

ผลของราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา ต่อการเจริญเติบโตของข้าวโพดฝักอ่อน Effect of Arbuscular Mycorrhizal Fungi on Growth of Baby Corn

วิศณีย์ โพธิ์หล้า* และพัชกรเพ็ญ ภูมิพันธ์

ภาควิชาเทคโนโลยีการเกษตร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
ศูนย์รังสิต ตำบลคลองหนึ่ง อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี 12120

Wissanee Pola* and Phakpen Poomipan

Department of Agricultural Technology, Faculty of Science and Technology, Thammasat University,
Rangsit Centre, Klong Nueng, Khlong Luang, Pathum Thani 12120

บทคัดย่อ

การศึกษาผลของราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาต่อการเจริญเติบโตของข้าวโพดฝักอ่อน มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินผลต่อการเจริญเติบโต การดูดซับฟอสฟอรัส และการเข้าอยู่อาศัยของราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาในรากของข้าวโพดฝักอ่อน โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ จำนวน 3 ซ้ำ มีปัจจัยศึกษา 2 ปัจจัย ได้แก่ สายพันธุ์ข้าวโพดฝักอ่อน 3 สายพันธุ์ (A, B และ C) และการใส่ผงรา (ไม่ใส่และใส่) ปลูกข้าวโพดในชุดดินปากช่องที่อบฆ่าเชื้อภายใต้สภาพโรงเรือน พบว่าที่อายุ 30 และ 45 วัน การใส่ผงราทำให้ข้าวโพดทุกสายพันธุ์มีความสูงมากกว่าการไม่ใส่ผงรา แต่เมื่ออายุ 60 วัน พบว่าการใส่ผงราทำให้ข้าวโพดสายพันธุ์ A และ C มีความสูงมากกว่าการไม่ใส่ผงรา แต่ไม่มีผลต่อข้าวโพดสายพันธุ์ B อย่างไรก็ตาม เมื่อถึงระยะเก็บเกี่ยวพบว่าการใส่ผงรามีผลทำให้น้ำหนักแห้งทั้งหมดของข้าวโพดทุกสายพันธุ์มากกว่าการไม่ใส่ผงรา และการเข้าอยู่อาศัยของราในรากไม่มีความแตกต่างกันระหว่างสายพันธุ์ อย่างไรก็ตาม การใส่ผงรามีผลทำให้ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดของข้าวโพดสายพันธุ์ B และ C มากกว่าการไม่ใส่ผงรา แต่ไม่มีผลต่อข้าวโพดสายพันธุ์ A ผลการทดลองนี้จึงชี้ให้เห็นว่าการใส่ผงราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซามีผลทำให้การเจริญเติบโตของข้าวโพดฝักอ่อนทุกสายพันธุ์มากกว่าการไม่ใส่ผงรา และการใส่ผงรามีผลทำให้ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดของข้าวโพดสายพันธุ์ B และ C เพิ่มขึ้น

คำสำคัญ : ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา, ข้าวโพดฝักอ่อน

Abstract

The effect of arbuscular mycorrhizal (AM) fungi on growth of baby corn (*Zea mays* L.) was aimed to determine the effects on growth, phosphate (P) uptake and AM colonization of three

economical cultivars of baby corns. The pot experiment was conducted in completely randomized design with 3 replications. The study factors were (1) baby corn cultivars (A, B, and C) and (2) AM inoculation (without and with). Corns were planted on sterilized Pak Chong soil series (low available P soil) under greenhouse condition. The results showed that height of all corns cultivars growing with AM inoculation were higher than corns growing without AM inoculation at 30 and 45 days after planting. However, at 60 day, height of A and C baby corn cultivars growing with AM inoculation were higher than those without AM inoculation but B baby corn cultivar did not. Moreover, at harvesting period, total dry weight of all corn cultivars growing with AM inoculation were higher than corns growing without AM inoculation. The AM root colonization of corn did not differ between corn cultivars. However, P uptake of B and C baby corn cultivars growing with AM inoculation were higher than those without AM inoculation but A baby corn cultivar did not. Therefore, the results indicated that AM inoculation increased growth of three economical cultivars of baby corns and increased P uptake of B and C baby corn cultivars.

Keywords: arbuscular mycorrhizal fungi, baby corn

1. คำนำ

ข้าวโพดฝักอ่อนเป็นสินค้าส่งออกที่สำคัญอย่างหนึ่งของประเทศ โดยมีการส่งออกทั้งในรูปฝักสดหรือแช่แข็ง และการบรรจุภัณฑ์ ในปี 2553-2554 มีมูลค่าการส่งออกประมาณ 1,500 ล้านบาท (กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2554) เกษตรกรนิยมปลูกข้าวโพดฝักอ่อนเนื่องจากกระบวนการผลิตไม่ยุ่งยาก ไม่ต้องใช้สารเคมีอันตราย มีอายุการเก็บเกี่ยวสั้น และมีตลาดรองรับ (ฐานข้อมูลพืชผัก, 2555) ข้อมูลทางด้านโภชนาการของข้าวโพดฝักอ่อน พบว่ามีกากใยปริมาณมาก ช่วยในการขับถ่าย และล้างพิษ (อาทิตย์ และเนตรนภา, 2549)

ปัจจุบันมีการนำราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา มาใช้ในการปลูกข้าวโพดกันอย่างแพร่หลาย เนื่องจากราจะมีเส้นใยราที่แพร่กระจายในดินเพื่อแสวงหาธาตุอาหารในบริเวณที่รากพืชยังไม่ถึง แล้วลำเลียงกลับมาให้กับเซลล์รากพืชอาศัย โดยราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาจะเพิ่มพื้นที่ผิวรากในการดูดซับธาตุอาหารจากดิน ได้แก่ ฟอสฟอรัส

ไนโตรเจน แคลเซียม ซัลเฟอร์ ทองแดง แมงกานีส สังกะสี และเหล็ก ให้แก่พืช (Smith and Read, 1997) ดังนั้นการเข้าอยู่อาศัยของราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาในรากข้าวโพด จึงทำให้ข้าวโพดได้รับธาตุอาหารเพิ่มขึ้น มีความแข็งแรง มีการเจริญเติบโตดี ได้ผลผลิตมากขึ้น (Khalil *et al.*, 1994) และยังช่วยลดการใช้ปุ๋ยเคมีได้ด้วย (Poomipan *et al.*, 2010)

อย่างไรก็ตาม งานวิจัยที่ผ่านมาพบว่า ข้าวโพดแต่ละสายพันธุ์และแต่ละชนิดนั้น มีการตอบสนองต่อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาแตกต่างกัน ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินผลของราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาต่อการเจริญเติบโต การดูดซับฟอสฟอรัส และการเข้าอยู่อาศัยของราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาในรากของข้าวโพดฝักอ่อน 3 สายพันธุ์ ซึ่งปรับปรุงพันธุ์ขึ้นโดยบริษัทผลิตเมล็ดพันธุ์ภายในประเทศที่เกษตรกรนิยมเพาะปลูก

2. อุปกรณ์และวิธีการ

2.1 แผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบ 3 x 2 factorial in CRD จำนวน 3 ซ้ำ มีปัจจัยศึกษา 2 ปัจจัย ได้แก่ ปัจจัยที่ 1 สายพันธุ์ของข้าวโพดฝักอ่อน จำนวน 3 สายพันธุ์ ได้แก่ สายพันธุ์ A, B และ C ซึ่งได้รับการปรับปรุงพันธุ์โดยสถานีวิจัยพืชไร่สุพรรณวาจากสิกิจ บริษัทแปซิฟิคเมล็ดพันธุ์ และบริษัทชินเจนทา ซีดส์ ตามลำดับ และปัจจัยที่ 2 การใส่และไม่ใส่ผงราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา

2.2 การเตรียมวัสดุอุปกรณ์

เก็บตัวอย่างชุดดินปากช่องจากสถานีวิจัยพืชไร่สุพรรณวาจากสิกิจ ที่ระดับความลึก 0-20 ซม. เตรียมดิน และอบฆ่าเชื้อในหม้อหนึ่งความดันสูง

2.3 การเตรียมผงรา

โดยนำสปอร์ของราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซารวมกัน 5 สปีชีส์ ได้แก่ *Acaulospora* 1 สปีชีส์ *Entrophospora* 1 สปีชีส์ และ *Glomus* 3 สปีชีส์ มาเพิ่มปริมาณโดยใช้ข้าวฟ่างเป็นพืชอาศัย เมื่อข้าวฟ่างอายุ 90 วัน จึงเก็บดินและรากมาใช้เป็นผงราชนิดเชื้อผสม ซึ่งประกอบด้วยสปอร์ของรา 5 สปีชีส์ รวมกันประมาณ 50 สปอร์ต่อดินแห้งหนึ่งกรัม

2.4 การจัดหน่วยทดลองและการปฏิบัติดูแล

บรรจุดินที่อบฆ่าเชื้อแล้ว จำนวน 18 กระถาง กระถางละ 4.8 กิโลกรัม แบ่งกระถางออกเป็น 2 ชุด ชุดที่ 1 ใส่ผงรา จำนวน 200 กรัม ต่อกระถาง ชุดที่ 2 ใส่ดินผสมทรายที่อบฆ่าเชื้อแล้ว 200 กรัมต่อกระถาง จากนั้นปลูกข้าวโพดสายพันธุ์ละ 6 กระถาง จำนวน 1 ต้นต่อกระถาง โดยปลูกในกระถางที่ใส่ผงเชื้อและไม่ใส่ผงเชื้อ สายพันธุ์ละ 3 กระถาง เมื่อข้าวโพดอายุ 21 วัน ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 12 กก. ไนโตรเจนต่อไร่ และใส่ปุ๋ยสังกะสี

อัตรา 4.8 กก. สังกะสีต่อไร่ ให้น้ำทุกวัน รวมทั้งกำจัดแมลงและวัชพืชโดยวิธีกล

2.5 การเก็บบันทึกผลการทดลอง ได้แก่

2.5.1 ความสูงที่อายุ 30, 45 และ 60 วัน

2.5.2 น้ำหนักแห้งทั้งหมดที่อายุ 65 วัน

2.2.3 ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด โดยวิธี vanado-molybdate yellow color (ทัศนีย์ และจรงค์, 2542)

2.2.4 การเข้าอยู่อาศัยของราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาในรากของข้าวโพด โดยวิธีการของ Phillips และ Hayman (1970) และ McGonigle และคณะ (1990)

2.6 การวิเคราะห์ทางสถิติ

วิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของแต่ละที่ treatments ด้วยวิธี Duncan's multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

3. ผลการทดลอง

3.1 ผลของราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาต่อความสูง

การใส่ผงราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซามีผลต่อความสูงของข้าวโพดฝักอ่อนทั้ง 3 สายพันธุ์ที่อายุ 30 วันหลังปลูก ($p < 0.001$) โดยพบว่าการใส่ผงราทำให้ข้าวโพดฝักอ่อนมีความสูงเฉลี่ย 37.3 ± 1.6 ซม. มากกว่าการไม่ใส่ผงรา ซึ่งมีความสูงเฉลี่ย 15.7 ± 0.7 ซม. (Figure 1)

การใส่ผงราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซามีผลต่อความสูงของข้าวโพดฝักอ่อนทั้ง 3 สายพันธุ์ที่อายุ 45 วันหลังปลูก ($p < 0.001$) โดยพบว่าการใส่ผงราทำให้ข้าวโพดฝักอ่อนมีความสูงเฉลี่ย 60.0 ± 1.7 ซม. มากกว่าการไม่ใส่ผงเชื้อรา ซึ่งมีความสูงเฉลี่ย 27.2 ± 1.2 ซม. (Figure 2)

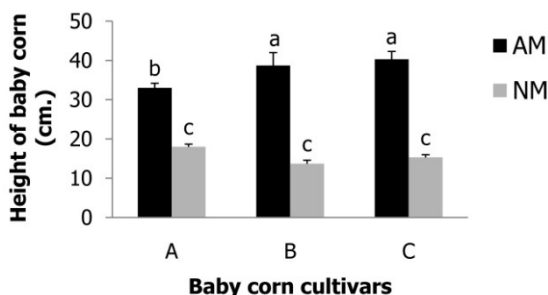


Figure 1 Height at 30 day of baby corn growing with (AM) and without (NM) AM inoculation

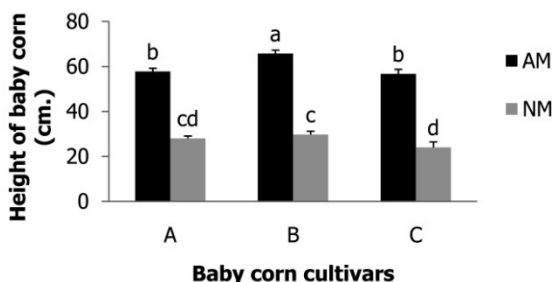


Figure 2 Height at 45 day of baby corn growing with (AM) and without (NM) AM inoculation

การใส่ผงราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซามีผลต่อความสูงของข้าวโพดฝักอ่อนที่อายุ 60 วันหลังปลูก ($p < 0.001$) โดยพบว่าการใส่ผงราทำให้ข้าวโพดฝักอ่อนสายพันธุ์ A และ C เพิ่มขึ้น แต่ไม่มีผลต่อสายพันธุ์ B กล่าวคือ ข้าวโพดฝักอ่อนสายพันธุ์ A และ C ที่มีการใส่ผงรามีความสูง 59.3 ± 1.8 และ 85.0 ± 1.5 ซม. ตามลำดับ ซึ่งมากกว่าข้าวโพดฝักอ่อนสายพันธุ์ A และ C ที่ไม่ใส่ผงรา โดยมีความสูง 52.0 ± 1.1 ซม. และ 72.3 ± 3.2 ซม. ตามลำดับ ในขณะที่ความสูงของข้าวโพดฝักอ่อนสายพันธุ์ B ที่มีการใส่และไม่ใส่ผงราไม่มีความแตกต่างกัน (Figure 3)

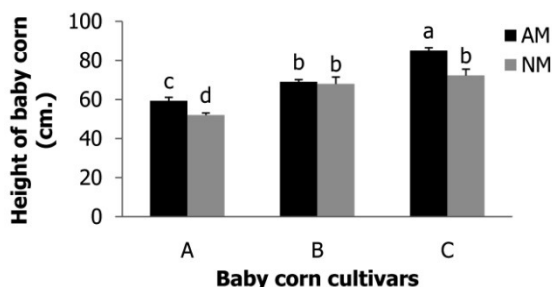


Figure 3 Height at 60 day of baby corn growing with (AM) and without (NM) AM inoculation

3.2 ผลของราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาต่อน้ำหนักแห้งทั้งหมด

การใส่ผงราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซามีผลต่อน้ำหนักแห้งทั้งหมดของข้าวโพดฝักอ่อนทั้ง 3 สายพันธุ์ ($p < 0.001$) โดยพบว่าการใส่ผงราทำให้ข้าวโพดฝักอ่อนมีน้ำหนักแห้งทั้งหมดเฉลี่ย 103.19 ± 6.19 กรัม ซึ่งมากกว่าการไม่ใส่ผงราที่มีน้ำหนักแห้งทั้งหมดเฉลี่ย 50.67 ± 6.27 กรัม (Figure 4)

3.3 ผลของราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาต่อการดูดซับฟอสฟอรัส

การใส่ผงราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซามีผลต่อปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดที่ดูดซับได้ของข้าวโพดฝักอ่อนสายพันธุ์ B และ C แต่ไม่มีผลต่อปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดของข้าวโพดฝักอ่อนสายพันธุ์ A ($p = 0.007$) โดยพบว่าข้าวโพดสายพันธุ์ B และ C ที่ใส่ผงรามีปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด 0.17 ± 0.01 และ 0.22 ± 0.01 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งมากกว่าข้าวโพดสายพันธุ์ B และ C ที่ไม่ใส่ผงรา โดยมีปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด 0.12 ± 0.01 และ 0.18 ± 0.03 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในขณะที่ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดของข้าวโพดฝักอ่อนสายพันธุ์ A ที่มีการใส่และไม่ใส่ผงราไม่มีความแตกต่างกัน (Figure 5)

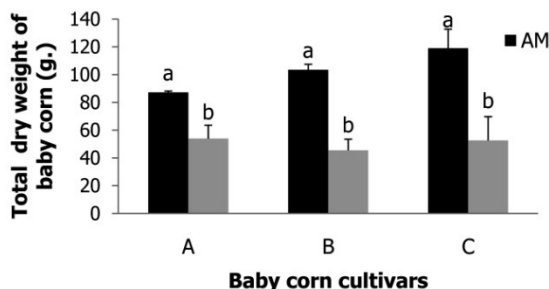


Figure 4 Total dry weight of baby corn growing with (AM) and without (NM) AM inoculation

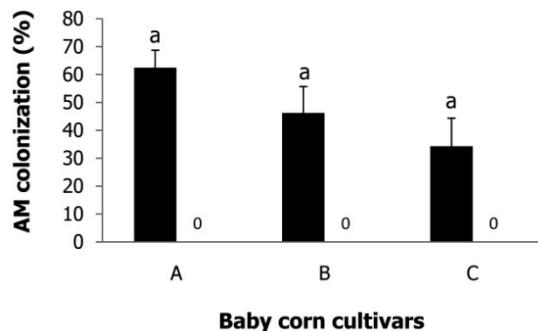


Figure 6 AM colonization of baby corn cultivars

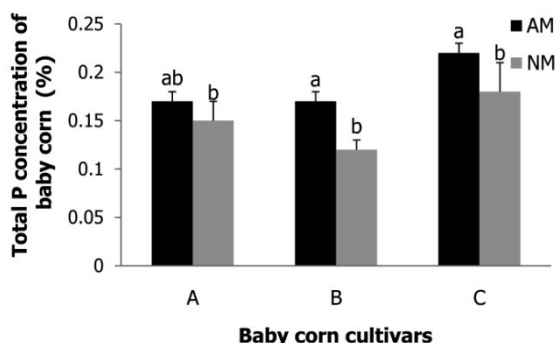


Figure 5 Total P concentration of baby corn growing with (AM) and without (NM) AM Inoculation

3.4 ผลของราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาต่อการเข้าอยู่อาศัยในราก

การเข้าอยู่อาศัยของราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาในรากข้าวโพดฝักอ่อนทั้ง 3 สายพันธุ์ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p = 0.116$) โดยพบว่าข้าวโพดฝักอ่อนสายพันธุ์ A, B และ C มีเปอร์เซ็นต์การเข้าอยู่อาศัยของราในราก 62.43 ± 6.31 , 46.20 ± 9.47 และ 34.28 ± 10.08 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ (Figure 6)

4. วิจัย

การใส่ผงราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซามีผลทำให้การเจริญเติบโตและการดูดซับธาตุฟอสฟอรัสของข้าวโพดฝักอ่อนเพิ่มขึ้นกว่าการไม่ใส่ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา เนื่องจากการเข้าอยู่อาศัยของราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาในรากพืชทำให้พืชได้รับธาตุอาหารเพิ่มขึ้น จึงมีความแข็งแรง มีการเจริญเติบโตดี (Khalil *et al.*, 1994) นอกจากนี้ ยังทำให้พืชที่มีราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซามีความสามารถในการแข่งขันและทนต่อสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม เช่น ความแห้งแล้ง (Subramanian *et al.*, 1997) ความเค็ม (Bhoopander and Mukerji, 2004) การปนเปื้อนโลหะหนักในดิน (Bagyarai, 1995) และการเกิดโรคในระบบราก (St-Arnaud *et al.*, 1995) ได้ดีกว่าพืชที่ไม่มีราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ กชพร และคณะ (2554) พบว่าการใส่ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซามีผลทำให้ข้าวโพดมีการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้น เนื่องจากการดำรงชีพของพืชกับราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา ทำให้พืชได้รับประโยชน์ด้านการได้รับธาตุอาหารเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะธาตุฟอสฟอรัส (Marschner and Dell, 1994) และงานวิจัยของ Deressa และ Schenk (2008) พบว่าเมื่อเปรียบเทียบการดูดซับ

ฟอสฟอรัสของหอมหัวใหญ่ (*Allium cepa* L.) ที่ใส่และไม่ใส่ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา พบว่าหอมหัวใหญ่ที่มีราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาเข้าอยู่อาศัยในรากสามารถดูดซับฟอสฟอรัสได้มากกว่าเนื่องจากเส้นใยราช่วยเพิ่มพื้นที่ในการดูดซับธาตุอาหารในดินได้ นอกจากนี้ ยังมีรายงานการวิจัยในพืชชนิดอื่น ๆ ที่พบว่าการใช้ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซามีผลทำให้การเจริญเติบโตและการดูดซับธาตุฟอสฟอรัสเพิ่มขึ้น ได้แก่ งานวิจัยในหญ้า *Cladium jamaicense* (Jayachandran and Shetty, 2003) ข้าวไรย์ *Secale cereal* (Gollner et al., 2010) *Dioscorea rotundata* (Tchabi et al., 2010) มันสำปะหลัง *Manihot esculenta* และถั่วแระต้น *Cajanus cajan* (Salami et al., 2005) ดังนั้นจากผลงานวิจัยดังกล่าวข้างต้นนี้ จึงแสดงให้เห็นว่าการใส่ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาร่วมกับการปลูกพืช มีผลทำให้การเจริญเติบโตและการดูดซับธาตุอาหารดีขึ้นอย่างชัดเจน โดยเฉพาะธาตุฟอสฟอรัส

อย่างไรก็ตาม ผลการวิจัยนี้พบว่าข้าวโพดแต่ละสายพันธุ์มีการตอบสนองต่อการใส่ผงราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาในด้านการดูดซับฟอสฟอรัสแตกต่างกัน กล่าวคือ การใช้ผงราทำให้ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดที่ดูดซับได้ของข้าวโพดฝักอ่อนสายพันธุ์ B และ C เพิ่มขึ้นกว่าการใช้ผงรา แต่ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดของข้าวโพดฝักอ่อนสายพันธุ์ A ที่มีการใส่และไม่ใส่ผงรา ไม่มีความแตกต่างกัน ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากความแตกต่างทางด้านประสิทธิภาพการดูดใช้ธาตุอาหารของพืชแต่ละชนิด โดยพืชที่มีประสิทธิภาพการดูดใช้ฟอสฟอรัสสูง จะสามารถดูดซับฟอสฟอรัสผ่านทางระบบรากได้ดี จึงมีความจำเป็นในการเพิ่มการดูดซับฟอสฟอรัสโดยรากลดลง ดังนั้นการใช้ผงราให้กับพืชที่มีประสิทธิภาพการดูดใช้ฟอสฟอรัสสูงจึงไม่ช่วยเพิ่มการดูดซับฟอสฟอรัส (Baon et al., 1994) นอกจากนี้ ความแตกต่างของระบบรากของพืชก็มี

ประสิทธิภาพของการใส่ผงราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาของพืชด้วย เช่น อัตราการเจริญเติบโตของรากพืช การแตกแขนงของระบบราก และการพัฒนาของรากแขนง (Smith et al., 2003)

5. สรุป

การใช้ผงราทำให้การเจริญเติบโตของข้าวโพดฝักอ่อนทั้ง 3 สายพันธุ์ เพิ่มขึ้นกว่าการใช้ผงรา และทำให้การดูดซับฟอสฟอรัสของข้าวโพดฝักอ่อนสายพันธุ์ B และ C เพิ่มขึ้น แต่ไม่มีผลต่อข้าวโพดสายพันธุ์ A ดังนั้นหากต้องการนำราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาไปใช้ในการปลูกข้าวโพด จึงควรคำนึงถึงการตอบสนองต่อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาของข้าวโพดแต่ละสายพันธุ์ เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด ซึ่งจากผลการวิจัยนี้สามารถสรุปได้ว่าราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซามีความเหมาะสมกับการนำไปใช้ในการปลูกข้าวโพดสายพันธุ์ B และ C เพราะมีการตอบสนองต่อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาทั้งด้านการเจริญเติบโตและการดูดซับฟอสฟอรัสได้ดี

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณภาคีวิชาเทคโนโลยีการเกษตร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต ที่ให้การสนับสนุนงานวิจัย

7. เอกสารอ้างอิง

กชพร ชมพูพึ้ง, ปวีณา ทองเหลือง และพัชร์เพ็ญ ภูมิพันธ์, 2554, การเพิ่มประสิทธิภาพการดูดใช้ธาตุอาหารในการดูดซับฟอสฟอรัสของข้าวโพดพันธุ์เศรษฐกิจสามชนิด, การประชุมวิชาการดินและปุ๋ยแห่งชาติครั้งที่ 2, เชียงใหม่.

ฐานข้อมูลพืชผัก, ข้าวโพดฝักอ่อน, แหล่งที่มา : <http://www.vegetweb.com/ข้าวโพดฝักอ่อน>,

- 24 สิงหาคม 2555.
- ทัศนีย์ อัดตะนันท์ และจรงค์ จันท์เจริญสุข, 2542, การวิเคราะห์ดินและพืช, ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, สถิติการค้าสินค้าเกษตรไทยกับต่างประเทศ ปี 2554, แหล่งที่มา : <http://www.oae.go.th/download/journal/trade-eco54.pdf>, 5 มกราคม 2556.
- อาทิตย์ยา แซ่โอ และเนตรนภา บุตรวงษ์, ข้าวโพดฝักอ่อน, แหล่งที่มา : <http://www.thaigoodview.com/library/studentshow/2549/m6-3/no01-05/food/sea04p05.html>, 24 สิงหาคม 2555.
- Baon, J.B., Smith, S.E. and Alston, A.M., 1993, Mycorrhizal responses of barley cultivars differing in P efficiency, Plant Soil 157: 97-105.
- Bagyarai, D.J., 1995, Influence of agricultural practice on vesicular arbuscular mycorrhizal fungi in soil, Soil Biol. Ecol. 15: 109-116.
- Bhoopander, G. and Mukerji, K.G., 2004, Mycorrhizal inoculant alleviates salt stress in *Sesbania aegyptiaca* and *Sesbania grandiflora* under field conditions: evidence for reduced sodium and improved magnesium uptake, Mycorrhiza 14: 307-312.
- Deressa, T.G. and Schenk, M.K., 2008, Contribution of roots and hyphae to phosphorus uptake of mycorrhizal onion (*Allium cepa* L.): A mechanistic modeling approach, J. Plant Nutr. Soil Sci. 171: 810-820.
- Gollner, M.J., Wagentristsl, H., Liebhard, P. and Friedel, J.K., 2010, Yield and arbuscular mycorrhiza of winter rye in a 40-year fertilization trial, Agron. Sustain. 31: 373-378.
- Jayachandran, K. and Shetty, K.G., 2003, Growth response and phosphorus uptake by arbuscular mycorrhizae of wet prairie sawgrass, Aquat. Bot. 76: 281-290.
- Khalil, S., Loynachan, T.E. and Tabatabai, M.A., 1994, Mycorrhizal dependency and nutrient uptake by improved and unimproved corn and soybean cultivars, Agron. J. 86: 949-958.
- Marschner, H. and Dell, B., 1994, Nutrient uptake in mycorrhizal symbiosis, Plant Soil 159: 89-102.
- McGonigle, T.P., Miller, M.H., Evans, D.G., Fairchild, G.L. and Swan, J.A., 1990, A new method which gives an objective measure of colonization of roots by VAM fungi, New Phytol. 115: 495-501.
- Poomipan, P., Suwanarit, A., Suwanarit, P., Nopamonbodi, A. and Dell, B., 2010, Reintroduction of a native *Glomus* to a tropical Ultisol promoted grain yield in maize after fallow and restored the density of arbuscular mycorrhizal fungal spores, J. Plant Nutr. Soil Sci. 174: 257-268.
- Phillips, J.M. and Hayman, D.S., 1970, Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection, Trans Brit. Mycol. Soc. 55: 158-160.

- Salami, O., Odebode, C. and Osonubi, O., 2005, The use of arbuscular mycorrhiza (AM) as a source of yield increase in sustainable alley cropping system, Arch. Agron. Soil Sci. 51: 385-390.
- Smith, S.E. and Read, D.J., 1997, Mycorrhizal Symbiosis, 2nd Ed., Academic press, London.
- Smith, F.A., Smith, S.E. and Timonen, S., 2003, Mycorrhizas, pp. 257-295, In de Karoon, H. and Visser, E.J.W. (Eds), Root Ecology, Springer, Berlin.
- St-Arnaud, M., Hamel, C., Vimard, B., Carbon, M. and Fortin, J.A., 1995, Altered growth of *Fusarium oxysporum* f. sp. *Chrysanthemi* in an in vitro dual culture system with the vesicular arbuscular mycorrhizal fungus *Glomus intraradices* growing on *Daucus carota* transformed roots, Mycorrhiza 5: 431-438.
- Subramanian, K.S., Charest, C., Dwyer, L.M. and Hamilton, R.I., 1997, Effect of arbuscular mycorrhizae on leaf water potential, sugar content, and P content during drought and recovery of maize, Can. J. Bot. 75: 1582-1591.
- Tchabi, A., Coyne, D., Hountondji, F., Lawouin, L., Wiemken, A. and Oehl, F., 2010, Efficacy of indigenous arbuscular mycorrhizal fungi for promoting white yam (*Dioscorea rotundata*) growth in West Africa, Appl. Soil Ecol. 45: 92-100.