รายงานผลงานเรื่องเต็มการทดลองที่สิ้นสุด

----

1. แผนงานวิจัย : แผนบูรณาการวิจัยและพัฒนาไม้ผลเศรษฐกิจ

2. โครงการวิจัย : การใช้จุลินทรีย์ดินเพื่อลดการใส่ปุ๋ยเคมีและเพิ่มการดูดซับธาตุอาหารในการปลูกสับปะรด

กิจกรรมที่ 1 การศึกษาการใช้แบคทีเรียละลายทั้งฟอสเฟตและโพแทชเพื่อลดการใส่ปุ๋ยเคมีในการปลูกสับปะรด

3. ชื่อการทดลอง

(ภาษาไทย) : การศึกษาการใช้แบคทีเรียละลายทั้งฟอสเฟตและโพแทชที่คัดเลือกไว้กับสับปะรดในสภาพกระถาง

(ภาษาอังกฤษ) : Effect of phosphate - potash solubilizing bacteria on growth and yield of pineapple in pot experiment

4. คณะผู้ดำเนินงาน

หัวหน้าการทดลอง : นายสนธยา ขำติ๊บ สังกัด กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร

ผู้ร่วมงาน : นางสุปรานี มั่นหมาย สังกัด กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร

: นางสาวกิตจเมธ แจ้งศิริกุล สังกัด กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร

5. บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาเทคโนโลยีการใช้แบคทีเรียละลายทั้งฟอสเฟตและโพแทช *Burkholderia ferrariae* PaS2(1) ร่วมกับปุ๋ยเคมีในการปลูกสับปะรด วางแผนการทดลองแบบ 2×4 factorials ที่จัดในรูปแบบ RCB มีปัจจัยที่ 1 คือ การแช่ และไม่แช่หน่อพันธุ์สับปะรดด้วย *B. ferrariae* PaS2(1) ปัจจัยที่ 2 คือ ปริมาณปุ๋ยฟอสเฟตและโพแทช 4 ระดับ ได้แก่ 4.20-1.80-3.88 4.20-1.35-2.91 4.20-0.90-1.94 และ 4.20-0.45-0.97 กรัม $N-P_2O_5-K_2O$ ต่อดิน 18 กิโลกรัม ทำการทดลอง 3 ซ้ำ ใช้หน่วยการทดลองละ 10 กระถาง ผลการทดลองใช้ *B. ferrariae* PaS2(1) ร่วมกับปุ๋ยเคมีต่อความสูงและความกว้างทรงพุ่มของสับปะรด พบว่า ทุกกรรมวิธีทดสอบมีความสูงและความกว้างทรงพุ่มของสับปะรดไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ เช่นเดียวกับความกว้างและความยาวของใบ D-leave ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทุกกรรมวิธีทดสอบ อย่างไรก็ตามการใช้ *B. ferrariae* PaS2(1) แช่หน่อพันธุ์ก่อนปลูกร่วมกับปุ๋ยเคมี สามารถลดอัตราการใช้ปุ๋ยเคมีฟอสเฟตและโพแทชลงร้อยละ 50 ของอัตราแนะนำ คือ ลดลงจากอัตรา 4.20-1.80-3.88 กรัม $N-P_2O_5-K_2O$ ต่อดิน 18 กิโลกรัม เป็น 4.20-0.90-1.94 กรัม $N-P_2O_5-K_2O$ ต่อดิน 18 กิโลกรัม โดยไม่ส่งผลกระทบต่อร้อยละการติดดอก และผลผลิตของสับปะรดทั้งปริมาณผลผลิต (น้ำหนักผล และขนาดผล) และคุณภาพผลผลิต (ความหวาน ความเข้มข้นน้ำตาล และ

กรมวิชาการเกษตร

ความฉ่ำ) นอกจากนี้การใช้ *B. ferrariae* PaS2(1) แช่หน่อพันธุ์ก่อนปลูกร่วมกับการใช้ปุ๋ยเคมี ยังมีแนวโน้มช่วยส่งเสริมการดูดใช้ธาตุอาหารไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียม ในส่วนต่าง ๆ ของพืช ได้แก่ ราก ต้นและใบ ก้านผล จุก เปลือกผล และเนื้อผล และช่วยเพิ่มความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัสที่ และโพแทสเซียมในดินด้วย

กรมวิชาการเกษตร

Abstract

This study aims to develop technology to use phosphate - potash solubilizing bacteria *Burkholderia ferrariae* PaS2 (1) with chemical fertilizer for pineapple production. The experimental design was 2 × 4 factorial in RCB. The first factor was soaking suckers with *B. ferrariae* PaS2(1) and the second factor was chemical fertilizer rate (4.20-1.80-3.88 4.20-1.35-2.91 4.20-0.90-1.94 and 4.20-0.45-0.97 g N-P_2O_5-K_2O/18 kg soil) with 3 replications. The result showed that combination use of *B. ferrariae* PaS2 (1) biofertilizers and chemical fertilizers has not improved significantly pineapple growth (height and canopy) and D-leave component (width and length) However, *B. ferrariae* PaS2 (1) was able to reduce the use of chemical fertilizers (phosphate and potash) from 4.20-1.80-3.88 g N-P_2O_5-K_2O/18 kg soil to 4.20-0.90-1.94 g N-P_2O_5-K_2O/18 kg soil (by 50% of the recommended rate) without affecting pineapple flowering, quality (weight and size of fruit) and quality of pineapple (sweetness, sugar concentration and water content). In addition, *B. ferrariae* PaS2 (1) enhanced nutrients uptake by plant and bioavailability of phosphorus and potassium in soil

6. คำนำ

สับปะรด เป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญชนิดหนึ่งของประเทศไทย ถึงแม้ว่าประเทศไทยจะสามารถผลิตสับปะรดได้ในระดับต้น ๆ ของโลกก็ตาม หากเปรียบเทียบผลผลิตต่อพื้นที่เพาะปลูกอยู่ในระดับที่ต่ำมาก คือ 3,880 กิโลกรัมต่อไร่ ในขณะที่คอสตาริกา บราซิล และฟิลิปปินส์ได้ผลผลิตต่อพื้นที่เพาะปลูก เท่ากับ 9,555 6,289 และ 6,468 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2558) ดังนั้นการเพิ่มผลผลิตต่อพื้นที่เพาะปลูกให้สูงขึ้น การลดต้นทุนการผลิต และเพิ่มคุณภาพของผลผลิต จะทำให้สับปะรดของไทยมีความสามารถในการแข่งขันในตลาดโลกได้สูงขึ้น โดยปกติสับปะรดเป็นพืชที่สามารถเจริญเติบโตได้ดีในดินแทบทุกชนิดที่ระบายน้ำดี ได้แก่ ดินร่วน ดินร่วนปนทราย และดินปนลูกรัง ดินทรายชายทะเล มีค่าความเป็นกรดด่าง (pH) ของดินควรเป็นกรดเล็กน้อย คือตั้งแต่ 4.5–5.5 (เกตุอร, ม.ป.ป.) ซึ่งดินที่มีค่าความเป็นกรด-ด่างต่ำ จะมีอัตราการตรึงฟอสฟอรัสให้อยู่ในรูปที่ไม่เป็นประโยชน์กับพืชสูง ส่วนโพแทสเซียมจะสูญเสียไปและ/หรืออยู่ในรูปที่พืชไม่สามารถใช้ประโยชน์ได้สะสมในดิน เกษตรกรจึงจำเป็นต้องใส่ปุ๋ยเคมีทุกครั้งที่ทำการเพาะปลูกสับปะรด และเพิ่มปริมาณขึ้นทุกปี ทำให้ต้นทุนในการผลิตสับปะรดสูงขึ้น ดังนั้นการเปลี่ยนธาตุอาหารจากรูปที่พืชไม่สามารถใช้ประโยชน์ได้ ให้อยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์สามารถลดปริมาณการใส่ปุ๋ย และลดต้นทุนในการผลิตสับปะรดได้

การใช้จุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ทางการเกษตร เช่น **แบคทีเรียละลายฟอสเฟต** ซึ่งมีความสามารถละลายสารประกอบอนินทรีย์ฟอสเฟตโดยสร้างและปลดปล่อยกรดอินทรีย์ (กรดฟอร์มิก กรดอะซิติก และกรดโพรพิโอนิก เป็นต้น) (Whitelaw, 2000; Maliha *et al.*, 2004) และ/หรือ กรดอนินทรีย์ (กรดไนตริกและกรดซัลฟูริก) (Azam and Memon, 1996) ออกมาเพื่อละลายสารประกอบอนินทรีย์ฟอสเฟตที่อยู่ในดิน เป็นฟอสฟอรัสที่

กรมวิชาการเกษตร

ละลายอยู่ในสารละลายดินในรูปโมโนไฮโดรเจนฟอสเฟตไอออน (HPO_4^{2-}) และไดไฮโดรเจนฟอสเฟตไอออน ($H_2PO_4^-$) (Frossard *et al*., 1995) และ**แบคทีเรียละลายโพแทช** ซึ่งสามารถละลาย K-minerals เช่น mica illite และ orthoclase ในดินโดยการผลิตและปลดปล่อยกรดอินทรีย์ หรือการผลิต capsular polysaccharide (Friedrich *et al*., 1991; Sheng and He, 2006) ทำให้ธาตุอาหารพืชดังกล่าวปลดปล่อยออกมาในรูปที่พืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ เป็นการลดการสะสมธาตุอาหารพืชในรูปที่ไม่เป็นประโยชน์ในดิน และเพิ่มความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารพืชได้

Burkholderia ferrariae เป็นแบคทีเรียที่มีศักยภาพในการละลายฟอสเฟตสูง (Valverde *et al*., 2006) สามารถละลายฟอสเฟตได้หลากหลายชนิด เช่น ไตรแคลเซียมฟอสเฟต ($Ca_3(PO_4)_2$) อลูมิเนียมฟอสเฟต ($AlPO_4$) และ เทอร์ควอยซ์ ($CuAl_6(PO_4)_4(OH)_8{\cdot}5H_2O$) โดยการสร้างและปลดปล่อยกรดกลูโคนิก กรด 2-คีโตนกลูโคนิก กรดอะซิติก และกรดซิตริก ทำให้ค่าความเป็นกรดด่างรอบ ๆ เซลล์แบคทีเรียลดลง 4.04 – 5.53 และเกิดการละลายฟอสเฟตที่สะสมในดิน (Delvasto *et al*., 2008) ดังนั้นการนำ *B. ferrariae* มาใช้ร่วมกับการผลิตสับปะรด ซึ่งมีค่าความเป็นกรดด่างของดินตั้งแต่ 4.5–5.5 จึงมีความเป็นไปได้

ในปัจจุบันการใช้ประโยชน์จากจุลินทรีย์ที่มีความสามารถละลายทั้งฟอสเฟตและโพแทชมีการศึกษาไม่มากนัก โดยส่วนใหญ่จะเป็นการศึกษาของต่างประเทศ ซึ่งเป็นการคัดแยกจุลินทรีย์ และทดสอบความสามารถของจุลินทรีย์ละลายทั้งฟอสเฟตและโพแทชในห้องปฏิบัติการ ดังนั้นการศึกษาการใช้แบคทีเรียที่มีความสามารถละลายทั้งฟอสเฟตและโพแทช จึงเป็นการสร้างองค์ความรู้ที่สำคัญต่อการพัฒนาต่อยอดให้อยู่ในรูปปุ๋ยชีวภาพ ซึ่งเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพของปุ๋ยชีวภาพในปัจจุบัน ที่มีความสามารถละลายฟอสเฟตเพียงอย่างเดียว

กรมวิชาการเกษตร

7. วิธีดำเนินการ

- สารเคมี วัสดุ อุปกรณ์ และเครื่องมือ

1. แบคทีเรียละลายทั้งฟอสเฟตและโพแทช *Burkholderia ferrariae* PaS2(1)
2. หน่อสับปะรดพันธุ์ปัตตาเวีย
3. วัสดุการเกษตร ได้แก่ กระถางพลาสติก 15 นิ้ว ป้ายแปลงพลาสติก สายยาง ฯลฯ
4. ปุ๋ยเคมี ได้แก่ แอมโมเนียมซัลเฟต (21-0-0) ทริปเปิลซูเปอร์ฟอสเฟต (0-46-0) โพแทสเซียมคลอไรด์ (0-0-60)
5. สารเคมีทางการเกษตร ได้แก่ แคลเซียมคาร์ไบด์ และอีทีฟอน
6. อาหารเพาะเลี้ยงแบคทีเรีย ได้แก่ pikovskaya broth, pikovskaya agar, aleksandrov medium, nutrient agar และ potato dextrose agar
7. สารเคมีสำหรับวิเคราะห์ตัวอย่างดินและพืช ได้แก่ กรดซัลฟิวริก (H_2SO_4) กรดไฮโดรคลอริก (HCl) กรดเปอร์คลอริก ($HClO_4$) กรดไนตริก (HNO_3) กรดฟอสฟอริก (H_3PO_4) โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) โพแทสเซียมไดโครเมต ($K_2Cr_2O_7$) เฟอร์รัสแอมโมเนียมซัลเฟต ($Fe(NH_4)_2(SO_4){\cdot}6H_2O$) สตรอนเทียมคลอไรด์ ($SrCl_2{\cdot}6H_2O$) แอมโมเนียมฟลูออไรด์ ($NH_4F$) เฟอร์รัสซัลเฟต ($FeSO_4{\cdot}7H_2O$) คอปเปอร์ซัลเฟต ($CuSO_4{\cdot}5H_2O$) โซเดียมฟลูออไรด์ (NaF) แอมโมเนียมเมตาวานาเดท (NH_4VO_3) แอมโมเนียมโมลิบเดต ($(NH_4)_6Mo_7O_{24}{\cdot}4H_2O$)

โพแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต (KH_2PO_4) แอมโมเนียมอะซิเตท ($C_2H_7NO_2$) โพแทสเซียมคลอไรด์ (KCl) แคลเซียมคาร์บอเนต ($CaCO_3$) แมกนีเซียมซัลเฟต ($MgSO_4 \cdot 7H_2O$) ซีลีเนียมมิกซ์เจอร์ ฟีแนนโทรลีนอินดิเคเตอร์ เอทานอล กรดบอริก ฟีนอล น้ำตาลกลูโคส ฯลฯ

8. วัสดุและอุปกรณ์วิทยาศาสตร์ ได้แก่ จานเพาะเลี้ยง (petri dish) หลอดทดลอง (test tube) กระบอกตวง (cylinder) บีกเกอร์ (beaker) ขวดรูปชมพู่ (erlenmeyer flask) กรวยกรอง (funnel) บิวเรต (buret) ขวดวัดปริมาตร (volumetric flask) ปิเปตแก้ว (pipette) กระดาษกรอง (filter paper) ฯลฯ

9. เครื่องมือวิทยาศาสตร์ ได้แก่ เครื่องชั่งสาร (balance) หม้อนึ่งไอน้ำแรงดันสูง (autoclave) ตู้ปลอดเชื้อ (laminar flow) ตู้ดูดไอสารเคมี (fume hood) เครื่องบ่มเขย่า (incubator shaker) เครื่องปั่นเหวี่ยง (centrifuge) เครื่องให้ความร้อน (hotplate) สเปกโทรโฟโตมิเตอร์ (UV-VIS spectrophotometer) เครื่องวัดการดูดกลืนแสงของอะตอม (atomic absorption spectrophotometer) เครื่องย่อยตัวอย่างสำหรับการวิเคราะห์ด้วยวิธีคเจลดาห์ล (Kjeldahl digestion furnace) ฯลฯ

- วิธีการ

1. การสำรวจคุณสมบัติทางเคมีของดินในพื้นที่ปลูกสับปะรดจังหวัดเพชรบุรีและประจวบคีรีขันธ์

เก็บตัวอย่างดินรวม (composite sample) ในพื้นที่ปลูกสับปะรดจังหวัดเพชรบุรีและประจวบคีรีขันธ์ที่ระดับความลึก 0 - 20 เซนติเมตร จำนวน 18 แปลง เพื่อวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีของดิน ได้แก่ ความเป็นกรด-ด่างของดิน (pH) ด้วยเครื่อง pH meter ใช้อัตราส่วนดินต่อน้ำ เท่ากับ 1:1 อินทรียวัตถุ (organic matter) วิเคราะห์ด้วยวิธีของ Walkley and Black (1934) ฟอสฟอรัสทั้งหมด (total phosphorus) โดยย่อยดินด้วยกรดเปอร์คลอริกเข้มข้น ($HClO_4$) จากนั้นวิเคราะห์หาปริมาณฟอสฟอรัส โดยวัดการเกิดสีกับสารละลาย vanadomolybdate ด้วยเครื่องสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ (Tandon *et al*., 1968) ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืช (available phosphorus) สกัดดินด้วยน้ำยาสกัด Bray II จากนั้นวิเคราะห์หาปริมาณฟอสฟอรัส โดยวัดการเกิดสีกับสารละลาย molybdenum blue ด้วยเครื่องสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ (Bray and Kurtz, 1945) โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (exchangeable potassium) โดยสกัดดินด้วย 1N ammonium acetate, pH 7 แล้ววัดด้วย flame spectrophotometer (Peech *et al*., 1947)

2. การเตรียมแบคทีเรียละลายทั้งฟอสเฟตและโพแทช

แบคทีเรียละลายทั้งฟอสเฟตและโพแทชที่ใช้ในการทดลอง คือ *Burkholderia ferrariae* PaS2(1) ซึ่งแบคทีเรียที่คัดแยกมาจากตัวอย่างดินรอบรากสับปะรดจากแปลงสับปะรด ต.สามพระยา อ.ชะอำ จ.เพชรบุรี มีความสามารถละลายทั้งฟอสเฟตและโพแทช โดยมีค่าดัชนีการละลายฟอสเฟตบนอาหารแข็ง pikovskaya agar และค่าดัชนีการละลายโพแทชบนอาหารแข็ง aleksandrov agar จากการบ่มที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 5 วัน เท่ากับ 2.8 และ 1.5 ตามลำดับ นอกจากนี้ยังสามารถผลิตสาร IAA เท่ากับ 21.70 มิลลิกรัมต่อลิตร การเตรียม *B. ferrariae* PaS2(1) เริ่มต้นโดยเพาะเลี้ยงแบคทีเรียในอาหาร NA ที่ค่าความเป็นกรด-ด่างเริ่มต้นของอาหารเพาะเลี้ยง 7.0 ความเข้มข้นของกลูโคส 10 กรัมต่อลิตร บ่มที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 48 ชั่วโมง นำไปปั่นเหวี่ยง

กรมวิชาการเกษตร

ด้วยเครื่องปั่นเหวี่ยง ที่ความเร็ว 8,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 10 นาที เพื่อแยกเซลล์แบคทีเรียออกจากอาหารเพาะเลี้ยง จากนั้นนำเซลล์แบคทีเรียที่ได้ผสมกับวัสดุพา คือ ผงซีโอไลท์และแป้งมันสำปะหลัง (อัตราส่วน 2:1) ให้ได้ปริมาณแบคทีเรีย 10^8 เซลล์ต่อกรัม โดยประมาณ

3. การเตรียมดินที่ใช้ในการทดลอง

การทดลองใช้ดินจากแปลงสับปะรดของเกษตรกรใน ต.สามกระทาย อ.กุยบุรี จ.ประจวบคีรีขันธ์ ซึ่งเตรียมโดยการไถและคลุกผสมดินด้วยรถแทรกเตอร์ เพื่อให้มีคุณสมบัติก่อนทำการทดลองใกล้เคียงกัน ซึ่งคุณสมบัติของดินก่อนทำการทดลองดังแสดงใน Table 1 คือ มีเนื้อดิน เป็นดินทรายปนร่วน (Loamy Sand; LS) มีความเป็นกรด-ด่าง เท่ากับ 4.85 มีอินทรียวัตถุ ร้อยละ 0.64 ฟอสฟอรัสทั้งหมด 49.76 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ 5.87 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ 56.90 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งจากคุณสมบัติของดินสามารถกำหนดอัตราการใส่ปุ๋ยตามคำแนะนำของกรมวิชาการเกษตร (กรมวิชาการเกษตร, 2553) คือปุ๋ยเคมีอัตราแนะนำ 75-34-68 กิโลกรัม $N-P_2O_5-K_2O$ ต่อไร่ (4.20-1.80-3.88 กรัม $N-P_2O_5-K_2O$ ต่อดิน 18 กิโลกรัม) โดยแบ่งใส่ 3 ครั้ง ครั้งที่ 1 ใส่ 1/4N+1/2P+1/4K รองก้นหลุม ครั้งที่ 2 ใส่ 1/4N+1/2P+1/4K หลังปลูก 1-3 เดือน ใส่บริเวณกาบใบล่างชิดโคนต้น และครั้งที่ 3 ใส่ 1/2N+1/2K หลังปลูก 6 เดือน ใส่บริเวณกาบใบล่างชิดโคนต้น

Table 1 General characteristics of soils before planting

Soil depth (cm)	Soil texture	pH 1:1 (soil : water)	OM (%)	Total P (mg/kg)	Avail. P (mg/kg)	Exch. K (mg/kg)
0-20	Loamy sand	4.85	0.64	49.76	5.87	56.90

4. การศึกษาผลการใช้แบคทีเรียละลายทั้งฟอสเฟตและโพแทชร่วมกับปุ๋ยเคมีต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของสับปะรดในสภาพกระถาง

การศึกษาผลการใช้แบคทีเรียละลายทั้งฟอสเฟตและโพแทชร่วมกับปุ๋ยเคมีต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของสับปะรดในสภาพกระถาง วางแผนการทดลองแบบ 2×4 factorial ที่จัดในรูปแบบ RCB มีปัจจัยที่ 1 คือ การแช่ และไม่แช่หน่อพันธุ์สับปะรดด้วย *B. ferrariae* PaS2(1) ปัจจัยที่ 2 คือ ปริมาณปุ๋ยฟอสเฟตและโพแทช 4 ระดับ ได้แก่ 4.20-1.80-3.88, 4.20-1.35-2.91, 4.20-0.90-1.94 และ 4.20-0.45-0.97 กรัม $N-P_2O_5-K_2O$ ต่อดิน 18 กิโลกรัม ทำการทดลอง 3 ซ้ำ ใช้หน่วยการทดลองละ 10 กระถาง กรรมวิธีทดสอบมีทั้งหมด 8 กรรมวิธี คือ

T1 = ไม่แช่หน่อพันธุ์สับปะรดใน *B. ferrariae* PaS2(1) + ใส่ปุ๋ยเคมี อัตรา 4.20-1.80-3.88 กรัม $N-P_2O_5-K_2O$ ต่อดิน 18 กิโลกรัม

กรมวิชาการเกษตร

T2 = ไม่แช่หน่อพันธุ์สับปะรดใน *B. ferrariae* PaS2(1) + ใส่ปุ๋ยเคมี อัตรา 4.20-1.35-2.91 กรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อดิน 18 กิโลกรัม

T3 = ไม่แช่หน่อพันธุ์สับปะรดใน *B. ferrariae* PaS2(1) + ใส่ปุ๋ยเคมี อัตรา 4.20-0.90-1.94 กรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อดิน 18 กิโลกรัม

T4 = ไม่แช่หน่อพันธุ์สับปะรดใน *B. ferrariae* PaS2(1) + ใส่ปุ๋ยเคมี อัตรา 4.20-0.45-0.97 กรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อดิน 18 กิโลกรัม

T5 = แช่หน่อพันธุ์สับปะรดใน *B. ferrariae* PaS2(1) + ใส่ปุ๋ยเคมี อัตรา 4.20-1.80-3.88 กรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อดิน 18 กิโลกรัม

T6 = แช่หน่อพันธุ์สับปะรดใน *B. ferrariae* PaS2(1) + ใส่ปุ๋ยเคมี อัตรา 4.20-1.35-2.91 กรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อดิน 18 กิโลกรัม

T7 = แช่หน่อพันธุ์สับปะรดใน *B. ferrariae* PaS2(1) + ใส่ปุ๋ยเคมี อัตรา 4.20-0.90-1.94 กรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อดิน 18 กิโลกรัม

T8 = แช่หน่อพันธุ์สับปะรดใน *B. ferrariae* PaS2(1) + ใส่ปุ๋ยเคมี อัตรา 4.20-0.45-0.97 กรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อดิน 18 กิโลกรัม

การทดลองใช้กระถางพลาสติกขนาด 15 นิ้ว ใช้ดิน 18 กิโลกรัม ใส่ปุ๋ยรองก้นหลุมตามกรรมวิธีของแผนการทดลอง คัดเลือกหน่อสับปะรดที่มีขนาดใกล้เคียงกัน จากนั้นแบ่งหน่อสับปะรดเป็น 2 ส่วน ส่วนที่หนึ่งนำไปแช่สารแขวนลอยแบคทีเรียละลาย อีกส่วนไม่ต้องแช่สารแขวนลอยแบคทีเรีย (ตามกรรมวิธีของแผนการทดลอง) จากนั้นนำหน่อสับปะรดที่เตรียมไว้ปลูกลงในกระถาง การใส่ปุ๋ยครั้งที่ 2 ตามกรรมวิธีของแผนการทดลอง หลังปลูก 1-3 เดือน โดยใส่บริเวณกาบใบล่างชิดโคนต้น การใส่ปุ๋ยครั้งที่ 3 ใส่ปุ๋ย 21-0-0 และ 0-0-60 หลังปลูก 6 เดือน โดยใส่บริเวณกาบใบล่างชิดโคนต้น ดูแลกำจัดวัชพืช และให้น้ำในฤดูแล้ง เก็บข้อมูลการเจริญเติบโตของสับปะรด ได้แก่ ความสูง ความกว้างทรงพุ่ม ความกว้างของใบ D-Leave และความยาวของใบ D-Leave เมื่อปลูกสับปะรดอายุได้ 9 เดือน บังคับการออกดอกด้วยแคลเซียมคาร์ไบด์ โดยทำการหยอดแคลเซียมคาร์ไบด์ ปริมาณ 1 กรัมต่อต้น ในช่วงเวลาเย็น และทำการหยอดแคลเซียมคาร์ไบด์ซ้ำอีกรอบ ปริมาณ 1 กรัมต่อต้น หลังจากหยอดครั้งแรก 2 วัน เก็บเกี่ยวผลผลิต หลังบังคับการออกดอก 4 - 5 เดือน เก็บข้อมูลผลผลิตสับปะรด ได้แก่ น้ำหนักผลสด และคุณภาพของสับปะรด ได้แก่ ค่าความหวาน ความเป็นกรด-ด่าง และความฉ่ำ

5. การวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารในส่วนประกอบต่าง ๆ ของสับปะรด

สุ่มเก็บตัวอย่างสับปะรด กรรมวิธีละ 2 กระถาง แยกส่วนประกอบของสับปะรดออกเป็น 6 ส่วน ได้แก่ ราก ต้นและใบ ก้านผล จุก เปลือกผล และเนื้อผล ล้างทำความสะอาดผึ่งให้แห้ง ชั่งน้ำหนักสด จากนั้นนำตัวอย่างสับปะรดอบในตู้อบ ที่อุณหภูมิ 60 - 65 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 - 5 วัน ชั่งน้ำหนักแห้ง จากนั้นนำไปบดด้วยเครื่องบดตัวอย่างพืช เพื่อใช้วิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจน (N) ด้วยวิธี Kjeldahl ส่วนการวิเคราะห์ปริมาณฟอสฟอรัส (P) โพแทสเซียม (K) แคลเซียม(Ca) และแมกนีเซียม (Mg) ย่อยตัวอย่างพืชด้วยกรดผสมกรดเปอร์คลอริกและกรดไนตริก ($HClO_4$: HNO_3) อัตราส่วน 1 : 2 กรองตัวอย่างด้วยกระดาษกรองเบอร์ 5 นำตัวอย่างที่ได้

กรมวิชาการเกษตร

วิเคราะห์หาปริมาณฟอสฟอรัส โดยวัดการเกิดสีกับสารละลาย vanadomolybdate ด้วยเครื่องสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ และวิเคราะห์หาปริมาณโพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียม ด้วยเครื่องวัดการดูดกลืนแสงของอะตอม (atomic absorption spectrophotometer) คำนวณปริมาณธาตุอาหารที่ดูดใช้ของสับปะรดจากน้ำหนักแห้งของพืช และความเข้มข้นของธาตุอาหารที่วิเคราะห์ได้ ตามสมการ

$$\text{ปริมาณธาตุอาหารที่ดูดใช้} = \frac{(\text{น้ำหนักแห้งของพืช} \times \text{ความเข้มข้นของธาตุอาหาร})}{100}$$

- เวลาและสถานที่

ระยะเวลาทำการทดลอง: ตุลาคม 2561 – กันยายน 2563

สถานที่ทำการทดลอง : ห้องปฏิบัติการกลุ่มงานวิจัยจุลินทรีย์ดิน
ห้องปฏิบัติการกลุ่มงานวิจัยเคมีดิน
พื้นที่เกษตรกรผู้ปลูกสับปะรด ต.สามกระทาย อ.กุยบุรี จ.ประจวบคีรีขันธ์

8. ผลการทดลองและวิจารณ์

1. คุณสมบัติทางเคมีของดินในพื้นที่ปลูกสับปะรดจังหวัดเพชรบุรีและประจวบคีรีขันธ์

จากการสำรวจเก็บตัวอย่างดินในพื้นที่ปลูกสับปะรดจังหวัดเพชรบุรีและประจวบคีรีขันธ์ จำนวน 18 แปลง เพื่อวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีของดิน ได้แก่ ความเป็นกรด-ด่างของดิน (pH) อินทรียวัตถุ (organic matter) ฟอสฟอรัสทั้งหมด (total phosphorus) ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (available phosphorus) โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (exchangeable potassium) พบว่า ดินในพื้นที่ปลูกสับปะรดจังหวัดเพชรบุรีและประจวบคีรีขันธ์ (Table 2) มีความเป็นกรด-ด่างของดิน เป็นกรดจัด (อยู่ในช่วง 3.41 - 4.85) ยกเว้นตัวอย่างดินของแปลงสับปะรด ต.หาดขาม อ.กุยบุรี จ.ประจวบคีรีขันธ์ (N 12° 4' 42" E 99° 41' 39") (Table 2 : No. 14) มีความเป็นกรด-ด่างของดิน เป็นกลาง (7.04) อินทรียวัตถุ อยู่ในช่วงร้อยละ 0.55 - 1.47 ฟอสฟอรัสทั้งหมดอยู่ในช่วง 41.33 - 227.06 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ อยู่ในช่วง 5.80 - 74.11 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ อยู่ในช่วง 25.20 - 467.67 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

กรมวิชาการเกษตร

Table 2 Soil characteristics of pineapple cultivation area in Phetchaburi and Prachuapkhirikhan province

No.	Locations	pH	OM (%)	Total P (mg/kg)	Avail. P (mg/kg)	Exch. K (mg/kg)
1	Huaisainuea Sub District, Cha-am District, Phetchaburi Province (N 12° 43' 12.8" E 99° 52' 28")	4.29	0.67	98.21	17.90	25.20
2	Samphraya Sub District, Cha-am District, Phetchaburi Province (N 12° 43' 31" E 99° 55' 26")	4.44	0.55	86.12	8.63	27.47
3	Hinlekfai Sub District, Huahin District, Prachuap Khiri Khan Province (N 12° 34' 57" E 99° 49' 16")	3.72	1.16	54.37	11.94	71.27
4	Hinlekfai Sub District, Huahin District, Prachuap Khiri Khan Province (N 12° 34' 6" E 99° 49' 18")	3.84	0.56	62.10	9.13	42.53
5	Thaptai Sub District, Huahin District, Prachuap Khiri Khan Province (N 12° 32' 29" E 99° 50' 57")	3.88	0.67	142.60	63.00	212.13
6	Samkrathai Sub District, Kuiburi District, Prachuap Khiri Khan Province (N 12° 10' 38" E 99° 50' 39")	4.23	1.22	41.33	9.62	106.53
7	Samkrathai Sub District, Kuiburi District, Prachuap Khiri Khan Province (N 12° 11' 3" E 99° 46' 30")	3.60	1.01	101.26	28.22	467.67
8	Samkrathai Sub District, Kuiburi District, Prachuap Khiri Khan Province (N 12° 11' 21" E 99° 46' 31")	3.55	1.00	178.80	65.61	130.93
9	Samkrathai Sub District, Kuiburi District, Prachuap Khiri Khan Province (N 12° 12' 19" E 99° 48' 33"	4.75	0.58	93.15	8.27	65.23
10	Samkrathai Sub District, Kuiburi District, Prachuap Khiri Khan Province (N 12° 11' 42" E 99° 47' 51")	3.41	1.26	167.90	31.38	65.37
11	Samkrathai Sub District, Kuiburi District, Prachuap Khiri Khan Province (N 12° 11' 35" E 99° 48' 46")	3.57	0.72	119.16	26.79	41.67
12	Hatkham Sub District, Kuiburi District, Prachuap Khiri Khan Province (N 12° 6' 14" E 99° 45' 42")	3.58	0.66	49.37	5.80	90.43
13	Hatkham Sub District, Kuiburi District, Prachuap Khiri Khan Province (N 12° 6' 15" E 99° 45' 41")	3.65	0.92	97.29	24.94	87.60
14	Hatkham Sub District, Kuiburi District, Prachuap Khiri Khan Province (N 12° 4' 42" E 99° 41' 39")	7.04	0.84	98.47	32.87	193.40
15	Thaptai Sub District, Huahin District, Prachuap Khiri Khan Province (N 12° 28' 21" E 99° 53' 38")	4.31	0.68	227.06	74.11	143.33
16	Thaptai Sub District, Huahin District, Prachuap Khiri Khan Province (N 12° 31' 5" E 99° 52' 44")	4.14	0.68	157.11	52.89	108.77
17	Thaptai Sub District, Huahin District, Prachuap Khiri Khan Province (N 12° 32' 25" E 99° 52' 32")	4.03	0.79	47.06	14.78	93.07
18	Samkrathai Sub District, Kuiburi District, Prachuap Khiri Khan Province (N 12° 20' 52" E 99° 79' 51")	4.85	0.64	49.76	5.87	56.90

2. ผลการใช้ *B. ferrariae* PaS2(1) ร่วมกับปุ๋ยเคมีต่อการเจริญเติบโตของสับปะรดในสภาพกระถาง

กรมวิชาการเกษตร

2.1 ความสูงและความกว้างทรงพุ่มของสับปะรด

การศึกษาผลการใช้ *B. ferrariae* PaS2(1) ร่วมกับปุ๋ยเคมีต่อการเจริญเติบโตของสับปะรดปัตตาเวียในสภาพกระถาง เริ่มทดลองปลูกสับปะรดตามกรรมวิธีทดสอบ วันที่ 26 กุมภาพันธ์ 2562 ในกระถางพลาสติกขนาด 15 นิ้ว ใช้ดิน 18 กิโลกรัม จากแปลงสับปะรดของเกษตรกรใน ตำบลสามกระทาย อำเภอกุยบุรี จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ (N 12° 20' 52" E 99° 79' 51") (Table 2 : No. 18) ใส่ปุ๋ยตามคำแนะนำของกรมวิชาการเกษตร คือปุ๋ยเคมีอัตราแนะนำ 75-34-68 กิโลกรัม $N-P_2O_5-K_2O$ ต่อไร่ (4.20-1.80-3.88 กรัม $N-P_2O_5-K_2O$ ต่อดิน 18 กิโลกรัม) โดยแบ่งใส่ 3 ครั้ง ครั้งที่ 1 ใส่รองก้นหลุม เมื่อวันที่ 26 กุมภาพันธ์ 2562 ครั้งที่ 2 ใส่บริเวณกาบใบล่างชิดโคนต้น เมื่อวันที่ 2 เมษายน 2562 และครั้งที่ 3 ใส่บริเวณกาบใบล่างชิดโคนต้น เมื่อวันที่ 19 กันยายน 2562 ในอัตราต่าง ๆ ตามกรรมวิธีทดลอง ดูแลกำจัดวัชพืชอย่างสม่ำเสมอ วัดความสูงและความกว้างทรงพุ่มหลังปลูก 4 และ 7 เดือน พบว่า ทุกกรรมวิธีทดสอบมีความสูงและความกว้างทรงพุ่มของสับปะรดไม่แตกต่างกัน โดยหลังจากปลูก 4 เดือน มีความสูงและความกว้างทรงพุ่ม อยู่ในช่วง 35.92 - 39.04 เซนติเมตร และ 75.22 - 78.27 เซนติเมตร ตามลำดับ และหลังจากปลูก 7 เดือน มีความสูงและความกว้างทรงพุ่มอยู่ในช่วง 39.78 - 41.66 เซนติเมตร และ 109.14 - 117.97 เซนติเมตร ตามลำดับ (Table 3)

Table 3 Effect of co- application of *B. ferrariae* PaS2(1) and chemical fertilizer on height and canopy width of pineapple plants at 4 and 7 months after planting

Treatments			Plant height (cm)		Canopy width (cm)	
	B. ferrariae PaS2(1)	Chemical fertilizer (g $N-P_2O_5-K_2O$ /18 kg soil)	4 months after planting	7 months after planting	4 months after planting	7 months after planting
T1	-	4.20-1.80-3.88	38.10	40.74	77.28	117.97
T2	-	4.20-1.35-2.91	36.54	40.40	78.27	109.14
T3	-	4.20-0.90-1.94	36.25	40.62	75.22	112.34
T4	-	4.20-0.45-0.97	35.92	39.83	77.22	112.01
T5	+	4.20-1.80-3.88	39.04	40.51	76.21	117.64
T6	+	4.20-1.35-2.91	36.17	39.90	77.90	110.93
T7	+	4.20-0.90-1.94	36.27	39.78	76.07	106.33
T8	+	4.20-0.45-0.97	37.71	41.66	75.30	113.45
F-test[1/]			ns	ns	ns	Ns
% CV			5.79	3.83	8.52	6.44

Remark [1/] ns = non–significant

กรมวิชาการเกษตร

2.2 ความกว้างและความยาวของใบ D-Leave

ผลการใช้ *B. ferrariae* PaS2(1) ร่วมกับปุ๋ยเคมีต่อความกว้างและความยาวของใบ D-leave แสดงใน Table 4 ในเดือนที่ 4 หลังการปลูกสับปะรด พบว่า กรรมวิธีที่ T7 แช่หน่อพันธุ์ก่อนปลูกด้วย *B. ferrariae* PaS2(1) และใส่ปุ๋ยเคมีในอัตรา 4.20-0.90-1.94 กรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อดิน 18 กิโลกรัม มีความกว้างใบ D-leave น้อยสุดเท่ากับ 3.78 เซนติเมตร แต่อย่างไรก็ตามในเดือนที่ 7 หลังการปลูกสับปะรด ทุกกรรมวิธีทดสอบมีความกว้างใบ D-leave ไม่แตกต่างกัน ส่วนความยาวใบ D-leave ในทุกกรรมวิธีทดสอบมีความยาวใบ D-leave ไม่แตกต่างกัน โดย มีความยาวใบ D-leave อยู่ในช่วง 48.96 - 51.18 เซนติเมตร หลังจากปลูก 4 เดือน และ 69.78 - 73.61 เซนติเมตร หลังจากปลูก 7 เดือน

Table 4 Effect of co- application of *B. ferrariae* PaS2(1) and chemical fertilizer on width and length of pineapple D-leaf at 4 and 7 months after planting

Treatments			D-leaf width (cm)		D-leaf length (cm)	
	B. ferrariae PaS2(1)	Chemical fertilizer (g N-P_2O_5-K_2O /18 kg soil)	4 months after planting	7 months after planting	4 months after planting	7 months after planting
T1	-	4.20-1.80-3.88	3.95^{ab}	4.39	51.18	73.61
T2	-	4.20-1.35-2.91	4.12^{a}	4.27	50.66	69.78
T3	-	4.20-0.90-1.94	3.96^{ab}	4.23	50.30	71.98
T4	-	4.20-0.45-0.97	4.09^{a}	4.22	49.99	71.53
T5	+	4.20-1.80-3.88	3.89^{ab}	4.00	51.14	76.13
T6	+	4.20-1.35-2.91	4.03^{ab}	4.22	48.96	73.46
T7	+	4.20-0.90-1.94	3.78^{b}	4.05	50.40	70.48
T8	+	4.20-0.45-0.97	3.88^{ab}	4.23	50.57	73.34
F-test$^{1/}$			*	ns	ns	ns
% CV			4.17	4.99	5.94	5.56

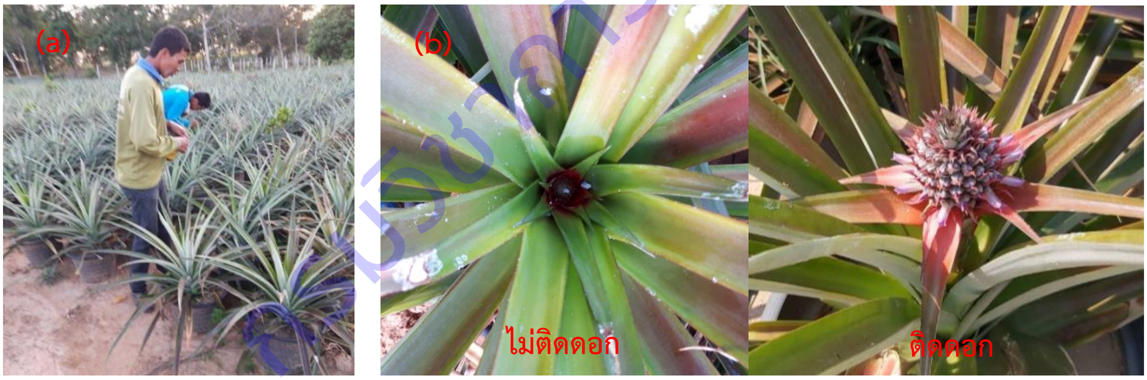
Remark $^{1/}$ ns = non–significant, * = significantly different at 0.05 probability level, means with different letters within column indicate significant difference according to DMRT

2.3 การติดดอกของสับปะรด

เมื่อต้นสับปะรดอายุ ประมาณ 9 เดือน สุ่มชั่งน้ำหนักต้นสับปะรด พบว่ามีน้ำหนักต้นและใบรวมรากอยู่ในช่วง 2.7 -3.2 กิโลกรัม จึงได้บังคับการออกดอกด้วยแคลเซียมคาร์ไบด์ โดยหยอดแคลเซียมคาร์ไบด์ ปริมาณ 1 กรัมต่อต้น ในช่วงเวลาเย็นของวันที่ 23 พฤศจิกายน 2562 และหยอดซ้ำอีกรอบในวันที่ 25 พฤศจิกายน 2562

กรมวิชาการเกษตร

ติดตามผลการติดดอกหลังบังคับการออกดอก 60 วัน (23 มกราคม 2563) พบว่าเปอร์เซ็นต์ติดดอกอยู่ในช่วงร้อยละ 87.50 ถึง 100 โดยกรรมวิธีที่ไม่ได้แช่หน่อพันธุ์ก่อนปลูกด้วย *B. ferrariae* PaS2(1) ร่วมกับการใช้ปุ๋ยเคมีอัตรา 4.20-1.80-3.88 และ 4.20-1.35-2.91 กรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อดิน 18 กิโลกรัม (กรรมวิธี T1 และT2) มีร้อยละการติดดอก เท่ากับ 100 แต่เมื่อลดอัตราการปุ๋ยเคมีที่ใช้เป็น 4.20-0.90-1.94 และ 4.20-0.45-0.97 กรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อดิน 18 กิโลกรัม มีร้อยละการติดดอกลดลง เท่ากับ 95.83 และ 87.50 ตามลำดับ ส่วนกรรมวิธีที่แช่หน่อพันธุ์ก่อนปลูกด้วย *B. ferrariae* PaS2(1) ร่วมกับการใช้ปุ๋ยเคมี พบว่า การใช้ปุ๋ยเคมีอัตรา 4.20-1.80-3.88 4.20-1.35-2.91 และ 4.20-0.90-1.94 กรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อดิน 18 กิโลกรัม (กรรมวิธี T5 T6 และ T7) มีร้อยละการติดดอก เท่ากับ 100 แต่เมื่อลดอัตราการปุ๋ยเคมีที่ใช้เป็น 4.20-0.45-0.97 กรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อดิน 18 กิโลกรัม (กรรมวิธี T8) มีร้อยละการติดดอกลดลง เท่ากับ 95.83 จากการผลทดลองแสดงให้เห็นว่าเมื่อลดปริมาณปุ๋ยเคมีลงส่งผลให้ต้นสับปะรดเจริญเติบโตไม่สม่ำเสมอทำให้ร้อยละการติดดอกลดลง นอกจากนี้ยังพบว่าการแช่หน่อพันธุ์สับปะรดก่อนปลูกด้วย *B. ferrariae* PaS2(1) ช่วยให้การดูดใช้ปุ๋ยเคมีของสับปะรดมีประสิทธิภาพมากขึ้น ดังจะเห็นได้จากการลดปริมาณปุ๋ยเคมีเหลือ 4.20-0.90-1.94 กรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อดิน 18 กิโลกรัม (กรรมวิธี T7) ไม่ส่งผลกระทบต่อร้อยละการติดดอกของสับปะรด (ร้อยละ 100) ในขณะที่การไม่ได้แช่หน่อพันธุ์สับปะรดก่อนปลูกด้วย *B. ferrariae* PaS2(1) ร่วมกับการลดปริมาณปุ๋ยเคมีเหลือ 4.20-0.90-1.94 กรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อดิน 18 กิโลกรัม (กรรมวิธี T3) ส่งผลกระทบทำให้ร้อยละการติดดอกของสับปะรด (ร้อยละ 95.83)



ภาพที่ 1 การบังคับการออกดอกของสับปะรดด้วยแคลเซียมคาร์ไบด์ (a) และผลการติดดอกของสับปะรดหลังบังคับการออกดอก 60 วัน (23 มกราคม 2563) (b)

3. ผลการใช้ *B. ferrariae* PaS2(1) ร่วมกับปุ๋ยเคมีต่อผลผลิตและคุณภาพของสับปะรดในสภาพกระถาง

3.1 ผลผลิตของสับปะรด

เก็บเกี่ยวผลผลิตสับปะรดหลังบังคับการออกดอก 160 วัน (7 พฤษภาคม 2563) เพื่อวิเคราะห์ข้อมูลผลผลิต (Table 5) ผลศึกษาพบว่ากรรมวิธีที่ไม่ได้แช่หน่อพันธุ์ก่อนปลูกด้วย *B. ferrariae* PaS2(1) เมื่อลดอัตราปุ๋ยเคมีที่ใช้เป็น 4.20-1.80-3.88 4.20-1.35-2.91 และ 4.20-0.90-1.94 กรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อดิน 18 กิโลกรัม (กรรมวิธี T1 T2 และ T3) มีน้ำหนักเฉลี่ยผลรวมจุกและผลไม่รวมจุกไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่เมื่อลดอัตราปุ๋ยเคมีที่ใช้ เป็น 4.20-0.45-0.97 กรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อดิน 18 กิโลกรัม (กรรมวิธี T4)

ให้น้ำหนักเฉลี่ยผลรวมจุกและผลไม่รวมจุกน้อยกว่าการใช้ปุ๋ยเคมีตามอัตราแนะนำ (กรรมวิธี T1) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ขณะที่กรรมวิธีที่แช่หน่อพันธุ์ก่อนปลูกด้วย *B. ferrariae* PaS2(1) เมื่อลดอัตราปุ๋ยเคมีที่ใช้จาก 4.20-1.80-3.88 ถึง 4.20-0.45-0.97 กรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อดิน 18 กิโลกรัม (กรรมวิธี T5 T6 T7 และ T8) พบว่ามีน้ำหนักเฉลี่ยผลรวมจุกไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่การแช่หน่อพันธุ์ก่อนปลูกด้วย *B. ferrariae* PaS2(1) ร่วมกับการใช้ปุ๋ยเคมีอัตรา 4.20-0.45-0.97 กรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อดิน 18 กิโลกรัม (กรรมวิธี T8) ให้น้ำหนักเฉลี่ยผลไม่รวมจุกน้อยกว่าการแช่หน่อพันธุ์ก่อนปลูกด้วย *B. ferrariae* PaS2(1) ร่วมกับการใช้ปุ๋ยเคมีตามอัตราแนะนำ (กรรมวิธี T5) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนน้ำหนักจุกไม่มีความแตกต่างกันในทุกกรรมวิธี

ผลการศึกษาขนาดของผลสับปะรด พบว่าความยาวผลไม่มีความแตกต่างกันในทุกกรรมวิธี ส่วนความกว้างผลในกรรมวิธีที่ไม่ได้แช่หน่อพันธุ์ก่อนปลูกด้วย *B. ferrariae* PaS2(1) เมื่อลดอัตราปุ๋ยเคมีที่ใช้เป็น 4.20-1.80-3.88 4.20-1.35-2.91 และ 4.20-0.90-1.94 กรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อดิน 18 กิโลกรัม (กรรมวิธี T1 T2 และ T3) มีความกว้างผลไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่เมื่อลดอัตราปุ๋ยเคมีที่ใช้ เป็น 4.20-0.45-0.97 กรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อดิน 18 กิโลกรัม (กรรมวิธี T4) ให้ผลผลิตที่มีความกว้างผลน้อยกว่าการใช้ปุ๋ยเคมีตามอัตราแนะนำ (กรรมวิธี T1) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนกรรมวิธีที่แช่หน่อพันธุ์ก่อนปลูกด้วย *B. ferrariae* PaS2(1) เมื่อลดอัตราปุ๋ยเคมีที่ใช้เป็น 4.20-1.80-3.88 และ 4.20-1.35-2.91 กรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อดิน 18 กิโลกรัม (กรรมวิธี T5 และ T6) พบว่า มีความกว้างผลไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่เมื่อลดอัตราปุ๋ยเคมีที่ใช้เป็น 4.20-0.90-1.94 และ 4.20-0.45-0.97 กรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อดิน 18 กิโลกรัม (กรรมวิธี T7 และ T8) จะให้ผลผลิตที่มีความกว้างผลน้อยกว่าการแช่หน่อพันธุ์ก่อนปลูกด้วย *B. ferrariae* PaS2(1) ร่วมกับการใช้ปุ๋ยเคมีตามอัตราแนะนำ (กรรมวิธี T5) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

กรมวิชาการเกษตร

Table 5 Effect of co- application of *B. ferrariae* PaS2(1) and chemical fertilizer on fruit weight, fruit length and fruit diameter of pineapple

Treatments			Fruit weight (g/ fruit)			Fruit length	Fruit diameter
	B. ferrariae PaS2(1)	Chemical fertilizer (g N-P_2O_5-K_2O /18 kg soil)	Fruit and Crown	Fruit	Crown	(cm)	(cm)
T1	-	4.20-1.80-3.88	1368^{a}	1182^{ab}	187	14.33	11.92^{ab}
T2	-	4.20-1.35-2.91	1159^{ab}	1013^{ab}	147	13.75	11.50^{ab}
T3	-	4.20-0.90-1.94	1095^{ab}	969^{ab}	127	13.67	11.50^{ab}
T4	-	4.20-0.45-0.97	1030^{b}	893^{b}	137	13.25	11.30^{b}
T5	+	4.20-1.80-3.88	1362^{ab}	1239^{a}	123	14.25	12.25^{a}
T6	+	4.20-1.35-2.91	1191^{ab}	1061^{ab}	130	14.00	11.75^{ab}
T7	+	4.20-0.90-1.94	1112^{ab}	982^{ab}	130	12.83	11.08^{b}
T8	+	4.20-0.45-0.97	1041^{ab}	901^{b}	140	13.08	11.33^{b}
F-test[1/]			*	*	ns	ns	*
% CV			16.68	17.26	38.93	7.07	4.34

Remark [1/] ns = non–significant, * = significantly different at 0.05 probability level, means with different letters within column indicate significant difference according to DMRT

3.2 คุณภาพผลผลิตของสับปะรด

ผลการวิเคราะห์คุณภาพของสับปะรดแสดงใน Table 6 พบว่า total soluble solid ที่วัดด้วยรีเฟรกโตมิเตอร์ (Refractometer) ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในทุกกรรมวิธี แต่เมื่อเปรียบเทียบความเข้มข้นของน้ำตาลทั้งหมด พบว่ากรรมวิธีที่ไม่ได้แช่หน่อพันธุ์ก่อนปลูกด้วย *B. ferrariae* PaS2(1) เมื่อลดอัตราปุ๋ยเคมีที่ใช้จาก 4.20-1.80-3.88 ถึง 4.20-1.35-2.91 กรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อดิน 18 กิโลกรัม (กรรมวิธี T1 และ T2) พบว่า มีความเข้มข้นของน้ำตาลทั้งหมดไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่เมื่อลดอัตราปุ๋ยเคมีที่ใช้ต่ำกว่า 4.20-0.90-1.94 กรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อดิน 18 กิโลกรัม (กรรมวิธี T3 และ T4) ให้ผลผลิตที่มีความเข้มข้นของน้ำตาลทั้งหมดน้อยกว่าการใช้ปุ๋ยเคมีตามอัตราแนะนำ (กรรมวิธี T1) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนกรรมวิธีที่แช่หน่อพันธุ์ก่อนปลูกด้วย *B. ferrariae* PaS2(1) เมื่อลดอัตราปุ๋ยเคมีที่ใช้จาก 4.20-1.80-3.88 ถึง 4.20-0.90-1.94 กรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อดิน 18 กิโลกรัม (กรรมวิธี T5 T6 และ T7) พบว่ามีความเข้มข้นของน้ำตาลทั้งหมดไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่เมื่อลดอัตราปุ๋ยเคมีที่ใช้เป็น 4.20-0.45-0.97 กรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อดิน 18 กิโลกรัม (กรรมวิธี T8) จะให้ผลผลิตที่มีความเข้มข้นของน้ำตาลทั้งหมดน้อยกว่าการแช่หน่อพันธุ์ก่อนปลูกด้วย *B. ferrariae* PaS2(1) การใช้ปุ๋ยเคมีตามอัตราแนะนำ (กรรมวิธี T5) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วน water content หรือความฉ่ำของผลไม่มีความแตกต่างกันในทุกกรรมวิธี

Table 6 Effect of co- application of *B. ferrariae* PaS2(1) and chemical fertilizer on quality of pineapple fruit

Treatments			Total soluble solid	Total sugar	Water content
	B. ferrariae PaS2(1)	Chemical fertilizer (g N-P_2O_5-K_2O /18 kg soil)	(° Brix)	(g/L)	(%)
T1	-	4.20-1.80-3.88	15.61	148.87^{ab}	83.80
T2	-	4.20-1.35-2.91	14.98	131.23^{abc}	84.94
T3	-	4.20-0.90-1.94	14.57	127.84^{bc}	84.73
T4	-	4.20-0.45-0.97	15.01	125.81^{c}	85.04
T5	+	4.20-1.80-3.88	15.84	150.25^{a}	84.28
T6	+	4.20-1.35-2.91	15.98	150.84^{a}	84.87
T7	+	4.20-0.90-1.94	15.51	133.96^{abc}	83.99
T8	+	4.20-0.45-0.97	15.26	124.83^{c}	84.32
F-test[1/]			ns	*	ns
% CV			5.37	9.42	1.42

กรมวิชาการเกษตร

Remark 1/ ns = non–significant, * = significantly different at 0.05 probability level, means with different letters within column indicate significant difference according to DMRT

4. การดูดใช้ธาตุอาหารของสับปะรด

จากการวิเคราะห์ตัวอย่างพืช เพื่อศึกษาการดูดใช้ธาตุอาหารไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียม โดยแบ่งตัวอย่างพืชออกเป็น 6 ส่วน ได้แก่ ราก ต้นและใบ ก้านผล จุก เปลือกผล และเนื้อผล ผลวิเคราะห์ไนโตรเจน (Table 7) พบว่า จุกมีความเข้มข้นของไนโตรเจนสูงสุด คือ ร้อยละ 1.17 – 1.32 รองลงมา คือ ต้นและใบ (ร้อยละ 0.77 – 0.87) ก้านผล (ร้อยละ 0.57 – 0.68) ราก (ร้อยละ 0.60 – 0.65) เปลือกผล (ร้อยละ 0.52 – 0.61) และเนื้อผล (ร้อยละ 0.33 – 0.42) ตามลำดับ ปริมาณการดูดใช้ไนโตรเจน พบว่า ต้นและใบมีปริมาณการดูดใช้ไนโตรเจนสูงสุด อยู่ในช่วง 1.85 -2.63 กรัมต่อต้น (น้ำหนักแห้งของต้นและใบอยู่ในช่วง 299.00 – 310.33 กรัม) ผลการใช้ *B. ferrariae* PaS2(1) ร่วมกับปุ๋ยเคมีต่อความเข้มขันไนโตรเจนในส่วนต่าง ๆ ของพืช พบว่า กรรมวิธี T6 แช่หน่อพันธุ์สับปะรดก่อนปลูกด้วย *B. ferrariae* PaS2(1) ร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมี อัตรา 4.20-1.35-2.91 กรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อดิน 18 กิโลกรัม มีความเข้มข้นของไนโตรเจนสูงสุดในเปลือกผล และเนื้อผล เท่ากับ ร้อยละ 0.61 และ 0.42 ตามลำดับ อย่างไรก็ตามในส่วนอื่น ๆ ของพืช ความเข้มข้นของไนโตรเจนไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ในทุกกรรมวิธีทดสอบ ส่วนปริมาณการดูดใช้ไนโตรเจน พบว่า กรรมวิธี T5 แช่หน่อพันธุ์สับปะรดก่อนปลูกด้วย *B. ferrariae* PaS2(1) ร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมี อัตรา 4.20-1.80-3.88 กรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อดิน 18 กิโลกรัม มีปริมาณการดูดใช้ไนโตรเจนในก้านผล และเนื้อผลสูงสุด เท่ากับ 0.11 และ 0.54 กรัมต่อต้น ตามลำดับ

ผลวิเคราะห์ฟอสฟอรัส (Table 8) พบว่า จุกมีความเข้มข้นของฟอสฟอรัสสูงสุด อยู่ในช่วงร้อยละ 0.17 – 0.20 รองลงมา คือ เปลือกผล (ร้อยละ 0.12 – 0.14) ก้านผล (ร้อยละ 0.07 – 0.09) ต้นและใบ (ร้อยละ 0.06 – 0.07) เนื้อผล (ร้อยละ 0.06 – 0.07) และราก (ร้อยละ 0.04) ตามลำดับ ปริมาณการดูดใช้ฟอสฟอรัส พบว่า ต้นและใบมีปริมาณการดูดใช้ไนโตรเจนสูงสุด อยู่ในช่วง 0.16 -0.22 กรัมต่อต้น (น้ำหนักแห้งของต้นและใบอยู่ในช่วง 299.00 – 310.33 กรัม) ผลการใช้ *B. ferrariae* PaS2(1) ร่วมกับปุ๋ยเคมีต่อความเข้มขันฟอสฟอรัสในส่วนต่าง ๆ ของพืชไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ในทุกกรรมวิธีทดสอบ ส่วนปริมาณการดูดใช้ฟอสฟอรัส พบว่า กรรมวิธี T5 แช่หน่อพันธุ์สับปะรดก่อนปลูกด้วย *B. ferrariae* PaS2(1) ร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมี อัตรา 4.20-1.80-3.88 กรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อดิน 18 กิโลกรัม มีปริมาณการดูดใช้ฟอสฟอรัสในเนื้อผลสูงสุด เท่ากับ 0.10 กรัมต่อต้น

ผลวิเคราะห์โพแทสเซียม (Table 9) พบว่า จุกมีความเข้มข้นของโพแทสเซียมสูงสุด คือ ร้อยละ 1.51 – 1.73 รองลงมา คือ ก้านผล (ร้อยละ 1.35 – 1.71) เปลือกผล (ร้อยละ 1.37 – 1.56) ต้นและใบ (ร้อยละ 0.84 – 1.36) เนื้อผล (ร้อยละ 0.81 – 0.92) และราก (ร้อยละ 0.22 – 0.28) ตามลำดับ ปริมาณการดูดใช้โพแทสเซียม พบว่า ต้นและใบมีปริมาณการดูดใช้ไนโตรเจนสูงสุด อยู่ในช่วง 2.20 - 4.12 กรัมต่อต้น (น้ำหนักแห้งของต้นและใบ อยู่ในช่วง 299.00 – 310.33 กรัม) ผลการใช้ *B. ferrariae* PaS2(1) ร่วมกับปุ๋ยเคมีต่อความเข้มขัน

กรมวิชาการเกษตร

โพแทสเซียมในส่วนต่าง ๆ ของพืช พบว่า กรรมวิธี T1 ไม่แช่หน่อพันธุ์สับปะรดก่อนปลูกด้วย *B. ferrariae* PaS2(1) ร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมี อัตรา 4.20-1.80-3.88 กรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อดิน 18 กิโลกรัม และ กรรมวิธี T5 แช่หน่อพันธุ์สับปะรดก่อนปลูกด้วย *B. ferrariae* PaS2(1) ร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมี อัตรา 4.20-1.80-3.88 กรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อดิน 18 กิโลกรัม มีความเข้มข้นของโพแทสเซียมสูงสุดในลำต้นและใบ ก้านผล จุก เปลือกผล และเนื้อผล ส่วนปริมาณการดูดใช้โพแทสเซียม พบว่า กรรมวิธี T1 ไม่แช่หน่อพันธุ์สับปะรดก่อนปลูกด้วย *B. ferrariae* PaS2(1) ร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมี อัตรา 4.20-1.80-3.88 กรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อดิน 18 กิโลกรัม และ กรรมวิธี T5 แช่หน่อพันธุ์สับปะรดก่อนปลูกด้วย *B. ferrariae* PaS2(1) ร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมี อัตรา 4.20-1.80-3.88 กรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อดิน 18 กิโลกรัม มีปริมาณการดูดใช้โพแทสเซียมในลำต้นและใบ ก้านผล เปลือกผล และเนื้อผลก้านผล และเนื้อผล

ผลวิเคราะห์แคลเซียม (Table 10) พบว่า รากมีความเข้มข้นของแคลเซียมสูงสุด อยู่ในช่วงร้อยละ 0.95 – 1.34 รองลงมา คือ จุก (ร้อยละ 0.80 – 1.16) ต้นและใบ (ร้อยละ 0.67 – 0.97) ก้านผล (ร้อยละ 0.67 – 0.83) เปลือกผล (ร้อยละ 0.49 – 0.68) และเนื้อผล (ร้อยละ 0.27 – 0.42) ตามลำดับ ปริมาณการดูดใช้แคลเซียม พบว่า ต้นและใบมีปริมาณการดูดใช้แคลเซียมสูงสุด อยู่ในช่วง 2.04 – 3.04 กรัมต่อต้น (น้ำหนักแห้งของต้นและใบ อยู่ในช่วง 299.00 – 310.33 กรัม) ผลการใช้ *B. ferrariae* PaS2(1) ร่วมกับปุ๋ยเคมีต่อความเข้มข้นแคลเซียมในส่วนต่าง ๆ ของพืช พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ในทุกกรรมวิธีทดสอบ ส่วนปริมาณการดูดใช้แคลเซียม พบว่า กรรมวิธี T6 แช่หน่อพันธุ์สับปะรดก่อนปลูกด้วย *B. ferrariae* PaS2(1) ร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมี อัตรา 4.20-1.35-2.91 กรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อดิน 18 กิโลกรัม มีปริมาณการดูดใช้แคลเซียมในก้านผล และเปลือกผลสูงสุด เท่ากับ 0.13 และ 0.51 กรัมต่อต้น ตามลำดับ

ผลวิเคราะห์แมกนีเซียม (Table 11) พบว่า จุกมีความเข้มข้นของแมกนีเซียมสูงสุด อยู่ในช่วงร้อยละ 0.21 – 0.25 รองลงมา คือ ก้านผล (ร้อยละ 0.14 – 0.20) ต้นและใบ (ร้อยละ 0.14 – 0.17) เนื้อผล (ร้อยละ 0.11 – 0.13) เปลือกผล (ร้อยละ 0.10 – 0.13) และราก (ร้อยละ 0.05 – 0.06) ตามลำดับ ปริมาณการดูดใช้แมกนีเซียม พบว่า ต้นและใบมีปริมาณการดูดใช้แมกนีเซียมสูงสุด อยู่ในช่วง 0.34 – 0.51 กรัมต่อต้น (น้ำหนักแห้งของต้นและใบ อยู่ในช่วง 299.00 – 310.33 กรัม) ผลการใช้ *B. ferrariae* PaS2(1) ร่วมกับปุ๋ยเคมีต่อความเข้มข้นแมกนีเซียมในส่วนต่าง ๆ ของพืช พบว่า กรรมวิธี T6 แช่หน่อพันธุ์สับปะรดก่อนปลูกด้วย *B. ferrariae* PaS2(1) ร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมี อัตรา 4.20-1.35-2.91 กรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อดิน 18 กิโลกรัม มีความเข้มข้นของแมกนีเซียมสูงสุดในเปลือกผล และเนื้อผล เท่ากับ ร้อยละ 0.13 และ 0.13 ตามลำดับ อย่างไรก็ตามในส่วนอื่น ๆ ของพืช ความเข้มข้นของแมกนีเซียมไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ในทุกกรรมวิธีทดสอบ ส่วนปริมาณการดูดใช้แมกนีเซียม พบว่า T6 แช่หน่อพันธุ์สับปะรดก่อนปลูกด้วย *B. ferrariae* PaS2(1) ร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมี อัตรา 4.20-1.35-2.91 กรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อดิน 18 กิโลกรัม มีปริมาณการดูดใช้แมกนีเซียมในเปลือกผลสูงสุด เท่ากับ 0.10 กรัมต่อต้น

Table 7 Effect of co- application of *B. ferrariae* PaS2(1) and chemical fertilizer on nitrogen uptake of pineapple in pot experiment

Treatments[1/]	Root			Stem and Leaf			Stalk			Crown			Peel			Flesh		
	DW (g)	Total N (%)	N uptake (g)	DW (g)	Total N (%)	N uptake (g)	DW (g)	Total N (%)	N uptake (g)	DW (g)	Total N (%)	N uptake (g)	DW (g)	Total N (%)	N uptake (g)	DW (g)	Total N (%)	N uptake (g)
T1	64.00	0.60	0.38	302.67	0.87	2.63	14.33^{ab}	0.68	0.10^{a}	46.33	1.23	0.57	72.33	0.52^{b}	0.38	130.36^{ab}	0.33^{c}	0.43^{ab}
T2	55.33	0.61	0.34	294.33	0.84	2.47	14.33^{ab}	0.66	0.09^{a}	33.67	1.20	0.40	71.67	0.53^{ab}	0.38	110.43^{ab}	0.39^{abc}	0.43^{ab}
T3	57.67	0.65	0.37	229.00	0.81	1.85	14.00^{ab}	0.60	0.08^{ab}	26.67	1.34	0.36	64.67	0.57^{ab}	0.37	107.83^{ab}	0.40^{ab}	0.43^{ab}
T4	62.33	0.62	0.39	265.33	0.77	2.04	15.33^{a}	0.60	0.09^{ab}	27.67	1.27	0.35	71.33	0.57^{ab}	0.41	101.32^{b}	0.37^{abc}	0.37^{b}
T5	64.67	0.60	0.39	310.33	0.84	2.61	16.00^{a}	0.67	0.11^{a}	26.33	1.22	0.32	84.67	0.53^{ab}	0.45	142.33^{a}	0.38^{abc}	0.54^{a}
T6	57.33	0.63	0.36	282.67	0.80	2.26	15.67^{a}	0.63	0.10^{a}	27.00	1.31	0.35	75.33	0.61^{a}	0.46	110.24^{ab}	0.42^{a}	0.46^{ab}
T7	51.00	0.64	0.33	261.33	0.86	2.25	11.33^{b}	0.57	0.06^{b}	31.00	1.32	0.41	69.67	0.56^{ab}	0.39	119.28^{ab}	0.39^{ab}	0.47^{ab}
T8	52.33	0.63	0.33	267.67	0.78	2.09	13.67^{ab}	0.61	0.08^{ab}	33.67	1.17	0.39	66.00	0.53^{ab}	0.35	101.64^{b}	0.35^{bc}	0.36^{b}
F-test[2/]	ns	ns	ns	ns	Ns	ns	*	ns	*	ns	ns	ns	ns	*	ns	*	*	*
% CV	15.54	7.37	16.41	18.01	10.63	22.32	13.59	12.93	19.42	39.33	10.07	40.83	15.63	8.80	16.03	18.97	10.31	19.27

Remark [1/] T1= Chemical fertilizer 4.20-1.80-3.88 g N-P_2O_5-K_2O /18 kg soil

T2 = Chemical fertilizer 4.20-1.35-2.91 g N-P_2O_5-K_2O /18 kg soil

T3 = Chemical fertilizer 4.20-0.90-1.94 g N-P_2O_5-K_2O /18 kg soil

T4 = Chemical fertilizer 4.20-0.45-0.97 g N-P_2O_5-K_2O /18 kg soil

T5 = *B. ferrariae* PaS2(1) + Chemical fertilizer 4.20-1.80-3.88 g N-P_2O_5-K_2O /18 kg soil

T6 = *B. ferrariae* PaS2(1) + Chemical fertilizer 4.20-1.35-2.91 g N-P_2O_5-K_2O /18 kg soil

T7 = *B. ferrariae* PaS2(1) + Chemical fertilizer 4.20-0.90-1.94 g N-P_2O_5-K_2O /18 kg soil

T8 = *B. ferrariae* PaS2(1) + Chemical fertilizer 4.20-0.45-0.97 g N-P_2O_5-K_2O /18 kg soil

[2/] ns = non–significant, * = significantly different at 0.05 probability level, means with different letters within column indicate significant difference according to DMRT

กรมวิชาการเกษตร

Table 8 Effect of co- application of *B. ferrariae* PaS2(1) and chemical fertilizer on phosphorus uptake of pineapple in pot experiment

Treatments[1/]	Root			Stem and Leaf			Stalk			Crown			Peel			Flesh		
	DW (g)	Total P (%)	P uptake (g)	DW (g)	Total P (%)	P uptake (g)	DW (g)	Total P (%)	P uptake (g)	DW (g)	Total P (%)	P uptake (g)	DW (g)	Total P (%)	P uptake (g)	DW (g)	Total P (%)	P uptake (g)
T1	64.00	0.04	0.03	302.67	0.07	0.21	14.33	0.09	0.01	46.33	0.19	0.09	72.33	0.13	0.09	130.36	0.07	0.09[ab]
T2	55.33	0.04	0.02	294.33	0.07	0.21	14.33	0.08	0.01	33.67	0.17	0.06	71.67	0.13	0.09	110.43	0.07	0.08[b]
T3	57.67	0.04	0.02	229.00	0.07	0.16	14.00	0.07	0.01	26.67	0.19	0.05	64.67	0.12	0.08	107.83	0.07	0.08[b]
T4	62.33	0.04	0.02	265.33	0.07	0.19	15.33	0.07	0.01	27.67	0.18	0.05	71.33	0.13	0.09	101.32	0.07	0.07[b]
T5	64.67	0.04	0.03	310.33	0.07	0.22	16.00	0.08	0.01	26.33	0.19	0.05	84.67	0.13	0.11	142.33	0.07	0.10[a]
T6	57.33	0.04	0.02	282.67	0.07	0.20	15.67	0.08	0.01	27.00	0.20	0.05	75.33	0.14	0.11	110.24	0.07	0.08[b]
T7	51.00	0.04	0.02	261.33	0.06	0.16	11.33	0.07	0.01	31.00	0.17	0.05	69.67	0.12	0.08	119.28	0.06	0.07[b]
T8	52.33	0.04	0.02	267.67	0.07	0.19	13.67	0.08	0.01	33.67	0.17	0.06	66.00	0.13	0.09	101.64	0.07	0.07[b]
F-test[2/]	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns	Ns	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns	*
% CV	15.54	20.26	29.05	18.01	20.19	28.84	13.59	17.37	25.46	39.33	11.70	43.12	15.63	13.74	19.82	18.97	10.46	14.70

Remark [1/] T1= Chemical fertilizer 4.20-1.80-3.88 g N-P_2O_5-K_2O /18 kg soil

T2 = Chemical fertilizer 4.20-1.35-2.91 g N-P_2O_5-K_2O /18 kg soil

T3 = Chemical fertilizer 4.20-0.90-1.94 g N-P_2O_5-K_2O /18 kg soil

T4 = Chemical fertilizer 4.20-0.45-0.97 g N-P_2O_5-K_2O /18 kg soil

T5 = *B. ferrariae* PaS2(1) + Chemical fertilizer 4.20-1.80-3.88 g N-P_2O_5-K_2O /18 kg soil

T6 = *B. ferrariae* PaS2(1) + Chemical fertilizer 4.20-1.35-2.91 g N-P_2O_5-K_2O /18 kg soil

T7 = *B. ferrariae* PaS2(1) + Chemical fertilizer 4.20-0.90-1.94 g N-P_2O_5-K_2O /18 kg soil

T8 = *B. ferrariae* PaS2(1) + Chemical fertilizer 4.20-0.45-0.97 g N-P_2O_5-K_2O /18 kg soil

กรมวิชาการเกษตร

[2/] ns = non–significant, * = significantly different at 0.05 probability level, means with different letters within column indicate significant difference according to DMRT

Table 9 Effect of co- application of *B. ferrariae* PaS2(1) and chemical fertilizer on potassium uptake of pineapple in pot experiment

Treatments[1/]	Root			Stem and Leaf			Stalk			Crown			Peel			Flesh		
	DW (g)	Total K (%)	K uptake (g)	DW (g)	Total K (%)	K uptake (g)	DW (g)	Total K (%)	K uptake (g)	DW (g)	Total K (%)	K uptake (g)	DW (g)	Total K (%)	K uptake (g)	DW (g)	Total K (%)	K uptake (g)
T1	64.00	0.25	0.16	302.67	1.36^{a}	4.12^{a}	14.33	1.71^{a}	0.25^{a}	46.33	1.73^{a}	0.80	72.33	1.49^{ab}	1.08^{ab}	130.36	0.92	1.20^{a}
T2	55.33	0.22	0.12	294.33	1.09^{abc}	3.21^{ab}	14.33	1.50^{ab}	0.21^{ab}	33.67	1.51^{b}	0.51	71.67	1.46^{ab}	1.05^{ab}	110.43	0.86	0.95^{ab}
T3	57.67	0.25	0.14	229.00	1.10^{abc}	2.52^{b}	14.00	1.40^{b}	0.20^{ab}	26.67	1.61^{ab}	0.43	64.67	1.37^{b}	0.89^{b}	107.83	0.90	0.97^{ab}
T4	62.33	0.28	0.17	265.33	1.06^{bc}	2.81^{ab}	15.33	1.54^{ab}	0.24^{a}	27.67	1.60^{ab}	0.44	71.33	1.45^{ab}	1.03^{ab}	101.32	0.92	0.93^{ab}
T5	64.67	0.22	0.14	310.33	1.04^{bc}	3.23^{ab}	16.00	1.60^{ab}	0.26^{a}	26.33	1.60^{ab}	0.42	84.67	1.44^{ab}	1.22^{a}	142.33	0.88	1.25^{a}
T6	57.33	0.25	0.14	282.67	1.02^{bc}	2.88^{ab}	15.67	1.60^{ab}	0.25^{a}	27.00	1.66^{ab}	0.45	75.33	1.56^{a}	1.18^{a}	110.24	0.91	1.00^{ab}
T7	51.00	0.22	0.11	261.33	0.84^{c}	2.20^{b}	11.33	1.35^{b}	0.15^{b}	31.00	1.54^{ab}	0.48	69.67	1.43^{ab}	1.00^{ab}	119.28	0.81	0.97^{ab}
T8	52.33	0.25	0.13	267.67	1.27^{ab}	3.40^{ab}	13.67	1.56^{ab}	0.21^{ab}	33.67	1.57^{ab}	0.53	66.00	1.53^{ab}	1.01^{ab}	101.64	0.89	0.90^{b}
F-test[2/]	ns	ns	ns	ns	*	*	*	*	*	Ns	*	ns	ns	*	*	*	ns	*
% CV	15.54	14.32	23.25	18.01	18.39	27.17	13.59	10.41	19.39	39.33	6.73	42.82	15.63	6.25	15.05	18.97	9.18	16.85

Remark [1/] T1= Chemical fertilizer 4.20-1.80-3.88 g N-P_2O_5-K_2O /18 kg soil

T2 = Chemical fertilizer 4.20-1.35-2.91 g N-P_2O_5-K_2O /18 kg soil

T3 = Chemical fertilizer 4.20-0.90-1.94 g N-P_2O_5-K_2O /18 kg soil

T4 = Chemical fertilizer 4.20-0.45-0.97 g N-P_2O_5-K_2O /18 kg soil

T5 = *B. ferrariae* PaS2(1) + Chemical fertilizer 4.20-1.80-3.88 g N-P_2O_5-K_2O /18 kg soil

T6 = *B. ferrariae* PaS2(1) + Chemical fertilizer 4.20-1.35-2.91 g N-P_2O_5-K_2O /18 kg soil

กรมวิชาการเกษตร

T7 = *B. ferrariae* PaS2(1) + Chemical fertilizer 4.20-0.90-1.94 g $N\text{-}P_2O_5\text{-}K_2O$ /18 kg soil

T8 = *B. ferrariae* PaS2(1) + Chemical fertilizer 4.20-0.45-0.97 g $N\text{-}P_2O_5\text{-}K_2O$ /18 kg soil

[2/] ns = non–significant, * = significantly different at 0.05 probability level, means with different letters within column indicate significant difference according to DMRT

Table 10 Effect of co- application of *B. ferrariae* PaS2(1) and chemical fertilizer on calcium uptake of pineapple in pot experiment

Treatments[1/]	Root			Stem and Leaf			Stalk			Crown			Peel			Flesh		
	DW (g)	Total Ca (%)	Ca uptake (g)	DW (g)	Total Ca (%)	Ca uptake (g)	DW (g)	Total Ca (%)	Ca uptake (g)	DW (g)	Total Ca (%)	Ca uptake (g)	DW (g)	Total Ca (%)	Ca uptake (g)	DW (g)	Total Ca (%)	Ca uptake (g)
T1	64.00	1.13	0.72	302.67	0.84	2.54	14.33	0.67	0.10^{ab}	46.33	1.01	0.47	72.33	0.60	0.43^{ab}	130.36	0.35	0.46
T2	55.33	1.08	0.60	294.33	0.89	2.62	14.33	0.79	0.11^{ab}	33.67	0.80	0.27	71.67	0.53	0.38^{ab}	110.43	0.30	0.33
T3	57.67	1.17	0.67	229.00	0.89	2.04	14.00	0.73	0.10^{ab}	26.67	1.16	0.31	64.67	0.65	0.42^{ab}	107.83	0.40	0.43
T4	62.33	0.95	0.59	265.33	0.67	1.78	15.33	0.79	0.12^{a}	27.67	1.01	0.28	71.33	0.62	0.44^{ab}	101.32	0.41	0.42
T5	64.67	1.09	0.70	310.33	0.98	3.04	16.00	0.77	0.12^{a}	26.33	0.97	0.26	84.67	0.49	0.41^{ab}	142.33	0.27	0.38
T6	57.33	1.06	0.61	282.67	0.97	2.74	15.67	0.83	0.13^{a}	27.00	1.10	0.30	75.33	0.68	0.51^{a}	110.24	0.42	0.46
T7	51.00	0.97	0.49	261.33	0.81	2.12	11.33	0.75	0.08^{b}	31.00	1.02	0.32	69.67	0.51	0.36^{b}	119.28	0.29	0.35
T8	52.33	1.34	0.70	267.67	0.86	2.30	13.67	0.82	0.11^{ab}	33.67	0.99	0.33	66.00	0.65	0.43^{ab}	101.64	0.40	0.41
F-test[2/]	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns	*	Ns	ns	ns	ns	ns	*	*	ns	ns
% CV	15.54	19.62	26.07	18.01	23.29	30.18	13.59	12.56	19.28	39.33	20.08	43.05	15.63	18.25	17.97	18.97	28.46	24.70

Remark [1/] T1= Chemical fertilizer 4.20-1.80-3.88 g $N\text{-}P_2O_5\text{-}K_2O$ /18 kg soil

T2 = Chemical fertilizer 4.20-1.35-2.91 g $N\text{-}P_2O_5\text{-}K_2O$ /18 kg soil

T3 = Chemical fertilizer 4.20-0.90-1.94 g $N\text{-}P_2O_5\text{-}K_2O$ /18 kg soil

T4 = Chemical fertilizer 4.20-0.45-0.97 g $N\text{-}P_2O_5\text{-}K_2O$ /18 kg soil

T5 = *B. ferrariae* PaS2(1) + Chemical fertilizer 4.20-1.80-3.88 g $N\text{-}P_2O_5\text{-}K_2O$ /18 kg soil

T6 = *B. ferrariae* PaS2(1) + Chemical fertilizer 4.20-1.35-2.91 g N-P_2O_5-K_2O /18 kg soil

T7 = *B. ferrariae* PaS2(1) + Chemical fertilizer 4.20-0.90-1.94 g N-P_2O_5-K_2O /18 kg soil

T8 = *B. ferrariae* PaS2(1) + Chemical fertilizer 4.20-0.45-0.97 g N-P_2O_5-K_2O /18 kg soil

[2/] ns = non–significant, * = significantly different at 0.05 probability level, means with different letters within column indicate significant difference according to DMRT

Table 11 Effect of co- application of *B. ferrariae* PaS2(1) and chemical fertilizer on magnesium uptake of pineapple in pot experiment

Treatments[1/]	Root			Stem and Leaf			Stalk			Crown			Peel			Flesh		
	DW (g)	Total Mg (%)	Mg uptake (g)	DW (g)	Total Mg (%)	Mg uptake (g)	DW (g)	Total Mg (%)	Mg uptake (g)	DW (g)	Total Mg (%)	Mg uptake (g)	DW (g)	Total Mg (%)	Mg uptake (g)	DW (g)	Total Mg (%)	Mg uptake (g)
T1	64.00	0.05	0.03	302.67	0.17	0.51	14.33	0.14	0.02	46.33	0.23	0.11	72.33	0.12^{ab}	0.09^{ab}	130.36	0.12^{ab}	0.16
T2	55.33	0.05	0.03	294.33	0.15	0.44	14.33	0.18	0.03	33.67	0.21	0.07	71.67	0.11^{b}	0.08^{b}	110.43	0.12^{ab}	0.13
T3	57.67	0.06	0.03	229.00	0.15	0.34	14.00	0.14	0.02	26.67	0.23	0.06	64.67	0.12^{ab}	0.08^{b}	107.83	0.12^{ab}	0.13
T4	62.33	0.05	0.03	265.33	0.15	0.40	15.33	0.16	0.02	27.67	0.22	0.06	71.33	0.12^{ab}	0.09^{ab}	101.32	0.13^{ab}	0.13
T5	64.67	0.05	0.03	310.33	0.16	0.50	16.00	0.20	0.03	26.33	0.24	0.06	84.67	0.11^{b}	0.09^{ab}	142.33	0.11^{ab}	0.16
T6	57.33	0.06	0.03	282.67	0.14	0.40	15.67	0.18	0.03	27.00	0.25	0.07	75.33	0.13^{a}	0.10^{a}	110.24	0.13^{a}	0.14
T7	51.00	0.05	0.03	261.33	0.13	0.34	11.33	0.15	0.02	31.00	0.22	0.07	69.67	0.11^{b}	0.08^{b}	119.28	0.11^{b}	0.13
T8	52.33	0.06	0.03	267.67	0.16	0.43	13.67	0.18	0.02	33.67	0.21	0.07	66.00	0.13^{a}	0.09^{ab}	101.64	0.12^{ab}	0.12
F-test[2/]	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns	Ns	ns	ns	ns	*	*	*	*	ns
% CV	15.54	11.20	18.99	18.01	16.62	26.82	13.59	24.51	33.33	39.33	12.97	43.37	15.63	10.85	10.36	18.97	8.03	12.67

Remark [1/] T1= Chemical fertilizer 4.20-1.80-3.88 g N-P_2O_5-K_2O /18 kg soil

T2 = Chemical fertilizer 4.20-1.35-2.91 g N-P_2O_5-K_2O /18 kg soil

T3 = Chemical fertilizer 4.20-0.90-1.94 g N-P_2O_5-K_2O /18 kg soil

T4 = Chemical fertilizer 4.20-0.45-0.97 g N-P_2O_5-K_2O /18 kg soil

กรมวิชาการเกษตร

T5 = *B. ferrariae* PaS2(1) + Chemical fertilizer 4.20-1.80-3.88 g N-P_2O_5-K_2O /18 kg soil

T6 = *B. ferrariae* PaS2(1) + Chemical fertilizer 4.20-1.35-2.91 g N-P_2O_5-K_2O /18 kg soil

T7 = *B. ferrariae* PaS2(1) + Chemical fertilizer 4.20-0.90-1.94 g N-P_2O_5-K_2O /18 kg soil

T8 = *B. ferrariae* PaS2(1) + Chemical fertilizer 4.20-0.45-0.97 g N-P_2O_5-K_2O /18 kg soil

[2/] ns = non–significant, * = significantly different at 0.05 probability level, means with different letters within column indicate significant difference according to DMRT

กรมวิชาการเกษตร

5. ผลการวิเคราะห์ดินทางเคมีหลังการทดลอง

เก็บตัวอย่างดินหลังทำการทดลองในแต่ละกรรมวิธีเพื่อวิเคราะห์ธาตุอาหาร (Table 12) พบว่า ปริมาณของอินทรียวัตถุหลังทำการทดลอง อยู่ในช่วงร้อยละ 0.58 ถึง 0.75 ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับดินก่อนทำการทดลอง (ร้อยละ 0.64) ในขณะที่ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้มีค่าเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะในกรรมวิธี T5 และ T6 แช่หน่อพันธุ์ก่อนปลูกด้วย *B. ferrariae* PaS2(1) ร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 4.20-1.80-3.88 และ 4.20-1.35-2.91 กรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อดิน 18 กิโลกรัม ตามลำดับ มีค่าฟอสฟอรัส เท่ากับ 64.93 และ 77.68 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม มีค่าโพแทสเซียม เท่ากับ 95.38 และ 103.30 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งเป็นผลมาจากการใช้แบคทีเรียละลายทั้งฟอสเฟตและโพแทชที่สร้างและปลดปล่อยกรดออกมานอกเซลล์ เพื่อละลายสารประกอบฟอสเฟตและโพแทสเซียมที่ถูกตรึงเป็นฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมที่ละลายอยู่ในสารละลายดิน (Diep and Hieu, 2013)

Table 12 General characteristics of soils after harvesting

Treatments	*B. ferrariae* PaS2(1)	Chemical fertilizer (g N-P_2O_5-K_2O /18 kg soil)	pH H_2O (1:1)	OM (%)	Avail. P (mg/kg)	Exch. K (mg/kg)
T1	-	4.20-1.80-3.88	6.36	0.68	32.25	72.29
T2	-	4.20-1.35-2.91	7.06	0.58	39.34	70.05
T3	-	4.20-0.90-1.94	6.67	0.62	34.00	76.02
T4	-	4.20-0.45-0.97	6.78	0.75	37.39	73.65
T5	+	4.20-1.80-3.88	6.75	0.66	64.93	95.38
T6	+	4.20-1.35-2.91	6.07	0.69	77.68	103.30
T7	+	4.20-0.90-1.94	6.04	0.74	41.36	71.41
T8	+	4.20-0.45-0.97	7.42	0.69	32.42	73.38

กรมวิชาการเกษตร

9. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

1. การใช้ *B. ferrariae* PaS2(1) แช่หน่อพันธุ์ก่อนปลูกร่วมกับการใช้ปุ๋ยเคมี มีแนวโน้มช่วยส่งเสริมความสูงของต้นสับปะรด ความกว้างทรงพุ่ม ความกว้าง และความยาวของ ใบ D-leave

2. การใช้ *B. ferrariae* PaS2(1) แช่หน่อพันธุ์ก่อนปลูกร่วมกับการลดปริมาณการใช้ปุ๋ยเคมีฟอสเฟตและโพแทช ลงจากอัตรา 4.20-1.80-3.88 กรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อดิน 18 กิโลกรัม เป็น 4.20-0.90-1.94 กรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อดิน 18 กิโลกรัม (ลดลงร้อยละ 50 ของอัตราแนะนำ) ไม่ส่งผลกระทบต่อร้อยละการติดดอก

3. การใช้ *B. ferrariae* PaS2(1) แช่หน่อพันธุ์ก่อนปลูกร่วมกับการลดปริมาณการใช้ปุ๋ยเคมีฟอสเฟตและโพแทช เหลือเพียง 4.20-0.90-1.94 กรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อดิน 18 กิโลกรัม (ลดลงร้อยละ 50 ของอัตราแนะนำ) ในการผลิตสับปะรด ไม่ส่งผลกระทบต่อผลผลิตของสับปะรดทั้งปริมาณผลผลิต (น้ำหนักผล และขนาดผล) และคุณภาพผลผลิต (ความหวาน ความเข้มข้นน้ำตาล และความฉ่ำ) เมื่อเปรียบเทียบกับอัตราแนะนำ (4.20-1.80-3.88 กรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อดิน 18 กิโลกรัม)

4. การใช้ *B. ferrariae* PaS2(1) แช่หน่อพันธุ์ก่อนปลูกร่วมกับการใช้ปุ๋ยเคมี มีแนวโน้มช่วยส่งเสริมการดูดใช้ธาตุอาหารไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียม ในส่วนต่าง ๆ ของพืช ได้แก่ ราก ต้นและใบ ก้านผล จุก เปลือกผล และเนื้อผล

5. ดินหลังจากเก็บเกี่ยวมีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้มีค่าเพิ่มขึ้นเป็นผลมาจากการใช้ *B. ferrariae* PaS2(1) ซึ่งมีความสามารถละลายทั้งฟอสเฟตและโพแทช โดยสร้างและปลดปล่อยกรดออกมานอกเซลล์ เพื่อละลายสารประกอบฟอสเฟตและโพแทสเซียมที่ถูกตรึงเป็นฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมที่ละลายอยู่ในสารละลายดิน

กรมวิชาการเกษตร

10. การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

สามารถนำแบคทีเรียละลายทั้งฟอสเฟตและโพแทชที่ได้ ไปใช้ร่วมกับปุ๋ยเคมีในการผลิตสับปะรด ในรูปแบบของปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟตและโพแทช เพื่อช่วยเพิ่มความเป็นประโยชน์ของฟอสเฟตและโพแทชในดิน ทำให้พืชสามารถใช้ฟอสเฟตและโพแทชได้อย่างมีประสิทธิภาพ ส่งผลให้ลดปริมาณการใส่ปุ๋ยเคมีฟอสเฟตและโพแทชและข้อมูลที่ได้สามารถนำมาจัดทำคำแนะนำการใช้ปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟตและโพแทชกับสับปะรดได้

11. คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ปีงบประมาณ 2562 - 2563 ขอขอบคุณ ผศ. ดร. ธวัชชัย อินทร์บุญช่วย ที่ให้ความช่วยเหลือเก็บตัวอย่างดินและตัวอย่างรากสับปะรดจากพื้นที่ปลูกสับปะรดในจังหวัดเพชรบุรี และประจวบคีรีขันธ์ ขอขอบคุณทีมงานห้องปฏิบัติการจุลินทรีย์ละลายฟอสเฟตที่ช่วยอำนวยความสะดวกในการทดลอง และขอขอบคุณกลุ่มงานวิจัยจุลินทรีย์ดิน กลุ่มวิจัยปฐพีวิทยา ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ และอุปกรณ์ต่าง ๆ ให้งานวิจัยนี้เสร็จสิ้นไปได้ด้วยดี

12. เอกสารอ้างอิง

กรมวิชาการเกษตร. 2553. คำแนะนำการใช้ปุ๋ยกับพืชเศรษฐกิจ. กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

เกตุอร ทองเครือ. ม.ป.ป. การปลูกสับปะรดระบบเกษตรอินทรีย์. สำนักพัฒนาการถ่ายทอดเทคโนโลยี กรมส่งเสริมการเกษตร, กรุงเทพฯ.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2558. สถิติการเกษตรของประเทศไทย ปี 2558. หน้า 64-67.

Azam, F. and G.H. Memon. 1996. Soil organisms. Pages. 200–232. In: E. Bashir and R. Bantel., (eds.) Soil science. National Book Foundation, Islamabad.

Bray, R.H. and D.T. Kurtz. 1945. Determination of total, organic and available forms of phosphorus in soils. Soil Sci. 59: 13-24.

Delvasto, P., A. Valverde, A. Ballester, J.A. Muñoz, F. González, M.L. Blázquez, J.M. Igual and C. García-Balboa. 2008. Diversity and activity of phosphate bioleaching bacteria from a high-phosphorus iron ore. Hydrometallurgy. 92: 124–129.

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. Am. J. Life Sci. 1: 88-92.

Friedrich, S., N.P. Platonova, G.I. Karavaiko, E. Stichel and F. Glombitza, 1991. Chemical and microbiological solubilization of silicates. Acta Biotechnologica, 11: 187-196.

Frossard, E.; M. Brossard; M.J. Hedley and A. Metherell. 1995. Reactions controlling the cycling of P in soils. Pages. 107–138. In: H. Tiessen., (eds.) Phosphorus in the Global Environment. John Wiley and Sons Ltd, Chichester, U.K.

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.

Peech, M., L. T. Alexander, L. A. Deanand and J. F. Reed. 1947. Method of Soil analysis for Soil Fertility Investigation. US. Dept. Agric. Circ. 757 p.

Sheng, X.F. and L.Y. He. 2006. Solubilization of potassium-bearing minerals by a wild-type strain of Bacillus edaphicus and its mutants and increased potassium uptake by wheat. Can. J. Microbiol., 52: 66-72.

Tandon, H.L.S., H.P. Cescas and E.H. Tyner. 1968. An acid free vanadate molybdate reagent for the determination of total phosphorus in soil. Soil Sci. Amer.Proc. 32: 48-51.

Valverde, A., P. Delvasto, A. Peix, E. Velázquez, I. Santa-Regina, A. Ballester, C. Rodríguez-Barrueco, C. García-Balboa and J.M. Igual. 2006. *Burkholderia ferrariae* sp. nov., isolated from an iron ore in Brazil. Int. J. Syst. Evol. Microbiol. 56: 2421–2425.

Walkley, A. and I.A. Black. 1934. An examination of Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chronic acid titration method. Soil Sci. 37: 29-38.

ศูนย์วิทยบริการ

Whitelaw, M.A. 2000. Growth promotion of plants inoculated with phosphate solubilizing fungi. Advances in Agronomy 69:99–151.

กรมวิชาการเกษตร