ผลของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาต่อการเจริญเติบโต
ของยางพารา 4 พันธุ์

โดย

นางสาวภิรญา ชมภูผิว

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เทคโนโลยีการเกษตร)
ภาควิชาเทคโนโลยีการเกษตร
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
ปีการศึกษา 2559

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

Ref. code: 25595709032618GTV

ผลของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาต่อการเจริญเติบโต
ของยางพารา 4 พันธุ์

โดย

นางสาวภิรญา ชมภูผิว

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เทคโนโลยีการเกษตร)
ภาควิชาเทคโนโลยีการเกษตร
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
ปีการศึกษา 2559

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

Ref. code: 25595709032618GTV

EFFECT OF ARBUSCULAR MYCORRHIZAL FUNGI ON GROWTH OF FOUR RUBBER CULTIVARS

BY

MISS PHIRAYA CHOMPHUPHIW

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENTS
FOR THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE (AGRICULTURAL TECHNOLOGY)
DEPARTMENT OF AGRICULTURAL TECHNOLOGY
FACULTY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY
THAMMASAT UNIVERSITY
ACADEMIC YEAR 2016

COPYRIGHT OF THAMMASAT UNIVERSITY

Ref. code: 25595709032618GTV

มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

วิทยานิพนธ์

ของ

นางสาวภิรญา ชมภูผิว

เรื่อง

ผลของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาต่อการเจริญเติบโตของยางพารา 4 พันธุ์

ได้รับการตรวจสอบและอนุมัติ ให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เทคโนโลยีการเกษตร)

เมื่อ วันที่ 25 เมษายน พ.ศ. 2560

ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ _____
(รองศาสตราจารย์ ดร.สมชาย ชคตระการ)

กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก _____
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พักตร์เพ็ญ ภูมิพันธ์)

กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม _____
(รองศาสตราจารย์ ธัญพิสิษฐ์ พวงจิก)

กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ _____
(อาจารย์ ดร.เพชรดา ปินใจ)

คณบดี _____
(รองศาสตราจารย์ ปกรณ์ เสริมสุข)

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ผลของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาต่อการเจริญเติบโตของยางพารา 4 พันธุ์
ชื่อผู้เขียน	นางสาวภิรญา ชมภูผิว
ชื่อปริญญา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เทคโนโลยีการเกษตร)
สาขาวิชา/คณะ/มหาวิทยาลัย	เทคโนโลยีการเกษตร วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พักตร์เพ็ญ ภูมิพันธ์
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม	รองศาสตราจารย์ ธัญพิสิษฐ์ พวงจิก
ปีการศึกษา	2559

บทคัดย่อ

การสำรวจเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา ที่มีประสิทธิภาพดีต่อยางพารา คือ *Acaulospora* sp. และ *Glomus* sp. ในพื้นที่ปลูกยางพาราพันธุ์ BPM 24, RRIM 600, RRIT251 และ RRIT 408 ของจังหวัดจันทบุรี (พื้นที่ปลูกยางเดิม) และหนองคาย (พื้นที่ปลูกยางใหม่) พบว่า พื้นที่ปลูกยางพาราในจังหวัดจันทบุรี มีเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาที่มีประสิทธิภาพดีต่อยางพารามากกว่าพื้นที่จังหวัดหนองคาย และ ดินที่ปลูกยางพาราพันธุ์ BPM 24 มีเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาที่มีประสิทธิภาพดีต่อยางพารามากกว่าพันธุ์อื่น สำหรับผลของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาต่อการเจริญเติบโตของยางพาราพันธุ์เศรษฐกิจสำคัญ โดยวางแผนการทดลองแบบ 2 x 4 Factorial in CRD จำนวน 3 ซ้ำ ประกอบด้วย 2 ปัจจัย คือ (1) เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาที่มีประสิทธิภาพดีต่อยางพารา (ไม่ใส่และใส่เชื้อรา) และ (2) พันธุ์ยางพารา (BPM 24, RRIM 600, RRIT 251 และ RRIT 408) ย้ายกล้ายางพาราลงปลูกในกระถางจนกระทั่งอายุ 12 เดือน ผลการทดลอง พบว่า ยางพาราพันธุ์ RRIT 251 และ RRIT 408 มีการเจริญเติบโตดีกว่าพันธุ์ BPM 24 และ RRIM 600 และเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซามีการเข้าอยู่อาศัยในรากของยางพาราพันธุ์ BPM 24, RRIT 251 และ RRIT 408 มากกว่าพันธุ์ RRIM 600 อย่างไรก็ตาม การใส่เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซามีผลทำให้การเจริญเติบโตของยางพาราทุกพันธุ์เพิ่มขึ้น โดยปฏิสัมพันธ์ร่วมของพันธุ์ยางพารากับเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตของยางพารา ดังนั้น ผลการทดลองจึงชี้ให้เห็นว่า เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของยางพาราได้ทุกพันธุ์

คำสำคัญ: เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา, ยางพารา

Ref. code: 25595709032618GTV

Thesis Title	EFFECT OF ARBUSCULAR MYCHORRHIZAL FUNGI ON GROWTH OF FOUR RUBBER CULTIVARS
Author	Miss Phiraya Chomphuphiw
Degree	Master of Science (Agricultural Technology)
Major Field/Faculty/University	Department of Agricultural Technology Faculty of Science and Technology Thammasat University
Thesis Advisor	Assistant ProfessorPhakpenPoomipan, Ph.D.
Thesis Co-Advisor	Associate ProfessorThanpisitPhuangchik
Academic Years	2016

ABSTRACT

Spore number of effective arbuscular mycorrhizal (AM) fungi for rubber, *Acaulospora* sp. and *Glomus* sp., were determinated in area which planted 4 varieties of rubber, BPM 24, RRIM 600, RRIT 251 and RRIT 408 of 2 provinces including Chanthaburi and Nongkhai. The highest effective AM spore number was found in rubber plantation of Chanthaburi and BPM 24. Then, study on effect of AM fungi on growth of economic rubber varieties was undertaken in 2 x 4 factorial in CRD with 3 replications, consisting 2 factors; (1) Effective AM fungi for rubber (without and with) and (2) rubber varieties (BPM 24, RRIM 600, RRIT 251 and RRIT 408). Seedling was planted in pot for 12 months. The results showed that each rubber variety had difference growth rate. RRIT 251 and RRIT 408 grew better than BPM 24 and RRIM 600. The AM colonization in roots of BPM 24, RRIT 251 and RRIT 408 were higher than RRIM 600. However, adding AM fungi had resulted in increasing growth of all rubber varieties. Interaction between rubber variety and AM fungi did not effect on the growth of rubber. Therefore, the results had indicated that AM fungi can promote the growth of all rubber varieties.

Keyword: arbuscular mycorrhizal fungi, rubber

Ref. code: 25595709032618GTV

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี เนื่องจากผู้วิจัยได้รับความช่วยเหลือ ดูแลเอาใจใส่เป็นอย่างดีจากหลายๆ ฝ่าย โดยเฉพาะอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก คือ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พักตร์เพ็ญ ภูมิพันธ์ ซึ่งท่านได้ให้ความรู้ คำแนะนำ และข้อคิดเห็นต่างๆ อันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการทำวิจัย อีกทั้งยังช่วยแก้ปัญหาต่างๆ ที่เกิดขึ้นระหว่างการดำเนินงาน ทั้งยังช่วยตรวจทานแก้ไขเล่มวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนกระทั่งวิทยานิพนธ์เล่มนี้เสร็จสมบูรณ์

ขอขอบคุณ รองศาสตราจารย์ ธัญพิสิษฐ์ พวงจิก อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่กรุณาให้คำแนะนำตลอดจนตรวจทานและแก้ไขเล่มวิทยานิพนธ์นี้

ขอขอบคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.สมชาย ชคตระการ ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ และ อาจารย์ ดร.เพชรดา ปินใจ กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ได้กรุณาให้ข้อเสนอแนะแก้ไข และให้แนวคิดต่างๆ ที่เป็นประโยชน์ต่อวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

ขอขอบคุณ คุณปวีณา ทองเหลือง ศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ คณะเกษตร มหาวิทยาลัย เกษตรศาสตร์ ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการจัดหาดินชุดดินปากช่องมาให้ใช้ในงานวิจัย และศูนย์วิจัยยางฉะเชิงเทรา ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการจัดหาเมล็ดพันธุ์ยางพารามาให้ใช้ในการทำวิจัย ตลอดจนขอขอบคุณบุคคลและหน่วยงานต่างๆ ที่ให้ความช่วยเหลืออีกมาก ที่ผู้วิจัยไม่สามารถกล่าวนามได้หมดในที่นี้ ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งในความกรุณาและความปรารถนาดีของทุกท่านเป็นอย่างยิ่ง

ขอขอบคุณ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต ที่ได้มอบทุนเรียนดีบัณฑิตศึกษา ปีงบประมาณ 2557-2558

สุดท้ายนี้ ผู้วิจัยขอขอบพระคุณบิดามารดา และครอบครัว ซึ่งเปิดโอกาสให้ได้รับการศึกษาเล่าเรียน ตลอดจนคอยช่วยเหลือและให้กำลังใจผู้วิจัยเสมอมาจนสำเร็จการศึกษา

ภิรญา ชมภูผิว

Ref. code: 25595709032618GTV

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	(1)
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	(2)
กิตติกรรมประกาศ	(3)
สารบัญตาราง	(10)
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์	3
1.3 ขอบเขตของการวิจัย	3
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	4
บทที่ 2 วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	5
2.1 ยางพารา	5
2.1.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์	6
2.1.1.1 ราก	6
2.1.1.2 ลำต้น	6
2.1.1.3 ชั้นนอกสุดของลำต้น	6
2.1.1.4 ใบ	7
2.1.1.5 ช่อดอกและดอก	7
2.1.1.6 ดอกตัวผู้	7
2.1.1.7 ผลและเมล็ด	7
2.1.1.8 เมล็ด	7

Ref. code: 25595709032618GTV

2.1.2 พันธุ์ยางพารา 8
2.1.2.1 กลุ่ม 1 พันธุ์ยางผลผลิตน้ำยางสูง 8
(1) พันธุ์สถาบันวิจัยยาง 251 (RRIT 251) 8
(2) พันธุ์บีพีเอ็ม 24 (BPM 24) 9
(3) พันธุ์อาร์อาร์ไอเอ็ม 600 (RRIM 600) 9
(4) พันธุ์สถาบันวิจัยยาง 408 (RRIT 408) 10
2.1.2.2 กลุ่ม 2 พันธุ์ยางผลผลิตน้ำยางและเนื้อไม้สูง 10
(1) พันธุ์พีบี 235 (PB 235) 10
(2) พันธุ์ พีบี 255 (PB 255) 11
2.1.2.3 กลุ่ม 3 พันธุ์ยางผลผลิตเนื้อไม้สูง 11
(1) พันธุ์ฉะเชิงเทรา 50 (RRIT 402) 11
(2) พันธุ์ AVROS 2037 12
2.1.3 พันธุ์ยางที่เหมาะสมของแต่ละเขตพื้นที่ 12
2.1.3.1 พื้นที่ปลูกยางเดิม 12
(1) เขตภาคใต้ฝั่งตะวันตก 12
(2) เขตภาคใต้ตอนกลาง 12
(3) เขตภาคใต้ตอนใต้ 13
(4) เขตชายแดนภาคใต้ 13
(5) เขตตอนกลางของภาคตะวันออก 13
(6) เขตชายแดนภาคตะวันออก 13
2.1.3.2 พื้นที่ปลูกยางใหม่ 13
(1) พื้นที่ที่มีปริมาณฝนมากกว่า 1,600 มิลลิเมตร/ปี 13
(2) พื้นที่ที่มีปริมาณฝนน้อยกว่า 1,600 มิลลิเมตร/ปี 14
2.1.4 ธาตุอาหารที่จำเป็นสำหรับยางพารา 14
2.1.4.1 ไนโตรเจน (N) 14
2.1.4.2 ฟอสฟอรัส (P) 15
2.1.4.3 โพแทสเซียม (K) 15
2.1.4.4 แมกนีเซียม (Mg) 15
2.1.4.5 โบรอน (B) 15
2.1.4.6 ธาตุอาหารอื่นๆ 15

Ref. code: 25595709032618GTV

2.2 ไมคอร์ไรซา 16
2.2.1 ลักษณะสำคัญของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา 17
2.2.2 การพัฒนาเข้าสู่รากพืชของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา 18
2.2.2.1 การงอกของชิ้นส่วนของเชื้อรา 18
2.2.2.2 การแทงเส้นใยเข้าสู่รากพืช 19
2.2.2.3 การสร้างเส้นใยรา 19
2.2.2.4 การเกิดอาร์บัสคูลและเวสิเคิลในชั้นคอร์เทกซ์ของรากพืช 19
2.2.2.5 การแพร่กระจายของเส้นใยราในรากและในดินรอบราก 19
2.2.2.6 การสร้างสปอร์ 20
2.2.3 ปัจจัยที่มีผลต่อเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา 20
2.2.3.1 พืชอาศัย 20
2.2.3.2 แสง 20
2.2.3.3 อุณหภูมิ 21
2.2.3.4 ความเป็นกรดด่างของดิน 21
2.2.3.5 ความชื้นของดิน 21
2.2.3.6 ปริมาณธาตุอาหารในดิน 22
2.2.3.7 สารเคมี 23
2.3 ประโยชน์ของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา 23
2.4 ผลของชนิดและสายพันธุ์พืชต่อประสิทธิภาพของเชื้อราไมคอร์ไรซา 29

บทที่ 3 วิธีการวิจัย 33

3.1 การทดลองที่ 1 การสำรวจจำนวนสปอร์ของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาที่มีประสิทธิภาพดีต่อยางพาราในพื้นที่ปลูกยางพาราพันธุ์ BPM 24, RRIM 600, RRIT 251 และ RRIT 408 33
3.1.1 พื้นที่ศึกษา 33
3.1.2 การเก็บตัวอย่างดินและการเตรียมตัวอย่าง 34
3.1.3 การเก็บบันทึกผลการทดลอง 34
3.1.3.1 การประเมินจำนวนของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาที่มีประสิทธิภาพดีต่อยางพาราในดินบริเวณเขตราก 34

Ref. code: 25595709032618GTV

3.1.3.2 การวิเคราะห์สมบัติของดิน 34
(1) การวิเคราะห์เนื้อดิน 34
(2) การวิเคราะห์ความเป็นกรด-ด่างของดิน (pH) 35
(3) การวิเคราะห์อินทรียวัตถุในดิน 35
(4) การวิเคราะห์ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน 36
3.2 การทดลองที่ 2 การศึกษาประสิทธิภาพของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา ต่อการเจริญเติบโตของยางพาราพันธุ์เศรษฐกิจสำคัญ 4 พันธุ์ 37
3.2.1 การวางแผนการทดลอง 37
3.2.2 การเตรียมหน่วยทดลอง 37
3.2.2.1 การเตรียมดิน 37
3.2.2.2 การเตรียมกระถาง 37
3.2.2.3 การเตรียมกล้ายางพารา 37
3.2.2.4 การเตรียมเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา 38
3.2.3 การจัดหน่วยทดลองและการปฏิบัติดูแลหน่วยทดลอง 38
3.2.4 การเก็บบันทึกผลการทดลอง 39
3.2.4.1 ความสูง และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 39
3.2.4.2 น้ำหนักแห้งส่วนเหนือดินและน้ำหนักแห้งราก 39
3.2.4.3 ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในส่วนเหนือดินและราก 39
3.2.4.4 ประเมินการเข้าอยู่อาศัยของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาในราก 40
3.2.4.5 ประเมินจำนวนประชากรและชนิดของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา 41
3.2.5 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ 41
3.3 สถานที่ทำการทดลอง 41
3.4 ระยะเวลาทดลอง 41

บทที่ 4 ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง 42

4.1 ผลการวิจัย 42

Ref. code: 25595709032618GTV

4.1.1 การทดลองที่ 1 การสำรวจจำนวนสปอร์ของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาที่มีประสิทธิภาพดีต่อยางพาราในพื้นที่ปลูกยางพาราพันธุ์ BPM 24, RRIM 600, RRIT 251 และ RRIT 408 42
4.1.1.1 พื้นที่ศึกษา 42
4.1.1.2 สมบัติของดิน 42
4.1.1.3 จำนวนสปอร์ของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาที่มีประสิทธิภาพดีต่อยางพารา 42
4.1.2 การทดลองที่ 2 ผลของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาต่อการเจริญเติบโตของยางพาราพันธุ์เศรษฐกิจ 44
4.1.2.1 ผลของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาต่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น เมื่ออายุ 4 เดือน 44
4.1.2.2 ผลของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาต่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น เมื่ออายุ 8 เดือน 45
4.1.2.3 ผลของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาต่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น เมื่ออายุ 12 เดือน 46
4.1.2.4 ผลของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาต่อความสูง เมื่ออายุ 4 เดือน 48
4.1.2.5 ผลของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาต่อความสูง เมื่ออายุ 8 เดือน 49
4.1.2.6 ผลของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาต่อความสูง เมื่ออายุ 12 เดือน 50
4.1.2.7 ผลของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาต่อน้ำหนักแห้งส่วนเหนือดิน 51
4.1.2.8 ผลของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาต่อน้ำหนักแห้งราก 53
4.1.2.9 ผลของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาต่อน้ำหนักแห้งทั้งหมด 55
4.1.2.10 ผลของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาต่อปริมาณฟอสฟอรัสในส่วนเหนือดิน 55
4.1.2.11 ผลของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาต่อปริมาณฟอสฟอรัสในราก 57
4.1.2.12 ผลของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาต่อปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด 58
4.1.2.13 การเข้าอยู่อาศัยของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาในราก 60

Ref. code: 25595709032618GTV

4.1.2.14 จำนวนสปอร์ของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาในดินปลูกยางพาราพันธุ์ BPM 24, RRIM 600, RRIT 251 และ RRIT 408 เมื่ออายุ 4, 8 และ 12 เดือน 60

4.2 วิจารณ์ผล 62

4.2.1 การทดลองที่ 1 การสำรวจจำนวนสปอร์ของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาที่มีประสิทธิภาพดีต่อยางพาราในพื้นที่ปลูกยางพาราพันธุ์ BPM 24, RRIM 600, RRIT 251 และ RRIT 408 62

4.2.2 การทดลองที่ 2 ผลของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาต่อการเจริญเติบโตของยางพาราพันธุ์เศรษฐกิจ 63

บทที่ 5 สรุปผลการศึกษาวิจัย 67

5.1 การทดลองที่ 1 การสำรวจจำนวนสปอร์ของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาที่มีประสิทธิภาพดีต่อยางพาราในพื้นที่ปลูกยางพาราพันธุ์ BPM 24, RRIM 600, RRIT 251 และ RRIT 408 67

5.2 การทดลองที่ 2 ผลของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาต่อการเจริญเติบโตของยางพาราพันธุ์เศรษฐกิจ 67

เอกสารอ้างอิง 68

ประวัติผู้เขียน 80

Ref. code: 25595709032618GTV

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1.	ชนิดของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาที่มีประสิทธิภาพดีต่อยางพารา	33
2.	สมบัติของชุดดินปากช่อง	38
3.	จำนวนสปอร์ของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาที่มีประสิทธิภาพดีต่อยางพารา ในพื้นที่ปลูกยางพาราพันธุ์เศรษฐกิจ	44
4.	เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นของยางพาราพันธุ์ BPM 24, RRIM 600, RRIT 251 และ RRIT 408 ที่ไม่ใส่และใส่เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา เมื่ออายุ 4 เดือน	46
5.	เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นของยางพาราพันธุ์ BPM 24, RRIM 600, RRIT 251 และ RRIT 408 ที่ไม่ใส่และใส่เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา เมื่ออายุ 8 เดือน	47
6.	เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นของยางพาราพันธุ์ BPM 24, RRIM 600, RRIT 251 และ RRIT 408 ที่ไม่ใส่และใส่เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา เมื่ออายุ 12 เดือน	48
7.	ความสูงของยางพาราพันธุ์ BPM 24, RRIM 600, RRIT 251 และ RRIT 408 ที่ไม่ใส่และใส่เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา เมื่ออายุ 4 เดือน	49
8.	ความสูงของยางพาราพันธุ์ BPM 24, RRIM 600, RRIT 251 และ RRIT 408 ที่ไม่ใส่และใส่เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา เมื่ออายุ 8 เดือน	51
9.	ความสูงของยางพาราพันธุ์ BPM 24, RRIM 600, RRIT 251 และ RRIT 408 ที่ไม่ใส่และใส่เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา เมื่ออายุ 12 เดือน	52
10.	น้ำหนักแห้งส่วนเหนือดินของยางพาราพันธุ์ BPM 24, RRIM 600, RRIT 251 และ RRIT 408 ที่ไม่ใส่และใส่เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา	53
11.	น้ำหนักแห้งรากของยางพาราพันธุ์ BPM 24, RRIM 600, RRIT 251 และ RRIT 408 ที่ไม่ใส่และใส่เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา	54
12.	น้ำหนักแห้งทั้งหมดของยางพาราพันธุ์ BPM 24, RRIM 600, RRIT 251 และ RRIT 408 ที่ไม่ใส่และใส่เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา	56
13.	ปริมาณฟอสฟอรัสในส่วนเหนือดินของยางพาราพันธุ์ BPM 24, RRIM 600, RRIT 251 และ RRIT 408 ที่ไม่ใส่และใส่เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา	57
14.	ปริมาณฟอสฟอรัสในรากของยางพาราพันธุ์ BPM 24, RRIM 600, RRIT 251 และ RRIT 408 ที่ไม่ใส่และใส่เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา	58

Ref. code: 25595709032618GTV

15. ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดของยางพาราพันธุ์ BPM 24, RRIM 600, RRIT 251 และ RRIT 408 ที่ไม่ใส่และใส่เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา 59
16. การเข้าอยู่อาศัยของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาในรากของยางพาราพันธุ์ BPM 24, RRIM 600, RRIT 251 และ RRIT 408 ที่ใส่เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา 61
17. จำนวนสปอร์ของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา ในดินปลูกยางพาราพันธุ์ BPM 24, RRIM 600, RRIT 251 และ RRIT 408 ที่ใส่เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา เมื่ออายุ 4, 8 และ 12 เดือน 61

Ref. code: 25595709032618GTV

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

ยางพารา (*Hevea brasiliensis* L.) เป็นพืชที่มีบทบาทสำคัญต่อเศรษฐกิจและการพัฒนาประเทศอย่างมาก และมีบทบาทสำคัญต่อชีวิตและความเป็นอยู่ของเกษตรกรชาวสวนยางกว่า 1 ล้านคน เพราะยางพาราเป็นพืชเศรษฐกิจที่ทำรายได้ให้ประเทศสูงที่สุด และนับเป็นพืชที่สร้างอาชีพให้กับภาคเกษตรและภาคเอกชนได้เป็นจำนวนมาก (นุชนารถ และคณะ, 2548; 2550) โดยในปี พ.ศ. 2557 ประเทศไทยสามารถทำรายได้จากการส่งออกผลิตภัณฑ์ยางพาราและผลิตภัณฑ์ไม้ยางพาราประมาณ 244,686 ล้านบาท (ธนาคารแห่งประเทศไทย, 2557) ซึ่งในปัจจุบันประเทศไทยยังคงเป็นประเทศที่มีการส่งออกยางธรรมชาติมากที่สุดในโลกด้วย โดยมีสัดส่วนการการส่งออกยางพาราของประเทศไทยประมาณร้อยละ 40 ของการผลิตยางพาราธรรมชาติของโลก (นุชนารถ และคณะ, 2548; 2550) รองลงมาคือ ประเทศอินโดนีเซียและประเทศเวียดนามซึ่งมีสัดส่วนร้อยละ 27.6 และ 8.0 ตามลำดับ (ธนาคารแห่งประเทศไทย, 2557) โดยตลาดยางพาราของประเทศไทยส่วนใหญ่เป็นประเทศที่มีความเจริญทางอุตสาหกรรม เช่น สหรัฐอเมริกา จีน ญี่ปุ่น เกาหลีใต้ และมาเลเซีย สำหรับลักษณะสินค้ายางที่ส่งออก ได้แก่ ยางแผ่นรมควัน ยางแท่ง น้ำยางข้น ผลิตภัณฑ์ยาง เช่น ถุงมือยาง ยางรัดของ ท่อยาง และยางรถยนต์ เป็นต้น อีกทั้งยังใช้ไม้ยางแปรรูปและเฟอร์นิเจอร์ไม้ยางอีกด้วย (มานะชัย, 2549) ดังนั้นยางพาราจึงมีความสำคัญต่อประเทศไทยในหลายด้าน ทั้งด้านเศรษฐกิจ ด้านสังคม และด้านการรักษาสภาพแวดล้อม ยางพาราเป็นพืชที่ทำรายได้ให้กับประเทศเป็นจำนวนมาก โดยในปี พ.ศ. 2553 (เดือนมกราคมถึงเดือนพฤษภาคม) มีมูลค่าการส่งออกยางธรรมชาติจำนวน 94,508 ล้านบาท ซึ่งเพิ่มขึ้นร้อยละ 91.45 เมื่อเทียบกับช่วงเวลาเดียวกันในปี พ.ศ. 2552 ช่วยกระจายรายได้ของเกษตรกรที่ประกอบอาชีพทำสวนยางพาราจำนวนมากกว่า 6 ล้านคน ทั่วประเทศ และทำให้เกษตรกรมีรายได้ที่แน่นอนและเพิ่มขึ้น ทางด้านสังคม ยางพาราเป็นพืชที่ทำให้เกิดการสร้างงานและอาชีพในชนบท จึงสามารถช่วยลดและแก้ปัญหาการเคลื่อนย้ายแรงงานจากชนบทสู่สังคมเมือง และส่งผลให้เกิดความเข้มแข็งของชุมชน ด้านอุตสาหกรรมยางพารา เนื่องจากผลิตภัณฑ์ยางพาราหลายประเภทถูกนำมาใช้ในชีวิตประจำวันของคนทั่วโลก เช่น ยางรถยนต์ และเครื่องมือแพทย์ เป็นต้น (หากมีการผลิตผลิตภัณฑ์ใหม่ๆ เช่น เขื่อนยาง หรือใช้ยางพาราทำพื้นถนน ก็จะทำให้มีการใช้ยางพารามากขึ้น ซึ่งจะทำให้ยางพารามีมูลค่าเพิ่มสูงขึ้น) อุตสาหกรรมถุงมือยาง ซึ่งมีการขยายตัวได้ดีจากความต้องการถุงมือยางในตลาดโลกที่มีอย่างต่อเนื่อง อันเป็นผลมาจากกระแสความ

Ref. code: 25595709032618GTV

วิตกกังวลต่อการรักษาสุขภาพอนามัยของผู้บริโภค อุตสาหกรรมไม้ยางพารา ซึ่งเป็นอุตสาหกรรมที่เป็นอนาคตของประเทศไทย เนื่องจากประเทศต่างๆ เกือบทั่วโลกมีการปิดป่าทำให้เกิดการขาดแคลนไม้ในการอุปโภค จึงส่งผลให้ผลิตภัณฑ์จากไม้ยางพาราเป็นที่ต้องการและสร้างรายได้เข้าประเทศได้มากขึ้นและการส่งออกมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นทุกปีด้วย โดยในเดือนเมษายน พ.ศ. 2553 ประเทศไทยส่งออกไม้ยางพาราและเฟอร์นิเจอร์จากไม้ยางพารา คิดเป็นมูลค่า 1,454.80 ล้านบาท (สำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร, 2558) นอกจากนี้ การปลูกยางพารายังมีความสำคัญในด้านการรักษาสภาพแวดล้อม ช่วยเพิ่มพื้นที่สีเขียวของประเทศ ส่งผลให้สภาพแวดล้อมดีขึ้น (มานะชัย, 2549) เนื่องจากยางพาราเป็นพืชที่มีอายุมากกว่า 20 ปี มีพื้นที่ปลูกทั่วประเทศมากกว่า 12.3 ล้านไร่ กระจายอยู่ทั่วทุกภาคของประเทศไทย ยางพาราจึงเป็นพืชทดแทนป่าไม้ที่มีจำนวนลดลงอย่างต่อเนื่อง อีกทั้งภายในสวนยางพารายังสามารถปลูกพืชร่วมชนิดอื่นๆ จึงทำให้เกิดความหลากหลายทางชีวภาพมากขึ้น (สำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร, 2558) อย่างไรก็ตาม ในปัจจุบันความต้องการใช้ยางพาราของโลกขยายตัวอย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะอุตสาหกรรมผลิตยางรถยนต์ของจีนที่ขยายตัวอย่างรวดเร็ว (ธมลวรรณ และ จันทวรรณ, 2556) จึงทำให้มีความจำเป็นที่จะต้องใช้ปุ๋ยเคมีในการเพาะปลูกยางพาราเพื่อเพิ่มผลผลิตให้เพียงพอแก่ความต้องการในการใช้ยางพาราของโลก แต่กระบวนการผลิตปุ๋ยเคมีของประเทศไทยต้องใช้วัตถุดิบที่นำเข้าจากต่างประเทศทั้งหมด ทำให้สูญเสียเงินเป็นจำนวนมาก (วริศ และคณะ, 2556) การนำเข้าปุ๋ยเคมีมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น โดยในปี พ.ศ. 2552 มีการนำเข้า 3,833,072 ตัน คิดเป็นมูลค่า 42,666 ล้านบาท และมีการนำเข้าเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องจนถึงปี พ.ศ. 2556 ซึ่งมีการนำเข้า 5,638,891 ตัน คิดเป็นมูลค่า 72,259 ล้านบาท (สำนักวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร, 2558)

ในปัจจุบันมีการศึกษาเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา ซึ่งเป็นกลุ่มเชื้อราดินที่อาศัยอยู่ร่วมกับรากพืชโดยไม่ทำอันตรายให้กับพืช (สุทัศน์ และคณะ, 2540) มีงานวิจัยที่เกี่ยวกับเชื้อราอาบัสคูลาร์ไมคอร์ไรซากับพืชหลากหลายชนิด ได้รายงานว่าเชื้อราอาบัสคูลาร์ไมคอร์ไรซามีความสามารถในการช่วยเพิ่มพื้นที่ผิวรากพืชในการดูดน้ำและธาตุอาหารโดยเฉพาะธาตุฟอสฟอรัส ช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตและการรอดชีวิตของพืช เช่น เพิ่มความทนทานต่อความแห้งแล้ง ความเค็ม ลดการทำลายของศัตรูพืชในระบบรากพืชและช่วยลดปริมาณของเมล็ดวัชพืชได้ โดยเชื้อราอาบัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาจะทำหน้าที่เสมือนเป็นตัวกลางที่ทำให้เกิดการเคลื่อนย้ายธาตุอาหารจากดินมาสู่พืช โดยมีเส้นใยที่แพร่กระจายในดินทำหน้าที่ในการดูดซับธาตุอาหารแล้วลำเลียงเข้าสู่เส้นใยในรากพืช เพื่อส่งให้กับพืชทำให้พืชได้รับธาตุอาหารเพิ่มขึ้น ทำให้พืชที่มีเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาเข้าอยู่อาศัยในรากมีการเจริญเติบโตดีกว่าพืชที่ไม่มีเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาเข้าอยู่อาศัย (พักตร์เพ็ญ, 2556) นอกจากนี้ ยังมีรายงานการศึกษาเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาที่มีผลต่อการเพิ่มปริมาณธาตุอาหารทดแทนปุ๋ยฟอสฟอรัสและปุ๋ยชนิดอื่นๆ รวมทั้งเพิ่มการเจริญเติบโตของพืชหลายชนิด เช่น รายงาน

Ref. code: 25595709032618GTV

ของ Mohammad and Malkawi (2004) พบว่า เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาช่วยเพิ่มการดูดซับฟอสฟอรัสของข้าวสาลีในดินที่มีฟอสฟอรัสต่ำ (50 และ 100 กิโลกรัม/แฮกแตร์) รวมทั้งช่วยเพิ่มการดูดซับธาตุเหล็ก สังกะสี และทองแดงอีกด้วย [ในหญ้า *Vulpia ciliate* พบว่า การใช้เชื้อราอาบัสคูลาร์ไมคอร์ไรซามีผลต่อการหมุนเวียนประชากรหญ้า *Vulpia ciliate* โดยพบว่า การใช้ยาฆ่าเชื้อรา Benomyl ใส่ในดินทำให้การเข้าอยู่อาศัยของเชื้อราเวสสิคูลาร์-อาบัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาในรากหญ้าลดลง พืชจึงถูกเชื้อโรคเข้าทำลายได้มากขึ้น ส่งผลให้ความอุดมสมบูรณ์และการติดดอกออกเมล็ดของหญ้าลดลงถึง 50 เปอร์เซ็นต์ (Sieverding, 1991) Chen et al. (2013) พบว่า ต้นกล้าแตงกวาที่ใส่เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา *Funneliformis mosseae* มีน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งสูงกว่าต้นกล้าที่ไม่ได้ใส่เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา นอกจากนี้ การใส่เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซายังสามารถเพิ่มปริมาณสาร secondary metabolites ได้แก่ phenols, flavonoids, lignin, กิจกรรม DPPH และสารประกอบ phenolics อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเทียบกับต้นกล้าที่ไม่ใส่เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา เป็นต้น จากที่กล่าวมานั้นจะเห็นได้ว่า เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาช่วยเพิ่มการเจริญเติบโต ผลผลิต และการดูดซับธาตุอาหารให้กับพืชได้ดี

ดังนั้น การทดลองนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อสำรวจจำนวนสปอร์ของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาที่มีประสิทธิภาพดีต่อยางพารา ในบริเวณรากของยางพาราในกลุ่มที่ให้ผลผลิตน้ำยางสูง ได้แก่ BPM 24, RRIM 600, RRIT 251และ RRIT 408 โดยเปรียบเทียบระหว่างพื้นที่ปลูกยางเดิมและพื้นที่ปลูกยางใหม่ และ ประเมินประสิทธิภาพของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาต่อการเจริญเติบโตของยางพาราพันธุ์เศรษฐกิจสำคัญ 4 พันธุ์ ได้แก่ BPM 24, RRIM 600, RRIT 251 และ RRIT 408

1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อสำรวจจำนวนสปอร์ของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาที่มีประสิทธิภาพดีต่อยางพาราในบริเวณรากของยางพารา 4 พันธุ์ ได้แก่ BPM 24, RRIM 600, RRIT 251 และ RRIT 408 ในพื้นที่ปลูกยางเดิม จังหวัดจันทบุรี และพื้นที่ปลูกยางใหม่ จังหวัดหนองคาย
2. เพื่อประเมินประสิทธิภาพของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาต่อการการเจริญเติบโตของยางพาราพันธุ์เศรษฐกิจสำคัญ 4 พันธุ์ ได้แก่ BPM 24, RRIM 600, RRIT 251 และ RRIT 408

1.3 ขอบเขตการวิจัย

สำรวจเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซามีประสิทธิภาพดีต่อยางพารา คือ *Acaulospora* sp. และ *Glomus* sp. โดยเก็บตัวอย่างดินจากพื้นที่ปลูกยางพารา 4 พันธุ์ ได้แก่ BPM 24, RRIM

Ref. code: 25595709032618GTV

600, RRIT 251 และ RRIT 408 ในพื้นที่ปลูกยางพารา 2 พื้นที่ ได้แก่ พื้นที่ปลูกยางเดิม จังหวัดจันทบุรี และ พื้นที่ปลูกยางใหม่ จังหวัดหนองคาย รวมทั้งประเมินประสิทธิภาพของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาต่อการเจริญเติบโตของยางพารา 4 พันธุ์ ได้แก่ BPM 24, RRIM 600, RRIT 251 และ RRIT 408

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทำให้ทราบจำนวนของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาที่มีประสิทธิภาพดีต่อยางพาราที่มีอยู่ในบริเวณเขตรากของยางพาราพันธุ์เศรษฐกิจสำคัญ 4 พันธุ์ คือ BPM 24, RRIM 600, RRIT 251 และ RRIT 408

2. ทำให้ทราบถึงประสิทธิภาพของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา ต่อการเจริญเติบโตของยางพารา 4 พันธุ์ คือ BPM 24, RRIM 600, RRIT 251 และ RRIT 408 ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อการเลือกใช้เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาให้เหมาะสมกับพันธุ์ยางพารา ทั้งนั้นเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการปลูกยางพารา ลดต้นทุน และเพิ่มผลผลิตได้

Ref. code: 25595709032618GTV

บทที่ 2
วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ยางพารา

ยางพารา (*Hevea brasiliensis* L.) เป็นพืชตระกูล Euphorbiaceae (นุชนารถ และคณะ, 2548) มีถิ่นกำเนิดมาจากแถบลุ่มน้ำอเมซอน ประเทศบราซิล ทวีปอเมริกาใต้ (มานะชัย, 2549) ก่อนปี 2000 ชาวอินเดียนแดงในอเมริกากลางได้ใช้ประโยชน์จากต้นยาง โดยนำไปใช้ทำรองเท้าด้วยวิธีจุ่มเท้าลงในภาชนะบรรจุน้ำยางดิบหลายๆ ครั้งจนได้รองเท้าที่มีความหนาตามต้องการ และยังนำไปใช้ในการทำผ้ากันฝน ขวดปากแคบใส่น้ำ ลูกบอลสำหรับการละเล่นตางๆ จนกระทั่งในปี พ.ศ. 2036 คริสโตเฟอร์ โคลัมบัส เดินทางไปอเมริกาครั้งที่ 2 ชาวจีนัวที่ร่วมเดินทางไปด้วยได้พบว่าชาวพื้นเมืองของเกาะไฮติใช้ยางทำลูกบอลสำหรับเล่นเกมสต่างๆ จึงได้นำยางไปปลูกในยุโรป ต่อมายางได้มีส่วนเข้าไปเกี่ยวของกับชีวิตประจำวันของมนุษย์มากขึ้น ความสำคัญของยางพาราจึงมีมากขึ้น ทำให้เนื้อที่การปลูกยางพาราเพิ่มขึ้นและขยายออกไปเรื่อยๆ จนกระทั่งประเทศอังกฤษได้นำยางเข้าไปปลูกในเอเชีย โดยทดลองปลูกครั้งแรกที่ประเทศอินเดียและได้ขยายต่อไปยังอินโดนีเซีย สิงคโปร์ มาเลเซีย และไทย

สำหรับประเทศไทย พระยารัษฎานุประดิษฐ์ มหิศรภักดี (คอซิมบี้ ณ ระนอง) ได้นำยางพาราเข้ามาปลูกเป็นครั้งแรกเมื่อประมาณปี พ.ศ. 2442-2444 โดยนำยางจากรัฐเปรัค ประเทศมาเลเซีย มาปลูกที่อำเภอกันตัง จังหวัดตรัง ในปี พ.ศ. 2454 นายปูม ปุณศรี (ต่อมาได้เป็นหลวงราชไมตรี) ได้ซื้อเมล็ดยางพาราจากประเทศมาเลเซีย 80 บาท ไปปลูกที่หมู่ 6 ตำบลคมบาง อำเภอเมือง จังหวัดจันทบุรี ในเนื้อที่ประมาณ 100 ไร่ นับเป็นการแพร่กระจายยางพาราเข้าสู่ภาคตะวันออกเป็นครั้งแรก ซึ่งต่อมาเจ้าอาวาสวัดคมบาง (พระครูเพิ่มพิทยากร) ซึ่งเป็นชาวอำเภอแกลง จังหวัดระยอง ได้นำเมล็ดยางจากสวนของหลวงราชไมตรี ไปปลูกที่วัดปากร่ำ อำเภอแกลง จังหวัดระยอง ทำให้ยางแพร่ขยายไปปลูกยังที่ต่างๆ ในภาคตะวันออกทั่วไป โดยเฉพาะใน 5 จังหวัดที่สำคัญ ได้แก่ ฉะเชิงเทรา ระยอง ชลบุรี จันทบุรี และตราด ในปี 2521 ได้เริ่มปลูกยางกันอย่างจริงจังตามหลักวิชาการในแหล่งปลูกยางใหม่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือโดยได้ทดลองปลูกที่จังหวัดหนองคาย บุรีรัมย์ และจังหวัดสุรินทร์ ซึ่งผลสำเร็จของการปลูกในพื้นที่ดังกล่าวได้กระตุ้นให้เริ่มงานวิจัยและพัฒนาการปลูกยางในเขตแห้งแล้ง เมื่อวันที่ 26 พฤษภาคม พ.ศ. 2546 คณะรัฐมนตรีได้มีมติอนุมัติให้กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ดำเนินโครงการปลูกยางพารา เพื่อยกระดับรายได้และความมั่นคงให้แก่เกษตรกรในแหล่งปลูกยางใหม่ ระยะที่ 1 ในเนื้อที่ 1,000,000 ไร่ ในปี 2547-2549 แบ่งเป็น

Ref. code: 25595709032618GTV

ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 700,000 ไร่ และภาคเหนือ 300,000 ไร่ ในปัจจุบันประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกยางพาราทั้งหมดประมาณ 12.62 ล้านไร่ โดยกระจายอยู่ในภาคใต้ร้อยละ 90 ส่วนที่เหลืออีกร้อยละ 10 กระจายอยู่ในภาคตะวันออก ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และภาคเหนือ สามารถสร้างอาชีพที่มั่นคงให้เกษตรกรมากกว่า 6 ล้านคน ปัจจุบันประเทศไทยได้เลื่อนฐานะจากการเป็นผู้นำเข้ามาเป็นประเทศผู้ผลิตและส่งออกยางอันดับ 1 ของโลก โดยผลผลิตยางพาราที่เกษตรกรผลิตได้จะถูกนำไปแปรรูปเบื้องต้นเป็นวัตถุดิบสำหรับอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องกับผลิตภัณฑ์ต่างๆ ได้แก่ ยางแผ่นรมควัน ยางแท่ง น้ำยางข้น และอื่นๆ วัตถุดิบจากอุตสาหกรรมยางบางส่วนถูกนำไปใช้ผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ยางชนิดต่างๆ เช่น ยางยานพาหนะ ถุงมือยาง ผลิตภัณฑ์ทางการแพทย์และอื่นๆ ในประเทศ นอกจากนั้นส่งออกไปยังต่างประเทศ (วันเลิศ และคณะ, 2548)

2.1.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

2.1.1.1 ราก เป็นระบบรากแก้ว (tap root system) เมื่อนำเมล็ดไปเพาะพบว่าต้นกล้าอายุ 1 เดือน จะเจริญให้รากแก้ว (primary root หรือ tap root) รากนี้จะเจริญเต็มที่และหยั่งลึกลงไปในดินได้ถึง 2.50 เมตร เมื่อยางพารามีอายุ 3 ปี รากแก้วจะมีรากแขนง (secondary root หรือ lateral root) แตกออกมาแผ่กระจายออกไปด้านข้างในระดับผิวดิน มีความยาวประมาณ 7-10 เมตร ในระยะที่ต้นยางมีอายุ 1-3 ปี เมื่อต้นยางอายุ 4-8 ปี รากแขนงที่แตกออกมาจากส่วนบนของรากแก้วจะเริ่มอ่อนแอและมีการแตกรากแขนงที่บริเวณส่วนล่างของรากแก้วมาก แต่จะมีขนาดสั้นและมีรากขนอ่อน (root hair) แตกออกมา

2.1.1.2 ลำต้น ยางพาราเป็นไม้เนื้ออ่อนอายุยืน ความสูงเมื่อต้นยางโตเต็มที่ประมาณ 30-40 เมตร ลำต้นตรงมีลักษณะคล้ายรูปกรวยเมื่อปลูกด้วยวิธีการเพาะเมล็ด หรือเป็นรูปทรงกระบอกเมื่อปลูกด้วยต้นติดตา การแตกกิ่งของยางแต่ละพันธุ์ทำให้เกิดทรงพุ่มที่แตกต่างกัน ซึ่งใช้เป็นลักษณะในการจำแนกพันธุ์ยาง (clone)

2.1.1.3 ชั้นนอกสุดของลำต้น คือ เปลือก (bark) หนาประมาณ 0.65-1.50 เซนติเมตร แต่โดยปกติหนา 1.00-1.10 เซนติเมตร ขึ้นอยู่กับอายุและพันธุ์ เปลือกประกอบไปด้วยกลุ่มเนื้อเยื่อชนิดต่างๆ ชั้นนอกสุด คือ ชั้นคอร์ก (cork layer) ถัดจากชั้นคอร์กเข้าไปเป็นชั้นของ cork cambium ชั้นเปลือกแข็ง (hard bark) ที่มี stone cell และท่อน้ำยาง (latex vessel) ชั้นในสุดของเปลือกคือ ชั้นเปลือกอ่อน (soft bark) ซึ่งบริเวณที่ชั้นเปลือกแข็งต่อเชื่อมกับชั้นเปลือกอ่อนจะมีท่อน้ำยางมากและหนาแน่นที่สุด ซึ่งท่อน้ำยางเหล่านี้จะเวียนขึ้นสู่ยอดของลำต้นทวนแบบเข็มนาฬิกาทำมุมประมาณ 3.5 องศากับแนวดิ่ง ยกเว้นบางพันธุ์ที่ท่อน้ำยางเวียนตามเข็มนาฬิกา ถัดจากเปลือกเข้าไปจนถึงกลางลำต้นเป็นชั้นของท่อลำเลียง (vascular cambium) เนื้อไม้ (wood หรือ xylem) และแกนกลางลำต้น (pith)

Ref. code: 25595709032618GTV

2.1.1.4 ใบ เป็นใบประกอบแบบ trifoliolate คือ มีใบย่อย 3 ใบ ยกเว้นบางพันธุ์อาจมีใบย่อย 4-5 ใบ การเกิดของใบจะเวียนเป็นเกลียว (spiral) ก้านใบ (petiole) ยาวประมาณ 15 เซนติเมตร ก้านใบย่อย (petiolule) แต่ละอันมีความยาวประมาณ 0.5-2.5 เซนติเมตร ตัวใบมีรูปร่างต่างกันไปขึ้นอยู่กับพันธุ์ ใบอ่อนมีสีม่วงเงินและค่อยๆ เขียวจัดขึ้นเมื่อโตเต็มที่ ผิวใบด้านบนเป็นสีเขียวเข้มและด้านล่างตรงส่วนที่ใบย่อยกับก้านใบต่อกันจะมีต่อมน้ำหวาน (extrafloral nectary) 3 ต่อม ซึ่งจะผลิตน้ำหวานออกมาในช่วงที่ต้นยางผลัดใบ เหนือรอยแผลหลังจากที่ใบร่วงจะพบตา 2 ชนิด คือ ตาข้าง (lateral หรือ axillary bud) คือตาที่ช่วยในการแตกกิ่ง มีลักษณะคล้ายรูปใบโพธิ์หัวกลับและตาดอก (flower bud) คือตาที่จะเจริญเป็นดอก มีลักษณะเป็นรูปวงแหวน ตาทั้งสองชนิดนี้ ถ้าชนิดใดปรากฏ อีกชนิดจะไม่ปรากฏให้เห็น

2.1.1.5 ช่อดอกและดอก ยางพาราเป็นพืชที่มีทั้งดอกตัวผู้และดอกตัวเมียอยู่บนช่อดอกเดียวกัน เรียกว่า monoecious ช่อดอกเป็นแบบ panicle รูปร่างคล้ายปิรามิด เกิดตามมุมใบบริเวณปลายกิ่งแขนง โดยเกิดพร้อมกับการแตกใบใหม่ภายหลังการผลัดใบ รูปร่างของช่อดอกคล้ายปิรามิด ดอกมีสีเหลืองอ่อนหรือสีขาวขึ้นกับพันธุ์ ก้านดอก (pedicel) สั้น มีต่อมน้ำหวาน (nectary gland) อยู่ที่ฐานด้านนอกของกลีบเลี้ยง (sepal) ที่มีส่วนโคนเชื่อมติดกัน (calyx tube) มีปลายแยกออกเป็นแฉกรูปสามเหลี่ยมจำนวน 5 แฉก

2.1.1.6 ดอกตัวผู้ มีขนาดเล็กกว่าดอกตัวเมีย และมีจำนวนมากกว่าดอกตัวเมียประมาณ 60-80 เท่า ในช่อดอกหนึ่งๆ ภายในมีเกสรตัวผู้ (stamen) 10 อัน เมื่อดอกบานจะเห็นละอองเกสรตัวผู้ (pollen) สีเหลืองและมีเมือกเหนียวจับอยู่ ดอกตัวเมียประกอบด้วยรังไข่ (ovary) ก้านเกสรตัวเมีย (style) ที่สั้น และยอดเกสรตัวเมีย (stigma) ดอกตัวเมียเกิดที่ปลายสุดของกิ่งแขนงช่อดอก

โดยธรรมชาติยางพาราเป็นพืชผสมข้าม ช่วงการบานของดอกนานประมาณ 2 สัปดาห์ ดอกตัวผู้บางส่วนจะบานก่อน 1 วัน และร่วงหล่น หลังจากนั้น ดอกตัวเมียจะบานอยู่ 3-5 วัน

2.1.1.7 ผลและเมล็ด ผลเป็นแบบ capsule จะโตเต็มที่หลังจากผสมเกสรแล้วประมาณ 2-3 เดือน ผลจะแก่เต็มที่เมื่ออายุประมาณ 4-6 เดือนหลังการผสมเกสร ผลแก่จะแตกออกเมล็ดจะดีดตัวออกไปได้ไกลถึง 15 เมตร ยางต้นหนึ่งๆ จะให้ผลประมาณ 50 ผล แต่ละผลมี 3 เมล็ด

2.1.1.8 เมล็ด เป็นรูปไข่ประกอบด้วยเยื่อหุ้มเมล็ด (seed coat หรือ testa) เอนโดสเปิร์ม (endosperm) ถัดจากเอนโดสเปิร์มเข้าไปเป็นใบเลี้ยง (cotyledon) และแกนต้นอ่อน (embryonic axis) เมล็ดยางพาราจะมีอายุประมาณ 20 วันเท่านั้น เพราะหลังจากหล่นจากต้นจะเสื่อมความงอกลงอย่างรวดเร็ว (รังสฤษดิ์ และชูศักดิ์, 2541)

Ref. code: 25595709032618GTV

2.1.2 พันธุ์ยางพารา

ในปี 2549 ประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกยางทั้งสิ้น 14,338,046 ไร่ เพิ่มขึ้นจากปี 2548 ซึ่งมีพื้นที่ 13,595,818 ไร่ ร้อยละ 5.46 โดยภาคใต้มีพื้นที่ปลูกยางมากที่สุด 10,955,548 ไร่ รองลงมาคือภาคตะวันออกรวมภาคกลาง 1,644,704 ไร่ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 1,539,623 ไร่ และภาคเหนือ 198,171 ไร่ โดยพื้นที่กรีดยางได้ส่วนใหญ่ร้อยละ 85 อยู่ในภาคใต้ (สุขุม และคณะ, 2550) พันธุ์ยางพาราที่ใช้ปลูกนั้นมีเป็นจำนวนมาก การเลือกพันธุ์ยางพารามาปลูกควรคำนึงถึงวัตถุประสงค์ของการปลูก การให้ผลผลิต การเจริญเติบโต และความเหมาะสมกับสภาพพื้นที่ พันธุ์ยางพาราที่สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร แนะนำให้ปลูกในปี พ.ศ. 2546 แบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม ตามวัตถุประสงค์ของการปลูก (มานะชัย, 2549) ดังนี้ กลุ่ม 1 พันธุ์ยางผลผลิตน้ำยางสูง เป็นพันธุ์ที่ให้ผลผลิตน้ำยางสูงเป็นหลัก กลุ่ม 2 พันธุ์ยางผลผลิตน้ำยางและเนื้อไม้สูง เป็นพันธุ์ที่ให้ผลผลิตน้ำยางสูงและมีการเจริญเติบโตดี ลักษณะลำต้นตรง ให้ปริมาตรเนื้อไม้ในส่วนลำต้นสูง และกลุ่ม 3 พันธุ์ยางผลผลิตเนื้อไม้สูง เป็นพันธุ์ที่ให้ผลผลิตเนื้อไม้สูงเป็นหลัก มีการเจริญเติบโตดีมาก ลักษณะลำต้นตรง ให้ปริมาตรเนื้อไม้ในส่วนลำต้นสูง เหมาะสำหรับเป็นพันธุ์ที่จะปลูกเป็นสวนป่าเพื่อการผลิตเนื้อไม้ (นุชนารถ และคณะ, 2548) ตัวอย่างพันธุ์ยางพาราที่ได้รับการแนะนำให้ปลูกโดยสถาบันวิจัยยาง คือ

2.1.2.1 กลุ่ม 1 พันธุ์ยางผลผลิตน้ำยางสูง

(1) พันธุ์สถาบันวิจัยยาง 251 (RRIT 251) มีแหล่งกำเนิดในประเทศไทย โดยการคัดเลือกพ่อแม่พันธุ์มาจากสวนของ นายซิ่ว บุญไผ่ อยู่ที่ ตำบลปรักหนู อำเภอนาทวี จังหวัดสงขลา

ลักษณะประจำพันธุ์ ทรงฉัตรใบเป็นรูปกรวย มีขนาดใหญ่ ใบมีรูปร่างป้อมปลายใบ ขอบใบเป็นคลื่น ใบมีสีเขียวแก่ เส้นใบมีสีเขียวอ่อน ใบเมื่อสัมผัสจะรู้สึกหยาบกระด้าง ก้านใบยาว แต่ความยาวของก้านใบย่อยปานกลาง ในระยะยางอ่อนลำต้นจะคด ทรงพุ่มมีขนาดใหญ่ แตกกิ่งมากทั้งกิ่งขนาดกลางและขนาดใหญ่ การแตกกิ่งไม่สมดุล เริ่มผลัดใบค่อนข้างช้า ระยะก่อนเปิดกรีดและระหว่างกรีดมีการเจริญเติบโตปานกลาง ขนาดของลำต้นทั้งแปลงมีความสม่ำเสมอ ทำให้มีจำนวนต้นเปิดกรีดมาก มีจำนวนต้นที่แสดงอาการเปลือกแห้งน้อย มีความต้านทานโรคเส้นดำในระดับดี และต้านทานโรคใบร่วงที่เกิดจากเชื้อ Phytophthora โรคราแป้ง โรคใบจุดนูน และโรคราสีชมพูในระดับปานกลาง

ผลผลิตเนื้อยาง 10 ปีกรีดเฉลี่ย 457 กิโลกรัม/ไร่/ปี สูงกว่าพันธุ์ RRIM 600 ร้อยละ 57 แต่ในช่วงผลัดใบปริมาณผลผลิตจะลดลงเล็กน้อย ยางพันธุ์ RRIT 251 นี้สามารถปลูกได้ในพื้นที่ทั่วไป ยกเว้น พื้นที่ลาดชัน พื้นที่ที่มีหน้าดินตื้น พื้นที่ที่มีระดับน้ำใต้ดินสูง และพื้นที่ลมแรง เนื่องจากทรงพุ่มมีขนาดใหญ่และการแตกกิ่งไม่สมดุล

Ref. code: 25595709032618GTV

(2) พันธุ์บีพีเอ็ม 24 (BPM 24) เป็นพันธุ์ยางที่มีแหล่งกำเนิดในประเทศอินโดนีเซีย เกิดจากการผสมระหว่างพันธุ์ GT 1 กับ AVROS 1734

ลักษณะประจำพันธุ์ ทรงฉัตรใบลักษณะเป็นรูปกรวยตัด ใบมีรูปร่างป้อมกลางใบ ลักษณะลำต้นตรง ทรงพุ่มมีขนาดปานกลางเป็นรูปกรวย แตกกิ่งมาก กิ่งมีขนาดปานกลาง มีการทิ้งกิ่งน้อย พุ่มใบค่อนข้างทึบ เริ่มผลัดใบเร็วและทยอยผลัดใบ ระยะก่อนเปิดกรีดและระหว่างกรีดมีการเจริญเติบโตปานกลาง ความสม่ำเสมอของขนาดของลำต้นทั้งแปลงปานกลาง มีจำนวนต้นที่แสดงอาการเปลือกแห้งปานกลาง มีความต้านทานต่อโรคเส้นดำและโรคใบร่วงที่เกิดจากเชื้อ Phytophthora ในระดับดี ต้านทานโรคราแป้ง โรคใบจุดนูน และโรคราสีชมพูในระดับปานกลาง

ผลผลิตเนื้อยาง 10 ปีกรีดเฉลี่ย 335 กิโลกรัม/ไร่/ปี สูงกว่าพันธุ์ RRIM 600 ร้อยละ 41 หากใช้สารเคมีเร่งน้ำยางผลผลิตจะเพิ่มขึ้นเล็กน้อย แต่ในช่วงผลัดใบปริมาณผลผลิตจะลดลงปานกลาง ยางพันธุ์ BPM 24 สามารถปลูกได้ในพื้นที่ทั่วไป และปลูกได้ในพื้นที่ที่มีการระบาดของโรคเส้นดำและโรคใบร่วงที่เกิดจากเชื้อ Phytophthora พื้นที่ลาดชัน พื้นที่ที่มีหน้าดินตื้น พื้นที่ที่มีระดับน้ำใต้ดินสูง และพื้นที่ที่มีความชื้นสูง

(3) พันธุ์อาร์อาร์ไอเอ็ม 600 (RRIM 600) มีแหล่งกำเนิดในประเทศมาเลเซีย เกิดจากการผสมระหว่างพันธุ์ Tjir 1 กับ PB 86

ลักษณะประจำพันธุ์ ทรงฉัตรใบเป็นรูปกรวย มีขนาดเล็ก ใบมีสีเขียวอมเหลือง ใบมีรูปร่างป้อมปลายใบ แผ่นใบเรียบมัน ปลายใบเป็นติ่งแหลม ขอบใบเรียบ เมื่อสัมผัสจะรู้สึกนิ่ม เส้นใบมีสีเหลืองอมเขียว ก้านใบตรงและยาวปานกลาง ในระยะสองปีแรกลำต้นจะมีลักษณะตรงแต่เรียวเล็ก แตกกิ่งช้า กิ่งที่แตกจะค่อนข้างยาวและลักษณะการแตกเป็นมุมแหลม ทรงพุ่มมีขนาดปานกลาง เริ่มผลัดใบเร็ว ระยะก่อนเปิดกรีดและระหว่างกรีดมีการเจริญเติบโตปานกลาง ความสม่ำเสมอของขนาดของลำต้นทั้งแปลงปานกลาง มีจำนวนต้นที่แสดงอาการเปลือกแห้งน้อย อ่อนแอต่อโรคราสีชมพู และอ่อนแอมากต่อโรคใบร่วงที่เกิดจากเชื้อ Phytophthora และโรคเส้นดำ มีความต้านทานต่อโรคราแป้งและโรคใบจุดนูนในระดับปานกลาง

ผลผลิตเนื้อยาง 10 ปีกรีดเฉลี่ย 289 กิโลกรัม/ไร่/ปี หากใช้สารเคมีเร่งน้ำยางผลผลิตจะเพิ่มขึ้นในระดับปานกลาง ในช่วงผลัดใบผลผลิตทางภาคใต้ลดลงเล็กน้อย แต่จะลดลงมากในพื้นที่แห้งแล้ง ยางพันธุ์ RRIM 600 สามารถปลูกได้ในพื้นที่ทั่วไปและพื้นที่ลาดชัน แต่ไม่ควรปลูกในพื้นที่ที่มีโรคใบร่วงที่เกิดจากเชื้อ Phytophthora โรคเส้นดำ และโรคราสีชมพูระบาดรุนแรง พื้นที่ที่มีระดับน้ำใต้ดินสูง และพื้นที่ที่มีหน้าดินตื้น (มานะชัย, 2549)

Ref. code: 25595709032618GTV

(4) พันธุ์สถาบันวิจัยยาง 408 (RRIT 408) มีแหล่งกำเนิดในประเทศไทย เกิดจากการผสมระหว่างพันธุ์ PB 5/51 กับ RRIC 101

ลักษณะประจำพันธุ์ รูปทรงลำต้นตรง ลักษณะกลม (กรรณิการ์ และนภาวรรณ, 2554) ทรงพุ่มมีขนาดใหญ่เป็นรูปกรวย พุ่มใบไม่ทึบมาก แตกกิ่งมากทั้งขนาดใหญ่และขนาดกลาง การแตกกิ่งสมดุล ทยอยผลัดใบ (กรมวิชาการเกษตร, 2558) ระยะก่อนเปิดกรีดมีการเจริญเติบโตดีมากทำให้เปิดกรีดได้เร็ว แม้ว่าในช่วงเริ่มปลูกจะมีขนาดลำต้นค่อนข้างจะต่ำกว่าทุกพันธุ์ เนื่องจากความพร้อมของการขยายพันธุ์ ในระยะแรกมีขนาดลำต้นสม่ำเสมอกันดี ทำให้มีจำนวนต้นเปิดกรีดมาก ต้านทานต่อโรคใบร่วงที่เกิดจากเชื้อ Phytophthora และใบจุดก้างปลาในระดับดี ต้านทานต่อโรคราแป้ง โรคเส้นดำ และโรคราสีชมพูในระดับปานกลาง มีจำนวนต้นเสียหายจากภาวะแล้งน้อย

ผลผลิตเนื้อยางแห้งพันธุ์ RRIT 408 นี้ ให้ผลผลิตสูงมากตั้งแต่ระยะแรกของการกรีดเช่นเดียวกับพันธุ์ RRIT 251 โดยให้ผลผลิตเฉลี่ยระหว่าง 216.6–352.4 กิโลกรัม/ไร่/ปี สูงกว่าพันธุ์ RRIM 600 ระหว่างร้อยละ 63–77 (กรรณิการ์ และนภาวรรณ, 2554) ผลผลิตเนื้อยางแห้งในพื้นที่ปลูกยางใหม่ให้ผลผลิต 8 ปีกรีดเฉลี่ย 352 กิโลกรัม/ไร่/ปี สูงกว่าพันธุ์ RRIM 600 ร้อยละ 62 เมื่อกระตุ้นให้มีการสังเคราะห์น้ำยางเพิ่มมากขึ้นโดยใช้ระบบกรีดที่มีจำนวนวันกรีดมากหรือใช้สารเคมีเร่งน้ำยาง จะทำให้ต้นยางแสดงอาการเปลือกแห้งได้ง่าย ดังนั้น ไม่แนะนำให้ใช้ระบบกรีดที่มีจำนวนวันกรีดมากกับต้นยางพันธุ์นี้ ต้นยางพันธุ์ RRIT 408 นี้สามารถปลูกได้ในพื้นที่ที่มีข้อจำกัด เช่น พื้นที่ลาดชัน พื้นที่ที่มีระดับน้ำใต้ดินสูง

2.1.2.2 กลุ่ม 2 พันธุ์ยางผลผลิตน้ำยางและเนื้อไม้สูง

(1) พันธุ์พีบี 235 (PB 235) มีแหล่งกำเนิดในประเทศมาเลเซีย เกิดจากการผสมระหว่างพันธุ์ PB S/78 กับ PB 5/51

ลักษณะประจำพันธุ์ ทรงฉัตรใบเป็นรูปกรวย มีขนาดใหญ่ ใบมีรูปร่างป้อมกลางใบ สีเขียวอมเหลือง ปลายใบเรียวแหลม แผ่นใบขรุขระเป็นมัน เส้นกลางใบนูนมองเห็นเด่นชัดและเส้นใบมีสีเขียวอ่อน ระยะยางอ่อนจะแตกกิ่งเร็วมาก มีกิ่งขนาดเล็กจำนวนมากและทยอยทิ้งกิ่งด้านล่าง เมื่ออายุมากขึ้นจะเหลือกิ่งขนาดกลาง 4-5 กิ่งในระดับสูง ลักษณะการแตกกิ่งไม่สมดุล ลักษณะลำต้นตรงดี ระยะก่อนเปิดกรีดมีการเจริญเติบโตดีมาก ทำให้เปิดกรีดได้เร็ว ความสม่ำเสมอของขนาดลำต้นทั้งแปลงดี ทำให้มีจำนวนต้นเปิดกรีดมาก ส่วนการเจริญเติบโตของลำต้นระหว่างกรีดปานกลาง มีจำนวนต้นที่แสดงอาการเปลือกแห้งค่อนข้างมาก สามารถต้านทานต่อโรคราสีชมพูในระดับดี ต้านทานต่อโรคเส้นดำและโรคใบร่วงที่เกิดจากเชื้อ Phytophthora ในระดับปานกลาง และอ่อนแอต่อโรคราแป้งและโรคใบจุดนูนมาก ผลผลิตเนื้อยาง 10 ปีกรีดเฉลี่ย 330 กิโลกรัม/ไร่/ปี หากใช้สารเคมีเร่งน้ำยาง ผลผลิตจะเพิ่มขึ้นเล็กน้อย ในช่วงผลัดใบผลผลิตลดลงปานกลาง

Ref. code: 25595709032618GTV

สำหรับผลผลิตเนื้อไม้เป็นดังนี้คือ ในช่วงต้น ยางอายุ 6, 15 และ 20 ปี จะให้ผลผลิตเนื้อไม้ส่วนลำต้น 0.10, 0.30 และ 0.41 ลูกบาศก์เมตร/ต้น คิดเป็น 6.75, 22.34 และ 28.09 ลูกบาศก์เมตร/ไร่ ตามลำดับ ยางพันธุ์ BP 235 สามารถปลูกได้ในพื้นที่ทั่วไป ยกเว้น พื้นที่ลาดชัน พื้นที่ที่มีหน้าดินตื้น และ พื้นที่ที่มีระดับน้ำใต้ดินสูง

(2) พันธุ์ พีบี 255 (PB 255) มีแหล่งกำเนิดในประเทศมาเลเซีย เกิดจากการผสมระหว่างพันธุ์ PB 5/51 กับ PB 32/36

ลักษณะประจำพันธุ์ ทรงฉัตรใบเป็นรูปครึ่งวงกลม มีขนาดใหญ่ ใบมีรูปร่างป้อมกลางใบ ปลายใบเรียวแหลม แผ่นใบเรียบ ไม่เป็นมัน ขอบใบหยักถี่ เส้นกลางใบนูนมองเห็นเด่นชัด เส้นใบมีสีเขียวอมเหลือง ลักษณะลำต้นตรง ระยะยางอ่อนจะแตกกิ่งเร็ว แตกกิ่งขนาดเล็กจำนวนมาก พุ่มใบทึบ ทรงพุ่มมีขนาดใหญ่เป็นรูปกลม เริ่มผลัดใบค่อนข้างช้า ระยะก่อนเปิดกรีดมีการเจริญเติบโตดีและระหว่างกรีดมีการเจริญเติบโตปานกลาง ต้านทานโรคเส้นดำและโรคราแป้งระดับปานกลาง แต่อ่อนแอต่อโรคราสีชมพู โรคใบจุดนูน และโรคใบร่วงที่เกิดจากเชื้อ Phytophthora

ผลผลิตเนื้อยาง 10 ปีกรีดเฉลี่ย 318 กิโลกรัม/ไร่/ปี หากใช้สารเคมีเร่งน้ำยาง ผลผลิตจะเพิ่มขึ้นปานกลาง ส่วนในช่วงผลัดใบผลผลิตลดลงปานกลาง สำหรับผลผลิตเนื้อไม้เป็นดังนี้คือ ในช่วงต้นยางอายุ 6, 15 และ 20 ปี จะให้ผลผลิตเนื้อไม้ส่วนลำต้น 0.10, 0.28 และ 0.39 ลูกบาศก์เมตร/ต้น คิดเป็น 6.26, 21.57 และ 27.24 ลูกบาศก์เมตร/ไร่ ตามลำดับ ยางพันธุ์ PB 255 สามารถปลูกได้ในพื้นที่ทั่วไป ทั้งในพื้นที่ลาดชัน พื้นที่ที่มีหน้าดินตื้น และพื้นที่ที่มีระดับน้ำใต้ดินสูง ยกเว้นพื้นที่ที่มีโรคราสีชมพู โรคใบจุดนูน และโรคใบร่วงที่เกิดจากเชื้อ Phytophthora ระบาดรุนแรง

2.1.2.3 กลุ่ม 3 พันธุ์ยางผลผลิตเนื้อไม้สูง

(1) พันธุ์ฉะเชิงเทรา 50 (RRIT 402) มีแหล่งกำเนิดในประเทศไทย เป็นพันธุ์ที่เกิดจาก RRIC 110 ill. (RRIC 110 ill. หมายถึง เมล็ดที่เก็บจากต้นแม่พันธุ์ RRIC 110 ที่เกิดจากการผสมข้ามตามธรรมชาติ)

ลักษณะประจำพันธุ์ ทรงฉัตรใบเป็นรูปกรวยโปร่งและมีขนาดเล็ก ใบมีสีเขียวเข้ม ใบมีรูปร่างป้อมปลายใบ แผ่นใบเป็นมัน ขอบใบเรียบ ลำต้นกลมใหญ่และตรง ทรงพุ่มมีขนาดค่อนข้างใหญ่ ลักษณะกลม ในช่วงยางอ่อนจะแตกกิ่งขนาดกลางและขนาดเล็กจำนวนมาก การแตกกิ่งอยู่ในระดับสูง การแตกกิ่งสมดุล ต้านทานโรคใบร่วงที่เกิดจากเชื้อ Phytophthora และโรคราแป้งระดับปานกลาง ต้านทานโรคใบจุดนูนระดับดี

ในช่วงที่ต้นยางมีอายุ 6 ปี มีขนาดเส้นรอบวงลำต้น 51.6 เซนติเมตร ให้ผลผลิตเนื้อไม้ส่วนลำต้น 0.11 ลูกบาศก์เมตร/ต้น หรือคิดเป็น 7.76 ลูกบาศก์เมตร/ไร่

Ref. code: 25595709032618GTV

เนื่องจากยางพันธุ์ฉะเชิงเทรา 50 มีรูปทรงลำต้นตรงและกลมทำให้มีปริมาตรไม้ในส่วนท่อนซุงมาก จึงเหมาะต่อการนำไปใช้ในอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ ยางพันธุ์ฉะเชิงเทรา 50 สามารถปลูกได้ในพื้นที่ทั่วไป

(2) พันธุ์ AVROS 2037 มีแหล่งกำเนิดในประเทศอินโดนีเซีย จากการผสมระหว่างพันธุ์ AVROS 256 กับ AVROS 352

ลักษณะประจำพันธุ์ ทรงฉัตรใบเป็นรูปครึ่งวงกลม ใบมีรูปร่างป้อมปลายใบ ในช่วงยางอ่อนจะแตกกิ่งขนาดเล็กจำนวนมาก แตกกิ่งไม่สมดุล พุ่มใบทึบ ทิ้งกิ่งเล็กค่อนข้างเร็ว เมื่ออายุมากเหลือกิ่งขนาดใหญ่ 1-2 กิ่งในระดับสูง ทำให้ทรงพุ่มโปร่ง รูปทรงลำต้นตรง ลักษณะกลม ทำให้มีปริมาตรไม้ในส่วนท่อนซุงมาก แต่ในช่วงที่อายุมากต้นมักจะโค้งในส่วนยอด การเจริญเติบโตของลำต้นดีมาก จึงให้ผลผลิตเนื้อไม้สูง เป็นพันธุ์ที่ต้านทานต่อโรคใบจุดนูนและโรคราสีชมพูได้ดี ต้านทานต่อโรคราแป้งระดับปานกลาง แต่อ่อนแอต่อโรคใบร่วงที่เกิดจากเชื้อ Phytophthora

ในช่วงที่ต้นยางอายุ 6, 15 และ 20 ปี มีขนาดเส้นรอบวงลำต้น 50.1, 78.1 และ 86.9 เซนติเมตร ตามลำดับ ให้ผลผลิตเนื้อไม้ส่วนลำต้น 0.10, 0.31 และ 0.43 ลูกบาศก์เมตร/ต้น หรือคิดเป็น 7.22, 23.07 และ 28.90 ลูกบาศก์เมตร/ไร่ ตามลำดับ

2.1.3 พันธุ์ยางที่เหมาะสมของแต่ละเขตพื้นที่

พื้นที่ปลูกยางสามารถแบ่งออกเป็น 2 ลักษณะ คือ

2.1.3.1 พื้นที่ปลูกยางเดิม หมายถึง พื้นที่ที่มีสภาพแวดล้อมเหมาะสมต่อการปลูกยาง ประกอบด้วยพื้นที่ภาคใต้และภาคตะวันออกซึ่งสามารถแบ่งออกเป็นเขตพื้นที่ต่างๆ ได้ดังนี้

(1) เขตภาคใต้ฝั่งตะวันตก ประกอบด้วย จังหวัดระนอง พังงา ภูเก็ต พื้นที่ส่วนใหญ่ของจังหวัดกระบี่ ตอนเหนือของจังหวัดตรัง และตอนใต้ของจังหวัดสุราษฎร์ธานี พื้นที่ในเขตนี้มีจำนวนวันฝนตกระหว่าง 161-227 วัน/ปี ปริมาณน้ำฝนอยู่ระหว่าง 2,000-5,000 มิลลิเมตร/ปี และอาจมีลมแรงในบางพื้นที่ของจังหวัดภูเก็ต ดังนั้นการเลือกพันธุ์ยางเพื่อปลูกในเขตนี้จึงควรเป็นพันธุ์ยางที่มีความต้านทานต่อโรคเส้นดำ โรคใบจุดนูน และโรคใบร่วงที่เกิดจากเชื้อ Phytophthora ได้แก่ พันธุ์สถาบันวิจัยยาง 251 (RRIT 251) สถาบันวิจัยยาง 226 (RRIT 226), BPM 1, BPM 24, PB 260, RRIC 110 และฉะเชิงเทรา 50 เป็นต้น โดยเลือกพันธุ์ยางดังกล่าวมาปลูกตามวัตถุประสงค์ของการปลูก

(2) เขตภาคใต้ตอนกลาง ประกอบด้วย จังหวัดชุมพร นครศรีธรรมราช พัทลุง ด้านตะวันออกและส่วนกลางของจังหวัดสุราษฎร์ธานี ด้านตะวันออกของจังหวัดกระบี่ ตรัง (ยกเว้นทางตอนเหนือ) และจังหวัดสงขลา (ยกเว้นบริเวณชายแดนที่ติดต่อกับมาเลเซีย) พื้นที่ในเขต

Ref. code: 25595709032618GTV

เหล่านี้จะมีจำนวนวันฝนตก 183-195 วัน/ปี ปริมาณน้ำฝนอยู่ระหว่าง 1,800-2,600 มิลลิเมตร/ปี สามารถปลูกยางพาราได้ทุกพันธุ์ที่แนะนำ

(3) เขตภาคใต้ตอนใต้ ประกอบด้วย จังหวัดปัตตานี ยะลา และนราธิวาส (ยกเว้นบริเวณที่อยู่ติดเขตชายแดนของมาเลเซีย) ในพื้นที่เขตนี้จะมีจำนวนวันฝนตก 159-174 วัน/ปี ปริมาณน้ำฝนอยู่ระหว่าง 2,000-3,000 มิลลิเมตร/ปี แต่ในบางพื้นที่มีปริมาณน้ำฝนมากจึงอาจมีปัญหาการระบาดของโรคใบร่วงที่เกิดจากเชื้อ Phytophthora โรคเส้นดำ และโรคใบจุดนูน และในบางพื้นที่อาจมีลมแรง พันธุ์ยางที่แนะนำให้ปลูกในเขตนี้ ได้แก่ พันธุ์สถาบันวิจัยยาง 251 (RRIT 251) สถาบันวิจัยยาง 226 (RRIT 226), BPM 24, PB 235, PB 260, ฉะเชิงเทรา 50 และ BPM 1 ยกเว้นในบางพื้นที่ที่มีลมแรงไม่ควรปลูกยางพันธุ์ RRIT 251

(4) เขตชายแดนภาคใต้ ประกอบด้วย จังหวัดสตูล บางส่วนของจังหวัดสงขลา ยะลา และนราธิวาสที่มีบริเวณชายแดนติดกับมาเลเซีย ซึ่งในพื้นที่เขตนี้จะมีจำนวนวันฝนตกระหว่าง 165-200 วัน/ปี มีปริมาณน้ำฝนอยู่ระหว่าง 2,500-3,000 มิลลิเมตร/ปี เป็นพื้นที่ที่มีการแพร่ระบาดของโรคใบร่วงที่เกิดจากเชื้อ Phytophthora โรคเส้นดำ และโรคราสีชมพู พันธุ์ยางที่แนะนำให้ปลูกในเขตนี้ ได้แก่ พันธุ์ RRIT 251, BPM 24, RRIC 110 และ PB 260 เป็นต้น ยกเว้นพื้นที่ปลูกที่มีลมแรงไม่ควรปลูกยางพันธุ์ RRIT 251 และ RRIC 110

(5) เขตตอนกลางของภาคตะวันออก ประกอบด้วย จังหวัดชลบุรี ระยอง และฉะเชิงเทรา ซึ่งมีฝนตกน้อยคือมีจำนวนวันฝนตก 119-128 วัน/ปี ปริมาณน้ำฝนอยู่ระหว่าง 1,200-1,500 มิลลิเมตร/ปี เป็นเขตที่สามารถปลูกยางได้ทุกพันธุ์ที่แนะนำ

(6) เขตชายแดนภาคตะวันออก ประกอบด้วย จังหวัดจันทบุรีและตราด มีปริมาณน้ำฝนและจำนวนวันฝนตกใกล้เคียงกับเขตฝั่งตะวันตกของภาคใต้ คือมีปริมาณน้ำฝนระหว่าง 2,500-3,500 มิลลิเมตร/ปี มีจำนวนวันฝนตก 170-193 วัน/ปี เป็นเขตที่มีโรคใบร่วงที่เกิดจากเชื้อ Phytophthora และโรคเส้นดำระบาดอย่างรุนแรง พันธุ์ยางที่แนะนำให้ปลูกในเขตนี้ ได้แก่ พันธุ์ RRIT 251, RRIT 226, BPM 24, PB 260, RRIC 110, ฉะเชิงเทรา 50 และ BPM 1 เป็นต้น

2.1.3.2 พื้นที่ปลูกยางใหม่ หมายถึง พื้นที่ปลูกที่ขยายออกไปจากแหล่งปลูกยางเดิมเป็นพื้นที่ที่มีสภาพแวดล้อมไม่ค่อยเอื้ออำนวยต่อการปลูกยางมากนัก ปัจจุบันได้ขยายพื้นที่ปลูกยางใหม่ออกไปในเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคเหนือ ซึ่งในเขตพื้นที่ดังกล่าวสามารถแบ่งพื้นที่ปลูกยางออกเป็น 2 ลักษณะตามปริมาณน้ำฝนดังนี้

(1) พื้นที่ที่มีปริมาณฝนมากกว่า 1,600 มิลลิเมตร/ปี ในเขตพื้นที่นี้ส่วนใหญ่มีปริมาณน้ำฝนอยู่ระหว่าง 1,600-2,400 มิลลิเมตร/ปี มีจำนวนวันฝนตกระหว่าง 118-149 วัน/ปี แต่ในบางปีอาจมีปริมาณฝนตกมากและอาจมีปัญหาการระบาดของโรคใบร่วงที่เกิดจากเชื้อ Phytophthora โรคเส้นดำ โรคราสีชมพู และโรคใบจุดนูน แต่การระบาดจะมีความรุนแรงน้อยกว่า

Ref. code: 25595709032618GTV

ในพื้นที่ภาคใต้ เนื่องจากการกระจายตัวของฝนอยู่ในช่วงที่แคบกว่าจึงทำให้ลดการระบาดของโรคใบร่วงที่เกิดจากเชื้อ Phytophthora ลงได้ ซึ่งในเขตพื้นที่นี้สามารถปลูกยางได้ทุกพันธุ์ที่แนะนำ

(2) พื้นที่ที่มีปริมาณฝนน้อยกว่า 1,600 มิลลิเมตร/ปี ในเขตพื้นที่นี้ส่วนใหญ่มีปริมาณน้ำฝนอยู่ระหว่าง 1,056-1,599 มิลลิเมตร/ปี มีจำนวนวันฝนตกระหว่าง 102-145 วัน/ปี ซึ่งการที่มีปริมาณฝนน้อยนี้ทำให้มีผลกระทบโดยตรงต่อการปลูกสร้างสวนยางในช่วงระยะปีแรก เพราะจะทำให้อัตราการรอดตายของยางปลูกใหม่ต่ำ ต้นยางเกิดแผลไหม้เนื่องจากถูกแสงแดดเผา การเจริญเติบโตช้า ให้ผลผลิตน้อย และอาจมีการระบาดของโรคราแป้งและโรคใบจุดนูน ดังนั้นจึงควรเลือกปลูกยางในช่วงเวลาที่เหมาะสมและดูแลรักษาอย่างดี ในเขตพื้นที่นี้สามารถปลูกยางได้ทุกพันธุ์ที่แนะนำ ยกเว้นพันธุ์ RRIT 226 และ PB 235 ไม่ควรปลูกในพื้นที่ที่มีการระบาดของโรคราแป้งรุนแรง และในพื้นที่ที่ดินมีความสมบูรณ์ต่ำ เป็นดินลูกรัง หรือมีชั้นดินดาน ไม่ควรปลูกยางพันธุ์ RRIT 251, BPM 24 และ BPM 1 (มานะชัย, 2549)

2.1.4 ธาตุอาหารที่จำเป็นสำหรับยางพารา

ธาตุอาหารเป็นองค์ประกอบของส่วนต่างๆ และทำหน้าที่ต่างกันในพืช ในการกรีดยางจะมีการสูญเสียธาตุอาหารบางส่วนไปกับน้ำยาง โดยน้ำยาง 1 ตัน จะสูญเสียธาตุไนโตรเจน 20 กิโลกรัม ฟอสฟอรัส 5 กิโลกรัม โพแทสเซียม 25 กิโลกรัม และแมกนีเซียม 5 กิโลกรัม หากไม่มีการใส่ปุ๋ยชดเชยธาตุอาหารที่เสียไปจะทำให้ขาดความสมดุลของธาตุอาหารในดิน มีผลให้ความอุดมสมบูรณ์ของดินลดลง (นุชนารถ และคณะ, 2550) ยางพารามีความต้องการธาตุอาหารต่างๆ ในปริมาณที่แตกต่างกัน ธาตุอาหารที่ยางพาราต้องการในปริมาณมาก เรียกว่า ธาตุอาหารหลัก ได้แก่ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม ธาตุอาหารที่ยางพาราต้องการในปริมาณน้อยลงมาจากธาตุอาหารหลัก เรียกว่า ธาตุอาหารรอง ได้แก่ แคลเซียม แมกนีเซียม และกำมะถัน และธาตุอาหารที่ต้องการในปริมาณน้อยมาก เรียกว่า ธาตุอาหารเสริม ได้แก่ เหล็ก แมงกานีส สังกะสี ทองแดง โบรอน โมลิบดินัม และคลอรีน สำหรับธาตุ คาร์บอน ไฮโดรเจน และออกซิเจน ยางพาราจะได้รับจากอากาศและน้ำอย่างเพียงพอแล้ว บทบาท หน้าที่ และอาการขาดธาตุอาหารที่สำคัญของยางพาราเป็นดังนี้

2.1.4.1 ไนโตรเจน (N) มีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตและการให้น้ำยางของต้นยางพารา (มานะชัย, 2549) เป็นส่วนประกอบสำคัญของกรดอะมิโนโปรตีน นิวคลีโอไทด์ และคลอโรฟิลล์ ซึ่งสารประกอบเหล่านี้มีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของพืช ยางพาราต้องการไนโตรเจนในปริมาณมาก ซึ่งมีไนโตรเจนมีอยู่ในใบประมาณร้อยละ 3-4 ของน้ำหนักใบแห้ง หากยางพาราขาดไนโตรเจนจะทำให้ใบยางมีสีเหลืองและมีขนาดเล็ก ต้นยางอ่อนจะมีทรงพุ่มเล็กแคระแกรน ถ้าเป็นต้นยางที่กรีดได้แล้วจะให้น้ำยางน้อย

Ref. code: 25595709032618GTV

2.1.4.2 ฟอสฟอรัส (P) มีความสำคัญในการสร้างโปรตีนและสารให้พลังงาน มีหน้าที่เกี่ยวกับการถ่ายเทพลังงาน ซึ่งเป็นกระบวนการทางสรีรวิทยาที่สำคัญ เป็นส่วนประกอบที่สำคัญของอะดีโนซินไตรฟอสเฟต (ATP) นิวคลีโอไทด์ และฟอสโพลิปิด (นุชนารถ และคณะ, 2548) นอกจากนี้ยังเป็นธาตุที่ช่วยให้ระบบรากมีการเจริญเร็วขึ้น และช่วยให้รากดูดโพแทสเซียมได้มากขึ้นด้วย ดินโดยทั่วไปจะมีธาตุฟอสฟอรัสต่ำ ดังนั้นต้นยางพาราที่ขาดธาตุฟอสฟอรัสจะชะงักการเจริญเติบโต ลำต้นและใบเป็นสีม่วง มีใบน้อยและให้น้ำยางน้อย (มานะชัย, 2549)

2.1.4.3 โพแทสเซียม (K) มีบทบาทสำคัญต่อกระบวนการเคลื่อนย้ายธาตุอาหารและสารบางชนิด ควบคุมการเปิดปิดปากใบ การกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ จึงมีบทบาทต่อผลผลิตของพืชมาก พืชที่ขาดโพแทสเซียมจะมีต้นแคระแกรน สีเขียวซีด ปลายใบแก่จะแห้งหรือเป็นจุดสีน้ำตาล ใบอ่อนจะพบจุดประสีแดงหรือสีน้ำตาลระหว่างเส้นใบ ทำให้ผลผลิตและคุณภาพน้ำยางลดลง

2.1.4.4 แมกนีเซียม (Mg) เป็นส่วนประกอบของคลอโรฟิลล์ มีหน้าที่สำคัญในกระบวนการใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ นอกจากนี้ยังเป็นตัวกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์เช่นเดียวกับแคลเซียม (นุชนารถ และคณะ, 2548; มานะชัย, 2549) การขาดแมกนีเซียมจะทำให้ใบพืชมีสีเหลือง จะเกิดที่ใบแก่ก่อน โดยขอบใบและบริเวณระหว่างเส้นใบจะมีสีเหลืองหรือแดง ถ้าเกิดรุนแรงใบแก่ตอนล่างอาจแห้งตายได้ ต้นยางจะชะงักการเจริญเติบโต และมีผลต่อการให้น้ำยางที่น้อยลง

2.1.4.5 โบรอน (B) มีหน้าที่สำคัญในการสร้าง การใช้ และการเคลื่อนย้ายสารที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการต่างๆ ทางสรีรวิทยา การขาดโบรอนจะแสดงในส่วนที่กำลังเจริญ เช่น ตาอ่อนที่เพิ่งเกิดจะแตกเป็นกระจุก พืชบางชนิดลักษณะใบจะขาดไม่สมบูรณ์ และคุณภาพของผลผลิตไม่สมบูรณ์ ในต้นยางพาราจะทำให้มีการเจริญเติบโตของต้นยางลดลง ใบยางมีรูปร่างบิดเบี้ยว ถ้าขาดรุนแรงปลายยอดอาจตายได้ (นุชนารถ และคณะ, 2548)

2.1.4.6 ธาตุอาหารอื่นๆ ได้แก่ แคลเซียม (Ca) กำมะถัน (S) เหล็ก (Fe) แมงกานีส สังกะสี (Zn) ทองแดง (Cu) โมลิบดินัม (Mo) คลอรีน (Cl) เป็นต้น ในต้นยางพาราไม่ค่อยพบอาการขาดธาตุอาหารเหล่านี้บ่อยนัก หากมีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม และแมกนีเซียมในอัตราที่เหมาะสม ยกเว้นในดินที่เป็นกรดหรือด่างจัดจะทำให้ความเป็นประโยชน์ของธาตุสังกะสีลดลง ในดินพรุหรือดินทรายอาจมีการขาดธาตุทองแดง เป็นต้น (มานะชัย, 2549)

Ref. code: 25595709032618GTV

2.2 ไมคอร์ไรซา (mycorrhizal)

ไมคอร์ไรซา คือ การดำรงชีวิตร่วมกันแบบพึ่งพาอาศัย (symbiosis) ระหว่างรากับรากพืชชั้นสูง (พักตร์เพ็ญ, 2556) ซึ่งเรียกราที่อยู่ร่วมกับรากพืชนี้ว่า “ราไมคอร์ไรซา” (mycorrhizal fungi) (ยงยุทธ และคณะ, 2551) ลักษณะความสัมพันธ์แบบพึ่งพาอาศัยกันนี้พบได้กับพืชที่เจริญเติบโตบนดินทั่วๆ ไป โดยพบประมาณ 80 เปอร์เซ็นต์ ของพืชทั้งหมดยกเว้นพืชตระกูล Brassicaceae และ Chenopodiaceae เท่านั้น ซึ่งการดำรงชีวิตร่วมกันแบบพึ่งพาอาศัยนี้ทำให้รากับพืชได้รับประโยชน์ร่วมกัน โดยเส้นใยราที่อยู่ภายนอกรากจะทำหน้าที่ในการดูดซับธาตุอาหารจากดินแล้วลำเลียงส่งไปให้กับพืช ในขณะเดียวกันพืชจะให้สารประกอบคาร์บอนจำพวกน้ำตาลแก่รา (พักตร์เพ็ญ, 2556) เมื่อแบ่งราไมคอร์ไรซาตามลักษณะทางสัญฐานวิทยา โดยทั่วไปแล้วราไมคอร์ไรซาที่เป็นที่รู้จักกันมีอยู่ 2 ชนิดใหญ่ๆ (สรสิทธิ์, 2535) คือ

(1) ราเอ็กโตไมคอร์ไรซา (ectomycorrhizal fungi) เชื้อรากลุ่มนี้เป็นพวกที่สร้างเส้นใยแบบที่มีผนังกั้นตามขวาง (septate hypha) ลักษณะโครงสร้างของรากพืชที่มีราเอ็กโตไมคอร์ไรซาประกอบด้วยเส้นใย hypha ที่ประสานตัวกันและห่อหุ้มรอบๆ รากพืชไว้ (สมจิตร, 2549) ใยราบางส่วนชอนไชเข้าไปในผนังเซลล์ของเนื้อเยื่อชั้นผิว epidermis และคอร์เทกซ์ (Turk et al., 2006) ซึ่งเป็นบริเวณที่มีการแลกเปลี่ยนสารอาหารระหว่างเชื้อรากับรากพืชอาศัย ใยราบางส่วนที่ยื่นออกนอกรากช่วยในการดูดน้ำและธาตุอาหารให้แก่พืช ราเอ็กโตไมคอร์ไรซาเกิดที่บริเวณส่วนปลายของรากแขนงขนาดเล็ก และเกิดได้ดีบริเวณดินชั้นบนที่มีอินทรียวัตถุในปริมาณมาก ราเอ็กโตไมคอร์ไรซาจะเข้าสู่รากของพืชอาศัยได้โดยเส้นใยสัมผัสกับรากที่ยังอ่อนอยู่ เพิ่มจำนวนเส้นใยบริเวณผิวของรากและเจริญเข้าไปภายในราก โดยเจริญอยู่ระหว่างเซลล์ของรากพืช รากที่มีราเอ็กโตไมคอร์ไรซาจะมีลักษณะสั้นและแตกแขนงมาก (สมจิตร, 2549) ราเอ็กโตไมคอร์ไรซาพบในรากพืชประมาณ 2000 ชนิด ส่วนใหญ่เป็นไม้ป่า เช่น สน (ยงยุทธ และคณะ, 2551) ยูคาลิปตัส โมก มะค่า ยาง ตะเคียน เต็ง รัง และโสน เป็นต้น (สมจิตร, 2549) ราชนิดนี้สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า อยู่ตระกูลเดียวกับเชื้อเห็ด เมื่อเชื้อนี้แก่เต็มที่ก็จะเกิด fruiting body ขึ้นเหนือพื้นดิน (สรสิทธิ์, 2535) เชื้อรากลุ่มนี้สามารถเลี้ยงบนอาหารเลี้ยงเชื้อได้ แต่การที่จะทำให้เชื้อราชนิดนี้เจริญจนครบวงจรจนถึงการรวมตัวของเส้นใยและสร้างเป็นดอกเห็ด (fruiting body) ยังจำเป็นต้องอยู่ร่วมกับรากพืชอาศัยและมีสภาพแวดล้อมที่เหมาะสม เห็ดที่เป็นราเอ็กโตไมคอร์ไรซาบางชนิดกินได้ (edible mushroom) บางชนิดเป็นเห็ดมีพิษ (poisonous mushroom) บางชนิดสร้างดอกเห็ดอยู่เหนือดิน บางชนิดสร้างดอกเห็ดอยู่ใต้ดิน เห็ดที่เป็นราเอ็กโตไมคอร์ไรซา เช่น เห็ดตับเต่า เห็ดเผาะ เห็ดแดง เห็ดหล่ม เห็ดก้อนกรวดหรือเห็ดหัวเข่า เป็นต้น (สมจิตร, 2549)

Ref. code: 25595709032618GTV

(2) ราเอ็นโดไมคอร์ไรซา (endomycorrhizal fungi) เชื้อรากลุ่มนี้ดำรงชีวิตแบบ obligate symbiosis กับพืชหลายชนิด ดังนั้นจึงไม่สามารถเพาะเลี้ยงบนอาหารเลี้ยงเชื้อได้ การเพิ่มปริมาณเชื้อราชนิดนี้นิยมทำในกระถางปลูกที่มีพืชอาศัยเจริญอยู่ (Morton and Redecker, 2001) ราเอ็นโดไมคอร์ไรซามีเส้นใยราส่วนแรกอยู่รอบๆ ราก (external hyphae) ส่วนที่สองอยู่ในผนังเซลล์ของเนื้อเยื่อชั้นผิว epidermis และคอร์เทกซ์ และส่วนที่สามแทรกเข้าไปในเซลล์ของคอร์เทกซ์แล้วพัฒนาปลายใยราเป็นโครงสร้างแลกเปลี่ยนอาหาร (ยงยุทธ และคณะ, 2551) เส้นใยราที่เจริญออกมานอกรากมีบทบาทในการช่วยดูดซับน้ำและธาตุอาหารให้แก่พืช เส้นใยรามีทั้งแบบที่อยู่ภายในเซลล์ของรากพืช (intracellular hypha) และแบบที่อยู่ระหว่างเซลล์ของรากพืช (intercellular hyphae) เส้นใยที่อยู่ภายในเซลล์รากมีโครงสร้างพิเศษที่เรียกว่า arbuscule ซึ่งมีลักษณะเป็นเส้นใยที่แตกแขนงมากและมักแตกแขนงแบบแยกสองแฉก (dichotomous branching) และสัมผัสชิดกับเยื่อหุ้มเซลล์ของพืช เพื่อการแลกเปลี่ยนสารอาหารกันระหว่างเชื้อราและพืชอาศัย ส่วนเส้นใยแบบที่อยู่ระหว่างเซลล์ของรากพืช มักพบโครงสร้างที่เรียกว่าเวสิเคิล (vesicle) ที่มีลักษณะเป็นถุงค่อนข้างกลมหรือรีขนาดเล็กอยู่ปลายเส้นใยหรือระหว่างเส้นใย อาจมีการสร้างเวสิเคิลได้ทั้งภายในเซลล์และระหว่างเซลล์ของรากพืช ทำหน้าที่ในการเก็บสะสมอาหารของเชื้อรา จึงมีการเรียกไมคอร์ไรซาแบบนี้ว่า ราเวสิคิวลา อาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา (vesicular arbuscular mycorrhizal fungi) หรือที่นิยมใช้ชื่อว่า VAM (Morton and Redecker, 2001) หากมีเฉพาะอาร์บัสคูล (arbuscule) ก็เรียกว่า ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา (arbuscular mycorrhizal fungi) หรือที่นิยมใช้ชื่อย่อว่า AM fungi พบรากลุ่มนี้อยู่กับรากไม้ป่าและพืชเศรษฐกิจหลายชนิด (ยงยุทธ และคณะ, 2551) การสร้างสปอร์ของเชื้อรากลุ่มนี้มักจะสร้างนอกราก และบางครั้งมีการสร้างสปอร์ภายในราก สปอร์ของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซามีขนาดใหญ่เมื่อเปรียบเทียบกับขนาดสปอร์ของไมคอร์ไรซากลุ่มอื่น สปอร์มีบทบาทในการสะสมอาหารและขยายพันธุ์ นอกจากนี้ลักษณะทางสัณฐานของสปอร์ยังใช้ในการตรวจสอบชนิดของเชื้อราเหล่านี้ได้ด้วย ดังนั้นการตรวจสอบเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาที่อยู่ในรากต้องผ่านกระบวนการย้อมสีรากแล้วนำไปตรวจสอบใต้กล้างจุลทรรศน์ (สมจิตร, 2549)

2.2.1 ลักษณะสำคัญของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา

เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา จะประกอบไปด้วยกลุ่มของเส้นใยที่เจริญอยู่รอบๆ รากพืช และอาจจะยื่นออกมาจากรากประมาณ 1 เซนติเมตร เส้นใยมีลักษณะสานกันเป็นร่างแห ช่วยเพิ่มพื้นที่ในการดูดซับธาตุอาหารและน้ำให้แก่พืช ภายในเส้นใยราจะไม่มีผนังกั้น มีหลายนิวเคลียส เส้นใยราในดิน มี 2 ชนิด คือเส้นใยราหลัก มีขนาดที่ค่อนข้างใหญ่ เส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นใยประมาณ 8-12 ไมโครเมตร บางครั้งมีขนาดใหญ่ถึง 20 ไมโครเมตร ที่ปลายของเส้นใยมีการแตกแขนงกิ่งก้านสาขาแบบ dichotomous ผนังบางคล้ายขนรากของพืช และกลุ่มเส้นใยขนาดเล็ก

Ref. code: 25595709032618GTV

ที่มีอายุสั้น แตกกิ่งก้านสาขามากมายออกด้านข้างคล้ายรากพืช แทรกตัวไปตามอนุภาคของอินทรียวัตถุ ทำหน้าที่ดูดธาตุอาหารให้แก่เชื้อรา เมื่ออาหารหมดไซโตพลาสซึมจะเคลื่อนที่ไปยังเส้นใยหลักและสร้างผนังมาปิดกั้นทำให้เส้นใยราขนาดเล็กเหี่ยวสลายไป เส้นใยที่อยู่ภายนอกรากนี้ยังสามารถสานตัวกันเป็นร่างแหเพิ่มพื้นที่ในการดูดธาตุอาหาร (Mosse, 1981) เมื่อเส้นใยราเจริญเข้าสู่รากพืชผ่านชั้น epidermis เข้าไปยังชั้นคอร์เทกซ์ โดยเส้นใยราจะเจริญทั้งภายในเซลล์และระหว่างเซลล์ ซึ่งพบว่ามีการเจริญหลายลักษณะ เช่น เจริญม้วนเป็นวง (coil หรือ check) หรือแตกกิ่งก้านสาขาแบบ dichotomous ออกไปรอบๆ ทุกทิศทางคล้ายกิ่งไม้ เรียกว่า อาร์บัสคูล (Harley and Smith, 1983) ทำหน้าที่แลกเปลี่ยนสารอาหารระหว่างเซลล์พืชกับเชื้อรา (ณัฐวรางค์, 2530) อาร์บัสคูลเกิดขึ้นให้เห็นได้ภายใน 3 วันหลังจากเชื้อเจริญเข้าสู่รากแล้ว มีอายุสั้นประมาณ 1-2 สัปดาห์ หลังจากนั้นผนังก็จะสลายไป บางส่วนของไซโตพลาสซึมจะไหลกลับไปยังเส้นใยราหลัก บางส่วนสลายไปและประกอบขึ้นเป็นไซโตพลาสซึมของเซลล์รากพืช (ธงชัย, 2546) ต่อมาเชื้อราจะสร้างเวสิเคิล ลักษณะรูปร่างค่อนข้างกลมหรือรีที่ส่วนปลายหรือระหว่างเส้นใยรา ภายในจะประกอบไปด้วยหยดไขมัน (lipid droplets) จำนวนมาก เป็นโครงสร้างที่ใช้เก็บสะสมอาหารของเชื้อรา เมื่อผิวนอกของเซลล์ชั้นคอร์เทกซ์เกิดฉีกขาด เวสิเคิลจะหลุดออกมาจากเนื้อเยื่อรากเข้าสู่ดิน ซึ่งต่อมาอาจจะงอกเป็นเซลล์ใหม่ได้และทำหน้าที่เป็นส่วนขยายพันธุ์ของเชื้อราต่อไปได้ หรือบางครั้งอาจมีการสร้างสปอร์ภายในเวสิเคิลกลายเป็น sporangia ได้ (Gerdemann, 1968) โดยทั่วไปเวสิเคิลจะเกิดขึ้นหลังจากการสร้างอาร์บัสคูลแล้วและส่วนใหญ่จะเกิดที่รากแขนงมากกว่ารากอื่นๆ ซึ่งอาร์บัสคูลและเวสิเคิลนี้จะมีลักษณะแตกต่างกันไปตามชนิดของเชื้อรา (Mosse, 1981) และเกิดขึ้นมากหลังการใส่ปุ๋ยจุลธาตุที่เป็นโลหะ ได้แก่ เหล็ก ทองแดง สังกะสี และแมงกานีส ส่วนการพักตัวของสปอร์ (resting spore) เป็นโครงสร้างพิเศษของเชื้อราที่สร้างขึ้นมา เพื่อใช้ในการพักตัวเมื่อมีสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม ซึ่งจะมีรูปร่างและขนาดที่แตกต่างกันและเมื่อมีสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมจะเกิดการงอกของสปอร์และเจริญเข้าสู่รากพืชที่เหมาะสมต่อไปได้ (ธงชัย, 2546)

2.2.2 การพัฒนาเข้าสู่รากพืชของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา

ในการแลกเปลี่ยนฟอสเฟตและน้ำตาลระหว่างพืชให้อาศัย (host) กับเชื้อรานั้นมีความสำคัญเป็นอย่างยิ่ง เนื่องจากพืชจำนวนมากจะได้รับ inorganic phosphorus (P_i) เข้าสู่คอร์เทกซ์ของรากซึ่งค่อนข้างแก่ด้วยวิธีนี้ โดยการเข้าสู่รากพืชของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา (ยงยุทธ, 2543) สามารถแบ่งออกได้เป็นระยะดังนี้

2.2.2.1 การงอกของชิ้นส่วนของเชื้อรา เมื่อสภาพแวดล้อมต่างๆ ในดินเหมาะสมสปอร์ในดินจะงอกและเจริญเป็นเส้นใยออกมาจากสปอร์เข้าหารากพืชที่อยู่ใกล้เคียง พืชแต่ละชนิดอาจมีสารปลดปล่อยออกมาจากรากพืช (root exudate) ที่แตกต่างกัน องค์ประกอบของสารเหล่านั้นชักนำให้เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซางอกและเจริญเข้าหารากพืชต่อไป (Barea, 1986)

Ref. code: 25595709032618GTV

2.2.2.2 การแทงเส้นใยเข้าสู่รากพืช ใยราจะเจริญในแนวขนานกับราก จากนั้นจะสร้าง appressoria เพื่อไว้ยึดเกาะกับรากพืช (ยงยุทธ, 2543) มักเกิดกับรากขนอ่อนหรือรากแขนงอ่อนที่ห่างจากปลายรากประมาณ 0.5-1 เซนติเมตร (Mosse and Hepper, 1975)

2.2.2.3 การสร้างเส้นใยรา เมื่อเชื้อรามีการสร้างโครงสร้างของ appressoria ที่ผิวราก จากนั้นเชื้อราจะแตกแขนงเส้นใยราสอดแทรกเข้าไปในเซลล์ผิวรากชั้น epidermis และคอร์เทกซ์ แต่ในส่วนของพืชที่มีคลอโรฟิลล์จะไม่มีกลุ่มของเส้นใยรานี้เจริญอยู่ (Bowen, 1987) ซึ่งที่เซลล์ผิวรากใยราจะอยู่ระหว่างเซลล์เท่านั้น ส่วนเซลล์ของคอร์เทกซ์จะมีใยราแทรกเข้าไปในเซลล์แล้วสร้างโครงสร้างพิเศษที่เรียกว่า อาร์บัสคูล (arbuscule) และ เวสิเคิล (vesicle) ขึ้น (ยงยุทธ, 2543)

2.2.2.4 การเกิดอาร์บัสคูลและเวสิเคิลในชั้นคอร์เทกซ์ของรากพืช อาร์บัสคูลจะสร้างขึ้นหลังจากเส้นใยราแทงเข้าไปเจริญในรากพืชแล้วประมาณ 2-3 วัน อาร์บัสคูลจะมีลักษณะเป็นเส้นใยที่แตกกิ่งก้านแบบ dichotomous มีขนาดตั้งแต่ 0.3-1.0 ไมโครเมตร ซึ่งจะถูกล้อมรอบด้วย plasmalemma ของเซลล์รากพืชและมีอินเตอร์แฟเชียล เมตริกซ์ (interfacial matrix) เป็นตัวเชื่อม ทำให้เกิดการแลกเปลี่ยนสารอาหารระหว่างเชื้อรากับเซลล์รากพืช อาร์บัสคูลจะมีชีวิตอยู่ได้ประมาณ 1-2 สัปดาห์ หลังจากนั้นจะสลายตัวไป หลังจากอาร์บัสคูลสลายไป พบว่ามีการสร้างเวสิเคิลตรงบริเวณปลายเส้นใยหรือเซลล์บริเวณหนึ่งของเส้นใยโป่งออก ทำให้มีรูปร่างค่อนข้างกลมหรือรีมีขนาดตั้งแต่ 30-100 ไมโครเมตร (Cox and Tinker, 1976) ทำหน้าที่ในการเก็บสะสมอาหารในรูปของ ลิปิดในเซลล์ชั้นคอร์เทกซ์ (มหาวิทยาลัยสุรนารี, 2556) จำนวนและขนาดของเวสิเคิลจะแตกต่างกันตามชนิดของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา แต่เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาบางชนิดไม่สร้างเวสิเคิล (Cox and Tinker, 1976)

2.2.2.5 การแพร่กระจายของเส้นใยราในรากและในดินรอบราก เส้นใยราจะมีการเจริญออกไปตามผิวราก รวมทั้งเจริญออกไปในดินขยายเส้นใยให้กว้างขวางขึ้นและสร้างจุดที่เข้าสู่รากพืชในตำแหน่งใหม่ (มหาวิทยาลัยสุรนารี, 2556) ใยราที่อยู่ภายนอกรากจะทอดยาวและแตกแขนงเป็นอันมากสร้างเครือข่ายของกระจุกใยรา (mycelium) ที่สัมผัสได้ไกลและทั่วถึงกว่ารากพืช (ยงยุทธ, 2543) ช่วยดูดธาตุอาหารต่างๆ ทั้งธาตุอาหารหลัก ธาตุอาหารรอง และจุลธาตุอื่นๆ เข้าไปในพืช (ดวงใจ, 2546) โดยเฉพาะฟอสฟอรัส เมื่อใยราดูด inorganic phosphorus (P_i) ด้วยกลไกการสูบโปรตรอนมาได้ จะทำการแปรสภาพ P_i ให้กลายเป็นอนุภาคโพลีฟอสเฟต (PP_i) แล้วส่งไปทางกระแสไซโทพลาซึมมาตามใยราจนถึงอาร์บัสคูล เอนไซม์โพลีฟอสฟาเทส (polyphosphatase) ในอาร์บัสคูลจะย่อย PP_i ให้กลายเป็น P_i แล้วถ่ายโอนให้เซลล์ราก และเยื่อหุ้มเซลล์ของรากก็ดูด P_i ส่งไปเซลล์อื่นด้วยกลไกที่ใช้ H^+-ATPase ขณะเดียวกันอาร์บัสคูลก็จะดูดน้ำตาลโมเลกุลเล็กซึ่งมีในเซลล์รากอยู่แล้วหรือขนส่งมาจากเซลล์ข้างเคียงไว้โดยอาศัยพลังขับเคลื่อนโปรตรอน ซึ่งเกิดจากกลไกการสูบโปรตรอน (ยงยุทธ, 2543)

Ref. code: 25595709032618GTV

2.2.2.6 การสร้างสปอร์ หลังจากมีการเข้าสู่รากพืชได้ประมาณ 3 เดือน เชื้อราจะสร้างสปอร์แบบไม่ใช้เพศ (asexual spore) ในดิน ซึ่งสปอร์อาจสร้างขึ้นแล้วเกิดในลักษณะเป็นสปอร์เดี่ยวๆ หรือรวมกันเป็นกลุ่มที่เรียกว่า สปอโรคาร์ป (sporocarp) สปอร์จะมีขนาดตั้งแต่ 50-600 ไมโครเมตร มีผนังหนาและอาจมีได้หลายชั้น ภายในเต็มไปด้วยเม็ดไขมันที่เก็บสะสมอยู่ (กนกวรรณ, 2546)

2.2.3 ปัจจัยที่มีผลต่อเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา

2.2.3.1 พืชอาศัย การเข้าสู่เซลล์รากพืชโดยเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาแต่ละชนิดมีความจำเพาะต่อระบบรากของพืชอาศัย Ocampo et al. (1979) ศึกษาผลของพืชอาศัยต่อการติดเชื้อของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาในพืช 10 ชนิด คือ ข้าวบาร์เลย์ ผักกาดหอม ข้าวโพด หอมหัวใหญ่ มันฝรั่ง กะหล่ำปลี ผักคะน้า oilseed, rape, swede และ sugar beet โดยใช้เชื้อ *Glomus fasciculatum* และ *Gigaspora margarita* พบว่า กะหล่ำปลี ผักคะน้า oilseed rape และ swede ไม่มีการติดเชื้อในราก ซึ่งพืชดังกล่าวอยู่ใน family Cruciferae (ชื่อวงศ์ใหม่ Brassicaceae) เนื่องจากพืชในตระกูลนี้มีรากใหญ่และมีรากฝอยน้อย ทำให้มีผลต่อการเข้าสู่รากพืชของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา การศึกษาของ Boyetchko and Tewari (1990) กล่าวถึงการเข้าสู่รากพืชชนิดต่างๆ ของ *Glomus dimorphicum* พบว่า การเข้าสู่รากพืชและลักษณะทางสัณฐานของเชื้อรา *Glomus dimorphicum* ในรากพืชมีลักษณะแตกต่างกันไปตามชนิดของพืช และพบว่าการเข้าสู่รากพืชของข้าวบาร์เลย์อยู่ในระดับต่ำ แต่ในพืชตระกูลถั่วอัลฟัลฟ่ากับหอมจะมีการเข้าสู่รากพืชอยู่ในระดับสูง และการเข้าสู่รากพืชนี้จะสูงที่สุดใน red clover และข้าวโพด ซึ่งเป็นพืชที่มีผลต่อการสร้างสปอร์ของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาได้มากขึ้น (Struble and Skipper, 1988) ส่วนรายงานของ Vivekanadau and Fixen (1991) ศึกษาถึงระบบการปลูกพืชที่มีผลต่อการเข้าอาศัยของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาในข้าวโพดพบว่า ระดับการเข้าอยู่อาศัยของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาในข้าวโพดจะมีค่าสูงสุดเมื่อพื้นที่นั้นเคยมีการปลูกถั่วเหลืองมาก่อน และระดับการเข้าอยู่อาศัยในรากพืชมีค่าต่ำสุดเมื่อมีการปลูกข้าวบาร์เลย์มาก่อน

2.2.3.2 แสง เป็นปัจจัยที่สำคัญในการสังเคราะห์แสงพืช ซึ่งเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาต้องการคาร์บอนที่ได้จากการสังเคราะห์แสงของพืช การพัฒนาของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาจะขึ้นอยู่กับศักยภาพการสังเคราะห์แสงและการเคลื่อนย้าย photosynthate ไปยังรากของพืช รายงานของ Son et al. (1988) ศึกษาผลของความเข้มของแสงต่อการเจริญในส่วนของราก การติดเชื้อในราก และการดูดฟอสฟอรัสในหอมหัวใหญ่ พบว่า การปลูกพืชในสภาวะที่มีความเข้มของแสงต่ำ การใส่เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาทำให้ R/S ratio ต่ำลง (R คือ ปริมาณหรือชีวมวลของจุลินทรีย์ในบริเวณ Rhizoshphere, S คือ ปริมาณหรือชีวมวลของจุลินทรีย์ในดินปราศจากรากพืช) เมื่อเปรียบเทียบกับการไม่ใส่เชื้อ พืชที่มีการติดเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา มีความต้องการ

Ref. code: 25595709032618GTV

photosynthate มากกว่าพืชที่ไม่มีเชื้อ นอกจากนี้ ยังมีการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสง อุณหภูมิดิน ต่อเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา *Glomus fasciculatus* ใน sudan grass โดยอยู่ในสภาวะของความเข้มของแสง อุณหภูมิดิน ปริมาณของฟอสฟอรัสที่แตกต่างกัน พบว่า เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาลดลงเมื่อมีการใส่ฟอสฟอรัสเพิ่มขึ้น โดยมีผลมากที่สุดเมื่ออยู่ในสภาวะที่มีความเข้มแสงต่ำ แต่ความเข้มแสงไม่มีผลต่อการเกิดเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาที่ไม่มีการใส่ฟอสฟอรัส สาเหตุที่การใส่ฟอสฟอรัสมีผลยับยั้งการเกิดเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา เพราะในสภาพดังกล่าวรากมีการปลดปล่อยน้ำตาลในปริมาณที่น้อยลง ซึ่งการลดลงของน้ำตาลที่ปลดปล่อยโดยรากอาจมีสาเหตุมาจากการลดลงของน้ำตาลในเซลล์ด้วย (บังอร, 2545)

2.2.3.3 อุณหภูมิ อุณหภูมิมีอิทธิพลต่อการเพิ่มปริมาณและการสร้างสปอร์ของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา (Bagyaraj, 1991) ในสภาวะที่มีอุณหภูมิต่ำจะมีผลทำให้การสร้างสปอร์หรือการงอกของสปอร์ต่ำ และในสภาวะที่มีอุณหภูมิสูงการสร้างสปอร์หรือการงอกของสปอร์จะมีประสิทธิ ภาพเพิ่มมากขึ้นและยังเพิ่มการติดเชื้อในเซลล์รากพืชในระยะแรกของการปลูกอีกด้วย (Saito and Muramoto, 2002) Smith and Read (1997) พบว่า ที่อุณหภูมิ 18 องศาเซลเซียส การติดเชื้อราจะน้อยกว่า 10 เปอร์เซ็นต์ แต่ถ้าอุณหภูมิสูงขึ้น การติดเชื้อราจะเพิ่มขึ้นเป็น 57-80 เปอร์เซ็นต์ โดยอุณหภูมิในดินที่มีความเหมาะสมต่อการเจริญและประสิทธิภาพของการเข้าอยู่อาศัยในรากของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาคือ 25-30 องศาเซลเซียส (Sieverding, 1991) ขณะที่ James et al. (2002) กล่าวว่า อุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญได้ดีของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาอยู่ในช่วง 18-40 องศาเซลเซียส ซึ่งอุณหภูมิที่เหมาะสมที่จะทำให้เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาเจริญได้ดี เป็นปัจจัยสำคัญระหว่างความเข้มแสงและปริมาณคาร์บอนต่อรากพืช และส่วนมากเชื้อราหลายชนิดจะเจริญได้ดีในอุณหภูมิที่ใกล้ 30 องศาเซลเซียสเช่นกัน

2.2.3.4 ความเป็นกรดด่างของดิน พบว่า เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซามีประสิทธิภาพในการเจริญร่วมกับรากพืช ในช่วงความเป็นกรดด่างของดินที่มีความเหมาะสมแตกต่างกัน เช่น เชื้อรา *Glomus fasciculatum* มีเปอร์เซ็นต์การติดเชื้อราในรากเพิ่มมากขึ้นที่ระดับความเป็นกรดด่าง 4.5-5.5 (Heijne et al., 1996) ขณะที่ Wang et al. (1993) พบว่า เชื้อราไมคอร์ไรซา *Glomus caledonium, Glomus albidum, Glomus macrocarpum, Glomus etunicatum, Glomus fasciculatum, Glomus* sp. (hyaline reticulate), *Glomus* sp. (multiple-walled), *Acaulospora* spp. และ *Scutellospora calospora* มีการเข้าอยู่อาศัยในข้าวโอ๊ตและมะเขือเทศในดินที่มีระดับความเป็นกรดด่าง 5.5-7.5 ส่วนเชื้อราพวก *Glomus tenue* จะพบการเข้าอยู่อาศัยในรากพืชทั้ง 2 ชนิด เมื่อดินมีระดับความเป็นกรดด่างเท่ากับ 7.5

2.2.3.5 ความชื้นของดิน เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาสามารถเจริญได้ดีในความชื้นหลายช่วง ไม่ว่าจะเป็นในดินที่เปียกชื้น ดินที่น้ำท่วมไม่ถึง (Bagyaraj, 1991) ความชื้นของ

Ref. code: 25595709032618GTV

ดินมีผลต่อเปอร์เซ็นต์ของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาในรากและการสร้างสปอร์ของเชื้อรา ถ้าดินแห้งหรือแฉะเกินไป จะมีผลทำให้เปอร์เซ็นต์ของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาในรากและการสร้างสปอร์ของเชื้อราลดลง การสร้างสปอร์ของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซามีมากที่สุดเมื่อมีการรดน้ำให้พืชวันละครั้ง และการสร้างสปอร์จะลดลง 90 เปอร์เซ็นต์ เมื่อมีการให้น้ำแก่พืชสัปดาห์ละครั้ง (สมจิตร, 2549) รายงานของ Jasper et al. (1993) ได้ศึกษาถึงการอยู่รอดของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอ์ไรซาในดินที่แห้งแล้งและความสัมพันธ์ในการสร้างสปอร์ในดินที่แห้งแล้งของเส้นใยเชื้อรา *Scutellospora calospora* และ *Acaulospora laevis* พบว่า เส้นใยเชื้อรา *Scutellospora calospora* ลดลง ส่วนเส้นใยเชื้อรา *Acaulospora leavis* จะมีชีวิตอยู่รอดได้นานถึง 6 เดือน แต่ถ้าเริ่มมีการสร้างสปอร์ความมีชีวิตรอดจะลดลงอย่างรวดเร็ว สำหรับการศึกษาของ Daniels and Trape (1980) พบว่า สปอร์ของเชื้อรา *Glomus epigaeum* งอกได้ดีเมื่อดินมีความชื้นอยู่ระหว่าง field capacity และการงอกของสปอร์จะลดลงเมื่อดินมีความชื้นอยู่ในระดับต่ำกว่า field capacity และ Fidelibus et al. (2000) กล่าวถึงผลของความชื้นในดินที่มีต่อเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาในรากพืชตระกูลส้ม *Citrus volkameiana* พบว่า มีการเข้าอยู่อาศัยของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาในราก 64 เปอร์เซ็นต์ เมื่อดินมีความชื้นอย่างต่อเนื่อง และ 43 เปอร์เซ็นต์ เมื่อปล่อยให้ดินแห้งเป็นช่วงๆ นอกจากนี้ รายงานของ Youpensuk et al. (2004) ได้สำรวจเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาที่บริเวณรอบระบบรากของต้นตองแตบ (*Macaranga denticulate*) ที่อำเภอสบเมย จังหวัดแม่ฮ่องสอน พบว่า เชื้อรานี้สร้างสปอร์ปริมาณมากในฤดูฝนและพบสปอร์มีปริมาณน้อยลงในฤดูแล้ง

2.2.3.6 ปริมาณธาตุอาหารในดิน เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาในพืชจะเกิดขึ้นได้ดีในสภาพดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ ถ้าปริมาณฟอสฟอรัสในดินมีมาก จะมีผลทำให้เปอร์เซ็นต์การเข้าอยู่อาศัยในรากพืชของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาลดน้อยลง ส่วนไนโตรเจนมีผลทั้งการเพิ่มและลดเปอร์เซ็นต์ของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาในราก (สมจิตร, 2549) เมื่อมีปริมาณธาตุอาหารในดินต่ำ เส้นใยของเชื้อราที่อยู่กับรากพืชจะชอนไชเข้าไปในดิน ช่วยดูดธาตุอาหารโดยเฉพาะธาตุฟอสฟอรัส ทำให้พืชที่มีเชื้อราอยู่จะได้รับฟอสฟอรัสในปริมาณที่เพียงพอ นอกจากนี้เชื้อราอาร์บัส คูลาร์ไมคอร์ไรซา ยังช่วยป้องกันไม่ให้ฟอสฟอรัสที่ละลายออกมาถูกตรึงโดยปฏิกิริยาทางเคมีของดิน เพราะตัวเชื้อราจะช่วยดูดซับเก็บไว้ในส่วนที่เรียกว่า อาร์บัสคูล และเวสิเคิล ที่อยู่ในเซลล์พืช และพบว่า เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซามีผลต่อการเจริญเติบโตของกิ่งตอนส้มเขียวหวานสายพันธุ์ต่างๆ และพืชตระกูลส้มบางชนิด เช่น มะนาวและส้มโอ ที่มีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในระดับที่แตกต่างกัน โดยพบว่า การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในปริมาณมากจะทำให้ศักยภาพของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาในการส่งเสริมการเจริญของต้นส้มลดลง (สมจิตร, 2550)

Ref. code: 25595709032618GTV

2.2.3.7 สารเคมี การใช้สารเคมีที่ใช้ในการเกษตรทั่วไป เช่น ยาฆ่าเชื้อรา ยาฆ่าไส้เดือนฝอย ยาฆ่าแมลง เป็นต้น ไม่ได้มีความเฉพาะเจาะจงในการกำจัดศัตรูพืชเท่านั้น แต่ยังมีผลต่อเชื้อรากลุ่มอื่นที่มีประโยชน์ต่อการเจริญเติบโตของพืช (Vyas, 1988) รวมทั้งมีผลกระทบต่อเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา รายงานของ Sreenivasa and Bagyaraj (1989) ศึกษาผลของยาปราบศัตรูพืชต่อการเข้าอยู่อาศัยในรากและจำนวนสปอร์ของเชื้อรา *Glomus fasciculatum* ในกระถางเพาะเลี้ยงเชื้อ พบว่า แคพแทน (captan) และคาโบฟูแรน (carbofuran) ที่ระดับความเข้มข้น 125.0 และ 145.5 มิลลิกรัม ต่อส่วนผสมทั้งหมด 2.5 ลิตร สามารถเพิ่มปริมาณการเข้าอยู่อาศัยในรากและจำนวนสปอร์ของเชื้อรา นอกจากนี้ยังช่วยยับยั้งการปนเปื้อนของเชื้อราชนิดอื่นๆ และไส้เดือนฝอยได้ สำหรับสารเคมีกำจัดเชื้อราพวกคลอโรทาโลนิล (chlorothalonil) ที่ตกค้างในดินนาน 12.5 สัปดาห์ จะทำให้เชื้อรา *Glomus fasciculatum* อ่อนแอลงมาก รายงานของ Sukarno et al. (1996) กล่าวถึงสารเคมีกำจัดเชื้อรา 3 ชนิด ได้แก่ Aliette, Benlate และ Ridomil พบว่า สารเคมีทั้ง 3 ชนิดนี้มีผลในการลดเปอร์เซ็นต์ของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาในราก และสารเคมีที่มีผลในการยับยั้งมากที่สุด คือ Benlate รองมาคือ Aliette และ Ridomil ตามลำดับ Larsen et al. (1996) พบว่า benomyl มีผลในการยับยั้งการเข้าอยู่อาศัยของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาและลดการดูดซับฟอสฟอรัสในแตงกวา นอกจากนี้ สารรมควันดิน methyl bromide ยังสามารถยับยั้งการสร้างตัวของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาและการดูดซับฟอสฟอรัสในพืชหลายชนิด เช่น ข้าวโพด (Jawson et al., 1993) ฝ้าย หัวหอม พริก (Afek et al., 1991) ถั่วเหลือง (Buttery et al. 1988) พริกไทย (Hass et al., 1987) ข้าวสาลี (Menge, 1982) และมันฝรั่ง (Brown et al., 1974) เช่นเดียวกัน

2.3 ประโยชน์ของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา

เมื่อเทียบสัดส่วนมวลชีวภาพของจุลินทรีย์ดินชนิดต่างๆ จะพบว่าชีวมวลของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซามีสัดส่วนสูงมากถึง 50 เปอร์เซ็นต์ ของมวลชีวภาพจุลินทรีย์ดินทั้งหมด ดังนั้นความหนาแน่นของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา จึงมีอิทธิพลต่อทั้งทางการเกษตรและสิ่งแวดล้อมเป็นอย่างมาก เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาทำหน้าที่เสมือนเป็นตัวกลางที่ทำให้เกิดการเคลื่อนย้ายธาตุอาหารจากดินมาสู่พืช โดยมีเส้นใยที่แพร่กระจายในดินทำหน้าที่ในการดูดซับธาตุอาหารแล้วลำเลียงเข้าสู่เส้นใยในรากพืชเพื่อส่งให้กับพืชทำให้พืชได้รับธาตุอาหารเพิ่มขึ้น เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาช่วยเพิ่มการดูดซับธาตุอาหารต่างๆ เช่น ไนโตรเจน โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม คอปเปอร์ เหล็ก และสังกะสี อย่างไรก็ตามฟอสฟอรัสเป็นธาตุอาหารพืชที่เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาสามารถดูดซับให้กับพืชได้มากกว่าธาตุอื่นๆ พืชที่มีเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาเข้าอยู่อาศัยในรากจะได้รับฟอสฟอรัสมากขึ้น ส่งผลทำให้พืชมีการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้นไปด้วย ฟอสฟอรัสมักเกิด

Ref. code: 25595709032618GTV

ปฏิกิริยากับเหล็ก อะลูมิเนียม และแคลเซียม ทำให้อยู่ในรูปที่ไม่เป็นประโยชน์ต่อพืช การเข้าอยู่อาศัยของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาในรากและเส้นใยราที่แพร่กระจายอยู่อย่างหนาแน่นในดิน ทำหน้าที่เสมือนรากเป็นการเพิ่มพื้นที่ในการดูดซับฟอสฟอรัสให้กับพืชได้อีกทาง (พักตร์เพ็ญ, 2556) อัตราการเคลื่อนที่ของฟอสเฟตในรากพืชที่มีเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา มีค่าโดยประมาณ 17×10^{-14} โมล/เซนติเมตร/วินาที มากกว่าในพืชปกติซึ่งมีอัตราการเคลื่อนที่ของฟอสเฟตภายในรากพืชประมาณ 3.6×10^{-14} โมล/เซนติเมตร/วินาที (Son et al., 1988) ซึ่งสามารถลดระยะเวลาที่ฟอสฟอรัสเคลื่อนที่มายังราก จึงทำให้พืชสามารถดูดซับฟอสฟอรัสได้ในปริมาณที่มากและรวดเร็วขึ้น (Mosse, 1973) การดูดซับฟอสฟอรัสโดยเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาจึงมีประสิทธิภาพสูงกว่าการดูดซับผ่านทางระบบรากพืช พืชที่มีเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาเข้าอยู่อาศัยในรากจึงได้รับฟอสฟอรัสมากกว่าพืชที่ไม่มีเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาในราก (พักตร์เพ็ญ, 2556) รายงานการประเมินประสิทธิภาพในการทดแทนปุ๋ยฟอสฟอรัสของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา *Glomus* sp. สำหรับข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ปลูกในชุดดินปากช่องที่มีการตรึงฟอสฟอรัส พบว่า อัตราปุ๋ยฟอสฟอรัสที่ 75, 50 และ 25 เปอร์เซ็นต์ ของอัตราปุ๋ยฟอสฟอรัสต่ำที่สุดที่ทำให้ข้าวโพดมีการเจริญเติบโตสูงที่สุดร่วมกับการใส่เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา และการใส่เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาเพียงอย่างเดียว มีผลทำให้ความสูง น้ำหนักแห้ง และปริมาณฟอสฟอรัสของข้าวโพดไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับ 100 เปอร์เซ็นต์ ของอัตราปุ๋ยฟอสฟอรัสต่ำที่สุดที่ทำให้ข้าวโพดมีการเจริญเติบโตสูงที่สุด จึงสรุปได้ว่าเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา *Glomus* sp. สามารถทดแทนปุ๋ยฟอสฟอรัสในดินที่มีการตรึงฟอสฟอรัสได้ทั้งหมด (พักตร์เพ็ญ, 2557) เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซายังสามารถดูดธาตุอื่นๆ ให้แก่พืชได้อีก เช่น การใส่เชื้อรา *Gigaspora margarita* ให้กับต้นกล้าท้อ พบว่า ต้นกล้าที่มีเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาจะมีความเข้มข้นของฟอสฟอรัส โพแทสเซียม และสังกะสีภายในต้นสูงกว่าต้นกล้าที่ไม่มีการใส่เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาเข้าอยู่อาศัย (Rutto et al., 2002) การศึกษาผลของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาต่อการเจริญเติบโตและการใช้ไนโตรเจนและฟอสฟอรัสของข้าวไร่และถั่วเขียวที่ปลูกในระบบปลูก intercropping พบว่า ข้าวและถั่วเขียวที่ใส่เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซามีปริมาณไนโตรเจนในต้นเพิ่มขึ้น 83.72 และ 64.83 เปอร์เซ็นต์ และในรากเพิ่มขึ้น 53.76 และ 41.29 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ขณะที่ปริมาณของธาตุเหล็กในต้นและรากของถั่วเขียวเพิ่มขึ้น 223.08 และ 60.19 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (XIAO et al., 2010) นอกจากนี้ รายงานของ Mardukhi et al. (2011) ศึกษาชนิดของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา ได้แก่ *Glomus mosseae, Glomus etunicatum* และ *Glomus intraradices* ต่อการดูดซับธาตุอาหารของข้าวสาลีสายพันธุ์ที่แตกต่างกัน พบว่า เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาเพิ่มความเข้มข้นของธาตุอาหาร ได้แก่ ฟอสฟอรัส แคลเซียม แมกนีเซียม แมงกานีส คอปเปอร์ เหล็ก สังกะสี และคลอรีน ในข้าวสาลีได้อย่างมีนัยสำคัญ อย่างไรก็ตาม ดินที่มีฟอสฟอรัสอยู่ในปริมาณสูงจะยับยั้งประสิทธิภาพของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์

Ref. code: 25595709032618GTV

ไรซา ดังเช่นรายงานของ Lu et al. (1994) ศึกษาถึงผลการตอบสนองของเชื้อ *Glomus versiforme* ที่เจริญอยู่ในบริเวณรากข้าวโพดเมื่อมีการเติมปุ๋ยฟอสฟอรัสในระดับต่างๆ พบว่า การปลูกข้าวโพดในกระถางที่เติมฟอสฟอรัสในอัตราสูง ทำให้รากข้าวโพดที่มีเชื้อรามีความยาวรากน้อยกว่าที่มีการเติมฟอสฟอรัสในอัตราที่ต่ำ สำหรับการปลูกข้าวโพดในแปลงทดลอง พบว่า ปริมาณของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาลดลงอย่างช้าๆ เมื่อมีการเติมปุ๋ยฟอสฟอรัสลงไปอีก จนในที่สุดพบว่าการเข้าอาศัยในรากข้าวโพดของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาในบริเวณที่เติมปุ๋ยฟอสฟอรัสมีปริมาณต่ำกว่าบริเวณที่ไม่มีการเติมปุ๋ยฟอสฟอรัส (สมจิตร, 2549) ดินที่มีการตรึงฟอสฟอรัสหรือมีปริมาณฟอสฟอรัสต่ำ จะเพิ่มประสิทธิภาพการเข้าอยู่อาศัยในรากพืชของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา Mortimer et al. (2008) ศึกษาความสัมพันธ์แบบ tripartite symbiosis ระหว่างปมรากพืชตระกูลถั่ว เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา และพืชอาศัย ที่ฟอสฟอรัสระดับสูง (2 มิลลิโมลาร์) และต่ำ (1 มิลลิโมลาร์) พบว่า การเข้าอยู่อาศัยของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาในระยะแรก จะไปประงับการเจริญเติบโตของปมรากถั่ว ทำให้อัตราการสังเคราะห์แสงและอัตราการหายใจในพืชสูงขึ้น แต่เมื่อมีการเข้าอยู่อาศัยของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาถึงระดับที่สูงที่สุด ทำให้ประสิทธิภาพของฟอสฟอรัสเพิ่มขึ้นโดยเฉพาะภาย ใต้สภาพที่มีฟอสฟอรัสต่ำ ตามมาด้วยการพัฒนาของปมรากถั่ว การเจริญเติบโตของพืช และการตรึงไนโตรเจนที่เพิ่มขึ้น

การส่งสริมการเจริญเติบโตของพืช พืชที่มีเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาจะเจริญเติบโตได้ดีกว่าพืชที่ไม่มีเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา (ศรัณยา, 2541) รายงานของ Azizah and Martin (1992) พบว่า เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซามีผลต่อปริมาณธาตุอาหารในลำต้นที่เกิดใหม่ของท่อนพันธุ์โกโก้ เมื่อมีการปลูกเชื้อรา *Scutellospora* sp. ร่วมกับเชื้อ *Glomus* sp. ในสายพันธุ์โกโก้ที่ขยายพันธุ์ด้วยการติดตา กิ่งตอน และการปักชำ ท่อนพันธุ์โกโก้มีน้ำหนักแห้งของต้นและเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นเพิ่มขึ้น และท่อนพันธุ์ที่ขยายพันธุ์ด้วยการติดตาและกิ่งตอนที่มีเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาเจริญร่วมด้วยจะมีปริมาณของฟอสฟอรัสในต้นเพิ่มขึ้น ส่วนท่อนพันธุ์ที่ขยายพันธุ์ด้วยวิธีติดตา มีความเข้มข้นของแคลเซียมในส่วนยอดสูงขึ้นเมื่อเทียบกับท่อนพันธุ์ที่ไม่มีเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา Janos et al. (2001) ศึกษาผลของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาต่อการส่งเสริมการเจริญเติบโตของต้นลิ้นจี่ที่ขยายพันธุ์ด้วยกิ่งตอน พบว่า ภายหลังจากที่ปลูกเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาได้ 120 วัน เชื้อราช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตทางด้านความสูงและการสร้างใบ รวมถึงทำให้มีน้ำหนักแห้งของส่วนเหนือดินสูงกว่าต้นที่ไม่มีเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาถึง 39 เปอร์เซ็นต์ Frey and Schuepp (1993) ศึกษาความสามารถของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา โดยใส่เชื้อ *Glomus intraradices* ให้แก่ข้าวโพดและให้ปุ๋ยไนโตรเจนในรูปของ $(15NH_4)_2SO_4$ พบว่า ต้นข้าวโพดที่มีการใส่เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซามีการเจริญเติบโตและมีปริมาณของ ^{15}N มากกว่าต้นที่ไม่มีการใส่เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา นอกจากนี้ ยังมีรายงานของ Maddox and Soileaue (1991) ที่ศึกษาผล

Ref. code: 25595709032618GTV

ของการใช้ปุ๋ยฟอสเฟตกับการใช้ปูนขาวในการปรับปรุงดิน และการปลูกเชื้ออาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา *Glomus fasciculatum* และ *Glomus etunicayum* ต่อถั่วเหลืองที่ปลูกในดินกรด พบว่า ถั่วเหลืองที่มีเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาจะมีน้ำหนักเมล็ดสูงสุด โดยที่มีการใส่ปุ๋ยฟอสเฟต 20 มิลลิกรัม/ดิน 1 กิโลกรัม ส่วนการใส่ปูนขาวในทุกๆ อัตราให้ผลผลิตไม่แตกต่างกัน นอกจากนี้การปลูกเชื้อ *Glomus etunicayum* ช่วยลดอัตราการตายและป้องกันการเกิดโรคใบไหม้ของถั่วเหลืองในดินที่ไม่เติมปูนขาว และยังพบว่าเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาทั้งสองชนิดช่วยเพิ่มการดูดธาตุอะลูมินัมของรากและปริมาณอะลูมินัมที่สกัดได้ในดินมีปริมาณเพิ่มขึ้น และรายงานของ Rajan et al. (2000) ศึกษาประสิทธิภาพของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา 9 สปีชีร์ ที่มีต่อการเจริญเติบโตของต้นกล้าสัก พบว่า เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาช่วยการเจริญของต้นกล้าสักได้มากกว่าที่ไม่มีเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาอาศัยร่วมอยู่ด้วย เชื้อราที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดต่อการเจริญเติบโตของต้นกล้าสักได้แก่ *Glomus leptotrichum*

การผลิตฮอร์โมนพืชบางชนิดจะไปกระตุ้นการเจริญเติบโตของพืช เช่น ออกซิน ไซโตไคนิน และจิบเบอเรลลิน เป็นต้น (Gopinathan and Raman, 1992) โดยหนึ่งในฮอร์โมนพืชที่สันนิษฐานว่าเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาอาจจะสังเคราะห์ขึ้นมา คือ ฮอร์โมนจิบเบอเรลลิค แอซิด (GA_3) โดยพบว่าปริมาณฮอร์โมนจิบเบอเรลลิค แอซิด ในรากกล้ามะละกอที่มีเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซามีปริมาณมากกว่ารากกล้ามะละกอที่ไม่มีเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา โดยรากกล้ามะละกอที่ได้รับเชื้อ *Glomus aggregatum* และ *Gigaspora* sp. มีแนวโน้มจะมีปริมาณฮอร์โมนจิบเบอเรลลิค แอซิด ในรากสูงกว่ารากกล้ามะละกอที่มีเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาชนิดอื่น และพบว่าปริมาณฮอร์โมนจิบเบอเรลลิค แอซิด ในรากกล้ามะละกอเพิ่มขึ้นเมื่อได้รับเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา แม้ว่าไม่มีผลทำให้อัตราการเจริญเติบโตของกล้ามะละกอเพิ่มขึ้น แต่มีแนวโน้มว่ากล้ามะละกอที่มีเชื้ออาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาเจริญอยู่ด้วย จะมีอัตราการเจริญเติบโตทางด้านความสูง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น และปริมาณธาตุอาหารในลำต้น โดยเฉพาะธาตุฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมเพิ่มขึ้น ปริมาณฮอร์โมนจิบเบอเรลลิค แอซิด ที่เพิ่มขึ้นในรากมะละกอที่ได้รับเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา สันนิษฐานว่าเกิดจากการที่เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาสร้างขึ้นเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการนำคาร์โบไฮเดรตจากพืชไปใช้ (ดวงใจ, 2546)

นอกจากนี้ เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซายังทำให้พืชมีความทนทานต่อสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม เช่น ความแห้งแล้ง ความเค็ม เป็นต้น และช่วยลดการทำลายของศัตรูพืชในระบบรากพืช อีกทั้งยังมีบทบาทต่อการอนุรักษ์ดินและการลดการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากดินสู่ชั้นบรรยากาศอีกด้วย ในด้านความทนทานต่อความแห้งแล้ง พบว่า พืชที่มีเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาอาศัยอยู่จะทนทานต่อการขาดน้ำได้ดีกว่าพืชที่ไม่มีเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาเข้าอยู่อาศัยในราก เนื่องจากเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาช่วยดูดซับน้ำให้กับพืชผ่านทางเส้นใยราที่แพร่กระจาย

Ref. code: 25595709032618GTV

ในดิน ซึ่งเส้นใยเหล่านี้มีขนาดเล็กมาก จึงสามารถดูดซับน้ำจากช่องบรรจุน้ำขนาดเล็กได้ดีกว่ารากพืช นอกจากนี้ความทนทานต่อการขาดน้ำของพืชที่มีเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาในราก ยังเป็นผลมาจากการลดอัตราการคายน้ำของพืช เมื่อเกิดความเครียดจากการขาดน้ำ พืชที่มีเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาในรากจะมีการสะสมสารโพรลีนในเซลล์มากขึ้น เพื่อรักษาปริมาณน้ำในเซลล์ไว้ตามกลไก osmotic adjustment ทำให้ศักย์น้ำในพืชลดลง ดังนั้นการคายน้ำจึงลดลงด้วย (พักตร์เพ็ญ, 2556) มีการศึกษาการย้ายต้นกล้าพืชที่มีเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา พบว่า ไม่มีอาการเหี่ยวหรืออาจจะมีอาการเหี่ยวน้อยกว่าต้นกล้าพืชที่ไม่มีเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา (Huang et al., 1985) และ Kothari et al. (1990) พบว่า ต้นข้าวโพดที่มีเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซามีอัตราการดูดน้ำและมีพื้นที่ใบมากกว่าต้นที่ไม่มีเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา ทำให้พืชทนความแล้งได้มากขึ้น เช่นเดียวกับรายงานของ Tang and Chen (1999) ที่ศึกษาผลของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาต่อความสามารถในการต้านทานต่อสภาพแห้งแล้ง พบว่า เส้นใยเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซามีบทบาทสำคัญต่อการเพิ่มขึ้นของน้ำหนักสดและช่วยลดอาการเหี่ยวจากการขาดน้ำ ทำให้ *Hippophae rhamnoides* มีความต้านทานต่อสภาพเครียดจากการขาดน้ำได้ดี

ในด้านความทนทานต่อความเค็ม โซเดียมและคลอรีนที่มีปริมาณมากในดินเค็มทำให้เกิดความเป็นพิษต่อพืช โดยส่งผลเสียหายต่อการสังเคราะห์เอนไซม์และโปรตีน รวมทั้งมีผลต่อกระบวนการสังเคราะห์แสงและการหายใจของพืช และพบว่าโซเดียมและคลอรีนในดินเค็มจะทำให้เกิดความไม่สมดุลของการดูดซับและการเคลื่อนย้ายธาตุอาหารในพืช ส่งผลเสียหายต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของพืชด้วยเช่นกัน พืชจะมีกลไกป้องกันตัวเองเมื่อได้รับความเครียดจากความเค็มโดยการสะสมสารอินทรีย์ในเซลล์ เพื่อทำให้แรงดันออสโมซีสภายในเซลลล์ดลง (osmotic adjustment) เพื่อป้องกันการสูญเสียน้ำออกจากเซลล์หรือการเกิดปรากฏการณ์ plasmolysis จนอาจทำให้เกิดความเสียหายต่อเซลล์รากพืช ภายใต้สภาวะความเครียดเนื่องจากความเค็ม พบว่าพืชที่มีเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาเข้าอยู่อาศัยในราก มีการสะสมสารอนิทรีย์ในเซลล์มากกว่าพืชที่ไม่มีเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาเข้าอยู่อาศัย ซึ่งเป็นผลทำให้พืชที่มีเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาเข้าอยู่อาศัยในรากสามารถทนทานต่อความเค็มได้ดี ในแง่ของสภาวะความไม่สมดุลของธาตุอาหารในดินอันเนื่องมาจากความเค็ม ซึ่งโดยปกติแล้วพืชที่เจริญเติบโตอยู่ภายใต้สภาวะความเค็มจะดูดซับธาตุอาหารได้น้อยลง เพราะธาตุอาหารมักอยู่ในรูปที่ไม่เป็นประโยชน์ต่อพืช แต่พืชที่มีเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาเข้าอยู่อาศัยในรากจะยังคงได้รับธาตุอาหารจากการทำงานของเส้นใยรานอกรากพืช จึงทำให้เกิดความทนทานจากสภาวะเครียดเนื่องจากความเค็ม (พักตร์เพ็ญ, 2556) รายงานของ Gu et al. (2000) ศึกษาถึงการทนต่อสภาพดินเค็มของต้นข้าวโพดที่มีเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา โดยทำการปลูกต้นข้าวโพดในกระถางทดลองที่มีดินในระดับความเค็มต่างๆ กัน ดินที่มีเกลือ (NaCl) 1 กรัม/

Ref. code: 25595709032618GTV

ดิน 1 กิโลกรัม มีผลยับยั้งการเจริญของต้นข้าวโพดที่ไม่มีเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซามากกว่าต้นที่มีเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา

ในด้านความทนทานต่อการเกิดโรคพืชทางระบบราก และการเข้าทำลายของไส้เดือนฝอย (พักตร์เพ็ญ, 2556) พืชจะมีปฏิกิริยาการตอบสนองต่อการเข้าสู่รากพืชของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาคล้ายกับปฏิกิริยาการตอบสนองต่อการเข้าสู่รากพืชของเชื้อสาเหตุโรคพืช โดยจะมีการแสดงออกของยีนต้านทาน (defence gene) ทำให้เกิดปฏิกิริยาการต้านทานต่างๆ ของพืช ซึ่งในระยะแรกของการเข้าสู่รากพืชของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา จะเป็นปฏิกิริยาการต้านทานอย่างอ่อนๆ แต่ในระยะต่อมาเมื่อเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาเจริญภายในรากพืชมากขึ้น เช่น การสร้างอาร์บัสคูลจะเหนี่ยวนำให้พืชมีความต้านทานต่อการเข้าทำลายของเชื้อสาเหตุโรคพืชมากขึ้น (Garcia-Garrido and Ocampo, 2002) ช่วยให้พืชมีความต้านทานต่อโรคทางระบบรากได้ (Yoram and Douds, 2000) ความทนทานต่อการเกิดโรคพืชทางระบบรากและการเข้าทำลายของไส้เดือนฝอยมีผลมาจากความสามารถของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาในการครอบครองบริเวณเขตรากพืชและการแข่งขันเพื่อการเข้าอยู่อาศัยในรากพืช จึงทำให้เชื้อสาเหตุโรคพืชและไส้เดือนฝอยมีโอกาสในการเข้าทำลายเซลล์รากพืชได้น้อยลง (พักตร์เพ็ญ, 2556) เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซายังส่งผลทำให้ลักษณะทางกายภาพและสัณฐานวิทยาของพืชเปลี่ยนแปลงไป (Reid, 1990) เช่น รากพืชจะมีความแข็งแรงเพิ่มมากขึ้น เพราะรากที่มีเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาจะมีการสร้างลิกนินเพิ่มขึ้น ทำให้เชื้อสาเหตุโรคพืชเข้าทำลายได้ยาก Sharma et al. (1992) ได้กล่าวถึงความสัมพันธ์ระหว่างเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซากับการเกิดโรคพืชว่า เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาสามารถเปลี่ยนแปลงรูปแบบการซึมผ่านของสารต่างๆ ออกมาภายนอกรากเพื่อเพิ่มกิจกรรมการย่อยสลายไคติน พืชที่มีเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาอาศัยอยู่จะมีความต้านทานต่อเชื้อโรคที่อยู่ในดินได้ ดังนั้นพืชที่มีเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาจึงมีความต้านทานโรคพืชได้มาก ซึ่งมีประโยชน์ในการควบคุมโรคพืชโดยชีววิธี (biological control) ได้อีกทางหนึ่ง รายงานของ Eke et al. (2016) ได้กล่าวถึงความสามารถของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา ในการช่วยลดผลกระทบจากการเข้าทำลายของเชื้อสาเหตุโรคพืช แสดงให้เห็นว่า *Glomus intraradices*, *Glomus hoi*, *Gigaspora margarita*, และ *Scutellospora gigantea* สามารถลดระดับความรุนแรงในการเกิดโรคและการติดเชื้อสาเหตุโรคพืช *Fusarium solani* ในถั่ว (*Phaseolus vulgaris* L.) ได้อย่างมีนัยสำคัญเมื่อมีการเข้าอยู่อาศัยของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาในรากพืช นอกจากนี้ยังพบว่า phenols และ flavonoids รวมทั้งกิจกรรมของ Phenylalanine Ammonia Lyase (PAL) เกิดขึ้นหลังจากการเข้าอยู่อาศัยของเชื้อรา แสดงให้เห็นถึงการสร้างความแข็งแรงของระบบภูมิคุ้มกันของพืชในการต่อต้านเชื้อโรคที่เพิ่มขึ้นเมื่อมีการเข้าอยู่อาศัยของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาในรากพืช

Ref. code: 25595709032618GTV

ในด้านการอนุรักษ์ดิน พบว่าเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซามีบทบาทต่อการรักษาโครงสร้างของดินให้มีความคงทนต่อการกร่อนดินได้ เนื่องจากเส้นใยรานอกรากพืชมีการแพร่กระจายอย่างหนาแน่นในดิน ทั้งยังสามารถผลิต glycoprotein ที่เรียกว่า glomalin ที่ทำหน้าที่เสมือนกาวเชื่อมเส้นใยรากับอนุภาคดินให้ติดกันอย่างหนาแน่น ดังนั้นเส้นใยรานอกรากพืชของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา จึงเปรียบเสมือนโครงข่ายของเส้นใยขนาดใหญ่ที่ทำหน้าที่ในการเชื่อมอนุภาคของดินให้เกิดการรวมตัวเป็นเม็ดดินจึงสามารถรักษาโครงสร้างของดินให้มีความคงทนแข็งแรงได้ดี และในด้านลดการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากดินสู่ชั้นบรรยากาศ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ถูกนำมาใช้ในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช และเมื่อพืชเสื่อมสภาพเป็นเศษซากพืชต้องอาศัยกิจกรรมการย่อยสลายของจุลินทรีย์ดิน ซึ่งจะทำให้เกิดการหมุนเวียนสารประกอบคาร์บอนที่อยู่ในพืชมาสู่ดิน และเมื่อจุลินทรีย์ดินตายลงไป อินทรีย์คาร์บอนในเซลล์จุลินทรีย์จะเปลี่ยนเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ระเหยสู่ชั้นบรรยากาศอีกครั้ง จุลินทรีย์จึงเป็นตัวแปรสำคัญที่ทำให้เกิดการสะสมอินทรีย์คาร์บอนในดิน และการแปรสภาพของอินทรีย์คาร์บอนให้เปลี่ยนเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สู่ชั้นบรรยากาศ เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซามีบทบาทในการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากชั้นบรรยากาศผ่านกลไกการดำรงชีวิตแบบพึ่งพาอาศัย โดยพบว่าการใช้ระยะเวลาในการลำเลียงสารประกอบคาร์บอนจากการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช (photosynthate) มาให้กับเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซานั้นเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว (ภายใน 1 ชั่วโมง) และแสงของพืชถูกนำมาใช้ในการแลกเปลี่ยนธาตุอาหารกับเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาประมาณ 4-20 เปอร์เซ็นต์ ของทั้งหมด หมายความว่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากชั้นบรรยากาศที่พืชตรึงได้ส่วนหนึ่ง ถูกเปลี่ยนมาอยู่ในรูปอินทรีย์คาร์บอนในเส้นใยเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา เส้นใยนอกรากพืชของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซามีความหนาแน่นประมาณครึ่งหนึ่งของชีวมวลจุลินทรีย์ดินทั้งหมดและยังมีความคงทนต่อการย่อยสลาย เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา จึงมีบทบาทในการช่วยลดการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากดินสู่ชั้นบรรยากาศได้ ซึ่งเป็นการบรรเทาปัญหาสภาวะภูมิอากาศที่เปลี่ยนแปลงในปัจจุบันได้อีกทางหนึ่ง (พักตร์เพ็ญ, 2556)

2.4 ผลของชนิดและสายพันธุ์พืชต่อประสิทธิภาพของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา

สำหรับรายงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการใช้เชื้อราอาบัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาร์ร่วมกับการปลูกยางพาราสายพันธุ์ต่างๆ นั้น ยังมีอยู่ค่อนข้างน้อย เช่น รายงานของ สุทัศน์ และคณะ (2540) พบว่าสามารถปลูกเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาในยางพาราได้ โดยเฉพาะการปลูกเชื้อหลังจากที่ระบบรากยางมีการพัฒนาดีแล้ว จะได้ผลดีกว่าเมื่อปลูกเชื้อตั้งแต่ต้นตอตายังมีอายุน้อย ทั้งนี้เชื้ออาจต้องรอรากขนอ่อนนานเกินไป ทำให้สูญหายไปเนื่องจากการชะล้าง หรือสภาพแวดล้อมไม่เหมาะสมจนตาย

Ref. code: 25595709032618GTV

ไปก่อนที่จะได้เข้าสู่รากขนอ่อน อย่างไรก็ตาม ได้มีการศึกษาผลของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาต่อการเจริญเติบโตของพืชอื่นๆ อีกหลายชนิด เช่น การศึกษาในต้นกล้า sweetgum (*Liquidambar styraciflua*) พบว่า ต้นกล้าที่มีเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาจะมีน้ำหนักสดมากกว่าต้นกล้าที่ไม่มีเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาถึง 40 เท่า (Powell and Bagyaraj, 1986) จำเนียร และ ธนกิจ (2558) ศึกษาอิทธิพลของปุ๋ยฟอสฟอรัสต่อการพึ่งพาเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา *Acualospora morrowiae* ของพริกในวัสดุปลูกที่ใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัส 6 ระดับ คือ 0, 20, 40, 50, 60 และ 80 กิโลกรัม/ไร่ เปรียบเทียบกับต้นพริกที่ไม่มีเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา พบว่า ในทุกระดับของปุ๋ยฟอสฟอรัสที่ใส่เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา ทำให้พริกมีความสูง น้ำหนักแห้งส่วนเหนือดิน น้ำหนักแห้งราก จำนวนผลต่อต้น น้ำหนักผลสดต่อต้น และการดูดธาตุฟอสฟอรัสเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาส่งผลให้น้ำหนักผลผลิตเพิ่มขึ้นเฉลี่ย 44.5 เปอร์เซ็นต์ เช่นเดียวกับรายงานของ มลชัย (2541) ที่ศึกษาผลของเชื้อราเวสสิคูลาร์-อาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาต่อการเจริญเติบโตของปอแก้ว (*Hibiscus sabdariffa* var. altissima) และการเข้าทำลายปอแก้วของไส้เดือนฝอยรากปม *Meloidogyne incognita* พบว่า เชื้อราเวสสิคูลาร์-อาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาทั้ง 6 ชนิด จะช่วยทำให้ความสูง น้ำหนักสด และน้ำหนักแห้งของปอแก้วมากกว่าต้นที่ไม่ได้ปลูกเชื้อราอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และพบว่าการปลูกเชื้อราเวสสิคูลาร์-อาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซามีผลต่อการลดจำนวนกลุ่มไข่ไส้เดือนฝอยรากปม *Meloidogyne incognita* อัตราการเกิดปม และเปอร์เซ็นต์ดัชนีการเข้าทำลายอย่างมีนัยสำคัญ ศุภธิดา และชฎาพร (2557) ศึกษาผลของการปลูกข้าวพันธุ์สันป่าตอง 1 ภายใต้การให้น้ำสองรูปแบบคือ แบบท่วมขัง และแบบระดับความชื้นของดิน 0.3 บาร์ โดยเปรียบเทียบระหว่างการไม่ใส่เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา และการใส่เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา *Glomus geosporum, Glomus etunicatum* และ *Acaulospora foveata* พบว่า ข้าวที่ปลูกภายใต้การให้น้ำทั้งสองรูปแบบที่มีการใส่เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาชนิดต่างๆ นั้น มีแนวโน้มของน้ำหนักแห้งสูงกว่าข้าวที่ไม่มีการใส่เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา โดยเฉพาะเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา *Acaulospora foveata* ทำให้ข้าวมีน้ำหนักแห้งต้นและการดูดซับสังกะสีสูงที่สุด ในรายงานของ สมบุญ และสาลี่ (2535) ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างเชื้อราเวสสิคูลาร์-อาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา ไรโซเบียมและปุ๋ยฟอสฟอรัสระดับต่างๆ ในถั่วเขียว พบว่า การใส่เชื้อไรโซเบียมร่วมเชื้อราเวสสิคูลาร์-อาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา จะเพิ่มการดูดธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม และเพิ่มการเจริญเติบโตของถั่วเขียวมากกว่าต้นพืชที่ใส่เชื้อไรโซเบียม หรือใส่เชื้อราเวสสิคูลาร์-อาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาอย่างเดียว โดยเฉพาะอย่างยิ่งในดินที่มีธาตุฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืชต่ำ นอกจากนี้ Bhatti et al. (2013) รายงานว่า เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาทั้ง 3 สปีชีร์ (*Glomus mosseae*, *Acaulospora laevis* และ *Gigaspora* sp.) รวมทั้ง *Trichoderma viride* มีผลทำให้ *Dianthus caryophyllus* Linn. มีการเจริญเติบโตที่ดีขึ้นหลังจาก 45 และ 90 วันของการใส่เชื้อ

Ref. code: 25595709032618GTV

ให้กับพืช และรายงานของ Ortas (2012) ที่ศึกษาผลของการใส่เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาต่อผลผลิต การดูดซับธาตุอาหาร และประสิทธิภาพของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาในพืชหลายชนิด พบว่า ในพืชตระกูลพริก-มะเขือ ตระกูลถั่ว และตระกูลแตง มีการตอบสนองที่ดีต่อเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา และพืชที่มีการใส่เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา มีการดูดซับธาตุอาหารได้สูงกว่าพืชที่ไม่มีการใส่เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา และรายงานของ Srinivasan and Govindasamy (2014) ศึกษาเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา 9 สายพันธุ์ ต่อการเจริญเติบโตของ *Catharanthus roseus* โดยการวิเคราะห์พฤกษเคมีใน *Catharanthus roseus* พบว่า *Glomus aggregatum และ Glomus fasciculatum* สามารถสนับสนุนศักยภาพการเจริญเติบโตในด้านการให้ผลผลิตแก่ *Catharanthus roseus* ได้ดีกว่าเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาสายพันธุ์อื่น

จากงานวิจัยของ พักตร์เพ็ญ (2555) พบว่า สายพันธุ์พืชมีการตอบสนองต่อการใส่เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาแตกต่างกัน โดยพบว่า ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์และข้าวโพดหวานมีการพึ่งพาต่อเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาในการส่งเสริมการเจริญเติบโต และดูดซับฟอสฟอรัสมากกว่าข้าวโพดฝักอ่อน ทั้งนี้ความแปรปรวนของการพึ่งพาต่อเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาสามารถพบได้ในพืชชนิดอื่นด้วยเช่นกัน ยกตัวอย่างเช่น งานทดลองของ Tawaraya et al. (2001) ที่ได้ทำการเปรียบเทียบการพึ่งพาต่อเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา (*Glomus fasciculatum*) ของต้นหอม 27 ชนิด พบว่า การพึ่งพาต่อเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา ต่อการเจริญเติบโตของต้นหอมมีความแปรปรวนอยู่ระหว่าง 73-95 เปอร์เซ็นต์ ผลการทดลองลักษณะนี้พบได้เช่นกันในการทดสอบการพึ่งพาต่อเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาของข้าวสาลี (Zhu et al., 2001) ถั่วเหลือง (Khalil et al., 1994) ถั่วลิสง (Rao et al., 1990) และผักกาด (Jackson et al., 2002) และรายงานการศึกษาผลของการใส่ปุ๋ยชีวภาพเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของไผ่ ได้แก่ ไผ่กิมซุ่ง (*Bambusa beecheyana*) ไผ่ตงลืมแล้ง (*Bambusa beecheyana*) ไผ่ซางหม่น (*Dendrocalamus* sp.) และไผ่ซางนวล (*Dendrocalamus membranaceus*) พบว่า การใส่ปุ๋ยชีวภาพเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา ทำให้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำของไผ่ซางหม่นเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ไม่มีผลต่อไผ่ชนิดอื่น นอกจากนี้ การใส่ปุ๋ยชีวภาพทำให้ความสามารถในการเข้าอยู่อาศัยในรากพืชอาศัยของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา ที่พบทั้งในชั้นดินบนและล่างบริเวณรากไผ่ทุกชนิดเพิ่มขึ้น และทำให้ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในชั้นดินล่างบริเวณรากไผ่ตงลืมแล้งเพิ่มขึ้น (นาฏยา และคณะ, 2556) อีกทั้งยังมีรายงานของ Legay et al. (2016) ที่ได้ทำการประเมินพืช 3 สปีชีร์ ที่มีลักษณะแตกต่างกันในด้านการหมุนเวียนธาตุอาหาร โดย *Festuca paniculata* (Schinz and Tellung) เป็นสปีชีส์ที่มีการหมุนเวียนธาตุอาหารช้า ขณะที่ *Dactylis glomerata* (L.) มีการหมุนเวียนธาตุอาหารที่เร็วกว่า และ *Bromus erectus* (Hudson) เป็นกลางระหว่างสองสปีชีส์ต่อการเข้าอยู่อาศัยของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา พบว่า *Festuca paniculata* มีการเข้าอยู่

Ref. code: 25595709032618GTV

อาศัยของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาสูงที่สุด ขณะที่ *Bromus erectus* พบต่ำสุด ทั้งนี้อาจจะเป็นไปได้ว่า ความแปรปรวนของการพึ่งพาต่อเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาจะขึ้นอยู่กับความต้องการธาตุอาหาร ประสิทธิภาพการดูดใช้ธาตุอาหารของพืชแต่ละชนิด และการแพร่กระจายของระบบรากพืชนั้นๆ (พักตร์เพ็ญ, 2555)

Ref. code: 25595709032618GTV

บทที่ 3
วิธีการวิจัย

3.1 การทดลองที่ 1 การสำรวจจำนวนสปอร์ของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาที่มีประสิทธิภาพดีต่อยางพาราในพื้นที่ปลูกยางพาราพันธุ์ BPM 24, RRIM 600, RRIT 251 และ RRIT 408

3.1.1 พื้นที่ศึกษา

เก็บตัวอย่างดินเพื่อประเมินจำนวนสปอร์ของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา ที่มีประสิทธิภาพดีต่อยางพาราในดินบริเวณรากของยางพารา 4 พันธุ์ คือ BPM 24, RRIM 600, RRIT 251 และ RRIT 408 ใน 2 พื้นที่ ได้แก่ พื้นที่ปลูกยางเดิม จังหวัดจันทบุรี (ศูนย์วิจัยยางจันทบุรี ตั้งอยู่ที่ 35 หมู่ 7 ตำบลฉมัน อำเภอมะขาม จังหวัดจันทบุรี) และ พื้นที่ปลูกยางใหม่ จังหวัดหนองคาย (ศูนย์วิจัยยางหนองคาย ตั้งอยู่ที่ 209 หมู่ 8 ตำบลพระบาทนาสิงห์ อำเภอรัตนวาปี จังหวัดหนองคาย)

เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาที่มีประสิทธิภาพดีต่อยางพารา ตามการศึกษาของกรมวิชาการเกษตร มี 2 ชนิด คือ เชื้อรา *Acaulospora* sp. และ *Glomus* sp. ซึ่งจากการศึกษาลักษณะทาง spore morphology ตามวิธีการของ Abbott (1982) พบลักษณะของสปอร์ ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ชนิดของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาที่มีประสิทธิภาพดีต่อยางพารา

ชนิด	รูปภาพสปอร์	คำอธิบายลักษณะสปอร์
Acaulospora sp.		สปอร์มีรูปร่างกลม สีเหลืองเข้มจนถึงน้ำตาลอ่อน มีผนังสปอร์ 1 ชั้น
Glomus sp.		สปอร์มีรูปร่างกลม สีน้ำตาลเข้ม มีผนังสปอร์ 1-2 ชั้น มีเส้นใยลักษณะโค้งติดกับสปอร์

Ref. code: 25595709032618GTV

3.1.2 การเก็บตัวอย่างดินและการเตรียมตัวอย่าง

สุ่มเก็บตัวอย่างดินบริเวณเขตรากยางพารา โดยเก็บดินที่ความลึก 0-20 เซนติเมตร รวบรวมตัวอย่างดินทั้งหมดใส่ถุงพลาสติก ปิดปากถุง และเก็บบันทึกข้อมูลพื้นที่ศึกษา หลังจากนั้นนำตัวอย่างดินมาผึ่งให้แห้งในที่ร่ม คลุกเคล้าดินให้เข้ากัน แบ่งตัวอย่างดินออกเป็น 2 ส่วน โดยส่วนที่ 1 สำหรับใช้ในการประเมินจำนวนสปอร์ของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาในดิน และส่วนที่ 2 วิเคราะห์สมบัติทางเคมีของดิน ได้แก่ เนื้อดิน, ความเป็นกรด-ด่างของดิน, ปริมาณอินทรียวัตถุ และปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์

3.1.3 การเก็บบันทึกผลการทดลอง

3.1.3.1 การประเมินจำนวนของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาที่มีประสิทธิภาพดีต่อยางพาราในดินบริเวณเขตราก

นำตัวอย่างดินมาแยกสปอร์ออกจากดินตามวิธี wet sieving and sucrose centrifugation โดยนำตัวอย่างดิน 20 กรัม ใส่ลงในขวดพลาสติกขนาด 120 มิลลิลิตร พร้อมกับเติมน้ำปริมาณ 30 มิลลิลิตร ปิดฝาและเขย่าเพื่อทำลายโครงสร้างของดิน จากนั้นนำมาผ่านตะแกรงขนาด 250, 100 และ 50 ไมครอน ซึ่งวางซ้อนกันอยู่ แล้วใช้ขวดฉีดน้ำ ฉีดไล่สปอร์ให้ลอยขึ้นข้างตะแกรงแล้วจึงเทใส่ในหลอดทดลอง นำของเหลวพร้อมหลอดทดลองที่ได้ไปปั่นเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 2000 รอบ/นาที เป็นเวลา 5 นาที จากนั้นเทสารละลายด้านบนทิ้งและเติมสารละลาย 50 เปอร์เซ็นต์ sucrose 30 มิลลิลิตร ต่อมานำไปปั่นเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 2000 รอบ/นาที เป็นเวลา 1 นาที จากนั้นนำของเหลวที่ได้ใส่ลงใน suction funnel ที่มีกระดาษกรองวางอยู่ เพื่อแยกของเหลวกับสปอร์ออกจากกัน นำกระดาษกรองที่มีสปอร์ติดอยู่มาตรวจหาสปอร์ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ชนิด dissecting microscope เพื่อประเมินจำนวนสปอร์ของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา (Daniels and Skipper, 1982)

3.1.3.2 การวิเคราะห์สมบัติของดิน ได้แก่

(1) การวิเคราะห์เนื้อดิน โดยวิธี Hydrometer method โดยนำตัวอย่างดินมากำจัดอินทรียวัตถุด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ร่อนดินในน้ำผ่านตะแกรง 2 มิลลิเมตร ล้างดินด้วยน้ำทำให้ดินแห้ง ชั่งตัวอย่างดินที่ได้ แล้วนำไปทำเป็นสารแขวนลอยในน้ำด้วยการใส่สารส่งเสริมการกระจายของอนุภาคดิน (dispersion agent) เช่น สารละลายแคลกอน (calgon solution) 5 เปอร์เซ็นต์ ปั่นสารแขวนลอยด้วยเครื่องปั่น ถ่ายของผสมลงในกระบอกตวงแบบตกตะกอน (sedimentation cylinder) ให้หมดแล้วหย่อนไฮโดรมิเตอร์ลงไปโดยตั้งเวลาอ่านที่ 40 วินาที และ 2 ชั่วโมง อ่านอุณหภูมิ ค่าที่อ่านได้ที่ 40 วินาทีเป็นปริมาณของกลุ่ม ทรายแป้ง และ ดินเหนียว และ แคลกอน รวมกัน ส่วน 2 ชั่วโมงเป็นปริมาณของกลุ่มขนาดของดินเหนียว และแคลกอน โดยการวัดอุณหภูมิ (t1) เมื่อจับเวลาได้ 40 วินาที จึงอ่านค่าจากไฉโดรมิเตอร์ (R1) (จะต้องหย่อน

Ref. code: 25595709032618GTV

ไฮโดรมิเตอร์ลงในตัวอย่างก่อนถึงเวลาอ่านค่าประมาณ 10 วินาที) ตั้งทิ้งไว้เป็นเวลา 2 ชั่วโมง จึงวัดอุณหภูมิ (t2) และอ่านค่าจากไฮโดรมิเตอร์ (R2) อีกครั้ง ซึ่งอุณหภูมิทั้งหมดวัดเป็นองศาฟาเรนไฮต์ จากนั้นนำเอาผลการทดลองไปหาเปอร์เซ็นต์ของ ทราย ทรายแป้ง และดินเหนียว โดยใช้สูตรการคำนวณ ดังนี้

B40 = b1+0.20 (tb1-68) เมื่อ B40 คือ ค่า blank ที่แก้อุณหภูมิแล้ว ที่เวลา 40 วินาที

B2 = b2+0.20 (tb2-68) เมื่อ B2 คือ ค่า blank ที่แก้อุณหภูมิแล้ว ที่เวลา 2 ชั่วโมง

R40 = R1+0.20 (t1-68) เมื่อ R40 คือ ค่าที่แก้อุณหภูมิแล้วจากตัวอย่างดินที่เวลา 40 วินาที

R2 = R2+0.20 (t2-68) เมื่อ R2 คือ ค่าที่แก้อุณหภูมิแล้วจากตัวอย่างดินที่เวลา 2 ชั่วโมง

จากนั้นนำค่าที่ได้ไปแทนค่าในสูตร เพื่อหาเปอร์เซ็นต์ของ ทราย ทรายแป้ง และดินเหนียว ดังนี้ (ในกรณีใช้ตัวอย่างดินหนัก 100 กรัม)

ทราย (เปอร์เซ็นต์) = 100 - (R40-B40)

ทรายแป้ง (เปอร์เซ็นต์) = (R40-B40) - (R2-B2)

ดินเหนียว (เปอร์เซ็นต์) = (R2-B2)

จากนั้นนำข้อมูลที่ได้ไปหาประเภทของเนื้อดิน โดยอาศัยไดอะแกรมสามเหลี่ยมใช้เกณฑ์การแบ่งขนาดอนุภาคดังนี้ ทรายมีขนาดของ effective diameter 0.05-2.00 มิลลิเมตร ทรายแป้งมีขนาดของ effective diameter 0.002-0.05 มิลลิเมตร ดินเหนียวมีขนาดของ effective diameter เล็กกว่า 0.002 มิลลิเมตร

(2) การวิเคราะห์ความเป็นกรด-ด่างของดิน (pH) ด้วยวิธี Electrometric method โดยชั่งตัวอย่างดินขนาด 2 มิลลิเมตร จำนวน 10 กรัม ใส่ลงใน Beaker ขนาด 100 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่นลงไป 10 มิลลิลิตร ใช้แท่งแก้วคนให้เข้ากันประมาณ 30 นาที จากนั้นทำการวัด pH ด้วย pH meter

(3) การวิเคราะห์อินทรียวัตถุในดิน โดยใช้วิธีของ Walkley and Black (1934) ชั่งตัวอย่างดินที่บดอย่างละเอียด ขนาด 0.5 มิลลิเมตร น้ำหนัก 0.5 กรัม ใส่ตัวอย่างดินลงใน Erlenmeyer flask ขนาด 250 มิลลิลิตร เติมน้ำยา dichromate 1N ไป 5 มิลลิลิตร จากนั้นเติมกรดซัลฟิวริค เข้มข้นลงไป 10 มิลลิลิตร โดยเร็ว แกว่ง flask ไปรอบๆ เบาๆ เพื่อให้น้ำยากับดินเข้ากันประมาณ 1-2 นาที แล้วตั้งทิ้งไว้ให้ทำปฏิกิริยากันเป็นเวลา 30 นาที เมื่อครบเวลาเติมน้ำกลั่นลงไป 15 มิลลิลิตร และหยด indicator ลงไป 3 หยด ไตเตรท soil suspension ด้วยน้ำยา ferrous sulfate จนกระทั่งถึงจุด end point คือ จุดที่สีของ suspension เริ่มเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นน้ำตาลปนแดง จดบันทึกปริมาณของน้ำยา ferrous sulfate เพื่อนำมาคำนวณปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดิน จากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาคำนวณปริมาณอินทรียวัตถุ ดังนี้

Ref. code: 25595709032618GTV

$$\text{เปอร์เซ็นต์อินทรีย์คาร์บอน (Organic carbon, O.C.)} = \frac{10 \times (B-S) \times 100 \times 100 \times 3 \times 100 \times N}{B \times 77 \times 1000 \times W}$$

$$\text{เปอร์เซ็นต์อินทรียวัตถุ (Organic matter, O.M.)} = \%\ O.C. \times 1.724$$

เมื่อ B = ปริมาณ FAS ที่ใช้ในการไตเตรท Blank (มิลลิลิตร)

S = ปริมาณ FAS ที่ใช้ในการไตเตรทตัวอย่าง (มิลลิลิตร)

W = น้ำหนักดินที่ใช้ (กรัม)

N = ความเข้มข้นของ $K_2Cr_2O_7$ (หน่วย normality)

(4) การวิเคราะห์ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน โดยใช้น้ำยาสกัด Bray II ซึ่งเริ่มจากการชั่งดินตัวอย่าง ที่ร่อนผ่านตะแกรงขนาด 2 มิลลิเมตร จำนวน 2.5 กรัม ใส่ลงในขวดพลาสติก เติมน้ำยาสกัด Bray II ลงไป 25 มิลลิลิตร ปิดผาแล้วนำไปใส่เครื่องเขย่าที่ความเร็ว 250 รอบ/นาที เป็นเวลา 1 นาที เอาสารละลายดินที่ได้มากรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 4 เก็บ aliquot ไว้ในขวดพลาสติกที่สะอาดขนาด 120 มิลลิลิตร จากนั้นนำ aliquot ของดินตัวอย่าง 10 มิลลิลิตร ใส่ลงใน volumetric flask ที่มีความจุ 25 มิลลิลิตร เติม reagent B ลงไป 4 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นจนครบ 25 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน ทิ้งไว้ประมาณ 10 นาที แล้วอ่านค่าการดูดกลืนแสง (absorbance) ด้วยเครื่อง spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 882 นาโนเมตร แล้วนำข้อมูลที่ได้มาคำนวณหา Aavailable P (มิลลิกรัม/กิโลกรัม) โดยเทียบกับกราฟมาตรฐาน (standard curve) โดยการทำ standard curve ได้จากการเตรียมน้ำยามาตรฐาน phosphate ให้มีความเข้มข้น 5 มิลลิกรัมฟอสฟอรัส/ลิตร โดยใช้ standard phosphate 50 มิลลิกรัมฟอสฟอรัส/ลิตร มาเจือจางลง 10 เท่า จากนั้นดูดมา 0, 1, 2, 3, 4 และ 5 มิลลิลิตร ใส่ลงใน volumetric flask ขนาด 25 มิลลิลิตร แล้วเติม reagent B ลงไป 4 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นจนครบ 25 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน วางทิ้งไว้ประมาณ 10 นาที เริ่มอ่านค่าการดูดกลืนแสง (absorbance) ของ standard phosphate ด้วย spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 882 นาโนเมตร และนำมา Plot กราฟระหว่างค่า absorbance กับความเข้มข้นของ phosphorus ซึ่งจะออกมาเป็น standard curve ที่จะนำมาใช้ในการประเมินปริมาณฟอสฟอรัสในตัวอย่างดิน โดยมีสูตรการคำนวณ ดังนี้

Ref. code: 25595709032618GTV

$$\text{ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (มิลลิกรัม/กิโลกรัม)} = \frac{B \times DF\ (sample) \times X}{A}$$

เมื่อ A = น้ำหนักของตัวอย่างดิน (กรัม)

B = น้ำยาสกัด (มิลลิลิตร)

X = ค่าที่อ่านได้เมื่อวัดค่าเทียบกับ standard set

3.2 การทดลองที่ 2 การศึกษาประสิทธิภาพของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาต่อการเจริญเติบโตของยางพาราพันธุ์เศรษฐกิจสำคัญ 4 พันธุ์

3.2.1 การวางแผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบ 2x4 factorial in completely randomized design จำนวน 3 ซ้ำ ประกอบด้วย 2 ปัจจัย ได้แก่

(1) เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา ได้แก่ ไม่ใส่เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา (NM) และใส่เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา (AM)

(2) พันธุ์ยางพารา ได้แก่ BPM 24, RRIM 600, RRIT 251 และ RRIT 408

ดังนั้นสิ่งทดลองจะมีทั้งหมด จำนวน 8 สิ่งทดลอง ได้แก่ (1) NM + BPM 24 (2) NM + RRIM 600 (3) NM + RRIT 251 (4) NM + RRIT 408 (5) AM + BPM 24 (6) AM + RRIM 600 (7) AM + RRIT 251 และ (8) AM + RRIT 408

3.2.2 การเตรียมหน่วยทดลอง

3.2.2.1 การเตรียมดิน ทำการเก็บตัวอย่างชุดดินปากช่อง โดยเก็บดินที่ระดับความลึก 0-20 เซนติเมตร นำดินมาผึ่งให้แห้งในที่ร่ม แยกเศษพืชออก นำไปอบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 ชั่วโมง สลับกับทิ้งให้เย็นเป็นเวลา 8 ชั่วโมง จำนวน 2 รอบ เพื่อทำลายสปอร์ของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาตามธรรมชาติ โดยสมบัติของดินแสดงในตารางที่ 2 ซึ่งเป็นดินที่มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินต่ำ ทั้งนั้นเพื่อให้เห็นผลของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาในการส่งเสริมการเจริญเติบโตและการดูดซับฟอสฟอรัสได้ชัดเจน

3.2.2.2 การเตรียมกระถาง ใช้กระถางพลาสติกสีน้ำตาล ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางปากกระถาง 20 นิ้ว พร้อมจานรองกระถาง เช็ดทำความสะอาดกระถางด้วยสำลีชุบ 10 เปอร์เซ็นต์ clorox

3.2.2.3 การเตรียมกล้ายางพารา นำเมล็ดยางพาราทั้ง 4 พันธุ์ คือ BPM 24, RRIM 600, RRIT 251 และ RRIT 408 มาแช่ในน้ำสะอาด แล้วเพาะลงในขุยมะพร้าวที่ผ่านการอบฆ่าเชื้อด้วย autoclave ที่ 120 องศาเซลเซียส ความดัน 15 ปอนด์/ตารางนิ้ว เป็นเวลา 15 นาที ดูแลรด

Ref. code: 25595709032618GTV

น้ำเป็นเวลา 2 สัปดาห์ จากนั้นย้ายกล้าปลูกลงในถุงเพาะชำที่ใส่ดินขุยไผ่ที่ผ่านการอบฆ่าเชื้อด้วย autoclave แล้ว ดูแลรดน้ำสม่ำเสมอจนกระทั่งกล้ายางเริ่มแตกฉัตรที่ 2 ที่อายุประมาณ 2 เดือน จึงย้ายปลูกลงกระถางทดลองที่เตรียมไว้ข้างต้น

3.2.2.4 การเตรียมเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา ใช้เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาที่มีประสิทธิภาพดีต่อยางพารา ของกรมวิชาการเกษตร โดยมีจำนวนสปอร์ของ *Acaulospora* sp. และ *Glomus* sp. จำนวน 25 สปอร์ต่อดิน 1 กรัม

ตารางที่ 2 สมบัติของชุดดินปากช่อง

สมบัติดิน	**ผลวิเคราะห์**
เนื้อดิน [1]	ดินเหนียว
สัดส่วนอนุภาคดินเหนียว (เปอร์เซ็นต์)	71
สัดส่วนอนุภาคทรายแป้ง (เปอร์เซ็นต์)	13
สัดส่วนอนุภาคทราย (เปอร์เซ็นต์)	16
ค่าความเป็นกรด-ด่าง [2]	4.37
ปริมาณอินทรียวัตถุในดิน [3] (เปอร์เซ็นต์)	1.95
ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในดิน [4] (มิลลิกรัม/กิโลกรัม)	228.33
ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ [5] (มิลลิกรัม/กิโลกรัม)	18
ปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ [6] (มิลลิกรัม/กิโลกรัม)	42
ปริมาณแคลเซียมที่สกัดได้ [6] (มิลลิกรัม/กิโลกรัม)	1,423
ปริมาณแมกนีเซียมที่สกัดได้ [6] (มิลลิกรัม/กิโลกรัม)	140
ความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวก [7] (เซนติโมล/กิโลกรัม)	20.13

[1] pipette method [2] 1:1, Soil:H_2O [3] Walkley and Black method [4] Vanadate-Molybdate method [5] Bray II, Ascorbic method [6] KH_4OAc, pH 7.0 [7] 1M NH_4OAc pH 7.0 method

3.2.3 การจัดหน่วยทดลองและการปฏิบัติดูแลหน่วยทดลอง

บรรจุดินลงในกระถางๆ ละ 20 กิโลกรัม ใส่เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา 100 กรัม ตามแผนการทดลอง ย้ายกล้ายางพาราแต่ละพันธุ์ปลูก 1 ต้นต่อกระถาง วางกระถางทดลองไว้ในโรงเรือนพลาสติก จนกล้ายางอายุครบ 1 ปี ทำการใส่ปุ๋ยเมื่อกล้ายางอายุ 4 และ 6 เดือนหลังปลูก ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในรูปยูเรีย ในอัตรา 50 กิโลกรัม/ไร่ โดยแบ่งใส่ 2 ครั้ง ปุ๋ยโพแทสเซียมในรูป KCl ใน

Ref. code: 25595709032618GTV

อัตรา 50 กิโลกรัม/ไร่ ปุ๋ยแคลเซียมในรูป $CaCl_2$ ในอัตรา 10 กิโลกรัม/ไร่ และปุ๋ยแมกนีเซียมในรูป $MgSO_4$ ในอัตรา 10 กิโลกรัม/ไร่ ตามลำดับ ให้น้ำ กำจัดแมลงและวัชพืชโดยวิธีกล

3.2.4 การเก็บบันทึกผลการทดลอง ดังนี้

3.2.4.1 ความสูง และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น

วัดความสูงและเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น เมื่อยางพารามีอายุ 4, 8 และ 12 เดือน โดยความสูงวัดจากโคนต้นบริเวณเหนือรากจนถึงใบที่กางออกเต็มที่ใบสุดท้าย และวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางวัดบริเวณโคนต้นยางพาราเหนือรากยางพาราขึ้นมา 10 เซนติเมตร

3.2.4.2 น้ำหนักแห้งส่วนเหนือดินและน้ำหนักแห้งราก

เมื่อยางพาราอายุ 1 ปี ตัดส่วนเหนือดินและส่วนของรากทั้งหมดเป็นชิ้นเล็กๆ ใส่ลงในถุงกระดาษสำหรับอบตัวอย่างพืช นำเข้าตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส จนกระทั่งน้ำหนักแห้งคงที่ หลังจากนั้นชั่งน้ำหนักแห้งส่วนเหนือดินและส่วนของราก

3.2.4.3 ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในส่วนเหนือดินและราก

เมื่อตัวอย่างพืชแห้งดีแล้ว นำไปบดให้ละเอียด ร่อนตัวอย่างผ่านตะแกรง 0.2 มิลลิเมตร จากนั้นทำการวิเคราะห์ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในพืชโดยวิธี colorimetry (ทัศนีย์ และจงรักษ์, 2542) ดังนี้

การย่อยตัวอย่างพืช ชั่งตัวอย่างพืช 1.0 กรัม ใส่ลงใน Kjeldahl tube แล้วเติม digestion mixture 5 มิลลิลิตร (เตรียม Blank ควบคู่ไปด้วย) จากนั้นนำ Kjeldahl tube ใส่ลงใน Block digestion ภายใต้ตู้ดูดควัน (Fume hood) โดยตั้งอุณหภูมิเริ่มต้นที่ 150 องศาเซลเซียส แล้วจึงปรับเพิ่มเรื่อยๆ คราวละ 50 องศาเซลเซียส จนถึง 350 องศาเซลเซียส ภายใน 2 ชั่วโมง เมื่อได้สารละลายใส วางทิ้งไว้จนเย็นตัวลงแล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำกรองเป็น 50 มิลลิลิตร เขย่าให้สารละลายในหลอดและน้ำกรองรวมเป็นเนื้อเดียวกัน จากนั้นกรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 5 เก็บ aliquot ที่ได้นี้ในขวดพลาสติกทำสีตัวอย่างโดยการปิเปต aliquot 3 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดทดลองขนาด 25 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่น 3 มิลลิลิตร เติม 5 เปอร์เซ็นต์ Ammonium molybdate 1 มิลลิลิตร และ 0.25 เปอร์เซ็นต์ Ammomiun vanadate 1 มิลลิลิตร จากนั้นเขย่าให้เข้ากัน ทิ้งไว้ประมาณ 20 นาที เพื่อให้เกิดปฏิกิริยาโดยสมบูรณ์ แล้วจึงนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วย Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 440 นาโนเมตร ทำการบันทึกค่าการดูดกลืนแสง (absorbance) ของแต่ละตัวอย่าง

การเตรียมสารละลายมาตรฐาน เตรียม standard phosphate 7 series ดังนี้ 0, 2.5, 5.0, 7.5, 10.0, 12.5 และ 15.0 ppm โดยเตรียมได้จากการปิเปต 50 ppm standard P ปริมาตร 0, 0.4, 0.8, 1.2, 1.6, 2.0 และ 2.4 มิลลิลิตร ลงในหลอดทดลองขนาด 25 มิลลิลิตร ตามลำดับ หลังจากนั้นเติมน้ำกลั่น 3.0, 2.6, 2.2, 1.8, 1.4, 1.0 และ 0.6 มิลลิลิตร ลงในแต่

Ref. code: 25595709032618GTV

ละ series เพื่อปรับปริมาตรให้ครบ 3 มิลลิลิตร แล้วเติม blank อีก 3 มิลลิลิตร จากนั้น เติม 5 เปอร์เซ็นต์ Ammonium molybdate 1 มิลลิลิตร และ 0.25 เปอร์เซ็นต์ Ammomiun vanadate 1 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน ทิ้งไว้ประมาณ 20 นาที เพื่อให้เกิดปฏิกิริยาโดยสมบูรณ์ แล้วจึงนำไปวัดค่า absorbance ด้วย spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 440 นาโนเมตร ทำการบันทึกค่า absorbance ของแต่ละ series เพื่อนำข้อมูลนี้ไป plot graph เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบกับตัวอย่างต่อไป

การคำนวณความเข้มข้นของฟอสฟอรัส (P ppm) ในตัวอย่างได้มาจากการนำค่า absorbance ของตัวอย่างมาเปรียบเทียบกับกราฟฟอสฟอรัสมาตรฐาน เมื่อทราบค่า P ppm ของตัวอย่างแล้ว นำค่าที่ได้มาคูณกับน้ำหนักแห้ง จะได้ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด (P content, มิลลิกรัม/กิโลกรัม)

3.2.4.4 ประเมินการเข้าอยู่อาศัยของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาในราก

โดยแบ่งตัวอย่างรากยางพาราก่อนที่จะนำไปอบให้แห้ง เพื่อหาน้ำหนักแห้งของราก จากข้อ 2 ออกมาประมาณครึ่งหนึ่งของรากทั้งหมดนำไปย้อมสีรากตามวิธีการของ Philips and Hayman (1970) โดยนำตัวอย่างรากยางพารามาล้างให้สะอาด ใส่ขวดแก้วที่มีฝาปิดสนิท ย้อมสีราก โดยเติมสารละลาย 10 เปอร์เซ็นต์ KOH ให้ท่วมราก แช่จนกระทั่งรากใส จึงเทสารละลายทิ้งจนหมด จากนั้นล้างรากด้วยน้ำให้สะอาด 2-3 ครั้ง เติม Alkaline H_2O_2 solution ให้ท่วมรากทั้งหมด นาน 60 นาที จากนั้นเทสารละลายดังกล่าวทิ้งจนหมด แล้วล้างรากด้วยน้ำให้สะอาด 2-3 ครั้ง แช่รากด้วย HCl solution นาน 15 นาที จากนั้นเท HCl solution ทิ้งแล้วเติม Trypan blue solution (C. I. 23850, Ajex Finechem) ประมาณ 8 ชั่วโมง หรือจนกว่าจะติดสี จึงเท Trypan blue solution ออก แล้วเก็บรากที่ย้อมสีแล้วไว้ใน Lactic acid solution นำรากที่ย้อมสีแล้วมาประเมินการเข้าอยู่อาศัยในรากของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา (AM colonization) ตามวิธีของ McGonigle et al. (1990) และคำนวณเปอร์เซ็นต์การอยู่อาศัยของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาในราก ตามวิธีการของ Trouvelet et al. (1985) ดังนี้

$$\text{เปอร์เซ็นต์ AM colonization} = [(95 \times n5) + (70 \times n4) + (30 \times n3) + (5 \times n2) + (1 \times n1)]/N$$

เปอร์เซ็นต์ AM colonization = เปอร์เซ็นต์การเข้าสู่รากของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา

n5 = จำนวนรากที่มีการเข้าอยู่อาศัยในรากมากกว่า 90 เปอร์เซ็นต์

n4 = จำนวนรากที่มีการเข้าอยู่อาศัยในราก 51-90 เปอร์เซ็นต์

n3 = จำนวนรากที่มีการเข้าอยู่อาศัยในราก 11- 50 เปอร์เซ็นต์

Ref. code: 25595709032618GTV

n2 = จำนวนรากที่มีการเข้าอยู่อาศัยในรากน้อยกว่า 10 เปอร์เซ็นต์

n1 = จำนวนรากที่ไม่มีการเข้าอยู่อาศัยในราก

N = จำนวนรากทั้งหมดที่ใช้ในการประเมินการเข้าอยู่อาศัยในราก

3.2.4.5 ประเมินจำนวนประชากรและชนิดของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา

โดยทำการเก็บตัวอย่างดิน จากสิ่งทดลองที่มีการใส่เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาในช่วงอายุของต้นยางพาราที่ 4, 8 และ 12 เดือน โดยนำดินมาแยกสปอร์ออกจากดินตามวิธี wet sieving and sucrose centrifugation (Daniels and Skipper, 1982) โดยนำตัวอย่างดิน 20 กรัม ใส่ลงในขวดพลาสติกขนาด 120 มิลลิลิตร พร้อมกับเติมน้ำปริมาณ 30 มิลลิลิตร ปิดฝาและเขย่าเพื่อทำลายโครงสร้างของดิน จากนั้นนำมาผ่านตะแกรงขนาด 250, 100 และ 50 ไมครอน ซึ่งวางซ้อนกันอยู่ แล้วใช้ขวดฉีดน้ำ ฉีดไล่สปอร์ให้ลอยขึ้นข้างตะแกรงแล้วจึงเทใส่ในหลอดทดลอง นำของเหลวพร้อมหลอดทดลองที่ได้ไปปั่นเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 2,000 รอบ/นาที เป็นเวลา 5 นาที จากนั้นเทสารละลายใสด้านบนทิ้งและเติมสารละลาย 50 เปอร์เซ็นต์ sucrose 30 มิลลิลิตร ต่อมานำไปปั่นเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 2,000 รอบ/นาที เป็นเวลา 1 นาที จากนั้นนำของเหลวที่ได้ใส่ลงใน suction funnel ที่มีกระดาษกรองวางอยู่ เพื่อแยกของเหลวกับสปอร์ออกจากกัน นำกระดาษกรองที่มีสปอร์ติดอยู่มาตรวจหาสปอร์ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ชนิด dissecting microscope เพื่อประเมินจำนวนประชากรของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาทั้งหมด

3.2.5 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของแต่ละทรีทเมนต์ด้วยวิธี Duncan’s multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

3.3 สถานที่ทำการทดลอง

โรงเรือนปลูกพืชทดลองและห้องปฏิบัติการทางปฐพีวิทยา ภาควิชาเทคโนโลยีการเกษตร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต จังหวัดปทุมธานี

3.4 ระยะเวลาทดลอง

เริ่มทำการทดลองในเดือน สิงหาคม 2557 และสิ้นสุดการทดลองประมาณเดือนมีนาคม 2559 ใช้ระยะเวลา 1 ปี 8 เดือน

Ref. code: 25595709032618GTV

บทที่ 4
ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

4.1 ผลการวิจัย

4.1.1 การทดลองที่ 1 การสำรวจจำนวนสปอร์ของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาที่มีประสิทธิภาพดีต่อยางพาราในพื้นที่ปลูกยางพาราพันธุ์ BPM 24, RRIM 600, RRIT 251 และ RRIT 408

4.1.1.1 พื้นที่ศึกษา

พื้นที่ศึกษาในจังหวัดจันทบุรี (พื้นที่ปลูกยางเดิม) มีอุณหภูมิเฉลี่ย 29.4 องศาเซลเซียส ปริมาณน้ำฝนรวม 2,929 มิลลิเมตร/ปี และ พื้นที่ศึกษาในจังหวัดหนองคาย (พื้นที่ปลูกยางใหม่) มีอุณหภูมิเฉลี่ย 25.6 องศาเซลเซียส ปริมาณน้ำฝนรวม 1,967 มิลลิเมตร/ปี

4.1.1.2 สมบัติของดิน

พื้นที่ศึกษาในจังหวัดจันทบุรี (พื้นที่ปลูกยางเดิม) มีสมบัติของดิน คือ มีเนื้อดินเป็น Loamy sand ความเป็นกรด-ด่างของดิน 4.5 ปริมาณอินทรียวัตถุในดินอยู่ในระดับสูง (2.98 เปอร์เซ็นต์) และปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินอยู่ในระดับสูง (29.72 มิลลิกรัม/กิโลกรัม)

พื้นที่ศึกษาในจังหวัดหนองคาย (พื้นที่ปลูกยางใหม่) มีสมบัติของดิน คือ มีเนื้อดินเป็น Sandy clay ความเป็นกรด-ด่างของดิน 4.6 ปริมาณอินทรียวัตถุในดินอยู่ในระดับสูง (2.50 เปอร์เซ็นต์) และปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินอยู่ในระดับปานกลาง (11.15 มิลลิกรัม/กิโลกรัม)

4.1.1.3 จำนวนสปอร์ของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาที่มีประสิทธิภาพดีต่อยางพารา

จากการประเมินจำนวนสปอร์ของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา ที่มีประสิทธิภาพดีต่อยางพารา พบว่า ในพื้นที่ปลูกยางเดิม จังหวัดจันทบุรี มีจำนวนสปอร์ของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาที่มีประสิทธิภาพดีต่อยางพารามากกว่าในพื้นที่ปลูกยางใหม่ จังหวัดหนองคาย และ เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาที่มีประสิทธิภาพดีต่อยางพาราพบมากในยางพาราพันธุ์ BPM 24 (ตารางที่ 3)

จำนวนสปอร์ของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา ที่มีประสิทธิภาพดีต่อยางพาราที่พบในบริเวณรากยางพาราพันธุ์ BPM 24 ในพื้นที่จังหวัดจันทบุรี มีจำนวน 855 สปอร์/ดิน

Ref. code: 25595709032618GTV

100 กรัม ซึ่งคิดเป็น 44 เปอร์เซ็นต์ของจำนวนสปอร์ทั้งหมด โดยพบสปอร์ของเชื้อรา *Acaulospora* sp. จำนวน 520 สปอร์/ดิน 100 กรัม (27 เปอร์เซ็นต์) และพบสปอร์ของเชื้อรา *Glomus* sp. จำนวน 335 สปอร์/ดิน 100 กรัม (18 เปอร์เซ็นต์) ส่วนจำนวนสปอร์ของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาที่มีประสิทธิภาพดีต่อยางพาราที่พบในบริเวณรากยางพาราพันธุ์ BPM 24 ในพื้นที่จังหวัดหนองคาย มีจำนวน 410 สปอร์/ดิน 100 กรัม ซึ่งคิดเป็น 46 เปอร์เซ็นต์ของจำนวนสปอร์ทั้งหมด โดยพบสปอร์ของเชื้อรา *Acaulospora* sp. จำนวน 325 สปอร์/ดิน 100 กรัม (36 เปอร์เซ็นต์) และพบสปอร์ของเชื้อรา *Glomus* sp. จำนวน 85 สปอร์/ดิน 100 กรัม (9 เปอร์เซ็นต์) (ตารางที่ 3)

จำนวนสปอร์ของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา ที่มีประสิทธิภาพดีต่อยางพาราที่พบในบริเวณรากยางพาราพันธุ์ RRIM 600 ในพื้นที่จังหวัดจันทบุรี มีจำนวน 210 สปอร์/ดิน 100 กรัม ซึ่งคิดเป็น 45 เปอร์เซ็นต์ของจำนวนสปอร์ทั้งหมด โดยพบสปอร์ของเชื้อรา *Acaulospora* sp. จำนวน 145 สปอร์/ดิน 100 กรัม (31 เปอร์เซ็นต์) และพบสปอร์ของเชื้อรา *Glomus* sp. จำนวน 65 สปอร์/ดิน 100 กรัม (14 เปอร์เซ็นต์) ส่วนจำนวนสปอร์ของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาที่มีประสิทธิภาพดีต่อยางพาราที่พบในบริเวณรากยางพาราพันธุ์ RRIM 600 ในพื้นที่จังหวัดหนองคาย มีจำนวน 400 สปอร์/ดิน 100 กรัม ซึ่งคิดเป็น 22 เปอร์เซ็นต์ของจำนวนสปอร์ทั้งหมด โดยพบสปอร์ของเชื้อรา *Acaulospora* sp. จำนวน 285 สปอร์/ดิน 100 กรัม (16 เปอร์เซ็นต์) และพบสปอร์ของเชื้อรา *Glomus* sp. จำนวน 115 สปอร์/ดิน 100 กรัม (6 เปอร์เซ็นต์) (ตารางที่ 3)

จำนวนสปอร์ของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา ที่มีประสิทธิภาพดีต่อยางพาราที่พบในบริเวณรากยางพาราพันธุ์ RRIT 251 ในพื้นที่จังหวัดจันทบุรี มีจำนวน 85 สปอร์/ดิน 100 กรัม ซึ่งคิดเป็น 55 เปอร์เซ็นต์ของจำนวนสปอร์ทั้งหมด โดยพบสปอร์ของเชื้อรา *Acaulospora* sp. จำนวน 60 สปอร์/ดิน 100 กรัม (39 เปอร์เซ็นต์) และพบสปอร์ของเชื้อรา *Glomus* sp. จำนวน 25 สปอร์/ดิน 100 กรัม (16 เปอร์เซ็นต์) ส่วนจำนวนสปอร์ของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาที่มีประสิทธิภาพดีต่อยางพาราที่พบในบริเวณรากยางพาราพันธุ์ RRIT 251 ในพื้นที่จังหวัดหนองคาย มีจำนวน 580 สปอร์/ดิน 100 กรัม ซึ่งคิดเป็น 29 เปอร์เซ็นต์ของจำนวนสปอร์ทั้งหมด โดยพบสปอร์ของเชื้อรา *Acaulospora* sp. จำนวน 405 สปอร์/ดิน 100 กรัม (20 เปอร์เซ็นต์) และพบสปอร์ของเชื้อรา *Glomus* sp. จำนวน 175 สปอร์/ดิน 100 กรัม (9 เปอร์เซ็นต์) (ตารางที่ 3)

จำนวนสปอร์ของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา ที่มีประสิทธิภาพดีต่อยางพาราที่พบในบริเวณรากยางพาราพันธุ์ RRIT 408 ในพื้นที่จังหวัดจันทบุรี มีจำนวน 250 สปอร์/ดิน 100 กรัม ซึ่งคิดเป็น 28 เปอร์เซ็นต์ของจำนวนสปอร์ทั้งหมด โดยพบสปอร์ของเชื้อรา *Acaulospora* sp. จำนวน 165 สปอร์/ดิน 100 กรัม (18 เปอร์เซ็นต์) และพบสปอร์ของเชื้อรา *Glomus* sp. จำนวน 85 สปอร์/ดิน 100 กรัม (9 เปอร์เซ็นต์) ส่วนจำนวนสปอร์ของเชื้อรา

Ref. code: 25595709032618GTV

อาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาที่มีประสิทธิภาพดีต่อยางพาราที่พบในบริเวณรากยางพาราพันธุ์ RRIM 600 ในพื้นที่จังหวัดหนองคาย มีจำนวน 350 สปอร์/ดิน 100 กรัม ซึ่งคิดเป็น 30 เปอร์เซ็นต์ของจำนวนสปอร์ทั้งหมด โดยพบสปอร์ของเชื้อรา *Acaulospora* sp. จำนวน 215 สปอร์/ดิน 100 กรัม (18 เปอร์เซ็นต์) และพบสปอร์ของเชื้อรา *Glomus* sp. จำนวน 135 สปอร์/ดิน 100 กรัม (12 เปอร์เซ็นต์) (ตารางที่ 3)

ตารางที่ 3 จำนวนสปอร์ของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาที่มีประสิทธิภาพดีต่อยางพาราในพื้นที่ปลูกยางพาราพันธุ์เศรษฐกิจ

พันธุ์ยางพารา	**พื้นที่ศึกษา**	**จำนวนสปอร์ของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาที่มีประสิทธิภาพต่อยางพารา (สปอร์/ดิน 100 กรัม)**			**จำนวนสปอร์ของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาทั้งหมด (สปอร์/ดิน 100 กรัม)**
		Acaulospora	*Glomus*	**รวม**	
BPM 24	จันทบุรี	520	335	855	1940
	หนองคาย	325	85	410	895
RRIM 600	จันทบุรี	145	65	210	465
	หนองคาย	285	115	400	1815
RRIT 251	จันทบุรี	60	25	85	155
	หนองคาย	405	175	580	2010
RRIT 408	จันทบุรี	165	85	250	895
	หนองคาย	215	135	350	1170

4.1.2 การทดลองที่ 2 ผลของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาต่อการเจริญเติบโตของยางพาราพันธุ์เศรษฐกิจ

4.1.2.1 ผลของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาต่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น เมื่ออายุ 4 เดือน

จากการทดลอง พบว่า ไม่มีปฏิสัมพันธ์ร่วมระหว่างพันธุ์ยางพารากับการใส่เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาต่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นของยางพารา เมื่ออายุ 4 เดือน กล่าวคือ พันธุ์ BPM 24 ที่ไม่ใส่และใส่เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซามีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นของยางพารา เท่ากับ 0.45±0.09 และ 0.39±0.04 เซนติเมตร พันธุ์ RRIM 600 ที่ไม่ใส่และใส่เชื้อรา

Ref. code: 25595709032618GTV

อาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซามีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นของยางพารา เท่ากับ 0.49±0.10 และ 0.52±0.08 เซนติเมตร ยางพาราพันธุ์ RRIT 251 ที่ไม่ใส่และใส่เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซามีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นของยางพารา เท่ากับ 0.50±0.03 และ 0.50±0.06 เซนติเมตร และ พันธุ์ RRIT 408 ที่ไม่ใส่และใส่เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซามีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นของยางพารา เท่ากับ 0.67±0.05 และ 0.72±0.02 เซนติเมตร ตามลำดับ (ตารางที่ 4)

ปัจจัยของพันธุ์ยางพารา มีผลต่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นของยางพารา เมื่ออายุ 4 เดือน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยพบว่า ยางพาราพันธุ์ RRIT 408 มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นของยางพารามากที่สุด เท่ากับ 0.70±0.04 เซนติเมตร รองลงมาคือพันธุ์ RRIM 600 RRIT 251 และ BPM 24 ซึ่งมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นของยางพารา เท่ากับ 0.50±0.08 0.50±0.04 และ 0.42±0.07 เซนติเมตร ตามลำดับ (ตารางที่ 4)

ปัจจัยของการใส่เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา ไม่มีผลต่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นของยางพารา เมื่ออายุ 4 เดือน โดยพบว่า การใส่เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาทำให้ยางพารามีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นเฉลี่ยเท่ากับ 0.53±0.14 เซนติเมตร ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับการไม่ใส่เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา ที่ทำให้ยางพารามีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นเฉลี่ยเท่ากับ 0.53±0.11 เซนติเมตร (ตารางที่ 4)

4.1.2.2 ผลของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาต่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น เมื่ออายุ 8 เดือน

จากการทดลอง พบว่า ไม่มีปฏิสัมพันธ์ร่วมระหว่างพันธุ์ยางพารากับการใส่เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาต่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นของยางพารา เมื่ออายุ 8 เดือน กล่าวคือ ยางพาราพันธุ์ BPM 24 ที่ไม่ใส่และใส่เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซามีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นของยางพารา เท่ากับ 0.77±0.11 และ 0.69±0.25 เซนติเมตร พันธุ์ RRIM 600 ที่ไม่ใส่และใส่เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซามีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นของยางพารา เท่ากับ 0.55±0.04 และ 0.82±0.07 เซนติเมตร พันธุ์ RRIT 251 ที่ไม่ใส่และใส่เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซามีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของลำต้นยางพารา เท่ากับ 0.71±0.01 และ 0.81±0.10 เซนติเมตร และพันธุ์ RRIT 408 ที่ไม่ใส่และใส่เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซามีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นของยางพารา เท่ากับ 0.86±0.14 และ 0.88±0.10 เซนติเมตร ตามลำดับ (ตารางที่ 5)

ปัจจัยของพันธุ์ยางพารา ไม่มีผลต่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นของยางพารา เมื่ออายุ 8 เดือน กล่าวคือ ยางพาราพันธุ์ BPM 24, RRIM 600, RRIT 251 และ RRIT 408 มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นของยางพารา เท่ากับ 0.73±0.18, 0.69±0.16, 0.76±0.09 และ 0.87±0.11 เซนติเมตร ตามลำดับ (ตารางที่ 5)

Ref. code: 25595709032618GTV

ปัจจัยของการใส่เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา ไม่มีผลต่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นของยางพารา เมื่ออายุ 8 เดือน กล่าวคือ การใส่เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาทำให้ยางพารามีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นเฉลี่ยเท่ากับ 0.80±0.15 เซนติเมตร ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับการไม่ใส่เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา ที่ทำให้ยางพารามีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นเฉลี่ยเท่ากับ 0.72±0.14 เซนติเมตร (ตารางที่ 5)

ตารางที่ 4 เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นของยางพาราพันธุ์ BPM 24, RRIM 600, RRIT 251 และ RRIT 408 ที่ไม่ใส่และใส่เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา เมื่ออายุ 4 เดือน

พันธุ์ยางพารา	**เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น (เซนติเมตร)**		**เฉลี่ย**
	NM	AM	
BPM 24	0.45±0.09 [1/]	0.39±0.04	**0.42±0.07** [B 2/]
RRIM 600	0.49±0.10	0.52±0.08	**0.50±0.08** [B]
RRIT 251	0.50±0.03	0.50±0.06	**0.50±0.04** [B]
RRIT 408	0.67±0.05	0.72±0.02	**0.70±0.04** [A]
เฉลี่ย	**0.53±0.11**	**0.53±0.14**	
P value	พันธุ์ยางพารา		<0.001
	การใส่เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา		0.831
	พันธุ์ยางพารา x การใส่เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา		0.451
C.V. (เปอร์เซ็นต์)	22.72		

[1/] ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

[2/] ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานในแนวตั้งตามด้วยตัวอักษรตัวพิมพ์ใหญ่ที่ต่างกัน มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P < 0.05$ โดยวิธี DMRT

4.1.2.3 ผลของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาต่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น เมื่ออายุ 12 เดือน

จากการทดลอง พบว่า ไม่มีปฏิสัมพันธ์ร่วมระหว่างพันธุ์ยางพารากับการใส่เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาต่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นของยางพารา เมื่ออายุ 12 เดือน กล่าวคือ ยางพาราพันธุ์ BPM 24 ที่ไม่ใส่และใส่เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซามีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นของลำต้นยางพารา เท่ากับ 1.57±0.03 และ 2.04±0.03 เซนติเมตร พันธุ์ RRIM 600

Ref. code: 25595709032618GTV

ที่ไม่ใส่และใส่เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซามีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นของยางพารา เท่ากับ 1.51±0.21 และ 1.52±0.31 เซนติเมตร พันธุ์ RRIT 251 ที่ไม่ใส่และใส่เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซามีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นของยางพารา เท่ากับ 1.70±0.12 และ 1.60±0.52 เซนติเมตร และพันธุ์ RRIT 408 ที่ไม่ใส่และใส่เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซามีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นของยางพารา เท่ากับ 1.56±0.56 และ 1.86±0.44 เซนติเมตร (ตารางที่ 6)

ปัจจัยของพันธุ์ยางพารา ไม่มีผลต่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นของยางพารา เมื่ออายุ 12 เดือน กล่าวคือ ยางพาราพันธุ์ BPM 24, RRIM 600, RRIT 251 และ RRIT 408 มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นของยางพารา เท่ากับ 1.81±0.26, 1.51±0.24, 1.65±0.34 และ 1.71±0.48 เซนติเมตร ตามลำดับ (ตารางที่ 6)

ปัจจัยของการใส่เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา ไม่มีผลต่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นของยางพารา เมื่ออายุ 12 เดือน กล่าวคือ การใส่เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาทำให้ยางพารามีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นเฉลี่ยเท่ากับ 1.76±0.39 เซนติเมตร ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับการไม่ใส่เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา ที่ทำให้ยางพารามีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นเฉลี่ยเท่ากับ 1.58±1.58 เซนติเมตร (ตารางที่ 6)

ตารางที่ 5 เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นของยางพาราพันธุ์ BPM 24, RRIM 600, RRIT 251 และ RRIT 408 ที่ไม่ใส่และใส่เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา เมื่ออายุ 8 เดือน

พันธุ์ยางพารา	**เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น (เซนติเมตร)**		**เฉลี่ย**
	NM	AM	
BPM 24	0.77±0.11 [1/]	0.69±0.25	**0.73±0.18**
RRIM 600	0.55±0.04	0.82±0.07	**0.69±0.16**
RRIT 251	0.71±0.01	0.81±0.10	**0.76±0.09**
RRIT 408	0.86±0.14	0.88±0.10	**0.87±0.11**
เฉลี่ย	**0.72±0.14**	**0.80±0.15**	
P value	พันธุ์ยางพารา		0.104
	การใส่เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา		0.124
	พันธุ์ยางพารา x การใส่เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา		0.129
C.V (เปอร์เซ็นต์)	19.22		

[1/] ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

Ref. code: 25595709032618GTV

ตารางที่ 6 เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นของยางพาราพันธุ์ BPM 24, RRIM 600, RRIT 251 และ RRIT 408 ที่ไม่ใส่และใส่เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา เมื่ออายุ 12 เดือน

พันธุ์ยางพารา	เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น (เซนติเมตร)		เฉลี่ย
	NM	AM	
BPM 24	1.57±0.03 [1/]	2.04±0.03	**1.81±0.26**
RRIM 600	1.51±0.21	1.52±0.31	**1.51±0.24**
RRIT 251	1.70±0.12	1.60±0.52	**1.65±0.34**
RRIT 408	1.56±0.56	1.86±0.44	**1.71±0.48**
เฉลี่ย	**1.58±0.27**	**1.76±0.39**	
P value	พันธุ์ยางพารา		0.529
	การใส่เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา		0.238
	พันธุ์ยางพารา x การใส่เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา		0.482
C.V (เปอร์เซ็นต์)	20.27		

[1/] ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

4.1.2.4 ผลของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาต่อความสูง เมื่ออายุ 4 เดือน

จากการทดลอง พบว่า ไม่มีปฏิสัมพันธ์ร่วมระหว่างพันธุ์ยางพารากับการใส่เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาต่อความสูงของยางพารา เมื่ออายุ 4 เดือน กล่าวคือ ยางพาราพันธุ์ BPM 24 ที่ไม่ใส่และใส่เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซามีความสูงของยางพารา เท่ากับ 44.50±4.50 และ 44.90±10.69 เซนติเมตร พันธุ์ RRIM 600 ที่ไม่ใส่และใส่เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซามีความสูงของยางพารา เท่ากับ 39.83±5.55 และ 60.17±13.73 เซนติเมตร พันธุ์ RRIT 251 ที่ไม่ใส่และใส่เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซามีความสูงของยางพารา เท่ากับ 59.70±9.04 และ 63.57±8.33 เซนติเมตร และพันธุ์ RRIT 408 ที่ไม่ใส่และใส่เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซามีความสูงของยางพารา เท่ากับ 73.17±6.60 และ 88.93±21.42 เซนติเมตร ตามลำดับ (ตารางที่ 7)

ปัจจัยของพันธุ์ยางพารา มีผลต่อความสูงของยางพาราเมื่ออายุ 4 เดือนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยพบว่า ยางพาราพันธุ์ RRIT 408 มีความสูงของยางพารามากที่สุด เท่ากับ 81.05±16.60 เซนติเมตร รองลงมาคือพันธุ์ RRIT 251 ซึ่งมีความสูงของยางพารา เท่ากับ 61.63±8.06 เซนติเมตร และยางพาราที่มีความสูงต่ำที่สุดคือพันธุ์ BPM 24 ซึ่งมีความสูงของยางพารา เท่ากับ 44.70±7.34 เซนติเมตร แต่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับ

Ref. code: 25595709032618GTV

ยางพารา พันธุ์ RRIM 600 ซึ่งมีความสูงของยางพาราเท่ากับ 50.00±14.55 เซนติเมตร (ตารางที่ 7)

ปัจจัยของการใส่เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา มีผลต่อความสูงของยางพารา เมื่ออายุ 4 เดือนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยพบว่า การใส่เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาทำให้ยางพารามีความสูงเฉลี่ยเท่ากับ 64.39±20.59 เซนติเมตร ซึ่งมีค่ามากกว่าการไม่ใส่เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา ซึ่งมีความสูงเฉลี่ยเท่ากับ 54.30±14.85 เซนติเมตร (ตารางที่ 7)

ตารางที่ 7 ความสูงของยางพาราพันธุ์ BPM 24, RRIM 600, RRIT 251 และ RRIT 408 ที่ไม่ใส่และใส่เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา เมื่ออายุ 4 เดือน

พันธุ์ยางพารา	**ความสูง (เซนติเมตร)**		**เฉลี่ย**
	NM	AM	
BPM 24	44.50±4.50 [1/]	44.90±10.69	**44.70±7.34** [C 2/]
RRIM 600	39.83±5.55	60.17±13.73	**50.00±14.55B** [C]
RRIT 251	59.70±9.04	63.57±8.33	**61.63±8.06** [B]
RRIT 408	73.17±6.60	88.93±21.42	**81.05±16.60** [A]
เฉลี่ย	**54.30±14.85** [B 3/]	**64.39±20.59** [A]	
P value	พันธุ์ยางพารา		<0.001
	การใส่เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา		0.043
	พันธุ์ยางพารา x การใส่เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา		0.389
C.V (เปอร์เซ็นต์)		30.83	

[1/] ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

[2/] ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานในแนวตั้งตามด้วยตัวอักษรตัวพิมพ์ใหญ่ที่ต่างกัน มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P < 0.05$ โดยวิธี DMRT

[3/] ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานในแนวนอนตามด้วยตัวอักษรตัวพิมพ์ใหญ่ที่ต่างกัน มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P < 0.05$ โดยวิธี DMRT

4.1.2.5 ผลของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาต่อความสูง เมื่ออายุ 8 เดือน

จากการทดลอง พบว่า ไม่มีปฏิสัมพันธ์ร่วมระหว่างพันธุ์ยางพารากับการใส่เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาต่อความสูงของยางพารา เมื่ออายุ 8 เดือน กล่าวคือ ยางพาราพันธุ์ BPM 24 ที่ไม่ใส่และใส่เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซามีความสูงของยางพารา เท่ากับ 105.25±25.25

Ref. code: 25595709032618GTV

และ 69.17±32.38 เซนติเมตร พันธุ์ RRIM 600 ที่ไม่ใส่และใส่เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซามีความสูงของยางพารา เท่ากับ 67.63±17.73 และ 94.83±11.56 เซนติเมตร พันธุ์ RRIT 251 ที่ไม่ใส่และใส่เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซามีความสูงของยางพารา เท่ากับ 86.17±14.46 และ 104.67±20.05 เซนติเมตร และพันธุ์ RRIT 408 ที่ไม่ใส่และใส่เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซามีความสูงของยางพารา เท่ากับ 102.83±30.07 และ 101.17±12.98 เซนติเมตร ตามลำดับ (ตารางที่ 8)

ปัจจัยของพันธุ์ยางพารา ไม่มีผลต่อความสูงของยางพาราเมื่ออายุ 8 เดือน กล่าวคือ ยางพาราพันธุ์ BPM 24, RRIM 600, RRIT 251 และ RRIT 408 มีความสูงของยางพาราเท่ากับ 87.21±32.64, 81.23±20.03, 95.42±18.63 และ 102.00±20.73 เซนติเมตร ตามลำดับ (ตารางที่ 8)

ปัจจัยของการใส่เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา ไม่มีผลต่อความสูงของยางพาราเมื่ออายุ 8 เดือน กล่าวคือ การใส่เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาทำให้ยางพารามีความสูงเฉลี่ยเท่ากับ 92.46±23.01 เซนติเมตร แต่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับการไม่ใส่เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา ซึ่งมีความสูงเท่าเฉลี่ยกับ 90.47±24.98 เซนติเมตร (ตารางที่ 8)

4.1.2.6 ผลของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาต่อความสูง เมื่ออายุ 12 เดือน

จากการทดลอง พบว่า ไม่มีปฏิสัมพันธ์ร่วมระหว่างพันธุ์ยางพารากับการใส่เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาต่อความสูงของยางพารา เมื่ออายุ 12 เดือน กล่าวคือ ยางพาราพันธุ์ BPM 24 ที่ไม่ใส่และใส่เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซามีความสูงของยางพารา เท่ากับ 183.50±4.50 และ 188.00±23.00 เซนติเมตร พันธุ์ RRIM 600 ที่ไม่ใส่และใส่เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซามีความสูงของยางพารา เท่ากับ 173.17±91.47 และ 168.33±24.01 เซนติเมตร พันธุ์ RRIT 251 ที่ไม่ใส่และใส่เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซามีความสูงของยางพารา เท่ากับ 262.33±22.03 และ 267.00±20.00 เซนติเมตร และพันธุ์ RRIT 408 ที่ไม่ใส่และใส่เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซามีความสูงของยางพาราเท่ากับ 197.33±53.52 และ 195.67±70.88เซนติเมตร ตามลำดับ (ตารางที่ 9)

ปัจจัยของพันธุ์ยางพารา มีผลต่อความสูงของยางพาราเมื่ออายุ 12 เดือนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยพบว่า ยางพาราพันธุ์ RRIT 251 มีความสูงของยางพารามากที่สุด เท่ากับ 264.67±18.99 เซนติเมตร รองลงมาคือพันธุ์ RRIT 408 ซึ่งมีความสูงของยางพารา เท่ากับ 196.50±56.18 เซนติเมตร แต่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับความสูงของยางพาราพันธุ์ BPM 24 และ RRIM 600 ซึ่งมีความสูงของยางพารา เท่ากับ 185.75±15.03 และ 170.75±59.87 เซนติเมตร ตามลำดับ (ตารางที่ 9)

ปัจจัยของการใส่เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา ไม่มีผลต่อความสูงของยางพาราเมื่ออายุ 12 เดือน กล่าวคือ การใส่เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาทำให้ยางพารามีความสูง

Ref. code: 25595709032618GTV

เฉลี่ยเท่ากับ 204.75±52.01 เซนติเมตร แต่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับการไม่ใส่เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา ซึ่งมีความสูงเฉลี่ยเท่ากับ 204.08±58.72 เซนติเมตร (ตารางที่ 9)

ตารางที่ 8 ความสูงของยางพาราพันธุ์ BPM 24, RRIM 600, RRIT 251 และ RRIT 408 ที่ไม่ใส่และใส่เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา เมื่ออายุ 8 เดือน

พันธุ์ยางพารา	**ความสูง (เซนติเมตร)**		**เฉลี่ย**
	NM	AM	
BPM 24	105.25±25.25 [1/]	69.17±32.38	**87.21±32.64**
RRIM 600	67.63±17.73	94.83±11.56	**81.23±20.03**
RRIT 251	86.17±14.46	104.67±20.05	**95.42±18.63**
RRIT 408	102.83±30.07	101.17±12.98	**102.00±20.73**
เฉลี่ย	**90.47±24.98**	**92.46±23.01**	
P value	พันธุ์ยางพารา		0.400
	การใส่เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา		0.826
	พันธุ์ยางพารา x การใส่เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา		0.098
C.V (เปอร์เซ็นต์)	25.70		

[1/] ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

4.1.2.7 ผลของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาต่อน้ำหนักแห้งส่วนเหนือดิน

จากการทดลอง พบว่า ไม่มีปฏิสัมพันธ์ร่วมระหว่างพันธุ์ยางพารากับการใส่เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาต่อน้ำหนักแห้งส่วนเหนือดินของยางพารา กล่าวคือ ยางพาราพันธุ์ BPM 24 ที่ไม่ใส่และใส่เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซามีน้ำหนักแห้งส่วนเหนือดินของยางพาราเท่ากับ 115.90±4.44 และ 160.49±12.74 เซนติเมตร พันธุ์ RRIM 600 ที่ไม่ใส่และใส่เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซามีน้ำหนักแห้งส่วนเหนือดินของยางพารา เท่ากับ 121.13±16.37 และ 139.14±1.49 เซนติเมตร พันธุ์ RRIT 251 ที่ไม่ใส่และใส่เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซามีน้ำหนักแห้งส่วนเหนือดินของยางพารา เท่ากับ 178.15±13.36 และ 185.21±9.91 เซนติเมตร และพันธุ์ RRIT 408 ที่ไม่ใส่และใส่เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา มีน้ำหนักแห้งส่วนเหนือดินของยางพาราเท่ากับ 144.38±57.52 และ 180.99±19.78 เซนติเมตร ตามลำดับ (ตารางที่ 10)

Ref. code: 25595709032618GTV

ปัจจัยของพันธุ์ยางพารา มีผลต่อน้ำหนักแห้งส่วนเหนือดินของยางพาราอย่างมีนัย สำคัญทางสถิติ โดยพบว่า ยางพาราพันธุ์ RRIT 251 มีน้ำหนักแห้งส่วนเหนือดินของยางพารามากที่สุด เท่ากับ 181.68±11.21 กรัม รองลงมาคือยางพาราพันธุ์ RRIT 408 และ BPM 24 ซึ่งมีน้ำหนักแห้งส่วนเหนือดินของยางพาราเท่ากับ 162.68±43.38 และ 138.20±25.87 กรัม ตามลำดับ และยางพาราที่มีน้ำหนักแห้งส่วนเหนือดินต่ำที่สุดคือพันธุ์ RRIM 600 ซึ่งมีน้ำหนักแห้งส่วนเหนือดินของยางพารา เท่ากับ 130.13±14.33 กรัม (ตารางที่ 10)

ปัจจัยของการใส่เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา มีผลต่อน้ำหนักแห้งส่วนเหนือดินของยางพารา โดยพบว่า การใส่เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาทำให้ยางพารามีน้ำหนักแห้งส่วนเหนือดินเฉลี่ยเท่ากับ 166.46±22.04 กรัม ซึ่งมีค่ามากกว่าการไม่ใส่เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาที่ทำให้ยางพารามีน้ำหนักแห้งส่วนเหนือดินเฉลี่ย เท่ากับ 139.89±36.66 กรัม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับ (ตารางที่ 10)

ตารางที่ 9 ความสูงของยางพาราพันธุ์ BPM 24, RRIM 600, RRIT 251 และ RRIT 408 ที่ไม่ใส่และใส่เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา เมื่ออายุ 12 เดือน

พันธุ์ยางพารา	**ความสูง (เซนติเมตร)**		**เฉลี่ย**
	NM	AM	
BPM 24	183.50±4.50 [1/]	188.00±23.00	**185.75±15.03** [B 2/]
RRIM 600	173.17±91.47	168.33±24.01	**170.75±59.87** [B]
RRIT 251	262.33±22.03	267.00±20.00	**264.67±18.99** [A]
RRIT 408	197.33±53.52	195.67±70.88	**196.50±56.18** [B]
เฉลี่ย	**204.08±58.72**	**204.75±52.01**	
P value	พันธุ์ยางพารา		0.018
	การใส่เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา		0.973
	พันธุ์ยางพารา x การใส่เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา		0.998
C.V (เปอร์เซ็นต์)	26.54		

[1/] ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

[2/] ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานในแนวตั้งตามด้วยตัวอักษรตัวพิมพ์ใหญ่ที่ต่างกัน มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P < 0.05$ โดยวิธี DMRT

Ref. code: 25595709032618GTV

ตารางที่ 10 น้ำหนักแห้งส่วนเหนือดินของยางพาราพันธุ์ BPM 24, RRIM 600, RRIT 251 และ RRIT 408 ที่ไม่ใส่และใส่เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา

พันธุ์ยางพารา	น้ำหนักแห้งส่วนเหนือดิน (กรัม)		เฉลี่ย
	NM	AM	
BPM 24	115.90±4.44 [1/]	160.49±12.74	**138.20±25.87** [BC 2/]
RRIM 600	121.13±16.37	139.14±1.49	**130.13±14.33** [C]
RRIT 251	178.15±13.36	185.21±9.91	**181.68±11.21** [A]
RRIT 408	144.38±57.52	180.99±19.78	**162.68±43.38** [AB]
เฉลี่ย	**139.89±36.66** [B 3/]	**166.46±22.04** [A]	
P value	พันธุ์ยางพารา		0.006
	การใส่เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา		0.014
	พันธุ์ยางพารา x การใส่เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา		0.515
C.V (เปอร์เซ็นต์)	21.25		

[1/] ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

[2/] ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานในแนวตั้งตามด้วยตัวอักษรตัวพิมพ์ใหญ่ที่ต่างกัน มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P < 0.05$ โดยวิธี DMRT

[3/] ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานในแนวนอนตามด้วยตัวอักษรตัวพิมพ์ใหญ่ที่ต่างกัน มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P < 0.05$ โดยวิธี DMRT

4.1.2.8 ผลของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาต่อน้ำหนักแห้งราก

จากการทดลอง พบว่า ไม่มีปฏิสัมพันธ์ร่วมระหว่างพันธุ์ยางพารากับการใส่เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาต่อน้ำหนักแห้งรากของยางพารา กล่าวคือ ยางพาราพันธุ์ BPM 24 ที่ไม่ใส่และใส่เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซามีน้ำหนักแห้งรากของยางพารา เท่ากับ 56.93±4.52 และ 58.56±6.13 เซนติเมตร พันธุ์ RRIM 600 ที่ไม่ใส่และใส่เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซามีน้ำหนักแห้งรากของยางพารา เท่ากับ 37.23±7.60 และ 53.27±10.55 เซนติเมตร พันธุ์ RRIT 251 ที่ไม่ใส่และใส่เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซามีน้ำหนักแห้งรากของยางพารา เท่ากับ 77.19±20.25 และ 69.26±5.59 เซนติเมตร และพันธุ์ RRIT 408 ที่ไม่ใส่และใส่เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซามีน้ำหนักแห้งรากของยางพารา เท่ากับ 79.01±39.65 และ 63.36±27.78 เซนติเมตร ตามลำดับ (ตารางที่ 11)

Ref. code: 25595709032618GTV

ปัจจัยของพันธุ์ยางพารา มีผลต่อน้ำหนักแห้งรากของยางพาราอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยพบว่า ยางพาราพันธุ์ RRIT 251 มีน้ำหนักแห้งรากของยางพารามากที่สุด เท่ากับ 73.22±13.98 กรัม แต่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับยางพาราพันธุ์ RRIT 408 ซึ่งมีน้ำหนักแห้งรากของยางพารา เท่ากับ 71.19±31.80 กรัม รองลงมาคือพันธุ์ BPM 24 ที่มีน้ำหนักแห้งราก เท่ากับ 57.74±4.90 กรัม และพันธุ์ที่มีน้ำหนักแห้งรากของยางพาราต่ำที่สุดคือพันธุ์ RRIM 600 ซึ่งมีน้ำหนักแห้งรากของยางพารา เท่ากับ 45.25±12.03 กรัม (ตารางที่ 11)

ปัจจัยของการใส่เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา ไม่มีผลต่อน้ำหนักแห้งรากของยางพารา กล่าวคือ การใส่เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาทำให้ยางพารามีน้ำหนักแห้งรากเฉลี่ยเท่ากับ 61.11±14.53 กรัม แต่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับการไม่ใส่เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาที่ทำให้ยางพารามีน้ำหนักแห้งรากเฉลี่ยเท่ากับ 62.59±26.28 กรัม (ตารางที่ 11)

ตารางที่ 11 น้ำหนักแห้งรากของยางพาราพันธุ์ BPM 24, RRIM 600, RRIT 251 และ RRIT 408 ที่ไม่ใส่และใส่เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา

พันธุ์ยางพารา	**น้ำหนักแห้งราก (กรัม)**		**เฉลี่ย**
	NM	AM	
BPM 24	56.93±4.52 [1/]	58.56±6.13	**57.74±4.90** [AB 2/]
RRIM 600	37.23±7.60	53.27±10.55	**45.25±12.03** [B]
RRIT 251	77.19±20.25	69.26±5.59	**73.22±13.98** [A]
RRIT 408	79.01±39.65	63.36±27.78	**71.19±31.80** [A]
เฉลี่ย	**62.59±26.28**	**61.11±14.53**	
P value	พันธุ์ยางพารา		0.080
	การใส่เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา		0.854
	พันธุ์ยางพารา x การใส่เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา		0.542
C.V (เปอร์เซ็นต์)	33.60		

[1/] ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

[2/] ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานในแนวตั้งตามด้วยตัวอักษรตัวพิมพ์ใหญ่ที่ต่างกัน มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P < 0.05$ โดยวิธี DMRT

Ref. code: 25595709032618GTV

4.1.2.9 ผลของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาต่อน้ำหนักแห้งทั้งหมด

จากการทดลอง พบว่า ไม่มีปฏิสัมพันธ์ร่วมระหว่างพันธุ์ยางพารากับการใส่เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาต่อน้ำหนักแห้งทั้งหมดของยางพารา กล่าวคือ ยางพาราพันธุ์ BPM 24 ที่ไม่ใส่และใส่เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซามีน้ำหนักแห้งรากของยางพารา เท่ากับ 172.83±8.96 และ 219.05±18.87 เซนติเมตร พันธุ์ RRIM 600 ที่ไม่ใส่และใส่เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซามีน้ำหนักแห้งรากของยางพารา เท่ากับ 158.35±8.77 และ 192.41±9.07 เซนติเมตร พันธุ์ RRIT 251 ที่ไม่ใส่และใส่เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซามีน้ำหนักแห้งรากของยางพารา เท่ากับ 255.34±31.14 และ 254.47±4.33 เซนติเมตร และพันธุ์ RRIT 408 ที่ไม่ใส่และใส่เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซามีน้ำหนักแห้งรากของยางพารา เท่ากับ 223.39±97.17 และ 244.34±46.21 เซนติเมตร (ตารางที่ 12)

ปัจจัยของพันธุ์ยางพารา มีผลต่อน้ำหนักแห้งทั้งหมดของยางพาราอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยพบว่า ยางพาราพันธุ์ RRIT 251 มีน้ำหนักแห้งทั้งหมดของยางพารามากที่สุด เท่ากับ 254.90±19.89 กรัม แต่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับยางพาราพันธุ์ RRIT 408 ซึ่งมีน้ำหนักแห้งทั้งหมดของยางพารา เท่ากับ 233.87±69.01 กรัม และยางพาราที่มีน้ำหนักแห้งทั้งหมดต่ำที่สุดคือพันธุ์ RRIM 600 ซึ่งมีน้ำหนักแห้งทั้งหมดของยางพารา เท่ากับ 175.38±20.29 กรัม แต่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับยางพาราพันธุ์ BPM 24 ซึ่งมีน้ำหนักแห้งทั้งหมดของยางพารา เท่ากับ 195.94±28.55 กรัม (ตารางที่ 12)

ปัจจัยของการใส่เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา ไม่มีผลต่อน้ำหนักแห้งทั้งหมดของยางพารา กล่าวคือ การใส่เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาทำให้ยางพารามีน้ำหนักแห้งทั้งหมดเฉลี่ยเท่ากับ 227.57±33.20 กรัม แต่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับการไม่ใส่เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาที่ทำให้ยางพารามีน้ำหนักแห้งทั้งหมดเฉลี่ยเท่ากับ 202.48±59.78 กรัม (ตารางที่ 12)

4.1.2.10 ผลของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาต่อปริมาณฟอสฟอรัสในส่วนเหนือดิน

จากการทดลอง พบว่า ไม่มีปฏิสัมพันธ์ร่วมระหว่างพันธุ์ยางพารากับการใส่เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาต่อปริมาณฟอสฟอรัสในส่วนเหนือดินของยางพารา กล่าวคือ ยางพาราพันธุ์ BPM 24 ที่ไม่ใส่และใส่เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซามีปริมาณฟอสฟอรัสในส่วนเหนือดินของยางพารา เท่ากับ 0.014±0.01 และ 0.017±0.00 เปอร์เซ็นต์ พันธุ์ RRIM 600 ที่ไม่ใส่และใส่เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซามีปริมาณฟอสฟอรัสในส่วนเหนือดินของยางพารา เท่ากับ 0.018±0.00 และ 0.025±0.00 เปอร์เซ็นต์ พันธุ์ RRIT 251 ที่ไม่ใส่และใส่เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซามีปริมาณฟอสฟอรัสในส่วนเหนือดินของยางพารา เท่ากับ 0.020±0.01 และ 0.020±0.00

Ref. code: 25595709032618GTV

เปอร์เซ็นต์ และพันธุ์ RRIT 408 ที่ไม่ใส่และใส่เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซามีปริมาณฟอสฟอรัสในส่วนเหนือดินของยางพารา เท่ากับ 0.019±0.00 และ 0.018±0.00 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 13)

ปัจจัยของพันธุ์ยางพารา ไม่มีผลต่อปริมาณฟอสฟอรัสในส่วนเหนือดินของยางพารา กล่าวคือ ยางพาราพันธุ์ BPM 24, RRIM 600, RRIT 251 และ RRIT 408 มีปริมาณฟอสฟอรัสในส่วนเหนือดินของยางพารา เท่ากับ 0.016±0.00, 0.021±0.01, 0.020±0.01 และ 0.018±0.00 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 13)

ปัจจัยของการใส่เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา ไม่มีผลต่อปริมาณฟอสฟอรัสในส่วนเหนือดินของยางพารา โดยพบว่า การใส่เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาทำให้ยางพารามีปริมาณฟอสฟอรัสในส่วนเหนือดินของยางพาราเฉลี่ยเท่ากับ 0.020±0.00 เปอร์เซ็นต์ แต่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับการไม่ใส่เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา ซึ่งมีปริมาณฟอสฟอรัสในส่วนเหนือดินของยางพาราเฉลี่ยเท่ากับ 0.018±0.00 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 13)

ตารางที่ 12 น้ำหนักแห้งทั้งหมดของยางพาราพันธุ์ BPM 24, RRIM 600, RRIT 251 และ RRIT 408 ที่ไม่ใส่และใส่เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา

พันธุ์ยางพารา	**น้ำหนักแห้งทั้งหมด (กรัม)**		**เฉลี่ย**
	NM	AM	
BPM 24	172.83±8.96 [1/]	219.05±18.87	**195.94±28.55** [BC 2/]
RRIM 600	158.35±8.77	192.41±9.07	**175.38±20.29** [C]
RRIT 251	255.34±31.14	254.47±4.33	**254.90±19.89** [A]
RRIT 408	223.39±97.17	244.34±46.21	**233.87±69.01** [AB]
เฉลี่ย	**202.48±59.78**	**227.57±33.20**	
P value	พันธุ์ยางพารา		0.015
	การใส่เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา		0.149
	พันธุ์ยางพารา x การใส่เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา		0.776
C.V (เปอร์เซ็นต์)	22.79		

[1/] ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

[2/] ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานในแนวตั้งตามด้วยตัวอักษรตัวพิมพ์ใหญ่ที่ต่างกัน มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P < 0.05$ โดยวิธี DMRT

Ref. code: 25595709032618GTV

ตารางที่ 13 ปริมาณฟอสฟอรัสในส่วนเหนือดินของยางพาราพันธุ์ BPM 24, RRIM 600, RRIT 251 และ RRIT 408 ที่ไม่ใส่และใส่เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา

พันธุ์ยางพารา	ปริมาณฟอสฟอรัสในส่วนเหนือดิน (เปอร์เซ็นต์)		เฉลี่ย
	NM	AM	
BPM 24	0.014±0.01 [1/]	0.017±0.00	**0.016±0.00**
RRIM 600	0.018±0.00	0.025±0.00	**0.021±0.01**
RRIT 251	0.020±0.01	0.020±0.00	**0.020±0.01**
RRIT 408	0.019±0.00	0.018±0.00	**0.018±0.00**
เฉลี่ย	**0.018±0.00**	**0.020±0.00**	
P value	พันธุ์ยางพารา		0.179
	การใส่เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา		0.233
	พันธุ์ยางพารา x การใส่เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา		0.419
C.V (เปอร์เซ็นต์)	25.15		

[1/] ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

4.1.2.11 ผลของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาต่อปริมาณฟอสฟอรัสในราก

จากการทดลอง พบว่า ไม่มีปฏิสัมพันธ์ร่วมระหว่างพันธุ์ยางพารากับการใส่เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาต่อปริมาณฟอสฟอรัสในรากของยางพารา กล่าวคือ ยางพาราพันธุ์ BPM 24 ที่ไม่ใส่และใส่เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซามีปริมาณฟอสฟอรัสในรากของยางพาราเท่ากับ 0.018±0.00 และ 0.023±0.00 เปอร์เซ็นต์ พันธุ์ RRIM 600 ที่ไม่ใส่และใส่เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซามีปริมาณฟอสฟอรัสในรากของยางพารา เท่ากับ 0.017±0.00 และ 0.022±0.00 เปอร์เซ็นต์ พันธุ์ RRIT 251 ที่ไม่ใส่และใส่เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซามีปริมาณฟอสฟอรัสในส่วนเหนือดินของยางพารา เท่ากับ 0.019±0.00 และ 0.025±0.00 เปอร์เซ็นต์ และพันธุ์ RRIT 408 ที่ไม่ใส่และใส่เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา มีปริมาณฟอสฟอรัสในรากของยางพารา เท่ากับ 0.017±0.00 และ 0.022±0.00 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 14)

ปัจจัยของพันธุ์ยางพารา ไม่มีผลต่อปริมาณฟอสฟอรัสในรากของยางพารา กล่าวคือ ยางพาราพันธุ์ BPM 24, RRIM 600, RRIT 251 และ RRIT 408 มีปริมาณฟอสฟอรัสในรากของยางพารา เท่ากับ 0.020±0.00, 0.019±0.00, 0.022±0.00 และ 0.020±0.00 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 14)

Ref. code: 25595709032618GTV

ปัจจัยของการใส่เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา มีผลต่อปริมาณฟอสฟอรัสในรากของยางพาราอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยพบว่า การใส่เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาทำให้ยางพารามีปริมาณฟอสฟอรัสในรากของยางพาราเฉลี่ยเท่ากับ 0.023±0.00 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีค่ามากกว่าการไม่ใส่เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา ซึ่งมีปริมาณฟอสฟอรัสในรากของยางพาราเฉลี่ยเท่ากับ 0.018±0.00 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 14)

ตารางที่ 14 ปริมาณฟอสฟอรัสในรากของยางพาราพันธุ์ BPM 24, RRIM 600, RRIT 251 และ RRIT 408 ที่ไม่ใส่และใส่เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา

พันธุ์ยางพารา	**ปริมาณฟอสฟอรัสในราก (เปอร์เซ็นต์)**		**เฉลี่ย**
	NM	AM	
BPM 24	0.018±0.00 [1/]	0.023±0.00	**0.020±0.00**
RRIM 600	0.017±0.00	0.022±0.00	**0.019±0.00**
RRIT 251	0.019±0.00	0.025±0.00	**0.022±0.00**
RRIT 408	0.017±0.00	0.022±0.00	**0.020±0.00**
เฉลี่ย	**0.018±0.00** [B 2/]	**0.023±0.00** [A]	
P value	พันธุ์ยางพารา		0.362
	การใส่เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา		0.002
	พันธุ์ยางพารา x การใส่เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา		0.971
C.V (เปอร์เซ็นต์)	19.09		

[1/] ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

[2/] ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานในแนวนอนตามด้วยตัวอักษรตัวพิมพ์ใหญ่ที่ต่างกัน มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P < 0.05$ โดยวิธี DMRT

4.1.2.12 ผลของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาต่อปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด

จากการทดลอง พบว่า ไม่มีปฏิสัมพันธ์ร่วมระหว่างพันธุ์ยางพารากับการใส่เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาต่อปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดของยางพารา กล่าวคือ ยางพาราพันธุ์ BPM 24 ที่ไม่ใส่และใส่เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซามีปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดของยางพาราเท่ากับ 0.016±0.00 และ 0.020±0.00 เปอร์เซ็นต์ พันธุ์ RRIM 600 ที่ไม่ใส่และใส่เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซามีปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดของยางพารา เท่ากับ 0.018±0.00 และ 0.023±0.00

Ref. code: 25595709032618GTV

เปอร์เซ็นต์ พันธุ์ RRIT 251 ที่ไม่ใส่และใส่เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซามีปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดของยางพารา เท่ากับ 0.020±0.00 และ 0.022±0.00 เปอร์เซ็นต์ และพันธุ์ RRIT 408 ที่ไม่ใส่และใส่เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซามีปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดของยางพารา เท่ากับ 0.018±0.00 และ 0.020±0.00 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 15)

ปัจจัยของพันธุ์ยางพารา ไม่มีผลต่อปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดของยางพารา กล่าว คือ ยางพาราพันธุ์ BPM 24, RRIM 600, RRIT 251 และ RRIT 408 มีปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดของยางพารา เท่ากับ 0.018±0.00, 0.021±0.00, 0.021±0.00 และ 0.019±0.00 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 15)

ปัจจัยของการใส่เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา มีผลต่อปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดของยางพาราอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยพบว่า การใส่เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาทำให้ยางพารามีปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดของยางพาราเฉลี่ยเท่ากับ 0.021±0.00 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีค่ามากกว่าการไม่ใส่เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา ซึ่งมีปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดของยางพาราเฉลี่ยเท่ากับ 0.018±0.00 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 15)

ตารางที่ 15 ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดของยางพาราพันธุ์ BPM 24, RRIM 600, RRIT 251 และ RRIT 408 ที่ไม่ใส่และใส่เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา

พันธุ์ยางพารา	**ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด (เปอร์เซ็นต์)**		**เฉลี่ย**
	NM	AM	
BPM 24	0.016±0.00 [1/]	0.020±0.00	**0.018±0.00**
RRIM 600	0.018±0.00	0.023±0.00	**0.021±0.00**
RRIT 251	0.020±0.00	0.022±0.00	**0.021±0.00**
RRIT 408	0.018±0.00	0.020±0.00	**0.019±0.00**
เฉลี่ย	**0.018±0.00** [B 2/]	**0.021±0.00** [A]	
P value	พันธุ์ยางพารา		0.249
	การใส่เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา		0.020
	พันธุ์ยางพารา x การใส่เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา		0.754
C.V (เปอร์เซ็นต์)	17.68		

[1/] ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

[2/] ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานในแนวนอนตามด้วยตัวอักษรตัวพิมพ์ใหญ่ที่ต่างกัน มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P < 0.05$ โดยวิธี DMRT

Ref. code: 25595709032618GTV

4.1.2.13 การเข้าอยู่อาศัยของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาในราก

จากการทดลอง พบว่า พันธุ์ยางพารามีผลต่อการเข้าอยู่อาศัยของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาในรากยางพารา โดยพบว่า ยางพาราพันธุ์ RRIT 408 มีการเข้าอยู่อาศัยของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาในรากยางพารามากที่สุด เท่ากับ 66.33±5.75 เปอร์เซ็นต์ แต่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับยางพาราพันธุ์ BPM 24 และ RRIT 251 ซึ่งมีการเข้าอยู่อาศัยของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาในราก เท่ากับ 57.63±5.63 และ 48.67±14.65 เปอร์เซ็นต์ และพันธุ์ที่มีการเข้าอยู่อาศัยของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาในรากต่ำสุดคือ RRIM 600 ซึ่งมีการเข้าอยู่อาศัยของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาในราก เท่ากับ 17.97±8.37 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 16)

4.1.2.14 จำนวนสปอร์ของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาในดินปลูกยางพาราพันธุ์ BPM 24, RRIM 600, RRIT 251 และ RRIT 408 เมื่ออายุ 4, 8 และ 12 เดือน

จากการทดลอง พบว่า พันธุ์ยางพารามีผลต่อจำนวนสปอร์ของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาในดินที่ปลูกยางพารา เมื่ออายุ 4 เดือน โดยพบว่า ดินปลูกยางพาราพันธุ์ BPM 24 และ RRIT 408 มีจำนวนสปอร์ของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซามากที่สุด เท่ากับ 710±73 และ 718±121 สปอร์ต่อดิน 100 กรัม ตามลำดับ รองลงมาคือ RRIT 251 มีจำนวนสปอร์ของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา เท่ากับ 545±86 สปอร์ต่อดิน 100 กรัม และน้อยที่สุด คือ RRIM 600 มีจำนวนสปอร์ของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา เท่ากับ 477±69 สปอร์ต่อดิน 100 กรัม (ตารางที่ 17)

จากการทดลอง พบว่า พันธุ์ยางพารามีผลต่อจำนวนสปอร์ของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาในดินที่ปลูกยางพารา เมื่ออายุ 8 เดือน โดยพบว่า ดินปลูกยางพาราพันธุ์ RRIM 600 และ RRIT 408 มีจำนวนสปอร์ของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซามากที่สุด เท่ากับ 2208±127 และ 2210±113 สปอร์ต่อดิน 100 กรัม ตามลำดับ รองลงมาคือ RRIT 251 มีจำนวนสปอร์ของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา เท่ากับ 1593±216 สปอร์ต่อดิน 100 กรัม และน้อยที่สุด คือ BPM 24 มีจำนวนสปอร์ของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา เท่ากับ 558±47 สปอร์ต่อดิน 100 กรัม (ตารางที่ 17)

จากการทดลอง พบว่า พันธุ์ยางพารามีผลต่อจำนวนสปอร์ของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาในดินที่ปลูกยางพารา เมื่ออายุ 12 เดือน โดยพบว่า ดินปลูกยางพาราพันธุ์ RRIT 251 มีจำนวนสปอร์ของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซามากที่สุด เท่ากับ 1847±163 สปอร์ต่อดิน 100 กรัม รองลงมาคือ RRIM 600 และ BPM 24 มีจำนวนสปอร์ของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา เท่ากับ 1408±87 และ 1263±103 สปอร์ต่อดิน 100 กรัม ตามลำดับ และน้อยที่สุด คือ RRIT 408 มีจำนวนสปอร์ของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา เท่ากับ 580±100 สปอร์ต่อดิน 100 กรัม (ตารางที่ 17)

Ref. code: 25595709032618GTV

ตารางที่ 16 การเข้าอยู่อาศัยของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาในรากของยางพาราพันธุ์ BPM 24, RRIM 600, RRIT 251 และ RRIT 408 ที่ใส่เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา

พันธุ์ยางพารา	การเข้าอยู่อาศัยของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาในรากยางพารา (เปอร์เซ็นต์)
BPM 24	57.63±5.63 A 1/
RRIM 600	17.97±8.37 B
RRIT 251	48.67±14.65 A
RRIT 408	66.33±5.75 A
P value	0.001
C.V เปอร์เซ็นต์)	43.34

1/ ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานตามด้วยตัวอักษรตัวพิมพ์ใหญ่ที่ต่างกัน มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P < 0.05$ โดยวิธี DMRT

ตารางที่ 17 จำนวนสปอร์ของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา ในดินปลูกยางพาราพันธุ์ BPM 24, RRIM 600, RRIT 251 และ RRIT 408 ที่ใส่เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา เมื่ออายุ 4, 8 และ 12 เดือน

พันธุ์ยางพารา	จำนวนสปอร์ของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา (สปอร์ต่อดิน 100 กรัม)		
	4 เดือน	8 เดือน	12 เดือน
BPM 24	710±73 a 1/	558±47 c	1268±103 c
RRIM 600	477±69 b	2208±127 a	1408±87 b
RRIT 251	545±86 ab	1593±216 b	1847±163 a
RRIT 408	718±121 a	2210±113 a	580±100 d
P value	0.013	0.045	0.033
C.V. (เปอร์เซ็นต์)	22.5	18.7	24.9

1/ ค่าเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานในแนวตั้งตามด้วยตัวอักษรตัวพิมพ์เล็กที่ต่างกัน มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P < 0.05$ โดยวิธี DMRT

Ref. code: 25595709032618GTV

4.2 วิจารณ์ผล

4.2.1 การทดลองที่ 1 การสำรวจจำนวนสปอร์ของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาที่มีประสิทธิภาพดีต่อยางพาราในพื้นที่ปลูกยางพาราพันธุ์ RRIT 251, BPM 24, RRIM 600 และ RRIT 408

การสำรวจเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาที่มีประสิทธิภาพดีต่อยางพารา คือ *Acaulospora* sp. และ *Glomus* sp. ในพื้นที่ปลูกยางพาราพันธุ์ BPM 24, RRIM 600, RRIT251 และ RRIT 408 ของจังหวัดจันทบุรี (พื้นที่ปลูกยางเดิม) และหนองคาย (พื้นที่ปลูกยางใหม่) พบว่า พื้นที่ปลูกยางพาราทั้งสองจังหวัดมีเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา *Acaulospora* sp. มากกว่า *Glomus* sp. อาจเนื่องมาจาก เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาสามารถเจริญร่วมกับรากพืชในช่วงความเป็นกรด-ด่างของดินที่มีความเหมาะสมแตกต่างกัน พื้นที่ศึกษาในจังหวัดจันทบุรีและหนองคายมีความเป็นกรด-ด่างของดินอยู่ระหว่าง 4.5-4.6 ซึ่งจัดว่ามีความเป็นกรดรุนแรงมากถึงกรดจัดมาก ซึ่ง *Acaulospora* sp. เจริญได้ดีในสภาพดินกรดมากกว่า *Glomus* sp. ดังเช่นรายงานของ ออมทรัพย์และคณะ (2529) ซึ่งได้ศึกษาการแพร่กระจายของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาในดินปลูกถั่วลิสง พบว่า ในดินกรดที่มีระดับความเป็นกรด-ด่างของดิน ระหว่าง 3.5-5.5 พบเชื้อรา *Acaulospora* sp. มากกว่าชนิดอื่น ๆ

นอกจากนี้ Wang et al. (1993) ที่พบว่าเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาต่างชนิดกัน มีการเข้าอยู่อาศัยในข้าวโอ๊ตและมะเขือเทศในดินที่มีระดับความเป็นกรดด่างของดินในระดับที่แตกต่างกัน โดยพบว่า เชื้อรา *Glomus caledonium, Glomus albidum, Glomus macrocarpum, Glomus etunicatum, Glomus fasciculatum, Glomus* sp. (hyaline reticulate), *Glomus* sp. (multiple-walled), *Acaulospora* spp. และ *Scutellospora calospora* มีการเข้าอยู่อาศัยในข้าวโอ๊ตและมะเขือเทศในดินที่มีระดับความเป็นกรดด่าง 5.5-7.5 ส่วนเชื้อราพวก *Glomus tenue* จะพบการเข้าอยู่อาศัยในรากพืชทั้ง 2 ชนิด เมื่อดินมีระดับความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 7.5 ขณะที่ Heijne et al. (1996) พบว่าเชื้อรา *Glomus fasciculatum* มีเปอร์เซ็นต์การติดเชื้อราในรากเพิ่มมากขึ้นที่ระดับความเป็นกรดด่าง 4.5-5.5

ดินที่ปลูกยางพาราพันธุ์ BPM 24 มีเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาที่มีประสิทธิภาพดีต่อยางพารามากกว่าพันธุ์อื่น อาจเนื่องมาจากการเข้าสู่เซลล์รากพืชของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาแต่ละชนิดมีความจำเพาะต่อระบบรากของพืชอาศัย สอดคล้องกับรายงานของ พักตร์เพ็ญ (2555) พบว่า สายพันธุ์พืชมีการตอบสนองต่อการใส่เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาแตกต่างกัน โดยพบว่า ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์และข้าวโพดหวานมีการพึ่งพาต่อเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาในการส่งเสริมการเจริญเติบโตและดูดซับฟอสฟอรัสมากกว่าข้าวโพดฝักอ่อน และรายงาน

Ref. code: 25595709032618GTV

ของ Boyetchko and Tewari (1990) ที่กล่าวถึงการเข้าสู่รากพืชชนิดต่างๆ ของ *Glomus dimorphicum* พบว่า การเข้าสู่รากพืชและลักษณะทางสัณฐานของเชื้อรา *Glomus dimorphicum* ในรากพืชมีลักษณะแตกต่างกันไปตามชนิดของพืช นอกจากนี้ ยังมีรายงานการศึกษาผลของการใส่ปุ๋ยชีวภาพเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของไผ่ ได้แก่ ไผ่กิมซุ่ง (*Bambusa beecheyana*) ไผ่ตงลืมแล้ง (*Bambusa beecheyana*) ไผ่ซางหม่น (*Dendrocalamus* sp.) และไผ่ซางนวล (*Dendrocalamus membranaceus*) พบว่า การใส่ปุ๋ยชีวภาพเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาทำให้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำของไผ่ซางหม่นเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ไม่มีผลต่อไผ่ชนิดอื่น (นาฏยา และคณะ, 2556) อีกทั้งยังมีรายงานของ Legay et al. (2016) ที่ได้ทำการประเมินพืช 3 สปีชีร์ ที่มีลักษณะแตกต่างกันในด้านการหมุนเวียนธาตุอาหาร โดย *Festuca paniculata* (Schinz and Tellung) เป็นสปีชีส์ที่มีการหมุนเวียนธาตุอาหารช้า ขณะที่ *Dactylis glomerata* (L.) มีการหมุนเวียนธาตุอาหารที่เร็วกว่า และ *Bromus erectus* (Hudson) เป็นกลางระหว่างสองสปีชีส์ ต่อการเข้าอยู่อาศัยของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา พบว่า *F. paniculata* มีการเข้าอยู่อาศัยของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาสูงที่สุด ขณะที่ *B. erectus* พบต่ำสุด ทั้งนี้ความแปรปรวนของการพึ่งพาต่อเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาสามารถพบได้ในพืชชนิดอื่นด้วยเช่นกัน ยกตัวอย่างเช่น งานทดลองของ Tawaraya et al. (2001) ที่ได้ทำการเปรียบเทียบการพึ่งพาต่อเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา (*Glomus fasciculatum*) ของต้นหอม 27 ชนิด พบว่าการพึ่งพาต่อเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา ต่อการเจริญเติบโตของต้นหอมมีความแปรปรวนอยู่ระหว่าง 73-95 เปอร์เซ็นต์ ผลการทดลองลักษณะนี้พบได้เช่นกันในการทดสอบการพึ่งพาต่อเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาของข้าวสาลี (Zhu et al., 2001) ถั่วเหลือง (Khalil et al., 1994) ถั่วลิสง (Rao et al., 1990) และผักกาด (Jackson et al., 2002) ทั้งนี้อาจจะเป็นไปได้ว่า ความแปรปรวนของการพึ่งพาต่อเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาจะขึ้นอยู่กับความต้องการธาตุอาหาร ประสิทธิภาพการดูดใช้ธาตุอาหารของพืชแต่ละชนิด และการแพร่กระจายของระบบรากพืชนั้นๆ (พักตร์เพ็ญ, 2555)

4.2.2 การทดลองที่ 2 ผลของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาต่อการเจริญเติบโตของยางพาราพันธุ์เศรษฐกิจ

พันธุ์ยางพาราไม่มีผลต่อประสิทธิภาพของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา โดยพบว่า การใส่เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซามีผลทำให้น้ำหนักแห้งส่วนเหนือดิน ปริมาณฟอสฟอรัสในราก และปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดของยางพาราทุกพันธุ์เพิ่มขึ้นมากกว่าไม่ใส่เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา ทั้งนี้เนื่องจาก เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาสามารถดูดซับธาตุฟอสฟอรัสให้แก่พืชได้โดยทำหน้าที่เสมือนเป็นตัวกลางที่ทำให้เกิดการเคลื่อนย้ายธาตุอาหารจากดินมาสู่พืช เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาจะแตกแขนงเส้นใยราสอดแทรกเข้าไปในเซลล์ผิวรากและคอร์เทกซ์ สร้างอาร์บัสคูล

Ref. code: 25595709032618GTV

(ยงยุทธ, 2543) ทำหน้าที่ในการแลกเปลี่ยนอาหารระหว่างรากพืชและรา หรือราบางชนิดอาจมีการสร้างเวสิเคิล ทำหน้าที่ในการเก็บสะสมอาหารในรูปของลิปิดในเซลล์ชั้นคอร์เทกซ์ หลังจากราได้รับอาหารจากพืชเส้นใยรานอกรากพืชก็จะเจริญออกไปตามผิวราก รวมทั้งเจริญออกไปในดินขยายเส้นใยให้กว้างขวางขึ้น (มหาวิทยาลัยสุรนารี, 2556) แตกแขนงสร้างเครือข่ายของกระจุกใยรา (mycelium) ที่สัมผัสได้ไกลและทั่วถึงกว่ารากพืช เมื่อใยราดูด inorganic phosphorus (Pi) มาได้ จะทำการแปรสภาพ Pi ให้กลายเป็นอนุภาคโพลีฟอสเฟต (PPi) แล้วส่งไปยังอาร์บัสคูล เอนไซม์โพลีฟอสฟาเทส (polyphosphatase) ในอาร์บัสคูลจะย่อย PPi ให้กลายเป็น Pi แล้วถ่ายโอนให้เซลล์ราก (ยงยุทธ, 2543) ทำให้พืชได้รับฟอสฟอรัสเพิ่มขึ้น ซึ่งการดูดซับฟอสฟอรัสโดยเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซานี้มีประสิทธิภาพสูงกว่าการดูดซับผ่านทางระบบรากพืช ทำให้พืชที่มีเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาเข้าอยู่อาศัยในรากได้รับฟอสฟอรัสมากกว่าพืชที่ไม่มีเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาเข้าอยู่อาศัย พืชที่มีเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาจึงเจริญดีกว่าพืชที่ไม่มีเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา สอดคล้องกับรายงานของ จำเนียร และธนกิจ (2558) ที่ศึกษาอิทธิพลของปุ๋ยฟอสฟอรัสที่ระดับต่างๆ ต่อการพึ่งพาเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา *Acualospora morrowiae* ของพริก พบว่า ต้นพริกที่ใส่เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาในทุกระดับของปุ๋ยฟอสฟอรัส มีความสูง น้ำหนักแห้งส่วนเหนือดิน น้ำหนักแห้งราก จำนวนผลต่อต้น น้ำหนักผลสดต่อต้น และการดูดธาตุฟอสฟอรัสเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ Wulandari et al. (2016) ศึกษาผลของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา 3 สปีชีร์ คือ *Rhizophagus clarus*, *Gigaspora decipiens* และ *Scutellospora* sp. ต่อการเจริญเติบโตของต้นก้ามปู (*Albizia saman*) และ *Paraserianthes falcataria* ที่ปลูกในโรงเรือนและในพื้นที่หลังการทำเหมืองแร่ พบว่า มีปริมาณฟอสฟอรัสในต้นและน้ำหนักแห้งเพิ่มขึ้น เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น ปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในต้น น้ำหนักแห้งต้น และอัตราการอยู่รอดภายใต้สภาพแปลงของต้นกล้าที่มีเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาสูงกว่าในต้นกล้าที่ไม่มีเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา การศึกษาในต้นมะกอกที่ใส่เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา *Glomus mosseae*, *Glomus intraradices* หรือ *Glomus claroideum* พบว่า ต้นมะกอกมีการเจริญเติบโตและได้รับไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมเพิ่มขึ้น ทั้งในสภาพ non-saline media และ saline media นอกจากนี้ยังเพิ่มอัตราการรอดตายหลังการย้ายปลูกต้นมะกอกอีกด้วย และพบว่า *Glomus mosseae* เป็นเชื้อราที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดในการลดผลกระทบที่เกิดจากความเค็ม โดยมันสามารถเพิ่มการเจริญเติบโตของต้นมะกอกได้ 163 เปอร์เซ็นต์ และการเจริญเติบโตของรากได้ 295 เปอร์เซ็นต์ ในสภาพ non-saline media และ 239 เปอร์เซ็นต์ (ต้น) และ 468 เปอร์เซ็นต์ (ราก) ในสภาพ saline media (Porras-Soriano et al., 2009) สมบุญ และสาลี่ (2535) ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา ไรโซเบียม และปุ๋ยฟอสฟอรัสระดับต่างๆ ในถั่วเขียว พบว่า การใส่เชื้อไรโซเบียมร่วมเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาจะเพิ่มการดูดธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม

Ref. code: 25595709032618GTV

และเพิ่มการเจริญเติบโตของถั่วเขียวมากกว่าต้นที่ใส่เชื้อไรโซเบียมหรือเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาอย่างเดียว โดยเฉพาะอย่างยิ่งในดินที่มีธาตุฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืชต่ำ รายงานของ เมธาวี การณ์ และโสภณ (2554) ศึกษาผลของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ซาชนิดต่างๆ ต่อการเจริญเติบโตของอ้อยในสภาพเรือนทดลอง พบว่า เชื้อรา *Glomus claroideum* และ *Glomus pastulatum* สามารถส่งเสริมการเจริญให้กับอ้อยได้ดีที่สุด โดยทำให้อ้อยมีความสูง น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของลำต้นและรากอ้อย และปริมาณธาตุอาหารหลัก (ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม) สูงกว่าอ้อยที่ไม่ได้ปลูกเชื้อราไมคอร์ไรซาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ Janos et al. (2001) ศึกษาผลของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาต่อการส่งเสริมการเจริญเติบโตของต้นลิ้นจี่ที่ขยายพันธุ์ด้วยกิ่งตอน โดยภายหลังจากที่ใส่เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาได้ 120 วัน พบว่า เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตทางด้านความสูงและการสร้างใบ รวมถึงทำให้มีน้ำหนักแห้งของส่วนเหนือดินสูงกว่าต้นที่ไม่มีเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาถึง 39 เปอร์เซ็นต์ อีกทั้งการศึกษาของ Li et al. (2015) พบว่า เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาสามารถเพิ่มการเจริญเติบโตและการสังเคราะห์สารประกอบ phenolics ใน *Poncirus trifoliate* ได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ Powell and Bagyaraj (1986) พบว่า ต้นกล้า sweetgum (*Liquidambar styraciflua*) ที่มีเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาเข้าอยู่อาศัย มีน้ำหนักสดมากกว่าต้นกล้าที่ไม่มีเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาถึง 40 เท่า มลชัย (2541) ศึกษาผลของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาต่อการเจริญเติบโตของปอแก้ว (*Hibiscus sabdariffa* var. altissima) และการเข้าทำลายปอแก้วของไส้เดือนฝอยรากปม (*Meloidogyne incognita*) พบว่า เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาทั้ง 6 ชนิด ช่วยทำให้ความสูง น้ำหนักสด และน้ำหนักแห้งของปอแก้ว มากกว่าต้นที่ไม่ได้ใส่เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ Ortas (2012) ศึกษาผลของการใส่เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาต่อผลผลิต การดูดซับธาตุอาหารและประสิทธิภาพของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาในพืชหลายชนิด พบว่า ในพืชตระกูลพริก-มะเขือ ตระกูลถั่ว และตระกูลแตง มีการตอบสนองที่ดีต่อเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา และพืชที่มีเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา มีการดูดซับธาตุอาหารได้สูงกว่าพืชที่ไม่มีเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา การศึกษาการทดแทนปุ๋ยฟอสฟอรัสโดยเชื้อราอาบัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา ในดินที่มีการตรึงฟอสฟอรัส (ชุดดินปากช่อง) พบว่า การใส่เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาเพียงอย่างเดียว และการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัส 75 50 และ 25 เปอร์เซ็นต์ ของอัตราปุ๋ยฟอสฟอรัสที่ทำให้ข้าวโพดมีการเจริญเติบโตสูงที่สุดร่วมกับการใส่เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา มีผลทำให้ความสูง น้ำหนักแห้ง และปริมาณฟอสฟอรัสของข้าวโพดไม่แตกต่างทางสถิติกับการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัส 100 เปอร์เซ็นต์ ของอัตราปุ๋ยฟอสฟอรัสที่ทำให้ข้าวโพดมีการเจริญเติบโตสูงที่สุด ดังนั้น จึงสรุปได้ว่าเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา *Glomus* sp. สามารถทดแทนปุ๋ยฟอสฟอรัสในดินที่มีการตรึงฟอสฟอรัสได้ทั้งหมด (พักตร์เพ็ญ, 2557)

Ref. code: 25595709032618GTV

นอกจากธาตุฟอสฟอรัสแล้ว เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซายังสามารถดูดซับธาตุอาหารอื่นๆ ได้อีกด้วย เช่น สังกะสี ไนโตรเจน โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม คอปเปอร์ และเหล็ก ซึ่งธาตุอาหารเหล่านี้มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช ทำให้พืชที่มีเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาเข้าอยู่อาศัยในรากมีการเจริญเติบโตที่เพิ่มขึ้นด้วย (พักตร์เพ็ญ, 2556) สอดคล้องกับรายงานของ Nakmee et al. (2016) ที่ศึกษาข้าวฟ่างที่ปลูกเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา 10 สายพันธุ์ พบว่า ข้าวฟ่างที่ปลูกเชื้อ *Acaulospora scrobiculata* ผลิตชีวมวล น้ำหนักแห้งเมล็ดข้าว และการดูดซับไนโตรเจนทั้งหมดในต้นดีที่สุด การดูดซับฟอสฟอรัสในต้นสูงที่สุดพบในข้าวฟ่างที่ปลูกเชื้อรา *Acaulospora spinosa* ขณะที่ต้นข้าวฟ่างที่ปลูกเชื้อรา *Scutellospora* sp. พบว่า มีการดูดซับโพแทสเซียมในต้นสูงที่สุด XIAO et al. (2010) ศึกษาผลของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาต่อการเจริญเติบโตและการใช้ธาตุอาหารของข้าวไร่และถั่วเขียวที่ปลูกในระบบ intercropping system พบว่า ปริมาณไนโตรเจนของถั่วเขียวและข้าวไร่ที่มีเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาเพิ่มขึ้น 83.72 และ 64.83 เปอร์เซ็นต์ ในต้น และ 53.76 และ 41.29 เปอร์เซ็นต์ ในราก ตามลำดับ ในขณะที่ปริมาณของธาตุเหล็กในต้นและรากของถั่วเขียวเพิ่มขึ้น 223.08 และ 60.19 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ปริมาณของไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และธาตุเหล็กในปมรากถั่วที่ปลูกเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาเพิ่มขึ้น 80.14 69.54 และ 39.62 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และรายงานของ Mardukhi et al. (2011) ศึกษาผลของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาต่อการดูดซับธาตุอาหารของข้าวสาลีสายพันธุ์ต่างๆ ที่ปลูกในสภาพแปลงปลูกและโรงเรือน ที่ระดับความเค็มแตกต่างกัน พบว่า สายพันธุ์ข้าวสาลีมีผลต่อความเข้มข้นของธาตุอาหารต่างๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทั้งในสภาพแปลงปลูกและโรงเรือน และในทั้งสองสภาพการทดลองนั้น เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาเพิ่มความเข้มข้นของธาตุอาหาร ได้แก่ ไนโตรเจน โพแทสเซียม ฟอสฟอรัส แคลเซียม แมกนีเซียม แมงกานีส คอปเปอร์ เหล็ก สังกะสี และคลอรีน ได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังนั้น พืชที่มีเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาจึงเจริญได้ดีกว่าพืชที่ไม่มีเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาเข้าอยู่อาศัยในราก

Ref. code: 25595709032618GTV

บทที่ 5
สรุปผลการศึกษาวิจัย

5.1 การทดลองที่ 1 การสำรวจจำนวนสปอร์ของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาที่มีประสิทธิภาพดีต่อยางพาราในพื้นที่ปลูกยางพาราพันธุ์ BPM 24, RRIM 600, RRIT 251 และ RRIT 408

พื้นที่ปลูกยางเดิมในจังหวัดจันทบุรี มีจำนวนสปอร์ของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาที่มีประสิทธิภาพดีต่อยางพารามากกว่าพื้นที่ปลูกยางใหม่ในจังหวัดหนองคาย และดินที่ปลูกยางพาราพันธุ์ BPM 24 มีจำนวนสปอร์ของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาที่มีประสิทธิภาพดีต่อยางพารามากกว่าพันธุ์ RRIM 600, RRIT 251 และ RRIT 408

5.2 การทดลองที่ 2 ผลของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาต่อการเจริญเติบโตของยางพาราพันธุ์เศรษฐกิจ

ยางพาราแต่ละพันธุ์จะมีอัตราการเจริญเติบโตแตกต่างกัน โดยพันธุ์ RRIT 251 และ RRIT 408 มีการเจริญเติบโตดีกว่าพันธุ์ BPM 24 และ RRIM 600 และเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซามีการเข้าอยู่อาศัยในรากของยางพาราแต่ละพันธุ์แตกต่างกันด้วยเช่นกัน โดยพันธุ์ BPM 24, RRIT 251 และ RRIT 408 มีการเข้าอยู่อาศัยของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาในรากมากกว่าพันธุ์ RRIM 600 แต่การใส่เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซามีผลทำให้ความสูงของยางพาราทุกพันธุ์ เมื่ออายุ 4 เดือน เพิ่มขึ้นมากกว่าการไม่ใส่เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา แต่เมื่อยางพารามีอายุมากขึ้น พบว่าการใส่เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาไม่มีผลต่อความสูงของยางพารา อย่างไรก็ตาม การใส่เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซามีผลทำให้น้ำหนักแห้งส่วนเหนือดิน และปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในยางพาราทุกพันธุ์เพิ่มขึ้นกว่าการไม่ใส่เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ดังนั้น ผลการทดลองนี้จึงชี้ให้เห็นว่า การใส่เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาสามารถเพิ่มการเจริญเติบโตของยางพาราได้ โดยพันธุ์ยางพาราไม่มีผลต่อประสิทธิภาพของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา

Ref. code: 25595709032618GTV

เอกสารอ้างอิง

กนกวรรณ ชูฉัตร. 2546. ผลของสารโพแทสเซียมคลอเรตต่อเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาในลำไย (*Euphoria longan*). วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

กรมวิชาการเกษตร. 2558. ข้อมูลทั่วไปของพันธุ์ยางพารา. ระบบออนไลน์ http://cpppunyang9. blogspot. com. (5 พฤศจิกายน 2558)

กรรณิการ์ ธีรวัฒนสุข และ นภาวรรณ เลขะวิพัฒน์. 2554. วารสารยางพารา. 3: 1-56.

จำเนียร มีสำลี และ ธนกิจ อินทะลา. 2558. อิทธิพลของปุ๋ยฟอสฟอรัสต่อการพึ่งพาเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาเพื่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของพริก. แก่นเกษตร 43 (2) : 343-352.

ณัฐวรางค์ สงวนราชทรัพย์. 2530. ชนิดและผลของเชื้อราเวสิคูลาร์อาบัสคูลาไมคอไรซาต่อการเจริญเติบโตของกล้าไม้บางชนิด. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ดวงใจ วัยเจริญ. 2546. การผลิตฮอร์โมนจิบเบอเรลลิค แอซิค (GA3) โดยเชื้อราเวสิคูลาร์อาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาในต้นมะละกอ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. สาขาปฐพีวิทยา. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ทัศนีย์ อัตตะนันท์ และ จงรักษ์ จันทร์เจริญสุข. 2542. การวิเคราะห์ดินและพืช. ภาควิชาปฐพีวิทยา. คณะเกษตร. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ธงชัย มาลา. 2546. ปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยชีวภาพ: เทคนิคการผลิตและการใช้ประโยชน์. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 300 น.

ธนาคารแห่งประเทศไทย. 2557. รายงานสถานการณ์สินค้าเกษตร ปี 2557 และแนวโน้มปี 2558. น. 10-13. กรุงเทพฯ.

ธมลวรรณ ขิวรัมย์ และ จันทวรรณ คงเจริญ. 2556. การพัฒนาระบบการประมวลผลและเชื่อมโยงข้อมูลส่งออกยาง, น. 164-183. สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร. รายงานผลการวิจัยเรื่องเต็ม ประจำปี 2556. โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย, กรุงเทพฯ.

นุชนารถ กังพิศดาร, พลชิต บัวแก้ว, สุภาพร บัวแก้ว, นุชนาฏ ณ ระนอง, ไพรัตน์ ทรงพานิช, ประพาส ร่มเย็น, ชุมสินธุ์ ทองมิตร, จันทวรรณ คงเจริญ, เสียงชัย เปรมกระสิน และ จุมพฏ สุขเกื้อ. 2550. ข้อมูลวิชาการยางพารา. พิมพ์ครั้งที่ 1. โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย, กรุงเทพฯ. 148 หน้า.

Ref. code: 25595709032618GTV

นุชนารถ กังพิสดาร, สุภาพร บัวแก้ว, กรรณิการ์ ธีรวัฒนสุข,อุไร จันทรประทิน, ศุภมิตร ลิมปิชัย, พิชิต สพโชค และ นุชนาฏ ณ ระนอง. 2548. เอกสารวิชาการยางพารา. พิมพ์ครั้งที่ 2. โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย, กรุงเทพฯ. 214 หน้า.

นาฏยา แพทย์พิทักษ์, ธัญพิสิษฐ์ พวงจิก และพักตร์เพ็ญ ภูมิพันธ์. 2556. ผลของปุ๋ยชีวภาพราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาต่อการเจริญเติบโตของไผ่และปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดิน. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 6: 499-510.

บังอร แสนคาน. 2545. การตอบสนองของสตรอเบอรี่ต่อเชื้อราอาบัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาในพื้นที่เกษตรกร. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. สาขาปฐพีศาสตร์, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.

พักตร์เพ็ญ ภูมิพันธ์. 2555. ผลของฟอสฟอรัสในดินและชนิดของข้าวโพดต่อการพึ่งพาราอาร์บัสคูล่าร์ไมคอร์ไรซา. Thai Journal of Science and Technology. 1: 211-220.

พักตร์เพ็ญ ภูมิพันธ์. 2556. บทบาทของราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาต่อพืช ดิน และสิ่งแวดล้อม. Thai Journal of Science and Technology. 2: 91-101.

พักตร์เพ็ญ ภูมิพันธ์. 2557. การทดแทนปุ๋ยฟอสฟอรัสโดยราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาในดินที่มีการตรึงฟอสฟอรัส. Thai Journal of Science and Technology. 3: 173-181.

มลชัย กิตติศักดิ์มนตรี. 2541. ผลของเชื้อราเวสสิคูลาร์-อาบัสคูลาร์ ไมคอร์ไรซาต่อการเจริญของปอแก้ว (*Hibiscus sabdariffa* var. *altissima*) และการเข้าทำลายปอแก้วของไส้เดือนฝอยรากปม *Moloidogyne incognita*. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

มหาวิทยาลัยสุรนารี. 2556. ปุ๋ยชีวภาพเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา. ระบบออนไลน์ http://personal.sut.ac.th/montarop/2013WEBSITE/School_of_Biotech/Blog/Entries/2013/9/14_ปุ๋ยชีวภาพ_files/3.%20ปุ๋ยชีวภาพไมคอร์ไรซ่า.pdf. (5 พฤศจิกายน 2558)

มานะชัย สังข์วาทิน. 2549. คู่มือการทำสวนยางพารา. พิมพ์ครั้งที่ 1. อักษรสยามการพิมพ์, กรุงเทพฯ. 160 หน้า.

เมธาวีการณ์ พรหมลา และ โสภณ บุญลือ. 2554. ชนิดและผลของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา ต่อการเจริญเติบโตของอ้อย. การประชุมวิชาการ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ประจำปี 2554 “การพัฒนาอนาคตชนบทไทย : ฐานรากที่มั่นคงเพื่อการพัฒนาประเทศอย่างยั่งยืน”.

ยงยุทธ โอสถสภา. 2543. ธาตุอาหารพืช. พิมพ์ครั้งที่ 1. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 424 หน้า.

ยงยุทธ โอสถสภา, อรรถศิษฐ์ วงศ์มณีโรจน์ และ ชวลิต ฮงประยูร. 2551. ปุ๋ยเพื่อการเกษตรยั่งยืน. พิมพ์ครั้งที่ 1. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 519 หน้า.

Ref. code: 25595709032618GTV

รังสฤษดิ์ กาวีต๊ะ และ ชูศักดิ์ จอมพุก. 2541. พฤกษศาสตร์พืชเศรษฐกิจ. พิมพ์ครั้งที่ 1. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 220 หน้า.

วันเลิศ วรรณปยะรัตน, สมนึก ศรีทองฉิม, ศักดา สุขวิบูลย์, วัชรี แซตั้ง, นิตยา บรรพจันทร, จารุวรรณ เฮียงมะณี และ วินัย ชมบุตร. 2548. เอกสารวิชาการยางพารา. สำนักวิจัยและพัฒนาการจัดการที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน.

วริศ แคนคอง, ดารุณี โกศัยเสวี, สุภาพร ธรรมสุระกุล, มณฑิกานธิ์ สงบจิต, ธมลวรรณ ขิวรัมย์ และ รชต เกงขุนทด. 2556. การพัฒนาคุณภาพวัสดุปลูกและการผลิตยางพาราด้วยปุ๋ยชีวภาพไมคอร์ไรซา, น. 184-215. สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร. รายงานผลการวิจัยเรื่องเต็มประจำปี 2556. โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย, กรุงเทพฯ.

ศุภธิดา อ่ำทอง และ ชฎาพร อุปนันท์. 2557. การใช้เชื้อราอาบัสคูลาร์ ไมคอร์ไรซา เพื่อเพิ่มการดูดซับสังกะสีของข้าว ภายใต้การปลูกข้าวแบบใช้อากาศ. วารสารแก่นเกษตร. 42: 390-399.

ศรัณยา จิวรากรานนท์. 2541. การสำรวจเชื้อราวีเอไมคอร์ไรซาของทุเรียนและการศึกษาประสิทธิภาพของเชื้อราวีเอไมคอร์ไรซาในการส่งเสริมการเจริญเติบโตของต้นกล้าทุเรียนในเรือนปลูกพืชทดลอง. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. สาขาปฐพีวิทยา. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

สมจิตร อยู่เป็นสุข. 2549. ไมคอร์ไรซา. คณะวิทยาศาสตร์. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 101 น.

สมจิตร อยู่เป็นสุข. 2550. ไมคอร์ไรซา (Mycorrhiza). คณะวิทยาศาสตร์. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 69 น.

สมบุญ เตชะภิญญาวัฒน์ และ สาลี่ ชินสถิต. 2535. ความสัมพันธ์ระหว่างเชื้อราเวสสิคูลาร์-อาบัสคูลาร์ไมคอไรซ่า ไรโซเบียม และระดับปุ๋ยฟอสเฟสที่มีต่อการเจริญเติบโตของถั่วเขียว. วารสารวิทยาศาสตร์ มก. 1: 15-26.

สรสิทธิ์ วัชโรทยาน. 2535. คู่มือการปรับปรุงดินและการใช้ปุ๋ย. พิมพ์ครั้งที่ 1. ศูนย์การพิมพ์พลชัย, กรุงเทพฯ. 337 หน้า.

สุขุม วงษ์เอก, นุชนารถ กังพิสดาร, พลชิต บัวแก้ว, นุชนาฏ ณ ระนอง, ไพรัตน์ ทรงพานิช, ประพาส ร่มเย็น, ชุมสินธุ์ ทองมิตร, จันทวรรณ คงเจริญ, เสียงชัย เปรมกระสิน และ จุมพฏ สุขเกื้อ. 2550. ข้อมูลวิชาการยางพารา. พิมพ์ครั้งที่ 1. โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย, กรุงเทพฯ. 148 หน้า.

สุทัศน์ ด่านสกุลผล, สุภาพร ธรรมสุระกุล, ออมทรัพย์ นพอมรบดี, สมยศ สินธุรหัส, สุคนธ์ แสงแก้ว และ สุเมธ พฤกษ์วรุณ. 2540. ศึกษาวิธีการปลูกเชื้อวี-เอไมคอร์ไรซากับยางพารา. รายงานผลการวิจัยยางพารา. สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร.

Ref. code: 25595709032618GTV

สำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร. 2558. ความสำคัญของยางพาราต่อการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคม. ระบบออนไลน์ http://www.arda.or.th/kasetinfo/south/para/history/01-10.php. (5 พฤศจิกายน 2558)

สำนักวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร. 2558. ปริมาณและมูลค่าการนำเข้าปุ๋ยเคมีสูตรที่สำคัญปี 2552-2558. ระบบออนไลน์ http://www.oae.go.th/download/FactorOfProduct/Fertilizer_ value49-54.html, (1 กันยายน 2559)

ออมทรัพย์ นพอมรบดี, สมเพชร เจริญสุข, อร วัลลีนุวัฒน์ และ เย็นใจ วสุวัติ. 2529. การสำรวจชนิดและจำนวนสปอร์วีเอไมคอร์ไรซาในแปลงถั่วลิสงบริเวณภาคตะวันออกเฉียงเหนือ. รายงานประจำปี 2529. กองปฐพีวิทยา กรมวิชาการเกษตร.

Abbott, L. K. 1982. Comparative anatomy of vesicular-arbuscular mycorrhizae formed on subterranean clover. Austral. J. Bot. 30: 485-499.

Afek, U., J. A. Menge and E. L. V. Johnson. 1991. Interaction among mycorrhizae, soil solarization and metalaxyl, and plants in the field. Phytopathology. 75: 655-671.

Azizah, C. H. and K. Martin. 1992. The vesicular-arbuscular (VA) mycorrhiza and its effect on growth of vegetatively propagated *Theobroma cacao* L. Plant and Soil. 144: 227-233.

Bagyaraj, D. J. 1991. Ecology of vesicular arbuscular mycorrhizae. pp.3-34. *In* D. K. Arora, G. Raj, K. G. Mukerji and G. R. Kundsen. Handbook of Applied Mycology. New York: Marcel Dekker. Inc.

Barea, J. M. 1986. Importance of hormones and root exudate in mycorrhizal phenomena. pp. 451-547. *In* V. Gianinaazzi – Pearson and S. Gianinazzi (eds.). Mycorrhizae–Physiology and Genetics. Proceedings First European Symposium on Mycotoxins. Dijon, Paris: INRA France.

Bhatti, S. K., A. Kumar, T. Rana and N. Kaur. 2013. Influence of AM fungi (*Glomus mosseae*, *Acaulospora laevis* and *Gigaspora* sp.) alone and in Combination with *Trichoderma virideon* Growth Responses and Physiological Parameters of *Dianthus caryophyllus* Linn. Advances in Bioresearch. 4: 13-20.

Bowen, G.D. 1987. The biology and physiology of infection and its development. pp.27–57. *In* G. R. Safir (ed.). Ecophysiology of VA Mycorrhizal Plant. Inc. Florida, USA: CRC. Press.

Ref. code: 25595709032618GTV

Boyetchko, S. M. and J. P. Tewari. 1990. Root colonization of differrent host by the vesicular arbusmycorrhiza fungus *Glomus dimorphicum*. Plant and Soil. 129: 1,131-1,136.

Brown, G., D. C. M. Corbett, G. A. Hide and R. M. Webb. 1974. Bromine residues in wheat crops grown in soil fumigated with methyl bromide. Pesticide Sci. 5: 25-29.

Buttery, B. R., S. J. Park, W. I. Findlay and B. N. Dhanvantari. 1988. Effects of fertilization and fertilizer on growth, yield, chemical composition and mycorrhizae in white bean and soybean. Plant Soil. 68: 677-686.

Chen, S., W. Jin, A. Liu, S. Zhang, D. Liu, F. Wang, X. Lin and C. He. 2013. Arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) increase growth and secondary metabolism in cucumber subjected to low temperature stress. Sci. Hort. 160: 222-229.

Cox, G. and P. B. Tinker. 1976. Translocation and transfer of nutrients in vesicular-arbuscular mycorrhizas. I. The arbuscule and phosphorus transfer: a quantitative ultrastructural study. New Phytol. 77: 371.

Daniels, B. A. and H. D. Skipper. 1982. Methods for the recovery and quantitative Estimation of propagules from soil. pp.29-36. *In* N.C. Schenck (Ed.). APS. Methods and Principles of Mycorrhizal Research.

Daniels, B. A. and J. M. Trape. 1980. Factors affecting spore germination of the vesicular-arbuscular mycorrhizal fungus *Glomus epigaeus*. Mycologia. 72: 457-471.

Eke, P., G. C. Chatue, L. N. Wakam, R. M. T. Kouipou, P. V. T. Fokou, F. F. Boyom. 2016. Mycorrhiza consortia suppress the fusarium root rot (*Fusarium solani* f. sp. *Phaseoli*) in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). Biological Control. 103: 240-250.

Fidelibus M. W., C. A. Martin., G. C. Wright and J. C. Stutz. 2000. Effect of arbuscular mycorrhizal (AM) fungal communities on growth of ‘Volkamer’ lemon in continually moist or periodically dry soil. Sci. Hort. 84: 127-140.

Frey, B. and H. Schuepp. 1993. Acquisition of nitrogen by external hyphae of arbuscular mycorrhizal gungi associated with *Zae mays* L. New Phytol. 124: 221-230.

Ref. code: 25595709032618GTV

Garcia-Garrido, J. M. and J. A. Ocampo. 2002. Regulation of the plant defence response in arbuscular mycorrhizal symbiosis. J. Exp. Bot. 53: 1377-1386.

Gerdemann, J. W. 1968. Vesicular-arbuscular mycorrhiza and plant growth. Ann. Rev. Phytopathol. 6: 397-418.

Gu, F., X. Li, F. Zhang and L. shengxiu. 2000. Effects of arbuscular mycorrhizal gungus on P nutrition and the growth of corn under NaCl stress conditions. Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A. 97: 2668-2673.

Gopinathan, S. and N. Raman. 1992. Indole 3-acetic acid production by Ectomycorrhizal fungi. Indian J. of Exp. Biol. 30: 142–143.

Harley, J. L. and S. E. Smith. 1983. Mycorrhizal Symbiosis. London: Academic Press. 483 p.

Hass, J. H., B. Bar-Yosef, J. Krikun, R. Barak, T. Markovits and J. Kramer. 1987. Vesicular-arbuscular mycorrhizal fungus infestation and phosphorus fertigation to overcome pepper stunting after methyl bromide fumigation. Agron. J. 79: 905-910.

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.

Huang, R. S., W. K. Smith and R. S. Yost. 1985. Influence of vesicular-arbuscular mycorrhiza on growth, water relations, and leaf orientation in *Leucaena leucocephala* (Lam.) De Wit. New Phytol. 99: 229-243.

Jackson, L. E., D. Miller and S. E. Smith. 2002. AM colonization and growth of wild and cultivated lettuce in response to nitrogen and phosphorus. Sci. Hort. 94: 205-218.

James, A. E., P. T. Rygiewicz, L. S. Watrud and P. K Donnelly. 2002. Influence of adverse soil condition on the formation and function of Arbuscular mycorrhizas. Advances Environ. 7: 123-138.

Jasper, D. A., L. K. Abbott and A. D. Robson. 1993. The survival of infective hyphae of vesicular–arbuscular mycorrhizal fungi in dry soil: an interaction with sporulation. New Phytol. 124: 473-479.

Ref. code: 25595709032618GTV

Janos, D. P., M. S. Schroeder, B. schaffer and J. H. Crane. 2001. Inoculation with arbuscular mycorrhizal fungi enhances growth of Litchi chinensis Sonn. Trees after propagation by air-layering. Plant and Soil. 233: 85-94.

Jawson, M. D., A. J. Franzlubbers, D. K. Galusha and R. M. Aiken. 1993. Soil fumigation within monoculture and rotations: response of corn and mycorrhizae. Agron. J. 85: 1174-1180.

Khalil, S., T. E. Loynachan and M. A. Tabatabai. 1994. Mycorrhizal dependency and nutrient uptake by improved and unimproved corn and soybean cultivars. Agron. J. 86: 949-958.

Kothari, S. K., H. Marchner and E. George. 1990. Effect of VA mycorrhizal fungi and rhizosphere microorganisms on root and shoot morphology, growth and water relations on maize. New Phytol. 116: 303-311.

Larsen, J. L., I. Thingstrup, I. Jakobsen and S. Rosendahl. 1996. Benomyl inhibits phosphorus transport but not fungal alkaline phosphatase activity in a Glomus-cucumber symbiosis. New Phytol. 132: 127-133.

Legay, N., F. Grassein, M. N. Binet, C. Arnoldi, E. Personeni, S. Perigon, F. Poly, T. Pommier, J. Puissant, J. C. Clément, S. Lavorel and B. Mouhamadou. 2016. Plant species identities and fertilization influence on arbuscular mycorrhizal fungal colonisation and soil bacterial activities. Appl. Soil Ecol. 98: 132–139.

Li, J., X. He, H. Li, W. Zheng, J. Liu and M. Wang. 2015. Arbuscular mycorrhizal fungi increase growth and phenolics synthesis in Poncirus trifoliate under iron deficiency. Sci. Hort. 183: 87-92.

Lu, S., P. G. Braunberger and M. H. Miller. 1994. Response of vesicular-arbuscular mycorrhizal of maize to various rates of P addition to different rooting zones. Plant and Soil. 158: 119-128.

Maddox, J. J. and J. M. Soileau. 1991. Effect of phosphate fertilization, lime amendments and inoculation with VA-mycorrhizal fungi on soybeans in an acid soil. Plant and Soil. 134: 83-93.

Ref. code: 25595709032618GTV

Mardukhi, B., F. Rejali, G. Daei, M. R. Ardakani, M. J. Malakouti and M. Miransari. 2011. Arbuscular mycorrhizas enhance nutrient uptake in different wheat genotypes at high salinity levels under field and greenhouse conditions. C. R. Biologies. 334: 564-571.

McGonigle, T. P., M. H. Miller, D. G. Evans, G. L. Fairchild and J. A. Swan. 1990. A new method which gives an objective measure of colonization of roots by vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. New Phytol. 115: 495-501.

Menge, J.A. 1982. Effect of soil fumigants on vesicular-arbuscular fungi. Phytopathology. 72: 1125-1132.

Mohammad, M. J. and H. I. Malkawi. 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.

Mortimer, P. E., M. A. Pérez-Fernández and A. J. Valentine. 2008. The role of arbuscular mycorrhizal colonization in the carbon and nutrient economy of the tripartite symbiosis with nodulated *Phaseolus vulgaris*. Soil. Biol. Biochem. 40: 1019–1027.

Morton, J. B. and D. Redecker. 2001. Two new families of Glomales, Archaeosporaceae and Paraglomaceae, with two new genera *Archaeospore* and *Paraglomus*, based on concordant molecular and morphological characters. Mycologia. 93: 181-195.

Mosse, B. and C. Hepper. 1975. Vescicular – arbuscular mycorrhizal infections in root organ cultures. Physiol. Plant Pathol. 5: 215.

Mosse, B. 1973. Advances in the study of vesicular-arbuscular mycorrhiza. Annual Review Phytopathology. 11: 171-196.

Mosse, B. 1981. Vesicular-Arbuscular Mycorrhiza Research for Tropical Agriculture. Hawaii. Human Resources. 194 p.

Nakmee, P. S., S. Techapinyawat and S. Ngamprasit. 2016. Comparative potentials of native arbuscular mycorrhizal fungi to improve nutrient uptake and biomass of *Sorghum bicolor* Linn. Agri. and Natural. Res. 50: 173-178.

Ref. code: 25595709032618GTV

Ocampo, J. A., J. Martin And D. S. Hayman. 1979. Influence of plant interactions on vesicular-arbuscular mycorrhizal infections. I. Host and non-host plant grown together. New Phytol. 84: 27-35.

Ortas, I. 2012. The effect of mycorrhizal fungal inoculation on plant yield, nutrient uptake and inoculation effectiveness under long-term field conditions. Field Crops Research. 125: 35-48.

Phillips, J. M. and D. S. Hayman. 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.

Porras-Soriano, A., M. L. Soriano-Martín, A. Porras-Piedra and R. Azcón. 2009. Arbuscular mycorrhizal fungi increased growth, nutrient uptake and tolerance to salinity in olive trees under nursery conditions. J. Plant Physiol. 166: 1350-1359.

Powell, C. L. and D. J. Bagyaraj. 1986. VA Mycorrhiza. CRC Press, Inc., United States of America. 234 p.

Rajan, S. K., B. J. D. Reddy and D. J. Baryaraj. 2000. Screening of arbuscular mycorrhizal fungi for their symbiotic efficiency with *Tectona grandis*. Forest Ecol. Manag. 126: 91-95.

Rao, P. S. K., K. V. B. R. Tilak and V. Arunachalam. 1990. Genetic variation for VA Mycorrhiza-dependency phosphate mobilization in groundnut (*Arachis hypogaea* L.). Plant and Soil. 122: 137-142.

Reid, C. P. P. 1990. The Rhizosphere Mycorrhizas. pp.281-308. *In* The Rhizosphere. J. M. Lynch Chichester: John Wiley&Son.

Rutto, K. L., F. Mizutani and K. Kadoya. 2002. Effect of root-zone flooding on mycorrhizal and non-mycorrhiza peach (*Prunus persica* Batsch) seedlings. Sci. Hort. 94: 285-295.

Saito, M. and T. Muramoto. 2002. Inoculation with arbuscular mycorrhizal fungi: the status quo in Japan and the future prospects. Plant and Soil. 244: 237-279.

Sharma, A. K., B. N. Johri and S. Gianinazzi. 1992. Vesicular-arbuscular mycorrhizae in relation to plant disease. World J. Microbiol. Biotechnol. 8: 559-563.

Ref. code: 25595709032618GTV

Sieverding, E. 1991. Vesicular-Arbuscular Mycorrhiza Management in Tropical Agrosystem. Germany: GTZ GmbH. 371 p.

Sieverding, E. 1991. Vesicular-Arbuscular Mycorrhiza Management in Tropical Agrosystem. pp.29-36. *In* N.C. Schenck (Ed.). APS. GTZ GmbH. Germany. Research.

Smith, S. E. and D. J. Read. 1997. Mycorrhizal Symbiosis. 2nd ed. London: Academic Press. 605 p.

Son, C. L., F. A. Smith and S. E. Smith. 1988. Effect of light intensity on root growth, mycorrhizal infection and phosphate uptake in onion (*Allium cepa* L.). Plant and Soil. 111: 183-186.

Sreenivasa, M. N. and D. J. Bagyaraj. 1989. Use of pesticides for mass production of vesicular-arbuscular mycorrhizal inoculum. Plant and Soil. 119: 127-132.

Srinivasan, R. and C. Govindasamy. 2014. Influence of native arbuscular mycorrhizal fungi on growth, nutrition and phytochemical constituents of Catharanthus roseus (L.) G. Don. J. Coast. Life Med. 2: 31-37.

Struble, J. E. and H. D. Skipper. 1988. Vesicular-arbuscular mycorrhizal spore production as influenced by plant species. Plant and Soil. 109: 277-280.

Sukano N., F. A. Smith, S. E. Smith and E. S. Scott. 1996. The effect of fungicides on vesicular-arbuscular mycorrhizal symbiosis II. The effect on area of interface and efficiency of P uptake and transfer to plant. New Phytol. 132: 583-592.

Son, C. L., F. A. Smith and S. E. Smith. 1988. Effect of light intensity on root growth, mycorrhizal infection and phosphate uptake in onion (*Allium cepa* L.). Plant and Soil. 111: 183-186.

Tang, M. and H. Chen. 1999. Effect of arbuscular mycorrhizal fungi alkaline phosphatase activities on *Hippophae rhamnoides* drought-resistance under water stress conditions. Trees. 14: 113-115.

Tawaraya, K., K. Tokairin and T. Wagatsuma. 2001. Dependence of *Allium fistulosum* cultivars on the arbuscular mycorrhizal fungus, *Glomus fasciculatum*. Appl. Soil. Ecol. 17: 119-124.

Ref. code: 25595709032618GTV

Trouvelet, A., J. L. Kough and V. Gianinazzi – Pearson. 1985. Mesure du taux de Mycorrhization VA d'un systeme radiculaire. Recherche de methodsd'Estimationayant une signification fonctionelle.pp.217-221. *In* V. Gianinazzi-Pearson and S. Gianinazzi (Eds.). Physiological and Genetical Aspects of Mycorrhizae. INRA, Paris, France.

Turk, M. A., T. A. Assaf, K. M. Hameed and A.M. AI-Tawaha. 2006. Significance of Mycorrhizae. World J. Agric. Sci. 2: 16-20.

Vivekanadau, M. and P. E. Fixen. 1991. Cropping systems effects on mycorrhizal colonization, early growth, and phosphorus uptake of corn. Soc. J. Am. Soil. Sci. 55: 136-142.

Vyas, S. C. 1988. Soil microorganisms and their activities. Nontarget Effects of Agricultural Fungicides. CRC Press, FL, Boca Raton. 258-275.

Walkley, A. and I. A. Black. 1934. An examination of the Degtjareff method for determining organic carbon in soil: Effect of variations in digestion conditions and of inorganic soil constituents. Soil Sci. 63:251-263.

Wang, G. M., D. P. Stribley, P. B. Tinker and C. Walker. 1993. Effect of pH on arbuscular mycorrhiza I. Field observations on the long-term liming experiments at Rothamsted and Wobum. New Phytol. 124: 456-472.

Wulandari, D., Saridi, W. Cheng and K. Tawaraya. 2016. Arbuscular mycorrhizal fungal inoculation improves *Albizia saman* and *Paraserianthes falcataria* growth in post-opencast coal mine field in East Kalimantan, Indonesia. Forest Ecol. Manag. 376: 67-73.

XIAO, T., Q. YANG, W. RAN, G. XU and Q. SHEN. 2010. Effect of Inoculation with Arbuscular Mycorrhizal Fungus on Nitrogen and Phosphorus Utilization in Upland Rice-Mungbean Intercropping System. Agric. Sci. China. 9: 528-535.

Yoram, K. and D. D. Douds. 2000. Arbuscular Mycorrhiza: Physiology and Function. Kluwer Academic. Netherland: Kluwer Academic Publishers. 372 p.

Youpensuk S., P. Lumyong, B. Dell and B. Rerkasem. 2004. Arbuscular mycorrhizal fungi in the rhizosphere of *Macaranga denticulate* Muell. Arg., and their effect on the host plant. Agr. Syst. 60: 239-246.

Ref. code: 25595709032618GTV

Zhu, Y. G., S. E. Smith, A. R. Barritt and F.A. Smith. 2001. Phosphorus efficiencies and mycorrhizal responsiveness of old and modern wheat cultivars. Plant Soil. 237: 249-255.

Ref. code: 25595709032618GTV

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ	นางสาวภิรญา ชมภูผิว
วันเดือนปีเกิด	9 กรกฎาคม 2534
วุฒิการศึกษา	ปีการศึกษา 2556: วิทยาศาสตรบัณฑิต (เทคโนโลยีการเกษตร) คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
ทุนการศึกษา	ปีงบประมาณ 2557-2558: ทุนเรียนดีบัณฑิตศึกษา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

ผลงานทางวิชาการ

พักตร์เพ็ญ ภูมิพันธ์, สมชาย ชคตระการ, วรภัทร ลัคนทินวงศ์, ชวินทร์ ปลื้มเจริญ, ภิรญา ชมภูผิว และ อรประภา เทพศิลปวิสุทธิ์. 2559. การเปรียบเทียบระหว่างปุ๋ยเคมีและปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูงต่อคุณภาพข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 1. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 5 (พิเศษ): 753-764.

ภิรญา ชมภูผิว, พักตร์เพ็ญ ภูมิพันธ์, ธัญพิสิษฐ์ พวงจิก และ ปวีณา ทองเหลือง. 2560. ผลของราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาต่อการเจริญเติบโตของยางพาราพันธุ์เศรษฐกิจ. Thai Journal of Science and Technology. 6 (1): 79-88.

Ref. code: 25595709032618GTV