8.0	71.47±7.55 ^a	103.20±14.09 ^a	162.00±55.10 ^d
P-Value	0.042	0.002	<0.001
ปัจจัยที่ 2 ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา			
NM	57.41±12.71 ^b	78.27±15.25 ^b	180.53±58.10 ^b
AM	64.44±9.56 ^a	104.95±16.00 ^a	233.80±32.54 ^a
P-Value	<0.001	0.010	<0.001
ปฏิสัมพันธ์ระหว่างความเป็นกรด-ด่างของดินและราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา			
pH 5.0 NM	59.70±9.04 ^{cde}	86.17±14.46 ^{cd}	262.33±22.03 ^{ab}
pH 5.0 AM	63.57±8.33 ^{bcdde}	104.67±20.05 ^{abc}	267.00±20.00 ^a
pH 6.0 NM	54.33±7.06 ^{def}	64.40±10.38 ^e	219.67±6.51 ^{abc}
pH 6.0 AM	51.77±6.20 ^{ef}	108.00±1.00 ^{ab}	239.00±6.24 ^{abc}
pH 6.5 NM	53.57±3.80 ^{def}	81.60±15.40 ^{de}	154.33±25.17 ^d
pH 6.5 AM	67.73±7.55 ^{abc}	83.00±6.00 ^{de}	215.33±47.50 ^{bc}
pH 7.0 NM	42.57±4.27 ^f	64.67±0.58 ^e	150.00±38.11 ^d
pH 7.0 AM	73.10±8.31 ^{ab}	117.17±7.32 ^a	240.00±10.00 ^{abc}
pH 8.0 NM	76.90±4.53 ^a	94.50±1.80 ^{bcd}	116.33±8.50 ^d
pH 8.0 AM	66.03±6.63 ^{abcd}	111.90±16.32 ^{ab}	207.67±35.50 ^c
P-Value	0.006	<0.001	0.020

^{1/} ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานตามด้วยตัวอักษรต่างกันในแนวตั้ง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ P < 0.05 โดยวิธี DMRT

กว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับ น้ำหนักแห้งส่วนเหนือดินของยางพาราที่ปลูกในดินที่มีความเป็นกรด-ด่าง 8.0 แต่ไม่ใส่ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา (24.04±12.18 กรัมต่อต้น) อย่างไรก็ตาม ยางพารามีน้ำหนักแห้งส่วนเหนือดินมากที่สุด

เมื่อปลูกในดินที่มีความเป็นกรด-ด่าง 5.0 (P value < 0.001) และราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาก็มีผลทำให้น้ำหนักแห้งส่วนเหนือดินของยางพาราเพิ่มขึ้นกว่าการไม่ใส่ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา (P value < 0.001) (ตารางที่ 3)

ตารางที่ 3 น้ำหนักแห้งส่วนเหนือดิน น้ำหนักแห้งราก และน้ำหนักแห้งทั้งหมดของยางพาราที่ปลูกภายใต้ความเป็นกรด-ด่างของดิน 5.0, 6.0, 6.5, 7.0 และ 8.0 ร่วมกับการไม่ใส่และใส่ราอาร์บัสคูลาร์-ไมคอร์ไรซา เมื่ออายุ 12 เดือน

สิ่งทดลอง	น้ำหนักแห้งส่วนเหนือดิน (กรัมต่อต้น)	น้ำหนักแห้งราก (กรัมต่อต้น)	น้ำหนักแห้งทั้งหมด (กรัมต่อต้น)
ปัจจัยที่ 1 ความเป็นกรด-ด่างของดิน			
pH 5.0	181.68±11.21 ^{a 1/}	73.22±13.98 ^a	254.90±19.89 ^a
pH 6.0	125.78±11.04 ^c	47.78±16.82 ^{bc}	173.56±23.18 ^c
pH 6.5	141.67±33.33 ^b	52.76±14.35 ^{bc}	194.43±47.25 ^b
pH 7.0	120.77±20.75 ^c	57.87±5.63 ^b	178.64±25.11 ^{bc}
pH 8.0	74.80±56.94 ^d	43.98±32.15 ^c	118.79±88.73 ^d
P-Value	<0.001	<0.001	<0.001
ปัจจัยที่ 2 ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา			
NM	110.48±52.64 ^b	49.68±23.62 ^b	160.16±74.44 ^b
AM	147.40±29.09 ^a	60.57±15.01 ^a	207.97±38.52 ^a
P-Value	<0.001	0.003	<0.001
ปฏิสัมพันธ์ร่วมระหว่างความเป็นกรด-ด่างของดินและราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา			
pH 5.0 NM	178.15±13.36 ^a	77.19±20.25 ^a	255.34±31.14 ^a
pH 5.0 AM	185.21±9.91 ^a	69.26±5.59 ^{ab}	254.47±4.33 ^a
pH 6.0 NM	133.05±8.78 ^{bc}	61.08±12.43 ^{ab}	194.13±3.65 ^b
pH 6.0 AM	118.83±8.31 ^{bcd}	34.49±4.76 ^d	152.99±7.52 ^c
pH 6.5 NM	112.95±8.00 ^{cd}	41.02±4.88 ^{cd}	153.97±10.81 ^c
pH 6.5 AM	170.39±15.45 ^a	64.49±8.80 ^{ab}	234.89±23.52 ^a
pH 7.0 NM	104.22±4.72 ^d	54.27±3.95 ^{bc}	158.49±5.44 ^c
pH 7.0 AM	137.32±15.25 ^b	61.48±4.96 ^{ab}	198.80±18.11 ^b
pH 8.0 NM	24.04±12.18 ^e	14.83±2.45 ^e	38.87±14.63 ^d
pH 8.0 AM	125.57±15.06 ^{bcd}	73.14±5.24 ^a	198.71±17.52 ^b
P-Value	<0.001	<0.001	<0.001

^{1/} ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานตามด้วยตัวอักษรต่างกันในแนวตั้ง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ P < 0.05 โดยวิธี DMRT

3.4 ผลต่อน้ำหนักแห้งรากของยางพาราเมื่ออายุ 12 เดือน

ปฏิสัมพันธ์ร่วมระหว่างความเป็นกรด-ด่างของดินและราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซามีผลต่อน้ำหนักแห้งรากของยางพารา (P value < 0.001)

โดยพบว่ายางพาราที่ปลูกในดินที่มีความเป็นกรด-ด่าง 6.5, 7.0 และ 8.0 ร่วมกับการใส่ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซามีน้ำหนักแห้งรากมากกว่าการไม่ใส่ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา แต่การใส่ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาไม่มีผลต่อน้ำหนักแห้งรากของยาง

พาราที่ปลูกในดินที่มีความเป็นกรด-ด่างของดิน 5.0 และ 6.0 กล่าวคือ ยางพาราที่ปลูกในดินที่มีความเป็นกรด-ด่าง 6.5 ร่วมกับการใส่ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซามีน้ำหนักแห้งราก 64.49±8.80 กรัมต่อต้น ซึ่งมากกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำหนักแห้งรากของยางพาราที่ปลูกในดินที่มีความเป็นกรด-ด่าง 6.5 แต่ไม่ใส่ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา (41.02±4.88 กรัมต่อต้น) เช่นเดียวกับยางพาราที่ปลูกในดินที่มีความเป็นกรด-ด่าง 7.0 ร่วมกับการใส่ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซามีน้ำหนักแห้งราก 61.48±4.96 กรัมต่อต้น ซึ่งมากกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำหนักแห้งรากของยางพาราที่ปลูกในดินที่มีความเป็นกรด-ด่าง 7.0 แต่ไม่ใส่ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา (54.27±3.95 กรัมต่อต้น) และยางพาราที่ปลูกในดินที่มีความเป็นกรด-ด่าง 8.0 ร่วมกับการใส่ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซามีน้ำหนักแห้งราก 73.14±5.24 กรัมต่อต้น ซึ่งมากกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำหนักแห้งรากของยางพาราที่ปลูกในดินที่มีความเป็นกรด-ด่าง 8.0 แต่ไม่ใส่ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา (14.83±2.45 กรัมต่อต้น) อย่างไรก็ตาม ยางพารามีน้ำหนักแห้งรากมากที่สุดเมื่อปลูกในดินที่มีความเป็นกรด-ด่าง 5.0 (P value < 0.001) และราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาก็มีผลทำให้น้ำหนักแห้งรากของยางพาราเพิ่มขึ้นกว่าการไม่ใส่ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา (P value = 0.003) (ตารางที่ 3)

3.5 ผลต่อ น้ำหนักแห้งทั้งหมดของยางพารา เมื่ออายุ 12 เดือน

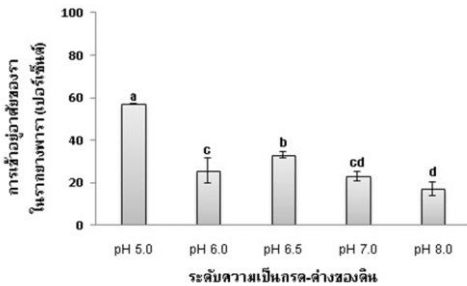
ปฏิสัมพันธ์ระหว่างความเป็นกรด-ด่างของดินและราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซามีผลต่อน้ำหนักแห้งทั้งหมดของยางพารา (P value < 0.001) โดยพบว่ายางพาราที่ปลูกในดินที่มีความเป็นกรด-ด่าง 6.5, 7.0 และ 8.0 ร่วมกับการใส่ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซามีน้ำหนักแห้งทั้งหมด

มากกว่าการไม่ใส่ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา แต่การใส่ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาไม่มีผลต่อน้ำหนักแห้งทั้งหมดของยางพาราที่ปลูกในดินที่มีความเป็นกรด-ด่างของดิน 5.0 และ 6.0 กล่าวคือ ยางพาราที่ปลูกในดินที่มีความเป็นกรด-ด่าง 6.5 ร่วมกับการใส่ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซามีน้ำหนักแห้งทั้งหมด 234.89±23.52 กรัมต่อต้น ซึ่งมากกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำหนักแห้งทั้งหมดของยางพาราที่ปลูกในดินที่มีความเป็นกรด-ด่าง 6.5 แต่ไม่ใส่ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา (153.97±10.81 กรัมต่อต้น) เช่นเดียวกับยางพาราที่ปลูกในดินที่มีความเป็นกรด-ด่าง 7.0 ร่วมกับการใส่ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซามีน้ำหนักแห้งทั้งหมด 198.80±18.11 กรัมต่อต้น ซึ่งมากกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำหนักแห้งทั้งหมดของยางพาราที่ปลูกในดินที่มีความเป็นกรด-ด่าง 7.0 แต่ไม่ใส่ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา (158.49±5.44 กรัมต่อต้น) และยางพาราที่ปลูกในดินที่มีความเป็นกรด-ด่าง 8.0 ร่วมกับการใส่ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซามีน้ำหนักแห้งทั้งหมด 198.71±17.52 กรัมต่อต้น ซึ่งมากกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำหนักแห้งทั้งหมดของยางพาราที่ปลูกในดินที่มีความเป็นกรด-ด่าง 8.0 แต่ไม่ใส่ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา (38.87±14.63 กรัมต่อต้น) อย่างไรก็ตาม ยางพารามีน้ำหนักแห้งทั้งหมดมากที่สุดเมื่อปลูกในดินที่มีความเป็นกรด-ด่าง 5.0 (P value < 0.001) และราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาก็มีผลทำให้น้ำหนักแห้งทั้งหมดของยางพาราเพิ่มขึ้นกว่าการไม่ใส่ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา (P value < 0.001) (ตารางที่ 3)

3.6 ผลต่อการเข้าอยู่อาศัยของราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาในรากยางพารา เมื่ออายุ 12 เดือน

ความเป็นกรด-ด่างของดินมีผลต่อการเข้าอยู่อาศัยของราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาในรากยางพารา (P value = <0.01) โดยพบว่าการเข้าอยู่

อาศัยของราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาในรากมีมากที่สุดที่ดินที่มีความเป็นกรด-ด่าง 5.0 (57.13 ± 0.13 เปอร์เซ็นต์) รองลงมา คือ ความเป็นกรด-ด่าง 6.5 (33.10 ± 1.40 เปอร์เซ็นต์) 6.0 (25.75 ± 6.00 เปอร์เซ็นต์) และ 7.0 (23.10 ± 2.38 เปอร์เซ็นต์) ตามลำดับ และน้อยที่สุด คือ ความเป็นกรด-ด่าง 8.0 (17.27 ± 3.07 เปอร์เซ็นต์) (รูปที่ 1)



รูปที่ 1 การเข้าอยู่อาศัยของราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาในรากของพืชที่ปลูกภายใต้ความเป็นกรด-ด่างของดิน 5.0, 6.0, 6.5, 7.0 และ 8.0

4. วิจารณ์

การศึกษาการเจริญเติบโตของยางพาราพันธุ์ RRIT 251 เมื่ออายุ 12 เดือน พบว่ามีการเจริญเติบโตที่ดีที่สุดในดินที่มีความเป็นกรด-ด่าง 5.0 เนื่องจากยางพาราพันธุ์ RRIT 251 สามารถเจริญเติบโตได้ดีในดินกรด สอดคล้องกับการศึกษาของ สุทัศน์ และสมยศ (2542) ที่ศึกษายางพาราในประเทศไทย พบว่าลักษณะดินที่มีความเหมาะสมในการปลูกยางพาราในประเทศไทยนั้นควรมีระดับความเป็นกรด-ด่างของดิน 4.5-5.5 ลักษณะทางกายภาพเป็นดินร่วนปนทราย ซึ่งมีเหมาะต่อการเจริญเติบโตของรากยาง นอกจากนี้ควรมีระดับหน้าดินลึกอย่างน้อย 1 เมตร น้ำใต้ดินต่ำกว่าระดับผิวดิน 1 เมตร เช่นเดียวกับการศึกษาของ Lalani (2000) ที่ศึกษาสมบัติของดินที่มีการเจริญเติบโต

ของยางพาราตามธรรมชาติในประเทศศรีลังกา พบว่าลักษณะความเป็นกรด-ด่างของดินจากชุดดินที่สำรวจทั้งหมด มีระดับความเป็นกรด-ด่างของดินอยู่ในช่วง 4.0-5.0 และ Alcalá (2007) ที่ศึกษาการปลูกยางพาราในประเทศฟิลิปปินส์ พบว่าสภาพความเป็นกรด-ด่างของดินที่เหมาะสมแก่การปลูกยางพารามีระดับความเป็นกรด-ด่างอยู่ในช่วง 4.0-6.5 ซึ่งจากการศึกษาที่กล่าวมาข้างต้นนี้ ชี้ให้เห็นว่าสภาพความเป็นกรดของดินมีความเหมาะสมกับการเจริญเติบโตของยางพารา

ในทางตรงกันข้าม สภาพความเป็นกรด-ด่างของดินที่เป็นด่างหรือมีค่าตั้งแต่ 7.0 ขึ้นไป ถือว่าไม่เหมาะต่อการปลูกยางพารา เนื่องมาจากสภาพความเป็นด่างของดินจะส่งผลต่อระดับโซเดียมภายในดินส่งผลในดินจับตัวกันแน่น ก่อให้การระบายน้ำแย่งและทำให้รากของยางแผ่ขยายได้ยาก ส่งผลในระยะยาวต่อกระบวนการเมแทบอลิซึมของยาง ทำให้การเจริญเติบโตไม่สมบูรณ์ส่งผลต่อคุณภาพของผลผลิต (คณาจารย์ภาคปฐพีวิทยา, 2544) ดังนั้นผลการทดลองนี้จึงพบว่าเมื่อระดับความเป็นกรด-ด่างของดินเพิ่มขึ้นจะทำให้ยางพาราพันธุ์ RRIT251 มีการเจริญเติบโตลดลง แต่การใส่ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซามีผลทำให้ยางพาราที่ปลูกในดินที่มีความเป็นกรด-ด่าง 6.5, 7.0 และ 8.0 มีการเจริญเติบโตทั้งทางด้านความสูงและน้ำหนักแห้งมากกว่าการไม่ใส่ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เนื่องจากราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซามีความสามารถในการช่วยดูดซับธาตุอาหารให้กับพืช ถึงแม้ว่าพืชจะอยู่ในสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมก็ตาม (Subramanian *et al.*, 1997) โดยเฉพาะการช่วยในการดูดซับธาตุฟอสฟอรัส (Graham, 2000; Koide *et al.*, 2000) ซึ่งราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาจะอาศัยเส้นใยที่มีขนาดเล็กกว่ารากพืชมากในการเพิ่มพื้นที่การดูดธาตุอาหาร แล้วสามารถแผ่ขยายไปในพื้นที่ที่รากพืชไม่สามารถเข้า

ไปดูดธาตุอาหารได้ ส่งผลให้พืชอาศัยที่การเจริญเติบโตได้ดีกว่าพืชที่ไม่มีราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา (Bolan, 1991; Abu-Zeyad *et al.*, 1999; Dickson *et al.*, 1999) อีกทั้งยังสามารถช่วยดูดซับธาตุอาหารอื่น ๆ ได้แก่ ไนโตรเจน โปแทสเซียม แคลเซียม และแมงกานีส ได้มากยิ่งขึ้นอีกด้วย (Smith and Read, 1997) เช่นเดียวกับการศึกษาของ Neeta และคณะ (2014) โดยการเพาะกล้ายางพาราโดยวิธีการติดตวยางพาราพันธุ์ RRIM 600 ร่วมกับการใส่ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาเปรียบเทียบกับการไม่ใส่ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา พบว่าการใส่ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาช่วยเพิ่มเจริญเติบโตมากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ อย่างไรก็ตาม ผลการศึกษาของ Graw (1978) ที่ได้ศึกษาด้วยการปลูกดอกดาวเรืองและดอกไม้ออร์ร่วมกับการใช้ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาที่ระดับความเป็นกรด-ด่างของดิน 4.5, 5.6 และ 6.6 พบว่าการใช้ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาที่ระดับเป็นกรด-ด่างของดิน 6.6 มีแนวโน้มการเจริญเติบโตและการดูดซับธาตุอาหารได้ดีกว่าระดับเป็นกรด-ด่างของดิน 4.5 และ 5.6 ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองนี้ที่พบว่าการใส่ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตของยางพาราที่ปลูกในดินที่มีความเป็นกรด-ด่าง 5.0 และ 6.0 แต่มีผลทำให้ยางพาราที่ปลูกในดินที่มีความเป็นกรด-ด่าง 6.5, 7.0 และ 8.0 มีการเจริญเติบโตทั้งทางด้านความสูงและน้ำหนักแห้งมากกว่าการไม่ใส่ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังนั้น ความเป็นกรด-ด่างของดินมีผลต่อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา (Wang *et al.*, 1993)

5. สรุป

ยางพาราพันธุ์ RRIT 251 มีการเจริญเติบโตและการเข้าอยู่อาศัยของราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาในรากมากที่สุด เมื่อปลูกในดินที่มีความเป็นกรด-

ด่าง 5.0 แต่การใส่ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตของยางพาราที่ปลูกในดินที่มีความเป็นกรด-ด่าง 5.0 และ 6.0 อย่างไรก็ตาม การใส่ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซามีผลทำให้ยางพาราที่ปลูกในดินที่มีความเป็นกรด-ด่าง 6.5, 7.0 และ 8.0 มีการเจริญเติบโตทั้งทางด้านความสูงและน้ำหนักแห้งมากกว่าการไม่ใส่ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังนั้น ผลการทดลองนี้จึงชี้ให้เห็นว่าความเป็นกรด-ด่างของดินมีผลต่อประสิทธิภาพของราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาในการส่งเสริมการเจริญเติบโตของยางพารา

6. กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัยที่ให้การสนับสนุนทุนวิจัยประจำปีงบประมาณ 2557 และศูนย์วิจัยยางจะเชิงเทราที่ให้ความอนุเคราะห์จัดหาเมล็ดพันธุ์ยางพารา

7. รายการอ้างอิง

- คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2544, ปฐพีวิทยาเบื้องต้น, ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- นุชนารถ กังพิศดาร, 2548, ประวัติความสำคัญ, น, 3-17, ใน เอกสารวิชาการ ยางพารา, โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย, กรุงเทพฯ.
- วริศ แคนคอง, ดารุณี โกศัยเสวี, สุภาพร ธรรมสุระกุล, มณฑิกานันท์ สงบจิต, ชมลวรรณ ชิวรัมย์ และรชต เกงขุนทด, 2556, การพัฒนาคุณภาพวัสดุปลูกและการผลิตยางพาราด้วยปุ๋ยชีวภาพไมคอร์ไรซา, น. 184-215, รายงานผลการวิจัยเรื่องเต็ม ประจำปี 2556, สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ.
- สุทัศน์ ด้านสกุลผล, สุภาพร ธรรมสุระกุล, ออมทรัพย์ นพอมรบดี, สมยศ สินธุรหัส, สุคนธ์

- แสงแก้ว และสุเมธ พุกษ์วรุณ, 2540, ศึกษาวิธีการปลูกเชื้ออี-เอไมคอร์ไรซากับยางพารา, รายงานผลการวิจัยยางพารา, สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ
- อัญญาณี มั่นคง, อนุสรณ์ แรมลี, รณชัย ดาวดวง, ดวงมล อินทร์แก้ว, มาตุวรรณ บุญยษ์เขียว, อธิวิทย์ แดงกนิษฐ, อรอุมา ประเสริฐ, อิศวรี ทুমรัตน์ และพิชาญ ชูแก้ว, 2556, ศึกษาโครงสร้างการผลิตและวิธีการตลาดยางพาราไทย, น. 23-45, รายงานผลการวิจัยเรื่องเต็มประจำปี 2556, สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ.
- Abu-Zeyad, R., Khan, A.G. and Khoo, C. 1999, Occurrence of arbuscular mycorrhiza in *Castanospermum austral* A, Cunn, and C, Fraser and effects on growth and production of castanospermine, *Mycorrhiza* 9:111-117.
- Alcala, E.A. 2007, Rubber: Manual for Rubber Smallholders in the Philippines, USM and PRBI, Kabacan, North Cotabato, 72 p.
- Bhoopander, G. and Mukerji, K.G., 2004, Mycorrhizal inoculant alleviates salt stress in *Sesbania aegyptiaca* and *Sesbania grandiflora* under field conditions: Evidence for reduced sodium and improved magnesium uptake, *Mycorrhiza* 14: 307-312.
- Bolan, N.S., 1991, A critical review on the role of mycorrhizal fungi in the uptake of phosphorus by plants, *Plant Soil* 134: 189-207.
- Dickson, S., Smith, S.E. and Smith, F.A., 1999, Characterization of two arbuscular mycorrhizal fungi in symbiosis with *Allium porrum*: Colonization, plant growth and phosphate uptake, *New Phytol.* 144: 163-172.
- Graham, J.H., 2000, Assessing Cost of Arbuscular Mycorrhizal Symbiosis in Agroecosystems, pp. 127-140, In Podila, G. K., Douds, Jr., D.D. (Eds.), *Current Advances in Mycorrhizal Research*, APS Press, St. Paul NM.
- Graw, D., 1978, The Influence of Soil pH on The efficiency of vesicular-arbuscular mycorrhiza, *New Phytol.* 82: 687-695.
- Koide, R.T., Goff, M.D. and Dickie, I.A., 2000, Component growth efficiencies of mycorrhizal and nonmycorrhizal plants, *New Phytol.* 148: 163-168.
- Lalani, S., 2000, Rubber growing soils and their characteristics, *Bull. Rubb. Res. Inst. Sri Lanka.* 41: 10-21.
- Lovelock, C.E., Wright, S.F., Clark, D.A. and Ruess, R.W., 2004, Soil stocks of glomalin produced by arbuscular mycorrhizal fungi across a tropical rain forest landscape, *J. Ecol.* 92: 278-287.
- Marschner, H. and Dell, B., 1994, Nutrient uptake in mycorrhizal symbiosis, *Plant Soil* 159: 89-102.
- McGonigle, T.P., Miller, M.H., Evans, D.G., Fairchild, G.L. and Swan, J.A., 1990, A new method which gives an objective measure of colonization of roots by vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi, *New Phytol.* 115: 495-501.
- Mikkelsen, B.L., Rosendahl, S. and Jakobsen, I., 2008, Underground resource allocation between individual networks of mycorrhizal fungi, *New Phytol.* 180: 890-898.
- Neeta, B., Vipin, P., Ajit, K.T., Ankur, J.S. and Robindra, T., 2014, Arbuscular mycorrhizal

- inoculation affects growth and rhizospheric nutrient availability in *Hevea brasiliensis* (Willd, ex A, Juss.) Mull, Arg, Clones, Int. J. Curr. Biotechnol. 2(7): 14-21.
- Phillips, J.M. and Hayman, D.S., 1970, Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection, Trans. Brit. Mycol. Soc. 55: 158-161.
- Poomipan, P., Suwanarit, A., Suwanarit, P., Nopamornbodi, O. and Dell, B., 2011, Reintroduction of a native *Glomus* to a tropical Ultis soil promoted grain yield in maize after fallow and restored the density of arbuscular mycorrhizal fungal spores, J. Plant Nutr. Soil Sci. 174: 257-268.
- Smith, S.E. and Read, D.J., 1997, Mycorrhizal Symbiosis, Academic Press, London.
- Subramanian, K.S., Charest, C., Dwyer, L.M., and Hamilton, R.I., 1997, Effect of arbuscular mycorrhizae on leaf water potential, sugar content and P content during drought and recovery of maize, Can. J. Bot. 75: 1582-1591.
- Trouvelet, A., Kough, J.L. and Gianinazzi-Pearson, V., 1985, Mesure du taux de mycorrhization VA d'un système racinaire, pp. 217-221, Recherche de méthodes d'estimation ayant une signification fonctionnelle.
- Wang, G.M., Stribley, D.P., Tinker, P.B. and Walker, C. 1993, Effect of pH on arbuscular mycorrhiza: I. Field observations on the long-term liming experiments at Rothamsted and Woburn, New Phytol. 124: 465-472.