

ABSTRACT

The objective of this study was to investigate the efficiency of phosphate biofertilizer cooperated with chemical fertilizer on soybean yield after rice production. It was conducted at the Chiang Mai Field Crops Research Center in the dry season during 2017 - 2019. 2 x 3 factorial design with 4 replications was set with two factors of DOA phosphate biofertilizer level; use and did not use (control) and chemical fertilizer levels (3-0-6, 3-4.5-6, and 3-9-6 kg N-P₂O₅-K₂O per rai). The results revealed that there had no interaction between factors. The application of DOA phosphate biofertilizer and chemical fertilizer were not significant in terms of growth and yield of soybean. However, DOA phosphate biofertilizer application tended to increase soybean yield higher than control. When considering economic returns, all treatments were not economically worthwhile due to their Value to Cost Ratio (VCR) were less than 2. Consequently, there was no need to apply both DOA phosphate biofertilizer and chemical fertilizer in the sufficient phosphorus content area (> 12 ppm) for soybean production.

Key words: phosphate biofertilizer, chemical fertilizer, soybean

6. คำนำ

การปลูกถั่วเหลืองในฤดูแล้งในเขตภาคเหนือตอนบน ส่วนใหญ่จะทำการปลูกถั่วเหลืองหลังจากเก็บเกี่ยวข้าวแล้ว ดินที่มีการปลูกข้าวอย่างต่อเนื่องจะมีสภาพความเป็นกรดสูง ซึ่งในสภาพที่ดินเป็นกรด ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์จะถูกตรึง ทำให้พืชไม่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้หรือใช้ได้น้อย และในการปลูกข้าวเกษตรกรใช้ปุ๋ย 16-20-0 มาอย่างต่อเนื่อง ซึ่งทำให้ฟอสฟอรัสตกค้างสะสมอยู่ในดิน ฟอสฟอรัสเป็นธาตุอาหารหลักที่มีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการเจริญเติบโต การสร้างราก การแตกแขนง การออกดอก และเมล็ด เมื่อพืชขาดฟอสฟอรัสจะมีการเจริญเติบโตไม่เต็มที่ ต้นเล็กผอม แกร็น สำหรับไม้เถาลำต้นจะบิดเป็นเกลียว เนื้อไม้แข็งกว่าปกติ ส่วนธัญพืชมีการแตกกอน้อยและผลผลิตต่ำ เป็นต้น (ภาวนา, 2542) ซึ่งหากนำปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟตมาใช้จะทำให้ฟอสฟอรัสที่ถูกตรึงสามารถเป็นประโยชน์ต่อการเจริญเติบโตของถั่วเหลือง ดังนั้นจึงทำการศึกษาประสิทธิภาพของปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟตร่วมกับปุ๋ยเคมีต่อผลผลิตถั่วเหลืองหลังนา เพื่อช่วยลดต้นทุนการผลิตและเพิ่มผลผลิตถั่วเหลือง

7. วิธีดำเนินการและอุปกรณ์

- อุปกรณ์

1. ถั่วเหลืองพันธุ์ เชียงใหม่ 60

2. ปุ๋ยเคมีเกรด 46-0-0 18-46-0 และ 0-0-60
3. ปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟต (กรมวิชาการเกษตร)
4. ปุ๋ยชีวภาพโรโซเปียม
5. สารเคมีกำจัดศัตรูพืช
6. สารเคมีป้องกันกำจัดโรคและแมลงศัตรูพืช

- วิธีการ

วางแผนการทดลองแบบ 2 x 3 factorial in RCB จำนวน 4 ซ้ำ มีปัจจัย ดังนี้

ปัจจัยที่ 1: การใส่ปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟต (กรมวิชาการเกษตร) 2 ระดับ คือ การใส่และไม่ใส่
ปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟต

ปัจจัยที่ 2: การใส่ปุ๋ยเคมี 3 อัตรา คือ 1) 3-0-6 กิโลกรัม N-P₂O₅-K₂O ต่อไร่ 2) 3-4.5-6 กิโลกรัม N-P₂O₅-K₂O ต่อไร่ และ 3) อัตรา 3-9-6 กิโลกรัม N-P₂O₅-K₂O ต่อไร่

ดำเนินการในฤดูแล้ง ก่อนปลูกเก็บตัวอย่างดินเพื่อวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของดิน ใช้ถั่วเหลืองพันธุ์ เชียงใหม่ 60 คลุกเมล็ดด้วยเชื้อโรโซเปียมก่อนปลูกทุกกรรมวิธี สำหรับกรรมวิธีที่มีการใช้ปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟตจะคลุกเมล็ดด้วยปุ๋ยชีวภาพโรโซเปียมและปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟตอัตรา 200 กรัมต่อเมล็ด 15 กิโลกรัมก่อนปลูก ขนาดแปลงย่อย 4 x 6 ตารางเมตร ทำการปลูกโดยใช้ระยะปลูก 50 x 20 เซนติเมตร หยอด 4-5 เมล็ดต่อหลุม หลังจากงอกแล้วถอนแยกให้เหลือ 3 ต้นต่อหลุม พ่นสารเคมีกำจัดวัชพืชหลังปลูกถั่วเหลือง พ่นสารป้องกันหนอนแมลงวันเจาะลำต้นหลังถั่วเหลืองงอกภายใน 7 วัน เมื่อถั่วเหลืองอายุได้ประมาณ 15-20 วันหลังงอก ใส่ปุ๋ยตามกรรมวิธีที่กำหนด โดยโรยข้างแถวพร้อมพูนโคนต้น และปฏิบัติดูแลรักษาตามคำแนะนำของกรมวิชาการเกษตร ทำการเก็บเกี่ยวเมื่อถั่วเหลืองถึงระยะสุกแก่ (R8) พื้นที่เก็บเกี่ยว 3 x 3 ตารางเมตร

การบันทึกข้อมูล ดังนี้

1. วันปลูก วันงอก วันออกดอก 50 % วันเก็บเกี่ยว
2. วิเคราะห์สมบัติทางเคมีของดินก่อนปลูก และหลังเก็บเกี่ยว
3. ผลผลิต ความสูงและองค์ประกอบผลผลิต
4. ต้นทุนการผลิต และผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์ โดยใช้อัตราส่วนระหว่างรายได้ที่เพิ่มขึ้นจากการใช้ปุ๋ยต่อรายจ่ายจากการใช้ปุ๋ย หรือค่า Value to Cost Ratio (VCR) หากค่า VCR มากกว่า 2 แสดงว่ามีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ (Pevaiz et al., 2004)

- เวลา และ สถานที่

ดำเนินการในฤดูแล้ง ปี 2560 ถึง 2562 ที่ศูนย์วิจัยพืชไร่เชียงใหม่ จ.เชียงใหม่

8. ผลการทดลองและวิจารณ์

8.1 สมบัติทางเคมีของดิน

ปี 2560 จากการวิเคราะห์ดินก่อนการทดลอง พบว่า แปลงทดลองมีค่าความเป็นกรดต่างในระดับเป็นกรดเล็กน้อย คือ 5.7 ปริมาณอินทรีย์วัตถุอยู่ในระดับค่อนข้างต่ำ 1.04 % ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์อยู่ใน

ระดับสูงมาก 175 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์อยู่ในระดับสูง 64 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ส่วนผลวิเคราะห์ดินหลังการทดลอง พบว่า ทุกกรรมวิธีมีค่าความเป็นกรดต่างในระดับเป็นกรดเล็กน้อย คือ 5.2-6.0 ปริมาณอินทรีย์วัตถุอยู่ในระดับต่ำ 0.60-0.74 % ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์อยู่ในระดับสูงมาก 105-176 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์อยู่ในระดับต่ำ 18 -29 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (Table 1)

ปี 2561 จากการวิเคราะห์ดินก่อนการทดลอง พบว่า แปลงทดลองมีค่าความเป็นกรดต่างในระดับเป็นกรดเล็กน้อย คือ 6.0 ปริมาณอินทรีย์วัตถุอยู่ในระดับต่ำ 0.97 % ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์อยู่ในระดับสูงมาก 183 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์อยู่ในระดับต่ำ 26 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ส่วนผลวิเคราะห์ดินหลังการทดลอง พบว่า ทุกกรรมวิธีมีค่าความเป็นกรดต่างในระดับเป็นกรดเล็กน้อย คือ 5.8-6.1 ปริมาณอินทรีย์วัตถุ ปริมาณฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ลดลงเล็กน้อยจากก่อนการทดลองแต่ยังอยู่ในระดับเดิม โดยปริมาณอินทรีย์วัตถุ 0.57-0.77 % ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ 149-176 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์มีค่า 14 -22 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (Table 1)

ปี 2562 จากการวิเคราะห์ดินก่อนการทดลอง พบว่า แปลงทดลองมีค่าความเป็นกรดต่างในระดับเป็นกรดเล็กน้อย คือ 5.9 ปริมาณอินทรีย์วัตถุอยู่ในระดับต่ำ 0.54 % ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์อยู่ในระดับสูงมาก 140 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์อยู่ในระดับต่ำมาก 14 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ส่วนผลวิเคราะห์ดินหลังการทดลอง พบว่า ทุกกรรมวิธีมีค่าความเป็นกรดต่าง ปริมาณอินทรีย์วัตถุ ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์เพิ่มขึ้นจากก่อนการทดลองแต่ยังอยู่ในระดับเดิม โดยความเป็นกรดต่าง 6.1-6.5 ปริมาณอินทรีย์วัตถุ 0.50-0.77 % ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ 184-202 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ 19 -23 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (Table 1)

8.2 การเจริญเติบโต

ความสูงต้น ในปี 2560 พบปฏิสัมพันธ์ระหว่างการใช้ปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟตกับการใส่ปุ๋ยเคมี โดยการไม่ใส่ปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟตร่วมกับปุ๋ยเคมีอัตรา 3-9-6 กิโลกรัม $N-P_2O_5-K_2O$ ต่อไร่ มีความสูงต้นเฉลี่ยมากที่สุด 45.4 เซนติเมตร แต่ไม่แตกต่างทางสถิติกับการใส่ปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟตร่วมกับปุ๋ยเคมีอัตรา 3-0-6 กิโลกรัม $N-P_2O_5-K_2O$ ต่อไร่ โดยมีความสูงต้นเฉลี่ย 43.7 เซนติเมตร (Table 2 และ 3) ในปี 2561 และ ปี 2562 ไม่พบปฏิสัมพันธ์ระหว่างการใช้ปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟตกับการใส่ปุ๋ยเคมี และไม่พบความแตกต่างทางสถิติของทั้ง 2 ปีจจัย โดยมีความสูงต้นเฉลี่ย 43.6 และ 40.6 เซนติเมตร ตามลำดับ (Table 3)

ส่วนจำนวนข้อต่อต้น พบว่าทั้ง 3 ปี ไม่พบปฏิสัมพันธ์ระหว่างการใช้ปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟตกับการใส่ปุ๋ยเคมี และไม่พบความแตกต่างทางสถิติของทั้ง 2 ปีจจัย โดยมีความสูงต้นเฉลี่ย 10.4 10.2 และ 10.9 ข้อต่อต้นตามลำดับ (Table 3)

8.3 ผลผลิต องค์ประกอบผลผลิต และดัชนีเก็บเกี่ยว

ผลผลิต จากผลการทดลองทั้ง 3 ปี พบว่าไม่มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างการใช้ปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟตกับการใส่ปุ๋ยเคมี โดยการใส่และไม่ใส่ปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟต และการใส่ปุ๋ยเคมีทั้ง 3 อัตราให้ผลผลิตถั่วเหลืองไม่

แตกต่างกันทางสถิติ เฉลี่ย 415 368 และ 398 กิโลกรัมต่อไร่ ในปี 2560 2561 และ 2562 ตามลำดับ แต่มีแนวโน้มว่าการใส่ปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟต จะให้ผลผลิตสูงกว่าการไม่ใส่ โดยให้ผลผลิตเฉลี่ย 425 370 และ 406 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ (Table 4) ซึ่งสอดคล้องกับ ไพรัตน์ และนุจรีย์ (2539) ศึกษาการใช้ปุ๋ยชีวภาพโรโซเปียมร่วมกับจุลินทรีย์ที่สามารถละลายฟอสเฟต ในการเพิ่มผลผลิตของถั่วเหลืองในชุดดินสรพยา และชุดดินเชียงใหม่ พบว่า ในชุดดินเชียงใหม่ ที่ใส่ปุ๋ยชีวภาพโรโซเปียมร่วมกับจุลินทรีย์ที่สามารถละลายฟอสเฟตและหินฟอสเฟต มีแนวโน้มให้น้ำหนักแห้งส่วนเหนือดิน ผลผลิตเมล็ด ปริมาณการดูดใช้ไนโตรเจนในส่วนเหนือดินและเมล็ด ปริมาณการดูดใช้ฟอสฟอรัสในส่วนเหนือดินและเมล็ด ความเข้มข้นไนโตรเจนในเมล็ด มีค่าสูงกว่ากรรมวิธีอื่นๆ ด้านการใส่ปุ๋ยเคมีอัตราแตกต่างกันผลผลิตไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ทั้งนี้เนื่องมาจากในดินมีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์สูง จึงเพียงพอต่อการเจริญเติบโตของถั่วเหลือง โดยดินที่เหมาะสมสำหรับการปลูกถั่วเหลือง ควรมีค่าความเป็นกรดต่างระหว่าง 5.5-7.0 อินทรีย์วัตถุไม่ต่ำกว่า 1.5 % ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์มากกว่า 12 ส่วนในล้านส่วน โพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์มากกว่า 50 ส่วนในล้านส่วน (กรมวิชาการเกษตร, 2545) ซึ่ง Suwanarit *et al.* (1978) รายงานว่า ดินที่มีปริมาณฟอสฟอรัสที่สกัดด้วย Bray II ต่ำกว่า 4.2 ppm เป็นดินที่ขาดฟอสฟอรัสสำหรับการปลูกถั่วเหลือง และศรีสม (2547) กล่าวว่า ระดับความเข้มข้นหรือปริมาณฟอสฟอรัสในถั่วเหลืองที่ได้รับปริมาณน้อยอยู่ในช่วง 0.16 - 0.25 เปอร์เซ็นต์ ถั่วเหลืองจะแสดงอาการขาด ซึ่งเป็นระดับที่ทำให้เกิดการขาดธาตุอาหาร (critical deficient level)

องค์ประกอบของผลผลิต ได้แก่ จำนวนต้นต่อไร่ จำนวนฝักต่อต้น และน้ำหนัก 100 เมล็ด พบว่าทั้ง 3 ปี ไม่มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างการใส่ปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟตกับการใส่ปุ๋ยเคมี และไม่พบความแตกต่างกันทางสถิติของทั้ง 2 ปัจจัยในทุกองค์ประกอบ โดยในปี 2560 2561 และ 2562 มีจำนวนต้นต่อไร่เฉลี่ย 47,895 48,005 และ 47,825 ต้น ตามลำดับ จำนวนฝักต่อต้นเฉลี่ย 35.8 30.6 และ 32.0 ฝัก ตามลำดับ และ น้ำหนักเฉลี่ย 100 เมล็ด 17.8 17.8 และ 17.1 กรัม ตามลำดับ ส่วนจำนวนเมล็ดต่อฝัก ในปี 2560 และ 2561 ไม่พบปฏิสัมพันธ์ระหว่างการใส่ปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟตกับการใส่ปุ๋ยเคมี และไม่พบความแตกต่างกันทางสถิติของทั้ง 2 ปัจจัย โดยมีจำนวนเมล็ดต่อฝักเฉลี่ย 2.2 และ 2.1 เมล็ด ตามลำดับ ในปี 2562 ไม่พบปฏิสัมพันธ์ระหว่างการใส่ปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟตกับการใส่ปุ๋ยเคมีเช่นกัน แต่พบความแตกต่างกันทางสถิติเฉพาะปัจจัยการใส่ปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟต โดยการไม่ใส่ปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟตมีจำนวนเมล็ดต่อฝักมากที่สุด คือ 1.9 เมล็ด (Table 4)

ดัชนีเก็บเกี่ยว ในปี 2560 พบปฏิสัมพันธ์ระหว่างการใส่ปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟตกับการใส่ปุ๋ยเคมี โดยการใส่ปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟตร่วมกับปุ๋ยเคมีอัตรา 3-9-6 กิโลกรัม N-P₂O₅-K₂O ต่อไร่ มีดัชนีเก็บเกี่ยวเฉลี่ยมากที่สุด 0.72 (Table 4 และ 5) ส่วนในปี 2561 และ 2562 ไม่มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างการใส่ปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟตกับการใส่ปุ๋ยเคมี และไม่พบความแตกต่างกันทางสถิติของทั้ง 2 ปัจจัย โดยมีดัชนีเก็บเกี่ยวเฉลี่ย 0.63 0.63 ตามลำดับ (Table 4)

8.4 ผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์

กรรมวิธีที่ให้รายได้สูงที่สุดในปี 2560 คือ ใส่ปุ๋ยจุลินทรีย์ละลายฟอสเฟตร่วมกับปุ๋ยเคมี อัตรา 3-0-6 กิโลกรัม N-P₂O₅-K₂O ต่อไร่ ให้รายได้เฉลี่ย 7,503 บาทต่อไร่ ในปี 2561 คือ ใส่ปุ๋ยจุลินทรีย์ละลายฟอสเฟตร่วมกับปุ๋ยเคมี อัตรา 3-4.5-6 กิโลกรัม N-P₂O₅-K₂O ต่อไร่ ให้รายได้เฉลี่ย 7,773 บาทต่อไร่ และในปี 2562 คือ

ใส่ปุ๋ยจุลินทรีย์ละลายฟอสเฟตร่วมกับปุ๋ยเคมี อัตรา 3-9-6 กิโลกรัม N-P₂O₅-K₂O ต่อไร่ ไร่ให้รายได้เฉลี่ย 7,342 บาทต่อไร่ ส่วนต้นทุนของปุ๋ย พบว่า กรรมวิธีที่ไม่ใส่ปุ๋ยจุลินทรีย์ละลายฟอสเฟตร่วมกับปุ๋ยเคมี อัตรา 3-0-6 กิโลกรัม N-P₂O₅-K₂O ต่อไร่ มีต้นทุนของปุ๋ยน้อยที่สุด คือ 301 บาทต่อไร่ และกรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยจุลินทรีย์ละลายฟอสเฟตร่วมกับปุ๋ยเคมี อัตรา 3-9-6 กิโลกรัม N-P₂O₅-K₂O ต่อไร่ มีต้นทุนของปุ๋ยน้อยที่สุด คือ 798 บาทต่อไร่ เมื่อพิจารณาผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์ โดยใช้อัตราส่วนระหว่างรายได้ที่เพิ่มขึ้นจากการใช้ปุ๋ยต่อรายจ่ายการใช้ปุ๋ย หรือค่า Value to Cost Ratio (VCR) พบว่า ทั้ง 3 ปี เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีที่ไม่ใส่ปุ๋ยจุลินทรีย์ละลายฟอสเฟต และปุ๋ยเคมี อัตรา 3-0-6 กิโลกรัม N-P₂O₅-K₂O ต่อไร่ ทุกกรรมวิธีมีค่า VCR น้อยกว่า 2 โดยแต่ละปีมีค่าระหว่าง -0.3-0.2 0.1-1.9 และ 1.0-1.6 ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าการปลูกถั่วเหลืองในพื้นที่ที่ดินมีธาตุฟอสฟอรัสเพียงพอ ไม่จำเป็นต้องใส่ปุ๋ยทั้ง 2 ชนิด ก็มีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ (Table 6)

Table 1 Characteristics of soil quality before planting and after harvesting soybean on different application of phosphate biofertilizer (PB) and chemical fertilizer rate at Chiang Mai Field Crops Research Center in the dry seasons, 2017-2019.

	Soil quality			
	pH ^{1/}	OM (%) ^{2/}	Avai P ^{3/} (mg/kg)	Avai K ^{4/} (mg/kg)
Dry season 2017				
Before planting soybean	5.7	1.04	175	64
After harvesting soybean				
PB +3-0-6 N-P ₂ O ₅ -K ₂ O kg/rai	6.0	0.60	151	18
PB +3-4.5-6 N-P ₂ O ₅ -K ₂ O kg/rai	5.7	0.60	140	24
PB +3-9-6 N-P ₂ O ₅ -K ₂ O kg/rai	6.0	0.60	105	18
No PB +3-0-6 N-P ₂ O ₅ -K ₂ O kg/rai	5.3	0.74	158	29
No PB +3-4.5-6 N-P ₂ O ₅ -K ₂ O kg/rai	5.4	0.67	176	18
No PB +3-9-6 N-P ₂ O ₅ -K ₂ O kg/rai	5.2	0.74	174	16
Dry season 2018				
Before planting soybean	6.0	0.97	183	26
After harvesting soybean				
PB +3-0-6 N-P ₂ O ₅ -K ₂ O kg/rai	6.1	0.57	186	14
PB +3-4.5-6 N-P ₂ O ₅ -K ₂ O kg/rai	5.9	0.77	163	15
PB +3-9-6 N-P ₂ O ₅ -K ₂ O kg/rai	6.0	0.60	168	16
No PB +3-0-6 N-P ₂ O ₅ -K ₂ O kg/rai	5.8	0.64	149	15
No PB +3-4.5-6 N-P ₂ O ₅ -K ₂ O kg/rai	6.0	0.60	176	18
No PB +3-9-6 N-P ₂ O ₅ -K ₂ O kg/rai	5.9	0.74	170	22
Dry season 2019				
Before planting soybean	5.9	0.54	140	14
After harvesting soybean				
PB +3-0-6 N-P ₂ O ₅ -K ₂ O kg/rai	6.5	0.9	192	23
PB +3-4.5-6 N-P ₂ O ₅ -K ₂ O kg/rai	6.4	1.14	186	20
PB +3-9-6 N-P ₂ O ₅ -K ₂ O kg/rai	6.4	0.60	202	19
No PB +3-0-6 N-P ₂ O ₅ -K ₂ O kg/rai	6.1	1.17	202	21
No PB +3-4.5-6 N-P ₂ O ₅ -K ₂ O kg/rai	6.5	0.50	184	19
No PB +3-9-6 N-P ₂ O ₅ -K ₂ O kg/rai	6.2	0.91	212	18

^{1/} Peech (1965), ^{2/} Walkley and Black (1947), ^{3/} Bray and Kurtz. (1945) and ^{4/} Jongrak (2541)

Table 2 Plant Height of soybean on different application of phosphate biofertilizer (PB) and chemical fertilizer rate at Chiang Mai Field Crops Research Center in the dry seasons, 2017.

Chemical Fertilizer/ Biofertilizer N-P ₂ O ₅ -K ₂ O kg/rai	PB	No PB
3-0-6	43.7 ab	41.2 bc
3-4.5-6	42.3 bc	41.9 bc
3-9-6	40.6 c	45.4 a
CV (%)	4.64	

Mean in the same column and row followed by a common letter are not significantly different at P<0.05 by DMRT

Table 3 Plant heights and number of nodes per plant of soybean at harvesting on different application of phosphate biofertilizer (PB) and chemical fertilizer rate at Chiang Mai Field Crops Research Center in the dry seasons, 2017-2019.

Year	Plant height (cm.)			No. of node/plant		
	2017	2018	2019	2017	2018	2019
Biofertilizer (A)						
PB	42.2	43.1	40.3	10.4	10.2	10.8
No PB	42.8	44.2	40.9	10.4	10.3	10.9
Chemical Fertilizer N-P ₂ O ₅ -K ₂ O kg/rai (B)						
3-0-6	42.4	43.0	41.5	10.6	10.3	11.1
3-4.5-6	42.1	43.7	39.4	10.3	10.3	10.6
3-9-6	43.0	44.3	41.0	10.2	10.2	11.1
Mean	42.5	43.6	40.6	10.4	10.2	10.9
F-test A	ns	ns	ns	ns	ns	ns
F-test B	ns	ns	ns	ns	ns	ns
F-test A x B	**	ns	ns	ns	ns	ns
CV (%)	4.64	6.9	9.0	4.30	5.3	6.6

ns = not significant, * = significant at P< 0.05, ** = significant at P< 0.01

Table 4 Yield, yield component and harvest index (HI) of soybean on different application of phosphate biofertilizer (PB) and chemical fertilizer rate at Chiang Mai Field Crops Research Center in the dry seasons, 2017-2019.

Year	Yield (kg/rai)			No. of plants /Rai			No.of pods /plant		
	2017	2018	2019	2017	2018	2019	2017	2018	2019
Biofertilizer (A)									
PB	425	370	406	47,986	48,038	48,067	35.4	31.3	31.7
No PB	406	366	390	47,803	47,972	47,583	36.1	29.9	32.3
Chemical Fertilizer N-P ₂ O ₅ -K ₂ O kg/rai (B)									
3-0-6	432	354	379	48,090	47,985	49,500	37.0	30.6	31.9
3-4.5-6	409	395	404	47,922	47,972	48,450	35.2	31.2	32.8
3-9-6	405	353	411	47,671	48,058	45,525	35.1	30.0	31.3
Mean	415	368	398	47,895	48,005	47,825	35.8	30.6	32.0
F-test A	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
F-test B	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
F-test A x B	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CV (%)	10.1	12.0	14.5	1.3	2.0	8.7	10.8	9.1	8.7

ns = not significant, * = significant at P< 0.05, ** = significant at P< 0.01

Table 4 (Cont.)

Year	No. of seeds /pod			100 seed wt. (g)			HI		
	2017	2018	2019	2017	2018	2019	2017	2018	2019
Biofertilizer (A)									
PB	2.2	2.1	1.8 b	17.8	17.8	17.1	0.62	0.61	0.61
No PB	2.1	2.2	1.9 a	17.9	17.8	17.1	0.61	0.64	0.64
Chemical Fertilizer N-P ₂ O ₅ -K ₂ O kg/rai (B)									
3-0-6	2.2	2.2	1.8	17.4	17.6	17.3	0.58	0.62	0.61
3-4.5-6	2.2	2.1	1.8	18.1	17.7	16.7	0.59	0.67	0.63
3-9-6	2.1	2.1	1.8	18.1	18.0	17.4	0.66	0.58	0.64
Mean	2.2	2.1	1.8	17.8	17.8	17.1	0.61	0.63	0.63
F-test A	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns
F-test B	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
F-test A x B	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns
CV (%)	2.7	4.2	6.0	3.2	3.0	3.3	10.4	10.8	12.2

ns = not significant, * = significant at P< 0.05, ** = significant at P< 0.01

The mean in the same column followed by a common letter are not significantly different at P<0.05 by DMRT

Table 5 Harvest index (HI) of soybean on different application of phosphate biofertilizer (PB) and chemical fertilizer rate at Chiang Mai Field Crops Research Center in the dry seasons, 2017.

Chemical Fertilizer/ Biofertilizer N-P ₂ O ₅ -K ₂ O kg/rai	PB	No PB
3-0-6	0.54 b	0.62 b
3-4.5-6	0.59 b	0.60 b
3-9-6	0.72 a	0.59 b
CV (%)	10.44	

Mean in the same column and row followed by a common letter are not significantly different at P<0.05 by DMRT

Table 6 Yield, income, increased income from fertilizer use, cost of fertilizer and Value to Cost of Ratio (VCR) of soybean on different application of phosphate biofertilizer (PB) and chemical fertilizer rate at Chiang Mai Field Crops Research Center in the dry seasons, 2017-2019.

Treatments	Yield (kg/rai)	Income (baht/rai) ^{1/}	Increased income from fertilizer use (baht/rai)	Cost of fertilizer (baht/rai) ^{2/}	VCR ^{3/}
dry season 2017					
No PB +3-0-6 N-P ₂ O ₅ -K ₂ O Kg/rai	411	6,823	0	301	
No PB +3-4.5-6 N-P ₂ O ₅ -K ₂ O Kg/rai	402	6,673	-149	505	-0.3
No PB +3-9-6 N-P ₂ O ₅ -K ₂ O Kg/rai	404	6,706	-116	708	-0.2
PB +3-0-6 N-P ₂ O ₅ -K ₂ O Kg/rai	452	7,503	681	392	
PB +3-4.5-6 N-P ₂ O ₅ -K ₂ O Kg/rai	417	6,922	100	595	0.2
PB +3-9-6 N-P ₂ O ₅ -K ₂ O Kg/rai	406	6,740	-83	798	-0.1
dry season 2018					
No PB +3-0-6 N-P ₂ O ₅ -K ₂ O Kg/rai	338	5,766	0	301	
No PB +3-4.5-6 N-P ₂ O ₅ -K ₂ O Kg/rai	394	6,722	955	505	1.9
No PB +3-9-6 N-P ₂ O ₅ -K ₂ O Kg/rai	365	6,227	461	708	0.7
PB +3-0-6 N-P ₂ O ₅ -K ₂ O Kg/rai	370	6,312	546	392	
PB +3-4.5-6 N-P ₂ O ₅ -K ₂ O Kg/rai	397	6,773	1,007	595	1.7
PB +3-9-6 N-P ₂ O ₅ -K ₂ O Kg/rai	342	5,835	68	798	0.1
dry season 2019					
No PB +3-0-6 N-P ₂ O ₅ -K ₂ O Kg/rai	361	6,296	0	301	
No PB +3-4.5-6 N-P ₂ O ₅ -K ₂ O Kg/rai	408	7,116	820	505	1.6
No PB +3-9-6 N-P ₂ O ₅ -K ₂ O Kg/rai	401	6,993	697	708	1.0
PB +3-0-6 N-P ₂ O ₅ -K ₂ O Kg/rai	398	6,941	645	392	1.6
PB +3-4.5-6 N-P ₂ O ₅ -K ₂ O Kg/rai	400	6,976	680	595	1.1
PB +3-9-6 N-P ₂ O ₅ -K ₂ O Kg/rai	421	7,342	1,046	798	1.3

^{1/} Soybean farm price 16.60 bath/kg (April, 2017), 17.06 bath/kg (April, 2019) and 17.44 bath/kg (April, 2019) (www.oae.go.th, April, 2019)

^{2/} Biofertilizer price: phosphate biofertilizer = 30 baht/pack (1 pack per 5 kg of seed)

Chemical fertilizer prices: 46-0-0 = 11.6 baht/kg, 0-46-0 = 19 bath/kg and 0-0-60 = 15.8 bath/kg

^{3/} VCR = The profit from the fertilizer implementation/the cost of fertilizer implementation (critical value = 2.0)

9. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

การใส่ปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟตและปุ๋ยเคมีไม่มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างกัน โดยการใส่และไม่ใส่ปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟต และปุ๋ยเคมีที่อัตราแตกต่างกันให้การเจริญเติบโตและผลผลิตไม่แตกต่างกันทางสถิติ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากในดินมีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์สูง จึงเพียงพอต่อการเจริญเติบโตของถั่วเหลือง แต่มีแนวโน้มว่าการใส่ปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟตให้ผลผลิตสูงกว่าการไม่ใส่ เมื่อพิจารณาผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์ พบว่าทุกกรรมวิธีมีค่า Value to Cost Ratio (VCR) น้อยกว่า 2 จึงไม่คุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ ดังนั้นการปลูกถั่วเหลืองในพื้นที่ที่ดินมีธาตุฟอสฟอรัสเพียงพอ (> 12 ppm) ไม่จำเป็นต้องใส่ปุ๋ยทั้ง 2 ชนิด

10. การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

ผลการศึกษานี้สามารถนำไปเป็นข้อมูลเบื้องต้นเพื่อเป็นแนวทางการศึกษาด้านการใช้ปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟตในการปลูกถั่วเหลืองต่อไป

11. คำขอขอบคุณ

ผู้ดำเนินการวิจัยและคณะขอขอบพระคุณกรมวิชาการเกษตรและสำนักงานสภาวิจัยแห่งชาติในการสนับสนุนงบประมาณในการดำเนินการวิจัยทั้งหมด

12. เอกสารอ้างอิง

- กรมวิชาการเกษตร. 2545. เกษตรดีที่เหมาะสมสำหรับถั่วเหลือง. โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด. 26 หน้า.
- จงรัช จันทรเจริญสุข. 2541. การวิเคราะห์ดิน และพืชทางเคมี. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 213 หน้า.
- ไพรัตน์ พิมพ์ศิริกุล และนุจรีย์ บุญแปลง. 2539. การศึกษาการใช้เชื้อไรโซเบียม ร่วมกับจุลินทรีย์ที่สามารถละลายฟอสเฟต ในการเพิ่มผลผลิตของถั่วเหลือง บนชุดดินสรรพยา และชุดดินเชียงใหม่. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. ระบบออนไลน์ แหล่งสืบค้น : <http://www.kmitl.ac.th/~kasoil/research/research14.html> (14 มีนาคม 2557)
- ภาวนา ลิกขานนท์. 2542. การย่อยละลายฟอสเฟตโดยเชื้อจุลินทรีย์. กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. , กรุงเทพฯ.
- ศรีสม สุวรรณวงศ์. 2547. การวิเคราะห์ธาตุอาหารพืช. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพมหานคร. 141 หน้า
- Bray II, R.H. and L.T. Kurtz. 1945 Determination of total, organic and available forms of phosphorus in soils. *Soil Sci.* 59: 39-45.
- Peech , M. 1965. Hydrogen-Ion Activity. pp. 914-926. In *Methods of Soil Analysis Part 2*. C.A. Black (ed.) American society of Agronomy, Inc., Publisher. USA
- Pervaiz Z., Hussain K., Kazmi S.S.H. and Gill K.H. 2004. Agronomic efficiency of different N:P ratios in rain fed wheat. *International Journal of Agriculture & Biology* 6(3): 455-457.

- Suwanarit, A., A. Potichan, M. Qadir, and C. Suwannarat. 1978. Soil factors limiting growth and yield of soybean grown on Khorat and Roi et soils. *Thai J. Agr. Sci.* 11: 273-286.
- Walkley, A. and I.A. Black, 1947. Chromic acid titration method for determination of soil organic matter. *Soil. Sci. Amer. Proc.* 63:257.