

การประมาณค่าการปล่อยก๊าซมีเทนจากนาข้าวในจังหวัดพะเยา

Estimating methane emissions from rice fields in Phayao province

ศิริลักษณ์ พิมมะสาร¹, นครินทร์ ชัยแก้ว² และ สิทธิชัย พิมลศรี^{3*}

Siriruk Pimmasarn¹, Nakarin Chaikaew² and Sittichai Pimonsree^{3*}

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประมาณค่าการปล่อยก๊าซมีเทนจากนาข้าวในจังหวัดพะเยาปีพ.ศ.2554 ตามวิธีที่กำหนดไว้ในคู่มือการจัดทำบัญชีก๊าซเรือนกระจก ปี พ.ศ. 2539 ของคณะกรรมการการระหว่างรัฐบาลด้านสภาพภูมิอากาศเปลี่ยนแปลง (IPCC) โดยการใช้ค่าการปล่อยจาก 3 แหล่งที่มา ได้แก่ 1) ค่าการปล่อยเฉพาะของประเทศ (CSEF) ที่ได้จากการพัฒนาจากการศึกษานี้โดยการประมาณค่าจากงานวิจัยและรายงานการศึกษาการปล่อยก๊าซมีเทนจากนาข้าวในประเทศไทย 2) ค่าการปล่อย (EF) ที่เป็นค่าแนะนำไว้ในคู่มือการคำนวณของ IPCC พ.ศ. 2539 และ 3) ค่าแนะนำที่อ้างอิงในรายงานแห่งชาติฉบับที่ 2 (SNC) ปี พ.ศ.2553 ผลการศึกษาพบว่าปริมาณการปล่อยก๊าซมีเทนจากนาข้าวของจังหวัดพะเยา พ.ศ.2554 จากการคำนวณโดยใช้ค่า CSEF มีปริมาณเท่ากับ 30,933 เมกะกรัมต่อปี โดยมีปริมาณการปล่อยก๊าซมากกว่าการคำนวณด้วยค่าการปล่อยของ IPCC และ SNC ประมาณร้อยละ 24 และ 47 ตามลำดับ จากการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงตามพื้นที่พบว่าอำเภอดอกคำใต้เป็นอำเภอที่มีปริมาณการปล่อยก๊าซสูงที่สุดมีปริมาณการปล่อย 7,257.47 เมกะกรัมต่อปี คิดเป็นร้อยละ 23 ของปริมาณการปล่อยของก๊าซทั้งหมด พื้นที่ปลูกข้าวที่มีปริมาณการปล่อยมากส่วนใหญ่เป็นพื้นที่นาขั้นบันไดบริเวณทิศเหนือของจังหวัดพะเยาในเขตพื้นที่อำเภอจุน และอำเภอเชียงคำ ส่วนพื้นที่ที่มีปริมาณการปล่อยน้อยที่สุดส่วนใหญ่จะกระจายอยู่บริเวณที่ราบตอนกลางของพื้นที่อำเภอปง และอำเภอเชียงม่วน ที่มีลักษณะภูมิประเทศของพื้นที่ส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ภูเขาและป่าไม้

คำสำคัญ : มีเทน, นาข้าว, ก๊าซเรือนกระจก, จังหวัดพะเยา

Abstract

The objective of this study is to estimate the methane emissions from rice fields in Phayao Province by using the method defined by the 2006 Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. The methane emissions were calculated by using the emission factor (EF) from 3 different sources; 1) Country Specific Emission Factor (CSEF), developed from the research

¹ สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม วิทยาลัยพลังงานและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยพะเยา จังหวัดพะเยา 56000

² สาขาวิชาภูมิสารสนเทศศาสตร์ คณะเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร มหาวิทยาลัยพะเยา จังหวัดพะเยา 56000

^{3*} สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม วิทยาลัยพลังงานและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยพะเยา จังหวัดพะเยา 56000

¹ Graduate Student in Environmental Science, School of Energy and Environment, University of Phayao, Phayao 56000

² Geographic Information Science, School of Information and Communication Technology, University of Phayao, Phayao 56000

^{3*} Environmental Engineering, School of Energy and Environment, University of Phayao, Phayao 56000

* Corresponding author e-mail: sittichai007@hotmail.com Received: 22 January 2013; Accepted: 30 July 2013

papers and study reports of methane emissions in Thailand, 2) the default value from revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, and 3) the default value from Second National Communication report. The methane estimations using the CSEF indicated that the annual methane emission is 30,933 Mg, which is higher than the calculation using EF from IPCC and SNC (24% and 47%, respectively). The spatial analysis found that Dok Khamtai district was the largest emission, 7,257.47 Mg per year (23% of the total emissions). Most of methane emission emitted from the major rice-rainfed areas in the northern part of Phayao (Chun and Chiang Kham districts). The lowest emission occurred in the middle plain areas of Pong and Chiang Muan districts, which was covered by mountains and forests.

Key words : Methane, rice field, greenhouse gas, Phayao province

บทนำ

ปัญหาโลกร้อน (global warming) เป็นปัญหาสำคัญที่ทุกประเทศต้องช่วยกันแก้ไข การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิของโลกในแต่ละปี ส่งผลให้อุณหภูมิอากาศเปลี่ยนแปลง (climate change) ฤดูกาลเปลี่ยนแปลงบางพื้นที่เกิดภาวะแห้งแล้ง บางพื้นที่ปริมาณฝนมากขึ้น มีเหตุการณ์รุนแรง (extreme events) ทางอุตุนิยมวิทยารุนแรงขึ้น ทั้งพายุ คลื่นความร้อน ก่อให้เกิดผลกระทบ และความเสียหายต่อผู้คนอย่างมหาศาล ทั้งทางสภาพเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะอย่างยิ่งในประเทศกำลังพัฒนา จะได้รับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงของสภาพอากาศที่รุนแรง เนื่องจากขาดความรู้ ความเข้าใจ เทคโนโลยี และกลไกในการปรับตัว อีกทั้งผลกระทบของก๊าซเรือนกระจกมีระยะเวลานาน

เนื่องจากก๊าซเรือนกระจกมีอายุอยู่ในชั้นบรรยากาศ (Life time) นาน เช่น ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) มีอายุอยู่ในบรรยากาศ 15 ปี [17] นั่นคือถึงแม้มนุษย์โลกจะหยุดการปล่อย CO_2 เพิ่มขึ้น แต่ยังคงได้รับผลของ CO_2 ที่ปล่อยไปแล้วไปอีกถึงประมาณ 15 ปี ปัญหาโลกร้อนจึงเป็นปัญหาสำคัญระดับโลก ที่ทุกภาคส่วนต้องร่วมมือช่วยกันแก้ไขและประเทศไทยก็เป็นประเทศหนึ่งของประเทศภาคีอนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยสภาพภูมิอากาศเปลี่ยนแปลง (United Nation Framework Convention on Climate Change: UNFCCC) ที่ต้องร่วมรับผิดชอบในการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศตามขีดความสามารถที่จะช่วยเหลือจัดการเกี่ยวกับสภาวะโลกร้อน

ข้อมูลทางวิชาการที่มีการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทย ได้รายงานว่าปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยจากภาคการเกษตรสูงมากเป็นอันดับ 2 รองจากภาคพลังงาน และจากรายงานการจัดทำบัญชีก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทย ในปี พ.ศ.2537 ประเทศไทยปล่อยก๊าซมีเทนปริมาณทั้งสิ้น 3.16 ล้านตัน ซึ่งร้อยละ 91 ของปริมาณที่ปล่อยนี้มาจากภาคการเกษตร โดยนาข้าวถูกระบุว่าเป็นแหล่งที่มีการผลิตและปล่อยก๊าซมีเทนแหล่งใหญ่ที่สุดแหล่งหนึ่งที่ปล่อยจากภาคการเกษตร คิดเป็นร้อยละ 74 ของปริมาณการปล่อยทั้งหมด [6] และก๊าซมีเทนเป็นก๊าซเรือนกระจกที่มีศักยภาพการในทำให้เกิดโลกร้อน (Global Warming Potential; GWP) มากกว่า CO_2 ถึง 25 เท่า [5] ประชาชนในจังหวัดพะเยาสวนใหญ่ประกอบอาชีพการเกษตร มีพื้นที่เกษตรกรรม 1,430,728 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 36.14 ของพื้นที่ทั้งหมด ซึ่งเป็นพื้นที่นาถึง 829,986 ไร่ ดังนั้นการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากนาข้าวในภาคการเกษตร ของจังหวัดพะเยาจึงเป็นประเด็นปัญหาสำคัญของจังหวัด แต่จากการสืบค้นไม่พบข้อมูลการระบายก๊าซเรือนกระจก และแนวทางการจัดการก๊าซเรือนกระจกจากภาคการเกษตรของจังหวัดพะเยา

ข้อมูลการปล่อยก๊าซมีเทนจากนาข้าวที่ผ่านมา มีการจัดทำข้อมูลการระบายภาพรวมของประเทศ ในปี พ.ศ.2537 และ พ.ศ.2543 [6] และมีการศึกษาการระบายก๊าซเรือนกระจกระดับจังหวัดในบางจังหวัด ได้แก่ ราชบุรี นครปฐม ชัยนาท และขอนแก่น [7, 10, 11,14] โดยใช้แนวทางการคำนวณตามคู่มือของคณะกรรมการระหว่างรัฐบาลว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Intergovernmental Panel on Climate Change:

IPCC) ปีพ.ศ. 2539 นอกจากนี้มีการพัฒนาค่าปัจจัยการระบายก๊าซมีเทนจากนาข้าวในประเทศไทยหลายการศึกษา ซึ่งเป็นค่าที่เหมาะสมกับบริบทของประเทศไทย โดยพบว่า อัตราการระบายก๊าซมีเทนจากนาข้าวขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย ได้แก่ พันธุ์ข้าว ชนิดของดิน ปุ๋ย การจัดการน้ำ และแหล่งคาร์บอน เป็นต้น

โดยวิธีการทำนาของเกษตรกร สภาพแวดล้อม และระบบการจัดการน้ำที่แตกต่างกันทำให้อัตราการปลดปล่อยก๊าซมีเทนจากการทำข้าวมีการระบายไม่เท่ากัน เช่น การทำนาข้าวที่มีการรักษาระดับความชื้นดินที่ใกล้เคียงระดับอิ่มตัวด้วยน้ำและการให้น้ำเป็นครั้งคราวเมื่อผิวดินแห้งเฉพาะในช่วงข้าวแตกกอทำให้การปลดปล่อยก๊าซมีเทนลดลงมากถึงประมาณ 70% [9] การจัดการน้ำในนาข้าว พบว่าแปลงนาที่ขังน้ำ 20 ซม. มีการปล่อยก๊าซมีเทนสูงกว่าแปลงที่ขังน้ำ 10 ซม. และ 0 ซม. [7, 19]

จากข้อมูลจะเห็นได้ว่าการระบายก๊าซมีเทนจากนาข้าวมีการเปลี่ยนแปลงมากขึ้นอยู่กับวิธีการทำนา และปัจจัยแวดล้อม ดังนั้นการคำนวณการระบายที่ถูกต้องมีความคลาดเคลื่อนต่ำจำเป็นต้องมีข้อมูลรายละเอียดการทำนาในพื้นที่ และใช้ค่าปัจจัยการระบายของท้องถิ่นนั้นๆ ซึ่งการศึกษาครั้งนี้ได้ทำการรวบรวมข้อมูลกิจกรรมการเกษตรของจังหวัดพะเยา ในปี 2554 เพื่อทำการประมาณค่าการปลดปล่อยก๊าซมีเทนจากนาข้าวตามวิธีที่กำหนดไว้ในคู่มือการจัดการบัญชีก๊าซเรือนกระจก ปีพ.ศ. 2539 ของ IPCC โดยใช้ค่าการปล่อยเฉพาะของประเทศ (Country Specific Emission Factor: CSEF) ที่ได้จากการพัฒนาในการศึกษานี้โดยการประมาณค่าจากงานวิจัย และรายงานการศึกษาการปล่อยก๊าซมีเทนจากนาข้าวในพื้นที่ต่างๆ ของประเทศไทย เปรียบเทียบกับการประมาณค่าการปลดปล่อยก๊าซมีเทนโดยใช้ค่าแนะนำ (Default Value) จากคู่มือการคำนวณของ IPCC ปี พ.ศ. 2539 และจากรายงานแห่งชาติฉบับที่ 2 (Second National Communication: SNC) เรื่องการจัดทำบัญชีก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทย ข้อมูลปริมาณการปลดปล่อยจะถูกนำมาแสดงผลโดยการประยุกต์ใช้เทคนิคด้านระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographic Information Systems: GIS) เพื่อแสดง

ความแตกต่างในเชิงพื้นที่ของการปล่อยก๊าซมีเทนในพื้นที่นาข้าว จะสามารถใช้ประโยชน์เพื่อเป็นแนวทางในการวางแผนจัดการก๊าซมีเทนที่เหมาะสมสำหรับการปลูกข้าวของจังหวัดพะเยาต่อไป

วิธีการศึกษา

วิธีการศึกษามีขั้นตอนดังแสดงในรูปที่ 1 ซึ่งประกอบด้วยขั้นตอนหลักคือการรวบรวมข้อมูลที่ต้องใช้ในการคำนวณ การเตรียมข้อมูลค่าการปล่อย (Emission Factor: EF) และข้อมูลกิจกรรม การคำนวณปริมาณการปล่อยมีเทนจากนาข้าวในจังหวัดพะเยา และการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อทราบแหล่งปล่อยมีเทนจากนาข้าวที่สำคัญในจังหวัดพะเยา และการจัดทำผลการแสดงผลข้อมูลทั้งในรูปแบบตาราง กราฟ และแผนภาพการปล่อยมีเทน ในรูปแบบที่เหมาะสมต่อการจัดการมีเทนจากนาข้าวในจังหวัดพะเยา

การรวบรวมข้อมูล

ในการศึกษานี้ได้มีการรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องจากหลายแหล่งข้อมูลดังนี้

1. ข้อมูลปฐมภูมิ (primary data) ได้แก่ ข้อมูลสภาพแวดล้อมของพื้นที่และวิธีการทำนาในจังหวัดพะเยา จากการสัมภาษณ์เชิงลึกจากแหล่งข้อมูลด้านบุคคล ได้แก่ เจ้าหน้าที่สำนักงานเกษตรจังหวัด และเกษตรอำเภอของจังหวัดพะเยา

2. ข้อมูลทุติยภูมิ (secondary data) ได้แก่ ข้อมูลที่ได้จากการศึกษาจากแหล่งข้อมูลเอกสาร หนังสือ รายงานจากส่วนราชการ ภาคเอกชน รวมถึงงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ประกอบด้วย

2.1 ข้อมูลกิจกรรม (activity data) ได้แก่ พื้นที่เก็บเกี่ยวข้าวนาปี นาปรัง ในและนอกเขตพื้นที่ชลประทานระดับตำบล จากรายงานผลการดำเนินงานการขึ้นทะเบียนเกษตรกรผู้ปลูกข้าว จังหวัดพะเยา ปี 2554 ของสำนักงานเกษตรจังหวัดพะเยา

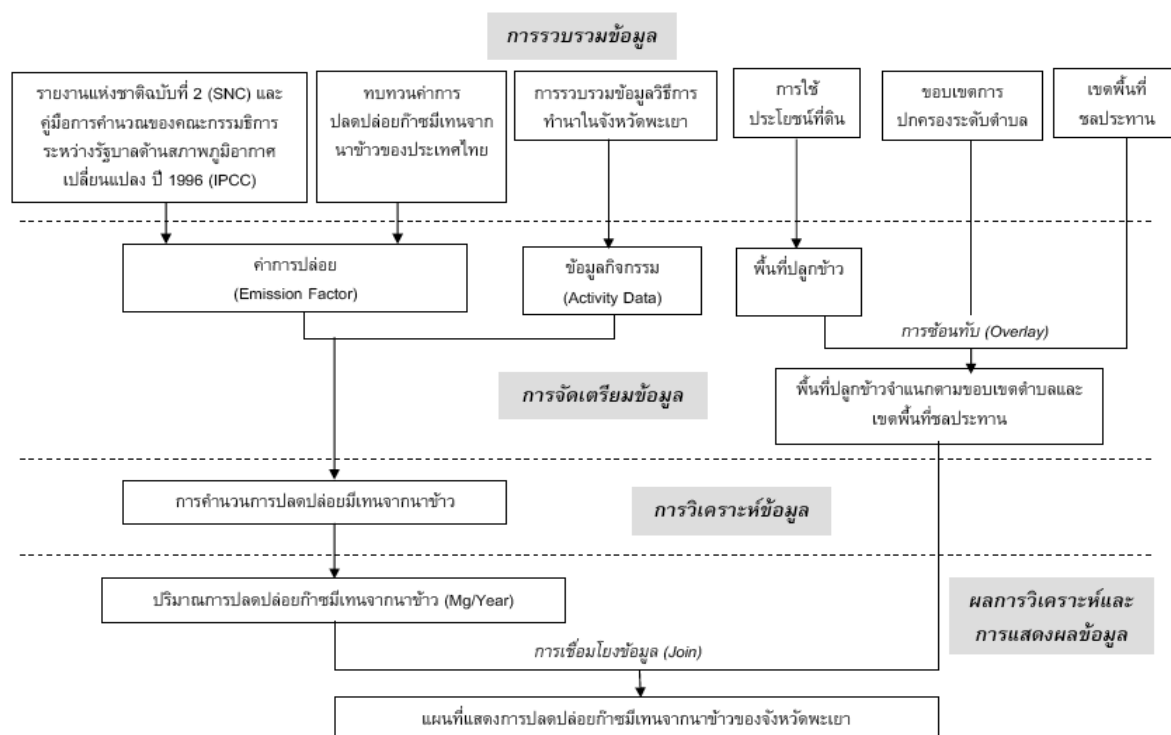
2.2 งานวิจัยหรือรายงานการศึกษาการปล่อยก๊าซมีเทนจากนาข้าวในพื้นที่ต่างๆ จำนวน 24 งาน

2.3 รายงานแห่งชาติฉบับที่ 2 (SNC) ปีพ.ศ. 2553 การจัดทำบัญชีก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทย จากสำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติ

และสิ่งแวดล้อม กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

2.4 คู่มือการคำนวณของคณะกรรมการการระหว่างรัฐบาลด้านสภาพภูมิอากาศเปลี่ยนแปลง ปี พ.ศ. 2539 (IPCC)

2.5 ข้อมูลระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ได้แก่ การใช้ประโยชน์ที่ดิน ปีพ.ศ.2552 ขอบเขตการปกครองระดับตำบลของจังหวัดพะเยา จากสำนักงานพัฒนาที่ดิน จังหวัดพะเยา และ เขตพื้นที่ชลประทาน จากสำนักงานชลประทาน จังหวัดพะเยา



ภาพที่ 1 กรอบการดำเนินงาน

การจัดเตรียมข้อมูล

ข้อมูลที่ได้จากการรวบรวมข้อมูลจะถูกนำมาตรวจสอบ ก่อนจะนำไปใช้ในขั้นตอนของการวิเคราะห์วิเคราะห์ข้อมูล ประกอบด้วย

1. การทบทวนข้อมูลกิจกรรม (activity data) ได้แก่ ข้อมูลพื้นที่เก็บเกี่ยวข้าวนาปี และข้าวนาปรังทั้งในและนอกเขตพื้นที่ชลประทาน ของจังหวัดพะเยา

2. การทบทวนค่าการปล่อย (Emission Factor: EF) มีเทนจากนาข้าว ในการศึกษาค้นคว้านี้ได้แบ่งการทบทวนค่าการปล่อย ดังนี้

2.1 ค่าการปล่อย (EF) ที่ใช้เป็นค่าแนะนำ (Default Value) ในคู่มือการคำนวณของ IPCC โดยกำหนดให้ค่าการปล่อยที่ใช้ มีการจัดการน้ำแบบขังน้ำตลอดฤดูกาลเพาะปลูก (continuously flooded) ในพื้นที่นาลุ่ม (low land) ชลประทานที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีเป็นการจัดการแบบพื้นฐาน

2.2 ค่าการปล่อย (EF) ของพื้นที่ภาคเหนือที่อ้างอิงในรายงานแห่งชาติฉบับที่ 2 (SNC) ปี พ.ศ.2553 จากการรวบรวมค่าการปล่อยก๊าซมีเทนจากนาข้าวที่ได้มีการศึกษาในพื้นที่นาลักษณะต่างๆ โดยกำหนดให้ค่าการปล่อยที่ใช้ มีการจัดการน้ำแบบปล่อยน้ำ 1 ครั้งในช่วงฤดูกาลเพาะปลูก (single aeration) ในนาชลประทานที่มีการใส่ปุ๋ยเคมี เป็นการจัดการแบบพื้นฐาน

2.3 ค่าการปล่อยเฉพาะของประเทศ (CSEF) ที่ได้จากการประมาณค่าจากงานวิจัย และรายงานการศึกษาการปล่อยก๊าซมีเทนจากนาข้าวในพื้นที่ต่างๆ ของประเทศไทย จำนวน 10 งาน ที่มีการกำหนดให้ค่าการปล่อยที่ใช้มีการจัดการน้ำแบบขังน้ำตลอดฤดูกาลเพาะปลูก (continuously flooded) ในนาชลประทานที่มีการใส่ปุ๋ยเคมี เป็นการจัดการแบบพื้นฐานที่สอดคล้องกับรูปแบบการทำนาของจังหวัดพะเยา

3. ข้อมูลแผนที่แสดงพื้นที่นาข้าวจำแนกตามขอบเขตตำบลและเขตพื้นที่ชลประทาน จากเทคนิคการซ้อนทับข้อมูล (overlay) และเชื่อมโยงข้อมูล (join) ในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

การวิเคราะห์ข้อมูล

ทำการประมาณค่าการปล่อยก๊าซมีเทน (Mg / Year) จากนาข้าวของจังหวัดพะเยา โดยใช้วิธีการที่แนะนำไว้ในคู่มือการจัดทำบัญชีก๊าซเรือนกระจกของ

IPCC ปีพ.ศ. 2539 ตามสมการด้านล่าง [6] โดยคิดจากพื้นที่เก็บเกี่ยว (Harvested Area) คูณด้วยค่าการปล่อย (Emission Factor: EF) ที่เป็นค่าแนะนำไว้ในคู่มือการคำนวณของ IPCC ปีพ.ศ. 2539 และใช้ค่าแนะนำที่อ้างอิงในรายงานแห่งชาติฉบับที่ 2 (SNC) ปี พ.ศ.2553 รวมทั้งค่าการปล่อยเฉพาะของประเทศ (CSEF) จากการทบทวนงานวิจัย และรายงานการศึกษาการปล่อยก๊าซมีเทนจากนาข้าวในประเทศไทย

$$F_c = EF \times A \times 10^{-6} \quad (1)$$

เมื่อ

F_c = ค่าปริมาณการปล่อยก๊าซมีเทนจากการคำนวณ (เมกะกรัม/ปี)

EF = ค่าปัจจัยการปล่อยในรอบฤดูปลูก (กรัม/ตารางเมตร)

A = พื้นที่เก็บเกี่ยวในรอบปี (ตารางเมตร/ปี)

ในการศึกษาครั้งนี้ได้จัดระดับของการคำนวณออกเป็นสองระดับ ได้แก่ เทียร์ 1 (Tier1) และ เทียร์ 2 (Tier2) โดยการคำนวณในการศึกษานี้ IPCC ใช้วิธีเทียร์ 1 SNC ใช้วิธีเทียร์ 2 CSEF ใช้วิธีเทียร์ 2 ซึ่งวิธีเทียร์ 1 และ เทียร์ 2 มีรายละเอียดแตกต่างกัน ดังนี้

วิธีการคำนวณ เทียร์ 1 (Tier 1)

$$F_c = \sum_i \sum_j \sum_k EF_{ijk} \times A \times 10^{-6}$$

เมื่อ

F_c = ค่าปริมาณการปล่อยก๊าซมีเทนจากการคำนวณ (เมกะกรัม/ปี)

EF = ค่าปัจจัยการปล่อยในรอบฤดูปลูก (กรัม/ตารางเมตร)

A = พื้นที่เก็บเกี่ยวในรอบปี (ตารางเมตร/ปี)

ijk = กลุ่มของการปล่อยก๊าซมีเทนจากนาข้าวที่มีอัตราการปล่อยที่แตกต่างกัน

การคำนวณการปล่อยก๊าซมีเทนจากนาข้าวของจังหวัดพะเยา ตามวิธีที่กำหนดไว้ในคู่มือการจัดทำบัญชีก๊าซเรือนกระจก ปี 1996 ของ IPCC โดยใช้สมการข้างต้น และใช้ตัวปรับค่าสำหรับการจัดการน้ำ (Scaling factor: SF) และตัวปรับค่าสำหรับการเติมสารอินทรีย์ให้แก่อิน (Correction factor: CF) ตามคู่มือการจัดทำบัญชีก๊าซเรือนกระจก ปี 1996 ของ IPCC

วิธีการคำนวณ เทียร์ 2 (Tier 2)

วิธีการคำนวณแบบนี้จะต่างจาก เทียร์ 1 (Tier1) ตรงที่ค่าการปล่อยก๊าซมีเทนจากนาข้าว ที่ใช้จะเป็นค่าการปล่อยก๊าซเฉพาะของประเทศ (Country-Specific Emission Factor : CSEF) แทนที่ค่าแนะนำ (Default Value) ในคู่มือการจัดทำบัญชีก๊าซเรือนกระจก ปี 1996 ของ IPCC สามารถหาได้จากการทบทวนผลการศึกษการปล่อยก๊าซมีเทนจากนาข้าวแต่ละรูปแบบในประเทศไทย ที่เป็นการวัดจริงในแปลงทดลองหรือพื้นที่นาจริงของเกษตรกร

ผลการศึกษา

1. ข้อมูลกิจกรรม (activity data)

ข้อมูลกิจกรรมในส่วนของนาข้าว จังหวัดพะเยา จะประกอบด้วยข้อมูลพื้นที่เก็บเกี่ยว (ไร่) ปีพ.ศ.2554

ที่มีค่าเท่ากับ 697,970 ไร่ โดยแบ่งเป็นพื้นที่นาปีในเขตชลประทาน ร้อยละ 19 นาปี นอกเขตชลประทาน ร้อยละ 68 นาปีในเขตชลประทาน ร้อยละ 6 และ นาปีนอกเขตชลประทาน ร้อยละ 6 (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 ค่าข้อมูลกิจกรรม (activity data) ที่ใช้ในการคำนวณมีเทนจากนาข้าวของจังหวัดพะเยาใน ปีพ.ศ.2554 (พื้นที่เก็บเกี่ยวแบ่งตามเขตชลประทาน)

อำเภอ	พื้นที่เก็บเกี่ยว (ไร่) ปี พ.ศ.2554						รวม
	ในเขตชลประทาน			นอกเขตชลประทาน			
	นาปี	นาปรัง	รวม	นาปี	นาปรัง	รวม	
อ.เมือง	42,810	6,464	49,274	52,909	1,482	54,391	103,666
อ.แม่ใจ	13,399	16,027	29,426	41,382	6,297	47,678	77,105
อ.ดอกคำใต้	43,380	11,310	54,689	103,506	4,919	108,425	163,114
อ.จุน	17,210	5,303	22,513	107,150	11,029	118,179	140,692
อ.ปง	3,061	1,220	4,280	29,147	2,167	31,314	35,594
อ.เชียงคำ	7,838	495	8,333	69,177	9,693	78,870	87,203
อ.เชียงม่วน	2,915	476	3,391	11,050	0	11,050	14,441
อ.ภูซาง	3,997	27	4,024	25,060	281	25,341	29,365
อ.ภูตามยาว	651	2,352	3,002	37,820	5,969	43,789	46,791
รวม	135,260	43,673	178,933	477,201	41,836	519,037	697,970

ที่มา: สำนักงานเกษตรจังหวัดพะเยา (2554)

2. ค่าการปล่อย (Emission Factor)

ในการศึกษาครั้งนี้ ได้ทำการคำนวณค่าการปล่อยก๊าซมีเทนจากนาข้าวตามค่าการปล่อย (EF) ที่เป็นค่าแนะนำของ IPCC และ SNC รวมทั้งค่าการปล่อยเฉพาะของประเทศ (CSEF) ที่พัฒนาขึ้นในการศึกษานี้ดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ 2 ซึ่งมีการจำแนกค่าการปล่อย (EF) มีเทนจากนาข้าวในแต่ละวิธีดังนี้

1) IPCC

- นาปี และนาปรัง ในเขตชลประทานที่มีการจัดการน้ำแบบขังน้ำตลอดฤดูกาลเพาะปลูก (continuously flooded) และนาปีนอกเขตชลประทานที่มีลักษณะเป็นนา
น้ำฝนแบบขังน้ำ (flood prone) ที่ใช้ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียวในการเพาะปลูก มีค่าการปล่อย (emission factor) เท่ากับ 16 g/m^2 (ค่าแนะนำสำหรับประเทศไทยของ IPCC)

ตารางที่ 2 ค่าการปล่อย (emission factor) ที่ใช้ในการคำนวณมีเทนจากนาข้าวของจังหวัดพะเยา

ระบบการจัดการน้ำในนาข้าว		ตัวปรับค่าสำหรับ การจัดการน้ำ			ตัวปรับค่าสำหรับ การเติมสารอินทรีย์ให้แกดิน			ค่าปัจจัยการปล่อย		
		Scaling Factor (SF)			Correction Factor (CF)			(g/m ²)		
		IPCC	SNC	CSEF	IPCC	SNC	CSEF	IPCC	SNC	CSEF
นาปี	ชลประทาน	ขังน้ำตลอดฤดูเพาะปลูก			2 (Chem.fer) 5 (OM)	NA	1* (Chem.fer) 1.32 (OM)	16	NA	21.71* (8.91-29.39)
		ปล่อยน้ำ 1 ครั้ง			2 (Chem.fer) 5 (OM)	1 (Chem.fer) 2.15 (OM)	1* (Chem.fer) 1.32 (OM)	16	21.11	20.66* (17.36-23.96)
	ฤดูเพาะปลูก	ปล่อยน้ำ 2 ครั้ง			2 (Chem.fer) 5 (OM)	NA	1* (Chem.fer) 1.32 (OM)	16	NA	15.63* (15.58-15.63)
		แบบน้ำขัง			2 (Chem.fer) 5 (OM)	1 (Chem.fer) 2.15 (OM)	1* (Chem.fer) 1.32 (OM)	16	21.11	21.71* (8.91-29.39)
	นาปีน้ำฝน	แบบแห้งแล้ง			2 (Chem.fer) 5 (OM)	NA	NA	16	NA	NA
		ระดับน้ำ 50-100 ซม.			2 (Chem.fer) 5 (OM)	1 (Chem.fer)	1* (Chem.fer) 1.32 (OM)	16	9.80	49.93* (40.56-59.74)
นาปีน้ำลึก	ระดับน้ำ > 100 ซม.			NA	2 (Chem.fer) 5 (OM)	NA	1* (Chem.fer) 1.32 (OM)	16	NA	NA
	ขังน้ำตลอดฤดูเพาะปลูก			1.25	2 (Chem.fer) 5 (OM)	NA	1* (Chem.fer) 1.32 (OM)	16	NA	26.45* (12.06-39.09)
นาปรัง	ชลประทาน	ปล่อยน้ำ 1 ครั้ง			2 (Chem.fer) 5 (OM)	1 (Chem.fer) 2.15 (OM)	NA	16	6.78	NA
		เพาะปลูก			2 (Chem.fer) 5 (OM)	1 (Chem.fer) 2.15 (OM)	NA	16	6.78	NA

*ค่าการปล่อยเฉพาะของประเทศ (CSEF) ที่ได้จากการทบทวนงานวิจัย และรายงานการศึกษาการปลดปล่อยก๊าซมีเทนจากนาข้าวในพื้นที่ต่าง ๆ ของประเทศไทย จำนวน 10 งาน [1-4, 7-9, 14-15, 18]

2) SNC

- นาปี ในเขตชลประทานที่มีการจัดการน้ำที่มีการจัดการน้ำแบบปล่อยน้ำ 1 ครั้งในช่วงฤดูการเพาะปลูก (single aeration) และนาปีนอกเขตชลประทานที่มีลักษณะเป็นนาปีน้ำฝนแบบขังน้ำ (flood prone) ที่ใช้ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียวในการเพาะปลูก มีค่าการปล่อย (emission factor) เท่ากับ 21.11 g/m²

- นาปรัง ในเขตชลประทานที่มีการจัดการน้ำที่มีการจัดการน้ำแบบปล่อยน้ำ 1 ครั้งในช่วงฤดูการเพาะปลูก (single aeration) ที่ใช้ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียวในการเพาะปลูก มีค่าการปล่อย (EF) เท่ากับ 6.78 g/m²

3) CSEF

- นาปีในเขตชลประทาน ที่มีการจัดการน้ำแบบขังน้ำตลอดฤดูกาลเพาะปลูก (continuously flooded) และนาปีน้ำฝน ที่มีลักษณะเป็นนาปีน้ำฝนแบบขังน้ำ (flood prone) ที่ใช้ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียวในการเพาะปลูก มีค่าการปล่อย (EF) เท่ากับ 21.71 g/m²

- นาปรังในเขตชลประทาน ที่มีการจัดการน้ำแบบขังน้ำตลอดฤดูกาลเพาะปลูก (continuously flooded) ที่ใช้ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียวในการเพาะปลูก มีค่าการปล่อย (EF) เท่ากับ 26.45 g/m²

3. ปริมาณการปล่อยก๊าซมีเทนจากนาข้าวในจังหวัดพะเยา

ผลการประเมินปริมาณการปล่อยก๊าซมีเทนจากนาข้าวของจังหวัดพะเยา พ.ศ.2554 โดยใช้ค่าการปล่อยเฉพาะของประเทศ (CSEF) ที่ได้จากการทบทวนผลการศึกษาคำนวณตามเทียร์ 2 (Tier 2) พบว่าปริมาณมีเทนที่ปลดปล่อยจากนาข้าวรวมทั้งจังหวัดพะเยา เท่ากับ 25,268.69 Mg/Year โดยปล่อยจากประเภทนาปีน้ำฝนมากที่สุดคือ ร้อยละ 63.97 เนื่องจากพื้นที่ปลูกข้าวของจังหวัดพะเยาส่วนใหญ่มีลักษณะการทำนาแบบนาปีที่อาศัยน้ำฝนเป็นหลักในการทำนา รองลงมาคือนาปีในเขตพื้นที่ชลประทานมีการปล่อยก๊าซมีเทน ร้อยละ 20.44 และนาปรัง ร้อยละ 17.90 (ตารางที่ 3)

ตารางที่ 3 ปริมาณการปล่อยก๊าซมีเทนจากนาข้าวจำแนกตามประเภทของการทำนาของจังหวัดพะเยา ปีพ.ศ.2554

วิธีการทำนา	ปริมาณการปล่อยก๊าซมีเทนจากนาข้าว (Mg/Year)					
	IPCC	ร้อยละ	SNC	ร้อยละ	CSEF	ร้อยละ
นาปีในเขตชลประทาน	6,925.29	29.44	4,568.53	28.04	4,581.51	18.13
นาปีน้ำฝน	12,216.34	51.94	10,799.02	66.27	16,163.75	63.97
นาปรัง	4,378.06	18.61	927.60	5.69	4,523.43	17.90
รวม	23,519.70	100.00	16,295.15	100.00	25,268.69	100.00

เมื่อเปรียบเทียบผลการคำนวณ โดยใช้วิธีการตาม CSEF กับ IPCC และ SNC พบว่า วิธีการคำนวณแบบ CSEF ได้ค่าการปล่อยก๊าซมีเทนสูงที่สุด โดยมีปริมาณการปล่อยก๊าซมากกว่าวิธี IPCC และ SNC ประมาณร้อยละ 6.92 และ 35.51 ตามลำดับ และถ้าพิจารณาการปล่อยเป็นรายอำเภอ อำเภอดอกคำใต้เป็นอำเภอที่มีปริมาณการปล่อยสูงที่สุด ประมาณร้อยละ

23.09 ของปริมาณการปล่อยทั้งหมด รองลงมา ได้แก่ อำเภอยางตลาด และอำเภอเมือง คิดเป็นร้อยละ 20.09 และ 14.49 ตามลำดับ ส่วนอำเภอที่มีปริมาณการปล่อยต่ำที่สุดได้แก่ อำเภอเชียงม่วน ซึ่งมีปริมาณการปลดปล่อยร้อยละ 1.97 ของปริมาณการปลดปล่อยทั้งหมด ปริมาณการปล่อยรายอำเภอแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ปริมาณการปล่อยก๊าซมีเทนจากนาข้าวจำแนกตามรายอำเภอของจังหวัดพะเยาปีพ.ศ.2554

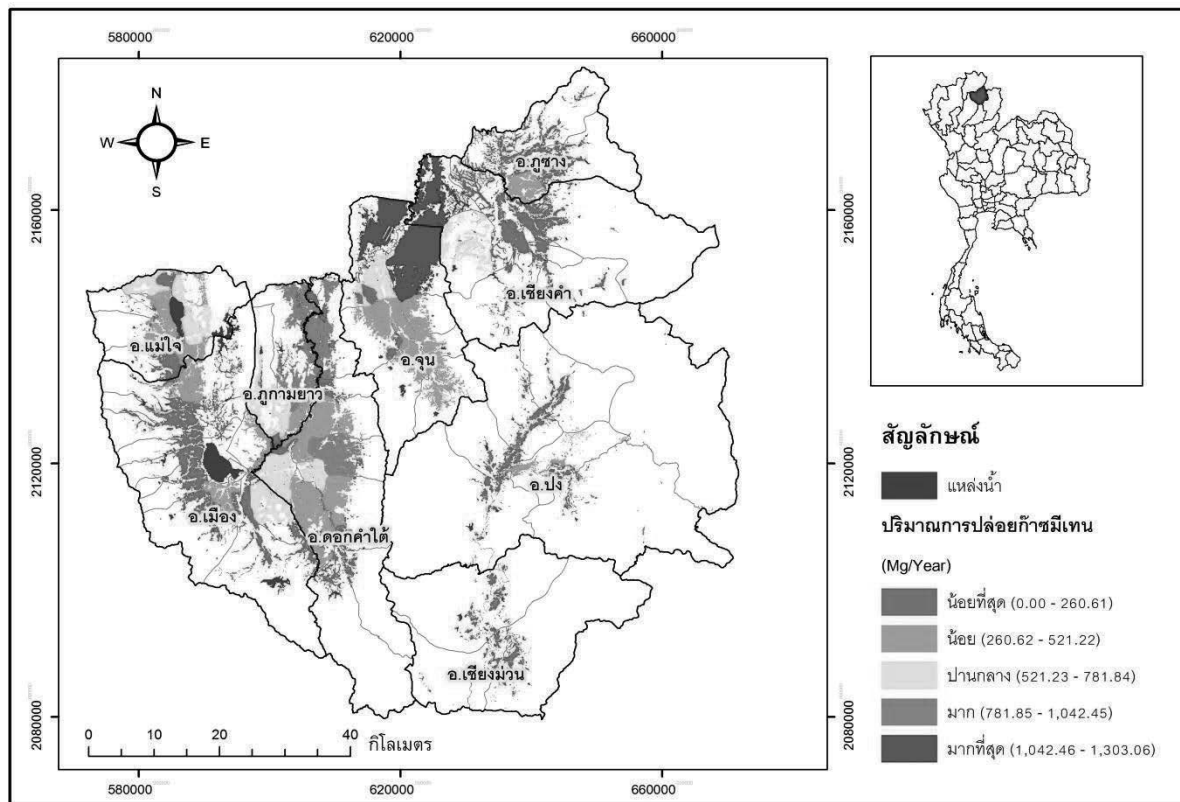
อำเภอ	ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซมีเทนจากนาข้าว (Mg/Year)					
	IPCC	ร้อยละ	SNC	ร้อยละ	CSEF	ร้อยละ
อ.เมือง	3,953.20	16.81	2,729.49	16.75	3,662.56	14.49
อ.แม่ใจ	2,888.38	12.28	1,631.19	10.01	3,036.46	12.02
อ.ดอกคำใต้	5,701.70	24.24	3,983.57	24.45	5,833.81	23.09
อ.จุน	4,460.37	18.96	3,183.25	19.53	5,076.27	20.09
อ.ปง	1,076.27	4.58	799.70	4.91	1,270.10	5.03
อ.เชียงคำ	2,693.85	11.45	1,940.73	11.91	3,147.59	12.46
อ.เชียงม่วน	456.49	1.94	353.67	2.17	498.20	1.97
อ.ภูซาง	861.92	3.66	705.45	4.33	1,000.48	3.96
อ.ภูพานยาว	1,427.51	6.07	968.10	5.94	1,743.23	6.90
รวม	23,519.70	100.00	16,295.15	100.00	25,268.69	100.00

จากการพิจารณาปริมาณการปล่อยก๊าซมีเทนจากนาข้าวที่คำนวณจากการใช้ค่าการปล่อยเฉพาะของประเทศ (CSEF) จำแนกออกตามพื้นที่นาข้าวในแต่ละตำบลของจังหวัดพะเยา (ตารางที่ 5) และแสดงผลข้อมูลอยู่ในรูปแบบของแผนที่แสดงปริมาณการปล่อยก๊าซมีเทนในพื้นที่นาข้าวของจังหวัดพะเยา (ภาพที่ 3) พบว่าพื้นที่ปลูกข้าวที่มีปริมาณการ

ปลดปล่อยมากที่สุดส่วนใหญ่เป็นพื้นที่นาข้าวในบริเวณทิศเหนือของจังหวัดพะเยา ในเขตพื้นที่ตำบลหงส์หิน ทุ่งรวงทอง อำเภอจุน และตำบลอ่าทอง อำเภอเชียงคำ ส่วนพื้นที่ที่มีปริมาณการปลดปล่อยน้อยที่สุดส่วนใหญ่จะกระจายอยู่บริเวณที่ราบตอนกลางของพื้นที่อำเภอปง และอำเภอเชียงม่วน ที่มีลักษณะภูมิประเทศของพื้นที่ส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ภูเขาและป่าไม้

ตาราง 5 10 อันดับตำบลที่มีปริมาณการปล่อยก๊าซมีเทนจากนาข้าวสูงสุดของจังหวัดพะเยา

อันดับ	ตำบล	อำเภอ	ปริมาณการปล่อยก๊าซมีเทนจากนาข้าว (Mg/Year)		
			ในเขตชลประทาน	นอกเขตชลประทาน	รวม
1	หงส์หิน	จุน	38.79	1,264.27	1,303.06
2	อ่าทอง	เชียงคำ	11.80	1,234.19	1,245.99
3	ทุ่งรวงทอง	จุน	25.74	1,129.04	1,154.78
4	ห้วยลาน	ดอกคำใต้	209.97	753.40	963.37
5	บ้านเหล่า	แม่ใจ	634.84	275.83	910.67
6	ล่อ	จุน	211.34	609.74	821.08
7	สันโค้ง	ดอกคำใต้	22.90	789.43	812.33
8	ป่าแฝก	แม่ใจ	172.07	596.38	768.45
9	ห้วยแก้ว	ภูพานยาว	41.93	716.50	758.43
10	ดอกคำใต้	ดอกคำใต้	599.42	103.21	702.63



ภาพที่ 3 แผนที่แสดงปริมาณการปล่อยก๊าซมีเทนในพื้นที่นาข้าวของจังหวัดพะเยา ด้วยวิธีการ CSEF

สรุปและอภิปรายผล

การประมาณค่าการปล่อยก๊าซมีเทนจากนาข้าวจังหวัดพะเยา โดยใช้ค่าการปล่อยเฉพาะของประเทศ (CSEF) ที่ได้จากการทบทวนงานวิจัย และรายงานการศึกษาการปล่อยก๊าซมีเทนจากนาข้าวในพื้นที่ต่างๆ ของประเทศไทย ให้มีความสอดคล้องกับข้อมูลกิจกรรม (Activity Data) ในการทำนาของจังหวัดพะเยา ที่จำแนกวิธีการทำนาออกเป็นนาปีในเขตชลประทาน นาน้ำฝน และนาปรัง ที่มีการจัดการน้ำแบบขังน้ำไว้ตลอดฤดูกาลเพาะปลูก (Continuously Flooded) และใช้ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียวเป็นการจัดการพื้นฐาน ผลการคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซมีเทนจากนาข้าวโดยใช้วิธีดังกล่าว พบว่ามีค่าสูงกว่าการคำนวณที่ใช้ค่าแนะนำ (Default Value) ในคู่มือการคำนวณของคณะกรรมการระหว่างรัฐบาลด้านสภาพภูมิอากาศเปลี่ยนแปลง ปี 1996 (IPCC) และค่าการปล่อย (EF) ของพื้นที่ภาคเหนือที่ได้จากการศึกษาในรายงานแห่งชาติฉบับที่ 2 (SNC) เรื่องการจัดทำบัญชีก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทย อาจจะเนื่องมาจากการคำนวณปริมาณการปล่อยมีเทนจากนาข้าวตามวิธี CSEF จะใช้ค่าการปล่อย(EF) สำหรับพื้นที่นาที่มีการจัดการน้ำแบบขังน้ำ แตกต่างจากค่าการปล่อย (EF) ที่ได้จากการศึกษาโดยวิธีตาม SNC จะใช้ค่าการปล่อยสำหรับการจัดการน้ำในพื้นที่นาปีและนาปรังในเขตชลประทาน ที่มีการปล่อยน้ำ 1 ครั้งในช่วงฤดูกาลเพาะปลูก (Single aeration) อาจส่งผลให้ค่าการปล่อย (EF) มีค่าต่ำกว่าแบบขังน้ำตลอดฤดูกาลเพาะปลูก

การศึกษาครั้งนี้ไม่ได้รวมอิทธิพลจากการเติมสารอินทรีย์ให้แกดิน เข้ามาใช้ในการคำนวณปริมาณการปล่อยมีเทนจากนาข้าวเนื่องจากยังไม่มีกรรวบรวมข้อมูลการใช้ปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยคอก ซึ่งเป็นข้อมูลที่สำรวจได้ยาก ดังนั้นแนวทางการเก็บข้อมูลที่เป็นประโยชน์ในอนาคตควรมีการจัดเก็บข้อมูลที่ลงรายละเอียดไปถึงการใช้ปุ๋ยคอกและปุ๋ยอินทรีย์ในนาข้าว อันเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีความสำคัญต่อปริมาณการปล่อยมีเทนจากนาข้าวของพื้นที่ศึกษา

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยพะเยาที่ได้สนับสนุนงบประมาณสำหรับการดำเนินโครงการวิจัย ขอขอบคุณข้อมูลการปลูกข้าวจากสำนักงานเกษตรจังหวัดพะเยา

เอกสารอ้างอิง

1. งามเนตร เอกตาแสง. การปลดปล่อยก๊าซมีเทนจากนาหว่านข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 ที่มีการจัดการน้ำร่วมกับปุ๋ยเคมี. [วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต] สาขาวิชาทรัพยากรการเกษตร และสิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น; 2546.
2. จ่านง ตระกูลรัมย์. ผลกระทบของปุ๋ยซัลเฟตต่อผลผลิตข้าวพันธุ์สกลนครและศักยภาพในการทำให้อโลกร้อน. Graduate Research Conference; 17 กุมภาพันธ์ 2555. มหาวิทยาลัยขอนแก่น; 2555.
3. ชนะ ศรีสมภาร. การลดก๊าซมีเทนจากนาข้าวที่มีการจัดการเทคโนโลยีเพื่อเพิ่มผลผลิต. [วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต] สาขาวิชาทรัพยากรการเกษตรและสิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น; 2548.
4. ณัฐกิตติยา ไพบูลย์. การเพิ่มผลผลิตข้าวด้วยปุ๋ยแอมโมเนียมฟอสเฟต (ซัลเฟต 42%) และผลต่อการปล่อยก๊าซมีเทน. Graduate Research Conference; 17 กุมภาพันธ์ 2555. มหาวิทยาลัยขอนแก่น; 2555.
5. นพภาพร พานิช และคณะ. ตำราระบบบำบัดมลพิษทางอากาศ. กรุงเทพฯ: กรมโรงงานอุตสาหกรรม.ศูนย์บริการวิชาการแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย; 2547.
6. บัณฑิตวิทยาลัยร่วมด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อม. รายงานฉบับสมบูรณ์การจัดทำบัญชีก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทย. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี; 2553

7. ปิยะบุตร วานิชพงษ์พันธุ์. การปลดปล่อยและปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการปลดปล่อยก๊าซมีเทนจากนาข้าว. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม คณะพลังงานและวัสดุ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี; 2536.
8. พัชรีย์ แสนจันทร์ และคณะ. การลดก๊าซมีเทนจากนาข้าวโดยผลผลิตข้าวไม่ลด; ส่วนที่ 1 การเปรียบเทียบเทคโนโลยีการจัดการน้ำและชนิดของปุ๋ยเคมีต่อการปล่อยก๊าซมีเทนจากนาปรังโดยผลผลิตข้าวไม่ลด. รายงานการวิจัย. ภาควิชาทรัพยากรที่ดิน และสิ่งแวดล้อม คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น; 2545.
9. พิมพ์พันธ์ เจิมสวัสดิพงษ์, อรรถศิษฐ์ วงศ์มณีโรจน์, ลัดดาวัลย์ กรรณนุช, นิวัติ เจริญศิลป์, ประไพ ชัยโรจน์ และहरรรษา คุณาไท. การปล่อยออกของก๊าซมีเทนจากนาข้าวในประเทศไทยและการจัดทำฐานข้อมูล. สนับสนุนโดยสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์; 2545
10. ยุทธชัย อนุรักษิพันธุ์, บัณฑิต อนุรักษ และวัชรีย์ ผลเดชสถาพร. การปลดปล่อยก๊าซมีเทนในนาข้าวของจังหวัดขอนแก่น. ใน : เอกสารการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 45; 4-7 กุมภาพันธ์ 2545; กรุงเทพฯ; 2545. หน้า 362-372.
11. วรณทก พจน์โยธิน. ผลกระทบของปัจจัยด้านพันธุ์ข้าวต่อการลดการปลดปล่อยก๊าซมีเทนในจังหวัดราชบุรีโดยการใช้ประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์. [วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต] สาขาวิชาการจัดการทรัพยากรชีวภาพ คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี; 2543.
12. วุฒิชัย จันทรมบัติ. การเพิ่มผลผลิตข้าวโดยใช้ปุ๋ยเคมี ภายใต้การจัดการน้ำที่ลดก๊าซมีเทน. [วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต] สาขาวิชาปฐพีศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น; 2547.
13. ศักดิ์สิทธิ์ จรรย์ยากรณ์. การปลดปล่อยก๊าซมีเทนจากนาข้าวปีที่ได้รับปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดและปุ๋ยเคมี. [วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต] สาขาวิชาทรัพยากรการเกษตรและสิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น; 2547.
14. ศุภสข ประดับสุข, อรรธรณ ศิริรัตน์พิริยะ. ผลของการระบายน้ำต่อการปล่อยก๊าซมีเทนจากการปลูกข้าวนาสวน (ชยันต 1). ใน: เอกสารการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 40; 4-7 กุมภาพันธ์ 2545; กรุงเทพฯ; 2545. หน้า 343-349
15. สายพิน พูนแก้ว. อิทธิพลของการระบายน้ำต่อการปล่อยก๊าซมีเทนและก๊าซไนตรัสออกไซด์จากนาข้าว. [วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต] สาขาวิชาเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม คณะพลังงานและวัสดุ. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี; 2546.
16. สิริธร คมน์ทิพย์รัตน์. การใช้ปุ๋ยเคมีและปุ๋ยอินทรีย์ร่วมกับการจัดการน้ำเพื่อเพิ่มผลผลิตข้าวและลดการปล่อยก๊าซมีเทนในนาหว่านน้ำตม. [วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต] สาขาวิชาทรัพยากรการเกษตรและสิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย; 2547.
17. สุริสา ตูละเสถียร, โกศล วงศ์สุวรรณ และ สติต วงศ์สุวรรณ. มลพิษสิ่งแวดล้อม. กรุงเทพฯ: อมรการพิมพ์; 2544.
18. อัจฉรา ชูวงศ์. การจัดการน้ำในนาข้าวเพื่อลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้านก๊าซมีเทนและคุณภาพน้ำ. [ปริญญาวิทยาศาสตรดุษฎีบัณฑิต] สาขาวิศวกรรมชลประทาน ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์; 2551
19. อนุรักษ วิไล. ผลของระดับน้ำต่อการปล่อยก๊าซมีเทนจากนาข้าวที่มีการปลูกข้าวโดยวิธีหว่านน้ำตม และปักดำ. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพฯ; 2543.

20. อรณิศา จิตตสาตรา. อิทธิพลของพันธุ์ข้าวและชุดดินต่อการปลดปล่อยก๊าซมีเทนจากนาข้าว. [วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต] สาขาวิชาเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม พลังงานและวัสดุ. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี; 2542.
21. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). "Methane emission from rice cultivation: flooded rice fields," Revised 1996 IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories (reference manual), Paris, OECD; 1997,
22. Jermsawatdipong P. Methane Emission from Plots with Differences in Fertilizer Application in Thai Paddy fields. Japanese Society of Soil Science and Plant Nutrition 1994; 40(1): 63-71.
23. Jiaphasu-anan T, Chidthaisong A, Towprayoon S. Sustainable cultivation of irrigated rice field under climate change crisis. World renewable energy congress 2009-Asia; 2009 May 19-22; Bangkok, Thailand.
24. Jiaphasu-anun T, Towprayoon S and Chidthaisong A. Comparative measurements using semiconductor sensor and Gas chromatography to analyze CH₄ and CO₂ emission from the field in Samutsakorn, Thailand. The 2nd Joint International Conference on "Sustainable EnergySustainable Energy and Environment (SEE 2006)"; 2006 November 21-23; Bangkok, Thailand
25. Supparattananan S, Saenjan P, Quantin C, Maeght J, Grunberger O. Salinity and organic amendment effects on methane emission from a rain-fed saline paddy field. Soil science and plant nutrition 2009; 55(1): 142-149
26. Towprayoon S, Smakgahn K, Poonkaew S. Mitigation of methane and nitrous oxide emission from drained irrigated rice fields. Chemosphere 2005; (59): 1547-1556.
27. Yaki K, Chairaj P, Tsuruta H, Cholitkul W and Minami K. Methane Emission from Rice Paddy Fields in the Central Plain of Thailand. Japanese Society of Soil Science and Plant Nutrition 1994; 40(1): 29-37.