การศึกษาผลของการจัดการปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมในระบบการปลูกถั่วเขียวหลังนาต่ออัตราการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนในนาข้าวในดินร่วนปนเหนียวถึงดินเหนียว จังหวัดชัยนาท

Study on the effects of chemical fertilizer and rhizobium biofertilizer management in cropping system mung bean-rice on nitrogen fertilizer application rates for rice cultivation in clay loam to clay soil at Chainat province

จิตรา เกาะแก้ว *มนต์ชัย มนัสสิลา* *กิจเมฆ แจ้งศิริกุล*
อมรรัตน์ ใจยะเสน *วิลัยรัตน์ แป้นแก้ว*
Jitra Kokaew *Monchai Manassila* *Kitjamate Jangsirikul*
Amornrat Chaiyasen *Wilairat Pankaew*

กลุ่มวิจัยปฐพีวิทยา กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร

ABSTRACT

The effect of chemical fertilizer and rhizobium biofertilizer management in the system of mung bean-rice cultivation on nitrogen fertilizer usage rates in rice field was studied in clay loam to clay soil at Chai Nat Field Crops Research Center. Chai Nat 84-1 mung bean varieties was cultivated and harvested in 2019-2021 as a guideline for fertilizer management in mung bean-rice cultivation system. Split plot experimental design with 4 replicates was used. The main plot factor was the management of chemical fertilizers and rhizobium biofertilizer in mung bean cultivation are; 1) no chemical fertilizers (N-P-K) and rhizobium biofertilizer, 2) chemical fertilizer (N-P-K) according to soil analysis without rhizobium biofertilizer, 3) phosphate and potash fertilizer according to soil analysis (P-K) and rhizobium biofertilizer. The subplot factor was the use of nitrogen fertilizer at the recommended rate according to soil analysis in the rice field with 4 rates (0, 6.5, 13, and 26 kg N per rai).

The application of 3 kg of phosphate and potash fertilizer/rai according to soil analysis and rhizobium biofertilizer showed highest nitrogen fixation, number of nodules, fresh and dry weight of nodules. There was no significant difference between treatment in yield per rai for all 3 years of plantation. Nitrogen balance analysis after mung bean residues plowing for all 3 years of plantation revealed that the per rai combined with rhizobium biofertilizer. Causing nitrogen in the area to have a deficit of 2.06 and 2.03 kilogram N per rai of fertilizer. The nitrogen balance after planting and rice residue plowing showed that rice planting without nitrogen fertilizer in mung bean planting area without fertilizer application and mung bean planting with chemical fertilizer at the rate of 0-3-3 kg N-P_2O_5- K_2O per rai combined with rhizobium biofertilizer causing nitrogen in the area to have a deficit of 0.52 and 0.69 kg N per rai of fertilizer. An analysis of value to cost ratio (VCR) found that every treatment of mung bean cultivation gave a low return on investment. The cultivation of rice varieties RD 41 after planting mung bean, found that rice cultivation with chemical fertilizer application at the rate of 6.5-0-0 kg N-P_2O_5-K_2O per rai in mung bean

planting area with fertilizer application yielded a return on investment with VCR value of 4.92 and 3.95 respectively. In addition, it was found that rice cultivation with chemical fertilizer application at the rate of 13-0-0 kg $N\text{-}P_2O_5\text{-}K_2O$ per rai in mung bean planting area with 3-3-3 kg of $N\text{-}P_2O_5\text{-}K_2O$ fertilizer per rai was also provides a good return on investment with a VCR value of 3.37

Keywords : Mung bean, Biofertilizer, rhizobium, N balance

บทคัดย่อ

ศึกษาผลของการจัดการปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมในระบบการปลูกถั่วเขียวหลังนาต่ออัตราการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนในนาข้าวของดินร่วนปนเหนียวถึงดินเหนียวที่ศูนย์วิจัยพืชไร่ชัยนาท เพื่อเป็นแนวทางในการจัดการปุ๋ยในระบบการปลูกถั่วเขียวหลังนา วางแผนการทดลองแบบ Split plot มี 4 ซ้ำ ปัจจัยหลัก คือ การจัดการปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมในระบบการปลูกถั่วหลังนา 3 กรรมวิธี ได้แก่ ไม่ใส่ปุ๋ย ใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 3-3-3 กิโลกรัม $N\text{-}P_2O_5\text{-}K_2O$ ต่อไร่ และใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 0-3-3 กิโลกรัม $N\text{-}P_2O_5\text{-}K_2O$ ต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม ปัจจัยรอง คือ การใช้ปุ๋ยไนโตรเจนในนาข้าว 4 อัตรา ได้แก่ 0 6.5 13 และ26 กิโลกรัม N ต่อไร่

ผลการทดลองพบว่ากรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 0-3-3 กิโลกรัม $N\text{-}P_2O_5\text{-}K_2O$ ต่อไร่ร่วมกับปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมมีผลให้จำนวนปม น้ำหนักสดปม น้ำหนักแห้งปม และค่าการตรึงไนโตรเจนของถั่วเขียวมีค่าสูงที่สุด อย่างไรก็ตามพบว่าผลผลิตเมล็ดและน้ำหนักผลผลิตต่อไร่ของถั่วเขียวที่ปลูกทั้ง 3 ปี ไม่มีความแตกต่างทางสถิติในทุก ๆ กรรมวิธี การวิเคราะห์สมดุลธาตุไนโตรเจนหลังการปลูกถั่วเขียวและไถกลบเศษซากถั่วเขียวทั้ง 3 ปี พบว่ากรรมวิธีที่ไม่มีการใส่ปุ๋ยและกรรมวิธีการใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 0-3-3 กิโลกรัม $N\text{-}P_2O_5\text{-}K_2O$ ต่อไร่ร่วมกับปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม ทำให้ธาตุไนโตรเจนในพื้นที่มีค่าขาดดุลคิดเป็นเนื้อปุ๋ย 2.06 และ 2.03 กิโลกรัม N ต่อไร่ สมดุลของธาตุไนโตรเจนหลังการปลูกและไถกลบเศษซากข้าวพบว่าการปลูกข้าวโดยไม่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในพื้นที่ปลูกถั่วที่ไม่มีการใส่ปุ๋ยและพื้นที่ปลูกถั่วที่ใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 0-3-3 กิโลกรัม $N\text{-}P_2O_5\text{-}K_2O$ ต่อไร่ร่วมกับปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม ทำให้ธาตุไนโตรเจนในพื้นที่มีค่าขาดดุลคิดเป็นเนื้อปุ๋ย 0.52 และ 0.69 กิโลกรัม N ต่อไร่ การวิเคราะห์อัตราส่วนระหว่างรายได้ที่เพิ่มขึ้นจากการใช้ปุ๋ยต่อรายจ่ายจากการใช้ปุ๋ย (VCR) พบว่าการปลูกถั่วเขียวทุก ๆ กรรมวิธีให้ผลตอบแทนที่ไม่คุ้มค่าแก่การลงทุน การปลูกข้าวเจ้าพันธุ์ กข 41 หลังจากการปลูกถั่วเขียว พบว่าการปลูกข้าวด้วยการใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 6.5-0-0 กิโลกรัม $N\text{-}P_2O_5\text{-}K_2O$ ต่อไร่ ในพื้นที่ปลูกถั่วเขียวที่มีการใส่ปุ๋ยให้ผลตอบแทนที่คุ้มค่าต่อการลงทุนโดยให้ค่า VCR เท่ากับ 4.92 และ 3.95 ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่าการปลูกข้าวด้วยการใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 13-0-0 กิโลกรัม $N\text{-}P_2O_5\text{-}K_2O$ ต่อไร่ ในพื้นที่ปลูกถั่วเขียวที่มีการใส่ปุ๋ย 3-3-3 กิโลกรัม $N\text{-}P_2O_5\text{-}K_2O$ ต่อไร่ ให้ผลตอบแทนที่คุ้มค่าต่อการลงทุนโดยให้ค่า VCR เท่ากับ 3.37

คำสำคัญ : ถั่วเขียว ปุ๋ยชีวภาพ ไรโซเบียม สมดุลไนโตรเจน

คำนำ

ปัจจุบันการผลิตพืชโดยรวมมีแนวโน้มการใช้ปุ๋ยเคมีเพิ่มมากขึ้นจาก 3.88 – 3.89 ล้านตันในปี 2546 เป็น 4.32 – 4.40 ล้านตันในปี 2550 หรือมีอัตราเพิ่มเฉลี่ยประมาณร้อยละ 2.73-3.14 (ปิยรัตน์, 2554) สถิติการนำเข้าปุ๋ยยูเรีย (46-0-0) ในช่วงปี พ.ศ. 2552 – 2557 มีประมาณ 2 ล้านตัน คิดเป็นมูลค่า 23,770 ล้านบาท (สำนักควบคุมพืชและวัสดุการเกษตร, 2558) ข้าวเป็นพืชที่มีความต้องการปุ๋ยเคมีมาก เมื่อปลูกข้าวปริมาณไนโตรเจนในดินจะลดลงและสูญเสียไปจากดินหลังการเก็บเกี่ยว โดยติดไปกับผลผลิตและเศษซากพืชที่นำออกไปจากพื้นที่ ถูกชะล้างไปกับน้ำ และสูญหายในรูปของก๊าซแอมโมเนีย (ammonia volatilization) จังหวัดชัยนาทเป็นแหล่งผลิตข้าวที่สำคัญแห่งหนึ่งของประเทศไทย มีพื้นที่ปลูกข้าวนาปี ในปี 2561 - 2562 จำนวน 848,728 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 71.24 ของพื้นที่ทำการการเกษตรทั้งหมด พื้นที่ปลูกข้าวนาปรัง ในปี 2561 เท่ากับ 526,708 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 44.20 ของพื้นที่การเกษตรทั้งหมด (สำนักงานปลัดกระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2562) เกษตรกรสามารถปลูกได้ทั้งข้าวนาปีและนาปรัง การปลูกข้าวนาปี ทำโดยอาศัยน้ำฝนจากธรรมชาติและน้ำชลประทาน

ส่วนนาปรังเกษตรกรจะอาศัยน้ำจากแหล่งน้ำชลประทานและแหล่งน้ำอื่น ๆ จึงทำให้เกษตรกรบางส่วนสามารถปลูกข้าวได้ 2-3 ครั้งต่อปี

การจัดการธาตุอาหารให้เพียงพอต่อความต้องการของข้าว โดยคำนึงถึงสมดุลธาตุอาหารในพื้นที่เป็นหลักเป็นสิ่งสำคัญเพื่อหาแนวทางในการลดต้นทุนการผลิต ลดการใช้ปุ๋ยเคมีที่เกินความต้องการของพืช และเป็นการรักษาคุณภาพของดินอย่างยั่งยืน โดยวิธีที่ช่วยเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดินได้อย่างยั่งยืน คือ การปลูกพืชตระกูลถั่วหมุนเวียนหลังการทำนาข้าว พืชตระกูลถั่วที่นิยมปลูกหลังการทำนาข้าว ได้แก่ ถั่วเขียว ถั่วเหลือง ถั่วลิสง (สมชาย, 2529; สมชาย, 2532) สำหรับพืชตระกูลถั่วที่นิยมปลูกหลังการทำนาข้าวในพื้นที่จังหวัดชัยนาท ได้แก่ ถั่วเขียว เนื่องจากเป็นพืชอายุสั้น ใช้น้ำน้อย (400 ลูกบาศก์เมตรต่อไร่) เมื่อเปรียบเทียบกับการปลูกข้าวและพืชไร่ชนิดอื่น เช่น ถั่วเหลือง (560 ลูกบาศก์เมตรต่อไร่) ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ (800 ลูกบาศก์เมตรต่อไร่) เป็นต้น นอกจากนี้ถั่วเขียวยังสามารถปลูกได้ในทุกสภาพพื้นที่เหมาะสำหรับปลูกในระบบปลูกพืช เช่น ทดแทนข้าวนาปรัง โดยปลูกถั่วเขียวหลังเก็บเกี่ยวข้าวนาปีเพราะสามารถใช้ความชื้นที่เหลืออยู่ในดินภายหลังเก็บเกี่ยวข้าวได้โดยไม่กระทบต่อผลผลิตถั่วเขียวมากนัก และยังเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดินจากการย่อยสลายเศษซากถั่วได้อีกด้วย (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2560) การผลิตถั่วเขียวของเกษตรกรส่วนใหญ่ไม่มีการใส่ปุ๋ยหรือใส่น้อยมาก เป็นเพียงปุ๋ยเกร็ด 25-5-5 กิโลกรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่ โดยใช้ผสมน้ำอัตรา 100 - 250 กรัมต่อน้ำ 20 ลิตร ร่วมกับฮอร์โมนอื่น ๆ ซึ่งมีปริมาณธาตุอาหารน้อยและไม่เพียงพอต่อความต้องการของถั่วเขียว แม้ว่าถั่วเขียวจะเป็นพืชที่สามารถตรึงไนโตรเจนจากอากาศโดยกิจกรรมจุลินทรีย์ไรโซเบียม แต่ในดินนั้นอาจมีไรโซเบียมอยู่น้อยมาก และอาจเป็นไรโซเบียมที่ไม่มีประสิทธิภาพในการตรึงไนโตรเจนจึงเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ผลผลิตถั่วเขียวตกต่ำ

ในปัจจุบันได้มีการนำเชื้อไรโซเบียมมาใช้ในการปลูกพืชตระกูลถั่ว โดยกรมวิชาการเกษตรได้ผลิตปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมสำหรับถั่วเขียว ถั่วเหลือง และถั่วลิสง เพื่อให้เกษตรกรและผู้ที่สนใจนำไปใช้ในการผลิตพืชตระกูลถั่ว และเป็นการสนองนโยบายของรัฐบาลในการลดต้นทุนการผลิตพืชทำให้เกษตรกรหันมาปลูกถั่วกันมากขึ้น อย่างไรก็ตามการส่งเสริมเกษตรกรให้ปลูกถั่วเขียวหลังเก็บเกี่ยวข้าว อาจไม่ประสบผลสำเร็จเนื่องจากเกษตรกรคุ้นชินกับการปลูกข้าวและยังขาดทักษะการปลูกถั่วเขียวซึ่งเป็นพืชไร่ในสภาพนา การปลูกถั่วเขียวร่วมกับการใช้ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมจึงเป็นแนวทางหนึ่งในการเพิ่มผลผลิตถั่วเขียวและสามารถทดแทนการใช้ปุ๋ยเคมีเป็นการลดต้นทุนการผลิตลง จากการประเมินปริมาณไนโตรเจนที่ถั่วชนิดต่าง ๆ ตรึงได้โดยประมาณในสภาพไร่นาพบว่าถั่วเขียวตรึงไนโตรเจนได้ 10 - 55 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่ต่อปี (FAO, 1984) พรพรรณ และคณะ (2554) พบว่าการใช้เชื้อไรโซเบียมเพียงอย่างเดียวสามารถทดแทนการใช้ปุ๋ยเคมีไนโตรเจนได้ และให้ผลตอบแทนเหนือต้นทุนแปรผัน (variable cost) สูงกว่าการใช้ไรโซเบียมร่วมกับปุ๋ยเคมีและปุ๋ยหมัก Crews and Peoples (2004) รายงานว่า การได้รับไนโตรเจนจากพืชตระกูลถั่วมีประสิทธิภาพและยั่งยืนกว่าการได้รับจากปุ๋ยเคมี นันทกรและคณะ (2535) และ Yanni *et al* (2001) ทำการศึกษาความสัมพันธ์ของ *Rhizobium leguminosarum* bv. *trifolii* ต่อรากข้าว พบว่าเชื้อดังกล่าวสามารถเข้าอยู่อาศัยร่วมกับรากข้าวได้และมีการสร้างสาร auxin (indole acetic acid) และ gibberellin ซึ่งเป็นฮอร์โมนกระตุ้นการเจริญของพืชและยังพบว่าเชื้อไรโซเบียมบางสายพันธุ์สามารถสร้างรูปแบบการเจริญได้สามแบบ คือ 1) เซลล์อิสระในดิน 2) อาศัยในปมรากพืชตระกูลถั่วแบบพึ่งพาอาศัย และ 3) ส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชโดยอาศัยภายในราก ธัญพืชที่เป็นพืชหมุนเวียนด้วยกัน การปลูกถั่วเขียวหมุนเวียนหลังการทำนานอกจากให้ประโยชน์ในแง่ธาตุอาหารแล้ว ยังช่วยลดปัญหาการระบาดของศัตรูข้าว สามารถตัดวงจรชีวิตของแมลงศัตรูข้าว โดยเฉพาะเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล ที่ทำความเสียหายแก่ข้าวมากที่สุด (Boonpradub, 2008)

จากงานวิจัยดังกล่าวจะเห็นได้ว่านอกจากเชื้อไรโซเบียมจะสามารถเอื้อประโยชน์ให้กับพืชตระกูลถั่วแล้ว ยังสามารถกระตุ้นการเจริญของพืชพวกธัญพืช เช่น ข้าว ได้เช่นกัน ดังนั้น การนำไรโซเบียมมาใช้กับพืชตระกูลถั่วที่เป็นพืชหมุนเวียนหลังนาข้าวจึงเป็นทางเลือกที่เหมาะสมให้แก่เกษตรกรที่ต้องการลดต้นทุนการผลิตด้วยการลดปุ๋ยไนโตรเจนแต่สามารถเพิ่มผลผลิตข้าว ส่งเสริมการเจริญเติบโตของทั้งข้าวและพืชตระกูลถั่วในเวลาเดียวกัน และยังเป็นวิถีการเกษตรแบบยั่งยืนที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมอีกด้วย การศึกษาสมดุลธาตุไนโตรเจนในการปลูกถั่วหลังนาจึงมีความสำคัญในการตอบข้อสงสัยเกี่ยวกับปริมาณธาตุไนโตรเจนที่ต้องใส่ลงไปในพื้นที่เพาะปลูกทั้งในรูปของปุ๋ยเคมี ปุ๋ยอินทรีย์หรือปุ๋ยชีวภาพ ปริมาณธาตุไนโตรเจนที่จะสูญหายไประหว่างการปลูก และปริมาณธาตุไนโตรเจนที่ใส่กลับลงไปในพื้นที่ปลูกเพื่อเป็นปุ๋ยไนโตรเจนให้แก่การปลูกข้าวนาปีในรอบการปลูกถัดไป ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้เลือกใช้ ถั่วเขียว มาเป็นต้นแบบในการศึกษาสมดุลธาตุไนโตรเจนในระบบการปลูกถั่ว

หลังนาในพื้นที่ดินร่วนปนเหนียวถึงดินเหนียวของพื้นที่ภาคกลาง โดยเลือกศึกษาในพื้นที่จังหวัดชัยนาท ซึ่งเป็นพื้นที่ที่มีการปลูกข้าวอย่างต่อเนื่องตลอดทั้งปี

วิธีดำเนินการ

วิธีการ : วางแผนการทดลอง แบบ Split plot จำนวน 4 ซ้ำ

Main plot คือ การจัดการปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมในระบบการปลูกถั่วหลังนา 3 กรรมวิธี ดังนี้

กรรมวิธีที่ 1 ไม่ใส่ปุ๋ยเคมี (N-P-K) และไม่ใส่ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม

กรรมวิธีที่ 2 ใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 3-3-3 กิโลกรัม $N\text{-}P_2O_5\text{-}K_2O$ ต่อไร่

กรรมวิธีที่ 3 ใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 0-3-3 กิโลกรัม $N\text{-}P_2O_5\text{-}K_2O$ ต่อไร่ และคลุกเมล็ดถั่วด้วยปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม

Sup plot คือ การใช้ปุ๋ยไนโตรเจนในนาข้าว 4 อัตรา ดังนี้

กรรมวิธีที่ 1 ไม่ใส่ปุ๋ย

กรรมวิธีที่ 2 ใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 6.5-0-0 กิโลกรัม $N\text{-}P_2O_5\text{-}K_2O$ ต่อไร่

กรรมวิธีที่ 3 ใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 13-0-0 กิโลกรัม $N\text{-}P_2O_5\text{-}K_2O$ ต่อไร่

กรรมวิธีที่ 4 ใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 26-0-0 กิโลกรัม $N\text{-}P_2O_5\text{-}K_2O$ ต่อไร่

วิธีปฏิบัติการทดลอง ดำเนินการปลูกถั่วเขียวพันธุ์ชัยนาท 84-1 และข้าวเจ้าพันธุ์ กข. 41 ในแปลงนาทดลองของศูนย์วิจัยพืชไร่ชัยนาท จังหวัดชัยนาท

การปลูกถั่วเขียวและการบันทึกข้อมูล

1. เก็บตัวอย่างดินรวมในพื้นที่ก่อนทำการทดลองที่ระดับความลึก 0-20 เซนติเมตร นำมาวิเคราะห์ปริมาณเชื้อไรโซเบียมในดิน รวมทั้งวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและเคมีของดินก่อนการทดลอง ได้แก่

- วิเคราะห์เนื้อดิน โดยวิธี Hydrometer method
- วิเคราะห์pH ใช้อัตราส่วนดินต่อน้ำเท่ากับ 1:1
- วิเคราะห์อินทรียวัตถุโดยวิธีของ Walkley and Black method
- วิเคราะห์ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์โดยวิธี Bray II แล้ววิเคราะห์การเกิดสีด้วยวิธี molybdate ascorbic acid
- โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้โดย NH_4OAc, pH 7 (กรมวิชาการเกษตร, 2544)

2. เริ่มปลูกถั่วเขียวเดือนมกราคมในแปลงย่อยขนาด 10 x 10 เมตร ตามกรรมวิธีของ Main plot ปลูกถั่วเขียวแบบเป็นแถวคู่บนสันร่อง ระยะระหว่างแถว 50 เซนติเมตร ระยะระหว่างต้น 10 เซนติเมตร จำนวน 2 ต้นต่อหลุม

3. ใส่ปุ๋ยตามกรรมวิธีต่าง ๆ ในกรรมวิธีที่มีการใส่ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมให้คลุกเมล็ดถั่วเขียว อัตรา 3 – 5 กิโลกรัมด้วยปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมสำหรับถั่วเขียว 200 กรัม และในกรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยเคมี ใส่ตามค่าวิเคราะห์ดินให้ได้ปริมาณธาตุอาหาร $N\text{-}P_2O_5\text{-}K_2O$ เท่ากับ 3-3-3 กิโลกรัม ต่อไร่ โดยใส่รองก้นหลุมพร้อมปลูก จากนั้นยันทึกวันงอก วันออกดอก

4. เก็บเกี่ยวถั่วเขียวในเดือนมีนาคม พื้นที่เก็บเกี่ยวขนาด 8 x 8 เมตร บันทึกวันเก็บเกี่ยว ข้อมูลความสูง ณ วันออกดอก และองค์ประกอบผลผลิต ได้แก่ จำนวนฝักต่อต้น จำนวนเมล็ดต่อฝัก น้ำหนัก 100 เมล็ดที่ระดับความชื้น 15 เปอร์เซ็นต์ น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของต้นใบ และฝักถั่วเขียวในพื้นที่เก็บเกี่ยว น้ำหนักปมและจำนวนปมรากถั่ว

5. สุ่มตัวอย่างต้นใบ และฝัก (เมล็ดและเปลือกฝัก) ถั่วเขียว 10 ต้นต่อแปลง เพื่อนำมาวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารและทำการการบันทึกข้อมูลน้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง การวิเคราะห์ธาตุอาหารในส่วนต่าง ๆ ของถั่วเขียว แบ่งเป็น 4 ส่วน ได้แก่ ต้นใบ เปลือกฝัก เมล็ด และราก เมื่อเก็บเกี่ยวผลผลิตแล้วทำการไถกลบต้นถั่วและปล่อยให้ต้นถั่วเขียวย่อยสลาย

การปลูกข้าวและการบันทึกข้อมูล

1. เก็บตัวอย่างดินก่อนปลูกข้าว ที่ระดับความลึก 20 เซนติเมตรจากผิวดิน มาวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของดิน ได้แก่ อินทรียวัตถุ ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ และตรวจนับปริมาณเชื้อไรโซเบียมในดิน

2. ปลูกข้าวเดือนมิถุนายนในแปลงย่อยขนาด 5 x 5 เมตร

3. ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนตามกรรมวิธีของ Sub plot ปลูกข้าวแบบหว่าน จำนวนเมล็ด 20 กิโลกรัมต่อไร่ บันทึกข้อมูลการใช้ปัจจัยการผลิตทั้งหมด (ปุ๋ยเคมี สารกำจัดศัตรูพืช ฯลฯ) ตลอดช่วงการปลูกข้าว

4. เก็บเกี่ยวข้าวในพื้นที่เก็บเกี่ยวขนาด 4 x 4 เมตร บันทึกวันเก็บเกี่ยว ข้อมูลความสูง จำนวนต้นต่อกอ จำนวนรวงต่อกอ จำนวนเมล็ดดีต่อรวง จำนวนเมล็ดลีบต่อรวง น้ำหนักแห้งต้น น้ำหนักแห้งราก น้ำหนัก 100 เมล็ด และน้ำหนักเมล็ดที่ระดับความชื้น 14 เปอร์เซ็นต์

5. สุ่มตัวอย่างต้น และรวงข้าว 4 ต้นต่อแปลงย่อย เพื่อนำมาวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหาร และทำการการบันทึกข้อมูลน้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง การวิเคราะห์ธาตุอาหารในส่วนต่าง ๆ ของข้าว แบ่งเป็น 3 ส่วน ได้แก่ ต้นใบ เมล็ด และราก เมื่อเก็บเกี่ยวผลผลิตแล้วทำการไถกลบต้นข้าวและปล่อยให้ต้นข้าวย่อยสลาย

6. เก็บตัวอย่างดินหลังเก็บเกี่ยวข้าว ที่ระดับความลึก 0 – 20 เซนติเมตรจากผิวดิน มาวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของดิน และวิเคราะห์ปริมาณเชื้อไรโซเบียมในดิน

ผลการทดลองและวิจารณ์

สภาพภูมิอากาศระหว่างปลูกพืช

ภูมิอากาศระหว่างปลูกถั่วเดือนมกราคม – เมษายน ปี 2562 - 2564

สภาพภูมิอากาศรายสัปดาห์เดือนมกราคม-เมษายน ปี 2562 พบว่า อุณหภูมิเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 25.72 – 33.50 องศาเซลเซียส ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 0 – 18.74 มิลลิเมตร และความชื้นสัมพัทธ์อยู่ระหว่าง 65.32 – 76.32 เปอร์เซ็นต์ ปี 2563 อุณหภูมิเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 25.76 – 31.50 องศาเซลเซียส ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 0 – 10.94 มิลลิเมตร และความชื้นสัมพัทธ์อยู่ระหว่าง 49.43-74.00 เปอร์เซ็นต์ ปี 2564 อุณหภูมิเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 22.37 – 31.41 องศาเซลเซียส ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 0 – 18.29 มิลลิเมตร และความชื้นสัมพัทธ์อยู่ระหว่าง 60.99-79.88 เปอร์เซ็นต์

ภูมิอากาศระหว่างปลูกข้าวเดือนกรกฎาคม – ตุลาคม ปี 2562 และ 2564

สภาพภูมิอากาศรายสัปดาห์เดือนกรกฎาคม – ตุลาคม ปี 2562 อุณหภูมิเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 28.44 – 30.86 องศาเซลเซียส ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 0 – 18.40 มิลลิเมตร และความชื้นสัมพัทธ์อยู่ระหว่าง 76.34 – 85.91 เปอร์เซ็นต์ ปี 2563 พบว่า อุณหภูมิเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 24.33 – 29.09 องศาเซลเซียส ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 0 – 12.06 มิลลิเมตร และความชื้นสัมพัทธ์อยู่ระหว่าง 71.00 – 94.71 เปอร์เซ็นต์ ปี 2564 อุณหภูมิเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 25.11 – 30.33 องศาเซลเซียส ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 0 – 17.69 มิลลิเมตร และความชื้นสัมพัทธ์อยู่ระหว่าง 70.41-95.14 เปอร์เซ็นต์

การเปลี่ยนแปลงสมบัติของดินในพื้นที่ปลูก

เมื่อวิเคราะห์เนื้อดินในแปลงทดสอบ พบว่าเป็นดินร่วนเหนียวถึงดินเหนียวการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของดินก่อนการปลูกถั่วเหลืองและข้าวในแต่ละปีที่ทำการเพาะปลูก พบว่า ในปี 2562-2564 ปริมาณอินทรียวัตถุในดินก่อนเพาะปลูกถั่ว-ข้าวในแต่ละกรรมวิธีภายในแต่ละปีไม่มีความแตกต่างกันมากนัก เมื่อพิจารณาทั้ง 3 ปีร่วมกัน พบว่า ปริมาณอินทรียวัตถุในดิน (เฉลี่ยในทุกกรรมวิธี) ก่อนปลูกถั่วในปี 2562 มีค่ามากที่สุด เท่ากับ 1.56 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือปริมาณอินทรียวัตถุในดินก่อนปลูกข้าวปี 2562 ปริมาณอินทรียวัตถุโดยเฉลี่ยทั้ง 3 ปี มีค่าอยู่ในระดับต่ำจนถึงปานกลางเท่ากับ 0.99 – 1.56 เปอร์เซ็นต์ (Figure 1) การวิเคราะห์ปริมาณอินทรียวัตถุในดินทั้ง 3 ปี ชี้ให้เห็นว่ามีการสะสมปริมาณอินทรียวัตถุในดินเพิ่มขึ้นเมื่อมีการไถกลบเศษซากพืชอย่างต่อเนื่องในแต่ละฤดูการปลูกข้าว-ถั่วเขียว ซึ่งให้ผลเช่นเดียวกันกับงานวิจัยของ Sadeghi and Bahrani (2009) ที่ทดสอบผลของการไถกลบเศษซากพืชร่วมกับการใช้ปุ๋ยเคมีไนโตรเจนต่อผลผลิตข้าวสาลี ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินเฉลี่ยทั้ง 3 ปี อยู่ในระดับปานกลางถึงสูงเท่ากับ 20.35 – 32.88 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้เฉลี่ยทั้ง 3 ปี อยู่ในระดับสูงเท่ากับ 72.41 – 133.42 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (Figure 2)

ปริมาณเชื้อไรโซเบียมในดินก่อนการปลูกถั่วเขียวและข้าวในช่วงปี 2562-2564 มีค่าอยู่ระหว่าง 3.5 – 184.98 เซลล์ต่อกรัมของดินแห้ง ซึ่งเป็นค่าปกติในดินทั่วไปที่มีเชื้อไรโซเบียมในปริมาณต่ำ กรมวิชาการเกษตรแนะนำให้มีการคลุกเมล็ดด้วยปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมก่อนปลูกพืชตระกูลถั่ว เพื่อเพิ่มโอกาสให้ไรโซเบียมเข้าสู่รากถั่วได้มากขึ้นเมื่อเมล็ดงอก การปลูกพืชตระกูลถั่วโดยทั่วไปค่าวิเคราะห์ดินที่มีปริมาณอินทรียวัตถุระหว่าง 1 – 2 เปอร์เซ็นต์ ในกรณีที่ไม่ใช้ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมควรใส่ปุ๋ย N อัตรา 9 – 15 กิโลกรัมต่อไร่ ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์มากกว่า 12 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ควรใส่ปุ๋ย P_2O_5 อัตรา 3 กิโลกรัมต่อไร่ และ โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้มากกว่า 80 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ไม่ต้องใส่ปุ๋ย K_2O ส่วนการปลูกข้าวไม่ไวแสง เมื่อนำปริมาณธาตุอาหารในดินไปคำนวณการใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินพบว่าต้องใส่ปุ๋ย 46-0-0 ครั้งที่ 2 ในระยะกำเนิดช่อดอก อัตรา 26 กิโลกรัมต่อไร่ (กรมวิชาการเกษตร, 2553)

ผลของการจัดการปุ๋ยต่อการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของถั่วเขียวพันธุ์ชัยนาท 84-1

จำนวนปมรากถั่วเขียวในกรรมวิธีที่ไม่ใส่ปุ๋ย (-NPK) มีปริมาณน้อยที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน (+NPK) และกรรมวิธีการใส่ปุ๋ยฟอสเฟตและปุ๋ยโพแทชตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับการคลุกเมล็ดถั่วด้วยปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม (PK+Rhizobium) (Figure 3) อย่างไรก็ตามพบว่าในปี 2563 ไม่พบการสร้างปมรากถั่วเขียวในทุกกรรมวิธี เนื่องจากเมื่อปลูกเสร็จมีการให้น้ำที่ล่าช้า ดินมีความชื้นต่ำและอุณหภูมิสูง ค่าการตรึงไนโตรเจนของทุก ๆ กรรมวิธีในแต่ละปีไม่มีความแตกต่างทางสถิติ และมีค่าอยู่ระหว่าง 0.59 – 17.65 ไมโครโมลล์เอทิลีนต่อต้นต่อชั่วโมง (Figure 4) ความสูงของต้น จำนวนฝักต่อต้น จำนวนเมล็ดต่อฝัก น้ำหนัก 100 เมล็ด และน้ำหนักผลผลิตเมล็ดของกรรมวิธีการใส่ปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมทั้ง 3 ปี ไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับกรรมวิธีควบคุม ในปี 2562 และ 2564 พบว่าจำนวนปมของถั่วเขียวที่ปลูกโดยการใส่ปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยชีวภาพ ไรโซเบียมมีจำนวนปม น้ำหนักสดปมและน้ำหนักแห้งปมที่แตกต่างทางสถิติกับกรรมวิธีควบคุมทั้ง 2 ปี การใช้ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมในครั้งนี้อาจไม่ประสบความสำเร็จเพราะปัจจัยด้านสภาพแวดล้อมเป็นสิ่งสำคัญที่ส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม (Gibson 1976; Hungria and Vargas, 2000; Zahran, 1999) ชนิดและปริมาณของไรโซเบียมท้องถิ่นแต่ละพื้นที่มีผลต่อการแข่งขันการเข้าสร้างปมรากถั่วด้วยเช่นกัน (Slattery *et al*., 2001; Streeter, 1994) ปัญหาของการแข่งขันกับเชื้อไรโซเบียมท้องถิ่นเป็นปัญหาสำคัญของการใช้ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมในสภาพไร่ เนื่องจากไรโซเบียมท้องถิ่นบางครั้งไม่มีศักยภาพในการตรึงไนโตรเจน แต่สามารถแย่งการเข้าสร้างปมจากปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมที่มีศักยภาพในการตรึงไนโตรเจน จึงเป็นสาเหตุให้การใช้ปุ๋ยชีวภาพ ไรโซเบียมไม่ประสบผลสำเร็จ (Baran and Bromfield, 1997) จากรายงานของ พรพิมลและคณะ (2540) พบว่าดินที่มีไรโซเบียมอยู่ตามธรรมชาติมากพอจะทำให้การใช้ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมไม่ประสบผลสำเร็จ เนื่องจากผลผลิตและปริมาณไนโตรเจนไม่เพิ่มขึ้น นอกจากนี้ยังพบว่าผลกระทบจากสิ่งแวดล้อมเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้เชื้อไรโซเบียมท้องถิ่นมีประสิทธิภาพมากกว่าปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมคือ ผลกระทบจากสิ่งแวดล้อมทำให้ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมอ่อนแอ และไม่สามารถแข่งขันกับเชื้อไรโซเบียมท้องถิ่นได้ (Brockwell *et al*., 1982) เช่น ความเป็นกรด-ด่างของดิน ความเค็ม ความแห้งแล้ง หรือปริมาณแร่ธาตุในดิน ซึ่งเป็นตัวกำหนดเชื้อไรโซเบียมท้องถิ่นนั้น ๆ ให้ปรับตัวจนสามารถดำรงชีวิตในสภาพนั้น ๆ ได้ อิทธิพลของธาตุอาหารพืชที่อยู่ในดินเป็นอีกปัจจัยสำคัญ ดินแต่ละชนิดมีธาตุอาหารพืชที่แตกต่างกัน ดินที่มีระดับของไนโตรเจนสูงประสิทธิภาพการตรึงไนโตรเจนของไรโซเบียมจะลดลง (สำเนา, 2539) จากผลการทดลองจะเห็นว่ากรรมวิธีที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 3-3-3 กิโลกรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่ ทำให้การติดปมและประสิทธิภาพการตรึงไนโตรเจนของถั่วลดลงเมื่อเทียบกับกรรมวิธีการใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 0-3-3 กิโลกรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม

ในปีที่ 2 ของการปลูกถั่ว ปี 2563 พบว่าต้นถั่วที่ปลูกมีปัญหาเนื่องจากการปลูกที่ล่าช้ากว่ากำหนดสภาพอากาศที่แห้งแล้ง ต้นกล้าถั่วมีอาการเน่ายุบตัว ทำให้ต้องมีการปลูกซ่อมอยู่หลายครั้ง และยังพบว่าเมื่อปลูกเสร็จมีการให้น้ำที่ล่าช้า ทำให้ถั่วเขียวไม่ติดปมในทุก ๆ กรรมวิธี อุณหภูมิและความชื้นของดินมีความสำคัญในการเข้าสร้างปมกับรากถั่วของเชื้อไรโซเบียม ดินที่มีความชื้นสูง และอุณหภูมิปกติจะทำให้เชื้อไรโซเบียมเจริญเติบโตได้ดีกว่าดินที่มีความชื้นต่ำและอุณหภูมิสูง เนื่องจากไรโซเบียมเป็นสิ่งมีชีวิตที่ไม่ทนต่ออุณหภูมิสูง การเก็บรักษาเชื้อไรโซเบียมควรเก็บในห้องที่มีอุณหภูมิไม่เกิน 35 องศาเซลเซียส สำหรับการปฏิบัติงานในไร่ควรหลีกเลี่ยงไม่นำถุงเชื้อวางให้ถูกแดดนาน ๆอาจทำให้เชื้อตายไปมากการปลูกถั่วที่คลุกเมล็ดด้วยเชื้อไรโซเบียมจึงควรปลูกในขณะที่ดินมีความชื้นพอสมควรและเมื่อปลูกแล้วควรรีบกลบหลุมปลูกด้วยดินทันที ผลผลิตของถั่วเขียวในปีที่ 2 จึงมีผลผลิตต่ำเนื่องจากไม่สามารถคุมโรคและแมลงศัตรูถั่วเขียวได้ จึงส่งผลให้ต้นถั่วไม่สมบูรณ์โดยมีอาการแคระแกรน ใบหงิก ฝักบิดเบี้ยว (Figure 5) พบการระบาดของโรคในระยะต้นกล้า ได้แก่ โรคเน่าที่เกิดจากเชื้อรา *Macrophomina*

Phaseolina ทำให้ถั่วเขียวแสดงอาการเน่าตายในระยะต้นกล้า ต้นถั่วเขียวที่รอดพบมีการระบาดของโรคราแป้งซึ่งเกิดจากเชื้อรา *Oidium* sp. มักระบาดทำความเสียหายกับถั่วเขียวที่ปลูกในฤดูแล้ง ซึ่งมีสภาพอากาศค่อนข้างเย็นเหมาะต่อการเจริญของเชื้อสาเหตุโรค พบการระบาดของโรคในทุกระยะการเจริญเติบโตและเกิดได้กับทุกส่วนของต้นถั่วเขียว ในระยะแรกพบเส้นใยสีขาวคล้ายผงแป้งปกคลุมบนใบ ต่อมาใบเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลแดงและแห้งตาย (กองโรคพืชและจุลชีววิทยา, 2545) ถั่วเขียวที่เป็นโรคในระยะออกดอกติดฝักจะทำให้ต้นแคระแกร็นติดฝักไม่ดี ขนาดของฝักและเมล็ดเล็ก ผลผลิตลดลง 20 – 40 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากราดูดอาหารจากใบไปใช้และทำให้เสียพื้นที่ใบในการสังเคราะห์แสง นอกจากนี้ยังทำให้เซลล์ของใบตายหลังจากที่ถั่วเขียวเป็นโรคเต็มที่ (Soria and Quebral, 1973) ในประเทศไทย เชาวนาถและคณะ (2553) ได้ศึกษาการสูญเสียผลผลิตของถั่วเขียวจากการเข้าทำลายของ โรคราแป้ง พบว่า การเป็นโรคราแป้งที่ระดับสูงสุด 76 – 100 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ใบทำให้ผลผลิตของถั่วเขียวลดลงสูงสุดเฉลี่ย 93.5 กิโลกรัมต่อไร่ นอกจากการระบาดของโรคแล้วในช่วงที่ต้นถั่วเขียวเจริญเติบโตยังพบว่ามีการระบาดของแมลงศัตรูถั่วเขียวได้แก่ หนอนแมลงวันเจาะลำต้น เพลี้ยอ่อน และเพลี้ยไฟซึ่งพบระบาดมากในช่วงที่อากาศแห้งแล้งฝนทิ้งช่วงพบระบาดมากในช่วงเดือนมกราคม – เมษายนซึ่งเป็นช่วงที่ทำการปลูกถั่วเขียวในการทดลองครั้งนี้ (กลุ่มวิจัยกีฏและสัตววิทยา, 2553) โดยแมลงจะดูดกินน้ำเลี้ยงจากส่วนต่าง ๆ ของพืช ทำให้พืชแสดงอาการใบหงิกงอ บิดเบี้ยว แห้งกรอบ ดอกร่วง และการติดฝักน้อยลง (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2560) ซึ่งในส่วนของหนอนแมลงวันเจาะลำต้นจะเข้าทำลายถั่วเขียวตั้งแต่ระยะต้นอ่อน อาจทำให้ต้นกล้าตายได้ พ้นจากระยะนี้ไปแล้ว การระบาดจะลดลง การทำลายไม่ได้ทำให้ต้นถั่วเขียวตาย แต่ทำให้ถั่วเขียวชะงักการเจริญเติบโต โดยทำลายบริเวณโคนต้นที่ติดกับดินจนเน่าเปื่อย การทำลายของแมลงชนิดนี้อาจทำให้ผลผลิตลดลงมากกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ (กลุ่มงานวิจัยแมลงศัตรูพืชน้ำมันและพืชไร่ตระกูลถั่ว, 2543) จึงควรหาวิธีการป้องกันกำจัดแมลงเหล่านี้ เช่น การเลือกวันปลูกที่เหมาะสมเพื่อหลีกเลี่ยงการระบาดของแมลง หรือใช้สารที่ปลอดภัยต่อเกษตรกร เป็นต้น นอกจากนี้การระบาดของโรคและแมลงในแต่ละแหล่งปลูกยังแตกต่างออกไปตามสภาพของพื้นที่ สภาพแวดล้อม ภูมิอากาศ และการควบคุมศัตรูพืชของเกษตรกร ดังนั้น จึงควรสำรวจการระบาดของโรคและแมลงในแต่ละพื้นที่ปลูก เพื่อเป็นข้อมูลในการเตรียมการป้องกันกำจัดโรคและแมลงศัตรูถั่วเขียวแก่ผู้ปลูกถั่วเขียว

ผลการจัดการปุ๋ยต่อการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของข้าวเจ้า พันธุ์ กข 41

<u>น้ำหนักแห้งของข้าวส่วนที่ไถกลบลงดิน ปีที่ 1</u>

อัตราการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในนาข้าวไม่มีปฏิสัมพันธ์กับกรรมวิธีการปลูกถั่วเขียว ที่อัตราการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในนาข้าว 26 กิโลกรัมต่อไร่ให้น้ำหนักแห้งต้นข้าวมากที่สุดเท่ากับ 495.68 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งมีความแตกต่างทางสถิติกับกรรมวิธีที่ไม่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนและกรรมวิธีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน 6.5 กิโลกรัมต่อไร่ และพบว่าน้ำหนักแห้งต้นของข้าวที่ปลูกในพื้นที่ปลูกถั่วทั้ง 3 กรรมวิธีไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (Table 1)

อัตราการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในนาข้าวไม่มีปฏิสัมพันธ์กับกรรมวิธีการปลูกถั่วเขียว ที่อัตราการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน 13 กิโลกรัมต่อไร่ให้น้ำหนักแห้งรากของข้าวมากที่สุดเท่ากับ 159.33 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งมีความแตกต่างทางสถิติกับกรรมวิธีที่ไม่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนและกรรมวิธีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน 6.5 กิโลกรัมต่อไร่ และพบว่าน้ำหนักแห้งรากของข้าวที่ปลูกในพื้นที่ปลูกถั่วทั้ง 3 กรรมวิธีไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (Table 1)

<u>น้ำหนักแห้งของข้าวส่วนที่ไถกลบลงดิน ปีที่ 2</u>

อัตราการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในนาข้าวไม่มีปฏิสัมพันธ์กับกรรมวิธีการปลูกถั่วเขียว ที่อัตราการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน 26 กิโลกรัมต่อไร่ให้น้ำหนักแห้งต้นมากที่สุดเท่ากับ 826.48 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งมีความแตกต่างทางสถิติกับกรรมวิธีที่ไม่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนและกรรมวิธีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน 6.5 และ 13 กิโลกรัมต่อไร่ และพบว่าน้ำหนักแห้งต้นของข้าวที่ปลูกตามหลังการปลูกถั่วทั้ง 3 กรรมวิธีไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (Table 2)

อัตราการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในนาข้าวมีปฏิสัมพันธ์กับกรรมวิธีการปลูกถั่วเขียว วิธีการปลูกถั่วโดยการไม่ใส่ปุ๋ย อัตราการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน 26 กิโลกรัมต่อไร่ให้น้ำหนักแห้งรากมากที่สุดเท่ากับ 110.34 กิโลกรัมต่อไร่ รองลงมาคือ ไม่ใส่ปุ๋ย ใส่ปุ๋ยไนโตรเจน 13 และ 6.5 กิโลกรัมต่อไร่ ให้น้ำหนักแห้งรากเท่ากับ 104.91, 88.29 และ79.74 ตามลำดับ แต่ทั้ง 4 อัตราการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนให้น้ำหนักแห้งรากที่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ การปลูกถั่วโดยการใส่ปุ๋ย 3-3-3 กิโลกรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่ พบว่าอัตราการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน 26 กิโลกรัมต่อไร่ให้น้ำหนักแห้งรากมากที่สุดเท่ากับ 130.01 กิโลกรัมต่อไร่ รองลงมาคือ ไม่ใส่ปุ๋ย ใส่ปุ๋ยไนโตรเจน 13 และ 6.5 กิโลกรัมต่อไร่ ให้น้ำหนักแห้งรากเท่ากับ 94.10 72.51 และ80.99

ตามลำดับ แต่ทั้ง 4 อัตราการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนให้น้ำหนักแห้งรากที่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ การปลูกถั่วโดยใส่ปุ๋ย 0-3-3 กิโลกรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม พบว่าอัตราการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน 6.5 กิโลกรัมต่อไร่ให้น้ำหนักแห้งรากมากที่สุดเท่ากับ 165.97 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งมีความแตกต่างทางสถิติกับทุก ๆ กรรมวิธี นอกจากนี้ยังพบว่าน้ำหนักแห้งรากของข้าวที่ปลูกตามหลังการปลูกถั่วในกรรมวิธีการใส่ปุ๋ยเคมี 0-3-3 กิโลกรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมให้น้ำหนักแห้งรากของข้าวมากที่สุดเท่ากับ 114.39 กิโลกรัมต่อรา ซึ่งมีความแตกต่างกันทางสถิติกับกรรมวิธีการจัดการปุ๋ยถั่วที่ไม่มีการใส่ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม (Table 2)

ค่าเฉลี่ยผลผลิตข้าวปี 2562-2563

อัตราการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในนาข้าวไม่มีปฏิสัมพันธ์กับปีที่ปลูกของผลผลิตข้าว ที่อัตราปุ๋ย 26-0-0 กิโลกรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่ให้ผลผลิตมากที่สุดเท่ากับ 488.17 กิโลกรัมต่อไร่ แต่ไม่แตกต่างทางสถิติกับกรรมวิธีอื่น ๆ ที่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจน และเมื่อทำการปลูกซ้ำในปีที่ 2 พบว่า ผลผลิตลดลงแต่ไม่แตกต่างทางสถิติ โดยในปี 2019 ให้ผลผลิตเท่ากับ 483.00 กิโลกรัมต่อไร่ และปี 2020 ให้ผลผลิตเท่ากับ 452.63 กิโลกรัมต่อไร่ (Table 3)

ในปี 2564 ไม่สามารถเก็บตัวอย่างต้น ราก และผลผลิตข้าวได้เนื่องจากเกิดน้ำท่วมในแปลงปลูกข้าว ทำให้ข้าวได้รับความเสียหาย (Figure 6)

สมดุลธาตุอาหารไนโตรเจนในพื้นที่ปลูกข้าว - ถั่วเขียว

ปริมาณธาตุอาหารในส่วนต่าง ๆ ของถั่วเขียวและข้าว

ถั่วเขียวพันธุ์ชัยนาท 84-1 มีมวลน้ำหนักแห้งเฉลี่ยจากทุก ๆ กรรมวิธีของเมล็ด เท่ากับ 149.41 กิโลกรัมต่อไร่ ต้นและใบ เท่ากับ 254.86 กิโลกรัมต่อไร่ เปลือกฝัก เท่ากับ 25.71 กิโลกรัมต่อไร่ และราก เท่ากับ 38.05 กิโลกรัมต่อไร่ เมื่อคำนวนปริมาณของธาตุอาหารจากส่วนต่าง ๆ ของถั่วเขียว (Table 4) พบว่า ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม จากส่วนของเมล็ด เท่ากับ 5.64, 16.35 และ 1.77 กิโลกรัมของ N, P_2O_5, K_2O ต่อไร่ ตามลำดับ จากส่วนของต้นและใบ เท่ากับ 4.71, 13.67 และ 6.41 กิโลกรัมของ N, P_2O_5, K_2O ต่อไร่ ตามลำดับ หากไม่มีการไถกลบเศษซากถั่วกลับลงไปในพื้นที่ปลูก ธาตุอาหารในพื้นที่มีโอกาสสูญหายโดยติดออกไปกับผลผลิต เช่น เมล็ด ต้นใบ และเปลือกฝัก ซึ่งต้องนำออกไปจากพื้นที่ทุก ๆ ฤดูปลูก เท่ากับ 10.69-30.99-8.82 กิโลกรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่ต่อฤดูปลูก ดังนั้นจึงจำเป็นต้องใส่ปุ๋ยกลับลงไปในพื้นที่ปลูกเพื่อทดแทนปริมาณธาตุอาหารที่สูญหายไป ขณะที่ข้าวเจ้าพันธุ์ กข 41 มีมวลน้ำหนักแห้งเฉลี่ยจากทุกๆ กรรมวิธีของเมล็ด เท่ากับ 467.81 กิโลกรัมต่อไร่ ต้นและใบ เท่ากับ 544.46 กิโลกรัมต่อไร่ และราก เท่ากับ 116.86 กิโลกรัมต่อไร่ ดังนั้นเมื่อมีการไถกลบต้นใบและรากข้าว จะทำให้ธาตุอาหารกลับคืนสู่ดิน เท่ากับ 3.56-1.54-12.71 กิโลกรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่ต่อฤดูปลูก (Table 4)

สมดุลธาตุอาหารไนโตรเจนหลังการปลูกและไถกลบเศษซากถั่วเขียว

การวิเคราะห์สมดุลของธาตุอาหารในพื้นที่ปลูกถั่วเขียวหลังการไถกลบเศษซากถั่ว โดยการใช้ค่าเฉลี่ยในแต่ละกรรมวิธีในปีที่ 1-3 (2562-2564) พบว่า ธาตุอาหารไนโตรเจนในพื้นที่มีค่าขาดดุลในกรรมวิธีที่ไม่มีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนโดยกรรมวิธีควบคุมและกรรมวิธีที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 0-3-3 กิโลกรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่ร่วมกับ ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม มีค่าขาดดุลเฉลี่ยเท่ากับ 2.06 และ 2.03 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่ ตามลำดับ ในขณะที่กรรมวิธีที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 3-3-3 กิโลกรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่ มีค่าเกินดุลของธาตุอาหารไนโตรเจนเท่ากับ 1.10 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่ เนื่องจากมีการใส่ปุ๋ยเคมีไนโตรเจนเข้าไปในพื้นที่ในอัตรา 3 กิโลกรัมต่อไร่ จากผลการทดลองชี้ให้เห็นว่าการไถกลบเศษซากถั่วเขียว เช่น ต้นใบ และรากลงไปยังทำให้ธาตุอาหารไนโตรเจนในพื้นที่ขาดดุลจึงควรมีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนเพิ่มตามค่าวิเคราะห์ดินตามคำแนะนำของกรมวิชาการเกษตร (Table 5)

สมดุลของธาตุอาหารไนโตรเจนหลังการปลูกและไถกลบเศษซากข้าว

การวิเคราะห์สมดุลของธาตุไนโตรเจนหลังปลูก เก็บเกี่ยว และไถกลบเศษซากข้าว โดยการใช้ค่าเฉลี่ยในแต่ละกรรมวิธีในปีที่ 1-2 (2562-2563) พบว่า การปลูกข้าวเจ้าพันธุ์ กข 41 ในแปลงที่เคยปลูกถั่วเขียวที่ไม่มีการใส่ปุ๋ยเคมีและปุ๋ยชีภาพในทุกกรรมวิธี (ชุดควบคุม) เมื่อทำการปลูกข้าวโดยไม่มีการใส่ปุ๋ยเคมีไนโตรเจนทำให้ธาตุอาหารไนโตรเจนในพื้นที่มีค่าติดลบหรือขาดดุลเฉลี่ยคิดเป็นเนื้อปุ๋ย 0.52 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่ เช่นเดียวกับการปลูกข้าวในแปลงที่เคยปลูกถั่วโดยการใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 0-3-3 กิโลกรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม เมื่อทำการปลูกข้าวโดยมีการ

จัดการปุ๋ยแบบไม่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนจะทำให้ธาตุอาหารไนโตรเจนในพื้นที่มีค่าติดลบหรือขาดดุลเฉลี่ยคิดเป็นเนื้อปุ๋ย 0.69 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่ ส่วนการปลูกข้าวในแปลงที่เคยปลูกถั่วโดยการใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 3-3-3 กิโลกรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่ พบว่าการจัดการปุ๋ยข้าวทั้ง 4 แบบทำให้ธาตุอาหารไนโตรเจนในพื้นที่มีค่าเกินดุลเฉลี่ยเท่ากับ 5.24 11.78 และ 27.02 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่ ตามลำดับ จากผลการทดลองชี้ให้เห็นว่าการปลูกข้าวเจ้าพันธุ์ กข 41 โดยไม่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในพื้นที่ปลูกถั่วที่ไม่มีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนทำให้ธาตุอาหารไนโตรเจนในพื้นที่ปลูกขาดดุล และพบว่าสมดุลของธาตุอาหารไนโตรเจนจะเพิ่มมากขึ้นเมื่อมีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในการปลูกข้าวเพิ่มขึ้น (Table 6)

อัตราส่วนระหว่างรายได้ที่เพิ่มขึ้นจากการใช้ปุ๋ยต่อรายจ่ายจากการใช้ปุ๋ย (Value to Cost Ratio)

การวิเคราะห์ผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์จากการใช้อัตราส่วนระหว่างรายได้ที่เพิ่มขึ้นจากการใช้ปุ๋ยต่อรายจ่ายจากการใช้ปุ๋ย หรือค่า Value to Cost Ratio (VCR) โดยใช้ค่าเฉลี่ยผลผลิตต่อไร่ในแต่ละกรรมวิธีของปีที่ 1-3 (2562-2564) หากค่า VCR มากกว่า 2 แสดงว่ามีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ (Pevaiz *et al*., 2004) นั้น พบว่า การปลูกถั่วเขียวทุก ๆ กรรมวิธีให้ผลตอบแทนที่ไม่คุ้มค่าแก่การลงทุนในดินร่วนปนเหนียวถึงดินเหนียวของศูนย์วิจัยพืชไร่ชัยนาท (Table 7) ส่วนการปลูกข้าวเจ้าพันธุ์ กข 41 หลังจากการปลูกถั่วเขียวทั้ง 3 กรรมวิธี พบว่า เมื่อปลูกข้าวในแปลงที่เคยปลูกถั่วเขียวโดยไม่ใส่ปุ๋ย ให้ผลตอบแทนที่ไม่คุ้มค่าแก่การลงทุน ในขณะที่การปลูกข้าวในแปลงที่เคยปลูกถั่วเขียวโดยใส่ปุ๋ย 3-3-3 กิโลกรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่ ให้ผลตอบแทนที่คุ้มค่าต่อการลงทุนเมื่อมีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในการปลูกข้าวที่อัตรา 6.5 และ 13 กิโลกรัมต่อไร่ โดยให้ค่า VCR เท่ากับ 4.92 และ 3.37 ตามลำดับ ส่วนการปลูกข้าวในแปลงที่เคยปลูกถั่วเขียวโดยใส่ปุ๋ย 0-3-3 กิโลกรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม พบว่ามีเพียงกรรมวิธีการปลูกข้าวโดยการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน 6.5 กิโลกรัมต่อไร่เท่านั้นที่ให้ผลตอบแทนที่คุ้มค่าต่อการลงทุนโดยให้ค่า VCR เท่ากับ 3.95 (Table 8) ดังนั้นในพื้นที่ดินร่วนเหนียวถึงดินเหนียวเกษตรกรจึงควรปลูกถั่วเขียวด้วยการใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 3-3-3 กิโลกรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่ และทำการไถกลบต้นใบ เปลือกฝักและรากถั่วเพื่อเพิ่มปริมาณธาตุและอินทรียวัตถุกลับคืนสู่พื้นที่ปลูก ก่อนปลูกข้าวด้วยการใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 6.5-0-0 กิโลกรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่ จะให้ผลตอบแทนที่คุ้มค่าต่อการลงทุนมากที่สุด หากมีการปลูกถั่วเขียวโดยการใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 0-3-3 กิโลกรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม ควรทำการไถกลบต้นใบ เปลือกฝัก และรากถั่ว และเมื่อปลูกข้าวตามหลังถั่วควรใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 6.5-0-0 กิโลกรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่ ซึ่งจะให้ผลตอบแทนที่คุ้มค่าต่อการลงทุน การไถกลบเศษซากถั่วลงในดินยังเป็นการช่วยรักษาศักยภาพของดินในการปลูกถั่วเขียวสลับนาข้าวอย่างยั่งยืน

สรุปผลการทดลอง

1. หลังการไถกลบเศษซากพืช และทิ้งไว้ให้ย่อยสลายจะช่วยทำให้ธาตุอาหารในดินที่ติดไปกับส่วนต่าง ๆ ของพืชไม่สูญหายไปหรือสูญหายไปเพียงบางส่วนเช่นติดไปกับผลผลิต

2. การปลูกถั่วเขียวในดินร่วนปนเหนียวถึงดินเหนียวซึ่งเป็นดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ค่อนข้างสูงทำให้การใช้ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมไม่ประสบผลสำเร็จเท่าที่ควร สภาพแวดล้อมต่าง ๆ เช่นอุณหภูมิความชื้นของดิน ปริมาณธาตุอาหารในดิน รวมทั้งวิธีการใช้ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมมีผลต่อการเข้าสร้างปมและประสิทธิภาพในการตรึงไนโตรเจนของเชื้อไรโซเบียม

3. การปลูกข้าวในพื้นที่ ที่เคยปลูกถั่วและมีการไถกลบเศษซากถั่วช่วยลดอัตราการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนได้

4. การปลูกถั่วเขียวทุก ๆ กรรมวิธีให้ผลตอบแทนที่ไม่คุ้มค่าแก่การลงทุนในดินร่วนปนเหนียวถึงดินเหนียวของศูนย์วิจัยพืชไร่ชัยนาท การปลูกข้าวเจ้าพันธุ์ กข 41 ในแปลงที่เคยปลูกถั่วเขียวโดยไม่ใส่ปุ๋ยใด ๆ (ควบคุม) ให้ผลตอบแทนที่ไม่คุ้มค่าแก่การลงทุน การปลูกข้าวโดยการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 6.5 และ 13 กิโลกรัม ต่อไร่ ในแปลงที่เคยปลูกถั่วเขียวที่ใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 3-3-3 กิโลกรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่ ให้ผลตอบแทนที่คุ้มค่าต่อการลงทุน ในขณะที่การปลูกข้าวโดยใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 6.5 กิโลกรัม N ต่อไร่ ในแปลงปลูกถั่วที่ใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 0-3-3 กิโลกรัม N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่ ร่วมกับปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม ให้ผลตอบแทนที่คุ้มค่าแก่การลงทุนเช่นเดียวกัน

การนำผลงานไปใช้ประโยชน์

1. สามารถแนะนำเกษตรกรที่ปลูกถั่วเขียวโดยการใช้ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมหลังการทำนาในช่วงฤดูแล้ง ให้คำนึงถึงปัจจัยทางด้านสภาพแวดล้อมต่าง ๆ และปริมาณธาตุอาหารในดินซึ่งที่มีผลต่อการทำงานของปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม หลีกเลี่ยงช่วงเวลาปลูกที่ไม่เหมาะสมกับการเจริญของถั่วเขียว

2. การไถกลบเศษซากถั่วลงไปในดินทำให้ปริมาณธาตุอาหารไนโตรเจนในดินเพิ่มขึ้นเมื่อมีการปลูกข้าวตามทำให้สามารถลดอัตราการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนในนาข้าวได้

เอกสารอ้างอิง

กรมวิชาการเกษตร. 2553. คำแนะนำการใช้ปุ๋ยกับพืชเศรษฐกิจ. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ กรุงเทพฯ.

กองโรคพืชและจุลชีววิทยา. 2545. คู่มือโรคพืชไร่. เอกสารวิชาการกองโรคพืชและจุลชีววิทยา กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ กรุงเทพฯ.

กลุ่มงานวิจัยแมลงศัตรูพืชน้ำมันและพืชไร่ตระกูลถั่ว. 2543. แมลงศัตรูถั่วเขียวและการปูองกันกำจัด. โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด. 44 หน้า.

กลุ่มวิจัยกีฏและสัตววิทยา. 2553. คำแนะนำการป้องกันกำจัดแมลงและสัตว์ศัตรูพืช ปี 2553. กลุ่มวิจัยกีฏและสัตววิทยา สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช กรมวิชาการเกษตร. โรงพิมพ์ชุมนุม
สหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด. กรุงเทพฯ. 303 หน้า.

จิระศักดิ์ อรุณศรี. 2545. ชีววิทยาและการใช้ประโยชน์ของเชื้อไรโซเบียม. หน้า 23 – 62. ใน: เอกสารวิชาการปุ๋ยชีวภาพ. กลุ่มงานวิจัยจุลินทรีย์ดิน กองปฐพีวิทยา กรมวิชาการเกษตร ปี พ.ศ. 2545.

เชาวนาถ พฤทธิเทพ สุมนา งามผ่องใส อารดา มาสริ และสุวิมล ถนอมทรัพย์. 2553. ปฏิกิริยาของถั่วเขียวสายพันธุ์ต่าง ๆ ต่อเชื้อรา *Oidium* sp. สาเหตุโรคราแป้ง. หน้า 209 – 217. ใน: รายงาน 41 ผลงานวิจัย ปี 2553 ถั่วเขียว ข้าวโพดฝักสด และพืชในเขตชลประทาน. ศูนย์วิจัยพืชไร่ชัยนาท จังหวัดชัยนาท.

นันทกร บุญเกิด และ จิระศักดิ์ อรุณศรี. 2535. ชีววิทยาของเชื้อไรโซเบียมและเทคนิคการใช้เชื้อไรโซเบียม. หน้า 19 – 42. ใน: เอกสารประกอบการฝึกอบรมหลักสูตรปุ๋ยชีวภาพรุ่นที่ 9 ระหว่างวันที่ 20-24 มกราคม 2535. กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ กรุงเทพฯ.

ปิยรัตน์ บรรณาลัย. 2554. ทำนาข้าวจากการใช้ น้ำหมักชีวภาพ ปุ๋ยอินทรีย์ ทดแทนการใช้ปุ๋ยและสารเคมี. ว.เศรษฐกิจการเกษตร. 655(57): 2-3 หน้า.

พรพิมล ชัยวรรณคุปต์ จันทนา ศิริไพบูลย์ นันทกร บุญเกิด และเธียรชัย อารยางค์กูร. 2540. การเพิ่มผลผลิตและการตรึงไนโตรเจนของถั่วเหลืองในประเทศไทย. วารสารวิชาการเกษตร. 15(1): 4-23.

พรพรรณ สุทธิแย้ม อัจฉรา นันทกิจ ศิริลักษณ์ จิตรอักษร จิติมา ยถาภูธานนท์ และ สมชาย ผอบเหล็ก. 2554. การใช้เชื้อไรโซเบียมร่วมกับปุ๋ยเคมีและปุ๋ยอินทรีย์เพื่อเพิ่มผลผลิตและโปรตีนในถั่วเหลือง. ว. แก่นเกษตร. 39(3) ฉบับพิเศษ: 113 – 122.

สำเนา เพชรฉวี. 2539. ข้อจำกัดการตรึงไนโตรเจนทางชีวภาพของพืชตระกูลถั่ว. วารสารดินและปุ๋ย. 12: 87-89.

สมชาย บุญประดับ. 2529. การปลูกถั่วเขียวหลังนาที่ อ.บางระกำ จ.พิษณุโลก. กสิกร 59(5): 451 – 454.

สมชาย บุญประดับ เทวา เมลานนท์ มนตรี ชาตะศิริ และนาค โพธิแท่น. 2532. การทดสอบพันธุ์พืชไร่ก่อนและหลังการทำนา: สายพันธุ์จาก IRRI. หน้า 89 – 108. ใน: รายงานการสัมมนาทางวิชาการเรื่องข้าวครั้งที่ 1 ในวันที่ 26-27 มกราคม 2532. ณ. ศูนย์วิจัยข้าวพิษณุโลก จ.พิษณุโลก.

สำนักควบคุมพืชและวัสดุการเกษตร. 2558. ตารางปริมาณและมูลค่าการนำเข้าปุ๋ยเคมีสูตรที่สำคัญ ปี 2552-2557. แหล่งข้อมูล http://www.oae.go.th/download/FactorOfProduct/Fertilizer_value49-54.html ค้นเมื่อ 5 กันยายน 2561.

สำนักงานปลัดกระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2562. ข้อมูลด้านการผลิตพืช. แหล่งข้อมูล: https://bit.ly/30RjLzN, สืบค้นเมื่อ 18 มีนาคม 2564.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2560. สารสนเทศ เศรษฐกิจการเกษตรรายสินค้า ปี 2559. สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 111 หน้า. Amarger, N. 1981. Competition for nodule formation between effective and ineffective strains of Rhizobium meliloti. Soil Biol Biochem. 13: 475–480.

Barran, L.R. and E.S.P. Bromfield. 1997. Competition amongst rhizobia for nodulation of legumes. pages 343 – 374. In: McKersie, B.D., Brown, B.C.W. (Eds.), Biotechnology and the Crop Improvement of Legumes, CABI

Boonpradub, S. 2008. Enhancing maize productivity in post-rice environments in Thailand. In: Zaidi *et al*. (eds.) Proceedings of the 10th Asian Regional Maize Workshop. October 20 – 23, 2008. Makassar, Indonesia.

Brockwell, J., R.R. Gault, Zorin M., M.J. Roberts. 1982. Effects of environmental variables on the competition between inoculum strains and naturalised populations of *Rhizobium trifolii* for nodulation of *Trifolium subterraneum* L. and on rhizobia persistence in the soil. Aust. J. Agric. Res. 33: 803–815.

Crews, T.E. and M.B. Peoples. 2004. Legume versus fertilizer sources of nitrogen: ecological tradeoffs and human needs. Agric Ecosyst Environ. 102: 279–297.

Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). 1984. Legume Inoculants and Their Use. FAO, Rome, Italy. 63 p.

Giller, K.E. 2001. Nitrogen fixation in Tropical Cropping Systems. CAB International Wallingford, Oxon, OX10 8DE, U.K. 423 p.

Gibson, A.H., R.A. Date, J.A. Ireland and J. Brockwell. 1976. A comparison of competitiveness and persistence amongst five strains of *Rhizobium trifolii*. Soil Biol. Biochem. 8: 395–401.

Hungria, M. and M.A.T. Vargas. 2000. Environmental factors affecting N_2 fixation in grain legumes in the tropics, with an emphasis on Brazil. Field Crops Res. 65: 151–164.

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.

Sharma, S.N., R. Prasad and S. Singh. 1995. The role of mungbean residues and *Sesbania aculeata* green manure in the nitrogen economy of rice-wheat cropping system. Plant Soil. 172: 123 – 129.

Slattery, J.F., D.R. Coventry and W.J. Slattery. 2001. Rhizobial ecology as affected by the soil environment. Aust. J. Exp. Agric. 41: 289–298.

Soria, J.A., and F.C. Quebral. 1973. Occurrence and development of powdery mildew on mung bean. Philippine Agric. 57:158-177.

Streeter J. G. 1994. Failure of inoculant rhizobia to overcome the dominance of indigenous strains for nodule formation. Can. J. Microbiol. 40: 513 – 522.

Yanni, Y.G., R.Y. Rizk, F.K. Abd El-Fattah and A. Squartini. 2001. The beneficial plant growth-promoting association of *Rhizobium leguminosarum* bv. *trifolii* with rice roots. Aust. J. Plant Physiol. 28(9): 845 – 870.

Zahran I. H. 1999. Rhizobium–legume symbiosis and nitrogen fixation under severe conditions and in an arid climate. Microbial. Mol. Biol. Rev. 63: 968–989.

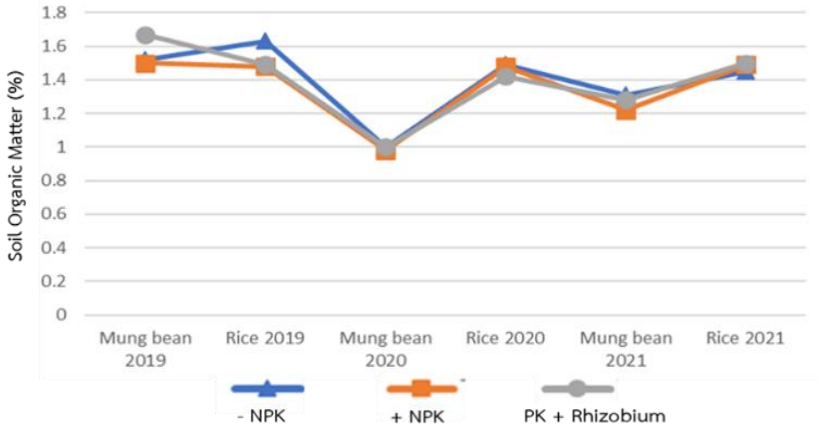

Figure 1 Soil organic matter of each main plot treatment before Mung bean and rice cultivation in 2019 – 2021

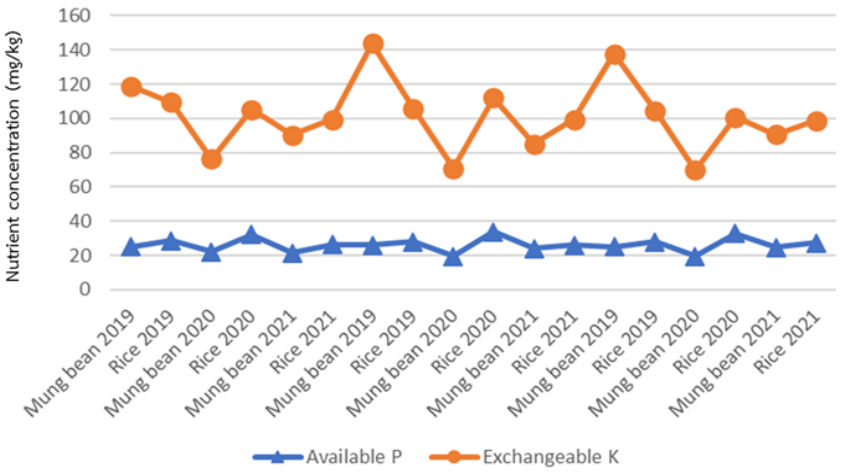

Figure 2 Available phosphorus and exchangeable potassium concentrations of each main plot treatment before Mung bean and rice cultivation in 2019 – 2021

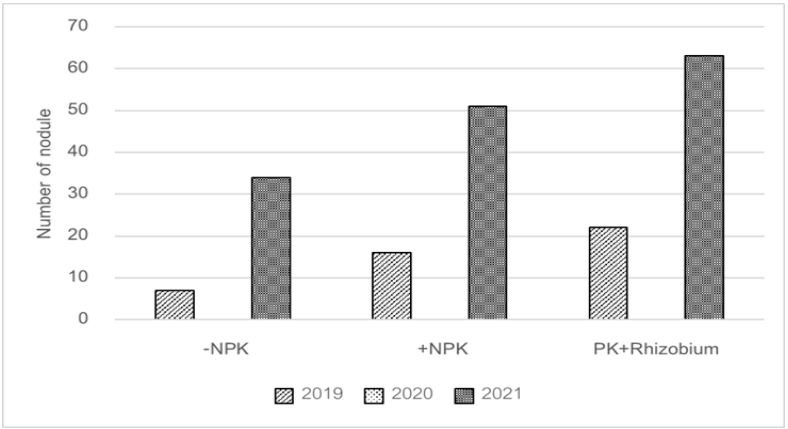

Figure 3 The number of nodules in Mung bean planted with 3 chemical fertilizer and rhizobium biofertilizer managements in 2019 – 2021

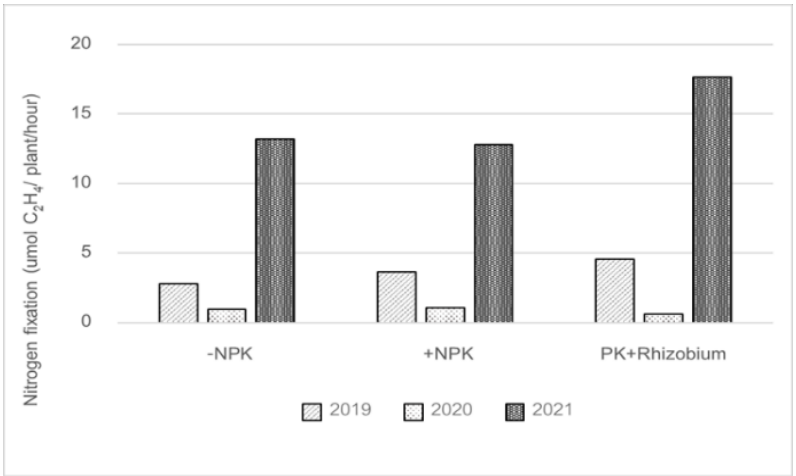

Figure 4 The nitrogen fixation rate of rhizobium in Mung bean nodules planted with 3 chemical fertilizer and rhizobium biofertilizer managements in 2019 – 2021

Figure 5 Show the damaged of mung bean seedling, disease and pest of mung bean and root of mung bean in 2020

Figure 6 Show the flooded rice fields in 2021

Table 1 Shoot and root dry weight of RD 41 rice varieties planted after mung bean plantation at Chai Nat Field Crops Research Center harvested on 22 October 2019

Main plot (M) / Sub plot (S)	Shoot dry weight (kg/rai)				Root dry weight (kg/rai)			
	- NPK	+NPK	PK +Rhizo	Average (S)	- NPK	+NPK	PK +Rhizo	Average (S)
control	332.47	411.87	373.59	372.64 c	77.13	93.85	114.78	95.25 b
6.5-0-0 kg $N-P_2O_5-K_2O$ /rai	376.88	437.84	461.35	425.36 b	77.96	134.04	133.45	115.15 b
13-0-0 kg $N-P_2O_5-K_2O$ /rai	468.77	461.28	453.43	461.16 ab	145.14	165.48	167.37	159.33 a
26-0-0 kg $N-P_2O_5-K_2O$ /rai	514.66	465.92	506.45	495.68 a	147.27	128.33	201.39	158.99 a
Average (M)	423.19	444.23	448.71	438.71	111.87	130.42	154.25	132.18
F-test (M)			ns				ns	
F-test (S)			**				**	
F-test (M x S)			ns				ns	
CV (M) (%)			10.8				30.0	
CV (S) (%)			11.6				34.1	

Note: Means in a column followed by the same letters are not significantly different at 5% level by DMRT

* = The difference was statistically significant at the 5% level ** = The difference was statistically significant at the 1% level

ns = Not statistically different

-NPK = control, +NPK = 3-3-3 kg $N-P_2O_5-K_2O$ /rai, PK+Rhizo = 0-3-3 kg $N-P_2O_5-K_2O$ /rai + Rhizobium

Table 2 Shoot and root dry weight of RD 41 rice varieties planted after mung bean plantation at Chai Nat Field Crops Research Center harvested on 28 September 2020

Main plot (M) / Sub plot (S)	Shoot dry weight (kg/rai)				Root dry weight (kg/rai)			
	- NPK	+NPK	PK +Rhizo	Average (S)	- NPK	+NPK	PK +Rhizo	Average (S)
control	631.98	424.27	600.03	552.09 b	104.91	94.10	87.75	95.59
6.5-0-0 kg $N-P_2O_5-K_2O$/rai	582.18	449.69	844.57	625.48 b	79.74	72.51	165.97	106.07
13-0-0 kg $N-P_2O_5-K_2O$ /rai	684.95	559.07	546.29	596.77 b	88.29	80.99	100.17	89.82
26-0-0 kg $N-P_2O_5-K_2O$ /rai	879.19	855.80	744.45	826.48 a	110.34	130.01	103.68	114.67
Average	694.57	572.21	683.83	650.20	95.82 b	94.40 b	114.39 a	101.54
F-test (M)			ns				*	
F-test (S)			**				ns	
F-test (M x S)			ns				*	
CV (M) (%)			33.3				42.5	
CV (S) (%)			28.2				42.1	

Note: Means in a column followed by the same letters are not significantly different at 5% level by DMRT

* = The difference was statistically significant at the 5% level ** = The difference was statistically significant at the 1% level

ns = Not statistically different

-NPK = control, +NPK = 3-3-3 kg $N-P_2O_5-K_2O$ /rai, PK + Rhizo = 0-3-3 kg $N-P_2O_5-K_2O$ /rai + Rhizobium

Table 3 Average of Rice yield (kilogram/rai) year 2019-2020

Rice fertilization rate (kilogram/rai)	year		Fertilizer rate-Average [(1)]
	2019	2020	
control	445.33	426.67	436.00 b
6.5-0-0 kg N-P_2O_5-K_2O /rai	490.67	446.00	468.33 a
13-0-0 kg N-P_2O_5-K_2O /rai	498.50	459.00	478.75 a
26-0-0 kg N-P_2O_5-K_2O /rai	497.50	478.83	488.17 a
Year-Average [(1)]	483.00 a	452.63 a	467.813

CV (a) = 12.6 % CV (b) = 11.8 %

[(1)] In a column, means followed by the same letters are not significantly different at 5% level by DMRT

Table 4 Nutrient concentration in each part of mung bean and rice planted in Clay Loam to Clay soil at Chai Nat Province (Average from all treatments)

Plant part	Dry matter (kg/rai)	Nutrient concentration (%)			Amount of nutrient (kg/rai)		
		N	P	K	N	P_2O_5	K_2O
Mung bean Grain	149.41	3.77	0.38	0.99	5.64	16.35	1.77
Shoot	254.86	1.85	0.16	2.10	4.71	13.67	6.41
Pod shell	25.71	0.81	0.13	1.04	0.21	0.60	0.32
Root	38.05	0.88	0.08	1.38	0.33	0.97	0.63
Rice Grain	467.81	1.13	0.27	0.29	5.29	2.89	1.63
Shoot	544.46	0.54	0.1	1.87	2.94	1.25	12.22
Root	116.86	0.53	0.11	0.35	0.62	0.29	0.49

Table 5 Nutrient balance of mung bean after tillage (Average from each treatment in 2019-2021)

Treatments	Input			Loss			N balance
	crop fertilizer	crop residue	N input	grain	pod shell	N loss	
1) control	0	2.54	2.54	3.73	0.87	4.60	-2.06
2) 3-3-3 กก. N-P_2O_5-K_2O /rai	3	2.70	5.70	3.74	0.87	4.61	1.10
3) 3-3-3 กก.N-P_2O_5-K_2O /rai + Rhizobium	0	2.73	2.73	3.85	0.90	4.76	-2.03

Note: Input = amount of nitrogen added, Loss = amount of nitrogen lost, N Balance = Nitrogen balance (Input - Loss)

Table 6 Nutrient balance of rice after tillage (Average from each treatment in 2019-2020)

Main plot	Sub plot	N Input			N loss	Balance
		Fertilizer	Crop residue	N input	Yield	
Control	Control	0	3.78	3.78	4.29	-0.52
	6.5-0-0 kg $N-P_2O_5-K_2O$ /rai	6.5	3.97	10.47	5.03	5.45
	13-0-0 kg $N-P_2O_5-K_2O$ /rai	13	4.96	17.96	5.97	11.99
	26-0-0 kg $N-P_2O_5-K_2O$ /rai	26	6.85	32.85	6.79	26.07
3-3-3 kg $N-P_2O_5-K_2O$ /rai	Control	0	3.39	3.39	2.25	1.14
	6.5-0-0 kg $N-P_2O_5-K_2O$ /rai	6.5	3.56	10.06	4.82	5.24
	13-0-0 kg $N-P_2O_5-K_2O$ /rai	13	4.49	17.49	5.72	11.78
	26-0-0 kg $N-P_2O_5-K_2O$ /rai	26	6.50	32.50	5.48	27.02
0-3-3 kg $N-P_2O_5-K_2O$ /rai +Rhizobium	Control	0	3.75	3.75	4.44	-0.69
	6.5-0-0 kg $N-P_2O_5-K_2O$ /rai	6.5	4.91	11.41	5.01	6.41
	13-0-0 kg $N-P_2O_5-K_2O$ /rai	13	4.38	17.38	4.91	12.47
	26-0-0 kg $N-P_2O_5-K_2O$ /rai	26	6.10	32.10	6.79	25.32

Note: Input = amount of nitrogen added, Loss = amount of nitrogen lost, N Balance = Nitrogen balance (Input - Loss)

Table 7 Economic return analysis of fertilizer application of mung bean (Chai Nat 84-1 mung bean variety) cultivation in clay loam to clay soil, Chai Nat province in 2020-2021 (Average yield from each treatment in 2019-2021)

Treatments	Yield (kg/rai)	Yield increase (kg/rai)	Cost of fertilizer[2/] (Baht/rai)	Increasing cost as compared to control (Baht/rai)	Return yield x price [1/] (Baht/rai)	Gross return	Net return	VCR
1. control	155.82	-	0	0	3,895.40	-	-	-
2. 3-3-3 kg $N-P_2O_5-K_2O$/rai	152.96	-2.86	138	138	3,823.89	31.75	-209.56	-0.52
3. 0-3-3 kg $N-P_2O_5-K_2O$/rai + Rhizobium	139.46	-16.36	127	127	3,486.56	-183.25	-408.89	-3.21

[1/]Mung bean price 25 Baht/kg

[2/]Chemical fertilizer price (urea 12 baht/kg, Triple Super Phosphate 21 baht/kg, Potassium chloride 13 baht/kg)
Rhizobium Bio-fertilizer price 25 baht/ 200 g

Table 8 Economic return analysis of fertilizer application of rice (RD 41 rice variety) cultivation clay loam to clay soil, Chai Nat province in 2019-2020 (Average yield from each treatment in 2019-2020)

Treatment	Yield (kg/rai)	Yield increase (kg/rai)	Cost of fertilizer[2/] (Baht/rai)	Increasing cost as compared to control (Baht/rai)	Return yield x price [1/] (Baht/rai)	Gross return	Net return	VCR
Mung bean (control)								
1) control	448.75	-	0	-	3,410.50	-	-	
2) 6.5-0-0 kg N-P_2O_5-K_2O /rai	454.75	6	78	78	3,456.10	45.60	-32.40	0.58
3) 13-0-0 kg N-P_2O_5-K_2O /rai	476.25	27.5	156	156	3,619.50	209.00	53.00	1.34
4) 26-0-0 kg N-P_2O_5-K_2O /rai	488.50	39.75	312	312	3,712.60	302.10	-9.90	0.97
Mung bean (3-3-3 kg N-P_2O_5-K_2O/rai)								
1) control	427.25	-	0	-	3,247	-	-	-
2) 6.5-0-0 kg N-P_2O_5-K_2O /rai	477.75	50.5	78	78	3,631	384	306	4.92
3) 13-0-0 kg N-P_2O_5-K_2O /rai	517	89.75	156	156	3,929	682	526	3.37
4) 26-0-0 kg N-P_2O_5-K_2O /rai	469	41.75	312	312	3,564	317	5	0.02
Mung bean (0-3-3 kg N-P_2O_5-K_2O/rai + rhizobium)								
1) control	432	-	0	-	3,283.20	-	-	-
2) 6.5-0-0 kg N-P_2O_5-K_2O /rai	472.50	40.5	78	78	3,591.00	307.80	229.80	3.95
3) 13-0-0 kg N-P_2O_5-K_2O /rai	443	11	156	156	3,366.80	83.60	-72.40	0.54
4) 26-0-0 kg N-P_2O_5-K_2O /rai	507	75	312	312	3,853.20	570.00	258.00	1.83

[1/]Rice varieties RD 41 Price 9.2 baht/kg [2/] Chemical fertilizer price (urea 12 baht/kg, Triple Super Phosphate 21 baht/kg, Potassium chloride 13 baht/kg)