

## รายงานผลงานเรื่องเต็มการทดลองที่สิ้นสุด

ชุดโครงการวิจัย	: วิจัยและพัฒนาถั่วเขียว
โครงการวิจัย	: เทคโนโลยีการผลิตถั่วเขียวให้มีคุณภาพ
กิจกรรม	: การวิจัยเทคโนโลยีการผลิตถั่วเขียวผิวมัน
กิจกรรมย่อย	: เทคโนโลยีการผลิตถั่วเขียวผิวมัน
ชื่อการทดลอง	: การใช้ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมร่วมกับค่าวิเคราะห์ดินในการเพิ่มผลผลิตถั่วเขียวผิวมัน Integration of Rhizobium Biofertilizer and Chemical Fertilizer Recommendation Based on Soil Analysis for Enhancement of Mungbean Yield
คณะผู้ดำเนินงาน	
หัวหน้าการทดลอง	นางสาวศิริลักษณ์ จิตรอักษร <sup>1/</sup> นางสาวศพิษา ส้งวิเศษ <sup>1/</sup> นางสาวจิราลักษณ์ ภูมิไธสง <sup>2/</sup>

### บทคัดย่อ

การศึกษาการใช้ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมดำเนินการทดลองในกระถางและแปลงทดลอง ณ ศูนย์วิจัยพืชไร่ชัยนาท พบว่าการใช้ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมเชื้อผสมสายพันธุ์ DASA02002 DASA02020 DASA02042 DASA02166 และ DASA02193 ที่ตรึงไนโตรเจนได้สูงกับถั่วเขียวผิวมันพันธุ์ M5-1 ร่วมกับการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมอัตราสองเท่าของค่าวิเคราะห์ดินหรือร่วมกับการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนครึ่งอัตรา ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมอัตราตามลักษณะเนื้อดินร่วนเหนียว ปริมาณอินทรีย์วัตถุ 2.80 เปอร์เซ็นต์ ค่า pH 6.56 ฟอสฟอรัส (BrayII-P) 89 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exch. K<sup>+</sup>) 72 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมและไรโซเบียม 4 เซลล์ต่อกกรัมดินแห้งช่วยเพิ่มปริมาณผลผลิตและคุณภาพเมล็ดในสภาพกระถางทำให้ปริมาณโปรตีนและเปอร์เซ็นต์ความงอกเพิ่มขึ้นในฤดูแล้งปี 2554 และในฤดูฝนเพิ่มปริมาณโปรตีนในเมล็ด ส่วนการใช้ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมเชื้อผสมสายพันธุ์ DASA02077 DASA02082 DASA02084 DASA02104 และ DASA02193 ที่ตรึงไนโตรเจนสูงกับถั่วเขียวผิวมันพันธุ์ M5-5 ร่วมกับการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสและโพแทสเซียม

<sup>1/</sup> สำนักวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร

<sup>2/</sup> ศูนย์วิจัยพืชไร่ชัยนาท

อัตรา 2 เท่าของค่าวิเคราะห์ดินหรือร่วมกับการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนครั้งอัตรา ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมอัตรา ตามลักษณะเนื้อดินช่วยเพิ่มคุณภาพของเมล็ดทำให้มีเปอร์เซ็นต์ความงอกและความแข็งแรงเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุมที่ไม่ใส่ปุ๋ยชีวภาพและปุ๋ยเคมี เมื่อทดสอบในสภาพแปลงปี 2555 พบว่าการปลูก ถั่วเขียวผิวมันพันธุ์ M5-1 ในฤดูแล้งโดยใช้ปุ๋ยชีวภาพโรโซเปียมร่วมกับการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสและโพแทสเซียม อัตราสองเท่าของค่าวิเคราะห์ดิน (ใส่ฟอสฟอรัส 6 กิโลกรัมต่อไร่) ในดินร่วนเหนียว ปริมาณอินทรีย์วัตถุ 0.74 เปอร์เซ็นต์ ค่า pH 6.24 ฟอสฟอรัส (BrayII-P) 24.25 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exch. K<sup>+</sup>) 101.21 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมและปริมาณโรโซเปียม 300 เซลล์ต่อกกรัมดินแห้งทำให้ผลผลิตเมล็ด เพิ่มเป็น 204 กิโลกรัมต่อไร่ซึ่งมากกว่าการใส่ปุ๋ยชีวภาพโรโซเปียมร่วมกับอัตราปุ๋ยเคมีที่เกษตรกรปฏิบัติคือ การใส่ปุ๋ย 15-15-15 อัตรา 30 กิโลกรัมต่อไร่ ใส่ 2 ครั้งที่ทำให้ผลผลิตเมล็ด 180 กิโลกรัมต่อไร่ (ประมาณ 13.3 เปอร์เซ็นต์) และในฤดูฝนกรรมวิธีดังกล่าวส่งเสริมการเพิ่มคุณภาพของเมล็ดโดยทำให้มีปริมาณโปรตีน 19.83 เปอร์เซ็นต์มากกว่ากรรมวิธีที่เกษตรกรปฏิบัติที่มีปริมาณโปรตีน 17.21 เปอร์เซ็นต์ (ประมาณ 15.2 เปอร์เซ็นต์) แต่ปริมาณการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมลดลง 100 33.3 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนการปลูกถั่วเขียวผิวมันพันธุ์ M5-5 พบว่าวิธีการใส่ปุ๋ยชีวภาพโรโซเปียมร่วมกับปุ๋ยเคมีอัตราต่างๆ มีอิทธิพล อย่างเด่นชัดต่อคุณภาพของเมล็ดด้านความแข็งแรงเมื่อปลูกในฤดูแล้ง และฤดูฝน โดยการใช้ปุ๋ยชีวภาพร่วมกับการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมในอัตราสองเท่าของคำแนะนำตามค่าวิเคราะห์ (ใส่ฟอสฟอรัส 6 กิโลกรัม ต่อไร่) ทำให้เมล็ดมีความแข็งแรง 87.3 เปอร์เซ็นต์สูงกว่าการใส่ปุ๋ย 15-15-15 อัตรา 30 กิโลกรัมต่อไร่ใส่ 2 ครั้งที่ทำให้เมล็ดมีความแข็งแรง 85.5 เปอร์เซ็นต์ (ประมาณ 2.1 เปอร์เซ็นต์) แต่ในฤดูฝนการใช้ปุ๋ยชีวภาพโรโซเปียม ร่วมกับการใส่ปุ๋ย 15-15-15 อัตรา 30 กิโลกรัมต่อไร่ใส่ 2 ครั้ง ทำให้เมล็ดมีความแข็งแรงสูงสุด 79.0 เปอร์เซ็นต์แต่ปริมาณผลผลิตไม่แตกต่างกันทางสถิติโดยฤดูแล้งมีผลผลิตเมล็ดเฉลี่ย 62-109 กิโลกรัมต่อไร่และ ฤดูฝนผลผลิตเมล็ดเฉลี่ย 177-235 กิโลกรัมต่อไร่ แต่ปริมาณการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียม ลดลงอย่างน้อย 33.3 เปอร์เซ็นต์

## คำนำ

ถั่วเขียว เป็นพืชไร่เศรษฐกิจอายุสั้นที่สำคัญชนิดหนึ่งของประเทศไทย ซึ่งปลูกได้ทุกภาคของประเทศ และสามารถปลูกในฤดูปกติหรือปลูกเป็นพืชหมุนเวียนหลังเก็บเกี่ยวข้าว ปริมาณความต้องการใช้ถั่วเขียวเพื่อ การบริโภคและอุตสาหกรรมภายในประเทศมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ส่วนใหญ่ใช้ถั่วเขียวเป็นวัตถุดิบในการผลิตแป้ง ถั่วเขียว ทำวุ้นเส้น หรือเพาะเป็นถั่วงอก สำหรับบริโภคภายในประเทศและส่งออกทำรายได้ให้แก่เกษตรกร มูลค่าการส่งออกถั่วเขียวในปี พ.ศ. 2548-2549 เพิ่มจาก 292.15 ล้านบาทเป็น 656.18 ล้านบาท และในปี พ.ศ. 2550 ตั้งแต่เดือนมกราคมถึงมิถุนายนปริมาณการส่งออกเพิ่มเป็น 13,490 ตันคิดเป็นมูลค่า 396.16 ล้านบาท (<http://www/oea.go.th/imp-exp.htm>) ใน ปี พ.ศ. 2548 พื้นที่ปลูกถั่วเขียวมากที่สุดในเขต ภาคเหนือครอบคลุมพื้นที่ 1,090,623 ไร่ โดยเฉพาะอย่างยิ่งจังหวัดเพชรบูรณ์ซึ่งมีพื้นที่ปลูกมากที่สุด 517,816 ไร่ ปริมาณผลผลิตเฉลี่ย 108 กิโลกรัมต่อไร่ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2548)

การผลิตถั่วเขียวเพื่อให้ได้ผลผลิตสูง คุณภาพดี และคุ้มกับการลงทุนในเชิงเศรษฐศาสตร์ต้องคำนึงถึงปัจจัยด้านสภาพแวดล้อมซึ่งเป็นปัจจัยหนึ่ง ที่กำหนดความเสี่ยงต่อความเสียหายต่อปริมาณผลผลิตและคุณภาพของถั่วเขียว พันธุ์ถั่วเขียวและปริมาณธาตุอาหารพืชในดินเป็นปัจจัยสำคัญที่กำหนดความสามารถในการให้ผลผลิตซึ่งสมควรได้รับการพิจารณาเช่นกัน ผลงานวิจัยของสุทิน (2526) พบว่าดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำการปลูกถั่วเขียวเมื่อใส่ปุ๋ยอัตรา 3-9-6 กิโลกรัมต่อไร่สามารถให้ผลผลิตคุ้มกับการลงทุน ในสถานการณ์ปัจจุบัน ความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีชีวภาพมุ่งค้นคว้าวิจัยและพัฒนาวิธีการผลิตถั่วเขียว ซึ่งมีต้นทุนลดลง ดังนั้น การทดแทนปัจจัยการผลิตเรื่องปุ๋ยไนโตรเจนได้คำนึงถึงการใช้ประโยชน์จากกิจกรรมของจุลินทรีย์ดิน ที่สามารถสร้างธาตุปุ๋ยเพื่อส่งเสริมการเพิ่มผลผลิต นั่นคือ เชื้อไรโซเบียมซึ่งสามารถตรึงไนโตรเจนจากอากาศให้อยู่ในรูปที่พืชตระกูลถั่วใช้ประโยชน์ได้ ดังเช่นผลงานวิจัยของ ไสว และคณะ (2531) พบว่าดินชุดกำแพงแสนที่มีความอุดมสมบูรณ์ปานกลางการปลูกถั่วเขียวโดยใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 2.4 กิโลกรัมต่อไร่ร่วมกับการคลุกเมล็ดด้วยเชื้อไรโซเบียมทำให้ผลผลิตถั่วเขียวเพิ่มขึ้นอย่างเด่นชัด และผลงานวิจัยของ Provorov et al. (1998) พบว่าการใส่เชื้อ *Bradyrhizobium* sp. (*Phaseolus*) ให้กับเมล็ดถั่วเขียว *Phaseolus aureus* Roxb. ทำให้น้ำหนักต้น น้ำหนักเมล็ด ปริมาณไนโตรเจนและปริมาณแป้งในเมล็ดเพิ่มขึ้น

การวิเคราะห์ดินเป็นสิ่งสำคัญ ในการพิจารณาเลือกใส่ปุ๋ยแต่ละชนิดในปริมาณที่เหมาะสม เพื่อเพิ่มผลผลิตพืช เนื่องจากค่าวิเคราะห์ดินเป็นสิ่งแรกที่บอกให้ทราบว่า ในดินมีธาตุอาหารพืชแต่ละชนิดในรูปที่เป็นประโยชน์ และในปริมาณที่เพียงพอกับความต้องการของพืชมากน้อยเพียงใด และต้องใส่เพิ่มอีกเท่าใด จึงทำให้การใส่ปุ๋ยเกิดประสิทธิภาพสูงสุดและให้ผลตอบแทนที่คุ้มค่ากับการลงทุน เช่น การปลูกพืชตระกูลถั่วโดยทั่วไปที่มีค่าวิเคราะห์ดินที่มีปริมาณอินทรีย์วัตถุต่ำกว่า 1 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณ  $P_2O_5$  น้อยกว่า 8 เปอร์เซ็นต์ และ  $K_2O$  40 เปอร์เซ็นต์ต้องใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 3-9-6 ( $N-P_2O_5-K_2O$ ) กิโลกรัมต่อไร่ (กรมวิชาการเกษตร, 2548) อย่างไรก็ตาม ไม่มีข้อมูลการใช้ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมร่วมกับการใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินในการเพิ่มผลผลิตและคุณภาพของถั่วเฉพาะชนิด ดังนั้น จึงควรวิจัยแนวทางการใช้ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมร่วมกับค่าวิเคราะห์ดินเพื่อจัดการธาตุอาหารพืชให้เหมาะสมในการเพิ่มผลผลิตของถั่วเขียวผิวมันเพื่อลดต้นทุนค่าใช้จ่ายปุ๋ยเคมี

## วิธีดำเนินการ

### อุปกรณ์

เมล็ดถั่วเขียวผิวมันพันธุ์ M5-1 และพันธุ์ M5-5 ไรโซเบียม 27 สายพันธุ์ ขวดแก้วและกระถางสำหรับปลูกถั่วเขียว ปุ๋ยเคมี สารเคมีที่จำเป็นในการเพาะเลี้ยงไรโซเบียมและวิเคราะห์สมบัติของดิน เครื่องกลั่นไนโตรเจน เครื่องแก๊สโครมาโตกราฟฟี และอุปกรณ์อื่นๆที่จำเป็นในการวิจัย

### วิธีการ

การคัดเลือกไรโซเบียมที่มีประสิทธิภาพในการตรึงไนโตรเจนแก่ถั่วเขียวผิวมัน

การทดลองมี 2 ชุด คือ ถั่วเขียวผิวมันพันธุ์ M5-1 และ M5-5 วางแผนการทดลองแบบ CRD 24 กรรมวิธี 3 ซ้ำ ใช้สายพันธุ์ไรโซเบียมแทนกรรมวิธี ดังนี้ DASA02001 DASA02002 DASA02003 DASA02005 DASA02006 DASA02009 DASA02020 DASA02025 DASA02030 DASA02031 DASA02032 DASA02037 DASA02042 DASA02068 DASA02070 DASA02074 DASA02077

DASA02082 DASA02084 DASA02087 DASA02089 DASA02104 DASA02166 DASA02193 DASA02196 DASA02197 DASA02198 และ Control (ควบคุม ไม่ใส่โรโซเปียม) ปลูกถั่วเขียวฝวมันแต่ละ พันธุ์ในขวดแก้วที่มีสารละลายธาตุอาหารพืชทุกธาตุยกเว้นไนโตรเจนขวดละ 2 ต้น และใส่โรโซเปียมตาม กรรมวิธี บันทึกค่าการตรึงไนโตรเจน (ARA) เมื่อถั่วเขียวออกดอกได้ประมาณ 50 เปอร์เซ็นต์ คัดเลือก โรโซเปียม 5 สายพันธุ์ที่มีประสิทธิภาพในการตรึงไนโตรเจนและให้น้ำหนักต้นแห้งสูง การทดสอบวิธีการใช้ปุ๋ยชีวภาพโรโซเปียมร่วมกับค่าวิเคราะห์ดินในการเพิ่มผลผลิตถั่วเขียวฝวมัน ในกระถาง ทดลอง

วิเคราะห์สมบัติของดินก่อนปลูก ได้แก่ ปริมาณอินทรีย์วัตถุ ฟอสฟอรัส (BrayII-P) โปแทสเซียม (Exch. K<sup>+</sup>) เนื้อดิน และปริมาณโรโซเปียม การทดลองมี 2 ชุด คือ ถั่วเขียวฝวมันพันธุ์ M5-1 และ พันธุ์ M5-5 วางแผนการทดลองแบบ RCB 7 กรรมวิธี 4 ซ้ำ ประกอบด้วย

- กรรมวิธี 1 Control (กรรมวิธีควบคุมไม่ใส่ปุ๋ย)
- กรรมวิธี 2 ใส่ปุ๋ย N-P-K คำแนะนำตามลักษณะเนื้อดิน
- กรรมวิธี 3 ใส่โรโซเปียม +1/2N-P-K คำแนะนำตามลักษณะเนื้อดิน
- กรรมวิธี 4 ใส่โรโซเปียม + N-P-K คำแนะนำตามค่าวิเคราะห์ดิน
- กรรมวิธี 5 ใส่โรโซเปียม +1/2 กก. N-P-K คำแนะนำตามค่าวิเคราะห์ดิน
- กรรมวิธี 6 ใส่โรโซเปียม +2P+2K (2 เท่าของคำแนะนำตามค่าวิเคราะห์ดิน)
- กรรมวิธี 7 ใส่โรโซเปียม + ปุ๋ย 15-15-15 อัตรา 30 กิโลกรัมต่อไร่ ใส่ 2 ครั้ง

กรรมวิธีที่ 2 3 และ 7 แบ่งใส่ปุ๋ยเคมี 2 ครั้ง คือ ครั้งแรกพร้อมปลูก ครั้งที่สองใส่เมื่อถั่วเขียวอายุ 20 วัน

ดำเนินการทดลองในกระถาง ปี 2554 ทั้งฤดูแล้งและฤดูฝน เตรียมโรโซเปียมเชื้อผสม 5 สายพันธุ์ใน รูปของปุ๋ยชีวภาพชนิดผง คลุกเคล้าเมล็ดถั่วเขียว ดำเนินการใส่ปุ๋ยตามกรรมวิธีทดลอง จากนั้นปลูกในดินที่ บรรจุในกระถางขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 12 นิ้ว จำนวน 4 ต้นต่อกระถาง บันทึกข้อมูลที่ระยะออกดอก 50 เปอร์เซ็นต์บันทึกค่าการตรึงไนโตรเจน 2 ต้นต่อกระถาง ที่ระยะเก็บเกี่ยวบันทึกข้อมูลผลผลิต 2 ต้นต่อกระถาง ได้แก่ จำนวนฝัก จำนวนเมล็ดต่อฝัก และน้ำหนัก 100 เมล็ด วิเคราะห์ผลทางสถิติเพื่อนำไปปรับกรรมวิธี สำหรับการทดสอบในแปลงทดลอง ณ ศูนย์วิจัยพืชไร่ชัยนาท ปี 2555

การทดสอบวิธีการใช้ปุ๋ยชีวภาพโรโซเปียมร่วมกับค่าวิเคราะห์ดินในการเพิ่มผลผลิตถั่วเขียวฝวมันในสภาพแปลง

วิเคราะห์สมบัติของดินก่อนปลูก ได้แก่ ค่า pH ปริมาณอินทรีย์วัตถุ ฟอสฟอรัส (BrayII-P) โปแทสเซียม (Exch. K<sup>+</sup>) เนื้อดิน และปริมาณโรโซเปียม การทดลองมี 2 ชุด คือ ถั่วเขียวฝวมันพันธุ์ M5-1 และ พันธุ์ M5-5วางแผนการทดลองแบบ RCB 7 กรรมวิธี 4 ซ้ำ ขนาดแปลงย่อย 3x5 เมตร ระยะปลูก 50x20 เซนติเมตร พื้นที่เก็บเกี่ยว 2x4 เมตร รายละเอียดกรรมวิธีเช่นเดียวกับการทดสอบในกระถาง ยกเว้นกรรมวิธี ที่ 5 ใส่โรโซเปียม +1/2N-P-K คำแนะนำตามค่าวิเคราะห์ดิน ดำเนินการในแปลงทดลองที่ศูนย์วิจัยพืชไร่ ชัยนาท ปี 2555 ทั้งฤดูแล้งและฤดูฝน ที่ระยะเก็บเกี่ยวในฤดูแล้งบันทึกข้อมูลด้านปริมาณ ได้แก่ ผลผลิตเมล็ด น้ำหนักฝัก น้ำหนัก 100 เมล็ด ด้านคุณภาพบันทึกปริมาณโปรตีนเป็นเปอร์เซ็นต์ (เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนx6.25) ความงอก และความแข็งแรงของเมล็ดโดยวัดความงอกภายหลังการเร่งอายุเมล็ด (อบที่ 42 องศาเซลเซียส เป็น

เวลา 72 ชั่วโมง) ฤดูฝนบันทึกข้อมูลด้านปริมาณ ได้แก่ ผลผลิตเมล็ด จำนวนฝักต่อต้น น้ำหนัก 1,000 เมล็ด ด้านคุณภาพบันทึกปริมาณโปรตีน ความงอก และความแข็งแรงของเมล็ด

เวลาและสถานที่ดำเนินการทดลอง ตุลาคม 2553- กันยายน 2555

สถานที่ กลุ่มงานวิจัยจุลินทรีย์ดิน กลุ่มวิจัยปฐพีวิทยา สำนักวิจัยพัฒนาปัจจัย การผลิตทางการเกษตร และ ศูนย์วิจัยพืชไร่ชัยนาท

### ผลการทดลองและวิจารณ์

การคัดเลือกไรโซเบียมที่มีประสิทธิภาพในการตรึงไนโตรเจนแก่ถั่วเขียวผิวมัน

ไรโซเบียมที่ทดสอบมีความสามารถในการตรึงไนโตรเจนแตกต่างกันและมีความจำเพาะต่อพันธุ์ถั่วเขียวผิวมัน พบว่า ไรโซเบียมสายพันธุ์ DASA02002 DASA02020 DASA02042 DASA02168 และ DASA02193 มีประสิทธิภาพสูงในการตรึงไนโตรเจนร่วมกับถั่วเขียวผิวมันพันธุ์ M5-1 และให้น้ำหนักต้นแห้งสูง โดยให้ค่าเฉลี่ย ARA ระหว่าง 14.508-17.382 ไมโครโมล $C_2H_4$  ต่อชั่วโมงต่อ 2 ต้น (ตารางที่ 1) ไรโซเบียมสายพันธุ์ DASA02077 DASA02082 DASA02084 DASA02104 และ DASA02193 มีประสิทธิภาพสูงในการตรึงไนโตรเจนร่วมกับถั่วเขียวผิวมันพันธุ์ M5-5 โดยให้ค่าเฉลี่ย ARA ระหว่าง 22.549-29.842 ไมโครโมล $C_2H_4$  ต่อชั่วโมงต่อ 2 ต้น (ตารางที่ 2)

การทดสอบวิธีการใช้ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมร่วมกับค่าวิเคราะห์ดินในการเพิ่มผลผลิตถั่วเขียวผิวมัน ในกระถางทดลอง

ดินปลูกมีสมบัติดังนี้ เนื้อดินเป็นดินร่วนเหนียว pH 6.56 อินทรีย์วัตถุ 2.80 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (BrayII-P) 89 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exch.  $K^+$ ) 72 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และไรโซเบียม 4 เซลล์ต่อกรัมดินแห้ง (ตารางที่ 3) ผลวิเคราะห์สมบัติดินนำมาใช้ในการคำนวณปริมาณธาตุอาหารที่ต้องใส่ให้แก่พืชตามกรรมวิธี (ตารางที่ 4) ผลการทดลองในฤดูแล้ง ปี 2554 พบว่า จำนวนเมล็ดต่อฝักของถั่วเขียวผิวมันพันธุ์ M5-1 ตอบสนองต่อปุ๋ยชีวภาพเมื่อใช้ร่วมกับปุ๋ยเคมีอย่างชัดเจน โดยการใช้ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมร่วมกับการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนครึ่งเท่า แต่ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียม อัตราปกติตามลักษณะเนื้อดินให้จำนวนเมล็ดสูงสุด 9.13 เมล็ดต่อฝัก รองลงมาเป็นการใช้ปุ๋ยชีวภาพร่วมกับการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน ½ กิโลกรัม แต่ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมใส่ตามค่าวิเคราะห์ดิน อย่างไรก็ตาม จำนวนฝักต่อต้นและน้ำหนัก 100 เมล็ดของแต่ละกรรมวิธีนั้นไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 5) ส่วนถั่วเขียวผิวมันพันธุ์ M5-5 พบว่าการใช้ปุ๋ยชีวภาพร่วมกับปุ๋ยเคมีมีผลทำให้จำนวนฝักต่อต้นเท่านั้นที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยการใช้ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียวตามเนื้อดินและการใช้ปุ๋ยชีวภาพร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมี ยกเว้น 15-15-15 อัตรา 30 กิโลกรัมต่อไร่ ใส่ 2 ครั้งให้จำนวนฝักต่อต้นเฉลี่ย 5.83-6.33 สูงกว่ากรรมวิธีควบคุม (ไม่ใส่ปุ๋ย) ส่วนจำนวนเมล็ดต่อฝักและน้ำหนัก 100 เมล็ดไม่แตกต่างกัน (ตารางที่ 6)

การปลูกถั่วเขียวผิวมันในฤดูฝนปี 2554 พบว่าการปลูกถั่วเขียวผิวมันพันธุ์ M5-1 โดยใช้ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมร่วมกับปุ๋ยเคมีอัตราต่างๆ ไม่มีผลทำให้ค่าการตรึงไนโตรเจน จำนวนฝักต่อต้น จำนวนเมล็ดต่อฝัก และน้ำหนัก 100 เมล็ดแตกต่างกันทางสถิติโดยมีค่าเฉลี่ยการตรึงไนโตรเจน 11.93-19.32 ไมโครโมล  $C_2H_4$  ต่อชั่วโมงต่อ 2 ต้น จำนวนฝัก 15-20 ฝักต่อกระถาง จำนวนเมล็ด 7-21 เมล็ดต่อฝัก และน้ำหนักเมล็ด 6.76-7.10 กรัม (ตารางที่ 7) ส่วนการปลูกถั่วเขียวผิวมันพันธุ์ M5-5 พบว่าทุกกรรมวิธีที่ทดสอบมีจำนวนฝักต่อต้นเฉลี่ย

20-24 จำนวนเมล็ดต่อฝักเฉลี่ย 20-23 และน้ำหนัก 100 เมล็ดเฉลี่ย 6.51-6.86 กรัมไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่การใช้ปุ๋ยชีวภาพรวมกับการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมในอัตรา 2 เท่าตามค่าวิเคราะห์ดินมีค่าการตรึงไนโตรเจนสูงสุด 32.20 ไมโครโมล  $C_2H_4$  ต่อชั่วโมงต่อ 2 ต้น ซึ่งไม่แตกต่างจากการใช้ปุ๋ยชีวภาพรวมกับการใส่ปุ๋ย 15-15-15 อัตรา 30 กิโลกรัมต่อไร่แต่สูงกว่ากรรมวิธีการใส่ปุ๋ยอื่น (ตารางที่ 8)

การทดสอบวิธีการใช้ปุ๋ยชีวภาพโรโซเปียมร่วมกับค่าวิเคราะห์ดินในการเพิ่มผลผลิตถั่วเขียวผิวมันในสภาพแปลง ดำเนินการทดสอบในแปลงที่ ศวร. ชัยนาท ดินปลูกมีสมบัติดังนี้ เนื้อดินเป็นดินร่วนเหนียว ค่า pH 6.24 ปริมาณอินทรียวัตถุ 0.74 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ได้ (BrayII-P) 24.25 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exch.K<sup>+</sup>) 101.21 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ปริมาณเชื้อโรโซเปียม 300 เซลล์ต่อกรัมดินแห้ง (ตารางที่ 9) และดำเนินการใส่ปุ๋ยตามกรรมวิธี (ตารางที่ 10)

ฤดูแล้งปี 2555 พบว่าการปลูกถั่วเขียวผิวมันพันธุ์ M5-1 โดยการใช้ปุ๋ยชีวภาพร่วมกับปุ๋ยเคมีอัตราต่างๆ ทำให้ปริมาณและคุณภาพผลผลิตเมล็ดถั่วเขียวมีความแตกต่างกันดังนี้ คือ ด้านปริมาณนั้นการใส่ปุ๋ยเคมีตามลักษณะเนื้อดินให้ผลผลิตเมล็ดสูงสุด 240 กิโลกรัมต่อไร่ น้ำหนักฝักสูงสุด 350 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งมากกว่าการใส่ปุ๋ยชีวภาพรวมกับการใส่ปุ๋ย 15-15-15 อัตรา 30 กิโลกรัมต่อไร่ซึ่งให้ผลผลิต 180 กิโลกรัมต่อไร่แต่ไม่แตกต่างจากกรรมวิธีควบคุม (ตารางที่ 11) เมื่อพิจารณาด้านคุณภาพเมล็ดจะเห็นได้ว่าวิธีการใช้โรโซเปียมร่วมกับปุ๋ยเคมีมีอิทธิพลต่อปริมาณโปรตีนและความงอกอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง โดยการใช้ปุ๋ยชีวภาพโรโซเปียมรวมกับการใส่ปุ๋ยเคมี 1/2N+P+K ตามลักษณะเนื้อดินมีแนวโน้มให้โปรตีนในเมล็ดสูงสุด คือ 21.18 เปอร์เซ็นต์ แต่ไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยชีวภาพโรโซเปียม ร่วมกับการใส่ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมในอัตราสองเท่า (2P+2K) ตามค่าวิเคราะห์ดินที่มีปริมาณโปรตีน 19.25 เปอร์เซ็นต์และมีความงอกสูงสุด 92.5 เปอร์เซ็นต์ซึ่งมากกว่าการใส่ปุ๋ย 15-15-15 ประมาณ 10.81 เปอร์เซ็นต์และมากกว่าการไม่ใส่ปุ๋ยอะไรเลย (ควบคุม) 5.62 เปอร์เซ็นต์ ส่วนการใส่หรือไม่ใส่ปุ๋ยชีวภาพโรโซเปียม หรือการใส่ปุ๋ยเคมี ไม่มีผลทำให้ความแข็งแรงของเมล็ดแตกต่างกันทางสถิติ โดยเฉลี่ยมีความแข็งแรง 79.5-86.0 เปอร์เซ็นต์ อย่างไรก็ตาม ส่วนใหญ่เมื่อใส่ปุ๋ยชีวภาพโรโซเปียมร่วมด้วย ทำให้เมล็ดมีปริมาณโปรตีนและความงอกดีกว่าการใส่ปุ๋ยเคมีตามลักษณะเนื้อดินอย่างเดียว (ตารางที่ 12) การปลูกถั่วเขียวผิวมันพันธุ์ M5-5 พบว่าการใช้ปุ๋ยชีวภาพร่วมกับปุ๋ยเคมีไม่มีอิทธิพลอย่างเด่นชัดต่อปริมาณผลผลิต เมื่อใช้ปุ๋ยชีวภาพโรโซเปียมร่วมด้วยให้ผลผลิตเมล็ด น้ำหนักฝัก และน้ำหนัก 100 เมล็ดไม่แตกต่างกับกรรมวิธีควบคุมและการใส่ปุ๋ยเคมีตามลักษณะเนื้อดิน โดยมีผลผลิตเมล็ดเฉลี่ย 59-109 กิโลกรัมต่อไร่ น้ำหนักฝัก 82-156 กิโลกรัมต่อไร่ และน้ำหนัก 100 เมล็ดเฉลี่ย 6.88-7.15 กรัม (ตารางที่ 13) ในทางตรงข้าม มีอิทธิพลอย่างเด่นชัดต่อคุณภาพเมล็ด ทำให้เมล็ดมีความงอกและความแข็งแรงแตกต่างกัน (ตารางที่ 14) เมล็ดถั่วเขียวพันธุ์ M5-5 มีโปรตีนในเมล็ดใกล้เคียงกันระหว่าง 18.87-20.43 เปอร์เซ็นต์ แต่ด้านความงอกนั้น การใช้ปุ๋ยชีวภาพโรโซเปียมร่วมกับปุ๋ยเคมีอัตราต่างๆ ให้ผลไม่แตกต่างจากการใส่ปุ๋ยเคมีตามลักษณะเนื้อดิน แต่มีเปอร์เซ็นต์ความงอกสูงกว่าการไม่ใส่ปุ๋ยชีวภาพโรโซเปียมและปุ๋ยเคมี (ควบคุม) โดยเฉลี่ยการใช้ปุ๋ยชีวภาพโรโซเปียม มีเปอร์เซ็นต์ความงอกสูงกว่ากรรมวิธีควบคุม 13.43 เปอร์เซ็นต์ และต้นถั่วเขียวที่ได้รับการใส่ปุ๋ยชีวภาพโรโซเปียมรวมกับการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน ทำให้เมล็ดมีความแข็งแรงสูงสุด 89.8 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมากกว่าต้นที่ได้รับปุ๋ยเคมีตามลักษณะเนื้อดินและต้นควบคุม 11.14 เปอร์เซ็นต์ และ 11.69 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

ฤดูฝน ปี 2555 การปลูกถั่วเขียวผิวมันพันธุ์ M5-1 โดยการใช้ปุ๋ยชีวภาพร่วมกับปุ๋ยเคมีไม่มีอิทธิพลอย่างเด่นชัดต่อปริมาณผลผลิตเพราะปริมาณผลผลิตเมล็ด น้ำหนัก 1,000 เมล็ด จำนวนฝักต่อต้น ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ผลผลิตเมล็ดมีค่าเฉลี่ย 177.13-234.73 กิโลกรัมต่อไร่ น้ำหนัก 1,000 เมล็ด 61.13-63.39 กรัม จำนวนฝัก 10-12 ฝักต่อต้น (ตารางที่ 15) ทำนองเดียวกันเปอร์เซ็นต์ความงอกและความแข็งแรงของเมล็ดก็ไม่แตกต่างกันทางสถิติกับกรรมวิธีควบคุม ความงอก 90.8-95.1 เปอร์เซ็นต์ ความแข็งแรงของเมล็ดมีค่าเฉลี่ย 61.38-68.88 เปอร์เซ็นต์ ยกเว้นปริมาณโปรตีนในเมล็ด เท่านั้นที่แตกต่างกัน (ตารางที่ 16) โดยการใช้ปุ๋ยเคมีตามลักษณะเนื้อดินได้เท่ากับการใช้ R+2P+2K (ค่าวิเคราะห์ดิน) คือ 20.42 เปอร์เซ็นต์แต่ไม่แตกต่างจากการใช้ R+15-15-15 อัตรา 30 กิโลกรัมต่อไร่ (2 ครั้ง) ที่มีค่าเฉลี่ยปริมาณโปรตีน 19.83 เปอร์เซ็นต์แต่มากกว่ากรรมวิธีอื่นรวมถึงกรรมวิธีควบคุมซึ่งมีค่าเฉลี่ย 18.96 เปอร์เซ็นต์ (7.15 เปอร์เซ็นต์) การปลูกถั่วเขียวผิวมันพันธุ์ M5-5 โดยการใช้ปุ๋ยเคมีในอัตราต่างๆ และปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมในดินร่วนเหนียว ไม่มีอิทธิพลอย่างเด่นชัดต่อปริมาณผลผลิตเมล็ด น้ำหนัก 1,000 เมล็ด จำนวนฝักต่อต้น ซึ่งไม่แตกต่างกับกรรมวิธีควบคุม โดยมีผลผลิตเมล็ดเฉลี่ย 198.67-222.25 กิโลกรัมต่อไร่ น้ำหนัก 1,000 เมล็ด 57.28-60.75 จำนวนฝัก 10-11 ฝักต่อต้น (ตารางที่ 17) ในทางตรงข้ามมีอิทธิพลอย่างเด่นชัดต่อคุณภาพเมล็ดด้านความแข็งแรง แต่ไม่เด่นชัดต่อปริมาณโปรตีนในเมล็ด และความงอกที่ไม่แตกต่างทางสถิติกับกรรมวิธีควบคุม (ตารางที่ 18) ถั่วเขียวที่ได้รับการใส่ปุ๋ยชีวภาพร่วมกับการใส่ปุ๋ย 15-15-15 อัตรา 30 กิโลกรัมต่อไร่ทำให้เมล็ดมีความแข็งแรงสูงสุด 79 เปอร์เซ็นต์ รองลงมา ได้แก่ใส่ปุ๋ยชีวภาพร่วมกับใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสและโพแทสเซียม 2 เท่าตามค่าวิเคราะห์ดิน และใส่ปุ๋ยชีวภาพร่วมกับใส่ปุ๋ยไนโตรเจน ½ เท่า ปุ๋ยฟอสฟอรัสและโพแทสเซียม 1 เท่าตามลักษณะเนื้อดินทำให้เมล็ดมีความแข็งแรง 75.25 และ 74.38 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในขณะที่เดียวกันกรรมวิธีควบคุมให้เมล็ดมีความแข็งแรงต่ำสุด 64.75 เปอร์เซ็นต์ เมล็ดถั่วเขียวผิวมันพันธุ์ M5-5 มีปริมาณโปรตีนในเมล็ดเฉลี่ย 17.21-20.42 เปอร์เซ็นต์ และความงอก 92.5-96.9 เปอร์เซ็นต์

เมื่อพิจารณาการใช้ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม ถึงแม้แสดงอิทธิพลต่อปริมาณผลผลิตของถั่วเขียวผิวมัน 2 พันธุ์ไม่เด่นชัด แต่ด้านคุณภาพของเมล็ดเป็นที่ประจักษ์ว่า การใช้ไรโซเบียมซึ่งช่วยเพิ่มปริมาณไนโตรเจนให้แก่ถั่วเขียวได้ และไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของโปรตีน จึงทำให้เมล็ดมีปริมาณการสะสมโปรตีนสูงในกรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยชีวภาพแต่ไม่ใส่ปุ๋ยเคมีไนโตรเจน ซึ่งส่งผลให้เมล็ดมีความแข็งแรงต่อสภาพแวดล้อมที่ไม่เอื้ออำนวย เช่น ความร้อนสูง 42 องศาเซลเซียสจากการเร่งอายุเมล็ดพันธุ์ และถึงแม้จะใส่ไนโตรเจนปริมาณเพียงเล็กน้อยอัตรา 1.5 กิโลกรัมต่อไร่ (ไรโซเบียม + ½ N-P-K soil analysis) เมล็ดถั่วเขียวผิวมันพันธุ์ M5-1 มีปริมาณโปรตีนสูงการใช้ปุ๋ยเคมีอย่างเดียวตามลักษณะเนื้อดิน 14.9-5.7-5.7 กิโลกรัม N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O ต่อไร่และกรรมวิธีควบคุมเมื่อปลูกในฤดูแล้ง และเมล็ดถั่วเขียวผิวมันพันธุ์ M5-5 มีความแข็งแรงสูงกว่ากรรมวิธีควบคุมเมื่อปลูกในฤดูฝน จึงตั้งข้อสังเกตว่า ไนโตรเจน จำเป็นสำหรับการเจริญของไรโซเบียม การเจริญเติบโตของถั่ว

เขียว และปฏิสัมพันธ์การตรึงไนโตรเจนร่วมกันของสิ่งมีชีวิต 2 ชนิด ดังเช่นผลงานวิจัยของ Provorov et al. (1998) พบว่าการใส่เชื้อไรโซเบียมให้ผลผลิตเมล็ดถั่วเขียว *Phaseolus aureus* Roxb. ได้เท่ากับการใส่ปุ๋ย  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  อัตรา 120 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ ในขณะที่การใส่เชื้อไรโซเบียมรวมกับการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 60 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ กลับให้ผลผลิตเมล็ดสูงกว่าการใช้ไรโซเบียมอย่างเดียว หรือการใส่ปุ๋ย  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  อย่างเดียว และเมื่อเพิ่มปริมาณฟอสฟอรัสในอัตรา 2 เท่าของค่าวิเคราะห์ดิน (ใส่เพิ่ม 6 กิโลกรัม  $\text{P}_2\text{O}_5$  ต่อไร่) ช่วยส่งเสริมการเพิ่มผลผลิต และคุณภาพของถั่วเขียวฝัมนั้น มีสาเหตุอันเนื่องมาจาก ฟอสฟอรัสเป็นธาตุที่เป็นองค์ประกอบของสารให้พลังงานสูง ซึ่งจำเป็นต้องใช้ในกระบวนการตรึงไนโตรเจนและการเจริญเติบโตของถั่วเขียว ดังนั้น เมื่อเพิ่มปริมาณฟอสฟอรัสในดิน ถั่วเขียวเจริญเติบโตดี ขั้วสารที่จำเป็นต่อกระบวนการสร้างปมให้แก่ไรโซเบียม ไรโซเบียมใช้ฟอสฟอรัส และไนโตรเจนที่มีปริมาณต่ำในดิน เพื่อการเจริญ ดังนั้น กระบวนการตรึงไนโตรเจนจึงเกิดขึ้นอย่างมีประสิทธิภาพ และให้ไนโตรเจนโดยตรงแก่ต้นพืชในเวลาที่ต้องการ โดยไม่สูญเสียไปในรูปต่างๆ เช่น การสูญเสียให้แก่วัชพืช หรือการชะล้าง ดังนั้น ต้นถั่วเขียวที่ได้รับการใส่เชื้อไรโซเบียม และในดินมีปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัสที่เพียงพอ ก็จะส่งเสริมการเจริญเติบโต และการให้ผลผลิตที่มีคุณภาพ เมื่อพิจารณาคุณภาพของเชื้อไรโซเบียมที่คัดเลือกได้และผลิตเป็นปุ๋ยชีวภาพ จัดว่ามีประสิทธิภาพสูง เนื่องจาก ในดินมีประชากรไรโซเบียมในธรรมชาติสูง 300 เซลล์ต่อกรัมดินแห้ง แต่เชื้อไรโซเบียมที่ใส่ให้แก่ต้นถั่วเขียว มีความจำเพาะเจาะจงแก่พันธุ์ถั่ว และมีความสามารถในการครอบครองพื้นที่รากถั่วสูงและตรึงไนโตรเจนได้สูง ผลของการใช้ไรโซเบียมจึงปรากฏชัดเจน

เมื่อพิจารณาโดยรวมถึงปริมาณปุ๋ยเคมีที่จำเป็นต้องใช้ ร่วมกับการใช้ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม ที่มีต่อปริมาณและคุณภาพผลผลิตถั่วเขียวฝัมนพันธุ์ M5-1 เห็นได้ชัดเจนว่า การใช้ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมรวมกับการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมในอัตราสองเท่าตามค่าวิเคราะห์ดิน ถึงแม้จะไม่ได้ให้ผลผลิตสูงสุดเมื่อเปรียบเทียบกับปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียวตามลักษณะเนื้อดิน แต่ไม่มีความแตกต่างด้านสถิติ แต่กลับเพิ่มผลผลิตเมล็ด 13.3 เปอร์เซ็นต์ในฤดูแล้ง และเพิ่มปริมาณโปรตีนในเมล็ด 15.2 เปอร์เซ็นต์ ในฤดูฝน เมื่อเปรียบเทียบกับปุ๋ยเคมีตามวิธีปฏิบัติของเกษตรกร 15-15-15 อัตรา 30 กิโลกรัมต่อไร่ 2 ครั้งและสามารถลดปริมาณการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนและโพแทสเซียมได้สูงถึง 100 เปอร์เซ็นต์ (ไม่ต้องใส่) และลดปริมาณปุ๋ยฟอสฟอรัสได้สูงถึง 33.3 เปอร์เซ็นต์ เป็นการลดต้นทุนที่คุ้มค่าเชิงเศรษฐกิจ แต่หากเปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุม (ไม่ใส่ปุ๋ย) ถึงแม้จะให้ผลผลิตเมล็ดสูงกว่าการใส่ปุ๋ย 15-15-15 อัตรา 30 กิโลกรัมต่อไร่ 2 ครั้ง แต่เมล็ดที่ได้กลับมีคุณภาพต่ำกว่าการใช้ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมเมื่อปลูกในฤดูแล้ง (ตารางที่ 19) ในทำนองเดียวกันการใช้ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมรวมกับการใส่ปุ๋ยเคมีในปริมาณที่เหมาะสม สามารถช่วยลดต้นทุนค่าปุ๋ยและเพิ่มคุณภาพด้านความแข็งแรงของเมล็ดให้แก่ถั่วเขียวฝัมนพันธุ์ M5-5 เมื่อปลูกในฤดูแล้งและฤดูฝนโดยการใช้ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมรวมกับการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมในอัตราสองเท่าตามค่าวิเคราะห์ดิน ทำให้เมล็ดมีความแข็งแรงสูงกว่าการใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียวตามลักษณะเนื้อดิน และใกล้เคียงกับวิธีที่เกษตรกรปฏิบัติ คือ การใส่ปุ๋ย 15-15-15 อัตรา 30 กิโลกรัมต่อไร่ 2 ครั้ง แต่สามารถลดต้นทุนค่าใช้จ่ายด้านปริมาณปุ๋ยไนโตรเจนและโพแทสเซียมได้สูง

ถึง 100 เปอร์เซ็นต์ (ไม่ต้องใส่) และลดปริมาณปุ๋ยฟอสฟอรัสได้สูงถึง 33.3 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 20) ผลงานวิจัยที่ได้ใช้ปุ๋ยไนโตรเจนต่ำกว่าผลงานวิจัยของ ไสวและคณะ (2531) ที่รายงานว่า การปลูกถั่วเขียวในดินชุดกำแพงแสน (ดินร่วนเหนียว) ที่มีความอุดมสมบูรณ์ปานกลางโดยใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 2.4 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับการคลุมเมล็ดด้วยเชื้อไรโซเบียม ทำให้ผลผลิตถั่วเขียวเพิ่มขึ้นอย่างเด่นชัด ดังนั้น การวิเคราะห์สมบัติบางประการของดินก่อนปลูก สามารถช่วยในการตัดสินใจถึงชนิดและปริมาณปุ๋ยที่จำเป็นต้องใส่ให้แก่ถั่วเขียวฝิวมันโดยให้ผลตอบแทนที่คุ้มค่าเชิงเศรษฐกิจได้

#### สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

ไรโซเบียมสายพันธุ์ DASA02002 DASA02020 DASA02042 DASA02166 และ DASA02193 มีประสิทธิภาพในการไนโตรเจนสูงกับถั่วเขียวฝิวมันพันธุ์ M5-1 ให้ค่าเฉลี่ย ARA ระหว่าง 14.508-17.382 ไมโครโมล  $C_2H_4$  ต่อชั่วโมงต่อ 2 ต้น และไรโซเบียมสายพันธุ์ DASA02077 DASA02082 DASA02084 DASA02104 และ DASA02193 มีประสิทธิภาพสูงในการตรึงไนโตรเจนร่วมกับถั่วเขียวฝิวมันพันธุ์ M5-5 โดยให้ค่าเฉลี่ย ARA ระหว่าง 22.549-29.842 ไมโครโมล  $C_2H_4$  ต่อชั่วโมงต่อ 2 ต้น เมื่อนำไรโซเบียมสายพันธุ์ดังกล่าวมาผลิตเป็นปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมเชื้อผสมและใช้ร่วมกับการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมอัตราสองเท่าตามค่าวิเคราะห์ดินที่มีเนื้อดินเป็นดินร่วนเหนียว ค่า pH 6.24 ปริมาณอินทรีย์วัตถุ 0.74 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ได้ (BrayII-P) 24.25 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exch.K<sup>+</sup>) 101.21 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ปริมาณเชื้อไรโซเบียม 300 เซลล์ต่อกรัมดินแห้ง คือใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัส 6 กิโลกรัม  $P_2O_5$  ต่อไร่ สามารถส่งเสริมการเพิ่มปริมาณผลผลิตเมล็ดถั่วเขียวฝิวมันพันธุ์ M5-1 สูงกว่าการใส่ปุ๋ยเคมีตามวิธีที่เกษตรกรปฏิบัติ คือ การใส่ปุ๋ย 15-15-15 อัตรา 30 กิโลกรัมต่อไร่ ใส่ 2 ครั้ง ประมาณ 13.3 เปอร์เซ็นต์ คุณภาพเมล็ดด้านปริมาณโปรตีนสูงกว่าการใส่ปุ๋ยเคมีตามลักษณะเนื้อดินเมื่อปลูกในฤดูแล้ง ฤดูฝนช่วยปรับปรุงคุณภาพเมล็ดด้านปริมาณโปรตีนให้สูงกว่าการใส่ปุ๋ยตามวิธีที่เกษตรกรปฏิบัติ ถึง 15.2 เปอร์เซ็นต์ แต่ปริมาณการใช้ปุ๋ยเคมีไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมลดลงระหว่าง 33.3-100 เปอร์เซ็นต์ ไรโซเบียมสายพันธุ์ DASA02077 DASA02082 DASA02084 DASA02104 และ DASA02193 มีประสิทธิภาพสูงในการตรึงไนโตรเจนร่วมกับถั่วเขียวฝิวมันพันธุ์ M5-5 โดยให้ค่าเฉลี่ย ARA ระหว่าง 22.549-29.842 ไมโครโมล  $C_2H_4$  ต่อชั่วโมงต่อ 2 ต้น เมื่อผลิตเป็นปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมและใช้ร่วมกับการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมอัตราสองเท่าตามค่าวิเคราะห์ดินสามารถส่งเสริมการเพิ่มคุณภาพเมล็ดด้านปริมาณโปรตีนเมื่อปลูกในฤดูแล้งและฤดูฝนแต่ลดปริมาณการใช้ปุ๋ยเคมีไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมลดลงระหว่าง 33.3-100 เปอร์เซ็นต์

ข้อเสนอแนะ ก่อนปลูกถั่วเขียวฝิวมันควรวิเคราะห์สมบัติของดินบางประการเพื่อให้แน่ใจว่าในดินมีธาตุอาหารพืชชนิดใดบ้างโดยเฉพาะอย่างยิ่ง ธาตุอาหารหลัก ได้แก่ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม และมีอยู่ในปริมาณเท่าใดเพียงพอต่อความต้องการของพืชหรือไม่ ต้องใส่เพิ่มเท่าใด และมีปัจจัยการผลิตใด ที่ทดแทนการได้มาซึ่งธาตุอาหารพืชจากปุ๋ยเคมีหรือไม่ ประการใด ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมจำเป็นอย่างยิ่งในการทดแทนการใช้ปุ๋ยเคมีไนโตรเจน สำหรับการผลิตถั่วเขียวซึ่งต้องเลือกสายพันธุ์ไรโซเบียมที่จำเพาะเจาะจงที่มีประสิทธิภาพสูงในการตรึงไนโตรเจนต่อพันธุ์ถั่วเขียวที่ต้องการปลูก ในขณะเดียวกัน เพิ่มปริมาณปุ๋ย

ฟอสฟอรัสให้แก่พืชและไรโซเบียม เนื่องจากกระบวนการตรึงไนโตรเจน จำเป็นต้องใช้ฟอสฟอรัสจึงจะสามารถทำให้การตรึงไนโตรเจนนั้นเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด การปลูกถั่วเขียวฝวมันพันธุ์ M5-1 และ M5-5 แนะนำให้ใช้ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมร่วมด้วยและใส่ฟอสฟอรัสในอัตราสองเท่าของค่าวิเคราะห์ดิน จึงสามารถเพิ่มผลผลิต และคุณภาพของเมล็ดของถั่วเขียวฝวมัน ควรมีการทดสอบในสภาพแปลงเกษตรกรเพื่อปรับหาวิธีการใช้ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมร่วมกับปุ๋ยชีวภาพละลายฟอสเฟต เนื่องจากในดินที่มีปริมาณอนุภาคขนาดดินเหนียวสูง ปริมาณความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัสต่ำ เนื่องจากถูกอนุภาคดินเหนียวดูดยึดไว้หรือเกิดเป็นสารประกอบที่ไม่ละลายน้ำ และใช้ร่วมกับปุ๋ยเคมีอย่างมีประสิทธิภาพ โดยเฉพาะอัตราที่ละเอียดของการใส่ฟอสฟอรัส และศึกษาในดินเนื้อประเภทอื่น เพื่อประกอบเป็นคู่มือแนะนำการใช้ปุ๋ยในการปลูกถั่วเขียวฝวมัน

### การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

นำเชื้อไรโซเบียมสายพันธุ์ดังกล่าวไปผลิตเป็นปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมที่ใช้ร่วมกับปุ๋ยเคมีฟอสฟอรัสอัตรา 6 กิโลกรัม  $P_2O_5$  ต่อไร่ (สองเท่าของค่าวิเคราะห์ดิน) ในการปลูกถั่วเขียวฝวมันและถ่ายทอดให้แก่กลุ่มผู้ปลูกถั่วเขียวฝวมัน และนำข้อมูลไปใช้เพื่อวิจัยต่อในการหาแนวทางการใช้ หรือคำแนะนำการใช้ร่วมกับอัตราปุ๋ยฟอสฟอรัสและโพแทสเซียม สำหรับการปลูกถั่วเขียวฝวมันในดินที่มีลักษณะเนื้อดินประเภทต่างๆ

### เอกสารอ้างอิง

- กรมวิชาการเกษตร. 2548. *คำแนะนำการใช้ปุ๋ยกับพืชเศรษฐกิจ*. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ สำนักงานเลขานุการกรม. 121 หน้า.
- กรมวิชาการเกษตร. 2552. *คำแนะนำการใช้ปุ๋ยกับพืชเศรษฐกิจ*. พิมพ์ครั้งที่ 2 กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ สำนักงานเลขานุการกรม. 122 หน้า.
- สุทิน คล้ายมนต์. 2536. *สรุปงานวิจัยดินและปุ๋ยถั่วเขียว*. หน้า 80-93. ใน รายงานสัมมนาเชิงปฏิบัติการเรื่องงานวิจัยถั่วเขียวครั้งที่ 1 โดยศูนย์วิจัยพืชไร่ชัยนาท สถาบันวิจัยพืชไร่ กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- ไสว พงษ์เก่า และวีระพงษ์ อินทร์ทอง. 2531. *อิทธิพลของอัตราปุ๋ยไนโตรเจนก่อนปลูกและขณะออกดอกต่อการตรึงไนโตรเจนและผลผลิตถั่วเขียว*. หน้า 52-67. ใน รายงานผลการสัมมนาเชิงปฏิบัติการงานวิจัยถั่วเขียวครั้งที่ 3 จัดโดยศูนย์วิจัยพืชไร่ชัยนาท สถาบันวิจัยพืชไร่ กรมวิชาการเกษตร วันที่ 21-23 พฤศจิกายน 2531 ณ ศูนย์ส่งเสริมวิทยุเกษตรแห่งชาติ อำเภอท่าม่วง จังหวัดกาญจนบุรี.
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2548. *สถิติการเกษตรของประเทศไทยปี 2548*. เอกสารสถิติการเกษตรเลขที่ 418 ศูนย์สารสนเทศการเกษตร สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- Provorov, N. A., U. B. Saimanzarov, I. U. Bahromov, D. Z. Pulatova, A. P. Kozhemyakov, and G. A. Kurbanov. Effect of rhizobia inoculation on the seed (herbage) production of mungbean (*Phaseolus aureus* Roxb.) grown at Uzbekistan. *Journal of Arid Environment*. 39:569-575.

ตารางที่ 1 ประสิทธิภาพการตรึงไนโตรเจนของไรโซเบียม 23 สายพันธุ์กับถั่วเขียวผิวมันพันธุ์ M5-1  
ในวัสดุปลูกที่ปราศจากเชื้อปนเปื้อน

สายพันธุ์ไรโซเบียม	ค่าการตรึงไนโตรเจนด้วยวิธี ARA ( $\mu\text{mole C}_2\text{H}_4/\text{ชม.}/2$ ต้น)	น้ำหนักต้นแห้ง (กรัม/2 ต้น)
DASA02001	2.473cd	2.44b-h
DASA02002	17.382a	3.27abc
DASA02003	5.187b-d	2.88a-e
DASA02005	3.555b-d	3.26abc
DASA02006	3.093b-d	2.86a-f
DASA02009	2.630cd	2.11d-j
DASA02020	14.720ab	2.74a-g
DASA02025	3.183b-d	2.94a-d
DASA02030	4.195b-d	2.57a-h
DASA02031	5.074b-d	2.15c-j
DASA02032	3.637b-d	1.99ij
DASA02037	4.832b-d	2.63a-g
DASA02042	16.455a	2.89a-d
DASA02074	2.996cd	2.46b-h
DASA02082	5.820b-d	2.51a-h
DASA02084	6.595bc	2.76a-g
DASA02087	5.517b-d	2.35b-h
DASA02089	2.392cd	2.71a-g
DASA02104	2.950cd	2.09d-j
DASA02166	15.355ab	2.88a-e
DASA02193	16.111ab	2.84a-g
DASA02196	7.058bc	3.63a
DASA02197	4.852b-d	2.52a-h
Control	1.038d	1.46hij
F-test	**	**
cv	19.9	14.1

ตารางที่ 2 ประสิทธิภาพการตรึงไนโตรเจนของไรโซเบียม 23 สายพันธุ์กับถั่วเขียวผิวมันพันธุ์ M5-5  
ในวัสดุปลูกที่ปราศจากเชื้อปนเปื้อน

สายพันธุ์ไรโซเบียม	ค่าการตรึงไนโตรเจนด้วยวิธี ARA ( $\mu\text{mole C}_2\text{H}_4/\text{ชม.}/2$ ต้น)	น้ำหนักต้นแห้ง (กรัม/2 ต้น)
DASA02001	3.059b	2.27abc
DASA02002	1.908b-h	1.93a-d
DASA02003	1.875b-h	1.80a-d
DASA02005	1.515b-h	1.07cd
DASA02006	2.230bc	1.81a-d
DASA02009	1.289b-h	2.41abc
DASA02020	1.867b-h	2.22abc
DASA02025	0.957c-h	2.16abc
DASA02031	3.337b	1.53a-d
DASA02042	1.171c-h	1.18bcd
DASA02068	1.882b-h	2.26abc
DASA02070	0.931c-h	2.39abc
DASA02074	1.872b-h	1.73a-d
DASA02077	25.875a	2.86a
DASA02082	24.439a	2.36abc
DASA02084	22.549a	2.67abc
DASA02087	1.379b-h	2.28abc
DASA02104	29.842a	2.06abc
DASA02166	2.420bc	1.86a-d
DASA02193	23.39b-h	2.83ab
DASA02196	1.430b-h	1.38a-d
DASA02197	2.018bc	2.17abc
DASA02198	1.447b-h	1.98abc
Control	0.105g	0.30d
F-test	**	**
cv	10.7	13.2

ตารางที่ 3 สมบัติของดินบางประการที่ใช้ในการทดลองกระถาง

สมบัติของดิน	ผลวิเคราะห์
ค่า pH	6.56
ปริมาณอินทรีย์วัตถุ	2.80%
ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (BrayII-P)	89 มก./กก.
ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exch.K <sup>+</sup> )	72 มก./กก.
ลักษณะเนื้อดิน	ดินร่วนเหนียว
จำนวนไรโซเบียม	4 เซลล์/กรัมดินแห้ง

ตารางที่ 4 ปริมาณปุ๋ยที่ต้องใส่ตามกรรมวิธีสำหรับการทดลองในกระถาง ณ ศวร.ชัยนาท ปี 2554

กรรมวิธี	ปริมาณปุ๋ยเคมีที่ใส่เพิ่ม (กก./ไร่)
Control <sup>1/</sup>	0-0-0
Soil texture <sup>2/</sup>	14.9-5.7-5.7
R+1/2N-P-K soil texture <sup>3/</sup>	0-6-3
R+N-P-K soil analysis <sup>4/</sup>	0-3-3
R+1/2 กก.N-P-K soil analysis <sup>5/</sup>	0.5-3-3
R+2P+2K soil analysis <sup>6/</sup>	0-6-6
R+15-15-15 30 กก./ไร่ 2 ครั้ง <sup>7/</sup>	9-9-9

หมายเหตุ : <sup>1/</sup> กรรมวิธีควบคุม ไม่ใส่ปุ๋ยชีวภาพและปุ๋ยเคมี

<sup>2/</sup> ใส่ปุ๋ยเคมีตามลักษณะเนื้อดิน (กรมวิชาการเกษตร, 2552) แบ่งใส่ 2 ครั้ง

<sup>3/</sup> ใส่ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม ปุ๋ยเคมีไนโตรเจนครึ่งอัตรา ปุ๋ยฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมตามลักษณะเนื้อดิน (กรมวิชาการเกษตร, 2552) แบ่งใส่ 2 ครั้ง

<sup>4/</sup> ใส่ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม ปุ๋ยเคมีไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมตามค่าวิเคราะห์ดิน (กรมวิชาการเกษตร, 2552)

<sup>5/</sup> ใส่ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม ปุ๋ยเคมี 0.5 กก. ไนโตรเจน ปุ๋ยฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมอัตราตามค่าวิเคราะห์ดิน (กรมวิชาการเกษตร, 2552)

<sup>6/</sup> ใส่ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม ปุ๋ยเคมีฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมอัตรา 2 เท่า

<sup>7/</sup> ใส่ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม ปุ๋ยเคมี 15-15-15 อัตรา 30 กก./ไร่ ใส่ 2 ครั้ง

ตารางที่ 5 ผลผลิตและองค์ประกอบของผลผลิตถั่วเขียวผิวมันพันธุ์M5-1 ในกระถางฤดูแล้ง ปี 2554

กรรมวิธีทดลอง	จำนวนฝัก (ฝัก/ต้น)	จำนวนเมล็ด (เมล็ด/ฝัก)	น้ำหนัก 100 เมล็ด (กรัม)
Control <sup>1/</sup>	3.88	5.17c	6.08
Soil texture <sup>2/</sup>	5.18	6.82bcd	7.19
R+1/2N-P-K soil texture <sup>3/</sup>	5.38	9.13a	6.13
R+N-P-K soil analysis <sup>4/</sup>	5.25	7.68bc	6.11
R+1/2 กก.N-P-K soil analysis <sup>5/</sup>	4.63	7.93b	5.62
R+2P+2K soil analysis <sup>6/</sup>	4.38	6.78cd	5.50
R+15-15-15 30 กก./ไร่ 2 ครั้ง <sup>7/</sup>	4.75	6.48d	5.62
F-test	ns	**	ns
cv	17.9	10.0	19.3

หมายเหตุ : <sup>1/</sup> กรรมวิธีควบคุม ไม่ใส่ปุ๋ยชีวภาพและปุ๋ยเคมี

<sup>2/</sup> ใส่ปุ๋ยเคมีตามลักษณะเนื้อดิน (กรมวิชาการเกษตร, 2552) แบ่งใส่ 2 ครั้ง

<sup>3/</sup> ใส่ปุ๋ยชีวภาพโรซเบียม ปุ๋ยเคมีไนโตรเจนครึ่งอัตรา ปุ๋ยฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมตามลักษณะเนื้อดิน (กรมวิชาการเกษตร, 2552) แบ่งใส่ 2 ครั้ง

<sup>4/</sup> ใส่ปุ๋ยชีวภาพโรซเบียม ปุ๋ยเคมีไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมตามค่าวิเคราะห์ดิน (กรมวิชาการเกษตร, 2552)

<sup>5/</sup> ใส่ปุ๋ยชีวภาพโรซเบียม ปุ๋ยเคมี 0.5 กก. ไนโตรเจน ปุ๋ยฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมอัตราตามค่าวิเคราะห์ดิน (กรมวิชาการเกษตร, 2552)

<sup>6/</sup> ใส่ปุ๋ยชีวภาพโรซเบียม ปุ๋ยเคมีฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมอัตรา 2 เท่าตามค่าวิเคราะห์ดิน (กรมวิชาการเกษตร, 2552)

<sup>7/</sup> ใส่ปุ๋ยชีวภาพโรซเบียม ปุ๋ยเคมี 15-15-15 อัตรา 30 กก./ไร่ ใส่ 2 ครั้งพร้อมปลูกและเมื่อถั่วเขียวอายุ 20 วัน

\*, \*\*, ns ต่างที่ระดับนัยสำคัญ ระดับนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ และไม่แตกต่างทางสถิติ

ตารางที่ 6 ผลผลิตและองค์ประกอบของผลผลิตถั่วเขียวผิวมันพันธุ์ M5-5 ในกระถางฤดูแล้งปี 2554

กรรมวิธีทดลอง	จำนวนฝัก (ฝัก/ต้น)	จำนวนเมล็ด (เมล็ด/ฝัก)	น้ำหนัก 100 เมล็ด (กรัม)
Control <sup>1/</sup>	4.18b	6.93	4.85
Soil texture <sup>2/</sup>	6.28a	6.73	5.80
R+1/2N-P-K soil texture <sup>3/</sup>	6.33a	8.80	6.15
R+N-P-K soil analysis <sup>4/</sup>	5.83a	8.20	6.10
R+1/2 กก.N-P-K soil analysis <sup>5/</sup>	6.00a	8.93	6.20
R+2P+2K soil analysis <sup>6/</sup>	5.78a	8.28	6.18
R+15-15-15 30 กก./ไร่ 2 ครั้ง <sup>7/</sup>	5.28ab	8.03	6.95
F-test	*	ns	ns
cv	13.5	13.8	13.8

หมายเหตุ : <sup>1/</sup> กรรมวิธีควบคุม ไม่ใส่ปุ๋ยชีวภาพและปุ๋ยเคมี

<sup>2/</sup> ใส่ปุ๋ยเคมีตามลักษณะเนื้อดิน (กรมวิชาการเกษตร, 2552) แบ่งใส่ 2 ครั้ง

<sup>3/</sup> ใส่ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม ปุ๋ยเคมีไนโตรเจนครึ่งอัตรา ปุ๋ยฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมตามลักษณะเนื้อดิน (กรมวิชาการเกษตร, 2552) แบ่งใส่ 2 ครั้ง

<sup>4/</sup> ใส่ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม ปุ๋ยเคมีไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมตามค่าวิเคราะห์ดิน (กรมวิชาการเกษตร, 2552)

<sup>5/</sup> ใส่ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม ปุ๋ยเคมี 0.5 กก. ไนโตรเจน ปุ๋ยฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมอัตราตามค่าวิเคราะห์ดิน (กรมวิชาการเกษตร, 2552)

<sup>6/</sup> ใส่ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม ปุ๋ยเคมีฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมอัตรา 2 เท่าตามค่าวิเคราะห์ดิน (กรมวิชาการเกษตร, 2552)

<sup>7/</sup> ใส่ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม ปุ๋ยเคมี 15-15-15 อัตรา 30 กก./ไร่ ใส่ 2 ครั้งพร้อมปลูกและเมื่อถั่วเขียวอายุ 20 วัน

\*, \*\*, ns แตกต่างที่ระดับนัยสำคัญ ระดับนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ และไม่แตกต่างทางสถิติ

ตารางที่ 7 ผลผลิตและองค์ประกอบของผลผลิตถั่วเขียวผิวมันพันธุ์ M5-1 ในกระถางฤดูฝนปี 2554

กรรมวิธีทดลอง	ค่า ARA ( $\mu\text{moleC}_2\text{H}_4/\text{ชม.}/2$ ต้น)	จำนวนฝัก (ฝัก/ต้น)	จำนวนเมล็ด (เมล็ด/ฝัก)	น้ำหนัก 100
				เมล็ด
				(กรัม)
Control <sup>1/</sup>	15.33	20	17	7.01
Soil texture <sup>2/</sup>	15.78	18	20	6.76
R+1/2N-P-K soil texture <sup>3/</sup>	11.93	17	17	7.1
R+N-P-K soil analysis <sup>4/</sup>	19.32	15	18	7.04
R+1/2 กก.N-P-K soil analysis <sup>5/</sup>	13.69	17	18	7
R+2P+2K soil analysis <sup>6/</sup>	18.92	15	21	6.9
R+15-15-15 30 กก./ไร่ 2 ครั้ง <sup>7/</sup>	16.39	15	19	7.02
F-test	ns	ns	ns	ns
cv	24.0	13.0	13.0	3.0

หมายเหตุ : <sup>1/</sup> กรรมวิธีควบคุม ไม่ใส่ปุ๋ยชีวภาพและปุ๋ยเคมี

<sup>2/</sup> ใส่ปุ๋ยเคมีตามลักษณะเนื้อดิน (กรมวิชาการเกษตร, 2552) แบ่งใส่ 2 ครั้ง

<sup>3/</sup> ใส่ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม ปุ๋ยเคมีไนโตรเจนครึ่งอัตรา ปุ๋ยฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมตามลักษณะเนื้อดิน (กรมวิชาการเกษตร, 2552) แบ่งใส่ 2 ครั้ง

<sup>4/</sup> ใส่ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม ปุ๋ยเคมีไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมตามค่าวิเคราะห์ดิน (กรมวิชาการเกษตร, 2552)

<sup>5/</sup> ใส่ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม ปุ๋ยเคมี 0.5 กก. ไนโตรเจน ปุ๋ยฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมอัตราตามค่าวิเคราะห์ดิน (กรมวิชาการเกษตร, 2552)

<sup>6/</sup> ใส่ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม ปุ๋ยเคมีฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมอัตรา 2 เท่าตามค่าวิเคราะห์ดิน (กรมวิชาการเกษตร, 2552)

<sup>7/</sup> ใส่ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม ปุ๋ยเคมี 15-15-15 อัตรา 30 กก./ไร่ ใส่ 2 ครั้งพร้อมปลูกและเมื่อถั่วเขียวอายุ 20 วัน

\*, \*\*, ns แสดงที่ระดับนัยสำคัญ ระดับนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ และไม่แตกต่างทางสถิติ

ตารางที่ 8 ผลผลิตและองค์ประกอบของผลผลิตถั่วเขียวผิวมันพันธุ์ M5-5 ในกระถางฤดูฝนปี 2554

กรรมวิธีทดลอง	ค่า ARA ( $\mu\text{mole C}_2\text{H}_4/\text{ชม.}/2$ ต้น)	จำนวนฝัก (ฝัก/ต้น)	จำนวน เมล็ด (เมล็ด/ ฝัก)	น้ำหนัก 100 เมล็ด (กรัม)
Control <sup>1/</sup>	17.89c	22	22	6.51
Soil texture <sup>2/</sup>	19.08bc	22	20	6.86
R+1/2N-P-K soil texture <sup>3/</sup>	13.80c	24	20	6.86
R+N-P-K soil analysis <sup>4/</sup>	17.20c	22	23	6.72
R+1/2 กก.N-P-K soil analysis <sup>5/</sup>	21.97bc	20	23	6.55
R+2P+2K soil analysis <sup>6/</sup>	32.20a	20	22	6.52
R+15-15-15 30 กก./ไร่ 2 ครั้ง <sup>7/</sup>	26.60ab	22	22	6.77
F-test	**	ns	ns	ns
cv	23.0	15.0	19.0	3.0

หมายเหตุ : <sup>1/</sup> กรรมวิธีควบคุม ไม่ใส่ปุ๋ยชีวภาพและปุ๋ยเคมี

<sup>2/</sup> ใส่ปุ๋ยเคมีตามลักษณะเนื้อดิน (กรมวิชาการเกษตร, 2552) แบ่งใส่ 2 ครั้ง

<sup>3/</sup> ใส่ปุ๋ยชีวภาพโรโซเปียม ปุ๋ยเคมีไนโตรเจนครึ่งอัตรา ปุ๋ยฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมตามลักษณะเนื้อดิน (กรมวิชาการเกษตร, 2552) แบ่งใส่ 2 ครั้ง

<sup>4/</sup> ใส่ปุ๋ยชีวภาพโรโซเปียม ปุ๋ยเคมีไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมตามค่าวิเคราะห์ดิน (กรมวิชาการเกษตร, 2552)

<sup>5/</sup> ใส่ปุ๋ยชีวภาพโรโซเปียม ปุ๋ยเคมี 0.5 กก. ไนโตรเจน ปุ๋ยฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมอัตราตามค่าวิเคราะห์ดิน (กรมวิชาการเกษตร, 2552)

<sup>6/</sup> ใส่ปุ๋ยชีวภาพโรโซเปียม ปุ๋ยเคมีฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมอัตรา 2 เท่าตามค่าวิเคราะห์ดิน (กรมวิชาการเกษตร, 2552)

<sup>7/</sup> ใส่ปุ๋ยชีวภาพโรโซเปียม ปุ๋ยเคมี 15-15-15 อัตรา 30 กก./ไร่ ใส่ 2 ครั้งพร้อมปลูกและเมื่อถั่วเขียวอายุ 20 วัน

\*, \*\*, ns แตกต่างที่ระดับนัยสำคัญ ระดับนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ และไม่แตกต่างทางสถิติ

ตารางที่ 9 สมบัติของดินแปลงทดลองบางประการ

สมบัติของดิน	ผลวิเคราะห์
ค่า pH	6.24
ปริมาณอินทรีย์วัตถุ	0.740%
ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (BrayII-P)	24.25 มก./กก.
ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exch.K <sup>+</sup> )	101.21 มก./กก.
ลักษณะเนื้อดิน	ดินร่วนเหนียว
จำนวนไรโซเปียม	300 เซลล์/กรัมดินแห้ง

ตารางที่ 10 ปริมาณปุ๋ยที่ต้องใส่ตามกรรมวิธีสำหรับแปลงทดลอง ณ ศวร.ชัยนาท ปี 2555

กรรมวิธี	ปริมาณปุ๋ยที่ใส่เพิ่ม (กก./ไร่)
Control <sup>1/</sup>	0-0-0
Soil texture <sup>2/</sup>	14.9-5.7-5.7
R+1/2N-P-K soil texture <sup>3/</sup>	0-6-3
R+N-P-K soil analysis <sup>4/</sup>	3-3-0
R+1/2N-P-K soil analysis <sup>5/</sup>	1.5-3-0
R+2P+2K soil analysis <sup>6/</sup>	0-6-0
R+15-15-15 30 กก./ไร่ 2 ครั้ง <sup>7/</sup>	9-9-9

ตารางที่ 11 ปริมาณผลผลิตถั่วเขียวฝัวมันพันธุ์ M5-1 แปลงทดลอง ณ ศวร.ชัยนาท ปี 2555

กรรมวิธีทดลอง	ผลผลิต เมล็ด (กก./ไร่)	น้ำหนัก ฝัก (กก./ไร่)	น้ำหนัก 100 เมล็ด (กรัม)
Control <sup>1/</sup>	229ab	329.ab	6.83
Soil texture <sup>2/</sup>	240a	350a	6.76
R+1/2N-P-K soil texture <sup>3/</sup>	206ab	294ab	7
R+N-P-K soil analysis <sup>4/</sup>	203ab	292ab	6.88
R+1/2 N-P-K soil analysis <sup>5/</sup>	203ab	291ab	6.82
R+2P+2K soil analysis <sup>6/</sup>	204ab	298ab	6.76
R+15-15-15 30 กก./ไร่ 2 ครั้ง 7/	180b	262b	6.78
F-test	**	**	ns
cv	16.1	15.5	4.9

หมายเหตุ : <sup>1/</sup> กรรมวิธีควบคุม ไม่ใส่ปุ๋ย  
ชีวภาพและปุ๋ยเคมี

<sup>2/</sup> ใส่ปุ๋ยเคมีตามลักษณะเนื้อดิน (กรมวิชาการเกษตร, 2552) แบ่งใส่ 2 ครั้ง

<sup>3/</sup> ใส่ปุ๋ยชีวภาพโรโซเบียม ปุ๋ยเคมีไนโตรเจนครึ่งอัตรา ปุ๋ยฟอสฟอรัสและโพแทสเซียม  
ตามลักษณะเนื้อดิน (กรมวิชาการเกษตร, 2552) แบ่งใส่ 2 ครั้ง

<sup>4/</sup> ใส่ปุ๋ยชีวภาพโรโซเบียม ปุ๋ยเคมีไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม  
ตามค่าวิเคราะห์ดิน (กรมวิชาการเกษตร, 2552)

<sup>5/</sup> ใส่ปุ๋ยชีวภาพโรโซเบียม ปุ๋ยเคมีไนโตรเจนครึ่งอัตรา ปุ๋ยฟอสฟอรัสและโพแทสเซียม  
อัตราตามค่าวิเคราะห์ดิน (กรมวิชาการเกษตร, 2552)

<sup>6/</sup> ใส่ปุ๋ยชีวภาพโรโซเบียม ปุ๋ยเคมีฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมอัตรา 2 เท่า  
ตามค่าวิเคราะห์ดิน (กรมวิชาการเกษตร, 2552)

<sup>7/</sup> ใส่ปุ๋ยชีวภาพโรโซเบียม ปุ๋ยเคมี 15-15-15 อัตรา 30 กก./ไร่ ใส่ 2 ครั้ง  
พร้อมปลูกและเมื่อถั่วเขียวอายุ 20 วัน

\*, \*\*, ns แตกต่างที่ระดับนัยสำคัญ ระดับนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ และไม่แตกต่างทางสถิติ

ตารางที่ 12 คุณภาพของเมล็ดถั่วเขียวผิวมันพันธุ์ M5-1 แปลงทดลอง ณ ศวร.ชัยนาท ฤดูแล้ง ปี 2555

กรรมวิธีทดลอง	ปริมาณโปรตีน (%)	ความงอก (%)	ความแข็งแรง (%)
Control <sup>1/</sup>	13.25c	87.3b	86.0
Soil texture <sup>2/</sup>	13.62c	89.5ab	83.8
R+1/2N-P-K soil texture <sup>3/</sup>	21.18a	90.0ab	82.5
R+N-P-K soil analysis <sup>4/</sup>	17.31b	91.5ab	85.0
R+1/2 N-P-K soil analysis <sup>5/</sup>	18.5b	89.0ab	81.8
R+2P+2K soil analysis <sup>6/</sup>	19.25ab	92.5a	79.5
R+15-15-15 30 กก./ไร่ 2 ครั้ง <sup>7/</sup>	19.25ab	82.5c	81.0
F-test	**	**	ns
cv	4.2	3.5	5.3

หมายเหตุ : <sup>1/</sup> กรรมวิธีควบคุม ไม่ใส่ปุ๋ยชีวภาพและปุ๋ยเคมี

<sup>2/</sup> ใส่ปุ๋ยเคมีตามลักษณะเนื้อดิน (กรมวิชาการเกษตร, 2552) แบ่งใส่ 2 ครั้ง

<sup>3/</sup> ใส่ปุ๋ยชีวภาพโรโซเบียม ปุ๋ยเคมีไนโตรเจนครึ่งอัตรา ปุ๋ยฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมตามลักษณะเนื้อดิน (กรมวิชาการเกษตร, 2552) แบ่งใส่ 2 ครั้ง

<sup>4/</sup> ใส่ปุ๋ยชีวภาพโรโซเบียม ปุ๋ยเคมีไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมตามค่าวิเคราะห์ดิน (กรมวิชาการเกษตร, 2552)

<sup>5/</sup> ใส่ปุ๋ยชีวภาพโรโซเบียม ปุ๋ยเคมีไนโตรเจนครึ่งอัตรา ปุ๋ยฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมอัตราตามค่าวิเคราะห์ดิน (กรมวิชาการเกษตร, 2552)

<sup>6/</sup> ใส่ปุ๋ยชีวภาพโรโซเบียม ปุ๋ยเคมีฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมอัตรา 2 เท่าตามค่าวิเคราะห์ดิน (กรมวิชาการเกษตร, 2552)

<sup>7/</sup> ใส่ปุ๋ยชีวภาพโรโซเบียม ปุ๋ยเคมี 15-15-15 อัตรา 30 กก./ไร่ 2 ครั้งพร้อมปลูกและเมื่อถั่วเขียวอายุ 20 วัน

\*, \*\*, ns แตกต่างที่ระดับนัยสำคัญ ระดับนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ และไม่แตกต่างทางสถิติ

ตารางที่ 13 ปริมาณผลผลิตถั่วเขียวผิวมันพันธุ์ M5-5 แปลงทดลอง ณ ศวร.ชัยนาท ฤดูแล้ง  
ปี 2555

กรรมวิธีทดลอง	ผลผลิตเมล็ด (กก./ไร่)	น้ำหนักฝัก (กก./ไร่)	น้ำหนัก 100 เมล็ด (กรัม)
Control <sup>1/</sup>	62	87	7.07
Soil texture <sup>2/</sup>	59	82	7.15
R+1/2N-P-K soil texture <sup>3/</sup>	94	134	6.98
R+N-P-K soil analysis <sup>4/</sup>	109	156	6.96
R+1/2 N-P-K soil analysis <sup>5/</sup>	108	153	6.92
R+2P+2K soil analysis <sup>6/</sup>	79	112	7.12
R+15-15-15 30 กก./ไร่ 2 ครั้ง <sup>7/</sup>	66	97	6.88
F-test	ns	ns	ns
cv	48.3	47.7	2.3

หมายเหตุ : <sup>1/</sup> กรรมวิธีควบคุม ไม่ใส่ปุ๋ยชีวภาพและปุ๋ยเคมี

<sup>2/</sup> ใส่ปุ๋ยเคมีตามลักษณะเนื้อดิน (กรมวิชาการเกษตร, 2552) แบ่งใส่ 2 ครั้ง

<sup>3/</sup> ใส่ปุ๋ยชีวภาพโรโซเบียม ปุ๋ยเคมีไนโตรเจนครึ่งอัตรา ปุ๋ยฟอสฟอรัสและโพแทสเซียม  
ตามลักษณะเนื้อดิน (กรมวิชาการเกษตร, 2552) แบ่งใส่ 2 ครั้ง

<sup>4/</sup> ใส่ปุ๋ยชีวภาพโรโซเบียม ปุ๋ยเคมีไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม  
ตามค่าวิเคราะห์ดิน (กรมวิชาการเกษตร, 2552)

<sup>5/</sup> ใส่ปุ๋ยชีวภาพโรโซเบียม ปุ๋ยเคมีไนโตรเจนครึ่งอัตรา ปุ๋ยฟอสฟอรัสและโพแทสเซียม  
อัตราตามค่าวิเคราะห์ดิน (กรมวิชาการเกษตร, 2552)

<sup>6/</sup> ใส่ปุ๋ยชีวภาพโรโซเบียม ปุ๋ยเคมีฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมอัตรา 2 เท่า  
ตามค่าวิเคราะห์ดิน (กรมวิชาการเกษตร, 2552)

<sup>7/</sup> ใส่ปุ๋ยชีวภาพโรโซเบียม ปุ๋ยเคมี 15-15-15 อัตรา 30 กก./ไร่ ใส่ 2 ครั้ง  
พร้อมปลูกและเมื่อถั่วเขียวอายุ 20 วัน

\*, \*\*, ns ต่างที่ระดับนัยสำคัญ ระดับนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ และไม่แตกต่างทางสถิติ

ตารางที่ 14 คุณภาพของเมล็ดถั่วเขียวฝัมนพันธุ์ M5-5 แปลงทดลอง ณ ศวร.ชัยนาท ฤดูแล้งปี 2555

กรรมวิธีทดลอง	ปริมาณโปรตีน (%)	ความงอก (%)	ความแข็งแรง (%)
Control <sup>1/</sup>	19.43	79.8b	79.3b
Soil texture <sup>2/</sup>	20.43	89.3a	79.8b
R+1/2N-P-K soil texture <sup>3/</sup>	19.43	93.8a	83.3ab
R+N-P-K soil analysis <sup>4/</sup>	19.81	93.8a	89.8a
R+1/2 N-P-K soil analysis <sup>5/</sup>	18.87	90.3a	84.5ab
R+2P+2K soil analysis <sup>6/</sup>	19.81	94.5a	87.3ab
R+15-15-15 30 กก./ไร่ 2 ครั้ง <sup>7/</sup>	19.25	88.5a	85.5ab
F-test	ns	**	**
cv	2.9	4.9	6.0

หมายเหตุ : <sup>1/</sup> กรรมวิธีควบคุม ไม่ใส่ปุ๋ยชีวภาพและปุ๋ยเคมี

<sup>2/</sup> ใส่ปุ๋ยเคมีตามลักษณะเนื้อดิน (กรมวิชาการเกษตร, 2552) แบ่งใส่ 2 ครั้ง

<sup>3/</sup> ใส่ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม ปุ๋ยเคมีไนโตรเจนครึ่งอัตรา ปุ๋ยฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมตามลักษณะเนื้อดิน (กรมวิชาการเกษตร, 2552) แบ่งใส่ 2 ครั้ง

<sup>4/</sup> ใส่ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม ปุ๋ยเคมีไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมตามค่าวิเคราะห์ดิน (กรมวิชาการเกษตร, 2552)

<sup>5/</sup> ใส่ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม ปุ๋ยเคมีไนโตรเจนครึ่งอัตรา ปุ๋ยฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมอัตราตามค่าวิเคราะห์ดิน (กรมวิชาการเกษตร, 2552)

<sup>6/</sup> ใส่ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม ปุ๋ยเคมีฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมอัตรา 2 เท่าตามค่าวิเคราะห์ดิน (กรมวิชาการเกษตร, 2552)

<sup>7/</sup> ใส่ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม ปุ๋ยเคมี 15-15-15 อัตรา 30 กก./ไร่ ใส่ 2 ครั้งพร้อมปลูกและเมื่อถั่วเขียวอายุ 20 วัน

\*, \*\*, ns แสดงว่าระดับนัยสำคัญ ระดับนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ และไม่แตกต่างทางสถิติ

ตารางที่ 15 ปริมาณผลผลิตถั่วเขียวผิวมันพันธุ์ M5-1 แปลงทดลอง ณ ศร.ชัยนาท ฤดูฝนปี 2555

กรรมวิธีทดลอง	ผลผลิตเมล็ด (กก./ไร่)	น้ำหนัก 1000 เมล็ด (กรัม)	จำนวนฝัก (ฝัก/ต้น)
Control <sup>1/</sup>	177	61.63	11
Soil texture <sup>2/</sup>	235	62.88	12
R+1/2N-P-K soil texture <sup>3/</sup>	216	61.63	10
R+N-P-K soil analysis <sup>4/</sup>	203	60.75	11
R+1/2 N-P-K soil analysis <sup>5/</sup>	177	60.75	10
R+2P+2K soil analysis <sup>6/</sup>	216	63.00	11
R+15-15-15 30 กก./ไร่ 2 ครั้ง <sup>7/</sup>	206	63.38	11
F-test	ns	ns	ns
cv	18.1	3.3	4.2

หมายเหตุ : <sup>1/</sup> กรรมวิธีควบคุม ไม่ใส่ปุ๋ยชีวภาพและปุ๋ยเคมี

<sup>2/</sup> ใส่ปุ๋ยเคมีตามลักษณะเนื้อดิน (กรมวิชาการเกษตร, 2552) แบ่งใส่ 2 ครั้ง

<sup>3/</sup> ใส่ปุ๋ยชีวภาพโรโซเบียม ปุ๋ยเคมีไนโตรเจนครึ่งอัตรา ปุ๋ยฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมตามลักษณะเนื้อดิน (กรมวิชาการเกษตร, 2552) แบ่งใส่ 2 ครั้ง

<sup>4/</sup> ใส่ปุ๋ยชีวภาพโรโซเบียม ปุ๋ยเคมีไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมตามค่าวิเคราะห์ดิน (กรมวิชาการเกษตร, 2552)

<sup>5/</sup> ใส่ปุ๋ยชีวภาพโรโซเบียม ปุ๋ยเคมีไนโตรเจนครึ่งอัตรา ปุ๋ยฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมอัตราตามค่าวิเคราะห์ดิน (กรมวิชาการเกษตร, 2552)

<sup>6/</sup> ใส่ปุ๋ยชีวภาพโรโซเบียม ปุ๋ยเคมีฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมอัตรา 2 เท่าตามค่าวิเคราะห์ดิน (กรมวิชาการเกษตร, 2552)

<sup>7/</sup> ใส่ปุ๋ยชีวภาพโรโซเบียม ปุ๋ยเคมี 15-15-15 อัตรา 30 กก./ไร่ ใส่ 2 ครั้งพร้อมปลูกและเมื่อถั่วเขียวอายุ 20 วัน

\*, \*\*, ns แตกต่างที่ระดับนัยสำคัญ ระดับนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ และไม่แตกต่างทางสถิติ

ตารางที่ 16 คุณภาพของเมล็ดถั่วเขียวฝัวมันพันธุ์ M5-1 แปลงทดลอง ณ ศวร.ชัยนาท ฤดูฝนปี 2555

กรรมวิธีทดลอง	ปริมาณโปรตีน (%)	ความงอก (%)	ความแข็งแรง (%)
Control <sup>1/</sup>	18.96c	93.8	61.75
Soil texture <sup>2/</sup>	20.42a	95.1	63.63
R+1/2N-P-K soil texture <sup>3/</sup>	19.25bc	94.1	65.25
R+N-P-K soil analysis <sup>4/</sup>	18.67c	94.1	63.50
R+1/2 N-P-K soil analysis <sup>5/</sup>	19.25bc	91.8	61.38
R+2P+2K soil analysis <sup>6/</sup>	20.42a	93.4	61.63
R+15-15-15 30 กก./ไร่ 2 ครั้ง <sup>7/</sup>	19.83ab	90.8	68.88
F-test	**	ns	ns
cv	2.0	3.4	7.9

หมายเหตุ : <sup>1/</sup> กรรมวิธีควบคุม ไม่ใส่ปุ๋ยชีวภาพและปุ๋ยเคมี

<sup>2/</sup> ใส่ปุ๋ยเคมีตามลักษณะเนื้อดิน (กรมวิชาการเกษตร, 2552) แบ่งใส่ 2 ครั้ง

<sup>3/</sup> ใส่ปุ๋ยชีวภาพโรโซเบียม ปุ๋ยเคมีไนโตรเจนครึ่งอัตรา ปุ๋ยฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมตามลักษณะเนื้อดิน (กรมวิชาการเกษตร, 2552) แบ่งใส่ 2 ครั้ง

<sup>4/</sup> ใส่ปุ๋ยชีวภาพโรโซเบียม ปุ๋ยเคมีไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมตามค่าวิเคราะห์ดิน (กรมวิชาการเกษตร, 2552)

<sup>5/</sup> ใส่ปุ๋ยชีวภาพโรโซเบียม ปุ๋ยเคมีไนโตรเจนครึ่งอัตรา ปุ๋ยฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมอัตราตามค่าวิเคราะห์ดิน (กรมวิชาการเกษตร, 2552)

<sup>6/</sup> ใส่ปุ๋ยชีวภาพโรโซเบียม ปุ๋ยเคมีฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมอัตรา 2 เท่าตามค่าวิเคราะห์ดิน (กรมวิชาการเกษตร, 2552)

<sup>7/</sup> ใส่ปุ๋ยชีวภาพโรโซเบียม ปุ๋ยเคมี 15-15-15 อัตรา 30 กก./ไร่ ใส่ 2 ครั้งพร้อมปลูกและเมื่อถั่วเขียวอายุ 20 วัน

\*, \*\*, ns แตกต่างที่ระดับนัยสำคัญ ระดับนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ และไม่แตกต่างทางสถิติ

ตารางที่ 17 ปริมาณผลผลิตถั่วเขียวผิวมันพันธุ์ M5-5 แปลงทดลอง ณ ศร.ชัยนาท ฤดูฝนปี 2555

กรรมวิธีทดลอง	น้ำหนัก 1000		
	ผลผลิตเมล็ด (กก./ไร่)	เมล็ด (กรัม)	จำนวนฝัก (ฝัก/ต้น)
Control <sup>1/</sup>	202	60.75	10
Soil texture <sup>2/</sup>	222	60.38	10
R+1/2N-P-K soil texture <sup>3/</sup>	219	57.28	11
R+N-P-K soil analysis <sup>4/</sup>	202	57.28	10
R+1/2 N-P-K soil analysis <sup>5/</sup>	207	58.13	10
R+2P+2K soil analysis <sup>6/</sup>	199	58.63	10
R+15-15-15 30 กก./ไร่ 2 ครั้ง <sup>7/</sup>	213	58.63	11
F-test	ns	ns	ns
cv	13.3	3.5	4.5

หมายเหตุ : <sup>1/</sup> กรรมวิธีควบคุม ไม่ใส่ปุ๋ยชีวภาพและปุ๋ยเคมี

<sup>2/</sup> ใส่ปุ๋ยเคมีตามลักษณะเนื้อดิน (กรมวิชาการเกษตร, 2552) แบ่งใส่ 2 ครั้ง

<sup>3/</sup> ใส่ปุ๋ยชีวภาพโรโซเบียม ปุ๋ยเคมีไนโตรเจนครึ่งอัตรา ปุ๋ยฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมตามลักษณะเนื้อดิน (กรมวิชาการเกษตร, 2552) แบ่งใส่ 2 ครั้ง

<sup>4/</sup> ใส่ปุ๋ยชีวภาพโรโซเบียม ปุ๋ยเคมีไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมตามค่าวิเคราะห์ดิน (กรมวิชาการเกษตร, 2552)

<sup>5/</sup> ใส่ปุ๋ยชีวภาพโรโซเบียม ปุ๋ยเคมีไนโตรเจนครึ่งอัตรา ปุ๋ยฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมอัตราตามค่าวิเคราะห์ดิน (กรมวิชาการเกษตร, 2552)

<sup>6/</sup> ใส่ปุ๋ยชีวภาพโรโซเบียม ปุ๋ยเคมีฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมอัตรา 2 เท่าตามค่าวิเคราะห์ดิน (กรมวิชาการเกษตร, 2552)

<sup>7/</sup> ใส่ปุ๋ยชีวภาพโรโซเบียม ปุ๋ยเคมี 15-15-15 อัตรา 30 กก./ไร่ ใส่ 2 ครั้งพร้อมปลูกและเมื่อถั่วเขียวอายุ 20 วัน

\*, \*\*, ns แตกต่างที่ระดับนัยสำคัญ ระดับนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ และไม่แตกต่างทางสถิติ

ตารางที่ 18 คุณภาพของเมล็ดถั่วเขียวฝัวมันพันธุ์ M5-5 แปลงทดลอง ณ ศวร.ชัยนาท ฤดูฝนปี 2555

กรรมวิธีทดลอง	ปริมาณโปรตีน (%)	ความงอก (%)	ความแข็งแรง (%)
Control <sup>1/</sup>	19.83	96.9	64.75d
Soil texture <sup>2/</sup>	20.42	93.1	68.63cd
R+1/2N-P-K soil texture <sup>3/</sup>	19.25	95.3	74.38ab
R+N-P-K soil analysis <sup>4/</sup>	19.25	93.4	68.25cd
R+1/2 N-P-K soil analysis <sup>5/</sup>	18.96	95.8	73.13bc
R+2P+2K soil analysis <sup>6/</sup>	19.83	92.5	75.25ab
R+15-15-15 30 กก./ไร่ 2 ครั้ง <sup>7/</sup>	17.21	95	79.00a
F-test	ns	ns	**
cv	5.5	2.7	5.0

หมายเหตุ : <sup>1/</sup> กรรมวิธีควบคุม ไม่ใส่ปุ๋ยชีวภาพและปุ๋ยเคมี

<sup>2/</sup> ใส่ปุ๋ยเคมีตามลักษณะเนื้อดิน (กรมวิชาการเกษตร, 2552) แบ่งใส่ 2 ครั้ง

<sup>3/</sup> ใส่ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม ปุ๋ยเคมีไนโตรเจนครึ่งอัตรา ปุ๋ยฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมตามลักษณะเนื้อดิน (กรมวิชาการเกษตร, 2552) แบ่งใส่ 2 ครั้ง

<sup>4/</sup> ใส่ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม ปุ๋ยเคมีไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมตามค่าวิเคราะห์ดิน (กรมวิชาการเกษตร, 2552)

<sup>5/</sup> ใส่ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม ปุ๋ยเคมีไนโตรเจนครึ่งอัตรา ปุ๋ยฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมอัตราตามค่าวิเคราะห์ดิน (กรมวิชาการเกษตร, 2552)

<sup>6/</sup> ใส่ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม ปุ๋ยเคมีฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมอัตรา 2 เท่าตามค่าวิเคราะห์ดิน (กรมวิชาการเกษตร, 2552)

<sup>7/</sup> ใส่ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม ปุ๋ยเคมี 15-15-15 อัตรา 30 กก./ไร่ ใส่ 2 ครั้งพร้อมปลูกและเมื่อถั่วเขียวอายุ 20 วัน

\*, \*\*, ns แตกต่างที่ระดับนัยสำคัญ ระดับนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ และไม่แตกต่างทางสถิติ

ตารางที่ 19 ปริมาณการใช้ปุ๋ยเคมีที่ลดลงเนื่องจากการใช้ปุ๋ยชีวภาพโรโซเปียมเมื่อเปรียบเทียบกับ การใช้ปุ๋ย 15-15-15 อัตรา 30 กิโลกรัมต่อไร่ ใส่ 2 ครั้งกับผลผลิตหรือคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ M5-1

กรรมวิธีทดลอง	ผลผลิตเมล็ด (%) <sup>8/</sup> ฤดูแล้ง	ปริมาณ	
		โปรตีน (%) <sup>9/</sup> ฤดูฝน	ปริมาณปุ๋ย (%) <sup>10/</sup>
Control <sup>1/</sup>	+27.2	+10.2	-
Soil texture <sup>2/</sup>	+33.3	+18.65	(+65.6) - (-36.7) - (-36.7)
R+1/2N-P+K soil texture <sup>3/</sup>	+14.4	+11.9	(-100) - (-33.3) - (-66.7)
R+N-P-K soil analysis <sup>4/</sup>	+12.8	+11.9	(-66.7) - (-66.7) - (-100)
R+1/2 N-P-K soil analysis <sup>5/</sup>	+12.8	+10.16	(-83) - (-66.7) - (-100)
R+2P+2K soil analysis <sup>6/</sup>	+13.3	+15.2	(-100) - (-33.3) - (100)
R+15-15-15 30 กก./ไร่ 2 ครั้ง			
<sup>7/</sup>	100	100	100

หมายเหตุ : <sup>1/</sup> กรรมวิธีควบคุม ไม่ใส่ปุ๋ยชีวภาพและปุ๋ยเคมี

<sup>2/</sup> ใส่ปุ๋ยเคมีตามลักษณะเนื้อดิน (กรมวิชาการเกษตร, 2552) แบ่งใส่ 2 ครั้ง

<sup>3/</sup> ใส่ปุ๋ยชีวภาพโรโซเปียม ปุ๋ยเคมีไนโตรเจนครึ่งอัตรา ปุ๋ยฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมตามลักษณะเนื้อดิน (กรมวิชาการเกษตร, 2552) แบ่งใส่ 2 ครั้ง

<sup>4/</sup> ใส่ปุ๋ยชีวภาพโรโซเปียม ปุ๋ยเคมีไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมตามค่าวิเคราะห์ดิน (กรมวิชาการเกษตร, 2552)

<sup>5/</sup> ใส่ปุ๋ยชีวภาพโรโซเปียม ปุ๋ยเคมีไนโตรเจนครึ่งอัตรา ปุ๋ยฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมอัตราตามค่าวิเคราะห์ดิน (กรมวิชาการเกษตร, 2552)

<sup>6/</sup> ใส่ปุ๋ยชีวภาพโรโซเปียม ปุ๋ยเคมีฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมอัตรา 2 เท่าตามค่าวิเคราะห์ดิน (กรมวิชาการเกษตร, 2552)

<sup>7/</sup> ใส่ปุ๋ยชีวภาพโรโซเปียม ปุ๋ยเคมี 15-15-15 อัตรา 30 กก./ไร่ ใส่ 2 ครั้งพร้อมปลูกและเมื่อถั่วเขียวอายุ 20 วัน

<sup>8/</sup> ผลผลิตเมล็ดคิดเป็น % เทียบกับกรรมวิธีที่ 7 (+ เพิ่มขึ้น, - ลดลง)

<sup>9/</sup> ปริมาณโปรตีนคิดเป็น % เทียบกับกรรมวิธีที่ 7 (+ เพิ่มขึ้น, - ลดลง)

<sup>10/</sup> ปริมาณปุ๋ยไนโตรเจน-ฟอสฟอรัส-โพแทสเซียมคิดเป็น % เทียบกับกรรมวิธีที่ 7 (+ เพิ่มขึ้น, - ลดลง)

ตารางที่ 20 ปริมาณการใช้ปุ๋ยเคมีที่ลดลงเนื่องจากการใช้ปุ๋ยชีวภาพโรโซเบียมเมื่อเปรียบเทียบกับ การใช้ปุ๋ย 15-15-15 อัตรา 30 กิโลกรัมต่อไร่ ใส่ 2 ครั้งกับความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ M5-5

กรรมวิธีทดลอง	ความแข็งแรง	ความแข็งแรง	ปริมาณปุ๋ย
	(%) <sup>8/</sup> ฤดูแล้ง	(%) <sup>9/</sup> ฤดูฝน	(%) <sup>10/</sup>
Control <sup>1/</sup>	-7.3	-18.0	-
Soil texture <sup>2/</sup>	-6.7	-13.1	(+65.6) - (-36.7) - (-36.7)
R+1/2N-P+K soil texture <sup>3/</sup>	-2.6	-5.8	(-100) - (-33.3) - (-66.7)
R+N-P-K soil analysis <sup>4/</sup>	+5.0	-13.6	(-66.7) - (-66.7) - (-100)
R+1/2 N-P-K soil analysis <sup>5/</sup>	-1.2	-7.4	(-83) - (-66.7) - (-100)
R+2P+2K soil analysis <sup>6/</sup>	+2.1	-4.7	(-100) - (-33.3) - (100)
R+15-15-15 30 กก./ไร่ 2 ครั้ง <sup>7/</sup>	100	100	100

หมายเหตุ : <sup>1/</sup> กรรมวิธีควบคุม ไม่ใส่ปุ๋ยชีวภาพและปุ๋ยเคมี

<sup>2/</sup> ใส่ปุ๋ยเคมีตามลักษณะเนื้อดิน (กรมวิชาการเกษตร, 2552) แบ่งใส่ 2 ครั้ง

<sup>3/</sup> ใส่ปุ๋ยชีวภาพโรโซเบียม ปุ๋ยเคมีไนโตรเจนครึ่งอัตรา ปุ๋ยฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมตามลักษณะเนื้อดิน (กรมวิชาการเกษตร, 2552) แบ่งใส่ 2 ครั้ง

<sup>4/</sup> ใส่ปุ๋ยชีวภาพโรโซเบียม ปุ๋ยเคมีไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมตามค่าวิเคราะห์ดิน (กรมวิชาการเกษตร, 2552)

<sup>5/</sup> ใส่ปุ๋ยชีวภาพโรโซเบียม ปุ๋ยเคมีไนโตรเจนครึ่งอัตรา ปุ๋ยฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมอัตราตามค่าวิเคราะห์ดิน (กรมวิชาการเกษตร, 2552)

<sup>6/</sup> ใส่ปุ๋ยชีวภาพโรโซเบียม ปุ๋ยเคมีฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมอัตรา 2 เท่าตามค่าวิเคราะห์ดิน (กรมวิชาการเกษตร, 2552)

<sup>7/</sup> ใส่ปุ๋ยชีวภาพโรโซเบียม ปุ๋ยเคมี 15-15-15 อัตรา 30 กก./ไร่ ใส่ 2 ครั้งพร้อมปลูกและเมื่อถั่วเขียวอายุ 20 วัน

<sup>8/</sup>ความแข็งแรงคิดเป็น % เทียบกับกรรมวิธีที่ 7 (+ เพิ่มขึ้น, - ลดลง)

<sup>9/</sup>ความแข็งแรงคิดเป็น % เทียบกับกรรมวิธีที่ 7 (+ เพิ่มขึ้น, - ลดลง)

<sup>10/</sup>ปริมาณปุ๋ยไนโตรเจน-ฟอสฟอรัส-โพแทสเซียมคิดเป็น % เทียบกับกรรมวิธีที่ 7 (+ เพิ่มขึ้น, - ลดลง)