

บทที่ 2

การตรวจเอกสาร

ไมคอร์ไรซา (mycorrhiza) หมายถึง ความสัมพันธ์แบบพึ่งพาอาศัยกันระหว่างเชื้อรากับรากพืช โดยต่างฝ่ายต่างได้ประโยชน์ร่วมกัน (Sieverding, 1991) สามารถแบ่งชนิดเชื้อราไมคอร์ไรซาตามลักษณะการเข้าสู่รากพืชได้ 3 ชนิดใหญ่ๆดังนี้

1. เชื้อราเอกโตไมคอร์ไรซา (Ectotrophic mycorrhiza)

เชื้อรากลุ่มนี้จะเข้าสู่พืช โดยเริ่มจากสปอร์หรือเส้นใยในบริเวณเขตรากพืช (rhizosphere) ได้รับอาหารจากสารอินทรีย์ต่างๆที่ขับจากรากพืช (root exudate) ต่อมาเจริญขึ้นเป็นเยื่อหุ้มรอบรากพืช (fungus mantle) เมื่อถึงระยะที่ใยราจะเจริญเข้าไปอยู่ในเนื้อเยื่อชั้นคอร์เทกซ์ของรากพืช และสร้างเป็นเส้นใยสานกัน (harting net) รากจะมีลักษณะสั้นและแตกแขนงซึ่งสามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า (ออมทรัพย์, 2527) เอกโตไมคอร์ไรซามีบทบาทในการเพิ่มเนื้อที่ในการดูดธาตุอาหาร โดยจะเก็บธาตุอาหาร เช่น ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม และแคลเซียม ไว้ใน fungus mantle นอกจากนี้ยังช่วยย่อยสลายแร่ธาตุ และอินทรีย์วัตถุในดินที่ย่อยสลายยาก ช่วยเพิ่มความอุดมของพืชต่อความแห้งแล้ง อุณหภูมิสูง สารพิษในดิน ระดับพีเอชที่สูงหรือต่ำเกินไป และช่วยเพิ่มความต้านทานต่อเชื้อสาเหตุโรคพืชบางชนิดโดยเฉพาะ โรคที่เกิดทางรากพืช (Pederson et al., 1984) เข้าทำลายโรคพืชบางชนิด เช่น โรคที่เกิดจากเชื้อ *Fusarium* sp. (Farquhar and Peterson, 1990)

2. เชื้อราเอนโดไมคอร์ไรซา (Endotrophic mycorrhiza)

มักพบในพืชไร่ และไม้ผลทั่วไป เช่น ข้าวโพด ถั่วเหลือง อ้อย ฝ้าย มะละกอ แอปเปิ้ล โดยเส้นใยจะพันอย่างหลวมๆรอบๆรากพืช และมีเส้นใยบางส่วนเจริญเข้าไปในเซลล์รากพืช หรืออยู่ระหว่างเซลล์ชั้นคอร์เทกซ์ของรากพืช โดยไม่ทำให้ขนาดและรูปร่างของรากเปลี่ยนแปลงไป แต่บางครั้งทำให้รากมีสีเปลี่ยนไป โดยอาจมีสีเหลืองอ่อนหรือขาวขึ้น เช่น รากข้าวโพด หอมหัวใหญ่ มะเขือเทศ (Harley and Smith, 1983) เชื้อรากลุ่มนี้แบ่งออกเป็น 2 ชนิดตามลักษณะของใยรา (Mosse, 1973) ได้แก่ เชื้อราเอนโดไมคอร์ไรซาชนิดเส้นใยมีผนังกัน (septate hypha) ซึ่งเส้นใยจะเจริญเข้าไปอยู่ในเซลล์พืชเป็นช่วงเวลาสั้นๆ และเชื้อราเอนโดไมคอร์ไรซาชนิดเส้นใยไม่มีผนังกัน (non-septate hypha) จะสร้างสปอร์ผนังหนา ทั้งในบริเวณผิวรากและดินรอบๆรากพืช ซึ่งเส้นใยเหล่านี้จะเจริญเข้าไปอยู่ใน cortical cell สร้าง

อาร์บัสคูล (arbuscule) ซึ่งเป็นที่แลกเปลี่ยนอาหารระหว่างรากกับพืช ทั้งยังสร้างเวสสิเคิล (vesicle) เพื่อสะสมอาหาร ซึ่งเชื้อรานี้จะขยายพันธุ์โดยใช้สปอร์ และแพร่กระจายไปได้โดยลม น้ำ แมลง (ออมทรัพย์, 2527)

3. เชื้อราเอกเทนโดไมคอร์ไรซา (Ectendotrophic mycorrhiza)

เชื้อราเอกเทนโดไมคอร์ไรซาเป็นไมคอร์ไรซาที่มีลักษณะอยู่ระหว่างเอกโตไมคอร์ไรซา และเอนโดไมคอร์ไรซา แต่มีลักษณะคล้ายรากพวกแรกมากกว่า เส้นใยอยู่อย่างหลวมๆ รอบรากพืช มีลักษณะเป็นเยื่อบางๆ หรือเป็นแผ่นเนื้อเยื่อบางๆ พืชอาศัยจะพบมากในรากของไม้สน (conifer) (ธงชัย, 2535)

การจำแนกชนิดของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา

ตาราง 1 การจัดหมวดหมู่ของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา

Order	Family	Genus
<i>Archaeosporales</i>	<i>Archaeosporaceae</i>	<i>Archaeospor</i>
<i>Glomales</i>	<i>Glomaceae</i>	<i>Glomus</i>
<i>Paraglomerales</i>	<i>Paraglomaceae</i>	<i>Paraglomus</i>
<i>Diversisporales</i>	<i>Acaulosporaceae</i>	<i>Acaulospora</i>
		<i>Entrophospora</i>
	<i>Gigasporaceae</i>	<i>Gigaspora</i>
		<i>Scutellospora</i>

ที่มา: Schubler et al (2001)

การเข้าสู่รากพืชของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา

ในระยะแรกจะมีการงอกของสปอร์และมีการเจริญเติบโตขึ้นต้นของ germ tube เพื่อใช้ในการแทงเข้าสู่เซลล์พืช ในระยะนี้ไม่มีการแบ่งตัวของนิวเคลียส ศักยภาพในการแทงเข้าสู่รากพืชจะใช้เวลา 2-3 วันถึงหลายสัปดาห์ ซึ่งแตกต่างกันไปตามชนิดของเชื้อรา (Bowen, 1987) เมื่อ germ tube สัมผัสกับรากจะงอกเส้นใยเข้าไปในเซลล์พืช เชื้อราสามารถเข้าสู่รากพืชได้ 3 ทาง คือ

ทางขนราก รากแก่ และในเซลล์ชั้นเอพิเดอร์มิสที่มีการฉีกขาด เชื้อราเข้าทางสู่รากพืชโดยเข้าไปในระหว่างชั้นเอพิเดอร์มิสเพื่อเกาะติดผิวของรากพืช หลังจากนั้นเชื้อราจะสร้างแอปเพรสเซอร์ียม (appressorium) ในเซลล์ชั้นนอกเมื่อเส้นใยเจริญเข้าสู่รากพืชมีการเจริญหลายลักษณะ เช่น มีการเจริญม้วนเป็นวง หรือแตกกิ่งก้านสาขาลายพุ่มไม้เรียกโครงสร้างนี้ว่า ออับัสคูล (arbuscule) การสร้างออับัสคูลนี้จะเกิดหลังจากที่ใยราแทงเข้าไปในเซลล์พืชประมาณ 2-5 วัน โดยเส้นใยที่งอกแทงเข้าสู่ชั้นคอร์เท็กซ์จะแทงผ่านผนังเซลล์ของพืช แล้วดันเยื่อหุ้มเซลล์ให้โป่งเป็นช่อง จากนั้นจึงมีการแตกกิ่งก้านสาขาลายกิ่งไม้เป็นการเพิ่มพื้นที่สัมผัสระหว่างเซลล์รากพืชและเชื้อรา ซึ่งบริเวณนี้มีการแลกเปลี่ยนสารอาหารระหว่างอาร์บัสคูลของเชื้อราและเซลล์พืช อาร์บัสคูลมีอายุประมาณ 4-15 วัน ก็จะถูกย่อยสลายไปและปลดปล่อยธาตุอาหารออกมาให้เซลล์พืช จากนั้นเชื้อราจะสร้างเวสสิเคิล (vesicle) ซึ่งเป็นโครงสร้างรูปไข่ หรือมีรูปร่างเหมือนกับเซลล์ที่อาศัยอยู่ มักเกิดอยู่ที่ปลายหรือระหว่างเส้นใยที่พองออก ภายในเวสสิเคิลเป็นหยดไขมันซึ่งเป็นอาหารที่เก็บสะสม เมื่ออยู่ในสภาวะเครียดเชื้อรานำอาหารสะสมเหล่านี้ไปใช้ ซึ่งทำให้เวสสิเคิลสลายไป (Bowen, 1987) เวสสิเคิลนี้สามารถเปลี่ยนเป็นสปอร์เพื่อใช้ในการขยายพันธุ์ได้เมื่อหลุดออกจากราก หรือบางชนิดสามารถสร้างเป็นสปอร์ภายในรากพืชได้ สปอร์อาจสร้างเป็นสปอร์เดี่ยวๆ หรืออยู่ร่วมกันเป็นกลุ่ม เรียก sporocarp สปอร์ส่วนใหญ่มีผนังหนาและมีหลายชั้น สีของสปอร์จะแตกต่างกันไปตามชนิดของเชื้อรา (Harley and Smith, 1983)

ปัจจัยที่มีผลต่อการเข้าสู่รากพืช การงอกของสปอร์ และการเจริญเติบโตของเชื้อราออับัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา

1. อุณหภูมิของดิน

Raju et al. (1990) ศึกษาผลการเจริญเติบโตของเชื้อราออับัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาในข้าวฟ่างที่อุณหภูมิต่างๆ พบว่า ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เชื้อ *G. macrocarpum* เข้าสู่รากพืชได้ดีที่สุด และทำให้พืชเจริญเติบโตและดูดอาหารได้มากที่สุด ที่อุณหภูมิ 20 และ 25 องศาเซลเซียส เชื้อ *G. fasciculatum* ทำให้พืชเจริญเติบโตทางด้านลำต้นได้ดีที่สุด แต่มีการดูดอาหารได้ดีที่สุดที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส ส่วนเชื้อ *G. intraradices* ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ทำให้การเจริญเติบโตทางด้านลำต้นและการดูดธาตุอาหารต่ำลง ส่วนการทดลองของ Haugen and Smith (1992) ศึกษาอิทธิพลของอุณหภูมิต่อการเข้าสู่รากถั่วเขียว และมะม่วงหิมพานต์ (*Anacardium occidentale*) ของเชื้อ *G. intraradices* พบว่าการเข้าสู่รากของถั่วเขียวเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เมื่อเปรียบเทียบกับที่อุณหภูมิ 38 และ 20 องศาเซลเซียส

สำหรับมะม่วงหิมพานต์ พบว่าการเข้าอาศัยที่อุณหภูมิ 20 และ 30 องศาเซลเซียส แต่ไม่พบการเข้าอาศัยที่อุณหภูมิ 38 องศาเซลเซียส สปอร์งอกได้ต่ำที่อุณหภูมิ 38 องศาเซลเซียส และงอกอย่างรวดเร็วและมีเปอร์เซ็นต์การงอกสูงที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียสสรุปได้ว่าอุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียสพบการเข้าสู่รากพืชของเชื้อราอับสคูลาร์ไมคอร์ไรซาได้ดีที่สุด

2. พีเอชของดิน (pH)

Wang et al. (1993) ศึกษาผลของพีเอชต่อการเข้าอาศัยของเชื้อราอับสคูลาร์ไมคอร์ไรซาในข้าวโอ๊ตและมะเขือเทศ พบว่า *G. caledonium*, *G. albidum*, *G. etunicatum*, *G. macrocarpum*, *G. fasciculatum*, *Acaulospora* spp. และ *S. calospora* มีการเข้าอาศัยในข้าวโอ๊ตและมะเขือเทศในดินที่มีพีเอช 5.5-7.5 ส่วนเชื้อราอับสคูลาร์ไมคอร์ไรซาพวก *G. tenue* จะพบการเข้าอาศัยในรากข้าวโอ๊ตและมะเขือเทศน้อยที่พีเอช 5.5-6.5 และไม่พบการเข้าอาศัยรากพืชทั้งสองชนิดเมื่อดินมีพีเอชเท่ากับ 7.5 สรุปได้ว่าพีเอช 5.5-7.5 พบการเข้าอาศัยในราก พีเอช 7.5 จะไม่พบการเข้าอาศัยในรากของเชื้อราอับสคูลาร์ไมคอร์ไรซา

3. ความชื้นในดิน

Jasper et al. (1993) ศึกษาการอยู่รอดของเชื้อราอับสคูลาร์ไมคอร์ไรซาในดินที่แห้งแล้งและความสัมพันธ์ในการสร้างสปอร์ พบว่าในดินที่แห้งแล้ง ไซราของ *S. calospora* และ *A. leavis* ไม่สามารถเข้าสู่รากพืชได้ Simpson and Daft (1990) ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างสภาพเครียดของน้ำและเชื้อราอับสคูลาร์ไมคอร์ไรซาชชนิดต่างๆ ที่มีต่อการเจริญเติบโตของพืชและการพัฒนาของเชื้อราอับสคูลาร์ไมคอร์ไรซาในข้าวโพด และข้าวฟ่าง พบว่า สภาพเครียดของน้ำมีผลต่อการเจริญเติบโตของพืชแต่ไม่มีผลกระทบต่อ การเข้าอาศัยในรากของเชื้อราอับสคูลาร์ไมคอร์ไรซาเมื่ออยู่ภายใต้สภาพเครียดของน้ำสปอร์ของเชื้อราอับสคูลาร์ไมคอร์ไรซามีจำนวนลดลง

4. ธาตุอาหารพืช

ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณธาตุอาหารและเชื้อราอับสคูลาร์ไมคอร์ไรซามีผู้ทำการศึกษาอย่างกว้างขวางและเป็นที่ยอมรับกันว่า เชื้อราอับสคูลาร์ไมคอร์ไรซาสามารถเข้าอาศัยในรากพืชได้ดี เมื่อมีปริมาณธาตุอาหารในดินต่ำ เช่นจากการศึกษาของ Gryndler et al. (1990) พบว่า ปริมาณธาตุอาหารหลัก ได้แก่ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม มีผลต่อปริมาณการเข้าอาศัยในรากพืชของเชื้อราอับสคูลาร์ไมคอร์ไรซาโดยเฉพาะฟอสฟอรัส ซึ่งพบว่าถ้าในดินมี

ฟอสฟอรัสในระดับปานกลางแต่มีการเพิ่มธาตุไนโตรเจนการเข้ารากของเชื้อรา
อับสคูลาร์ไมคอร์ไรซาจะเพิ่มขึ้น แต่หากมีฟอสฟอรัสสูงการเข้าอาศัยในรากจะลดลง

Vaast and Zasoski (1992) ศึกษาผลการใช้ไนโตรเจนแบบต่างๆร่วมกับเชื้อรา
อับสคูลาร์ไมคอร์ไรซาที่มีต่อลักษณะดินรอบๆราก การเจริญเติบโตและการสะสมธาตุอาหารใน
กล้ากาแฟ (*Coffea arabica* L.) ที่ปลูกในดินกรด พบว่าการใช้ไนโตรเจนในรูปแอมโมเนียมมีผลทำ
ให้การเข้าอาศัยของเชื้อราดำกว่าการใช้ไนโตรเจนในรูปของไนเตรทและแอมโมเนียมไนเตรท
นอกจากนี้พีเอชของดินบริเวณรอบๆรากจะลดลงเมื่อใช้ในเตรท ส่วนแอมโมเนียมไนเตรทมีผลทำ
ให้พีเอชของดินเพิ่มขึ้น ส่วนพืชที่มีเชื้อราอับสคูลาร์ไมคอร์ไรซาจะมีการเจริญเติบโตและมีการ
สะสมไนโตรเจน แคลเซียม และแมกนีเซียมได้ดีกว่าพืชที่ไม่มีเชื้อราอับสคูลาร์ไมคอร์ไรซา

5. สารเคมี

Sreenivasa and Bagyaraj (1989) ศึกษาผลของยาปราบศัตรูพืช (ยาฆ่าเชื้อรา ยาฆ่า
ไส้เดือนฝอย และยาฆ่าแมลง) ต่อการสร้างเส้นใยในรากและจำนวนสปอร์ของเชื้อรา
G. fasciculatum พบว่าแคพแทน (Captan) และคาโบฟูแรน (Carbofuran) ที่ระดับความเข้มข้น
0.12 ลิตร และ 0.14 ลิตรต่อส่วนผสมทั้งหมด 2.5 ลิตร ตามลำดับ สามารถเพิ่มปริมาณการสร้างเส้น
ใยในราก และจำนวนสปอร์ ทั้งแคพแทนและคาโบฟูแรนที่ระดับความเข้มข้นดังกล่าวช่วยยับยั้ง
การปนเปื้อนของเชื้อราชนิดอื่นและไส้เดือนฝอยในกระถางที่เพาะเลี้ยงเชื้อ *G. fasciculatum* สำหรับ
ยาฆ่าแมลง ฟอร์โมโรดอน (Formothion) และมาลาโรดอน (Malathion) ที่ความเข้มข้น 0.001 ลิตร
ต่อน้ำ 1 ลิตร พบว่าไม่เป็นอันตรายต่อเชื้อ *G. fasciculatum* ส่วน Habte et al. (1992) พบว่าเชื้อ
G. aggregatum จะอ่อนแอมากต่อสารกำจัดเชื้อราพวกคลอโรธาโลนิล (Chlorothalonil) ที่ตกค้าง
ในดินนาน 12.5 สัปดาห์

6. ชนิดของพืชอาศัย

Boyetchko and Tewari (1990) ศึกษาการเข้าสู่อากพืชชนิดต่างๆ ของเชื้อ
G. dimorphicum พบว่าจีโนมของพืชอาศัยช่วยชักนำให้เชื้อ *G. dimorphicum* เข้าสู่อากพืชและ
ลักษณะทางสัณฐานของเชื้อในรากพืชก็มีความแตกต่างกันไปตามชนิดของพืช โดยพบว่าการเข้าสู่อาก
ข้าวบาร์เลย์ในระดับต่ำ แต่ในพืชตระกูลถั่วอัลฟัลฟา และหอมจะมีการเข้าสู่อากพืชในระดับสูง
และการเข้าสู่อากพืชจะสูงที่สุดใน red clover และข้าวโพด ส่วนเส้นใยที่พบในราก พบว่าในราก
ข้าวโพด อัลฟัลฟา และ red clover จะมีลักษณะม้วนเป็นวง และพบเวสทิเคิลใน red clover และพืช
ตระกูลถั่วเท่านั้น ในขณะที่อับสคูลพบในพืชทุกชนิดยกเว้นข้าวบาร์เลย์ ส่วนการศึกษาของ

Vivekanadav and Fixen (1991) ศึกษาถึงระบบการปลูกพืชที่มีผลต่อการเข้าอาศัยของเชื้อราอับสคูลาร์ไมคอร์ไรซาในข้าวโพด พบว่า ระดับการเข้าอยู่อาศัยของเชื้อราอับสคูลาร์ไมคอร์ไรซาในข้าวโพดจะมีค่าสูงสุดเมื่อพื้นที่นั้นเคยมีการปลูกถั่วเหลืองมาก่อน และระดับการเข้าอยู่อาศัยในรากพืชนี้จะมีค่าต่ำสุด เมื่อมีการปลูกข้าวบาร์เลย์มาก่อน

7. จุลินทรีย์ชนิดอื่น

Singh et al. (1991) ศึกษาผลของการปลูกเชื้อยีสต์ (*Saccharomyces cerevisiae*) ที่เมล็ดพืชตระกูลถั่วโดยตรงต่อการเข้าอยู่อาศัยของเชื้อราอับสคูลาร์ไมคอร์ไรซาพบว่าในพืชตระกูลถั่วคือ กระถินไทย (*Leucaena leucocephala*) ถั่วเหลือง (*Glycine max*) ถั่วแระ (*Phaseolus aureus*) และ azuki bean (*Vigna unguiculata*) มีการเข้าสู่รากของเชื้อราอับสคูลาร์ไมคอร์ไรซาการเกิดเวสติเกิล และปริมาณสปอร์เพิ่มขึ้น เมื่อมีการใส่เชื้อยีสต์ที่เมล็ดพืช

Carpenter-Boggs et al. (1995) ศึกษาการกระตุ้นการงอกของสปอร์ *Gi. margarita* โดยสารระเหยที่ผลิตโดยเชื้อแอคติโนมัยซีทที่แยกได้จากดินไร่จำนวน 19 ตัวอย่าง เพื่อนำมาผลิตสารระเหย (volatiles) เพื่อใช้กระตุ้นการงอกของสปอร์ *Gi. margarita* พบว่า เชื้อแอคติโนมัยซีทบางชนิดช่วยให้สปอร์ของเชื้อ *Gi. margarita* มีการงอกเพิ่มขึ้นถึง 75 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับในชุดที่ไม่มีการใส่แอคติโนมัยซีทที่มีการงอกเพียง 25 เปอร์เซ็นต์ และพบว่าแอคติโนมัยซีทที่มีรูปร่างตรง (straight) จะสามารถกระตุ้นการงอกของเส้นใยได้มากกว่าแอคติโนมัยซีทที่มีรูปร่างเป็นเกลียว (spiral)

ประโยชน์ของเชื้อราอับสคูลาร์ไมคอร์ไรซาที่มีต่อพืชอาศัย

1. ช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช

พืชที่มีเชื้อราอับสคูลาร์ไมคอร์ไรซาอาศัยอยู่จะมีการเจริญเติบโตได้ดีกว่าพืชที่ไม่มีไมคอร์ไรซาโดยเฉพาะพืชที่มีรากอวบและรากขนอ่อนน้อย เช่น ไม้ยืนต้น ไม้ประดับ มันสำปะหลัง ปาล์ม องุ่น ส้ม ส่วนพืชตระกูลหญ้าและถั่วมีการตอบสนองต่อเชื้อราอับสคูลาร์ไมคอร์ไรซาน้อยเพราะมีรากเล็กและรากหนาแน่น (นันทกร และคณะ, 2533) การที่เชื้อราอับสคูลาร์ไมคอร์ไรซาช่วยให้พืชเจริญเติบโตเนื่องจากช่วยดูดธาตุอาหารมากกว่า โดยเฉพาะธาตุฟอสฟอรัสทำให้การสังเคราะห์แสง และการใช้คาร์โบไฮเดรตมีประสิทธิภาพส่งผลให้มีสัดส่วนของลำต้นต่อรากสูงกว่าพืชที่ไม่มีเชื้อราอับสคูลาร์ไมคอร์ไรซา (Harley and Smith, 1983)

โสภณ (2540) ศึกษาผลของเชื้อราอับสคูลาร์ไมคอร์ไรซาต่อการเจริญเติบโตของข้าวโพดในดินที่ไม่อบฆ่าเชื้อ พบว่า ข้าวโพดที่ปลูกด้วยเชื้อมีการเจริญทางด้านความสูง น้ำหนักแห้ง และจำนวนสปอร์ต่อดิน 1 กรัมไม่แตกต่างจากข้าวโพดที่ไม่ได้ปลูกเชื้อ และพบว่า *G. aggregatum* มีจำนวนสปอร์สูงสุดแตกต่างจากเชื้อชนิดอื่นๆอย่างมีนัยสำคัญ ส่วนเปอร์เซ็นต์การเข้าอาศัยในรากข้าวโพดจะสูงสุดที่เชื้อ *G. rubiformis*

Lu and Koide (1994) ศึกษาผลของการเข้าอาศัยของเชื้อ *G. etunicatum* และการเติมธาตุฟอสฟอรัสที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและการสืบพันธุ์ของมะก่องข้าว (*Abutilon theophrasti*) พบว่าพืชที่มีการเข้าอาศัยของ *G. etunicatum* มีพื้นที่ใบทั้งหมดเพิ่มขึ้น การเข้าอาศัยของเชื้อจะช่วยลดอายุของพืชที่เริ่มออกดอก ช่วยให้ดอกบานได้ระยะหนึ่ง และช่วยเพิ่มผลผลิตเมล็ดโดยการเพิ่มการสร้างดอกและผล นอกจากนี้ยังพบว่า พืชที่มีเชื้อราอับสคูลาร์ไมคอร์ไรซาอาศัยอยู่จะมีเมล็ดที่มีปริมาณธาตุไนโตรเจน และฟอสฟอรัสมากกว่าพืชที่ไม่มีเชื้อราอับสคูลาร์ไมคอร์ไรซาอาศัยอยู่ Janos et al. (2001) ศึกษาผลของเชื้อราอับสคูลาร์ไมคอร์ไรซาต่อการส่งเสริมการเจริญเติบโตของต้นกล้าลิ้นจี่ (*Litchi chinensis*) ที่ขยายพันธุ์ด้วยการตอนกิ่ง พบว่าภายหลังจากที่ปลูกเชื้อราอับสคูลาร์ไมคอร์ไรซาเป็นเวลา 120 วัน พบว่าเชื้อราช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตทางด้านความสูงและการสร้างใบ แต่จะไม่มีผลต่อขนาดลำต้นของต้นกล้า และในช่วงท้ายของการตอนกิ่ง พบว่าต้นกล้าที่มีการเข้าอาศัยของเชื้อราอับสคูลาร์ไมคอร์ไรซาจะมีน้ำหนักแห้งของส่วนเหนือดินสูงกว่าต้นกล้าที่ไม่มีไมคอร์ไรซาถึง 39 เปอร์เซ็นต์ แต่น้ำหนักแห้งของรากไม่แตกต่างกัน

2. เพิ่มความสามารถในการดูดใช้ธาตุอาหารของพืช

เชื้อราอับสคูลาร์ไมคอร์ไรซามีความสามารถดูดใช้ธาตุอาหารที่จำเป็นแก่พืช เช่น ธาตุฟอสฟอรัส โดยเฉพาะเมื่อมีฟอสฟอรัสในดินต่ำ ซึ่งนับเป็นประโยชน์ต่อพืชอย่างมากเนื่องจากการเจริญของเส้นใยที่หุ้มรากมีส่วนในการช่วยเพิ่มพื้นที่ผิวสัมผัสระหว่างรากกับดินมากขึ้น และเป็นการลดระยะทางที่ฟอสฟอรัสจะเคลื่อนที่มายังรากทำให้พืชสามารถดูดใช้ฟอสฟอรัสได้ในปริมาณมากและรวดเร็วขึ้น ส่งผลให้ปริมาณฟอสฟอรัสในเนื้อเยื่อพืชที่มีเชื้อราอับสคูลาร์ไมคอร์ไรซาอาศัยอยู่ซึ่งสูงกว่าพืชที่ไม่มีไมคอร์ไรซา (Mosse, 1973) นอกจากนี้ยังพบว่าเชื้อราอับสคูลาร์ไมคอร์ไรซาจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการดูดใช้อาหารที่เคลื่อนที่ได้ช้าโดยใช้เส้นใยราในการดูดธาตุอาหาร เช่น สังกะสี และทองแดง แต่จะมีอิทธิพลน้อยในธาตุอาหารที่สามารถละลายน้ำได้ดี เช่น ไนโตรเจนและซัลเฟต (Powell, 1976)

Bolan (1991) ศึกษาบทบาทของเชื้อราอับสคูลาร์ไมคอร์ไรซาที่มีต่อการดูดใช้ธาตุฟอสฟอรัสของพืช พบว่า เชื้อราอับสคูลาร์ไมคอร์ไรซาช่วยเพิ่มความสามารถในการดูดใช้ธาตุ

ฟอสฟอรัสซึ่งเป็นธาตุที่เคลื่อนที่ได้ (mobile nutrient) ของพืชอาศัยได้มากกว่าพืชที่ไม่มีเชื้อราอาบัสตุลาร์ไมคอร์ไรซา เช่นเดียวกับ McGonigle and Miller (1993) ซึ่งศึกษาการพัฒนาของเชื้อราอาบัสตุลาร์ไมคอร์ไรซาและการดูดธาตุฟอสฟอรัสในระบบการปลูกพืชที่มีการไถพรวนน้อย พบว่ามีการเกิดกลุ่มของเส้นใยของเชื้อราอาบัสตุลาร์ไมคอร์ไรซา และมีปริมาณฟอสฟอรัสในลำต้นของข้าวโพดเพิ่มมากกว่าดินที่มีการไถพรวนน้อย Kothari et al. (1990) ศึกษาผลทางตรงและทางอ้อมของเชื้อราอาบัสตุลาร์ไมคอร์ไรซาและจุลินทรีย์ที่อาศัยอยู่ในบริเวณเขตรากพืชที่มีต่อปริมาณธาตุอาหารของข้าวโพดที่ปลูกในดินต่าง พบว่า ในลำต้นของข้าวโพดและรากที่มีเชื้อราอาบัสตุลาร์ไมคอร์ไรซาอาศัยอยู่มีความเข้มข้นของฟอสฟอรัส สังกะสี ทองแดง ในปริมาณที่เพิ่มขึ้น Faber et al. (1990) ศึกษาผลของเชื้อราอาบัสตุลาร์ไมคอร์ไรซาต่อการดูดธาตุสังกะสีในข้าวโพด พบว่า ในดินที่ไม่มีการเติมธาตุสังกะสี ข้าวโพดที่มีเชื้อราอาบัสตุลาร์ไมคอร์ไรซาอาศัยอยู่มีการเจริญเติบโตและมีปริมาณธาตุสังกะสีในเนื้อเยื่อสูงกว่าข้าวโพดที่มีเชื้อราอาบัสตุลาร์ไมคอร์ไรซาแต่เมื่อมีการเติมธาตุสังกะสี พบว่าข้าวโพดทั้งที่มีเชื้อราอาบัสตุลาร์ไมคอร์ไรซาและไม่มีเชื้อราอาบัสตุลาร์ไมคอร์ไรซาให้ผลไม่แตกต่างกัน

3. ช่วยเพิ่มความต้านทานเชื้อสาเหตุโรคพืช

เชื้อราอาบัสตุลาร์ไมคอร์ไรซาช่วยให้พืชมีความต้านทานการเข้าทำลายของเชื้อโรคพืชโดยเฉพาะเชื้อสาเหตุโรคที่เกี่ยวข้องกับรากพืช เนื่องจากเชื้อราอาบัสตุลาร์ไมคอร์ไรซาทำให้เกิดลักษณะทางกายภาพ และสัณฐานวิทยาของพืชเปลี่ยนไป (Reid, 1990) เช่นเพิ่มเอนไซม์ chitinase ซึ่งเป็นสารต่อต้านเชื้อรา (Pfleger and Linderman, 1994)

Sharma et al. (1993) ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างเชื้อราอาบัสตุลาร์ไมคอร์ไรซากับการเป็นโรคของพืช พบว่า เชื้อราอาบัสตุลาร์ไมคอร์ไรซาสามารถเปลี่ยนแปลงรูปแบบการซึมผ่านสารต่างๆ ออกมาภายนอกรากเพื่อเพิ่มกิจกรรมย่อยสลายไคติน (chitinolytic activity) และเปลี่ยนแปลงการสังเคราะห์แสง นอกจากนี้ยังพบว่าพืชที่มีเชื้อราอาบัสตุลาร์ไมคอร์ไรซาอาศัยอยู่มีความต้านทานต่อเชื้อโรคที่อยู่ในดินและพืชได้ Norman et al. (1996) ศึกษาผลของเชื้อราอาบัสตุลาร์ไมคอร์ไรซาในสตรอเบอรี่ที่มีต่อเชื้อ *Phytophthora fragariae* ในสตรอเบอรี่ 3 สายพันธุ์ คือ พันธุ์ Elsanta, Cambridge favorite และ Rhapsody พบว่า สตรอเบอรี่ 2 สายพันธุ์คือ Cambridge favorite และ Elsanta เชื้อราอาบัสตุลาร์ไมคอร์ไรซาช่วยลดอาการเน่าตาย (necrosis) ของรากลงได้ 60 และ 30 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ แต่เชื้อราอาบัสตุลาร์ไมคอร์ไรซาจะมีผลต่อสตรอเบอรี่พันธุ์ Rhapsody เพียงเล็กน้อยเท่านั้น Trotta et al. (1996) ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างเชื้อ *Phytophthora nicotianae* var. *parasitica* กับเชื้อราอาบัสตุลาร์ไมคอร์ไรซา *G. mosseae* ในมะเขือเทศ พบว่าเชื้อรา

อาบัสตุลาร์ไมคอร์ไรซาช่วยเพิ่มความต้านทานต่อเชื้อ *Phytophthora nicotianae* โดยในมะเขือเทศ ที่มีเชื้อราอาบัสตุลาร์ไมคอร์ไรซาเจริญร่วมกับเชื้อ *Phytophthora nicotianae* จะมีอาการเหี่ยวตายที่ เนื้อเยื่อรากลดลง โดยสามารถลดอาการเหี่ยวตายที่รากแขนงและที่ปลายรากลงได้มากถึง 63 และ 89 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

4. เพิ่มความสามารถในการทนแล้งของพืช

เชื้อราอาบัสตุลาร์ไมคอร์ไรซาช่วยให้พืชทนแล้งได้เนื่องจากมีผลต่อควบคุมการ เปิดปิดปากใบรวมทั้งควบคุมการคายน้ำของพืช (Auge et al., 1987) นอกจากนี้พบว่าในดินแห้งเส้นใยจะทำหน้าที่ลำเลียงน้ำจากดินไปสู่รากพืช โดยการดูดซับน้ำที่เคลือบอยู่ที่ผิวของเมล็ดดินและนำไปยังพืช และช่วยให้พืชฟื้นตัวจากสภาพเครียดของน้ำได้เร็วกว่าพืชไม่มีไมคอร์ไรซา (Sieverding, 1991) บทบาทของเชื้อราอาบัสตุลาร์ไมคอร์ไรซาที่มีต่อความสามารถในการทนแล้งของพืช มีผู้ทำการศึกษาอย่างมากมาย อาทิเช่น การศึกษาของ Subramanian et al. (1995) ศึกษาเชื้อราอาบัสตุลาร์ไมคอร์ไรซาต่อความสัมพันธ์ของน้ำในข้าวโพดที่กำลังมีฝักอ่อนภายใต้สภาพเครียดของน้ำในเรือนกระจก และศึกษาอิทธิพลของเชื้อรา *G. intraradices* ต่อความทนทานสภาพแห้งแล้งของข้าวโพดในเขตร้อน พบว่า ข้าวโพดสามารถทนทานต่อความแห้งแล้งได้เป็นเวลา 3 สัปดาห์ หลังจากที่มีข้าวโพดออกฝักอ่อน และในข้าวโพดที่มีเชื้อราอาบัสตุลาร์ไมคอร์ไรซาอาศัยอยู่มีอัตราการคายน้ำและปริมาณน้ำในใบ วัดในเวลาหลังเที่ยงสูงกว่าในข้าวโพดที่ไม่มีไมคอร์ไรซา แต่มีความต้านทานของปากใบต่ำกว่าข้าวโพดที่ไม่มีไมคอร์ไรซาอาศัยอยู่ นอกจากนี้ยังพบว่าในข้าวโพดที่ไม่มีไมคอร์ไรซาอาศัยอยู่มีพื้นที่สีเขียวมากกว่าในใบที่ไม่มีไมคอร์ไรซาอาศัยอยู่ถึง 27.5 เปอร์เซ็นต์ ภายใต้สภาพเครียดของน้ำ จากการทดลองนี้แสดงให้เห็นว่าเชื้อราไมคอร์ไรซาสามารถส่งเสริมให้พืชที่กำลังมีฝักอ่อนมีความต้านทานต่อสภาพแล้งอย่างมีนัยสำคัญ Osonubi et al. (1991) ศึกษาผลของเชื้อราอาบัสตุลาร์ไมคอร์ไรซาที่มีต่อการทนแล้งของพืชขึ้นต้นตระกูลถั่วที่ปลูกในสภาพที่มีฟอสฟอรัสต่ำ ได้แก่ กระถินณรงค์ (*Acacia auriculiformis*) จามจุรี (*Albizia lebbek*) แคนฝรั่ง (*Gliricidia sepium*) และกระถินไทย (*Leucaena leucocephala*) พบว่าในสภาพที่แห้งแล้ง กระถินไทยทั้งที่มีไมคอร์ไรซาและไม่มีไมคอร์ไรซา และกระถินณรงค์ที่มีไมคอร์ไรซาสามารถทนทานต่อแรงดันในท่อน้ำต่ำกว่า และมีการสูญเสียน้ำมากกว่าต้นแคนฝรั่งและจามจุรีทั้งที่มีและไม่มีไมคอร์ไรซา Tang and Chen (1999) ศึกษาผลของเชื้อราอาบัสตุลาร์ไมคอร์ไรซาต่อความสามารถในการต้านทานต่อสภาพแล้งใน *Hippophae rhamnoides* พบว่าเส้นใยของเชื้อราอาบัสตุลาร์ไมคอร์ไรซามีบทบาทสำคัญต่อการเพิ่มขึ้นของน้ำหนักราก และ

ช่วยลดอาการเหี่ยวจากการขาดน้ำของ *Hippophae rhamnoides* ทำให้ *Hippophae rhamnoides* มีความต้านทานต่อสภาพเครียดจากการขาดน้ำได้ดีขึ้น

5. ช่วยให้พืชทนต่อความเป็นพิษของโลหะหนัก

Guo et al. (1996) ศึกษาความสามารถของเชื้อ *G. mosseae* ต่อการดูดซับธาตุแคดเมียม และนิกเกิล ในดินถั่วและข้าวโพด พบว่า ในดินถั่วเชื้อราอาบัสตุลารไมคอร์ไรซามีบทบาทสำคัญในการเพิ่มความสามารถในการดูดซับธาตุแคดเมียมในดิน โดยสามารถดูดซับได้ถึง 37 เปอร์เซ็นต์ ของปริมาณแคดเมียมที่ดูดซับได้ทั้งหมด เช่นเดียวกับข้าวโพดที่สามารถดูดซับธาตุแคดเมียมได้เพิ่มขึ้น 41 เปอร์เซ็นต์ แต่เชื้อราอาบัสตุลารไมคอร์ไรซาไม่มีผลต่อการดูดซับธาตุ นิกเกิลในพืชทั้งสองชนิด Diaz et al. (1996) ศึกษาอิทธิพลของเชื้อราอาบัสตุลารไมคอร์ไรซาต่อการดูดซับธาตุสังกะสีและตะกั่วที่ปนเปื้อนในดิน และการเจริญเติบโตของ *Lygeum spartum* และ *Anthyllis cytisoides* ศึกษาโดยใช้เชื้อราอาบัสตุลารไมคอร์ไรซา 2 ชนิด คือ *G. mosseae* และ *G. macrocarpum* พบว่า ในดินที่ไม่มีการปนเปื้อนพืชที่มีและไม่มีเชื้อราอาบัสตุลารไมคอร์ไรซามีการเจริญเติบโตที่ใกล้เคียงกัน แต่เมื่อมีการปนเปื้อนของธาตุโลหะหนัก พบว่า *Anthyllis cytisoides* ที่มีเชื้อ *G. mosseae* มีการเจริญเติบโตสูงกว่า *G. macrocarpum* และไม่สามารถเจริญเติบโตได้หากไม่มีเชื้อราอาบัสตุลารไมคอร์ไรซาเข้าอาศัยในราก นอกจากนี้พบว่า พืชทั้งสองชนิดที่มีการเข้าอาศัยของเชื้อราอาบัสตุลารไมคอร์ไรซามีความเข้มข้นของธาตุโลหะหนักในเนื้อเยื่อดำกว่าในพืชที่ไม่มีเชื้อราอาบัสตุลารไมคอร์ไรซา

การเพิ่มปริมาณเชื้อราอาบัสตุลารไมคอร์ไรซา

เนื่องจากเชื้อราอาบัสตุลารไมคอร์ไรซาไม่สามารถเจริญเติบโตได้ในอาหารเลี้ยงเชื้อ การทดลองที่ทำกันอยู่ในปัจจุบันก็โดยการนำเอาดินที่มีเชื้อราอาบัสตุลารไมคอร์ไรซาหรือร่อนเก็บ รวบรวมสปอร์จากดินไปเพิ่มปริมาณหัวเชื้อเพื่อนำไปใช้กับพืชที่ต้องการเพาะเชื้อราอาบัสตุลารไมคอร์ไรซา ทางกลุ่มงานวิจัยจุลินทรีย์ดิน กองปฐพีวิทยา ได้ทำการทดลองหาวิธีการที่เหมาะสมสำหรับเพิ่มปริมาณหัวเชื้อราอาบัสตุลารไมคอร์ไรซาคือ

1. การเพิ่มปริมาณหัวเชื้อไมคอร์ไรซากระถาง (pot culture)

การเพาะเชื้อเพื่อเพิ่มปริมาณของเชื้อราอาบัสตุลารไมคอร์ไรซา สามารถทำได้ โดยการเพาะเลี้ยงเชื้อรานี้ให้เจริญร่วมกับพืชอาศัยที่ปลูกภายในกระถาง (pot culture) ซึ่งเป็น

ประโยชน์ในการเพิ่มปริมาณหัวเชื้อ และสามารถทำเพื่อผลิตเชื้อบริสุทธิ์ชนิดใดชนิดหนึ่งของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา นอกจากนี้ สปอร์ของเชื้อรา เส้นใย และชิ้นส่วนของรากที่มีเชื้อรานี้หรือดินบริเวณรากพืช สามารถใช้เป็นหัวเชื้อในการขยายพันธุ์ในพืชอาศัยได้ เส้นใย และชิ้นส่วนของรากที่มีเชื้อรานี้สามารถเข้าสู่รากของพืชได้เร็วกว่าสปอร์ วัสดุที่ใช้เพาะอาจจะใช้ทรายและมีการเติมธาตุอาหารลงไป ธาตุอาหารที่ผสมลงไปนี้ไม่ควรมีปริมาณมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งฟอสฟอรัสควรใส่ในปริมาณค่อนข้างต่ำ วัสดุที่ใช้ในการทำ pot culture อาจใช้ทรายผสมดิน 1:1 หรือ 1:2 โดยปริมาตร ขึ้นกับชนิดของดิน และควรนึ่งฆ่าเชื้อในวัสดุปลูกก่อนนำไปใช้ ส่วนพืชที่ใช้ในการเพิ่มปริมาณของเชื้อ เช่น ข้าวฟ่าง ข้าวโพด การเก็บรักษาเชื้อที่ผลิตได้ (inoculum storage) จากการเพาะเชื้อในกระถางซึ่งประกอบด้วยดินที่มีสปอร์ รากที่มีเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา และเส้นใยที่อยู่ในดิน โดยเก็บดินนี้ในภาชนะ หรือถุงพลาสติกที่ปิดสนิทแล้วเก็บในตู้เย็นที่มีอุณหภูมิประมาณ 4 - 5 องศาเซลเซียส หรืออาจปล่อยให้ดินในกระถางเพาะเชื้อค่อย ๆ แห้งที่อุณหภูมิห้อง การนำหัวเชื้อไปใช้จะใช้ดินจากการเพาะเชื้อในกระถางที่มีเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาไปใส่ให้ต้นกล้า หรือนำไปหว่านในแปลงปลูก (ธงชัย, 2550)

2. การเพิ่มปริมาณหัวเชื้อในแปลงขนาดเล็ก

ใช้พื้นที่ที่มีดินในลักษณะเป็นดินทรายความอุดมสมบูรณ์ต่ำ แปลงขนาด 2x2 ตารางเมตร อบอุ่นเชื้อในดินด้วยการรมเมทิลโบรไมด์ หรือการอบด้วยกำลังความร้อนแสงอาทิตย์ ซึ่งคลุมดินที่อบด้วยพลาสติกใสหนานาน 7 วัน ใส่ปุ๋ยรองพื้นด้วยปุ๋ยยูเรียในอัตรา 6 กิโลกรัมต่อไร่ หินฟอสเฟต 100 กิโลกรัมต่อไร่ ($3\% \text{P}_2\text{O}_5$) และโพแทสเซียมคลอไรด์ 3 กิโลกรัมต่อไร่ ปลูกข้าวฟ่างเว้นระยะระหว่างแถว 10 เซนติเมตร ระหว่างต้น 5 เซนติเมตร ใส่หัวเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาปริมาณ 200 สปอร์ต่อหลุมที่ก้นหลุมหรือจะใส่ในร่องเป็นแถวโดยคำนวณหัวเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาต่อแถวก่อนปลูก ปล่อยให้ข้าวฟ่างเจริญจนมีอายุประมาณ 4 เดือน ซึ่งจะเป็นระยะที่มีการผลิตสปอร์เต็มที่ เก็บเกี่ยวโดยการตัดพืชเหนือดิน จากนั้นเก็บดินลึกประมาณ 45 เซนติเมตร พร้อมราก นำมาผึ่งให้แห้งด้วยลม หลังจากดินแห้งคลุกเคล้าดินให้ทั่ว ตัดรากข้าวฟ่างให้เป็นชิ้นเล็กๆ ประมาณ 2-3 เซนติเมตร ปล่อยให้ดินแห้งอีกครั้ง ถ้ายังมีความชื้นอยู่อีก จากนั้นเก็บดินเชื้อไว้ที่อุณหภูมิห้องในถุงพลาสติก แต่การผลิตหัวเชื้อวิธีนี้จะต้องควบคุมการที่ถูกลบเปื้อนจากจุลินทรีย์อื่น ซึ่งอาจติดมากับลม คน สัตว์เลี้ยง และแมลง ดังนั้นจึงควรมีการดูแลรักษาแปลงปลูกอย่างดี เช่น ปลูกโดยการกางมุ้งและดูแลกำจัดโรคและแมลงอย่างดี เพื่อให้ได้เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาที่ปราศจากการปนเปื้อนและสามารถนำมาใช้เป็นปุ๋ยชีวภาพเพื่อเพิ่มผลผลิตพืช

แนวทางการนำไปใช้สำหรับการเกษตร

1. การทำหัวเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา (AM inoculum)

เนื่องจากไม่สามารถเพาะเลี้ยงในอาหารเทียมเลี้ยงเชื้อได้ ดังนั้นจึงนิยมขยายหัวเชื้อโดยเก็บสปอร์ไปขยายในถุงเพาะชำ หรือแปลงเพาะกล้าเพื่อขยายให้มีปริมาณมากขึ้นในต้นกล้าพวกถั่ว ข้าวโพด หรือพืชวงศ์ถั่ว แล้วไม่ใช้ดินเชื้อและรากของพืชที่นำมาขยายเชื่อนั้นไปปลูกผสมกับต้นกล้าที่เราต้องการเพาะปลูกต่อไป (ธงชัย, 2550)

1.1 การใช้ดินเชื้อ (Soil inoculum)

นำดินเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาที่ปริมาณห่างจากลำต้นไม้เกิน 50 เซนติเมตร โดยรอบและขุดลึกประมาณ 10 - 20 เซนติเมตรให้มีรากเดิมติดมาด้วย แล้วนำไปใช้ทันทีหรือเก็บไว้ในที่ร่มประมาณไม่เกิน 7 วัน เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาที่ติดอยู่กับดินจะนำไปปลูกกับดินเพาะอัตรา 1:6 ถึง 1:10 ส่วน แล้วเพาะเมล็ดและต้นกล้า วิธีนี้ข้อดีคือประหยัด เสียค่าใช้จ่ายน้อย ไม่ต้องใช้วิธียุ่งยากซับซ้อนต่อการปฏิบัติ ข้อเสียคือ ดินมีน้ำหนักรากขนย้ายระยะทางไกล ๆ ไม่สะดวก เราไม่สามารถทราบชนิดเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาที่เหมาะสมกับต้นกล้าได้ และดินอาจมีเชื้อโรคติดมาระบาดต้นกล้าได้ง่าย วิธีการแก้ไข ต้องเลือกดินรากต้นแม่ที่สมบูรณ์ปราศจากโรคและควรปิดกั้นรากพืชหน้าดินออกให้สะอาดก่อนขุดดินนำเอาไปใช้เพาะต้นกล้า

1.2 การใช้สปอร์ (Spore inoculum)

เราสามารถนำสปอร์ไปผสมน้ำหรือใช้สปอร์โดยตรงคลุกกับเมล็ดพันธุ์ก่อนเพาะกล้า หรือนำสปอร์ผสมน้ำในอัตราส่วน 1:1000 แล้วฉีดพ่นกับต้นกล้าหรือเมล็ดพันธุ์ในแปลงเพาะ ข้อดีวิธีนี้นี้นี้คือ นำไปปฏิบัติได้ง่าย ทราบชื่อพันธุ์ได้ แต่มีข้อเสียคือ เราไม่สามารถเก็บสปอร์ในปริมาณมาก ๆ ได้ ไม่สามารถคัดเลือกสายพันธุ์ที่ดีมีประสิทธิภาพสูง และสปอร์มีระยะพักตัว มีการงอกที่ไม่สม่ำเสมอ สปอร์บางชนิดมีอัตราการงอกต่ำ ต้องใช้วิธีกระตุ้นเป็นพิเศษจึงจะสามารถงอกได้สปอร์สามารถทำเป็นเม็ดไมคอร์ไรซา (Mycorrhizal tablets) ได้

2. การทำปุ๋ยชีวภาพไมคอร์ไรซาอัดเม็ด

การขยายเชื้อโดยใช้ vermiculite : peat moss อัตราส่วน 28:1 แล้วผสมกับอาหารเทียม MMW ที่ปราศจาก 50% agar จะให้ผลดีสามารถเลี้ยงเชื้อได้ภายใน 3-4 เดือน ก็นำเอาหัวเชื้อไปใช้คลุกดินเพาะกล้าได้ ในอัตราส่วน 1:8 ถึง 1:10 แล้วจึงเพาะเมล็ดกล้าไม้ วิธีการนี้มีข้อเสียคือ

ต้องใช้เทคนิคเครื่องมือและอุปกรณ์ค่อนข้างซับซ้อนและต้องการความรู้ และความชำนาญเป็นพิเศษจึงดำเนินการได้ แต่ข้อดีก็คือ หัวเชื้อที่ได้จะบริสุทธิ์ปราศจากเชื้อปนเปื้อน และได้สายพันธุ์ที่เป็นพันธุ์ที่ได้คัดเลือกสายพันธุ์เหมาะสมแล้วมาใช้และมีประสิทธิภาพสูง ในแง่วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสมัยใหม่ (ธงชัย, 2550)

3. การใส่ผงเชื้อให้แก่พืชมีวิธีการดังนี้

1. การใส่ผงเชื้อโดยโรยผงเป็นแถบ เป็นวิธีการใส่ผงเชื้อโดยการโรยผงเชื้อเป็นแถบๆ ข้างแถวที่ปลูกพืช วิธีนี้ได้ผลดีในกรณีที่มิผงเชื้อในปริมาณที่จำกัด
2. การผสมผงเชื้อกับดิน เป็นวิธีการใส่ผงเชื้อราให้แก่รากพืชที่คล้ายกับการใส่ผงเชื้อแบบธรรมชาติมากที่สุด ในแปลงปลูกพืชจำเป็นต้องใช้ผงเชื้อเป็นปริมาณมากเพื่อให้เกิดการติดเชื้อได้เร็วและมีปริมาณการติดเชื้อสูง แต่ถ้าเป็นการปฏิบัติในเรือนกระจกหรือในเรือนเพาะชำแล้ว การผสมผงเชื้อกับดินแล้วหว่านไปบนผิวดินผสมคลุกเคล้าให้ดี
3. การพอกเมล็ด หลักการทั่วไปจะคล้ายกันกับการพอกเมล็ดถั่วด้วยเชื้อไรโซเบียม กล่าวคือนำเอาสปอร์ หรือ รากที่มีเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาที่ได้จากการเพาะเลี้ยงในกระถางโดยวิธีร่อนผ่านตะแกรงแบบเปียก (Wet sieving and decanting) มาจำนวน 35 มิลลิลิตร ผสมเข้ากับสารละลาย 1 เปอร์เซ็นต์ (W/V) ของ 400-centipoise methyl-cellulose จำนวน 5 มิลลิลิตร แล้วผสมกับเมล็ดพืช (ธงชัย, 2550)
4. การเพาะเชื้อร่วมกับพืชก่อนย้ายกล้า (Pre-inoculation of transplanted seedlings) ในพืชที่มีการย้ายกล้า การเพาะเชื้อร่วมกับก่อนการทำการย้ายกล้าจะเป็นวิธีที่ดีที่สุด มักใช้กับพืชพวกไม้ยืนต้น เช่น กล้วยไม้ผล และไม้ป่าเป็นต้น

ไกลมาลิน-สารสัมพันธ์โปรตีนในดิน

ไกลมาลิน (Glomalin) คือโปรตีนในดินที่เป็นองค์ประกอบของอินทรีย์วัตถุ ดังตาราง 1 ที่ถูกค้นพบเมื่อปี 1996 (Wright, 2002) ไกลมาลินจะประกอบด้วยไนโตรเจนจับอยู่กับโพลีแซคคาไรด์ (Wright and Upadhyaya, 1998) สารนี้ผลิตจากจุลินทรีย์กลุ่มอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา ซึ่งจุลินทรีย์กลุ่มนี้จะมีการอาศัยอยู่ร่วมกับพืชอาศัยแบบพึ่งพาอาศัยกัน (symbiosis) (Rillig, 2005) สำหรับการปลดปล่อยไกลมาลินออกจากส่วนเส้นใยของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา นั้นอาจจะเกิดจากหลุดร่อนของส่วนเส้นใย หรือถูกขับออกมาจากในส่วนปลายเส้นใย ในขณะนี้ยังไม่ทราบกลไกการสร้างไกลมาลินอย่างชัดเจน นอกจากนี้สายพันธุ์

ของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซามีส่วนสำคัญในอัตราการสร้างโกลมาลินที่แตกต่างกันด้วย โดยจะตอบสนองต่อการจัดการทางการเกษตรต่าง ๆ เช่น การหมุนเวียนพืชที่ปลูก การไถ การใส่ปุ๋ยเคมี เป็นต้น

ตาราง 2 คำนิยามของโกลมาลินส่วนต่าง ๆ

คำเก่า(Old usage)	ลักษณะที่เฉพาะ	คำใหม่ที่เสนอให้ใช้ (Proposed new name/usage)	เหตุผลที่เปลี่ยน
โกลมาลินทั้งหมด TG (total glomalin)	ทำปฏิกิริยากับโปรตีนในดิน ภายหลังจากการสกัดอย่างดี (Bradford-reactive soil protein after extensive extraction)	ทำปฏิกิริยากับ โปรตีนในดิน BRSP (Bradford reactive soil protein)	วิธี Bradford จะใช้กับ แหล่งโปรตีนทั้งหมด อาจจะไม่เฉพาะเจาะจง (Bradford method measures all protein sources; may be nonspecific)
โกลมาลินสกัดได้ง่าย EGG (easily extractable)	ทำปฏิกิริยากับโปรตีนในดิน ภายหลังจากการสกัดอย่างดี (Bradford-reactive soil protein after extensive extraction)	ทำปฏิกิริยากับ โปรตีนในดินได้ง่าย EE-BRSP(easily extractable BRSP)	วิธี Bradford จะใช้กับ แหล่งโปรตีนทั้งหมด อาจจะไม่เฉพาะเจาะจง (Bradford method measures all protein sources; may be nonspecific)
immunoreactive โกลมาลินสกัดได้ ทั้งหมด IRTG (immunoreactive total glomalin)	โปรตีนในดินที่แยกได้ ภายหลังจากการสกัดอย่างดี Immunoreactive (MAb32B11) soil protein identified after extensive extractions	โปรตีนในดิน IRSP (immunoreactive MAb32B11 soil protein)	จำเป็นสำหรับปฏิกิริยา ข้ามกันกับแอนติบอดี หรือเนื้อเยื่อที่ไว (Potential for antibody crossreactivity or sensitivity issues)

ตาราง 2 (ต่อ)

คำเก่า(Old usage)	ลักษณะที่เฉพาะ	คำใหม่ที่เสนอให้ใช้ (Proposed new name/usage)	เหตุผลที่เปลี่ยน
immunoreactive โกลมาลินสกัดได้ง่าย IREEG (immunoreactive easily extractable glomalin)	โปรตีนในดินที่แยกได้ ภายหลังจากการสกัด อย่างดี (Immunoreactive (MAb32B11) soil protein identified after extensive extractions)	โกลมาลินที่สกัดได้ง่าย EE-IRSP (easily extractable immunoreactive MAb32B11 soil protein)	จำเป็นสำหรับปฏิกิริยา ข้ามกันกับแอนติบอดี หรือเนื้อเยื่อที่ไว (Potential for antibody crossreactivity or sensitivity issues)
โกลมาลิน (Glomalin)	คำเก่าใช้จำแนกแหล่ง โปรตีนทั้งหมดโดย Bradford และ ELISA เช่น โกลมาลินทั้งหมด โกลมาลินสกัดได้ง่าย immunoreactive โกลมาลินสกัดได้ ทั้งหมด และ immunoreactive โกลมาลินสกัดได้ง่าย Old term used to identify all protein pools measured by Bradford and ELISA (i.e., TG, EEG, IRTG, and IREEG) and the actual protein	โกลมาลิน-สารสัมพันธ์ โปรตีนในดิน(GRSP Glomalin related soil protein)	แยกโปรตีนจากดินโดย ใช้ขึ้น (To clearly separate soil-derived protein from the putative gene product)

ตาราง 2 (ต่อ)

คำเก่า(Old usage)	ลักษณะที่เฉพาะ	คำใหม่ที่เสนอให้ใช้ (Proposed new name/usage)	เหตุผลที่เปลี่ยน
โกลมาลิน Glomalin (sensu stricto)	ปัจจุบันไม่รู้จักราก จำแนกตามหลักโกลมา ลินคล้ายกับแหล่ง โกลมาลินในดิน Currently unknown identity, theoretically glomalin should be similar to soil glomalin pools (in particular immunoreactive pools)	โกลมาลิน (Glomalins)	โกลมาลินจะพบใน ผลิตภัณฑ์เกี่ยวกับจีน (The name glomalin should be reserved for the gene product)

ที่มา: ดัดแปลงมาจาก Rillig (2004)

ผลของโกลมาลิน-สารสัมพันธ์โปรตีนในดินต่อสมบัติทางกายภาพ และเคมีของดิน

1. ความสัมพันธ์ระหว่างความคงทนของเม็ดดินกับปริมาณโกลมาลิน-สารสัมพันธ์โปรตีนในดิน

ค่าสหสัมพันธ์ (r^2) ปริมาณโกลมาลินที่สกัดได้ง่ายมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับความคงทนของเม็ดดินค่อนข้างสูง และมีค่าสูงกว่าค่าสหสัมพันธ์ระหว่างโกลมาลินทั้งหมดกับความคงทนของเม็ดดิน (Wright and Upadhyaya, 1998; สุทธิดา และคณะ, 2552) นอกจากนี้การสลายตัวนั้นโกลมาลินมีการสลายตัวช้ากว่าส่วนของเส้นใยของ เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาโดยมีการประเมินระยะเวลาในการย่อยสลายของ โกลมาลิน เมื่ออยู่ในดินนั้นอาจนานถึงหลายสิบปีนอกจากนี้การผลิตอาจทำได้ในสภาพห้องทดลองหรือหลอดทดลองปลอดเชื้อ (sterile *in vitro*) ของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาทำให้เกิดโครงสร้างใหม่ของดิน (regeneration of soil structure) (Smith and Read, 1997; Miller and Jastrow, 2000)

2. การเก็บรักษาคาร์บอนไว้ในดิน

จากความสามารถในการเสริมสร้างและความคงทนของเม็ดดินดังที่กล่าวข้างต้น ผลที่ได้รับตามมาก็คือเม็ดดินขนาดเล็ก (microaggregate) เป็นผลมาจากสาร โกลมาลิน และเม็ดดินขนาดเล็กนี้จะรวมตัวกันเกิดเป็นเม็ดดินขนาดใหญ่ (macroaggregate) โดยมีอิทธิพลของเส้นใยของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซารวมด้วย สำหรับการสลายตัวนั้น โกลมาลินมีการสลายตัวช้ากว่าส่วนของเส้นใยของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา โดยมีการประเมินระยะเวลาในการย่อยสลายของโกลมาลินเมื่ออยู่ในดินนั้นอาจจะต้องถึงหลายสิบปี จากเหตุผลเหล่านี้ทำให้ดินสามารถกักเก็บคาร์บอน (carbon storage) และมีผลให้ลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก เช่น CO_2 ที่เกิดขึ้นเนื่องจากการสลายตัวของอินทรีย์วัตถุในดิน (Lovelock et al., 2004; Rillig et al., 2001)

3. เพิ่มความสามารถของการทนแล้งหรือขาดน้ำได้

โกลมาลินช่วยเพิ่มความสามารถในการดูดซับน้ำและแร่ธาตุอาหารให้แก่ต้นไม้ เช่น ฟอสฟอรัส ในโดรเจน โพแทสเซียม แคลเซียม และธาตุอื่น ๆ ซึ่งธาตุเหล่านี้เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาจะดูดซับไว้ และสะสมในรากและซึมซับขึ้นส่วนต่างๆของต้นไม้ ช่วยในการสังเคราะห์แสง (photosynthesis) ของพืชเนื่องจากช่วยเพิ่มพื้นที่ผิว ปริมาณของรากพืชและต้นไม้ช่วยเพิ่มความแข็งแรงและความทนทานให้แก่ระบบรากของต้นไม้ ช่วยให้ต้นไม้มีความแข็งแรงทนทานต่อสภาพพื้นที่ที่แห้งแล้ง

4. การดูดซับโลหะหนักและธาตุพิษ

จากการศึกษาของ Gonzalez-Chavez et al. (2004) ได้ศึกษาปริมาณ Cu^{2+} ในสารโกลมาลิน-สารสัมพันธ์โปรตีนในดินที่ถูกสร้างมาจาก เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา และพบว่าปริมาณสูงสุด เมื่อเปรียบเทียบกับทรายที่ไม่มีเส้นใยของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาและส่วนของเส้นใยที่อยู่รวมกับรากพืช จะเห็นได้ว่าสาร โกลมาลินมีศักยภาพในการดูดซับ (Sequestration) โลหะหนักต่าง ๆ โดยอาจจะนำไปใช้ในการดูดซับโลหะหนักอื่น ๆ เช่น Cu, Cd, Pb และ Mn เพื่อบำบัดดินที่มีการปนเปื้อนโลหะ (Remediation) เหล่านี้ นอกจากนี้อีกจากการที่ส่วนของผนังเซลล์ของเส้นใยเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา มีกรดอะมิโน หมู่ไฮดรอกซิล คาร์บอกซิล และหมู่ฟอสเฟต กรุปอื่น ๆ ซึ่งเป็นที่เหมาะสมสำหรับโลหะต่าง ๆ เช่น Cu^{2+} หรือโลหะอื่น ๆ เข้ามาจับ (Gonzalez-Chavez et al., 2002) สำหรับความสามารถประการนี้อาจมีส่วนช่วยให้พืชมีความแข็งแรง ทนทานต่อความเป็นพิษของดิน และทนทานต่อความเป็นกรดเป็นด่างของดินได้โดยเฉพาะพืชอาหารต่าง ๆ (สุภริตา, 2552)

การนำเชื้อราอับสตุลาร์ไมคอร์ไรซามาใช้ร่วมกับปุ๋ยอินทรีย์

ปุ๋ยอินทรีย์ คือปุ๋ยที่ได้จากอินทรีย์สารซึ่งผลิตจากกรรมวิธีต่างๆ และจะเป็นประโยชน์ต่อพืชที่ต้องผ่านกระบวนการเปลี่ยนแปลงต่างๆ ทางชีวภาพก่อน ปุ๋ยคอกเป็นปุ๋ยอินทรีย์ชนิดหนึ่งได้จากมูลสัตว์ต่างๆ ที่อยู่ในรูปของเหลวและของแข็ง ส่วนใหญ่จะเป็นมูลสัตว์เลี้ยง เช่น มูลไก่ เป็ด วัว และสุกร เป็นต้น มูลสัตว์เหล่านี้จะประกอบด้วยอุจจาระและปัสสาวะของสัตว์ ซึ่งเป็นส่วนของซากพืชและซากสัตว์จากอาหารสัตว์ที่ผ่านกระบวนการย่อยสลายจากระบบย่อยอาหารของสัตว์ ปุ๋ยคอกที่สำคัญ ได้แก่ มูลหมู มูลเป็ด มูลไก่ ฯลฯ ซึ่งเป็นปุ๋ยคอกที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในสวนผักและผลไม้ ปุ๋ยคอกจะมีปริมาณธาตุอาหารค่อนข้างต่ำ โดยหาบๆแล้วจะมีไนโตรเจนประมาณ 0.4 เปอร์เซ็นต์ ฟอสฟอรัส 0.2 เปอร์เซ็นต์ และโพแทสเซียม 0.4 เปอร์เซ็นต์ (มุกดา, 2548)

ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน (Vermicompost) หมายถึง การใช้ไส้เดือนดินมาช่วยย่อยสลายอินทรีย์วัตถุเพื่อให้เกิดปุ๋ยหมักที่มีคุณภาพดี ปุ๋ยหมักที่ได้อาจเรียกว่า มูลไส้เดือนดิน มีลักษณะคล้ายกับดิน สีดำเข้ม เป็นเม็ดร่วน เหมาะที่จะนำมาใช้เพื่อเพาะปลูกหรือใช้เพื่อการปรับปรุงดิน เพราะปริมาณอินทรีย์วัตถุค่อนข้างสูง ส่วนปริมาณของธาตุอาหารนั้นขึ้นอยู่กับวัสดุที่ใช้ในการหมัก การนำปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดินไปปรับปรุงดินจะมีส่วนช่วยเพิ่มปริมาณฟอสฟอรัสในดินให้สูงขึ้นได้ และช่วยให้ดินมีโครงสร้างที่ดีขึ้น คือ ทำให้ดินสามารถอุ้มน้ำได้ดีขึ้น มีความโปร่ง ร่วนซุยรากพืชสามารถชอนไชได้ดีขึ้น ดินมีการระบายน้ำและอากาศได้ดีทำให้จุลินทรีย์ดินที่มีประโยชน์บริเวณรากพืชสามารถสร้างเอนไซม์ที่มีประโยชน์ต่อพืชได้เพิ่มขึ้น สำหรับปริมาณธาตุอาหารที่มีอยู่ในปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดินจะขึ้นอยู่กับชนิดของอินทรีย์วัตถุที่ใช้ในกระบวนการผลิต ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน (อานัฐ, 2549)

การนำเชื้อราอับสตุลาร์ไมคอร์ไรซามาใช้ประโยชน์ทางการเกษตรร่วมกับปุ๋ยอินทรีย์ ช่วยให้เพิ่มการเจริญเติบโตและผลผลิตของพืช ซึ่งมีงานวิจัยจำนวนมากที่ศึกษาเกี่ยวกับการนำเชื้อราอับสตุลาร์ไมคอร์ไรซามาใช้ร่วมกับปุ๋ยอินทรีย์ สุทธิดา และคณะ (2554) รายงานว่า การใส่เชื้อราอับสตุลาร์ไมคอร์ไรซาสปีชีส์ *G. etunicatum* และ *G. geosporum* มีผลทำให้ปริมาณสารสัมพันธ์ โปรตีนในส่วนของ สารไกลมาลินที่สกัดได้ง่ายสูงกว่าปุ๋ยมูลไส้เดือนที่ไม่มีการใส่เชื้อ และในส่วนของ สาร ไกลมาลินที่สกัดได้ทั้งหมดพบว่าปุ๋ยมูลสัตว์ที่มีการใส่เชื้อราอับสตุลาร์ไมคอร์ไรซามีแนวโน้มสูงกว่าปุ๋ยที่ไม่มีการใส่เชื้อราอับสตุลาร์ไมคอร์ไรซาในขณะเดียวกันการใส่เชื้อราอับสตุลาร์ไมคอร์ไรซาสายพันธุ์ *G. etunicatum* มีผลทำให้ปริมาณสารอินทรีย์คาร์บอน Water Soluble Carbon (WSC) มีแนวโน้มสูงกว่าปุ๋ยที่ไม่มีการใส่เชื้อรา

อาบัสตุลาร์ไมคอร์ไรซา ส่วนปริมาณ POC พบว่าการใส่เชื้อราอาบัสตุลาร์ไมคอร์ไรซา สายพันธุ์ *G. geosporum* มีผลทำให้ปริมาณสารอินทรีย์คาร์บอนในปุ๋ยในส่วน ของ Permanganate Oxidizable Carbon (POC) สูงกว่าปุ๋ยหมักที่ไม่มีการใส่เชื้อราอาบัสตุลาร์ไมคอร์ไรซา อาจจะกล่าวได้ว่าสารอินทรีย์คาร์บอนและโกลมาลินที่สกัดได้ง่ายมีศักยภาพที่จะนำไปใช้ในการ ประเมินความสมบูรณ์ในการหมักของปุ๋ยหมัก ซึ่งการใส่เชื้อราอาบัสตุลาร์ไมคอร์ไรซาร่วมกับปุ๋ย คอกช่วยให้ปุ๋ยคอกย่อยสลายเร็วขึ้น เกษตรกรสามารถนำไปใช้ได้ในช่วงเวลาสั้นเนื่องจากปุ๋ยที่ คลุกพร้อมกับเชื้อราอาบัสตุลาร์ไมคอร์ไรซาภายในไซโตรพลาสซึม (cytoplasm) ของเชื้อรา อาบัสตุลาร์ไมคอร์ไรซามีแบคทีเรียที่อาศัยร่วมอยู่ ซึ่งพบในเชื้อราอาบัสตุลาร์ไมคอร์ไรซาหลาย ชนิด รวมทั้งแบคทีเรียที่อาศัยอยู่บนภายนอกของผนังเซลล์สปอร์ด้วย (Walley and Germida, 1996) แบคทีเรียเหล่านี้ยังคงดำเนินกิจกรรมอยู่ จึงส่งผลให้มีการปลดปล่อย CO₂ ออกมาสูงเมื่อ เปรียบเทียบปุ๋ยหมักที่ไม่มีการใส่เชื้อราอาบัสตุลาร์ไมคอร์ไรซาและกิจกรรมจุลินทรีย์ที่อยู่ในมูล สัตว์จะดำเนินกิจกรรมย่อยการสลายตัวของเศษซากอินทรีย์ Perner et al. (2007) รายงานว่า การใช้ปุ๋ยอินทรีย์ร่วมกับเชื้อราอาบัสตุลาร์ไมคอร์ไรซา ช่วยเพิ่มธาตุอาหาร การเจริญ เติบโตของพืชและเพิ่มการออกดอกของพืช สุกานดา และคณะ (2552) รายงานว่า การใช้เชื้อรา อาบัสตุลาร์ไมคอร์ไรซาร่วมกับปุ๋ยอินทรีย์ ช่วยในการเพิ่มผลผลิตของสับปะรดพันธุ์อินเดียนได้ดี Fernandez-Gómez et al. (2010) รายงานว่า ปุ๋ยไส้เดือนดินช่วยเพิ่มกิจกรรมของจุลินทรีย์และ เอนไซม์ที่สามารถเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ทางชีวเคมีของดิน

การนำเชื้อราอาบัสตุลาร์ไมคอร์ไรซามาใช้ประโยชน์ในการปลูกข้าว

ข้าวเป็นพืชเศรษฐกิจที่มีความสำคัญต่อสังคมไทย ไม่เพียงแต่เป็นแหล่งอาหารที่ ให้คาร์โบไฮเดรตเท่านั้น ในแต่ละปีข้าวที่เหลือจากการบริโภคถูกส่งไปจำหน่ายยังตลาด ต่างประเทศเช่น จีน อินเดีย เวียดนาม อิหร่าน สหราชอาณาจักร เวียดนาม ดังนั้นอนาคตข้าวไทยจึงจำเป็นต้องมุ่งเน้นไปที่การผลิตคุณภาพสูงเพื่อการส่งออก โดยอาศัยความได้เปรียบทางด้านชื่อเสียงว่า เป็นผู้ผลิตข้าวคุณภาพสูงและเป็นผู้ส่งออกข้าวรายใหญ่ที่สุดของโลกมานาน (คณะกรรมการภาควิชาพืชไร่ฯ, 2542)

Li et al. (2011) รายงานว่า ข้าวนาข้าวพันธุ์ Guangyinzhan ที่ใส่เชื้อราอาบัสตุลาร์ ไมคอร์ไรซา *G. intraradices* และข้าวไร่พันธุ์ Handao 502 ที่ใส่เชื้อราอาบัสตุลาร์ไมคอร์ไรซา *G. geosporum* ช่วยเพิ่มความต้านทานต่อสารหนู เพิ่มผลผลิตเมล็ด น้ำหนักพืช จำนวนเมล็ด ฟาง ข้าว และการดูดใช้ฟอสฟอรัสและสารหนูในราก ในขณะเดียวกัน ข้าวนาข้าวพันธุ์ Guangyinzhan ที่

ใส่เชื้อราอับสคูลาร์ไมคอร์ไรซา *G. geosporum* และข้าวไร้พันธุ์ Handao 502 ที่ใส่เชื้อราอับสคูลาร์ไมคอร์ไรซา *G. intraradices* ทำให้ผลผลิตลดลงและเพิ่มความเข้มข้นของสารหนูในเมล็ด ซึ่งเกิดจากความแตกต่างของวิธีการปลูกข้าวและชนิดของเชื้อราอับสคูลาร์ไมคอร์ไรซา Xiao et al. (2010) รายงานว่า การปลูกพืชผสมผสานระหว่างถั่วเขียวกับข้าวไร้โดยการใส่เชื้อราอับสคูลาร์ไมคอร์ไรซา *G. caledonium* 90036 และ *A. laevis* 90034 ช่วยเพิ่มการดูดใช้ธาตุอาหาร การตรึงไนโตรเจนและ การเจริญเติบโตของถั่วเขียวเพิ่มมากขึ้น Ruiz-Sanchez et al. (2010) รายงานว่าการปลูกข้าวโดยใส่เชื้อราอับสคูลาร์ไมคอร์ไรซา *G. intraradices* โดยรักษาระดับความชื้นที่ 60-70 เปอร์เซ็นต์ (water holding capacity) พบว่าเชื้อราอับสคูลาร์ไมคอร์ไรซาช่วยเพิ่มน้ำหนักสดของต้นข้าวและเพิ่มการสังเคราะห์แสงของข้าว

Gao et al. (2007) รายงานว่า การปลูกข้าวสภาพมีอากาศโดยใส่เชื้อ *G. mosseae* และ *G. etunigatum* พบว่าเชื้อราอับสคูลาร์ไมคอร์ไรซาช่วยเพิ่มการเจริญเติบโตของข้าวและช่วยดูดใช้สังกะสีได้สูงกว่าข้าวที่ไม่ใส่เชื้อราอับสคูลาร์ไมคอร์ไรซา

การนำเชื้อราอับสคูลาร์ไมคอร์ไรซามาใช้ประโยชน์ในการปลูกคะน้า

คะน้า (Chinese Kale) มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Brassica oleracea* var. *alboglobra* เป็นพืชผสมข้าม ลักษณะจีโนม ของคะน้ายังไม่ทราบแน่นอน แต่มีโครโมโซม $2n=2x=8$ มีช่อดอกแบบช่อช่อกระจะ (raceme) เป็นพืชผักที่จัดอยู่ในพวกพืชสองฤดู (Biennial) แต่มันิยมปลูกเป็นผักฤดูเดียว มีแหล่งกำเนิดที่บริเวณเอเชียไมเนอร์ ปัจจุบันคะน้าเป็นพืชผักที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจของประเทศในเขตเอเชีย (ไฉน, 2542) คะน้ามีระบบรากแก้ว ลำต้นตั้งตรง ใบเป็นแบบใบเดี่ยว (simple leaf) มีหูใบอยู่ 1 คู่มี stipule ก้านใบยาว มีการจัดเรียงใบแบบสลับ ช่อดอกแบบกระจะ คือมีดอกตูมรวมเป็นกลุ่มอยู่บนส่วนยอดของดอก ดอกเป็นดอกแบบสมบูรณ์เพศแบบ regular type มีกลีบเลี้ยง 4 อัน สีเขียวอมเหลือง กลีบดอกมี 4 กลีบแยกกันเป็นอิสระ มีลักษณะตั้งตรงยาวเรียวยาวตั้งฐาน โดยทั่วไปมีสีขาวหรือเหลืองเกสรตัวผู้มี 6 อัน ยาว 4 อัน สั้น 4 อัน ยอดเกสรตัวเมียเป็นตุ่มสีเหลืองใส เมื่ออยู่ในระยะผสมเกสร มีลักษณะ 2 พูจัดเป็นพืชผสมข้าม ดอกจะบานในตอนเช้า เกสรตัวเมียพร้อมที่จะได้รับการผสม ก่อนที่ดอกจะบานประมาณ 4 วัน ผลเป็นฝักเรียวยาวเรียกว่า silique เมล็ดเมื่อแก่เต็มที่ จะมีลักษณะค่อนข้างกลม สีน้ำตาลแดงจนดำ มีน้ำหนัก 4.25 กรัมต่อ 1,000 เมล็ด พันธุ์ที่ปลูกในประเทศไทยจำแนกเป็น 2 ประเภท คะน้าใบมีลักษณะใบมน ผิวเรียบ สีเขียวเข้ม ต้นอวบหนา ข้อถี่ ผลผลิตสูง ลำต้นเตี้ยอวบ ส่วนกลางปล้องใหญ่ ใบเรียบ ปลายใบแหลมตั้งขึ้น ก้านใบและช่วงข้อยาว (มาโนช และ อติศักดิ์, 2536)

Wonglumsom et al. (2006) รายงานว่า ศึกษาผลของเชื้อราอับัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา ในการเจริญเติบโตของพืชผัก 3 ชนิดคือ กระเทียม คื่นห้าน้ำ และบวบกลีอกเคอร์รี่ โดยจำแนกสปอร์ของเชื้อราอับัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาที่ *Acaulospora*, *Gigaspora* and *Glomus* ในกระเทียมพบเข้าอาศัยในรากโดยเชื้อราอับัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา ในขณะที่คื่นห้าน้ำและบวบกลีอกเคอร์รี่ไม่พบการเข้าอาศัยในราก โดยเชื้อราอับัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา เนื่องจากพืชในตระกูล *Brassicaceae*, *Chenopodiaceae*, *Cyperaceae*, *Juncaceae* and *Caryophyllaceae* ไม่เคยพบหรือพบการเข้าอาศัยในรากโดยเชื้อราอับัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาได้น้อย (Geremann, 1968)