การใช้เชื้อไรโซเบียมร่วมกับปุ๋ยเคมีและปุ๋ยอินทรีย์ เพื่อเพิ่มผลผลิตและโปรตีนในถั่วเหลือง

Rhizobium application accompanied with chemical and organic fertilizers to improve seed yield and protein in soybean

พรพรรณ สุทธิแย้ม[1]*, อัจฉรา นันทกิจ[2], ศิริลักษณ์ จิตรอักษร[2], จิติมา ยถาภูธานนท์[3] และ สมชาย ผะอบเหล็ก[4]

Pornparn Suddhiyam[1]*, Achara Nantakit[2], Siriluk Jit-aksorn[2], Jitima Yathaputanon[3] and Somchai Paoblek[4]

บทคัดย่อ: ศึกษาการใช้เชื้อไรโซเบียมที่คัดเลือกได้ในสภาพไนโตรเจนสูง และเชื้อไรโซเบียมในอาหารเหลวร่วมกับการใช้ปุ๋ยเคมี และปุ๋ยอินทรีย์ในการผลิตถั่วเหลืองโปรตีนสูง ทำการทดลองโดยวางแผนการทดลองแบบ RCB มี 3 ซ้ำ ประกอบด้วย 10 กรรมวิธี ได้แก่ 1) ไม่ใช้ไรโซเบียม + ไม่ใช้ปุ๋ย 2) ใช้ไรโซเบียมเหลวอย่างเดียว 3) ไรโซเบียมเหลว + ปุ๋ยเคมี 12-24-12 อัตรา 25 กก./ไร่ 4) ไรโซเบียมเหลว + ปุ๋ย 12-24-12 25 กก./ไร่ + ปุ๋ยหมัก 3,000 กก./ไร่ 5) ไรโซเบียมเหลว + ปุ๋ยหมัก 3,000 กก./ไร่ 6) ไรโซเบียมรวมทนไนเตรทสูงอย่างเดียว 7) ไรโซเบียมรวมทนไนเตรทสูง + ปุ๋ย 12-24-12 25 กก./ไร่ 8) ไรโซเบียมรวมทน ไนเตรทสูง + ปุ๋ย 12-24-12 25 กก./ไร่ + ปุ๋ยหมัก 3,000 กก./ไร่ 9) ไรโซเบียมทนไนเตรทสูง + ปุ๋ยหมัก 3,000 กก./ไร่ และ 10) ไม่ใช้ไรโซเบียม + ปุ๋ย 12-24-12 25 กก./ไร่ ดำเนินการที่ศูนย์วิจัยพืชไร่เชียงใหม่ ใน 4 ฤดู คือ ฤดูแล้ง ปี 2551 (มี 8 กรรมวิธี โดยไม่มีกรรมวิธีที่ 5 และ 9) ปลายฝน ปี 2551 ฤดูแล้ง ปี 2552 และปลายฝน ปี 2552 ใช้ถั่วเหลืองพันธุ์ ชม.60 บันทึกข้อมูล ประสิทธิภาพการตรึง N ของปมราก จำนวนปมราก นน.แห้งปมราก นน.ต้นแห้ง ผลผลิต % โปรตีน และความงอก ผลการทดลองพบว่า การใช้เชื้อไรโซเบียมคลุกเมล็ดก่อนปลูกอย่างเดียว ทั้งชนิดเหลวและเชื้อทนไนเตรทสูง ทำให้ประสิทธิภาพในการตรึงไนโตรเจนไม่แตกต่างกัน (10.00 µmol C_2H_4/ต้น/ชม. และ 9.90 µmol C_2H_4/ต้น/ชม. ตามลำดับ) แต่เมื่อใช้ร่วมกับปุ๋ยเคมี (12-24-12 อัตรา 25 กก./ไร่) เชื้อทนไนเตรทสูงยังทำงานได้ดีกว่าเชื้อเหลว โดยการตรึง N ลดลงน้อยกว่า (ลดลง 1.87 µmol C_2H_4/ต้น/ชม. ขณะที่ใช้เชื้อเหลวลดลง 2.54 µmol C_2H_4/ต้น/ชม.) จึงสามารถใช้เชื้อไรโซเบียมได้ทั้ง 2 ชนิด และให้ผลไม่แตกต่างทางสถิติในจำนวนปมราก (เฉลี่ย 95 ปม/ต้น เมื่อใช้เชื้อเหลวและ 102 ปม/ต้น เมื่อใช้เชื้อทนไนเตรท) นน.แห้งปมราก (เฉลี่ย 0.431 ก./ต้น เมื่อใช้เชื้อเหลวและ 0.443 ก./ต้น เมื่อใช้เชื้อทนไนเตรท) นน.ต้นแห้ง (เฉลี่ย 28.72 ก./ต้น เมื่อใช้เชื้อเหลวและ 31.29 ก./ต้น เมื่อใช้เชื้อทนไนเตรทในช่วงปลายฝน 2552) และผลผลิตเมล็ด (เฉลี่ย 441 กก./ไร่ เมื่อใช้เชื้อเหลวและ 501 กก./ไร่ เมื่อใช้เชื้อทนไนเตรทในช่วงปลาย

1 ศูนย์วิจัยพืชไร่เชียงใหม่ ต.หนองหาร อ.สันทราย จ.เชียงใหม่ 50290
Chiang Mai Field Crops Research Centre, Nong Harn, Sansai, Chiang Mai 50290

2 กลุ่มงานวิจัยจุลินทรีย์ดิน กลุ่มวิจัยปฐพีวิทยา สปผ. ตึกไรโซเบียม ในมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จตุจักร กรุงเทพฯ 10900
Soil Microbiology Research Group, Soil Science Research, Rhizobium Building, Chatuchak, Bangkok 10900

3 กลุ่มวิจัยเกษตรเคมี สปผ. ในมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จตุจักร กรุงเทพฯ 10900
Biochemical for Agriculture Research Group, Chatuchak, Bangkok 10900

4 สถาบันวิจัยพืชไร่ จตุจักร กรุงเทพฯ 10900
Field Crops Research Institute, Chatuchak, Bangkok 10900

* Corresponding author: psuddhiyam@gmail.com

ฝน ปี 2551) รวมทั้งสามารถใช้ร่วมกับปุ๋ยเคมี ร่วมกับปุ๋ยหมัก และร่วมกับทั้งปุ๋ยเคมีและปุ๋ยหมักได้ โดยให้ผลไม่แตกต่างกันทางสถิติเช่นกัน แต่เชื้อไรโซเบียมทนไนเตรทสูงมีประสิทธิภาพดีกว่าเชื้อไรโซเบียมปกติในสภาพที่ใช้ร่วมกับปุ๋ยเคมี ดังนั้นจึงกล่าวได้ว่า การใช้เชื้อไรโซเบียมอย่างเดียวสามารถทดแทนการใช้ปุ๋ยเคมี N ได้ และยังให้ผลตอบแทนเหนือต้นทุนแปรผัน (variable cost) สูงกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ ส่วนเปอร์เซ็นต์โปรตีนในเมล็ด พบว่าการใช้เชื้อไรโซเบียมหรือไม่ใช้เชื้อไรโซเบียมแต่ใช้เชื้อในธรรมชาติ และใช้อย่างเดียวหรือใช้ร่วมกับปุ๋ยเคมีให้ผลไม่แตกต่างกัน (41.7-42.1%) ความงอกของเมล็ดสูงทุกกรรมวิธี อยู่ในช่วง 72.8-92.1%
คำสำคัญ: ถั่วเหลือง, เชื้อไรโซเบียมทนไนเตรท, ปุ๋ยหมัก, ปุ๋ยเคมี, เปอร์เซ็นต์โปรตีน

ABSTRACT: The experiments were conducted to find out the way to improve soybean yield and protein content via nitrate tolerant rhizobium inoculant compared to intolerant inoculant in liquid media (Both inoculants are mixed strains.) accompanied with chemical and organic fertilizers. A randomized complete block design with three replications of 10 treatments was applied. The treatments were 1) no rhizo.+no fert. 2) liquid form of rhizo. only 3) liquid form of rhizo +chemical fert. 12-24-12 (25 kg/Rai) 4) liquid form of rhizo + 12-24-12 (25 kg/Rai) +compost (3,000 kg/Rai) 5) liquid form of rhizo +compost 6) nitrate tolerant rhizo only 7) nitrate tolerant rhizo +12-24-12 (25 kg/Rai) 8) nitrate tolerant rhizo +12-24-12 (25 kg/Rai)+compost 9) nitrate tolerant rhizo +compost 10) no rhizo+12-24-12 (25 kg/Rai). The study was carried out in four seasons in the dry season and the late rainy seasons, at Chiangmai Field Crops Research Centre in 2008 and 2009. Data were collected for the rate of N_2 fixation (determined by acetylene reduction assay-ARA), number of root nodules, nodule dry weight, stem dry weight, seed yield, seed protein content and germination. Inoculants and forms of inoculants were not statistically different for rate of nitrogen fixation. The average ARA values for the application without fertilizer treatments were 9.90 μmol C_2H_4/plant/hr and 10.00 μ mol C_2H_4/plant/hr for nitrate tolerant and liquid rhizobium, respectively. Chemical fertilizer lowered the rate of N2 fixation, 1.87 μmol C2H4/plant/hr for nitrate tolerant rhizobium and 2.54 μmol C_2H_4/plant/hr for liquid rhizobium. Number of root nodules, nodule dry weight, weight of dry stems and seed yield were not significantly different between inoculants, with or without chemical fertilizer and compost or with both fertilizer treatments. Therefore seed treated with rhizobium before planting could replace chemical nitrogen fertilizer application in soybean production and also provide higher net income over variable costs. Moreover, rhizobium only and rhizobium with chemical fertilizer were not significantly different in seed protein content (41.7-42.1%).
Keywords: soybean, nitrate tolerant rhizobium, compost, chemical fertilizer, protein content

บทนำ

การใช้เชื้อไรโซเบียมในการปลูกถั่วเหลืองจะไม่ได้ผลมากนัก หากมีการใช้ร่วมกับปุ๋ยเคมีไนโตรเจน เพราะไนเตรทจากการใช้ปุ๋ยทำให้การสร้างปมรากถั่วช้าลง มีปริมาณน้อยลง (จิระศักดิ์, 2545) นอกจากนี้การใช้เชื้อไรโซเบียมยังช่วยเพิ่มปริมาณโปรตีนในเมล็ดได้อีกด้วย (Duong et al., 1984) จึงทำการคัดเลือกสายพันธุ์ไรโซเบียมที่สามารถตรึง N ได้ในสภาพที่ให้ปุ๋ยไนโตรเจนสูง 10 และ 20 กก./ไร่ จากถั่วเหลืองสายพันธุ์กลายที่ผ่านการอาบรังสีเพื่อคัดพันธุ์โปรตีนสูงในการทดลองปี 2549-2550 ที่ศูนย์วิจัยพืชไร่เชียงใหม่ และคัดเลือกสายพันธุ์บริสุทธิ์ของเชื้อไรโซเบียมทนไนเตรทจากปมรากถั่วเหลืองที่เจริญเติบโตในสภาพนี้ไว้ได้หลายสายพันธุ์ โดยกลุ่มงานวิจัยจุลินทรีย์ดิน สำนักวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร (พรพรรณ และคณะ, 2551) การทดลองนี้เป็นการนำเชื้อไรโซเบียมทนไนเตรทสูงที่แยกไว้ (รวมหลาย strain) มาใช้คลุกเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองพันธุ์ดี เพื่อหาวิธีการเพิ่มผลผลิตและปริมาณโปรตีนในเมล็ดอีกทางหนึ่งร่วมกับการใช้ปุ๋ยเคมีและปุ๋ยอินทรีย์ เพื่อให้เกษตรกรนำเทคโนโลยีไปปรับใช้ได้ในสภาพที่เกษตรกรเคยชินกับการใช้ปุ๋ยเคมีในการผลิตถั่วเหลือง โดยเปรียบเทียบกับการใช้เชื้อไรโซเบียมรวมแบบปกติที่ไม่ทนไนเตรทและในรูปอาหารเหลว

วิธีการศึกษา

วางแผนการทดลองแบบ RCBD มีจำนวน 3 ซ้ำ 10 กรรมวิธี คือ

1) ไม่ใช้ไรโซเบียม + ไม่ใช้ปุ๋ย

2) ใช้ไรโซเบียมเหลวอย่างเดียว (เชื้อไรโซเบียมรวมปกติที่ไม่ทนไนเตรทและใช้อาหารเหลว ผลิตโดยศูนย์วิจัยพืชไร่เชียงใหม่)

3) ใช้ไรโซเบียมเหลว + ปุ๋ย 12-24-12 อัตรา 25 กก./ไร่

4) ใช้ไรโซเบียมเหลว + ปุ๋ย 12-24-12 อัตรา 25 กก./ไร่ + ปุ๋ยหมัก 3,000 กก./ไร่ (เศษต้นถั่วเหลือง +ปุ๋ยคอกมูลวัว+เชื้อจุลินทรีย์ พด.1)

5) ใช้ไรโซเบียมเหลว + ปุ๋ยหมัก 3,000 กก./ไร่

6) ใช้ไรโซเบียมรวมทนไนเตรทสูงอย่างเดียว (เชื้อรวมหลาย strain ที่คัดเลือกจากแปลงในปี 2549-2550 โดยการแยกเชื้อบริสุทธิ์ของกลุ่มงานวิจัยจุลินทรีย์ดิน สำนักวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร)

7) ใช้ไรโซเบียมรวมทนไนเตรทสูง + ปุ๋ย 12-24-12 อัตรา 25 กก./ไร่

8) ใช้ไรโซเบียมรวมทนไนเตรทสูง + ปุ๋ย 12-24-12 อัตรา 25 กก./ไร่ + ปุ๋ยหมัก 3,000 กก./ไร่

9) ใช้ไรโซเบียมรวมทนไนเตรทสูง + ปุ๋ยหมัก 3,000 กก./ไร่

10) ไม่ใช้ไรโซเบียม + ปุ๋ย 12-24-12 อัตรา 25 กก./ไร่

แปลงทดลองขนาด 3 x 5 ตร.ม. พื้นที่เก็บเกี่ยว 2 x 4 ตร.ม. ดำเนินการทดลองปีละ 2 ฤดู คือฤดูแล้งและปลายฤดูฝนปี 2551 และ 2552 ในแปลงเดียวกันทุกฤดู ใส่ปุ๋ยหมักในกรรมวิธีที่ใส่ก่อนปลูก 10-15 วัน ระยะปลูก 50 x 20 ซม. ถอนแยกเหลือ 2-3 ต้น/หลุม คลุกเมล็ดถั่วเหลืองด้วยเชื้อไรโซเบียมตามกรรมวิธีก่อนปลูก กำจัดวัชพืชครั้งแรกและใส่ปุ๋ย 12-24-12 ตามกรรมวิธี เมื่ออายุ 15-20 วันหลังปลูก กำจัดวัชพืชครั้งที่ 2 เมื่ออายุ 28-30 วันก่อนออกดอก พ่นสารกำจัดแมลงเมื่ออายุ 7-10 วันหลังปลูก และเมื่อพบมีแมลงเข้าทำลาย ทำการเก็บเกี่ยวเมื่อถั่วแก่เป็นสีน้ำตาลทั้งต้น ตาก กะเทาะ ลดความชื้นเมล็ด คัดเมล็ด และบันทึกข้อมูล คุณสมบัติทางเคมีของดินก่อนปลูก (pH 6.1 อินทรียวัตถุ 0.8% หลังใส่โบกาชิเท่ากับ 1.52%, available P 45 mg/kg, extractable K 37 mg/kg, Ca 823 mg/kg, Mg 50.6 mg/kg, Fe 64.8 mg/kg, Mn 8.48 mg/kg, Zn 0.33 mg/kg, Cu 0.67 mg/kg, B 0.21 mg/kg และค่า CEC 0.049 mS/cm) และหลังเก็บเกี่ยว จำนวนปมราก/ต้น น้ำหนักปมแห้ง ประสิทธิภาพการตรึงไนโตรเจน โดยวิธี acetylene reduction (วัดในระยะดอกบานเต็มที่ถึงติดฝักหรือ R3 หรือถั่วอายุ 45-50 วัน โดยกลุ่มงานวิจัยจุลินทรีย์ดิน) ผลผลิตเมล็ดและองค์ประกอบผลผลิต ความงอก วัดเปอร์เซ็นต์ในเมล็ด (Kjeldahl method, AOAC 1970 ที่กลุ่มงานวัตถุมีพิษการเกษตร กรมวิชาการเกษตร) ต้นทุนแปรผันและผลตอบแทน การวิเคราะห์ทางสถิติใช้โปรแกรม MSTATC วิเคราะห์ analysis of variance (ฤดูแล้ง ปี 2551) ส่วนที่วิเคราะห์ร่วมหลายฤดูปลูก (ปลายฝน: LR 2551, ฤดูแล้ง: D 2552 และ ปลายฝน: LR 2552) ใช้ RCB combined over years

ผลการศึกษาและวิจารณ์

จำนวนปมรากต่อต้น

จำนวนปมรากต่อต้นในฤดูแล้ง ปี 2551 ไม่แตกต่างกันทางสถิติ เฉลี่ย 54 ปม/ต้น จากค่าเฉลี่ยของ 3 ฤดูปลูก (LR 2551, D 2552 และ LR 2552) การปลูกถั่วเหลืองช่วงปลายฝนให้ปมรากมากกว่าฤดูแล้ง โดยปลายฝน ปี 2551 และ 2552 ให้จำนวนปมรากเฉลี่ย 117 และ 112 ปม/ต้น ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ในขณะที่ฤดูแล้ง ปี 2552 ให้ปมรากน้อยกว่า คือ 65 ปม/ต้น การใช้เชื้อไรโซเบียมทนไนเตรทสูงร่วมกับปุ๋ยเคมีและปุ๋ยหมัก ให้จำนวนปมรากสูงที่สุด (122 ปม/ต้น) แต่ไม่แตกต่างจากการใช้เชื้อไรโซเบียมเหลวร่วมกับปุ๋ยเคมีและปุ๋ยหมัก (108 ปม/ต้น) ใช้เชื้อไรโซเบียมทนไนเตรทสูงร่วมกับปุ๋ยหมักอย่างเดียว (107 ปม/ต้น) และใช้เชื้อไรโซเบียมเหลวร่วมกับปุ๋ยเคมี (105 ปม/ต้น) เฉลี่ยจาก 3 ฤดูปลูก การไม่คลุกเชื้อไรโซเบียม+ไม่ใช้ปุ๋ยใดๆ และไม่ใช้เชื้อไรโซเบียม+ปุ๋ยเคมี ให้ปมรากเฉลี่ยต่ำที่สุด 69 และ 82 ปม/ต้น ตามลำดับ **(Table 1)** แสดงว่า การใช้เชื้อไรโซเบียมคลุกเมล็ดช่วยเพิ่มจำนวนปมรากได้ดี อย่างไรก็ตามมีเชื้อไรโซเบียมอยู่ตามธรรมชาติในดินอยู่แล้วทุกกรรมวิธี ดังนั้น แม้ไม่คลุกเชื้อไรโซเบียมต้นถั่วก็สามารถสร้างปมรากได้แต่จำนวนไม่มาก

น้ำหนักแห้งปม

พบว่า นน.แห้งปมรากเมื่อปลูกช่วงปลายฝนสูงกว่าฤดูแล้ง โดยในฤดูแล้ง ปี 2551 การใช้เชื้อไรโซเบียมทั้งที่ทนและไม่ทนไนเตรท ไม่แตกต่างกันทางสถิติในทุกกรรมวิธี เฉลี่ย 0.175 ก./ต้น และจากค่าเฉลี่ย 3 ฤดูปลูก (LR 2551, D 2552 และ LR 2552) ฤดูแล้ง ปี 2552 นน.แห้งปมรากเฉลี่ยต่ำที่สุด 0.251 ก./ต้น และปลายฝน 2552 เฉลี่ยสูงที่สุด 0.605 ก./ต้น ส่วนการใช้เชื้อไรโซเบียมพบว่า นน.แห้งปมรากสูงที่สุดเมื่อใช้ไรโซเบียมทนไนเตรทร่วมกับปุ๋ยเคมี และปุ๋ยหมัก (0.504 ก./ต้น) เมื่อใช้ไรโซเบียมเหลวร่วมกับปุ๋ยเคมีและปุ๋ยหมัก (0.456 ก./ต้น) เมื่อใช้เชื้อไรโซเบียมทนไนเตรทอย่างเดียว (0.443 ก./ต้น) ใช้เชื้อไรโซเบียมเหลวอย่างเดียว (0.431 ก./ต้น) และเมื่อใช้เชื้อไรโซเบียมทนไนเตรทร่วมกับปุ๋ยหมัก (0.425 ก./ต้น) สำหรับการไม่ใช้เชื้อไรโซเบียมให้นน.แห้งปมรากต่ำที่สุด ทั้งที่ไม่ใช้ปุ๋ยใดๆ (0.298 ก./ต้น) และใช้ปุ๋ยเคมีร่วมด้วย (0.360 ก./ต้น) (Table 1) จะเห็นได้ว่า การใช้เชื้อไรโซเบียมมีผลทำให้เพิ่ม นน.แห้งของปมราก โดยเฉพาะเมื่อใช้ปุ๋ยอินทรีย์ร่วมด้วย

Table 1 No. of nodules/plant and nodule dry weight of soybean var. CM 60 in 10 treatments, Chiang Mai Field Crops Research Centre (CMFCRC) 2008-2009

Treatment	No. of nodules/plant					Nodule dry weight (g/plant)				
	D08	LR08	D09	LR09	aver.	D08	LR08	D09	LR09	aver.
1. no rhizo+no fert.	53	75	44	88	69d	0.21	0.28	0.18	0.43	0.30 d
2. liquid rhizo.	49	104	60	120	95 bc	0.19	0.40	0.21	0.68	0.43abc
3. liquid rhizo.+12-24-12	70	143	66	107	105 ab	0.19	0.35	0.22	0.60	0.39 bc
4. liquid rhizo+12-24-12 + compost	47	119	89	117	108 ab	0.15	0.43	0.31	0.63	0.46 ab
5. liquid rhizo.+ compost	-	110	66	114	96 bc	-	0.36	0.30	0.58	0.41 bc
6. nitrate tolerant rhizo.	50	129	60	118	102 b	0.14	0.40	0.26	0.67	0.44 abc
7. nitrate tolerant rhizo. + 12-24-12	64	104	68	107	93 bc	0.22	0.32	0.26	0.59	0.39 bc
8. nitr. tolerant rhizo. +12-24-12 +compost	52	154	78	135	122 a	0.16	0.42	0.32	0.77	0.50 a
9. nitrate tolerant rhizo. + compost	-	132	67	122	107 ab	-	0.42	0.26	0.60	0.43 abc
10. no rhizo.+12-24-12	49	98	57	90	82 cd	0.15	0.37	0.20	0.51	0.36 cd
Average	54	117A	65B	112A		0.18	0.38B	0.25C	0.61A	
F-test	ns	season**	trt**	s x t ns		ns	season **	trt**	s x t ns	
C.V. (%)	19.9		17.5			30.7		18.2		

Means in the same column or row followed by the same capital or small letter are not significantly different at the $P \leq 0.05$ level by DMRT

D = dry season ; LR = late rainy season

ประสิทธิภาพการตรึงไนโตรเจน

อัตราการตรึง N ของปมรากโดยวิธี Acetylene Reduction Assay (ARA) ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ เนื่องจากกรรมวิธีต่าง ๆ ในแต่ละฤดูปลูก โดยค่าอัตราการตรึง N ที่วัดได้ในฤดูแล้งปี 2551 เฉลี่ย 2.86 µmol C_2H_4 /ต้น/ชม. แต่จากการวิเคราะห์ร่วมกัน 3 ฤดูหลัง (LR 2551, D 2552 และ LR 2552) พบว่า มีความแตกต่างทางสถิติ เนื่องจากฤดูปลูก โดยฤดูแล้ง ปี 2552 ให้ค่าเฉลี่ยการตรึง N สูงที่สุด 17.24 µmol C_2H_4/ต้น/ชม. **(Table 2)** อย่างไรก็ตาม การใช้เชื้อไรโซเบียมร่วมกับปุ๋ยเคมีลดประสิทธิภาพการตรึง N ของปมรากลง จากการใช้เชื้อไรโซเบียมอย่างเดียว ทั้งเชื้อไรโซเบียมเหลว และเชื้อไรโซเบียมทนไนเตรทสูง โดยการใช้ปุ๋ยเคมีร่วมกับเชื้อไรโซเบียมทนไนเตรทสูงให้ประสิทธิภาพการตรึง N ลดลงน้อยกว่าใช้เชื้อเหลว คือ ลดลง 1.87 µmol C2H4/ต้น/ชม. ขณะที่ใช้เชื้อไรโซเบียมเหลวลดลง 2.54 µmol C_2H_4/ต้น/ชม. ส่วนการใช้เชื้อไรโซเบียมร่วมกับปุ๋ยหมัก เชื้อไรโซเบียมทั้งสองชนิดให้อัตราการตรึง N ลดลงเท่า ๆ กัน คือ 2.20 และ 2.18 µmol C_2H_4/ต้น/ชม. เมื่อใช้เชื้อไรโซเบียมทนไนเตรทสูง และเชื้อไรโซเบียมเหลว ตามลำดับ แต่การใช้เชื้อไรโซเบียมทนไนเตรทร่วมกับทั้งปุ๋ยเคมีและปุ๋ยหมัก พบว่า เชื้อไรโซ-เบียมทนไนเตรท ยังคงทำงานได้ดีกว่าเชื้อไรโซเบียมเหลว (อัตราการตรึง N ลดลง 1.07 และ 2.45 µmol C_2H_4/ต้น/ชม. เมื่อใช้เชื้อไรโซเบียมทนไนเตรทสูง และเชื้อไรโซเบียมเหลว ตามลำดับ) **(Table 3)** เมื่อเปรียบเทียบกับการศึกษาการใช้เชื้อไรโซเบียมสายพันธุ์ต่างๆ ในสภาพดินกรดจัดในถั่วเหลืองพันธุ์ สจ.5 ที่ จ.ขอนแก่น พบว่าประสิทธิภาพการตรึง N อยู่ในช่วง 4.90-10.40 µmol C_2H_4/ต้น/ชม. มีจำนวนปมราก 9-47 ปม/ต้น นน.แห้งปม 0.22-0.91 ก./ต้น และ นน.ต้นแห้ง 12.44-15.57 ก./ต้น ซึ่งมีค่าต่ำกว่าการทดลองนี้ เพราะดินเป็นกรด (pH 4.25) มีค่า avail. P 22 mg/kg และ exch.K 85 mg/kg (อัจฉรา และคณะ, 2544) ในขณะที่การทดลองนี้ศึกษาในดินร่วนเหนียวปนทรายที่ค่อนข้างเป็นกลาง ค่า pH เท่ากับ 6.1 ค่า avail.P 34 mg/kg และ exch.K 54 mg/kg

น้ำหนักต้นแห้งเมื่อเก็บปมราก (45 – 50 วันหลังปลูก)

น้ำหนักต้นแห้งถั่วเหลืองสูงที่สุดในฤดูที่ 4 คือ ปลายฝน ปี 2552 เฉลี่ย 29.48 ก./ต้น อาจเป็นผลจากการปรับปรุงดินด้วยปุ๋ยอินทรีย์ก่อนทำการทดลองทุกฤดูปลูก ส่วนในฤดูแล้ง ปี 2551 นน.ต้นแห้งไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยเฉลี่ย 7.01 ก./ต้น แต่จากการวิเคราะห์ร่วม 3 ฤดูหลัง พบว่า มีปฏิสัมพันธ์กันระหว่างกรรมวิธีการใช้เชื้อไรโซเบียมและฤดูปลูก โดยปลายฝน ปี 2551 และฤดูแล้ง ปี 2552 กรรมวิธีต่าง ๆ ให้น้ำหนักต้นแห้งไม่แตกต่างกันทางสถิติ เฉลี่ยทุกกรรมวิธี 7.40 และ 5.09 ก./ต้น ตามลำดับ แต่ปลายฝน ปี 2552 การใช้เชื้อไรโซเบียมทนไนเตรทร่วมกับทั้งปุ๋ยเคมีและปุ๋ยหมักให้ นน.ต้นแห้งสูงที่สุด 36.17 ก./ต้น รองลงมาเป็นการใช้เชื้อไรโซเบียมเหลวร่วมกับปุ๋ยเคมีและปุ๋ยหมัก ให้นน.ต้นแห้ง 32.47 ก./ต้น ใช้เชื้อไรโซเบียมทนไนเตรทอย่างเดียว (31.29 ก./ต้น) และใช้เชื้อไรโซเบียมทนไนเตรทร่วมกับปุ๋ยเคมี (31.19 ก./ต้น) และกรรมวิธีที่ให้ นน.ต้นแห้งต่ำสุด คือ ไม่ใช้เชื้อไรโซเบียมแต่ใส่ปุ๋ยเคมี เท่ากับ 24.30 ก./ต้น **(Table 2)**

สรุปผลในด้านการใช้เชื้อไรโซเบียมคลุกเมล็ดก่อนปลูกถั่วเหลือง สามารถใช้ได้ทั้งชนิดเชื้อไรโซเบียมในอาหารเหลว และเชื้อไรโซเบียมรวมทนไนเตรทสูง โดยให้ผลไม่แตกต่างกันในจำนวนปมราก/ต้น นน.แห้งปมราก นน.ต้นแห้ง และปริมาณการตรึง N และสามารถใช้ร่วมกับปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยหมัก และร่วมกับทั้งปุ๋ยเคมีและปุ๋ยหมักได้ โดยให้ผลไม่แตกต่างกันทางสถิติเช่นกัน ทั้งนี้เนื่องจากได้ทำการปรับปรุงดินก่อนปลูกด้วยปุ๋ยหมักจุลินทรีย์ (โบกาชิ) 150 กก./ไร่ (ส่วนผสมของปุ๋ยคอก แกลบดิบ รำละเอียด อย่างละเท่า ๆ กัน กากน้ำตาล และจุลินทรีย์ EM) ทุกกรรมวิธีและทุกฤดูปลูก รวมทั้งเชื้อที่มีในดินตามธรรมชาติสามารถทำงานร่วมกับเชื้อที่ใส่ลงไปได้ อย่างไรก็ตามเชื้อไรโซเบียมทนไนเตรทยังแสดงว่าทำงานได้ดีกว่าเชื้อไรโซเบียมปกติในสภาพที่ใช้ร่วมกับปุ๋ยเคมี โดยเห็นได้จากอัตราการตรึง N และ นน.ต้นแห้ง

Table 2 Rate of nitrogen fixation (ARA) at 45-50 days after sowing and stem dry weight of soybean var. CM 60 in 10 treatments, Chiang Mai Field Crops Research Centre (CMFCRC) 2008-2009

Treatment	Rate of N_2 fixation (µmol C_2H_4/plant/hr)					Stem dry weight (g/plant)				
	D08	LR08	D09	LR09	aver.	D08	LR08	D09	LR09	aver.
1.no rhizo+no fert.	2.81	2.88	18.40	5.66	8.98	6.89	4.80 h	4.30 h	27.10 cd	12.07
2. liquid rhizo.	2.44	4.46	20.17	5.36	10.00	7.05	7.04 fgh	4.62 h	28.72 cd	13.46
3. liquid rhizo.+12-24-12	3.40	2.39	15.89	4.08	7.46	6.58	7.20 fgh	4.44 h	25.99 de	12.54
4. liquid rhizo+12-24-12 + compost	2.48	3.23	16.69	2.72	7.55	7.21	7.55 fgh	5.58 gh	32.47 b	15.20
5. liquid rhizo.+ compost	-	4.89	16.96	1.61	7.82	-	7.13 fgh	5.68 gh	28.75 cd	13.85
6. nitrate tolerant rhizo	3.51	3.82	19.48	6.40	9.90	6.57	6.65 gh	5.02 gh	31.29 bc	14.32
7. nitrate tolerant rhizo + 12-24-12	3.28	2.30	16.90	4.87	8.03	6.74	6.26 gh	4.93 gh	31.19 bc	14.13
8. nitr. tolerant rhizo +12-24-12+compost	2.54	4.27	18.31	3.93	8.83	7.68	10.60 f	6.75 gh	36.17 a	17.84
9. nitrate tolerant rhizo + compost	-	3.68	14.28	5.14	7.70	-	8.70 fg	5.17 gh	28.85 cd	14.24
10. no rhizo.+12-24-12	2.39	3.63	15.34	3.63	7.54	7.38	8.07 fgh	4.47 h	24.30 e	12.28
Average	2.86	3.56B	17.24A	4.34B		7.01	7.40B	5.09C	29.48A	
F-test	ns	season** trt ns s x t ns				ns	season** trt** s x t **			
CV (%)	35.5	40.3				15.4	13.7			

Means in the same column or row followed by the same capital or small letter are not significantly different at $P \leq 0.05$ by DMRT

D = dry season; LR = late rainy season

Table 3 Comparison between types of rhizobiums with compost and chemical fertilizer in the rate of nitrogen fixation (LR 2008, D 2009 and LR 2009)

Rhizobium application	Rate of N_2 fixation (ARA) (µmol C_2H_4/plant/hr)			
	Liquid formed rhizobium	Difference from rhizobium only	Nitrate tolerant rhizobium	Difference from rhizobium only
Rhizobium only	10.00		9.90	
Rhizobium + 12-24-12	7.46	-2.54	8.03	-1.87
Rhizobium + compost	7.82	-2.18	7.70	-2.20
Rhizobium + 12-24-12 +compost	7.55	-2.45	8.83	-1.07

ผลผลิตเมล็ด

ผลผลิตในฤดูแล้ง ปี 2551 ไม่แตกต่างกันทางสถิติ เนื่องจากกรรมวิธีต่าง ๆ เฉลี่ยทุกกรรมวิธี 524 กก./ไร่ ส่วนการวิเคราะห์ในช่วงปลายฝน ปี 2551 ฤดูแล้ง ปี 2552 และปลายฝน ปี 2552 ร่วมกัน พบว่า มีปฏิสัมพันธ์กันระหว่างกรรมวิธีและฤดูปลูก โดยปลายฝน ปี 2551 ผลผลิตเมล็ดจากการใช้เชื้อไรโซเบียมทนไนเตรทสูงอย่างเดียว (501 กก./ไร่) หรือใช้ร่วมกับปุ๋ยเคมี (497 กก./ไร่) ร่วมกับปุ๋ยหมัก (480 กก./ไร่) ร่วมกับปุ๋ยทั้ง 2 ชนิด (539 กก./ไร่) สูงสุดไม่แตกต่างกันทางสถิติ และไม่แตกต่างจากการใช้เชื้อไรโซเบียมแบบเหลวร่วมกับปุ๋ยเคมี (503 กก./ไร่) ใช้ร่วมกับทั้งปุ๋ยเคมีและปุ๋ยหมัก (513 กก./ไร่) และใช้ปุ๋ยเคมีอย่างเดียวโดยไม่ใช้เชื้อไรโซเบียม (496 กก./ไร่) แสดงว่าเชื้อไรโซเบียมทนไนเตรทที่คัดเลือกไว้สามารถใช้ผลิตถั่วเหลืองได้ดีกว่าเชื้อไรโซเบียมแบบเหลวที่ไม่ทนไนเตรท โดยใช้อย่างเดียวหรือใช้ร่วมกับปุ๋ยเคมี ปุ๋ยหมัก หรือทั้ง 2 ชนิดได้ ส่วนในฤดูแล้ง ปี 2552 ผลผลิตจากทุกกรรมวิธีไม่ต่างกันทางสถิติ เฉลี่ย 299 กก./ไร่ และปลายฝน ปี 2552 ผลผลิตไม่ต่างกันทางสถิติเช่นกัน ยกเว้นเมื่อไม่ใช้เชื้อไรโซเบียมและไม่ใช้ปุ๋ย และใช้เชื้อไรโซเบียมเหลวร่วมกับปุ๋ยหมักซึ่งให้ผลผลิตต่ำสุด 170 และ 163 กก./ไร่ ตามลำดับ (Table 4) การที่ผลผลิตถั่วเหลืองลดลงเป็นลำดับทุกฤดูปลูก เนื่องจากสภาพอากาศมีความแห้งแล้งบ่อยขึ้น ปริมาณน้ำฝนตลอดฤดูปลูกในช่วงปีแรกของการทดลองคือ ปลายฝน ปี 2551 เท่ากับ 608.9 มม. ส่วนปลายฝน ปี 2552 ปริมาณน้ำฝนตลอดฤดูปลูก 281.9 มม. และเห็นได้ชัดเจนว่าการใช้เชื้อไรโซเบียมอย่างเดียวให้ผลผลิตเมล็ดไม่ต่างจากการใช้เชื้อไรโซเบียมร่วมกับปุ๋ยเคมี ดังนั้น การใช้ปุ๋ยเคมีจึงเป็นการเพิ่มต้นทุน โดยไม่ได้ประโยชน์สูงขึ้น และสามารถใช้ได้ทั้งเชื้อไรโซเบียมในอาหารเหลว และเชื้อไรโซเบียมทนไนเตรทสูงทดแทนได้ โดยเชื้อไรโซเบียมชนิดหลังนี้มีประสิทธิภาพดีกว่าถ้ามีการใช้ร่วมกับปุ๋ยเคมี สอดคล้องกับ วิทยา (2545) ที่พบว่าในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ การใช้เชื้อหรือปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมทั้งชนิดผง (ดินพีท) และชนิดเหลว ร่วมกับปุ๋ย P (9 กก. P_2O_5 /ไร่) และ K (6 กก. K_2O /ไร่) ให้ผลผลิตเมล็ดถั่วเหลืองสูงกว่าไม่ใช้เชื้อไรโซเบียมร่วมกับปุ๋ย N P และ K ที่ จ.ขอนแก่น และ จ.อุดรธานี นอกจากนี้มีรายงานผลการทดลองการใช้เชื้อไรโซเบียมกับถั่วเหลืองระหว่างปี 2531-2538 ชี้ให้เห็นว่า การใช้เชื้อไรโซเบียมอย่างเดียวให้ผลผลิตถั่วเหลืองสูงเท่า ๆ กับใช้เชื้อไรโซเบียมร่วมกับปุ๋ย P และ K และใช้ปุ๋ย N P และ K ในภาคเหนือ และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (สุวพันธ์, ม.ป.ป.) ดังนั้นจึงสรุปว่า การใช้เชื้อไรโซเบียมสามารถทดแทนการใช้ปุ๋ยเคมี N ได้ และยังให้ผลตอบแทนเหนือต้นทุนแปรผันมากกว่า (Table 5)

Table 4 Seed yield of soybean var. CM 60 in 10 treatments, Chiang Mai Field Crops Research Centre (CMFCRC) 2008-2009

treatment	Seed yield (kg/Rai)				
	D08	LR08	D09	LR09	aver.
1.no rhizo+no fert.	495	405d	279e-h	170k	285
2. liquid rhizo.	531	441bcd	278e-h	280e-h	333
3. liquid rhizo. +12-24-12	512	503abc	287e-h	285e-h	358
4. liquid rhizo +12-24-12 + compost	548	513ab	318efg	211h-k	348
5. liquid rhizo.+ compost	-	432cd	339e	163k	311
6. nitrate tolerant rhizo.	542	501abc	274e-l	258f-j	344
7. nitrate tolerant rhizo. + 12-24-12	529	497abc	304efg	263e-j	355
8. nitrate tolerant rhizo.+12-24-12 +compost	518	539a	330ef	244g-j	371
9. nitrate tolerant rhizo. + compost	-	480abc	311efg	192jk	328
10. no rhizo.+12-24-12	521	496abc	272e-i	204ijk	324
Average	524	481A	299B	227C	
F-test	ns	season**	trt**	s x t **	
C.V. (%)	5.9		11.6		

Means in the same column or row followed by the same capital or small letter are not significantly different at the $P \leq 0.05$ level by DMRT

D = dry season; LR = late rainy season

Table 5 Variable cost and net income of soybean var. CM 60 in 10 treatments, Chiang Mai Field Crops Research Centre 2008-2009

Treatment	Variable cost (Baht/Rai)				Yield (kg/Rai) Aver. 3 seasons	Income[1] (Baht/Rai)	Net income (Baht/Rai)
	Chemical fertilizer	Compost	Labour	Total			
1. no rhizo+no fert.					284.7	4,840	4,840
2. liquid rhizo.					332.8	5,658	5,658
3. liquid rhizo.+12-24-12	700		1,000	1,700	358.2	6,089	4,389
4. liquid rhizo+12-24-12 + compost	700	640	2,400	3,740	347.6	5,909	2,169
5. liquid rhizo.+ compost		640	1,400	2,040	311.3	5,292	3,252
6. nitrate tolerant rhizo					344.4	5,855	5,855
7. nitrate tolerant rhizo + 12-24-12	700		1,000	1,700	354.8	6,032	4,332
8. nitr. tolerant rhizo+12-24-12 + compost	700	640	2,400	3,740	370.8	6,304	2,564
9. nitrate tolerant rhizo + compost		640	1,400	2,040	327.6	5,569	3,529
10. no rhizo.+12-24-12	700		1,000	1,700	324.0	5,508	3,808

[1] soybean farm price of 17 Baht/kg

เปอร์เซ็นต์โปรตีนและความงอกของเมล็ด

เปอร์เซ็นต์โปรตีนในเมล็ดจากฤดูแล้งปี 2551 ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ เนื่องจากค่าเฉลี่ยกรรมวิธีต่าง ๆ มีค่า 38.9% และจากการวิเคราะห์ร่วม 3 ฤดู (LR 2551, D 2552 และ LR 2552) มีความแตกต่างทางสถิติของกรรมวิธี และฤดูปลูก โดยการใช้เชื้อไรโซเบียมเหลวและเชื้อไรโซเบียมทนไนเตรทอย่างเดียวให้เปอร์เซ็นต์โปรตีนสูงที่สุด (42.1 และ 42.0% ตามลำดับ) ไม่แตกต่างจากการใช้ร่วมกับปุ๋ยเคมี และไม่ใช้เชื้อไรโซเบียมซึ่งสูง 41.7-41.8% **(Table 6)** แสดงว่าแหล่งของไนโตรเจนในดินแบบใดๆ ไม่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์โปรตีนในเมล็ด ทั้งจากเชื้อไรโซเบียมที่มีอยู่ตามธรรมชาติ เชื้อไรโซเบียมที่ใส่ลงไปหรือปุ๋ยเคมี N เป็นที่น่าสังเกตว่าเปอร์เซ็นต์โปรตีนสูงขึ้นเป็นลำดับทุกปีที่ทำการปลูกถั่วเหลือง ในทุกกรรมวิธี ทั้งนี้อาจเป็นเพราะดินมีความอุดมสมบูรณ์มากขึ้นจากการปรับปรุงดิน โดยหลังเก็บเกี่ยวแปลงปลายฝน ปี 2552 ดินมีค่า pH สูงขึ้น และอยู่ในช่วง 6.9-7.3 อินทรียวัตถุ 0.67-0.84% avail.P 42-55 mg/kg, extr.K 34-87 mg/kg, Ca 824-1,069 mg/kg และ Mg 50.6 mg/kg ส่วนความงอกของเมล็ด ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติเนื่องจากกรรมวิธีต่างๆ ทั้งในฤดูแล้ง ปี 2551 ฤดูแล้ง ปี 2552 และปลายฝน ปี 2552 ถั่วเหลืองให้ความงอกสูง เฉลี่ยทุกกรรมวิธีในฤดูแล้ง ปี 2551 เท่ากับ 92.1% และเฉลี่ยในฤดูแล้ง ปี 2552 และปลายฝน ปี 2552 เท่ากับ 91.8 และ 72.8% ตามลำดับ **(Table 6)**

Table 6 Seed protein content and germination percentage of soybean var. CM 60 in 10 treatments,Chiang Mai Field Crops Research Centre (CMFCRC) 2008-2009

Treatment	% protein					% germination				
	D08	LR08	D09	LR09		D08	LR08	D09	LR09	
				mean					mean	
1. no rhizo+no fert.	38.8	41.1	41.9	42.1	41.7abc	91.0	ND	91.0	76.3	83.7
2. liquid rhizo.	38.9	41.6	42.0	42.8	42.1a	92.7	ND	91.7	74.3	83.0
3. liquid rhizo.+12-24-12	39.0	41.3	42.1	42.4	41.9ab	91.0	ND	93.7	73.3	83.5
4. liquid rhizo+12-24-12 + compost	38.6	41.5	41.0	40.7	41.1c	93.0	ND	89.7	73.7	81.7
5. liquid rhizo.+ compost		41.8	41.0	41.3	41.4bc		ND	91.3	71.0	81.2
6. nitrate tolerant rhizo	39.0	41.5	42.1	42.4	42.0ab	93.3	ND	93.3	64.0	78.7
7. nitrate tolerant rhizo + 12-24-12	39.1	41.5	41.9	41.7	41.7abc	91.7	ND	94.3	78.3	86.3
8. nitr. tolerant rhizo+12-24-12 + compost	39.0	40.7	41.1	41.4	41.1c	92.7	ND	91.0	73.7	82.3
9. nitrate tolerant rhizo + compost		41.5	40.9	41.1	41.2c		ND	88.0	72.3	80.2
10. no rhizo.+12-24-12	39.2	41.5	41.6	42.4	41.8abc	91.3	ND	93.7	71.0	82.3
Average	38.9		41.4B	41.5B	41.8A	92.1	ND	91.8	72.8	82.3
F-test	ns		Season *	trt **	s x t ns	ns		Season ns	trt ns	s x t ns
C.V. (%)	2.2			1.7		2.9			9.7	

Means in the same column or row followed by the same capital or small letter are not significantly different at the $P \leq 0.05$ level by DMRT

ND = Not determined; D = dry season; LR = late rainy season

สรุป

การใช้เชื้อไรโซเบียมคลุกเมล็ดก่อนปลูกถั่วเหลืองสามารถใช้ได้ทั้งชนิดเชื้อไรโซเบียมในอาหารเหลว และเชื้อไรโซเบียมรวมทนไนเตรทสูง โดยให้ผลไม่แตกต่างกันทางสถิติในจำนวนปมราก (เฉลี่ย 95 ปม/ต้น เมื่อใช้เชื้อไรโซเบียมเหลวและ 102 ปม/ต้น เมื่อใช้เชื้อไรโซเบียมทนไนเตรท) นน.แห้งปมราก (เฉลี่ย 0.431 ก./ต้น เมื่อใช้เชื้อไรโซเบียมเหลวและ 0.443 ก./ต้น เมื่อใช้เชื้อไรโซเบียมทนไนเตรท) นน.ต้นแห้ง (เฉลี่ย 28.72 ก./ต้น เมื่อใช้เชื้อไรโซเบียมเหลวและ 31.29 ก./ต้น เมื่อใช้เชื้อไรโซเบียมทนไนเตรทในช่วงปลายฝน ปี 2552) อัตราการตรึง N/ต้น (เฉลี่ย 10.00 µmol C_2H_4/ต้น/ชม. สำหรับเชื้อไรโซเบียมเหลว และ 9.90 µmol C_2H_4/ต้น/ชม. สำหรับเชื้อไรโซเบียมทนไนเตรทสูง) และผลผลิตเมล็ด (เฉลี่ย 441 กก./ไร่ เมื่อใช้เชื้อไรโซเบียมเหลว และ 501 กก./ไร่ เมื่อใช้เชื้อไรโซเบียมทนไนเตรทในช่วงปลายฝน ปี 2551) รวมทั้งสามารถใช้ร่วมกับปุ๋ยเคมี ร่วมกับปุ๋ยหมัก และร่วมกับทั้งปุ๋ยเคมีและปุ๋ยหมักได้ โดยให้ผลไม่แตกต่างกันทางสถิติเช่นกัน แต่เชื้อไรโซเบียมทนไนเตรทสูงมีประสิทธิภาพดีกว่าเชื้อไรโซเบียมปกติในสภาพที่ใช้ร่วมกับปุ๋ยเคมี ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า การใช้เชื้อไรโซเบียมสามารถทดแทนการใช้ปุ๋ยเคมี N ได้ และยังให้ผลตอบแทนเหนือต้นทุนแปรผัน (variable cost) สูงกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ ส่วนเปอร์เซ็นต์โปรตีนในเมล็ด พบว่าการใช้เชื้อไรโซเบียมหรือไม่ใช้เชื้อไรโซเบียมแต่เป็นเชื้อไรโซเบียมที่มีในธรรมชาติและใช้อย่างเดียวหรือใช้ร่วมกับปุ๋ยเคมีให้ผลไม่แตกต่างกัน ความงอกของเมล็ดสูงทุกกรรมวิธี อยู่ในช่วง 72.8-92.1%

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณกลุ่มงานวิจัยจุลินทรีย์ดิน กลุ่มปฐพีวิทยา สำนักวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตรที่ให้ความอนุเคราะห์ และให้คำปรึกษาในการวิเคราะห์ประสิทธิภาพการตรึงไนโตรเจน โดยวิธี Acetylene Reduction Assay (ARA) ในห้องปฏิบัติการ และกลุ่มวิจัยเกษตรเคมี สำนักวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตรที่ให้ความอนุเคราะห์ในการวิเคราะห์โปรตีนในเมล็ด

เอกสารอ้างอิง

จิระศักดิ์ อรุณศรี. 2545. ชีววิทยาและการใช้ประโยชน์ของเชื้อไรโซเบียม. น. 23-62. ใน: เอกสารวิชาการ ปุ๋ยชีวภาพ. กลุ่มงานวิจัยจุลินทรีย์ดิน กองปฐพีวิทยา กรมวิชาการเกษตร ปี พ.ศ. 2545.

พรพรรณ สุทธิแย้ม, สุดชล วุ้นประเสริฐ, อัจฉรา นันทกิจ, จิติมา ยถาภูธานนท์, นงนุช เดือนดาว, และหทัยรัตน์ เคหา. 2551. การคัดเลือกสายพันธุ์ไรโซเบียมที่มีความสามารถในการตรึงไนโตรเจนได้ในสภาพแวดล้อมที่มีไนโตรเจนสูง. น. 34. ใน: เอกสารประกอบการประชุมแถลงผลงานวิชาการ ประจำปี 2550 ณ ศูนย์วิจัยพืชไร่เชียงใหม่ วันที่ 19-20 มีนาคม 2551. ศูนย์วิจัยพืชไร่เชียงใหม่.

วิทยา ธนานุสนธิ์. 2545. ไรโซเบียมและการผลิตปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม. น. 83-130. ใน: เอกสารวิชาการ ปุ๋ยชีวภาพ. กลุ่มงานวิจัยจุลินทรีย์ดิน กองปฐพีวิทยา กรมวิชาการเกษตร.

สุวพันธ์ รัตนะรัต. ม.ป.ป. สรุปผลงานวิจัยดินและปุ๋ยของถั่วเหลือง. น. 86-96. ใน: สรุปรายงานผลงานวิจัยถั่วเหลือง กรมวิชาการเกษตร ปี 2531-2541. กรมวิชาการเกษตร.

อัจฉรา นันทกิจ, ปรีชา วดีศิริศักดิ์, สมศักดิ์ โคตรพงศ์, และปาหนัน เริงสำราญ. 2544. ไรโซเบียมถั่วเหลืองที่มีประสิทธิภาพสูงในสภาพดินกรดจัด. น. 179-203. ใน: การประชุมถั่วเหลืองแห่งชาติครั้งที่ 8 โรงแรมพรพิงค์ จังหวัดเชียงใหม่ 28-29 สิงหาคม 2544. คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

Duong, Tran Phuoc, Cao Ngoc Diep, Nguyen Tri Khiem, Nguyen Huu Hiep, Nguyen Toi, Nguyen Lich, and Thi Kieu Nhan. 1984. Rhizobium inoculant for soybean [*Glycine max* (L.) Merrill] in Mekong Delta. I. Response of soybean to rhizobium inoculation. Plant and Soil 79:235-240.