



วารสารแก่นเกษตร

Khon Kaen Agriculture Journal SUPPL.

Agricultural Conference

Journal Home Page : <https://ag2.kku.ac.th/kaj>

JOURNAL
KAJ

ผลของการจัดการปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมในระบบการปลูกถั่วเหลืองหลังนาต่อ
อัตราการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนในนาข้าวในดินร่วนปนทราย จังหวัดเชียงใหม่

The effects of chemical fertilizer and rhizobium biofertilizer management
in soybean-rice cultivation system on nitrogen fertilizer application rates of
paddy field in sandy loam soil at Chiang Mai province

อมรรัตน์ ไชยะเสน^{1*}, ศิวกร เกียรติมนรัตน์², กิตจเมธ แจ้งศิริกุล³, จิตรา เกาะแก้ว³
และ มนต์ชัย มนัสสิลา³

Amornrat Chaiyasen^{1*}, Siwakorn Keatmaneerat², Kitjamate Jangsirikul³, Jitra Kokaew³
and Monchai Manassila³

¹ ศูนย์วิจัยและพัฒนาเมล็ดพันธุ์พืชเชียงใหม่ กองวิจัยพัฒนาเมล็ดพันธุ์พืช กรมวิชาการเกษตร

¹ Chiang Mai Seed Research and Development Center, Seed Research and Development Division, Department of Agriculture

² ศูนย์วิจัยพืชไร่เชียงใหม่ สถาบันวิจัยพืชไร่และพืชทดแทนพลังงาน กรมวิชาการเกษตร

² Chiang Mai Field Crops Research Center, Institute of Agronomy and Renewable Energy Research Institute, Department of Agriculture

³ กลุ่มวิจัยปฐพีวิทยา กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร

³ Soil Science Research Group, Agricultural Production Science Research and Development Division, Department of Agriculture

บทคัดย่อ: การปลูกข้าวนาปีต้องพึ่งพาการใช้ปุ๋ยเคมีไนโตรเจนสูง เนื่องจากปริมาณไนโตรเจนในดินสูญเสียไปพร้อมกับผลผลิตที่นำออกไป
จากพื้นที่ การเผาทำลายเศษซาก และการชะล้างไปกับน้ำหรือการระเหยในรูปแก๊สแอมโมเนีย งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของ
การจัดการปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมร่วมกับปุ๋ยเคมีแบบต่าง ๆ ในการปลูกถั่วเหลืองต่อการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราต่าง ๆ ในนาข้าวที่ปลูกถัดไป
โดยดำเนินการในปี 2562-2564 ณ แปลงทดสอบของศูนย์วิจัยพืชไร่เชียงใหม่ วางแผนการทดลองแบบ Split plot มี 4 ซ้ำ ปัจจัยหลัก คือ
การจัดการปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมในระบบการปลูกถั่วเหลือง 3 กรรมวิธี ปัจจัยรอง คือ การใช้ปุ๋ยไนโตรเจนในนาข้าว 4 อัตรา
คือ 0, 25, 50 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ตามอัตราแนะนำตามค่าวิเคราะห์ดิน ผลวิจัยนี้พบว่า ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินก่อนปลูกข้าวในปี
2563 มีค่ามากที่สุดและแตกต่างกับปริมาณอินทรีย์วัตถุในปี 2562 และ 2564 ความสูงของต้น จำนวนฝักต่อต้น จำนวนเมล็ดต่อต้น
น้ำหนัก 100 เมล็ด และน้ำหนักต้นสดต่อไร่ของถั่วเหลืองในทุกกรรมวิธีภายในแต่ละปีไม่มีความแตกต่างกัน เช่นเดียวกับน้ำหนัก 100
เมล็ดและน้ำหนักของเมล็ดต่อไร่ของข้าวในแต่ละ subplot ในแต่ละปีที่ไม่มีความแตกต่างกัน ในขณะที่น้ำหนักสดของต้นใบต่อไร่ของข้าว
ในแต่ละปีของกรรมวิธีที่มีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน 100 เปอร์เซ็นต์ของอัตราแนะนำตามค่าวิเคราะห์ดินมีค่ามากกว่ากรรมวิธีที่ไม่มีการใส่ปุ๋ย
ไนโตรเจน แต่ไม่แตกต่างจากกรรมวิธีที่มีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตรา 25 หรือ 50 เปอร์เซ็นต์ของอัตราแนะนำตามค่าวิเคราะห์ดิน ดังนั้น
การจัดการปุ๋ยเคมีและปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมในการปลูกถั่วเหลืองก่อนการปลูกข้าว (main plot) จึงไม่มีผลต่อน้ำหนัก 100 เมล็ด และ
น้ำหนักของเมล็ดต่อไร่ของข้าวที่ปลูกในดินร่วนปนทรายโดยการใส่ปุ๋ยเคมีไนโตรเจนที่อัตรา 0, 25, 50 และ 100 เปอร์เซ็นต์ของอัตรา
แนะนำตามค่าวิเคราะห์ดิน หากไม่มีการไถกลบเศษซากถั่วกลับลงไปในพื้นที่ปลูก จะทำให้ธาตุอาหารในพื้นที่สูญเสียไปกับผลผลิต เท่ากับ
21.54-5.67-11.19 กิโลกรัม N-P₂O₅-K₂O ต่อไร่ต่อฤดูปลูก ส่วนการไถกลบต้นใบและรากข้าวจะทำให้ธาตุอาหารกลับคืนสู่ดิน เท่ากับ
8.59-5.40-29.91 กิโลกรัม N-P₂O₅-K₂O ต่อไร่ต่อฤดูปลูก

คำสำคัญ : การตรึงไนโตรเจน; การดูตใช้ธาตุอาหาร; สมบัติทางเคมีของดิน

ABSTRACT: The paddy field is highly dependent on the use of chemical nitrogen fertilizers. This is because the nitrogen content in the soil is lost along with the product removal from the area, burning of debris, and leaching with water or sublimation in the form of ammonia gas. The purpose of this research was to study the effect of rhizobium biofertilizer combined with various chemical fertilizers in soybean cultivation on the use of nitrogen fertilizers at different rates in the next season of paddy field. This research was carried out in 2019-2021 at Chiang Mai field crops research center using split plot experimental design with 4 replicates. The main plot factor was three treatments of the management of chemical fertilizers and rhizobium biofertilizer in soybean cultivation and the subplot factor included the use of nitrogen fertilizer in rice paddy with 4 rates at 0, 25, 50 and 100 percent according to soil analysis recommendation rate. This research found that the amount of soil organic matter before rice planting in 2020 was the highest and differed from those in 2019 and 2021. Within each year, height, number of pods per plant, number of seeds per plant, 100 seed weight, and shoot fresh weight per rai of soybeans did not differ between treatments. The grain weight and the grain weight per rai of rice in each subplot within each year were not different either. Meanwhile, the shoot weight of rice per rai in each year of the treatment with 100 percent nitrogen fertilizer at the recommended rate according to the soil analysis was higher than that of the treatment without nitrogen fertilizer. However, it is not dissimilar to the treatment of applying nitrogen fertilizer at a rate of 25 or 50 percent of the recommended rate. Therefore, the management of chemical fertilizer and rhizobium biofertilizer in soybean planting before rice planting (main plot) had no effect on 100 seed weight and seed weight per rai of rice which grown in sandy loam soil with nitrogen fertilizer application at 0, 25, 50 and 100 percent according to soil analysis recommendation rate. If the soybeans are not tilled back into the planting area, the nutrients in the area will be lost with a yield equal to 21.54-5.67-11.19 kg of N-P₂O₅-K₂O per rai per growing season. As for shoot and root of rice tillage, nutrients returned to the soil were 8.59-5.40-29.91 kg of N-P₂O₅-K₂O per rai per growing season.

Keywords: nitrogen fixation; nutrient uptake; soil chemical properties

บทนำ

ข้าวนาปีเป็นพืชที่มีความต้องการใช้ปุ๋ยเคมีมากที่สุด สถิติการนำเข้าปุ๋ยยูเรีย (46-0-0) ในช่วงปี พ.ศ. 2552 – 2557 มีประมาณ 2 ล้านตัน คิดเป็นมูลค่า 23,770 ล้านบาท (สำนักควบคุมพืชและวัสดุการเกษตร, 2558) ปริมาณไนโตรเจนในดินเมื่อปลูกข้าวจะลดลงและสูญเสียไปหลังการเก็บเกี่ยวจากการที่ธาตุอาหารติดไปกับผลผลิตและเศษซากพืชที่นำออกไปจากพื้นที่ การเผาทำลายเศษซากพืชหลังการเก็บเกี่ยว การชะล้างไปกับน้ำ และการสูญหายในรูปของก๊าซแอมโมเนีย (Ju et al. 2006) จนปริมาณไนโตรเจนในดินมีไม่เพียงพอต่อความต้องการของข้าวในรอบการเพาะปลูกต่อไป เกษตรกรจึงต้องพึ่งพาการใช้ปุ๋ยเคมีจำนวนมากในระบบการปลูกข้าวแบบต่อเนื่อง ดังนั้นการหาวิธีการลดต้นทุนการผลิตอย่างต่อเนื่องทั้งในการผลิตถั่วหลังนาและข้าวนาปี เพื่อให้การใช้ปุ๋ยไนโตรเจนมีประสิทธิภาพมากขึ้นจึงมีความสำคัญ แม้ว่าที่ผ่านมาจะมีการศึกษาผลของการใช้พืชตระกูลถั่วเป็นพืชหมุนเวียนในการทำนาต่อผลผลิตของข้าวที่ปลูกตาม เช่น การศึกษาผลของการการตรึงไนโตรเจนของถั่วเหลืองโดยใช้ 15N เทคนิค ต่อผลผลิตของข้าว (จิตติมา และคณะ, 2545) การศึกษาผลของการใส่ซากถั่วลิสงในอัตราต่างกันร่วมกับปุ๋ยเคมีต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าว (บรรยง และคณะ, 2545) งานวิจัยดังกล่าวทำให้ได้ข้อมูลที่ยืนยันได้ว่าการปลูกพืชตระกูลถั่วสลับกับการทำนาช่วยเพิ่มผลผลิตของข้าวที่ปลูกตามและลดการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนในนาข้าวได้ แต่งานวิจัยดังกล่าวไม่ได้ศึกษาผลของการใช้ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมที่ช่วยในการตรึงไนโตรเจนจากอากาศร่วมกับการปลูกพืชตระกูลถั่ว เป็นเพียงการอาศัยเชื้อไรโซเบียมในดินที่มีอยู่ตามธรรมชาติในปริมาณน้อย งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการจัดการปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมร่วมกับปุ๋ยเคมีแบบต่าง ๆ ในการปลูกถั่วเหลืองต่อการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราต่าง ๆ ในนาข้าวที่ปลูกถัดไป โดยการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของสมบัติทางเคมีของดิน ปริมาณปมรากและการตรึงไนโตรเจนของเชื้อไรโซเบียมในดิน ปริมาณผลผลิตของถั่วเหลืองและข้าว พร้อมทั้งวิเคราะห์การดูดใช้ธาตุอาหารของถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 และข้าวเหนียวพันธุ์สันป่าตอง 1 เพื่อใช้เป็นแนวทางในการให้คำแนะนำการจัดการดินและปุ๋ยเพื่อรักษาศักยภาพของดินในการปลูกถั่วเหลืองสลับนาข้าวอย่างยั่งยืนต่อไป

วิธีการศึกษา

ดำเนินการทดลองในปี 2562-2564 ณ แปลงทดสอบของศูนย์วิจัยพืชไร่เชียงใหม่ ตำบลหนองหาร อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ วางแผนการทดลองแบบ Split Plot in Randomized Completely Block Design มีจำนวน 4 ซ้ำ ดังนี้

Main plot: การจัดการปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมในการปลูกถั่วเหลือง 3 กรรมวิธี คือ

กรรมวิธีที่ 1 ไม่ใส่ปุ๋ยเคมี (N-P-K) และไม่ใส่ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม

กรรมวิธีที่ 2 ใส่ปุ๋ยเคมี (N-P-K) ตามค่าวิเคราะห์ดิน และไม่ใส่ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม

กรรมวิธีที่ 3 ใส่ปุ๋ยฟอสเฟตและปุ๋ยโพแทชตามค่าวิเคราะห์ดิน (P-K) และคลุกเมล็ดถั่วด้วยปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม

Subplot: การใช้ปุ๋ยไนโตรเจนในนาข้าว 4 อัตรา คือ

กรรมวิธีที่ 1 ไม่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจน

กรรมวิธีที่ 2 ใส่ปุ๋ยไนโตรเจน 25% ของอัตราแนะนำตามค่าวิเคราะห์ดิน

กรรมวิธีที่ 3 ใส่ปุ๋ยไนโตรเจน 50% ของอัตราแนะนำตามค่าวิเคราะห์ดิน

กรรมวิธีที่ 4 ใส่ปุ๋ยไนโตรเจน 100% ของอัตราแนะนำตามค่าวิเคราะห์ดิน

การปลูกถั่วเหลืองและการบันทึกข้อมูล

เก็บตัวอย่างดินรวมในพื้นที่ก่อนทำการปลูกที่ระดับความลึก 0 – 20 เซนติเมตรจากผิวดิน เพื่อวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของดิน ได้แก่ 1) ค่าความเป็นกรด-ด่าง ใช้อัตราส่วนดินต่อน้ำเท่ากับ 1:1 2) ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินโดยวิธี Walkley and Black method 3) ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์โดยวิธี Olsen แล้ววิเคราะห์การเกิดสีด้วยวิธี molybdate ascorbic acid และ 4) โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้โดย NH_4OAc , pH 7 (กลุ่มงานวิจัยเคมีดิน, 2544) และตรวจนับจำนวนไรโซเบียมในดินด้วยวิธี Most Probable Number (MPN) (Somasegaran and Hoben, 1994) ปลูกถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 ในแปลงย่อย Main plot ขนาด 10 x 10 เมตร โดยปลูกแบบหยอดเมล็ด จำนวน 2 ต้นต่อหลุม ระยะปลูก 50 x 20 เซนติเมตร ใส่ปุ๋ยตามกรรมวิธี Main plot ในกรรมวิธีที่มีการใส่ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมให้คลุกเมล็ดถั่วเหลือง อัตรา 10 กิโลกรัมด้วยปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมสำหรับถั่วเหลือง 200 กรัม เมื่อดันถั่วเหลืองออกดอก 80% ทำการสุ่มตัวอย่างต้นจำนวน 4 ต้นต่อแปลงย่อย เพื่อนับจำนวนปมรากและวัดประสิทธิภาพการตรึงไนโตรเจนของไรโซเบียมด้วยวิธี Acetylene reduction assay (Hardy et al., 1973) ซึ่งเกิดจากการเปลี่ยนก๊าซอะเซทิลีนให้เป็นก๊าซเอทิลีนจากกิจกรรมของเอนไซม์ไนโตรจีเนส (Nitrogenase activity) ของไรโซเบียมภายในปมรากถั่ว แล้วทำการวิเคราะห์เพื่อหาปริมาณเอทิลีนด้วยเครื่อง Gas Chromatograph (GC) เก็บเกี่ยวถั่วเหลืองในพื้นที่ขนาด 8 x 8 เมตร และทำการไถกลบต้นถั่วและปล่อยให้ต้นถั่วเหลืองย่อยสลายเป็นเวลา 45 วัน ก่อนปลูกข้าวในรอบถัดไป บันทึกข้อมูลความสูง และองค์ประกอบผลผลิต ได้แก่ จำนวนฝักต่อต้น จำนวนเมล็ดต่อฝัก (10 ฝักต่อแปลงทดลองย่อยในแต่ละกรรมวิธี) น้ำหนัก 100 เมล็ดที่ระดับความชื้น 15% ชั่งน้ำหนักสดของต้นใบ และเมล็ดถั่วเหลืองในพื้นที่เก็บเกี่ยว สุ่มตัวอย่างต้นใบ เมล็ด เปลือกฝัก และรากถั่วเหลือง 10 ต้นต่อแปลง เพื่อนำมาวิเคราะห์ปริมาณการดูดใช้ธาตุอาหารในหน่วยกิโลกรัมของ N, P_2O_5 , K_2O ต่อไร่ จากสูตร

- ปริมาณ N ต่อไร่ = [มวลน้ำหนักแห้ง (กิโลกรัมต่อไร่) x ปริมาณธาตุอาหาร (%)]/100

- ปริมาณ P_2O_5 ต่อไร่ = [มวลน้ำหนักแห้ง (กิโลกรัมต่อไร่) x ปริมาณธาตุอาหาร (%) x (น้ำหนักอะตอมของ P_2O_5 /น้ำหนักอะตอมของ P₂)]/100

- ปริมาณ K_2O ต่อไร่ = [มวลน้ำหนักแห้ง (กิโลกรัมต่อไร่) x ปริมาณธาตุอาหาร (%) x (น้ำหนักอะตอมของ K_2O /น้ำหนักอะตอมของ K₂)]/100

การปลูกข้าวและการบันทึกข้อมูล

แบ่งแปลงแต่ละ Main plot ออกเป็น 4 แปลงย่อย ขนาด 5 x 5 เมตร (Subplot) รวมเป็น 48 แปลงย่อย เก็บตัวอย่างดินก่อนปลูกที่ระดับความลึก 0 – 20 เซนติเมตรจากผิวดิน มาวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของดินและปริมาณเชื้อไรโซเบียมในดินโดยใช้วิธีการวิเคราะห์เช่นเดียวกับการปลูกถั่วเหลืองข้างต้น ปลูกข้าวเหนียวพันธุ์สันป่าตอง 1 แบบหว่าน จำนวนเมล็ด 20 กิโลกรัมต่อไร่ ทุกกรรมวิธี ใส่ปุ๋ยฟอสเฟตและปุ๋ยโพแทชตามค่าวิเคราะห์ดิน แต่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนตามกรรมวิธีของ Subplot เก็บเกี่ยวข้าวเมื่อข้าวอายุ 130 – 135 วัน ในพื้นที่ขนาด 4 x 4 เมตร บันทึกน้ำหนัก 100 เมล็ดที่ระดับความชื้น 14% ชั่งน้ำหนักสดของต้นใบและเมล็ดในพื้นที่เก็บเกี่ยว สุ่ม

ตัวอย่างต้นใบ เมล็ด และราก 4 ต้นต่อแปลงย่อย เพื่อนำมาวิเคราะห์ปริมาณการดูดใช้ธาตุอาหาร ไกลบต้นข้าวและปล่อยให้ย่อยสลายเป็นเวลา 45 วัน ก่อนปลูกถั่วเหลืองในรอบปีถัดไป

ผลการศึกษาและวิจารณ์

เมื่อวิเคราะห์เนื้อดินในแปลงทดสอบ พบว่าเป็นดินร่วนปนทราย มีองค์ประกอบเป็นทราย 56 – 64 เปอร์เซ็นต์ ทรายแป้ง 17 – 28 เปอร์เซ็นต์ และดินเหนียว 14 – 19 เปอร์เซ็นต์ การวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของดินก่อนการปลูกถั่วเหลืองและข้าวในแต่ละปีที่ทำการเพาะปลูก พบว่า ในปี 2562-2564 ดินมีค่าความเป็นกรด-ด่างอยู่ระหว่าง 5.6 – 7.0 โดยในปี 2562 มีค่าเฉลี่ยค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 6.0 ในปี 2563 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.6 ส่วนในปี 2564 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.3 ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินก่อนเพาะปลูกถั่ว-ข้าวในแต่ละกรรมวิธีภายในแต่ละปีไม่มีความแตกต่างกัน เมื่อพิจารณาทั้ง 3 ปีรวมกัน พบว่า ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน (เฉลี่ยในทุกกรรมวิธี) ก่อนปลูกข้าวในปี 2563 (R2020) มีค่ามากที่สุด เท่ากับ 0.94 เปอร์เซ็นต์ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินปีอื่น ๆ รองลงมาคือในดินก่อนปลูกถั่ว ปี 2564 และในดินก่อนปลูกข้าว ปี 2562 (Figure 1A) โดยปริมาณอินทรีย์วัตถุโดยเฉลี่ยทั้ง 3 ปี มีค่าอยู่ในระดับน้อยเท่ากับ 0.64 – 0.95 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งให้เห็นว่ามีการสะสมปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินเพิ่มขึ้นเมื่อมีการไถกลบเศษซากพืชอย่างต่อเนื่องในแต่ละฤดูการปลูกข้าว-ถั่วเหลือง ซึ่งให้ผลเช่นเดียวกันกับงานวิจัยของ Sadeghi and Bahrani (2009) ที่ทดสอบผลของการไถกลบเศษซากพืชร่วมกับการใช้ปุ๋ยเคมีไนโตรเจนต่อผลผลิตข้าวสาลี ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินอยู่ในระดับปานกลางเท่ากับ 107 – 138 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้อยู่ในระดับปานกลางเท่ากับ 44 – 69 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (Figure 1B) จะสังเกตได้ว่าปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินและโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้มีแนวโน้มลดลงตั้งแต่ปี 2562-2564 เนื่องจากแปลงทดลองที่ใช้เดิมเป็นพื้นที่ผลิตเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองจึงมีการใช้ปุ๋ยเคมีในปริมาณที่มากกว่า งานวิจัยนี้เน้นการใช้ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินซึ่งตรงตามระดับความอุดมสมบูรณ์ของดินและตรงตามความต้องการของพืชตระกูลถั่ว (กรมวิชาการเกษตร, 2553) และลดอัตราการใช้ปุ๋ยลงตามกรรมวิธี ปริมาณธาตุอาหารที่เหลืออยู่ในดินแต่ละปีจึงถูกพืชดูดใช้เพื่อการเจริญเติบโตในฤดูปลูกถัดไป

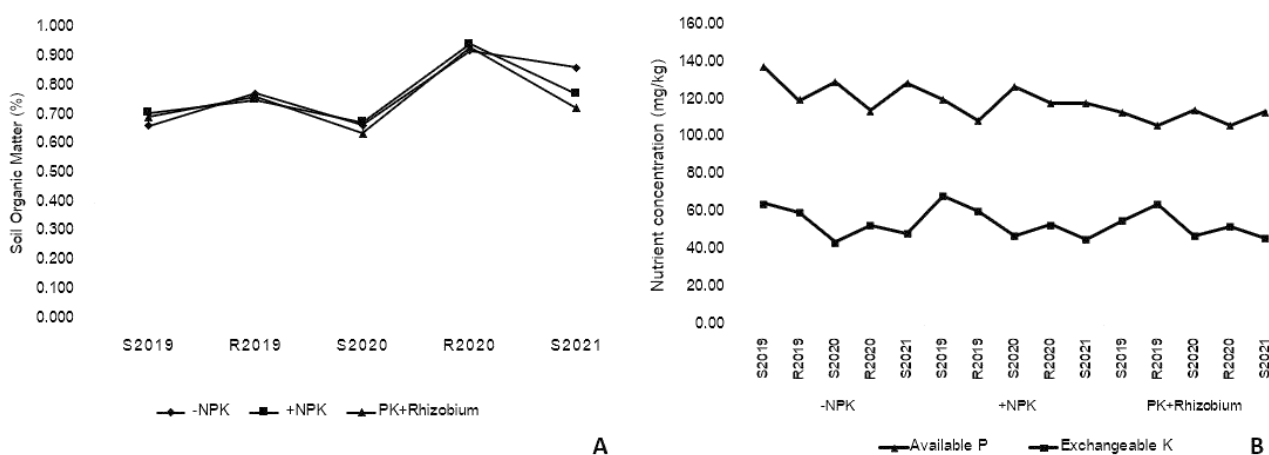


Figure 1 Soil organic matter (A), available phosphorus and exchangeable potassium concentrations (B) of each main plot treatment before soybean (S) and rice (R) cultivation in 2019 – 2021

ปริมาณเชื้อไรโซเบียมในดินก่อนการปลูกถั่วเหลืองและข้าวในช่วงปี 2562-2564 มีค่าอยู่ระหว่าง 3 – 194.08 เซลล์ต่อกรัมของดินแห้ง ซึ่งเป็นค่าปกติในดินทั่วไปที่มีเชื้อไรโซเบียมในปริมาณต่ำ กรมวิชาการเกษตรจึงแนะนำให้มีการคลุกเมล็ดด้วยปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมก่อนปลูกพืชตระกูลถั่วทุกครั้ง เพื่อเพิ่มโอกาสให้เชื้อในการเข้าสู่รากเมื่อเมล็ดงอกและสร้างปมราก จำนวนปมรากถั่วเหลืองในกรรมวิธีที่ไม่ใส่ปุ๋ยเคมีและไม่ใส่ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม (-NPK) มีปริมาณน้อยที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินและไม่ใส่ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม (+NPK) หรือกรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยฟอสเฟตและปุ๋ยโพแทสเซียมตามค่าวิเคราะห์ดินและคลุกเมล็ดถั่วด้วยปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม (PK+Rhizobium) (Figure 2A) ทุกกรรมวิธีในปี 2562 มีจำนวนปมรากน้อยกว่าปี 2563 และ 2564 เนื่องจากเป็นปีแรกที่มีการปลูกถั่วเหลืองในพื้นที่ กรรมวิธีที่ไม่มีการใช้ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมเป็นการเข้าสู่รากของเชื้อไรโซเบียมท้องถิ่นและมีการสะสมปริมาณเชื้อไรโซเบียมในพื้นที่ไป

ยังปีต่อไป ขณะที่กรรมวิธีที่ 2 ซึ่งแม้ไม่มีการใส่ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมเช่นกัน แต่มีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนและพบการสร้างปมรากมากกว่า สอดคล้องกับ da Silva et al. (1993) ที่พบว่า การให้ปุ๋ยไนโตรเจนในปริมาณต่ำในพื้นที่ที่มีปริมาณเชื้อไรโซเบียมท้องถิ่นอยู่น้อยจะช่วยกระตุ้นให้เกิดการสร้างปมราก เช่นเดียวกับ Argaw and Tsigie (2015) ที่พบว่าในดินที่มีปริมาณเชื้อไรโซเบียมต่ำ การใส่เชื้อไรโซเบียมรวมกับการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน 20 และ 40 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อเฮกตาร์ ช่วยเพิ่มจำนวนปมรากมากกว่าการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนเพียงอย่างเดียว ส่วนการตรึงไนโตรเจนของไรโซเบียมในปมรากมีค่าสูงที่สุดในปี 2564 โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 37.33 – 45.34 ไมโครโมลล์เอทิลีนต่อต้นต่อชั่วโมง (Figure 2B) ค่าการตรึงไนโตรเจนของเชื้อไรโซเบียมในกรรมวิธีที่มีการใช้ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม (PK+Rhizobium) ไม่แตกต่างทางสถิติกับกรรมวิธีที่มีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน (+NPK) เพียงอย่างเดียว เนื่องจากแปลงทดลองที่ใช้เดิมเป็นพื้นที่ปลูกถั่วเหลือง จึงมีเชื้อไรโซเบียมท้องถิ่น (indigenous rhizobia) อยู่ จึงมีการสร้างปมรากและเกิดการตรึงไนโตรเจนได้แม้ไม่มีการใส่ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม แต่เมื่อพื้นที่ดังกล่าวร้างจากการปลูกพืชวงศ์ถั่วซึ่งเป็นพืชอาศัยของเชื้อไรโซเบียม เชื้อไรโซเบียมท้องถิ่นจะมีปริมาณลดลง จึงควรมีการใส่ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมซึ่งถือเป็นการใส่เชื้อไรโซเบียมเพิ่มเข้าไปในพื้นที่ (introduced rhizobia) เพื่อทำให้เกิดความหลากหลายของชนิดไรโซเบียมในพื้นที่และเพิ่มโอกาสการแข่งขันในการเข้าสู่รากพืชวงศ์ถั่ว (Okogun and Sanginga, 2003)

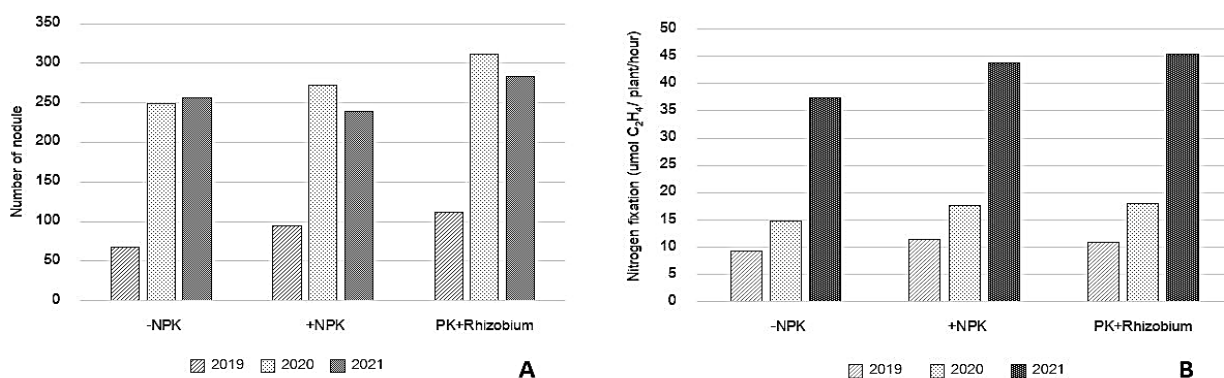


Figure 2 The number of nodules (A) and nitrogen fixation rate of rhizobium in soybean nodules (B) planted with 3 chemical fertilizer and rhizobium biofertilizer managements in 2019 – 2021

Table 1 Growth and yield component of Chiang Mai 60 soybean varieties planted with 3 chemical fertilizer (NPK) and rhizobium biofertilizer managements in 2019-2021

Main plot treatment	Height (cm)	Pod /stalk	Grain/plant	Weight of 100 grains (g)	Grain yield (kg/rai)	Shoot fresh weight (kg/rai)
- NPK 2019	24.33 b	12.48 c	23.35 c	14.15 b	185.63 c	426.25 d
- NPK 2020	45.40 a	32.43 a	67.78 a	18.23 a	376.25 a	957.50 ab
- NPK 2021	44.08 a	22.08 b	44.08 b	18.15 a	281.88 b	725.00 c
+ NPK 2019	25.05 b	14.58 c	27.90 c	13.93 b	183.75 c	431.88 d
+ NPK 2020	44.73 a	28.28 ab	61.50 a	18.08 a	381.88 a	1,037.50 a
+ NPK 2021	44.80 a	26.30 ab	54.00 ab	18.00 a	304.38 b	711.25 c
PK+Rhizobium 2019	23.55 b	12.65 c	23.90 c	14.90 b	169.38 c	433.75 d
PK+Rhizobium 2020	45.83 a	28.25 ab	59.13 ab	17.58 a	394.38 a	1,065.63 a
PK+Rhizobium 2021	48.30 a	27.73 ab	57.13 ab	18.03 a	328.75 ab	798.75 bc
F-test	**	**	**	**	**	**
C.V. (%)	12.0	21.0	21.5	4.1	15.9	14.9

Note: ** = significant at $P < 0.01$. Means in a column followed by the same letter are not significantly different at 5% level by DMRT.

ความสูงของต้น จำนวนฝักต่อต้น จำนวนเมล็ดต่อต้น น้ำหนัก 100 เมล็ดและน้ำหนักต้นสดต่อไร่ของทุกกรรมวิธีภายในแต่ละปี ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่เมื่อพิจารณาาร่วมกันทั้ง 3 ปี พบว่า ความสูงของต้น จำนวนฝักต่อต้น จำนวนเมล็ดต่อต้น น้ำหนัก 100 เมล็ด น้ำหนักต้นสดต่อไร่ และผลผลิตเมล็ดในพื้นที่เก็บเกี่ยวในทุกกรรมวิธีของปี 2562 มีค่าน้อยที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับทุกกรรมวิธีในปี 2563-2564 (Table 1) เนื่องจากดำเนินการปลูกถั่วเหลืองในเดือนมกราคม ซึ่งล่าช้ากว่ากำหนดการปลูกตามปกติที่ควรปลูกในช่วงกลางเดือนพฤศจิกายนถึงปลายเดือนธันวาคม ทำให้ถั่วเหลืองถูกระทบจากสภาพอากาศหนาวเย็น เมล็ดถั่วเหลืองงอกช้ากว่าปกติจากการดูดน้ำและกิจกรรมเมแทบอลิซึมของการสังเคราะห์แสงที่ลดลง (Van Heerden et al. 2003) ต้นชะงักการเจริญเติบโต ผลผลิตเมล็ดจึงลดลง (Mathew et al. 2000) อย่างไรก็ตามการเจริญเติบโตและองค์ประกอบผลผลิตของแต่ละกรรมวิธีในปี 2562 ยังคงไม่มีความแตกต่างกันและเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับผลการทดลองในปี 2563-2564 เมื่อปลูกข้าวหลังการปลูกถั่วเหลืองในแต่ละ subplot พบว่า น้ำหนัก 100 เมล็ด และน้ำหนักของเมล็ดต่อไร่ในแต่ละ subplot ที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีไนโตรเจนอัตราต่าง ๆ กันของแต่ละปี ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ในขณะที่ค่าเฉลี่ยน้ำหนักสดของต้นใบต่อไร่ในแต่ละปีของกรรมวิธีที่มีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน 100 เปอร์เซ็นต์ของอัตราแนะนำตามค่าวิเคราะห์ดินมีค่ามากกว่ากรรมวิธีที่ไม่มีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน แต่ไม่แตกต่างจากกรรมวิธีที่มีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตรา 20 หรือ 50 เปอร์เซ็นต์ของอัตราแนะนำตามค่าวิเคราะห์ดิน การจัดการปุ๋ยเคมีและปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมในการปลูกถั่วเหลืองก่อนการปลูกข้าว (main plot) ไม่มีผลต่อน้ำหนัก 100 เมล็ด น้ำหนักของเมล็ดต่อไร่ และน้ำหนักสดของต้นใบต่อไร่ (Figure 3)

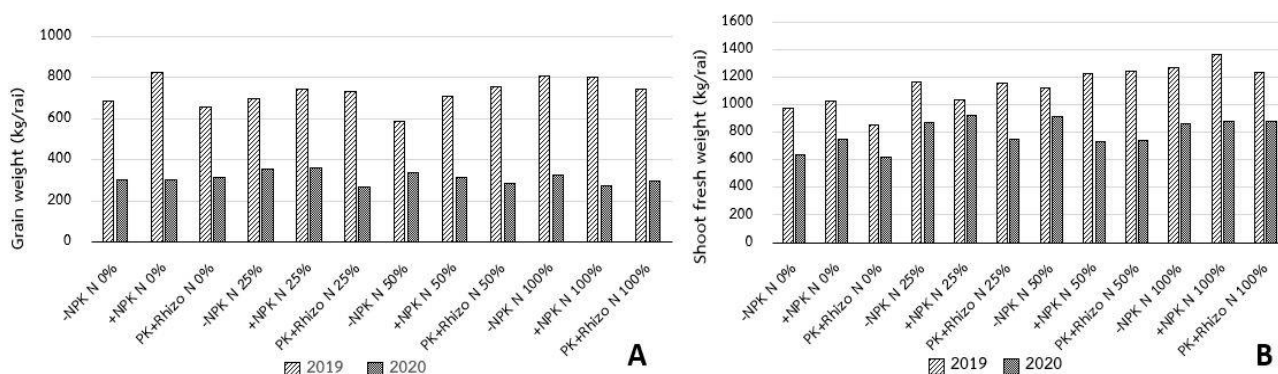


Figure 3 Grains weight (A) and shoot fresh weight (B) of San Pa Tong 1 sticky rice varieties when applied with 4 nitrogen fertilizer rates at 0, 25, 50 and 100 percent according to soil analysis recommendation

Table 2 Nutrient concentration in each part of soybean and rice planted in sandy loam soil (Average from all treatments)

Plant part	Dry matter (kg/rai)	Nutrient concentration (%)			Amount of nutrient (kg/rai)		
		N	P	K	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Soybean Grain	289.58	6.08	0.64	1.13	17.59	4.25	3.91
Shoot	256.20	0.63	0.13	0.72	1.60	0.79	2.21
Pod shell	374.86	0.63	0.07	1.13	2.35	0.63	5.07
Root	73.59	0.81	0.07	0.45	0.59	0.11	0.40
Rice Grain	730.00	1.14	0.29	0.29	8.31	4.86	2.55
Shoot	1137.92	0.65	0.17	2.01	7.39	4.48	27.42
Root	266.50	0.45	0.15	0.78	1.20	0.92	2.49

ถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 มีมวลน้ำหนักรากแห้งเฉลี่ยจากทุก ๆ กรรมวิธีของเมล็ด เท่ากับ 289.58 กิโลกรัมต่อไร่ ต้นและใบ เท่ากับ 256.20 กิโลกรัมต่อไร่ เปลือกฝัก เท่ากับ 374.86 กิโลกรัมต่อไร่ และราก เท่ากับ 73.59 กิโลกรัมต่อไร่ เมื่อคำนวณปริมาณของธาตุอาหารจากส่วนต่าง ๆ ของถั่วเหลือง (Table 2) พบว่า ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมจากส่วนของเมล็ด เท่ากับ 17.59, 4.25 และ 3.91 กิโลกรัมของ N, P₂O₅, K₂O ต่อไร่ ตามลำดับ จากส่วนของต้นและใบ เท่ากับ 1.60, 0.79 และ 2.21 กิโลกรัมของ N, P₂O₅, K₂O ต่อไร่ ตามลำดับ หากไม่มีการไถกลบเศษซากถั่วกลับลงไปในพื้นที่ปลูก ธาตุอาหารในพื้นที่มีโอกาสสูญหายโดยติดออกไปกับผลผลิต เช่น เมล็ด ต้นใบ และเปลือกฝัก ซึ่งต้องนำออกไปจากพื้นที่ทุก ๆ ฤดูปลูก เท่ากับ 21.54-5.67-11.19 กิโลกรัม N-P₂O₅-K₂O ต่อไร่ต่อฤดูปลูก ดังนั้นจึงจำเป็นต้องใส่ปุ๋ยกลับลงไปในพื้นที่ปลูกเพื่อทดแทนปริมาณธาตุอาหารที่สูญหายไป ขณะที่ข้าวเหนียวพันธุ์สันป่าตอง 1 มีมวลน้ำหนักรากแห้งเฉลี่ยจากทุก ๆ กรรมวิธีของเมล็ด เท่ากับ 730 กิโลกรัมต่อไร่ ต้นและใบ เท่ากับ 1137.92 กิโลกรัมต่อไร่ และราก เท่ากับ 266.50 กิโลกรัมต่อไร่ ดังนั้นเมื่อมีการไถกลบต้นใบและรากข้าว จะทำให้ธาตุอาหารกลับคืนสู่ดิน เท่ากับ 8.59-5.40-29.91 กิโลกรัม N-P₂O₅-K₂O ต่อไร่ต่อฤดูปลูก

สรุป

ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินก่อนปลูกข้าวในปี 2563 มีค่ามากที่สุดและแตกต่างกับปี 2562 และ 2564 จำนวนปมรากถั่วเหลืองในกรรมวิธีที่ 1 ที่ไม่ใส่ปุ๋ยเคมีและไม่ใส่ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม มีปริมาณน้อยที่สุด ความสูงของต้น จำนวนฝักต่อต้น จำนวนเมล็ดต่อต้น น้ำหนัก 100 เมล็ด และน้ำหนักต้นสดต่อไร่ของถั่วเหลืองในทุกกรรมวิธีภายในแต่ละปีไม่มีความแตกต่างกัน เช่นเดียวกับน้ำหนัก 100 เมล็ดและน้ำหนักของเมล็ดต่อไร่ของข้าวในแต่ละ subplot ในแต่ละปีที่ไม่มีความแตกต่างกัน ในขณะที่ค่าเฉลี่ยน้ำหนักสดของต้นใบต่อไร่ในแต่ละปีของกรรมวิธีที่มีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน 100 เปอร์เซ็นต์ของอัตราแนะนำตามค่าวิเคราะห์ดินมีค่ามากกว่ากรรมวิธีที่ไม่มีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน แต่ไม่แตกต่างจากกรรมวิธีที่มีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตรา 25 หรือ 50 เปอร์เซ็นต์ของอัตราแนะนำตามค่าวิเคราะห์ดิน หากไม่มีการไถกลบเศษซากถั่วกลับลงไปในพื้นที่ปลูก จะทำให้ธาตุอาหารในพื้นที่สูญหายไปกับผลผลิต เท่ากับ 21.54-5.67-11.19 กิโลกรัม N-P₂O₅-K₂O ต่อไร่ต่อฤดูปลูก ส่วนการไถกลบต้นใบและรากข้าวจะทำให้ธาตุอาหารกลับคืนสู่ดิน เท่ากับ 8.59-5.40-29.91 กิโลกรัม N-P₂O₅-K₂O ต่อไร่ต่อฤดูปลูก ดังนั้นการจัดการปุ๋ยเคมีและปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมในการปลูกถั่วเหลืองก่อนการปลูกข้าว (main plot) จึงไม่มีผลต่อน้ำหนัก 100 เมล็ด และน้ำหนักของเมล็ดต่อไร่ของข้าวที่ปลูกในดินร่วนปนทรายโดยการใส่ปุ๋ยเคมีไนโตรเจนที่อัตรา 0, 25, 50 และ 100 เปอร์เซ็นต์ของอัตราแนะนำตามค่าวิเคราะห์ดิน

เอกสารอ้างอิง

- กรมวิชาการเกษตร. 2553. คำแนะนำการใช้ปุ๋ยกับพืชเศรษฐกิจ. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กลุ่มวิจัยปฐพีวิทยา สำนักวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร. กรุงเทพฯ.
- กลุ่มงานวิจัยเคมีดิน. 2544. คู่มือการวิเคราะห์ดินและพืช. กองปฐพีวิทยา กรมวิชาการเกษตร. โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด. กรุงเทพฯ.
- จิตติมา ยถาภูษานนท์ พรพิมล ชัยวรรณคุปต์ จริยา ประศาสน์ศรีสุภาพ และเชียรชัย อารยางกูร. 2545. การตรึงไนโตรเจนของถั่วเหลืองและผลตกค้างจากการตรึงไนโตรเจนของถั่วเหลืองที่มีต่อผลผลิตข้าวในระบบการปลูกพืชหมุนเวียนข้าว-ถั่วเหลืองโดย 15N เทคนิค. วารสารดินและปุ๋ย. 24(1): 1-21.
- บรรยง ทุมแสน มัลลิกา ศรีจันทวงศ์ สนัน จอกลอย วิริยะ ลิ้มปิ่นนันทน์ และ อารันต์ พัฒโนทัย. 2545. ผลของการใส่ซากถั่วลิสงพันธุ์ขอนแก่น 60-3 ในอัตราต่างกัน การใส่ซากถั่วลิสงร่วมกับปุ๋ยเคมีต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวขาวดอกมะลิ 105. น.128-151 ใน: การสัมมนาถั่วลิสงแห่งชาติ ครั้งที่ 16 1-3 พฤษภาคม 2545 โรงแรมกรุงศรีริเวอร์ พระนครศรีอยุธยา.
- สำนักควบคุมพืชและวัสดุการเกษตร. 2558. ตารางปริมาณและมูลค่าการนำเข้าปุ๋ยเคมีสูตรที่สำคัญ ปี 2552-2557. แหล่งข้อมูล http://www.oae.go.th/download/FactorOfProduct/Fertilizer_value49-54.html ค้นเมื่อ 5 กันยายน 2561.

- Argaw, A., and A. Tsigie. 2015. Indigenous rhizobia population influences the effectiveness of Rhizobium inoculation and need of inorganic N for common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) production in eastern Ethiopia. *Chemical and Biological Technologies in Agriculture*. 2: 1–13.
- da Silva, P. M., S. M. Tsai, and R. Bonetti. 1993. Response to inoculation and N fertilization for increased yield and biological nitrogen fixation of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Plant and Soil*. 152: 123–30.
- Hardy, R.W.F., R.C. Burns, and R.D. Holsten. 1973. Applications of the acetylene-ethylene assay for measurements of nitrogen fixation. *Soil Biology and Biochemistry*. 5: 47–81.
- Ju, X. T., C. L. Kou, F. S. Zhang, and P. Christie. 2006. Nitrogen balance and groundwater nitrate contamination: Comparison among three intensive cropping systems on the North China Plain. *Environmental Pollution*. 143: 117–125.
- Mathew, J.P., S.J. Herbert, S. Zhang, A.A.F. Rautenkranz, and G.V. Litchfield. 2000. Differential response of soybean yield components to the timing of light enrichment. *Agronomy Journal*. 92: 1156–1161.
- Okogun, J.A., and N. Sangina. 2003. Can introduced and indigenous rhizobial strains compete for nodule formation by promiscuous soybean in the moist savanna agroecological zone of Nigeria? *Biology and Fertility of Soils*. 38: 26–31.
- Sadeghi, H., and M.J. Bahrani. 2009. Effects of crop residue and nitrogen rates on yield and yield components of two dryland wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars. *Plant Production Science*. 12(4): 497–502.
- Somasegaran, P., and H.J. Hoben. 1994. *Handbook for Rhizobia: Methods in Legume-Rhizobium Technology*. Springer Verlag, New York.
- Van Heerden, P.D.R., G.H.J. Krüger, J.E. Loveland, M.A.J. Parry, and C.H. Foyer. 2003. Dark chilling imposes metabolic restrictions on photosynthesis in soybean. *Plant Cell and Environment* 26: 323–337.