



รายงานโครงการวิจัยเทคโนโลยีเมล็ดพันธุ์

ประสิทธิภาพของปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟต

เมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองในชุดดินที่สำคัญ

Efficiency of Phosphate Solubilizing Bio Fertilizer
for Yield and Seed Quality of Soybean in Important Soils

นางสาวจุฑามาส ฟักทองพรรณ

Miss Juthamas Fakthongphan

ปี พ.ศ. 2561



รายงานโครงการวิจัยเทคโนโลยีเมล็ดพันธุ์

ประสิทธิภาพของปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟตต่อผลผลิตและคุณภาพ
เมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองในชุดดินที่สำคัญ

Efficiency of Phosphate Solubilizing Bio Fertilizer
for Yield and Seed Quality of Soybean in Important Soils

นางสาวจุฑามาส ฟักทองพรรณ

Miss Juthamas Fakthongphan

ปี พ.ศ. 2561

บทนำ

ปุ๋ยเคมีนับว่าเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีความสำคัญต่อการผลิตเมล็ดพันธุ์พืช ปัจจุบันจะใช้ในรูปที่พืชสามารถนำไปใช้ได้ทันที ได้แก่ ปุ๋ยไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม ซึ่งเป็นปุ๋ยธาตุอาหารหลักที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตแต่การใช้ปุ๋ยเคมีต่อเนื่องกันเป็นเวลานานจะเกิดการตรึงธาตุอาหารให้อยู่ในรูปที่ไม่สามารถละลายน้ำได้โดยเฉพาะธาตุฟอสฟอรัส ธาตุฟอสฟอรัสในดินส่วนใหญ่พบประมาณ 95-99 เปอร์เซ็นต์ มักถูกตรึงให้อยู่ในรูป Fe-P Al-P หรือ Ca-P ปัญหาการตรึงฟอสฟอรัสในรูปที่ไม่เป็นประโยชน์นี้มักเกิดได้ง่ายในกลุ่มดินเหนียวสีแดง มีการสะสมของเหล็กออกไซด์ และการใช้ปุ๋ยอย่างสม่ำเสมอในกลุ่มดินนี้จะพบปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในดินสูงแต่ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่ำซึ่งน้อยกว่า 6 ppm ซึ่งเกิดการตรึงฟอสฟอรัสในรูป Fe-P เช่น ชุดดินปากช่อง ชุดดินแม่ริม เป็นต้น และกลุ่มดินตะกอนแม่น้ำ (Alluvial Soils) มีความอุดมสมบูรณ์ค่อนข้างสูง ดินมีลักษณะร่วนเหนียวหรือร่วนเหนียวปนทรายแปง มีปริมาณฟอสฟอรัสสูงประมาณ 25-45 ppm เช่น ชุดดินกำแพงแสน ชุดดินราชบุรี และชุดดินหางดง เป็นต้น ซึ่งดินทั้งสองกลุ่มนี้เป็นแหล่งผลิตเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองที่สำคัญทางภาคเหนือของไทย

การศึกษาในครั้งนี้เป็นการนำเทคโนโลยีปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟตมาใช้ในการผลิตพืชให้ได้ผลผลิตเพิ่มมากขึ้นและเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตเมล็ดพันธุ์ ลดต้นทุนการผลิต ซึ่งการนำปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟตมาใช้ในการจัดการดินและปุ๋ยจะส่งเสริมการเจริญเติบโตของถั่วเหลือง และส่งผลถึงผลผลิตและคุณภาพเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองให้เพิ่มขึ้นในดินที่ขาดแคลนธาตุฟอสฟอรัส โดยปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟตจะมีจุลินทรีย์ประเภทเชื้อรา *Penicillium* sp. และ/หรือ เชื้อแบคทีเรีย *Pseudomonas* sp. ที่สามารถละลายฟอสฟอรัสในรูปที่ไม่ละลายออกมาเป็นประโยชน์แก่พืชเพิ่มมากขึ้น ดังนั้นจึงจำเป็นต้องทำการศึกษาประสิทธิภาพของปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟตต่อผลผลิตและ

คุณภาพเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองในชุดดินที่สำคัญ เป็นทางเลือกในการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองให้กับเกษตรกรเพื่อลดต้นทุนในการผลิตเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองให้กับเกษตรกรอีกทางหนึ่ง

บทคัดย่อ

ประสิทธิภาพของปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟตต่อผลผลิตและคุณภาพเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองในดินภาคเหนือที่สำคัญบางชุดดิน โดยปลูกถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 ในชุดดินกำแพงแสน (Ks) ชุดดินแม่ริม (Mr) และชุดดินปากช่อง (Pc) ตัวแทนดินที่ใช้ปลูกถั่วเหลืองช่วงปลายฤดูฝน และชุดดินหางดง (Hd) และชุดดินราชบุรี (Rb) ตัวแทนดินที่ใช้ปลูกถั่วเหลืองช่วงฤดูแล้งหลังนา ในสภาพกระถางปี 2559 และแปลงเกษตรกร ปี 2560-2561 วางแผนการทดลองแบบ RCBD จำนวน 4 ซ้ำ และ ใส่ปุ๋ย 6 กรรมวิธี ได้แก่ 1) ใส่ปุ๋ยไนโตรเจน และปุ๋ยโพแทสเซียม (N-P₀-K) 2) ปุ๋ยไนโตรเจน ปุ๋ยฟอสฟอรัส และปุ๋ยโพแทสเซียม (N-P-K) 3) ปุ๋ยไนโตรเจน ปุ๋ยฟอสฟอรัสครึ่งอัตรา และปุ๋ยโพแทสเซียม (N-P_{0.5}-K) 4) ปุ๋ยไนโตรเจน ปุ๋ยโพแทสเซียม และปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟต (N-P₀-K+PSB) 5) ปุ๋ยไนโตรเจน ปุ๋ยฟอสฟอรัส ปุ๋ยโพแทสเซียม และปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟต (N-P-K+PSB) และ 6) ปุ๋ยไนโตรเจน ปุ๋ยฟอสฟอรัส ครึ่งอัตราปุ๋ยโพแทสเซียม และปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟต (N-P_{0.5}-K+PSB) พบว่า ถั่วเหลืองตอบสนองต่อปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟตทั้ง 5 ชุดดิน โดยการใส่ปุ๋ย N-P_{0.5}-K+PSB ทำให้ความสูงของต้น น้ำหนักต้นแห้งต่อกระถาง น้ำหนักฝักแห้งต่อกระถาง น้ำหนักเมล็ดพันธุ์ต่อกระถาง น้ำหนัก 100 เมล็ด และผลผลิตเมล็ดพันธุ์สูงกว่าการใส่ปุ๋ย N-P₀-K N-P-K และ N-P_{0.5}-K เพียงอย่างเดียว แต่ในสภาพแปลงเกษตรกรผลผลิตเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ นอกจากนี้ การใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัส

ร่วมกับปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟตมีผลให้คุณภาพเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองดีขึ้น โดยมีเปอร์เซ็นต์ความงอกและความแข็งแรงโดยวิธีเร่งอายุเพิ่มขึ้นด้วย

Abstract

Efficiency of phosphate solubilizing bio-fertilizer (PSB) on yield and seed quality of soybean in some important soils in the north region of Thailand was evaluated. Chiang Mai 60 soybean cultivar was grown on Kamphaeng Saen Series (Ks) Mae Rim series (Mr) and Pak Chong series (Pc) were planted soybeans in last rainy season and Hang Dong Series (Hd) Ratchaburi Series (Rb) were planted soybeans in last rainy season under pot and field conditions. The treatments consisted of NP_0K , NPK , $NP_{0.5}K$, NP_0K+PSB , $NPK+PSB$ and $NP_{0.5}K+PSB$. The results indicated that the soybean grown on 5 soil series responded to PSB application. Additionally, The $NP_{0.5}K+PSB$ fertilizer application resulted in higher stem length, dry weights of stem and pod, grain weights, 100 seed weights and seed yield of soybean than the $N-P_0-K$ $N-P-K$ and $N-P_{0.5}-K$ fertilizer but in the field condition, yield components and seed yields of soybean were not statistically different. Furthermore, The P fertilizer or the combination of P fertilizer and PSB enhanced yield and seed quality of soybean as well as increased germination percentage and seed vigor by accelerated aging test.

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

การนำปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟตมาใช้ในการจัดการดินและปุ๋ย จะส่งเสริมการเจริญเติบโตและส่งผลต่อผลผลิตและคุณภาพเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองเพิ่มขึ้น โดยปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟตจะมีจุลินทรีย์ประเภทเชื้อรา *Penicillium* sp. และ/หรือ เชื้อแบคทีเรีย *Pseudomonas* sp. ของกลุ่มงานวิจัยจุลินทรีย์ดินกลุ่มวิจัยปฐพีวิทยา กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร สามารถละลายฟอสฟอรัสในรูปที่ไม่ละลาย Ca-P และ Fe-P ออกมาเป็นประโยชน์แก่พืชเพิ่มมากขึ้น ซึ่งการทดสอบปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟตและปุ๋ยเคมีในการปลูกถั่วเหลืองในกระถาง ในกรรมวิธีที่มีการใส่ปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟต (PSB) ทุกกรรมวิธีจะทำให้การเจริญเติบโตและองค์ประกอบผลผลิตเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองเพิ่มขึ้นโดยเฉพาะกรรมวิธี $N-P_{0.5}-K+PSB$ ที่นำมาทดสอบทุกชุดดิน มีน้ำหนักฝักแห้งต่อกระถางมากกว่ากรรมวิธี $N-P-K$ เพิ่มขึ้นเฉลี่ยร้อยละ 30.9 น้ำหนักเมล็ดต่อ

กระถางมากกว่ากรรมวิธี N-P-K เพิ่มขึ้นเฉลี่ยร้อยละ 39.9 และน้ำหนัก 100 เมล็ด เพิ่มขึ้นเฉลี่ย ร้อยละ 8.2

เมื่อทำการทดสอบปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟตและปุ๋ยเคมีในการปลูกถั่วเหลืองในสภาพไร่นา ผลการเจริญเติบโตและองค์ประกอบผลผลิตเมล็ดพันธุ์สอดคล้องกับการทดสอบในกระถาง โดยเฉพาะ กรรมวิธี N-P_{0.5}-K+PSB ที่นำมาทดสอบทุกชุดดิน มีผลผลิตเมล็ดพันธุ์มากกว่ากรรมวิธี N-P-K ใน แปลงตัวแทนชุดดินทางดง ชุดดินกำแพงแสน ชุดดินแม่ริม ชุดดินปากช่อง และชุดดินราชบุรี เพิ่มขึ้น ร้อยละ 17.1 9.1 28.2 8.8 27.5 ตามลำดับ หรือเพิ่มขึ้นเฉลี่ยร้อยละ 18.1 สอดคล้องกับ Cai Bai-yan et al. (2008) ทำการศึกษาผลของปุ๋ยฟอสฟอรัสที่มีผลต่อผลผลิตและคุณภาพเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองพบว่า ปุ๋ยฟอสฟอรัส อัตรา 0.067 กรัม P₂O₅ ต่อดิน 1 กิโลกรัม ทำให้ผลผลิตเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง เช่นเดียวกับ John and William (1999) รายงานว่าในเวอร์จิเนียมีการเพิ่มผลผลิตและคุณภาพเมล็ดพันธุ์ ถั่วเหลืองให้มีความงอกเพิ่มขึ้นร้อยละ 10 โดยการใช้ปุ๋ยฟอสฟอรัสอัตรา 120 lb P₂O₅/A (21.7 กิโลกรัม ต่อไร่) การเติมเชื้อราละลายฟอสเฟต *Burkholderia multivarans* สายพันธุ์ Rs01 ร่วมกับการใส่ยูเรีย และโพแทสเซียมคลอไรด์ ในดินนากรดกำมะถัน (ชุดดินรังสิต) มีการตรึงฟอสฟอรัสในรูป Al-P พบว่าทำ ให้ความสูง เส้นรอบวง น้ำหนักแห้งของลำต้น และใบของข้าวโพดหวานที่ระยะออกไหม (54 วัน) สูงกว่า อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเทียบกับการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมร่วมกัน (สุภาพร และคณะ, 2553) และ Khatoon et al. (2011) ทำการศึกษาผลของปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟต และปุ๋ยฟอสฟอรัสสำหรับข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ (Single Cross 704) พบว่าการใช้ปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟต ร่วมกับปุ๋ยฟอสฟอรัสสามารถให้ผลผลิตมากที่สุดคือ 8.81 ตันต่อเฮกตาร์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

อย่างไรก็ตาม การทดสอบประสิทธิภาพปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟตและปุ๋ยเคมีในชุดดินทางดง ชุดดินกำแพงแสน ชุดดินแม่ริม ชุดดินปากช่อง และชุดดินราชบุรี ที่ใช้เป็นตัวแทนแปลงทดลอง พบว่า ดินมีความอุดมสมบูรณ์สูง และมีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ระดับปานกลางถึงสูง มีผลให้การ เจริญเติบโตองค์ประกอบผลผลิต ผลผลิตเมล็ดพันธุ์ และคุณภาพเมล็ดพันธุ์ ผลที่ได้ไม่มีความแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังนั้น การใช้ปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟตร่วมกับปุ๋ยฟอสฟอรัสช่วยเพิ่มผลผลิต พืชและลดปัญหาหมักพิษทางการเกษตร และการใช้ปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟตเหมาะสมสำหรับการทำ ระบบเกษตรอินทรีย์

กิจกรรม เทคโนโลยีการจัดการหลังการเก็บเกี่ยว

Technology of Post-harvest Management

นางสาวกัณทิมา ทองศรี

Miss Kantima Thongsri

นางสาวภัสสร วัฒนกุลภาคิน

Miss Papassorn Wattanakulpakin

นางสาวศุภลักษณ์ สัตยสมิทสถิต

Miss Supalak Sattayasamitsathit

นายจิระ สุวรรณประเสริฐ

Mr. Jira Suwanprasert

นายสนอง บัวเกตู

Mr. Sanong Buakete

คำสำคัญ ปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟต ฟอสฟอรัส ชุดดิน เมล็ดพันธุ์ ถั่วเหลือง

Key words Phosphate Solubilizing Bio Fertilizer, Phosphorus, Soil series, Seed, Soybean

บทคัดย่อ

ประสิทธิภาพของปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟตต่อผลผลิตและคุณภาพเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองในดินภาคเหนือที่สำคัญบางชุดดิน โดยปลูกถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 ในชุดดินกำแพงแสน (Ks) ชุดดินแม่ริม (Mr) และชุดดินปากช่อง (Pc) ตัวแทนดินที่ใช้ปลูกถั่วเหลืองช่วงปลายฤดูฝน และชุดดินหางดง (Hd) และชุดดินราชบุรี (Rb) ตัวแทนดินที่ใช้ปลูกถั่วเหลืองช่วงฤดูแล้งหลังนา ในสภาพกระถางปี 2559 และแปลงเกษตรกร ปี 2560-2561 วางแผนการทดลองแบบ RCBD จำนวน 4 ซ้ำ และ ใส่ปุ๋ย 6 กรรมวิธี ได้แก่ 1) ใส่ปุ๋ยไนโตรเจน และปุ๋ยโพแทสเซียม ($N-P_0-K$) 2) ปุ๋ยไนโตรเจน ปุ๋ยฟอสฟอรัส และปุ๋ยโพแทสเซียม ($N-P-K$) 3) ปุ๋ยไนโตรเจน ปุ๋ยฟอสฟอรัสครึ่งอัตรา และปุ๋ยโพแทสเซียม ($N-P_{0.5}-K$) 4) ปุ๋ยไนโตรเจน ปุ๋ยโพแทสเซียม และปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟต ($N-P_0-K+PSB$) 5) ปุ๋ยไนโตรเจน ปุ๋ยฟอสฟอรัส ครึ่งอัตราปุ๋ยโพแทสเซียม และปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟต ($N-P_{0.5}-K+PSB$) พบว่า ถั่วเหลืองตอบสนองต่อปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟตทั้ง 5 ชุดดิน โดยการใส่ปุ๋ย $N-P_{0.5}-K+PSB$ ทำให้ความสูงของต้น น้ำหนักต้นแห้งต่อกระถาง น้ำหนักฝักแห้งต่อกระถาง น้ำหนักเมล็ดพันธุ์ต่อกระถาง น้ำหนัก 100 เมล็ด และผลผลิตเมล็ดพันธุ์สูงกว่าการใส่ปุ๋ย $N-P_0-K$ $N-P-K$ และ $N-P_{0.5}-K$ เพียงอย่างเดียว แต่ในสภาพแปลงเกษตรกรผลผลิตเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ นอกจากนี้ การใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสร่วมกับปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟตมีผลให้คุณภาพเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองดีขึ้น โดยมีเปอร์เซ็นต์ความงอกและความแข็งแรงโดยวิธีเร่งอายุเพิ่มขึ้นด้วย

Abstract

Efficiency of phosphate solubilizing bio-fertilizer (PSB) on yield and seed quality of soybean in some important soils in the north region of Thailand was evaluated. Chiang Mai 60 soybean cultivar was grown on Kamphaeng Saen Series (Ks) Mae Rim series (Mr) and Pak Chong series (Pc) were planted soybeans in last rainy season and Hang Dong Series (Hd) Ratchaburi Series (Rb) were planted soybeans in last rainy season under pot and field conditions. The treatments consisted of NP_0K , NPK , $NP_{0.5}K$, NP_0K+PSB , $NPK+PSB$ and $NP_{0.5}K+PSB$. The results indicated that the soybean grown on 5 soil series responded to PSB application. Additionally, The $NP_{0.5}K+PSB$ fertilizer application resulted in higher stem length, dry weights of stem and pod, grain weights, 100 seed weights and seed yield of soybean than the $N-P_0-K$ $N-P-K$ and $N-P_{0.5}-K$ fertilizer but in the field condition, yield components and seed yields of soybean were not statistically different. Furthermore, The P fertilizer or the combination of P fertilizer and PSB enhanced yield and seed quality of soybean as well as increased germination percentage and seed vigor by accelerated aging test.

บทนำ

ปุ๋ยเคมีนับว่าเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีความสำคัญต่อการผลิตเมล็ดพันธุ์พืช ปัจจุบันจะใช้ในรูปที่พืชสามารถนำไปใช้ได้ทันที ได้แก่ ปุ๋ยไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม ซึ่งเป็นปุ๋ยธาตุอาหารหลักที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตแต่การใช้ปุ๋ยเคมีต่อเนื่องกันเป็นเวลานานจะเกิดการตรึงธาตุอาหารให้อยู่ในรูปที่ไม่สามารถละลายน้ำได้โดยเฉพาะธาตุฟอสฟอรัส ธาตุฟอสฟอรัสในดินส่วนใหญ่พบประมาณ 95-99 เปอร์เซ็นต์ มักถูกตรึงให้อยู่ในรูป Fe-P Al-P หรือ Ca-P ปัญหาการตรึงฟอสฟอรัสในรูปที่ไม่เป็นประโยชน์นี้มักเกิดได้ง่ายในกลุ่มดินเหนียวสีแดง มีการสะสมของเหล็กออกไซด์ และการใช้ปุ๋ยอย่างสม่ำเสมอในกลุ่มดินนี้จะพบปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในดินสูงแต่ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่ำซึ่งน้อยกว่า 6 ppm ซึ่งเกิดการตรึงฟอสฟอรัสในรูป Fe-P เช่น ชุดดินปากช่อง ชุดดินแม่ริม เป็นต้น และกลุ่มดินตะกอนแม่น้ำ (Alluvial Soils) มีความอุดมสมบูรณ์ค่อนข้างสูง ดินมีลักษณะร่วนเหนียวหรือร่วนเหนียวปนทรายแปง มีปริมาณฟอสฟอรัสสูงประมาณ 25-45 ppm เช่น ชุดดินกำแพงแสน ชุดดินราชบุรี และชุดดินหางดง เป็นต้น ซึ่งดินทั้งสองกลุ่มนี้เป็นแหล่งผลิตเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองที่สำคัญทางภาคเหนือของไทย

ฟอสฟอรัสเป็นธาตุอาหารหลักที่จำกัดการเจริญเติบโตของพืช (Iqbal et al., 2001) มีบทบาทในการส่งเสริมและเร่งการเจริญเติบโตในส่วนที่เป็นดอก ช่วยในการผสมเกสร การติดเมล็ด และการสุกของผล เนื่องจากพืชต้องการฟอสฟอรัสในกระบวนการสังเคราะห์แสงสร้างแป้งและน้ำตาล กระบวนการเปลี่ยนน้ำตาลเป็นแป้ง กระบวนการถ่ายทอดพันธุกรรม การตรึงไนโตรเจน และเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของโปรตีนและเอนไซม์ต่างๆที่จำเป็นต่อกระบวนการเมตาบอลิซึมของพืชด้วย (Bray and Weil, 2008; Mehrvarz et al., 2008; สรสิทธิ์, 2518) ฟอสฟอรัสเป็นธาตุอาหารที่สำคัญในเมล็ดพืช มีการสะสมอยู่ในรูปอินทรีย์ฟอสเฟตจำพวก phytin และ phospholipid เป็นแหล่งฟอสเฟตของต้นกล้าที่เริ่มงอกเมื่อรากยังไม่สามารถหาฟอสเฟตมาใช้ได้ และมีผลต่อการงอกของราก (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2548; จิระศักดิ์ และคณะ, 2548) ฟอสฟอรัสยังทำให้การพัฒนาเมล็ดพืชและคุณค่าทางอาหารของเมล็ดพืชสูงขึ้น (De Datta, 1981) ดินที่มี pH เป็นกรดมักมีปัญหาการขาดแคลนฟอสฟอรัสโดยการตรึงฟอสฟอรัสในรูปของ Fe-P และ Al-P ไว้มากซึ่งเป็นรูปที่ไม่เป็นประโยชน์ต่อพืช (Violante et al., 1991) ทำให้พืชที่ปลูกในสภาพดินกรดแสดงอาการขาดธาตุฟอสฟอรัสได้ (Awad et al., 1976; Jibrin et al., 2002) ศรีสม (2547) กล่าวว่า ระดับความเข้มข้นหรือปริมาณฟอสฟอรัสในถั่วเหลืองที่ได้รับปริมาณน้อยอยู่ในช่วง 0.16 - 0.25 เปอร์เซ็นต์ ถั่วเหลืองจะแสดงอาการขาด ซึ่งเป็นระดับที่ทำให้เกิดการขาดธาตุอาหาร (critical deficient level)

Suwanarit et al. (1978) รายงานว่า ดินที่มีปริมาณฟอสฟอรัสที่สกัดด้วย Bray II ต่ำกว่า 4.2 ppm เป็นดินที่ขาดฟอสฟอรัสสำหรับการปลูกถั่วเหลือง Fox and Kamprath (1970) ประเมินความต้องการฟอสฟอรัสของดินสำหรับพืชจาก phosphorus adsorption isotherm พบว่า พืชส่วนใหญ่ต้องการฟอสฟอรัสในสารละลายดินที่ระดับ 0.2 ppm ในการทำให้ผลผลิตเพิ่มขึ้นร้อยละ 95 ของผลผลิตสูงสุด Cai Bai-yan et al. (2008) ทำการศึกษาผลของปุ๋ยฟอสฟอรัสที่มีผลต่อผลผลิตและคุณภาพเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง 3 สายพันธุ์ พบว่า ปุ๋ยฟอสฟอรัสอัตรา 0.067 กรัม P_2O_5 ต่อดิน 1 กิโลกรัม ทำให้ผลผลิตและปริมาณโปรตีนเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง John and William (1999) รายงานว่าในเวอร์จิเนียมีการเพิ่มผลผลิตและคุณภาพเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองให้มีความงอกเพิ่มขึ้นร้อยละ 10 โดยการใช้ปุ๋ยฟอสฟอรัสอัตรา 120 lb P_2O_5/A และถ้าใช้ปุ๋ยฟอสฟอรัสถึงอัตรา 400 lb P_2O_5/A สามารถลดปริมาณการเกิดโรคเมล็ดสีม่วงในถั่วเหลืองถึงร้อยละ 6 เช่นเดียวกับภาวณา และคณะ (2550) ทำการทดสอบประสิทธิภาพของเชื้อจุลินทรีย์ละลายฟอสเฟต RPS003F ใน micro-plot พบว่า การใช้เชื้อจุลินทรีย์ละลายฟอสเฟต RPS003F ร่วมกับหินฟอสเฟตในถั่วเหลืองทำให้ผลผลิตเพิ่มขึ้นมากกว่าการใส่หินฟอสเฟตอย่างเดียวประมาณร้อยละ 30

การศึกษาในครั้งนี้เป็นการนำเทคโนโลยีปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟตมาใช้ในการผลิตพืชให้ได้ผลผลิตเพิ่มมากขึ้นและเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตเมล็ดพันธุ์ ลดต้นทุนการผลิต ซึ่งการนำปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟตมาใช้ในการจัดการดินและปุ๋ยจะส่งเสริมการเจริญเติบโตของถั่วเหลือง และส่งผลถึงผลผลิตและคุณภาพเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองให้เพิ่มขึ้นในดินที่ขาดแคลนธาตุฟอสฟอรัส โดยปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟตจะมีจุลินทรีย์ประเภทเชื้อรา *Penicillium* sp. และ/หรือ เชื้อแบคทีเรีย *Pseudomonas* sp. ที่สามารถละลายฟอสฟอรัสในรูปที่ไม่ละลายออกมาเป็นประโยชน์แก่พืชเพิ่มมากขึ้น ดังนั้นจึงจำเป็นต้องทำการศึกษาประสิทธิภาพของปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟตต่อผลผลิตและคุณภาพเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองในชุดดินที่สำคัญ เป็นทางเลือกในการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองให้กับเกษตรกรเพื่อลดต้นทุนในการผลิตเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองให้กับเกษตรกร

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

1. การศึกษาการตอบสนองต่อปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟตของถั่วเหลือง

เก็บตัวอย่างดินจากแปลงเกษตรกรผู้ปลูกถั่วเหลืองในดินที่ดอน ได้แก่ ชุดดินกำแพงแสน (Ks) ที่ตำบลแม่ฮ้อย อำเภอแม่ฮ้อย จังหวัดเชียงใหม่ ชุดดินแมร์ิม (Mr) ที่ตำบลแม่ฮ้อย อำเภอแม่ฮ้อย จังหวัดเชียงใหม่ และชุดดินปากช่อง (Pc) ที่ตำบลมะลิกา อำเภอแม่ฮ้อย จังหวัดเชียงใหม่ และแปลงเกษตรกรผู้ปลูกถั่วเหลืองในดินนา ได้แก่ ชุดดินราชบุรี (Rb) ที่ตำบลสันโป่ง อำเภอแมร์ิม จังหวัดเชียงใหม่ และชุดดินหางดง (Hd) ที่ตำบลสันทราย อำเภอฝาง จังหวัดเชียงใหม่ ในปี 2559 ที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร จากผิวหน้าดินทำการวิเคราะห์สมบัติดินเบื้องต้น เช่น ค่า pH ปริมาณอินทรีย์วัตถุ ไนโตรเจนทั้งหมด ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ ฟอสฟอรัสทั้งหมด โปแทสเซียม แคลเซียม

แมกนีเซียม และเหล็กที่สกัดได้ ทำการปลูกพืชทดสอบในกระถางโดยใช้ถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 วางแผนการทดลองแบบบล็อกสุ่ม (Randomized Completely Block Design: RCBD) จำนวน 4 ซ้ำ และใส่ปุ๋ย 6 กรรมวิธี ได้แก่ 1) ใส่ปุ๋ยไนโตรเจน และ ปุ๋ยโพแทสเซียม (N-P₀-K) 2) ปุ๋ยไนโตรเจน ปุ๋ยฟอสฟอรัส และปุ๋ยโพแทสเซียม (N-P-K) 3) ปุ๋ยไนโตรเจน ปุ๋ยฟอสฟอรัสครึ่งอัตรา และปุ๋ยโพแทสเซียม (N-P_{0.5}-K) 4) ปุ๋ยไนโตรเจน ปุ๋ยโพแทสเซียม และปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟต (N-P₀-K+PSB) 5) ปุ๋ยไนโตรเจน ปุ๋ยฟอสฟอรัส ปุ๋ยโพแทสเซียม และปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟต (N-P-K+PSB) และ 6) ปุ๋ยไนโตรเจน ปุ๋ยฟอสฟอรัสครึ่งอัตราปุ๋ยโพแทสเซียม และปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟต (N-P_{0.5}-K+PSB) ผสมดิน 10 กิโลกรัมต่อกระถางกับปุ๋ยแต่ละกรรมวิธี โดยผสมดินกับปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟต (Phosphate Solubilizing Bio Fertilizer, PSB) ของกลุ่มงานวิจัยจุลินทรีย์ดิน กลุ่มวิจัยปฐพีวิทยา กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร อัตรา 60 กรัมต่อกระถาง ผสมคลุกเคล้าให้เข้ากันกับดิน และใส่ปุ๋ยยูเรียอัตรา 0.573 กรัม ยูเรียต่อกระถาง (37.30 mg N ต่อดิน 1 กิโลกรัม) ปุ๋ยทริปเปิลซูเปอร์ฟอสเฟตอัตรา 0.608 กรัม TSP ต่อกระถาง (27.98 มิลลิกรัม P₂O₅ ต่อดิน 1 กิโลกรัม) และปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์อัตรา 0.311 กรัม KCl ต่อกระถาง (18.64 มิลลิกรัม K₂O ต่อดิน 1 กิโลกรัม) ตามกรรมวิธีที่กำหนด (Table 1) ปลูกถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 จำนวน 5 เมล็ดต่อกระถาง เมื่อต้นกล้าอายุประมาณ 7 วัน ถอนต้นกล้าออกให้เหลือ 3 ต้นต่อกระถาง ให้น้ำและกำจัดวัชพืชโดยการถอนด้วยมือตลอดการเจริญเติบโต พันสารป้องกันกำจัดโรคและแมลงศัตรูพืชตามความเหมาะสม เมื่อพืชถึงช่วงเก็บเกี่ยวที่ระยะ R8 ทำการเก็บเกี่ยวผลผลิตโดยตัดส่วนเหนือผิวดิน นำไปชั่งน้ำหนักสดของลำต้น ฝัก และเมล็ด จากนั้นนำตัวอย่างไปเข้าตูบที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส จนน้ำหนักคงที่และชั่งน้ำหนักแห้ง และวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test

Table 1 NPK fertilizer and Phosphate-soluble fertilizer application rates in the pot condition.

Treatments	N (mg/kg)	P ₂ O ₅ (mg/kg)	K ₂ O (mg/kg)	PSB ^{1/} (g/plot)
1. ปุ๋ยไนโตรเจน และปุ๋ยโพแทสเซียม (N-P ₀ -K)	37.30	0	18.64	0
2. ปุ๋ยไนโตรเจน ปุ๋ยฟอสฟอรัส และปุ๋ยโพแทสเซียม (N-P-K)	37.30	27.98	18.64	0
3. ปุ๋ยไนโตรเจน ปุ๋ยฟอสฟอรัสครึ่งอัตรา และปุ๋ยโพแทสเซียม (N-P _{0.5} -K)	37.30	13.99	18.64	0
4. ปุ๋ยไนโตรเจน ปุ๋ยโพแทสเซียม และปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟต (N-P ₀ -K+PSB)	37.30	0	18.64	60

5. ปุ๋ยไนโตรเจน ปุ๋ยฟอสฟอรัส ปุ๋ยโพแทสเซียม และปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟต (N-P-K+PSB)	37.30	27.98	18.64	60
6. ปุ๋ยไนโตรเจน ปุ๋ยฟอสฟอรัสครึ่งอัตรา ปุ๋ยโพแทสเซียม และปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟต (N-P _{0.5} -K+PSB)	37.30	13.99	18.64	60

¹ปุ๋ย PBS คือ Phosphate Solubilizing Bio Fertilizer ปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟต

2. การศึกษาประสิทธิภาพปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟตต่อผลผลิตและคุณภาพเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง

ทำการปลูกถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 ในแปลงเกษตรกรผู้ปลูกถั่วเหลืองชุดดินกำแพงแสน (Ks) ที่ตำบลแม่ฮ้อย อำเภอแม่ฮ้อย จังหวัดเชียงใหม่ ชุดดินแม่ริม (Mr) ที่ตำบลแม่ฮ้อย อำเภอแม่ฮ้อย จังหวัดเชียงใหม่ และชุดดินปากช่อง (Pc) ที่ตำบลมะลิกา อำเภอแม่ฮ้อย จังหวัดเชียงใหม่ ช่วงปลายฤดูฝนปี 2560 และแปลงเกษตรกรผู้ปลูกถั่วเหลืองในดินนา ได้แก่ ชุดดินราชบุรี (Rb) ที่ตำบลสันโป่ง อำเภอแม่ริม จังหวัดเชียงใหม่ และชุดดินหางดง (Hd) ที่ตำบลสันทราย อำเภอฝาง จังหวัดเชียงใหม่ ช่วงฤดูแล้งหลังนาปี 2561 วางแผนการทดลองแบบบล็อกสุ่ม (Randomized Completely Block Design: RCBD) จำนวน 4 ซ้ำ และใส่ปุ๋ย 6 กรรมวิธี เช่นเดียวกับศึกษาการตอบสนองต่อปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟตของถั่วเหลือง โดยคลุกเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองด้วยปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมและ ปุ๋ย PSB อัตรา 200 และ 500 กรัมต่อเมล็ด 15 กิโลกรัม ตามลำดับ ใส่ปุ๋ย PSB ตามกรรมวิธีที่กำหนด พื้นที่ปลูกขนาดแปลงย่อย 4x6 ตารางเมตร พื้นที่เก็บเกี่ยว 3x5 ตารางเมตร ระยะปลูก 50x20 เซนติเมตร จำนวน 3 ต้นต่อหลุม พันสารป้องกันกำจัดวัชพืชเมื่อปลูกเสร็จ ใส่ปุ๋ยเคมีตามกรรมวิธีโดยใส่ปุ๋ยยูเรีย อัตรา 3 กิโลกรัม N ต่อไร่ ปุ๋ยทริบิเปิลซูเปอร์ฟอสเฟตอัตรา 9 กิโลกรัม P₂O₅ ต่อไร่ และปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์อัตรา 6 กิโลกรัม K₂O ต่อไร่ (Table 2) พันสารป้องกันกำจัดแมลงศัตรูพืชตามความเหมาะสม เมื่ออายุถั่วเหลืองถึงระยะสุกแก่ทางการเก็บเกี่ยว (R8) ดำเนินการเก็บเกี่ยวและกะเทาะเมล็ด ลดความชื้นเมล็ดพันธุ์ ชั่งน้ำหนักผลผลิตเมล็ดพันธุ์และสุ่มตัวอย่างเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองในแต่ละกรรมวิธีมาตรวจสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์ทางด้านความงอกและความแข็งแรงโดยวิธีเร่งอายุวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test

Table 2 NPK fertilizer and Phosphate-soluble fertilizer application rates in the field condition.

Treatments	N (kg/rai)	P ₂ O ₅ (kg/rai)	K ₂ O (kg/rai)	PSB ^{1/} (g/rai)
1. ปุ๋ยไนโตรเจน และปุ๋ยโพแทสเซียม (N-P ₀ -K)	3	0	6	0
2. ปุ๋ยไนโตรเจน ปุ๋ยฟอสฟอรัส และปุ๋ยโพแทสเซียม (N-P-K)	3	9	6	0

3. ปุ๋ยไนโตรเจน ปุ๋ยฟอสฟอรัสครึ่งอัตรา และปุ๋ยโพแทสเซียม (N-P _{0.5} -K)	3	4.5	6	0
4. ปุ๋ยไนโตรเจน ปุ๋ยโพแทสเซียม และปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟต (N-P ₀ -K+PSB)	3	0	6	500
5. ปุ๋ยไนโตรเจน ปุ๋ยฟอสฟอรัส ปุ๋ยโพแทสเซียม และปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟต (N-P-K+PSB)	3	9	6	500
6. ปุ๋ยไนโตรเจน ปุ๋ยฟอสฟอรัสครึ่งอัตรา ปุ๋ยโพแทสเซียม และปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟต (N-P _{0.5} -K+PSB)	3	4.5	6	500

^{1/4}ปุ๋ย PBS คือ Phosphate Solubilizing Bio Fertilizer ปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟต

ผลการวิจัย

1. การศึกษาการตอบสนองต่อปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟตของถั่วเหลือง

1.1 การศึกษาสมบัติบางประการของดินที่ปลูกในสภาพกระถาง

จากการสุ่มเก็บตัวอย่างดินที่เป็นแหล่งผลิตเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองที่สำคัญในเขตภาคเหนือ สามารถคัดเลือกตัวแทนดินที่นำมาศึกษาและมีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Avail. P) และปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด (Total P) ที่แตกต่างกัน ทั้งหมด 5 ชุดดิน ได้แก่ ชุดดินกำแพงแสน (Ks) ชุดดินแม่ริม (Mr) ชุดดินปากช่อง (Pc) ชุดดินหางดง (Hd) และชุดดินราชบุรี (Rb) จากการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีของดินพบว่า ดินส่วนใหญ่มีเนื้อดินเป็นดินเหนียวปนทรายแป้ง ยกเว้นชุดดินกำแพงแสน (Ks) และชุดดินแม่ริม (Mr) เป็นดินร่วน ปฏิกริยาดินเป็นกรดจัดมากถึงกรดเล็กน้อย (pH 4.7 - 6.2) ปริมาณอินทรีย์วัตถุอยู่ในระดับค่อนข้างต่ำถึงค่อนข้างสูง (% OM อยู่ระหว่าง 1.4 - 3.1) ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดอยู่ระดับต่ำมาก (% Total N อยู่ระหว่าง 0.06 - 0.15) ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินอยู่ระดับต่ำถึงสูงมาก (Avail. P อยู่ระหว่าง 8.8 - 147.6 mg P/kg) และปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดอยู่ระดับสูงมาก (% Total P อยู่ระหว่าง 0.34 - 0.65 mg P/kg) ซึ่งปกติปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Avail. P) ที่พืชสามารถนำไปใช้โดยตรงจะอยู่ในช่วง pH 6.0 - 7.0 และ 8.5 ขึ้นไป แต่ดินที่นำมาศึกษาเป็นกรดมีค่า pH ต่ำกว่า 6.0 ทำให้ปริมาณของแคลเซียม แมกนีเซียม เหล็ก อะลูมิเนียม และจุลธาตุที่มีประจุบวก (Ca, Mg, Fe, Al, Zn, Mn, Cu, และ Co) จะละลายออกมาจากดินมากเกินไป เห็นได้จากค่าวิเคราะห์ปริมาณแคลเซียมสูง (Ca อยู่ระหว่าง 3,952 - 8,554 mg Ca/kg) และปริมาณเหล็กสูง (Fe อยู่ระหว่าง 329.5 - 793.0 mg Fe/kg) มีผลให้แคลเซียมและเหล็กที่ละลายออกมาทำปฏิกิริยากับฟอสฟอรัสกลายเป็นสารประกอบของแคลเซียมฟอสเฟตและเหล็กฟอสเฟต เกิดการตรึงฟอสฟอรัสในรูป Ca-P และ Fe-P เป็นสารประกอบที่ละลายน้ำยากและตกตะกอน ทำให้พืชไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ ส่วนปริมาณโพแทสเซียมอยู่ระดับปานกลางถึงสูง (K อยู่ระหว่าง 84.0-330.0 mg K/kg) และปริมาณแมกนีเซียมอยู่ระดับต่ำถึงปานกลาง (Mg อยู่ระหว่าง 58.6 - 266.6 mg Mg/kg) (Table 3)

Table 3 Some physical and chemical properties of soils used in the pot condition.

Soil properties	Soil Series				
	Ks	Mr	Pc	Hd	Rb
Texture ^{1/}	Loam	Loam	Silty clay	Silty clay	Silty clay
pH ^{2/}	5.7	4.7	5.9	6.2	5.9
OM (%) ^{3/}	2.1	2.1	3.1	1.4	1.5
Total N (%) ^{4/}	0.10	0.10	0.15	0.06	0.07
Avail. P (mg/kg) ^{5/}	22.0	147.6	24.1	8.8	62.4
Total P (%) ^{6/}	0.65	0.41	0.45	0.41	0.34
K (mg/kg) ^{7/}	192.0	210.0	330.0	84.0	306.0
Ca (mg/kg) ^{7/}	8,395	3,952	8,554	5,983	7,434
Mg (mg/kg) ^{7/}	240.9	58.6	205.1	94.5	266.6
Fe (mg/kg) ^{8/}	752.6	667.2	354.9	793.0	329.5

^{1/} pipette method (Blake, 1980)

^{5/} Bray II method (Bray II and Kurtz, 1945)

^{2/} pH meter (Soil : water; 1 : 1)

^{6/} In house method TE-CH-183 (AOAC, 2012)

^{3/} Walkley and Black method (Walkley and Black, 1934)

^{7/} Ammonium Acetate 1 N pH 7 extraction (Pratt, 1965)

^{4/} Kjeldahl method

^{8/} DTPA

1.2 ผลการตอบสนองต่อปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟตของถั่วเหลืองในกระถาง

การทดสอบปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟตและปุ๋ยเคมีต่อผลผลิตเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองในกระถาง ผลการเจริญเติบโตและองค์ประกอบผลผลิตเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง ดังนี้

1) ชุดดินกำแพงแสน (Ks) ในกรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ย N-P_{0.5}-K+PSB ต้นถั่วเหลืองมีความสูงมากที่สุดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติซึ่งมีความสูงเท่ากับ 103.1 เซนติเมตร แต่ไม่แตกต่างกันกับกรรมวิธี N-P-K N-P_{0.5}-K และ N-P-K+PSB เช่นเดียวกับน้ำหนักฝักแห้งต่อกระถาง และน้ำหนักเมล็ดพันธุ์ต่อกระถางในกรรมวิธี N-P_{0.5}-K+PSB มีน้ำหนักมากที่สุดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติเท่ากับ 130.1 และ 100.5 กรัม ตามลำดับ (Table 4)

2) ชุดดินแม่ริม (Mr) ในกรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ย N-P_{0.5}-K+PSB ถั่วเหลืองมีน้ำหนักฝักแห้งต่อกระถาง น้ำหนักเมล็ดต่อกระถางมากที่สุดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ เท่ากับ 105.9 และ 83.1 กรัม ตามลำดับ แต่ไม่แตกต่างกันกับกรรมวิธี N-P-K+PSB ส่วนน้ำหนัก 100 เมล็ด ในกรรมวิธี N-P-K+PSB มากที่สุดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ เท่ากับ เท่ากับ 15.9 กรัม แต่ไม่แตกต่างกันกับกรรมวิธี N-P₀-K+PSB และ N-P_{0.5}-K+PSB (Table 5)

3) ชุดดินปากช่อง (Pc) ในกรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ย N-P_{0.5}-K+PSB ถั่วเหลืองมีน้ำหนักฝักแห้งต่อกระถาง น้ำหนักเมล็ดต่อกระถาง และน้ำหนัก 100 เมล็ด มากที่สุดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ เท่ากับ 175.5 116.9 และ 17.0 กรัม ตามลำดับ (Table 6)

4) ชุดดินทางดง (Hd) ในกรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ย N-P-K N-P_{0.5}-K N-P-K+PSB และ N-P_{0.5}-K+PSB ต้นถั่วเหลืองมีความสูงมากที่สุดไม่แตกต่างกันทางสถิติ ซึ่งมีความสูงเท่ากับ 97.1 97.6 93.3 และ 91.8 เซนติเมตร ตามลำดับ น้ำหนักต้นแห้งต่อกระถาง น้ำหนักฝักแห้งต่อกระถาง และน้ำหนักเมล็ดพันธุ์ต่อกระถาง ในกรรมวิธี N-P_{0.5}-K+PSB มีน้ำหนักมากที่สุดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ เท่ากับ 45.1 166.1 และ 112.3 กรัม ตามลำดับ (Table 7)

5) ชุดดินราชบุรี (Rb) ในกรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ย N-P-K+PSB ต้นถั่วเหลืองมีความสูงมากที่สุดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติซึ่งมีความสูงเท่ากับ 92.2 เซนติเมตร แต่ไม่แตกต่างกันกับกรรมวิธี N-P-K N-P₀-K+PSB และ N-P_{0.5}-K+PSB ส่วนน้ำหนักฝักแห้งต่อกระถาง น้ำหนักเมล็ดต่อกระถาง และน้ำหนัก 100 เมล็ด ในกรรมวิธี N-P_{0.5}-K+PSB มีน้ำหนักมากที่สุดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ เท่ากับ 87.9 70.1 และ 16.4 กรัม ตามลำดับ (Table 8)

Table 4 Effects of NPK fertilizer and Phosphate-soluble fertilizer application rates in different treatments on yield components of soybean in the pot condition of Ks soil series.

Treatments	Stem length (cm) ^{1/}	No. of nodes/plant ^{1/}	No. of branches/plant ^{1/}	No. of pods/plant ^{1/}	Dry weights of stem/pot (g) ^{1/}	Dry weights of pod/pot (g) ^{1/}	grain weights (g/pot) ^{1/}	100 seed weights (g) ^{1/}
1. N-P ₀ -K	85.3 b	17	4	68	29.6	93.8 b	54.2 b	16.0
2. N-P-K	93.4 a	16	3	75	32.4	102.7 b	66.6 ab	16.6
3. N-P _{0.5} -K	92.1 a	18	5	81	35.5	117.1 ab	78.3 a	16.2
4. N-P ₀ -K+PSB	86.8 b	17	3	86	35.2	120.1 ab	79.7 a	16.0
5. N-P-K+PSB	89.9 ab	18	5	92	37.2	127.0 a	76.6 a	16.6
6. N-P _{0.5} -K+PSB	103.1 a	18	4	102	40.5	130.1 a	100.5 a	17.3
Mean	91.8	17	4	84	35.1	115.1	76.0	16.5
F-test	**	ns	ns	ns	ns	**	**	ns
C.V. (%)	14.09	10.28	19.56	31.70	23.23	37.12	37.08	17.80

^{1/} In a column, values followed by a common letter are not significantly different by Duncan's Multiple Rang Test (p ≤ 0.05)

- N-P₀-K = ปุ๋ยไนโตรเจน และปุ๋ยโพแทสเซียม
- N-P-K = ปุ๋ยไนโตรเจน ปุ๋ยฟอสฟอรัส และปุ๋ยโพแทสเซียม
- N-P_{0.5}-K = ปุ๋ยไนโตรเจน ปุ๋ยฟอสฟอรัสครึ่งอัตรา และปุ๋ยโพแทสเซียม
- N-P₀-K+PSB = ปุ๋ยไนโตรเจน ปุ๋ยโพแทสเซียม และปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟต
- N-P-K+PSB = ปุ๋ยไนโตรเจน ปุ๋ยฟอสฟอรัส ปุ๋ยโพแทสเซียม และปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟต
- N-P_{0.5}-K+PSB = ปุ๋ยไนโตรเจน ปุ๋ยฟอสฟอรัสครึ่งอัตรา ปุ๋ยโพแทสเซียม และปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟต

Table 5 Effects of NPK fertilizer and Phosphate-soluble fertilizer application rates in different treatments on yield components of soybean in the pot condition of Mr soil series.

Treatment	Stem length (cm) ^{1/}	No. of nodes/plant ^{1/}	No. of branches/plant ^{1/}	No. of pods/plant ^{1/}	Dry weights of stem/pot (g) ^{1/}	Dry weights of pod/pot (g) ^{1/}	grain weights (g/pot) ^{1/}	100 seed weights (g) ^{1/}
1. N-P ₀ -K	80.3	16	4	68	22.9	37.0 c	28.5 b	12.9 b
2. N-P-K	86.8	15	4	51	23.4	54.6 bc	35.5 b	12.2 b
3. N-P _{0.5} -K	88.7	16	4	50	23.6	51.0 bc	31.8 b	12.9 b
4. N-P ₀ -K+PSB	77.4	16	5	60	27.8	56.8 bc	39.3 b	13.0 ab
5. N-P-K+PSB	86.8	17	4	64	25.8	87.2 ab	64.7 a	15.9 a
6. N-P _{0.5} -K+PSB	86.9	17	4	80	29.9	105.9 a	83.1 a	13.3 ab
Mean	84.5	16	4	62	25.6	65.4	47.2	13.4
F-test	ns	ns	ns	ns	ns	**	**	**
C.V. (%)	11.29	9.09	20.39	33.39	21.10	38.73	38.42	13.64

^{1/} In a column, values followed by a common letter are not significantly different by Duncan's Multiple Rang Test (p ≤ 0.05)

- N-P₀-K = ปุ๋ยไนโตรเจน และปุ๋ยโพแทสเซียม
- N-P-K = ปุ๋ยไนโตรเจน ปุ๋ยฟอสฟอรัส และปุ๋ยโพแทสเซียม
- N-P_{0.5}-K = ปุ๋ยไนโตรเจน ปุ๋ยฟอสฟอรัสครึ่งอัตรา และปุ๋ยโพแทสเซียม
- N-P₀-K+PSB = ปุ๋ยไนโตรเจน ปุ๋ยโพแทสเซียม และปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟต
- N-P-K+PSB = ปุ๋ยไนโตรเจน ปุ๋ยฟอสฟอรัส ปุ๋ยโพแทสเซียม และปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟต
- N-P_{0.5}-K+PSB = ปุ๋ยไนโตรเจน ปุ๋ยฟอสฟอรัสครึ่งอัตรา ปุ๋ยโพแทสเซียม และปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟต

Table 6 Effects of NPK fertilizer and Phosphate-soluble fertilizer application rates in different treatments on yield components of soybean in the pot condition of Pc soil series.

Treatment	Stem length (cm) ^{1/}	No. of nodes/plant ^{1/}	No. of branches/plant ^{1/}	No. of pods/plant ^{1/}	Dry weights of stem/pot (g) ^{1/}	Dry weights of pod/pot (g) ^{1/}	grain weights (g/pot) ^{1/}	100 seed weights (g) ^{1/}
1. N-P ₀ -K	92.4	19	4	110	39.1	136.5 b	73.8 c	14.6 c
2. N-P-K	86.3	18	5	108	40.7	144.7 ab	79.3 bc	15.3 bc
3. N-P _{0.5} -K	96.8	19	7	113	43.1	147.4 ab	86.1 bc	16.3 ab
4. N-P ₀ -K+PSB	92.3	19	5	104	39.0	136.7 b	105.2 ab	15.9 ab
5. N-P-K+PSB	94.0	18	4	115	43.5	145.8 ab	107.0 ab	16.2 ab
6. N-P _{0.5} -K+PSB	86.4	19	6	124	42.5	175.5 a	116.9 a	17.0 a
Mean	91.4	19	5	112	41.3	147.8	94.7	15.9
F-test	ns	ns	ns	ns	ns	**	**	**
C.V. (%)	8.65	8.14	18.71	12.53	16.91	12.16	14.07	4.91

^{1/} In a column, values followed by a common letter are not significantly different by Duncan's Multiple Rang Test (p ≤ 0.05)

- N-P₀-K = ปุ๋ยไนโตรเจน และปุ๋ยโพแทสเซียม
- N-P-K = ปุ๋ยไนโตรเจน ปุ๋ยฟอสฟอรัส และปุ๋ยโพแทสเซียม
- N-P_{0.5}-K = ปุ๋ยไนโตรเจน ปุ๋ยฟอสฟอรัสครึ่งอัตรา และปุ๋ยโพแทสเซียม
- N-P₀-K+PSB = ปุ๋ยไนโตรเจน ปุ๋ยโพแทสเซียม และปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟต

N-P-K+PSB = ปุ๋ยไนโตรเจน ปุ๋ยฟอสฟอรัส ปุ๋ยโพแทสเซียม และปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟต
 N-P_{0.5}-K+PSB = ปุ๋ยไนโตรเจน ปุ๋ยฟอสฟอรัสครึ่งอัตรา ปุ๋ยโพแทสเซียม และปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟต

Table 7 Effects of NPK fertilizer and Phosphate-soluble fertilizer application rates in different treatments on yield components of soybean in the pot condition of Hd soil series.

Treatment	Stem length (cm) ^{1/}	No. of nodes/plant ^{1/}	No. of branches/plant ^{1/}	No. of pods/plant ^{1/}	Dry weights of stem/pot (g) ^{1/}	Dry weights of pod/pot (g) ^{1/}	grain weights (g/pot) ^{1/}	100 seed weights (g) ^{1/}
1. N-P ₀ -K	88.9 bc	18	5	94	34.5 b	126.4 b	76.2 b	15.8
2. N-P-K	97.1 a	18	5	99	35.9 b	145.0 ab	90.0 ab	17.7
3. N-P _{0.5} -K	97.6 a	18	5	103	40.1 ab	137.9 ab	84.4 b	16.9
4. N-P ₀ -K+PSB	83.6 c	18	5	115	37.9 b	154.7 a	94.9 ab	16.2
5. N-P-K+PSB	93.3 ab	18	5	104	36.0 b	152.8 a	92.6 ab	18.0
6. N-P _{0.5} -K+PSB	91.8 ab	18	5	131	45.1 a	166.1 a	112.3 a	17.4
Mean	92.05	18	5	108	38.3	147.2	91.7	17.0
F-test	**	ns	ns	ns	**	**	**	ns
C.V. (%)	5.12	4.90	17.83	15.35	10.83	11.38	11.79	8.58

^{1/} In a column, values followed by a common letter are not significantly different by Duncan's Multiple Rang Test (p ≤ 0.05)

N-P₀-K = ปุ๋ยไนโตรเจน และปุ๋ยโพแทสเซียม
 N-P-K = ปุ๋ยไนโตรเจน ปุ๋ยฟอสฟอรัส และปุ๋ยโพแทสเซียม
 N-P_{0.5}-K = ปุ๋ยไนโตรเจน ปุ๋ยฟอสฟอรัสครึ่งอัตรา และปุ๋ยโพแทสเซียม
 N-P₀-K+PSB = ปุ๋ยไนโตรเจน ปุ๋ยโพแทสเซียม และปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟต
 N-P-K+PSB = ปุ๋ยไนโตรเจน ปุ๋ยฟอสฟอรัส ปุ๋ยโพแทสเซียม และปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟต
 N-P_{0.5}-K+PSB = ปุ๋ยไนโตรเจน ปุ๋ยฟอสฟอรัสครึ่งอัตรา ปุ๋ยโพแทสเซียม และปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟต

Table 8 Effects of NPK fertilizer and Phosphate-soluble fertilizer application rates in different treatments on yield components of soybean in the pot condition of Rb soil series.

Treatment	Stem length (cm) ^{1/}	No. of nodes/plant ^{1/}	No. of branches/plant ^{1/}	No. of pods/plant ^{1/}	Dry weights of stem/pot (g) ^{1/}	Dry weights of pod/pot (g) ^{1/}	grain weights (g/pot) ^{1/}	100 seed weights (g) ^{1/}
1. N-P ₀ -K	68.9 b	14	3	29	19.5	37.3 b	7.3 b	7.0 b
2. N-P-K	80.7 ab	15	4	32	22.2	39.8 b	13.4 b	10.7 b
3. N-P _{0.5} -K	72.3 b	14	3	30	18.9	39.7 b	24.9 ab	12.3 ab
4. N-P ₀ -K+PSB	79.3 ab	15	4	52	26.1	68.7 a	48.7 ab	14.4 a
5. N-P-K+PSB	92.2 a	16	3	45	26.3	73.8 a	51.4 ab	13.8 ab
6. N-P _{0.5} -K+PSB	79.6 ab	16	4	69	28.3	87.9 a	70.1 a	16.4 a

Mean	78.8	15	4	43	23.6	57.9	36.0	12.4
F-test	*	ns	ns	ns	ns	**	**	**
C.V. (%)	13.32	9.68	28.06	26.28	31.20	31.81	26.37	28.89

^{1/} In a column, values followed by a common letter are not significantly different by Duncan's Multiple Rang Test ($p \leq 0.05$)

N-P ₀ -K	= ปุ๋ยไนโตรเจน และปุ๋ยโพแทสเซียม
N-P-K	= ปุ๋ยไนโตรเจน ปุ๋ยฟอสฟอรัส และปุ๋ยโพแทสเซียม
N-P _{0.5} -K	= ปุ๋ยไนโตรเจน ปุ๋ยฟอสฟอรัสครึ่งอัตรา และปุ๋ยโพแทสเซียม
N-P ₀ -K+PSB	= ปุ๋ยไนโตรเจน ปุ๋ยโพแทสเซียม และปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟต
N-P-K+PSB	= ปุ๋ยไนโตรเจน ปุ๋ยฟอสฟอรัส ปุ๋ยโพแทสเซียม และปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟต
N-P _{0.5} -K+PSB	= ปุ๋ยไนโตรเจน ปุ๋ยฟอสฟอรัสครึ่งอัตรา ปุ๋ยโพแทสเซียม และปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟต

Table 9 Total N P and K uptake by soybean grown on 5 soil series.

Treatment	Soil Series				
	Ks	Mr	Pc	Hd	Rb
Total N uptake (mg N pot⁻¹)^{1/}					
1. N-P ₀ -K	3.11	3.05	2.32	2.93	2.38
2. N-P-K	2.43	2.91	3.44	3.73	2.30
3. N-P _{0.5} -K	2.31	2.70	4.09	2.56	2.25
4. N-P ₀ -K+PSB	2.03	2.83	2.55	3.81	3.32
5. N-P-K+PSB	6.01	3.33	3.27	4.07	2.80
6. N-P _{0.5} -K+PSB	2.86	3.22	3.64	3.99	2.92
F-test	ns	ns	ns	ns	ns
C.V. (%)	12.32	17.98	11.41	18.61	16.05
Total P uptake (mg P pot⁻¹)^{1/}					
1. N-P ₀ -K	0.23	0.44	0.20	0.52	0.21
2. N-P-K	0.20	0.37	0.34	0.61	0.20
3. N-P _{0.5} -K	0.17	0.36	0.36	0.55	0.17
4. N-P ₀ -K+PSB	0.20	0.49	0.23	0.70	0.23
5. N-P-K+PSB	0.51	0.50	0.34	0.69	0.22
6. N-P _{0.5} -K+PSB	0.25	0.52	0.36	0.65	0.21
F-test	ns	ns	ns	ns	ns
C.V. (%)	13.91	18.14	18.56	20.20	17.31
Total K uptake (mg K pot⁻¹)^{1/}					
1. N-P ₀ -K	3.43	4.04	3.28	3.28	2.86
2. N-P-K	1.60	3.36	4.58	4.58	2.64
3. N-P _{0.5} -K	1.99	3.54	5.66	5.66	2.73

4. N-P ₀ -K+PSB	2.17	3.57	3.46	3.46	4.09
5. N-P-K+PSB	6.52	3.92	4.45	4.45	3.14
6. N-P _{0.5} -K+PSB	2.97	3.60	4.23	4.23	3.35
F-test	ns	ns	ns	ns	ns
C.V. (%)	11.57	17.12	13.34	13.34	16.27

^{1/} In a column, values followed by a common letter are not significantly different by Duncan's Multiple Rang Test ($p \leq 0.05$)

2. การศึกษาประสิทธิภาพปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟตต่อผลผลิตและคุณภาพเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง

2.1 การศึกษาสมบัติบางประการของดินที่ปลูกในสภาพไร่นา

การวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีของดินก่อนการทดสอบปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟตในสภาพไร่นา (Table 10) แปลงทดสอบในช่วงฤดูฝนปี 2560 พบว่า ชุดดินกำแพงแสน (Ks) มีเนื้อดินเป็นดินร่วน ปฏิกิริยาดินเป็นกรดปานกลาง (pH 5.7) ปริมาณอินทรีย์วัตถุอยู่ในระดับปานกลาง (% OM เท่ากับ 2.10%) ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินอยู่ระดับสูง (Avail. P เท่ากับ 22.0 mg P/kg) และปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดอยู่ระดับสูงมาก (% Total P เท่ากับ 0.65 mg P/kg) ปริมาณโพแทสเซียมอยู่ระดับสูงมาก (K เท่ากับ 192.0 mg K/kg) ปริมาณแคลเซียมสูง (Ca เท่ากับ 8,395.0 mg Ca/kg) และปริมาณเหล็กสูง (Fe เท่ากับ 752.6 mg Fe/kg) และปริมาณแมกนีเซียมอยู่ระดับสูง (Mg เท่ากับ 657.8 mg Mg/kg) ชุดดินแมริม (Mr) มีเนื้อดินเป็นดินร่วนเหนียว ปฏิกิริยาดินเป็นกรดจัด (pH 5.5) ปริมาณอินทรีย์วัตถุอยู่ในระดับค่อนข้างสูง (% OM เท่ากับ 2.50 %) ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินอยู่ระดับสูงมาก (Avail. P เท่ากับ 63.0 mg P/kg) และปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดอยู่ระดับสูง (% Total P เท่ากับ 0.41 mg P/kg) ปริมาณโพแทสเซียมอยู่ระดับสูงมาก (K เท่ากับ 475.0 mg K/kg) ปริมาณแคลเซียมสูง (Ca เท่ากับ 765.0 mg Ca/kg) และปริมาณเหล็กสูง (Fe เท่ากับ 89.8 mg Fe/kg) และปริมาณแมกนีเซียมอยู่ระดับปานกลาง (Mg เท่ากับ 113.5 mg Mg/kg) และชุดดินปากช่อง (Pc) มีเนื้อดินเป็นดินเหนียว ปฏิกิริยาดินเป็นกรดเล็กน้อย (pH 6.2) ปริมาณอินทรีย์วัตถุอยู่ในระดับสูง (% OM เท่ากับ 4.00 %) ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินอยู่ระดับปานกลาง (Avail. P เท่ากับ 18.9 mg P/kg) และปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดอยู่ระดับสูง (% Total P เท่ากับ 0.45 mg P/kg) ปริมาณโพแทสเซียมอยู่ระดับสูงมาก (K เท่ากับ 525.0 mg K/kg) ปริมาณแคลเซียมสูง (Ca เท่ากับ 2,620.0 mg Ca/kg) และปริมาณเหล็กสูง (Fe เท่ากับ 26.3 mg Fe/kg) และปริมาณแมกนีเซียมอยู่ระดับสูง (Mg เท่ากับ 657.8 mg Mg/kg) ส่วนแปลงทดสอบในช่วงฤดูแล้งหลังการทำนาปี 2561 พบว่า ชุดดินทางดง (Hd) มีเนื้อดินเป็นดินเหนียวปนทรายแป้ง ปฏิกิริยาดินเป็นกรดปานกลาง (pH 5.8) ปริมาณอินทรีย์วัตถุอยู่ในระดับปานกลาง (% OM เท่ากับ 1.62%) ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินอยู่ระดับสูงมาก (Avail. P เท่ากับ 229.0 mg P/kg) และปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดอยู่ระดับสูงมาก (% Total P เท่ากับ 0.62 mg P/kg) ปริมาณโพแทสเซียมอยู่ระดับปานกลาง (K เท่ากับ 84.0 mg K/kg) ปริมาณแคลเซียมสูง (Ca เท่ากับ 888.0 mg Ca/kg) และปริมาณเหล็กสูง (Fe เท่ากับ 128.0 mg Fe/kg) ส่วน และปริมาณแมกนีเซียมอยู่ระดับปานกลาง (Mg เท่ากับ 73.0 mg Mg/kg) ส่วนชุดดินราชบุรี (Rb) มีเนื้อดินเป็นดิน

เหนียวปนทรายแป้ง ปฏิกริยาดินเป็นกรดปานกลาง (pH 4.7) ปริมาณอินทรีย์วัตถุอยู่ในระดับค่อนข้างสูง (% OM เท่ากับ 3.12 %) ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินอยู่ระดับสูง (Avail. P เท่ากับ 25.4 mg P/kg) และปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดอยู่ระดับสูง (% Total P เท่ากับ 0.43 mg P/kg) ปริมาณโพแทสเซียมอยู่ระดับสูงมาก (K เท่ากับ 144.0 mg K/kg) ปริมาณแคลเซียมสูง (Ca เท่ากับ 1,620.0 mg Ca/kg) และปริมาณเหล็กสูง (Fe เท่ากับ 124.0 mg Fe/kg) และปริมาณแมกนีเซียมอยู่ระดับปานกลาง (Mg เท่ากับ 240.9 mg Mg/kg)

Table 10 Some physical and chemical properties of soils used in the field condition.

Soil properties	Soil Series				
	Ks	Mr	Pc	Hd	Rb
Texture ^{1/}	Loam	Clay Loam	clay	Silty clay	Silty clay
pH ^{2/}	5.70	5.48	6.21	5.84	4.69
OM (%) ^{3/}	2.10	2.50	4.00	1.62	3.12
Total N (%) ^{4/}	0.10	0.13	0.20	0.07	0.08
Avail. P (mg/kg) ^{5/}	22.0	63.0	18.9	299.0	25.4
Total P (%) ^{6/}	0.65	0.41	0.45	0.62	0.43
K (mg/kg) ^{7/}	192.0	475.0	525.0	84.0	144.0
Ca (mg/kg) ^{7/}	8,395.0	765.0	2,620.0	888.0	1,620.0
Mg (mg/kg) ^{7/}	240.9	113.5	657.8	73.0	197.0
Fe (mg/kg) ^{8/}	752.6	89.8	26.3	128.0	124.0

^{1/} pipette method (Blake, 1980)

^{2/} pH meter (Soil : water; 1 : 1)

^{3/} Walkley and Black method (Walkley and Black, 1934)

^{4/} Kjeldahl method

^{5/} Bray II method (Bray II and Kurtz, 1945)

^{6/} In house method TE-CH-183 (AOAC, 2012)

^{7/} Ammonium Acetate 1 N pH 7 extraction (Pratt, 1965)

^{8/} DTPA

^{9/} ดำเนินการปลูกทดสอบในสภาพไร่ช่วงปลายฤดูฝน ปี 2560

2.2 ผลการตอบสนองต่อปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟตของถั่วเหลืองในสภาพไร่ร่นา

การปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟตและปุ๋ยเคมีต่อผลผลิตเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองในสภาพไร่ร่นา ผลการเจริญเติบโตและองค์ประกอบผลผลิตเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง ดังนี้

1) การใส่ปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟตและปุ๋ยเคมีทั้ง 6 กรรมวิธี ในชุดดินกำแพงแสน (Ks) ได้แก่ N-P₀-K N-P-K N-P_{0.5}-K N-P₀-K+PSB N-P-K+PSB และ N-P_{0.5}-K+PSB ต้นถั่วเหลืองมีความสูงอยู่ระหว่าง 39.5 - 44.6 เซนติเมตร จำนวนข้อ 16 - 17 ข้อต่อต้น จำนวนกิ่ง 4 - 5 กิ่งต่อต้น จำนวนฝัก 26 - 34 ฝักต่อต้น จำนวนเมล็ด 3 เมล็ดเมล็ดต่อฝัก น้ำหนัก 100 เมล็ด อยู่ระหว่าง 16.2 - 16.8 กรัม และผลผลิตเมล็ดพันธุ์ อยู่ระหว่าง 241.4 - 294.2 กิโลกรัมต่อไร่ (น้ำหนักผลผลิตเมล็ดพันธุ์มากที่สุดไม่

กรรมวิธี N-P_{0.5}-K+PSB เท่ากับ 294.2 กิโลกรัมต่อไร่) ซึ่งผลการเจริญเติบโตและองค์ประกอบผลผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวเหลืองไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 11)

2) ชุดดินชุดดินแม่ริม (Mr) ในกรรมวิธี N-P-K+PSB ต้นข้าวเหลืองมีความสูงมากที่สุดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติซึ่งมีความสูงเท่ากับ 54.0 เซนติเมตร และการใส่ปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟตและปุ๋ยเคมี ทั้ง 6 กรรมวิธี ในชุดดินชุดดินแม่ริม (Mr) ได้แก่ N-P₀-K N-P-K N-P_{0.5}-K N-P₀-K+PSB N-P-K+PSB และ N-P_{0.5}-K+PSB ต้นข้าวเหลืองมีจำนวนข้อ 9 - 11 ข้อต่อต้น จำนวนกิ่ง 2 - 3 กิ่งต่อต้น จำนวนฝัก 18 - 27 ฝักต่อต้น จำนวนเมล็ด 2 - 3 เมล็ดเมล็ดต่อฝัก น้ำหนัก 100 เมล็ด อยู่ระหว่าง 14.2 - 15.8 กรัม และผลผลิตเมล็ดพันธุ์ อยู่ระหว่าง 230.0 - 306.1 กิโลกรัมต่อไร่ (น้ำหนักผลผลิตเมล็ดพันธุ์มากที่สุดในกรรมวิธี N-P-K+PSB เท่ากับ 306.1 กิโลกรัมต่อไร่) ซึ่งองค์ประกอบผลผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวเหลืองไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 12)

3) การใส่ปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟตและปุ๋ยเคมีทั้ง 6 กรรมวิธี ในชุดดินปากช่อง (Pc) ได้แก่ N-P₀-K N-P-K N-P_{0.5}-K N-P₀-K+PSB N-P-K+PSB และ N-P_{0.5}-K+PSB ต้นข้าวเหลืองมีความสูงอยู่ระหว่าง 62.7 - 66.6 เซนติเมตร จำนวนข้อ 9 - 10 ข้อต่อต้น จำนวนกิ่ง 2 - 3 กิ่งต่อต้น จำนวนฝัก 35 - 40 ฝักต่อต้น จำนวนเมล็ด 3 เมล็ดเมล็ดต่อฝัก น้ำหนัก 100 เมล็ด อยู่ระหว่าง 16.7 - 17.1 กรัม และผลผลิตเมล็ดพันธุ์อยู่ระหว่าง 312.7 - 347.4 กิโลกรัมต่อไร่ (น้ำหนักผลผลิตเมล็ดพันธุ์มากที่สุดในกรรมวิธี N-P_{0.5}-K+PSB เท่ากับ 347.4 กิโลกรัมต่อไร่) ซึ่งผลการเจริญเติบโตและองค์ประกอบผลผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวเหลืองไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 13)

4) การใส่ปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟตและปุ๋ยเคมีทั้ง 6 กรรมวิธี ในชุดดินหางดง (Hd) ได้แก่ N-P₀-K N-P-K N-P_{0.5}-K N-P₀-K+PSB N-P-K+PSB และ N-P_{0.5}-K+PSB ต้นข้าวเหลืองมีความสูงอยู่ระหว่าง 40.1 - 44.2 เซนติเมตร จำนวนข้อ 9 - 10 ข้อต่อต้น จำนวนกิ่ง 4 กิ่งต่อต้น จำนวนฝัก 25 - 28 ฝักต่อต้น จำนวนเมล็ด 3 เมล็ดเมล็ดต่อฝัก น้ำหนัก 100 เมล็ด อยู่ระหว่าง 16.2 - 16.8 กรัม และผลผลิตเมล็ดพันธุ์อยู่ระหว่าง 404.6 - 473.6 กิโลกรัมต่อไร่ (น้ำหนักผลผลิตเมล็ดพันธุ์มากที่สุดในกรรมวิธี N-P_{0.5}-K+PSB เท่ากับ 473.6 กิโลกรัมต่อไร่) ซึ่งผลการเจริญเติบโตและองค์ประกอบผลผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวเหลืองไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 14)

5) การใส่ปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟตและปุ๋ยเคมีทั้ง 6 กรรมวิธี ในชุดดินราชบุรี (Rb) ได้แก่ N-P₀-K N-P-K N-P_{0.5}-K N-P₀-K+PSB N-P-K+PSB และ N-P_{0.5}-K+PSB ต้นข้าวเหลืองมีความสูงอยู่ระหว่าง 50.0 - 54.5 เซนติเมตร จำนวนข้อ 14 - 16 ข้อต่อต้น จำนวนกิ่ง 3 - 4 กิ่งต่อต้น จำนวนฝัก 30 - 65 ฝักต่อต้น จำนวนเมล็ด 3 เมล็ดเมล็ดต่อฝัก น้ำหนัก 100 เมล็ด อยู่ระหว่าง 13.6 - 13.9 กรัม และผลผลิตเมล็ดพันธุ์อยู่ระหว่าง 352.4 - 449.2 กิโลกรัมต่อไร่ (น้ำหนักผลผลิตเมล็ดพันธุ์มากที่สุดในกรรมวิธี N-P_{0.5}-K+PSB เท่ากับ 449.2 กิโลกรัมต่อไร่) ซึ่งผลการเจริญเติบโตและองค์ประกอบผลผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวเหลืองไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 15)

Table 11 Effects of NPK fertilizer and Phosphate-soluble fertilizer application rates in different

treatments on yield components and seed yields of soybean in the field condition of Ks soil series, last rainy season 2017.

Treatment	Stem length (cm) ^{1/}	No. of nodes/plant ^{1/}	No. of branches/plant ^{1/}	No. of pods/plant ^{1/}	No. of Seeds/pod ^{1/}	100 seed weights (g) ^{1/}	Seed yield (kg/rai) ^{1/}
1. N-P ₀ -K	43.5	17	4	26	3	16.4	269.7
2. N-P-K	43.2	17	4	31	3	16.2	241.4
3. N-P _{0.5} -K	44.6	17	4	30	3	16.2	290.1
4. N-P ₀ -K+PSB	40.1	16	5	32	3	16.8	266.5
5. N-P-K+PSB	39.5	17	5	34	3	16.7	290.4
6. N-P _{0.5} -K+PSB	40.8	16	5	34	3	16.6	294.2
Mean	42.0	17	5	31	3	16.5	275.4
F-test	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
C.V. (%)	6.65	10.11	12.06	29.12	3.14	2.65	9.71

^{1/} In a column, values followed by a common letter are not significantly different by Duncan's Multiple Rang Test ($p \leq 0.05$)

N-P₀-K = ปุ๋ยไนโตรเจน และปุ๋ยโพแทสเซียม

N-P-K = ปุ๋ยไนโตรเจน ปุ๋ยฟอสฟอรัส และปุ๋ยโพแทสเซียม

N-P_{0.5}-K = ปุ๋ยไนโตรเจน ปุ๋ยฟอสฟอรัสครึ่งอัตรา และปุ๋ยโพแทสเซียม

N-P₀-K+PSB = ปุ๋ยไนโตรเจน ปุ๋ยโพแทสเซียม และปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟต

N-P-K+PSB = ปุ๋ยไนโตรเจน ปุ๋ยฟอสฟอรัส ปุ๋ยโพแทสเซียม และปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟต

N-P_{0.5}-K+PSB = ปุ๋ยไนโตรเจน ปุ๋ยฟอสฟอรัสครึ่งอัตรา ปุ๋ยโพแทสเซียม และปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟต

Table 12 Effects of NPK fertilizer and Phosphate-soluble fertilizer application rates in different treatments on yield components and seed yields of soybean in the field condition of Mr soil series, last rainy season 2017.

Treatment	Stem length (cm) ^{1/}	No. of nodes/plant ^{1/}	No. of branches/plant ^{1/}	No. of pods/plant ^{1/}	No. of Seeds/pod ^{1/}	100 seed weights (g) ^{1/}	Seed yield (kg/rai) ^{1/}
1. N-P ₀ -K	45.6 b	10	2	22	2	15.2	230.0
2. N-P-K	51.2 ab	10	2	22	2	15.3	285.2
3. N-P _{0.5} -K	51.6 ab	11	3	27	3	14.8	280.5
4. N-P ₀ -K+PSB	47.0 b	10	2	21	2	15.2	256.4
5. N-P-K+PSB	54.0 a	10	2	27	2	15.2	306.1
6. N-P _{0.5} -K+PSB	45.8 b	9	3	18	2	14.2	294.8
Mean	49.2	10	2	23	2	15.0	275.5
F-test	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns
C.V. (%)	6.71	8.16	6.22	24.34	9.16	3.82	9.72

^{1/} In a column, values followed by a common letter are not significantly different by Duncan's Multiple Rang Test ($p \leq 0.05$)

N-P ₀ -K	= ปุ๋ยไนโตรเจน และปุ๋ยโพแทสเซียม
N-P-K	= ปุ๋ยไนโตรเจน ปุ๋ยฟอสฟอรัส และปุ๋ยโพแทสเซียม
N-P _{0.5} -K	= ปุ๋ยไนโตรเจน ปุ๋ยฟอสฟอรัสครึ่งอัตรา และปุ๋ยโพแทสเซียม
N-P ₀ -K+PSB	= ปุ๋ยไนโตรเจน ปุ๋ยโพแทสเซียม และปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟต
N-P-K+PSB	= ปุ๋ยไนโตรเจน ปุ๋ยฟอสฟอรัส ปุ๋ยโพแทสเซียม และปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟต
N-P _{0.5} -K+PSB	= ปุ๋ยไนโตรเจน ปุ๋ยฟอสฟอรัสครึ่งอัตรา ปุ๋ยโพแทสเซียม และปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟต

Table 13 Effects of NPK fertilizer and Phosphate-soluble fertilizer application rates in different treatments on yield components and seed yields of soybean in the field condition of Pc soil series, last rainy season 2017.

Treatment	Stem length (cm) ^{1/}	No. of nodes/plant ^{1/}	No. of branches/plant ^{1/}	No. of pods/plant ^{1/}	No. of Seeds/pod ^{1/}	100 seed weights (g) ^{1/}	Seed yield (kg/rai) ^{1/}
1. N-P ₀ -K	66.1	10	3	37	2	17.1	319.3
2. N-P-K	67.3	9	2	37	3	16.9	312.7
3. N-P _{0.5} -K	62.7	10	3	39	3	17.1	314.5
4. N-P ₀ -K+PSB	66.6	10	2	38	3	16.7	331.6
5. N-P-K+PSB	64.8	9	3	35	3	17.1	332.1
6. N-P _{0.5} -K+PSB	63.6	10	3	40	3	16.7	347.4
Mean	65.2	10	3	38	3	16.9	326.3
F-test	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
C.V. (%)	6.53	7.65	19.59	15.43	7.96	3.12	9.31

^{1/} In a column, values followed by a common letter are not significantly different by Duncan's Multiple Rang Test ($p \leq 0.05$)

N-P ₀ -K	= ปุ๋ยไนโตรเจน และปุ๋ยโพแทสเซียม
N-P-K	= ปุ๋ยไนโตรเจน ปุ๋ยฟอสฟอรัส และปุ๋ยโพแทสเซียม
N-P _{0.5} -K	= ปุ๋ยไนโตรเจน ปุ๋ยฟอสฟอรัสครึ่งอัตรา และปุ๋ยโพแทสเซียม

- N-P₀-K+PSB = ปุ๋ยไนโตรเจน ปุ๋ยโพแทสเซียม และปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟต
 N-P-K+PSB = ปุ๋ยไนโตรเจน ปุ๋ยฟอสฟอรัส ปุ๋ยโพแทสเซียม และปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟต
 N-P_{0.5}-K+PSB = ปุ๋ยไนโตรเจน ปุ๋ยฟอสฟอรัสครึ่งอัตรา ปุ๋ยโพแทสเซียม และปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟต

Table 14 Effects of NPK fertilizer and Phosphate-soluble fertilizer application rates in different treatments on yield components and seed yields of soybean in the field condition of Hd soil series, dry season 2018.

Treatment	Stem length (cm) ^{1/}	No. of nodes/plant ^{1/}	No. of branches/plant ^{1/}	No. of pods/plant ^{1/}	No. of Seeds/pod ^{1/}	100 seed weights (g) ^{1/}	Seed yield (kg/rai) ^{1/}
1. N-P ₀ -K	40.1	10	4	26	3	16.2	404.6
2. N-P-K	40.9	9	4	25	3	16.2	422.0
3. N-P _{0.5} -K	42.0	9	4	25	3	16.7	439.1
4. N-P ₀ -K+PSB	41.0	10	4	28	3	16.7	416.0
5. N-P-K+PSB	44.2	9	4	25	3	16.8	440.2
6. N-P _{0.5} -K+PSB	43.4	9	4	25	3	16.6	473.6
Mean	41.9	9	4	26	3	16.5	432.6
F-test	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
C.V. (%)	5.32	3.12	7.92	7.07	4.17	2.48	11.06

^{1/} In a column, values followed by a common letter are not significantly different by Duncan's Multiple Rang Test ($p \leq 0.05$)

- N-P₀-K = ปุ๋ยไนโตรเจน และปุ๋ยโพแทสเซียม
 N-P-K = ปุ๋ยไนโตรเจน ปุ๋ยฟอสฟอรัส และปุ๋ยโพแทสเซียม
 N-P_{0.5}-K = ปุ๋ยไนโตรเจน ปุ๋ยฟอสฟอรัสครึ่งอัตรา และปุ๋ยโพแทสเซียม
 N-P₀-K+PSB = ปุ๋ยไนโตรเจน ปุ๋ยโพแทสเซียม และปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟต
 N-P-K+PSB = ปุ๋ยไนโตรเจน ปุ๋ยฟอสฟอรัส ปุ๋ยโพแทสเซียม และปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟต
 N-P_{0.5}-K+PSB = ปุ๋ยไนโตรเจน ปุ๋ยฟอสฟอรัสครึ่งอัตรา ปุ๋ยโพแทสเซียม และปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟต

Table 15 Effects of NPK fertilizer and Phosphate-soluble fertilizer application rates in different treatments on yield components and seed yields of soybean in the field condition of Rb soil series, dry season 2018.

Treatment	Stem length (cm) ^{1/}	No. of nodes/plant ^{1/}	No. of branches/plant ^{1/}	No. of pods/plant ^{1/}	No. of Seeds/pod ^{1/}	100 seed weights (g) ^{1/}	Seed yield (kg/rai) ^{1/}
1. N-P ₀ -K	50.0	14	3	30	3	13.8	352.4
2. N-P-K	50.5	15	4	34	3	13.8	396.4
3. N-P _{0.5} -K	52.2	14	3	36	3	13.7	406.4
4. N-P ₀ -K+PSB	51.3	15	4	50	3	13.6	400.7
5. N-P-K+PSB	54.5	16	3	45	3	13.8	415.8
6. N-P _{0.5} -K+PSB	53.6	16	4	65	3	13.9	449.2
Mean	52.0	15	4	43	3	13.8	403.5

F-test	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
C.V. (%)	5.65	9.60	25.07	26.10	3.99	1.86	13.28

^{1/} In a column, values followed by a common letter are not significantly different by Duncan's Multiple Rang Test ($p \leq 0.05$)

- N-P₀-K = ปุ๋ยไนโตรเจน และปุ๋ยโพแทสเซียม
- N-P-K = ปุ๋ยไนโตรเจน ปุ๋ยฟอสฟอรัส และปุ๋ยโพแทสเซียม
- N-P_{0.5}-K = ปุ๋ยไนโตรเจน ปุ๋ยฟอสฟอรัสครึ่งอัตรา และปุ๋ยโพแทสเซียม
- N-P₀-K+PSB = ปุ๋ยไนโตรเจน ปุ๋ยโพแทสเซียม และปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟต
- N-P-K+PSB = ปุ๋ยไนโตรเจน ปุ๋ยฟอสฟอรัส ปุ๋ยโพแทสเซียม และปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟต
- N-P_{0.5}-K+PSB = ปุ๋ยไนโตรเจน ปุ๋ยฟอสฟอรัสครึ่งอัตรา ปุ๋ยโพแทสเซียม และปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟต

3. ประสิทธิภาพปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟตต่อคุณภาพเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง

จากการศึกษาประสิทธิภาพปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟตต่อคุณภาพเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง (Table 16 and Future 1) พบว่า คุณภาพเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองจากแปลงเกษตรกรทั้ง 5 ชุดดิน ก่อนที่จะดำเนินการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ ในชุดดินกำแพงแสน (Ks) มีเปอร์เซ็นต์ความงอกอยู่ระหว่าง 74 - 82% และความแข็งแรงโดยวิธีเร่งอายุอยู่ระหว่าง 59 - 69% เปอร์เซ็นต์ ชุดดินแม่ริม (Mr) มีเปอร์เซ็นต์ความงอกอยู่ระหว่าง 66 - 76% และความแข็งแรงโดยวิธีเร่งอายุอยู่ระหว่าง 52 - 67% ชุดดินปากช่อง (Pc) มีเปอร์เซ็นต์ความงอกอยู่ระหว่าง 68 - 78% และความแข็งแรงโดยวิธีเร่งอายุอยู่ระหว่าง 46 - 56% ชุดดินทางดง (Hd) มีเปอร์เซ็นต์ความงอกอยู่ระหว่าง 86 - 89% และความแข็งแรงโดยวิธีเร่งอายุอยู่ระหว่าง 69 - 83% ชุดดินราชบุรี (Rb) มีเปอร์เซ็นต์ความงอกอยู่ระหว่าง 94 - 98% และความแข็งแรงโดยวิธีเร่งอายุอยู่ระหว่าง 76 - 84% และภายหลังการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองที่ระยะ 3 และ 4 เดือน มีเปอร์เซ็นต์ความงอกและความแข็งแรงโดยวิธีเร่งอายุลดลงทุกกรรมวิธีซึ่งเป็นไปตามคุณภาพเมล็ดพันธุ์อายุการเก็บรักษา และการเสื่อมเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง ที่จะลดลงภายหลังการเก็บรักษาที่ระยะ 3 เดือนขึ้นไป เมื่อทำการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์เป็นเวลา 2 และ 4 เดือน ทำให้เมล็ดพันธุ์มีความงอกและความแข็งแรงลดลงอย่างรวดเร็วทำให้คุณภาพต่ำกว่ามาตรฐานเมล็ดพันธุ์ขยาย โดยเฉพาะการผลิตในฤดูฝนเมล็ดที่ได้มีมาตรฐานต่ำกว่าคุณภาพเมล็ดพันธุ์ เห็นได้จากคุณภาพความงอกและความแข็งแรงโดยวิธีเร่งอายุที่ทดสอบในแปลงที่เป็นตัวแทนชุดดินกำแพงแสน ชุดดินแม่ริม และชุดดินปากช่อง ที่ปลูกถั่วเหลืองในฤดูฝน (จงรักษ์ และคณะ, 2557)

Table 16 Effects of NPK fertilizer and Phosphate-soluble fertilizer application rates in 5 soil series on seed yield (kg/rai), seed germination (%), seed Vigor by AA test (%), last rainy season 2017 and dry season 2018.

Treatment	Germination (%) ^{1/}					Seed vigor (%) ^{1/}				
	Ks	Mr	Pc	Hd	Rb	Ks	Mr	Pc	Hd	Rb
1. N-P ₀ -K	78	70	76	88	94	63	55	52	82	77
2. N-P-K	82	76	78	88	97	69	64	54	79	85
3. N-P _{0.5} -K	78	75	71	89	97	71	67	56	83	76

4. N-P ₀ -K+PSB	74	66	72	89	98	59	52	46	83	76
5. N-P-K+PSB	76	74	68	86	98	66	62	50	69	77
6. N-P _{0.5} -K+PSB	79	75	73	89	98	67	62	51	80	84
Mean	78	73	73	88	97	66	60	52	79	79
F-test	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
C.V. (%)	7.21	7.97	7.34	3.48	1.56	10.21	13.12	10.32	8.17	10.06

^{1/} In a column, values followed by a common letter are not significantly different by Duncan's Multiple Rang Test ($p \leq 0.05$)

- N-P₀-K = ปุ๋ยไนโตรเจน และปุ๋ยโพแทสเซียม
N-P-K = ปุ๋ยไนโตรเจน ปุ๋ยฟอสฟอรัส และปุ๋ยโพแทสเซียม
N-P_{0.5}-K = ปุ๋ยไนโตรเจน ปุ๋ยฟอสฟอรัสครึ่งอัตรา และปุ๋ยโพแทสเซียม
N-P₀-K+PSB = ปุ๋ยไนโตรเจน ปุ๋ยโพแทสเซียม และปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟต
N-P-K+PSB = ปุ๋ยไนโตรเจน ปุ๋ยฟอสฟอรัส ปุ๋ยโพแทสเซียม และปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟต
N-P_{0.5}-K+PSB = ปุ๋ยไนโตรเจน ปุ๋ยฟอสฟอรัสครึ่งอัตรา ปุ๋ยโพแทสเซียม และปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟต

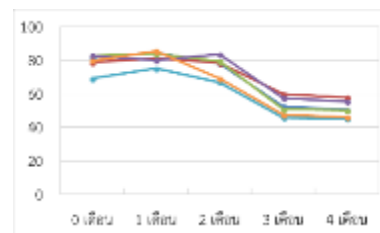
Hang Dong series: Hd

(% G)



(a)

(%AA)

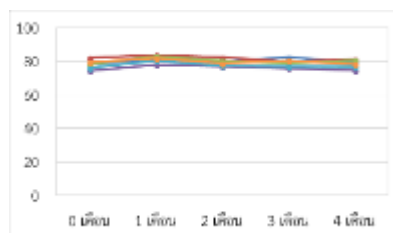


(b)

- N-P₀-K
- N-P-K
- N-P_{0.5}-K
- N-P₀-K+PSB
- N-P-K+PSB
- N-P_{0.5}-K+PSB

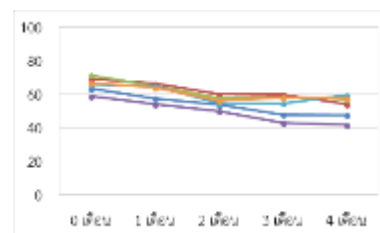
Kamphaeng Saen Series: Ks

(% G)



(c)

(%AA)

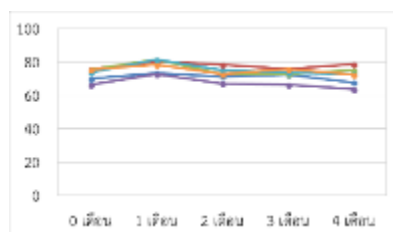


(d)

- N-P₀-K
- N-P-K
- N-P_{0.5}-K
- N-P₀-K+PSB
- N-P-K+PSB
- N-P_{0.5}-K+PSB

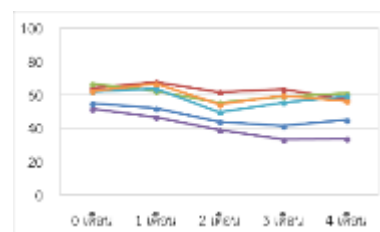
Mae Rim series: Mr

(% G)



(e)

(%AA)



(f)

- N-P₀-K
- N-P-K
- N-P_{0.5}-K
- N-P₀-K+PSB
- N-P-K+PSB
- N-P_{0.5}-K+PSB

Pak Chong series: Pc

(% G)

(%AA)

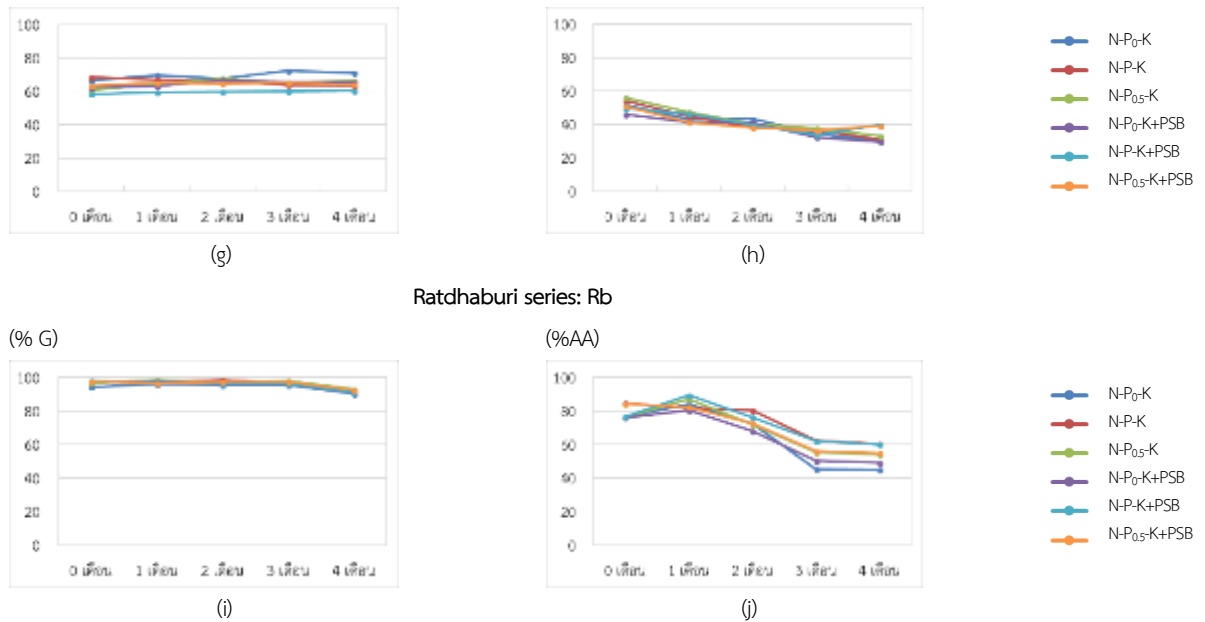


Figure 1 Effects of NPK fertilizer and Phosphate-soluble fertilizer application rates in 5 soil series on seed germination (%), seed Vigor by AA test (%) before storage between 4 months.

อภิปรายผล

การนำปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟตมาใช้ในการจัดการดินและปุ๋ย จะส่งเสริมการเจริญเติบโต และส่งผลต่อผลผลิตและคุณภาพเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองเพิ่มขึ้น โดยปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟตจะมี จุลินทรีย์ประเภทเชื้อรา *Penicillium* sp. และ/หรือ เชื้อแบคทีเรีย *Pseudomonas* sp. ของกลุ่ม งานวิจัยจุลินทรีย์ดินกลุ่มวิจัยปฐพีวิทยา กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการ เกษตร สามารถละลายฟอสฟอรัสในรูปที่ไม่ละลาย Ca-P และ Fe-P ออกมาเป็นประโยชน์แก่พืชเพิ่ม มากขึ้น ซึ่งการทดสอบปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟตและปุ๋ยเคมีในการปลูกถั่วเหลืองในกระถาง ในกรรมวิธีที่มีการใส่ปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟต (PSB) ทุกกรรมวิธีจะทำให้การเจริญเติบโตและ องค์ประกอบผลผลิตเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองเพิ่มขึ้นโดยเฉพาะกรรมวิธี N-P_{0.5}-K+PSB ที่นำมาทดสอบทุก ชุดดิน มีน้ำหนักฝักแห้งต่อกระถางมากกว่ากรรมวิธี N-P-K เพิ่มขึ้นเฉลี่ยร้อยละ 30.9 น้ำหนักเมล็ดต่อ กระถางมากกว่ากรรมวิธี N-P-K เพิ่มขึ้นเฉลี่ยร้อยละ 39.9 และน้ำหนัก 100 เมล็ด เพิ่มขึ้นเฉลี่ย ร้อยละ 8.2

เมื่อทำการทดสอบปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟตและปุ๋ยเคมีในการปลูกถั่วเหลืองในสภาพไร่ นา ผลการเจริญเติบโตและองค์ประกอบผลผลิตเมล็ดพันธุ์สอดคล้องกับการทดสอบในกระถาง โดยเฉพาะ กรรมวิธี N-P_{0.5}-K+PSB ที่นำมาทดสอบทุกชุดดิน มีผลผลิตเมล็ดพันธุ์มากกว่ากรรมวิธี N-P-K ใน แปลงตัวแทนชุดดินทางดง ชุดดินกำแพงแสน ชุดดินแม่ริม ชุดดินปากช่อง และชุดดินราชบุรี เพิ่มขึ้น ร้อยละ 17.1 9.1 28.2 8.8 27.5 ตามลำดับ หรือเพิ่มขึ้นเฉลี่ยร้อยละ 18.1 สอดคล้องกับ CAI Bai-yan et al. (2008) ทำการศึกษาผลของปุ๋ยฟอสฟอรัสที่มีผลต่อผลผลิตและคุณภาพเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองพบว่า

ปุ๋ยฟอสฟอรัส อัตรา 0.067 กรัม P_2O_5 ต่อดิน 1 กิโลกรัม ทำให้ผลผลิตเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง เช่นเดียวกับ John and William (1999) รายงานว่าในเวอร์จิเนียมีการเพิ่มผลผลิตและคุณภาพเมล็ดพันธุ์ ถั่วเหลืองให้มีความงอกเพิ่มขึ้นร้อยละ 10 โดยการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสอัตรา 120 lb P_2O_5/A (21.7 กิโลกรัม ต่อไร่) การเติมเชื้อราละลายฟอสเฟต *Burkholderia multivarans* สายพันธุ์ Rs01 ร่วมกับการใส่ยูเรีย และโพแทสเซียมคลอไรด์ ในดินนากรดกำมะถัน (ชุดดินรังสิต) มีการตรึงฟอสฟอรัสในรูป Al-P พบว่าทำให้ความสูง เส้นรอบวง น้ำหนักแห้งของลำต้น และใบของข้าวโพดหวานที่ระยะออกไหม (54 วัน) สูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเทียบกับการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมร่วมกัน (สุภาพร และคณะ, 2553) และ Khatoon et al. (2011) ทำการศึกษาผลของปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟต และปุ๋ยฟอสฟอรัสสำหรับข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ (Single Cross 704) พบว่าการใช้ปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟต ร่วมกับปุ๋ยฟอสฟอรัสสามารถให้ผลผลิตมากที่สุดคือ 8.81 ตันต่อเฮกตาร์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

อย่างไรก็ตาม การทดสอบประสิทธิภาพปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟตและปุ๋ยเคมีในชุดดินทางดง ชุดดินกำแพงแสน ชุดดินแม่ริม ชุดดินปากช่อง และชุดดินราชบุรี ที่ใช้เป็นตัวแทนแปลงทดลอง พบว่าดินมีความอุดมสมบูรณ์สูง และมีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ระดับปานกลางถึงสูง มีผลให้การเจริญเติบโตของพืชประกอบผลผลิต ผลผลิตเมล็ดพันธุ์ และคุณภาพเมล็ดพันธุ์ ผลที่ได้ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังนั้น การใช้ปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟตร่วมกับปุ๋ยฟอสฟอรัสช่วยเพิ่มผลผลิตพืชและลดปัญหาหมักพิษทางการเกษตร และการใช้ปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟตเหมาะสมสำหรับการทำระบบเกษตรอินทรีย์

สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

การใส่ปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟต (PSB) ในการผลิตเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองชุดดินกำแพงแสน (Ks) และชุดดินแม่ริม (Mr) ชุดดินปากช่อง (Pc) ในดินที่ตอนช่วงปลายฤดูฝน และชุดดินทางดง (Hd) และชุดดินราชบุรี (Rb) ในดินนาช่วงฤดูแล้งที่เป็นตัวแทนดินที่ใช้ในการปลูกถั่วเหลืองดินทางภาคเหนือ โดยการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน ปุ๋ยฟอสฟอรัสครั้งอัตรา และปุ๋ยโพแทสเซียมร่วมกับปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟต ($N-P_{0.5}-K+PSB$) ทำให้ความสูงของต้น น้ำหนักต้นแห้งต่อกระถาง น้ำหนักฝักแห้งต่อกระถาง น้ำหนักเมล็ดพันธุ์ต่อกระถาง น้ำหนัก 100 เมล็ด และผลผลิตเมล็ดพันธุ์สูงกว่าการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม ($N-P_0-K$ $N-P-K$ $N-P_{0.5}-K$) เพียงอย่างเดียว เมื่อนำไปทดสอบในแปลงเกษตรกร จากงานวิจัย พบว่า การใส่ปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟต (PSB) ไม่ทำให้ผลผลิตเมล็ดพันธุ์ น้ำหนัก 100 เมล็ด และเปอร์เซ็นต์ความงอกเพิ่มขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากดินที่นำมาศึกษามีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินอยู่ระดับสูงมากที่เพียงพอต่อการเจริญเติบโตของพืช ดังนั้น การปลูกถั่วเหลืองในชุดดินดังกล่าวสามารถลดการใช้ปุ๋ยฟอสเฟตลงได้ร้อยละ 50

เอกสารอ้างอิง

- คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา. 2548. ปฐพีวิทยาเบื้องต้น. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพมหานคร.
- จิระศักดิ์ อรุณศรี ภาวนา ลิกขนานนท์ สุภาพร ชรรณสุระกุล และสมปอง หมื่นแจ้. 2548. เอกสารวิชาการ ปุ๋ยชีวภาพและผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพ. เอกสารวิชาการลำดับที่ 7/2548. กลุ่มงานวิจัยจุลินทรีย์ดิน กลุ่มวิจัยปฐพีวิทยา สำนักวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ กรุงเทพมหานคร.
- ภาวนา ลิกขนานนท์ วิทยา ธนานุสนธิ์ ประพิศ แสงทอง และสุปราณี มั่นหมาย. 2550. การใช้ประโยชน์จากจุลินทรีย์ละลายฟอสเฟตในการเกษตร. เอกสารประกอบการประชุม วิชาการประจำปี 2550. กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ กรุงเทพมหานคร.
- ศรีสม สุวรรณวงศ์. 2547. การวิเคราะห์ธาตุอาหารพืช. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพมหานคร. 141 หน้า.
- สรสิทธิ์ วัชรโรทยาน. 2518. คู่มือประกอบคำบรรยายความอุดมสมบูรณ์ของดิน. ภาควิชาปฐพีวิทยา, คณะเกษตรศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, บางเขน, กรุงเทพฯ. 299 หน้า.
- สุภาพร จันรุ่งเรือง, เบญจมาศ รสโสภา และ กรรณิการ์ สัจจาพันธ์. 2553. ผลของแบคทีเรียละลายฟอสเฟต *Burkholderia* sp. สายพันธุ์ Rs01 ต่อการเจริญเติบโตของข้าวโพดหวานพันธุ์ อินทรี 2. วิทยาสารกำแพงแสน ปีที่ 8 ฉบับที่ 1. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม
- Awad, A.S., D.G. Edwards, and P.J. Milham. 1976. Effect of pH and phosphate on soluble soil aluminum and on growth and composition of kikuyu grass. *Plant Soil*. 45: 531-542.
- Bray, N. C. and R. R. Weil. 2008. The nature and properties of soils. 14 th ed. Pearson Education, Inc, Upper Saddle River, New Jersey. 960 p.
- CAI Bai-yan, G. Jing-ping and Z. Wei. 2008. Yield and quality of different soybean varieties as affected by different phosphorus supplies. *Plant nutrition and fertilizer science*. 14(1): 65-70.
- De Datta, S.K. 1981. Principles and practices of rice production. Jonh Wiley and Sons Inc., Canada.
- Jibrin, J.M., V.O. Chude, W.J. Horst and I.Y. Amapu. 2002. Effect of cover crops, lime and rock phosphate on maize (*Zea mays* L.) in an acidic soil of Northern Guinea Savanna of Nigeria. *J. of Agri. and Rural Development in the Tropics and Subtropics*. 103 (2): 169-176.

- John H. and J. William. 1999. Phosphorus improves crop quality.
Better crops with plant food, A publication of the international
plant nutrition institute (IPNI). Better Crops/Vol. 83 (1999, No. 1)
- Khatoon Y., M. Galavi, M. Ramrodi, and S.R. Mousavi. 2011. Effect of bio-phosphate
and chemical phosphorus fertilizer accompanied with micronutrient foliar
application on growth, yield and yield components of maize
(Single Cross 704). *AJCS* 5(2): 175-180
- Igual, J., M. A. Valverde, E. Cervantes and E. Velázquez. 2001. Phosphate-solubilizing
bacteria as inoculants for agriculture: use of updated molecular techniques
in their study. *Agron.* 21: 561-568.
- Mehrvarz, S., M. R. Chachi and H. A. Alikhani. 2008. Effect of phosphate solubilizing
microorganisms and phosphorus chemical fertilizer on yield and yield
components of barely (*Hordeum vulgare* L.). *J. Agri. Environ. Sci.* 3: 822-828.
- Suwanarit, A., A. Potichan, M. Quadir, 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.
- Violante, A.C. Colombo, and A. Buondonna. 1991. Competitive adsorption of
phosphate and oxalate by aluminum oxide. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 55: 65-70.