การศึกษาผลของปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์ต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวโพดหวาน พันธุ์ไฮบริกซ์ 3

Study on Effectiveness of PGPR Biofertilizer on Growth and Yield of Sweet Corn Variety Hi-brix 3

กัลยกร โปร่งจันทึก ภัสชญภณ หมื่นแจ้ง นงลักษ์ ปั้นลาย [1] วีระพงษ์ เย็นอ่วม [2]

Kunlayakorn Prongjunthuek Phatchayaphon Meunchang Nongluk Punlai[1] Weerapong Yen-uam[2]

กลุ่มวิจัยปฐพีวิทยา กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร

ABSTRACT

The purpose of this research was to study the effect of PGPR biofertilizer on growth and yield of sweet corn cultivar Hi-Brix 3 using two types of PGPR biofertilizer containing *Azospirillum* sp. and carrier materials using different sterile methods (autoclave and irradiation) 4 replications of RCB experiments were planned with 7 treatments. The study was conducted in an experimental plot at the Lopburi Seed Research and Development Center (clay loam) and the Nakhon Sawan Agricultural Research and Development Center (sandy loam) during 2016–2021. The results showed that use of both PGPR biofertilizers in the Lopburi Seed Research and Development Center experimental plot yielded similar results for 6 years, with 4 treatments resulting in Hi-Brix 3 sweet corn cultivar with total unhusked ear yield and husked ear yield (1,642–3,621 and 1,195–2,142 kg/rai, respectively) were treatment 1, chemical fertilizer application 20-5-10 kg N-P_2O_5-K_2O/rai (recommended rate), treatment 4 fertilizer. Biological PGPR type 1 combined with chemical fertilizer 20-5-10 kg N-P_2O_5-K_2O/rai treatment 5 applied biofertilizer PGPR type 2 with chemical fertilizer 20-5-10 kg N-P_2O_5-K_2O/rai (recommended rate) and treatment 6 applied biofertilizer PGPR type 1 with chemical fertilizer 15-0-7.5 kg N-P_2O_5-K_2O/rai (75% of recommended rate). Besides, the experimental results of the Nakhon Sawan Agricultural Research and Development Center, it was found that all six years had experimental results in the same direction and had unhusked ear yield and husked ear yield at 1,800–3,037 and 1,267–2,146 kg/rai, respectively. It was also found that the application of both PGPR biofertilizers resulted in Treatment 4 was applied with PGPR Biofertilizer type 1 together with chemical fertilizer 30-10-5 kg N-P_2O_5-K_2O/rai (recommended rate) sweet corn cultivar Hi-Brix 3 had the highest total fresh pod weight the sweet corn yield of Hi-Brix 3 varieties from both experimental plots meeting the standard sweetness level. ACFS. 1512-2011 (8–18 °brix) and increased the population of *Azospirillum* sp. *Azotobacter* sp. and *Beijerinkia* sp. in soil by 5–68% compared to treatment 1 and all three bacterial genera. In nitrogen fixation, between 0.005–0.636 µmol C_2H_2/hr indicated that the use of Biofertilizer PGPR can help reduce the use of nitrogen fertilizers, and to achieve a clear effect, further studies are needed.

Keywords : PGPR-I Biofertilizer, sweet corn, Hi-brix 3, clay loam soil, sandy loam soil

---

[1]ศูนย์วิจัยและพัฒนาเมล็ดพันธุ์พืชลพบุรี

[1]Lopburi Seed Research and Development Center

[2]ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรนครสวรรค์

[2]Nakhonsawan Agricultural Research and Development Center

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์ต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวโพดหวานพันธุ์ไฮ-บริกซ์ 3 โดยใช้ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์ 2 แบบ ที่มีชนิดแบคทีเรียกลุ่ม *Azospirillum* sp. และวัสดุพาที่ใช้วิธีปลอดเชื้อแตกต่างกัน (แบบนึ่งฆ่าเชื้อและแบบฉายรังสี) วางแผนการทดลองแบบ RCB จำนวน 4 ซ้ำ มี 7 กรรมวิธีทดลอง ดำเนินการศึกษาในแปลงทดลอง ณ ศูนย์ขยายเมล็ดพันธุ์พืชลพบุรี (ดินร่วนปนเหนียว) และศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรนครสวรรค์ (ดินร่วนปนทราย) ระหว่างปี 2559–2564

ผลการทดลองพบว่า การใช้ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์ทั้งสองแบบในแปลงทดลองศูนย์ขยายเมล็ดพันธุ์พืชลพบุรีให้ผลใกล้เคียงกันทั้ง 6 ปี โดยมี 4 กรรมวิธีที่ทำให้ข้าวโพดหวานพันธุ์ไฮ-บริกซ์ 3 มีน้ำหนักฝักสดรวมเปลือกและน้ำหนักฝักสดปอกเปลือกสูง (1,642-3,621 และ 1,195-2,142 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ) คือ กรรมวิธีที่ 1 ใส่ปุ๋ยเคมี 20-5-10 กิโลกรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่ (อัตราแนะนำ) กรรมวิธีที่ 4 ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์แบบที่ 1 ร่วมกับปุ๋ยเคมี 20-5-10 กิโลกรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่ กรรมวิธีที่ 5 ใส่ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์แบบที่ 2 ร่วมกับปุ๋ยเคมี 20-5-10 กิโลกรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่ (อัตราแนะนำ) และกรรมวิธีที่ 6 ใส่ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์แบบที่ 1 ร่วมกับปุ๋ยเคมี 15-0-7.5 กิโลกรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่ (75 เปอร์เซ็นต์ของอัตราแนะนำ)

ส่วนผลการทดลองของศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรนครสวรรค์ พบว่า ทั้ง 4 ปีมีผลการทดลองไปในทิศทางเดียวกัน คือ กรรมวิธีที่ 4 ใส่ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์แบบที่ 1 ร่วมกับปุ๋ยเคมี 30-10-5 กิโลกรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่ (อัตราแนะนำ) ข้าวโพดหวานพันธุ์ไฮ-บริกซ์ 3 มีน้ำหนักฝักสดรวมเปลือกและน้ำหนักฝักสดปอกเปลือกสูงที่สุด คือ 1,800–3,037 และ 1,267–2,146 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่าการใส่ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์ทั้งสองแบบทำให้ผลผลิตข้าวโพดหวานพันธุ์ไฮ-บริกซ์ 3 ของทั้ง 2 แปลงทดลองมีความหวานได้มาตรฐานตามมาตรฐาน มกษ.1512-2554 (8–18 °brix) และทำให้จำนวนประชากร *Azospirillum* sp. *Azotobacter* sp. และ *Beijerinkia* sp. ในดินเพิ่มสูงขึ้นร้อยละ 5–68 เมื่อเทียบกับกรรมวิธีที่ 1 และแบคทีเรียทั้งสามสกุลมีประสิทธิภาพในการตรึงไนโตรเจนอยู่ระหว่าง 0.005–0.636 µmol C_2H_2/hr ชี้ให้เห็นว่าการใช้ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์สามารถช่วยลดการใช้ปุ๋ยเคมีไนโตรเจนลงได้และเพื่อให้ได้ผลที่ชัดเจนจึงควรมีการศึกษาเพิ่มเติมต่อไป

คำสำคัญ : ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์-วัน ข้าวโพดหวาน ไฮบริกซ์ 3 ดินร่วนปนเหนียว ดินร่วนปนทราย

คำนำ

ข้าวโพดหวานมีคุณประโยชน์มากมาย นอกจากจะใช้รับประทานเป็นผักสดแล้ว ยังสามารถนำไปแปรรูปได้หลายรูปแบบ เช่น ข้าวโพดหวานบรรจุกระป๋องทั้งฝัก หรือบรรจุกระป๋องเฉพาะเมล็ด ทำครีมข้าวโพดหวาน ข้าวโพดแช่แข็ง ซึ่งผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ เหล่านี้ สามารถส่งไปจำหน่ายยังตลาดต่างประเทศ เช่น ญี่ปุ่น เกาหลี จีน และกลุ่มประเทศในแถบยุโรป พื้นที่เพาะปลูกสำคัญอยู่ทางภาคเหนือ ภาคตะวันตก และภาคกลาง ถึงแม้ว่าเกษตรกรนิยมการเพาะปลูกข้าวโพดหวานเป็นจำนวนมากแต่ก็ยังต้องเผชิญกับปัญหาต่าง ๆ เช่น ผลผลิตต่ำ ต้นทุนการผลิตที่สูงขึ้นเพราะว่าปัจจัยการผลิต เช่น ปุ๋ย สารเคมีป้องกันกำจัดวัชพืชและศัตรูพืชมีราคาแพง และปัญหาคุณภาพของผลผลิตไม่ได้มาตรฐาน ทำให้กำไรที่ได้จากการเพาะปลูกข้าวโพดหวานของเกษตรกรลดลง เกษตรกรจึงเปลี่ยนไปปลูกพืชอื่น ๆ ทดแทน เช่น อ้อย มันสำปะหลัง เป็นต้น จึงเป็นสาเหตุทำให้พื้นที่เพาะปลูกและผลผลิตข้าวโพดหวานมีแนวโน้มลดลง

ปัจจุบันนักวิจัยได้มีความสนใจศึกษาประโยชน์ของแบคทีเรียที่อาศัยบริเวณรอบ ๆ รากพืช (rhizosphere bacteria) เพิ่มมากขึ้น เนื่องจากพบว่าแบคทีเรียกลุ่มนี้มีศักยภาพในการใช้เป็นปุ๋ยชีวภาพได้ (Diem, 1978; Bashan and Levanony, 1990) โดยประโยชน์ที่สำคัญของแบคทีเรียส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช (Plant Growth Promoting Rhizobacteria, PGPR) ที่อาศัยอยู่รอบ ๆ รากพืชเหล่านี้ คือ การตรึงไนโตรเจน (Boddey, 1995; Meunchang *et al*., 2004) ผลิตฮอร์โมนสำหรับพืช เช่น indole acetic acis (IAA) (Meunchang *et al*., 2004) ช่วยให้รากมีพื้นที่ผิวมากขึ้น มีผลช่วยให้พืชดูดน้ำและธาตุอาหารได้เพิ่มมากขึ้นกว่าเดิม (Jacoud, 1999) จึงนำมาพัฒนาเป็นปุ๋ยชีวภาพแบคทีเรีย

ส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช หรือ ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์ ซึ่งเป็นปุ๋ยชีวภาพที่ประกอบด้วยแบคทีเรียที่อาศัยอยู่บริเวณราก พืช ทั้งบริเวณดินรอบ ๆ ราก ผิวราก ภายในราก ต้นและใบพืช

การใช้ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์ในการช่วยเพิ่มผลผลิตและลดต้นทุนการผลิตจึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่ง ผลการวิจัยพบว่า การใช้แบคทีเรียส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชสายพันธุ์ที่คัดเลือกในท้องถิ่น มักให้ผลผลผลิตดีกว่าสายพันธุ์มาตรฐาน (type strains) และตำรับไม่ใส่แบคทีเรีย (Murty and Ladha, 1988; Fulchieri and Frioni, 1994) อนึ่งการวิจัยการใช้ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์ในการปลูกข้าวโพดหวานก็ยังประสบปัญหาจากด้านอื่น ๆ เช่น ความอุดมสมบูรณ์ของดิน พันธุ์ข้าวโพดหวานที่ใช้ และการจัดการดินและน้ำ ซึ่งทำให้ผลผลิตที่ได้รับจากการใช้ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์แตกต่างกันออกไป นอกจากนี้ประสิทธิภาพของปุ๋ยชีวภาพนั้นขึ้นอยู่กับปัจจัยต่าง ๆ ดังนี้ สกุลและสายพันธุ์แบคทีเรีย ชนิดของพืช สมบัติของดิน ประชากรจุลินทรีย์ที่ออกฤทธิ์ และเงื่อนไขทางสภาพแวดล้อม โดยทั่วไปหลังการใส่ปุ๋ยชีวภาพปริมาณแบคทีเรียจะลดอย่างรวดเร็ว ทั้งนี้เนื่องจากความไม่สม่ำเสมอของสภาพแวดล้อม ซึ่งไม่สามารถควบคุมได้ จึงมักพบว่าผลการทดลองในสภาพปลอดเชื้อกับในธรรมชาติมีความแตกต่างกันมาก (Bashan and Levanony, 1988) การศึกษาการใช้ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์ที่เฉพาะเจาะจงกับพันธุ์ข้าวโพดหวานที่เกษตรกรนิยมปลูก จึงเป็นเรื่องที่น่าสนใจซึ่งควรทำควบคู่กันไปกับการจัดการปุ๋ยและปัจจัยอื่น ๆ เพื่อวิจัยพัฒนาเป็นเทคโนโลยีช่วยเพิ่มศักยภาพในการผลิตและปริมาณผลผลิตข้าวโพดหวานเพื่อการส่งออกและจำหน่ายภายในประเทศต่อไป

การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์ต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวโพดหวานพันธุ์ไฮ-บริกซ์ 3 โดยใช้ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์ 2 แบบ ที่มีชนิดแบคทีเรียและวัสดุพาที่ใช้วิธีปลอดเชื้อแตกต่างกัน ร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมี 75–100 เปอร์เซ็นต์ของอัตราแนะนำตามค่าวิเคราะห์ดิน ตามรายงานวิจัยของ กัลยกรและคณะ (2560) ที่ได้ทำการวิจัยการใช้ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์ร่วมกับปุ๋ยเคมีในการผลิตข้าวโพดหวานพันธุ์ไฮ-บริกซ์ 3 เพื่อนำผลที่ได้ไปใช้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์ต่อไป

วิธีดำเนินการ

อุปกรณ์

1. เมล็ดข้าวโพดหวานพันธุ์ไฮ-บริกซ์ 3
2. ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์-วัน
3. ปุ๋ยเคมี 15-15-15, 46-0-0, 0-40-0 และ 0-0-60
4. เครื่องมือและวัสดุวิทยาศาสตร์ เช่น ตู้เขี่ยเชื้อ หม้อนึ่งฆ่าเชื้อ เครื่องวัดประสิทธิภาพการตรึงไนโตรเจน
5. เครื่องแก้ว สารเคมี และวัสดุอื่น ๆ ที่ใช้ในการวิเคราะห์และทำแปลงทดลอง

วิธีการ

1. เก็บตัวอย่างดินก่อนการทดลองที่ระดับความลึก 0-20 เซนติเมตร เพื่อวิเคราะห์สมบัติทางเคมีบางประการ ได้แก่ ความเป็นกรด-ด่าง (Peech, 1965) ปริมาณอินทรียวัตถุ (Walkley and Black, 1934) ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Bray and Kurtz, 1945) และปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Thomas, 1982) สำหรับใช้คำนวณอัตราปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินของกรมวิชาการเกษตร (2552)

2. ทำการปลูกข้าวโพดหวานพันธุ์ไฮ-บริกซ์ 3 ในแปลงทดลองย่อยขนาด 6x5 เมตร มีระยะปลูก 0.75x0.25 เมตร แปลงละ 8 แถว ๆ ละ 20 หลุม ๆ ละ 1 ต้น (โดยทำการถอนแยกหลังปลูก 7 วัน) ใส่ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์-วันและปุ๋ยเคมีตามที่กำหนดในกรรมวิธีทดลอง พร้อมทั้งให้น้ำเมื่อความชื้นในดินต่ำ

3. บันทึกข้อมูลการเจริญเติบโตและผลผลิต เมื่ออายุ 55–65 วัน และหลังการเก็บเกี่ยวเก็บตัวอย่างดินเพื่อนับปริมาณพีจีพีอาร์รอบ ๆ รากพร้อมวัดอัตราการตรึงไนโตรเจน (Acetylene Reduction Assay : ARA) ตามวิธีของ Hardy *et al*. (1968)

วางแผนการทดลองแบบ RCB 4 ซ้ำ (ในปี 2563 ลดจำนวนเหลือ 3 ซ้ำ) ดังนี้

กรรมวิธีที่ 1 ใส่ปุ๋ยเคมีอัตราแนะนำตามค่าวิเคราะห์ดิน

กรรมวิธีที่ 2 ใส่ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์แบบที่ 1

กรรมวิธีที่ 3 ใส่ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์แบบที่ 2

กรรมวิธีที่ 4 ใส่ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์แบบที่ 1 ร่วมกับปุ๋ยเคมีอัตราแนะนำตามค่าวิเคราะห์ดิน

กรรมวิธีที่ 5 ใส่ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์แบบที่ 2 ร่วมกับปุ๋ยเคมีอัตราแนะนำตามค่าวิเคราะห์ดิน

กรรมวิธีที่ 6 ใส่ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์แบบที่ 1 ร่วมกับปุ๋ยเคมี 75% อัตราแนะนำตามค่าวิเคราะห์ดิน

กรรมวิธีที่ 7 ใส่ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์แบบที่ 2 ร่วมกับปุ๋ยเคมี 75% อัตราแนะนำตามค่าวิเคราะห์ดิน

หมายเหตุ – ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์-วันแบบที่ 1 หมายถึง ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์ที่ใช้วัสดุพาแบบนึ่งฆ่าเชื้อประกอบด้วยจุลินทรีย์ 3 กลุ่ม ได้แก่ *Azospirillum* sp. *Azotobacter* sp. และ *Beijerinckia* sp. โดย *Azospirillum* sp. ที่ใช้เป็นไอโซเลทที่แยกได้จากดินบริเวณรอบ ๆ รากหญ้าแฝก (*Vetiver grass*) (Meunchang *et al*., 2004)

- ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์-วัน แบบที่ 2 หมายถึง ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์ที่ใช้วัสดุพาแบบฉายรังสีประกอบด้วยจุลินทรีย์ 3 กลุ่ม ได้แก่ *Azospirillum* sp. *Azotobacter* sp. และ *Beijerinckia* sp. โดย *Azospirillum* sp. ที่ใช้เป็นไอโซเลทที่แยกได้จากรากข้าวโพดหวานพันธุ์ไฮ-บริกซ์ 3 (*Zea mays saccharata*) (Prongjunthuek *et al*., 2019)

- การใส่ปุ๋ย ปุ๋ยเคมีทำการแบ่งใส่ 2 ครั้ง คือ ครั้งที่ 1 ใส่รองพื้นพร้อมปลูกอัตรา 50%N-100%P-100%K ของกรรมวิธีต่าง ๆ และครั้งที่ 2 ใส่ปุ๋ยยูเรียเป็นปุ๋ยแต่งหน้าเมื่อข้าวโพดอายุ 21 วันหลังปลูก อัตรา 50%N ของกรรมวิธีต่าง ๆ โดยโรยข้างแถวแล้วพูนโคนและกำจัดวัชพืช ส่วนปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์-วันทั้ง 2 แบบ ใช้คลุกเมล็ดพร้อมปลูก อัตราส่วนปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์-วัน 500 กรัม ต่อเมล็ดข้าวโพด 3 กิโลกรัมต่อไร่

การทดลองในปี 2559

แปลงที่ 1 ศูนย์วิจัยและพัฒนาเมล็ดพันธุ์พืชลพบุรี [ดินร่วนปนเหนียว]

ทำการปลูกและใส่ปุ๋ยรองพื้น เมื่อวันที่ 22 พฤษภาคม 2560 ทำการเก็บเกี่ยว เมื่อวันที่ 1 สิงหาคม 2560 อายุ 71 วัน

แปลงที่ 2 ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรนครสวรรค์ [ดินร่วนปนทราย]

ทำการปลูกและใส่ปุ๋ยรองพื้น เมื่อวันที่ 6 มิถุนายน 2560 ทำการเก็บเกี่ยว เมื่อวันที่ 15 สิงหาคม 2560 อายุ 71 วัน

หมายเหตุ - ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์แบบที่ 1 มีปริมาณ *Azospirillum* sp. $1.4x10^7$ โคโลนีต่อ 1 กรัมปุ๋ยชีวภาพ *Azotobacter* sp. $5.4x10^6$ โคโลนีต่อ 1 กรัมปุ๋ยชีวภาพ และ *Beijerinckia* sp. $4.3x10^6$ โคโลนีต่อ 1 กรัมปุ๋ยชีวภาพ

- ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์แบบที่ 2 มีปริมาณ *Azospirillum* sp. $1.2x10^7$ โคโลนีต่อ 1 กรัมปุ๋ยชีวภาพ *Azotobacter* sp. $4.6x10^6$ โคโลนีต่อ 1 กรัมปุ๋ยชีวภาพ และ *Beijerinckia* sp. $3.9x10^6$ โคโลนีต่อ 1 กรัมปุ๋ยชีวภาพ

การทดลองในปี 2560

แปลงที่ 1 ศูนย์วิจัยและพัฒนาเมล็ดพันธุ์พืชลพบุรี [ดินร่วนปนเหนียว]

ทำการปลูกและใส่ปุ๋ยรองพื้น เมื่อวันที่ 22 พฤษภาคม 2560 ทำการเก็บเกี่ยว เมื่อวันที่ 1 สิงหาคม 2560 อายุ 71 วัน

แปลงที่ 2 ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรนครสวรรค์ [ดินร่วนปนทราย]

ทำการปลูกและใส่ปุ๋ยรองพื้น เมื่อวันที่ 6 มิถุนายน 2560 ทำการเก็บเกี่ยว เมื่อวันที่ 15 สิงหาคม 2560 อายุ 71 วัน

หมายเหตุ - ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์แบบที่ 1 มีปริมาณ *Azospirillum* sp. $1.4x10^7$ โคโลนีต่อ 1 กรัมปุ๋ยชีวภาพ *Azotobacter* sp. $5.4x10^6$ โคโลนีต่อ 1 กรัมปุ๋ยชีวภาพ และ *Beijerinckia* sp. $4.3x10^6$ โคโลนีต่อ 1 กรัมปุ๋ยชีวภาพ

- ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์แบบที่ 2 มีปริมาณ *Azospirillum* sp. $1.2x10^7$ โคโลนีต่อ 1 กรัมปุ๋ยชีวภาพ *Azotobacter* sp. $4.6x10^6$ โคโลนีต่อ 1 กรัมปุ๋ยชีวภาพ และ *Beijerinckia* sp. $3.9x10^6$ โคโลนีต่อ 1 กรัมปุ๋ยชีวภาพ

การทดลองในปี 2561

แปลงที่ 1 ศูนย์วิจัยและพัฒนาเมล็ดพันธุ์พืชลพบุรี [ดินร่วนปนเหนียว]

ทำการปลูกและใส่ปุ๋ยรองพื้น เมื่อวันที่ 18 พฤษภาคม 2561 ทำการเก็บเกี่ยว เมื่อวันที่ 23 กรกฎาคม 2561 รวมอายุ 66 วัน

แปลงที่ 2 ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรนครสวรรค์ [ดินร่วนปนทราย]

ทำการปลูกและใส่ปุ๋ยรองพื้น เมื่อวันที่ 17 พฤษภาคม 2561 ทำการเก็บเกี่ยว เมื่อวันที่ 24 กรกฎาคม 2561 รวมอายุ 68 วัน

หมายเหตุ - ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์แบบที่ 1 มีปริมาณ *Azospirillum* sp. $3.5x10^7$ โคโลนี ต่อ 1 กรัมปุ๋ยชีวภาพ *Azotobacter* sp. $1.7x10^6$ โคโลนี ต่อ 1 กรัมปุ๋ยชีวภาพ และ *Beijerinckia* sp. $1.2x10^6$ โคโลนี ต่อ 1 กรัมปุ๋ยชีวภาพ

- ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์แบบที่ 2 หมายถึง มีปริมาณ *Azospirillum* sp. $2.8x10^7$ โคโลนี ต่อ 1 กรัมปุ๋ยชีวภาพ *Azotobacter* sp. $1.3x10^6$ โคโลนี ต่อ 1 กรัมปุ๋ยชีวภาพ และ *Beijerinckia* sp. $1.1x10^6$ โคโลนี ต่อ 1 กรัมปุ๋ยชีวภาพ

การทดลองในปี 2562

แปลงที่ 1 ศูนย์วิจัยและพัฒนาเมล็ดพันธุ์พืชลพบุรี [ดินร่วนปนเหนียว]

ทำการปลูกและใส่ปุ๋ยรองพื้น เมื่อวันที่ 30 พฤษภาคม 2562 ทำการเก็บเกี่ยว เมื่อวันที่ 5 สิงหาคม 2562 รวมอายุ 67 วัน

แปลงที่ 2 ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรนครสวรรค์ [ดินร่วนปนทราย]

ทำการปลูกและใส่ปุ๋ยรองพื้น เมื่อวันที่ 5 มิถุนายน 2562 ทำการเก็บเกี่ยว เมื่อวันที่ 13 สิงหาคม 2562 รวมอายุ 70 วัน

หมายเหตุ – ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์แบบที่ 1 มีปริมาณ *Azospirillum* sp. $4.0x10^7$ โคโลนี ต่อ 1 กรัมปุ๋ยชีวภาพ *Azotobacter* sp. $2.2x10^6$ โคโลนี ต่อ 1 กรัมปุ๋ยชีวภาพ และ *Beijerinckia* sp. $1.8x10^6$ โคโลนี ต่อ 1 กรัมปุ๋ยชีวภาพ

– ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์แบบที่ 2 มีปริมาณ *Azospirillum* sp. $3.5x10^7$ โคโลนี ต่อ 1 กรัมปุ๋ยชีวภาพ *Azotobacter* sp. $2.7x10^6$ โคโลนี ต่อ 1 กรัมปุ๋ยชีวภาพ และ *Beijerinckia* sp. $1.7x10^6$ โคโลนี ต่อ 1 กรัมปุ๋ยชีวภาพ

การทดลองในปี 2563

แปลงที่ 1 ศูนย์วิจัยและพัฒนาเมล็ดพันธุ์พืชลพบุรี [ดินร่วนปนเหนียว]

ทำการปลูกและใส่ปุ๋ยรองพื้น เมื่อวันที่ 13 มิถุนายน 2563 ทำการเก็บเกี่ยว เมื่อวันที่ 17 กรกฎาคม 2563 รวมอายุ 65 วัน

แปลงที่ 2 ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรนครสวรรค์ [ดินร่วนปนทราย]

ทำการปลูกและใส่ปุ๋ยรองพื้น เมื่อวันที่ 14 กรกฎาคม 2563 ทำการเก็บเกี่ยว เมื่อวันที่ 21 กันยายน 2563 รวมอายุ 69 วัน

หมายเหตุ - ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์แบบที่ 1 มีปริมาณ *Azospirillum* sp. $3.5x10^7$ โคโลนี ต่อ 1 กรัมปุ๋ยชีวภาพ *Azotobacter* sp. $2.0x10^6$ โคโลนี ต่อ 1 กรัมปุ๋ยชีวภาพ และ *Beijerinckia* sp. $1.5x10^6$ โคโลนี ต่อ 1 กรัมปุ๋ยชีวภาพ

- ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์แบบที่ 2 มีปริมาณ *Azospirillum* sp. $2.5x10^7$ โคโลนี ต่อ 1 กรัมปุ๋ยชีวภาพ *Azotobacter* sp. $2.6x10^6$ โคโลนี ต่อ 1 กรัมปุ๋ยชีวภาพ และ *Beijerinckia* sp. $1.3x10^6$ โคโลนี ต่อ 1 กรัมปุ๋ยชีวภาพ

การทดลองในปี 2564

แปลงที่ 1 ศูนย์วิจัยและพัฒนาเมล็ดพันธุ์พืชลพบุรี [ดินร่วนปนเหนียว]

ทำการปลูกและใส่ปุ๋ยรองพื้น เมื่อวันที่ 1 มิถุนายน 2564 ทำการเก็บเกี่ยว เมื่อวันที่ 6 สิงหาคม 2564 รวมอายุ 65 วัน

แปลงที่ 2 ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรนครสวรรค์ [ดินร่วนปนทราย]

ทำการปลูกและใส่ปุ๋ยรองพื้น เมื่อวันที่ 23 มิถุนายน 2564 ทำการเก็บเกี่ยว เมื่อวันที่ 2 กันยายน 2564 รวมอายุ 70 วัน

หมายเหตุ - ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์แบบที่ 1 มีปริมาณ *Azospirillum* sp. $2.70x10^7$ โคโลนี ต่อ 1 กรัมปุ๋ยชีวภาพ *Azotobacter* sp. $1.45x10^6$ โคโลนี ต่อ 1 กรัมปุ๋ยชีวภาพ และ *Beijerinckia* sp. $2.10x10^6$ โคโลนี ต่อ 1 กรัมปุ๋ยชีวภาพ

- ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์แบบที่ 2 มีปริมาณ *Azospirillum* sp. $2.65x10^7$ โคโลนี ต่อ 1 กรัมปุ๋ยชีวภาพ *Azotobacter* sp. $1.53x10^6$ โคโลนี ต่อ 1 กรัมปุ๋ยชีวภาพ และ *Beijerinckia* sp. $2.30x10^6$ โคโลนี ต่อ 1 กรัมปุ๋ยชีวภาพ

ระยะเวลา ตุลาคม 2558 - กันยายน 2564

สถานที่ทำการทดลอง กลุ่มงานวิจัยจุลินทรีย์ดิน กลุ่มวิจัยปฐพีวิทยา กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร ศูนย์วิจัยและพัฒนาเมล็ดพันธุ์พืชลพบุรี จังหวัดลพบุรี และศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรนครสวรรค์ จังหวัดนครสวรรค์

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. ความอุดมสมบูรณ์ของดิน

จากการเก็บตัวอย่างดินก่อนปลูก ปี 2559–2564 พบว่า ผลวิเคราะห์ดินที่ระดับ 0-20 เซนติเมตร ในแปลงที่ 1 ศูนย์วิจัยและพัฒนาเมล็ดพันธุ์พืชลพบุรี เนื้อดินเป็นดินร่วนปนเหนียว (clay loam) มีความอุดมสมบูรณ์ปานกลาง มีปริมาณอินทรียวัตถุ (OM) 1.31–1.77 เปอร์เซ็นต์ ความเป็นกรด-ด่าง (pH) 7.18–7.55 ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Available P) 218.00–297.00 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Extractable K) 56.50–90.70 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (Table 1) และในแปลงที่ 2 ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรนครสวรรค์ เนื้อดินเป็นดินร่วนปนทราย (sandy loam) มีความอุดมสมบูรณ์ปานกลางและขาดฟอสฟอรัส มีปริมาณอินทรียวัตถุ 0.60–1.28 เปอร์เซ็นต์ ความเป็นกรด-ด่าง 4.91–5.80 ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ 2.00–15.00 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ 104.50–123.00 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม สามารถคำนวณปุ๋ยเคมีอัตราแนะนำตามค่าวิเคราะห์ดินได้ดังแสดงใน Table 1

Table 1 Soil analysis of Lop Buri Seed Research and Development Center and Nakhon Sawan Agricultural Research and Development Center between 2016–2021

Year	OM[1] (%)	Available P[2] (mg/kg)	Extractable K[3] (mg/kg)	pH[4] (1:1)	Chemical fertilizer recommendation rate (kg N-P_2O_5-K_2O/rai)
Lop Buri Seed Research and Development Center [Clay loam]					
2016	1.31	256	56.5	7.18	20-0-10
2017	1.72	297	90.7	7.54	20-5-10
2018	1.75	218	80.8	7.50	20-5-10
2019	1.77	220	80.5	7.52	20-5-10
2020	1.70	200	79.4	7.50	20-5-10
2021	1.68	210	82.4	7.55	20-5-10
Nakhon Sawan Agricultural Research and Development Center [Sandy Loam]					
2016	1.28	2.00	110.0	5.80	20-10-5
2017	0.60	14.24	104.5	4.91	30-10-5
2018	0.69	12.78	107.1	5.00	30-10-5
2019	0.71	13.01	105.1	5.10	30-10-5
2020	0.75	12.00	101.5	5.30	30-10-5
2021	0.69	15.00	123.0	5.34	30-10-5

[1]Walkley and Black (1934)

[2]Bray and Kurtz (1945)

[3]Thomas (1982)

[4]Peech (1965)

2. ความสูงวันเก็บเกี่ยว (Height of harvest)

ผลการทดลองปี 2559–2564 พบว่า ความสูงวันเก็บเกี่ยวของข้าวโพดหวานพันธุ์ไฮ-บริกซ์ 3 ของแปลงทดลองที่ 1 ศูนย์วิจัยและพัฒนาเมล็ดพันธุ์พืชลพบุรี ทุกกรรมวิธีทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยกรรมวิธีที่มีความสูงวันเก็บเกี่ยว สูงที่สุด คือ กรรมวิธีที่ 4 ใส่ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์แบบที่ 1 ร่วมกับปุ๋ยเคมี 20-5-10 กิโลกรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่ มีความสูงวันเก็บเกี่ยว คือ 170.7–213.0 เซนติเมตร และกรรมวิธีที่ 6 ใส่ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์แบบที่ 1 ร่วมกับปุ๋ยเคมี 15-0-7.5 กิโลกรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่ มีความสูงวันเก็บเกี่ยวสูงที่สุด คือ 159.1-213.2 เซนติเมตร ดังแสดงใน Table 2

ส่วนในแปลงทดลองที่ 2 ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรนครสวรรค์ พบว่า ปี 2559 ทุกกรรมวิธีทดลองข้าวโพดหวานพันธุ์ไฮ-บริกซ์ 3 มีความสูงวันเก็บเกี่ยวแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองของเทียนชัย (2537) ที่รายงานว่า การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนทำให้ความสูงของต้นข้าวโพดเมื่ออายุ 60 วัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ นอกจากนี้ยังพบว่ากรรมวิธีที่ 4 ใส่ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์แบบที่ 1 ร่วมกับปุ๋ยเคมี 20-10-5 กิโลกรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่ กรรมวิธีที่ 5 ใส่ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์แบบที่ 2 ร่วมกับปุ๋ยเคมี 20-10-5 กิโลกรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่ กรรมวิธีที่ 6 ใส่ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์แบบที่ 1 ร่วมกับปุ๋ยเคมี 15-7.5-3.75 กิโลกรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่ และกรรมวิธีที่ 7 ใส่ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์แบบที่ 2 ร่วมกับปุ๋ยเคมี 15-7.5-3.75 กิโลกรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่ ข้าวโพดหวานพันธุ์ไฮ-บริกซ์ 3 มีความสูงวันเก็บเกี่ยวไม่แตกต่างกันทางสถิติ ส่วนในปี 2560 2561 2562 และ 2564 พบว่า ทุกกรรมวิธีทดลองข้าวโพดหวานพันธุ์ไฮ-บริกซ์ 3 มีความสูงวันเก็บเกี่ยวแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (Table 2)

3. น้ำหนักฝักสดรวมเปลือก (Unhusked ear yield)

ข้าวหวานพันธุ์ไฮ-บริกซ์ 3 ที่ปลูก ณ แปลงทดลองที่ 1 ศูนย์วิจัยและพัฒนาเมล็ดพันธุ์พืชลพบุรี ในปี 2559 พบว่า ทุกกรรมวิธีทดลองน้ำหนักฝักสดรวมเปลือกไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยกรรมวิธีที่ 6 ใส่ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์แบบที่ 1 ร่วมกับปุ๋ยเคมี 15-0-7.5 กิโลกรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่ มีน้ำหนักฝักสดรวมเปลือกและน้ำหนักฝักสดปอกเปลือกสูงที่สุด คือ 3,621 กิโลกรัมต่อไร่ รองลงมาคือ กรรมวิธีที่ 4 ใส่ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์แบบที่ 1 ร่วมกับปุ๋ยเคมี 20-0-10 กิโลกรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่ และกรรมวิธีที่ 5 ใส่ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์แบบที่ 2 ร่วมกับปุ๋ยเคมี 20-0-10 กิโลกรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่ คือ 3,186 และ 3,111 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ (Table 2) จากผลการทดลองดังกล่าวพบว่า กรรมวิธีที่ 4 และ 5 ใช้ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์คนละแบบ แต่ข้าวโพดหวานพันธุ์ไฮ-บริกซ์ 3 มีน้ำหนักฝักสดรวมเปลือกไม่แตกต่างกันทางสถิติ ชี้ให้เห็นว่าปุ๋ยชีวภาพทั้งสองแบบมีประสิทธิภาพไม่แตกต่างกัน การทดลองในปี 2560 พบว่า กรรมวิธีที่ 5 ใส่ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์แบบที่ 2 ร่วมกับปุ๋ยเคมี 20-5-10 กิโลกรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่ ข้าวโพดหวานพันธุ์ไฮ-บริกซ์ 3 มีน้ำหนักฝักสดรวมเปลือกสูงที่สุด คือ 2,862 กิโลกรัมต่อไร่ รองลงมา คือ กรรมวิธีที่ 1 ใส่ปุ๋ยเคมี 20-5-10 กิโลกรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่ เพียงอย่างเดียว และกรรมวิธีที่ 7 ใส่ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์แบบที่ 2 ร่วมกับปุ๋ยเคมี 15-3.75-7.5 กิโลกรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่ ส่วนการทดลองในปี 2561 2562 และ 2564 พบว่า กรรมวิธีทดลองที่ 4 ร่วมกับปุ๋ยเคมี 20-5-10 กิโลกรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่ ข้าวโพดหวานพันธุ์ไฮ-บริกซ์ 3 มีน้ำหนักฝักสดรวมปลือกสูงสุด คือ 2,430 2,222 และ 3,007 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ (Table 2)

ผลการทดลองในปี 2559 ของแปลงที่ 2 ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรนครสวรรค์ พบว่า ทุกกรรมวิธีทดลองมีน้ำหนักฝักสดรวมเปลือกแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยกรรมวิธีที่ 4 ใส่ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์แบบที่ 1 ร่วมกับปุ๋ยเคมี 20-10-5 กิโลกรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่ มีน้ำหนักฝักสดรวมเปลือกสูงที่สุด คือ 2,140 กิโลกรัมต่อไร่ รองลงมาคือ กรรมวิธีที่ 7 ใส่ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์แบบที่ 2 ร่วมกับปุ๋ยเคมี 15-7.5-3.75 กิโลกรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่ กรรมวิธีที่ 5 ใส่ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์แบบที่ 2 ร่วมกับปุ๋ยเคมี 20-0-10 กิโลกรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่ และกรรมวิธีที่ 6 ใส่ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์แบบที่ 1 ร่วมกับปุ๋ยเคมี 15-7.5-3.75 กิโลกรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่ คือ 1,993 1,967 และ 1,967 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ (Table 2) และทุกกรรมวิธีที่กล่าวมาไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ นอกจากนี้ยังพบว่า กรรมวิธีทดลองที่ใช้ปุ๋ยเคมีอัตราเดียวกัน แต่ใช้ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์คนละแบบ มีน้ำหนักฝักสดรวมเปลือกไม่แตกต่างกันทางสถิติ ส่วนผลการทดลองในปี 2560–2564 พบว่า ทุกกรรมวิธีทดลองข้าวโพดหวานพันธุ์ไฮ-บริกซ์ 3 มีน้ำหนักฝักสดรวมเปลือกแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ดังแสดงใน Table 2 นอกจากนี้ยังพบว่า กรรมวิธีที่ 4 5 6 และ 7 ซึ่งใส่ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์ร่วมกับปุ๋ยเคมี ทำให้ข้าวโพดหวานพันธุ์ไฮ-บริกซ์ 3 มีน้ำหนักฝักสดรวมเปลือกไม่แตกต่างกับกรรมวิธีที่ 1 ที่ใส่ปุ๋ยเคมีอัตราแนะนำเพียงอย่างเดียว โดยเฉพาะกรรมวิธีที่ 6 และ 7 ที่ใส่ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์ร่วมกับปุ๋ยเคมี 75 เปอร์เซ็นต์ของอัตราแนะนำ ชี้ให้เห็นว่า ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์ช่วยเพิ่มผลผลิตและลดต้นทุนการปุ๋ยผลิตในเรื่องของการใช้ปุ๋ยเคมีลงได้ สอดคล้องกับผลการทดลองของ กัลยกรและคณะ (2560) ที่รายงานว่า ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์ช่วยเพิ่มผลผลิตลดการใช้ปุ๋ยเคมี และลดต้นทุนการผลิตข้าวโพดหวานพันธุ์ไฮ-บริกซ์ 3 ได้

4. น้ำหนักฝักสดปอกเปลือก (Husked ear yield)

ผลผลิตของข้าวหวานพันธุ์ไฮ-บริกซ์ 3 ที่ปลูก ณ แปลงทดลองที่ 1 ศูนย์วิจัยและพัฒนาเมล็ดพันธุ์พืชลพบุรี ในปี 2559 พบว่า ทุกกรรมวิธีทดลองน้ำหนักฝักสดปอกเปลือกไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยกรรมวิธีที่ 6 ใส่ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์แบบที่ 1 ร่วมกับปุ๋ยเคมี 15-0-7.5 กิโลกรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่ มีน้ำหนักฝักสดรวมเปลือกและน้ำหนักฝักสดปอกเปลือกสูงที่สุด คือ 2,142 กิโลกรัมต่อไร่ รองลงมาคือ กรรมวิธีที่ 4 ใส่ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์แบบที่ 1 ร่วมกับปุ๋ยเคมี 20-0-10 กิโลกรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่ และกรรมวิธีที่ 5 ใส่ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์แบบที่ 2 ร่วมกับปุ๋ยเคมี 20-0-10 กิโลกรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่ คือ 1,920 และ 1,813 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ (Table 2) จากผลการทดลองดังกล่าวพบว่า กรรมวิธีที่ 4 และ 5 ใช้ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์คนละแบบ แต่ข้าวโพดหวานพันธุ์ไฮ-บริกซ์ 3 มีน้ำหนักฝักสดปอกเปลือกไม่แตกต่างกันทางสถิติ ชี้ให้เห็นว่าปุ๋ยชีวภาพทั้งสองแบบมีประสิทธิภาพไม่แตกต่างกัน นอกจากนี้ยังพบว่า กรรมวิธีที่ 4 และกรรมวิธีที่ 6 ใช้ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์ชนิดเดียวกัน แต่ใส่ปุ๋ยเคมีในอัตราที่แตกต่างกัน โดยกรรมวิธีที่ 6 ใส่ปุ๋ยเคมี 75 เปอร์เซ็นต์ของอัตราแนะนำตามค่าวิเคราะห์ดิน ส่วนกรรมวิธีที่ 4 ใส่ปุ๋ยเคมีตามอัตราแนะนำ ชี้ให้เห็นว่า การใช้ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์ร่วมกับปุ๋ยเคมีเพียง 75 เปอร์เซ็นต์ของอัตราแนะนำตามค่าวิเคราะห์ดิน สามารถให้น้ำหนักฝักสดปอกเปลือกของข้าวโพดหวานพันธุ์ไฮ-บริกซ์ 3 สูงกว่าการใช้ร่วมกับปุ๋ยเคมีอัตราแนะนำ สอดคล้องกับ กัลยกรและคณะ (2560) ที่รายงานว่า ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์ช่วยเพิ่มผลผลิตลดการใช้ปุ๋ยเคมี และลดต้นทุนการผลิตข้าวโพดหวานพันธุ์ไฮ-บริกซ์ 3 ได้ ส่วนการทดลองในปี 2560 พบว่า กรรมวิธีที่ 5 ใส่ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์แบบที่ 2 ร่วมกับปุ๋ยเคมี 20-5-10 กิโลกรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่ ข้าวโพดหวานพันธุ์ไฮ-บริกซ์ 3 มีน้ำหนักฝักสดปอกเปลือกสูงที่สุด คือ 1,607 กิโลกรัมต่อไร่ รองลงมา คือ กรรมวิธีที่ 4 ใส่ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์แบบที่ 1 ร่วมกับปุ๋ยเคมี 20-5-10 กิโลกรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่ และกรรมวิธีที่ 6 ใส่ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์แบบที่ 1 ร่วมกับปุ๋ยเคมี 15-3.75-7.5 กิโลกรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่ ส่วนการทดลองในปี 2561 และ 2562 พบว่า กรรมวิธีทดลองที่ 4 ร่วมกับปุ๋ยเคมี 20-5-10 กิโลกรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่ ข้าวโพดหวานพันธุ์ไฮ-บริกซ์ 3 มีน้ำหนักฝักสดปอกเปลือกสูงสุด คือ 1,349 และ 1,582 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ และในปี 2563 พบว่า ทุกกรรมวิธีทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ และในปี 2564 พบว่า กรรมวิธีที่ 6 ใส่ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์แบบที่ 1 รวมกับปุ๋ยเคมี 15-3.75-7.5 กิโลกรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่ ข้าวโพดหวานพันธุ์ไฮ-บริกซ์ 3 มีน้ำหนักฝักสดปอกเปลือกสูงที่สุด คือ 1,953 กิโลกรัมต่อไร่ และทุกกรรมวิธีทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติดังแสดงใน Table 2

ผลการทดลองในปี 2559 ของแปลงที่ 2 ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรนครสวรรค์ พบว่า ทุกกรรมวิธีทดลองมีน้ำหนักฝักสดปอกเปลือกแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยกรรมวิธีที่ 4 ใส่ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์แบบที่ 1 ร่วมกับปุ๋ยเคมี 20-10-5 กิโลกรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่ มีน้ำหนักฝักสดปอกเปลือกสูงที่สุด คือ 1,577 กิโลกรัมต่อไร่ รองลงมาคือ กรรมวิธีที่ 7 ใส่ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์แบบที่ 2 ร่วมกับปุ๋ยเคมี 15-7.5-3.75 กิโลกรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่ กรรมวิธีที่ 5 ใส่ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์แบบที่ 2 ร่วมกับปุ๋ยเคมี 20-0-10 กิโลกรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่ และกรรมวิธีที่ 6 ใส่ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์แบบที่ 1 ร่วมกับปุ๋ยเคมี 15-7.5-3.75 กิโลกรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่ คือ 1,447 1,423 และ 1,437 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ (Table 2) และทุกกรรมวิธีที่กล่าวมาไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ นอกจากนี้ยังพบว่า กรรมวิธีทดลองที่ใช้ปุ๋ยเคมีอัตราเดียวกัน แต่ใช้ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์คนละแบบ มีน้ำหนักฝักสดปอกเปลือกไม่แตกต่างกันทางสถิติ ส่วนผลการทดลองในปี 2560–2564 พบว่า ทุกกรรมวิธีทดลองข้าวโพดหวานพันธุ์ไฮ-บริกซ์ 3 มีน้ำหนักฝักสดปอกเปลือกแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ดังแสดงใน Table 2 นอกจากนี้ยังพบว่า กรรมวิธีที่ 4 5 6 และ 7 ซึ่งใส่ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์ร่วมกับปุ๋ยเคมี ทำให้ข้าวโพดหวานพันธุ์ไฮ-บริกซ์ 3 มีน้ำหนักฝักสดปอกเปลือกไม่แตกต่างกับกรรมวิธีที่ 1 ที่ใส่ปุ๋ยเคมีอัตราแนะนำเพียงอย่างเดียว โดยเฉพาะกรรมวิธีที่ 6 และ 7 ที่ใส่ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์ร่วมกับปุ๋ยเคมี 75 เปอร์เซ็นต์ของอัตราแนะนำ ชี้ให้เห็นว่า ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์ช่วยเพิ่มผลผลิตและลดต้นทุนการปุ๋ยผลิตในเรื่องของการใช้ปุ๋ยเคมีลงได้ สอดคล้องกับผลการทดลองของ กัลยกรและคณะ (2560) ที่รายงานว่า ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์ช่วยเพิ่มผลผลิตลดการใช้ปุ๋ยเคมี และลดต้นทุนการผลิตข้าวโพดหวานพันธุ์ไฮ-บริกซ์ 3 ได้

5. ความกว้างฝัก (Pod Width)

จาก Table 3 พบว่า ในปี 2559–2564 ข้าวโพดหวานพันธุ์ไฮ-บริกซ์ 3 ที่ปลูกในแปลงทดลองที่ 1 ศูนย์วิจัยและพัฒนาเมล็ดพันธุ์พืชสพบุรี ทุกกรรมวิธีทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ส่วนแปลงทดลองที่ 2 ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรนครสวรรค์ พบว่า ในปี 2016 ความกว้างฝักของทุกกรรมวิธีทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ และในปี 2560–2564 ทุกกรรมวิธีทดลอง ข้าวโพดหวานพันธุ์ไฮ-บริกซ์ 3 มีความกว้างฝักแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ นอกจากนี้ยังพบว่า กรรมวิธีที่ 4 5 6 และ 7 ซึ่งใส่ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์ร่วมกับปุ๋ยเคมี ทำให้ข้าวโพดหวานพันธุ์ไฮ-บริกซ์ 3 มีความกว้างฝักไม่แตกต่างกับกรรมวิธีที่ 1 ที่ใส่ปุ๋ยเคมีอัตราแนะนำเพียงอย่างเดียว

6. ความยาวฝัก (Pod length)

ความยาวฝัก เป็นตัวชี้วัดที่บ่งบอกถึงคุณภาพผลผลิต จากการทดลองใน Table 3 พบว่า ข้าวโพดหวานพันธุ์ไฮ-บริกซ์ 3 ที่ปลูกในแปลงทดลองที่ 1 ศูนย์วิจัยและพัฒนาเมล็ดพันธุ์พืชสพบุรี ในปี 2559 2562 2563 และ 2564 ทุกกรรมวิธีทดลองมีความยาวฝักไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยมีความยาวฝักจัดอยู่ในระดับ 1 (> 20 เซนติเมตร) และระดับ 2 (> 15 ถึง 20 เซนติเมตร) ตามพระราชบัญญัติสินค้าเกษตร พ.ศ. 2551 มกษ.1512-2554 (สำนักมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ, 2554)

ส่วนแปลงทดลองที่ 2 ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรนครสวรรค์ พบว่า ในปี 2559 ทุกกรรมวิธีทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ส่วนในปี 2560–2564 ทุกกรรมวิธีทดลองมีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยความยาวฝักจัดอยู่ในระดับ 2 (> 15 ถึง 20 เซนติเมตร) และระดับ 3 (> 10 ถึง 15 เซนติเมตร) ตามพระราชบัญญัติสินค้าเกษตร พ.ศ. 2551 มกษ.1512-2554 (สำนักมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ, 2554) ดังแสดงใน Table 3 นอกจากนี้ยังพบว่า กรรมวิธีที่ 4 5 6 และ 7 ซึ่งใส่ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์ร่วมกับปุ๋ยเคมี ทำให้ข้าวโพดหวานพันธุ์ไฮ-บริกซ์ 3 มีความยาวฝักไม่แตกต่างกับกรรมวิธีที่ 1 ที่ใส่ปุ๋ยเคมีอัตราแนะนำเพียงอย่างเดียว

7. ความหวาน (Sweetness)

ตามมาตรฐาน มกษ.1512-2554 ได้กำหนดนิยามของ ข้าวโพดหวาน ว่า หมายถึง ข้าวโพดที่มีความหวาน โดยมีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ไม่น้อยกว่า 9 องศาบริกซ์ (^{o}brix) ในลักษณะทั้งฝักที่มีหรือไม่มีเปลือกหุ้มเมล็ดติดกับซัง จากผลการทดลองปี 2559–2562 พบว่า ข้าวโพดหวานพันธุ์ไฮ-บริกซ์ 3 ที่ปลูกในแปลงทดลองที่ 1 ศูนย์วิจัยและพัฒนาเมล็ดพันธุ์พืชสพบุรี ทุกกรรมวิธีมีความหวานไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยกรรมวิธีที่ 2 ใส่ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์แบบที่ 1 มีความหวานสูงที่สุด คือ 8.7–17.7 ^{o}brix รองลงมา คือ กรรมวิธีที่ 1 ใส่ปุ๋ยเคมี 20-0-10 กิโลกรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่ (อัตราแนะนำตามค่าวิเคราะห์ดิน) มีความหวาน 8.3–15.7 ^{o}brix โดยการทดลองในปี 2559 พบว่า ค่าความหวานของทุกกรรมวิธีมีค่าต่ำกว่ามาตรฐาน มกษ.1512-2554 โดยมีค่าความหวานอยู่ระหว่าง 7.3–8.2 ^{o}brix ดังแสดงใน Table 3

แปลงทดลองที่ 2 ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรนครสวรรค์ พบว่า ในปี 2559 2561 2562 และ 2563 ทุกกรรมวิธีทดลองข้าวโพดหวานพันธุ์ไฮ-บริกซ์ 3 มีเปอร์เซ็นต์ความหวานไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยมีค่าความหวานอยู่ระหว่าง 13.3–18.1 ^{o}brix ซึ่งสูงกว่าที่มาตรฐาน มกษ.1512-2554 กำหนด ส่วนในปี 2560 และ 2564 พบว่า ทุกกรรมวิธีทดลองข้าวโพดหวานพันธุ์ไฮ-บริกซ์ 3 มีความหวานแตกต่างกันทางสถิติ โดยกรรมวิธีที่ 2 ใส่ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์แบบที่ 1 มีค่าความหวานสูงที่สุด คือ 18.1 ^{o}brix ซึ่งสูงกว่าที่มาตรฐาน มกษ.1512-2554 กำหนด นอกจากนี้ยังพบว่ากรรมวิธีทดลองที่เหลือก็มีค่าความหวานสูงกว่าที่มาตรฐาน มกษ.1512-2554 กำหนดเช่นเดียวกัน โดยมีค่าความหวานอยู่ระหว่าง 15.4–18.0 ^{o}brix (Table 3)

8. ประชากรแบคทีเรีย

ก่อนดำเนินการทดลองปี 2559–2564 ได้ทำการสุ่มเก็บตัวอย่างดินเพื่อนับจำนวนประชากรแบคทีเรียทั้ง 3 ชนิด โดยในแปลงทดลองที่ 1 ศูนย์วิจัยและพัฒนาเมล็ดพันธุ์พืชสพบุรี มีจำนวนประชากร *Azospirillum* sp. เฉลี่ย 5.52–7.01 Log_{10} CFU/ml *Azotobacter* sp. เฉลี่ย 4.05–6.48 Log_{10} CFU/ml และ *Beijerinkia* sp. เฉลี่ย 4.45-6.34 Log_{10}

CFU/ml ส่วนแปลงทดลองที่ 2 ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรนครสวรรค์ มีจำนวนประชากร *Azospirillum* sp. เฉลี่ย 5.40–6.95 Log_{10} CFU/ml *Azotobacter* sp. เฉลี่ย 4.16–5.99 Log_{10} CFU/ml และ *Beijerinkia* sp. เฉลี่ย 4.45–5.79 Log_{10} CFU/ml และหลังการทดลอง พบว่า ทั้งสองแปลงทดลอง ทุกกรรมวิธีทดลองที่ใช้ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์ทำให้จำนวนประชากร *Azospirillum* sp. *Azotobacter* sp. และ *Beijerinkia* sp. ในดินเพิ่มสูงขึ้นประมาณร้อยละ 5–68 ดังแสดงใน Figure 1

นอกจากนี้การดำเนินการทดลองในปี 2559–2564 พบว่า แบคทีเรียทั้งสามสกุลสามารถส่งเสริมให้มีการตรึงไนโตรเจนในราก โดย มีประสิทธิภาพการตรึงไนโตรเจนอยู่ระหว่าง 0.005–0.636 µmol C_2H_2/hr (Figure 2) ซึ่งโดยทั่วไปหลังการใส่ปุ๋ยชีวภาพปริมาณประชากรแบคทีเรียจะลดอย่างรวดเร็ว ทั้งนี้เนื่องจากความไม่สม่ำเสมอของสภาพแวดล้อมซึ่งไม่สามารถควบคุมได้ จึงมักพบว่าผลการทดลองในสภาพปลอดเชื้อกับในธรรมชาติมีความแตกต่างกันมาก (Bashan and Levanony, 1990; สมปองและศุภมาศ, 2551; Meunchang *et al*., 2006a; Meunchang *et al*., 2006b)

Table 2 Height of harvest, unhusked ear yield and husked ear yield of sweet corn variety Hi-Brix 3 at Lop Buri Seed Research and Development Center and Nakhon Sawan Agricultural Research and Development Center between 2016–2021

Treatment	Height of harvest (cm)						Unhusked ear yield (kg/rai)						Husked ear yield (kg/rai)					
	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Lop Buri Seed Research and Development Center [Clay loam]																		
1	192.1	207.8	183.4	181.6	188.1	173.0	3,003	2,672	2,430 a	2,110 a	2,560	2,647	1,742	1,461 a	1,262 ab	1,452 ab	1,131	1,773 ab
2	194.2	199.6	173.5	164.4	180.7	160.0	3,031	2,272	2,112 ab	1,335 b	1,920	2,207	1,840	1,330 ab	1,143 ab	967 bc	946	1,327 c
3	191.3	195.7	166.4	171.6	180.7	167.7	2,907	1,929	1,904 ab	1,298 b	1,728	1,973	1,630	1,074 b	1,031 b	937 c	633	1,494 bc
4	194.4	213.0	172.4	186.9	188.3	170.7	3,186	2,546	2,430 a	2,222 a	2,176	3,007	1,920	1,550 a	1,349 a	1,582 a	910	1,933 ab
5	193.3	183.9	172.7	192.0	197.4	165.0	3,111	2,862	2,233 ab	2,135 a	2,489	2,567	1,813	1,607 a	1,195 ab	1,564 a	1,003	1,833 ab
6	201.4	213.2	181.8	183.0	187.1	159.1	3,621	1,642	1,827 b	2,037 a	2,468	2,940	2,142	1,458 a	1,248 ab	1,442 ab	981	1,953 a
7	193.7	207.8	178.3	176.1	193.4	164.2	3,047	2,661	2,032 ab	1,854 ab	2,468	2,547	1,723	1,474 a	974 b	1,337 abc	1,031	1,834 ab
CV (%)	4.08^{ns}	10.25^{ns}	4.77^{ns}	7.50^{ns}	5.19^{ns}	6.00^{ns}	15.40^{ns}	15.45*	14.83*	18.40**	18.50^{ns}	21.89^{ns}	15.40^{ns}	10.96**	15.14*	17.63**	24.84^{ns}	12.13**
Nakhon Sawan Agricultural Research and Development Center [Sandy loam]																		
1	149.1 a	172.7 a	136.8 a	179.2 a	161.8 ab	147.8 a	1,900 a	1,473 a	1,533 a	1,934 a	2,482 a	2,047 ab	1,390 a	1,127 a	987 a	1,463 a	1,758 a	1,420 ab
2	114.9 b	119.7 b	95.8 b	145.0 b	155.6 b	90.8 c	823 b	367 b	387 b	816 b	1,435 b	293 c	540 b	243 b	263 b	590 b	1,021 b	207 c
3	113.2 b	98.9 b	83.5 b	138.5 b	132.3 c	99.7 bc	720 b	313 b	300 b	700 b	957 b	447 bc	487 b	204 b	140 b	503 b	737 b	317 bc
4	158.9 a	182.4 a	150.9 a	178.0 a	170.1 ab	127.2 ab	2,140 a	1,800 a	1,867 a	1,888 a	2,664 a	1,490 ab	1,577 a	1,393 a	1,300 a	1,344 a	1,836 a	1,004 ab
5	157.4 a	178.2 a	141.9 a	183.6 a	170.0 ab	154.1 a	1,967 a	1,754 a	1,647 a	2,069 a	2,845 a	2,280 a	1,423 a	1,323 a	1,360 a	1,493 a	1,978 a	1,547 a
6	154.4 a	185.8 a	144.3 a	187.8 a	165.6 ab	150.0 a	1,967 a	1,733 a	1,794 a	1,906 a	2,586 a	1,833 ab	1,437 a	1,384 a	1,267 a	1,342 a	1,810 a	1,313 ab
7	147.3 a	185.3 a	140.8 a	177.9 a	181.5 a	143.9 a	1,993 a	1,744 a	1,547 a	1,879 a	3,037 a	1,863 ab	1,447 a	1,270 a	1,080 a	1,351 a	2,146 a	1,307 ab
CV (%)	6.41*	8.15**	11.72**	9.26**	9.40*	12.15**	20.61*	20.80**	14.20**	15.67**	14.83**	19.97**	22.28*	23.01**	18.43**	18.69**	16.09**	23.30**

Remarks: ns = nonsignificant

* Numbers within columns not having letters in common were significantly different at P (0.05) by DMRT

** Numbers within columns not having letters in common were significantly different at P (0.01) by DMRT

Table 3 Pod width, pod length and sweetness of sweet corn variety Hi-Brix 3 at Lop Buri Seed Research and Development Center and Nakhon Sawan Agricultural Research and Development Center between 2016–2021

Treatment	Pod width (cm)						Pod length (cm)						Sweetness (°brix)					
	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2016	2017	2018	2019	2020	2021
	Lop Buri Seed Research and Development Center [Clay loam]																	
1	5.7 bc	5.3	4.85	-	5.18	4.97	20.4	19.5 a	19.50	-	20.77	17.95	8.3	15.7	15.7	13.0	-	-
2	5.7 bc	5.4	4.85	-	5.10	4.84	21.4	17.6 b	20.36	-	19.12	18.13	8.7	17.6	17.7	14.8	-	-
3	5.6 c	5.2	4.75	-	4.91	5.01	20.2	18.1 ab	20.05	-	18.57	18.10	7.8	17.6	16.7	14.2	-	-
4	5.8 ab	5.3	4.88	-	5.29	5.28	21.4	19.3 a	20.12	-	20.43	19.20	8.1	17.0	17.0	13.6	-	-
5	5.8 ab	5.3	4.90	-	5.34	5.17	21.3	19.0 ab	19.83	-	20.93	19.33	8.2	16.5	16.6	12.9	-	-
6	5.9 a	5.3	4.85	-	5.24	5.04	21.4	19.1 ab	19.47	-	21.56	18.85	8.0	16.9	16.9	11.8	-	-
7	5.8 ab	5.1	4.88	-	5.32	4.78	24.2	19.7 a	20.08	-	20.61	19.25	7.3	16.5	16.5	13.1	-	-
CV (%)	1.39^{ns}	2.43^{ns}	2.29^{ns}	-	3.33^{ns}	5.68^{ns}	4.78^{ns}	3.87**	2.50^{ns}	-	6.84^{ns}	8.91^{ns}	29.53^{ns}	5.58^{ns}	15.58^{ns}	12.21^{ns}	-	-
	Nakhon Sawan Agricultural Research and Development Center [Sandy loam]																	
1	4.9 ab	4.7 a	4.08 ab	-	4.69 ab	4.52 a	19.7 a	19.1 a	14.80 a	-	16.56 ab	15.65 a	15.5	15.4 b	15.9	16.1	16	14.4 bc
2	4.0 c	3.7 b	3.38 bc	-	4.06 bc	3.26 c	14.2 b	12.3 b	10.48 b	-	13.59 bc	5.08 c	15.5	18.1 a	15.4	18.1	15.6	16.3 a
3	4.2 bc	3.6 b	2.98 c	-	3.59 c	3.52 bc	15.2 b	12.6 b	9.98 b	-	11.17 c	7.25 bc	13.6	18.0 a	15.3	17.3	15.7	15.9 ab
4	5.3 a	5.1 a	4.75 a	-	4.85 a	4.08 ab	19.8 a	19.7 a	17.18 a	-	17.99 a	11.03 ab	16.0	15.7 a	15.6	17.1	13.9	14.6 bc
5	4.8 ab	4.9 a	4.23 ab	-	4.90 a	4.55 a	19.9 a	19.5 a	14.78 a	-	17.79 a	15.16 a	14.8	15.6 a	16.5	17.4	14.9	13.4 c
6	4.8 ab	4.9 a	4.63 a	-	4.76 a	4.53 a	19.8 a	19.6 a	15.73 a	-	17.20 a	15.02 a	13.3	16.8 ab	15.6	16.8	14.4	14.6 bc
7	4.6 abc	5.0 a	4.23 ab	-	5.01 a	4.44 a	20.0 a	19.7 a	14.60 a	-	18.28 a	13.59 a	14.2	15.9 b	15.9	17.8	14.5	14.4 bc
CV (%)	11.54^{ns}	7.43**	10.10**	-	7.15**	8.33**	6.41^{ns}	9.19**	9.93**	-	10.63**	24.44**	19.75^{ns}	7.58*	20.32^{ns}	5.34^{ns}	5.61^{ns}	6.97*

Remarks: ns = nonsignificant

* Numbers within columns not having letters in common were significantly different at P (0.05) by DMRT

** Numbers within columns not having letters in common were significantly different at P (0.01) by DMRT

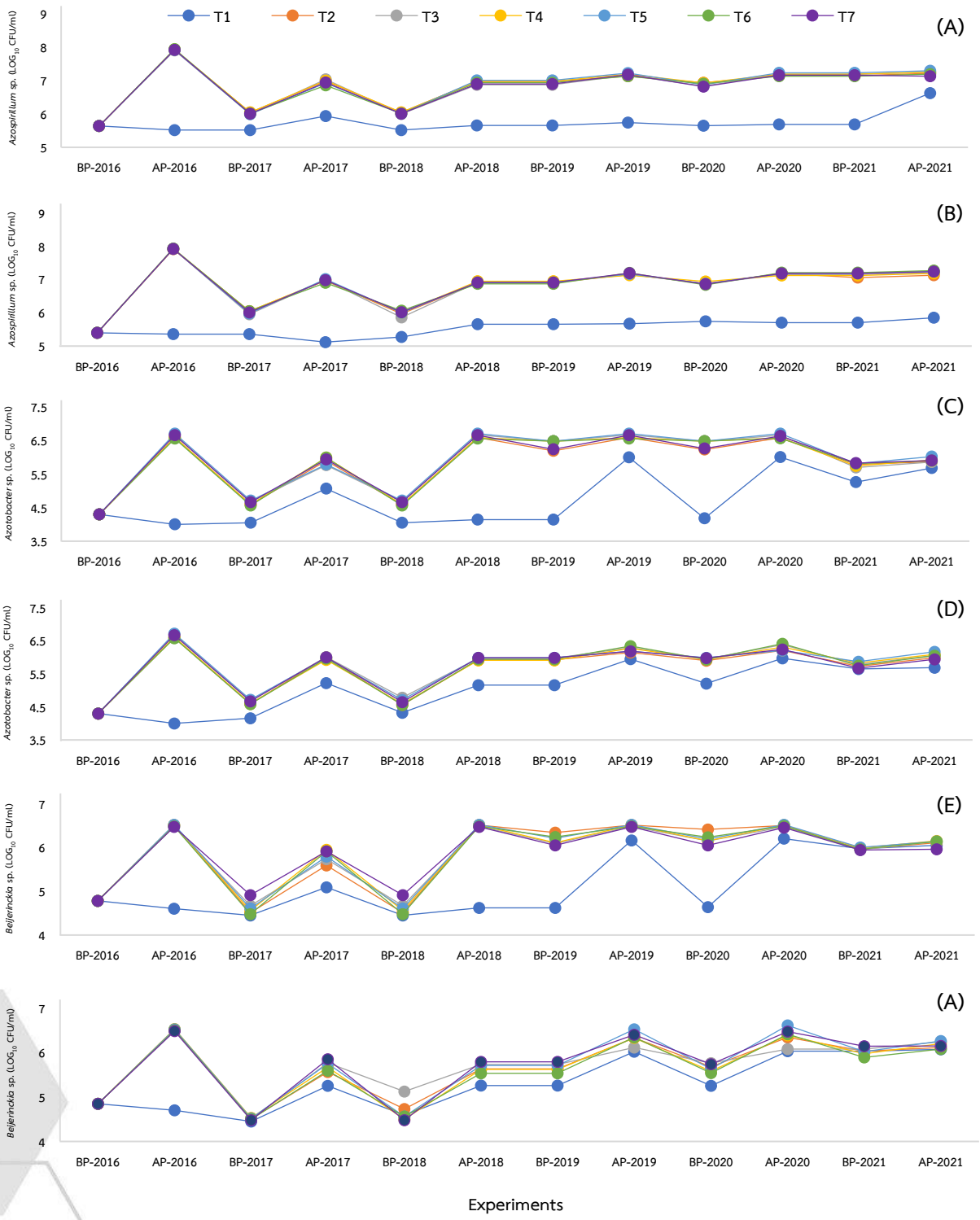


Figure 1 Number of PGPR in soil before (BP) and after (AP) planting between 2016–2021 (A) *Azospirillum* sp., (C) *Azotobacter* sp. and (E) *Beijerinckia* sp. at Lop Buri Seed Research and Development Center and (B) *Azospirillum* sp., (D) *Azotobacter* sp. and (F) *Beijerinckia* sp. at Nakhon Sawan Agricultural Research and Development Center

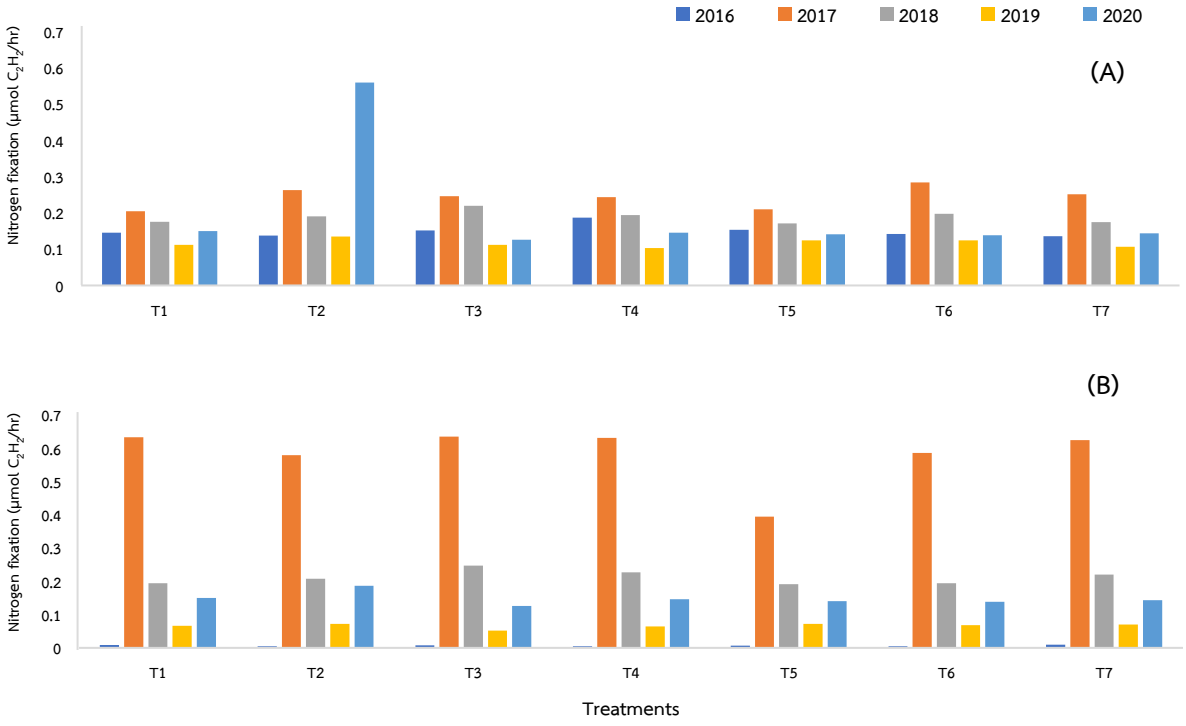


Figure 2 Nitrogen fixation of PGPR from root area of sweet corn variety Hi-Brix 3 at (A) Lop Buri Seed Research and Development Center and (B) Nakhon Sawan Agricultural Research and Development Center between 2016–2021

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

1. การใช้ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์ทั้งสองแบบร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมี 75–100 เปอร์เซ็นต์ของอัตราแนะนำตามค่าวิเคราะห์ดิน ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์สามารถช่วยเพิ่มผลผลิตและคุณภาพผลผลิตข้าวโพดหวานพันธุ์ไฮ-บริกซ์ 3 ได้ และจากผลการทดลองทั้งสองแปลง พบว่า การใช้ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์ร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีนั้นให้ผลผลิตข้าวโพดหวานใกล้เคียงกับการใส่ปุ๋ยเคมีอัตราแนะนำเพียงอย่างเดียว แต่การใช้ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์ร่วมกับปุ๋ยเคมี 75 เปอร์เซ็นต์ของอัตราแนะนำตามค่าวิเคราะห์ดินสามารถช่วยประหยัดต้นทุนการผลิตได้มากกว่าในส่วนของการลดการใช้ปุ๋ยเคมีจากอัตราแนะนำลงมา 25 เปอร์เซ็นต์

2. แปลงทดลองที่ 1 ศูนย์ขยายเมล็ดพันธุ์พืชลพบุรี (ดินร่วนปนเหนียว) พบว่า การใช้ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์ทั้งสองแบบในการปลูกข้าวโพดหวานพันธุ์ไฮ-บริกซ์ 3 นั้นให้ผลยังไม่ชัดเจน จึงควรมีการศึกษาเพิ่มเติมต่อในระยะยาวอย่างน้อย 3 ปี เพื่อให้ได้ผลที่ชัดเจนมากขึ้นและควรมีการศึกษาเพิ่มเติมในข้าวโพดหวานสายพันธุ์อื่นเพื่อเพิ่มความชัดเจนของผลการใช้ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์ในดินร่วนปนเหนียว

3. แปลงทดลองที่ 2 ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรนครสวรรค์ (ดินร่วนปนทราย) พบว่า ผลการทดลองทั้ง 6 ปี ให้ผลการทดลองเป็นไปในทิศทางเดียวกัน คือ กรรมวิธีที่ 4 ใส่ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์แบบที่ 1 ร่วมกับปุ๋ยเคมี 30-10-5 กิโลกรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่ (อัตราแนะนำ) ข้าวโพดหวานพันธุ์ไฮ-บริกซ์ 3 มีน้ำหนักฝักสดรวมเปลือกและน้ำหนักฝักสดปอกเปลือกสูงที่สุด และควรมีการศึกษาเพิ่มเติมในข้าวโพดหวานสายพันธุ์อื่นเพื่อให้ได้ผลที่ชัดเจนมากขึ้น

4. ทุกกรรมวิธีทดลองที่ใส่ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์ พบว่า จำนวนประชากร *Azospirillum* sp. *Azotobacter* sp. และ *Beijerinkia* sp. ในดินเพิ่มสูงขึ้นร้อยละ 5–68 และแบคทีเรียทั้งสามสกุลที่อยู่ในปุ๋ยชีวภาพทั้งสองแบบนั้นมีประสิทธิภาพในการตรึงไนโตรเจน ชี้ให้เห็นว่าการใช้ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์สามารถช่วยลดการใช้ปุ๋ยเคมีไนโตรเจนลงได้และเพื่อให้ได้ผลที่ชัดเจนจึงควรมีการศึกษาเพิ่มเติม

การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

1. นำข้อมูลที่ได้ไปพัฒนาต่อยอดการพัฒนาผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์ที่มีประสิทธิภาพสูงขึ้นและศึกษาเพิ่มเติมในข้าวโพดหวานสายพันธุ์อื่น

2. สามารถให้คำแนะนำแก่เกษตรกรที่ปลูกข้าวโพดหวานในการใช้ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์ร่วมกับปุ๋ยเคมีในการปลูกข้าวโพดหวานเพื่อลดต้นทุนการผลิตในดินร่วนปนทรายและดินร่วนปนเหนียว

เอกสารอ้างอิง

กัลยกร โปร่งจันทึก ภัสชญภณ หมื่นแจ้ง นงลักษ์ ปั้นลาย และวีระพงษ์ เย็นอ่วม. 2560. ผลการใช้ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์-วันต่อการลดต้นทุนการผลิตข้าวโพดหวาน. หน้า 346–354. *ใน*: *รายงานการประชุมวิชาการดินและปุ๋ยแห่งชาติ ครั้งที่ 5.* ณ โรงแรมเซ็นทรา บาย เซ็นทารา แจ้งวัฒนะ กรุงเทพฯ.

กรมวิชาการเกษตร. 2552. คำแนะนำการใช้ปุ๋ยกับพืชเศรษฐกิจ. กลุ่มวิจัยปฐพีวิทยา สำนักวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร. ISBN: 978-974-436-749-5

เทียนชัย สุวรรณเวช. 2537. อิทธิพลของจำนวนประชากรและการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงของผลผลิตข้าวโพดในดินเหนียวสีดำ. บทคัดย่องานวิจัยประจำปีงบประมาณ 2535–2537 ของคณาจารย์สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. หน้า 92–93.

สำนักมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ. 2554. มาตรฐานสินค้าเกษตร มกษ.1512-2554: ข้าวโพดหวาน. 18 หน้า. ICS 67.080.20. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

สมปอง หมื่นแจ้ง และศุภมาศ พนิชศักดิ์พัฒนา. 2551. การใช้ผลพลอยได้จากโรงงานน้ำตาลแบคทีเรียตรึงไนโตรเจนและส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชในการผลิตพืช. รางวัลสภาวิจัยแห่งชาติ : รางวัลวิทยานิพนธ์ ประจำปี 2550. หน้า 250–252.

Bashan, Y. and H. Levanony. 1988. Adsorption of rhizosphere bacterium *Azospirillum brasilense* Cd to soil, sand and peat particles. Journal of General Microbiology 134: 1,811–1,820.

Bashan, Y. and H. Levanony. 1990. Current status of *Azospirillum* inoculation Technology: *Azospirillum* as a challenge for agriculture. Canadian Journal of Microbiology 36: 591–608.

Boddey, R.M. 1995. Biological nitrogen fixation associated with sugarcane and rice: contribution and prospects for improvement. Plant and Soil. 174: 195–209.

Bray, R.H. and L.T. Kurtz. 1945. Determination of total, organic, and available forms of phosphorus in soils. Soil Science 59: 39–45.

Diem, G., M. Rougier, I. Hamad-Fares, J.P. Balandreau and Y.R. Dommergures. 1978. Colonization of Rice roots by diazotroph bacteria *In* Environmental Role of Nitrogen-fixing Blue-green Algae and Asymbiotic Bacteria. Ecological Bulletins (Stockholm) 26: 305-311.

Fulchieri, M. and L. Frioni, 1994. *Azospirillum* inoculation on maize (*Zea mays*): Effect on yield in a field experiment in central Argentina. Soil Biology and Biochemistry 26: 921–923.

Hungria, M., R.J. Campo, E.M. Souza and F.O. Pedrosa. 2010. Inoculation with selected strains of *Azospirillum brasilense* and *A. lipoferum* improves yields of maize and wheat in Brazil. Plant Soil. 331: 413–425.

Jacoud, C. 1999. Initiation of root growth stimulation by *Azospirillum lipoferum* CTR1 during maize seed germination. Canadian Journal of Microbiology 45: 339–342.

Meunchang, S., S. Panichsakpatana, S. Ando and T. Yokoyama. 2004. Phylogenetic and physiological characterization of indigenous *Azospirillum* isolates in Thailand. Soil Science and Plant Nutrition. 50(3): 413–421.

Meunchang, S., S. Panichsakpatana and R. W. Weaver. 2006a. Tomato growth in soil amended with Sugar mill by-products compost containing N_2-fixing bacteria. Plant and Soil. 280: 171–176.

Meunchang, S., S. Panichsakpatana, S. Ando, T. Yokoyama and R. W. Weaver. 2006b. Bio-organic Fertilizer production development from compost and plant growth promoting rhizobacteria. Abstract of 14th world fertilizer congress. January 21–27, 2006. Chiang Mai Thailand.

Murty, M. G. and J. K. Ladha. 1988. Influence of *Azospirillum* inoculation on the mineral uptake and growth of rice under hydroponic condition. Plant and Soil. 108: 281–285.

Peech, M. 1965. Hydrogen-ion activity in Methods of Soil Analysis Part 2; C.A. Black, ed. pp. 914–926.

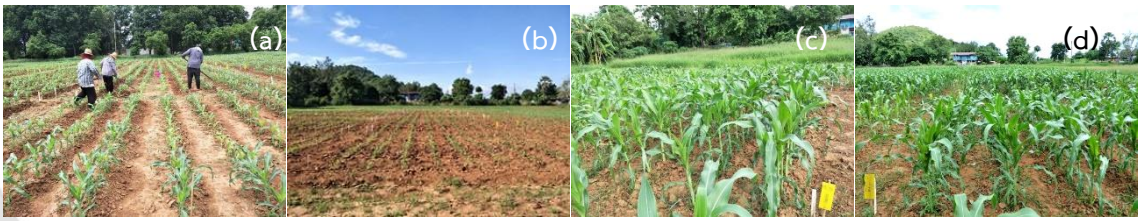
Prongjunthuek, K., P., Meunchang and S. Panichsakpatana. 2019. Effects of *Azospirillum* on germination and seedling growth of commercial sweet corn varieties Insee 2 and Hi-Brix 3. Songklanakarin Journal of Science and Technology. 41(4): 838–845.

Thomas, G.W. 1982. Exchangeable cations. In: Methods of Soil Analysis. (AL Page *et al*, eds) Agronomy. 9: 154–157 (Madison).

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

Hardy R. W. F., R. D., Holsten, E. K., Jackson and R. C. Burns. 1968. The Acetylene-Ethylene Assay for N_2 fixation: laboratory and field evaluation. Plant Physiology 43: 1,185–1,207.

ภาคผนวก



Appendix Figure 1 Sweet corn variety Hi-brix 3 at 14 (a), (b) and 30 (c), (d) days after planting at Lop Buri Seed Research and Development Center In 2018

Appendix Figure 2 Sweet corn variety Hi-brix 3 at Nakhon Sawan Agricultural Research and Development Center at 30 days after planting in 2018