รายงานโครงการวิจัย

การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตในระบบการปลูกข้าวสลับพืชตระกูลถั่ว โดยวิธีการจัดการปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม

Study of the effects of chemical fertilizer and rhizobium biofertilizer management in the system of legume-rice cultivation on nitrogen fertilizer rates usage in rice paddy

ชื่อหัวหน้าโครงการวิจัย

นายมนต์ชัย มนัสสิลา

ปี พ.ศ. 2561

การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตในระบบการปลูกข้าวสลับพืชตระกูลถั่ว โดยวิธีการจัดการปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม

Study of the effects of chemical fertilizer and rhizobium biofertilizer management in the system of legume-rice cultivation on nitrogen fertilizer rates usage in rice paddy

ชื่อหัวหน้าโครงการวิจัย

นายมนต์ชัย มนัสสิลา

ปี พ.ศ. 2561

คณะผู้วิจัย

นายมนต์ชัย มนัสสิลา	สังกัด กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร
นางสาวอมรรัตน์ ใจยะเสน	สังกัด กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร
นางสาวจิตรา เกาะแก้ว	สังกัด กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร
นางสาวกิตจเมธ แจ้งศิริกุล	สังกัด กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร
นางรัตน์ติยา พวงแก้ว	สังกัด ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรบุรีรัมย์
นายศิวกร เกียรติมณีรัตน์	สังกัด ศูนย์วิจัยพืชไร่เชียงใหม่
นายฉัตรชีวิน ดาวใหญ่	สังกัด สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 5
นางสาววิลัยรัตน์ แป้นแก้ว	สังกัด ศูนย์วิจัยพืชไร่ชัยนาท

คำนำ

ข้าวนาปีเป็นพืชที่มีความต้องการใช้ปุ๋ยเคมีมากที่สุด จากการประมาณการใช้ปุ๋ยเคมีพบว่าความต้องการใช้ปุ๋ยเคมีในการผลิตพืชโดยรวมนับแต่ปี 2546 – 2550 มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจากประมาณ 3.88 – 3.89 ล้านตันในปี 2546 เป็น 4.32 – 4.40 ล้านตันในปี 2550 (พรรณพิมล, 2552) สถิติการนำเข้าปุ๋ยยูเรีย (46-0-0) ในช่วงปี พ.ศ. 2552 – 2557 มีประมาณ 2 ล้านตัน คิดเป็นมูลค่า 23,770 ล้านบาท (สำนักควบคุมพืชและวัสดุการเกษตร, 2558) ปริมาณไนโตรเจนในดินเมื่อปลูกข้าวจะลดลงและสูญเสียไปจากดินหลังจากการเก็บเกี่ยว ทั้งจากการที่ธาตุอาหารติดไปกับผลผลิตและเศษซากพืชที่นำออกไปจากพื้นที่ การชะล้างไปกับน้ำ และการสูญหายในรูปของก๊าซแอมโมเนีย (ammonia volatilization) จนในที่สุดปริมาณไนโตรเจนในดินนาไม่เพียงพอต่อความต้องการของข้าวในรอบการเพาะปลูกต่อไป ทำให้ผลผลิตข้าวลดต่ำลงตามลำดับ เกษตรกรจึงต้องพึ่งพาการใช้ปุ๋ยเคมีจำนวนมากในระบบการปลูกข้าวแบบต่อเนื่อง ซึ่งการใช้ปุ๋ยเคมีไนโตรเจนที่มากเกินความต้องการของพืชนี้นอกจากจะทำให้สิ้นเปลืองต้นทุนการผลิตโดยที่ไม่ทำให้ผลผลิตเพิ่มขึ้นแล้ว ยังก่อให้เกิดการเสื่อมโทรมของดินในระยะยาว และเกิดการชะล้างไนเตรตจากพื้นที่เพาะปลูกลงไปปนเปื้อนแหล่งน้ำใต้ดินได้อีกด้วย (Ju et al. 2005) ดังนั้นการจัดการธาตุอาหารให้เพียงพอต่อความต้องการของพืช โดยคำนึงถึงสมดุลธาตุอาหารในพื้นที่เป็นหลักจึงเป็นสิ่งที่มีความสำคัญในการศึกษา เพื่อหาแนวทางในการลดต้นทุนการผลิตจากการลดการใช้ปุ๋ยที่เกินความต้องการของพืช และเป็นการรักษาคุณภาพของดินอย่างยั่งยืน วิธีการหนึ่งที่ช่วยเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดินได้อย่างยั่งยืน คือ การปลูกพืชตระกูลถั่วหมุนเวียนหลังการทำนาข้าวร่วมกับการใช้ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม เนื่องจากรากพืชตระกูลถั่วมีเชื้อไรโซเบียมอยู่ร่วมแบบพึ่งพาอาศัย เชื้อไรโซเบียมนี้มีประสิทธิภาพในการตรึงไนโตรเจนจากอากาศเพื่อให้อยู่ในรูปที่พืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ ดังนั้นเชื้อไรโซเบียมจึงมีบทบาทสำคัญในระบบการหมุนเวียนธาตุไนโตรเจนในดิน และยังช่วยลดต้นทุนการผลิตจากการลดการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนจำนวนมากในการทำนาข้าวได้ การไถกลบพืชตระกูลถั่วเพื่อใช้เป็นปุ๋ยพืชสดสามารถเพิ่มอินทรียวัตถุให้แก่ดิน ก่อให้เกิดความอุดมสมบูรณ์ให้แก่ดินได้อย่างยั่งยืน นอกจากนี้ยังเป็นการใช้พื้นที่อย่างมีประสิทธิภาพในช่วงของการงดทำนาปรังเพื่อเพิ่มรายได้ให้กับเกษตรกรอีกด้วย พืชตระกูลถั่วที่นิยมปลูกหลังการทำนาข้าว ได้แก่ ถั่วเขียว ถั่วเหลือง ถั่วลิสง เป็นต้น (สมชาย, 2529; สมชาย, 2532) เนื่องจากเป็นพืชไร่อายุสั้นซึ่งกรมวิชาการเกษตรได้ส่งเสริมให้เกษตรกรปลูกเป็นพืชหลังนา เพื่อทดแทนการปลูกข้าวนาปรังในช่วงภัยแล้งตามโครงการช่วยเหลือเกษตรกรที่ได้รับผลกระทบจากภัยแล้งของรัฐบาล และสนองนโยบายของรัฐบาลในการเปลี่ยนพื้นที่ทำนาไปปลูกพืชชนิดอื่น เช่น พืชไร่ใช้น้ำน้อย เพื่อลดปัญหาข้าวล้นตลาดอีกด้วย นอกจากนี้ถั่วทั้งสามชนิดยังเป็นพืชอาหารชนิดหนึ่งที่ไทยมีศักยภาพการผลิตสูง สามารถปลูกได้ทุกพื้นที่ในประเทศไทย ผลผลิตส่วนใหญ่ใช้เพื่อการบริโภคโดยตรงและแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์หลากหลายชนิด โดยเฉพาะอุตสาหกรรมแปรรูปที่มีความต้องการใช้ถั่วดังกล่าวเป็นวัตถุดิบในการผลิตค่อนข้างสูง นอกจากนี้กรมวิชาการเกษตรยังได้ผลิตปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมสำหรับถั่วเขียว ถั่วเหลือง และถั่วลิสง เพื่อแจกจ่ายและจำหน่ายให้แก่เกษตรกรและผู้ที่สนใจ และสนองนโยบายของรัฐบาลในการลดต้นทุนการผลิตพืช (กรมวิชาการเกษตร, 2548) ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้เลือกใช้พืชตระกูลถั่ว 3 ชนิดคือ ถั่วเขียว ถั่วเหลือง และถั่วลิสง มาเป็นต้นแบบในการศึกษาสมดุลธาตุไนโตรเจนในระบบการปลูกถั่วหลังนา

จากปัญหาการพึ่งพาการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนจำนวนมากในการปลูกข้าวนาปีดังกล่าว จึงเป็นแนวทางที่สำคัญในการหาวิธีการลดต้นทุนการผลิตอย่างต่อเนื่องทั้งในการผลิตถั่วหลังนาและข้าวนาปี เพื่อให้การใช้ปุ๋ยไนโตรเจนมีประสิทธิภาพมากขึ้น การศึกษาสมดุลธาตุไนโตรเจนในการปลูกถั่วหลังนาจึงมีความสำคัญในการตอบข้อสงสัยเกี่ยวกับปริมาณธาตุไนโตรเจนที่ต้องใส่ลงไปในพื้นที่เพาะปลูกทั้งในรูปของปุ๋ยเคมี ปุ๋ยอินทรีย์หรือปุ๋ยชีวภาพ ปริมาณธาตุไนโตรเจนที่จะสูญหายไประหว่างการปลูก และปริมาณธาตุไนโตรเจนที่ใส่กลับลงไปในพื้นที่ปลูกเพื่อเป็นปุ๋ยไนโตรเจนให้แก่การปลูกข้าวนาปีในรอบการปลูกถัดไป แม้ว่าที่ผ่านมาจะมีการศึกษาผลของการใช้

พืชตระกูลถั่วเป็นพืชหมุนเวียนในการทำนาต่อผลผลิตของข้าวที่ปลูกตาม เช่น การศึกษาผลของการการตรึงไนโตรเจนของถั่วเหลืองโดยใช้ 15N เทคนิค ต่อผลผลิตของข้าว (จิติมา และคณะ, 2545) การศึกษาผลของการใส่ซากถั่วลิสงในอัตราต่างกันร่วมกับปุ๋ยเคมี ในอัตราต่างกันกับปุ๋ยเคมีต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าว (บรรยง และคณะ, 2545) หรือการปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้ซากถั่วลิสงและพืช อื่น ๆ ต่อการเพิ่มผลผลิตของข้าว (บรรยง, 2552) งานวิจัยดังกล่าวทำให้ได้ข้อมูลที่ยืนยันได้ว่าการปลูกพืชตระกูลถั่วสลับกับการทำนาช่วยเพิ่มผลผลิตของข้าวที่ปลูกตามและลดการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนในนาข้าวได้ แต่งานวิจัยดังกล่าวไม่ได้ศึกษาผลของการใช้ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมร่วมกับการปลูกพืชตระกูลถั่ว เป็นเพียงการอาศัยเชื้อไรโซเบียมในดินที่มีอยู่ตามธรรมชาติในปริมาณน้อย ซึ่งเป็นที่ทราบดีว่าปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมสามารถทดแทนการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนในการปลูกถั่วได้ 50 ถึง 100 เปอร์เซ็นต์ พืชตระกูลถั่วไม่สามารถตรึงก๊าซไนโตรเจนจากอากาศมาใช้เองได้ ดังนั้นงานวิจัยดังกล่าวจึงยังขาดข้อมูลผลของการจัดการปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมในระบบการปลูกถั่วหลังนาต่ออัตราการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนในนาข้าวที่ปลูกตาม และขาดข้อมูลการเปลี่ยนแปลงของสมบัติทางกายภาพและเคมีของดิน รวมถึงสมบัติทางชีวภาพของดินโดยการวิเคราะห์ปริมาณเชื้อไรโซเบียมในดินของระบบการปลูกข้าวตามด้วยพืชตระกูลถั่วที่มีการใช้หรือไม่ใช้ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมด้วย

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการใช้ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมในการปลูกพืชตระกูลถั่วต่อประสิทธิภาพการดูดใช้ไนโตรเจนของข้าวในฤดูถัดไป การเปลี่ยนแปลงของไนโตรเจนในดินและสมดุลของไนโตรเจนในระบบการปลูกข้าวตามด้วยพืชตระกูลถั่วเมื่อมีการไถกลบเศษซากถั่ว วิเคราะห์เปลี่ยนแปลงของสมบัติทางกายภาพและเคมีของดิน และปริมาณเชื้อไรโซเบียมในดินของระบบการปลูกข้าวตามด้วยพืชตระกูลถั่วที่มีการใช้หรือไม่ใช้ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม และเพื่อให้ได้อัตราปุ๋ยไนโตรเจนที่เหมาะสมสำหรับข้าวสลับพืชตระกูลถั่ว อีกทั้งยังศึกษาถึงความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ โดยมุ่งเน้นการใช้ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมในพื้นที่ปลูกร่วมด้วย

บทคัดย่อ

ศึกษาผลของการจัดการปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมในระบบการปลูกถั่วหลังนาต่ออัตราการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนในนาข้าวดินร่วนปนทรายในดินร่วนปนทราย จังหวัดบุรีรัมย์ โดยการปลูกถั่วลิสงพันธุ์ไทนาน 9 ในนาข้าวในดินร่วนปนทรายในแปลงของศูนย์วิจัยพืชไร่เชียงใหม่ โดยดำเนินการปลูกถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 ในนาข้าวในดินร่วนปนเหนียวถึงดินเหนียวในแปลงของศูนย์วิจัยพืชไร่ชัยนาท โดยการปลูกถั่วเขียวผิวมันพันธุ์ 84-1 ครั้งที่ 1 ในปี 2561 เพื่อศึกษาการจัดการปุ๋ยในระบบการปลูกถั่วหลังนา วางแผนการทดลองแบบ Split plot มี 4 ซ้ำ ปัจจัยหลัก คือ การจัดการปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมในระบบการปลูกถั่วหลังนา 3 กรรมวิธี ได้แก่ 1) ไม่ใส่ปุ๋ยเคมี (N-P-K) และไม่ใส่ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม 2) ใส่ปุ๋ยเคมี (N-P-K) ตามค่าวิเคราะห์ดิน และไม่ใส่ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม 3) ใส่ปุ๋ยฟอสเฟตและปุ๋ยโพแทชตามค่าวิเคราะห์ดิน (P-K) และใส่ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม ปัจจัยรอง คือ การใช้ปุ๋ยไนโตรเจนในนาข้าว 4 อัตรา ได้แก่ 1) ไม่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจน 2) ลดปุ๋ยไนโตรเจน 50% ของอัตราแนะนำตามค่าวิเคราะห์ดิน 3) ลดปุ๋ยไนโตรเจน 75% ของอัตราแนะนำตามค่าวิเคราะห์ดิน และ 4) ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนตามอัตราแนะนำตามค่าวิเคราะห์ดิน

ผลการทดลองพบว่าการใส่ปุ๋ยฟอสเฟตและปุ๋ยโพแทชตามค่าวิเคราะห์ดินและคลุกเมล็ดถั่วลิสงด้วยปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของลำต้นถั่วลิสงมีค่ามากที่สุด และมีแนวโน้มให้น้ำหนักต้นสดและผลผลิตต่อไร่สูงกว่าทุกกรรมวิธี นอกจากนี้ยังให้ค่า VCR สูงที่สุด การสะสมฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมในเมล็ด ต้นและใบ พบมากที่สุดในกรรมวิธีที่ 2 ใส่ปุ๋ย N-P-K ในเปลือกฝัก และราก พบมากที่สุดในกรรมวิธีที่ 3 ใส่ปุ๋ย P-K และใส่ไรโซเบียม การเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวหอมมะลิ 105 ที่ปลูกตามกรรมวิธีต่าง ความสูงต้นข้าว จำนวนเมล็ดดีต่อรวง เปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบ และน้ำหนักสดต้นและใบ ของกรรมวิธีที่มีการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนร้อยละ 50 ของอัตรแนะนำ มีค่ามากที่สุด กรรมวิธีที่ไม่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนให้น้ำหนัก 100 เมล็ดมากที่สุด ส่วนกรรมวิธีใช้ปุ๋ยไนโตรเจนร้อยละ 25 ของอัตราแนะนำให้ผลผลิตต่อไร่สูงที่สุด นอกจากนี้ยังพบว่าทุกกรรมวิธีมีจำนวนต้นต่อกอ จำนวนรวงต่อกอ ที่ 1 ต้น และ 1 รวง ตามลำดับ การวิเคราะห์ผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์ โดยใช้อัตราส่วนระหว่างรายได้ที่เพิ่มขึ้นจากการใช้ปุ๋ยต่อรายจ่ายจากการใช้ปุ๋ย หรือค่า Value to Cost Ratio (VCR) พบว่า การปลูกถั่วลิสงปีแรก ในทุกกรรมวิธีให้ผลตอบแทนที่ไม่คุ้มค่าแก่การลงทุน เนื่องจากมีค่า VCR สูงสุดเพียง 0.91 ในกรรมวิธีปลูกถั่วลิสงใส่ปุ๋ย P K และใส่ไรโซเบียม ส่วนการปลูกข้าวหอมดอกมะลิ 105 ในทุกกรรมวิธีให้ผลตอบแทนที่ไม่คุ้มค่าแก่การลงทุน เนื่องจากมีค่า VCR สูงสุดเพียง 0.35 ในกรรมวิธีปลูกถั่วลิสงไม่ใส่ปุ๋ย NPK ไม่ใส่ไรโซเบียม และใส่ปุ๋ยไนโตรเจนร้อยละ 25 ตามค่าวิเคราะห์ดิน

การใส่ปุ๋ยฟอสเฟตและปุ๋ยโพแทชตามค่าวิเคราะห์ดินและคลุกเมล็ดถั่วเหลืองด้วยปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม มีผลให้น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของปม และน้ำหนักสดของลำต้นถั่วเหลืองมีค่ามากที่สุด ส่วนความสูงต้น จำนวนฝักต่อต้น จำนวนเมล็ดต่อต้น น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของต้น ราก เปลือกฝัก และเมล็ด รวมถึงน้ำหนักต้นสดต่อไร่ และผลผลิตต่อไร่ในแต่ละกรรมวิธีไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ การใส่ปุ๋ย N-P-K ตามค่าวิเคราะห์ดินสำหรับการปลูกถั่วทำให้ไนโตรเจนทั้งหมดและแมกนีเซียมทั้งหมดในเมล็ดถั่วเหลืองมีค่ามากที่สุด ส่วนฟอสฟอรัสทั้งหมดในเปลือกฝักของกรรมวิธีที่ไม่ใส่ปุ๋ยเคมีและกรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยฟอสเฟตและปุ๋ยโพแทชร่วมกับปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมมีมากกว่ากรรมวิธีที่ใส่ N-P-K ในขณะที่การใส่ปุ๋ยฟอสเฟตและปุ๋ยโพแทชร่วมกับปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมทำให้โพแทสเซียมทั้งหมดในรากและแคลเซียมทั้งหมดในต้นใบมีค่ามากที่สุด

ความสูงของต้นข้าว จำนวนต้นต่อกอ และจำนวนรวงต่อกอ ในทุกกรรมวิธีที่เป็นผลจากการจัดการปุ๋ยในการผลิตถั่วเหลืองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ การปลูกถั่วเหลืองปีแรกโดยการใส่ปุ๋ย N-P-K หรือการใส่ปุ๋ย P-K ร่วมกับปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมให้ผลตอบแทนที่ไม่คุ้มค่าแก่การลงทุนในดินร่วนปนทรายของศูนย์วิจัยพืชไร่เชียงใหม่ ส่วนการปลูกข้าวเหนียวพันธุ์สันป่าตอง 1 หลังจากการปลูกถั่วเหลืองแบบไม่ใส่ปุ๋ยเคมีและไม่คลุกไรโซเบียม โดยใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในนาข้าวเพียง 50% ของอัตราแนะนำตามค่าวิเคราะห์ดินมีค่า VCR เท่ากับ 2.09 จึงให้ผลตอบแทนคุ้มค่าแก่การลงทุน

ผลการทดลองพบว่า การใส่ปุ๋ยฟอสเฟตและปุ๋ยโพแทชตามค่าวิเคราะห์ดินและคลุกเมล็ดถั่วเขียวด้วยปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม มีผลให้น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของปม และน้ำหนักสดของลำต้นถั่วเขียวมีค่ามากที่สุด ส่วนความสูงต้น จำนวนฝักต่อต้น จำนวนเมล็ดต่อต้น น้ำหนักแห้งของต้น น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของ ราก เปลือกฝัก และเมล็ด รวมถึงน้ำหนักต้นสดต่อไร่ และผลผลิตต่อไร่ในแต่ละกรรมวิธีไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ การใส่ปุ๋ย P-K ตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับการใส่ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมสำหรับการปลูกถั่วทำให้ไนโตรเจนทั้งหมดในเมล็ดมีค่ามากที่สุด ส่วนฟอสฟอรัส โพแทสเซียม และแมกนีเซียมในเมล็ด ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ในขณะที่แคลเซียมในเมล็ดของกรรมวิธีที่ไม่มีการใส่ปุ๋ย มีค่าน้อยกว่ากรรมวิธีที่มีการใส่ปุ๋ย อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โพแทสเซียมทั้งหมดในรากและแคลเซียมทั้งหมดในต้นใบของกรรมวิธีการใส่ปุ๋ยปุ๋ย P-K ตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับการใส่ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมมีค่ามากที่สุด

ความสูงของต้นข้าว จำนวนต้นต่อกอ และจำนวนรวงต่อกอ ในทุกกรรมวิธีที่เป็นผลจากการจัดการปุ๋ยในการผลิตถั่วเขียวไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ การปลูกถั่วเขียวปีแรกโดยการใส่ปุ๋ย N-P-K หรือการใส่ปุ๋ย P-K ร่วมกับปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมให้ผลตอบแทนที่ไม่คุ้มค่าแก่การลงทุนในดินร่วนปนเหนียวถึงดินเหนียวของศูนย์วิจัยพืชไร่ชัยนาท ส่วนการปลูกข้าวเจ้าพันธุ์ กข 41 หลังจากการปลูกถั่วเขียวทั้ง 3 กรรมวิธีให้ผลตอบแทนที่คุ้มค่าแก่การลงทุนโดยขึ้นอยู่กับการจัดการปุ๋ยไนโตรเจนการปลูกข้าว ซึ่งกรรมวิธีที่ให้ผลตอบแทนที่คุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์มากทร่สุดได้แก่ แปลงที่เคยปลูกถั่วเขียวใส่โดยการใส่ P K ร่วมกับการเมล็ดด้วยปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมเมื่อปลูกข้าวโดยมีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน 25% ของอัตราแนะนำตามค่าวิเคราะห์ดินมีค่า VCR 9.45

Abstract

Study of the effects of chemical fertilizer and rhizobium biofertilizer management in the field of legume-rice cultivation on the rate of nitrogen fertilizer application in rice fields. In sandy loam in Buriram province. Tainan 9 peanuts varieties, at Chiang Mai Field Crops Research Center, Chiang Mai 60 soybean varieties, at Chainat Field Crops Research Center, chainat 84-1 mungbean varieties were cultivated and harvested in 2018 to study fertilizer management in the legume cultivation system after rice cultivation. Split plot experiment with 4 replicates were used. The main factor was chemical fertilizer management together with rhizobium fertilizer in the system of peanut cultivation; 1) without chemical fertilizers (-NPK) and non-rhizobium biofertilizer 2) Chemical fertilizer (NPK) 3) phosphate and potash fertilizer according to soil analysis (P-K) and rhizobium biofertilizer. Subplot factor was use of nitrogen fertilizer 4 rates in rice fields; 1) without fertilizer Nitrogen 2) Reduce nitrogen fertilizer 50% of the recommended rate 3) Reduce nitrogen fertilizer 75% of the recommended rate and 4) nitrogen fertilizer to the recommended rate according to soil analysis

The results showed that the phosphate fertilizer and potash fertilizer were based on soil analysis and mixed peanut seeds with rhizobium biofertilizer obtain fresh weight and dry weight of peanut stems were the most valuable and tend to give fresh weight and yield per rai higher than all treatments In addition, the highest VCR value was obtained. Phosphorus and potassium accumulation in the seeds and leaves were the most found in the treatment 2 (N-P-K fertilizer) Phosphorus and potassium accumulation in pods and roots were most found in treatment 3 (phosphate and potash fertilizer according to soil analysis (P-K) and rhizobium bio fertilizer). Growth and yield of Hom Mali 105 rice grown under different treatments, rice height, number of seeds per grains, percentage of blighted seeds, fresh weight stem and leaves of the process with the use of nitrogen fertilizer 50 percent of the recommended rate is the most valuable. The method that does not contain nitrogen fertilizer is the most weight 100 seeds. As for the process of using nitrogen fertilizer, 25% of the recommended rate is the highest yield per rai. In addition, it was found that every process had a number of trees per clump. Number of grains per plant, 1 tree and 1 grains, respectively. Economic return analysis By using the ratio of income that is increased from the use of fertilizer per expenditure from fertilizer use or value to cost ratio (VCR). It was found that the first year peanut cultivation In every process, the return is not worth the investment. Because there is a maximum VCR value of only 0.91 in the process of peanut cultivation under phosphate and potash fertilizer according to soil analysis (P-K) and rhizobium biofertilizer. As for the fragrant rice cultivation of Hom Mali 105 in all processes, the yield is not worth the investment. Because there is a maximum VCR value of only 0.35 in peanut cultivation process, without NPK fertilizer without rhizobium And 25% nitrogen fertilizer according to soil analysis

The results showed that the application of phosphate and potash fertilizer according to soil analysis and rhizobium biofertilizer resulted in highest fresh and dry weight of root nodule

and fresh weight of soybean stem. There was no significantly different between the height, number of pods per plant, number of seeds per plant, fresh weight and dry weight of root, pod shell and seed, fresh plant weight per Rai and yield per Rai in each treatment. The application of N-P-K fertilizer according to soil analysis resulted in highest total nitrogen and total magnesium in soybean seeds. The total phosphorus in pod shells of no N-P-K fertilizers treatment and P-K fertilizers with rhizobium biofertilizer treatment were higher than those of N-P-K fertilizers treatment, while phosphate and potash fertilizers combination with rhizobium biofertilizer resulted in highest total potassium in roots and total calcium in leaves.

There was no significantly different in height, number of shoot per clump and number of grains per clump of rice in all treatments resulting from fertilizer management in soybean production. The first year of soybean cultivation by using N-P-K fertilizers or P-K fertilizers with rhizobium biofertilizer provides a return that was not worth the investment in the sandy loam soil at Chiang Mai Field Crops Research Center. The cultivation of San Pa Tong 1 sticky rice varieties after non-chemical fertilizer and non-rhizobium biofertilizer used in soybean cultivation, by adding only 50% of nitrogen fertilizer in rice paddy has a value to cost ratio (VCR) of 2.09. Therefore, this chemical fertilizer and rhizobium biofertilizer management was provided a good return worth the investment.

The results showed that the application of phosphate and potash fertilizer according to soil analysis and rhizobium biofertilizer resulted in highest fresh and dry weight of root nodule and fresh weight of mungbean stem. There was no significantly different between the height, number of pods per plant, number of seeds per plant, dry weight of stem, fresh weight and dry weight of root, pod shell and seed, fresh plant weight per Rai and yield per Rai in each treatment. The application of P-K fertilizer according to soil analysis resulted showed that total nitrogen in mungbean seeds was highest, while a total of phosphorus, potassium and magnesium in were not significant. In the case of calcium in muangbean seed of no fertilizer treatment was significantly lower than apply fertilizer treatment. Total potassium in root and total calcium in leaf of the application of phosphate and potash fertilizer according to soil analysis resulted combination with rhizobium biofertilizer was highest.

There was no significantly different in height, number of shoot per clump and number of grains per clump of rice in all treatments resulting from fertilizer management in mungbean production. The first year of mungbean cultivation by using N-P-K fertilizers or P-K fertilizers with rhizobium biofertilizer provides a return that was not worth the investment in the clay loam to clay soil at Chai Nat Field Crops Research Center. The cultivation of Kor Kor 41 rice varieties after non-chemical fertilizer and non-rhizobium biofertilizer used in mungbean cultivation, by

adding only 25% of nitrogen fertilizer in rice paddy has a value to cost ratio (VCR) of 9.45 Therefore, this chemical fertilizer and rhizobium biofertilizer management was provided a good return worth the investment.

ระเบียบวิธีการวิจัย

วิธีดำเนินการ

- อุปกรณ์
- ถั่วลิสงพันธุ์ไทนาน 9 ถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 และถั่วเขียว พันธุ์ชัยนาท 84-1
- เมล็ดพันธุ์ข้าวหอมมะลิ 105 ข้าวเหนียวพันธุ์สันป่าตอง 1 และข้าวเจ้าพันธุ์ กข. 41
- ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม สำหรับถั่วลิสง ถั่วเหลือง และถั่วเขียว
- ปุ๋ยเคมี 46-0-0, 0-46-0, 0-0-60
- เครื่องชั่ง และตู้อบตัวอย่างพืช
- ถังพ่นสารเคมี และสารเคมีป้องกันกำจัดโรค แมลงศัตรูพืช และสารเคมีกำจัดวัชพืช
- อุปกรณ์อื่นๆ เช่น ถุงมือ ถุงพลาสติก ถุงกระดาษ ถุงตาข่าย/ถุงผ้า

แบบและวิธีการทดลอง

วางแผนการทดลองทั้ง 3 การทดลองแบบ Split Plot มีจำนวน 4 ซ้ำ ดังนี้

Main plot: การจัดการปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมในระบบการปลูกถั่วหลังนา 3 กรรมวิธี คือ

กรรมวิธีที่ 1 ไม่ใส่ปุ๋ยเคมี (N-P-K) และไม่ใส่ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม

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

กรรมวิธีที่ 3 ใส่ปุ๋ยฟอสเฟตและปุ๋ยโพแทชตามค่าวิเคราะห์ดิน (P-K) และใส่ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม

Sub plot: การใช้ปุ๋ยไนโตรเจนในนาข้าว 4 อัตรา คือ

กรรมวิธีที่ 1 ไม่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจน

กรรมวิธีที่ 2 ลดปุ๋ยไนโตรเจน 50% ของอัตราแนะนำตามค่าวิเคราะห์ดิน

กรรมวิธีที่ 3 ลดปุ๋ยไนโตรเจน 75% ของอัตราแนะนำตามค่าวิเคราะห์ดิน

กรรมวิธีที่ 4 ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนตามอัตราแนะนำตามค่าวิเคราะห์ดิน

วิธีปฏิบัติการทดลอง

ดำเนินการปลูกถั่วลิสง พันธุ์ไทนาน 9 และข้าวหอมมะลิ 105 ในแปลงทดลอง ต. โคกกลาง อ. ลำปลายมาศ จ. บุรีรัมย์

ดำเนินการปลูกถั่วเหลือง พันธุ์เชียงใหม่ 60 และข้าวเหนียว พันธุ์สันป่าตอง 1 ในแปลงนาทดลองของศูนย์วิจัยพืชไร่เชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่

ดำเนินการปลูกถั่วเขียว พันธุ์ชัยนาท 84-1 และข้าวเจ้า พันธุ์ กข. 41 ในแปลงนาทดลองของศูนย์วิจัยพืชไร่ชัยนาท จังหวัดชัยนาท

การปลูกถั่วลิสงและการบันทึกข้อมูล

1. เก็บตัวอย่างดินก่อนเริ่มปลูกถั่วลิสงที่ระดับความลึก 0 – 20 เพื่อวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและเคมีของดิน ได้แก่ เนื้อดิน ความหนาแน่นรวมของดิน ความชื้นในดิน ความเป็นกรด – ด่าง อินทรียวัตถุ ไนโตรเจนทั้งหมด ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ และวิเคราะห์ปริมาณเชื้อไรโซเบียมในดิน

2. เริ่มปลูกจนถึงเก็บเกี่ยวในช่วงเดือนพฤศจิกายน – มีนาคมในแปลงขนาด 10 x 10 เมตร ตามกรรมวิธีของ Main plot ปลูกถั่วลิสงโดยอาศัยความชื้นในดิน โดยไถเปิดร่องลึกประมาณ 2 – 3 นิ้ว เว้นระยะห่างระหว่างร่องไถประมาณ 40 เซนติเมตร โรยเมล็ดถั่วลงในร่อง และคราดย่อยหน้าดินหลายรอบให้ดินละเอียด

3. ใส่ปุ๋ยตามกรรมวิธีต่างๆ ในกรรมวิธีที่มีการใส่ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมให้คลุกเมล็ดถั่วลิสง อัตรา 12 กิโลกรัมด้วยปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมถั่วลิสง 1 ถุง บันทึกวันงอก วันออกดอก

4. เก็บเกี่ยวถั่วลิสงในพื้นที่เก็บเกี่ยวขนาด 8 x 8 เมตร บันทึกวันเก็บเกี่ยว ข้อมูลความสูง ณ วันออกดอก และองค์ประกอบผลผลิต ได้แก่ จำนวนฝักต่อต้น น้ำหนักฝักแห้งและจำนวนเมล็ดต่อฝัก (10 ฝักต่อแปลงทดลองย่อยในแต่ละกรรมวิธี) น้ำหนัก 100 เมล็ดที่ระดับความชื้น 15% ชั่งน้ำหนักสดของต้นใบ และฝักถั่วลิสงในพื้นที่เก็บเกี่ยว น้ำหนักปมและจำนวนปมรากถั่ว

5. สุ่มตัวอย่างต้นใบ และฝัก (เมล็ดและเปลือกฝัก) ถั่วลิสง 10 ต้นต่อแปลง เพื่อนำมาวิเคราะห์ปริมาณการดูดใช้ธาตุอาหาร จากนั้นทำการไถกลบต้นถั่วและปล่อยให้ต้นถั่วลิสงย่อยสลาย

การปลูกถั่วเหลืองและการบันทึกข้อมูล

1. เก็บตัวอย่างดินก่อนเริ่มปลูกถั่วเหลืองที่ระดับความลึก 0 – 20 เพื่อวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและเคมีของดิน ได้แก่ เนื้อดิน ความหนาแน่นรวมของดิน ความชื้นในดิน ความเป็นกรด – ด่าง อินทรียวัตถุ ไนโตรเจนทั้งหมด ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ และวิเคราะห์ปริมาณเชื้อไรโซเบียมในดิน

2. เริ่มปลูกจนถึงเก็บเกี่ยวในช่วงเดือนพฤศจิกายน – มีนาคมในแปลงย่อยขนาด 10 x 10 เมตร ตามกรรมวิธีของ Main plot ปลูกถั่วเหลืองแบบหยอดเมล็ดอัตรา 4 – 5 เมล็ดต่อหลุม ในหลุมลึก 3 – 4 เซนติเมตร ระยะปลูกระหว่างแถว 40 เซนติเมตร และระยะระหว่างหลุม 20 เซนติเมตร

3. ใส่ปุ๋ยตามกรรมวิธีต่าง ๆ ในกรรมวิธีที่มีการใส่ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมให้คลุกเมล็ดถั่วเหลือง อัตรา 10 – 12 กิโลกรัมด้วยปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมถั่วเหลือง 1 ถุง บันทึกวันงอก วันออกดอก

4. เก็บเกี่ยวถั่วเหลืองในพื้นที่เก็บเกี่ยวขนาด 8 x 8 เมตร บันทึกวันเก็บเกี่ยว ข้อมูลความสูง ณ วันออกดอก และองค์ประกอบผลผลิต ได้แก่ จำนวนฝักต่อต้น จำนวนเมล็ดต่อฝัก (10 ฝักต่อแปลงทดลองย่อยในแต่ละกรรมวิธี) น้ำหนัก 100 เมล็ดที่ระดับความชื้น 15% ชั่งน้ำหนักสดของต้นใบ และฝักถั่วเหลืองในพื้นที่เก็บเกี่ยว น้ำหนักปมและจำนวนปมรากถั่ว

5. สุ่มตัวอย่างต้น+ใบ เมล็ด เปลือกฝัก และรากถั่วเหลือง 10 ต้นต่อแปลง เพื่อนำมาวิเคราะห์ปริมาณการดูดใช้ธาตุอาหาร จากนั้นทำการไถกลบต้นถั่วและปล่อยให้ต้นถั่วเหลืองย่อยสลาย

การปลูกถั่วเขียวและการบันทึกข้อมูล

1. เก็บตัวอย่างดินก่อนเริ่มปลูกถั่วเขียวที่ระดับความลึก 0 – 20 เพื่อวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและเคมีของดิน ได้แก่ เนื้อดิน ความหนาแน่นรวมของดิน ความชื้นในดิน ความเป็นกรด – ด่าง อินทรียวัตถุ ไนโตรเจนทั้งหมด ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ และวิเคราะห์ปริมาณเชื้อไรโซเบียมในดิน

2. เริ่มปลูกจนถึงเก็บเกี่ยวในช่วงเดือนพฤศจิกายน – มีนาคมในแปลงย่อยขนาด 10 x 10 เมตร ตามกรรมวิธีของ Main plot ปลูกถั่วเขียวแบบเป็นแถวคู่บนสันร่อง ระยะระหว่างแถว 50 เซนติเมตร ระยะระหว่างต้น 10 เซนติเมตร จำนวน 2 ต้นต่อหลุม

3. ใส่ปุ๋ยตามกรรมวิธีต่างๆ ในกรรมวิธีที่มีการใส่ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมให้คลุกเมล็ดถั่วเขียว อัตรา 3 – 5 กิโลกรัมด้วยปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมถั่วเขียว 1 ถุง บันทึกวันงอก วันออกดอก

4. เก็บเกี่ยวถั่วเขียวในพื้นที่เก็บเกี่ยวขนาด 8 x 8 เมตร บันทึกวันเก็บเกี่ยว ข้อมูลความสูง ณ วันออกดอก และองค์ประกอบผลผลิต ได้แก่ จำนวนฝักต่อต้น จำนวนเมล็ดต่อฝัก (10 ฝักต่อแปลงทดลองย่อยในแต่ละ

กรรมวิธี) น้ำหนัก 1,000 เมล็ดที่ระดับความชื้น 15% ชั่งน้ำหนักสดของต้นใบ และฝักถั่วเขียวในพื้นที่เก็บเกี่ยว น้ำหนักปมและจำนวนปมรากถั่ว

5. สุ่มตัวอย่างต้นใบ และฝัก (เมล็ดและเปลือกฝัก) ถั่วเขียว 10 ต้นต่อแปลง เพื่อนำมาวิเคราะห์ปริมาณการดูดใช้ธาตุอาหาร จากนั้นทำการไถกลบต้นถั่วและปล่อยให้ต้นถั่วเขียวย่อยสลาย

การปลูกข้าวและการบันทึกข้อมูล

1. เก็บตัวอย่างดินก่อนปลูกข้าว ที่ระดับความลึก 0 – 20 เซนติเมตรจากผิวดิน มาวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและเคมีของดิน ได้แก่ เนื้อดิน ความหนาแน่นรวมของดิน ความชื้นในดิน ความเป็นกรด – ด่าง อินทรียวัตถุ ไนโตรเจนทั้งหมด ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ และวิเคราะห์ปริมาณเชื้อไรโซเบียมในดิน

2. เริ่มปลูกจนถึงเก็บเกี่ยวในช่วงเดือนกรกฎาคม – พฤศจิกายน ดำเนินการปลูกข้าวในแปลงย่อย ขนาด 5 x 5 เมตร

3. ทุกกรรมวิธีใส่ปุ๋ยฟอสเฟตและปุ๋ยโพแทสเซียมตามค่าวิเคราะห์ดิน แต่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนตามกรรมวิธีของ Sub plot ปลูกข้าวแบบหว่าน จำนวนเมล็ดประมาณ 20 กิโลกรัมต่อไร่ บันทึกข้อมูลการใช้ปัจจัยการผลิตทั้งหมด (ปุ๋ยเคมี ปุ๋ยอินทรีย์ สารกำจัดศัตรูพืช ฯลฯ) ตลอดช่วงการปลูกข้าว

4. เก็บเกี่ยวข้าวในพื้นที่เก็บเกี่ยวขนาด 4 x 4 เมตร บันทึกวันเก็บเกี่ยว ข้อมูลความสูงของต้น วัดเส้นรอบวงโคนต้น จำนวนต้นต่อกอ จำนวนรวงต่อกอ จำนวนเมล็ดดีต่อรวง จำนวนเมล็ดลีบต่อรวง จำนวนเมล็ดแห้งต่อรวง น้ำหนักเมล็ดต่อรวง และน้ำหนัก 1,000 เมล็ดที่ระดับความชื้น 14% ชั่งน้ำหนักสดของต้นใบ และรวงข้าวในพื้นที่เก็บเกี่ยว

5. สุ่มตัวอย่างต้นใบ และรวงข้าว 4 ต้นต่อแปลงย่อย เพื่อนำมาวิเคราะห์ปริมาณการดูดใช้ธาตุอาหาร

6. เก็บตัวอย่างดินหลังเก็บเกี่ยวข้าว ที่ระดับความลึก 0 – 20 และ 20 – 50 เซนติเมตรจากผิวดิน มาวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและเคมีของดิน และวิเคราะห์ปริมาณเชื้อไรโซเบียมในดิน

- เวลาและสถานที่ ระยะเวลาเริ่มต้น ต.ค. 2560 สิ้นสุด ก.ย. 2561
  สถานที่ทำการทดลอง กลุ่มงานวิจัยจุลินทรีย์ดิน กลุ่มวิจัยปฐพีวิทยา กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร
  แปลงทดลอง ต. โคกกลาง อ. ลำปลายมาศ จ. บุรีรัมย์
  แปลงนาทดลองของศูนย์วิจัยพืชไร่เชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่
  แปลงนาทดลองของศูนย์วิจัยพืชไร่ชัยนาท จังหวัดชัยนาท

ผลการทดลองและวิจารณ์

ทำการทดลองที่แปลงนา จังหวัดบุรีรัมย์ ทำการเก็บตัวอย่างดินที่ระดับความลึก 0 – 20 และ 20-50 เซนติเมตร มาวิเคราะห์ธาตุอาหารก่อนปลูก ผลการวิเคราะห์ธาตุอาหารในดิน พบว่าดินมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ ปริมาณอินทรียวัตถุในดิน 0.33 % ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ 2.53 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ 22.89 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม แสดงดังตารางที่ 1 และมีปริมาณเชื้อไรโซเบียมในดินก่อนการปลูกถั่ว 2.8×10^{2} เซลล์ต่อดิน 1 กรัม

แปลงทดลอง ต. โคกกลาง อ. ลำปลายมาศ จ. บุรีรัมย์

ตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์ธาตุอาหารในดินก่อนการปลูกแปลงทดลอง ต. โคกกลาง อ. ลำปลายมาศ จ. บุรีรัมย์

ความลึก (ซม.)	Organic Matter	Available P (mg/kg)	Exchangeable K (mg/kg)
0-20	0.33	2.53	22.89
20-50	0.19	0.78	18.63

ตารางที่ 2 การใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน สำหรับถั่วลิสง

	ผลวิเคราะห์ดิน	ปริมาณธาตุอาหารแนะนำ	
		ไม่ใส่ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม	ใส่ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม
Organic Matter	<1	3 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่	0 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่
Available P (mg/kg)	<8	9 กิโลกรัมฟอสฟอรัสต่อไร่	9 กิโลกรัมฟอสฟอรัสต่อไร่
Exchangeable K (mg/kg)	<40	6 กิโลกรัมโพแทสเซียมต่อไร่	6 กิโลกรัมโพแทสเซียมต่อไร่

* ปุ๋ยครั้งที่ 1 ใส่ปุ๋ยรองพื้นก่อนปลูกให้มีธาตุอาหารไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม ครบทั้ง 3 ธาตุ

** ปุ๋ยครั้งที่ 2 เมื่อต้นถั่วอายุประมาณ 20-30 วัน และดินมีความชื้นเหมาะสม ใส่ปุ๋ยยูเรีย (46-0-0) โดยโรยข้างแถวแล้วพรวนกลบ

ปลูกถั่วลิสงครั้งที่ 1 เมื่อเดือนมกราคม 2561 ตามกรรมวิธี Main plot เมื่อถั่วลิสงอายุครบ 55 วัน ทำการนับจำนวนปมราก น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของรากและปมราก น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งลำต้น และวัดค่าการตรึงไนโตรเจนของไรโซเบียมในปมราก ในระยะออกดอก ผลการทดลอง พบว่า จำนวนปม น้ำหนักต้นสด น้ำหนักต้นแห้ง ค่าการตรึงไนโตรเจนของไรโซเบียมในปมราก ของกรรมวิธีที่ 3 มีค่ามากที่สุดแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับกรรมวิธีที่ 1 (ตารางที่ 3)

ตารางที่ 3 จำนวนปมราก น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของราก ปมราก และลำต้น และค่าการตรึงไนโตรเจนของไรโซเบียมในปมรากของต้นถั่วลิสงในระยะออกดอก อายุ 50 วันหลังปลูก

กรรมวิธี	จำนวนปม	น้ำหนักปมสด (กรัม)	น้ำหนักปมแห้ง (กรัม)	น้ำหนักรากสด (กรัม)	น้ำหนักรากแห้ง (กรัม)	น้ำหนักต้นสด (กรัม)	น้ำหนักต้นแห้ง (กรัม)	ค่าการตรึงไนโตรเจน (umol C_2H_4/ ต่อต้นพืชต่อชั่วโมง)
1. ไม่ใส่ปุ๋ยเคมี (N-P-K) และไม่ใส่ไรโซเบียม	225.5 b	0.29	0.11	3.00	0.79	50.52 b	13.74 b	35.50 b
2. ใส่ปุ๋ยเคมี (N-P-K)	400.25 ab	0.53	0.09	4.88	1.16	103.33 a	24.39 a	46.39 ab
3. ใส่ปุ๋ยเคมี (P-K) และไรโซเบียม	704.5 a	0.67	0.23	5.38	1.16	111.82 a	25.58 a	56.75 a

หมายเหตุ: ค่าที่อยู่ในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยตัวอักษรเดียวกันไม่มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 5% โดย DMRT

ดำเนินการสุ่มเก็บตัวอย่างถั่วลิสง จำนวน 10 ต้นต่อแปลงทดลองย่อยในแต่ละกรรมวิธี ณ วันเก็บเกี่ยว พบว่า ความสูงต้น จำนวนฝัก/ต้น จำนวนเมล็ด/ต้น ของกรรมวิธีที่ 2 มีค่ามากที่สุด แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 4) น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของต้น ราก เปลือกฝัก และเมล็ดในแต่ละกรรมวิธีไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 5) แต่กรรมวิธีที่ 3. ใส่ปุ๋ยฟอสเฟต ปุ๋ยโพแทช และใส่ไรโซเบียม ให้น้ำหนักต้นสด และผลผลิตต่อไร่สูงที่สุดที่ 763.75 และ 216.25 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ (ตารางที่ 6)

ตารางที่ 4 ข้อมูลความสูงและองค์ประกอบผลผลิตของถั่วลิสงที่ปลูกด้วยกรรมวิธีต่าง ๆ ณ วันเก็บเกี่ยว

กรรมวิธี	ความสูง (ซ.ม.)	จำนวนฝัก/ต้น	จำนวนเมล็ด/ต้น
1.ไม่ใส่ปุ๋ยเคมี (N-P-K) และไม่ใส่ไรโซเบียม	42.875 c	12.325 ab	16.67 a
2. ใส่ปุ๋ยเคมี (N-P-K)	52.55 a	13.00 a	16.85 a
3. ใส่ปุ๋ยเคมี (P-K) และไรโซเบียม	48.65 b	9.975 b	11.75 b

หมายเหตุ: ค่าที่อยู่ในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยตัวอักษรเดียวกันไม่มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 5% โดย DMRT

ตารางที่ 5 น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของต้น ราก เปลือก และเมล็ดของถั่วลิสง ณ วันเก็บเกี่ยว

กรรมวิธี	น้ำหนักสด (กรัม)				น้ำหนักแห้ง (กรัม)			
	น้ำหนักต้น	น้ำหนักราก	น้ำหนักฝัก	น้ำหนักเมล็ด	น้ำหนักต้น	น้ำหนักราก	น้ำหนักฝัก	น้ำหนักเมล็ด
1. ไม่ใส่ปุ๋ยเคมี + ไม่ใส่ไรโซเบียม	361.21	18.68	156.47	7.625	126.73	9.52	24.56	53.60
2. ใส่ N P K + ไม่ใส่ไรโซเบียม	414.33	21.24	170.65	8.50	134.30	9.92	24.56	57.53
3. ใส่ P K + ใส่ไรโซเบียม	312.14	16.28	125.25	8.65	106.05	7.90	18.99	41.67

หมายเหตุ: ค่าที่อยู่ในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยตัวอักษรเดียวกันไม่มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 5% โดย DMRT

ตารางที่ 6 ข้อมูลน้ำหนักต้นสดและผลผลิตเมล็ดในพื้นที่เก็บเกี่ยวขนาด 8 x 8 เมตร และน้ำหนักต้นสดและผลผลิตเมล็ดต่อไร่ของถั่วเหลือง ณ วันเก็บเกี่ยว

กรรมวิธี	น้ำหนักต้นสด (กก.)	ผลผลิตเมล็ด (กก.)	น้ำหนักต้นสด (กก. /ไร่)	ผลผลิต (กก./ไร่)
1. ไม่ใส่ปุ๋ยเคมี + ไม่ใส่ไรโซเบียม	20.775	7.625	519.375	190.623
2. ใส่ N P K + ไม่ใส่ไรโซเบียม	24.675	8.5	641.875	212.5
3. ใส่ P K + ใส่ไรโซเบียม	30.55	8.65	763.75	216.25

หมายเหตุ: ค่าที่อยู่ในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยตัวอักษรเดียวกันไม่มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 5% โดย DMRT

ทำการวิเคราะห์ธาตุอาหารในส่วนต่าง ๆ ของต้นถั่วลิสง (ตารางที่ 7) พบว่า ปริมาณฟอสฟอรัสในเมล็ด ต้นและใบมากที่สุด ในกรรมวิธีที่ 2 ใส่ปุ๋ย N-P-K เปลือกฝักและราก ในกรรมวิธีที่ 3 ใส่ P-K และใส่ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ปริมาณโพแทสเซียมในเมล็ด ต้นและใบมากที่สุด ในกรรมวิธีที่ 2 ใส่ปุ๋ย N-P-K เปลือกฝักและราก ในกรรมวิธีที่ 3 ใส่ P-K และใส่ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 7)

ตารางที่ 7 ความเข้มข้นของธาตุอาหารในส่วนต่าง ๆ ของต้นถั่วลิสง

	ความเข้มข้น (%)	
กรรมวิธี	**Total P**	**Total K**
เมล็ด		
กรรมวิธีที่ 1	0.252 b	0.2478 a
กรรมวิธีที่ 2	0.325 a	0.2688 a
กรรมวิธีที่ 3	0.296 b	0.2588 a
ต้น+ใบ		
กรรมวิธีที่ 1	0.067 b	0.3070 b
กรรมวิธีที่ 2	0.087 a	0.3737 a
กรรมวิธีที่ 3	0.081 a	0.3625 a
เปลือกฝัก		
กรรมวิธีที่ 1	0.046 b	0.2563 a
กรรมวิธีที่ 2	0.061 a	0.2877 a
กรรมวิธีที่ 3	0.062 a	0.2900 a
ราก		
กรรมวิธีที่ 1	0.064 c	0.2052 b
กรรมวิธีที่ 2	0.082 b	0.2498 ab
กรรมวิธีที่ 3	0.092 a	0.2715 a

* ค่าเฉลี่ยของจำนวน 12 ซ้ำ ค่าที่อยู่ในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยตัวอักษรเดียวกันไม่มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (α= 0.05, DMRT)

ดำเนินการเก็บตัวอย่างดินก่อนปลูกข้าวที่ระดับความลึก 0-20 เซนติเมตร มาทำการวิเคราะห์ธาตุอาหารในดิน พบว่า ดินในแต่ละ sub plot มีค่าอินทรียวัตถุ 0.65% ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ 9.96 มก./กก. และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ 36.31 มก./กก. (ตารางที่ 8) และได้ดำเนินการปลูกข้าวหอมมะลิ 105 ซึ่งเป็นข้าวไม่ไวแสง ตามกรรมวิธี Sub plot ในเดือนมิถุนายน 2561 และได้นำค่าปริมาณธาตุอาหารในดินไปคำนวณการใช้ปุ๋ย

ตามค่าวิเคราะห์ดิน สำหรับข้าวไวแสง พบว่า ต้องใส่ปุ๋ยครั้งที่ 1ปุ๋ย 16-16-8 ในอัตรา 19 กก./ไร่ ใส่ปุ๋ยครั้งที่2 ปุ๋ย 46-0-0 ในอัตรา 13 กก./ไร่ ปุ๋ย 0-0-60 ในอัตรา 8 กก./ไร่ ดังตารางที่ 9

ตารางที่ 8 ผลการวิเคราะห์ธาตุอาหารในดินก่อนการปลูกข้าวแปลงทดลอง ต. โคกกลาง อ. ลำปลายมาศ จ. บุรีรัมย์

ความลึก (ซม.)	**Organic Matter (%)**	**Available P (mg/kg)**	**Exchangeable K (mg/kg)**
0-20	0.65	9.96	36.31

ตารางที่ 9 การใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน สำหรับข้าวไวแสง

	ผลวิเคราะห์ดิน	ปริมาณธาตุอาหารแนะนำ
Organic Matter	<1	9 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่
Available P (mg/kg)	5-10	3 กิโลกรัมฟอสฟอรัสต่อไร่
Exchangeable K (mg/kg)	<60	6 กิโลกรัมโพแทสเซียมต่อไร่

* ปุ๋ยครั้งที่ 1 ใส่ในนาหว่านที่ระยะ 20-30 วันหลังข้าวงอก

** ปุ๋ยครั้งที่ 2 ใส่ในระยะกำเนิดช่อดอก

ดำเนินการเก็บเกี่ยวข้าวหอมมะลิ 105 ในเดือนธันวาคม 2561 และเก็บข้อมูลการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวหอมมะลิ 105 ที่ปลูกตามกรรมวิธีต่าง ๆ (ตารางที่ 10 และ 11) พบว่า ความสูงต้นข้าว จำนวนเมล็ดดีต่อรวง เปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบ และน้ำหนักสดต้นและใบ ของกรรมวิธีที่มีการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนร้อยละ 50 ของอัตรแนะนำมีค่ามากที่สุด กรรมวิธีที่ไม่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนให้น้ำหนัก 100 เมล็ดมากที่สุด ส่วนกรรมวิธีใช้ปุ๋ยไนโตรเจนร้อยละ 25 ของอัตราแนะนำให้ผลผลิตต่อไร่สูงที่สุด นอกจากนี้ยังพบว่าทุกกรรมวิธีมีจำนวนต้นต่อกอ จำนวนรวงต่อกอ ที่ 1 ต้น และ 1 รวง ตามลำดับ เนื่องจากเป็นนาหว่านที่ปลูกในดินร่วนปนทราย มีอินทรียวัตถุต่ำ ทำให้ต้นข้าวมีการแตกกอน้อย สอดคล้องกับรายงานของพรรณภัทร (2552) ที่พบว่านาหว่านให้ผลผลิตข้าวต่อไร่ต่ำกว่านาดำ เนื่องจากข้างมีการแตกกอน้อย เมล็ดข้าวเน่าเสียได้ง่ายในพื้นที่น้ำขัง อีกทั้งความหนาแน่นของต้นข้าวในแปลงนาทำให้เกิดโรคและแมลงศัตรูพืชได้ง่าย

ตารางที่ 10 ข้อมูลการเจริญเติบโตของข้าวหอมมะลิ 105 ที่ปลูกตามกรรมวิธีต่าง ๆ

Main plot (M) / Subplot (S)	ความสูงของต้น (ซม.)				จำนวนต้น/กอ (ต้น)				จำนวนรวง/กอ (รวง)				จำนวนเมล็ดดี/รวง (เมล็ด)				เปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบ (%)			
	- NPK	+NPK	PK +Rhizo	เฉลี่ย	- NPK	+ NPK	PK +Rhizo	เฉลี่ย	- NPK	+ NPK	PK +Rhizo	เฉลี่ย	- NPK	+ NPK	PK +Rhizo	เฉลี่ย	- NPK	+ NPK	+PK +Rhizo	เฉลี่ย
1. N 0%	141.62 b	134.12 b	124.18 c	133.31	1	1	1	1	1	1	1	1	104.56 b	106.56 a	87.62 b	99.58 b	7.62	7.06	5.81	6.83
2. N 25%	134.87 c	135.31 b	134.00 b	134.72	1	1	1	1	1	1	1	1	153.68 a	98.06 a	131.93 a	127.89 a	9.06	6.93	6.93	7.64
3. N 50%	147.62 a	135.31 b	143.81 a	141.25	1	1	1	1	1	1	1	1	120.00 b	119.12 a	134.93 a	124.68 a	7.62	9.06	9.93	8.87
4. N 100%	140.93 b	145.43 a	130.06 bc	138.81	1	1	1	1	1	1	1	1	118.75 b	104.75 a	102.06 b	108.52 ab	7.43	7.37	6.12	6.97
เฉลี่ย	141.26 a	136.79 ab	133.01 b	137.02	1	1	1		1	1	1		124.25	107.12	114.14	115.17	7.93	7.60	7.20	7.58
F-test (M)		**				ns				ns				*				ns		
F-test (S)		**				ns				ns				**				Ns		
F-test (M x S)		ns				ns				ns				ns				ns		
CV. (M) (%)		6.2				0				0				26.2				48.5		
CV. (S) (%)		6.3				0				0				26.8				49.6		

หมายเหตุ: ค่าที่อยู่ในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยตัวอักษรเดียวกันไม่มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 5% โดย DMRT

* = แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 5%

** = แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 1%

ns = ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางที่ 11 ข้อมูลการเจริญเติบโตของข้าวหอมมะลิ 105 ที่ปลูกตามกรรมวิธีต่าง ๆ

Main plot (M) / Subplot (S)	น้ำหนัก 100 เมล็ด (กรัม)				น้ำหนักสด ต้น + ใบ (กิโลกรัม/ไร่)				น้ำหนักเมล็ด (กิโลกรัม/ไร่)			
	- NPK	+NPK	PK +Rhizo	เฉลี่ย	- NPK	+NPK	PK +Rhizo	เฉลี่ย	- NPK	+NPK	PK +Rhizo	เฉลี่ย
1. N 0%	3.219	2.631	2.563	2.804	350.00	387.50	365.00	367.50	91.25 b	104.25 a	85.00 ab	93.50
2. N 25%	2.625	2.381	2.731	2.579	390.00	342.50	372.50	368.33	105.50 a	67.75 c	86.00 a	86.42
3. N 50%	2.688	2.619	2.581	2.629	350.00	347.50	425.00	374.17	98.00 ab	81.75 b	75.00 ab	84.92
4. N 100%	2.688	2.675	2.781	2.715	352.50	347.50	377.50	359.17	97.25 ab	79.50 b	73.75 b	83.50
เฉลี่ย	2.805	2.577	2.664	2.682	360.63	356.25	385.00	367.29	98.00 a	83.31 ab	79.94 b	87.08
F-test (M)		ns				ns				*		
F-test (S)		ns				ns				*		
F-test (M x S)		ns				ns				ns		
CV. (M) (%)		25.8				7.8				15.9		
CV. (S) (%)		29.2				6.0				8.9		

หมายเหตุ: ค่าที่อยู่ในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยตัวอักษรเดียวกันไม่มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 5% โดย DMRT

* = แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 5%

** = แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 1%

ns = ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

การวิเคราะห์ผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์ โดยใช้อัตราส่วนระหว่างรายได้ที่เพิ่มขึ้นจากการใช้ปุ๋ยต่อรายจ่ายจากการใช้ปุ๋ย หรือค่า Value to Cost Ratio (VCR) หากค่า VCR มากกว่า 2 แสดงว่ามีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ (Pevaiz et al., 2004) พบว่า การปลูกถั่วลิสงปีแรก ในทุกกรรมวิธีให้ผลตอบแทนที่ไม่คุ้มค่าแก่การลงทุน เนื่องจากมีค่า VCR สูงสุดเพียง 0.91 ในกรรมวิธีปลูกถั่วลิสงใส่ปุ๋ย P K และใส่ไรโซเบียม ส่วนการปลูกข้าวหอมดอกมะลิ 105 ในทุกกรรมวิธีให้ผลตอบแทนที่ไม่คุ้มค่าแก่การลงทุน เนื่องจากมีค่า VCR สูงสุดเพียง 0.35 ในกรรมวิธีปลูกถั่วลิสงไม่ใส่ปุ๋ย NPK ไม่ใส่ไรโซเบียม และใส่ปุ๋ยไนโตรเจนร้อยละ 25 ตามค่าวิเคราะห์ดิน

ตารางที่ 12 ผลผลิตข้าว ผลผลิตข้าวที่เพิ่มขึ้น รายได้ ค่าใช้จ่ายปุ๋ย และอัตราส่วนรายได้ที่เพิ่มขึ้นจากการใช้ปุ๋ยต่อรายจ่ายจากการใช้ปุ๋ย (value cost ratio :VCR) ของการปลูกถั่วลิสงตามด้วยข้าวหอมดอกมะลิ 105 ด้วยกรรมวิธีต่าง ๆ ในดินร่วนปนทราย จังหวัดบุรีรัมย์

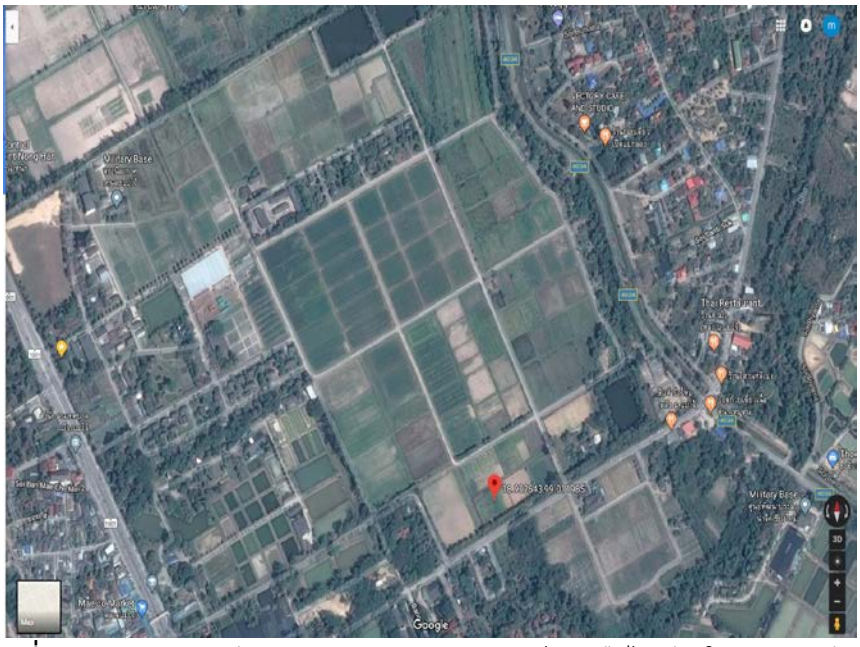
กรรมวิธี	ผลผลิต (กิโลกรัม/ไร่)	ผลผลิตที่เพิ่มขึ้น (กก./ไร่)	รายได้[1/] (บาท/ไร่)	รายได้ที่เพิ่มขึ้นจากการใช้ปุ๋ย (บาท/ไร่)	รายจ่ายจากการใช้ปุ๋ย [2/] (บาท/ไร่)	VCR
1. ถั่วลิสงไม่ใส่ N P K	190.62	-	3,812.4	-	0	-
2. ถั่วลิสงใส่ N P K	212.50	21.88	4,250	437.6	615	0.71
3. ถั่วลิสงใส่ P K และไรโซเบียม	216.25	25.63	4,325	512.6	561.8	0.91
1. แปลงถั่วลิสงไม่ใส่ N P K และไม่คลุกไรโซเบียม						
1.1 ข้าว + N 0%	91.25	-	1,368	-	537.66	-
1.2 ข้าว + N 25%	105.50	14.25	1,582.5	213.75	595.665	0.35
1.3 ข้าว + N 50%	98.00	6.75	1,470	101.25	653.68	0.15
1.4 ข้าว + N 100%	97.25	6.00	1,458.75	90	769.9	0.11
2. แปลงถั่วเหลืองใส่ N P K และไม่คลุกไรโซเบียม						
2.1 ข้าว + N 0%	104.25	-	1,563.75	-	537.66	-
2.2 ข้าว + N 25%	67.75	-36.5	1,016.25	-547.5	595.665	-0.91
2.3 ข้าว + N 50%	81.75	-22.5	1,226.25	--337.5	653.68	-0.51
2.4 ข้าว + N 100%	75.50	-28.75	1,132.5	-431.25	769.9	-0.56
3. แปลงถั่วเหลืองใส่ P K และคลุกไรโซเบียม						
3.1 ข้าว + N 0%	85.00	-	1,275	-	537.66	-
3.2 ข้าว + N 25%	86.00	1	1,290	15	595.665	0.02
3.3 ข้าว + N 50%	75.00	-10	1,125	-150	653.68	-0.22
3.4 ข้าว + N 100%	73.75	-11.25	1,106.25	-168.75	769.9	-0.21

[1/]ถั่วลิสง ราคา 20 บาทต่อกิโลกรัม ข้าวหอมดอกมะลิ 105 ราคา 15 บาทต่อกิโลกรัม

[2/]ราคาปุ๋ยเคมี ดังนี้ 46-0-0 กก.ละ 11.86 บาท 0-46-0 กก.ละ 21 บาท 0-0-60 กก.ละ 12.68 บาท
ราคาปุ๋ยชีวภาพ ดังนี้ ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม ถุงละ 25 บาท (อัตราการใช้คลุกเมล็ดก่อนปลูก 1 ถุงต่อไร่)

ทำการทดลองที่แปลงทดลองศูนย์วิจัยพืชไร่เชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ (ภาพที่ 1) โดยดำเนินการเก็บตัวอย่างดินก่อนปลูกถั่วเหลืองที่ระดับความลึก 0-20 เซนติเมตร มาทำการวิเคราะห์ธาตุอาหารในดิน พบว่า ดินในแต่ละ main plot มีค่าอินทรียวัตถุ 0.80 ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ 110.94 มก./กก. และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ 77.94 มก./กก. (ตารางที่ 3) และที่ระดับความลึก 20-50 เซนติเมตร พบว่า ดินในแต่ละ main

plot มีค่าอินทรียวัตถุ 0.72 ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ 28.22 มก./กก. และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ 52.23 มก./กก.



ภาพที่ 1 ภาพถ่ายดาวเทียมปริเวณแปลงทดลองศูนย์วิจัยพืชไร่เชียงใหม่ (หมุดสีแดง)

ตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์ธาตุอาหารในดินก่อนการปลูกแปลงทดลองศูนย์วิจัยพืชไร่เชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่

ความลึก (ซม.)	Organic matter (%)	Available P (mg/kg)	Exchangeable K (mg/kg)
0-20	0.80	110.94	77.94
20-50	0.72	28.22	52.23

ดำเนินการปลูกถั่วเหลือง ครั้งที่ 1 ในเดือนพฤศจิกายน ตามกรรมวิธี Main plot และได้ดำเนินการนับจำนวนปมราก น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของรากและปมราก น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งลำต้น และวัดค่าการตรึงไนโตรเจนของไรโซเบียมในปมรากของต้นถั่วเหลืองในระยะออกดอก อายุ 45 วันหลังปลูก ผลการทดลอง พบว่า น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของปม และน้ำหนักสดของลำต้นในกรรมวิธีที่ 3 ใส่ปุ๋ยฟอสเฟตและปุ๋ยโพแทชตามค่าวิเคราะห์ดิน (P-K) และใส่ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม มีค่ามากที่สุด แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับกรรมวิธีที่ 1 และ 2 (ตารางที่ 2) ส่วนจำนวนปมราก น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของราก น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งลำต้น และวัดค่าการตรึงไนโตรเจนของไรโซเบียมในปมรากของแต่ละกรรมวิธี ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางที่ 2 จำนวนปมราก น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของราก ปมราก และลำต้น และค่าการตรึงไนโตรเจนของไรโซเบียมในปมรากของต้นถั่วเหลืองในระยะออกดอก อายุ 45 วันหลังปลูก

กรรมวิธี	จำนวนปม	น้ำหนักปมสด (กรัม)	น้ำหนักปมแห้ง (กรัม)	น้ำหนักรากสด (กรัม)	น้ำหนักรากแห้ง (กรัม)	น้ำหนักต้นสด (กรัม)	น้ำหนักต้นแห้ง (กรัม)	ค่าการตรึงไนโตรเจน (umol C_2H_4/ ต่อต้นพืชต่อชั่วโมง)
1. -NPK	93.00 a	1.17 b	0.24 b	7.22 a	1.37 a	25.45 a	6.50 a	26.94 b
2. +NPK	107.25 a	1.71 ab	0.37 ab	9.07 a	1.67 a	38.87 ab	8.66 a	39.97 b
3. NPK+Rhizo	137.75 a	2.87 a	0.62 a	9.45 a	1.68 a	43.82 a	9.47 a	63.50 a

หมายเหตุ: ค่าที่อยู่ในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยตัวอักษรเดียวกันไม่มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 5% โดย DMRT

ดำเนินการสุ่มเก็บตัวอย่างถั่วเหลือง จำนวน 10 ต้นต่อแปลงทดลองย่อยในแต่ละกรรมวิธี ณ วันเก็บเกี่ยว พบว่า ความสูงต้น จำนวนฝัก/ต้น จำนวนเมล็ด/ต้น น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของต้น ราก เปลือกฝัก และเมล็ดในแต่ละกรรมวิธีไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 3-4) ส่วนน้ำหนักต้นสด ผลผลิตเมล็ด น้ำหนักต้นสด/ไร่ และผลผลิต/ไร่ในแต่ละกรรมวิธีไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 5)

ตารางที่ 3 ข้อมูลความสูงและองค์ประกอบผลผลิตของถั่วเหลืองที่ปลูกด้วยกรรมวิธีต่าง ๆ ณ วันเก็บเกี่ยว

กรรมวิธี	ความสูงต้น (ซม.)	จำนวนฝัก/ต้น	จำนวนเมล็ด/ต้น
1. ไม่ใส่ปุ๋ยเคมี + ไม่ใส่ไรโซเบียม	38.86 a	22.63 a	47.30 a
2. ใส่ N P K + ไม่ใส่ไรโซเบียม	38.09 a	21.38 a	44.43 a
3. ใส่ P K + ใส่ไรโซเบียม	39.41 a	22.18 a	45.45 a

หมายเหตุ: ค่าที่อยู่ในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยตัวอักษรเดียวกันไม่มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 5% โดย DMRT

ตารางที่ 4 น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของต้น ราก เปลือก และเมล็ดของถั่วเหลือง ณ วันเก็บเกี่ยว

กรรมวิธี	น้ำหนักสด (กรัม)				น้ำหนักแห้ง (กรัม)			
	น้ำหนักต้น	น้ำหนักราก	น้ำหนักเปลือก	น้ำหนักเมล็ด	น้ำหนักต้น	น้ำหนักราก	น้ำหนักเปลือก	น้ำหนักเมล็ด
1. ไม่ใส่ปุ๋ยเคมี + ไม่ใส่ไรโซเบียม	24.03 a	7.08 a	34.33 a	60.68 a	21.43 a	6.30 a	30.95 a	56.24 a
2. ใส่ N P K + ไม่ใส่ไรโซเบียม	20.65 a	5.90 a	31.45 a	58.38 a	18.52 a	5.11 a	28.43 a	54.18 a
3. ใส่ P K + ใส่ไรโซเบียม	22.40 a	7.33 a	33.15 a	59.85 a	20.01 a	6.46 a	29.86 a	55.38 a

หมายเหตุ: ค่าที่อยู่ในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยตัวอักษรเดียวกันไม่มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 5% โดย DMRT

ตารางที่ 5 ข้อมูลน้ำหนักต้นสดและผลผลิตเมล็ดในพื้นที่เก็บเกี่ยวขนาด 8 x 8 เมตร และน้ำหนักต้นสดและผลผลิตเมล็ดต่อไร่ของถั่วเหลือง ณ วันเก็บเกี่ยว

กรรมวิธี	น้ำหนักต้นสด (กก.)	ผลผลิตเมล็ด (กก.)	น้ำหนักต้นสด (กก. /ไร่)	ผลผลิต (กก./ไร่)
1. ไม่ใส่ปุ๋ยเคมี + ไม่ใส่ไรโซเบียม	11.25 a	7.43 a	281.25 a	185.63 a
2. ใส่ N P K + ไม่ใส่ไรโซเบียม	9.93 a	7.35 a	248.13 a	183.75 a
3. ใส่ P K + ใส่ไรโซเบียม	10.58 a	6.78 a	264.38 a	169.38 a

หมายเหตุ: ค่าที่อยู่ในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยตัวอักษรเดียวกันไม่มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 5% โดย DMRT

ดำเนินการวิเคราะห์ธาตุอาหารในส่วนต่าง ๆ ของต้นถั่วเหลือง (ตารางที่ 6) พบว่า ไนโตรเจนทั้งหมดในเมล็ดของกรรมวิธีที่ 2 ใส่ปุ๋ย N-P-K ตามค่าวิเคราะห์ดิน และไม่ใส่ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม มีค่ามากที่สุด แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับกรรมวิธีที่ 3 ใส่ P-K และใส่ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม ส่วนฟอสฟอรัสทั้งหมดในเปลือกฝักของกรรมวิธีที่ 1 และ 3 มีมากกว่ากรรมวิธีที่ 2 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โพแทสเซียมทั้งหมดในรากและแคลเซียมทั้งหมดในต้นใบของกรรมวิธีที่ 3 มีค่ามากที่สุด ส่วนแมกนีเซียมทั้งหมดมีค่ามากที่สุดในเมล็ดของกรรมวิธีที่ 2

ตารางที่ 6 ความเข้มข้นของธาตุอาหารในส่วนต่าง ๆ ของต้นถั่วเหลือง

	ความเข้มข้น (%)*				
กรรมวิธี	**Total N**	**Total P**	**Total K**	**Ca**	**Mg**
เมล็ด					
กรรมวิธีที่ 1	6.215 ab	0.676 a	1.4911 a	0.1042 a	0.2899 b
กรรมวิธีที่ 2	6.309 a	0.648 a	1.3968 a	0.0985 a	0.2988 a
กรรมวิธีที่ 3	5.883 b	0.644 a	1.4763 a	0.1085 a	0.2906 b
ต้น+ใบ					
กรรมวิธีที่ 1	0.782 a	0.119 a	1.2048 a	0.7042 b	0.1443 a
กรรมวิธีที่ 2	0.752 a	0.105 a	1.2505 a	0.6858 b	0.1423 a
กรรมวิธีที่ 3	0.705 a	0.105 a	1.2296 a	0.7859 a	0.1459 a
เปลือกฝัก					
กรรมวิธีที่ 1	0.708 a	0.090 a	1.5735 a	0.7482 a	0.4386 a
กรรมวิธีที่ 2	0.626 a	0.065 b	1.4938 ab	0.6882 b	0.4237 a
กรรมวิธีที่ 3	0.988 a	0.088 a	1.4440 b	0.7832 a	0.4412 a
ราก					
กรรมวิธีที่ 1	0.796 a	0.089 a	0.1259 b	0.4945 a	0.0699 a
กรรมวิธีที่ 2	0.745 a	0.082 a	0.0982 b	0.5191 a	0.0758 a
กรรมวิธีที่ 3	0.760 a	0.097 a	0.2182 a	0.4641 a	0.0761 a

* ค่าที่อยู่ในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยตัวอักษรเดียวกันไม่มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 5% โดย DMRT

ดำเนินการเก็บตัวอย่างดินก่อนปลูกข้าวที่ระดับความลึก 0-20 เซนติเมตร มาทำการวิเคราะห์ธาตุอาหารในดิน พบว่า ดินในแต่ละ subplot มีค่าอินทรียวัตถุ 0.74 ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ 171.829 มก./กก. และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ 70.275 มก./กก. (ตารางที่ 7) และได้ดำเนินการปลูกข้าวเหนียว พันธุ์สันป่าตอง 1 ซึ่งเป็นข้าวไม่ไวแสง ตามกรรมวิธี Subplot ในเดือนสิงหาคม 2561 และได้นำค่าปริมาณธาตุอาหารในดินไปคำนวณการใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน สำหรับข้าวไม่ไวแสง พบว่า ต้องใส่ปุ๋ย 46-0-0 อัตรา 39 กก./ไร่ และปุ๋ย 0-0-60 อัตรา 5 กก./ไร่ ในครั้งที่ 2 ระยะกำเนิดช่อดอก ดังตารางที่ 8

ตารางที่ 7 ผลการวิเคราะห์ธาตุอาหารในดินก่อนการปลูกข้าวแปลงทดลองศูนย์วิจัยพืชไร่เชียงใหม่ จ.เชียงใหม่

ความลึก (ซม.)	Organic matter (%)	Available P (mg/kg)	Exchangeable K (mg/kg)
0-20	0.740	171.829	70.275

ตารางที่ 8 การใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน สำหรับข้าวไม่ไวแสง (กลุ่มวิจัยปฐพีวิทยา, 2561)

Avai-P	OM	Exch. K	ปุ๋ยครั้งที่ 1*	ปุ๋ยครั้งที่ 2**	
mg/kg	%	mg/kg	16-16-8	46-0-0	0-0-60
> 10	< 1	60 - 80	0	39	5

* ปุ๋ยครั้งที่ 1 ใส่ในนาหว่านที่ระยะ 20-30 วันหลังข้าวงอก

** ปุ๋ยครั้งที่ 2 ใส่ในระยะกำเนิดช่อดอก

ดำเนินการเก็บเกี่ยวข้าวเหนียวพันธุ์สันป่าตอง 1 ในเดือนสิงหาคม 2561 และได้ดำเนินการเก็บข้อมูลการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวเหนียวพันธุ์สันป่าตอง 1 ที่ปลูกตามกรรมวิธีต่าง ๆ เมื่อครบระยะเวลาเก็บเกี่ยว (ตารางที่ 9) จากการสุ่มตัวอย่างต้นข้าวมาบันทึกผล พบว่า ความสูงของต้นข้าว จำนวนต้นต่อกอ และจำนวนรวงต่อกอ ในทุกกรรมวิธีที่เป็นผลจากการจัดการปุ๋ยในการผลิตถั่วเหลือง (Main plot) ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จากการทดลองนี้มีข้อสังเกตว่า ต้นข้าวพันธุ์สันป่าตอง 1 ในบาง Subplot มีการเจริญเติบโตที่ไม่สม่ำเสมอ ลำต้นข้าวไม่สมบูรณ์ ทำให้มีจำนวนรวงที่สมบูรณ์น้อย จึงเป็นผลให้มีค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวน (CV.) มากในส่วนน้ำหนักสดของต้น + ใบ และน้ำหนักเมล็ดข้าวในพื้นที่เก็บเกี่ยว ซึ่งเท่ากับ 71.0% และ 58.2% ตามลำดับ ทุกกรรมวิธีมีจำนวนต้น 1 ต้นต่อกอ และจำนวนรวง 1 รวงต่อกอเท่ากัน เนื่องจากเป็นข้าวนาหว่านที่ปลูกในพื้นที่ดินร่วนปนทรายที่มีอินทรียวัตถุน้อยเพียง 0.74% ทำให้ต้นข้าวมีการแตกกอน้อย ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของพรรณภัทร (2552) ที่พบว่า นาหว่านให้ผลผลิตข้าวต่อไร่ต่ำกว่านาดำ เนื่องจากนาหว่าน (นาน้ำตม) ข้าวมีการแตกกอน้อย เมล็ดข้าวเน่าเสียได้ง่ายในพื้นที่น้ำขัง อีกทั้งความโปร่งภายในแปลงนามีน้อยทำให้เกิดโรคและแมลงศัตรูพืชได้ง่าย

ความสูงเฉลี่ยของต้นข้าวในกรรมวิธีที่มีการใช้ปุ๋ยไนโตรเจน 0% ของอัตราแนะนำตามค่าวิเคราะห์ดินมีค่ามากกว่ากรรมวิธีที่มีการใช้ปุ๋ยไนโตรเจน 100% ของอัตราแนะนำฯ แต่มีความสูงไม่แตกต่างจากกรรมวิธีที่มีการใช้ปุ๋ยไนโตรเจน 25% หรือ 50% ของอัตราแนะนำฯ ส่วนเปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบในกรรมวิธีที่มีการใช้ปุ๋ยไนโตรเจน 0% ของอัตราแนะนำฯ มีค่าน้อยที่สุด ในขณะที่การใช้ปุ๋ยไนโตรเจน 25% 50% และ 100% ให้ค่าที่ไม่ต่างกันทางสถิติ น้ำหนักสดของต้น + ใบข้าวในพื้นที่เก็บเกี่ยวกรรมวิธีที่ใช้ปุ๋ยไนโตรเจน 50% และ 100% ของอัตราแนะนำฯ มีค่า

มากกว่ากรรมวิธีที่มีการใช้ปุ๋ยไนโตรเจน 0% และ 25% อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 10) ส่วนน้ำหนักเมล็ดข้าวในพื้นที่เก็บเกี่ยวของทุกกรรมวิธีการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยน้ำหนักเมล็ดข้าวของกรรมวิธีที่ใช้ปุ๋ยไนโตรเจน 50% ของอัตราแนะนำฯ มีแนวโน้มมากที่สุดคือ 368 กิโลกรัมต่อไร่ รองลงมาคือกรรมวิธีใช้ปุ๋ยไนโตรเจน 0% 100% และ 25% ของอัตราแนะนำฯ ตามลำดับ จากการทดลองในปีแรกนี้จึงสรุปได้ว่า การจัดการปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมในระบบการปลูกถั่วเหลืองก่อนการปลูกนาข้าว ไม่มีผลต่อการลดอัตราการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนในนาข้าวในดินร่วนปนทรายอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางที่ 9 ข้อมูลการเจริญเติบโตของข้าวเหนียวพันธุ์สันป่าตอง 1 ที่ปลูกตามกรรมวิธีต่าง ๆ

Main plot (M) / Subplot (S)	ความสูงของต้น (ซม.)				จำนวนต้น/กอ (ต้น)				จำนวนรวง/กอ (รวง)				จำนวนเมล็ดดี/รวง (เมล็ด)				เปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบ (%)			
	- NPK	+NPK	PK +Rhizo	เฉลี่ย	- NPK	+NPK	PK +Rhizo	เฉลี่ย	- NPK	+NPK	PK +Rhizo	เฉลี่ย	- NPK	+NPK	PK +Rhizo	เฉลี่ย	- NPK	+NPK	+PK +Rhizo	เฉลี่ย
1. N 0%	70.88	70.06	70.25	70.40 a	1	1	1	1	1	1	1	1	89.8 ab	88.4 a	76.1 b	84.8	4.65 b	4.91	4.48	4.68 b
2. N 25%	69.06	69.56	68.25	68.96 ab	1	1	1	1	1	1	1	1	74.7 b	80.1 ab	99.9 a	84.9	5.64 ab	5.56	5.65	5.61 ab
3. N 50%	69.31	69.44	69.44	69.40 ab	1	1	1	1	1	1	1	1	85.4 ab	85.1 ab	96.8 a	89.1	5.85 ab	5.92	4.13	5.30 ab
4. N 100%	68.75	65.50	68.81	67.69 b	1	1	1	1	1	1	1	1	99.6 a	71.2 b	88.9 ab	86.5	8.85 a	5.25	5.25	6.76 a
เฉลี่ย	69.50	68.64	69.19		1	1	1		1	1	1		87.4	81.2	90.4		6.23	4.88	4.88	
F-test (M)			ns				ns				ns				ns				ns	
F-test (S)			ns				ns				ns				*				ns	
F-test (M x S)			ns				ns				ns				**				*	
CV. (M) (%)			7.2				0				0				35.5				48.3	
CV. (S) (%)			9.0				0				0				26.1				40.3	

หมายเหตุ: ค่าที่อยู่ในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยตัวอักษรเดียวกันไม่มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 5% โดย DMRT

* = แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 5%

** = แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 1%

ns = ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางที่ 10 ข้อมูลผลผลิตของข้าวเหนียวพันธุ์สันป่าตอง 1 ที่ปลูกตามกรรมวิธีต่าง ๆ

Main plot (M) / Subplot (S)	น้ำหนัก 100 เมล็ด (กรัม)				น้ำหนักสด ต้น + ใบ (กิโลกรัม/ไร่)				น้ำหนักเมล็ด (กิโลกรัม/ไร่)			
	- NPK	+NPK	PK +Rhizo	เฉลี่ย	- NPK	+NPK	PK +Rhizo	เฉลี่ย	- NPK	+NPK	PK +Rhizo	เฉลี่ย
1. N 0%	32.51	32.31	32.33	32.38	286	275 b	371	311 b	345	358	390	364
2. N 25%	32.24	32.30	32.35	32.29	260	343	335	313 b	270	370	408	349
3. N 50%	32.84	32.15	31.89	32.29	431	364	414	403 a	395	340	370	368
4. N 100%	31.94	31.75	32.21	31.96	370	291	509	390 a	408	258	395	353
เฉลี่ย	32.38	32.12	32.19		337	318	407		354	331	391	
F-test (M)			ns				ns				ns	
F-test (S)			ns				*				ns	
F-test (M x S)			ns				ns				ns	
CV. (M) (%)			3.2				71.0				58.2	
CV. (S) (%)			2.6				25.9				32.8	

หมายเหตุ: ค่าที่อยู่ในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยตัวอักษรเดียวกันไม่มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 5% โดย DMRT

* = แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 5%

** = แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 1%

ns = ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ด้านผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์ โดยใช้อัตราส่วนระหว่างรายได้ที่เพิ่มขึ้นจากการใช้ปุ๋ยต่อรายจ่ายจากการใช้ปุ๋ย หรือค่า Value to Cost Ratio (VCR) หากค่า VCR มากกว่า 2 แสดงว่ามีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ (Pevaiz et al., 2004) พบว่า การปลูกถั่วเหลืองปีแรกในกรรมวิธีที่ 2 การใส่ปุ๋ย N P K และกรรมวิธีที่ 3 การใส่ปุ๋ย P K ร่วมกับการคลุกเมล็ดด้วยปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมให้ผลตอบแทนที่ไม่คุ้มค่าแก่การลงทุนในดินร่วนปนทรายของศูนย์วิจัยพืชไร่เชียงใหม่ ส่วนการปลูกข้าวเหนียวพันธุ์สันป่าตอง 1 หลังจากการปลูกถั่วเหลืองแบบไม่ใส่ปุ๋ยเคมีและไม่คลุกไรโซเบียม โดยใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในนาข้าวเพียง 50% ของอัตราแนะนำตามค่าวิเคราะห์ดินให้ผลตอบแทนคุ้มค่าแก่การลงทุน โดยให้ค่า VCR 2.09 รองลงมาคือ การปลูกข้าวในแปลงที่มีการปลูกถั่วเหลืองที่ใส่เพียงปุ๋ยฟอสเฟตและปุ๋ยโพแทชตามค่าวิเคราะห์ดิน (P K) และใส่ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม โดยใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในนาข้าวเพียง 25% ของอัตราแนะนำตามค่าวิเคราะห์ดิน ซึ่งมีค่า VCR 1.51 (ตารางที่ 11)

ตารางที่ 11 ผลผลิตข้าว ผลผลิตข้าวที่เพิ่มขึ้น รายได้ ค่าใช้จ่ายปุ๋ย และอัตราส่วนรายได้ที่เพิ่มขึ้นจากการใช้ปุ๋ยต่อรายจ่ายจากการใช้ปุ๋ย (value cost ratio :VCR) ของการปลูกถั่วเหลืองตามด้วยข้าวเหนียวพันธุ์สันป่าตอง 1 ด้วยกรรมวิธีต่าง ๆ ในดินร่วนปนทราย จังหวัดเชียงใหม่

กรรมวิธี	ผลผลิต (กิโลกรัม/ไร่)	ผลผลิตที่เพิ่มขึ้น (บาท/ไร่)	รายได้[1/] (บาท/ไร่)	รายได้ที่เพิ่มขึ้นจากการใช้ปุ๋ย (บาท/ไร่)	รายจ่ายจากการใช้ปุ๋ย [2/] (บาท/ไร่)	VCR
1. ถั่วเหลืองไม่ใส่ N P K	185.63	-	3,156	-	0	-
2. ถั่วเหลืองใส่ N P K	183.75	-1.88	3,124	-32	283	-0.11
3. ถั่วเหลืองใส่ P K และคลุกไรโซเบียม	169.38	-16.25	2,879	-277	225	-1.23
1. แปลงถั่วเหลืองไม่ใส่ N P K และไม่คลุกไรโซเบียม						
1.1 ข้าว + N 0%	345	-	3,795	-	0	-
1.2 ข้าว + N 25%	270	-75	2,970	-825	131	-6.30
1.3 ข้าว + N 50%	395	50	4,345	550	263	2.09
1.4 ข้าว + N 100%	408	63	4,488	693	526	1.32
2. แปลงถั่วเหลืองใส่ N P K และไม่คลุกไรโซเบียม						
2.1 ข้าว + N 0%	358	-	3,938	-	0	-
2.2 ข้าว + N 25%	370	12	4,070	132	131	1.01
2.3 ข้าว + N 50%	340	-18	3,740	-198	263	-0.75
2.4 ข้าว + N 100%	258	-100	2,838	-1,100	526	-2.09
3. แปลงถั่วเหลืองใส่ P K และคลุกไรโซเบียม						
3.1 ข้าว + N 0%	390	-	4,290	-	0	-
3.2 ข้าว + N 25%	408	18	4,488	198	131	1.51
3.3 ข้าว + N 50%	370	-20	4,070	-220	263	-0.84
3.4 ข้าว + N 100%	395	5	4,345	55	526	0.10

[1/] ถั่วเหลือง ราคา 17 บาทต่อกิโลกรัม ข้าวเหนียวพันธุ์สันป่าตอง 1 ราคา 11 บาทต่อกิโลกรัม

[2/] ราคาปุ๋ยเคมี ดังนี้ 46-0-0 กก.ละ 11.86 บาท 0-46-0 กก.ละ 21 บาท 0-0-60 กก.ละ 12.68 บาท
ราคาปุ๋ยชีวภาพ ดังนี้ ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม ถุงละ 25 บาท (อัตราการใช้คลุกเมล็ดก่อนปลูก 1 ถุงต่อไร่)

ปลูกถั่วเขียว ในเดือนมกราคม ตามกรรมวิธี Main plot ที่แปลงทดลองศูนย์วิจัยพืชไร่ชัยนาท อ. สรรพยา จ. ชัยนาท (ภาพที่ 1) ได้เก็บตัวอย่างดินที่ระดับความลึก 0-20 เซนติเมตร และ 20-50 เซนติเมตร เพเมื่อนำมาวิเคราะห์ธาตุอาหารในดินก่อนปลูกถั่วเขียว พบว่า ดินในแต่ละ main plot ที่ระดับความลึก 0-20 ซม. มีค่าอินทรียวัตถุ 0.98 ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ 18.08 มก./กก. และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ 78.80 มก./กก. และที่ระดับความลึก 20-50 เซนติเมตร พบว่า ดินในแต่ละ main plot มีค่าอินทรียวัตถุ 0.43 ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ 4.68 มก./กก. และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ 57.83 มก./กก. (ตารางที่ 1)

ภาพที่ 1 ภาพถ่ายดาวเทียมปริเวณแปลงทดลองศูนย์วิจัยพืชไร่ชัยนาท (หมุดสีแดง)

ตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์ธาตุอาหารในดินก่อนการปลูกแปลงทดลองศูนย์วิจัยพืชไร่ชัยนาท จังหวัดชัยนาท

ความลึก (ซม.)	Organic matter	Available P (mg/kg)	Exchangeable K (mg/kg)
0-20	0.98	18.08	78.80
20-50	0.43	4.68	57.83

ปลูกถั่วเขียว ครั้งที่ 1 ในเดือนมกราคม ตามกรรมวิธี Main plot และได้ดำเนินการนับจำนวนปมราก น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของรากและปมราก น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งลำต้น และวัดค่าการตรึงไนโตรเจนของไรโซเบียมในปมรากของต้นถั่วเหลืองในระยะออกดอก อายุ 42 วันหลังปลูก ผลการทดลอง พบว่า จำนวนปมในกรรมวิธีที่ 1 (ไม่ใส่ปุ๋ยเคมี + ไม่ใส่ไรโซเบียม) มีจำนวนปมน้อยที่สุดเท่ากับ 34 ปมต่อต้น และแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกรรมวิธีที่ 3 (ใส่ P K + ใส่ไรโซเบียม) ซึ่งมีจำนวนปมมากที่สุดเท่ากับ 63 ปมต่อต้น น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งปมในกรรมวิธีที่ 3 มีค่ามากที่สุดเท่ากับ 0.55 ก. และ 0.13 ก. ตามลำดับ โดยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับกรรมวิธีที่ 1และ 2 น้ำหนักสดราก น้ำหนักแห้งราก น้ำหนักต้นสด น้ำหนักต้นแห้ง และค่าการตรึงไนโตรเจน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติในทุก ๆ กรรมวิธี (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 จำนวนปมราก น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของราก ปมราก และลำต้น และค่าการตรึงไนโตรเจนของไรโซเบียมในปมรากของต้นถั่วเขียวในระยะออกดอก อายุ 42 วันหลังปลูก

กรรมวิธี	จำนวนปม	น้ำหนักสดปม (กรัม)	น้ำหนักแห้งปม (กรัม)	น้ำหนักสดราก (กรัม)	น้ำหนักแห้งราก (กรัม)	น้ำหนักต้นสด (กรัม)	น้ำหนักต้นแห้ง (กรัม)	ค่าการตรึงไนโตรเจน (umol C_2H_4/ต่อต้นพืชต่อชั่วโมง
กรรมวิธีที่ 1	34 b	0.18 b	0.03 b	12.77 a	2.71 a	117.51 a	6.50 a	26.94 a
กรรมวิธีที่ 2	51 ab	0.29 b	0.07 ab	13.12 a	2.86 a	125.20 ab	8.66 a	39.97 a
กรรมวิธีที่ 3	63 a	0.55 a	0.13 a	13.62 a	3.04 a	130.39 a	9.47 a	63.50 a

* ค่าเฉลี่ยของจำนวน 4 ซ้ำ ค่าที่อยู่ในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยตัวอักษรเดียวกันไม่มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางระดับ 5% โดย DMRT

สุ่มเก็บตัวอย่างถั่วเขียว จำนวน 10 ต้นต่อแปลงทดลองย่อยในแต่ละกรรมวิธี ณ วันเก็บเกี่ยวพบว่า ความสูง จำนวนฝัก/ต้น จำนวนเมล็ด/ต้น น้ำหนักสด และน้ำหนักแห้งของต้น ราก เปลือกฝัก และเมล็ดในแต่ละกรรมวิธีไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 3-4) ส่วนน้ำหนักต้นสด ผลผลิตเมล็ด น้ำหนักต้นสด/ไร่ และผลผลิต/ไร่ในแต่ละกรรมวิธีไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 4)

ตารางที่ 3 ข้อมูลความสูงและองค์ประกอบผลผลิตของถั่วเขียวที่ปลูกด้วยกรรมวิธีต่าง ๆ ณ วันเก็บเกี่ยว

กรรมวิธี	**ความสูงต้น (ซม.)**	**จำนวนฝัก/ต้น**	**จำนวนเมล็ด/ฝัก**	**น้ำหนักเมล็ด (กรัม)**
1. ไม่ใส่ปุ๋ยเคมี + ไม่ใส่ไรโซเบียม	52.58 a	11.58 a	12.43 a	77.88 a
2. ใส่ N P K + ไม่ใส่ไรโซเบียม	54.30 a	12.03 a	12.35 a	79.33 a
3. ใส่ P K + ใส่ไรโซเบียม	50.53 a	11.08 a	12.13 a	69.55 a

หมายเหตุ: ค่าที่อยู่ในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยตัวอักษรเดียวกันไม่มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระดับ 5% โดย DMRT

ตารางที่ 4 น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของต้น ราก เปลือก และเมล็ดของถั่วเขียว ณ วันเก็บเกี่ยว

กรรมวิธี	**น้ำหนักสด (กรัม)**				**น้ำหนักแห้ง (กรัม)**			
	น้ำหนักต้น	**น้ำหนักราก**	**น้ำหนักเปลือก**	**น้ำหนักเมล็ด**	**น้ำหนักต้น**	**น้ำหนักราก**	**น้ำหนักเปลือก**	**น้ำหนักเมล็ด**
1. ไม่ใส่ปุ๋ยเคมี + ไม่ใส่ไรโซเบียม	570.70 a	40.38 a	27.53 a	77.88 a	119.70 a	13.10 a	23.88 a	77.88 a
2. ใส่ N P K + ไม่ใส่ไรโซเบียม	570.65 a	36.40 a	28.23 a	79.33 a	117.50 a	12.70 a	25.10 a	79.33 a
3. ใส่ P K + ใส่ไรโซเบียม	463.30 a	32.70 a	24.05 a	69.55 a	95.95 a	11.10 a	21.75 a	69.55 a

หมายเหตุ: ค่าที่อยู่ในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยตัวอักษรเดียวกันไม่มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ระดับ 5% โดย DMRT

ตารางที่ 5 ข้อมูลจำนวนต้นที่เก็บเกี่ยว น้ำหนักต้นสดและผลผลิตเมล็ดในพื้นที่เก็บเกี่ยวขนาด 8 X 8 และน้ำหนักต้นสดและผลผลิตเมล็ดต่อไร่ของถั่วเขียว ณ วันเก็บเกี่ยว

กรรมวิธี	จำนวนต้นเก็บเกี่ยว	น้ำหนักต้นสด (กก.)	ผลผลิตเมล็ด (กก.)	น้ำหนัก 1000 เมล็ด (กรัม)	น้ำหนักต้นสด /ไร่ (กก.)	ผลผลิต/ไร่ (กก.)
1. ไม่ใส่ปุ๋ยเคมี + ไม่ใส่ไรโซเบียม	1,243.00 a	63.58 a	9.75 a	70.25 a	1,589.50 a	243.50 a
2. ใส่ N P K + ไม่ใส่ไรโซเบียม	1,186.25 a	67.33 a	9.38 a	68.88 a	1,683.50 a	234.75 a
3. ใส่ P K + ใส่ไรโซเบียม	1,280.00 a	59.33 a	8.90 a	69.38 a	1,483.50 a	222.50 a

หมายเหตุ: ค่าที่อยู่ในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยตัวอักษรเดียวกันไม่มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ระดับ 5% โดย DMRT

ดำเนินการวิเคราะห์ธาตุอาหารในส่วนต่าง ๆ ของต้นถั่วเขียว (ตารางที่ 6) พบว่า ไนโตรเจนทั้งหมดในเมล็ดของกรรมวิธีที่ 3 (ใส่ปุ๋ย N-P-K ตามค่าวิเคราะห์ดิน + ใส่ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม) มีค่ามากที่สุดเท่ากับ 3.863 และแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับกรรมวิธีที่ 1 (ไม่ใส่ปุ๋ยเคมี + ไม่ใส่ไรโซเบียม) และกรรมวิธีที่ 2 (ใส่ N P K + ไม่ใส่ไรโซเบียม) ในขณะที่ แคลเซียมในเมล็ดของกรรมวิธีที่ 1 มีค่าน้อยกว่ากรรมวิธีที่ 2 และ กรรมวิธีที่ 3 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนฟอสฟอรัส โพแทสเซียม และแมกนีเซียมในเมล็ด ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แคลเซียมและแมกนีเซียมทั้งหมดในเปลือกฝักของกรรมวิธีที่ 1 และ 3 มีมากกว่ากรรมวิธีที่ 2 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โพแทสเซียมทั้งหมดในรากและแคลเซียมทั้งหมดในต้นใบของกรรมวิธีที่ 3 มีค่ามากที่สุด ส่วนแมกนีเซียมทั้งหมดในเมล็ดของกรรมวิธีที่ 2มีค่ามากที่สุด เมื่อทำการวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารในต้นและใบพบว่า ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส แคลเซียม และแมกนีเซียม ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติในแต่ละกรรมวิธี ในขณะที่ ปริมาณธาตุโพแทสเซียมในกรรมวิธีที่ 3 มีปริมาณมากสุดเท่ากับ 0.0990 ซึ่งมีความแตกต่างจากกรรมวิธีที่ 1 และกรรมวิธีที่ 2 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ผลการวิเคราะห์ธาตุอาหารในเปลือกฝักพบว่า ไนโตรเจนในกรรมวิธีที่ 1 มีปริมาณน้อยที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับกรรมวิธีที่ 2 และกรรมวิธีที่ 3 ในขณะที่ปริมาณแมกนีเซียมในเปลือกฝักของกรรมวิธีที่ 3 มีมากที่สุกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับกรรมวิธีที่ 1 และกรรมวิธีที่ 2 ส่วนปริมาณธาตุอาหารฟอสฟอรัส โพแทสเซียม และแคลเซียมไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติในแต่ละกรรมวิธี

ผลการวิเคราะห์ธาตุอาหารในรากพบว่า ไนโตรเจนในกรรมวิธีที่ 3 น้อยที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับกรรมวิธีที่ 1 และ 2 ในขณะที่แคลเซียมในกรรมวิธีที่ 3 มากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับกรรมวิธีที่ 1 และ 2 ปริมาณแมกนีเซียมในกรรมวิธีที่ 1 มีมากสุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับกรรมวิธีที่ 2 และ 3 ส่วนปริมาณธาตุอาหารฟอสฟอรัส โพแทสเซียม ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติในแต่ละกรรมวิธี

ตารางที่ 6 ความเข้มข้นของธาตุอาหารในส่วนต่าง ๆ ของต้นถั่วเขียว

	ความเข้มข้น (%)				
กรรมวิธี	**Total N**	**Total P**	**Total K**	**Ca**	**Mg**
เมล็ด					
กรรมวิธีที่ 1	3.977 a	0.419 a	0.0293 a	0.0096 b	0.1498 a
กรรมวิธีที่ 2	3.970 a	0.423 a	0.0296 a	0.0149 a	0.1380 a
กรรมวิธีที่ 3	3.863 b	0.416 a	0.0293 a	0.0181 a	0.1418 a
ต้น+ใบ					
กรรมวิธีที่ 1	2.140 a	0.212 a	0.0881 b	1.6779 a	0.2798 a
กรรมวิธีที่ 2	2.309 a	0.202 ab	0.0884 b	1.7314 a	0.2771 a
กรรมวิธีที่ 3	2.260 a	0.181 b	0.0990 a	1.8230 a	0.2750 a
เปลือกฝัก					
กรรมวิธีที่ 1	0.869 b	0.032 a	0.2601 a	1.1316 a	0.4393 b
กรรมวิธีที่ 2	1.056 a	0.034 a	0.2491 a	1.0323 a	0.4154 b
กรรมวิธีที่ 3	0.991 a	0.048 a	0.2252 a	1.0911 a	0.6069 a
ราก					
กรรมวิธีที่ 1	0.886 a	0.099 a	0.0826 a	0.0467 b	0.2017 a
กรรมวิธีที่ 2	0.889 a	0.095 a	0.0819 a	0.0529 b	0.1582 b
กรรมวิธีที่ 3	0.673 b	0.078 a	0.0889 a	0.0818 a	0.1647 b

* ค่าเฉลี่ยของจำนวน 12 ซ้ำ ค่าที่อยู่ในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยตัวอักษรเดียวกันไม่มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 5% โดย DMRT

เก็บตัวอย่างดินก่อนปลูกข้าวที่ระดับความลึก 0-20 เซนติเมตร มาทำการวิเคราะห์ธาตุอาหารในดิน พบว่า ดินในแต่ละ sub plot มีค่าอินทรียวัตถุ 1.50 ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ 25.69 มก./กก. และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ 123.00 มก./กก. (ตารางที่ 7) และได้ดำเนินการปลูกข้าวเจ้า พันธุ์ กข. 41 ซึ่งเป็นข้าวไม่ไวแสง ตามกรรมวิธี Sub plot ในเดือนกรกฎาคม 2561 และได้นำค่าปริมาณธาตุอาหารในดินไปคำนวณการใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน สำหรับข้าวไม่ไวแสง พบว่า ต้องใส่ปุ๋ย 46-0-0 ครั้งที่ 2 ในระยะกำเนิดช่อดอก อัตรา 26 กก./ไร่ ดังตารางที่ 8

ตารางที่ 7 ผลการวิเคราะห์ธาตุอาหารในดินก่อนการปลูกข้าวแปลงทดลองศูนย์วิจัยพืชไร่ชัยนาท จ.ชัยนาท

ความลึก (ซม.)	Organic matter (%)	Available P (mg/kg)	Exchangeable K (mg/kg)
0-20	1.50	25.69	123.00

ตารางที่ 8 การใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน สำหรับข้าวไม่ไวแสง

Avai-P	OM	Exch. K	ปุ๋ยครั้งที่ 1*	ปุ๋ยครั้งที่ 2**	
mg/kg	%	mg/kg	16-16-8	46-0-0	0-0-60
> 10	1 - 2	> 80	0	26	0

* ปุ๋ยครั้งที่ 1 ใส่ในนาหว่านที่ระยะ 20-30 วันหลังข้าวงอก

** ปุ๋ยครั้งที่ 2 ใส่ในระยะกำเนิดช่อดอก

เก็บเกี่ยวข้าวเจ้า พันธุ์ กข. 41 ในเดือนตุลาคม 2561 และได้ดำเนินการเก็บข้อมูลการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวเจ้า พันธุ์ กข. 41 ที่ปลูกตามกรรมวิธีต่าง ๆ (ตารางที่ 9) จากข้อมูลการสุ่มตัวอย่างข้าวพบว่าความสูงของต้นข้าวในกรรมวิธีที่ 2 ที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน มีความแตกต่างจากกรรมวิธีอื่น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดย subplot ที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีไนโตรเจน 0 % มีความสูงของต้นน้อยที่สุดเท่ากับ 68.8 ซม. ในขณะที่กรรมวิธีอื่น ๆ มีความสูงอยู่ในช่วง 71.7-74.5 ซม. ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

จำนวนต้นต่อกอ จำนวนรวงต่อกอ จำนวนเมล็ดดีต่อรวง และเปอร์เซ็นเมล็ดลีบ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติในทุก ๆ กรรมวิธีที่มีกี่จัดการปุ๋ยในการปลูกถั่วเขียว (Main plot) อย่างไรก็ตามมีความแตกต่างกันทางสถิติของ subplot ใน กรรมวิธีที่ 3 คือ พบว่าจำนวนต้นต่อกอของกรรมวิธีการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับการใส่ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม เมื่อมีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนตามค่าวิเคราะห์ดิน 100% มีจำนวนต้นต่อกอมากสุดเท่ากับ 4.56 ต้น/กอ ในขณะที่กรรมวิธีอื่น ๆ มีจำนวนกอ/ต้นอยู่ในช่วง 3.2-3.8 กอ/ต้นซึ่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ จำนวนรวงต่อกออยู่ในช่วง 3.13 - 4.06 รวง/กอ จำนวนเมล็ดดีต่อรวงอยู่ในช่วง 82.19 – 106.56 เมล็ด และเปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบอยู่ในช่วง 17.25 – 28.94 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 9)

น้ำหนัก 100 เมล็ด ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติในทุก ๆ กรรมวิธีทั้ง Main plot และ subplot โดยมีน้ำหนัก 100 เมล็ดอยู่ในช่วง 2.66 – 2.83 กรัม

จากข้อมูลการเก็บเกี่ยวผลผลิตพบว่า ในทุก ๆ กรรมวิธีน้ำหนักสดของต้นข้าว + ใบข้าวไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ อย่างไรก็ตามพบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติภายใน subplot ของกรรมวิธีที่ 2 และกรรมวิธีที่ 3 โดยพบว่า subplot ที่มีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนตามค่าวิเคราะห์ดินที่ 50 % (2,030 กก. /ไร่) และ 100 % (2,610 กก. /ไร่) ของกรรมวิธีที่ 2 มีน้ำหนักสดของต้นข้าว + ใบข้าวมากที่สุด ส่วน subplot ที่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจน 25 % ของกรรมวิธีที่ 3 มีน้ำหนักสดของต้นข้าว + ใบข้าวน้อยที่สุดเท่ากับ 1,780 กก./ไร่ (ตารางที่ 10)

น้ำหนักผลผลิตข้าวที่ได้เมื่อคิดเป็นกิโลกรัมต่อไร่พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติในทุก ๆ กรรมวิธีการจัดการปุ๋ย (Main plot) แต่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติภายใน subplot โดยพบว่ากรรมวิธีที่ 1 subplot ที่มีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน 0% มีผลผลิตน้อยที่สุดเท่ากับ 715 กิโลกรัม/ไร่ และ subplot ที่มีการใส่ปุ๋ย

ไนโตรเจน 50 % มีผลผลิตเท่ากับ 740 กิโลกรัม/ไร่ ในขณะที่ กรรมวิธีที่ 3 พบว่า subplot ที่มีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน 0% มีผลผลิตน้อยที่สุดเท่ากับ 694 กิโลกรัม/ไร่ ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับ subplot อื่น ๆ ภายในกรรมวิธี (ตารางที่ 10)

ตารางที่ 9 ข้อมูลการเจริญเติบโตของข้าวเจ้า พันธุ์ กข. 41 ที่ปลูกตามกรรมวิธีต่าง ๆ

Main plot (M) / Subplot (S)	ความสูงของต้น (ซม.)				จำนวนต้น/กอ (ต้น)				จำนวนรวง/กอ (รวง)				จำนวนเมล็ดดี/รวง (เมล็ด)				เปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบ (%)			
	- NPK	+NPK	PK +Rhizo	เฉลี่ย	- NPK	+NPK	PK +Rhizo	เฉลี่ย	- NPK	+NPK	PK +Rhizo	เฉลี่ย	- NPK	+NPK	PK +Rhizo	เฉลี่ย	- NPK	+NPK	+PK +Rhizo	เฉลี่ย
1. N 0%	73.81	68.75 b	73.44	72.00	3.31	3.31	3.69 b	3.44	3.31	3.31	3.56	3.40	90.06	85.69	94.31	90.02	23.00	17.25	21.31	20.52
2. N 25%	74.50	71.69 a	73.44	73.21	3.56	3.5	3.25 b	3.44	3.56	3.44	3.25	3.42	93.00	96.44	94.38	94.60	25.63	22.88	21.44	23.31
3. N 50%	74.44	73.06 a	73.75	73.75	3.75	3.31	3.75 b	3.60	3.56	3.25	3.63	3.48	82.19	87.25	102.06	90.50	24.31	20.56	28.94	24.60
4. N 100%	73.44	71.94 a	73.75	73.04	3.63	3.19	4.56 a	3.79	3.19	3.13	4.06	3.46	84.38	93.81	106.56	94.92	21.81	17.31	25.38	21.50
เฉลี่ย	74.05	71.36	73.59		3.56	3.33	3.81		3.41	3.28	3.63		87.41	90.80	99.33		23.69	19.50	24.27	
F-test (M)		*				ns				ns				ns				ns		
F-test (S)		ns				ns				ns				ns				ns		
F-test (M x S)		ns				ns				ns				ns				ns		
CV. (M) (%)		2.9				24.0				21.1				13.5				36.0		
CV. (S) (%)		3.4				14.8				15.6				11.1				38.4		

หมายเหตุ: ค่าที่อยู่ในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยตัวอักษรเดียวกันไม่มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 5% โดย DMRT

* = แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 5%

** = แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 1%

ns = ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางที่ 10 ข้อมูลผลผลิตของของข้าวเจ้า พันธุ์ กข. 41 ที่ปลูกตามกรรมวิธีต่าง ๆ

Main plot (M) / Subplot (S)	น้ำหนัก 100 เมล็ด (กรัม)				น้ำหนักสด ต้น + ใบ (กิโลกรัม/ไร่)				น้ำหนักเมล็ด (กิโลกรัม/ไร่)			
	- NPK	+NPK	PK +Rhizo	เฉลี่ย	- NPK	+NPK	PK +Rhizo	เฉลี่ย	- NPK	+NPK	PK +Rhizo	เฉลี่ย
1. N 0%	2.74	2.69	2.71	2.71	1,710 a	1,705 b	1,805 a	1,740	715 b	776 a	694.5 b	728.5
2. N 25%	2.73	2.71	2.76	2.73	1,900 a	1,695 b	1,780 b	1,791	779.5 a	794.5 a	740 a	771.3
3. N 50%	2.80	2.80	2.68	2.76	2,295 a	2,030 a	1,860 a	2,062	740 b	884 a	805 a	809.7
4. N 100%	2.83	2.79	2.66	2.76	2,150 a	2,610 a	2,385 a	2,382	865 a	803.5 a	810.5 a	826.3
เฉลี่ย	2.77	2.75	2.70		2,014	2,010	1,956		774.9	814.5	762.5	
F-test (M)			ns				ns				ns	
F-test (S)			ns				**				*	
F-test (M x S)			ns				ns				ns	
CV. (M) (%)			3.2				71.0				7.4	
CV. (S) (%)			3.7				25.9				9.7	

หมายเหตุ: ค่าที่อยู่ในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยตัวอักษรเดียวกันไม่มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 5% โดย DMRT

* = แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 5%

** = แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 1%

ns = ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ด้านผลผลิตและผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์ พบว่าอัตราส่วนระหว่างรายได้ที่เพิ่มขึ้นจากการใช้ปุ๋ยต่อรายจ่ายจากการใช้ปุ๋ย หรือค่า Value to Cost Ratio (VCR) หากค่า VCR มากกว่า 2 แสดงว่ามีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ (Pevaiz et al., 2004) พบว่า การปลูกถั่วเขียวปีแรกในกรรมวิธีที่ 2 การใส่ปุ๋ย N P K และกรรมวิธีที่ 3 การใส่ปุ๋ย P K ร่วมกับการคลุกเมล็ดด้วยปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมให้ผลตอบแทนที่ไม่คุ้มค่าแก่การลงทุนในดินร่วนปนเหนียวถึงดินเหนียวของศูนย์วิจัยพืชไร่ชัยนาท ส่วนการปลูกข้าวเจ้าพันธุ์ กข 41 หลังจากการปลูกถั่วเขียวทั้ง3 กรรมวิธี พบว่า แปลงที่เคยปลูกถั่วเขียวโดยไม่ใส่ N P K และไม่คลุกไรโซเบียมเมื่อปลูกข้าวโดยการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน 50 % ให้ผลตอบแทนที่ไม่คุ้มค่าแก่การลงทุนโดยให้ค่า VCR 0.81 แปลงที่เคยปลูกถั่วเขียวโดยใส่ N P K แต่ไม่คลุกไรโซเบียมเมื่อปลูกข้าวโดยการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน 50 % ให้ผลตอบแทนที่คุ้มค่าแก่การลงทุนโดยให้ค่า VCR 3.51 และแปลงที่เคยปลูกถั่วเขียวใส่โดยการใส่ P K ร่วมกับการเมล็ดด้วยปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมเมื่อปลูกข้าวโดยมีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน 100% ของอัตราแนะนำตามค่าวิเคราะห์ดิน ให้ผลตอบแทนที่ไม่คุ้มค่าแก่การลงทุนโดยให้ค่า VCR 1.88 (ตารางที่ 11)

ตารางที่ 11 ผลผลิตข้าว ผลผลิตข้าวที่เพิ่มขึ้น รายได้ ค่าใช้จ่ายปุ๋ย และอัตราส่วนรายได้ที่เพิ่มขึ้นจากการใช้ปุ๋ยต่อรายจ่ายจากการใช้ปุ๋ย (value cost ratio :VCR) ของการปลูกถั่วเขียวตามด้วยข้าวเจ้าพันธุ์ กข 41 ด้วยกรรมวิธีต่าง ๆ ในดินร่วนปนเหนียวถึงดินเหนียว จังหวัดชัยนาท

กรรมวิธี	ผลผลิต (กิโลกรัม/ไร่)	ผลผลิตที่เพิ่มขึ้น (บาท/ไร่)	รายได้[1/] (บาท/ไร่)	รายได้ที่เพิ่มขึ้นจากการใช้ปุ๋ย (บาท/ไร่)	รายจ่ายจากการใช้ปุ๋ย [2/] (บาท/ไร่)	VCR
1. ถั่วเขียวไม่ใส่ N P K	243.75	-	6,338	-	0	-
2. ถั่วเขียวใส่ N P K	234.50	-9.25	6,097	-241	235	-1.03
3. ถั่วเขียวใส่ P K และคลุกไรโซเบียม	222.50	-21.25	5,785	-553	233	-2.37
1. แปลงถั่วเขียวไม่ใส่ N P K และไม่คลุกไรโซเบียม						
1.1 ข้าว + N 0%	715	-	3,575	-	0	-
1.2 ข้าว + N 25%	779.5	64.5	3,897.5	322.5	77	4.19
1.3 ข้าว + N 50%	740	25	3,700	125	154	0.81
1.4 ข้าว + N 100%	865	150	4,325	750	308	2.44
2. แปลงถั่วเขียวใส่ N P K และไม่คลุกไรโซเบียม						
2.1 ข้าว + N 0%	776	-	3,880	-	0	-
2.2 ข้าว + N 25%	794.5	18.5	3,972	92	77	1.19
2.3 ข้าว + N 50%	884	108	4,420	540	154	3.51
2.4 ข้าว + N 100%	803.5	27.5	4,017.5	137.5	308	0.45
3. แปลงถั่วเขียวใส่ P K และคลุกไรโซเบียม						
3.1 ข้าว + N 0%	694.5	-	3,472.5	-	0	-
3.2 ข้าว + N 25%	740	45.5	3,700	227.5	77	9.45
3.3 ข้าว + N 50%	805	110.5	4,025	552.5	154	2.95
3.4 ข้าว + N 100%	810.5	116	4,052	579.5	308	1.88

[1/] ถั่วเหลือง ราคา 17 บาทต่อกิโลกรัม ข้าวเจ้าพันธุ์ กข 41 ราคา 5 บาทต่อกิโลกรัม

[2/] ราคาปุ๋ยเคมี ดังนี้ 46-0-0 กก.ละ 11.86 บาท 0-46-0 กก.ละ 21 บาท 0-0-60 กก.ละ 12.68 บาท
ราคาปุ๋ยชีวภาพ ดังนี้ ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม ถุงละ 25 บาท (อัตราการใช้คลุกเมล็ดก่อนปลูก 1 ถุงต่อไร่)

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

การใส่ปุ๋ยฟอสเฟตและปุ๋ยโพแทชตามค่าวิเคราะห์ดินและคลุกเมล็ดถั่วลิสงด้วยปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของลำต้นถั่วลิสงมีค่ามากที่สุด และมีแนวโน้มให้น้ำหนักต้นสดและผลผลิตต่อไร่สูงกว่าทุกกรรมวิธี นอกจากนี้ยังให้ค่า VCR สูงที่สุด การสะสมฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมในเมล็ด ต้นและใบ พบมากที่สุดในกรรมวิธีที่ 2 ใส่ปุ๋ย N-P-K ในเปลือกฝัก และราก พบมากที่สุดในกรรมวิธีที่ 3 ใส่ปุ๋ย P-K และใส่ไรโซเบียม

การเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวหอมมะลิ 105 ที่ปลูกตามกรรมวิธีต่าง ความสูงต้นข้าว จำนวนเมล็ดดีต่อรวง เปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบ และน้ำหนักสดต้นและใบ ของกรรมวิธีที่มีการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนร้อยละ 50 ของอัตรแนะนำ มีค่ามากที่สุด กรรมวิธีที่ไม่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนให้น้ำหนัก 100 เมล็ดมากที่สุด ส่วนกรรมวิธีใช้ปุ๋ยไนโตรเจนร้อยละ 25 ของอัตราแนะนำให้ผลผลิตต่อไร่สูงที่สุด นอกจากนี้ยังพบว่าทุกกรรมวิธีมีจำนวนต้นต่อกอ จำนวนรวงต่อกอ ที่ 1 ต้น และ 1 รวง ตามลำดับ

การวิเคราะห์ผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์ โดยใช้อัตราส่วนระหว่างรายได้ที่เพิ่มขึ้นจากการใช้ปุ๋ยต่อรายจ่ายจากการใช้ปุ๋ย หรือค่า Value to Cost Ratio (VCR) พบว่า การปลูกถั่วลิสงปีแรก ในทุกกรรมวิธีให้ผลตอบแทนที่ไม่คุ้มค่าแก่การลงทุน เนื่องจากมีค่า VCR สูงสุดเพียง 0.91 ในกรรมวิธีปลูกถั่วลิสงใส่ปุ๋ย P K และใส่ไรโซเบียม ส่วนการปลูกข้าวหอมดอกมะลิ 105 ในทุกกรรมวิธีให้ผลตอบแทนที่ไม่คุ้มค่าแก่การลงทุน เนื่องจากมีค่า VCR สูงสุดเพียง 0.35 ในกรรมวิธีปลูกถั่วลิสงไม่ใส่ปุ๋ย NPK ไม่ใส่ไรโซเบียม และใส่ปุ๋ยไนโตรเจนร้อยละ 25 ตามค่าวิเคราะห์ดิน

การใส่ปุ๋ยฟอสเฟตและปุ๋ยโพแทชตามค่าวิเคราะห์ดินและคลุกเมล็ดถั่วเหลืองด้วยปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม มีผลให้น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของปม และน้ำหนักสดของลำต้นถั่วเหลืองมีค่ามากที่สุด ส่วนความสูงต้น จำนวนฝักต่อต้น จำนวนเมล็ดต่อต้น น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของต้น ราก เปลือกฝัก และเมล็ด รวมถึงน้ำหนักต้นสดต่อไร่ และผลผลิตต่อไร่ในแต่ละกรรมวิธีไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ การใส่ปุ๋ย N-P-K ตามค่าวิเคราะห์ดินสำหรับการปลูกถั่วทำให้ไนโตรเจนทั้งหมดและแมกนีเซียมทั้งหมดในเมล็ดถั่วเหลืองมีค่ามากที่สุด ส่วนฟอสฟอรัสทั้งหมดในเปลือกฝักของกรรมวิธีที่ไม่ใส่ปุ๋ยเคมีและกรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยฟอสเฟตและปุ๋ยโพแทชร่วมกับปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมมีมากกว่ากรรมวิธีที่ใส่ N-P-K ในขณะที่การใส่ปุ๋ยฟอสเฟตและปุ๋ยโพแทชร่วมกับปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมทำให้โพแทสเซียมทั้งหมดในรากและแคลเซียมทั้งหมดในต้นใบมีค่ามากที่สุด

ความสูงของต้นข้าว จำนวนต้นต่อกอ และจำนวนรวงต่อกอ ในทุกกรรมวิธีที่เป็นผลจากการจัดการปุ๋ยในการผลิตถั่วเหลืองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ การปลูกถั่วเหลืองปีแรกโดยการใส่ปุ๋ย N-P-K หรือการใส่ปุ๋ย P-K ร่วมกับปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมให้ผลตอบแทนที่ไม่คุ้มค่าแก่การลงทุนในดินร่วนปนทรายของศูนย์วิจัยพืชไร่เชียงใหม่ ส่วนการปลูกข้าวเหนียวพันธุ์สันป่าตอง 1 หลังจากการปลูกถั่วเหลืองแบบไม่ใส่ปุ๋ยเคมีและไม่คลุกไรโซเบียม โดยใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในนาข้าวเพียง 50% ของอัตราแนะนำตามค่าวิเคราะห์ดินมีค่า VCR เท่ากับ 2.09 จึงให้ผลตอบแทนคุ้มค่าแก่การลงทุน

การใส่ปุ๋ยฟอสเฟตและปุ๋ยโพแทชตามค่าวิเคราะห์ดินและคลุกเมล็ดถั่วเขียวด้วยปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม มีผลให้น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของปม และน้ำหนักสดของลำต้นถั่วเขียวมีค่ามากที่สุด ส่วน ความสูงต้น จำนวนฝักต่อต้น จำนวนเมล็ดต่อต้น น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของ ราก เปลือกฝัก และเมล็ด รวมถึงน้ำหนักต้นสดต่อไร่ และผลผลิตต่อไร่ในแต่ละกรรมวิธีไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ การใส่ปุ๋ย P-K ตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับการใส่ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมสำหรับการปลูกถั่วทำให้ไนโตรเจนทั้งหมดในเมล็ดมีค่ามากที่สุด ส่วนฟอสฟอรัส โพแทสเซียม และแมกนีเซียมในเมล็ด ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ในขณะที่แคลเซียมในเมล็ดของกรรมวิธีที่ไม่มีการใส่ปุ๋ย มีค่าน้อยกว่ากรรมวิธีที่มีการใส่ปุ๋ย อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โพแทสเซียมทั้งหมดในรากและแคลเซียมทั้งหมดในต้น + ใบของกรรมวิธีการใส่ปุ๋ยปุ๋ย P-K ตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับการใส่ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมมีค่ามากที่สุด

ความสูงของต้นข้าว จำนวนต้นต่อกอ และจำนวนรวงต่อกอ ในทุกกรรมวิธีที่เป็นผลจากการจัดการปุ๋ยในการผลิตถั่วเขียวไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ การปลูกถั่วเขียวปีแรกโดยการใส่ปุ๋ย N-P-K หรือการใส่ปุ๋ย P-K ร่วมกับปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมให้ผลตอบแทนที่ไม่คุ้มค่าแก่การลงทุนในดินร่วนปนเหนียวถึงดินเหนียวของศูนย์วิจัยพืชไร่ชัยนาท ส่วนการปลูกข้าวเจ้าพันธุ์ กข 41 หลังจากการปลูกถั่วเขียวทั้ง 3 กรรมวิธีให้ผลตอบแทนที่คุ้มค่าแก่การลงทุนโดยขึ้นอยู่กับการจัดการปุ๋ยไนโตรเจนการปลูกข้าว ซึ่งกรรมวิธีที่ให้ผลตอบแทนที่คุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์มากทร่สุดได้แก่ แปลงที่เคยปลูกถั่วเขียวใส่โดยการใส่ P K ร่วมกับการเมล็ดด้วยปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมเมื่อปลูกข้าวโดยมีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน 25% ของอัตราแนะนำตามค่าวิเคราะห์ดินมีค่า VCR 9.45

ตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับการใส่ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมสำหรับการปลูกถั่วทำให้ไนโตรเจนทั้งหมดในเมล็ดมีค่ามากที่สุด ส่วนฟอสฟอรัส โพแทสเซียม และแมกนีเซียมในเมล็ด ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ในขณะที่ แคลเซียมในเมล็ดของกรรมวิธีที่ไม่มีการใส่ปุ๋ย มีค่าน้อยกว่ากรรมวิธีที่มีการใส่ปุ๋ย อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โพแทสเซียมทั้งหมดในรากและแคลเซียมทั้งหมดในต้น + ใบของกรรมวิธีการใส่ปุ๋ยปุ๋ย P-K ตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับการใส่ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมมีค่ามากที่สุด

ความสูงของต้นข้าว จำนวนต้นต่อกอ และจำนวนรวงต่อกอ ในทุกกรรมวิธีที่เป็นผลจากการจัดการปุ๋ยในการผลิตถั่วเขียวไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ การปลูกถั่วเขียวปีแรกโดยการใส่ปุ๋ย N-P-K หรือการใส่ปุ๋ย P-K ร่วมกับปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมให้ผลตอบแทนที่ไม่คุ้มค่าแก่การลงทุนในดินร่วนปนเหนียวถึงดินเหนียวของศูนย์วิจัยพืชไร่ชัยนาท ส่วนการปลูกข้าวเจ้าพันธุ์ กข 41 หลังจากการปลูกถั่วเขียวทั้ง 3 กรรมวิธีให้ผลตอบแทนที่คุ้มค่าแก่การลงทุนโดยขึ้นอยู่กับการจัดการปุ๋ยไนโตรเจนการปลูกข้าว ซึ่งกรรมวิธีที่ให้ผลตอบแทนที่คุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์มากทร่สุดได้แก่ แปลงที่เคยปลูกถั่วเขียวใส่โดยการใส่ P K ร่วมกับการเมล็ดด้วยปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมเมื่อปลูกข้าวโดยมีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน 25% ของอัตราแนะนำตามค่าวิเคราะห์ดินมีค่า VCR 9.45

การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

การทดลองนี้เป็นการทดลองเพียงหนึ่งปี เนื่องจากจำเป็นต้องย้ายการทดลองไปอยู่ภายใต้แผนบูรณาการวิจัยและนวัตกรรมพืชตระกูลถั่วเพื่อเพิ่มศักยภาพการแข่งขันและความมั่นคงทางอาหาร ในปี 2562-2564 โครงการวิจัยนี้จึงต้องยุติในปี 2561 ผลที่ได้จึงยังมีความแปรผัน ดังนั้นจึงต้องทำการทดลองซ้ำไปแปลงเดิมเพื่อยืนยันผลในปีที่ 2 จึงจะสามารถสรุปผลในขั้นแปลงทดสอบได้

บรรณานุกรม

กลุ่มวิจัยปฐพีวิทยา. กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร. 2561. *การใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินในการผลิตข้าว* [แผ่นพับ]. กรุงเพทฯ: กรมวิชาการเกษตร.

พรรณภัทร ใจเอื้อ. 2552. *การพัฒนารูปแบบเครือข่ายโรงเรียนชาวนาจังหวัดนครสวรรค์เพื่อการจัดการความรู้แบบมีส่วนร่วมอย่างยั่งยืน,* สาขาสังคมวิทยา (การพัฒนาชุมชน), คณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์.

Pervaiz Z., Hussain K., Kazmi S.S.H. and Gill K.H. 2004. Agronomic efficiency of different N:P ratios in rain fed wheat. *International Journal of Agriculture & Biology* 6(3): 455–457.