รายงานผลงานเรื่องเต็มการทดลองที่สิ้นสุด

---

1. **แผนงานวิจัย** : -
2. **โครงการวิจัย** : การใช้จุลินทรีย์ดินเพื่อลดการใส่ปุ๋ยเคมี และเพิ่มการดูดซับธาตุอาหารในการปลูกสับปะรด
3. **ชื่อการทดลอง (ภาษาไทย)** : การศึกษาการใช้ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาร่วมกับแบคทีเรียละลายทั้งฟอสเฟตและโพแทชกับสับปะรดในสภาพกระถาง

   ชื่อการทดลอง (ภาษาอังกฤษ) : Study on the use of arbuscular mycorrhiza with potash-phosphate solubilizing bacteria for pineapple in pot condition
4. **คณะผู้ดำเนินงาน**

หัวหน้าการทดลอง : นางสาวบุณฑริก ฉิมชาติ กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร

ผู้ร่วมงาน : นางสาวกนกอร บุญพา กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร

นายสนธยา ขำติ๊บ กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร

นางสาวกิตจเมธ แจ้งศิริกุล กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร

นายธวัชชัย อินทร์บุญช่วย ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

กรมวิชาการเกษตร

5. บทคัดย่อ :

งานวิจัยนี้เป็นการมุ่งเน้นการพัฒนาเทคโนโลยีการใช้ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาร่วมกับแบคทีเรียละลายทั้งฟอสเฟตและโพแทชเพื่อเพิ่มการผลิตสับปะรดในสภาพกระถาง วางแผนการทดลองแบบ RCB จำนวน 4 ซ้ำ มี 5 กรรมวิธีการทดลอง ซึ่งทุกกรรมวิธีมีการใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 75-34-68 กิโลกรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่ คิดเป็นอัตรา 5-2-4 กรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อดิน 20 กิโลกรัม ทำการศึกษาในดินทรายปนร่วน ณ แปลงสับปะรด ต.สามกระทาย อ.กุยบุรี จ.ประจวบคีรีขันธ์ พบว่า ทุกกรรมวิธีมีความกว้างและความยาวของใบ D-leaf และความกว้างทรงพุ่มไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อาจเนื่องมาจากสับปะรดยังมีอายุน้อยจึงทำให้ยังไม่พบความแตกต่าง แต่ในกรรมวิธีที่มีการใช้ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาไอโซเลทที่ SMZ79-4 อย่างเดียว และกรรมวิธีที่มีการใช้ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาไอโซเลทที่ SMZ79-4 ร่วมกับการแช่หน่อพันธุ์สับปะรดด้วย *Burkholderia. ferrariae* PaS2(1) จะส่งเสริมต่อความกว้างและความยาวของใบ D-leaf และทรงพุ่มได้ดี มีค่า 3.15 69.57 และ 111.83 เซนติเมตร นอกจากนี้ ยังพบว่ากรรมวิธีที่มีการใช้ปุ๋ยเคมีอัตรา 5-2-4 กรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อดิน 20 กิโลกรัม และใช้ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาไอโซเลทที่ SMZ62-1 ร่วมกับแช่หน่อพันธุ์สับปะรดด้วย *B. ferrariae* PaS2(1) ส่งผลต่อการสะสมปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมทั้งหมดในลำต้นและรากได้

คำหลัก : ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา แบคทีเรียละลายทั้งฟอสเฟตและโพแทช สับปะรด

ABSTRACT

This research focuses on the develop technology to use arbuscular mycorrhiza fungi with potash-phosphate solubilizing bacteria for pineapple in pot condition. The experimental design was RCB with 4 replicates and 5 treatments, all treatments were applied chemical fertilizer at rate 75-34-68 kilogram N-P_2O_5-K_2O per rai or 5-2-4 gram N-P_2O_5-K_2O per 20 kilogram soil. The

กรมวิชาการเกษตร

experiment was studied in loamy sand soil at pineapple field, Sam Krathai sub-districts, Kui Buri district, Prachuap Khiri Khan province. The result showed that width and length of D-leaf and canopy width are no statistically significant difference in all treatments because pineapple had insufficient growth. But, the treatment was applied only arbuscular mycorrhiza fungi isolate SMZ79-4 and applied arbuscular mycorrhiza fungi isolate SMZ79-4 with *B. ferrariae* PaS2(1) were promoted width and length of D-leaf and canopy width such as 3.15, 69.57 and 111.83 cm. Furthermore, the treatment was applied chemical fertilizer rate 5-2-4 gram N-P_2O_5-K_2O per 20 kilogram soil and arbuscular mycorrhiza fungi isolate SMZ62-1 with *B. ferrariae* PaS2(1) was effective accumulation of nitrogen phosphorus potassium calcium and magnesium content in stem and root of pineapple.
Key - word : Arbuscular mycorrhiza, Phosphate-potash dissolving bacterial, Pineapple

6. คำนำ :

สับปะรด เป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญชนิดหนึ่งของประเทศไทย โดยพันธุ์ที่นิยมปลูก คือ พันธุ์ปัตตาเวีย ซึ่งเป็นพันธุ์ที่ปลูกเพื่อส่งโรงงานอุตสาหกรรมเป็นสำคัญ ในปี 2559 สับปะรดโรงงานมีเนื้อที่เพาะปลูกทั้งประเทศประมาณ 5 แสนไร่ โดยพื้นที่เพาะปลูกสับปะรดจำนวนมากกระจายทุกภูมิภาคของประเทศ ซึ่งพื้นที่หลักที่สำคัญ คือ ภาคกลาง ได้แก่ จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ เพชรบุรี ราชบุรี และกาญจนบุรี ซึ่งจังหวัดประจวบคีรีขันธ์มีเนื้อที่เพาะปลูกมากที่สุด ประมาณ 2 แสนไร่ รองลงมาคือ จังหวัดระยอง มีเนื้อที่ประมาณ 4 หมื่นไร่ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2559) ปัจจุบันเกษตรกรส่วนใหญ่นิยมใช้หน่อข้างเป็นส่วนขยายพันธุ์ ซึ่งการเจริญเติบโตไม่พร้อมกันทำให้มีปัญหาต่อการตอบสนองต่อการใช้สารเคมีในการเร่งการออกดอกทำให้ได้ผลผลิตต่อพื้นที่เพาะปลูกต่ำ (กรมพัฒนาที่ดิน, ม.ป.ป.) ดังนั้นเพื่อเพิ่มศักยภาพในการผลิตสับปะรดโดยการใช้หน่อข้างสิ่งที่จำเป็น คือการทำให้การเจริญเติบโตของสับปะรดมีความสม่ำเสมอ เพื่อเพิ่มการตอบสนองต่อการใช้สารเคมีในการเร่งการออกดอก แนวทางหนึ่งคือการเลือกใช้จุลินทรีย์ ซึ่งจุลินทรีย์ในดิน ได้แก่ แบคทีเรีย รา และแอคติโนมัยซีสหลายชนิดมีความสามารถในการละลายธาตุอาหารพืชที่ถูกตรึงอยู่ในดิน เช่น ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมได้ โดยจุลินทรีย์เหล่านี้จะสร้างและปลดปล่อยกรดออกมานอกเซลล์เพื่อละลายสารประกอบอนินทรีย์ฟอสเฟตที่อยู่ในดินหรือโพแทสเซียมที่ถูกยึดอยู่ในอนุภาคดิน ทำให้ธาตุอาหารพืชดังกล่าวปลดปล่อยออกมาในรูปที่พืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ เป็นการลดการสะสมธาตุอาหารพืชในรูปที่ไม่เป็นประโยชน์ในดิน และเพิ่มความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารพืชได้ (Saiyad *et al*., 2015; Diep and Hieu, 2013; Maliha *et al*., 2004) ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาเป็นทางเลือกหนึ่งเพิ่มศักยภาพในการผลิตสับปะรด เนื่องจากเส้นใยของราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาสามารถช่วยเพิ่มการดูดซับธาตุอาหาร เพิ่มความชื้นในดิน อีกทั้งยังช่วยเพิ่มความต้านทานต่อโรคและสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมทำให้ต้นสับปะรดมีความสมบูรณ์อย่างสม่ำเสมอพร้อมต่อการกระตุ้นการออกดอก (พักตร์เพ็ญ, 2556; Naher *et al*., 2013; Jaizme-Vega and Azcon, 1995) ดังนั้นการเพิ่มผลผลิตต่อพื้นที่เพาะปลูกให้สูงขึ้น การลดต้นทุนการผลิต และเพิ่มคุณภาพของผลผลิตจะทำให้สับปะรดของไทยมีความสามารถในการแข่งขันในตลาดโลกได้สูงขึ้น ดังนั้นงานวิจัยนี้เพื่อศึกษาและพัฒนาการใช้แบคทีเรียละลายทั้งฟอสเฟตและโพแทสเซียมเพื่อเพิ่มความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารพืชในแปลงสับปะรดและลดปริมาณปุ๋ยเคมีในการปลูก

กรมวิชาการเกษตร

สับปะรด และการใช้ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาเพื่อช่วยเพิ่มการดูดซับธาตุอาหารของสับปะรด ซึ่งนำไปสู่การประยุกต์ใช้ในการปลูกสับปะรดในเชิงพาณิชย์ต่อไป

7. วิธีดำเนินการ :

- อุปกรณ์

1. แบคทีเรียที่ละลายทั้งฟอสเฟตและโพแทช ได้แก่ *Burkholderia ferrariae* PaS2(1)
2. ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา ไอโซเลทที่ SMZ64-1 และ SMZ79-4
3. หน่อสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวีย
4. กระถางขนาด 20 นิ้ว
5. ตะแกรงร่อนสปอร์ ขนาด 45-450 ไมครอน
6. เครื่องปั่นเหวี่ยง ที่มีความเร็วไม่ต่ำกว่า 2,000 รอบต่อนาที
7. กล้องจุลทรรศน์แบบสเตอริโอ
8. ปุ๋ยเคมี ได้แก่ ยูเรีย (46-0-0) ดับเบิ้ลซูเปอร์ฟอสเฟต (0-42-0) โพแทสเซียมคลอไรด์ (0-0-60)
9. สารเคมีสำหรับใช้ในการวิเคราะห์ดิน เช่น กรดเปอร์คลอริก กรดไนทริก กรดบอริก โซเดียมไฮดรอกไซด์ กรดซัลฟิวริก เฟอร์รัสแอมโมเนียมซัลเฟต โพแทสเซียมไดโครเมต ฟีแนนโทรลีนอินดิเคเตอร์ ซีลีเนียมมิกซ์เจอร์ แอมโมเนียมอะซีเทต ฯลฯ
10. เครื่องแก้วสำหรับใช้ในการวิเคราะห์ดิน เช่น หลอดทดลอง บีกเกอร์ ขวดรูปชมพู่ ฯลฯ
11. เครื่องมือวิทยาศาสตร์ ได้แก่ ตู้อบ (oven) เครื่องชั่งสาร (balance) ฯลฯ

- วิธีการ

สุ่มเก็บตัวอย่างดินจากพื้นที่เพาะปลูกสับปะรด ต.สามกระทาย อ.กุยบุรี จ.ประจวบคีรีขันธ์แบบ composite sample จำนวน 5 จุด ที่ความลึก 20 เซนติเมตร นำมาวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของดิน ได้แก่ ค่าพีเอช อินทรียวัตถุโดยวิธี Walkley-Black ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์โดยวิธี Bray II และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้เพื่อนำมาประเมินการใส่ปุ๋ยให้กับสับปะรด และตรวจนับจำนวนสปอร์ในดินปลูกสับปะรดโดยวิธี wet sieving จากนั้นเตรียมดินร่วนปนทรายที่นึ่งฆ่าเชื้อแล้วใส่ในกระถางดินเผา นำราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาที่เพิ่มจำนวนสปอร์ได้มากที่สุดจากการทดลองที่ 2.1 ได้แก่ ไอโซเลทที่ SMZ64-1 และ SMZ79-4 มารองก้นหลุมและปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เป็นพืชอาศัยเพื่อขยายเพิ่มปริมาณให้เพียงพอต่อการทดลอง พอครบ 3 เดือน นำดินมาร่อนและตรวจนับจำนวนสปอร์ เปอร์เซ็นต์การเข้าอาศัยของราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา ถ้าหากจำนวนสปอร์ยังไม่เพียงพอต่อการทดลอง ให้ทำการขยายเพิ่มตามขั้นตอนข้างต้นอีกรอบ หลังจากนั้นทำการเตรียมแบคทีเรียละลายทั้งฟอสเฟตและโพแทช แบคทีเรียละลายทั้งฟอสเฟตและโพแทชที่ใช้ในการทดลอง คือ *Burkholderia ferrariae* PaS2(1) ซึ่งแบคทีเรียที่คัดแยกมาจากตัวอย่างดินรอบรากสับปะรดจากแปลงสับปะรด ต.สามพระยา อ.ชะอำ จ.เพชรบุรี เริ่มต้นโดยเพาะเลี้ยงแบคทีเรียในอาหาร NA ที่ค่าพีเอชเริ่มต้นของอาหารเพาะเลี้ยง 7.0 ความเข้มข้นของกลูโคส 10 กรัมต่อลิตร บ่มที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 48 ชั่วโมง นำไปปั่นเหวี่ยงด้วยเครื่องปั่นเหวี่ยง ที่ความเร็ว 8,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 10 นาที เพื่อแยกเซลล์แบคทีเรียออกจากอาหารเพาะเลี้ยง จากนั้นนำ

ศูนย์วิชาการเกษตร

เซลล์แบคทีเรียที่ได้ผสมกับวัสดุพา คือ ผงซีโอไลท์และแป้งมันสำปะหลัง (อัตราส่วน 2:1) ให้ได้ปริมาณแบคทีเรีย 10^8 เซลล์ต่อกรัม โดยประมาณ

เตรียมดินจากพื้นที่ปลูกสับปะรด บรรจุดินลงในกระถางขนาด 20 นิ้ว จำนวน 20 กิโลกรัม คัดเลือกหน่อสับปะรดที่มีขนาดใกล้เคียงกันเพื่อใช้ในการทดลอง นำหน่อสับปะรดที่คัดเลือกไว้แบ่งเป็น 2 ส่วน ส่วนที่หนึ่งนำไปแช่สารแขวนลอยแบคทีเรียละลายทั้งฟอสเฟตและโพแทช (*B. ferrariae* PaS2(1)) อีกส่วนไม่ต้องแช่สารแขวนลอย *B. ferrariae* PaS2(1) ตามแผนการทดลอง ใส่ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาที่เพิ่มจำนวนได้รองก้นหลุมตามกรรมวิธีที่กำหนดในกระถางที่เตรียมไว้ โดยไอโซเลทที่ SMZ62-1 ใส่จำนวน 40 กรัม และไอโซเลทที่ SMZ79-4 ใส่จำนวน 20 กรัม จากนั้นนำหน่อสับปะรดที่เตรียมไว้ปลูกลงในกระถาง รดน้ำและใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินของคำแนะนำของกรมวิชาการเกษตร อัตรา 5-2-4 กรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อดิน 20 กิโลกรัม ใส่ปุ๋ยรอบแรกพร้อมปลูกสับปะรดเมื่อวันที่ 18 กุมภาพันธ์ 2563 ใส่รองก้นหลุมในปริมาณเท่ากันทุกกรรมวิธี โดยใส่ปุ๋ยยูเรีย ดับเบิ้ล-ซูเปอร์ฟอสเฟต และโพแทสเซียมคลอไรด์ ปริมาณ 2.53 2.52 และ 1.76 กรัมต่อกระถาง ตามลำดับ ใส่ปุ๋ยครั้งที่ 2 หลังปลูกสับปะรด 1-3 เดือน เมื่อวันที่ 15 เมษายน 2563 โดยใส่บริเวณกาบใบล่างชิดโคนต้นในปริมาณเท่ากับครั้งที่ 1 ใส่ปุ๋ยครั้งที่ 3 เมื่อสับปะรดอายุได้ 6 เดือน เมื่อวันที่ 6 สิงหาคม 2563 โดยใส่ปุ๋ยยูเรียและโพแทสเซียมคลอไรด์ ปริมาณ 5.07 และ 3.52 กรัมต่อกระถาง วัดการเจริญเติบโตของสับปะรดที่อายุ 6 เดือน บันทึกข้อมูล ดูแลกำจัดวัชพืชและให้น้ำตามวิธีปฏิบัติของเกษตรกร จากนั้นทำการเก็บตัวอย่างสับปะรดที่อายุ 7 เดือน บันทึกข้อมูล จากนั้นนำค่าที่ได้ไปวิเคราะห์ทางสถิติ

วางแผนการทดลองแบบ RCB 5 กรรมวิธี 4 ซ้ำ ในสภาพกระถางทดลอง ใช้หน่วยการทดลองละ 6 กระถาง

กรรมวิธีที่ 1 ใส่ปุ๋ยอัตรา 5-2-4 กรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อดิน 20 กิโลกรัม (SF)

กรรมวิธีที่ 2 ใส่ปุ๋ยอัตรา 5-2-4 กรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อดิน 20 กิโลกรัม และราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา ไอโซเลทที่ SMZ64-1 (SF+AMF1)

กรรมวิธีที่ 3 ใส่ปุ๋ยอัตรา 5-2-4 กรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อดิน 20 กิโลกรัม และราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา ไอโซเลทที่ SMZ79-4 (SF+AMF2)

กรรมวิธีที่ 4 ใส่ปุ๋ยอัตรา 5-2-4 กรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อดิน 20 กิโลกรัม และราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา ไอโซเลทที่ SMZ64-1 ร่วมกับแช่หน่อพันธุ์ด้วย *B. ferrariae* PaS2(1) (SF+AMF1+B)

กรรมวิธีที่ 5 ใส่ปุ๋ยอัตรา 5-2-4 กรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อดิน 20 กิโลกรัม และราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา ไอโซเลทที่ SMZ79-4 ร่วมกับแช่หน่อพันธุ์ด้วย *B. ferrariae* PaS2(1) (SF+AMF2+B)

- เวลาและสถานที่ ตุลาคม 2562 – กันยายน 2563 แปลงสับปะรดของเกษตรกร ต.สามกระทาย อ.กุยบุรี จ.ประจวบคีรีขันธ์

8. ผลการทดลองและวิจารณ์ :

1. ผลการวิเคราะห์ดินทางเคมีและกายภาพก่อนและหลังการทดลอง

จากผลวิเคราะห์ตัวอย่างดินจากแปลงสับปะรดของเกษตรกรใน ต.สามกระทาย อ.กุยบุรี จ.ประจวบคีรีขันธ์ เพื่อนำมาประเมินธาตุอาหารให้แก่สับปะรด พบว่าเนื้อดินเป็นดินทรายปนร่วน มีค่าพีเอชเท่ากับ 5.47 เป็นกรดจัด

กรมวิชาการเกษตร

ปริมาณอินทรียวัตถุอยู่ในระดับต่ำ มีค่า 0.50 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณฟอสฟอรัสในรูปที่เป็นประโยชน์อยู่ในระดับต่ำ มีค่า 3.25 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้อยู่ในระดับต่ำ มีค่า 59.59 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (Table 1) ดังนั้นอัตราปุ๋ยที่ใส่ให้สับปะรด คือ 75-34-68 กิโลกรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่ ไร่ คิดเป็นอัตรา 5-2-4 กรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อดิน 20 กิโลกรัม (กรมวิชาการเกษตร, 2553)

หลังทำการทดลองได้เก็บดินในแต่ละกรรมวิธีมาทำการวิเคราะห์ธาตุอาหาร (Table 2) พบว่า ปริมาณของอินทรียวัตถุหลังทำการทดลองมีค่าใกล้เคียงกับดินก่อนทำการทดลอง ในขณะที่ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้มีค่าเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะในกรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยอัตรา 5-2-4 กรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อดิน 20 กิโลกรัม และราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาไอโซเลทที่ SMZ62-1 ร่วมกับแช่หน่อพันธุ์ด้วย *B. ferrariae* PaS2(1) มีค่าฟอสฟอรัสสูงที่สุด เท่ากับ 22.09 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และกรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยอัตรา 5-2-4 กรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อดิน 20 กิโลกรัม และราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาไอโซเลทที่ SMZ79-4 ร่วมกับแช่หน่อพันธุ์ด้วย *B. ferrariae* PaS2(1) มีค่าโพแทสเซียมสูงที่สุด เท่ากับ 74.23 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม เนื่องมาจากการใช้แบคทีเรียละลายทั้งฟอสเฟตและโพแทช สามารถสร้างและปลดปล่อยกรดออกมานอกเซลล์ เพื่อละลายสารประกอบฟอสเฟตและโพแทสเซียมที่ถูกตรึง เป็นฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมที่ละลายอยู่ในสารละลายดิน และการใช้ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาช่วยเพิ่มการดูดซับธาตุอาหาร ทำให้พืชสามารถใช้ประโยชน์ได้ เพิ่มความเป็นประโยชน์ของปุ๋ยเคมีที่ใส่ให้กับพืช (Saiyad *et al*., 2015; Diep and Hieu, 2013; Srivastava and Basu, 1995)

Table 1 General characteristics of soils before planting.

Soil depth (cm)	Soil texture	pH H_2O (1:1)	OM (%)	Avail. P (mg kg^{-1})	Exch. K (mg kg^{-1})
0-20	Loamy sand	5.47	0.50	3.25	59.59

กรมวิชาการเกษตร

Table 2 General characteristics of soils after harvesting.

Treatments	pH H_2O (1:1)	OM (%)	Avail. P (mg kg^{-1})	Exch. K (mg kg^{-1})
SF	4.78	0.50 a	13.20	50.63
SF+AMF1	4.73	0.43 ab	18.31	60.04
SF+AMF2	4.80	0.38 b	10.91	52.83
SF+AMF1+B	4.91	0.39 b	22.09	52.38
SF+AMF2+B	4.79	0.40 ab	16.03	74.23
P-value	ns	*	ns	ns
CV (%)	4.03	24.27	52.40	29.93

Remark: SF = Soil test-based fertilizer application (5-2-4 g/20 kg soil); AMF1 = Arbuscular mycorrhiza isolate SMZ62-1; AMF2 = Arbuscular mycorrhiza isolate SMZ79-4; B = *Burkholderia ferrariae* PaS2(1).
In a column, a common letter is not significant different at the 0.05 level by DMRT.

การตรวจนับจำนวนสปอร์โดยวิธี wet sieving and decanting (Gerdemann and Nicolson, 1963) ของราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาในตัวอย่างดินที่เก็บมาก่อนปลูกสับปะรด จำนวน 5 บริเวณ แล้วนำมา composite พบว่ามีจำนวนสปอร์ 1.6 สปอร์ต่อดินแห้ง 1 กรัม มีแบคทีเรียทั้งหมด ราทั้งหมดที่สามารถเพาะเลี้ยงบนอาหารเลี้ยงเชื้อได้ และแบคทีเรียละลายทั้งฟอสเฟตและโพแทช มีค่า 6.79 3.72 และ 4.41 โคโลนีต่อดินแห้ง 1 กรัม ตามลำดับ หลังจากเก็บเกี่ยวได้ทำการสุ่มเก็บตัวอย่างดินบริเวณที่ปลูกสับปะรดตามกรรมวิธีการทดลอง นำมาร่อนตรวจนับสปอร์ พบว่าจำนวนสปอร์ในแต่ละกรรมวิธีมีค่าใกล้เคียงกัน แต่ในกรรมวิธีที่ใส่ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาไอโซเลทที่ SMZ62-1 และที่ใส่ราไอโซเลทที่ SMZ62-1 ร่วมกับแช่หน่อพันธุ์สับปะรดด้วย *B. ferrariae* PaS2(1) มีจำนวนสปอร์มากกว่ากรรมวิธีอื่น มีค่า 2.27 และ 2.62 สปอร์ต่อดินแห้ง 1 กรัม ตามลำดับ จำนวนแบคทีเรียที่พบทั้งหมดมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อาจเนื่องมาจากในดินมีแบคทีเรียท้องถิ่นอาศัยอยู่จึงทำให้มีค่าไม่แตกต่างกัน จำนวนแบคทีเรียละลายทั้งฟอสเฟตและโพแทชในกรรมวิธีที่มีการแช่หน่อพันธุ์ด้วย *B. ferrariae* PaS2(1) มีค่าสูงสุด คือ 5.00 และ 4.68 โคโลนีต่อดินแห้ง 1 กรัม เนื่องมาจากการใส่เชื้อ *B. ferrariae* PaS2(1) เพิ่มเข้าไปจึงมีส่วนช่วยให้ปริมาณแบคทีเรียละลายทั้งฟอสเฟตและโพแทชสูงกว่ากรรมวิธีที่ไม่ได้แช่หน่อพันธุ์ (Meena *et al*., 2016: Gazey *et al*., 2004) และปริมาณราทั้งหมดที่เพาะเลี้ยงได้ในกรรมวิธีที่มีการใช้ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซามีจำนวนโคโลนีของราลดลงจากก่อนทำการปลูกสับปะรด จากงานวิจัยพบว่ามีหลายปัจจัยที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของปริมาณของราและแบคทีเรีย เช่น อุณหภูมิ ค่าพีเอช และความอุดมสมบูรณ์ของดิน เป็นต้น (Silva-Flores *et al*., 2019; Ingham, 2012) (Table 3)

กรมวิชาการเกษตร

Table 3 Spore density of arbuscular mycorrhiza, quantity of total bacteria, total culturable fungi and potash-phosphate solubilizing bacteria (PSB) in soils before planting and after harvesting.

Treatments	Spore density (spore g^{-1})	Total bacteria	Total fungi	PSB
		(---------- $Log_{10}CFU\ g^{-1}$ ----------)		
Before planting	1.6	6.79	3.72	4.41
After harvesting				
SF	1.40	6.80	3.56 ab	4.31 b
SF+AMF1	2.27	6.82	3.62 ab	4.38 b
SF+AMF2	1.87	6.89	3.93 a	4.44 b
SF+AMF1+B	2.62	6.93	3.29 b	5.00 a
SF+AMF2+B	1.48	6.93	3.66 ab	4.68 ab
P-value	-	ns	*	*
CV (%)	-	1.82	9.80	8.69

Remark: SF = Soil test-based fertilizer application (5-2-4 g/20 kg soil); AMF1 = Arbuscular mycorrhiza isolate SMZ62-1; AMF2 = Arbuscular mycorrhiza isolate SMZ79-4; B = *Burkholderia ferrariae* PaS2(1).
In a column, a common letter is not significant different at the 0.05 level by DMRT.

2. การเพิ่มปริมาณสปอร์และคัดเลือกราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา

นำสปอร์ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาที่คัดเลือกได้จากการทดลองที่ 2.1 ไปเพิ่มจำนวนด้วยวิธีการดักสปอร์ (trap culture) โดยใช้ต้นข้าวโพดเป็นพืชอาศัยเป็นเวลา 3 เดือน (Figure 1) เพื่อให้ได้จำนวนที่เพียงพอต่อการลงเชื้อเพื่อปลูกหน่อสับปะรดตามกรรมวิธีการทดลอง จาก Table 4 แสดงจำนวนสปอร์ของเชื้อที่คัดเลือกได้จากการขยายเชื้อ มีจำนวนสปอร์เฉลี่ยต่อดิน 1 กรัม ตั้งแต่ 8 ถึง 113 สปอร์ ได้ทำการคัดเลือกเชื้อ 2 ไอโซเลท คือ SMZ62-1 และ SMZ79-4 ซึ่งมีจำนวนสปอร์ที่เพิ่มขึ้นเพียงพอต่อการนำไปใช้ มีค่า 59 และ 113 สปอร์ต่อดิน 1 กรัม ตามลำดับ จึงนำไปทำการทดลองต่อไป

Figure 1 Proliferation of arbuscular mycorrhizal spores.

กรมวิชาการเกษตร

Table 4 Spore density of arbuscular mycorrhiza fungi in soil inoculum.

Isolate code	Spore density (spore g^{-1})
SMZ47-5	16
SMZ62-1	59
SMZ62-2	8
SMZ79-3	36
SMZ79-4	113

3. การเจริญเติบโตของสับปะรด

วัดการเจริญเติบโตของสับปะรดที่อายุ 6 เดือนตาม Table 5 พบว่าแต่ละกรรมวิธีมีความกว้างและความยาวของใบ D-leaf และความกว้างทรงพุ่มไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่จะเห็นได้ว่าในกรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยอัตรา 5-2-4 กรัม $N\text{-}P_2O_5\text{-}K_2O$ ต่อดิน 20 กิโลกรัม ร่วมกับการใช้ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาไอโซเลทที่ SMZ79-4 ความกว้างและความยาวของใบ D-leaf และทรงพุ่มมีค่า 3.15 69.57 และ 111.83 เซนติเมตร ตามลำดับ นอกจากนี้ในกรรมวิธีที่มีการใช้ปุ๋ยอัตรา 5-2-4 กรัม $N\text{-}P_2O_5\text{-}K_2O$ ต่อดิน 20 กิโลกรัม และใช้ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาไอโซเลทที่ SMZ79-4 ร่วมกับ *B. ferrariae* PaS2(1) มีค่ารองลงมา จาก Figure 2 การเจริญของรากสับปะรดมีการเจริญเติบโตใกล้เคียงกัน ในขณะที่ในกรรมวิธีที่มีการใช้ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาร่วมกับแซ่หน่อพันธุ์ด้วย *B. ferrariae* PaS2(1) ช่วยการกระจายตัวของรากฝอยได้ดีกว่า (c d และ e) ดังนั้นการใส่ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาและ *B. ferrariae* PaS2(1) มีส่วนทำให้การเจริญเติบโตสูงกว่ากรรมวิธีควบคุม แต่มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในทุกกรรมวิธี สรุปได้ว่าราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาและแบคทีเรียละลายทั้งฟอสเฟตและโพแทชสามารถอยู่ร่วมกันและส่งเสริมการเจริญเติบโตของต้นสับปะรดได้ (Diagne *et al*., 2020; Widada *et al*., 2007) สอดคล้องกับ Tank and Saraf (2003) รายงานว่าราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาที่อยู่ร่วมกับแบคทีเรียบริเวณรอบรากสามารถส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชได้หลายทาง เช่น การตรึงไนโตรเจน การละลายฟอสเฟตและธาตุอาหารอื่น ๆ และการสร้างฮอร์โมน เป็นต้น

กรมวิทยาศาสตร์บริการ

Table 5 Growth of pineapple at 6 months.

Treatments	Width of D-leaf	Length of D-leaf	Canopy width
	(---------- cm ----------)		
SF	3.01	68.95	105.89
SF+AMF1	2.98	65.60	106.10
SF+AMF2	3.15	69.57	111.83
SF+AMF1+B	2.99	65.80	108.62
SF+AMF2+B	3.11	68.38	108.38
P-value	ns	ns	ns
CV (%)	9.74	6.61	4.82

Remark: SF = Soil test-based fertilizer application (5-2-4 g/20 kg soil); AMF1 = Arbuscular mycorrhiza isolate SMZ62-1; AMF2 = Arbuscular mycorrhiza isolate SMZ79-4; B = *Burkholderia ferrariae* PaS2(1).
In a column, a common letter is not significant different at the 0.05 level by DMRT.

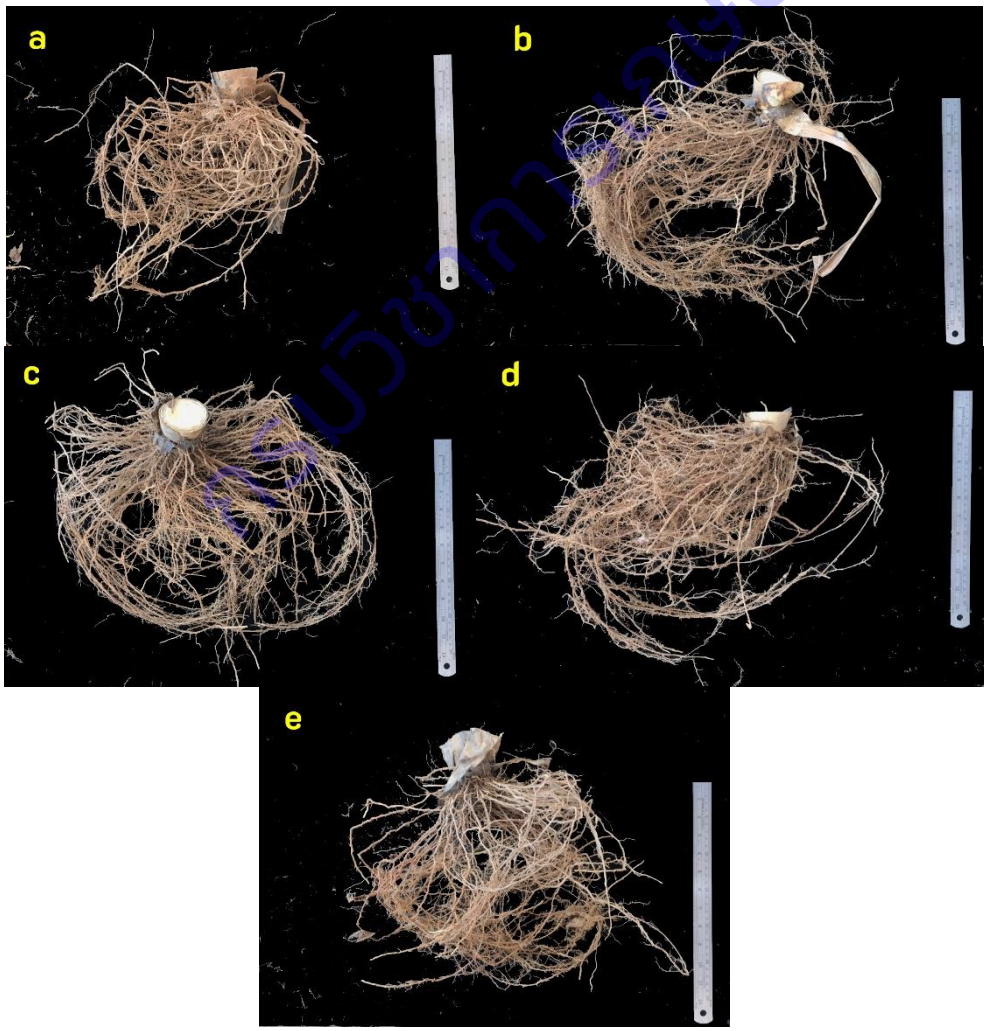

Figure 2 Increase and distribution of pineapple fibrous root such as (a) SF (b) SF+SMZ62-1 (c) SF+SMZ79-4 (d) SF+SMZ62-1+ *B. ferrariae* PaS2(1) (e) SF+SMZ79-4+ *B. ferrariae* PaS2(1).

4. ผลผลิตและค่าวิเคราะห์ธาตุอาหารในสับปะรด

สุ่มเก็บตัวอย่างต้นและรากสับปะรดที่อายุ 7 เดือน จำนวน 3 ต้นมาชั่งน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งได้ค่าตาม Table 6 พบว่าน้ำหนักสดและแห้งของต้น และรากสับปะรดในกรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยอัตรา 5-2-4 กรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อดิน 20 กิโลกรัม มีค่าสูงที่สุด คือ 3.89 0.76 0.56 และ 0.25 กิโลกรัม ตามลำดับ ซึ่งน้ำหนักสดและแห้งของต้นและน้ำหนักแห้งของรากมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกรรมวิธีที่ 3 4 และ 5 ที่ใช้ราอาร์บัสคูลาร์-ไมคอร์ไรซาและแช่หน่อพันธุ์ด้วย *B. ferrariae* PaS2(1) ในขณะที่น้ำหนักสดของรากมีเพียงกรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยอัตรา 5-2-4 กรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อดิน 20 กิโลกรัม ร่วมกับการใช้ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาไอโซเลทที่ SMZ79-4 และกรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยอัตรา 5-2-4 กรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อดิน 20 กิโลกรัม และใช้ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาไอโซเลทที่ SMZ62-1 ร่วมกับแช่หน่อพันธุ์ด้วย *B. ferrariae* PaS2(1) มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยอัตรา 5-2-4 กรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อดิน 20 กิโลกรัมเพียงอย่างเดียว นอกจากนี้ยังพบว่าในกรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยอัตรา 5-2-4 กรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อดิน 20 กิโลกรัม ร่วมกับใช้ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาไอโซเลทที่ SMZ62-1 มีค่าน้ำหนักสดและแห้งของต้นและรากน้อยที่สุด มีค่า 2.78 0.47 0.40 และ 0.15 กิโลกรัม ตามลำดับ สรุปได้ว่ากรรมวิธีใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินอย่างเดียวอาจจะมีราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาท้องถิ่นที่ช่วยเพิ่มความเป็นประโยชน์ในการดูดใช้ธาตุอาหารของสับปะรดได้ นอกจากนี้ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาไอโซเลทที่ SMZ79-4 ร่วมกับแบคทีเรียละลายฟอสเฟตยังสามารถช่วยเพิ่มการเจริญเติบโตของสับปะรดได้เช่นเดียวกัน (Gazey *et al*., 2004)

Table 6 Fresh and dry weight of pineapple stem and root at 7 months.

Treatments	Fresh weight (kg)		Dry weight (kg)	
	Stem	Root	Stem	Root
SF	3.89 a	0.76 a	0.56 a	0.25 a
SF+AMF1	2.78 b	0.47 b	0.40 b	0.15 b
SF+AMF2	3.43 ab	0.65 ab	0.50 ab	0.21 ab
SF+AMF1+B	3.19 ab	0.61 ab	0.46 ab	0.18 ab
SF+AMF2+B	3.26 ab	0.55 b	0.50 ab	0.18 ab
CV (%)	17.16	24.71	18.76	31.26

Remark: SF = Soil test-based fertilizer application (5-2-4 g/20 kg soil); AMF1 = Arbuscular mycorrhiza isolate SMZ62-1; AMF2 = Arbuscular mycorrhiza isolate SMZ79-4; B = *Burkholderia ferrariae* PaS2(1).
In a column, a common letter is not significant different at the 0.05 level by DMRT.

จาก Table 7 แสดงผลวิเคราะห์ธาตุอาหารในลำต้นและรากสับปะรดที่อายุ 7 เดือน พบว่าปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมทั้งหมดจะสมสมอยู่ในลำต้นมากกว่าราก มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในทุกกรรมวิธีการทดลอง แต่พบว่าในกรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยอัตรา 5-2-4 กรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อดิน 20 กิโลกรัม และใช้ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาไอโซเลทที่ SMZ62-1 ร่วมกับ *B. ferrariae* PaS2(1) มีการสะสมไนโตรเจน ฟอสฟอรัส แคลเซียม และแมกนีเซียมทั้งหมดในลำต้น มีค่า 1.165 0.550 0.562

กรมวิชาการเกษตร

และ 0.491 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในทำนองเดียวกับในรากมีการสะสมไนโตรเจน ฟอสฟอรัส แคลเซียม และแมกนีเซียมทั้งหมด มีค่า 0.415 0.286 0.422 และ 0.2070 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในกรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยอัตรา 5-2-4 กรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อดิน 20 กิโลกรัม ร่วมกับการใช้ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาไอโซเลทที่ SMZ62-1 พบการสะสมโพแทสเซียมทั้งหมดทั้งในลำต้นและราก มีค่า 1.965 และ 0.478 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ จะเห็นได้ว่ากรรมวิธีที่มีการใช้ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาไอโซเลทที่ SMZ62-1 ร่วมกับการแช่หน่อพันธุ์ด้วย *B. ferrariae* PaS2(1) มีส่วนช่วยเพิ่มการสะสมของธาตุอาหารได้ เนื่องจากแบคทีเรียจะสร้างและปลดปล่อยกรดออกมานอกเซลล์เพื่อละลายสารประกอบอนินทรีย์ฟอสเฟตที่อยู่ในดินหรือโพแทสเซียมที่ถูกยึดอยู่ในอนุภาคดิน ทำให้ธาตุอาหารพืชดังกล่าวปลดปล่อยออกมาในรูปที่พืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ และเส้นใยของราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาที่อยู่รอบ ๆ รากสามารถช่วยเพิ่มการดูดซับธาตุอาหารที่ละลายออกมาในสับปะรดได้ (พักตร์เพ็ญ, 2556; Diagne *et al*., 2020; Diep and Hieu, 2013; Han *et al*., 2006)

Table 7 Nutrients concentration in stem and root of pineapple at 7 months.

Treatments	Nutrients concentration (%)									
	Total N		Total P		Total K		Total Ca		Total Mg	
	Stem	Root	Stem	Root	Stem	Root	Stem	Root	Stem	Root
SF	1.069	0.344	0.558	0.243	1.796	0.440	0.452	0.218	0.409	0.201
SF+AMF1	1.020	0.405	0.586	0.265	1.965	0.478	0.471	0.285	0.420	0.204
SF+AMF2	1.005	0.297	0.548	0.260	1.833	0.452	0.489	0.337	0.421	0.204
SF+AMF1+B	1.165	0.415	0.550	0.286	1.898	0.456	0.562	0.422	0.491	0.207
SF+AMF2+B	0.969	0.415	0.540	0.275	1.784	0.475	0.473	0.390	0.438	0.207
P-value	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CV (%)	11.18	24.42	6.74	12.06	8.90	9.74	13.69	31.64	10.98	9.22

Remark: SF = Soil test-based fertilizer application (5-2-4 g/20 kg soil); AMF1 = Arbuscular mycorrhiza isolate SMZ62-1; AMF2 = Arbuscular mycorrhiza isolate SMZ79-4; B = *Burkholderia ferrariae* PaS2(1).
In a column, a common letter is not significant different at the 0.05 level by DMRT.

กรมวิชาการเกษตร

9. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ :

จากการทดลอง พบว่าทุกกรรมวิธีมีความกว้างและความยาวของใบ D-leaf และความกว้างทรงพุ่มไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อาจเนื่องมาจากสับปะรดยังมีอายุน้อยจึงทำให้ยังไม่พบความแตกต่าง แต่ในกรรมวิธีที่มีการใช้ปุ๋ยเคมีอัตรา 5-2-4 กรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อดิน 20 กิโลกรัม ร่วมกับการใช้ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์-ไรซาไอโซเลทที่ SMZ79-4 จะส่งเสริมต่อความกว้างและความยาวของใบ D-leaf และทรงพุ่มได้ดี มีค่า 3.15 69.57 และ 111.83 เซนติเมตร และกรรมวิธีที่มีการใช้ปุ๋ยเคมีอัตรา 5-2-4 กรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อดิน 20 กิโลกรัม และใช้ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาไอโซเลทที่ SMZ79-4 ร่วมกับการแช่หน่อพันธุ์ด้วย *B. ferrariae* PaS2(1) มีค่า 3.11 68.38 และ 108.38 เซนติเมตร ตามลำดับ

กรรมวิธีที่มีการใช้ปุ๋ยเคมีอัตรา 5-2-4 กรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อดิน 20 กิโลกรัม ร่วมกับการใช้ราอาร์บัสคูลาร์-ไมคอร์ไรซาไอโซเลท SMZ62-1 และกรรมวิธีที่มีการใช้ปุ๋ยเคมีอัตรา 5-2-4 กรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อดิน 20 กิโลกรัม และใช้ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาไอโซเลทที่ SMZ62-1 ร่วมกับการแช่หน่อพันธุ์ด้วย*B. ferrariae* PaS2(1) ส่งผลต่อการสะสมปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมทั้งหมดในลำต้นและรากได้ เนื่องจากแบคทีเรียละลายทั้งฟอสเฟตและโพแทชสามารถสร้างและปลดปล่อยกรดออกมาเพื่อละลายสารประกอบอนินทรีย์ฟอสเฟตหรือโพแทสเซียมที่ถูกยึดอยู่ในดินร่วมกับเส้นใยของราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาสามารถช่วยเพิ่มการดูดซับธาตุอาหารเหล่านั้น จึงมีผลทำให้สับปะรดในกรรมวิธีที่มีการใช้ราและแบคทีเรียดังกล่าวมีการสะสมธาตุอาหารได้เพิ่มมากขึ้น

10. การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์ :

ได้ต้นแบบการใช้ราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาร่วมกับแบคทีเรียละลายฟอสเฟตและโพแทชสำหรับสับปะรดเพื่อเพิ่มศักยภาพการผลิตของสับปะรด ได้แก่ ลดการใส่เคมีในการปลูกสับปะรด และช่วยเพิ่มการดูดซับธาตุอาหารของสับปะรด

11. คำขอบคุณ (ถ้ามี)

-

12. เอกสารอ้างอิง :

กรมพัฒนาที่ดิน. ม.ป.ป. การปลูกสับปะรด. แหล่งที่มา: https://bit.ly/3anVwyB, 17 กุมภาพันธ์ 2564.

กรมวิชาการเกษตร. 2553. คำแนะนำการใช้ปุ๋ยกับพืชเศรษฐกิจ. กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

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

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2559. สับปะรดโรงงาน: เนื้อที่เพาะปลูก เนื้อที่เก็บเกี่ยว ผลผลิต และผลผลิตต่อไร่ แยกตามอายุการเก็บเกี่ยว รายจังหวัด ปี 2559. แหล่งที่มา: https://bit.ly/3u0YxwN, 17 กุมภาพันธ์ 2564.

Diagne, N., M. Ngom, P.I. Djighaly, D. Fall, V. Hocher and S. Svistoonoff. 2020. Roles of arbuscular mycorrhizal fungi on plant growth and performance: importance in biotic and abiotic stressed regulation. Diversity 12: 370.

Diep, C.N. and T.N. Hieu. 2013. Phosphate and potassium solubilizing bacteria from weathered materials of denatured rock mountain, Ha Tien, Kiên Giang province, Vietnam. American Journal of Life Sciences 1 (3): 88-92.

กรมวิชาการเกษตร

Gazey, C., L.K. Abbott and A.D. Robson. 2004. Indigenous and introduced arbuscular mycorrhizal fungi contribute to plant growth in two agricultural soils from south-western Australia. Mycorrhiza 14: 355-362.

Gerdemann, J.W. and T.H. Nicolson. 1963. Spores of mycorrhizal *Endogone* species extracted from soil by wet-sieving and decanting. Transactions of the British Mycological Society 46: 235-244.

Han, H.S., Supanjani and K.D. Lee. 2006. Effect of co-inoculation with phosphate and potassium solubilizing bacteria on mineral uptake and growth of pepper and cucumber. Plant, Soil and Environment 52 (3): 130-136.

Ingham, E.R. 2012. Soil Biology Primer. Available: http://www.nrcs.usda.gov/wps/portal/nrcs/main/soils/health/biology/, February 17, 2021.

Jaizme-Vega, M.C. and R. Azcon. 1995. Responses of some tropical and subtropical cultures to endomycorrhizal fungi. Mycorrhiza. 5 (3): 213–217.

Maliha, R.; K. Samina; A. Najma; A. Sadia and L. Farooq. 2004. Organic acids production and phosphate solubilization by phosphate solubilizing microorganisms under in vitro conditions. Pakistan Journal of Biological Sciences 7: 187–196.

Meena, V.S., B.R. Maurya, J.K. Verma and R.S. Meena. 2016. Potassium solubilizing microorganisms for sustainable agriculture. Springer Nature, India.

Naher, U.A., R. Othman and Q.A. Panhwar. 2013. Beneficial effects of mycorrhizal association for crop production in the tropics - a review. International Journal of Agriculture and Biology 15 (5): 1021-1028.

Saiyad, S.A., Y.K. Jhala and R.V. Vyas. 2015. Comparative efficiency of five potash and phosphate solubilizing bacteria and their key enzymes useful for enhancing and improvement of soil fertility. International Journal of Scientific and Research Publications 5 (2): 1-6.

Silva-Flores, P., C.G. Bueno, J. Neira and G. Palfner. 2019. Factors affecting arbuscular mycorrhizal fungi spore density in the chilean mediterranean-type ecosystem. Journal of Soil Science and Plant Nutrition 19: 42-50.

Srivastava, N.K. and M. Basu. 1995. Occurrence of vesicular arbuscular mycorrhizal fungi in some medicinal plants, pp. 58-61. *In* A. Adholeya and S. Singh, eds. Mycorrhizae: Biofertilizers for the Future. Third National Conference on Mycorrhiza, TERI, Delhi, India.

ศูนย์วิทยทรัพยากร

Tank, N. and M. Saraf. 2003. Phosphate solubilization, exopolysaccharide production and indole acetic acid secretion by rhizobacteria isolated from Trigonella foenum-graecum. Indian Journal of Microbiology 43: 37–40.

Widada J, D.I. Damarjaya and S. Kabirun. 2007. The interactive effects of arbuscular mycorrhizal fungi and rhizobacteria on the growth and nutrients uptake of sorghum in acid soil, pp. 173–177. *In* E. Velazquez and C. Rodriguez-Barrueco, eds. First International Meeting on Microbial Phosphate Solubilization. Springer, Dordrecht.

กรมวิชาการเกษตร