ประสิทธิภาพของการไถกลบฟางและตอซังแบบตัดสับร่วมกับการหมักทางชีวภาพ ต่อสมบัติทางเคมีของดินนาบางประการ

The Efficiency of Straw and Stubble Chopping Together with Biological Fermentation for Some Chemical Properties of Paddy Soil

ไพโรจน์ นะเที่ยง*

Pairote Nathiang

Received : June 5, 2020

Revised : November 2, 2020

Accepted : December 10, 2020

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการไถกลบด้วยการลดขนาดทางกายภาพฟางและตอซังร่วมกับการหมักทางชีวภาพ วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ภายในบล็อก (RCBD) ด้วยการใส่ฟางและตอซังในสัดส่วน 700 กิโลกรัม/ไร่ จัดสิ่งทดลองจำนวน 4 ชุดทดสอบ ประกอบด้วย 1) ใส่ฟางและตอซังเผา 2) ใส่ฟางและตอซังไม่ตัดสับ 3) ใส่ฟางและตอซังตัดสับร่วมกับจุลินทรีย์สังเคราะห์แสง เชื้อราไตรโครโดมา (5 ลิตร/ไร่) และปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด (50 กิโลกรัม/ไร่) และ 4) ใส่ฟางและตอซังตัดสับ ผลการทดลองพบว่าประสิทธิภาพการย่อยสลายด้วยวิธีการไถกลบฟางและตอซังแบบตัดสับร่วมกับการหมักทางชีวภาพ มีค่าความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ส่งผลให้ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปลดปล่อยจากการหายใจของจุลินทรีย์ดินต่อหน่วยน้ำหนักของดินสูงขึ้นตามระยะเวลาที่ใช้ในการหมักในดินนา อีกทั้งยังส่งผลให้ค่าความเป็นกรด-ด่างของดินเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยเฉลี่ย (0.4-0.6 หน่วย pH) ส่วนค่าอินทรียวัตถุเพิ่มขึ้นโดยเฉลี่ย (0.1-0.29%) เมื่อเทียบกับวิธีการไถกลบฟางและตอซังแบบเผาทำลายและแบบไม่ตัดสับ

คำสำคัญ : ฟางและตอซัง / ระบบนาน้ำขัง / ดินนา

***อาจารย์ประจำสาขาวิชาเทคโนโลยีอุตสาหการ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์**

Lecture, Department of Industrial Technology, Faculty of Industrial Technology, Uttaradit Rajabhat University

ABSTRACT

This research aimed to optimize the Crop Residue Incorporation by reducing the physical size of straw and stubble combined with biological fermentation. An experiment was a randomized complete block design (RCBD). By adding straw and stubble in the proportion of 700 kg/rai, there were four test sets consisted of 1) Put the straw and stubble burning 2) Put the straw and stubble are cut, chopped 3) Place the chopped straw and stubble cut with photosynthetic microorganisms, trichoderma (5 liters/rai) and organic pellets (50 kg/rai) and 4) Add chopped straw and stubble. The results showed that the degradation efficiency with the crop residue incorporation by reducing the physical size of straw and stubble combined with biological fermentation, there was a statistically significant difference ($p < 0.05$). Therefore, the amount of respirable carbon dioxide released by soil microorganisms per unit weight of soil was higher at the time of fermentation in the soil. It also led to a slight change in soil pH on average (0.4 - 0.6) and increased organic matter (0.1-0.29%).

Keywords : Straw and Stubble / Submerged Soil systems / Paddy Soils

บทนำ

การจัดการฟางและตอซังหลังการเก็บเกี่ยวของเกษตรกรทำนาในปัจจุบันมีอยู่หลายรูปแบบ อาทิ การเก็บออกจากแปลงนาโดยใช้เครื่องอัดก้อน เป็นวิธีที่มีผลดีคือสามารถลดการเผาฟางและตอซังได้แต่จะส่งผลเสียในระยะยาวคือการทำให้ดินแน่นขึ้นเนื่องจากการกดทับของเครื่องจักรกลทางการเกษตรและเพิ่มต้นทุนการไถพรวนอีกทั้งยังถือว่าเป็นการนำธาตุอาหารพืชออกจากแปลงนาโดยเปล่าประโยชน์ ส่วนวิธีการเผาทำลายนับว่าเป็นวิธีที่ง่ายและต้นทุนต่ำนิยมใช้กันมากที่สุดแต่ก็เป็นวิธีที่มีผลเสียมากที่สุดเช่นกัน การเผาทำลายฟางและตอซังหลังการเก็บเกี่ยวก่อให้เกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในแต่ละปีมากถึง 27 ล้านตันกิโลกรัมคาร์บอน ปริมาณฝุ่นละอองที่เกิดขึ้น 100 -700 ล้านกิโลกรัม (กรมควบคุมมลพิษ, 2558) แต่เมื่อพิจารณาถึงผลกระทบทางด้านธาตุอาหารพืชและระบบนิเวศในดินนาจะพบว่าการเผาฟางและตอซังน้ำหนัก 485 กิโลกรัม จะทำให้สูญเสียธาตุไนโตรเจน 2.3 กิโลกรัม ฟอสฟอรัส 0.3 กิโลกรัม และโพแทสเซียม 5.7 กิโลกรัม (บรูดและเพง,2548) และยังทำให้เกิดความร้อนในดินซึ่งจะไปทำลายจุลนิเวศเหนือผิวดินให้สูญเสียความสมดุลส่งผลให้คุณสมบัติทางกายภาพของดินนาเลวลงตามมา สำหรับในประเทศไทยพบว่ามีธาตุไนโตรเจนสะสมในฟางและตอซัง 0.4-0.69 เปอร์เซ็นต์ ฟอสฟอรัส 0.08-0.28 เปอร์เซ็นต์ และโพแทสเซียม 0.38-0.69 เปอร์เซ็นต์ (กรมพัฒนาที่ดิน, 2548) ทั้งนี้เนื่องจากในประเทศไทยนิยมปลูกข้าวต้นสูงจึงทำให้มีโอกาสที่ต้นข้าวจะสะสมธาตุอาหารไว้ในฟางและตอซังในปริมาณมาก หากประเมินปริมาณของธาตุอาหารพืชในฟางและตอซังทั้งประเทศจะประกอบด้วยไนโตรเจน 212,220 ตัน ฟอสฟอรัส 159,165 ตัน และโพแทสเซียม 1,278,762 ตัน ประเมินเป็นมูลค่ารวมประมาณ 20,375 ล้านบาท ซึ่งนับว่าเป็นการทำลายทรัพยากรที่มีคุณค่าไปโดยเปล่าประโยชน์หากใช้วิธีการจัดการฟาง

และตอซังด้วยวิธีการเผาทำลายหรือเก็บออกจากแปลงนา ส่วนวิธีการไถกลบ (Crop residue incorporation) นับว่าเป็นวิธีการจัดการฟางและตอซังหลังการเก็บเกี่ยวที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด เนื่องจากเป็นการเพิ่มอินทรียวัตถุ คาร์บอนอินทรีย์ ไนโตรเจน และหมุนเวียนธาตุอาหารพืชกลับคืนสู่ดิน เพิ่มปริมาณจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ในดินและยังเป็นการรักษาระดับความเป็นกรด-ด่างให้เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืช ช่วยระบายอากาศ ช่วยให้ดินดูดซับและกักเก็บน้ำได้มากขึ้น รวมทั้งทดแทนธาตุอาหารบางส่วนที่พืชนำไปใช้หรือที่ติดไปกับผลผลิต (กรมพัฒนาที่ดิน, 2556) โดยฟางและตอซังที่ถูกฝังกลบลงไปในดินนาจะค่อยๆย่อยสลายและปลดปล่อยธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อพืชอย่างช้าๆ โดยการเก็บกักคาร์บอนไว้ในรูปของอินทรียวัตถุ จากผลการวิจัยของ Kaewparadit, et al. (2009) และ Surekha, et al. (2006) พบว่าการไถกลบวัสดุอินทรีย์ในนาข้าวติดต่อกันเป็นระยะเวลา 10 ปี มีผลทำให้อินทรียวัตถุในดินนาเพิ่มขึ้น อีกทั้งยังสามารถช่วยลดค่าความแข็งของดิน (Soil Hardness) จาก 29.27 มิลลิเมตร เป็น 24.90 มิลลิเมตร ส่วนการไถกลบฟางและตอซังในอัตราส่วน 2,000 กิโลกรัม/ไร่ ติดต่อกันเป็นระยะเวลา 4 ปี ยังมีผลต่อความอุดมสมบูรณ์ของดินและมีแนวโน้มในการลดการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนลง อีกทั้งยังทำให้ผลผลิตข้าวสูงขึ้นเฉลี่ย 580 กิโลกรัม/ไร่ เมื่อเทียบกับการเผาฟางและตอซังที่ทำให้ผลผลิตข้าวลดลงเฉลี่ย 461 กิโลกรัม/ไร่ (ชุติวัฒน์ และคนอื่นๆ, 2540) ซึ่งสอดคล้องกับการวิจัยของวันชัย (2554) ที่พบว่าในแปลงนาที่มีการเผาฟางและตอซังในอัตรา 500 กิโลกรัม/ไร่ มีผลทำให้คุณสมบัติทางเคมีดินด้อยกว่าและอัตราผลผลิตข้าวต่ำกว่าแปลงนาที่มีการไถกลบในอัตราส่วน 1,000-2,000 กิโลกรัม/ไร่ ที่ทำให้มีปริมาณอินทรียวัตถุเพิ่มขึ้นร้อยละ 2.62 ปริมาณไนโตรเจนในดินเพิ่มขึ้นร้อยละ 0.13 และให้ผลผลิตข้าวสูงสุด 873.59 กิโลกรัม/ไร่ แต่เนื่องจากในปัจจุบันเกษตรกรทำนามักรีบเร่งไถกลบเศษฟางและตอซังที่เหลือทิ้งจากเครื่องเกี่ยวนวดข้าวโดยการไถปั่นลงไปในดินนาทันทีเพื่อให้ทันต่อการเพาะปลูกรอบถัดไปโดยเฉพาะในฤดูกาลทำนาปรัง ทั้งนี้การเติมเศษฟางและตอซังลงไปในดินนาแบบนาน้ำขัง (Submerged Soil) ที่มีสภาพการระบายอากาศไม่ดีและขาดออกซิเจนมีผลทำให้เกิดก๊าซมีเทน (CH_4) ปลดปล่อยสู่ชั้นบรรยากาศ และทำให้จุลินทรีย์ในดินนาที่มีบทบาทในการย่อยสลายมีอัตราการเจริญเติบโตต่ำทำให้ประสิทธิภาพการย่อยสลายช้าลง อีกทั้งยังก่อให้เกิดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) ในดินนาไปทำลายระบบรากข้าวเนื่องจากการกระบวนการย่อยสลายอินทรียวัตถุยังไม่สมบูรณ์ เนื่องจากเกิดสภาวะรีดักชั่น (Reduction) หรือสภาวะการลดออกซิเจนอย่างรุนแรงจากกระบวนการ (Immobilization) ของธาตุไนโตรเจนในดินนามีปริมาณลดลงชั่วคราว (Broadbent, 1979, pp.105-118) เพราะฟางและตอซังที่เติมลงไปจะเร่งปฏิกิริยาการลดออกซิเจนก่อให้เกิดสารประกอบคาร์บอนที่ไม่พึงประสงค์ทำให้เกิดเป็นพิษต่อต้นข้าวทำให้ต้นข้าวเกิดอาการเมาตอซัง ส่งผลเสียต่อการเจริญเติบโตของต้นข้าวในระยะแรกจนถึงระยะแตกกอ ทำให้ใบเหลือง รากดำ ประสิทธิภาพการดูดธาตุอาหารต่ำ (ทัศนีย์, 2543) สอดคล้องกับงานวิจัยของนิตยา และคนอื่นๆ (2551) ที่ได้ศึกษาถึงผลของระยะเวลาการหมักฟางหลังจากการไถกลบลงดินต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตข้าว พบว่าระยะเวลาการหมักฟางหลังจาการไถกลบลงดินที่ 0 7 14 และ 21 ก่อนการหว่านเมล็ดพันธุ์ข้าว โดยใช้เศษฟางในอัตราส่วน 800 กิโลกรัม/ไร่ มีผลต่อการเจริญเติบโตของรากข้าวในระยะแรก โดยการหมักหลังจากการไถกลบที่ 0 และ 7 วัน รากข้าวมีลักษณะเป็นกระจุก มีสีดำ และสีดำปนน้ำตาล และรากข้าวแตกออกน้อย แต่เมื่อระยะเวลาการหมักนานขึ้นเป็น 14 และ 21 วัน รากข้าวมีสีขาว

ยาวและอวบ ซึ่งเกิดจากกระบวนการย่อยสลายของฟางและตอซังในสภาวะรีดักชั่น (Reduction) เป็นไปอย่างต่อเนื่องช่วยส่งเสริมให้ Fe^{++} และ Mn^{++} ในดินนาเพิ่มขึ้นเพื่อไปไลโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ออกมาในดิน (Ponnamperuma, 1984, pp.117-135) ไปช่วยลดความเป็นพิษของเหล็กและแมงกานีส และยังช่วยปรับปรุงสมบัติทางเคมีของดินโดยการรักษาค่าความเป็นกรด-ด่างของดินให้เหมาะสมต่อการเพิ่มความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารพืช (Ogbodo, 2010, pp.13-18)

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวกับการจัดการฟางและตอซังหลังการเก็บเกี่ยวทุกวิธีการที่กล่าวมาข้างต้น จะเห็นว่าวิธีการจัดการฟางและตอซังด้วยการไถกลบถือได้ว่าเป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด แต่เนื่องจากการไถกลบฟางและตอซังที่เก็บเกี่ยวด้วยเครื่องเกี่ยวนวดข้าวที่มีความยาวเฉลี่ย 80-100 เซนติเมตร ลงไปในดินนาในสภาพนาน้ำขังโดยใช้เวลาหมักน้อยจะส่งผลให้เกิดกระบวนการย่อยละลายที่ไม่สมบูรณ์ ทำให้ดินเป็นพิษต่อต้นข้าวที่ปลูกในระยะแรกมีผลทำให้ข้าวเกิดอาการเมาตอซังตามมา ดังนั้นจึงต้องศึกษาถึงการเพิ่มประสิทธิภาพการย่อยสลายฟางและตอซังในระบบนาน้ำขังให้เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพเพื่อไม่ให้ดินเป็นพิษกับต้นข้าวที่ปลูกและสามารถที่จะปลดปล่อยธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อพืชตั้งแต่ระยะแรกจนถึงการเก็บเกี่ยวผลผลิต ด้วยการลดขนาดทางกายภาพโดยการตัดสับฟางและตอซังให้มีขนาดความยาวเฉลี่ย 5-10 เซนติเมตร โดยใช้เครื่องตัดสับสำหรับลดขนาดทางกายภาพของฟางและตอซังแบบลากจูง (ไพโรจน์, 2561) เพื่อให้เศษฟางและตอซังมีขนาดความยาวที่ไม่เป็นอุปสรรคกับการไถกลบโดยมีการเติมจุลินทรีย์สังเคราะห์แสง เชื้อราไตรโครโดมา และปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดลงไปในระหว่างการหมัก เพื่อส่งเสริมประสิทธิภาพในด้านอัตราการย่อยสลายเศษซากพืชที่ไถกลบลงไปในดินนาในอัตราส่วนปกติ 700 กิโลกรัม/ไร่ ซึ่งจะส่งผลต่อการปรับปรุงบำรุงดินนาระบบน้ำขังในระยะยาวต่อไป

วิธีดำเนินการวิจัย

1. วางแผนการทดลอง

การศึกษาประสิทธิภาพการย่อยสลายฟางและตอซังที่มีการตัดสับให้มีขนาดความยาวเฉลี่ย 5-10 เซนติเมตร และหมักร่วมกับสารชีวภาพ ในช่วง 1 ฤดูกาลทำนา ได้แก่ ช่วงเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2561 ถึง เดือนมิถุนายน พ.ศ. 2561 ซึ่งเป็นพื้นที่ทำนาระบบนาน้ำขังที่ปลูกข้าวแบบปักดำต้นกล้า โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ภายในบล็อก (RCBD) ด้วยการใส่ฟางและตอซังในสัดส่วน 700 กิโลกรัม/ไร่ โดยจัดสิ่งทดลองจำนวน 4 ชุดทดสอบ ประกอบด้วย ชุดที่ 1) ใส่ฟางและตอซังเผา ชุดที่ 2) ใส่ฟางและตอซังไม่ตัดสับ ชุดที่ 3) ใส่ฟางและตอซังตัดสับความยาว 5-10 เซนติเมตร ร่วมกับจุลินทรียสังเคราะห์แสง (อัตรา 5 ลิตร/ไร่) เชื้อราไตรโครโดมา (อัตรา 5 ลิตร/ไร่) และปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด (อัตรา 50 กิโลกรัม/ไร่) และชุดที่ 4) ใส่ฟางและตอซังตัดสับความยาว 5-10 เซนติเมตร

2. การเตรียมพื้นที่แปลงนาทดลอง

แปลงนาทดลองใช้พื้นที่ทำนาหลังการเก็บเกี่ยวแล้ว 4 สัปดาห์ การเตรียมแปลงนาทดลองเริ่มจากการเตรียมดินโดยการเก็บเศษซากวัชพืชและอินทรียวัตถุเดิมในแปลงทดลองออก และปรับสภาพพื้นที่โดยการไถดะและตากดินไว้เป็นระยะเวลา 2 สัปดาห์ แล้วทำการปั้นคันนาความกว้าง 1.00 เมตร สูง 0.50 เมตร เพื่อแบ่ง

แปลงนาทดลองออกเป็น block จำนวน 4 block แต่ละ block มีขนาด 48 ตารางเมตร (ขนาด 8x6 เมตร) ตามภาพที่ 1 แล้วใส่ฟางและตอซังลงไปในแปลงนาทดลองตามรูปแบบและสัดส่วนที่กำหนดไว้ จากนั้นทำการไถกลบเศษฟางและตอซังลงไปในดินนาระยะความลึก 15 ถึง 20 เซนติเมตร ปล่อยน้ำเข้าแปลงนาและใส่สิ่งทดลองทั้ง 4 ชุดทดลอง หมักไว้เป็นระยะเวลา 3 วัน จากนั้นจึงทำการไถปั่นและทำเทือกนาเพื่อหมักเศษฟางและตอซังและเก็บข้อมูลตามแผนการทดลองที่กำหนดไว้

ภาพที่ 1 การเตรียมพื้นที่แปลงนาทดลอง

3. การเก็บข้อมูล

3.1 การย่อยสลายฟางและตอซังด้วยวิธีการตัดสับร่วมกับการหมักทางชีวภาพ

การทดสอบประสิทธิภาพการย่อยสลายด้วยการวัดอัตราการหายใจของจุลินทรีย์ดิน (Soil Respiration) ทั้งก่อนและหลังการใส่สิ่งทดลองในระยะเวลา 1 3 5 7 14 28 56 และ 100 วัน ตามช่วงระยะเวลาการเจริญเติบโตของต้นข้าวที่ปลูกในแปลงนาทดลอง ด้วยการใช้ภาชนะท่อพีวีซีชนิดหนารูปทรงกระบอกที่ปลายปิดทั้ง 2 ด้าน ความสูง 35 เซนติเมตร เส้นผ่าศูนย์กลาง 15 เซนติเมตร โดยด้านบนสุดของท่อพีวีซีจะมีฝาเกลียวสำหรับเปิด-ปิดภายในท่อจะมีชั้นตะแกรงชนิดตาข่ายห่างติดอยู่ โดยฝังปลายท่อพีวีซีในดินลึกประมาณ 5 เซนติเมตร และนำขวดแก้วปากกว้างขนาด 20 cm^3 ซึ่งบรรจุด้วย 1 N NaOH 10 มิลลิลิตร วางบนชั้นตะแกรงและปิดปากท่อพีวีซีให้สนิททันที ซึ่งปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ถูกปลดปล่อยออกมาจากดิน จะถูก NaOH จับไว้ เมื่อครบกำหนดการบ่มดิน 24 ชั่วโมง นำ 1 N NaOH 20 มิลลิลิตร ออกแล้วเติม

1 N $BaCl_2$ เพื่อให้ NaOH ที่จับกับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เกิดการตกตะกอน แล้วไทรเทรตด้วย 1 N HCl ที่ทราบความเข้มข้นที่แน่นอน (Anderson,1982)

3.2 การเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีของดินนา (Chemical Analysis)

การเก็บตัวอย่างดินโดยวิธีการสุ่ม (Composite Sample) เก็บตัวอย่างดิน 10 จุด จากพื้นที่แปลงนาทดลองตัวอย่างทั้ง 4 ชุดทดลองที่ความลึก 0-20 เซนติเมตร นำมาวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของดิน ประกอบด้วย ค่าความเป็นกรด-ด่าง โดยการนำตัวอย่างดินชั่งน้ำหนักในอัตราส่วน ดินต่อน้ำ (1:5) นำไปเขย่า 30 นาที แล้ววัดด้วยเครื่องวัด pH (pH Meter) และปริมาณอินทรียวัตถุในดิน โดยการนำตัวอย่างดินที่ทำให้แห้ง (Air Dry) บดและร่อนผ่านตะแกรงขนาด 0.5 มิลลิเมตร แล้วนำดินไปหาค่าปริมาณอินทรียวัตถุในดินทั้งหมดด้วยวิธี Wet Oxidation ของ Walkley and Black (อ้างถึงใน พัชรี, 2549, หน้า 65-68) ในระยะเวลา 7 20 45 60 และ 100 วัน ตามช่วงระยะเวลาการให้ปุ๋ยทางดินและทางใบกับต้นข้าวในแปลงนาทดลอง โดยตัวแทนของตัวอย่างดินในแต่ละแปลงจะนำมาผึ่งให้แห้งในที่ร่มและบดให้ละเอียดจากนั้นนำตัวอย่างดินร่อนผ่านตะแกรงร่อนขนาด 2.0 มิลลิเมตร เพื่อนำมาวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-ด่าง และปริมาณอินทรียวัตถุในดิน

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการทดลองนำมาวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความแตกต่างของแต่ละตำหรับด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมัน 95%

ผลการวิจัย

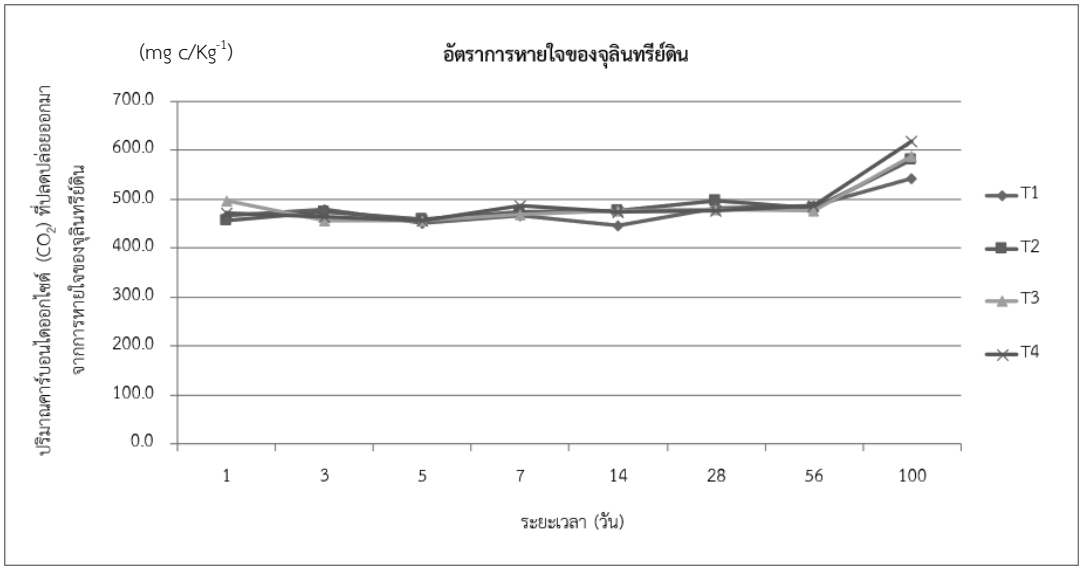
1. ประสิทธิภาพการย่อยสลายฟางและตอซังด้วยการตัดสับร่วมกับการหมักทางชีวภาพ

ผลการศึกษาประสิทธิภาพการย่อยสลายฟางและตอซังในระบบการปลูกข้าวแบบนาน้ำขังด้วยตัวชี้วัดทางชีวภาพ (อัตราการหายใจของจุลินทรีย์ดิน) พบว่าการใส่ฟางและตอซังลงไปหมักในดินนาระยะความลึก 15 ถึง 20 เซนติเมตร ในชุดทดลอง (T2) ใส่ฟางและตอซังแบบไม่ตัดสับ (T3) ใส่ฟางและตอซังแบบตัดสับร่วมกับจุลินทรีย์สังเคราะห์แสง เชื้อราไตรโครโดมาและปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด และ (T4) ใส่ฟางและตอซังตัดสับ ตลอดระยะเวลาการทดลอง 100 วัน มีค่าความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ส่งผลให้ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปลดปล่อยจากการหายใจของจุลินทรีย์ดินต่อหน่วยน้ำหนักของดินสูงขึ้นตามระยะเวลาที่ใช้ในการหมักในดินนา โดยเห็นความแตกต่างได้อย่างชัดเจนเมื่อหมักฟางและตอซังลงไปในดินนาที่ระยะเวลา 100 วัน โดยในทุกชุดทดลองที่ทำการใส่ฟางและตอซังลงไปหมักในดินนา (T2,T3 และ T4) มีปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นจากการหายใจของจุลินทรีย์ดินสูงกว่าในชุดทดลอง (T1) ที่ทำการใส่ฟางและตอซังแบบเผา และเมื่อเปรียบเทียบปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นจากการหายใจของจุลินทรีย์ดินในชุดทดลองที่มีการใส่ฟางและตอซังแบบตัดสับทั้งสองชุดทดลอง คือ ชุดทดลอง (T3 และ T4) จะพบว่าปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นจากการหายใจของจุลินทรีย์ดินสูงกว่าชุดทดลอง (T2) ที่ใส่ฟางและตอซังลงไปหมักในดินนาโดยไม่ได้ทำการตัดสับ (ดังตารางที่ 1 และภาพที่ 2)

ตารางที่ 1 การปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ (Co_2) จากการหายใจของจุลินทรีย์ดิน

ตำรับการทดลอง	ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ Co_2 ที่ปลดปล่อย (mg c/Kg^{-1})							
	วันที่ 1	วันที่ 3	วันที่ 5	วันที่ 7	วันที่ 14	วันที่ 28	วันที่ 56	วันที่ 100
T1	466.033 ±2.768 ab	479.233 ±12.067 a	450.63 ±9.981	466.767 ±13.123 b	446.233 ±52.263	482.900 ±3.966 b	487.67 ±19.810	543.033 ±29.441 b
T2	457.600 ±4.795 b	473.367 ±8.823 ab	459.43 ±4.960	474.467 ±4.960 ab	476.667 ±15.915	497.567 ±9.225 a	481.80 ±14.552	581.167 ±56.190a b
T3	495.733 ±31.906 a	455.767 ±12.510 b	455.40 ±1.100	469.700 ±3.300 b	475.567 ±12.067	478.133 ±1.270 b	476.30 ±11.164	587.033 ±15.608a b
T4	471.167 ±14.524 ab	463.100 ±4.795a b	457.60 ±6.869	488.033 ±3.536 a	474.100 ±7.700	477.833 ±5.561 b	486.80 ±6.317	618.933 ±4.580 a
F-test	**	**	ns	**	ns	**	ns	**
%C.V.	4.482	2.728	1.442	2.234	5.871	2.008	2.637	6.808

หมายเหตุ : ตัวอักษรในแนวตั้งที่ต่างกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)



ภาพที่ 2 ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ (Co_2) ที่ปลดปล่อยออกมาในแต่ละตำรับระยะเวลาการทดลอง 100 วัน

2. การเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีของดินนา (Chemical Analysis)

2.1 ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของดินนาหลังการทดลอง

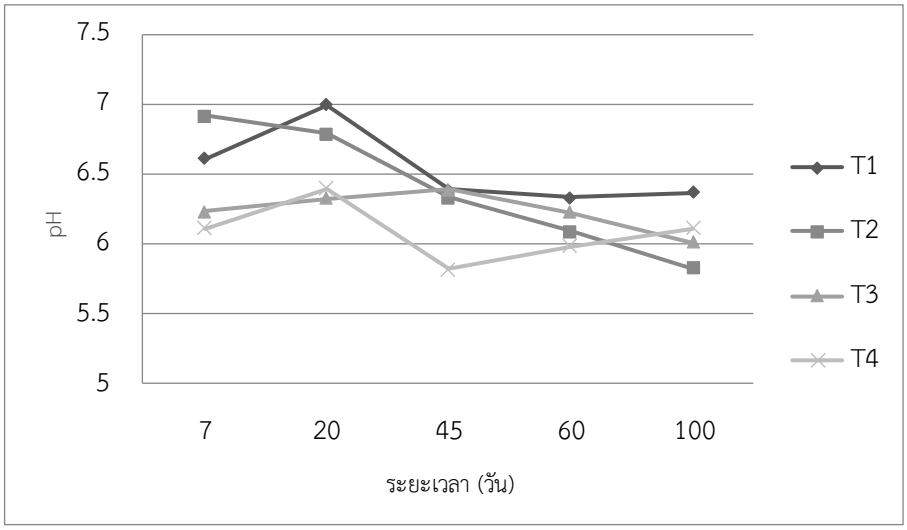
จากค่าการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีดินก่อนการทดลอง พบว่าดินในแปลงนาทดลองมีสภาพเป็นกรดเล็กน้อย pH = 6.52 เทียบกับเกณฑ์มาตรฐานค่าวิเคราะห์ทางเคมีดินของคณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา

(2548, หน้า 816-823) เมื่อใส่ตำรับการทดลองลงไปในดินนาจึงส่งผลให้ค่า pH ของดินลดลงโดยประมาณ 0.1-0.6 หน่วย pH และค่า pH ตำรับที่ใส่ฟางและตอซังแบบไม่เผา (T2,T3 และ T4) มีค่าความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) เมื่อเทียบกับตำรับ (T1) ที่ใส่ฟางและตอซังแบบเผาก่อนการหมักลงไปในดินนา ซึ่งในแปลงทดลอง (T1) จะมีการเปลี่ยนแปลงค่า pH ของดินน้อยที่สุดหลังจาการทดลอง 100 วัน (-0.151 หน่วย pH) แต่จะมีค่า pH สูงขึ้นในวันที่ 7 หลังจากใส่ตำรับการทดลอง (6.606 หน่วย pH) และเพิ่มขึ้นมากที่สุดในวันที่ 20 หลังจากใส่ตำรับการทดลอง (6.995 หน่วย pH) และมีค่าคงที่ใกล้เคียงกันตั้งแต่วันที่ 45 ถึงวันที่ 100 ของการทดลอง ส่วนตำรับการทดลอง (T2,T3 และ T4) จะมีการเปลี่ยนแปลงค่า pH ของดินใกล้เคียงกันหลังจากการทดลอง 100 วัน (0.4-0.6หน่วย pH) แต่จะเห็นว่าแปลงทดลอง (T2) ที่ใส่ฟางและตอซังแบบไม่ตัดสับจะมีค่า pH ลดลง (5.822 หน่วย pH) ซึ่งจะทำให้ดินมีแนวโน้มที่จะเป็นกรดมากขึ้น แตกต่างจากแปลงทดลอง (T3,T4) ที่ใส่ฟางและตอซังแบบตัดสับจะมีค่า pH (6.0125 และ 6.108 หน่วย pH) ซึ่งมีสภาพเป็นกรดเล็กน้อยใกล้เคียงกับค่า pH ของดินก่อนการทดลอง (ดังตารางที่ 2 และภาพที่ 3)

ตารางที่ 2 ค่าความเป็นกรด-ด่าง pH ของดินนาก่อนและหลังการใส่ตำรับการทดลอง (N=3)

ตำรับการทดลอง	ก่อนการทดลอง	ระยะเวลาการทดลอง					ค่า pH เปลี่ยนแปลงหลังการทดลอง
		วันที่ 7	วันที่ 20	วันที่ 45	วันที่ 60	วันที่ 100	
T1	6.518 ±0.013	6.606 ±0.008 [b]	6.995 ±0.009 [a]	6.389 ±0.001 [a]	6.327 ±0.016 [a]	6.367 ±0.010 [a]	-0.151
T2	6.517 ±0.013	6.913 ±0.013 [a]	6.786 ±0.008 [b]	6.330 ±0.008 [b]	6.089 ±0.006 [c]	5.822 ±0.014 [d]	-0.695
T3	6.517 ±0.014	6.233 ±0.013 [c]	6.324 ±0.035 [d]	6.386 ±0.008 [a]	6.224 ±0.013 [b]	6.0125 ±0.005 [c]	-0.505
T4	6.519 ±0.013	6.112 ±0.006 [d]	6.394 ±0.005 [c]	5.821 ±0.010 [c]	5.982 ±0.024 [d]	6.108 ±0.008 [b]	-0.411
F-test	ns	**	**	**	**	**	
%C.V.	0.15	5.22	4.472	4.088	2.282	3.456	

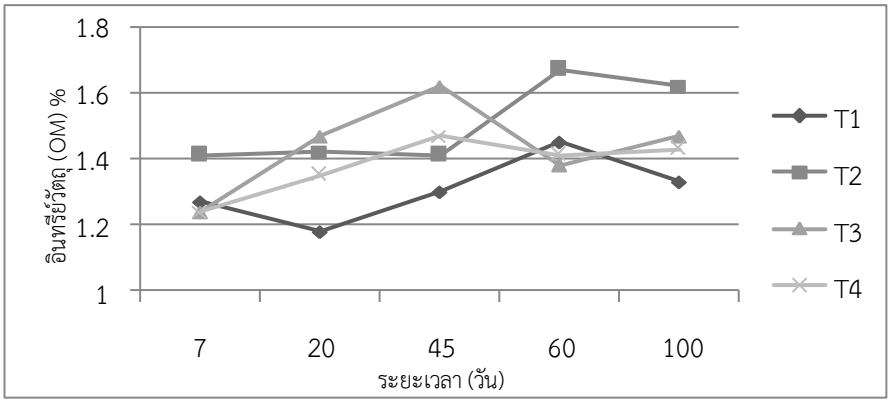
หมายเหตุ ตัวอักษรในแนวตั้งที่ต่างกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$)



ภาพที่ 3 ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของดินในแปลงนาหลังการทดลอง 100 วัน

2.2 ปริมาณอินทรียวัตถุ (OM) ของดินนาหลังการทดลอง

จากค่าการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีดินก่อนการใส่ตำรับการทดลอง จะเห็นว่าดินในแปลงนาทดลองมีค่าอินทรียวัตถุ (OM) อยู่ในระดับต่ำ (1.33%) เทียบกับเกณฑ์มาตรฐานค่าวิเคราะห์ทางเคมีดินของคณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา (2548, หน้า 816-823) การใส่ฟางและตอซังลงไปในดินนาในทุกตำรับการทดลอง (T1,T2,T3 และ T4) ในระยะเวลา 20 วันหลังการทดลองไม่ส่งผลต่อการเพิ่มปริมาณค่าอินทรียวัตถุ (OM) ในดินนา แต่จะเกิดการส่งผลให้ปริมาณค่าอินทรียวัตถุ (OM) เพิ่มขึ้นในระยะเวลา 100 วันภายหลังการทดลอง ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบผลของค่าอินทรียวัตถุ (OM) ในดินนาหลังการทดลองในระยะเวลา 100 วัน พบว่า ทุกตำรับการทดลองที่ใส่ฟางและตอซังแบบไม่เผา (T2,T3 และ T4) ส่งผลทำให้มีค่าอินทรียวัตถุ (OM) เพิ่มขึ้นโดยเฉลี่ย (0.1-0.29%) และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นถึงแม้ว่าจะมีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยก็ตาม แต่เมื่อเทียบกับแปลงทดลอง (T1) ที่ใส่ฟางและตอซังแบบเผาที่ยังคงมีปริมาณค่าอินทรียวัตถุ (OM) เท่าเดิมเมื่อเทียบกับปริมาณอินทรียวัตถุ (OM) ในดินนาก่อนทำการทดลอง (ดังตารางที่ 3 และภาพที่ 4)



ภาพที่ 4 ปริมาณอินทรียวัตถุ (OM) ของดินในแปลงนาหลังการทดลอง 100 วัน

ตารางที่ 3 ปริมาณอินทรียวัตถุ (OM) ในดินนาก่อนและหลังการใส่ตำหรับการทดลอง (N=3)

ตำรับการทดลอง	ก่อนการทดลอง (%)	ระยะเวลาการทดลอง (%)					ค่า OM เปลี่ยนแปลงหลังการทดลอง
		วันที่ 7	วันที่ 20	วันที่ 45	วันที่ 60	วันที่ 100	
T1	1.33 ±0.085	1.27 ±0.085	1.18 ±0.283	1.30 ±0.042 [b]	1.45± 0.000	1.33 ±0.000 [b]	0
T2	1.33 ±0.085	1.41 ±0.205	1.42 ±0.042	1.41 ±0.042 [ab]	1.67± 0.078	1.62 ±0.163 [a]	+0.29
T3	1.33 ±0.085	1.24 ±0.127	1.47 ±0.035	1.62 ±0.163 [a]	1.38± 0.078	1.47 ±0.035 [ab]	+0.14
T4	1.33 ±0.085	1.24 0.368	1.35 ±0.120	1.47 ±0.042 [ab]	1.41± 0.205	1.43 ±0.000 [ab]	+0.1
F-test	ns	ns	ns	**	ns	**	
%C.V.	4.82	14.419	12.324	9.596	10.158	8.639	

หมายเหตุ ตัวอักษรในแนวตั้งที่ต่างกันแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

อภิปรายผล

การไถกลบฟางและตอซังลงไปในดินนาระยะความลึก 15 ถึง 20 เซนติเมตร ในอัตราส่วน 700 กิโลกรัม/ไร่ ที่มีการลดขนาดทางกายภาพให้มีขนาด 5-10 เซนติเมตร ด้วยการตัดสับร่วมกับการหมักทางชีวภาพด้วยการใช้จุลินทรีย์สังเคราะห์แสง เชื้อราไตรโครโดมาและปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด ส่งผลต่อประสิทธิภาพการย่อยสลายฟางและตอซังในระบบนาน้ำขัง จากการศึกษาด้วยตัวชี้วัดทางชีวภาพ (อัตราการหายใจของจุลินทรีย์ดิน) พบว่าการไถกลบด้วยวิธีการดังกล่าวมีผลทำให้ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปลดปล่อยจากการหายใจของจุลินทรีย์ดินต่อหน่วยน้ำหนักของดินสูงขึ้นตามระยะเวลาที่ใช้ในการหมักในดินนา โดยเห็นความแตกต่างได้อย่างชัดเจนเมื่อหมักฟางและตอซังลงไปในดินนาที่ระยะเวลา 100 วัน โดยมีปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นจากการหายใจของจุลินทรีย์ดินสูงกว่าการไถกลบฟางและตอซังแบบเผาและการไถกลบโดยไม่ได้ทำการตัดสับ ทั้งนี้อาจจะ

เนื่องมาจากเกิดกิจกรรมของจุลินทรีย์ดินที่ได้นำเอาคาร์บอนในส่วนของอินทรีย์วัตถุในดินที่เริ่มย่อยสลายมาใช้โดยการนำน้ำตาลโมเลกุลเดียว และโปรตีนมาใช้เป็นสารประกอบของเซลล์ จากนั้นจึงขยายจำนวนประชากรหรือเพิ่มมวลชีวภาพจุลินทรีย์จึงย่อยสลายสารประกอบที่มีความสลับซับซ้อนมากขึ้น ได้แก่ เซลลูโลสและคาร์บอนที่เป็นองค์ประกอบหลักในอินทรีย์วัตถุจำพวกฟางและตอซัง (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2548) สำหรับสมบัติทางเคมีบางประการของดินนาหลังการทดลองพบว่าชุดทดลองที่ใช้วิธีการไถกลบฟางและตอซังแบบไม่เผาทั้งแบบตัดสับและไม่ตัดสับมีผลทำให้ปฏิกิริยาดินค่าความเป็นกรด-ด่างของดินนามีแนวโน้มที่จะเป็นกรดเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเมื่อเทียบกับดินนาก่อนการทดลอง แต่ยังคงเป็นสภาวะที่เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของต้นข้าวที่ต้องการค่าความเป็นกรด-ด่างของดินอยู่ที่ 5.5-6.5 จึงไม่ส่งผลต่อการเจริญเติบโตของต้นข้าว ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Ponnamperuma (1984, pp.117-135) และ Ogbodo (2010, pp.13-18) ที่พบว่ากระบวนการสลายย่อยสลายของฟางและตอซังในสภาวะรีดักชั่น (Reduction) ที่เป็นไปอย่างรวดเร็วและต่อเนื่องจะช่วยส่งเสริมให้ Fe^{++} และ Mn^{++} ในดินนาเพิ่มขึ้นเพื่อไปไลโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ออกมาในดินไปช่วยลดความเป็นพิษของเหล็กและแมงกานีส ดินเค็ม และยังช่วยปรับปรุงสมบัติทางเคมีของดินโดยการรักษาความเป็นกรด-ด่างของดินให้เหมาะสมต่อการเพิ่มความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารพืช ส่วนดินที่มีการไถกลบฟางและตอซังแบบเผาจะมีค่าความเป็นกรด-ด่างที่มีแนวโน้มเป็นกรดเล็กน้อย ทั้งนี้อาจจะเกิดจากการเพิ่มปริมาณคาร์บอนให้แก่ดินอันเนื่องมาจากองค์ประกอบของฟางข้าวมีคาร์บอนประมาณ 23-27% (เครือมาศ, 2554) เมื่อฟางและตอซังถูกเผาด้วยความร้อนคาร์บอนบางส่วนถูกเผาไหม้และส่วนที่เหลืออยู่แปรสภาพเป็นถ่านชีวภาพ (Biochar) ซึ่งมีผลทำให้ค่าปฏิกิริยาเคมีดินเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรดลดลงเมื่อเทียบกับดินก่อนการทดลองที่มีสภาพเป็นกรดปานกลาง โดยเป็นการทำให้ปริมาณคาร์บอนในดินเพิ่มขึ้น ช่วยบำรุงดิน และยังช่วยเพิ่มธาตุอาหารในดินอีกทางหนึ่ง แต่จะไม่มีผลต่อการเพิ่มอินทรีย์วัตถุในดินนาในระยะยาวเนื่องจากเป็นเพียงการกักเก็บคาร์บอนเอาไว้ในดินเท่านั้น และจะมีผลต่อโครงสร้างของดินนาในระยะยาว ส่วนการไถกลบฟางและตอซังแบบไม่เผามีแนวโน้มที่จะทำให้ค่าอินทรียวัตถุเพิ่มขึ้น เนื่องจากการไถกลบเศษซากพืชลงไปในดินเป็นการเพิ่มปริมาณอินทรีย์สารและอินทรีย์วัตถุลงไปในดินนาและป้องกันไม่ให้ผิวดินแห้ง ซึ่งจะมีประโยชน์ในการเพิ่มธาตุอาหารซึ่งเกิดจากกิจกรรมการย่อยสลายตัวของซากพืชช่วยในการเจริญเติบโตของพืช เป็นประโยชน์สำหรับการรักษาความอุดมสมบูรณ์ของดินได้ ดังนั้นสรุปได้ว่าวิธีการจัดการฟางและตอซังหลังการเก็บเกี่ยวตามวิธีการทดลองนี้มีประสิทธิภาพต่อการส่งเสริมการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ดินที่มีบทบาทสำคัญต่อการย่อยสลายอินทรียวัตถุตามธรรมชาติ อีกทั้งยังมีส่วนช่วยปรับปรุงสมบัติทางเคมีของดินนาโดยการรักษาค่าความเป็นกรด-ด่าง และยังเป็นการเพิ่มปริมาณอินทรีย์วัตถุลงไปในดินก่อให้เกิดความเหมาะสมต่อการเพิ่มความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารพืชและความอุดมสมบูรณ์ของดินนาในระยะยาว

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณอธิการบดีมหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์ที่สนับสนุนงานวิจัยอย่างจริงจังและต่อเนื่องมาโดยตลอด และขอขอบคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จันทร์เพ็ญ ชุมแสง และรองศาสตราจารย์ ดร.กันต์ อินทุวงศ์ ที่มีส่วนช่วยให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ขอขอบคุณกลุ่มเกษตรกรทำนาที่อยู่ในพื้นที่จังหวัดอุตรดิตถ์ที่ให้ความร่วมมือ เอื้อเฟื้อสถานที่และสละเวลาในการให้ข้อมูลต่างๆ ซึ่งมีความสำคัญในการทำงานวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยเชื่อมั่นเป็นอย่างยิ่งว่างานวิจัยนี้จะเอื้อประโยชน์ต่อกลุ่มเกษตรกรสำหรับการเพิ่มระดับความอุดมสมบูรณ์ของดินนาได้ต่อไปในอนาคต

เอกสารอ้างอิง

คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา. (2548). **ปฐพีวิทยาเบื้องต้น**. (พิมพ์ครั้งที่ 10). กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

เครือมาศ สมัครการ. (2554). แนวโน้มการสะสมคาร์บอนในดินที่ใช้ปลูกข้าวจากการใส่ฟางข้าวและฟางข้าวเผา. **วารสารวิชาการบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร, 4**(1), 931–941.

ควบคุมมลพิษ, กรม. (2558). **เกษตรกรไทยร่วมใจไม่เผาฟาง**. [Online]. Available : http://www.pcd.go.th/info_ serv/air_straw.htm. [2559, ตุลาคม 28].

ชุติวัฒน์ วรรณสาย และดิเรก อินตาพรม. (2540). ผลของการจัดการฟางข้าวต่อความอุดมสมบูรณ์ของดินและผลผลิตข้าว. **วารสารเกษตรนเรศวร, 3**(1), 30-35.

ทัศนีย อัตตนันท. (2543). **ดินที่ใชปลูกขาว.** กรุงเทพฯ :ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร.

นิตยา รื่นสุข,ประนอม มงคลบรรจง และวาสนา อินแถลง. (2551). การจัดการฟางข้าวในพื้นที่ทำนาอย่างต่อเนื่อง. **วารสารวิชาการข้าว, 2**(1), 35-46.

บรูด ลินคิส และเพง เช้งชื้อ. (2548). **การจัดการกับธาตุอาหารสำหรับข้าวนาพื้นที่ราบใน ส.ป.ป. ลาว.** ม.ป.ท. : สถาบันวิจัยเกษตรกรรมและป่าไม้ กระทรวงเกษตรและป่าไม้.

พัฒนาที่ดิน, กรม. (2548). **คู่มือองดเผาตอซัง สร้างดินยั่งยืน ฟื้นสิ่งแวดล้อม.** กรุงเทพฯ : กระทรวงเกษตรและสหกรณ์

_____. (2556). **การผลิตเมล็ดพันธ์พืชปุ๋ยสดและการใช้ประโยชน์เพื่อการปรับปรุงบำรุงดิน.** กรุงเทพฯ : ศูนย์อำนวยการส่งเสริมการเกษตรอินทรีย์ สำนักเทคโนโลยีชีวภาพทางดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

ไพโรจน์ นะเที่ยง. (2561). เครื่องตัดสับสำหรับลดขนาดทางกายภาพของฟางและตอซังข้าวแบบลากจูง. **วารสารเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น, 6**(1), 43-48.

วันชัย ศรีเมฆ. (2554). **ผลของการไถกลบฟางและตอซังข้าวที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตข้าวในดินชุดบางเขน.** วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ในพระบรมราชูปถัมป์.

Anderson, J.P.E. (1982). Soil respiration. In **Page, A.L., Miller, R.H., Keeney, D.R. (eds) Agronomy monograph number 9, part II. Chemical and biological properties**, (2nd ed.). American Society of Agronomy and Soil Science Society of America, Madison, pp.831-871.

Broadbent, F.E. (1979). **Minerization of organic nitrogenin paddy soil.** pp.105-118. In : Nitrogen and Rice.International Rice Research Institute, Los Banos,Philippines.

Kaewparadit, W., et al. (2009). Mixing groundnut residues and rice straw to Improve rice yield and N use efficiency. **Field Crop Research, 110,** 130-138.

Ogbodo EN. (2010). Effct ofcrop residue on soilchemical properties and rice yield onan Ultisol at Abakaliki,SoutheasternNigeria. **World Journal of Agricultural Sciences, 7**(1):13-18.

Ponnamperuma, F.N. (1984). **Straw as a source ofnutrients for wetland rice.** pp.117-135. In: Organic Matter and Rice. International Rice Research Institute, Los Banos, Philippin.

Surekha, K., et al. (2006). Under rice-rice cropping system. **Agronomy and Crop Science, 192**, 92-101.