



N1

การเกษตร
(Agriculture)

การจัดการเพื่อลดการเผาตอซังและฟางข้าวหลังการเก็บเกี่ยว

MANAGEMENT TO REDUCE BURNING OF RICE STUBBLE AND STRAW AFTER HARVESTING

ชัยรัตน์ บุรณะ^{1*}, กลวัชร ตันติวิท², กรวิทย์ ไชยสุ³ และนพรัตน์ ทัดมาลา⁴

Chairat Burana^{1*}, Kornlawat Tantivit², Korawit Chaisu³, and Nopparat Tatmala⁴

^{1,2}คณะเกษตรนวัตกรรมและการจัดการ สถาบันการจัดการปัญญาภิวัฒน์

³คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

⁴คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

^{1,2}Faculty of Innovative Agriculture and Management, Panyapiwat Institute of Management

³Faculty of Agro-Industry, Chiang Mai University

⁴Faculty of Agricultural Technology, Rajamangala University of Technology Thanyaburi

*Corresponding Author, E-mail: chairatbur@pim.ac.th

บทคัดย่อ

บทความวิชาการนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและนำเสนอแนวทางการจัดการตอซังและฟางข้าวหลังการเก็บเกี่ยวของเกษตรกรในเขตพื้นที่เพาะปลูกข้าวซึ่งมักใช้วิธีการเผา โดยวิธีการจัดการที่เป็นทางเลือกในการแก้ไขปัญหาการเผาตอซังข้าวและฟางข้าว ได้แก่ 1) การไถกลบตอซัง ไถปรับหน้าดินพลิกตอซัง ก่อนการปลูกในฤดูกาลถัดไป 2) การทำตอซังหรือฟางอัดก้อนจำหน่ายเพื่อสร้างรายได้ 3) การผลิตกระดากจากฟางข้าว 4) การใช้ตอซังและฟางข้าวเลี้ยงสัตว์ 5) การเพาะเห็ดฟางจากตอซังข้าว และ 6) การทำปุ๋ยหมักจากตอซังข้าว จากวิธีการจัดการตอซังและฟางข้าวที่กล่าวมาข้างต้น เกษตรกรสามารถเลือกใช้วิธีที่สอดคล้องกับบริบทของตนเอง อย่างไรก็ตาม เกษตรกรควรมีการรับรู้ถึงผลกระทบจากการเผาตอซังและฟางข้าว ซึ่งจากรายงานพบว่าเกษตรกรมีความรู้เกี่ยวกับการจัดการตอซังและฟางข้าวแตกต่างกัน มีการจัดการตอซังและฟางข้าวในระดับน้อยเหมือนกัน โดยปัญหาในการจัดการตอซังและฟางข้าวสำหรับเกษตรกร คือ การขาดแคลนน้ำ และเครื่องจักรกลการเกษตร รวมถึงการสนับสนุนจากภาครัฐ ดังนั้น ภาครัฐควรบริหารจัดการน้ำให้เพียงพอต่อการทำนา สนับสนุนเครื่องจักรกล และให้ความรู้เกี่ยวกับการจัดการตอซังและฟางข้าวแก่เกษตรกร นอกจากนี้ องค์การที่เกี่ยวข้องและภาครัฐควรสนับสนุนงบประมาณการจัดการตอซังข้าวในด้านปัจจัยการผลิตอย่างต่อเนื่อง การเพิ่มราคาหรือมาตรการช่วยเหลือเกษตรกรที่งดการเผาตอซังและฟางหลังการเก็บเกี่ยวเพื่อสร้างแรงจูงใจให้แก่เกษตรกร

คำสำคัญ: ภาวะโลกร้อน การเผาตอซังและฟางข้าว จุลินทรีย์ การจัดการ หลังการเก็บเกี่ยว

ABSTRACT

This academic article aims to examine and propose alternative methods for managing rice stubble and straw post-harvest among farmers in rice cultivation areas, where burning is commonly practiced. The alternative management methods to address the burning of rice stubble and straw include: 1) Plowing stubble back into the soil and leveling the field before the next planting season. 2) Baling stubble or straw for sale to generate income. 3) Producing paper from rice straw. 4) Utilizing stubble and straw as animal feed. 5) Cultivating straw mushrooms using rice stubble. 6) Composting rice stubble into organic fertilizer. These methods offer farmers options that align with their specific contexts. However, it is crucial for farmers to be aware of the environmental impacts of burning rice stubble and straw. Reports indicate that farmers possess varying levels of knowledge regarding stubble and straw management, with generally low adoption rates of such practices. Challenges faced by farmers in managing rice stubble and straw include water shortages, lack of agricultural machinery, and insufficient government support. Therefore, it is recommended that the government ensures adequate water management for rice farming, provides support for agricultural machinery, and educates farmers on stubble and straw management. Additionally, relevant organizations and government agencies should offer continuous funding for stubble management, including production inputs, and implement measures such as price incentives or assistance programs for farmers who refrain from burning rice stubble and straw post-harvest, to encourage environmentally friendly practices.

Keywords: Global Warming, Rice Stubble and Straw Burning, Microorganisms, Management, Post-harvest

บทนำ

ประเทศไทยมีพื้นที่เขตเกษตรกรรม รวม 153,184,527 ไร่ หรือประมาณ 47.77% ของพื้นที่ทั้งประเทศ รองรับเกษตรกรจำนวน 5.8 ล้านครัวเรือน ซึ่งนอกจากจะเป็นแหล่งผลิตสินค้าเกษตรและอาหารเพื่อการบริโภคในประเทศแล้ว ยังเป็นแหล่งส่งออกสินค้าเกษตรไปยังตลาดต่างประเทศ ช่วยสร้างความมั่นคงด้านอาหารและเสริมสร้างรายได้ให้แก่ประเทศ ทำให้ไทยสามารถแข่งขันในตลาดโลกได้ด้วยความมั่นคงและยั่งยืน (กรมพัฒนาที่ดิน, 2562) ในปีการผลิต 2567/68 เกษตรกรได้แจ้งขึ้นทะเบียนการเพาะปลูกข้าวนาปี (รอบที่ 1) ข้อมูล ณ วันที่ 15 กันยายน 2567 มีเกษตรกรขึ้นทะเบียน 4,274,340 ครัวเรือน ทำการเพาะปลูก

แล้ว 56,391,582 ไร่ คิดเป็นพื้นที่ร้อยละ 20 ของพื้นที่ทั้งประเทศ โดยภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ทำการปลูกมากที่สุด 36,442,798 ไร่ รองลงมา คือ ภาคเหนือ 13,126,744 ไร่ ภาคกลาง 6,716,699 ไร่ และภาคใต้ 105,341 ไร่ ตามลำดับ (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2567) ได้ผลผลิตข้าว 24 ล้านตัน มีฟางข้าว เฉลี่ยประมาณ ปีละ 25.45 ล้านตัน และมีปริมาณตอซังข้าวที่ตกค้างอยู่ในนาข้าว 16.9 ล้านตันต่อปี ดังนั้น จึงนับได้ว่ามีปริมาณฟางข้าวและตอซังข้าวมากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับตอซังพืชชนิดอื่น โดยมีปริมาณฟางข้าวและตอซังมากที่สุดในการะวันออกเฉียงเหนือ คือจำนวน 13.7 และ 9.1 ล้านตันต่อปี รองลงมา คือ ภาคกลางและภาคตะวันออกเฉียง มีจำนวนฟางข้าวและตอซัง 6.2 และ 4.1 ล้านตันต่อปี และในพื้นที่ปลูกข้าว 1 ไร่ มีปริมาณฟางข้าวและตอซัง โดยเฉลี่ยปีละ 650 กิโลกรัม หลังการเก็บเกี่ยวข้าว เกษตรกรมักมีการจัดการฟางข้าวในหลายวิธี เช่น การแปรรูปเป็นอาหารสัตว์หรือพลังงานทดแทน การไถกลบตอซังฟางข้าว การทำปุ๋ยหมัก หรือการเผาฟางข้าว (ไขขวัญ กองจันทร์ และคณะ, 2564) ร้อยละ 69 ของพื้นที่ปลูกข้าวในประเทศไทยหรือประมาณ 44.85 ล้านไร่ มีการเผาตอซังและฟางข้าว โดยที่ข้าว 1 ไร่ มีปริมาณตอซังและฟางข้าว โดยเฉลี่ยปีละ 650 กิโลกรัม ดังนั้น ประเทศไทยจะมีปริมาณตอซังและฟางข้าวที่ถูกเผาประมาณ 29.15 ล้านตันต่อปี มีอัตราการปลดปล่อย Black Carbon จากการเผาตอซังและฟางข้าว 1,749 ล้านกรัมต่อปีหรือเท่ากับ 1,749 ตันต่อปี การเผาฟางข้าวเป็นวิธีที่นิยม เนื่องจากสะดวก รวดเร็ว และประหยัดค่าใช้จ่าย อย่างไรก็ตาม การเผาฟางข้าวหลังการเก็บเกี่ยวมีผลเสียตามมา ได้แก่ การเกิดฝุ่นละอองขนาดเล็กที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพของผู้สูดดมและการเกิดมลพิษทางอากาศที่รุนแรง ซึ่งมักส่งผลให้เกิดปัญหาหมอกควันในช่วงฤดูแล้ง การเผาในพื้นที่การเกษตรยังส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและเศรษฐกิจของประเทศ โดยทำให้ดินเสื่อมโทรม สูญเสียอินทรีย์วัตถุ และขาดความอุดมสมบูรณ์ จึงทำให้ต้องใช้ปุ๋ยเคมีและสารเคมีมากขึ้น ส่งผลให้ต้นทุนการผลิตสูงขึ้น และได้ผลผลิตต่ำกว่าที่ต้องการ นอกจากนี้ การเผายังเป็นหนึ่งในสาเหตุของการเกิดสภาวะโลกร้อน การเปลี่ยนแปลงของฤดูกาล และฝนแล้งอีกด้วย (Kongjan et al., 2021) เพื่อลดปัญหาการจัดการตอซังและฟางข้าวไม่เหมาะสมดังที่กล่าวในข้างต้น บทความวิชาการนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและนำเสนอแนวทางการจัดการตอซังและฟางข้าวหลังการเก็บเกี่ยวของเกษตรกรในเขตพื้นที่เพาะปลูกข้าว และเป็นแนวทางในการส่งเสริมให้ความรู้เกี่ยวกับการจัดการตอซังและฟางข้าวแก่เกษตรกร โดยการสนับสนุนขององค์กรที่เกี่ยวข้องและภาครัฐในการเผยแพร่ ส่งเสริมและสนับสนุนงบประมาณการจัดการตอซังข้าวลดการเผาซึ่งเป็นปัญหาสำคัญอย่างยิ่งในปัจจุบัน

แนวทางการจัดการตอซังและฟางข้าวหลังการเก็บเกี่ยว

1.1 การไถกลบตอซังเพื่อปรับปรุงดินและเพิ่มผลผลิตข้าว

การไถกลบตอซัง หมายถึง การไถกลบตอซังข้าวหรือพืชไร่ที่มีอยู่ในไร่นาภายหลังจากการเก็บเกี่ยวผลผลิตแล้วลงไปดินระหว่างการเตรียมพื้นที่เพาะปลูกขณะที่ดินมีความชื้น และปล่อยทิ้งไว้ช่วงระยะเวลาหนึ่ง เพื่อให้เกิดกระบวนการย่อยสลายในดินซึ่งจะกลายเป็นแหล่งของอินทรีย์วัตถุและธาตุอาหารพืช แล้วจึงปลูกพืชหลักตามที่ต้องการต่อไป ตอซังข้าวหรือฟางข้าวเป็นวัสดุที่ย่อยสลายง่าย มีค่าอัตราส่วน

คาร์บอนต่อไนโตรเจนเฉลี่ย 99:1 มีปริมาณธาตุอาหารหลักของพืช ได้แก่ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และ โพแทสเซียมเฉลี่ย 0.51 0.14 และ 1.55 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณธาตุอาหารรองของพืช ได้แก่ แคลเซียม แมกนีเซียม และซัลเฟอร์เฉลี่ย 0.47 0.25 และ 0.17 เปอร์เซ็นต์ พื้นที่ที่เหมาะสมในการจัดการตอซังและ ฟางข้าวด้วยวิธีไถกลบนั้นควรเป็นพื้นที่ที่มีแหล่งน้ำหรือการชลประทาน เพื่อเป็นการเร่งให้ตอซังและฟางข้าว ย่อยสลายได้เร็วมากขึ้น โดยวิธีการไถตอซังและฟางข้าวมีดังนี้ (Kerdmongkol et al., 2013)

1.1.1 พื้นที่เขตชลประทาน ในเขตพื้นที่ชลประทานซึ่งสามารถปลูกข้าวได้ต่อเนื่อง 2-3 ครั้ง ต่อปี หลังจากเก็บเกี่ยวข้าวแล้วไม่ต้องเผาตอซังและฟางข้าว ให้ทำการไถกลบตอซังและฟางข้าวแล้วปล่อยน้ำ เข้านา โดยให้ระดับน้ำพอท่วมวัสดุ หลังจากนั้นใช้ปุ๋ยอินทรีย์น้ำอัตรา 5 ลิตรต่อไร่ เจือจางกับน้ำ 100 ลิตร คิดเป็นอัตราส่วน 1:20 รดลงในแปลงข้าวเพื่อช่วยให้ตอซังข้าวย่อยสลายได้ง่าย หมักไว้ประมาณ 2 สัปดาห์ แล้วจึงทำเทือกเพื่อเตรียมเพาะปลูกข้าวครั้งใหม่ต่อไป หรือสามารถปลูกพืชไร่เศรษฐกิจชนิดอื่นได้ เช่น พืช ตระกูลถั่ว ข้าวโพด ข้างฟาง ฯลฯ

1.1.2 พื้นที่เขตเกษตรน้ำฝน ในกรณีที่เกษตรกรมีการปลูกข้าวเป็นพืชหลักเพียงอย่างเดียวตลอด ฤดูเพาะปลูกโดยอาศัยน้ำฝน หลังจากการเก็บเกี่ยวข้าวให้ทิ้งฟางข้าวและตอซังไว้ในพื้นที่ของเกษตรกร เพื่อ เป็นการคลุมผิวหน้าดิน จากนั้นเมื่อเข้าสู่ต้นฤดูฝนประมาณปลายเดือนเมษายน หรือต้นเดือนพฤษภาคม ให้ทำ การเตรียมดินพร้อมกับการไถกลบตอซังและฟางข้าว แล้วปฏิบัติเช่นเดียวกับในเขตชลประทาน โดยทำการ ปล่อยน้ำเข้านาให้ระดับน้ำท่วมวัสดุที่ไถกลบ หลังจากนั้นใส่ปุ๋ยอินทรีย์น้ำในพื้นที่ 1 ไร่ ใช้อัตรา 5 ลิตร โดยให้ เจือจางกับน้ำ 100 ลิตร ก่อนรดลงในแปลงนาข้าว หมักทิ้งไว้ประมาณ 2 สัปดาห์ เพื่อให้ตอซังข้าวเกิดการ ย่อยสลาย แล้วจึงทำเทือกเตรียมแปลงพร้อมที่จะปลูกข้าวต่อไป

1.2 การทำตอซังหรือฟางอัดก้อนจำหน่ายเพื่อสร้างรายได้

ฟางข้าวจาการถัดฟางข้าวเป็นฟางข้าวที่ได้จากการตัดเก็บตอซัง และอัดฟางข้าวที่กองใน แปลงนาหลังการไถรถเกี่ยวข้าว ซึ่งจะเป้นฟางผสมระหว่างตอซังและฟางข้าวสวนบนฟางข้าวที่หล่นในแปลงนา หลังการเกี่ยวข้าวด้วยรถเกี่ยวข้าวจะเป้นฟางข้าวที่มีการแตกขาดเป้นเส้นเหมือนกับฟางข้าวที่แยกเมล็ดด้วย เครื่องนวดข้าว และฟางชนิดนี้จะถูกปล่อยทิ้งตามแปลงนา ต้องไถรถเก็บฟางข้าวรวบรวมอีกครั้ง ซึ่งจะได้ ฟางข้าวจากการเกี่ยวข้าวรวมกับฟางข้าวจากตอซังรวมกัน การขายฟางข้าวของเกษตรกรเป็นกลไกในการ แลกเปลี่ยนเพื่อสู่การใช้ประโยชน์ฟางข้าวนอกพื้นที่ เกษตรกรจะจ้างพ่อค้าฟางที่ต้องการนำไปใช้ประโยชน์ ต่อมาอัดฟาง โดยส่วนใหญ่การอัดฟางจะเป้นสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนาด 32 x 80 x 42 ลูกบาศก์เซนติเมตร มีน้ำหนักโดยประมาณ 17-18 กิโลกรัม การอัดฟางจะส่งผลดีเพื่อความสะดวกในการขนส่ง อย่างไรก็ตาม การ ขายฟางของชาวนามีข้อเสียในเรื่องของข้อจำกัดเรื่องความชื้น หากชาวนาไม่สามารถจัดเก็บฟางและควบคุม ความชื้นได้จะทำให้ฟางข้าวเสียราคาและไม่เป็นต้องการของพ่อค้าคนกลาง นอกจากนี้ ยังมีอุปสรรคในเรื่อง ของการขายฟางข้าวชาวนาจะต้องเสียค่าใช้จ่ายในการจ้างจ้างอัดฟางจำหน่ายต่อโรงงานเพื่อแปรรูปเป็น พลังงานโดยมีต้นทุนในการอัดฟางก้อนละ 11 บาท โดยรับซื้อจากเกษตรกรตันละ 1,000 บาท โดยส่วนใหญ่ จะเป็นลักษณะเกษตรกรพันธสัญญา นอกจากนี้ เกษตรกรสามารถจำหน่ายฟางแบบเหมาให้พ่อค้าคนกลางมา

อัดก้อนเอง โดยให้ราคาเฉลี่ยก้อนละ 9.47 บาท เฉลี่ยพื้นที่นา 1 ไร่ สามารถอัดฟางก้อนได้ 38 ก้อน ฟางข้าว 1 ตัน อัดฟางก้อนได้เฉลี่ย 58 ก้อน (Office of agricultural economics, 2022; Thailand Environment Institute, 2022)

1.3 การผลิตกระดาษจากฟางข้าว

ประเทศไทยมีศักยภาพผลิตบรรจุภัณฑ์อาหารจากวัสดุธรรมชาติเพื่อสนองการเติบโตของภาคธุรกิจอาหารและเครื่องดื่มในปัจจุบัน ซึ่งมีการใช้บรรจุภัณฑ์เป็นปริมาณมาก ทั้งนี้ มาตรฐานสำคัญสูงสุดของบรรจุภัณฑ์อาหาร ได้แก่ ความปลอดภัยต่อสุขภาพและวัสดุที่สัมผัสอาหารโดยตรงจะต้องปราศจากสารอันตรายที่อาจปนเปื้อนลงไปในอาหาร ฟางข้าวเป็นหนึ่งในวัตถุดิบที่มีศักยภาพในการแปรรูปเป็นบรรจุภัณฑ์ที่ผ่านมามีการศึกษาการแปรรูปฟางข้าวเป็นกระดาษทั้งแบบใช้สารเคมี (โซดาไฟ) และการใช้กระบวนการทางชีวภาพเข้าช่วยเพื่อลดการใช้เคมีในกระบวนการ ภัคดี สิทธิฤทธิ์กวิน และคณะ (2568) มีการพัฒนากระบวนการผลิตกระดาษฟางข้าวแบบพื้นบ้านและหาสภาวะที่เหมาะสมเพื่อลดปริมาณการใช้สารเคมีให้น้อยที่สุด การศึกษาการผลิตกระดาษจากฟางข้าวโดยไม่ใช้สารเคมีเพื่อนำกระดาษไปผลิตเป็นภาชนะใส่อาหารจึงเป็นแนวทางที่น่าสนใจโดยพบว่าในการผลิตกระดาษฟางข้าวที่ไม่ใช้สารเคมีซึ่งสามารถใช้วิธีทางกลได้เช่นกันได้แก่ การต้มบด สับการปั่นละเอียดเพื่อให้ได้เยื่อกระดาษฟาง (พินิจกานต์ อาริวงษ์ และ วรณิษา นาคแกมทอง, 2555) นอกจากนี้ ยังมีการนำองค์ความรู้ด้านงานประดิษฐ์และนำเทคนิคต่าง ๆ มาใช้ในการต่อยอดชิ้นงานจนเป็นผลิตภัณฑ์นำมาซึ่งการพัฒนากระดาษฟางข้าวมีการพัฒนาขึ้น เพื่อให้เกิดผลิตภัณฑ์จากกระดาษฟางข้าวที่หลากหลายและมีคุณค่า นอกจากนี้ยังเป็นการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม ทรัพยากรและเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับกระดาษฟางข้าว



ภาพที่ 1: พานรูปเทียนแพจากกระดาษฟางข้าว

ที่มา: วิจิตร สนหอม และคณะ (2565)

นอกจากนี้ นิธิวดี บุญกังวาน (2554) ยังได้ศึกษาวิธีการผลิตเยื่อกระดาษแบบโซดา และใช้การผลิตเยื่อแบบโซดาาร่วมกับการใช้สารละลายอินทรีย์อื่น ๆ ได้แก่ แอนทราควิโนน เมทานอล รวมถึงแอสีโทน ซึ่งสารแต่ละตัวช่วยเพิ่มการละลายลิกนินออกจากเส้นใยทำให้เยื่อที่ได้มีคุณภาพดีขึ้น

1.4 การใช้ตอซังและฟางข้าวเลี้ยงสัตว์

ปัญหาสำคัญอย่างยิ่งของการเลี้ยงโค กระบือ แพะ แกะ ของเกษตรกร ก็คือ การมีอาหารที่ไม่เพียงพอในบางฤดูกาลโดยเฉพาะในช่วงฤดูแล้ง ทำให้สัตว์เลี้ยงของเกษตรกรน้ำหนักลดลงในช่วงนี้ ปัญหาที่ตามมา ก็คือ การให้ผลผลิตต่ำ อันเนื่องมาจากสภาพร่างกายไม่สมบูรณ์ เช่น สัตว์ไม่ยอมเป็นสัด หรือเป็นสัดแต่ผสมไม่ติด แมโคผลิตนมเลี้ยงลูกโคไม่เพียงพอ การให้ฟางเป็นอาหารเสริมในช่วงฤดูแล้งจะทำให้สัตว์มีน้ำหนักลดลงเรื่อย ๆ ทั้งนี้ เนื่องจากฟางข้าวมีคุณค่าทางอาหารต่ำ สัตว์ได้รับสารอาหารไม่เพียงพอการปรับปรุงคุณภาพของฟางก่อนที่จะนำมาใช้ในการเลี้ยงสัตว์จึงเป็นอีกหนทางหนึ่งที่สามารถเพิ่มคุณค่าทางอาหารให้สูงขึ้นและสัตว์สามารถประโยชน์ได้ดีขึ้น มณี อัครวานนท์ และคณะ (2563) ได้ศึกษาการลดต้นทุนค่าอาหารโดยการผสมฟางข้าวในสูตรอาหารปกติ ซึ่งประกอบด้วย อาหารข้น หญ้าเนเปียร์หมัก กากน้ำตาลและฟางข้าวพบว่า น้ำหนักตัวกวางไม่แตกต่างเมื่อเปรียบเทียบกับกวางกลุ่มที่กินอาหารที่มีราคาแพงกว่า จึงเป็นอีกข้อมูลหนึ่งที่เกษตรกรหรือผู้เลี้ยงกวางใช้เป็นทางเลือกในการลดต้นทุนเพื่อการดำเนินธุรกิจการทำฟาร์มกวาง



ภาพที่ 2: กวางซีก้ากำลังกินฟางข้าว (ฟาร์มกวางมหาวิทยาลัยรามคำแหง จังหวัดสุโขทัย)

ที่มา: มณี อัครวานนท์ และคณะ (2563)

1.5 การเพาะเห็ดฟางจากตอซังข้าว

เห็ดฟางเป็นเห็ดยอดนิยมของคนไทย นิยมเพาะกันบนกองฟางข้าวขึ้น ๆ โคนมีสีขาว ส่วนหมวกสีน้ำตาลอมเทา หาซื้อได้ง่ายตามท้องตลาด ให้วิตามินซีสูง และมีกรดอะมิโนสำคัญอยู่หลายชนิด รับประทานเป็นประจำจะช่วยเสริมภูมิคุ้มกันการติดเชื้อต่าง ๆ อีกทั้งยังช่วยลดความดันโลหิตและเร่งการสมานแผล

สำหรับการจำหน่ายพวงหรีดสดในตลาดต่างประเทศนั้น ลักษณะการส่งออกบรรจุในถาดโฟมหุ้มด้วยพลาสติกส่งทางเครื่องบิน เมื่อถึงประเทศปลายทางก็พร้อมจะนำเข้าจำหน่ายตามซูเปอร์มาเก็ตได้ทันที ปัจจุบันตลาดสำคัญของพวงหรีดสดหรือพวงหรีดแช่เย็น คือ สหรัฐอเมริกาและซาอุดีอาระเบีย ซึ่งมูลค่าการส่งออกไปยังทั้งสองประเทศนี้คิดเป็นร้อยละ 72.5 ของมูลค่าการส่งออกทั้งหมด ประเทศที่แนวโน้มนำเข้าเพิ่มขึ้น คือ ลิเบีย สำหรับประเทศที่มีศักยภาพพอที่จะขยายส่งออก ก็คือ ฮองกง ญี่ปุ่น ออสเตรเลีย และสิงคโปร์ ซึ่งประเทศเหล่านี้เคยนำเข้าพวงหรีดแช่เย็นจากประเทศไทย แต่เป็นการนำเข้าที่ไม่สม่ำเสมอ คาดหมายว่า ถ้าประเทศไทยสามารถปรับปรุงให้ปริมาณผลผลิตในประเทศมีสม่ำเสมอและคุณภาพอยู่ในระดับมาตรฐานแล้วโอกาสในการขยายตลาดยังมีมากมายพอสมควร พวงหรีดสดนั้นขึ้นชื่อว่าเป็นวัตถุดิบในการประกอบอาหารที่ร้านอาหารทั่วไปจำเป็นต้องมี ต่างประเทศนิยมการรับประทานพวงหรีดสดแห่งของไทยเพราะรสชาติดี ในตลาดเมืองไทยพวงหรีดสดยังมีความต้องการไม่จำกัด โดยราคาจำหน่ายต่อกิโลกรัมขึ้นตั้งแต่ 50-100 บาทหรือตามกลไกตลาด ในกระบวนการผลิตพวงหรีดสดนั้น ต้นทุนมีส่วนสำคัญมาก เพราะสามารถแสดงให้เห็นถึงผลตอบแทนที่เกษตรกรจะได้รับจากการประมาณการสามารถจำแนกต้นทุนการผลิตพวงหรีดสด ต้นทุนที่ใช้สูงสุด คือ วัตถุดิบที่ใช้ผลิตพวงหรีดสด ไล่ลงมาคือ ฝ้าย และค่าขนส่ง การเพาะพวงหรีดสดในปัจจุบันมีหลากหลายรูปแบบ เช่น การเพาะพวงหรีดสดในตะกร้า การเพาะพวงหรีดสดในโรงเรือน การเพาะพวงหรีดสดในโอ่ง และการเพาะพวงหรีดสดแบบกองเตี้ย เป็นต้น ทั้งยังมีเทคนิคการดูแลและการจัดการที่เปลี่ยนไปตามแนวความคิดของเกษตรกรเอง หรืออาจกล่าวได้ว่า การเพาะพวงหรีดสดในปัจจุบันนั้นมีการคิดนอกกรอบและลดการยึดติดจากตำรากันมาก ไม่ว่าจะเป็นการเพาะแบบโรงเรือน การเพาะแบบกองเตี้ยด้วยวัสดุที่มีในท้องถิ่น เช่น พางข้าว ตอซังข้าว เปลือกกล้วยเขียว และขี้เลื่อยเก่า เป็นต้น (ปรีชญา รุ่งวิริยกันต์, 2567) หากเกษตรกรสามารถใช้วัตถุดิบที่มีราคาถูกในการผลิตพวงหรีดสดย่อมหมายถึงต้นทุนของการผลิตต่ำลง และมีกำไรมากขึ้น อีกทั้งยังเป็นการใช้วัสดุเหลือทิ้งจากการเกษตรให้เกิดประโยชน์

1.6 การทำปุ๋ยหมักจากตอซังข้าว

ปุ๋ยอินทรีย์ (Organic fertilizer) ที่ได้จากอินทรีย์วัตถุโดยผ่านกระบวนการต่าง ๆ เช่น การทำให้อ่อน การสับ การบด การหมัก การร่อน หรือวิธีการอื่น ๆ แต่ไม่ใช้ปุ๋ยเคมี ปุ๋ยอินทรีย์มีองค์ประกอบเป็นสารอินทรีย์ ซึ่งมีต้นกำเนิดมาจากอินทรีย์สารโดยตรง โดยทั่วไปอยู่ในรูปของปุ๋ยหมัก ปุ๋ยคอก ปุ๋ยพืชสด ส่วนปุ๋ยหมัก (compost) เป็นปุ๋ยอินทรีย์ เป็นปุ๋ยธรรมชาติชนิดหนึ่งที่ได้มาจากการนำเอาเศษซากพืช เช่น ตอซังพางข้าว ซัง ข้าวโพด ต้นกล้วยต่าง ๆ หญ้าแห้ง ผักตบชวา ของเหลือทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมตลอดจนขยะมูลฝอยตาม บ้านเรือนมาหมักร่วมกับมูลสัตว์ ปุ๋ยเคมี หรือสารเร่งจุลินทรีย์ที่สามารถกระตุ้นการย่อยสลายเมื่อหมักโดยใช้ระยะเวลาหนึ่งแล้วเศษพืชเศษขยะเหล่านี้จะย่อยสลายเปลี่ยนสภาพจากของเดิมเป็นผงเปื่อยยุ่ยสีน้ำตาลปนดำ เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีของจุลินทรีย์ (นัทธนา ทักษิรัตน์ศรี, 2548) หลังจากนั้นก็สามารถนำเอาปุ๋ยหมักที่ได้ไปใช้ในการปรับปรุงบำรุงดิน วิธีการหมักวัสดุต่าง ๆ ให้กลายเป็นปุ๋ยหมัก อาจทำได้หลาย ๆ วิธีแตกต่างกันไป เช่นการหมักเศษพืชแต่เพียงอย่างเดียวหรือมีการเติมมูลสัตว์หรือปุ๋ยเคมีลงไปในการกองปุ๋ยด้วยเพื่อเร่งให้เศษวัสดุแปรสภาพได้เร็วขึ้น การใส่ผงเชื้อจุลินทรีย์เพิ่มเติมลงไปกองปุ๋ยเพื่อเสริม

เชื้อจุลินทรีย์ที่มีอยู่แล้วในธรรมชาติ หรือการมีรูปแบบของการกองปุ๋ยแตกต่างกันไปซึ่งแต่ละวิธี อาจใช้ระยะเวลาในการหมักไม่เท่ากัน และปุ๋ยหมักที่ได้ก็มีคุณภาพแตกต่างกันไป (อานัฐ ตันโช, 2564)

สรุปและอภิปราย

การที่เกษตรกรในหลายพื้นที่เลือกเผาทอซังข้าวและฟางข้าวเนื่องจากง่ายและต้นทุนต่ำ ทั้งนี้เกษตรกรส่วนมากรู้ข้อมูลจากสื่อต่าง ๆ ว่า การเผาทอซังและฟางข้าวนี้ก่อให้เกิดมลพิษ ทำลายสิ่งแวดล้อม และทำให้ดินเสื่อมคุณภาพ แต่เกษตรกรไม่มีทางเลือกมากนัก ทั้ง ๆ ที่ผ่านมามีหน่วยงานท้องถิ่นและหน่วยงานระดับประเทศรณรงค์เผาทอซังและฟางข้าว พร้อมทั้งส่งเสริมให้ใช้ประโยชน์จากตอซังและฟางข้าวที่นอกจากจะลดการเผาแล้วยังเป็นการบำรุงดิน ลดการใช้ปุ๋ย เพิ่มมูลค่าให้กับตอซังและฟางข้าว ด้วยวิธีการจัดการดังนี้ 1) การไถกลบตอซัง ไถปรับหน้าดินพลิกตอซัง สร้างดินยั่งยืนพื้นสิ่งแวดล้อม 2) การทำตอซังหรือฟางอัดก้อนจำหน่ายเพื่อสร้างรายได้ 3) การผลิตกระดาดจากฟางข้าว 4) การใช้ตอซังและฟางข้าวเลี้ยงสัตว์ 5) การเพาะเห็ดฟางจากตอซังข้าว และ 6) การทำปุ๋ยหมักจากตอซังข้าว ซึ่งวิธีการจัดการดังกล่าวยังมีข้อจำกัดและอุปสรรคในการปฏิบัติดังต่อไปนี้

1) การไถกลบตอซัง ไถปรับหน้าดินพลิกตอซัง วิธีการนี้เหมาะสำหรับพื้นที่ที่มีการชลประทานเข้าถึงหรือทำในช่วงปลายฤดูฝน ซึ่งเมื่อไถกลบแล้วจำเป็นต้องมีการปล่อยน้ำเข้าท่วมตอซังเพื่อกระตุ้นให้เกิดการย่อยจากข้อมูลทางวิชาการ พบว่า เกษตรกรสามารถใช้จุลินทรีย์เร่งกระบวนการย่อยอินทรีย์วัตถุได้ โดยหากมีการใช้จุลินทรีย์เร่งกระบวนการ จะสามารถย่อยสลายได้อย่างสมบูรณ์ภายใน 15 วันเท่านั้น มีงานวิจัยมากมายที่แสดงถึงความสามารถของแบคทีเรียในการย่อยสลายวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรชนิดต่าง ๆ เช่น ชานอ้อย ซังข้าวโพด ชี้เลื้อย เศษกระดาด รวมถึงฟางข้าว (Supasinsathit, 2012) ซึ่งการย่อยฟางข้าวนี้เกิดจากเอนไซม์จำเพาะปล่อยออกสู่นอกเซลล์ (extracellular enzyme) ที่แบคทีเรียสร้างขึ้น ทำการย่อยส่วนประกอบของฟางข้าวให้เป็นสารโมเลกุลเล็กและนำเข้าสู่เซลล์ เพื่อใช้เป็นแหล่งของสารอาหาร โดยเอนไซม์ที่สำคัญ คือ เอนไซม์เซลลูเลส (cellulase) ทำหน้าที่ย่อยเซลลูโลส (cellulose) (Manowattana & Leksawasdi, 2014) ที่เป็นองค์ประกอบหลักในฟางข้าว (ร้อยละ 40-60) (Malherbe, & Cloete, 2002) ตัวอย่างของแบคทีเรียในระดับจีโนมที่มีรายงานการศึกษาสามารถสร้างเอนไซม์เซลลูเลส ได้แก่ *Acetivibrio*, *Bacillus*, *Bacteriodes*, *Cellulomonas*, *Clostridium*, *Erwinia*, *Paenibacillus*, *Ruminococcus*, *Thermonospora* และ *Actinomycetes* (Poodngam, 2014) โดยกิจกรรมของจุลินทรีย์จะช่วยย่อยสลายตอซังได้ดีขึ้น ทำให้ตอซังอ่อนนุ่ม ย่อยสลายง่าย แต่สอดคล้องกับ วีรภาดา หยกอุบล (2555) ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจเลือกรูปแบบการจัดการตอซังฟางข้าวของเกษตรกรผู้ปลูกข้าวอำเภอบางน้ำเปรี้ยว จังหวัดฉะเชิงเทรา

2) การทำตอซังหรือฟางอัดก้อนจำหน่ายเพื่อสร้างรายได้ เกษตรกรต้องมีเครื่องมือในการจัดการรูปแบบนี้ ซึ่งในบางพื้นที่ พบว่า เครื่องมือดังกล่าวจัดหาได้ยาก ต้นทุนสูง รอคิวเป็นเวลานาน ดังนั้นอาจแก้ปัญหาโดยการรวมกลุ่มของเกษตรกรเพื่อต่อรองเจรจากับผู้ให้บริการเครื่องมือเครื่องจักรทั้งเรื่องราคาและลำดับการให้บริการ เกษตรกรยังสามารถรวมกลุ่มเพื่อจัดซื้อเครื่องจักรเป็นของกลุ่มสหกรณ์ วิสาหกิจ

ชุมชน หรือกลุ่มเกษตรกรในพื้นที่ นอกจากนี้ เกษตรกรยังต้องการการสนับสนุนจากภาครัฐหรือสถาบันการเงิน เพื่อสนับสนุนโครงการเงินดอกเบี้ยต่ำเพื่อการเกษตร ด้วยแนวทางดังกล่าวเชื่อมั่นว่าเกษตรกรจะสามารถจัดการต่อซังและฟางข้าวด้วยวิธีการอัดก้อนได้อย่างแน่นอน

3) การผลิตกระดาษจากฟางข้าว เป็นวิธีการที่น่าสนใจ เนื่องจากเป็นการเพิ่มมูลค่าของฟางข้าวได้อย่างไร้ที่ติตาม กระบวนการผลิตเยื่อกระดาษนั้น ถือได้ว่า เป็นสิ่งที่ห่างไกลจากเกษตรกรไทย โดยเฉพาะอย่างยิ่งเกษตรกรในพื้นที่ต่างจังหวัด โดยเกษตรกรในพื้นที่ดังกล่าวยังขาดเทคโนโลยีและผู้เชี่ยวชาญในการถ่ายทอดกระบวนการ และโดยเฉพาะอย่างยิ่งโอกาสทางการตลาดของผลิตภัณฑ์แปรรูปน่าจะเป็นแรงจูงใจที่สำคัญในการจัดการต่อซังและฟางข้าวด้วยการแปรรูปเป็นเยื่อกระดาษ จำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องมีหน่วยงานทั้งภาครัฐและเอกชน สนับสนุนทั้งองค์ความรู้ เทคโนโลยี เงินลงทุน ทรัพยากรมนุษย์ที่สามารถช่วยหรือเป็นแกนนำในการบริหารจัดการให้กิจกรรมดังกล่าวสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

4) การใช้ต่อซังและฟางข้าวเลี้ยงสัตว์ เป็นวิธีการใช้ประโยชน์จากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรอย่างคุ้มค่า แต่มีข้อควรคำนึงเพื่อให้ปลอดภัยและได้ประโยชน์สูงสุด ได้แก่ ฟางและต่อซังเหมาะกับสัตว์เคี้ยวเอื้อง เช่น โค กระบือ แพะ แกะ ไม่เหมาะกับสัตว์ที่ระบบย่อยไม่สามารถจัดการกับเยื่อใยยาบได้ เช่น สุกร หรือ สัตว์ปีก ฟางข้าวและต่อซังมีโปรตีนต่ำ ย่อยยาก และมีเยื่อใยสูง จึงควรเสริมด้วยอาหารเสริม เช่น อาหารข้น กากถั่วเหลือง รำข้าว หญ้าเนเปียร์หมัก หรือยูเรียเพื่อเพิ่มคุณค่าทางอาหาร เกษตรกรต้องแน่ใจว่าฟางหรือต่อซังไม่มีสารเคมีตกค้าง เช่น ยาฆ่าแมลงหรือสารกำจัดวัชพืช ที่อาจเป็นอันตรายต่อสัตว์ จำเป็นต้องเก็บในที่แห้ง ไม่อับชื้น ป้องกันเชื้อราและการหมักบูด เพราะเชื้อราอาจผลิตสารพิษ (mycotoxins) ที่อันตรายต่อสัตว์ นอกจากนี้ อาจต้องผ่านกระบวนการบางอย่าง เช่น การหมักฟาง การอัดก้อน หรือการเติมยูเรียเพื่อช่วยย่อยสลายเยื่อใยและเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการ และสิ่งที่สำคัญเป็นอย่างยิ่งคือ หากฟางมีสิ่งแปลกปลอม เช่น เศษ โลหะ พลาสติก หรือพืชที่เป็นพิษ อาจก่อให้เกิดปัญหาทางเดินอาหาร หรือแม้แต่เสียชีวิตได้ ข้อควรคำนึงต่าง ๆ นี้เกษตรกรควรมีการบันทึกข้อมูลเพื่อให้แน่ใจว่าต่อซังหรือฟางที่นำมาให้ปศุสัตว์นั้นมีความปลอดภัย

5) การเพาะเห็ดจากต่อซังและฟางข้าวเป็นแนวทางที่มีโอกาสและศักยภาพสูง ทั้งในเชิงเศรษฐกิจและสิ่งแวดล้อม เนื่องจากเห็ดฟางเป็นที่นิยมในอาหารไทยและมีราคาดี โดยเฉพาะช่วงฤดูแล้งที่ผลผลิตน้อยสามารถขายได้ราคาสูง ต่อซังข้าวที่เหลือหลังการเก็บเกี่ยวมักถูกเผาทำลาย ซึ่งก่อมลพิษ หากมีการนำมาใช้เพาะเห็ดฟางจะสามารถช่วยลดการเผา ลดควันพิษและเกิดรายได้แทน ต่อซังและฟางข้าวเป็นวัสดุที่มีอยู่ทั่วไปในพื้นที่เกษตรกรรมของไทยโดยเฉพาะภาคกลางและภาคอีสาน ทำให้ต้นทุนการเพาะเห็ด ฟางและเห็ดอื่นที่สามารถใช้ต่อซังและฟางข้าวได้มีต้นทุนถูกลง เกษตรกรสามารถเพาะเห็ดฟางระหว่างช่วงพักนาหรือหลังเกี่ยวข้าวเป็นการใช้เวลาและทรัพยากรให้เกิดประโยชน์สูงสุด มีหลากหลายงานวิจัย พบว่า ต่อซังและฟางข้าวสามารถเป็นวัสดุเพาะเห็ดฟางได้ดีเมื่อนำมาผสมกับปุ๋ยคอกหรือแกลบดำ ช่วยให้ผลผลิตสูง จากที่กล่าวมาจะพบว่า กระบวนการเพาะเห็ดฟางไม่จำเป็นต้องใช้สารเคมี ทำให้เป็นผลิตภัณฑ์เกษตรปลอดภัย ตอบโจทย์ผู้บริโภคยุคใหม่ นอกจากนี้ เห็ดฟางยังสามารถนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ เช่น เห็ดฟางอบแห้ง เห็ดฟางดอง เห็ดฟางแช่แข็ง และเห็ดฟางอัดกระป๋องเพิ่มมูลค่าให้สินค้า จากการใช้ต่อซังและฟางข้าวมาเป็น

วัตถุดิบในการเพาะเห็ดฟางและเห็ดอื่น ๆ นั้น ถือได้ว่า เป็นการนำของเหลือจากการทำนามาใช้ใหม่ในระบบ เกษตรเป็นการหมุนเวียนทรัพยากรอย่างยั่งยืน

6) การทำปุ๋ยหมักจากตอซังและฟางข้าว ตอซังและฟางข้าวเป็นวัสดุเหลือใช้ที่หาได้ในแปลงนา ทำให้ ลดค่าใช้จ่ายด้านปุ๋ยและการจัดการเศษพืช ช่วยเพิ่มปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน ทำให้ดินร่วนซุย ระบายอากาศ และอุ้มน้ำได้ดี การหมักช่วยกระตุ้นจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ในดิน ซึ่งช่วยในการย่อยสลายสารอินทรีย์และ ส่งเสริมการเจริญของพืช ปุ๋ยหมักช่วยเพิ่มธาตุอาหารและปรับโครงสร้างของดิน ทำให้ดินมีความอุดมสมบูรณ์ มากขึ้นในระยะยาว อย่างไรก็ตาม กระบวนการหมักยังคงต้องใช้เวลา ซึ่งเกษตรกรอาจไม่สามารถรอได้ จะเป็น การดีกว่าหากมีตัวเร่งปฏิกิริยาการหมัก ซึ่งได้แก่ จุลินทรีย์เฉพาะที่ผลิตเอนไซม์ช่วยย่อยสลายอินทรีย์วัตถุ โดยจุลินทรีย์ที่นำมาใช้ควรเป็นจุลินทรีย์บริสุทธิ์ที่ทราบสายพันธุ์ รู้ถึงคุณสมบัติ และที่สำคัญ คือ ต้องมีจำนวน มากพอในการกระตุ้นการย่อยให้เกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์และรวดเร็ว การเร่งกระบวนการย่อยอินทรีย์วัตถุควร ประกอบไปด้วย เชื้อหรือจุลินทรีย์ที่ผลิตเอนไซม์จำเพาะปล่อยออกสู่นอกเซลล์ (extracellular enzyme) ไม่น้อยกว่า 3 กลุ่ม ได้แก่ 1) Lactic Acid Bacteria 2) Bacillus Bacteria และ 3) Yeast ที่มีความสามารถ ย่อยสลายตอซังได้สมบูรณ์ภายในเวลา 15 วัน นับจากเริ่มใช้วัสดุเร่งกระบวนการย่อยตอซัง นอกจากนี้ แหล่งที่มาต้องเชื่อถือได้โดยมีการระบุส่วนประกอบของวัสดุที่ใช้ในการผลิต วัน เดือน ปี ที่ผลิตและหมดอายุ มี หนังสือรับรองผลการวิเคราะห์ ชนิดและปริมาณของเชื้อจุลินทรีย์ที่เป็นส่วนประกอบหลักในกระบวนการเร่ง กระบวนการย่อยตอซัง และข้อบ่งใช้ปริมาณและวิธีการใช้ เพื่อให้เกษตรกรสามารถใช้และเกิดประสิทธิภาพ สูงสุด

เอกสารอ้างอิง

- กรมพัฒนาที่ดิน. (2562). รายงานสถานการณ์ทรัพยากรดินประเทศไทย ปี 2562. กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวง เกษตรและสหกรณ์.
- กรมส่งเสริมการเกษตร. (2567). รายงานสถานการณ์การเพาะปลูกข้าวนาปี ปีการผลิต 2567/68 ณ วันที่ 15 กันยายน 2567. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- ไชขวัญ กองจันทร์, พนาภาศ ตริวรณกุล และ เมตตา เร่งชวนขวย. (2564). การจัดการตอซังและฟางข้าว ของเกษตรกรในโครงการส่งเสริมการหยุดเผาในพื้นที่การเกษตรจังหวัดพระนครศรีอยุธยา. วารสาร วิทยาศาสตร์และนวัตกรรมการเกษตร, 52(1), 20-31.
- นันทฐา ทักษิรัตนศรีณย์. (2548). ผลของการใส่ฟางข้าวและปุ๋ยหมักฟางข้าวร่วมกับปุ๋ยเคมีต่อผลผลิตและการดูด ใช้ธาตุอาหารของข้าวโพดฝักอ่อนที่ปลูกในชุดดินพินายและชุดดินสิงห์บุรี. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- นิธิวดี บุญกั้ววาน. (2554). ผลของแอนทราควิโนน เมทานอล และแอสซิโตนต่อการผลิตเยื่อแบบโซดาจากฟาง ข้าว [วิทยานิพนธ์ปริญญาโท]. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ปรีชญา รุ่งวิกรัยกานต์. (2567). แนวทางการส่งเสริมการเพาะเห็ดฟางกองเตี้ยด้วยกากมันสำปะหลัง กรณีศึกษาวิสาหกิจชุมชนเห็ดฟางบ้านสุขสำราญ ตำบลท่าเกษม อำเภอเมืองสระแก้ว จังหวัด สระแก้ว. วารสารสังคมศาสตร์เพื่อการพัฒนาท้องถิ่น มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม, 8(1), 50-58.

- พินิจกานต์ อาริวงษ์ และ วรณิษา นาคแกมทอง. (2555). *การผลิตเยื่อกระดาษจากฟางข้าวด้วยวิธีทางชีวภาพร่วมกับกรรมวิธีโซดาไฟ* [วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต] มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.
- ภักดี สิทธิฤทธิ์กวิน, ไพฑูรย์ ยศภาส และ ฤทธิชัย บุญทาศรี .(2568). การพัฒนากระบวนการผลิตกระดาษจากฟางข้าวด้วยวิธีทางกลร่วมกับวิธีทางชีวภาพ. *วารสารวิศวกรรมและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์*, 3(1), 1-15.
- มณี อัครานนท์, พรชัย วงศ์วาสนา, ยิ่งยง เมฆลอย, จิตรภานุ อินทวงศ์, ธงชัย ช่วยสถิตย์, แพรพิไล เจริญสิทธิ์กองคำ, ธวัชชัย ทวีตา และ ญนันทพร กลั่นเจริญ. (2563). การใช้ฟางข้าวเป็นแหล่งอาหารหยาบ เพื่อลดต้นทุนการเลี้ยงกวาง. *วารสารวิจัยรามคำแหง (วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี)*, 23(2), 1-10.
- วิจิตร สนม, วินัย ตาระเวช, จุฬารณ ศรีเมืองใหม่, วรณภา โรจน์สุณิขกร และ พิมพิภา เภาไพร. (2565). การพัฒนาผลิตภัณฑ์พานรูปเทียนแพจากกระดาษฟางข้าว. *วารสารศิลปกรรมศาสตร์วิชาการวิจัยและงานสร้างสรรค์*, 9(1), 100-110.
- วีรภาดา หยกอุบล. (2555). *ปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจเลือกรูปแบบการจัดการตอซัง-ฟางข้าว ของเกษตรกรผู้ปลูกข้าวอำเภอบางน้ำเปรี้ยว จังหวัดฉะเชิงเทรา* [วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ]. มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.
- อานัฐ ตันโซ. (2564). หลักการผลิตปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูงระดับอุตสาหกรรม. *วารสาร ดินและปุ๋ย*, 37(1-4), 30-39.
- Kongjan, K., Treewannakul, P., & Rengkwunkway, M. (2021). Management of rice stubble and straw of farmers in project of extension for stop burning at agri-area in Phra Nakhon Si Ayutthaya province. *Agricultural Sci. J.*, 52(1), 20-31.
- Malherbe, S. and Cloete, T. E. (2002). Lignocellulose biodegradation: fundamentals and applications. *Environmental Science and Biotechnology*, 1, 105-114.
- Manowattana, A. and Leksawasdi, N. (2014). *Kinetic modeling enzyme xylanase* [Master's thesis]. Chiang Mai University.
- Office of Agricultural Economics. (2022, November 27). *Management of "rice straw" in the 8 central provinces to create additional value*. Office of Agricultural Economics. <https://www.oae.go.th>
- Poodngam, J. (2014). Isolation and selection of Actinomycetes capability to degrade lignocelluloses compounds on soil at the Namtok Yong National Park. *RMUTSB Academic Journal*, 2(2), 109-120.
- Supasinsathit, A. (2012). Energy from biomass with high lignocellulose. *Environmental Journal*, 16(2), 36-43.
- Thailand Environment Institute. (2022). *Managing and reducing burning in agricultural areas of Thailand*. Thailand Environment Institute.