ศรีสุดา ทิพยรักษ์ 2552. **การย่อยสลายและปลดปล่อยไนโตรเจนจากซากถั่วลิสงและถั่วเขตร้อนอื่น ๆ เพื่อเป็นปุ๋ยพืชสดให้แก่อ้อยที่ปลูกปลายฤดูฝน.** วิทยานิพนธ์ปริญญาปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาพืชไร่ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ : อาจารย์ ดร. บรรยง ทุมแสน,
รศ.ดร. วิริยะ ลิมปินันทน์,
รศ. ดร. ปัทมา วิตยากร แรมโบ

บทคัดย่อ

พื้นที่ปลูกอ้อยของประเทศไทยส่วนใหญ่อยู่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ แต่ผลผลิตในภูมิภาคนี้ค่อนข้างต่ำ เนื่องจากความอุดมสมบูรณ์ของดินต่ำอันเป็นปัจจัยสำคัญที่จำกัดผลผลิตของอ้อย การปลูกอ้อยเป็นพืชเดี่ยวต่อเนื่องกันมีผลทำให้ความอุดมสมบูรณ์ของดินลดลง เนื่องจาก ธาตุอาหารถูกนำออกไปกับผลผลิต การเผาซากอ้อย และกระบวนการอื่นๆ อาทิเช่นการชะล้างธาตุอาหาร (leaching) การสูญเสียไนโตรเจนจากดีไนตริฟิเคชัน (denitrifycation) การระเหิดของแอมโมเนียจากดิน (volatilization) เป็นต้น พื้นที่ปลูกอ้อยในภาคตะวันออกเฉียงเหนือประมาณ ร้อยละ 80 ปลูกอ้อยในช่วงปลายฤดูฝน (ตุลาคม-พฤศจิกายน) อ้อยที่ปลูกจะอยู่ในไร่ต่อเนื่องอย่างน้อย 2 ปีครึ่ง คือตั้งแต่อ้อยปลูกจนถึงการเก็บเกี่ยวครั้งสุดท้าย (อ้อยตอปีที่ 1) เมื่ออ้อยตอให้ผลผลิตไม่คุ้มค่า แปลงจะถูกไถรื้อตอและทิ้งไว้รอปลูกอ้อยใหม่ในปลายฤดูฝน ทำให้มีช่วงว่าง(fallow)ในฤดูฝน 5-6 เดือน ซึ่งเกษตรกรส่วนใหญ่จะทิ้งแปลงว่างไว้ จึงเป็นช่วงที่มีโอกาสใช้พืชตระกูลถั่วปลูกเป็นปุ๋ยพืชสดในการปรับปรุงดิน ให้มีความอุดมสมบูรณ์ของดินยิ่งขึ้น รวมทั้งช่วยในการลดปัญหาหน้าดินถูกชะล้าง ตลอดจนช่วยเพิ่มธาตุไนโตรเจน เพื่อทดแทน หรือลดการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนให้แก่อ้อยได้

ด้วยเหตุผลดังกล่าว จึงได้นำพืชตระกูลถั่วชนิดต่างๆ ซึ่งที่มีศักยภาพในการเป็นปุ๋ยพืชสดได้ดีกับสภาพแวดล้อมของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มาทำการศึกษาเพื่อปรับปรุงความอุดมสมบูรณ์ของดินในช่วงแปลงเว้นว่างในฤดูฝน รวมทั้งผลประโยชน์ต่ออ้อยที่ปลูกตามในช่วงปลายฤดูฝน ดำเนินการศึกษาที่ศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น ซึ่งเป็นดินทราย ชุดยโสธร (Yasothon, Yt, Oxic Paleustults) ตั้งแต่เดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2543 ถึงเดือนมกราคม พ.ศ. 2545 การศึกษา ประกอบด้วย 3 การทดลอง โดยการทดลองที่ 1 มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ประเมินศักยภาพของถั่ว 6 ชนิด ในการให้ผลผลิตมวลชีวภาพ ปริมาณไนโตรเจน การตรึงไนโตรเจน และผลของการปลูกถั่วเหล่านี้ต่อความชื้นของดินซึ่งมีผลต่อการงอกของอ้อย 2) เพื่อให้เข้าใจรูปแบบการย่อยสลายและการปลดปล่อยไนโตรเจนของซากถั่วแต่ละชนิด 3) ติดตามไนโตรเจนที่อยู่ในซากถั่วต่อการดูดใช้ของอ้อย ปริมาณที่เหลืออยู่ในดิน และซากถั่วที่ยังไม่ย่อยสลาย โดยใช้ซากถั่วที่ติดสลากด้วยไอโซโทป ^{15}N และ 4) เพื่อประเมินผลของซากถั่วต่อการทดแทนปุ๋ยเคมีไนโตรเจน

ที่ใส่พร้อมกับการปลูกอ้อย การทดลองที่ 2 มีวัตถุประสงค์ เพื่อประเมินการย่อยสลายและปลดปล่อยไนโตรเจน จากส่วนต่าง ๆของซากถั่ว คือ ต้น ใบ ใบร่วง และ ราก แยกกัน และส่วนผสมรวมกันของส่วนเหนือดิน (ต้น ใบ และใบร่วง) ตลอดจนปฏิกิริยาสัมพันธ์เมื่อนำส่วนต่าง ๆมาผสมกัน ทั้งนี้ เพื่อให้เข้าใจความเป็นประโยชน์ของไนโตรเจนจากส่วนต่าง ๆของซากถั่วเมื่อแยกกันและผสมกัน การทดลองที่ 3 เป็นการศึกษาผลของซากถั่วชนิดต่าง ๆและอัตราการใส่ซากถั่ว ต่อการเจริญเติบโตในช่วงแรกของอ้อยในสภาพเรือนทดลอง โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบความเป็นประโยชน์ของไนโตรเจนจากซากพืชตระกูลถั่ว กับปุ๋ยเคมีไนโตรเจน ในช่วงแรกของการเจริญเติบโตของอ้อย

การทดลองที่ 1 ดำเนินการโดยนำพืชตระกูลถั่วเขตร้อนที่มีศักยภาพที่จะใช้เป็นปุ๋ยพืชสด 6 ชนิด คือ ถั่วที่บริโภคเมล็ด ได้แก่ถั่วลิสง (peanut, *Arachis hypogaea* L.), ถั่วปุ๋ยพืชสด ได้แก่ ถั่วมะแฮะ (*pigeonpea, Cajanus cajan* (L.) Millsp.) ถั่วพร้า (jackbean, *Canavalia gladiata* (Jacq.) DC.) และปอเทือง (sunnhemp, *Crotalaria juncea*) และวัชพืชตระกูลถั่ว 2 ชนิด ได้แก่ หิ่งเหย (*Crotalaria striata*) และครามขน (hairy indigo, *Indigofera hirsuta* Harvey) ปลูกถั่วในสภาพไร่ โดยวางแผนการทดลองแบบ randomized complete block (RCB) จำนวน 4 ซ้ำ ในเดือนพฤษภาคม และเก็บเกี่ยวเดือนกันยายน 2543 เพื่อประเมินผลผลิตมวลชีวภาพ ปริมาณไนโตรเจนในถั่ว และปริมาณไนโตรเจนที่ตรึงได้จากอากาศ โดยใช้วิธี เจือจาง ^{15}N ไอโซโทป (^{15}N isotope dilution method) นอกจากนี้ยังศึกษาผลของการปลูกถั่วต่อความชื้นในดิน หลังจากเก็บเกี่ยว โดยซากถั่วถูกไถกลบลงดินในเดือนตุลาคม และปลูกอ้อยตามเพื่อประเมินผลของซากถั่ว ต่อการทดแทนปุ๋ยไนโตรเจนที่ใส่พร้อมกับการปลูกอ้อย สุ่มเก็บตัวอย่างอ้อยเพื่อประเมินการเจริญเติบโตและผลผลิตเมื่อ 151 285 วันหลังปลูก และเก็บเกี่ยวผลผลิตอ้อยในเดือนมกราคม 2545

พร้อมกันนี้มีการศึกษาอัตราการย่อยสลายและปลดปล่อยไนโตรเจนจากซากถั่วทั้งหมดในสภาพไร่ โดยใช้ถุงไนล่อนใส่ซากถั่ว และฝังในแปลงปลูกอ้อย (litter bag technique) เก็บถุงไนล่อนทุก 1-2 สัปดาห์ ตลอดเวลาการปลูกอ้อย เพื่อประเมินน้ำหนักและไนโตรเจนที่เหลือในซากถั่ว และการศึกษาติดตามไนโตรเจนจากซากถั่ว 4 ชนิด คือ ถั่วลิสง ถั่วมะแฮะ ถั่วพร้า และปอเทือง โดยใช้ซากถั่วที่ติดสลากด้วย ไอโซโทป ^{15}N ติดตามไนโตรเจนจากการย่อยสลายและปลดปล่อยจากซากถั่ว ที่อยู่ในดิน ถูกดูดใช้โดยอ้อย และยังคงเหลือในซากถั่วที่ยังไม่ถูกย่อยหลังจากการปลูกอ้อย 180 วัน

การทดลองที่ 2 เป็นการศึกษาการย่อยสลายและเปลี่ยนอินทรีย์ไนโตรเจนเป็นอนินทรีย์ไนโตรเจน (mineralization) ของส่วนต่าง ๆของซากถั่ว (ต้น ใบ ใบร่วง และราก) แยกกัน และปฏิกิริยาสัมพันธ์ที่เกิดจากการนำ ต้น ใบ และใบร่วงมารวมกัน (ตามสัดส่วนที่เกิดจริงในสภาพไร่) โดยทดลองกับถั่ว 3 ชนิด คือ ถั่วลิสง ถั่วมะแฮะ และครามขน ในสภาพโรงเรือน ด้วยวิธีการบ่มในดิน (incubation method) ในกระป๋องขนาด 2 ลิตร เป็นเวลา 19 สัปดาห์ ใช้แผนการ

ทดลองแบบ randomized complete block จำนวน 4 ซ้ำ ประเมินซากพืชที่เหลือในช่วงเวลาต่างๆ โดยการร่อนด้วยตระแกรง (2 มม.) อบให้แห้ง ชั่งน้ำหนัก วิเคราะห์ไนโตรเจนที่เหลือในซาก และวัดปริมาณอนินทรีย์ไนโตรเจนในดิน

การทดลองที่ 3 เป็นการศึกษาผลของซากถั่วชนิดต่างๆ จำนวน 6 ชนิด และอัตราการใส่ซาก ต่อการเจริญเติบโตของอ้อย โดยย้ายต้นกล้าอ้อยอายุประมาณ 1 เดือน ปลูกในถังขนาด 28 ลิตร ที่บรรจุดินซึ่งได้คลุกกับซากถั่วลิสง ถั่วมะแฮะ และคราม ขนแล้ว ในอัตรา 6.25 และ 12.5 ตันต่อเฮ็กตาร์ ในขณะที่ ถั่วพร้า ปอเทือง และ ทิ่งเหยใส่ในอัตรา 6.25 ตันต่อเฮ็กตาร์ วางแผนการทดลองแบบ randomized complete block (RCB) จำนวน 4 ซ้ำ วัดการเปลี่ยนแปลงอนินทรีย์ไนโตรเจนในดินระยะต่างๆ วัดการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ในแต่ละกรรมวิธี และเก็บเกี่ยวอ้อยหลังย้ายกล้า 139 วัน

ผลการทดลองที่ 1 พบว่า น้ำหนักแห้งส่วนเหนือดินทั้งหมดของถั่วทั้ง 6 ชนิด มีค่าตั้งแต่ 4.2 ถึง 10.7 ตันต่อเฮ็กตาร์ ให้ปริมาณไนโตรเจน 59 ถึง 150 กก.N ต่อเฮ็กตาร์ ปอเทืองให้มวลชีวภาพสูงสุด และต่ำสุด คือ ถั่วพร้า ในการศึกษาการตรึงไนโตรเจนของถั่ว พบว่าถั่วทุกชนิดมีการตรึงไนโตรเจนอยู่ระดับสูง (61-81% ของไนโตรเจนทั้งหมด) โดยเฉพาะ คราม ขน ถั่วพร้า และถั่วลิสง(ปลูกโดยไม่ใช้ปุ๋ยฟอสฟอรัสและโพแทสเซียม) ที่ตรึงได้ 80-81% ของไนโตรเจนทั้งหมด การปลูกถั่วมีผลต่อความชื้นดิน แต่ไม่ทำให้การงอกของอ้อยแตกต่างกัน

การศึกษาการย่อยสลายโดยใช้ถุงไนล่อน (litter bag) พบว่าช่วงการฝังถุงจาก 0-49 วัน ถั่วพร้ามีอัตราคงที่ของการย่อยสลายสูงสุด (*kw*) 0.0180 ต่อวัน ทำให้มีซากเหลือ 32% จากน้ำหนักที่ใส่เริ่มต้น ส่วนถั่วมะแฮะสลายตัวช้าที่สุดโดยมีค่า *kw* 0.0077 ต่อวัน และน้ำหนักคงเหลือ 69% ของซากที่ใส่เริ่มต้น ในช่วงที่สอง (77-358 วันหลังฝังถุงไนล่อน) ทิ่งเหยย่อยสลายเร็วที่สุด โดยมีค่า *kw* 0.0069 ต่อวัน ซึ่งยังคงมีน้ำหนักเหลือ 5% ของน้ำหนักซากที่ใส่ ในขณะที่การย่อยสลายของถั่วมะแฮะยังคงช้าที่สุดเช่นเดิม มีค่า *kw* อยู่ที่ 0.0042 ต่อวัน และยังคงเหลือน้ำหนัก 17% ของน้ำหนักซากที่ใส่เริ่มต้น

การวัดปริมาณไนโตรเจนที่เหลือในซากที่ 301 วันหลังการฝังถุงไนล่อน ถั่วมะแฮะมีไนโตรเจนคงเหลือสูงสุด 26% โดยมีอัตราการปลดปล่อยไนโตรเจน (*kn*) 0.0041 ต่อวัน ทิ่งเหยมีปริมาณไนโตรเจนเหลือน้อยที่สุด คือ 7% โดยมีค่า *kn* อยู่ที่ 0.0076 ต่อวัน

การติดตามไนโตรเจนโดยใช้ ไอโซโทป ^{15}N ติดสลากซากถั่ว ที่ 180 วันหลังจากปลูกอ้อย พบว่ามีไนโตรเจนในอ้อยสูงที่สุด จากการใส่ซากถั่วพร้า โดยพบในอ้อย 15% ของไนโตรเจนที่ใส่ และต่ำสุดจากการใส่ซากถั่วลิสง (5.5%) ไนโตรเจนที่ติดตามส่วนใหญ่พบในชั้นดิน 0-80 เซนติ-เมตร คือ 62% และ 39% ตามลำดับ รวมไนโตรเจนที่ติดตามได้ทั้งหมดสูงสุด 87% จากการใส่ซากถั่วพร้า และน้อยที่สุด 47% จากการใส่ซากถั่วลิสง

ผลของซากถั่วต่อการปลูกอ้อย พบว่าการใส่ซากถั่วชนิดต่างๆ ไม่ทำให้น้ำหนักลำเก็บเกี่ยวแตกต่างกัน โดยให้ผลผลิตลำอ้อยสดอยู่ในช่วง 94-105 ตันต่อเฮ็กตาร์ การใส่ซากถั่วลิสง

(ไม่ใส่ปุ๋ย P และ K) ถั่วพร้า และคราม ขนให้ผลผลิตอ้อยสูงกว่าวิธีการไม่มีการจัดการดิน แต่ไม่แสดงความแตกต่างกันกับวิธีการใส่ปุ๋ยเคมี N ตามอัตราแนะนำ และผลผลิตอ้อยจากการใส่ซากถั่วทุกชนิดให้ผลผลิตสูงกว่าการไถกลบซากวัชพืช

ในการทดลองที่ 2 พบว่า การย่อยสลายและปลดปล่อยไนโตรเจนในซากถั่วลิสง ไม่ว่าส่วนเหนือดิน (ลำต้น ใบ และ ใบร่วง) และส่วนที่อยู่ใต้ดิน (ราก) เกิดขึ้นได้รวดเร็วที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับซากถั่วลิสงมีความเข้มข้นของไนโตรเจน (N) สูง มี ADF (acid detergent fiber) และสัดส่วนของ ADF:N ต่ำสุด คราม ขนเป็นถั่วที่ถูกตั้งสมมุติฐานว่ามีคุณสมบัติในการย่อยสลายและปลดปล่อยไนโตรเจนต่ำกว่าถั่วมะแฮะ เนื่องจากมีความเข้มข้นของโพลีฟีนอล (polyphenol) สูง อย่างไรก็ตาม ปรากฏว่าคราม ขนมีอัตราการย่อยสลายและปลดปล่อยไนโตรเจนเร็วกว่าถั่วมะแฮะ ทั้งนี้ เนื่องจากคราม ขน มีความเข้มข้นของไนโตรเจนสูงกว่าถั่วมะแฮะ นอกจากนี้ คราม ขนยังมีความเข้มข้นของลิกนิน (lignin) ต่ำกว่าถั่วมะแฮะอีกด้วย เมื่อพิจารณาถึงการย่อยสลายของแต่ละส่วนของถั่วทุกชนิด พบว่าอัตราการปลดปล่อยไนโตรเจนเรียงตามลำดับจากมากไปหาน้อยดังนี้ ใบ > ใบร่วง > ราก > ลำต้น เมื่อมีการผสมส่วนเหนือดินเข้าด้วยกัน พบว่า การย่อยสลายเรียงตามลำดับจากมากไปหาน้อย ดังนี้ ถั่วลิสง > คราม ขน > ถั่วมะแฮะ ปริมาณการปลดปล่อยไนโตรเจนจะถูกกำหนดโดยส่วนของลำต้น เพราะเป็นองค์ประกอบที่มากที่สุดในซากผสม (41-61%) ปฏิกิริยาสัมพันธ์ของการย่อยสลายและการปลดปล่อยไนโตรเจนของซากพืชผสมส่วนเหนือดิน เกิดขึ้นน้อยมากในถั่วลิสงและถั่วมะแฮะ เนื่องจากซากถั่วลิสงมีสัดส่วนของซากที่มีคุณภาพดีมาก คือมีความเข้มข้นของไนโตรเจนสูง มีลิกนินและโพลีฟีนอลต่ำ ในขณะที่ถั่วมะแฮะมีสัดส่วนของซากที่มีคุณภาพดีปริมาณน้อย นอกจากนี้ยังพบปฏิกิริยาสัมพันธ์ในทางบวกของการ ปลด-ปล่อยไนโตรเจนจากการผสมส่วนเหนือดินของซากคราม ขนในช่วงปลายของการย่อยสลาย

การทดลองที่ 3 พบว่า พืชตระกูลถั่วที่ศึกษา มีองค์ประกอบทางเคมีแตกต่างกัน และสามารถจำแนกถั่วเหล่านี้ได้เป็น 3 กลุ่ม โดยอาศัยสัดส่วนของ C:N ความเข้มข้นของลิกนิน และโพลีฟีนอล กลุ่มที่มีคุณภาพสูง ได้แก่ ถั่วลิสง และปอเทือง กลุ่มที่มีคุณภาพปานกลาง ได้แก่ ถั่วพร้าและหิ่งเหย และกลุ่มคุณภาพต่ำ คือ ถั่วมะแฮะและคราม ขน กลุ่มคุณภาพสูงมีผลทำให้ปริมาณอนินทรีย์ไนโตรเจนที่สกัดได้มากที่สุด ทำให้การเจริญเติบโตของอ้อยสูงสุด ที่อายุอ้อย 139 วันหลังย้ายปลูก การใช้ซากถั่วลิสงจะให้น้ำหนักแห้งอ้อยสูงสุด รองลงมา ได้แก่ ปอเทือง นอกจากนี้ซากถั่วลิสงมีการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่ำสุด ในขณะที่ซากถั่วมะแฮะให้ค่าการปลดปล่อยสูงที่สุด สำหรับปริมาณธาตุอาหารต่าง ๆ ที่อ้อยดูดใช้ พบว่า การใส่ซากถั่วลิสงมีผลให้อ้อยมีการดูดใช้ N และ K สูงกว่าการใส่ซากถั่วอื่น ๆและใส่ปุ๋ยไนโตรเจน เช่นเดียวกับการใส่ซากปอเทืองและถั่วลิสงทำให้มีการดูดใช้ Mg สูงกว่าวิธีอื่น ๆ การดูดใช้ N P K Mg ของอ้อยจากซากถั่วต่าง ๆ เหล่านี้มีค่าสูงกว่าวิธีการเปรียบเทียบ (control) การเพิ่มอัตราการใส่ซากถั่วจาก 6.25 เป็น 12.50 ตันต่อเฮ็กตาร์ ทำให้มีการดูดใช้ N, P, K และ Mg สูงมากกว่าวิธีการเปรียบเทียบและการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน นอกจากนี้ภายหลังเก็บเกี่ยวอ้อย (139 วันหลังย้ายกล้า

อ้อย) การใส่ซากพืชตระกูลถั่วชนิดต่าง ๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งถั่วมะแฮะมีผลทำให้ปริมาณอินทรีย-วัตถุในดินสูงขึ้นมากกว่าวิธีการเปรียบเทียบและการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน

จากการศึกษาทั้ง 3 การทดลองครั้งนี้ ชี้ให้เห็นว่าพืชตระกูลถั่วทั้ง 6 ชนิด สามารถนำมาใช้เป็นพืชปุ๋ยสดในระบบการปลูกอ้อยปลายฤดูฝน ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ถั่วทุกชนิดมีรูปแบบของการย่อยสลาย และการปลดปล่อยไนโตรเจนแตกต่างกัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบทางเคมีของแต่ละส่วนประกอบของพืช (plant parts) และสัดส่วนของส่วนประกอบต่าง ๆของพืชในซากรวม (mixture) ซากถั่วทุกชนิดที่ทำการศึกษา มีศักยภาพที่จะทดแทนปุ๋ยเคมีไนโตรเจน ที่ใส่พร้อมกับการปลูกอ้อย โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ซากถั่วลิสง ข้อมูลที่ได้จากการทดลองนี้ สามารถนำไปพัฒนาการจัดการซากพืชตระกูลถั่วให้มีการปลดปล่อยไนโตรเจนในช่วงเวลาที่สอดคล้องกับความต้องการของอ้อย

มหาวิทยาลัยขอนแก่น