

วิจารณ์และสรุปผลการทดลอง

ผลของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาต่อการยับยั้งโรครากเน่าของต้นกล้าส้ม

ส้มเขียวหวานพันธุ์สายน้ำผึ้งที่ใส่เชื้อรา *Phytophthora parasitica* แสดงอาการของโรครากเน่ามากที่สุดในชุดทดลองที่ไม่มีเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา ส่วนต้นส้มเขียวหวานพันธุ์คลีโอพัตราเป็นสายพันธุ์ที่มีความต้านทานต่อการเกิดโรครากเน่าได้ดีกว่าต้นกล้าส้มชนิดอื่นที่ใช้ในการทดลอง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Colburn and Graham (2007) ที่รายงานว่า ส้มเขียวหวานพันธุ์คลีโอพัตรามีความสามารถทนทานต่อโรครากเน่าได้ดีกว่าส้มลูกผสมพันธุ์ทรอยเลอร์ พืชแต่ละชนิดมีความสามารถในการต้านทานโรคแต่ละชนิดได้แตกต่างกันจากระบบภูมิคุ้มกันของต้นพืชเอง (immune system) ทั้งจากลักษณะทางกายภาพ สารเคมีที่ป้องกันการเข้าทำลายของเชื้อ รวมถึงกลไกในการตอบสนองที่ช่วยต้านทานต่อการเข้าทำลายของเชื้อโรค (Kachroo and kachroo, 2009) นอกจากนี้ยังมีกลไกเหนี่ยวนำให้เกิดการต้านทานในต้นพืช (induced systemic resistance) โดยการกระตุ้นจากการเข้าสู่รากพืช (colonization) โดยจุลินทรีย์บริเวณรากพืช (rhizosphere) ที่ไม่ได้เป็นสาเหตุของโรค (Van Loon et al., 1998)

การวิจัยครั้งนี้พบว่าเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาช่วยยับยั้งการเกิดโรครากเน่าที่มีสาเหตุจากเชื้อรา *P. parasitica* ของต้นกล้าส้ม โดยส้มเขียวหวานพันธุ์สายน้ำผึ้งและมะนาวแป้นที่ใส่เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซามีเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคลดลงมากเมื่อเปรียบเทียบกับชุดที่ไม่ใส่เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา และมีปริมาณ zoospores ของเชื้อรา *P. parasitica* ในดินลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับชุดที่ไม่ใส่เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา โดยเฉพาะดินในกระถางปลูกส้มเขียวหวานพันธุ์คลีโอพัตราและมะนาวแป้นที่ใส่เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซามีปริมาณ zoospores ของเชื้อรา *P. parasitica* ลดลงอย่างชัดเจนมากกว่า 100 เท่า เมื่อพิจารณาเปอร์เซ็นต์ root colonization ของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาในรากของต้นมะนาวแป้นมีเปอร์เซ็นต์สูงที่สุด มีผลช่วยให้ต้นกล้าส้มมีความสามารถทนทานต่อโรครากเน่าได้มากขึ้นจากการที่เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาช่วยส่งเสริมให้พืชมีความแข็งแรง ดูดซับธาตุฟอสฟอรัสให้กับพืชอาศัยได้มาก ฟอสฟอรัสเป็นส่วนประกอบที่สำคัญของโครงสร้างหลักของสารหลายชนิดในพืชที่เกี่ยวข้องในกระบวนการเมแทบอลิซึมของพืช ส่งผลให้เกิดโรครากเน่าลดลงเมื่อใส่เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาให้กับต้นกล้าส้ม Davis and Menge (1980) ศึกษาผลของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาในสปีชีส์ *Glomus fasciculatum* ต่อเชื้อรา *Phytophthora* spp. ในส้ม ผลการทดลองพบว่าในดินที่มีปริมาณฟอสฟอรัสต่ำ รากส้มที่มีเชื้อรา *Glomus fasciculatum* จะเกิดความเสียหายน้อยกว่ารากส้มที่ไม่มีเชื้อรา *G. fasciculatum* แต่ถ้าดินมีปริมาณฟอสฟอรัสสูงจะไม่มี ความแตกต่างกันระหว่างต้นส้มที่มีและไม่มีเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา การเข้าสู่รากพืชของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา นอกจากจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการดูดน้ำและแร่ธาตุให้กับพืชอาศัยแล้ว ยังช่วยกระตุ้นให้เกิดการตอบสนองของพืชให้เกิดการต้านทานต่อโรคพืชได้ด้วย (Smith and Read, 2008)

ผลของเชื้อราอาร์บัสคิวลาร์ไมคอร์ไรซาต่อการเจริญเติบโตของต้นกล้าส้ม

การศึกษาผลของเชื้อราอาร์บัสคิวลาร์ไมคอร์ไรซาต่อการเจริญเติบโตของต้นกล้าส้มที่ปลูกโดยใช้เมล็ดทั้ง 6 ชนิด ได้แก่ ส้มเขียวหวานพันธุ์สายน้ำผึ้ง ส้มเขียวหวานพันธุ์คลีโอพัตรา ส้มลูกผสมพันธุ์ทรอยเลอร์ ส้มลูกผสมพันธุ์สวิงเกิ้ล มะนาวแป้น และส้มโอ ผลการเจริญเติบโตภายหลังใส่เชื้อราอาร์บัสคิวลาร์ไมคอร์ไรซาเป็นเวลา 3 เดือนพบว่าต้นกล้าส้มที่ใส่เชื้อราอาร์บัสคิวลาร์ไมคอร์ไรซาช่วยเพิ่มน้ำหนักแห้งของ มะนาวแป้น ส้มลูกผสมพันธุ์ทรอยเลอร์ ส้มลูกผสมพันธุ์สวิงเกิ้ล และส้มโอ แต่เชื้อราอาร์บัสคิวลาร์ไมคอร์ไรซาไม่มีผลต่อน้ำหนักแห้งของต้นกล้าส้มเขียวหวานพันธุ์สายน้ำผึ้งและพันธุ์คลีโอพัตรา ส่วนความสูงของต้นกล้าเป็นเพียงส่วนหนึ่งในการตรวจสอบการเจริญเติบโต เนื่องมาจากการเจริญเติบโตสามารถเกิดการแตกกิ่งทางด้านข้าง เชื้อราอาร์บัสคิวลาร์ไมคอร์ไรซาช่วยเพิ่มน้ำหนักแห้งลำต้น น้ำหนักแห้งราก และน้ำหนักแห้งทั้งหมดของมะนาวแป้นและส้มลูกผสมพันธุ์ทรอยเลอร์ ให้เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ โดยเฉพาะอย่างยิ่งมะนาวแป้นมีการตอบสนองต่อเชื้อราอาร์บัสคิวลาร์ไมคอร์ไรซาได้ดีที่สุด เชื้อราอาร์บัสคิวลาร์ไมคอร์ไรซาช่วยเพิ่มการเจริญเติบโต ทั้งน้ำหนักแห้งของต้นและราก การมีรากมากมีผลทำให้สามารถดูดธาตุอาหารได้มาก นอกจากนี้ยังมีเปอร์เซ็นต์ root colonization ของเชื้อราอาร์บัสคิวลาร์ไมคอร์ไรซาในรากของต้นมะนาวแป้นมีเปอร์เซ็นต์สูงที่สุด (87-89%) ทำให้เพิ่มประสิทธิภาพในการดูดธาตุอาหารของเชื้อราอาร์บัสคิวลาร์ไมคอร์ไรซาให้แก่มะนาวได้มากยิ่งขึ้น

ผลของเชื้อราอาร์บัสคิวลาร์ไมคอร์ไรซาต่อการเจริญเติบโตของส้มเขียวหวานพันธุ์สายน้ำผึ้งบนดินตอ

จากการเสียบยอดส้มเขียวหวานพันธุ์สายน้ำผึ้งบนดินตอส้มที่มีอายุประมาณ 7 เดือนจำนวน 5 ชนิด ได้แก่ ส้มเขียวหวานพันธุ์คลีโอพัตรา ส้มลูกผสมพันธุ์ทรอยเลอร์ ส้มลูกผสมพันธุ์สวิงเกิ้ล มะนาวแป้น และส้มโอ เป็นเวลา 3 เดือน โดยมะนาวแป้นเป็นดินตอที่ทำให้การเจริญเติบโตในด้านความสูงของส้มเขียวหวานพันธุ์สายน้ำผึ้งได้มากที่สุด และการทดลองนี้พบว่า ความสูงของส้มเขียวหวานพันธุ์สายน้ำผึ้งบนดินตอส้มลูกผสมพันธุ์สวิงเกิ้ลที่ใส่เชื้อราอาร์บัสคิวลาร์ไมคอร์ไรซามีการเจริญเติบโตในด้านความสูงเพิ่มขึ้นแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบกับต้นที่ไม่ใส่เชื้อราอาร์บัสคิวลาร์ไมคอร์ไรซา อย่างไรก็ตามการวัดความสูงเพียงอย่างเดียว นั้น ไม่สามารถสรุปผลดินตอที่เหมาะสมได้ เนื่องจากมีการเจริญเติบโตโดยมีการแตกกิ่งด้านข้างด้วย ซึ่งต้องพิจารณาน้ำหนักแห้งของกิ่งพันธุ์ส้มเขียวหวานพันธุ์สายน้ำผึ้งบนดินตอส้ม พบว่าการใส่เชื้อราอาร์บัสคิวลาร์ไมคอร์ไรซาให้กับดินตอ มีผลทำให้กิ่งพันธุ์ส้มเขียวหวานพันธุ์สายน้ำผึ้งบนดินตอมีน้ำหนักแห้งเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ยกเว้นกิ่งพันธุ์ส้มเขียวหวานพันธุ์สายน้ำผึ้งบนดินตอส้มเขียวหวานพันธุ์คลีโอพัตรา นอกจากจะพิจารณาจากความสูงและน้ำหนักแห้งแล้ว การประสานรอยแผลที่เกิดจากการต่อกิ่งก็มีอิทธิพลต่อการเจริญของกิ่งพันธุ์บนดินตอเช่นเดียวกัน ซึ่งหากการประสานรอยแผลเป็นไปด้วยดี กิ่งพันธุ์ก็จะ

ได้รับน้ำและอาหารจากต้นตอ ดังนั้นการตรวจสอบปริมาณธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตจึงเป็นอีกแนวทางหนึ่งที่จะใช้พิจารณาต้นตอที่เหมาะสมได้

ผลของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาต่อปริมาณธาตุอาหารในใบส้ม

จากการวิเคราะห์ธาตุอาหารในโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียมและแมกนีเซียมของส้มเขียวหวานพันธุ์สายน้ำผึ้งบนต้นตอส้มทั้ง 5 ชนิด เพื่อตรวจประสิทธิภาพในการลำเลียงธาตุอาหารจากต้นตอสู่กิ่งพันธุ์ส้มเขียวหวานพันธุ์สายน้ำผึ้ง สำหรับการทดลองครั้งนี้การใส่เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาให้กับต้นตอส้มโดยเฉพาะต้นตอส้มลูกผสมพันธุ์สวิงเกิ้ล และต้นตอส้มโอ ซึ่งช่วยเพิ่มปริมาณไนโตรเจนในส้มเขียวหวานพันธุ์สายน้ำผึ้งได้มากขึ้นแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับต้นตอดังกล่าวที่ไม่มีเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา เส้นใยของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาที่อยู่นอกรากช่วยในการดูดธาตุอาหารจากดินเข้าสู่รากพืช (Frey and Schuepp, 1993) ในโตรเจนเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของโปรตีน เอนไซม์ กรดนิวคลีอิก วิตามิน และคลอโรฟิลล์ ปริมาณฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมในส้มเขียวหวานพันธุ์สายน้ำผึ้งบนต้นตอมะนาวที่มีเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซามีปริมาณสูงกว่าในยอดส้มเขียวหวานพันธุ์สายน้ำผึ้งบนต้นตอส้มชนิดอื่นอย่างมีนัยสำคัญ ฟอสฟอรัสเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของโปรตีน กรดนิวคลีอิก ฟอสโฟลิพิด (phospholipid) และ ATP (Adenosine triphosphate) ปริมาณโพแทสเซียมของส้มเขียวหวานพันธุ์สายน้ำผึ้งบนต้นตอมะนาวแป้นมีปริมาณมากบนต้นตอส้มชนิดอื่นอย่างมีนัยสำคัญ ดุสิต (2535) กล่าวว่าส้มที่อยู่ในระยะแตกใบอ่อนต้องการโพแทสเซียมในปริมาณสูง เนื่องจากโพแทสเซียมมีบทบาทในการเคลื่อนย้ายน้ำตาลและช่วยกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ ตลอดจนควบคุมการทำงานของธาตุต่างๆ เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซามีบทบาทเด่นในการช่วยเพิ่มปริมาณฟอสฟอรัสให้แก่พืช และอาจช่วยดูดธาตุอาหารอื่นๆหรืออาจไม่ช่วยในการดูดธาตุอาหารอื่นๆขึ้นกับชนิดของพืชอาศัยและสภาพแวดล้อม (Marschner and Dell, 1994; Taylor and Harrier, 2001; Youpensuk et al., 2006) เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาช่วยเพิ่มปริมาณแมกนีเซียมให้กับส้มเขียวหวานพันธุ์สายน้ำผึ้งบนต้นตอเมื่อเทียบกับชุดที่ไม่ใส่เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา ยกเว้นส้มเขียวหวานพันธุ์คัสโอพัตราซึ่งมีปริมาณแมกนีเซียมสูงทั้งที่ใส่และไม่ใส่เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา ธาตุแมกนีเซียมเป็นองค์ประกอบของคลอโรฟิลล์ รวมทั้งเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการสังเคราะห์แสงและการหายใจ ปริมาณแคลเซียมในส้มเขียวหวานพันธุ์สายน้ำผึ้งบนต้นตอของส้มลูกผสมพันธุ์สวิงเกิ้ลและมะนาวแป้นที่ใส่เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซามีปริมาณแคลเซียมเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับชุดที่ไม่ใส่เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาอย่างมีนัยสำคัญ แต่ต้นตอส้มเขียวหวานพันธุ์คัสโอพัตรา ต้นตอส้มลูกผสมพันธุ์ทรอยเลอร์ และต้นตอส้มโอมีปริมาณแคลเซียมของส้มเขียวหวานพันธุ์สายน้ำผึ้งในชุดที่ใส่และไม่ใส่เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาไม่แตกต่างกันทางสถิติ แคลเซียมช่วยให้เซลล์พืชคงรูปและเป็นส่วนประกอบของ calcium pectate ในส่วนของ middle lamella ที่ช่วยเชื่อมเซลล์ติดกัน และช่วยในการเจริญของเนื้อเยื่อ นอกจากนี้แคลเซียมในไซโทพลาซึมในเซลล์ (cytosolic free Ca^{2+}) ยังเป็น

ส่วนประกอบของ signal transduction pathways ที่เกี่ยวข้องในปฏิกิริยาการตอบสนองของพืชต่อเชื้อโรค ช่วยกระตุ้นให้พืชเกิดการต้านทานโรค (Scheel, 1998; Sanders et al., 2002; Strange, 2003)

สรุปผลการทดลอง

เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาช่วยเพิ่มการเจริญเติบโตของมะนาวแป้นได้ดีที่สุดในขณะที่ส้มเขียวหวานพันธุ์สายน้ำผึ้งและส้มเขียวหวานพันธุ์พันธุ์คลีโอพัตรามีการเจริญเติบโตน้อยที่สุด ส่วนต้นกล้าที่ไม่ใส่เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา ต้นกล้าส้มเขียวหวานพันธุ์สายน้ำผึ้งอ่อนแอต่อเชื้อรา *P. parasitica* มากที่สุด ส่วนส้มเขียวหวานพันธุ์พันธุ์คลีโอพัตรามีความต้านทานโรคมามากที่สุด เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาช่วยเพิ่มความต้านทานโรครากเน่า และช่วยลดปริมาณ zoospores ของเชื้อรา *P. parasitica* ในกระถางทดลอง

การเสียบยอดของส้มเขียวหวานพันธุ์สายน้ำผึ้งบนต้นตอสมชนิดต่างๆ พบว่าต้นส้มที่ใช้เป็นต้นตอทุกชนิดที่มีเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาช่วยเพิ่มน้ำหนักแห้งของส้มเขียวหวานพันธุ์สายน้ำผึ้งเมื่อเปรียบเทียบกับต้นตอที่ไม่มีเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา ยกเว้นบนต้นตอของส้มพันธุ์คลีโอพัตรา ส้มเขียวหวานพันธุ์สายน้ำผึ้งบนต้นตอมะนาวแป้นมีการเจริญเติบโตดีที่สุดทั้งที่ใส่และไม่ใส่เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา ต้นตอมะนาวแป้นที่ใส่เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาช่วยเพิ่มการสะสมปริมาณฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมในส้มเขียวหวานพันธุ์สายน้ำผึ้งได้ดีที่สุด ส้มเขียวหวานพันธุ์สายน้ำผึ้งบนต้นตอสมลูกผสมพันธุ์สวิงเกิ้ลที่ใส่เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา มีปริมาณไนโตรเจนและแคลเซียมมากที่สุด

ข้อเสนอแนะ มะนาวแป้นเป็นอีกตัวเลือกที่น่าสนใจ ที่จะนำมาใช้เป็นต้นตอให้กับส้มเขียวหวานพันธุ์สายน้ำผึ้ง เนื่องจากเป็นพืชอาศัยที่ตอบสนองต่อเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาได้ดีทั้งช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตและยับยั้งโรครากเน่าของต้นตอที่เกิดจากเชื้อรา *P. parasitica* อีกทั้งเมล็ดพันธุ์ก็หาได้ง่ายและราคาถูก เมื่อเปรียบเทียบกับต้นตอของสมลูกผสมพันธุ์ทรอยเออร์ที่เกษตรกรชาวสวนส้มนิยมใช้เป็นต้นตอให้กับส้มเขียวหวานพันธุ์สายน้ำผึ้ง ซึ่งเมล็ดพันธุ์หาซื้อได้ยากและมีราคาแพง