

ผลการใช้ปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์เพื่อเพิ่มคุณภาพและผลผลิตมันสำปะหลัง

Effect of Utilization of PGPR biofertilizer for Increase Quality and Yield of Cassava

ภัศชญภณ หมั่นแจ่ง¹ สุวลักษณ์ อมะวัลย์² ประไพ ทองระอา¹

กัลยกร โปรงจันทิก¹ เสมอจิตร์ เกื้อหนู³ วัลลีย์ อมรพล² ศรีสุดา ทิพย์รักษ์⁴

บทคัดย่อ

การศึกษาผลการใช้ปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์เพื่อเพิ่มคุณภาพและผลผลิตมันสำปะหลัง มีวัตถุประสงค์เพื่อให้ได้ปุ๋ยชีวภาพที่มีประสิทธิภาพในการเพิ่มคุณภาพและผลผลิตมันสำปะหลัง โดยดำเนินการในแปลงทดลอง ศูนย์วิจัยพืชไร่ระยอง โดยปี 2554 ดำเนินการทดลองในดินทรายที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ 1 แปลง และดินร่วนปนทรายที่มีความอุดมสมบูรณ์ปานกลาง 1 แปลง วางแผนการทดลองแบบ Splits plot in RCB รวม 8 กรรมวิธี 4 ซ้ำ Main plot การใช้ปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์ 2 แบบ โดยกรรมวิธีที่ 1 ไม่ใส่ปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์ และกรรมวิธีที่ 2 ใส่ปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์ อัตรา 1 กก./ไร่ ส่วน Sub plot ประกอบด้วยการใส่ปุ๋ยเคมี 4 อัตรา ในแปลงที่ 1 ดินทราย กรรมวิธีที่ 1 ไม่ใส่ปุ๋ยเคมี กรรมวิธีที่ 2 ใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 16-4-16 กก.N-P₂O₅-K₂O/ไร่ กรรมวิธีที่ 3 ใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 12-4-16 กก.N-P₂O₅-K₂O/ไร่ กรรมวิธีที่ 4 ใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 12-3-16 กก.N-P₂O₅-K₂O/ไร่ ส่วนแปลงที่ 2 ดินร่วนปนทราย กรรมวิธีที่ 1 ไม่ใส่ปุ๋ยเคมี กรรมวิธีที่ 2 ใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 8-4-8 กก. N-P₂O₅-K₂O/ไร่ กรรมวิธีที่ 3 ใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 6-4-8 กก. N-P₂O₅-K₂O/ไร่ กรรมวิธีที่ 4 ใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 6-3-8 กก. N-P₂O₅-K₂O/ไร่ สำหรับปี 2555-2556 ในดินทราย วางแผนการทดลองแบบ Splits plot in RCB รวม 8 กรรมวิธี 4 ซ้ำ Main plot ประกอบด้วยการใช้ปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์ 2 แบบ คือ กรรมวิธีที่ 1 ไม่ใส่ปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์ กรรมวิธีที่ 2 ใส่ปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์ 1 กก./ไร่ Sub plot การใส่ปุ๋ยเคมี 4 อัตรา ประกอบด้วย กรรมวิธีที่ 1 ไม่ใส่ปุ๋ย กรรมวิธีที่ 2 ใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 4-4-4 กก. N-P₂O₅-K₂O/ไร่ กรรมวิธีที่ 3 ใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 8-4-8 กก. N-P₂O₅-K₂O/ไร่ กรรมวิธีที่ 4 ใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 16-4-16 กก. N-P₂O₅-K₂O/ไร่ และในดินร่วนปนทราย วางแผนการทดลองแบบ RCB 4 กรรมวิธี 8 ซ้ำ ประกอบด้วย กรรมวิธีที่ 1 ไม่ใส่ปุ๋ย กรรมวิธีที่ 1 ใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 4.6-0-0 กก. N-P₂O₅-K₂O/ไร่ กรรมวิธีที่ 2 ใส่ปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์ กรรมวิธีที่ 3 ใส่ปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์และปุ๋ยเคมีอัตรา 4.6-0-0 กก. N-P₂O₅-K₂O/ไร่ ดำเนินการปลูกมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 9 ระยะปลูก 1x1 ตารางเมตร รวม 1,600 ต้นต่อไร่ กรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์ก่อนปลูกแช่ท่อนพันธุ์ในสารละลายปุ๋ยชีวภาพสัดส่วน 1 กก.ต่อน้ำ 20 ลิตร นาน 30 นาที ส่วนที่ไม่ใส่ปุ๋ยชีวภาพแช่น้ำเปล่า 30 นาที ใส่ปุ๋ยเคมีตามอัตราที่กำหนดเมื่ออายุ 30 วันหลังปลูก ผลการทดลองพบว่า การใช้ปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์ไม่มีผลทำให้ ความสูง น้ำหนักต้น

รหัสการทดลอง 01-07-54-02-02-02-07-54

¹ กลุ่มงานวิจัยจุลินทรีย์ดิน กลุ่มวิจัยปฐพีวิทยา สำนักวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร จตุจักร กรุงเทพฯ

² ศูนย์วิจัยพืชไร่ระยอง สถาบันวิจัยพืชไร่และพืชพลังงานทดแทน อ. เมือง จ.ระยอง

³ กลุ่มวิจัยปฐพีวิทยา สำนักวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร จตุจักร กรุงเทพฯ

⁴ ศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น สถาบันวิจัยพืชไร่และพืชพลังงานทดแทน อ. เมือง จ.ขอนแก่น

เหง้าและใบ ผลผลิตหัวมันสด และผลผลิตแป้ง แตกต่างทางสถิติกับการไม่ใส่ปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์ แต่พบว่าทำให้ความสูง น้ำหนักต้น เหง้าและใบ ผลผลิตหัวมันสด และผลผลิตแป้ง เพิ่มขึ้นจากกรรมวิธีที่ไม่ใส่ 5.06, 8.84, 5.84 และ 4.18% ตามลำดับ แต่การใช้ปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์พบว่าช่วยลดการใช้ไนโตรเจนได้ 20% ของอัตราแนะนำตามค่าวิเคราะห์ดิน และยังทำให้ผลผลิตหัวมันสดเพิ่มขึ้นจากการใช้ปุ๋ยเคมีอัตราเดียวกันสูงสุด 8.98% ขณะที่การใส่ปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์ทำให้ผลผลิตเฉลี่ยเพิ่มขึ้นสูงกว่าการไม่ใส่ปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์ 5%

คำสำคัญ : มันสำปะหลัง ปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์ Azospirillum Biofertilizer

คำนำ

มันสำปะหลังเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญยิ่งของการเกษตรในเขตอาศัยน้ำฝนของไทย สามารถเจริญเติบโตได้ดีในเกือบทุกสภาพภูมิอากาศ มีความทนทานต่อสภาพภูมิอากาศแห้งแล้งหรือฝนทิ้งช่วงนานๆ มีต้นทุนในการผลิตต่ำ และเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญในการทำรายได้ให้กับประเทศไทย จากข้อมูลการส่งออกผลิตภัณฑ์มันสำปะหลังในปี 2553 สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตรรายงานว่า การส่งออกผลิตภัณฑ์มันสำปะหลัง 3 ชนิด คือ มันเส้น มันสำปะหลังอัดเม็ด และแป้งมันสำปะหลัง มีมูลค่า 66,140 ล้านบาท เพิ่มขึ้นจากปี 2552 ที่มีมูลค่าส่งออก 49,941 ล้านบาท หรือเพิ่มขึ้น 32% ซึ่งในปี 2553 ประเทศไทยมีส่วนแบ่งการตลาดโลก 69% จึงเป็นผู้ส่งออกรายใหญ่ที่สุดของโลก อย่างไรก็ตามราคาหัวมันสดที่เกษตรกรขายได้โดยทั่วไปมีราคาต่ำ ทำให้ผลตอบแทนสุทธิในปี 2553 เพียง 244 บาท/ตัน และมีต้นทุนการผลิตถึง 1,596 บาท/ตัน ขณะที่ผลผลิตเฉลี่ยเพียง 3,013 กิโลกรัมต่อไร่ ในอนาคตความต้องการมันสำปะหลังมีแนวโน้มจะเพิ่มขึ้น เนื่องจากมีศักยภาพสูงในการนำไปใช้ผลิตพลังงานทดแทน ชุมพล (2543) รายงานว่า มันสำปะหลังตอบสนองต่อไนโตรเจนมากที่สุด ธาตุไนโตรเจนจึงเป็นธาตุที่จำกัดการเจริญเติบโตของมันสำปะหลัง ซึ่งควรใช้ในอัตรา 8-24 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่ รองลงมาคือโพแทสเซียมควรใช้ในอัตรา 8-16 กิโลกรัม K_2O ต่อไร่ และมีการตอบสนองต่อฟอสฟอรัสต่ำสุด ควรใส่ในอัตรา 4-8 กิโลกรัม P_2O_5 ต่อไร่ แต่ทั้งนี้ก็ควรพิจารณาควบคู่ไปกับผลการวิเคราะห์ดิน อย่างไรก็ตามหากสามารถพัฒนาเทคโนโลยีการจัดการอินทรีย์วัตถุและสมบัติดินทางชีวภาพหรือความหลากหลายของจุลินทรีย์ดินที่มีประสิทธิภาพควบคู่กันไป ก็จะเป็นโอกาสที่สำคัญอย่างหนึ่งในการเพิ่มศักยภาพในการจัดการดินปลูกมันสำปะหลัง เพื่อเสริมสร้างคุณภาพของดินและเพิ่มผลผลิตมันสำปะหลังให้มากขึ้น กรมวิชาการเกษตร (2548) ได้รายงาน bahwa ปุ๋ยชีวภาพแบคทีเรียส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชหรือปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์ เป็นปุ๋ยชีวภาพที่ประกอบด้วยแบคทีเรียที่อาศัยอยู่บริเวณรากพืช ทั้งบริเวณดินรอบๆ ราก ผิวนอก ราก ในราก ต้นและใบพืช โดยแบคทีเรียกลุ่มนี้สามารถส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช ได้ด้วยการสร้างธาตุอาหารหรือเพิ่มความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารพืชบางชนิด มีแบคทีเรียหลายชนิดที่พบว่าอาศัยอยู่ใน ดิน ราก และต้น (Mehnaz et al. 2001) ซึ่งประโยชน์ที่สำคัญของแบคทีเรียที่อาศัยอยู่รอบๆ รากพืชเหล่านี้ คือ การตรึงไนโตรเจน (Boddy et al. 1995; Meunchang et al. 2004) ผลิตฮอร์โมนสำหรับพืช เช่น indole acetic acid (IAA) (Meunchang et al. 2004) ช่วยเพิ่มพื้นที่ผิวนอกให้มากขึ้น จึงมีผลทำให้พืชดูดน้ำและธาตุอาหารได้เพิ่มมากขึ้นกว่าปกติ (Jacoud. 1999) แต่ประสิทธิภาพในการใช้ปุ๋ยชีวภาพแต่ละชนิดนั้น ก็ขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ หลายประการ เช่น สกูลหรือสายพันธุ์แบคทีเรีย ชนิดของพืช สมบัติของดิน ประชากรจุลินทรีย์ที่ออกฤทธิ์ในดิน

และเงื่อนไขทางสภาพแวดล้อม โดยทั่วไปพบว่าหลังการใส่ปุ๋ยชีวภาพปริมาณแบคทีเรียจะลดอย่างรวดเร็ว ทั้งนี้เนื่องจากความไม่สม่ำเสมอของสภาพแวดล้อมที่ไม่สามารถควบคุมได้ จึงมักพบว่าผลการทดลองในสภาพปลอดเชื้อกับในธรรมชาติมีความแตกต่างกันมาก (Bashan and Levany, 1990) การศึกษาเกี่ยวกับปุ๋ยชีวภาพฟิสิกส์ฟิอาร์ในมันสำปะหลังยังมีน้อย จึงมีความจำเป็นต้องศึกษาให้มากขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งในด้านการวิจัยพัฒนาผลการใช้ปุ๋ยชีวภาพฟิสิกส์ฟิอาร์ในระดับเรือนทดลองและแปลงทดลอง เพื่อนำผลงานวิจัยไปใช้เป็นข้อมูลทางวิชาการสำหรับถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตและการใช้ปุ๋ยชีวภาพฟิสิกส์ฟิอาร์ในมันสำปะหลัง ให้สามารถนำไปใช้ในการเพิ่มศักยภาพในการผลิตทั้ง ปริมาณ คุณภาพ และการลดต้นทุนการผลิตมันสำปะหลังในประเทศไทยได้อย่างจริงจัง วัตถุประสงค์ในการทดลองนี้เพื่อศึกษาผลการใช้ปุ๋ยชีวภาพฟิสิกส์ฟิอาร์ในระบบการผลิตมันสำปะหลัง เพื่อให้ทราบศักยภาพในการลดปริมาณและต้นทุนการใช้ปุ๋ยเคมี เพื่อได้มีการใช้ปุ๋ยชีวภาพผสมผสานกับปุ๋ยเคมีอัตราต่างๆกัน ในดินทรายและดินร่วนปนทรายที่มีคำแนะนำการใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินที่แตกต่างกัน เนื่องจากดินในแหล่งเพาะปลูกต่างๆมีธาตุอาหารตกค้างอยู่ในปริมาณที่แตกต่างกัน

อุปกรณ์และวิธีการดำเนินการ

วิธีการทดลองปี 2554

แผนการทดลอง วางแผนการทดลองแบบ Splits plot in RCB รวม 8 กรรมวิธี 4 ซ้ำ มี 2 ปัจจัย คือ Main plot การใช้ปุ๋ยชีวภาพฟิสิกส์ฟิอาร์ 2 กรรมวิธี คือ กรรมวิธีที่ 1 ไม่ใส่ปุ๋ยชีวภาพฟิสิกส์ฟิอาร์ และกรรมวิธีที่ 2 ใส่ปุ๋ยชีวภาพฟิสิกส์ฟิอาร์ อัตรา 1 กก./ไร่ Sub plot การใส่ปุ๋ยเคมี 4 อัตรา คือ แปลงที่ 1 ดินทราย กรรมวิธีที่ 1 ไม่ใส่ปุ๋ยเคมี กรรมวิธีที่ 2 ใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 16-4-16 กก.N-P₂O₅-K₂O/ไร่ กรรมวิธีที่ 3 ใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 12-4-16 กก.N-P₂O₅-K₂O/ไร่ กรรมวิธีที่ 4 ใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 12-3-16 กก.N-P₂O₅-K₂O/ไร่ แปลงที่ 2 ดินร่วนปนทราย กรรมวิธีที่ 1 ไม่ใส่ปุ๋ยเคมีทุกชนิด กรรมวิธีที่ 2 ใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 8-4-8 กก.N-P₂O₅-K₂O/ไร่ กรรมวิธีที่ 3 ใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 6-4-8 กก.N-P₂O₅-K₂O/ไร่ กรรมวิธีที่ 4 ใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 6-3-8 กก.N-P₂O₅-K₂O/ไร่

วิธีปฏิบัติการทดลอง ปุ๋ยชีวภาพฟิสิกส์ฟิอาร์ประกอบด้วยไรโซแบคทีเรีย 3 สกุล คือ *Gluconacetobacter diazotrophicus*, *Azospirillum spp.* และ *Burkholderia spp.* ซึ่งมีปริมาณเชื้อแต่ละสกุลเมื่อบ่มที่อุณหภูมิห้อง 30 วัน 1.26×10^8 1.07×10^7 และ 5.3×10^7 เซลล์ต่อกรัมน้ำหนักสด ตามลำดับ โดยใช้ปุ๋ยหมักเปลือกไม้บดละเอียดและซีโอไลต์อัตราส่วน 1:1 โดยน้ำหนักเป็นวัสดุพา ก่อนใส่เชื้อนิ่งมาเชื้อวัสดุพาที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว นาน 45 นาที 1 ครั้ง ดำเนินการทดลองใน ศูนย์วิจัยพืชไร่ระยอง ทั้ง 2 แปลง ขนาดแปลงทดลอง 7x8 ตารางเมตร จุ่มท่อนพันธุ์มันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 9 ก่อนปลูกด้วยสารละลายปุ๋ยชีวภาพฟิสิกส์ฟิอาร์ สัดส่วน 1 กก.ต่อน้ำ 20 ลิตร นาน 30 นาที กรรมวิธีที่ไม่ใส่เชื้อแช่ด้วยน้ำเปล่า 30 นาที ระยะปลูก 1x1 ตารางเมตร แปลงละ 7 แถวๆละ 8 ต้น รวม 56 ต้น เก็บข้อมูลการเจริญเติบโตและผลผลิต แปลงที่ 1 อายุ 9 เดือน (เนื่องจากฝนตกหนักและน้ำท่วมแปลง) และแปลงที่ 2 อายุ 12 เดือน มีพื้นที่เก็บเกี่ยว 5x6 ตารางเมตร หรือ 30 ต้นต่อแปลง เก็บข้อมูลการเจริญเติบโต น้ำหนักต้น เหง้าและใบ ผลผลิตหัวมันสำปะหลัง และผลผลิตแป้ง วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ โดยการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และหาค่าความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้

DMRT และวิเคราะห์ผลตอบแทนโดยการคำนวณค่า อัตราส่วนระหว่างรายได้จากผลผลิตที่เพิ่มขึ้นจากการใส่ปุ๋ย (Value to Cost Ratio, VCR) ตามสูตร $VCR = \frac{\text{รายได้ที่เพิ่มขึ้นจากการใส่ปุ๋ย}}{\text{รายจ่ายจากการใส่ปุ๋ย}}$ สำหรับเกษตรกรที่มีทุนจำกัดระดับค่าวิกฤตอยู่ที่ระดับ 2 (วิวัฒน์ และคณะ.2542)

วิธีการทดลองปี 2555-2556

แปลงทดลอง มี 2 แปลง เป็นดินทรายและดินร่วนปนทราย อย่างละ 1 แปลง ในแปลงดินทราย วางแผนการทดลองแบบ Splits plot in RCB รวม 2x4 รวม 8 กรรมวิธี 4 ซ้ำ Main plot คือ การใส่ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์ 2 แบบ คือ 1. ไม่ใส่ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์ (B0) 2. ใส่ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์ 1 กก./ไร่ (B1) Sub plot คือ การใส่ปุ๋ยเคมี 4 อัตรา คือ F0 ไม่ใส่ปุ๋ย F1 ใส่ 4-4-4 กก. N-P₂O₅-K₂O F2 ใส่ 8-4-8 กก. N-P₂O₅-K₂O F3 ใส่ 16-4-16 กก. N-P₂O₅-K₂O และในดินร่วนปนทราย วางแผนการทดลองแบบ RCB 4 กรรมวิธี 8 ซ้ำ กรรมวิธีที่ 1 ไม่ใส่ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์ ไม่ใส่ปุ๋ยเคมี กรรมวิธีที่ 2 ไม่ใส่ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์ +4.6-0-0 กก. N-P₂O₅-K₂O/ไร่ กรรมวิธีที่ 3 ใส่ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์ +ไม่ใส่ปุ๋ยเคมี กรรมวิธีที่ 4 ใส่ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์ + 4.6-0-0 กก. N-P₂O₅-K₂O/ไร่ ดำเนินการทดลองที่ศูนย์วิจัยพืชไร่ระยอง ขนาดแปลงทดลอง 7x8 ตารางเมตร ปลูกมันสำปะหลัง โดยแช่ท่อนพันธุ์ด้วยสารละลายปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์ [1:20] ร่วมกับปุ๋ยเคมีตามอัตราที่กำหนดภายใต้หลักเกณฑ์การใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน บนพื้นฐานค่าความอุดมสมบูรณ์ของดินก่อนปลูกในตารางที่ 2.1 โดยใช้ระยะปลูก 1x1 ตารางเมตร รวม 7 แถวๆละ 8 ต้น เก็บข้อมูลการเจริญเติบโตและผลผลิต เมื่ออายุ 12 เดือน พื้นที่เก็บเกี่ยว 5x6 ตารางเมตร หลังเก็บเกี่ยวหว่านน้ำหนักรากแห้ง น้ำหนักรากแห้ง การสะสมไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม ในต้น ใบ เหง้า และหัวมันสำปะหลัง

ผลการทดลองและวิจารณ์

ผลการทดลองปี 2554

ดินทราย

การใส่ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์ในระบบการปลูกมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 9 ในดินร่วนทรายที่มีสมบัติทางเคมีของดิน ระดับ 0-20 เซนติเมตร ประกอบด้วย ปฏิกริยากรด-ด่าง 6.4 อินทรีย์วัตถุ 0.26% ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Bray-II P) 15 มก./กก. และโพแทสเซียมที่สกัดได้ 8 มก./กก. โดยอัตราปุ๋ยตามคำแนะนำวิเคราะห์ดินที่ใช้ในการทดลอง 16-4-16 กก. N-P₂O₅-K₂O/ไร่ ผลการทดลองพบว่าการใช้ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์ไม่มีผลทำให้ค่าเฉลี่ยความสูง น้ำหนักต้น เหง้าและใบ ผลผลิตหัวมันสด และผลผลิตแป้ง (ตารางที่ 1.1) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกรรมวิธีที่ไม่ใส่ปุ๋ยชีวภาพ แต่ทำให้ ความสูงเพิ่มขึ้น 5.06% น้ำหนักต้น เหง้าและใบเพิ่มขึ้น 8.84% ผลผลิตหัวมันสดเพิ่มขึ้น 5.84% และผลผลิตแป้งเพิ่มขึ้น 4.18% ตามลำดับ ซึ่งเห็นว่าค่าเฉลี่ยการใส่ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์ยังทำให้การเจริญเติบโตและผลผลิตมันสำปะหลังไม่เด่นชัด และผลของอัตราปุ๋ยเคมีพบว่าทำให้ค่าเฉลี่ย ความสูง น้ำหนักต้น เหง้าและใบ และผลผลิตหัวมันสด (ตารางที่ 1.1) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกรรมวิธีที่ไม่ใส่ปุ๋ยเคมี แต่ไม่แตกต่างกันกับในแต่ละอัตราปุ๋ย แม้ปฏิกริยาร่วมระหว่างอัตราปุ๋ยเคมีกับการใส่ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์จะไม่ทำให้ ความสูง น้ำหนักต้น เหง้าและใบ และผลผลิตหัวมันสด (ตารางที่ 1.1) มี

ความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกรรมวิธีที่ไม่ใส่ปุ๋ยเคมีก็ตาม แต่หากพิจารณาเปรียบเทียบผลการใช้ปุ๋ยชีวภาพร่วมกับปุ๋ยเคมีแต่ละอัตราแล้ว พบว่า การใช้ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์ทำให้ความสูง น้ำหนักต้น เหง้าและใบ และผลผลิตหัวมันสด (ตารางที่ 1.1) เพิ่มขึ้นในทุกอัตราปุ๋ยเคมีที่ใช้ทดลอง แต่มีเฉพาะกรรมวิธีไม่ใส่ปุ๋ยเคมีแต่ใส่ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์และกรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์ร่วมกับกรรมวิธีที่ลดปุ๋ยเคมีไนโตรเจนและฟอสฟอรัส 20% ของอัตราแนะนำตามค่าวิเคราะห์ดิน หรือ 12-6-16 N-P₂O₅-K₂O/ไร่ เท่านั้นที่ทำให้มีอัตราผลตอบแทนค่าปุ๋ย หรือ VCR เท่ากับ 17.7 และ 2.1 ตามลำดับ (ตารางที่ 1.2) ซึ่งเกษตรกรที่มีทุนจำกัดสามารถนำไปใช้ได้ นอกจากนี้หากพิจารณาจากอัตราผลตอบแทนจากการใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียวทุกอัตราพบว่าการใช้ปุ๋ยเคมีอย่างเดียวไม่ทำให้ผลผลิตมีอัตราผลตอบแทนที่เพิ่มขึ้นมากพอที่จะทำให้คุ้มค่า แต่พบว่าเมื่อมีการใส่ปุ๋ยเคมีทุกอัตราร่วมกับการใส่ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์มีผลทำให้อัตราผลตอบแทนเพิ่มขึ้น (ตารางที่ 1.2)

ดินร่วนปนทราย

การใช้ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์ในการปลูกมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 9 ในดินร่วนปนทราย ที่มีสมบัติทางเคมีของดิน ระดับ 0-20 เซนติเมตร ประกอบด้วย ปฏิกริยากรด-ด่าง 5.9 อินทรีย์วัตถุ 1.87% ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Bray-II P) 156 มก./กก. และโพแทสเซียมที่สกัดได้ 76 มก./กก. ผลการทดลองพบว่า ความสูง น้ำหนักแห้งต้น เหง้าและใบ ผลผลิตหัวสด และผลผลิตแป้ง ของการใช้ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์ไม่มีผลทำให้ มีความแตกต่างกันทางสถิติกับกรรมวิธีที่ไม่ใส่ปุ๋ยชีวภาพ (ตารางที่ 1.3) ทั้งนี้เนื่องจากดินมีความอุดมสมบูรณ์ค่อนข้างสูง มันสำปะหลัง จึงมีการตอบสนองต่อการใช้ปุ๋ยน้อย แต่ก็มีแนวโน้มทำให้มีการเจริญเติบโตและผลผลิตสูงกว่าตำรับที่ไม่ใส่ ส่วนการวิเคราะห์ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจพบว่าผลตอบแทนทางเศรษฐกิจของการใส่ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์ ในตำรับที่ใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 6-4-8 กก.N-P₂O₅-K₂O/ไร่ ให้ค่า VCR สูงที่สุด (ตารางที่ 1.4) ทั้งนี้เพราะการใช้ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์ช่วยลดค่าปุ๋ยให้ต่ำลงและทำให้ผลผลิตและรายได้เพิ่มขึ้น

ตารางที่ 1.1 ผลการใส่ปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์และปุ๋ยเคมีอัตราต่างๆ ต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตมันสำปะหลัง
พันธุ์ระยอง 9 ในดินทราย ศูนย์วิจัยพืชไร่ระยอง ปี 2554

การใส่ปุ๋ย	ความสูง (ซม.)	น้ำหนักแห้ง ต้น ใบ เหง้า (กก./ไร่)	ผลผลิต หัวสด (กก./ไร่)	ผลผลิตแป้ง (กก./ไร่)
A. ปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์ (1 กก./ไร่)				
B ₀ = ไม่ใส่	217	2,036	7,195	2,035
B ₁ = แชนท์อนพันธุ์ก่อนปลูก	228	2,216	7,615	2,120
B. อัตราปุ๋ยเคมี (กก.N-P ₂ O ₅ -K ₂ O/ไร่)				
F ₀ = 0-0-0	190 b	1,616	6,634 b	1,892
F ₁ = 16-8-16	236 a	2,469	7,713 a	2,102
F ₂ = 12-8-16	222 ab	1,963	7,556 a	2,134
F ₃ = 12-6-16	242 a	2,455	7,716 a	2,182
C. BxF interaction				
B0F0	181	1,557	6,447	1,822
B0F1	228	2,424	7,504	2,097
B0F2	217	1,814	7,231	1,998
B0F3	240	2,323	7,597	2,225
B1F0	198	1,675	6,820	1,962
B1F1	243	2,515	7,922	2,108
B1F2	226	2,086	7,881	2,269
B1F3	244	2,587	7,836	2,140
CV (a) %	13.9	14.4	8.26	8.05
CV (b) %	2.02	22.2	6.19	7.67

ค่าเฉลี่ยการใช้ปุ๋ยชีวภาพ (A) หรือปุ๋ยเคมีอัตราต่างๆ (B) ที่มีตัวอักษรเหมือนกันไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยใช้ LSD
ค่าเฉลี่ยการใช้ปุ๋ยชีวภาพและปุ๋ยเคมีอัตราต่างๆ (C) ที่มีตัวอักษรเหมือนกันไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยใช้ DMRT

ตารางที่ 1.2 ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจของมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 9 เมื่อใส่ปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์ ร่วมกับปุ๋ยเคมีอัตราต่างกันในดินทราย ศูนย์วิจัยพืชไร่ระยอง ปี 2554

กรรมวิธี (กก.N-P ₂ O ₅ -K ₂ O/ไร่)	ผลผลิต (กก./ไร่)	ผลผลิตเพิ่ม กก./ไร่	ค่าปุ๋ย ¹ (บาทต่อไร่)	ผลตอบแทนค่าปุ๋ย (VCR) ²	
				VCR	VCR เพิ่ม PGPR ³
ไม่ใส่ปุ๋ย	6,447	0	0	0.00	0.00
ไม่ใส่ปุ๋ย+ปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์	6,820	373	40	17.7	17.7
16-8-16	7,504	1,057	1,504	1.34	0.00
16-8-16+ปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์	7,902	1,455	1,544	1.79	0.49
12-8-16	7,231	784	1,364	1.09	0.00
12-8-16+ปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์	7,881	1,434	1,404	1.94	0.88
12-6-16	7,597	1,150	1,195	1.83	0.00
12-6-16+ปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์	7,836	1,389	1,235	2.14	0.37

¹ ราคาปุ๋ยเคมี ดังนี้ 15-15-15 กก.ละ 18 บาท 46-0-0 กก.ละ 16 บาท และ 0-0-60 กก.ละ 20 บาท และปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์
 ฤงละ 20 บาท (อัตราการใช้ 2 ฤง/ไร่)

² ราคา มันสำปะหลังเฉลี่ย 1,900 บาทต่อตัน

³ อัตราส่วนระหว่างรายได้จากผลผลิตที่เพิ่มขึ้นจากการใส่ปุ๋ย (Value to Cost Ratio, VCR)

VCR = (รายได้ที่เพิ่มขึ้นจากการใส่ปุ๋ย/รายจ่ายจากการใส่ปุ๋ย) สำหรับเกษตรกรที่มีทุนจำกัด ระดับค่าวิกฤตอยู่ที่ ระดับ 2.0

ตารางที่ 1.3 ผลการใส่ปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์และปุ๋ยเคมีอัตราต่างๆ ต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตมันสำปะหลัง
พันธุ์ระยอง 9 ในดินร่วนปนทราย ศูนย์วิจัยพืชไร่ระยอง ปี 2554

การใส่ปุ๋ย	ความสูง (ซม.)	น้ำหนักแห้ง ต้น ใบ เหง้า (กก./ไร่)	ผลผลิตหัวสด (กก./ไร่)	ผลผลิตแป้ง (กก./ไร่)
A. ปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์ (1 กก./ไร่)				
B ₀ = ไม่ใส่	401	4,601	10,541	2,736
B ₁ = แช่ท่อนพันธุ์ก่อนปลูก	394	4,883	10,724	2,810
B. อัตราปุ๋ยเคมี (กก.N-P ₂ O ₅ -K ₂ O/ไร่)				
F ₀ = 0-0-0	371	4,457	10,618	2,814
F ₁ = 8-4-8	400	4,695	10,366	2,703
F ₂ = 6-4-8	410	4,941	11,355	2,952
F ₃ = 4-3-8	410	4,875	10,191	2,621
C. BxF interaction				
B0F0	375	4,320	11,380	3,032
B0F1	397	4,540	9,940	2,613
B0F2	425	4,777	9,959	2,572
B0F3	408	4,767	10,883	2,725
B1F0	366	4,592	9,856	2,596
B1F1	404	4,849	10,793	2,793
B1F2	393	5,106	12,751	3,331
B1F3	405	4,983	9,498	2,517
CV (a) %	17.3	23.2	8.65	9.41
CV (b) %	6.85	7.87	0.16	13.7

ค่าเฉลี่ยการใช้ปุ๋ยชีวภาพหรือปุ๋ยเคมีอัตราต่างๆ ที่มีตัวอักษรเหมือนกันไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยใช้ LSD

ค่าเฉลี่ยการใช้ปุ๋ยชีวภาพและปุ๋ยเคมีอัตราต่างๆ (C) ที่มีตัวอักษรเหมือนกันไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยใช้ DMRT

ตารางที่ 1.4 ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจของมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 9 เมื่อใส่ปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์ร่วมกับปุ๋ยเคมี อัตราต่างกันในดินร่วนปนทราย ศูนย์วิจัยพืชไร่ระยอง ปี 2554

กรรมวิธี	ผลผลิต	ผลผลิตเพิ่ม	ค่าปุ๋ย ¹	ผลตอบแทนค่าปุ๋ย (VCR) ²	
				VCR	VCR เพิ่ม PGPR ³
กก.N-P ₂ O ₅ -K ₂ O/ไร่	(กก./ไร่)	กก./ไร่	(บาทต่อไร่)		
ไม่ใส่ปุ๋ย	10,889	0	0	0.00	0.00
ไม่ใส่ปุ๋ย+ปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์	9,683	-1,206	40	-57.29	-57.29
8-4-8 ¹	9,681	-1,208	759	-3.02	0.00
8-4-8+ปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์	10,602	-287	799	-0.68	2.19
6-4-8	9,691	-1,198	689	-3.30	0.00
6-4-8+ปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์	11,647	-758	729	1.97	5.09
6-3-8	10,496	-393	631	-1.18	0.00
6-3-8+ปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์	9,267	-1,622	671	-4.59	-3.48

¹ราคาปุ๋ยเคมี ดังนี้ 15-15-15 กก.ละ 18 บาท 46-0-0 กก.ละ 16 บาท และ 0-0-60 กก.ละ 20 บาท และปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์ ถุงละ 20 บาท (อัตราการใช้ 2 ถุง/ไร่)

²ราคามันสำปะหลังเฉลี่ย 1,900 บาทต่อตัน

³อัตราส่วนระหว่างรายได้จากผลผลิตที่เพิ่มขึ้นจากการใส่ปุ๋ย (Value to Cost Ratio, VCR)

VCR = (รายได้ที่เพิ่มขึ้นจากการใส่ปุ๋ย/รายจ่ายจากการใส่ปุ๋ย) สำหรับเกษตรกรที่มีทุนจำกัด ระดับค่าวิกฤตอยู่ที่ ระดับ 2.0

ผลการทดลองปี 2555-2556

ดินทราย

การใส่ปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์ทำให้น้ำหนักหัวสดของมันสำปะหลังมีความแตกต่างกับตำรับที่ไม่ใส่อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยการใส่ปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์ทำให้น้ำหนักหัวสดของมันสำปะหลังเพิ่มขึ้น 16.2% (ตารางที่ 2.2) ส่วนการใส่ปุ๋ยเคมีอัตราต่างกันทำให้น้ำหนักหัวสดมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับตำรับไม่ใส่ปุ๋ย (ตารางที่ 2.2) พบว่าการใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 16-4-16 กก. N-P₂O₅-K₂O/ไร่ทำให้น้ำหนักหัวสดของมันสำปะหลังสูงที่สุด 7,222 กก./ไร่ แต่ไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 8-4-8 และ 4-4-4 กก. N-P₂O₅-K₂O/ไร่ ซึ่งมีน้ำหนักหัวสด 6,667 และ 6,053 กก./ไร่ ตามลำดับ ส่วนปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่าง 2 ปัจจัยไม่ทำให้น้ำหนักหัวสดของมันสำปะหลังมีความแตกต่างกันทางสถิติ ส่วนผลผลิตแป้ง พบว่า การใส่ปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์ผลผลิตแป้งของมันสำปะหลังไม่มีความแตกต่างกับตำรับที่ไม่ใส่ ส่วนการใส่ปุ๋ยเคมีอัตราต่างกันทำให้ผลผลิตแป้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับตำรับไม่ใส่ปุ๋ย (ตารางที่ 2.2) พบว่าการใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 16-4-16 กก. N-P₂O₅-K₂O/ไร่ให้ผลผลิตแป้งสูงที่สุด 1,989 กก./ไร่ แต่ไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 8-4-8 และ 4-4-4 กก. N-P₂O₅-K₂O/ไร่ ซึ่ง

มีผลผลิตแป้ง 1,953 และ 1,736 กก./ไร่ ตามลำดับ ส่วนปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่าง 2 ปัจจัยไม่ทำให้ผลผลิตแป้งของ มันสำปะหลังมีความแตกต่างกันทางสถิติ ส่วนผลการวิเคราะห์ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ พบว่าการใส่ปุ๋ยชีวภาพ ฟิซีฟิอาร์ร่วมกับปุ๋ยเคมีทุกอัตราทำให้ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจเพิ่มขึ้นจนเกิน 2.0 โดยการใส่ปุ๋ยเคมีอัตราต่ำสุด 4-4-4 กก. N-P₂O₅-K₂O/ไร่ ให้ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจสูงขึ้นไปจนถึง 3.40 และค่า VCR ของตำรับที่ใส่ปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์อย่างเดียวให้ผลตอบแทนสูงสุด 39.2 ทั้งนี้เพราะมีต้นทุนค่าปุ๋ยชีวภาพอย่างเดียวเพียง 40 บาทต่อไร่ ซึ่งให้เห็น ประสิทธิภาพการใส่ปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์ในการผลิตมันสำปะหลังในดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ ซึ่งจะตอบสนองสูงกว่าดินที่มีการใส่ปุ๋ยมากหรือมีความอุดมสมบูรณ์สูงเนื่องจากพืชจะใช้ปุ๋ยเคมีในการเจริญเติบโตและสร้างผลผลิต ก่อนปุ๋ยชีวภาพและปุ๋ยชีวภาพจะช่วยให้ธาตุอาหารและส่งเสริมการเจริญเติบโตให้กับพืชในช่วงที่มีธาตุอาหารที่เป็น ประโยชน์น้อย หรือ ในดินอุดมสมบูรณ์สูงการตอบสนองของปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์มีน้อย และดินอุดมสมบูรณ์ต่ำการ ตอบสนองของปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์มีมาก

ดินร่วนปนทราย

ค่าวิเคราะห์ดินแปลงดินร่วนปนทรายก่อนปลูก (ตารางที่ 2.1) พบว่ามีอินทรีย์วัตถุปานกลาง มีฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมสูง ในการทดลองนี้จึงกำหนดใส่ปุ๋ยเคมีไนโตรเจน 4.6 กก./ไร่ หรือคิดเป็นยูเรีย (46-0-0) 10 กก./ไร่ ตามคำแนะนำการใส่ปุ๋ยกับพืชเศรษฐกิจ (2553) ส่วนฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมมีเพียงพอกับความต้องการของ มันสำปะหลังแล้วจึงไม่ได้ใส่เพิ่มเติม มีการเปรียบเทียบการใส่ปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์และไม่ใส่ เพื่อศึกษาการตอบสนอง ของมันสำปะหลังต่อปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์ ในสภาพดินที่มีธาตุอาหารในดินค่อนข้างสูงแล้ว พบว่าการใส่ปุ๋ยชีวภาพ ฟิซีฟิอาร์ไม่มีผลทำให้ความสูง น้ำหนักต้นแห้ง เหง้าแห้ง และใบแห้งมีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 2.4) เป็นไปในแนวทางเดียวกับเปอร์เซ็นต์แป้ง ผลผลิตหัวมันแห้ง และผลผลิตหัวมันสด ที่การใส่ปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์อย่าง เดียวและการใส่ปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์ร่วมกับปุ๋ยไนโตรเจน 4.6 กก./ไร่ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติกับตำรับไม่ใส่ ปุ๋ย (ตารางที่ 2.4) อย่างไรก็ตามการใส่ปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์ร่วมกับปุ๋ยไนโตรเจน 4.6 กก./ไร่ ทำให้ผลผลิตสูงกว่าการ ใส่ปุ๋ยไนโตรเจน 4.6 กก./ไร่อย่างเดียว ประมาณ 11.5% และสูงกว่าตำรับควบคุมไม่ใส่ปุ๋ย 10.5% (ตารางที่ 2.4) ซึ่งให้เห็นในเบื้องต้นว่าการใส่ปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ไนโตรเจนในดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ สูงได้ ทั้งนี้เพราะทำให้ศักยภาพในการดูดดึงธาตุอาหารเพิ่มขึ้น (ตารางที่ 2.4) โดยการดูดดึง ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม เพิ่มขึ้น 34.6 15.4 และ 12.2 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 2.5) การใส่ปุ๋ยชีวภาพในการปลูก มันสำปะหลังทำให้ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน ทั้งในตำรับที่มีการใช้ไนโตรเจนอัตรา 4.6 กก./ไร่ และการใส่ปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์อย่างเดียว (ตารางที่ 2.6)

ตารางที่ 2.1 ค่าวิเคราะห์ดินก่อนการทดลอง

แปลงที่	เนื้อดิน	pH	OM	Avai-P	Ext-K	ปุ๋ยอัตราแนะนำ
		(น้ำ 1:1)	(%)	(มก./กก.)	(มก./กก.)	กก,N-P ₂ O ₅ -K ₂ O/ไร่
1	ดินทราย	4.8	0.45	21	14	16-4-16
2	ดินร่วนปนทราย	6.45	2.13	328	146	4.6-0-0

ตารางที่ 2.2 ผลการใส่ปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์และปุ๋ยเคมีอัตราต่างๆ ต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 9 ในดินทราย ศูนย์วิจัยพืชไร่ระยอง ปี 2555/2556

การใส่ปุ๋ย	ผลผลิตหัวสด (กก./ไร่)	ผลผลิตแป้ง (กก./ไร่)
A. ปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์ (1 กก./ไร่)		
B ₀ = ไม่ใส่	5,851 b	1,695
B ₁ = แซ่ท่อนพันธุ์ก่อนปลูก	6,796 a	1,915
B. อัตราปุ๋ยเคมี (กก.N-P ₂ O ₅ -K ₂ O/ไร่)		
F ₀ = 0-0-0	5,343 b	1,541 b
F ₁ = 16-4-16	7,222 a	1,737 ab
F ₂ = 8-4-8	6,667 ab	1,953 ab
F ₃ = 4-4-4	6,053 ab	1,989 a
C. BxF interaction		
B0F0		
B0F1	4,558	1,321
B0F2	6,545	1,703
B0F3	6,479	1,949
B1F0	5,822	1,805
B1F1	6,127	1,760
B1F2	7,898	1,770
B1F3	6,875	1,957
CV (a) %	6,285	2,173
CV (b) %	4.18	7.49
	10.6	12.2

ค่าเฉลี่ยการใช้ปุ๋ยชีวภาพหรือปุ๋ยเคมีอัตราต่างๆ ที่มีตัวอักษรเหมือนกันไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%โดยใช้ LSD

ค่าเฉลี่ยการใช้ปุ๋ยชีวภาพและปุ๋ยเคมีอัตราต่างๆ (C) ที่มีตัวอักษรเหมือนกันไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%โดยใช้ DMRT

ตารางที่ 2.3 ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจของมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 9 เมื่อใส่ปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์ร่วมกับปุ๋ยเคมีอัตราต่างกันในพื้นที่
ทราย ศูนย์วิจัยพืชไร่ระยอง ปี 2555/2556

กรรมวิธี กก.N-P ₂ O ₅ -K ₂ O/ไร่	ผลผลิต (กก./ไร่)	ผลผลิตเพิ่ม กก./ไร่	ค่าปุ๋ย ¹ (บาทต่อไร่)	ผลตอบแทนค่าปุ๋ย (VCR) ²	
				VCR	VCR เพิ่ม PGPR ³
ไม่ใส่ปุ๋ย	4,558	0	0	0.00	0.00
ไม่ใส่ปุ๋ย+ปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์	6,127	1,569	40	39.2	39.2
16-4-16	6,545	1,987	1,282	1.55	0.00
16-4-16+ปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์	7,898	3,340	1,322	2.53	0.97
8-4-8	6,479	1,921	739	2.60	0.00
8-4-8+ปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์	6,875	2,317	779	2.97	0.37
4-4-4	5,822	1,264	468	2.70	0.00
4-4-4+ปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์	6,285	1,727	508	3.40	0.70

¹ ราคาปุ๋ยเคมี ดังนี้ 15-15-15 กก.ละ 18 บาท 46-0-0 กก.ละ 16 บาท และ 0-0-60 กก.ละ 20 บาท และปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์
ถุงละ 20 บาท (อัตราการใช้ 2 ถุง/ไร่)

² ราคา มันสำปะหลังเฉลี่ย 1,900 บาทต่อตัน

³ อัตราส่วนระหว่างรายได้จากผลผลิตที่เพิ่มขึ้นจากการใส่ปุ๋ย (Value to Cost Ratio, VCR)

VCR = (รายได้ที่เพิ่มขึ้นจากการใส่ปุ๋ย/รายจ่ายจากการใส่ปุ๋ย) สำหรับเกษตรกรที่มีทุนจำกัด ระดับค่าวิกฤตอยู่ที่ ระดับ 2.0

ตารางที่ 2.4 ผลการใส่ปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์และปุ๋ยเคมีอัตราต่างๆ ต่อการเจริญเติบโตและผลผลิต
มันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 9 ในดินร่วนปนทราย ศูนย์วิจัยพืชไร่ระยอง ปี 2555/2556

การใส่ปุ๋ย	ความสูง (ซม.)	ผลผลิต หัวสด (กก./ไร่)	ผลผลิต แป้ง (กก./ไร่)	น้ำหนักแห้ง ทั้งหมด (กก./ไร่)	การดูดตั้ง N (กก./ไร่)	การดูดตั้ง P (กก./ไร่)	การดูดตั้ง K (กก./ไร่)
ไม่ใส่ปุ๋ย	333	8,175	2,441	5,663	30.7	9.5	63.8
ปุ๋ยเคมี 4.6 กก N./ไร่	360	8,102	2,374	5,701	45.5	10.5	66.9
ปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์	363	8,643	2,490	5,760	41.3	10.9	71.8
ปุ๋ยเคมี 4.6 กก N./ไร่+ปุ๋ย ชีวภาพฟิซีฟิอาร์	350	9,035	2,666	6,250	46.9	11.8	69.6
CV (%)	15.0	12.8	14.9	13.2	22.2	22.5	23.5

การใส่ปุ๋ยที่มีตัวอักษรเหมือนกันไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยใช้ LSD

ตารางที่ 2.5 มวลชีวภาพน้ำหนักแห้ง การดูดตั้งธาตุอาหาร และประสิทธิภาพของการดูดตั้งธาตุอาหาร
เมื่อใส่ปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์ร่วมกับปุ๋ยเคมีไนโตรเจนในดินร่วนปนทราย ศูนย์วิจัยพืชไร่ระยอง
ปี 2555-2556

กรรมวิธี	ความเข้มข้นธาตุอาหาร ในมวลชีวภาพ ¹						การเพิ่มประสิทธิภาพใน การดูดตั้งธาตุอาหาร ³		
	N			P			K		
	(%)	(%)	(%)	(กก./ไร่)	(กก./ไร่)	(กก./ไร่)	(%)	(%)	(%)
ไม่ใส่ปุ๋ย	0.541	0.167	1.126	30.7	9.5	63.8	0.0	0.0	0.0
ปุ๋ยเคมีไนโตรเจน 4.6 กก.N/ไร่	0.799	0.183	1.174	45.5	10.5	66.9	48.6	10.4	5.0
ปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์	0.716	0.190	1.243	41.3	10.9	71.8	34.6	15.4	12.2
ปุ๋ยเคมีไนโตรเจน 4.6 กก.N/ไร่ +ปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์	0.751	0.189	1.114	46.9	11.8	69.6	53.2	25.1	9.2

¹ ความเข้มข้นของธาตุอาหารหลักในมวลชีวภาพน้ำหนักแห้งรวมเฉลี่ยจาก ต้น ใบ เหง้า และหัวมัน

² การดูดตั้งธาตุอาหารหลักของมวลชีวภาพ (ความเข้มข้นของธาตุอาหารหลักในมวลชีวภาพ x มวลชีวภาพน้ำหนักแห้ง)

³ การเพิ่มประสิทธิภาพในการดูดตั้งธาตุอาหาร (การดูดตั้งธาตุอาหารเพิ่มขึ้นจากการใส่ปุ๋ย/ตำรับไม่ใส่ปุ๋ย) x100

ตารางที่ 2.6 ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจของมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 9 เมื่อใส่ปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์ร่วมกับ
ปุ๋ยเคมีอัตราต่างกัน ในดินร่วนปนทราย ศูนย์วิจัยพืชไร่ระยอง ปี 2555/2556

กรรมวิธี	ผลผลิต (กก./ไร่)	ผลผลิตเพิ่ม กก./ไร่	รายได้เพิ่ม (บาทต่อไร่)	ค่าปุ๋ย ¹ (บาทต่อไร่)	ผลตอบแทนค่าปุ๋ย (VCR) ³
ไม่ใส่ปุ๋ย	8,174	0	0	0	0.00
ปุ๋ยเคมีไนโตรเจน 4.6 กก.N/ไร่	8,102	-73	-138	160	-0.86
ปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์	8,643	469	891	40	22.3
ปุ๋ยเคมีไนโตรเจน 4.6 กก.N/ไร่ +ปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์	9,035	861	1,636	200	8.18

¹ ราคาปุ๋ยเคมี ดังนี้ 46-0-0 กก.ละ 16 บาท และปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์ ถุงละ 20 บาท (อัตราการใช้ 2 ถุง/ไร่)

² ราคา มันสำปะหลังเฉลี่ย 1,900 บาทต่อตัน

³ อัตราส่วนระหว่างรายได้จากผลผลิตที่เพิ่มขึ้นจากการใส่ปุ๋ย (Value to Cost Ratio, VCR)
 $VCR = (\text{รายได้ที่เพิ่มขึ้นจากการใส่ปุ๋ย} / \text{รายจ่ายจากการใส่ปุ๋ย})$ สำหรับเกษตรกรที่มีทุนจำกัด
 ระดับค่าวิกฤตอยู่ที่ ระดับ 2.0

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

ผลจากการทดลองทำให้ได้ข้อมูลผลตอบแทนของการใช้ปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์ในมันสำปะหลังใน
 เนื้อดินที่นิยมปลูกมันสำปะหลัง คือ ดินทรายและดินร่วนปนทราย ซึ่งเป็นดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ ผล
 การทดลอง ในปี 2554 พบว่าการตอบสนองของปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์ให้ผลดีในดินทราย ซึ่งมีความอุดม
 สมบูรณ์ต่ำกว่าดินร่วนปนทราย อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณา ร่วมกับการวิเคราะห์ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ
 ชี้ให้เห็นว่าปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์ช่วยลดปุ๋ยเคมีไนโตรเจนและฟอสฟอรัส 20% ของอัตราแนะนำปุ๋ยเคมีตาม
 ค่าวิเคราะห์ดิน ส่วนในปีที่ 2555-2556 ซึ่งเป็นการทดลองซ้ำในปีที่ 2 ในเนื้อดินที่ใกล้เคียงกัน ผลการ
 ทดลองปีที่ 2 ให้ผลที่สอดคล้องกับปีที่ 1 ซึ่งผลการใช้ปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์ในดินร่วนปนทรายให้ข้อมูลที่
 ชัดเจนขึ้น โดยพบว่า การใช้ปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์ช่วยให้มันสำปะหลังมีการดูดดิ้งไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และ
 โพแทสเซียม เพิ่มขึ้น 34.6 15.4 และ 12.2 % ตามลำดับ และเมื่อมีการใส่ไนโตรเจนเพิ่มก็มิผลทำให้การดูด
 ดิ้งไนโตรเจนและฟอสฟอรัสเพิ่มขึ้นกว่าการใส่เฉพาะไนโตรเจนอย่างเดียว ชี้ให้เห็นอย่างชัดเจนว่าการใช้ปุ๋ย
 ชีวภาพฟิซีฟิอาร์ช่วยให้มันสำปะหลังได้รับธาตุอาหารมากขึ้น อย่างไรก็ตามควรมีการศึกษาในแปลงทดลอง
 เพิ่มเติม ทั้งในระดับศูนย์วิจัยและในแปลงเกษตรกร และควรมีการศึกษาการยอมรับของเกษตรกร
 เพิ่มเติมด้วย

เอกสารอ้างอิง

- กรมวิชาการเกษตร. 2548. คำแนะนำการใช้ปุ๋ยกับพืชเศรษฐกิจ. กรมวิชาการเกษตร. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพฯ.
- . 2548. ปุ๋ยชีวภาพและผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพ. กรมวิชาการเกษตร. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพฯ.
- ชุมพล นาควิโรจน์. 2542. การวิจัยด้านการจัดการดินและการใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินกับมันสำปะหลัง. รายงานการประชุมสัมมนาทางวิชาการ เรื่อง การจัดการดินไร่และการใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน เพื่อเพิ่มผลผลิตพืชไร่. กองปฐพีวิทยา กรมวิชาการเกษตร. กรุงเทพฯ. หน้า 1-28.
- วิวัฒน์ อิงคะประดิษฐ์ ชยงค์ นามเมือง และ เจนวิทย์ สุขทองสา. 2542. เปรียบเทียบการใช้ปุ๋ยแอมโมเนียมฟอสเฟตและปุ๋ยยูเรีย ใส่กลับเป็นปุ๋ยรองพื้นและแต่งหน้าเพื่อเพิ่มผลผลิตข้าวในภาคกลาง. รายงานผลการค้นคว้าวิจัยความอุดมสมบูรณ์ของดินและปุ๋ยข้าวและธัญพืชเมืองหนาว ประจำปี 2536-2539. กองปฐพีวิทยา กรมวิชาการเกษตร. กรุงเทพฯ. หน้า 211-229.
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2553. ข้อมูลพื้นฐานเศรษฐกิจการเกษตร ปี 2553. สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพฯ.
- Bashan, Y, and H. Levanony. 1990. Current status of *Azospirillum* inoculation technology: *Azospirillum* as a challenge for agriculture. Can. J. Microbiol. 36, 591-608.
- Boddey, RM. 1995. Biological nitrogen fixation associated with sugar cane and rice: contributions and prospects for improvement. Plant Soil 174, 195-209.
- Jacoud. C. 1999. Initiation of root growth stimulation by *Azospirillum lipoferum* CRT1 during maize seed germination. Can. J. Microbiol. 45: 339-342.
- Mehnaz, S. 2001. Isolation and 16S rRNA sequence analysis of the beneficial bacteria from the rhizosphere of rice. Can. J. Microbiol. 47: 110-117.
- Meunchang, S., Panichsakpatana, S., Ando, S., Yokoyama, T. 2004. Phylogenetic and Physiological characterization of indigenous *Azospirillum* isolates in Thailand. Soil Sci. plant Nutr., 50 (3), 413-421.