

การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเพาะปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในประเทศไทยและแนวทางการลดเพื่อการผลิตอย่างยั่งยืน

Assessment of Greenhouses Gas Emission and Mitigation from Maize Cultivation in Thailand for Sustainable Production Systems

สุรีพร ขอนพิกุล* และณภัทร จักรวัฒนา

วิทยาลัยพลังงานและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยพะเยา ตำบลแม่กา อำเภอเมือง จังหวัดพะเยา 56000

จิตติ มังคละศิริ

ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ (ศว.) สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.)

ตำบลคลองหนึ่ง อำเภอกลองหลวง จังหวัดปทุมธานี 12120

Sureporn Khonpikul* and Napat Jakrawatana

School of Energy and Environment, University of Phayao, Mae ka, Muang, Phayao 56000

Jitti Mungkalasiri

National Metal and Materials Technology Center (MTEC), National Science and Technology

Development Agency (NSTDA), Khlong Nueng, Khlong Luang, Pathum Thani 12120

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการเพาะปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ของไทย โดยศึกษาในระดับมหภาคเพื่อให้เห็นภาพรวมทั้งประเทศ จากการวิจัยพบว่า การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเพาะปลูกข้าวโพดส่วนใหญ่มาจากพื้นที่ลาดชันและเขตป่าสงวน ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 73 ส่วนที่เหลือมาจากพื้นที่ราบ คิดเป็นร้อยละ 27 เมื่อพิจารณาภาพรวมพบว่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่มาจาก N_2O จากการใช้ปุ๋ยไนโตรเจน รวมทั้งทางตรงและทางอ้อมมีปริมาณมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 47 รองลงมา คือ จากการได้มาของปุ๋ยไนโตรเจนร้อยละ 26 และจากการเผาเศษวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรร้อยละ 17 เมื่อคิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเพาะปลูกทั้งประเทศกว่า 1.6 ล้านตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินมาเป็นพื้นที่ปลูกข้าวโพดระหว่างปี พ.ศ. 2552 ถึงปี พ.ศ. 2558 คิดเป็น 19 ล้านตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ผลจากการเปลี่ยนแปลงแนวทางเลือกพบว่าการปรับปรุงโดยการใช้ปุ๋ยสั่งตัดร่วมกับการย้ายพื้นที่ปลูกจะสามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้มากที่สุด รองลงมา คือ การใช้ปุ๋ยสั่งตัดเพียงอย่างเดียวคิดเป็นร้อยละ 48 และ 22 ตามลำดับ ดังนั้นจากการวิเคราะห์ผลของแนวทางเลือกสามารถนำไปสู่แนวทางการจัดการการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมอย่างยั่งยืนในอนาคต

คำสำคัญ : ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์; ก๊าซเรือนกระจก; ฝุ่นละอองขนาดเล็ก; การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน; ปุ๋ยสั่งตัด

Abstract

This research assessed greenhouse gas (GHG) emission from maize cultivation in Thailand at the national scale and evaluated options for improvement. The result showed that total GHG emission from maize cultivation in Thailand in 2015 accounted for 1.6 million ton CO₂eq. There were 73 % of GHG emissions came from hill area and 23 % come from plain area. The majority of GHG emission came from N₂O emission from using of N fertilizer which accounting for 47 %. The acquisition for N fertilizer accounted for 26 %. GHG emission from burning of biomass residue accounted for 17 %. GHG from land use change from forest area and other crops to maize area from 2009 to 2015 accounted for 19 million ton CO₂eq. In term of improvement alternative, applying tailor-made fertilizer can reduce GHG emission about by 22 %. Applying tailor-made fertilizer and moving uphill maize cultivation area to plain area can reduce GHG emission by 48 %.

Keywords: maize; greenhouse gas (GHG) emission; PM10; land use change (LUC); tailor-made fertilizer

1. บทนำ

ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย ซึ่งจัดอยู่ในกลุ่มพืชที่ผลิตเพื่อใช้ในประเทศ ผลผลิตที่ได้เกือบทั้งหมดประมาณร้อยละ 95 ใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตอาหารสัตว์และใช้เลี้ยงสัตว์ภายในประเทศ โดยส่วนใหญ่ใช้เป็นส่วนผสมของอาหารไก่เนื้อและไก่ไข่ประมาณร้อยละ 40 และ 22 ใช้เป็นส่วนผสมอาหารในการเลี้ยงสุกรประมาณร้อยละ 36 และใช้ในการเลี้ยงสัตว์อื่น ๆ ประมาณร้อยละ 2 [1] การผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในประเทศไทยพบว่ามีผลผลิตประมาณปีละ 4-5 ล้านตัน สร้างรายได้ให้เกษตรกรผู้ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์กว่า 4 แสนครัวเรือน คิดเป็นมูลค่าประมาณปีละ 35,000 ล้านบาท [2]

การใช้ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เพิ่มขึ้นตามการขยายตัวของภาคปศุสัตว์ ซึ่งประเทศไทยได้มีการพัฒนาการเลี้ยงสัตว์เพิ่มขึ้นเพื่อตอบสนองต่อความต้องการบริโภคภายในประเทศและการส่งออก จึงทำให้

ในแต่ละปีมีความต้องการใช้ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เพื่อผลิตเป็นอาหารไก่เนื้อ ไก่ไข่ และสุกรเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องตามแผนร่างยุทธศาสตร์อุตสาหกรรมอาหารสัตว์ของประเทศไทยประมาณการความต้องการใช้ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในอีก 10 ปีข้างหน้าไว้ประมาณ 7 ล้านตันต่อปี [3] ในขณะที่ความต้องการข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เป็นสิ่งที่ต้องการเพิ่มมากขึ้น แต่ในทางกลับกันพื้นที่ที่ใช้ในการเพาะปลูกก็มีอยู่อย่างจำกัด จึงทำให้ต้องมีการบุกเบิกพื้นที่ป่าเพื่อปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เพื่อให้ได้มาซึ่งผลผลิตที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เป็นพืชที่ปลูกได้ง่ายสามารถปลูกได้ทุกพื้นที่และเป็นพืชที่ไม่ต้องการน้ำมากโดยทั่วไปจะปลูกในช่วงต้นฤดูฝน อีกทั้งข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ยังขายได้ง่าย มีตลาดรับซื้อที่แน่นอน พร้อมทั้งมีแหล่งเงินทุนสนับสนุนทั้งภาครัฐและเอกชน ดังนั้นการบุกเบิกพื้นที่ป่าไม้เพื่อปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์จึงยังมีอยู่อย่างต่อเนื่อง จากผลการสำรวจพบว่าร้อยละ 70 ของ

ผลผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ทั้งประเทศมาจากพื้นที่ลาดชันและเขตป่าไม้ ส่วนที่เหลือเป็นผลผลิตที่มาจากพื้นที่ราบ และอีกประเด็นปัญหาการบุกรุกพื้นที่ป่าเพื่อการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์และเกษตรบนพื้นที่ลาดชันนั้นเป็นผลมาจากปัญหาความยากจนและความเดือนร้อนของเกษตรกรจากการที่ไม่มีที่ดินทำกินและต้องการได้ผลผลิตข้าวโพดเพิ่มมากขึ้น [4]

การขยายตัวอย่างรวดเร็วของพื้นที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในประเทศไทย โดยเฉพาะการปลูกในพื้นที่ลาดชันและเขตป่าไม้ส่งผลกระทบต่อสภาพแวดล้อมเป็นอย่างมาก อันเนื่องมาจากการเผาป่าและไร่ข้าวโพดเพื่อเตรียมพื้นที่ปลูกในฤดูกาลถัดไป จึงก่อให้เกิดปัญหามอกควันฝุ่นละอองและการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ส่งผลกระทบต่อสุขภาพของประชาชน ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ของไทย ซึ่งการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ตั้งแต่กระบวนการเพาะปลูก การขนส่งและการแปรรูป เป็นส่วนหลักที่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ในวัฏจักรชีวิตของการผลิตเนื้อสัตว์ โดยเฉพาะผลกระทบต่อ การปล่อยก๊าซเรือนกระจกค่อนข้างสูง นอกจากนั้นยังมีผลกระทบทางอ้อมจากการใช้พลังงานในการผลิตปัจจัยทางการเกษตรและวัตถุดิบอื่น ๆ ด้วย อีกทั้งชีวมวลหรือเศษวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรที่มีศักยภาพน่าจะกลับมาผลิตเป็นพลังงานได้แต่ก็ยังไม่ถูกนำกลับมาใช้ประโยชน์ได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ และการที่ประเทศไทยมีผลผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เฉลี่ยต่ำกว่าต่างประเทศเป็นอย่างมากทำให้การใช้ทรัพยากรและภาระทางสิ่งแวดล้อมต่อหน่วยผลผลิตมีค่าสูงมากเช่นกัน อาจส่งผลให้เราไม่ขีดความสามารถในการแข่งขันที่ต่ำกว่าประเทศอื่น ๆ

การสืบค้นงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในประเทศไทย ได้แก่ ฐิฎาพร สุภาชี และคณะ [5] ศึกษาเกี่ยวกับประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมตลอด

วัฏจักรชีวิตของการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในพื้นที่อำเภอมะเณร จังหวัดเชียงใหม่ พบว่าในขั้นตอนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในพื้นที่เพาะปลูก (field emission) มีการเกิดก๊าซเรือนกระจกสูงสุดคิดเป็นร้อยละ 75 แหล่งปล่อยหลักมาจากการใช้ปุ๋ยไนโตรเจน ในขั้นตอนของการบำรุงรักษาจึงให้มีการปล่อยก๊าซ N_2O ออกมาในปริมาณที่สูงมาก รวมถึงการเผาไหม้ของน้ำมันดีเซลที่ใช้ในเครื่องจักรกลทางการเกษตรเพื่อการเตรียมพื้นที่เพาะปลูกในฤดูกาลถัดไปด้วย จึงทำให้ขั้นตอนนี้มี การปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงกว่าขั้นตอนอื่น ๆ เช่นเดียวกับงานวิจัยของ Tongpool และคณะ [6] ประเมินวัฏจักรชีวิตของอาหารไก่เพื่อหาแนวทางการปรับปรุงด้านสิ่งแวดล้อม โดยผลจากการศึกษาพบว่าผลกระทบต่อหลักมาจากการอบแห้งข้าวโพดและการเพาะปลูกพืชอาหารสัตว์ซึ่งทำให้เกิดการบุกรุกป่าและการปล่อยธาตุอาหารพืชจากการใส่ปุ๋ยและสารเคมีปราบศัตรูพืช ในส่วนของผลกระทบที่มาจากกระบวนการผลิตในโรงงานผลิตอาหารสัตว์มีผลกระทบน้อยมาก

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเพาะปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ โดยจะมุ่งเน้นการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกภาพรวมระดับประเทศเป็นหลัก ขอบเขตการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจะใช้วิธีตามคู่มือของ Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) ปี ค.ศ. 2006 ประกอบด้วย การเปลี่ยนแปลงปริมาณคาร์บอนในดินในพื้นที่ที่ปลูกพืชเลี้ยงสัตว์ การปล่อยก๊าซ non- CO_2 จากกิจกรรมการเผาชีวมวล และการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้ปุ๋ยเคมีและปุ๋ยอินทรีย์ โดยแยกเป็นการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในพื้นที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ไม่มีการเปลี่ยนไปเป็นพื้นที่อื่น ๆ (land remaining in a land-use category) และเมื่อมีการเปลี่ยนพื้นที่อื่น ๆ มาเป็นพื้นที่ปลูก

ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์(land converted to maize plantation)

ดังนั้น วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้ คือ เพื่อประเมินปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากสถานการณ์ในปัจจุบัน และจากการเปลี่ยนแปลงทางเลือกต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นจากการเพาะปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ของไทย ซึ่งผลจากการวิเคราะห์ของแนวทางเลือกที่ได้จะสามารถนำไปสู่แนวทางในการปรับปรุงเพื่อลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้น โดยเฉพาะการปล่อยก๊าซเรือนกระจก และเพื่อสนับสนุนการตัดสินใจทางเลือกที่ดีที่สุดเพื่อใช้เป็นแนวทางในการจัดการการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ผลิตภัณฑ์พื้นฐานที่มั่นคง ยั่งยืน และตอบสนองต่อความต้องการของภาคอุตสาหกรรมอาหารสัตว์ในประเทศไทยที่กำลังเติบโตอย่างรวดเร็ว และต่อเนื่องในอนาคต อันจะส่งผลต่อเนื่องในการเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันของภาคการผลิตพืช-สัตว์ และยกระดับคุณภาพชีวิตความเป็นอยู่ของประชาชนให้ดีขึ้น

2. วิธีการดำเนินการวิจัย

2.1 พื้นที่ศึกษาวิจัย

สำหรับพื้นที่การเพาะปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ของประเทศไทย ในปี พ.ศ. 2558 พบว่ามีพื้นที่ปลูกทั้งหมด 7,156,778 ไร่ ให้ผลผลิตทั้งหมด 4,610,992 ตัน [7] โดยพื้นที่ปลูกข้าวโพดส่วนใหญ่ของประเทศไทยกว่าร้อยละ 70 อยู่ในภาคเหนือของประเทศไทย รองลงมา คือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ร้อยละ 22 ภาคกลางร้อยละ 5 และภาคตะวันออก ร้อยละ 2 ซึ่งในงานวิจัยนี้จะพิจารณาเลือกเก็บตัวอย่างพื้นที่เพาะปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในพื้นที่เพาะปลูกหลัก 20 จังหวัด ให้ผลผลิตรวมกันเกินกว่าร้อยละ 90 ของทั้งประเทศ เพื่อใช้เป็นตัวแทนใน 4 ภูมิภาค ที่เป็น

พื้นที่ปลูกหลัก ศึกษาครอบคลุมระยะเวลาในการเพาะปลูก พ.ศ. 2558/2559 โดยเลือกจำนวนที่สุ่มเก็บในแต่ละจังหวัดตามหลักสถิติเพื่อเป็นตัวแทนข้อมูลของภูมิภาคนั้น ๆ โดยในการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่อหน่วยนี้ ใช้ข้อมูลจากการสำรวจภาคสนามและการสัมภาษณ์เกษตรกร ด้วยวิธีสุ่มตัวอย่างแบบบังเอิญ (accidental sampling) และวิธีของ Yamane ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % [8] โดยใช้กลุ่มตัวอย่างทั้งหมด 694 ตัวอย่าง

2.2 กระบวนการเพาะปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

พื้นที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ประมาณร้อยละ 43 อยู่ในพื้นที่ป่าและอีกประมาณร้อยละ 26 อยู่ในเขตพื้นที่ไม่เหมาะสมและเหมาะสมน้อย [9] ซึ่งอยู่ในเขตภาคเหนือของประเทศเป็นส่วนใหญ่ และมากกว่าร้อยละ 90 ของพื้นที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ทั้งประเทศอยู่นอกเขตชลประทานและอาศัยน้ำฝนในการเพาะปลูกเพียงอย่างเดียว จะนิยมปลูกกันในช่วงต้นฤดูฝน (ปลูกเดือน พ.ค. - มิ.ย. และเก็บเกี่ยวเดือน ก.ย. - ต.ค.) กระบวนการเพาะปลูกจะเริ่มต้นด้วยขั้นตอนการเตรียมพื้นที่ซึ่งมีอยู่ 2 ลักษณะ คือ สำหรับพื้นที่ราบเนินเขาที่ไม่ชันมากนักหรือพื้นที่ราบจะนิยมไถปรับหน้าดินเพื่อเตรียมพื้นที่ก่อนปลูก การไถเพื่อพลิกหน้าดินช่วยให้ระบายน้ำได้ดีขึ้น และช่วยในการกำจัดวัชพืชและเศษซากพืชต่าง ๆ ในดิน หลังจากไถเสร็จแล้วจะตากดินทิ้งไว้ระยะหนึ่งประมาณ 7-14 วัน จากนั้นรอจันทะฝนตกให้ดินชุ่มชื้นก่อนแล้วจึงลงเมล็ดปลูก สำหรับพื้นที่ลาดชันและภูเขาสูงจะไม่มีการไถปรับหน้าดินแต่จะใช้วิธีการเผาเพื่อเตรียมพื้นที่ก่อนปลูกซึ่งมักจะทำกันในช่วงเดือน มี.ค. - เม.ย. ของทุกปี การปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์จะใช้เมล็ดพันธุ์ประมาณ 2.5-3.0 กิโลกรัมต่อไร่ โดยวิธีการปลูกจะหยอดเมล็ดพันธุ์ 2-3 เมล็ดต่อหลุม ลงไปพร้อมกับปุ๋ยรองพื้นแล้วกลบหลุม พอปลูกเสร็จจะมีการฉีดพ่นสารเคมีกำจัด

วัชพืชหรือบรอกจะนิยมใช้สารเคมีกำจัดวัชพืชชนิดแบบดูดซึม (ยาคุมหญ้า) ทันที หลังจากปลูกทั้งช่วงระยะเวลาประมาณ 25-30 วัน จะใส่ปุ๋ยอีกหนึ่งรอบ (ปุ๋ยทำรุ่น) และจะมีการกำจัดวัชพืชหรือบรอกที่สองนิยมใช้สารเคมีกำจัดวัชพืชชนิดแบบเผาไหม้ (ยาฆ่าหญ้า) หลังจากนั้นทั้งช่วงไปจนกว่าข้าวโพดจะมีอายุประมาณ 110-120 วัน หรือมากกว่าจึงจะสามารถเก็บฝักข้าวโพดได้ พอหลังจากเก็บเกี่ยวผลผลิตเสร็จแล้วจึงนำมาสี/กะเทาะเมล็ด พอเสร็จสิ้นจากกระบวนการสี/กะเทาะเมล็ดแล้วจะทำให้เกิดเศษวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร เช่น ชังหรือแกนข้าวโพดที่เหลือจากการสีเมล็ด ได้ถูกนำไปใช้ประโยชน์ได้เพียงบางส่วน เช่น กรณีการสีเมล็ดแบบฝักเหลือง (การเก็บฝักเหลือง คือ การเก็บฝักข้าวโพดโดยการแกะเปลือกออกก่อนนำมาสี) จะได้ชังข้าวโพดที่เหมาะสมสำหรับใช้ทำเป็นเชื้อเพลิงให้ความร้อนซึ่งชังแบบนี้จะมีมูลค่าและเป็นที่ต้องการของอุตสาหกรรมประเภทโซลอบแห้งและโรงไฟฟ้า ส่วนการสีเมล็ดแบบทั้งฝักไม่แกะเปลือกออกก่อนนำมาสี จะได้เศษชังที่มีลักษณะปนมากับเปลือกข้าวโพดและเศษชังที่ได้จะมีลักษณะเป็นชิ้นเล็กไม่ค่อยสม่ำเสมอเหมาะสำหรับใช้ทำเป็นปุ๋ยหมัก ไม่เหมาะสำหรับนำมาทำเป็นเชื้อเพลิงโดยตรง ส่วนใหญ่แล้วจะถูกเผาทิ้ง เนื่องจากมีปริมาณที่มากเกินไปความต้องการและไม่ได้ถูกนำไปใช้ทำประโยชน์อย่างอื่น

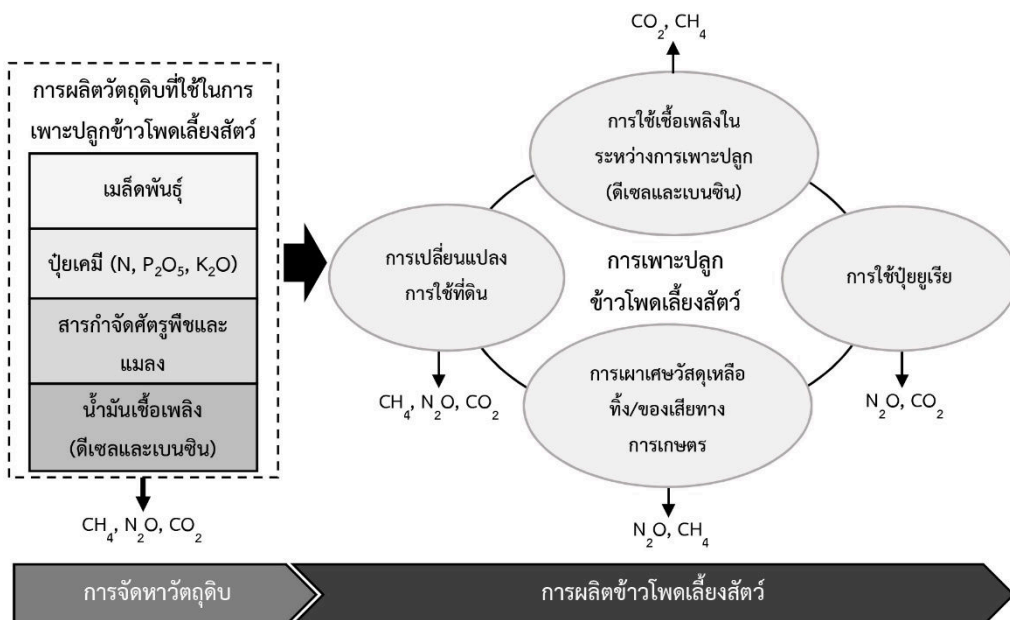
2.3 กรอบการศึกษาการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเพาะปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

ใช้หลักการคำนวณ โดยขอบเขตการคำนวณครอบคลุมการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตลอดวัฏจักรชีวิต การพิจารณาการเกิดก๊าซเรือนกระจกจะใช้วิธีคำนวณตามหลักการ cradle to gate ของ lift cycle assessment (LCA) ซึ่งหมายถึงการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากขั้นตอนการผลิตวัตถุดิบในการเพาะปลูก และการเพาะปลูกเท่านั้น ขอบเขตการ

คำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในการเพาะปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ทางตรงจะใช้วิธีตามคู่มือของ IPCC ปี ค.ศ. 2006 ประกอบด้วยการเปลี่ยนแปลงปริมาณคาร์บอนในดินในพื้นที่ที่ปลูกพืชเลี้ยงสัตว์ การปล่อยก๊าซ non-CO₂ จากกิจกรรมการเผาชีวมวล และการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้ปุ๋ยเคมีและปุ๋ยอินทรีย์ โดยแยกเป็นการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในพื้นที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ไม่มีการเปลี่ยนไปเป็นพื้นที่อื่น ๆ (land remaining in a land-use category) และเมื่อมีการเปลี่ยนพื้นที่อื่น ๆ มาเป็นพื้นที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ (land converted to maize plantation) [10] โดยขอบเขตการคำนวณครอบคลุมการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ในขั้นตอนการเพาะปลูก ประกอบด้วยเตรียมดิน การปลูก การดูแลรักษา การเก็บเกี่ยว และการจัดการหลังการเก็บเกี่ยว ซึ่งขอบเขตการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ (รูปที่ 1)

2.4 การประเมินก๊าซเรือนกระจกจากการได้มาซึ่งวัตถุดิบ

สำหรับข้อมูลการใช้ปัจจัยการผลิต เช่น เมล็ดพันธุ์ สารกำจัดศัตรูพืชและแมลง น้ำมันเชื้อเพลิง และปุ๋ยเคมีที่ใช้ในการเพาะปลูก จะใช้ข้อมูลปฐมภูมิซึ่งได้มาจากการสัมภาษณ์เกษตรกร และค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก (emission factor) ได้จากคู่มือขององค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก [11] รวมถึงวัตถุดิบและสารขาเข้าอื่น ๆ ที่ใช้ในกิจกรรมการเพาะปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ได้แสดงไว้ตามค่าที่แสดงในตารางที่ 1 โดยค่าปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นสามารถคำนวณได้จากวิธีการ ดังสมการที่ (1) คือ ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (GHG) = ปริมาณปัจจัยการผลิตแต่ละชนิดที่ใช้ x ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก (emission factor)



รูปที่ 1 กรอบการคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

ตารางที่ 1 ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก (emission factor, EF) จากกิจกรรมการเพาะปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

แหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกในการการผลิตสารตั้งต้น	ข้อมูลกิจกรรม	ค่าแฟคเตอร์การปล่อย	หน่วย	อ้างอิง
1. ปุ๋ยเคมี				
1.1. ไนโตรเจน (N)	ปริมาณการใช้	3.3036	(kgCO ₂ eq/kg)	[10]
1.2. ฟอสฟอรัส (P ₂ O ₅)	ปริมาณการใช้	1.5716	(kgCO ₂ eq/kg)	[10]
1.3. โพแทสเซียม (K ₂ O)	ปริมาณการใช้	0.4974	(kgCO ₂ eq/kg)	[10]
2. สารเคมีกำจัดศัตรูพืชและแมลง				
2.1. กรั่มม็อคโซน (Paraquat)	ปริมาณการใช้	3.2300	(kgCO ₂ eq/L)	[10]
2.2. ไกลโฟเสต (Glyphosate)	ปริมาณการใช้	16.0000	(kgCO ₂ eq/L)	[10]
2.3. แอทราซีน (Atrazine)	ปริมาณการใช้	5.0100	(kgCO ₂ eq/kg)	[10]
2.4. อัลลาคลอร์ (Alachlor)	ปริมาณการใช้	8.0900	(kgCO ₂ eq/L)	[10]
2.5. 2-4D (ทุโฟดี)	ปริมาณการใช้	6.2687	(kgCO ₂ eq/L)	[10]
3. เมล็ดพันธุ์	ปริมาณการใช้	0.2670	(kgCO ₂ eq/kg)	[10]
4. น้ำมันเชื้อเพลิงประเภทดีเซล (การผลิต)	ปริมาณการใช้	0.3282	(kgCO ₂ eq/kg)	[10]
5. น้ำมันเชื้อเพลิงประเภทดีเซล (การใช้)	ปริมาณการใช้	2.7446	(kgCO ₂ eq/L)	[10]

2.5 การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยตรงจากการใช้ปุ๋ยเคมีและปุ๋ยอินทรีย์ในพื้นที่เพาะปลูก

การปลูกพืชเป็นกิจกรรมทางการเกษตรที่ต้องใช้ปุ๋ยเป็นจำนวนมาก โดยเฉพาะปุ๋ยไนโตรเจน ดังนั้นในขั้นตอนของการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนทั้งในรูปของปุ๋ยเคมีและปุ๋ยอินทรีย์ (เช่น ปุ๋ยคอก ปุ๋ยพืชสด) จะทำให้มีการปล่อยก๊าซ N_2O ออกมาสู่บรรยากาศโดยกระบวนการแพร่ผ่านทางผิวดิน ทั้งในรูปแบบของการปล่อยก๊าซ N_2O ออกมาโดยตรง (direct emission) และการปล่อยโดยทางอ้อม (indirect emission) ซึ่งปริมาณการปล่อยก๊าซ N_2O สามารถคำนวณตามวิธีการในคู่มือการจัดทำบัญชีก๊าซเรือนกระจก ของ IPCC ปี ค.ศ. 1996 ดังสมการที่ (2) คือ การปล่อยก๊าซ N_2O รวม = ปริมาณการปล่อยก๊าซ N_2O โดยตรง (direct emission) + ปริมาณการปล่อยโดยอ้อม (indirect emission)

2.5.1 วิธีการคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซ N_2O โดยตรง ดังสมการที่ (3) คือ $NBL_D = [(F_{SN,i} + F_{ON,i}) \times EF_2] \times \frac{44}{28} \times GWP_{N_2O}$ เมื่อ NBL_{DR} = ปริมาณการปล่อยก๊าซ N_2O โดยตรง (จากการคำนวณ) (ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปี), $F_{SN,i}$ = ปริมาณไนโตรเจนจากการใช้ปุ๋ยเคมี ชนิดที่ i (ตันไนโตรเจนต่อปี), $F_{ON,i}$ = ปริมาณไนโตรเจนจากการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ ชนิดที่ i (ตันไนโตรเจนต่อปี), EF_2 = ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก (กำหนดให้เท่ากับ 0.01), GWP_{N_2O} = global warming potential สำหรับ N_2O (กำหนดให้เท่ากับ 298)

2.5.2 วิธีการคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซ N_2O โดยอ้อม ดังสมการที่ (4) คือ $NBL_{IDR} = (N_{2O(v),i} + N_{2O(L),i}) \times \frac{44}{28} \times GWP_{N_2O}$, $N_{2O(v),i} = [(F_{SN,i} \times \text{frac}_{NH_3-NO_x,1}) + (F_{ON,i} \times \text{frac}_{NH_3-NO_x,2})] \times EF_3$, $N_{2O(L),i} = (F_{SN,i}$

$+ F_{ON,i}) \times \text{frac}_{leach} \times EF_4$ เมื่อ NBL_{IDR} = ปริมาณการปล่อยก๊าซ N_2O โดยอ้อม (จากการคำนวณ) (ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปี), $N_{2O(v),i}$ = ปริมาณการปล่อยก๊าซ N_2O จากการระเหยในรูป $NH_3 + NO_x$ ของปุ๋ย ชนิดที่ i (ตันไนโตรเจนต่อปี), $N_{2O(L),i}$ = ปริมาณการปล่อยก๊าซ N_2O จากการชะล้างซึมผ่านผิวดิน ของปุ๋ยชนิดที่ i (ตันไนโตรเจนต่อปี), GWP_{N_2O} = global warming potential สำหรับ N_2O (กำหนดให้เท่ากับ 298), $F_{SN,i}$ = ปริมาณไนโตรเจนจากการใช้ปุ๋ยเคมี ชนิดที่ i (ตันไนโตรเจนต่อปี), $F_{ON,i}$ = ปริมาณไนโตรเจนจากการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ ชนิดที่ i (ตันไนโตรเจนต่อปี), $\text{frac}_{NH_3-NO_x,1}$ = สัดส่วนของปุ๋ยเคมีที่ระเหยในรูป $NH_3 + NO_x$ (กำหนดให้เท่ากับ 0.1), $\text{frac}_{NH_3-NO_x,2}$ = สัดส่วนของปุ๋ยอินทรีย์ที่ระเหยในรูป $NH_3 + NO_x$ (กำหนดให้เท่ากับ 0.2), frac_{leach} = สัดส่วนของปุ๋ยที่ถูกชะล้าง (กำหนดให้เท่ากับ 0.3), EF_3 = ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก (กำหนดให้เท่ากับ 0.01), EF_4 = ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก (กำหนดให้เท่ากับ 0.0075)

ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกรวมการปล่อยก๊าซ N_2O และการปล่อยก๊าซ CO_2 จากการผลิตและการใช้ปุ๋ย โดยใช้ค่าการปล่อยจากคู่มือ IPCC ปี ค.ศ. 2006 และจากคู่มือขององค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (ตารางที่ 2)

2.6 การประเมินก๊าซเรือนกระจกจากการเผาชีวมวล

การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมการเผาเศษวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรจะอ้างอิงวิธีที่กำหนดไว้ในคู่มือ IPCC ปี ค.ศ. 1996 โดยจะคิดแค่ส่วนการเผากำจัดเศษวัสดุการเกษตรในที่โล่ง (open burning) ซึ่งจะคำนวณเฉพาะก๊าซเรือนกระจกประเภทอื่น ๆ ได้แก่ ก๊าซมีเทน (CH_4) ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) และก๊าซไนตรัสออกไซด์

(N₂O) ส่วนก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) ซึ่งเป็นก๊าซหลักที่ปล่อยออกมาจากการเผาจะไม่นำมาคำนวณด้วย เพราะจะถูกดูดกลับผ่านการสังเคราะห์แสงกลับไปเป็นชีวมวลเหมือนเดิมปริมาณการปล่อยสุทธิจึงมีค่าเท่ากับศูนย์ และในการประเมินจำเป็นต้องมีการลดสัดส่วนของชีวมวลที่ไม่ถูกเผาไหม้ออกจากการคำนวณเนื่องจากชีวมวลส่วนใหญ่ไม่ได้ถูกเผาไหม้ทั้งหมด เช่น การเปลี่ยนพื้นที่ป่าไม้ไปเป็นพื้นที่เกษตร ในความเป็นจริงแล้วไม้ส่วนใหญ่ที่อยู่ในพื้นที่ไม่ได้ถูกเผาไหม้ไปทั้งหมดแต่จะถูกนำเอาออกไปใช้ประโยชน์นอกพื้นที่ส่วนที่ถูกเผาไหม้จะเหลือเพียงเศษใบไม้และกิ่งไม้ที่ไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ก็จะถูกเผาทำลายทิ้งเพื่อ

เตรียมพื้นที่ในการเพาะปลูก รายละเอียดการคำนวณดังสมการที่ (5) คือ $L_{\text{fire}} = A \times M_B \times C_f \times G_{\text{ef}} \times 10^{-3}$ เมื่อ L_{fire} = ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมการเผาไหม้ มีหน่วยเป็นตันของก๊าซเรือนกระจกแต่ละชนิด เช่น ตันของก๊าซมีเทน หรือก๊าซไนตรัสออกไซด์ ฯลฯ, A = ขนาดพื้นที่ที่มีกิจกรรมการเผา (เฮกแตร์), M_B = ปริมาณชีวมวลทั้งหมดที่จะถูกเผา ซึ่งรวมถึงชีวมวล เศษชีวมวลตามผิวพื้นและชีวมวลที่ตายแล้ว (ต้นต่อเฮกแตร์), C_f = ค่าสัมประสิทธิ์การเผาไหม้ (ไม่มีหน่วย), G_{ef} = ค่าการปล่อย (กรัมต่อกิโลกรัมชีวมวลที่ถูกเผา)

ตาราง 2 ค่าการปล่อยก๊าซ CO₂ ในการคำนวณการปล่อยก๊าซ N₂O จากการใส่ปุ๋ย

ประเภทของคำแนะนำ	ค่าการปล่อยก๊าซ CO ₂	หน่วย	อ้างอิง
การปล่อยโดยตรงจากการใช้ปุ๋ยเคมีและปุ๋ยอินทรีย์	0.003	กิโลกรัม N ₂ O-N ต่อกิโลกรัม N	[11]
N ₂ O จากการตกสะสมของไนโตรเจนจากบรรยากาศสู่ผิวดินและน้ำ	0.01	กิโลกรัม N ₂ O-N ต่อกิโลกรัม N	[11]
N ₂ O จากการซึมผ่านและการชะล้าง	0.0075	กิโลกรัม N ₂ O-N ต่อกิโลกรัม N	[11]
CO ₂ จากการผลิตปุ๋ยไนโตรเจน	2.6	กิโลกรัม CO ₂ e ต่อกิโลกรัม N	[10]
CO ₂ จากการผลิตปุ๋ยฟอสฟอรัส	0.252	กิโลกรัม CO ₂ e ต่อกิโลกรัม P	[10]
CO ₂ จากการผลิตปุ๋ยโพแทสเซียม	0.16	กิโลกรัม CO ₂ e ต่อกิโลกรัม K	[10]

2.7 การประเมินก๊าซเรือนกระจกจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินทางตรง

การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินทางตรง (direct land use change, dLUC) จากพื้นที่ประเภทต่าง ๆ เพื่อการเพาะปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในประเทศไทย จะใช้วิธีคำนวณตามหลักการของ IPCC ปี ค.ศ. 2006 มีวิธีการคำนวณดังสมการที่ (6) คือ $\Delta C_{\text{LU}} = \Delta C_{\text{biomass}} + \Delta C_{\text{DOM}} + \Delta C_{\text{soil}} + L_{\text{fire}}$ เมื่อ ΔC_{LU} = carbon

stock changes for a land use (tonnes CO₂-eq. ha⁻¹ yr⁻¹), $\Delta C_{\text{biomass}}$ = annual change in carbon stocks in biomass (the sum of above-ground and below ground biomass) considering total area (tonnes CO₂-eq. ha⁻¹ yr⁻¹), ΔC_{DOM} = annual change in carbon stocks in dead wood of litter (tonnes CO₂-eq. ha⁻¹ yr⁻¹), ΔC_{soil} = annual change in carbon stocks in soil (tonnes CO₂-eq. ha⁻¹ yr⁻¹), L_{fire} = annual GHG emissions from land clearing;

i.e. removal of vegetation by fire (open burning) (tonnes CO_{2-eq} ha⁻¹ yr⁻¹)

ซึ่งผลการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินทางตรง จะแสดงค่าสำหรับการใช้พื้นที่จำนวน 1 เฮกเตอร์ต่อปี ส่วนค่าตัวแปรที่ใช้ในการคำนวณเพื่อหาค่าการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินทางตรง ได้แก่ ค่า $C_{biomass}$, C_{DOM} , C_{soil} และ L_{fire} โดยแหล่งข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณเพื่อให้ได้มาซึ่งค่าตัวแปรพื้นฐานมีรายละเอียด ดังนี้

2.7.1 การหาค่าปริมาณคาร์บอนในชีวมวลของการใช้ที่ดินประเภทต่าง ๆ ในคู่มือ IPCC ปี ค.ศ. 2006 ได้กำหนดค่าที่ใช้เป็นตัวแทนในพื้นที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ของไทยให้อยู่ในลักษณะเขตภูมิอากาศแบบ tropical moist และมีดินแบบ low activity clay soils ซึ่งมีค่าเป็น 47 ตันคาร์บอนต่อเฮกเตอร์ที่ความลึก 30 เซนติเมตร

2.7.2 การหาค่าปริมาณคาร์บอนในดินของลักษณะการใช้ที่ดินประเภทต่าง ๆ ผลที่ได้ คือ ระดับคาร์บอนเริ่มแรก คำนวณดังสมการที่ (7) คือ $C_{soil} = SOC_{ref} \times F_{LU} \times F_{MG} \times F_L$ โดย (1) กำหนดให้ SOC_{ref} คือ (soils with low activity clay (LAC) minerals in tropical, moist regions) มีค่าเท่ากับ 47.00 (2) กำหนดให้ land use, F_{LU} คือ long-term cultivated/tropical-moist/wet มีค่าเท่ากับ 0.48 (3) กำหนดให้ tillage, F_{MG} คือ full tillage มีค่าเท่ากับ 1.00 และ (4) กำหนดให้ input, F_L เลือกใช้ low-tropical-moist/wet ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.92 เนื่องจากการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ส่วนมากจะไม่มีการใช้ปุ๋ยอินทรีย์

2.7.3 คำนวณค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินทางตรง (direct land use change, dLUC) จากพื้นที่ประเภท

ต่าง ๆ เพื่อการเพาะปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในประเทศไทย โดยการคำนวณจะนำเอาค่าความแตกต่างของ $C_{biomass}$, C_{DOM} และ C_{soil} ของประเภทการใช้ที่ดินก่อนการเพาะปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์มาลบด้วยปริมาณที่คำนวณได้ในปัจจุบัน หลังจากนั้นหารด้วยระยะเวลาดัดจำนวน 20 ปี และแปลงหน่วยจาก tonnes C ให้เป็น tonnes CO₂ ด้วยการคูณด้วยค่าแฟกเตอร์ 3.67

2.8 การกำหนดและวิเคราะห์สถานการณ์

จำลอง

งานวิจัยนี้ได้กำหนดสถานการณ์จำลองเพื่อลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้น เป็นทางเลือกที่เลือกจากการคาดการณ์ที่คิดว่าสามารถปฏิบัติได้จริงมีประสิทธิภาพสูง โดยสถานการณ์จำลองมี 2 สถานการณ์ คือ สถานการณ์จำลองที่ 1 การปรับปรุงการดำเนินงานโดยการใช้ปุ๋ยสั่งตัดในกระบวนการเพาะปลูก และสถานการณ์จำลองที่ 2 การปรับปรุงการดำเนินงานโดยการใช้ปุ๋ยสั่งตัดรวมกับการย้ายพื้นที่ปลูกจากพื้นที่ลาดชันและเขตป่าสงวนมาเป็นพื้นที่ปลูกข้าวที่ไม่เหมาะสมในที่ราบ โดยรายละเอียดของแต่ละสถานการณ์มีดังนี้

2.8.1 สถานการณ์จำลองการปรับปรุงการดำเนินงานโดยการใช้ปุ๋ยสั่งตัด

การเพิ่มผลผลิตต่อไร่และการลดต้นทุนเป็นวัตถุประสงค์หลักของทางเลือกนี้ โดยการเพิ่มประสิทธิภาพของการใช้ปุ๋ยด้วยการใช้ปุ๋ยให้เหมาะสมกับความต้องการของดินและพืชนอกจากจะลดปริมาณการใช้ปุ๋ยแล้วยังสามารถเพิ่มผลผลิตต่อไร่ได้อีกด้วย สถานการณ์จำลองนี้ได้มีการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยโดยวิธีที่เรียกว่า “ปุ๋ยสั่งตัด” ซึ่งเป็นวิธีที่พัฒนาโดย Thanawong และคณะ [12] ซึ่งวิธีการคือมีการวิเคราะห์ดินในพื้นที่อย่างง่ายก่อนว่าให้ทราบว่าการต้องการธาตุอาหารชนิดต่าง ๆ มาก น้อย หรือปานกลางเท่าใด แล้วจึงสอนเกษตรกรให้ผสมปุ๋ยใช้เองโดยใช้แม่ปุ๋ยเพื่อให้ใช้ปุ๋ยที่เหมาะสมกับความต้องการจริง ๆ

ไม่ขาดหรือเกิน ซึ่งผลการศึกษาโดยทีมวิจัยนี้พบว่าสามารถลดการใช้ปุ๋ยได้ถึงร้อยละ 30 และผลผลิตต่อไร่เฉลี่ยเพิ่มประมาณร้อยละ 6 แต่อีกงานวิจัยหนึ่งของ Jia และคณะ [13] พบว่าการใช้ปุ๋ยอย่างมีประสิทธิภาพนี้สามารถลดการใช้ปุ๋ยได้ร้อยละ 20 และเพิ่มผลผลิตต่อไร่ได้ถึงร้อยละ 11 ดังนั้นผู้วิจัยจึงใช้ค่ากลางจาก 2 งานนี้ มากำหนดในสถานการณ์จำลองนี้ว่าจะสามารถลดการใช้ปุ๋ยได้ร้อยละ 25 และเพิ่มผลผลิตต่อไร่ได้ถึงร้อยละ 8.5

2.8.2. สถานการณ์จำลองการปรับปรุงการดำเนินงานโดยการใช้ปุ๋ยสังเคราะห์ร่วมกับปุ๋ยอินทรีย์ที่ปลูกจากพื้นที่ชั้นและเขตป่าสงวนมาเป็นที่ราบ

สถานการณ์จำลองนี้นอกจากการใช้ปุ๋ยสังเคราะห์แล้วยังมีการย้ายพื้นที่ปลูกจากพื้นที่ชั้นและเขตป่าสงวนมาเป็นที่ราบที่เป็นพื้นที่ปลูกข้าวไม่เหมาะสม พื้นที่ปลูกข้าวที่ไม่เหมาะสมทั้งประเทศจะนำมาวิเคราะห์ร่วมกับพื้นที่ปลูกข้าวโพดในที่ชั้นและเขตป่าสงวน ผู้วิจัยได้คัดเลือกพื้นที่ปลูกข้าวที่สามารถมาทดแทนพื้นที่ปลูกข้าวโพดโดยใช้หลักการเลือกพื้นที่ที่ใกล้แหล่งปลูกข้าวโพดเดิม และอยู่ในระยะ 30 กม. จากไร่ข้าวโพดหรืออยู่ในระยะ 100 กม. จากโรงงานผลิตอาหารสัตว์ที่ใช้ข้าวโพดเป็นวัตถุดิบ เพื่อลดระยะทางในการขนส่ง โดยข้อมูลพิกัดไร่อ้างอิงมาจากระบบภูมิสารสนเทศของกรมการ кадаภายใน [14] ส่วนพิกัดโรงงานผลิตอาหารสัตว์อ้างอิงมาจากสมาคมผู้ผลิตอาหารสัตว์ไทย [15] การเลือกพื้นที่ปลูกจะยึดหลักการเลือกพื้นที่ที่ใกล้แหล่งปลูกข้าวโพดเดิม ข้าวโพดในที่ชั้นและเขตป่าสงวนในจังหวัดเดียวกัน ได้ถูกย้ายลงมาบนพื้นที่ราบที่เป็นพื้นที่ปลูกข้าวที่ไม่เหมาะสมในจังหวัดเดียวกันก่อน เนื่องจากที่ราบในภาคเหนือตอนบนมีไม่เพียงพอ ส่วนที่เหลือจึงต้องย้ายมาเป็นพื้นที่ราบที่เป็นพื้นที่ปลูกข้าวที่ไม่เหมาะสมในภาคเหนือตอนล่าง ภาคตะวันออกเฉียงเหนือในจังหวัด

เลย ได้ถูกย้ายลงมาบนพื้นที่ราบที่เป็นพื้นที่ปลูกข้าวที่ไม่เหมาะสมในจังหวัดนครราชสีมา เนื่องจากใกล้กับโรงงานอาหารสัตว์ ข้อมูลในการย้ายพื้นที่ปลูกจะใช้ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินของกรมพัฒนาที่ดินปีล่าสุด [16] ในสถานการณ์จำลองนี้พื้นที่ปลูกข้าวโพดในพื้นที่ลาดชันและเขตป่าสงวน 5.6 ล้านไร่ จะถูกนำกลับคืนเพื่อฟื้นฟูปักเป็นป่าต้นน้ำ พื้นที่ปลูกข้าวโพดดังกล่าวจะถูกย้ายลงมาปลูกในพื้นที่ปลูกข้าวที่ไม่เหมาะสมเนื่องจากผลผลิตต่อไร่เพิ่มขึ้นจากการเปลี่ยนมาปลูกในที่ราบ ทำให้พื้นที่ที่ต้องการใช้เพาะปลูกข้าวโพดทั้งหมดลดลง

3. ผลการศึกษาและการวิเคราะห์ผล

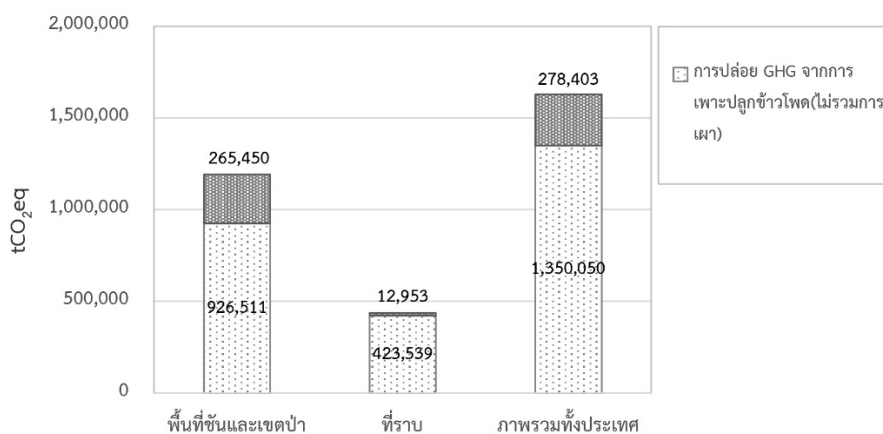
3.1 การเกิดก๊าซเรือนกระจกของการเพาะปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในสถานการณ์ปัจจุบัน

การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเพาะปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ของไทย ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดในภาพรวมแสดงรูปที่ 2 จากผลการศึกษาพบว่ามีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 1,621,891 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า โดยมาจากพื้นที่ปลูกในพื้นที่ลาดชันและป่าสงวนคิดเป็นร้อยละ 73 และมาจากพื้นที่เพาะปลูกในที่ราบคิดเป็นร้อยละ 27 เมื่อพิจารณาถึงแหล่งปล่อยพบว่าโดยภาพรวมการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่มาจากภาคเกษตรคิดเป็นร้อยละ 17

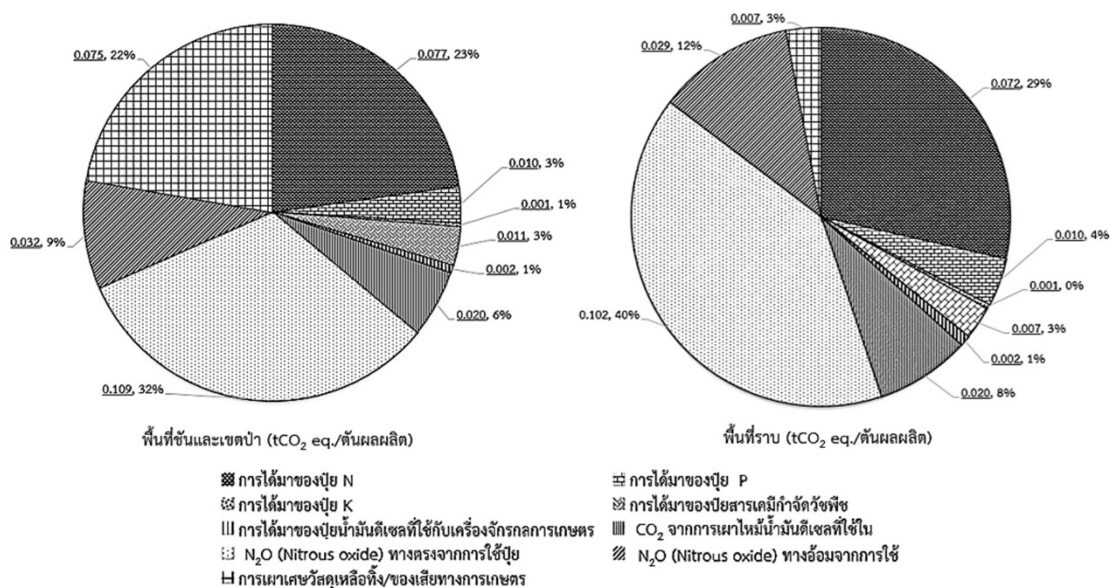
การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากพื้นที่เพาะปลูกที่เป็นพื้นที่ลาดชันและเขตป่าสงวนมีปริมาณสูงสุดเท่ากับ 1,196,406 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า หรือเท่ากับ 0.338 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อตันข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ รูปที่ 3 แสดงสัดส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในเขตพื้นที่ชั้นและเขตป่ากับพื้นที่ราบ ซึ่งแสดงใน

หน่วยของตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อตันผลผลิต พบว่าการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในเขตพื้นที่ชั้นและเขตป่ามีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจาก N_2O จากการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนมากที่สุดรวมทั้งทางตรงและทางอ้อมคิดเป็นร้อยละ 41 รองลงมา คือ จากการได้มาของปุ๋ยไนโตรเจนร้อยละ 23 และจากการเผาเศษวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรร้อยละ 22 ส่วนการปล่อยก๊าซ

เรือนกระจกจากพื้นที่เพาะปลูกที่เป็นพื้นที่ราบ เท่ากับ 425,485 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า หรือเท่ากับ 0.251 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อตันข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ มีสัดส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจาก N_2O จากการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนมากที่สุดรวมทั้งทางตรงและทางอ้อมคิดเป็นร้อยละ 52 รองลงมา คือ จากการได้มาของปุ๋ยไนโตรเจนร้อยละ 29



รูปที่ 2 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกภาพรวมทั้งหมดจากการเพาะปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในสถานการณ์ปัจจุบัน



รูปที่ 3 การเปรียบเทียบการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในพื้นที่ชั้นและเขตป่ากับพื้นที่ราบในสถานการณ์ปัจจุบัน

ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่อตัน
ผลผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในที่ราบใกล้เคียงกับกับ
ผลงานการวิจัยของบัณฑิตวิทยาลัยร่วมด้านพลังงาน
และสิ่งแวดล้อม [17] ซึ่งพบว่าค่าเฉลี่ยของการปล่อย

ก๊าซเรือนกระจกต่อหน่วยผลผลิตเมล็ดข้าวโพดเลี้ยง
สัตว์มีค่า 0.256 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อ
ตันข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ (ไม่รวมการเผา)

ตารางที่ 3 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินชนิดอื่น ๆ เปลี่ยนมาเป็นข้าวโพดเลี้ยง
สัตว์ของพื้นที่ต่าง ๆ ระหว่างปี พ.ศ. 2552 ถึงปี พ.ศ. 2558

ภูมิภาค	จังหวัด	$\Delta C_{LU, incl. fire} (t CO_2 ha^{-1} yr^{-1})$								SUM
		พืชไร่ (Field Crop)	นาข้าว (Paddy Field)	ป่าดิบชื้น หรือ ป่าไม่ผลัดใบ	ป่าผลัดใบเมืองร้อน ที่มีการปกคลุมยอด ไม้มากกว่า 30% (Tropical moist deciduous forest, Asia, Eucalyptus sp.)	ป่าปลูกยูคาลิปตัส (Tropical moist deciduous forest, Americas Eucalyptus sp.)	ไม้ยืนต้น (Perennial crops)	ไม้ผล (Fruit orchards)	ทุ่งหญ้า เลี้ยงสัตว์ (Grassland)	
ภาคเหนือตอนบน (Nup)	เชียงราย	12,936	5,275	2,652,977	0	0	38,888	69,879	0	2,779,955
	พะเยา	5,142	10,155	1,552,728	0	0	45,284	48,222	0	1,661,530
	ลำปาง	2,997	2,891	2,384,677	0	0	10,197	27,910	0	2,428,671
	ลำพูน	2,107	1,445	629,106	0	0	851	22,408	0	655,919
	เชียงใหม่	3,750	1,748	1,078,453	0	0	2,764	123,670	0	1,210,385
	แม่ฮ่องสอน	1,210	980	306,292	0	0	380	3,335	0	312,197
	แพร่	4,749	1,498	2,256,035	0	0	9,102	41,865	0	2,313,250
	น่าน	10,488	2,403	1,407,568	0	0	18,798	49,639	0	1,488,895
ภาคเหนือตอนล่าง (Nlow)	ตาก	13,333	34,930	824,620	0	0	16,442	20,451	0	909,776
	กำแพงเพชร	730	1,417	37,374	0	0	1,613	7,805	0	48,939
	สุโขทัย	2,691	333	61,478	0	0	1,682	1,900	0	68,084
	อุดรดิตถ์	3,860	294	792,842	0	0	1,790	8,629	0	807,415
	พิษณุโลก	5,104	2,853	910,009	0	0	14,985	7,530	0	940,483
	พิจิตร	1,338	212	762	0	0	82	219	0	2,612
	นครสวรรค์	7,490	165	47,859	0	0	1,322	2,878	0	59,715
	อุทัยธานี	2,741	2,388	6,125	155,891	5,833	2,937	6,103	77	182,095
ภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน (NEup)	เพชรบูรณ์	31,518	3,196	150,295	0	0	6,130	27,088	0	218,227
	เลย	13,357	22,094	2,544,367	0	0	4,522	206,347	0	2,790,687
	หนองบัวลำภู	773	7,711	30,029	0	0	750	518	0	39,781
	อุดรธานี	160	50	44,799	0	0	2,370	912	0	48,292
	หนองคาย	28	133	451	0	0	59	94	0	766
ภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง (NElow)	อุบลราชธานี	4	269	509	0	0	9	10	0	801
	ศรีสะเกษ	36	52	330	0	0	348	315	0	1,082
	ขอนแก่น	262	236	12,595	0	0	47	739	0	13,880
	ชัยภูมิ	740	190	5,839	0	0	416	697	0	7,883
	นครราชสีมา	11,865	5,025	69,592	0	0	4,840	51,335	0	142,657
ภาคกลาง+ตะวันออกเฉียงเหนือ (CE)	สระบุรี	4,885	4,003	0	55,524	983	618	5,543	834	72,390
	ลพบุรี	3,191	1,477	0	104,051	0	1,691	1,631	0	112,041
	ชัยนาท	42	105	0	0	0	21	23	0	191
	สุพรรณบุรี	696	296	0	13,473	806	90	367	980	16,708
	ปราจีนบุรี	38	9	0	0	369	0	108	50	574
	ฉะเชิงเทรา	122	156	0	0	835	0	221	29	1,365
	สระแก้ว	3,564	138	1	681	353	0	79	0	4,816
	จันทบุรี	592	0	1	1	0	0	1	0	595
	กาญจนบุรี	4,572	368	83	12,440	2,865	87	1,699	471	22,585
ภาคกลาง+ตะวันออกเฉียงเหนือ (CE)	ราชบุรี	138	275	0	690	640	26	314	27	2,109
	เพชรบุรี	138	368	0	474	115	153	1,807	280	3,335
ค่ารวม		157,390	115,141	17,807,796	343,224	12,800	189,296	742,290	2,749	19,370,685

3.2 การเกิดก๊าซเรือนกระจกจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินทางตรง

การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินโดยเฉพาะจากพื้นที่ป่าเป็นพื้นที่ปลูกข้าวโพดยังก่อให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในปริมาณที่สูงมาก การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินชนิดอื่น ๆ เปลี่ยนเป็นข้าวโพดของพื้นที่ต่าง ๆ ระหว่างปี พ.ศ. 2552 ถึงปี พ.ศ. 2558 (ตารางที่ 3) โดยจากผลการประเมินจะพบว่าปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินอื่น ๆ มาเป็นพื้นที่ปลูกข้าวโพดคิดเป็น 19 ล้านตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ซึ่งมาจากในส่วนของ การเปลี่ยนแปลงพื้นที่ป่าดิบชื้นถึงร้อยละ 90 มาจากใน ส่วนของป่าผลัดใบร้อยละ 1.7 ไม้ผลร้อยละ 5.7 ไม้ยืนต้นร้อยละ 1.5 ที่เหลือส่วนน้อยมากมาจากการเปลี่ยนแปลงพื้นที่นาข้าวและพืชชนิดอื่น ๆ เมื่อพิจารณาถึงแหล่งปล่อยพบว่าเขตภาคเหนือตอนบนมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินชนิดอื่น ๆ เปลี่ยนเป็นข้าวโพดเลี้ยงสัตว์สูงที่สุด มากถึงร้อยละ 66 รองลงมา คือ เขตภาคเหนือตอนล่างร้อยละ 17 และภาคตะวันออกเฉียงเหนือร้อยละ 16

โดยภาพรวมแล้วผลการวิเคราะห์ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเพาะปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์และค่าการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินจากการเพาะปลูกมีค่าใกล้เคียงกับงานวิจัย “การจัดทำฐานข้อมูลการปล่อยก๊าซเรือนกระจกภาคเกษตร” ของบัณฑิตวิทยาลัยร่วมด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อม [17] โดยพบว่า การเกิดก๊าซเรือนกระจกมีปริมาณสูงที่สุดในขั้นตอนการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนเป็นตัวสาเหตุหลักร่วมกับการเผาเศษวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรในพื้นที่

3.3 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากสถานการณ์จำลองการปรับปรุงการดำเนินงานโดยการใช้ปุ๋ยสั่งตัด

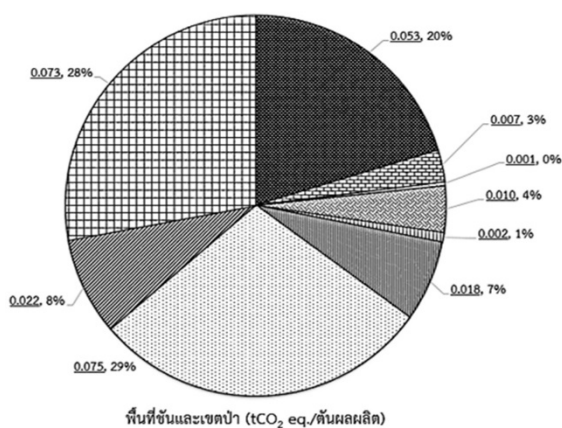
สถานการณ์จำลองที่ 1 การปรับปรุงการดำเนินงานโดยการใช้ปุ๋ยสั่งตัด ในสถานการณ์จำลองนี้ เนื่องจากการใช้ปุ๋ยสั่งตัดจะทำให้การใช้ปุ๋ยมีประสิทธิภาพเพิ่มมากขึ้น จึงส่งผลให้ผลผลิตต่อไร่เพิ่มขึ้น ทำให้มีการใช้พื้นที่เพาะปลูกข้าวโพดทั้งหมดลดลงประมาณ 6 แสนไร่ โดยได้ตั้งสมมติฐานให้พื้นที่ที่ลดลง คือ พื้นที่ลาดชันและเขตป่าสงวน จึงส่งผลทำให้ปริมาณเศษวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรที่ถูกเผาลดลงตามไปด้วย สำหรับพื้นที่ในที่ลาดชันและเขตป่าสงวนที่มีการเปลี่ยนแปลงจากพื้นที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ให้กลับมาเป็นพื้นที่ป่าจะถูกฟื้นฟูกลายเป็นสภาพป่าอย่างช้า ๆ อย่างไรก็ตาม อาจใช้เวลามากถึง 30 ปี จึงจะกลับมาเป็นป่าอย่างสมบูรณ์ ดังนั้นค่าคาร์บอนสะสมในการกลับไปเป็นป่าจึงยังไม่เกิดขึ้น ดังนั้นการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินในสถานการณ์นี้จึงไม่มีการเปลี่ยนแปลง

ผลการศึกษาการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเพาะปลูกสำหรับพื้นที่ชันและเขตป่าสงวนในสถานการณ์จำลองที่ 1 พบว่ามีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในปริมาณ 912,425 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า น้อยกว่าในสถานการณ์ปัจจุบันร้อยละ 22 เนื่องจากการใช้ปุ๋ยอย่างมีประสิทธิภาพและทำให้สามารถลดการใช้ปุ๋ยลงได้ถึงร้อยละ 25 จึงส่งผลให้ค่าการปล่อยก๊าซ N_2O จากการใช้ปุ๋ยลดลง นอกจากปุ๋ยสั่งตัดจะเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยแล้วยังสามารถช่วยเพิ่มผลผลิตให้สูงขึ้น ซึ่งเมื่อผลผลิตต่อไร่เพิ่มขึ้นก็จะส่งผลทำให้ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่อหน่วยลดลง ส่วนในรูปที่ 4 แสดงสัดส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในเขตพื้นที่ชันและเขตป่ากับพื้นที่ราบ ซึ่งจะแสดงในหน่วยของตัน

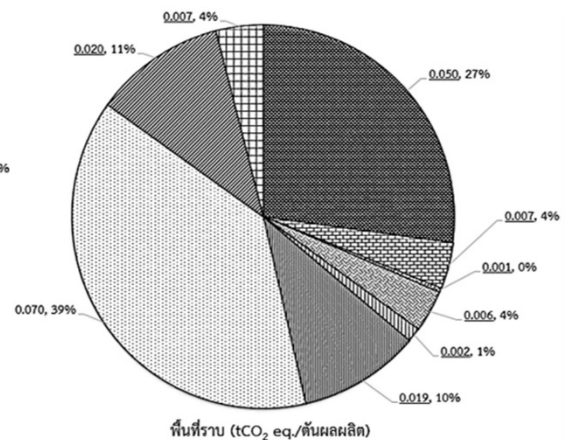
คาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อตันผลผลิต พบว่าการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในเขตพื้นที่ชั้นและเขตป่ามีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจาก N_2O จากการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนมากที่สุดทั้งทางตรงและทางอ้อม คิดเป็นร้อยละ 37 รองลงมา คือ จากการเผาเศษวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรร้อยละ 28 จากการได้มาของปุ๋ยไนโตรเจนร้อยละ 20

การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเพาะปลูกสำหรับพื้นที่ราบในสถานการณ์จำลองที่ 1 จากผล

การศึกษาพบว่าในพื้นที่ปลูกข้าวโพดในที่ราบมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในปริมาณ 357,790 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า น้อยกว่าในสถานการณ์ปัจจุบันร้อยละ 27 มีสัดส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจาก N_2O จากการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนมากที่สุด ทั้งทางตรงและทางอ้อมรวมเป็นถึงร้อยละ 50 รองลงมา คือ จากการได้มาของปุ๋ยไนโตรเจนร้อยละ 27 และจากการเผาไหม้น้ำมันดีเซลร้อยละ 10

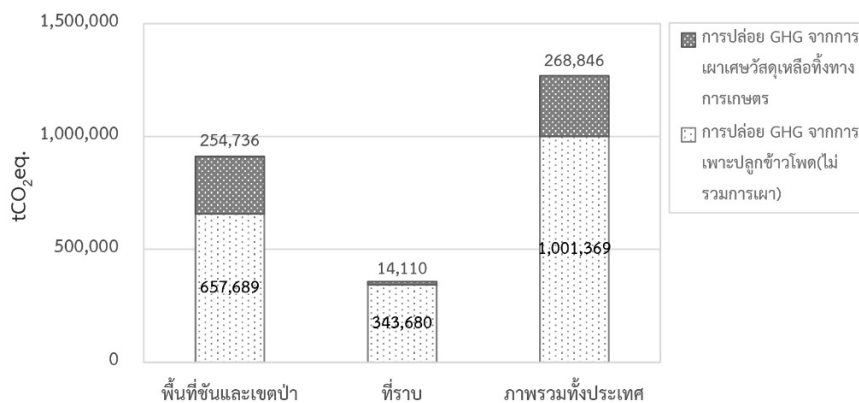


■ การได้มาของปุ๋ย N
 ■ การได้มาของปุ๋ย K
 ■ การได้มาของปุ๋ยน้ำมันดีเซลที่ใช้กับเครื่องจักรกลการเกษตร
 ■ N_2O (Nitrous oxide) ทางตรงจากการใช้ปุ๋ย
 ■ การเผาเศษวัสดุเหลือทิ้งของเสียทางการเกษตร



■ การได้มาของปุ๋ย P
 ■ การได้มาของปุ๋ยสารเคมีกำจัดวัชพืช
 ■ CO_2 จากการเผาไหม้น้ำมันดีเซลที่ใช้ใน
 ■ N_2O (Nitrous oxide) ทางอ้อมจากการใช้

รูปที่ 4 การเปรียบเทียบการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในพื้นที่ชั้นและเขตป่ากับพื้นที่ราบสถานการณ์จำลองการปรับปรุงการดำเนินงานโดยการใส่ปุ๋ยสั่งตัด



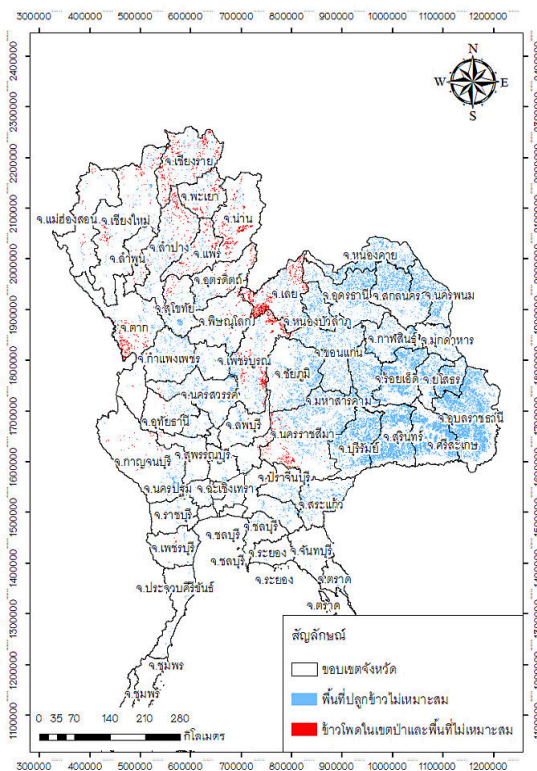
รูปที่ 5 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกภาพรวมทั้งหมดจากการเพาะปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในสถานการณ์จำลองการปรับปรุงการดำเนินงานโดยการใช้ปุ๋ยสั่งตัด

สัดส่วนปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดโดยภาพรวมในสถานการณ์จำลองที่ 1 แสดงดังรูปที่ 5 จากผลการศึกษาพบว่าปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดจากการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในสถานการณ์จำลองนี้คือ 1,270,215 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ซึ่งในสถานการณ์จำลองนี้สามารถลดค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดเมื่อเทียบกับสถานการณ์ปัจจุบันได้มากถึง 351,676 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า

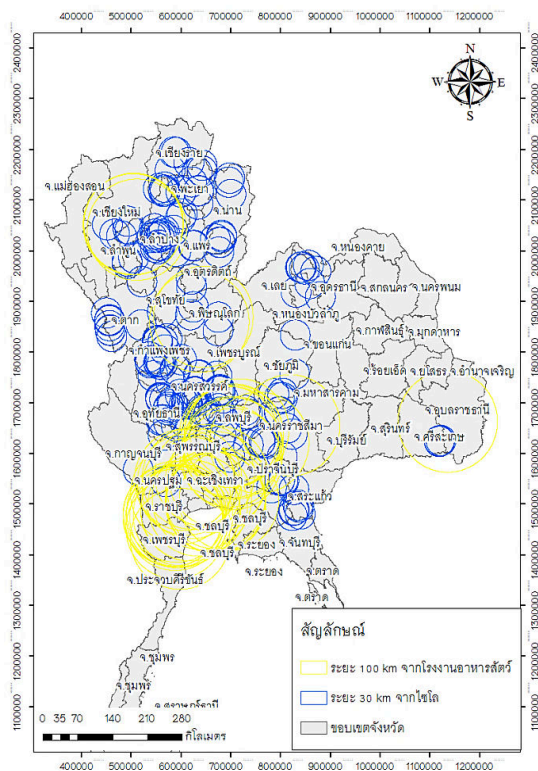
ผลการประเมินสถานการณ์จำลองนี้ แสดง

ให้เห็นว่า “การใช้ปุ๋ยสั่งตัด” ทำให้ประสิทธิภาพในการใช้ปุ๋ยเพิ่มมากขึ้นส่งผลทำให้ปริมาณการใช้ปุ๋ยในการเพาะปลูกข้าวโพดลดลง จึงทำให้ไปช่วยลดค่าปริมาณการปล่อยก๊าซ N_2O จากการใช้ปุ๋ยไนโตรเจน อีกทั้งยังส่งผลทำให้ผลผลิตต่อไร่เพิ่มมากขึ้นจึงทำให้ค่าปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่อหน่วยลดลง

3.4 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากสถานการณ์จำลองการปรับปรุงโดยใช้ปุ๋ยสั่งตัดรวมกับการย้ายพื้นที่ปลูกจากพื้นที่ชั้นและเขตป่าสงวนมาเป็นที่ราบ



รูปที่ 6 พื้นที่ปลูกข้าวโพดที่ไม่เหมาะสมและพื้นที่ปลูกข้าวโพดในพื้นที่ชั้นและเขตป่าสงวน



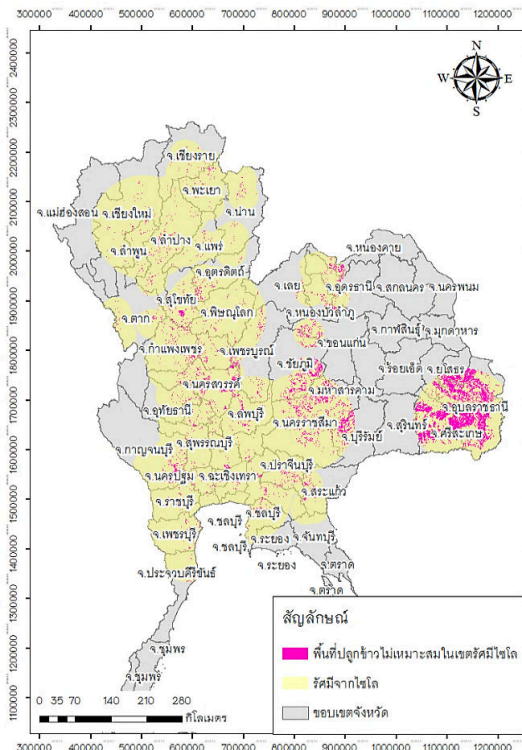
รูปที่ 7 ขอบเขตระยะจากไร่ข้าวโพดและโรงงานผลิตอาหารสัตว์ที่ใช้ข้าวโพดเป็นวัตถุดิบ

สืบเนื่องจากนโยบายรัฐบาลที่ต้องการปรับเปลี่ยนพื้นที่ปลูกข้าวโพดที่ไม่เหมาะสมมาเป็นพืชเศรษฐกิจ

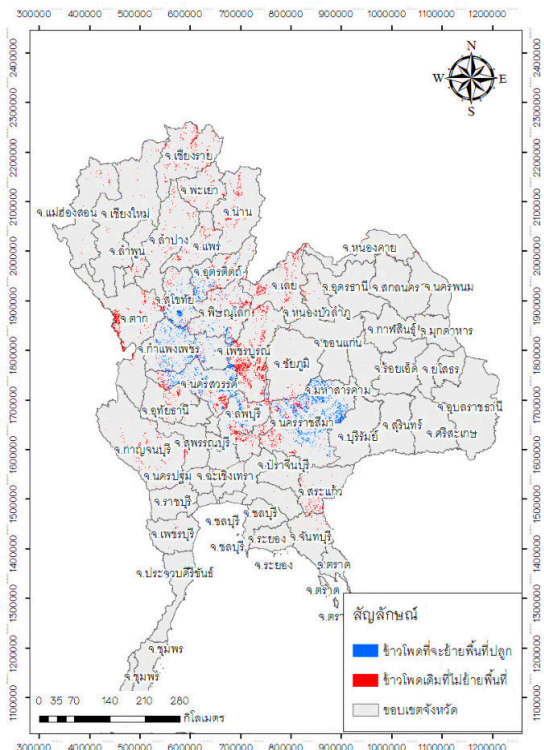
ชนิดอื่น ในงานวิจัยนี้ได้รวบรวมข้อมูลพื้นที่ปลูกข้าวโพดที่ไม่เหมาะสมทั้งประเทศมาวิเคราะห์ร่วมกับพื้นที่ปลูก

ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในพื้นที่ชั้นและเขตป่าสงวน แผนที่แสดงพื้นที่ทั้งสองส่วนแสดงในรูปที่ 6 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าพื้นที่ปลูกข้าวที่ไม่เหมาะสมมีเพียงพอสำหรับการทดแทนพื้นที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้คัดเลือกพื้นที่ปลูกข้าวที่สามารถมาทดแทนพื้นที่ปลูกข้าวโพดโดยใช้หลักการเลือกพื้นที่ที่ใกล้เคียงปลูกข้าวโพดเดิมและอยู่ในระยะ 30 กม.จากไฮโดรข้าวโพดหรืออยู่ในระยะ 100 กม. จากโรงงานผลิตอาหารสัตว์ที่ใช้

ข้าวโพดเป็นวัตถุดิบเพื่อลดระยะทางการขนส่ง ภาพแสดงรัศมีระยะดังกล่าวแสดงในรูปที่ 7 เมื่อนำพื้นที่ปลูกข้าวในพื้นที่ที่ไม่เหมาะสมมาประเมินร่วมกับพื้นที่ปลูกข้าวโพดที่อยู่ในรัศมีไฮโดรและโรงงานผลิตอาหารสัตว์ จะทำให้ได้พื้นที่ปลูกข้าวที่ไม่เหมาะสมที่อยู่ในระยะ 30 กม.จากไฮโดรข้าวโพดหรืออยู่ในระยะ 100 กม. ดังแสดงในรูปที่ 8 ซึ่งเมื่อพิจารณาแล้วมีพื้นที่รวมมากกว่าพื้นที่ปลูกข้าวโพดในพื้นที่ชั้นและเขตป่าสงวน



รูปที่ 8 พื้นที่ปลูกข้าวที่ไม่เหมาะสมที่อยู่ในระยะ 30 กม. จากไฮโดรข้าวโพดหรืออยู่ในระยะ 100 กม.



รูปที่ 9 พื้นที่ปลูกข้าวโพดทั้งหมดในสถานการณ์จำลองการย้ายพื้นที่ปลูกพื้นที่สูงชันและเขตป่าสงวนมาบนพื้นที่ราบ

โดยยึดหลักการเลือกพื้นที่ที่ใกล้เคียงปลูกข้าวโพดเดิม ข้าวโพดในพื้นที่ชั้นและเขตป่าสงวนในในจังหวัดเดียวกันได้ถูกย้ายลงมาบนพื้นที่ราบที่เป็นพื้นที่ปลูกข้าวที่ไม่เหมาะสมในจังหวัดเดียวกันก่อน ส่วนเกินที่เหลือจึงต้องย้ายมาเป็นพื้นที่ราบที่เป็นพื้นที่ปลูกข้าว

ที่ไม่เหมาะสมในเขตใกล้เคียง เขตพื้นที่ชลประทาน ปัจจุบันได้ถูกนำมาซ้อนทับกับพื้นที่ปลูกข้าวโพดในสถานการณ์จำลองที่ 2 และแสดงในรูปที่ 9 พบว่าพื้นที่ปลูกข้าวโพดในสถานการณ์จำลองนี้ในเขตภาคเหนือตอนล่างบางส่วนในจังหวัด สุโขทัย อุตรดิตถ์ พิษณุโลก

และกำแพงเพชร อยู่ในเขตพื้นที่ชลประทาน

ผลการศึกษาพบว่าพื้นที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่อยู่ในเขตพื้นที่ชลและเขตป่าสงวนมีจำนวนมากถึง 5.6 ล้านไร่ ได้ถูกเปลี่ยนมาปลูกในเขตพื้นที่ราบที่เป็นพื้นที่ปลูกข้าวไม่เหมาะสมจำนวน 2.9 ล้านไร่ ทำให้พื้นที่เพาะปลูกข้าวโพดที่สำรวจทั้งหมดคิดเป็น 5.1 ไร่ ซึ่งน้อยกว่าพื้นที่ที่ใช้ในปัจจุบันหรือกรณีฐานอยู่ 2.7 ล้านไร่ การที่ใช้พื้นที่ที่น้อยกว่าของสถานการณ์จำลองที่ 2 นี้ เนื่องจากการปลูกข้าวโพดในพื้นที่ราบยอมให้ผลผลิตต่อไร่ที่สูงกว่า ประกอบกับมีการใช้ปุ๋ยสังเคราะห์ร่วมด้วย ซึ่งการใช้ปุ๋ยสังเคราะห์ทำให้สามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้ปุ๋ยสูงขึ้นจึงส่งผลให้ผลผลิตต่อไร่เพิ่มมากขึ้น อีกทั้งยังมีการจัดการชีวมวลหรือวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรที่มีประสิทธิภาพทำให้สามารถช่วยลดการเผาจากการเตรียมพื้นที่ได้

3.4.1 การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน ในสถานการณ์จำลองการปรับปรุงการดำเนินงานโดยการใช้ปุ๋ยสังเคราะห์ร่วมกับการย้ายพื้นที่ปลูกและการจัดการชีวมวล

สถานการณ์จำลองที่ 2 นี้พื้นที่ปลูกข้าวโพดในพื้นที่ลาดชันและเขตป่าสงวน 5.6 ล้านไร่ จะถูกนำกลับคืนเพื่อฟื้นฟูกลับเป็นป่าต้นน้ำ พื้นที่ปลูกข้าวโพดดังกล่าวจะถูกย้ายลงมาปลูกในพื้นที่ปลูกข้าวที่ไม่เหมาะสมประมาณ 2.9 ล้านไร่ เนื่องจากผลผลิตต่อไร่เพิ่มขึ้นจากการเปลี่ยนมาปลูกในที่ราบ ทำให้พื้นที่ที่ต้องการใช้เพาะปลูกข้าวโพดทั้งหมดลดลงถึง 2.7 ล้านไร่ และการเปลี่ยนมาปลูกในที่ราบทั้งหมดทำให้เกิดการจัดการชีวมวลและวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรในแปลงอย่างถูกต้อง จึงตั้งสมมุติฐานให้ไม่มีการเผาลำต้นข้าวโพดหลังการเก็บเกี่ยวภายในแปลงและเพื่อเตรียมพื้นที่ปลูกใหม่

โดยพื้นที่ในที่ลาดชันและเขตป่าสงวนที่

ข้าวโพดถูกนำออกจากพื้นที่แล้ว จะถูกฟื้นฟูกลายเป็นสภาพป่าอย่างช้า ๆ อย่างไรก็ตาม อาจใช้เวลาถึง 30 ปี จึงจะกลับมาเป็นป่าอย่างสมบูรณ์ ดังนั้นค่าคาร์บอนสะสมในการกลับไปเป็นป่าจึงยังไม่เกิดขึ้น การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินในสถานการณ์นี้จึงมีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากมีการเปลี่ยนแปลงจากพื้นที่ปลูกข้าวไปเป็นพื้นที่ปลูกข้าวโพด 2.9 ล้านไร่

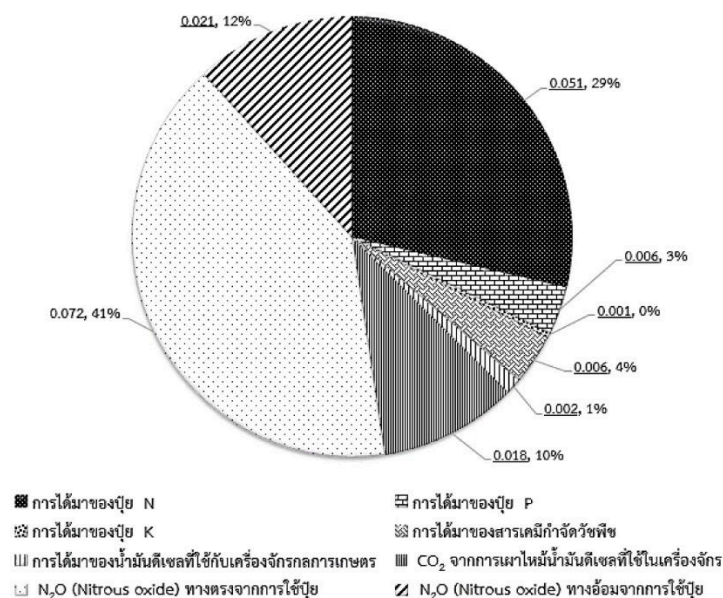
การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเพาะปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์จากผลการศึกษาพบว่าในพื้นที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในปริมาณ 825,144 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ ในรูปที่ 10 แสดงสัดส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในสถานการณ์นี้ ซึ่งแสดงในหน่วยของตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อตันผลผลิต พบว่าการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์มีสัดส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจาก N_2O เมื่อใช้ปุ๋ยไนโตรเจนมากที่สุดทั้งทางตรงและทางอ้อม คิดเป็นร้อยละ 53 รองลงมา คือ จากการได้มาของปุ๋ยไนโตรเจนร้อยละ 29 และจากการเผาไหม้น้ำมันเชื้อเพลิงของเครื่องจักรการเกษตรร้อยละ 10

ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดในภาพรวมแสดงรูปที่ 11 จากผลการศึกษาพบว่าปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดจากการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในสถานการณ์จำลองที่ 2 นี้ คือ 825,144 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ซึ่งพบว่าทำให้สามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกลงไปได้มากถึง 796,747 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าจากสถานการณ์จำลองนี้ทำให้สามารถช่วยลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเมื่อเทียบกับสถานการณ์ปัจจุบันได้มากถึงร้อยละ 48 เนื่องจากในสถานการณ์จำลองนี้มีการใช้ปุ๋ยสังเคราะห์ ซึ่งส่งผลให้การใช้ปุ๋ยเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ ทำให้มีการใช้ปุ๋ยลดลงและยัง

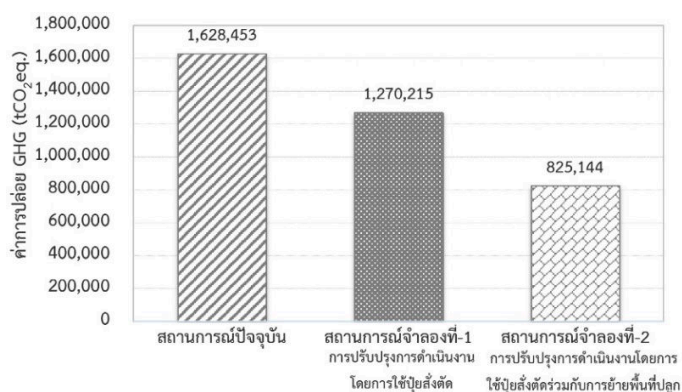
ส่งผลให้ผลผลิตต่อไร่เพิ่มมากขึ้น รวมถึงไม่มีการเผาเศษวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรเพราะพื้นที่ปลูกข้าวโพดที่อยู่บนพื้นที่ลาดชันและเขตป่าไม่ได้ถูกย้ายมาปลูกในพื้นที่ราบที่เป็นพื้นที่ปลูกข้าวไม่เหมาะสมทั้งหมด และมีการจัดการชีวมวลอย่างถูกต้องโดยวิธีการไถกลบ ไม่มีการเผา จึงส่งผลให้ค่าการปล่อยก๊าซ N_2O จากการใช้ปุ๋ยลดลงและไม่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเผาเศษวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร

ดังนั้นผลการประเมินของสถานการณ์จำลองนี้ ทำให้เห็นได้ว่าการปลูกข้าวโพดในพื้นที่ราบทั้งหมดประกอบกับการปรับปรุงการดำเนินงานโดย

การใช้ปุ๋ยสั่งตัดร่วมกับการย้ายพื้นที่ปลูกและการจัดการชีวมวลอย่างถูกต้อง จะทำให้สามารถช่วยลดผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมด้านการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ค่อนข้างมาก และลดผลกระทบด้านการบุกรุกพื้นที่ป่าต้นน้ำลำธาร (พื้นที่ลุ่มน้ำชั้น 1) เพื่อการเพาะปลูกข้าวโพด ซึ่งเป็นสาเหตุที่สำคัญจะนำไปสู่การเกิดภัยธรรมชาติต่าง ๆ เช่น การเสื่อมโทรมของทรัพยากรป่าไม้ การชะล้างพังทลายของดิน และการสูญเสียความหลากหลายทางชีวภาพ [1] อีกทั้งยังช่วยลดการเกิดปัญหาหมอกควันที่เกิดจากการเผาป่าและชีวมวลเพื่อการเตรียมพื้นที่เพาะปลูกข้าวโพดได้อีกด้วย



รูปที่ 10 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ในสถานการณ์จำลอง การปรับปรุงการดำเนินงานโดยการใช้ปุ๋ยสั่งตัดร่วมกับการย้ายพื้นที่ปลูกและการจัดการชีวมวล



รูปที่ 11 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ รวมทั้งประเทศ (ตัน CO_2eq) ในสถานการณ์จำลองการปรับปรุงการดำเนินงานโดยการใช้ปุ๋ยสั่งตัดร่วมกับการย้ายพื้นที่ปลูกและการจัดการชีวมวล

4. สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาวิเคราะห์ถึงที่มาของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดจากการเพาะปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในประเทศไทย ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่าปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นจากสถานการณ์ปัจจุบันมีมากถึง 1.6 ล้านตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า โดยภาพรวมสาเหตุหลักเนื่องมาจากการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนและกิจกรรมการเพาะปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์มากถึงร้อยละ 83 และมาจากการเผาเศษวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรร้อยละ 17 งานวิจัยนี้ชี้ให้เห็นว่าการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ของประเทศไทยส่วนใหญ่มีลักษณะที่ไม่เหมาะสม เนื่องจากการปลูกข้าวโพดในพื้นที่ลาดชันและอยู่ในเขตป่าไม้เป็นส่วนใหญ่ ทำให้เกิดก๊าซเรือนกระจกจากการเผาและผลผลิตต่อไร่มีค่าต่ำ ทำให้มีอัตราการปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่อตันผลผลิตค่อนข้างสูง ซึ่งในอีกด้านหนึ่งก็ทำให้เกิดปัญหาหมอกควันจากการเผาป่าและไร่ข้าวโพดเพื่อเตรียมพื้นที่ในฤดูกาลถัดไป อีกทั้งยังเป็นการสูญเสียพื้นที่ป่าอนุรักษ์ต้นน้ำ ซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญอันนำไปสู่การเกิดภัยธรรมชาติต่าง ๆ ที่ส่งผลกระทบต่อดังกล่าว ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีแนวทางจัดการพื้นที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ให้เหมาะสมเพื่อลดผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้น อีกทั้งยังเป็นการช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตให้สูงขึ้น เนื่องจากการปลูกข้าวโพดในพื้นที่ราบและในพื้นที่ที่เหมาะสมนั้น จะเป็นการช่วยเพิ่มผลผลิตต่อไร่ให้สูงขึ้นและยังช่วยลดปริมาณการใช้ปัจจัยการผลิตต่าง ๆ เช่น ปุ๋ย และสารเคมีกำจัดวัชพืชได้อีกด้วย และอีกหนึ่งสาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหามลพิษทางอากาศ ปัญหาหมอกควันที่เกิดจากการเผาเศษวัสดุทางการเกษตรที่เกิดขึ้นหลังจากการเก็บเกี่ยวข้าวโพดจึงจำเป็นต้องมีการหาแนวทางเพื่อการจัดการเศษวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร ได้แก่ การนำไปแปรรูปทำเป็น

เชื้อเพลิงอัดแท่ง (RDF) หรือการนำไปผลิตเป็นปุ๋ยหมัก (ปุ๋ยอินทรีย์) เป็นต้น เพื่อให้เกิดการจัดการที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม [5]

เมื่อปรับปรุงในสถานการณ์จำลองโดยการใช้ปุ๋ยสังเคราะห์ พบว่าสามารถลดค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ถึงร้อยละ 22 และในสถานการณ์จำลองการปรับปรุงการดำเนินงานโดยการใช้ปุ๋ยสังเคราะห์รวมกับการย้ายพื้นที่ปลูกและการจัดการชีวมวลอย่างถูกต้องเหมาะสม พบว่าจะสามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้มากถึงร้อยละ 48 สำหรับปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินระหว่างปี พ.ศ. 2552 ถึงปี พ.ศ. 2558 ในสถานการณ์ปัจจุบันคิดเป็น 19 ล้านตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า และเมื่อปรับปรุงในสถานการณ์จำลองโดยการใช้ปุ๋ยสังเคราะห์และการย้ายพื้นที่ปลูกข้าวโพดบนที่ลาดชันออกทั้งหมด ก็ยังไม่สามารถที่จะลดในส่วนนี้ได้ทันที เนื่องจากการฟื้นฟูป่าจำเป็นต้องใช้ระยะเวลายาวนาน อาจใช้เวลามากถึง 30 ปี จึงจะกลับมาเป็นป่าอย่างสมบูรณ์ ดังนั้นค่าคาร์บอนสะสมในการกลับไปเป็นป่าจึงยังไม่เกิดขึ้น

ดังนั้นผลการวิเคราะห์ที่ได้จะสามารถนำไปเป็นข้อมูลศึกษาเพื่อต่อยอดการหาแนวทางการปรับปรุงเปลี่ยนแปลงให้การผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ของไทยเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมมากยิ่งขึ้น และผลิตบนพื้นฐานที่มั่นคง ยั่งยืน อีกทั้งยังสามารถนำไปต่อยอดในการวิเคราะห์นโยบายที่อาจส่งผลกระทบต่อห่วงโซ่การผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ซึ่งถือได้ว่าข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ของไทยเป็นพืชที่มีความสำคัญต่อห่วงโซ่การผลิตอาหารสัตว์ตลอดไปจนถึงอาหารที่บริโภค โดยจะมีความเชื่อมโยงตั้งแต่ต้นน้ำไปจนถึงปลายน้ำ เพราะฉะนั้นจึงต้องสร้างมาตรฐานที่เป็นที่ยอมรับและปฏิบัติได้จริงเพื่อการผลิตและการบริโภคอย่างยั่งยืนต่อไปในอนาคต นอกจากนั้นยังสามารถวิเคราะห์ผลของแนวทางเลือกสถานการณ์

จำลอง เพื่อสนับสนุนการตัดสินใจหาทางเลือกที่ดีที่สุดในการลดต้นทุน และเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตได้

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ ทุนสนับสนุนจาก “โครงการพัฒนาศักยภาพบุคลากรเพื่อการวิจัยและพัฒนา สำหรับภาคอุตสาหกรรม (NUI-RC)” [Grant number: NUI-RC01-57-003] สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.) และ Cluster and Program Management Office “CPMO project” สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.) [Grant number: P-13-00261]

6. รายการอ้างอิง

- [1] สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย, 2555, สถานการณ์และแนวโน้มการผลิตข้าวโพดไทยกับความมั่นคงด้านอาหารสัตว์, แหล่งที่มา : <http://www.trf.or.th/component/attachments/download/57>, 30 พฤษภาคม 2557.
- [2] สมาคมผู้ผลิตอาหารสัตว์ไทย, 2558, ความจริงเรื่องข้าวโพดเลี้ยงสัตว์กับทางออกเพื่อประเทศไทย, แหล่งที่มา : <http://thaipublica.org/2015/04/maize-crop-cycle-5>, 30 ธันวาคม 2558.
- [3] สมาคมผู้ผลิตอาหารสัตว์ไทย, 2557, ยุทธศาสตร์อุตสาหกรรมอาหารสัตว์ ปี 2575, แหล่งที่มา : <http://www.thaifeedmill.com/Portals/0/2014/รายงานฉบับผู้บริหาร.pdf>, 20 มีนาคม 2558.
- [4] เขมรัฐ เถลิงศรี และสิทธิเดช พงศ์กิจวรสิน, 2558, ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์กับการสูญเสียพื้นที่ป่า : ปัญหาและทางออก, พิมพ์ครั้งที่ 1, สถาบันคลังสมองของชาติ สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย, กรุงเทพฯ.
- [5] ฐิฎาพร สุภาชี, พานิช อินต๊ะ และเศรษฐ์ สัมภัตตะกุล, 2559, การวิเคราะห์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกและฝุ่นละอองขนาดเล็กจากกิจกรรมการเพาะปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในพื้นที่อำเภอแม่แจ่ม จังหวัดเชียงใหม่, ว.วิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ 23(3): 94-105.
- [6] Tongpool, R., Phanichavalit, N., Yuvaniyama, C. and Mungcharoen, T., 2012, Improvement of the environmental performance of broiler feeds: a study via life cycle assessment, J. Clean. Prod. 35: 16e24.
- [7] สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2557, ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ รวมรุ่น : เนื้อที่เพาะปลูกเนื้อที่เก็บเกี่ยวผลผลิต และผลผลิตต่อไร่ ปี 2554-2556, แหล่งที่มา : <http://www.oae.go.th/download/prcai/DryCrop/amphoe/maize-amphoe.pdf>, 12 พฤษภาคม 2557.
- [8] Yamane, T., 1973, Statistics: An Introductory Analysis, 3rd Ed., Harper and Row Publication, Newyork.
- [9] สมาคมผู้ผลิตอาหารสัตว์ไทย, 2560, สถานการณ์สินค้าเกษตรที่สำคัญ และแนวโน้ม ปี 2560, น.ธุรกิจอาหารสัตว์ 34(173): 5-20.
- [10] โครงการจัดทำฐานข้อมูลการปล่อยก๊าซเรือนกระจกภาคเกษตร, 2555, บัณฑิตวิทยาลัยร่วมด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อม, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, กรุงเทพฯ.
- [11] Thailand Greenhouse Gas Management Organization (Public Organization), 2016, Carbon Footprint of Product, Available Source: <http://thaicarbonlabel.tgo.or.th/>

- download/EmissionFactor_CFP.pdf, April 18, 2016.
- [12] IPCC 2006, 2006, IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, In B. L. Eggleston H.S., Japan: IGES.
- [13] Thanawong, K., Perret, S.R. and Basset-Mens, C., 2014. Eco-efficiency of paddy rice production in Northeastern Thailand: A comparison of rain-fed and irrigated cropping systems, J. Clean. Prod. 73: 204-217.
- [14] Jia, X.P., Huang, J., Xiang, C., HOU, L., Zhang, F., Chen, X., Cui, Z. and Bergmannd, H., 2013. Farmer's adoption of improved nitrogen management strategies in maize production in China: An experimental knowledge training, J. Integr. Agr. 12: 364-373.
- [15] กรมการค้าภายใน, 2558, ระบบภูมิสารสนเทศตลาด คลังสินค้า ไซโล ห้องเย็น, แหล่งที่มา : <http://gis.dit.go.th/gis56/market/default.aspx>, 20 มีนาคม 2558.
- [16] สมาคมผู้ผลิตอาหารสัตว์ไทย, 2558, ธรรมเนียมสมาชิก, แหล่งที่มา : <http://www.thaifeedmilk.com/เกี่ยวกับสมาคมAboutUs/ทำเนียบสมาชิกMembers/tabid/65/Default.aspx>, 20 มีนาคม 2558.
- [17] กรมพัฒนาที่ดิน, 2558, ระบบภูมิสารสนเทศดินและการใช้ประโยชน์ที่ดิน, กรมพัฒนาที่ดิน, กรุงเทพฯ.