

รายงานผลงานเรื่องเต็มการทดลองที่สิ้นสุด

1. แผนงานวิจัย :-

2. โครงการวิจัย

: โครงการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตข้าวโพดฝักสด

กิจกรรม

: การวิจัยและพัฒนาการจัดการธาตุอาหารที่เหมาะสมสำหรับการผลิตข้าวโพดฝักสด

3. ชื่อการทดลอง

: ศึกษาการใช้ปุ๋ยแบบผสมผสานโดยใช้ปุ๋ยเคมี และปุ๋ยชีวภาพในการผลิตข้าวโพดฝักสด
ในเขตพื้นที่จังหวัดนครราชสีมา

: Appropriated Integrated Agricultural Inputs Management of Sweet Corn
in Nakhon Ratchasima Province

4. คณะผู้ดำเนินงาน

หัวหน้าการทดลอง : นางสุปราณี มั่นหมาย สังกัด กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร

ผู้ร่วมงาน : นายอธิปต์ย์ คลังบุญครอง สังกัด กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร

นายสนธยา ข้าตึบ สังกัด กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร

นางสาวรัชดา ปรัชเจริญวนิชย์ สังกัด ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรนครราชสีมา

สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 4

นางสาววนิดา โนบรรเทา สังกัด กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร

นางสาวแววตา พลกุล สังกัด กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร

5. บทคัดย่อ

Abstract

The experiment was conducted to evaluate the effects of integrated use of chemical fertilizers and phosphate bio-fertilizer on the production of sweet corn. It was done in Nakhon Ratchasima Province where sweet corn has popularity been cultivated during the years of 2016-2018. Randomized complete block design with six treatments and four replications was adopted for this experiment. The chemical fertilizers used in the experiments were quantitatively applied according to the soil analysis. The treatments were as follows: 1. N-P-K 2.N-1/2P-K 3.N-K 4.N-K and phosphate bio-fertilizer 5. N-1/2P-K and phosphate bio-fertilizer 6.N-1/2P-1/2K phosphate bio-fertilize. The result showed that the treatments of chemical fertilizers together with phosphate bio-fertilizer gave a better growth of sweet corn better than without phosphate bio-fertilizer, though the sweet corn yield from all treatments were not significantly different, that from the treatment with phosphate bio-fertilizer tended to be higher. Also, the value cost ratio from all

treatments with phosphate bio-fertilizer was higher than that from the treatments with only chemical fertilizer

Keywords: sweet corn, phosphate bio-fertilizer

บทคัดย่อ

ศึกษาการใช้ปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟตเพื่อการผลิตข้าวโพดฝักสดในพื้นที่จังหวัดนครราชสีมา ซึ่งเป็นพื้นที่ที่ปลูกข้าวโพดฝักสดเป็นจำนวนมาก ดำเนินการในปี 2559-2561 จำนวน 3 พื้นที่ในจังหวัดนครราชสีมา วางแผนการทดลองแบบ RCB 6 กรรมวิธี 4 ซ้ำ มีการใช้ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน คือ 1. N-P-K กิโลกรัม N-P₂O₅ - K₂O ต่อไร่ 2. N-1/2P-K กิโลกรัม N-P₂O₅-K₂O ต่อไร่ 3. N-0P-K กิโลกรัม N-P₂O₅ -K₂O ต่อไร่ 4. N-0P-K กิโลกรัม N-P₂O₅ -K₂O ต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟต 5. N-1/2P-K กิโลกรัม N-P₂O₅ -K₂O ต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟต 6. N-1/2P-1/2K กิโลกรัม N-P₂O₅ -K₂O ต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟต พบว่ากรรมวิธีที่มีการใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับการใช้ปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟตทำให้การเจริญเติบโตของข้าวโพดดีกว่าการใช้ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินเพียงอย่างเดียว ส่วนผลผลิตแม้ว่าจะไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่การใช้ปุ๋ยชีวภาพมีแนวโน้มให้ผลผลิตดีกว่าการใช้ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว นอกจากนี้พบว่าสัดส่วนต้นทุนต่อมูลค่าผลผลิต (Value cost ratio) การใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับการใช้ปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟต สูงกว่าการใช้ปุ๋ยเคมี ตามค่าวิเคราะห์ดินเพียงอย่างเดียว

คำหลัก : ข้าวโพด ปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟต

คำนำ

ข้าวโพดหวาน (sweet corn) เป็นพืชที่มีศักยภาพสูง เพราะปลูกง่าย ใช้ระยะเวลาการผลิตสั้น มีความเสี่ยงต่ำ ใช้สารเคมีน้อย นอกจากนี้ยังเหมาะสมสำหรับเกษตรกรในเขตที่มีน้ำ ข้าวโพดหวานจัดอยู่ในกลุ่มพืชเพื่อการส่งออก ซึ่งมีหลายรูปแบบ เช่น แปรรูปบรรจุกระป๋อง บรรจุทั้งเมล็ดและฝัก ข้าวโพดครีม บรรจุฝักในถุงพลาสติกสุญญากาศ แบบแช่แข็งทั้งเมล็ดและทั้งฝัก นอกจากนี้ ยังมีการนำต้น ใบ เปลือก และฝักเสียของข้าวโพดฝักสดไปใช้เลี้ยงโคนมกันอย่างแพร่หลาย หรือมีการไกลบเป็นปุ๋ยพืชสด ในบรรดาข้าวโพดฝักสด ข้าวโพดหวานจัดเป็นพืชที่สำคัญที่สุด เพราะมีการปลูกกันทั่วไป ผู้ผลิตรายใหญ่ของโลก คือ สหรัฐอเมริกา ฝรั่งเศส และฮังการี สำหรับในเขตเอเชียแปซิฟิก ข้าวโพดหวานมีความสำคัญอยู่ในประเทศ ญี่ปุ่น ไต้หวัน และไทยในปี 2558 ประเทศไทยมีการส่งออกข้าวโพดฝักอ่อนและข้าวโพดหวานในรูปแบบต่าง ๆ เป็นมูลค่ารวม 8,131 ล้านบาท นอกจากนี้ โรงงานแปรรูปทั้งหมดในประเทศต้องการผลผลิตข้าวโพดหวานประมาณ 1,200 ตันต่อวัน และคาดว่าปริมาณความต้องการจะเพิ่มขึ้นเป็น 1,700 ตันต่อวัน เนื่องจากความต้องการข้าวโพดฝักสดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นทุกปี ทั้งเพื่อใช้บริโภคฝักสด และอุตสาหกรรมส่งออก

ปัจจัยสำคัญในการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตข้าวโพดฝักสดนั้น นอกจากการใช้พันธุ์ที่เหมาะสมกับสภาพพื้นที่แล้ว ต้องมีการจัดการดิน การจัดการน้ำ และการจัดการธาตุอาหารให้เพียงพอและเหมาะสมต่อการผลิต

ข้าวโพดฝักสดแต่ละชนิดและแต่ละพื้นที่ เนื่องจากข้าวโพดฝักสดแต่ละชนิด แต่ละสายพันธุ์มีลักษณะประจำพันธุ์ และมีการตอบสนองต่อการใช้ปุ๋ยแตกต่างกัน แต่อัตราปุ๋ยที่แนะนำให้ใช้ในปัจจุบันยังเป็นคำแนะนำแบบกว้าง ๆ ของข้าวโพดฝักสด ไม่ได้เฉพาะเจาะจงกับสภาพพื้นที่ปลูกและสายพันธุ์ จึงทำให้การผลิตข้าวโพดฝักสดมี ประสิทธิภาพต่ำไม่เป็นไปตามเป้าหมาย อีกทั้งข้อมูลพื้นฐานด้านการจัดการธาตุอาหารในการผลิตข้าวโพดฝักสดมี น้อยมาก ดังนั้นจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีการพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต ข้าวโพดฝักสดที่ถูกต้องเหมาะสมตรงตามความต้องการของตลาดทั้งภายในและต่างประเทศ และเหมาะสมกับ ข้าวโพดฝักสดพันธุ์ใหม่ ๆ ที่ได้รับการปรับปรุงพันธุ์ ต้องพัฒนาคำแนะนำการใช้ปุ๋ยกับข้าวโพดฝักสดให้มีความ เฉพาะเจาะจงกับสภาพพื้นที่และพันธุ์ ซึ่งต้องเชื่อมโยงข้อมูลการจัดการธาตุอาหารพืชหลายด้าน เช่น ความ ต้องการธาตุอาหารของข้าวโพดฝักสดแต่ละสายพันธุ์ การตอบสนองต่อการใช้ปุ๋ยของข้าวโพดฝักสดใน สภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน และการจัดการปัจจัยการผลิตอย่างบูรณาการ เพื่อสามารถนำไปใช้ในการปรับปรุง การให้คำแนะนำการจัดการดินและการใช้ปุ๋ยสำหรับข้าวโพดอย่างมีประสิทธิภาพและมีความเฉพาะเจาะจงกับ สภาพพื้นที่เนื่องจากการตอบสนองของพืชต่อปัจจัยการผลิตที่ให้ผลผลิตที่พอเหมาะและให้ผลตอบแทนสูงสุด ต้องการดินที่มีสมบัติเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืชชนิดนั้น ๆ ดังนั้นการจัดการดินและการใช้ปุ๋ยให้ เหมาะสมกับสภาพพื้นที่ โดยใช้ปุ๋ยเคมีให้สอดคล้องกับระดับธาตุอาหารที่พืชต้องการ ซึ่งเป็นวิธีการหนึ่งที กำหนดการใช้ปุ๋ยให้มีประสิทธิภาพและสอดคล้องกับสภาพแวดล้อมนั้น ๆ

เกษตรกรส่วนใหญ่ใช้ปุ๋ยเคมีไม่เหมาะสม มีการใช้มากเกินไปหรือใช้น้อยเกินไป รวมทั้งมีการใช้สาร เสริมหรือวัสดุปรับปรุงดินเพิ่มมากขึ้น แต่ยังคงขาดความรู้ความเข้าใจที่ถูกต้อง มีผลกระทบต่อโครงสร้างและสมบัติ ของดิน ทำให้ดินเสื่อมสภาพ ถึงแม้ว่าเกษตรกรจะมีการใส่ปุ๋ยเคมีหรือปุ๋ยอินทรีย์ในการผลิตพืช แต่ก็ยังมีข้อสงสัย ว่าปริมาณธาตุอาหารที่ใส่ลงไปนั้นสามารถรักษาความสมดุลกับปริมาณธาตุอาหารที่สูญหายไปจากพื้นที่ได้หรือไม่ ทั้งนี้เนื่องจากธาตุอาหารพืชในดินอาจสูญหายไปจากพื้นที่ได้โดยติดออกไปกับผลผลิตที่นำออกไปจากพื้นที่ เพาะปลูก ไหลบ่าไปกับน้ำในพื้นที่ที่มีความลาดชัน การชะละลายสู่ชั้นดินล่างหรือน้ำใต้ดิน สูญหายไปในรูปแบบของ แก๊สแอมโมเนียในดินต่าง การเผาหรือนำวัสดุอินทรีย์ออกไปจากพื้นที่ ถ้าหากมีการจัดการดินที่ไม่ดี หรือไม่ได้ใส่ปุ๋ย หรือไกลบเศษซากพืชกลับลงไปในดินก็จะทำให้ดินมีศักยภาพในการผลิตลดลง ดังนั้นการจัดการธาตุอาหารพืช ควรมีการจัดการธาตุอาหารอย่างสมดุล นั่นคือ มีความสมดุลระหว่างปริมาณธาตุอาหารพืชที่ใส่ลงไปในพื้นที่ กับ ปริมาณธาตุอาหารที่สูญหายไปจากพื้นที่โดยวิธีการต่าง ๆ การผลิตพืชโดยใช้ปุ๋ยเคมี ปุ๋ยอินทรีย์ และปุ๋ยชีวภาพ แบบผสมผสานที่ถูกต้องเหมาะสมจะช่วยเพิ่มผลผลิตพืชทั้งเชิงปริมาณและคุณภาพ อีกทั้งทำให้ดินมีความอุดม สมบูรณ์มีศักยภาพการผลิตพืชอย่างยั่งยืน เพื่อเป็นแนวทางในการจัดการดินและปัจจัยการผลิตต่าง ๆ ในพื้นที่ ้อย่างถูกต้องและเหมาะสมในการผลิตข้าวโพดฝักสด ดังนั้นจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องพัฒนาคำแนะนำการ

ใช้ปุ๋ยกับข้าวโพดฝักสดให้มีความเฉพาะเจาะจงกับสภาพพื้นที่ โดยการศึกษาถึงความต้องการธาตุอาหารและการตอบสนองต่อการใช้ปุ๋ยของข้าวโพดฝักสดในสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน การจัดการปัจจัยการผลิตอย่างบูรณาการ และมีการจัดการธาตุอาหารพืชอย่างสมดุล เพื่อนำไปใช้ในการปรับปรุงการให้คำแนะนำการจัดการดินและการใช้ปุ๋ยสำหรับข้าวโพดอย่างมีประสิทธิภาพที่มีความเฉพาะเจาะจงกับสภาพพื้นที่นั้น ๆ ต่อไป

ในระบบนิเวศทางดินมีจุลินทรีย์อยู่หลากหลายชนิดที่เป็นประโยชน์ต่อพืช เช่นจุลินทรีย์ละลายฟอสเฟต *Pseudomonas*, *Bacillus*, *Rhizobium*, *Agrobacterium*, *Burkholderia* และ *Erwinia* เป็นต้น (Rodriguez and Fraga,1999; Yu *et al.*,2011) โดยจุลินทรีย์จะไปช่วยการสลายพันธะที่ถูกจับและตกตะกอน ฟอสเฟตด้วยการสร้างกรดอินทรีย์ และสารคีเลต เกิดการแลกเปลี่ยนไอออนและช่วยปลดปล่อยฟอสเฟตที่ถูกยึดตรึงอยู่ในดินให้เป็นประโยชน์แก่พืชมากขึ้น (Chung *et al.*, 2005) การใช้ปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟตชนิดรา *Penicillium pinophilum* สามารถช่วยลดการใช้ปุ๋ยเคมีฟอสเฟตลงได้ 25 เปอร์เซ็นต์ (ภาวนา และคณะ,2551) Sundara *et al.* (2002) ใช้จุลินทรีย์ละลายฟอสเฟต *Bacillus megatherium var. Phosphaticum* 10 กิโลกรัมต่อเฮกเตอร์ในการเพิ่มผลผลิตอ้อย พบว่าปริมาณฟอสฟอรัสที่พืชนำไปใช้ได้และปริมาณจุลินทรีย์ที่ใส่ลงไปมีปริมาณสูงขึ้น บริเวณรากอ้อย ส่งผลให้ผลผลิตอ้อยสูงขึ้น 12.6 เปอร์เซ็นต์ เปรียบเทียบกับการไม่ใส่เชื้อ และช่วยลดการใช้ปุ๋ยเคมีฟอสเฟตลงได้ 25 เปอร์เซ็นต์

การใส่ปุ๋ยชีวภาพจุลินทรีย์ละลายฟอสเฟตอาจเป็นแนวทางหนึ่งในการเพิ่มความเป็นประโยชน์ของปุ๋ยฟอสเฟตในดินต่าง รูปที่พืชไม่สามารถใช้ประโยชน์ได้ ให้อยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์กับพืชมากขึ้น ดังนั้นจึงได้ทำการศึกษาการใช้ปุ๋ยชีวภาพจุลินทรีย์ละลายฟอสเฟตร่วมกับปุ๋ยเคมี และปุ๋ยอินทรีย์ เพื่อเพิ่มศักยภาพการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในพื้นที่ดินต่าง

7. วิธีดำเนินการ

อุปกรณ์

1. ปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟต
2. ปุ๋ยเคมี ได้แก่ 46-0-0 ,0-46-0 และ0-0-60
3. ปุ๋ยอินทรีย์ ได้แก่ ปุ๋ยขี้ไก่
4. เมล็ดพันธุ์ข้าวโพดสงขลา80-4
5. สารเคมีและเครื่องมือแก้วสำหรับใช้ในการวิเคราะห์ดินและพืช
6. อาหารเลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์ Nutrient Agar (NA) Potato Dextrose Agar (PDA) และ สารปฏิชีวนะ

วิธีการ

การทดลองในปี 2559 วางแผนการทดลองแบบ RCB 6 กรรมวิธี 4 ซ้ำประกอบด้วย

1. 20-5-5 กิโลกรัม N-P₂O₅ -K₂O ต่อไร่
2. 20-2.5-5 กิโลกรัม N-P₂O₅ -K₂O ต่อไร่
3. 20-0-5 กิโลกรัม N-P₂O₅ -K₂O ต่อไร่

4. 20-0-5 กิโลกรัม N-P₂O₅-K₂O ต่อไร่+ ปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟต
5. 20-2.5-5 กิโลกรัม N-P₂O₅-K₂O ต่อไร่ + ปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟต
6. 20-2.5-2.5 กิโลกรัม N-P₂O₅-K₂O ต่อไร่ + ปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟต

การทดลองในปี 2560 วางแผนการทดลองแบบ RCB 6 กรรมวิธี 4 ซ้ำประกอบด้วย

1. 20-5-10 กิโลกรัม N-P₂O₅-K₂O ต่อไร่
2. 20-2.5-10 กิโลกรัม N-P₂O₅-K₂O ต่อไร่
3. 20-0-10 กิโลกรัม N-P₂O₅-K₂O ต่อไร่
4. 20-0-10 กิโลกรัม N-P₂O₅-K₂O ต่อไร่+ปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟต
5. 20-2.5-10 กิโลกรัม N-P₂O₅-K₂O ต่อไร่ +ปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟต
6. 20-2.5-5 กิโลกรัม N-P₂O₅-K₂O ต่อไร่ + ปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟต

การทดลองในปี 2561 วางแผนการทดลองแบบ RCB 6 กรรมวิธี 4 ซ้ำประกอบด้วย

1. 20-5-10 กิโลกรัม N-P₂O₅-K₂O ต่อไร่
2. 20-2.5-10 กิโลกรัม N-P₂O₅-K₂O ต่อไร่
3. 20-0-10 กิโลกรัม N-P₂O₅-K₂O ต่อไร่
4. 20-0-10 กิโลกรัม N-P₂O₅-K₂O ต่อไร่ + ปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟต
5. 20-2.5-10 กิโลกรัม N-P₂O₅-K₂O ต่อไร่ + ปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟต
6. 20-2.5-5 กิโลกรัม N-P₂O₅-K₂O ต่อไร่ + ปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟต

ใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน อัตรา 20-5-5 และ 20-5-10 กิโลกรัม N-P₂O₅-K₂O ต่อไร่และปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟตคลุกเมล็ดอัตรา 1 ถังต่อไร่ตามกรรมวิธีที่กำหนด

เตรียมแปลงย่อย ขนาด 4.5 x 5 เมตร เก็บตัวอย่างดินก่อนปลูกแต่ละแปลงย่อยมาวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและเคมีใส่ปุ๋ยอินทรีย์ และจุลินทรีย์ละลายฟอสเฟตรองกันหลุมพร้อมปลูกใช้ข้าวโพดหวานพันธุ์สงขลา 80-4 ระยะปลูก 75 x 25 เซนติเมตร หยอดข้าวโพด 2-3 เมล็ดต่อหลุม ใส่ปุ๋ยเคมีตามกรรมวิธีการทดลอง โรยปุ๋ยเคมีข้างแถวปลูกอัตราที่กำหนด เมื่อข้าวโพดอายุได้ 3 สัปดาห์ ถอนแยกให้เหลือ 1 ต้นต่อหลุม พร้อมกับใส่ปุ๋ยไนโตรเจนครั้งที่ 2 เก็บเกี่ยวข้าวโพดที่อายุประมาณ 75 วัน

เก็บตัวอย่างดินเพื่อวิเคราะห์สมบัติทางเคมี เก็บตัวอย่างดินที่ความลึก 0-20 และ 20-50 เซนติเมตร นำดินตากในที่ร่มให้แห้ง บดและร่อนผ่านตะแกรงขนาด 0.5 และ 2 มิลลิเมตร วิเคราะห์ความเป็นกรดต่าง ปริมาณอินทรีย์วัตถุ (Walkley and Black,1973) ปริมาณฟอสฟอรัสที่สกัดได้ และปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ (FAO,2008) เก็บตัวอย่าง ใบ ต้นและฝักข้าวโพดแต่ละกรรมวิธีมาวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารที่ดูดดึงไปใช้ เก็บตัวอย่างใบข้าวโพดใบที่ 3-4 จากยอดในระยะติดไหม ทำความสะอาดใบข้าวโพดและเมล็ดข้าวโพด อบในตูบที่

อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 48 ชั่วโมง จากนั้นบดให้ละเอียดเพื่อวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ปริมาณ ฟอสฟอรัส และปริมาณโพแทสเซียม (FAO,2008)

เวลาและสถานที่ : ดำเนินการตั้งแต่ปี พ.ศ. 2559-2561 ที่กลุ่มงานวิจัยจุลินทรีย์ดิน กลุ่มวิจัยปฐพีวิทยา กองวิจัย พัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร ปี พ.ศ. 2559-2560 ศูนย์วิจัยและพัฒนากาษตรนครราชสีมา ปี พ.ศ. 2561 แปลงเกษตรกร อำเภอพระทองคำ จังหวัดนครราชสีมา

8. ผลการทดลองและวิจารณ์

การทดลองในปี 2559 ทำการทดลองในศูนย์วิจัยและพัฒนากาษตรนครราชสีมา พบว่าดินที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้มีความเป็นกรดต่างเป็นกลางเท่ากับ 6.88 ปริมาณอินทรีย์วัตถุปานกลางเท่ากับ 1.77เปอร์เซ็นต์ ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์สูงเท่ากับ 137 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้สูงเท่ากับ190 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ละลายฟอสเฟตในแปลงทดลองที่คัดเลือกไว้ มีจำนวนจุลินทรีย์ที่มีชีวิต ประมาณ 3.5×10^7 โคโลนีต่อ 1 กรัมของดิน พบว่าไม่มีจุลินทรีย์ที่มีประสิทธิภาพละลายฟอสเฟตที่มีประสิทธิภาพสูงมีเพียงจุลินทรีย์ที่ละลายฟอสเฟตประสิทธิภาพต่ำ ไม่พบจุลินทรีย์ละลายฟอสเฟต (*Talaromyces aff. Macrospores*) ที่ใช้ในการทดลอง (Table 1)

Table 1 Characteristics of soil sample at Nakhon Ratchasima Province in 2016

Soil depth (cm)	pH (1:1)	OM (%)	AvailP (mg/Kg)	Exch-K (mg/Kg)	Microorganism (cfu/g.soil)
0-20	6.88	1.77	137	190	1.5×10^7
20-50	6.52	1.10	115	89	3.0×10^5

ด้านการเจริญเติบโต พบว่าความสูงที่ระยะเวลา 30 วัน การใช้ปุ๋ยเคมีอัตรา 20-2.5-2.5 กิโลกรัม N-P₂O₅-K₂O ต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟต มีความสูงสูงสุดเท่ากับ 89.2 เซนติเมตร แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกรรมวิธีต่าง ๆ แต่เมื่อระยะเวลา 60 วัน พบว่าความสูงของทุกกรรมวิธีไม่แตกต่างกัน ด้านผลผลิตข้าวโพดฝักสดแบบไม่ลอกเปลือกกรรมวิธี ใส่ปุ๋ยเคมี 20-2.5-5 กิโลกรัม N-P₂O₅-K₂O ต่อไร่ ร่วมกับการใช้ปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟตให้ผลผลิตสูงสุดเท่ากับ 2,837 กิโลกรัมต่อไร่ รองลงมาคือ ใส่ปุ๋ยเคมี 20-2.5-2.5 กิโลกรัม N-P₂O₅-K₂O ต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟต ให้ผลผลิตเท่ากับ 2,756 กิโลกรัมต่อไร่ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกรรมวิธีกับการใช้ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินเพียงอย่างเดียว ด้านความหวานพบว่าการใช้ปุ๋ยเคมี 20-2.5-2.5 กิโลกรัม N-P₂O₅-K₂O ต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟตให้ความหวานมากที่สุดเท่ากับ 12.38 เปอร์เซ็นต์ริกซ์ (Pocket Refract meter PAL-1, ATAGO, JAPAN) (Table 2) ซึ่งทุกกรรมวิธีความหวานไม่แตกต่างกัน หลังเก็บเกี่ยวตรวจนับการมีชีวิตรอดของจุลินทรีย์ละลายฟอสเฟต ยังคงมีปริมาณ 1.0×10^3 ถึง 1.0×10^4 โคโลนีต่อ 1 กรัมของดิน และยังคงมีประสิทธิภาพในการละลายตะกอน CaH₂PO₄

Table 2 Mean sweet corn height at 30 days and 60 days, sweetness, ear height, ear width, yield with husk and yield without husk in 2016.

Treatment	Height(cm.)		Sweetness (% brix)	Ear height (cm.)	Ear width (mm.)	Yield with husk (kg./rai)	Yield without husk (kg./rai)
	30 days	60 days					
20-5-5	87.6b	197.7	11.24	20.12a	55.92	2,577b	1,967
20-2.5-5	83.8cd	194.7	11.40	19.82ab	54.04	2,566b	1,906
20-0-5	84.8cd	199.0	11.64	19.84ab	54.14	2,542b	1,996
20-0-5 +bio-fertilizer	86.0bc	196.3	11.90	19.84ab	53.53	2,631ab	2,062
20-2.5-5	89.2a	194.2	12.32	19.75ab	53.30	2,837a	2,287

+bio-fertilizer							
20-2.5-2.5 +bio-fertilizer	83.2d	193.6	12.38	19.20b	53.24	2,756ab	2,145
CV (%)	2.1	2.7	7.1	2.9	3.9	12.9	13.6

1 Mean followed by a common letter are not different at P<0.05 level by DMRT

การทดลองในปี 2560 ทำการทดลองในศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรนครราชสีมา จากผลวิเคราะห์ดิน ก่อนปลูกพบว่า ดินค่อนข้างเป็นกรดเท่ากับ 5.29 ปริมาณอินทรีย์วัตถุปานกลางเท่ากับ 1.47 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณ ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ปานกลางเท่ากับ 17.46 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ปาน กลางเท่ากับ 52.38 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม มีปริมาณจุลินทรีย์ 1.5×10^7 โคโลนีต่อหน่วยของดิน 1 กรัม พบจุลินทรีย์ ละลายฟอสเฟตในปริมาณต่ำประมาณ 10^3 โคโลนีต่อหน่วยของดิน 1 กรัม และมีประสิทธิภาพการละลายฟอสเฟต ต่ำ ไม่พบจุลินทรีย์ละลายฟอสเฟต (*Talaromyces aff. macrospores*) ที่ใช้ในการทดลอง (Table 3)

Table 3 Characteristics of soil sample at Nakhon Ratchasima Province in 2017

Soil depth (cm)	pH (1:1)	OM (%)	Avail. P (mg/Kg)	Exch. K (mg/Kg)	Microorganism (cfu/g.soil)
0-20	5.29	1.47	17.46	52.38	1.5×10^7
20-50	5.89	1.10	23.05	102.04	3.0×10^5

ด้านการเจริญเติบโต พบว่าความสูงที่ระยะเวลา 30 และ 60 วัน ทุกกรรมวิธีไม่แตกต่างกัน การใส่ปุ๋ยเคมีตาม ค่าวิเคราะห์ดิน ทำให้ข้าวโพดสูงที่สุดเท่ากับ 119 และ 168 เซนติเมตร ตามลำดับ ส่วนผลผลิตข้าวโพดฝักสดแบบ ปอกเปลือกกรรมวิธี การใส่ปุ๋ยเคมี 20-0-10กิโลกรัม $N-P_2O_5-K_2O$ ต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟตให้ ผลผลิตสูงสุด 2,937 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งการใส่ปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟตร่วมกับการใช้ปุ๋ยเคมีทำให้ได้ผลผลิตไม่ต่าง กับใช้ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว ด้านความหวานพบว่า การใส่ปุ๋ยเคมี 20-0-10กิโลกรัม $N-P_2O_5-K_2O$ ต่อไร่ ร่วมกับ ปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟตให้ความหวานมากที่สุดเท่ากับ 14.98 เปอร์เซ็นต์บrix (Table 4) หลังเก็บเกี่ยวตรวจ นับการมีชีวิตรอดของจุลินทรีย์ละลายฟอสเฟต ยังคงมีปริมาณ 2.5×10^3 โคโลนีต่อ 1 กรัมของดิน และยังคงมี ประสิทธิภาพในการละลายตะกอน CaH_2PO_4

Table 4 Mean sweet corn height at 30 days and 60 days, sweetness, ear height. Ear width, yield with husk and yield without husk in 2017.

Treatment	height(cm.)		Sweetness (% brix)	Ear height (cm.)	Ear width (mm.)	Yield with husk (kg./rai)	Yield without husk (kg./rai)
	30 days	60 days					
20-5-10	119a	168a	14.46ab	20.05	52.22	2,915	2,208
20-2.5-10	116a	167a	13.83ab	19.88	51.52	2,857	2,197
20-0-10	108ab	157b	13.57b	19.08	51.52	2,768	2,016
20-0-10 +bio-fertilizer	115a	169a	14.98a	19.85	53.15	2,937	2,259
20-2.5-10 +bio-fertilizer	109ab	166a	14.36ab	20.43	51.50	2,907	2,270
20-2.5-5 +bio-fertilizer	102b	157b	14.06ab	20.33	51.25	2,816	2,107
CV (%)	6.0	2.1	5.2	4.4	2.8	7.1	9.2

Mean followed by a common letter are not different at $P < 0.05$ level by DMRT

ปี 2561 ดำเนินการในแปลงเกษตรกร อำเภอพระทองคำ จังหวัดนครราชสีมา จากผลวิเคราะห์ดินพบว่า ดินค่อนข้างเป็นกรดเท่ากับ 6.14 ปริมาณอินทรีย์วัตถุปานกลางเท่ากับ 1.07 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ 19.02 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ 45.75 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม มีปริมาณจุลินทรีย์ 2.5×10^7 โคโลนีต่อหน่วยของดิน 1 กรัม พบจุลินทรีย์ละลายฟอสเฟตในปริมาณต่ำประมาณ 10^3 โคโลนีต่อหน่วยของดิน 1 กรัม และมีประสิทธิภาพการละลายฟอสเฟตต่ำ ไม่พบจุลินทรีย์ละลายฟอสเฟต (*Talaromyces aff. macrospores*) ที่ใช้ในการทดลอง (Table 5)

Table 5 Characteristics of soil sample at Nakhon Ratchasima Province in 2018

Soil depth (cm)	pH (1:1)	OM (%)	Avail-P (mg/Kg)	Exch-K (mg/Kg)	Total-Microb (cfu/g.soil)
0-20	6.14	1.07	19.02	45.75	2.5×10^7
20-50	6.89	0.86	14.54	68.50	1.5×10^5

ด้านการเจริญเติบโต พบว่าความสูงที่ระยะเวลา 30 และ 60 วัน ทุกกรรมวิธีการทดลองที่มีการใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน และการใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับการใช้ปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟต ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ด้านผลผลิตข้าวโพดฝักสดแบบไม่เปลือกกรรมวิธี การใส่ปุ๋ยเคมี 20-0-10 กิโลกรัม N-P₂O₅-K₂O ต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟต ให้ผลผลิตสูงสุด 2,234 กิโลกรัมต่อไร่ ด้านความหวานพบว่าการใส่ปุ๋ยเคมี 20-0-10 กิโลกรัม N-P₂O₅-K₂O ต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟต ให้ความหวานสูงที่สุดเท่ากับ 15.29 เปอร์เซ็นต์บริกซ์ (Table 6) หลังเก็บเกี่ยวตรวจนับการมีชีวิตรอดของจุลินทรีย์ละลายฟอสเฟต ยังคงมีปริมาณ 2.3x 10⁴ โคโลนีต่อ 1 กรัมของดิน และยังคงมีประสิทธิภาพในการละลายตะกอน CaH₂PO₄

Table 6 Mean sweet corn height at 30 days and 60 days, sweetness, ear height. Ear width, yield with husk and yield without husk in 2018.

Treatment	height (cm.)		sweetness (% brix)	ear height (cm.)	ear width (mm.)	Yield with husk (kg./rai)	Yield without husk (kg./rai)
	30 days	60 days					
20-5-10	76	175	14.76	17.4	48.1b	2,222	1,667
20-2.5-10	86	172	14.92	17.6	51.6a	2,240	1,732
20-0-10	78	175	15.02	17.7	51.6a	2,043	1,587
20-0-10 +biofertilizer	81	174	15.29	17.8	51.1a	2,234	1,730
20-2.5-10 +biofertilizer	82	173	15.17	18.1	52.0a	2,223	1,720
20-2.5-5 +biofertilizer	84	169	15.21	17.5	51.4a	2,198	1,710
CV (%)	15.6	4.9	6.5	3.2	3.0	17.8	19.6

Mean followed by a common letter are not different at P<0.05 level by DMRT

จากการทดลองปลูกข้าวโพดทั้ง 3 แปลง พบว่าการใช้ปุ๋ยเคมี ร่วมกับการใช้ปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟตทำให้ข้าวโพดมีการเจริญเติบโต และการให้ผลผลิตเทียบเท่ากับการใช้ปุ๋ยเต็มอัตรา โดยจุลินทรีย์ละลายฟอสเฟตจะไปช่วยการสลายพันธะของฟอสเฟตที่ถูกจับกับ Fe Al Ca และ Mg และตกตะกอนให้กลับมาอยู่ในสารละลายดิน โดยการสร้างกรดอินทรีย์ และสารคีเลต (Chung *et al.*, 2005) เช่นเดียวกับ Pereira and Castro (2014) ที่ใช้จุลินทรีย์ละลายฟอสเฟตชนิดแบคทีเรียในการปลูกข้าวโพด พบว่าปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์เพิ่มขึ้น 35

เปอร์เซ็นต์ เช่นเดียวกับการใช้จุลินทรีย์ละลายฟอสเฟตชนิดรา *Penicillium pinophilum* สามารถช่วยลดการใช้ปุ๋ยลงได้ 25 เปอร์เซ็นต์ และช่วยลดปล่อยฟอสฟอรัสที่ถูกยึดตรึงอยู่ในดินในรูปที่พืชไม่สามารถใช้ประโยชน์ได้ ให้อยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์กับพืช (ภาวนา และคณะ, 2551) การใช้จุลินทรีย์ละลายฟอสเฟตทำให้การปลดปล่อยฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์เพิ่มขึ้นสูงกว่าการไม่ใช้ปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟต

Table 7 Economic return of sweet corn in 2016.

Treatment	yield (kg/rai)	Yield Increase (kg/rai)	Gross returns (baht/rai)	Expenditure on fertilizer (baht/rai)	Cost Increase (baht/rai)	VCR
20-0-5	2,542			445		
20-2.5-5	2,566	24	360	495	50	7.20
20-5-5	2,577	35	525	545	150	3.50
20-0-5 +biofertilizer	2,631	89	1,335	475	30	44.50
20-2.5-5 + biofertilizer	2,837	294	4,410	525	80	55.13
20-2.5-2.5 + biofertilizer	2,756	214	3,210	465	20	160.50

In 2016 sweet corn price 15 baht/kg Phosphate biofertilizer 30 baht/pack

46-0-0 fertilizer price 16 baht/kg 0-46-0 fertilizer price 26 baht/kg

0-0-60 fertilizer price 25 baht/kg

Table 8 Economic return of sweet corn in 2017.

Treatment	yield (kg/rai)	Yield Increase (kg/rai)	Gross returns (baht/rai)	Expenditure on fertilizer (baht/rai)	Cost Increase (baht/rai)	VCR
20-0-10	2,768			570		
20-2.5-10	2,857	89	1,335	635	65	20.54

20-5-10	2,915	147	2,205	700	130	16.96
20-0-10 +biofertilizer	2,937	169	2,535	600	30	84.50
20-2.5-10 + biofertilizer	2,907	202	3,030	665	95	31.89
20-2.5-5 + biofertilizer	2,816	48	720	605	35	20.57

In 2017 sweet corn price 15 baht/kg Phosphate biofertilizer 30 baht/pack
 46-0-0 fertilizer price 16 baht/kg 0-46-0 fertilizer price 26 baht/kg
 0-0-60 fertilizer price 25 baht/kg

Table 9 Economic return of sweet corn in 2018.

Treatment	yield (kg/rai)	Yield Increase (kg/rai)	Gross returns (baht/rai)	Expenditure on fertilizer (baht/rai)	Cost Increase (baht/rai)	VCR
20-0-10	2,043			570		
20-2.5-10	2,240	197	2,955	635	65	45.46
20-5-10	2,222	179	2,685	700	130	20.65
20-0-10 +biofertilizer	2,234	191	2,865	600	30	95.50
20-2.5-10 + biofertilizer	2,223	180	2,700	665	95	28.42
20-2.5-5 + biofertilizer	2,198	155	2,325	605	35	66.43

In 2018 sweet corn price 15 baht/kg Phosphate biofertilizer 30 baht/pack
 46-0-0 fertilizer price 16 baht/kg 0-46-0 fertilizer price 26 baht/kg
 0-0-60 fertilizer price 25 baht/kg

ในปี 2559 กรมวิชาการใช้ ปุ๋ยเคมีอัตรา 20-2.5-2.5 กิโลกรัม N-P₂O₅-K₂O ต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยชีวภาพ
 ละลายฟอสเฟต คือการลดปุ๋ยเคมีฟอสเฟตลง 50 เปอร์เซ็นต์ ลดปุ๋ยเคมีโพแทสเซียม 50 เปอร์เซ็นต์ ทำให้ได้สัดส่วน

ต้นทุนต่อมูลค่าผลผลิตสูงสุด (Value cost ratio; VCR) เท่ากับ 160.50 เมื่อเทียบกับการใช้ปุ๋ยเคมีอัตรา 20-0-5 กิโลกรัม N-P₂O₅-K₂O ต่อไร่ (Table 7) ในปี 2560 กรรมวิธีการใช้ ปุ๋ยเคมีอัตรา 20-0-10 กิโลกรัม N-P₂O₅-K₂O ต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟต คือการลดปุ๋ยเคมีฟอสเฟตลง 100 เปอร์เซ็นต์ ทำให้ได้สัดส่วนต้นทุนต่อมูลค่าผลผลิตสูงสุด เท่ากับ 84.50 เมื่อเทียบกับการใช้ปุ๋ยเคมีอัตรา 20-0-10 กิโลกรัม N-P₂O₅-K₂O ต่อไร่ (Table 8) และในปี 2561 กรรมวิธีการใช้ ปุ๋ยเคมีอัตรา 20-0-10 กิโลกรัม N-P₂O₅-K₂O ต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟต คือการลดปุ๋ยเคมีฟอสเฟตลง 100 เปอร์เซ็นต์ ทำให้ได้สัดส่วนต้นทุนต่อมูลค่าผลผลิตสูงสุด เท่ากับ 95.50 เมื่อเทียบกับการใช้ปุ๋ยเคมีอัตรา 20-0-10 กิโลกรัม N-P₂O₅-K₂O ต่อไร่ (Table 9) การวิเคราะห์หาผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ หรือค่า Value Cost Ratio (VCR) ถ้าค่า VCR มากกว่า 2 แสดงว่ามีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ (Pervaiz *et al.*, 2004)

พบว่าการใช้ปุ๋ยเคมีอัตรา 10-0-5 กิโลกรัม N-P₂O₅-K₂O ต่อไร่ร่วมกับจุลินทรีย์ละลายฟอสเฟต RPS 0034B ทำให้ผลผลิตสูงสุด และ ผลตอบแทนมากที่สุดเท่ากับ 339 บาทต่อไร่ เนื่องจากการใช้จุลินทรีย์ละลายฟอสเฟตช่วยลดปุ๋ยเคมีฟอสเฟตลงถึง 100 เปอร์เซ็นต์ ทำให้ลดต้นทุนลงทำให้ได้ผลตอบแทนสูงกว่ากรรมวิธีอื่น

9. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

1. จากการทดลองปลูกข้าวโพดทั้ง 3 แปลง ในจังหวัดนครราชสีมา พบว่าการใช้ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน และ การใช้ปุ๋ยเคมีฟอสเฟต 50 เปอร์เซ็นต์ของอัตราแนะนำ และไม่ใช้ปุ๋ยเคมีฟอสเฟตของอัตราแนะนำ ร่วมกับการใช้ปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟต ทำให้ข้าวโพดมีการเจริญเติบโต และการให้ผลผลิตเทียบเท่ากับการใช้ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินสำหรับข้าวโพดฝักสด

2. เมื่อพิจารณาผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ พบว่าการใช้ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินโดยลดปุ๋ยเคมีฟอสเฟตลงครึ่งอัตรา และการใช้ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินโดยไม่ใส่ปุ๋ยเคมีฟอสเฟต ร่วมกับปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟต ให้ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจสูงกว่าการใช้ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินเพียงอย่างเดียว เนื่องจากการใช้จุลินทรีย์ละลายฟอสเฟตช่วยลดปุ๋ยเคมีฟอสเฟตลงถึง 50 ถึง 100 เปอร์เซ็นต์ ทำให้ลดต้นทุน และได้ผลตอบแทนสูงกว่ากรรมวิธีอื่น

3. การใช้ปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟตร่วมในการผลิตพืช จะทำให้การใช้ปุ๋ยเคมีลดลงโดยเฉพาะปุ๋ยเคมีฟอสเฟต และเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยเคมี ควรมีการศึกษาในพืชอื่นๆ ด้วยโดยเฉพาะพืชที่ใช้ฟอสเฟตในการติดดอก และให้ผล

10. เอกสารอ้างอิง

ภาวนา ลิกขนานนท์ วิทยา ธนานุสนธิ ประพิศ แสงทอง และสุปราณี มั่นหมาย. 2551.ผลผลิตภัณฑ์ปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟต. การประชุมวิชาการ ประจำปี 2551 กรมวิชาการเกษตร.ผลงานวิจัยใช้ได้จริงจากห้องสู่ห้างครั้งที่ 2 วันที่ 16-17 กันยายน 2551 โรงแรมมิราเคิล แกรนด์ คอนเวนชั่น. กรุงเทพมหานคร. หน้า 82-94.

- Chung, H. ,M. Park, M. Madhaiyan, S. Seshadri, J. Song,H. Cho and T. Sa. 2005. Isolation and characterization of phosphate solubilizing bacteria from the rhizosphere of crop plants of Korea.**Soil Biol.Biochem**37:1970-1974.
- FAO.2008. **Guide to Laboratory Establishment for Plant Nutrient Analysis**.Rome-19:FAO 220 p.
- Pereira, S.I.A. and P.M.L. Castro. 2014. Phosphate-solubilizing rhizobacteria enhance Zae mays growth in agricultural P-deficient Soils.**EcolEng** 73: 526-535
- Pevaiz, 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**. 3: 455-457.
- Rodriguez, H. and R. Fraga. 1999. Phosphate solubilizing bacteria and their role in plant growth promotion. **Biotechnol. Adv.** 17:319-339.
- Sundara,B., V.Natarajanand and K. Hari. 2002. Influence of phosphorus solubilizing bacteriaon the changes in soil available phosphorus and sugar cane and sugar yields. *Field Crops Research*. 77(1): 43-49.
- Walkey, A. and I.A. Black. 1973. Chromic acid titration method for determination of soil organic matter. **Soil Sci. Amre. Proc.** 63:257.
- Yu, X., X. Lui, T.H. Zhu, G.H. Lui and Mao. 2011. Isolation and characterization of phosphate-solubilizing bacteria from walnut and their effect on growth and phosphorus mobilization. **Biol. Fertil. Soils**. 47: 437-444.