

ผลของราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา
ต่อการเจริญเติบโตของยางพาราพันธุ์เศรษฐกิจ
Effect of Arbuscular Mycorrhizal Fungi on
Growth of Economic Rubber Varieties

ภริยา ชมภูผิว, พักตร์เพ็ญ ภูมิพันธ์* และธัญพิสิษฐ์ พวงจิก
สาขาวิชาเทคโนโลยีการเกษตร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
ศูนย์รังสิต ตำบลคลองหนึ่ง อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี 12120

ปวีณา ทองเหลือง

ศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ตำบลกลางดง อำเภอปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา 30320

Phiraya Chomphuphiw, 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

การศึกษาผลของราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาต่อการเจริญเติบโตของยางพาราพันธุ์เศรษฐกิจสำคัญ โดยวางแผนการทดลองแบบ 4 x 2 factorial in CRD จำนวน 3 ซ้ำ ประกอบด้วย 2 ปัจจัย คือ (1) พันธุ์ยางพารา (BPM 24, RRIM 600, RRIT 251 และ RRIT 408) และ (2) ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา (ไมใช่และใส่ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา) โดยย้ายกล้ายางพาราลงปลูกในกระถางรวมกับการไม่ใส่และใส่ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาจนกระทั่งอายุ 12 เดือน ผลการทดลองพบว่ายางพาราแต่ละพันธุ์มีอัตราการเจริญเติบโตแตกต่างกัน โดยพันธุ์ RRIT 408 และ RRIT 251 มีการเจริญเติบโตดีกว่าพันธุ์ BPM 24 และ RRIM 600 และราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซามีการเข้าอยู่อาศัยในรากของยางพาราแตกต่างกันโดยพันธุ์ BPM 24, RRIT 408 และ RRIT 251 มีการเข้าอยู่อาศัยของราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาในรากมากกว่าพันธุ์ RRIM 600 อย่างไรก็ตาม การใส่ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซามีผลทำให้ความสูงเมื่ออายุ 4 เดือน และน้ำหนักแห้งส่วนเหนือดินของยางพาราทุกพันธุ์เพิ่มขึ้น โดยปฏิสัมพันธ์ร่วมของพันธุ์กับราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตของยางพารา ดังนั้นผลการทดลองนี้จึงชี้ให้เห็นว่าราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของยางพาราได้ทุกพันธุ์

คำสำคัญ : ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา; ยางพารา

Abstract

A study on effect of arbuscular mycorrhizal (AM) fungi on growth of economic rubber varieties was undertaken in 4 x 2 Factorial in CRD with 3 replications, consisting 2 factors; (1) rubber varieties (BPM 24, RRIM 600, RRIT 251 and RRIT 408) and (2) arbuscular mycorrhizal (AM) fungi (without and with AM fungi). Rubber seedling without and with AM fungi were planted in pot for 12 months. The results had shown that each rubber variety had difference in growth rate, RRIT 408 and RRIT 251 grew better than BPM 24 and RRIM 600. Difference in AM colonization of each rubber varieties was also found. The AM colonization in roots of BPM 24, RRIT 408 and RRIT 251 were higher than RRIM 600. However, application of AM fungi had resulted in increasing height at 4 months old and shoots dry weight of all rubber varieties. Interaction between rubber variety and AM fungi did not effect on the growth of rubber. Therefore, these results indicated that AM fungi can promote the growth of all rubber varieties.

Keywords: arbuscular mycorrhizal fungi; rubber

1. คำนำ

ยางพารา (*Hevea brasiliensis* L.) เป็นพืชที่มีบทบาทสำคัญต่อเศรษฐกิจและการพัฒนาประเทศอย่างมาก เนื่องจากประเทศไทยมีการส่งออกยางธรรมชาติมากที่สุดในโลกด้วย ซึ่งมีสัดส่วนการส่งออกยางพาราอยู่ที่ประมาณร้อยละ 40 ของการส่งออกยางทั้งหมดของโลก โดยตลาดยางพาราส่วนใหญ่เป็นประเทศที่มีความเจริญทางอุตสาหกรรม เช่น สหรัฐอเมริกา จีน ญี่ปุ่น เกาหลีใต้ และมาเลเซีย สำหรับลักษณะสินค้ายางส่งออก ได้แก่ ยางแผ่นรมควัน ยางแท่ง น้ำยางข้น ผลิตภัณฑ์ยาง เช่น ถุงมือยาง ท่อยาง ยางรถยนต์ เป็นต้น และยังมีไม้ยางแปรรูปและเฟอร์นิเจอร์ไม้ยางอีกด้วย ดังนั้นยางพาราจึงมีความสำคัญต่อประเทศไทยทั้งด้านเศรษฐกิจ สังคม และสภาพแวดล้อม (มานะชัย, 2549; สำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร, 2558) อย่างไรก็ตาม ในปัจจุบันความต้องการใช้ยางพาราของโลกขยายตัวอย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะอุตสาหกรรมการผลิตยางรถยนต์ของจีนที่ขยายตัวอย่างรวดเร็วจึงทำให้มีความจำเป็นที่จะต้องใช

ปุ๋ยเคมีในการเพาะปลูกยางพารา เพื่อเพิ่มผลผลิตให้เพียงพอแก่ความต้องการในการใช้ยางพาราของโลก แต่กระบวนการผลิตปุ๋ยเคมีของประเทศไทยต้องใช้วัตถุดิบที่นำเข้าจากต่างประเทศทั้งหมด ทำให้สูญเสียเงินเป็นจำนวนมาก ซึ่ง ในปี พ.ศ. 2558 มีการนำเข้าปุ๋ยเคมีมากถึง 4.7 ล้านตัน คิดเป็นมูลค่า 56,709 ล้านบาท (สำนักวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร, 2558)

ดังนั้นจึงจำเป็นต้องหาวิธีการเพิ่มธาตุอาหารให้กับยางพาราด้วยวิธีอื่น นอกเหนือจากการใช้ปุ๋ยเคมี ซึ่งในปัจจุบันมีการศึกษารายการอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซากับพืชหลายชนิด เนื่องจากรายาอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซามีความสามารถในการช่วยเพิ่มพื้นที่ผิวรากพืชในการดูดน้ำและธาตุอาหาร โดยเฉพาะธาตุฟอสฟอรัส โดยรายาอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาจะทำหน้าที่เสมือนเป็นตัวกลางที่ทำให้เกิดการเคลื่อนย้ายธาตุอาหารจากดินมาสู่พืช พืชจึงได้รับธาตุอาหารเพิ่มขึ้น ทำให้พืชที่มีรายาอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาเข้าอยู่อาศัยในรากมีการเจริญเติบโตดีกว่าพืชที่ไม่มีรายาอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาเข้าอยู่อาศัย

และช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตและการรอดชีวิตของพืช เช่น เพิ่มความทนทานต่อความแห้งแล้ง ความเค็ม ลดการทำลายของศัตรูพืชในระบบรากพืชได้ (พัคตร์เพ็ญ, 2556) นอกจากนี้การศึกษาของ Mohammad และ Malkawi (2004) พบว่าราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาช่วยเพิ่มการดูดซับฟอสฟอรัสของข้าวสาลีในดินที่มีฟอสฟอรัสต่ำ รวมทั้งช่วยเพิ่มการดูดซับเหล็ก สังกะสี และทองแดงอีกด้วย จึงแสดงให้เห็นว่าราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซามีศักยภาพที่จะนำมาใช้ทดแทนปุ๋ยเคมีในยางพาราได้ (สุทัศน์ และคณะ, 2540; วริศ และคณะ, 2556) ดังนั้นการทดลองนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาต่อการเจริญเติบโตของยางพาราพันธุ์เศรษฐกิจ

2. อุปกรณ์และวิธีการ

วางแผนการทดลองแบบ 4 x 2 factorial in CRD จำนวน 3 ซ้ำ ประกอบด้วย 2 ปัจจัย คือ (1) พันธุ์ยางพารา ได้แก่ BPM 24, RRIM 600, RRIT 251 และ RRIT 408 และ (2) ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา ได้แก่ การไม่ใส่ผงราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา (NM) และการใส่ผงราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา (AM) ดังนั้นสิ่งทดลองจะมีทั้งหมด 8 สิ่งทดลอง ได้แก่ (1) BPM 24 NM (2) BPM 24 AM (3) RRIM 600 NM (4) RRIM 600 AM (5) RRIT 251 NM (6) RRIT 251 AM (7) RRIT 408 NM และ (8) RRIT 408 AM

เก็บตัวอย่างชุดดินปากช่องจากศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ จังหวัดนครราชสีมา ที่ระดับความลึก 0-20 เซนติเมตร นำมาผึ่งให้แห้งในที่ร่ม แยกเศษพืชออก นำไปอบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 ชั่วโมง สลับกับทิ้งให้เย็นเป็นเวลา 8 ชั่วโมง จำนวน 2 รอบ เพื่อกำจัดสปอร์ของราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาตามธรรมชาติ เตรียมกระถางพลาสติกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 20

นิ้ว บรรจุดิน 20 กิโลกรัม ใส่ผงเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา (soil inoculum) ของกรมวิชาการเกษตรที่มี *Glomus* sp. และ *Aculospora* sp. จำนวน 25 สปอร์ต่อผงเชื้อ 1 กรัม ซึ่งผ่านการประเมินมาแล้วว่าสามารถใช้ได้ผลดีกับยางพารา โดยใส่ 100 กรัมต่อกระถาง ตามแผนการทดลองเตรียมกล้ายางพาราโดยนำเมล็ดยางพารา (ได้มาจากศูนย์วิจัยยางชะเชิงเทรา) มาล้างทำความสะอาดแล้วแช่น้ำสะอาด จากนั้นเพาะลงในขุยมะพร้าวที่ผ่านการอบฆ่าเชื้อด้วย autoclave ดูแลรดน้ำเป็นเวลา 2 สัปดาห์ จากนั้นย้ายกล้าลงในถุงเพาะชำที่ใส่ดินขุยมะพร้าวที่ผ่านการอบฆ่าเชื้อด้วย autoclave ดูแลรดน้ำสม่ำเสมอจนกระทั่งกล้ายางเริ่มแตกฉัตรที่ 2 จึงย้ายกล้ายางพาราปลูก 1 ต้นต่อกระถาง ใส่ปุ๋ยเมื่อกล้ายางอายุ 4 และ 6 เดือน โดยใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในรูปยูเรีย ในอัตรา 50 กก./ไร่ ปุ๋ยโพแทสเซียมในรูป KCl ในอัตรา 50 กก./ไร่ ปุ๋ยแคลเซียมในรูป CaCl ในอัตรา 10 กก./ไร่ และปุ๋ยแมกนีเซียมในรูป MgSO₄ ในอัตรา 10 กก./ไร่ ตามลำดับ ให้นำน้ำ กำจัดแมลง-วัชพืชโดยวิธีกล

บันทึกความสูงและขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นเมื่อยางพารามีอายุ 4, 8 และ 12 เดือน บันทึกน้ำหนักแห้งส่วนเหนือดินและน้ำหนักแห้งรากเมื่อยางพาราอายุ 12 เดือน และประเมินการเข้าอยู่อาศัยของราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาในราก โดยนำรากไปย้อมสีรากตามวิธีการของ Philips และ Hayman (1970) นำรากที่ย้อมสีแล้วมาประเมินการเข้าอยู่อาศัยในรากของราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา (AM colonization) ตามวิธีของ McGonigle และคณะ (1990) และคำนวณเปอร์เซ็นต์การอยู่อาศัยของราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาในราก ตามวิธี การของ Trouvelet และคณะ (1985) จากนั้นวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของสิ่งทดลองด้วยวิธี Duncan's multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

3. ผลการวิจัย

3.1 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นของยางพารา เมื่ออายุ 4, 8 และ 12 เดือน

ปัจจัยด้านพันธุ์ยางพารามีผลต่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นที่อายุ 4 เดือน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P value < 0.001) โดยพันธุ์ RRIT 408 มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง (0.70±0.04 เซนติเมตร) มากกว่าพันธุ์ BPM 24 (0.24±0.07 เซนติเมตร) RRIM 600 (0.50±0.08 เซนติเมตร) และ RRIT 251 (0.50±0.04 เซนติเมตร) อย่างไรก็ตาม เมื่อยางพารามีอายุ 8 และ 12 เดือน พบว่าปัจจัยด้านพันธุ์ยางพาราไม่ทำให้เกิดความ

แตกต่างของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น ส่วนปัจจัยด้านราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาที่มีต่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น พบว่าไม่มีผลทำให้เกิดความแตกต่างระหว่างการไม่ใส่และการใส่ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาทั้งเมื่อยางพารามีอายุ 4 (P value = 0.831) 8 (P value = 0.124) และ 12 (P value = 0.238) เดือน เช่นเดียวกับปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์ยางพารากับราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา พบว่าไม่มีผลต่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นของยางพาราเมื่ออายุ 4 (P value = 0.451) 8 (P value = 0.129) และ 12 (P value = 0.482) เดือน (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นของยางพาราพันธุ์ BPM 24, RRIM 600, RRIT 251 และ RRIT 408 ที่ไม่ใส่และใส่ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา เมื่ออายุ 4, 8 และ 12 เดือน

| สิ่งทดลอง | เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น (เซนติเมตร) | | |
|---|------------------------------------|------------------------|------------------------|
| | 4 เดือน | 8 เดือน | 12 เดือน |
| ปัจจัยที่ 1 พันธุ์ยางพารา | | | |
| BPM 24 | 0.42±0.07 ^{b 1/} | 0.73±0.18 ^a | 1.81±0.26 ^a |
| RRIM 600 | 0.50±0.08 ^b | 0.69±0.16 ^a | 1.51±0.24 ^a |
| RRIT 251 | 0.50±0.04 ^b | 0.76±0.09 ^a | 1.65±0.34 ^a |
| RRIT 408 | 0.70±0.04 ^a | 0.87±0.11 ^a | 1.71±0.48 ^a |
| P value | <0.001 | 0.104 | 0.529 |
| ปัจจัยที่ 2 ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา | | | |
| NM | 0.53±0.11 ^a | 0.72±0.14 ^a | 1.58±0.27 ^a |
| AM | 0.53±0.14 ^a | 0.80±0.15 ^a | 1.76±0.39 ^a |
| P value | 0.831 | 0.124 | 0.238 |
| ปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์ยางพารากับราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา | | | |
| BPM 24 NM | 0.45±0.09 ^a | 0.77±0.11 ^a | 1.57±0.03 ^a |
| BPM 24 AM | 0.39±0.04 ^a | 0.69±0.25 ^a | 2.04±0.03 ^a |
| RRIM 600 NM | 0.49±0.10 ^a | 0.55±0.04 ^a | 1.51±0.21 ^a |
| RRIM 600 AM | 0.52±0.08 ^a | 0.82±0.07 ^a | 1.52±0.31 ^a |
| RRIT 251 NM | 0.50±0.03 ^a | 0.71±0.01 ^a | 1.70±0.12 ^a |
| RRIT 251 AM | 0.50±0.06 ^a | 0.81±0.10 ^a | 1.60±0.52 ^a |
| RRIT 408 NM | 0.67±0.05 ^a | 0.86±0.14 ^a | 1.56±0.56 ^a |
| RRIT 408 AM | 0.72±0.02 ^a | 0.88±0.10 ^a | 1.86±0.44 ^a |
| P value | 0.451 | 0.129 | 0.482 |

^{1/}ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานในแนวตั้งตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ P < 0.05 โดยวิธี DMRT

3.2 ความสูงของยางพารา เมื่ออายุ 4, 8 และ 12 เดือน

ปัจจัยด้านพันธุ์ยางพารามีผลต่อความสูงเมื่ออายุ 4 เดือน (P value < 0.001) และ 12 เดือน (P value = 0.018) แต่ไม่มีผลต่อความสูงเมื่ออายุ 8 เดือน (P value = 0.400) กล่าวคือ เมื่ออายุ 4 เดือนพบว่าพันธุ์ RRIT 408 มีความสูงมากที่สุด (81.05±16.60 เซนติเมตร) รองลงมา คือ พันธุ์ RRIT 251 (61.63±8.06 เซนติเมตร) และ น้อยที่สุด คือ พันธุ์ BPM 24 (44.70±7.34 เซนติเมตร) และ RRIM 600 (50.00±14.55 เซนติเมตร) และเมื่ออายุ 12 เดือนพบว่าพันธุ์ RRIT 251 มีความสูง (264.67±18.99 เซนติเมตร) มากกว่า BPM 24 (185.75±15.03 เซนติเมตร) RRIM 600 170.75±27.74 เซนติเมตร) และ RRIT 408 (196.50±56.18 เซนติเมตร) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เช่นเดียวกับปัจจัยด้านราอาร์-

บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา พบว่า มีผลต่อความสูงเมื่ออายุ 4 เดือน (P value = 0.043) แต่ไม่มีผลต่อความสูงเมื่ออายุ 8 เดือน (P value = 0.826) และ 12 เดือน (P value = 0.973) กล่าวคือ การใส่ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาทำให้มีความสูงเมื่ออายุ 4 เดือน เท่ากับ 64.39±20.59 เซนติเมตร ซึ่งมากกว่าการไม่ใส่ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา (54.30±14.85 เซนติเมตร) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่เมื่อยางพารามีอายุ 8 และ 12 เดือน พบว่าไม่มีความแตกต่างระหว่างการไม่ใส่และใส่ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา นอกจากนี้ ปฏิสัมพันธ์ร่วมระหว่างพันธุ์ยางพารากับการใส่ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาไม่มีผลต่อความสูงทั้งเมื่ออายุ 4 เดือน (P value = 0.389) 8 เดือน (P value = 0.098) และ 12 เดือน (P value = 0.998) (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 ความสูงของยางพาราพันธุ์ BPM 24, RRIM 600, RRIT 251 และ RRIT 408 ที่ไม่ใส่และใส่ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา เมื่ออายุ 4, 8 และ 12 เดือน

| สิ่งทดลอง | ความสูงของยางพารา (เซนติเมตร) | | |
|---|-------------------------------|---------------------------|---------------------------|
| | 4 เดือน | 8 เดือน | 12 เดือน |
| ปัจจัยที่ 1 พันธุ์ยางพารา | | | |
| BPM 24 | 44.70±7.34 ^{c1/} | 87.21±17.26 ^a | 185.75±15.03 ^b |
| RRIM 600 | 50.00±14.55 ^c | 81.23±20.03 ^a | 170.75±27.74 ^b |
| RRIT 251 | 61.63±8.06 ^b | 95.42±18.63 ^a | 264.67±18.99 ^a |
| RRIT 408 | 81.05±16.60 ^a | 102.00±20.73 ^a | 196.50±56.18 ^b |
| P value | <0.001 | 0.400 | 0.018 |
| NM | 54.30±14.85 ^b | 90.47±24.98 ^a | 204.08±58.72 ^a |
| AM | 64.39±20.59 ^a | 92.46±23.01 ^a | 204.75±52.01 ^a |
| P value | 0.043 | 0.826 | 0.973 |
| ปฏิสัมพันธ์ร่วมระหว่างพันธุ์ยางพารากับราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา | | | |
| BPM 24 NM | 44.50±4.50 ^a | 105.25±25.25 ^a | 183.50±4.50 ^a |
| BPM 24 AM | 44.90±10.69 ^a | 69.17±32.38 ^a | 188.00±23.00 ^a |
| RRIM 600 NM | 39.83±5.55 ^a | 67.63±17.73 ^a | 173.17±27.74 ^a |
| RRIM 600 AM | 60.17±13.73 ^a | 94.83±11.56 ^a | 168.33±24.01 ^a |
| RRIT 251 NM | 59.70±9.04 ^a | 86.17±14.46 ^a | 262.33±22.03 ^a |
| RRIT 251 AM | 63.57±8.33 ^a | 104.67±20.05 ^a | 267.00±20.00 ^a |
| RRIT 408 NM | 73.17±6.60 ^a | 102.83±30.07 ^a | 197.33±53.52 ^a |
| RRIT 408 AM | 88.93±21.42 ^a | 101.17±12.98 ^a | 195.67±62.20 ^a |
| P value | 0.389 | 0.098 | 0.998 |

^{1/}ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานในแนวตั้งตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ P < 0.05 โดยวิธี DMRT

3.3 น้ำหนักแห้งส่วนเนื้อดิน ราก และทั้งหมดของยางพารา เมื่ออายุ 12 เดือน

ปัจจัยด้านพันธุ์ยางพาราที่มีผลต่อน้ำหนักแห้งส่วนเนื้อดินอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P value = 0.006) กล่าวคือ พันธุ์ RRIT 251 มีน้ำหนักแห้งส่วนเนื้อดินมากที่สุด (181.68±11.21 กรัมต่อต้น) แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับน้ำหนักแห้งส่วนเนื้อดินของพันธุ์ RRIT 408 (162.68±43.38 กรัมต่อต้น) รองลงมา คือ พันธุ์ BPM 24 (138.20±25.87 กรัมต่อต้น) และ RRIM 600 (130.13±14.33

กรัมต่อต้น) ตามลำดับ เช่นเดียวกับ ปัจจัยด้านราอาร์บัสคูลารีไมคอร์ไรซา พบว่ามีผลต่อน้ำหนักแห้งส่วนเนื้อดินอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P value = 0.014) กล่าวคือ การใส่ราอาร์บัสคูลารีไมคอร์ไรซาทำให้ยางพารามีน้ำหนักแห้งส่วนเนื้อดิน (166.46±22.04 กรัมต่อต้น) มากกว่าการไม่ใส่ราอาร์บัสคูลารีไมคอร์ไรซา (139.89±36.66 กรัมต่อต้น) อย่างไรก็ตาม ปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์ยางพารากับราอาร์บัสคูลารีไมคอร์ไรซาไม่มีผลต่อน้ำหนักแห้งส่วนเนื้อดิน (P value = 0.515) (ตารางที่ 3)

ตารางที่ 3 น้ำหนักแห้งส่วนเนื้อดิน น้ำหนักแห้งรากและน้ำหนักแห้งทั้งหมดของยางพาราพันธุ์ BPM 24, RRIM 600, RRIT 251 และ RRIT 408 ที่ไม่ใส่และใส่ราอาร์บัสคูลารีไมคอร์ไรซา

| สิ่งทดลอง | น้ำหนักแห้งส่วนเนื้อดิน (กรัมต่อต้น) | น้ำหนักแห้งราก (กรัมต่อต้น) | น้ำหนักแห้งทั้งหมด (กรัมต่อต้น) |
|---|--------------------------------------|-----------------------------|---------------------------------|
| ปัจจัยที่ 1 พันธุ์ยางพารา | | | |
| BPM 24 | 138.20±25.87 ^{bc 1/} | 57.74±4.90 ^{ab} | 195.94±28.55 ^{bc} |
| RRIM 600 | 130.13±14.33 ^c | 45.25±12.03 ^b | 175.38±20.29 ^c |
| RRIT 251 | 181.68±11.21 ^a | 73.22±13.98 ^a | 254.90±19.89 ^a |
| RRIT 408 | 162.68±43.38 ^{ab} | 71.19±31.80 ^a | 233.87±52.58 ^{ab} |
| P value | 0.006 | 0.080 | 0.015 |
| ปัจจัยที่ 2 ราอาร์บัสคูลารีไมคอร์ไรซา | | | |
| NM | 139.89±36.66 ^b | 62.59±26.28 ^a | 202.48±26.96 ^a |
| AM | 166.46±22.04 ^a | 61.11±14.53 ^a | 227.57±33.20 ^a |
| P value | 0.014 | 0.854 | 0.149 |
| ปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์ยางพารากับราอาร์บัสคูลารีไมคอร์ไรซา | | | |
| BPM 24 NM | 115.90±4.44 ^a | 56.93±4.52 ^a | 172.83±8.96 ^a |
| BPM 24 AM | 160.49±12.74 ^a | 58.56±6.13 ^a | 219.05±18.87 ^a |
| RRIM 600 NM | 121.13±16.37 ^a | 37.23±7.60 ^a | 158.35±8.77 ^a |
| RRIM 600 AM | 139.14±1.49 ^a | 53.27±10.55 ^a | 192.41±9.07 ^a |
| RRIT 251 NM | 178.15±13.36 ^a | 77.19±20.25 ^a | 255.34±31.14 ^a |
| RRIT 251 AM | 185.21±9.91 ^a | 69.26±5.59 ^a | 254.47±4.33 ^a |
| RRIT 408 NM | 144.38±38.65 ^a | 79.01±39.65 ^a | 223.39±58.95 ^a |
| RRIT 408 AM | 180.99±19.78 ^a | 63.36±27.78 ^a | 244.34±46.21 ^a |
| P value | 0.515 | 0.542 | 0.776 |

^{1/}ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานในแนวตั้งตามตัวอักษรที่เหมือนกัน ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ P < 0.05 โดยวิธี DMRT

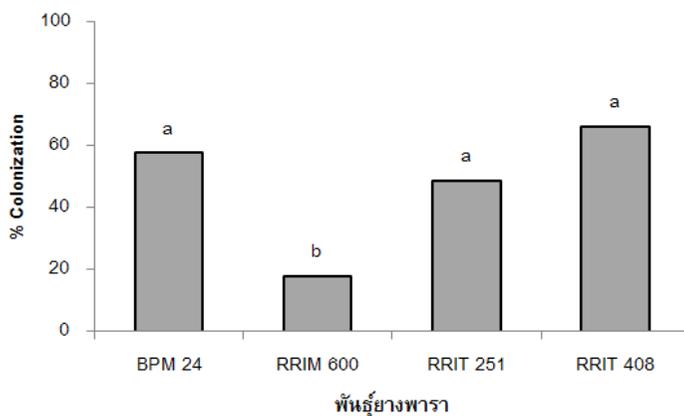
ปัจจัยด้านพันธุ์ยางพารามีผลต่อน้ำหนักแห้งรากอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P value = 0.080) กล่าวคือ พันธุ์ RRIT 251 (73.22 ± 13.98 กรัมต่อต้น) และ RRIT 408 (71.19 ± 31.80 กรัมต่อต้น) มีน้ำหนักแห้งรากมากที่สุด แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับน้ำหนักแห้งรากของพันธุ์ BPM 24 (57.74 ± 4.90 กรัมต่อต้น) ส่วนพันธุ์ RRIM 600 มีน้ำหนักแห้งรากน้อยที่สุด (45.25 ± 12.03 กรัมต่อต้น) แต่อย่างไรก็ตาม ปัจจัยด้านราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาไม่มีผลต่อน้ำหนักแห้งราก (P value = 0.854) โดยการไม่ใส่ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาทำให้ยางพารามีน้ำหนักแห้งราก 62.59 ± 26.28 กรัมต่อต้น และการใส่ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาให้ยางพารามีน้ำหนักแห้งราก 61.11 ± 14.53 กรัมต่อต้น เช่นเดียวกับปฏิสัมพันธ์ร่วมระหว่างพันธุ์ยางพารากับราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา พบว่าไม่มีผลต่อน้ำหนักแห้งราก (P value = 0.542) (ตารางที่ 3)

ปัจจัยด้านพันธุ์ยางพารามีผลต่อน้ำหนักแห้งทั้งหมดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P value = 0.015) กล่าวคือ พันธุ์ RRIT 251 มีน้ำหนักแห้งทั้งหมดมากที่สุด (254.90 ± 19.89 กรัมต่อต้น) แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับน้ำหนักแห้งส่วนเหนือดินของพันธุ์ RRIT 408 (233.87 ± 52.58 กรัมต่อต้น) รองลงมา คือ พันธุ์ BPM 24 (195.94 ± 28.55 กรัม

ต่อต้น) และ RRIM 600 (175.38 ± 20.29 กรัมต่อต้น) ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม ปัจจัยด้านราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาไม่มีผลต่อน้ำหนักแห้งทั้งหมด (P value = 0.149) โดยการไม่ใส่ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาทำให้ยางพารามีน้ำหนักแห้งทั้งหมด 202.48 ± 26.96 กรัมต่อต้น และการใส่ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาให้ยางพารามีน้ำหนักแห้งราก 227.57 ± 33.20 กรัมต่อต้น เช่นเดียวกับปฏิสัมพันธ์ร่วมระหว่างพันธุ์ยางพารากับราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา พบว่าไม่มีผลต่อน้ำหนักแห้งราก (P value = 0.776) (ตารางที่ 3)

3.4 การเข้าอยู่อาศัยของราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาในรากยางพารา

พันธุ์ยางพารามีผลต่อการเข้าอยู่อาศัยของราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาในราก (P value < 0.001) โดย พันธุ์ RRIT 408 มีการเข้าอยู่อาศัยของราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาในรากมากที่สุด (66.33 ± 5.75 เปอร์เซ็นต์) แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับพันธุ์ BPM 24 (57.63 ± 5.63 เปอร์เซ็นต์) และ RRIT 251 (48.67 ± 14.65 เปอร์เซ็นต์) ส่วนพันธุ์ที่มีการเข้าอยู่อาศัยของราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาในรากต่ำสุด คือ RRIM 600 (17.97 ± 8.37 เปอร์เซ็นต์) (รูปที่ 1)



รูปที่ 1 การเข้าอยู่อาศัยของราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาในรากของยางพาราพันธุ์ BPM 24, RRIM 600, RRIT 251 และ RRIT 408

4. วิจารณ์

การใส่ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซามีผลทำให้น้ำหนักแห้งส่วนเหนือดินของยางพาราทุกพันธุ์เพิ่มขึ้นมากกว่าการไม่ใส่ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งนี้เนื่องจากราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาสามารถดูดซับธาตุอาหารให้แก่พืชได้ โดยราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาจะทำหน้าที่เสมือนเป็นตัวกลางที่ทำให้เกิดการเคลื่อนย้ายธาตุอาหารจากดินมาสู่พืช เส้นใยราจะเจริญในแนวขนานกับราก จากนั้นจะสร้าง appressoria เพื่อไว้ยึดเกาะกับรากพืช และจะแตกแขนงเส้นใยราสอดแทรกเข้าไปในเซลล์ผิวรากและคอร์เทกซ์ มีการสร้างโครงสร้างพิเศษที่เรียกว่าอาร์บัสคูล (arbuscule) ทำหน้าที่ในการแลกเปลี่ยนอาหารระหว่างรากพืชและรา หรือรบบางชนิดอาจมีการสร้างเวสิเคิล (vesicle) ทำหน้าที่ในการเก็บสะสมอาหารในรูปของลิปิดในเซลล์ชั้นคอร์เทกซ์ หลังจากราได้รับอาหารจากพืชเส้นใยรานอกรากพืช ก็จะเจริญออกไปตามผิวรากรวมทั้งเจริญออกไปในดินขยายเส้นใยให้กว้างขวางขึ้น (มหาวิทยาลัยสุรนารี, 2556) ใยราที่อยู่ภายนอกรากจะทอดยาวและแตกแขนงสร้างเครือข่ายของกระจุกใยรา (mycelium) ที่สัมผัสใต้ไกลและทั่วถึงกว่ารากพืช จึงดูดซับธาตุอาหารได้มาก โดยเฉพาะธาตุฟอสฟอรัส ซึ่งมักอยู่ในรูปที่ไม่เป็นประโยชน์ต่อพืช ทำให้ในดินทั่วไปมีฟอสฟอรัสต่ำ แต่ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาช่วยเพิ่มการดูดซับฟอสฟอรัสให้กับพืชได้ โดยเส้นใยรานอกรากพืชจะดูด inorganic phosphorus (Pi) เข้ามา แล้วแปรสภาพ Pi ให้กลายเป็นอนุภาคโพลีฟอสเฟต (PPI) แล้วส่งไปทางกระแสไซโทพลาซึมมาตามใยราจนถึงอาร์บัสคูล เอนไซม์โพลีฟอสฟาเทส (polyphosphatase) ในอาร์บัสคูลจะย่อย PPI ให้กลายเป็น Pi แล้วถ่ายโอนให้เซลล์ราก ทำให้พืชได้รับฟอสฟอรัสเพิ่มขึ้น (ยงยุทธ, 2543) การดูดซับฟอสฟอรัสโดยราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซามี

ประสิทธิภาพสูงกว่าการดูดซับผ่านทางระบบรากพืช จึงทำให้พืชที่มีราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาเข้าอยู่อาศัยในรากได้รับฟอสฟอรัสมากกว่าพืชที่ไม่มีราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาในราก นอกจากนี้ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซายังสามารถดูดซับธาตุอาหารอื่นได้อีกด้วย ได้แก่ สังกะสี ไนโตรเจน โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม คอปเปอร์ และเหล็ก ซึ่งธาตุอาหารเหล่านี้มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช ดังนั้นจึงส่งผลให้พืชที่มีราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาเข้าอยู่อาศัยในรากมีการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้น (พักตร์เพ็ญ, 2556)

จึงสรุปได้ว่าการใส่ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาสามารถเพิ่มการเจริญเติบโตของยางพาราได้ดีกว่าการไม่ใส่ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา โดยพันธุ์ยางพาราไม่มีผลต่อประสิทธิภาพของราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Janos และคณะ (2001) ศึกษาผลของราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาต่อการส่งเสริมการเจริญเติบโตของต้นลิ้นจี่ (*Litchi Chinensis*) ที่ขยายพันธุ์ด้วยกิ่งตอนโดยภายหลังจากที่ใส่ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาได้ 120 วัน พบว่า ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตทางด้านความสูงและการสร้างใบ รวมถึงทำให้มีน้ำหนักแห้งของส่วนเหนือดินสูงกว่าต้นที่ไม่มีราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาถึง 39 % อีกทั้งการศึกษาของ Li และคณะ (2015) พบว่าราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาสามารถเพิ่มการเจริญเติบโตและสังเคราะห์สารประกอบ phenolic ใน *Poncirus trifoliata* ได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เช่นเดียวกับรายงานของ มลชัย (2541) ที่ศึกษาผลของราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาต่อการเจริญเติบโตของปอแก้ว (*Hibiscus sabdariffa* var. *altissima*) และการเข้าทำลายปอแก้วของไส้เดือนฝอยรากปม *Meloidogyne incognita* พบว่าราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาทั้ง 6 ชนิด จะช่วยทำให้ความสูง น้ำหนักสด และน้ำหนักแห้งของปอแก้วมากกว่าต้นที่ไม่ได้

ปลูกราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นอกจากนี้ยังมีรายงานของ Ortas (2012) ที่ศึกษาผลของการใส่ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาต่อผลผลิต การดูดซับธาตุอาหาร และประสิทธิภาพของราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาในพืชหลายชนิดพบว่าในพืชตระกูลพริก-มะเขือ ตระกูลถั่ว และตระกูลแตง มีการตอบสนองที่ดีต่อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา และพืชที่มีการใส่ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซามีการดูดซับธาตุอาหารได้สูงกว่าพืชที่ไม่มีการใส่ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา และ สมบุญ และ สาลี (2535) ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา ไรโซเบียมและปุ๋ยฟอสฟอรัสระดับต่างๆ ในถั่วเขียว พบว่าการใส่ไรโซเบียมร่วมราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาจะเพิ่มการดูดซับไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม และเพิ่มการเจริญเติบโตของถั่วเขียวมากกว่าต้นพืชที่ใส่ไรโซเบียมหรือราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาอย่างเดียว โดยเฉพาะอย่างยิ่งในดินที่มีธาตุฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืชต่ำ

5. สรุป

ยางพาราแต่ละพันธุ์จะมีอัตราการเจริญเติบโตแตกต่างกัน โดยพันธุ์ RRIT 408 และ RRIT 251 มีการเจริญเติบโตดีกว่าพันธุ์ BPM 24 และ RRIM 600 และราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซามีการเข้าอยู่อาศัยในรากของยางพาราแต่ละพันธุ์แตกต่างกันด้วยเช่นกัน โดยพันธุ์ BPM 24, RRIT 408 และ RRIT 251 มีการเข้าอยู่อาศัยของราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาในรากมากกว่าพันธุ์ RRIM 600

การใส่ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซามีผลทำให้ความสูงเมื่ออายุ 4 เดือน และน้ำหนักแห้งส่วนเหนือดินของยางพาราทุกพันธุ์เพิ่มขึ้นกว่าการไม่ใส่ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา จึงทำให้พบว่าปฏิสัมพันธ์ร่วมระหว่างพันธุ์กับราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาไม่มีผลทำให้เกิดความแตกต่างของการเจริญเติบโตของ

ยางพารา ดังนั้นผลการทดลองนี้จึงชี้ให้เห็นว่าการใส่ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาสามารถเพิ่มการเจริญเติบโตของยางพาราได้ดีกว่าการไม่ใส่ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา โดยพันธุ์ยางพาราไม่มีผลต่อประสิทธิภาพของราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา

6. กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย ที่ให้การสนับสนุนทุนวิจัย ประจำปีงบประมาณ 2557 และศูนย์วิจัยยางมะเขือเทศาที่ให้ความอนุเคราะห์จัดหาเมล็ดพันธุ์ยางพารา

7. รายการอ้างอิง

- พัทตร์เพ็ญ ภูมิพันธ์, 2556, บทบาทของราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาต่อพืช ดิน และสิ่งแวดล้อม, Thai J. Sci. Technol. 2: 91-101.
- มลชัย กิตติศักดิ์มนตรี, 2541, ผลของเชื้อราเวสสิคูลาร์อาบัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาต่อการเจริญของปอแก้ว (*Hibiscus sabdariffa* var. *altissima*) และการเข้าทำลายปอแก้วของไส้เดือนฝอยรากปม *Moloidogyne incognita*, วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- มหาวิทยาลัยสุรนารี, 2556, ปุ๋ยชีวภาพเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา, แหล่งที่มา : http://personal.sut.ac.th/montarop/2013WEBSITE/School_of_Biotech/Blog/Entries/2013/9/14_ปุ๋ยชีวภาพ_files/3.%20ปุ๋ยชีวภาพไมคอร์ไรซา.pdf, 1 กันยายน 2559.
- มานะชัย สังข์วาทิน, 2549, คู่มือการทำสวนยางพารา, พิมพ์ครั้งที่ 1, อักษรสยามการพิมพ์, กรุงเทพฯ, 160 น.
- ยงยุทธ โอสภสภา, 2543, ธาตุอาหารพืช, พิมพ์ครั้งที่ 1, สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์,

- กรุงเทพฯ, 424 น.
- วริศ แคนคอง, ดารุณี โกศัยเสวี, สุภาพร ธรรมสุระกุล, มณฑิกานันท์ สงบจิต, ธมลวรรณ ชีวรัมย์ และระชต เกษขุนทด, 2556, การพัฒนาคุณภาพวัสดุปลูกและการผลิตยางพาราด้วยปุ๋ยชีวภาพไมคอร์ไรซา, น. 184-215, รายงานผลการวิจัยเรื่องเต็ม ประจำปี 2556, สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ.
- สมบุญ เตชะภิญญาวัฒน์ และสาลี ชินสถิต, 2535, ความสัมพันธ์ระหว่างเชื้อราเวสสิคูลาร์อาบัสคูลาร์ไมคอไรซา ไโรโซเบียม และระดับปุ๋ยฟอสเฟสที่มีต่อการเจริญเติบโตของถั่วเขียว, ว.วิทยาศาสตร์ มก. 1: 15-26.
- สุทัศน์ ต่านสกุลผล, สุภาพร ธรรมสุระกุล, ออมทรัพย์ นพอมรบดี, สมยศ สันธูหัทธ, สุคนธ์แสงแก้ว และสุเมธ พฤกษ์วรุณ, 2540, ศึกษาวิธีการปลูกเชื้อวี-เอไมคอร์ไรซากับยางพารา, รายงานผลการวิจัยยางพารา, สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ.
- สำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร, 2558, ความสำคัญของยางพาราต่อการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคม, แหล่งที่มา : <http://www.arda.or.th/kasetinfo/south/para/history/01-10.php>, 1 กันยายน 2559.
- สำนักวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร, 2558, ปริมาณและมูลค่าการนำเข้าปุ๋ยเคมีสูตรที่สำคัญปี 2552-2558, แหล่งที่มา : http://www.oae.go.th/download/FactorOfProduct/Fertilizer_value_49-54.html, 1 กันยายน 2559.
- Janos, D.P., Schroeder, M.S., schaffer, B. and Crane, J.H., 2001, Inoculation with arbuscular mycorrhizal fungi enhances growth of *Litchi chinensis* Sonn. trees after propagation by air-layering, Plant Soil 233: 85-94.
- Li, J., He, X., Li, H., Zheng, W., Liu, J. and Wang, M., 2015, Arbuscular mycorrhizal fungi increase growth and phenolics synthesis in *Poncirus trifoliata* under iron deficiency, Sci. Hort. 183: 87-92.
- 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.
- Mohammad, M.J. and Malkawi, H.I., 2004, Root, Shoot and Nutrient Acquisition Responses of Mycorrhizal and Nonmycorrhizal Wheat to Phosphorus Application to Highly Calcareous Soil, Asian J. Plant Sci. 3: 363-369.
- Ortas, I., 2012, The effect of mycorrhizal fungal inoculation on plant yield, nutrient uptake and inoculation effectiveness under long-term field conditions, Field Crops Res. 125: 35-48.
- 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. Br. Mycol. Soc. 55: 158-161.
- Trouvelet, A., Kough, J.L. and Gianinazzi – Pearson, V., 1985, Mesure du taux de Mycorrhization VA d'un systeme racinaire. Recherche de methodes d' Estimation-ayant une signification fonctionnelle, pp. 217- 221, In Gianinazzi-Pearson V. and Gianinazzi S., Physiological and Genetical Aspects of Mycorrhizae, INRA, Paris, France.